



TOKYO METROPOLITAN UNIVERSITY

東京都立大学

2021 年度修士論文

不確実性と途絶リスクを考慮した
グローバル・サプライ・チェーンの
設計／再設計に関する研究

指導教員 開沼 泰隆

東京都立大学大学院
システムデザイン研究科
電子情報システム工学域

20861660 山本 遼太

目次

1	序論	1
1.1	はじめに	1
1.2	研究背景	1
1.3	研究目的	2
1.4	本論文の構成	2
2	グローバル・サプライ・チェーン・マネジメント	5
2.1	はじめに	5
2.2	サプライ・チェーン・マネジメントの概要	5
2.3	サプライ・チェーン・マネジメントの課題 ^[2]	7
2.4	サプライ・チェーン・マネジメントに対する数理解析 ^[2]	8
2.5	グローバル・サプライ・チェーンの概要	9
2.6	生産拠点の配置/再配置戦略	12
2.7	移転価格と移転価格税制 ^{[11][12]}	15
2.8	グローバル・サプライ・チェーンの関連研究	18
2.9	おわりに	20
3	リスク・マネジメント	21
3.1	はじめに	21
3.2	リスク・マネジメントの概要	21
3.3	サプライ・チェーン・リスク・マネジメントの概要	23
3.4	サプライ・チェーン・リスク・マネジメントの関連研究	27
3.5	おわりに	29
4	モデル構築	30
4.1	はじめに	30
4.2	モデルの概要	30
4.3	定式化	31
4.4	不確実性の考慮	34
4.5	途絶リスクの考慮	34
4.6	おわりに	37

5	シミュレーション	38
5.1	はじめに	38
5.2	シミュレーションの概要	38
5.3	シミュレーション結果および考察	41
5.4	おわりに	56
6	結論	57
	謝辞	59
	参考文献	60
	付録	63

1 序論

1.1 はじめに

現在、製造業は、多種多様化した需要への対応や、国際市場での競争、また、グローバル化した市場での様々なリスクなど、多くのことを考慮しなければならなくなった。そのような環境において、企業の競争力を高めていくため、サプライ・チェーン・マネジメントという手法に関心が寄せられている。

これまで、多くの日本の製造業企業は海外にも拠点を移し、生産や販売など国際市場での経営活動に取り組んできた。これは、日本国内の人口減少に伴う需要の減少や新興国の台頭に伴って生じた新たな需要を求め、企業がサプライ・チェーンを国外まで拡大したためである。このように国外まで広がったサプライ・チェーンのことをグローバル・サプライ・チェーンといい、さらに一つだけの流れでなくネットワーク化したものを、グローバル・サプライ・チェーン・ネットワークという。グローバル・サプライ・チェーン・ネットワークを構築することで、日本企業は新しいビジネスチャンスを見つけてきた。一方、サプライ・チェーンが複雑化するにつれて、多くのリスクと問題に直面している。グローバル・サプライ・チェーン・ネットワークにおいて生産拠点を決定する際には、多くのことを考慮してグローバル・サプライ・チェーン・ネットワークを設計/再設計する必要がある。

1.2 研究背景

1990年代、日本の製造業は、円高基調や日米の貿易摩擦の高まりなどから、安価な労働力を求めて、生産拠点を海外に設けるオフショアリングというグローバル・サプライ・チェーンの設計戦略を行い、競争力のあるものづくりに取り組んできた。しかし近年、中国をはじめとしたアジア諸国の人件費の高騰や、品質問題、為替レートの変動等サプライ・チェーンを取り巻く環境は変化している。消費者の需要の多様化や、技術流出を防ぐためなどもあり、多くの企業が生産拠点を移転している。中には生産拠点を再び日本に戻した企業も見受けられた。このように、生産拠点を国内回帰させるリショアリングや、近隣国に生産拠点

を移転するニアショアリングは、今日の激しい競争を生き抜くための戦略として重要視されている。

また、グローバル企業において、同一グループの企業間取引価格である移転価格の決定も重要な問題の一つである。移転価格を調節することで、税率の低い国に利益を集め、法人税を抑えることが可能である。

生産拠点の配置/再配置決定などの、グローバル・サプライ・チェーンの設計に関する研究では、コストや品質、リードタイムと柔軟性などに着目し取り組んでいるものが数多くある。最適化に取り組んでいる研究も多いが、設計戦略に着目し、数理モデルを用いて定量的に評価している研究は多くない。また、グローバル・サプライ・チェーンの設計/再設計を考えていくうえで、モデルの中に必ず不確定な要素が含まれる。しかし、最適化では複雑化やそれによる探索解が多くなりすぎてしまう、などの問題点があり、複数のシナリオを扱うことが難しく、不確実性の評価を行うのは困難である。他にも、自然災害やパンデミックなどによる途絶もグローバル・サプライ・チェーンの設計/再設計を考える上で、欠かせない問題の一つだと言える。しかしながら、途絶リスクを具体的に数値化し、モデルに要素として組み込むことは難しい。そこで本研究では、設計戦略の要因となるモデル内の変数を確率分布で表現し、途絶リスクについても確率分布で表現することで、シミュレーションを行い、グローバル・サプライ・チェーン・モデルの設計およびそれについての評価を行う。

