

平成 25 年度 博士論文

製品サービスシステムの
実現構造設計方法論

首都大学東京大学院
システムデザイン研究科
ヒューマンメカトロニクスシステム学域

博士後期課程 11989501

赤坂 文弥

主査 下村 芳樹 教授

概要

近年、製造業や農業などの非サービス業分野において、製品とサービスを高度に統合した製品サービスシステム（Product-Service System: PSS）を構成することにより、総合的な価値提供を図るビジネス（非サービス業のサービス化）への志向が高まっている。

非サービス業が、自身の製品を用いた PSS を実現するためには、PSS を創り出す行為（設計行為）が非常に重要になる。しかしながら、一般に、非サービス業が自身の生産する製品を用いた PSS を設計することは容易ではない。実際に、製造業企業が手がけるサービス事業の多くが、売り上げ拡大や収益増大につながっていないとも指摘されている。このようなことから、PSS を実現するための設計方法論が、社会において強く求められていると言える。

非サービス業が PSS を実現するための設計方法論の構築においては、以下のような点を取り扱う方法論を構築することが重要となる。

- PSS の実現構造の設計

非サービス業の従事者が自身の製品に係わる PSS を実現することを支援するためには、PSS を実現するために必要となる構成要素（実現構造）を決定可能とすることが必要である。PSS では、単に製品を生産し販売するだけではなく、受給者が製品を使用・消費する段階におけるサービス提供までもが対象となる。そのため、PSS の実現構造には、非サービス業が生産する製品だけでなく、それにまつわるサービスを提供するためのプロセス（活動）や、プロセス実施のために必要なリソース（製品や人）が含まれる。

- 設計解の評価に基づく合理的な設計

PSS を、出来る限り合理的に設計可能とするためには、従来の製品設計分野において長年議論されてきたように、設計対象を可視化（モデル化）し、そのモデルに基づき導出した設計解を設計段階において事前に評価し、評価結果に基づき設計解の質を向上させる、という手順で合理的に設計解を求めていく体系的（システムティック）な設計方法論が必要である。

- 多様な利害関係者が受け取る価値の考慮

PSS では、提供者（製品の生産者）が高機能・高品質な製品をつくり、それを対価と交換する（販売する）ことで生まれる「交換価値」を高めるだけでなく、受給者が製品を使用・消費する文脈の中で実現する「使用価値」を高めることが重要である。そして、この使用価値を高めるためには、製品のライフサイクル全般において、受給者を適切に支援するためのサービスを提供することが重要であるが、その際、ある特定の提供者が単独で事業を行うことは一般に困難であり、他の企業や組織、もしくは製品の使用者といった他の利害関係者との連携により事業を行うことが必要となる。そのため、PSS の設計では、PSS を多様な利害関係者から成るシステムとして捉えることが必要となる。このように PSS を捉えた場合、事業として持続可能な PSS を設計するためには、ある特定の利害関係者だけが一人勝ちするような構造ではなく、PSS に係わる多様な利害関係者のそれぞれが高い価値を享受可能な構造を設計することが必要となる。

ただしその一方で、上記のような観点を取り扱うことが可能な方法論を構築するためには、以下に示す2つの困難さがある。

- 実現構造を設計することの困難さ

PSS の実現構造には多様な利害関係者が介在するため、その設計においては、それら各利害関係者がどのような役割を担うかを決定しなければならない。しかしながら、そのような、利害関係者を広く捉える「全体的な視点」を持ちながら、PSS の実現構造の設計における広範な対象（製品やサービス、プロセス、リソースなど）を扱うことは、これまで製品の設計のみを主に議論してきた非サービス業にとっては非常に難しい問題であり、新たな方法論が必要となる。

- 設計解を評価することの困難さ

PSS に係わる多様な利害関係者が高い価値を享受可能な状況を合理的に設計するためには、設計した PSS の実現構造（設計解）から各利害関係者が受け取る価値の大きさを設計段階において事前に評価し、その評価結果に基づき設計解の質を向上させることが重要となる。ただし、利害関係者が受け取る価値の大きさは、利害関係者間の相互作用の影響を受け、その値が変化する。そのため、この評価では、利害関係者間の相互作用を考慮する必要がある。しかしながら、現状、この目的にかなう手法が存在しない。

そこで本論文は、上記課題を解決し、「多様な利害関係者が高い価値を享受可能な PSS の実現構造を設計するための方法論を構築する」ことを目的に、以下の3点を明らかにする。

(1) PSS の実現構造を多様な利害関係者から成るシステムとしてモデル化するためのモデリング手法

本論文では、多様な利害関係者から成る PSS の実現構造 (PSS を実現するための構成要素の組み合わせ) の全体を俯瞰的にモデル化するためのモデリング手法を提案する。より具体的には、多様な利害関係者の全体の間で、どういった製品やサービスが (What)、どのような過程を経てやりとりされているか (How) ということの全体構造を表現する手法を提案する。加えて、このモデルを用いて PSS の実現構造を設計するための、モデル操作方法を明らかにする。

(2) 多様な利害関係者が受け取る価値を評価するためのシミュレーション手法

本論文では、PSS に係わる多様な利害関係者が受け取る価値を評価するためのシミュレーション手法を提案する。PSS に係わる利害関係者が受け取る価値の大きさは、利害関係者間の相互作用の影響を受けて変化するが、ここでの相互作用には短期的な相互作用 (利害関係者間の1回のトランザクションにおける相互作用) と長期的な相互作用 (利害関係者間の幾つものトランザクションの結果として現れる利害関係者間の相互作用) の2つがある。本論文では、System Dynamics (SD) を用いたシミュレーションにより、利害関係者間の短期的・長期的な相互作用の双方を考慮する価値評価を実現する。特に本論文では、SD のシミュレーションモデル上で表現すべき内容と、その構築手順を明らかにする。

(3) 多様な利害関係者が高い価値を享受可能な実現構造を設計するための PSS の設計プロセス

本論文では、以上で提案したモデリング手法、ならびにシミュレーション手法を用いて、多様な利害関係者が高い価値を享受可能な PSS の実現構造を設計するための「設計プロセス」を提案する。ここでは、PSS に係わる利害関係者が受け取る価値を、設計者が確認をしながら最終的な設計解を導出するために、モデリング、シミュレーション、改善から成る設計サイクルを中心とする設計プロセスを構築する。

また、本論文では、提案した設計プロセスを複数の事例（カーシェアリング、農作物を中心とした地域活性化のための PSS）に適用し、PSS の実現構造の設計を行う。そして、その結果をもとに、本論文で提案する方法論の有効性ならびに課題を明らかにする。

目次

第1章 序論	1
1.1 研究背景	2
1.1.1 非サービス業のサービス化の流れ	2
1.1.2 PSSによる非サービス業のサービス化	5
1.1.3 非サービス業のサービス化の効果	7
1.1.4 PSSを実現するための設計方法論の必要性	9
1.1.5 本論文の問題設定	10
1.2 研究目的	13
1.3 論文構成	16
第2章 PSSの設計と本研究の位置付け	19
2.1 はじめに	20
2.2 製品サービスシステム(PSS)	21
2.2.1 PSSの種類	21
2.2.2 既存研究におけるPSSの定義	23
2.2.3 本研究におけるPSSの定義	25
2.2.4 サービスドミナントロジックとPSS	26
2.3 PSSの設計研究と課題	29
2.3.1 PSSの設計研究	29
2.3.2 デザイン思考によるモノとコトのデザイン	30
2.3.3 PSSのビジネスモデルの設計	31
2.3.4 PSSの実現構造の設計	33
2.4 本研究の位置付け	37
2.4.1 本研究の設計の範囲	37
2.4.2 本研究の提案内容の概要	38
2.4.3 本研究の位置付け	39
2.5 おわりに	42
第3章 PSSの実現構造のモデリング手法	45
3.1 はじめに	46
3.2 PSSの実現構造のモデリング手法の要件	47
3.3 PSSの実現構造のモデリングに関する既存研究	48
3.3.1 利害関係者間の関係のモデリング	48

3.3.2	PSS の受供給プロセスのモデリング	49
3.3.3	既存のモデリング手法の課題	52
3.3.4	既存研究の課題に対する本研究のアプローチ	54
3.4	PSS の実現構造のモデリング手法	56
3.4.1	アクタネットワークモデル	56
3.4.2	プロセスネットワークモデル	58
3.4.3	リソースモデル	61
3.4.4	モデル間の関連	64
3.5	設計におけるモデル操作	66
3.6	おわりに	69
第 4 章 PSS の評価のためのシミュレーション手法		71
4.1	はじめに	72
4.2	PSS の評価に関する既存研究	73
4.2.1	PSS の静的な定性評価	74
4.2.2	PSS の静的な定量評価	76
4.2.3	PSS の動的な定性評価	77
4.2.4	PSS の動的な定量評価	77
4.2.5	本研究の対象と既存研究の課題	82
4.2.6	既存研究の課題に対する本研究のアプローチ	84
4.3	システムダイナミクス	85
4.3.1	因果ループ図(CLD)	85
4.3.2	ストックフロー図(SFD)	86
4.3.3	SFD で用いる関数の種類	87
4.3.4	SD の PSS のシミュレーションへの応用可能性	88
4.4	SD を用いた PSS のシミュレーション手法	90
4.4.1	SD を用いた PSS のシミュレーション	90
4.4.2	マルチエージェントシミュレーションとの関係と本研究の立場	91
4.5	シミュレーションモデルの構築手順	93
4.5.1	構築手順	93
4.5.2	シミュレーションの実行とシミュレーションモデルの妥当性評価	97
4.6	シミュレーションモデル構築における前提	99
4.7	おわりに	101
第 5 章 PSS の実現構造の設計プロセス		103
5.1	はじめに	104
5.2	提案する設計プロセスの位置付け	105

5.2.1	サービスのライフサイクルと設計	105
5.2.2	PSS の継続的改善に対する位置付け	107
5.2.3	PSS の設計フェーズにおける位置付け	108
5.2.4	本研究における設計プロセス構築のアプローチ	108
5.3	提案する設計プロセス	110
5.3.1	提案する設計プロセスの全体像	110
5.3.2	Step0(準備段階): 設計チーム編成と現場調査	112
5.3.3	Step1: 利害関係者の分析	113
5.3.4	Step2: PSS のモデリング	116
5.3.5	Step3: PSS のシミュレーション	120
5.3.6	Step4: PSS の改善	123
5.3.7	PSS の逐次的な改善と設計解の導出(Step1'から 4'とその繰り返し)	124
5.4	おわりに	129
第 6 章	事例適用	131
6.1	はじめに	132
6.2	検証の概要	133
6.2.1	検証項目	133
6.2.2	検証方法	134
6.3	カーシェアリング事例への適用結果	136
6.3.1	事例の概要	136
6.3.2	Step0: 設計チームの編成と現場調査	137
6.3.3	Step1: 利害関係者の分析	137
6.3.4	Step2: 現状の PSS のモデリング	138
6.3.5	Step3: 現状の PSS のシミュレーション	140
6.3.6	Step4: PSS の改善	148
6.3.7	PSS の逐次的な改善(設計サイクルの繰り返し)と設計解の導出	151
6.4	農作物を中心とした地域活性化のための PSS の設計への適用結果	163
6.4.1	事例の概要	163
6.4.2	Step0: 設計チームの編成と現場調査	165
6.4.3	Step1: 利害関係者の分析	167
6.4.4	Step2: 現状の PSS のモデリング	167
6.4.5	Step3: 現状の PSS のシミュレーション	170
6.4.6	Step4: PSS の改善	178
6.4.7	PSS の逐次的な改善(設計サイクルの繰り返し)と設計解の導出	180
6.5	おわりに	211

第7章 考察	213
7.1 はじめに	214
7.2 モデリング手法に関する考察	215
7.2.1 検証項目に沿った考察(1)-モデリング手法の記述能力	215
7.2.2 検証項目に沿った考察(2)-PSS の実現構造の設計におけるモデルの役割	218
7.2.3 その他の考察-PSS の実現構造のモデル化における記述の粒度	223
7.3 シミュレーション手法に関する考察	226
7.3.1 検証項目に沿った考察(1)-PSS のシミュレーション手法の汎用性	226
7.3.2 検証項目に沿った考察(2)-多様な利害関係者が受け取る価値の評価	228
7.3.3 検証項目に沿った考察(3)-利害関係者間の短期的・長期的相互作用の考慮	229
7.3.4 検証項目に沿った考察(4)-シミュレーションモデルの構築手順	233
7.3.5 その他の考察(1)-シミュレーションによる定量評価結果の利用	235
7.3.6 その他の考察(2)-設計解導出過程におけるシミュレーションモデルの利用	237
7.3.7 その他の考察(3)-モデル変換における設計者支援の必要性	238
7.4 設計プロセスに関する考察	240
7.4.1 検証項目に沿った考察(1)-提案した設計プロセスによる PSS の実現構造設計 ..	240
7.4.2 検証項目に沿った考察(2)-設計サイクルの繰り返し	241
7.5 関連研究との比較による本研究の特徴の明確化	244
7.6 PSS の設計全般に対する考察	248
7.6.1 複数の設計者による PSS の共同的な設計	248
7.6.2 本研究の設計可能範囲	251
7.6.3 計算機による設計支援の可能性	251
7.6.4 長期的な時間軸を考慮した要求価値の分析	252
7.6.5 持続可能な PSS の設計	253
7.7 おわりに	255
第8章 結論	257
8.1 結論	258
8.2 本研究の課題	264
8.3 展望	268
謝辞	271
参考文献	275
研究業績	289
付録	301

図目次

Figure 1-1 世界各国における製造業のサービス化の割合[Neely 2011]	3
Figure 1-2 総合化事業計画に認定された農林漁業の事業者数([室屋 2013]をもとに作成)	4
Figure 1-3 総合化事業計画認定件数の全体の事業者数に対する割合([室屋 2013]をもとに作成)	5
Figure 1-4 PSS の設計に関する研究課題と本研究の全体アプローチ	15
Figure 1-5 本論文の構成	17
Figure 2-1 Tukker による PSS の 8 類型[Tukker 2004]	21
Figure 2-2 製品売り切り型のビジネスと PSS の違い	24
Figure 2-3 製品とサービスの統合と PSS([Meier 2012a]をもとに作成)	25
Figure 2-4 G-D ロジックと S-D ロジック([藤川 2012]をもとに作成)	27
Figure 2-5 PSS の設計のフェーズ	29
Figure 2-6 Design Thinking の設計プロセス	30
Figure 2-7 PSS のビジネスモデルオントロジー[Rese 2012]	32
Figure 2-8 PSS Layer Method[Müller 2010a]	34
Figure 2-9 Morelli による PSS の実現構造のモデル化([Morelli 2006]をもとに作成)	34
Figure 2-10 PSS 設計のためのアクタ間の関係のモデル化[Tan 2010b]	35
Figure 2-11 製品とサービスの統合設計のためのモデル	36
Figure 2-12 場面遷移ネットを用いたプロセスシミュレーション	36
Figure 2-13 本研究の設計の範囲	37
Figure 2-14 モデリングとシミュレーションを通じた PSS の設計サイクル	38
Figure 3-1 フローモデル	48
Figure 3-2 Customer Value Chain Analysis[Donaldson 2006]	49
Figure 3-3 靴磨きサービスのサービスブループリント	50
Figure 3-4 拡張サービスブループリントの例	51
Figure 3-5 多様な利害関係者の PSS の受供給プロセス[Watanabe 2012]	52
Figure 3-6 プロセスの詳細表現[Watanabe 2012]	52
Figure 3-7 既存研究の課題に対する本研究のアプローチ(モデリング)	55
Figure 3-8 アクタネットワークモデルの簡易例	58
Figure 3-9 Process Chain Network[Sampson 2012]	60
Figure 3-10 プロセスネットワークモデルの簡易例	61
Figure 3-11 リソースモデルの構成要素	63

Figure 3-12 リソースモデルの簡易例(一部).....	63
Figure 3-13 モデル間の関連性	64
Figure 3-14 モデル操作の他モデルへの反映.....	67
Figure 4-1 PSS の 4 視点定性評価[Goedkoop 1999]	75
Figure 4-2 PSS の評価指標と評価結果の CAD への反映([Bertoni 2011]と[Isaksson 2012]をもとに作成).....	75
Figure 4-3 サービスセルフチェックリストを拡張した PSS 評価ツール[Akasaka 2012a]	76
Figure 4-4 満足度関数の概念図[Yoshimitsu 2006].....	77
Figure 4-5 環境負荷と経済性に着目した PSS のシミュレーション[Komoto 2005].....	79
Figure 4-6 自動車に関する PSS の環境性評価のためのシミュレーション[Kuntzky 2012]	79
Figure 4-7 STN を用いた DVD レンタルサービスのシミュレーション	80
Figure 4-8 自転車レンタルのシミュレーション[Watanabe 2012]	81
Figure 4-9 自転車レンタルのシミュレーション結果	82
Figure 4-10 既存研究の課題に対する本研究のアプローチ(シミュレーション).....	84
Figure 4-11 因果ループ図(CLD)の例.....	86
Figure 4-12 ストックフロー図(SFD)の例.....	86
Figure 4-13 表関数の例.....	88
Figure 4-14 SD のシミュレーションの例([山口 2005]をもとに作成).....	88
Figure 4-15 SD における利害関係者間の相互作用の表現	91
Figure 4-16 実現構造の再設計のためのシミュレーション結果のフィードバック.....	92
Figure 4-17 SD を用いた PSS のシミュレーションの手順	93
Figure 4-18 部分 CLD の統合	94
Figure 4-19 利害関係者間の長期的な相互作用を考慮した CLD の構築.....	95
Figure 4-20 CLD から SFD への変換手順	97
Figure 5-1 サービスのライフサイクル([ITIL v3 2008a]をもとに作成)	106
Figure 5-2 継続的なサービス改善の基本的アプローチ[ITIL v3 2008b].....	106
Figure 5-3 サービスの最適設計ループ[経済産業省 2008].....	107
Figure 5-4 サービス改善のための汎用的プロセス[Franco 1997]	107
Figure 5-5 逐次的に設計解の質を向上するための設計プロセス.....	109
Figure 5-6 本研究が提案する設計プロセスの位置付けと概要	109
Figure 5-7 提案する設計プロセス	110
Figure 5-8 提案する設計プロセスの詳細表現.....	111
Figure 5-9 「Step0:設計チーム編成と現場調査」におけるサブステップ	112
Figure 5-10 「Step1:利害関係者の分析」におけるサブステップ	113
Figure 5-11 要求分析の流れ.....	116
Figure 5-12 「Step2:PSS のモデリング」におけるサブステップ	116

Figure 5-13 アクタネットワークモデルの記述例	118
Figure 5-14 プロセスネットワークモデルの記述例	119
Figure 5-15 プロセスネットワークモデルの記述例	120
Figure 5-16 「Step3:PSS のシミュレーション」におけるサブステップ	121
Figure 5-17 CLD の記述例	122
Figure 5-18 シミュレーション結果の提示例	123
Figure 5-19 「Step4: PSS の改善」におけるサブステップ	123
Figure 5-20 アクタネットワークモデルの更新	125
Figure 5-21 プロセスネットワークモデルの更新	125
Figure 5-22 更新後の CLD	127
Figure 5-23 提案する設計プロセスの全体像の詳細と各ステップの入出力	128
Figure 6-1 日本におけるカーシェアリング[交通エコロジー・モビリティ財団]	136
Figure 6-2 アクタネットワークモデル記述結果(CS:改善前)	138
Figure 6-3 プロセスネットワークモデル記述結果(CS:改善前)	139
Figure 6-4 CS ユーザが車を借りる場面のリソースモデル記述結果(CS:改善前)	139
Figure 6-5 郊外店舗の場面のリソースモデル記述結果(CS:改善前)	139
Figure 6-6 各価値評価パラメータに対する部分 CLD(CS)	141
Figure 6-7 部分 CLD の統合結果(CS)	142
Figure 6-8 CLD の記述結果(CS:改善前)	143
Figure 6-9 SFD の記述結果(CS:改善前)	145
Figure 6-10 経時変化する入力データ(CS:改善前)	147
Figure 6-11 シミュレーション実行結果(CS:改善前)	148
Figure 6-12 「可用性」を向上するための改善案の検討	150
Figure 6-13 「郊外店舗の収入」を向上するための改善案の検討	151
Figure 6-14 アクタネットワークモデル記述結果(CS:改善後)	152
Figure 6-15 プロセスネットワークモデル記述結果(CS:改善後)	152
Figure 6-16 CS ユーザが車を借りる場面のリソースモデル記述結果(CS:改善後)	152
Figure 6-17 郊外店舗の場面のリソースモデル記述結果(CS:改善後)	153
Figure 6-18 CLD の記述結果(CS:改善後)	155
Figure 6-19 SFD の記述結果(CS:改善後)	156
Figure 6-20 設定した表関数(CS:割引券導入時)	157
Figure 6-21 シミュレーション実行結果(CS:改善後)	158
Figure 6-22 割引券の効果に関する表関数設定のパターン	159
Figure 6-23 割引券の効果低減を想定した場合のシミュレーション結果	160
Figure 6-24 CS の設計における感度分析の結果	161
Figure 6-25 肝付町の位置〔肝付町〕をもとに作成)	164

Figure 6-26 肝付町の特産品である柑橘類とその特徴.....	164
Figure 6-27 肝付町で実施した現場調査.....	166
Figure 6-28 アクタネットワークモデル記述結果(地域活性化:現状).....	168
Figure 6-29 プロセスネットワークモデルの記述結果(地域活性化:現状).....	168
Figure 6-30 農家の独立プロセスに対するリソースモデル記述結果(現状).....	169
Figure 6-31 農家と得意客間のプロセスに対するリソースモデル記述結果(現状).....	169
Figure 6-32 得意客の独立プロセスに対するリソースモデル記述結果(現状).....	169
Figure 6-33 各価値評価パラメータに対する部分 CLD(地域活性化).....	171
Figure 6-34 部分 CLD の統合結果(地域活性化).....	172
Figure 6-35 CLD の記述結果(地域活性化:現状).....	173
Figure 6-36 SFD の記述結果(地域活性化:現状).....	175
Figure 6-37 設定した表関数(地域活性化:現状).....	177
Figure 6-38 経時変化する入力データ(地域活性化:現状).....	177
Figure 6-39 シミュレーション実行結果(地域活性化:現状).....	178
Figure 6-40 廃棄量減少と農家の収益向上を実現する改善案の検討.....	179
Figure 6-41 アクタネットワークモデル記述結果(地域活性化:改善 1).....	181
Figure 6-42 プロセスネットワークモデルの記述結果(地域活性化:改善 1).....	181
Figure 6-43 農家の独立プロセスに対するリソースモデル記述結果(改善 1).....	182
Figure 6-44 農家と消費者間のプロセスに対するリソースモデル記述結果(改善 1).....	182
Figure 6-45 配送会社と農家間のプロセスに対するリソースモデル記述結果(改善 1).....	183
Figure 6-46 配送会社の独立プロセスに対するリソースモデルの記述結果(改善 1).....	183
Figure 6-47 配送会社と消費者間のプロセスに対するリソースモデル記述結果(改善 1).....	183
Figure 6-48 消費者の独立プロセスに対するリソースモデル記述結果(改善 1).....	183
Figure 6-49 CLD の記述結果(地域活性化:改善 1).....	185
Figure 6-50 SFD の記述結果(地域活性化:改善 1).....	186
Figure 6-51 シミュレーションの実行結果(地域活性化:改善 1).....	187
Figure 6-52 タンカン農家の更なる収益向上のための改善案の検討.....	188
Figure 6-53 アクタネットワークモデルの記述結果(地域活性化:改善 2-1).....	190
Figure 6-54 プロセスネットワークモデルの記述結果(地域活性化:改善 2-1).....	191
Figure 6-55 リソースモデルの記述結果の一部(地域活性化:改善 2-1).....	192
Figure 6-56 レーンを跨いだ移動による改善案の検討.....	193
Figure 6-57 アクタネットワークモデルの記述結果(地域活性化:改善 2-2).....	194
Figure 6-58 プロセスネットワークモデルの記述結果(地域活性化:改善 2-2).....	195
Figure 6-59 農家とフルーツショップ間のプロセスに対するリソースモデルの記述結果(改善 2-2)	196
Figure 6-60 農家の独立プロセスに対するリソースモデルの記述結果(改善 2-2).....	196

Figure 6-61 フルールショップの独立プロセスに対するリソースモデルの記述結果(改善 2-2) ...	196
Figure 6-62 フルーツショップと消費者間のプロセスに対するリソースモデルの記述結果(改善 2-2)	197
Figure 6-63 贈答先消費者の独立プロセスに対するリソースモデルの記述結果(改善 2-2)	197
Figure 6-64 消費者情報量の増加と宣伝効果の関係の設定	199
Figure 6-65 CLD の記述結果(地域活性化:改善 2-2)	200
Figure 6-66 SFD の記述結果(地域活性化:改善 2-2)	201
Figure 6-67 シミュレーションの実行結果(地域活性化:改善 2-2)	202
Figure 6-68 受給者需要に関するパラメータに注目した感度分析の結果	204
Figure 6-69 タンカン農家の生産能力に注目した感度分析の結果	205
Figure 6-70 What If 分析における消費者情報量の増加と宣伝効果の関係の設定	206
Figure 6-71 ネット販売における需要量の低下を想定したシミュレーション結果	208
Figure 6-72 農家の生産能力の低下を想定したシミュレーション結果	209
Figure 6-73 宣伝効果の低下を想定したシミュレーション結果	210
Figure 7-1 同時点で多くの利害関係者とのインタラクションがあるプロセス表現	217
Figure 7-2 創発の概念図[上田 2007]	231
Figure 7-3 提案する設計プロセスにおけるモデル変換の負担	239
Figure 7-4 本研究の SSM や MSP との違い	250
Figure 7-5 Service Explorer の構成[原 2009]	252
Figure 7-6 人工物観の変遷([吉川 2009]をもとに作成)	254

表目次

Table 1-1 製造業における製品サービスシステムの事例.....	6
Table 1-2 農業における製品サービスシステムの事例.....	7
Table 2-1 PSS の 8 類型の説明と具体例([Hara 2010]をもとに作成).....	22
Table 3-1 山本による財の分類[山本 1999].....	56
Table 3-2 アクタネットワークモデルにおける製品, サービス, 情報の定義.....	57
Table 3-3 PCN におけるプロセスの種類とその定義([Sampson 2012]をもとに作成).....	60
Table 3-4 モデル操作の種類と内容.....	68
Table 3-5 プロセスのレーンを跨いだ移動の種類とその意味.....	68
Table 4-1 PSS の評価に関する既存研究.....	73
Table 4-2 Omann らによる PSS 評価のためのカテゴリ[Omann 2003].....	75
Table 4-3 SFD で用いる主な関数.....	87
Table 4-4 価値評価パラメータの設定例.....	94
Table 4-5 確定論的に数式を記述可能な関係とそうでない関係.....	99
Table 4-6 確定論的に数式を記述可能なパラメータとそうでないパラメータ.....	100
Table 5-1 現場調査における調査項目の例.....	112
Table 5-2 現状の PSS の実現構造モデルの妥当性評価.....	120
Table 5-3 新たに設計した PSS の実現構造モデルの妥当性評価.....	125
Table 6-1 本検証における検証項目.....	134
Table 6-2 要求価値の抽出結果(CS).....	138
Table 6-3 価値評価パラメータの設定結果(CS).....	140
Table 6-4 シミュレーションで用いた評価式(CS:改善前).....	146
Table 6-5 入力した定数データ(CS:改善前).....	147
Table 6-6 CS の設計において導出した改善案.....	149
Table 6-7 改善案とシミュレーションで用いた入力データやモデルの関係.....	154
Table 6-8 軽自動車の導入を反映した際のパラメータ値の変更.....	154
Table 6-9 シミュレーションモデル内の数式変更(CS).....	157
Table 6-10 タンカンのビジネスに係わる利害関係者.....	166
Table 6-11 要求価値の抽出結果.....	167
Table 6-12 価値評価パラメータの設定結果(地域活性化).....	170
Table 6-13 シミュレーションで用いた評価式(地域活性化:現状).....	176
Table 6-14 入力した定数データ(地域活性化:現状).....	177

Table 6-15 新たに追加した利害関係者とその要求価値(改善 1)	180
Table 6-16 シミュレーションモデル内の主な数式変更(地域活性化:改善 1).....	184
Table 6-17 新たに追加した利害関係者とその要求価値(地域活性化:改善 2)	189
Table 6-18 シミュレーションモデル内の主な数式変更(地域活性化:改善 2).....	198
Table 6-19 A 品を生産できる割合を 10%減少させた場合のシミュレーション結果.....	205
Table 7-1 アクタネットワークモデルで記述した利害関係者の分類.....	217
Table 7-2 カーシェアリングの設計におけるモデル操作の履歴	219
Table 7-3 地域活性化のための PSS の設計におけるモデル操作の履歴.....	219
Table 7-4 プロセスネットワークモデルにおける各レーンへの記述内容の違い	221
Table 7-5 BPMN における業務プロセスの記述粒度の分類[秋庭 2006]	224
Table 7-6 事例適用において設定した要求価値の一覧	226

第1章 序論

1.1 研究背景.....	2
1.1.1 非サービス業のサービス化の流れ.....	2
1.1.2 PSSによる非サービス業のサービス化.....	5
1.1.3 非サービス業のサービス化の効果.....	7
1.1.4 PSSを実現するための設計方法論の必要性.....	9
1.1.5 本論文の問題設定.....	10
1.2 研究目的.....	13
1.3 論文構成.....	16

1.1 研究背景

1.1.1 非サービス業のサービス化の流れ

(1) 製造業のサービス化

90年代以降、アジアや南米各国の新興国の工業化が進み、新興国を含む多くの国が工業製品を提供できるようになった。その流れを受け、今日では、新興国からの安価な輸入品の流入、競合企業間の技術レベルの拮抗などにより、製品自体で価値を差別化することが困難になっている。さらに、このような製品が溢れる時代では、消費者が求める価値は「製品そのもの」ではなく、製品を通じてどのような効用・結果が得られるか？といったような、「製品の導入によってもたらされる問題解決（ソリューション）」の側面にシフトしている [産業競争力懇談会 2013]。

このような背景のもと、近年、工業先進国の製造業において、製品を通じて提供されるサービスが大きな注目を集めている。従来は、製品に付随するサービス（例えば、故障相談用のコールセンター等）は無料で付加的なものという考え方が支配的であった。しかしながら近年では、製品を介して提供されるサービスが、製造業の収益に与えるインパクトが多大なものとなっており、製造業企業がモノの製造だけでなく、サービス提供に進出する動きが活発化している。このように、製造業がサービス中心型のビジネスに移行することは、一般に「製造業のサービス化」と呼ばれる（例えば、[Vandermerwe 1989], [新井 2006], [Neely 2009], [増田 2011], [藤川 2012]）。例えば、Apple社のiPod [Apple] は、携帯音楽プレイヤー（製品）をiTunes Storeというオンラインのサービスと繋げたことで、パーソナライズされた音楽空間をいつでもどこでも持ちこめるといった環境を提供し、大ヒット商品になったが、これは製造業のサービス化の好例である。

Figure 1-1 に、世界各国における製造業のサービス化の割合を示す。これは Neely らによる調査結果 [Neely 2011] であるが、この図からは、2011年時点で米国、フィンランド、ノルウェーといった国における製造業の約半数はサービス化していることがわかる。また、日本の製造業の約30%以上が同年の時点でサービス化していることがわかる。この Neely の調査における「サービス化」された企業とは、Bureau Van Dijk 社の OSIRIS（全世界約72,000社の上場企業の財務状況データベース）[OSIRIS] のデータベースで報告されている製造業企業の業務内容において、メンテナンスやコンサルティングなどのサービスに関する業務内容も記述されている企業のことである。そのため、本調査において「サービス化された」と判定された企業が、サービス提供により事業拡大や収益増大を達成したかどうかは明らかではないが、サービス提供に関連する業務を行っている企業数の増加は、本調査から読み取れる。

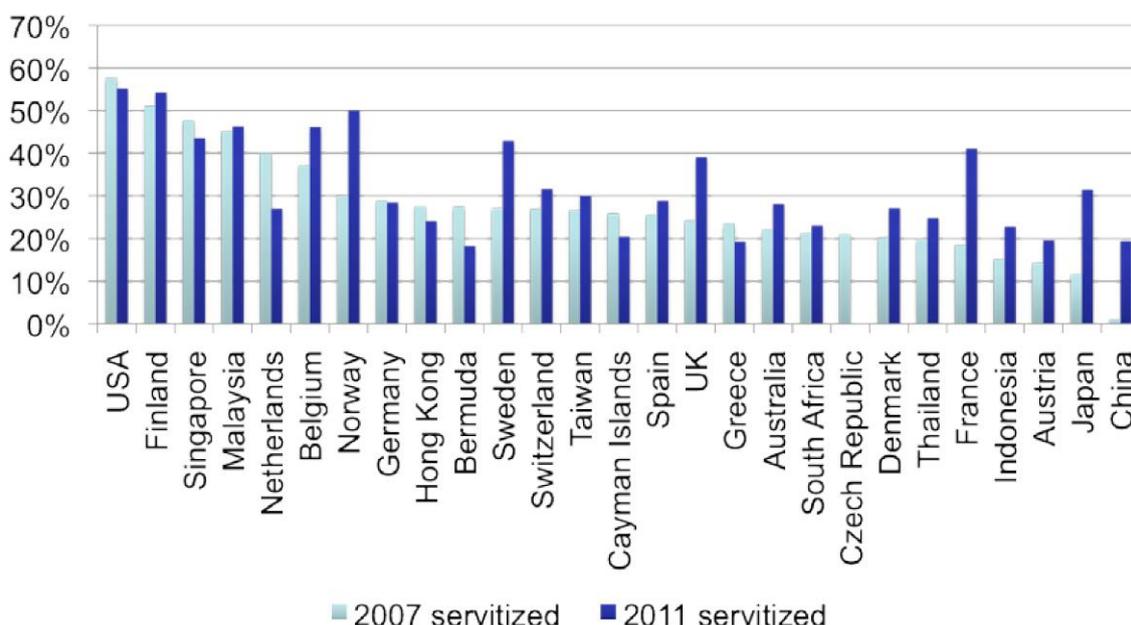


Figure 1-1 世界各国における製造業のサービス化の割合 [Neely 2011]

(2) 農業分野のサービス化

(1)では、「製造業のサービス化」について述べたが、日本国内では、同様の状況が農業分野（第一次産業）においても見受けられる。農業分野は、伝統的に、農家（生産者）が農作物（製品）を生産し、流通・販売され、消費者に消費される、という製造業分野と類似した製品の生産・消費過程を持つ産業である。また、農業分野においても製造業と同様、近年、中国等の諸外国における農作物生産技術の向上や流通技術の向上により、諸外国からの安価な農作物が流入しており、国内の農産物の国内市場における競争力が衰退している。さらに今後、TPP（環太平洋経済連携協定）の締結により、ほぼすべての農作物について例外なき撤廃がなされた場合、この傾向は急激に加速すると考えられる。（注：執筆時現在（2014年2月）、TPPはまだ締結されていない。）

このような背景のもと、農業分野においても、これまでは農作物（製品）の生産だけをしていた農家が、作物の生産だけでなく、食品加工（第二次産業）やサービス提供（第三次産業）にも積極的に係わることで、製品の高付加価値化や収益の増大を実現する事例が増えつつある [岩村 2006]。例えば、Oisix（オイシックス）[Oisix]、らでいっしゅぼーや [らでいっしゅぼーや] では、旬の農作物を複数組み合わせたパッケージ販売サービス等を提供することにより、農作物の販路を拡大するとともに、事業的にも成功を収めている。

このような農業分野におけるサービス化は、より一般的には、農作物の生産（第一次産業）と食品加工（第二次産業）とサービス提供（第三次産業）を統合化したビジネスモデルであることから、農業の「六次産業化」と呼ばれる〔農林水産省 2010〕。国家的にも、2008年に「中小企業者と農林漁業者との連携による事業活動の促進に関する法律（農商工等連携促進法）」が制定されたことに加え、2011年3月には六次産業化法（「地域資源を活用した農林漁業者等による新事業の創出等及び地域の農林水産物の利用促進に関する法律」）が施行され、六次産業化が第一次産業の振興や地域活性化を図る方策として積極的に進められている。Figure 1-2に、六次産業化法により「総合化事業計画（六次産業に取り組む際の優遇措置を受けられる制度）」に認定された農林漁業の事業者数の推移を示す。また、Figure 1-3には、総合化事業計画認定件数の全体の事業者数に対する割合を地域別に示す。六次産業化を目指す事業者の割合は全国で8%とまだ少ないが（Figure 1-3）、法案施行から2年で計1300件近い認定者が出たという実績（Figure 1-2）は、政策決定者側の当初の予想を大きく上回るとの見方が一般的であり〔室屋 2013〕、六次産業化に対する高い関心がうかがわれる。

(3) 非サービス業のサービス化

このように、近年、製造業や農業といったこれまでは製品の生産のみを行っていた産業において、生産した製品（製造業製品や農産物）をサービスと統合して提供することで、製品の差別化や高付加価値化を実現したビジネスが増えている。本研究では、これを「非サービス業のサービス化」と呼ぶ。ただしここでの非サービス業とは、製造業や農業、養殖漁業のように、製品の生産を伴う産業のことを指す。

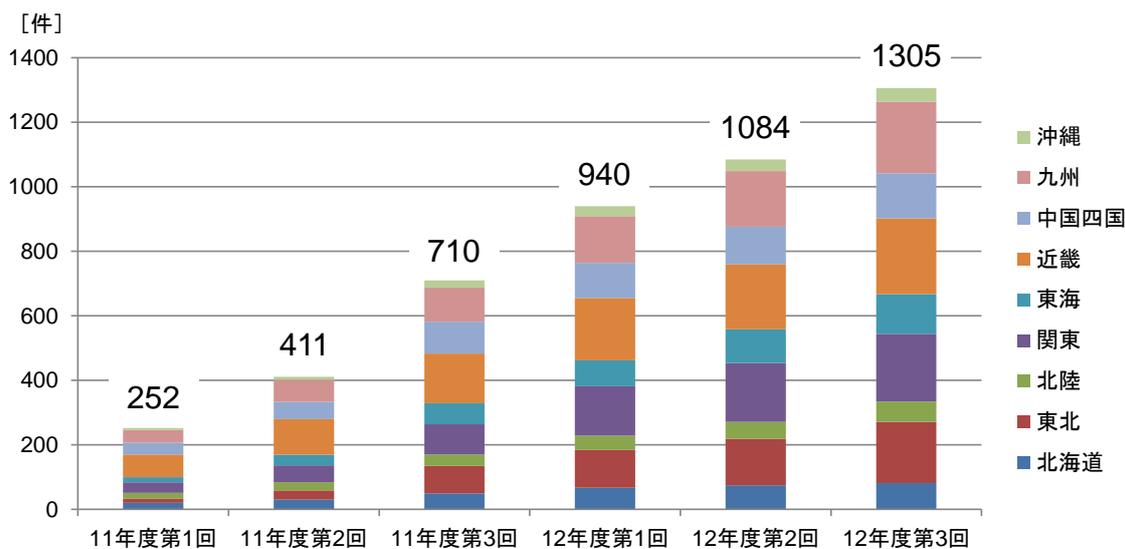


Figure 1-2 総合化事業計画に認定された農林漁業の事業者数（〔室屋 2013〕をもとに作成）

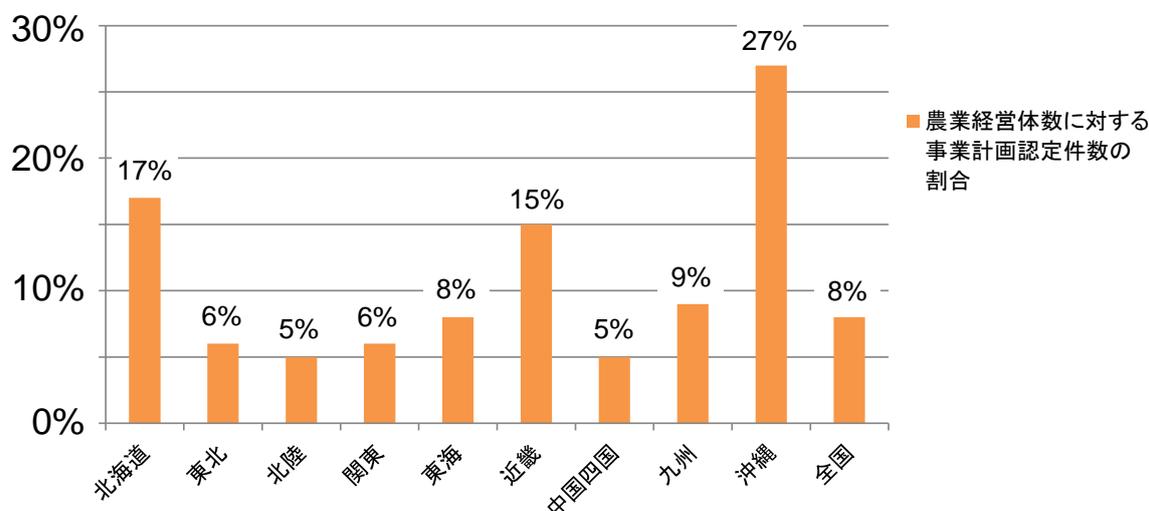


Figure 1-3 総合化事業計画認定件数の全体の事業者数に対する割合（[室屋 2013] をもとに作成）

1.1.2 PSS による非サービス業のサービス化

以上、製造業や農業といった製品の生産を行う産業（非サービス業）におけるサービス化について述べた。非サービス業のサービス化を実現するためには、生産した製品を販売することで完結する「製品売り切り型」のビジネスモデルを展開するのではなく、製品とサービスの統合により価値を提供するビジネスモデルを展開する必要がある。このような、製品とサービスの統合により価値を提供するビジネスモデルは、「製品サービスシステム（Product-Service System : PSS）」と呼ばれている（[Goedkoop 1999], [Mont 2002], [Baines 2007] など）。すなわち、非サービス業が自身の事業をサービス化するためには、自身が生産する製品を用いた PSS を実現することが必要となる。Table 1-1, Table 1-2 は、それぞれ、製造業分野、農業分野において PSS の実現により事業をサービス化した事例を示す。

Table 1-1 製造業における製品サービスシステムの事例

iPhone [Apple]	提供者：Apple [Apple]
	製品：携帯電話（スマートフォン）
	概要： 携帯電話（製品）を App Store というオンラインのサービスに繋げ様々なアプリケーションを端末上で動作可能としたことで、パーソナライズされた機能を持つ電話端末をいつでもどこでも持ちこめるという環境を提供した。本製品は、その初代のモデルは 2007 年に発売されたが、それから 6 年近くたった現在でも大ヒット商品である。
Nike+ [Nike]	提供者：Nike [Nike]
	製品：ランニングシューズ
	概要： 消費者が、Nike 製のランニングシューズに iPod と対応するデバイスを装着すると、自身の走行履歴（走行距離、時間、時速、消費カロリーなど）が全てリアルタイムでデータ蓄積される。加えて、走行後に Nike+ のウェブサイト [Nike+] にランニングデータをアップロードすることで、自身のランニング内容の分析を行うことや、ネットワーク上の他の人たちと記録を競い合うことができる。本サービスは、ランニングシューズの売上増加をもたらしただけでなく、ここ数年のランニングブームを生み出した。
KOMT RAX [KOMTRAX]	提供者：小松製作所 [コマツ]
	製品：建設機械（ダンプカー、ショベルカー）
	概要： 販売するダンプカーやショベルカーに対して GPS とコンピュータを搭載し、世界中で稼働している建設機械（累計約 20 万台）のデータを小松製作所が把握可能とした。そして、そのデータをもとに、建設現場の生産性を分析し、顧客である建設会社の作業効率改善やコスト削減につなげている。
Total Care [Rolls Royce]	提供者：Rolls Royce [Rolls Royce]
	製品：航空機エンジン
	概要： 航空機エンジンの使用時間に応じて課金する形態をとり、エンジン利用に必要なメンテナンス、部品交換、状態モニタリング等を、全て提供者が実施する。これにより、航空会社のエンジン利用にまつわるリスクが低減される一方で、提供者はエンジン使用履歴等の入手困難でかつ製品設計上有用なデータを獲得可能となるため、航空会社とエンジン提供者の双方にとって両得（win-win）な関係を構築している。

Table 1-2 農業における製品サービスシステムの事例

農作物の 通販	提供者：オイシックス [Oisix], らでいっしゅぼーや [らでいっしゅぼーや] など
	製品：野菜類など
	概要： オイシックスやらでいっしゅぼーやでは、旬の農作物を複数組み合わせでパッケージ販売をしている。その際に、調理方法を同封することにより、消費者の献立づくりの支援を実現している。
米の販売 とアフタ ーサービ ス	提供者：ぶった農産 [ぶった農産]
	製品：米
	概要： ぶった農産では、消費者への米の直販を行なっているが、クレームが来た商品については、無条件で取り替えるというサービスを提供している。その結果、多くの固定客を獲得している。
体験農場 の提供	提供者：伊賀の里モクモク手作りファーム [モクモクファーム]
	製品：豚肉を中心とする各種農産物
	概要： モクモク手づくりファームは、ウインナーやパンなどの手づくり体験のほか、農村料理の店やバーベキューレストラン、学習牧場、温泉、宿泊施設などがある「体験農場」である。連休や夏休みには、車で周辺が渋滞するくらい人気を集め、今では年間 50 万人が訪れる人気スポットである。

1.1.3 非サービス業のサービス化の効果

これまでの関連分野における先行研究（例えば、[Gebauer 2008], [Neely 2011], [藤川 2012] など）に基づけば、(PSS の実現による) 非サービス業のサービス化がもたらす効果・利点は、以下の 3 つに整理できる。

(1) 生活者の問題解決, 生活支援

前述のように、製品が市場に溢れる現代では、製品を使用・消費する生活者が求める価値は、「製品そのもの」ではなく、製品を通じてどのような効用・結果が得られるか？という、「製品の導入によってもたらされる問題解決 (ソリューション)」の側面にシフトしている [産業競争力懇談会 2013]。これに対して、製品を PSS として提供することにより、製品を販売するだけでなく、製品を通じた生活者の問題解決, 生活支援までも行うことが可能となる。例えば、Table 1-1 の Nike+ の事例は、ランニングシューズ

に対してランニングデータを分析・蓄積するための Web サービスを組み合わせることで、ランニングデータの分析やネットワーク上の他の人達と記録を競い合いながらモチベーションを高めることを可能としたが、これは、「健康増進のためにランニングを継続する」という生活者の問題解決、生活支援を、モノとサービスを統合した手段により実現した好例である。

(2) 生産者の安定した収益獲得

現代では、製品のコモディティ化が進み、製品自体の差別化を図ることが困難になっている。そのような状況下で、製品にサービスを統合することにより、競合他社との差別化を実現することができる [Tan 2010a]。加えて、製品販売後もサービスを継続的に提供することで、消費者との長期的かつ継続的な関係を構築することが可能となる。これにより、消費者の囲い込みを実現し、生産者が安定した収益を得ることが可能となる [McAloone 2004]。

(3) 地球環境への貢献

PSS では、製品自体の提供から製品の機能を提供するサービス（自動車製品で言えば、カーシェアリングやレンタカー、タクシーなど）により、製品の大量生産と大量消費に依らない、「脱物質」的な価値提供 [Tomiyama 1997] が可能となる。これにより、少ない製品や資源で消費者の要求に対応することが可能となり、循環型社会の実現に貢献することが期待される。実際に、PSS による、環境への影響の低減効果についての期待は大きく、実際の効果に関する分析が多く研究者によって行われている（例えば、[Tukker 2004], [Aurich 2006] など）。

1987年に国連の「環境と開発に関する委員会（通称、ブルントラント委員会）」がまとめた報告書では、「Sustainable Development（持続可能な発展）」が今後の人類の最重要課題として取り上げられた。ここでの持続可能な発展とは、「将来世代のニーズを満たす能力を損なうことなく、今日の世代のニーズを満たすような (*meeting the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs*) 発展 [United Nations]」と定義される。すなわち、持続可能な発展とは、「地球環境資源の有限性を明確に打ち出しながらも人類の発展は可能」という、「経済社会の持続性」と「環境の持続性」の両立を示した概念である [河口 2006]。その意味で、地球環境に対する負荷を低減（前述の(3)）しつつも、生活者の問題解決（前述の(1)）や生産者の安

定した収益獲得を実現（前述の(2)）する PSS は、持続可能な発展を目指す今後の社会における「非サービス業のあるべき姿」の一つであると言える。

特に、豊富な天然資源や安い労働力を持たない我が国の非サービス業が、新興国等の国々から多くの製品が流入し製品が溢れる現代社会で生き残るためには、製品の単純な価格競争に陥らないことが重要である。そのためには、自身の製品を用いた PSS を実現し、提供する価値の差別化や安定した収益獲得を図るとともに、持続可能性のあるビジネスを展開し、競争力向上を達成することが非常に重要となる。

1.1.4 PSS を実現するための設計方法論の必要性

以上、PSS の実現による非サービス業のサービス化の流れと、その効果について説明した。そして非サービス業が、今後、持続可能性のあるビジネスを展開し、高い競争力を獲得するためには、PSS を実現することが重要であることを述べた。

非サービス業が、自身の製品を用いた PSS を実現するためには、PSS を創りだす行為（設計）、設計した PSS を現場に適用し提供する行為（適用）、現場を観察しデータを収集・分析することで PSS の設計に利用可能な情報を得る行為（観察・分析）などが必要となる。ここで、PSS を創りだす行為、すなわち「設計」行為は、PSS の構造を明らかにし、そこに論理操作を加えることで新たな構造を創出する、といった行為を含み、非サービス業が自身の製品を用いた PSS を実現（もしくは、改善）する際の中心の一つ重要な行為となる。しかしながら、一般に、内平ら [内平 2007] も指摘しているように、製造業や農業などの非サービス業が自身の生産する製品を用いた PSS を設計することは容易ではない。実際に、製造業企業が手がけるサービス事業の多くが、売り上げ拡大や収益増大につながっていないとも指摘されており [藤川 2012]、これは実社会において PSS の設計が効果的になされていないことを示している。

このことの主な原因は、PSS を合理的に設計するための方法論が体系化されていないことにあると考えられる。PSS に関する研究の多くは、PSS の概念について論じることや PSS 事例から成功要因を抽出することに注力した研究が多く、市場に受け入れられた PSS 事例の特徴や成功要因について論じることが出来ても、新たな PSS を創りだす行為（設計行為）の体系化について論じた研究は少ない。実際の現場においても、PSS の設計や開発、改善などは、「経験と勘」に強く依存していることが多く見受けられる。これまでの国内における製造業や農業関係者との議論を通じて、自身の競争力向上のための PSS を設計することの困難さを、非サービス業従事者側が共通の問題意識として持っていることを確認している。

以上のことから、PSS を実現するための設計方法論が強く求められていると言える。

1.1.5 本論文の問題設定

非サービス業が PSS を実現するための設計方法論の構築においては、以下のような点を取り扱う方法論を構築することが重要となる。

- PSS の実現構造の設計

非サービス業の従事者が自身の製品に係わる PSS を実現することを支援するためには、設計者が、PSS を実現するために必要となる構成要素（実現構造）を決定可能とすることが必要である。ただし、PSS では、単に製品を生産し販売するだけではなく、受給者が製品を使用・消費する段階におけるサービス提供までもが対象となる。そのため、PSS の実現構造には、非サービス業が生産する製品だけでなく、それにまつわるサービスを提供するためのプロセス（活動）や、プロセスの実施のために必要なリソース（製品や人）が含まれる。

- 設計解の評価に基づく合理的な設計

本研究では、PSS を、出来る限り合理的に設計可能とするための方法論の構築を目指す。ここでは、従来の製品設計分野において長年議論されてきたように、設計対象を可視化（モデル化）し、そのモデルに基づき導出した設計解を設計段階において事前に評価し、評価結果に基づき設計解の質を向上させる、という手順で合理的に設計解を求めていく体系的（システムティック）な設計方法論が必要である。

- 多様な利害関係者が受け取る価値の考慮

PSS では、提供者（製品の生産者）が高機能・高品質な製品をつくり、それを対価と交換する（販売する）ことで生まれる「交換価値」を高めるだけでなく、受給者が製品を使用・消費する文脈の中で実現する「使用価値」を高めることが重要である [藤川 2012]。そして、この使用価値を高めるためには、製品のライフサイクル全般において、受給者を適切に支援するためのサービスを提供することが重要であるが、その際、ある特定の提供者が単独で事業を行うことは一般に困難であり、他の企業や組織、もしくは製品の使用者といった他の利害関係者との連携により事業を行うことが必要となる。そのため、PSS の設計では、PSS を多様な利害関係者から成るシステムとして捉えることが必要となる。このように、PSS を多様な利害関係者から成るシステムとして捉えた場合、事業として持続可能な PSS を設計するためには、ある特定の利害関係者だけが一人勝ちするような構造ではなく、PSS に係わる多様な利害関係者のそれぞれが高い価値

を享受可能な構造を設計することが必要である。これにより、製品のライフサイクル全般において、多様な利害関係者による総合的な価値提供が実現される。

以上のことから、本研究では、PSS を多様な利害関係者から成るシステムとして捉え、その実現構造を合理的に設計するための方法論を構築することを目指す。

ただしその一方で、このような方法論を構築するためには、以下に示す 2 つの困難さがある。

- 実現構造を設計することの困難さ

本研究では、PSS の実現構造を設計するための方法論を議論するが、その際、PSS の実現には多様な利害関係者が介在するため、PSS に係わる各利害関係者がどのような役割を担うかを決定しなければならない。すなわち、PSS の実現構造の設計においては、「PSS がどのような利害関係者により構成され、そこで、どのような製品やサービスがやりとりされているか」、そのために「どの利害関係者がどのようなプロセスを実施するか」、「どの利害関係者がどのようなリソース（製品や人）を所有するか」ということを決定する必要がある。

しかしながら、このような、利害関係者を広く捉える「全体的な視点」を持ちながら PSS の実現構造の設計における広範な対象（製品やサービス、プロセス、リソースなど）を扱うことは、これまで製品の設計のみを主に議論してきた非サービス業にとっては非常に難しい問題であり、新たな設計方法論が必要となる。

- 設計解を評価することの困難さ

前述のように、本研究では、PSS に係わる多様な利害関係者が高い価値を享受可能な状況を合理的に設計するための方法論を議論する。そのためには、設計した PSS の実現構造（設計解）から各利害関係者が受け取る価値の大きさを設計段階において事前に評価し、その評価結果に基づき設計解の質を向上させることが重要となる。

ただしここで、各利害関係者が受け取る価値の大きさは利害関係者間の相互作用に影響される。そのため、本評価においては利害関係者間の相互作用を考慮することが重要であるが、ここで考慮すべき相互作用には、短期的な相互作用と長期的な相互作用の 2 つがある。短期的な相互作用とは、ある利害関係者間の 1 回のトランザクションにおける相互作用のことを指す。中古書の買い取り・販売を例に挙げれば、「受給者（販売客）

が本（製品）を売ることで、客は対価を受け取り、提供者（店）の販売商品が増える」といった1回のトランザクションの中での利害関係者間の相互作用である。一方、長期的な相互作用とは、幾つものトランザクションの結果として現れる利害関係者間の相互作用のことを指す。これは、例えば、「販売客が本を売り、店が本を買い取るというトランザクションが増えれば増えるほど、店の販売商品のバラエティや鮮度が向上していき、購入客の来店数が上がり、本の売買が更に活発化される。」のような、複数のトランザクションの結果として時間遅滞的に現れる相互作用のことである。Rolls Royce [Rolls Royce] による航空機エンジンのトータルケア (Table 1-1 参照) や Amazon [Amazon] などのネット販売における商品リコメンドサービス、価格.com [価格.com] などの家電の口コミ評価サービスなど、一般に成功例とされる PSS の殆どは、上記例で示したような利害関係者間の長期的な相互作用により高い価値を創り出す仕組みを有している。このことを、Neely は、「*From a world of “Transactions” to a world including “Relations”*」と述べており、PSS の実現においては、利害関係者間の短期的な“トランザクション”だけでなく、長期的な“関係”を考慮することが重要であることを主張している [Neely 2011]。以上のことから、多様な利害関係者にとって価値の高い PSS を実現するためには、利害関係者間の短期的な相互作用だけでなく、長期的な相互作用も考慮し、各利害関係者が受け取る価値の大きさを評価することが重要であると言える。

しかしながら、このような複雑な相互作用を考慮しながら、PSS に係わる利害関係者のそれぞれが受け取る価値の大きさを評価することは容易でなく、PSS の設計研究における大きな研究課題であると言える。

本研究では、以上の研究課題に対して取組み、PSS の実現構造を合理的に設計するための方法論を構築する。このような PSS の設計方法論が体系化されることで、PSS 設計に関する「豊富な経験」も「優れた勘」も持たないような非サービス業の従事者が自身の製品を用いた PSS を設計する際の支援を行うことが可能となり、非サービス業の競争力向上の達成に対して大きく貢献可能であると考えられる。

1.2 研究目的

本研究の目的は、

**「多様な利害関係者が高い価値を享受可能な PSS の実現構造を
設計するための方法論を構築する」**

ことである。本目的の達成のために、本研究では、以下に挙げる 3 点を明らかにする。

(1) PSS の実現構造を多様な利害関係者から成るシステムとしてモデル化するためのモデリング手法

本研究では、PSS を、「製品の提供者及び受給者を含む多様な利害関係者間での製品やサービスもしくはその統合体の相互のやりとりを通じて、利害関係者にとっての価値を充足することを目的とした社会システムである」と捉える。そして、このような多様な利害関係者から成る PSS の実現構造（PSS を実現するための構成要素の組み合わせ）の全体を俯瞰的にモデル化するためのモデリング手法を提案する。より具体的には、多様な利害関係者の全体の間で、どういった製品やサービスが（What）、どのような過程を経てやりとりされているか（How）ということの全体構造を表現する手法を提案する。本モデルにより、設計者が PSS の実現構造の全体を俯瞰的に把握可能となる。さらに、記述したモデル中の要素に操作（追加、変更、削除など）を加えることで、新たな PSS の実現構造の設計を行うことが可能となるため、本モデルは、新たな PSS の実現構造を検討・設計する際の、設計者間の議論の土台となる。本研究では、このモデル操作の方法についても整理する。

(2) 多様な利害関係者が受け取る価値を評価するためのシミュレーション手法

一般に、設計においては、設計解の優位性や実現可能性を設計段階において予め評価し、その評価結果に基づき設計解を改善・改良していくことで設計解の質を向上することが重要である。そこで本研究では、(1)のモデルを用いて設計した PSS の実現構造をシミュレーションにより評価するための手法を提案する。特に本研究では、上記の目的を達成するために、「多様な利害関係者のそれぞれが受け取る価値の大きさ」をシミュレーションにより定量的かつ同時に評価することを可能とする。各利害関係者が受け取る価値の大きさは、利害関係者間の相互作用の影響を受けて変化するが、前述のように、

ここでの相互作用には短期的な相互作用（利害関係者間の1回のトランザクションにおける相互作用）と長期的な相互作用（利害関係者間の幾つものトランザクションの結果として現れる利害関係者間の相互作用）の2つがある。そこで本研究では、短期的・長期的な相互作用の双方を考慮した評価を行うためのシミュレーション手法を提案する。

(3) 多様な利害関係者が高い価値を享受可能な実現構造を設計するためのPSSの設計プロセス

本研究では、(1)のモデリング手法と(2)のシミュレーション手法を用いて、多様な利害関係者が高い価値を享受可能なPSSを設計するための設計プロセスを構築する。ここでの設計プロセスは、PSSのモデリング、シミュレーション（評価）、改善を繰り返して行うことにより、合理的にPSSの実現構造の設計を行うための手順をまとめたものである。設計プロセスを構築することは、本方法論を現場で適用する際の手順を示すことと同義であり、提案する方法論の現場への適用性を大きく向上する意味で、実学的な意義は非常に大きい。そして、提案する設計プロセスをPSSの実事例に対して適用することにより、提案する手法の有効性を検証する。

以上に述べた、PSS設計の問題点と研究課題とそれに対する本研究のアプローチの関係は、以下のFigure 1-4のように図示できる。

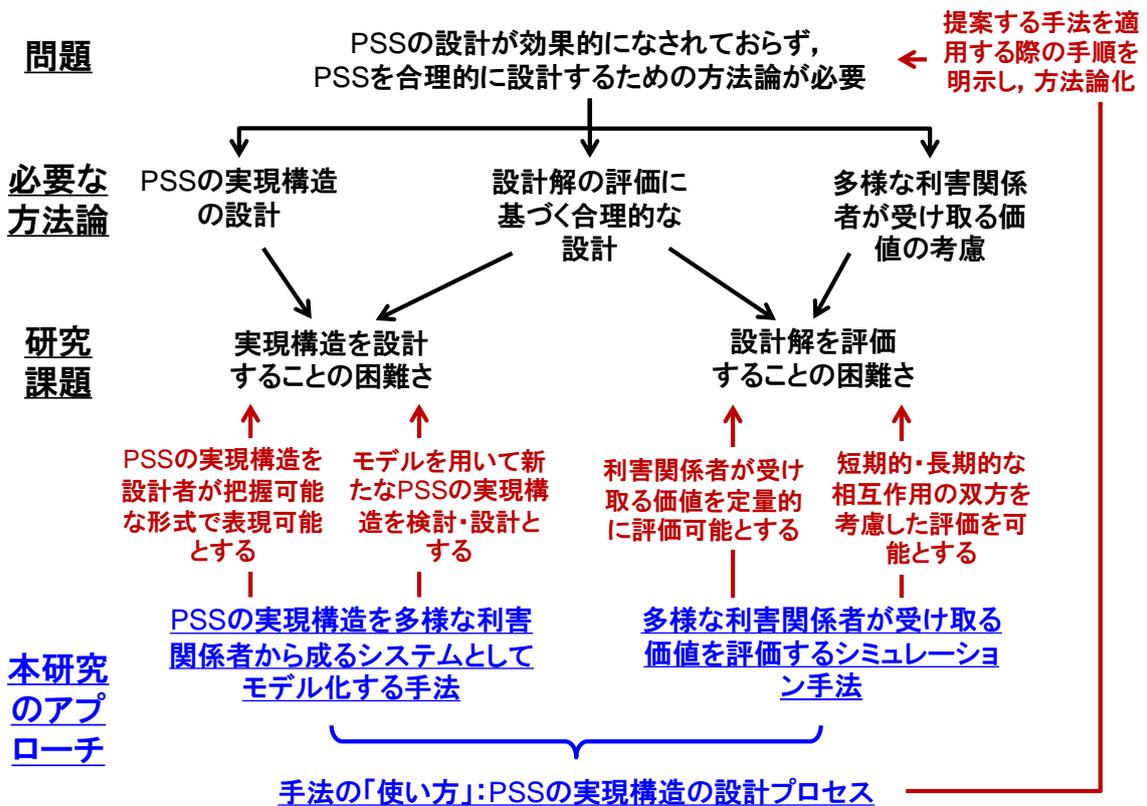


Figure 1-4 PSS の設計に関する研究課題と本研究の全体アプローチ

1.3 論文構成

本論文は全8章から構成される。本論文の構成は、Figure 1-5に示す通りである。

第1章では、本研究の研究背景と問題設定について述べ、本研究の目的ならびに具体的な達成項目を明らかにした。

第2章では、まず、これまでの既存研究におけるPSSの定義を解説し、その後に、本研究が採用するPSSの定義を説明する。そして、PSSの「設計」のための既存研究について解説する。最後に、本研究の提案内容の概要を示し、既存研究との比較を通じて、本研究の位置付けを明確にする。

第3章では、PSSの実現構造を多様な利害関係者から成るシステムとしてモデル化するための手法を提案する。ここでは、まず、既存のPSSのモデリング手法について述べ、本研究が提案するPSSの実現構造のモデリング手法の概要を述べる。そして、本モデリング手法をPSSの実現構造の設計に用いる際のモデル操作方法について述べる。

第4章では、PSSに係わる多様な利害関係者が受け取る価値を評価するためのシミュレーション手法を提案する。本章では、まず、PSSのシミュレーションに関する既存研究について述べ、本研究が提案するシミュレーション手法の特徴を述べる。次に、本シミュレーション手法において用いるシステムダイナミクス(System Dynamics: SD)手法を説明する。最後に、SDを用いてPSSのシミュレーションを実施するためにモデル上で表現すべき内容とその構築手順を述べる。

第5章では、第3章で提案したモデリング手法、第4章で提案したシミュレーション手法を用いて、多様な利害関係者が高い価値を享受可能なPSSの実現構造を設計するための「設計プロセス」を提案する。ここでは、PSSに係わる利害関係者が受け取る価値を設計者が確認をしながら最終的な設計解を導出するために、モデリング、シミュレーション、改善から成る設計サイクルを中心とする設計プロセスを構築する。

第6章では、提案した設計方法論を2つの事例(カーシェアリング、農作物を中心とした地域活性化のためのPSS)に適用し、その設計を行う。そして、その適用結果を説明する。

第 7 章では、第 6 章における適用結果に基づき、提案手法の有効性や特徴、課題に関する考察を行う。

第 8 章では、本論文の結論および今後の展望を述べる。

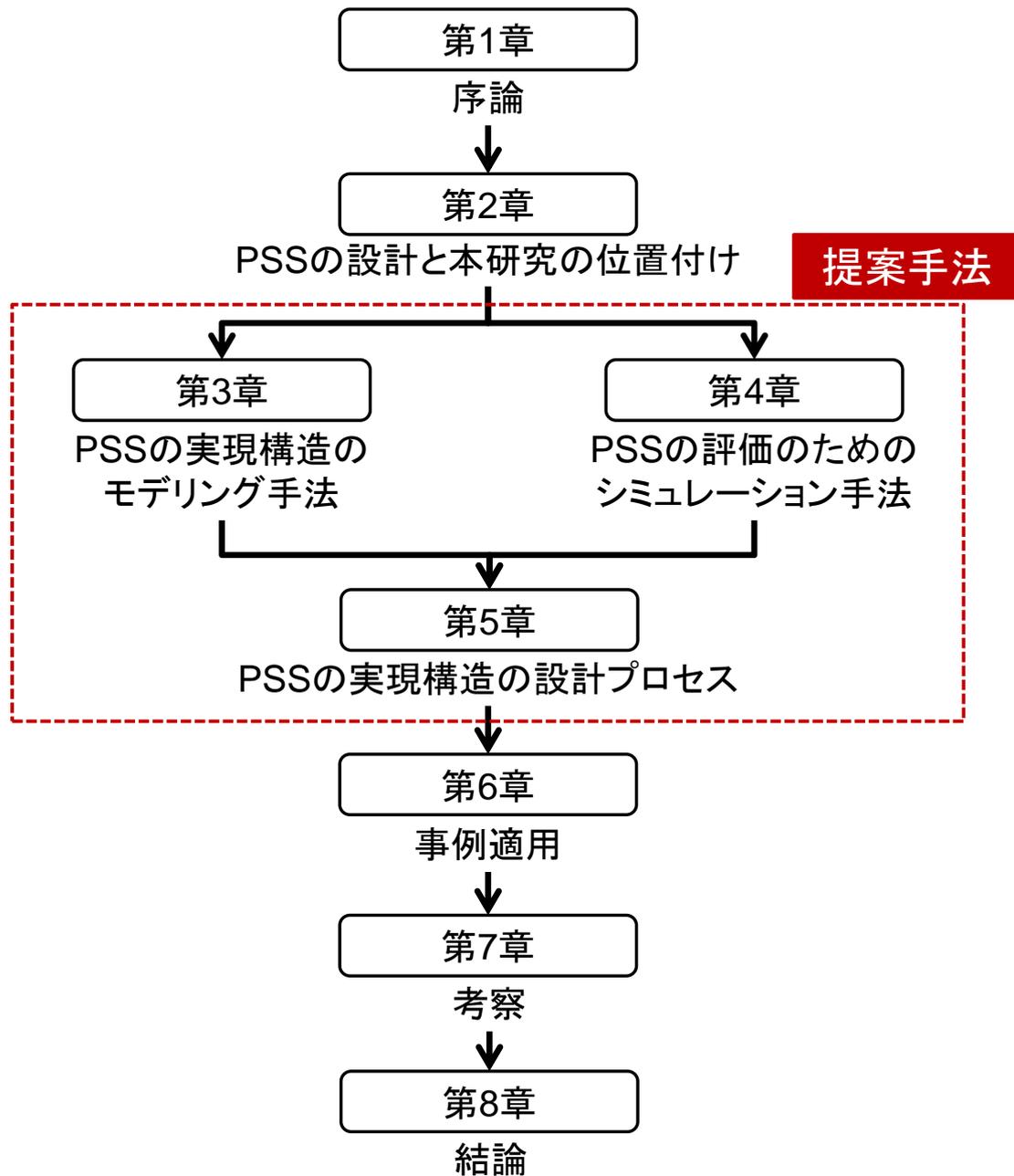


Figure 1-5 本論文の構成

第2章 PSS の設計と本研究の位置 付け

2.1 はじめに	20
2.2 製品サービスシステム(PSS)	21
2.2.1 PSS の類型	21
2.2.2 既存研究における PSS の定義	23
2.2.3 本研究における PSS の定義	25
2.2.4 サービスドミナントロジックと PSS	26
2.3 PSS の設計研究と課題	29
2.3.1 PSS の設計研究	29
2.3.2 デザイン思考によるモノとコトのデザイン	30
2.3.3 PSS のビジネスモデルの設計	31
2.3.4 PSS の実現構造の設計	33
2.4 本研究の位置付け	37
2.4.1 本研究の設計の範囲	37
2.4.2 本研究の提案内容の概要	38
2.4.3 本研究の位置付け	39
2.5 おわりに	42

2.1 はじめに

本章では、既存研究における製品サービスシステム（Product-Service System: PSS）の定義を解説し、その後に、本研究が採用する PSS の定義を説明する。そして、PSS の「設計」のための既存研究について解説する。最後に、本研究の提案内容の概要を示し、既存研究との比較を通じて、本研究の位置付けを明確にする。

2.2 製品サービスシステム (PSS)

2.2.1 PSS の類型

PSS とは、製品とサービスを一体化し価値を提供するシステムのことを指す。PSS の具体例は第 1 章の Table 1-1, Table 1-2 に示した通りである。PSS は、Figure 2-1 に示すような分類で説明されることが多い。これは、Tukker による PSS の類型モデルであり、PSS の特性・形態に関する研究の中で最も有名な PSS の類型である。Figure 2-1 に示すように、PSS は、そのシステムが内包する製品とサービスの比率に応じて、Product-oriented PSS (PoP), Use-oriented PSS (UoP), Result-oriented PSS (RoP) の 3 つに大別することができる。PoP は、製品の所有権は受給者にあり、提供者がその製品に対する付加的なサービスを提供するような PSS を指す。UoP は、製品の所有権は提供者側にあるが、受給者自身が製品を使用し、その使用を通じて価値を得るような PSS を指す。また、RoP は、製品の所有権が提供者側にあるだけでなく、製品の使用自体も提供者側が行い、受給者はその結果だけを買うような PSS を指す。また、PSS は上記 3 分類よりもさらに細かく、(1) Product-related, (2) Advise and consultancy, (3) Product lease, (4) Product renting/sharing, (5) Product pooling, (6) Activity management, (7) Pay per service unit, (8) Functional result, の 8 つに分類することが可能である。この 8 分類のそれぞれの説明や具体例は、Table 2-1 に示す通りである。

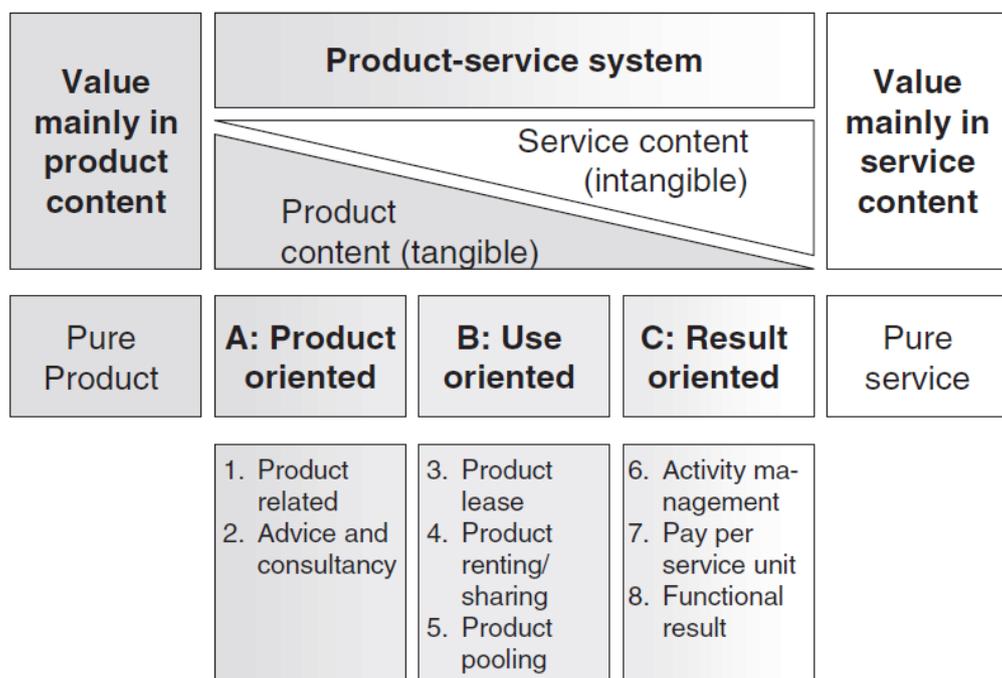


Figure 2-1 Tukker による PSS の 8 類型 [Tukker 2004]

Table 2-1 PSS の 8 類型の説明と具体例（[Hara 2010] をもとに作成）

Type of PSS		Description	Example
PoP	Product-related	Provider sells products as well as services needed during use phase.	Car repair warranty, etc.
	Advice and consultancy	Provider gives advice on most efficient use of product.	Information of traffic jam
UoP	Product lease	Provider retains ownership of product and is often responsible for maintenance/repair. User pays regular fee, normally for unlimited individual access.	Car lease
	Product renting/sharing	Provider retains ownership of product and is often responsible for maintenance/repair. User pays regular fee but does not have unlimited and individual access. Same product is used sequentially by users.	Car renting/sharing
	Product pooling	Provider retains ownership of product and is often responsible for maintenance/repair. User pays regular fee but does not have unlimited and individual access. Same product is used simultaneously by users.	Car pooling
RoP	Activity management	A part of activity of a customer is outsources to at third party. Most of the outsourcing contracts include performance indicators to control the quality of the outsourced service.	Driving agent, Car wash, etc.
	Pay per service unit	Product still forms the basis of PSS. User buys output of product according to level of use.	Car renting with pay per mile
	Functional result	Provider and user agree on an end result without specifying how the result is delivered.	Taxi

2.2.2 既存研究における PSS の定義

PSS は、1999 年にその概念が提唱され、その後は現在までの 15 年近くの期間において、欧州（特に、ドイツ、スウェーデン、デンマーク、フランス、イギリス、オランダ、イタリアなど）や日本を中心にその研究が活発に進められている。このように、PSS に関する研究は比較的新しい研究分野であるため、PSS の定義には未だに統一的な見解が無く、様々な定義が存在している。その中でも、PSS の代表的な定義は、(1)PSS が受給者に価値を提供するための製品とサービスの統合体であることを強調する定義、と (2)PSS が多様な利害関係者から成る社会システム全体を示すことを強調する定義の 2 種類に分けることができる。以下では、上記(1)と(2)のそれぞれの定義例とその考え方に関して説明する。

(1) PSS が受給者に価値を提供するための製品とサービスの統合体であることを強調する定義

A product-service system (PSS) can be defined as consisting of tangible products and intangible services designed and combined so that they jointly are capable of fulfilling specific customer needs. [Tischner 2002]

A PSS is an integrated product and service offering that delivers value in use. [Baines 2007]

これらの定義において、PSS は、受給者の要求（ニーズ）を満たし価値を提供するために設計された製品とサービスの統合体であるとされる。特に、上記の 2 つ目の定義では、PSS とは、製品の使用を通じて生まれる価値（value in use：使用価値）を提供するものであることを主張しており、ここでの価値とは、製品の機能や性能など製品自体に埋め込まれた価値だけでなく、製品の使用を通じて受給者が受け取ることができる価値を意味している。この立場から、Tan は、PSS 型のビジネスモデルを、従来の製品売り切り型のビジネスモデルと比較して、Figure 2-2 のような概念図で表現している [Tan 2010b]。Figure 2-2 上部は、従来の製品売り切り型のビジネスモデルにおける価値の発生のタイミングを示しており、製品ライフサイクルにおける「販売」の段階にのみ価値が生まれ、提供者はそこで対価を得ることを示している。一方、Figure 2-2 下部に示す PSS 型のビジネスモデルでは、製品の「販売」時のみではなく、その後、受給者が製品を「導入」、「使用」、「保全」する段階においても継続的に価値が創り出され、提供者は、それらの様々な段階から対価を獲得可能であることを示している。

このように本定義では、PSS は、「製品の販売段階だけでなく、受給者が製品・消費する過程を通じて価値を提供可能な、製品とサービスの統合体である」と解釈される。

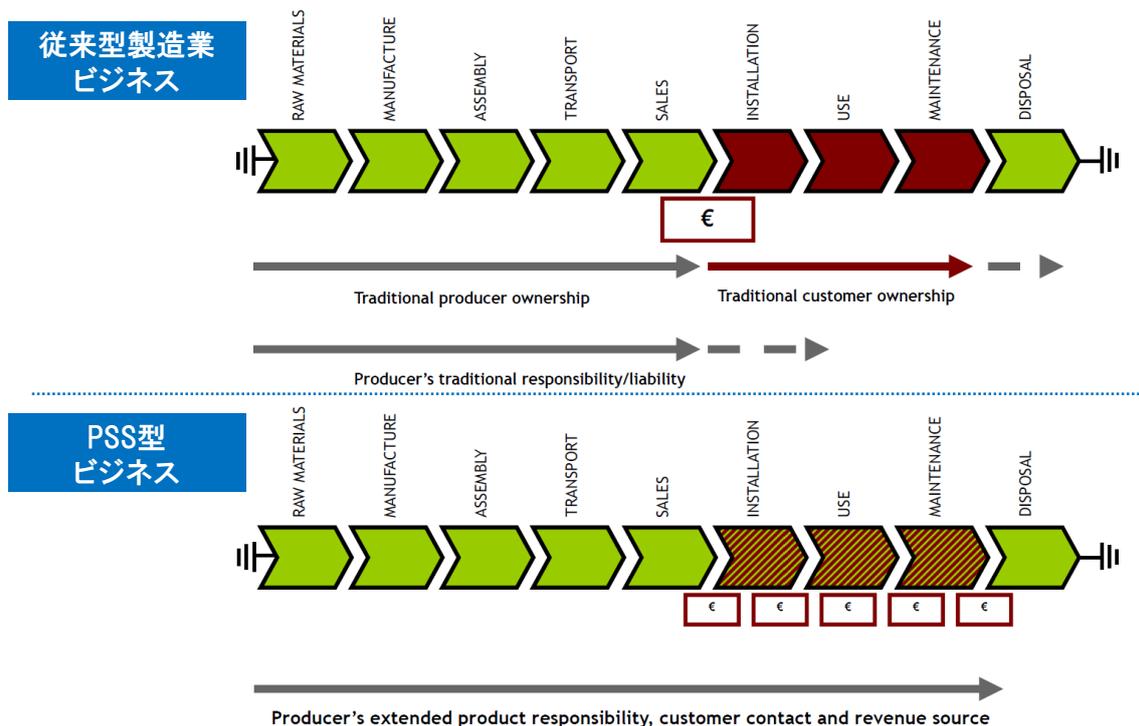


Figure 2-2 製品売り切り型のビジネスと PSS の違い

(2) PSS が多様な利害関係者から成る社会システム全体を示すことを強調する定義

A product-service system is a system of products, services, networks of “players” and supporting infrastructure that continuously strives to be competitive, satisfy customer needs and have a lower environmental impact than traditional business models. [Goedkoop 1999]

PSS is a system of products, services, supporting networks and infrastructure that is designed to be competitive, satisfy customers’ needs and have a lower environmental impact than traditional business models. [Mont 2004]

一方、(1)で述べたように、製品とサービスの統合による高付加価値を実現するためには、製品のライフサイクル全般において、製品の利用者や消費者（受給者）を適切に支援するためのサービスを製品に統合して提供することが重要となるが、提供者が持つリソースの制約等の観点から、そのような製品とサービスの統合提供を行うためには他の企業や組織（利害関係者）との連携が必須となる。上記の Goedkoop や Mont による PSS の定義はこの点を強調した定義であり、PSS とは単なる物理的製品とサービスの組み合わせを意味するだけでなく、「受給者の要求充足や環境負荷の低減を目的とした多様な利害関係者から成る社会・経済システム全体である」としている。

Meier らは、この立場から、PSS の本質は、利害関係者間で製品やサービス及びその統合物を相互に提供し合うことで、受給者や提供者を含む全ての利害関係者が十分な価値を享受可能なシステムを構築することにある主張しており、そのことを Figure 2-3 に示す概念図により表現している [Meier 2012a]。Figure 2-3 は、PSS とは利害関係者間で製品やサービス及びその統合物を相互に提供しあうシステム (Figure 2-3 右) であり、単純に製品にサービスを付加した構造 (Figure 2-3 中央) と区別して考えるべきであることを示している。



2.2.3 本研究における PSS の定義

第 2.2.2 項において述べた既存研究における PSS の定義をまとめると、PSS は、以下の特徴を持つシステムであると言える。

- 製品とサービスを統合して、受給者に価値を提供するシステムである
- PSS により提供される価値は、製品の機能や性能など製品自体に埋め込まれた価値だけでなく、製品の使用を通じて受給者が受け取ることができる価値も含む
- PSS とは単なる製品とサービスの組み合わせを意味するだけでなく、利害関係者間で製品やサービス及びその統合物を相互に提供し合うことで、各利害関係者に対して価値を提供可能な社会システムである

本研究では、この考え方にに基づき、PSS を以下のように定義する。

PSS とは、製品の提供者及び受給者を含む多様な利害関係者間での製品やサービスもしくはその統合体の相互のやりとりを通じて、利害関係者にとっての価値を充足することを目的とした社会システムである。ただし、ここでの価値とは、製品の機能や性能など製品自体に埋め込まれた価値だけでなく、製品の使用を通じて受給者が受け取ることができる価値も含む。

ただし、PSS 研究における「製品」とは製造業製品を示す場合が殆どであるが、本研究では、製品をより広く「人間により生産される物財」と捉え、農作物や養殖漁業で生産された魚類などの第一次産業における製品もその対象に含む。また、本定義における「製品とサービスの統合体」を、本研究では、製品サービス (Product-Service : PS) と呼び、PSS とは区別する。

また、(1)と(2)の両定義が明示しているように、PSS 研究では、企業や消費者、提供者等への価値提供だけでなく環境負荷の低減もその研究による成果として大きく期待されることが多いが (例えば、[Goedkoop 1999])、本定義においては、「地球環境」を利害関係者の一つとし、その要求価値が環境負荷の低減であると理解することで、これを説明可能である。

2.2.4 サービスドミナントロジックと PSS

本項では、近年、PSS 研究やサービス科学・工学研究において高い注目を集めているサービスドミナントロジック [Vargo 2004] と PSS の概念的な関係について言及する。

(1) サービスドミナントロジックとは

サービスドミナントロジック (以下、S-D ロジック) [Vargo 2004] [Lusch 2006] とは、経済的・社会的な「交換」の中核を「物財 (Goods)」から「サービス (Service)」に置き換える論理である。S-D ロジックでは、全ての経済的・社会的活動において、物財と物財が交換されるのではなく、サービスとサービスが交換されるとする。一方、従来の、経済的・社会的交換の「中核」として物財を置く論理はグッツドミナントロジック (G-D ロジック) と呼ばれる。S-D ロジックに関する研究は、まだ始まったばかりであり明確な学問体系にまで発展しているとは言えないが、先進諸国の産業構造のサービス化に伴い、近年、強く注目を集めているコンセプトである。

G-D ロジックの世界観は、世の中には「物財 (製品)」と「製品以外の何か (=サービス)」があるとする世界観である。これまでの経済学におけるマーケティング研究では (例えば、[Sasser 1978], [Fitzsimmons 2001] など)、この論理体系に基づき、製品とサービスを分けて議論してきた。一方、S-D ロジックでは、サービスを「“Application of specialized knowledge and skills (competences) for the benefit of another party” (他者の便益を生み出すための知識と技能 (能力) の適用)」として定義し、経済活動を全てサービスとして捉える。この知識や技能の適用の「過程 (プロセス)」には、直接的な作用と間接的な作用があるとされるが、前者は属人的な行為を介した「過程」を、後者は製

品を介した「過程」を指す。すなわち、S-D ロジックは、製品とサービスを区別して、製品にのみ、もしくは、サービスにのみ当てはまる経営論理を読み解くのではなく、製品にもサービスにも共通する経営論理の構築を目指すものである [藤川 2012]。

また、S-D ロジックと G-D ロジックは、価値概念に関する世界観も異なる。G-D ロジックでは、提供者が創った製品やサービス自体に価値が埋め込まれており、それが市場で交換されることを通じて実現する「交換価値」を重視する。その一方で、S-D ロジックでは、製品やサービスが使用・消費される過程において提供者と受給者が様々なやりとりをする文脈の中で生まれる価値（使用価値）を重視する。この使用価値は、受給者が製品やサービスを使用・消費する際に生まれることから、受給者は提供者と共に価値を創る（価値を共創する）主体であると捉えられる (Figure 2-4)。

以上のように、S-D ロジックの世界観に立って事業活動を捉え直すということは、製品とサービスを統合的に分け隔てなく扱い、購買時だけでなく、購買前後にも広く受給者との接点を設け、その様々な接点を通じて、どのような価値をどのように共創していくかということを考えることになる。

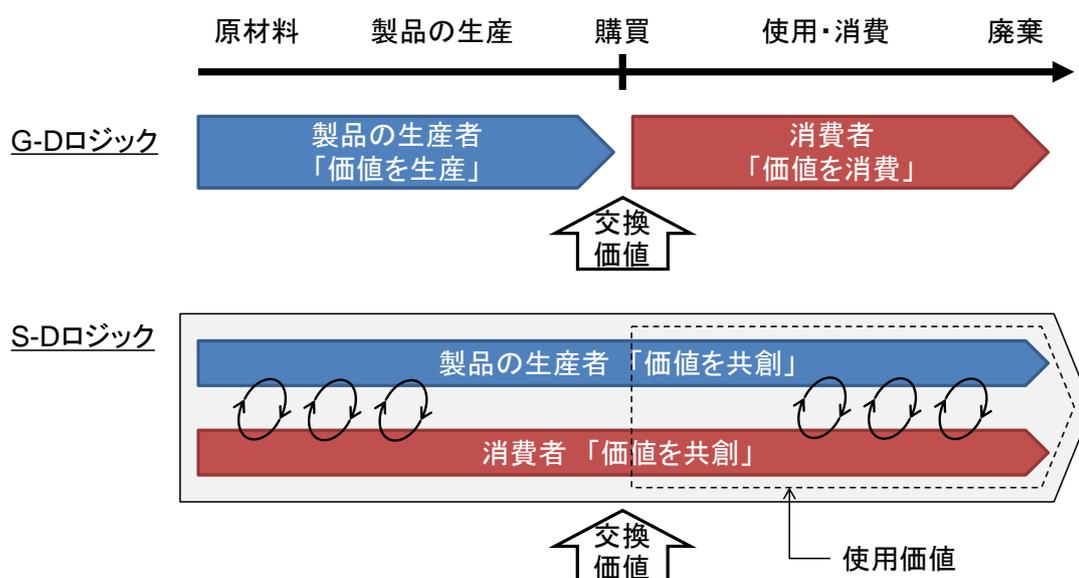


Figure 2-4 G-D ロジックと S-D ロジック ([藤川 2012] をもとに作成)

(2) サービスドミナントロジックと PSS

前項で述べたように、PSS は、製品とサービスを統合的に分け隔てなく扱い、製品自体に埋め込まれた価値だけでなく、製品の使用を通じて受給者が受け取る価値の向上を狙うシステムである。このように PSS は、「製品とサービスを分け隔てなく扱う」、「受

給者の使用価値向上を目的とする」という観点から、前述の S-D ロジックの理論に適合した考え方に基づいて構築されるシステムであると言える。また、S-D ロジックの提唱者である Vargo and Lusch [Vargo 2004] は、S-D ロジックの世界観の中では、サービスを多数の利害関係者から成るネットワーク構造（価値創造ネットワーク：Value creation network）として捉えることの重要性を主張しており、このことも PSS の考え方と一致する。以上のことから、PSS は、製造業や農業などの製品の生産を伴う産業におけるビジネスの、S-D ロジックに基づく再解釈であると言える。

ただし、PSS において用いられているサービスという語は、S-D ロジックにおける広義のサービスを意味するのではなく、伝統的なサービス・マーケティング分野で用いられてきた狭義のサービス（製品以外の無形財）を意味している点は注意すべきである。

2.3 PSS の設計研究と課題

2.3.1 PSS の設計研究

これまでの PSS の設計研究を概観すると、PSS の設計のフェーズは、そこで扱う対象の抽象・具体関係に基づき、ビジネスモデル設計、実現構造設計、製品やサービスの詳細設計の 3 段階に大きく分けることができる (Figure 2-5)。

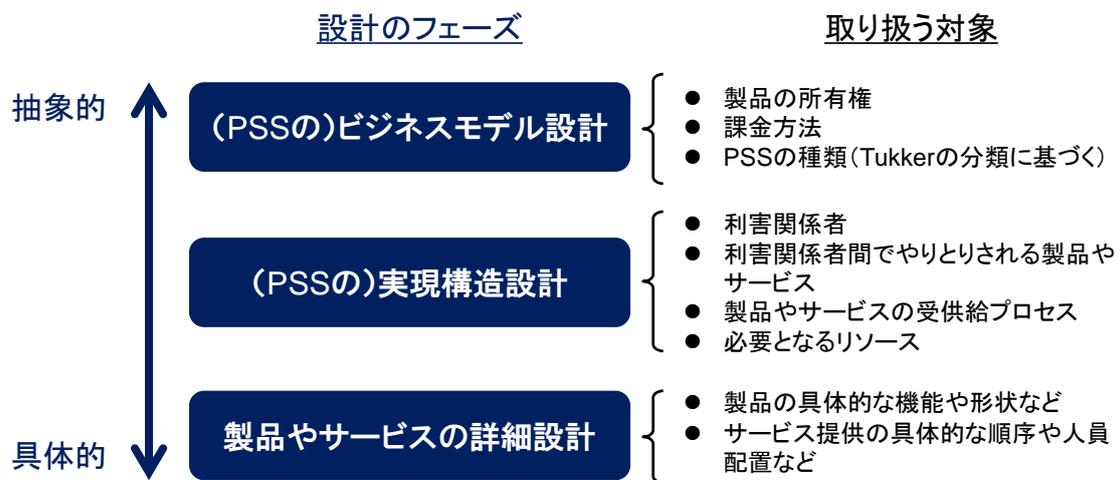


Figure 2-5 PSS の設計のフェーズ

「ビジネスモデル設計」は、PSS の提供者がどのような価値を提供しどのように収益を得るかというビジネスの枠組みを決定するためのフェーズである。ここでは、製品の所有権、課金方法、PSS の種類 (Tukker の類型の中でのどのタイプか) などを決定することが目的である。一方、「実現構造設計」は、PSS を実現するための構成要素の組み合わせを決定するためのフェーズである。ここでは、PSS を構成する利害関係者やそこでやりとりされる製品やサービスの内容、PSS の受供給プロセス、必要となるリソースなどを決定することが目的である。「製品やサービスの詳細設計」では、実現構造設計のフェーズで決定した製品やサービスに関して、製品の具体的な機能や形状の設計、サービス提供の具体的な順序や人員配置などを決定する。本フェーズにおける製品の詳細設計の対象は、伝統的な製品設計研究の対象とほぼ同じである。また、サービスの詳細設計の対象は、サービスにおける人的活動の設計を対象とした研究や OR (Operations Research) 研究におけるプロセス最適化や人員配置最適化などの対象と同じである。

本節の以降では、PSS の「設計」に関連する3つの既存研究について述べる。1つ目は、製品とサービスの統合体やビジネスのコンセプトやアイデアを「デザイン思考」のアプローチによりデザイン（設計）する研究である。この研究は、人間中心設計や参加型デザインといった分野を基盤とした研究であるが、このアプローチを用いて新規的な製品やサービス、ビジネスのコンセプトを創出し、イノベーションを実現した例が幾つか報告されていることから、産業界において特に注目を浴びている。これは、「ビジネスモデル設計」の初期段階において、アイデアを創出するために用いられる方法である。2つ目は、PSS のビジネスモデルを設計するための研究であり、Figure 2-5 における「ビジネスモデル設計」フェーズで用いられる。これは、経営学や経済学、マーケティング分野からのアプローチである。3つ目は、モデリングやシミュレーションといった工学的手法により、PSS の実現構造を設計するための方法論を構築するための研究である。これは、Figure 2-5 における「実現構造設計」フェーズに相当し、設計工学や機械工学分野からのアプローチである。

2.3.2 デザイン思考によるモノとコトのデザイン

近年、ユーザの問題解決のためのモノやサービスの設計を行うためのアプローチとして、デザイン思考 [Brown 2008] が注目を集めている [鈴木 2013]。デザイン思考では、(1)現場やユーザをよく知る、(2)多様な属性のメンバーから成るチームでアイデア出しを行う、(3)アイデアを可視化する・形にする、(4)アイデアのブラッシュアップを行う、というプロセスを反復的に行い、最終的な設計解を導く (Figure 2-6) [安岡 2013]。

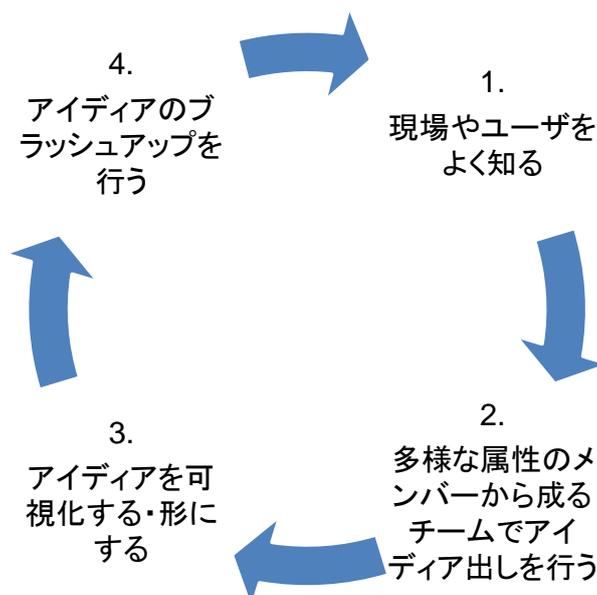


Figure 2-6 Design Thinking の設計プロセス

この(1)では、現場を観察し理解するために、エスノグラフィー [小田 2010] という手法が用いられる。エスノグラフィーとは、元来は文化人類学、社会学において用いられてきた手法であり、対象となる集団や社会の行動様式をフィールドワークにより調査・記録するための手法である。また、(2)では、多数の設計者によるブレインストーミングなどが行われる。(3)では、簡易的なプロトタイプ、モックアップを作成することで、導出したコンセプトの可視化を行う。ここで、設計対象がサービスやビジネス等の無形なものである場合は、ロールプレイングなどが行われる [Stickdorn 2012]。(4)では、(3)で作成した簡易プロトタイプをもとにアイデアをブラッシュアップしていく。

デザイン思考は、ブレインストーミングや設計者の感性によるアイデア出しや評価に大きく依存した属人性の高いアプローチであるが、本アプローチを用いて製品やサービスのイノベーションを実現した例も多く見受けられる [Brown 2009]。そのため、デザイン思考は、PSS を含む様々な設計における初期段階でアイデアを創出するための方法として、産業界から大きな注目を浴びている。本方法論で得られる設計解は、PSS のコンセプトやアイデアといったものであり、ビジネスモデル設計の初期段階に位置付けられる。

2.3.3 PSS のビジネスモデルの設計

近年、欧州を中心に PSS のビジネスモデルを設計するための研究が行われている。これらの研究では、PSS の提供者がどのような価値を提供しどのように収益を得るかという、ビジネスモデルを設計することを目的とした手法や枠組みの開発が行われている。

Rese らは、PSS のビジネスモデルは、PSS が提供する価値 (Value)、リスク分散 (Risk distribution)、収益源 (Revenue streams)、製品の所有権 (Property right)、実施組織 (Organizational Implementation) を記述したものであると定義し、この定義のもとでの、PSS のビジネスモデルの概念体系 (オントロジー) を提案している (Figure 2-7) [Rese 2012]。本オントロジーには、PSS のビジネスモデルを設計する際に選択するためのオプションが羅列されており、PSS の提供者は、受給者の特性やニーズに合わせて、このオントロジー中のオプションを選択していくことで、PSS のビジネスモデルの設計を行う。本ビジネスモデル設計手法は、化学プラントにおける製造機械を対象に事例適用が行われている [Lier 2013]。また、本オントロジーとシミュレーション手法と組み合わせることで、より合理的にビジネスモデルを設計するための手法も提案されている [Meier 2012b]。

これらの研究では、PSS のビジネスモデルを設計することを可能とするが、PSS を実現するための具体的な構造（どのような利害関係者が介在し、どのように製品やサービスを提供し合いながら、受給者の価値を満たすか）を設計することは対象としていない。

partial model	BUSINESS MODEL CHARACTERISTICS	ATTRIBUTES OF BUSINESS MODEL CHARACTERISTICS					
	value	customer value (benefit)	property of the physical product	use of the product	availability of the product	result of the use of the product	consumption of the product
		value architecture	product-oriented		service-oriented		integrated (product-service-oriented)
		expansion of benefits	core benefit alone		multiple benefits aggregated together		multiple benefits integrated with each other
organization	task distribution and process responsibility	customer  provider					
	provider's life cycle activities	specification, procurement and installation	maintenance	upgrading	continuous improvement	manufacturing resources	operation
	customer's life cycle activities	operation	manufacturing resources	continuous improvement	upgrading	maintenance	specification
	service initiative	customer initiates services		provider initiates additional services		provider initiates services to ensure availability	provider operates industrial product-service system
risk distribution	risk sharing	customer  provider					
	provider's risk assumption	risk up until product sale/invest	risk for life cycle activities	risks for the availability (operating errors, preterm wear of the product)	risk for result of the use of the product	market risks	
	customer's risk assumption	risk up until product sale/invest	risk for life cycle activities	risks for the availability (operating errors, preterm wear of the product)	risk for result of the use of the product	market risks	
revenue streams	economic value based on	transfer of property	use (e.g. leasing, rental)	management of activities	assuming responsibility in the use	result of the use	
	revenue	based on order (sale of product or service: cost plus, fixed price)	revenues over the life cycle				based on result (e.g. revenue per produced unit)
	based on order (one-time sale of product and additional services)		not based on unit				
property rights	ownership	customer (buyer) gains ownership of product		product in ownership of a third party		product in ownership of the provider	
	access	always present at the customer	present at the customer when needed (serial use)	present at the provider when needed	always present at the provider	present at a third party when needed	always present at a third party

Figure 2-7 PSS のビジネスモデルオントロジー [Rese 2012]

2.3.4 PSS の実現構造の設計

PSS の具体的な実現構造を設計するための研究も活発に進められている。これらの研究には、細かく分けて 2 つの方向性がある。1 つ目は、PSS の実現構造を「モデル」を用いて可視化し、このモデルを記述・編集・解析することにより、PSS の設計を行うための研究である。ここでのモデルの記述や編集、解析は、複数の設計者により共同的に実施される。一方、2 つ目は、PSS の実現構造のモデル化とシミュレーションによる評価を組み合わせた手法である。ここでは、設計した PSS の実現構造モデルの善し悪しをシミュレーションにより評価し、その評価結果に基づきモデルの改善・改良を行う、といったシステム工学的で合理的なアプローチが用いられる。以下では、これら 2 つの既存研究について説明する。

(1) 実現構造のモデル化に基づく PSS の設計支援研究

Müller らは、PSS の実現構造のモデル化や設計に用いるための手法として PSS Layer Method を提案している [Müller 2010a]。PSS Layer Method では、PSS の構成要素として、成果物 (Deliverables)、活動、利害関係者、コア製品、補助製品、契約といった要素を定義し、受給者ニーズと提供価値を特定した後に、それを起点にこれらの構成要素を決定していくことで、PSS の基本的な実現構造を設計する (Figure 2-8)。また、Morelli [Morelli 2006] は、PSS の実現構造を、PSS に介在する利害関係者と各利害関係者の活動 (プロセス) を表すモデルを用いて記述するための手法を提案している (Figure 2-9)。Tan [Tan 2010b]、Matzen [Matzen 2009] は、PSS に介在する利害関係者が、受給者が製品を使用する活動のどの段階で関わりあうかを記述するためのモデルを提案している。そして、このモデルと利害関係者間の関係を表すモデルの双方を利用することで PSS の設計を行うことを提案している (Figure 2-10)。

これら PSS のモデル化に基づく設計手法は、PSS の具体的な実現構造を可視化し、設計者全員で共有しながら設計を進めることが可能である点で、PSS の設計に対して有効である。しかしながら、モデルを用いて記述した設計解が、提供者や受給者にどの程度の価値を提供するかというような「評価」は行っていない。

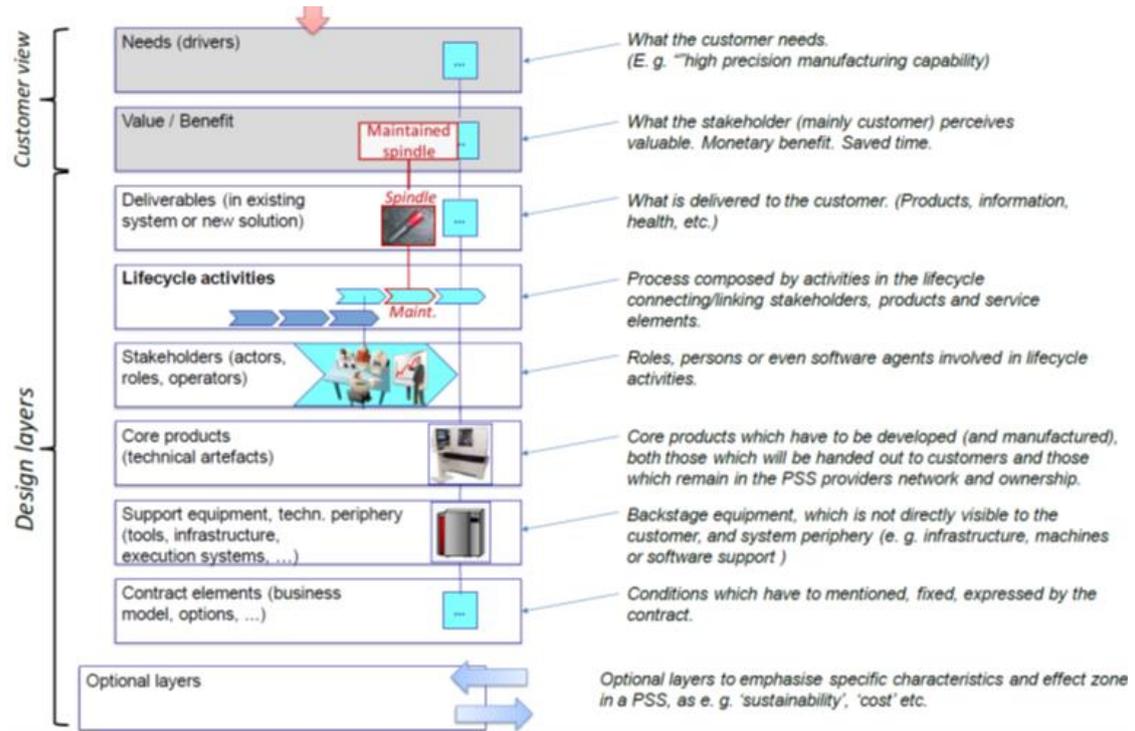


Figure 2-8 PSS Layer Method [Müller 2010a]

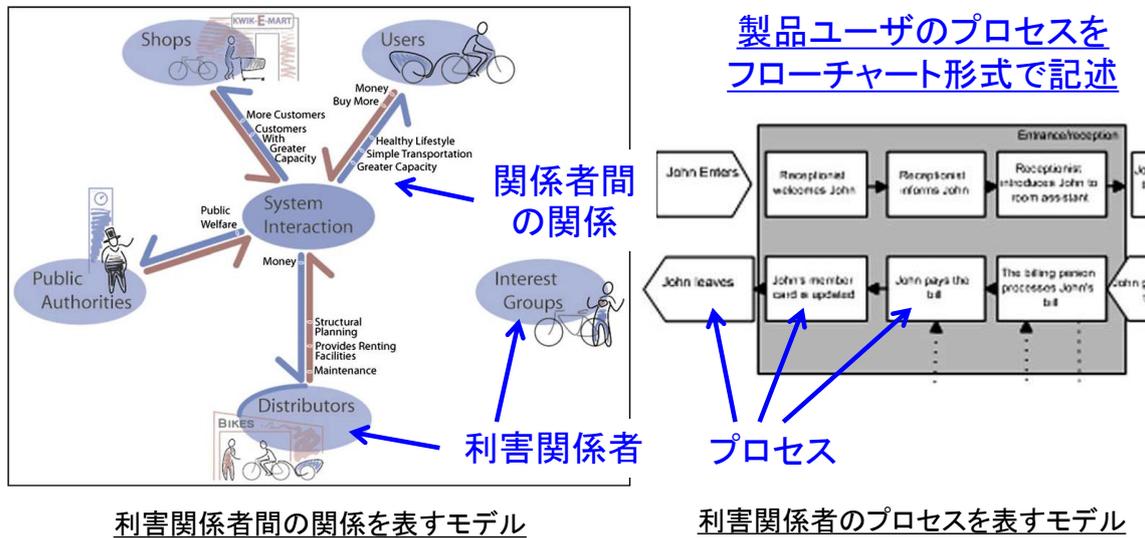


Figure 2-9 Morelli による PSS の実現構造のモデル化 ([Morelli 2006] をもとに作成)

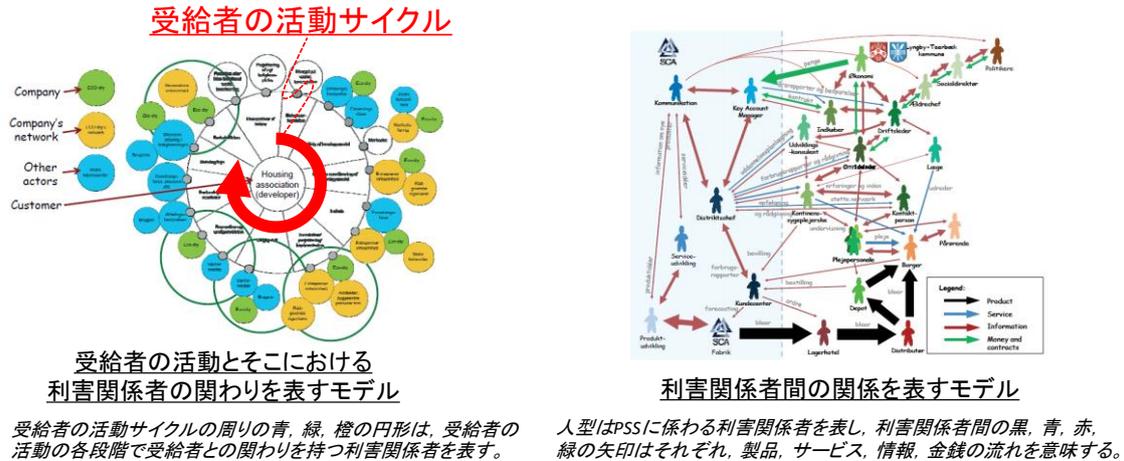


Figure 2-10 PSS 設計のためのアクタ間の関係のモデル化 [Tan 2010b]

(2) モデル化とシミュレーションを通じた PSS の設計支援研究

下村, 新井らは、サービス設計学に関する研究を進めている [Arai 2004] [下村 2005]. この研究ではサービスを「受給者の要求する価値を実現するモノ（物理的製品）とコト（行為的製品）の統合的実現手段の提供」と捉えており、PSS の設計研究の一つとしても広く認識されている. 本手法では、受給者の要求価値をパラメータとして表現し、このパラメータの変化を実現する構造を、機能と実体及び実体の属性により表現する (Figure 2-11) [下村 2005]. そして、ここで記述した各実体（人間系と製品系双方を含む）が機能を発現するための活動（プロセス）を、拡張サービスブループリントと呼ぶモデルにより表現する [Shimomura 2009]. この手法は、受給者の要求価値からサービスを実現する実体物とその活動までを一貫して関連付けながら構造化するためのモデルであり、受給者の要求価値を高度に充足可能な PSS の実現構造の設計が可能となる.

