

博士論文

2021年3月

製品サービスシステムの  
実装計画方法論

東京都立大学大学院  
システムデザイン研究科  
機械システム工学域

博士後期課程 18962601

三竹 祐矢

主査 下村 芳樹 教授



# 概要

持続可能な社会の実現に向けて、地球環境に対する負荷を低減しつつ、生活者の問題解決や企業の安定した収益獲得を実現する有効な手段の一つとして製品サービスシステム (Product-service system : PSS) が産業界・学業界の垣根を越えて注目を浴びている。PSS は、ある特定の価値を実現するために構成されたシステムであり、それ自体が持続可能な効果を有するわけではなく、それが社会に実装されることで始めてその潜在効果を発揮することが出来る。一方で、PSS を社会実装する上では、製品・サービスの開発と統合のみならず、従来の顧客・生活者の文化・習慣、企業構造や文化、時に、制度・ガバナンスの枠組みの変革を必要とすることになる。つまり、PSS の本質を技術的側面のみでなく、社会的側面を含む社会技術システムとして捉えた上で、設計活動を行う必要がある。システムの技術的側面と社会的側面を体系的に扱う上では、設計の初期段階から、社会的側面と技術的側面の相互作用とその構造変化を予測し、社会課題が解決された未来に向けて望ましい PSS、さらに、それを実現する設計の在り方について計画した上で設計活動に臨む必要がある。すなわち、「如何に社会に PSS を馴染ませるのか」を戦略的に計画する必要がある。一方で、PSS の社会実装に向けた設計を実現する上では、以下の課題が存在する。

- PSS の社会実装において考慮すべき設計概念の複雑さ

社会課題の解決に向けて PSS を設計し、実装するためには、これまで主な設計対象とされていた製品・サービスの実現構造のみならず、社会的側面までを含めて考慮することが必要となる。しかし、従来研究においては、社会技術システムとしての PSS の「設計要素となる概念やその関係性は何か」は整理されていない。

- 多様な背景・所属・価値観のステークホルダが関わる設計の難しさ

PSS の社会・技術側面の双方を考慮し、設計対象が拡大されると、それに応じて関与するステークホルダも広範に及ぶことになる。しかしながら、従来の PSS 設計手法は、主に設計の知識を有する設計者が使用することが想定されており、必ずしも設計活動に関する知識やスキルを持ち合わせていないステークホルダの PSS 設計への参画は考慮されていない。

本研究では、上記を解決し、「PSS の社会実装に向けた設計の在り方を導く計画を策定するための方法論を構築する」ことを目的とするものである。そして、これを達成するために、本論文では、以下に挙げる 3 点を明らかにする。

#### (1) 社会技術的性質を有する PSS の概念的枠組み

本研究では、PSS を、「特定の社会問題の解決を目的として、製品とサービスの統合により構成される技術的要素と、その価値を適切に実現するための社会的要素から構成される社会技術システム」として捉える。本定義のもと、本研究では、まず、このようなシステムの社会・技術的側面の双方からなる PSS を構成する概念要素について明らかにする。これにより、提案する方法論で取り扱うべき概念、またその関係性は何かという疑問に対する一回答を形成する。また、このモデルは、本研究で提案する方法論の要件を決定するうえでの理論的な枠組みを提供する。

#### (2) PSS の社会実装を志向する設計プロセス

設計においては、複雑な設計対象を扱いながら合理的に設計を進めるためには、設計対象の操作方法を供する形式的手順を整備する必要がある。そのために、本研究では、

(1) の枠組みに基づいて、PSS の社会実装に向けてあるべき規範的な設計プロセスを提案する。ここでの設計プロセスは、具体的には、ステークホルダのネットワーク構築、PSS のビジョンの策定、PSS の実装計画の策定、PSS の要求管理、PSS の実現構造の構成、PSS の実験と社会的学習により構成される再帰的プロセスを示す。

#### (3) 多様な利害関係者が参画する PSS の実装計画の策定手法

提案する方法論を PSS の開発現場で適用するためには、(2) にて構築したプロセスにおいて本研究の対象とする実装計画プロセスを、PSS 設計に関わるステークホルダが実践可能な形に落とし込む必要がある。特に、本研究で対象とする PSS の設計では、多様なステークホルダの参画が前提となるため、そのような状況下で、各主体の知識の交換と収斂を管理する実装計画の実践手法を構成する。具体的には、(2) における実装計画プロセスを実施する上での要件を満たす実践方法・ツールを特定し、また、(1) で整理した本研究の設計対象を扱えるようにカスタマイズし実践的手法を構成する。

本研究では、以上により構築した方法論を用いた PSS 設計の実行例を 2 つ示す。そして、その結果や過程を評価し、本方法論の PSS 設計への貢献や今後取り組むべき課題を明らかにすることで、本論文を結ぶ。

# 目次

第1章 序論 .....	1
1.1 研究背景 .....	2
1.1.1 持続可能な社会の実現 .....	2
1.1.2 製品サービスシステム .....	6
1.1.3 PSS の社会実装における障壁 .....	8
1.1.4 社会課題解決に向けた PSS を実現するための実装計画方法論の必要性 .....	10
1.1.5 本論文の問題設定 .....	12
1.2 本研究の目的 .....	14
1.3 本論文の構成 .....	16
第2章 研究方法 .....	19
2.1 はじめに .....	20
2.2 Design research methodology .....	21
2.2.1 設計研究の特徴 .....	21
2.2.2 DRM の構成 .....	22
2.2.3 設計研究の類型 .....	24
2.3 本研究における研究方法 .....	27
2.3.1 Stage 1. PSS 設計研究分野の既存研究の調査と研究目的の設定(RC) .....	27
2.3.2 Stage 2. PSS 設計研究の理論的基盤の獲得(DS-I) .....	27
2.3.3 Stage 3. PSS の実装計画立案手法の構築(PS) .....	27
2.3.4 Stage 4. 提案手法の PSS 実開発事例への適用と評価(DS-II) .....	28
2.4 おわりに .....	29
第3章 本研究の理論的基盤 .....	31
3.1 はじめに .....	32
3.2 製品サービスシステム(PSS) .....	33
3.2.1 PSS の類型 .....	33
3.2.2 既存研究における PSS の定義 .....	37
3.2.3 本研究における PSS の定義 .....	40
3.3 PSS の設計研究 .....	42
3.3.1 PSS の設計 .....	42
3.3.2 PSS の設計方法論の諸研究 .....	44

3.4 PSS の社会実装.....	53
3.4.1 トランジション研究の概要.....	53
3.4.2 PSS の実装に関する諸研究.....	61
3.5 本研究の位置づけ.....	64
3.5.1 先行研究と比較した本研究の位置づけ.....	64
3.5.2 本研究における「設計」と「持続可能性」.....	66
3.5.3 本研究の提案内容の概要.....	68
3.6 おわりに.....	73
第4章 社会技術的性質を有する PSS の概念的枠組み.....	75
4.1 はじめに.....	76
4.2 先行研究と本研究のアプローチ.....	77
4.2.1 PSS の構成要素に関する研究.....	77
4.2.2 社会技術システムの構成要素に関する研究.....	78
4.2.3 本研究のアプローチ.....	80
4.3 本研究における PSS の概念的枠組み.....	81
4.3.1 各システムの要素間の関係.....	81
4.3.2 本研究における PSS の概念的枠組み.....	87
4.4 おわりに.....	91
第5章 社会実装を志向する PSS の設計プロセス.....	93
5.1 はじめに.....	94
5.2 設計プロセスに関する既存研究.....	95
5.2.1 設計学における設計プロセス.....	95
5.2.2 サービス工学における設計プロセス.....	95
5.2.3 PSS 設計研究における設計プロセス.....	96
5.2.4 トランジションマネジメントプロセス.....	97
5.2.5 本研究における PSS 設計プロセスの位置づけとアプローチ.....	98
5.3 PSS の社会実装を志向する設計プロセス.....	100
5.3.1 提案する設計プロセスの全体像.....	100
5.3.2 提案する設計プロセスの特徴.....	101
5.3.3 Phase1:ステークホルダネットワークの構築.....	103
5.3.4 Phase2:PSS ビジョンの策定.....	105
5.3.5 Phase3:PSS 実装計画の策定.....	106
5.3.6 Phase4:PSS の要求管理.....	107
5.3.7 Phase5:PSS ソリューション開発.....	108

5.3.8	Phase6:PSS の実験と社会的学習 .....	109
5.3.9	PSS 設計プロセスのリフレクション .....	110
5.4	おわりに.....	112
第 6 章 PSS の実装計画手法 .....		113
6.1	はじめに .....	114
6.2	本手法の対象範囲 .....	115
6.3	先行研究 .....	116
6.3.1	シナリオ設計 .....	116
6.3.2	Technology roadmapping.....	118
6.3.3	Transition scenario .....	120
6.4	先行研究との位置づけと手法構築の要件 .....	124
6.4.1	シナリオと Transition scenario の相違点.....	124
6.4.2	トランジション研究と PSS 開発のビジョン構想の相違点.....	125
6.4.3	TRM の戦略計画と PSS 開発の戦略計画の相違点.....	125
6.4.4	提案手法に求められる要件 .....	126
6.5	提案手法 .....	127
6.5.1	提案手法の全体像 .....	127
6.5.2	Step1:PSS 設計チームの編成 .....	127
6.5.3	Step2:System innovation scenario の作成.....	128
6.5.4	Step3:PSS ロードマップの開発 .....	132
6.6	おわりに.....	136
第 7 章 事例適用 .....		139
7.1	はじめに .....	140
7.2	検証方法 .....	141
7.2.1	本研究の検証方法 .....	141
7.2.2	本検証における検証項目 .....	142
7.2.3	本検証の対象事例と実行環境.....	144
7.3	検証1: 獣害対策用 PSS 開発事例.....	145
7.3.1	本事例の概要 .....	145
7.3.2	Step1:PSS 設計チームの編成 .....	146
7.3.3	Step2:System innovation scenario の作成.....	146
7.3.4	Step3:PSS 設計ロードマップの開発 .....	154
7.3.5	評価結果 .....	159
7.4	検証2: 地域内互助の促進 PSS 開発事例 .....	162

7.4.1	本事例の概要 .....	162
7.4.2	Step1:PSS 設計チームの編成 .....	163
7.4.3	Step2: System innovation scenario の設計 .....	164
7.4.4	Step3:PSS 設計ロードマップの開発 .....	170
7.4.5	評価結果 .....	175
7.5	おわりに .....	177
第8章 考察 .....		179
8.1	はじめに .....	180
8.2	PSS の概念的枠組みに関する考察 .....	181
8.2.1	PSS の設計研究への貢献 .....	181
8.2.2	提案した概念的枠組みの妥当性・網羅性について .....	182
8.3	本研究の設計プロセスに関する考察 .....	183
8.3.1	設計プロセスの有効性と PSS 設計への貢献 .....	183
8.3.2	設計プロセスの具体性 .....	183
8.3.3	設計プロセスの妥当性 .....	184
8.4	PSS の実装計画手法に関する考察 .....	185
8.4.1	本手法の有効性に関する考察 .....	185
8.4.2	本手法の課題に関する考察 .....	186
8.4.3	策定した PSS 実装計画の評価・モニタリング方法について .....	187
8.5	本研究全体に関する考察 .....	190
8.5.1	本研究の研究方法に関する考察 .....	190
8.5.2	本研究における検証方法に関する考察 .....	191
8.5.3	PSS に対する外乱の影響を考慮した運用方法 .....	194
8.5.4	対象とする社会的機能やシステムの規模に応じたアプローチ .....	195
8.5.5	価値の体系的変化と PSS 社会実装の関係性について .....	197
8.5.6	PSS の実装による影響 .....	199
8.6	おわりに .....	201
第9章 結論 .....		203
9.1	結論 .....	204
9.2	本研究の課題 .....	207
9.3	今後の展望 .....	210
謝辞 .....		213
参考文献 .....		217

英語文献 .....	218
日本語文献 .....	231
Web .....	233
研究業績 .....	235
付録 .....	241

## 目次

Figure 1-1	プラネタリーバウンダリー（環境省 2017）	3
Figure 1-2	レッドリスト指数の変化（環境省 2012）	3
Figure 1-3	Sustainable development goals	5
Figure 1-4	本研究の全体像	15
Figure 1-5	本論文の構成	17
Figure 2-1	DRM の構成（Blessing and Chakrabarti 2009）	24
Figure 2-2	DRM に基づく研究の類型（Blessing and Chakrabarti 2009）	26
Figure 3-1	Tukker による PSS の類型（Tukker 2004）	33
Figure 3-2	PSS の分類と持続可能な価値のフレームワーク（Yang and Evans 2019）	37
Figure 3-3	製品のライフサイクル全般にわたる価値創造（Tan 2010）	39
Figure 3-4	Industrial Product-Service System（[Meier 2010] をもとに作成）	40
Figure 3-5	MDM におけるシステムの階層と本研究における PSS 設計の境界	43
Figure 3-6	Morelli による PSS の設計プロセス（Morelli 2003）	44
Figure 3-7	Morelli による PSS のモデル化手法（Morelli 2006）をもとに作成	45
Figure 3-8	Aurich らによるオブジェクト指向 PSS 構造記述モデル（Aurich, Fuchs, and Wagenknecht 2006）をもとに作成	45
Figure 3-9	サービス工学研究（下村 2005）	46
Figure 3-10	PSS のモデリングとシミュレーション（赤坂 2014）	48
Figure 3-11	PSS の構造変化モデリング手法（根本 2016）	50
Figure 3-12	Tran らによる各 PSS タイプに応じたガイドライン（Tran and Park 2014）	51
Figure 3-13	企業内部と顧客の双方を考慮した PSS 設計プロセス（Pezzotta et al. 2016）	52
Figure 3-14	Andriankaja らによる産業界への実装を考慮した統合型 PSS 設計フレームワーク（Andriankaja, Boucher, and Medini 2018）	52
Figure 3-15	Multi-level perspective フレームワーク（Geels 2004）	56
Figure 3-16	Transition management cycle（Loorbach 2010）	59
Figure 3-17	MUSIC project（Roorda et al. 2014）	60
Figure 3-18	PSS の社会実装フェーズ（Ceschin 2014）	62
Figure 3-19	SLL の研究方法フレームワーク（Liedtke et al. 2015）	63
Figure 3-20	本研究の位置づけ	64
Figure 3-21	一般的な設計（Designing）のモデル	66

Figure 3-22	本研究における設計のモデル .....	67
Figure 3-23	本研究の提案内容の全体像 .....	68
Figure 3-24	本研究の設計対象と MLP の関係性 .....	70
Figure 3-25	ウォーターフォール型とスパイラル型の違い .....	71
Figure 3-26	PDCA サイクル .....	72
Figure 4-1	PSS のオントロジー (Vasantha et al. 2011) .....	78
Figure 4-2	STS の構成要素 (Geels 2004) .....	79
Figure 4-3	PSS と STS の構成要素の重複, 補完関係の分析結果 .....	87
Figure 4-4	本研究における PSS の概念的枠組み .....	89
Figure 5-1	設計学における設計プロセス (武田 1991) .....	95
Figure 5-2	サービスの最適設計ループ (本村 2012) .....	96
Figure 5-3	Cavalieri らによる PSS の設計フェーズ ((Cavalieri and Pezzotta 2012) を基 に作成) .....	97
Figure 5-4	トランジションマネジメントのプロセス (再掲) (Loorbach 2010) .....	98
Figure 5-5	本研究における PSS 設計プロセスの全体像 .....	101
Figure 5-6	アジャイル型開発とスパイラル型開発の違い .....	102
Figure 5-7	V モデルと W モデルの違い .....	103
Figure 5-8	Phase1 の実施ステップと対象範囲 .....	104
Figure 5-9	Phase2 の実施ステップと対象範囲 .....	105
Figure 5-10	Phase3 の実施ステップと対象範囲 .....	106
Figure 5-11	Phase4 の実施ステップと対象範囲 .....	107
Figure 5-12	Phase5 の実施項目と対象範囲 .....	108
Figure 5-13	Phase6 の実施項目と対象範囲 .....	109
Figure 5-14	提案する設計プロセスの各フェーズの関係性 .....	111
Figure 6-1	提案手法の適用範囲 .....	115
Figure 6-2	3S シミュレータを用いたロジックツリーの例 (木下 2009) .....	117
Figure 6-3	パスウェイ作成ツールセット (Hyysalo et al. 2019) .....	117
Figure 6-4	フォアキャストとバックキャスト .....	118
Figure 6-5	TRM の基本構造 (Phaal 2004) .....	120
Figure 6-6	TMC と Transition scenario の関係性 (Sondeijker 2009) .....	123
Figure 6-7	提案手法の全体像 .....	127
Figure 6-8	LSP の実施ステップ .....	129
Figure 6-9	本手法における Fault tree の基本構造 .....	130
Figure 6-10	System innovation scenario sheet .....	131
Figure 6-11	PSS ロードマップの基本構造 .....	133

Figure 6-12	PSS ロードマップの起点と終点の設定	134
Figure 6-13	社会文化的マイルストーンの設定	134
Figure 6-14	各レイヤーの Action の配列	135
Figure 6-15	Action 間の相互作用関係の構築	135
Figure 7-1	あきる野市の獣害対策 PR（上）と実際の被害状況（下）（あきる野市）	145
Figure 7-2	LSP 実施の様子	146
Figure 7-3	作成された個人モデル例 1	147
Figure 7-4	作成された個人モデル例 2	147
Figure 7-5	構築されたランドスケープ	148
Figure 7-6	問題構造化結果（事例 1）	151
Figure 7-7	PSS ビジョンのモデル例 1（事例 1）	152
Figure 7-8	PSS ビジョンのモデル例 2（事例 2）	152
Figure 7-9	PSS のビジョン（20 年後）（事例 1）	153
Figure 7-10	作成した System innovation scenario sheet（事例 1）	154
Figure 7-11	PSS のビジョン（5 年後）（事例 1）	155
Figure 7-12	開発した PSS ロードマップ（事例 1）	158
Figure 7-13	生活価値共創都市（日野市）	162
Figure 7-14	オンラインインタビューの様子	164
Figure 7-15	問題構造化結果（事例 2）	166
Figure 7-16	PSS ビジョンのモデル例 1（事例 2）	167
Figure 7-17	PSS ビジョンのモデル例 2（事例 2）	167
Figure 7-18	PSS ビジョンのモデル例 3（事例 2）	168
Figure 7-19	PSS の社会文化的／制度的／組織的／技術的な状態（事例 2）	169
Figure 7-20	作成した System innovation scenario sheet（事例 2）	169
Figure 7-21	開発した PSS ロードマップ（事例 2）	173
Figure 8-1	PSS とその他のシステムの関係性（Kanda and Matschewsky 2018）	182
Figure 8-2	OKR の観点に基づくロードマップ開発の形式化	189
Figure 8-3	設計に関わる学術分野	191
Figure 8-4	持続可能な PSS の実現に向けた運用	195
Figure 8-5	価値の体系的性質（Meynhardt, Chandler, and Strathoff 2016）	198

# 表目次

Table 1-1	PSS の実例 .....	6
Table 3-1	Neely による PSS の類型 (Neely 2008) .....	35
Table 4-1	PSS オントロジーの分類 .....	85
Table 4-2	PSS の概念的枠組みの各構成要素の定義 .....	89
Table 5-1	先行研究のプロセスの位置づけ .....	99
Table 6-1	特定された手法の要件 .....	126
Table 6-2	PSS ロードマップの各レイヤーの内容 .....	133
Table 7-1	Gaziulusoy によるシナリオ設計手法の評価基準 (Gaziulusoy 2010) .....	142
Table 7-2	提案手法の評価項目 .....	143
Table 7-3	対象事例とその実行条件 .....	144
Table 7-4	LSP により抽出された獣害の要因群 .....	149
Table 7-5	PSS ショートビジョンの構成要素 .....	156
Table 7-6	PSS ロードマップの起点 (事例 1) .....	156
Table 7-7	導出された社会文化的マイルストーン (事例 1) .....	157
Table 7-8	配列された Action の一覧 (事例 1) .....	159
Table 7-9	提案手法とその適用結果の評価結果 (事例 1) .....	160
Table 7-10	PSS ビジョンの構成要素 (事例 2) .....	170
Table 7-11	PSS ロードマップの起点 (事例 2) .....	171
Table 7-12	導出された社会文化的マイルストーン (事例 2) .....	171
Table 7-13	配列された Action の一覧 (事例 2) .....	174
Table 7-14	提案手法とその適用結果の評価結果 (事例 2) .....	176
Table 8-1	各分野におけるシステムレベルの比較 .....	199



# 第1章 序論

---

1.1 研究背景 .....	2
1.1.1 持続可能な社会の実現 .....	2
1.1.2 製品サービスシステム .....	6
1.1.3 PSS の社会実装における障壁 .....	8
1.1.4 社会課題解決に向けた PSS を実現するための実装計画方法論の必要性 ....	10
1.1.5 本論文の問題設定 .....	12
1.2 本研究の目的 .....	14
1.3 本論文の構成 .....	16

---

## 1.1 研究背景

### 1.1.1 持続可能な社会の実現

前世紀において、我が国を含む工業先進国では、近代化＝経済優先とされ、安価で高品質なものを製造する為の大量生産・集中管理の仕組みや、生産地と消費地の分離による流通革命などが引き起こされた。一方で、そのような近代化がもたらしたものは、廃棄物処理、媒体汚染、化学物質・健康問題のような地域の環境問題や、地球温暖化、エネルギーの枯渇、生物多様性の喪失という地球環境問題である。これらの問題は、世界人口の増加と都市集中という2つの理由から、今後さらに深刻化することが指摘されている。ストックホルムのレジリエンス・センターにおいて提唱された、人類のための安全動作領域を定義した「プラネタリーバウンダリー」は、人類の活動がある閾値または転換点を通過してしまった後には取り返しがつかない「不可逆的かつ急激な環境変化」の危険性がある指標を定義し、定量化している (Figure 1-1)。本フレームワークに基づく分析によると、現代においては既に「気候変動(大気中の二酸化炭素の濃度, 産業革命以降の増加量)」、「生物多様性(生物の絶滅率)」, 「土地利用(農地に変換された地表面積)」, 「窒素・リンによる汚染」については、人間が安全に活動できる限界値を超えて危険域に達していると指摘されている (Rockström et al. 2009)。例えば、生物多様性の喪失を例にとると、複数の分類群の絶滅リスクが高まる傾向は2010年以降減速していない。鳥類及び哺乳類の観測された絶滅の増加速度は減少した一方、鳥類, 哺乳類, 両生類のレッドリスト指数(種の絶滅リスクを傾向を包括的に測る指数)は低下の一途を辿ると予測されており、平均的な絶滅リスクは減少する兆しが無い (Figure 1-2) (環境省 2012)。

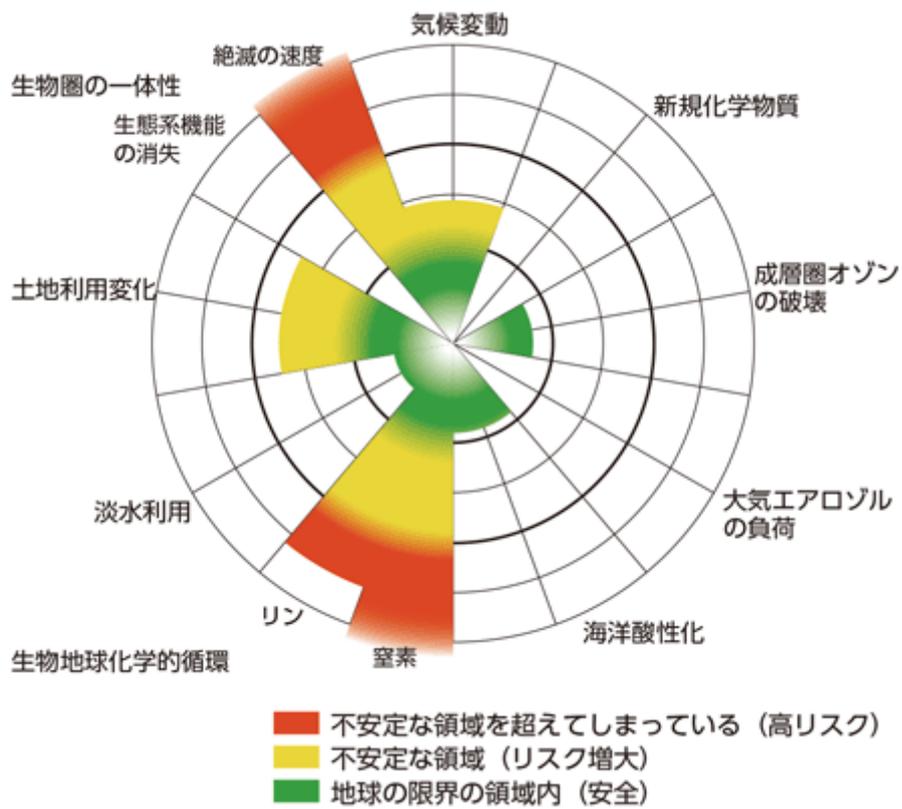


Figure 1-1 プラネタリーバウンダリー (環境省 2017)

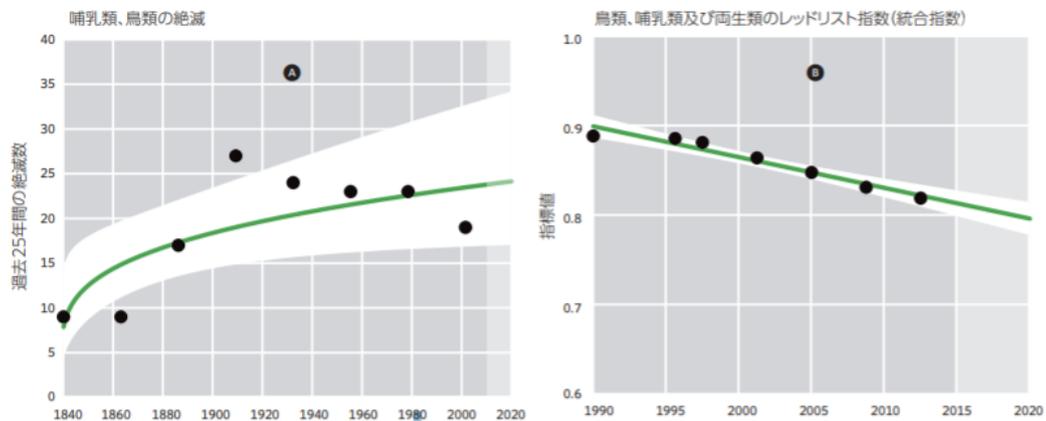


Figure 1-2 レッドリスト指数の変化 (環境省 2012)

また、このような近代化の影響は、環境問題のみならず、発展途上国と先進国の格差、先進国内における相対的貧困、少子高齢化、労働者の差別などの社会的問題をもたらしている。国際的な近代化がもたらした社会課題として貧困格差問題は長きにおいてアメリカ・アジア地域を中心として取り扱われてきた。実際に保険・教育・生活水準という人間開発指数の3つの要素から、世帯レベルで複数の次元から貧困状態を表す「多次元

貧困指数」が高い地域は、今もなおアフリカ諸国が上位層を占めており、格差問題の解決にはこれらの地域の改善が最優先で求められる（UNDP 2018）。一方で、近年では、発展途上国のみならず先進国における貧困格差の問題への注目が高まりつつある。2012年に経済学者のブランコ・ミラノヴィッチにより発表された統計データ「エレファントカーブ」によると、この20~30年間においては、90年代以降の情報通信技術の発展に伴い、企業の多国籍化（グローバルイゼーション）が進んだことによって、中国・インドなどのグローバルな中間層においては、経済発展が著しく進み、個人所得も増大している。そして、それに伴い、平均寿命の向上、女性の社会進出、教育レベル、幸福度等も向上している（Milanovic 2012）。一方、サハラ以南のアフリカ地域に加え、先進国における中間層がグローバルな所得成長から取り残されていることが確認されている。このような先進国においては、物価が高く、人間関係が希薄になり、インフラ・サービスへの依存度が高くなることから、ある程度の収入がなければ、一定水準の生活を維持することが難しい。このような潜在的な貧困格差は「相対的貧困」と呼ばれる。我が国において、この相対的貧困層が全人口に占める割合は15.7%であり、先進国の中でも、貧困層の割合はかなり高い（厚生労働省 2016）。特に、少子高齢化が進む日本では、高齢者の貧困問題も懸念されている。OECDの報告によると、66歳以上の日本の貧困率は19.6%であり、且つ、生活保護受給世帯のうち47.4%が高齢者を占めている（OECD 2019）。このことから、我が国においても潜在的な貧困格差の問題の解決に取り組む必要性がある。

上記の国際的な社会背景から、国際的に持続可能な社会の実現が喫緊の課題として挙げられるようになった。持続可能な社会とは、健全で恵み豊かな環境が地球規模から身近な地域まで保全されるとともに、それらを通じて世界各国の人々が幸せを実感できる生活を享受でき、将来世代にも継承することができる社会を指す（United Nations 1987）。このような社会の実現に向けて、環境負荷が環境容量を超えないこと、資源消費の最小化と資源の循環的利用、自然と人類の共生などが必要とされている。そこで、2015年9月の国連サミットでは、全会一致で「誰一人取り残さない」持続可能で多様性と包摂性のある社会の実現のため、2030年を年限とする17の国際目標（SDGs）が採択された（Figure 1-3）。

このような社会情勢を受け、我が国においては、2019年年初に「SDGsアクションプラン2019」を発表している（外務省 2020）。当該プラン内では、「1. SDGsと連携する「Society 5.0」の推進」、「2. SDGsを原動力とした地方創成、強靱且つ環境に優しい魅力的なまちづくり」、「3. SDGsの担い手として次世代・女性のエンパワーメント」という3つの項目を掲げ、2019年におけるより具体化・拡大された政府の取り組みを示している。例えば、SDGsを原動力とした地方創成、強靱且つ環境に優しい魅力的なまち

づくりに関連する取り組みとしては、SDGs を原動力とした地方創成に向けた「ICT 等先端技術を活用した地方の活性化」、「スマート農林水産業の推進」、循環型社会の実現に向けた「国内外における防災の主流化の推進」、「地域循環共生圏づくりの推進」などが記述されている。他にも、中小企業における SDGs の取組強化や科学技術イノベーションの推進、教育・保険分野における取組など多様な分野で、SDGs を推進するための具体的アクションが計画されている。また、前述した少子高齢者時代における格差問題への対応に向け、「人生 100 年時代構想」を掲げている（内閣府 2018）。持続可能な社会の実現が世界的に求められている中で、日本としては豊かで活力のある「誰一人取り残さない」社会を実現する為、一人ひとりの保護と能力強化に焦点を当てた「人間の安全保障」の理念に基づき、世界の「国づくり」と「人づくり」に貢献していくことが示されている。



Figure 1-3 Sustainable development goals

### 1.1.2 製品サービスシステム

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発展（*meeting the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs*）（United Nations 1987）」と定義されている。すなわち、持続可能な社会の実現においては、上述したSDGsの掲げる目標に向けて、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する「環境・社会の持続性」と「産業発展による経済成長」の両立が求められる。それに対して、地球環境に対する負荷を低減しつつ、生活者の問題解決や企業の安定した収益獲得を実現する製品サービスシステム（Product-service systems：PSS）が産業界・学業界の垣根を越えて注目を浴びている。PSSとは、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事業を展開するのではなく、製品とサービス、また、ネットワークの統合により実現される価値を提供する事業を展開するシステムを示す（Goedkoop et al. 1999; Mont 2002b; Baines et al. 2007）。PSSは、その実装を通して所有に基づく大量生産大量消費経済から、アクセスと共有に基づく循環型経済（サーキュラーエコノミー）への移行を促進することから、持続可能な発展を目指す今後の社会における解決手段の一つとみなされ、様々な産業分野での開発が進められている。以下のTable 1-1にその例を示す。

Table 1-1 PSSの実例

Uber (Uber )	提供者：Uber
	製品：自動車
	概要： プライベートドライバーと車両運行管理を利用して、従来のタクシーサービスをより低価格で提供するアプリケーションベースのオプションを提供している。顧客はスマートフォンをタップしてピックアップ場所を指定し、サービスを選択するだけとシンプルであり、乗車料金をオンラインで事前に支払うことができる。可能な限り最短時間で到着し、かつ、安価で安全なタクシーを提供することによって、顧客の移動体験を革新した。
Mobisol (Mobi sol)	提供者：Mobisol
	製品：太陽光発電システム、家電製品
	概要： 太陽光発電システムとソフトウェアを活用した東アフリカのオフグリッド

	<p>農村家庭向けスマート電力供給サービスを提供する。電力を利用した「家庭用サービス (LED ライトやコンロ)」、「娯楽 (テレビ, ラジオ, ステレオ)」、「ビジネス (マルチチャージャー, バリカン, アイロン)」を実現可能とする。信頼性の高いモニタリングとメンテナンスサービスを提供し、生活の質の向上と雇用創出に貢献している。遠隔モニタリングと解析によりサービスの管理と課金を行う一方、インストールとサポートホットラインを無償で提供している。</p>
KOMT	提供者：小松製作所
RAX	製品：建設機械 (ダンプカー, ショベルカー)
(KOM TRAX)	<p>概要：</p> <p>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。</p>
Total	提供者：Rolls Royce
Care	製品：航空機エンジン
(Rolls Royce)	<p>概要：</p> <p>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。</p>
Reduce	提供者：Reduce Go
Go	製品：余剰食品
(Redu ce Go)	<p>概要：</p> <p>食品ロスを減らしたい飲食店と、安く食事をしたいユーザをマッチングするサービス。飲食業者は、余剰食品の廃棄ロスを削減することで、CO2 削減などの環境改善に貢献し、さらに追加収益や廃棄コストの削減になる。加えて、加盟店はサービス収益の一部の還元を受けることが可能。一方で、店舗近隣を生活圏とするユーザは月額料金を支払うことで、1日に2回まで食品を入手することが出来る。また、本サービスは、サービス収益の一部を社会活動団体へ寄付することで、ユーザと加盟店の社会貢献活動への協賛を可能としている。</p>

このように、様々な国や分野で広がりを見せている PSS は、これまでの関連分野における先行研究において、以下に示す潜在的効果を有することが報告されている。

### (1) 生活者の問題解決, 生活支援 (社会的利益)

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, PSS の提供物は, 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, 生活支援までをも行うことが可能となる. さらに, 生活における基本的なニーズを満たすための所得が無いことに加え, 公共サービスへのアクセスが難しい貧困層の生活者を対象とした, アクセスベースのソリューションを提供することによる, 低所得者層の貧困問題へのアプローチも注目されている (Ceschin and Gaziulusoy 2016).

### (2) 顧客との長期的な関係構築による収益獲得 (経済的利益)

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 2010). 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, 顧客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, 顧客の囲い込みを実現し, 企業は安定した収益を得ることが可能となる (Tukker 2004).

### (3) 地球環境への貢献 (環境的利益)

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 (自動車業界での, 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 (Tukker 2004; Aurich, Fuchs, and Wagenknecht 2006).

#### 1.1.3 PSS の社会実装における障壁

以上に述べたように, PSS の開発, そしてその社会実装を通して, 社会課題の解決が期待されている. 一方で, PSS の特徴に起因する, その実装を妨げてしまういくつかの障壁も報告されている (Baines et al. 2007; Ceschin 2013; Vezzoli et al. 2015). PSS の実装における具体的な障壁は以下の3点である.

### (1) 企業の観点での障壁

PSS 志向の戦略は、製品を提供するだけの従来の方法よりも管理が複雑になるため、組織内に PSS 志向のビジネスを支援するための、企業のマインドセットと組織の変化が必要となる (UNEP 2002)。同じく、製品を生産・販売するための能力や知識は、PSS のものとは大きく異なるため、企業はマネジメント活動と設計活動の両方で、新たなコンピテンシー、スキル、経験を身に付けなければならない。そのため、PSS 志向の企業文化を醸成するための従業員訓練や外部からの人材雇用が必要となる。一方で、これらの変化は、企業内部に対立を生じさせてしまう恐れがある (White, Stoughton, and Feng 1999)。

もう一つの内部的な障壁は、利益を得るためのシステムやソースの変更によるものである (Mont 2004b)。PSS のビジネスモデルは、短期間で利益を獲得可能な製品販売型ビジネスと比較して、中長期的な投資を必要とする。そのため、PSS ビジネスはキャッシュフローの不確実性と関連しており、PSS ビジネスを製品ベースのビジネスよりもリスクが高いものとして認識されてしまう場合がある (Mont 2004a)。さらに、中小企業においては、資金源が限られてしまうため、この種のビジネスモデルに資金を投じることが難しいことが大きな障壁として挙げられる (Besch 2005)。

PSS の開発と提供には、関係者間の強力な協力関係の構築が必要であるが、一方でこれは、企業のプロセス、製品、技術に関する機密情報を他のステークホルダーへ共有することになるため、それに対する抵抗が潜在的な障壁となる可能性がある (Mont 2004b)。さらに、原材料製品の販売量削減を目的とする企業と、収益増加を目的とする小売業者との間で利害が対立する可能性など、ステークホルダー間での衝突も、PSS を実現する上での障壁となっている (Cooper and Evans 2000)。

### (2) 顧客・生活者の観点での障壁

顧客・生活者にとっての大きな障壁は、製品を所有することから、共有することへの転換を受け入れる文化・規範の変化を必要とする点である。顧客（特に、B2C ビジネスの場合）は、PSS の概念についての知識を持ち合わせないため、不明確なリスク、コスト、責任に関連した不確実性を生み出し、PSS によって得られる経済的メリットを理解することが困難となる (Mont 2004b)。もう一つの障壁は、アクセスに基づくソリューション（例えばシェアリングサービス）が、所有権という支配的で確立された従来の規範と矛盾することである。これは特に特定の場合（例えば、自宅に自分のものではない洗濯機があることに違和感を抱く場合）に当てはまるが、一方で、オーナーレス・ソリューション（所有権の発生しないサービス）は既に我々の日常生活に入り込んでいる（公共交通機関の利用など）。さらに、消費者市場での PSS の普及は、それが使用さ

れる文化に馴染んでいるかどうか大きく依存する。例えば、PSS は、他の世界諸国よりも、スカンジナビア、オランダ、スイスのようなヨーロッパ諸国で、より容易に受け入れられていることが確認されている (Wong 2004)。

顧客・生活者視点でのもう一つの障壁は、蓄積された資産の量と質が、従来の社会での一定のステータスを示す指標、つまり、生活における成功の尺度として認識されていることである (Mont 2004a; Maurizio et al. 2013)。この文脈では、中古品やリサイクル製品のシェアリングは、二流のステータスとして認識される恐れがある (Mont 2004b)。一方で、シェアリングエコノミー (Heinrichs 2013) や共同消費 (Belk 2014) の台頭は、PSS 指向のソリューションの社会受容の促進に利用できる機会の窓とみなされている。

### (3) 制度的観点での障壁

PSS による市場価格に含まれない環境・社会的影響コストは、PSS の普及を阻害する主要な制度的障壁である。言い換えれば、製品に関連する環境・社会コストが市場価格に含まれていないため、PSS のソリューションが単に生産された製品と競争することが困難になる可能性がある (Mont and Lindhqvist 2003)。そのため、PSS のような環境的・社会的に持続可能なイノベーションを促進するためには、これらを市場価格に内在化させることができる政策を実施可能な、行政機関の介入の必要性が述べられている (Mont and Lindhqvist 2003; Ceschin and Vezzoli 2010)。

#### 1.1.4 社会課題解決に向けた PSS を実現するための実装計画方法論の必要性

これまで、持続可能な社会の実現が求められる現代の状況と、その解決策としての PSS について説明した。また、その実装による利益・障壁について述べた。

PSS の概念は、これまで様々な分野・研究者により解釈、定義されており、未だ統一された見解は存在しない。しかしながら、既存研究においては、PSS の「システム」の対象とする範囲により、以下に示す2つの捉え方に大別される。

- (a) ある特定の価値を充足するための有形の製品と無形のサービスにより構成されたシステム
- (b) 製品とサービスだけでなく、それを提供するためのインフラ、主体の社会経済的ネットワーク、ガバナンス体制など社会的側面を含むシステム

PSS はあくまで、ある特定の価値を実現するために構成されたシステムであり、それ自体が持続可能な効果を有するわけではなく、それが社会に実装されることで始めてその潜在的なポテンシャルを発揮することが出来る。さらに、第 1.1.3 項に説明したよう

に、PSS の実装においては、様々な観点における障壁を多面的に考慮した上で、PSS の実現構造の設計に取り掛かる必要がある。これらを踏まえると、PSS を社会実装する上では、製品・サービスの開発と統合のみならず、従来の顧客・生活者の文化・習慣、企業構造や文化、時に、制度・ガバナンスの枠組みの変革を必要とすることになる (Mont 2002b; UNEP 2002; Tukker and Tischner 2006; Ceschin 2013)。つまり、ある社会課題の解決に向けた PSS の実装を目指す場合は、PSS を (b) のシステムとして捉えた上で、設計活動を行う必要があるといえる。さらに、このようなシステムの技術的側面と社会的側面を体系的に扱う上では、提供するソリューション (製品とサービスの統合物) の実現構造を緻密に設計した後に、その実装方法を考えるようなウォーターフォール型の設計ではなく、設計の初期段階から、社会的側面と技術的側面の相互作用とその構造変化を予測し、社会課題が解決された未来に向けて望ましい PSS、さらに、それを実現する設計の在り方について計画した上で設計活動に臨む必要がある。すなわち、「如何に実装する社会に設計するソリューションを馴染ませていくか」を戦略的に計画する必要がある。

他方、従来の PSS 設計研究分野では、様々な研究者によって PSS 開発を支援する設計方法論が提案されている (Cavalieri and Pezzotta 2012; Vasantha et al. 2012)。これらの方法論は、目的に応じて各開発段階 (要求管理, コンセプト開発, 評価等) での PSS 設計活動を支援可能としている。しかしながら、既存研究では、上記で言う (a) の捉え方のもと、PSS 自体の実現構造を設計するための方法やツールの開発を主眼としており、PSS を実際に社会に実装させ、普及させるための知見の確立には未だ至れていない (Ceschin 2013; Vezzoli et al. 2015)。また、PSS 設計において取り組むべき課題も報告されており、PSS 設計方法論の体系的レビューを実施した Vasantha らは、将来のリスクや不確実性を扱うための PSS 設計における長期的な視点の欠如を指摘している (Vasantha et al. 2012)。PSS の社会実装には、既存の生産・消費のパターン再構成が必要となるため、PSS それ自体のみならず、それを導入し、普及させる社会的な文脈について理解し、適切な中長期的戦略とそれに基づく設計活動を探索する必要がある (Ceschin 2013; Vezzoli et al. 2015)。以上のことから、PSS の実装の実現は、PSS の実装計画方法論の確立によって貢献可能である。

### 1.1.5 本論文の問題設定

一方で、上記の方法論を構築するためには、以下に示す難しさに対処する必要がある。

- PSS の社会実装において考慮すべき設計概念の複雑さ

前述のように、社会課題の解決に向けて PSS を設計し、実装するためには、これまで主な設計対象とされていた製品・サービスの実現構造のみならず、それらにより発揮される機能を確かに実現するために、変化を必要とする企業・生活者の規範文化、主体の社会経済的ネットワーク、ガバナンス体制など、社会的側面までを含めて考慮することが必要となる。しかしながら、従来研究においては、顧客ニーズを特定するために、該当する市場分析を実施することはあっても、このような「システムの社会的側面と技術的側面の双方のインタラクションを捉える視点からの PSS 設計」に関する議論は十分ではない。また、社会・技術的側面の双方のシステムを考慮すると、設計の対象範囲が拡大することも指摘されているが、その「設計要素となる概念やその関係性は何か」は整理されておらず、PSS の社会実装を実現する上では、上記を明らかにすることが必要である。

- 多様な背景・所属・価値観のステークホルダが関わる設計の難しさ

PSS の社会・技術側面の双方を考慮し、設計対象が拡大されると、それに応じて関与するステークホルダも広範に及ぶことになる。従来の PSS 設計における主なステークホルダは、製品生産者、サービス提供者、顧客であったのに対し、PSS の実装までを考慮に入れると、地方自治体や民間団体、時に地域住民など、これまで含まれなかったステークホルダが介在する。そして、多様なステークホルダを設計に関与させるためには、それらが PSS の設計活動に関与する動機となるビジョンを共有し、それに向けた各主体の役割を明確化した上で実装計画を策定する必要がある。しかしながら、上記のような従来設計に直接関わらなかったステークホルダは、必ずしも設計活動に関する知識やスキルを持ち合わせていないため、明確に自身の知識やアイデアを表現することが難しい。また、ステークホルダはそれぞれが多様な背景や所属、価値観を有するため、PSS の実装計画を策定する上では、ステークホルダ間での共通知識の創造とそれに基づく戦略計画プロセスのファシリテートが重要となる。つまり、「多様なステークホルダの参画する PSS の実装計画プロセスはどのようにあるべきか」、「その主体がどのプロセスに参画するべきか」そして、「設計に関する専門知識を持たない主体を設計活動に参画させ、共同設計可能とする実践的手法・ツールは何か」を明らかにする必要がある。しかしながら、従来の PSS 設計手法は、主に設計の知識を有する設計者が使用することが想定されており、上述した多様なステークホルダの PSS 設計への参画は考慮されて

いない。そのため、社会課題の解決を志向する PSS の実現において取り組むべき重要な研究課題と言える。

本研究では、以上の研究課題に対して取り組み、PSS の社会実装に向けてそのための設計を導く実装計画の方法論を構築する。一方で、本研究は、あくまで PSS の実装計画の策定までが研究対象であり、その後の PSS の実現構造の設計までは範囲に含めない。また、本方法論により計画される実装計画は、その後の設計活動を導く指針となるが、静的なものではない。設計活動の実践を通して新たに得られた知見があれば、それを適宜反映し、修正することで、関与するステークホルダとの継続的な合意形成を通して、より実現可能性があり、且つ、妥当性を有する計画へと推敲することを前提としている。

## 1.2 本研究の目的

本研究の目的は、

**PSS の社会実装に向けてその設計の在り方を導く**

**実装計画を策定するための方法論を構築する**

ことである。本目的を達成するために、本研究では、以下に挙げる3点を明らかにし、方法論を構築する。

### (1) 社会技術的性質を有する PSS の概念的枠組み

本研究では、PSS を、「特定の社会問題の解決を目的として、製品とサービスの統合により構成される技術システムと、それが実装される社会システムにより構成される社会技術システム」として捉える。本定義のもと、本研究では、まず、このようなシステムの社会・技術的側面の双方からなる PSS を構成する概念要素について明らかにする。設計とは、設計者による概念操作（吉川 2000）であり、これにより問題解決を試みる活動を指し示す。そのため、ここでは本研究における PSS の構成概念を中心に形式化を行う。これにより、提案する方法論で取り扱うべき概念、またその関係性は何かという疑問に対する一回答を形成する。また、このモデルは、本研究で提案する方法論の要件を決定するうえでの理論的な枠組みを提供する。

### (2) PSS の社会実装を見据えた設計プロセス

設計においては、複雑な設計対象を扱いながら合理的に設計を進めるためには、設計対象をいかに操作していくのかを供する形式的手順を整備する必要がある。そのために、本研究では、(1) の枠組みに基づいて、PSS の社会実装に向けてあるべき規範的な設計プロセスを提案する。ここでの設計プロセスは、具体的には、ステークホルダのネットワーク構築、PSS のビジョンの策定、PSS の実装計画の策定、PSS の要求管理、PSS の実現構造の構成、PSS の実装と社会的学習により構成される再帰的プロセスを示す。そして、本研究では対象としていないが、従来議論されてきた PSS の実現構造の設計プロセスとの関係性についても検討する。

(3) 多様な利害関係者が参画する PSS 実装計画の実践手法

提案する方法論を PSS の開発現場で適用するためには、(2) にて構築したプロセスにおいて本研究の対象とする実装計画プロセスを、PSS 設計に関わるステークホルダが実践可能な形に落とし込む必要がある。特に、本研究で対象とする PSS の設計では、多様なステークホルダの参画が前提となるため、そのような状況下で、各主体の知識の交換と収斂をファシリテートする実装計画の実践手法を構成する。具体的には、(2) における実装計画プロセスを実施する上での要件を満たす実践テクニック・ツールを特定し、また、(1) で整理した本研究の設計対象を扱えるようにカスタマイズし実践的手法を構成する。本内容は、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、提案する手法の適用可能性・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。

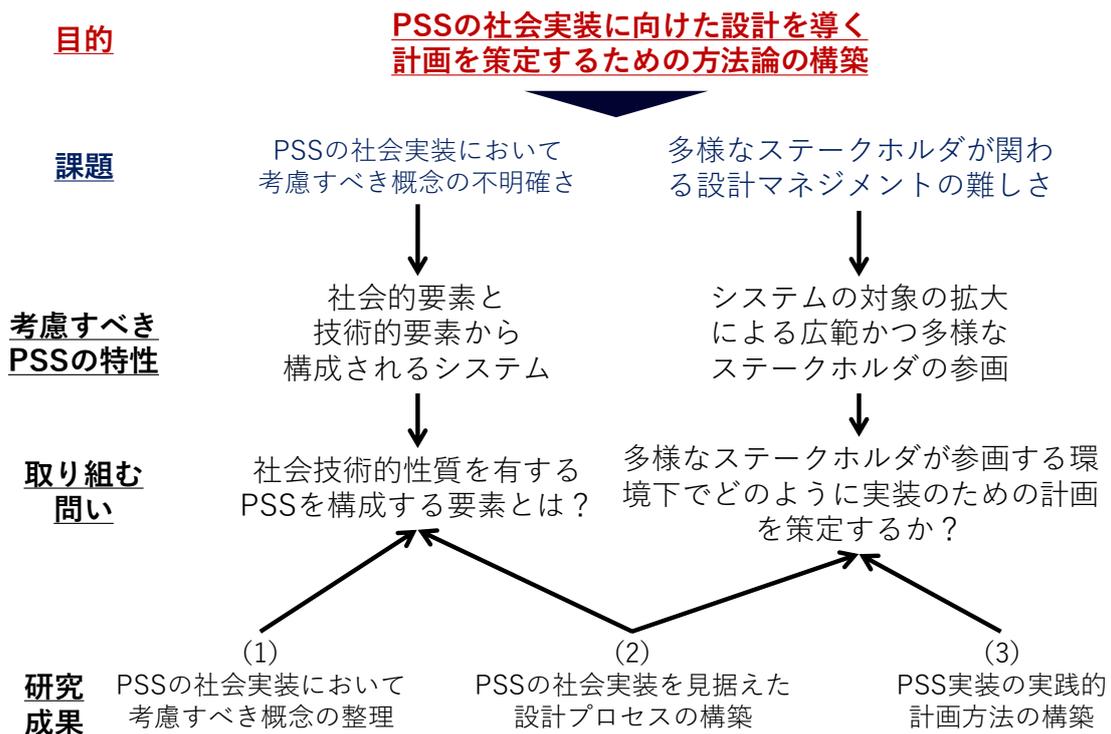


Figure 1-4 本研究の全体像

## 1.3 本論文の構成

本論文は全9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、本研究の専門領域である設計研究の特徴、また、それを効果的かつ効率的に実施する上で必要な研究プロセスを体系化している **Design research methodology** について説明する。そして、上記に基づく本研究の研究方法について述べる。

第3章では、本研究の理論的基盤について説明する。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、本研究が採用する PSS の定義を説明する。次に、PSS の「設計」またその「社会実装」のための既存研究について解説する。ここで、PSS の社会実装に関する既存研究において参照されるイノベーションの普及過程やそのマネジメント方法に関する知見を供するトランジション研究についても説明する。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4章では、本研究における PSS の概念的枠組みを提案する。これにより、社会技術的性質を有する PSS の設計概念や概念間の関係を整理し、提案する実装計画方法論の理論的枠組みを構成する。本章では、既存の PSS の構成要素を整理した研究や、トランジション研究における社会技術システムの構成要素について述べ、それらの概念の関係性について検討し、その後、本研究で提案する PSS の概念的枠組みの詳細を述べる。

第5章では、第4章にて提案した PSS の概念的枠組みに基づき、それらの設計概念を扱うための本研究における PSS の設計プロセスを提案する。本章では、まず、PSS の設計プロセス、トランジション研究における設計プロセスに関する既存研究について述べ、それらとの位置づけを明確化した上で、本研究が提案する設計プロセスについて詳述する。

第 6 章では、第 5 章にて提案した PSS の設計プロセスのうち、PSS の戦略的設計プロセスを対象とし、PSS の実装計画手法を提案する。ここでは、トランジション研究におけるシナリオ設計手法と産業界における戦略計画ツールである Technology roadmapping の統合により、関連する多様なステークホルダが協働可能な PSS の実装計画手法を構築する。

第 7 章では、提案した実装計画方法論を 2 つの PSS 設計事例（獣害対策用 PSS、地域内互助促進のための PSS）に適用した結果や過程について説明する。そして、その適用結果の評価結果についても説明する。

第 8 章では、第 7 章における適用結果に基づき、提案手法の適用可能性、有効性や特徴、課題に関する考察を行う。

第 9 章では、本論文の結論および今後の展望を述べる。

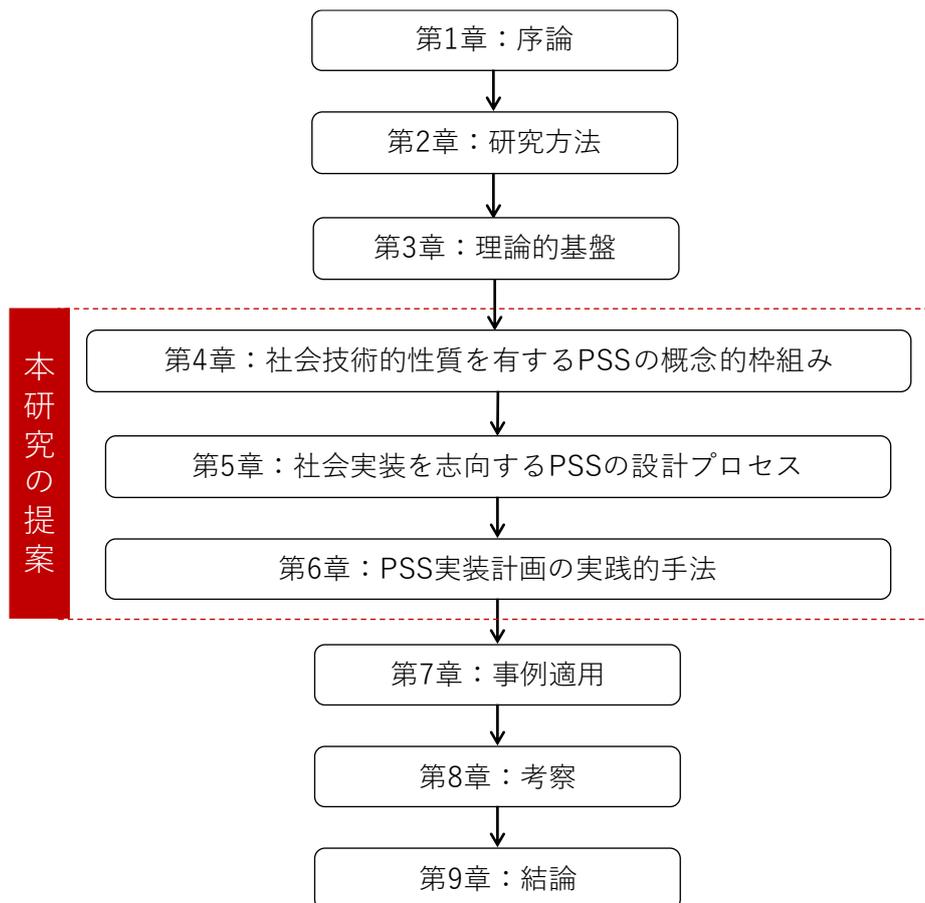


Figure 1-5 本論文の構成



# 第2章 研究方法

---

2.1 はじめに .....	20
2.2 Design research methodology .....	21
2.2.1 設計研究の特徴 .....	21
2.2.2 DRM の構成 .....	22
2.2.3 設計研究の類型 .....	24
2.3 本研究における研究方法 .....	27
2.3.1 Stage 1. PSS 設計研究分野の既存研究の調査と研究目的の設定(RC) .....	27
2.3.2 Stage 2. PSS 設計研究の理論的基盤の獲得(DS-I) .....	27
2.3.3 Stage 3. PSS の実装計画立案手法の構築(PS) .....	27
2.3.4 Stage 4. 提案手法の PSS 実開発事例への適用と評価(DS-II) .....	28
2.4 おわりに .....	29

---

## 2.1 はじめに

第2章では、本研究の研究実施プロセスとして参照する Design research methodology (DRM) について、また、各研究ステップステップの概要について解説する。その後、DRM に基づく本研究の研究方法について述べる。

## 2.2 Design research methodology

### 2.2.1 設計研究の特徴

PSS の設計研究においては、Blessing と Chakrabarti が提唱した Design research methodology (DRM) (Blessing and Chakrabarti 2009) が広く参照されている。Blessing らは、設計研究の主な特徴を以下のように述べている。

- 設計という現象の複雑さ

設計研究の特徴の一つは、設計という複雑な現象を扱う点にある。設計とは、あるニーズを特定し、そのニーズを満たすためのソリューション（設計解）を開発するプロセスと定義される。すなわち、設計は、人間生活のほぼすべての領域に影響を与える。このことから、設計は、動的で複雑、多面的な現象であり、組織的、ミクロ・マクロ経済的文脈の中で、人（設計対象に関連する主体）、プロセス、知識・方法・ツールが相互に関連している。そのため、特定のリサーチクエスション（研究の問い）や仮説に応じて、単一の分野の知識だけではなく、工学、自然科学、人間科学、社会科学など多様な知識が組み合わせられ、応用されるべきとされる。そして、設計研究の方法論は、これを可能にし、支援するものでなければならない。

- 設計研究自体が設計であること

設計研究は、単に現象を理解することだけでなく、設計という活動そのものを改善することを目的としている。そのためには、「(1) 既存の状況（望ましくない状態）を説明するモデルや理論」、「(2) 望ましいあるべきビジョン（モデルや理論）」、「(3) 既存の状況を望ましい状況に変化させ、それを維持するための設計支援のビジョン」が必要である。つまり、設計研究とは設計そのものであり、望ましい状況のモデルや理論、設計支援のモデルや理論の創造と評価を伴うものである。

上記を踏まえた上で、DRM は、「設計という現象に関するモデルや理論の定式化と検証」、そして、「これらのモデルや理論に基づいた設計支援の開発と検証による、設計の実践、マネジメント、教育、そしてその成果の向上」を目的とし、効率的かつ効果的に設計研究を計画・実施するために開発された体系的な方法論であり、以下のように定義される。

*An approach and a set of supporting methods and guidelines to be used as a framework for doing design research.* (Blessing and Chakrabarti 2009)

ただし、DRM は、計画的で円滑な研究プロセスを実現し、それによって有効で有用な結果を得る可能性を高めることを目的としているが、そのような結果を保証するものではない。これは、各研究者はそれぞれ異なる背景や興味、研究の動機が存在し、それに応じて研究プロセスは千差万別であるためである。DRM による貢献は、あくまで、そのような設計研究プロセスの構築を支援することに留まる。

### 2.2.2 DRM の構成

DRM は、以下の Figure 2-1 に示す 4 つのステージによって構成される。Figure 2-1 は、各ステージの関係、使用される基本的な手段、得られる主な成果を示している。黒い矢印のフローは、主要なプロセスを示し、白い矢印は、その反復プロセスを示している。以下で各ステージについて、「設計段階におけるタスク明確化の改善」を目的とした架空の研究の実施プロセスを例に用いながら説明する。

#### (1) Research clarification (RC)

RC ステージでは、研究対象、主要な研究課題、リサーチクエスチョン、仮説、検討すべき関連分野を特定することを目的とする。まず、既存の状況と望ましいビジョンの初期イメージを作成し、その間を埋めるための仮説を導出する。そして、研究の成果を評価するための成功要因 (Successful factor)、すなわち研究目的と、それを構成する測定可能な成功要因 (measurable successful factor) のセットを特定する。本ステージは、主に文献調査によって実施される。

例：まず、研究者はタスクの明確化と製品の成功（顧客要求の充足・利益の向上）に影響を与える要因、特にこの2つを結びつける要因について、文献調査を実施する。その結果に基づいて、研究の成果、すなわちタスクの明確化支援を評価するための尺度として使用できるいくつかの要因を検討する。この際、「利益の増加」のような成功要因は、研究プロジェクトの時間的制約を考えると尺度としては使えないが、「市場投入までの時間の短縮」は有用な要因になり得ることが明らかになった。

#### (2) Descriptive study I (DS-I)

DS-I では、RC で特定した基準に影響を与える要因（影響因子）を特定することで、現状の理解を深めることを目的とする。これによって、どのような影響因子に対処し、改善することが必要なかを明らかにする。本ステージでは、主に文献調査によって実施されるが、影響因子を特定するのに十分な情報が文献から得られない場合は、設計現場の観察や介入、インタビュー等の調査方法が実施される。

例：RC の実施により、明確な研究目的と対象を設定しているため、既存の状況に影響を与える要因（影響因子）についてさらに文献調査を実施する。これは、タスクの明確化を可能な限り効果的かつ効率的に改善するために、どのような要因に対処すべきかを判断するためである。しかし、これらの重要な要因を明確に決定するのに十分な証拠が文献には見当たらなかったため、設計支援の開発を始める前に、設計者の現場を観察し、インタビューを実施した。それにより得られた実証データを分析した結果、タスク明確化の段階での「問題定義の不十分さ」は、設計プロセスの後の工程で「修正に費やされる時間」の割合が高まることと関連していることが示された。一方で、「修正に費やす時間」が多いほど「市場投入までの時間」が長くなるという証拠は特定されなかったが、文献により得られた知見に裏付けられた論理的な推論によって、これが尤もらしいと判断した。これによって、研究者は、現状に対する理解は、次の段階に進むのに十分であると判断した。

### (3) Prescriptive study (PS)

PS では、DS-I で得られた現状の理解に基づき、研究で最も対処すべき影響因子 (Key factor) を特定し、現状を望ましい状態へ改善するための設計支援の在り方のビジョンとして、モデルや理論を構築する。ここで、構築するモデルや理論は、それらを実際に評価可能とするために、手法やツールなどの形式に具体化する必要がある。

例：研究者は、既存の状況の理解を深めた上で、望ましい状況を描き、どのように対処することが望ましいビジョンの実現につながるかについて検討する。そして、取り組むべき Key factor として、「問題定義の質の向上」に焦点を当てることを決定した。これは、「問題定義の質」向上により「修正の工数」が減るはずであり、その結果、「設計時間」が短縮され、最終的には「市場投入までの時間」が短縮され、「利益の増加」を通じて「製品の成功率」が高まるはずであるという仮説に基づく主張である。そして、問題定義の質を向上させるための設計支援の開発を開始する。ここでは、研究者は実践的な支援方法としてソフトウェアツールの開発に取り組んだ。次のステージでは、開発したツールが実際に、問題定義の質向上に効果があるかどうか評価される。

### (4) Descriptive study II (DS-II)

DS-II では、PS で構築した理論、モデルを実際の設計に適用し、それが意図した活動に適用可能であり、キーファクターに対し期待される効果が実現されるかを実証的に評価する。また、この適用結果に基づいて、当初の仮説を評価し、設計支援の具体化や改善方法についても明らかにする。

例：研究者は、開発ツールの効果を評価するために、2つの実証研究を実施した。第一の実証では、ソフトウェアが高品質の問題定義を促進し、支援するために活用可能かの適用可能性を評価した。第二の実証では、実際に修正に費やす時間が短縮されたかどうか、そしてそれが最終的に市場投入までの時間を短縮したかの観点で、ソフトウェアの有効性を評価した。その結果、開発したツールは適用可能であるが、有効性は予想よりも低いことが示された。研究者は、この原因として、実際に開発されたソフトウェアは意図した支援範囲の一部であること、また、問題定義を最新の状態に保つのに必要な時間が多いことなどを考察した。これらから、研究者は、提案したコンセプトは有望であるが、問題定義を最新の状態に保つためには、さらなる調査が必要であると結論付けた。そして、ツールの改善の前に、望ましい状況のビジョンの再設定のために、DS-Iの再検討に移行した。

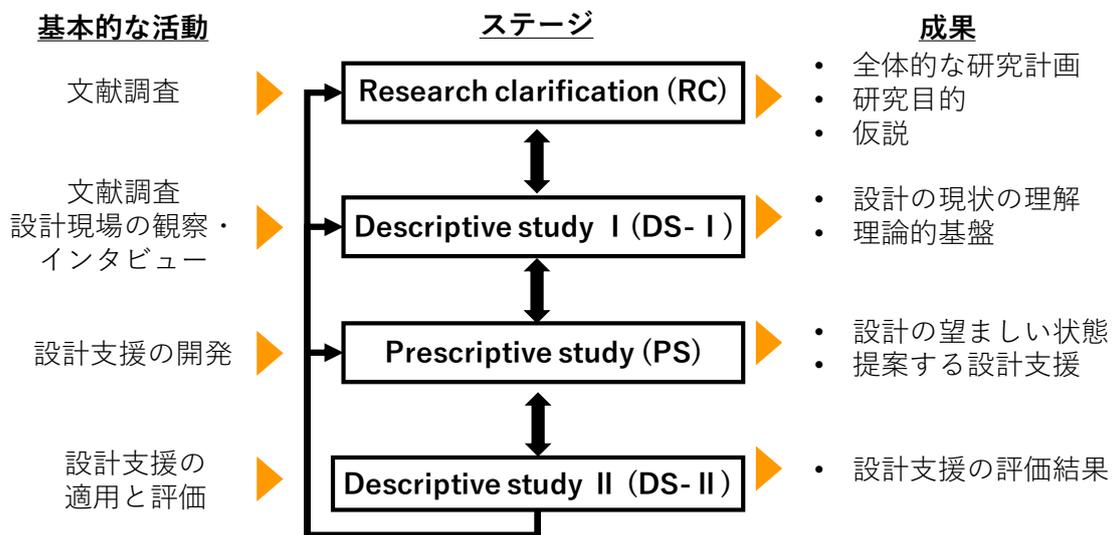


Figure 2-1 DRM の構成 (Blessing and Chakrabarti 2009)

### 2.2.3 設計研究の類型

DRM は、基本的に包括的な設計研究プロセスを提示するものであるが、研究プロジェクトが必ず全ステージを実施すること、また、各段階を均等に深く研究することを前提とはしていない。そのため、Blessing らは、DRM のフレームワークに基づく研究の7つのタイプを整理している。これらは、リサーチクエスチョンや仮説、プロジェクトにて利用可能な時間とリソースによって、実施する研究のタイプが決定される。以下に各タイプについて説明する。

### Type 1. Comprehensive study into criteria

本タイプの研究は、研究対象の成功要因と測定可能な成功要因がほぼ把握できていない場合に実施される。DS-I の実施によって、何が研究目的を構成するのか、どのような指標を使用可能かについて明らかにすることが目的となる。主に、新規研究プロジェクトの立ち上げ期がこれにあたる。

### Type 2. Comprehensive Study of the Existing Situation

本タイプでは、RC での文献調査により、要因は特定されているが、現在の状況を改善するために取り組むべき最も関連性の高いキーファクターが不明な場合に、現状をよりよく理解するための包括的な (Comprehensive) DS-I を実施する。その後、十分な理解が得られた際に、その知見に基づき設計改善の在り方を検討する初期 (Initial) PS を実施する。これには、対処した場合に研究目的の達成に大きな影響を与えるキーファクターを決定し、それらに対処する方法を提案することが含まれる。

### Type 3. Development of Support

文献調査と推論 (Review-based DS-I) から得られた現状の理解が十分であり、既存研究において、描いたビジョンを実現するための支援が存在しない、または、不十分である場合に、包括的な PS を実施し、設計支援のモデル・理論の構築に取り組む。ここで開発された設計支援のモデル・理論は、初期段階の DS-II によって評価される。

### Type 4. Comprehensive Evaluation

設計支援は開発されているが、その適用効果の評価が為されていない場合、不十分な場合、また、評価の妥当性が疑わしい場合に包括的な DS-II を実施する。ここでの評価は、提案した設計支援が改善しようとしている状況を理解するための Review-based DS-I と、設計支援とそれにより期待される効果 (期待される状況) を理解するための Review-based PS に基づいて行われる。これは、設計支援の前提や開発方法が間違っていることがあるためである。そして、評価後に、改善のための提案 (初期 PS)、またはさらなる研究発展のための提案 (包括的 PS) を実施する。

### Type 5. Development of Support Based on a Comprehensive Study of the Existing Situation

設計支援の開発を目的としているが、現状の理解度が低い場合に実施する。このタイプの研究プロジェクトは、Type2 と Type3 を組み合わせたものになる。そのため、研究では、理解の発展 (包括的 DS-I) と、それに基づく設計支援の発展 (包括的 PS) の両方を実施し、これに続いて初期 DS-II によって評価する。

Type 6. Development of Support and Comprehensive Evaluation

本タイプは、Type3 と Type4 を組み合わせたものである。文献から得られた現状の理解度 (Review-based DS-I) は、支援を展開するのに十分であり (包括的 PS)、プロジェクトのリソースがあれば、支援の正式な評価を行うことができる (包括的 DS-II) 研究プロジェクトはこのタイプにあたる。また、評価結果と利用可能なリソースに応じて、PS または DS-I の再検討が行われる。

Type 7. Complete Project

本タイプは、DRM の各段階を包括的に実施する。Review-based RC に基づき、現状の包括的調査 (包括的 DS-I)、設計支援の開発 (包括的 PS)、設計支援の正式な評価 (包括的 DS-II) を実施する。続いて、必要に応じて設計支援の内容を修正し、理解を深める。研究プロジェクトによっては、基準そのものの再調査から始める必要がある場合も考えられる (タイプ 1 と同様)。DRM のすべてのステージを詳細に実施するには、相当量の時間とリソースが必要となるため、このタイプは、非常に限定的な範囲の問題に対処する場合を除き、一つの研究グループの単位で取り込まれるのが一般的である。