1.3 研究目的

グローバル・サプライ・チェーンの設計/再設計は未来に対する意思決定を行うため、不確実性を考慮したうえで意思決定を行わなければならない。加えて途絶リスクを考慮することは多大な損失を防ぐ可能性がある。そこで本研究では、グローバル・サプライ・チェーンの不確実性及び途絶リスクを考慮した設計および評価方法の提案を行う。シミュレーションを通じて定量的に評価し、企業の生産拠点選定に対する意思決定を支援することを目的とする。

1.4 本論文の構成

本論文の構成を図 1.1 に示す。本章の序論に始まり、第 2 章では生産システムにおける原材料の調達、製造、物流、販売の部分となるサプライ・チェーンお

よび生産拠点配置/再配置を含んだグローバル・サプライ・チェーン・マネジメントの概要と移転価格税制について紹介し、関連研究とその課題について述べる。第3章では、リスク・マネジメントの概要を紹介し、関連研究とその課題について述べる。第4章では、本研究のシミュレーションで用いるグローバル・サプライ・チェーン・モデルの概要、モデルの定式化とシミュレーションの方法を述べる。第5章では、第4章で提案したモデルのシミュレーションで得られた結果をまとめ、その考察を行う。第6章では、本研究をまとめた結論を述べる。

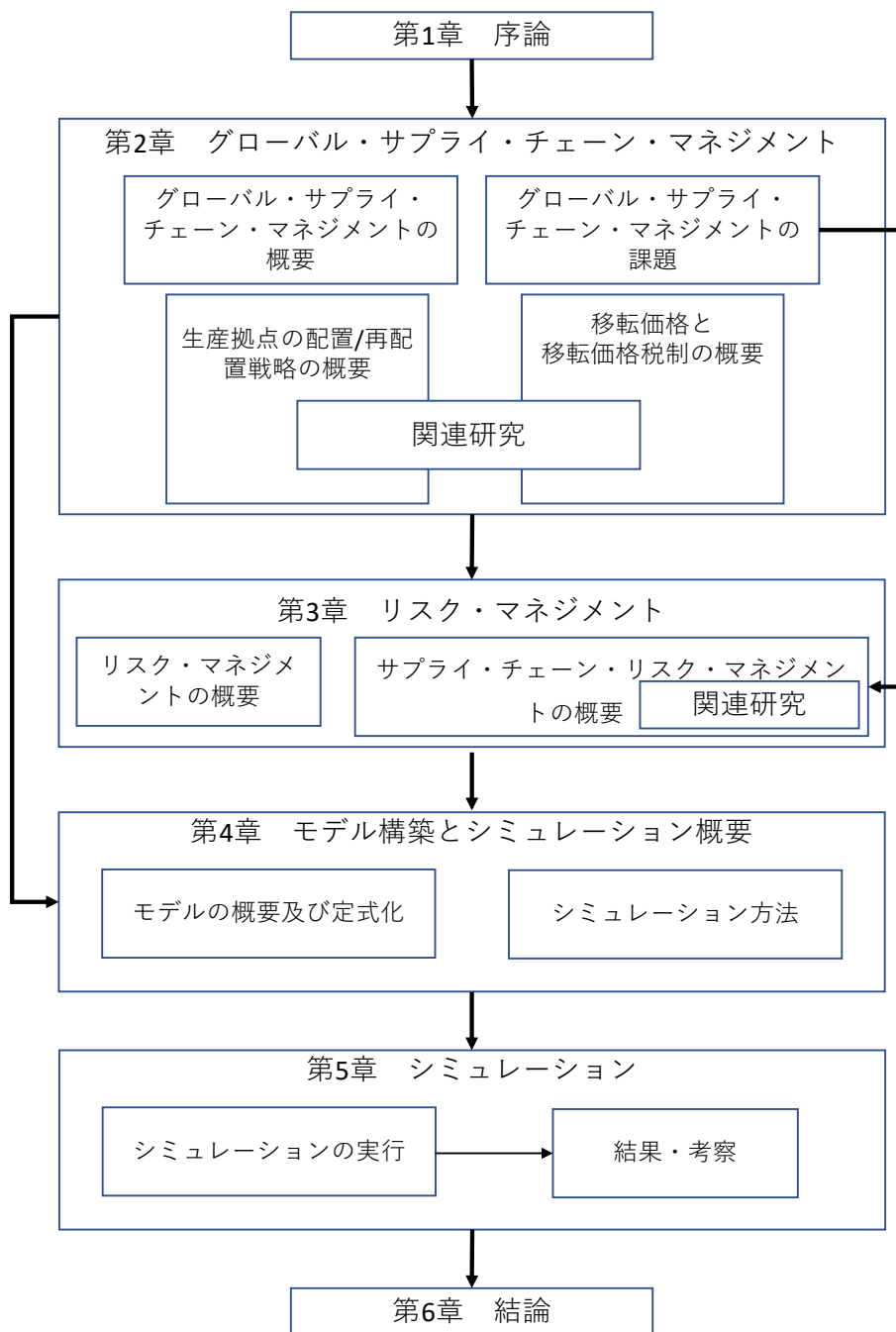


図 1.1 本論文の構成

2 グローバル・サプライ・チェーン・マネジメント

2.1 はじめに

サプライ・チェーン・マネジメント (Supply Chain Management: SCM) とは、経営コンセプトの一つである。さらに、サプライ・チェーン (Supply Chain: SC) の規模をグローバルに拡張したものをグローバル・サプライ・チェーン (Global Supply Chain: GSC) といい、さらに、一つだけの流れでなくネットワーク化したものを、グローバル・サプライ・チェーン・ネットワーク (Global Supply Chain Network: GSCN) という。本章では、それらの概要および課題について述べる。