加えて、本研究では、場面遷移ネット (Scene Transition Nets: STN) [川田 1993] と呼ばれる離散連続混合シミュレーション技術を用いて、設計したモデルを評価する手法 (Figure 2-12) が提案されている. また、そのシミュレーション結果に基づき設計解を改善するための一連の方法論が提案されており [Tateyama 2008], 合理的に PSS の実現構造を設計することが可能である. 下村らによる研究では、PSS には多様な利害関係者が介在することを認めながらも [下村 2003], その設計やシミュレーションの対象は特定の提供者と受給者の 1 対 1 関係である.

一方、渡辺ら [Watanabe 2012] は、下村らの研究における設計方法論を拡張し、PSS に係わる多様な利害関係者を考慮したシミュレーション手法を提案している. ここで提案されているシミュレーション手法を用いることで、PSS に係わる利害関係者の要求や

目標がどの程度充足されるかということの評価可能である。本手法では、PSS の受供給に関する1回のトランザクションを切り取った評価を対象としている。

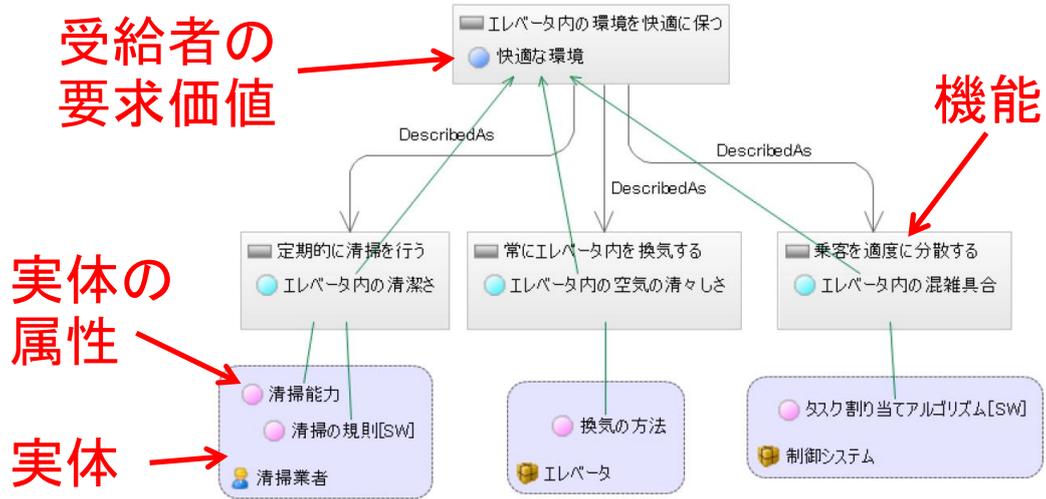


Figure 2-11 製品とサービスの統合設計のためのモデル

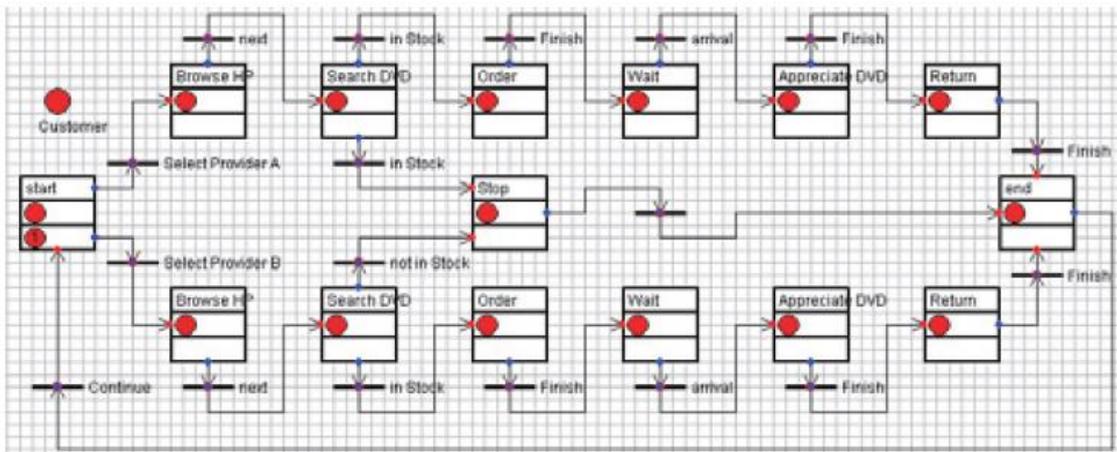


Figure 2-12 場面遷移ネットを用いたプロセスシミュレーション

2.4 本研究の位置付け

2.4.1 本研究の設計の範囲

本研究は、PSS に係わる多様な利害関係者を考慮し、それら利害関係者のそれぞれが高い価値を享受できるような PSS の実現構造を設計するための方法論を議論するものである。本研究における実現構造とは、PSS を実現するための構成要素の組み合わせのことを意味しており、PSS においてやりとりされる製品やサービスだけでなく、それを実現するために必要なプロセスやリソースまでを設計対象として含む。ここで、前者は PSS に係わる利害関係者間において「何が (What)」やりとりされるかを、後者は「どのように (How)」やりとりされるかを意味する。本研究の設計範囲を Figure 2-13 に示す。本図に示すように、本研究では、PSS に係わる「利害関係者」、他の利害関係者に価値を提供する製品やサービス及びその統合物（これを「コンテンツ」と呼ぶ）、利害関係者間でコンテンツの受供給を行うための「プロセス」、プロセスを実施するための製品や人間（これを「リソース」と呼ぶ）の 4 要素を、PSS を実現するための構成要素と捉え、これらに関する情報を決定することを、PSS の実現構造の設計と捉える。

以上に述べたように、本研究の主な対象は、Figure 2-5 に示した PSS の設計フェーズの全体における「実現構造設計」に相当する。ただし、PSS の実現構造を設計していく過程では、ビジネスモデル設計のレベルでの変更（例えば、これまではサービスが提供されていなかった部分にサービスを付加するなど）を行う場合もあると考えられる。そのため、本研究で扱う設計において設計者が考慮する範囲には、ビジネスモデル設計の領域も一部含まれるが、そこでの設計支援は本研究の主な対象ではない。

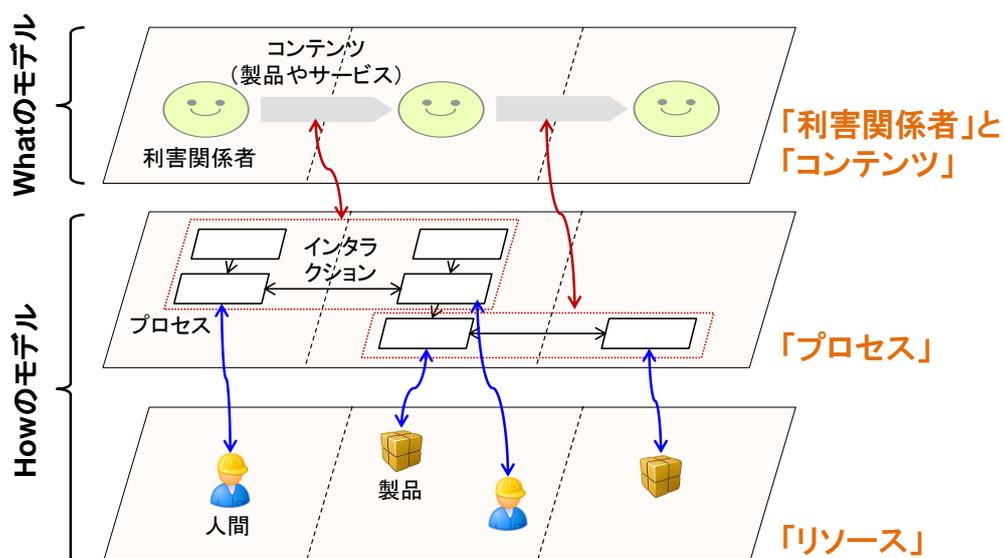


Figure 2-13 本研究の設計の範囲

2.4.2 本研究の提案内容の概要

第 1.1.5 項に述べたように、PSS の設計においては、製品とサービスを統合的に扱わなければならない、製品の機能・性能だけでなく受給者の要求価値も考慮しなければならない、PSS の実現に係わる多様な利害関係者とその相互作用を考慮しなければならない、といったように設計者が考慮すべき範囲は非常に広範になる。そのため、ビジネスとしての持続性を持つ PSS を設計することは容易ではない。そこで本研究では、PSS の実現構造を合理的に設計可能とするために、PSS の実現構造のモデル化、シミュレーションによる評価、評価結果に基づく改善、という段階的かつサイクリックな手順を経て PSS の実現構造を設計するという、システム工学的なアプローチを採用する (Figure 2-14)。

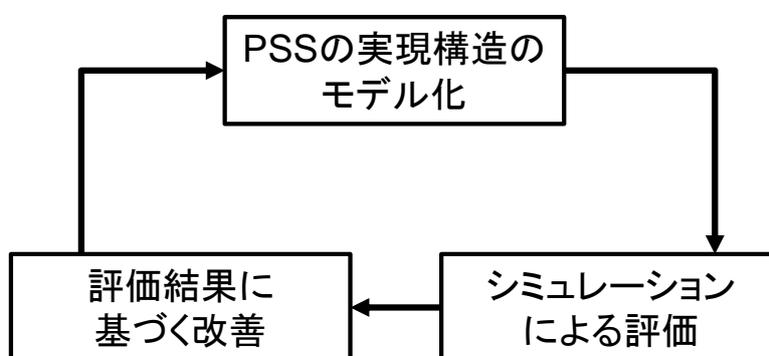


Figure 2-14 モデリングとシミュレーションを通じた PSS の設計サイクル

PSS の実現構造のモデル化では、PSS を多様な利害関係者から成るシステムであると捉え、その全体像を俯瞰的にモデル化するためのモデリング手法を提案する。第 2.4.1 項に述べたように、本研究では、PSS に係わる「利害関係者」、他の利害関係者間に価値を提供する製品やサービス及びその統合物（「コンテンツ」）、利害関係者間でコンテンツの受供給を行うための「プロセス」、プロセスを実施するための「リソース」をモデル化することで、PSS の実現構造を表現する。この実現構造モデルを記述・参照することで、設計者は PSS の全体構造を俯瞰的に把握可能となる。また設計者は、この PSS の実現構造のモデル中の要素に操作（追加、変更、削除など）を加えることで、PSS の設計を行う。本モデルは、設計作業における共通言語となり、PSS の実現構造を設計者間で共有しながら設計を進めることが可能となる。本手法については、第 3 章で詳しく述べる。

シミュレーションによる評価では、多様な利害関係者のそれぞれが PSS から受け取る価値の大きさをシミュレーションにより定量的に評価可能とするための手法を提案する。ここで、各利害関係者が受け取る価値の大きさは、利害関係者間の相互作用の影

響を受けてその値が変化するが、第 1.1.5 項に述べたように、ここでの相互作用には短期的な相互作用と長期的な相互作用の 2 つがある。そこで本研究では、この短期的・長期的な相互作用の双方を考慮した評価を行うためのシミュレーション手法を提案する。本手法により、設計した PSS の実現構造モデルを、利害関係者間の短期的・長期的な相互作用を考慮しながら事前に評価することが可能となる。この評価結果に基づき、設計者間で合意を取りながら合理的に設計解を改良していき、最終的な設計解を導出することが可能となる。本手法については、第 4 章で詳しく述べる。

加えて、本研究では、これらモデル化手法とシミュレーション手法を用いて、多様な利害関係者が高い価値を享受可能な PSS の実現構造を設計するための手順である「設計プロセス」を構築する。本設計プロセスは、Figure 2-14 に示した、PSS の実現構造の「モデル化」、設計したモデルの「シミュレーション」、評価結果に基づく「改善」、から成る設計サイクルを基本とするものである。本設計プロセスについては、第 5 章で詳しく述べる。

2.4.3 本研究の位置付け

本項では、既存研究との比較により、本研究の位置付けを述べる。

第 2.2.3 項で述べたように、本研究では PSS を“製品の提供者及び受給者を含む多様な利害関係者間での製品やサービスもしくはその統合体の相互のやりとりを通じて、利害関係者にとっての価値を充足することを目的とした社会システムである。ただし、ここでの価値とは、製品の機能や性能など製品自体に埋め込まれた価値だけでなく、製品の使用を通じて受給者が受け取ることができる価値も含む。”と定義する。既存研究における PSS の定義には、(1)PSS が受給者に価値（ここでの価値は、交換価値だけでなく使用価値も含む）を提供するための製品とサービスの統合体であることを強調する定義、(2)PSS が多様な利害関係者から成る社会システム全体を示すことを強調する定義の 2 つの方向性があるが、本研究における PSS の定義はこれら 2 つの方向性の双方を含む定義である。

第 2.3.2 項に述べた、デザイン思考によるモノとコトのデザインに関する研究は、ブレインストーミングや設計者の感性に大きく依存した属人性の高いアプローチであり、合理的に設計を進めるというよりも、意見を出しあいながら敢えて議論を発散させ、新規的で革新的なアイデアを掘り起こすことに主眼を置く。これに対して本研究は、モデルを用いた設計対象の可視化とシミュレーションによる評価に基づく工学的アプローチであり、より合理的な設計を実現としようとするものである。このように、デザイン思考による PSS 設計研究と本研究は、設計に対するアプローチが根本的に異なる。

第 2.3.3 項に述べた、PSS のビジネスモデルの設計に関する研究は、提供者がどのような価値を提供しどのように収益を得るかという、PSS のビジネスモデルを設計するための研究であるのに対して、本研究は、PSS のビジネスモデルの概要が決定した後に、その具体的な実現構造（PSS を実現するための構成要素の組み合わせ）を設計するための研究である。その意味で、PSS のビジネスモデルの設計に関する研究と本研究は補完関係にあると言える。

第 2.3.4 項の(1)に述べた、実現構造のモデル化に基づく PSS の設計支援研究は、製品とサービスを統合的に扱いながら、PSS の具体的な実現構造を可視化する。これらの研究では、複数の設計者が一同に介する「ワークショップ」において、モデルを設計作業における共通言語として用いながら、PSS の実現構造を設計するというアプローチを取ることが殆どである。しかしながら、モデルを用いて導出した設計解が、提供者や受給者にどの程度の価値を提供するかというような評価は対象としておらず、設計した PSS の実現構造を客観的に評価することができないという問題点を持つ。これに対して、本研究が提案する設計方法論は、PSS の実現構造のモデル化に対して、シミュレーションによる評価も組み合わせた手法であり、上記問題点を解決可能である。

本研究では、PSS の実現構造を合理的に設計可能とするために、実現構造のモデル化、シミュレーションによる評価、評価結果に基づく改善、というサイクリックな段階的手順を経て PSS を設計する。これは、第 2.3.4 項の(2)に述べた、下村ら及び Watanabe らによる PSS 設計研究と似たアプローチである。しかしながら、下村らの研究では、PSS 構造内における特定の提供者と受給者の 1 対 1 関係だけを対象としているため、多様な利害関係者から成る PSS の構造全体を設計することは困難である。一方、Watanabe らの研究では、多様な利害関係者から成る PSS の構造全体を対象としているが、「PSS の受供給における 1 回のトランザクション」という限定的な範囲しか扱うことができないため、利害関係者間の長期的な相互作用を考慮した PSS の実現構造の設計を行うことは困難である。本研究は、この問題に取り組むものである。

以上の議論を整理すると、本研究の特徴は以下のようにまとめられる。

- 本研究では、PSS を多様な利害関係者から成るシステムであると捉え、“製品の提供者及び受給者を含む多様な利害関係者間での製品やサービスもしくはその統合体の相互のやりとりを通じて、利害関係者にとっての価値を充足することを目的とした社会システムである。ただし、ここでの価値とは、製品の機能や性能など製品自体に埋め込まれた価値だけでなく、製品の使用を通じて受給者が受け取ることができる価値も含む。”と定義する。

- 本研究は、PSS のビジネスモデルではなく、その具体的な実現構造を設計するための研究である。ただし、本研究における実現構造の設計とは、PSS に係わる利害関係者、他の利害関係者間に価値を提供するコンテンツ、コンテンツの受供給を行うためのプロセス、プロセスを実施するためのリソース、の 4 要素に関する情報を決定することである。
- 本研究では、PSS の実現構造のモデル化、設計した PSS モデルのシミュレーションによる評価、評価結果に基づく改善、という手順を経て、PSS を合理的に設計可能とする方法論を提供する。（この特徴は、下村ら、Watanabe らの研究との類似点である。）
- 本研究では、PSS 構造内における特定の提供者と受給者の 1 対 1 関係だけを対象とするのではなく、多様な利害関係者から成る PSS の構造全体を対象とする。またその際、利害関係者間の短期的な相互作用だけではなく、長期的な相互作用も考慮した PSS の設計を行う。

2.5 おわりに

本章では、本研究における PSS の定義を行うとともに、次章以降に述べる本研究の提案内容の位置付けを明確にした。

第2節では、既存研究においては、PSS の定義に関して、(1)PSS が受給者に価値を提供するための製品とサービスの統合体であることを強調する定義、(2)PSS が多様な利害関係者から成る社会システム全体を示すことを強調する定義、の2種類があることを述べた。その上で本研究では、これらを統合し、PSS を以下のように定義した。

PSS とは、製品の提供者及び受給者を含む多様な利害関係者間での製品やサービスもしくはその統合体の相互のやりとりを通じて、利害関係者にとっての価値を充足することを目的とした社会システムである。ただし、ここでの価値とは、製品の機能や性能など製品自体に埋め込まれた価値だけでなく、製品の使用を通じて受給者が受け取ることができる価値も含む。

第3節では、PSS の設計に関する既存研究として、デザイン思考によるモノとコトのデザインに関する研究、PSS のビジネスモデルの設計研究、PSS の実現構造の設計研究、のレビューを行った。

第4節では、本研究では、PSS に係わる「利害関係者」、他の利害関係者間に価値を提供する製品やサービス及びその統合物（「コンテンツ」）、利害関係者間でコンテンツの受供給を行うための「プロセス」、プロセスを実施するため「リソース」の4要素を、PSS を実現するための構成要素と捉えることとし、これらに関する情報を決定することを、本研究における設計範囲、すなわち、PSS の実現構造の設計の範囲と規定した。そしてこれらの構成要素を設計するためのアプローチとして、PSS の実現構造の「モデル化」、設計したモデルの「シミュレーション」、評価結果に基づく「改善」、から成る設計サイクルを繰り返すことを述べ、これを実現するためには、PSS の実現構造のモデリング手法、PSS の評価のためのシミュレーション手法、PSS の設計プロセスの3つの要素技術が必要となることを論じた。最後に、第3節に述べた既存研究との比較から、本研究の位置付けを明らかにした。

以降の章では, PSS の実現構造のモデリング手法 (第 3 章), PSS の評価のためのシミュレーション手法 (第 4 章), PSS の設計プロセス (第 5 章) の要素技術について論ずる.

第3章 PSSの実現構造のモデリング手法

3.1 はじめに	46
3.2 PSSの実現構造のモデリング手法の要件	47
3.3 PSSの実現構造のモデリングに関する既存研究	48
3.3.1 利害関係者間の関係のモデリング	48
3.3.2 PSSの受供給プロセスのモデリング	49
3.3.3 既存のモデリング手法の課題	52
3.3.4 既存研究の課題に対する本研究のアプローチ	54
3.4 PSSの実現構造のモデリング手法	56
3.4.1 アクタネットワークモデル	56
3.4.2 プロセスネットワークモデル	58
3.4.3 リソースモデル	61
3.4.4 モデル間の関連	64
3.5 設計におけるモデル操作	66
3.6 おわりに	69

3.1 はじめに

本章では, PSS を多様な利害関係者から成るシステムとしてモデル化するための手法を提案する. ここでは, まず, PSS の実現構造のモデリング手法の要件を述べる. 次に, 既存の PSS のモデリング手法について述べ, その課題を指摘する. そして, 本研究が提案する PSS の実現構造のモデリング手法を提案する.

3.2 PSS の実現構造のモデリング手法の要件

本章では、多様な利害関係者から成る PSS の実現構造をモデル化するための手法を提案する。本モデルは PSS を実現するための構成要素である、利害関係者、コンテンツ、プロセス、リソースを表現するためのモデルであり、この実現構造モデルを記述・参照することで、設計者は PSS の全体構造を俯瞰的に把握可能となる。また設計者は、このモデル中の要素に操作（追加、変更、削除など）を加えることで、PSS の設計を行う。以上のことから、本研究が提案するモデリング手法の要件は以下のようまとめられる。

- PSS を実現するための構成要素である、利害関係者、利害関係者間を流れるコンテンツ、プロセス、リソースが表現可能であること
- 本モデルの記述結果を参照することで、PSS の実現構造を設計者が容易に理解可能であること
- 実現構造モデル中の要素の操作により、PSS の実現構造が設計可能であること

また、本研究の目的は、多様な利害関係者が高い価値を享受可能な PSS の実現構造を設計することである。そのため、本モデリング手法においても、各利害関係者の要求価値が明示可能であることが好ましい。これにより、各利害関係者の要求価値を設計者が把握し、それを考慮した設計が可能となる。また、ここで要求価値を明示できれば、その情報は、以降に行うシミュレーションモデル構築の際のインプットともなり得る。

以上の議論から、

- PSS に係わる各利害関係者の要求価値が明示可能であること
- も、本モデリング手法の要件の一つとなる。

3.3 PSSの実現構造のモデリングに関する既存研究

3.3.1 利害関係者間の関係のモデリング

第2.3.4項の(2)に述べたように、下村らは、PSSの設計に関する研究を進めている。それら一連の研究の中では、多数の利害関係者が個々の役割を担いながら複雑な構造を成すことで成立するPSSの全体構造を、フローモデルと呼ぶモデルにより表現している[下村 2005]。フローモデル (Figure 3-1) とは、PSSに係わる利害関係者である個人や組織（これを、エージェントと呼ぶ）の多重連鎖構造及びそこにおける価値供給の流れ明示し表現するためのモデルである[下村 2003]。フローモデルでは、最上流のサービス提供者と最終受給者（最終顧客）間を仲介するエージェントを中継エージェントと呼ぶ。この中継エージェントは、上流の提供者から材料・素材としての製品やサービスを受け取り評価する受給者の役割と、それをそのまま、あるいは加工、組立、分解等の操作を加えて、下流へと新たな製品やサービスを送る提供者の役割の両方を担う。例えば、Figure 3-1のカーシェアリングの例において、中継エージェントとしての役割を担う「カーシェアリング提供者」は、「カーメーカ」が生産する自動車を利用して、カーシェアリングステーションの設置、カーシェアリングの予約サービスといった要素を生産、統合し（アッセンブリを行い）、最終的な「ユーザ」にカーシェアリングを提供する。本モデルにおけるエージェント間の灰色矢印は、製品やサービスの提供により、何らかの価値が流れていることを意味する。

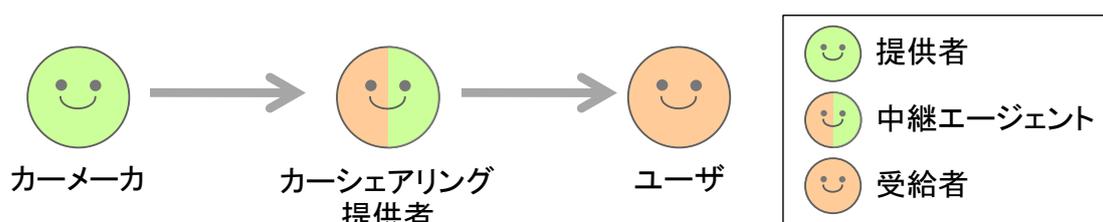


Figure 3-1 フローモデル

また、内平らは、製造業におけるサービスの企画・設計方法論 DFACE-SI の中で、顧客価値連鎖分析 (Customer Value Chain Analysis: CVCA) [Donaldson 2006] を用いた PSS の設計手法を提案している (内平らの研究では、PSS ではなく「モノビス」という言葉を用いている。) [内平 2007]。CVCA はもともと、事業に係わる利害関係者を考慮した商品企画を行うための手法であり、実際の企業における商品企画においても活用されている [京屋 2005]。CVCA とは、製品の提供に係わる利害関係を洗い出し、それら利害関係者間での金銭、製品、サービス、情報等の流れを可視化するための手法である

[Donaldson 2006]. CVCA の例を, Figure 3-2 に示す. Figure 3-2 の例では, 自動販売機によるソフトドリンク販売に係わる利害関係者として, 「自動販売機生産者」, 「自動販売機運営者」, 「コンビニエンスストア」, 「ソフトドリンク生産者」, 「ソフトドリンク消費者」が記述されている. そして, それら利害関係者間での金銭, 製品, サービス, 情報の流れが記述されている. このような CVCA を作成することにより, 自動販売機生産者は, 最終的な自動販売機のユーザである「ソフトドリンク消費者」だけでなく, 直接の関係者である「自動販売機運営者」や「ソフトドリンク生産者」を考慮した, 自動販売機の企画・設計を行うことが可能になる.

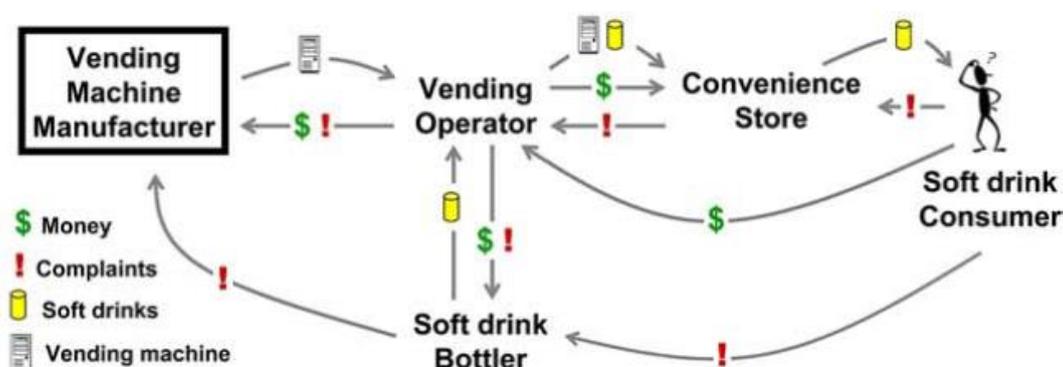


Figure 3-2 Customer Value Chain Analysis [Donaldson 2006]

第 2.3.4 項の(1)で述べた Morelli による手法は, アクタ間関係の記述するための表記が詳細に定まっておらず, Morelli による手法が表現できる情報量は上記のフローモデルと同等である. また, Tan らが提案しているモデルは, 上記の CVCA を利用したものである.

3.3.2 PSS の受供給プロセスのモデリング

Shostack によるサービスブループリント [Shostack 1982] は, サービスの提供者のプロセスと受給者のプロセス, 及びそこにおける提供者・受給者間のインタラクションを表現するための代表的な手法である. サービスブループリントでは, サービスの提供に関わる活動をチャート形式で記述することにより, サービスの全体像の理解を支援する. サービスブループリント中の活動には顧客からの深さ (Depth of Activity) による分類が与えられており, 以下の 2 つの境界に基づいてサービス活動を整理する点が特徴である.

- **Line of Interaction:** 顧客とサービスとのインタラクションの境界を示す
- **Line of Visibility:** 顧客側から見たサービスの活動や有形物の可視性の境界を示す

Line of Visibility を境として、上部の活動はフロントステージ、下部の活動はバックステージと呼ばれる。Figure 3-3 に街角における靴磨きサービスを記述したブループリントの例を示す。本サービスは、「靴にブラシをかける」、「ワックスをつける」、「もみ革で磨く」、「代金を受け取る」の4つの主活動から成り、標準的な実行時間がそれぞれに付記されている。「ワックスを拭き取る」は、ワックスの色を間違えた場合のエラー対処の活動である。一方、Line of Visibility は顧客から見た活動の可視／不可視の区分を表しており、「サプライ品を選択し購入する」は顧客からは不可視であるが、サービス提供に必要な補足的な活動として記述されている。

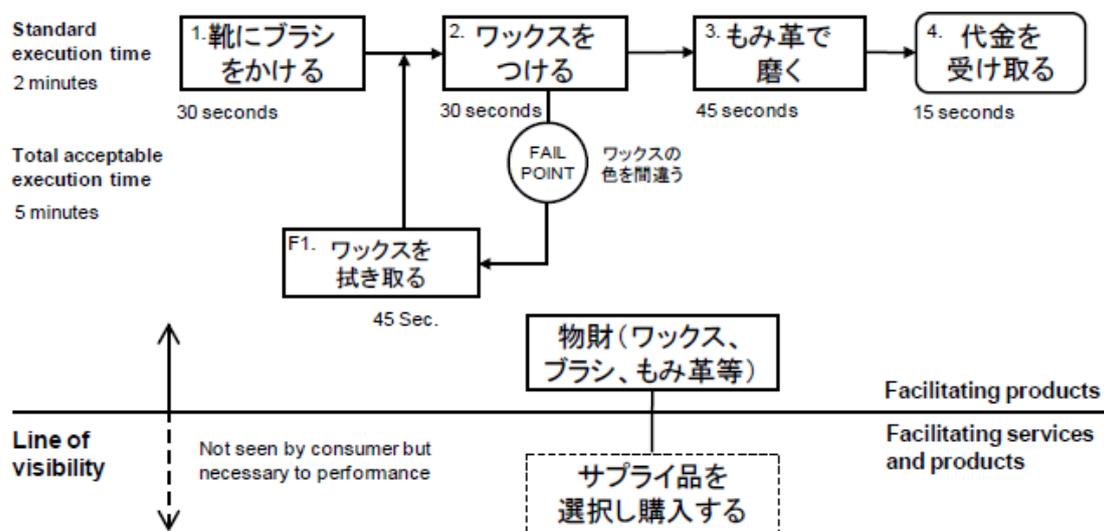


Figure 3-3 靴磨きサービスのサービスブループリント

原らは、この Shostack によるサービスブループリントを PSS 設計のために拡張した「拡張サービスブループリント」を提案している [原 2008]。拡張サービスブループリントは、PSS における実体を人間系と製品系に分類し、顧客の状態変化を引き起こす過程を人的な活動と製品挙動の双方の観点から記述するモデルである。拡張サービスブループリントは、活動ブループリントと挙動ブループリントと呼ばれる相互に関連した2種類のブループリントから構成される。活動ブループリントでは人的な活動（サービス活動）によるプロセスを、挙動ブループリントでは物理的な挙動（製品挙動）によるプロセスを記述する。また、これらのプロセスの表記法として、関係者間の相互理解を目的としたビジネスプロセスモデリングの標準表記法である Business Process Modeling Notation (BPMN) [OMG BPMN] を採用している。Figure 3-4 は、エレベータ保守・運用サービスを、拡張サービスブループリント（挙動ブループリント）を用いて記述した例である。下段には、PSS に係わる実体「インターフォン」、「エレベータ」、「制御システム」が配置され、各実体における挙動とそれらの関係が記述される。また、挙動ブル

ープリント中の製品挙動や活動ブループリント中のサービス活動は、エレベータ利用における利用者の各活動 (Figure 3-4 の最上段) と関連付けられる。

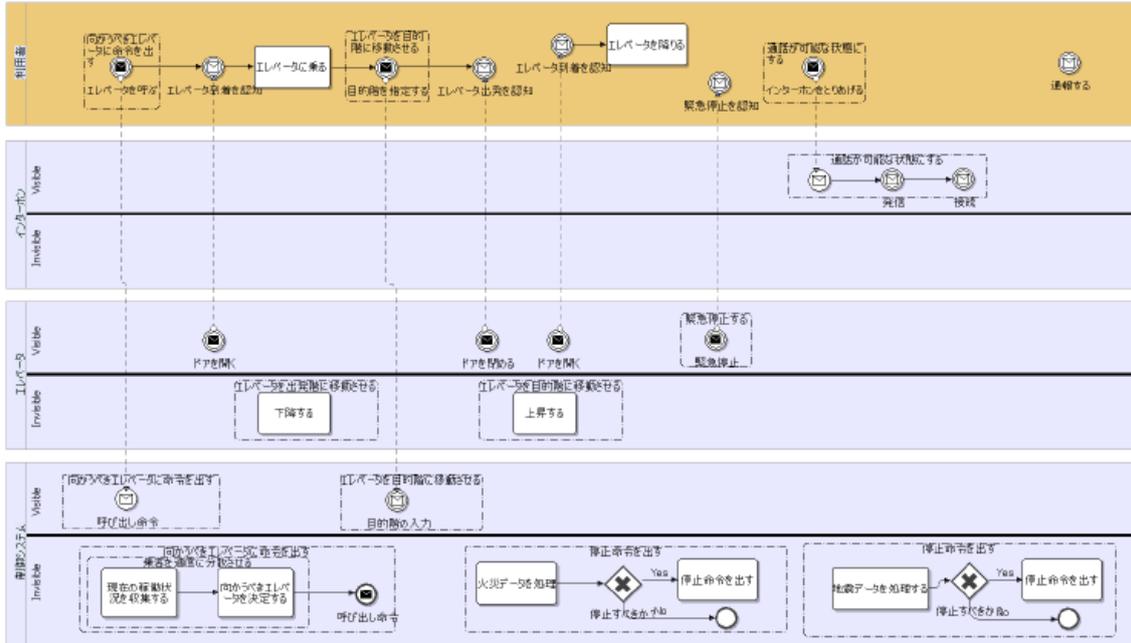


Figure 3-4 拡張サービスブループリントの例

上記の拡張サービスブループリント手法は、基本的に、PSSに係わる多様な利害関係者のうちのある特定の提供者と受給者の1対1関係に注目し、そこでのプロセスとインタラクションを表現するための手法である。これに対して渡辺ら [Watanabe 2012] は、PSSの受供給に関わる多様な利害関係者のプロセスを俯瞰的にモデル化するための手法を提案している。渡辺らの手法では、まず、PSSに係わる多様な利害関係者間におけるPSSの受供給プロセスを、チャート形式で記述する (Figure 3-5)。そして、利害関係者感のインタラクションが生じている一部分のみを切り取り、そこでのプロセスの実施に必要なリソースや、プロセス実施による利害関係者への影響を、システムの一般的な機能表現モデルである IDEF0 [FIPS 1984] をもとにしたモデルにより表現する (Figure 3-6)。

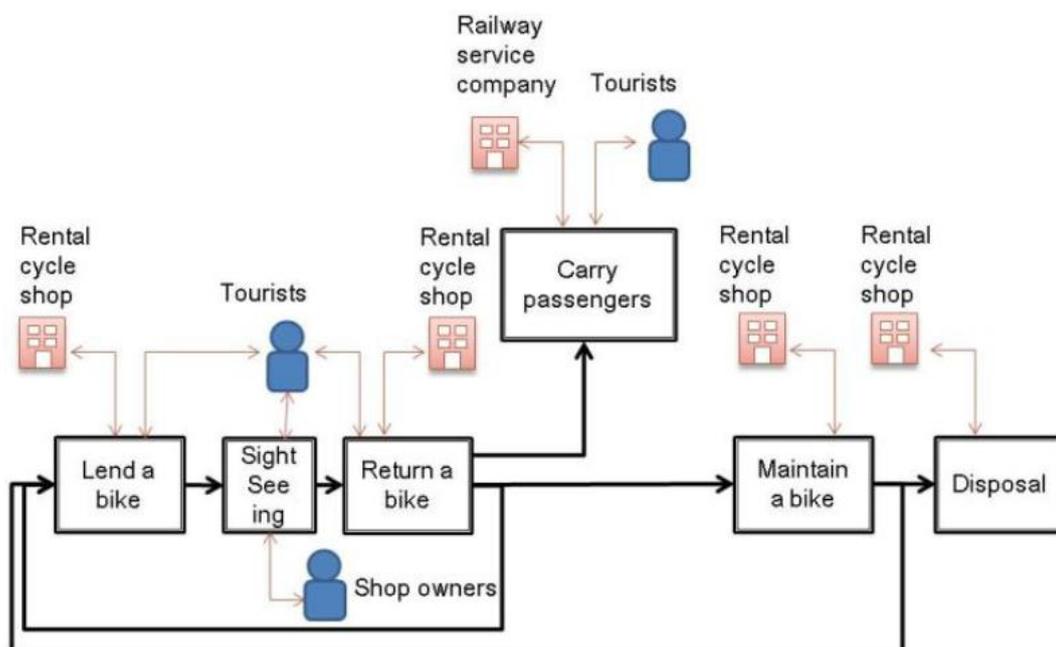


Figure 3-5 多様な利害関係者の PSS の受供給プロセス [Watanabe 2012]

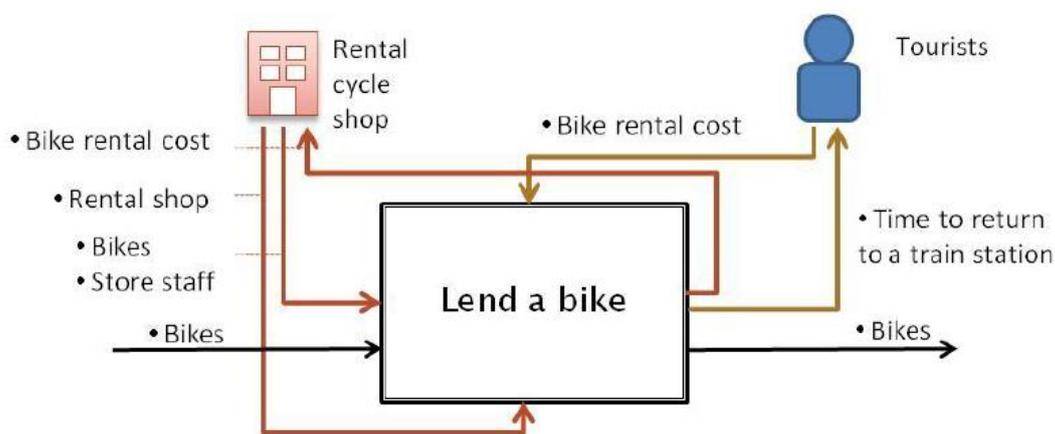


Figure 3-6 プロセスの詳細表現 [Watanabe 2012]

3.3.3 既存のモデリング手法の課題

- モデル全体に関して

第3.2節に述べたように、提案するモデリング手法では、「PSSを実現するための構成要素である、利害関係者、利害関係者間を流れるコンテンツ、プロセス、リソースが表現可能であること」が必要である。これまでの既存研究では、多様な利害関係者間でや

りとりされるコンテンツ (What) とその受供給過程 (How) のいずれかを表現するための手法が個別に提案されている。しかしながら、この What と How の双方を包括的に表現するための手法はない。PSS を実現するためには、これらの双方を設計することが重要であるため、What と How の双方を包括的に表現するためのモデリング手法が求められる。

また、これらのモデルでは、PSS に係わる利害関係者の要求価値を記述することができない。各利害関係者の要求価値を設計者が把握し、それを考慮した設計を可能とするためには、利害関係者の要求価値も記述可能なモデルとすることが求められる。

- PSS の受供給プロセスを表すためのモデルに関して

第 3.3.2 項では、利害関係者間での製品やサービスのやりとりの過程を表現するためのモデル (第 2.4.1 項でいう How を表すためのモデル) として、原らによる拡張サービスブループリントと、渡辺らによるプロセスモデルを説明した。拡張サービスブループリントは、PSS の受供給プロセスを、受給者から可視／不可視の活動を区別しながら統合的に表現できるが、ある特定の提供者と受給者の 1 対 1 関係におけるインタラクションを詳細に表現するための手法であり、多様な利害関係者のインタラクションの連鎖から成る全体構造を俯瞰的に表現することはできない。

一方、渡辺らによるプロセスモデリング手法は、多様な利害関係者から成る PSS の受供給プロセスを表現可能であるが、プロセスが他の利害関係者から可視であるか不可視であるかを区別しない。そのため、特に、他の利害関係者から不可視なプロセスが記述されづらい。ここで、他の利害関係者から不可視なプロセスとは、製品生産／使用やサービス提供／受給の準備や事後処理を行うプロセスが相当する。本研究の目的は PSS の実現構造を設計することであり、設計者は、「各利害関係者がどのようなプロセスを実施しなければならないか」ということを、製品生産／使用やサービス提供／受給の準備や事後処理を行うプロセスも含め、網羅的に把握し、設計することが必要となる。以上のことから、PSS の受供給プロセスのモデル化のためには、多様な利害関係者のインタラクションの連鎖から成る受供給プロセスの全体構造を、他の利害関係者からの可視／不可視を区別しながら表現するための手法が新たに必要となると言える。

また、PSS の受供給プロセスの実施には、プロセスを実施する主体の他にも、プロセスの実施に対して投入・消費されるリソースが存在し、それらのリソースはプロセスの質に大きく影響を与える。例えば、「インターネットで検索する」というプロセスの質は、それを実施する主体 (人間) の知識や能力だけでなく、そこで使用される PC の動作速度やネット環境の質にも大きく影響される。そのため、プロセスの設計においては、

各プロセスに投入されるリソースを表現し、設計者が把握可能とすることが重要である。これに対して、拡張サービスブループリントは、プロセスを実施する主体は表現可能であるものの、そこに投入されるその他のリソースは記述可能でない。一方、渡辺らによる手法は、Figure 3-6に示すダイアグラムにより、プロセスに投入されるリソースまでも記述可能としている。しかしながら、先に述べたように、渡辺らの手法では他の利害関係者から不可視なプロセスに対して投入されるリソースを記述することが困難である（ただしこれは、プロセスの記法に関する問題点である）。また、このダイアグラムでは、記述したプロセスの一つ一つに対して、そこで投入されるリソースを表現するためのダイアグラムを別々に記述していくため、情報が過度に分割されてしまい、各利害関係者がどのようなリソースを用意すべきかということを理解することが困難となる。

以上をまとめると、既存のモデリング手法の課題は以下のようにまとめられる。

- (1) 多様な利害関係者間でやりとりされるコンテンツ(What)とその受供給過程(How)の双方を包括的に表現するための手法がない
- (2) PSSに係わる利害関係者の要求価値を記述することができない
- (3) 多様な利害関係者から成るPSSの受供給プロセスの全体構造を、他の利害関係者からの可視/不可視を区別しながら、その双方を網羅的に表現するための手法がない
- (4) 各利害関係者がプロセス（他の利害関係者から不可視なプロセスも含む）を実施するために所有すべきリソースを、容易に理解可能な形式で表現するための手法がない

3.3.4 既存研究の課題に対する本研究のアプローチ

以上に述べた課題に対して、本研究では、Figure 3-7に示すアプローチをとる。

すなわち、前項の課題(1)に対しては、アクタネットワークモデル、プロセスネットワークモデル、リソースモデルという3つのモデルを統合的に利用して、多様な利害関係者間でやりとりされるコンテンツ(What)とその受供給過程(How)の双方を表現する。ここで、アクタネットワークモデルはWhatを表現する手段であり、プロセスネットワークモデル及びリソースモデルはHowを表現する手段である。課題(2)に対しては、多様な利害関係者間でやりとりされるコンテンツを表すアクタネットワークモデルにおいて各利害関係者の要求価値を表現することで解決する。課題(3)に対しては、Process

Chain Network (PCN) [Sampson 2012] という記法を採用し、多様な利害関係者間における PSS 受供給プロセスの全体構造を、他の利害関係者からの可視／不可視を区別しながら表現するための手法を提案する。課題(4)に対しては、プロセス実施のために各利害関係者が所有すべきリソースを、プロセスと関連づけながらレーン毎に整理して記述するモデルを提案し、設計者が、各利害関係者が所有すべきリソースを容易に理解可能とする。

また本モデルは、新たな PSS の実現構造を検討・設計する際の、設計者間の議論の土台となる。より具体的には、記述したモデル中の要素に操作（追加，変更，削除など）を加えることで、新たな PSS の実現構造の設計を行う。そこで、本研究では、このモデル操作の方法についても整理する。

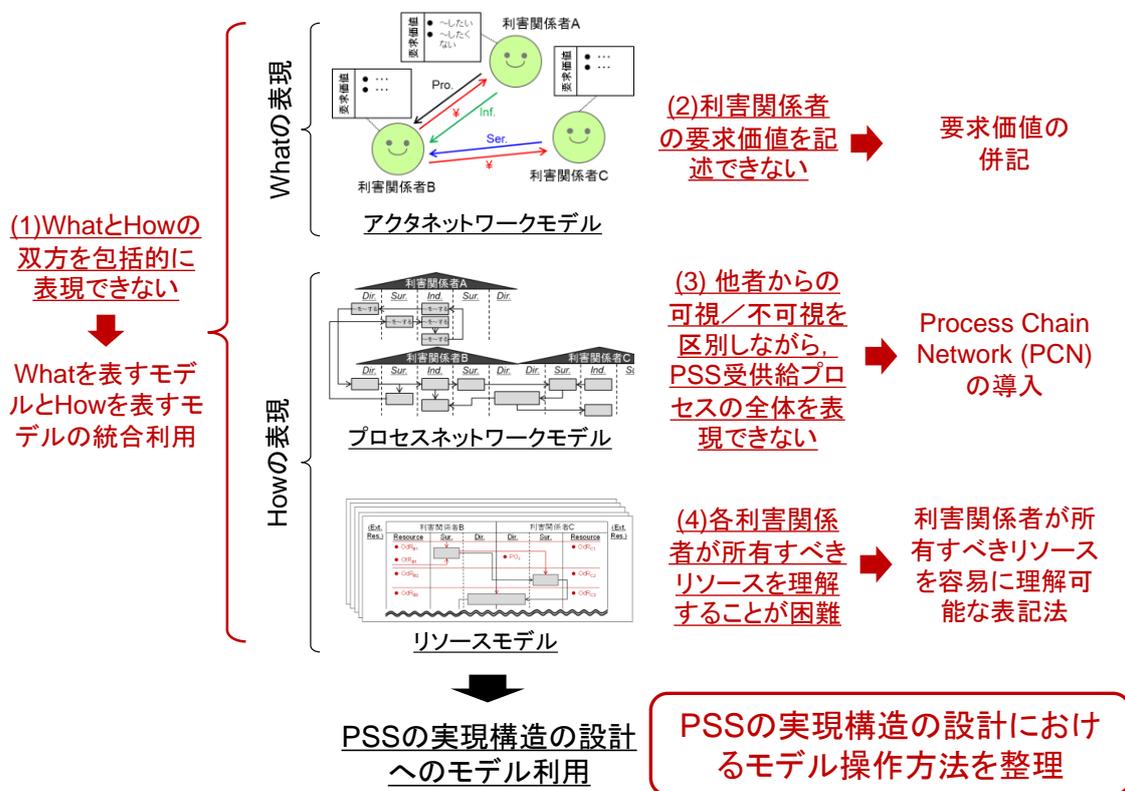


Figure 3-7 既存研究の課題に対する本研究のアプローチ（モデリング）

以下の、第 3.4.1 項から第 3.4.3 項では、本研究が提案するアクタネットワークモデル、プロセスネットワークモデル、リソースモデルについて説明する。また、第 3.4.4 項ではこれらのモデルの関連性について述べる。続く、第 3.4.5 項ではこれらモデルの要素の操作方法について説明する。

3.4 PSSの実現構造のモデリング手法

本節では、本研究で提案するアクタネットワークモデル、プロセスネットワークモデル、リソースモデルについて説明する。本研究では、これら3つのモデルを統合利用することによりPSSの実現構造をモデル化するため、これら3つのモデルを合わせてPSSの実現構造モデルと呼ぶ。

3.4.1 アクタネットワークモデル

(1) アクタネットワークモデルの概要

アクタネットワークモデルは、PSSに係わる利害関係者間とそこでやりとりされるコンテンツを記述するためのモデルである。ただし、ここでのアクタとは、利害関係者と同義である。前述のように、本モデルでは、PSSの実現構造の設計において各利害関係者の要求価値を考慮可能とするために、利害関係者の要求価値も明示化する。また、本モデルにおける利害関係者、コンテンツ、要求価値の概念の定義は以下の通りである。

- 利害関係者

PSSにおいて、製品やサービスの受供給に係わる企業や組織、または個人。

- コンテンツ

他の利害関係者に価値を提供するPSSの構成要素。より具体的には、本研究では、コンテンツを、製品、サービス、情報、金銭により記述する。アクタネットワークモデルでは、コンテンツとしての記述内容のぶれを抑制するため、製品、サービス、情報を明確に定義する。本研究では、Table 3-1に示す山本による財の分類を踏襲し、Table 3-2のように定義する。

Table 3-1 山本による財の分類 [山本 1999]

	効用を発生する源が物質財	効用を発生する源が非物質財
効用を発生する源の 所有権の移転あり	有形財	情報
効用を発生する源の 所有権の移転無し	有形財利用権	サービス 情報利用権

Table 3-2 アクタネットワークモデルにおける製品、サービス、情報の定義

本研究における概念	対応する概念	定義
製品	有形財	物質から構成される財であり、その取引においては所有権が移転する。本定義においてガスや水道の供給は、供給する財自体は有形財となる。
情報	情報	媒体に記憶された信号や記号であり、媒体とともに所有権が移転する財である。情報には、口頭で人から人に移転されるものも含む。
サービス	有形財 利用権	一定の時間や空間を限定して有形財を利用する権利が交換される。例えば、レンタカーや航空機の座席、ホテルの客室等の施設利用が該当する。
	サービス	狭義のサービス。人間の労働の成果を市場で交換するもの。サービスが提供される対象は人間である場合や有形財である場合が存在する。
	情報 利用権	効用を発生する主体が非物質財で所有権が移転しない財。音楽 CD や映画 DVD のレンタルが相当する。

- 要求価値

利害関係者の行動の目標・目的 [Rokeach 1973].

情報科学の分野では、対象システムにおける分散・並列的な計算を行うために、システムをアクタの集合としてモデル化する「アクタモデル」が提案されており [Hewitt 1977], マルチエージェントシステムのモデル化や解析などにも応用されている。アクタモデルでは、システムを構成するアクタ間の関係をメッセージパスによりモデル化し、個々のアクタは、他のアクタからのメッセージの到着をトリガーとして、新しいアクタの生成や内部状態の更新（計算）を行う。本研究で提案するアクタネットワークモデルは、PSS という対象システムをアクタの集合としてモデル化するというシステム表現上の基本方針はアクタモデルと類似するが、その記述の目的はあくまでも、PSS を構成する利害関係者間を流れるコンテンツの流れを可視化することであり、並列計算のためのモデルであるアクタモデルとは異なるものである。

(2) アクタネットワークモデルの記法

Figure 3-8 にアクタネットワークモデルの簡易例を示す。Figure 3-8 に示すようにアクタネットワークモデルでは、PSS に係わる利害関係者を顔型で表す。これら利害関係者間における黒色、青色、緑色、赤色の矢印はそれぞれ、製品、サービス、情報、金銭、

を表す。また、各利害関係者の要求価値は、「～がしたい、～をしたくない」という形式の自然言語で記述する。

(3) アクタネットワークモデルの特徴

アクタネットワークモデルの特徴は、以下に示す通りである。

- 利害関係者間の関係を、コンテンツ（製品、サービス、金銭、情報）の流れにより記述するが、ここでの製品、サービス、情報は、Table 3-2のように定義される。
- 利害関係者の要求価値を明示化することが可能であり、これにより、各利害関係者の要求価値に配慮したPSSの設計を行うことが可能となる。

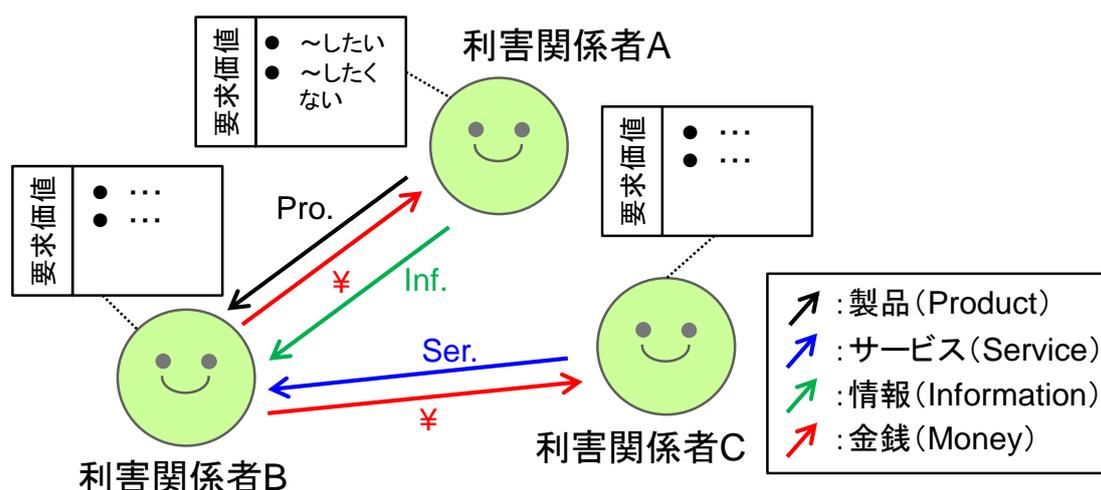


Figure 3-8 アクタネットワークモデルの簡易例

3.4.2 プロセスネットワークモデル

(1) プロセスネットワークモデルの概要

利害関係者間における製品やサービスのやり取りの過程（How）は、PSSの受供給における各利害関係者の活動（プロセス）とそこにおける利害関係者間のインタラクションとして表現可能である。ただし、本研究では、PSSを多様な利害関係者から成るシステムであると捉えるため、本モデルは、多様な利害関係者のインタラクションの連鎖から成る受供給プロセスの全体構造を、他の利害関係者からの可視／不可視を区別しながら表現可能とする必要がある。そこで本研究では、サービス・マネジメント分野においてSampsonにより提案されているProcess Chain Network (PCN) [Sampson 2012]を用

いて、PSS の受供給プロセスを記述する。本研究では、これをプロセスネットワークモデルと呼ぶ。

(2) Process Chain Network

サービス・マーケティング、マネジメント分野では、サービスの受供給プロセスを記述するための手法として、第 3.3.2 項に述べたサービスブループリントを用いることが多い。サービスブループリントでは、ある特定の提供者と受給者の 1 対 1 関係におけるサービスを対象に、サービスの受供給プロセスとそこでのインタラクションを記述するが、ここでは通常、サービスの受給者の視点から時系列的、一方向的なプロセスを記述する。

これに対して、Sampson は、サービスに係わる多様な利害関係者間の受供給プロセスとそこにおける双方向的なインタラクションを、プロセスのネットワークとして記述するための Process Chain Network (PCN) を提案している [Sampson 2012]。PCN では、サービスのプロセスを、独立プロセス (Independent Processing)、直接接触 (Direct Interaction)、代理接触 (Surrogate Interaction) の 3 種に分類し、多数の利害関係者のプロセスの連鎖を「一枚絵」として俯瞰的に表現する (Figure 3-9)。PCN における独立プロセス、直接接触、代理接触の定義は Table 3-3 に示す通りである。Table 3-3 に示すように、独立プロセスは他の利害関係者との接触がない独立したプロセスを指し、直接接触は利害関係者間の人対人の直接的な接触を指す。また、代理接触は、他の利害関係者が所有する何らかの代理物を介した接触を意味する。ただし、ここでの代理物とは、他の利害関係者のリソース (機器やシステム、Web サイトなど) や他の利害関係者から発信される情報などを意味する。Figure 3-9 に示す例では、ヘルスケアサービスに係わる利害関係者である「Health Clinic (診療所)」、「Patient (患者)」、「Insurance Company (保険会社)」、「Pharmacy (薬局)」のそれぞれのプロセスが独立プロセス、直接接触、代理接触に区分されて記述されている。また、それら利害関係者間の双方向的なインタラクションが、プロセスのネットワークとして記述されている。

従来サービスは、人対人の直接接触が中心であったが、IT 化の進展や経費削減の必要性、機械の導入によるサービス提供の効率化、という流れを受けて、近年、代理接触の多いサービスの形が急速に増加しており、直接接触だけでなく代理接触も表現・分析することの重要性は増している [戸谷 2013]。さらに、本研究が対象とする PSS の設計においては、その提供構造の中に製品が必ず含まれ、製品を通じた価値創出が行われる。そのため、代理接触の表現・分析・設計を行うことが非常に重要となる。

Table 3-3 PCNにおけるプロセスの種類とその定義 ([Sampson 2012] をもとに作成)

Process type	Definition
Independent Processing	<i>Independent Processing</i> steps are performed by a process entity acting on resources owned and controlled by that same entity.
Direct Interaction	<i>Direct Interaction</i> steps involve a process entity working in conjunction with one or more other process entities – people to people.
Surrogate Interaction	<i>Surrogate Interaction</i> steps involve a process entity acting on the belongings or information of another process entity, but not with the person of the other entity.

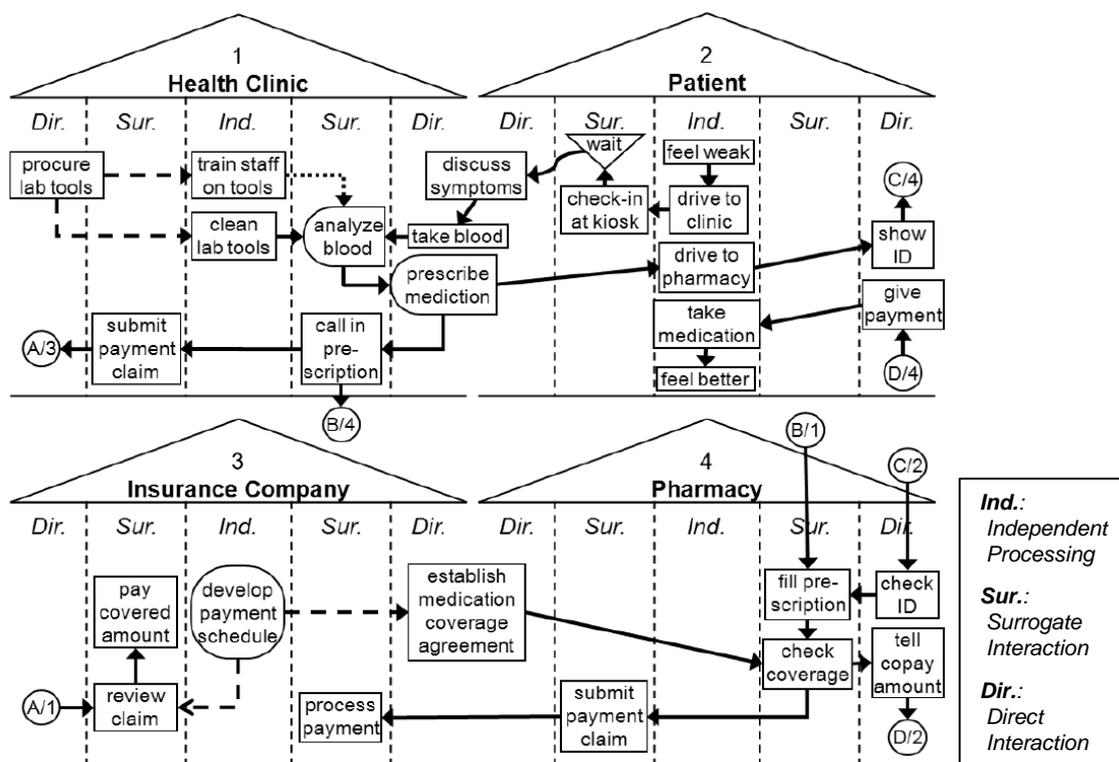


Figure 3-9 Process Chain Network [Sampson 2012]

(3) プロセスネットワークモデルの記法

Figure 3-10 にプロセスネットワークモデルの簡易例を示す。本モデルの記法は、PCNと同様である。すなわち、PSSに係わる利害関係者のPSS受供給プロセスを、独立プロセス、直接接触、代理接触に区別して記述する。ここでのプロセスは、「～を～する」という「目的語+動詞」の形式で記述する（「予約を受ける」、「病院に行く」等）。また、プロセスを表す矩形間の矢印は、PSS受供給プロセスの時系列的な関係を意味する。

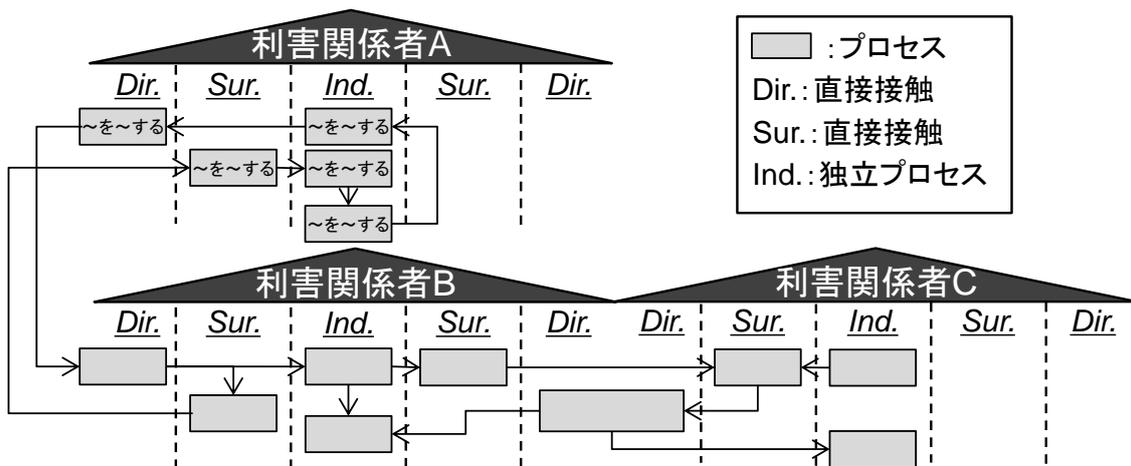


Figure 3-10 プロセスネットワークモデルの簡易例

(4) プロセスネットワークモデルの特徴

プロセスネットワークモデルの特徴は、以下に示す通りである。

- 多様な利害関係者のプロセスとそこにおけるインタラクションの「連鎖」から成る PSS 受供給プロセスの全体構造を俯瞰的に表現可能である。
- 他の利害関係者からの可視／不可視を区別して PSS の受供給プロセスを記述することが可能である。ここで、他の利害関係者から可視、すなわち他者とのインタラクションのあるプロセスは、「直接接触」、「代理接触」のレーンに記述する。また、他の利害関係者から不可視、すなわち製品生産／使用やサービス提供／受給の準備や事後処理段階におけるプロセスは、「独立プロセス」のレーンに記述される。

3.4.3 リソースモデル

(1) リソースモデルの概要

PSS の受供給プロセスの実施には、プロセスを実施する主体だけでなく、プロセスの実施に対して投入・消費されるリソースが必要となり、それらのリソースはプロセスの質に大きく影響を与える。そのため、PSS の設計においては、どのようなリソースを用意するかを検討することは非常に重要である。リソースモデルは、プロセスネットワークモデル内のプロセスの実施に必要なリソースを表現するためのモデルである。

(2) オペランドリソースとオペラントリソース

第2.2.4項で述べたサービスドミナントロジック（S-Dロジック）に基づけば、サービス（広義）の受供給プロセスに投入されるリソースは、オペランドリソース（Operand resources）とオペラントリソース（Operant resources）の2種類に分類される[Vargo 2004]。オペランドリソースとは、材料や製品、労働力などのように、プロセスにおいて使用、消費されるリソースのことである。一方、オペラントリソースとは、知識や技術などのように、プロセス自体を制御するリソースであり、オペランドリソースや他のオペラントリソースに作用して価値を生み出す源泉である。S-Dロジックでは、オペラントリソースに重きを置くべきであるという議論がなされている[Lusch 2006]。

サービス業に限らない企業・組織の経営システムに関する研究を行っている長田らは、経営プロセスに投入されるリソースとして「フロー型リソース」と「ストック型リソース」を挙げている[長田 2001]。ここでのフロー型リソースとは、原材料や労働力、生産設備などのように、プロセスに入力され一方的に消費されるリソースであり、S-Dロジックにおけるオペランドリソースと類似した概念である。一方、ストック型リソースとは、技術や情報・知識などのようにプロセスに入力されるが、プロセスからの出力を得て増殖・成長するリソースのことであるが、これはS-Dロジックにおけるオペラントリソースと類似した概念である。長田らは、サービス産業や製造業など全ての産業を含む一般的な経営システムにおいて、その質を改善し向上するためには、フロー型、ストック型リソースの双方を考慮することが重要であると述べている。

(3) リソースモデルの記法

リソースモデルでは、プロセスの実施に必要なオペランドリソース、オペラントリソースを記述する。Figure 3-11にリソースモデルの構成要素を示す。Figure 3-11に示すように、本モデルでは、プロセスを表す矩形に上から入る要素としてオペランドリソースを、下から入る要素としてオペラントリソースを記述する。また、左右から出入りする矢印はプロセスの順序関係や出力を表す。

リソースモデルでは、記述結果が煩雑になることを避けるために、プロセスネットワークモデル全体の中の部分プロセスを切り取り、その部分プロセスごとのモデルを作成する。ここで、部分プロセスを切り取る基準は、他の利害関係者との接触の有無である。すなわち、Figure 3-8のように3種の利害関係者が存在している場合は、「利害関係者Aの独立プロセス（他の利害関係者との接触が無いプロセス）」、「利害関係者Aと利害関係者Bが直接・間接の接触を持つプロセス」、「利害関係者Bの独立プロセス」、「利害関係者Bと利害関係者Cが直接・間接の接触を持つプロセス」、「利害関係者Cの独立

プロセス」という計 5 つの部分プロセス構造を切り出し、そのそれぞれに対してリソースモデルを作成することとする。Figure 3-12 は、Figure 3-10 で表したプロセスネットワークモデル中の「利害関係者 B と利害関係者 C が直接・間接の接触を持つプロセス」に対するリソースモデルを記述した簡易例である。Figure 3-12 に示すように、リソースモデルでは、各利害関係者（プロセスの実施主体）のレーンがあり、各利害関係者のレーンはプロセスのレーンとリソースのレーンに分かれている。そして、各プロセスに投入されるリソースは、リソースのレーンに記述される。これにより、各利害関係者がどのようなリソースを所有すべきかが容易に理解可能となる。ただし、どの利害関係者にも所有されないリソースである場合は、レーンの外部（Figure 3-12 中の「Ext. Res.: External Resource」）に記述する。

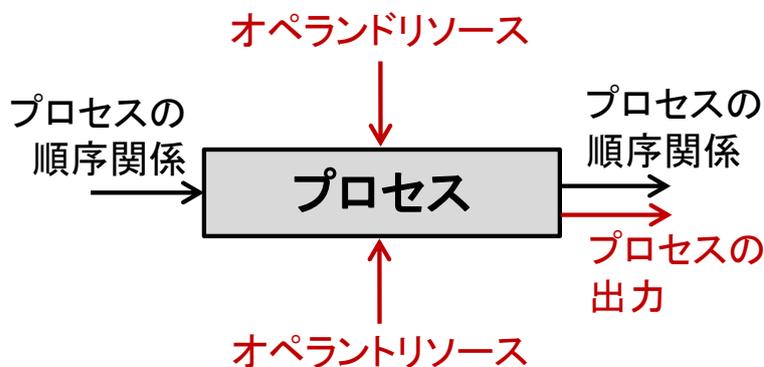


Figure 3-11 リソースモデルの構成要素

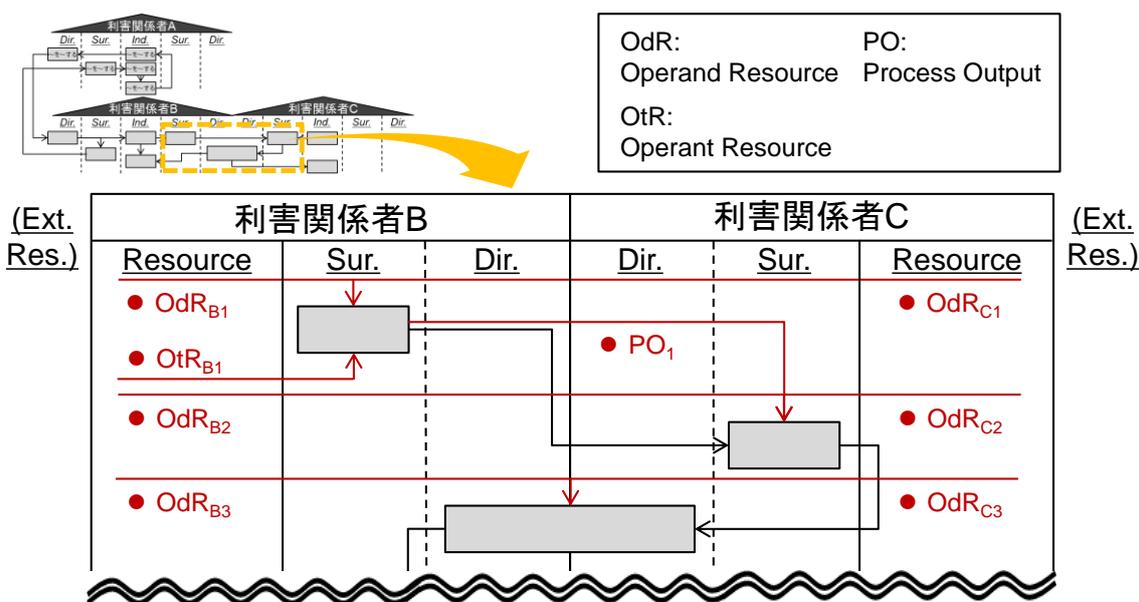


Figure 3-12 リソースモデルの簡易例（一部）

(4) リソースモデルの特徴

リソースモデルの特徴は、以下のようにまとめられる。

- 各利害関係者間のプロセスの実施に必要なオペランドリソース、オペラントリソースの双方を記述可能である。
- リソースモデルは、プロセスネットワークモデル全体の中の部分プロセスを切り取り、その部分プロセスごとに作成する。ここでは他者との接触のあるプロセスにおいて用いられるリソースと独立プロセスにおいて用いられるリソースを区別する。
- リソースのレーン参照することで、各利害関係者が所有すべきリソースを容易に理解することが可能となる。

3.4.4 モデル間の関連

本研究では、以上に述べた、アクタネットワークモデル、プロセスネットワークモデル、リソースモデルの3つのモデルを組み合わせることでPSSの実現構造のモデル化を行うが、これらモデル間の関連性は、Figure 3-13に示す通りである。

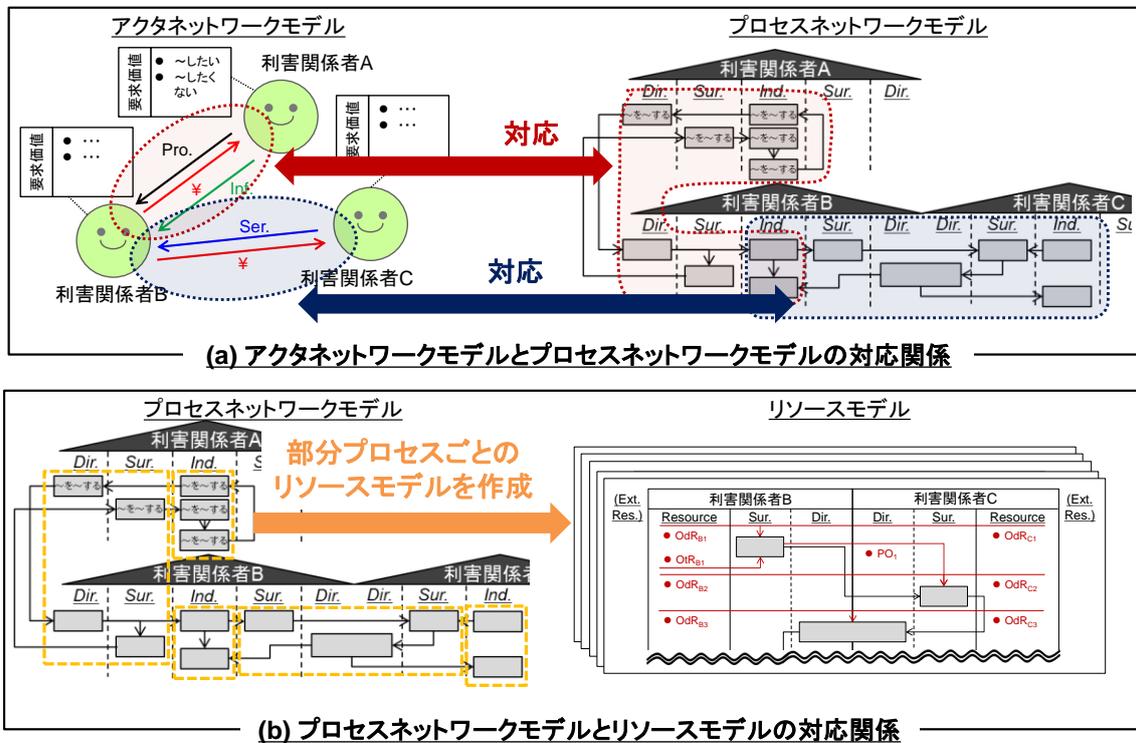


Figure 3-13 モデル間の関連性

Figure 3-13(a)は、アクタネットワークモデルとプロセスネットワークモデルの関連性を示している。Figure 3-13(a)が示すように、アクタネットワークモデル内における各利害関係者間のやりとりに関して、その具体的な過程が、プロセスネットワークモデル内の利害関係者間の接触、非接触プロセスとして記述される。また、Figure 3-13(b)は、プロセスネットワークモデルとリソースモデルの関連性を示している。Figure 3-13(b)が示すように、リソースモデルは、プロセスネットワークモデルにおける部分プロセスごとに複数作成される。

3.5 設計におけるモデル操作

本研究では、アクタネットワークモデル、プロセスネットワークモデル、リソースモデルの各モデル内に記述された要素に対して操作（モデル操作）を加えることで、PSSの実現構造の改善・変更を行い、最終的な実現構造を決定していく。そこで本研究では、PSSの実現構造設計のためのモデル操作方法について整理した。以下のTable 3-4に、これらモデル操作の種類とその内容についてまとめる。Table 3-4のANM, PNM, RMはアクタネットワークモデル、プロセスネットワークモデル、リソースモデルを指す。

ここに示したモデル操作の中でも、特に、「利害関係者の追加／削除（ANM）」、「コンテンツの追加／削除／変更／移動（ANM）」、「プロセスの移動（PNM）」、「オペランドリソースの変更（RM）」といった操作は、PSSの設計における特徴的な操作である。

- 利害関係者の追加／削除（ANM）

新たに必要となる製品提供者やサービス提供者の追加、新たなターゲットとなる受給者の追加、もしくは、不要となった利害関係者の削除、ターゲットから外れた受給者の削除を行うための操作である。システムを構成する利害関係者を決定することは、PSSの設計の特徴的な点であるが、それはこのモデル操作により実現される。

- コンテンツの追加／削除／変更／移動（ANM）

利害関係者間を流れるコンテンツの追加や削除、変更、移動を行うための操作である。製品のみでの提供から製品とサービスの統合提供を行う、製品としての提供をサービスとしての提供に変更する（レンタカーなど）、といったPSS設計特有の操作は、このコンテンツの追加や削除、変更、移動というモデル操作により実現される。

- プロセスの移動（PNM）

プロセスのレーン（独立プロセス、代理接触、直接接触）を跨いだ移動、他の利害関係者のレーンへのプロセスの移動を行うための操作である。プロセスのレーンを跨いだ移動では、プロセスネットワークモデルにおける3種類のプロセスレーン（独立プロセス、代理接触、直接接触）を跨いだプロセスの移動を行う。ここで、独立プロセスは、他の利害関係者からの接触が全く無いプロセスであるため、サービスによる支援がないプロセスと捉えることができる。また、直接接触は、他の利害関係者との人対人の接触を含むプロセスであるため、人対人のサービスの受供給がなされていることを意味する。一方、代理接触は、他の利害関係者が所有する代理物（機器やシステム、Webなど）を介した接触を意味しており、人対機械のサービスの受供給がなされていると捉えることができる。そのため、「プロセスのレーンを跨いだ移動」操作を検討することは、サー

ビス提供により他の利害関係者の業務・生活支援を行うかどうかを検討することと同義である（詳細は、Table 3-5 を参照頂きたい.）。このことから、本操作は、PSS 設計における重要なモデル操作であると言える。

● オペランドリソースの変更 (RM)

プロセス実施のためのリソースを変更する操作である。ここでは、ある製品から異なる製品への変更、ある人間から異なる人間への変更、製品から人間への変更、人間から製品への変更といった操作が考えられる。この内の、製品から人間への変更、人間から製品への変更という操作は、あるプロセスを人間により実施するか、製品により実施するかを検討する際に用いる操作である。すなわち、この操作により、PSS の受供給プロセスへの製品系の導入による効率性向上や人間系の導入による柔軟性向上を議論できるため、PSS の実現構造設計における重要な操作である。

本研究では、Table 3-4 に示したモデル操作を行うことにより、PSS の実現構造の設計を行うが、第 3.4.4 項に述べたように、アクタネットワークモデル、プロセスネットワークモデル、リソースモデルの各モデルは互いに関連しあう。そのため、Table 3-4 に示したモデル操作はそれぞれ独立に行われるわけではなく、どれか一つのモデル操作を行うと、それに連動して他のモデルの要素の操作を行わなければならない (Figure 3-14)。 (例えば、アクタネットワークモデルにおいて「コンテンツの追加」を行った場合、プロセスネットワークモデルやリソースモデルにおいて対応するモデル操作を行わなければならない)。

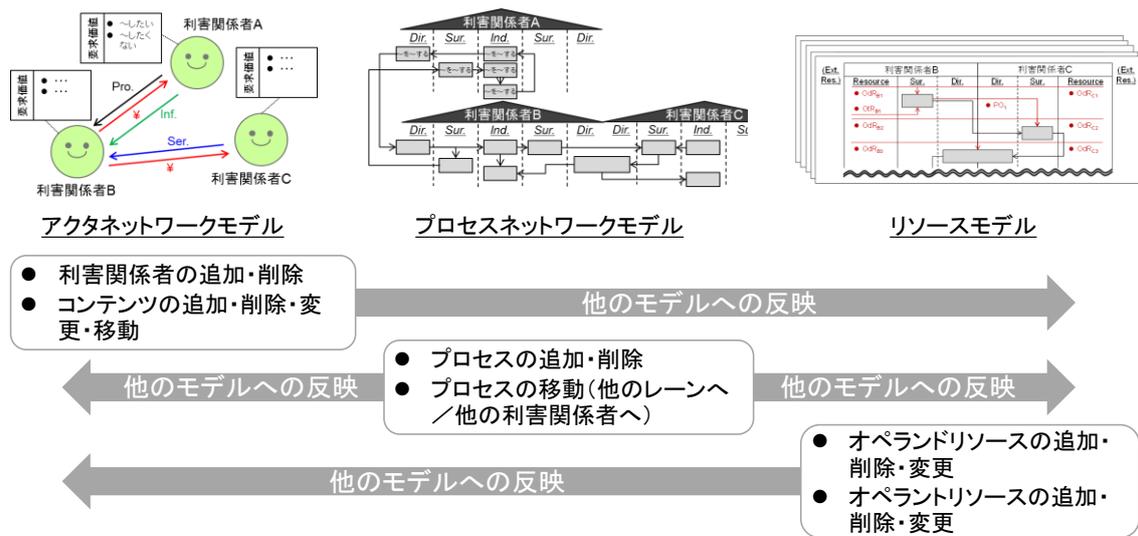


Figure 3-14 モデル操作の他モデルへの反映

Table 3-4 モデル操作の種類と内容

モデル	要素	操作	内容
ANM	利害関係者	追加	新たに必要となる製品提供者やサービス提供者の追加, 新たなターゲットとなる受給者の追加など
		削除	不要となった利害関係者の削除, ターゲットから外れた受給者の削除など
	コンテンツ	追加	新たな製品の追加, 新たなサービスの追加, 新たな情報の追加
		削除	不要な製品の削除, 不要なサービスの削除, 不要な情報の削除
		変更	ある利害関係者間を流れる製品の変更, 情報の変更, サービスの変更
		移動	製品, サービス, 情報の流れを示す矢印の接続先の変更 (製品の提供者もしくは受給者の変更, サービスの提供者もしくは受給者の変更, 情報の提供者もしくは受給者の変更) ※ただし, コンテンツの内容自体は変更なし
PNM	プロセス	追加	新たなプロセスの追加
		削除	不要なプロセスの削除
		移動	プロセスのレーン (独立プロセス, 代理接触, 直接接触) を跨いだ移動, 他の利害関係者のレーンへのプロセスの移動
RM	オペラントリソース	追加	プロセス実施に必要な新たな製品や人間の追加
		削除	プロセス実施に不要な製品や人間の削除
		変更	プロセス実施のための製品や人間の変更 (異なる製品への変更, 異なる人間への変更, 製品から人間への変更, 人間から製品への変更)
	オペラントリソース	追加	プロセス実施に必要な新たな技術やスキルの追加
		削除	プロセス実施に不要な技術やスキルの削除
		変更	プロセス実施に必要な技術やスキルの変更

Table 3-5 プロセスのレーンを跨いだ移動の種類とその意味

移動の種類	意味
独立プロセスから直接接触への移動	サービスによる支援がなされていない他者のプロセスに対して, 人対人サービスによる支援を行う
独立プロセスから代理接触への移動	サービスによる支援がなされていない他者のプロセスに対して, 人対機械サービスによる支援を行う
直接接触から代理接触への移動	人対人サービスから人対機械サービスに変更する
代理接触から直接接触への移動	人対機械サービスから人対人サービスに変更する
代理接触から独立プロセスへの移動	人対機械サービスによる支援がなされている他者のプロセスに対して, その支援をなくす
直接接触から独立プロセスへの移動	人対人サービスによる支援がなされている他者のプロセスに対して, その支援をなくす

3.6 おわりに

本章では、PSS の実現構造を多様な利害関係者から成るシステムとしてモデル化するための手法を提案した。

第 2 節では、PSS の実現構造のモデリング手法の要件として以下の項目を提示した。

- PSS を実現するための構成要素である、利害関係者、利害関係者間を流れるコンテンツ、プロセス、リソースが表現可能であること
- 本モデルの記述結果を参照することで、PSS の実現構造を設計者が容易に理解可能であること
- 実現構造モデル中の要素の操作により、PSS の実現構造が設計可能であること
- PSS に係わる各利害関係者の要求価値が明示可能であること

第 3 節では、PSS の実現構造をモデル化するための既存研究として、PSS に係わる多様な利害関係者間でやりとりされるコンテンツ (What) をモデル化するための研究とその受供給過程 (How) をモデル化するための研究について述べた。そして、第 2 節に述べた要件と照らしあわせて、既存研究の問題点を指摘した。

第 4 節では、本研究が提案する PSS の実現構造のモデル化手法を提案した。ここでは、PSS に係わる利害関係者間において「何が (What)」、「どのように (How)」やりとりされるのか、の双方を表現可能とするために、「アクタネットワークモデル」(What の表現) と、「プロセスネットワークモデル」及び「リソースモデル」(How の表現) を提案した。本研究ではこれらのモデルを用いてサービスの実現構造を表現するため、これらをサービスの実現構造モデルと呼んだ。そして、これら 3 つのモデルの詳細と特徴を説明した。また、最後に、これら 3 つのモデル間の関連性について述べた。

第 5 節では、第 4 節で提案した 3 つのモデルを用いて PSS の実現構造を設計する際のモデル操作の種類とその内容を述べた。

第4章 PSS の評価のためのシミュレーション手法

4.1 はじめに.....	72
4.2 PSS の評価に関する既存研究.....	73
4.2.1 PSS の静的な定性評価.....	74
4.2.2 PSS の静的な定量評価.....	76
4.2.3 PSS の動的な定性評価.....	77
4.2.4 PSS の動的な定量評価.....	77
4.2.5 本研究の対象と既存研究の課題.....	82
4.2.6 既存研究の課題に対する本研究のアプローチ.....	84
4.3 システムダイナミクス.....	85
4.3.1 因果ループ図(CLD).....	85
4.3.2 スtockフロー図(SFD).....	86
4.3.3 SFD で用いる関数の種類.....	87
4.3.4 SD の PSS のシミュレーションへの応用可能性.....	88
4.4 SD を用いた PSS のシミュレーション手法.....	90
4.4.1 SD を用いた PSS のシミュレーション.....	90
4.4.2 マルチエージェントシミュレーションとの関係と本研究の立場.....	91
4.5 シミュレーションモデルの構築手順.....	93
4.5.1 構築手順.....	93
4.5.2 シミュレーションの実行とシミュレーションモデルの妥当性評価.....	97
4.6 シミュレーションモデル構築における前提.....	99
4.7 おわりに.....	101

4.1 はじめに

本章では、PSSに係わる多様な利害関係者が受け取る価値を評価するためのシミュレーション手法を提案する。本章では、まず、PSSの評価、特にシミュレーションに関する既存研究について述べ、その課題を指摘する。そして、本研究が提案するシミュレーション手法の特徴を述べる。次に、本シミュレーション手法において用いるシステムダイナミクス（System Dynamics: SD）手法を説明する。そして、SDを用いてPSSのシミュレーションを実施するためにモデル上で表現すべき内容とその構築手順を提案する。最後に、本シミュレーション手法によってシミュレーションを実施する際の前提について述べる。

4.2 PSS の評価に関する既存研究

PSS の設計解を評価するための研究は、これまでに多く実施されている。これらの研究は、「静的な評価か、動的な評価か」ならびに「定性的な評価か、定量的な評価か」という 2 軸により、4 つの領域に分類することが可能である。すなわち、(1)静的な定性的評価、(2)静的な定量的評価、(3)動的な定性的評価、(4)動的な定量的評価の 4 つの領域である。ただし、ここでの静的、動的とは、評価において時間概念を考慮するかどうかを意味する。Table 4-1 には、各領域における既存の PSS 評価研究を示している。

Table 4-1 PSS の評価に関する既存研究

	定性的	定量的
静的	<ul style="list-style-type: none"> ● PSS の汎用的な定性評価手法 [Goedkoop 1999] [Omann 2003] [Bertoni 2011] [Akasaka 2012a] 	<ul style="list-style-type: none"> ● PSS 構造の重要度分析手法 [Shimomura 2008] ● 満足度評価手法 [Yoshimitsu 2006] [Kimita 2009] ● PSS のコスト評価手法 [Kimita 2008] [Kurita 2012] [Steven 2009]
動的	<ul style="list-style-type: none"> ● PSS の定性シミュレーション [平川 2013] 	<ul style="list-style-type: none"> ● シミュレーションによる PSS の環境影響評価 [Komoto 2005] [Kuntzky 2012] ● PSS の収益性評価 [Meier 2012b] ● PSS のプロセスシミュレーション [Pezzotta 2013] ● シミュレーションによる満足度評価 [Tateyama 2010] [館山 2013] ● 多様な利害関係者を考慮したシミュレーション [Watanabe 2012] [渡辺 2013]

4.2.1 PSSの静的な定性評価

Goedkoopらは、PSSを、「環境負荷」、「経済性」、「企業の戦略への適合度」、「市場適合度」の4つの観点から定性的に評価するための手法を開発している [Goedkoop 1999] (Figure 4-1). ここでは、PSSを、これらの4つの観点において、+3, +2, +1, 0, -1, -2, -3の指標により評価する。ここで+3は「非常に良い、適合度が高い」ことを意味し、逆に-3は「非常に悪い、全く適合しない」ことを意味する。

Omannは、PSSを、「経済性」、「環境負荷」、「社会的な正当性(安全性や平等性など)」の3つの観点により評価する手法を提案している [Omann 2003]. Omannの手法では、これら3つの観点毎にさらに細かいカテゴリと質問事項を事前に用意し (Table 4-2), 分析者はこれら質問に回答していくことで、PSSの評価を行う。

Bertoniらは、設計したPSSを、「受給者要求の充足可能性」、「収益性」、「業務パフォーマンス」、「illities」、「リスク」、「無形要素」の6つの観点から評価する手法を提案している [Bertoni 2011]. ここでの「illities」とは、PSSの環境変化に対する頑健性(ロバストネス)を評価するための評価軸であり、survivability(生存性)、adaptability(順応性)、flexibility(柔軟性)、scalability(拡張性)、versatility(多用途性)、modifiability(更新性)等をまとめた概念である。本手法では、これら6観点に対して、設計者が1から10の10段階スコアを用いて主観的に点数付けを行う (Figure 4-2 左). 本研究の関連研究では、この評価結果をColor-coded CADモデルに反映し、PSS実現のための製品設計に応用する研究も行われている [Isaksson 2012] (Figure 4-2 右).

筆者らは、サービス産業における提供者が自身のサービスを自己評価するためのツールである「サービスセルフチェックリスト」[関東経済産業局 2011]を拡張することで、PSSを定性的に評価するための手法を開発している [Akasaka 2012a]. ここでは、評価対象のPSSを、「PSS提供者」、「関係するサプライヤ」、「PSS運営者」、「PSS受給者」という利害関係者のそれぞれの立場から評価し、その評価結果を比較することで、PSS設計解中に含まれる問題点や構造的・論理的な矛盾を明らかにする。本手法では、各利害関係者の立場からのPSS評価を行うための観点として、「経営」、「立地」、「人材」、「PSSソリューション(内容)」、「情報・コミュニケーション」、「サービス提供」、「仕入れ・調達」、「品質・知識管理」、「技術や施設」の9観点を設けている (Figure 4-3). そして、Omannの手法と同様、各観点に対してより細かな評価軸とそれに対応する質問事項が事前に用意されており、分析者はそれら質問項目に回答することで、PSSの評価を行う。本手法は、Microsoft Excelを用いてツール化されており、評価結果を可視化するためのレーダチャート等が自動的に出力される (Figure 4-3の右部).