Research Clarification	Descriptive Study I	Prescriptive Study	Descriptive Study II
1. Review-based	→ Comprehensive		
2. Review-based	→ Comprehensive	→ Initial	
3. Review-based	→ Review-based	→ Comprehensive	→ Initial
4. Review-based	→ Review-based	→ Review-based Initial/ Comprehensive	→ Comprehensive ←
5. Review-based	→ Comprehensive	→ Comprehensive	→ Initial
6. Review-based	→ Review-based	→ Comprehensive	→ Comprehensive
	↑	↑	↑
7. Review-based	→ Comprehensive	→ Comprehensive	→ Comprehensive
	↑	↑	↑

Figure 2-2 DRMに基づく研究の類型 (Blessing and Chakrabarti 2009)

## 2.3 本研究における研究方法

本研究では、前節にて紹介した DRM を基に研究方法を構築する。一方で、本研究の対象は、あくまで PSS の設計を導く実装計画の策定までであり、実際に PSS の設計解の導出までは観測できないため、適切な測定可能な要因を設定することは困難であった。そのため、本研究の検証に関わるプロジェクトのメンバーに対して、提案した実装計画方法の適用可能性と有効性についての調査を実施した。そして、これらのフィードバックに基づいて、研究のプロセスと成果を振り返り、当初の研究目的に実際に貢献したかについて考察した。つまり、本研究は、2.2.3 項にて紹介した類型のなかでの Type3 にあたるものである。以下に本研究における研究方法についての説明を示す。

### 2.3.1 Stage 1. PSS 設計研究分野の既存研究の調査と研究目的の設定(RC)

PSS 研究分野に関する最初の文献調査と産業界や他の研究者との議論に基づいて、本研究の目的と研究の焦点を最初に定義する（第 1 章）。これにより、PSS 研究における一連の予備的な研究課題を策定し、その後の文献調査を方向付ける。

### 2.3.2 Stage 2. PSS 設計研究の理論的基盤の獲得(DS-I)

本研究では第 1 章にて述べた様に PSS の性質を社会技術システムとして捉える。そのため、既存研究における社会技術システムに関する理論的な枠組みを PSS の領域に適用、統合することで、新たな PSS の枠組みを構成する必要がある。そのフレームワークを構築するため、まず、PSS の性質および設計に関連する研究、また、社会技術システムやその設計の関連研究を包括的に調査することで、本研究が参照する理論的基盤を獲得する（第 3 章）。

### 2.3.3 Stage 3. PSS の実装計画立案手法の構築(PS)

Stage2 で得られた理論的基盤に基づき、本研究では、社会技術システムとしての PSS の構成概念について整理した概念的枠組み（第 4 章）と社会課題解決に向けた PSS の社会実装実現に必要な設計プロセスを構築する（第 5 章）。そして、構築した PSS の概念的枠組みと設計プロセスに基づき、PSS の社会実装に向けた設計の在り方を明確化するための実装計画手法を構築する。本手法の構築にあたっては、戦略計画の概念に関する既存の知識や手法について調査し、それにより習得した知識に基づき、PSS の実装計画に求められる要件を明らかにする。そして、導出した要件に基づき、それを実際の

PSS 開発において実践可能な手法として開発する。第 6 章にて、開発した手法について説明する。

### 2.3.4 Stage 4. 提案手法の PSS 実開発事例への適用と評価(DS-II)

開発した PSS の実装計画手法を PSS の開発に適用し、実証的研究を行う。本研究では、事例適用を通して提案手法の適用可能性と有効性を評価し、提案手法が意図したタスクを実践できるか、期待される効果が実現されるかを分析する。実際に本ステージでは、提案手法を都市郊外の獣害抑制支援のための PSS 開発プロジェクトと、都市近郊における多世代間の持続的な社会的接点維持のための PSS 開発プロジェクトに適用した(第 7 章)。この評価結果に基づき、本研究の有効性や限界、今後の研究に必要な改善点について考察した(第 8 章)。

## 2.4 おわりに

本章では、本研究で参照する設計研究の実施方法を整理した DRM の概要と、それに基づく本研究の研究方法について説明した。

第 2 節では、設計研究の特徴とそれに基づく DRM の概要、加えて、研究の段階に応じた DRM の研究類型について述べた。

第 3 節では、DRM に基づき、本研究を類型の中の Type3 と位置付けた上で、本研究の全体的な研究実施プロセスについて説明した。

以降の章では、2.3 にて説明した、研究方法における Stage2~4 の内容について、その詳細を論じる。



# 第3章 本研究の理論的基盤

---

3.1 はじめに .....	32
3.2 製品サービスシステム(PSS).....	33
3.2.1 PSS の類型 .....	33
3.2.2 既存研究における PSS の定義 .....	37
3.2.3 本研究における PSS の定義 .....	40
3.3 PSS の設計研究.....	42
3.3.1 PSS の設計 .....	42
3.3.2 PSS の設計方法論の諸研究.....	44
3.4 PSS の社会実装.....	53
3.4.1 トランジション研究の概要 .....	53
3.4.2 PSS の実装に関する諸研究.....	61
3.5 本研究の位置づけ .....	64
3.5.1 先行研究と比較した本研究の位置づけ .....	64
3.5.2 本研究における「設計」と「持続可能性」.....	66
3.5.3 本研究の提案内容の概要 .....	68
3.6 おわりに.....	73

---

### 3.1 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、本研究における PSS の定義を説明する。その後、既存の PSS に関する設計方法論について解説する。加えて、本研究では社会課題解決に向けた PSS の社会実装を最終的な目的とするため、PSS のようなイノベーションを社会に実装し、普及させ、持続可能な社会への体系的変化（トランジション）を達成するための知見を供するトランジション研究について解説する。これらを踏まえて、先行研究の課題を明らかにし、本研究の位置づけを明確にする。

## 3.2 製品サービスシステム (PSS)

### 3.2.1 PSS の類型

PSS とは、製品とサービスを統合することで、特定の機能を実現し、その社会実装を通して目的とする価値を創造するシステムのことを指す。PSS の具体例は Table 1-1 に示した通りである。PSS 研究分野においては、様々な研究者によって、PSS の定義や分類がなされているが、その中でも代表的な PSS の分類を Figure 3-1 に示す。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 (Tukker 2004)。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 つに大別される。PoP は、製品の所有権は顧客にあり、提供者がその製品に対する付加的なサービス (メンテナンスやコンサルティング) 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、顧客自身が製品を使用し、その使用を通じて価値を得る PSS を指す。製品のレンタルやリース、シェアなどがこれに該当する。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、顧客はその結果だけを購入するような PSS を指す。この分類には、機能販売や業務のアウトソーシングなどが該当する。

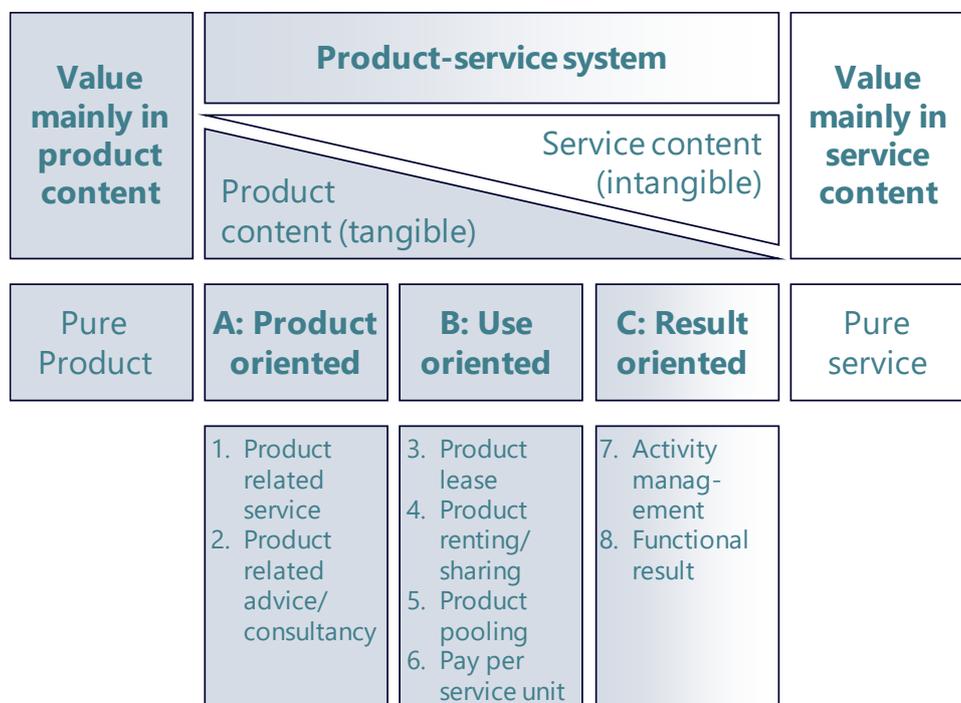


Figure 3-1 Tukker による PSS の類型 (Tukker 2004)

また、Neely は、先進国における製造業の PSS 戦略の分析を通して、Tukker の分類スキームを拡張し、新たに「Integration-oriented PSS (IoP)」「Service-oriented PSS (SoP)」のカテゴリを追加している (Neely 2008)。IoP は、製品の所有権は顧客に帰属するが、垂直統合によってサービスを下流に追加する特徴を示す。金融サービス、小売・流通、輸送・トラック輸送サービス、不動産サービスなどがこれにあたる。SoP は、PoP、IoP と同様に、製品の所有権は顧客にあるが、付加されるサービスが実現するの価値提供に必要な不可欠な点で、PoP と異なる。例えば、健康状態モニタリングシステムやインテリジェンス自動車の健康管理サービスなどがこれに該当する。上記を含めた PSS の 5 つの分類を Table 3-1 に示す。

Table 3-1 Neely による PSS の類型 (Neely 2008)

Integration-oriented PSS	Integration orientated product–service systems involve going downstream by adding services through vertical integration. Ownership of the tangible product is still transferred to the customer, but the supplier seeks vertical integration, e.g. by moving into retail and distribution; financial services; consulting services; property and real estate services; and transportation and trucking services. One way of thinking about integration-oriented PSS is by thinking of products plus services
Product-oriented PSS	With product oriented product–service systems ownership of the tangible product is transferred to the customer, but additional services directly related to the product are provided, e.g. design and development services; installation and implementation services; maintenance and support services; consulting services; outsourcing and operating services; procurement services. One can conceptualise product-oriented PSS as products plus services that are integral to the product
Service-oriented PSS	Service oriented Product–Service Systems incorporate services into the product itself. Ownership of the tangible product is still transferred to the customer, but additional value-added services are offered as an integral part of the offering, e.g. Health Usage Monitoring Systems and Intelligence Vehicle Health Management. Option 3 is the first option which involves a coupled product and service, as opposed to product plus service
Use-oriented PSS	Use oriented Product–Service Systems shift focus to the service (which is delivered through product) . Often ownership of the tangible product is retained by the service provider, who sells the functions of the product, via modified distribution and payment systems, such as sharing, pooling, and leasing
Result-oriented PSS	Result oriented Product–Service Systems seek to replace the product with a service, thereby doing away with the need for the product, or certainly an individually owned product. A classic example would be voicemail services where the service itself replaces the need for individuals to own their own answering machines

さらに近年では、議論されてきた PSS の分類と、各分類の PSS により実現される持続可能な価値の関係性についても議論されている。Yang らは、上記の PSS の分類のうち、PoP, IoP, UoP, RoP を対象とし、PSS 提供企業へのインタビューを通して、それぞれが実現する持続可能な社会的・環境的・経済的価値を分類した (Yang and Evans 2019)。Figure 3-2 は各タイプの PSS が実現する価値の分析結果を示したフレームワークである。(a) のブロックは、PSS の 4 つの分類で共通して実現される持続可能な価値を示しており、結果志向になるほど、これらの特徴が強くなる。例えば、すべての PSS は、「収益の増加」と「顧客のコスト削減」という経済的価値や、「脱物質化」という環境的価値、「雇用の増加」という社会的価値などを有している。(b) のブロックは、PoP には見られない、IoP, UoP, RoP の持続可能な価値を示している。例えば、これら 3 つの PSS は、「顧客の廃棄物の利用」という経済-環境価値を有しているが、PoP にはこの価値はみられない。(a) と同様に、結果志向であればあるほど、これらの特徴は強くなる。また、(c) ブロックは、UoP, RoP の有する価値を示しており、異なる市場へ向けた製品のリユースや再製造活動の向上などを実現する経済-環境的価値「リソースや製品の使用率の改善」が該当する。(d) ブロックは、RoP 特有の持続可能な価値を示す、例えば、RoP は、製品を構成するパーツや副産物の利用率を高め、他の PSS タイプには見られない「総排出量の削減」が実現可能である。(e) ブロックは、UoP 特有の価値を示している。すべてのタイプの中で、顧客や金融機関のリスクを低減させることができるのは、UoP のみに見られる特徴である。一方で、(f) ブロックは、PoP 特有の価値を示しており、例えば、顧客が所有権を有することで、製品を大切に使う可能性が高くなり、結果的に製品が長持ちする可能性があることが言及されている。

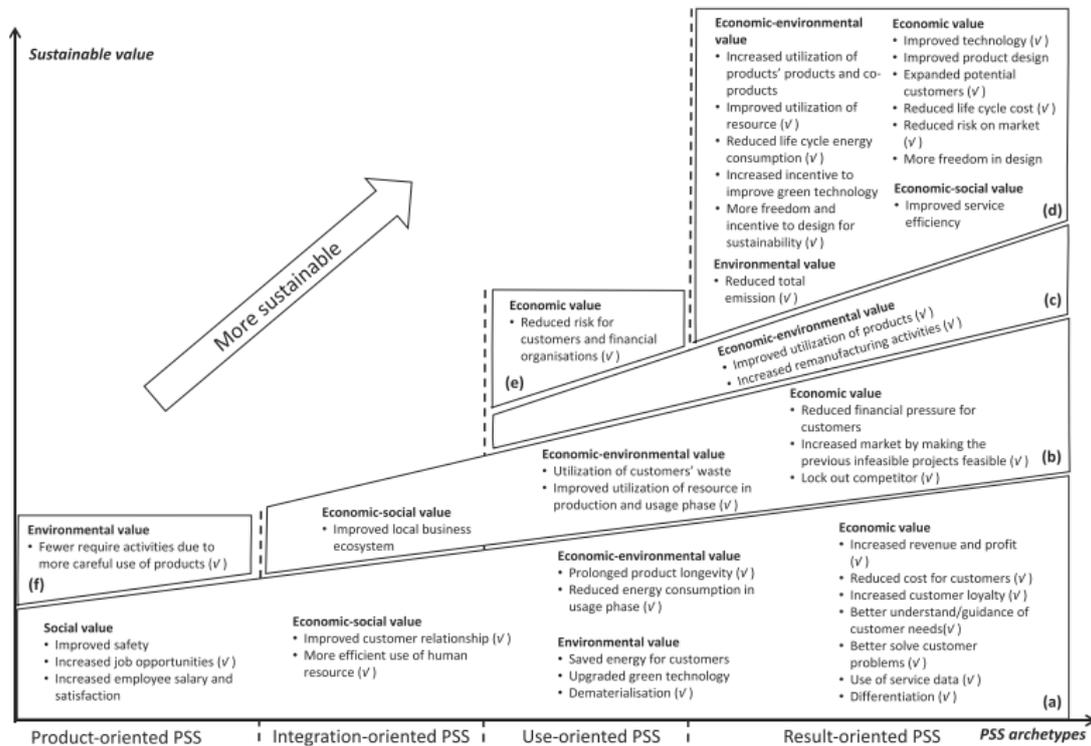


Figure 3-2 PSS の分類と持続可能な価値のフレームワーク (Yang and Evans 2019)

### 3.2.2 既存研究における PSS の定義

PSS は、1999 年にその概念が初めて提唱されて以来、欧州や日本、中国を中心に研究が進められてきた。PSS に関する研究は、比較的新しい研究分野であるため、現在のところ、PSS の定義に関する統一的な見解はないが、既存研究における PSS の定義は、「システム」という用語の解釈により、(1) 製品とサービスの統合物、(2) 社会技術システムの 2 つに大別可能である。ここでは、その分類ごとに代表的な定義について説明する。

#### (1) 製品とサービスの統合物としての解釈

*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, Verkuijl, and Tukker 2002)*

*A PSS is an integrated product and service offering that delivers value in use. (Baines et al. 2007)*

*An offer model providing an integrated mix of products and services that are together able to fulfil a particular customer demand (to deliver a ‘unit of satisfaction’), based on innovative interactions between the stakeholders of the value production system (satisfaction system), where the economic and competitive interest of the providers continuously seeks environmentally and socio-ethically beneficial new solutions. (Vezzoli et al. 2015)*

これらの定義では、有形な製品と無形なサービスから構成される提供物としての位置づけが強調されている。言い換えれば、提供者と顧客間でやり取りされる財として PSS を捉えている。

このうち、Tischner の定義は、顧客のニーズを充足するために“設計されたもの”であるとしている点特徴的である。すなわち、明確な意図や効果のない製品とサービスの混在は PSS ではなく、適切に設計されてこそ PSS と呼ぶことができるという指摘である。例えば、修理のしやすさを向上させた構造の製品を用いることで、修理コストを低減する、あるいはサービスを通じて得た製品使用データを利用して新たな製品技術を開発するなど、製品とサービスの相乗効果を設計することが重要になる（坂尾 2013）。

また、Bains らの定義では、PSS は使用価値 (Value in use) の提供を意図するものであることが主張されている。使用価値とは、使用を通じて生まれる価値を意味するものであり、製品自体に埋め込むことのできる価値 (性能や品質など) とは異なる。Tan らは、このような PSS の特徴を Figure 3-3 のように表現している。PSS は、顧客が製品を使用する段階においてサービスを組み合わせることで、製品単体では充足しえない顧客の様々なニーズを充足する。これにより、「導入 (Installation)」、「導入 (Use)」、「廃棄 (Disposal)」など製品販売以降のライフサイクル全般において価値を生み、提供者は継続的に対価を得ることができることを本図は示している。

さらに、Vezzoli らの定義では、より持続可能性の達成が強く意図されたものであり、PSS は、特定の顧客要求を満たすだけでなく、社会・環境的な価値も同時に満たされるものとしている。また、本定義に基づく PSS の設計においては、必ずしも技術的革新は必要不可欠ではなく、システムの持続可能性実現へのアプローチ、すなわち、有益で環境効率的、社会的に公平かつ、実装するローカルな社会環境に適した、凝集性のある解決策を継続的に追求する新たなステークホルダのインタラクションの設計が重要視されている。このように、近年においては、PSS は、顧客ニーズの充足を目的とした、製品とサービスの統合による社会・経済・環境的に持続可能なビジネスモデルを指し示す傾向が高まっている (Annarelli, Battistella, and Nonino 2016)。

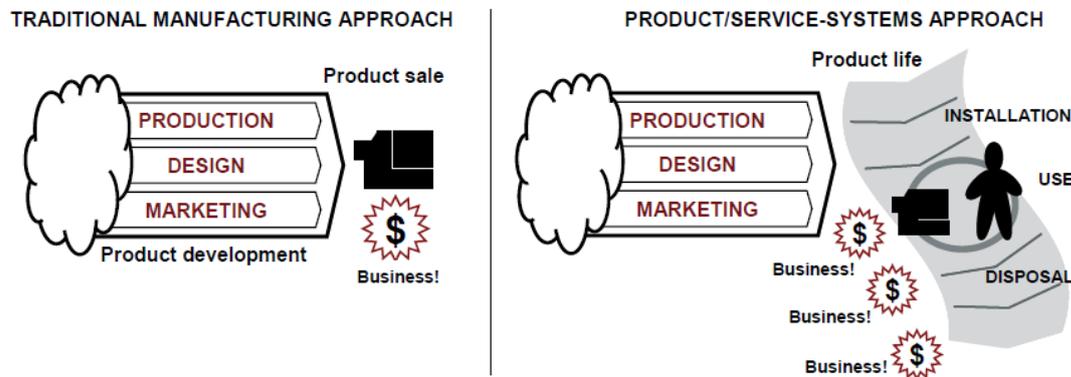


Figure 3-3 製品のライフサイクル全般にわたる価値創造 (Tan 2010)

## (2) 製品とサービスの統合物を提供するための社会技術システムとしての解釈

*A system of products, services, supporting networks and infrastructure that is designed to be: competitive, satisfy customer needs and have a lower environmental impact than traditional business models. (Mont 2002b)*

*A social construction, based on “attraction forces” (such as goals, expected results and problem-solving criteria) which catalyse the participation of several partners. A PSS is a result of a value co-production process within such a partnership. Its effectiveness is based on a shared vision of possible and desirable scenarios. (Morelli 2006)*

*Product-service system (PSS) : the product-service including the network, technological infrastructure and governance structure needed to ‘produce’ a product-service. (Tukker and Tischner 2006)*

上記の定義では、製品とサービスだけでなく、それを生産・提供するためのインフラや、企業や組織など主体のネットワーク、ガバナンス体制などを含むシステムとしての位置づけが強調されている。特に、Morelli の定義は、製品やサービスといった技術的側面には言及せず、ある特定の目的やビジョンに向けて、複数のステークホルダにより構成される社会構造内での価値の共同生産のアウトプットとして定義している点で、特徴的である。これは、「システム」の範囲を、提供物としての製品やサービスの役割といった技術的側面だけでなく、ネットワークにおいて主体が果たす役割などの社会的側面まで広げた解釈である。このような技術的な機能と社会的な機能の双方を考慮したシステムは、社会技術システム (Socio-technical system) (De Greene 1973) とも呼ばれる。すなわち、これらの定義は、PSS をある種の社会技術システムと捉えるものである。こ

れに対して、Meierらは、法人顧客向け（Business-to-Business: B2B）のPSSをIndustrial Product-Service System（IPS<sup>2</sup>）と呼び、下記のように定義している。

*An Industrial Product-Service System (IPS<sup>2</sup>) is characterized by the integrated and mutually determined planning, development, provision and use of product and service shares including its immanent software components in Business-to-Business applications and represents a knowledge-intensive socio-technical system. (Meier, Roy, and Seliger 2010)*

本定義は、IPS<sup>2</sup>は社会技術システムの種類であることを明記している。この定義に基づき、Meierらは、IPS<sup>2</sup>の概念図をFigure 3-4右部のような、様々な製品とサービスが相互にやりとりされるシステムとして表現し、Figure 3-4中央の単なる製品とサービスを統合した提供物とは区別して考えるべきであると指摘している。TukkerによるPSSの定義も、これと同様であり、製品とサービスを統合した提供物を“a product-service”と呼び区別して扱っている。

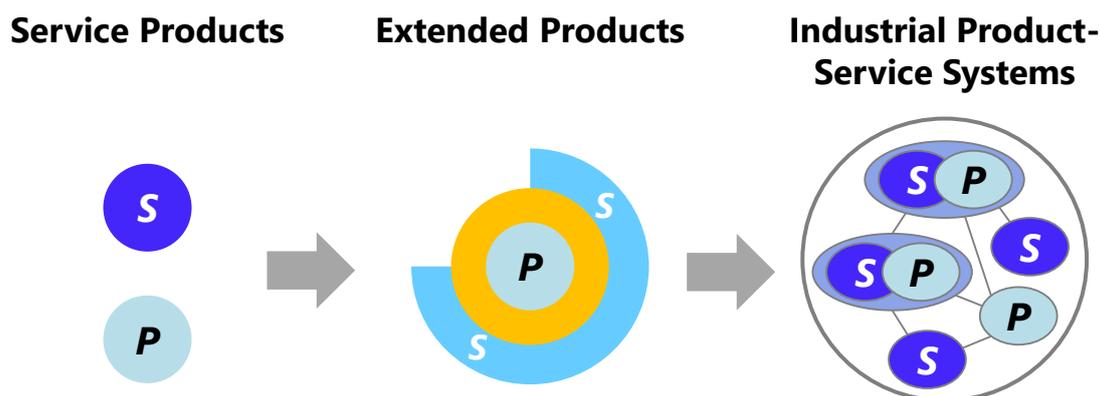


Figure 3-4 Industrial Product-Service System ([Meier 2010] をもとに作成)

### 3.2.3 本研究におけるPSSの定義

第3.2.2項では、本研究の対象であるPSSについて、既存の定義を述べた。そこでのPSSというシステムの特徴は、以下のように整理できる。

- 単に製品とサービスが混在したものではなく、使用価値を実現するために意図的に設計されたものである。
- それが実装されるローカルな環境に適し、社会・経済・環境の3側面において持続可能な価値を有するシステムである。

- 技術的側面だけでなく、その提供・受給を担う主体の社会経済的ネットワークや規範・文化、ガバナンス体制などの社会的側面までを含む社会技術システムの一つである。
- ある問題解決に向けた共通の目的・ビジョンを有するステークホルダのネットワークで価値の共同生産が行われた結果である。

本研究では、これらの主張を踏まえ、主に (2) の PSS を社会技術システムとする解釈に重点を置いて、PSS を以下のように定義する。

*PSS とは、ある特定の問題解決に向けた共通目的の下で、製品とサービスの統合により構成される技術的側面と、その価値の適切な実現のための社会的側面により構成される社会技術システムである。*

※価値：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使用価値を含む

## 3.3 PSS の設計研究

### 3.3.1 PSS の設計

前節に示したように、PSS は、単なる製品とサービスの統合ではなく、意図して設計されたものでなければならない。ここでの設計対象である「PSS の構造」は、価値を実現するための具体的な製品やサービスといった技術的側面だけでなく、社会経済的ネットワークや規範・文化、制度的体制など社会的側面も含む。それゆえ、PSS の構造の設計（PSS 設計）において、その設計対象は広範に渡り、また既存の様々な設計研究とも関連する。そのため、本項では、「PSS 設計」の境界を明確化する。

本研究においては、Joore らが提案している、持続可能社会に向けたイノベーションにおいて設計対象として考慮すべき、PSS を含む異なるシステム間の階層性と設計活動のインタラクションを定義した Multilevel design model (MDM) (Joore and Brezet 2015) を基にして、PSS 設計の境界を議論する。MDM に基づくと、システムの階層性は Figure 3-5 のように定義される。以下に、MDM における各システムの概要を説明する。

- 社会システム

MDM の最上層に位置するシステムであり、特定の国または地域に住み、共有の習慣、法律および組織を持っている人々のコミュニティである。本システムは、物質的、組織的、政策的、制度的、社会的、文化的、インフラ的な要素の組み合わせから構成される。社会システムは、いくつかの影響圏と領域に跨っており、これらの領域間の境界を容易に決定することができないため、システムを構成している、あるいは、構成していない要素について、もはや完全な定義を行うことはできない。

- 社会技術システム

人工物、技術、知識、ユーザの慣習・規範、規制、文化、インフラ、ネットワークを含む、特定の社会的機能を果たす要素の集合体 (Geels 2004) を示す。本システムは、必ずしも相互に関連していない多数の構成要素が組み合わせられ、その中のいくつかの要素が組を成し、相互関係を持つ機能の組み合わせを果たす。本システムは PSS、インフラ、法律、文化的・社会的側面が相互に依存して全体を形成している。

- 製品サービスシステム

製品サービスシステムは、物理的な構成要素と組織的な構成要素から構成されており、それらが一体となって特定の機能（時間と場所で定義可能）を果たす。PSS は、1 つ以上の明確に定義された機能を果たす。

- 製品技術システム

MDM の最下層に位置するシステムであり、人間の活動や機械の加工プロセスによって製造される物理的な実体として定義される。本システムは、技術的要素で構成され、一般的に 1 つ以上の明確に区別できる機能を果たす。

Joore らは、これら 4 層は独立するものではなく、各々の設計情報を関連付けることで全体構造を設計する重要性を主張している (Joore and Brezet 2015)。ところで、MDM における PSS の解釈は、前項における (1) の視座に立つものであり、PSS の社会的側面が存在することは認めつつも、構成要素の対象外としている。一方で、本研究では、PSS の技術的側面・社会的側面の双方を考慮しているため、その設計範囲は、MDM における PSS に留まらない。本研究における PSS 設計は、MDM における社会技術システムを構成する要素をまでを対象に含む。つまり、ここでは、どのような価値を、どのような製品とサービスの組み合わせにより創造するかといった技術的側面から見たシステム設計と、どのような新たな主体のネットワークを構成し、またどういった既存の規範や文化、制度の変革を通じて、それを実現するべきかといった社会的側面から見たシステム設計を行う。そのため、本研究では、Figure 3-5 の赤枠で囲んだシステムの領域を PSS と再解釈し、設計範囲の境界とする。

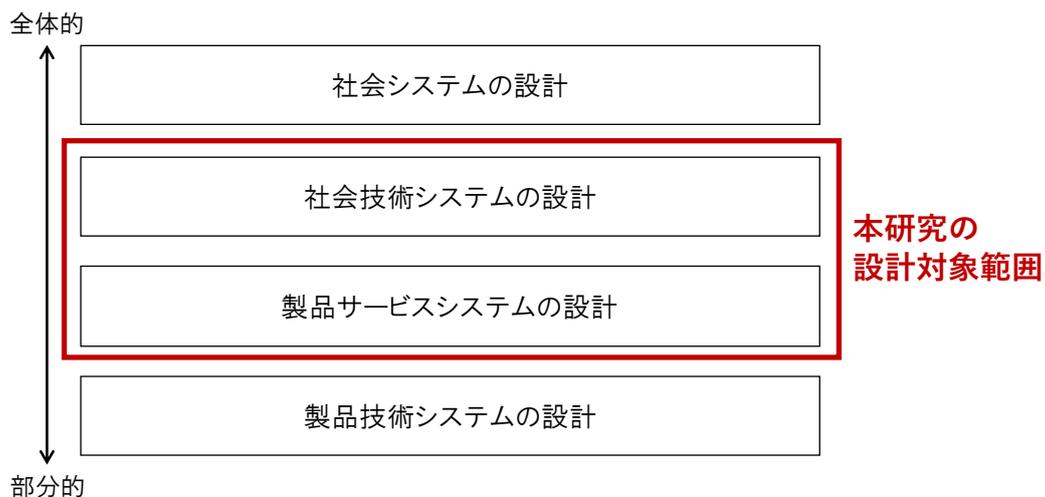


Figure 3-5 MDM におけるシステムの階層と本研究における PSS 設計の境界

### 3.3.2 PSS の設計方法論の諸研究

欧州（特に、ドイツやデンマーク、スウェーデン、フランスなど）や日本では、2000年代前半から PSS の設計方法論が研究されてきた（Cavaliere and Pezzotta 2012; Vasantha et al. 2012）。これらの研究は、PSS の構造を設計するための手法やツール、プロセス等を提供するものである。現状、実務現場での一般化には至っていないが、基礎研究や応用研究の段階として一定の成果を上げている。以下では、その代表的な研究を紹介する。

本分野では、サービス開発のための設計プロセス（Morelli 2003）についての議論を始めとし、様々な研究者によって PSS 設計方法が提案されてきた。Morelli は、当初 PSS の設計プロセスを以下のように定義した。

- Value proposition: PSS が満たすべきニーズの定義。
- Market analysis: ターゲットユーザと使用パターンの定義, 類似サービスと関連サービスの分析。
- Product/service definition: PSS のアーキテクチャと主な機能の定義。
- Use-case analysis: いくつかの利用条件を分析する。このフェーズで作成された仮説は、主要な機能, 要件, 優先順位を定義するために使用される。
- Prototype architecture: 前のフェーズの結果に基づいて、サービスのプロトタイプ of 構築。
- Test: プロトタイプをテストし、使用パターンやソリューションの有効性に関する指標を生成。
- Final definition: プロトタイプの再定義。

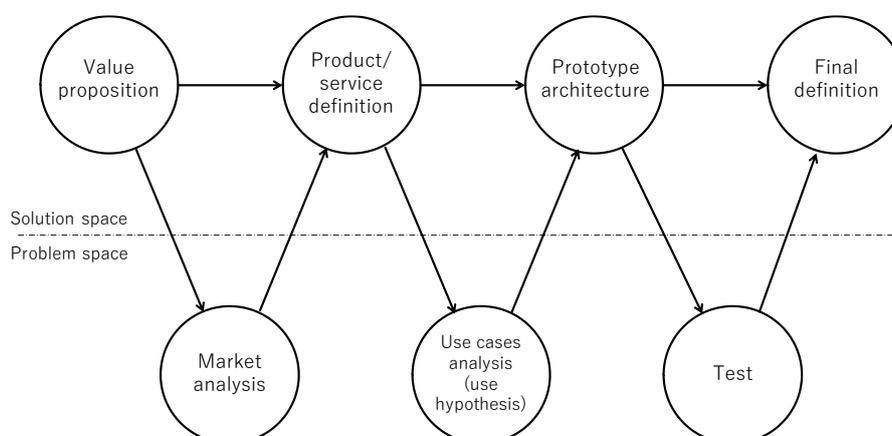


Figure 3-6 MorelliによるPSSの設計プロセス（Morelli 2003）

その後, Morelli は, 上記の設計プロセスにおける設計活動を支援することを目的に, PSS の実現構造を, PSS に介在するステークホルダと各主体の活動 (プロセス) を表すモデルを用いて表現するための手法を提案している (Morelli 2006) (Figure 3-7). また, Aurich らは, 製品設計と技術的サービス設計のプロセスを統合した PSS の体系的設計プロセスを提案している (Aurich, Fuchs, and Wagenknecht 2006). 彼らは, 設計段階におけるサービスの仕様決定を支援するために, オブジェクト指向のサービス設計モデルを提案している (Figure 3-8).

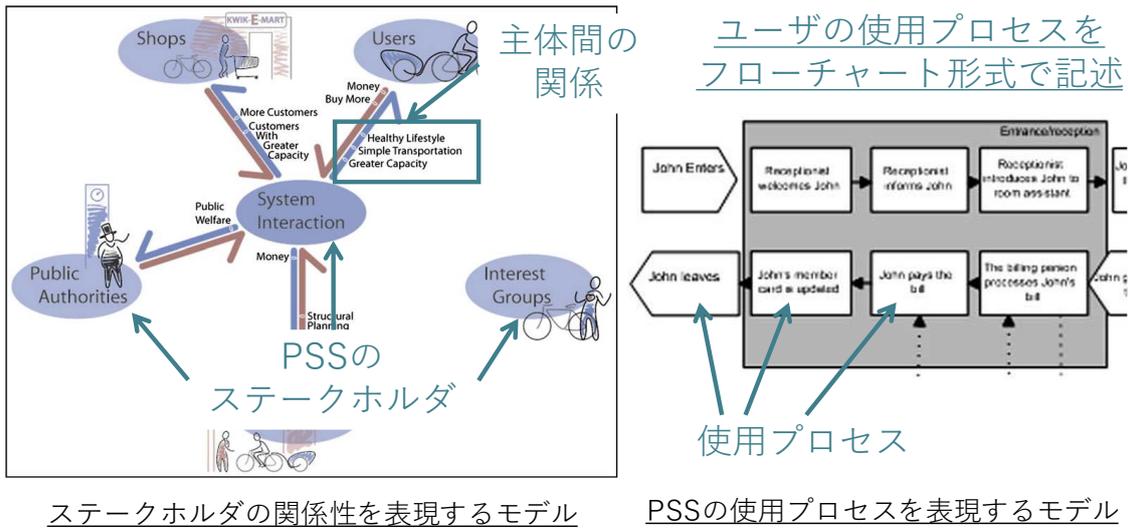


Figure 3-7 Morelli による PSS のモデル化手法 ((Morelli 2006) をもとに作成)

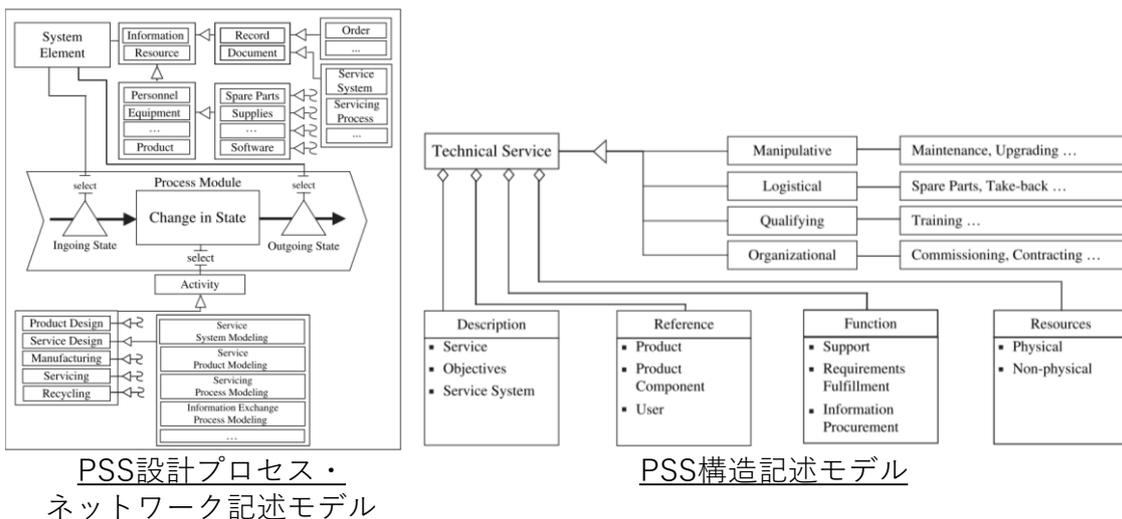
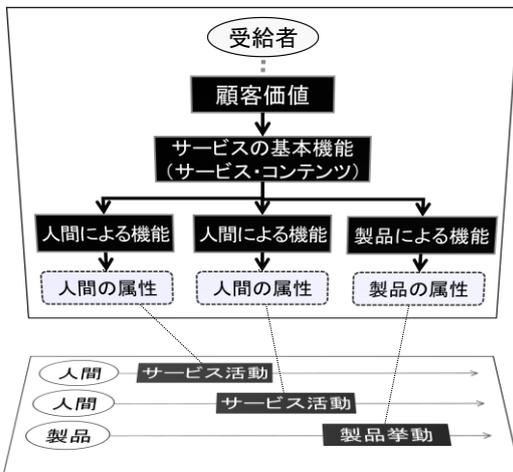
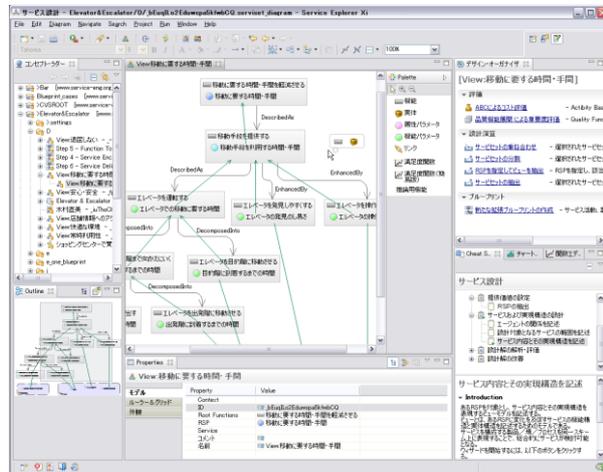


Figure 3-8 Aurich らによるオブジェクト指向 PSS 構造記述モデル ((Aurich, Fuchs, and Wagenknecht 2006) をもとに作成)

他方、日本においては、2000年以降、下村らによって、サービスの工学的な理解とその設計方法論の構築を目指すサービス工学が推進されている（下村 2005）。サービス工学では、サービスを「受給者が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」と定義しており、PSSの設計研究の一つとして広く認識されている。サービス工学におけるPSS設計手法は、顧客分析、機能設計、提供プロセス設計からなる（Shimomura, Hara, and Arai 2009）。Figure 3-9 (a)は、本手法の基本的な考え方を示す図である。本手法では、顧客の求める価値をパラメータとして表現し、このパラメータの望ましい変化を実現するPSSの構造を、機能と実体（人間や製品）、実体の属性により表現する。ここで記述した各実体が機能を実現するプロセスとして、人間のサービス活動や、物理的な製品挙動を、拡張サービスブループリントと呼ばれるモデルにより表現する。これにより、顧客にとって高い価値を実現するPSSの構造を設計可能としている。また、本研究ではPSS設計を支援するための計算機環境として、Service Explorerと呼ばれるCADシステムが開発されている。Figure 3-9 (b)は、Service Explorerの実行画面であり、PSS設計に関わる分析やモデリングを支援する機能が実装されている。



(a) サービス工学におけるPSS設計



(b) Service Explorerの実行画面

Figure 3-9 サービス工学研究（下村 2005）

赤坂らは、PSS を多様な利害関係者からなるシステムと捉え、その合理的な設計を行うための方法論を展開している（赤坂 2014）。この方法論では、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 つのモデルを用いて表現・設計する（Figure 3-10 上部）。そして、これらのモデルを、シミュレーションのためのモデル（Figure 3-10 中部）に変換し、シミュレーションを実施することで、各利害関係者が享受する価値を評価する。ここでのシミュレーション手法には、時間遅れの影響を表現・シミュレート可能なシステムダイナミクス（Forrester 1994）が採用されている。これにより、利害関係者間の短期的・長期的な相互作用を考慮したうえで、各利害関係者が享受する価値の継時的な変化を評価可能としている。Figure 3-10 下部に例示したようなシミュレーション結果から、各利害関係者の享受する価値が、時間経過とともに、どのように増減するかを読み取ることができる。設計者は、この結果をもとに改善案を導出し、それをモデルに反映したのち、再度シミュレーションを実施する。以上のモデリング、シミュレーション、改善からなる設計サイクルを繰り返し、段階的に設計解の質を高めることにより、多様な利害関係者が高い価値を享受可能な PSS を設計可能とする。

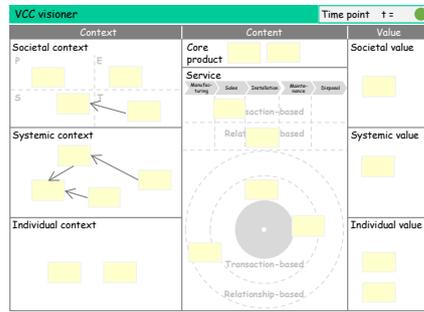


また根本らは、PSS を製品とサービスの統合により高い価値を実現することを目的として設計された社会技術システムとして捉え、長期的な視座のもと高い価値を持続的に実現する PSS の構造変化を事前に設計するための方法論を提案している(根本 2016)。この方法論では、高価値を持続的に実現する PSS の構造変化を扱うために時間軸の概念を導入し、「何に変えるか (What)」だけでなく、「どのように変えるか (How)」や「いつ変えるか (When)」を設計対象とし、それらの情報を操作可能とするモデリング手法と設計プロセスを提案している。具体的には、What にあたる情報を表現する PSS ビジョンモデルによって、将来の PSS のビジョンを構成する「コンテキスト」「コンテンツ」「価値」を記述し (Figure 3-11 (a))、トランジションアジェンダモデル (TAM) を用いて、そのビジョンに向けた道筋や手順 (How) を状態遷移として記述し (Figure 3-11 (b))、これらのモデルを、時間軸 (When) を介して接続することによって、PSS の構造とその変化を計画可能としている。

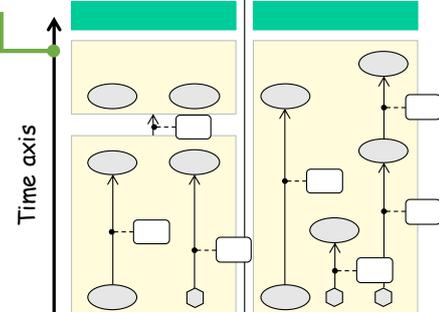
ワークシート形式のフレームワーク上で  
コンテキスト・コンテンツ・価値  
を一枚絵で表現  
Whatの表現

各要素に関する状態遷移と  
その実現手段のモデリング  
Whenの表現 Howの表現

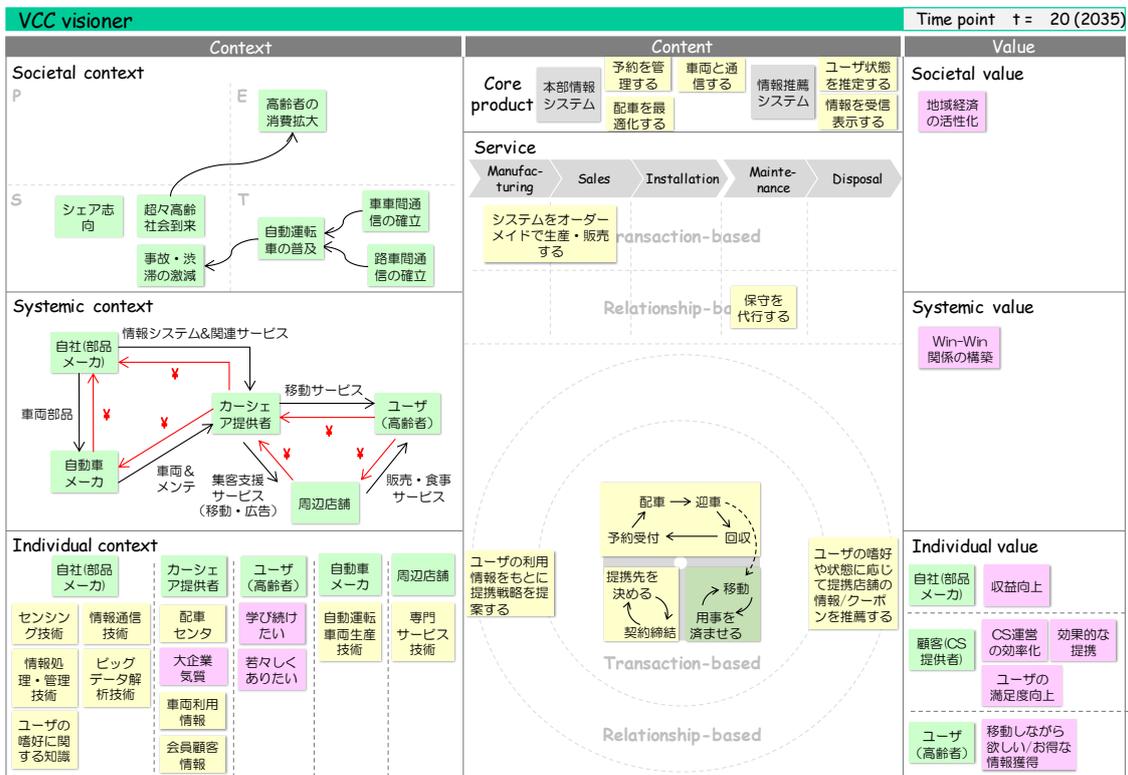
モデリング手法



(a) PSSビジョンモデル



(b) トランジションアジェンダモデル



PSSビジョンモデルの記述例

Figure 3-11 PSSの構造変化モデリング手法 (根本 2016)

さらに近年のPSS設計研究では、(1) 実産業へのPSS設計方法論の適用可能性、(2) PSS設計プロセスの全段階を包括する統合性 (Cavaliere and Pezzotta 2012) の課題に焦点が当てられている。例えば、Tranらは、PSSのタイプ(製品指向、使用指向、結果指

向) に応じた設計活動を支援する概念的ガイドラインを提案している (Tran and Park 2014). 本手法は, PSS の各タイプの特徴に応じて必要な, 設計プロセス, ステークホルダの関与方法, そして, ビジネスモデルや組織構造の変化を整理している (Figure 3-12). また, Pezzotta らは, PSS 開発企業が PSS による社内外双方の利益を実現するために, 顧客価値と企業の社内パフォーマンスの双方観点を考慮した PSS の工学手法を提案している (Figure 3-13) (Pezzotta et al. 2016). Andriankaja らは, 産業界で標準化されている製品指向のフレームワーク (機能分析アプローチ) と PSS 指向の設計アプローチを統合した PSS 設計手法を構築することで, 産業界への PSS 設計方法論の実装を支援している (Figure 3-14) (Andriankaja, Boucher, and Medini 2018).

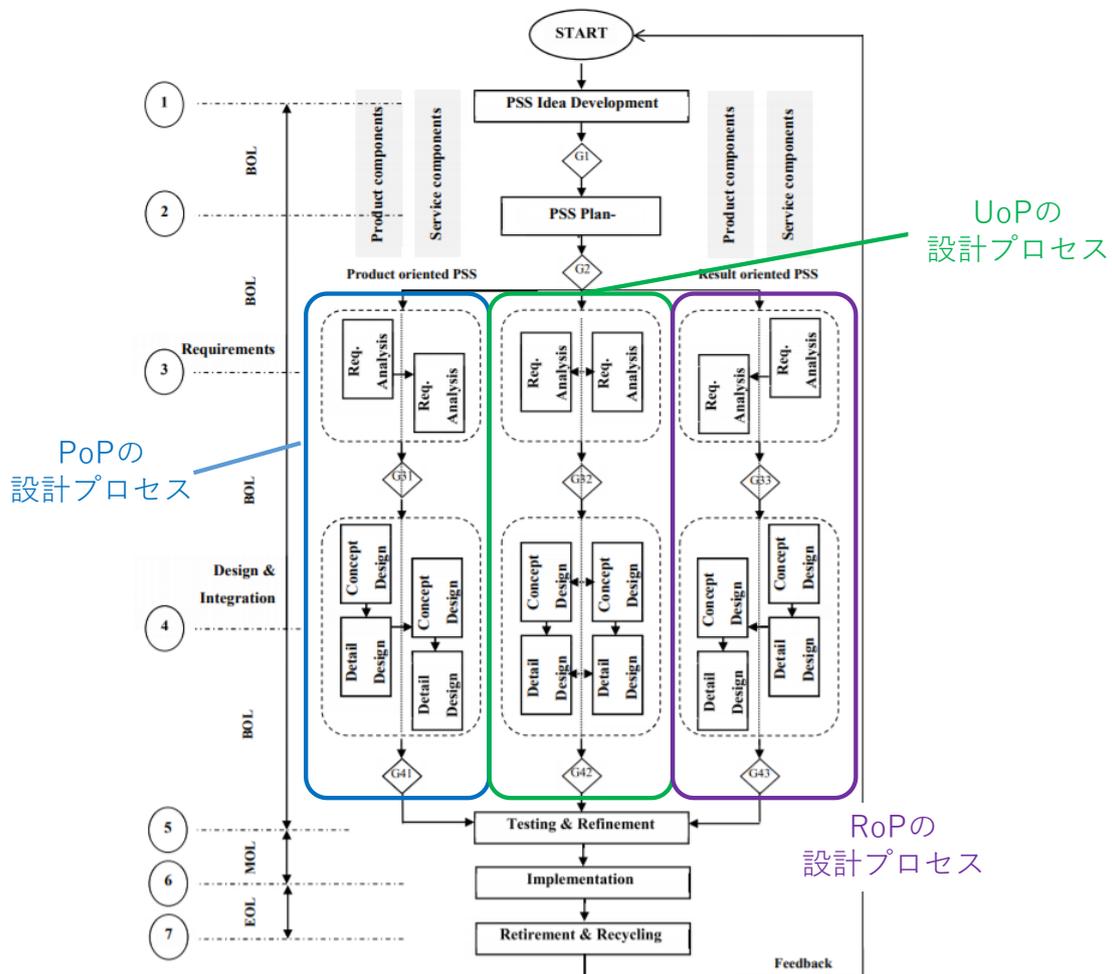


Figure 3-12 Tran らによる各 PSS タイプに応じたガイドライン (Tran and Park 2014)

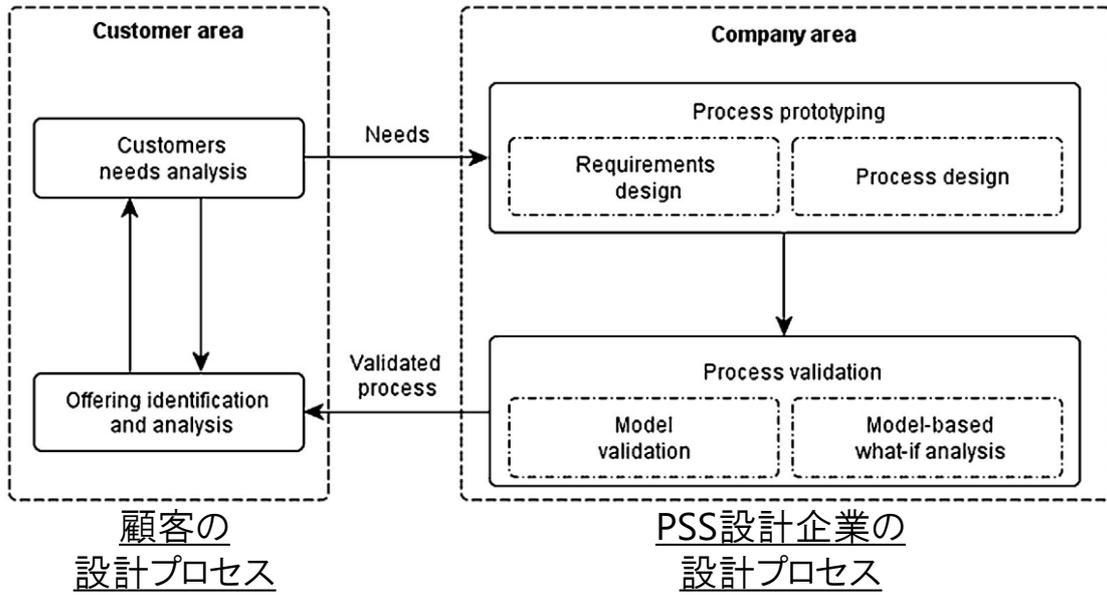


Figure 3-13 企業内部と顧客の双方を考慮した PSS 設計プロセス (Pezzotta et al. 2016)

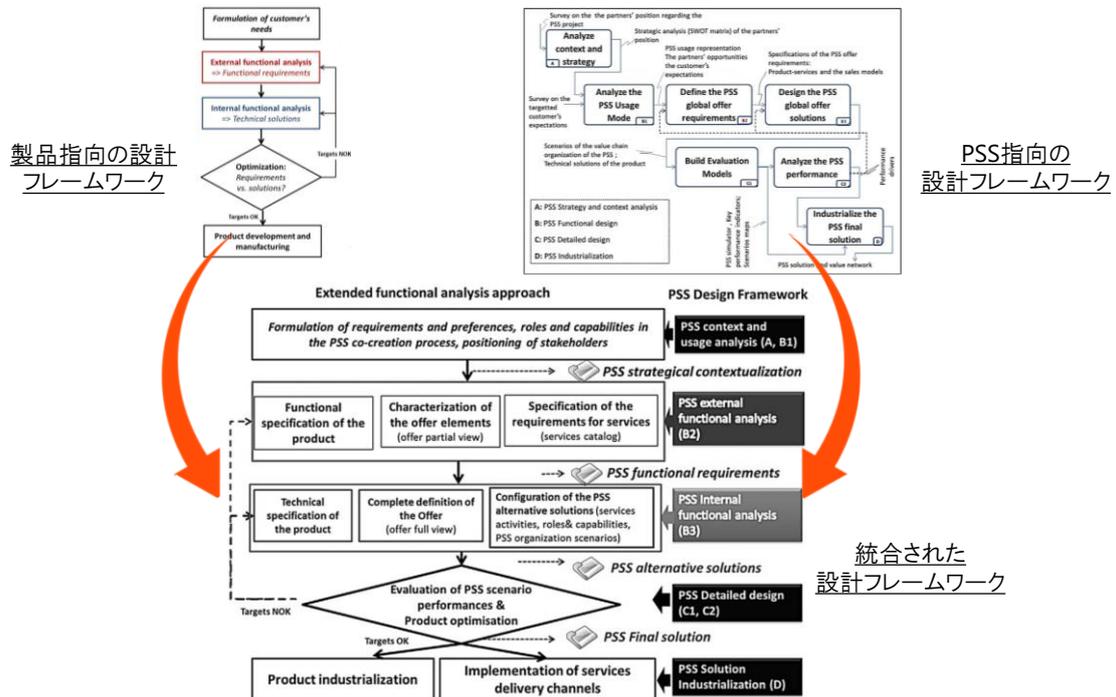


Figure 3-14 Andriankaja らによる産業界への実装を考慮した統合型 PSS 設計フレームワーク (Andriankaja, Boucher, and Medini 2018)

## 3.4 PSS の社会実装

前節に述べたように、過去約 20 年間にわたって、PSS 設計研究では、PSS の潜在的な価値を実現するための手法やツールの開発が行われてきた。しかしながら、このような知見の蓄積にかかわらず、PSS の実社会への適用は未だ限られている。その主な原因は、PSS が抜本的イノベーション (Radical innovation) として捉えられるためである。新たな PSS の導入は、既存の制度、顧客・生活者の習慣やライフスタイル、企業の組織構造や規制の枠組みの変革に挑戦することを意味するため、大抵、根本的なイノベーションとして見なされる (Tukker and Tischner 2006)。ただし、すべての PSS が抜本的イノベーションとはみなされないことに注意しておく必要がある。このような性質は、新たなプラットフォームを創造するビジネスや、新たな価値を提供するような B2C ビジネスにおいて顕著にみられる。そして、そのようなビジネス戦略を採用するためには、第 1.1.3 項にて述べたように、企業、顧客、文化、制度面での大きな障壁に取り組む必要がある。

しかしながら、それらを考慮しない計画性に乏しい PSS の設計が行われてしまうとそれが導入される市場条件の下では拒絶され、失敗に終わってしまう可能性が高い。そのため、PSS の設計と実装を通して、より持続可能な発展を目指す上では、PSS のコンセプト自体を設計するだけでなく、それが導入される社会的な文脈を理解し、それを導入してスケールアップするために適した設計の在り方を導く戦略や経路を特定する必要がある。上記の背景から近年では、PSS の導入と普及に焦点を当てた研究が取り組まれている。このような研究においては、「持続可能な社会に向けて、いかに抜本的イノベーションの導入と普及を促進するか」についての理論を供するトランジション研究 (Geels 2004; Loorbach 2010) における知見の統合が注目されている。そして、その知見を応用したいくつかの PSS の実装支援に関する研究がなされている。本節では、まず、そのトランジション研究について紹介した後に、その知見を応用した PSS の実装に関する諸研究について述べる。

### 3.4.1 トランジション研究の概要

#### (1) システムイノベーション (System innovation)

トランジション研究とは、より持続可能な社会への体系的遷移 (トランジション) を達成するためのイノベーション、所謂、本分野で言及される「システムイノベーション (System innovation)」の原理を理解し、促進するための理論を供するイノベーション研

究分野の1つである。システムイノベーションは、様々な研究者によって以下のように定義されている。

*major changes in the ways societal functions (such as transportation, communication, housing and feeding) are fulfilled.* (Rip and Kemp 1998)

*a shift from one socio-technical system to another.* (Geels 2004)

*complex and long-term processes that require changes in the social, economic, technological and policy domains.* (Vezzoli et al. 2017)

これらの定義をまとめると、システムイノベーションは、長期的、根本的な変化のプロセスであり、特定の社会技術システムの、社会的・経済的・技術的・制度的側面の体系的変化と言える。ここでの、社会技術システムは、ある特定の社会的機能（交通、通信、住宅、食物供給など）を実現するための、技術的要素（技術、人工物、知識、資源）と社会的要素（ステークホルダネットワーク、制度、文化、ライフスタイル）の集合体を示す（Geels 2004）。類似する概念として、systems innovation（Mulgan and Leadbeater 2013）が存在するが、上記のシステムイノベーションは、本概念とは正確には異なることに注意する必要がある。Systems innovation は、システムであることを、構成要素が相互作用し、一部の変化が他の部分に影響を与える関係を有することとし、その上で、それぞれが他のイノベーションに影響を与え、相互に接続された一連のイノベーションと定義する。一方で、システムイノベーションは、社会技術システムを対象とし、それが有する社会的機能を満たすための、社会的要素と技術的要素の体系的変化として扱う点で、systems innovation と異なる。一方で、systems innovation においては、システムの特定のシステムレベルや、その具体的な構成要素について言及していないことから、本研究で扱うシステムイノベーションよりも一般化された概念であると言える。

このような体系的変化のメカニズムを理解するために、トランジション研究では、システムイノベーションの性質と構造的変化のダイナミクスに関する理論が展開されている。その代表的研究として、Geels は、システムイノベーションのダイナミクスを概念化したマルチレベル・パースペクティブ（Multi-level perspective: MLP）フレームワークを提案している（Figure 3-15）（Geels 2004, 2011）。本フレームワークでは、システムイノベーションをニッチ（マイクロ）、レジーム（メゾ）、ランドスケープ（マクロ）という3つの分析レベルでの相互作用から生じる非線形プロセスとして捉えている。以下に各概念レベルについて示す。

- レジーム (Regime)

社会技術システムに属する様々な主体の活動を方向付け、調整する一連のルール（生活者の習慣、企業的能力、ライフスタイル、規則、法的規則等）を指し、社会技術システムの安定性を説明する構造である。

- ニッチ (Nich)

競争の生じない小さな市場や研究所など既存のレジームの影響を受けない「保護された空間」を示し、起業家やスタートアップ企業によるイノベーションのアイデアが試行錯誤される。本レベルでのイノベーションの実験は、「社会技術的実験 (socio-technical experiment) (Rip and Kemp 1998)」と表現され、既存のレジームの変化を導く可能性のあるイノベーションが開発される。

- ランドスケープ (Landscape)

ニッチやレジームへの圧力となる、より広範な社会システムにおける社会的、経済的、政治的文脈を示す。これには例えば、世論や文化、社会的規範などの緩やかな変化や、財政破綻や自然災害などの突発的変化が含まれる。一方で、この圧力より引き起こされるレジームの不安定性は、ニッチで開発された新たなイノベーションをレジームに導入可能とする「機会の窓」を導く。

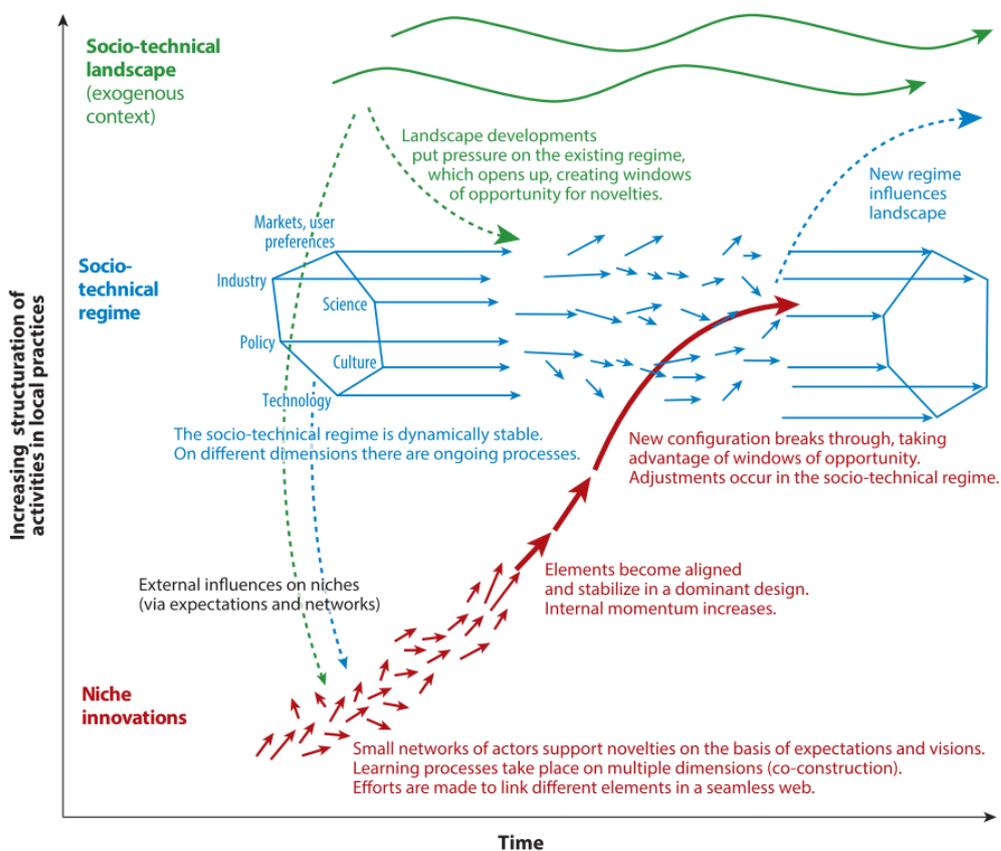


Figure 3-15 Multi-level perspective フレームワーク (Geels 2004)

(2) 社会技術的実験 (Socio-technical experiments)

上記の内容に基づくと、新たな PSS を開発する際は、はじめから市場（レジーム）に導入することを前提とするのではなく、ニッチレベルの保護された空間でそのコンセプトを成熟させることが必要となる。トランジション研究においては、そのための手段として、部分的に保護された空間で、イノベーションの実験と学習を繰り返す、社会技術的実験 (Socio-technical experiments) の実践を重視している。本実験は、現存するレジームにおける文化的、組織的、規制的なルールから部分的に遮蔽し、実験、学習、将来の期待の形成、新たな社会的ネットワークの確立のための戦略的な場として利用される。これにより、新たなイノベーションを普及させるための推進力を持たせ、既存のレジームへの挑戦と変化を促進させる。社会技術的実験は具体的には、以下に示す3つの内部プロセスにより構成される (Kemp, Schot, and Hoogma 1998; Hoogma et al. 2002)。

● 社会経済的ネットワークの構築

抜本的なイノベーションを実験し、社会に組み込むプロセスには、特定のイノベーションに対して異なる期待を抱く、異なる領域からの多くのアクターの関与が必要である。

そのため、まず、イノベーションに直接関係するアクター（企業、パートナー、ユーザなど）だけでなく、科学、政策、社会的な領域からの他の関連アクター（研究機関、行政機関、NGO、特別利益団体など）を含む広範なネットワークを構築する。言い換えれば、関連する科学的、社会的、経済的、政治的、文化的なアクターを含む異種混合のネットワークを形成する。

- 各アクターの期待の長期的ビジョンへの収斂

前プロセスで構築したネットワークを構成する各アクターの期待の多様性を管理し、それらの交渉と調整を行う。この期待の収斂は、イノベーション開発に戦略的方向性と正統性を与えるだけでなく、新しいアクターとリソースを引き付けることもできる。さらに、それにより共有されたプロジェクトビジョンは、期待の明確化、アジェンダと行動計画の策定、関係者の戦略の調整に貢献する。将来のシナリオやビジョンは、アクターの行動をコミットし、方向付ける上で極めて重要である。しかし、各アクターの期待は動的に変化し得ることに留意する必要がある。各アクターは、他のアクターとの相互作用や、外部環境の変化に影響を受け、自身の期待を変更することが考えられる。そのため、調整の余地のある柔軟なビジョンを作成し、それを継続的に改善、再調整することが重要である。

- イノベーションの学習

新たな信念、慣習、ルールが必要とされるイノベーションの普及に向けて変化を誘発するプロセスにおいては、イノベーションの調整を可能にし、普及の可能性を高める「学習」は非常に重要視される。ここでは、単にソリューションの技術的側面やユーザビリティについて検証するだけでなく、そのソリューションが文化的、規制的、制度的な側面など社会的文脈にどのような影響を与えるかを学習することが重要である。またこのプロセスを通して、ネットワーク内に学習を誘発させることが重要視される（生活者の習慣の変更を促す、行政の適切な政策措置の実施を促す、など）。

以上に挙げた 3 つのプロセスがうまく管理されている程、社会技術的実験が市場のニッチを発展させ、それが影響を与えて既存のレジームを変革させる、あるいは、それに代わる実行可能な選択肢になる可能性が高まるとされている。

### (3) トランジションマネジメント

また、トランジション研究の別の流派では、トランジションプロセスを促進し、ファシリテートするトランジションマネジメントサイクル（Transition management cycle: TMC）が開発されている（Loorbach and Rotmans 2006; Rotmans and Loorbach 2009; Loorbach 2010）。TMC は、3 つの活動のレベル（Strategic・Tactical・Operational）と 4

つの循環型開発フェーズ（問題の構造化とステークホルダネットワークの組織化，トランジションの共同計画の展開，プロジェクト・実地試験の実行，モニタリング・評価・学習）によって構成される．以下にその内容を示す．

- **Strategic activity**（問題の構造化とステークホルダネットワークの組織化）

イノベーションに関係するステークホルダ間で，各自の知識や価値観を共有し，対象とする社会技術システムにおける問題を構造化する．その上で，その構造の変化に繋がる長期的な目標やビジョンの形成に取り組む．長期的な目標とビジョンには，新しい技術，製品，サービスのコンセプトだけでなく，これらのビジョンに描かれた未来のシステムのガバナンスを可能にする規範や価値観，文化，政治経済的状況なども含まれる．

- **Tactical activity**（トランジション共同計画の展開）

策定されたトランジションのビジョンに基づき，それを実現するための中間目標，アクションプラン，プロジェクトや手段などを計画する．また，本活動では，策定したビジョンの実現を阻害する可能性のある現状の障壁やリスクを特定し，ステークホルダ間でそれを解消するために必要な調整や交渉を行う．策定されたトランジションの計画は，トランジションマネジメントの過程において常に参照される羅針盤としての役割を担う．

- **Operational activity**（プロジェクト・社会技術的試験の実行）

策定した計画に基づき，プロジェクトや社会技術的実験を実施する．本活動では，実地実験による実践的学習が重視され，イノベーションのアイデアを技術的，社会文化的，制度的，経済的側面で評価することにより，社会実装の実現性を高める．

また，全体を通してトランジションマネジメントの継続的なモニタリングと評価を実施する．この結果に基づき，当初設定したビジョンや計画は，必要に応じて再構成される必要がある．