また、GSC における生産拠点の配置/再配置戦略の概要として、生産拠点を、海外移転するオフショアリング、国内回帰させるリショアリング、海外拠点から新たに近隣国へ移転させるニアショアリングについて解説するとともに、GSC に関する関連研究についてまとめる。

2.2 サプライ・チェーン・マネジメントの概要

1980 年代後半に米国において、SCM という概念が登場した。近年、企業にその概要や手法が注目されるようになった背景として、マクロ経済の動向、法制度の影響、技術の発展、消費者行動や組織間関係の変化、産業連関、グローバル競争の激化、パフォーマンスの悪化など様々な要因が関係している。

日本において、SCM が経営における具体的なアプローチとして注目が集まった背景を図 2.1 に示す。また、日本企業が SCM を導入したのには大きな理由が二つあげられる。まず、情報通信技術 (Information and Communication Technology: ICT) の飛躍的な発展である。SCM の基盤技術が一通り揃い、概念だけの存在ではなくなった。次に、ICT を活用した成功事例が米国から登場してきたことだ。バブル崩壊後、再生への方針を探っていた日本企業に大きな衝撃を与えた。さらに、成功を収めた企業はグローバル企業として日本はもちろん世界の市場に進出した。そのようなグローバル企業に対抗する競争力をつけるために、SCM への関心はますます高まった [1]。

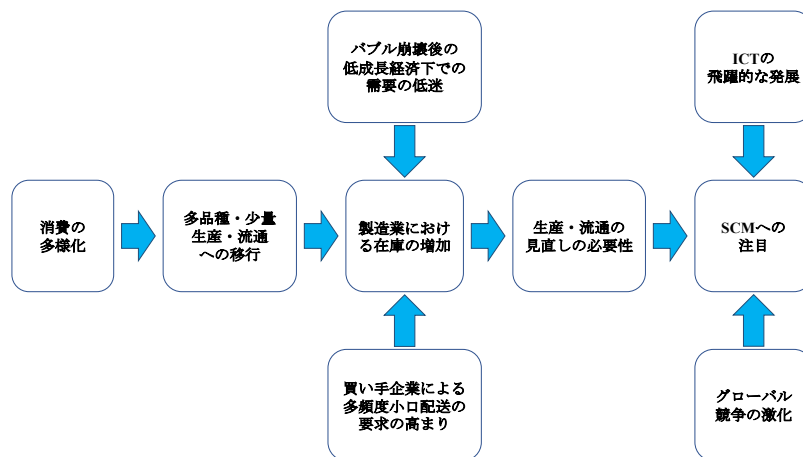


図 2.1 SCM が注目される背景 (※ [1] を基に作成)

中野 [1] は SCM とは、「SC における複数の部門や企業が、主に調達、生産、販売、物流に関する業務の中でも、特にモノと情報のストックとフローに関するオペレーション活動を対象に、戦略、構造、プロセスという三つのマネジメント要素を適合させることで、パフォーマンスのトレード・オフを克服し、オペレーションの競争優位を実現する、戦略的かつ組織的なマネジメント」であると定義している。