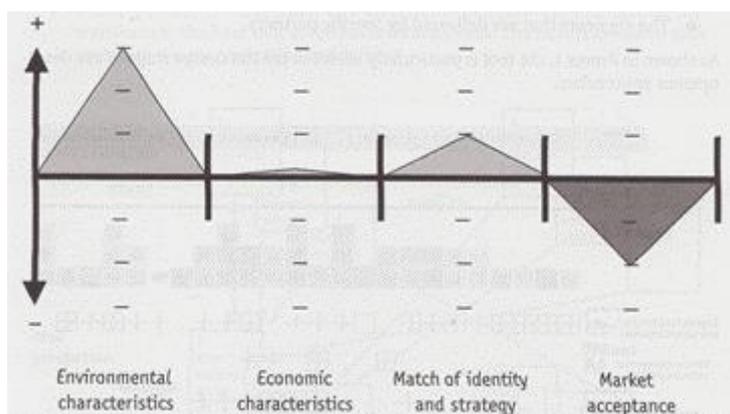
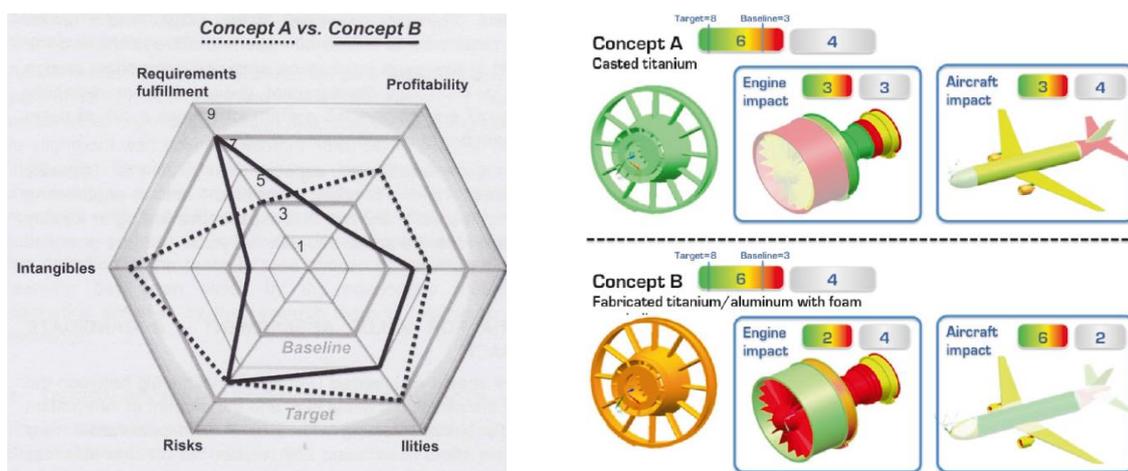


Figure 4-1 PSS の 4 視点定性評価 [Goedkoop 1999]

Table 4-2 Omann らによる PSS 評価のためのカテゴリ [Omann 2003]

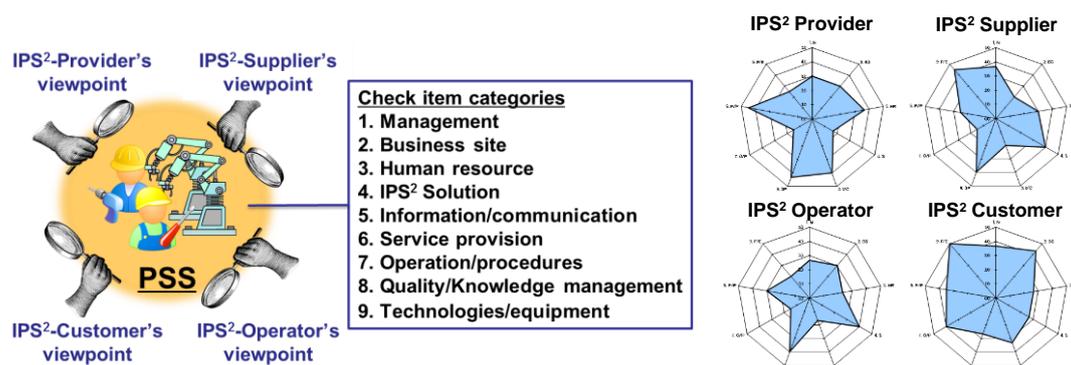
Dimension	Subgroups
Economic Dimension	Company key figures, product related figures, macroeconomic figures, relation to stakeholder
Environmental Dimension	Resource and material input, energy use, water use, land use, transport, waste, sewage water, emissions, environmental management
Social Dimension	<i>Structure of employees, social management, (working)safety and health, social justice, equal chances, gender issues, human dignity, international justice, customers</i>



定性評価の結果

Color-coded CADモデルへの反映

Figure 4-2 PSS の評価指標と評価結果の CAD への反映 ([Bertoni 2011] と [Isaksson 2012] をもとに作成)



Akasaka et al.の提案する評価方法の概要

評価結果の提示例

※本研究におけるIPS²とはIndustrial Product Service Systemの略称であり、製造業分野におけるPSSのことを指す。そのため、本研究では、PSSの一形態として理解する。

Figure 4-3 サービスセルフチェックリストを拡張したPSS評価ツール[Akasaka 2012a]

4.2.2 PSSの静的な定量評価

(1) PSS構造の重要度分析手法

下村らは、品質要素展開（Quality Function Deployment: QFD）における設計要素の重要度分析手法 [大藤 1990] を用いて、PSSの構造を評価するための手法を提案している [Shimomura 2008]。ここでは、受給者の要求を表すパラメータに対する、PSSを構成する実体物の重要度を定量的に評価することが可能である。

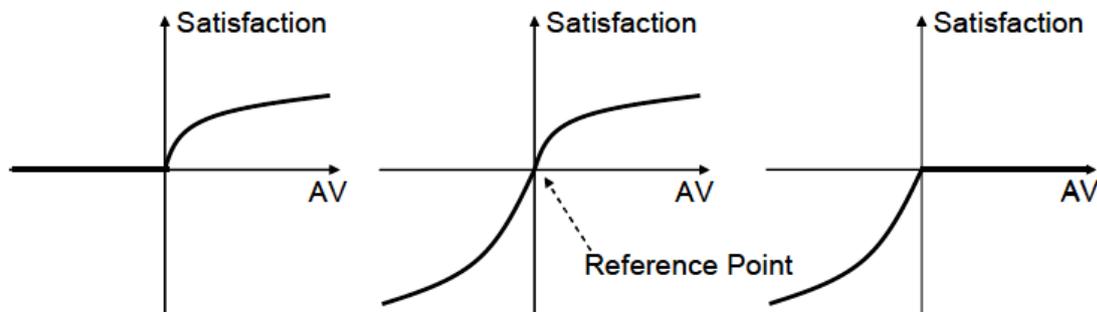
(2) 満足度評価手法

PSSの設計においては、受給者の要求を充足することが重要である。そこで、吉光らは、受給者の要求の充足度を「受給者満足度」として捉え、設計したPSSが与える受給者満足度を定量的に評価するための手法を開発している [Yoshimitsu 2006] [Kimita 2009]。本手法では、事前にアンケート等を行い、その結果に基づき受給者満足度を評価するための関数（満足度関数）(Figure 4-4)を作成する。そして、この満足度関数を用いて、設計したPSSによって受給者が得る満足度を定量的に評価する。

(3) PSSのコスト評価手法

木見田らは、Activity Based Costing (ABC) [Cooper 1988] の手法を応用し、PSSの実現にかかるコストを分析するための手法を提案している [Kimita 2008] [Kurita 2012]。ここでは、PSSの構造内に存在する実体物（製品や人間）のコストをもとに、PSS受供給プロセス中の各活動にかかるコストや、PSSが提供すべき機能にかかるコストを定量

的に算出可能としている。また、Steven らは、PSS の運営にかかるコストと収益を会計学的なアプローチから詳細に算出するための手法を提案している [Steven 2009]。



満足度関数の横軸はPSS構造中の実体物(製品や人間)の属性の値で縦軸は満足度である。このような様々な形状の非線形関数を、アンケートによって取得したデータをもとに作成する。

Figure 4-4 満足度関数の概念図 [Yoshimitsu 2006]

4.2.3 PSS の動的な定性評価

PSS の構造内には、製品だけでなく人間系の要素（人的要素）が多分に含まれる。そのため、PSS の品質を安定化するためには、PSS 運用時における人的要素の挙動を事前に把握し、評価することが重要である。しかしながら、人的要素の挙動を定量的に表現することには限界がある。そこで、平川らは、人工知能分野で用いられてきた定性推論 [Bobrow 1984] の考え方にに基づき、PSS 運用時における人的要素の挙動を定性的にシミュレーションするための研究を進めている [平川 2013]。しかしながら、本研究はまだ始まったばかりであり、PSS 評価のための定性シミュレーション手法はまだ確立されていない。

4.2.4 PSS の動的な定量評価

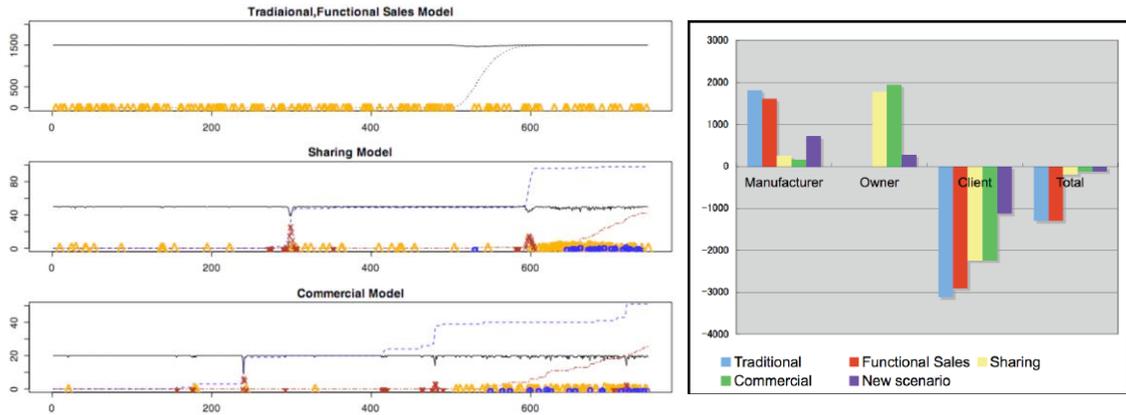
PSS を動的なモデルとして捉え、定量的に評価するためには、シミュレーションを行うことが一般的である。PSS の評価のためのシミュレーションに関する研究は、(1)特定の目的に特化したシミュレーション手法と、(2)汎用的なシミュレーション手法の 2 つに大別される。ここで、(1)特定の目的に特化したシミュレーション手法とは、その評価軸が最初から定められており、その特定の評価軸にのみ焦点を当てたシミュレーションを行うための手法である。そのため、ここでのシミュレーション手法には、汎用性は求められない。一方、(2)汎用的なシミュレーション手法では、シミュレーションによ

る評価における評価軸は限定されておらず、評価軸を決定することも手法の一部に含まれる。多くの場合、この評価軸は複数になるため、ここでのシミュレーション手法には一定の汎用性が求められる。以下では、上記(1)、(2)に関する既存研究を説明する。

(1) 特定の目的に特化したシミュレーション手法

PSS を評価するためのシミュレーション研究においては、PSS が環境に与える影響をシミュレーションにより評価するための研究が行われている。Komoto らによる研究 [Komoto 2005] や Kuntzky らによる研究 [Kuntzky 2012] がその例である。Komoto らの研究では、洗濯機に関する PSS を対象に、その環境への影響と経済性をシミュレーションにより定量的に評価している [Komoto 2005]。ここでは、洗濯機に関する PSS のビジネスモデルを、製品売り切り型、機能販売型（洗濯一回ごとに課金する、いわゆる Pay-per-wash 方式）、シェアリング型（洗濯機を利用者間で共有する方式）、サービス型（コインランドリーのようなフルサービス方式）の4種類に分け、それぞれのビジネスモデルにおける環境への影響と経済性を評価するためのシミュレーションを実施し、その結果をもとにビジネスモデルの優位性を比較している (Figure 4-5)。一方、Kuntzky らによる研究の対象は、自動車に関する PSS である。本研究では、自動車に関する PSS のビジネスモデルとして、Car and Ride Sharing を提案し、環境への影響と PSS 運営にかかる金銭的コストの双方を、シミュレーションにより定量的に評価している。Car and Ride Sharing は、一般的なカーシェアリングで行われる自動車の共有に加えて、その使用の共有（乗り合い）も行うビジネスモデルである [Kuntzky 2012]。ここでは、AnyLogic [AnyLogic] というソフトウェアツールを用いた離散事象シミュレーション手法を用いることで、CO₂の排出量や運営コストを定量的に評価している (Figure 4-6)。

一方、Meier らは、PSS 提供において提供者が得る収益を評価するためのシミュレーション研究を行っている [Meier 2012b]。本研究では、第 2.3.3 項の Figure 2-7 に掲載した PSS のビジネスモデルの分類から選択されたビジネスモデルに対して、その収益性を定量的に評価するためのシミュレーションを行うための手法が提案されている。



黒色実線は、マーケット上の洗濯機の数、黒色の点線は廃棄された洗濯機の数を表す。また、橙色の“^”は、洗濯機が修理されたタイミングを示している。一方、青色破線は洗濯機のあるモジュールの廃棄数を表しており、青色の“o”は、このモジュールがリユースされたタイミングを表す。赤色破線は、別のモジュールの廃棄数を、赤色の“x”は、このモジュールがリユースされたタイミングを表す。

この棒グラフは、PSSに係わる利害関係者の収益やコストの評価結果である。

Figure 4-5 環境負荷と経済性に着目した PSS のシミュレーション [Komoto 2005]

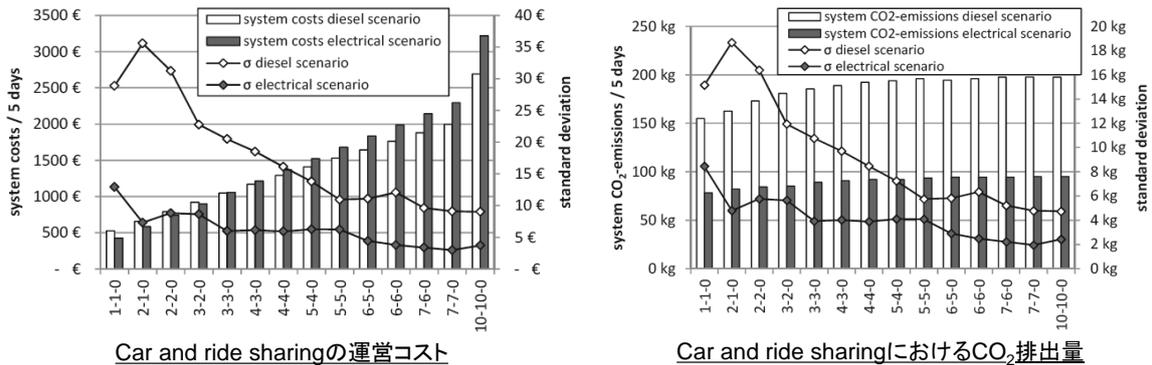


Figure 4-6 自動車に関する PSS の環境性評価のためのシミュレーション [Kuntzky 2012]

(2) 汎用的なシミュレーション手法

Pezzotta らは、第 2.3.4 項(2)で述べた下村らによる PSS のモデル化手法と離散事象システムシミュレーション手法を組み合わせることで、汎用的に利用可能な PSS のシミュレーション手法を提案している [Pezzotta 2013]. 本手法ではまず、PSS の受給者の活動を分析し、そこにおける受給者の要求価値を抽出する。次に、その要求価値を満たすための機能、実体物、プロセスを設計する。以上のモデル化には、下村らによる手法 [下村 2005] を用いる。そして、ここで記述したプロセスのモデルに基づき、シミュレーションモデルを作成する。ここでのシミュレーションには、ARENA [ARENA] による

離散事象シミュレーションを用いており、記述したプロセスの効率性の評価やボトルネックの発見等を行うことが可能である。これらのシミュレーション結果に基づき、最終的には、最初に設定した「受給者の要求価値」が充足され得るかどうかの評価を行う。

上記の Pezzotta らの手法は、PSS を離散事象システムとしてモデル化しシミュレーションする手法であった。これに対して、舘山らは、シミュレーションにより PSS の評価を行う場合には、受給者の状態変化や製品の変化、環境の変化など、時間的に変化する要素(連続システム)を同時に考慮する必要があることを主張しており[舘山 2013]、離散・連続混合システムのモデリング・シミュレーション手法である場面遷移ネット(Scene Transition Nets: STN)を用いた PSS のシミュレーション手法を提案している。本手法においても Pezzotta らによる手法と同様、まず、受給者の要求価値を抽出する。そして、要求価値を充足するための PSS のモデルを設計し、STN のシミュレーションモデルへと変換してシミュレーションを実施し、受給者の要求価値が充足されるかどうかの評価を行う [舘山 2013]。Figure 4-7 に、DVD レンタルサービスを評価するための、STN のシミュレーションモデルの構築例を示す。ここでは、受給者が自宅からレンタル店に行き DVD を借り、それを返すまでのプロセスが、離散的なプロセスとしてモデル化されている。ただしここで、受給者状態の変化等の連続システムは、各プロセス内に微分方程式として設定されている。

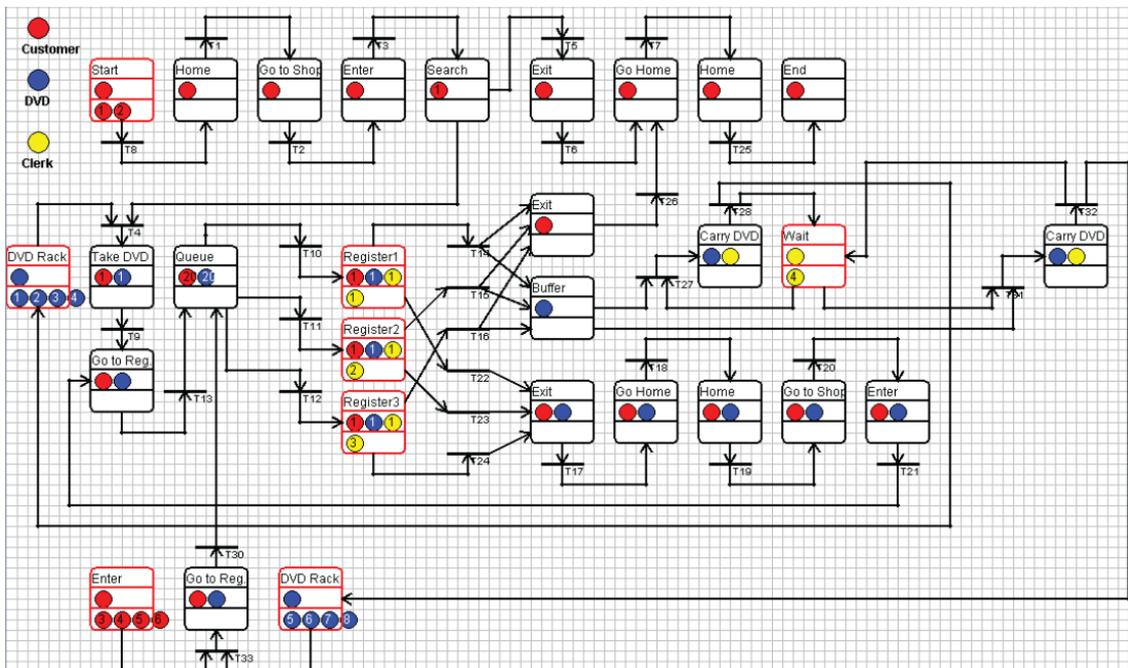


Figure 4-7 STN を用いた DVD レンタルサービスのシミュレーション

渡辺らは、上記の舘山らの手法に対して、PSS の受供給に関わる多様な利害関係者のプロセスを俯瞰的にモデル化するための手法(第 3.3.2 項参照)を組み合わせることで、ある特定の受給者の要求価値だけでなく、多様な利害関係者の要求価値の充足度をシミュレーションにより定量的に評価するための手法を開発した [Watanabe 2012] [渡辺 2013]。Figure 4-8 は、本手法を自転車レンタル(レンタサイクル)の設計に適用した際のシミュレーションモデルであり、受給者(観光客)が自転車を借り、観光をし、自転車を返却し、駅に戻るまでのプロセスがモデル化されていることがわかる。また、Figure 4-9 は、Figure 4-8 に示したシミュレーションモデルに基づき実施したシミュレーションの結果を示している。ここからは、本手法により、「観光客」の要求価値だけでなく、レンタサイクルに係わる他の利害関係者である「レンタル自転車店」、「路面電車運営会社」、「観光地の店主」の要求価値を考慮した評価が可能となったことがわかる。

以上に述べた研究では、最終的な評価軸である受給者や他の利害関係者の要求価値を抽出し設定する段階から、シミュレーションを実施する段階までの手順と手法を提案している。そのため、これらの手法は、PSS の提供者の業種やそこにおける評価軸に限定されない、汎用的なシミュレーション手法であると言える。

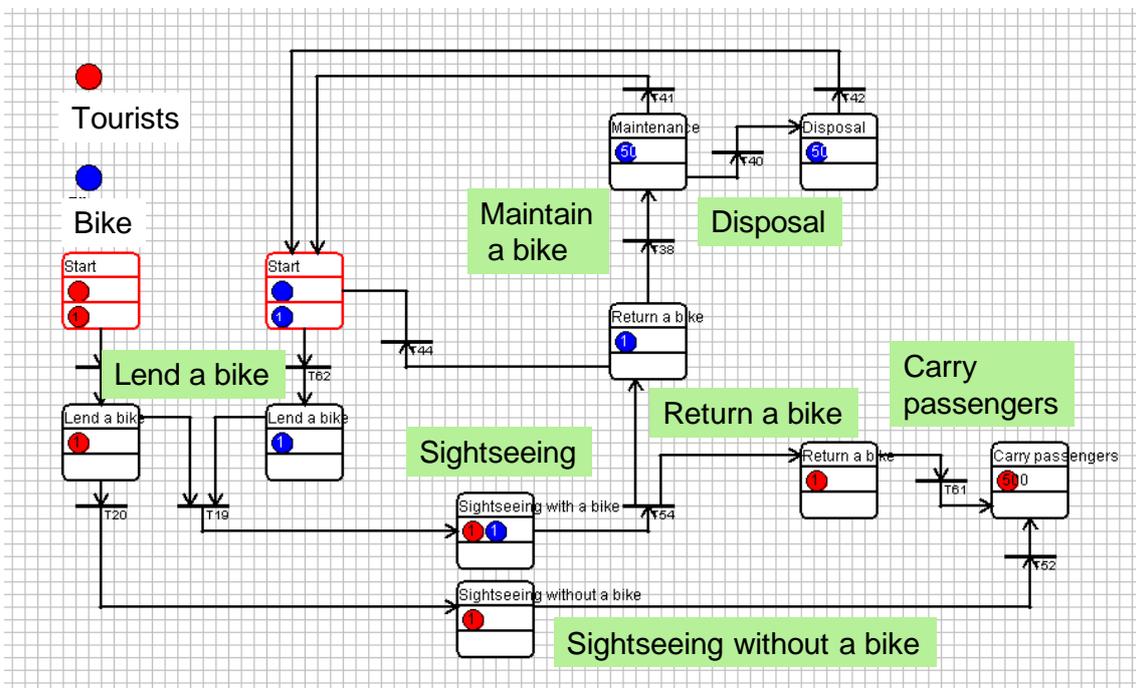


Figure 4-8 自転車レンタルのシミュレーション [Watanabe 2012]

Agents	Parameters	Case A	Case B	Case C	Case D
Rental cycle shop	Number of bikes	30	40	50	60
	Turnover rate of bikes	2.43	2.23	2.2	2.1
	Operational cost (per day)	\$75	\$79	\$83	\$85
	Revenue (from bike rental cost, per day)	\$146	\$178	\$220	\$252
Tourists	Time to return to a train station (average)	2h49m	2h47m	2h44m	2h41m
Railway service company	Time interval between passenger's arrivals (average)	2h49m	2h47m	2h44m	2h41m
Shop owners	Area of parked bikes	10.5	14	17.5	21

Figure 4-9 自転車レンタルのシミュレーション結果

4.2.5 本研究の対象と既存研究の課題

(1) 本研究の対象

本研究では、PSSを多様な利害関係者から成るシステムとして捉え、それら利害関係者が高い価値を享受可能なPSSの設計方法論を構築することを目的とする。そのため本研究では、この目的を達成するために、PSSに係わる多様な利害関係者が受け取る価値の大きさを評価するための手法を議論する。

多様な利害関係者が受け取る価値の大きさは、利害関係者間の複雑な相互作用によってお互いに影響され、決定される。これら相互作用は、PSSの受供給の過程（プロセス）において生じるものである。そのため、その評価においては、PSSを動的なシステムとして捉える必要がある。また、PSSには多様な利害関係者間の様々なやりとりが内包されることから、利害関係者間の相互作用は非常に複雑になると考えられる。そのため、利害関係者間の相互作用を考慮した評価を行うためには、計算機による支援、すなわちシミュレーションを行うことが効果的である。

一方、本研究の最終目的は、PSS の設計解を「評価」することではなく、評価からのフィードバックを得て、多様な利害関係者にとって高い価値を持つ PSS を「設計」することである。その意味で、定性的なシミュレーション手法は、「ある値が上がるか、下がるか、一定か」といった定性的な情報しか提供できないため、この評価結果をもとに、PSS の設計解の改善や改良を行うことは困難である。これに対して、定量的なシミュレーション手法であれば、「ある値がどの程度上がるか、下がるか」といったことや、「シミュレーションモデル内の構成要素がシミュレーション結果に対してどの程度の影響を与えているか」といったことを設計者が分析可能である。これらの情報は、PSS の設計解を改善・改良していきながら最終的な設計解を導出する際に有効に利用可能な情報である。

以上のことから、本研究では、PSS の評価研究の 4 つの領域の中でも、「動的で定量的な評価」、すなわち、「シミュレーションによる定量的な評価」を対象とする。また、動的な定量的評価のためのシミュレーション手法には、特定の目的に特化したシミュレーションと汎用的なシミュレーションがあるが、本研究では、特定の業種や評価項目に限定されずより広く利用可能な、汎用的なシミュレーション手法の構築を目指す。

(2) 既存研究の課題

以上に述べたように、本研究では、汎用的に利用可能なシミュレーション手法を対象とする。これに関連する既存研究は、第 4.2.4 項の(2)で述べた通りである。

本研究における評価の目的は、PSS に係わる多様な利害関係者が受け取る価値を定量的に評価することである。しかしながら、Pezzotta らや舘山らによる手法は、特定の受給者が受け取る価値の大きさしか対象にしておらず、多様な利害関係者が受け取る価値を同時に評価することは可能でない。これに対して、渡辺らによる手法は、多様な利害関係者が受け取る価値を評価することが可能である。ただし、PSS の設計においては、PSS 提供の 1 回のトランザクションにおける相互作用(短期的な相互作用)だけでなく、幾つものトランザクションの結果として現れる利害関係者間の相互作用(長期的な相互作用)を考慮に入れることが必要であるが、渡辺らの手法の対象範囲は、Figure 4-8 に示したように、PSS 提供における 1 回のトランザクションである。そのため、渡辺らの手法では、利害関係者の幾つものトランザクションの結果として現れる相互作用(長期的な相互作用)をシミュレーションモデルに導入することは困難である。

以上から、既存研究の課題は以下のように整理できる。

- Pezzotta らや Tateyama らによる手法は、ある特定の受給者の受け取る価値の大きさのみを評価するための手法であり、多様な利害関係者が受け取る価値の大きさを同時に評価することは可能でない。
- 渡辺らによる手法は、多様な利害関係者が受け取る価値の大きさを同時に評価可能であるが、その対象は PSS 提供における 1 回のトランザクションのみであり、利害関係者間の長期的な相互作用を考慮した評価を行うことは困難である。

4.2.6 既存研究の課題に対する本研究のアプローチ

以上に述べた課題に対して、本研究では、Figure 4-10 に示すアプローチをとる。すなわち本研究では、システムダイナミクス (System Dynamics: SD) [Forrester 1961] [Sterman 2000] を利用した PSS のシミュレーション手法を提案し、これにより、PSS に係わる多様な利害関係者間の短期的・長期的な相互作用を考慮しながら、各利害関係者が受け取る価値の大きさを評価可能とする。特に本研究では、SD を用いたシミュレーションを用いて目的を達成するために、シミュレーションモデル上で表現すべき内容とシミュレーションモデルの構築手順を明らかにする。

以下、第 4.3 節では、SD について説明する。第 4.4 節では、SD を用いた PSS のシミュレーションにおいてシミュレーションモデル上で表現すべき内容を説明する。第 4.5 節では、シミュレーションモデルの構築手順について述べる。最後に、第 4.6 節では、SD を用いた PSS のシミュレーションを実施する際の「前提」について述べる。

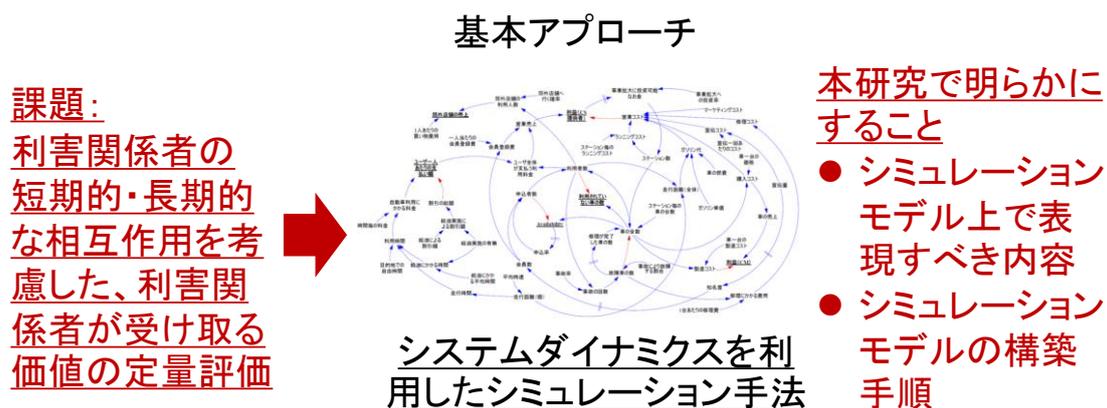


Figure 4-10 既存研究の課題に対する本研究のアプローチ (シミュレーション)

4.3 システムダイナミクス

システムダイナミクス (System Dynamics: SD) [Forrester 1961] [Sterman 2000] は、複雑なシステムの構成要素間の因果関係をモデル化し、その振る舞いをシミュレートすることで、システムの特性を解析する手法である。SD には、その定性モデルである因果ループ図と、定量モデルであるストックフロー図の 2 つのモデルが存在する。

4.3.1 因果ループ図(CLD)

SD では、システムの振る舞いは構成要素間の時間遅れの影響を含むフィードバック・ループにより特徴づけられると考える。因果ループ図 (Causal-Loop Diagram : CLD) は、システム内の構成要素間の因果関係と時間遅れを含むフィードバック・ループを直感的に記述・説明するための手法である。CLD で記述されるフィードバック・ループは、「自己強化型ループ」と「バランス型ループ」の 2 種類に分類される。自己強化型ループはシステム内の変化を増幅するものであり、バランス型ループはその変化に対抗し抑えようとするものである。

Figure 4-11 に、社会システムにおける人口変化の構造を CLD によりモデル化した例を示す。CLD では、構成要素間の関係を正と負の因果関係により記述する。また、これら因果関係が時間遅れの影響を示す場合は、矢印上に二重線を記述することで表現する。Figure 4-11 に示す CLD は、「出生」の増加が「人口」の増加に繋がり（正の因果関係）、人口が増加すると時間遅れ的に出生数が更に増加するという関係と、「死亡」の増加は「人口」の減少に繋がり（負の因果関係）、人口が増加すると時間遅れ的に死亡数は増加するという関係を表している。この、前者のループは自己強化型ループであり、一方、後者のループはバランス型ループである。これら自己強化型ループとバランス型ループの力関係によってシステムの振る舞いが特徴づけられる。Figure 4-11 の例で言えば、自己強化型ループの方が強力な場合に人口が増加し、バランス型ループのほうが強力な場合に人口が減少するという振る舞いを見せる。また、これらループの強さが年々逆転するようなシステムであれば、人口数が振動するという振る舞いを見せる。

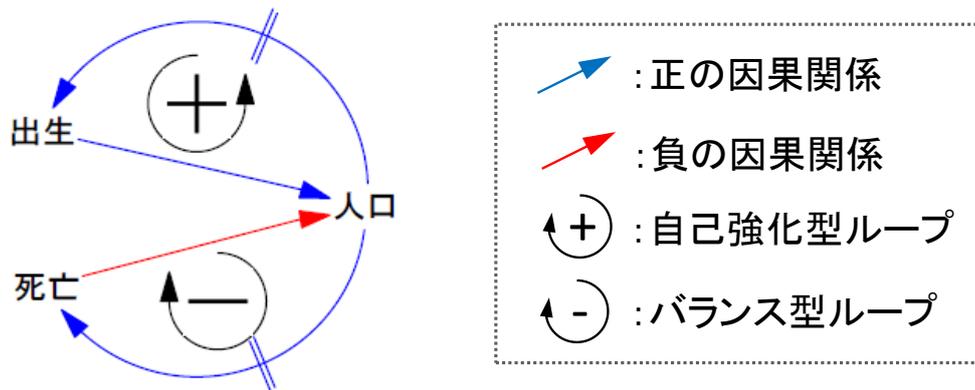


Figure 4-11 因果ループ図 (CLD) の例

4.3.2 ストックフロー図(SFD)

SDにおけるストックフロー図 (Stock-Flow Diagram : SFD) は、システムの構成要素間をストック、フロー、補助変数という概念を用いてモデル化する。ストックは時間経過とともにシステム内部において蓄積される構成要素を指し、フローはストックの蓄積量を増減させる構成要素を指す。補助変数とは、ストック、フローに影響を与えるシステム内の変数である。SDでは、ストック、フロー、補助変数といった要素間の関係を数学的に記述することで、システムの振る舞い(ある入力に対するシステムの反応)をシミュレートする。

Figure 4-12 は、Figure 4-11 に示した CLD を SFD により記述した例である。これは、CLD で記述したモデルと同様、「人口」というストックの量が、「出生」と「死亡」というフローにより増減することを示している。ただし、SFD では各要素間の関係を数学的な式を用いて記述するため、その際に必要となる「出生率」や「死亡率」といった補助変数が追加されている。SDでは、このSFDをもとにシミュレーションを行うことで、人口や出生、死亡といった要素の値の経時的な変化を観察・分析することが可能となる。

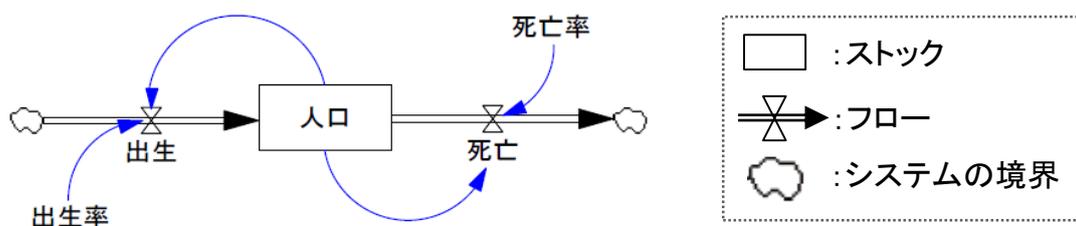


Figure 4-12 ストックフロー図 (SFD) の例

4.3.3 SFD で用いる関数の種類

前述したように、SFD では要素間の関係を数学的な式を用いて記述することで定量的なシミュレーションを可能とする。ここでは多様な数式を扱うことが可能であるが、その代表的なものを以下の Table 4-3 に示す。なお、ここでの数式の記述方法は、SD の編集・計算用の代表的なソフトウェアである Vensim [Vensim] における表記法を用いている。

Table 4-3 SFD で用いる主な関数

関数	表記例	意味
加減乗除	$a+b$	a と b の値を加える
	$a-b$	a から b を引く
	$a*b$	a と b をかける
	a/b	a を b で割る
積算	INTEG($\{x\}$, $\{a\}$)	a を初期値として、 x をステップ (シミュレーション上の時間単位) 毎に足し合わせる
遅延	DELAY FIXED($\{x\}$, $\{d\}$, $\{a\}$)	a を初期値として、 x を d (時間) だけ遅らせて出力する
指数関数	EXP($\{x\}$)	x の指数関数を出力する
対数関数	LN($\{x\}$)	x の対数関数を出力する
最大値	MAX($\{x_1\}$, $\{x_2\}$, ..., $\{x_n\}$)	x_1, \dots, x_n の最大値を出力する
最小値	MIN($\{x_1\}$, $\{x_2\}$, ..., $\{x_n\}$)	x_1, \dots, x_n の最小値を出力する
整数出力	INTEGER($\{x\}$)	x の小数点以下を切り捨てた整数値を出力する
ゼロ除算防止	XIDZ($\{x_1\}$, $\{x_2\}$, $\{a\}$)	x_1 を x_2 で割る。ただし、 x_2 がゼロとなる場合は、 a (指定値) を返す
IF THEN	IF THEN ELSE($\{cond\}$, $\{true\}$, $\{false\}$)	条件式 $\{cond\}$ が真である場合は、 $\{true\}$ を返し、偽である場合は、 $\{false\}$ を返す
絶対値	ABS($\{x\}$)	x の絶対値を出力する

また、Vensim では、2 要素間の関係性をユーザが自由に指定することも可能である。その際に用いる関数を「表関数」と呼び、以下のような形式で表現する。

$$y = \text{WITH LOOKUP}(\{x\})$$

表関数では、入力値と出力値の関係を二次元表上で幾つかプロットしていくことで、2 要素間の関係式を生成することが可能である。Figure 4-13 は、 x という入力値に対して y を出力する表関数の例である。このような表関数を用いることで、Table 4-3 に示したような組込みの (事前に用意された) 関数を用いることなく、要素間の複雑な非線形関係を表現することが可能となる。

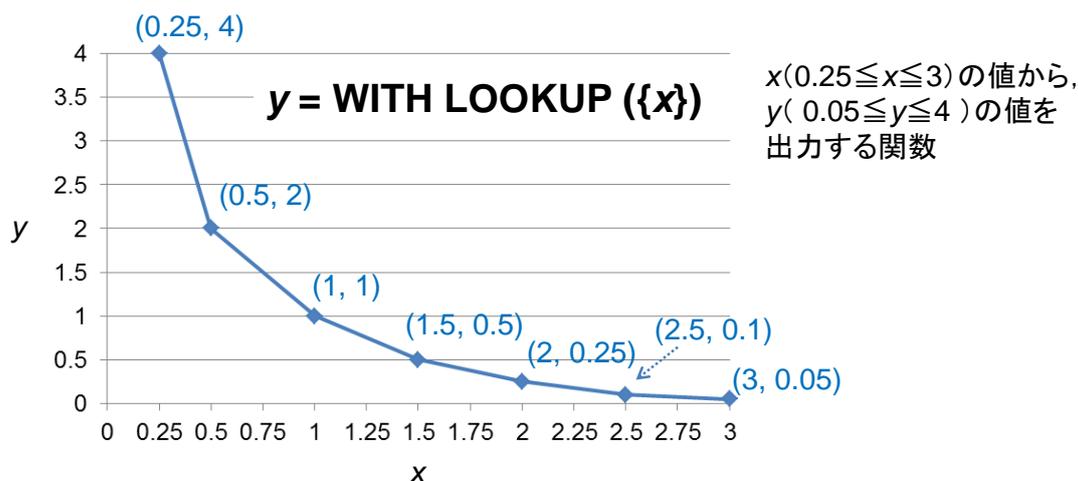


Figure 4-13 表関数の例

SD では、このような数式により要素間の関係を記述することにより、定量的なシミュレーションを行う。例えば、Figure 4-12 示した人口システムの SFD に対して、以下の Figure 4-14 左部に示す数式を記入し、シミュレーションを実行することで、Figure 4-14 右部に示すような結果が得られる。ただし、本シミュレーションにおけるステップ（シミュレーション上の時間）の単位は「年」と設定しており、Figure 4-14 右部は、100 年間のシミュレーションを行った結果である。

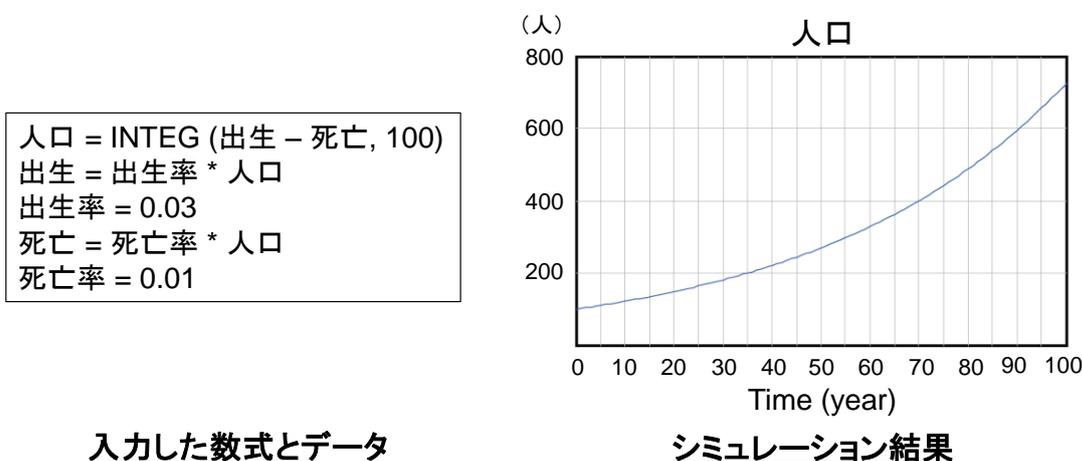


Figure 4-14 SD のシミュレーションの例（[山口 2005] をもとに作成）

4.3.4 SD の PSS のシミュレーションへの応用可能性

前項に述べたように、SD では、分析対象とするシステムを構成する要素に関わるパラメータ間の関係を因果関係によりモデル化することで、システム全体の挙動をシミュレートする。ここで、利害関係者間の一回のトランザクションに関わるパラメータ間の

因果関係（例えば、消費者の「購入量」が増加すれば、提供者の「売上」が増加する、という関係）をモデルに含めることで、利害関係者間の短期的な相互作用を考慮したシミュレーションを行うことが可能である。

一方、SD では、ストックとフローという概念によりシステム内部において蓄積される要素（パラメータ）とそれを変化させる要素（パラメータ）を表現することで、時間遅れを含むフィードバック・ループの影響を考慮したシミュレーションを行うことが可能である。SD のこの特徴を用いることで、対象とする PSS の構造内で蓄積するパラメータの他のパラメータへの影響を表現可能となるため、例えば「利害関係者間のトランザクションが増えることで提供者の収益が蓄積され、事業改善を行うことで利用者が増加する。」といった利害関係者間の幾つものトランザクションの結果として表れる相互作用（利害関係者間の長期的な相互作用）をモデル内に記述し、これを考慮したシミュレーションを行うことが可能である。

以上のことから、SD を用いることで、利害関係者間の短期的な相互作用だけでなく、長期的な相互作用も考慮したシミュレーションが可能となると考える。そこで本研究では、SD を用いたシミュレーションにより、設計した PSS が各利害関係者に対して提供可能な価値の大きさを評価する。

4.4 SD を用いた PSS のシミュレーション手法

4.4.1 SD を用いた PSS のシミュレーション

提案するシミュレーション手法の目的は、PSSに係わる多様な利害関係者が受け取る要求価値の大きさを、利害関係者間の短期的・長期的な相互作用を考慮して、定量的に評価することである。本研究では、上記目的を達成するために、以下に述べる3つの内容を、SDのシミュレーションモデル上で表現する。

- 各利害関係者の要求価値の充足度を計測するパラメータ

本シミュレーションにおける評価の対象は、PSSに係わる利害関係者の要求価値である。そこで、SDのシミュレーションモデル上では、各利害関係者の要求価値の充足度を計測するためのパラメータ（これを本研究では、「価値評価パラメータ」と呼ぶ）を含める。ただしここでは、多様な利害関係者が受け取る要求価値の大きさを同時に評価可能とするために、アクタネットワークモデル上に記述された全ての利害関係者の全ての要求価値に対する価値評価パラメータをモデル上に含める。この価値評価パラメータの設定方法については次節で述べる。Figure 4-15は、サービス提供者の収益を評価するためのSDモデルの簡易例を示しているが、本図において橙色矩形が囲んだものが価値評価パラメータである。

- 価値評価パラメータに影響を与える利害関係者間の短期的な相互作用

利害関係者間の一回のトランザクションに関わるパラメータ間の因果関係（例えば、消費者の「購入量」が増加すれば、提供者の「売上」が増加するという関係）をモデルに含め、それらパラメータと価値評価パラメータ間の因果関係をモデル化する。Figure 4-15において緑色点数で囲んだ部分が、利害関係者間（利用者と提供者間）の短期的な相互作用を表現している。

- 価値評価パラメータに影響を与える利害関係者間の長期的な相互作用

利害関係者間間の幾つものトランザクションの結果として現れるパラメータ間の因果関係をモデルに含め、それらパラメータと価値評価パラメータ間の因果関係をモデル化する。これにより、利害関係者間の長期的な相互作用をシミュレーションモデル上で

表現する。例えば、Figure 4-15 における赤色点線で囲んだ部分は、「利害関係者間のトランザクションが増えることで、消費者に関する情報量が蓄積し、提供者がより有効な宣伝ができるようになり、利用者が増加する」や「利害関係者間のトランザクションが増えることで、提供者の収益が蓄積され、事業改善を行うことでより品質の高い製品／サービスを提供可能になり、利用者が増加する。一方で事業改善を行うとそれにかかるコストも増加する。」といった利用者と提供者間の長期的な相互作用を表現している。

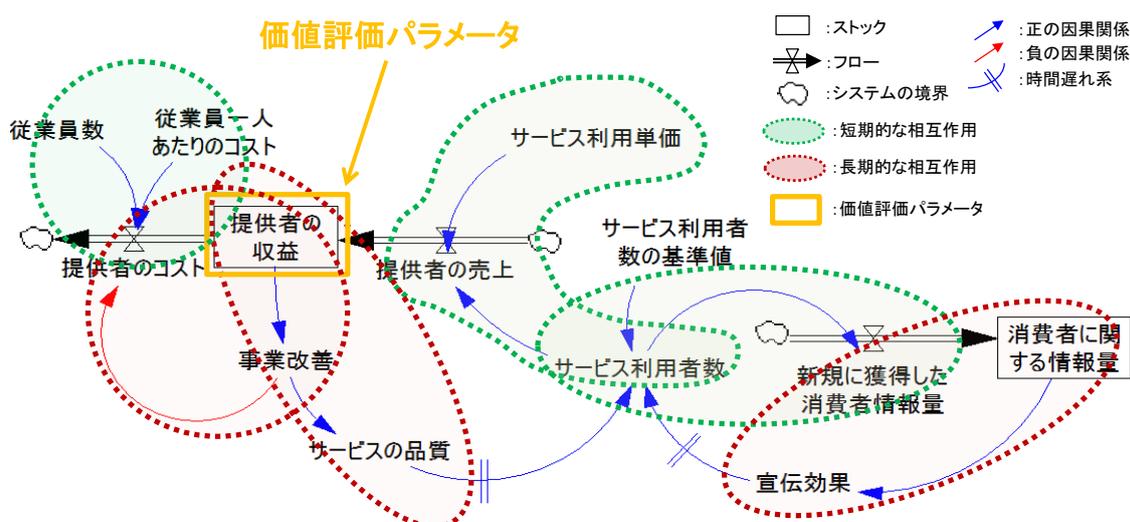


Figure 4-15 SD における利害関係者間の相互作用の表現

4.4.2 マルチエージェントシミュレーションとの関係と本研究の立場

SD と同様に、システムを構成する主体間の相互作用を考慮したシミュレーションを行うための研究として、マルチエージェントシミュレーション (Multi-Agent Simulation: MAS) に関する研究がある。MAS では、対象とするシステムを複数のエージェント (何らかのルールに従って意思決定を行い行動する主体) の集合として捉え、このエージェントの意思決定や行動のルールをモデル化し、同時進行的に行動させることで、エージェントが相互作用することで現れる大域的な振る舞いを再現したり解析したりするシミュレーション手法の一つである。

このように SD と MAS は、対象とするシステムをモデル化しその振る舞いをシミュレーションするという観点で類似しているが、その最も大きな違いは、SD はトップダウン・アプローチによりシミュレーションを行うことに対して、MAS はボトムアップ・アプローチによりシミュレーションを行うことである。すなわち、SD では、システム全体を巨視的 (マクロ) な視点から捉え、要素間の因果関係を直接的にモデル化しシミ

シミュレーションを行うが、これに対してMASでは、エージェントの単位ごとにモデル化を行い、それぞれの相互作用を積み上げてボトムアップ的にマクロな状況を再現する。このようにSDはマクロな視点からシステムを捉えるため、シミュレーションの結果とシミュレーションモデル内のパラメータの関係が、設計者にとって容易に理解可能であるという特徴を持つ。一方、MASはミクロな視点でモデル化を行うため、相互作用の結果として現れる複雑なシステムとしての挙動を再現することなどはできるものの、シミュレーション結果とパラメータの関係を明確にするのが難しい。

本研究の目的は、シミュレーションの結果から得られる情報に基づき、PSSの実現構造の再設計（改善設計）を行うことである。すなわち、シミュレーション結果から、シミュレーションモデル中のどのパラメータが問題なのかということをはっきりと明らかに、それを実現構造の再設計（改善設計）のための情報として設計者にフィードバックすることが重要である（Figure 4-16）。そのためには、シミュレーションの結果とシミュレーションモデル内のパラメータの関係が設計者にとって容易に理解可能なSDが適していると考え、本研究ではSDをPSSの設計解の評価のためのシミュレーションに応用する。

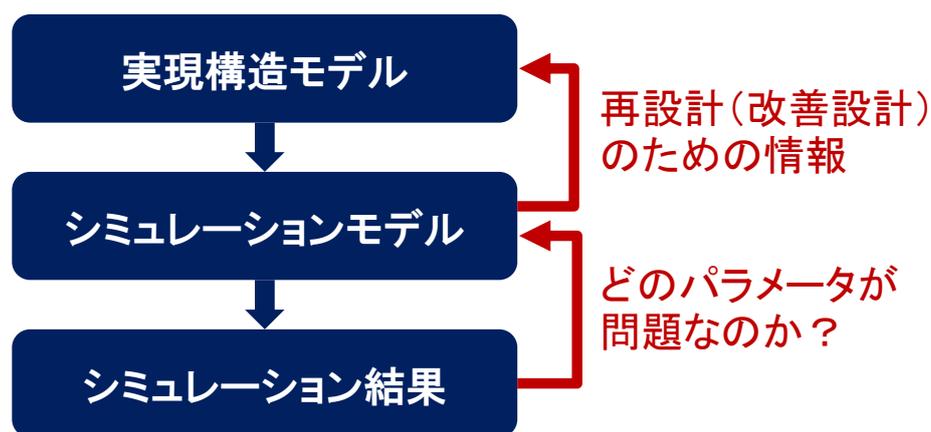


Figure 4-16 実現構造の再設計のためのシミュレーション結果のフィードバック

4.5 シミュレーションモデルの構築手順

4.5.1 構築手順

SD を用いた PSS のシミュレーションモデルを構築するための手順を Figure 4-17 に示す。Figure 4-17 に示すように、本手法では、(1)利害関係者の要求価値に影響を与える要素の洗い出しと要素間の因果関係の定義、(2)利害関係者間の長期的な相互作用を考慮した CLD の構築、(3)SFD の構築、の手順を経て、シミュレーションモデルの構築を行う。以下には、(1)から(3)の具体的な実施内容について説明する。

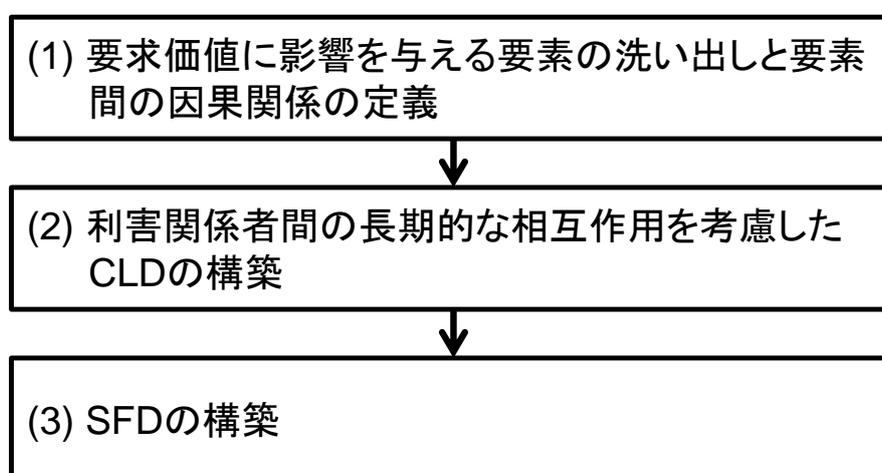


Figure 4-17 SD を用いた PSS のシミュレーションの手順

(1) 要求価値に影響を与える要素の洗い出しと要素間の因果関係の定義

アクタネットワークモデル内に記述された各利害関係者の要求価値に関して、その充足度を計測するためのパラメータを設定する。本研究では、このパラメータを価値評価パラメータと呼ぶ。本手法では、最終的には定量的なシミュレーションを行うため、価値評価パラメータは、出来る限り定量的に計測可能なパラメータとして設定することが必要となる。例えば、「環境負荷の大きさ」のような定量的かつ客観的な計測が困難なパラメータではなく、「CO₂ 排出量」や「石油消費量」のように定量的かつ客観的に計測可能なパラメータを設定する。Table 4-4 に、価値評価パラメータの設定例を示す。

次に、PSS 提供における 1 回のトランザクションに注目して、価値評価パラメータを変化させる事象やパラメータを洗い出し、それら事象・パラメータを、「A が増える（減る）と、B も増える（減る）（例えば、自動車 1 台あたりの走行距離が延びると、CO₂ 排出量が増える）」という因果関係により関連付けていく。この要求価値に影響を与え

(2) 利害関係者間の長期的な相互作用を考慮した CLD の構築

(1)では、PSS 提供における 1 回のトランザクションを対象に CLD を構築するため、幾つものトランザクションの結果として現れる因果関係（利害関係者間の長期的な相互作用）は考慮できていない。そこで、(1)で構築した CLD 内のパラメータ間の因果関係に関して、より長い期間を考慮した場合に現れる因果関係を見つけ出し、追記する。例えば Figure 4-19 では、「宣伝コスト」と「会員数」の間にはもともと因果関係は無いが（Figure 4-19(1)）、「宣伝にかけられるコストを増やすと宣伝量が増え、その結果、時間遅れの会員数も増加する」という、より長い期間を考慮した場合に現れる因果関係を追記する（Figure 4-19(2)）。

以上により、利害関係者間の短期的・長期的な相互作用の双方を考慮した CLD の全体構造を構築する。

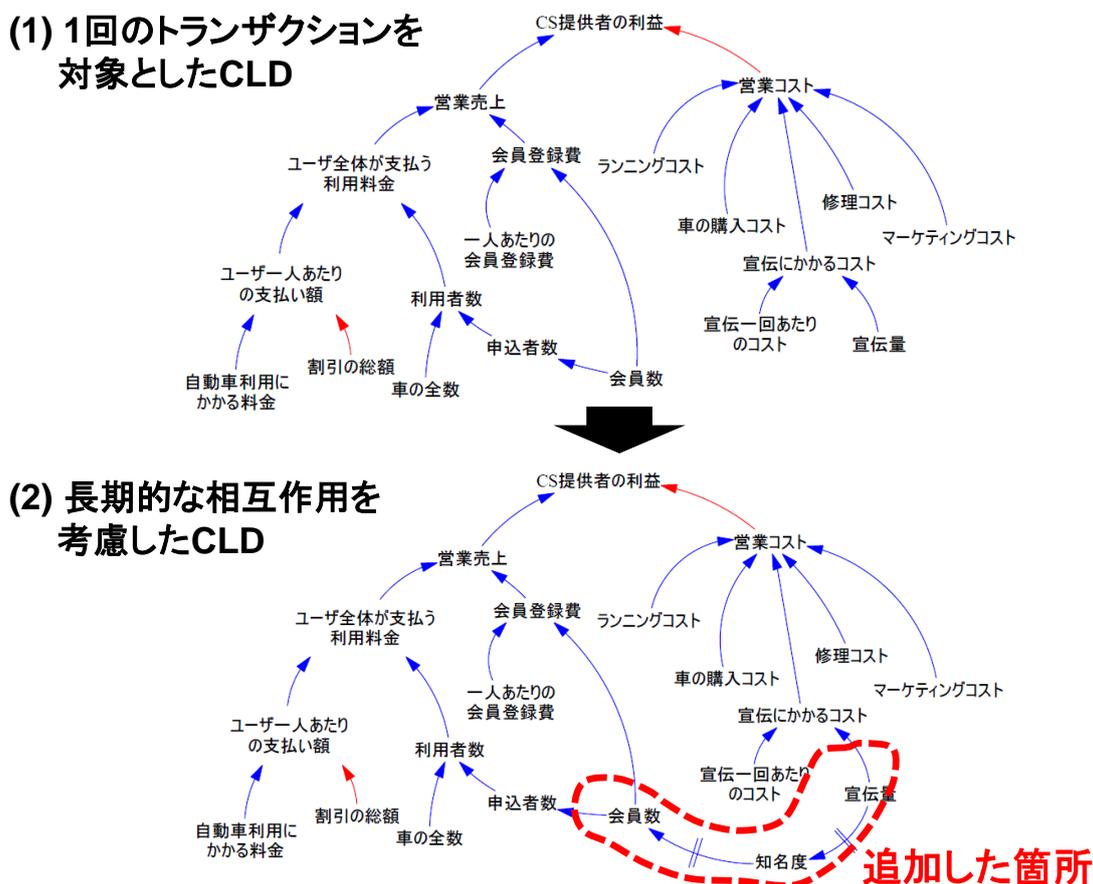


Figure 4-19 利害関係者間の長期的な相互作用を考慮した CLD の構築

(3) SFDの構築

構築した CLD を SFD に変換する。CLD から SFD への変換方法・手順に関しては、山口ら [山口 2005] の手法を踏襲する。以下に、モデルの変換手順を説明する。

1. ストックとフローの特定

まず、CLD 中に記述されたパラメータ群の中から、SFD における「ストック」となるパラメータと、「フロー」となるパラメータを特定する。ここで、ストックとフローを見分けるためには、「時間を停止する」思考実験を行う。時間を停止した際にも存在しているパラメータがストックとなり、消失するパラメータがフローとなる。例えば、Figure 4-20 左上に示した人口モデルの例であれば、時間を停止させた際に「人口」というパラメータは存在しているが、「出生」や「死亡」は生じなくなる。そこで、「人口」はストックであり、「出生」や「死亡」はフローであると判断できる (Figure 4-20 右上)。

2. ストックの入出力となるフローの記述

次に、1.で特定したストックを中心としたダイナミクスを記述する。ここでは、ストックと区別されたパラメータに対して正の因果関係を持つパラメータを、SFD におけるインフロー (ストックに対する入力となるフロー) として記述する。また、負の因果関係を持つパラメータを、アウトフロー (ストックに対する出力となるフロー) として記述する (Figure 4-20 右下)。ここまでの段階により、SFD の基本構造が構築される。

ただしここで、CLD 上において、ストック同士が隣接している場合は、その中間変数となるフローとなる変数を新たに追加する必要がある。

3. 補助変数の記述

最後に、ここまでに構築した SFD におけるパラメータ間の数学的な関係を考える。その際に、補助的な変数が必要となる場合は、補助変数を適宜追加し、モデルを充実させる。例えば、人口モデルでは、「出生」と「人口」の間の数学的な関係 (式(1)) を考え、「出生率」という補助変数を新たに追加した。また、「死亡」と「人口」の間の数学的な関係 (式(2)) を考え、「死亡率」という補助変数を新たに追加した (Figure 4-20 左下)。

以上の手順により、CLD から SFD への変換が完了する。

$$\text{出生} = \text{出生率} * \text{人口} \quad (1)$$

$$\text{死亡} = \text{死亡率} * \text{人口} \quad (2)$$

そして、要素間の因果関係を表現する数式、ならびに補助変数の初期値を設定し、シミュレーションを実行する。これにより、各利害関係者の価値評価パラメータの値の経時的变化が観察可能となる。

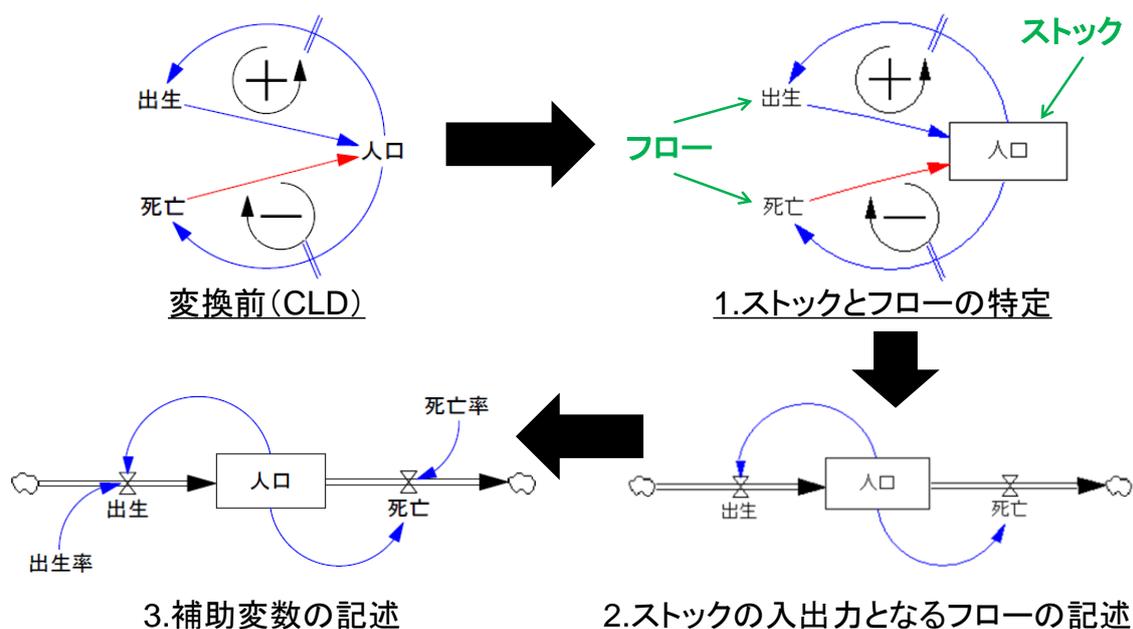


Figure 4-20 CLD から SFD への変換手順

4.5.2 シミュレーションの実行とシミュレーションモデルの妥当性評価

以上に述べた手順により、PSS に係わる利害関係者の要求価値の充足度を評価するためのシミュレーションモデルを構築可能である。しかしながら一般に、PSS の実現構造内には、製品や人間、プロセスなどの多種多様な構成要素が含まれており、各利害関係者の要求価値の充足度はそれら構成要素の影響を受ける。加えて、各利害関係者の要求価値は、気候や社会情勢などの外部的な環境の影響も受ける。このように、利害関係者の要求価値に影響を与える要素は広範に及ぶため、「(1)要求価値に影響を与える要素の洗い出しと要素間の因果関係の定義」の段階において、設計者が、十分な量の要素を抽出できるとは限らない。実際に、認知科学の分野において Dörner [Dörner 1996] は、人々が原因と結果を一对一の因果関係として捉えがちであり、副作用や複数の因果関係が存在するようなシステムとして考える事が不得手であることを見つけており [Sterman 2000]、このことから、シミュレーションモデル構築の初期段階において十分な量の要素と要素間の因果関係を抽出できるとは限らないことが容易に想像できる。

そのため、本シミュレーションモデルの構築においては、構築したシミュレーションモデルを用いて実際にシミュレーションを実行し、その結果が現実世界に沿うものとなっているかどうか (妥当なシミュレーションモデルかどうか) を確認するフェーズが必要となる。シミュレーションモデルの妥当性を確認し、妥当でない場合はシミュレーションモデルを変更するという構築手順を経ることで、初めて妥当なシミュレーションモ

デルを獲得可能となる。この「シミュレーションモデルの妥当性の確認」のフェーズに関しては、第5章で後述する。

4.6 シミュレーションモデル構築における前提

本シミュレーションでは、最終的には、モデル上の全てのパラメータ間の関係を数式により記述すること、及び、他のパラメータからの影響を受けないパラメータ（入力となるパラメータ）に入力値を設定すること、により、定量的なシミュレーションを行う。ここで設定する数式や値には、確定論的に設定できるものとそうでないものが存在する。

例えば、Figure 4-15 に示した SFD を考えてみる。本シミュレーションモデルにおけるパラメータ間の関係を、確定論的に記述可能なものとそうでないものに分類した結果を Table 4-5 に示す。「提供者のコスト」と「従業員、従業員一人あたりのコスト」の関係は、「提供者のコスト=従業員*従業員一人あたりのコスト」といった数式により確定論的に記述可能である。一方、「サービス利用者数」と「サービスの品質、サービス利用者数の基準値」の関係は、サービスの品質が上がることによりサービス利用者数がその基準値からどの程度向上するかということは確定論的に記述するのは難しい。

また、シミュレーションの入力となる値を設定するパラメータのうち、その値を確定論的に決定可能なものとそうでないものの分類結果を Table 4-6 に示す。ここでは、「従業員一人あたりのコスト」をある一意の値で定めることができるが、「サービス利用者の基準値」は設計者からは一日にどの程度の利用者が来るかを一意に予測できないため、確定論的に値を設定することはできない。

Table 4-5 確定論的に数式を記述可能な関係とそうでない関係

確定論的な決定	分類されたもの
可能	<ul style="list-style-type: none"> ● 「提供者のコスト」と「従業員、従業員一人あたりのコスト」の関係 ● 「提供者の収益」と「提供者の売上、提供者のコスト」の関係 ● 「提供者の売上」と「サービス利用単価、サービス利用者数」の関係 ● 「提供者の収益」と「事業改善」の関係 ● 「事業改善」と「提供者のコスト」の関係 ● 「新規に獲得した消費者情報量」と「サービス利用者数」の関係 ● 「消費者に関する情報量」と「新規に獲得した消費者情報量」の関係
可能でない	<ul style="list-style-type: none"> ● 「サービスの品質」と「事業改善」の関係 ● 「サービス利用者数」と「サービスの品質、サービス利用者数の基準値」の関係 ● 「宣伝効果」と「消費者に関する情報量」の関係 ● 「サービス利用者数」と「宣伝効果、サービス利用者数の基準値」の関係

Table 4-6 確定論的に数式を記述可能なパラメータとそうでないパラメータ

確定論的な決定	分類されたもの
可能	<ul style="list-style-type: none"> ● 従業員一人あたりのコスト ● サービス利用単価 ● 従業員数
可能でない	<ul style="list-style-type: none"> ● サービス利用者数の基準値

このように、本研究の対象は PSS であり、その構成要素には人間系が含まれるため、シミュレーションモデル上のすべての値や数式を確定論的に記述することは困難である。そのため、本研究では、設計者が確定的に記述できない数式や一意に設定できない値があることを前提とし、そのような場合は、考えられ得る範囲での幾つかの状況のパターンを用意し、そのパターンごとにシミュレーションを行う。本研究におけるシミュレーションの目的は、現実世界を 100% 模倣することではなく、シミュレーション結果から設計に対して有益な情報を得ることであるため、本研究ではこのような立場をとり、シミュレーションモデルの構築と設計解の評価を行う。

4.7 おわりに

本章では、PSS に係わる多様な利害関係者が受け取る価値を評価するためのシミュレーション手法を提案した。

第 2 節では、まず、PSS の評価に関する既存研究として、(1)PSS の静的な定性評価、(2)静的な定量評価、(3)動的な定性評価、(4)動的な定量評価、の領域における研究を述べた。そして、本研究では、(4)動的で定量的な評価、すなわち、シミュレーションによる定量的な評価を対象とすることを述べた。ここで、動的な定量的評価のためのシミュレーション手法には、特定の目的に特化したシミュレーションと汎用的なシミュレーションがあるが、本研究では、特定の業種や評価項目に限定されずより広く利用可能な、汎用的なシミュレーション手法の構築を目指すことを述べた。そして、多様な利害関係者から成る PSS の実現構造の設計においては、多様な利害関係者が受け取る価値の大きさを同時に評価すること、利害関係者間の短期的・長期的な相互作用の双方を考慮した評価を行うことの 2 点が必要となるが、このことは既存研究では実現されていないことを述べた。

第 3 節では、第 2 節で指摘した課題を解決するためのシミュレーション手法において用いるシステムダイナミクス (SD) の基礎概念や特徴について説明した。特に本節では、SD は構成要素間に複雑な因果関係や時間遅れを含むフィードバック・ループが内在するようなシステムのシミュレーションに適しており、SD を用いることで、利害関係者間の短期的・長期的な相互作用の双方を考慮した PSS のシミュレーションが可能となることを述べた。また、類似技術であるマルチエージェントシミュレーション (MAS) との関連性について述べた。

第 4 節では、SD を用いて、PSS に係わる多様な利害関係者の要求価値を評価するために、シミュレーションモデル上で、(1)各利害関係者の要求価値の充足度を計測するパラメータ、(2)価値評価パラメータに影響を与える利害関係者間の短期的な相互作用、(3)価値評価パラメータに影響を与える利害関係者間の長期的な相互作用、の 3 つの内容を表現することを提案した。

第5節では、本シミュレーションを実施するための具体的な手順について説明した。ここでは、シミュレーションの実施のための手順として、(1)利害関係者の要求価値に影響を与える要素の洗い出しと要素間の因果関係の定義、(2)利害関係者間の長期的な相互作用を考慮したCLDの構築、(3)SFDの構築、といったステップを提示した。

第6節では、本シミュレーションにおけるモデル構築の前提について述べた。具体的には、本シミュレーションでは、PSSの実現構造内のパラメータ間の関係や値を数学的に記述するが、その際、設計者が確定的に記述できない数式や一意に設定できない値があることを前提とし、そのような場合は考えられ得る範囲での幾つかの状況のパターンを用意し、そのパターンごとにシミュレーションを行うことを述べた。

第5章 PSSの実現構造の設計プロセス

5.1 はじめに	104
5.2 提案する設計プロセスの位置付け	105
5.2.1 サービスのライフサイクルと設計	105
5.2.2 PSSの継続的改善に対する位置付け	107
5.2.3 PSSの設計フェーズにおける位置付け	108
5.2.4 本研究における設計プロセス構築のアプローチ	108
5.3 提案する設計プロセス	110
5.3.1 提案する設計プロセスの全体像	110
5.3.2 Step0(準備段階): 設計チーム編成と現場調査	112
5.3.3 Step1: 利害関係者の分析	113
5.3.4 Step2: PSSのモデリング	116
5.3.5 Step3: PSSのシミュレーション	120
5.3.6 Step4: PSSの改善	123
5.3.7 PSSの逐次的な改善と設計解の導出(Step1'から4'とその繰り返し)	124
5.4 おわりに	129

5.1 はじめに

本章では、第3章で提案したモデリング手法、第4章で提案したシミュレーション手法を用いて、多様な利害関係者が高い価値を享受可能な PSS の実現構造を設計するための「設計プロセス」を提案する。本章では、まず、PSS の継続的改善のための活動に関して述べたあとに、その活動全体における本研究の位置付けを明らかにする。そして、設計者が、PSS に係わる利害関係者が受け取る価値を確認をしながら最終的な設計解を導出するための、「モデリング」、「シミュレーション」、「改善」から成る設計サイクルを中心とする設計プロセスを提案する。

5.2 提案する設計プロセスの位置付け

5.2.1 サービスのライフサイクルと設計

本研究の対象は PSS の設計であるが、これと強く関連する分野にサービスの設計・開発に関する取り組みがある。サービスの提供においては、受給者の要求の変化や環境の変化に応じて、一旦設計したサービスを継続的に改善していくことが重要である。そのため、サービスの設計・開発の分野では、サービスの継続的改善(Continual Improvement)に関する取り組みがなされている。この取り組みでは、サービスを設計・開発するフェーズだけではなく、その前後を含むサービスのライフサイクル(一生)全体を管理するための枠組みが議論されている。

サービスの継続的改善に関する代表的な取り組みが、ITIL における継続的サービス改善に関する枠組みである。ITIL (IT Infrastructure Library) とは、IT を顧客に提供する「サービス」と捉え、顧客の要求を満たす適切な品質の IT サービスを管理するためのフレームワークである [ITIL v3 2008a]。ITIL では、サービス提供を行う場を取り巻く環境の変化を確実に捉え、IT サービスをその変化に応じて適宜改善するための活動として「継続的なサービス改善」を定義しており、IT サービス提供によるビジネス推進力維持における継続的サービス改善の重要性を強調している [ITIL v3 2008b]。ITIL では、サービスのライフサイクルを Figure 5-1 のように捉える。サービス・デザインとはサービスの設計・開発を実施する段階である。また、サービス・トランジションとは設計したサービスを現場に導入するための段階である。そして、サービス・オペレーションとは実際にサービスを運用し提供する段階である。加えて、このサービス・ライフサイクル全体において効率よくサービスの改善を行うことを継続的サービス改善と呼び、そのための具体的方法論を幾つか紹介している。ITIL の継続的サービス改善においては、サービスの品質やパフォーマンスを測定するための重要業績評価指標 (Key Performance Indicator: KPI) を設定し、KPI に基づくサービスの分析、改善、測定のサイクルを反復的に繰り返し実行することで、サービスを継続的に改善していく (Figure 5-2)。

一方、産業技術総合研究所のサービス工学研究センター (Center for Service Research) [サービス工学研究センター] におけるサービス工学研究では、サービス成功事例の分析の結果、多くの成功事例においては「サービスの顧客に関する情報を取得・分析して、提供するサービスに反映させることで、サービスの付加価値や効率性を高める。」という手法を用いている傾向が認められることを指摘している [内藤 2009]。この手法では一般に、「計測→分析→設計→適用→計測→分析…」というループ過程を経ることでサービスの改善が行われることが多く、このループ過程をサービスの最適設計ループ (Figure 5-3) と呼ぶ。ここでの最適とは、サービスの付加価値向上 (品質の向上) と

サービス提供における効率性向上（無駄の低減）を同時に行うことを意味しており、最適設計とは上記2つの両観点からサービスを継続的に改善していくことを意味する。

また、Francoらは、米国国際開発庁（The U.S. Agency for International Development）によるヘルスケアサービスの品質保証プロジェクトを通じて、サービス改善のための汎用プロセスを構築している [Franco 1997]。ここでは、「サービスの改善（Service Improvement）」は、サービス提供に関わる「問題の解決（Problem Solving）」であると定義している。そして、サービス提供に関わる問題解決によるサービス改善の汎用的なプロセスを Figure 5-4 のように提案している。すなわち本手法において、サービスの改善は、「目標値を設定し、現場を観測し、目標値に達成していない部分が観測された場合、その原因となっている問題を解決する」という手順に沿って実施される。ただしここで、設計（Designing）、観測（Monitoring）、問題解決（Problem Solving）の3つのフェーズは、一方通行的に実施されるものでなく、循環的に手戻りを伴いながら実施される。

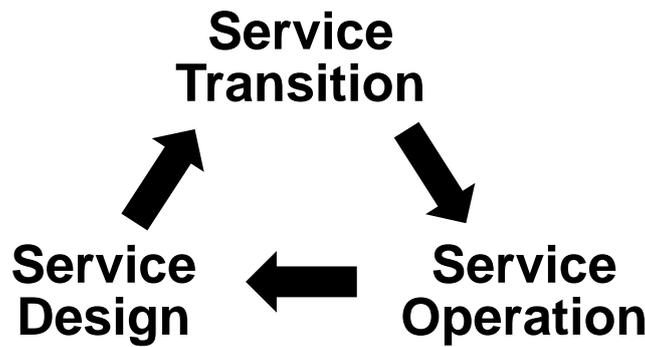


Figure 5-1 サービスのライフサイクル ([ITIL v3 2008a] をもとに作成)

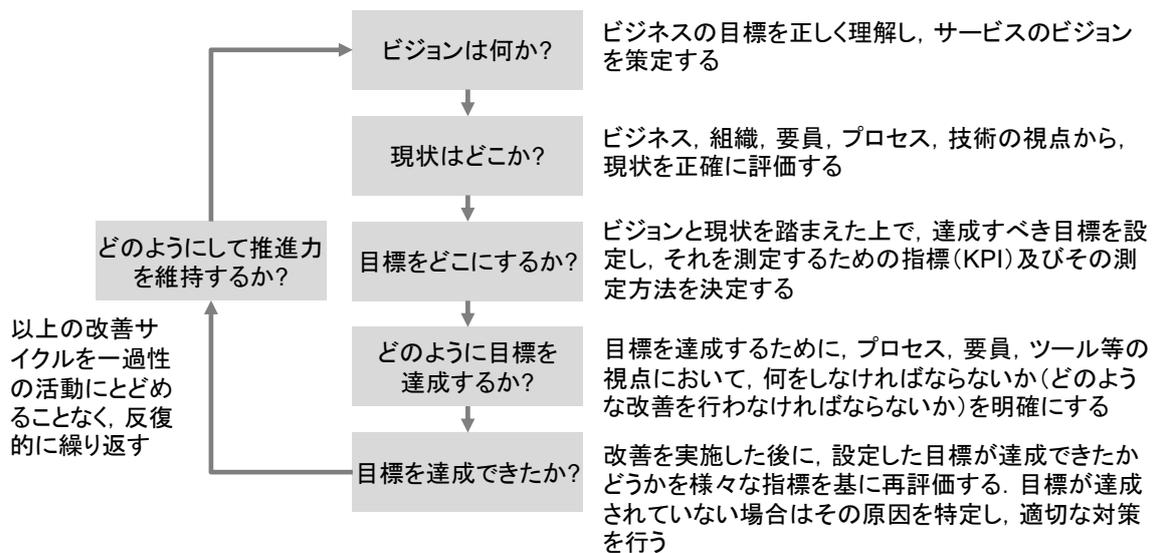


Figure 5-2 継続的なサービス改善の基本的アプローチ [ITIL v3 2008b]

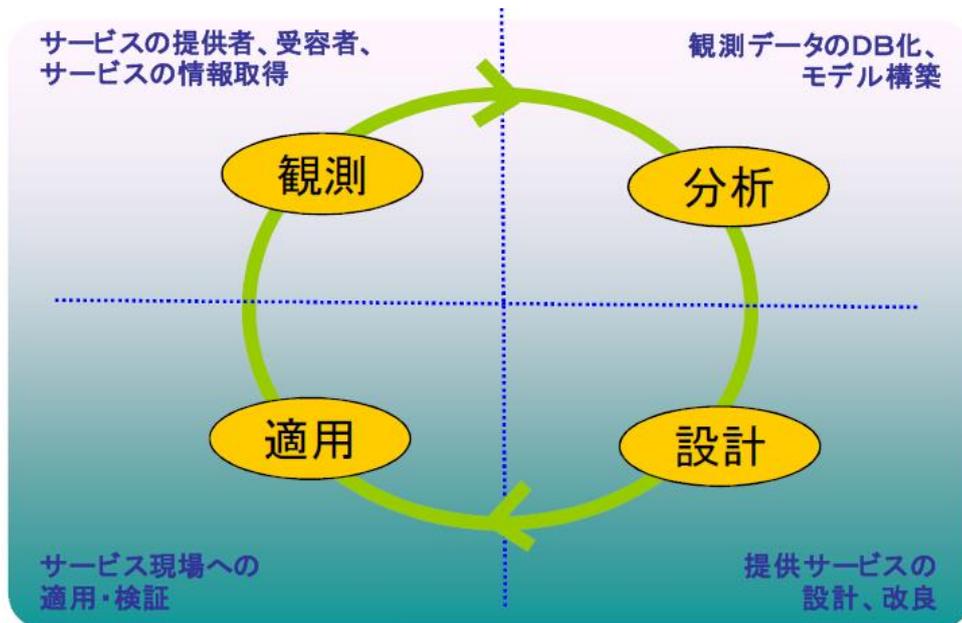


Figure 5-3 サービスの最適設計ループ [経済産業省 2008]

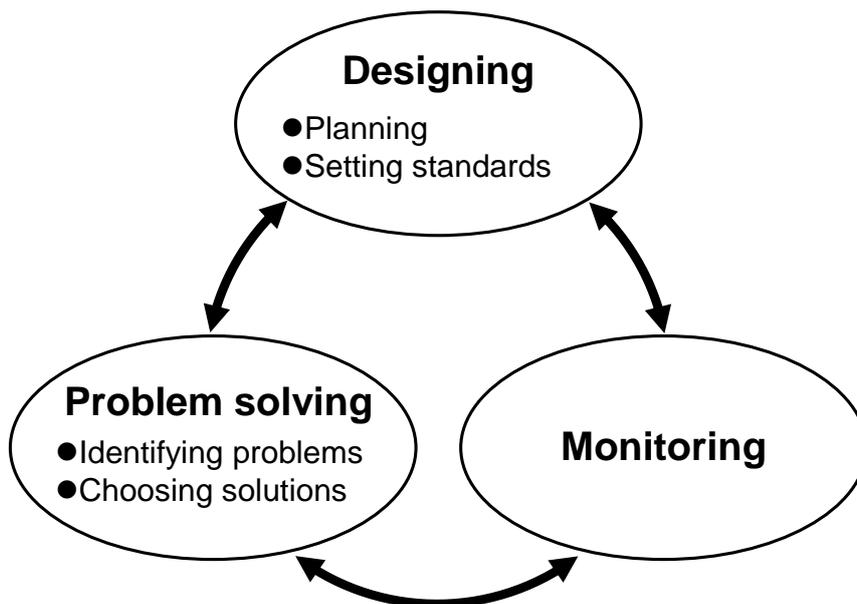


Figure 5-4 サービス改善のための汎用的プロセス [Franco 1997]

5.2.2 PSS の継続的改善に対する位置付け

前項では、サービスの設計・開発分野においては、新たなサービスを設計するための手法や方法論だけでなく、一旦設計し、現場において提供しているサービスを分析・評価し、その結果に基づき新たなサービスを企画し再設計するという、「サービスの継続

的改善」を実現することが重要であることを述べた。本研究が対象とする PSS も、そのシステム内の構成要素にサービスを含み、受給者の要求の変化や環境の変化に併せて継続的な改善を行うことが重要である。そのため、PSS の設計においても、一旦設計した PSS を提供し、計測し、分析し、再設計するという、継続的改善のための活動を行うことが必要となることがこれまでに指摘されている（例えば、[Kimita 2010] など）。

これに対して、本研究で提案する設計プロセスは、PSS の実現構造を「設計」するための手順を示すものであり、PSS の継続的改善のための一連の活動における「Design (設計)」フェーズの具体的手順を体系化したものである。すなわち、設計フェーズ以外の、「現場への適用」や「現場の観察」、「取得したデータの分析」といったフェーズは本設計プロセスにおける対象には入っていない。

5.2.3 PSS の設計フェーズにおける位置付け

PSS の設計のフェーズは、第 2 章の Figure 2-5 に述べたように、ビジネスモデル設計、実現構造設計、製品やサービスの詳細設計の 3 つのフェーズに大きく分けることができる。第 2.4.3 項において述べたように、本研究の主な対象は実現構造設計のフェーズであり、ここで構築する設計プロセスも当該フェーズを対象としてものである。

5.2.4 本研究における設計プロセス構築のアプローチ

本研究の目的は、多様な利害関係者が高い価値を享受可能な PSS の実現構造を設計することであるが、各利害関係者が受け取る価値の大きさは、利害関係者間の相互作用の影響を受けてその値が変化する。ここでの相互作用は非常に複雑になるため、ある利害関係者にとっての価値を高めるための設計解を導入した場合に、その設計解が他の利害関係者に対してどのような影響をどの程度及ぼすか、ということ予測することは困難である。そこで本研究では、設計者間で導出したアイデアをモデルにより可視化し、そのモデルをシミュレーションにより評価し、その評価結果からのフィードバックを得てモデルを改善するという、「モデル化」→「シミュレーション」→「改善」の設計作業を何回も繰り返しながら、逐次的に設計解の質を向上していくための設計プロセスを提案する (Figure 5-5)。ここでのモデル化とシミュレーションには、それぞれ、第 3 章で述べたモデリング手法と第 4 章に述べたシミュレーション手法を用いる。

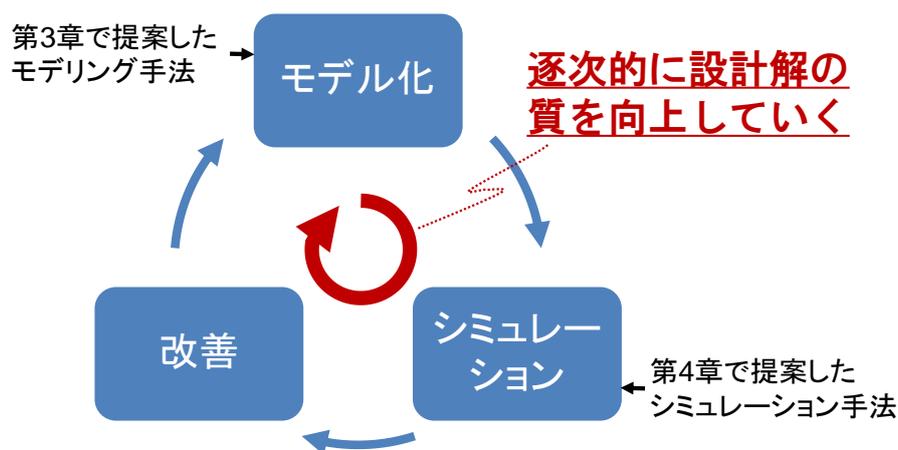


Figure 5-5 逐次的に設計解の質を向上するための設計プロセス

以上の議論に基づけば、本研究で提案する設計プロセスの位置付け・特徴は、以下のようによまとめられる。

- PSS の継続的改善のための一連の活動における設計フェーズの具体的手順を体系化したものであり、それ以外の、適用、観察、分析といったフェーズは対象でない (Figure 5-6)。
- PSS の設計に関するフェーズの中でも、実現構造設計のフェーズを対象としている。
- 設計者間で検討したアイデアをモデルにより可視化し、シミュレーションにより評価し、評価結果に基づき改善するという、モデリング→シミュレーション→改善の設計作業を何回も繰り返しながら、逐次的に設計解の質を向上していくための設計プロセスである。

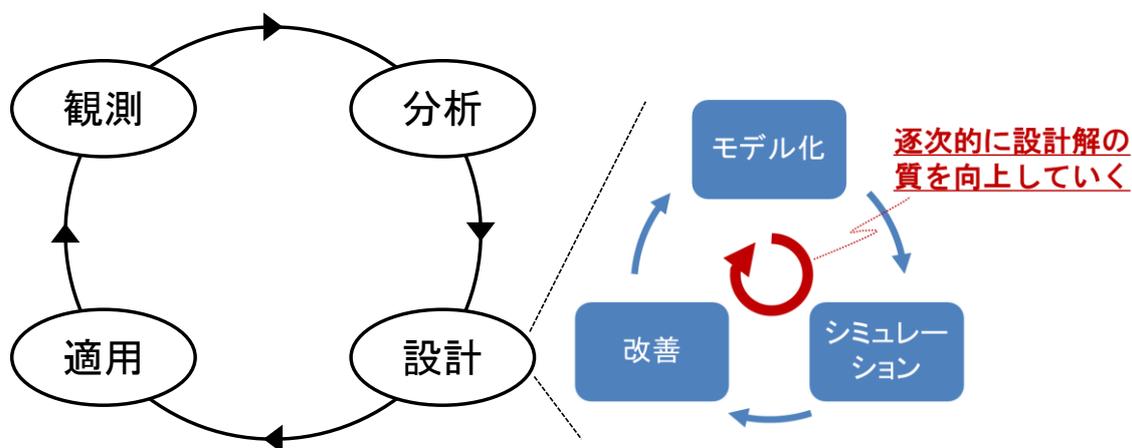


Figure 5-6 本研究が提案する設計プロセスの位置付けと概要

5.3 提案する設計プロセス

5.3.1 提案する設計プロセスの全体像

Figure 5-7 に、本研究が提案する PSS の設計プロセスの全体像を示す。Figure 5-7 が示すように、本研究では、「設計チーム編成と現場調査」を準備段階として行い、その後、「利害関係者の分析 (Step1)」、「PSS のモデリング (Step2)」、「PSS のシミュレーション (Step3)」、「PSS の改善 (Step4)」という 4 つのステップにより、PSS の設計を行う。本設計プロセスでは、「PSS のモデリング」、「PSS のシミュレーション」、「PSS の改善」から成る設計サイクルを、複数設計者により構成される設計チームにより繰り返し実施することで、多様な利害関係者が高い価値を享受できるような PSS を設計可能とする。ただし、Step4 で作成した改善案によっては、再び「Step1 : 利害関係者の分析」を実施し直すことが必要となる場合もある (Figure 5-7 の Step4 から Step1 に繋がる黒色矢印)。また、Step2 から 4 の各ステップにおいても、必要に応じて追加の現場調査を行う。

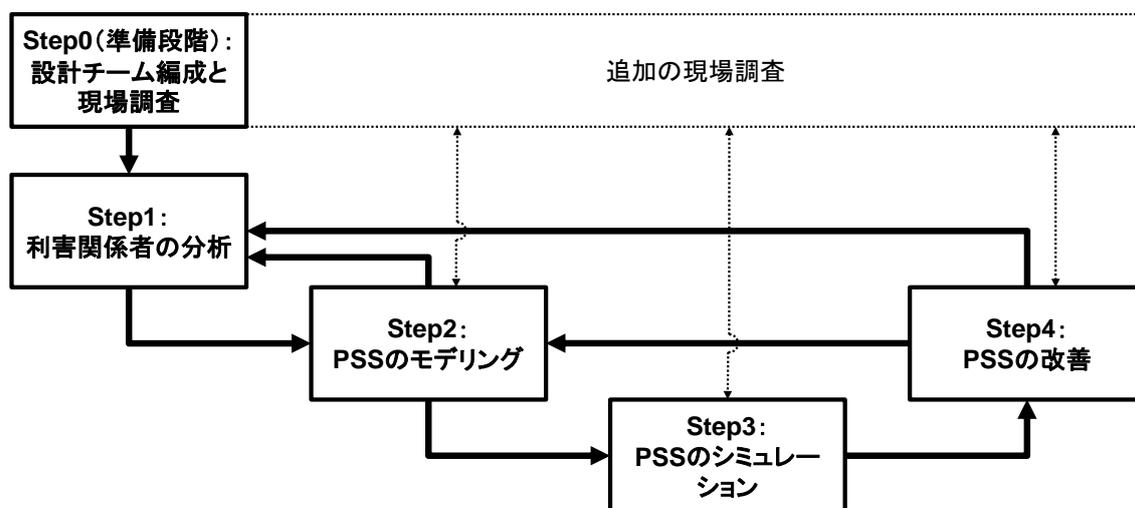


Figure 5-7 提案する設計プロセス

本設計プロセスの中心は、PSS のモデリング、シミュレーション、改善から成る設計サイクルである。本設計プロセスでは、この設計サイクルを、複数設計者により構成される設計チームにより繰り返し実施することで、多様な利害関係者が高い価値を享受できるような PSS を設計可能とする。ただし、本設計サイクルにおける、最初のモデリングとシミュレーションは「現状の PSS の分析」のためのサイクルであり、現状の PSS のモデリングとシミュレーションを通じて設計目標の設定を行う。一方、それ以降は、「新たな PSS 設計」のためのサイクルであり、新たに設計した PSS のモデリングとシ

ミュレーション、シミュレーション結果に基づく改善案の検討、のサイクルを繰り返しながら、最終的な設計解を決定する。Figure 5-7 に示す全体像では「現状の PSS の分析」のためのプロセスと「新たな PSS 設計」のためのプロセスを統合して表現しているが、これら 2 種類のプロセスを区別した上で一連の設計プロセスを表現した図を Figure 5-8 に示す。Figure 5-8 では、「現状の PSS の分析」のためのプロセスを Step1 から 4 として記述しており、「新たな PSS の設計」のためのプロセスを Step1' から 4' として記述している。本図における Step 間の矢印は Step 間の遷移関係を表している。ここで、Step4 から Step1' への矢印は、「現状の PSS の分析」から「新たな PSS 設計」への遷移を意味する。また、Step4' から Step1' もしくは Step2' への矢印は、「新たな PSS 設計」において設計サイクルを繰り返す際のプロセスの遷移を意味する。なお Figure 5-8 では、図が煩雑になるのを避けるために、「追加の現場調査」の手順を省略した。以下では、各ステップの具体的な実施手順を説明する。

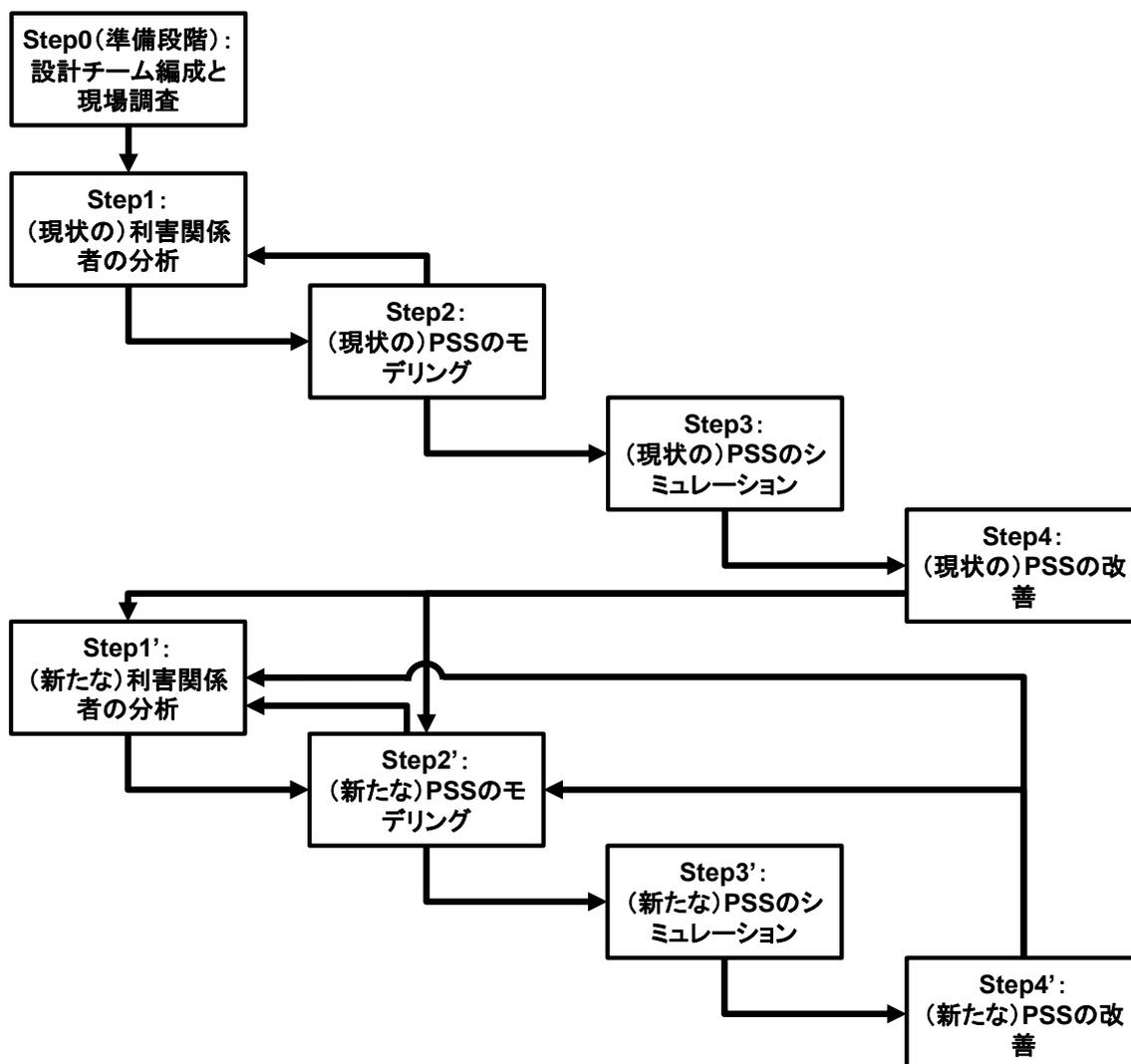


Figure 5-8 提案する設計プロセスの詳細表現

5.3.2 Step0(準備段階): 設計チーム編成と現場調査

本ステップでは、PSS 設計の準備段階として、設計チームの編成と設計対象となる PSS に関する現場調査を行う。本ステップ内における具体的な実施項目とその手順（サブステップ）を Figure 5-9 に示す。

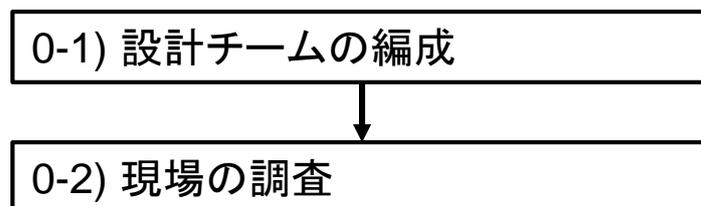


Figure 5-9 「Step0 : 設計チーム編成と現場調査」におけるサブステップ

まず、PSS の設計を実施する設計チームを編成する（サブステップ 0-1）。設計チームの編成に際しては、より幅広い視点で知識の不足を相互に補完し合いながら設計を進めるために、異なる立場、専門知識を持つ人が混在するチームを編成することが推奨されている [安岡 2013]。さらに、PSS が実際に展開される現場の意見を強く反映させたい場合は、PSS に係わる利害関係者（実際の受給者を含む）を積極的に巻き込み、設計チームの一員に加えることも有効である [安岡 2013]。

そして、編成したチームの全員もしくは一部の設計者で、PSS が実施されている現場の調査を行う（サブステップ 0-2）。ここでは、現状の PSS の問題点や主な利害関係者、及び利害関係者間でやりとりされている製品やサービスなどを、現場観察やインタビューにより調査する。そして、この調査結果を設計チームのメンバ全員で共有する。本現場調査での調査項目の例を Table 5-1 に示す。

Table 5-1 現場調査における調査項目の例

現場調査において収集する情報の例	
<ul style="list-style-type: none"> ● 現状のビジネスが抱える問題点 ● PSS に係わる利害関係者が望むこと、不満に思っていること ● PSS に係わる利害関係者 ● 利害関係者間でやりとりされている製品の内容や特徴 ● 利害関係者間でやりとりされているサービスの内容や特徴 ● 利害関係者間における金銭の流れ ● 利害関係者間における情報の流れ ● 利害関係者の PSS の受供給における活動（プロセス） ● PSS の受供給プロセスに投入されるリソース 	など

5.3.3 Step1: 利害関係者の分析

本ステップにおける具体的な実施項目とその手順を Figure 5-10 に示す。

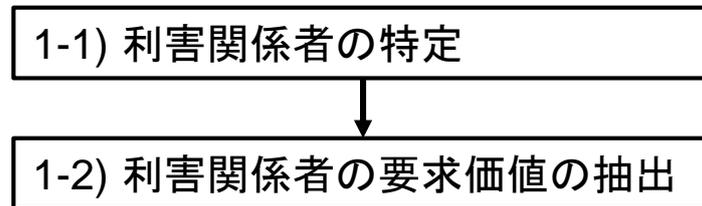


Figure 5-10 「Step1 : 利害関係者の分析」におけるサブステップ

まず、Step0 における現場調査の結果に基づき、PSS 設計において考慮すべき利害関係者を特定する（サブステップ 1-1）。ここでの利害関係者とは、製品の最終的な使用者や消費者、製品の生産者、サービスの提供者を含む。また、ここでは、「地球環境」を利害関係者の 1 つとすることも可能であり、これは環境負荷の低減等の効果も狙うビジネス（エコビジネス）を設計する場合に有効である。ここで利害関係者を特定することは、PSS 設計において考慮すべき範囲（バウンダリー）を決定することを意味する。

そして、特定した各利害関係者の要求価値の抽出を行う（サブステップ 1-2）。本ステップ以降の設計では、ここで抽出した要求価値をもとに設計を進めていくため、本ステップにおける要求価値の抽出は、その後の設計の方向性を決定づける重要なステップである。ここでの要求価値の抽出方法としては、関係者や消費者へのインタビューが最も一般的である。要求価値の抽出のためのインタビューの方法としては、事前に大まかな質問事項を決めておき、回答者の答えによってさらに詳細にたずねて行く簡易な質的調査法である「半構造化インタビュー」や、なぜなぜ質問を繰り返すことによりインタビューの価値観を明らかにしていく「ラダリング法 [Reynolds 1988]」が有効である。さらに、筆者らは、インタビューだけに依らない要求価値分析・抽出を可能とするためのツールとして要求分析テンプレートを開発しており、本ツールを利用することも有効である。以下では、要求分析テンプレートの概要について説明する。

PSS に係わる利害関係者は、個人である場合と企業や組織である場合が考えられる。「要求分析テンプレート [下村 2008]」は、利害関係者が個人 (Business to Consumer: B2C) である場合の要求価値の分析・抽出に用いるツールであり、ペルソナ・シナリオ法 [Cooper 1999] [Pruitt 2006] を理論基盤としている。一方、「企業間サービス要求分析テンプレート [赤坂 2010]」は、利害関係者が企業や組織など (Business to Business: B2B) である場合に用いるツールである。

(1) 要求分析テンプレート (受給者が個人である場合)

筆者らは、これまでに、製品／サービス受給者の要求構造を分析・表現するためのツールである「要求分析テンプレート」を開発している。本テンプレートは、要求分析に関する作業を実施するための 4 種類のテンプレート (ペルソナテンプレート, 脚本テンプレート, キーワードテンプレート, 要求抽出テンプレート) と、そこでのデータ入力に用いる語彙を収録した 2 種類の語彙集 (性格・志向語彙集, 品質要素語彙集) により構成される。本テンプレートを用いた要求分析の流れを Figure 5-11 左部に示す。

本テンプレートを用いた要求分析では、まず、ペルソナテンプレートを用いて利害関係者を明示化する。ペルソナとは、設計している製品やサービスを受け取る利害関係者を表す仮想的な人物像のことであり、あくまでも仮想の存在ではあるが、名前や顔を持ち、限りなく実在の人間に近い形で設定される。そして、性格・志向語彙集を用いて、設定したペルソナの性格や志向を定義する。このペルソナの個人的な価値観 (健康でいたい, リラックスしたいなどの性格や志向) が利害関係者の根源的な要求に対応する。

そして、ペルソナがサービスを受給する、もしくは、製品を使用・消費する際の一連の行動・反応を、自然言語により記述する。これを脚本と呼び、脚本テンプレートを用いて記述する。そして、キーワードテンプレートを用いて、記述した脚本を単語 (キーワード) の集合に分解・整理する。具体的には、設計者は脚本に記述された文章を、4W1H (What, What like, How, Where, When) の観点から整理し直す。これにより、脚本に記述された情報の不足や間違いなどを発見することが可能となる。そして、脚本の追記・修正を行うことにより情報の補完・訂正が達成され、漏れのない分析を行うことが可能となる。

最後に、要求抽出テンプレートを用いて、キーワードテンプレートにより抽出したキーワードに対して要求項目、品質要素を対応付ける。この要求抽出テンプレートにおける品質要素の記入を支援するための語彙集が、品質要素語彙集である。ここでの要求項目は「利害関係者が望むこと。不満に思っていること。ニーズ.」、品質要素は「利害関係者が品質を評価する尺度となり得る要素」と定義する。本語彙集は、日本規格協会・サービス産業における ISO 導入研究会にて討議されたサービス品質の用語例集 [Akao 1998] を基本として、一部用語の追加を行うことで構成した。設計者は本語彙集の中から適した語彙を選択し、要求抽出テンプレートに記入する。ただし、語彙集内に適した語彙が無い場合には、設計者自身が作成した品質要素を記入することも可能である。

(2) 企業間サービス要求分析テンプレート (受給者が企業や組織である場合)

筆者らは、(1)に述べた要求分析テンプレートに拡張を施し、企業や組織としての利害関係者の要求価値の分析・抽出を行うための「企業間サービス要求分析テンプレート」を開発した [赤坂 2010]。企業間サービス要求分析テンプレートを開発した際の拡張点は、「利害関係者の根源的な要求の抽出」のためのステップ (Step1) である。ここでの分析対象は個人消費者ではなく企業や組織であり、個人的な価値観を満たすためでなく、業務上の目標を達成するために製品やサービスを利用する。そこで、企業間サービス要求分析テンプレートでは、ペルソナテンプレートと性格・志向語彙集を排除し、業務目標抽出テンプレートとアウトプット評価語彙集を加えた。業務目標抽出テンプレートとは、分析対象の企業や組織の製品／サービス受給行動 (業務プロセス中) の各アクティビティに対して業務目標を割り当て、整理を行うためのテンプレートである。そして、本テンプレートの業務目標欄の記述を支援するために、アウトプット評価語彙集が利用される。つまり設計者は、業務プロセス内の各アクティビティにおける目標として適当な語彙を本語彙集の中から選択し、テンプレート内に記述する。この語彙集は、長田らが提案しているものであり、企業のアウトプットを評価するための 83 の語彙 [長田 2001] が収録されている。

企業間サービス要求分析テンプレートを用いた要求分析の流れを Figure 5-11 右部に示す。Figure 5-11 右部に示すように、Step1 以外の手順 (Step 2, 3) では、(1)に述べた要求分析テンプレートの手順を踏襲している。

以上に説明した要求分析ツールを用いることで、利害関係者の要求価値を段階的な手順で網羅的に分析することが可能になる。ただし本研究における要求価値は、これら分析テンプレートにおける「要求項目 (受給者が望むこと、不満に思っていること、ニーズ)」に対応する概念である。そのため本研究では、これらテンプレートにおける「要求項目」の記述結果を用いる。

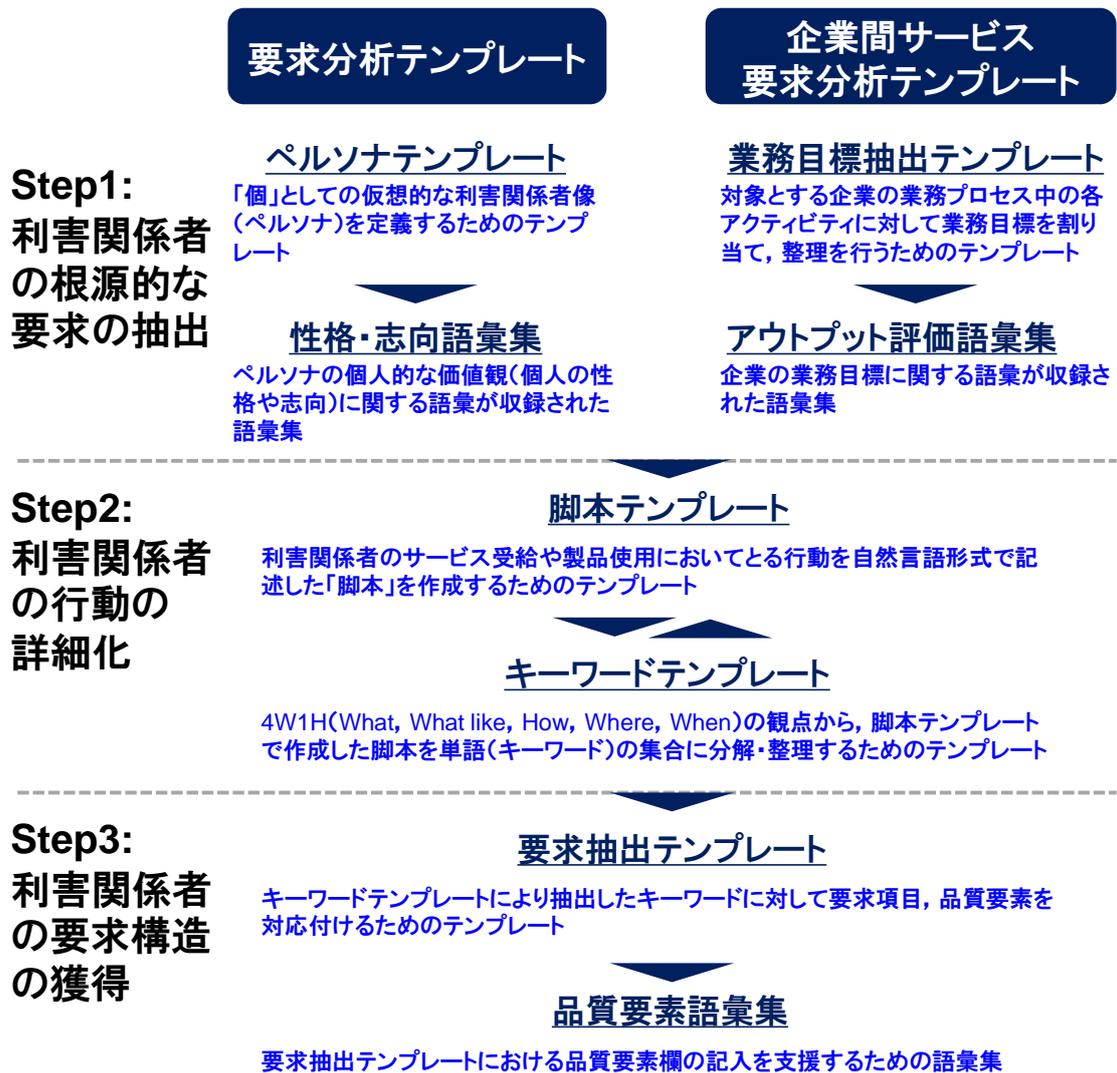


Figure 5-11 要求分析の流れ

5.3.4 Step2: PSS のモデリング

本ステップでは、第 3 章で提案した、PSS の実現構造を表現するためのモデル（アクタネットワークモデル、プロセスネットワークモデル、リソースモデル）を用いて、PSS のモデル化を行う。本ステップのサブステップを Figure 5-12 に示す。

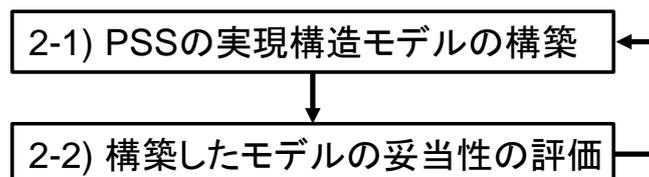


Figure 5-12 「Step2 : PSS のモデリング」におけるサブステップ

本ステップでは、まず、PSS の実現構造のモデル化を行うが（サブステップ 2-1）、その手順は以下に説明する通りである。また本モデル化では、Step0 の現場調査で集めた情報と Step1 における要求価値の分析結果を用いる。

実現構造のモデル化においては、最初に、対象 PSS のアクタネットワークモデルを記述する。アクタネットワークモデルの記述においては、Step0 における現場調査で収集した情報と Step1 における要求価値の分析結果もとに、PSS に係わる利害関係者とその要求価値を記述する。そして、各利害関係者間における製品、サービス、金銭、情報の流れを記述する。以上により、アクタネットワークモデルが完成する。Figure 5-13 は、PSS の代表例であるカーシェアリングをアクタネットワークモデルで記述した例である。本モデルは、カーシェアリングに係わる利害関係者である、カーシェアリングユーザ（CS ユーザ）、カーシェアリング提供者（CS 提供者）、自動車会社、郊外店舗とその要求価値、ならびに利害関係者間の関係が記述されている。（ここでは、CS ユーザが自動車を運転して、郊外店舗に買い物に行くことを想定しているため、「郊外店舗」が利害関係者として含まれている。）

次に、プロセスネットワークモデルを記述する。プロセスネットワークモデルの記述においては、まず、アクタネットワークモデルで記述した利害関係者のうち、PSS の最終的な受給者、すなわち、製品の最終的な使用者・消費者のプロセスを記述する。この際、各プロセスが、他の利害関係者との接触を伴わないプロセスか、他の利害関係者との接触を伴うプロセスかを区別する。前者である場合は「独立プロセス」として、後者である場合は、「直接接触」もしくは「代理接触」に記述する。そして次に、この最終的な受給者との接触を持つ利害関係者のプロセスを同様の手順で記述する。この作業を、アクタネットワークモデルに記述された全利害関係者のプロセスを記述するまで繰り返し行う。以上により、プロセスネットワークモデルが完成する。Figure 5-14 は、カーシェアリングをプロセスネットワークモデルで記述した例である。ここでは、Figure 5-13 のアクタネットワークモデルに記述した利害関係者のそれぞれの活動（独立プロセス）と、利害関係者間のインタラクションとその種類（直接接触もしくは代理接触）の全体構造が記述されている。

最後に、リソースモデルを記述する。リソースモデルの記述は、プロセスネットワークモデルの部分構造ごとに行う。そこで、プロセスネットワークモデルの部分構造への分割を行う。部分プロセスを分割する基準は、他の利害関係者との接触の有無である。すなわち、例えば、利害関係者 A、B、C の 3 種の利害関係者が存在している場合は、「利害関係者 A の独立プロセス」、「利害関係者 A と利害関係者 B が直接・間接の接触を持つプロセス」、「利害関係者 B の独立プロセス」、「利害関係者 B と利害関係者 C が直接・間接の接触を持つプロセス」、「利害関係者 C の独立プロセス」、「利害関係者 B と利害関係者 C が直接・間接の接触を持つプロセス」という計 6 つの部分プロセス構

造に分割する。そして、これらの部分プロセスのそれぞれに対してリソースモデルを作成する。ここでは、各プロセスに対して、それを実施するために必要なオペラントリソースとオペラントリソースを記述していく。ここでの記述に用いる情報は、Step0の現場調査において収集した情報を用いる。これを、全てのプロセスに対して行うことにより、リソースモデルが完成する。Figure 5-15は、CSユーザがカーシェアリングステーションで自動車を借りるシーンをリソースモデルにより記述した例であり、各プロセスに投入されるオペラントリソースとオペラントリソースが記述されている。

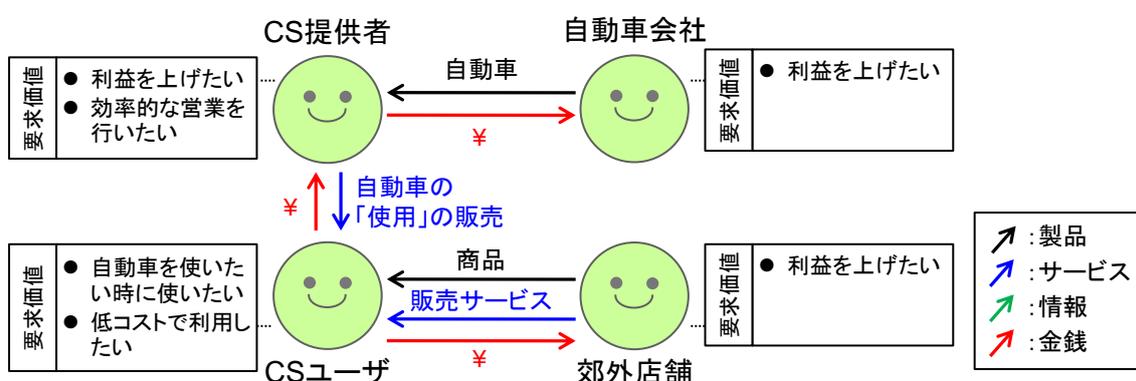


Figure 5-13 アクタネットワークモデルの記述例

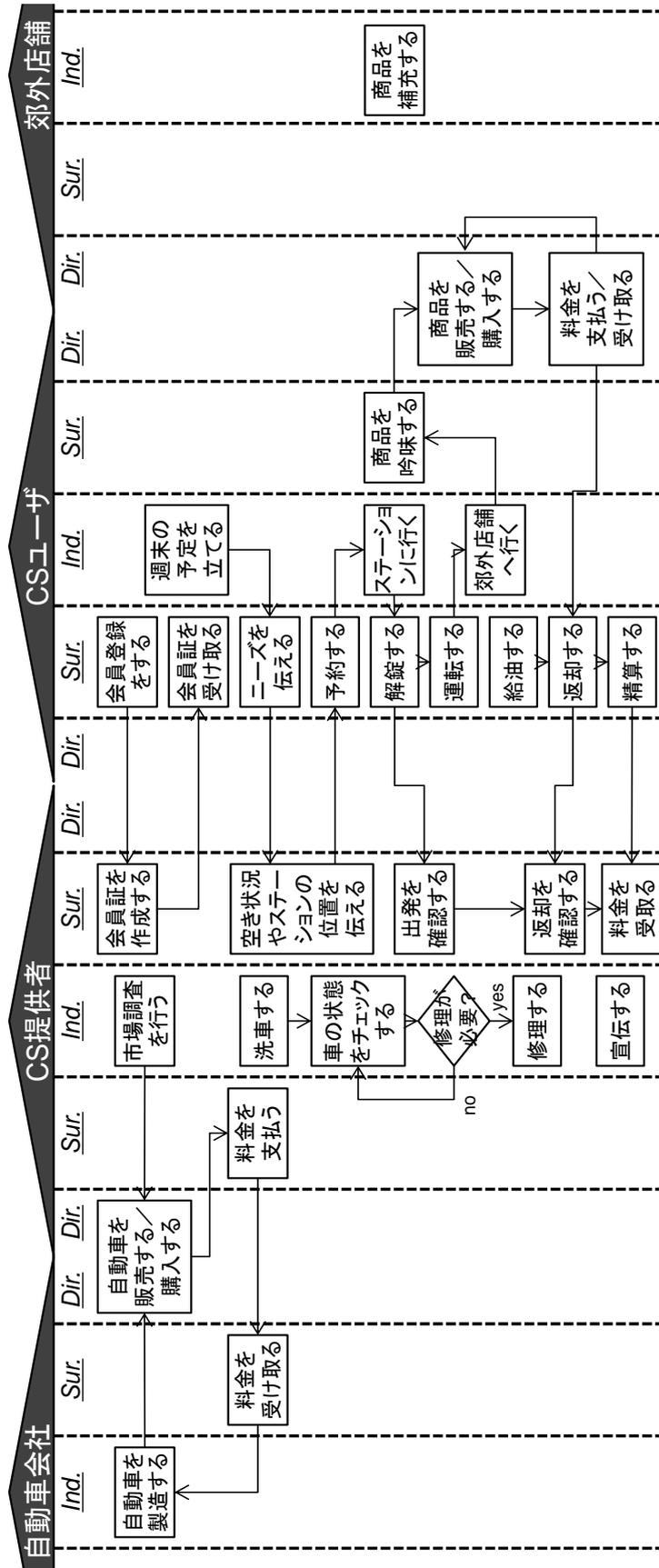


Figure 5-14 プロセスネットワークモデルの記述例

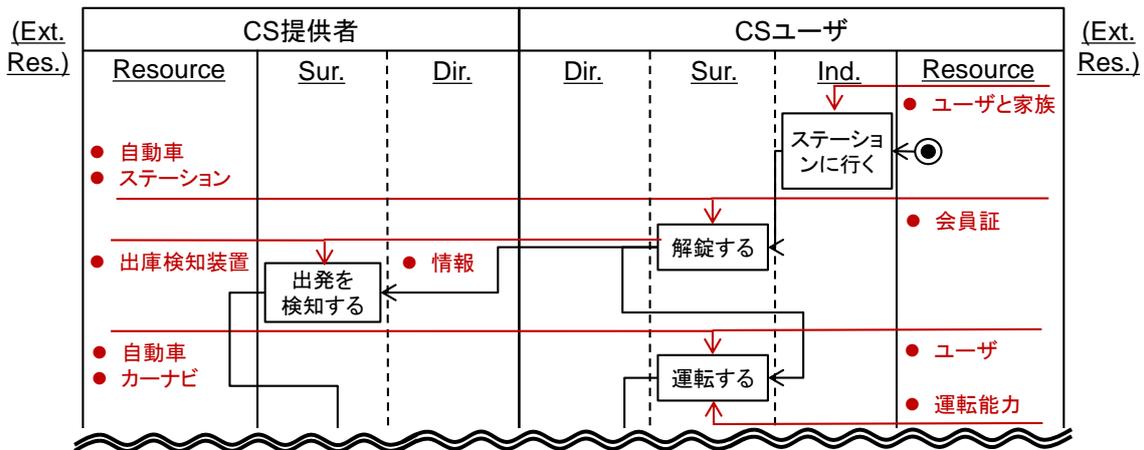


Figure 5-15 プロセスネットワークモデルの記述例

次に、構築した実現構造モデルの実現性の評価を行う(サブステップ 2-2)。ここでは、構築したモデルに対して、Table 5-2 に示す観点から、その妥当性を評価する。ただしここでの評価において、記述したモデルに要素の不足や欠陥が合った場合には、サブステップ 2-1 に戻り、モデルの再構築を行う (Figure 5-12 における 2-2) から 2-1) へ戻る矢印)。

Table 5-2 現状の PSS の実現構造モデルの妥当性評価

対象モデル	評価項目
アクタネットワークモデル	<ul style="list-style-type: none"> ● 対象とするシステム内の重要な利害関係者が網羅されているか。 ● 製品やサービスの流れは現実と合っているか。 ● 金銭や情報の流れは現実と合っているか。
プロセスネットワークモデル	<ul style="list-style-type: none"> ● 利害関係者全体の間の一連のプロセスが記述されており、それは現実と合っているか。 ● 各プロセスの種類（独立プロセス、代理接触、直接接触）は正確に分類されているか。
リソースモデル	<ul style="list-style-type: none"> ● プロセスネットワークモデル内の各プロセスを実施するために重要なオペラントリソース、オペラントリソースは現実に沿って記述されているか。 ● その PSS の特徴的なリソースが表現されているか。

5.3.5 Step3: PSS のシミュレーション

本ステップでは、前ステップで記述した PSS の実現構造モデルに基づき、シミュレーションのモデルを作成し、設計した PSS の評価を行う。本ステップの詳細を Figure 5-16 に示す。

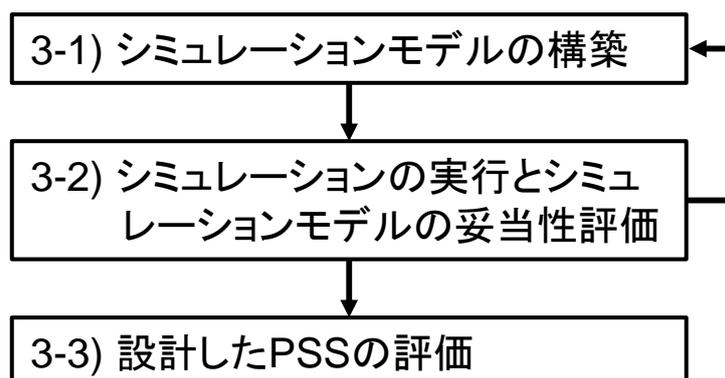


Figure 5-16 「Step3 : PSS のシミュレーション」におけるサブステップ

本ステップでは、まず、PSS のシミュレーションのためのモデルを作成する（サブステップ 3-1）。ここで用いるシミュレーション手法とモデル構築のための手順は第 4 章に示した通りであり、まずは SD における CLD（因果ループ図）を作成してからそれを SFD（ストックフロー図）に変換する。Figure 5-17 に、カーシェアリングのシミュレーションのための CLD の記述例を示す。Figure 5-17 に示すように、本シミュレーションでは、アクタネットワークモデル内に記述された各利害関係者の要求価値を変化させるパラメータを抽出し、それらパラメータを因果関係により関連付けることでシミュレーションのモデルを構築する。

次に、構築したシミュレーションモデル内において、シミュレーションの入力となる数値を設定し、シミュレーションを実行する。ここで設定する数値は、現場調査に基づき、現実に近い値を設定することが重要である。そして、シミュレーションの実行結果から、構築したシミュレーションモデルの妥当性を評価する（サブステップ 3-2）。本シミュレーションの実行結果の出力例を Figure 5-18 に示す。Figure 5-18 に示す実行結果は、Figure 5-17 に示したカーシェアリングのシミュレーションモデルを実行した結果であるが、本シミュレーションの実行により、ある特定の期間内（ここでは 5 年間）における、各利害関係者の要求価値の充足度の経時的変化を設計者が観察・把握可能となる。本サブステップでは、この結果（各パラメータの経時的変化の様子）が現実に沿ったものになっているかどうかを評価する。現実では考えられないような結果が現れた場合は、CLD や SFD といったシミュレーションモデルの変更を施す（Figure 5-16 における 3-2）から 3-1）へ戻る矢印）。本サブステップでは、このようなシミュレーション実行とモデル修正の作業を繰り返し行うことにより、妥当なシミュレーションモデルを構築する。

最後に、シミュレーションを用いた PSS の評価を行う（サブステップ 3-3）。本研究の目的は、多様な利害関係者が高い価値を享受可能な PSS の実現構造を設計することである。そのためここでは、各利害関係者の要求価値の充足度の経時的変化を確認することにより、PSS の評価を行う。

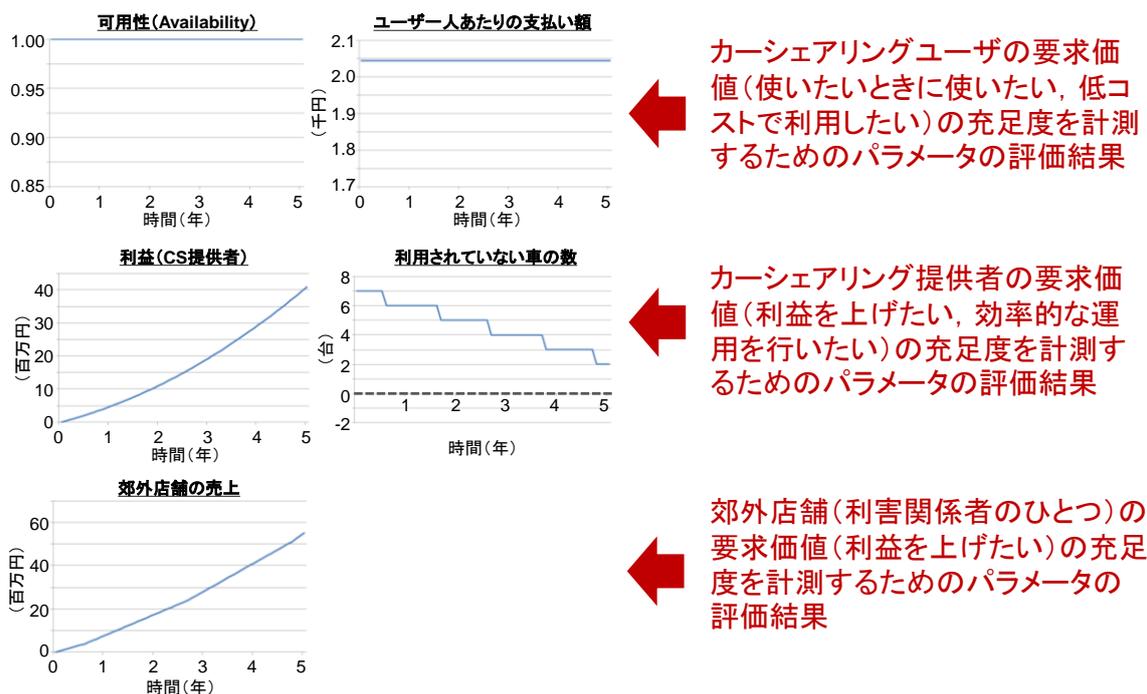


Figure 5-18 シミュレーション結果の提示例

5.3.6 Step4: PSS の改善

本ステップでは, Step3 のシミュレーション結果に基づき, PSS の改善案を検討する. 本ステップにおける改善案検討の具体的な手順を Figure 5-19 に示す.