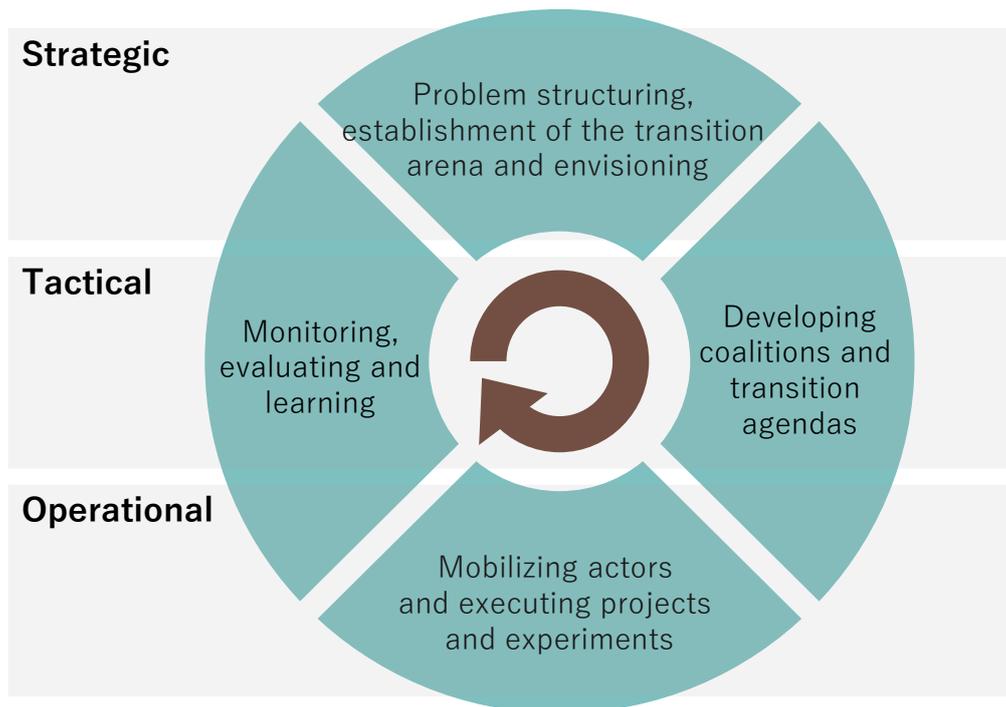


Figure 3-16 Transition management cycle (Loorbach 2010)

#### (4) 都市のトランジションマネジメント

これまで述べたように、トランジション研究では、社会的な変化や社会が直面する問題の性質を分析し、形式化している。一方で、これらを具体的な社会文脈に落とし込むため、その実践のフィールドとして、都市を対象に、そのトランジションの分析、また、トランジションマネジメントの適用を実施している。現代の都市／都市部は、汚染、貧困や格差問題から気候変動、生物多様性問題まで、単純には解決できない複雑な問題に直面している。事実、従来のガバナンス方法ではこれらの課題に対処できず、近年では、市民の参加や他の主体への権限委譲などを取り入れた新しいアプローチを採用する自治体も増加している。トランジション研究分野で開発された MLP フレームワークなどの分析的手法は、現在実施されている都市ガバナンスのプロセスについて理解することを可能にし、一方で、トランジションマネジメントは、都市問題の複雑性と、持続可能な将来に向けて複雑に相互作用するアクターやプロセスの調整を可能にしている。そして、これらの知見を応用し、欧州を中心に、都市のトランジションに向けた様々な取り組みが実施されている。

例えば、欧州 MUSIC プロジェクト (MITigation in Urban Context, Solutions for Innovative Cities) では、オランダのエラスムス大学の研究チーム DRIFT (Dutch Research Institute for Transitions, Erasmus University Rotterdam) が中心となり、トランジションマネジメント

の都市の文脈への適用とその国境を越えた応用を実施している (Figure 3-17) (Roorda et al. 2014). 本プロジェクトでは、都市における政策・活動・建築環境における炭素・エネルギー削減の促進を目的とし、欧州の5つの都市(イギリス・アバディーン、フランス・モントレイユ、ベルギー・ヘント、ドイツ・ルートヴィヒスブルク、オランダ・ロッテルダム)を対象として実施された。DRIFTは、トランジションマネジメントアプローチを用いて、各都市におけるステークホルダーを動員し、CO2削減に向けた取り組みの実践のために、各自治体の市職員を支援し、コーチングした。本プロジェクトでは、5つの都市との緊密な連携のもと、「エネルギー」を都市計画に統合し、効果のモニタリングを可能にする地理空間都市エネルギー情報・支援システムの開発や、エネルギー削減対策を実践するためのパイロットプロジェクトの発足を支援し、持続可能な都市づくりの促進において一定の成果を挙げている。

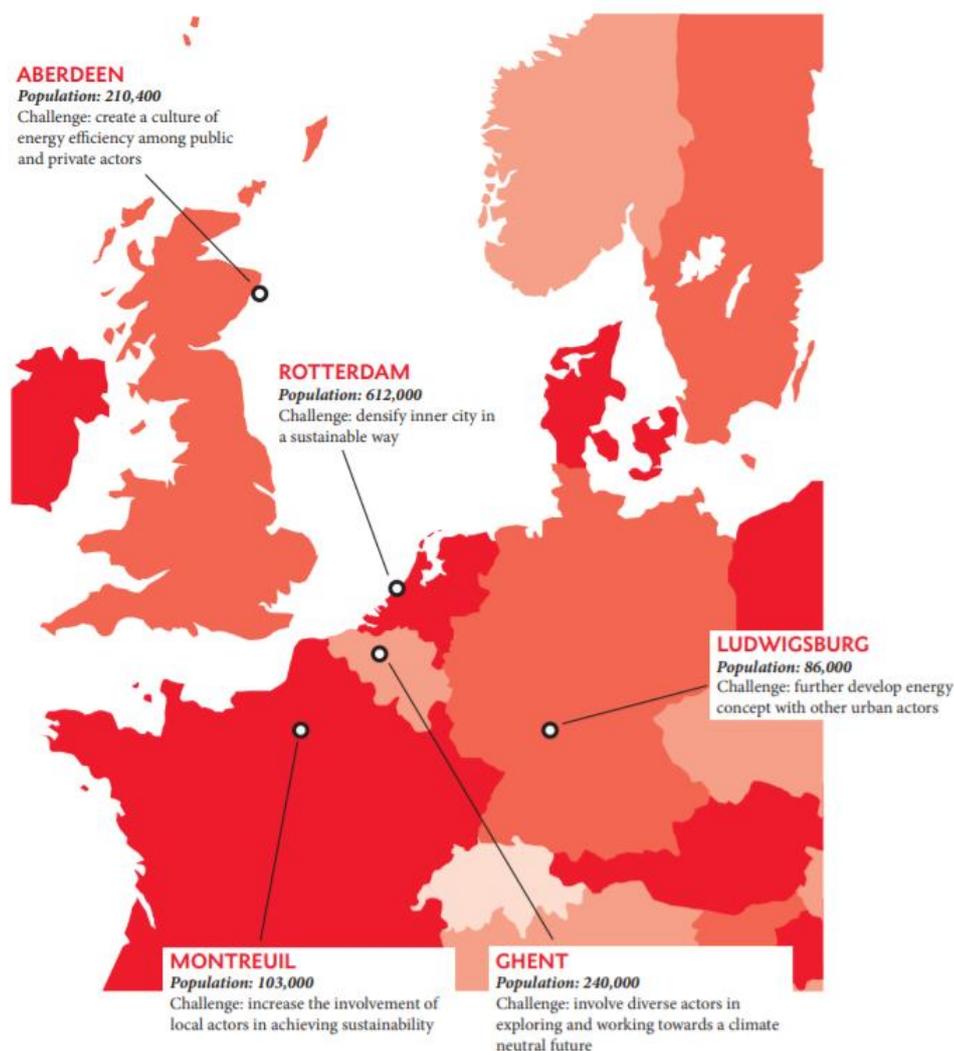


Figure 3-17 MUSIC project (Roorda et al. 2014)

### 3.4.2 PSS の実装に関する諸研究

近年の PSS 設計研究においては、PSS の性質を社会技術システムと捉えた上で、特にトランジション研究における社会技術的実験に注目し、その社会実装に向けた方法論の開発に関する取り組みが実施されている。

Ceschin は、PSS の社会実装を通じて、システムイノベーションを誘発することを前提とした上で、PSS を社会実装するまでの流れを 3 つのフェーズ(インキュベーション、社会技術的実験、スケールアップ)で説明している (Ceschin 2014)。インキュベーションとは、PSS の開発プロジェクトを開始するために必要な条件が設定されるフェーズであり、プロジェクトの明確かつ妥当性のあるビジョンとそれに到達するまでのメインステップ経路の共同開発と共有、そして、利害関係者の特定と、PSS を実装するための戦略について合意形成を行うための議論と交渉が行われる。本フェーズにおいては、地方行政などの政策機関や大学などの研究機関が参画することが望まれる。社会技術的実験は、第 3.4.1 項で述べた様に PSS のプロトタイプをそれが実際に使用される社会技術的環境に導入することで評価とフィードバックを行うフェーズである。ここでは、本実験を通じたアクターの学習プロセスを重視しており、本実験を複数回実践することで、技術、経済、市場の需要、ユーザビリティ面の評価だけでなく、制度的、社会文化的側面での社会システムへの影響を学習し、アウトプットや目指すビジョンを改善する。また、上記を実現するために本フェーズの活動は、主流の市場から保護されたニッチにて実施される。そして、PSS に直接的または間接的に関係する NGO などの第 3 セクターや産業協会などの産業主体を関与させることで、それらの反応を故意に刺激する。これにより、PSS 実装上で障壁となる規制・問題の緩和を促進し、PSS が実装されるのに好ましい社会技術的状況を創り出す。スケールアップでは、前フェーズでの学習プロセスを経て、精巧された PSS を保護空間から解放し、実際の市場へ実装することで、PSS を普及させる。本フェーズにおいては、PSS のターゲットとするユーザ／顧客グループや、PSS を宣伝するためのメディアが参画することで、PSS の普及を促進する。

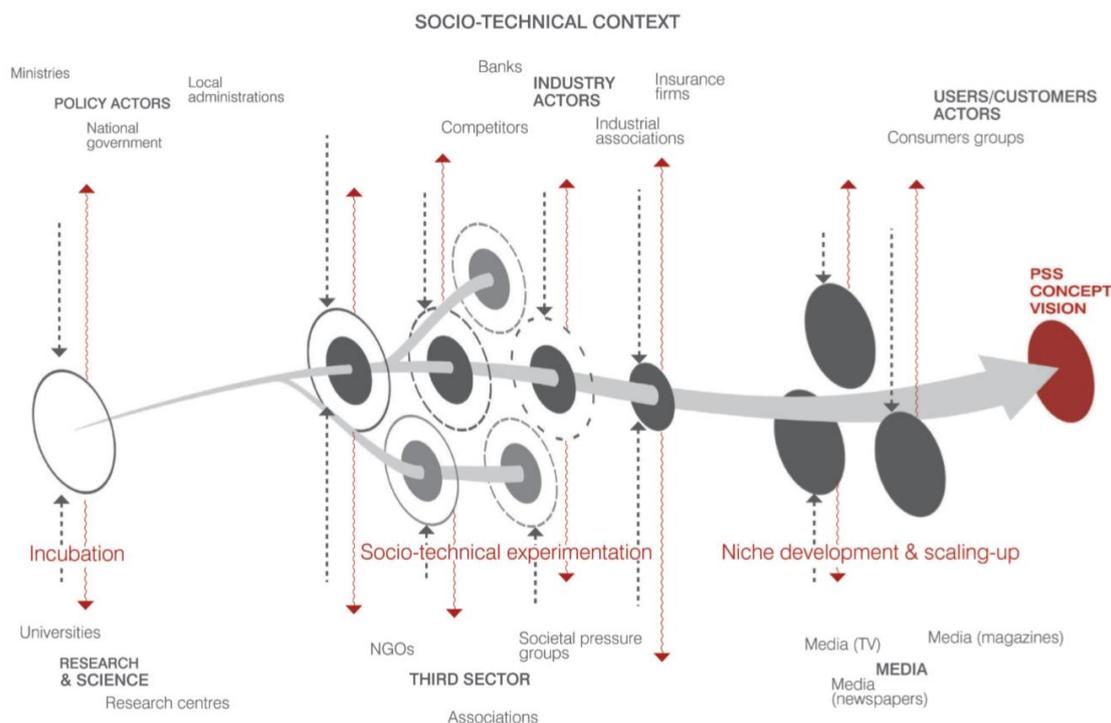


Figure 3-18 PSSの社会実装フェーズ (Ceschin 2014)

また, Liedtkeらは, PSSの社会技術的実験として Sustainable living lab (SLL)を実施している (Liedtke et al. 2015). Living labとは, イノベーションの機会の発見を目的とし, ユーザの実生活環境下において, 企業や研究機関, 行政など多様なステークホルダが協働し, 製品サービスの開発と検証を実施するアプローチである (Leminen 2015). この研究では, 持続可能な価値の実現を志向する Living labとして SLLを位置付けている. そして, SLLを実施するための Insight research, Prototyping, Field testing からなる研究方法のフレームワークを提案し, ドイツ都市部での暖房を中心とした PSSの研究開発に適用している (Figure 3-19). Insight researchでは, まず, 実験環境となる家庭の建物の特性, 暖房エネルギー消費量, および暖房に関する社会的慣行 (プラクティス)の現状を理解することを目的に, インタビューやデータロガーを活用し, 暖房システム, エネルギー効率, 建物内のエネルギー認識システムを利用する際のユーザの行動について分析を実施する. Prototypingでは, Insight researchから得られた結果を基に, PSSのソリューションを開発するためのステークホルダの参加型共創ワークショップを実施する. これにより, 参加者の有する知識をプロトタイプ的设计に反映させる. Field testingでは, 開発したプロトタイプを評価し, 必要に応じて再設計する. Insight researchと同様の手法を用いて, プロトタイプをより多くの家庭に展開することで PSSの性能と受容性を評価する. 例えば, データロガーを設置し, エネルギー消費量を測定することで, 開発した PSSの性能に関するフィードバックを得る. Liedtkeらはこのプロセスを実施

し、実生活空間でのユーザの社会的慣行を理解し、関与するステークホルダの社会的学習を促すことで、PSS の実装と普及を支援可能であると主張している。

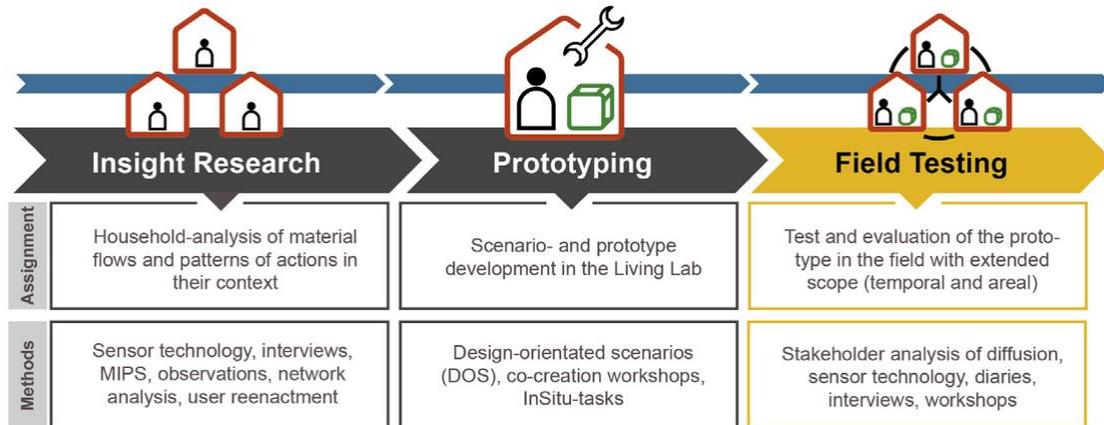


Figure 3-19 SLL の研究方法フレームワーク (Liedtke et al. 2015)

## 3.5 本研究の位置づけ

### 3.5.1 先行研究と比較した本研究の位置づけ

本項では、第3.3項で述べたPSS設計研究、第3.4項で述べたPSSの社会実装に関連する研究について、本研究の目的と照合したうえで課題を指摘し、本研究の位置づけを明確化する。

本研究の目的は、「社会課題の解決を実現するPSS設計の在り方を導く実装計画を策定するための方法論を構築する」ことであり、ここでのPSSは社会的側面と技術的側面の双方からなる社会技術システムとしての捉え方に立脚するものである。Figure 3-20は、本章で挙げた既存研究と、本研究の位置づけの差異を図式化したものである。縦軸は、第3.3.1項で示した4層と対応しており、設計対象領域の差異を表す。また横軸は、第3.2.2項で示したPSSの定義の2つを表す。本図に示すように、本研究は、第3.3.2項に述べた先行研究とは基本的な位置づけが異なり、第3.4.2項に述べた先行研究と同じ領域に位置付けられる。

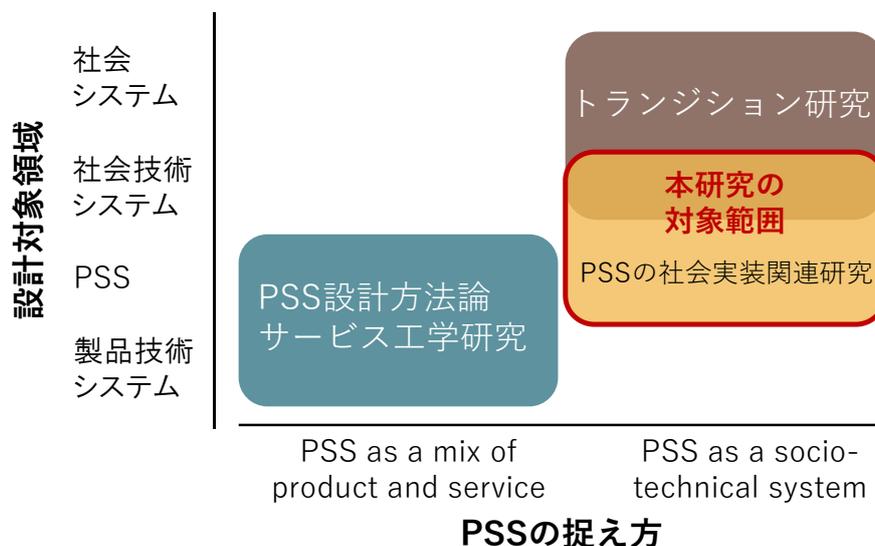


Figure 3-20 本研究の位置づけ

第一章で述べたように、既存のPSSの設計研究では、上記でのPSSは製品とサービスの高度な統合物であるという捉え方のもと、PSS自体の実現構造を設計するための方法やツールの開発を主眼としており、本研究の目的と照合すると、以下の課題が存在する。

- PSS の社会実装において考慮すべき社会的側面（社会文化的／制度的要素）が扱われておらず、製品-サービスと実装される社会的文脈との影響関係が考慮されていない。
- PSS の実現構造を設計することが主目的であり、その後そのコンセプトをいかに社会に馴染ませていくかが対象範囲に含まれていない。

また、Ceschin らの PSS の社会実装に関する研究は、PSS 研究分野においてその社会実装を議論するきっかけを生み出し、示唆に富むが、それらの知見を実践する上では、未だ以下の課題が存在する。

- 社会・技術的側面の双方のシステムを考慮すると、設計の対象範囲が拡大することも指摘されているが、具体的に設計対象要素となる概念やその関係性については整理されていない。
- 多様なステークホルダの参画の必要性が論じられているが、そのような「PSS の設計プロセスはどのようにあるべきか」、「各主体がどのプロセスに参画するべきか」そして、「設計に関する専門知識を持たない主体を設計活動に参画させ、共同設計可能とする実践的手法・ツールは何か」は明らかにされていない。
- トランジション研究の知見を PSS 研究に導入することで、PSS の社会実装において考慮すべき事項を整理しているが、実際に PSS の設計者やステークホルダが参照し、実施可能な形式化された実践的方法論が存在しない。

さらに、トランジション研究には、以下の課題が存在する。

- システムイノベーションをマネジメントする枠組みは提案されているが、元来の対象は社会技術システムであるため、PSS 設計にそのまま適用可能ではない。

以上より、本研究の位置づけは以下のように整理できる。

- 本研究の基本的な位置づけは、PSS の性質を社会技術システムと捉えるものである。
- 本研究は、PSS の設計について論じるが、既存の PSS 設計方法論とは、根本的な PSS の捉え方が異なるため、新たな設計方法論の構築に取り組むものである。
- 本研究は、既存の PSS の社会実装に関する研究と同様に、トランジション研究と PSS 研究の知見の統合に試みるが、既存研究で取り上げられた PSS の社会実装に関

する知識を、さらに PSS 設計者が実際の設計で参照可能な実践的方法論へ落とし込むことを目指すものである。

### 3.5.2 本研究における「設計」と「持続可能性」

前項に述べた本研究の位置づけに基づき、本項では、本研究における「設計」、そして、それにより実現される「PSS の持続可能性」の扱いについて述べる。

#### (1) 一般的な「設計」

一般的に、「設計」とは名詞の Design と動詞の Designing によってその定義や扱いは異なる。「設計 (Design)」は、現状を望ましい状態に変化させるための計画 (Simon 1996) と定義され、その計画には、実現しようとする変化に必要なモノ (図面, CAD モデル等)、人・組織 (設計者など)、方法 (設計解のインストール方法, 使用方法)、そして、知識を包含する概念とされている。一方で、「設計 (Designing)」は、例えば吉川は、要求を実現する人工物に関する情報を段階的に詳細化していく過程 (吉川 2000) と定義している。また、Blessing と Chakrabarti は問題を理解し、解決することと定義している (Blessing and Chakrabarti 2009)。ここでの問題の理解は、「望ましくない現状」、「望ましい状況」を特定するプロセス・活動を示し、問題の解決は、望ましい状況に変化させることを意図した計画の開発を示す。つまり、Designing はその過程を中心に据えた捉え方であり、Design を包含する概念であると言える。これらを踏まえて、「設計 (Designing)」は以下の Figure 3-21 のように図式化することが出来る。また、本論の以降における設計は、Designing を指し示す表現とする。

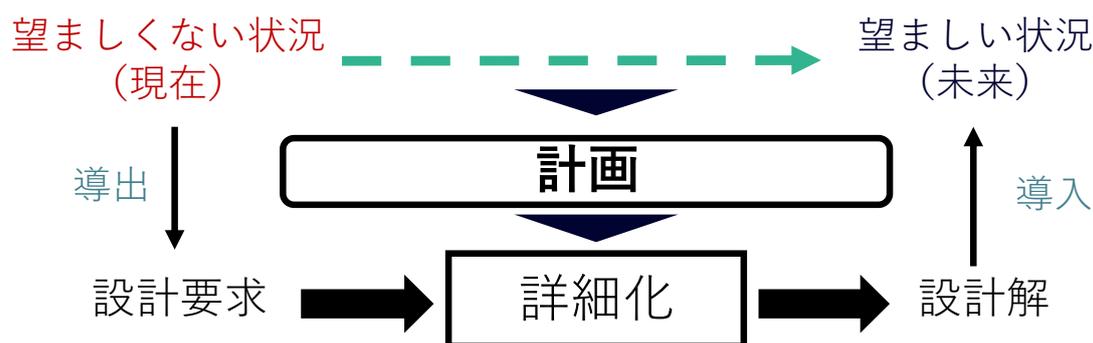


Figure 3-21 一般的な設計 (Designing) のモデル

#### (2) 本研究における「設計」

本研究は、設計した人工物の社会実装を目的とする研究である。一般的な設計は、望ましくない状況を望ましい状況へ変化させることとされるが、望ましい未来を実現する

ために導出した設計解を実装することは具体的に設計の一部として考慮されていない。そこで、本研究では、設計解となる人工物の実装までを含めた上で、本研究における「設計」を再定義する。

まず、本研究における「社会実装」は「人工物が期待された社会的機能を適切に実現すること」と定義する。ここでの社会的機能は、設計対象とする人工物が担う中心的な機能を示す。そして、「社会」の指し示す範囲は、対象とする社会的機能が何か、またその規模によって異なる。そして、本研究で扱う「実装計画」を「実装に向けた設計活動を導く規範となる指針」と定義する。その設計過程においては実装計画に基づき設計要求の詳細化を実施し、設計解を導出するが、その設計解の社会技術的実験を通じたフィードバックを実装計画に反映し、計画自体も適宜変更させながら設計活動を進行する。そして、設計解がその社会的機能を実現し、望ましい状況と適合した状態を人工物が実装された状態とする。上記で説明した本研究における設計のモデルを Figure 3-22 に示す。

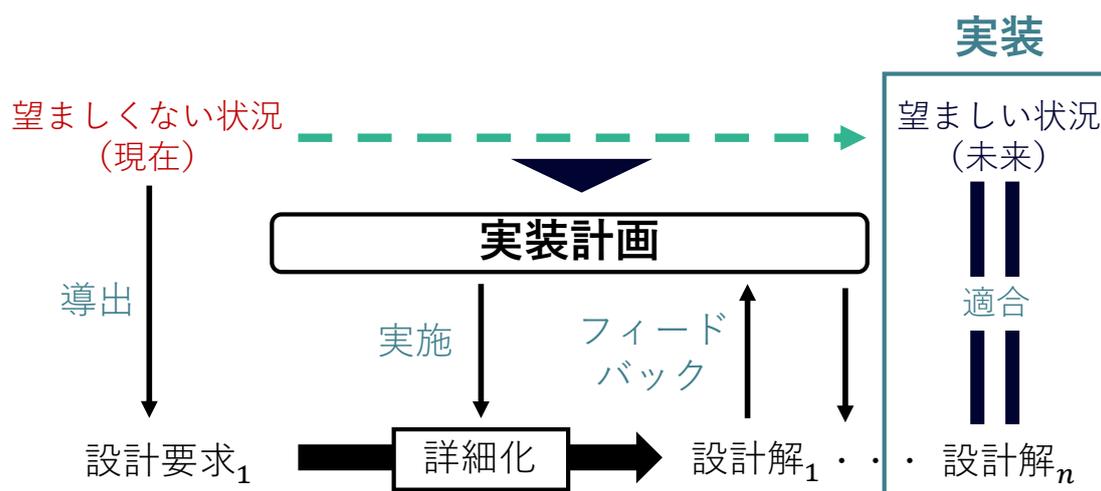


Figure 3-22 本研究における設計のモデル

### (3) 本研究における「PSS の持続可能性」

(2) において、本研究における「社会実装」について説明したが、この捉え方に基づく PSS の社会実装とは、PSS の社会的要素と技術的要素が適切に馴染み合うことで、製品サービスの統合物であるソリューションが、対象とする問題を抱える社会に受容され、PSS が期待された社会的機能を実現することである。そして、この過程を経て PSS は再構成される。本研究における「問題」とは、「PSS の社会的機能に欠陥が生じており不安定な状態にあること」を示す。そのため、PSS の社会実装とは、その再構成により社会的機能の実現に関する社会的・技術的パラメータを操作し、PSS を安定状態へ回

復させることを意図した活動であり、それを継続することで持続可能な PSS を実現しようとするものである。そして、その結果として PSS の社会的／経済的／環境的側面の価値が発揮される。つまり、本研究は、PSS の社会実装を通して、PSS 自体の持続可能性を実現しようとする研究である。一方で、上記で目指す PSS の安定状態は、それに関わるステークホルダの立場や役割によって異なるため、社会実装に向けた設計の初期段階において、各ステークホルダの視点や考えを共有した上で、どのような将来の望ましい状態、つまりビジョンを目指すか、また、それに向けた計画と各主体の役割について共通理解を形成しておく必要がある。

### 3.5.3 本研究の提案内容の概要

本研究は、前項までに述べた研究の位置づけの基で、PSS の社会実装に向けた設計を導く実装計画を策定するための方法論の構築を目的とするものである。Figure 3-23 に本研究の提案内容の全体像を示す。以下では、本研究における設計対象、設計範囲について詳述する。

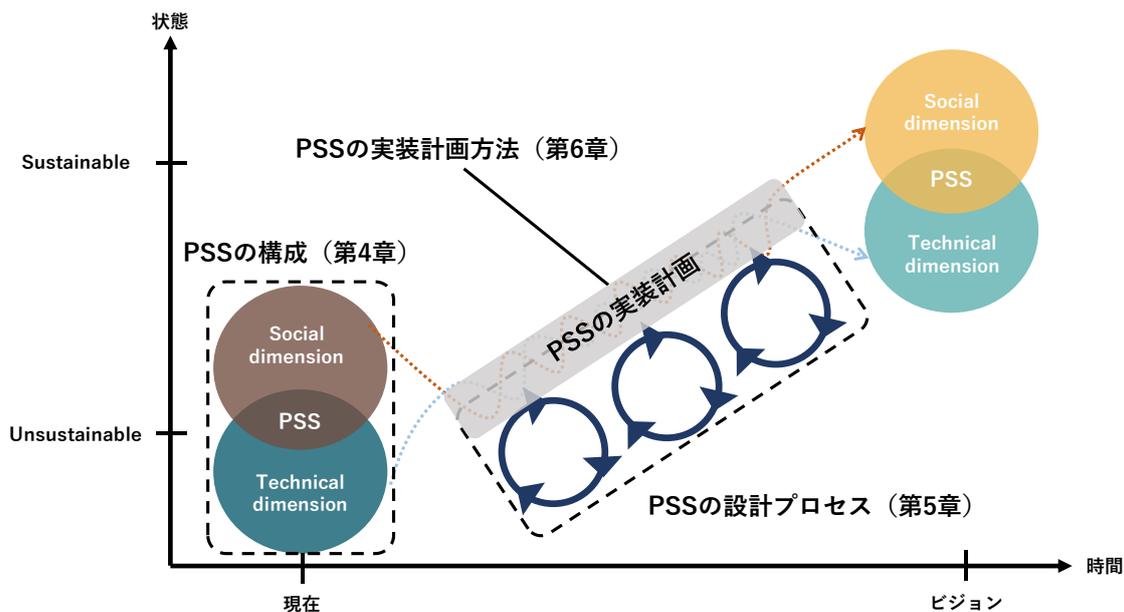


Figure 3-23 本研究の提案内容の全体像

#### (1) 本研究の設計対象

本研究における設計対象は、Figure 3-23 における「PSS の構成」とその「実装計画」である。本研究における PSS の構成とは、PSS の性質を社会技術システムとして捉えた上で、それを構成する社会的側面の要素と技術的側面の要素 (What) を示す。そして、PSS の実装計画とは、望ましいより持続可能な状態の PSS のビジョンに向けて、現状社

会的機能を十分に満たせていない PSS が、如何にその構成要素を再構成、改善、また追加することによって変革するかの道筋 (How) を示す。前項にて述べた様に、本研究において目指す PSS の社会実装とは、PSS の社会的要素と技術的要素が適切に馴染み合うことで、製品サービスの統合物であるソリューションが、社会課題を抱える対象とする社会に受容されることで、期待された社会的機能を安定して実現することを示す。これは、トランジション研究におけるシステムイノベーションと同義であり、トランジションとは、その影響を受けた帰結となる。一方で、第 3.5.1 項に述べた様に、本研究はより広範な社会システムは設計対象領域に含まないため、社会システムの体系的変化を示すトランジション自体は、設計対象には含まない (Figure 3-24)。また、本研究で対象とするシステムイノベーションは、それがどのような状態になれば実現されたかを評価可能な明確な測定値を有さず、事後的に判断されるものである。これは、社会自体が変遷を続ける限り PSS もその影響を受け変化し続けるためである。そのため、本研究で目指す PSS のシステムイノベーション活動は、設計初期段階に構想したビジョン、実装計画を目指す結果としつつ、その実現に向けて漸近的かつ動的に取り組むものとする。

また、Figure 3-24 に示すように、PSS はより大きな社会システムにおける影響を受けることで不安定状態に陥る可能性がある。つまり、持続可能な PSS を実現するためにはこのような外乱を考慮することが必要である。一方で、本研究では、PSS の社会実装に向けて、設計段階におけるそのような外乱や既存の市場における競争力の影響から一時的に遮蔽し、保護されたニッチにおいて設計活動を実施することを前提としている。これにより、既存の社会的状況を模した保護空間において、対象とする問題解決に向けた PSS の社会技術的実験とそれに基づく推敲を繰り返すことで、PSS の社会実装を実現するための推進力の向上を可能とする。一方で、実際に設計したソリューション (製品-サービスの統合物) を市場にリリースした後の PSS は、外乱の影響にさらされるため、それらによる不確実性やリスクを考慮した運用が必要となるが、本研究はあくまで PSS の設計を対象とするため、運用方法については議論の対象外とする。

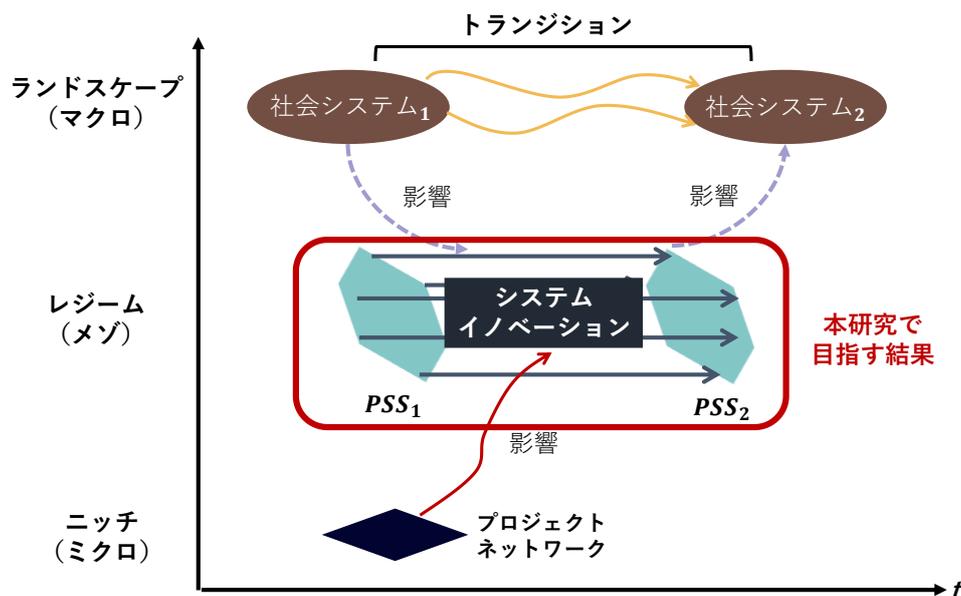


Figure 3-24 本研究の設計対象と MLP の関係性

これらの設計対象を扱うために、第4章では、本研究における PSS がどのような要素によって構成されるのか (What) を、既存の PSS 研究、また、社会技術システムに関する研究を参照することで、「PSS の構成」を定義する。これによって、PSS の設計者が操作すべき設計概念を明らかにする。第5章では、本研究で定義する PSS を社会実装することを見据えた上で、あるべき規範的な PSS の設計プロセスを整備する。既存の PSS 設計プロセスと異なる大きな特徴は、トップダウン方式で初めから機能の充足度と要件をすべて満たすことを目指すウォーターフォール型ではなく、機能を分割し、構築したプロトタイプを社会技術的実験で適宜評価しながら、その結果を計画にフィードバックさせ、次の設計サイクルを再度開始するスパイラル型の再帰的アプローチをとる点である (Figure 3-25)。一方で、本研究では、スパイラル型 PSS 設計プロセスの全体像を提案するが、本研究の設計対象は「実装計画」であるため、提案するプロセスに含まれる具体的な「PSS の実現構造」は、本研究の対象外とする。第6章では、明らかにした PSS の構成をどのように変革し、社会実装するか (How) の実装計画を関係するステークホルダ参画型で実践するための手法を構築する。具体的には、産業界における戦略計画に広く活用されているロードマップ技術とトランジション研究におけるシステムイノベーションのためのシナリオ手法を統合し、PSS の実装計画に求められる要件を反映した形に再構成する。

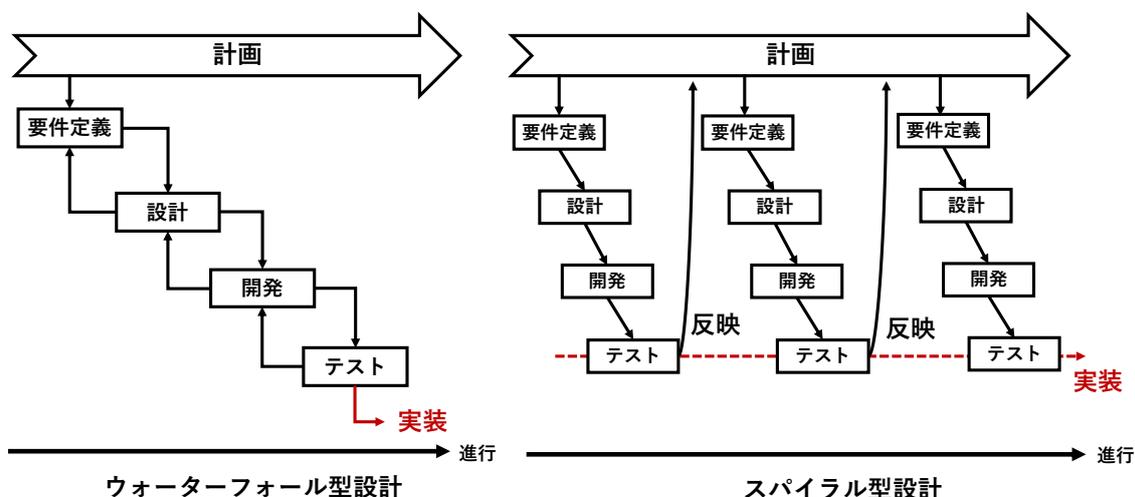


Figure 3-25 ウォーターフォール型とスパイラル型の違い

(2) 本研究における設計範囲

一般に、事業計画は継続的に改善をすることが望ましいとされる。そのための代表的な考え方は、PDCA サイクルである。PDCA サイクルは、事業計画を作成する「計画 (Plan)」、計画を実施する「実行 (Do)」、実施結果が実際に計画に沿っているかを確認する「評価 (Check)」、実施が計画に沿っていない箇所を特定し処置を施す「改善 (Action)」の4つのステップから構成され、これらのステップを再帰的に繰り返すことで、段階的に事業の改善と向上に取り組む (Figure 3-26)。

本研究で提案する実装計画方法論は、ここでの「計画」段階に焦点を当て、支援するものである。そのため、その後の実行、評価、改善段階に関しては、提案する方法論の範囲に含まない。ただし、計画の実行過程で、当初予定していなかった事象や、事後創発的な発見があれば、それを踏まえて計画フェーズに戻り、計画を修正する適応型のマインドセットが重要である。

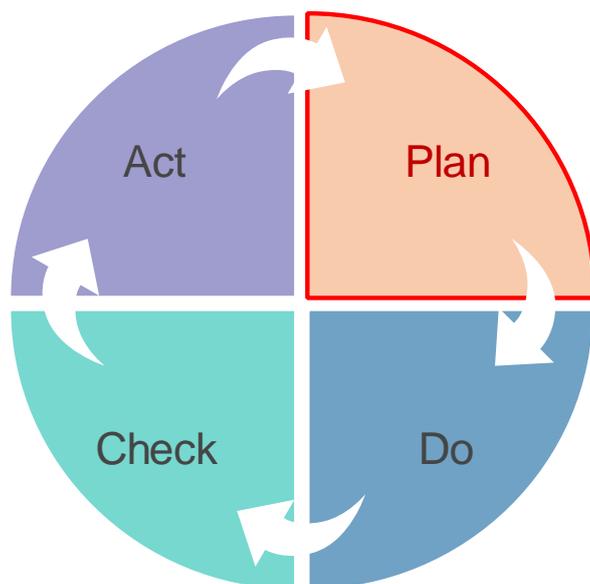


Figure 3-26 PDCA サイクル

以上の議論を整理すると、本研究の提案内容の特徴は以下のようにまとめられる。

- 本研究は、「社会課題の解決」を最終的な設計要求とし、社会技術システムとして「PSSの構成 (What is)」と、スパイラル型の規範的「PSS設計プロセス (What is)」, また、それらに基づく PSS の「実装計画の策定方法 (How to)」を提案するものである。
- 本研究における PSS の構成は、特定の社会的機能の実現のための、製品とサービスの統合物としての技術的システムと、主体のネットワーク、制度、文化的要素により構成される社会的システムの双方を含む。
- 本研究における社会実装とは、PSS の再構成によるシステムイノベーションを示しており、その影響を受けた帰結として生じる広範な社会システムの変革であるトランジションは、本研究の設計の対象外とする。
- 本研究では、PSS を将来の持続可能なビジョンに向けて変革するための実装計画の策定、つまり PDCA サイクルにおける「計画 (Plan)」までを対象とし、それに基づく PSS の具体的な実現構造の設計フェーズは、対象外とする。

## 3.6 おわりに

本章では、本研究における PSS の定義について明らかにするとともに、先行研究との位置づけを通して、提案する方法論の概要について示した。

第 2 節では、既存研究における、PSS の 2 つの捉え方として、(1) 製品とサービスの統合物としての解釈と (2) 製品とサービスの統合物を提供するための社会技術システムとしての解釈が存在することについて述べた。そして、本研究では、(2) の前提に立った上で、PSS を以下のように定義した。

*PSS とは、ある特定の問題解決に向けた共通目的の下で、製品とサービスの統合により構成される技術的側面と、その価値の適切な実現のための社会的側面により構成される社会技術システムである。*

第 3 節では、上記の定義の基、本研究が対象とする PSS の構造と設計範囲に関する境界を明らかにした。その後、先行研究における代表的な PSS の設計方法論についてレビューした。

第 4 節では、PSS 設計研究において、近年注目されている PSS の社会実装に関する研究についてレビューした。またそれらの研究において、知見の統合が注目されているイノベーションの原理を理解し、促進するための理論を供する研究分野であるトランジション研究における主要知識について説明した。

第 5 節では、既存の PSS 設計研究における課題について整理し、本研究の位置づけについて明確化した上で、提案する実装計画方法論の概要について述べた。そこでの議論の要約は以下である。

- 本研究は、「社会課題の解決」を最終的な設計要求とし、社会技術システムとして「PSS の構成 (What)」と、それを持続可能な状態へ変革するための「実装計画の策定方法 (How)」、また、それに基づくスパイラル型の PSS 設計プロセスを提案するものである。

- 本研究における PSS の構成は、特定の社会的機能の実現のための、製品とサービスの統合物としての技術的システムと、主体のネットワーク、制度、文化的要素により構成される社会的システムを示す。
- 本研究における社会実装とは、PSS の再構成によるシステムイノベーションを示しており、その影響を受けた帰結として生じる広範な社会システムの変革であるトランジションは、本研究の設計の対象外とする。
- 本研究では、PSS を将来の持続可能なビジョンに向けて変革するための実装計画の策定、つまり PDCA サイクルにおける「計画 (Plan)」までを対象とし、それに基づく PSS の具体的な実現構造の設計フェーズは、対象外とする。

以降の章では、本研究における PSS の構成概念について明らかにし (第4章)、それらの設計概念を扱うための規範的な PSS 設計プロセス (第5章) とその中の戦略計画プロセスを実施するための PSS の実装計画手法 (第6章) について論じる。

# 第4章 社会技術的性質を有する

## PSS の概念的枠組み

---

4.1 はじめに .....	76
4.2 先行研究と本研究のアプローチ .....	77
4.2.1 PSS の構成要素に関する研究 .....	77
4.2.2 社会技術システムの構成要素に関する研究 .....	78
4.2.3 本研究のアプローチ .....	80
4.3 本研究における PSS の概念的枠組み .....	81
4.3.1 各システムの要素間関係 .....	81
4.3.2 本研究における PSS の概念的枠組み .....	87
4.4 おわりに .....	91

---

## 4.1 はじめに

本章では、提案する方法論の理論的な枠組みを整理するために、本定義と本研究の目的および対象に基づき、以下を明らかにする PSS の概念的枠組みを構成する。

- 「社会技術的性質を有する PSS とは何か」を表現し説明することが可能である。
- 「PSS を構成する概念要素は何か」や「PSS の社会的側面と技術的側面の関係性は何か」を表現し説明することが可能である。

上記の要件を満たすことで、PSS の設計戦略計画の方法論を構築するうえで、手法の中で取り扱うべき設計概念を規定する。まず、PSS と社会技術システムの双方の構成要素について定義する先行研究について説明する。その後、それらの重複・相補完関係を分析することで、本研究における PSS の構成要素を定義する概念的枠組みを構成する。

## 4.2 先行研究と本研究のアプローチ

### 4.2.1 PSS の構成要素に関する研究

第一章にて述べたように、PSS の研究分野は、比較的新しい研究分野であり、PSS の概念の統一的な見解は未だ存在しない。第 3.2 節に示したように、Tukker や Meier が PSS の概念的なモデルを提案している。Tukker のモデルは、旧来の製造業ビジネスと PSS 型ビジネスの差異を明らかにすることを目的とするものであり (Tukker 2004)、Meier らのモデルは、PSS が単なる製品とサービスの統合体ではないことを主張するものである (Meier, Roy, and Seliger 2010)。これらのモデルは、PSS の特徴を理解するうえでは有用であるが、設計対象としてどのような概念を扱うべきかが具体化されたものではない。そこで近年、研究分野、または、研究者間で定義の異なる PSS という概念の曖昧さを軽減し、共通理解を確立するために、オントロジー (Ontology) を活用した PSS の表現に関する研究が実施されている。オントロジーとは、一般的に、対象とするドメイン内の用語の明示的、形式的仕様とそれらの間の関係として定義される (Gruber 1993)。オントロジーによって、主体間での知識の違いを明らかにし、また概念の共有を容易にすることで、産業界での手法やツールのより効果的な実装を導くことが期待されている。

例えば、Rese らは、IPS<sup>2</sup> のビジネスモデルのオントロジーを開発している。彼らは、PSS ビジネスモデルのオントロジーを、価値、組織、リスク配分、収益の流れ、財産権の観点から記述している (Rese et al. 2013)。Kim らは、価値、製品、サービスの要素間の関係からなる PSS のグラフとオントロジー表現を提案した。彼らは、「価値」概念を、「価値の性質」(価値が何であるか) と「価値の実現」(異なる主観的解釈) で定義した。また、PSS を定義するために一般的に使用される「製品」を、機能、構造、文脈、環境により詳細に表現している (Kim, Wang, and Park 2009)。また、Raja らは、PSS によって実現される「使用価値」の属性を明らかにするためのオントロジーを定義している (Raja et al. 2013)。これらの論文が示すように、「価値」という概念は、PSS オントロジー研究にとっても中心的なイシューとして取り組まれており、これらの多様な「価値」の定義や属性に関する見解を統一することは、今後の PSS 研究が取り組む一つ課題となっている。

Pagoropoulos らは、海事産業事例を用いて PSS のオントロジーを構築している。彼らは、PSS のオントロジーを、認識層 (製品、製品ライフサイクル、サービス、利害関係者、ビジネスモデル、要件、変革プロセスの間の性質と関連性を概念化したもの)、オファリング層 (既存の製品/サービスソリューションの明示的な記述)、パフォーマンス層 (関連するすべての利害関係者にとって製品とサービスがもたらす価値を概念化し

たもの) の3層に分けて表現している (Pagoropoulos et al. 2014). また, Baxter らは, 製品とビジネスシステムを組み合わせた上層レベルの PSS オントロジーを構築しており, その中心クラスは, 製品, プロセス, 資源の3つのクラスで構成されている (Baxter et al. 2009).

一方で, Vasantha らは, 設計の観点から PSS オントロジーの構造を提案している. この研究の特筆すべき点は, 国際的な PSS 研究者 30 名が 2 回の妥当性評価に参加し, 提案された構造を洗練し, 合意した点である. これにより, PSS 概念を構成するとして「ニーズ/要件」, 「ステークホルダ」, 「製品/サービス」, 「ビジネスモデル」, 「PSS ライフサイクル」, 「PSS デザイン」, 「サポートシステム」, 「PSS アウトカム」の8つの要素を明らかにしている (Vasantha et al. 2011). さらに, Vasantha らは PSS のレビュー論文内で使用されるフレーズを解析することで, より頻繁に扱われる用語を抽出してオントロジー化している. その結果, Vasantha らや Pagoropoulos らによって提案されたオントロジー構造とほぼ一致していたことを明らかにした. 一方で, PSS 概念の中核をなす「持続可能な消費」や「生産と消費」などの抽象的な用語は収束しつつあるが, 「ライフサイクル」, 「製品・サービス」, 「インフラ」の各カテゴリには, まだ研究によって見解の分散があり, 議論の余地があることが示されている (Vasantha, Roy, and Corney 2015).

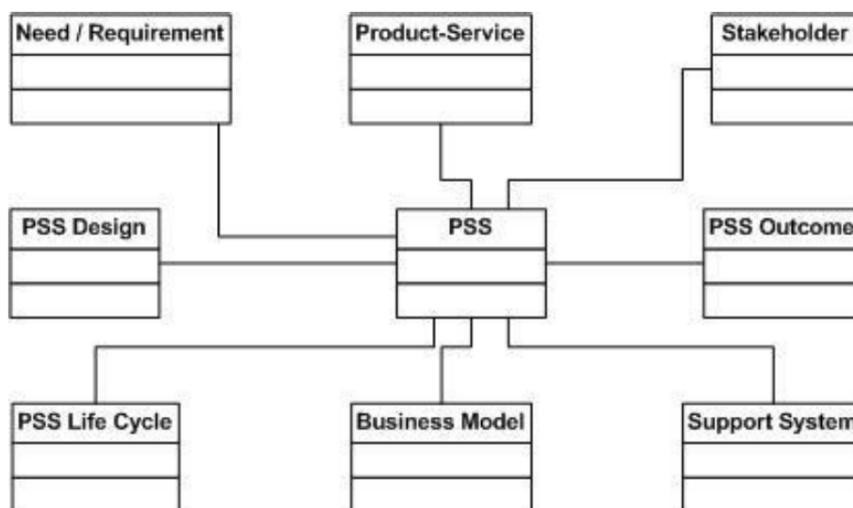


Figure 4-1 PSS のオントロジー (Vasantha et al. 2011)

#### 4.2.2 社会技術システムの構成要素に関する研究

社会技術システム (Socio-technical system: STS) の性質や構成に関する研究は, 他分野に跨って実施されており, なぜ STS が出現するのか (例えば, 人間のニーズや政治的権力), そしてどのように発展するのか (例えば, 技術開発や社会的ネットワーク)

を説明しようとする様々な理論が存在する。PSS 分野のようにオントロジーの構築に明示的に取り組む研究は見当たらないが、これらの既存研究を概観することで、STS を構成する中心概念を獲得可能であると考えられる。以下では、代表的な研究について概説する。

STS に関する研究は、1950～60 年代の英国石炭鉱業における労働環境が人間のパフォーマンスにどのように影響を与えるかという議論から始まっている (Trist and Bamforth 1951)。一般的に、STS に関する多くの研究は、社会手要素 (人や組織など) と技術的要素 (技術や機械など) の相互作用とその共進化に焦点を当てている。Hughes は、STS の構成要素は、「物理的な人工物」、「組織」、「科学研究」、「立法的な人工物」、および「天然資源」に分類している (Hughes 1987)。また、大規模な技術システム理論 (Large technical systems theory) では、アクターと技術の関係が、システムが時間の経過とともにどのように発展していくかを規定するとされており、同様に、アクター・ネットワーク理論では、STS の発展を説明する上で属するアクターの重要性を論じている (Rohracher 2002)。トランジション研究では、STS はレジームの概念を中心に規定されると考えられている。Geels は、STS を「特定の社会的機能を果たすために必要な要素の統合物」と定義している (Geels 2004) (Figure 4-2)。一方で、Burk は、政治的な視点 (この研究では、都市の交通システムと交通手段をめぐる社会的慣行の関係を論じている) から STS の発展の背後にある主な政治的な力について論じている (Burk 2017)。これは、STS は人間のニーズを満たすために構成されたものであり、技術的要素と社会的要素の共進化が当該システムの特定の構成を決定するという他の研究者とは捉え方とは異なり、STS は権力闘争の結果であり、より大きな政治力を持つ利権集団が、STS を設計する上で最も影響力を持つという捉え方である。

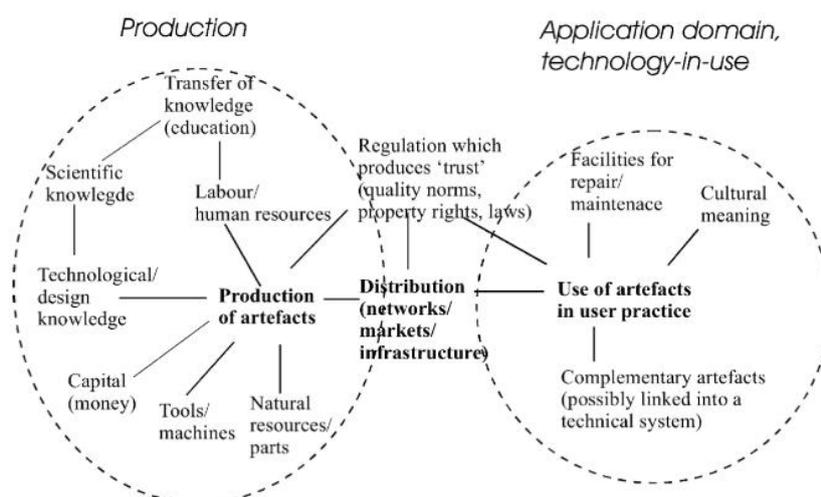


Figure 4-2 STS の構成要素 (Geels 2004)

### 4.2.3 本研究のアプローチ

本研究では、PSSの本質的な性質をSTSとして捉えるが、これは第1章で述べた様に、PSSの有する潜在的な価値は、それを設計するだけでなく、社会に適切に実装することで発揮することができ、さらに、その過程では、技術的革新のみならず、顧客・生活者の文化・習慣、企業構造や文化、時に、制度・ガバナンスの枠組み等の社会的要素の体系的な変化を必要とするためである。一方で、これまでのPSS研究分野においても、PSSをSTSとして捉えた研究は幾つか存在するものの、そのPSSを構成する要素やその関係性までは説明されていない。本研究で目的とするPSSの実装を実現する上では、上記を明らかにすることで、設計要素となる概念を明確化することが必要である。

そこで本研究は、既存研究におけるPSSの構成要素とSTSの構成要素の関係性についての形式化を試みる。前項までに述べた様に、双方のシステムの捉え方は、数多く存在するため、形式化にあたっては、本研究で参照するのに適した代表的研究を選出し、それらで言及されている概念を取り扱うこととする。具体的には、それぞれ以下の研究を参照する。

- PSS研究においては、本研究の対象がPSSの設計であること、また、構築されたPSSのオントロジーの妥当性が担保されていることから、Vasanthaらによって構築されたPSSオントロジー (Vasantha et al. 2011) の構成要素を参照する。
- STS研究においては、本研究におけるPSSは、社会課題の解決を通じてそこに属する主体の価値の充足を目的とすること、既存研究と同様にトランジション研究とPSS研究の知見の統合を試みることから、GeelsのSTSの捉え方 (Geels 2004) を参照する。

本研究では、まず、上記の2つの研究において言及されているシステムの構成概念の重複や関係性について整理し、その結果を基に図式的なアプローチによって形式化を試みる。既存研究において、オントロジーの構築のような概念整理においては、オブジェクト指向のモデル表記法であるUMLが活用されることが多い。UMLのクラス図による図的表現は、文字表現より理解が容易であり、全体的な構造を把握することが可能なため、これを踏襲し、本研究でもUMLによる表現を試みる。

以上のアプローチにより構築するPSSの概念的枠組みは、本研究で提案する手法の要件を決定するうえでの理論的な枠組みを提供する。

## 4.3 本研究における PSS の概念的枠組み

### 4.3.1 各システムの要素間の関係

本研究における PSS の概念的枠組みを構築する上で、取り上げた PSS オントロジー、STS の構成要素の重複、相補完関係について分析する。まず、以下にそれぞれの構成要素の具体的な説明を示す。

#### (1) PSS オントロジーの構成要素

Vasantha らは、PSS は以下の 8 つの要素により構成されると定義している。以下では、各要素とその中に含まれるサブ要素について説明する。

##### ● ニーズ／要件

PSS のニーズ／要件は顧客だけでなく、関係する他のステークホルダのものも含む。ニーズ (Need) は、顧客が製品サービスによって解決することを意図している問題として定義され、要件 (Requirement) は、製品サービスに求められる特性や仕様として定義される。そして、要件は、主に、ステークホルダ要件、製品サービス要件、および、サポートシステム要件等のサブ要素に分類される。

##### ● ステークホルダ

PSS のステークホルダは、PSS の設計および提供に直接または間接的な利害関係を持つ主体、グループ、または組織を示す。本クラスでは、従業員 (主体)、バリューネットワーク (グループ)、受給者、提供者、サプライヤー (組織)、ステークホルダ特性、社会によって構成される。ステークホルダ特性とは、文化、能力、マインドセット、信頼など持続的なバリューネットワークを構築するのに必要な要素を示す。社会とは、行政・地域社会・市民などのステークホルダやそれらとの関係を築くための企業社会的責任、規制を示す。

##### ● 製品-サービス

製品-サービスとは、最終的な顧客のニーズを満たすことができるように設計され、結合された有形製品と無形のサービスの統合物であり、製品、サービス、製品-サービス特性のサブ要素で構成される。製品とは、製造・生産される物理的実体であり、サービスは、顧客のニーズを満たす機能を実現するための、サプライヤーと顧客の間の活動や、サプライヤーの内部活動によって生成された結果として定義される。製品-サービ

ス特性とは、有形製品と無形サービスの組み合わせに求められる代替性や接続性などの仕様を示す。

### ● ビジネスモデル

ビジネスモデルは、PSS がどのようにして価値（経済的、社会的、環境的）を創造し、提供し、実現するかの理論的根拠である。本クラスは、ビジネスモデルのタイプ、特性、ビジネス要素の3つにより構成される。PSS 領域で一般的に使用されるビジネスモデルのタイプは、Tukker による PoP, UoP, RoP の分類である。また、ビジネスモデル特性は、PSS の提供物の範囲と性質を定義する製品の所有権、コストなどの要素を含む。ビジネス要素は、ビジネスプロセス、課題、ソリューションに影響を与えるビジネス戦略、ビジョン、パフォーマンス指標などのパラメータを示す。

### ● PSS ライフサイクル

PSS ライフサイクルとは、個別のサービスと製品のライフサイクルを共通のライフサイクルへと統合したものである。PSS のライフサイクルのサブ要素には、製品のライフサイクル、サービスのライフサイクルのみならず、顧客の活動サイクル、トータルライフサイクルマネジメントが含まれる。顧客の活動サイクルとは、製品-サービスの使用前、使用中、使用後の顧客の一連の活動の流れを示す。トータルライフサイクルマネジメントは、製品の各ライフサイクルフェーズを管理するためのプロセス・知識マネジメント等を示す。

### ● PSS デザイン

PSS デザインとは、有形の製品と無形のサービスにより持続的な機能的振る舞いを合成し、創造するプロセスを示す。このプロセスは、設計戦略と設計プロセス、プロセス特性のサブ要素に細分化される。設計戦略は、ステークホルダが何を作り (What to make)、何をすべきか (What to do)、なぜそれをし (Why do it)、どのようにするか (How to do it) を決定するための方向性を提供するものである。設計プロセスは、PSS を開発するために実行されるべき一連の活動であり、主にシステム設計、製品設計、サービス設計に分類される。プロセス特性は、PSS 開発に関わる活動の質を区別するフィードバック性やプロセスの統合性を示す。

### ● サポートシステム

サポートシステムは、PSS の持続的な提供を支援し、維持するために使用される要素であり、インフラと供給ネットワークのサブ要素に細分化される。インフラは、PSS を機能させるのに必要な大規模な物理ネットワークであるハードインフラと PSS の経済

的、文化的、社会的水準を維持するために必要とされるアクターや、政府、産業界、社会の間で共同設計された適切な制度の枠組みを示すソフトインフラにより構成される。供給ネットワークは、提供者とサプライヤーの関係、供給ネットワークの種類、特性などを含む。

- **アウトカム**

アウトカムとは、PSS により実現される、または期待される経済的・社会的・環境的成果を示す。経済的アウトカムは、収益や顧客満足度、削減コストなど有形で評価可能な成果と顧客満足度の改善、リスク低減や使用価値の実現など長期的な利益に繋がる無形の成果に分類される。社会的アウトカムは、社会福祉、労働条件、貧困格差、政治的衝突などの社会問題に対する PSS のインパクトを示す。環境的アウトカムは、PSS のライフサイクルで消費される原材料や廃棄物、エネルギーの発生量、また、リサイクル率など環境に対する影響が評価される。

## (2) STS の構成要素

Geels は、STS の構成要素として、以下を挙げている。

- **社会的機能**

STS の核をなす中心概念であり、それによって実現される機能を示す。これを実現する上では、製品・サービスなど技術的側面だけでなく、それを使用するユーザ、ネットワークや影響する制度的要素や文化規範などの社会的側面（社会文化的／制度的／組織的）の相互作用を考慮する必要がある。

- **人工物**

STS の社会的機能を実現するために、関連する設計知識・資源・労働力・技術・機械ツールを用いて、主に企業によって生産される製品・サービスを示す。例えば、交通システムにおける輸送手段となる車両、また、それを構成するドライブトレイン、コントロールシステム、サスペンションなどの要素を示す。

- **インフラ**

社会的機能をユーザに持続的に供給するために必要な要素であり、交通システムにおいては、道路インフラやガソリンスタンド、製油所などがこれにあたる。

### ● 市場

生産された人工物を導入することで、生産サイドと利用サイドの橋渡しをする空間。人工物の売買やそれによる金銭の受け渡しなどのビジネスが為される。この中には、ユーザの嗜好・期待や、どのようにユーザに価値が提供されるかのメカニズムが含まれる。

### ● 文化・社会的規範・価値観

ユーザが人工物を使用することの文化的意味、価値観や使用時の慣行（Practice）を示す。例えば、ユーザが自動車を所有することにステータスを感じることや、自動車の運転を、自分自身を解放する手段と見なしている事などがこれにあたる。

### ● 制度・政策・規制

人工物の生産サイドと、ユーザなどの利用サイドの間の活動を制限または調整し、信頼を構築するための公式的なルールを示す。STS に属する主体は、これらの文脈の中で活動し、また、その主体の活動によって新たな制度・規制が生まれる。例えば、交通システムにおける交通ルール、自動車税、駐車料金などがこれにあたる。

### ● ネットワーク

社会的機能を実現する上で必要なステークホルダを示す。人工物を生産する企業や技術者だけでなく、ユーザ、政策立案者、社会的グループ（NGO など）、サプライヤー、科学的ネットワーク（大学、研究機関）、資本ネットワーク（ベンチャーキャピタル、保険会社）などを含む。

## (3) 各概念の重複、補完性の分析

上記を踏まえると、Vasantha らのオントロジーは、何で構成されているか (What)、どの時間軸を対象とするか (When)、どのように構成されるか (How) に分類できると考えられる (Table 4-1)。

Table 4-1 PSS オントロジーの分類

分類	構成要素
何で構成されているか (What)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ニーズ/要件</li> <li>• ステークホルダ</li> <li>• 製品-サービス</li> <li>• ビジネスモデル</li> <li>• サポートシステム</li> <li>• アウトカム</li> </ul>
どの時間軸を対象とするか (When)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PSS ライフサイクル</li> </ul>
どのように構成されるか (How)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PSS デザイン</li> </ul>

一方で、Geels の挙げている STS の構成要素は基本的に What の要素とみなすことが出来る。本研究は特に、STS としての PSS が何によって構成されているか (What) について着目するため、What 要素間の重複、相補完関係について検討した。その結果を Figure 4-3 に示す。同じ要素を示している関係性は「○」を、一部重複している場合は「△」を記入している。この分析による検討結果と、それに基づく本研究における PSS 概念的枠組みの要件をまとめると以下の7つである。

1. STS における社会的機能は、そのシステムが何を実現するのに焦点を当てている上では、PSS におけるアウトカムを実現するための概念であると言える。一方で、従来の PSS では、ある特定の機能を充足することを目的とするが、社会的機能の充足の上では、1つ以上の複数の機能的要件を満たす必要がある点で、社会的機能の示す範囲はより広範である。そのため、本研究では、「社会的機能」それを実現する「サブ機能」の2つに分別する。その上で、社会的機能により実現される効果として「アウトカム」を設定する。
2. STS における人工物は、PSS のように製品-サービスの統合物といった具体的な内部要素は定義されていないが、システムを構成するネットワークによって創造されるアウトプットである点において同義であると考えられる。本研究では、あくまで対象は PSS であるため、ここでの人工物は、「製品」と「サービス」の統合物であるとする。

3. STS におけるインフラも、PSS におけるサポートシステムも、機能を持続的に提供可能とする要素である点において同義である。しかし、STS におけるインフラは、物理的な供給ネットワークの意味合いで用いられている一方、PSS のサポートシステムは、物理的インフラであるハードインフラと、制度や文化などのソフトインフラのサポートシステムの双方を包含する。そのため STS におけるインフラは、PSS のサポートシステムの一部となる。本研究では、PSS のソフトインフラを独立した概念として扱い、「PSS のインフラ」は物理的供給ネットワーク（ハードインフラ）として扱う。
4. STS の市場と、PSS のビジネスモデルは、共にユーザに価値が提供されるメカニズムを説明する要素である点で同義であると考ええる。また、STS における市場には、ユーザのニーズ（嗜好・期待）が含まれており、このことから、双方のシステムにおいて、「PSS のニーズ」概念は、重要な構成要素の一つであると言える。
5. 「文化・社会的規範・価値観などの社会文化的要素」は、STS の主な構成要素と扱われる一方で、PSS においてそれらは、ステークホルダの一部要素として捉えられている。本研究で目指す PSS の社会実装において、ソリューションである製品-サービスが埋め込まれる社会的背景を考慮する必要があることから、STS の観点を踏襲し、本研究における PSS の主要素として、これらを扱う。
6. 「制度・政策・規制などの制度的要素」も、STS において主要素として捉えられている一方で、PSS では、ステークホルダ・サポートシステムの一部として扱われている。これらも、上記の社会文化的要素と同様の理由で、本研究における PSS 概念の主構成要素として扱う。
7. STS におけるネットワークも、PSS におけるステークホルダも、目指すアウトカムを実現するために必要な主体を示す点で同義である。しかし、STS のネットワークに含まれる社会的グループは、PSS のサポートシステムを構成するソフトインフラに該当する。本研究では、これらの主体は区別せず、PSS の「ステークホルダ」として構成する。

○：同一の要素 △：一部重複関係		PSSオントロジーの構成要素 (Vasantha et al. 2011)					
		ニーズ/ 要件	ステーク ホルダ	製品- サービス	ビジネス モデル	サポート システム	アウトカム
STSの構成要素 (Geels 2004)	社会的機能						△
	人工物			○			
	インフラ					△	
	市場	△			○		
	文化・社会的 規範・価値観	△	△				
	制度・政策・ 規制					△	
	ネットワーク		△			△	

Figure 4-3 PSS と STS の構成要素の重複、補完関係の分析結果

#### 4.3.2 本研究における PSS の概念的枠組み

前項において導出した要件に基づき、本研究における PSS の概念的枠組みを構築した。その結果を Figure 4-4 に示す。本枠組みは、大きく 4 つの View により構成される。また、各構成要素の本研究における定義を Table 4-2 に示す。

##### Function view

本研究における PSS は、それが担う「社会的機能」を中心に構成される。そして、社会的機能により「PSS Outcome」が実現される。「PSS Outcome」は、PSS を構成する目的となる概念であり、持続可能性の経済的／環境的／社会的側面で検討される。一方で、「社会的機能」は、PSS を構成する複数のサブシステムにおける「Sub function」により実現され、各「Sub function」にはそれを発揮するための設計要件として「Fuctional requirements」が定義される。「Fuctional requirements」は、ステークホルダから直接表明される要望等を示す「PSS needs」を設計者が参照可能な形式に変換されたものを示す。

### Offering view

「Fuctional requirements」は主に、価値提供のメカニズムである「PSS business」と、提供物である「PSS solution」に関連する2つにより構成される。「PSS business」は、「PSS solution」を媒体に適切に価値を充足するためのメカニズムを示し、「Infrastructure」と「Stakeholder」により構成される。「PSS solution」は、有形物である「Product」と製品に付加される無形の「Service」、さらにそれらの持続的な供給を可能とする「Infrastructure」により構成される。つまり、従来の製品・サービスの概念は、PSS solution の一部となり、製品とサービスの統合物として PSS を捉える場合は、基本的に Offering view の構成要素を示す。

### Stakeholder view

本研究における PSS は、社会文化的／制度的な要素となるステークホルダも内包するため、従来の「Provider」、「Supplier」、「Receiver」のみならず、「Policy actors」、「Scientific actors」、「Social group」などの社会的主体により構成される。各ステークホルダは元来異なる関心、ビジョンや優先する価値観を有するため、それらのニーズを把握した上で、それらの衝突や矛盾を解消した「Fuctional requirements」の定義が重要である。

### Socio-context view

さらに、本研究では、「Culture/Norm/Value」や「Institutions/regulations/policies」等の社会文化的要素も PSS の構成要素として扱う。これらは、主に PSS のステークホルダが属する社会的文脈として各主体の活動を促進または制限する。そして、各ステークホルダの表出するニーズが導出される要因として影響する。また、PSS の社会的機能を適切に発揮するためには、その機能がこれらの社会的文脈と整合していることが重要である。