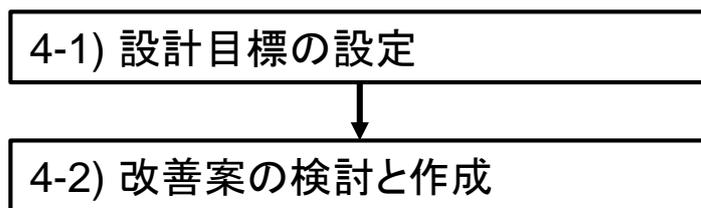


Figure 5-19 「Step4: PSS の改善」におけるサブステップ

本ステップでは, まず, Step3 のシミュレーション結果に基づき, 設計目標を設定する (サブステップ 4-1). ここで設定する設計目標には, 「〇〇のパラメータ値を増加させる (もしくは, 減少させる)」といった定性的な設計目標や, 「〇〇のパラメータ値を△△%以上増加させる (減少させる)」といった定量的な設計目標の双方がある.

次に, 設定した設計目標を達成するための改善案の検討と作成を行う (サブステップ 4-2). まず, CLD 内に記述されたパラメータ群の中から, 設計目標を達成するために改

善すべき（値を変更させるための働きかけを行うべき）パラメータの候補を特定する。ここでは、Step2 で作成した CLD を参照しながら、設計目標に関するパラメータ値の変化に影響を与える、かつ、設計で操作可能なパラメータを探索する。そして、特定したパラメータに注目し、設計目標を達成するための改善案を、実現構造モデルにおけるモデル操作を検討することにより導出する。ただしここでの設計解は、多様な利害関係者にとって高い価値を持つことが必要であり、設計目標を達成するだけでなく「どの利害関係者に対しても大きな損害を与えない」という制約も満たさなければならない。そのため、改善案を検討する際は、CLD の全体構造を参照しながら、設計目標を達成するための改善案が、他の利害関係者の要求価値に与える影響も考慮することが重要となる。

以上の手順をカーシェアリングの例で説明する。まず、Figure 5-18 のミュレーション結果から、「ユーザー一人あたりの支払い額（CS ユーザの「低コストで利用したい」の充足度を計測する価値評価パラメータ）」の低減を設計目標としたと仮定する。ここで、Figure 5-17 に示す CLD を参照すると、「ユーザー一人あたりの支払い額」を下げるためには、「自動車利用にかかる料金」を下げる、もしくは「割引の総額」を上げることが必要となることがわかる。ただしその一方で、Figure 5-17 の CLD の全体像に注目すると、「ユーザー一人あたりの支払い額」を下げることは、「利益（CS 提供者）」という CS 提供者の要求価値に負の影響を及ぼすことが読み取れるため、「ユーザー一人あたりの支払い額」を下げつつも「利益（CS 提供者）」はできるだけ下げない、もしくは逆に向上させるような改善案を検討する必要がある。このような情報をもとに、複数設計者間で議論を行うことにより、例えば「郊外店舗で一定額以上の買い物をしてくれた人にカーシェアリングの割引チケットを渡す」といった改善案が導出可能である（この改善案であれば、割引チケットの効果により「(CS の) 利用者数」を増加させることが期待されるので、「利益（CS 提供者）」を出来るだけ下げずに、もしくは逆に向上させながら、「割引の総額」を上げることが可能となる）。

5.3.7 PSS の逐次的な改善と設計解の導出(Step1'から4'とその繰り返し)

以上の手順を経て導出した改善案に基づき、Step2 で記述したアクタネットワークモデル、プロセスネットワークモデル、リソースモデルの更新を行う (Step2')。Figure 5-20 と Figure 5-21 には、その例として、上記の「割引チケットの導入」に関する改善案に基づき更新したアクタネットワークモデルとプロセスネットワークモデルの記述結果を示す。ただしここで、導出した改善案が新たな利害関係者の追加を必要とする場合は、その利害関係者の分析 (Step1') をした上で、モデルの更新を行う。また、モデルの更新後に、更新したモデルの妥当性の評価を行う。ここでは、Table 5-3 に示す観点から、更新したモデルの実現可能性の評価を行う。

そして、シミュレーションのモデルも更新し (Figure 5-22), 再度シミュレーションを実行することで、導出した改善案の評価を行う (Step3'及び 4'). ここで、シミュレーションを用いた改善案の評価の観点としては、以下の3つが挙げられる。

- 設計目標の達成度合いの評価

シミュレーション結果をもとに、Step4 で設定した設計目標が達成されているかどうかを評価する。これは、本設計プロセスにおいて最も重要な評価項目である。

- 感度分析を用いた設計解のリスク評価

PSS が創出する価値の大きさは、受給者の振る舞いや市場や外部環境の変化など、提供者側からは完全に制御できない要素の大きく影響される。例えば、Figure 5-22 に示すカーシェアリングの例であれば、「申込者数」や「事故率」などといった受給者の振る舞いに関するパラメータや「ガソリンの単価」などといった外部環境に関するパラメータは、提供者側が一意に制御することは困難な不確実な (値が一意に決まらない) パラメータであるが、「利益 (CS 提供者)」や「Availability」といった要求価値はこれらパラメータからの影響を受ける。そのため、PSS を実社会に実装する際のリスクを低減するためには、これら不確実なパラメータが当初の想定からずれた場合に、各要求価値にどの程度の影響を与えるかを事前に把握し、対策を検討しておくことが重要である。

そこで、設計解が具体化されてきた段階 (PSS の実現構造がある程度決定しつつある段階) において、不確実なパラメータを対象とした感度分析を行うことにより、PSS 実施におけるリスクの評価を行う。具体的には、CLD 内の不確実なパラメータの値をそれが起こりうる範囲で変化させた上でシミュレーションを実行し、各要求価値の変動の度合いを評価する。これにより、PSS を実施する際に、実現構造内のどの要素がリスクとなり得るかが明らかになり、事前に対策を立てておくことが可能となる。

- what-if 分析を用いた設計解の頑健性評価

また、「もし～なら」と仮定を変えてシミュレーションを実行し、その結果を評価する what-if 分析を用いて、設計解の頑健性を評価することも有効である。what-if 分析では、不確実な要素の数値をいくつかのパターンに分け、複数のパターンを組み合わせる。そして、その組み合わせごとにシミュレーションを実行し、その結果を評価する。この結果からは、どのような仮定 (パターン) であれば当初設定した設計目標を達成可能かが明らかになるため、設計した PSS の頑健性を評価することが可能である。

このシミュレーション結果から、検討した設計解が設定した設計目標値を十分に満たすということが確認され、複数設計者全員が同意する設計解であればそれを採用し、そうでない場合には再び改善案の検討を行う。

以上に説明した設計プロセスの各ステップとそこにおけるサブステップ, 及び各サブステップにおける入出力となる情報の関係を示した図を Figure 5-23 に示す。

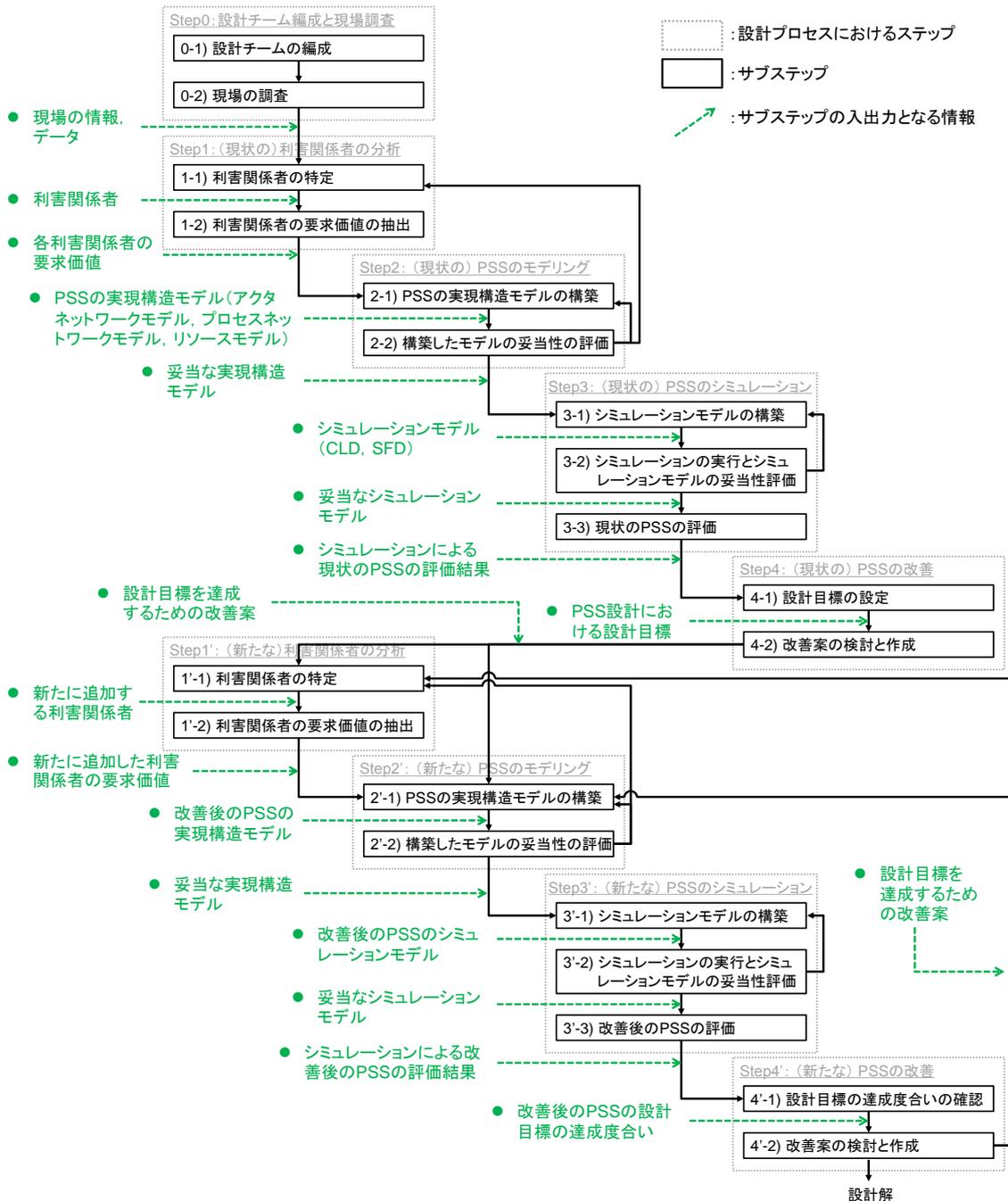


Figure 5-23 提案する設計プロセスの全体像の詳細と各ステップの入出力

5.4 おわりに

本章では、提案したモデリング手法（第 3 章）、シミュレーション手法（第 4 章）を用いて、多様な利害関係者が高い価値を享受可能な PSS の実現構造を設計するための設計プロセスを提案した。

第 2 節では、サービスの設計・開発分野においては、「現場の観察→取得したデータの分析→設計→現場への適用」という活動を繰り返すことによる「サービスの継続的改善」のための活動が必須であることを述べるとともに、PSS の設計においても、一旦設計した PSS を提供し、計測し、分析し、再設計するという、継続的改善のための活動を行うことが重要であることを指摘した。そして、その上で、本研究で提案する設計プロセスは、PSS の実現構造を「設計」するための手順を示すものであり、PSS の継続的改善のための一連の活動における「設計」フェーズの具体的手順を体系化したものである、という位置付けを明らかにした。

第 3 節では、本研究が提案する設計プロセスの詳細を説明した。ここでは、本研究が提案する設計プロセスは、「設計チーム編成と現場調査」を準備段階として行い、その後、「利害関係者の分析 (Step1)」、「PSS のモデリング (Step2)」、「PSS のシミュレーション (Step3)」、「PSS の改善 (Step4)」という 4 つのステップを繰り返すことにより、PSS の設計を行うことを提案した。そして、これら各ステップを構成するサブステップとその詳細を述べた。

次章では、本設計プロセスを 2 つの PSS 事例の設計に対して適用する。

第6章 事例適用

6.1 はじめに	132
6.2 検証の概要	133
6.2.1 検証項目	133
6.2.2 検証方法	134
6.3 カーシェアリング事例への適用結果	136
6.3.1 事例の概要	136
6.3.2 Step0:設計チームの編成と現場調査	137
6.3.3 Step1:利害関係者の分析	137
6.3.4 Step2:現状の PSS のモデリング	138
6.3.5 Step3:現状の PSS のシミュレーション	140
6.3.6 Step4:PSS の改善	148
6.3.7 PSS の逐次的な改善(設計サイクルの繰り返し)と設計解の導出	151
6.4 農作物を中心とした地域活性化のための PSS の設計への適用結果	163
6.4.1 事例の概要	163
6.4.2 Step0:設計チームの編成と現場調査	165
6.4.3 Step1:利害関係者の分析	167
6.4.4 Step2:現状の PSS のモデリング	167
6.4.5 Step3:現状の PSS のシミュレーション	170
6.4.6 Step4:PSS の改善	178
6.4.7 PSS の逐次的な改善(設計サイクルの繰り返し)と設計解の導出	180
6.5 おわりに	211

6.1 はじめに

本章では、まず、本研究の有効性の検証項目について説明する。そして、提案した設計プロセスを2つの事例（カーシェアリング、農作物を中心とした地域活性化のためのPSS）に適用した結果について説明する。

6.2 検証の概要

6.2.1 検証項目

本研究では、多様な利害関係者が高い価値を享受可能な PSS の実現構造を設計するための方法論を構築することを目的に、(1)PSS のモデリング手法(第3章で提案)、(2)PSS のシミュレーション手法(第4章で提案)、(3)PSS の設計プロセス(第5章で提案)、の3つの手法を提案した。これら手法の特徴はそれぞれ以下に示す通りである。

(1) PSS のモデリング手法の特徴

- アクタネットワークモデル、プロセスネットワークモデル、リソースモデルの3種類のモデルを用いることで、PSS の実現構造の全体を俯瞰的に表現し、設計者が PSS の全体構造を把握可能とする
- モデル操作により PSS の実現構造の設計を行うことが可能である

(2) PSS のシミュレーション手法の特徴

- 特定の業種や評価項目に限定されずに広く利用可能な、汎用的なシミュレーション手法である
- PSS に係わる多様な利害関係者が受け取る価値の大きさを同時に評価可能である
- PSS に係わる利害関係者間の短期的な相互作用(利害関係者間の1回のトランザクションにおける相互作用)と長期的な相互作用(利害関係者間の幾つものトランザクションの結果として現れる利害関係者間の相互作用)の双方を考慮する価値評価を可能とする
- 利害関係者が受け取る価値の大きさを評価するためのシミュレーションのためのシミュレーションモデル構築手順を併せて提案している

(3) PSS の設計プロセスの特徴

- 多様な利害関係者が高い価値を享受可能な PSS の実現構造を設計するための手順(設計プロセス)である
- モデリング→シミュレーション→改善の設計作業を何回も繰り返しながら、逐次的に設計解の質を向上していくための設計プロセスである

以上の特徴に基づき、本研究の有効性の検証項目を、Table 6-1 に示すように設定した。本研究では、これらの項目に関する検証を行うことで、提案した方法論の有効性や課題を明らかにする。

Table 6-1 本検証における検証項目

提案手法	検証項目
1. PSS のモデリング手法	(1-1) 多様な利害関係者から成る PSS の実現構造の全体を俯瞰的に表現可能か。また、本モデルを用いることで、設計者は PSS の実現構造を俯瞰的に把握可能か。
	(1-2) モデルの操作により PSS の実現構造の設計を行うことが可能か。
2. PSS のシミュレーション手法	(2-1) 特定の業種や評価項目に限定されずに広く利用可能な、汎用的なシミュレーション手法か。
	(2-2) PSS に係わる多様な利害関係者が受け取る価値の大きさを同時に評価可能か。
	(2-3) 利害関係者間の短期的な相互作用と長期的な相互作用の双方を考慮した価値評価を実施可能か。
	(2-4) 提案した手順に従うことで、シミュレーションモデルを構築することが可能か。
3. PSS の設計プロセス	(3-1) 多様な利害関係者が高い価値を享受可能な PSS の実現構造を設計することができるか。
	(3-2) 本プロセスに沿って設計を進めることで、逐次的に設計解の質を向上していくことは可能か。また、このことは、PSS の実現構造の設計において有効か。

6.2.2 検証方法

本研究では、2つの PSS 事例に対して提案手法を適用することで PSS の設計を行い、その結果に基づき、Table 6-1 に示す項目に関する有効性の検証を行う。本適用では、まず、製造業の PSS 事例として、日本の都市部における「カーシェアリング」を取り上げ、その設計を行う。この事例は、社会で実際のビジネスとして展開されている「実事例」ではなく、あくまでも検証のための「例題」である。カーシェアリングの事例の概要や適用結果は、第 6.3 節に述べる。加えて本研究では、農業分野における PSS 事例として、「農作物を中心とした地域活性化のための PSS」の設計を行う。本事例は、社会

で実際にビジネスとして展開されている「実事例」を扱ったものである。本事例の概要や適用結果は、第 6.4 節に述べる。

6.3 カーシェアリング事例への適用結果

6.3.1 事例の概要

カーシェアリング (Car Sharing: CS) とは、登録を行った会員間で自動車を共同使用することを可能とするビジネスのことを指す。自動車の共同使用という観点に立てば、レンタカーと近い存在ではあるが、レンタカーよりも短時間での利用を想定していることが多い。カーシェアリングは、近年のエコ意識の高まりなどから、世界的に注目を集めているビジネスの一つであり、自動車という製品を販売するのではなく、その機能を販売しているという観点から、PSS の代表例の一つでもある。

カーシェアリングの発祥は欧州であるが、その後、米国や日本に広まった。Figure 6-1 は、カーシェアリングの普及が進んでいる主要5カ国と日本のカーシェアリングの普及状況を比較したグラフである。Figure 6-1(a)が示すように、人口当たりの会員数はスイスが最も高い。また、日本における普及率は、未だこれらカーシェアリング普及国に追いついていない。日本においてカーシェアリングが事業として開始されたのは2002年であり、スイスやドイツ(1980年代から開始)、アメリカやカナダ(1990年代から開始)と比較するとその開始時期が遅いことも、普及率が相対的に低い理由の一つであると考えられる。一方、Figure 6-1(b)は、日本における車両台数と会員数の推移を表しているが、このグラフからわかるように、日本におけるカーシェアリングは近年、急激に普及していると言える。

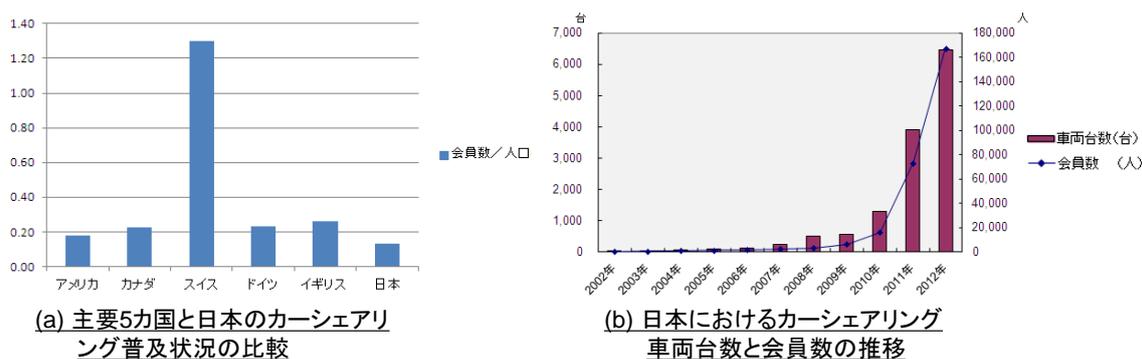


Figure 6-1 日本におけるカーシェアリング [交通エコロジー・モビリティ財団]

以上に述べたように、カーシェアリングは近年我が国においても高い注目を集めている PSS の代表例である。そこで本研究では、カーシェアリングを提案手法の適用事例として採用し、その改善のための設計を行った。

6.3.2 Step0: 設計チームの編成と現場調査

本適用では、カーシェアリングの設計を、大学院の学生 4 名から成る設計チームによって実施した。そして、日本におけるカーシェアリングの実施手順や特徴、金銭の流れ等について Web や文献(例えば, [仲尾 2011], [交通エコロジー・モビリティ財団 2006], [Times], [ORIX] など)を中心に調査を行い, その内容を共有した。そして, 本調査の結果に基づき, 以下の項目を本適用で扱うカーシェアリング事例の基本設定とした。

- 日本の都市部においてカーシェアリングを新規事業として始める状況を対象とする。
- カーシェアリングのユーザとして, 日本の都市部に居住する家族(父親, 母親, 子供)を対象とする。
- カーシェアリングユーザが自動車を利用する目的は, 郊外の大型店舗に行き, ショッピングをすることである。(本事例適用では, 仲尾の調査結果 [仲尾 2011] に基づき, カーシェアリングユーザの 45%程度が郊外店舗に行くこととする。)
- 自動車の利用料金は, 利用時間に応じて課金される (1 時間あたり 800 円)。ただし, ガソリン代は利用料に含まれている。
- カーシェアリングのユーザは, 給油を実施することで, カーシェアリング利用料の 5%の割引を受けることができる。ただし, 給油におけるガソリンの料金をユーザが支払う必要はなく, カーシェアリング提供者がこれを負担する。
- 存在するカーシェアリング用の自動車の台数は有限個に限られるため, 利用希望者数があまりにも多くなると, 自動車を利用したい時に利用できないユーザ数が増加する。
- カーシェアリング提供者は, 一定量の収益を獲得すると, カーシェアリングステーション数や自動車数を増加することによる事業拡大を行う。
- 上記事業拡大に伴い, カーシェアリング提供者は自動車会社から自動車を購入し, これにより自動車会社の収益が向上する。

6.3.3 Step1: 利害関係者の分析

調査結果に基づき, 本適用において考慮すべき利害関係者を, 「カーシェアリングユーザ (以下, CS ユーザ)», 「カーシェアリング提供者 (以下, CS 提供者)», 「郊外店舗」, 「自動車会社」とした。そして, これら利害関係者の要求価値を分析した。ここでの要

求価値の分析においては、第 5.3.3 項で説明したツールを用いて各利害関係者の要求価値を分析し、その中でも代表的なものを本適用で扱う要求価値として抽出した。その結果が、Table 6-2 である。

Table 6-2 要求価値の抽出結果 (CS)

利害関係者	抽出した要求価値
CS ユーザ	自動車を使いたいときに使いたい, 低コストで利用したい
CS 提供者	収益を向上したい, 効率的に経営したい
郊外店舗	収益を向上したい
自動車会社	収益を向上したい

6.3.4 Step2:現状の PSS のモデリング

Step0 と Step1 の結果に基づき、現状のカーシェアリングを PSS の実現構造モデルにより記述した。その結果が Figure 6-2 から Figure 6-5 である。Figure 6-2 は、アクタネットワークモデルであり、Table 6-2 に示した利害関係者とその要求価値、及び利害関係者間の関係を記述している。Figure 6-3 は、プロセスネットワークモデルであり、カーシェアリングに係わる全ての利害関係者間のプロセスの連鎖とインタラクションの全体構造を表している。Figure 6-4, Figure 6-5 は、Figure 6-3 で記述したプロセスの一部 (CS ユーザが自動車を借りる場面, CS ユーザが郊外店舗で買い物をする場面) に関するリソースモデルを記述した結果である。

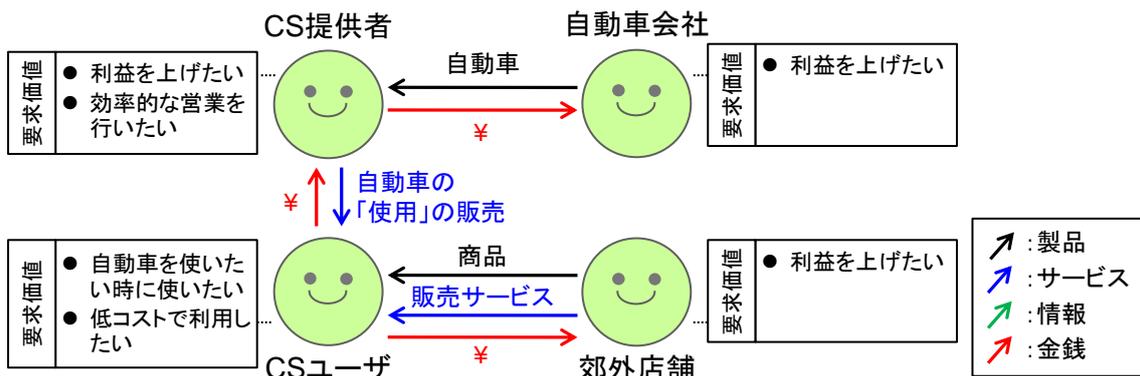


Figure 6-2 アクタネットワークモデル記述結果 (CS : 改善前)

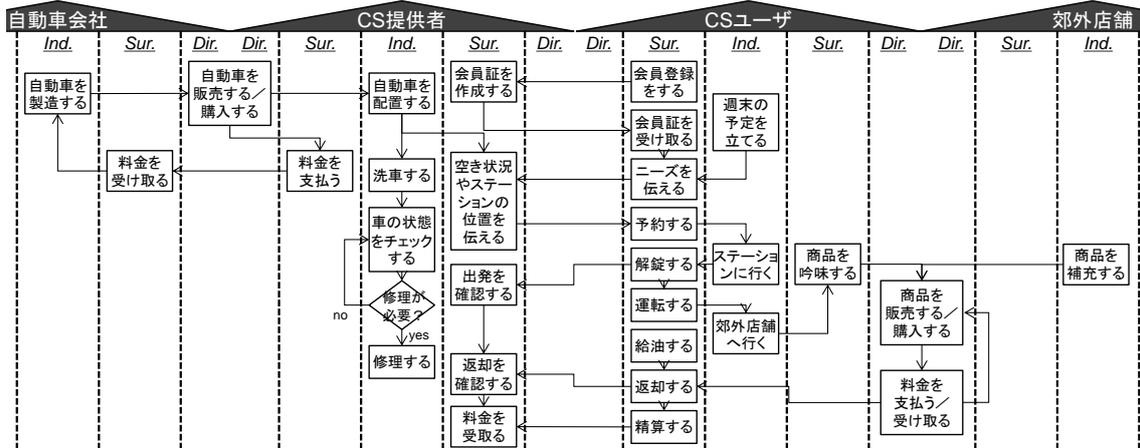


Figure 6-3 プロセスネットワークモデル記述結果 (CS : 改善前)

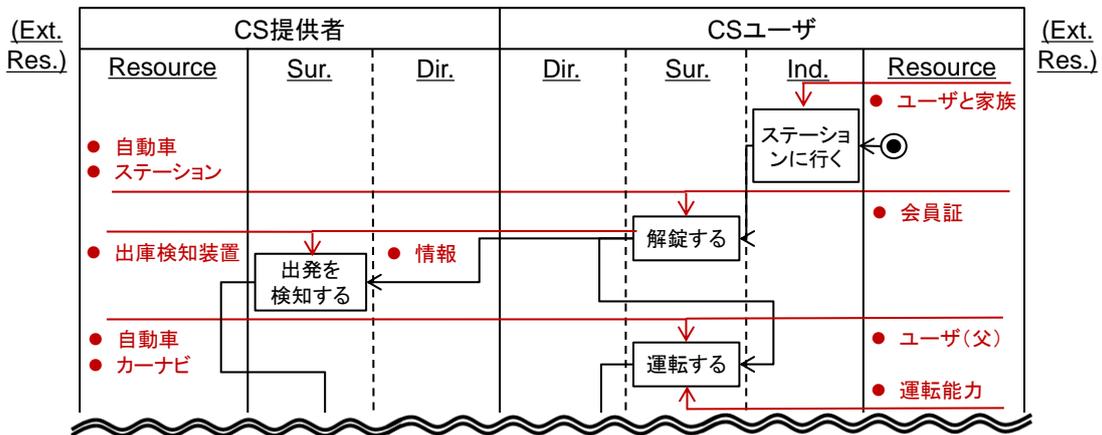


Figure 6-4 CS ユーザが車を借りる場面のリソースモデル記述結果 (CS : 改善前)

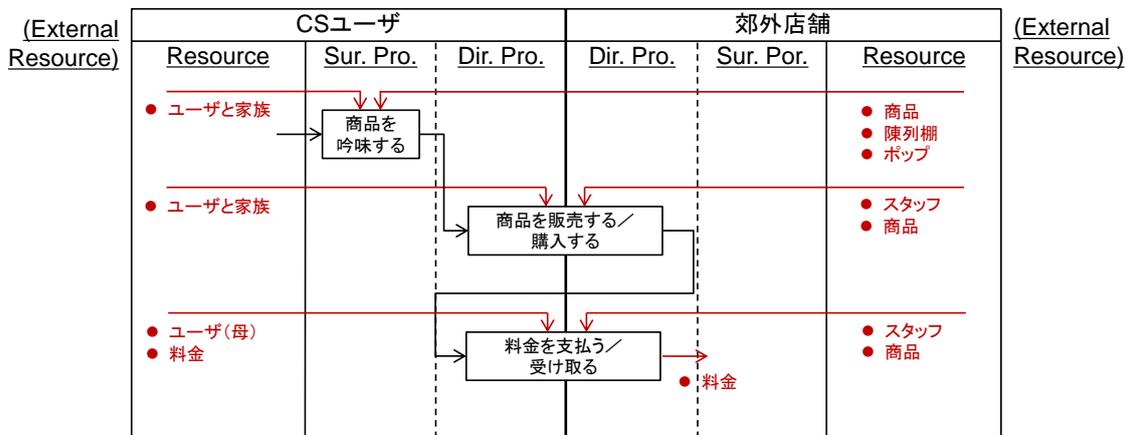


Figure 6-5 郊外店舗の場面のリソースモデル記述結果 (CS : 改善前)

6.3.5 Step3:現状の PSS のシミュレーション

次に、シミュレーションのためのモデルを作成した。最初に、Figure 6-2 のアクタネットワークモデル内に記述した各利害関係者の要求価値に関する価値評価パラメータを設定した (Table 6-3)。そして、これら価値評価パラメータの一つ一つに対して、それを変化させるような事象やパラメータを、記述したプロセスネットワークモデルやリソースモデルを参照しながら洗い出し、それらの関係を因果関係により関連付けた。これにより、各価値評価パラメータに対する部分 CLD を構築した。その結果が Figure 6-6 である。そして、これら部分 CLD の中から同じ内容を表すパラメータ (Figure 6-6 において橙色点線で囲んだパラメータの内、同じアルファベットが付記されているもの) 同士を統合することで全体の CLD を作成した。その結果が Figure 6-7 である。ただし、Figure 6-7 からわかるように、この時点では全ての価値評価パラメータが因果関係により関連づいていない。最後に、構築した全体 CLD 内のパラメータ間の因果関係に関して、長い期間 (複数のトランザクション) を考慮した場合に現れる因果関係を見つけ出し、その因果関係を追記することにより、長期的な相互作用も考慮可能な CLD を構築した。その結果が Figure 6-8 である。

Table 6-3 価値評価パラメータの設定結果 (CS)

利害関係者	要求価値	価値評価パラメータ
CS ユーザ	自動車を使いたいときに使いたい	可用性 (車を借りたいときに借りられる確率)
	低コストで利用したい	利用料金
CS 提供者	収益を向上したい	CS 提供者の収益
	効率的に経営したい	利用されていない車の台数
郊外店舗	収益を向上したい	郊外店舗の収益
自動車会社	収益を向上したい	自動車会社の収益

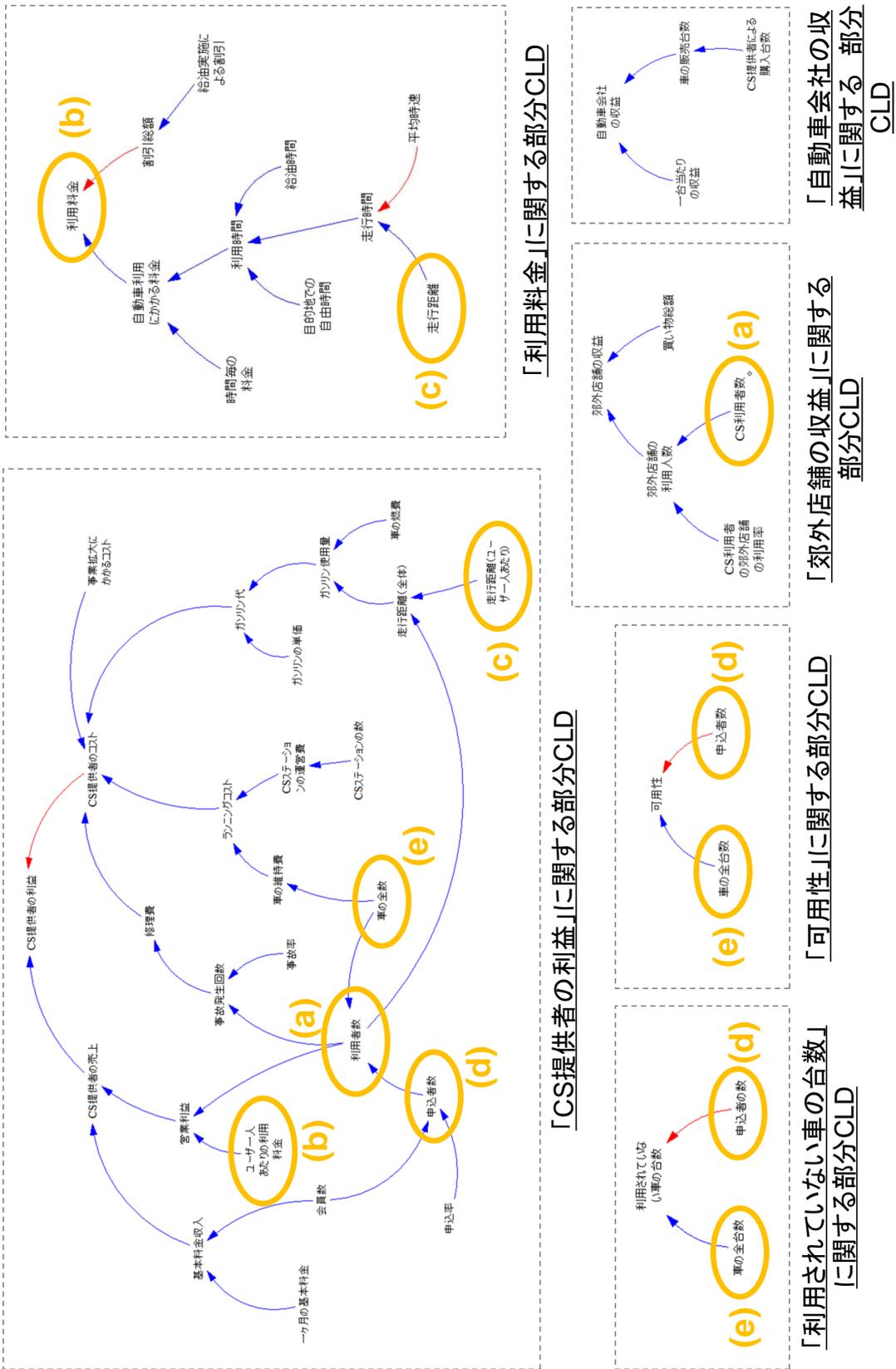


Figure 6-6 各価値評価パラメータに対する部分 CLD (CS)

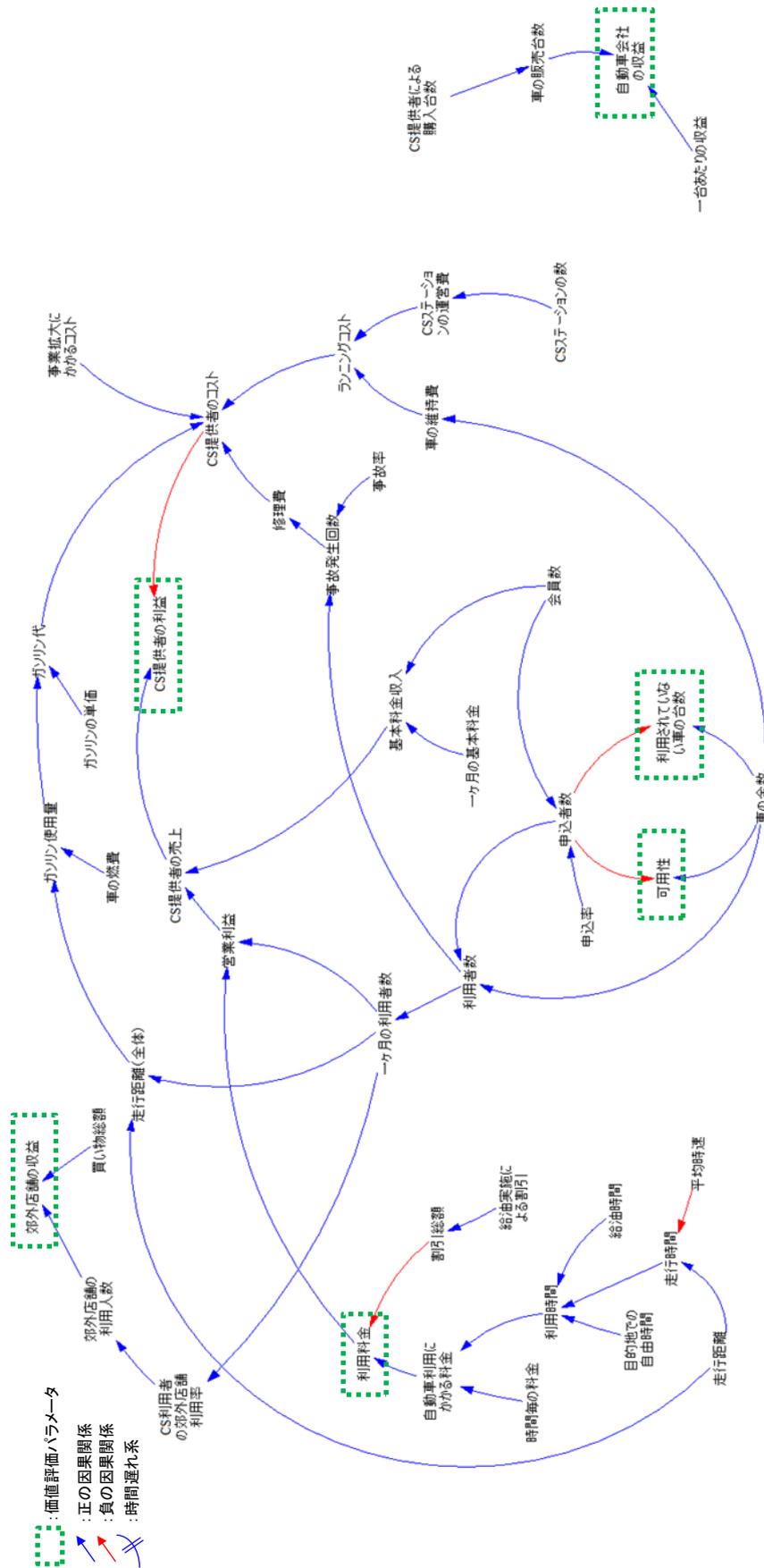


Figure 6-7 部分 CLD の統合結果 (CS)

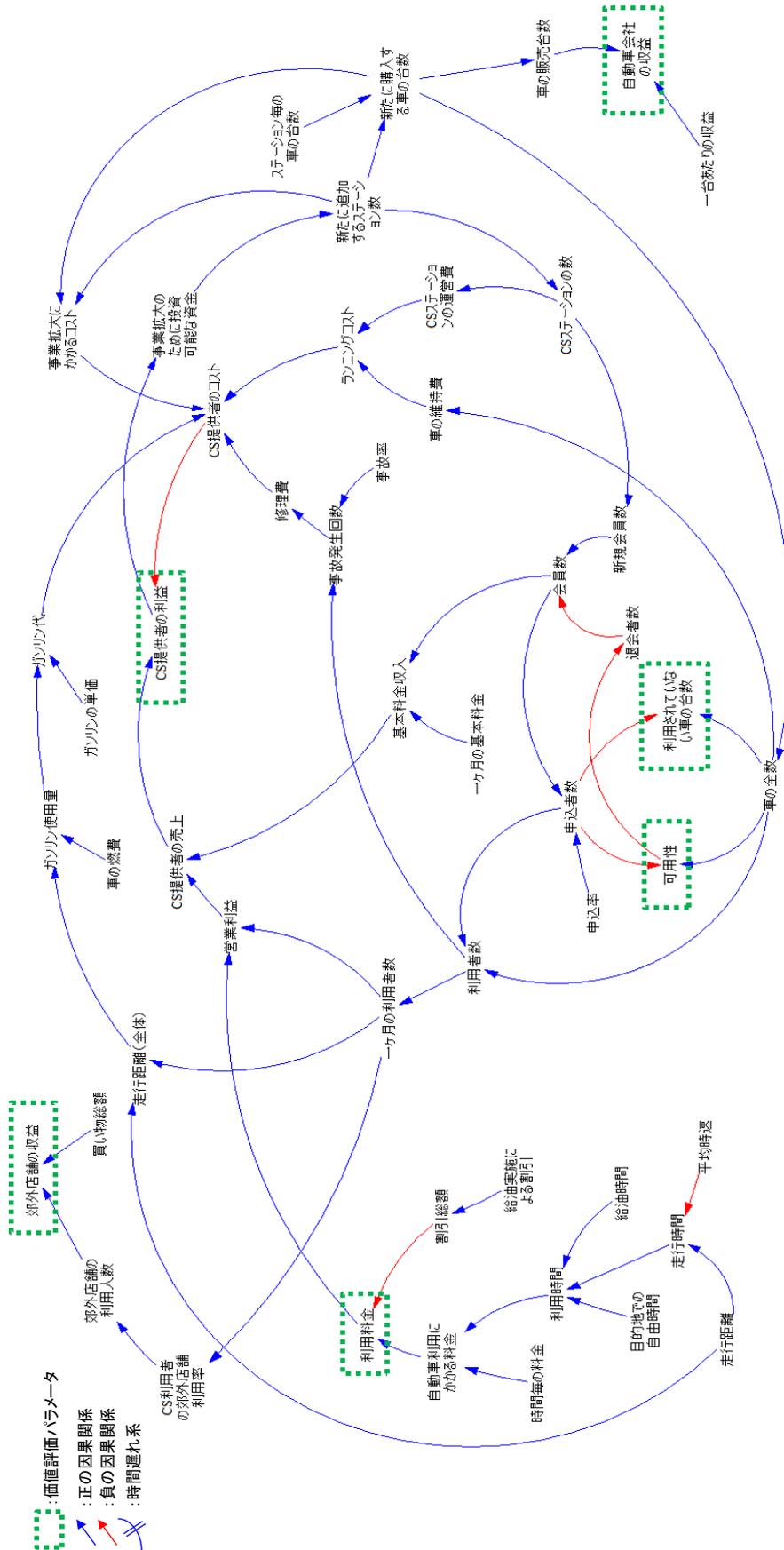


Figure 6-8 CLD の記述結果 (CS : 改善前)

Figure 6-8 に示す CLD を，定量的なシミュレーションモデルである SFD に変換し，各利害関係者の要求価値の充足度を評価するためのシミュレーションを実行した。Figure 6-9 が，ここで構築した SFD である。

本シミュレーションでは，シミュレーション上の時間の基本単位（ステップ）を1ヶ月とし，シミュレーションの期間を60ヶ月間（5年間）とした。ここでのシミュレーションにおいて用いた評価式を Table 6-4 に示す。また，本シミュレーションにおける主な入力データを Table 6-5 と Figure 6-10 に示す。Table 6-5 は定数として設定した入力データであり，Figure 6-10 は経時的に変化するよう設定した入力データである。ただし，Table 6-4，Table 6-5，Figure 6-10 には，「主な」評価式と入力データしか記載していない。本シミュレーションにおいて用いた「全」評価式は，付録の Table A1，Figure A1 に，入力データは Table A2，Figure A2 にそれぞれ示しているため，詳細はこれらの図表を参照されたい。本適用では，CLD や SFD の編集及びシミュレーションの実行に SD のソフトウェアツールである Vensim [Vensim] を用いた。そのため，Table 6-4 に記述した数式は Vensim で用いる数式の表記法に準じている（例えば，IF THEN ELSE など）。これら数式の表記法や意味は，第 4.3.3 項の Table 4-3 に述べた通りである。

Table 6-4 シミュレーションで用いた評価式（CS：改善前）

要求価値	評価式
可用性	可用性=IF THEN ELSE(車の全数<(申込者数*一組あたりの車の台数), 車の全数/(申込者数*一組あたりの車の台数), 1)
	車の全数= INTEG (車の増加数,車の台数の初期値)
	車の台数の初期値=CS ステーション数の初期値*ステーション毎の車の台数
	申込者数=INTEG(会員数*申込率)
	会員数= INTEG (会員増加数-退会者数,会員数の初期値)
	会員増加数=INTEG(新規会員数の基準値*新規会員数の増加率)
	退会者数=INTEG(退会者数基準値*退会者数の増加率)
利用料金	利用料金=自動車利用にかかる料金-割引総額
	自動車利用にかかる料金=利用時間*時間毎の料金
	利用時間=目的地での自由時間+給油時間+走行時間
	給油時間=IF THEN ELSE(給油実施の有無=1, 給油にかかる平均時間, 0)
	走行時間=走行距離/平均時速
	割引総額=給油実施による割引額
	給油実施による割引額=IF THEN ELSE(給油実施の有無=1, 自動車利用にかかる料金*給油実施にかかる割引率, 0)
CS 提供者の 収益	CS 提供者の収益= INTEG (CS 提供者の売上-CS 提供者のコスト,0)
	CS 提供者の売上=一ヶ月の営業利益+基本料金収入
	一ヶ月の営業利益=一ヶ月の利用者数*利用料金
	基本料金収入=会員数*一ヶ月の基本料金
	CS 提供者のコスト=ガソリン代+ランニングコスト+事業拡大にかかるコスト+修理費
	ガソリン代=ガソリン使用量*ガソリンの単価
	ガソリン使用量=走行距離（全体）/車の燃費
	ランニングコスト=CS ステーションの運営費+車の維持費
	CS ステーションの運営費=CS ステーションの数*CS ステーション毎の運営費
	車の維持費=車の全数*車一台あたりの維持費
	事業拡大にかかるコスト=投資金額
投資金額=ステーション追加のために必要な資金*新たに追加するステーション数	
利用されていない車の台数	利用されていない車の台数=車の全数-(申込者数*一組あたりの車の台数)
郊外店舗の 収入	郊外店舗の収入= INTEG (郊外店舗の売上,0)
	郊外店舗の売上=平均買い物総額*郊外店舗の利用人数
	郊外店舗の利用人数=INTEG(一ヶ月の利用者数*CS 利用者中の郊外店舗の利用率)
自動車会社 の収益 (CM: Car Manufacture)	CM の収益= INTEG (CM の売上-CM の製造コスト,0)
	CM の売上=車の価格*車の販売台数
	車の販売台数=新たに購入する車の台数
	新たに購入する車の台数=ステーション毎の車の台数*新たに追加するステーション数 CM の製造コスト=車の販売台数*車の製造コスト

Table 6-5 入力した定数データ (CS : 改善前)

各パラメータの入力値	パラメータが示す内容
一組あたりの車の台数=1[台/組]	ユーザー組が借りる車の台数
CS ステーション数の初期値=10[箇所]	CS 提供者がビジネス開始時点で所有するステーション数
ステーション毎の車の台数=2[台/箇所]	各ステーションに配置可能な車の台数
申込率=0.02	カーシェアリング利用を申し込む会員の割合
会員数の初期値=150[人]	ビジネス開始時点における会員数
退会者数の基準値=5[人/月]	退会する会員数 (一ヶ月あたり)
時間毎の料金=800[円/h]	カーシェアリングの時間毎の料金
目的地での自由時間=2[h]	ユーザが目的地で費やす時間
給油実施の有無=1	ユーザが給油を実施するか否かを表すパラメータ (1 が実施, 0 が実施しない)
給油にかかる平均時間=0.25[h]	ユーザが給油の実施において費やす時間
給油実施にかかる割引率=0.05	給油実施にかかる利用料金の割引率
一ヶ月の基本料金=1000[円/月]	会員の月ごとの基本料金
ガソリンの単価=150[円/l]	ガソリン 1[l]あたりの価格
車の燃費=20[km/l]	CS 提供者が所有する自動車の燃費
CS ステーション毎の運営費=50,000[円/月*箇所]	ステーション一箇所にかかる運営費
車一台あたりの維持費=17114[円/月*台]	CS 提供者が所有する自動車一台あたりの維持費 (年間 205366 円/12 ヶ月)
平均買い物総額=5,000[円/組]	ユーザー組あたりの郊外店舗における買い物総額
CS 利用者中の郊外店舗の利用率=0.45	ユーザが自動車を利用して郊外店舗に行く割合
車の価格=1,500,000[円/台]	CS 提供者が購入する自動車の価格
車の製造コスト=1125000[円/台]	自動車一台あたりの製造コスト

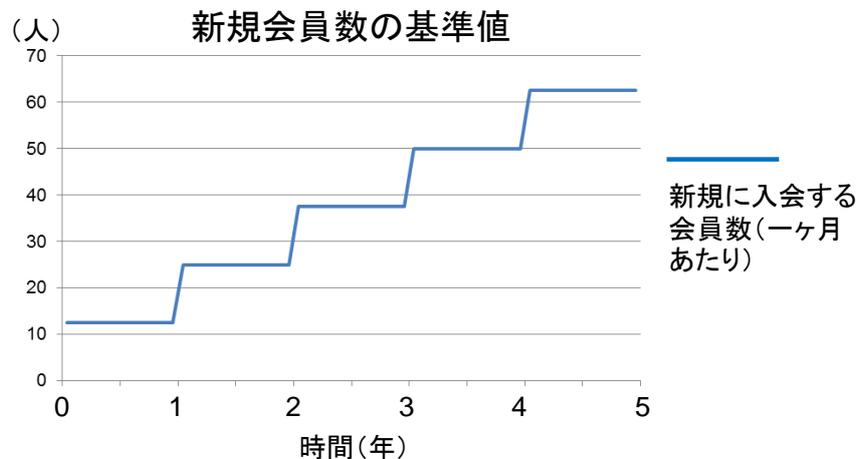


Figure 6-10 経時変化する入力データ (CS : 改善前)

本シミュレーション結果を Figure 6-11 に示す。図中の各グラフは、利害関係者の要求価値に関する価値評価パラメータの値の経時的変化を示す。

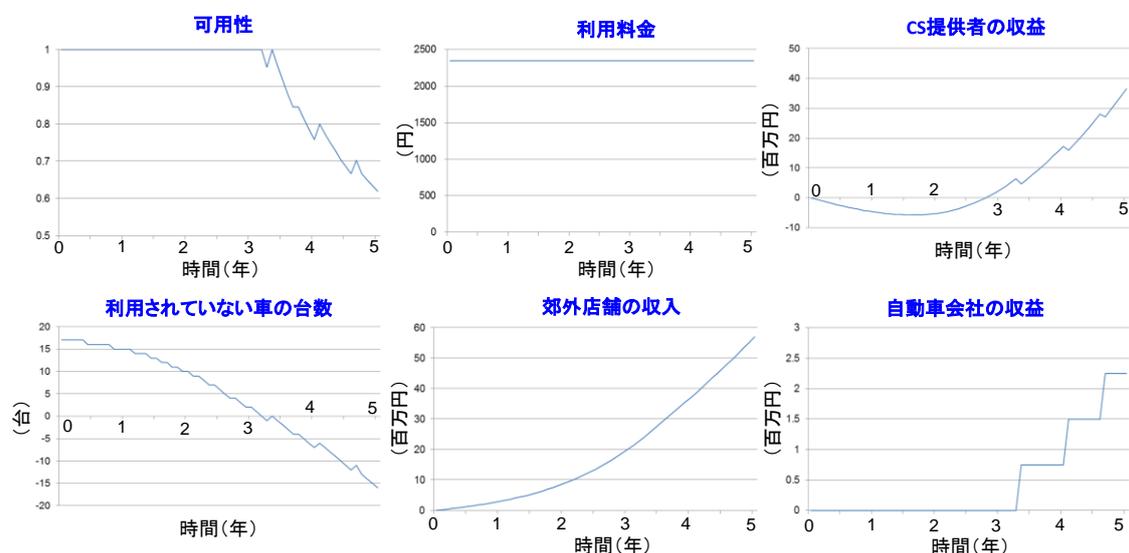


Figure 6-11 シミュレーション実行結果 (CS : 改善前)

6.3.6 Step4:PSS の改善

Figure 6-11 に示すシミュレーション結果からは、会員数の増加に伴い、3年目以降にはCS 提供者の収益が黒字化しているが、その一方で、会員数が増えすぎたために、自動車の台数が不足してしまい、可用性（ユーザが自動車を借りたいときに借りることができる確率）が著しく下がってしまうことがわかった。また、カーシェアリングだけでなく、他の利害関係者を巻き込んだ PSS の改善という観点からは、郊外店舗の収益をより向上させることが必要であることが議論された。そこで本適用では、以下の3点を設計目標として、PSS の設計を行った。ただし、ここでの改善案は、多様な利害関係者にとって高い価値を持つことが必要であり、設計目標を達成するだけでなく「どの利害関係者に対しても大きな損害を与えない」という設計制約も満たさなければならない。

- 可用性の値を常に 80%以上にする
- CS 提供者の収益を下げない、もしくは向上する
- 郊外店舗の収益を向上する

本適用では、上記設計目標を達成するために、以下の Table 6-6 に示す 3 つの改善案を導出した。これらの改善案は、作成したシミュレーションモデルにおけるパラメータ間の関係を参照しながら、実現構造モデルにおけるモデル操作を設計者間で議論することにより導出した。以下に、各改善案の導出過程の詳細を述べる。

Table 6-6 CS の設計において導出した改善案

No.	改善案	概要
1	自動車のコンパクト化	カーシェアリングにおいて使用する自動車を普通車ではなく軽自動車にする。これにより、ステーション内に配置できる自動車数が増加し、その結果、可用性の向上が期待できる。
2	割引券の発行	郊外店舗で買い物をしてくれた人にカーシェアリングの割引券（10%off）を渡す。この割引の効果により、カーシェアリング利用者の増加や郊外店舗に行くユーザ数の増加が期待できる。
3	コンパクト化と割引券	上記、No.1 と No.2 の双方を実施する。

改善案 No.1（自動車のコンパクト化）の導出過程

ここでは、設計目標の一つである「可用性の値を常に 80%以上にする」に注目し、「可用性」の値を向上することを考えた。まず、作成したシミュレーションモデルを参照することで、「可用性」の値を向上するためには、「車の全数」を増加させること、もしくは、「申込者数」を減少させること、が必要であることがわかった (Figure 6-12)。ただし、「申込者数」を減少させることは、「CS 提供者の収益」の減少に直接的に繋がり、「CS 提供者の収益を下げない、もしくは向上する」という設計目標に反する改善となる可能性が高かったため (Figure 6-12)、「車の全数」を増加させるための改善案を、設計者間で議論した。ここでは、設計者全員で、構築した実現構造モデルを参照しながら、モデル操作を検討することで、改善案を議論した。

その結果、リソースモデルにおける「オペランドリソースの変更」というモデル操作方法に基づき、CS 提供者が所有する (CS ユーザが使用する)「自動車」を「自動車(軽)」に変更することで、自動車をコンパクト化するという改善案を導出した。これにより、ステーション内に配置できる自動車数が増加し、ステーション数は不変でも CS 提供者が所有する「車の全数」を増加させることが可能となる。

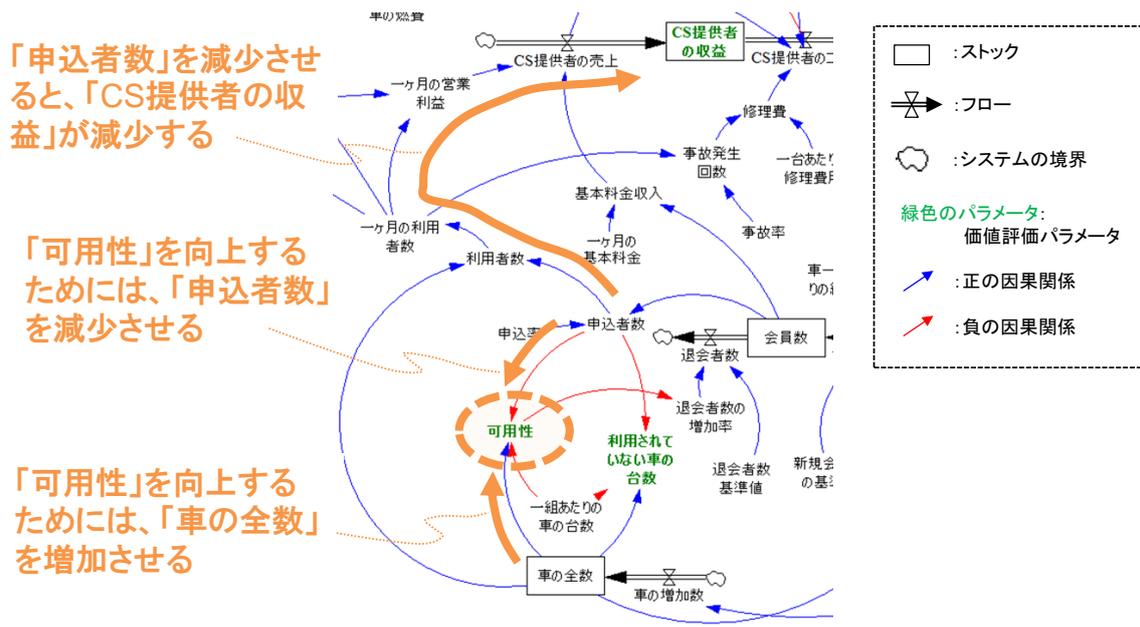
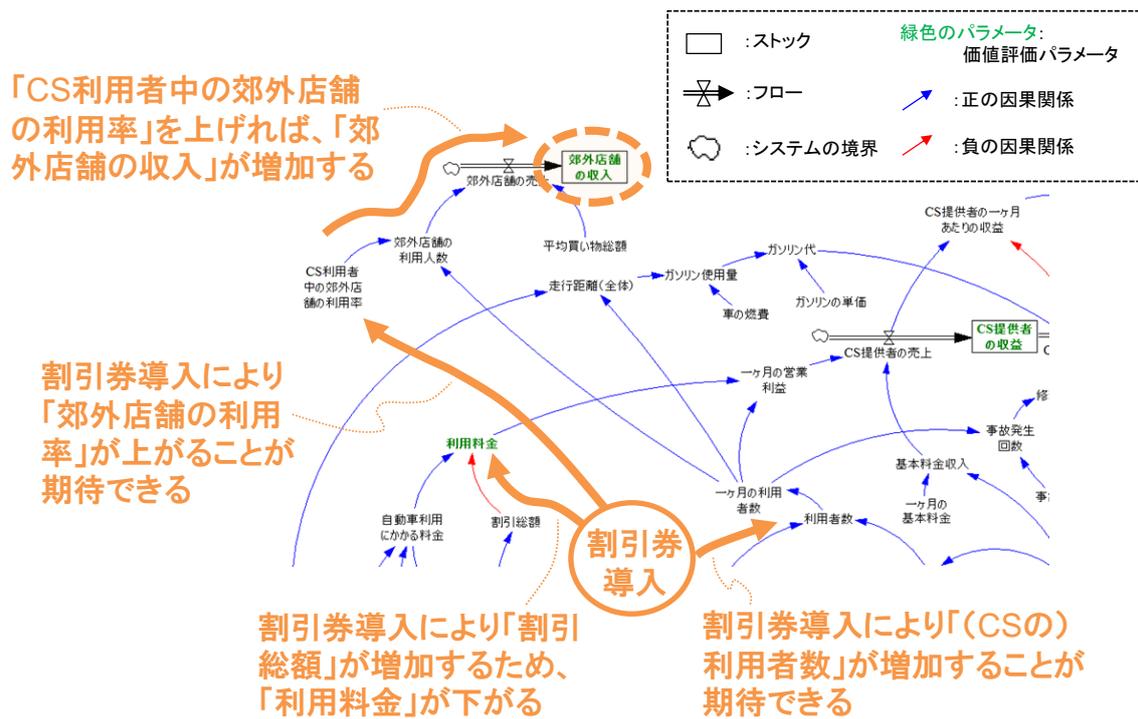


Figure 6-12 「可用性」を向上するための改善案の検討

改善案 No.2 (割引券の発行) の導出過程

ここでは、設計目標の一つである「郊外店舗の収益を向上する」に注目し、「郊外店舗の収入」を増加することを考えた。作成したシミュレーションモデルを参照し、「郊外店舗の収入」の増加は、「CS 利用者中の郊外店舗の利用率」の値を上げることにより達成できることがわかった。ここで、「CS 利用者中の郊外店舗の利用率」は他のパラメータからの影響を受けないパラメータであった。そのため、ここでは、「CS 利用者中の郊外店舗の利用率」の値を上げるための新たな仕組みを、実現構造モデルのモデル操作に基づく議論により検討した。

その結果、アクタネットワークモデルにおける「コンテンツの追加」というモデル操作方法に基づき、CS 提供者と CS ユーザ間に「割引 (サービス)」を追加 (この割引は、郊外店舗で発行される) することで、郊外店舗の利用率を上げるという改善案を導出した。本改善案を実施することにより、「割引総額」が増加し、CS ユーザの「利用料金」が減少するため、CS ユーザにとっても更に高い価値を持つ PSS となることが期待できる (Figure 6-13)。ただし、「利用料金」の減少に伴い「CS 提供者の収益」も減少するため、本改善案は「CS 提供者の収益を下げない、もしくは向上する」という設計目標に反する可能性もあるが、割引券の導入により「(CS の) 利用者数」も向上するという効果があることも考えると、「CS 提供者の収益」は必ずしも減少しないことがわかったため (Figure 6-13)、「割引券の発行」を改善案の一つとした。



改善案 No.3 (コンパクト化と割引券) の導出過程

上記、改善案 No.1 は、「可用性の値を常に 80%以上にする」という設計目標に注目したものであったのに対して、改善案 No.2 は、「郊外店舗の収益を向上する」という設計目標に注目した改善案であった。そこで、本適用では、これら 2つを統合した改善案も考えた。

6.3.7 PSS の逐次的な改善(設計サイクルの繰り返し)と設計解の導出

これら改善案を、PSS の実現構造モデルに反映した。ここでは 3 種類の改善案を導出しているが、No.1 と No.2 の改善案を統合した改善案である No.3 (コンパクト化と割引券) を反映したアクタネットワークモデル、プロセスネットワークモデルを、Figure 6-14、Figure 6-15 にそれぞれ示す。また、プロセスネットワークモデルの一部 (CS ユーザが自動車借りる場面、CS ユーザが郊外店舗で買い物をする場面) をリソースモデルで記述した結果を Figure 6-16、Figure 6-17 に示す。これらのモデルからは、CS ユーザが使用する自動車が「自動車 (軽)」に変更されたこと (改善案 No.1 の反映)、郊外店舗から CS ユーザに割引券が渡されカーシェアリングの割引サービスを実施すること (改善案 No.2 の反映) の双方の改善案を反映していることがわかる。

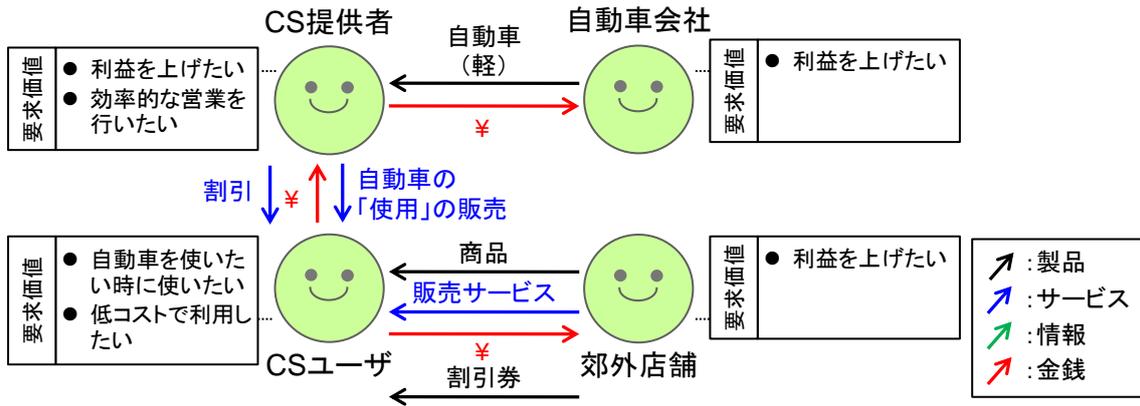


Figure 6-14 アクタネットワークモデル記述結果 (CS : 改善後)

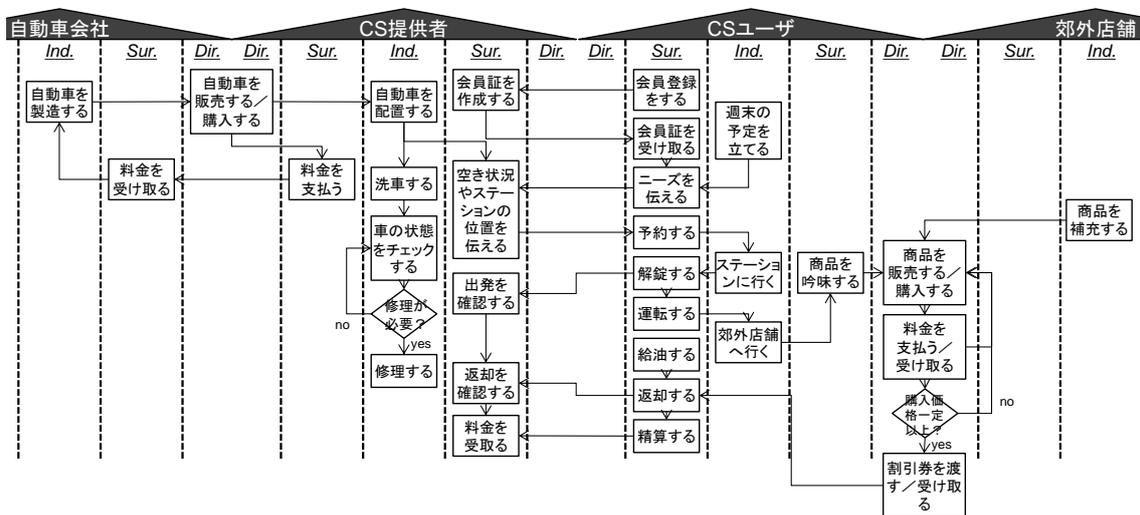


Figure 6-15 プロセスネットワークモデル記述結果 (CS : 改善後)

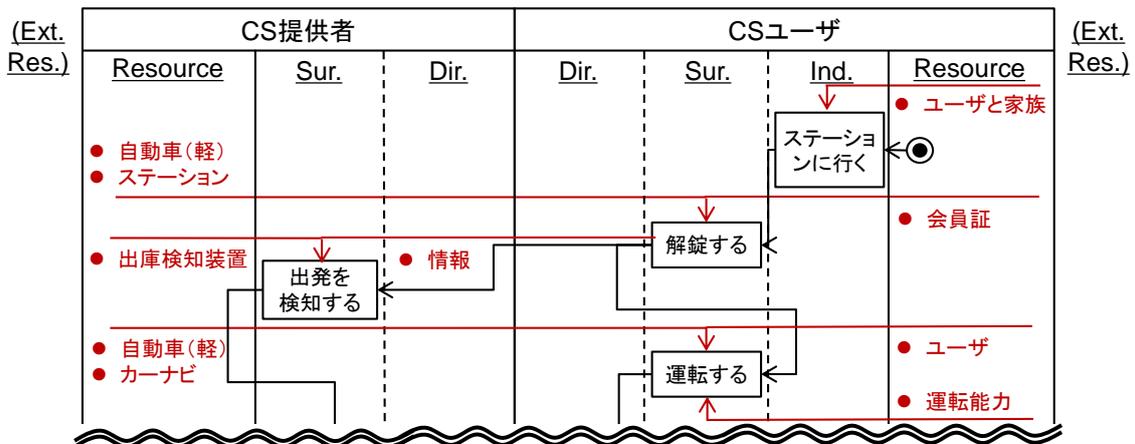


Figure 6-16 CSユーザが車を借りる場面のリソースモデル記述結果 (CS : 改善後)

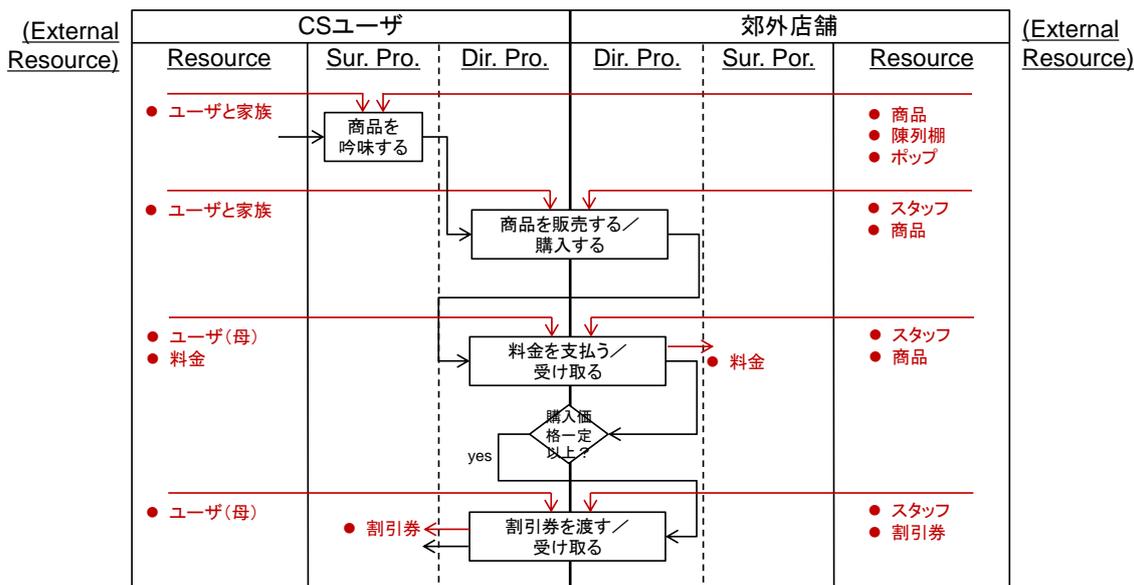


Figure 6-17 郊外店舗の場面のリソースモデル記述結果 (CS : 改善後)

そして、この更新をシミュレーションモデルにも反映した。Table 6-7 に、各改善案の内容とシミュレーションに用いたモデル (CLD, SFD), 入力データの対応関係をまとめた。改善案 No.1 に関しては、自動車の仕様を軽自動車に変更させたのみであるため、Figure 6-8 や Figure 6-9 に示したシミュレーションモデルの構造自体に変更を施すのではなく、特定のパラメータ (車の燃費、ステーション毎の車の台数、車の価格、車の製造コストの 4 種のパラメータ) の値を変更した (Table 6-8)。また、改善案 No.2 に関しては、割引サービスを新たに導入したため、それを反映した CLD を新たに構築し、SFD に変換した。新たに構築した CLD と SFD は、Figure 6-18, Figure 6-19 に示す通りである。また、SFD の構築において、シミュレーションモデル中の評価式に関して変更を施した。評価式の変更の詳細は Table 6-9 にまとめた通りである。ただしここで、2つのパラメータ間の非線形関係を表関数 (WITH LOOKUP 関数) として設定したものは、その関数形状を Figure 6-20 に示した。改善案 No.3 は、改善案 No.1 と No.2 を統合した改善案であるため、Figure 6-18, Figure 6-19 に示したシミュレーションモデルに対して、Table 6-8 に示したパラメータ値変更を反映させたデータを入力した。(本シミュレーションにおいて用いた全評価式と全入力データの一覧は、付録の Table A1~A4, Figure A1~A4 に示す。)

Table 6-7 改善案とシミュレーションで用いた入力データやモデルの関係

改善案	改善案の内容		入力データやモデルの変更	
	車の種類	割引券導入	入力データ変更	モデル変更
No.1	軽自動車	なし	あり (Table 6-8 に従う)	なし (Figure 6-8, Figure 6-9 を用いる)
No.2	普通車	あり	なし	あり (Figure 6-18, Figure 6-19 を用いる)
No.3	軽自動車	あり	あり (Table 6-8 に従う)	あり (Figure 6-18, Figure 6-19 を用いる)

Table 6-8 軽自動車の導入を反映した際のパラメータ値の変更

パラメータ	改善前	改善案 No.1
車の燃費[km/l]	20	25
ステーション毎の車の台数[台/箇所]	2	3
車の価格[円/台]	1,500,000	1,000,000
車の製造コスト[円/台]	1,125,000	750,000

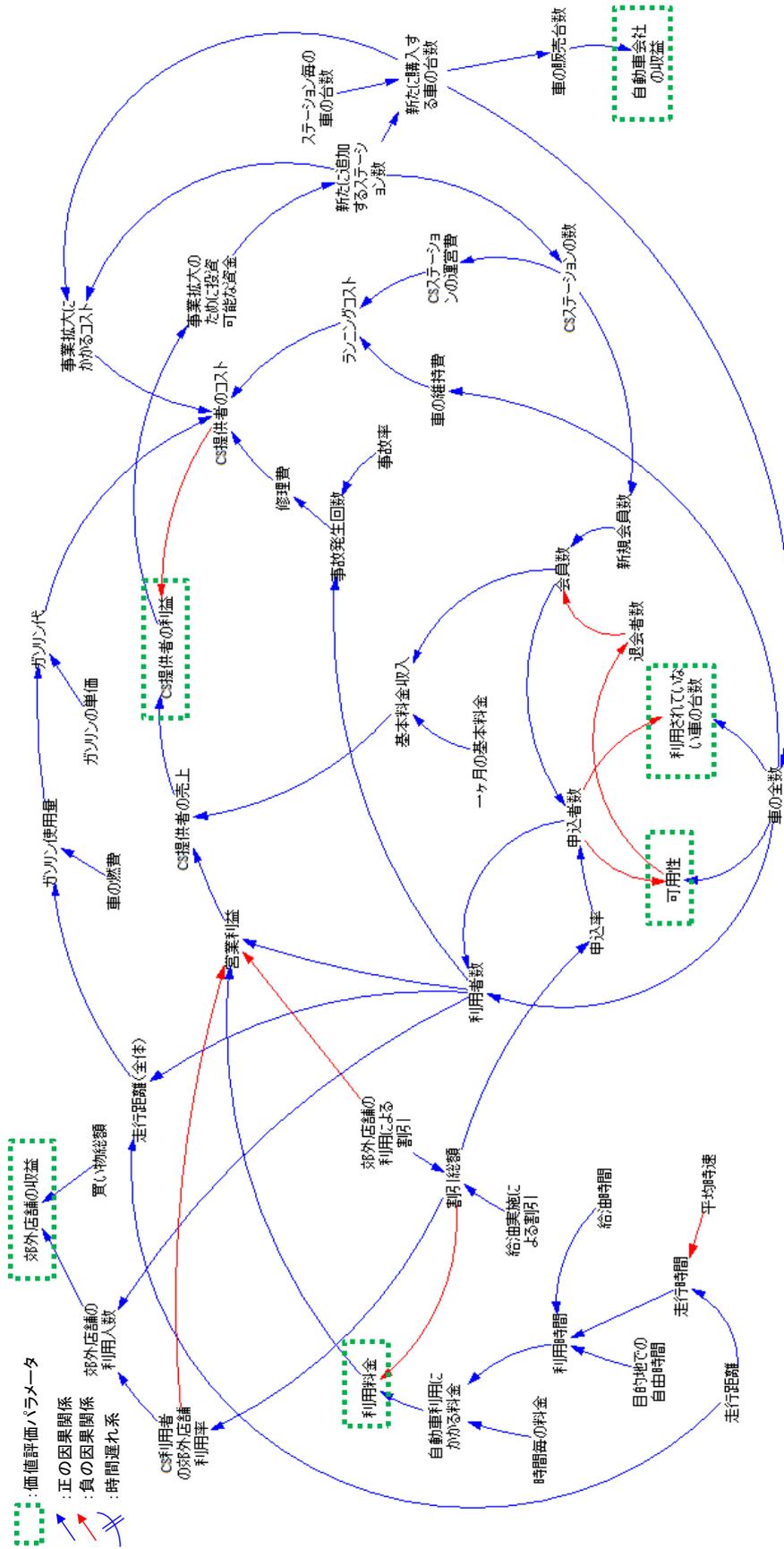


Figure 6-18 CLD の記述結果 (CS : 改善後)

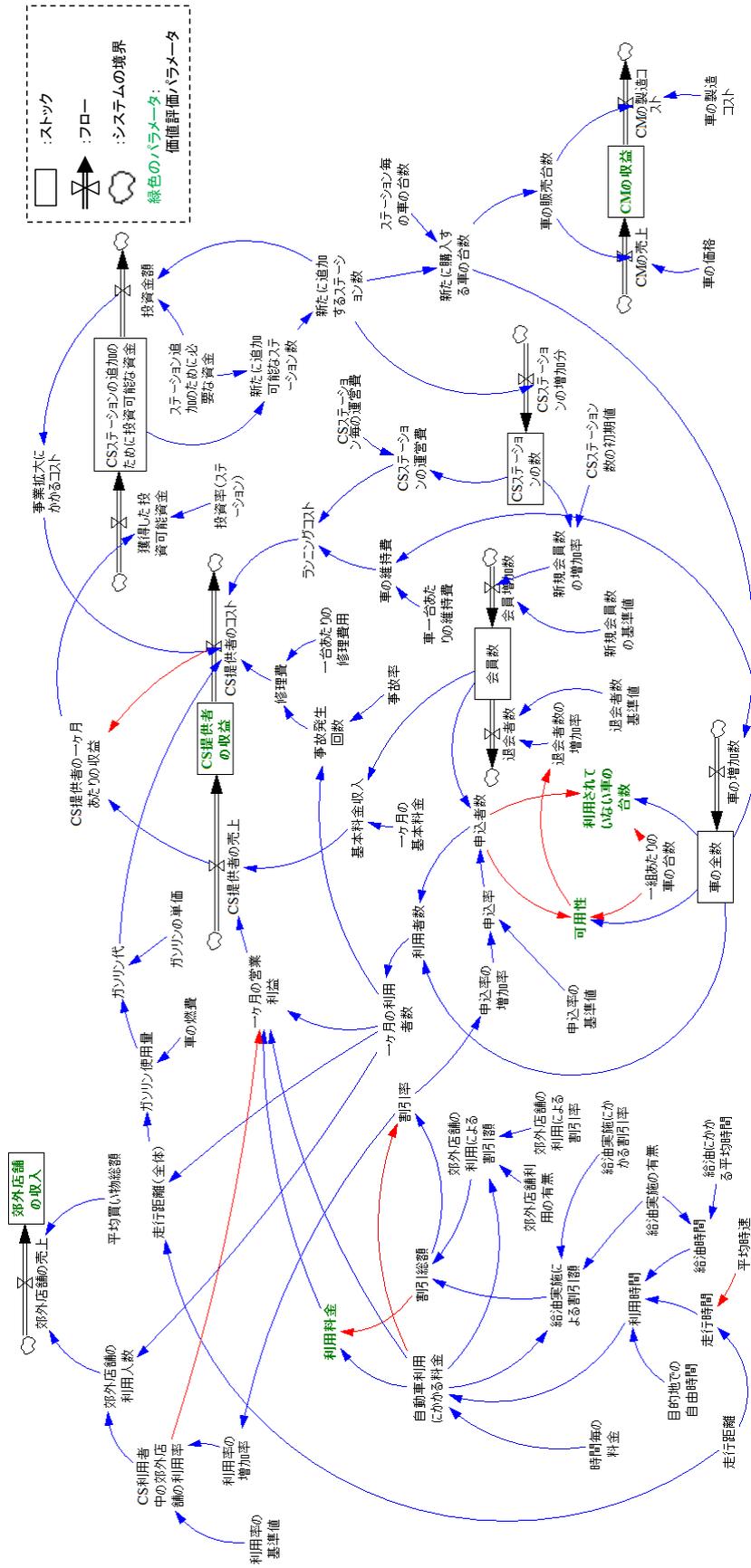


Figure 6-19 SFD の記述結果 (CS : 改善後)

Table 6-9 シミュレーションモデル内の数式変更 (CS)

パラメータ	過程	数式
申込率	改善前	申込率=0.02 (定数)
	改善案 No.2	申込率=申込率の基準値*申込率の増加率
		申込率の基準値=0.02
		申込率の増加率=WITH LOOKUP(割引率)
一ヶ月の利用者数	改善前	一ヶ月の営業利益=一ヶ月の利用者数*利用料金
	改善案 No.2	一ヶ月の営業利益=(一ヶ月の利用者数*CS 利用者中の郊外店舗の利用率*利用料金)+(一ヶ月の利用者数*(1-CS 利用者中の郊外店舗の利用率)*(自動車利用にかかる料金*(1-給油実施にかかる割引率)))
		CS 利用者中の郊外店舗の利用率=0.45 (定数)
		CS 利用者中の郊外店舗の利用率=利用率の増加率*利用率の基準値
CS 利用者中の郊外店舗の利用率	利用率の基準値=0.45	
	利用率の基準値=WITH LOOKUP(割引率)	

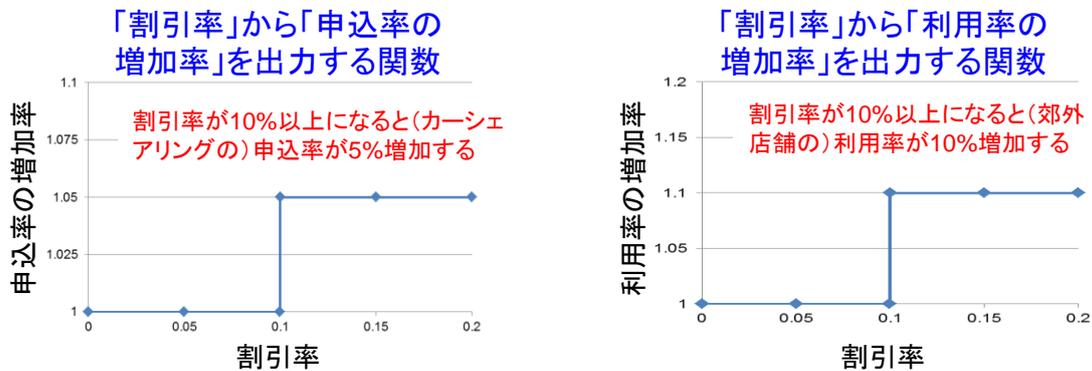


Figure 6-20 設定した表関数 (CS : 割引券導入時)

本シミュレーションモデルを用いて、各利害関係者の要求価値の充足度を評価するためのシミュレーションを実行した。その結果が Figure 6-21 である。Figure 6-21 からは、「No.1 自動車のコンパクト化」は、「可用性の値を常に 80%以上にする」、「CS 提供者の収益を下げない」、「郊外店舗の収益を向上する」という設計目標を達成していることがわかる。また、「No.2 割引券の発行」は、「郊外店舗の収益を向上する」ことを可能とするものの、可用性や CS 提供者の収益に関する設計目標は達成できていない。一方、「No.3 コンパクト化と割引券」は、「可用性の値を常に 80%以上にする」、「CS 提供者の収益を下げない」、「郊外店舗の収益を向上する」という設計目標を達成しており、特に、郊外店舗の収益の向上には大きく貢献する改善案であることがわかる。また、「利用料金」に関するグラフからわかるように、本改善案は、CS ユーザの「低コストで利用したい」という要求価値を充足するためにも有効な案であると考えられる。

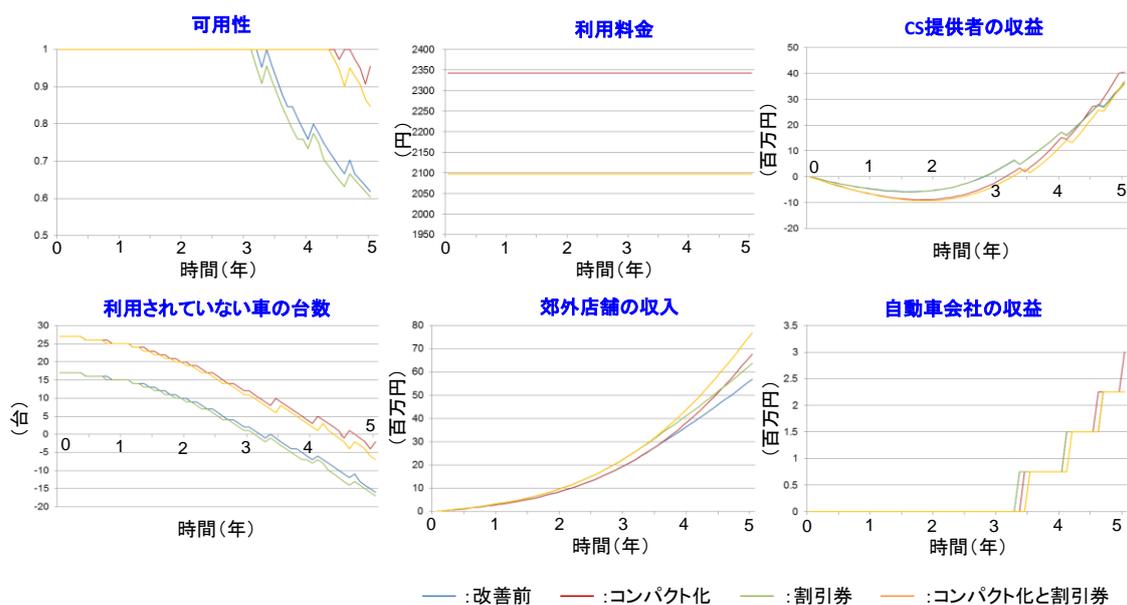


Figure 6-21 シミュレーション実行結果 (CS : 改善後)

ただし、「No.3 コンパクト化と割引券」の改善案では、「郊外店舗の利用者に CS の割引券を渡すことにより、郊外店舗の利用率や CS の申込率が増加する」という関係を、Figure 6-20 に示す関数により仮定したが、必ずしもこの関数に示すような効果が発揮されるとは限らない。この効果が低くなった場合は、改善案「No.3 コンパクト化と割引券」の優位性が損なわれる可能性も考えられる。そこで本適用では、以下に述べる 2 つの状況 (ケース i とケース ii) を想定して、「No.1 自動車のコンパクト化」と「No.3 コンパクト化と割引券」の 2 つの改善案を更に詳細に比較した。

ケース i) カーシェアリングの申込率の増加率が想定よりも低下する場合

Figure 6-21 の結果を得たシミュレーションでは、CS 利用の割引率に対する CS 申込率の上昇幅を、Figure 6-20 のように (割引率が 10% 以上になると CS 申込率が 5% 増加するように) 設定した。これに対して本ケースでは、CS 申込率が想定よりも増加しない場合を考え、「割引率」と「(CS の) 申込率の増加率」の関係を Figure 6-22 左部のように定義する。すなわち、具体的には、郊外店舗の利用率が想定のお半分 (2.5%) しか向上しない場合を考える。

ケース ii) 郊外店舗利用の増加率が想定よりも低下する場合

Figure 6-21 の結果を得たシミュレーションでは、CS 利用の割引率に対する郊外店舗利用率の上昇幅を、Figure 6-20 のように (割引率が 10% 以上になると郊外店舗の利用率が 10% 増加するように) 設定した。これに対して本ケースでは、郊外店舗利用率が想定

よりも増加しない場合を考え、「割引率」と「(郊外店舗の) 利用率の増加率」の関係を Figure 6-22 右部のように定義する. すなわち, 具体的には, 郊外店舗の利用率が想定 の半分 (5%) しか向上しない場合を考える.

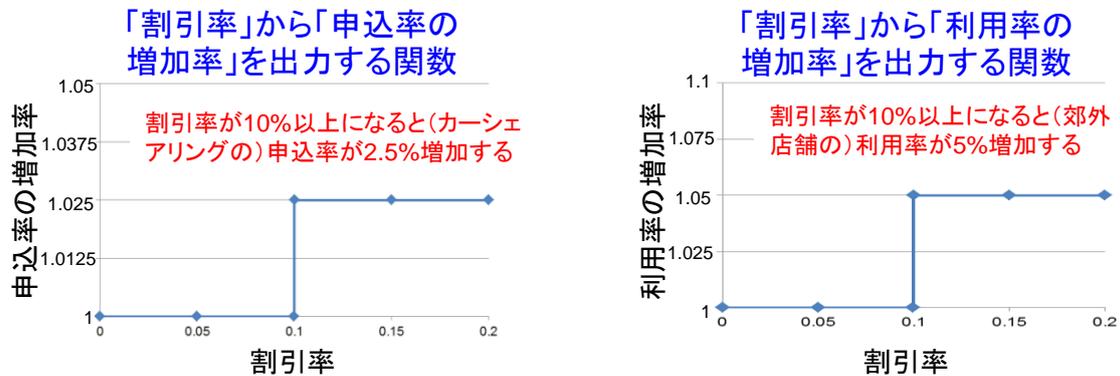


Figure 6-22 割引券の効果に関する表関数設定のパターン

以上に述べたケース i と ii の設定のもとでシミュレーションを行った結果を, Figure 6-23 に示す. 本図では, 比較のために, 「割引券とコンパクト化 (No. 3)」と「コンパクト化 (No. 1)」の双方の改善案に関して, 当初の設定から変更を加えていないもの (基準パターン) についてもシミュレーション結果を掲載している. 本図では, 「郊外店舗の収入」以外の全ての項目に関して黒点線 (改善案 No. 3 の基準パターン) が見えていないが, これは, 赤線 (改善案 No. 3 のケース ii) と重なっているためである.

郊外店舗の利用率や CS 申込率が想定よりも向上しない場合を考えると, CS 提供者の利益や郊外店舗の収入といった値が減少することが予想されたが, この結果からは, その減少幅は非常小さいことがわかった. 特に, 郊外店舗の収入に関しては両ケースにおいて僅かに減少してはいるものの, 改善案 No. 1 より高い値をとっていて, 本改善案の優位性は損なわれていないことを確認した. 以上の分析結果を総合的に判断し, 本適用では, 「No.3 コンパクト化と割引券」を改善案として採用することとした.