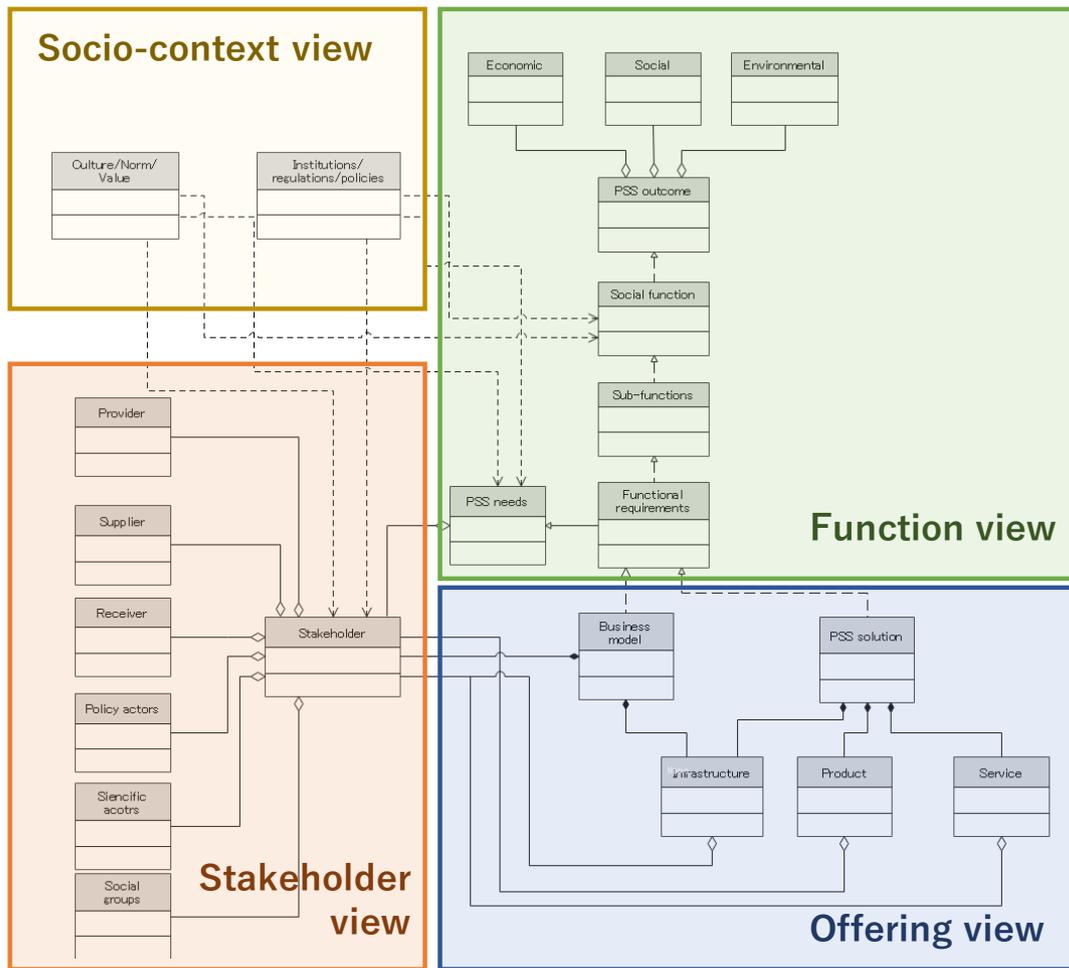


Figure 4-4 本研究における PSS の概念的枠組み

Table 4-2 PSS の概念的枠組みの各構成要素の定義

構成要素	定義
Social function	持続可能な価値を実現するための PSS の有する中核的な機能であり、本機能を実現するために PSS は構成される。
Sub-functions	社会的機能を発揮するための、PSS を構成するサブシステムが実現する機能。
Functional requirements	各サブ機能を実現するために、設計者が参照可能な形式で表現された機能要件。
PSS outcome	設計された PSS が実現することを期待される環境的／経済的／社会的な成果。
PSS needs	関係するステークホルダのそれぞれの観点から直接表明される、顕在化された、または、潜在的なニーズや期待。

#### 第4章 社会技術的性質を有する PSS の概念的枠組み

PSS solution	特定の機能要件を満たすための、有形の製品と無形のサービス、そしてそれを実現するためのネットワークの統合物。
Business model	提供企業が PSS の価値（経済的／環境的／社会的）を創造、提供するための根拠。
Product	生産、または、製造される物理的実体。
Service	PSS の機能を果たすためのステークホルダの活動や生成された結果。
Infrastructure	PSS の機能を継続的に発揮するために必要な大規模な物理ネットワーク。
Stakeholder	PSS の設計と提供に直接または間接的な利害関係を持つ個人、グループ、または組織。
Provider	製品やサービスを提供する個人、組織、事業者。
Receiver	提供された提供物を受け取る主体であり、製品やサービスと相互作用するステークホルダ。
Supplier	PSS 向けの製品/サービス/ソリューションを提供することで、提供者をサポートする主体。
Policy actors	PSS の設計・運用に関わる規制や制度などの政治的要素の設計に携わる行政主体。
Scientific actors	PSS の設計や、構成するサブシステムを構成するにあたり専門的知識を提供する大学や研究機関等の主体。
Social group	特定の特性（特定の役割、責任、規範、認識）を共有する社会集団であり、PSS のサブ機能や資源に関連する。
Institutions/Regulations /Policies	ステークホルダの活動や、システム内の動的な相互作用を制御し調整する規制的／規範的／認知的なルール。
Culture/Norm/Value	特定の個人、組織、グループに特徴的な振る舞いと信念。また、人や組織がどのように状況を解釈し、対応するかを決定する習慣的、精神的態度。

## 4.4 おわりに

本章では、本研究において定義した PSS の構成概念とその関係性について説明する概念的枠組みを提案した。これにより、本研究で扱う設計概念を整理し、提案する実装計画方法論の理論的基盤を構成した。

第 2 節では、提案した概念的枠組みを構成するにあたって参照した、PSS のオントロロジー研究と STS の構成要素に関して解説した。以下の 2 つの研究を枠組みの構成にあたって参照する代表的研究として選出した。

- PSS においては、本研究の対象が PSS の設計であること、また、構築された PSS のオントロロジーの妥当性が担保されていることから、Vasantha らによって構築された PSS オントロロジーの構成要素を参照した。
- STS においては、本研究における PSS は、社会課題の解決を通じてそこに属する主体の価値の充足を目的とすること、既存研究と同様にトランジション研究と PSS 研究の知見の統合に試みることから、Geels の STS の捉え方を参照した。

第 3 節では、上記 2 つの研究において言及されている PSS と STS の構成要素の重複、相補完関係について分析し、それに基づき本研究における PSS の概念的枠組みを構成した。そして、本枠組みは主に「Function view」、「Offering view」、「Stakeholder view」、「Socio-context view」の 4 つの View により構成されることを示した。



# 第5章 社会実装を志向する PSS の設計プロセス

---

5.1 はじめに .....	94
5.2 設計プロセスに関する既存研究.....	95
5.2.1 設計学における設計プロセス.....	95
5.2.2 サービス工学における設計プロセス.....	95
5.2.3 PSS 設計研究における設計プロセス .....	96
5.2.4 トランジションマネジメントプロセス.....	97
5.2.5 本研究における PSS 設計プロセスの位置づけとアプローチ .....	98
5.3 PSS の社会実装を志向する設計プロセス.....	100
5.3.1 提案する設計プロセスの全体像 .....	100
5.3.2 提案する設計プロセスの特徴.....	101
5.3.3 Phase1:ステークホルダネットワークの構築.....	103
5.3.4 Phase2:PSS ビジョンの策定.....	105
5.3.5 Phase3:PSS 実装計画の策定 .....	106
5.3.6 Phase4:PSS の要求管理 .....	107
5.3.7 Phase5:PSS ソリューション開発 .....	108
5.3.8 Phase6:PSS の実験と社会的学習 .....	109
5.3.9 PSS 設計プロセスのリフレクション .....	110
5.4 おわりに.....	112

---

## 5.1 はじめに

本章では、第4章で提案した PSS の概念的枠組みに基づき、PSS 実装に向けた本研究における設計プロセスを提案する。まず、設計プロセスに関する先行研究について説明し、本研究における設計プロセスの位置づけを明確化する。その後、第4章にて規定した PSS を構成する各設計概念を操作するための、本研究における PSS の設計プロセスの詳細について述べる。

## 5.2 設計プロセスに関する既存研究

### 5.2.1 設計学における設計プロセス

設計学の分野において、武田らは、実際の設計を分析することにより、認知的な設計プロセスを、設計者による思考サイクルとして Figure 5-1 のように定式化している（武田 1991）。本サイクルは、現在設計中の対象を観察して次の問題を発見する「問題提起」、その問題に対する解決候補を見出す「提案」、提案されたものを用いて設計対象を変化させる「展開」、変化した設計対象により問題が解決可能かを確認する「評価」、評価結果からそれを採用するかを決める「決定」からなり、このサイクルを繰り返すことで設計が進行するとしている。このサイクルは、設計対象モデル内の 1 つの問題解決のプロセスを表現するものである。

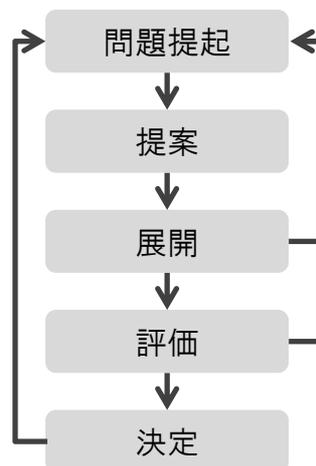


Figure 5-1 設計学における設計プロセス（武田 1991）

### 5.2.2 サービス工学における設計プロセス

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工学における取り組みがある。サービスの生産性向上においては、受給者の要求の変化や環境の変化に応じて、一度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。その中で代表的なものとして、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」傾向を特定している（本村 2012）。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 5-2) 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。

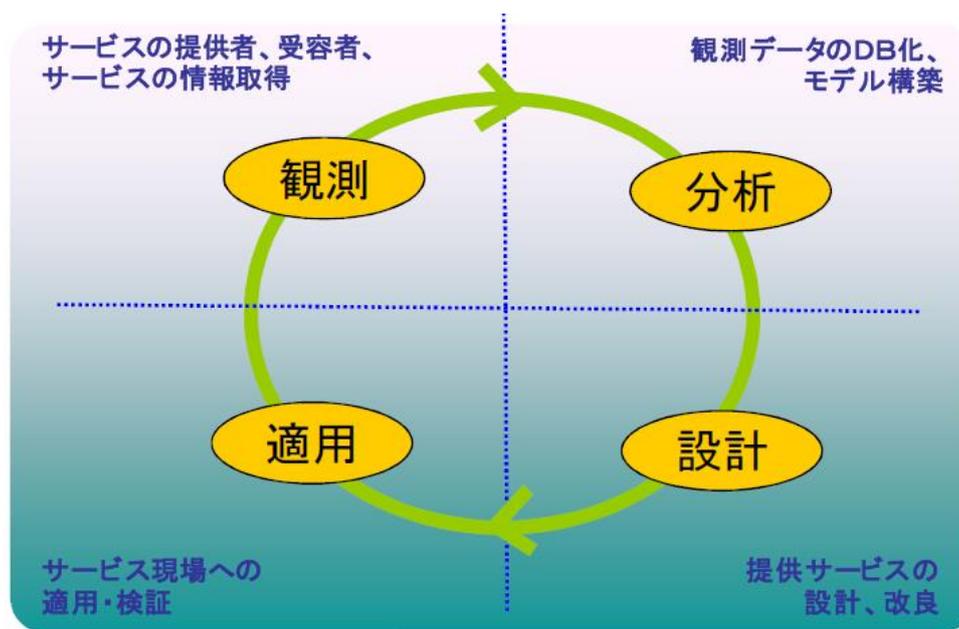


Figure 5-2 サービスの最適設計ループ (本村 2012)

### 5.2.3 PSS 設計研究における設計プロセス

PSS の設計研究は多様な研究者に取り組みされており、それぞれの目的の下、対象とする各設計フェーズを支援するための方法論の提案を実施している。Cavaliereらは、それらの研究を概観した上で、支援するライフサイクルの観点から、Beginning of life (BOL), Middle of life (MOL), End of life (EOL) のフェーズに分類し、それぞれのフェーズを支援する既存の PSS 設計方法論を整理している (Figure 5-3) (Cavaliere and Pezzotta 2012). BOL は、PSS の実現構造を設計するフェーズであり、第 3.3 節にて紹介したような多くの PSS 設計方法論は、このフェーズにおける設計者の活動を支援することを目的としている。本フェーズには、PSS が実現しようとする要求の導出・特定・分析にあたる要求管理や、それに基づく PSS のコンセプトやユースケース、実現構造の設計、コンセプトに基づく詳細設計やプロトタイピングなどの活動が含まれる。MOL には、PSS の市場投入やその後のモニタリング・評価の活動が含まれる。第 3.4.2 項にて紹介した PSS の社会実装に関する研究は、設計において本フェーズを対象に含めているが、BOL,

MOL に明確な境界線を引かずに、社会技術実験を通じた再帰的なプロセスを繰り返すことで、市場や社会に受容される PSS を設計するアプローチをとるものである。EOL は、廃棄フェーズにあたり、リサイクル用部品の回収や、環境影響への分析が含まれる。

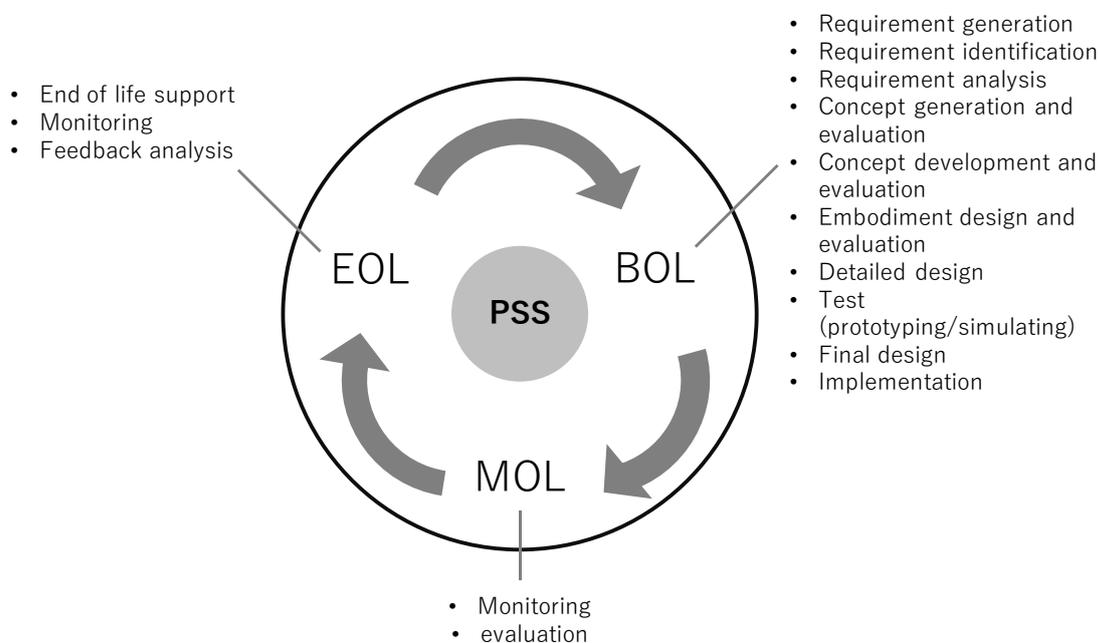


Figure 5-3 Cavalieri らによる PSS の設計フェーズ ((Cavalieri and Pezzotta 2012) を基に作成)

#### 5.2.4 トランジションマネジメントプロセス

トランジション研究において、Loorbach は、Figure 5-4 に示す STS の構造変化を管理するための 4 つのプロセスを定めている (Loorbach 2010)。本プロセスでは、まず、システムイノベーションの実行チームを組織したうえで、現行システムの問題を分析し、望ましい将来像について明確なビジョンを構成する。次に、ビジョンを実現するためのトランジションの道筋や具体的な手段を検討する。これにより作成されたトランジションの計画 (アジェンダ) を共有することでトランジションに加担する主体のネットワークを構成する。各主体は、アジェンダに沿ってトランジションの実現に向けて行動を実践し、その結果や過程を観測・分析することで、適宜ビジョンやアジェンダの内容に修正を加える。本プロセスは、STS の構造変化を管理することを目的とする。本研究では PSS を、社会技術的性質を有するシステムとして捉えるため、本プロセスは、PSS の構造変化の管理にも適用可能であると考えられる。

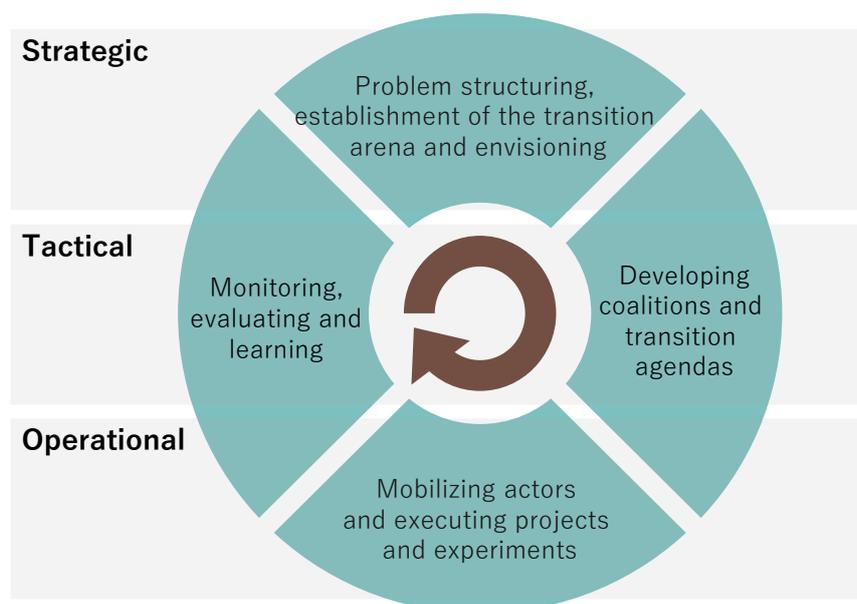


Figure 5-4 トランジションマネジメントのプロセス（再掲）（Loorbach 2010）

### 5.2.5 本研究における PSS 設計プロセスの位置づけとアプローチ

ここまで解説した設計プロセスはそれぞれ位置づけが異なる。本項では、各プロセスの位置づけを述べた上で、本研究の位置づけを明確化する。

第 5.2.1 項で述べた、設計学における設計プロセスは、設計者がどのような思考を通じて、設計対象となる最適な問題解決の方法を見出し、設計対象を具体化・詳細化するかを整理している。そのため、設計という行為そのものの一般的概要を示したプロセスである。

第 5.2.2 項で述べた、サービス工学の設計サイクルは、一度設計し、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ための手順を示しているものである。

第 5.2.3 項で述べた、PSS の設計フェーズは、PSS を構成する主要概念であるライフサイクルの観点に照らし合わせて、各フェーズで実施する設計活動を整理したものである。前述したように、PSS 設計研究では、BOL、つまり、PSS の社会実装前の設計・開発段階に主に焦点を当てた議論が主流である。

第 5.2.4 項で述べた、Loorbach らのトランジションマネジメントのプロセスは、作成したビジョンやトランジションアジェンダを運用することを通じて改善するサイクルである。ここでの設計の役割は、ビジョンやトランジションアジェンダの構築段階を体

系的なアプローチのもと実施することにある。すなわち、本プロセスは、設計だけでなく、そのアウトプット実装と運用まで含む包括的なプロセスであると言える。

以上より、先行研究における設計プロセスの位置づけは Table 5-1 のように整理できる。

Table 5-1 先行研究のプロセスの位置づけ

先行研究	位置づけ
設計学（武田 1991）	設計者の思考過程プロセス
サービス工学（本村 2008）	サービスの最適化プロセス
PSS 設計（Cavalieri 2012）	PSS の価値の実現方法の設計プロセス
トランジションマネジメント（Loorbach 2010）	製品サービスの設計だけでなく、長期的ビジョンの設計、アウトプットの運用まで含む包括的プロセス

一方で、本研究は、社会課題の解決に向けた PSS の社会実装を目指すものがある。そのため、前述したように、そのような PSS 開発を実施する上では、従来の PSS 設計研究が主に対象としていたソリューションのコンセプトや実現構造の設計フェーズのみを対象とするのは不十分である。PSS の社会実装を見据える上では、前段階における目指す持続可能なビジョンまでの道筋を構想する計画プロセスや、PSS の設計後の実装・モニタリングフェーズまでを考慮に入れた包括的プロセスを整備する必要がある。また、第 3.5.2 項にて述べたように、本研究は、設計からテストまでをトップダウン型で実施する既存の PSS 設計プロセスと異なり、設計したプロトタイプを実際の社会的文脈で実験し、逐次的にその機能の充足度と品質を高めるスパイラル型で設計を進めることを前提とする。

そこで、上述した特徴を有する PSS 設計プロセスを構築するために、本研究は、既存の PSS の設計プロセスとトランジション研究におけるトランジションマネジメントのプロセスの統合に取り組む。トランジションマネジメントは、PSS 設計研究では考慮されていない、ビジョンの策定、設計したアウトプット（プロトタイプ）の社会技術的実験による評価・モニタリングのステップについて議論しており、これらの知見を適用し、既存の PSS の設計プロセスを補完することで、PSS の社会実装を見据えた設計プロセスを構築可能であると考えられる。

## 5.3 PSS の社会実装を志向する設計プロセス

### 5.3.1 提案する設計プロセスの全体像

本研究では、トランジション研究と PSS 研究における設計プロセスの統合により、3つの設計活動レベルと6つの設計フェーズにより構成される設計プロセスを提案する (Figure 5-5) (Mitake, Hiramitsu, Nagayama, et al. 2020)。以下にその詳細について説明する。本研究では、PSS の本質を STS として捉えた上で、第3.4.1項にて述べた TMC における3つの活動レベル (Strategic, Tactical, Operational) を導入する。従来提案されてきた PSS の設計方法やツールは、主に設計者による運用を意図して開発されているため、Operational レベルに相当する。一方で、トランジション研究の知見から、Strategic・Tactical レベルの観点を導入することで、PSS の実現構造の開発に留まらず、そのコンセプトの実装まで対象とするプロセスを拡張する。これにより、本枠組みは、PSS の設計、実装の過程において、設計者を支援可能とする。以下に本プロセスにおける各活動レベルの説明を示す。

- Strategic activity level

PSS 設計に関係するステークホルダ間で、各自の知識や価値観を共有し、対象とする問題についての共通理解を得る。その上で、その PSS 構造の変化に繋がる長期的な目標やビジョンの形成に取り組む。ビジョンには、新しい技術、製品、サービスのコンセプトだけでなく、これらのビジョンに描かれた未来のシステムのガバナンスを可能にする規範や価値観、文化、政治経済的状況なども含まれる。

- Tactical activity level

策定した PSS のビジョンに基づき、それを実現するためのプロジェクトの活動を導く PSS の実装計画を策定する。本活動レベルでは、策定したビジョンの実現を阻害する可能性のある現状の障壁やリスクを特定し、ステークホルダ間でそれを解消するために必要な調整や交渉を行う。策定された実装計画は、PSS の設計過程において常に参照される羅針盤としての役割を担う。

- Operational activity level

PSS の実装計画に基づき、PSS の具体的なビジネスモデルや実現構造を設計する。本活動レベルでは、実地実験による社会的学習が重視され、PSS のプロトタイプを技術的、社会文化的、制度的、経済的側面で評価することにより、社会実装の実現性を高める。

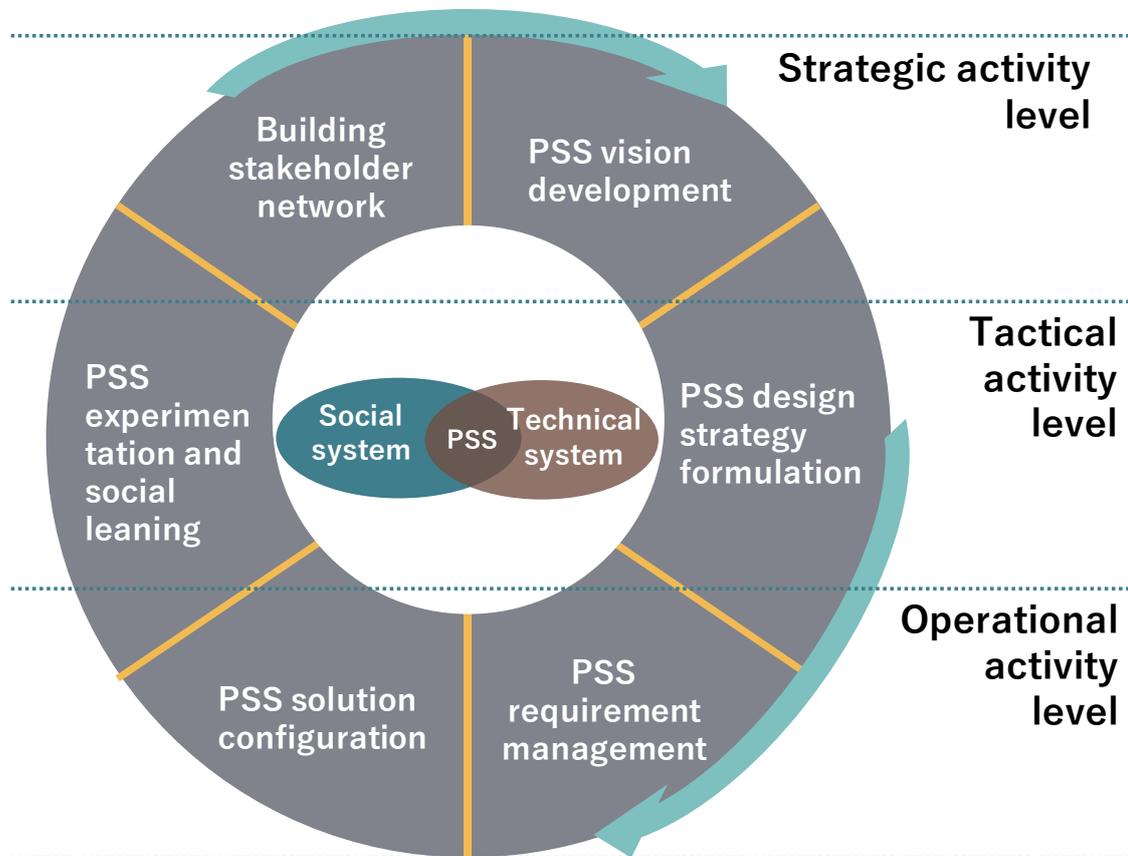


Figure 5-5 本研究における PSS 設計プロセスの全体像

### 5.3.2 提案する設計プロセスの特徴

本研究で提案する設計プロセスが、既存の PSS 設計プロセスと異なる大きな特徴は、トップダウン方式で初めから機能の充足度と要件をすべて満たすことを目指すウォーターフォール型ではなく、機能を分割し、構築したプロトタイプを社会技術的実験で適宜評価しながら、その結果を計画にフィードバックさせ、次の設計サイクルを開始するスパイラル型の再帰的アプローチをとる点である。スパイラル型と類似する開発プロセスとしてアジャイル型が存在する (Figure 5-6) が、これらにおいて異なる点の一つは、計画と品質のどちらを優先するかである。スパイラル型は、アジャイル型と同様にシステムを機能単位に分割し進める反復プロセスである点と同様だが、機能単位の品質を保証してリリースするアジャイル型と異なり、品質の保証されないプロトタイプを実験的にユーザに評価させ、それを繰り返すことで品質を向上させるアプローチをとる点で異なる。さらに、スパイラル型は、計画を重視しそれに基づくプロトタイプの検証・改良

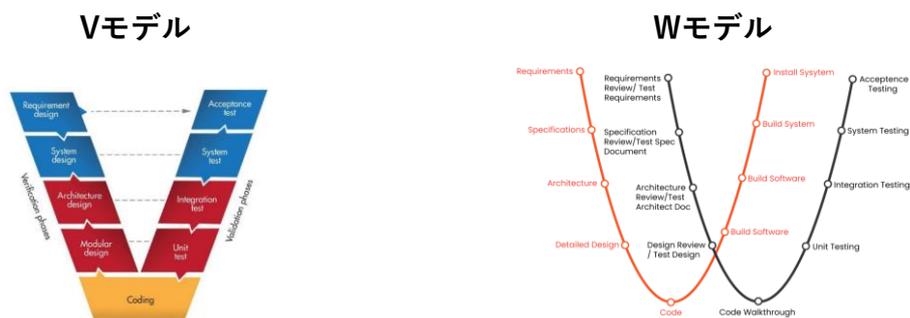
を行う一方、その結果に基づく計画の柔軟な変更を実施する。本研究において策定する実装計画も同様に、一度決定した後は基本的に変更しない静的なものでなく、設計の進展に応じて適応させる動的なものとして扱い、PSS のプロトタイプによる実験を通じた推敲を目指す。これにより、ソリューションを導入することによる社会的要素への影響を学習しながら開発を進め、PSS の受容可能性を高める。



	アジャイル型開発	スパイラル型開発
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>品質を優先</li> <li>機能単位の品質を保証して、リリースする</li> <li>リリースした成果に追加実装を施す</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>計画を優先</li> <li>品質の保証されないプロトタイプの評価と設計を繰り返す</li> <li>評価結果に基づき計画を修正する</li> </ul>
利点	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用可能な成果を早期にリリース可能</li> <li>対応する要求の優先度付けが可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>計画変更に対応しやすい</li> <li>要求に対する適合度が高くなる</li> </ul>
欠点	機能単位ごとの計画を設定するため、工程全体の進捗管理が困難となる	早期にプロトタイプを共有することで、期間・予算の都合が合わなくなる可能性がある

Figure 5-6 アジャイル型開発とスパイラル型開発の違い

また、一般的にウォーターフォール型開発におけるプロセスを説明する上では、開発の上流工程とそのテスト工程を対応付けた V モデルが用いられるが、本研究においては、開発プロセスとテストプロセスを同時併行で進める W モデルのプロセスに近いアプローチをとる (Figure 5-7)。W モデルは、V モデルにおける設計の手戻りや設計バグの漏れなどの課題に対処するために、早期段階からテストエンジニア等が参画することで品質リスクを減少させるために導入されるが、本研究においても、設計の初期段階から PSS の設計また運用に関連するステークホルダの同伴を前提としており、その中にはユーザとなる主体も含む。その観点に基づく、本設計プロセスは、上流から設計とテストを同時並行的に実施する W モデルで進行するものと言える。



ウォーターフォール開発のプロセス  
「設計段階」と「評価段階」を対応  
付けたプロセス

手戻りや設計バグの漏れを防ぐために  
「設計」と「評価」を  
同時並行で実施するプロセス

Figure 5-7 VモデルとWモデルの違い

上記をまとめると本設計プロセスの特徴は以下のように示すことができる。

- 計画を重視するが、プロトタイプの実証によりその柔軟な変更を可能とし、設計を再帰的に実施するスパイラル型開発を踏襲する。
- 本設計プロセスでは、PSS の設計、またその運用に関わるステークホルダを初期段階から参画させ、各設計フェーズの活動結果の妥当性を担保させる点において Wモデルのプロセス特性を有する。

本節の以下では、各設計ステップの詳細と、各ステップが対象とする第 4.3.2 項にて提案した本研究の PSS の概念的枠組みの構成要素について説明する。

### 5.3.3 Phase1:ステークホルダネットワークの構築

PSS 設計研究とトランジション研究の双方において、適切な社会経済的ネットワークの構築は、イノベーション開発を保護、支援、醸成するための重要な要素として認識されている (Loorbach 2010; Cavalieri and Pezzotta 2012; Ceschin 2013). また、本ネットワークを構成する際には、PSS 設計企業は、それを実装する社会的文脈を理解し、関与させるべきステークホルダを、より広範に考慮する必要がある (Ceschin 2013). そのため、本フェーズでは、PSS 開発の起点として、PSS の開発に直接的または間接的に関係するアクターを特定し、PSS 開発のためのステークホルダネットワークを構築する。本フェーズの実施項目と概念的枠組み内の対象範囲を Figure 5-8 に示す。

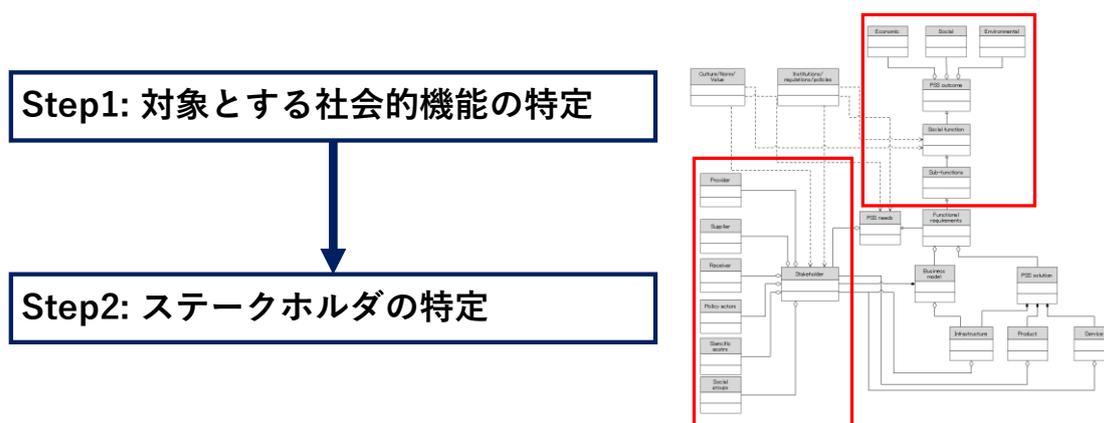


Figure 5-8 Phase1 の実施ステップと対象範囲

Step 1: 対象とする社会的機能の特定

本フェーズでは初めに、PSS の開発プロジェクトを通して改善に取り組む社会的機能を特定する。プロジェクトで対象とする問題は、社会的機能を充足するための制度的／社会文化的／組織的／技術的パラメータのいずれかに欠陥が生じている状態を示す。そのため、PSS の開発プロジェクトでは、設計する新たなソリューションを、PSS を構成する社会システムに導入することで、適切に社会的機能の効能を発揮させることが最終的な目標となる。

Step2: ステークホルダの特定

次に、対象とする社会的機能の特定後、それに影響する各側面のパラメータを操作する主体を特定する。ここでは、直接関係するアクター（パートナー、サプライヤー、顧客など）のみならず、行政機関等も早期段階に関与させることで、PSS を実装する上で制度的制約の緩和や取り組む問題に対する共通理解を形成することが重要である。

本 PSS 設計では、上記により編成された設計チームに参画する全メンバーを設計者として扱う。本研究で改善対象とする社会的機能は、製品・サービス等の技術的要素のみでなく、社会的要素の設計も不可欠である為である。実際に、PSS 設計を実践していく上では、設計チームをファシリテートするマネージャーの役割が必要であるが、本研究の対象とする範囲においては、PSS、また、その設計に関する専門的な知識を持つ研究機関が担うのが適切と考えられる。一方で、本研究の対象外とするより詳細な製品技術システムの詳細設計フェーズに移る場合は、それらのシステムを扱う専門家が主導権を持つことが望ましい。

### 5.3.4 Phase2:PSS ビジョンの策定

第 2 フェーズでは、PSS 開発の活動指針を与える長期的ビジョンの策定と共有を実施する。本フェーズの実施項目と概念的枠組み内の対象範囲を Figure 5-9 に示す。



Figure 5-9 Phase2 の実施ステップと対象範囲

#### Step1: 問題を生じさせる原因の分析

本フェーズでは、まず、現状の問題を引き起こしている原因の分析と特定の活動から実施する。ここでは、生じている問題の複雑な構造をより多角的な観点から明らかにするために、問題が生じているシステムに属する住民や行政主体(地方自治体、役所など)から広く情報を収集し、その結果を構造化することが必要である。これによって、社会的機能を構成するどのサブ機能に着目すべきかを詳細化する。この際、欠陥を引き起こす原因には、技術的・組織的な要素のみならず、地域特有の社会文化的・制度的な要素も含まれるため、それらの原因を特定した上で、関係性を分析し、問題の構造を体系的に整理することが求められる。

#### Step2: PSS ビジョンの策定

問題を引き起こす原因について、ステークホルダ間で共有し、その妥当性について合意を得た後に、それに基づく PSS のビジョンを策定する。このビジョンは、ステークホルダが実現したい未来、つまり、対象とする PSS の持続可能性を阻害している欠陥が新たなソリューションの実装と普及によって解決された未来の状態を示す。本活動は Strategic レベルでの主要な活動であり、これを支援するために開発された手法の適用が望ましい。例えば、トランジション研究分野において開発された手法の 1 つとして、望ましい将来の状態をもたらすビジョンまでの首尾一貫した到達経路を開発するトランジションシナリオ作成手法 (Sondeijker et al. 2006) が存在する。このようなビジョン策

定のための形式的手順を提供する手法の整備により、ステークホルダの活動を支援可能である。

### 5.3.5 Phase3: PSS 実装計画の策定

フェーズ 2 で策定したビジョンを実現するために、長期的な PSS の設計と実装を導く PSS 設計戦略を策定する。本フェーズの実施項目と概念的枠組み内の対象範囲を Figure 5-10 に示す。

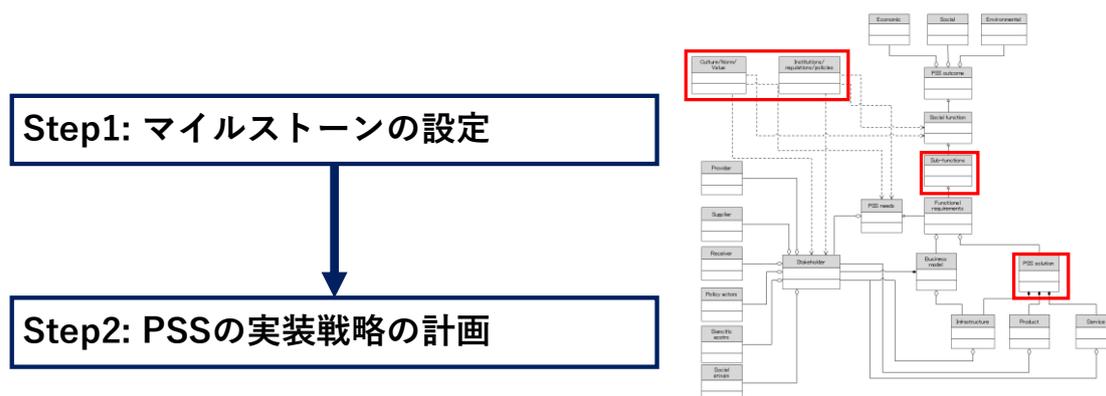


Figure 5-10 Phase3 の実施ステップと対象範囲

#### Step1: マイルストーンの設定

設定したビジョンに向けて、ステークホルダ間での交渉に基づき、達成すべき中間的なマイルストーンとして詳細化する。ここでは、新たなソリューションの実装や、政策主体の活動による PSS の社会的側面の段階的变化を設定する。

#### Step2: PSS の実装計画の策定

策定したビジョンと、その中間的なマイルストーンの達成に向けて、PSS 開発プロジェクトの活動を導く PSS の実装計画を策定する。ここでは、ネットワークが保有するリソース（知識、技術、コスト）、また、PSS 開発プロジェクトの期間等を考慮して、より具体的な戦略を導出する。ここでは、PSS の実装を実現するための長期的な戦略を計画することになるため、ステークホルダ間でそれについて共通理解を得られるように、また、柔軟な修正を加えられるように視覚化して記録することが重要である。また同時に、PSS 実装後の運用段階において予測されるリスクや障害を特定し、その場合の説明責任や対策に関しても、関連するステークホルダ間で合意形成を図ることが重要である。



**Step3: PSS の機能要件の詳細化**

ステークホルダの要求の抽出・分析後、それらを実際的设计者が理解可能な PSS の機能的な設計要件へと変換し、分類・モデル化する。これにより設計要件が構造化され、トレーサビリティ（追跡可能性）が確保され、その再利用が容易になる。ステークホルダの要求を PSS の機能要件に変換した後、異なる要件間のコンフリクトの有無やその度合いを分析する。これは、ある要件を重視することで、他の要件の充足度の低下、コストの上昇、PSS ソリューションの不具合等のトレードオフが発生する可能性があるためである。これらの潜在的なコンフリクトは、PSS の提供段階でサービスの失敗や誤動作につながり、最終的には顧客の不満を引き起こす可能性がある。そのため、これらを設計段階で発見し、解消することで PSS の社会実装の確度を高めることができる。

**5.3.7 Phase5: PSS ソリューション開発**

前フェーズにて導出した機能要件に基づき、具体的な PSS のコンセプトやその実現構造、またビジネスモデルを設計する。本フェーズの実施項目と概念的枠組み内の対象範囲を Figure 5-12 に示す。

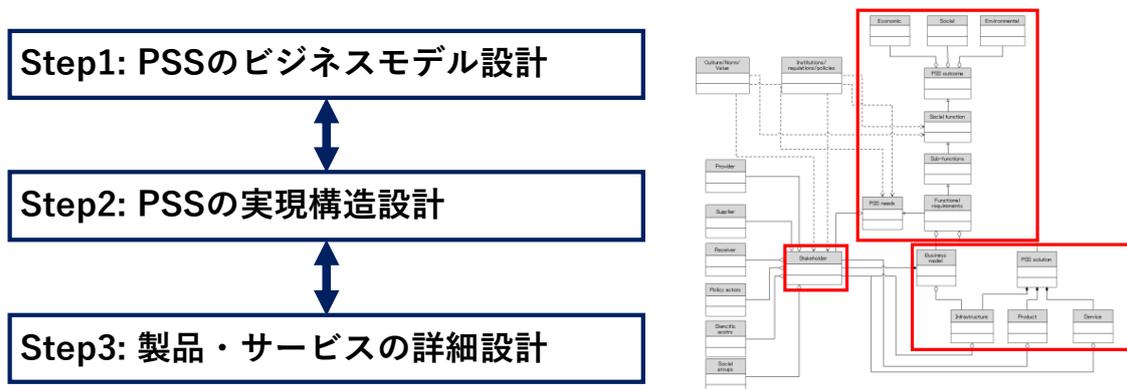


Figure 5-12 Phase5 の実施項目と対象範囲

**Step1: PSS のビジネスモデル設計**

「ビジネスモデル設計」は、PSS の提供者がどのような価値（アウトプット）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。

**Step2: PSS の実現構造設計**

「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。PSS 設計研究では、PSS の実現構造を表現するための様々なツール（サービスモデリング、サービスブループリント、IDEF0、ステークホルダマッピング等）が提案されている（Morelli 2006; Cavalieri and Pezzotta 2012）。

**Step3: 製品・サービスの詳細設計**

「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様である。

本フェーズでは、上記 3 つのステップを必ずしも段階的に実施する必要はなく、それぞれを並行に進めることは可能である。しかし、各設計結果を適宜他の要素へフィードバックさせ、「ビジネスモデル」「実現構造」「詳細設計」の一貫性をもたせることが重要である。

**5.3.8 Phase6: PSS の実験と社会的学習**

本フェーズの実施項目と概念的枠組み内の対象範囲を Figure 5-13 に示す。

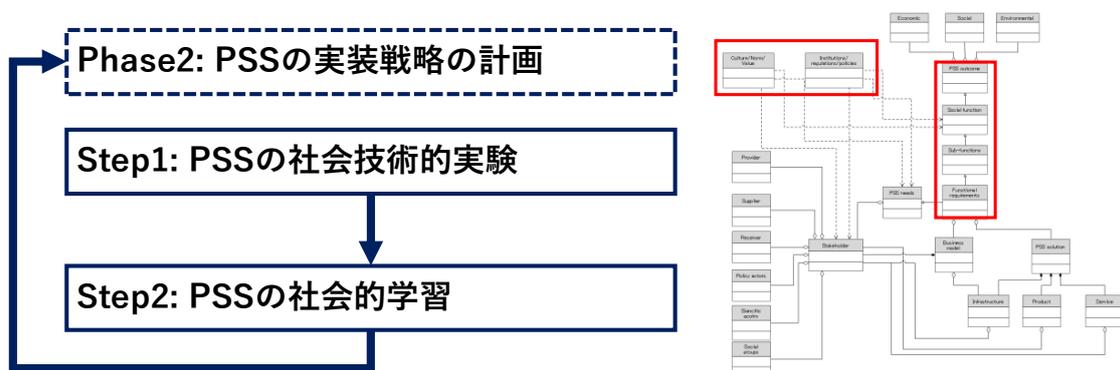


Figure 5-13 Phase6 の実施項目と対象範囲

### Step1: PSS の社会技術的実験

PSS の社会実装の確度を高めるためには、想定される利用環境における反復的な評価とその結果に基づく柔軟な再構成を経て、それが実装される社会的文脈に最適な実現構造を構成する必要がある。そこで、本フェーズでは、まず関連するステークホルダや想定するエンドユーザを巻き込み、実際の PSS 利用状況を設定することで、そのソリューションを評価する。この際は、Living lab (Leminen 2015) 等の共創空間の環境設定が重要である (Ceschin 2014; Liedtke et al. 2015)。

### Step2: PSS の社会的学習

社会技術的実験での PSS プロトタイプを導入により、技術的、社会的、制度的、経済的側面における PSS のコンセプトの影響を実践的に学習する。これによって、PSS の有効性、妥当性、受容性の向上に貢献可能である。また、この実験によって、その持続的な運用を阻害する不具合やリスクが特定される可能性がある。その場合は、PSS 改善方法についてステークホルダ間でコンセンサスを構築し、それに基づき、再度 PSS の実装計画を再計画する。この際、PSS の実現には、環境変化に適応可能なネットワークを必要とするため、一度構築されたネットワークは適宜新たなステークホルダの関与により動的に変容し得る。また、当初開発したビジョンやロードマップも静的な目標として扱わず、PSS の状態や波及効果のモニタリング結果に基づき、再考することが極めて重要である (Loorbach 2010; Ceschin 2014)。

一方で、PSS の設計の最終目的は、それを社会実装することである。そのためには、現行の社会・市場に適切に受け入れられる必要がある。そこで、本フェーズにおいては、定期的に、フェーズ 1 で編成したステークホルダネットワークに含まれない外部主体からの評価を受けることも重要である。これにより、設計過程においてそれら外部主体からの批判や反応を学習することによる設計解の洗練を行い、社会実装の確度を向上させることが期待できる。

### 5.3.9 PSS 設計プロセスのリフレクション

実際の設計においては、その進行に応じて焦点が移る場合が考えられる。例えば、ウォーターフォール型では、リリース前にそれらの反映が必要となるため、フェーズの往来が生じ得る。一方で本研究では、初めから高水準の品質を担保するために設計フェーズを往来するよりも、プロトタイプを用いた実験による社会的な学習を通じて PSS を推敲していく再帰的なアプローチをとる。そのため、本サイクルを短期的に実施することで、設計解にフィードバックを迅速に反映することで、より対象とする社会的な文脈に沿ったソリューションの開発を目指す。予測不可能かつ複雑な現代の社会環境におい

て、PSS の実装と普及を促進するためには、上記のようなフィードバックとそれに基づく再設計を継続的に実施し、都度その影響を実践的に学習するプロセス指向の設計活動が不可欠となる。

上記に述べた各設計フェーズの関係性を Figure 5-14 に示す。

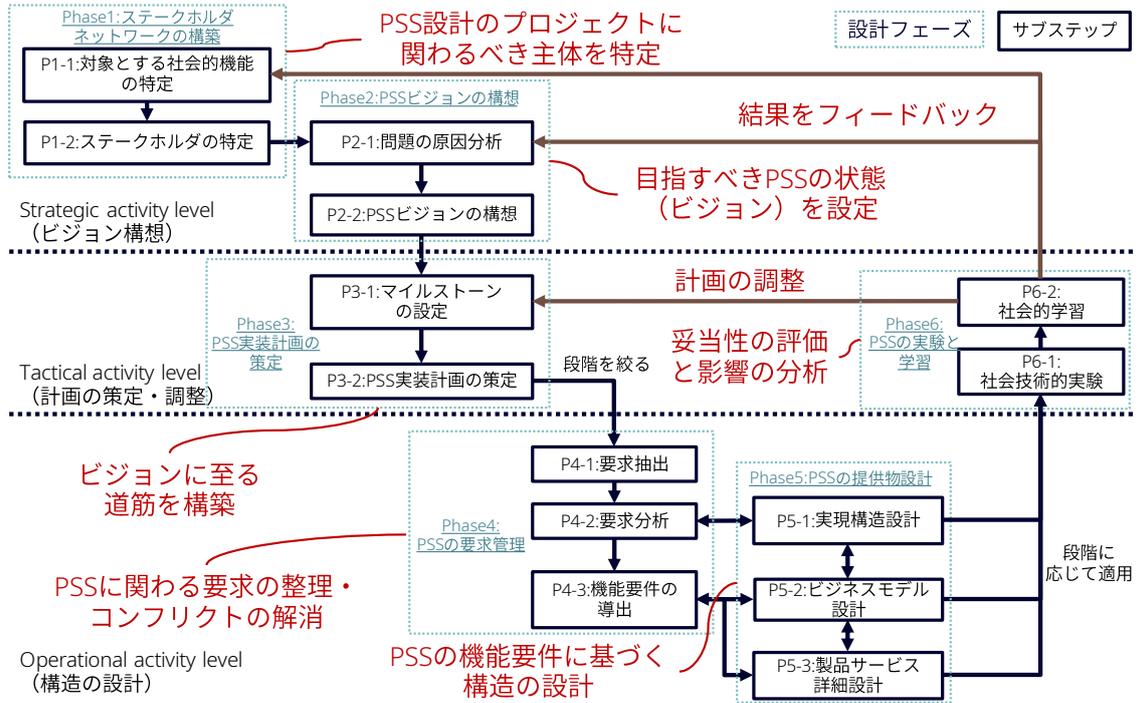


Figure 5-14 提案する設計プロセスの各フェーズの関係性

## 5.4 おわりに

第4章で提案した PSS の概念的枠組みに基づき、社会課題解決のための PSS 社会実装の実現に向けた規範的設計プロセスを提案した。

第2節では、先行研究における設計プロセスについて説明した。そして、各設計プロセスの位置づけを整理した上で、従来の PSS の設計プロセスとトランジション研究におけるトランジションマネジメントのプロセスを統合するアプローチをとることについて述べた。

第3節では、PSS 研究とトランジション研究の知見の統合により構成した PSS 社会実装のためのスパイラル型設計プロセスを提案した。本設計プロセスは以下の特徴を有している。

- トランジション研究の知見から、Strategic・Tactical・Operational activity level の観点を導入することで、各設計に参画すべきステークホルダや設計対象の粒度について参照可能とする。
- 設計からテストまでをトップダウン型で実施する既存の PSS 設計プロセスと異なり、設計したプロトタイプを実際の社会的文脈で実験し、逐次的にその機能の充足度と品質を高めるスパイラル型で設計を進める。
- PSS の社会実装を見据え、実現構造設計の前段階における目指す持続可能なビジョンまでの道筋を構想する計画プロセスや、PSS の設計後の実装・モニタリングフェーズまでを考慮に入れた包括的プロセスを有する。

# 第6章 PSS の実装計画手法

---

6.1 はじめに .....	114
6.2 本手法の対象範囲 .....	115
6.3 先行研究 .....	116
6.3.1 シナリオ設計 .....	116
6.3.2 Technology roadmapping.....	118
6.3.3 Transition scenario .....	120
6.4 先行研究との位置づけと手法構築の要件 .....	124
6.4.1 シナリオと Transition scenario の相違点.....	124
6.4.2 トランジション研究と PSS 開発のビジョン構想の相違点.....	125
6.4.3 TRM の戦略計画と PSS 開発の戦略計画の相違点 .....	125
6.4.4 提案手法に求められる要件 .....	126
6.5 提案手法 .....	127
6.5.1 提案手法の全体像 .....	127
6.5.2 Step1:PSS 設計チームの編成 .....	127
6.5.3 Step2: System innovation scenario の作成.....	128
6.5.4 Step3:PSS ロードマップの開発 .....	132
6.6 おわりに.....	136

---

## 6.1 はじめに

本章では、第5章で提案した設計プロセスにおける **Strategic・Tactical activity level** に焦点を当て、それらの設計フェーズを多様なステークホルダの参画のもと実践可能とするための **PSS** の実装計画手法を提案する。まず、戦略計画に関連する先行研究について説明し、また各手法の特徴の比較分析を通して、本提案手法に求められる要件を導出する。その後、要件に基づき構築した提案手法の詳細について述べる。

## 6.2 本手法の対象範囲

本研究は、社会的課題解決の実現に向けて PSS の設計を導く実装計画を策定するための方法論の構築を目的としているが、第 3.5.2 項にて述べた様に、従来の PSS 設計研究では、PSS の「中身」である実現構造やビジネスモデルの設計が主な対象であり、それを実装するための戦略計画方法については明らかになっていない。そこで、本研究で提案する実装計画手法は、第 5 章にて議論した PSS の設計プロセスを包括するものではなく、PSS の実現構造設計の前段階を対象とする。具体的に、本手法は、提案した設計プロセスにおける「ステークホルダネットワークの構築」、「PSS ビジョンの策定」、「PSS 実装計画の策定」のフェーズを対象とする。そして、本研究では、それらのフェーズを多様なステークホルダが参画し実践可能とするための方法を提案する。

次節では、既存の戦略計画に関する研究について概観した後に、本提案手法が満たすべき要件について議論する。

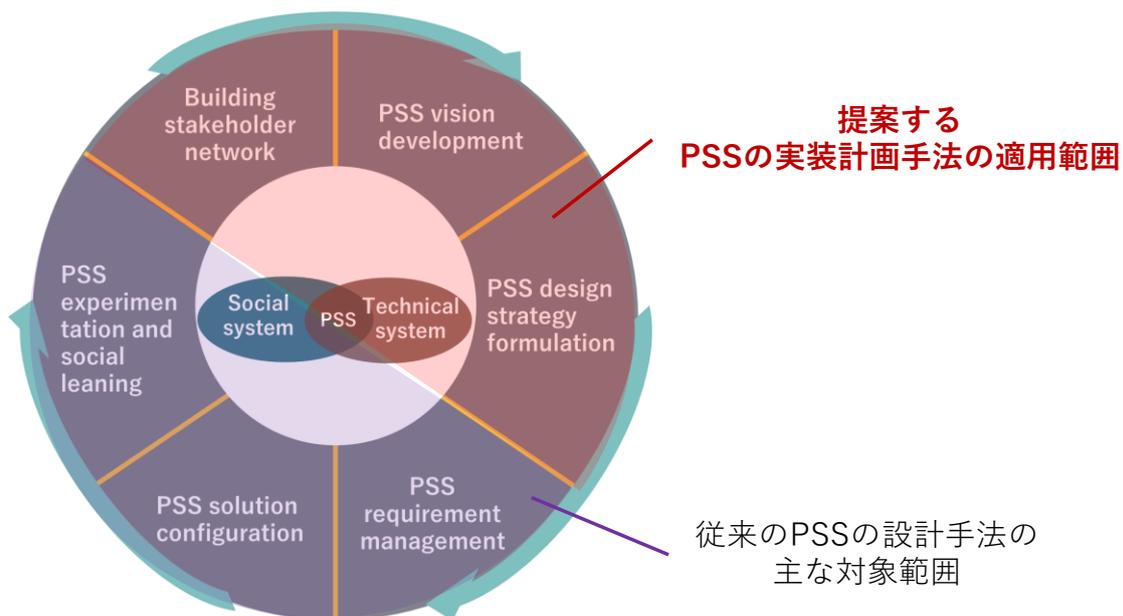


Figure 6-1 提案手法の適用範囲

## 6.3 先行研究

### 6.3.1 シナリオ設計

気候変動や資源、エネルギー問題などの諸問題の解決のために社会に対して持続可能性の実現が強く求められるようになってきており、それは様々な人工物を生産し、社会に供給する製造業にとっても同様である。将来の社会、製造業を持続可能なものとするためには、個々の技術開発とともに将来の持続可能な社会や製造業の全体像を予測し、それに向けた政策決定などを行うことが重要となる、しかし、社会、環境システムは複雑で、その将来は不確定であり、持続可能な社会、製造業の将来像を予測することは本質的に困難である（水野 2013）。この課題解決のための有効なアプローチの一つと考えられるのが、「シナリオ設計」と呼ばれる手法である（松岡 2001）。これは、人為的な行動の影響を含めて対象物の変化を総合的に考察し、対象物の将来を定性的、定量的に複数想定、記述するものであり、持続可能な社会の実現に向けた様々なシナリオ作成が行われてきた（Hunt et al. 2012）。持続可能な社会の将来像を描いたシナリオ（持続可能な社会シナリオ）の代表例として、2050年の日本社会のイメージを描いた 2050 日本低炭素社会シナリオなどが挙げられる（西岡 2008）。2050 日本低炭素社会シナリオは、2050年の日本において、CO<sub>2</sub> 排出量が 1990 年比で 70%削減された「経済成長重視の将来」と「自然との調和重視の将来」の2つの将来像を想定し、それらの実現可能性、実現方法を検討したものである。

このようなシナリオを記述する為に、多くの研究者がシナリオ記述に関連する手法を提案している。例えば、木下らは計算機を用いたシナリオの設計支援を目的に、持続可能な社会シナリオ（3S）シミュレータの開発を行っている（木下 2009）。3S シミュレータはシナリオとシミュレータを接続することによって、シミュレーションの条件をシナリオ上で変化させてシミュレーションを動的に実行しながら、シナリオを記述可能とする（Figure 6-2）。また、Hyysal らは、専門的な知識を持つ分析者に頼ることなく、経路構築が可能なパスウェイ（経路）作成ツールセットを提案している（Figure 6-3）（Hyysalo et al. 2019）。Hyysalo らは、パスウェイ作成ツールセットを用いたワークショップを実施し、2030年のフィンランドのエネルギーと気候のビジョンとそれを達成するための複数経路、アクションを導出可能としている。

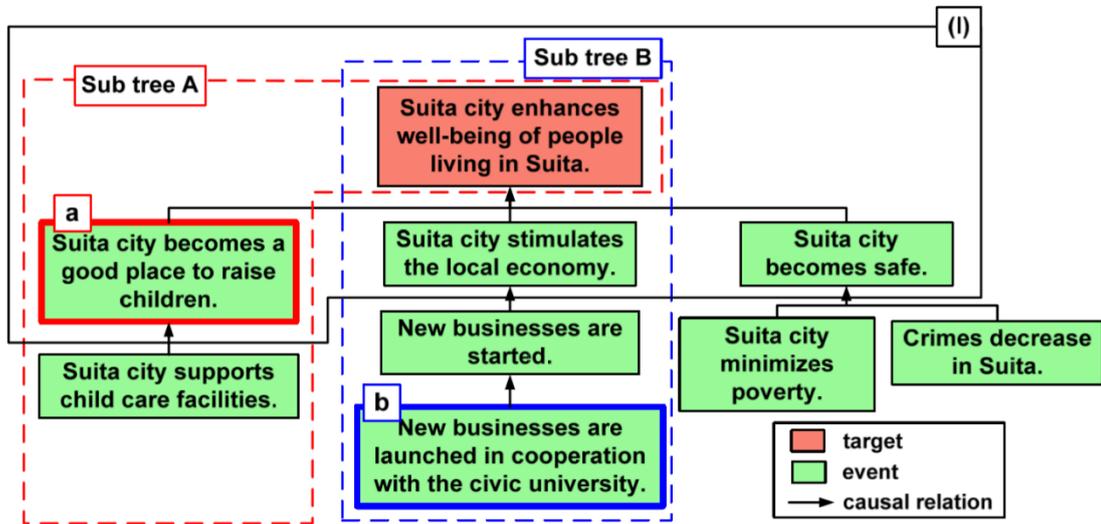


Figure 6-2 3S シミュレータを用いたロジックツリーの例 (木下 2009)

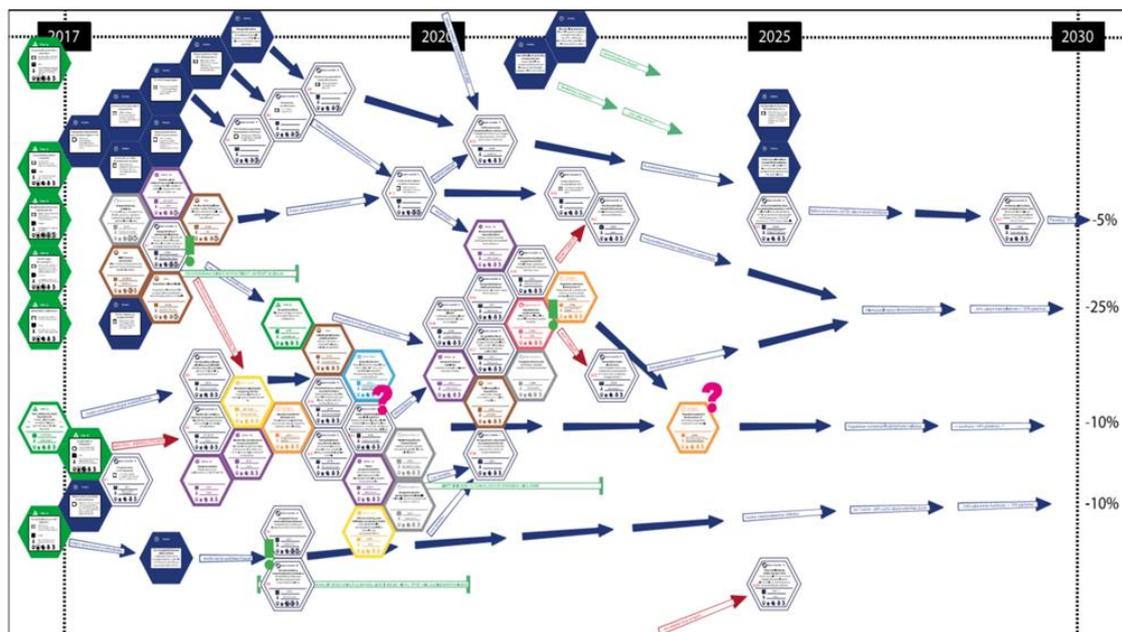


Figure 6-3 パスウェイ作成ツールセット (Hyysalo et al. 2019)

一般にシナリオ作成手法は、(a) フォアキャスト型と (b) バックキャスト型の 2 つの型に分類される (Dreborg 1996)。前者は現在を始点として将来を探索するアプローチであり、後者は、最初に目標とするビジョンを描き、次にそれを実現する道筋を将来から現在に遡って記述するアプローチ (Figure 6-4) である。以下に両者の利点を詳述する。

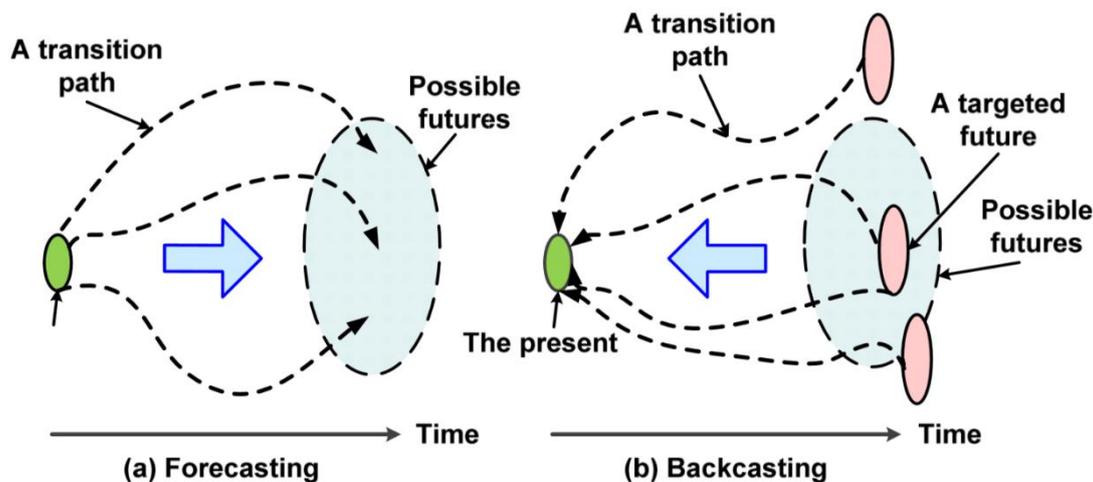


Figure 6-4 フォアキャストとバックキャスト

フォアキャスト型シナリオ開発は、因果関係の順方向の流れに従うことで、予測困難なシステムの変遷をある程度の的確性で捉えることができ、現在から近い将来にかけての社会システムの変遷に対して、製品・サービスを段階的に普及させるための経路開発に有効な着眼点を提供できる可能性を持つ。しかし、厳密な因果関係の順方向の流れに従うだけでは、数十年という長期的な経路開発に際する予測の不一致を招く恐れがあり、記述したシナリオが未来の状況に対応できない可能性がある。これに対して、バックキャスト型シナリオ開発は、所望の目的を達成するために必要となる段階的な達成項目を提供することができるため、最終的な設計目的の実現に必要な達成項目としての設計目標や目標達成に至るまでの多岐にわたる経路開発を可能にする。しかし、将来の実現像を重視した結果、現状として解決しなければならない問題に対するアプローチが不足し、記述したシナリオと現状との間に差が生じる可能性がある。

### 6.3.2 Technology roadmapping

Technology roadmapping (TRM) は、長期的な戦略立案や研究開発を支援するために、産業界や実務家に広く導入されている戦略計画手法である (Kostoff and Schaller 2001; Phaal 2004; Carvalho, Fleury, and Lopes 2013)。TRM は、社会、市場、技術の変化を予測し、現在のダイナミックで不確実な社会環境下で持続性を有する戦略開発を目的に活用される。TRM はロードマッププロセス、すなわち「ロードマップ」を開発するための一連の活動として定義されるが、ここでのロードマップとは、プロセスの成果物を示す。ロードマップは、一般的に、水平軸のタイムラインと垂直軸のマルチレイヤー (Phaal 2004) という2軸で構成されている (Figure 6-5)。これにより、企業の技術的リソース、組織目標、変化する環境の間の動的な相互作用を分析し、それを伝達可能とするための

視覚化手段として機能する (Phaal 2004; S. Lee and Park 2005). また、この構造は、ロードマップ活動に関連する特定の要件や目的に合わせて適宜カスタマイズして利用可能である。

TRM の既存研究では、成果物であるロードマップそのものよりも、ロードマップの開発プロセスが重要視される (Phaal 2004; S. Lee and Park 2005). このプロセスは多様な背景を持つアクターの知識と視点を共有する機会を提供し、問題、機会、新しいアイデアを全体的に検討するための手段を提供可能とする (Phaal 2004). 一般的なロードマップ作成プロセスは、(1) 予備的活動 (すなわち、計画、問題認識、チームの設定)、(2) ロードマップの開発、(3) フォローアップ活動 (ロードマップの更新と調整) の 3 つの異なるフェーズから構成される (Garcia and Bray 1997). また、ロードマップ開発プロセスは、目的、与えられた状況、文脈に合わせてカスタマイズされ、新興技術に関連する不確実性にも対応することが求められる (Phaal 2004; S. Lee and Park 2005).

TRM の研究対象やその適用範囲は、ロードマップの範囲を従来の製品/技術開発や研究開発から、国家レベルでの組織や産業/セクター全体にまで拡大されている (Phaal 2004; Carvalho, Fleury, and Lopes 2013). 最近では、オープンイノベーションのための戦略的計画に TRM が適用されている (Lichtenthaler 2008). 例えば、Geum らは、内部資源と外部資源の二層構造のロードマップを提案している。また、TRM の種類とその特徴を分類し、実践で選択的に利用できるロードマッププロセスを提案している (Geum et al. 2013). 地域イノベーションの文脈においては、Schwerdtner らは、地域的なオープンイノベーションロードマップのフレームワークを提案している (Schwerdtner et al. 2015). この研究では、非技術的な、所謂「社会的イノベーション」、すなわち、持続可能性の側面を考慮したネットワークやサプライチェーンの構築を対象としている。さらに、持続可能性の実現に対する取り組み (例えば、燃料電池輸送システム (Van Den Bosch, Brezet, and Vergragt 2005) や炭素削減 (Donnelly et al. 2006)) への TRM の適用は、さらなる取り組みを必要とする将来のテーマの一つとして考えられている (Carvalho, Fleury, and Lopes 2013).