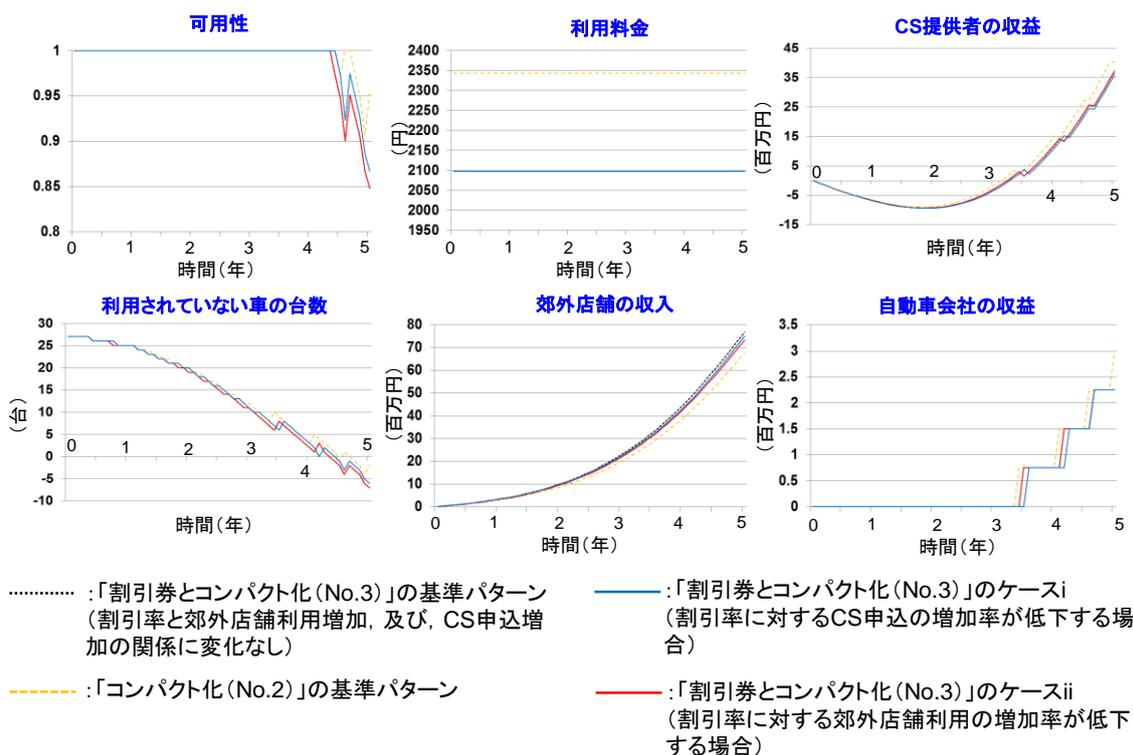


Figure 6-23 割引券の効果低減を想定した場合のシミュレーション結果

最後に、本改善案の感度分析を行い、本改善案の実施におけるリスクや注意点等の明確化を行った。本感度分析では、構築した CLD 内のパラメータの中でも、値が一意に決まらない不確実なパラメータとして「ガソリンの単価」、「利用率(利用率の基準値)」、「事故率」、「申込率(申込率の基準値)」、「退会者数(退会者数の基準値)」、「新規会員数(新規会員数の基準値)」、「目的地での自由時間」に注目し、これらパラメータ値を±20%の範囲で変化させた上でシミュレーションを実行し、各要求価値の変動の度合いを観察した。それらのシミュレーション結果を Figure 6-24 に示す。ただし、これらのグラフにおいて、CS 提供者の収益、郊外店舗の収入、自動車会社の収益といった時間経過に伴い蓄積する値は、5年目(最終年)の最終月における最終的な値をプロットしている。一方、可用性、利用料金、利用されていない車の台数といった蓄積しない値は、5年目の平均値をプロットしている。

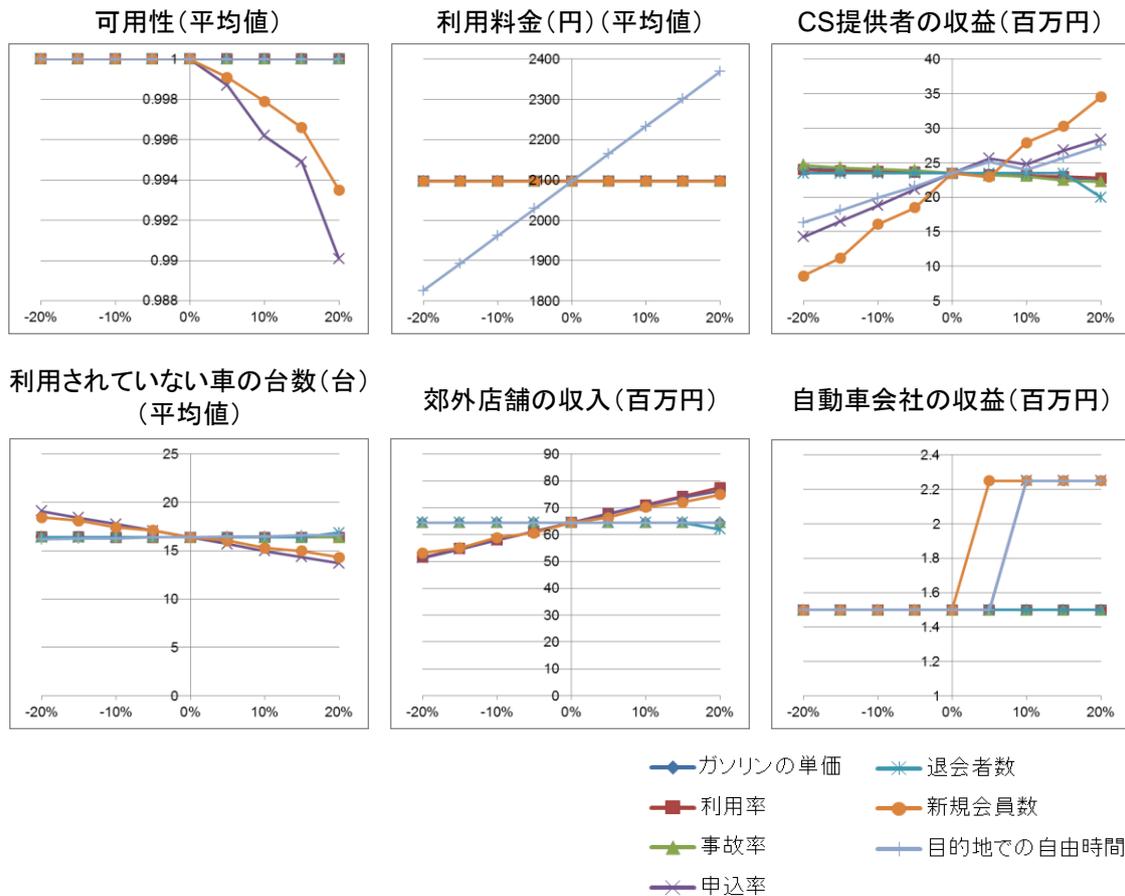


Figure 6-24 CS の設計における感度分析の結果

Figure 6-24 からは、「新規会員数」が、「利用料金」以外の全ての要求価値に対して大きな影響を与えるパラメータであることがわかる。また、「CS 提供者の収益」のグラフからは、本改善案においては、「申込率」や「目的地での自由時間」といった既に会員となっているユーザーに関するパラメータよりも、「新規会員数」という潜在会員に関するパラメータが、CS 提供者の利益に大きく影響することがわかる。以上のことから、本改善案の実施においてリスクを回避するためには、新規会員数の推移を注意深く観察し、これを増やすもしくは大きく減らさないようにすることが重要となると言える。ただし、「可用性」の経時変化を示すグラフからわかるように、新規会員数が増加し過ぎると自動車の不足による可用性の低減という現象が発生し得るため、新規会員数が過剰に増加した場合は、自動車やカーシェアリングステーションを追加するという施策を取らなければならないこともわかる。

以上をもとに、本適用では、以下に示すような改善案を最終的な改善案として決定した。本改善案の具体的な実現構造は、Figure 6-14 から Figure 6-17 の各モデルに示す通りである。

- カーシェアリングにおいて使用する自動車を普通車ではなく軽自動車にする。
- 郊外店舗で買い物をしてくれた人にカーシェアリングの割引券（10%off）を渡す。
- 本改善案の実施においてリスクを回避するために、新規会員数の推移を注意深く観察し、これを増やすもしくは大きく減らさないようにする。
- 新規会員数が過剰に増加した場合は、自動車やカーシェアリングステーションを追加するという施策を取らなければならない。

6.4 農作物を中心とした地域活性化のための PSS の設計への適用結果

6.4.1 事例の概要

肝付町は、鹿児島県の東南部、大隅半島の東部に位置する町であり、肝属郡に属する (Figure 6-25)。肝付町は、その総人口の 37% 近くを老年人口 (65 歳以上) が占める。人口数は昭和 60 年から現在まで年 1.5% 程度のペースで減少し続けており、九州圏内でも過疎化・少子高齢化が進行している地域である。肝付町の基幹産業は、土地利用型農業、施設園芸、果樹、畜産、漁業といった第一次産業であり、特に農業分野における就業人口が多い。肝付町の農地面積の殆どは稲作やさつまいも等の一般的な農作物が占めるが、一方で、「山間部が多く海が近く、一年を通して温暖である」といった土地・気候的な特徴を活かして非常に特色ある農作物を生産している。その代表例が、ポンカン、デコポン (不知火)、タンカン、辺塚ダイダイ等の柑橘類の果物 (Figure 6-26) である。特に、タンカンや辺塚ダイダイは、国内の他の地域では生産・収穫することが困難な果物であり、町の特産品である。

このように、肝付町の農家は、タンカンや辺塚ダイダイといった国内の他地域では生産が困難な特色ある農作物を生産しているにも関わらず、町内農家の経営状況は現状、非常に厳しい状態にあり、肝付町の農業の規模や売上高は年々縮小している。加えて、「農家が儲からない→若い農業従事者が増えない→農業従事者の高齢化が進行する→農業経営の規模が縮小する→農家が儲からない→…」といった負の循環が発生しており、この傾向は今後も加速していくと考えられる。農業は肝付町の基幹産業であるため、この状況は町全体の活力の低減にも多大な影響を与えており、町の過疎化や少子高齢化を進行させる最大の要因となっている。この状況を打破するためには、肝付町で生産される農作物の高付加価値化を実現することが重要である。農作物の高付加価値化を実現することにより、農家が安定的で持続性のあるビジネスを行うことが可能となれば、「農家の収益が増加する→農業経営の規模が拡大する→農家の収益が増加する→…」や「農家の収益が増加する→若い農業従事者が増える→農家が若返る→より積極的な経営を行う農家が増える→農家の収益が増加する→…」といった好循環に切り替わり、肝付町全体の活性化にも大きく貢献すると考えられる。

本適用では、肝付町で生産されている農作物の中でも「タンカン」 (Figure 6-26 (c)) という果物を対象に、その高付加価値化のための PSS の設計を行った。タンカンは、国内では、肝付町以外では沖縄県や屋久島、奄美大島でしか生産されておらず、その生産量もあまり多くないため、非常に希少性が高い。また、柑橘類の中では最も糖度が高

いことから、高級果物として認知されている。このように、タンカンの特徴的な農作物であるが、現状これを有効活用したビジネスが行われておらず、農家の収益もなかなか向上していないことから、本適用の対象として選定した。

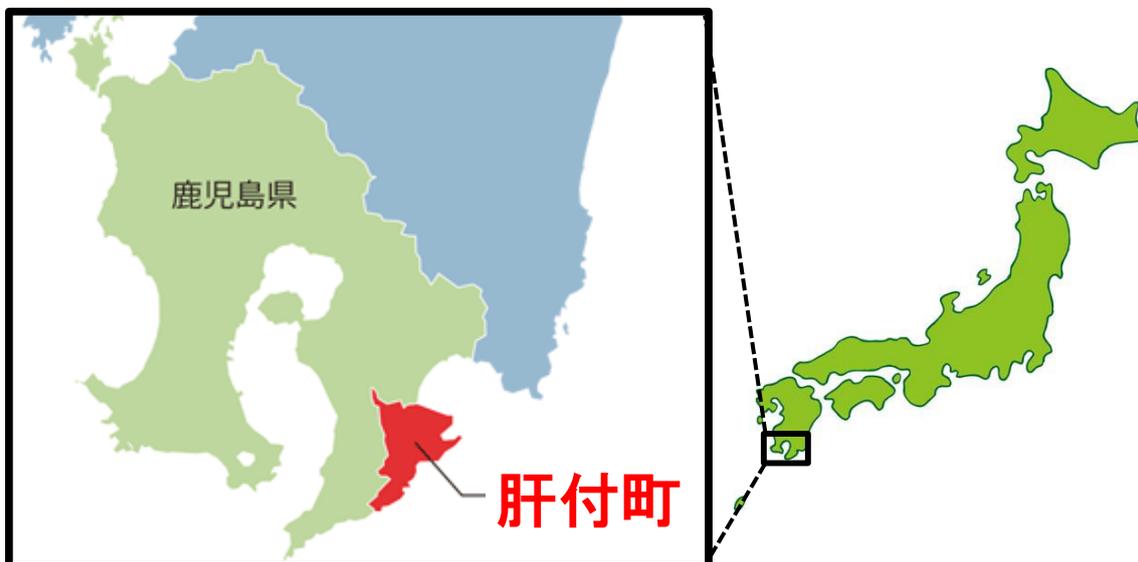


Figure 6-25 肝付町の位置（〔肝付町〕をもとに作成）

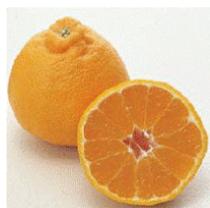
(a) ポンカン



ソース：
<http://www.pref.kagoshima.jp/ag06/sangyo-rodo/nogyo/nosanbutu/tokusen/ponkan.html>

亜熱帯果実で、鹿児島県内では屋久島をはじめ出水、川辺、肝属などで栽培されている。果皮は剥きやすく、果肉も柔軟多汁で糖度も高く、独特の芳香がある。出荷は、11月上旬～1月下旬。

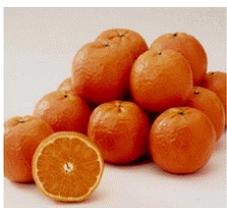
(b) デコボン



ソース：
<http://www.pref.kagoshima.jp/ag06/sangyo-rodo/nogyo/nosanbutu/tokusen/dekopon.html>

果実の先端の凸が特徴的な果実。ぽんかん特有の芳香と清見のジューシーさを併せ持つ高品質の柑橘。「デコボン」は商標登録名で、糖度13度以上、クエン酸1%以下のものを指す。出荷は、11月中旬から4月上旬。

(c) タンカン



ソース：
<http://www.pref.kagoshima.jp/ag06/sangyo-rodo/nogyo/nosanbutu/hanakaju/kaju/tannkan.html>

中国が原産地で台湾を経て鹿児島県に導入された。温暖な場所ではしか栽培できないため、鹿児島ならではの柑橘である。たんかんは、クエン酸やビタミンC等が含まれており、果肉が柔らかく、芳醇な芳香と甘みがある。出荷は、2月上旬～4月。

(d) 辺塚ダイダイ



ソース：
<http://www.pref.kagoshima.jp/ag06/sangyo-rodo/nogyo/nosanbutu/zimono/hetuka.html>

肝付町内之浦地区の町境周辺の辺塚集落に古くから自生していた柑橘。内之浦では「辺塚デデス」と呼ばれている。8月から10月頃の果実は酸っぱくて果汁が多く、地元では古くから酢の代用品として使っていた。出荷は、9月～10月下旬。

Figure 6-26 肝付町の特産品である柑橘類とその特徴

6.4.2 Step0: 設計チームの編成と現場調査

まず、PSS を設計するための設計チームを編成した。設計チームの編成に際しては、異なる立場、専門知識を持つ人が混在するチームを編成することが重要であるため、肝付町のタンカン農家、肝付町の農業を司る役場職員、PSS 研究を行う大学研究者等といったメンバにより設計チームを構成することが理想的であったが、本適用では時間的・距離的な制約があり、このことが困難であったため、大学で PSS 研究を行っている研究者 4 名で設計チームを編成した。ただし、その内の 2 名は、1 年間近く肝付町の農業や他産業に関する調査を行っており、肝付町に関する多くの知識を所有していた。

本適用では、同チームのメンバの一部が実際に肝付町を訪れ、果物の生産現場の観察や農家や役場の方々に対するインタビューにより、タンカンの生産・販売・消費に係わる利害関係者や現状の問題点を調査した (Figure 6-27)。その結果、以下の知見を得た。

- タンカンは、2 月後半～4 月前半にかけて収穫・販売される。
- 現状、肝付町のタンカンは、(1)近所のお得意様（固定客）への直接販売、(2)農協（以下、JA）への出荷、(3)個人での市場販売、(4)規格外品（以下、B 品）の庭先無人販売、といった方法で販売されており、これらは全て伝統的な「製品売り切り型」のビジネスである。また、この(1)-(4)に係わる利害関係者は、Table 6-10 に示す組織や個人であった。
- タンカン農家では、肝付町内で生産されている他の野菜や果樹と同様、高齢化が進みつつある。
- タンカンは、果物（製品）としては希少で価値の高いものであるが、ビジネスとしての利益率はあまり高くなく、現状のビジネスをそのまま継続して続けるだけでは、農家の収益向上は見込めない。

また本研究では、上記調査結果や設計者間における議論に基づき、以下の項目を本事例適用における基本設定とした。

- 設計において考慮する期間を 5 年間とする。
- 2 年後に対象タンカン農家の従業員の 1 人がリタイアする。1 年後、3 年後に、町内のタンカン農家が 1 軒ずつリタイアする。
- タンカン農家はタンカンを販売することで収益を得るが、一定量の収益を得られると、農地の拡大による増産や新規従業員の雇用を行う。

- タンカン農家が生産するタンカンのうち、8割が規格内品（A品）である。また、A品以外のタンカンのうちの7割がB品（A品ではないが青果販売可能なタンカン）となり、残りは青果販売することはできずに処分される。
- A品やB品が生産できる割合は、農家の従業員数に影響を受ける。（従業員数が多くなれば割合が大きくなり、少なければ割合が減る。）

Table 6-10 タンカンのビジネスに係わる利害関係者

	利害関係者
(1)	自治体, タンカン農家, 近所の得意客
(2)	自治体, タンカン農家, JA, 青果市場, 小売店, (不特定多数)の消費者
(3)	自治体, タンカン農家, 青果市場, 小売店, (不特定多数)の消費者
(4)	自治体, タンカン農家, 庭先販売利用者



(a) 肝付町を訪れ、ビニルハウスを利用した果樹栽培を行う農家の調査を行った。



(b) 肝付町を訪れ、畑でさつまいもや野菜を生産する現場を調査した。



(c) 肝付町の果樹農家の方へのインタビューを実施した様子。現状のビジネスの構造や問題点等を調査した。



(e) 肝付町の役場職員の方へのインタビューとディスカッションの様子。現状の問題点の調査や地域活性化に関する議論を行った。



(f) 町内のスーパーにおける直販コーナーの様子。地元産の農作物の「地産地消」の取り組みの一つである。



(g) 肝付町の特産品等をビジネス化するために“人と人”を結びつけるイベントである「異業種交流サロン」を調査した。

Figure 6-27 肝付町で実施した現場調査

6.4.3 Step1:利害関係者の分析

第 6.4.2 項に述べた現場調査の結果に基づき、本適用において考慮すべき利害関係者を特定した。今回の適用では、Table 6-10 に示す利害関係者の中でも特に、「自治体」、「タンカン農家」、「JA」、「近所の得意客」、「庭先販売利用者」を対象とした。青果市場より下流の小売店や消費者は、その数や種類が不特定多数となる、市場を挟むことで肝付町の農家や組織からサービス提供等の働きかけが困難になる、といった理由から今回は対象範囲から除外した。

次に、利害関係者の要求価値を抽出した。本適用では、肝付町における果樹農家の方や自治体の職員の方へのインタビューを行い、各利害関係者の要求価値を抽出した。その結果を Table 6-11 に示す。

Table 6-11 要求価値の抽出結果

利害関係者	抽出した要求価値
自治体（肝付町）	農家が増えてほしい、町民所得を上げたい
タンカン農家	収益を向上したい、効率的に経営したい
JA	収益を向上したい、共販*を維持したい
近所の得意客	安く買いたい、高品質な果物がほしい
庭先販売利用者	安く買いたい

*共販とは、JA が行う販売事業の一つである「共同販売」の略称。農産物を JA がとりまとめて集荷し、市場などに販売することを意味する。

6.4.4 Step2:現状の PSS のモデリング

現場調査や分析で獲得したデータに基づき、現状のビジネスの構造を PSS の実現構造モデルにより記述した。その結果が Figure 6-28 から Figure 6-32 である。Figure 6-28 は、アクタネットワークモデルであり、利害関係者とその要求価値、及び利害関係者間の関係を記述している。Figure 6-29 は、現状のビジネスの中でも「(1)近所のお得意様への直接販売」における利害関係者間のプロセスの連鎖とインタラクションの全体構造を、プロセスネットワークモデルを用いて記述した結果である。Figure 6-30, Figure 6-31, Figure 6-32 は、Figure 6-29 で記述したプロセスのうち、主要な利害関係者のプロセス（Figure 6-29 の赤色破線部(a), (b), (c)）に関するリソースモデルを記述した結果である。

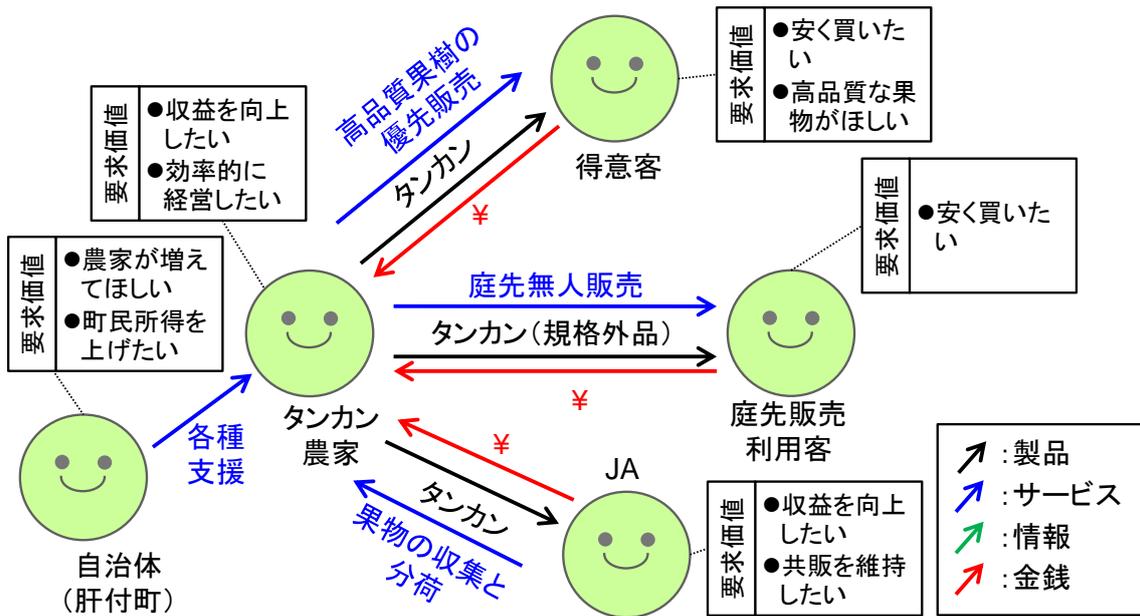


Figure 6-28 アクタネットワークモデル記述結果 (地域活性化：現状)

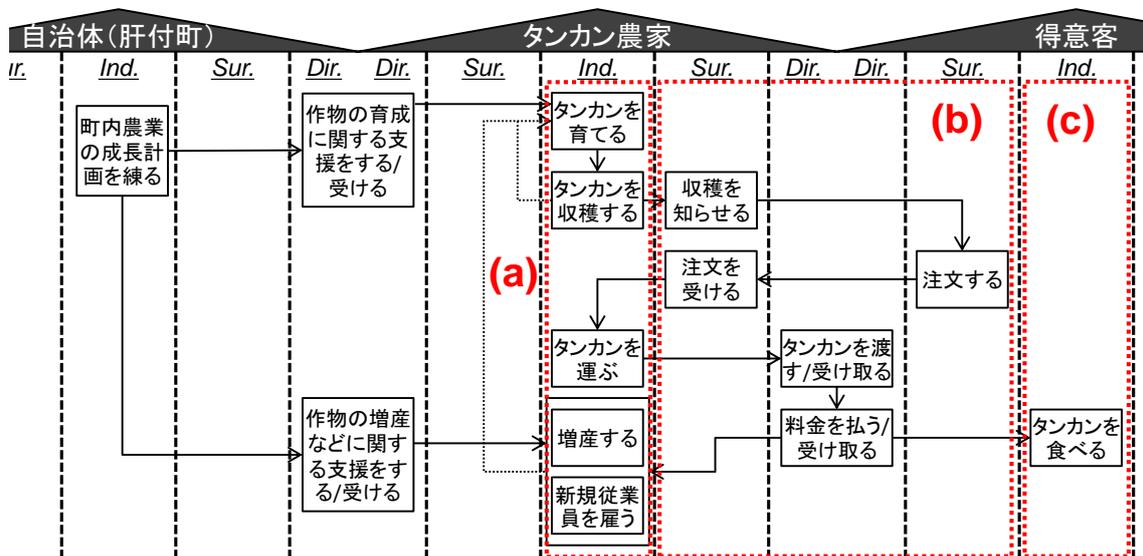


Figure 6-29 プロセスネットワークモデルの記述結果 (地域活性化：現状)

6.4.5 Step3:現状の PSS のシミュレーション

次に、シミュレーションのためのモデルを作成した。まず、記述したアクタネットワークモデル内における各利害関係者の要求価値に関して、価値評価パラメータを設定した。その結果が Table 6-12 である。Table 6-12 に示すように、本適用では、例えば、タンカン農家の要求価値「収益を向上したい」、「効率的に経営したい」の価値評価パラメータとしては、「収益」、「廃棄するタンカンの量」を設定した。

そして、これら価値評価パラメータを変化させるような事象やパラメータを、プロセスネットワークモデルやリソースモデルを参照しながら洗い出し、それらの関係を因果関係により関連付けた。ここでは、まず、農家がタンカンを生産して消費者に売るといような1回のトランザクションにおける因果関係により、各価値評価パラメータに対する部分 CLD を作成した (Figure 6-33)。そして、これら部分 CLD の中から同じ内容を表すパラメータ (Figure 6-33 において橙色点線で囲んだパラメータの内、同じアルファベットが付記されているもの) 同士を統合することで全体の CLD を作成した (Figure 6-34)。最後に、構築した全体 CLD 内のパラメータ間の因果関係に関して、「農家の収入が上がると、農園を拡大して増産を行い、タンカンの生産量が増加することで、さらに収入が増加する」のような、複数のトランザクションを考慮した場合に現れる因果関係を見つけ出し、その因果関係を追記することにより、長期的な相互作用も考慮可能な CLD を構築した。また、ここでは、先に述べた本事例の設定である「2年後に対象タンカン農家の従業員の1人がリタイアする.」、「1年後、3年後に、町内のタンカン農家が1軒ずつリタイアする。」に関するパラメータ及び因果関係も併せて記入した。その結果が Figure 6-35 である。

Table 6-12 価値評価パラメータの設定結果 (地域活性化)

利害関係者	要求価値	価値評価パラメータ
自治体(肝付町)	農家が増えてほしい	町内のタンカン農家従事者数
	町民所得を上げたい	タンカン農家の収益
タンカン農家	収益を向上したい	タンカン農家の収益
	効率的に経営したい	タンカンの廃棄量
JA	収益を向上したい	JAの収入
	共販を維持したい	JAに集まるタンカンの総量
近所の得意客	安く買いたい	個別販売におけるタンカンの販売価格
	高品質な果物がほしい	得意客に対するA品のタンカンの不足量
庭先販売利用者	安く買いたい	B品のタンカンの販売価格

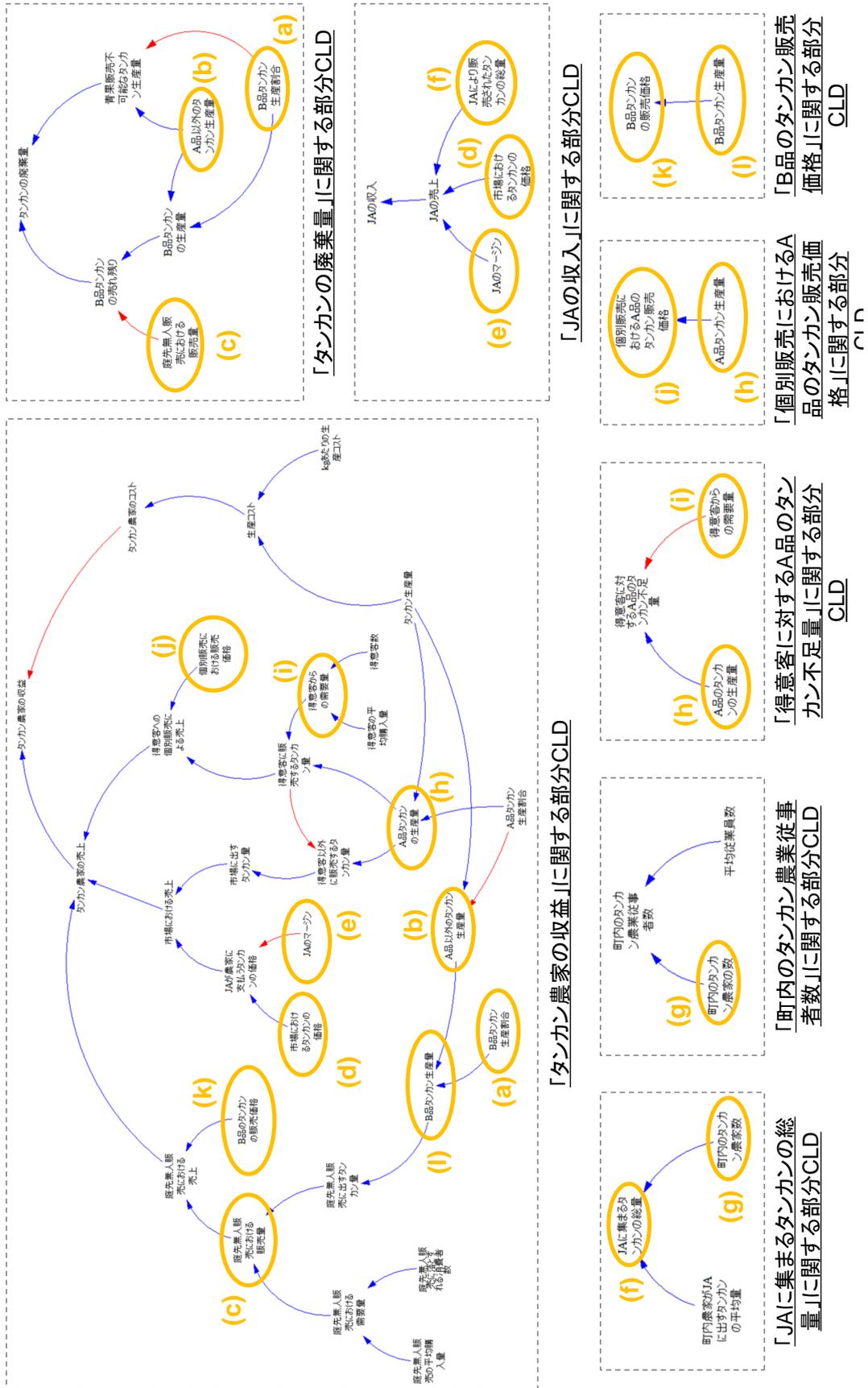


Figure 6-33 各価値評価パラメータに対する部分CLD（地域活性化）

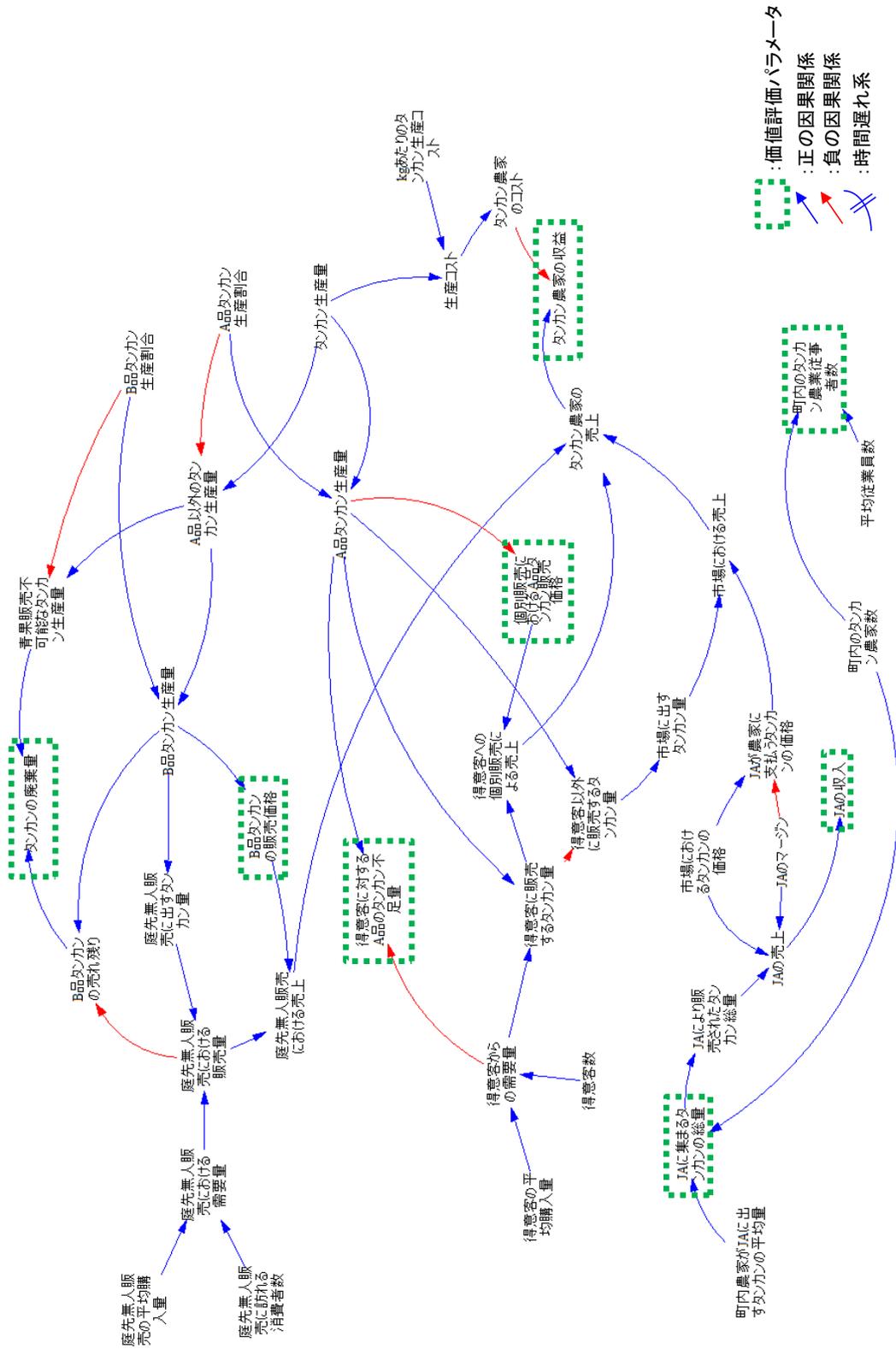


Figure 6-34 部分CLDの統合結果（地域活性化）

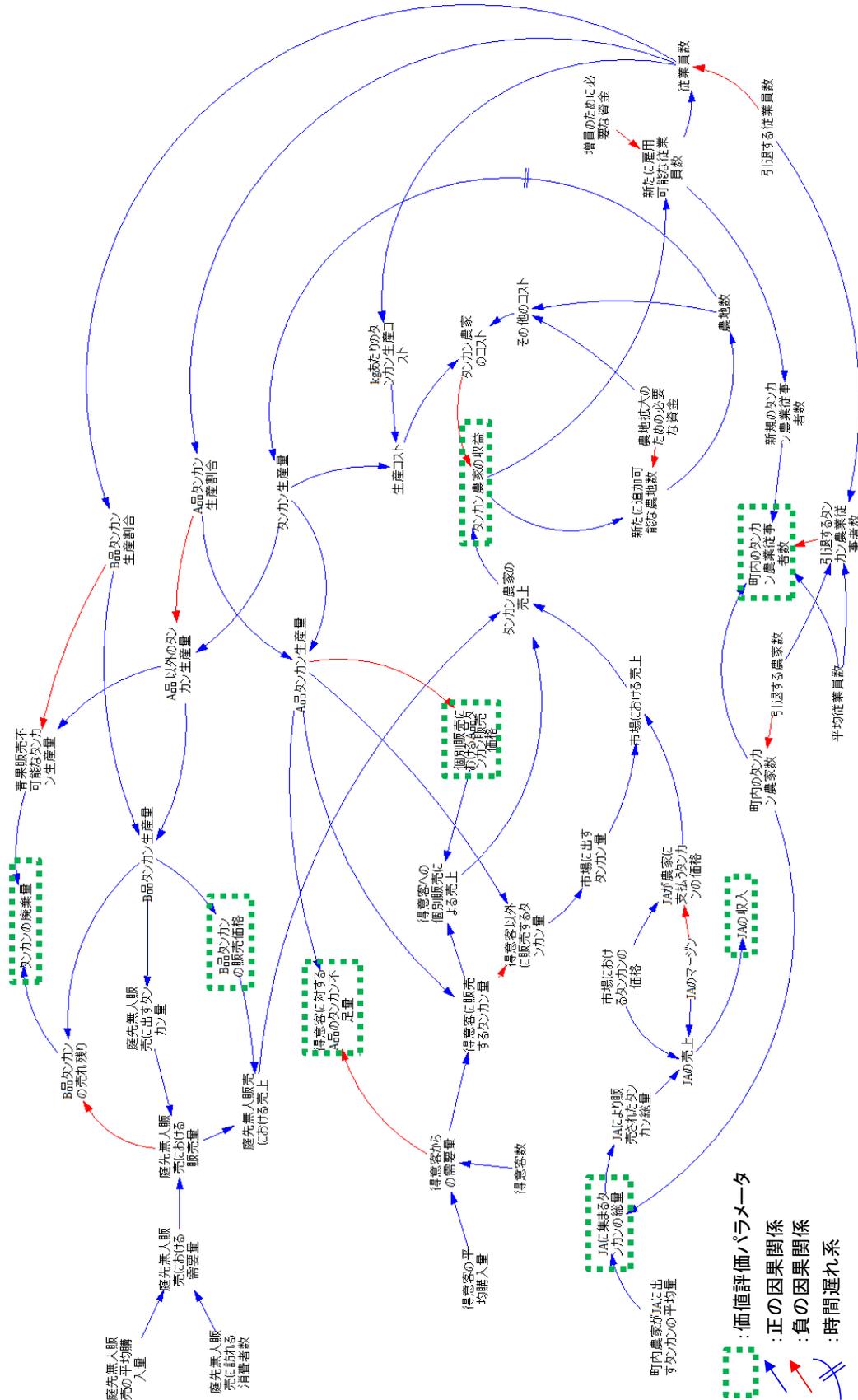


Figure 6-35 CLD の記述結果（地域活性化：現状）

次に、作成した CLD を SFD に変換し (Figure 6-36), 各利害関係者の要求価値の充足度を評価するためのシミュレーションを実行した。本シミュレーションでは、1 ステップを1週間とし、240週間分(5年間分)のシミュレーションを行った。ここでのシミュレーションにおいて用いた評価式を Table 6-13 に示す。ただし、2パラメータ間の非線形関係を表関数(WITH LOOKUP 関数)として設定したものは、その関数形状を Figure 6-37 に示す。また、本シミュレーションにおける入力データのうち、その値を定数として設定したものを Table 6-14 に、経時的に変化するよう設定したものを Figure 6-38 に示す。以上の Table 6-13, Figure 6-37, Table 6-14, Figure 6-38 には、主な評価式と入力データのみを記載しているため、全ての評価式及び入力データは付録の Table A5, Figure A5 (評価式), Table A6, Figure A6 (入力データ) を参照されたい。本適用においても、CLD や SFD の編集及びシミュレーションの実行には、Vensim [Vensim] を用いた。

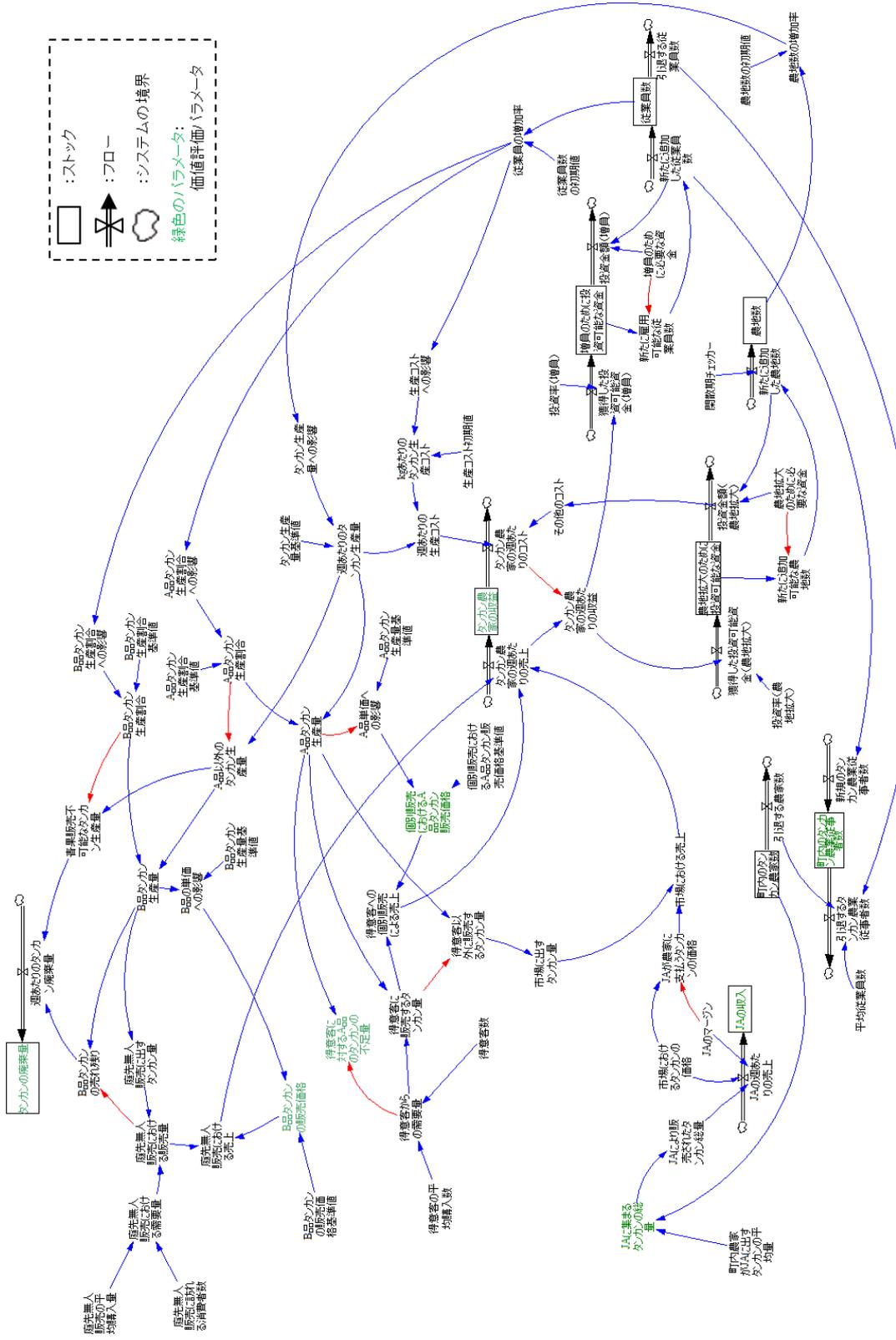


Figure 6-36 SFD の記述結果（地域活性化：現状）

Table 6-13 シミュレーションで用いた評価式（地域活性化：現状）

要求価値	評価式
町内のタンカン農家従事者数	町内のタンカン農業従事者数= INTEG (新規のタンカン農業従事者数-引退するタンカン農業従事者数,初期農家数*平均従業員数)
	新規のタンカン農業従事者数=新たに追加した従業員数
	新たに追加した従業員数=INTEGER(新たに雇用可能な従業員数)
	新たに雇用可能な従業員数=INTEGER(増員のために投資可能な資金/増員のために必要な資金)
	増員のために投資可能な資金= INTEG (獲得した投資可能資金 (増員) -投資金額 (増員),0)
	投資金額 (増員) =増員のために必要な資金*新たに追加した従業員数
	獲得した投資可能資金 (増員) =IF THEN ELSE(タンカン農家の週あたりの収益>0,タンカン農家の週あたりの収益*投資率 (増員) ,0)
	タンカン農家の週あたりの収益=タンカン農家の週あたりの売上-タンカン農家の週あたりのコスト
	引退するタンカン農業従事者数=引退する農家数*平均従業員数+引退する従業員数
	タンカン農家の収益
タンカン農家の週あたりの売上=市場における売上+庭先無人販売における売上+得意客への個別販売による売上	
市場における売上=JA が農家に支払うタンカンの価格*市場に出すタンカン量	
JA が農家に支払うタンカンの価格=市場におけるタンカンの価格*(1-JA のマージン)	
市場に出すタンカン量=得意客以外に販売するタンカン量	
得意客以外に販売するタンカン量=A 品タンカン生産量-得意客に販売するタンカン量	
A 品タンカン生産量=週あたりのタンカン生産量*A 品タンカン生産割合	
週あたりのタンカン生産量=タンカン生産量基準値*タンカン生産量への影響	
庭先無人販売における売上=B 品タンカンの販売価格*庭先無人販売における販売量	
庭先無人販売における販売量=IF THEN ELSE(庭先無人販売における需要量>庭先無人販売に出すタンカン量, 庭先無人販売に出すタンカン量, 庭先無人販売における需要量)	
庭先無人販売に出すタンカン量=B 品タンカン生産量	
B 品タンカン生産量=A 品以外のタンカン生産量*B 品タンカン生産割合	
A 品以外のタンカン生産量=週あたりのタンカン生産量*(1-A 品タンカン生産割合)	
得意客への個別販売による売上=得意客に販売するタンカン量*個別販売における A 品タンカン販売価格	
得意客に販売するタンカン量=IF THEN ELSE(得意客からの需要量>A 品タンカン生産量, A 品タンカン生産量, 得意客からの需要量)	
タンカン農家の週あたりのコスト=週あたりの生産コスト+その他のコスト	
週あたりの生産コスト=kg あたりのタンカン生産コスト*週あたりのタンカン生産量	
その他のコスト=投資金額 (農地拡大)	
投資金額 (農地拡大) =農地拡大のために必要な資金*新たに追加した農地数	
タンカンの廃棄量	タンカンの廃棄量= INTEG (週あたりのタンカン廃棄量,0)
	週あたりのタンカン廃棄量=B 品タンカンの売れ残り+青果販売不可能なタンカン生産量
	B 品タンカンの売れ残り=IF THEN ELSE(B 品タンカン生産量<庭先無人販売における販売量, 0,B 品タンカン生産量-庭先無人販売における販売量)
	青果販売不可能なタンカン生産量=A 品以外のタンカン生産量*(1-B 品タンカン生産割合)
	A 品以外のタンカン生産量=週あたりのタンカン生産量*(1-A 品タンカン生産割合)
JA の収入	JA の収入= INTEG (JA の週あたりの売上,0)
	JA の週あたりの売上=市場におけるタンカンの価格*JA のマージン*JA により販売されたタンカン総量
	JA により販売されたタンカン総量=JA に集まるタンカンの総量
JA に集まるタンカンの量	JA に集まるタンカンの総量=町内農家が JA に出すタンカンの平均量*町内のタンカン農家数
	町内のタンカン農家数= INTEG (-引退する農家数, 初期農家数)
	町内農家が JA に出すタンカンの平均量=A 品タンカン生産量基準値
個別販売におけるタンカンの販売価格	個別販売における A 品タンカン販売価格=個別販売における A 品タンカン販売価格基準値*A 品単価への影響
	A 品単価への影響= WITH LOOKUP (XIDZ(A 品タンカン生産量, A 品タンカン生産量基準値, 0))
得意客に対する A 品のタンカンの不足量	得意客に対する A 品のタンカンの不足量=IF THEN ELSE(A 品タンカン生産量>得意客からの需要量, 0, 得意客からの需要量-A 品タンカン生産量)
B 品のタンカンの販売価格	B 品タンカンの販売価格=B 品タンカンの販売価格基準値*B 品の単価への影響
	B 品の単価への影響= WITH LOOKUP (XIDZ(B 品タンカン生産量, B 品タンカン生産量基準値, 0))

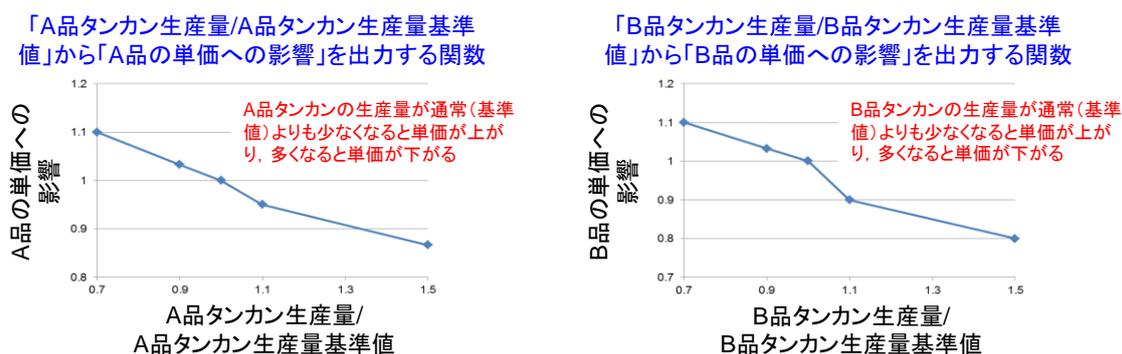


Figure 6-37 設定した表関数（地域活性化：現状）

Table 6-14 入力した定数データ（地域活性化：現状）

各パラメータの入力値	パラメータが示す内容
初期農家数=79[農家]	肝付町内の現状のタンカン農家数
平均従業員数=3[人/農家]	一タンカン農家あたりの従業員数
増員のために必要な資金=300,000[円/人]	タンカン農家が従業員を一人増員するために必要な資金
投資率（増員）=0.1	タンカン農家が増員のための投資資金を自身の収益から貯蓄する割合（これが「増員のために必要な資金」の額に達すると従業員を雇う）
市場におけるタンカンの価格=285[円/kg]	市場において取引されるタンカン（A 品）の価格
JA のマージン=0.105	手数料として JA が得るマージンの割合
農地拡大のために必要な資金=2,000,000[円/農地]	タンカン農家が農地を拡大するために必要な資金
個別販売における A 品タンカン販売価格基準値=500[円/kg]	タンカン農家が市場を介さずにタンカン（A 品）を販売するときの価格の基準値
B 品タンカンの販売価格基準値=300[円/kg]	タンカン農家が市場を介さずにタンカン（B 品）を販売するときの価格の基準値

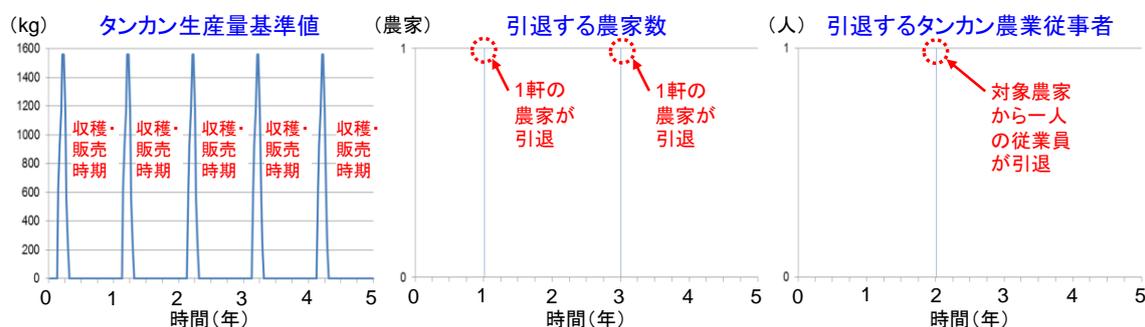


Figure 6-38 経時変化する入力データ（地域活性化：現状）

シミュレーション結果を Figure 6-39 に示す。図中の各グラフは、利害関係者の要求価値に関する価値評価パラメータの経時的変化を示す。

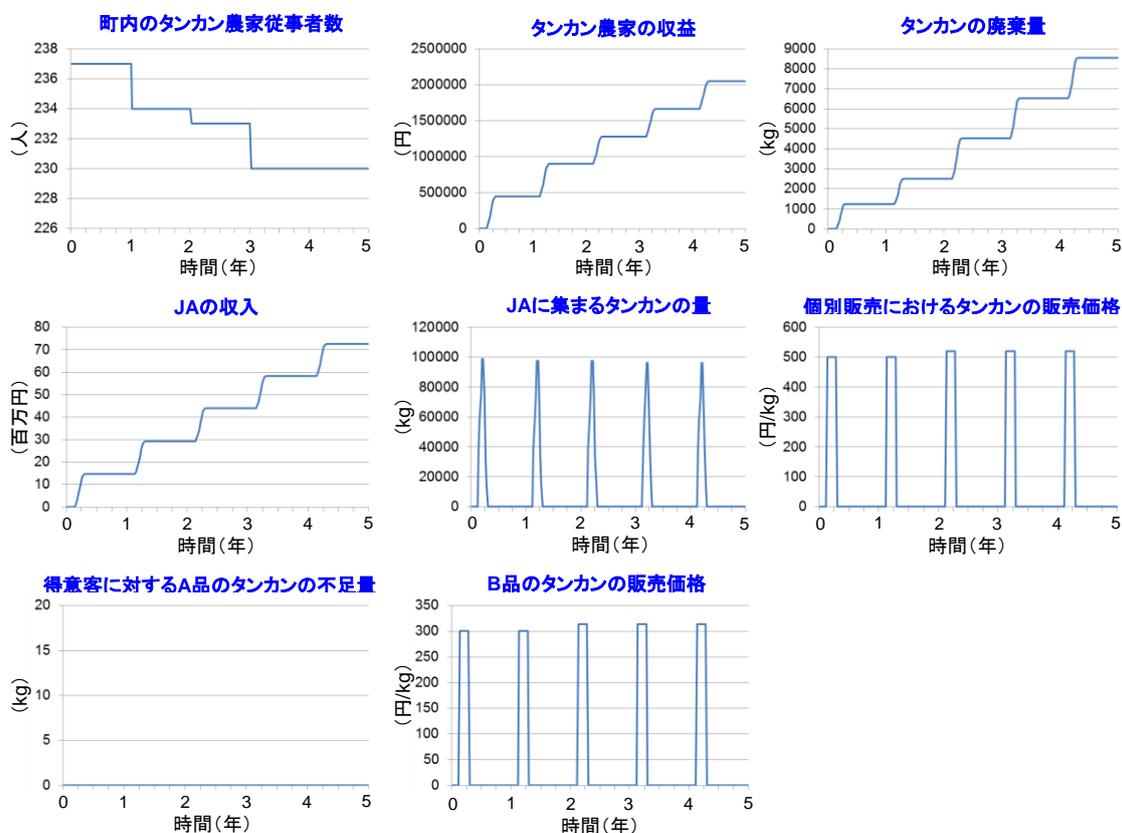


Figure 6-39 シミュレーション実行結果（地域活性化：現状）

6.4.6 Step4:PSS の改善

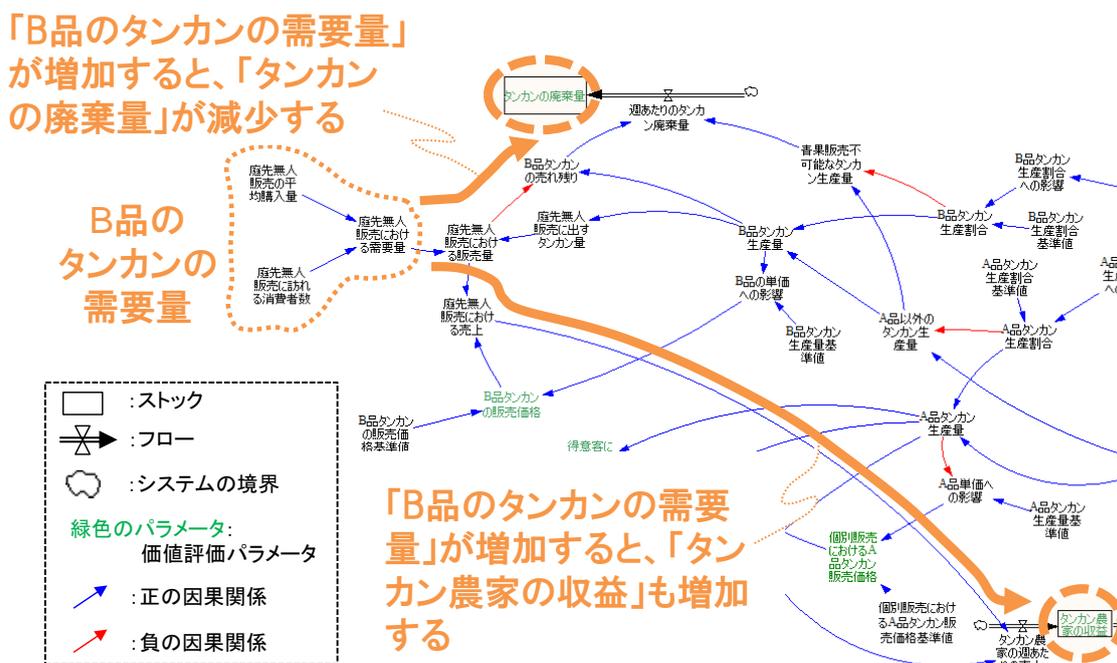
Figure 6-39 に示すシミュレーション結果から、現状、規格外品を中心として売れ残ってしまうタンカンが多いため「タンカンの廃棄量」が多くなっており、これによりタンカン農家が「効率的な経営」を行えず、「タンカン農家の収益」が効率的に得られていないことが読み取れる。また、このことにより農家の高齢化の流れを抑制できず、「町内のタンカン農家従事者数」は減少の一途を辿っており、このままでは産業の喪失にも繋がる懸念された。そこで本適用では、以下の3点を設計目標として、改善案の検討を行った。ただし、ここでの改善案は、多様な利害関係者にとって高い価値を持つことが必要であり、設計目標を達成するだけでなく「どの利害関係者に対しても大きな損害を与えない」とう設計制約も満たさなければならない。

- タンカンの廃棄量を下げる
- タンカン農家の収益を上げる

● 町内のタンカン農家従事者の減少を食い止める

本適用では、これら設計目標を達成するための改善案を、設計チームにおける議論を通じて導出した。ここでは、上記で設定した設計目標を達成するために、タンカンの廃棄量を下げつつ、タンカン農家の収益を上げるための改善案を考えた。まず、シミュレーションモデルを参照することで、「B 品のタンカン」の需要量を上げることにより、「B 品のタンカンの売れ残り」が減少し、その結果として「タンカンの廃棄量」が下がることがわかった。また、「B 品のタンカン」の需要量を上げることは、同時に、「タンカン農家の収益」を上げることにも大きく貢献することがわかった (Figure 6-40)。そこで、ここでは、B 品のタンカンの需要量を上げるための改善案を、実現構造モデルのモデル操作を基本として、設計者間で検討した。

現状の実現構造モデルやシミュレーションモデルからは、B 品のタンカンの需要量は、「庭先販売利用客」からの需要量のみ依存していることがわかるが、庭先無人販売の需要量を増加させることは困難であった。そこで本適用では、アクタネットワークモデルにおける「利害関係者の追加」というモデル操作方法に基づき、ネットを利用して B 品を「都市圏の消費者」に販売することにより（新たな利害関係者として「都市圏の消費者」を追加することにより）、B 品の需要量を増加させる、という改善案を導出した。これにより、タンカンの廃棄量減少とタンカン農家の収益向上を実現し、結果として町内のタンカン農家の減少を食い止めることが期待された。



6.4.7 PSSの逐次的な改善(設計サイクルの繰り返し)と設計解の導出

次に、前項に述べた改善案の詳細化を行った。この詳細化過程では、一旦導出した改善案のモデル化とシミュレーションを実施し、改善案の導入により(1)設計目標が達成されるか、(2)他の利害関係者が大きな損害を受けないか、という2点を逐次確認しながら、改良すべき点が見つかった場合は、改善案の更なる詳細化を行った。

(1) 設計解の詳細化・改善過程1

前述のように、B品のネット販売は、肝付町に住む消費者ではなく、遠方に住む消費者、特に、インターネットショッピングを頻繁に使用する都市圏の消費者を対象としたものである。そのため、ネット販売を行うためには、タンカンを遠方地にまで配送する「配送業者」が必要となる。そこで、「配送業者」も新たな利害関係者として追加した。そして、「都市圏の消費者」、「配送業者」といった新たに追加した利害関係者の要求価値の分析を行った。その結果がTable 6-15であり、都市圏の消費者の要求価値として「安く買いたい」を、配送業者の要求価値として「収益を向上したい」を特定した。また、これら要求価値の価値評価パラメータは、それぞれ、「B品のタンカンの販売価格」、「配送業者の収益」と設定した(Table 6-15)。

次に、この改善案を、PSSの実現構造モデルに反映した。記述したアクタネットワークモデル、プロセスネットワークモデルを、Figure 6-41、Figure 6-42にそれぞれ示す。また、プロセスネットワークモデルの主要部分(Figure 6-42の赤色破線部(a)から(f))をリソースモデルで記述した結果を、順にFigure 6-43からFigure 6-48に示す。

そして、この更新をシミュレーションモデルにも反映した。その結果が、Figure 6-49 (CLD)とFigure 6-50 (SFD)である。ここでのシミュレーションモデルの主な変更点は、B品のネット販売に関するパラメータと数式を追加したこと、及び、配送業者の収益獲得に関するパラメータと数式を追加したことである。シミュレーションモデル内の数式上の主な変更点をTable 6-16に示す。本シミュレーションに関しても、用いた全ての評価式と入力データの一覧を付録(Table A7とFigure A7に評価式、Table A8とFigure A8に入力データ)に示している。

Table 6-15 新たに追加した利害関係者とその要求価値(改善1)

追加した利害関係者	要求価値	価値評価パラメータ
都市圏の消費者	安く買いたい	B品のタンカンの販売価格
配送業者	収益を向上したい	配送業者の収益

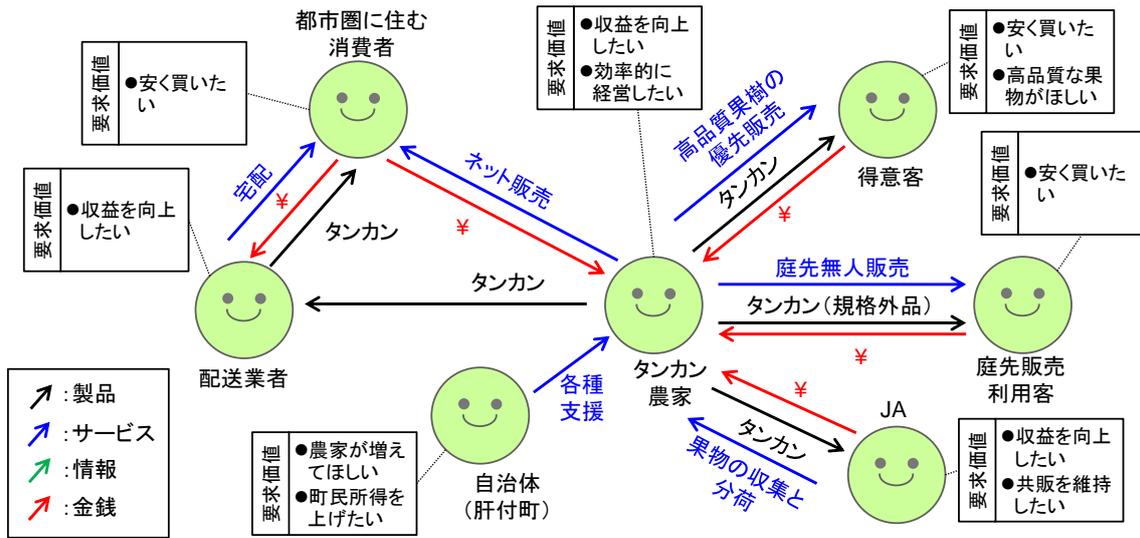


Figure 6-41 アクタネットワークモデル記述結果（地域活性化：改善 1）

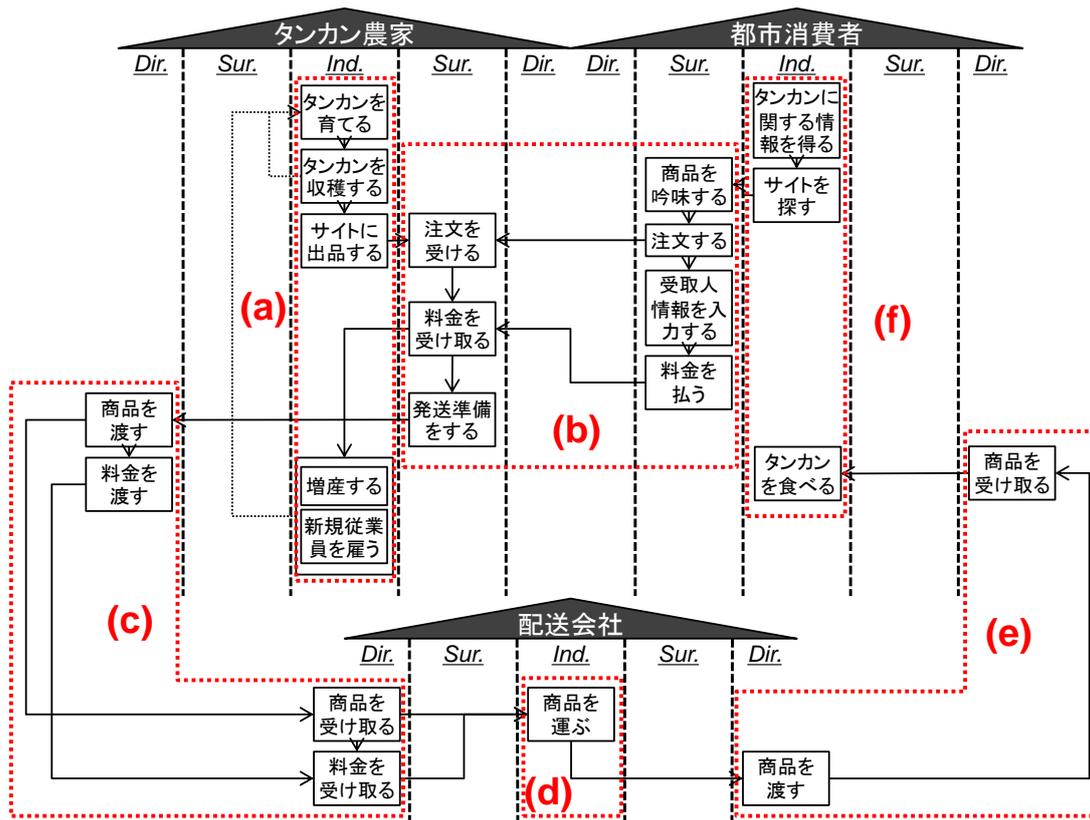


Figure 6-42 プロセスネットワークモデルの記述結果（地域活性化：改善 1）

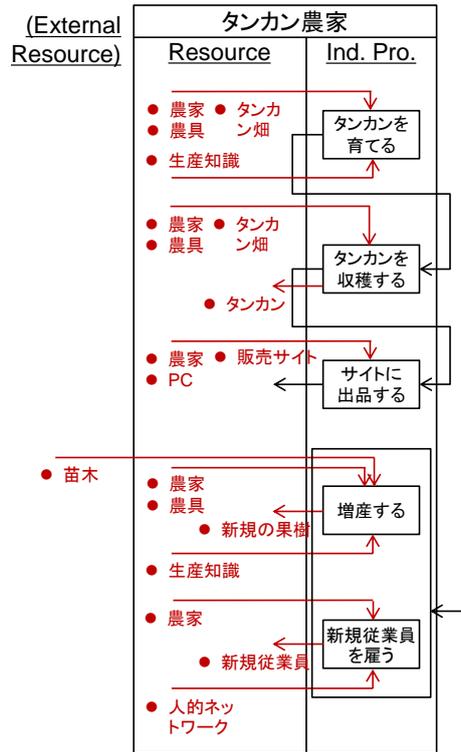


Figure 6-43 農家の独立プロセスに対するリソースモデル記述結果（改善1）

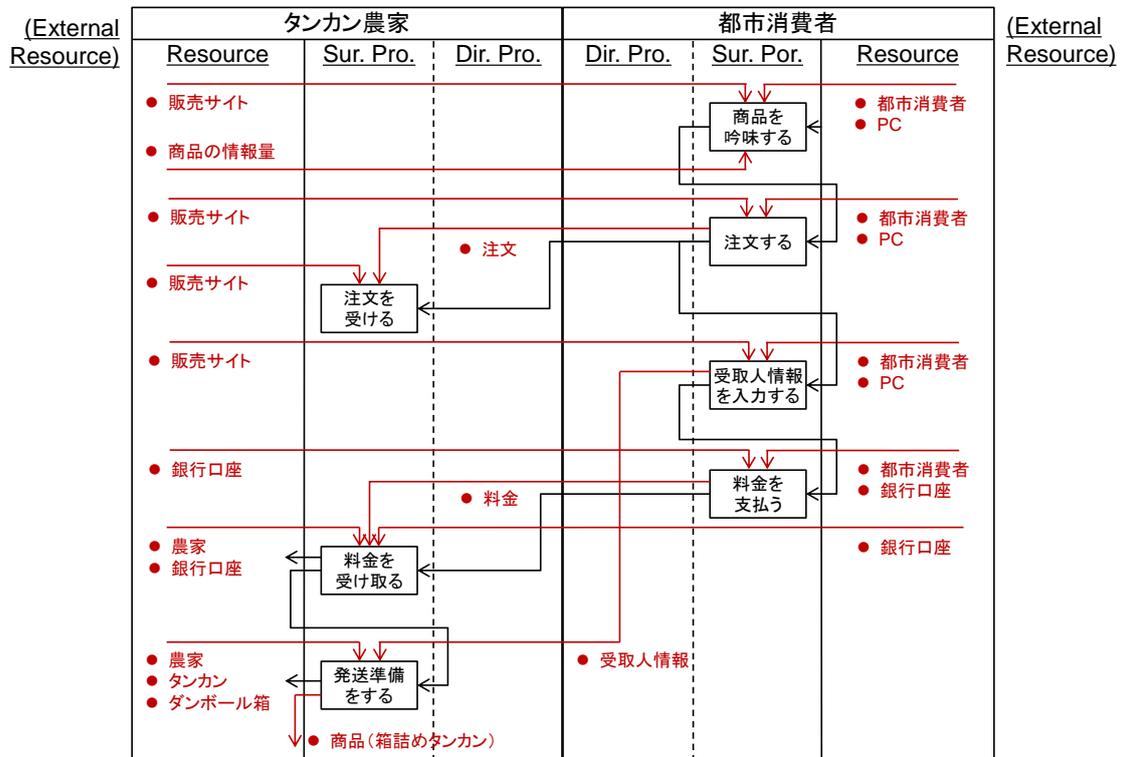


Figure 6-44 農家と消費者間のプロセスに対するリソースモデル記述結果（改善1）

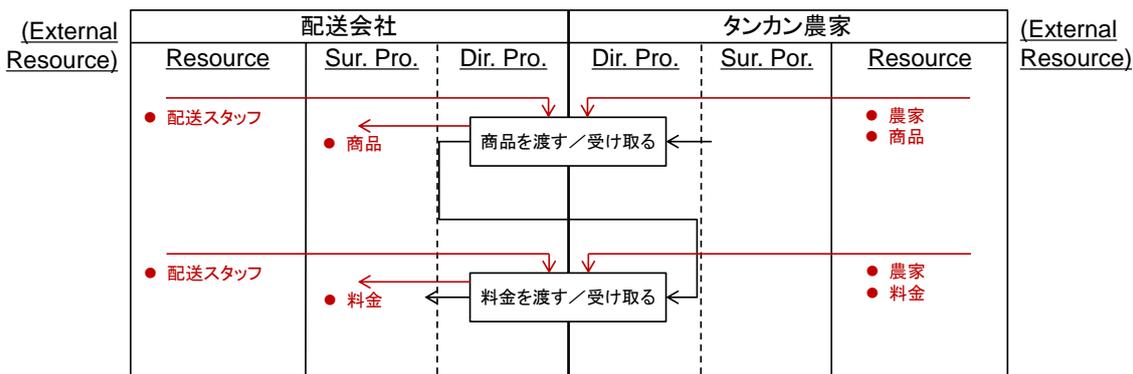


Figure 6-45 配送会社と農家間のプロセスに対するリソースモデル記述結果（改善 1）



Figure 6-46 配送会社の独立プロセスに対するリソースモデルの記述結果（改善 1）



Figure 6-47 配送会社と消費者間のプロセスに対するリソースモデル記述結果（改善 1）

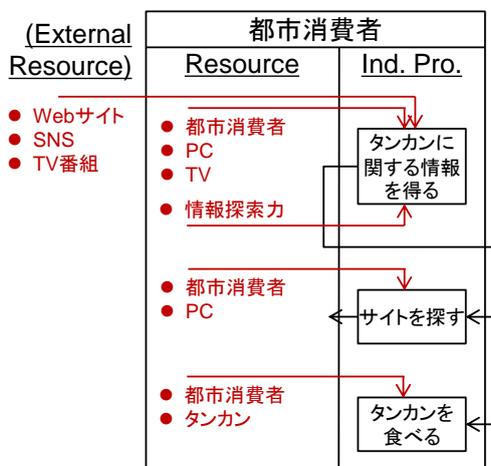


Figure 6-48 消費者の独立プロセスに対するリソースモデル記述結果（改善 1）

Table 6-16 シミュレーションモデル内の主な数式変更（地域活性化：改善1）

パラメータ	過程	数式
タンカン農家の週あたりの売上	現状	タンカン農家の週あたりの売上=市場における売上+庭先無人販売における売上+得意客への個別販売による売上
	改善1	タンカン農家の週あたりの売上=ネット販売による売上+市場における売上+庭先無人販売における売上+得意客への個別販売による売上
庭先無人販売に出すタンカン量	現状	庭先無人販売に出すタンカン量=B品タンカン生産量
	改善1	庭先無人販売に出すタンカン量=B品タンカン生産量*庭先無人販売に出すタンカン割合
		庭先無人販売に出すタンカン割合=0.2
B品のタンカンの売れ残り	現状	B品タンカンの売れ残り=IF THEN ELSE(B品タンカン生産量<庭先無人販売における販売量, 0, B品タンカン生産量-庭先無人販売における販売量)
	改善1	B品タンカンの売れ残り=IF THEN ELSE(B品タンカン生産量<(庭先無人販売における販売量+ネット販売における販売量 (B品)), 0, B品タンカン生産量-(ネット販売における販売量 (B品)+庭先無人販売における販売量))
配送業者の収益	現状	-
	改善1	配送業者の収益= INTEG (配送業者の週あたりの売上-配送業者の週あたりのコスト, 0)
		配送業者の週あたりの売上=ネット販売における購入者数の合計*一件あたりの売上
		一件あたりの売上=500
		配送業者の週あたりのコスト=ネット販売における購入者数の合計*一件あたりのコスト
		一件あたりのコスト=85
ネット販売における購入者数の合計=ネット販売におけるB品の購入者数		

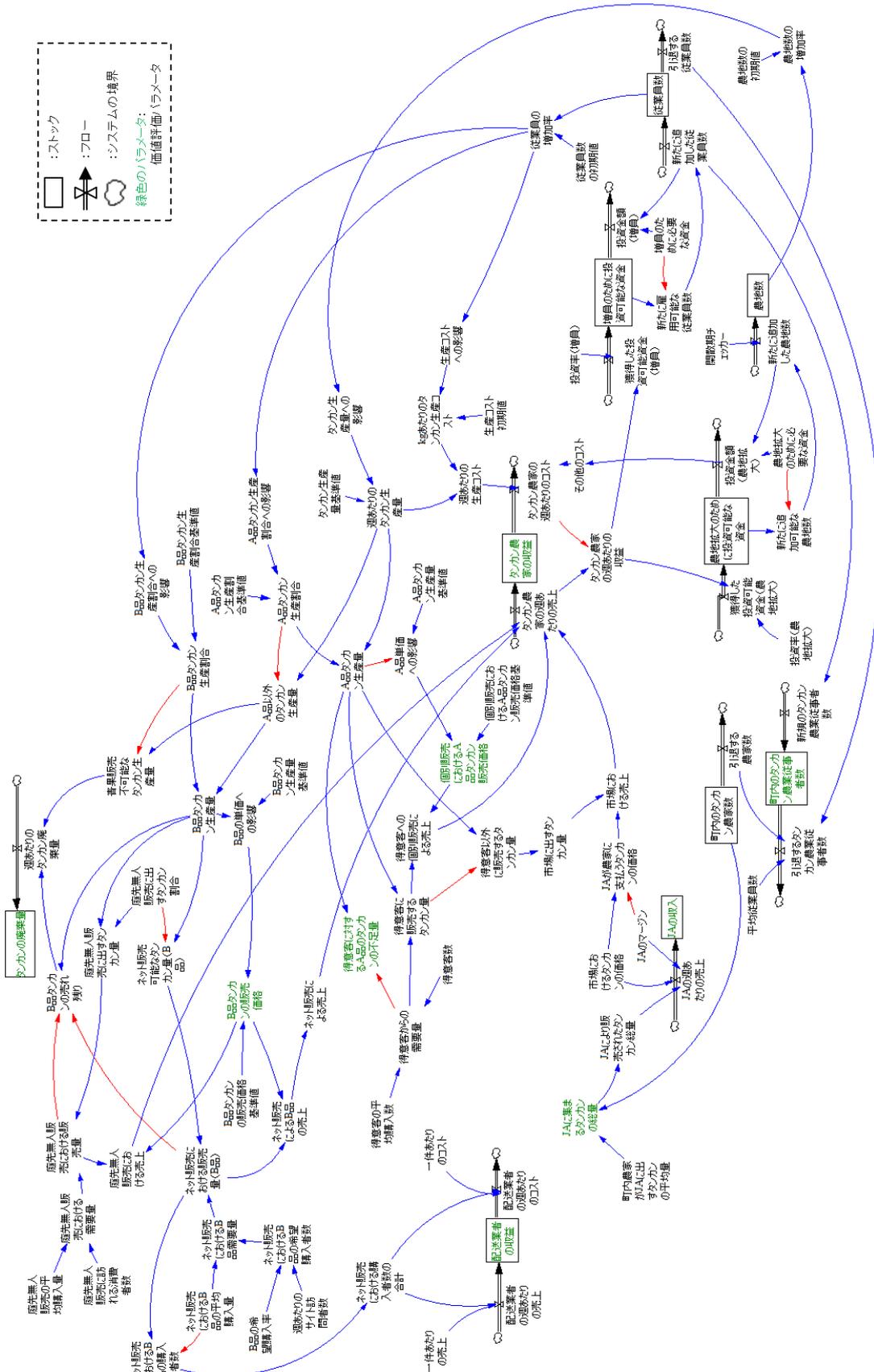


Figure 6-50 SFD の記述結果（地域活性化：改善1）

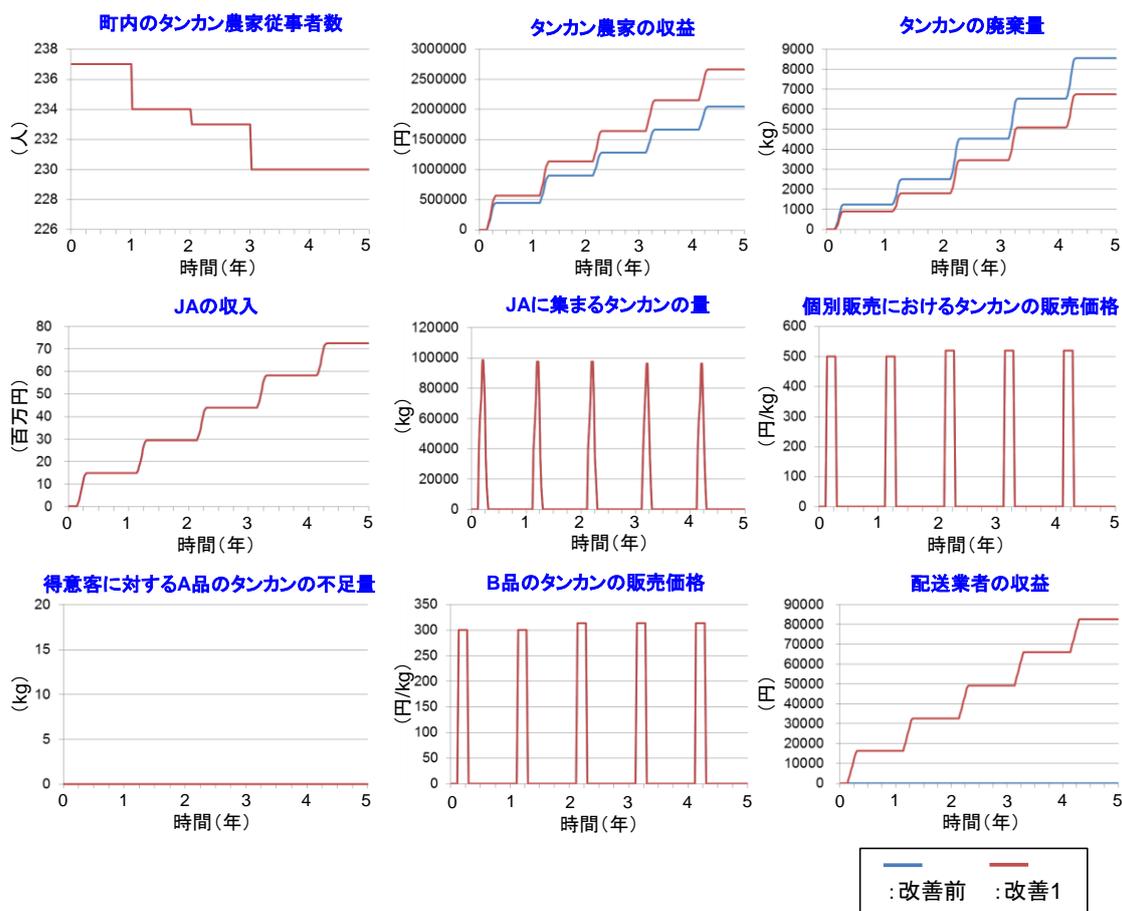


Figure 6-51 シミュレーションの実行結果（地域活性化：改善1）

本シミュレーションモデルに基づき、各利害関係者の要求価値の充足度を評価するためのシミュレーションを実行した。その結果が Figure 6-51 である。Figure 6-51 のシミュレーション結果から、B 品のネット販売に関する改善案を導入することにより、「タンカン農家の収益」が上がることや「タンカンの廃棄量」が下がることが確認できた。しかしながらその一方で、タンカン農家の収益の上昇幅がまだ小さいために、「町内のタンカン農家従事者数」を食い止めることができていないこともわかった。このことは、この時点では、設計目標を達成できていないことを意味している。

(2) 設計解の詳細化・改善過程 2

そこで、タンカン農家の収益をより向上可能な改善案を検討した。ここでは、同じ A 品でも「個別販売における A 品タンカン販売価格」は約 500 円/kg（生産量に応じて変動する）であるが、「市場におけるタンカンの価格」は 285 円/kg と大きな差があること、

また、市場を通じた販売では、JA にマージン（手数料）を取られていることに注目し（Figure 6-52）、タンカン農家がより高い売上を獲得できるように、「B 品だけでなく、A 品の一部もネット販売することで、更なる収益向上を実現する」という改善案を導出した。

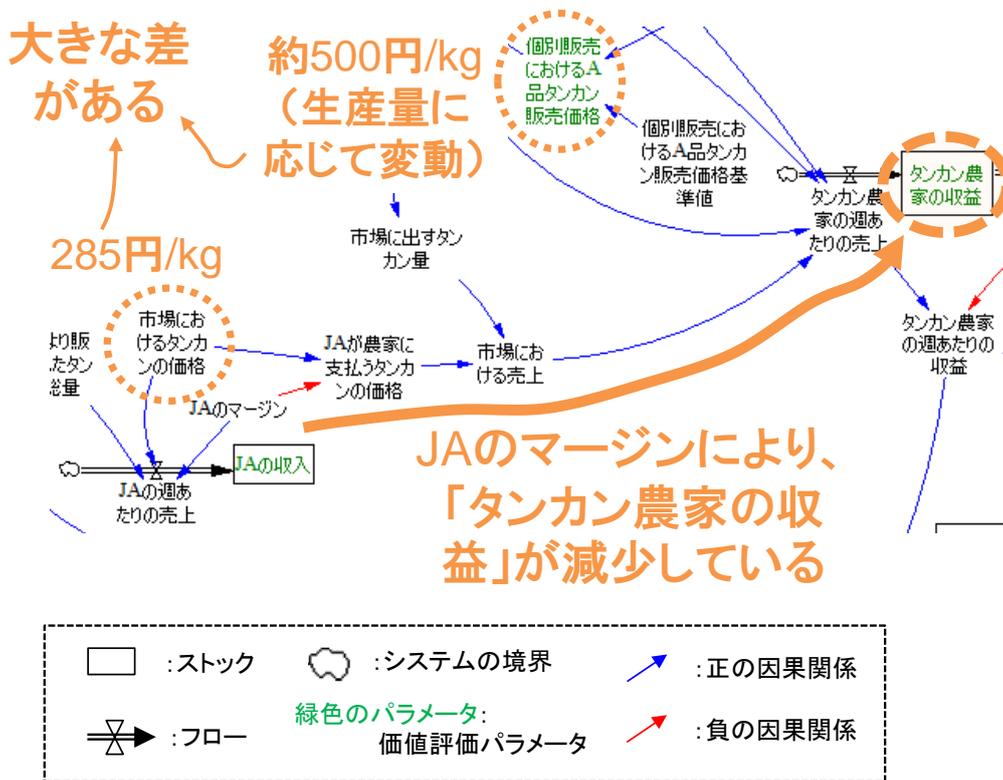


Figure 6-52 タンカン農家の更なる収益向上のための改善案の検討

A 品のネット販売においては、先に述べた現場調査において、「見た目が綺麗でサイズも大きい A 品は、県外の人への贈答用に用いられることが多い。特に、タンカンは県外の人からは非常に希少性の高い果物であるため、贈答用で贈ると喜ばれる。」という情報を得ていたため、A 品のネット販売の受給者として「贈答用として購入する消費者（贈る側）」と「贈答先の消費者（受け取る側）」を考え、これらを新たな利害関係者として追加した（アクタネットワークモデルにおける「利害関係者の追加」というモデル操作を行った）。そして、これら利害関係者の要求価値の分析を行った結果、「贈答用として購入する消費者」の要求価値として「安く買いたい」と「収穫時期を知りたい」が、また、「贈答先の消費者」の要求価値として「様々な種類の果物が食べたい」を抽出した（Table 6-17）。これら要求価値に関する価値評価パラメータは、Table 6-17 に示す通りである。

Table 6-17 新たに追加した利害関係者とその要求価値（地域活性化：改善 2）

追加した利害関係者	要求価値	価値評価パラメータ
贈答用として購入する消費者	安く買いたい	個別販売におけるタンカンの販売価格
	収穫時期を知りたい	収穫時期に関する情報の有無
贈答先の消費者	様々な種類の果物が食べたい	消費者が購入可能な果物の種類
地域フルーツショップ	収益を向上したい	地域フルーツショップの収益

本過程では、新たに抽出した要求価値のうち、「収穫時期を知りたい」や「様々な種類の果物が食べたい」を、現状の PSS の構造で充足することは困難であると考えたため、これら要求価値を充足するための新たな改善案を検討することとした。ここでは、実現構造モデルのモデル操作に基づいて改善案の検討を行った。

まず、「収穫時期を知りたい」の充足のための改善案を検討した。ここでは、アクタネットワークモデルにおける「コンテンツの追加」というモデル操作方法に基づき、タンカン農家から消費者に対して情報提供サービスを追加することを発想した。これを基本として、設計者間で議論を深めた結果、「収穫時期を知りたい」の充足のための改善案として、「プロモーションやダイレクトメール（以下、DM）により収穫時期を知らせ、販売促進をする。ネット販売をすればするほど消費者に関する情報が蓄積されていき、販売促進が効果的になる。」という改善案を導出した。

次に、「様々な種類の果物が食べたい」を充足するための改善案を検討した。ここでも、アクタネットワークモデルにおける「コンテンツの追加」というモデル操作方法に基づき、消費者に対してタンカンを販売するだけでなく、「肝付町で生産されている果物（柑橘類）のセット販売を行う」という改善案を導出した。この果物のセット販売では、肝付町で収穫可能な特徴的な果物の種類とその収穫時期を考慮して、3種類の果物セット（「セット1：きんかん，でこぼん，ぽんかん，タンカン」，「セット2：きんかん，でこぼん，タンカン」，「セット3：レモン，辺塚だいたい」）を販売することとした。

これらの改善案を、PSS の実現構造モデルに反映した。このモデルへの反映の過程においては、「果物のセット販売」という改善案に関して、肝付町の農家は基本的に多品種の果物を生産しておらず、一農家がこれを実施することは困難であることがあることがわかったため、本適用では、様々な農家から季節の果物を収集しパック商品を生産する利害関係者として、「地域フルーツショップ」を追加した。また、その要求価値として「収益を向上したい」を抽出した（Table 6-17）。以上に基づき、PSS の実現構造モデルを更新した。アクタネットワークモデルとプロセスネットワークモデルを更新した結果を、Figure 6-53、Figure 6-54 に示す。また、本改善案の一部である「農家がプロモーションを行うシーン」のリソースモデルの記述結果を Figure 6-55 に示す。

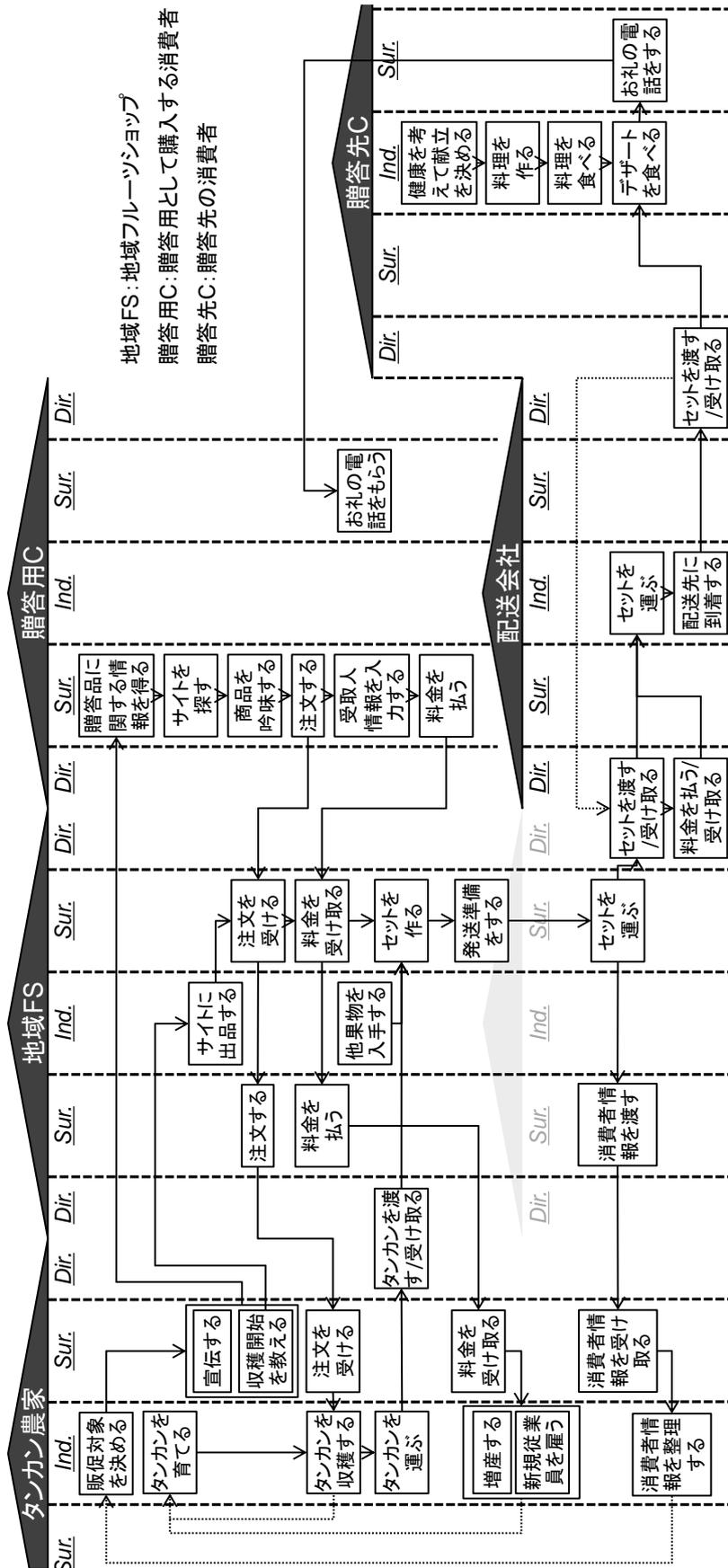


Figure 6-54 プロセスネットワークモデルの記述結果（地域活性化：改善 2-1）

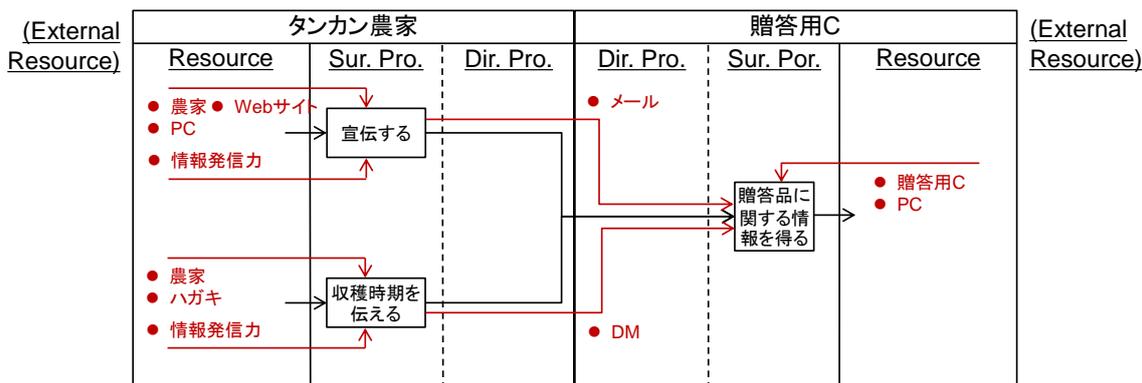


Figure 6-55 リソースモデルの記述結果の一部（地域活性化：改善 2-1）

ここで、記述した PSS の実現構造のレビューを行い、本 PSS の肝付町における実施可能性について検討した。その際、肝付町の農業事情をよく知る設計者から、肝付町のタンカン農家は小規模な家族経営の農家が殆どであり、プロモーションや DM 発送などの販売促進活動を農家自身が実施することは困難であるという意見が示され、本改善案では、妥当な実現構造が構築されていないことがわかった。

そこで、この問題を解決するための改善案を、実現構造モデルを参照しながら検討した。ここでは、プロセスネットワークモデルにおける「プロセスのレーンを跨いだ移動」というモデル操作方法に基づき、タンカン農家が実施する販売促進活動に係わるプロセスを地域フルーツショップのプロセスレーンに移動するというモデル操作を行った（Figure 6-56）。これにより、「販売促進は地域フルーツショップがまとめて行うこととする。」という改善案を導出した。また、この販売促進活動は、地域活性化のための活動を兼ねているため、「自治体（肝付町）が補助金を出す」という改善案も採用した。本改善案においては、地域フルーツショップが消費者の情報をまとめ、分析しながらプロモーションを行うため、地域フルーツショップの要求価値として、新たに「多くの情報を取得したい」を追加した（本要求価値の価値評価パラメータは、「獲得した消費者情報の量」とした）。

本改善案を、PSS の実現構造モデルに反映した。その記述結果を Figure 6-57 から Figure 6-63 に示す。Figure 6-57 は、アクタネットワークモデルの記述結果である。Figure 6-57 からは、Figure 6-53 で示した以前の構造に対して、本適用にて導出した「タンカン農家から消費者に向けた A 品（規格内品）や B 品（規格外品）のネット販売」や「地域フルーツショップによる果物のセット販売」といったサービスの実現構造が追加的に記述されていることがわかる。Figure 6-58 は、「地域フルーツショップによる果物のセット販売」の受供給プロセスをプロセスネットワークモデルで記述した結果である。また、

このプロセスネットワークモデルにおける主要部分 (Figure 6-58 の赤色破線部(a)から(e)) をリソースモデルで記述した結果を、順に Figure 6-60 から Figure 6-63 に示す。

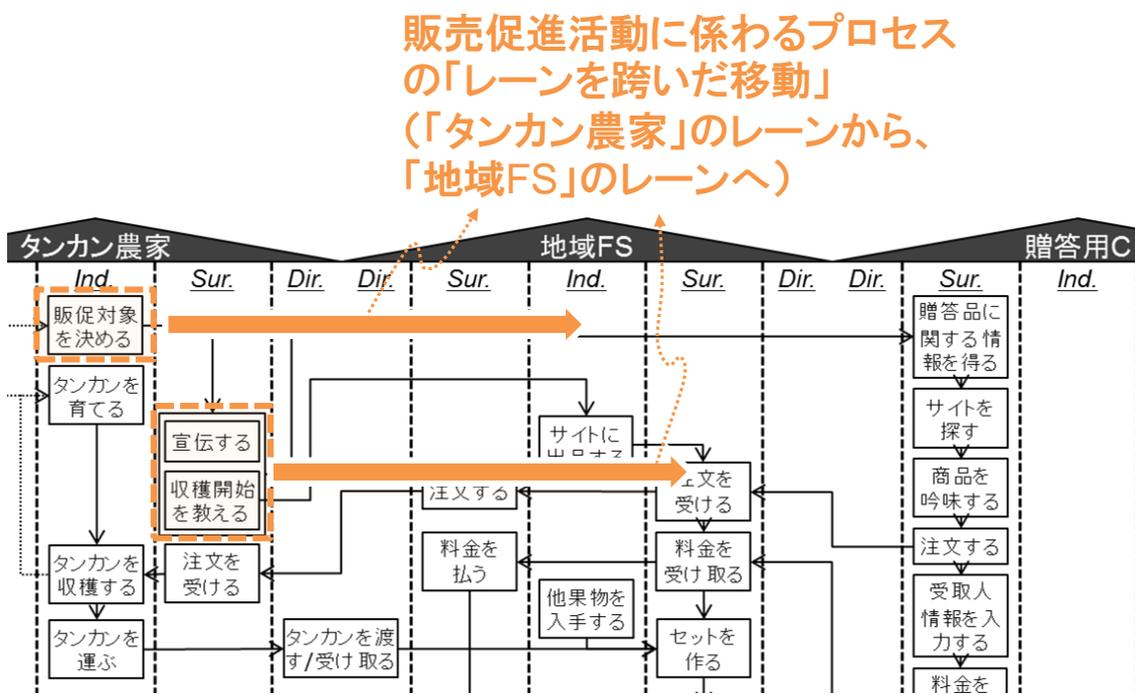


Figure 6-56 レーンを跨いだ移動による改善案の検討

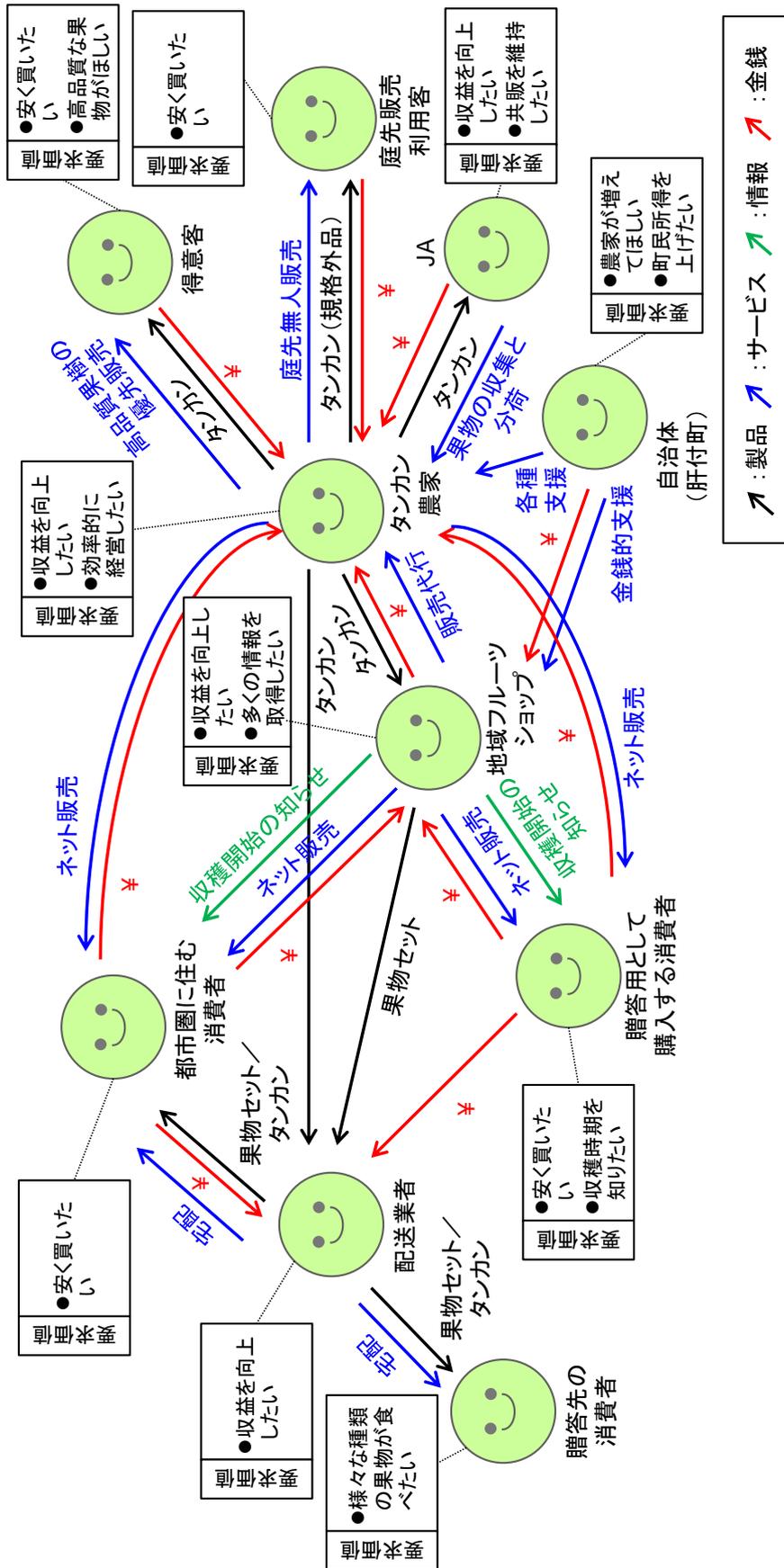
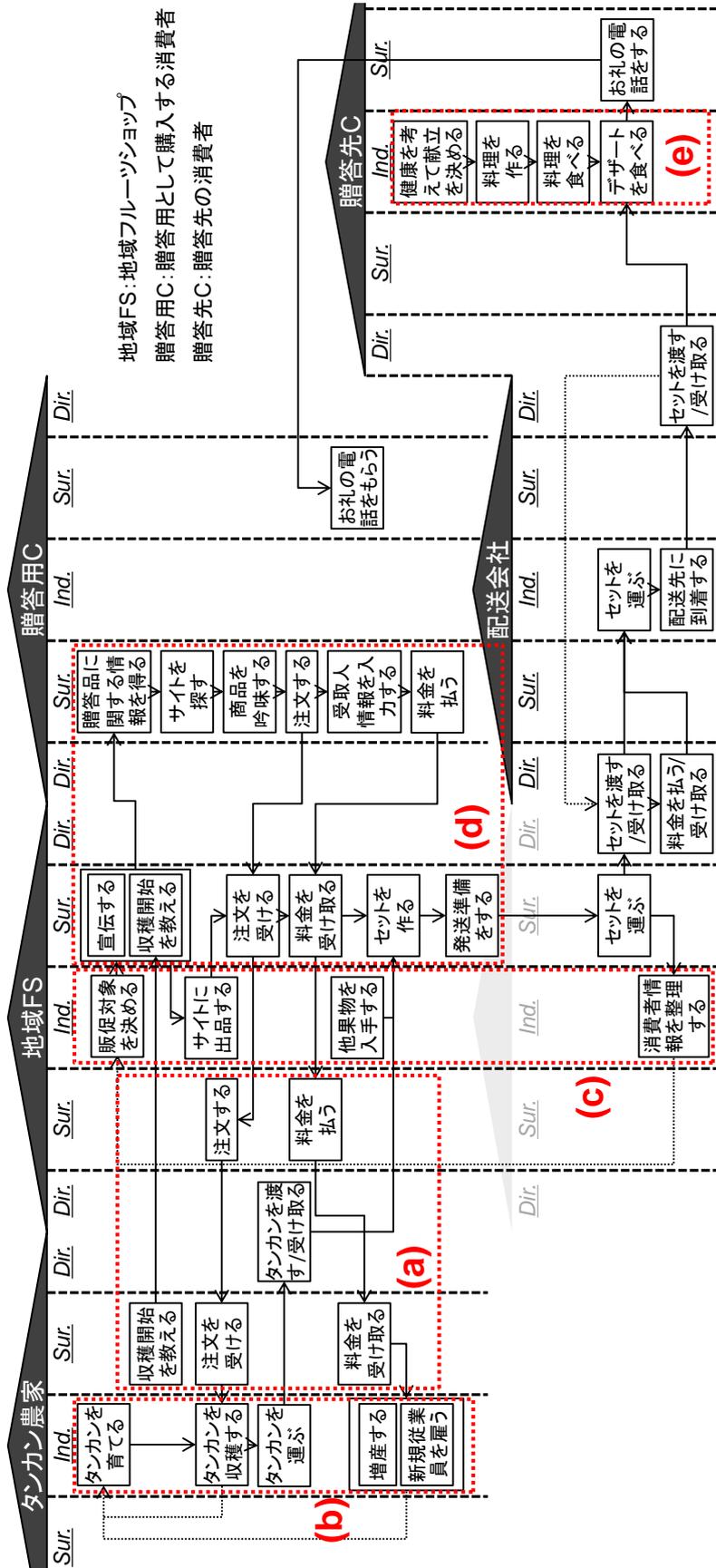


Figure 6-57 アクタネットワークモデルの記述結果（地域活性化：改善 2-2）



地域FS: 地域フルーツショップ
 贈答用C: 贈答用として購入する消費者
 贈答先C: 贈答先の消費者

Figure 6-58 プロセスネットワークモデルの記述結果（地域活性化：改善 2-2）

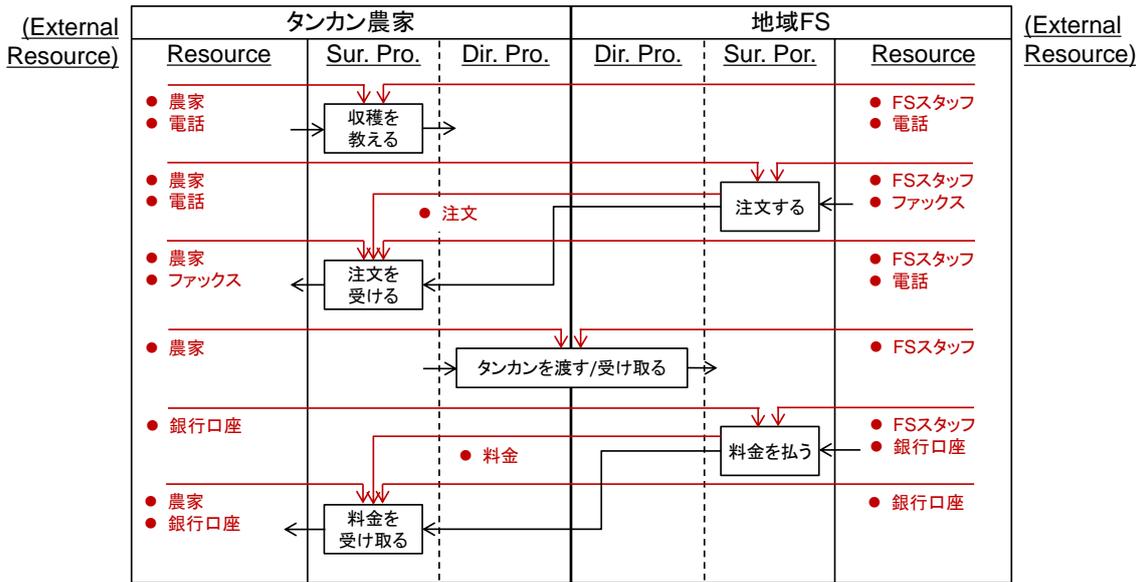


Figure 6-59 農家とフルーツショップ間のプロセスに対するリソースモデルの記述結果 (改善 2-2)

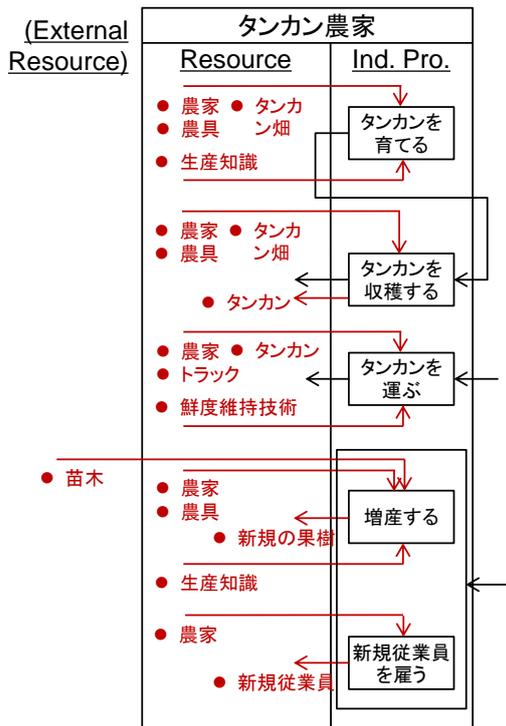


Figure 6-60 農家の独立プロセスに対するリソースモデルの記述結果 (改善 2-2)

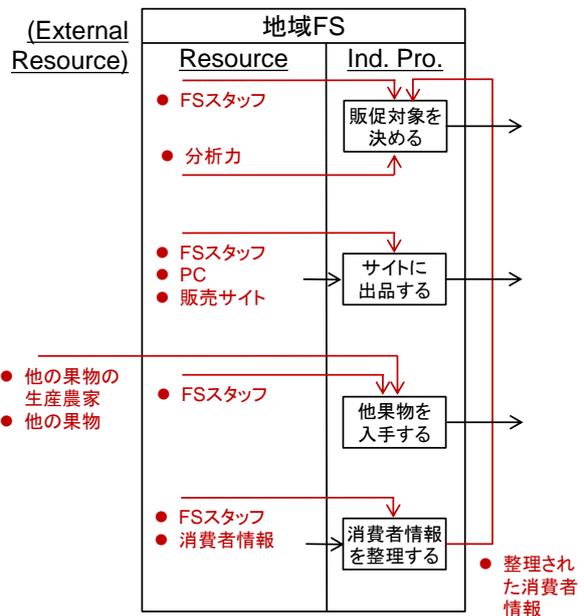


Figure 6-61 フルーツショップの独立プロセスに対するリソースモデルの記述結果 (改善 2-2)

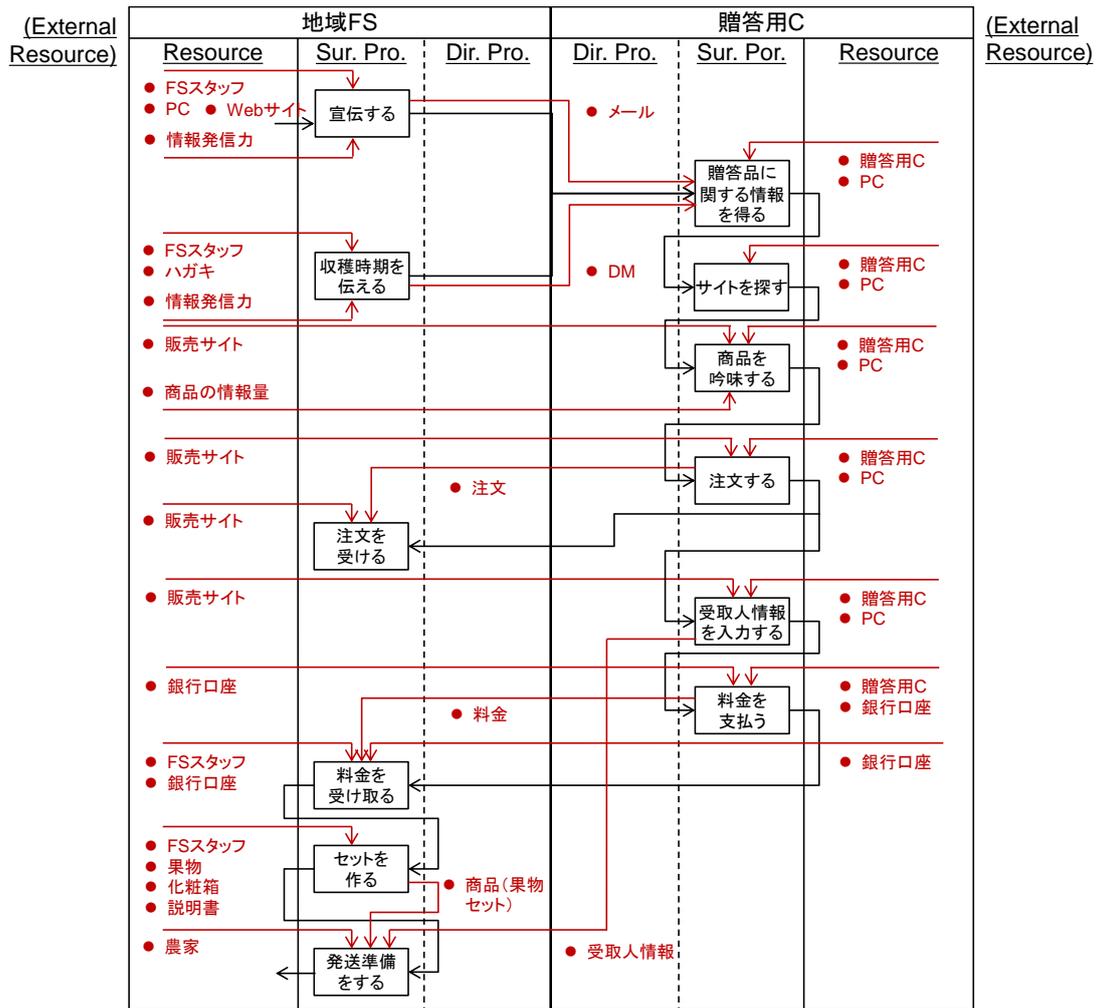


Figure 6-62 フルーツショップと消費者間のプロセスに対するリソースモデルの記述結果 (改善 2-2)

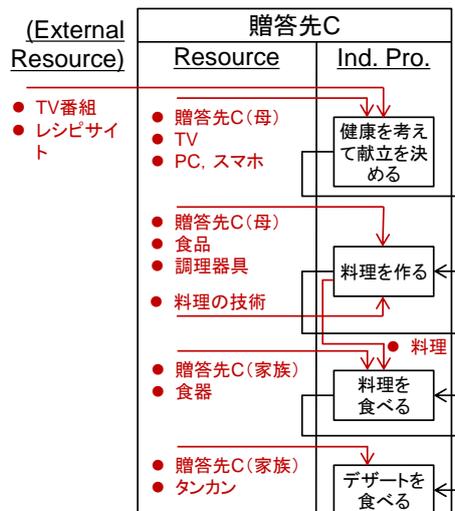


Figure 6-63 贈答先消費者の独立プロセスに対するリソースモデルの記述結果 (改善 2-2)

この実現構造モデルの更新に合わせて、シミュレーションのモデル (CLD と SFD) も更新し、再度シミュレーションを実行した。ここでのシミュレーションモデルの主な変更点は、A品のネット販売に関するパラメータと数式を追加したこと、地域フルーツショップによる果物販売や情報提供、宣伝に関するパラメータと数式を追加したことである。シミュレーションモデル内の数式上の主な変更点を Table 6-18 に示す。本表では、各価値評価パラメータに対して、それを計算するための数式を、改善過程1と過程2の間でどのように変更されたかを記述している。また、本シミュレーションにおいて、「地域フルーツショップが獲得した消費者情報量が増加すると、効果的な宣伝が実施可能になり、販売サイト訪問者数が増加する」という関係は、Figure 6-64 のように設定した。

Table 6-18 シミュレーションモデル内の主な数式変更 (地域活性化：改善2)

パラメータ	過程	数式
タンカン農家の週あたりの売上	改善1	タンカン農家の週あたりの売上=ネット販売による売上+市場における売上+庭先無人販売における売上+得意客への個別販売による売上
	改善2	タンカン農家の週あたりの売上=ネット販売による売上+地域FSへの販売による売上+市場における売上+庭先無人販売における売上+得意客への個別販売による売上
ネット販売による売上	改善1	ネット販売による売上=ネット販売によるB品の売上
	改善2	ネット販売による売上=ネット販売によるA品の売上+ネット販売によるB品の売上
市場に出すタンカン量	改善1	市場に出すタンカン量=得意客以外に販売するタンカン量
	改善2	市場に出すタンカン量=得意客以外に販売するタンカン量*市場に出すタンカン割合
JAに集まるタンカンの総量	改善1	JAに集まるタンカンの総量=町内農家がJAに出すタンカンの平均量*町内のタンカン農家数
	改善2	JAに集まるタンカンの総量=(ネット販売を行う農家数*市場に出すタンカン量)+((町内のタンカン農家数-ネット販売を行う農家数)*ネット販売を行わない農家が市場に出すタンカン量)
ネット販売における購入者数の合計	改善1	ネット販売における購入者数の合計=ネット販売におけるB品の購入者数
	改善2	ネット販売における購入者数の合計=ネット販売におけるA品の購入者数+ネット販売におけるB品の購入者数
収穫時期に関する情報の有無	改善1	-(なし)
	改善2	収穫時期に関する情報の有無=IF THEN ELSE(宣伝量>0, 1, 0)
消費者が購入可能な果物の種類	改善1	-(なし)
	改善2	消費者が購入可能な果物の種類=販売可能チェッカー(きんかん)+販売可能チェッカー(でこぼん)+販売可能チェッカー(ぼんかん)+販売可能チェッカー(タンカン)+販売可能チェッカー(レモン)+販売可能チェッカー(辺塚だいたい) ※販売可能チェッカーは、各果物の収穫・販売が行われる時期に1となり、それ以外の時期は0になるように設定した。
地域FSの収益	改善1	-(なし)
	改善2	地域FSの収益=INTEG(地域FSの週あたりの収益-地域FSの他のコスト, 0) 地域FSの週あたりの収益=セット1による収益+セット2による収益+セット3による収益 ※地域フルーツショップでは、時期に応じて、3種類の果物セット(セット1, セット2, セット3)を販売することとした。「セット1」は、きんかん, でこぼん, ぼんかん, タンカンのセット。「セット2」は、きんかん, でこぼん, タンカンのセット。「セット3」は、レモン, 辺塚だいたいのセット。
獲得した消費者情報の量	改善1	-(なし)
	改善2	獲得した消費者情報の量=INTEG(消費者情報の獲得量, 消費者情報の初期値) 獲得した消費者情報の量=INTEGER(ネット販売における購入者数の合計*一人あたりの情報量)

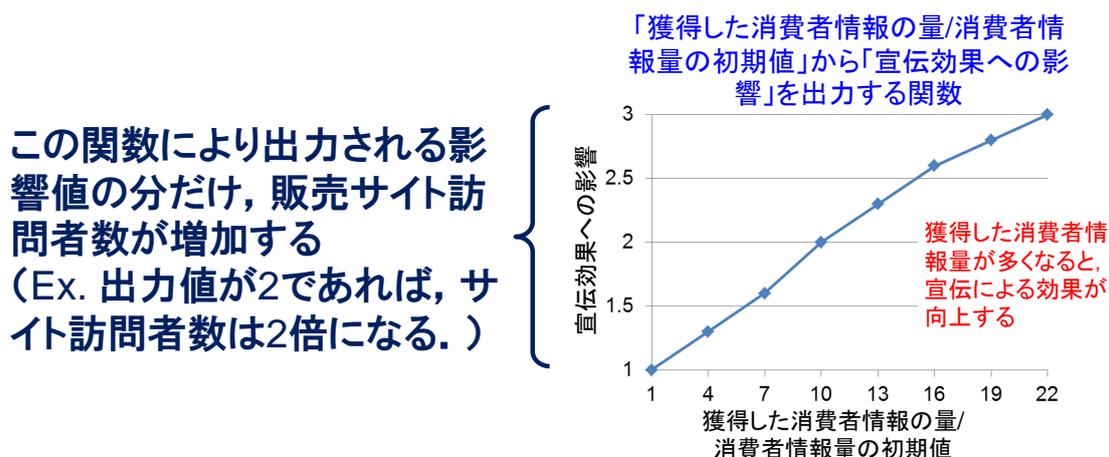


Figure 6-64 消費者情報量の増加と宣伝効果の関係の設定

更新後のシミュレーションモデルを Figure 6-65 (CLD) と Figure 6-66 (SFD) に示す。本シミュレーションモデルに基づき、シミュレーションを実行した結果が Figure 6-67 である。

Figure 6-67 からわかるように、本適用において導出した改善案を実施することにより、「タンカンの廃棄量を下げる」、「タンカン農家の収益を上げる」、「町内のタンカン農家従事者の減少を食い止める」という 3 点を設計目標が達成された。さらに、「配送業者」や「贈答先の消費者」といった、新たに追加された利害関係者の要求価値も充足可能であることを確認した。Figure 6-67 の「地域フルーツショップの収益」のグラフでは、「地域フルーツショップ」の収益が 2 年目から 4 年目は負の値を示しているが、これは、果物の販売促進にかかる費用が果物販売の売上を上回るためであった。この問題に対しては、「自治体（肝付町）から地域活性化に関する資金援助を受ける」という対策を施すことにより解決可能である。また、4 年目以降は増加に転じていることから、長期的な観点から見れば、地域フルーツショップも高い価値を得ることができると考えられる。

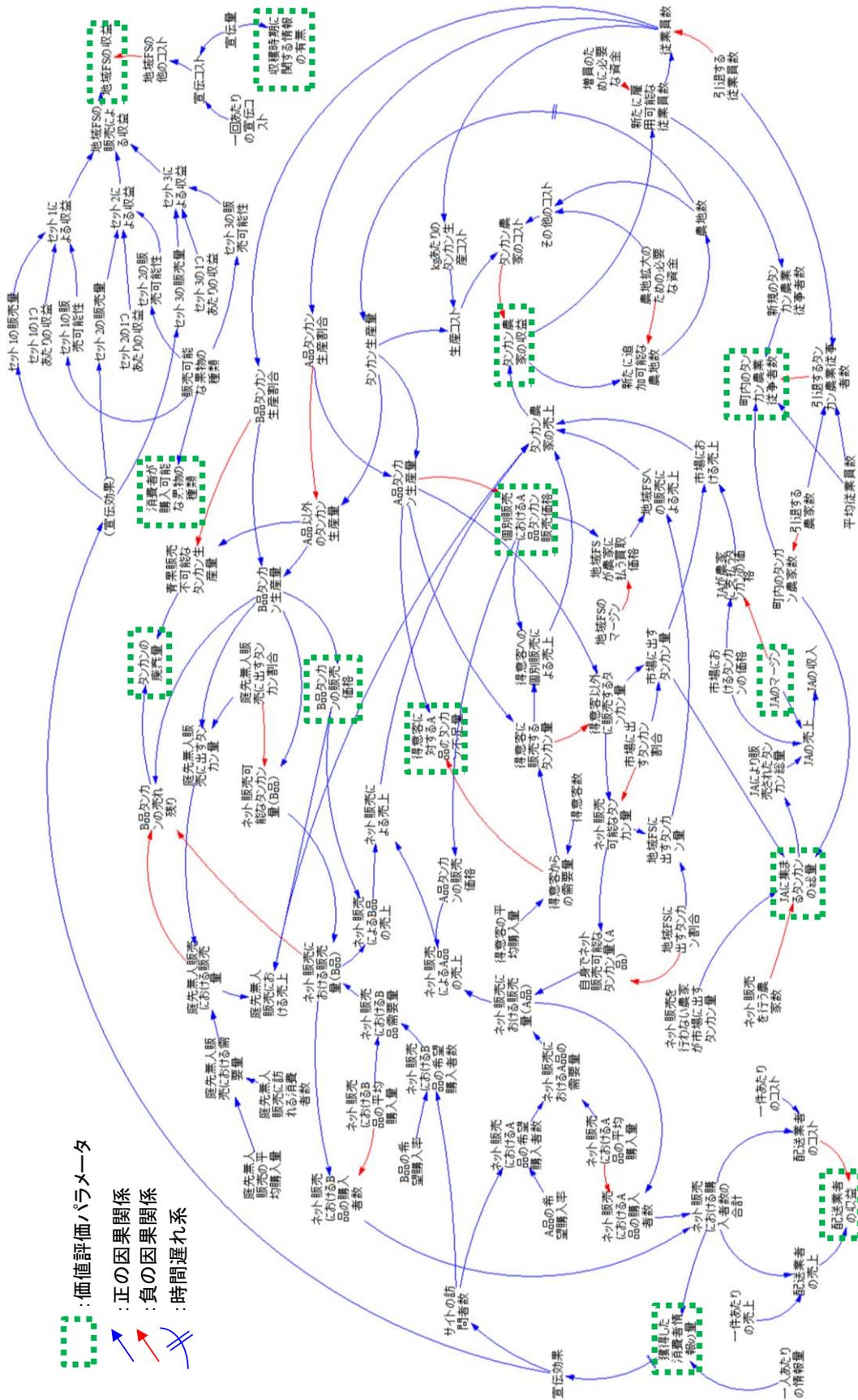


Figure 6-65 CLD の記述結果（地域活性化：改善 2-2）

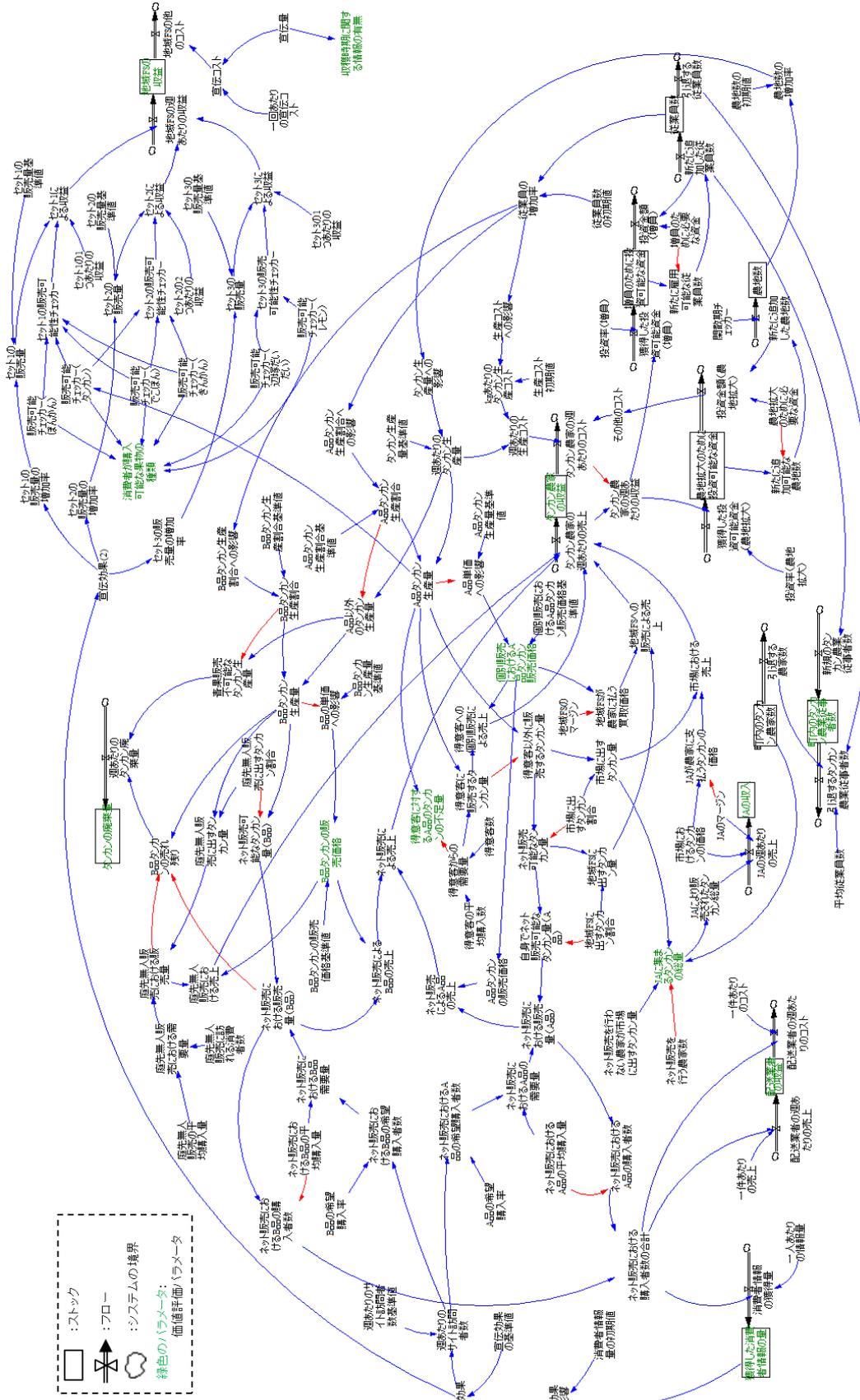


Figure 6-66 SFD の記述結果 (地域活性化：改善 2-2)

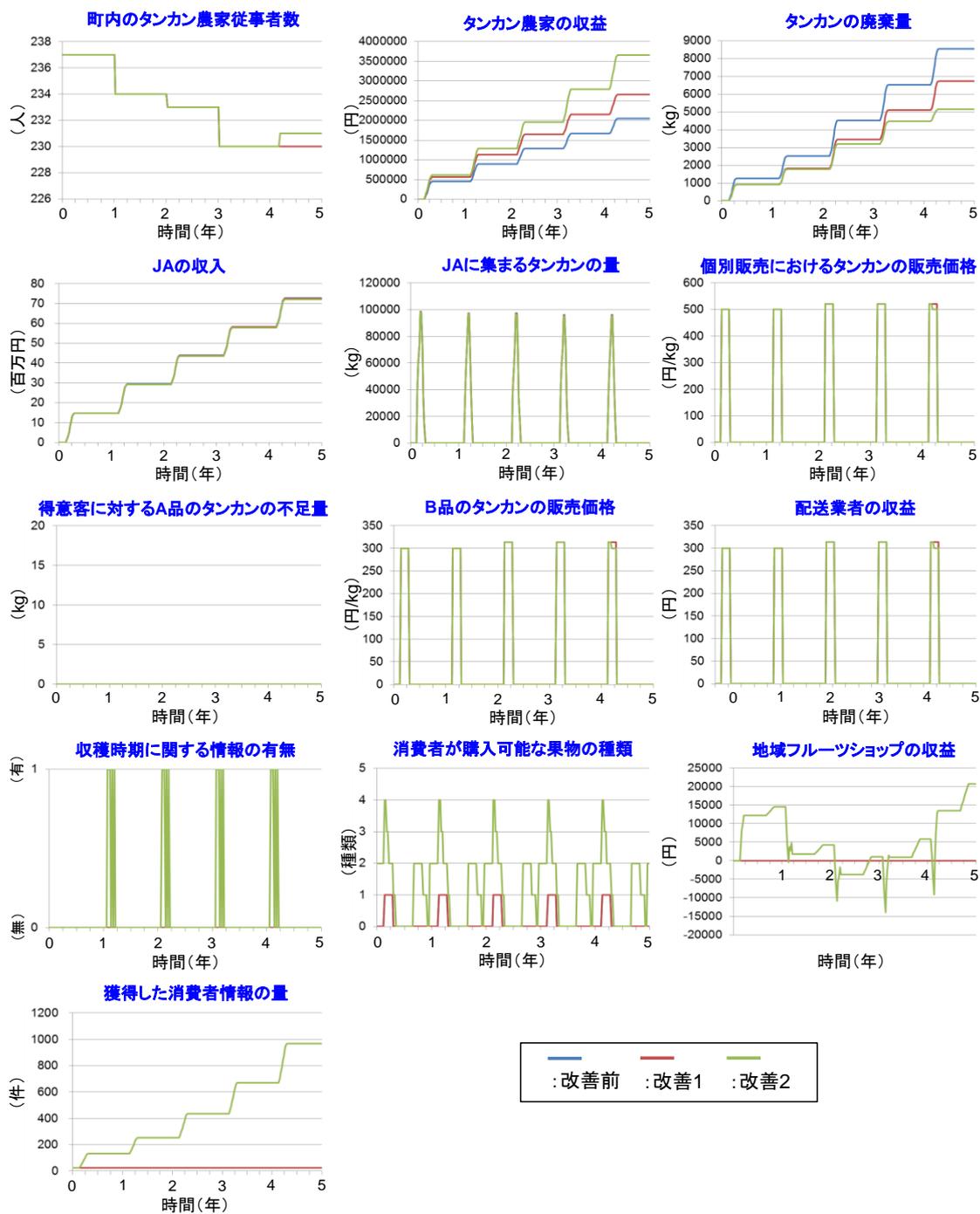


Figure 6-67 シミュレーションの実行結果 (地域活性化 : 改善 2-2)

このように、本改善案を導入することにより、タンカンという製品自体は変えずとも、その提供や受給に係わる多様な利害関係者が受け取る価値を向上可能であると考えられた。そこで本適用では、本改善案のリスク評価のための感度分析、ならびに、頑健性評価のための what-if 分析を行った。

感度分析を用いたリスク評価では、CLD 内の、値が一意に決まらない不確実なパラメータに注目し、それらパラメータ値を起こりうる範囲で変化させた上でシミュレーションを実行し、各要求価値の変動の度合いを評価した。本感度分析では、Figure 6-65 に示した CLD 内のパラメータのうち、受給者の需要量に関するパラメータとタンカン農家の生産能力に関するパラメータに注目し、それぞれ感度分析を行った。受給者の需要量に関するパラメータとしては、「庭先販売における需要量」、「ネット販売における A 品の需要量」、「ネット販売における B 品の需要量」、「得意客からの需要量」に注目し、これらパラメータの値を±20%の幅でそれぞれ変化させ、各要求価値の変動の度合いを算出した。また、提供者の生産能力に関するパラメータとしては、「A 品のタンカンを生産できる割合 (A 品タンカン生産割合)」、「B 品のタンカンを生産できる割合 (B 品タンカン生産割合)」に注目し、これらパラメータの値を±10%の幅でそれぞれ変化させ、各要求価値の変動の度合いを算出した (本適用では、タンカンの生産量自体は変動しないという仮定をおいており、生産されたタンカンのうち、A 品ができる割合と B 品ができる割合を変動させている.)。それらの結果を Figure 6-68 および Figure 6-69 に示す。ただし、これらのグラフでは、「個別販売におけるタンカンの販売価格」、「B 品のタンカンの販売価格」というパラメータに関しては、5 年目の値の平均値をプロットしている。また、それ以外のパラメータは、5 年目の最終週の値をプロットしている。また、庭先販売における需要量、「ネット販売における A 品の需要量」、「ネット販売における B 品の需要量」、「得意客からの需要量」の変化の影響を受けない要求価値は掲載していない。

Figure 6-68 は、受給者の需要量に関するパラメータを±20%の幅で変化させた場合の、各要求価値の変動の様子を示している。Figure 6-68 からは、「ネット販売における A 品の需要量」がどの要求価値に対しても大きな影響を与えることがわかった。そのため本改善案の実施においては、A 品の購入者数を増やすためのプロモーションを積極的に行うことや、タンカンの販売サイトにおいて A 品を購入しやすくする工夫を行うことなどが重要であることもわかった。

一方、Figure 6-69 は、タンカン農家 (提供者) の生産能力に関するパラメータを±10%の幅で変化させた場合の、各要求価値の変動の様子を示している。この図からは、「A 品のタンカンを生産できる割合」が各要求価値に大きな影響を与えることがわかる。そのため、タンカン農家は A 品を生産するための対策 (品質管理や害虫駆除の徹底など) を行うことが重要であることがわかった。ただし、「配送業者の収益」、「地域フルーツ

ショップの収益]、「獲得した消費者情報の量」といった要求価値は、A品の生産量が増加すると負に転じてしまう。これは、A品の生産量が多くなってしまったことでB品の生産量が減少し、結果として個人でネット販売可能なタンカンの総量が減少したことに起因する現象である。そのため、A品のタンカンが想定よりも多く生産できた場合は、このリスクを回避するために、市場に出すタンカンの量を減らすことが必要となる。実際に、市場に出すタンカンの量を1割減らすという設定でシミュレーションを実行したところ、「配送業者の収益」、「地域フルーツショップの収益」、「獲得した消費者情報の量」は、Figure 6-69中の0%時の値よりも向上することを確認した (Table 6-19)。

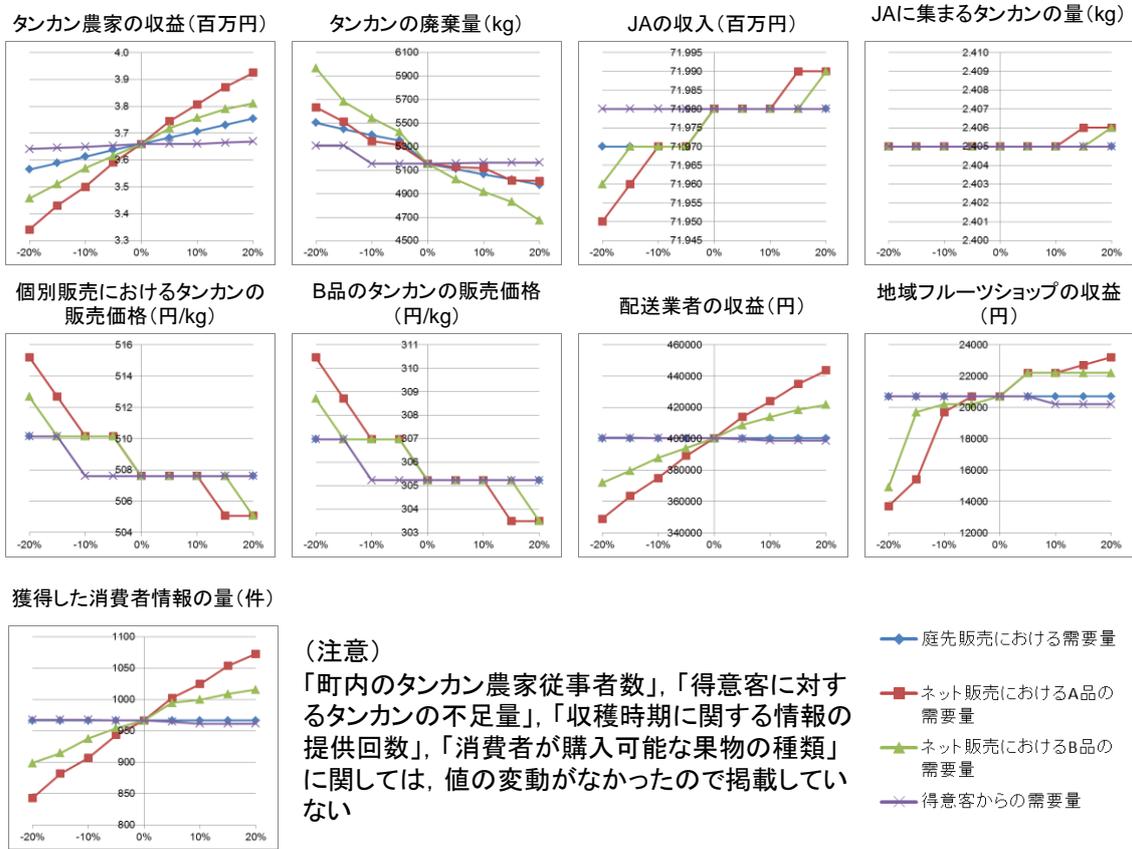


Figure 6-68 受給者需要に関するパラメータに注目した感度分析の結果

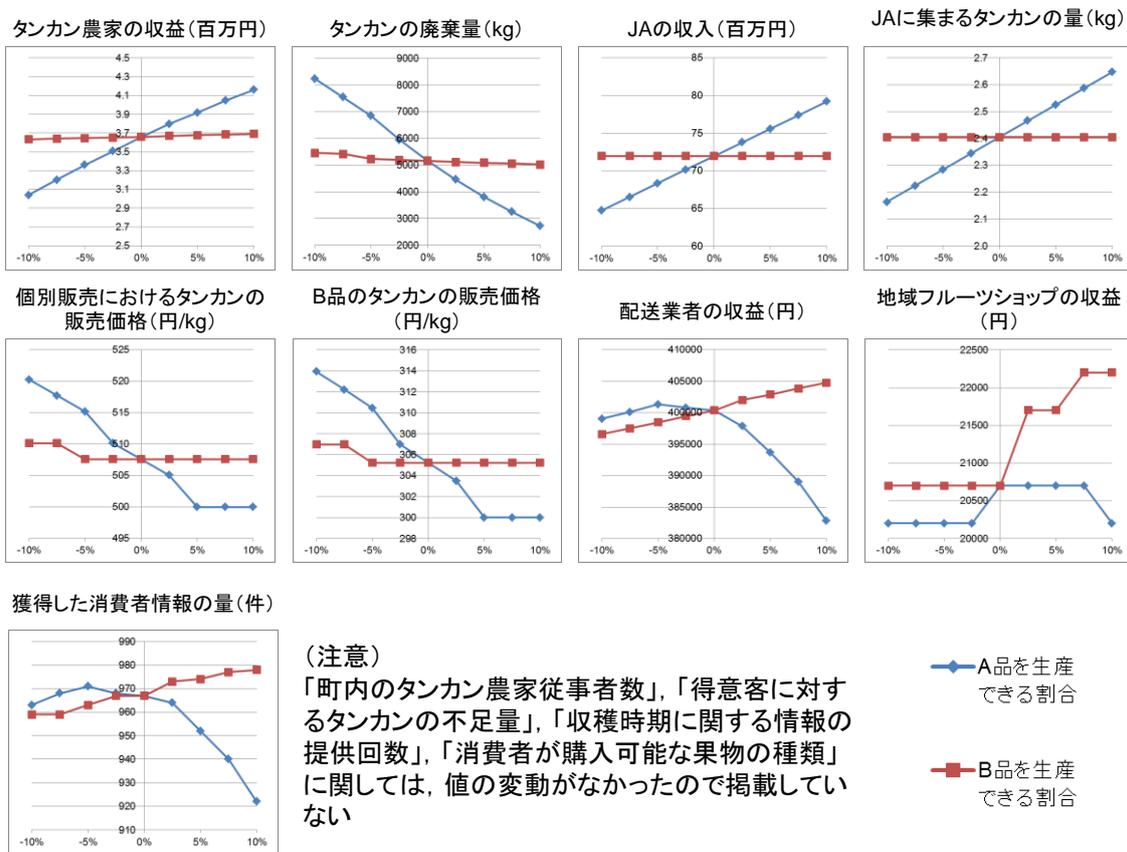


Figure 6-69 タンカン農家の生産能力に注目した感度分析の結果

Table 6-19 A 品を生産できる割合を 10%減少させた場合のシミュレーション結果

	市場に出す A 品のタンカンの量を変化させない場合 (1-2 年目は 9 割, 3-4 年目は 8 割, 5 年目は 7 割を市場に出す)	市場に出す A 品のタンカンの量を 1 割減らした場合 (1-2 年目は 8 割, 3-4 年目は 7 割, 5 年目は 6 割を市場に出す)
配送業者の収益	400,388 [円]	428,251 [円]
地域フルーツショップの収益	20,700 [円]	22,200 [円]
獲得した消費者情報の量	967 [件]	1032 [件]

一方, What-if 分析を用いた頑健性評価では, 受給者の需要量やタンカン農家の生産能力が低下した場合及び宣伝効果が上がらない場合を想定し, 改善案の頑健性を評価した. より具体的には, 以下に示す 3 つのケースを想定したシミュレーションを行った.

ケース i) ネット販売における需要量が著しく低下した場合

ケース i は, ネット販売における需要量が著しく低下したケースである. ここでは, 「販売サイトの訪問者数」, 「ネット販売における A 品の購入者数」, 「ネット販売にお

ける B 品の購入者数」の全てのパラメータが同時に 20%低下した場合（ケース i-i）と 10%低下した場合（ケース i-ii）を想定したシミュレーションを行った。

ケース ii) タンカンの生産能力が著しく低下した場合

ケース ii は、タンカンの生産能力が著しく低下したケースである。ここでは、「A 品のタンカンを生産できる割合」と「B 品のタンカンを生産できる割合」の双方が同時に低下した場合を考える。ここでは、「A 品のタンカンを生産できる割合」と「B 品のタンカンを生産できる割合」の双方が 10%低下した場合（ケース ii-i）と 5%低下した場合（ケース ii-ii）を想定した。

ケース iii) 宣伝効果が想定よりも上昇しない場合

ケース iii は、宣伝効果が想定よりも上昇しないケースである。先に実施したシミュレーションでは、地域フルーツショップが獲得した消費者情報量と宣伝効果の関係を図 6-64 のように設定したが、ここでは、このような効果が想定通りに発揮されない場合を考える。より具体的には、宣伝効果の向上幅が約半分の場合（ケース iii-i）と約 3/4 の場合（ケース iii-ii）のケースを想定した。この両ケースにおいて設定した関数を図 6-70 に示す。

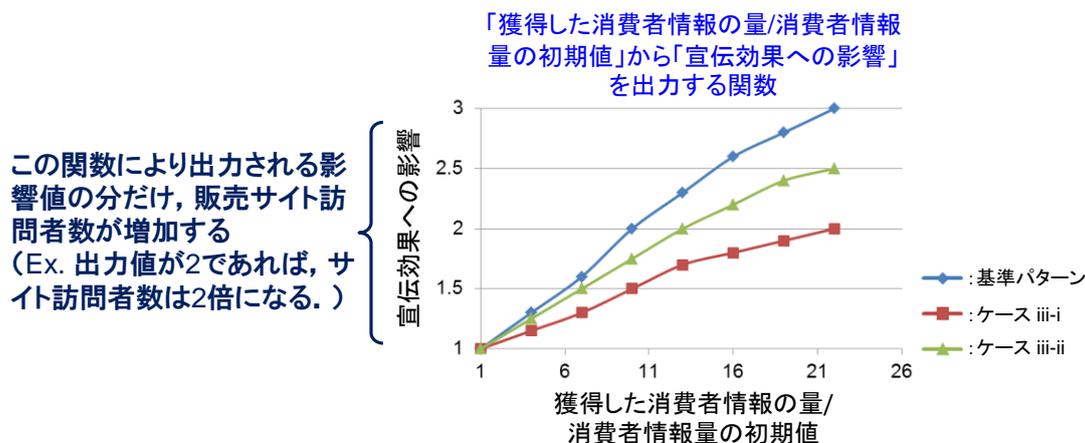


Figure 6-70 What If 分析における消費者情報量の増加と宣伝効果の関係の設定

上記 3 つのケースのシミュレーション結果を、Figure 6-71, Figure 6-72, Figure 6-73 にそれぞれ示す。ただし、これらの図においてパラメータ変化の影響を全く受けない要求値は掲載していない。

Figure 6-71 からは、ケース i-i では、「町内のタンカン農業従事者数」が 5 年経過しても上昇しておらず、「町内のタンカン農家従事者の減少を食い止める」という設計目標を達成できなくなることが読み取れる。また、本ケースでは、「地域フルーツショップの収益」も 5 年経過時によりやく正の値に戻るような挙動を見せており、地域フルーツシ

ショップが高い価値を享受可能であるとは言えない。一方、ケース i-ii ではこのような問題は見当たらず、設計目標を達成している。以上のことから、本適用で導出した改善案は、ネット販売における需要量が低下するケースを想定した場合、「販売サイトの訪問者数」、「ネット販売における A 品の購入者数」、「ネット販売における B 品の購入者数」が想定よりも 10% 低下する程度であれば有効であるが、20% 低下してしまうとその有効性を保つことができなくなることがわかった。一方、Figure 6-72 からは、ケース ii-i および ii-ii の双方において、多少の値の変動はあるものの、設計目標が未達成となるほど大きな変動はなかった。このことから、本適用で導出した改善案は、タンカン農家の生産能力の低下が生じた場合においても、全ての利害関係者に高い価値を提供可能であると言える。また、Figure 6-73 からは、ケース iii-i と iii-ii の双方において設計目標を達成できているものの、宣伝効果が半減してしまうと、地域フルーツショップの収益が 5 年間を経過しても負の値（赤字）になってしまうことがわかった。

以上の分析より、本改善案はネット販売における需要量が大きく低下した場合や宣伝効果が大きく低下した場合に「町内のタンカン農業従事者数」や「地域フルーツショップの収益」の値が十分に増加しないというリスクを抱えているが、その他の点においては、当初設定した設計目標を十分に達成可能であり、多様な利害関係者にとって高い価値を持つ PSS であることがわかった。そこで本適用では、ネット販売における需要量を注意深く監視するという条件付きで本改善を PSS の設計解として採用した。本適用で最終的に導出した設計解の要点は、以下に示す通りである。

- これまでの販売方法（近所の得意客への直接販売、JA への出荷、個人での市場販売、規格外品の庭先無人販売）に加えて、「タンカン農家から消費者に向けた A 品（規格内品）や B 品（規格外品）のネット販売」を行う。
- 地域フルーツショップを設置し、このショップが町内で収穫される旬の果物のセット販売を行う。
- 肝付町の果物の販売促進（プロモーションや DM 発送等）は、この地域フルーツショップがまとめてすることとし、地域活性化活動との兼ね合いから自治体からの金銭的支援を受ける。ここでのプロモーションは、A 品の購入者数を増やすためのプロモーションを中心に行う。
- A 品のタンカンが想定よりも多く生産できた場合は、「配送業者の収益」、「地域フルーツショップの収益」、「獲得した消費者情報の量」が減少するリスクが発生するため、これを回避するために、市場に出すタンカンの量を減らす。

- 本 PSS の実施においては、ネット販売における需要量や宣伝効果を注意深く監視し、これが大幅に低下しそうな場合には、ネット販売における需要量や宣伝効果を向上させるための対策を早急に立てることとする。

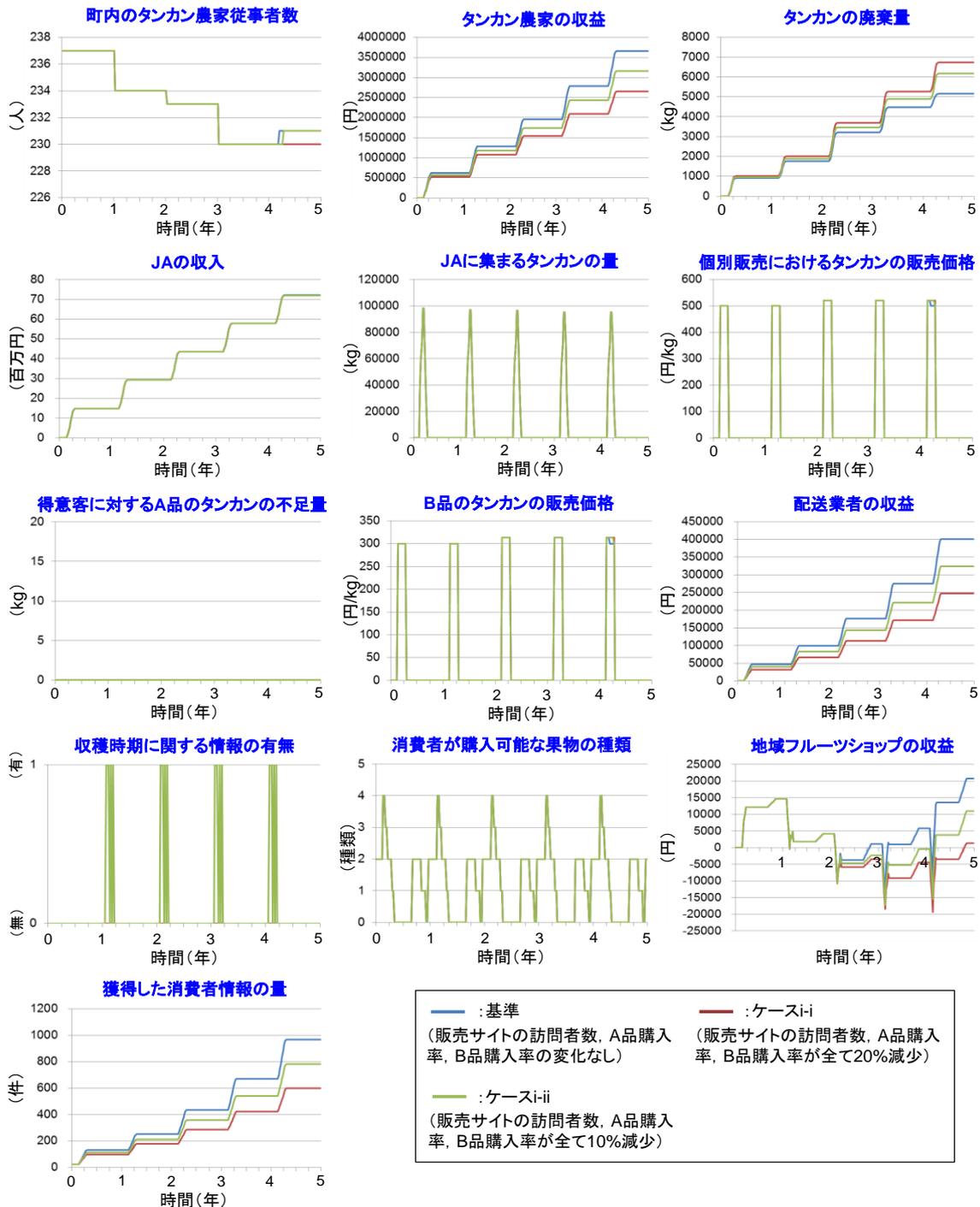


Figure 6-71 ネット販売における需要量の低下を想定したシミュレーション結果

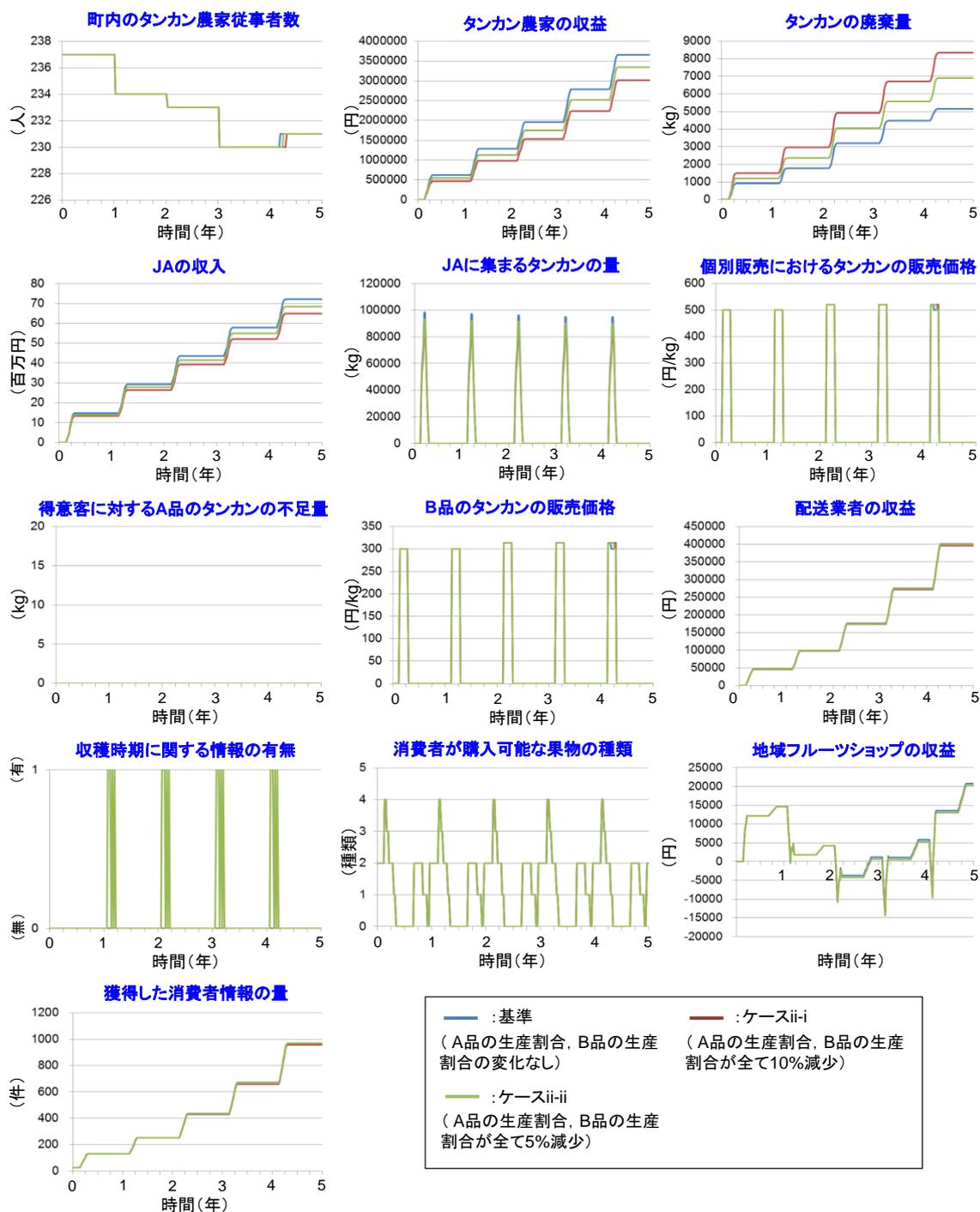


Figure 6-72 農家の生産能力の低下を想定したシミュレーション結果

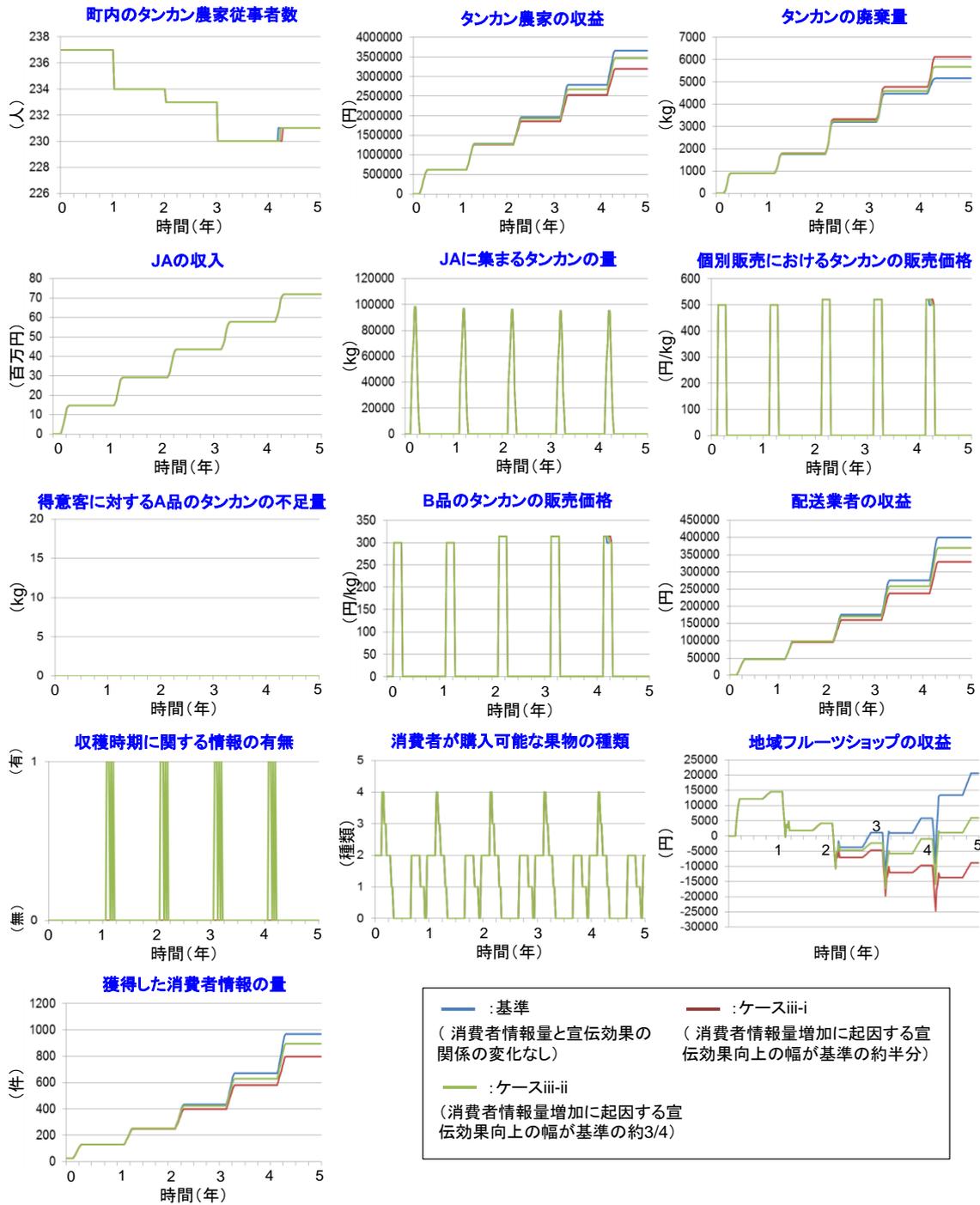


Figure 6-73 宣伝効果の低下を想定したシミュレーション結果

6.5 おわりに

本章では、提案した設計方法論を 2 つの事例（カーシェアリング，農作物を中心とした地域活性化のための PSS）に適用し，PSS の設計を行った．そして，その適用結果について説明した．

第 2 節では，本研究で提案した設計方法論（モデリング手法，シミュレーション手法，設計プロセス）の特徴に基づき，本研究の有効性の検証項目を設定した．次章の考察では，ここで設定した検証項目に基づき，提案した方法論の有効性や課題や制約を明らかにする．

第 3 節では，提案した設計方法論をカーシェアリングの設計に適用した結果を説明した．ここでは，日本の都市部のカーシェアリングに対して方法論の適用を行い，最終的な設計解を導出するためのモデリング結果やシミュレーション結果について説明した．

第 4 節では，提案した設計方法論を，農作物を中心とした地域活性化のための PSS の設計に適用した結果を説明した．ここでは，鹿児島県の肝付町におけるタンカンを用いた PSS の設計に方法論の適用を行い，最終的な設計解を導出するためのモデリング結果やシミュレーション結果について説明した．

第7章 考察

7.1 はじめに	214
7.2 モデリング手法に関する考察	215
7.2.1 検証項目に沿った考察(1)-モデリング手法の記述能力	215
7.2.2 検証項目に沿った考察(2)-PSS の実現構造の設計におけるモデルの役割	218
7.2.3 その他の考察-PSS の実現構造のモデル化における記述の粒度	223
7.3 シミュレーション手法に関する考察	226
7.3.1 検証項目に沿った考察(1)-PSS のシミュレーション手法の汎用性	226
7.3.2 検証項目に沿った考察(2)-多様な利害関係者が受け取る価値の評価	228
7.3.3 検証項目に沿った考察(3)-利害関係者間の短期的・長期的相互作用の考慮 ..	229
7.3.4 検証項目に沿った考察(4)-シミュレーションモデルの構築手順	233
7.3.5 その他の考察(1)-シミュレーションによる定量評価結果の利用	235
7.3.6 その他の考察(2)-設計解導出過程におけるシミュレーションモデルの利用	237
7.3.7 その他の考察(3)-モデル変換における設計者支援の必要性	238
7.4 設計プロセスに関する考察	240
7.4.1 検証項目に沿った考察(1)-提案した設計プロセスによる PSS の実現構造設計	240
7.4.2 検証項目に沿った考察(2)-設計サイクルの繰り返し	241
7.5 関連研究との比較による本研究の特徴の明確化	244
7.6 PSS の設計全般に対する考察	248
7.6.1 複数の設計者による PSS の共同的な設計	248
7.6.2 本研究の設計可能範囲	251
7.6.3 計算機による設計支援の可能性	251
7.6.4 長期的な時間軸を考慮した要求価値の分析	252
7.6.5 持続可能な PSS の設計	253
7.7 おわりに	255

7.1 はじめに

本章では, 第6章における適用結果に基づき, 提案手法の有効性や特徴, 課題に関する考察を行う.

7.2 モデリング手法に関する考察

7.2.1 検証項目に沿った考察(1)-モデリング手法の記述能力

本項では、第 6 章に述べた事例適用の結果に基づき、提案したモデリング手法の記述能力に関する考察を行う。

(1) PSS の実現構造全体の俯瞰的な表現に対する提案手法の有効性

第 6 章で扱った、カーシェアリング、地域活性化のための PSS という 2 つの PSS 事例は、全て 2 者以上の多様な利害関係者により構成されるものであった（カーシェアリングは 4 者、地域活性化のための PSS は最終的には 10 者から構成される PSS であった）。第 6 章では、これら多様な利害関係者から成る PSS の実現構造を、アクタネットワークモデル、プロセスネットワークモデル、リソースモデルの 3 種類のモデルを用いて記述した。

アクタネットワークモデルを用いることで、各 PSS 事例に係わる利害関係者間における製品やサービスのやりとりの内容を表現可能となった。これにより、PSS に係わる利害関係者とそれら利害関係者間における製品やサービス及び情報、金銭の流れを、設計者が俯瞰的に把握することが可能であった。例えば、カーシェアリング事例のアクタネットワークモデルでは、CS ユーザが CS 提供者から自動車を借りるといったような部分的な構造だけでなく、CS ユーザが自動車を利用して郊外店舗で買い物をする場面までも考慮し、郊外店舗という利害関係者までも含めた全体構造を記述することができた。さらに、アクタネットワークモデルでは、各利害関係者の要求価値も表現可能であった。そのため、PSS に係わる利害関係者の要求価値を設計者が把握することが可能であった。

また、プロセスネットワークモデルを用いることで、PSS に係わる多様な利害関係者の活動とインタラクションの全体像を一枚絵として表現することが可能であった。カーシェアリング事例では、自動車会社、CS 提供者、CS ユーザ、郊外店舗、という 4 者の利害関係者間における PSS の受供給プロセスを一枚絵で記述することができた。これにより、CS ユーザが CS 提供者から自動車を借りて、郊外店舗で買い物をし、給油をしてから自動車を返却するという一連のプロセスと、そこに係わる自動車会社、CS 提供者、郊外店舗のプロセスを設計者が俯瞰的に把握することが可能となった。特に、本モデルでは、他の利害関係者から可視／不可視の区別をしながらプロセスを記述することができた。他者から不可視のプロセスは、独立プロセスのレーンに記述されたが、ここでは、例えば CS 提供者が自動車の維持管理を行うプロセスなど、PSS 受供給の準備や事後処理段階におけるプロセスも網羅的に記述可能であった。また、他者から可視

のプロセスは、代理接触・直接接触のレーンに記述されたが、ここでは、プロセス全体における利害関係者間のインタラクションのタイミングとその種類（直接的なインタラクションか、間接的なインタラクションか）も記述することができた。以上のように、プロセスネットワークモデルにより、PSSに係わる利害関係者がどのような活動を行うか、他の利害関係者とどのようなインタラクションを持つか、ということ、設計者が俯瞰的に把握可能となった点で有用であった。このことは、従来のモデリング手法では出来なかったことであり、本モデルの特徴であると言える。

本研究では、リソースモデルも併せて記述することにより、プロセスネットワークモデルで記述したプロセスを実施するために必要となるリソース（オペランド、オペラント）を、設計者が把握することが可能となった。例えば、カーシェアリングの事例では、CSユーザーが自動車を借りるときに「会員証」が必要であることや、自動車の運転はCSユーザーの中でも父親が行うが、郊外店舗での買い物は母親が中心となることなどが表現できた。

このように、本研究で提案する3種類のモデルを組み合わせて利用することで、PSSに係わる利害関係者間でやりとりされる製品やサービスの内容とその受供給過程の全体構造を表現することが可能であったと言える。また、このモデルを参照することで、設計者は、対象とするPSSの実現構造を容易に理解可能であった。以上のことから、提案したモデリング手法は、多様な利害関係者から成るPSSの実現構造の全体を俯瞰的に表現・理解可能であったと言える。

(2) PSSの実現構造全体の俯瞰的な表現に対する提案手法の課題

● 同時点で多くの利害関係者とのインタラクションが発生する場合のプロセス表現

本研究で提案するプロセスネットワークモデルでは、ある同時点で3者以上の利害関係者とのインタラクションが発生する場合の記述能力に限界がある。例えば、地域活性化のためのPSS事例では、得意客、庭先販売利用客、JA、地域フルーツショップといった利害関係者は、タンカン農家がタンカンを収穫し販売するという時点で同時に存在し、タンカン農家とのインタラクションを持つ。このような、同時点における複数利害関係者とのインタラクションを一枚のプロセスネットワークモデルに記述することは理論上可能であるが、その場合、モデル自体が非常に複雑なものとなり、記述されたモデルの直感的な理解が困難となることが確認された（Figure 7-1）。これは、他の利害関係者とのインタラクションを記述するレーンがIndividual processingの両側の2つしか無いというプロセスネットワークモデルの記法に起因する問題である。このような場合には、同時点でインタラクションを持つ利害関係者のプロセスを同じプロセスネットワー

クモデル上に記述するのではなく、モデルを適切に分割するなどの対策をとる必要がある。(実際、Figure 6-58 に示したプロセスネットワークモデルでは、農家と地域フルーツショップのインタラクションは記述しているが、得意客、庭先販売利用客、JA とのインタラクションは分けている。)

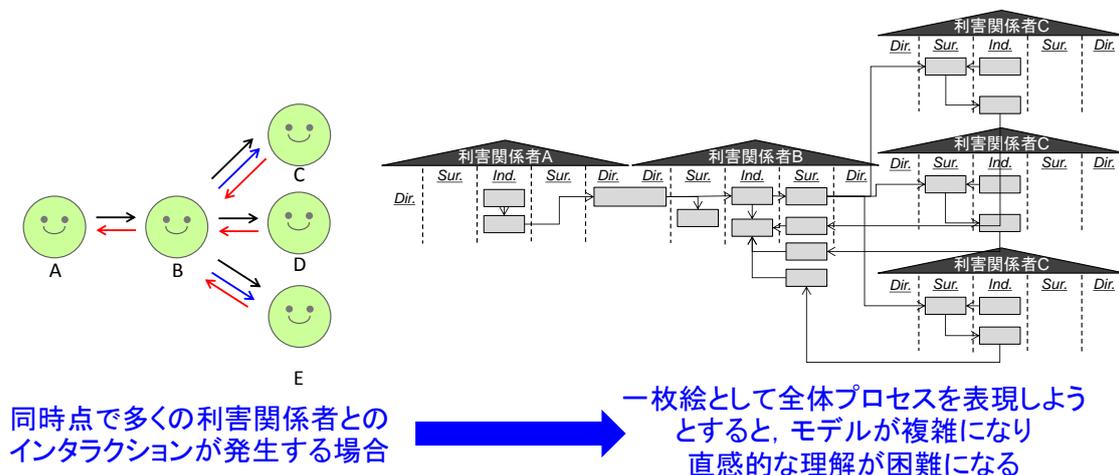


Figure 7-1 同時点で多くの利害関係者とのインタラクションがあるプロセス表現

● 同じ利害関係者間におけるインタラクションの表現

PSS に係わる利害関係者には、設計者が想定している PSS の範囲内に単体として存在する利害関係者と複数存在する利害関係者の 2 種類がある。例えば、カーシェアリング事例では、CS 提供者と郊外店舗、自動車会社は特定の提供者を仮定していたため単体で存在するが、CS ユーザは複数存在している。第 6 章で記述した 2 つの事例におけるアクタネットワークモデル内の利害関係者を、PSS 内に単体で存在する利害関係者か、複数存在する利害関係者か、という観点で分類した結果を Table 7-1 に示す。

Table 7-1 アクタネットワークモデルで記述した利害関係者の分類

事例	単体の利害関係者	複数の利害関係者
カーシェアリング	CS 提供者, 郊外店舗, 自動車会社	ユーザ
地域活性化 PSS	自治体 (肝付町), 地域フルーツショップ, JA, 配送業者	都市圏に住む消費者, 贈答先の消費者, 贈答用として購入する消費者, 得意客, 庭先販売利用者, タンカン農家

本研究が提案するアクタネットワークモデルならびにプロセスネットワークモデルでは、異なる利害関係者間の情報のやりとりやインタラクションは記述可能であったが、このような同じ利害関係者間における情報のやりとりやインタラクションの表現は可

能でない。しかしながら、Nike+の事例（Table 1-1 参照）において、シューズメーカーが提供する SNS がビジネス成功の鍵となっているように、PSS の成功のためには、同じ利害関係者のコミュニティ間で情報のやりとりやインタラクションを適切に設計することが重要である（SNS やオークション、ネットを通じた情報共有などがその代表例である）。そのため、今後は、同じ利害関係者間におけるインタラクションを記述するためのモデリング手法を検討する必要がある。

(3) PSS の実現構造全体の俯瞰的な表現に関する考察のまとめ

以上をまとめると、提案したモデリング手法による PSS の実現構造全体の俯瞰的な表現に関して、次のことが明らかになった。

- 本研究で提案したアクタネットワークモデル、プロセスネットワークモデル、リソースモデルを組み合わせて利用することで、PSS に係わる利害関係者間でやりとりされる製品やサービスの内容とその受供給過程の全体構造を表現・理解することが可能である。
- 同時点における複数利害関係者とのインタラクションを一枚のプロセスネットワークモデルに記述すると、モデル自体が複雑なものとなり、記述されたモデルの直感的な理解が困難となるため、モデルを適切に分割するなどの対策をとる必要がある。
- 同じ利害関係者間（ユーザのコミュニティ間など）における情報のやりとりやそのためのインタラクションの表現はできないため、今後は、同じ利害関係者間におけるインタラクションを記述するためのモデリング手法を検討する必要がある。

7.2.2 検証項目に沿った考察(2)-PSS の実現構造の設計におけるモデルの役割

本項では、提案したモデリング手法の PSS の実現構造の設計における役割（用いられ方）に関する考察を行う。

(1) PSS の実現構造の設計におけるモデル利用の有効性

- PSS の実現構造の設計のためのモデル操作

第6章では、カーシェアリングと地域活性化のための PSS の設計に対して提案手法を適用した。そこでのモデル操作の履歴をそれぞれ、Table 7-2, Table 7-3 にまとめた。

本表の最右欄には操作の対象となったモデル名を記載しており、ANM、PNM、RM はアクタネットワークモデル、プロセスネットワークモデル、リソースモデルを意味する。

Table 7-2 カーシェアリングの設計におけるモデル操作の履歴

設計解	実施したモデル操作の概要		対象
1	1-1)	リソースモデル内において、CS 提供者が所有する (CS ユーザが使用する)「自動車」を「自動車 (軽)」に変更.	RM
	1-2)	1-1 の変更に合わせて、アクタネットワークモデルにおいて、自動車会社から CS 提供者に流れる製品を「自動車」から「自動車 (軽)」に変更.	ANM
2	2-1)	郊外店舗から CS ユーザに流れる「割引券」を追加. また、CS 提供者から CS ユーザに流れる「割引」を追加.	ANM
	2-2)	2-1 の追加に合わせて、割引券のやりとりを行うプロセスを追加.	PNM
	2-3)	2-2 で記述したプロセスを実施するためのリソースを追加.	RM

Table 7-3 地域活性化のための PSS の設計におけるモデル操作の履歴

過程	実施したモデル操作の概要		対象
1	1-1)	新たな利害関係者 (都市圏に住む消費者, 配送業者) の追加.	ANM
	1-2)	1-1 で追加した利害関係者と他の利害関係者間における製品 (タンカン), サービス (ネット販売, 宅配), 金銭の流れを追加.	ANM
	1-3)	1-2 で追加した製品, サービス, 金銭のやりとりを行うための具体的なプロセスの追加とそれに合わせたプロセスの削除と変更.	PNM
	1-4)	1-3 で記述したプロセスを実施するためのリソースを追加.	RM
2	2-1)	新たな利害関係者 (贈答用として購入する消費者, 贈答先の消費者, 地域フルーツショップ) の追加.	ANM
	2-2)	2-1 で追加した利害関係者と他の利害関係者間における製品 (果物セット, タンカン), サービス (ネット販売, 宅配, 販売代行), 情報 (収穫開始の知らせ), 金銭の流れを追加.	ANM
	2-3)	2-2 で追加した製品, サービス, 金銭のやりとりを行うためのプロセスの追加とそれに合わせたプロセスの削除と変更.	PNM
	2-4)	2-3 で記述したプロセスを実施するためのリソースを追加.	RM
	2-5)	農家の独立プロセス, 代理接触のレーンに記述していた販売促進に関するプロセス (「販促対象を決める」, 「宣伝する」, 「収穫時期を教える」) を, 地域フルーツショップの独立プロセス, 代理接触のレーンに移動.	PNM
	2-6)	2-5 のプロセス移動の変更をリソースモデルにも反映 (リソースモデル中の利害関係者名を変更したのみ).	RM
	2-7)	2-6 のプロセス移動に伴い, タンカン農家から都市圏に住む消費者と贈答用として購入する消費者に提供されていた情報 (収穫開始の知らせ) を地域フルーツショップからこれらの消費者に提供されるように移動.	ANM

Table 7-2, Table 7-3 に示すように、本事例適用では、アクタネットワークモデルにおける利害関係者の追加、利害関係者間の関係の追加、プロセスネットワークモデルにおけるプロセスの追加、リソースモデルにおけるリソースの追加といった「モデル内に記述する要素の追加」に関するモデル操作、プロセスネットワークモデルにおけるプロセスの削除といった「モデル内に記述した要素の削除」に関するモデル操作、アクタネットワークモデルにおける利害関係者間の関係の変更、プロセスネットワークモデルにおけるプロセスの変更、リソースモデルにおけるリソースの変更、といった「モデル内に記述した要素の変更」に関するモデル操作、プロセスネットワークモデルにおけるプロセスの移動、アクタネットワークモデルにおける利害関係者間の関係の移動といった「モデル内に記述した要素の移動」に関するモデル操作、を行うことで PSS の設計を行った。以上のように、提案したモデルの操作（モデル内の要素の追加、削除、変更、移動）により PSS の実現構造の設計を行うことが可能となったと言える。また、本研究では PSS の実現構造の設計のためのモデル操作方法を明らかにしており、これを参照することで、上記のようなモデルを用いた PSS の実現構造の設計を、より体系的に行うことが可能となった。

- 製品要素とサービス要素の双方の取り扱い

カーシェアリングの設計への適用においては、自動車という製品を用いた PSS の設計において、「割引券の発行」という改善案だけでなく、「自動車のコンパクト化」という改善案も導出することが可能であった。前者の改善案は、PSS におけるサービス要素に関する改善案であり、後者の改善案は、製品要素に関する改善案である。このように本方法論は、PSS の実現構造設計において、製品とサービスを同時に取り扱い可能な方法論であったが、これは、本方法論で用いたモデリング手法において、利害関係者間で相互に受け渡される製品とサービスの双方を表現・操作可能であったためである。以上のことから、本提案手法が、PSS の実現構造の設計において、製品とサービスを同時に取り扱い可能な方法論であることを確認した。

- アクタネットワークモデルによる価値の双方向的な流れの表現

PSS における製品やサービスは、他者に対して価値を提供するが、情報や金銭もこれと同様に、他者に対して価値を提供すると考えることができる。例えば、地域活性化のための PSS 事例であれば、「収穫開始の知らせ」に関する情報は、生産時期が短いタンカンを旬の時期に購入するためには必要な情報であり、消費者にとっての価値を提供する。また、各利害関係者間における金銭の流れは、「収益を上げたい」などのような金銭的な要求価値を充足する。

アクタネットワークモデルは、PSS に係わる多様な利害関係者間の関係を製品、サービス、情報、金銭の双方向的な流れとして定義するが、このことは、利害関係者間にお

ける双方向的な価値の流れ（交換関係）を表現していることと同義であると考えることができる。例えば、Figure 6-14 のカーシェアリングのアクタネットワークモデルでは、「CS 提供者-CS ユーザ」間において、CS 提供者が自動車の「使用」の販売や割引サービスを行う対価として、金銭が支払われるという価値の双方向的な交換関係が読み取れる。

多様な利害関係者にとって高い価値を持つ PSS を設計する際には、ある特定の利害関係者が受け取る価値にのみ注目するのではなく、多様な利害関係者の全体を俯瞰しながら、各利害関係者が「他者から受け取る価値」と「他者に提供する価値」の双方を考慮することが重要である。その意味で、アクタネットワークモデルは、このような利害関係者間における価値の双方向的な交換関係を表現できるため、多様な利害関係者を考慮した PSS の実現構造の設計を行う上で有効に利用可能なモデルであると考えられる。

● プロセスの移動を起点とした改善案の発想

提案したプロセスネットワークモデルでは、各利害関係者のプロセスを、独立プロセス、代理接触、直接接触の3種類により表現した。事例適用では、2つの PSS 事例に対してプロセスネットワークモデルを記述したが、独立プロセス、代理接触、直接接触の各レーンに記述したプロセスの内容に関して、Table 7-4 に示すような違いが見られた。

Table 7-4 プロセスネットワークモデルにおける各レーンへの記述内容の違い

レーン	記述したプロセスの内容
独立プロセス	<ul style="list-style-type: none"> ● 製品を生産するプロセス（例：タンカンを育てる） ● 製品の生産準備のプロセス（例：新規従業員を雇う） ● 製品の利用や消費のプロセス（例：デザートを食べる） ● 製品の利用・消費準備のプロセス（例：料理を食べる） ● 情報を生産・利用するプロセス（例：情報を管理・分析する） ● サービスの生産準備のプロセス（例：サイトに出品する）
代理接触	<ul style="list-style-type: none"> ● 人对機械のサービスの接触（例：販売サイトで注文する、注文を受ける） ● 機械を通じた金銭のやりとり（例：銀行口座を通じて料金を支払う、受け取る）
直接接触	<ul style="list-style-type: none"> ● 人对人のサービスの接触（例：タンカンを直接渡す、受け取る） ● 人对人の直接的な金銭のやりとり（例：直接料金を支払う、受け取る）

Table 7-4 に示すように、独立プロセスのレーンに記述したプロセスは、製品の生産や利用を特定の利害関係者が単独で行うプロセスであり、他者からの支援が全くない、いわばサービス化がなされていないプロセスであった。一方、代理接触のレーンに記述したプロセスは、PC などのデバイスを利用した IT サービスに代表されるような人对機械サービスの受供給プロセスで中心であり、また、直接接触のレーンに記述したプロセス

は人対人のサービスの受供給プロセスが中心であり、これらのレーンに記述したプロセスは、PSSの構造内においてもサービスの比重が強い部分のプロセスであった。

このような、各レーンに記述されるプロセスの違いを考慮することで、PSSの改善における手がかりを得ることが可能となる。すなわち、独立プロセスのレーンに記述していたプロセスを、代理接触もしくは直接接触のレーンに移動するという操作を考えることにより、利害関係者の活動をより支援するためのPSSのアイデアを発想することが可能である。また、直接接触レーンのプロセスを代理接触のレーンに移動するという操作を考えることにより、そこで提供されているサービスを機械化・効率化するためのアイデアを発想することが可能であると考えられる。以上のように、プロセスネットワークモデルにおけるレーンの違いを利用したプロセス移動を考えることにより、PSSの改善案を発想する際の手がかりを得られることが明らかになった。

(2) PSSの実現構造の設計におけるモデル利用の課題

- モデル操作における設計者支援

(1)に述べたように、アクタネットワークモデル、プロセスネットワークモデル、リソースモデルといったモデルの操作を行うことで、PSSの実現構造の設計を行うことが可能であった。しかしながらその一方で、PSSの改善の過程で、具体的にどのようなモデル操作を行うかは、現状、設計者の能力や設計者間における議論に委ねられている。今後は、PSSの成功事例とモデル操作の種類の対応関係を整理することで、ある目的(ユーザ支援の強化やコスト削減など)に対するモデル操作のパターンを知識としてまとめた「モデル操作指針」を作成することを検討する。この指針を設計者に提供することで、PSSの改善に設計者の支援を行うことが可能となる。

- モデル内の要素間の依存関係の表現

Table 7-2, Table 7-3に示したように、アクタネットワークモデル、プロセスネットワークモデル、リソースモデル内に記述された要素は互いに関連づくため、モデル全体の整合性を担保するためには、あるモデルに操作を加えた際に、それに合わせて他のモデルの対応する部分にも操作を加えなければならない。しかしながら、現状、各モデル内に記述した要素の依存関係を表現するための手法がないため、モデル操作を行う際にモデル全体の整合性を保つことが困難である。この問題を解決するためには、モデル内の要素間の対応関係を管理しながらPSSのモデリングを行うための、モデリング支援ソフトウェアの開発を検討することが必要であると考えられる。

(3) PSS の実現構造の設計におけるモデル利用に関する考察のまとめ

以上をまとめると、PSS の実現構造の設計におけるモデル利用に関して、次のことが明らかになった。

- アクタネットワークモデル、プロセスネットワークモデル、リソースモデル内に記述された要素のモデル操作（追加、削除、変更、移動）を行うことで、PSS の実現構造の設計を行うことが可能である。また、本研究で明らかにしたモデル操作方法を参照することで、モデルを用いた PSS の実現構造の設計を、より体系的に行うことが可能となる。
- 本モデリング手法を用いて PSS の実現構造の設計を行うことにより、PSS の実現構造における製品要素とサービス要素の双方を同時に取り扱い可能となる。
- アクタネットワークモデルは、利害関係者間における価値の双方向的な交換関係を表現できるため、多様な利害関係者を考慮した PSS の実現構造の設計を行う上で有効に利用可能である。
- プロセスネットワークモデルにおけるレーンを跨いだプロセスの移動を考えることにより、PSS の改善案を発想する際の手がかりを得ることが可能である。
- PSS の実現構造の改善においてどのようなモデル操作を行うかは、現状、設計者の能力や設計者間における議論に委ねられている。そのため、今後は、ある目的（ユーザ支援の強化やコスト削減など）に対するモデル操作のパターンをまとめたモデル操作指針をまとめ、設計者支援を行うことを検討する必要がある。
- 各モデル内に記述された要素は互いに関連するが、現状、それら要素の依存関係を表現するための手法がなく、モデル操作を行う際にモデル全体の整合性を保つことが困難である。そのため今後は、モデル内の要素間の対応関係を管理しながら PSS のモデリングを行うためのソフトウェアの開発を検討する必要がある。

7.2.3 その他の考察-PSS の実現構造のモデル化における記述の粒度

本項では、提案したモデリング手法を用いて PSS のモデル化を行う際の記述の粒度（詳細度）に関して考察する。

アクタネットワークモデルは、PSS に係わる利害関係者間においてやりとりされる製品、サービス、情報、金銭を記述するモデルである。本モデルでは、各利害関係者の要求価値も記述可能としており、記述した要求価値の充足に直接影響を与える製品、サー

ビス, 情報, 金銭を配置した. このように本モデルでは, 各利害関係者の要求価値を基準とすることで, ここで記述する要素 (製品, サービス, 情報, 金銭) の粒度が必要以上に抽象化, 詳細化することを抑えることが可能である.

プロセスネットワークモデルは, アクタネットワークモデルに記述した製品, サービス, 情報, 金銭の受供給を行うためのプロセスを記述するモデルである. 本モデルでは, 各利害関係者のプロセスをタスクの連鎖としてフローチャート形式で表現するが, どこまで詳細にタスクを記述すべきかに関する指針は示されておらず, 利用者にとって不明瞭であった. プロセスの記述における粒度は, 一般的に, モデルの利用目的に応じて区別すべきであると考えられる. 例えば, 業務プロセスを表記するための標準記法である BPMN [OMG BPMN] に関する研究では, 業務プロセスのモデル化の粒度を, モデルの利用目的ごとに整理している (Table 7-5). そこで今後は, PSS の設計におけるモデルの利用目的ごとに記述すべきプロセスの粒度を整理することを検討する.

リソースモデルは, プロセスネットワークモデルに記述したプロセス中のタスクの一つひとつに対して, それを実施するためのリソースを記述するためのモデルである. ここでのリソースはオペランドリソースとオペラントリソースの双方であるが, 本モデルにおいて記述されるリソースの粒度は, プロセスネットワークモデルにおける各タスクの粒度に対応する. そのため, リソースモデルにおける記述の粒度も, プロセスネットワークモデルと併せて利用目的ごとに整理する必要がある.

Table 7-5 BPMN における業務プロセスの記述粒度の分類 [秋庭 2006]

モデル	記述の粒度
概要ビジネスプロセス図	業務プロセスの可視化を目的としたモデル. 本モデルは, 以下の項目を理解できるレベルで記述する. 作業の実行者と外部の関係者. 作業の順序や同時並行性. 外部の関係者とのやりとり.
詳細ビジネスプロセス図	業務プロセスのモニタリングや仮説検証を目的とする. 概要図を詳細可視, 以下の項目まで記述する. 業務上の例外事項. 業務プロセスの進行のタイミング.
実装ビジネスプロセス図	業務プロセス支援のための IT システムの実装を念頭においた詳細なモデル. 以下の項目を記述する. システム的なエラーや補償の範囲. システムが扱うデータ属性.

以上をまとめると, モデル化の記述粒度に関して, 次のことが明らかになった.

- アクタネットワークモデルでは, 利害関係者の要求価値を基準とすることで, 記述する要素 (製品, サービス, 情報, 金銭) の粒度が必要以上に抽象化, 詳細化されることを抑えることが可能である.

- プロセスネットワークモデルでは、記述の粒度に関する指針は示されておらず、利用者にとって不明瞭である。そのため、PSS の設計におけるモデルの利用目的ごとに記述すべきプロセスの粒度を整理する必要がある。
- リソースモデルにおける記述の粒度は、プロセスネットワークモデルの記述粒度に対応する。そのため、リソースモデルにおける記述粒度も、プロセスネットワークモデルと併せて利用目的ごとに整理する必要がある。

7.3 シミュレーション手法に関する考察

7.3.1 検証項目に沿った考察(1)-PSS のシミュレーション手法の汎用性

本項では、第6章に述べた事例適用の結果に基づき、提案したシミュレーション手法の汎用性を考察する。

(1) 提案したシミュレーション手法の汎用性

● 業種に関する汎用性

第6章では、カーシェアリングと地域活性化のためのPSS事例に対して、提案するシミュレーション手法を用いて、各PSS事例に係わる利害関係者の要求価値の充足度を評価することが可能であった。ここで、カーシェアリングは製造業分野における製品を用いたPSSであり、地域活性化のためのPSSは農業分野における製品を用いたPSSであった。このことから、提案するシミュレーション手法は、特定の業種に限定されずに広く利用可能なシミュレーション手法であると言える。

● 評価項目に関する汎用性

本研究では、PSSに係わる利害関係者の要求価値の充足度を評価項目としたシミュレーションを行った。本研究では、各利害関係者の要求価値を分析・抽出するためのフェーズも設計プロセスに含まれていたため、シミュレーションでの評価項目は、特定の分野に限定されずに高い自由度で設定することができた。第6章の事例適用で設定した要求価値をTable 7-6に示す。本表に示すように、ここでの要求価値は、収益やコストに関する金銭的な価値から、情報獲得量の多さや製品のバリエーション（果物の種類の多さ）に関する価値など、非常に広範なものであった。以上のことから、本研究で提案するシミュレーション手法は、特定の評価項目に限定されずに広く利用可能であると言える。

Table 7-6 事例適用において設定した要求価値の一覧

事例	設定した要求価値
カーシェアリング	自動車を使いたいときに使いたい、低コストで利用したい、収益を向上したい、効率的に経営したい
地域活性化のためのPSS	安く買いたい、高品質な果物がほしい、収益を向上したい、共販を維持したい、農家が増えて欲しい、町民の所得を上げたい、効率的に経営したい、収穫時期を知りたい、多くの情報を取得したい、様々な種類の果物が食べたい

(2) 提案したシミュレーション手法の汎用性に関する課題

本シミュレーション手法で評価可能な価値は定量的に計測可能なものに限定される。そのため、受給者の感情的価値や満足度など、一般に定量的に計測することが困難な価値をシミュレーションにより評価することは容易でない。これに対しては、一般に定量的な計測が困難な価値を定量化するための研究（例えば、満足度関数 [Yoshimitsu 2006] や顧客満足度指標 (Customer Satisfaction Index: CSI) [Fornell 1992] [Fornell 1996] [JCSI]) との統合を検討することが必要である。

また、本シミュレーション手法では、各利害関係者の要求価値の充足度のみを評価の対象としているため、各利害関係者のプロセスの効率性の評価などは対象としていない。このような、各利害関係者のプロセスに注目したより詳細なシミュレーションを行うためには、第 4.2.4 項に述べたような、ペトリネットや場面遷移ネット (STN) 等を用いたプロセスシミュレーション研究との統合が必要である。

(3) 提案したシミュレーション手法の汎用性に関する考察のまとめ

以上のことをまとめると、シミュレーション手法の汎用性に関して、次のことが明らかになった。

- 提案するシミュレーション手法は、特定の業種に限定されずに広く利用可能なシミュレーション手法である。
- 提案するシミュレーション手法では、シミュレーションにおける評価項目を高い自由度で設定することが可能であった。そのため、特定の評価項目に限定されずに広く利用可能であると言える。
- 提案するシミュレーション手法では、受給者の感情的価値や満足度など、一般に定量的に計測することが困難な価値を評価することは容易でないため、満足度を定量化するための研究などとの統合を検討する必要がある。
- 本シミュレーション手法では、利害関係者のプロセスに注目した詳細なシミュレーションは対象としていないため、プロセスの効率性の評価などはできない。今後は、PSS の受供給プロセスを対象としたシミュレーション研究との連携を検討する必要がある。

7.3.2 検証項目に沿った考察(2)-多様な利害関係者が受け取る価値の評価

本項では、提案したシミュレーション手法の、PSSに係わる多様な利害関係者が受け取る価値の大きさを同時に評価するための能力について考察する。

(1) 多様な利害関係者が受け取る価値の同時評価

第6章では、カーシェアリングを、CS ユーザ、CS 提供者、郊外店舗、自動車会社から成るシステムとしてモデル化し、自動車のコンパクト化や割引券の発行などの改善案を導入した場合の、各利害関係者の要求価値の充足度の経時的変化を同時に評価可能であった。また、地域活性化のための PSS 設計事例では、タンカン農家、タンカンの様々な消費者、JA、配送業者、自治体、地域フルーツショップという多様な利害関係者の要求価値の充足度の経時的変化を同時に評価可能であった。これは、SD を用いたシミュレーション手法を導入し、各利害関係者の要求価値の充足度を測るパラメータ（価値評価パラメータ）を含むシミュレーションモデルを構築したためである。以上のことから、本研究で提案するシミュレーション手法を用いることにより、PSS に係わる多様な利害関係者が受け取る価値の大きさを同時に評価可能になったと言える。

(2) 多様な利害関係者が受け取る価値の評価に関する課題

本研究が提案した価値評価のためのシミュレーションの課題は、大きく2つあると考えられる。

1つ目は、利害関係者の振る舞いのばらつきが考慮できていないことにある。本研究では、ある利害関係者が複数存在している場合も、それら利害関係者が同じ振る舞いをすると仮定したシミュレーションを行い、その仮定の上で、各利害関係者が受け取る価値の大きさを評価した。例えば、カーシェアリングの事例では、CS ユーザという利害関係者は複数存在するが、「走行距離」や「目的地での自由時間」などのパラメータを画一的に扱った。しかしながら一般に、PSS に係わる利害関係者の振る舞いはばらつき、このばらつきは各利害関係者が受け取る価値の大きさに影響を与える。そのため、同種の利害関係者が複数存在する場合は、その振る舞いのばらつきを考慮したシミュレーションを行うことが必須である。そこで今後は、ある同種の利害関係者が複数存在する場合に、当該利害関係者に関するパラメータにばらつきを設定した上でシミュレーションを行うことを考える。より具体的には、パラメータのばらつきを分布関数によりモデル化し、モンテカルロシミュレーションを行うことで、利害関係者の振る舞いのばらつきを考慮したシミュレーションを行うことを検討する。

また 2 つ目は、同種の利害関係者のコミュニティ間での相互作用が明示的に考慮されていない点である。この課題は、利害関係者間の相互作用の取り扱いに関する課題であるため、次項（第 7.3.3 項）に後述する。

(3) 多様な利害関係者が受け取る価値の評価に関する考察のまとめ

以上をまとめると、多様な利害関係者が受け取る価値の評価に関して、以下のことが明らかになった。

- **SD を用いたシミュレーション手法を導入することにより、PSS に係わる多様な利害関係者が受け取る価値の大きさを同時に評価することが可能となった。**
- 本研究では、同種の利害関係者が複数存在する場合に、その振る舞いのばらつきが考慮できていない。今後は、パラメータのばらつきを分布関数によるモデル化し、モンテカルロシミュレーションを行うことで、利害関係者の振る舞いのばらつきを考慮可能とする。

7.3.3 検証項目に沿った考察(3)-利害関係者間の短期的・長期的相互作用の考慮

本項では、提案するシミュレーション手法を用いた、利害関係者間の短期的な相互作用と長期的な相互作用の双方を考慮した価値評価に関して考察する。

(1) 利害関係者間の短期的・長期的な相互作用の考慮

第 6 章の Figure 6-67 に示した地域活性化のための PSS の設計におけるシミュレーションでは、タンカンの収穫・販売時期に「タンカン農家の収益」が増加した。これは、「消費者がタンカンを購入することで、タンカン農家の収益が増大する」という利害関係者間の相互作用を考慮したシミュレーションを実行できたことを意味している。ここで、「消費者がタンカンを購入することで、タンカン農家の収益が増大する」という相互作用は、利害関係者間の 1 回のトランザクションにおける単純な相互作用である。このことから、本シミュレーション手法は、利害関係者間の短期的な相互作用を考慮可能であったと言える。

一方、Figure 6-67 からは、「地域フルーツショップの収益」が、3 年目までは減少傾向であったが、3 年目以降には増加するという挙動が見て取れる。これは、地域フルーツショップが消費者に関する情報を多く獲得・蓄積したことで効果的なプロモーションが可能となり、結果としてタンカンの購入者数が増加し、地域フルーツショップの収益

が上がったためであった。このことから、本シミュレーションでは、「ネット販売を行うことで消費者情報を多く獲得するほど、効果的なプロモーションが可能となり、地域フルーツショップの収益が増加する」という利害関係者間の幾つものトランザクションの結果として現れる相互作用を考慮可能であったことがわかる。このように、本シミュレーション手法では、利害関係者間の長期的な相互作用が考慮可能になったと言える。以上のことから、本シミュレーション手法では、利害関係者間の短期的・長期的な相互作用の双方を考慮した価値評価を行うことを可能としたと言える。これは既存研究では出来なかったことであり、本研究の特徴の一つである。

また、これにより、シミュレーションの出力として、ある一定の時間軸上（本論文の事例適用では5年間）における各利害関係者の要求価値の充足度の経時的变化を獲得することが可能となった。これは、長期的な期間を考慮して、戦略的な設計を行うことが可能となる点で有効であった。このことは、受給者との長期的な関係を構築可能な PSS を設計するために重要なことである。

(2) 利害関係者間の短期的・長期的な相互作用の考慮に関する課題

本シミュレーション手法では、利害関係者間の短期的・長期的な相互作用を、パラメータ間の数学的な関係（数式）として記述する。しかしながら、この数式の記述は、以下のような場合に困難であった。

人間の主観に基づく反応の数式記述

PSS の構造内には、多様な利害関係者が含まれるが、それらは企業や組織、もしくは個人を指す。ここで企業や組織はある程度合理的な判断に基づいて意思決定を行うと考えられるが、個人はより主観的な判断に基づいて意思決定を行い何らかの反応（行動）を示す。このような、人間の主観に基づく意思決定やその反応を数式で記述することは困難であった。例えば、事例適用で扱った PSS 事例では、以下に示すような反応が数式として記述困難であった。

- カーシェアリング（CS）の「可用性」が増加／減少した際に、「退会者数の増加率」が増加／減少する
- 「CS ステーション数」が増加した際に、「新規会員数の増加率」が増加する
- 郊外店舗が発行する割引券により CS 利用の「割引率」が上がると、郊外店舗の「利用率の増加率」も上がる

- 郊外店舗が発行する割引券により CS 利用の「割引率」が上がると、CS 利用の「申込率の増加率」が上がる
- 果物のネット販売の「宣伝効果」が上がると、「販売サイトの訪問者数」も増加する

本研究の事例適用では、上記を、現場への調査や類似事例の調査に基づいて表関数の形式で記述したが、正確に記述することは困難であった。これら「主観に基づく反応」は、各利害関係者の要求価値の値に影響を与えることも多く、今後は、PSS を構成する利害関係者の主観に基づく反応を、より正確に記述するための工夫が必要である。そのためには、例えば、行動経済学や実験経済学における人工市場を用いたシミュレーションを用いて経済活動に対する人間の主観的な振る舞いを明らかにする技術(例えば、[西野 2003]) などの利用が有効であると考えられる。

利害関係者間の相互作用による創発的な現象の数式記述

「創発 (emergence)」とは、上田 [上田 2007] によれば、「要素間の局所的な相互作用により大域的挙動が現れ、その大域的挙動が要素の振る舞いを拘束するという双方向の動的過程を通して、新しい機能形成や形質、行動を示す秩序が形成されること。」と定義される (Figure 7-2)。創発は複雑系としての経済システムや社会システムを理解する上で重要な概念である。自然界における創発的現象の例としては、鳥などの動物の群れが挙げられる。動物の群れでは、個体がどう行動すべきかを命令する集中管理的な制御機構は存在しないが、各個体の相互作用の結果、全体としての秩序だった行動が生まれており、それが各個体の行動に影響を及ぼす。また、創発現象の経済システムにおける例では、SNS による利用者ネットワーク形成やロコミによる流行の形成などが挙げられる。

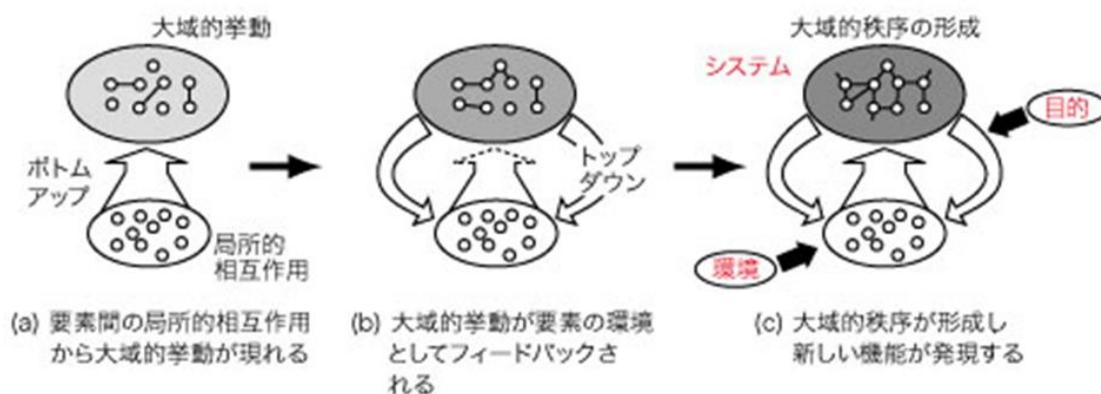


Figure 7-2 創発の概念図 [上田 2007]

PSS は、多様な利害関係者の相互作用によりシステム全体としての挙動が決まるシステムであるため、創発的な現象を扱うことが必要となる。例えば、事例適用で扱った PSS 事例では、「CS の会員数や利用者数が増加し、対象地域における CS 利用が一般的になると、CS の会員数や利用者数が更に増える」や「新鮮な果物のネット販売の取引数が増え、都市部における評判が広まれば、サイトへの訪問者数が増加する」などの、創発的な現象が発生することが考えられ、これらは提供者側の収入などに影響を与える重要な現象となる。

これに対して、本研究では SD を用いたシミュレーションを行うが、SD ではシステムをマクロな視点から捉えて要素間の因果関係を直接的に記述するため、上記のような創発的現象の発生やそれを表現するための数式を「設計者が理解している、数学的に記述できる」場合に、創発的現象を考慮することができる。例えば、上記のカーシェアリングの例であれば、「会員数」と「新規会員数」及び「申込率」の間に因果関係とその関係を数学的に表す数式を記述することで表現できる。しなしながら、この因果関係は記述できるとしても、その数学的な関係までも設計者が事前に正確に把握することは、創発という現象の性質上ほぼ不可能であり、これを正確に記述することは困難である。このような創発的現象を取り扱うためには、利害関係者をより粒度の細かいレベルでモデル化し、それらの相互作用の結果としてどのような大域的な挙動が現れるかを、事前に明らかにする必要がある。そのためには、第 4.4.1 項でも述べたマルチエージェントシミュレーション (MAS) を用いることが有効であると考えられる。MAS を用いてミクロな相互作用をモデル化し、そこから現れるマクロな挙動を再現し、その結果を SD モデル上に記述することで、PSS の構造内における創発的な現象を取り扱い可能になると考えられる。今後は、このように、PSS を階層を持つシステムとして明示的に捉え、MAS によるミクロなシミュレーションと SD によるマクロなシミュレーションを補完的に利用することで、創発的現象までも設計者が取り扱い可能な方法論を検討していく必要がある。

一方、上記 2 つの場合のような、数式により記述しづらいパラメータ間の関係を扱う場合には、第 5.2 節に述べた「サービスの最適設計ループ」が主張するように、PSS の実施後における現場観察と分析を通じて、より正確な数学的な関係をシミュレーションモデルに反映していくことが必須である。今後は、このような、PSS の導入後にシミュレーションモデルを改善していくためのプロセスも検討する必要があることもここで述べておく。

(3) 利害関係者間の短期的・長期的な相互作用の考慮に関する考察のまとめ

以上をまとめると、利害関係者間の短期的・長期的な相互作用を考慮した評価評価に関して、以下のことが明らかになった。

- 本シミュレーション手法では、利害関係者間の短期的・長期的な相互作用の双方を考慮した価値評価を行うことを可能とした。
- 本シミュレーション手法では、PSS に係わる利害関係者の、一定期間における要求価値の充足度の経時的変化を獲得可能となった。これは、長期的な期間を考慮して、戦略的な設計を行うために有効である。
- 本シミュレーション手法では、PSS に係わる利害関係者の主観に基づく反応を正確に記述することは困難である。今後は、人工市場を用いたシミュレーションを用いた技術などを応用することで、この問題を解決する必要がある。
- 本シミュレーション手法では、システム内に発生する創発的な現象を「設計者が理解している、数学的に記述できる」場合に考慮可能である。しかしながら、創発的現象を事前に把握し、数学的に記述することは困難である。そのため今後は、PSS を階層を持つシステムと捉え、MAS によるマイクロなシミュレーションと SD によるマクロなシミュレーションを補完的に利用することで、創発的現象までも設計者が取り扱い可能な方法論を検討する。
- 数式により記述しづらいパラメータ間の関係を扱う場合には、PSS の実施後における現場観察と分析を通じて、より正確な数学的な関係をシミュレーションモデルに反映していくためのプロセスを検討することが必要である。

7.3.4 検証項目に沿った考察(4)-シミュレーションモデルの構築手順

本稿では、提案したシミュレーションモデル構築手順に関して考察する

(1) シミュレーションモデル構築手順の有効性

SD では、シミュレーションモデルの構築における自由度が非常に高く、何らかの指針がなければ、目的に合致したシミュレーションモデルを構築することが難しい。そこで本研究では、SD を用いた PSS のシミュレーションモデルを構築するための手順を提案した。より具体的には、本研究では、価値評価パラメータの設定→価値評価パラメータに影響を与える利害関係者間の短期的な相互作用の記述→価値評価パラメータに影響を与える利害関係者間の長期的な相互作用の記述、という段階的な手順により、「部

分から全体へ」とシミュレーションモデルを構築することを提案した。事例適用では、カーシェアリング、地域活性化のための PSS の両事例においてシミュレーションモデルを作成したが、これらのシミュレーションモデルは双方とも、結果的に非常に複雑なものとなった。そのため、このような段階的な手順を踏んで「部分から全体へ」とシミュレーションモデルを構築していく手順は有効であったと考えられる。

一方、Sterman が述べているように、SD におけるシミュレーションモデルを構築する際、最も大事となるのは、モデル構築の境界を明確にすることである [Sterman 2000]。すなわち、対象とするシステムのどこまでを対象として、何を目的に SD のモデルを構築するのかを明確化することが重要となる。その点において、本研究では、SD のシミュレーションモデルを構築する前に PSS の実現構造モデルを記述することで、シミュレーションモデル構築において対象とする範囲を事前に規定することが可能であった。また、シミュレーションの出力として得たい結果（目的）も、各利害関係者の価値評価パラメータとして事前に定められていた。以上のことから、本研究では、PSS の実現構造モデルをシミュレーションモデル構築の基準として用いることで、シミュレーションモデルの構築が容易になったと言える。

(2) シミュレーションモデル構築手順の課題

本研究では、シミュレーションモデルを効率的に構築するための手順を示すことができたが、その手順の各ステップにおける設計者支援を行うことはできなかった。例えば、価値評価パラメータに影響を与える利害関係者間の相互作用を記述する際に、どのようなパラメータを記述するか、パラメータ間にどのような因果関係を記述するか、ということは、実現構造モデルをもとにした設計者間における議論や現場調査、インタビューに依存していた。そのため今後は、シミュレーションモデルの構築における設計者支援を実現する手法やツールの開発を検討する必要がある。

(3) シミュレーションモデル構築手順に関する考察のまとめ

以上をまとめると、シミュレーションモデルの構築方法に関して、以下のことが明らかになった。

- 本研究におけるシミュレーションモデルは複雑なものになることが多いため、段階的な手順により、「部分から全体へ」とシミュレーションモデルを構築していく手順は有効であった。

- SD のシミュレーションモデル構築においては、その対象範囲と目的を定めることが重要である。本研究では、事前に PSS の実現構造モデルを記述することでシミュレーションモデル構築における対象範囲を規定可能となった。また、各利害関係者の要求価値を事前に抽出することでシミュレーションモデル構築の目的を規定可能となった。以上により、シミュレーションモデルの構築が容易になることを確認した。
- 本研究では、シミュレーションモデルを効率的に構築するための手順を示すことができたが、その手順の各ステップにおける設計者支援を行うことはできなかった。今後は、シミュレーションモデルの構築における設計者支援を実現する手法やツールの開発を検討する必要がある。

7.3.5 その他の考察(1)-シミュレーションによる定量評価結果の利用

- シミュレーションによる評価結果の利用における注意点

本シミュレーション手法では、各利害関係者の価値評価パラメータの値を定量的に評価可能となった。これにより、現状の PSS のどの部分をどのように改善すべきかということが明確化された。また、本シミュレーション結果をもとに、導出した改善案が設計目標を達成しているかどうかを議論することができたため、本シミュレーション結果は設計サイクルを終了させるタイミングの決定のための目安（基準）として利用可能であった。このように、シミュレーションによる定量評価の結果は、PSS の新たな実現構造の設計に関する議論を進める上で有効に利用可能であった。

しかしながらその一方で、本シミュレーションにより得られる定量値は、現実世界を 100%再現するような、完全に正確な値であるとは言えない。これは、本シミュレーションが、多様な利害関係者から成る社会システムという、非常に広範、かつ、多くの不確実性を含む対象を扱うためである。さらに、第 6 章に述べた事例適用でもそうであったように、本シミュレーションの利用においては、ある特定の限定的な状況を想定してシミュレーションを実施するため、現実世界で起こる全ての事象を反映した結果は得られない。そのため、本シミュレーションによる定量評価の結果は、改善案検討のための議論の方向性の決定や設計サイクルを終了させるタイミングの決定のための目安（基準）として有効に利用可能であるものの、その際に設計者は、出力された定量値が 100%正しいものであると解釈するのではなく、あくまでも、PSS の実現構造の設計に関する議論を進める上で「手助けとなる情報」として解釈し利用することが重要である。

- 設計者の「気づき」による設計解の詳細化

本設計プロセスでは、PSSの実現構造のモデリング→シミュレーションによる評価→改善、の設計サイクルにより導出したPSSの実現構造の設計解候補に対して、感度分析を用いたリスク評価やwhat-if分析を用いた頑健性評価を行った。例えば、地域活性化のためのPSS事例への適用では、多様な利害関係者の受け取る価値を高めるためには「ネット販売におけるA品の需要量」が特に重要な（各利害関係者の要求価値に影響が大きい）パラメータであることが明らかになり、これにより、「A品の購入者数を増やすためのプロモーションを中心に行う」というように、プロモーションの実施におけるポイントを具体化することができた。また、同分析では、A品のタンカンが想定よりも多く生産できた場合は、「配送業者の収益」、「地域フルーツショップの収益」、「獲得した消費者情報の量」が減少するリスクがあるために、その対策をしなければならないこともわかった。さらに、頑健性分析では、「ネット販売における需要量」が大きく低下した場合に、当初設定した設計目標を下回る可能性が示唆されたため、「ネット販売における需要量を注意深く監視し、これが大幅に低下しそうな場合には、ネット販売における需要量を向上させるための対策を早急に立てる」というPSSの実施における注意点を具体化することができた。

このように、本研究では、構築したシミュレーションモデルを用いて感度分析やwhat-if分析を行うことで、様々な状況を想定したシミュレーションを実施することができ、その結果から設計者がシミュレーションを実施しなければわからなかったような「気づき」を得て、設計解の更なる詳細化や実施における注意点を導出可能であった。これは、本研究で、PSSの実現構造の設計にシミュレーションによる定量評価の手順を導入したことの大きな利点である。

以上から、提案するシミュレーション手法による定量評価結果の利用に関して、以下のことが明らかになった。

- 本シミュレーションによる定量評価結果は、改善案検討のための議論の方向性の決定や設計サイクルを終了させるタイミングの決定のための目安（基準）として有効に利用可能である。
- 本シミュレーションにより得られる定量値は、現実世界を完全に再現するような正確な値とは言えないため、設計者は、出力された定量値が100%正しいと解釈するのではなく、あくまでも、PSSの実現構造の設計に関する議論を進める上で「手助けとなる情報」として解釈し利用することが重要である。

- 感度分析や what-if 分析により、様々な状況を想定したシミュレーションを実施することができ、その結果から設計者が新たな「気づき」を得て、設計解を詳細化することができた。これは、本研究で、PSS の実現構造の設計にシミュレーションによる定量評価の手順を導入したことの大きな利点である。

7.3.6 その他の考察(2)-設計解導出過程におけるシミュレーションモデルの利用

本シミュレーション手法では SD を用いたが、SD では、各利害関係者の要求価値の充足度を表す価値評価パラメータに影響を与えるパラメータを直感的に把握可能となった。これにより、設計者は、改善案を検討する際の手がかりとなる情報を得ることができた。例えば、カーシェアリングの事例では、「可用性の値を常に 80%以上にする」ということが設計目標の一つであったが、構築した CLD を参照することで、そのためにはカーシェアリングで利用可能な「車の全数」を増加させれば良いということがわかった。この情報は、「カーシェアリングにおいて使用する自動車を軽自動車にする」という改善案を検討する際の糸口となる情報であった。このように、SD のシミュレーションモデルでは各価値評価パラメータに影響を与えるパラメータを把握可能であったため、改善案の検討においても有効に利用可能であった。第 4.2.4 項に述べたような、既存研究におけるシミュレーション手法では、シミュレーション結果に影響を与えるパラメータ間の関係を容易に把握可能ではなく、このことは本研究が提案するシミュレーション手法の特徴の一つである。