また近年の研究では、シナリオベースのロードマップを開発するための統合的なアプローチが提案されている (Lee, Song, and Park 2015; Cheng et al. 2016; Hussain, Tapinos, and Knight 2017; Lee and Geum 2017). これらの取り組みは、シナリオプランニングの柔軟性と TRM の明快な記述能力の両アプローチの特徴の活用を目的として実施されている。シナリオベースのロードマップは、複雑で不確実な環境の変化に対応するための戦略計画や予測の意思決定を支援可能とする (Lee and Geum 2017). これらの利点から、近年では、シナリオベースのロードマッピングが研究者や実務家から注目を浴びている。

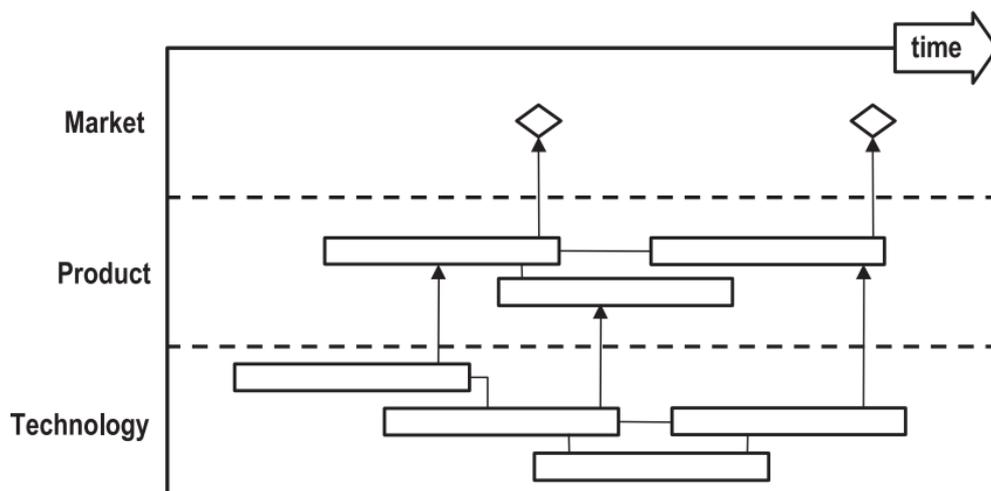


Figure 6-5 TRMの基本構造 (Phaal 2004)

既存研究において、TRMはPSS開発のための計画ツールとしても活用されている。Anらは当初、製品-サービス統合の戦略的管理のための統合ロードマップを提案している(An, Lee, and Park 2008)。その後、Geumらは、PSSの構成のための重要なインターフェイスとしての「技術」の役割を強調し、PSS戦略計画のためのTRM研究推進に貢献した。Geumらは、まず「製品」、「サービス」、「技術」の相互作用パターンに基づき、6種類のロードマップを定義し、ロードマップの戦略的管理のためガイド、ロードマップ開発プロセス、そして、品質機能展開(Quality function deployment: QFD)を統合した開発支援ツールを提案している(Geum et al. 2011a)。その後、事例適用を通して、各タイプのTRMに基づいた製品・サービス統合のためのカスタマイズフレームワークを提案している(Geum et al. 2011b)。その後、PSS戦略計画に関するTRM研究では、特許分析(Saritas and Aylene 2010)、システムダイナミクス(Geum, Lee, and Park 2014)、Design structure matrix (DSM) (Son et al. 2018)などの他のマネジメント・工学手法と組み合わせられた統合型TRM手法が複数開発されている。

### 6.3.3 Transition scenario

トランジションマネジメントにおいて、そのTMCの活動、特に、Strategicレベルの活動を実践するための手法として、「Transition scenario」の設計が重要視されている。Transition scenarioとは、以下のように定義される

*Participatory explorations of possible development trajectories that incorporate a structural system change towards a desired, sustainable future state of the system* (Sondeijker 2009)

Transition scenario は、ビジョンの達成に向けた説得力のある首尾一貫したナラティブとして、TMC のプロセスに組み込むことができる（プロセス機能）(Figure 6-6)。また、開発された Transition scenario は、戦略レベルでの長期的な望ましい将来ビジョンを、戦術レベルでのトランジションアジェンダや、運用レベルでの実践や実験へと落とし込むことを支援する（コンテンツ機能）(Figure 6-6)。このように、Transition scenario は、ステークホルダを巻き込み、それらの調整に役立つだけでなく、現在のトレンドから逸脱した持続可能なビジョンを予測することで、より柔軟性のある戦略計画を可能とする (Sondeijker et al. 2006; Sondeijker 2009)。

Sondeijker は、7つの反復的ステップからなる Transition scenario の開発手法を開発している。構成するステップは、(1) 構造変化における障壁の特定、(2) ビジョンとシステムのスコープの定義、(3) 望ましい持続可能なシステムの構想、(4) ビジョンに記述された必要な構造変化プロセスの展開、(5) 構造変化のためのドライバーの特定と構造化、(6) トランジション戦略の予測、(7) Transition scenario のフレーミング、によって構成される (Sondeijker 2009)。以下に各ステップの詳細な説明を示す。

### 1. 構造変化における障壁の特定

本手法は、望ましい構造変化の実現に対する障壁の観点から、現在の問題を定義することから始まる。これらの障壁は、現在の文化（既存の規範や価値観）、構造（制度、規則、規制）、実践（人々や組織のルーティーン、役割や行動）に介入することで構造化される。

### 2. ビジョンとシステムのスコープの定義

第一段階の結果に基づき、将来の持続可能なシステムの望ましい条件としての「トランジション課題」を策定する。そして、このステップでは、システムの将来的な機能を、セクターやセクターの部分的なパッチワークとして組み立てることで、より持続可能なシステムへの転換が必要なシステムの範囲を定義する。

### 3. 望ましい持続可能なシステムの構想

ステップ 3 では、将来の持続可能なシステムの条件（ステップ 2）を基に、将来のシステムの状態のナラティブ（物語）のセットを作成する。本ステップは、本手法において最も創造的なステップとされ、将来の持続可能なシステムの状態を想像し、思い描くために、関与している参加者の能力や知識の集約を必要とする。本ステップでは、トランジションに影響を受けるエンドユーザの視点からナラティブを展開することで、構造化のプロセスに未来と持続可能性を重視した参照点を特定する。

### 4. ビジョンに記述された必要な構造変化プロセスの展開

ステップ4では、構造変更プロセスの基盤を構築する。具体的には、現在の持続不可能なシステムの問題（ステップ1）と、将来の持続可能なシステムのトランジションイメージ（ステップ3）を結びつける。そして、構造変化に必要なトランジション課題を構造変化プロセスに割り当てる。

### 5. 構造変化のためのドライバーの特定と構造化

ステップ5では、構造変化を促進するドライバー、また、それらの間の相互作用、つまり、ミクロ（ニッチ）レベルでの出来事からマクロ（ランドスケープ）レベルでのよりゆっくりと変動するトレンドまでを含む、調査対象のシステム環境に対する影響を予測し、構造化する。

### 6. トランジション戦略の策定

ステップ6では、構造変化のドライバー要因（ステップ5）を予測するために採用可能な潜在的な新しいニッチを提案、検討し、選択する。そして、潜在的な新しいニッチと構造変化のドライバーとの間の「望ましい相互作用」を探りながら、様々な戦略が展開される。本ステップで収集された情報は、前述のすべてのステップと一貫しているべきであり、反復はこのステップで重要な概念である。

### 7. Transition scenario のフレーミング

最後に、前ステップで収集した情報を統合して Transition scenario を作成する。これは、持続可能性に向けた変革のプロセスに内在する複雑で動的な相互作用のパターンを時間の経過とともに可視化するものである。

上記の Transition scenario の作成は逐次的なプロセスを踏襲するのではなく、周期的・反復的に実施することが望ましい。後続するステップで収集される情報は、より詳細な洞察の獲得に繋がる可能性があるため、ステップ間の一貫性と整合性を確保するために、開発プロセスにおいて参加者は、継続的に異なるステップを往来可能とされている。最終的に、Transition scenario の作成は、ファシリテータがトランジションプロセスの特徴を明確化でき、且つ、参加者が Transition scenario で展開されるアイデアが現状と比較して革新的であることを認識した場合に終了することができる。

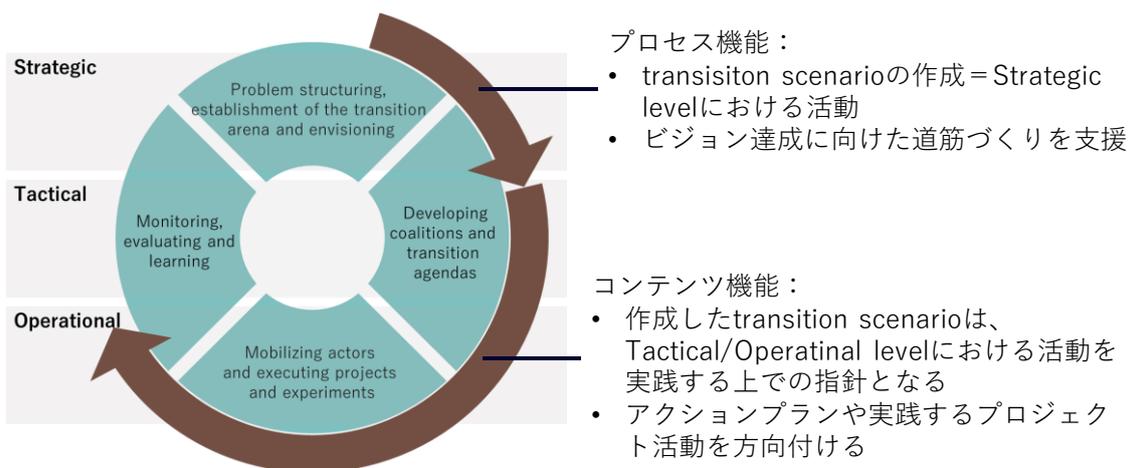


Figure 6-6 TMC と Transition scenario の関係性 (Sondeijker 2009)

## 6.4 先行研究との位置づけと手法構築の要件

本研究は、社会課題解決に向けた PSS 設計とその実装を導く実装計画手法を構築することを旨とする。第 6.2 節で述べた様に、本手法は、第 5 章で提案した設計フェーズの内、「ステークホルダネットワークの構築」、「PSS ビジョンの策定」、「PSS 実装計画の策定」の実践を対象範囲とする。そのためには、特定した PSS 設計に関わる多様なステークホルダがその計画策定に参画可能であり、かつ、その結果を形式的に表現することで、その情報を以降の設計プロセスにおいて常に参照可能とする必要がある。そこで、本研究では、ステークホルダ参画型で将来のビジョンを描く **Transition scenario** と、多様な領域を扱う戦略計画の形式的表現を可能とする **TRM** とを組み合わせることで、PSS 開発の戦略立案を支援可能であると考えられる。本節では、第 6.3 節で論じた理論的基盤に基づき、(1) 一般的なシナリオと **Transition scenario**、(2) トランジション研究と PSS 開発における構想、(3) **TRM** と PSS 開発における戦略立案の焦点の違いを明らかにすることで、提案手法が満たすべき要件を明らかにする。以下にそれぞれの分析結果と特定した要件について詳述する。

### 6.4.1 シナリオと **Transition scenario** の相違点

**Transition scenario** には主に 2 つの特徴がある。第 1 に、一般的なシナリオが探索的（「何が起こりうるか」）、または、規範的（「何が起こるべきか」）であるのに対し（Börjeson et al. 2006）、**Transition scenario** は探索的でありかつ、規範的である。トランジションプロセスは、現在の問題に端を発するものであり、それ故、持続可能なビジョンへの変革における障壁を克服し、その後、短期的なプロジェクトや活動をより持続可能な未来に向けて方向付けるための手段を探求する必要がある（Loorbach 2010; Kok et al. 2011; A. I. Gaziulusoy, Boyle, and McDowall 2013）。さらに、**Transition scenario** は、すでに現在の社会に存在しているトランジションのドライバーを探り、将来の持続可能性を実現する上で、それらがトランジションのプロセスに与える影響についても同時に予め予測することが必要となる（Sondeijker et al. 2006; Sondeijker 2009）。

第 2 に、一般的なシナリオが戦略計画のアウトプットとしての内容を重視するのに対し、**Transition scenario** の作成は、トランジションマネジメントのプロセスの一部として重視される（Sondeijker et al. 2006; Sondeijker 2009）。上述したように、トランジション研究では、**Transition scenario** における持続可能な長期的なビジョンに照らして、短期的な活動を実行することを前提としている。しかし現実的には、プロジェクトの実務家は、短期的に対処しなければならない問題や影響に直面する。このような状況下で短絡的な

合理性に基づく問題の発生を防止するには、Transition scenario の作成プロセスを通して、参加者のマインドセットの変革を促し、構造変化のパターンを認識・予測し、将来の持続可能性の基盤となる新たなネットワークを構築することが真に重要となる。これは、各ステークホルダの観点や固有の知識、アイデアを共有するための共通基盤の提供の重要性を強調する点で、TRM の主張と一致している。

#### 6.4.2 トランジション研究と PSS 開発のビジョン構想の相違点

PSS 開発におけるビジョン構想においては、トランジションマネジメントのように、異なる可能性のある道筋に同時に焦点を当てるのではなく、具体的なある特定の PSS のビジョンを構想することが必要となる (Ceschin 2013)。また、トランジションマネジメントの場合、中心的なアクターが政策立案者であるのに対し、PSS では、それを設計する企業が中心となる。言い換えれば、PSS 開発のためのビジョン構想は、企業（およびパートナー）が PSS 実現のためのプロジェクトや活動をファシリテートするための戦略的計画手段である。さらに、PSS 開発プロジェクトで開発されたビジョンは、トランジション研究の観点とは異なり、ステークホルダが達成すべき目標としての PSS のアイデアやコンセプトが含まれる (Ceschin 2013, 2014)。これらのビジョンは、主に企業内のステークホルダと外部アクター（プロジェクトパートナー、生活者、政策立案者、地方自治体など）の間で PSS の実現する価値やそれに対するソリューションのコンセプトについて合意形成するために活用される。

#### 6.4.3 TRM の戦略計画と PSS 開発の戦略計画の相違点

本研究における PSS の特徴は、社会的側面と技術的側面を考慮に入れる点である。PSS は、製品、技術、サービスの間の複雑な相互作用（技術的側面）だけでなく、特定のニーズを充足するための価値ネットワーク、規制、文化の間の複雑な相互作用（社会的側面）から構成されている (Mont 2002b; Tukker and Tischner 2006; Ceschin 2013; Vezzoli et al. 2015)。一方で、TRM は、市場の要求を満たすための技術革新に焦点を当て、動的なビジネス環境における企業の競争力を確保するための強固な企業戦略の開発に焦点を当てている (Phaal 2004; Vatananan and Gerd Sri 2012)。しかし、PSS は、環境への影響を低減し、社会福祉を向上させながら、特定の顧客のニーズを満たすためのイノベーションである (UNEP 2002; Vezzoli et al. 2015)。そのため PSS には、技術革新のみならず、それを適切に実装するための従来の顧客の習慣、企業の考え方や組織、規制の枠組みの転換が必要不可欠となる (Mont 2002b; Tukker and Tischner 2006; Ceschin 2013; Vezzoli et al. 2015)。したがって、PSS 開発に関与するステークホルダは、解決策（ソリューション開発）だけでなく、その社会実装プロセスを支持、または阻害する可能性の

ある技術的, 社会文化的, 制度的, 組織的な条件にも焦点を当てるべきである (Ceschin 2014).

#### 6.4.4 提案手法に求められる要件

上記の比較分析に基づき, Table 6-1 に示すように, 提案手法が満たすべき6つの異なる要件を特定した.

Table 6-1 特定された手法の要件

要件	導出元
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 提案方法は, 長期的な持続可能なビジョンに整合した短期的な PSS 開発活動を実施可能とするために, 現在の PSS の問題と持続可能な PSS の将来のビジョンを結びつける探索的アプローチと規範的アプローチの両方に基づいて構築されるべきである.</li> </ul>	<p>シナリオと Transition scenario の相違点 (第 6.4.1 項)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 提案方法は, ロードマップ自体を開発することよりも, 参加者が共通理解を形成し, 共通のビジョンを開発可能なプロセスの整備を重視するべきである.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● PSS の設計と実装に関わるステークホルダは, ソリューションを設計する企業と共に実装計画プロセスに関与する必要がある. また, ネットワークは必要に応じて更新する必要がある.</li> </ul>	<p>トランジション研 究と PSS 開発のビ ジョン構想の相違 点 (第 6.4.2 項)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 提案方法は, 開発されたビジョンに向けた対象とする PSS の特定の戦略に焦点を当てるべきであり, 広範かつ, 潜在的な複数のシナリオに同時に焦点を当てるべきではない.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 提案方法を用いて設計するシナリオには, PSS のアイデアやコンセプトの説明と, PSS ビジョンへ到達する道筋を示す内容が含むべきである.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 提案方法におけるロードマップのフォーマットは, 社会文化的, 制度的, 組織的, 技術的な側面などの PSS の多層な相互作用を表現可能な形式にカスタマイズする必要がある.</li> </ul>	<p>TRM と PSS 開発の 戦略計画の相違点 (第 6.4.3 項)</p>

## 6.5 提案手法

### 6.5.1 提案手法の全体像

本稿では、前節で特定した要件に基づき、PSS の実装計画を支援する System innovation scenario ベースのロードマッピング手法（System innovation scenario-based roadmapping method）を開発した（Mitake, et al. 2020）。本手法のプロセスは、前章にて提案した PSS 設計プロセスの Strategic・Tactical activity レベルに組み込まれ、一般的な PSS 設計プロセス（要件管理、コンセプト開発と評価、設計の具体化と評価、詳細設計とテスト）の前段階で実施される。提案手法は主に以下に示す 3 つのステップで構成されている。ステップ 1 は、PSS 開発のための関連するステークホルダネットワークを構築する予備的活動である。ステップ 2 は、対象とするシステムの問題点を特定し、PSS の実装と普及を通じて達成を目指す共有ビジョンまでの道筋を描く System innovation scenario を作成する。ステップ 1 とステップ 2 は、設計プロセスの Strategic activity レベルに相当する。ステップ 3 では、作成した System innovation scenario に基づき、ロードマップ形式で可視化された PSS のビジョンに向けた具体的なアクションプランである実装計画を開発する。本ステップは、設計プロセスの Tactical activity レベルに相当する。そして、開発した PSS ロードマップに基づき、より詳細な PSS 開発活動が進められる。Figure 6-7 に、提案手法の概要を示す。

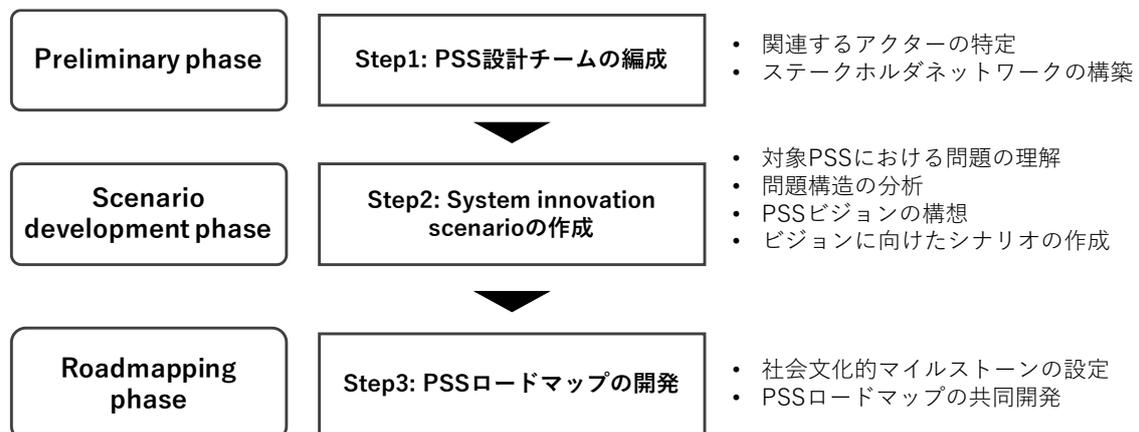


Figure 6-7 提案手法の全体像

### 6.5.2 Step1:PSS 設計チームの編成

PSS の実装計画の最初のステップでは、PSS の開発に直接または間接的に関係するステークホルダを特定し、PSS の実装に向けた適切な設計チーム（社会経済的ネットワ

ーク)を構築することを目的とする。本ステップで構成するネットワークは、ソリューションを設計、保護、支援、成熟させるためにPSS開発にとって不可欠な要素である。本研究では、PSSの性質を社会的・技術的側面の双方から構成されるSTSとするため、ネットワークを構成するステークホルダは、PSSに直接関係するアクター(パートナー、サプライヤー、顧客など)だけでなく、ソリューションの社会実装を支援するアクター(研究機関、行政機関、NGO、特別利益団体など)が含まれる。

### 6.5.3 Step2: System innovation scenario の作成

ステップ2では、将来の持続可能なシステムを実現するためのPSSの構造変化プロセスを促進するためのsystem innovation scenarioを作成する。イノベーション活動は、複数のステークホルダ間での共創など、協働的な形態で実施されることが求められる。その上では、各ステークホルダはそれぞれの分野の専門家であるが、必ずしも創造性やデザインの方法論の専門家ではないことを考慮に入れるべきである(Sanders and Stappers 2008)。したがって、本手法では、ステップ2の活動を実施するために、いくつかの実践的なツールを導入する。このステップは、以下の4つの活動から構成される。

#### Activity 1. 現状のPSSの理解

まず、新たなソリューションを実装する対象のPSSを特定し、PSSの状態を持続不可能にする原因のセットを特定する。対象とするシステムは、PSS開発プロジェクトの当初の目標に依って決定される。本活動では、ステークホルダが対話を通じて知識やアイデアを交換し、対象PSSの現状についての情報や視点を共有する。そこで、参加者が、設定されたテーマに関連する自分の視点や知識を表現するためのツールキットであるレゴシリアスプレイ(LSP)を導入する(Roos and Victor 1999; Kristiansen and Rasmussen 2014)。LSPは、RoosとVictorが提案した、イノベーションにより得られる斬新なアイデアを核とする競争優位性を獲得する戦略立案手法である「シリアスプレイ」(Roos and Victor 1999)を実践する手法である。シリアスプレイは、組織を構成する各主体の経験・分析に基づく知識(自身の内観)の構築、構築した知識の共有、共有された知識による自己の変容を繰り返すことで、組織全体として創造的な知識を段階的に獲得する手順を示している。

LSPでは、上記を実践するために、レゴブロックで構築したモデルを他の参加者に向けてストーリーを交えて共有し、その後、各モデル間の関係を定義することで、容易な知識共有を可能とする。LSPの方法論は、以下の4つのコアステップに基づいている(Figure 6-8)。

## 1. 質問提起

ファシリテータは参加者が取り組む課題を提示する。この課題には、解決策も正解も明らかになっていないものが設定される。

## 2. 個人モデルの作成

本フェーズでは、まず初めに、関係者の潜在的な知識を可視化する。具体的には、参加者は、自身の経験や価値観などに基づき設定したテーマを解釈し、レゴブロックを用いて作品を創ることで、それぞれの知識の表出化を行う。そして、自身の知識を説明する上で重要な要素を、ブロックにメタファとして意味付けすることで、作品に対するより効果的な理解を促す。

## 3. シェア（ストーリーテリングとランドスケープ構築）

前ステップで構築した作品を用いて、参加者内で知識の共有を行う。知識の共有においては、一人ずつそれぞれの作品を用いながら自身が意味付けしたストーリーの説明（ストーリーテリング）を行う。その際、他のメンバーは、説明を受けた作品に対する質問を行うことで、構築された知識に対する理解を深める。一方、知識を構築した主体も、投げかけられた質問に対して考えることで、自分自身について内省を深める。そして、ストーリーテリングの結果をもとに、共有されたそれぞれの知識の意味付けを行うために、各作品の位置づけと関係付けを行い、それらの作品を一つの世界観で表現するランドスケープ（全体像）を構築する。これにより、各主体は、自身の知識の位置づけを明確化することができ、自己と他者に対する理解を深めることができる。

## 4. リフレクション

前ステップの終了後、ファシリテータが、参加者に LSP 実施結果を振り返るように促す。これにより、チーム内でそれぞれの知識の意味付けと解釈を行い、それぞれの自己変容を促し、参加者全体としての新たな知識を創造する。



Figure 6-8 LSP の実施ステップ

本ステップでは、LSPを実施し、現状生じている問題についての共通理解を獲得した後、実施中のメンバーのプロトコルデータを分析することで、対象PSSにおける問題を生じさせる原因のリストを取得する。

### Activity 2. 問題構造の分析

前活動で抽出した原因リストを構造化し、現状のPSSにおいて生じている問題の構造を分析する。本活動では、対象システムの問題構造を分析して形式的に可視化するツールであるフォールトツリー分析(Fault tree analysis: FTA) (Lee et al. 1985)を採用する。本手法では、ステークホルダの実施する活動を容易化するために、2つのノードを用いてFTAを構成した (Figure 6-9)。長方形ノードは、最上位に設定された問題を生じさせる原因要素を示す。楕円ノードは、問題を生じさせる根本的な原因を示す。これにより、問題を生じさせる根本的原因とPSS開発プロジェクトで解決に取り組む問題の焦点を明確化する。

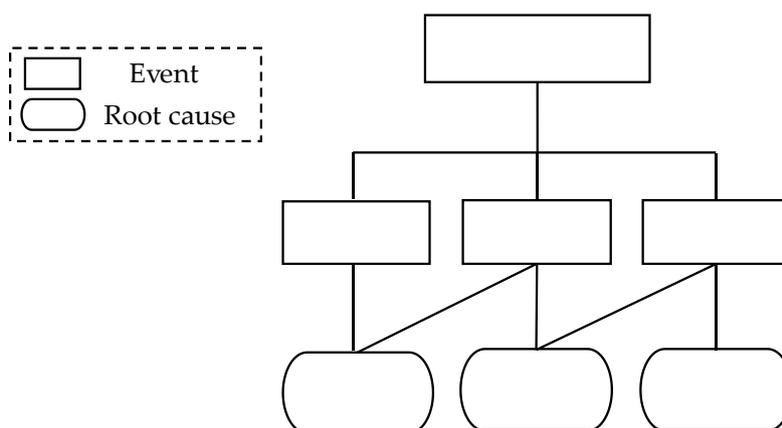


Figure 6-9 本手法における Fault tree の基本構造

### Activity 3. PSS ビジョンの構想

分析した問題の原因が解消された持続可能なPSSのビジョンを構想する。ここでは、参加者は規範的アプローチ(バックキャストिंग)を用いて、社会文化的、制度的、組織的、技術的な側面から、現在の延長線上にない新たなPSSの状態を構想する。この活動では、ステークホルダ間の議論を促進し、共通のビジョンを設定するために、再度LSPを実施する。

### Activity 4. PSS の System innovation scenario の作成

現在の状態から構想した将来のPSSビジョンまでの道筋をSystem innovation scenarioとして作成する。System innovation scenarioは、ビジョンに到達するまでの道筋を物語

形式で叙述的に記述し、PSS の実現する価値や、アイデア、ソリューションのコンセプトを含めることが必要となる。本研究では、System innovation scenario を記述するためのツールとして、System innovation scenario sheet を導入する。本ワークシートは、ポスター用紙などに印刷してワークショップで運用することを想定している。

System innovation scenario sheet は、「Target」、「System innovation scenario」、「Vision」、「Stakeholder」の 4 つの記述要素により構成される。「Target」においては、PSS のビジョンを設定した未来の時点を記述する。「System innovation scenario」には、現在から設定したビジョンに至るまでの経緯を物語形式で記述する。ここでは、具体性や実現可能性については考慮せず、PSS 開発に関わるステークホルダが共感可能であり、それぞれが参画する動機付けとなる内容を記述することを目的とする。「Vision」では、Activity3 で設定した PSS ビジョンの構成内容を社会文化／制度／組織／技術の 4 つ観点で記述する。「Stakeholder」では、PSS ビジョンの状態におけるステークホルダの相互作用を記述する。

本ワークシートを運用し、情報を整理することで、前活動で設定したビジョンを具体化すると共に、ステークホルダ間での System innovation scenario に対する合意形成支援を可能とする。

<p><i>Target:</i></p>	
<p><i>System innovation scenario</i></p>	<p><i>Stakeholder</i></p>

Figure 6-10 System innovation scenario sheet

### 6.5.4 Step3:PSSロードマップの開発

本ステップでは、作成した System innovation scenario に基づき具体的な戦略を記述する PSS ロードマップを開発する。本ステップでは、短期的な活動計画を設定した長期ビジョンと整合させることで、ステークホルダが実践するより具体的な戦略を検討する探索的アプローチにより実施する。本研究では、まず、第6.4節で特定された要件に基づき、本手法で開発する PSS ロードマップの形式を整備した (Figure 6-11)。本ロードマップは、縦軸の社会文化・制度・組織・技術の4つのマルチレイヤー、横軸の時間軸で構成されている。Table 6-2に各レイヤーに関する説明をまとめる。ここで示す社会文化／制度／組織／技術の観点は、マーケティングにおいて活用される PSET (Politics／Economy／Society／Technology) や SWOT (Strength／Weakness／Opportunity／Threat) の分析観点と類似しているが、その活用目的は異なる。まず、これらの分析観点は、事業の外部環境の分析に使用される一方で、本研究における上記4つの観点は、PSSの内部構造の観点として扱う点で異なる。さらに、これらの分析フレームワークの使用目的は、あくまで現状の環境の理解であり、本研究は、将来に向けた目指すべき規範的な内部構造の変革の記述を目的とする点で、その用途が異なるものである。

PSSの一般的な構成要素である製品、サービス、技術は技術レイヤーに相当する。一方で、社会文化レイヤーと他の3つのレイヤーでは、記述される内容は異なる。最上位の社会文化レイヤーでは PSS 開発における段階的な中間目標であるマイルストーンが記述されるのに対し、制度・組織・技術レイヤーでは PSS 開発のためのステークホルダの実践する活動計画が記述される。これは、PSSの社会的文化的な要素（生活者の価値観や規範、ライフスタイルなど）は設計者が能動的に操作可能ではなく、ステークホルダの制度・組織・技術的な活動の影響を受けて徐々に醸成されていくためである。一方で、新たに形成された社会文化は、他の制度的、組織的、技術的活動の実践を促進する原動力となり得る。

Table 6-2 PSS ロードマップの各レイヤーの内容

レイヤー	説明
社会文化レイヤー (Socio-cultural)	流行の変化や地域社会等に関する環境変動要因。具体的には、PSS を展開する地域の人口動態や、教育水準、地域文化等が該当する。
制度レイヤー (Institution)	当該 PSS に関わる国家、地域の政策等に関する活動内容。具体的には、法規制（規制強化・緩和）や、税制、行政団体・地方自治体の活動が該当する。
組織レイヤー (Organization)	当該 PSS に関わるステークホルダやその内部構造に関する活動内容。具体的には、ネットワークを構成する主体やグループの変動、新たなネットワークの構築、また組織の内部改革等が該当する。
技術レイヤー (Technology)	科学技術の発展、製品-サービスの開発に関する活動内容。具体的には、ステークホルダの有する既存の製品・技術の適用、新製品や新技術の研究開発、また、新たなサービス内容の提供等が該当する。

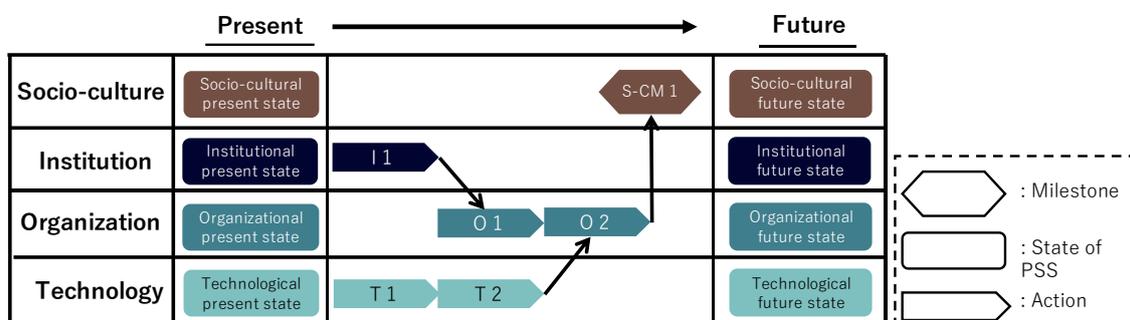


Figure 6-11 PSS ロードマップの基本構造

本ステップは、以下の 3 つの活動から構成される。

**Activity 1. ロードマップの起点と終点の設定**

まず初めに、開発するロードマップの起点と終点の設定を行う (Figure 6-12)。具体的には、まず PSS ロードマップの 4 つのレイヤーに、目指すべき未来の PSS の状態を示す Socio-cultural・Institutional・Organizational・Technological future state を Future のブロックに記入する。この際、設定する終点は、Step2 で設定した PSS ビジョンの時点である必要はなく、PSS 開発プロジェクトに適したスパンに調整可能である。

その後、設定した終点を基に、ロードマップの起点となり、現状の PSS の状態を示す Socio-cultural・Institutional・Organizational・Technological present state を Present のブロックに記入する。

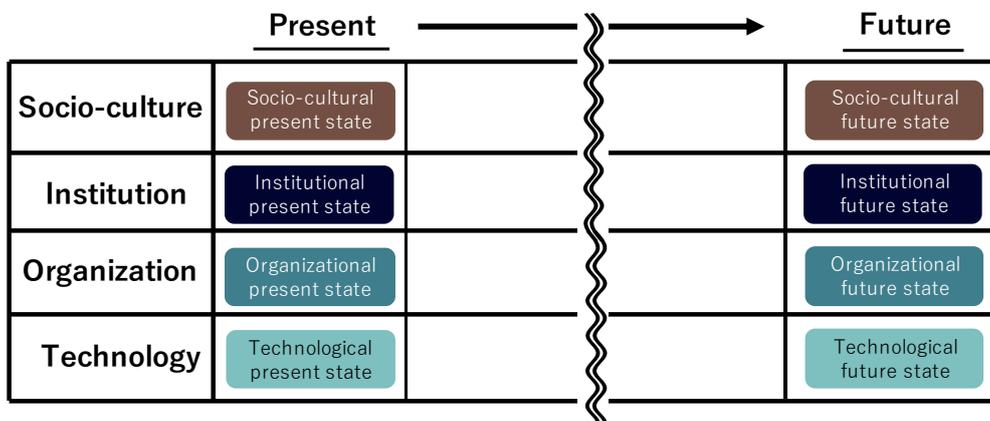


Figure 6-12 PSS ロードマップの起点と終点の設定

Activity 2. 社会文化的マイルストーンの設定

設定したビジョンに向けた PSS 開発はソリューションの設計とその導入を反復的に繰り返す長期的な取り組みを必要とするため、1年～数年ごとに達成を目指す中間目標を設定することで、ビジョン達成までに何をいつまでに実現するのかを具体化する。そのために、ここでは、ソリューション（製品-サービス）の設計と実装を通して、段階的に実現をめざす PSS の社会文化状態をステークホルダの合意のもと社会文化的マイルストーンとして最上位のレイヤーに設定する（Figure 6-13）。

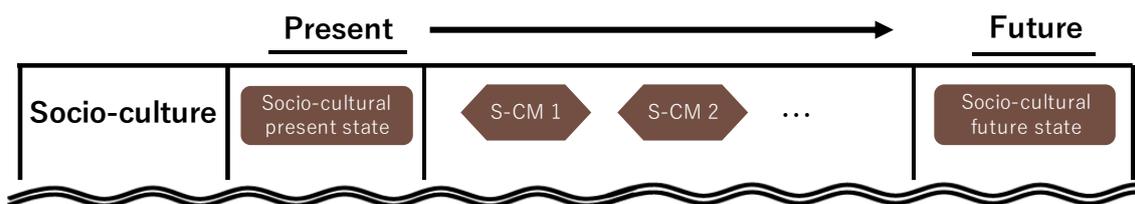


Figure 6-13 社会文化的マイルストーンの設定

Activity 3. 各レイヤーのアクションの配列

社会文化的マイルストーンの設定後、それを実現するための制度・組織・技術的な活動計画を立てる。まず、各レイヤーの活動の実施において適切な資源や知識を有し、中心的役割を担うステークホルダを特定し、その後、各主体が担当するレイヤーを個別に

記述する。活動計画を記述する際は、Action のノードを、活動を実施する時系列順に配列する (Figure 6-14)。

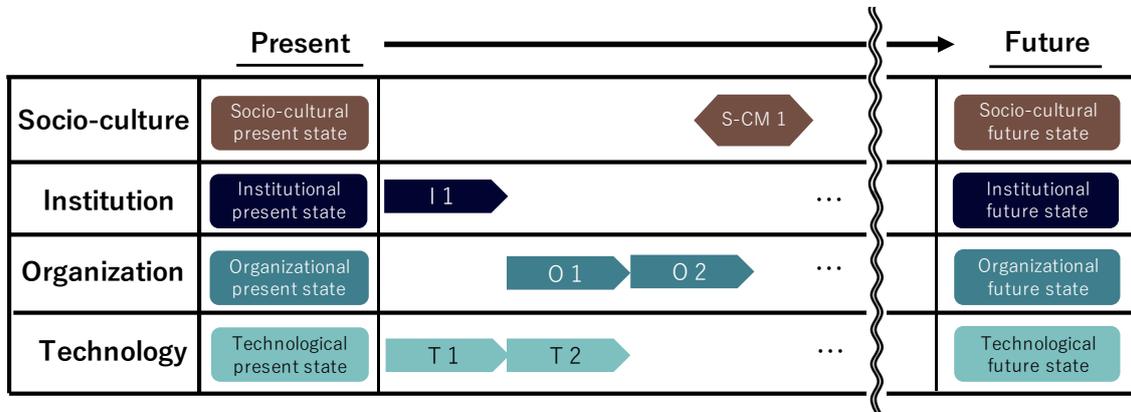


Figure 6-14 各レイヤーの Action の配列

Activity 4. ロードマップの完成

最後に、各レイヤーの Action 間の相互作用関係を構築し、PSS ロードマップを完成させる (Figure 6-15)。Activity3 において、各主体が並行して計画した各レイヤーの Action の相互作用を分析することで、ある特定の Action を実行する上で、事前に前提条件として達成しておくべきその他のレイヤーの Action や、これまで記述しなかったが、必要となる新たな Action 等が特定された場合は、適宜追記し配列する。また、その相互作用を考慮した上で、その実行の優先度に基づき各レイヤーの Action ノードの再配列を実施する。これらを通して、ステークホルダ間での合意形成が得られた時点でロードマップ開発を終了する。

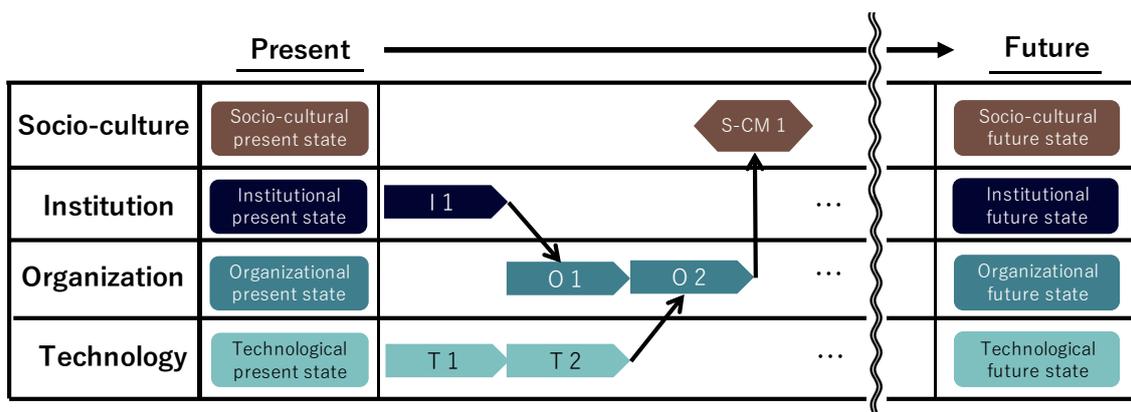


Figure 6-15 Action 間の相互作用関係の構築

## 6.6 おわりに

本章では、第5章で提案した設計プロセスにおける **Strategic・Tactical activity level** に焦点を当て、それらの設計フェーズを多様なステークホルダの参画のもと実践可能とするための PSS の実装計画手法を提案した。

第2節では、第4章で提案した PSS 設計プロセスにおいて提案手法が適用される範囲について明確化した。具体的に、本手法は「ステークホルダネットワークの構築」、「PSS ビジョンの策定」、「PSS 実装計画の策定」のフェーズの実践を支援する。

第3節では、戦略計画に関連する先行研究について述べた。具体的には、シナリオ設計、Technology roadmapping、Transition scenario の特徴と各研究分野の状況について解説した。

第4節では、提案手法に求められる要件として以下6つの項目を導出した。

- 提案方法は、長期的な持続可能なビジョンに整合した短期的な PSS 開発活動を実施可能とするために、現在の PSS の問題と持続可能な PSS の将来のビジョンを結びつける探索的アプローチと規範的アプローチの両方に基づいて構築されるべきである。
- 提案方法は、ロードマップ自体を開発することよりも、参加者が共通理解を形成し、共通のビジョンを開発可能なプロセスの整備を重視するべきである。
- PSS の設計と実装に関わるステークホルダは、ソリューションを設計する企業と共に実装計画プロセスに関与する必要がある。また、ネットワークは必要に応じて更新する必要がある。
- 提案方法は、開発されたビジョンに向けた対象とする PSS の特定の戦略に焦点を当てるべきであり、広範かつ、潜在的な複数のシナリオに同時に焦点を当てるべきではない。
- 提案方法を用いて設計するシナリオには、PSS のアイデアやコンセプトの説明と、PSS ビジョンへ到達する道筋を示す内容を含むべきである。

- 提案方法におけるロードマップのフォーマットは、社会文化的、制度的、組織的、技術的な側面などの PSS の多次元的な相互作用を表現可能な形式にカスタマイズする必要がある。

第 5 節では、導出した要件に基づき、PSS の社会実装に向けて、「何のために」「何を」「誰が」を明確化し、実施する活動を計画するための PSS の実装計画手法を提案した。本手法の概要と特徴は以下である。

- ステップ 1 は、PSS 開発のための予備的活動として関連するステークホルダネットワークを構築する。本ステップは、第 5 章で提案した設計プロセスの Strategic activity レベルに相当する。
- ステップ 2 は、対象とするシステムの問題点を特定し、PSS の実装と普及を通じて達成を目指す共有ビジョンまでの道筋を描く System innovation scenario を作成する。本ステップでは、多様なステークホルダが特殊な設計知識やスキルに依らず協働可能とするために、LSP と簡易化 Fault tree を採用し、System innovation scenario sheet を開発した。ステップ 2 は、第 5 章で提案した設計プロセスの設計プロセスの Strategic activity レベルに相当する。
- ステップ 3 では、作成した System innovation scenario に基づき、ロードマップ形式で可視化された PSS のビジョンに向けた具体的なアクションプランである実装計画を開発する。本ステップでは、設定した PSS のビジョンに向けた実装計画を記述するための独自の PSS ロードマップの形式を整備した。これにより、PSS の社会文化的マイルストーンの達成に向けた、制度的／組織的／技術的活動計画について表現可能とした。ステップ 3 は、第 5 章で提案した設計プロセスの設計プロセスの Tactical activity レベルに相当する。



---

## 第7章 事例適用

---

7.1 はじめに .....	140
7.2 検証方法 .....	141
7.2.1 本研究の検証方法 .....	141
7.2.2 本検証における検証項目 .....	142
7.2.3 本検証の対象事例と実行環境 .....	144
7.3 検証1: 獣害対策用 PSS 開発事例 .....	145
7.3.1 本事例の概要 .....	145
7.3.2 Step1:PSS 設計チームの編成 .....	146
7.3.3 Step2: System innovation scenario の作成 .....	146
7.3.4 Step3:PSS 設計ロードマップの開発 .....	154
7.3.5 評価結果 .....	159
7.4 検証2: 地域内互助の促進 PSS 開発事例 .....	162
7.4.1 本事例の概要 .....	162
7.4.2 Step1:PSS 設計チームの編成 .....	163
7.4.3 Step2: System innovation scenario の設計 .....	164
7.4.4 Step3:PSS 設計ロードマップの開発 .....	170
7.4.5 評価結果 .....	175
7.5 おわりに .....	177

---

## 7.1 はじめに

本章では、第6章で提案したPSSの実装計画手法を実際のPSS開発への適用を通して提案手法の適用可能性と有効性を評価し、提案手法が意図した設計活動に利用できるか、期待される効果の実現されているかを分析する。本章では、2つのPSS開発事例（獣害対策用PSS、地域互助促進のためのPSS）への適用結果について述べる。

## 7.2 検証方法

### 7.2.1 本研究の検証方法

設計研究において、提案する方法論の検証をするための最も一般的な方法は、設計の実行例を示し、その結果や過程を評価する方法である。そのためのアプローチとしては、主に以下の 2 パターン存在する。

- 提案する方法論を用いて、既存の設計事例をトレースし疑似的な設計を行う方法
- 方法論を適用する特定の対象を設定し新規設計あるいは改善設計を試行する方法

前者のアプローチを採用するためには、既存設計事例における詳細な設計情報が必要になるが、これらは、主に設計事例に深く関わった設計者の知識を要し、また、社外秘となるような秘匿情報も多く含まれるため、それらを網羅的に収集することは現実的に難しい。そこで、多くの設計研究（例えば、（梅田 1997; Tan 2010; 根本 2016）では、後者のアプローチが採用されている。これと同様に、本研究でも、対象を設定し新規設計あるいは改善設計を試行する方法をとる。上記を実施するために、本研究では、PSS の設計に関連するステークホルダの参画型設計ワークショップを実施し、その被験者としての参加者に対してアンケート調査を実施することで、提案した実装計画方法論の評価を行う。

一方で、本研究の対象は、あくまで PSS の設計を導く実装計画の策定までであり、実際に PSS の設計解の導出とその運用までは観測できないため、対象とする問題解決に対する設計した人工物の有効性評価等に用いられるような定量的に測定可能な指標を設定することは困難であった。そのため、本研究の検証に関わるプロジェクトのメンバーに対して、提案した実装計画手法の実施過程やその結果として得られた PSS の実装計画に対する適用可能性と有効性についての定性評価を実施した。

このように、本研究の性質に基づき、本検証の方法を以下のように定めた。

- 提案する方法論を用いた新規設計あるいは改善設計に関連するステークホルダ参画型の設計ワークショップを実施し、その過程や結果について評価する。
- 本手法自体、そして、その成果である実装計画の適用可能性、有効性についてワークショップの参加者に対してアンケートによる定性調査を実施する。

## 7.2.2 本検証における検証項目

シナリオ設計などの研究分野において、未来のビジョンや構造変化を計画する手法の評価モデルが存在する (List 2005)。本モデルは、活動内容が計画通りに実施されたかを評価する「Implementation」、活動プロセスが参加者に与えた影響を評価する「Influence」、そして、活動プロセスの適用結果のアウトプットの有効性を評価する「Application」の3つのレベルで構成される。例えば、STS のシステムイノベーションのためのシナリオ設計手法を構築した Gaziulusoy は、本評価モデルに基づき以下のような評価基準を設定している (Table 7-1) (Gaziulusoy 2010)。

Table 7-1 Gaziulusoy によるシナリオ設計手法の評価基準 (Gaziulusoy 2010)

観点	評価基準
Implementation	提案手法は、実行上の実用的な問題もなく、計画通りに実施可能である。
Influence	シナリオ設計プロセスは、参加者が持続可能性を実現するために必要な、未来、参加者自身、そして、参加者と社会技術システムとの影響関係に対する認識の変化を与えることができる。
Application	アウトプットのシナリオは、参加者が利用可能であり、また、持続可能性のためのシステムイノベーションに向けた目標の達成に貢献可能である。

本研究においても、最終的な成果物は、PSS の現在から将来のビジョンに向けた構造変化を記述する実装計画となるため、上記の評価モデルを参照し、検証項目を設定する。一方で、本研究では、第 6.4.4 項に述べた提案手法が満たすべき要件を導出している。そのため、本評価モデルと導出した要件に基づき以下の Table 7-2 に示す検証項目を設定した。これらにより、提案手法が意図した設計活動に利用できるか、期待される効果が発揮可能かを評価し、研究目的の達成度を分析する。

Table 7-2 提案手法の評価項目

レベル	評価項目
Implementation	各ステップの作業目的を理解して進めることができたか
	作業内容の全体の流れを理解して進めることができたか
	本手法は、探索的（フォアキャスト）／規範的（バックキャスト）思考の双方を参加者に促すことができたか
	本手法の適用を通して、対象とする社会課題が生じている原因についての理解を深めることが出来たか
	本手法は、社会課題解決に向けた PSS のビジョンを明確化することができたか
	対象とする問題を解決するための新たなソリューション（製品サービス）のアイデアは導出されたか
Influence	本方法を適用することで PSS 開発における自身（または所属組織）の役割が明確になったか
	本手法により得られた成果は、その後の PSS 開発においてステークホルダの動機付けとなるか
	本手法の適用により、PSS の将来の可能性について新たな発見があったか
Application	本手法により得られた成果は、その後の PSS 開発において有用であるか、また、参考となるか
	トランジションシナリオを基に開発した PSS ロードマップは、具体的であるか
	トランジションシナリオを基に開発した PSS ロードマップは、実現可能性を有するか

### 7.2.3 本検証の対象事例と実行環境

本項では、本検証において対象とした PSS 設計事例とその実行条件についてまとめる。本研究では、2つの実行例を示し、提案した実装計画手法を評価する。2つの実行例における対象事例と実行条件をまとめた表を Table 7-3 に記す。以降では、各実行例における適用結果について詳述する。

Table 7-3 対象事例とその実行条件

		実行例 1	実行例 2
対象事例	事業領域	野生鳥獣調査・災害対策ソリューション開発事業	スマートシティ推進事業
	対象社会課題	地域内の鳥獣被害の拡大	コロナ禍による地域内社会的接点の減少
	現状	既存の事業は前提とせずに将来を検討 (活用リソースは前提有り)	既存の事業は前提とせずに将来を検討
実行条件	被験者	あきる野市役所職員 4 名 ・企画政策課 2 名 ・農林課 1 名 ・環境政策課 1 名 独立行政法人研究員 1 名 鳥獣被害調査・管理サービス提供企業実務家 1 名	● 直接参画メンバー 日野市役所職員 1 名 電気通信事業者 2 名 ● 間接参画メンバー 地域介護福祉団体職員 2 名 電気通信事業者 2 名 都市機構事業者 2 名 日野市役所職員 2 名 日野市住民 2 名
	設計ツール	ポスター紙と付箋紙	ポスター紙と付箋紙 オンラインミーティングツール
	アウトプット	PSS ロードマップ	PSS ロードマップ
	実施期間	3 日間, 計 9 時間 30 分 ・1 日目: 3 時間 30 分 ・2 日目: 3 時間 ・3 日目: 3 時間	全体会合: 計 6 時間 (2 時間×3 日間) インタビュー: 計 5 時間 (1 時間×5 日間) 作業会: 計 16 時間 (4 時間×4 日間)

## 7.3 検証 1：獣害対策用 PSS 開発事例

### 7.3.1 本事例の概要

本研究では、本提案内容の適用可能性を検証するため、東京都のあきる野市における獣害問題の解決を対象とした PSS 開発プロジェクトにおいて提案手法を適用した。近年、あきる野市周辺において、イノシシなどの野生動物による農作物被害が拡大している。その対策として、自治体は定点カメラの導入による鳥獣の広域観測とそれに基づく被害の抑制対策を図っているが、人員不足や対策を効率的に実施する仕組みの欠陥等により、効果的な対策を講じられていない現状がある。さらに、イノシシやクマなどの危険動物が市街周辺に出現し始めたことから、住民への深刻な被害が予測されている。一方で、あきる野市では、周辺の豊富な自然環境資源を将来に亘って保護するための生物多様性保全戦略の制定等の取り組みも実施されているため、周辺の自然環境を保全しつつ、住民の安全・安全な生活を確保する持続可能な市を実現する対策が求められている。つまり、本問題に対処するためには、単なる技術開発だけでなく、野生動物保護に関わる条例やルール、住民と周辺の野生動物の関わり合い方やライフスタイルなど市全体の体系的な変革が必要となる。上記の背景から、本プロジェクトでは、野生鳥獣による深刻な被害を抑制するための PSS の開発を目的とし、産官学連携の PSS 開発を実施した。



Figure 7-1 あきる野市の獣害対策 PR（上）と実際の被害状況（下）（あきる野市）

### 7.3.2 Step1:PSS 設計チームの編成

まず、開発する PSS に関連するステークホルダの特定とネットワークの構築を実施した。本プロジェクトでは、あきる野市全体としての変革に向けた取り組みとなるため、PSS の開発に直接関わる主体のみならず、あきる野市における行政、農業、さらに、その周辺自然環境に関する知識を有する主体の参加が必要と判断した。その結果、主体を著者らの所属する大学機関、鳥獣被害調査・管理サービス提供企業、本プロジェクトの技術・資金支援を行う独立行政法人を含め、あきる野市からは、市の政策立案にかかわる企画政策課、地域の農業を管理する農林課、周辺環境・生態系の調査を担当している環境政策課の森林レンジャーからの各代表者が参画した。

### 7.3.3 Step2:System innovation scenario の作成

#### Activity 1. 現状の PSS の理解

System innovation scenario の起点を定めるため、ステップ 2 ではまず、ステークホルダ間の知識共有に基づき、獣害の抑制を困難とする原因を特定した。本事例では、(1) あきる野市の獣害の現状、(2) 獣害対策の難しさ、の 2 つのテーマで LSP を実施した。そして、その結果から、LSP の結果とそれに基づく議論を分析し、獣害を引き起こす 39 の要因を抽出した。その原因には、住民の生活圏への動物の侵入など獣害の現状から、高齢化や人口減少などの社会問題に端を発するものまでが含まれていた。



Figure 7-2 LSP 実施の様子

また、Figure 7-3 から Figure 7-5 に作成された参加者の作品とランドスケープの構築結果の一例を示す。作成されたその他の個人作品に関しては、付録の Appendix 1 から Appendix 8 に示す。

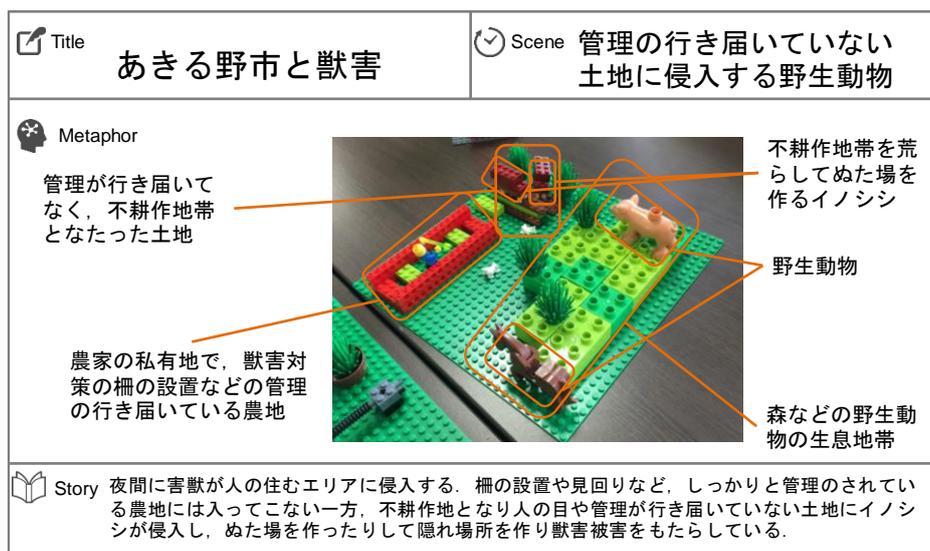


Figure 7-3 作成された個人モデル例 1

Figure 7-3 では、土地の管理不足による不耕作地帯の増加や繁殖により、野生動物が人の生活圏に侵入し農作物を荒らす状況を表示している。「設置した罾」を赤ブロックで表現し、人を内部に配置することで、農作物を守る様子が表現されているが、管理ができていない土地には猪などの野生動物が侵入し、ぬた場を作り、隠れ場所としていることをメタファ表現している。

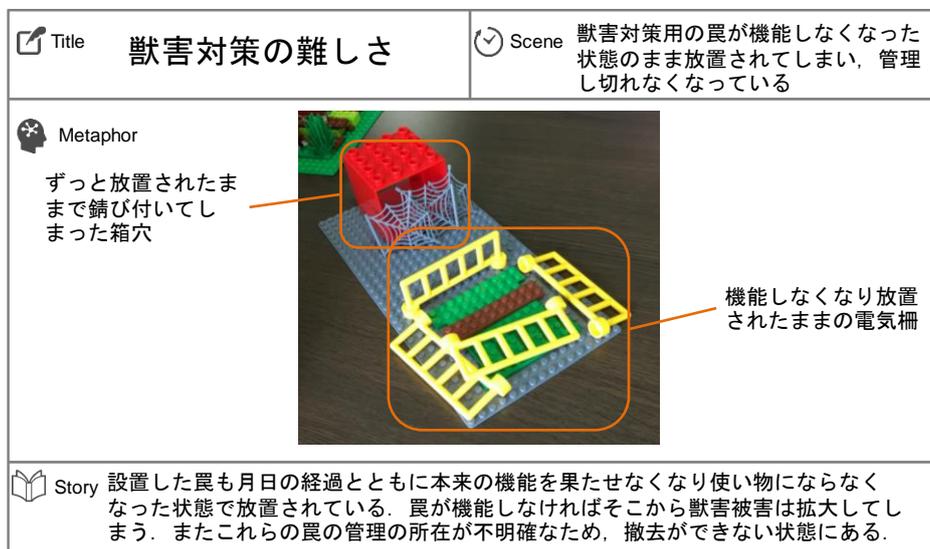


Figure 7-4 作成された個人モデル例 2

Figure 7-4 では、赤ブロックで表現された箱穴にクモの巣が張り付いている様子や、黄色ブロックで表現された電気柵が倒れている様子から、獣害対策のための罾の管理が行き届いておらず、壊れた電気柵や箱穴は放置されてしまい、獣害対策に対して効果が

ない現状を描いている。また、これらの罾の責任所在も曖昧となっているため、撤去されることもない様子をメタファ表現している。

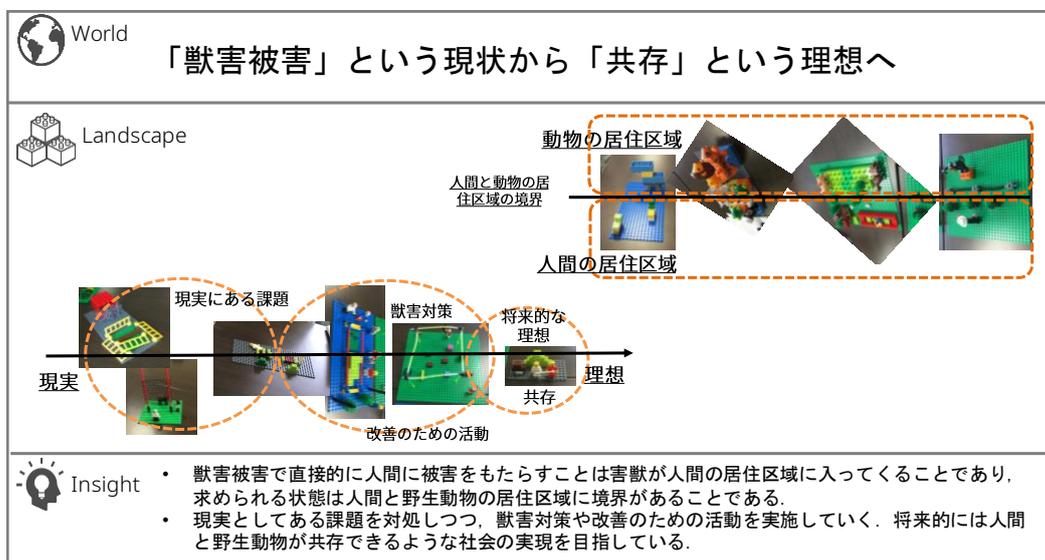


Figure 7-5 構築されたランドスケープ

Figure 7-5 のランドスケープでは、人間と動物の生活圏の境界という軸と、獣害対策におけるあきる野市の現状と、求められる理想状態の軸で個人モデルの位置づけが行われた。境界線に関して、人間の生活圏を乗り越えてこない野生動物たちは自分たちの生活圏で生活し、人間も彼らに対して駆除や追い払うなどの行為は行わない。一方で、人間の生活圏の境界を乗り越え、侵入した場合、その野生動物たちは「害獣」扱いにされ、駆除の対象になってしまうことが表現された。また、現実と理想の軸に関しては、獣害対策の現状と問題点を明らかにし、その解決のための活動を行うことによる、「人間と野生動物が共生できる社会」実現の必要性が議論された。LSP の実施により抽出された獣害被害の要因とされる項目を Table 7-4 に示す。

Table 7-4 LSP により抽出された獣害の要因群

1. 罠による獣害対策の不十分さ	21. 豊富な餌
2. 害獣の人間生活圏内への侵入	22. 死亡数の減少
3. 害獣による農作物被害	23. 越冬する個体の増加
4. 緩衝地帯の減少	24. 地球温暖化
5. 個体数の増加・繁殖	25. イノブタの野生化
6. 土地の管理不足	26. 動物は生まれた場所を生活圏とする習性
7. 罠の管理不足	27. 動物の人間生活圏内での定住化
8. 管理していない土地の藪化	28. 土地の管理への関心の喪失
9. 動物の隠れ場所の増加	29. 材木の価値の低下
10. 高齢化	30. 人が山に踏み入らなくなった
11. 人口減少	31. より安価で丈夫な単管パイプの普及
12. 人手不足	32. 技術の発展により大火などの災害の減少
13. 自家消費を目的とした農業	33. 野生動物の個体数の調査や管理の困難さ
14. 獣害対策の断念	34. 熊が冬眠しやすい地質条件
15. 山の近くに民家がある	35. 年月の経過による罠の劣化
16. 動物の種類ごとに異なる獣害対策	36. 罠の故障
17. 林業の衰退	37. 罠の管理責任所在の曖昧さ
18. 不耕作地帯の増加	38. 壊れた罠の放置
19. 人間のテリトリーを動物は理解できない	39. 行政の罠の管理能力不足
20. 一頭あたりの出生数の増加	

### Activity 2. 問題構造の分析

次に、得られた獣害の要因間の因果関係を構造化し、対象となる問題の根本的な原因を明らかにした。構造化した結果を Figure 7-6 に示す。結果として、獣害を抑止できない根本的な原因として、「バッファゾーン(市街地と周辺山間を隔てる帯状の緩衝地)を管理するメリットの欠如」、「住民の主体性や積極性を前提とした対策」、「法律的制約」、「効率的な獣害管理システムの欠如」の5つを特定した。また、「少子高齢化」や「地球温暖化」も原因として挙げられていたが、国際的な取り組みが必要な広域的な課題であるため、本事例の対象からは除外した。

まず、林業の衰退や農地の耕作放棄、農業が家庭消費中心のため市内の専業農家が少ないこと、バッファゾーンの減少が原因として影響していたことが明らかとなった。さらに、バッファゾーンの管理費が高く、明確なメリットがないことも根本的な原因として挙げられた。現状では、獣害対策として、住民に電気柵が提供されているが、住民が継続的なメンテナンスを怠ってしまうことで罫が形骸化してしまい、対策の効果を十分に発揮できていない現状がある。他方、組織的な観点からは、自治体に獣害対策の専門部署が存在せず、効率的な獣害対策ができていないことも挙げられた。制度面では、国が保有する情報を市が閲覧する権限がないことが、地権者の特定や管理を困難としていた。また、現在の動物愛護法上の法的規制により、周辺の動物の正確な頭数を把握することも困難となっていた。

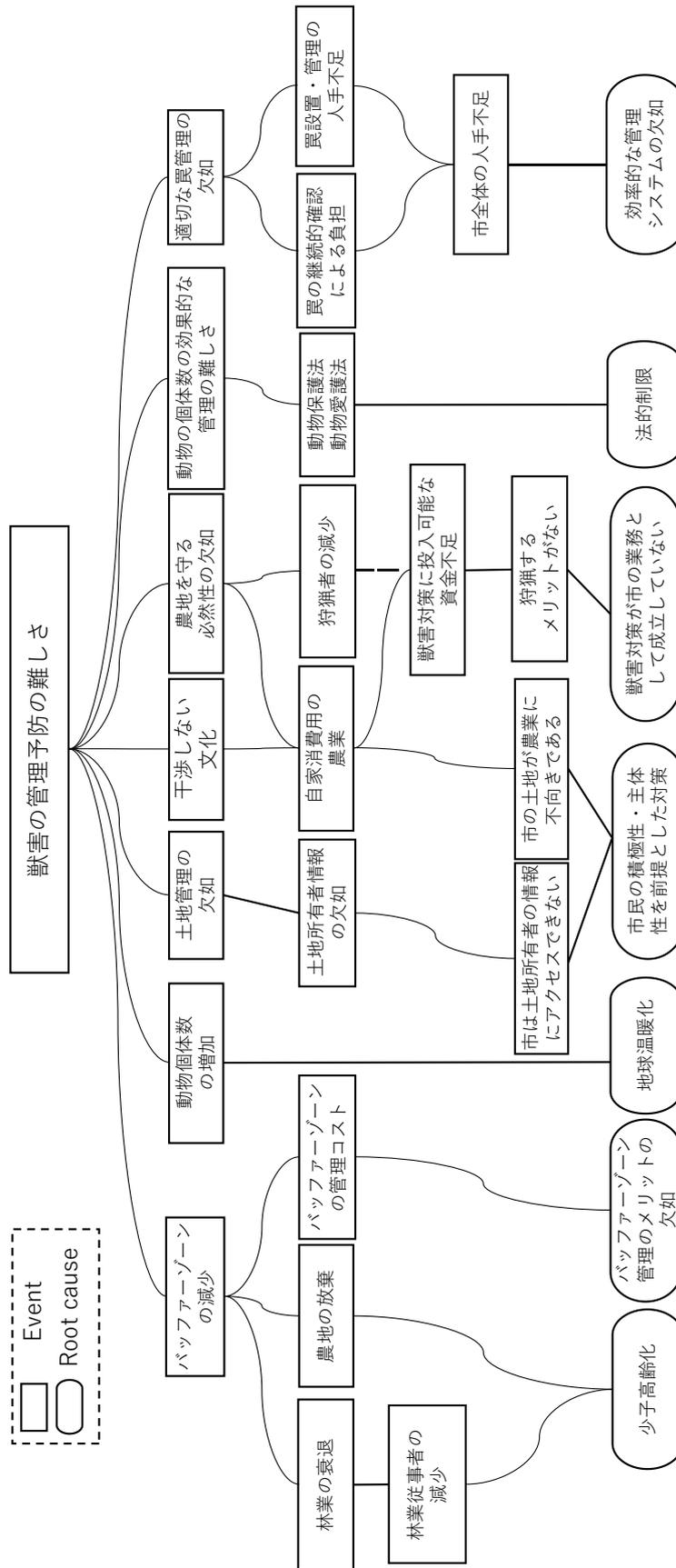


Figure 7-6 問題構造化結果 (事例 1)

Activity 3. PSS ビジョンの設定

以上の結果に基づき、ソリューションの実装と普及により問題が解決された PSS のビジョンを構想した。具体的には、20年後の未来を想定し、将来の制度的／社会文化的／組織的／技術的狀態を構想した。LSP を用いて作成した個人モデルの一部を Figure 7-7, Figure 7-8 に示す。その他の作成されたモデルは、付録の Appendix 9～Appendix 11 に示す。

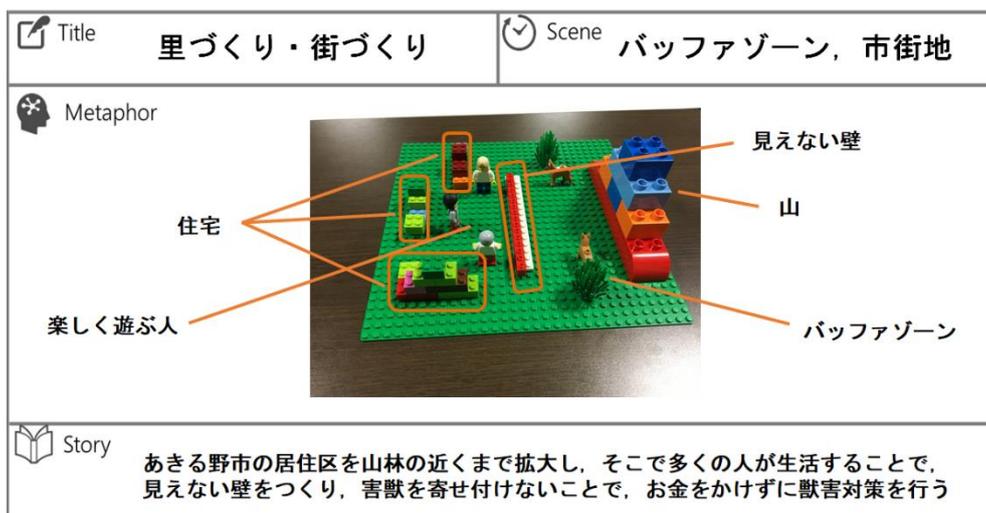


Figure 7-7 PSS ビジョンのモデル例 1 (事例 1)

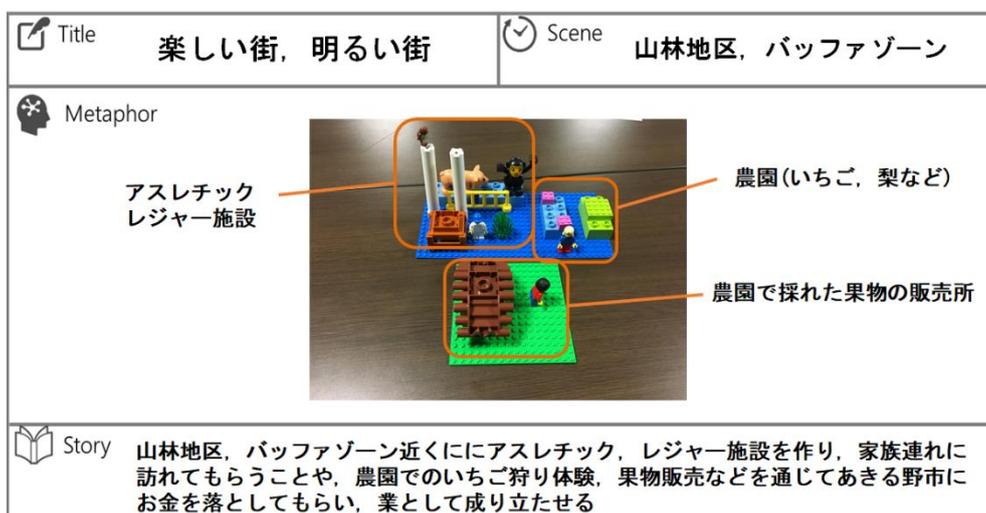


Figure 7-8 PSS ビジョンのモデル例 2 (事例 2)

これらの結果を共有し、議論した結果、住民全体の意識改善を図り、自主性を向上させることが困難であることを受け入れ、その上で、「市民や農業従事者のみでなく市外の多様な主体が協力／連携し、自然や動物と共存する」状態を 20 年後のビジョンとし

て設定した。次に、将来の PSS ビジョンの制度的／文化的／組織的／技術的状态を具体的に構想した (Figure 7-9)。制度的な状態としては、自然教室やふるさと納税でのセカンドハウス体験などから市域外の人々の参画を促すことや、獣害対策のための財源確保制度の確立、居住区と非居住区の住み分け、捕獲した鳥獣を活用する仕組みなどが設定された。社会文化的な状態としては、獣害対策が自らの問題であるという認識が人々に定着し、動物と共生できている状態が設定された。また、狩猟された動物を材料として活かしたジビエレストランの開店もアイデアとして挙げられた。組織的な到達目標としては、効率的な獣害対策を担えるチームが機能していることや、行政課題として取り組むことが可能な対策室の設置、環境共生課の立ち上げなどが設定された。技術的な到達目標としては、少人数でも獣害対策を担える機械等が開発されていることや、鉄道が整備され、あきる野市へのアクセスが向上していること、ICT を活用し、儲かる農業の推進がされていることなどが挙げられた。

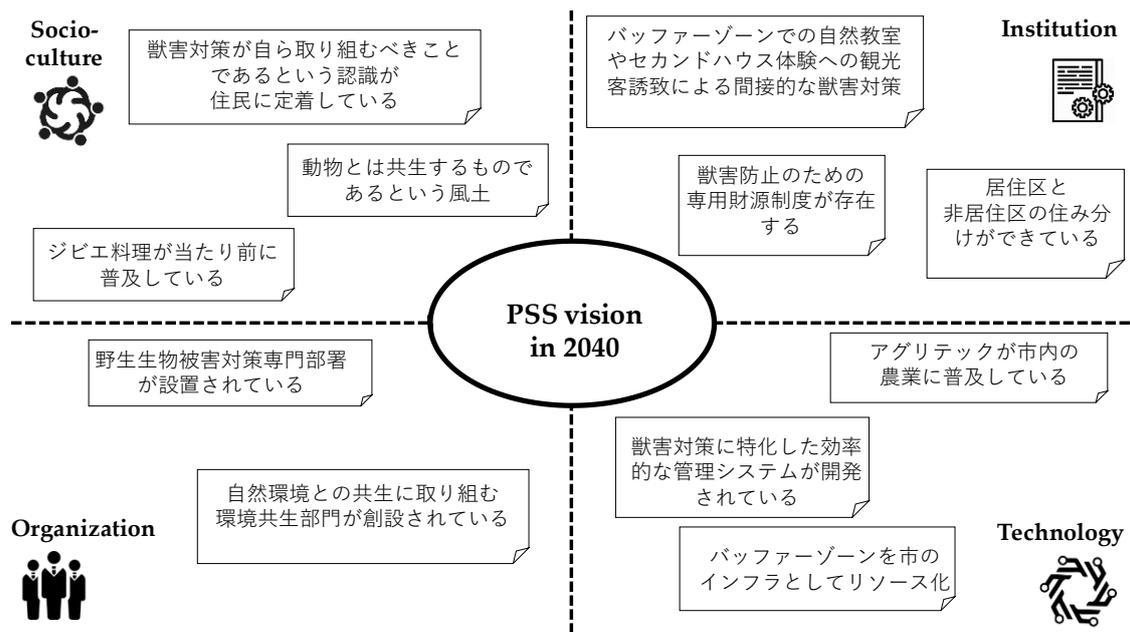


Figure 7-9 PSS のビジョン (20 年後) (事例 1)

Activity 4. PSS の System innovation scenario の作成

このステップでは最後に、上記の結果に基づき、System innovation scenario を作成した。Figure 7-10 にその結果を示す。

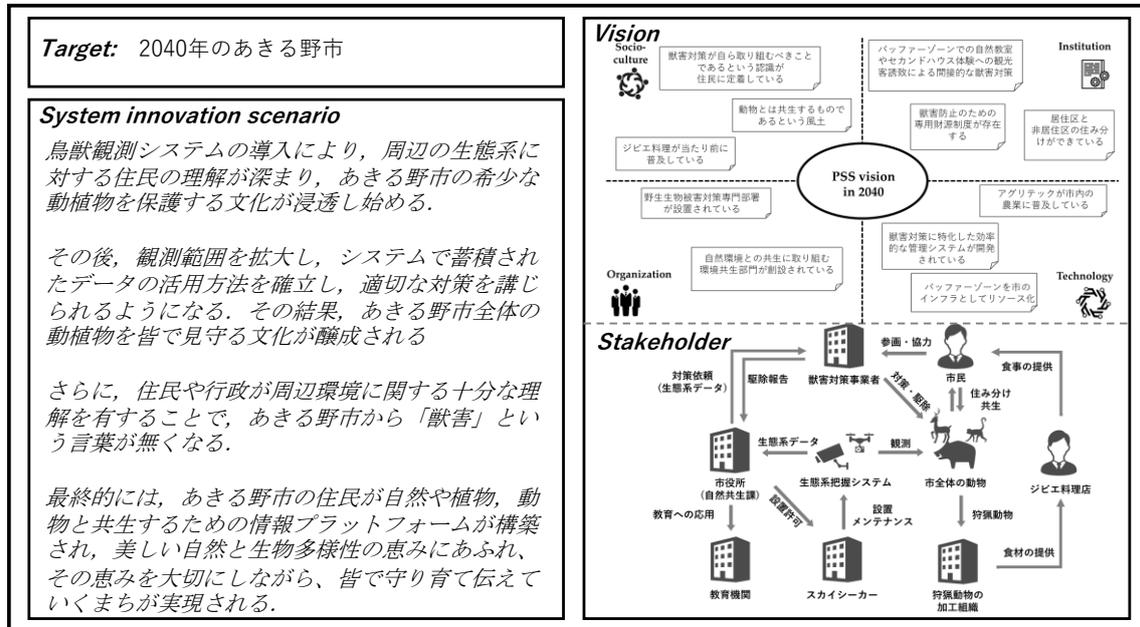


Figure 7-10 作成した System innovation scenario sheet (事例 1)

7.3.4 Step3:PSS 設計ロードマップの開発

Activity 1. ロードマップの起点と終点の設定

ここで、20年後に様々な社会的機能が実現されたあきる野市の未来を構想することは、長期に渡る持続可能性の達成に向けて共通の目的意識を持ち、設計の駆動力を保つ上で非常に重要である一方で、より具体性のある実装計画を策定するためには、その対象期間を短縮する必要があった。その為、対象期間を5年に設定し、20年後のPSSビジョンから、5年後に実現できているべき状態を制度的／文化的／組織的／技術的側面整理した (Figure 7-11, Table 7-5)。制度的な状態としては、ジビエ料理人国家資格制度の設立、国からの獣害対策等の補助金、自然ボランティア育成制度の設立児童、生徒が野山を教本とした教育の通年実施などが設定された。社会文化的な状態としては、小中学校の自然体験学習を通じた動物/環境の理解、鳥獣の生態系の把握、保護空域、バッファゾーンの明確化などが設定された。組織的な状態としては、あきる野市に自然共生課の設立を設立することが最も重要な項目として設定された。技術的な状態として

は、鳥獣観測システム開発が重要視され、広範囲な地域を1枚の画像で判別可能な機能や、鳥獣の位置情報を把握可能な機能の実装が設定された。

その後、ロードマップの終点に照らして PSS の各側面の現状(社会文化的現状(S-CP) / 制度的現状(IP) / 組織的現状(OP) / 技術的現状(TP))を分析し、ロードマップの起点として設定した(

Table 7-6).