しかしながら、事例適用で明らかになったように、本方法論で構築される CLD の構造は非常に複雑になるため、ある要求価値の値を変化させようとしたときの改善の対象とするパラメータを選択する作業は困難であり、効率化のための工夫が必要となると考える。そこで今後は、本方法論に対してグラフ理論を用いたネットワーク構造分析手法等を組み合わせることで、要求価値の値の変化に対して影響力の大きい(影響度の高い)パラメータを発見可能とする。これにより、PSS の実現構造の改善フェーズにおける設計者支援が実現される。

また、多様な利害関係者の要求価値を同時に考慮した PSS 設計を行う際、ある利害関係者の要求価値の充足を実現するための改善案が、他の利害関係者の要求価値に対して負の影響を与えてしまうような状況が生じることが容易に想定できる。このような、要求価値間にトレードオフ関係がある状況では、どちらの要求価値にも致命的な影響を与えないような折衷的な設計解や、衝突関係を根本的に解消するための設計解を導出する必要があるが、本方法論ではそういった設計解を導出する過程を支援することは対

象としていない。そこで今後は、利害関係者の要求価値間にトレードオフ関係がある場合に、設計解導出を支援するための手法を検討・導入する必要がある。

以上をまとめると、設計解導出過程におけるシミュレーションモデルの利用に関して、以下のことが明らかになった。

- 本研究では、シミュレーションモデル上で、PSSに係わる利害関係者の要求価値に影響を与えるパラメータを直感的に把握可能であり、これにより、設計者は改善案検討における糸口となる情報を得ることが可能となった。
- 構築されるCLDの構造は非常に複雑になるため、改善対象となるパラメータを特定することは困難である。今後は、ネットワーク構造分析手法等を組み合わせることで、多様な要求価値に対して影響力の大きいパラメータを発見し、改善フェーズにおける設計者支援を実現することを検討する。
- 多様な利害関係者の要求価値間にトレードオフ関係がある状況は容易に想定できるため、今後は、そのような場合に折衷案となる設計解や衝突関係を解消するための設計解を導出することを支援するための方法を検討する。

7.3.7 その他の考察(3)-モデル変換における設計者支援の必要性

本研究では、PSSの実現構造モデルを構築した後に、現場観察やインタビュー、モデル内の情報に基づく設計者間での議論により獲得する情報をもとにCLDを作成し、それをSFDに変換する。そして、構築したSFDをもとにシミュレーションを実行してシミュレーションモデルの妥当性を確認し、その結果に基づき妥当なシミュレーションモデルを構築していく。本設計プロセスでは、PSSの実現構造モデルからCLDへの変換と、CLDからSFDへの変換という2つのモデル変換の過程を有するが、これら変換は複数回も繰り返して行われるため、この変換過程は設計者にとっての負担となる(Figure 7-3)。そのため、これらのモデル変換において設計者を支援するような手法や枠組みを検討する必要がある。

このうち、CLDからSFDへの変換に関しては、本研究でも用いたように、山口ら[山口 2005]が変換のための一連の手順とルールを整備している。そこで今後は、CLDからSFDの変換ルールを、ATL(ATL Transformation Language)[Jouault 2005]やTGG(Triple Graph Grammar)[Schürr 1995]といったモデル変換言語(Model Transformation Language)により記述し、それを実装することで、CLDからSFDへのモデル変換の自動化を実現することを検討する。これにより、設計者の負担が大幅に軽減可能であると考えられる。

以上のように、シミュレーション実施におけるモデル変換における設計者支援に関して、以下のことが明らかになった。

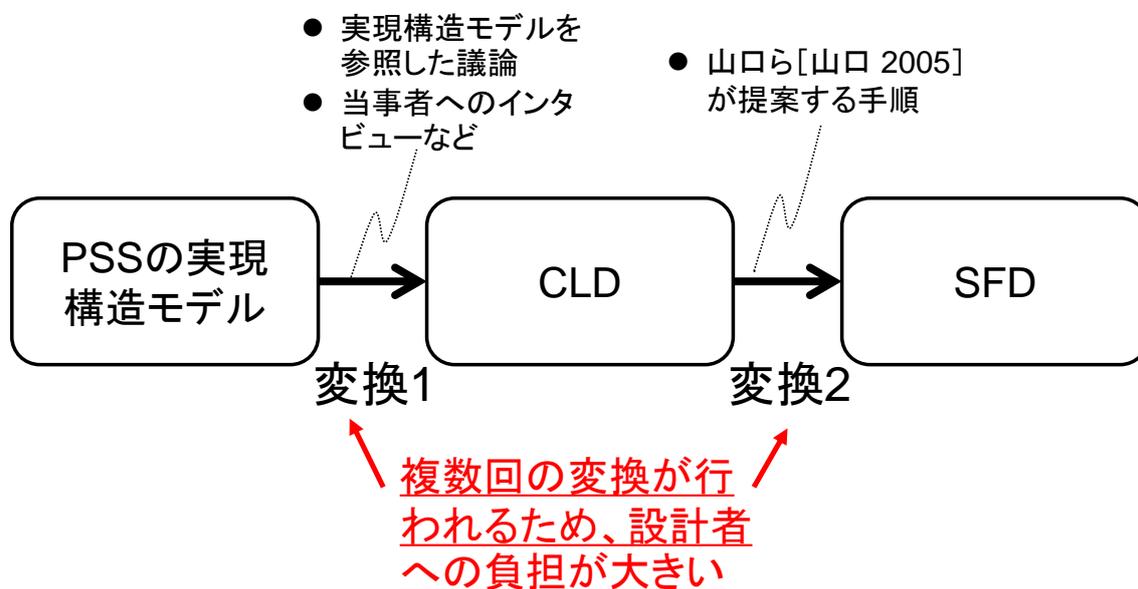


Figure 7-3 提案する設計プロセスにおけるモデル変換の負担

- 「CLD から SFD への変換」は、そのルールをモデル変換言語により実装することで、変換過程を自動化することが可能である。今後は、モデル変換における設計者支援を実現するために、モデル変換の自動化を検討する必要がある。

7.4 設計プロセスに関する考察

7.4.1 検証項目に沿った考察(1)-提案した設計プロセスによる PSS の実現構造設計

本項では、提案した設計プロセスの、PSS の実現構造設計に対する有効性と課題について考察する。

(1) 提案した設計プロセスの PSS の実現構造設計に対する有効性

本研究の事例適用では、カーシェアリングと地域活性化のための PSS という 2 つの事例に対して、提案した設計プロセスに沿った実現構造の設計を行った。事例適用では、これらの両事例において、PSS を多様な利害関係者から成るシステムとしてモデル化した上で、それら多様な利害関係者が受け取る価値の大きさをシミュレーションにより評価しながら設計を進めることが可能であった。そして、PSS の実現構造のモデル化とシミュレーションを繰り返し実行し、その過程を通じて、PSS の改善に関する議論を交わすことで、最終的な設計解を導出することが可能であった。そして、この導出した改善案が、シミュレーション上では、現状のビジネスよりも多様な利害関係者にとって高い価値を持つことを確認した（カーシェアリングは Figure 6-21 参照。また、地域活性化のための PSS 事例は Figure 6-67 参照。）。この結果はあくまでもシミュレーション上の結果ではあるものの、本研究が提案する PSS の実現構造の設計プロセスを用いることで、多様な利害関係者のそれぞれが高い価値を享受できるような PSS の実現構造を設計することができたことの可能性を示している。以上のことから、多様な利害関係者が高い価値を享受可能な PSS の実現構造を設計する上での、本設計プロセスの一定の有用性を確認できたと言える。

(2) 提案した設計プロセスの PSS の実現構造設計に対する課題

本研究では、PSS を実現するために必要な利害関係者、他の利害関係者間に価値を提供するコンテンツ、コンテンツの受供給を行うためのプロセス、プロセスを実施するためのリソースの 4 要素を決定すること設計範囲とした。そして、2 つの事例に対する適用により、提案した設計プロセスを用いることで、各利害関係者の受け取る価値の大きさを考慮しながら、これら 4 要素を決定することができることを確認した。このように本研究では、利害関係者間のコンテンツの受供給のために必要なプロセスやリソースを決定することは可能であるが、そのプロセスやリソースの「最適な」構造を見出すことはできない。PSS の受供給を効率化するためには（より少ないコストでより大きな価値を生み出すためには）、プロセスの順序関係の最適化やリソースの最適化（製品構造の

最適化、人員配置の最適化)を行うことも必要であるが、この設計を行うことは、第 2.3.1 項に述べた PSS の設計フェーズにおける「サービスの詳細設計」のフェーズに相当するため、本研究では取り扱わなかった。今後は、プロセスの順序関係や製品構造、人員配置の最適化研究との連携も検討する。

(3) 提案した設計プロセスによる PSS の実現構造設計に関する考察のまとめ

以上をまとめると、提案した設計プロセスによる PSS の実現構造の設計に関して、以下のことが明らかになった。

- 提案した設計プロセスを用いることで、多様な利害関係者にとって高い価値を提供可能な PSS の実現構造を設計することが可能であった。このことから、多様な利害関係者が高い価値を享受可能な PSS の実現構造を設計する上での、本設計プロセスの一定の有用性を確認できた。
- 提案した設計プロセスでは、プロセスやリソースの「最適な」構造を見出すことは対象としていない。プロセスの順序関係の最適化やリソースの最適化（製品構造の最適化、人員配置の最適化）は PSS の受供給の効率化のために重要な観点であるため、今後は、そのような最適化研究との連携も検討する。

7.4.2 検証項目に沿った考察(2)-設計サイクルの繰り返し

本研究では、モデリング→シミュレーション→改善から成る設計サイクルを繰り返すことで PSS の実現構造の設計を行うというアプローチを採用した。本項では、このアプローチが PSS の実現構造の設計に対して有効であったかについて考察する。

(1) 設計サイクルを繰り返すことの有効性

本研究では、PSS に係わる多様な利害関係者にとって高い価値を提供する PSS の実現構造を設計することを目的としているが、Figure 6-8 や Figure 6-35 に示したように、各利害関係者の要求価値は、非常に複雑な因果関係のネットワークにより相互に関連づいていた。SD のシミュレーションモデルはこれら因果関係のネットワークを可視化するが、その複雑さゆえ全体像を把握することは困難であり、一度で全ての利害関係者にとって高い価値を持つ PSS の実現構造を想起することは困難であった。これに対して本研究では、一度で全ての要求価値を充足するための設計をするわけではなく、何回も設計サイクルを繰り返すことにより徐々に PSS の実現構造を改善していった。これにより、多様な利害関係者の要求価値の全てを考慮しながら PSS の実現構造を設計するこ

とが可能であった。以上のことから、本研究が提案する設計プロセスのアプローチは、多様な利害関係者の要求価値を考慮した PSS の実現構造設計を行う上で有効であったと言える。

(2) 設計サイクルを繰り返すことの課題

本研究では、現状（改善前）のモデルを構築してから、それを改善して将来（改善後）のモデルを構築するというアプローチをとる。このアプローチでは、現状のモデルに基づいた改善を行うために、設計者は現状のモデルに囚われがちになり、現状の実現構造から大きく形を変えた（いわば、イノベーティブ）な設計解を導出することが困難であった。例えば、今回用いた地域活性化のための PSS の設計事例においても、改善後の PSS は改善前のそれに対して、いくつかのサービス（ネット販売やプロモーション）を加えたものであったが、これは本設計プロセスにおいて現状のモデルを繰り返し改善していくというアプローチに内在する制約であると考えられる。この制約を取り除き、様々な設計解を創出可能とするためには、以下の2つの方法が考えられる。

1つ目は、PSS のビジネスモデルの設計方法論との統合である。例えば、第 2.3.3 項に述べた Rese らや Meier らの研究と統合し、PSS のビジネスモデルを設計した後に、その実現構造を設計するという手順を踏むことにより、より新規的でイノベーティブな設計解を獲得可能になることが期待される。

2つ目は、異領域設計知識の利用である。下村らは、設計において設計対象とは異領域の設計知識を利用することで創造的な設計を行うための計算機環境である Universal Abduction Studio を開発している [下村 2006]。また、筆者らは、Self-Organizing Map (SOM) [Kohonen 1998] 手法を用いて、多数の PSS 事例をそれが提供する価値の類似度に基づきマップ化し、それを設計者に提示することで PSS 設計において新規的なアイデアの発想支援を行うための手法を開発している [Akasaka 2012b]。これらの研究と本研究との統合を図り、PSS の実現構造の設計において異領域の知識を利用可能とすることで、新規的な設計解が獲得可能となることが期待される。

(3) 設計サイクルを繰り返すことに関する考察のまとめ

以上をまとめると、本研究が提案する設計サイクルの繰り返しによる PSS の実現構造の設計というアプローチに関して、以下のことが明らかになった。

- PSS に係わる利害関係者の要求価値は、複雑な因果関係のネットワークにより相互に関連づく。そのため、一度の改善で全ての要求価値を充足しようとするのではな

く、何回も設計サイクルを繰り返すことにより徐々に PSS の実現構造を改善していくという本研究のアプローチは、多様な利害関係者の要求価値を考慮した PSS の実現構造設計を行う上で有効であった。

- 本研究が提案するアプローチでは、現状のモデルに基づいた改善を行うために、設計者は現状のモデルに囚われがちになり、新規的な設計解を導出することが困難であった。これに対しては、今後、PSS のビジネスモデルの設計研究との統合や PSS の実現構造設計における異領域知識の利用などを検討する必要がある。

7.5 関連研究との比較による本研究の特徴の明確化

以上の第7.2節から7.4節では、提案したモデリング手法、シミュレーション手法、設計プロセスの有効性と課題について詳細に考察した。本節では、PSSの実現構造の設計に関する既存研究との比較から、本研究がPSSの実現構造設計において特に有用であった点を再整理する。ここでは、特に、本研究が提案する設計方法論の要素技術であるモデリング手法とシミュレーション手法に関して既存研究との比較を行う。

(1) PSSの実現構造のモデル化とそれに基づく設計

第3.3節に述べたように、PSSの実現構造のモデリング手法に関する研究が、欧州や日本を中心に幾つかのなされている。下村ら、原らの手法では、PSSに係わる多様な利害関係者の中の特定の1対1関係にのみ注目し、その1対1関係における受給者の要求価値を満たすために必要となるリソース、プロセスを整理する。そのため、多様な利害関係者から成るPSSの実現構造の全体を俯瞰的に表現することができない。例えば、第6章に述べたカーシェアリングをモデル化しようとする、「自動車会社-CS提供者間」、「CS提供者-CSユーザ間」、「CSユーザ-郊外店舗間」の3つの部分構造において幾つかのモデルを個別に構築しなければならない。さらに、PSSの全体構造を理解するためには、それら部分構造ごとのモデルを統合しなければならないが、そのための手法は提案されていない。一方、渡辺らの手法では、多様な利害関係者全体におけるプロセスやリソースを俯瞰的に表現する手法である。しかしながら本手法は、他の利害関係者から不可視なプロセスを表現することが困難であるため、製品生産/使用やサービス提供/受給の準備や事後処理を行うプロセスを詳細に記述することができない。また、この手法では、リソースを記述するダイアグラムをプロセスの一つひとつに対して記述しなければならない。例えば、カーシェアリングの事例では、1つのプロセスネットワークモデル内に計29個のプロセスが記述されたが、この場合、プロセスの実施に必要なリソースを表現するために29個に分割されたダイアグラムを作成するため、設計者は、各利害関係者がどのようなリソースを用意すべきかということを理解することが困難となる。

これに対して、本研究で提案するモデリング手法では、多様な利害関係者から成るPSSの実現構造を俯瞰的に表現可能であった。また、他の利害関係者から不可視のプロセスを、プロセスネットワークモデルにおける独立プロセス (Independent processing) として記述可能であった。さらに、リソースモデルでは、各利害関係者のリソースのレオンを参照することで、各利害関係者が用意すべきリソースを容易に理解可能となっ

た。以上より、本研究は、既存研究と比較して、多様な利害関係者から成る複雑な PSS の実現構造を設計者が相互理解可能な形式でモデル化可能であると言える。このことにより、記述したモデルは、複数設計者で PSS の実現構造の設計を行う際の「議論の土台」となった。また、記述したモデルを参照することで、PSS の実現のために必要な利害関係者やプロセス、リソースの情報を、設計者が容易に整理できるようになった。

さらに本研究では、このモデルを用いて新たな PSS の実現構造を設計する際の、モデル中の要素の操作方法を明らかにした。特にここでは、利害関係者の追加／削除、コンテンツの追加／削除／変更／移動、プロセスのレーンを跨いだ移動、オペランドリソースの変更といった、多様な利害関係者から成る PSS を設計する際に重要となる操作方法を明確にした。これにより、新たな PSS の実現構造の設計を、より体系的に行うことが可能となった。本研究の事例適用では、実際に、モデル操作方法の一覧に基づいて様々なモデル操作を行うことにより（第 7.2.2 項の Table 7-2 と Table 7-3 参照）、新たな PSS の実現構造を設計することが可能であった。特に本適用では、これまでサービス化されていなかった部分をサービス化する（地域活性化事例において、収穫時期の情報提供のサービスを検討した操作が相当）、ある利害関係者のプロセスを他の利害関係者にアウトソースする（地域活性化事例において、収穫時期の情報提供のサービスをタンカン農家から地域フルーツショップに委譲した操作が相当）、などといった、PSS 設計特有の議論・検討を体系的に行うことができたが、これは本研究の提案するモデル操作方法を参照したためである。既存研究においても、記述したモデルを設計者が参照しながら新たな実現構造を設計することを行うことが一部で主張されているが、そのモデル操作方法については整理されていない。そのため、このことは、既存研究と比較した際の本研究の大きな特徴の一つである。

以上のことから、「PSS の実現構造のモデル化とそれに基づく設計」に関して、既存研究と比較した際の本研究の特徴は以下のようにまとめられる。

- 多様な利害関係者から成る複雑な PSS の実現構造を設計者が相互理解可能な形式でモデル化可能である。そのため、本モデルは、複数設計者で PSS の実現構造の設計を行う際の「議論の土台」となった。また、PSS の実現のために必要な利害関係者やプロセス、リソースの情報を、設計者が容易に整理できるようになった。
- 本研究では、このモデルを用いて新たな PSS の実現構造を設計する際の、モデル中の要素の操作方法を明らかにしたことにより、モデルを用いた PSS 設計を、より体系的に行うことを可能とした。

(2) PSS のシミュレーションによる評価とそれに基づく設計

第 4.2.4 項に述べた既存のシミュレーション手法では、PSS の 1 回のトランザクションのみを対象としている。すなわち、既存のシミュレーション手法では、PSS の 1 回のトランザクションを経て、各利害関係者の要求価値がどのように変化するかということの評価する。例えば、既存手法をカーシェアリング事例に適用した場合は、CS ユーザが「自動車を借りてから返却する」という過程を対象としたシミュレーションを行うことになる。一方、本研究では、PSS 受供給の 1 回のトランザクションだけでなく、幾つものトランザクションを対象とした評価を可能とした。実際に、カーシェアリングや地域活性化のための PSS 事例では、5 年間という長期間を対象としたシミュレーションを行うことが可能であった。これにより、例えば、カーシェアリングの事例では、「新規会員数が年々増加していくと、3 年目以降に可用性が 100%ではなくなりなり得る」や「CS 提供者は、最初は赤字だが、3 年目以降に黒字に転じ得る」といった現象を、シミュレーション上で観察することができ、長期的な期間を考慮した戦略的な設計を行うことが可能となった。

また、第 7.3.3 項においても考察したが、このことに関連して本研究では、利害関係者間の短期的な相互作用だけでなく、長期的な相互作用も考慮した価値評価を可能とした。例えば、地域活性化のための PSS 事例では、「ネット販売を行うことで消費者情報を多く獲得するほど、効果的なプロモーションが可能となり、地域フルーツショップの収益が増加する」という利害関係者間の幾つものトランザクションの結果として現れる相互作用を考慮したシミュレーションや、このような時間遅れの現れる効果を考慮した設計が可能となった。このことは、1 回のトランザクションだけを対象とした既存手法ではできなかったことであり、本研究の特徴である。

一方、第 7.3.6 項においても考察したが、本研究が提案した SD を用いたシミュレーションでは、PSS に係わる利害関係者の要求価値に影響を与えるパラメータを直感的に把握可能であり、これにより、設計者は改善案検討における糸口となる情報を得ることができた。これに対して、場面遷移ネット (STN) を用いた既存手法では、モデル内部におけるパラメータ構造 (どのようなパラメータがどのようなメカニズムでシミュレーション結果に影響を与えるか) は、シミュレーションモデル内部に詳細に定義されており、モデル上で明示的に表現されない。そのため、これをシミュレーションモデル構築者以外が直感的に把握することは困難である。そのため、パラメータ間の関係が直感的に把握可能な本シミュレーション手法は、改善案検討における設計者支援を実現するという観点から、PSS の実現構造設計に対して有用であると言える。

以上のことから、「PSS のシミュレーションによる評価とそれに基づく設計」に関して、既存研究と比較した際の本研究の特徴は以下のようにまとめられる。

- 本研究では、PSS 受供給の 1 回のトランザクションだけでなく、幾つものトランザクションを対象とした評価が可能となった。これにより、長期的な期間を考慮した戦略的な設計を行うことが可能となった。
- 本研究では、利害関係者間の短期的な相互作用だけでなく、長期的な相互作用も考慮した価値評価を可能とした。これにより、利害関係者間の幾つものトランザクションの結果として時間遅れの現れる効果を考慮した設計が可能となった。
- 本研究では、シミュレーションモデル上で、PSS に係わる利害関係者の要求価値に影響を与えるパラメータを直感的に把握可能であり、これにより、設計者は改善案検討における糸口となる情報を得ることが可能となった。

7.6 PSS の設計全般に対する考察

本節では、「PSS の設計全般」に対する本研究の貢献や有効性、課題に関して、幅広く考察する。

7.6.1 複数の設計者による PSS の共同的な設計

- 設計者間の相互理解や議論の促進

本研究が提案するモデリング手法やシミュレーション手法は、複数の設計者が PSS の実現構造を相互理解することを可能とした点、新たな設計解の導出における議論を促進した点において特に有効であった。

第 1.1.5 項において述べたように、PSS の実現構造設計における設計対象範囲は非常に広範になる。このような広範な対象を取り扱う際には、ある設計者が単独で設計に関する作業を行うのではなく、複数の設計者が、多角的な観点から自身が持つ知識や経験に基づき意見を出しあいながら共同的に設計を進めていく「共同設計 (Collaborative Design) [Wang 2002]」のアプローチが有効であると考えられる。共同設計を実施することで、知識の不足を相互に補完し合いながらより幅広い視点で設計を進めることが可能となる。この共同設計を効果的に進めるためには、(1)複数設計者が設計対象を相互理解した上で、(2)新たな設計解の導出における議論を行うことが重要となる。

この(1)に対して、本研究が提案するモデルは、PSS の実現構造の構成要素 (利害関係者、コンテンツ、プロセス、リソース) を、設計者が容易に理解可能であったことから、有効に利用可能であると考えられる。また、本研究でシミュレーションに用いた SD では、各利害関係者の要求価値に影響を与えるパラメータ間の因果関係が明示的に表現されるため、SD モデル上のパラメータ間の因果関係に関する情報をもとに、新たな改善案の導出に関する議論を合理的に行うことができた。このように本研究が提案するシミュレーション手法は、設計者間における設計解導出に関する議論を活性化させる上で有効であった。

以上のように、本研究が提案する一連の手法は、設計者間で PSS の実現構造を相互理解し、改善のための議論を合理的に行うことができるという点で特に有用であった。このことは本研究が提案する設計方法論の特徴である。

- 参加型設計のための方法論への展開

一方、本研究における議論の中心にあったように、PSS 設計においては、多様な利害関係者の立場を考え、局所最適ではなく全体最適のための設計を行うことが重要である。この観点において共同設計は、多角的な観点から設計解の導出に関する議論を進められる点で有効であるが、より有効な手段は、PSS に係わる利害関係者「自体」を設計者として設計に巻き込み、それら設計者が直接に自身の意見や知識を出し合いながら設計する「参加型設計 (Participatory design) [Schuler 1993]」というアプローチである (参加型設計は、参加型デザインとも呼ばれる)。

参加型設計には、一般に、2 つの方向性があるとされる (例えば, [安岡 2013])。1 つ目は、「北欧型」の参加型設計である。ここでは、異なる利害関係者を設計プロセスに巻き込みながら、共同的に一つの設計解を導出するための手法が模索されており、平等主義や民主主義の考え方に基づく方向性である。2 つ目は、ユーザ中心設計やユーザビリティ研究をルーツとした「米国型」の参加型設計である。米国型の参加型設計では、ユーザが使いやすい製品やサービスをつくるために、ユーザを設計の場に招き、共同的に設計を行う。本研究は、製品のユーザや消費者だけに限らない多様な利害関係者にとって価値の高い PSS を設計することを目指した研究であり、その根底に流れる考え方は、北欧型の参加型設計に非常に近い。また、本研究では、改善案の検討を行う際の議論の土台となるモデルや評価結果が提示可能であることから、本研究は参加型設計において有効に利用できる可能性は十分にあると期待できる。そのため、今後は、本研究の参加型設計 (北欧型) への適用可能性を検証する。

- 参加する設計者間の利害関係に応じた方法論選択

利害関係者自身が設計に参加する参加型設計を考えた場合、利害関係者の対立関係などにより設計に対するアプローチを柔軟に変更させる必要があると考えられる。ここでは、この点に関して考察する。

Operations Research (OR) の分野では、異なる価値観が存在する状況において、ダイアベートや自由討論によって問題解決を図る実践的手法として、ソフトシステム方法論 (Soft Systems Methodology: SSM) [Checkland 1981] [Checkland 1990] が提案されている。SSM では、利害関係者間に対立関係が発生している場合においても、その対立関係や価値観を共有し、その違いを認めながら、異なる見解を持つ人々が「ともにことにあたらう」とする状態 (これを、SSM では「アコモデーション」と呼び、合意された状態を表す「コンセンサス」とは明確に異なる概念として定義している) を模索する方法論である。SSM においてアコモデーションを模索する際の中心プロセスは、利害関

係者間の自由な討論とディベートにあり [木嶋 1999], そこでは, 各利害関係者がどのような価値観を持っているか, 異なる価値観の間で共有可能なポイントはあるか, ということに焦点を置いた議論が進められる. このような, 対立関係を含む利害関係者間における自由討論により意思決定を行うための方法は, 政策決定においても近年活用されており, そこではマルチステークホルダプロセス (Multi-Stakeholder Process: MSP) [Hemmanti 2002] と呼ばれる. これら SSM や MSP といった方法論の特徴は, 利害関係者間に対立関係が発生している場合においても, 各利害関係者の多様な価値観を共有し, 問題解決のための第一歩となるアコモデーションの状態を模索する点にある.

一方, 本研究が提案する方法論においても, 複数設計者による共同的な PSS 設計を行うが, そこでは, モデルを用いて現実世界における PSS を相互理解し, モデル操作やシミュレーションによる定量評価に基づき, 合意された設計解を得ることに主眼を置く. ここでの「合意された」とは, 異なる価値観が一時的に共存しているアコモデーションの状態とは多少異なり, 複数設計者の意見が収束した合意 (コンセンサス) 達成の状態を指す. このように, 設計者間における「現実世界の相互理解」と「合意された設計解の模索」を対象とする本研究は, 主観的な「価値観の共有」や「アコモデーションの模索」を主な対象とした SSM や MSP と比較した場合, より具体的で客観的なアプローチ (システムズアプローチの用語で言えば, より「ハード」なアプローチ) であると言える (Figure 7-4). ただし, この違いは明確に区別できるものではなく, あくまでも相対的な比較の結果によるものである.

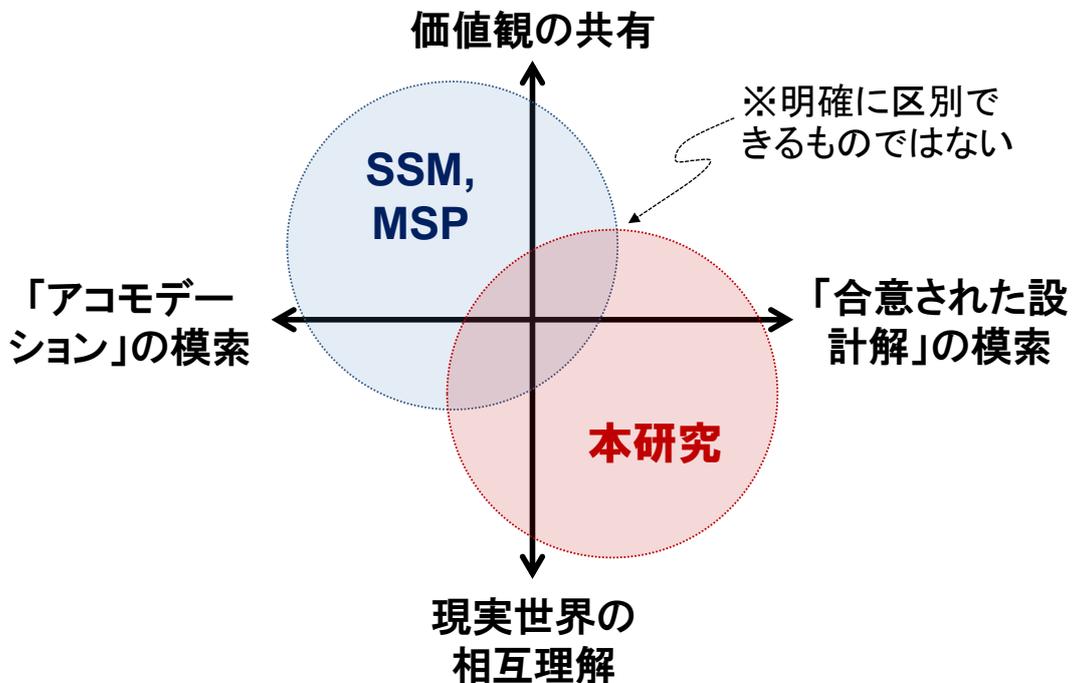


Figure 7-4 本研究の SSM や MSP との違い

このような違いを考えると、PSS の参加型設計に参加する設計者間の対立関係や設計のフェーズなどに応じて、設計に対するアプローチを柔軟に変更させることが必要になると考えられる。例えば、設計者間における「現実世界の相互理解」と「合意された設計解の模索」を対象とする本研究は、設計者間に利害関係の大きな対立や衝突がない状況において具体的な設計解を導出したい場合に適していると考えられる。実際に、本研究においても、PSS の設計者間に利害関係の大きな対立や衝突はなく、協調的な議論が進められることが暗黙の前提であった。その一方で、異なる「価値観の共有」や「アコモデーションの模索」を主な対象とした SSM や MSP は、設計者間に利害関係の対立や衝突が含まれている状況において、妥協点の探索や認識の共有点を模索することに適していると考えられる。以上のことから、今後は、PSS の参加型設計における問題状況に応じて、適した方法論やその組み合わせを整理することを検討する。

7.6.2 本研究の設計可能範囲

本研究の目的は、多様な利害関係者が高い価値を享受可能な PSS の実現構造の設計方法論を構築することであった。すなわち、本研究の対象は、PSS の実現構造の設計であり、以下に示す設計領域は対象としていない。今後は、これら領域における設計方法論との統合することにより、より包括的な PSS の設計方法論が確立されることが期待される。

- PSS のビジネスモデルの設計方法論
- PSS で用いられる製品の具体的構造の設計方法論
- 現状 (ASIS) の PSS を改善後 (TOBE) の PSS へと移行させるための、移行計画や移行プロセスの設計方法論

7.6.3 計算機による設計支援の可能性

製品設計分野では、設計作業を計算機により支援するためのソフトウェア (Computer Aided Design : CAD) が産業界において普及し、製造業の高生産性に大きく寄与している。CAD といえば、幾何学形状の設計支援ツールをイメージするのが一般的であるが、近年、概念設計や基本設計という設計の上流段階において設計者を支援するための CAD の重要性は一層高まっている。また、下村ら [下村 2005] は、サービスを設計す

のための CAD である Service Explorer の開発を進めており、サービスのモデル化や評価など、サービスの設計に必要な一連の機能を実装している (Figure 7-5) [原 2009].

本研究では、設計方法論の構築に重きを置いて研究を進めたため、設計プロセス全体を支援するようなシステムは開発できていない (ただし、計算機によるシミュレーションなどでは部分的に計算機を活用している)。そこで今後は、PSS の設計を支援するための設計支援システムを開発することを検討していく必要がある。

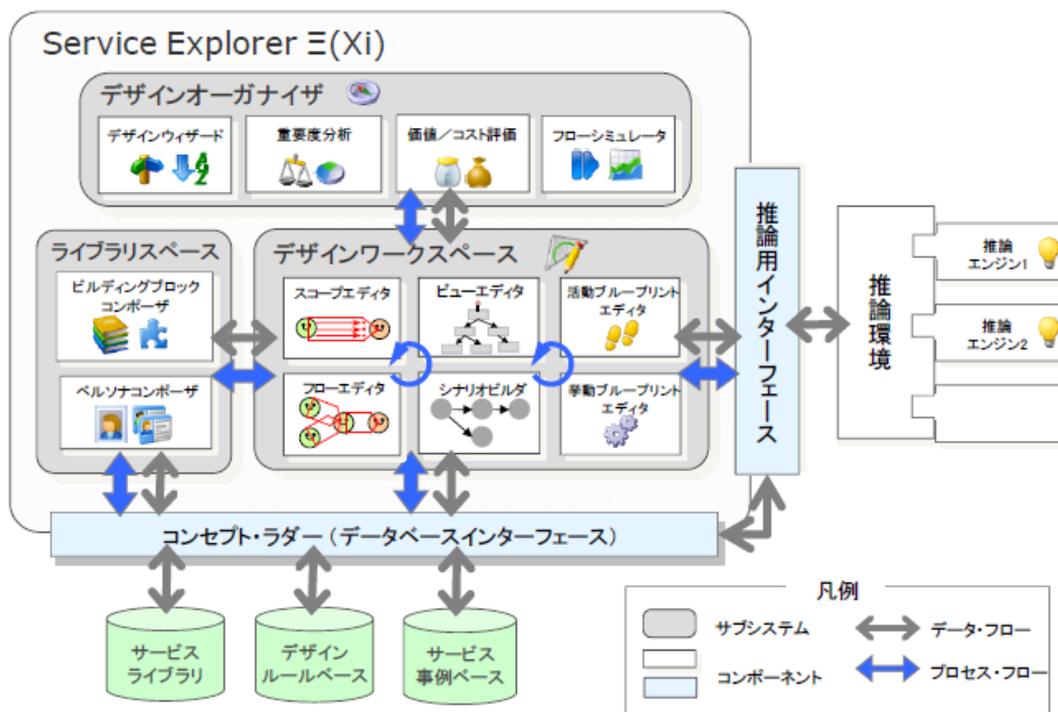


Figure 7-5 Service Explorer の構成 [原 2009]

7.6.4 長期的な時間軸を考慮した要求価値の分析

本研究では、利害関係者間の長期的な相互作用をも対象とし、各利害関係者の要求価値を充足するための PSS の実現構造の設計方法論を議論したが、各利害関係者の要求価値を非常に固定的に扱った。しかしながら、一般に、受給者の要求価値は、受給者が直面している外部環境 (例えば、社会の情勢やトレンド、技術動向など) や内部環境 (例えば、受給者自身の能力や価値観、経験量、知識量など) に大きく影響され、それら環境の変化に応じて変化する。そのため、長期的な視点を持ちながら、事業として持続性のある PSS を設計するためには、設計時点での要求価値だけでなく、将来の受給者の要求価値も考慮する必要があると言える。今後は、将来の要求価値を予測し、それを PSS の設計に反映するための手法を検討し、本研究との統合を図る。

7.6.5 持続可能な PSS の設計

第 1.1.3 項に述べたように、1987 年の国連「環境と開発に関する委員会（通称、ブルントラント委員会）」以来、「Sustainable Development（持続可能な発展）」は、今後の人類の最重要課題として認識されている（例えば、[深井 2005]、[河口 2006]、[矢口 2010] など）。ここでの持続可能とは、一般に、「地球環境資源の有限性を明確に意識し、将来世代のニーズを満たす能力を損なうこと無く、今日の世代のニーズを満たす」ということを指す。また、このような背景のもと、吉川 [吉川 2009] は、世の中における人工物の役割は、「表象のための」人工物、「生存のための」人工物、「利便のための」人工物と変遷してきたが、今後は、「持続のための」人工物となるべきであることを述べている（Figure 7-6）。

本研究では PSS の実現構造の設計方法論について取り扱ったが、PSS の概念は、そもそも、製品の物質的価値だけに依らない脱物質的な価値提供により製造業が競争力を高めるためのビジネスモデルとして提唱されており [Goedkoop 1999]、非サービス業が持続可能なビジネスを実現するための一手段であると言える。その意味で、非サービス業が PSS を実現するための設計方法論について論じた本研究は、非サービス業が現代社会において持続可能なビジネスを展開するための方法を具体化した研究であると位置づけることができる。実際に、第 6 章に述べた事例適用では、カーシェアリングへの適用において割引サービスを活用した PSS が、また、地域活性化の事例への適用においてはタンカンのネット販売サービスを活用した PSS が設計できたが、これは、本研究が提案する設計方法論を用いることにより、自動車やタンカンといった製品の物質的価値だけに依らないビジネスを設計できたことを意味している。

ただしその一方で、本研究では、設計した PSS が本当に環境負荷の低減に貢献可能かどうかを設計時に明確に考慮することができていない。これに対しては、「地球環境」を PSS に係わる利害関係者の一つとし、その要求価値が「環境負荷の低減」であるとするすることで、環境負荷低減への貢献度合いを考慮しながら PSS の設計を行うことが可能であると考えられる。このように、本提案手法を用いることで「理論上」は、環境を考慮した PSS の設計が可能であると考えられるが、現状、その検証は行っていない。そのため今後は、環境も考慮した PSS 設計に対する本研究の適用可能性を検証する。これにより、本研究を持続可能な PSS を設計するための方法論へと拡張していくことを検討する。

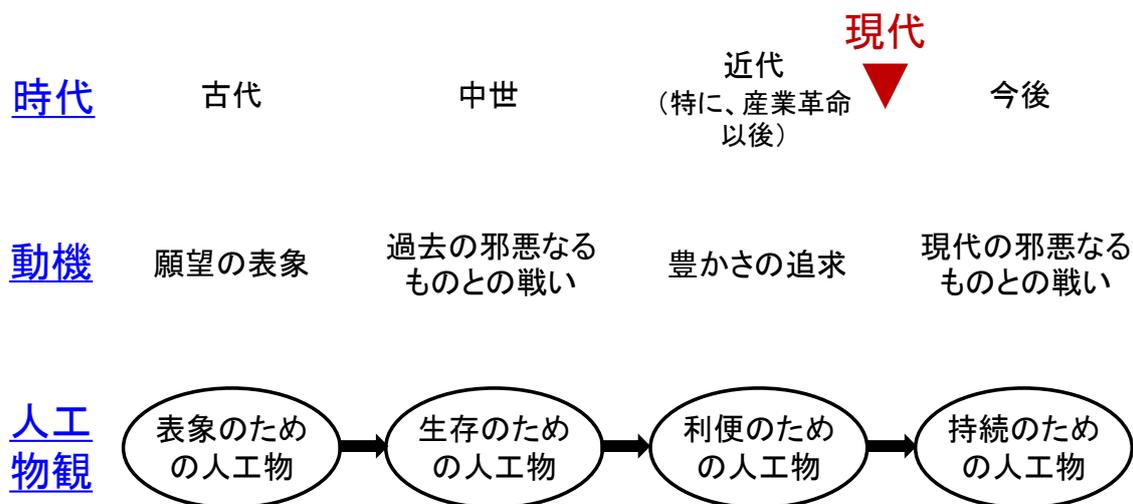


Figure 7-6 人工物観の変遷 ([吉川 2009] をもとに作成)

7.7 おわりに

本章では、第 6 章における適用結果に基づき、提案手法の有効性や特徴、課題に関する考察を行った。

第 2 節では、提案した PSS の実現構造のモデリング手法に関する考察を行った。特にここでは、第 6 章で設定した検証項目に沿って、提案したモデリング手法の記述能力(第 7.2.1 項)、PSS の実現構造の設計におけるモデルの役割(第 7.2.2 項)という点に関して、提案手法の有効性と課題を明らかにした。加えて、提案手法を用いた PSS の実現構造のモデル化における記述の粒度(第 7.2.3 項)に関する考察も行った。

第 3 節では、提案した PSS のシミュレーション手法に関する考察を行った。特にここでは、第 6 章で設定した検証項目に沿って、提案したシミュレーション手法の汎用性(第 7.3.1 項)、多様な利害関係者が受け取る価値の評価(第 7.3.2 項)、利害関係者間の短期的・長期的な相互作用の考慮(第 7.3.3 項)、シミュレーションモデルの構築手順(第 7.3.4 項)という点に関して、提案手法の有効性と課題を明らかにした。加えて、シミュレーションにおける定量評価結果の利用(第 7.3.5 項)、設計解導出過程におけるシミュレーションモデルの利用(第 7.3.6 項)、モデル変換における設計者支援の必要性(第 7.3.7 項)に関する考察も行った。

第 4 節では、提案した設計プロセスに関する考察を行った。特にここでは、第 6 章で設定した検証項目に沿って、提案した設計プロセスによる PSS の実現構造設計(第 7.4.1 項)、設計サイクルの繰り返しによる設計(第 7.4.2 項)、という点に関して、提案手法の有効性と課題を明らかにした。

第 5 節では、PSS の実現構造の設計に関する既存研究との比較から、本研究の要素技術であるモデリング手法とシミュレーション手法が、PSS の実現構造設計において特に有用であった点を再整理した。

第6節では、提案した方法論を用いた複数の設計者による PSS の共同的な設計（第7.6.1項）、本研究の設計可能範囲（第7.6.2項）、計算機による設計支援の可能性（第7.6.3項）、長期的な時間軸を考慮した要求価値の分析（第7.6.4項）、本研究の持続可能な PSS の設計への貢献（第7.6.5項）、について考察した。これにより、PSS の設計全般における、本研究の有効性や対象範囲、課題を明らかにした。

第8章 結論

8.1 結論	258
8.2 本研究の課題	264
8.3 展望	268

8.1 結論

近年、製造業や農業などの非サービス業において、製品とサービスを高度に統合した製品サービスシステム（**Product-Service System: PSS**）を構成することにより、総合的な価値提供を図るビジネスの形態（非サービス業のサービス化）への志向が高まっている。非サービス業が、自身の製品を用いた **PSS** を実現するためには、それを創り出す行為、すなわち「設計」行為が非常に重要となる。しかしながら、一般に、非サービス業が自身の生産する製品を用いた **PSS** を設計することは容易でなく、**PSS** を実現するための設計方法論が強く求められている。これに対して、非サービス業が **PSS** を実現するための設計方法論の構築においては、以下のような点を取り扱う設計方法論が必要である。

- **PSS** の実現構造の設計
- 設計解の評価に基づく合理的な設計
- 多様な利害関係者が受け取る価値の考慮

しかしながら、これらの点を取り扱う設計方法論を構築するためには、以下の2点の困難さがある。

- 実現構造を設計することの困難さ

PSS の実現には多様な利害関係者が介在するため、**PSS** の実現構造の設計においては、「**PSS** がどのような利害関係者により構成され、そこで、どのような製品やサービスがやりとりされているか」、そのために「どの利害関係者がどのようなプロセスを実施するか」、「どの利害関係者がどのようなリソースを所有するか」という各利害関係者が担うべき役割を決定する必要がある。しかしながら、利害関係者を広く捉える「全体的な視点」を持ちながら、**PSS** の実現構造の設計における広範な対象を扱うことは、これまで製品の設計のみを主に議論してきた非サービス業にとっては難しい問題である。

- 設計解を評価することの困難さ

PSS 設計では、設計した **PSS**（設計解）から各利害関係者が受け取る価値の大きさを設計段階において事前に評価し、その評価結果に基づき設計解の質を向上させることが重要となる。**PSS** に係わる利害関係者が受け取る価値の大きさは利害関係者間の相互作用に影響される。そのため、本評価においては利害関係者間の相互作用を考慮することが重要であるが、ここで考慮すべき相互作用には、短期的な相互作用と長期的な相互作用

用の 2 つがある。しかしながら、このような複雑な相互作用を考慮しながら、PSS に係わる利害関係者のそれぞれが受け取る価値の大きさを評価することは容易でない。

そこで本研究では、以上の研究課題を取り扱いながら PSS の実現構造を合理的に設計するための方法論を議論した。より具体的には、「多様な利害関係者が高い価値を享受可能な PSS の実現構造を設計するための方法論を構築する」ことを目的に、以下の 3 点を議論した。

- **PSS を多様な利害関係者から成るシステムとしてモデル化するためのモデリング手法**

本研究では、PSS を、「製品の提供者及び受給者を含む多様な利害関係者間での製品やサービスもしくはその統合体の相互のやりとりを通じて、利害関係者にとっての価値を充足することを目的とした社会システムである」と捉えた。そして、このような多様な利害関係者から成る PSS の実現構造をモデル化するためのモデリング手法として、アクタネットワークモデル、プロセスネットワークモデル、リソースモデルを提案した。これにより、多様な利害関係者の全体の間で、どういった製品やサービスが (What)、どのようにやりとりされているか (How) の全体構造を俯瞰的、かつ、設計者が相互理解可能な形式で表現ことを実現した。加えて、本研究では、これらのモデルを用いて新たな PSS の実現構造の設計を行うためのモデル操作方法についても明らかにした。

- **多様な利害関係者が受け取る価値を評価するためのシミュレーション手法**

一般に、設計においては、設計解の優位性や実現可能性を設計段階において予め評価し、その評価結果に基づき設計解を改善・改良していくことで設計解の質を向上することが重要である。そこで本研究では、多様な利害関係者のそれぞれが PSS から受け取る価値の大きさをシミュレーションにより定量的に評価可能とするための手法を提案した。本研究では、SD を用いたシミュレーション手法を提案し、利害関係者間の短期的な相互作用と長期的な相互作用の双方を考慮する評価を行うためのシミュレーション手法を提案した。特に本研究では、SD を用いたシミュレーションにより PSS に係わる多様な利害関係者が受け取る価値の大きさを評価するために、シミュレーションモデル上で表現すべき内容とシミュレーションモデルの構築手順を明らかにした。

● 多様な利害関係者が高い価値を享受可能な実現構造を設計するための PSS の設計プロセス

本研究では、(1)のモデリング手法と(2)のシミュレーション手法を用いて、多様な利害関係者が高い価値を享受可能な PSS の実現構造を設計するための設計プロセスを構築した。ここでは、PSS の実現構造をモデルにより可視化し、そのモデルをシミュレーションにより評価し、その評価結果からのフィードバックを得てモデルを改善するという、「モデル化」→「シミュレーション」→「改善」の設計作業を繰り返しながら、逐次的に設計解の質を向上していくための設計プロセスを構築した。

そして、提案する設計プロセスを2つの事例（カーシェアリングと地域活性化のための PSS）に対して適用することにより、本研究が提案する設計方法論に関して、以下に示すような有効性を確認することができた。

モデリング手法に関して

- 本研究で提案したアクタネットワークモデル、プロセスネットワークモデル、リソースモデルを組み合わせて利用することで、PSS に係わる利害関係者間でやりとりされる製品やサービスの内容とその受供給過程の全体構造を表現・理解することが可能である。
- アクタネットワークモデル、プロセスネットワークモデル、リソースモデル内に記述された要素のモデル操作（追加、削除、変更、移動）を行うことで、PSS の実現構造の設計を行うことが可能である。また、本研究で明らかにしたモデル操作方法を参照することで、モデルを用いた PSS の実現構造の設計を、より体系的に行うことが可能となる。
- 本モデリング手法を用いて PSS の実現構造の設計を行うことにより、PSS の実現構造における製品要素とサービス要素の双方を同時に取り扱い可能となる。
- アクタネットワークモデルは、利害関係者間における価値の双方向的な交換関係を表現できるため、多様な利害関係者を考慮した PSS の実現構造の設計を行う上で有効に利用可能である。
- プロセスネットワークモデルにおけるレーンを跨いだプロセスの移動を考えることにより、PSS の改善案を発想する際の手がかりを得ることが可能である。

- アクタネットワークモデルでは、利害関係者の要求価値を基準とすることで、記述する要素（製品、サービス、情報、金銭）の粒度が必要以上に抽象化、詳細化されることを抑えることが可能である。

シミュレーション手法に関して

- 提案するシミュレーション手法は、特定の業種に限定されずに広く利用可能なシミュレーション手法である。
- 提案するシミュレーション手法では、シミュレーションにおける評価項目を高い自由度で設定することが可能であった。そのため、特定の評価項目に限定されずに広く利用可能であると言える。
- SD を用いたシミュレーション手法を導入することにより、PSS に係わる多様な利害関係者が受け取る価値の大きさを同時に評価することが可能となった。
- 本シミュレーション手法では、利害関係者間の短期的・長期的な相互作用の双方を考慮した価値評価を行うことを可能とした。
- 本シミュレーション手法では、PSS に係わる利害関係者の、一定期間における要求価値の充足度の経時的変化を獲得可能となった。これは、長期的な期間を考慮して、戦略的な設計を行うために有効である。
- 本研究におけるシミュレーションモデルは複雑なものになることが多いため、段階的な手順により、「部分から全体へ」とシミュレーションモデルを構築していく手順は有効であった。
- SD のシミュレーションモデル構築においては、その対象範囲と目的を定めることが重要である。本研究では、事前に PSS の実現構造モデルを記述することでシミュレーションモデル構築における対象範囲を規定可能となった。また、各利害関係者の要求価値を事前に抽出することでシミュレーションモデル構築の目的を規定可能となった。以上により、シミュレーションモデルの構築が容易になることを確認した。
- 本シミュレーションによる定量評価結果は、改善案検討のための議論の方向性の決定や設計サイクルを終了させるタイミングの決定のための目安（基準）として利用可能である。
- 感度分析や what-if 分析により、様々な状況を想定したシミュレーションを実施することができ、その結果から設計者が新たな「気づき」を得て、設計解を詳細化する

ることができた。これは、本研究で、PSSの実現構造の設計にシミュレーションによる定量評価の手順を導入したことの大きな利点である。

- 本研究では、シミュレーションモデル上で、PSSに係わる利害関係者の要求価値に影響を与えるパラメータを直感的に把握可能であり、これにより、設計者は改善案検討における糸口となる情報を得ることが可能となった。

設計プロセスに関して

- 提案した設計プロセスを用いることで、多様な利害関係者にとって高い価値を提供可能なPSSの実現構造を設計することが可能であった。このことから、多様な利害関係者が高い価値を享受可能なPSSの実現構造を設計する上での、本設計プロセスの一定の有用性を確認できた。
- PSSに係わる利害関係者の要求価値は、複雑な因果関係のネットワークにより相互に関連づく。そのため、一度の改善で全ての要求価値を充足しようとするのではなく、何回も設計サイクルを繰り返すことにより徐々にPSSの実現構造を改善していくという本研究のアプローチは、多様な利害関係者の要求価値を考慮したPSSの実現構造設計を行う上で有効であった。

PSSの設計全般に関して

- 本研究が提案する一連の手法は、設計者間でPSSの実現構造を相互理解し、改善のための議論を合理的に行うことができるという点で特に有効であった。このことは本研究が提案する設計方法論の特徴である。
- PSSは、そもそも、製品の物質的価値だけに依らない脱物質的な価値提供により、非サービス業が競争力を高めるためのビジネスモデルとして提唱されているが、本研究が提案する設計方法論を用いることで、物質的価値だけに依らないPSS型のビジネスを設計することができた。その意味で、本研究は、非サービス業が現代社会において「持続可能な」ビジネスを展開するための方法を具体化した研究であると位置づけることができる。

以上の議論により、本研究は、多様な利害関係者が高い価値を享受可能なPSSの実現構造を設計するための一設計方法論を提案することができたと言え、「**多様な利害関**

係者が高い価値を享受可能な PSS の実現構造を設計するための方法論を構築する」という目的を達成することができたと結論づける.

本方法論が, PSS 設計に関する「豊富な経験」も「優れた勘」も持たないような非サービス業の従事者が自身の製品を用いた PSS を設計する際の支援を行うことを実現し, 非サービス業の競争力向上の達成や持続可能なビジネスの実現に対する一助になれば幸いである.

8.2 本研究の課題

第7章の考察に基づき、本研究の課題として、以下の点を挙げることができる。

モデリング手法に関して

- 同時点における複数利害関係者とのインタラクションを一枚のプロセスネットワークモデルに記述すると、モデル自体が複雑なものとなり、記述されたモデルの直感的な理解が困難となるため、モデルを適切に分割するなどの対策をとる必要がある。
- 同じ利害関係者間（ユーザのコミュニティ間など）における情報のやりとりやそのためのインタラクションの表現はできないため、今後は、同じ利害関係者間におけるインタラクションを記述するためのモデリング手法を検討する必要がある。
- PSSの実現構造の改善においてどのようなモデル操作を行うかは、現状、設計者の能力や設計者間における議論に委ねられている。そのため、今後は、ある目的（ユーザ支援の強化やコスト削減など）に対するモデル操作のパターンをまとめたモデル操作指針をまとめ、設計者支援を行うことを検討する必要がある。
- 各モデル内に記述された要素は互いに関連するが、現状、それら要素の依存関係を表現するための手法がなく、モデル操作を行う際にモデル全体の整合性を保つことが困難である。そのため今後は、モデル内の要素間の対応関係を管理しながらPSSのモデリングを行うためのソフトウェアの開発を検討する必要がある。
- プロセスネットワークモデルでは、記述の粒度に関する指針は示されておらず、利用者にとって不明瞭である。そのため、PSSの設計におけるモデルの利用目的ごとに記述すべきプロセスの粒度を整理する必要がある。
- リソースモデルにおける記述の粒度は、プロセスネットワークモデルの記述粒度に対応する。そのため、リソースモデルにおける記述粒度も、プロセスネットワークモデルと併せて利用目的ごとに整理する必要がある。

シミュレーション手法に関して

- 提案するシミュレーション手法では、受給者の感情的価値や満足度など、一般に定量的に計測することが困難な価値を評価することは容易でないため、満足度を定量化するための研究などとの統合を検討する必要がある。
- 本シミュレーション手法では、利害関係者のプロセスに注目した詳細なシミュレーションは対象としていないため、プロセスの効率性の評価などはできない。今後は、PSS の受供給プロセスを対象としたシミュレーション研究との連携を検討する必要がある。
- 本研究では、同種の利害関係者が複数存在する場合に、その振る舞いのばらつきが考慮できていない。今後は、パラメータのばらつきを分布関数によるモデル化し、モンテカルロシミュレーションを行うことで、利害関係者の振る舞いのばらつきを考慮可能とする。
- 本シミュレーション手法では、PSS に係わる利害関係者の主観に基づく反応を正確に記述することは困難である。今後は、人工市場を用いたシミュレーションを用いた技術などを応用することで、この問題を解決する必要がある。
- 本シミュレーション手法では、システム内に発生する創発的な現象を「設計者が理解している、数学的に記述できる」場合にのみ考慮可能である。しかしながら、創発的な現象を事前に把握し、数学的に記述することは困難である。そのため今後は、PSS を階層を持つシステムと捉え、MAS によるミクロなシミュレーションと SD によるマクロなシミュレーションを補完的に利用することで、創発的な現象までもも取り扱い可能な方法論を検討する。
- 数式により記述しづらいパラメータ間の関係を扱う場合には、PSS の実施後における現場観察と分析を通じて、より正確な数学的な関係をシミュレーションモデルに反映していくためのプロセスを検討することが必要である。
- 本研究では、シミュレーションモデルを効率的に構築するための手順を示すことができたが、その手順の各ステップにおける設計者支援を行うことはできなかった。今後は、シミュレーションモデルの構築における設計者支援を実現する手法やツールの開発を検討する必要がある。
- 本シミュレーションにより得られる定量値は、現実世界を完全に再現するような正確な値とは言えないため、設計者は、出力された定量値が 100%正しいと解釈するのではなく、あくまでも、PSS の実現構造の設計に関する議論を進める上で「手助けとなる情報」として解釈し利用しなければならない。

- 構築される CLD の構造は非常に複雑になるため、改善対象となるパラメータを特定することは困難である。今後は、ネットワーク構造分析手法等を組み合わせることで、多様な要求価値に対して影響力の大きいパラメータを発見し、改善フェーズにおける設計者支援を実現することを検討する。
- 多様な利害関係者の要求価値間にトレードオフ関係がある状況は容易に想定できるため、今後は、そのような場合に折衷案となる設計解や衝突関係を解消するための設計解を導出することを支援するための方法を検討する。
- 「CLD から SFD への変換」は、そのルールをモデル変換言語により実装することで、変換過程を自動化することが可能である。今後は、モデル変換における設計者支援を実現するために、モデル変換の自動化を検討する必要がある。

設計プロセスに関して

- 提案した設計プロセスでは、プロセスやリソースの「最適な」構造を見出すことは対象としていない。プロセスの順序関係の最適化やリソースの最適化（製品構造の最適化、人員配置の最適化）は PSS の受供給の効率化のために重要な観点であるため、今後は、そのような最適化研究との連携も検討する。
- 本研究が提案するアプローチでは、現状のモデルに基づいた改善を行うために、設計者は現状のモデルに囚われがちになり、新規的な設計解を導出することが困難であった。これに対しては、今後、PSS のビジネスモデルの設計研究との統合や PSS の実現構造設計における異領域知識の利用などを検討する必要がある。

PSS の設計全般に関して

- 利害関係者自体を設計に巻き込む参加型設計は、PSS の設計において有用であると考えられる。本研究は、改善案検討のための議論の土台となるモデルや評価結果が提示可能であるため、参加型設計において有効に利用できる可能性は十分にあると期待できるが、本論文では、その検証までには至らなかった。今後は、本研究の参加型設計への適用可能性を検証する。
- 本研究は、PSS の設計者間に利害関係の大きな対立や衝突がない状況において具体的な設計解を導出したい場合に適している。一方、設計者間に利害関係の対立や衝突が含まれている状況において、妥協点の探索や認識の共有点を模索するという目的のもとでは、本研究ではなく SSM や MSP が適していると考えられる。今後は、

PSS の参加型設計における問題状況に応じて、適した方法論やその組み合わせを整理することを検討する。

- 本研究の対象は PSS の実現構造の設計であり、PSS のビジネスモデルの設計や PSS で用いられる製品の具体的な構造の設計、PSS の移行計画や移行プロセスの設計、といった領域は対象としていない。今後は、これら領域における設計方法論との統合することにより、より包括的な PSS の設計方法論が実現されることが期待される。
- 本研究では、設計方法論の構築に重きを置いたため、設計プロセス全体を支援するようなシステムは開発できていない。今後は、PSS の設計支援システム（ソフトウェア）の開発を検討する必要がある。
- 本研究では、設計した PSS が本当に環境負荷の低減に貢献可能かどうかを設計時に明確に考慮することができていない。これに対しては、「地球環境」を PSS の利害関係者の一つとすることで環境負荷低減への貢献度合いを考慮しながら PSS の設計を行うことが可能であると考えるが、その検証は行えていない。今後は、環境も考慮した PSS 設計に対する本研究の適用可能性を検証する。

8.3 展望

本研究では、多様な利害関係者が高い価値を享受可能な PSS の実現構造を設計するための一方法論を提案することができた。以下に、今後の展望について述べる。

- 利害関係者のコミュニティ間の相互作用を考慮した PSS の設計

本研究では、PSS に係わる多様な利害関係者を考慮する設計方法論を議論したが、「異なる」利害関係者間における価値の受け渡しや相互作用のみを対象とした。しかしながら、近年の PSS 分野やサービス分野における成功事例（例えば、SNS やオークションをうまく利用した事例）に基づけば、「同じ」利害関係者の「コミュニティ」間での価値の受け渡しや相互作用を適切に設計することが必要である。

そこで今後は、同じ利害関係者のコミュニティ間において価値を相互に受け渡していくようなサービスやそれを実現する製品（デバイス）の構造を設計するような方法論を検討することが重要となる。これと、本研究が対象とした異なる利害関係者間での相互作用を考慮する設計方法論を統合することにより、より幅広い対象に適用可能な PSS の設計方法論が構築可能であると考えられる。例えば、スマートフォンを用いた ICT コミュニケーションサービスやクラウドを用いた情報共有システムは、今後の世界の経済においてより重要な位置付けを占めると考えるが、コミュニティ間の相互作用、コミュニティ外での利害関係者間の相互作用の双方を取り扱い可能な設計方法論は、これらのサービスを含む PSS を設計する有効に利用可能となることが期待される。このような設計方法論の構築のためには、PSS を階層性のあるシステムと捉え、MAS によるミクロなシミュレーションと SD によるマクロなシミュレーションを補完的に利用することが必要であり、今後の PSS 研究における一大研究テーマとなると考える。

- PSS の体系化された理論の整備

近年、製造業や農業などの非サービス業において、自身の生産する製品とサービスを統合した PSS を実現することの重要性を認識する企業は増えている。しかしながら、この認識を実践に移すことのできる企業はあまり増えていない。このことの主な理由は二つあると考えられる。

1つ目は、本論文の第一章で指摘したように、PSS の性質や成功要因を分析するような研究は多くとも、PSS を創りだす行為（設計行為）に関する研究がまだ多くないため

である。PSS の実現構造の設計方法論を示した本研究は、この問題を解決するための一研究である。2 つ目は、PSS の事例分析が進み、その本質的な性質や成功要因が明らかにされつつあるものの、その理論が体系化されていないことにあると考える（本論文の第 2 章で述べたように、PSS の研究は 15 年近くも世界レベルで行われているにも関わらず、世界共通の定義もないのが実情である）。そこで今後は、PSS に関する研究者が議論を交わし、PSS に関する体系化された理論を整備する必要があると考える。これにより、PSS の設計者、運営者教育プログラムや教育ツール等が開発されれば、現場レベルでの理解も進み、非サービス業における PSS の設計や開発に関する取り組みが増えることが期待される。

- PSS の参加型設計のための支援ツールの開発

本論文で議論したように、PSS 設計においては、多様な利害関係者の立場を考え、局所最適ではなく全体最適のための設計を行うことが重要である。そのため、PSS に係わる利害関係者「自体」を設計者として設計に巻き込み、それら設計者が直接に自身の意見や知識を出し合いながら設計する参加型設計は、PSS の設計において有効なアプローチであると考えられる。

第 7.6.1 項では、本研究が提案する方法論は参加型設計においても有効に利用できる可能性は十分にあると期待できるため、今後、本研究の参加型設計への適用可能性を検証する必要があることを述べた。これに加えて、PSS の参加型設計をより効果的に進めるためには、設計に関わる複数の設計者間の知識や意見をコラボレーションさせるような仕組みを備えた設計支援ツールの開発も検討する必要がある。ここでの設計支援ツールの形態は、製品設計分野における CAD のような計算機の利用を前提としたソフトウェアや、設計におけるアイデア創出を主対象としたデザインゲーム（カードゲームやボードゲームなど）など様々な種類が考えられる。そのため、使用目的に応じて設計支援ツールの形態の在り方を議論することも、今後の重要となる研究トピックであろう。

謝辭

本論文は、筆者が首都大学東京大学院 システムデザイン研究科 下村研究室において、博士後期課程の期間に行った研究をまとめたものです。その間、多くの方々にご指導、ご協力頂きましたことを、ここに深くお礼申し上げます。

はじめに、本論文の主査および筆者の指導教員である

首都大学東京大学院 システムデザイン研究科
ヒューマンメカトロニクスシステム学域 教授 下村芳樹先生

に心より感謝の意を申し上げます。下村先生には、筆者が学部時代からの6年間、本研究に関して数多くの適切なご指導を頂きました。また下村先生には、常日頃から、ものごとの考え方、研究に取り組む姿勢、研究者としてのあるべき姿なども指導して頂きました。これらは、本研究の実施における基礎となっておりますし、今後、研究活動を進めていく上でも最も根幹的な素養になると考えています。また、国内の企業の方々や海外研究機関との共同研究において様々な経験をさせて頂いたことも感謝しております。このような経験を通じて、自身が中心となって研究を進めていき一つのプロジェクトをまとめていく能力など、多くのことを学ぶことができました。これからは一研究者として、「自分にしかできない」、「実学的意義のある」研究を進めていきたいと考えております。今後とも、宜しくお願い致します。

本論文の副査をお引き受けくださいました

東京大学 人工物工学研究センター 教授 太田順先生

首都大学東京大学院 理工学研究科 機械工学専攻 教授 吉村卓也先生

首都大学東京大学院 システムデザイン研究科
経営システムデザイン学域 教授 山本久志先生

に、謹んで感謝の意を表します。審査過程において、先生方からは、様々な観点からご指導を頂きました。先生方からのご指導により、自身の研究を再び見つめ直す機会を得るとともに、本論文の質を大きく向上させることが出来ました。

鹿児島県肝属郡肝付町 永野和行町長をはじめとする、肝付町の皆様には、本研究の事例適用において大変お世話になりました。特に、同町 企画調整課 黒木正剛様には、複数回の会議や現場調査における調整をして頂くとともに、事例適用の実施における支援やアドバイスを頂きました。また、同町 産業創出課 竹之下克明様、渡會実様、農業振興課 岩下龍郎様には、肝付町における農業の現状や活性化に関して、多くの情報提供を頂くとともに、様々な議論をして頂きました。ここに感謝申し上げます。

芝浦工業大学 工学部 機械工学科 教授 新井民夫先生には、新井先生が東京大学にご在籍されていた頃から、サービス工学研究会などの場において、数多くのご指導を頂きました。新井先生の幅広い知識に基づくご指摘は、ものごとの本質を的確に捉えており、常に感心しておりました。

サービス工学研究会の皆様には、サービス工学研究会や共同研究を通じ、企業の視点からの専門的なご意見を頂きました。特に、日立製作所 横浜研究所 長岡晴子様、田中英里香様、には共同研究を通じてお世話になりました。本研究の核心部分となっている手法や概念は、日立製作所の皆様との共同研究における議論を通じて生まれたものであり、ここに感謝申し上げます。

愛知工科大学 工学部 電子制御・ロボット工学科 准教授 舘山武史先生（元 首都大学東京大学院 システムデザイン研究科 助教）には、色々な場面でお世話になりました。舘山先生のご研究やご発表を拝見しながら、私自身の研究に関する色々な気づきを得ることができました。また、先生が首都大学東京に在籍されていた頃は、普段から気さくに相談にのって頂きました。本当にありがとうございました。

首都大学東京大学院 システムデザイン研究科 助教 千葉龍介先生には、これまでの研究生活において本当にお世話になりました。千葉先生には、研究会の場だけでなく、常日頃から研究に関して議論して頂き、そこで頂いたご指摘やアドバイスは、研究を進めていく上で非常に大きな助けとなりました。深く感謝致します。

首都大学東京大学院 システムデザイン研究科 助教 木見田康治先生には、これまでの研究生活・学生生活全般を通じて、本当にお世話になりました。木見田先生から学んだ考え方が、私の研究者としての基礎となっていると言っても過言ではないと思います。常日頃から相談にのって頂き、また、その度に適切なアドバイスを頂き、ありがとうございました。今後とも、宜しくお願い致します。

独立行政法人 産業技術総合研究所 サービス工学研究センター 渡辺健太郎様には、学会発表などの場で、ご指導頂きました。渡辺さんの研究に対する実直な姿勢にはいつも感心しておりましたし、研究者として是非とも身につけたい部分でもあります。今後とも、宜しくお願い致します。

東京大学 人工物工学研究センター 准教授 原辰徳先生には、サービス工学研究会や学会などの場において、本研究に関するご指導を頂きました。また、原先生とはサービ

ス工学研究会や国際学会の運営に関する事など、一緒に仕事をさせていただく機会が多かったと思います。今後とも、宜しくお願い致します。

ドイツ・Berlin 工科大学および Fraunhofer IPK 教授 Reiner Stark 先生、同大学・研究所 元研究員 Patrick Müller 様（現 CONTACT software GmbH, Product manager）には、製品サービスシステムの設計に関する共同研究を通じてお世話になりました。また、本研究に関しても、多くのご意見を頂きました。

イタリア・Bergamo 大学 教授 Sergio Cavalieri 先生、講師 Giuditta Pazzotta 先生には、製品サービスシステムのシミュレーションに関して多くの議論をして頂きました。

首都大学東京 下村研究室の諸先輩方と学生の皆様には、研究生生活や日常生活など様々な面でお世話になりました。本論文に関しても、皆様のご協力なしには完成しなかったものと思います。大変、お世話になりました。

首都大学東京 下村研究室 元秘書 新原理恵さん、現秘書 福地尚子さんには、出張の手続きや研究費管理などの場面で、本当にお世話になりました。ご迷惑をおかけすることも多々ありましたが、いつも寛大に接して頂きました。感謝しております。

最後になりましたが、私の博士後期課程への進学を見守り、学生生活の全般を通して経済的、心身的に支えて頂いた家族に深く感謝します。これから、少しずつ恩返しをしていきたいと考えております。

2014 年（平成 26 年）2 月

赤坂 文弥

参考文献

英語文献

- [Akao 1998] Akao, Y. (1990) *Quality Function Deployment*. Productivity Press.
- [Akasaka 2012a] Akasaka, F., Nguyen, N. H., Nemoto, Y., Lenz, B., Shimomura, Y. Stark, R. (2012) *Adaptation of the Service Self Checklist for Industrial Product-Service Systems*. In Proceedings of the 4th CIRP Conference on Industrial Product Service Systems (IPS²), pp. 499-504, Tokyo, Japan.
- [Akasaka 2012b] Akasaka, F., Fujita, N. and Shimomura, Y. (2012) *PSS Business Case Map: Supporting Idea Generation in PSS Design*. In Proceedings of the 38th ASME International Design Engineering Technical Conference - IDETC2012 -, CD-ROM, Chicago, U.S.A..
- [Arai 2004] Arai, T. and Shimomura, Y. (2004) *Proposal of Service CAD System -A Tool for Service Engineering-*. Annals of the CIRP, Vol. 53, No. 1, pp. 397-400.
- [Aurich 2006] Aurich, J. C., Fuchs, C., and Wagenknecht, C. (2006) *Life cycle oriented design of technical Product-Service Systems*. Journal of Cleaner Production, Vol. 14, No.17, pp. 1480-1494.
- [Baines 2007] Baines, T.S., Lightfoot, H.W., Evans, S., Neely, A., Greenough, R., Peppard, J., Roy, R., Shehab, E., Braganza, A., Tiwari, A., Alcock, J.R., Angus, J.P., Bastl, M., Cousens, A., Irving, P., Johnson, M., Kingston, J., Lockett, H., Martinez, V., Michele, P., Tranfield, D., Walton, I.M., and Wilson, H. (2007) *State-of-the-art in product-service systems*. In Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, Vol. 221, No. 10, pp. 1543-1552.
- [Bertoni 2011] Bertoni, M., Eres, H., and Isaksson, O. (2011) *Criteria for assessing the value of Product Service System design alternatives: an aerospace investigation*. In Proceedings of the 3rd CIRP Conference on Industrial Product Service Systems (IPS²), pp. 141-146, Braunschweig, Germany.
- [Bobrow 1984] Bobrow, D. G. (1984) *Qualitative reasoning about physical systems: an introduction*. Artificial intelligence, Vol. 24, No. 1, pp. 1-5.
- [Brown 2008] Brown, T. (2008) *Design thinking*. Harvard Business Review, Vol. 86, No. 6, pp. 1-9.
- [Brown 2009] Brown, T. (2009) *Change by design*. HarperCollins.
- [Checkland 1981] Checkland, P.B. (1981) *Systems thinking, systems practice*. Chichester: Wiley.
- [Checkland 1990] Checkland P.B. and Scholes, J. (1990) *Soft Systems Methodology in Action*. Chichester: Wiley.

-
- [Cooper 1988] Cooper, R., and Kaplan, R. S. (1988) *Measure costs right: make the right decisions*. Harvard business review, Vol. 66, No. 5, pp. 96-103.
- [Cooper 1999] Cooper, A. (1999) *The Inmates Are Running the Asylum*. SAMS/Macmillan.
- [Donaldson 2006] Donaldson, K. M., Ishii, K., and Sheppard, S. D. (2006) *Customer value chain analysis*. Research in Engineering Design, Vol. 16, No. 4, pp. 174-183.
- [Dörner 1996] Dörner, D. (1996) *The Logic of Failure*. New York: Metropolitan Books/Henry Holt.
- [Estefan 2007] Estefan, J. A. (2007) *Survey of model-based systems engineering (MBSE) methodologies*. IncoSE MBSE Focus Group, 25.
- [FIPS 1984] FIPS PUB 183 (1984) *Integration definition for Function Modeling (IDEF0)*. Federal Information Processing Standards, United States National Institute of Standards and Technology (NIST), Computer Systems Laboratory.
- [Fitzsimmons 2001] Fitzsimmons, J.A. and Fitzsimmons, M.J. (2001) *Service management: Operations, Strategy, and Information Technology: 3rd Edition*. McGraw-Hill.
- [Fornell 1992] Fornell, C. (1992) *A national customer satisfaction barometer: the Swedish experience*. the Journal of Marketing, Vol. 56, No.1, pp. 6-21.
- [Fornell 1996] Fornell, C., Johnson, M. D., Anderson, E. W., Cha, J., and Bryant, B. E. (1996) *The American customer satisfaction index: nature, purpose, and findings*. The Journal of Marketing, Vol. 60, No. 4, pp. 7-18.
- [Forrester 1961] Forrester, J. W. (1961) *Industrial Dynamics*. Pegasus Communications.
- [Franco 1997] Franco, L.M., Newman, J., Murphy, G., and Mariani, E. (1997) *Achieving Quality Through Problem Solving and Process Improvement: Second Edition*. U.S. Agency for International Development (USAID) by the Quality Assurance Project.
- [Friedenthal 2011] Friedenthal, S., Moore, A., and Steiner, R. (2011) *A Practical Guide to SysML, Second Edition: The Systems Modeling Language*. Morgan Kaufmann.
- [Gebauer 2008] Gebauer, H., Krempl, R., and Fleisch, E. (2008) *Service development in traditional product manufacturing companies*. European Journal of Innovation Management, Vol. 11, No. 2, pp. 219-240.
- [Goedkoop 1999] Goedkoop, M.J., van Halen, J.G., te Riele, H., and Rommens, P.J.M. (1999) *Product service systems, ecological and economic basics*. Report for Dutch Ministries of Environment (VROM) and Economic Affairs (EZ).

-
- [Hara 2010] Hara, T., and Arai, T. (2010) *Analyzing structures of PSS types for modular design*. In Proceedings of the 2nd CIRP Conference on Industrial Product Service Systems (IPS²) Conference 2010, pp. 209-214, Linköping, Sweden.
- [Hemmanti 2002] Hemmanti, M. (2002) *The World Commission on Dams as a multi-stakeholder process – some future challenges*. Politics and the Life Science, Vol. 21, No. 1, pp. 63-66.
- [Hewitt 1977] Hewitt, C. (1977) *Viewing control structures as patterns of passing messages*. Artificial intelligence, Vol. 8, No. 3, pp. 323-364.
- [Hoffman 2011] Hoffman, H. P. (2011) *System Engineering Best Practices with the Rational Solution for Systems and Software Engineering Deskbook Release 3.1.2*, IBM Corporation.
- [Isaksson 2012] Isaksson, O., Larsson, T. C., Kokkolaras, M., and Bertoni, M. (2012) *Simulation Driven Design for Product-Service Systems*. In Proceedings of the 4th CIRP Conference on Industrial Product Service Systems (IPS²), pp. 465-470, Tokyo, Japan.
- [ITIL v3 2008a] Office of Government Commerce (2008) *Service Strategy - ITIL Version 3*. The Stationery Office.
- [ITIL v3 2008b] Office of Government Commerce (2008) *Continual Service Improvement - ITIL Version 3*. The Stationery Office.
- [Jouault 2005] Jouault, F., and Kurtev, I. (2005) *Transforming models with ATL*. In Satellite Events at the MoDELS 2005 Conference, pp. 128-138, Springer Berlin Heidelberg.
- [Kawahara 2011] Kawahara, R., Nakamura, K., Ono, K., Nakada, T., and Sakamoto, Y. (2011) *Coarse-grained simulation method for performance evaluation of a shared memory system*. In Proceedings of the 16th Asia and South Pacific Design Automation Conference, pp. 413-418.
- [Kimita 2008] Kimita, K., Hara, T., Shimomura, Y., and Arai, T. (2008) *Cost Evaluation Method for Service Design Based on Activity Based Costing*. In Proceedings of the 41st CIRP Conference on Manufacturing Systems, pp. 477-480, Tokyo, Japan.
- [Kimita 2009] Kimita, K., Shimomura, Y., and Arai, T. (2009) *Evaluation of Customer Satisfaction for PSS Design*. Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 20, Special issue 5, pp. 654-673.
- [Kimita 2010] Kimita, K., Akasaka, F., Hosono, S., and Shimomura, Y. (2010) *Design Method for Life Cycle Oriented Product-Service Systems Development*. In Proceedings of the 43rd CIRP Conference on Manufacturing Systems, CD-ROM. Vienna, Austria.
- [Kohonen 1998] Kohonen, T. (1998) *The self-organizing map*. Neurocomputing, Vol. 21, No. 1, pp. 1-6.

-
- [Komoto 2005] Komoto, H., Tomiyama, T., Nagel, M., Silvester, S., and Brezet, H. (2005) *Life cycle simulation for analyzing product service systems*. In Proceedings of Eco Design 2005: 4th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, pp. 386-393.
- [Kuntzky 2012] Kuntzky, K., Wittke, S., and Herrmann, C. (2012) *Car and Ride Sharing Concept as a Product Service System – Simulation as a Tool to Reduce Environmental Impacts*. In Proceedings of the 4th CIRP Conference on Industrial Product Service Systems (IPS²), pp. 381-386, Tokyo, Japan.
- [Kurita 2012] Kurita, Y., Uei, K., Kimita, K., and Shimomura, Y. (2012) *A Method for Supporting Service Cost Analysis*. In Proceedings of the 4th CIRP Conference on Industrial Product Service Systems (IPS²), pp. 517-522, Tokyo, Japan.
- [Lier 2013] Lier, S., Wörsdörfer, D., and Gesing, J. (2013) *Business Models and Product Service Systems for Transformable, Modular Plants in the Chemical Process Industry*. In Proceedings of the 5th CIRP Conference on Industrial Product Service Systems (IPS²), pp. 227-238, Bochum, Germany.
- [Matzen 2009] Matzen, D. (2009) *A systematic approach to service oriented product development*. Ph.D. Thesis, Technical University of Denmark, Denmark.
- [McAloone 2004] McAloone, T.C. and Andreason, M.M. (2004) *Design for Utility, Sustainability and Social Virtues, Developing Product Service Systems*. In Proceedings of the 8th International Design Conference, pp. 1545-1552, Dubrovnik, Croatia.
- [Meier 2012a] Meier, H., Roy, R., and Seliger, G. (2010) *Industrial Product-Service Systems – IPS²*. CIRP Annals-Manufacturing Technology, Vol. 59, No. 2, pp. 607-627. In Proceedings of the 4th CIRP Conference on Industrial Product Service Systems (IPS²), pp. 517-522, Tokyo, Japan.
- [Meier 2012b] Meier, H., and Boßlau, M. (2012) *Design and Engineering of Dynamic Business Models for Industrial Product-Service Systems*. In Proceedings of the 4th CIRP Conference on Industrial Product Service Systems (IPS²), pp. 170-184, Tokyo, Japan.
- [Mont 2002] Mont, O. K. (2002) *Clarifying the concept of product–service system*. Journal of cleaner production, Vol. 10, No. 3, pp. 237-245.
- [Mont 2004] Mont, O. K. (2004) *Product-Service Systems: Panacea or myth?*. Ph.D. Thesis, IIIIEE, Lund University, Sweden.
- [Morelli 2006] Morelli, N. (2006) *Developing new product service systems (PSS): methodologies and operational tools*. Journal of Cleaner Production, Vol. 14, No.17, pp. 1495-1501.

-
- [Müller 2010a] Müller, P., Kebir, N., Stark, R., and Blessing, L. (2010) *PSS Layer Method - Application to microenergy systems*. In Sakao, T. and Lindahl, M. (ed.) Introduction to Product/Service-System Design, Elsevir.
- [Müller 2010b] Müller, P. and Stark, R. (2010) *A Generic PSS Development Process Model based on Theory and an Empirical Study*. In Proceedings of the 11th International Design Conference, CD-ROM, Dubrovnik, Croatia.
- [Neely 2009] Neely, A. (2008) *Exploring the financial consequences of the servitization of manufacturing*. Operations Management Research, Vol. 1, No. 2, pp. 103-118.
- [Neely 2011] Neely, A., Benedettini, O., and Visnjic, I. (2008) *The servitization of manufacturing: Further evidence*. In Proceedings of the 3rd World Conference on Production and Operations Management, CD-ROM, Tokyo, Japan.
- [Omann 2003] Oman I.,(2003) *Product Service-Systems and their impacts on sustainable development – a multi-criteria evaluation for Austrian Companies*, Frontiers.
- [Pahl 1988] Pahl, G., and Beitz, W. (1988) *Engineering Design - A Systematic Approach*. Springer-Verlag.
- [Pezzotta 2013] Pezzotta, G., Pinto, R., Pirola, F., Cavalieri, S., Akasaka, F., and Shimomura, Y. (2013) *Service Engineering and Reengineering Framework: an application in a PSS context*. In Proceedings of the International Conference on Advances in Production Management Systems 2013 (APMS 2013), CD-ROM, Pennsylvania, U.S.A..
- [Pruitt 2006] Pruitt, J. and Adlin, T. (2006) *The Persona Lifecycle: Keeping People in Mind Throughout Product Design*. Morgan Kaufmann.
- [Rese 2012] Rese, M., Meier, H., Gesing, J., and Boßlau, M. (2012) *An Ontology of Business Models for Industrial Product-Service Systems*. In Proceedings of the 4th CIRP Conference on Industrial Product Service Systems (IPS²), pp. 191-196, Tokyo, Japan.
- [Reynolds 1988] Reynolds, T. J., and Gutman, J. (1988) *Laddering theory, method, analysis, and interpretation*. Journal of advertising research, Vo. 28, No. 1, pp. 11-31.
- [Rokeach 1973] Rokeach, M. (1973). *The nature of human values*. Free press.
- [Sampson 2012] Sampson, S. E. (2012) *Visualizing service operations*. Journal of Service Research, Vol. 15, No.2, pp. 182-198.
- [Sasser 1978] Sasser, E., Olsen, R.P., and Wyckoff, D. (1980) *Management of service operation*. Boston, Allyn and Bacon.
- [Schuler 1993] Schuler, D., and Namioka, A. (Eds.). (1993). *Participatory design: Principles and practices*. Routledge.

-
- [Schürr 1995] Schürr, A. (1995) *Specification of graph translators with triple graph grammars*. In *Graph-Theoretic Concepts in Computer Science*, Springer Berlin Heidelberg.
- [Shimomura 2007] Shimomura, Y., Sakao, T., Sundin, E., and Lindahl, M. (2007) *A Design Process Model and a Computer Tool for Service Design*. In *Proceedings of the 12th ASME Design for Manufacturing and the Life Cycle Conference - DFMLC2007* -, CD-ROM, Las Vegas, U.S.A..
- [Shimomura 2008] Shimomura, Y., Hara, Y., and Arai, T. (2008) *A Service Evaluation Method using Mathematical Methodologies*. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, Vol. 57, No.1, pp. 437-440.
- [Shimomura 2009] Shimomura, Y., Hara, T., and Arai, T. (2009) *A unified representation scheme for effective PSS development*. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, Vol. 58, No. 1, pp. 379-382.
- [Shostack 1982] Shostack, G.L. (1982) *How to Design a Service*. *European Journal of Marketing*, Vol. 16, No. 1, pp. 49-63.
- [Sterman 2000] Sterman, J. (2000) *Business dynamics*. Irwin-McGraw-Hill.
- [Steven 2009] Steven, M., Rese, M., Soth, T., Strotmann, W. C., and Karger, M. (2009) *Profitability of Industrial Product Service Systems (IPS²)—Estimating Price Floor and Price Ceiling of Innovative Problem Solutions*. In *Proceedings of the 1st CIRP Conference on Industrial Product Service Systems (IPS²)*, pp. 243-248.
- [Stickdorn 2012] Stickdorn, M., and Schneider, J. (2012) *This is Service Design Thinking: Basics, Tools, Cases*. Wiley.
- [Tan 2010a] Tan, A. R., Matzen, D., McAlloone, T. C., and Evans, S. (2010) *Strategies for designing and developing services for manufacturing firms*. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, Vol. 3, No. 2, pp. 90-97.
- [Tan 2010b] Tan, A. R. (2010) *Service-oriented product development strategies*. Ph.D. Thesis, Technical University of Denmark, Denmark.
- [Tateyama 2008] Tateyama, T., Kawata, S., and Shimomura, Y. (2008) *Service Flow Simulation Using Reinforcement Learning Models and Scene Transition Nets*. In *Proceedings of International Conference on Instrumentation, Control and Information Technology 2008 (SICE Annual Conference 2008)*, Tokyo, Japan, pp. 2056-2061.
- [Tateyama 2010] Tateyama, T., Shimomura, Y., Mikoshiba, S., and Kawata, S. (2010) *Service Flow Simulator using Scene Transition Nets (STN) including Satisfaction-Attribute Value Functions*. In *Proceedings of the 30th ASME Computers and Information in Engineering Conference - CIE2010* -, CD-ROM, Montreal, Canada.

- [Tischner 2002] Tischner, U., Verkuijl, M., and Tukker, A. (2002) *First Draft PSS Review*. SusProNet Report.
- [Tomiyama 1997] Tomiyama, T. (1997) *A manufacturing paradigm toward the 21st century*. Integrated Computer-Aided Engineering, Vol. 4, No. 3, pp. 159-178.
- [Tukker 2004] Tukker, A. (2004) *Eight Types of Product-Service System: Eight Ways to Sustainability? Experience from Suspronet*. Business Strategy and the Environment, Vol. 13, pp. 246-260.
- [Vandermerwe 1989] Vandermerwe, S., and Rada, J. (1989) *Servitization of business: adding value by adding services*. European Management Journal, Vol. 6, No. 4, pp. 314-324.
- [Vargo 2004] Vargo, S.L. and Lusch, R.F. (2004) *Evolving to a New Dominant Logic for Marketing*. Journal of Marketing, Vol. 68, No. 1, pp. 1-17.
- [Wang 2002] Wang, L., Shen, W., Xie, H., Neelamkavil, J., and Pardasani, A. (2002) *Collaborative conceptual design—state of the art and future trends*. Computer-Aided Design, Vol. 34, No. 13, pp. 981-996.
- [Watanabe 2012] Watanabe, K., Mikoshiba, S., Tateyama, T., and Shimomura, Y. (2012) *Service Process Simulation for Integrated Service Evaluation*. Journal of Intelligent Manufacturing, Vol. 23, No. 4, pp. 1379-1388.
- [Yoshimitsu 2006] Yoshimitsu, Y., Hara, T., Arai, T., and Shimomura, Y. (2006) *An Evaluation Method for Service in the Point of Customers' View*. In Proceedings of IEEE International Conference Service Systems and Service Management 2006 (SC SSSM 2006), pp. 7-12, Troyes, France.

日本語文献

- [赤坂 2010] 赤坂文弥, 木見田康治, 下村芳樹 (2010) 企業間サービス設計のための顧客要求価値の表現・分析ツールの開発. 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 76, No. 771, pp. 2782-2790.
- [秋庭 2006] 秋庭聡 (2006) BPMN による 3 ステップモデリング. Modeling Forum 2006, 東京.
- [新井 2006] 新井民夫, 下村芳樹 (2006) サービス工学 -製品のサービス化をいかに加速するか. 一ツ橋ビジネスレビュー, 2006 年秋号, 一橋イノベーション研究センター編集, 東洋経済新聞社.
- [岩村 2006] 岩村高治 (2006) 大変革期を迎えるアグリビジネス. 知的資産創造, 2006 年 8 月号, pp. 48-57.
- [上田 2007] 上田完次 (編著) (2007) 創発とマルチエージェントシステム. 培風館.
- [内平 2006] 内平直志, 小泉敦子 (2006) 製造業のサービス化の分類と知識活用戦略. 研究・技術計画学会第 21 回年次学術大会講演論文集, Vol.21, No.1, pp. 33-36.
- [内平 2007] 内平直志, 京屋祐二, Kim, S. M., 前田勝宏, 小沢正則, 石井浩介 (2007) 製造業のサービスの分類上と事例による企画設計支援. 第 21 回人工知能学会全国大会, CD-ROM, 2007.
- [大藤 1990] 大藤正, 小野道照, 赤尾洋二 (1990) 品質展開法 (1) -品質表の作成と演習-. 日科技連出版社.
- [長田 2001] 長田洋 (編), 経営システム評価研究会 (著) (2001) 企業革新を導く経営システムの自己評価. 日本規格協会.
- [小田 2010] 小田博志 (2010) エスノエスノグラフィー入門 <現場>を質的研究する. 春秋社.
- [小野 2012] 小野康一, 河原亮, 坂本佳史, 中田武男 (2012) アーキテクチャ探索のためのモデル駆動開発手法. 第 19 回ソフトウェア工学の基礎ワークショップ - FOSE 2012, CD-ROM.
- [河口 2006] 河口真里子 (2006) 持続可能性「Sustainability サステナビリティ」とは何か. 経営戦略研究, 2006 年夏季号, Vol. 9, pp. 30-59.
- [川田 1993] 川田誠一, 川田尚吾, 渡辺敦 (1993) 場面の概念を用いた離散・連続混合システムのシミュレーションモデル: 場面遷移ネット (STN) の提案. 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 59, No. 563, pp. 1976-1982.
- [関東経済産業局 2011] 経済産業省 関東経済産業局 流通・サービス産業課 (2011) サービス産業セルフチェックリスト活用マニュアル.

- [木嶋 1999] 木嶋恭一 (1999) ソフトシステム方法論とは何か. 日本ファジイ学会誌, Vol. 11, No. 3, pp. 369-381.
- [京屋 2005] 京屋祐二, 野口国雄, 中野隆司 (2005) 顧客の声を起点にした商品企画プロセス. 東芝レビュー, Vol. 60, No.1, pp. 36-39.
- [経済産業省 2008] 経済産業省 (2007) サービス工学分野ロードマップ.
- [産業競争力懇談会 2013] 産業競争力懇談会 (2013) コトづくりからものづくりへ.
- [下村 2003] 下村芳樹, 内田誠, 原辰徳, 渡辺健太郎, 坂尾知彦, 新井民夫 (2003) サービス工学に基づくサービス CAD システムの構築 (第4報) - フロー型モデルによるサービス構造表現-. 2003 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, pp. 37.
- [下村 2005] 下村芳樹, 原辰徳, 渡辺健太郎, 坂尾知彦, 新井民夫, 富山哲男 (2005) サービス工学の提案 -第1報, サービス工学のためのサービスのモデル化技法-. 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 71, No. 702, pp. 315-322.
- [下村 2006] 下村芳樹, 吉岡真治, 武田英明, 富山哲男 (2006) アブダクションに基づく設計者支援環境の基本構想. 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 72, No. 713, pp. 274-281.
- [下村 2008] 下村芳樹, 新井民夫 (2008) サービス工学におけるオントロジー中心設計の展開. 特集・サービスイノベーションと AI その2, 人工知能学会誌, Vol. 23, No. 6, pp. 721-727.
- [鈴木 2013] 鈴木公明 (2013) デザイン戦略の教科書. 秀和システム.
- [舘山 2013] 舘山武史, 御子柴怜志, 渡辺健太郎, 千葉龍介, 下村芳樹, 川田誠一 (2013) 場面遷移ネットに基づくサービスのマルチアスペクトモデリング手法. 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 79, No. 798, pp. 418-428.
- [戸谷 2013] 戸谷圭子 (2013) 非接触カウンターにおける顧客間共創. 2013 年度サービス学会第1回国内大会講演論文集, CD-ROM.
- [内藤 2009] 内藤耕(編) (2009) サービス工学入門. 東京大学出版会.
- [仲尾 2011] 仲尾謙二 (2011) カーシェアリングの利用実態について - 京都市における事例をもとに -. Core Ethics, Vol. 7, pp.199-210.
- [西野 2003] 西野成昭, 上田完次 (2003) 経済実験における計算機の利用: チープトークゲームと仲介市場実験. 物性研究, Vol. 80, No. 6, pp. 846-863.
- [農林水産省 2010] 農林水産省 (2010) 平成22年度食料・農業・農村白書.
- [原 2008] 原辰徳, 新井民夫, 下村芳樹 (2008) サービス工学の提案 - 第3報, サービス活動の導入による機能・属性表現の統合-. 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 74, No. 745, pp. 2321-2330.

- [原 2009] 原辰徳 (2009) サービスの機能とその提供プロセスの統合表現. 博士論文, 東京大学.
- [平川 2013] 平川貴文, 栗田雄介, 細野繁, 木見田康治, 下村芳樹 (2013) 定性シミュレーションを用いた高信頼サービスの設計手法. 2013年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, pp. 709-710.
- [深井 2005] 深井慈子 (2005) 持続可能な世界論. ナカニシヤ出版.
- [藤川 2012] 藤川佳則 (2012) 製造業の製造業のサービス化「サービス・ドミナント・ロジック」による考察. Panasonic Technical Journal, Vol. 58, No. 3, pp. 168-173.
- [増田 2011] 増田貴司 (2011) 進む「製造業のサービス化」～今、何が起きているのか～. TBR 産業経済の論点, No. 11-03.
- [室屋 2013] 室屋有宏 (2013) 6次産業化の現状と課題. 農林金融, 2013年5月号, pp. 302-321.
- [矢口 2010] 矢口克也 (2010) 「持続可能な発展」理念の論点と持続可能性指標. レファレンス, 平成22年4月号, pp. 3-27.
- [安岡 2013] 安岡美佳 (2013) デザイン思考 - 北欧の研究と実践. IntelPlace, No. 118, pp. 41-51.
- [山口 2005] 山口薫, 福島史郎 (2005) 因果ループからSDモデルを構築する方法について - システム思考8基本形とことわざの考察 -. DBS Working Paper, 2005.
- [山本 1999] 山本昭ニ (1999) サービス・クォリティ: サービス品質の評価過程. 千倉書房.
- [吉川 2009] 吉川弘之 (2009) 本格研究. 東京大学出版会.
- [渡辺 2013] 渡辺健太郎, 下村芳樹 (2013) 協業型サービスとその設計プロセス. 日本経営工学会論文誌, Vol. 64, No. 1, pp. 38-52.

Web

- [Amazon] Amazon Home. (on line), <<http://www.amazon.co.jp/>>, (accessed 2013-11-04)
- [AnyLogic] AnyLogic Home. (on line), <<http://www.anylogic.com/>>, (accessed 2013-11-04)
- [Apple] Apple Home. (on line), <http://www.apple.com/jp/>, (accessed 2013-11-04)
- [ARENA] Arena simulation software Home. (on line), <http://www.arenasimulation.com/Arena_Home.aspx>, (accessed 2013-11-04)
- [CSAJ] 前川徹, アジャイルソフトウェア開発. (on line). available from <http://www.csaj.jp/column/10/100415_maegawa.html>, (accessed 2013-11-04)
- [KOMTRAX] KOMTRAX. (on line), <<http://www.komatsu-kenki.co.jp/service/product/komtrax/>>, (accessed 2013-11-04)
- [JCSI] サービス産業生産性協議会, JCSI とは. (on line), available from <<http://www.service-js.jp/jcsi/page0800.php>>, (accessed 2013-11-04)
- [Nike] Nike Home. (on line), <http://www.nike.com/jp/ja_jp/>, (accessed 2013-11-04)
- [Nike+] Nike+ Home. (on line), <<http://nikeplus.nike.com/plus/>>, (accessed 2013-11-04)
- [Oisix] Oisix Home. (on line), available from <<https://www.oisix.com/>>, (accessed 2013-11-04)
- [OMG BPMN] OMG, BPMN Information Home. (on line), available from <[http://www.bpmn.org.](http://www.bpmn.org/)>, (accessed 2013-11-04)
- [ORIX] ORIX CarShare Home. (on line), <<http://www.orix-carshare.com/>>, (accessed 2013-11-04)
- [OSIRIS] Bureau Van Dijk 日本法人, OSIRIS 企業財務データベース. (on line), <http://www.bvdinfo.co.jp/service/db_osiris.html>, (accessed 2013-11-15)
- [Rolls Royce] Rolls-Royce Hoome. (on line), <www.rolls-royce.com/>, (accessed 2013-11-04)
- [Times] Times Car PLUS Home. (on line), <<http://plus.timescar.jp/>>, (accessed 2013-11-04)

-
- [United Nations] United Nations, Report on the World Commission on Environment and Development. (on line), available from <<http://www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm>>, (accessed 2013-12-06)
- [Vensim] Vensim Home. (on line), <<http://vensim.com/>>, (accessed 2013-11-04)
- [価格.com] 価格.com Home. (on line), <<http://kakaku.com/>>, (accessed 2013-11-04)
- [肝付町] 肝付町 Home. (on line), <<http://kimotsuki-town.jp/>>, (accessed 2013-11-04)
- [交通エコロジー・モビリティ財団] 交通エコロジー・モビリティ財団, わが国のカーシェアリング車両台数と会員数の推移. (on line), available from <http://www.ecomo.or.jp/environment/carshare/carshare_graph2012.1.html>, (accessed 2013-11-04)
- [コマツ] コマツ製作所 Home. (on line), <<http://www.komatsu.co.jp/>>, (accessed 2013-11-04)
- [サービス工学研究センター] 産業技術総合研究所, サービス工学研究センター Home. (on line), available from <<http://unit.aist.go.jp/cfsr/index.htm>>, (accessed 2013-11-04).
- [ぶった農産] 農業法人ぶった農産 Home. (on line), <<http://www.butta.co.jp/>>, (accessed 2013-11-04)
- [モクモクファーム] 伊賀の里モクモク手作りファーム Home. (on line), <<http://www.moku-moku.com/>>, (accessed 2013-11-04)
- [らでいっしゅぼーや] らでいっしゅぼーや Home. (on line), <<http://www.radishbo-ya.co.jp/index.html>>, (accessed 2013-11-04)

研究業績

学術論文（査読有り）

- [1] K. Kimita, **F. Akasaka**, A. Öhrwall Rönnbäck, T. Sakao and Y. Shimomura: Requirement Analysis for User-Oriented Service Design. Asian International Journal of Science and Technology – Production and Manufacturing Engineering, Vol. 2, No.3, pp. 11-23, 2009.
- [2] K. Watanabe, M. Yamagishi, **F. Akasaka** and Y. Shimomura: Proposal of the unified methodology of revenue management and service design. The Journal of Revenue and Pricing Management, Special issue on: Pricing and revenue Models in the New Service Economy, Vol. 9, Issue 3, 2010.
- [3] **赤坂文弥**, 木見田康治, 下村芳樹: 企業間サービス設計のための顧客要求価値の表現・分析ツールの開発. 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 76, No. 771, pp. 2782-2790, 2010.
- [4] **赤坂文弥**, 根本裕太郎, 木見田康治, 下村芳樹: 機能の入出力表現に基づくサービスの設計知識管理手法. 精密工学会誌, Vol.77, No.11, pp. 1050-1056, 2011.
- [5] **F. Akasaka**, Y. Nemoto, K. Kimita and Y. Shimomura: Development of a Knowledge-Based Design Support System for Product-Service Systems. Computers in Industry, Vol. 63, Issue 4, pp. 309-318, 2012.
- [6] Y. Nemoto, **F. Akasaka**, R. Chiba and Y. Shimomura: Establishment of a Function Embodiment Knowledge Base for Supporting Service Design. Science China Information Sciences, Special Focus on: Design and Digital Engineering, Vol. 55, No. 5, pp. 1008-1018, 2012.
- [7] 木見田康治, **赤坂文弥**, 太田卓見, 細野繁, 下村芳樹: サービスモジュール化設計のための依存性分析. 精密工学会誌, Vol.78, No.5, pp. 395-400, 2012.
- [8] **F. Akasaka**, Y. Nemoto, R. Chiba and Y. Shimomura: Development of PSS Design Support System: Knowledge-based Design Support and Qualitative Evaluation. Procedia CIRP, Vol. 3, pp. 239-244, 2012.
- [9] **赤坂文弥**, 千葉龍介, 下村芳樹: 受給者を起点としたサービスの改善設計手法—電力設備の工事・保全サービスの改善を通じて—. 日本経営工学会論文誌, Vol. 64, No. 1, pp. 94-105, 2013
- [10] K. Fujita, **F. Akasaka**, K. Kimita, Y. Nemoto, Y. Kurita and Y. Shimomura: Supporting Idea Generation in Business Design in Manufacturing Industries, International Journal of CAD/CAM, Vol.13, No.2, pp. 63-71, 2013.
- [11] Y. Shimomura, K. Kimita, T. Tateyama, **F. Akasaka** and Y. Nemoto: A method for human resource evaluation to realize high-quality PSSs. CIRP Annals -Manufacturing Technology, Vol. 62, No.1, pp. 471-474, 2013.

-
- [12] 千葉龍介, **赤坂文弥**, 舘山武史, 下村芳樹: サービスにおける多目的最適化によるリソース配分設計法の提案. 日本経営工学会論文誌, Vol. 64, No. 3, pp. 377-385, 2013.
- [13] 細野繁, **赤坂文弥**, 木見田康治, 下村芳樹: クラウド環境における Web サービスの設計とライフサイクル管理. 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 79, No. 808, pp. 504-519, 2013.
- [14] Y. Shimomura, Y. Nemoto, **F. Akasaka** and K. Kimita: A Method for Negotiating Various Customer Requirements for Public Service Design. Axiom, Vol. 3, No. 1, pp. 1-9, 2014.

国際会議 (査読有り)

- [1] K. Kimita, **F. Akasaka**, A. Öhrwall Rönnbäck, T. Sakao, and Y. Shimomura: Requirement Analysis for User-Oriented Service Design. In Proceedings of the 42nd CIRP Conference on Manufacturing Systems, CD-ROM, Grenoble, France, 6/2009.
- [2] K. Watanabe, K. Kimita, **F. Akasaka**, and Y. Shimomura: Requirements Analysis and Negotiation for Feasible Service Development. In Proceedings of the 35th Design Automation Conference, The American Society for Mechanical Engineering (ASME), DETC2009-87698, San Diego, U.S.A., 8/2009.
- [3] **F. Akasaka**, S. Hosono, K. Kimita, M. Nakajima, and Y. Shimomura: Requirement Analysis for Strategic Improvement of a B2B Service. In Proceedings of the 2nd CIRP IPS2 Conference, pp. 117-124, Linköping, Sweden, 4/2010.
- [4] K. Kimita, **F. Akasaka**, S. Hosono, and Y. Shimomura: Design Method for Concurrent PSS Development. In Proceedings of the 2nd CIRP IPS2 Conference, pp. 283-290, Linköping, Sweden, 4/2010.
- [5] **F. Akasaka**, S. Hosono, M. Nakajima, K. Kimita, and Y. Shimomura: Requirement Analysis for the Improvement of Product-Service Systems. In Proceedings of the 11th International Design Conference, CD-ROM, Dubrovnik, Croatia, 5/2010.
- [6] R. Chiba, **F. Akasaka**, Y. Shimomura, T. Tateyama, and T. Arai: Contents Quality Design Considering Corporate Resource with Service Engineering. In Proceedings of the 11th International Design Conference, Dubrovnik, Croatia, CD-ROM, 5/2010.
- [7] K. Kimita, **F. Akasaka**, S. Hosono, and Y., Shimomura: Design Method for Life Cycle Oriented Product-Service Systems Development Design. In Proceedings of the 43rd CIRP Conference on Manufacturing Systems, CD-ROM, Vienna, Austria, 5/2010.
- [8] **F. Akasaka**, R. Chiba, and Y. Shimomura: An Engineering Method to Support Customer-Oriented Service Improvement. In Proceedings of the 3rd CIRP IPS2 Conference, pp. 87-92, CIRP, Braunschweig, Germany, 5/2011.

- [9] Y. Shimomura, K. Watanabe, **F. Akasaka**, and K. Kimita: Fan Out of Japanese Service Engineering –the State of the Art-. In Proceedings of the 3rd CIRP IPS2 Conference, pp. 15-20, CIRP, Braunschweig, Germany, 5/2011.
- [10] S. Hosono, K. Kimita, **F. Akasaka**, T. Hara, Y. Shimomura and T. Arai: Toward Establishing Design Methods for Cloud-based Platforms. In Proceedings of the 3rd CIRP IPS2 Conference, pp. 195-200, CIRP, Braunschweig, Germany, 5/2011.
- [11] R. Chiba, **F. Akasaka**, T. Tateyama, K. Watanabe, and Y. Shimomura: Contents Parameter Design using Multi-Objective Particle Swarm Optimization for Service Improvement. In Proceedings of the 44th CIRP Conference on Manufacturing Systems, CIRP, CD-ROM, Madison, U.S.A., 6/2011.
- [12] S. Hosono, H. Huang, K. Kimita, **F. Akasaka**, Y. Shimomura, T. Hara, and T. Arai: Architecture Design and Assessment with Design Matrix. In Proceedings of the 7th World Congress on Service - IEEE SERVICES 2011 -, CD-ROM, IEEE, Washington DC, U.S.A., 7/2011.
- [13] Y. Nemoto, **F. Akasaka**, and Y. Shimomura: Establishment of a Function Embodiment Knowledge Base for Supporting Service Design. In Proceedings of the Asian Conference on Design and Digital Engineering 2011, CD-ROM, Shanghai, China, 8/2011.
- [14] **F. Akasaka**, Y. Nemoto, R. Chiba, and Y. Shimomura: Development of PSS Design Support System: Knowledge-based Design Support and Qualitative Evaluation. In Proceedings of the 45th CIRP Conference on Manufacturing Systems, pp. 271-278, CIRP, Athens, Greece, 5/2012.
- [15] Y. Nemoto, **F. Akasaka**, and Y. Shimomura: Development of a System for Knowledge-based Product-Service System Design Support. In Proceeding of the 12th International Design Conference, pp. 259-268, Dubrovnik, Croatia, 5/2012.
- [16] **F. Akasaka**, K. Fujita and Y. Shimomura: PSS Business Case Map: Supporting Idea Generation in PSS Design. In Proceedings of the 2012 International Design Engineering Technical Conference - IDETC2012 -, CD-ROM, The American Society for Mechanical Engineering (ASME), Chicago, U.S.A., 8/2012.
- [17] **F. Akasaka**, N. H. Nguyen, Y. Nemoto, B. Lenz, Y. Shimomura and R. Stark: Adaptation of the Service Self Checklist for Industrial Product-Service Systems. In Proceedings of CIRP, IPS2 Conference 2012, pp. 499-504, CIRP, Tokyo, Japan, 11/2012.
- [18] Y. Nemoto, **F. Akasaka** and Y. Shimomura: A Knowledge-Based Design Support Method for Product-Service Contents Design. In Proceedings of CIRP, IPS2 Conference 2012, pp. 49-54, CIRP, Tokyo, Japan, 11/2012.
- [19] K. Fujita, **F. Akasaka**, K. Kimita, Y. Nemoto, Y. Kurita and Y. Shimomura: Supporting Idea Generation in Business Design in Manufacturing Industries, In Proceedings of 2012 Asian Conference on Design and Digital Engineering (ACDDE 2012), Vol.1, CD-ROM, Niseko, Japan, 12/2012.

- [20] **F. Akasaka**, Y. Nemoto and Y. Shimomura: Product-Service Systems Design focusing on System Aspect: Total Value Creation for Various Stakeholders. In Proceedings of CIRP, IPS2 Conference 2013, pp. 371-382, CIRP, Bochum, Germany, 3/2013
- [21] K. Ota, Y. Kurita, **F. Akasaka**, K. Kimita and Y. Shimomura: Extraction of Customers' Potential Requirements using Service Scenario Planning. In Proceedings of CIRP, IPS2 Conference 2013, pp. 63-74, CIRP, Bochum, Germany, 3/2013.
- [22] Y. Nemoto, **F. Akasaka** and Y. Shimomura: Knowledge-Based Design Support System for Conceptual Design of Product-Service Systems. In Proceedings of CIRP, IPS2 Conference 2013, pp. 41-52, CIRP, Bochum, Germany, 3/2013.
- [23] Y. Nemoto, **F. Akasaka** and Y. Shimomura: Model-based Framework for Management of PSS Design Knowledge. In Proceedings of the 22nd International Conference on Engineering Design -ICED13-, CD-ROM, Seoul, Korea, 8/2013.
- [24] Y. Nemoto, **F. Akasaka** and Y. Shimomura: A Knowledge Management Method for Supporting Conceptual Design of Product-Service Systems. In Proceedings of the 2013 International Design Engineering Technical Conference - IDETC2013 -, CD-ROM, The American Society for Mechanical Engineering (ASME), Portland, U.S.A., 8/2013.
- [25] G. Pezzotta, R. Pinto, F. Pirola, S. Cavalieri, **F. Akasaka**, Y. Shimomura: Engineering product-service solutions: an application in the power and automation industry. In Proceedings of the International Conference on Advances in Production Management Systems 2013 (APMS 2013), Pennsylvania, U.S.A., 8/2013.

国内会議（口頭発表）

- [1] **赤坂文弥**, 木見田康治, 下村芳樹, 新井民夫: サービス工学のためのペルソナ概念の分類と拡張. Design シンポジウム 2008, pp. 113-116, 東京, 2008 年 11 月.
- [2] **赤坂文弥**, 木見田康治, 下村芳樹, 新井民夫: サービス工学に基づくサービス CAD システムの構築 (第 66 報) -企業間サービス設計のための顧客要求抽出手法. 2009 年度精密工学会春季大会学術講演会, pp. 215-216, 東京, 2009 年 3 月.
- [3] **赤坂文弥**, 木見田康治, 下村芳樹, 新井民夫: サービス工学に基づくサービス CAD システムの構築 (第 72 報) -サービス提供組織を考慮したサービス設計プロセス. 2009 年度精密工学会秋季大会学術講演会, pp. 541-542, 神戸, 2009 年 9 月.
- [4] **赤坂文弥**, 木見田康治, 下村芳樹, 新井民夫: 企業間サービスのための顧客価値の表現・分析ツールの開発. 日本機械学会第 19 回設計工学・システム部門講演会, No. 09-6, pp. 186-191, 沖縄, 2009 年 10 月.
- [5] 千葉龍介, **赤坂文弥**, 舘山武史, 下村芳樹: サービス改善のための企業リソースを考慮したコンテンツパラメータ設計. 日本機械学会第 19 回設計工学・システム部門講演会, No. 09-6, pp. 568-571, 沖縄, 2009 年 10 月.

- [6] **赤坂文弥**, 木見田康治, 下村芳樹, 新井民夫: サービス工学に基づくサービス CAD システムの構築 (第 80 報) -設計観点によるサービスの価値の捉え方に関する考察. 2010 年度精密工学会春季大会学術講演会, pp. 39-40, 埼玉, 2010 年 3 月.
- [7] 山田恭裕, **赤坂文弥**, 山岸真之, 下村芳樹, 新井民夫: サービス工学に基づくサービス CAD システムの構築 (第 85 報) -サービス提供に必要な実体の属性に着目したサービス設計支援手法. 2010 年度精密工学会春季大会学術講演会, pp. 49-50, 埼玉, 2010 年 3 月.
- [8] 太田卓見, **赤坂文弥**, 木見田康治, 下村芳樹: サービス設計のための矛盾検知手順の提案, 2010 年度精密工学会春季大会学術講演会第 17 回学生会員卒業研究発表講演会, pp. 49-50, 埼玉, 2010 年 3 月.
- [9] 太田卓見, **赤坂文弥**, 山本恵史, 下村芳樹: サービス工学に基づくサービス CAD システムの構築 (第 89 報) -マス・カスタム化されたサービスの構造的特徴の分析, 2010 年度精密工学会秋季大会学術講演会, CD-ROM, pp. 593-594, 愛知, 2010 年 9 月.
- [10] 北井康幸, **赤坂文弥**, 沖和弘, 千葉龍介, 下村芳樹: サービス工学に基づくサービス CAD システムの構築 (第 90 報) -Web から取得したサービス設計知識の分析, 2010 年度精密工学会秋季大会学術講演会, CD-ROM, pp. 595-596, 愛知, 2010 年 9 月.
- [11] 川口博之, **赤坂文弥**, 舘山武史, 下村芳樹: 遺伝アルゴリズムを用いた設備構成要素のモジュール化による大規模施設保全計画, 2010 年度精密工学会秋季大会学術講演会, CD-ROM, pp. 591-592, 愛知, 2010 年 9 月.
- [12] **赤坂文弥**, 木見田康治, 下村芳樹: サービス設計知識管理のためのサービス機能分類. 日本機械学会第 20 回設計工学・システム部門講演会, No. 10-27, pp. 483-487, 東京, 2010 年 10 月.
- [13] 太田卓見, **赤坂文弥**, 山本恵史, 下村芳樹: マス・カスタム化されたサービスの構造特徴の分析. 日本機械学会第 20 回設計工学・システム部門講演会, No. 10-27, pp. 304-307, 東京, 2010 年 10 月.
- [14] 山田恭裕, **赤坂文弥**, 山本恵史, 渡辺健太郎, 下村芳樹: 実体の特性に着目したサービス設計支援手法. 日本機械学会第 20 回設計工学・システム部門講演会講演会, No. 10-27, pp. 488-491, 東京, 2010 年 10 月.
- [15] **赤坂文弥**, 根本裕太郎, 木見田康治, 下村芳樹: 機能の入出力表現に基づくサービスの設計知識管理手法. Design シンポジウム 2010, CD-ROM, 東京, 2010 年 11 月.
- [16] 木見田康治, **赤坂文弥**, 太田卓見, 細野繁, 下村芳樹: 公理的設計を用いたサービス構成要素間の依存性分析. Design シンポジウム 2010, CD-ROM, 東京, 2010 年 11 月.
- [17] 千葉龍介, **赤坂文弥**, 舘山武史, 渡辺健太郎, 下村芳樹: サービス工学における多目的最適化によるコンテンツパラメータ設計. Design シンポジウム 2010, CD-ROM, 東京, 2010 年 11 月.

- [18] 根本裕太郎, 山田恭裕, **赤坂文弥**, 下村芳樹: サービス工学に基づくサービス CAD システムの構築 (第 98 報) -サービス設計支援のための機能の実体化に関する知識ベースの構築, 2011 年度精密工学会春季大会学術講演会, CD-ROM, pp. 569-570, 東京, 2011 年 3 月.(震災により中止)
- [19] 栗田雄介, 北井康幸, **赤坂文弥**, 下村芳樹: サービス工学に基づくサービス CAD システムの構築 (第 99 報) -高信頼性サービス実現のためのサービスの故障解析手法, 2011 年度精密工学会春季大会学術講演会, CD-ROM, pp. 591-592, 東京, 2011 年 3 月.(震災により中止)
- [20] 川口博之, **赤坂文弥**, 舘山武史, 下村芳樹: 設備構成要素のリユースを考慮したモジュール化による大規模施設保全手法, 2011 年度精密工学会春季大会学術講演会, CD-ROM, pp. 583-584, 東京, 2011 年 3 月.(震災により中止)
- [21] 高橋美菜, 北井康幸, **赤坂文弥**, 下村芳樹: 複数のステークホルダの要求衝突を考慮した B2B サービスの要求分析手法, 2011 年度精密工学会春季大会学術講演会第 19 回「精密工学会学生会員卒業研究発表講演会」論文集, CD-ROM, pp. 63-64, 東京, 2011 年 3 月.(震災により中止)
- [22] 中川杏奈, 山田恭裕, **赤坂文弥**, 下村芳樹: サービス設計のためのペルソナ管理手法, 2011 年度精密工学会春季大会学術講演会第 19 回「精密工学会学生会員卒業研究発表講演会」論文集, CD-ROM, pp. 61-62, 東京, 2011 年 3 月.(震災により中止)
- [23] **赤坂文弥**, 藤田和樹, 千葉龍介, 下村芳樹: リソース制約を考慮した顧客満足向上のためのサービス改善設計. 2011 年度精密工学会秋季大会学術講演会, CD-ROM, pp. 95-96, 金沢, 2011 年 9 月.
- [24] 北井康幸, **赤坂文弥**, 千葉龍介, 下村芳樹: Web 上のプレスリリース記事情報を用いたサービス設計支援手法. 2011 年度精密工学会秋季大会学術講演会, pp. 85-86, 金沢, 2011 年 9 月.
- [25] 山田恭裕, **赤坂文弥**, 根本裕太郎, 下村芳樹: サービス機能を実現する実体の特性を考慮したサービス設計候補の評価. 2011 年度精密工学会秋季大会学術講演会, pp. 79-80, 金沢, 2011 年 9 月.
- [26] 根本裕太郎, 山田恭裕, **赤坂文弥**, 下村芳樹: サービス設計カタログを用いたサービス設計支援手法. 2011 年度精密工学会秋季大会学術講演会, pp. 93-94, 金沢, 2011 年 9 月.
- [27] **赤坂文弥**, 藤田和樹, 千葉龍介, 下村芳樹: 顧客を起点としたサービスの改善設計支援手法の提案と実事例への適用. 日本機械学会第 21 回設計工学・システム部門講演会講演論文集, No. 11-23, pp. 388-392, 山形, 2011 年 10 月.
- [28] 北井康幸, **赤坂文弥**, 千葉龍介, 下村芳樹: サービス設計のためのサービス設計知識抽出手法. 日本機械学会第 21 回設計工学・システム部門講演会講演論文集, No. 11-23, pp. 110-113, 山形, 2011 年 10 月.
- [29] 山田恭裕, **赤坂文弥**, 下村芳樹: 実体の特性に着目したサービス設計手法の実装. 日本機械学会第 21 回設計工学・システム部門講演会講演論文集, No. 11-23, pp. 106-109, 山形, 2011 年 10 月.

- [30] 藤田和樹, 北井康幸, 加澤頭, **赤坂文弥**, 下村芳樹: 顧客要求充足のためのサービス機能導出支援手法. 日本機械学会第 21 回設計工学・システム部門講演会講演論文集, No. 11-23, pp. 446-449, 山形, 2011 年 10 月.
- [31] 根本裕太郎, 山田恭裕, **赤坂文弥**, 下村芳樹: サービス機能の実体化に関する設計知識ベースに基づくサービス設計支援手法. 日本機械学会第 21 回設計工学・システム部門講演会講演論文集, No. 11-23, pp. 118-122, 山形, 2011 年 10 月.
- [32] 細野繁, **赤坂文弥**, 木見田康治, 下村芳樹: クラウド環境におけるサービスライフサイクル管理. 日本機械学会第 21 回設計工学・システム部門講演会講演論文集, No. 11-23, pp. 436-441, 山形, 2011 年 10 月.
- [33] **赤坂文弥**, 根本裕太郎, 下村芳樹: 製造業のサービス指向型ビジネス設計のための価値提供機会探索ツール. 2012 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, CD-ROM, pp. 723-724, 東京, 2012 年 3 月.
- [34] 北井康幸, **赤坂文弥**, 千葉龍介, 下村芳樹: 品質情報に基づく知識管理タグを用いたサービス設計知識抽出手法. 2012 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, CD-ROM, pp. 737-738, 東京, 2012 年 3 月.
- [35] 山田恭裕, **赤坂文弥**, 根本裕太郎, 下村芳樹: 設計事例の属性情報に基づくサービスの機能担体導出支援手法. 2012 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, CD-ROM, pp. 733-734, 東京, 2012 年 3 月.
- [36] 根本裕太郎, **赤坂文弥**, 下村芳樹: 製造業のサービス指向型ビジネス構築のための提供コンテンツ設計支援手法. 2012 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, CD-ROM, pp. 747-748, 東京, 2012 年 3 月.
- [37] 藤田和樹, 北井康幸, **赤坂文弥**, 下村芳樹: ビジネスモデルの類似性に基づく製造業のビジネス展開支援手法. 2012 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, CD-ROM, pp. 743-744, 東京, 2012 年 3 月.
- [38] 加澤頭, 根本裕太郎, **赤坂文弥**, 下村芳樹: 実験的手法を用いたサービス設計知識の分析. 2012 年度精密工学会春季大会学術講演会第 20 回「精密工学会学生会員卒業研究発表講演会」論文集, pp. 59-60, CD-ROM, 東京, 2012 年 3 月.
- [39] **赤坂文弥**, 根本裕太郎, 下村芳樹: 多様な利害関係者の両得関係を実現する製品サービスシステムの設計手法, 2012 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, CD-ROM, pp. 243-244, 北九州, 2012 年 9 月.
- [40] 藤田和樹, **赤坂文弥**, 根本裕太郎, 栗田雄介, 下村芳樹, 木見田康治: 製造業の事業展開を支援するニーズとシーズのマッチング手法, 2012 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, CD-ROM, pp. 229-230, 北九州, 2012 年 9 月.
- [41] 根本裕太郎, **赤坂文弥**, 下村芳樹: 事例知識を用いた製品サービスシステムの概念設計支援手法, 2012 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, CD-ROM, pp. 237-238, 東京, 北九州, 2012 年 9 月.
- [42] 加澤頭, 根本裕太郎, **赤坂文弥**, 下村芳樹: 実験的手法に基づくサービス設計者の思考過程の分析, 2012 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, CD-ROM, pp. 251-252, 北九州, 2012 年 9 月.

- [43] **赤坂文弥**, 根本裕太郎, 下村芳樹: 多様な利害関係者の両得関係を実現する製品サービスシステムの設計手法. 日本機械学会第 22 回設計工学・システム部門講演会講演論文集, No. 12-17, pp. 651-660, 広島, 2012 年 9 月.
- [44] 加澤顕, 根本裕太郎, **赤坂文弥**, 下村芳樹: 実験的手法に基づくサービス設計知識の分類. 日本機械学会第 22 回設計工学・システム部門講演会講演論文集, No. 12-17, pp. 735-743, 広島, 2012 年 9 月.
- [45] 根本裕太郎, **赤坂文弥**, 下村芳樹: 製品サービスシステム設計支援のための設計知識管理手法. 日本機械学会第 22 回設計工学・システム部門講演会講演論文集, No. 12-17, pp. 727-734, 広島, 2012 年 9 月.
- [46] 藤田和樹, **赤坂文弥**, 木見田康治, 下村芳樹: ニーズ・シーズ分析に基づく製造業のビジネス展開支援手法. 日本機械学会第 22 回設計工学・システム部門講演会講演論文集, No. 12-17, pp. 670-675, 広島, 2012 年 9 月.
- [47] 加澤顕, 根本裕太郎, **赤坂文弥**, 下村芳樹: 設計実験に基づくサービス設計知識の分析. Design シンポジウム 2012 講演論文集, pp. 235-239, 京都, 2012 年 10 月.
- [48] 藤田和樹, **赤坂文弥**, 根本裕太郎, 栗田雄介, 下村芳樹, 木見田康治: 市場ニーズを起点とした製造業の PSS 事業創出支援手法, 2013 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, CD-ROM, pp. 1015-1016, 東京, 2013 年 3 月.
- [49] 周俊, 根本裕太郎, **赤坂文弥**, 下村芳樹: 製品サービス協調設計のための設計知識管理手法, 2013 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, CD-ROM, pp. 1001-1002, 東京, 2013 年 3 月.
- [50] 加澤顕, 根本裕太郎, **赤坂文弥**, 下村芳樹: 実験的手法に基づくサービス設計過程の改善, 2013 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, CD-ROM, pp. 1011-1012, 東京, 2013 年 3 月.
- [51] 植井健太郎, 加澤顕, 根本裕太郎, **赤坂文弥**, 下村芳樹: 製品サービスシステム設計教育のためのビジネスゲームの開発, 2012 年度精密工学会春季大会学術講演会第 20 回「精密工学会学生会員卒業研究発表講演会」論文集, pp. 25-26, CD-ROM, 東京, 2013 年 3 月.
- [52] 川瀬健, 藤田和樹, 根本裕太郎, **赤坂文弥**, 下村芳樹, 木見田康治: 製品サービスシステム設計支援のためのビジネスパターンライブラリの開発, 2012 年度精密工学会春季大会学術講演会第 20 回「精密工学会学生会員卒業研究発表講演会」論文集, pp. 27-28, CD-ROM, 東京, 2013 年 3 月.
- [53] 根本裕太郎, **赤坂文弥**, 下村芳樹: 設計知識管理による製品サービスシステム設計支援手法, 2013 年度サービス学会第 1 回国内大会講演論文集, CD-ROM, 京都, 2013 年 4 月.
- [54] **赤坂文弥**, 下村芳樹: サービスの共同設計のためのサービスモデリングとシミュレーション, 2013 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, pp. 701-702, 大阪, 2013 年 9 月.

- [55] 進藤淳哉, **赤坂文弥**, 川瀬健, 下村芳樹: モンテカルロシミュレーションを用いたサービス価値の可視化手法, 2013 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, pp. 713-714, 大阪, 2013 年 9 月.
- [56] 根本裕太郎, 植井健太郎, 栗田雄介, **赤坂文弥**, 木見田康治, 佐藤啓太, 下村芳樹: サービス改善のための複数ステークホルダの要求価値の可視化手法, 2013 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, pp. 689-690, 大阪, 2013 年 9 月.
- [57] 加澤颯, 根本裕太郎, **赤坂文弥**, 下村芳樹: 製品サービスシステム設計における意思決定過程の可視化手法, 2013 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, pp. 703-704, 大阪, 2013 年 9 月.
- [58] **赤坂文弥**, 進藤淳哉, 川瀬健, 下村芳樹: モデリングとシミュレーションに基づくサービスの共同設計手法. 日本機械学会第 23 回設計工学・システム部門講演会講演論文集, CD-ROM, 沖縄, 2013 年 10 月.
- [59] 川瀬健, **赤坂文弥**, 進藤淳哉, 武藤恵太, 下村芳樹: サービスの共同設計手法の地域活性化サービス設計への適用. 日本機械学会第 23 回設計工学・システム部門講演会講演論文集, CD-ROM, 沖縄, 2013 年 10 月.
- [60] 根本裕太郎, 植井健太郎, 栗田雄介, **赤坂文弥**, 木見田康治, 佐藤啓太, 下村芳樹: 多様なステークホルダの要求分析に基づくサービス提供戦略の設計手法. 日本機械学会第 23 回設計工学・システム部門講演会講演論文集, CD-ROM, 沖縄, 2013 年 10 月.
- [61] 武藤恵太, 川瀬健, 進藤淳哉, 根本裕太郎, 木見田康治, **赤坂文弥**, 千葉龍介, 下村芳樹: 快適性モデルに基づくデマンド・レスポンス・サービス設計手法の提案. 2014 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, CD-ROM, in-printing, 東京, 2014 年 3 月. (発表予定)
- [62] 進藤淳哉, **赤坂文弥**, 根本裕太郎, 下村芳樹: 受給者に起因する不確実性を考慮したサービスの設計手法. 2014 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, CD-ROM, in-printing, 東京, 2014 年 3 月. (発表予定)

国内会議（ポスター発表）

- [1] 川瀬健, 根本裕太郎, **赤坂文弥**, 下村芳樹: 価値享受メカニズムに基づく PSS ビジネスパターンライブラリの開発, 2013 年度サービス学会第 1 回国内大会講演論文集, CD-ROM, 京都, 2013 年 4 月.

著書

- [1] Y. Shimomura, K. Kimita and **F. Akasaka**: Advanced Japanese Service Design: From Elements to Relations. In Handbook of Sustainable Engineering, pp. 549-574, Joanne Kauffman, Kun-Mo Lee (eds.), Springer, ISBN-978-1-4020-8938-1, 2013.

解説論文・チュートリアル・招待講演

- [1] 下村芳樹, 木見田康治, **赤坂文弥**: 製造業のサービス化を支援する実践手法の開発, 精密工学会誌. 精密工学会, Vol. 78, No. 3, pp. 185-191, 2012. (解説論文)
- [2] Y. Shimomura and **F. Akasaka**: Toward Product-Service System Engineering: New system engineering for PSS utilization. In Proceedings of CIRP, IPS2 Conference 2013, pp. 27-40, CIRP, Bochum, Germany, 3/2013. (Keynote paper)

研究会・ワークショップ等

- [1] **F. Akasaka**, S. Hosono, K. Yamamura, Y. Shimomura, and T. Arai: A Method for Analyzing Customer Requirements in a B2B Service. In Proceedings of the 9th Japan Korea Design Engineering Workshop, pp. 7-12, Okinawa, Japan, 10/2009.
- [2] G. Pezzotta, **F. Akasaka**, S. Cavalieri, Y. Shimomura and P. Gaiardelli: A Service Engineering procedure for the design and configuration of Product-Service Systems. In Proceedings of the XVII Summer School "Francesco Turco" -2012, CD-ROM, Venice, Italy, 9/2012.
- [3] G. Pezzotta, F. Pirola, **F. Akasaka**, S. Cavalieri, Y. Shimomura and P. Gaiardelli: A Service Engineering framework to design and configure a Product-Service Systems. In Proceedings of the 11th IFAC Workshop on Intelligent Manufacturing Systems, IMS, CD-ROM, Sao Paulo, Brazil, 5/2013.
- [4] K. Kawase, Y. Nemoto, **F. Akasaka** and Y. Shimomura: Product Service Systems Design Focusing on System Aspect: Total Value Creation for Various Stakeholders. In Proceedings of the 13th Design Engineering Workshop, CD-ROM, Fukuoka, Japan, 11/2013.

特許

- [1] 出願番号 特願 2010-090105 号 (2010 年 4 月 9 日出願), 「公理的サービス設計方法、装置、プログラム」.
- [2] 出願番号 特願 2011-101106 号 (2011 年 4 月 28 日出願), 「アプリケーションアーキテクチャ設計方法、アプリケーションアーキテクチャ設計装置、およびプログラム」.

受賞等

- [1] 2009 年 3 月 : 2008 年度首都大学東京卒業研究発表会優秀発表賞受賞.
- [2] 2011 年 3 月 : 2010 年度首都大学東京大学院修士論文審査会優秀発表賞受賞
- [3] 2011 年 9 月 : 2011 年精密工学会秋季学術講演会, ベストプレゼンテーション賞受賞, 講演題目「リソース制約を考慮した顧客満足向上のためのサービス改善設計」.
- [4] 2013 年 1 月 : 精密工学会アフィリエイト認定
- [5] 2013 年 10 月 : 日本機械学会, 若手優秀講演フェロー賞受賞, 講演題目「多様な利害関係者の両得関係を実現する製品サービスシステムの設計手法」
- [6] 2013 年 10 月 : 日本機械学会, 設計工学・システム部門, 第 22 回設計工学・システム部門講演会, 優秀講演表彰賞受賞, 講演題目「多様な利害関係者の両得関係を実現する製品サービスシステムの設計手法」

付録

本付録には、事例適用（第6章）におけるシミュレーションで用いた評価式と入力データの一覧を掲載する。シミュレーションの対象と本付録中の図表との関係は、以下に示す通りである。

シミュレーションの対象と本付録中の図表との関係

シミュレーションの対象		評価式と入力データ	
事例	段階	評価式	入力データ
カーシェアリング	改善前	Table A1, Figure A1	Table A2, Figure A2
	改善案 No.1	Table A1, Figure A1	Table A4, Figure A4
	改善案 No.2	Table A3, Figure A3	Table A2, Figure A2
	改善案 No.3	Table A3, Figure A3	Table A4, Figure A4
地域活性化PSS	現状	Table A5, Figure A5	Table A6, Figure A6
	改善1	Table A7, Figure A7	Table A8, Figure A8
	改善2	Table A9, Figure A9	Table A10, Figure A10

Table A1(1) 割引サービスの無いカーシェアリングのシミュレーションに用いた評価式

Equation	No.
CMの収益= INTEG (CMの売上-CMの製造コスト,0)	(CS1-1)
CMの売上=車の価格*車の販売台数	(CS1-2)
CMの製造コスト=車の販売台数*車の製造コスト	(CS1-3)
CSステーションの増加分=新たに追加するステーション数	(CS1-4)
CSステーションの数= INTEG (CSステーションの増加分,CSステーション数の初期値)	(CS1-5)
CSステーションの追加のために投資可能な資金= INTEG (獲得した投資可能な資金-投資金額,0)	(CS1-6)
CS提供者のコスト=ガソリン代+ランニングコスト+事業拡大にかかるコスト+修理費	(CS1-7)
CS提供者のヶ月あたりの収益=CS提供者の売上-CS提供者のコスト	(CS1-8)
CS提供者の収益= INTEG (CS提供者の売上-CS提供者のコスト,0)	(CS1-9)
CS提供者の売上=一ヶ月の営業利益+基本料金収入	(CS1-10)
ガソリンスタンドの収入= INTEG (ガソリンスタンドの売上,0)	(CS1-11)
ガソリンスタンドの売上=ガソリン代	(CS1-12)
ガソリン代=ガソリン使用量*ガソリンの単価	(CS1-13)
ガソリン使用量=走行距離(全体)/車の燃費	(CS1-14)
一ヶ月の利用者数=利用者数*30	(CS1-15)
ランニングコスト=CSステーションの運営費+車の維持費	(CS1-16)
一ヶ月の営業利益=一ヶ月の利用者数*利用料金	(CS1-17)
事故発生回数=INTEGER(一ヶ月の利用者数*事故率)	(CS1-18)
事業拡大にかかるコスト=投資金額	(CS1-19)
会員増加数=INTEGER(新規会員数の基準値*新規会員数の増加率)	(CS1-20)
会員数= INTEG (会員増加数-退会者数,会員数の初期値)	(CS1-21)
修理費=事故発生回数*一台あたりの修理費用	(CS1-22)
利用されていない車の台数=車の全数-(申込者数*一組あたりの車の台数)	(CS1-23)
利用料金=自動車利用にかかる料金-割引総額	(CS1-24)
利用時間=目的地での自由時間+給油時間+走行時間	(CS1-25)
利用者数=IF THEN ELSE(申込者数>車の全数,車の全数,申込者数)	(CS1-26)
割引率=割引総額/自動車利用にかかる料金	(CS1-27)
割引総額=給油実施による割引額+郊外店舗の利用による割引額	(CS1-28)
可用性=IF THEN ELSE(車の全数<(申込者数*一組あたりの車の台数),車の全数/(申込者数*一組あたりの車の台数),1)	(CS1-29)
基本料金収入=会員数*一ヶ月の基本料金	(CS1-30)
投資金額=ステーション追加のために必要な資金*新たに追加するステーション数	(CS1-31)
新たに購入する車の台数=ステーション毎の車の台数*新たに追加するステーション数	(CS1-32)
新たに追加するステーション数=新たに追加可能なステーション数	(CS1-33)
新たに追加可能なステーション数=INTEGER(CSステーションの追加のために投資可能な資金/ステーション追加のために必要な資金)	(CS1-34)
新規会員数の増加率= WITH LOOKUP (CSステーションの数/CSステーション数の初期値) ※「CSステーションの数/CSステーション数の初期値」から「新規会員数の増加率」を出力する表関数として設定. 設定した関数は, Figure A1 参照.	(CS1-35)
獲得した投資可能な資金=IF THEN ELSE(CS提供者のヶ月あたりの収益>0,CS提供者のヶ月あたりの収益*投資率(ステーション),0)	(CS1-36)
申込者数=INTEGER(会員数*申込率)	(CS1-37)
給油実施による割引額=IF THEN ELSE(給油実施の有無=1,自動車利用にかかる料金*給油実施にかかる割引率,0)	(CS1-38)

Table A1(2) 割引サービスの無いカーシェアリングのシミュレーションに用いた評価式
(続き)

Equation	No.
給油時間=IF THEN ELSE(給油実施の有無=1,給油にかかる平均時間,0)	(CS1-39)
自動車利用にかかる料金=利用時間*時間毎の料金	(CS1-40)
走行時間=走行距離/平均時速	(CS1-41)
走行距離(全体)=一ヶ月の利用者数*走行距離	(CS1-42)
車の全数= INTEG (車の増加数,ステーション毎の車の台数*CSステーション数の初期値)	(CS1-43)
車の増加数=新たに購入する車の台数	(CS1-44)
車の維持費=車一台あたりの維持費*車の全数	(CS1-45)
車の販売台数=新たに購入する車の台数	(CS1-46)
退会者数=INTEGER(退会者数基準値*退会者数の増加率)	(CS1-47)
退会者数の増加率= WITH LOOKUP (可用性) ※「可用性」から「退会者数の増加率」を出力する表関数として設定. 設定した関数は, Figure A1 参照.	(CS1-48)
郊外店舗の利用による割引額=IF THEN ELSE(郊外店舗利用の有無=1,自動車利用にかかる料金*郊外店舗の利用による割引率,0)	(CS1-49)
郊外店舗の利用人数=INTEGER(一ヶ月の利用者数*CS利用者中の郊外店舗の利用率)	(CS1-50)
郊外店舗の収入= INTEG (郊外店舗の売上,0)	(CS1-51)
郊外店舗の売上=平均買い物総額*郊外店舗の利用人数	(CS1-52)

「CSステーションの数/CSステーションの数の初期値」から「新規会員数の増加率」を出力する関数



「可用性」から「退会者数の増加率」を出力する関数

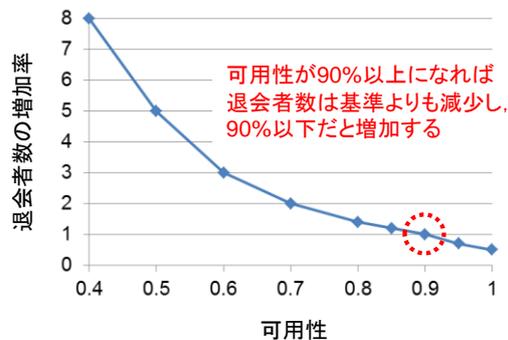


Figure A1 割引サービスの無いカーシェアリングのシミュレーションに用いた表関数

Table A2 カーシェアリング（普通車）のシミュレーションへの入力データ

Parameter	Input value
CSステーション数の初期値	10 [箇所]
CSステーション毎の運営費	50,000 [円/箇所]
ガソリンの単価	150 [円/l]
ステーション毎の車の台数	2 [台/箇所]
ステーション追加のために必要な資金	3,000,000 [円/箇所]
一ヶ月の基本料金	1,000 [円/月]
一台あたりの修理費用	50,000 [円/台]
一組あたりの車の台数	1 [台/組]
事故率	0.005
CS利用者中の郊外店舗の利用率	0.45
平均時速	30 [km/h]
平均買い物総額	5,000 [円/組]
投資率(ステーション)	0.25
新規会員数の基準値	経時変化する値として設定. 入力値は, Figure A2 参照.
時間毎の料金	800 [円/h]
申込率	0.02
目的地での自由時間	2 [h]
給油にかかる平均時間	0.25 [h]
給油実施にかかる割引率	0.05
給油実施の有無	1
走行距離	25 [km]
車の価格	1,500,000 [円/台]
車の燃費	20 [km/l]
車の製造コスト	1,125,000 [円/台]
車一台あたりの維持費	17,114 [円/月*台]
退会者数基準値	5 [人/月]
郊外店舗の利用による割引率	0.1
郊外店舗利用の有無	1
会員数の初期値	150 [人]

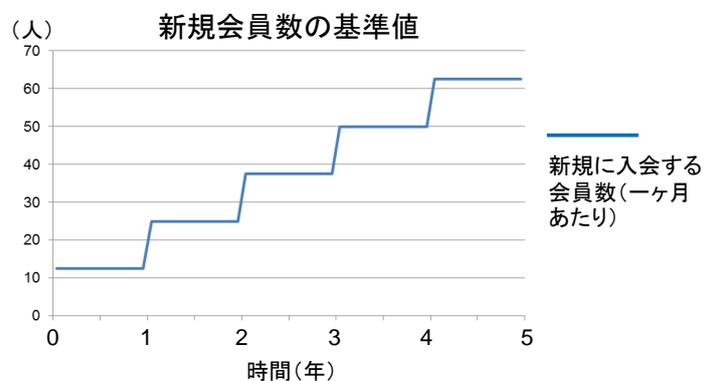


Figure A2 カーシェアリング（普通車）のシミュレーションに入力した経時変化データ

Table A3(1) 割引サービスの有るカーシェアリングのシミュレーションに用いた評価式

Equation	No.
CMの収益= INTEG (CMの売上-CMの製造コスト,0)	(CS2-1)
CMの売上=車の価格*車の販売台数	(CS2-2)
CMの製造コスト=車の販売台数*車の製造コスト	(CS2-3)
CSステーションの増加分=新たに追加するステーション数	(CS2-4)
CSステーションの数= INTEG (CSステーションの増加分,CSステーション数の初期値)	(CS2-5)
CSステーションの追加のために投資可能な資金= INTEG (獲得した投資可能な資金-投資金額,0)	(CS2-6)
CSステーションの運営費=CSステーションの数*CSステーション毎の運営費	(CS2-7)
CS利用者中の郊外店舗の利用率=利用率の増加率*利用率の基準値	(CS2-8)
CS提供者のコスト=ガソリン代+ランニングコスト+事業拡大にかかるコスト+修理費	(CS2-9)
CS提供者の一月あたりの収益=CS提供者の売上-CS提供者のコスト	(CS2-10)
CS提供者の収益= INTEG (CS提供者の売上-CS提供者のコスト,0)	(CS2-11)
CS提供者の売上=一ヶ月の営業利益+基本料金収入	(CS2-12)
ガソリンスタンドの収入= INTEG (ガソリンスタンドの売上,0)	(CS2-13)
ガソリンスタンドの売上=ガソリン代	(CS2-14)
ガソリン代=ガソリン使用量*ガソリンの単価	(CS2-15)
ガソリン使用量=走行距離(全体)/車の燃費	(CS2-16)
一ヶ月の利用者数=利用者数*30	(CS2-17)
ランニングコスト=CSステーションの運営費+車の維持費	(CS2-18)
一ヶ月の営業利益=(一ヶ月の利用者数*CS利用者中の郊外店舗の利用率*利用料金)+(一ヶ月の利用者数*(1-CS利用者中の郊外店舗の利用率)*(自動車利用にかかる料金*(1-給油実施にかかる割引率)))	(CS2-19)
事故発生回数=INTEGER(一ヶ月の利用者数*事故率)	(CS2-20)
事業拡大にかかるコスト=投資金額	(CS2-21)
会員増加数=INTEGER(新規会員数の基準値*新規会員数の増加率)	(CS2-22)
会員数= INTEG (会員増加数-退会者数,会員数の初期値)	(CS2-23)
修理費=事故発生回数*一台あたりの修理費用	(CS2-24)
利用されていない車の台数=車の全数-(申込者数*一組あたりの車の台数)	(CS2-25)
利用料金=自動車利用にかかる料金*割引総額	(CS2-26)
利用時間=目的地での自由時間+給油時間+走行時間	(CS2-27)
利用率の増加率= WITH LOOKUP (割引率) ※「割引率」から「利用率の増加率」を出力する表関数として設定。設定した関数は、Figure A3 参照。	(CS2-28)
利用者数=IF THEN ELSE(申込者数>車の全数,車の全数,申込者数)	(CS2-29)
割引率=割引総額/自動車利用にかかる料金	(CS2-30)
割引総額=給油実施による割引額+郊外店舗の利用による割引額	(CS2-31)
可用性=IF THEN ELSE(車の全数<(申込者数*一組あたりの車の台数),車の全数/(申込者数*一組あたりの車の台数),1)	(CS2-32)
基本料金収入=会員数*一ヶ月の基本料金	(CS2-33)
投資金額=ステーション追加のために必要な資金*新たに追加するステーション数	(CS2-34)
新たに購入する車の台数=ステーション毎の車の台数*新たに追加するステーション数	(CS2-35)
新たに追加するステーション数=新たに追加可能なステーション数	(CS2-36)
新たに追加可能なステーション数=INTEGER(CSステーションの追加のために投資可能な資金/ステーション追加のために必要な資金)	(CS2-37)
新規会員数の増加率= WITH LOOKUP (CSステーションの数/CSステーション数の初期値) ※「CSステーションの数/CSステーション数の初期値」から「新規会員数の増加率」を出力する表関数として設定。設定した関数は、Figure A3 参照。	(CS2-38)
獲得した投資可能な資金=IF THEN ELSE(CS提供者の一月あたりの収益>0,CS提供者の一月あたりの収益*投資率(ステーション),0)	(CS2-39)

Table A3(2) 割引サービスの有るカーシェアリングのシミュレーションに用いた評価式
(続き)

Equations	No.
申込率=申込率の基準値*申込率の増加率	(CS2-40)
申込率の増加率= WITH LOOKUP (割引率) ※「割引率」から「申込率の増加率」を出力する表関数として設定. 設定した関数は, Figure A3 参照.	(CS2-41)
申込者数=INTEGER(会員数*申込率)	(CS2-42)
給油実施による割引額=IF THEN ELSE(給油実施の有無=1,自動車利用にかかる料金*給油実施にかかる割引率,0)	(CS2-43)
給油時間=IF THEN ELSE(給油実施の有無=1,給油にかかる平均時間,0)	(CS2-44)
自動車利用にかかる料金=利用時間*時間毎の料金	(CS2-45)
走行時間=走行距離/平均時速	(CS2-46)
走行距離(全体)=一ヶ月の利用者数*走行距離	(CS2-47)
車の全数= INTEG (車の増加数,ステーション毎の車の台数*CSステーション数の初期値)	(CS2-48)
車の増加数=新たに購入する車の台数	(CS2-49)
車の維持費=車一台あたりの維持費*車の全数	(CS2-50)
車の販売台数=新たに購入する車の台数	(CS2-51)
退会者数=INTEGER(退会者数基準値*退会者数の増加率)	(CS2-52)
退会者数の増加率= WITH LOOKUP (可用性) ※「可用性」から「退会者数の増加率」を出力する表関数として設定. 設定した関数は, Figure A3 参照.	(CS2-53)
郊外店舗の利用による割引額=IF THEN ELSE(郊外店舗利用の有無=1,自動車利用にかかる料金*郊外店舗の利用による割引率,0)	(CS2-54)
郊外店舗の利用人数=INTEGER(一ヶ月の利用者数*CS利用者中の郊外店舗の利用率)	(CS2-55)
郊外店舗の収入= INTEG (郊外店舗の売上,0)	(CS2-56)
郊外店舗の売上=平均買い物総額*郊外店舗の利用人数	(CS2-57)

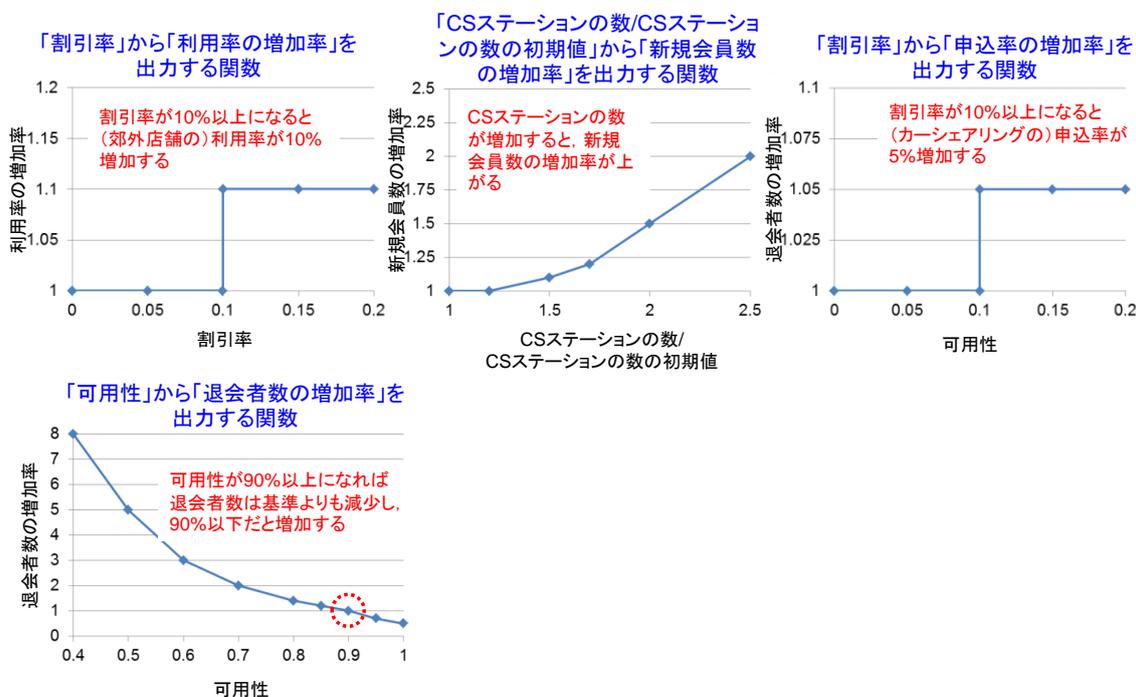


Figure A3 割引サービスの有るカーシェアリングのシミュレーションに用いた表関数

Table A4 カーシェアリング（軽自動車）のシミュレーションへの入力データ

Parameter	Input value
CS ステーション数の初期値	10 [箇所]
CS ステーション毎の運営費	50,000 [円/箇所]
ガソリンの単価	150 [円/l]
ステーション毎の車の台数	3 [台/箇所]
ステーション追加のために必要な資金	3,000,000 [円/箇所]
一ヶ月の基本料金	1,000 [円/月]
一台あたりの修理費用	50,000 [円/台]
一組あたりの車の台数	1 [台/組]
事故率	0.005
利用率の基準値	0.45
平均時速	30 [km/h]
平均買い物総額	5,000 [円/組]
投資率(ステーション)	0.25
新規会員数の基準値	経時変化する値として設定. 入力値は, Figure A4 参照.
時間毎の料金	800 [円/h]
申込率の基準値	0.02
目的地での自由時間	2 [h]
給油にかかる平均時間	0.25 [h]
給油実施にかかる割引率	0.05
給油実施の有無	1
走行距離	25 [km]
車の価格	1,000,000 [円/台]
車の燃費	25 [km/l]
車の製造コスト	750,000 [円/台]
車一台あたりの維持費	17,114 [円/月*台]
退会者数基準値	5 [人/月]
郊外店舗の利用による割引率	0.1
郊外店舗利用の有無	1
会員数の初期値	150 [人]

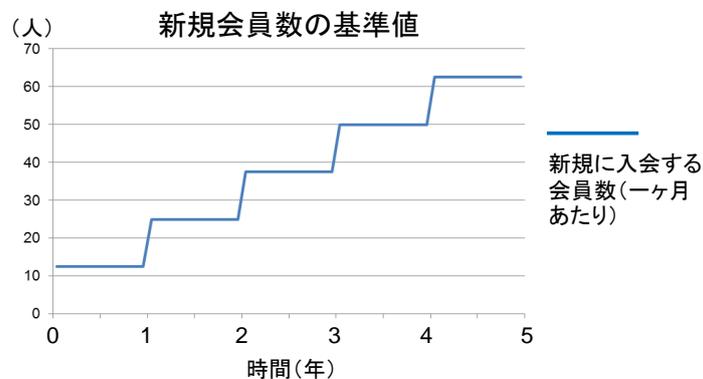


Figure A4 カーシェアリング（軽自動車）のシミュレーションに入力した経時変化データ

Table A5(1) 地域活性化 PSS（現状）のシミュレーションに用いた評価式

Equation	No.
A 品タンカン生産割合=A 品タンカン生産割合基準値*A 品タンカン生産割合への影響	(T1-1)
A 品タンカン生産割合への影響= WITH LOOKUP (従業員の増加率) ※「従業員の増加率」から「A 品タンカン生産割合への影響」を出力する表関数として設定。設定した関数は、Figure A5 参照。	(T1-2)
A 品タンカン生産量=週あたりのタンカン生産量*A 品タンカン生産割合	(T1-3)
A 品タンカン生産量基準値=タンカン生産量基準値*A 品タンカン生産割合基準値	(T1-4)
A 品以外のタンカン生産量=週あたりのタンカン生産量*(1-A 品タンカン生産割合)	(T1-5)
A 品単価への影響= WITH LOOKUP (XIDZ(A 品タンカン生産量, A 品タンカン生産量基準値, 0)) ※「A 品タンカン生産量/A 品タンカン生産量基準値」から「A 品単価への影響」を出力する表関数として設定。ただし、A 品タンカン生産量基準値=0 の時は、0 を返す。設定した関数は、Figure A5 参照。	(T1-6)
B 品の単価への影響= WITH LOOKUP (XIDZ(B 品タンカン生産量, B 品タンカン生産量基準値, 0)) ※「B 品タンカン生産量/B 品タンカン生産量基準値」から「B 品の単価への影響」を出力する表関数として設定。ただし、B 品タンカン生産量基準値=0 の時は、0 を返す。設定した関数は、Figure A5 参照。	(T1-7)
B 品タンカンの売れ残り=IF THEN ELSE(B 品タンカン生産量<庭先無人販売における販売量,0,B 品タンカン生産量-庭先無人販売における販売量)	(T1-8)
B 品タンカンの販売価格=B 品タンカンの販売価格基準値*B 品の単価への影響	(T1-9)
B 品タンカン生産割合=B 品タンカン生産割合基準値*B 品タンカン生産割合への影響	(T1-10)
B 品タンカン生産割合への影響= WITH LOOKUP (従業員の増加率) ※「従業員の増加率」から「B 品タンカン生産割合への影響」を出力する表関数として設定。設定した関数は、Figure A5 参照。	(T1-11)
B 品タンカン生産量=A 品以外のタンカン生産量*B 品タンカン生産割合	(T1-12)
B 品タンカン生産量基準値=タンカン生産量基準値*(1-A 品タンカン生産割合)*B 品タンカン生産割合基準値	(T1-13)
JA が農家に支払うタンカンの価格=市場におけるタンカンの価格*(1-JA のマージン)	(T1-14)
JA により販売されたタンカン総量=JA に集まるタンカンの総量	(T1-15)
JA に集まるタンカンの総量=町内農家が JA に出すタンカンの平均量*町内のタンカン農家数	(T1-16)
JA の収入= INTEG (JA の週あたりの売上,0)	(T1-17)
JA の週あたりの売上=市場におけるタンカンの価格*JA のマージン*JA により販売されたタンカン総量	(T1-18)
kg あたりのタンカン生産コスト=生産コスト初期値*生産コストへの影響	(T1-19)
その他のコスト=投資金額(農地拡大)	(T1-20)
タンカンの廃棄量= INTEG (週あたりのタンカン廃棄量,0)	(T1-21)
タンカン生産量への影響= WITH LOOKUP (農地数の増加率) ※「農地数の増加率」から「タンカン生産量への影響」を出力する表関数として設定。設定した関数は、Figure A5 参照。	(T1-22)
タンカン農家の収益= INTEG (タンカン農家の週あたりの売上-タンカン農家の週あたりのコスト,0)	(T1-23)
タンカン農家の週あたりのコスト=その他のコスト+週あたりの生産コスト	(T1-24)
タンカン農家の週あたりの収益=タンカン農家の週あたりの売上-タンカン農家の週あたりのコスト	(T1-25)
タンカン農家の週あたりの売上=市場における売上+庭先無人販売における売上+得意客への個別販売による売上	(T1-26)
個別販売における A 品タンカン販売価格=個別販売における A 品タンカン販売価格基準値*A 品単価への影響	(T1-27)
増員のために投資可能な資金= INTEG (獲得した投資可能資金(増員)-投資金額(増員),0)	(T1-28)
市場における売上=JA が農家に支払うタンカンの価格*市場に出すタンカン量	(T1-29)
市場に出すタンカン量=得意客以外に販売するタンカン量	(T1-30)
庭先無人販売における売上=B 品タンカンの販売価格*庭先無人販売における販売量	(T1-31)

Table A5(2) 地域活性化 PSS（現状）のシミュレーションに用いた評価式（続き）

庭先無人販売における販売量=IF THEN ELSE(庭先無人販売における需要量>庭先無人販売に出すタンカン量,庭先無人販売に出すタンカン量,庭先無人販売における需要量)	(T1-32)
庭先無人販売における需要量=庭先無人販売に訪れる消費者数*庭先無人販売の平均購入量庭先無人販売に出すタンカン量=B 品タンカン生産量	(T1-33)
引退するタンカン農業従事者数=引退する農家数*平均従業員数+引退する従業員数	(T1-34)
従業員の増加率=従業員数/従業員数の初期値	(T1-35)
従業員数= INTEG (IF THEN ELSE(従業員数<0,0,新たに追加した従業員数-引退する従業員数),従業員数の初期値)	(T1-36)
得意客からの需要量=得意客の平均購入数*得意客数	(T1-37)
得意客に対する A 品のタンカンの不足量=IF THEN ELSE(A 品タンカン生産量>得意客からの需要量, 0, 得意客からの需要量-A 品タンカン生産量)	(T1-38)
得意客に販売するタンカン量=IF THEN ELSE(得意客からの需要量>A 品タンカン生産量, A 品タンカン生産量, 得意客からの需要量)	(T1-39)
得意客への個別販売による売上=得意客に販売するタンカン量*個別販売における A 品タンカン販売価格	(T1-40)
得意客以外に販売するタンカン量=A 品タンカン生産量-得意客に販売するタンカン量	(T1-41)
投資金額(増員)=増員のために必要な資金*新たに追加した従業員数	(T1-42)
投資金額(農地拡大)=農地拡大のために必要な資金*新たに追加した農地数	(T1-43)
新たに追加した従業員数=INTEGER(新たに雇用可能な従業員数)	(T1-44)
新たに追加した農地数=INTEGER(新たに追加可能な農地数*閑散期チェック)	(T1-45)
新たに追加可能な農地数=INTEGER(農地拡大のために投資可能な資金/農地拡大のために必要な資金)	(T1-46)
新たに雇用可能な従業員数=INTEGER(増員のために投資可能な資金/増員のために必要な資金)	(T1-47)
新規のタンカン農業従事者数=新たに追加した従業員数	(T1-48)
獲得した投資可能資金(増員)=IF THEN ELSE(タンカン農家の週あたりの収益>0,タンカン農家の週あたりの収益*投資率(増員),0)	(T1-49)
獲得した投資可能資金(農地拡大)=IF THEN ELSE(タンカン農家の週あたりの収益>0,タンカン農家の週あたりの収益*投資率(農地拡大),0)	(T1-50)
生産コストへの影響= WITH LOOKUP (従業員の増加率) ※「従業員の増加率」から「生産コストへの影響」を出力する表関数として設定. 設定した関数は, Figure A5 参照.	(T1-51)
町内のタンカン農家数= INTEG (-引退する農家数,タンカン農家数の初期値)	(T1-52)
町内のタンカン農業従事者数= INTEG (新規のタンカン農業従事者数-引退するタンカン農業従事者数,タンカン農家数の初期値*平均従業員数)	(T1-53)
町内農家が JA に出すタンカンの平均量=A 品タンカン生産量基準値	(T1-54)
農地拡大のために投資可能な資金= INTEG (獲得した投資可能資金(農地拡大)-投資金額(農地拡大),0)	(T1-55)
農地数= INTEG (新たに追加した農地数,農地数の初期値)	(T1-56)
農地数の増加率=農地数/農地数の初期値	(T1-57)
週あたりのタンカン廃棄量=B 品タンカンの売れ残り+青果販売不可能なタンカン生産量	(T1-58)
週あたりのタンカン生産量=タンカン生産量基準値*タンカン生産量への影響	(T1-59)
週あたりの生産コスト=kg あたりのタンカン生産コスト*週あたりのタンカン生産量	(T1-60)
青果販売不可能なタンカン生産量=A 品以外のタンカン生産量*(1-B 品タンカン生産割合)	(T1-61)

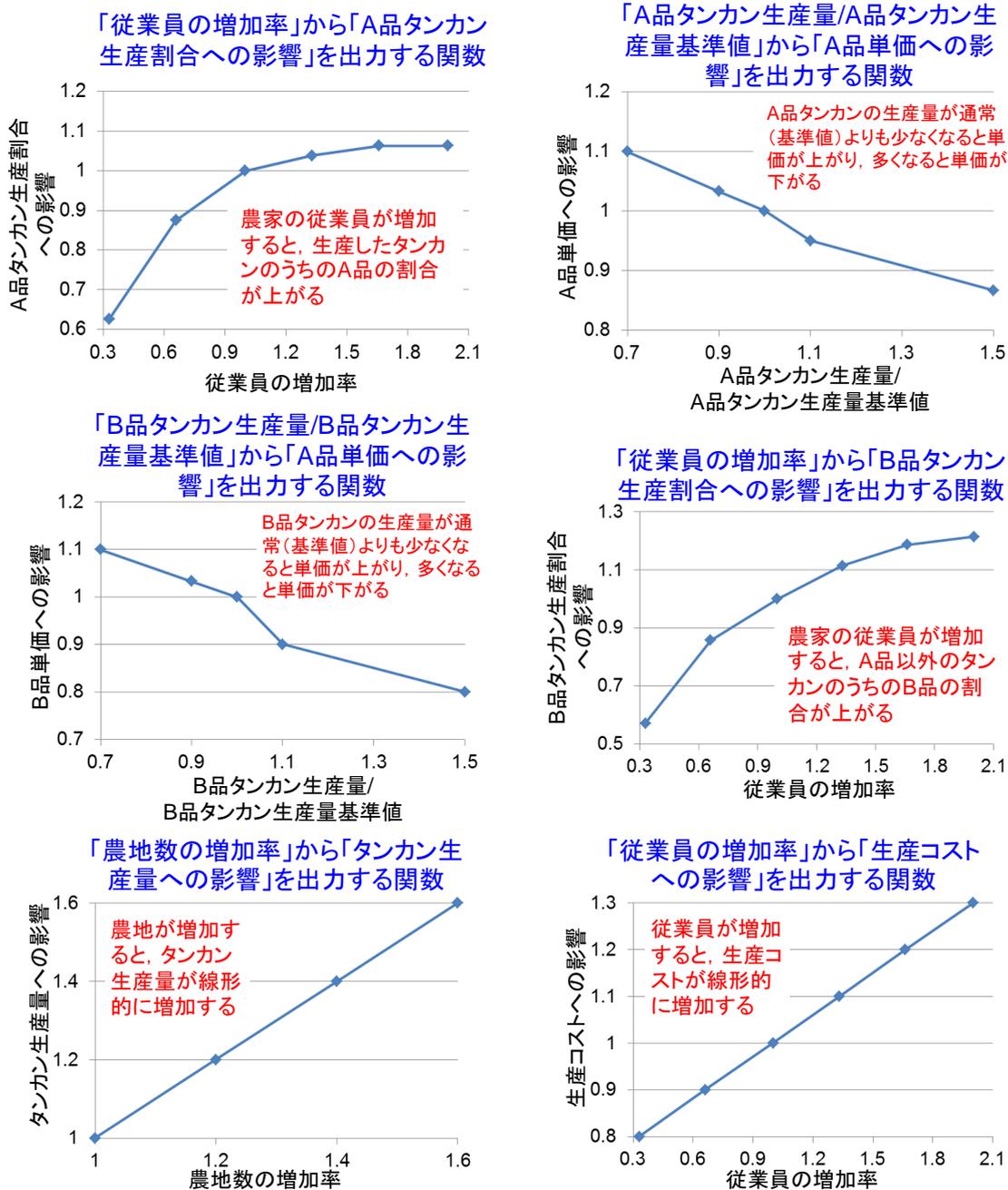


Figure A5 地域活性化 PSS（現状）のシミュレーションに用いた表関数

Table A6 地域活性化 PSS（現状）のシミュレーションへの入力データ

Parameter	Input value
A 品タンカン生産割合基準値	0.8
B 品タンカンの販売価格基準値	300 [円/kg]
B 品タンカン生産割合基準値	0.7
JA のマージン	0.105
タンカン生産量基準値	経時変化する値として設定. 入力値は, Figure A6 参照.
個別販売における A 品タンカン販売価格基準値	500 [円/kg]
増員のために必要な資金	300,000 [円/人]
市場におけるタンカンの価格	285 [円/kg]
平均従業員数	3 [人/農家]
庭先無人販売を訪れる消費者数	26 [人/週]
庭先無人販売の平均購入量	1.5 [kg/人]
引退する従業員数	経時変化する値として設定. 入力値は, Figure A6 参照.
引退する農家数	経時変化する値として設定. 入力値は, Figure A6 参照.
従業員数の初期値	3 [人/農家]
得意客の平均購入数	3 [kg/人]
得意客数	経時変化する値として設定. 入力値は, Figure A6 参照.
投資率(増員)	0.1
投資率(農地拡大)	0.15
生産コスト初期値	160.7 [円/kg]
農地拡大のために必要な資金	2,000,000 [円/農地]
農地数の初期値	5 [農地]
閑散期チェッカー	経時変化する値として設定. 入力値は, Figure A6 参照.
タンカン農家数の初期値	79 [農家]

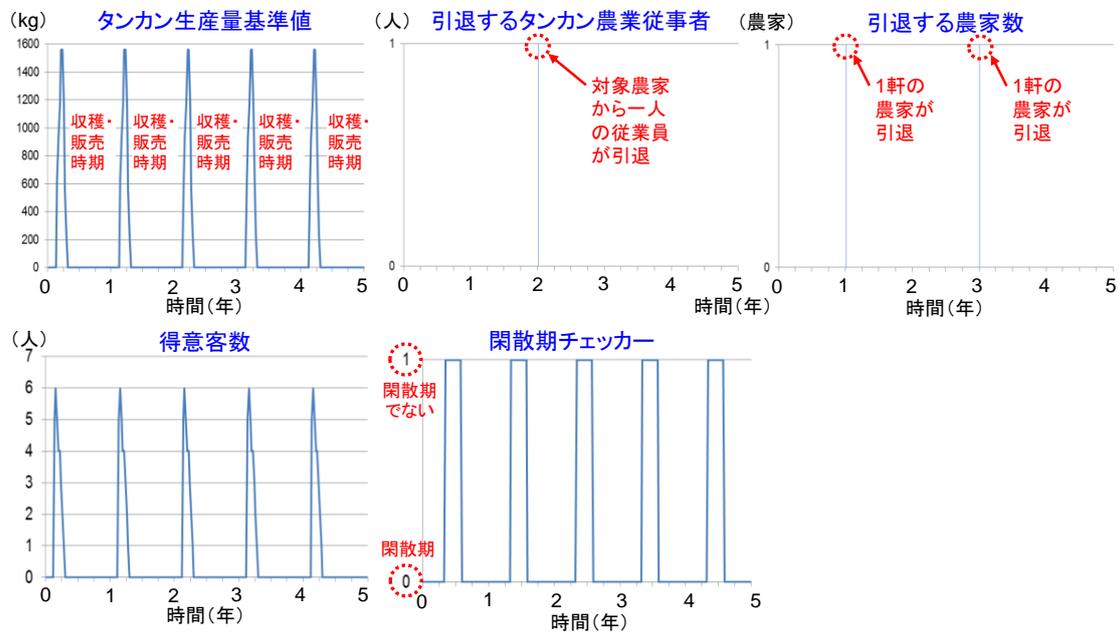


Figure A6 地域活性化 PSS（現状）のシミュレーションに入力した経時変化データ

Table A7(1) 地域活性化 PSS（改善 1）のシミュレーションに用いた評価式

Equations	No.
A 品タンカン生産割合=A 品タンカン生産割合基準値*A 品タンカン生産割合への影響	(T2-1)
A 品タンカン生産割合への影響= WITH LOOKUP (従業員の増加率) ※「従業員の増加率」から「A 品タンカン生産割合への影響」を出力する表関数として設定. 設定した関数は, Figure A7 参照.	(T2-2)
A 品タンカン生産量=週あたりのタンカン生産量*A 品タンカン生産割合	(T2-3)
A 品タンカン生産量基準値=タンカン生産量基準値*A 品タンカン生産割合基準値	(T2-4)
A 品以外のタンカン生産量=週あたりのタンカン生産量*(1-A 品タンカン生産割合)	(T2-5)
A 品単価への影響= WITH LOOKUP (XIDZ(A 品タンカン生産量, A 品タンカン生産量基準値, 0)) ※「A 品タンカン生産量/A 品タンカン生産量基準値」から「A 品単価への影響」を出力する表関数として設定. ただし, A 品タンカン生産量基準値=0 の時は, 0 を返す. 設定した関数は, Figure A7 参照.	(T2-6)
B 品の単価への影響= WITH LOOKUP (XIDZ(B 品タンカン生産量, B 品タンカン生産量基準値, 0)) ※「B 品タンカン生産量/B 品タンカン生産量基準値」から「B 品の単価への影響」を出力する表関数として設定. ただし, B 品タンカン生産量基準値=0 の時は, 0 を返す. 設定した関数は, Figure A7 参照.	(T2-7)
B 品タンカンの売れ残り=IF THEN ELSE(B 品タンカン生産量<(庭先無人販売における販売量+ネット販売における販売量 (B 品)), 0, B 品タンカン生産量-(ネット販売における販売量 (B 品)+庭先無人販売における販売量))	(T2-8)
B 品タンカンの販売価格=B 品タンカンの販売価格基準値*B 品の単価への影響	(T2-9)
B 品タンカン生産割合=B 品タンカン生産割合基準値*B 品タンカン生産割合への影響	(T2-10)
B 品タンカン生産割合への影響= WITH LOOKUP (従業員の増加率) ※「従業員の増加率」から「B 品タンカン生産割合への影響」を出力する表関数として設定. 設定した関数は, Figure A7 参照.	(T2-11)
B 品タンカン生産量=A 品以外のタンカン生産量*B 品タンカン生産割合	(T2-12)
B 品タンカン生産量基準値=タンカン生産量基準値*(1-A 品タンカン生産割合)*B 品タンカン生産割合基準値	(T2-13)
JA が農家に支払うタンカンの価格=市場におけるタンカンの価格*(1-JA のマージン)	(T2-14)
JA により販売されたタンカン総量=JA に集まるタンカンの総量	(T2-15)
JA に集まるタンカンの総量=町内農家が JA に出すタンカンの平均量*町内のタンカン農家数	(T2-16)
JA の収入= INTEG (JA の週あたりの売上,0)	(T2-17)
JA の週あたりの売上=市場におけるタンカンの価格*JA のマージン*JA により販売されたタンカン総量	(T2-18)
kg あたりのタンカン生産コスト=生産コスト初期値*生産コストへの影響	(T2-19)
その他のコスト=投資金額(農地拡大)	(T2-20)
タンカンの廃棄量= INTEG (週あたりのタンカン廃棄量,0)	(T2-21)
タンカン生産量への影響= WITH LOOKUP (農地数の増加率) ※「農地数の増加率」から「タンカン生産量への影響」を出力する表関数として設定. 設定した関数は, Figure A7 参照.	(T2-22)
タンカン農家の収益= INTEG (タンカン農家の週あたりの売上-タンカン農家の週あたりのコスト,0)	(T2-23)
タンカン農家の週あたりのコスト=その他のコスト+週あたりの生産コスト	(T2-24)
タンカン農家の週あたりの収益=タンカン農家の週あたりの売上-タンカン農家の週あたりのコスト	(T2-25)
タンカン農家の週あたりの売上=ネット販売による売上+市場における売上+庭先無人販売における売上+得意客への個別販売による売上	(T2-26)
ネット販売における B 品の希望購入者数=週あたりのサイト訪問者数*B 品の希望購入率	(T2-27)
ネット販売における B 品の購入者数=ネット販売における販売量 (B 品)/ネット販売における B 品の平均購入量	(T2-28)
ネット販売における B 品需要量=ネット販売における B 品の希望購入者数*ネット販売における B 品の平均購入量	(T2-29)
ネット販売における販売量 (B 品)=IF THEN ELSE(ネット販売における B 品需要量>ネット販売可能なタンカン量 (B 品), ネット販売可能なタンカン量 (B 品), ネット販売における B 品需要量)	(T2-30)
ネット販売における購入者数の合計=ネット販売における B 品の購入者数	(T2-31)
ネット販売による B 品の売上=B 品タンカンの販売価格*ネット販売における販売量 (B 品)	(T2-32)
ネット販売による売上=ネット販売による B 品の売上	(T2-33)

Table A7(2) 地域活性化 PSS（改善 1）のシミュレーションに用いた評価式（続き）

Equations	No.
ネット販売可能なタンカン量(B品)=B品タンカン生産量*(1-庭先無人販売に出すタンカン割合)	(T2-34)
個別販売におけるA品タンカン販売価格=個別販売におけるA品タンカン販売価格基準値*A品単価への影響	(T2-35)
増員のために投資可能な資金=INTEG(獲得した投資可能資金(増員)-投資金額(増員),0)	(T2-36)
市場における売上=JAが農家に支払うタンカンの価格*市場に出すタンカン量	(T2-37)
市場に出すタンカン量=得意客以外に販売するタンカン量	(T2-38)
庭先無人販売における売上=B品タンカンの販売価格*庭先無人販売における販売量	(T2-39)
庭先無人販売における販売量=IF THEN ELSE(庭先無人販売に出すタンカン量>庭先無人販売に出すタンカン量, 庭先無人販売に出すタンカン量, 庭先無人販売における需要量)	(T2-40)
庭先無人販売における需要量=庭先無人販売に訪れる消費者数*庭先無人販売の平均購入量庭先	(T2-41)
庭先無人販売に出すタンカン量=B品タンカン生産量*庭先無人販売に出すタンカン割合	(T2-42)
引退するタンカン農業従事者数=引退する農家数*平均従業員数+引退する従業員数	(T2-43)
従業員の増加率=従業員数/従業員数の初期値	(T2-44)
従業員数=INTEG(IF THEN ELSE(従業員数<0, 0, 新たに追加した従業員数-引退する従業員数),従業員数の初期値)	(T2-45)
得意客からの需要量=得意客の平均購入数*得意客数	(T2-46)
得意客に対するA品のタンカンの不足量=IF THEN ELSE(A品タンカン生産量>得意客からの需要量, 0, 得意客からの需要量-A品タンカン生産量)	(T2-47)
得意客に販売するタンカン量=IF THEN ELSE(得意客からの需要量>A品タンカン生産量, 得意客からの需要量, 得意客からの需要量)	(T2-48)
得意客への個別販売による売上=得意客に販売するタンカン量*個別販売におけるA品タンカン販売価格	(T2-49)
得意客以外に販売するタンカン量=A品タンカン生産量-得意客に販売するタンカン量	(T2-50)
投資金額(増員)=増員のために必要な資金*新たに追加した従業員数	(T2-51)
投資金額(農地拡大)=農地拡大のために必要な資金*新たに追加した農地数	(T2-52)
新たに追加した従業員数=INTEGER(新たに雇用可能な従業員数)	(T2-53)
新たに追加した農地数=INTEGER(新たに追加可能な農地数*閑散期チェック)	(T2-54)
新たに追加可能な農地数=INTEGER(農地拡大のために投資可能な資金/農地拡大のために必要な資金)	(T2-55)
新たに雇用可能な従業員数=INTEGER(増員のために投資可能な資金/増員のために必要な資金)	(T2-56)
新規のタンカン農業従事者数=新たに追加した従業員数	(T2-57)
獲得した投資可能資金(増員)=IF THEN ELSE(タンカン農家の週あたりの収益>0, タンカン農家の週あたりの収益*投資率(増員), 0)	(T2-58)
獲得した投資可能資金(農地拡大)=IF THEN ELSE(タンカン農家の週あたりの収益>0, タンカン農家の週あたりの収益*投資率(農地拡大), 0)	(T2-59)
生産コストへの影響= WITH LOOKUP (従業員の増加率) ※「従業員の増加率」から「生産コストへの影響」を出力する表関数として設定。設定した関数は、Figure A7 参照。	(T2-60)
町内のタンカン農家数=INTEG(-引退する農家数,タンカン農家数の初期値)	(T2-61)
町内のタンカン農業従事者数=INTEG(新規のタンカン農業従事者数-引退するタンカン農業従事者数,タンカン農家数の初期値*平均従業員数)	(T2-62)
町内農家がJAに出すタンカンの平均量=A品タンカン生産量基準値	(T2-63)
農地拡大のために投資可能な資金=INTEG(獲得した投資可能資金(農地拡大)-投資金額(農地拡大),0)	(T2-64)
農地数=INTEG(新たに追加した農地数,農地数の初期値)	(T2-65)
農地数の増加率=農地数/農地数の初期値	(T2-66)
週あたりのタンカン廃棄量=B品タンカンの売れ残り+青果販売不可能なタンカン生産量	(T2-67)
週あたりのタンカン生産量=タンカン生産量基準値*タンカン生産量への影響	(T2-68)
週あたりの生産コスト=kgあたりのタンカン生産コスト*週あたりのタンカン生産量	(T2-69)
配送業者の収益=INTEG(配送業者の週あたりの売上-配送業者の週あたりのコスト,0)	(T2-70)
配送業者の週あたりのコスト=ネット販売における購入者数の合計*一件あたりのコスト	(T2-71)
配送業者の週あたりの売上=ネット販売における購入者数の合計*一件あたりの売上	(T2-72)
青果販売不可能なタンカン生産量=A品以外のタンカン生産量*(1-B品タンカン生産割合)	(T2-73)

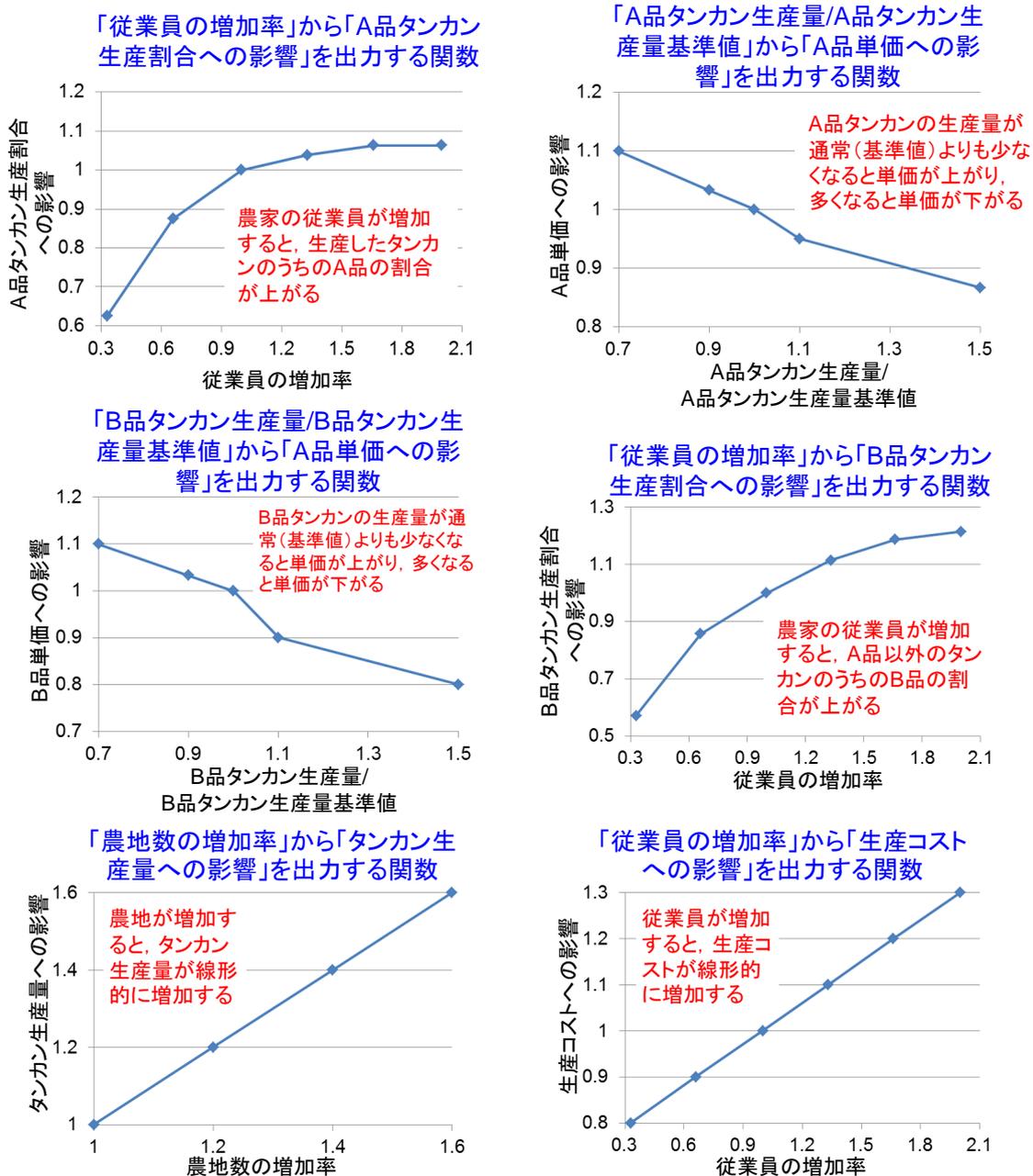


Figure A7 地域活性化 PSS (改善 1) のシミュレーションに用いた表関数

Table A8 地域活性化 PSS（改善1）のシミュレーションへの入力データ

Parameter	Input value
一件あたりのコスト	85 [円/件]
一件あたりの売上	500 [円/件]
A 品タンカン生産割合基準値	0.8
B 品の希望購入率	0.05
B 品タンカンの販売価格基準値	300 [円/kg]
B 品タンカン生産割合基準値	0.7
JA のマージン	0.105
タンカン生産量基準値	経時変化する値として設定. 入力値は, Figure A8 参照.
ネット販売における B 品の平均購入量	10 [kg/人]
個別販売における A 品タンカン販売価格基準値	500 [円/kg]
増員のために必要な資金	300,000 [円/人]
市場におけるタンカンの価格	285 [円/kg]
平均従業員数	3 [人/農家]
無人販売に出すタンカン割合	0.2
庭先無人販売に訪れる消費者数	26 [人/週]
庭先無人販売の平均購入量	1.5 [kg/人]
引退する従業員数	経時変化する値として設定. 入力値は, Figure A8 参照.
引退する農家数	経時変化する値として設定. 入力値は, Figure A8 参照.
従業員数の初期値	3 [人/農家]
得意客の平均購入数	3 [kg/人]
得意客数	経時変化する値として設定. 入力値は, Figure A8 参照.
投資率(増員)	0.1
投資率(農地拡大)	0.15
生産コスト初期値	160.7 [円/kg]
農地拡大のために必要な資金	2,000,000 [円/農地]
農地数の初期値	5 [農地]
週あたりのサイト訪問者数	105 [人/週]
閑散期チェッカー	経時変化する値として設定. 入力値は, Figure A8 参照.
タンカン農家数の初期値	79 [農家]

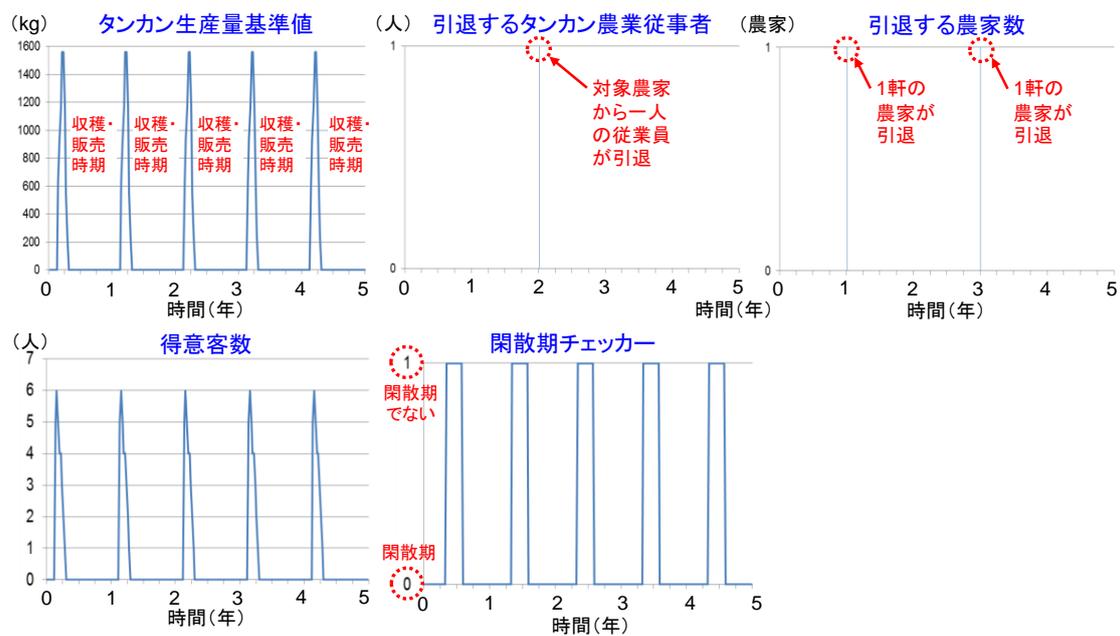


Figure A8 地域活性化 PSS (改善 1) のシミュレーションに入力した経時変化データ

Table A9(1) 地域活性化 PSS（改善 2）のシミュレーションに用いた評価式

Equations	No.
A 品タンカンの販売価格=個別販売における A 品タンカン販売価格	(T3-1)
A 品タンカン生産割合=A 品タンカン生産割合基準値*A 品タンカン生産割合への影響	(T3-2)
A 品タンカン生産割合への影響= WITH LOOKUP (従業員の増加率) ※「従業員の増加率」から「A 品タンカン生産割合への影響」を出力する表関数として設定. 設定した関数は、Figure A9 参照.	(T3-3)
A 品タンカン生産量=週あたりのタンカン生産量*A 品タンカン生産割合	(T3-4)
A 品タンカン生産量基準値=タンカン生産量基準値*A 品タンカン生産割合基準	(T3-5)
A 品以外のタンカン生産量=週あたりのタンカン生産量*(1-A 品タンカン生産割合)	(T3-6)
A 品単価への影響= WITH LOOKUP (XIDZ(A 品タンカン生産量, A 品タンカン生産量基準値, 0)) ※「A 品タンカン生産量/A 品タンカン生産量基準値」から「A 品単価への影響」を出力する表関数として設定. ただし、A 品タンカン生産量基準値=0 の時は、0 を返す. 設定した関数は、Figure A9 参照.	(T3-7)
B 品の単価への影響= WITH LOOKUP (XIDZ(B 品タンカン生産量, B 品タンカン生産量基準値, 0)) ※「B 品タンカン生産量/B 品タンカン生産量基準値」から「B 品の単価への影響」を出力する表関数として設定. ただし、B 品タンカン生産量基準値=0 の時は、0 を返す. 設定した関数は、Figure A9 参照.	(T3-8)
B 品タンカンの売れ残り=IF THEN ELSE(B 品タンカン生産量<(庭先無人販売における販売量+ネット販売における販売量 (B 品)), 0, B 品タンカン生産量-(ネット販売における販売量 (B 品)+庭先無人販売における販売量))	(T3-9)
B 品タンカンの販売価格=B 品タンカンの販売価格基準値*B 品の単価への影響	(T3-10)
B 品タンカン生産割合=B 品タンカン生産割合基準値*B 品タンカン生産割合への影響	(T3-11)
B 品タンカン生産割合への影響= WITH LOOKUP (従業員の増加率) ※「従業員の増加率」から「B 品タンカン生産割合への影響」を出力する表関数として設定. 設定した関数は、Figure A9 参照.	(T3-12)
B 品タンカン生産量=A 品以外のタンカン生産量*B 品タンカン生産割合	(T3-13)
B 品タンカン生産量基準値=タンカン生産量基準値*(1-A 品タンカン生産割合)*B 品タンカン生産割合基準値	(T3-14)
JA が農家に支払うタンカンの価格=市場におけるタンカンの価格*(1-JA のマージン)	(T3-15)
JA により販売されたタンカン総量=JA に集まるタンカンの総量	(T3-16)
JA に集まるタンカンの総量=(ネット販売を行う農家数*市場に出すタンカン量)+(町内のタンカン農家数-ネット販売を行う農家数)*ネット販売を行わない農家が市場に出すタンカン量)	(T3-17)
JA の収入= INTEG (JA の週あたりの売上,0)	(T3-18)
JA の週あたりの売上=市場におけるタンカンの価格*JA のマージン*JA により販売されたタンカン総量	(T3-19)
kg あたりのタンカン生産コスト=生産コスト初期値*生産コストへの影響	(T3-20)
その他のコスト=投資金額(農地拡大)	(T3-21)
セット 1 による収益=セット 1 の 1 つあたりの収益*セット 1 の販売量*セット 1 の販売可能性チェッカー	(T3-22)
セット 1 の販売可能性チェッカー=IF THEN ELSE(販売可能チェッカー(きんかん)*販売可能チェッカー(でこぼん)*販売可能チェッカー(ぼんかん)*販売可能チェッカー(タンカン)=1, 1, 0)	(T3-23)
セット 1 の販売量=INTEGER(セット 1 の販売量の増加率*セット 1 の販売量基準値)	(T3-24)
セット 1 の販売量の増加率="宣伝効果(2)"	(T3-25)
セット 2 による収益=セット 2 の 2 つあたりの収益*セット 2 の販売可能性チェッカー*セット 2 の販売量	(T3-26)
セット 2 の販売可能性チェッカー=IF THEN ELSE(販売可能チェッカー(きんかん)*販売可能チェッカー(でこぼん)*販売可能チェッカー(タンカン)=1, 1, 0)	(T3-27)
セット 2 の販売量=INTEGER(セット 2 の販売量の増加率*セット 2 の販売量基準値)	(T3-28)
セット 2 の販売量の増加率="宣伝効果(2)"	(T3-29)
セット 3 による収益=セット 3 の 1 つあたりの収益*セット 3 の販売可能性チェッカー*セット 3 の販売量	(T3-30)
セット 3 の販売可能性チェッカー=IF THEN ELSE(販売可能チェッカー(レモン)*販売可能チェッカー(辺塚だいたい)=1, 1, 0)	(T3-31)
セット 3 の販売量=INTEGER(セット 3 の販売量の増加率*セット 3 の販売量基準値)	(T3-32)
セット 3 の販売量の増加率="宣伝効果(2)"	(T3-33)
タンカンの廃棄量= INTEG (週あたりのタンカン廃棄量,0)	(T3-34)
タンカン生産量への影響= WITH LOOKUP (農地数の増加率) ※「農地数の増加率」から「タンカン生産量への影響」を出力する表関数として設定. 設定した関数は、Figure A9 参照.	(T3-35)

Table A9(2) 地域活性化 PSS (改善 2) のシミュレーションに用いた評価式 (続き)

タンカン農家の収益= INTEG (タンカン農家の週あたりの売上-タンカン農家の週あたりのコスト, 0)	(T3-36)
タンカン農家の週あたりのコスト=その他のコスト+週あたりの生産コスト	(T3-37)
タンカン農家の週あたりの収益=タンカン農家の週あたりの売上-タンカン農家の週あたりのコスト	(T3-38)
タンカン農家の週あたりの売上=ネット販売による売上+地域 FS への販売による売上+市場における売上+庭先無人販売における売上+得意客への個別販売による売上	(T3-39)
ネット販売における A 品の希望購入者数=週あたりのサイト訪問者数*A 品の希望購入率	(T3-40)
ネット販売における A 品の購入者数=ネット販売における販売量(A 品)/ネット販売における A 品の平均購入量	(T3-41)
ネット販売における A 品の需要量=ネット販売における A 品の平均購入量*ネット販売における A 品の希望購入者数	(T3-42)
ネット販売における B 品の希望購入者数=週あたりのサイト訪問者数*B 品の希望購入率	(T3-43)
ネット販売における B 品の購入者数=ネット販売における販売量(B 品)/ネット販売における B 品の平均購入量	(T3-44)
ネット販売における B 品需要量=ネット販売における B 品の希望購入者数*ネット販売における B 品の平均購入量	(T3-45)
ネット販売における販売量(A 品)=IF THEN ELSE(ネット販売における A 品の需要量>自身でネット販売可能なタンカン量(A 品),自身でネット販売可能なタンカン量(A 品),ネット販売における A 品の需要量)	(T3-46)
ネット販売における販売量(B 品)=IF THEN ELSE(ネット販売における B 品需要量>ネット販売可能なタンカン量(B 品),ネット販売可能なタンカン量(B 品),ネット販売における B 品需要量)	(T3-47)
ネット販売における購入者数の合計=ネット販売における A 品の購入者数+ネット販売における B 品の購入者数	(T3-48)
ネット販売による A 品の売上=ネット販売における販売量(A 品)*A 品タンカンの販売価格	(T3-49)
ネット販売による B 品の売上=B 品タンカンの販売価格*ネット販売における販売量(B 品)	(T3-50)
ネット販売による売上=ネット販売による A 品の売上+ネット販売による B 品の売上	(T3-51)
ネット販売を行わない農家が市場に出すタンカン量=A 品タンカン生産量基準値	(T3-52)
ネット販売可能なタンカン量=得意客以外に販売するタンカン量*(1-市場に出すタンカン割合)	(T3-53)
ネット販売可能なタンカン量(B 品)=B 品タンカン生産量*(1-庭先無人販売に出すタンカン割合)	(T3-54)
個別販売における A 品タンカン販売価格=個別販売における A 品タンカン販売価格基準値*A 品単価への影響	(T3-55)
収穫時期に関する情報の有無=IF THEN ELSE(宣伝量>0, 1, 0)	(T3-56)
地域 FS が農家に払う買取価格=個別販売における A 品タンカン販売価格*(1-地域 FS のマージン)	(T3-57)
地域 FS に出すタンカン量=ネット販売可能なタンカン量*地域 FS に出すタンカン割合	(T3-58)
地域 FS の他のコスト=宣伝コスト	(T3-59)
地域 FS の収益= INTEG (地域 FS の週あたりの収益-地域 FS の他のコスト,0)	(T3-60)
地域 FS の週あたりの収益=セット 1 による収益+セット 2 による収益+セット 3 による収益	(T3-61)
地域 FS への販売による売上=地域 FS が農家に払う買取価格*地域 FS に出すタンカン量	(T3-62)
増員のために投資可能な資金= INTEG (獲得した投資可能資金(増員)-投資金額(増員),0)	(T3-63)
宣伝コスト=宣伝量*一回あたりの宣伝コスト	(T3-64)
宣伝効果=DELAY FIXED(宣伝効果の基準値*宣伝効果への影響, 48, 宣伝効果の基準値)	(T3-65)
宣伝効果(2)=宣伝効果	(T3-66)
宣伝効果への影響= WITH LOOKUP (獲得した消費者情報の量/消費者情報量の初期値) ※「獲得した消費者情報の量/消費者情報量の初期値」から「宣伝効果への影響」を出力する表関数として設定。 設定した関数は、Figure A9 参照。	(T3-67)
市場における売上=JA が農家に支払うタンカンの価格*市場に出すタンカン量	(T3-68)
市場に出すタンカン量=得意客以外に販売するタンカン量*市場に出すタンカン割合	(T3-69)
庭先無人販売における売上=B 品タンカンの販売価格*庭先無人販売における販売量	(T3-70)
庭先無人販売における販売量=IF THEN ELSE(庭先無人販売に出すタンカン量>庭先無人販売に出すタンカン量, 庭先無人販売に出すタンカン量, 庭先無人販売における需要量)	(T3-71)
庭先無人販売における需要量=庭先無人販売に訪れる消費者数*庭先無人販売の平均購入量	(T3-72)
庭先無人販売に出すタンカン量=B 品タンカン生産量*庭先無人販売に出すタンカン割合	(T3-73)
引退するタンカン農業従事者数=引退する農家数*平均従業員数+引退する従業員数	(T3-74)
従業員の増加率=従業員数/従業員数の初期値	(T3-75)
従業員数= INTEG (IF THEN ELSE(従業員数<0, 0,新たに追加した従業員数-引退する従業員数),従業員数の初期値)	(T3-76)
得意客からの需要量=得意客の平均購入数*得意客数	(T3-77)

Table A9(3) 地域活性化 PSS (改善 2) のシミュレーションに用いた評価式 (続き)

得意客に対する A 品のタンカンの不足量=IF THEN ELSE(A 品タンカン生産量>得意客からの需要量, 0, 得意客からの需要量-A 品タンカン生産量)	(T3-78)
得意客に販売するタンカン量=IF THEN ELSE(得意客からの需要量>A 品タンカン生産量,得意客からの需要量, 得意客からの需要量)	(T3-79)
得意客への個別販売による売上=得意客に販売するタンカン量*個別販売における A 品タンカン販売価格	(T3-80)
得意客以外に販売するタンカン量=A 品タンカン生産量-得意客に販売するタンカン量	(T3-81)
投資金額(増員)=増員のために必要な資金*新たに追加した従業員数	(T3-82)
投資金額(農地拡大)=農地拡大のために必要な資金*新たに追加した農地数	(T3-83)
新たに追加した従業員数=INTEGER(新たに雇用可能な従業員数)	(T3-84)
新たに追加した農地数=INTEGER(新たに追加可能な農地数*閑散期チェッカー)	(T3-85)
新たに追加可能な農地数=INTEGER(農地拡大のために投資可能な資金/農地拡大のために必要な資金)	(T3-86)
新たに雇用可能な従業員数=INTEGER(増員のために投資可能な資金/増員のために必要な資金)	(T3-87)
新規のタンカン農業従事者数=新たに追加した従業員数	(T3-88)
消費者が購入可能な果物の種類=販売可能チェッカー(きんかん)+販売可能チェッカー(でこぼん)+販売可能チェッカー(ぼんかん)+販売可能チェッカー(タンカン)+販売可能チェッカー(レモン)+販売可能チェッカー(辺塚だいたい)	(T3-89)
消費者情報の獲得量=INTEGER(ネット販売における購入者数の合計*一人あたりの情報量)	(T3-90)
獲得した投資可能資金(増員)=IF THEN ELSE(タンカン農家の週あたりの収益>0,タンカン農家の週あたりの収益*投資率(増員), 0)	(T3-91)
獲得した投資可能資金(農地拡大)=IF THEN ELSE(タンカン農家の週あたりの収益>0,タンカン農家の週あたりの収益*投資率(農地拡大),0)	(T3-92)
獲得した消費者情報の量= INTEG (消費者情報の獲得量,消費者情報量の初期値)	(T3-93)
生産コストへの影響= WITH LOOKUP (従業員の増加率) ※「従業員の増加率」から「生産コストへの影響」を出力する表関数として設定。設定した関数は、Figure A9 参照。	(T3-94)
町内のタンカン農家数= INTEG (-引退する農家数,タンカン農家数の初期値)	(T3-95)
町内のタンカン農業従事者数= INTEG (新規のタンカン農業従事者数-引退するタンカン農業従事者数,タンカン農家数の初期値*平均従業員数)	(T3-96)
自身でネット販売可能なタンカン量(A 品)=ネット販売可能なタンカン量*(1-地域 FS に出すタンカン割合)	(T3-97)
販売可能チェッカー(タンカン)=IF THEN ELSE(A 品タンカン生産量>0, 1, 0)	(T3-98)
週あたりのタンカン廃棄量=B 品タンカンの売れ残り+青果販売不可能なタンカン生産量	(T3-99)
週あたりのタンカン生産量=タンカン生産量基準値*タンカン生産量への影響	(T3-100)
週あたりの生産コスト=kg あたりのタンカン生産コスト*週あたりのタンカン生産量	(T3-101)
配送業者の収益= INTEG (配送業者の週あたりの売上-配送業者の週あたりのコスト,0)	(T3-102)
配送業者の週あたりのコスト=ネット販売における購入者数の合計*一件あたりのコスト	(T3-103)
配送業者の週あたりの売上=ネット販売における購入者数の合計*一件あたりの売上	(T3-104)
青果販売不可能なタンカン生産量=A 品以外のタンカン生産量*(1-B 品タンカン生産割合)	(T3-105)

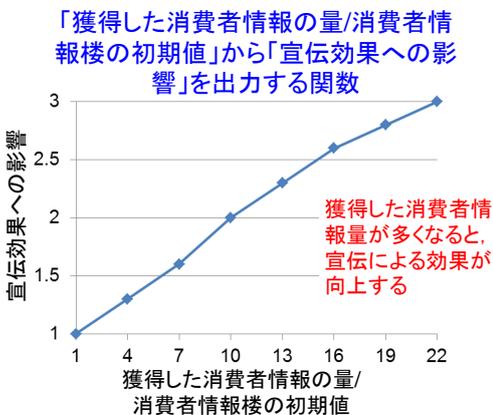
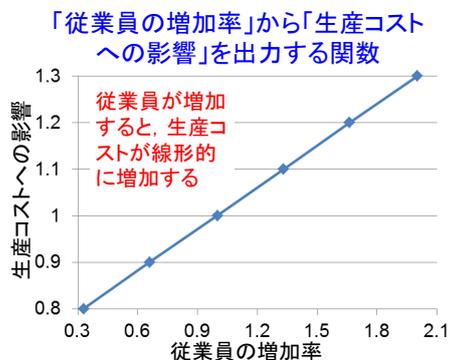
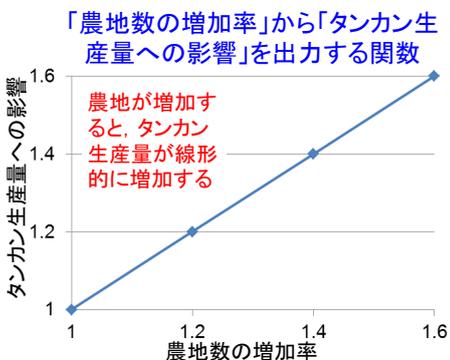
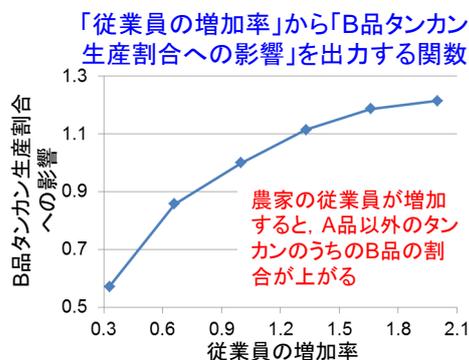
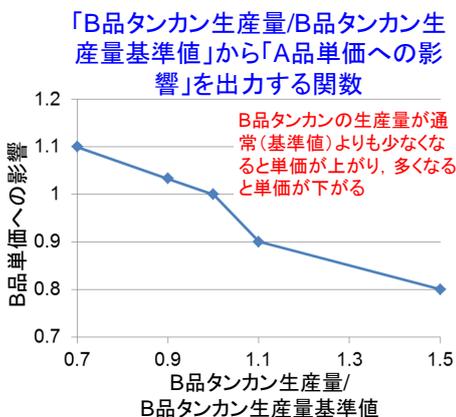
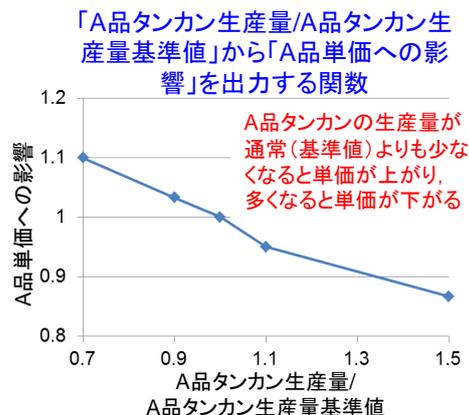
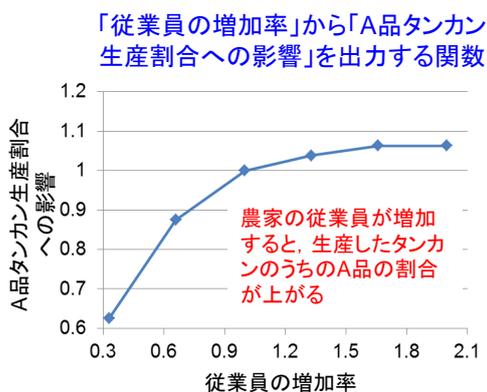


Figure A9 地域活性化 PSS (改善 2) のシミュレーションに用いた表関数

Table A10 地域活性化 PSS（改善 2）のシミュレーションへの入力データ

Parameter	Input value
一件あたりのコスト	85 [円/件]
一件あたりの売上	500 [円/件]
1 回あたりの宣伝コスト	5,000 [円/回]
A 品の希望購入率	0.1
A 品タンカン生産割合基準値	0.8
B 品の希望購入率	0.05
B 品タンカンの販売価格基準値	300 [円/kg]
B 品タンカン生産割合基準値	0.7
JA のマージン	0.105
セット 1 の 1 つあたりの収益	700 [円/セット]
セット 1 の販売量基準値	3 [セット/週]
セット 2 の 2 つあたりの収益	500 [円/セット]
セット 2 の販売量基準値	4 [セット/週]
セット 3 の 1 つあたりの収益	300 [円/セット]
セット 3 の販売量基準値	1 [セット/週]
タンカン生産量基準値	経時変化する値として設定。入力値は、Figure A10 参照。
ネット販売における A 品の平均購入量	5 [kg/人]
ネット販売における B 品の平均購入量=	10 [kg/人]
ネット販売を行う農家数	3 [農家]
一人あたりの情報量	1 [件/人]
個別販売における A 品タンカン販売価格基準値	500 [円/kg]
地域 FS に出すタンカン割合	0.1
地域 FS のマージン	0.05
増員のために必要な資金	300,000 [円/人]
宣伝効果の基準値	1
宣伝量	経時変化する値として設定。入力値は、Figure A10 参照。
市場におけるタンカンの価格	285 [円/kg]
市場に出すタンカン割合	経時変化する値として設定。入力値は、Figure A10 参照。
平均従業員数	3 [人/農家]
庭先無人販売に出すタンカン割合	0.2
庭先無人販売に訪れる消費者数	26 [人/週]
庭先無人販売の平均購入量	1.5 [kg/人]
引退する従業員数	経時変化する値として設定。入力値は、Figure A10 参照。
引退する農家数	経時変化する値として設定。入力値は、Figure A10 参照。
従業員数の初期値	3 [人/農家]
得意客の平均購入数	3 [kg/人]
得意客数	経時変化する値として設定。入力値は、Figure A10 参照。
投資率(増員)	0.1
投資率(農地拡大)	0.15
消費者情報量の初期値	24 [件](=得意客の人数)
生産コスト初期値	160.7 [円/kg]
販売可能チェッカー(きんかん)	経時変化する値として設定。入力値は、Figure A10 参照。
販売可能チェッカー(でこぼん)	経時変化する値として設定。入力値は、Figure A10 参照。
販売可能チェッカー(ぼんかん)	経時変化する値として設定。入力値は、Figure A10 参照。
販売可能チェッカー(レモン)	経時変化する値として設定。入力値は、Figure A10 参照。
販売可能チェッカー(辺塚だいたい)	経時変化する値として設定。入力値は、Figure A10 参照。
農地拡大のために必要な資金	2,000,000 [円/農地]
農地数の初期値	5 [農地]
週あたりのサイト訪問者数基準値	105 [人/週]
閑散期チェッカー	経時変化する値として設定。入力値は、Figure A10 参照。
タンカン農家数の初期値	79 [農家]

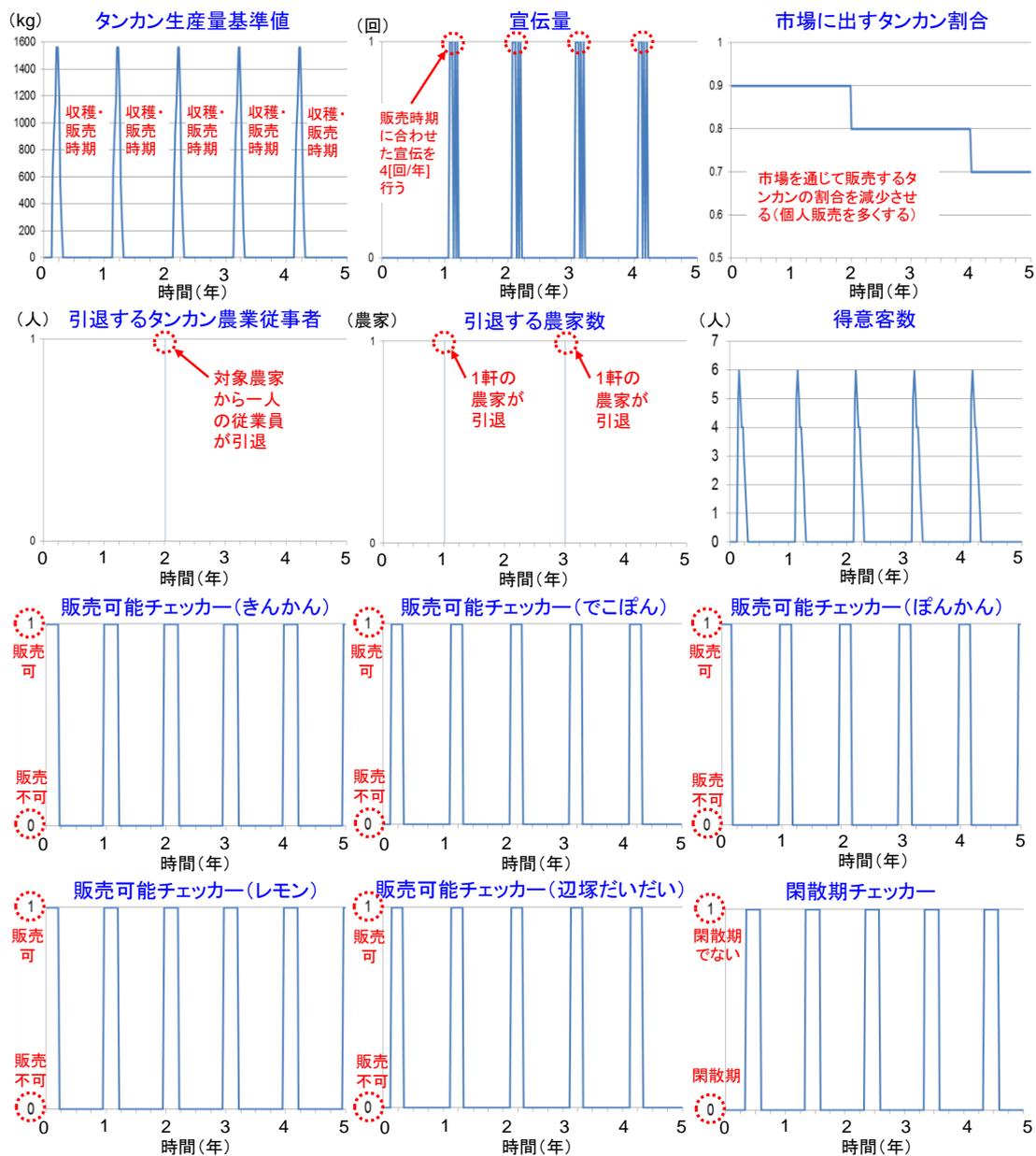


Figure A10 地域活性化 PSS (改善 2) のシミュレーションに入力した経時変化データ