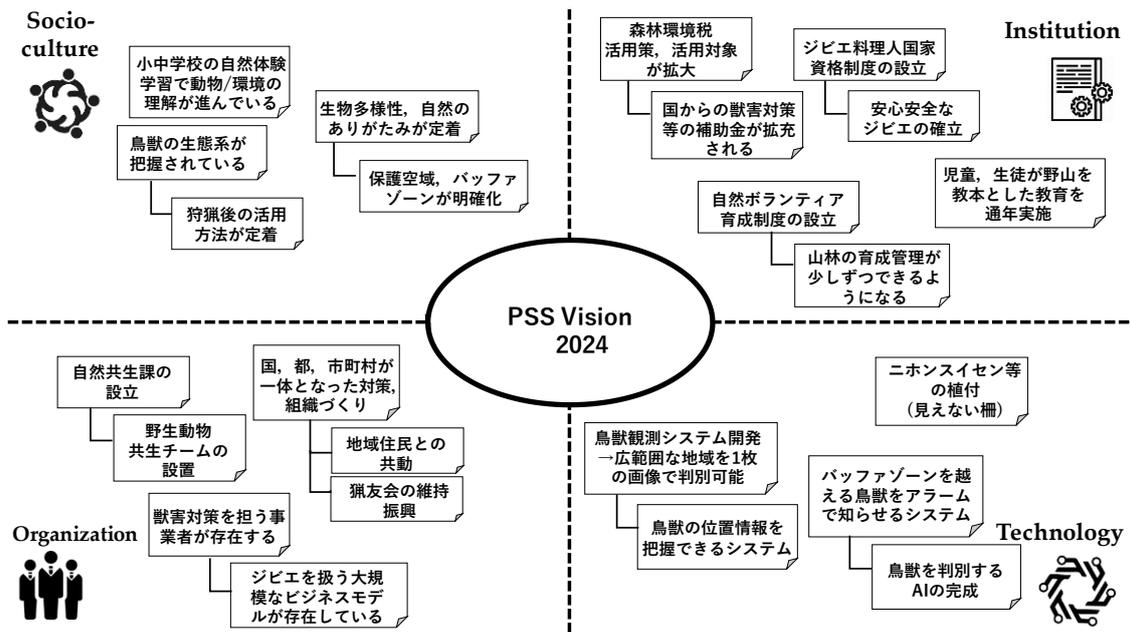


Figure 7-11 PSS のビジョン (5年後) (事例1)

Table 7-5 PSS ショートビジョンの構成要素

番号	内容	番号	内容
S-CF1	小中学校の自然体験学習で動物／環境への理解が進んでいる	OF1	自然共生課の設立
S-CF2	鳥獣の生態系が把握されている	OF2	野生動物共生チームの設置
S-CF3	狩猟後の活用方法が定着している	OF3	国，都，市町村が一体となった対策組織
S-CF4	生物多様性，周辺環境に関する知識が定着している	OF4	地域住民との協働
S-CF5	自然動物の保護区域，バッファゾーンが明確化している	OF5	猟友会の維持振興
IF1	森林環境税活用策，活用対象が拡大	OF6	獣害対策を担う専門事業者
IF2	国からの獣害対策等の補助金の拡充	OF7	ジビエを扱う大規模なビジネスモデル
IF3	ジビエ料理人国家資格制度の設立	TF1	二ホンスイセン等の植付による対策
IF4	安心安全なジビエの確立	TF2	広範囲な地域を1枚の画像で判別可能な技術
IF5	自然ボランティア育成制度の設立	TF3	鳥獣の位置情報を把握できるシステム
IF6	山林の育成管理制度	TF4	バッファゾーンを越える鳥獣のアラートシステム
IF7	児童が野山を教本とした教育を通年実施	TF5	鳥獣を個別判別するAI技術の完成

Table 7-6 PSS ロードマップの起点（事例1）

番号	内容	番号	内容
S-CP1	任意の自然体験学習	OP1	組織セクションを越えた活動
S-CP2	ジビエ料理店の増加	OP2	市民との協働により農業獣害対策を行う組織
S-CP3	周辺自然環境への関心は高まっている	TP1	植物による柵の設置
IP1	森林環境税などの財源措置が開始	TP2	開発中の鳥獣自動判別システム
IP2	シカ肉の処理工場	TP3	動物固体判別システム
IP3	猟友会		
IP4	市民が箱罠を管理する仕組み		
IP5	新規就農制度導入		

### Activity 2. 社会文化的マイルストーンの設定

次に、短期ビジョンを実現するまでの過程における中間目標となる社会文化的マイルストーンを策定した。社会文化的マイルストーン（S-CM）は、以下の順で設定された（Table 7-7）。

Table 7-7 導出された社会文化的マイルストーン（事例 1）

段階	マイルストーンの内容
S-CM1	獣害に対する住民の理解が向上する
S-CM2	周辺の自然環境に対する住民の理解が向上する
S-CM3	周辺の自然環境との共生方法が検討される
S-CM4	狩猟動物の地産地消方法が浸透する
S-CM5	バッファークロンの新たな在り方について着目し始める

### Activity 3. 各レイヤーのアクションの配列

上記の PSS ビジョン構想活動を踏まえ、5年後のショートビジョンと S-CM の実現に向けた PSS 開発ロードマップを策定した。各レイヤーで実施すべき活動を導き出すために、まず、制度レイヤーに市の企画政策課、組織レイヤーに市の農林課と環境政策課、技術レイヤーにサービス提供企業と独立行政法人を作業担当として割り振り、各 Action を配列した。Table 7-8 に各レイヤーに配列された活動を示す。

### Activity 4. ロードマップの完成

各レイヤーに個別で Action の配列を行った後、各レイヤーにおける Action 間の相互作用の分析とタイムスケール上の順序の調整を実施した。その結果、Figure 7-12 に示す PSS ロードマップを開発した。ロードマップにより表現した実装計画の一例を以下に示す。周辺の自然環境に対する住民の理解度を高める（S-CM2）ためには、野生動物との関わり方についての正式な政策決定（I1）を事前に行う必要がある。さらに、I1 の実施により、次のマイルストーン達成に向けた、電気柵設置教室の開催（I6）、農林課の再編成（I2）を推進するための障壁が緩和される。そして、自然共生部門の設立に向けた組織再編（O1）は、野生動物観測システムを利用した市の日常業務を可能とするための生物個体認識システム（T9）や省電力小型 GPS（T10）の開発を推進する。最終的に、それらの活動の成果として S-CM5 の達成に貢献可能とする。

このように、本ロードマップの開発によって、野生動物観測システムを導入したソリューションの開発や、画像解析技術の継続的な開発、システムから得られた観測データの活用などの技術的な活動により、獣害の軽減に向けた PSS のシステムイノベーションに向けた組織的・制度的な障壁を緩和することの重要性がステークホルダ間での共通認識として得られた。

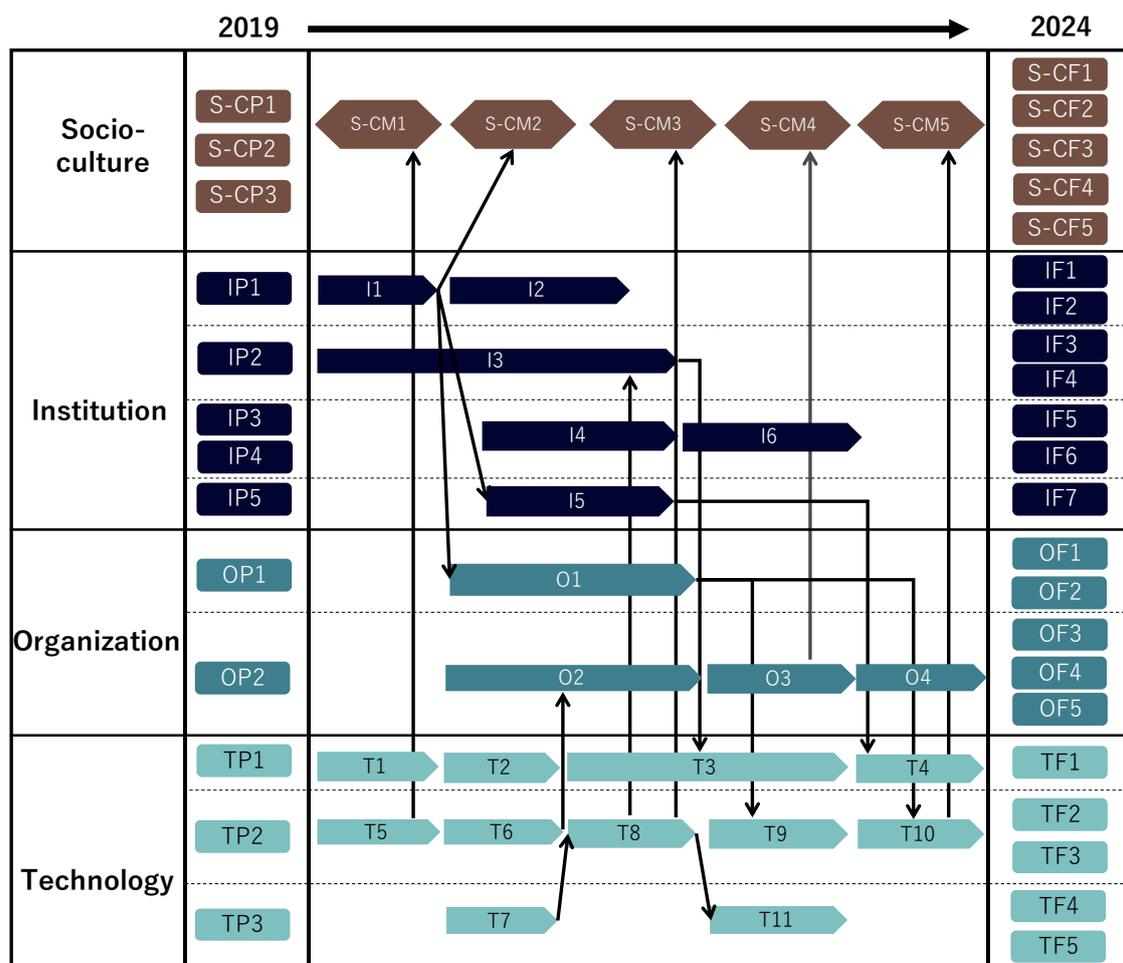


Figure 7-12 開発した PSS ロードマップ (事例 1)

Table 7-8 配列された Action の一覧 (事例 1)

要素	内容	後続要素	要素	内容	後続要素
I1	野生鳥獣との関わり方について市の政策決定	S-CM2, I5, O1	T1	ニホンスイセンを作付可能な農地の確保	T2
I2	ジビエの安心安全な提供ルール制定	O3	T2	ニホンスイセンの生育	T3
I3	森林環境税の利用促進	T3	T3	ニホンスイセン生育方法のマニュアル化	T4
I4	新規就農と罾の貸し出し制度の PR	I6	T4	ニホンスイセンの農家への配布	—
I5	ヒホンスイセンについての知識を自然体験学習に取り入れる	T4	T5	鳥獣判別システムのプロトタイプ作成	T6
I6	電気柵設置講習会の開催	—	T6	対象鳥獣種の拡大	T8, O3
O1	組織の改正	T9, T10	T7	設置罾監視システムの実証実験	T8
O2	庁内での環境政策, 獣害対策の協議	O3	T8	システムのクラウド化	S-CM3, I2, T9, T11
O3	ジビエ処理事業者との提携	O4, S-CM4	T9	生物個体認識システムの開発	T10
O4	猟友会会員の拡大	—	T10	汎用アプリケーション化	S-CM5
			T11	鳥獣生態観測技術の活用	—

### 7.3.5 評価結果

PSS ロードマップの作成過程では、ロードマップを直接作成した主体であっても、ロードマップの確定形を作成することはできない (Kostoff and Schaller 2001; Phaal 2004)。そこで本研究では、提案手法の適用性評価と適用結果の検証を目的として、プロジェクトメンバーを対象にアンケートを実施した。本研究では、プロジェクトメンバーを対象に、提案手法の適用可能性評価と適用結果の検証を目的としたアンケートを実施した。各質問項目の回答者数は、個人的な時間の都合上、各ステップに参加したプロジェクトメンバーの数が異なるため、一定ではない。Table 7-9 に、評価アンケートの質問項目に対するプロジェクトメンバーの回答をまとめた。

まず、本手法の適用可能性に着目すると、回答者全員が各フェーズの目的を理解し、活動を実施することができたと評価している。この結果は、提案手法の内容の適用可能性を示している。また、項目3の回答者全員が本手法を用いて探索的思考と規範的思考の両方を実現しており、特定された基準が一定のレベルで満たされていることが示された。さらに、項目6の回答者の5人中4人が、獣害管理のためのPSSコンセプトを導き出すことができたと評価しており、今後の事業活動に活かせるアウトプットであることが示された。一方で、提案手法の有効性（Applicaiton）の観点では、開発したロードマップの具体性や実現可能性については、回答者からは有意な評価は得られなかった。また、被験者からは、提案されたアプローチは、組織的、予算的、人材的制約の解決を直接的に支援するものではなく、また、生成されたアイデアの実現可能性を保証するものではないとの回答もあった。これらの結果から、開発したロードマップに基づいて活動を実施する実践的なプロセスを具現化する必要性が明らかとなった。

Table 7-9 提案手法とその適用結果の評価結果（事例1）

評価項目		回答	回答数
<b>Implementaiton</b>			
		はい	6/6
1	各ステップの作業目的を理解して進めることができたか	いいえ	-
		どちらで	-
		もない	-
2	作業内容の全体の流れを理解して進めることができたか	はい	5/6
		いいえ	1/6
		どちらで	-
3	本手法は、探索的（フォアキャスト）／規範的（バックキャスト）思考の双方を参加者に促すことができたか	はい	6/6
		いいえ	-
		どちらで	-
4	本手法の適用を通して、対象とする社会課題が生じている原因についての理解を深めることが出来たか	はい	3/6
		いいえ	2/6
		どちらで	1/6
5	本手法は、社会課題解決に向けたPSSのビジョンを明確化することができたか	はい	3/5
		いいえ	1/5
		どちらで	1/5
6	対象とする問題を解決するための新たなソリューション（製品サービス）のアイデアは導出されたか	はい	4/5
		いいえ	1/5
		どちらで	-
		もない	

Influence			
7	本方法を適用することで社会課題解決に向けた自身（または所属組織）の役割が明確になったか	はい	3/5
		いいえ	1/5
		どちらでもない	1/5
8	本手法の適用により、PSS の将来の可能性について新たな発見があったか	はい	4/5
		いいえ	1/5
		どちらでもない	-
9	本手法により得られた成果は、その後の PSS 開発においてステークホルダの動機付けとなるか	はい	2/4
		いいえ	1/4
		どちらでもない	1/4
Applicaiton			
10	本手法により得られた成果は、その後の PSS 開発において有用であるか、また、参考となるか	はい	4/5
		いいえ	-
		どちらでもない	1/5
11	トランジションシナリオを基に開発した PSS ロードマップは、具体的であるか	はい	1/4
		いいえ	3/4
		どちらでもない	-
12	トランジションシナリオを基に開発した PSS ロードマップは、実現可能性を有するか	はい	1/4
		いいえ	2/4
		どちらでもない	1/4

## 7.4 検証2：地域内互助の促進 PSS 開発事例

### 7.4.1 本事例の概要

本研究では、本提案内容の適用可能性を検証するため、実行例の2つ目として、東京都日野市のスマートシティ推進事業における地域内互助の促進を目的とした PSS 開発プロジェクトにおいて提案手法を適用した。現在、日野市は、「高齢化の進むベッドタウン」、「産業の構造転換」という2つの課題に直面している。日野市は、都市近郊の衛星都市として発展したが、高度経済成長期に移転してきた団塊世代の就業者が高齢期を迎えたことや、リーマンショック等による複数の製造業の拠点の移転・閉鎖等による若年層の就業者の流出から、人口減少と高齢者の急激な増加が懸念されている。さらに、日本の「成長社会」から「成熟社会」への転換に伴う産業構造の変化の観点では、二次産業付加価値額が70%弱も、利便性の高い場所へ工場が移転しており、製造拠点から研究開発拠点への転換が起きていることや、従来の統一的な価値を効率的に生産する工業都市から、複雑化する社会において多様化する課題を解決可能な産業都市への転換が求められている。

上記の背景から、日野市では、「生活課題産業化」を掲げ、産業分野のみならず、行政・教育・研究機関・医療・介護関係者、地域団体、NPO、住民などの多様な分野のステークホルダが持続可能な社会と地域を形成するという目標を共有し、対等な対話に基づく様々な社会課題の解決に向けた協働により、暮らす人も働く人も高いQoL (Quality of life) を享受可能な「生活価値共創都市」(Figure 7-13)の実現を目指している。

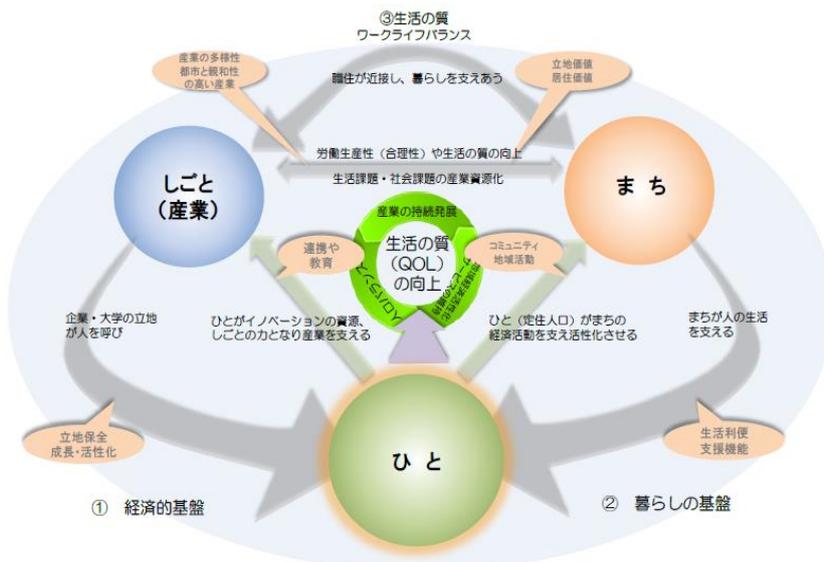


Figure 7-13 生活価値共創都市 (日野市)

一方で、2020 年に入り国際的に感染が拡大している新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の影響を受け、高齢者の地域内での社会的接点の減少が問題視されている。特に、ベッドタウンを象徴する大規模団地においては高齢化が進んでおり、これまで実施していた自治会活動が制限される他、外出自粛の要請等により、人とのコミュニケーション機会が失われている。さらに、高齢者層は、オンライン通話等を実現するデバイス機器の使用における苦手意識を持つ人が多く、新型コロナウイルスの影響下におけるコミュニケーションの選択肢が限られてしまうことで、社会的接点の喪失につながるものが懸念される。また、自身の経験やスキルを活かして人と関わることや繋がることを生きがいとする市民も多く、社会的接点の喪失は、市民の QoL 低下につながり兼ねない。これらに対して、地域団体や介護福祉団体によるデバイス活用講座等の対策が実施されているが、実際に高齢者デバイスを活用したコミュニケーションの定着には至れないという問題がある。

そこで、人との接触機会が減少しても、社会的接点を維持することを可能とする地域内互助実現のための新たな PSS 開発を目的とし、本 PSS を日野市に実装するための計画策定を産官学民連携で実施した。

#### 7.4.2 Step1:PSS 設計チームの編成

まず、開発する PSS に関連するステークホルダの特定とネットワークの構築を実施した。本事例では、日野市の大規模団地を実証フィールドとして設定し、地域のコミュニケーション、高齢者福祉という社会的機能の改善に取り組んだ。そのため、本プロジェクトには、市のまちづくり事業の戦略企画を担当する企画経営課、高齢者の福祉やサービスに関する市政を担当する高齢福祉課の職員、電気通信事業者、地域介護福祉団体、都市機構事業者、団地住民と大学が参画した。

本事例では、新型コロナウイルスの感染拡大を鑑み、少数の直接活動主体とオンライン会合等での意見交換を実施する間接活動主体に分類して、活動を行った。直接活動主体としては、企画経営課の市役所職員が、事業主体として全体のコーディネートとステークホルダ間の調整を、電気通信事業者が、実際の製品サービスの開発、実証実験の実施を、大学が、PSS の実装計画 WS のファシリテート、収集データの分析を実施した。間接活動主体である、高齢福祉課、地域介護福祉団体、都市機構事業者、団地住民は、問題が生じている現状についてのヒアリング、目指すべき PSS ビジョンに関するインタビュー、また、作業結果に関するフィードバックに参画した。

### 7.4.3 Step2: System innovation scenario の設計

#### Activity 1. 現状の PSS の理解

System innovation scenario の起点を定めるため、ステップ 2 ではまず、ステークホルダ間の知識共有に基づき、地域の社会的接点を希薄化させてしまう原因を特定した。本事例では、市役所の高齢福祉課、電気通信事業者、地域介護福祉団体、都市機構事業者、団地住民に対して現状生じている課題とその原因についてのオンラインインタビューを実施した (Figure 7-14)。その結果、原因として、高齢者が社会的接点を得る上での障壁や、多世代間での社会的接点が希薄化していること、また、日野市の地理的問題などが挙げられた。



Figure 7-14 オンラインインタビューの様子

#### Activity 2. 問題構造の分析

次に、地域の社会的接点希薄化の要因間の因果関係を構造化し、対象となる問題の根本的な原因を明らかにした。構造化した結果を Figure 7-15 に示す。結果として、社会的接点が希薄化してしまう根本的な原因として、「新しいデバイス機器を活用するメリットの不明確さ」、「デバイス利用における複雑さ」、「インフラ・サービスの充実」、「目的・役割の欠如によるコミュニティへの居辛さ」、「コミュニティへの関心の無さ」、「自治会の高齢化」、「地域の人と人を繋ぐハブ人材の減少」の6つを特定した。

まず、地域の社会的接点を希薄化させる原因として、通信デバイスの活用に不慣れな高齢者の特性に起因するものが存在していた。65 歳以上の高齢者のインターネット利用率は 30%程と言われるほど、デジタル機器への拒否感が強く、これは、経済的理由や、新しいことに慣れることへの面倒さ、学びたいきっかけがないこと等が影響しており、根本的には、デバイスを利用する上でのキャリア契約の複雑さ、デバイスに搭載されている機能が飽和していることによる捜査上の複雑さに対する拒否感や、ガラパゴス携帯から移行して利用する程のメリットが明確になっていないことが影響していた。

また、高齢者の特性に起因するものとして、市における高齢者の状況を網羅的に把握できない現状がある。団地の自治会や社会福祉協議会ではイベントやサロン活動が実施されているが、その場に参加しない高齢者の実態を把握しきれていないのが現状である。特に、活動的な高齢者、男性の高齢者、人付き合いを好まない高齢者がこれにあたる。これらの高齢者が活動に参加しない根本的な理由としては、市の外にコミュニティが存在すること、無目的でコミュニティに居辛いことが挙げられる。また、新たな転入者などを自治会などのコミュニティに加入させるきっかけとなるハブ人材が減少していることも根本的原因として特定された。

他方、社会的接点の希薄化は、世代間の繋がり希薄化にも起因していることが明らかとなった。日野市の転入者や若年層は、日中働いており、昼間に開催される自治会のコミュニティ活動に参加できないことから、コミュニティ内の世代間での共通点が減少している。このような現象は、自治会の高齢化によって、高齢者のライフスタイルに合わせた運営が為されているため生じてしまっていた。また、近年の共働きの増加により、世代間の接点を設ける地域のハブ人材が減少していることも根本的原因として特定された。また、日野市の地理的特性として、起伏の多い土地であるため、エリアによっては、生活や移動が困難であり、コミュニティ活動に参加し辛いことも根本的原因として挙げられた。

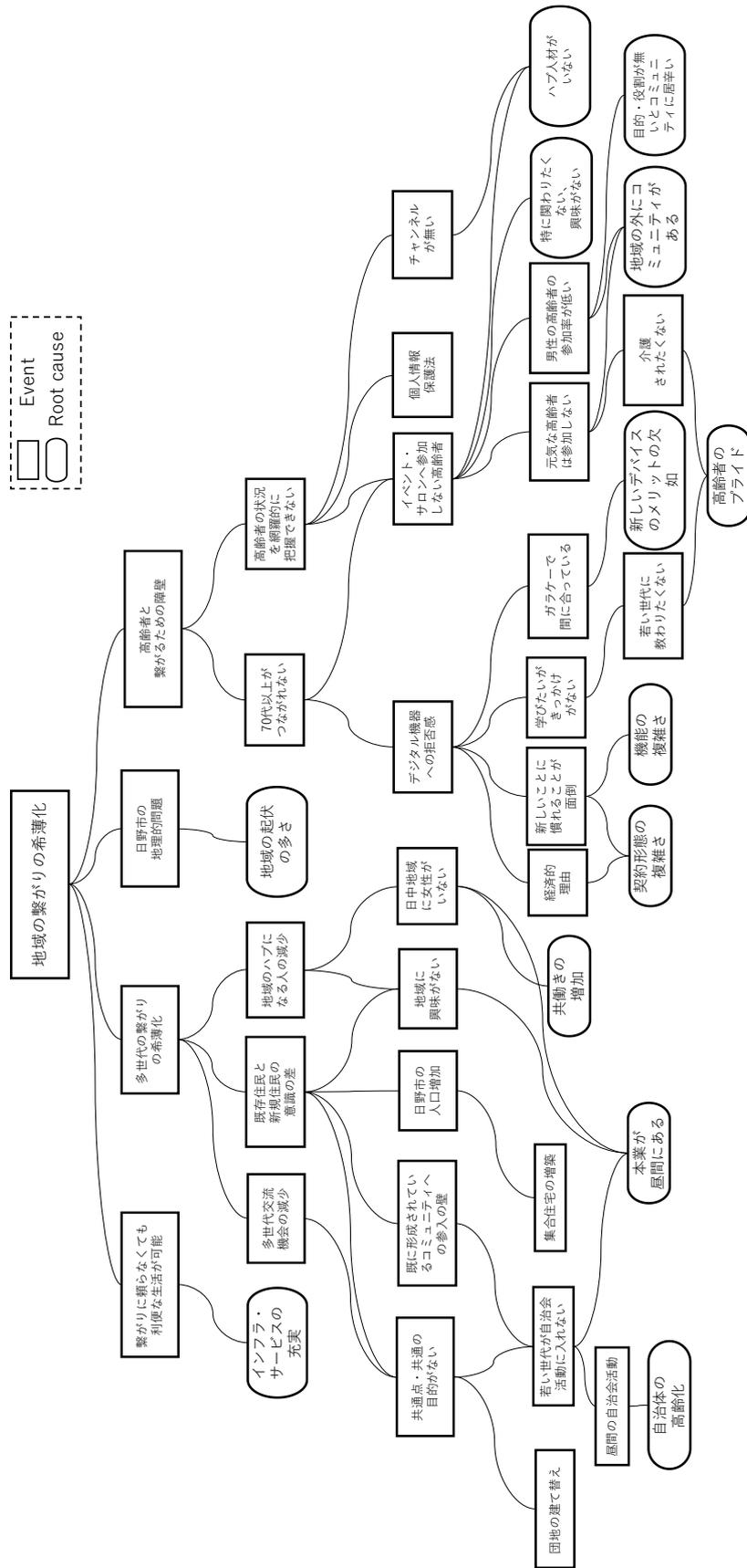


Figure 7-15 問題構造化結果 (事例 2)

Activity 3. PSS ビジョンの設定

以上の結果に基づき、ソリューションの実装と普及により問題が解決された PSS のビジョンを構想した。具体的には、10 年後の未来を想定し、将来の制度的／社会文化的／組織的／技術的状态を構想した。本事例においては、「2030 年における日野市のコミュニケーション」というテーマを設定し、LSP を実施し、日野市の目指すべきビジョンに関する議論を実施した。作成した個人モデルの一部を Figure 7-16～Figure 7-18 に示す。その他の作成されたモデルは、付録の Appendix 12～Appendix 19 に示す。

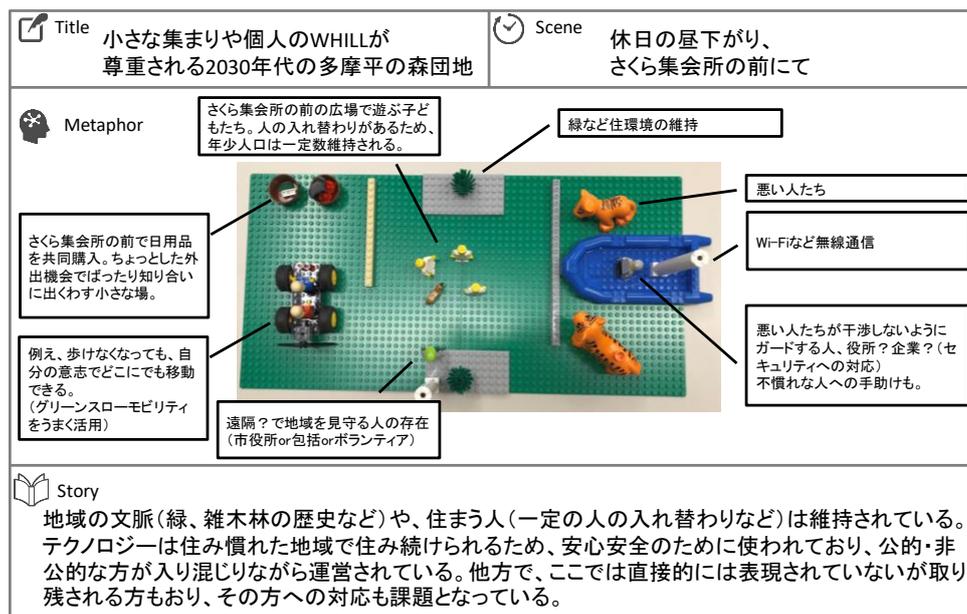


Figure 7-16 PSS ビジョンのモデル例 1 (事例 2)

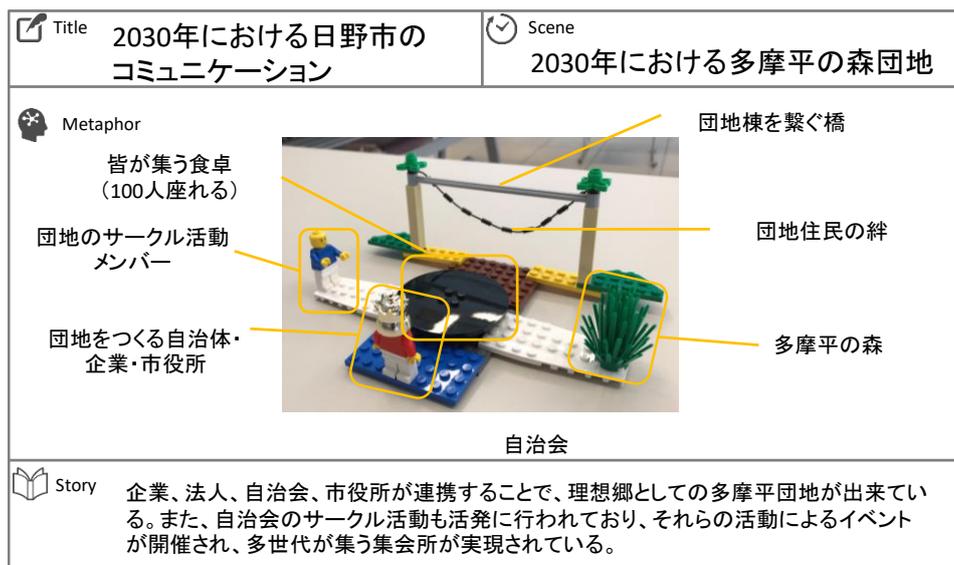


Figure 7-17 PSS ビジョンのモデル例 2 (事例 2)

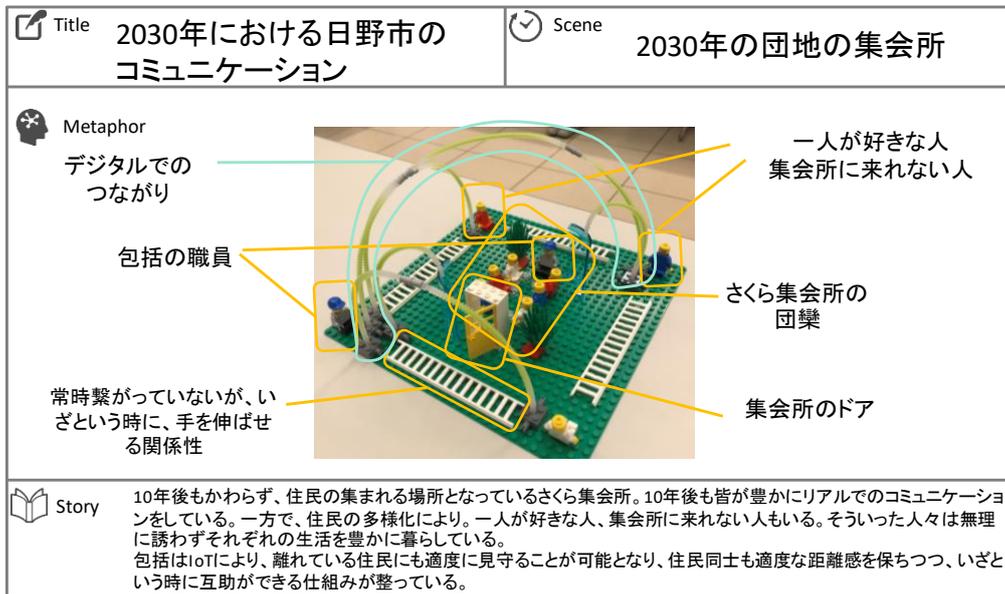


Figure 7-18 PSS ビジョンのモデル例3 (事例2)

上記の結果を共有し、その議論の結果を基に、将来の PSS の制度的／文化的／組織的／技術的状态を具体的に構想した (Figure 7-19)。まず社会文化的な状態としては、世代、国籍、障害などの区別がなく多様性として認められているコミュニティであることや、時間や場所を問わないライフスタイルが実現されている事、今と変わらない団欒があること等が設定された。制度的な状態としては、日野市のスマートシティ化に向けたデジタル戦略が存在していること、デジタル化によるコスト削減制度が制定されていること、移動利便性の高い市内整備が計画されていることなどが設定された。組織的な状態としては、市に地域と行政、専門機関の橋渡し人材（組織）が存在すること、また DX (Digital transformation) に向けたデジタル人材教育システムがあることが設定された。また、将来の自治会に関する内容としては、世代・リアル／オンラインを問わないコミュニティ活動が実施されていることや、若手の自治グループが形成され、世代間のコミュニケーションが盛んに行われている状態が設定された。技術的な状態としては、市の DX により、地域の課題を収集し、それを地域団体やまた、他の市民の知識・スキルにより解消する地域互助のためのプラットフォームが形成されていること、団地の高齢者を見張るのではなく、適度な距離感で見守るシステムが開発されていること、そして、世代を問わず多様なコミュニケーション手段が提供できていることや、個人・行政・企業の共通データ基盤を整備することで、地域内外の交流やデータ利活用が実現されていることが設定された。

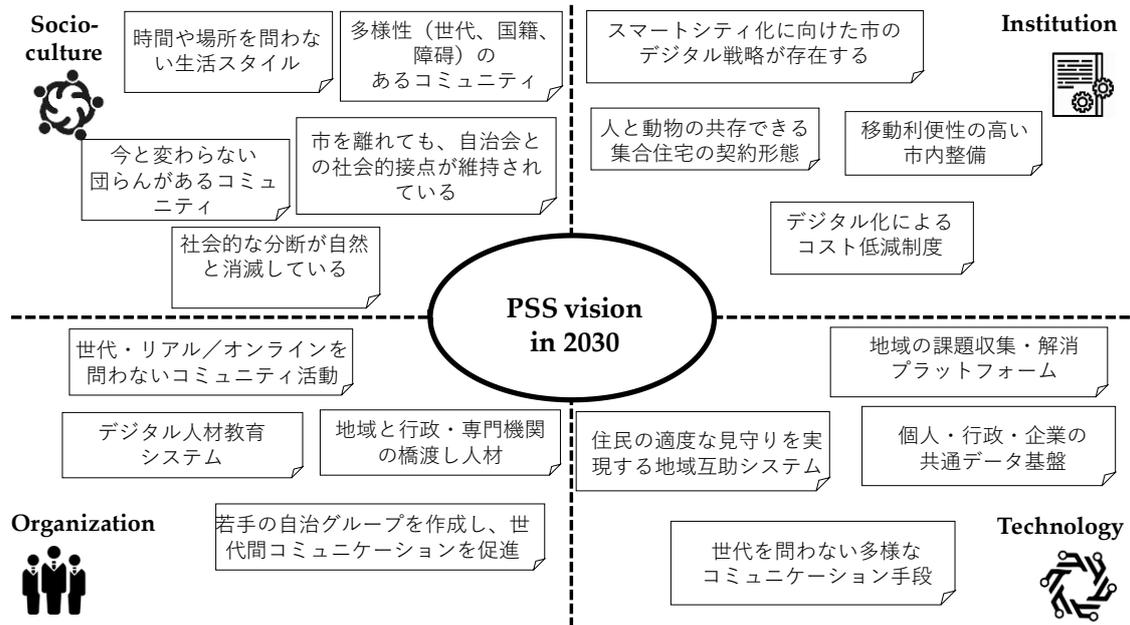


Figure 7-19 PSS の社会文化的／制度的／組織的／技術的な状態（事例 2）

Activity 4. PSS の System innovation scenario の作成

本ステップでは最後に、上記の結果に基づき、2030 年の PSS ビジョンにいたる System innovation scenario を作成した。Figure 7-20 にその結果を示す。

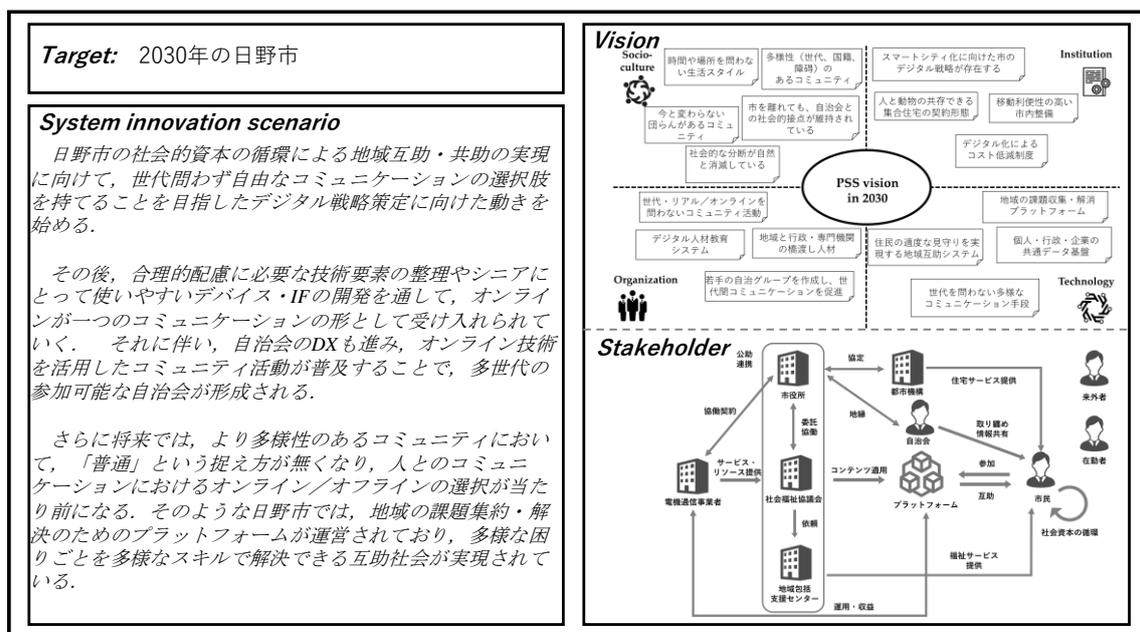


Figure 7-20 作成した System innovation scenario sheet（事例 2）

### 7.4.4 Step3:PSS 設計ロードマップの開発

#### Activity 1. ロードマップの起点と終点の設定

Step2 で作成した system innovation scenario を基に, 実装計画として PSS ロードマップを開発した. 本ステップは, 市の企画経営課, 電気通信事業者, 大学の3者で実施した. まず, Figure 7-19 の PSS ビジョンの状態から, ロードマップの終点となる社会文化的 (S-CF) / 制度的 (IF) / 組織的 (OF) / 技術的状态 (TF) を整理した (Table 7-10). その後, その後, ロードマップの終点に照らして PSS の各側面の現状 (社会文化的現状 (S-CP) / 制度的現状 (IP) / 組織的現状 (OP) / 技術的現状 (TP)) を分析し, ロードマップの起点として設定した (Table 7-11).

Table 7-10 PSS ビジョンの構成要素 (事例 2)

番号	内容	番号	内容
S-CF1	多様性 (世代、国籍、障碍) のある コミュニティ	OF1	デジタル人材教育システム
S-CF2	時間や場所を問わない 生活スタイル	OF2	地域と行政・専門機関の 橋渡し人材
S-CF3	市を離れても、自治会との 社会的接点が維持されている	OF3	世代・リアル/オンラインを 問わないコミュニティ活動
S-CF4	今と変わらない団らんがある コミュニティ	TF1	地域の課題収集・解消 互助プラットフォーム
S-CF5	社会的な分断が 自然と消滅している	TF2	住民の適度な見守りを 実現するシステム
IF1	スマートシティ化に向けた 市のデジタル化戦略	TF3	個人・行政・企業の 共通データ基盤
IF2	移動利便性の高い市内整備	TF4	世代を問わない多様な コミュニケーション手段
IF3	デジタル化によるコスト低減制度	-	-

Table 7-11 PSS ロードマップの起点 (事例 2)

番号	内容	番号	内容
S-CP1	大多数の「普通」に合わせた コミュニティデザイン	OP3	社協など一部の限られた 橋渡し人材
S-CP2	就業時間や場所に制限有	OP4	限られたメンバーで面直のみ の自治会活動
S-CP3	生活圏が変わると自治会との社会 的接点が失われやすい	OP5	リタイア人材・主婦（主夫） のみ参加可能な コミュニティ活動
S-CP4	シニア世代はインターネットへの 苦手意識から利用率が低い	TP1	地域の課題は、個人・少人数 グループに閉じる
IP1	デジタル戦略・統合組織 双方の欠陥	TP2	見張られている IoT サービス
IP2	エリアによって 利便性の格差がある	TP3	共通データ基盤の構築が 動き出している
IP3	総務省の圧力により 下がりつつある通信費用	TP4	オープンデータは存在するが、 活用例が少ない
OP1	デジタル活用の小規模支援が点在	TP5	オンライン手段が使えない場 合の選択肢はオフラインのみ
OP2	デジタル活用の目的が不明瞭	-	-

## Activity 2. 社会文化的マイルストーンの設定

次に、短期ビジョンを実現するまでの過程における中間目標となる社会文化的マイルストーンを策定した。本事例において、社会文化的マイルストーン（S-CM）は、以下の順で3つ設定された（Table 7-12）。

Table 7-12 導出された社会文化的マイルストーン (事例 2)

段階	マイルストーンの内容
S-CM1	シニア層のデジタル苦手意識が払拭され、連絡手段のオンラインへの置き換えが進む
S-CM2	市の DX が進みオンライン／オフラインが連絡の選択肢として当たり前になる
S-CM3	地域コミュニティが物理的空間から、物理的な場所や時間との制約を受けない概念的空間になる

### Activity 3. 各レイヤーのアクションの配列

上記の構想活動を踏まえ、PSS ビジョンと S-CM の実現に向けた PSS 開発ロードマップを策定した。各レイヤーで実施すべき活動を導き出すために、まず、制度レイヤーに市の企画経営課、技術レイヤーに電気通信事業者、組織レイヤーには、市、事業者、大学の3者を作業担当として割り振り、各レイヤーの Action を配列した。Table 7-13 に各レイヤーに配列された活動を示す。

### Activity 4. ロードマップの完成

各レイヤーに個別で Action の配列を行った後、各レイヤーにおける Action 間の相互作用の分析とタイムスケール上での配列順序の調整を実施した。その結果、Figure 7-21 に示す PSS ロードマップを開発した。ロードマップの内容の一例を以下に示す。シニア層のデジタル苦手意識を払拭し、連絡手段をオンラインへ置き換えていく (S-CM1) ためには、まず、市としてのデジタル戦略方針を立て (I1)、それに準じて市のデジタル戦略を施行するためのデジタル促進部署を設立 (I2) する必要がある。それと並行して、市、電気通信事業者、地域福祉団体の協働により、高齢者向けのデバイス活用講座の共同開発 (O1) を実施し、これを通して、高齢者がデジタル機器を活用する上での合理的配慮に必要な技術機能を検討 (T1) し、それに基づくシニア向けデバイス (T2) や対話 AI の開発 (T3) に取り組む。その間、市としては、DX 促進のためのデジタル人材の活用を促し (O2)、マイナンバーとの連携による自治手続きのデジタル化 (O3) 等を図ることで、デジタル機器を使う必要性を浸透させていく。そして、シニア向けコミュニケーションデバイスを自治会に導入することで、団地住民の世代間コミュニケーションを促進させる (O5) ことを通して、オンラインへの移行を実現させる。

一方で、オンライン／オフラインが連絡手段の選択肢として当たり前にする (S-CM2) ためには、制度的活動として、市の DX に向けた推進支援寄付制度を施行 (I3) し、地域の事業者の DX を支援する。それと同時に、DX をする必要のない権利も明確化 (I4) し、認めることを可能とする。他方、作成したシニア向けデバイスを基に、世代を問わないユニバーサルなデバイスの開発 (T5) や、地域のエリアを問わないオンラインサロンサービスを開発 (T4) することによって、地域団体からのオンラインコンテンツを住民に提供 (O6) 可能とする。これにより、オンラインを活用したコミュニティ活動が普及していくことで、自治会の一部デジタル化 (O7) を実現し、オンライン／オフラインの選択肢を当たり前にすることを目指す。

上記のように、本 PSS ロードマップの開発によって、市、地域福祉団体、電気通信事業者の継続的な協働により、世代間でのコミュニケーションの断絶や、高齢者のデバ

イス活用における障壁を取り除くことを通して、オンライン/オフライン双方での社会的接点を持たせることで、地域内での互助を実現可能とする計画が策定された。

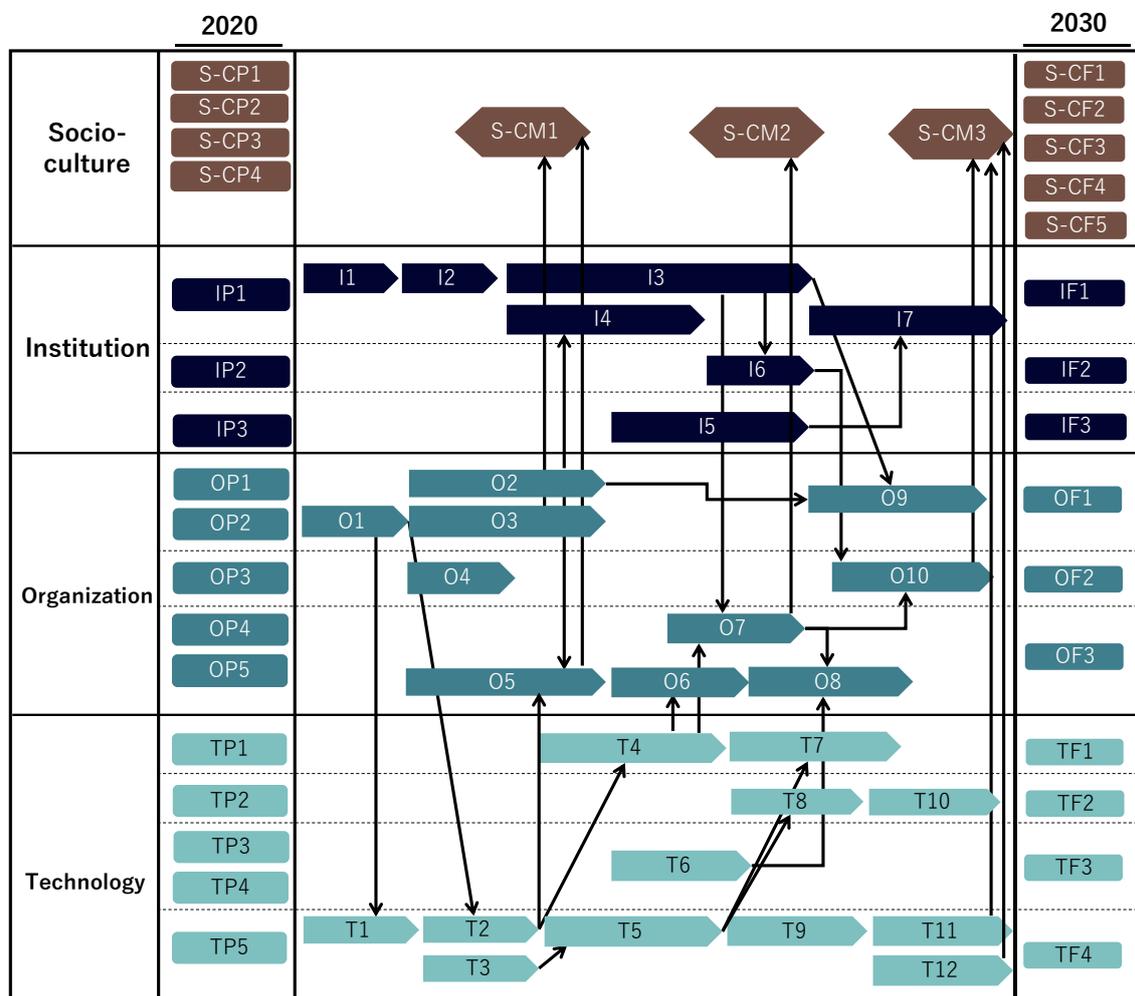


Figure 7-21 開発した PSS ロードマップ (事例 2)

Table 7-13 配列された Action の一覧（事例2）

要素	内容	後続要素	要素	内容	後続要素
I1	初期デジタル戦略 方針策定	I2	O9	デジタル人材開発 プログラムの設立	-
I2	市のデジタル部署 設立	I3	O10	住民主体の地域 DX エリアマネジメン ト組織設立	S-CM3
I3	DX 推進支援寄付 制度	I6, O7, O9	T1	合理的配慮に必要 な技術機能の整理	T2
I4	DX をしない権利の 明確化	-	T2	シニアが使えるデ バイス IF の開発	T4, T5, O5
I5	データ連携の包括 的な契約形態 の創出	I7	T3	対話 AI の操作 IF の 多様化	T5
I6	デジタル回覧板の 普及推進	O10	T4	エリアを問わない 地域オンラインサ ロンサービス開発	T7, O6, O7
I7	コミュニケーション の選択肢を複数 提示するための 条例の制定	-	T5	世代問わない ユニバーサルな デバイスの開発	T7, T8, T9
O1	デバイス活用講座 の共同開発	T1, T2, O3	T6	市のオープン データ PF の整備	O8
O2	デジタル人材の活 用促進	I4, O5, O9	T7	地域の課題集約/ 相談サービスのオ ンライン化	-
O3	マイナンバー連携 による自治手続き の DX 促進	S-CM1	T8	ホーム IoT を前提 としたデータ サービス	T10
O4	大学と自治会の 交流拡大	-	T9	デバイスの 低価格化	T11
O5	自治会の3部構成 化（昼部・夜部・オ ンライン部）	O6, S-CM1	T10	ホーム IoT サービ スの低価格化	-
O6	地域団体による オンライン コンテンツの提供	O8	T11	Wi-Fi に代わる通信 環境の導入	S-CM3
O7	自治会の一部 デジタル化	O8, O10, S-CM2	T12	通信料の気になら ない仕組みの構築	S-CM3
O8	他自治体とのオン ライン連携交流	-	-	-	-

### 7.4.5 評価結果

提案手法の適用性評価と適用結果の検証を目的として、実行例 1 と同様に、プロジェクトメンバーを対象にアンケートを実施した。本研究では、直接的に全プロセスに参画したプロジェクトメンバーである市の企画経営課と電気通信事業者の 2 名を対象に、提案手法の適用性評価と適用結果の検証を目的としたアンケートを実施した。本評価においては、各項目の達成度に対して、「1: そう思わない」、「2: あまりそう思わない」、「3: そう思う」、「4: とてもそう思う」のスケールを用いて評価を実施した。Table 7-14 にその評価結果を示す。

本手法の適用可能性（Implementation）の評価結果に着目すると、市と事業者の双方において概ね評価が得られた結果となったが、項目 6 に対しては、評価結果が分かれる形となった。これは、開発したロードマップの技術レイヤーにおいて、製品・サービスの開発活動を計画したことで、事業者の観点においては具体的なソリューション案が導出されたという認識をした一方、市としては、それらを活用した公共サービスとしてのより広範な視点からの評価となり、その意味では具体性に欠け、ソリューションの導出に至らなかったと認識されたためと考えられる。実際に、市からは、導出したアイデアに対する各主体との個別の議論を設けることによる詳細化の必要性が指摘された。

Influence の観点では、両者とも全体的に評価が得られた結果であった。一方で、本事例の適用は数ヶ月にわたって長期的に適用されたことから、作業中において、その作業内容の目的を見失う場面があったという見解が寄せられた。そのため、本手法の効果をより発揮させるためには、適用過程において PSS 設計チームが常に目指すべきビジョンを意識可能な仕掛けの必要性が挙げられる。

提案手法の有効性（Application）の観点においては、今後の PSS 設計に参照可能な有用性が認められた一方で、実行例 1 と同様に、実装計画の具体性や実現可能性については課題が残る結果となった。本課題の解決方法については、次章において考察する。

また、全体を通してのフィードバックとしては、コロナ禍の感染拡大を鑑み一部オンラインで実施をしたことによる意見交換の難しさも適用における課題として挙げられた。実際に多様なステークホルダが参画する PSS 設計では、主体間の信頼性向上なども議論の活性化に寄与するため、それらを促す仕組みの検討も設計現場への介入が必要となる設計研究が今後取り組むべき一つの重要課題と言える。

Table 7-14 提案手法とその適用結果の評価結果（事例2）

	評価項目	回答結果	
		市	事業者
<b>Implementaiton</b>			
1	各ステップの作業目的を理解して進めることができたか	4	4
2	作業内容の全体の流れを理解して進めることができたか	3	4
3	本手法は、探索的（フォアキャスト）／規範的（バックキャスト）思考の双方を参加者に促すことができたか	3	3
4	本手法の適用を通して、対象とする社会課題が生じている原因についての理解を深めることが出来たか	3	4
5	本手法は、社会課題解決に向けた PSS のビジョンを明確化することができたか	3	3
6	対象とする問題を解決するための新たなソリューション（製品サービス）のアイデアは導出されたか	2	4
<b>Influence</b>			
7	本方法を適用することで社会課題解決に向けた自身（または所属組織）の役割が明確になったか	3	4
8	本手法の適用により、PSS の将来の可能性について新たな発見があったか	3	3
9	本手法により得られた成果は、その後の PSS 開発においてステークホルダの動機付けとなるか	4	3
<b>Application</b>			
10	本手法により得られた成果は、その後の PSS 開発において有用であるか、また、参考となるか	4	4
11	トランジションシナリオを基に開発した PSS ロードマップは、具体的であるか	2	2
12	トランジションシナリオを基に開発した PSS ロードマップは、実現可能性を有するか	3	2

## 7.5 おわりに

本章では、提案した実装計画手法を、2つの PSS 開発事例（獣害対策用 PSS，地域互助促進のための PSS）へ適用し、その適用可能性と有効性について評価した。

第 2 節では、本研究における検証方法について述べた。そして、提案した PSS の実装計画手法の特徴を基に、適用結果の評価項目を決定した。最後に、対象とした 2 つの事例の実施条件について述べた。

第 3 節では、「獣害対策用 PSS」の開発事例への提案手法の適用結果について述べた。具体的には、東京都あきる野市において被害が拡大している獣害問題を解決するための PSS 開発ロードマップを鳥獣被害調査・管理サービス提供企業、独立行政法人、あきる野市役所、大学の連携により実施した。

第 4 節では、「地域内互助促進のための PSS」の開発事例への提案手法の適用結果について述べた。具体的には、東京都日野市において、コロナ禍以降においても持続的に社会的接点を維持するための PSS 開発ロードマップを市役所、地域介護福祉団体、電気通信事業者、都市機構、地域住民、大学の連携により実施した。



# 第8章 考察

---

8.1 はじめに .....	180
8.2 PSS の概念的枠組みに関する考察 .....	181
8.2.1 PSS の設計研究への貢献 .....	181
8.2.2 提案した概念的枠組みの妥当性・網羅性について .....	182
8.3 本研究の設計プロセスに関する考察 .....	183
8.3.1 設計プロセスの有効性と PSS 設計への貢献 .....	183
8.3.2 設計プロセスの具体性 .....	183
8.3.3 設計プロセスの妥当性 .....	184
8.4 PSS の実装計画手法に関する考察 .....	185
8.4.1 本手法の有効性に関する考察 .....	185
8.4.2 本手法の課題に関する考察 .....	186
8.4.3 策定した PSS 実装計画の評価・モニタリング方法について .....	187
8.5 本研究全体に関する考察 .....	190
8.5.1 本研究の研究方法に関する考察 .....	190
8.5.2 本研究における検証方法に関する考察 .....	191
8.5.3 PSS に対する外乱の影響を考慮した運用方法 .....	194
8.5.4 対象とする社会的機能やシステムの規模に応じたアプローチ .....	195
8.5.5 価値の体系的変化と PSS 社会実装の関係性について .....	197
8.5.6 PSS の実装による影響 .....	199
8.6 おわりに .....	201

---

## 8.1 はじめに

本章では、第7章にて説明した提案手法の適用結果やそれ以外の幅広い視点から、本研究の有効性や期待される効果、限界や今後取り組むべき課題について考察する。以降では、PSSの概念的枠組み、PSSの設計プロセス、PSSの実装計画手法、本研究全体の4つについて、それぞれ考察する。

## 8.2 PSS の概念的枠組みに関する考察

### 8.2.1 PSS の設計研究への貢献

本研究では、STS としての性質を有する PSS の構成要素、また、その要素間の関係性を定義した概念的枠組みを提案した。まず、本研究では、PSS を次のように定義した。

*PSS とは、ある特定の問題解決に向けた共通目的の下で、製品とサービスの統合により構成される技術的側面と、その価値の適切な実現のための社会的側面により構成される社会技術システムである。*

上記の定義のもと、第 4.3 節では、UML のモデル表現方式を用いたオントロジーにより形式化した。これにより、PSS の設計研究においてこれまで明示的に説明されていなかった社会技術的性質を有する PSS の形式的な説明を可能とした。本研究は、PSS の設計、特に社会実装に関する研究において扱う概念を一定のレベルで概念化した点で、PSS 設計研究分野に貢献可能であると考えられる。このような PSS の捉え方は、当該研究分野においても、議論がされ始めた段階であり、統一された見解は確立されていない。そのような状況下においては、本研究で提案した概念的枠組みを議論のたたき台として扱い、それに基づく議論を発展させることで、分野全体としての共通理解の形成を促進することが期待できる。

一方で、近年においては、PSS と他分野におけるシステム理論を参照し、それぞれのシステムの関係性や統合可能性について多様な観点で議論されている。例えば、Heim らは、PSS が複数のサブシステムの相互運用によってその価値が実現される複雑な構造を有することから、システム工学の分野で議論される System of system (SoS) の概念との統合を試みている (Hein et al. 2018)。SoS とは、それぞれ独立して管理・操作されるシステムの集合体であり、またそれら個々のシステムの機能・リソースを活用することで機能するシステムである (Maier 1998)。Heim らは、PSS が製品、サービスのみならずインフラ、ネットワークなど複数のサブシステムにより構成される特徴に基づき、SoS の観点から PSS を再定義した PSSoS を提唱している。

また、Kanda らは、PSS の産業界での適用可能性の高まりを受け、その環境的な効果をより拡張させるためには、製品・サービスの設計のみに焦点を当てるのみではその波及効果を拡大するには限られているとし、より大規模な技術システム (Large technical system : LTS) と PSS の関係性について検討することで、現在の環境問題に対応するために必要な長期的かつ体系的な変化に必要な設計活動や考慮すべき要件について議論している (Figure 8-1) (Kanda and Matschewsky 2018)。そして、この研究においても、

PSS と非技術的な側面（社会的要因，制度的要因，人的要因）への焦点の拡大の必要性が述べられている。

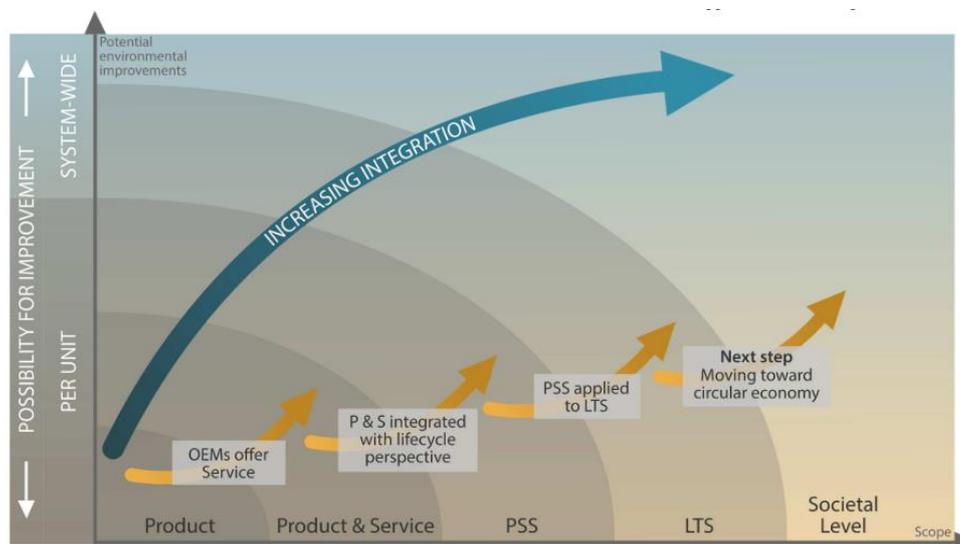


Figure 8-1 PSS とその他のシステムの関係性 (Kanda and Matschewsky 2018)

上述したように，PSS 研究においては，多様なシステム理論との統合や関係性の分析が行われており，本研究で実施した PSS と STS の関係性分析もこれら取り組みの体系の中の1つとして位置付けられる．今後は，上述したような研究で取り上げられている各システム理論と本研究で参照した STS の理論それぞれの位置づけや観点を包括的に分析することで，PSS の潜在的価値を実現するために考慮すべきシステムレベル，また，その構成要素の詳細化が期待できる．

### 8.2.2 提案した概念的枠組みの妥当性・網羅性について

本項では，本研究で提案した PSS の概念的枠組みの妥当性や網羅性について考察する．本枠組みはあくまで学術的な理論に基づき構築したものであり，本研究ではその妥当性や網羅性についての実証的な検証は実施できていない．設計研究においては，構築した理論の主な検証手段としてケーススタディ (Bryman 2016) が採用されている．ケーススタディでは，構築した理論の対象と同様の実設計事例に関するデータ収集を行い，理論における記述やモデルと実際の現象の比較を行うことで，その妥当性を検証する．例えば，本研究においては，実際の PSS の社会実装に携わった実務者へのインタビューに基づく検証が一つの手段として考えられる．また，このような実証的研究により，理論において議論されていない特徴が新たに発見される可能性がある．そのため，今後は複数の PSS 社会実装事例に対するデータ収集を行うことで，実際の設計で考慮すべき設計要素を補完し，より網羅性の高い PSS の概念的枠組みの構築を目指す．

## 8.3 本研究の設計プロセスに関する考察

### 8.3.1 設計プロセスの有効性と PSS 設計への貢献

本研究では、PSS 設計アプローチとトランジション研究の知見を統合し、PSS の社会実装を志向する設計プロセスを提案した。本設計プロセスを参照することで、PSS の設計者は、(a) 社会実装に向けて考慮すべき設計活動のレベル、(b) 開発プロセスで実施すべき設計活動、(c) 長期的な観点で PSS の開発・実施プロセスを管理するプロセス指向のマインドセットを得ることが可能となる。

また、本枠組みは、過去の PSS 開発事例の分析的フレームワークとしての応用も期待できる。本設計プロセスの観点に基づく事例分析の蓄積により、各事例に共通して見られた実際の設計活動等を整理することで、PSS の社会実装の確度を向上させるための PSS 開発基本原則と実践例を整理した設計ガイドラインが構築可能である。このように、本研究で提案した設計プロセスは、PSS 開発と実装を通じた持続可能な社会を実現するための参照理論として、設計者の活動を支援可能である。

### 8.3.2 設計プロセスの具体性

本研究では、PSS の社会実装を志向する設計プロセスと共に各フェーズにおいて実施すべき活動を提案した。これにより、提案した PSS の概念的枠組みを構成する各設計要素をどの設計フェーズで操作するのかを明らかにした。一方で、本設計プロセスにおける記述は、そのプロセスの全体像を表現する抽象レベルに留まっており、個別の活動に関する記述は、実際に設計者が参照可能なレベルまで詳細化できていない。この課題に対しては、各設計フェーズの活動を支援する手法やツールのリストアップと目的に応じた適切な手法の選定ガイドの作成が望ましい。PSS 研究においては、従来研究にて各設計段階（要求管理、コンセプト設計、実現構造設計、ビジネスモデル設計）の活動を支援するための、多くの設計手法やツールが開発されている（根本 2016; Cavalieri and Pezzotta 2012; Vasantha et al. 2012）。また、トランジション研究では、システムイノベーションプロジェクトを動的に評価可能なフレームワーク（Allais and Gobert 2019）等も提案されている。これらの既存手法の利用目的と特徴を分類し、それぞれを提案した各設計フェーズと対応付けることで、「設計フェーズ」、「設計活動」、「具体的な設計支援手法・ツール」について整理することで、設計者の目的や対象とする設計フェーズに応じた具体的な活動指針を提供可能になると考える。

### 8.3.3 設計プロセスの妥当性

一方で本研究においては、今後取り組むべき課題が残されている。本研究では設計プロセスの提案に留まっており、PSS 設計者が実際の設計現場でこのプロセス通りに運用可能かについては検証できていない。提案した設計プロセスの特徴は、従来のウォーターフォール型の PSS 設計と異なり、スパイラル型のプロセスを踏襲し、ビジョンの設計や PSS の社会技術的実験など、これまで設計活動として扱われてこなかった活動を含んでいる点である。また、設計に参画するステークホルダも広範にわたる。このような既存の設計プロセスの拡張は、実際の設計の現場において予期せぬ課題が生じてしまうことが予期される。例えば、従来は、顧客－提供者（B2C）、企業－企業（B2B）を中心とした関係性に閉じていた PSS 設計に行政主体や生活者が参画することでこれまで問題視されてこなかった新たな設計進行上の課題が生じ得る。これらは、PSS の学術的知見のみでは議論できない問題である。そのため、本設計プロセスにおいても、第 8.2.2 項と同様に、実際の PSS 設計者へのインタビューに基づく妥当性検証を実施し、そのデータに基づくプロセスの推敲・修正を再帰的に繰り返すことで設計プロセスの妥当性を担保することが必要である。一方で、それを実施する上で、本研究は、社会技術的性質を有する特定の PSS 開発事例への適用を意図していることを留意する必要がある。本研究では、従来の主な設計対象であった産業用や企業の収益力、競争力の向上を目的とした PSS 開発のための設計アプローチとは異なり、例えば、Social innovation と呼称されるような社会システムの持続可能性の実現を阻害する生活上の問題解決を起点とし、従来の社会的慣習の変革に挑戦するイノベーションに焦点を当てている。そのため、本枠組みを適用する際は、上記を考慮した上で、ステークホルダとの長期的な関係性を構築可能な適切な PSS 開発事例を選定することが望ましい。

以上から、今後の展望として、本研究は主に以下の 2 つに取り組む必要がある

- 実際の PSS 設計事例のデータ収集や、設計者へのインタビューを通じた、PSS 設計プロセスの妥当性の検証
- PSS の設計者（中心となる企業のみならず、関連するステークホルダを含む）による本設計プロセスを実践するための具体的なガイドラインの整備

## 8.4 PSS の実装計画手法に関する考察

### 8.4.1 本手法の有効性に関する考察

本論文では、PSS の設計と実装の在り方を導く PSS の実装計画手法を提案した。提案した実装計画手法を PSS の開発事例に適用することで、PSS 設計に関連する以下のような有効性が明らかになった。

第一に、開発した実装計画手法は、PSS 開発プロジェクトに参加する各ステークホルダの観点を包括的に収斂可能とした。例えば事例 1 では、プロジェクト開始当初においては、あきる野市の特殊な状況を十分に理解しないまま、獣害対策用 PSS の計画が進められてきたが、その結果として、解決すべき本質的な課題や達成すべき将来像についての共通理解が得られていなかった。そこで、提案手法の適用を通して、ロードマップのアウトプットそのものを作成するのではなく、実装計画手法のプロセスを通じて、対象となるシステムの共通理解に基づき共通のビジョンを構想した。実際に、獣害の根本的な原因や PSS ビジョンについて、ステークホルダの間で共通の理解が得られたことが評価結果にも表れていた。このように、開発されたロードマップは、あきる野市の獣害対策のための PSS 開発の方向性を示す戦略的な資源や知識のプラットフォームとしての活用が期待できる。

第 2 に、本研究は、従来の PSS 設計研究では考慮されていなかった中長期的な視点に立った実装計画の策定を、PSS 開発の初期段階で本手法を導入することで可能とした。設計から運用までのライフサイクルの中で様々なステークホルダを巻き込む PSS 開発においては、各アクターの目的や期待等の違いが存在するため、PSS の実現する価値や機能、また各自の役割について共通理解を構築し、コンセンサスを長期的に維持することが重要となる。提案手法は、PSS に関する不確実性や将来起こり得る潜在的な課題について合意し、その設計と実装を方向付けるための実装計画を策定可能することで、短期的な合理性に基づかない持続可能な価値を実現できる PSS の開発に貢献可能である。

さらに、本手法のアウトプットとしてのロードマップは、PSS のビジョンに向けた段階的な変化に貢献し、満たすべき要件や機能を特定することができる。例えば事例 1 において、スマート野生動物自動判別システムのプロトタイプを開発するアクション (T5) に焦点を当てて、観察された動物の品種の自動判別や観察データの自動報告を可能にするために必要な機能を展開すること可能となる。これらの機能は、野生動物被害管理業務の効率化と人件費の削減を目的とした農林課の要求に基づいて導き出すこと

ができる。このように、提案手法により得られた結果に基づく、詳細な PSS 構成要素の設計方法を具現化が期待できる。

最後に、提案手法を PSS 設計に関わるステークホルダが運用可能とするために、本研究ではいくつかの実用的なツールを組み込んだ。LSP は、現状の PSS の状態、社会的機能の欠陥、将来の PSS のアイデアなどを表現し、メンバー間で共有するために活用した。本ツールを用いることで、ロードマップ作成の過程で参加者の心理的、または、スキル上の障壁を解消し、形式的なステップを経て参加者間で活発な議論を実施することで、相互理解が促進された。さらに、LSP の結果をもとに、簡略化 FTA を活用して生じている問題の原因構造を分析・可視化可能した。本ツールによって形式的かつ容易に問題を構造化可能とすることで、ステークホルダ間での問題の原因の共有と理解の促進に貢献した。このようにして本研究は、ロードマッピングプロセスを提案するだけでなく、実際の PSS 開発事例に本手法を適用するための実践的な指針を提供することで、多様なステークホルダが関与する PSS 設計の実践性の向上を支援する。

### 8.4.2 本手法の課題に関する考察

本研究は、PSS の実装計画の実現に貢献した一方で、今後取り組むべきいくつかの限界が残されている。開発されたロードマップに対する具体性と実現可能性の評価結果に基づくと、提案手法には、ロードマップ開発プロセスにおける詳細な活動計画手順やロードマップのフォローアップのステップが欠けているため、PSS 開発に活用できる戦略的資源としては未だ不十分であると考えられる。提案手法におけるロードマップ開発ステップは、プロジェクトの利害関係者間の議論のみに頼る形になっており、ロードマップの各レイヤー間の相互作用関係の構築や、実施すべき Action の順序を決定するための形式的な手順は整備できていない。そのため、様々なステークホルダの知識を体系的かつ形式的な方法で集約させるための手法の改善が必要である。第 6.3.2 項に述べた TRM の既存の研究では、QFD, DSM, AHP, システムダイナミクス, ファジィ認知マップ等の手法を適用することで、定性・定量的な評価を行い、ロードマップで各レイヤーの相互作用を形式的に構築可能としている。今後は、これらの手法を本手法にも適用することで、PSS ロードマップの形式的かつ詳細な手順を整備可能と考えられる。

また、ロードマップ開発プロセスにおいて、ロードマップの継続的な更新と調整を実施するフォローアップ活動は、ロードマップの信頼性を向上させ、より実現可能なものにするために重要である。しかし、提案手法におけるフォローアップステップの不足により、2 つの実行例の双方において、妥当性・実現可能性の評価は十分ではなかった。これに対しては、PSS 開発に関連する外部の専門家やワークショップに参加しなかった

市内の住民に参加を募る公開セミナーの開催等により広くフィードバックを収集し、それに基づくロードマップの再調整が効果的であると考えられる。

最後に、本研究は PSS の実装に向けた実装計画の策定を目的としているが、本論の事例適用では、実施プロセスを一巡しただけに留まっている。より具体的で有効な PSS 実装計画を実現するためには、PSS 開発プロジェクトの進捗に応じて、その結果を反復実施にフィードバックするプロセスベースのロードマップの開発が必要である。そのため今後は、PSS の実装計画に加えて、計画に基づく機能要件の特定と具体的な PSS コンセプトの設計までを一貫する方法論の確立を目指す。これにより、長期的な戦略と短期的な設計活動を統合させた PSS 開発が可能になり、後半の設計プロセスにおいて得られた洞察を実装計画に反映することで、ロードマップの妥当性・実現可能性の向上が期待できる。そして、構築した手法を複数の PSS 開発事例に適用することを通して、開発されたロードマップが PSS の設計と実装をいかに促進するかについての実証的洞察の獲得に取り組む。

#### 8.4.3 策定した PSS 実装計画の評価・モニタリング方法について

提案手法では、PSS の実装計画として、対象 PSS の体系的な構造変化をマイルストーンとアクションの配列により表現したロードマップを最終的な成果としたが、実際に、システムイノベーションに向けた PSS 設計は中長期的な活動を必要とし、また、提案した設計プロセスに基づき、その再帰的なサイクルに合わせた計画の調整を継続的に実施することが求められる。そして、その場合は常に開発したロードマップの妥当性や、設定したマイルストーンをモニタリング可能とすることによる進捗管理が重要である。しかしながら、本研究では、上記の実装計画の妥当性評価・モニタリング手法については具体的に考慮できていない。そのため、以下ではそれらの残された課題に対するアプローチについて検討する。

まず、開発したロードマップの妥当性評価について検討する。第 6.3.2 項にて述べた様に TRM 研究においては、ロードマップの作成にあたって、その過程における知識共有が重要視されている。一方で、作成したロードマップの妥当性を担保するためには、外部主体（例えば、設計に参加していない地域住民や社会的グループ等）に向けて公開し、それを受けたロードマップの調整が必要となる。しかし、この際作成したロードマップのみを用いて評価を仰ぐだけでは不十分であると考えられる。この方法に従うと、ロードマップの作成に関与したステークホルダ間では、その作成過程において知識共有が成された一方で、参画しなかった外部主体にはその思考過程は暗黙的であるため、情報の非対称性が生じてしまい、それに起因して適切な評価が行われない恐れがある。TRM 研究においても、本課題についての直接的なアプローチは言及されておらず、分野全体

としても今後の展望として挙げられる。本研究課題に対しては、設計研究においてこれまで実施されてきた設計知識管理（野間口 2005）や、主体の意思決定の合理性分析手法（三竹 2019）をロードマッピングの過程に適用し、その思考過程を記録し、作成結果と紐づけることで、評価者が、過程と結果の包括的な情報を参照可能とすることが望ましい。

第2に、設定した社会文化的マイルストーンのモニタリング方法について考察する。提案する実装計画手法において設定する社会文化的マイルストーンは、通常事業目標として設定される KGI（Key goal indicator：重要目標達成指数）や KPI（Key performance indicator：重要業績評価指数）とは性質が異なり、PSS の目指すべき社会文化的な状態（文化や規範、ライフスタイル）を目標として扱う点で特徴的である。一方で、このような性質を有するマイルストーンは定性的にならざるを得ず、客観的に評価可能な具体的な数値として置き換えることは難しい。しかしながら、実際に PSS の設計活動を進める上では、関わるステークホルダが計測可能な指針とすることが重要である。また、提案する設計プロセスはスパイラル型で進行し、その結果に応じて計画やそれに含まれるマイルストーンも適宜調整されるため、そのような動的な設計プロセスに追従可能なマイルストーンの設定方法が必要である。上記から、本研究におけるマイルストーン設定に求められる要件として、定性的かつ柔軟に設定可能であることが挙げられるが、同様の特徴を有し、近年シリコンバレーの企業を取り入れたことで着目され始めている目標管理手法として、OKR が存在する。OKR は一つの目標（Objectives）に複数の主要な結果（Key results：KR）が付随する形で構成され、主な特徴は従来の目標管理手法と比べ高い頻度で設定、追跡、修正する点とされる。設定される目標は、確実に具体的な数値目標ではなく、組織のモチベーションを高めることを目的とした挑戦的で定性的なものが設定される。そして、その目標までの進捗を測るための具体的な数値指標として KR が設定される。さらに、これらは設定後、1 ヶ月～四半期のサイクルで評価、調整変更されるため、レビューの頻度が低い従来の目標設定手法より柔軟な戦略計画を可能とする。これは、本研究の設計プロセスを運用する上でも適合性が高く、本手法の運用を見据えると相性のいい目標管理手法であると言える。

上記の観点に基づくと、社会文化的マイルストーンは、PSS 設計チームで目指すべき OKR における目標と言える。そして、それに基づく KR を各制度／組織／技術の側面で設定することにより、それに向けた活動計画を立てることができる。このことから、今後は、実装計画手法のロードマップ開発において、OKR の設定方法を統合することで、開発プロセスの具体化と、マイルストーン評価における一定の形式化が期待できる。

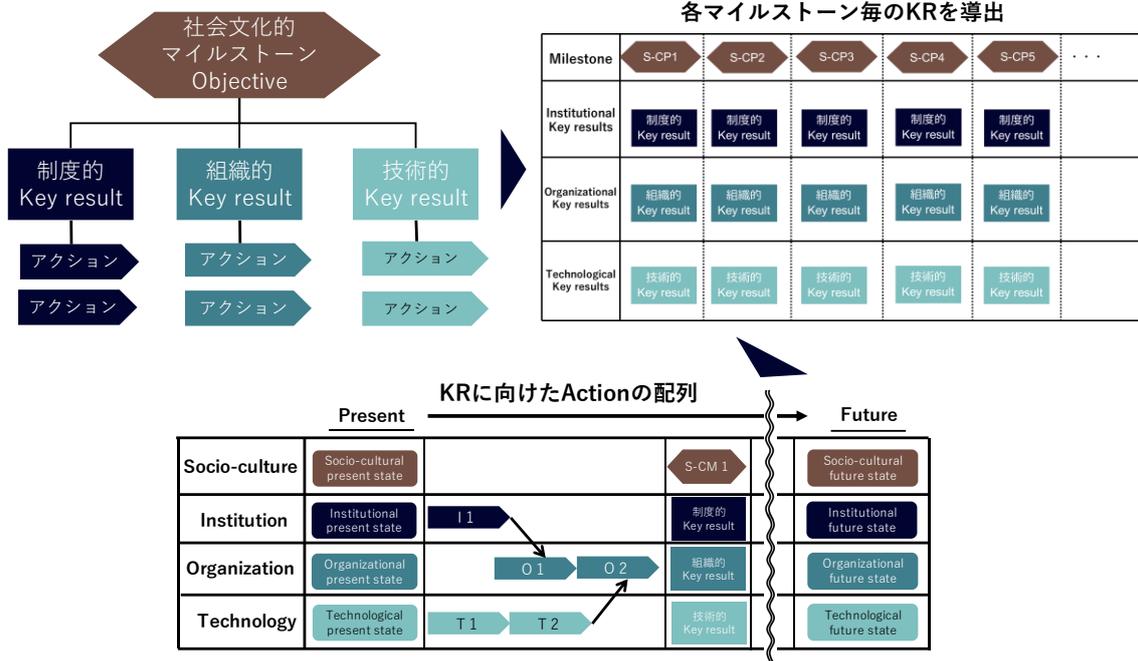


Figure 8-2 OKR の観点に基づくロードマップ開発の形式化

## 8.5 本研究全体に関する考察

### 8.5.1 本研究の研究方法に関する考察

第2章にて述べたように、本研究では、全体的な研究計画から検証までのプロセスを設計研究の実施を支援する DRM を参照して構築した。勿論、研究方法については様々な理論が存在するが、本研究が一般的な研究アプローチを参照しないのは、設計研究が独自の性質を有するためである。例えば、一般的な科学においては、「現状 (As-is)」における「(対象) What is」を理解し、説明する理論を明らかにすることが基本的な目的である。それに対して、設計研究は、「現状」を理解するだけでなく、その現状をより良い状態へと変化させるための設計支援を開発することまでを目的に含む。そのため、それらの活動指針を提供する理論が必要であった。さらに、一般的な科学では、多くの場合、対象の単一の側面や現象（物理学における熱現象や、工学における製品）を扱うのに対して、設計研究の対象とする「設計」という現象は、人的要因やツール、組織、経済、プロセスなど多様な要素の影響を受ける。そのため、自然科学のみならず、社会科学や工学、人間科学など多様な知識を参照する学際的分野となる (Figure 8-3)。本研究において、対象とした PSS も、製品、サービス、さらに、社会的な側面として、ステークホルダのネットワークや制度、文化など一つの科学体系では網羅できない多様な設計対象が存在している。このような前提条件を鑑みた上で、設計研究を支援するために提唱されたのが DRM であり、この点において本理論を参照したことは妥当であると考えられる。PSS の設計研究においても多様な研究者が本理論を参照しており、その意味でも、DRM を参照することは有効であると考えられる。

第2.3節にて述べた様に、本研究は、DRM により分類された類型の中で、Type3 にあたる。本タイプは、RC と DS- I を文献調査に基づき実施し、それに基づく PS と初期段階の DS- II の実施による評価までを対象とする。Blessing と Chakrabarti らは、実際に博士論文の研究プロジェクトでは、時間的な制約や利用可能なリソースの観点から、本タイプ3のプロセスまでの実施に終わることケースが多いことを確認しており (Blessing and Chakrabarti 2009)、その点において、本研究の研究計画は妥当であったと判断できる。一方で、本研究は、DS- II における評価結果に基づくフィードバックを実施できていない。提案内容を、実際の設計現場において確実に運用可能とするためには、評価結果に基づき、再度 DS- I、PS を実施し、第5.2節から第5.4節にかけて議論した今後の展望となる研究活動を再帰的に実施することが必要である。

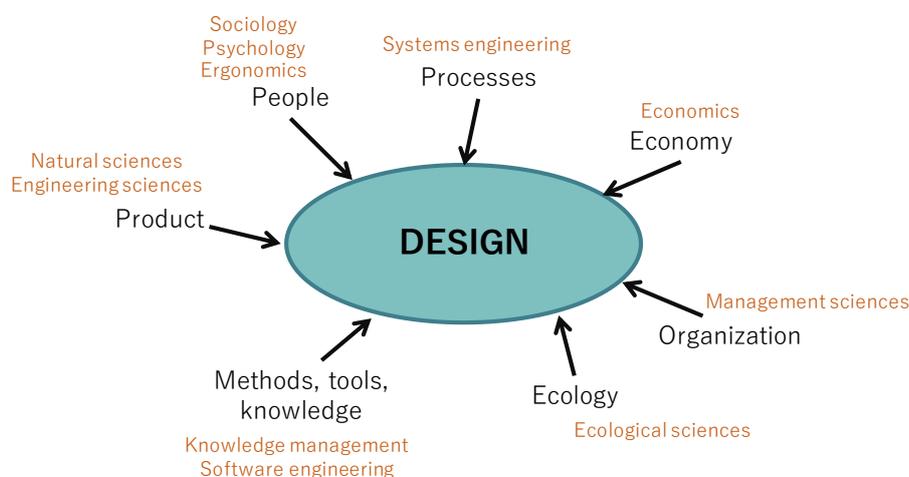


Figure 8-3 設計に関わる学術分野

### 8.5.2 本研究における検証方法に関する考察

本研究では、2つの PSS 設計事例に提案した方法論を適用し検証を行った。ここでは、第 7.2 節に示した検証方法を基に、本研究の有効性の限界について考察する。

#### (1) 対象事例に関する考察

本検証では、2つの PSS 開発事例（事例 1：獣害対策用 PSS，事例 2：地域互助促進のための PSS）に対して、提案した実装計画手法を適用した。本研究において、対象とした PSS 設計は、どちらも既存の事業を前提とせず将来を検討する新規設計であった。一方で、本手法は既存事業の改善設計も適用対象として考えられる。既存事業の場合は、既に実装されている PSS の改善設計、もしくは、実装の失敗に終わってしまった事例の再構築という形が考えられる。このような場合は、既にステークホルダのネットワークが形成されているため、それらの間で既存の戦略やビジョンの見直しから開始し、それに基づく再計画が必要となる。一方で、すでに PSS がビジネスとして実装されている場合は、既に決定された戦略や計画を体系的に変更することは現実的ではない。そのため、提案した本手法の適用を通して、関わるステークホルダ間における問題の再認識やドメスティックなビジョンの策定を実施することは可能だが、実際の事業計画の変更においてはビジネスの持続性を鑑みた上で慎重に実施する必要がある。

また、事例 1 における PSS は、獣害対策を実施する自治体を顧客とする B2G (Business to Governance) の形態であった一方で、事例 2 における PSS は、地域内互助を促進するためのコミュニケーションサービスを地域住民に提供することを目指す B2C (Business to Customer) の形態であった。このように、本研究において対象とした B2G, B2C 形態

の PSS 設計に対する本手法の適用可能性、有効性は検証できたが、B2B (Business to Business) 形態のような企業間での取引が為される PSS 設計に対する効果は定かではない。しかし、B2B 形態の PSS においては、より社会インフラや企業間の取引を調整する規則、法律、また企業内部の組織文化の変革を扱う必要性が強調されるため (Mont 2002a)、本手法の適用可能性は高いと考えられる。そこで、今後は提案した方法論の網羅的な適用可能性を立証するために、複数の特徴を有する事例に適用することが求められる。

### (2) 実行環境に関する考察

本検証において、事例1・事例2の双方において、PSSの設計、または、将来的な運用や使用のフェーズに関連するステークホルダが参画した。一方で、被験者の属性や実験環境の観点において2つの事例には偏りが存在する。被験者の属性の観点では、事例2では地域に在住するエンドユーザとなる住民も実際の設計プロセスに参画した一方で、事例1では、あくまで業務に携わる主体が参加し、一般住民は参加しなかった。対象とするPSSの課題について理解するためには、実際に困難な状況に直面する主体(事例1の場合では、直接被害にあう農業従事者や住民)の参画が望ましいが、今回は、農業従事者と密接な関係を有し、現場の状況を理解する農林課の職員が間接的に情報共有を行う形となった。本研究で対象とするようなPSSの場合は、現状を理解する上では、より深くその社会的文脈を理解し、潜在化する暗黙知を形式化することが望ましいため、そのような主要な主体の有無が設計解の質に大きく寄与することが予測される。その上で、本研究の有効性を検証する上では、参画するステークホルダの範囲を統一した上で事例検証を実施する必要がある。

次に、本検証における評価結果に基づくと、実行例1においては、対象とする被害問題の根本的な原因について理解できたと評価したステークホルダは半数であった。他方、「いいえ」と評価した主体は現場の状態について知識を有している市役所職員であった。これらの主体は、日常業務において、被害問題に対応しており、周辺の生態系にも精通しているため、本ワークショップ中に新たな知識を取得できなかったことから上記の評価結果となったと考えられる。実際に、農林課の職員からの「現場で取り入れられる具体的な有効な手段が導出できなかった」という意見や、森林レンジャーからの「バッファゾーンの問題をより掘り下げる必要がある」等の意見から、問題の原因分析についての検討は十分でなかったと言える。これは、第8.4.2項において議論したように、提案手法自体の問題を含むが、限られた時間的制約の中で、如何に主体の知識を効果的に引き出すかのファシリテート方法を今後検討する必要がある。さらに、サービス提供企業の従事者からは、よりあきる野市に関する知見を有するステークホルダの必要性に関

する意見が挙げられ、例えば、獣害の駆除を担当する猟友会からの代表者を含めた上で  
の手法の実行も、問題の状況をより明確に共有するための有効手段であると考えられる。

実験環境の面での偏りで大きな違いは、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の  
拡大影響を受けた検証方法の変化である。事例 2 においては、コロナ感染拡大以降の実  
施となったため、被験者が直接 1 つの空間に集まることが控えられ、提案手法の Step1  
は主にオンライン会議ツール等を使用した形の実施となった。本検証は、提案した設計  
プロセスに従って設計情報を詳細化する作業である。このような作業は、具体的な設計  
手順や使用ツールの理解さえできていれば、設計者の属性による影響が少ないと考えら  
れるが、オンライン上でのコミュニケーションが不慣れな設計者、または、ステークホル  
ダが存在する場合は設計活動、議論が十分に行えない可能性がある。上記に述べた様  
に初期フェーズでの網羅的な情報収集が本研究における PSS 設計の中核要素であるた  
め、それを阻害するような要因をできるだけ排除可能な実験環境を整備することが重要  
である。同様に、本研究のみならず、研究者が実際の設計現場に介入することが求めら  
れる設計研究分野においては、個々人が十分な社会的距離を保つ必要がある状況を考慮  
した適切かつ効果的な介入方法を模索することが喫緊の課題として挙げられる。

### (3) 評価方法に関する考察

本研究では、第 7.2.2 項で定めた評価項目に従って、提案手法の適用結果や過程を評  
価することで検証を行った。その結果、提案した設計ツールの表現能力やプロセスの支  
援効果に関して、適用可能性、有効性や課題を明らかにすることができた。一方で、本  
研究で実施した評価は、全て定性的であり、定量的な評価は行えていない。設計研究は、  
その対象に設計者の概念的な操作を含むことから、未だその結果や過程の良否を定量的  
に評価する一般的な方法が確立されていない。そのため、設計方法論の有効性を定量的  
に測るための指標や尺度を構築することも、今後の課題の 1 つとなると考えられる。

また、第 8.4.2 項にて述べた様に、本研究で対象とするような社会技術的性質を有す  
る PSS の設計は、一つの地域の開発やまちづくりに関わるケースも考えられるため、  
直接設計に関わったステークホルダのみならず、最終的に PSS の価値を享受する可能  
性のある地域住民などの公共に向けて設計解の評価を仰ぐ必要がある。本研究では、  
時間的な制約上それらの評価やその評価結果に基づく計画の修正までは実施できてい  
ない。実際に、PSS の社会実装を目指す上では、そのような公での評価機会を定期的に  
設けて社会学習することを通じた地域との密接かつ長期的な取り組みが必要である。

### 8.5.3 PSS に対する外乱の影響を考慮した運用方法

本研究においては、提案した実装計画手法は、PDCA サイクルにおける計画段階を支援し、PSS の設計段階を議論の対象とした。しかし、実際に持続可能な PSS を実現するためには、設計以降の外乱の生じる環境下における運用方法についても検討する必要がある。そこで、本項では、システムの運用に関連する関連概念を用いて、PSS の運用方法について考察する。

今日、PSS を含め、我々が構成し、扱うシステムは、情報通信技術等の発展により、巨大・複雑化し、そのようなシステムの持続可能性を実現するにあたっては、常にあらゆる変化(制度/技術/ユーザの要求等)に対応し続け、ディペンダビリティ (Dependability) を担保することが求められる。ディペンダビリティとは、「システムが、利用者が期待するサービスを継続的に提供する能力」(Tokoro 2015) と定義され、システムの可用性や信頼性などの非機能要件を包含する総合的な概念を示す。しかしながら、実世界は全ての構成要素が同時に分散し、かつ動的に相互作用するオープンシステム(開放型システム)であるため、システムの境界を定め、それらを要素還元的に理解することは難しい。すなわち、システムをクローズドシステム、すなわち、時間的変化が存在せず明確な定義が可能なシステムと捉えるアプローチで、実際のシステムを取り扱うことは困難である。上記のようなシステムに対する観点の変遷に伴い、オープンシステムの継続的な変化に対するサービスや事業の継続性と障害発生時の説明責任遂行を主眼とした概念であるオープンシステムディペンダビリティ (OSD: Open System Dependability) が提唱されている。OSD は、「実環境の中で長期的に運用されるシステムが、その目的や環境の変化に対応し、システムに関する説明責任遂行を継続的に支援しつつ、利用者が期待するサービスを継続的に提供し続ける能力」(Tokoro 2015) と定義される。本定義は、システム自体の不完全さとシステムを取り巻く環境の不確かさから、将来に障害となる要因を排除することは不可能であるという前提の下、本能力を継続的に実現することを目指すものである。

上記の議論に基づくと、本研究で扱う PSS は、当該 PSS の不完全さと取り巻く社会システムの不確かさに起因する障害・リスクを考慮し、その変化に対応する能力、また、継続的な運用と説明責任の遂行を支援するための機能を持たせ、これらを統合した反復的なプロセスを PSS 自体に備えさせることで、OSD を漸近的に向上させる手段が必要と言える。例えば、本研究で提案した設計プロセスの実装計画のフェーズにおいては、PSS のビジョンに向けた各側面の活動計画を策定するだけでなく、実際に PSS を運用していくことを想定した上で、各主体が担う説明責任と障害対策計画を明確化し、関連するステークホルダで合意することを設計活動に含めることが、OSD の向上に有効であると考えられる。また、PSS の社会技術的実験によって、実際の利用環境とユーザへの

適用を通して想定していなかった障害・リスクの可能性が特定された場合は、それらを実装計画、また、機能要件に反映することで、PSS の運用前のリスクヘッジを支援可能と考えられる。一方で、このようなシステムの安全性に関連する概念としてレジリエンス (Resilience) がある。レジリエンスとは、システムの柔軟性、復元力、回復力の優れた状態を示す概念である。そして、このレジリエンスを実現するための方法論について議論しているレジリエンス工学 (古田 2016) が存在する。本分野においても、システム範囲の拡大に伴い、社会技術システムやサービスシステムのレジリエンスを評価する手法などが提案されており、これらの他分野の知見を PSS の設計プロセスに適用することで、より持続可能な PSS の実現にむけた設計研究への貢献が期待できる (Figure 8-4)。

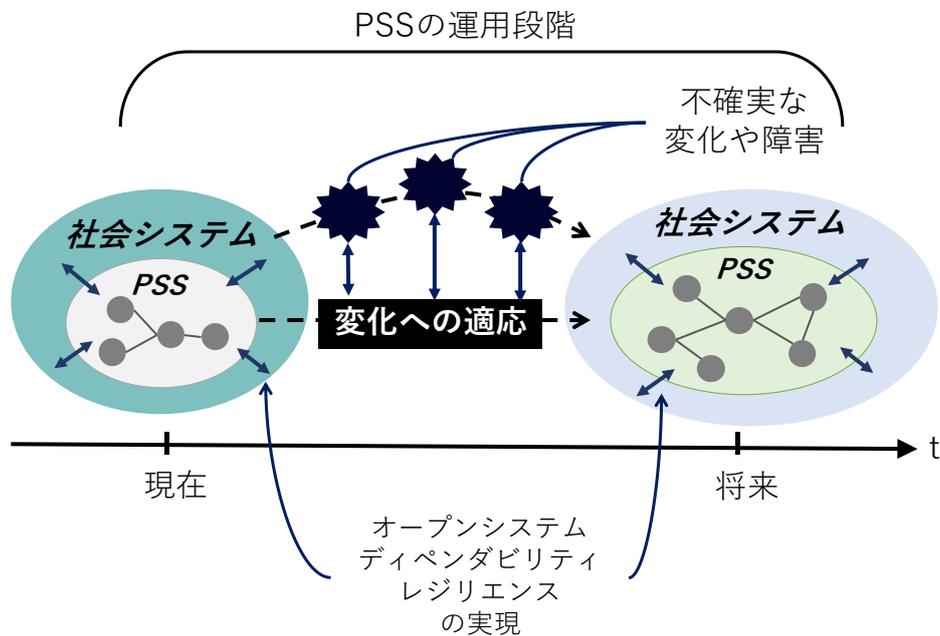


Figure 8-4 持続可能な PSS の実現に向けた運用

#### 8.5.4 対象とする社会的機能やシステムの規模に応じたアプローチ

本研究においては、PSS を構成する中核概念として社会的機能を導入した。本概念は、PSS が持続可能な価値を果たすための機能であり、本機能を中心に PSS が構成される。社会的機能は、一般的に交通やコミュニケーションなど多様なサブ機能の組み合わせによって実現される機能を示すが、その対象は多様であり、食物供給や農業など、周辺の自然環境との相互作用を考慮する必要のあるものも含まれる。本研究では、トランジション研究の知見の統合により、PSS は社会的要素と技術的要素により構成されるシステムと捉えた上で方法論を構成したが、上述したように、社会的機能の範囲や性質は多岐

にわたるため、それに応じて適切な設計アプローチを取ることが望ましい。例えば、食物や水、燃料の供給などの生態系サービスの機能を対象とする社会的機能とした場合、そのようなシステムは、自然から得られた資源や恩恵を市場で売買するエコシステムが形成されており、社会経済と生態系が相互作用する社会生態システム（Socio-ecological system: SES）として捉えた上でアプローチすることが適切である。SES とは、人的要素と自然要素が、時間的、空間的、組織的なスケールで相互作用するシステムと定義される（Gonzalès and Parrott 2012）。そのため、伝統的または工業的な漁業、林業、鉱業、農業、水管理、観光など、さまざまなシステムが対象となる。実際に、STS の設計に関する分野において、Baek らは、地域コミュニティの活性化に向けた地域の住民協働型食糧流通サービスの設計に、SES のレジリエンス評価手法を適用している（Baek, Meroni, and Manzini 2015; Baek et al. 2018）。この研究では、地域の食物供給ネットワークを中心に構成されるコミュニティを一つの STS として捉えた上で、そのレジリエンスの分析、また、それに基づくより持続可能なサービスの設計戦略の導出を試みている。具体的には、SES のレジリエンス評価に活用されるネットワーク分析手法とその評価指標を適用することで、対象 STS の生産者のネットワーク、生産物のネットワーク、サービスの種類のネットワークのレジリエンスを評価することで、STS の現状の課題の分析とそれに基づくサービス改善案の導出を可能としている。

上記の観点に基づくと、提案した実装計画手法を適用した獣害対策用の PSS 開発事例も、持続可能な SES の実現に向けた取り組みの 1 つとして捉えることができる。特に生物多様性は、前述した生態系サービス、さらに、地域文化の醸成や生活基盤の提供に寄与する人類の重要な存立基盤となっており、その保全が国際的にも喫緊の課題として取り組まれている。本事例のように、市が周辺環境を保全しつつ、市民の安心安全な生活の確保の両立を実現するために新たなソリューションの実装に取り組む場合は、社会的側面、技術的側面に加え、周辺環境との相互作用の観点である生態的側面を包括的に扱うことが望ましい。そして、そのアプローチとの 1 つとして前述したレジリエンス評価手法と PSS 設計アプローチの統合が期待できる。PSS は、従来から環境負荷の低減が中心的なコンセプトであるが、その主なアプローチは、PSS のライフサイクルの各フェーズにおける資源消費量・エネルギー使用量の評価を実施するライフサイクルアセスメントである。しかし、このアプローチは、PSS への移行、また PSS の改善によりどの程度環境効率が向上するかの評価が主眼であり、社会-生態系間の相互作用を扱う研究は未だ取り組まれていない。今後、より持続可能社会への取り組みが加速する上では、PSS の実装による生態系への影響・相互作用を考慮することは不可欠であると考えられる。そのため、対象とする社会的機能やシステムの規模に応じて、社会-技術-生態系のどこまでを対象範囲として扱うかによってカスタマイズが可能な PSS 設計アプローチの検討も今後の PSS 設計分野全体の展望として挙げる事ができる。

### 8.5.5 価値の体系的変化と PSS 社会実装の関係性について

本研究では、持続可能社会の実現に向けて、PSS の社会実装を通じた当該システムに属する主体の文化や価値観の体系的変化の必要性を述べたが、本研究においては、PSS の社会実装と主体の価値観の変化の関係性を説明するメカニズムについては議論の対象外としていた。一方で、PSS の実装が主体の価値に与える影響や、PSS の構造と主体の価値の共進化のメカニズムについて明らかにできれば、PSS の社会実装の実現に向けた理論的基盤の構築に貢献可能である。ここでの共進化とは、一つの次元や領域における変化ではなく、技術と社会のマルチドメインを超えた相互作用の現象を示す (Geels 2005)。具体的には、システムイノベーションのダイナミクスにおける PSS を構成する社会的要素 (価値) と技術的要素 (製品・サービス) 間の相互適応とフィードバックのプロセスを示す。

このような、システムや市場における価値概念やステークホルダ間でのその共創手段について論じる研究分野として、サービス学 (Service science, Service marketing) が存在する。本分野において、価値は、サービスの提供者と受給者による相互の資源適用を介して共創されるものとして捉えられている (Vargo and Lusch 2004; Lusch and Vargo 2006)。そして、この価値共創に参加するアクターのネットワーク、すなわち、「共有された制度的論理とサービス交換を通じた相互の資源統合によって結び付けられたアクターの自己調整システム」をサービスエコシステムと定義している (Vargo and Lusch 2016)。一方で、このような自己組織化された動的なシステムの複雑性から、近年、価値 (共創) の体系的性質に焦点を当て、それを理解することを目的とした研究が取り組まれている。

Chandler と Vargo は、サービスエコシステムのマイクロ・メゾ・マクロの 3 つの階層性を指摘し、また、価値も個人 (顧客価値) から集団 (公共価値) にまでわたる体系的性質をもつ概念として捉えている (Chandler and Vargo 2011)。マイクロレベルは、サービスエコシステムに属する個人主体、メゾレベルは、その主体間のネットワークを指し、マクロレベルは、マイクロ・メゾレベルが包含される環境、つまりサービスエコシステムそのものにあたる。さらに、価値はこれら 3 つのレベルで相互関連する概念であり、個々のレベルで独立して存在しえない性質を持つ。

Meynhardt らは、上記に述べた体系的枠組みに自己組織化理論を適用し、価値をサービスエコシステムの組織化原理となる秩序パラメータと定義することで、そのマクロとマイクロレベルの体系的関係性についての説明をしている (Figure 8-5) (Meynhardt, Chandler, and Strathoff 2016)。例えば、新たな製品・サービスがあるサービスエコシステムに投入された際、マイクロレベルにおいて、それらがシステムに属する主体のニーズと整合していると評価されれば、当該製品・サービスは受容されサービスエコシステムは

安定状態を保持する。一方で、それらに対して主体が、(意識的でもそうでなくても) 著しい否定的評価を下せば、システムは不安定状態に陥る。そして、既存の秩序が疑問視され、崩壊するプロセスを経て、マクロレベルで、新たな秩序パラメータが出現する (Figure 8-5 左)。その後、新たな秩序パラメータが、システムの個々の主体にフィードバックされることで、システムは再び安定状態へと導かれる (Figure 8-5 右)。Meynhardtらは、このボトムアップの創発とトップダウンの合意形成の循環プロセスによる、体系的な創発を主張している。この際、既存のシステムが不安定である間は、様々な秩序パラメータが、競合、もしくは共進化し、その中で、特定の秩序パラメータがシステムを支配することになる。例えば、都市部の交通手段として伝統的なタクシーの利用が疑問視されることにより、カーシェアリング、ライドシェアリング、公共交通機関等の様々な交通移動手段が競合するようになる。

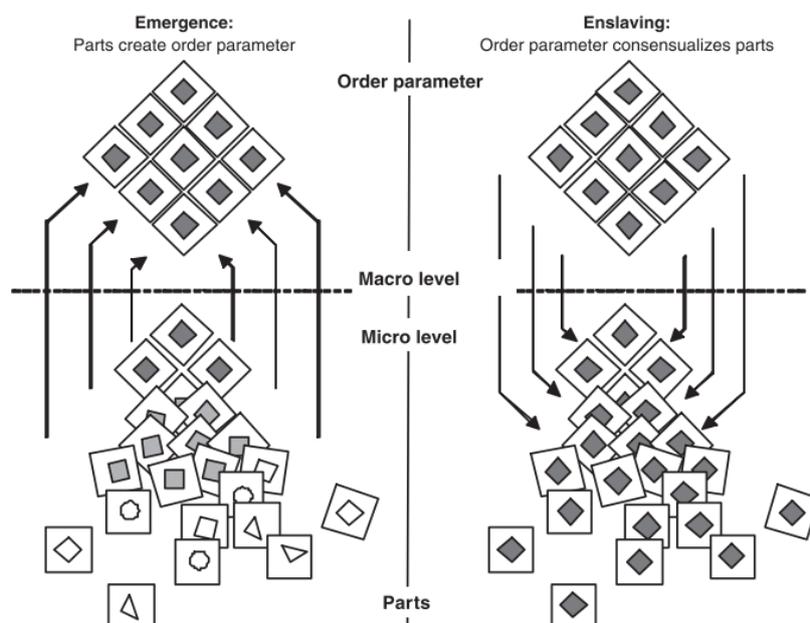


Figure 8-5 価値の体系的性質 (Meynhardt, Chandler, and Strathoff 2016)

上記のサービス学の観点に基づくと、PSSの社会実装においても、マクロ・メゾ・ミクロの価値の階層性を考慮し、また、PSSの社会技術的実験により、秩序パラメータとしての価値の安定状態の継続的な観測・評価を通じた設計により、ソリューション(製品-サービス)を実装する社会的文脈を学習することが重要と言える。興味深いことに、これらの主張は、第3.4.1項にて紹介したトランジション研究にて提唱されているMLPフレームワークにおけるイノベーションの普及過程を説明する3つの分析観点(Landscape, Regime, Nich)とそれらの動的相互作用の議論と非常に類似している(Table 8-1)。これはつまり、PSS、あるいは、イノベーションの社会実装という一つのテーマ

に対して、PSS 研究、トランジション研究、サービス学それぞれの知見の横断的な統合可能性を示している。そのため、今後はこれら異分野の理論を構成する概念の関係性や類似点の分析に基づく PSS の普及と価値の体系的変化の関係性を説明する理論の構築に取り組むことが、PSS の社会実装の実現に大きく貢献可能と考えられる。

Table 8-1 各分野におけるシステムレベルの比較

トランジション研究 (Geels 2004)	サービス研究 (Chandler and Vargo 2011)	システムの階層性 (Joore and Brezet 2015)
Landscape	Macro environment	Societal system
Regime	Service ecosystem (Mezo)	Socio-technical system
Niche	Service offering/process	Product-service system Product-technology system
Actors	Individuals, customers (Micro)	—

### 8.5.6 PSS の実装による影響

本研究では、社会課題の解決に向けた PSS の社会実装の重要性について論じたが、一方で、PSS を実装できたとしても、他のステークホルダやシステムへ設計段階で想定できていなかった悪影響が発生し、事業内容の改善を求められる場合や、事業の撤退を余儀なくされる場合が存在する。例えば、ライドシェアサービスの Uber は当初、日本の地方社会への実装を試みたが、タクシー業界からの反発や、日本の道路運送法の規制（所謂、白タク問題）等によって、その実装が失敗に陥ってしまった。また、中国のシェアサイクルサービス ofo は、ポートレス型のサービス実装により歩道上への自転車の放置、公共スペースの占拠、自転車の破壊行為など自治体や他の交通システムへの影響を引き起こし、事業撤退を余儀なくされている（国土交通省）。

上記に挙げたような PSS 実装の失敗の一因には、PSS の設計がその基本構想の実現に終止してしまい、実装がもたらす影響の考慮を設計解に反映出来ていないことにあると考えられる。このような影響を設計段階で考慮可能とするためには、PSS の基本構想の実現に注力するのではなく、既に実装されている他システムや外部ステークホルダとの関係性を考慮することが必要である。そして、本問題に対処するには、設計する PSS の実装がもたらし得る影響を設計段階で予め推定可能とすることが効果的と考えられる。一方、既存研究においては、第 8.2.1 項にて述べたように PSS と様々なシステムとの関係性や各システムの対象範囲の違いなどが議論されているが、あくまで他システムとの関係性の考察に留まっており、設計段階で実装による影響を考慮するための実践的な研究は殆どなされていない。そのため、今後、PSS 実装の影響推定の実現に向けては、過去の PSS 実装事例の分析を通して PSS 実装がもたらす影響と解決策の共通点を分

析・抽出し、その影響パターンを類型化することで、設計者が参照可能な情報として体系化するアプローチ等による PSS 設計支援の構築が望ましい。

## 8.6 おわりに

本章では、提案手法の適用結果やそれ以外の幅広い視点から、本研究の有効性や期待される効果、限界や今後取り組むべき課題について考察した。

第 2 節では、本研究で提案した社会技術的性質を有する PSS の概念的枠組みについての考察を行った。具体的には、本成果の PSS 設計研究への貢献や、その妥当性・網羅性について考察し、今後の課題を明らかにした。

第 3 節では、PSS の社会実装を志向する設計プロセスについての考察を行った。具体的には、提案プロセスの有効性と PSS 設計への貢献、また、その具体性と妥当性について考察し、本設計プロセスに関する今後の課題を明らかにした。

第 4 節では、提案した PSS の実装計画手法についての考察を行った。具体的には、第 7 章における事例適用結果とその評価結果に基づき、本手法の有効性と今後取り組むべき課題について考察した。

第 5 節では、本研究の全体的な考察を行った。具体的には、まず本研究の研究方法与検証方法についての現状と今後の課題について考察した。その後、本研究で対象外とした価値の体系的性質と PSS 実装の関係、PSS 実装により生じる影響の対処方法について考察し、今後の期待と課題を整理した。



# 第9章 結論

---

9.1 結論 .....	204
9.2 本研究の課題 .....	207
9.3 今後の展望 .....	210

---

## 9.1 結論

持続可能な社会の実現に向けて、地球環境に対する負荷を低減しつつ、生活者の問題解決や企業の安定した収益獲得を実現する有効な手段の一つとして製品サービスシステム（Product-service systems : PSS）が産業界・学業界の垣根を越えて注目を浴びている。PSSは、ある特定の価値を実現するために構成されたシステムであり、それ自身が持続可能な効果を有するわけではなく、それが社会に実装されることで始めてその潜在効果を発揮することが出来る。一方で、PSSを社会実装する上では、製品・サービスの開発と統合のみならず、従来の顧客・生活者の文化・習慣、企業構造や文化、時に、制度・ガバナンスの枠組みの変革を必要とすることになる。つまり、PSSの本質を技術的側面ではなく、社会的側面を含む社会技術システムとして捉えた上で、設計活動を行う必要がある。システムの技術的側面と社会的側面を体系的に扱う上では、設計の初期段階から、社会的側面と技術的側面の相互作用とその構造変化を予測し、社会課題が解決された未来に向けて望ましいPSS、さらに、それを実現する設計の在り方について計画した上で設計活動に臨む必要がある。すなわち、「如何に実装する社会に設計するPSSを馴染ませるのか」を戦略的に計画する方法論が求められる。一方で、欧州、日本を含むアジアを中心に、PSSの設計研究が盛んに行われているが、PSSの社会実装に向けた設計を実現する上では、以下の課題が存在する。

### ● PSSの社会実装において考慮すべき設計概念の複雑さ

社会課題の解決に向けてPSSを設計し、実装するためには、これまで主な設計対象とされていた製品・サービスの実現構造のみならず、社会的側面までを含めて考慮することが必要となる。しかし、従来研究においては、そのような社会技術的性質を有するPSSの「設計要素となる概念やその関係性は何か」は整理されていない。

### ● 多様な背景・所属・価値観のステークホルダが関わる設計の難しさ

PSSの社会・技術側面の双方を考慮し、設計対象が拡大されると、それに応じて関与するステークホルダも広範に及ぶことになる。しかしながら、従来のPSS設計手法は、主に設計の知識を有する設計者が使用することが想定されており、必ずしも設計活動に関する知識やスキルを持ち合わせていないステークホルダのPSS設計への参画は考慮されていない。

そこで本研究では、上記の課題を解決し、「PSS の社会実装に向けてその設計の在り方を導く計画を策定するための方法論を構築する」ことを目的とし、以下に挙げる 3 点について議論した。

### (1) 社会技術的性質を有する PSS の概念的枠組み

- 本研究では、PSS を「ある特定の問題解決に向けた共通目的の下で、製品とサービスの統合により構成される技術的側面と、その価値の適切な実現のための社会的側面により構成される社会技術システムである」と定義した。
- 上記の定義に基づき、社会技術システムと PSS の構成要素概念の関係性を分析、統合することによって、社会技術的性質を有する PSS の構成概念を形式化した。これにより、これまで十分に明確化されておらず、理解の困難さを招いていた PSS の社会実装を目指す上で取り扱うべき設計概念（What）を明確に規定した。

### (2) PSS の社会実装を見据えた設計プロセス

- PSS の社会実装を見据えて、PSS の設計者、また、関連するステークホルダが実践するための規範的設計プロセスを提案した。また、各フェーズにおいて設計対象となる (1) の PSS の構成要素について明確化した。
- トランジション研究におけるトランジションマネジメントプロセスと PSS 研究分野において議論されてきた設計プロセスを統合することで、「ステークホルダネットワークの構築」、「PSS ビジョンの策定」、「PSS 実装計画の策定」、「PSS の要求管理」、「PSS ソリューション開発」、「PSS の社会実験と社会的学習」の 6 つのフェーズから成る設計プロセスを構築した。
- 本研究における設計プロセスは、従来の PSS 設計におけるドップダウン方式で初めから機能の充足度と要件をすべて満たすことを目指すウォーターフォール型ではなく、機能を分割し、構築したプロトタイプを社会技術的実験で適宜評価しながら、その結果を計画にフィードバックさせ、次の設計サイクルを開始するスパイラル型の再帰的アプローチをとる点で特徴的である。
- PSS 設計者は本提案プロセスを参照することで、(a) PSS の社会実装に向けて考慮すべき設計活動のレベル、(b) PSS 開発プロセスで実施される具体的な設計活動、(c) 長期的な観点で PSS の開発・実施プロセスを管理するプロセス指向のマインドセットを得ることが可能となる。

### (3) 多様な利害関係者が参画する PSS の実装計画の実践手法

- 本研究では、提案した PSS 設計プロセスの内、既存研究では具体的な支援に取り組みられていない戦略的活動である「ステークホルダネットワークの構築」、「PSS ビジョンの策定」、「PSS 実装計画の策定」のフェーズの実践を支援する、PSS の実装計画手法（How）を提案した。
- 本手法は、構想した PSS のビジョンに向けて実施すべき PSS の社会文化的／制度的／組織的／技術的活動とその相互作用を時系列に沿ってロードマップ形式で構造的に表現可能とした。
- 本手法は、設計に関するスキルや知識を有さない PSS のステークホルダがそれぞれの知識を平易に共有可能とし、設計プロセスに参画可能とするために、LSP や簡易化 FTA などのツールを導入した実践プロセスを構築した。
- 本手法を社会課題解決に向けた PSS の実開発事例へ適用したことで、以下に示す有効性や適用可能性を有することを確認した。
  - 提案手法は、PSS 開発プロジェクトに参加する各ステークホルダの視点や知識を包括的に収斂することを可能とした。実際に PSS 開発への本手法の適用を通して、対象とする問題の根本的な原因や将来のビジョンについて、ステークホルダの間で一定の共通理解が得られたことが評価結果に表れていた。このことから、本手法により開発されたロードマップは、PSS 開発の方向性を示すための戦略的ソースや知識のプラットフォームとしての役割を果たすことが出来ると考えられる。
  - 従来の PSS 設計研究では具体的に取り組みられてこなかった中長期的な視点に立った戦略的計画を実践可能にした。提案手法は、PSS に関する不確実性や将来的な潜在的な課題について合意し、イノベーションを方向付けるための実装計画を策定することで、短期的な合理性に偏重しない持続可能な価値を実現できる PSS の開発に貢献可能である。

以上の議論により、本研究は、PSS の社会実装に向けた実装計画の策定を実践するためのマインドセットを提供する理論的な枠組みと、それに基づく PSS の設計者とステークホルダが参照し協働可能な実践手法・ツールのセットからなる方法論を提案することで、PSS の実装を通じた持続可能な社会の実現に対する一貢献を成したと結論付ける。

## 9.2 本研究の課題

第 7 章における議論から、本研究の課題として以下の課題が存在する。

### PSS の概念的枠組みに関する課題

- 本研究で提案した PSS の概念的枠組みはあくまで学術的な理論に基づき構築したものであり、その妥当性についての検証ができていない。これは、本研究のように PSS の本質を STS と捉える研究における定義や設計範囲の不確かさを生み出してしまう。
- 本研究では、PSS 分野、トランジション研究分野からそれぞれ参照先とする代表的モデルを選出し、それらの概念間の関係性の分析を実施した。一方で、PSS と STS の構成要素の捉え方は、研究者によって様々であり、それらを包括的に考慮した概念的枠組みの構築には至れていない。

### PSS の設計プロセスに関する課題

- 本研究では、規範的な PSS 設計プロセスの提案に留まっており、PSS 設計者がこれらを、実際の PSS 設計にて実践可能かを検証できていない。
- 検証事例では、提案した設計プロセスの第 3 フェーズまでの適用に留まっており、設計プロセスの包括的な実施とそれに対する評価は未だ実施できていない。
- 本研究では、提案したプロセスの内、「ステークホルダネットワークの構築」、「PSS ビジョンの策定」、「PSS 実装計画の策定」の活動を支援する実践手法の提案に留まり、それ以降のフェーズの実践方法、またそれらの活動への計画した実装計画の具体的な反映方法については議論できていない。
- 提案した設計プロセスを実施するには、従来の社会的慣習の変革に挑戦するような、ステークホルダとの長期的な関係性を構築可能な適切な PSS 開発事例を選定することが必要である。一方で、現実的には、プロジェクトの期間や納期、コスト、そして、ステークホルダの関係性に基づく制約等の「ビジネス上の都合」が生じ得るが、本研究ではそれらを考慮できていない。実際に運用可能な設計プロセスを構築するためには、これらの都合の発生を踏まえたプロセスの整備が望ましい。

- 各フェーズにおいて、何をもって当該フェーズの活動が完了できたと捉えるかは、設計者に委ねられているのが現状である。このことは、本方法論を実開発で運用するための障壁となりうる。この問題を解決するためには、本プロセスの各ステップを具体化し、明確な完了条件を定めることが必要である。

### PSSの実装計画手法に関する課題

- 提案手法でのロードマップ開発プロセスにおける具体的な活動導出プロセスやロードマップ開発後のフォローアップのステップが手法に含まれていない。また、ロードマップ開発ステップでは、プロジェクトの利害関係者間の議論に頼る形式になっており、ロードマップの各レイヤー間の相互依存関係の分析方法や、実施すべき行動の優先度を決定するための形式的な手順は整備できていない。そのため、様々なステークホルダの知識を体系的かつ形式的な方法で収束させるための余地はまだ存在する。
- 上記に関連して、事例適用では、フォローアップの活動が実施できていないため、開発したロードマップに関する妥当性・実現可能性の評価が十分ではなかった。これに対しては、関連する外部の専門家やワークショップに参加しなかった住民等からのフィードバックを得るための公開セミナーを開催し、そのフィードバックに基づくロードマップを再調整する活動を実施することが望ましい。
- 本研究は、PSSの社会実装に向けた実装計画の策定を目的としているが、検証では、提案手法のステップを一巡しただけに留まっている。より具体的で有効なPSS実装計画を行うためには、PSS開発プロジェクトの進捗に応じて、その結果を反復実施にフィードバックするプロセスベースのロードマップの開発が望ましい。
- 提案手法では、PSSの実装計画として、対象PSSの体系的な構造変化をマイルストーンとアクションの配列により表現したロードマップを最終的な成果としたが、実際に、システムイノベーションに向けたPSS設計は中長期的な活動が必要であり、常に作成したロードマップの妥当性や、設定したマイルストーンをモニタリング可能とすることで進捗管理をすることが重要である。しかしながら、本研究では、上記の実装計画の妥当性評価・モニタリング手法については具体的に考慮できていない。そのため、今後は策定したステークホルダの合理性を示す思考過程の表出化や、社会文化的マイルストーンの測定方法を明らかにする必要がある。
- 本研究では、PSSの実装計画を実践するプロセス・ツールを提案したが、PSSの中長期的設計活動の中で計画の更新修正を繰り返すことで、扱うデータ量は膨大にな

ってしまい、設計者間で十分に知識管理しきれなくなる恐れがある。そのため、今後は、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）を、本手法を中心に実装を進めることで、設計作業と知識管理の効率化を図る必要がある。

### 本研究全体に関する課題

- 提案した実装計画方法論は、あくまで PSS の設計活動を導く指針を導出するためのものに過ぎない。今後は、PSS の実現構造設計との統合に基づく包括的な設計方法論としての確立が必要である。
- 本研究では、提案した設計方法論を 2 つの事例に適用し、定性的な評価をすることで、設計方法論の検証を行った。一方で、設計方法論の有効性を定量的に測るための指標や尺度を構築することも、今後の課題となると考えられる。
- PSS の設計プロセスの進捗に基づく柔軟な計画修正の必要性を論じつつも、その具体的な修正方法についても議論できていないため、今後検討する必要がある。
- 本研究では、計画した実装計画のその後のフェーズにおける運用方法は議論の対象外としている。特に運用時における外乱に対して適応し PSS を持続可能とするための方法論の構築が必要である。
- PSS の設計において、対象とする社会的機能の性質やシステムの規模によって対象とする設計概念やアプローチは変化するが、本研究ではこれらを考慮できていない。対象とする社会的機能やシステムの規模に応じて、カスタマイズが可能な PSS 設計アプローチの検討が必要である。
- 本研究は、対象とする PSS に関連するステークホルダの共同設計の重要性を論じている。一方で、サービス科学の分野において論じられている価値共創などの概念との関連性は議論できていない。このような理論との関連性を検討することで、方法論の理論的基盤や根拠をより具体化することが望ましい。

## 9.3 今後の展望

本研究では、社会課題解決に向けて PSS の社会実装を実現するため実装計画を策定するための一方法論を提案した。以下に、今後の展望について述べる。

- PSS の実装計画から実装までを一貫した PSS 設計方法論の構築

本研究では、社会課題の解決に向けた PSS の実装計画の策定を実践するための方法論について議論したが、最終的な研究のリサーチクエスチョンは、「PSS を如何に社会に馴染ませ、適切に導入することができるか」を明らかにすることである。その為には、本研究で対象とした実装計画フェーズに後続する設計フェーズを包括的に取り扱い、一貫した PSS の社会実装のための設計方法論を構築する必要がある。さらに、構築した方法論の複数の実 PSS 設計への適用を通して、その内容を洗練することが必要である。また、トランジション研究においては、「システムの共進化」に関する概念や理論についても議論されており、それらを本研究の理論的基盤に取り込むことで、手法の洗練が期待できる。そこで、今後は、前節にて述べた提案した方法論に残された課題を解決し、PSS についての専門知識を必ずしも有さない設計者が参照可能な PSS 実装ガイドラインの確立に取り組むことで、より持続可能な社会の実現に向けた PSS の貢献を促進可能であると考えられる。

- PSS の実装計画における思考過程の表出化による PSS ロードマップ評価の実現

本研究では、PSS の社会実装を支援する実装計画手法を提案したが、本手法によって得られた結果を基に設計活動を実践する上では、実装計画に携わったステークホルダ以外の外部主体がその実装計画がなぜ妥当なのかについて理解可能とすることが重要である。これは、設計する PSS を実装するにあたっては、それが社会に受容されるための理解の土壌が必要であり、その土壌を築く上では設計する PSS が社会の持続可能性に寄与可能であるという合理性を客観的に説明できることが求められるためである。一方で、本研究では、あくまで結果としての実装計画の策定に留まっており、その結果が導出されるに至ったステークホルダの思考過程は扱えてない。そのため、今後は、PSS の実装計画プロセスにおける思考過程の表出化方法に取り組む。これにより、本手法により設定したマイルストーンの測定方法・指標の明確化、策定した計画の妥当性評価や外部主体との共通理解の形成の容易化などを支援可能と考えられる。

- 持続可能な PSS の実現に向けた設計方法論の構築

今日、PSS を含め、我々が構成し、扱うシステムは、情報通信技術等の発展により、巨大・複雑化し、システムの境界を定め、それらを要素還元的に理解することは難しい。そのような状況の社会の中で、PSS がその価値を持続的に供給可能とするためには、本論文で議論した PSS の設計から実装のフェーズのみならず、設計・実装以降のシステムの外乱が生じる環境下における運用方法についても検討する必要がある。一方で、そのような外乱のみならず、PSS の実装が他のシステムやステークホルダなどの社会に及ぼし得る影響も考慮することがその持続可能性の達成には求められる。これまで約 20 年間に亘って、PSS 設計研究分野においては、その実現構造や基本構想の設計方法の議論が盛んであった。しかし、今後複雑化や不確実化の一途を辿る現代においては、上記のような PSS と社会の相互影響の観点を導入し、設計と運用を隔絶せず包括的に扱う理論と設計支援の確立が、今後の社会の持続可能性の実現に寄与する PSS 設計研究の柱となり得るだろう。



# 謝辭

本論文は、筆者が東京都立大学大学院 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成果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所属研究室の指導教員である

東京都立大学 システムデザイン研究科 機械システム工学域 教授

下村芳樹先生

に深く感謝の意を申し上げます。下村先生には、学部生で研究室に配属されて以来6年半にわたり、本研究に関して、数多くの適切なご指導を賜りました。また、研究活動だけでなく、研究に取り組む上で持つべき姿勢や社会や企業との付き合い方など様々なことをご教示いただきました。さらに、国内外での学会、そして、海外研究機関や企業との共同研究など貴重な経験を積むことのできる機会を多く与えてくださり、実際にプロジェクトの中心となり計画を遂行する力や、チームのマネジメント能力など、多くを学ばせて頂きました。これらで培ったことは、今の自身を形成する礎であることは間違いありません。これからは、一人の研究者として自立し、自分の為すべき研究・仕事をできるように引き続き精進して参りますので、今後とも、どうぞよろ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

東京都立大学 システムデザイン研究科  
機械システム工学域 教授 久保田直行先生

東京都立大学 システムデザイン研究科  
機械システム工学域 教授 増田士朗先生

東京工科大学 コンピュータサイエンス専攻 准教授 細野繁先生

に謹んで感謝申し上げます。審査過程において、先生方からは真摯にご指導を頂きました。先生方からのご指導により、自身の研究を多角的に推敲する機会を得られたとともに、本論文の質を大きく向上させることができました。

公募型共同研究「スマート鳥獣判別システムの開発」の関係者の皆様には、本研究の検証において大変お世話になりました。特に、東京都あきる野市 企画政策課 吉岡克治様には、現場調査や作業会のための打ち合わせの調整を頂きました。また、同市 企画政策課 木村あゆみ様、農林課 小林宏様、環境政策課 杉野二郎様、また、東京都立産業技術センター 東内章様、株式会社スカイシーカー 濱田建佑様には、作業会にご参画

頂き、様々なご意見を頂きました。本研究の貴重な検証の機会を頂いたこと、ここに感謝申し上げます。

「東京都日野市スマートシティ推進事業」の関係者の皆様には本研究の検証の場を頂き大変お世話になりました。特に、日野市 企画経営課 鈴木賢史様、株式会社 KDDI 青山大起様には、複数回に亘って、プロジェクトを進めるための議論や、本研究の検証のための作業会に参加いただきました。また、日野市高齢福祉課、多摩平の森自治会、日野市社会福祉協議会、日野市地域包括支援センター、UR 都市機構の皆様には、日野市や高齢者の現状についての多くの情報提供を頂くとともに、様々な意見交換をさせて頂きました。本研究は、ここに記した皆様との協働を通じて推敲できたものです。深く感謝致します。

東京大学大学院 工学系研究科 技術経営戦略学専攻 特任講師（元 東京都立大学 システムデザイン研究科 助教）木見田康治先生には、学部生から修士課程にあたり、研究活動や学生生活の面でお世話になりました。博士後期課程への進学や博士学生の過ごし方など様々な相談に乗って頂きました。研究の面では、自身では気付いていないことや研究の進め方などのアドバイスを頂きました。いつか一人の研究者としてご一緒に議論できることを楽しみにしております。今後とも、よろしくお願い致します。

地方独立行政法人 東京都立産業技術センター 根本裕太郎さんには、論文執筆や、共同研究プロジェクトの際に大変お世話になりました。論文執筆では私の至らない部分もありましたが親切にご指導いただきありがとうございます。また、共同研究プロジェクトの推進において、大学と企業の議論の橋渡しをして頂いたこと大変感謝しております。今後とも、どうぞよろしくお願いいたします。

東京大学 原辰徳先生には、サービス学会のセミナー運営の場で、ご一緒させて頂きました。お会いした際は、気にかけてくださり、また、気さくにお話いただき、ありがとうございました。毎回、お会いするのを密かに楽しみにしておりました。今後とも、よろしくお願い致します。

サービスデザイン研究プロジェクト「d-cocoon」の参加者の皆様には、大変お世話になりました。特に、朝日新聞メディアラボ 渡辺知二様、川崎重工業株式会社 西田英人様、京王電鉄株式会社 片岡亮介様、株式会社東芝 内田昭大様には、約一年間にかけて、サービス設計を共にさせて頂きました。皆様との協働の経験は、本研究の構想の大きな糧となりました。ありがとうございました。

Saint-Étienne 高等鉱山大学 教授 Xavier Boucher 先生、同大学 准教授 Khaled Medini 先生には、PSS のモデリングに関する共同研究で、短期派遣留学で滞在した際に大変お

世話になりました。修士課程でこの機会を頂けたことは、私の研究活動に対する意識が変わる大きな糧となる経験でした。ありがとうございました。

Linköping 大学 坂尾知彦先生，同大学 研究員 Wisdom Kanda 様には，共著論文執筆や，大学に滞在させて頂いた際に大変お世話になりました。PSS 研究分野の前線に行く研究機関に滞在し，議論させて頂けたことは大変有意義な経験でした。

Würzburg-Schweinfurt 応用科学大学 教授 Veselin Panshef 先生には，滞在した際に，多くの温かいもてなしとご支援を頂きました。また，サービス工学，PSS に関する議論をさせて頂き，様々なご意見を頂きました。

東京都立大学 下村研究室の卒業生と在学生の皆さんには，研究生生活や日常生活の様々な面でお世話になりました。皆さん一人ひとりと共に過ごした研究生生活はかけがえないものであり，本論文を完成できたのも皆さんのご協力あってだと確信しております。特に，Mar'atus Sholihah さん，筒井優介君と博士後期課程を共に歩めたことは幸運でした。研究や研究室運営についてもがきながらも，乗り越えていった日々は忘れません。本当にありがとうございました。引き続き，良い研究ができる活発な研究室を皆さんで築いていってください。

東京都立大学 下村研究室 秘書 福地尚子さんには，経理や事務手続きの面で，大変お世話になりました。いつも温かく接して頂いたことや会計処理についてのアドバイスを頂けたことはもちろん，ふとした人生相談にもものって頂きとても感謝しております。今後とも引き続きよろしく願いいたします。

最後に，半ば強引に決定したにも関わらず私の博士後期課程への進学を見守ってくださり，経済的にも心身的にも支えて頂いた家族に深く感謝します。遅れてしまいましたが，これまで迷惑をかけてきた分，これから少しずつ恩返しをしていきたいと思えます。

なお，本研究の成果の一部は，独立行政法人 日本学術振興会の特別研究員奨励費による助成を受けたものです。

2021 年（令和 3 年）2 月

三竹 祐矢

## 参考文献

## 英語文献

- Allais, Romain, and Julie Gobert. 2019. "Conceptual Framework for Spatio-Temporal Analysis of Territorial Projects." *Environmental Impact Assessment Review* 77 (April): 93–104. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.03.003>.
- An, Yoonjung, Sungjoo Lee, and Yongtae Park. 2008. "Development of an Integrated Product-Service Roadmap with QFD: A Case Study on Mobile Communications." *International Journal of Service Industry Management* 19 (5): 621–38. <https://doi.org/10.1108/09564230810903497>.
- Andriankaja, Hery, Xavier Boucher, and Khaled Medini. 2018. "A Method to Design Integrated Product-Service Systems Based on the Extended Functional Analysis Approach." *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 21: 120–39. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2018.02.001>.
- Annarelli, Alessandro, Cinzia Battistella, and Fabio Nonino. 2016. "Product Service System: A Conceptual Framework from a Systematic Review." *Journal of Cleaner Production* 139: 1011–32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.061>.
- Aurich, Jan C., Christian Fuchs, and Christian Wagenknecht. 2006. "Life Cycle Oriented Design of Technical Product-Service Systems." *Journal of Cleaner Production* 14 (17): 1480–94. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.01.019>.
- Baek, Joon Sang, Sojung Kim, Yoonyee Pahk, and Ezio Manzini. 2018. "A Sociotechnical Framework for the Design of Collaborative Services." *Design Studies* 55: 54–78. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2017.01.001>.
- Baek, Joon Sang, Anna Meroni, and Ezio Manzini. 2015. "A Socio-Technical Approach to Design for Community Resilience: A Framework for Analysis and Design Goal Forming." *Design Studies* 40: 60–84. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2015.06.004>.
- Baines, Tim S., Howard W. Lightfoot, S. Evans, Andy Neely, R. Greenough, J. Peppard, Rajkumar Roy, et al. 2007. "State-of-the-Art in Product-Service Systems." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* 221 (10): 1543–52. <https://doi.org/10.1243/09544054JEM858>.
- Baxter, David, Rajkumar Roy, Athanasia Doultsinou, James Gao, and Mohamad Kalta. 2009. "A Knowledge Management Framework to Support Product-Service Systems Design."

- International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 22 (12): 1073–88.  
<https://doi.org/10.1080/09511920903207464>.
- Belk, Russell. 2014. “You Are What You Can Access: Sharing and Collaborative Consumption Online.” *Journal of Business Research* 67 (8): 1595–1600.  
<https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2013.10.001>.
- Besch, Katrin. 2005. “Product-Service Systems for Office Furniture: Barriers and Opportunities on the European Market.” *Journal of Cleaner Production* 13 (10–11): 1083–94.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.12.003>.
- Blessing, Lucienne T.M., and Amaresh Chakrabarti. 2009. *DRM, a Design Research Methodology*. London, UK: Springer London.  
<https://doi.org/10.1007/978-1-84882-587-1>.
- Börjeson, Lena, Mattias Höjer, Karl Henrik Dreborg, Tomas Ekvall, and Göran Finnveden. 2006. “Scenario Types and Techniques: Towards a User’s Guide.” *Futures* 38 (7): 723–39.  
<https://doi.org/10.1016/j.futures.2005.12.002>.
- Bosch, S. J.M. Van Den, J. C. Brezet, and Philip J. Vergragt. 2005. “How to Kick off System Innovation: A Rotterdam Case Study of the Transition to a Fuel Cell Transport System.” *Journal of Cleaner Production* 13 (10–11): 1027–35.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.12.002>.
- Bryman, Alan. 2016. *Social Research Methods*. Oxford university press.
- Burk, Derek. 2017. “Infrastructure, Social Practice, and Environmentalism: The Case of Bicycle-Commuting.” *Social Forces*, January. <https://doi.org/10.1093/sf/sow100>.
- Carvalho, M. Marly, André Fleury, and Ana Paula Lopes. 2013. “An Overview of the Literature on Technology Roadmapping (TRM): Contributions and Trends.” *Technological Forecasting and Social Change* 80 (7): 1418–37.  
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.11.008>.
- Cavalieri, Sergio, and Giuditta Pezzotta. 2012. “Product-Service Systems Engineering: State of the Art and Research Challenges.” *Computers in Industry* 63 (4): 278–88.  
<https://doi.org/10.1016/j.compind.2012.02.006>.
- Ceschin, Fabrizio. 2013. “Critical Factors for Implementing and Diffusing Sustainable Product-Service Systems: Insights from Innovation Studies and Companies’

- Experiences.” *Journal of Cleaner Production* 45: 74–88.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.05.034>.
- Ceschin, Fabrizio. 2014. “How the Design of Socio-Technical Experiments Can Enable Radical Changes for Sustainability.” *International Journal of Design* 8 (3): 1–21.
- Ceschin, Fabrizio, and Idil Gaziulusoy. 2016. “Evolution of Design for Sustainability: From Product Design to Design for System Innovations and Transitions.” *Design Studies* 47: 118–63. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2016.09.002>.
- Ceschin, Fabrizio, and Carlo Vezzoli. 2010. “The Role of Public Policy in Stimulating Radical Environmental Impact Reduction in the Automotive Sector: The Need to Focus on Product-Service System Innovation.” *International Journal of Automotive Technology and Management* 10 (2/3): 321. <https://doi.org/10.1504/IJATM.2010.032631>.
- Chandler, Jennifer D., and Stephen L. Vargo. 2011. “Contextualization and Value-in-Context: How Context Frames Exchange.” *Marketing Theory* 11 (1): 35–49.  
<https://doi.org/10.1177/1470593110393713>.
- Cheng, M. N., Jane W.K. Wong, C. F. Cheung, and K. H. Leung. 2016. “A Scenario-Based Roadmapping Method for Strategic Planning and Forecasting: A Case Study in a Testing, Inspection and Certification Company.” *Technological Forecasting and Social Change* 111: 44–62. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.06.005>.
- Cooper, Tim, and Sian Evans. 2000. “Products to Services. A Report for Friends of the Earth Produced by the Centre for Sustainable Consumption.” *Hallam University, Sheffield*.
- Donnelly, Kathleen, Zoe Beckett-Furnell, Siegfried Traeger, Thomas Okrasinski, and Susan Holman. 2006. “Eco-Design Implemented through a Product-Based Environmental Management System.” *Journal of Cleaner Production* 14 (15–16): 1357–67.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.11.029>.
- Dreborg, Karl H. 1996. “Essence of Backcasting.” *Futures* 28 (9): 813–28.  
[https://doi.org/10.1016/S0016-3287\(96\)00044-4](https://doi.org/10.1016/S0016-3287(96)00044-4).
- Forrester, Jay W. 1994. “System Dynamics, Systems Thinking, and Soft OR.” *System Dynamics Review* 10 (2-3): 245–56.

- Garcia, M.L., and O.H. Bray. 1997. "Fundamentals of Technology Roadmapping." *Sandia National Laboratories (SNL)*. Vol. 4205. Albuquerque, NM, and Livermore, CA (United States). <https://doi.org/10.2172/471364>.
- Gaziulusoy, Ayşe İdil, Carol Boyle, and Ron McDowall. 2013. "System Innovation for Sustainability: A Systemic Double-Flow Scenario Method for Companies." *Journal of Cleaner Production* 45: 104–16. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.05.013>.
- Gaziulusoy, Ayşe İdil. 2010. "System Innovation for Sustainability." Citeseer.
- Geels, Frank W. 2004. "From Sectoral Systems of Innovation to Socio-Technical Systems: Insights about Dynamics and Change from Sociology and Institutional Theory." *Research Policy* 33 (6–7): 897–920. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2004.01.015>.
- Geels, Frank W. 2005. "Co-Evolution of Technology and Society: The Transition in Water Supply and Personal Hygiene in the Netherlands (1850-1930) - A Case Study in Multi-Level Perspective." *Technology in Society* 27 (3): 363–97. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2005.04.008>.
- Geels, Frank W. 2011. "The Multi-Level Perspective on Sustainability Transitions: Responses to Seven Criticisms." *Environmental Innovation and Societal Transitions* 1 (1): 24–40. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2011.02.002>.
- Geum, Youngjung, Jiyoung Kim, Changho Son, and Yongtae Park. 2013. "Development of Dual Technology Roadmap (TRM) for Open Innovation: Structure and Typology." *Journal of Engineering and Technology Management - JET-M* 30 (3): 309–25. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2013.06.001>.
- Geum, Youngjung, Sora Lee, and Yongtae Park. 2014. "Combining Technology Roadmap and System Dynamics Simulation to Support Scenario-Planning: A Case of Car-Sharing Service." *Computers and Industrial Engineering* 71 (1): 37–49. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.02.007>.
- Geum, Youngjung, Sungjoo Lee, Daekook Kang, and Yongtae Park. 2011a. "Technology Roadmapping for Technology-Based Product-Service Integration: A Case Study." *Journal of Engineering and Technology Management - JET-M* 28 (3): 128–46. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2011.03.002>.

- Geum, Youngjung, Sungjoo Lee, Daekook Kang, and Yongtae Park. 2011b. “The Customisation Framework for Roadmapping Product-Service Integration.” *Service Business* 5 (3): 213–36. <https://doi.org/10.1007/s11628-011-0111-0>.
- Goedkoop, Mark Jacob, Cees J.G. van Halen, Harry R.M. te Riele, and Peter J.M. Rommens. 1999. “Product Service Systems , Ecological and Economic Basics.”
- Gonzalès, Rodolphe, and Lael Parrott. 2012. “Network Theory in the Assessment of the Sustainability of Social-Ecological Systems.” *Geography Compass* 6 (2): 76–88. <https://doi.org/10.1111/j.1749-8198.2011.00470.x>.
- Greene, Kenyon B De. 1973. *Sociotechnical Systems: Factors in Analysis, Design, and Management*. Prentice-Hall.
- Gruber, Thomas R. 1993. “A Translation Approach to Portable Ontology Specifications.” *Knowledge Acquisition* 5 (2): 199–220. <https://doi.org/10.1006/knac.1993.1008>.
- Hein, Andreas M., Benjamin Poulain, Marija Jankovic, Yann Chazal, and Sarra Fakhfakh. 2018. “Product Service System Design in a System of Systems Context: A Literature Survey.” *Proceedings of International Design Conference, DESIGN* 6 (1996): 2891–2902. <https://doi.org/10.21278/idc.2018.0358>.
- Heinrichs, Harald. 2013. “Sharing Economy: A Potential New Pathway to Sustainability.” *Gaia* 22 (4): 228–31. <https://doi.org/10.14512/gaia.22.4.5>.
- Hoogma, Remco, René Kemp, Johan Schot, and Bernhard Truffer. 2002. *Experimenting for Sustainable Transport*. London, UK: Spon.
- Hughes, Thomas P. 1987. “The Evolution of Large Technological Systems.” In *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*, edited by W. E. Bijker, T. P. Hughes, and T. Pinch, 51–82. Cambridge, Massachusetts & London, England: MIT Press.
- Hunt, Dexter V. L., D. Rachel Lombardi, Stuart Atkinson, Austin R. G. Barber, Matthew Barnes, Christopher T. Boyko, Julie Brown, et al. 2012. “Scenario Archetypes: Converging Rather than Diverging Themes.” *Sustainability* 4 (4): 740–72. <https://doi.org/10.3390/su4040740>.

- Hussain, M., Efstathios Tapinos, and Louise Knight. 2017. "Scenario-Driven Roadmapping for Technology Foresight." *Technological Forecasting and Social Change* 124 (May): 160–77. doi: /10.1016/j.techfore.2017.05.005.
- Hyysalo, Sampsa, Tatu Marttila, Sofi Perikangas, and Karoliina Auvinen. 2019. "Codesign for Transitions Governance: A Mid-Range Pathway Creation Toolset for Accelerating Sociotechnical Change." *Design Studies* 63: 181–203. doi: /10.1016/j.destud.2019.05.002.
- Joore, Peter, and Han Brezet. 2015. "A Multilevel Design Model: The Mutual Relationship between Product-Service System Development and Societal Change Processes." *Journal of Cleaner Production* 97: 92–105. doi: /10.1016/j.jclepro.2014.06.043.
- Kanda, Wisdom, and Johannes Matschewsky. 2018. "An Exploratory Expansion of the Concept of Product-Service Systems beyond Products and Services." *Procedia CIRP* 73: 185–90. doi: /10.1016/j.procir.2018.03.328.
- Kemp, René, Johan Schot, and Remco Hoogma. 1998. "Regime Shifts to Sustainability through Processes of Niche Formation: The Approach of Strategic Niche Management." *Technology Analysis & Strategic Management* 10 (2): 175–98. doi: /10.1080/09537329808524310.
- Kim, Yong Se, Eric Wang, and Myon Woong Park. 2009. "Value–Function–Structure Modeling in an Ontological Representation of Product-Service Systems." In *Proceedings of ICED 09, the 17th International Conference on Engineering Design*, 359–70. Palo Alto, CA, USA.
- Kok, Kasper, M. van Vliet Mathijs, I. Bärlund Ilona, Anna Dubel, and Jan Sendzimir. 2011. "Combining Participative Backcasting and Exploratory Scenario Development: Experiences from the SCENES Project." *Technological Forecasting and Social Change* 78 (5): 835–51. doi: /10.1016/j.techfore.2011.01.004.
- Kostoff, Ronald N., and Robert R. Schaller. 2001. "Science and Technology Roadmaps." *IEEE Transactions on Engineering Management* 48 (2): 132–43. doi: /10.1109/17.922473.
- Kristiansen, Per, and Robert Rasmussen. 2014. *Building a Better Business Using the Lego Serious Play Method*. Hoboken, NJ: Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/Building+a+Better+Business+Using+the+Lego+Serious+Play+Method-p-9781118931370>.

- Lee, Changyong, Bomi Song, and Yongtae Park. 2015. "An Instrument for Scenario-Based Technology Roadmapping: How to Assess the Impacts of Future Changes on Organisational Plans." *Technological Forecasting and Social Change* 90 (PA): 285–301. doi: /10.1016/j.techfore.2013.12.020.
- Lee, Hakyoon, and Youngjung Geum. 2017. "Development of the Scenario-Based Technology Roadmap Considering Layer Heterogeneity: An Approach Using CIA and AHP." *Technological Forecasting and Social Change* 117: 12–24. doi: /10.1016/j.techfore.2017.01.016.
- Lee, Sungjoo, and Yongtae Park. 2005. "Customization of Technology Roadmaps According to Roadmapping Purposes: Overall Process and Detailed Modules." *Technological Forecasting and Social Change* 72 (5): 567–83. doi: /10.1016/j.techfore.2004.11.006.
- Lee, W. S., D. L. Grosh, F. A. Tillman, and C. H. Lie. 1985. "Fault Tree Analysis, Methods, and Applications - A Review." *IEEE Transactions on Reliability* R-34 (3): 194–203. doi: /10.1109/TR.1985.5222114.
- Leminen, Seppo. 2015. "Q&A. What Are Living Labs?" *Technology Innovation Management Review* 5 (9): 29–35. doi: /10.22215/timreview/928.
- Lichtenthaler, Ulrich. 2008. "Integrated Roadmaps Fdr for Open Inndvationinnovation." *Research-Technology Management* 51 (d): 45–49. doi: /10.1007/s10661-009-1063-x.
- Liedtke, Christa, Carolin Baedeker, Marco Hasselkuß, Holger Rohn, and Viktor Grinewitschus. 2015. "User-Integrated Innovation in Sustainable LivingLabs: An Experimental Infrastructure for Researching and Developing Sustainable Product Service Systems." *Journal of Cleaner Production* 97: 106–16. doi: /10.1016/j.jclepro.2014.04.070.
- List, Dennis. 2005. "Scenario Network Mapping: The Development of a Methodology for Social Inquiry." University of South Australia.
- Loorbach, Derk. 2010. "Transition Management for Sustainable Development: A Prescriptive, Complexity-Based Governance Framework." *Governance* 23 (1): 161–83. doi: /10.1111/j.1468-0491.2009.01471.x.
- Loorbach, Derk, and Jan Rotmans. 2006. "Managing Transitions for Sustainable Development." *Understanding Industrial Transformation*, no. February. doi: /10.1007/1-4020-4418-6.

- 
- Lusch, Robert F., and Stephen L. Vargo. 2006. "Service-Dominant Logic: Reactions, Reflections and Refinements." *Marketing Theory* 6 (3): 281–88. doi: /10.1177/1470593106066781.
- Maier, Mark W. 1998. "Architecting Principles for Systems-of-Systems." *Systems Engineering* 1 (4): 267–84. doi: /10.1002/(SICI)1520-6858(1998)1:4<267::AID-SYS3>3.0.CO;2-D.
- Maurizio, Catulli, Lindley Julian K., Reed Nick B., Green Andrew, Hyseni Hajra, and Kiri Sushma. 2013. "What Is Mine Is Not Yours: Further Insight on What Access-Based Consumption Says about Consumers." In *Consumer Culture Theory*, 15:185–208. Research in Consumer Behavior. Emerald Group Publishing Limited. doi: /10.1108/S0885-2111(2013)0000015012.
- Meier, Horst, Rajkumar Roy, and Günther Seliger. 2010. "Industrial Product-Service Systems-IPS2." *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 59 (2): 607–27. doi: /10.1016/j.cirp.2010.05.004.
- Meynhardt, Timo, Jennifer D. Chandler, and Pepe Strathoff. 2016. "Systemic Principles of Value Co-Creation: Synergetics of Value and Service Ecosystems." *Journal of Business Research* 69 (8): 2981–89. doi: /10.1016/j.jbusres.2016.02.031.
- Milanovic, Branko. 2012. "Global Income Inequality by the Numbers: In History and Now - Policy Research Working Paper 6259." *The World Bank Development Research Group*, no. November.
- Mitake, Yuya, Kenshiro Hiramitsu, Atsuto Nagayama, Naoki Muraoka, Mar'atus Sholihah, and Yoshiki Shimomura. 2020. "A Conceptual Framework of Product-Service Systems Design for Sustainability Transitions." In *Proceedings of the Design Society: DESIGN Conference2020* 1 (May): 2069–78. doi: /10.1017/dsd.2020.110.
- Mitake, Yuya, Kenshiro Hiramitsu, Yusuke Tsutsui, Mar'atus Sholihah, and Yoshiki Shimomura. 2020. "A Strategic Planning Method to Guide Product—Service System Development and Implementation." *Sustainability (Switzerland)* 12 (18): 7619. doi: /10.3390/su12187619.
- Mont, Oksana. 2002a. "Drivers and Barriers for Shifting towards More Service-Oriented Businesses: Analysis of the PSS Field and Contributions from Sweden." *The Journal of Sustainable Product Design* 2 (3/4): 89–103. doi: /10.1023/B:JSPD.0000031027.49545.2b.

- Mont, Oksana. 2002b. “Clarifying the Concept of Product–Service System.” *Journal of Cleaner Production* 10 (3): 237–45. doi: /10.1016/S0959-6526(01)00039-7.
- Mont, Oksana. 2004a. “Institutionalisation of Sustainable Consumption Patterns Based on Shared Use.” *Ecological Economics* 50 (1): 135–53. doi: /doi: /10.1016/j.ecolecon.2004.03.030.
- Mont, Oksana. 2004b. “Product-Service Systems: Panacea or Myth?” Lund University.
- Mont, Oksana, and Thomas Lindhqvist. 2003. “The Role of Public Policy in Advancement of Product Service Systems.” *Journal of Cleaner Production* 11 (8): 905–14. doi: /10.1016/S0959-6526(02)00152-X.
- Morelli, Nicola. 2003. “Product-Service Systems, a Perspective Shift for Designers: A Case Study - The Design of a Telecentre.” *Design Studies* 24 (1): 73–99. doi: /10.1016/S0142-694X(02)00029-7.
- Morelli, Nicola. 2006. “Developing New Product Service Systems (PSS): Methodologies and Operational Tools.” *Journal of Cleaner Production* 14 (17): 1495–1501. doi: /10.1016/j.jclepro.2006.01.023.
- Mulgan, Geoff, and Charlie Leadbeater. 2013. “Systems Innovation.” *Nesta*. London.
- Neely, Andy. 2008. “Exploring the Financial Consequences of the Servitization of Manufacturing.” *Operations Management Research* 1 (2): 103–18. doi: /10.1007/s12063-009-0015-5.
- OECD. 2019. “OECD Data, Poverty Rate.” 2019. <https://data.oecd.org/inequality/poverty-rate.htm>.
- Pagoropoulos, Aris, Jakob Axel Bejbro Andersen, Louise Laumann Kjær, Anja Maier, and Tim C. McAloone. 2014. “Building an Ontology of Product/Service-Systems: Using a Maritime Case Study to Elicit Classifications and Characteristics.” *IFIP Advances in Information and Communication Technology* 434: 119–26. doi: /10.1007/978-3-662-44745-1\_11.
- Pezzotta, Giuditta, Fabiana Pirola, Alice Rondini, Roberto Pinto, and Mohamed Zied Ouertani. 2016. “Towards a Methodology to Engineer Industrial Product-Service System – Evidence from Power and Automation Industry.” *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 15: 19–32. doi: /10.1016/j.cirpj.2016.04.006.

- Phaal, Robert. 2004. "Technology Roadmapping - A Planning Framework for Evolution and Revolution." *Technological Forecasting and Social Change* 71 (1–2): 5–26. doi: /10.1016/S0040-1625(03)00072-6.
- Raja, Jawwad Z., Dorota Bourne, Keith Goffin, Mehmet Çakkol, and Veronica Martinez. 2013. "Achieving Customer Satisfaction through Integrated Products and Services: An Exploratory Study." *Journal of Product Innovation Management* 30 (6): 1128–44. doi: /10.1111/jpim.12050.
- Rese, Mario, Horst Meier, Judith Gesing, and Mario Boßlau. 2013. "An Ontology of Business Models for Industrial Product-Service Systems." In *The Philosopher's Stone for Sustainability*, 191–96. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. doi: /10.1007/978-3-642-32847-3\_32.
- Rip, Arie, and René Kemp. 1998. "Technological Change." In *Human Choice and Climate Change. Vol. II, Resources and Technology*, edited by S. Rayne and E.L. Malone., 327–99. Columbus, Ohio: Battelle Press.
- Rockström, Johan, Will Steffen, Kevin Noone, Åsa Persson, F. Stuart Chapin, Eric F. Lambin, Timothy M. Lenton, et al. 2009. "A Safe Operating Space for Humanity." *Nature* 461 (7263): 472–75. doi: /10.1038/461472a.
- Rohracher, Harald. 2002. "A Sociotechnical Mapping of Domestic Biomass Heating Systems in Austria." *Bulletin of Science, Technology and Society* 22 (6): 474–83. doi: /10.1177/0270467602238890.
- Roorda, Chris, Niki Frantzeskaki, Derk Loorbach, Frank van Steenberg, and Julia Wittmayer. 2014. "Transition Management in Urban Context." Rotterdam: Drift, Erasmus University Rotterdam.
- Roos, Johan, and Bart Victor. 1999. "Towards a New Model of Strategy-Making as Serious Play." *European Management Journal* 17 (4): 348–55. doi: /10.1016/S0263-2373(99)00015-8.
- Rotmans, Jan, and Derk Loorbach. 2009. "Complexity and Transition Management." *Journal of Industrial Ecology* 13 (2): 184–96. doi: /10.1111/j.1530-9290.2009.00116.x.
- Sanders, Elizabeth B.-N., and Pieter Jan Stappers. 2008. "Co-Creation and the New Landscapes of Design." *CoDesign* 4 (1): 5–18. doi: /10.1080/15710880701875068.

- Saritas, Ozcan, and Jonathan Aylen. 2010. "Using Scenarios for Roadmapping: The Case of Clean Production." *Technological Forecasting and Social Change* 77 (7): 1061–75. doi: /10.1016/j.techfore.2010.03.003.
- Schwerdtner, Wim, Rosemarie Siebert, Maria Busse, and Ulf B. Freisinger. 2015. "Regional Open Innovation Roadmapping: A New Framework for Innovation-Based Regional Development." *Sustainability (Switzerland)* 7 (3): 2301–21. doi: /10.3390/su7032301.
- Shimomura, Yoshiki, Tatsunori Hara, and Tamio Arai. 2009. "A Unified Representation Scheme for Effective PSS Development." *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 58 (1): 379–82. doi: /10.1016/j.cirp.2009.03.025.
- Simon, Herbert A. 1996. *The Sciences of the Artificial*. 3rd editio. MIT Press.
- Son, Heungwook, Yongjin Kwon, Sang C. Park, and Sungjoo Lee. 2018. "Using a Design Structure Matrix to Support Technology Roadmapping for Product–Service Systems." *Technology Analysis & Strategic Management* 30 (3): 337–50. doi: /10.1080/09537325.2017.1310377.
- Sondeijker, Saartje. 2009. "Imagining Sustainability: Methodological Building Blocks for Transition Scenarios." *Erasmus University Rotterdam*. Erasmus University Rotterdam. doi: /10.5810/kentucky/9780813124872.003.0009.
- Sondeijker, Saartje, Jac Geurts, Jan Rotmans, and Arnold Tukker. 2006. "Imagining Sustainability: The Added Value of Transition Scenarios in Transition Management." *Foresight* 8 (5): 15–30. doi: /10.1108/14636680610703063.
- Tan, Adrian Ronald. 2010. "Service-Oriented Product Development Strategies." *DTU Management*. Technical University of Denmark (DTU). <https://core.ac.uk/download/pdf/13736278.pdf>.
- Tischner, Ursula, M Verkuijl, and Arnold Tukker. 2002. "First Draft PSS Review." *SusProNet Report, Draft*. Vol. 15.
- Tokoro, Mario. 2015. *Open Systems Dependability*. Edited by Mario Tokoro. CRC Press. doi: /10.1201/b18544.
- Tomiyaama, Tetsuo. 1997. "A Manufacturing Paradigm Toward the 21st Century." Edited by Douglas H. Norrie and Brian R. Gaines. *Integrated Computer-Aided Engineering* 4 (3): 159–78. doi: /10.3233/ICA-1997-4302.

- Tran, Tuan A., and Joon Y. Park. 2014. "Development of Integrated Design Methodology for Various Types of Product — Service Systems." *Journal of Computational Design and Engineering* 1 (1): 37–47. doi: /10.7315/JCDE.2014.004.
- Trist, E. L., and K. W. Bamforth. 1951. "Some Social and Psychological Consequences of the Longwall Method of Coal-Getting." *Human Relations* 4 (1): 3–38. doi: /10.1177/001872675100400101.
- Tukker, Arnold. 2004. "Eight Types of Product–Service System: Eight Ways to Sustainability? Experiences from SusProNet." *Business Strategy and the Environment* 13 (4): 246–60. doi: /10.1002/bse.414.
- Tukker, Arnold, and Ursula Tischner. 2006. "Product-Services as a Research Field: Past, Present and Future. Reflections from a Decade of Research." *Journal of Cleaner Production* 14 (17): 1552–56. doi: /10.1016/j.jclepro.2006.01.022.
- United Nations Development Programme, United Nations Development Programme. 2018. "Human Development Indices and Indicators 2018." doi: /10.18356/656a3808-en.
- United Nations Environment Programme. 2002. "Product-Service Systems and Sustainability Opportunities for Sustainable Solutions." Paris. www.unep.org.
- United Nations. 1987. "Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future."
- Vargo, Stephen L., and Robert F. Lusch. 2004. "Evolving to a New Dominant Logic for Marketing." *Journal of Marketing* 68 (1): 1–17. doi: /10.1509/jmkg.68.1.1.24036.
- Vargo, Stephen L., and Robert F. Lusch. 2016. "Institutions and Axioms: An Extension and Update of Service-Dominant Logic." *Journal of the Academy of Marketing Science* 44 (1): 5–23. doi: /10.1007/s11747-015-0456-3.
- Vasantha, Gokula Vijaykumar Annamalai, Romana Hussain, Mehmet Cakkol, Rajkumar Roy, Stephen Evans, and Ashutosh Tiwari. 2011. "An Ontology for Product-Service Systems." In *Functional Thinking for Value Creation*, 231–36. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. doi: /10.1007/978-3-642-19689-8\_41.
- Vasantha, Gokula Vijaykumar Annamalai, Rajkumar Roy, and Jonathan Roy Corney. 2015. "Advances in Designing Product-Service Systems." *Journal of the Indian Institute of Science* 95 (4): 429–47.

- Vasanth, Gokula Vijaykumar Annamalai, Rajkumar Roy, Alan Lelah, and Daniel Brissaud. 2012. “A Review of Product-Service Systems Design Methodologies.” *Journal of Engineering Design* 23 (9): 635–59. doi: /10.1080/09544828.2011.639712.
- Vatananan, Ronald S., and Nathasit Gerdri. 2012. “The Current State of Technology Roadmapping (TRM) Research and Practice.” *International Journal of Innovation and Technology Management* 9 (4). doi: /10.1142/S0219877012500320.
- Vezzoli, Carlo, Fabrizio Ceschin, Jan Carel Diehl, and Cindy Kohtala. 2015. “New Design Challenges to Widely Implement ‘Sustainable Product-Service Systems.’” *Journal of Cleaner Production* 97: 1–12. doi: /10.1016/j.jclepro.2015.02.061.
- Vezzoli, Carlo, Cindy Kohtala, Amrit Srinivasan, J. C. Diehl, Sompit Moi Fusakul, and Liu Xin. 2017. *Product-Service System Design for Sustainability*. doi: /10.4324/9781351278003.
- White, Allen, Mark Stoughton, and Linda Feng. 1999. “Servicizing: The Quiet Transition to Extended Product Responsibility.” *Tellus Institute*.
- Wong, Marcus Teck Ngee. 2004. “Implementation of Innovative Product Service Systems in the Consumer Goods Industry.” University of Cambridge.
- Yang, Miying, and Steve Evans. 2019. “Product-Service System Business Model Archetypes and Sustainability.” *Journal of Cleaner Production* 220: 1156–66. doi: /10.1016/j.jclepro.2019.02.067.

## 日本語文献

- 赤坂文弥. 2014. “製品サービスシステムの実現構造設計方法論.” 博士論文, 首都大学東京.
- 梅田靖, 富山哲男, 吉川弘之. 1997. “機能設計支援のための FBS モデリングの提案.” *精密工学会誌* 63 (6): 795–800. doi: /10.2493/jjspe.63.795.
- 外務省. 2020. “SDG s アクションプラン.”
- 環境省. 2012. “生物多様性国家戦略 2012–2020.”
- 環境省. 2017. “平成 29 年版 環境・循環型社会・生物多様性白書.”
- 木下裕介, 山崎泰寛, 水野有智, 福重真一, 梅田靖. 2009. “持続可能な製造業の実現に向けた持続可能社会シナリオシミュレータの開発(第 1 報).” *精密工学会誌* 75 (8): 1029–35. doi: /10.2493/jjspe.75.1029.
- 厚生労働省. 2016. “平成 28 年 国民生活基礎調査の概況.”
- 坂尾智彦. 2013. “製造業者にとって Product/Service System とは何を意味するのか.” *経営システム* 23 (2): 73–79. <http://ci.nii.ac.jp/naid/10031189556/ja/>.
- 産業競争力懇談会. 2013. “コトづくりからのものづくりへ.”
- 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.” *日本機械学会論文集 C 編* 71 (702): 669–76. doi: /10.1299/kikaic.71.669.
- 武田英明, 富山哲男, 吉川弘之. 1991. “知的 CAD の開発のための設計過程の分析と論理による形式化.” *精密工学会誌* 57 (6): 1047–52. <https://doi.org/10.2493/jjspe.57.1047>.
- 内閣府. 2018. “平成 30 年版高齢社会白書.”
- 西岡秀三. 2008. “日本低炭素社会のシナリオ: 二酸化炭素 70% 削減の道筋.” 日刊工業新聞社.
- 根本裕太郎. 2016. “長期的視座に基づく製品サービスシステム設計方法論.” 博士論文, 首都大学東京.
- 野間口大, 下村芳樹, 富山哲男. 2005. “設計者の思考過程のモデルを利用した設計知識管理システム.” *人工知能学会論文誌* 20 (1): 11–24. doi: /10.1527/tjsai.20.11.

- 松岡譲, 原沢英夫, 高橋潔. 2001. “地球環境問題へのシナリオアプローチ.” *土木学会論文集* 2001 (678): 1–11. doi: /10.2208/jscej.2001.678\_1.
- 水野有智. 2013. “持続可能社会シナリオの設計支援方法論の研究.” 博士論文, 大阪大学.
- 三竹祐矢, 筒井優介, 下村芳樹. 2019. “製品サービスシステム設計を支援する情報の非対称性分析手法.” *日本機械学会論文集* 85 (873): 18–180. doi: /10.1299/transjsme.18-00180.
- 本村陽一, 竹中毅, 石垣司. 2012. サービス工学の技術: ビッグデータの活用と実践. 東京電機大学出版社.
- 古田一雄, 菅野太郎. 2016. “レジリエンス工学の誕生と展望.” *システム／制御／情報* 60 (1): 3–8. doi: /10.11509/isciesci.60.1\_3.
- 吉川弘之, 富山哲男. 2000. “設計学-ものづくりの理論.” 放送大学教育振興会.

---

## Web

KOMATSU. “KOMATSU.” <Accessed January 8, 2021. [https://home.komatsu.jp/.](https://home.komatsu.jp/)>

Mobisol. “Mobisol.” <Accessed January 8, 2021. [https://plugintheworld.com/.](https://plugintheworld.com/)>

Reduce Go. “Reduce Go.” <Accessed January 8, 2021. [https://reducego.jp/.](https://reducego.jp/)>

Rolls Royce. “Rolls Royce.” <Accessed January 8, 2021.  
<https://www.rolls-royce.com/products-and-services/civil-aerospace.aspx.>>

Uber. “Uber.” <Accessed January 8, 2021. [https://www.uber.com/jp/ja/.](https://www.uber.com/jp/ja/)>

国土交通省. “シェアサイクルに関する現状と課題.”  
<<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/sharecycle/pdf01/03.pdf>> (参照 2021-1-8)

日野市. “日野市 SDGs 未来都市計画.”  
<[http://www.city.hino.lg.jp/\\_res/projects/default\\_project/\\_page\\_/001/012/109/sdgsmiraitoshi.pdf](http://www.city.hino.lg.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/012/109/sdgsmiraitoshi.pdf)> (参照 2021-1-8)

あきる野市. “アライグマ・ハクビシンを見かけたら電話をください。” <  
<https://www.city.akiruno.tokyo.jp/cmsfiles/contents/0000005/5357/chirashi.pdf>> (参照  
2021-1-8)



# 研究業績

## 学術論文(査読あり)

- [1] **Mitake, Y.**, Noto, Y., Kimita, K. and Shimomura, Y. (2017) A Context Extracting Method for PSS Improvement Design. *Procedia CIRP*, Vol.64, pp. 312-317.
- [2] **三竹祐矢**, 筒井優介, 下村芳樹 (2019) 製品サービスシステム設計を支援する情報の非対称性分析手法. *日本機械学会論文集* Vol.85, No.873, p. 18-00180.
- [3] Sholihah, M., Maezono, T., **Mitake, Y.** and Shimomura, Y. (2019) Towards Development a PSS Business Evaluation: Proposal of Internal and External Analysis for Sevitizing Manufacturers. *Procedia CIRP*, Vol. 83, pp. 363-368.
- [4] **Mitake, Y.**, Tsutsui, Y. and Shimomura, Y. (2019) A Context Asymmetry Analysis Method for Successful PSS Design. *Procedia CIRP*, Vol. 83, pp. 369-374.
- [5] Abe, S., Tsutsui, Y., **Mitake, Y.**, Sholihah, M., Hara, N. and Shimomura, Y. (2019) An Asymmetry Analysis Method to Support Value Co-creation in Product/Service Design. *Procedia CIRP*, Vol. 84, pp. 442-446.
- [6] Sholihah, M., **Mitake, Y.**, Nakada, T. and Shimomura, Y. (2019) Innovative Design Method for a Valuable Product-service system: Concretizing Multi-stakeholder Requirements. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, Vol.13, No.5, p. JAMDSM0091.
- [7] **Mitake, Y.**, Maezono, T., Sholihah, M. and Shimomura, Y. (2019) Development of Facilitation Tool for Dissemination of Product-service System Design Education. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, Vol. 13, No. 5, p. JAMDSM0092.
- [8] Sholihah, M., Maezono, T., **Mitake, Y.** and Shimomura, Y. (2019) PSS Strategic Alignment: Linking Service Transition Strategy with PSS Business Model. *Sustainability*, Vol. 11, No. 22, 6245.
- [9] Tsutsui, Y., Yamada, N., **Mitake, Y.**, Sholihah, M. and Shimomura, Y. (2020) A strategic design guideline for open business model. *International Journal of Automation Technology*, Vol. 14, No. 5, pp. 678-689.
- [10] 筒井優介, 山田奈緒, **三竹祐矢**, 下村芳樹 (2020) オープンビジネスモデルの戦略的設計支援ツールの開発. *日本機械学会論文集*, Vol. 86, No. 891, p. 20-00194.

- [11] **Mitake, Y.**, Hiramitsu, K., Tsutsui, Y., Sholihah, M. and Shimomura, Y. (2020) A strategic planning method to guide product-service system development and implementation. *Sustainability*, Vol.12, No.18, 7619.
- [12] Nakada, T., Sholihah, M., **Mitake, Y.** and Shimomura, Y. (2020) Towards the development of a comprehensive Product-Service System (PSS) evaluation method. *Procedia CIRP*, Vol. 93, pp. 802-807.
- [13] Sholihah, M., Maezono, T., **Mitake, Y.** and Shimomura, Y. (2020) Formulating Service-Oriented Strategies for Servitization of Manufacturing Companies. *Sustainability*, Vol. 12, No. 22, 9657.
- [14] Tsutsui, Y., **Mitake, Y.**, Hosono, S., Nemoto, Y., Sholihah, M., and Shimomura, Y. (2020) A Context Analysis Method for Empathy in Co-Creative Innovation. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing* (accepted).

## 国際会議(口頭発表・査読あり)

- [1] Minato, S., Idei, Y., **Mitake, Y.**, Muto, K. and Shimomura, Y. (2018) A Design Process Management Method for Product-Service Systems. In Proceeding of the 15th International Design Conference (DESIGN2018), pp. 2913-2924, Dubrovnik, Croatia.
- [2] Tsutsui, Y., Hiramitsu, K., **Mitake, Y.**, Sholihah, M. and Shimomura, Y. (2018) Context Data Acquisition Tool to Improve Wide Range Services. In Proceedings of 2018 Asian Conference on Design and Digital Engineering (ACDDE 2018), USB, Okinawa, Japan.
- [3] Sholihah, M., **Mitake, Y.**, Yuasa, K. and Shimomura, Y. (2018) Innovative Design Method for Valuable Product Service System: Relationship of Multi-stakeholders' Requirements and Lifecycle Cost Approach. In Proceedings of 2018 Asian Conference on Design and Digital Engineering (ACDDE 2018), USB, Okinawa, Japan.
- [4] **Mitake, Y.**, Maezono, T., Sholihah, M. and Shimomura, Y. (2018) EDIPS: Development of a Business Game for Experiencing Product-Service System Business Principle. In Proceedings of 2018 Asian Conference on Design and Digital Engineering (ACDDE 2018), USB, Okinawa, Japan.
- [5] **Mitake, Y.**, Hiramitsu, K., Tsutsui, Y., Sholihah, M. and Shimomura, Y. (2019) A Tool for Fostering Empathy in Innovation Design Based on Actor's Intuitive View Visualization. In Proceedings of 2019 International Design and Concurrent Engineering Conference (iDECON 2019), CD-ROM, Fukushima, Japan.
- [6] Tsutsui, Y., **Mitake, Y.**, Hosono, S., Nemoto, Y., Sholihah, M. and Shimomura, Y. (2019) A Method for Accelerating Design Innovation Using Context Structuration and Visualization. In Proceedings of 2019 International Design and Concurrent Engineering Conference (iDECON 2019), CD-ROM, Fukushima, Japan.
- [7] **Mitake, Y.**, Hiramitsu, K., Nagayama, A., Muraoka, N., Sholihah, M. and Shimomura, Y. (2020) A Conceptual Framework of Product-Service Systems Design for Sustainability Transition. In Proceeding of the 16th International Design Conference (DESIGN2020), pp. 2069-2078 Dubrovnik, Croatia.
- [8] Sholihah, M., Nakada, T., **Mitake, Y.** and Shimomura, Y. (2020) Proposal of a comprehensive product-service system (PSS) evaluation method to support decision-making process throughout PSS life cycle. In Proceedings of the Spring

Servitization Conference Advanced Services for Sustainability Growth, pp. 47-55, Birmingham, U.K.

- [9] Muraoka, N., Nagayama, A., **Mitake, Y.**, Sholihah, M., Shimomura, Y. (2020) A structural analysis method to identify factors of complex regional issues. In Proceedings of the 18th International Conference of Precision Engineering (ICPE2020), Kobe, Japan.

## 国内会議(筆頭著者 あるいは 本論文に直接関連するもののみ)

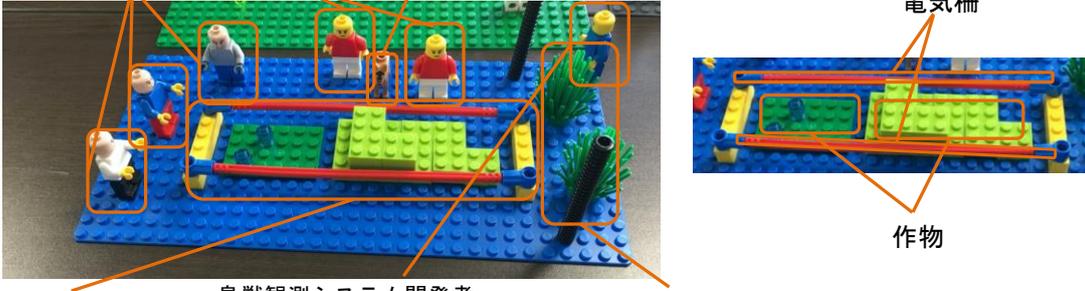
- [1] **三竹祐矢**, 能登裕一, 木見田康治, 佐藤啓太, 下村芳樹 (2016) コンテキストの動的な変化を考慮した顧客要求分析手法, 第23回精密工学会学生会員卒業研究発表講演会論文集, CD-ROM, pp. 9-10.
- [2] **三竹祐矢**, 能登裕一, 木見田康治, 下村芳樹 (2016) サービス場における顧客要求の顕在化手法, 2016年度精密工学会秋季大会学術講演会論文集, CD-ROM, pp. 109-110.
- [3] **三竹祐矢**, 湯浅健人, 下村芳樹 (2017) 価値共創型サービス設計のためのコンテキストモデリング手法. 第144回ヒューマンインタフェース学会研究会・ユーザエクスペリエンス・サービスデザインおよび一般(SIG-UXSD-05), USB.
- [4] **三竹祐矢**, 筒井雄介, 下村芳樹 (2017) サービス設計における価値共創を支援するコンテキストモデル化手法. 日本機械学会第27回設計工学・システム部門講演会講演論文集, USB, No. 17-32.
- [5] **三竹祐矢**, 筒井優介, 根本裕太郎, 細野繁, 下村芳樹 (2018) PSSの価値共創支援のためのコンテキスト表現に関する整理と考察, 2018年度精密工学会春季大会学術講演会論文集, CD-ROM, pp. 231-232.
- [6] **三竹祐矢**, 下村芳樹 (2018) 製品・サービスの高付加価値化を実現する共感実現戦略の提案. 日本機械学会第28回設計工学・システム部門講演会講演論文集, No. 18-11, USB.
- [7] **三竹祐矢**, 平光健志郎, 永山敦乙, 下村芳樹 (2019) 持続可能なPSSの共同設計を可能とする概念的枠組みに関する考察. 日本機械学会第29回設計工学・システム部門講演会講演論文集, No. 19-35, USB.

- [8] 平光健志郎, 永山敦乙, **三竹祐矢**, 下村芳樹 (2019) 持続可能な PSS 設計を駆動する社会的目的の導出手法. 日本機械学会第 29 回設計工学・システム部門講演会講演論文集, No. 19-35, USB.
- [9] 永山敦乙, 平光健志郎, 村岡直樹, **三竹祐矢**, 下村芳樹 (2019) 持続可能な PSS の目的と目標を導出する基本的枠組みの検討. 2019 年度精密工学会秋季大会学術講演会論文集, CD-ROM, pp. 234-235.
- [10] **三竹祐矢**, 平光健志郎, 永山敦乙, 村岡直樹, 下村芳樹 (2019) 持続可能な PSS の開発手法構築のための概念的枠組み. Design シンポジウム 2019 講演論文集, USB, pp. 43-50.
- [11] 平光健志郎, 永山敦乙, 村岡直樹, **三竹祐矢**, 下村芳樹 (2020) 社会の持続可能化に寄与する PSS 設計を支援するシナリオ展開手法. 2020 年度精密工学会春季大会学術講演会論文集, CD-ROM, pp. 369-370.
- [12] 村岡直樹, 永山敦乙, 平光健志郎, **三竹祐矢**, 下村芳樹 (2020) 社会問題解決のための原因構造分析手法の提案, 第 27 回精密工学会学生会員卒業研究発表講演会論文集, Web 公開, pp. 1-2.
- [13] 村岡直樹, 永山敦乙, **三竹祐矢**, Mar'atus Sholihah, 下村芳樹 (2020) 地域課題解決のための要因分析手法の提案. 2020 年度精密工学会秋季大会学術講演会論文集, CD-ROM, pp. 79-80.
- [14] **三竹祐矢**, 下村芳樹 (2020) 社会課題の解決を志向する製品サービスシステムの設計戦略立案手法. 日本機械学会第 30 回設計工学・システム部門講演会講演論文集, No. 20-14, Web 公開.

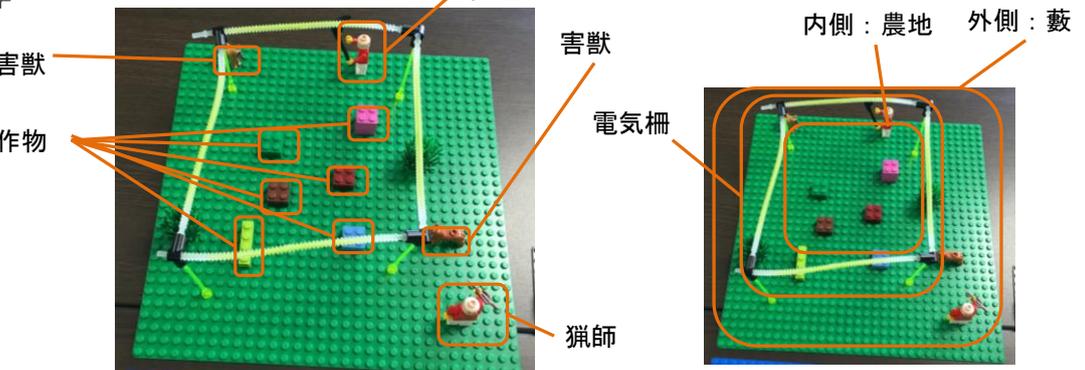
## 受賞等

- [1] 精密工学会春季大会 第 23 回精密工学会学生会員卒業研究発表講演会 エクセレントプレゼンテーション賞, 2016 年 3 月.
- [2] 日本機械学会 第 29 回設計工学・システム部門講演会 優秀講演表彰, 2020 年 11 月.

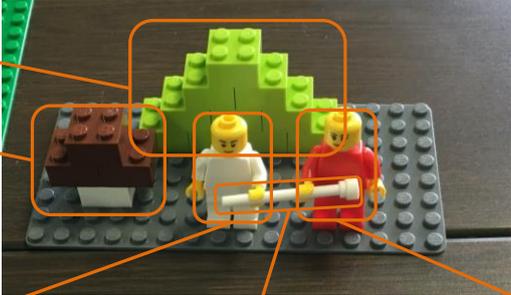
# 付録

<p> Title <b>あきる野市と獣害</b></p>	<p> Scene <b>電気柵の設置では獣害を防ぎ切れていない</b></p>
<p><b>Metaphor</b></p> <p>農家 猟友会 猟友会が飼育している犬</p>  <p>鳥獣観測システム開発者, 産業技術研究センター職員</p>	
<p><b>Story</b> 猟友会の協力を得て電気柵の設置などをして獣害対策をしているが、イノシシなどの害獣から農地やその農地にある作物を守り切れていない。またそれに対し、その農地の所有者である農家は怒っていたり、困っていたりしている。その現状の解決のため鳥獣観測システムの開発者や産業技術研究センターの職員などが森の調査に来ている</p>	

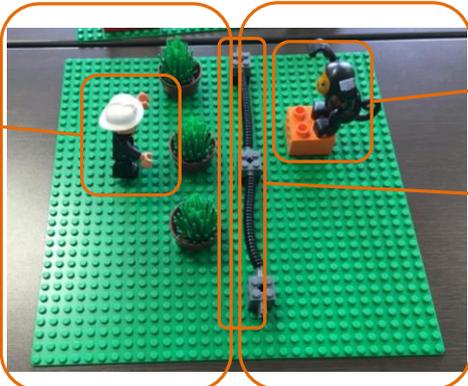
Appendix 1 PSS の現状モデル①（事例 1）

<p> Title <b>あきる野市と獣害</b></p>	<p> Scene <b>電気柵の設置と猟友会による獣害対策</b></p>
<p><b>Metaphor</b></p> <p>害獣 作物 猟師</p> 	
<p><b>Story</b> 農地の周りに電気柵を設置することで害獣から作物を守っている。しかしながら農地ではない外側のエリアでは人の管理が行き届いてなく藪化してしまっている。その藪化したエリアに害獣が侵入してきてしまい、民家周辺に影響が及ぶため猟友会により狩猟されている。</p>	

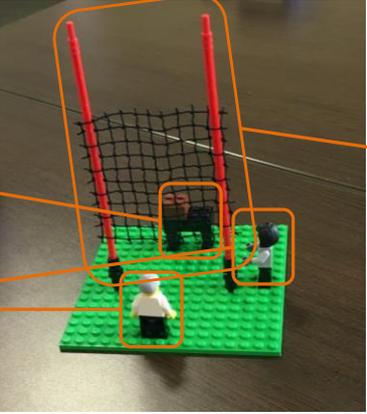
Appendix 2 PSS の現状モデル②（事例 1）

<p> Title <b>あきる野市と獣害</b></p>	<p> Scene <b>あきる野市と獣害の関係</b></p>
<p> Metaphor</p>  <p>山 民家 あきる野市 あきる野市と獣害の関係の強さを示している 獣害</p>	
<p> Story あきる野市は山に囲まれており、その周辺に民家が建っている。そのため民家の周辺に動物がいるのは当たり前で、あきる野市と獣害というものは切っても切れない関係であることを示している。</p>	

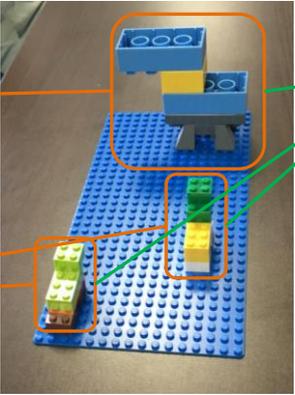
Appendix 3 PSS の現状モデル③（事例 1）

<p> Title <b>あきる野市と獣害</b></p>	<p> Scene <b>柵の効力の弱さ、またバッファゾーンの減少による獣害被害</b></p>
<p> Metaphor</p>  <p>地域の住民やハイカー 人間の居住区域 猿やイノシシなど、獣害被害をもたらす害獣 設置の仕方が甘く機能を果たせていない柵 野生動物の居住区域</p>	
<p> Story 獣害対策のために柵を設置しているが、設置後の維持管理が甘いことにより害獣は簡単に飛び越えてしまう。柵の設置のみでは獣害被害を防ぎ切れない。地域の住民やハイカーが害獣を発見した時、声を出すことでその害獣を追い払っている。またかつてはバッファゾーン（緩衝地帯）が野生動物と人間の居住区域に隔たりをもたらしていたがバッファゾーンの減少により、その隔たりがほとんどなくなっていることを表している。</p>	

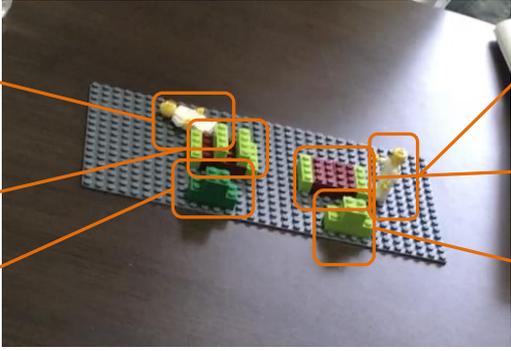
Appendix 4 PSS の現状モデル④（事例 1）

<p> Title <b>獣害対策の難しさ</b></p>	<p> Scene 人間の都合により住処を追い出された動物</p>
<p> Metaphor</p> <p>自分たちの住処を追い出された動物</p> <p>人間</p>	 <p>人間が勝手に決めた法やテリトリーの境界</p>
<p> Story 人間が勝手に獣害という扱いにしたに過ぎず、動物からしたら人間の勝手な都合により決められた法やテリトリーによって自分たちの住処が奪われているわけであり、動物らはそれらの事情を理解することはできない。</p>	

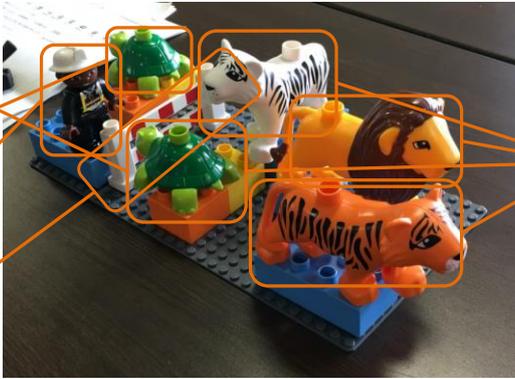
Appendix 5 PSS の現状モデル⑤（事例 1）

<p> Title <b>獣害対策の難しさ</b></p>	<p> Scene 人間の居住区域で出産し、そこで育つ動物たち</p>
<p> Metaphor</p> <p>動物の親</p> <p>動物の子</p>	 <p>たくさんの種類の動物（別の意味）</p>
<p> Story 人家の近くに侵入してきた動物がその付近で子供を出産し、その子らがその場所で成長すると、彼らはそこを自分たちの生活圏と勘違いして定住してしまう。豊富な食糧があるため、越冬する個体が増え、さらに栄養をたくさん得ることができるので出生数もふえ、結果的に爆発的な繁殖を引き起こしてしまう。また、獣害対策をしようとしても対象となる動物はタヌキ、イノシシ、クマ、アライグマ、ハクビシンなど非常に多くの種類が存在し、またそれぞれの個体でその対策の方法が異なるので「獣害」として一括りに全て対策するのは難しい。</p>	

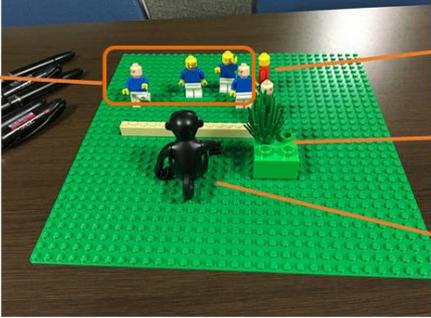
Appendix 6 PSS の現状モデル⑥（事例 1）

<p> Title <b>獣害対策の難しさ</b></p>	<p> Scene 山や畑を維持管理することができない、もしくは維持管理する人がいないことで獣害を引き起こす</p>
<p> Metaphor</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>獣害対策ができていない農家 もしくは、そもそも管理する人がいない様子</p> <p>管理が行き届いていない畑</p> <p>管理が行き届いていない山</p> </div> <div style="width: 30%; text-align: center;">  </div> <div style="width: 30%;"> <p>獣害対策をしている農家</p> <p>管理が行き届いている畑</p> <p>管理が行き届いている山</p> </div> </div>	
<p> Story 高齢化により山や畑を管理し切れなくなっている。また親から土地を相続して所有者となった息子娘世代の人自身が獣害被害や畑、山の維持管理に関心を示さなくなっていることから、昔は維持管理されていたのに今では荒廃化してしまった山や畑が増えている。</p>	

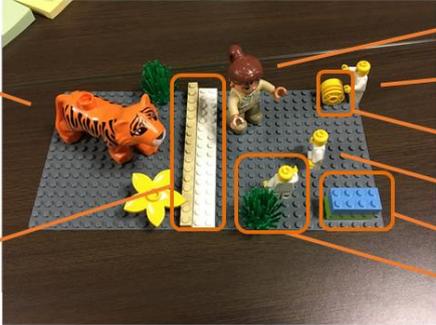
Appendix 7 PSS の現状モデル⑦（事例 1）

<p> Title <b>獣害対策の難しさ</b></p>	<p> Scene 繁殖した個体が生物多様性を持つ生息区域が溢れ、人間の居住区域に侵入する</p>
<p> Metaphor</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>繁殖してしまった個体 一部は人の居住区域に侵入してしまう</p> <p>地域の住民</p> <p>人間の居住区域と動物の居住区域の境界</p> </div> <div style="width: 30%; text-align: center;">  </div> <div style="width: 30%;"> <p>生物多様性の中、 生息する多くの野生動物</p> </div> </div>	
<p> Story 高齢化により山や畑を管理し切れなくなっている。また親から土地を相続して所有者となった息子娘世代の人自身が獣害被害や畑、山の維持管理に関心を示さなくなっていることから、昔は維持管理されていたのに今では荒廃化してしまった山や畑が増えている。</p>	

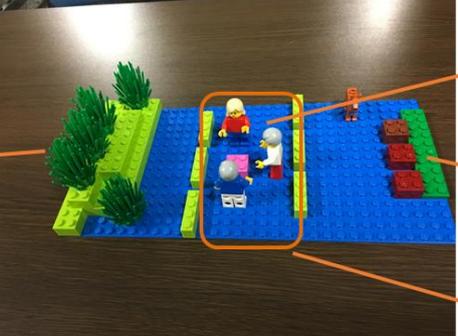
Appendix 8 PSS の現状モデル⑧（事例 1）

<p> Title <b>観光・スタディツアー</b></p>	<p> Scene <b>山林地区</b></p>
<p> Metaphor</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="296 488 424 544"> <p>市外からの 観光客</p> </div> <div data-bbox="568 427 999 745">  </div> <div data-bbox="1046 450 1278 678"> <p>観光客の安全を確保 できる観光ガイド</p> <p>山林</p> <p>あきる野市の動植物</p> </div> </div>	
<p> Story</p> <p>市外(都市部)からの観光客を招き、希少な動植物を見て回ると共に、害獣の生育地にも足を運んでもらい、害獣に「人が立ち寄る場所」と思い込ませることで、獣害対策に参加してもらおう(獣害対策をメインにしたスタディツアー)</p>	

Appendix 9 PSS ビジョンのモデル① (事例 1)

<p> Title <b>獣害対策参加or納税制度</b></p>	<p> Scene <b>獣害対策参加, 日常生活</b></p>
<p> Metaphor</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="280 1211 480 1245"> <p>あきる野市の動物</p> </div> <div data-bbox="579 1155 1015 1480">  </div> <div data-bbox="1046 1178 1326 1480"> <p>ガイド</p> <p>獣害対策に 貢献しない人</p> <p>お金</p> <p>獣害対策に 貢献する人</p> <p>バス</p> <p>草刈りをする子供</p> </div> </div> <div data-bbox="347 1402 528 1435"> <p>バッファゾーン</p> </div>	
<p> Story</p> <p>あきる野市の獣害対策に参加する人を市外から呼び込みつつ、あきる野市住民に対しては獣害対策に参加しなければ納税の義務を課す制度を設けることで、対策を成立させる</p>	

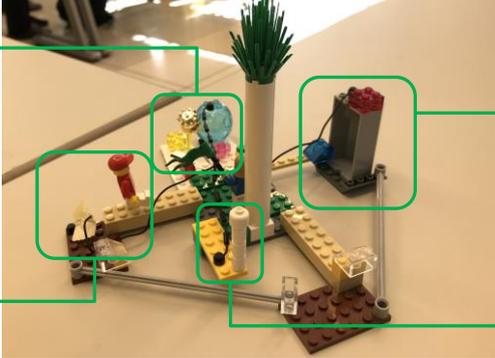
Appendix 10 PSS ビジョンのモデル② (事例 1)

<p> Title</p> <p><b>市外の人たちの活用</b></p>	<p> Scene</p> <p><b>バッファゾーンでのレジャー</b></p>
<p> Metaphor</p> <p>山林</p>	 <p>BBQを楽しむ人たち</p> <p>市街地</p> <p>バッファゾーン</p>
<p> Story</p> <p>バッファゾーンを山を囲うようにして整備し、そこにBBQ場などのレジャー施設を設けることで、市外から人を呼び込み、害獣が近寄らないようにする</p>	

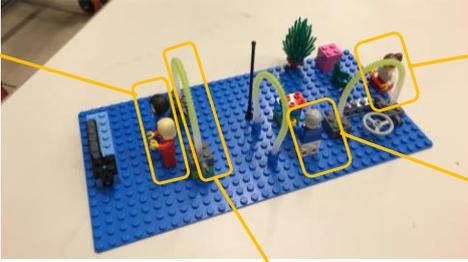
Appendix 11 PSS ビジョンのモデル③ (事例 1)

<p> Title</p> <p><b>2030年代の自治会コミュニティ</b></p>	<p> Scene</p> <p><b>いつもの自治会・サロンの様子</b></p>
<p> Metaphor</p> <p>リアルとデジタルを隔てなく参加する若者</p> <p>シニア男性のアバター(魔法使い)</p> <p>車いすにのるシニア</p> <p>リアル空間</p>	 <p>シニア女性のアバター(男性シェフ)</p> <p>シニア女性</p> <p>デジタル空間</p> <p>デジタル空間での違反を取り締まるセキュリティ</p> <p>自分の得意なことでコミュニティに貢献し、収益が得られる</p> <p>コミュニティ間のつながり(リアルで知らなくても、繋がっている)</p> <p>お金だけでなく、互助ポイントでのやりとりも</p>
<p> Story</p> <p>未来の自治会コミュニティでは、もはや障害の壁、世代の壁、リアルとデジタルの壁もなく人々が交流している。身体的に障害があっても、デジタルの場でその制約から解放されたコミュニケーションが可能となっている。また、自治会では、リアルの場合だけでなく、デジタルの場合でも、アバターでの参加を通じたイベントが随時実施されている。このような時間的、場所的制約から解放されることで、多世代のコミュニケーションが当たり前になっている。</p>	

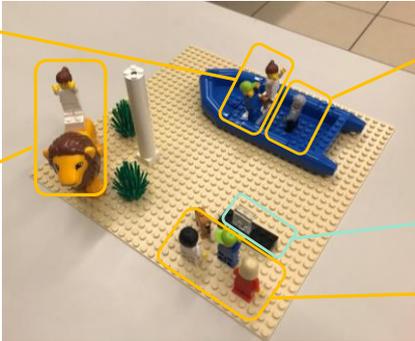
Appendix 12 PSS ビジョンのモデル① (事例 2)

<p> Title つながりがつづく「多摩平の森」2030</p>	<p> Scene 「価値のある体験」のハブとしての役割とその先につづく「多摩平の森」とのつながり</p>	
<p>住民にとって価値があり、住民同士のつながりを生む様々な経験と、自治会を通じてつながっている。 (自治会独自のイベントや料理教室、社協さんのサロンやオンラインイベント、大学の学園祭などなど)</p> <p>多摩平の森を出た後も、培ったつながりが継続でき、また多摩平の森で何がおこっているかを、離れた場所からも眺め、場合によってはオンラインでも参加できている。 そのつながりから、やがてまた多摩平へ帰ってくる住民もいる。</p>		<p>たとえ施設に入っても、多摩平の森で培ったつながりが継続でき、心のアラートが発生したときも、部屋から気軽に友人・知人とお話をしたり、オンラインでイベントに参加することができる。そのつながりが、リアルな関わり合いへもつながっている。</p> <p>多摩平の森にすむが、家族都合や体調、個人の性格から地域に出たくない方も、気になったときには気軽に「どんなことが行われているか」を知り、眺め、気が向いたら参加できるつながりが自治会により提供されている。</p>
<p>集合住宅という特性上、流動のある多摩平の森においても「住民にとって価値ある体験」へ様々な方法で参加できることにより、住民間のつながりが生まれている。 また、多摩平の森から離れた後も、そのつながりはオンライン上で継続されており、その先にリアルな関わり合い（遊びいこうかな、今度会いましょう等）へもつながっていて、故郷としての意味を持っている。</p>		

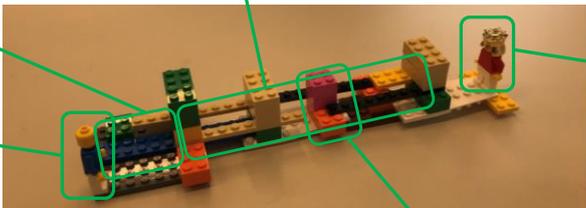
Appendix 13 PSS ビジョンのモデル②（事例 2）

<p> Title 2030年における日野市(多摩平)のコミュニケーション</p>	<p> Scene 多摩平団地住民の楽しみ方</p>	
<p> Metaphor</p> <p>料理教室を配信中</p>		<p>デバイスを見ながら園芸を楽しむ女性</p> <p>健康体操を視聴・配信している</p>
<p> Story ネット環境により、団地に住むそれぞれの住民がそれぞれのしたいことをできるようになっている。デバイスから情報を得て園芸や体操を楽しんだり、料理教室を配信する人などたような楽しみ方が存在している。</p>		

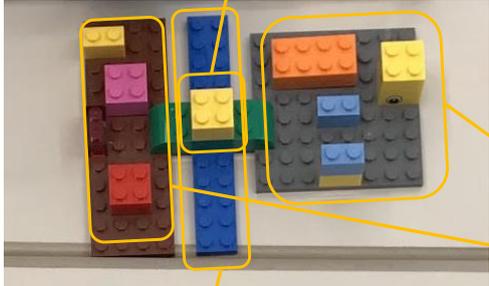
Appendix 14 PSS ビジョンのモデル③（事例 2）

<p> Title 2030年における日野市のコミュニケーション</p>	<p> Scene 多摩平の森に住む一世帯</p>
<p> Metaphor</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>孫(姉・弟)の ホログラム</p> <p>留学中の姉</p> </div>  <div style="text-align: center;"> <p>遠方に旅行中の おじいちゃん</p> <p>リモートコミュニケーション 機器</p> <p>団地に住む家族</p> </div> </div>	
<p> Story 団地に住む家族が、遠方にいる家族とその場でコミュニケーションがとれているような技術が開発されており、距離は既に関係なく、留学中や旅行中でも家族とその場で会話しているような感覚に。</p>	

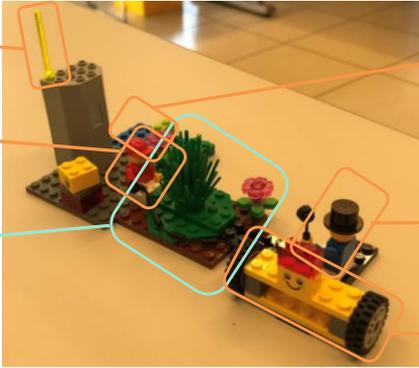
Appendix 15 PSS ビジョンのモデル④ (事例 2)

<p> Title 2030年における日野市のコミュニケーション</p>	<p> Scene 2030年における多摩平団地</p>
<p> Metaphor</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>手足を洗う水 場</p> <p>団地住民</p> </div>  <div style="text-align: center;"> <p>団地を繋ぐ渡り廊下</p> <p>団地のリーダー</p> <p>皆が集う喫茶店</p> </div> </div>	
<p> Story 団地の複数の棟が渡り廊下により繋がれている。これにより雨雪が降っても気兼ねなく移動することができている。また、その渡った先に皆が集う喫茶店が出来ている。渡り廊下の入り口には、水場も設置されており、犬などのペットも行き来可能となっている。</p>	

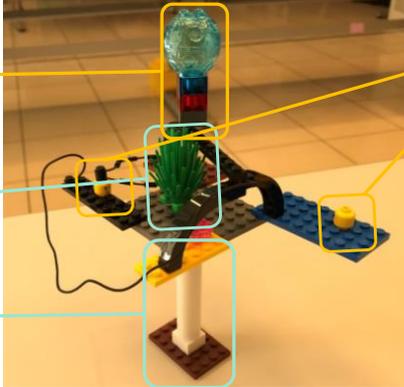
Appendix 16 PSS ビジョンのモデル⑤ (事例 2)

<p> Title 2030年における日野市のコミュニケーション</p>	<p> Scene 川をまたいで構成される日野市</p>
<p> Metaphor</p> <p style="text-align: right;">社協が人と人を繋ぐ。 様々な場所に目を向けられるようにしている</p> <div style="text-align: center;">  <p>日野市の川</p> </div> <p style="text-align: right;">多様な住民が 多様な思いを持っている様子</p>	
<p> Story 多様な人々が、多様な考えをもって過ごす日野市。その中で、社協の職員が架け橋となり、川の対岸の住民をつなぐ。地域の困りごととも規則性が無く多様なので、それらに対応することで、解決し皆が笑顔になれるまちをつくる。</p>	

Appendix 17 PSS ビジョンのモデル⑥（事例 2）

<p> Title 2030年における日野市のコミュニケーション</p>	<p> Scene 2030年における多摩平の森団地</p>
<p> Metaphor</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>WiFi</p> <p>団地の住民</p> <p>公園 多摩平の森</p> </div> <div style="width: 45%; text-align: right;"> <p>防災井戸や 畑</p> <p>遠方の家族</p> <p>緊急事態に作動する 援助システム</p> </div> </div> <div style="text-align: center;">  </div>	
<p> Story 公園など、多様な人の集まれる空間を中心に構成されている。また、家にいる人と遠方にいる人も繋がりを維持できる仕組みができています。コロナ禍のような非常事態が起きて自宅でも仕事ができる環境設備が整っている。また、住棟の近くに防災井戸や畑を設置することで、災害時でも対応できるコミュニティ。さらに、緊急時も住民を援助できるシステムが実装されている。</p>	

Appendix 18 PSS ビジョンのモデル⑦（事例 2）

<p> Title 2030年における日野市のコミュニケーション</p>	<p> Scene 2030年における多摩平団地</p>
<p> Metaphor</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> <p>将来の明るい未来</p> <p>多摩平の森</p> <p>多摩平が好きだという風土が根付いている様子</p> </div> <div style="flex: 2; text-align: center;">  </div> <div style="flex: 1;"> <p>多摩平の住民</p> </div> </div>	
<p> Story 今後は、世代間の繋がりだけでなく、市と法人や外国人との多様な繋がりが増加していく。また、家族世帯や単身などの世帯も多様化しており、それぞれが繋がり合っている。それら多摩平の住民は根本的に、多摩平の森が好きで、住み続けたいという気持ちを持っており、それが地域に根付いている。</p>	

Appendix 19 PSS ビジョンのモデル⑧（事例2）