また、圓川 [2] は近年の SCM について、簡潔なものとして「SC を可能な限り効率的かつ効果的に運営して、最高レベルの顧客満足度を低コストで実現させる、ビジネスの根幹となる業務」と定義している。近年の定義においては、かつての日本における物流や在庫管理の延長のような論調とは異なり、顧客満足や価値創造を目的とする事業そのものの視点が述べられている。現在の SCM とは、広義には事業収益を決める顧客価値創生を最大限に高めるために、そこに結びつく SC オペレーションの要素である、QCDES（品質、コスト、納期あるいはスピード、環境、安全）の効果的、効率的なマネジメントに帰着させることが可能だとしている。また、調達から販売、顧客サービスなどの狭義の SC に加え、顧客価値創生などの価値連鎖（Value Chain）も広義の SC として加えている。

以上のように、SCM とは「費用削減や顧客満足度の向上などを図るとともに、市場変化に対し SC 全体を俊敏に対応させ生産の全体最適化を図ることを目的とし、調達から販売までの一連の流れを、部門間や企業間の垣根を超え SC として統合し、モノの流れと情報の流れを全体で共有、管理すること」だと言える。

2.3 サプライ・チェーン・マネジメントの課題^[2]

SCM を運用するにあたって、いかにして SC 全体の連携を取り、全体最適化を図ることができるかが重要になる。SCM は、外からの変動および内なる変動との戦いである。つまり、SCM を行うにあたり、全体最適化を複雑かつ困難にする障害が生じる。そこで、SCM を阻害する課題に対し、いくつかの要因を挙げる。

- 需要の不確実性
近年、製品のライフサイクルが短期化していること、消費者の趣向が多様化しかつ大きく変化していることなどから、需要の変動が激しく、市場の動向を予測することがより困難になり、SC 全体にその不確実性が大きな影響を与えている。
- ボトルネックの発生
SC の流れにおいて、それぞれのプロセスごとに処理能力にギャップが生じる。このギャップにより、ボトルネックが生じる。SC 全体のスピードを決めるのは、ボトルネックのサイクルにゆだねられている。
- リードタイムの変動
ボトルネックと別に、加工時間などではなく待ち時間を発生させる原因が内なる変動と呼ばれる、リードタイムの変動である。単に、平均時間を短縮するだけでなくその変動にも着目しなければ、リードタイムの短縮につながらない。
- ブルウィップ効果
「情報」×「組織の壁の数」における、情報の流れに起こる現象のことである。川下での実需の小さな変動が川上に行くにしたがって大きな変動となり伝播される状況が牛の鞭のように見えることから、ブルウィップ効果（Bullwhip Effect）と呼ばれる。実際よりはるかに大きな変動は過剰在庫や品切れなど SC 全体で大きな非効率を生み出す。つまり、SC において情報共有は重要になる。

- ダブルマージナライゼーション

ブルウィップ効果からわかるように、SCにおいて、情報共有は重要となる。しかし、いくら情報共有しても、実際の発注量などを決定する際にそれぞれの組織が自らの利益を最大化するような行動をとったとき、その総和がSC全体で利益を最大化した時に比べて大きく利益を損じるような現象が起こる。このような現象を、ダブルマージナライゼーションという。要するに、SC全体で追加的な利益を享受するためには、情報共有に加えて、利害の一致といった意識の共有することも欠かせない。

2.4 サプライ・チェーン・マネジメントに対する数理解析^[2]

今日、SCは構造的な変化と機能的欲求の高度化という二つの変革点を迎えていると言われている。一つ目は、企業活動のグローバル化による物流の国際的な広域化と関係者の多様化による複雑化である。これは、従来の単純な系列的な調達、供給連鎖から、オープンなネットワーク的連鎖への企業間関係の変化など、新しい流通形態への変化がもたらした。もう一つは、製品モデルチェンジの短期化、変化の激しい市場への即応性、環境対応などによるものである。操業上の変化の原因であり結果でもある企業の意思決定プロセスの改革を実現するために、より高度な需要予測や高速で大規模な計画策定手法への要求が高まっている。

SCの変革と高度化には、より高度で洗練された情報の活用が必要であり、必然的に数理科学的な分析と最適化手法の開発と適用が求められる。オペレーションズ・リサーチ (Operations Research: OR) は、このような多種多様な課題に対して様々な解決手法を提供し、企業の計画策定や意思決定を助ける技術である。

なお、ORには、様々な定義がなされているが、ここでは、図2.2に示すように、製品やサービスを生み出す企業活動や社会活動を、原料やエネルギーなどの入力を与えると製品やサービスを結果として出力するシステムとして捉える。根幹的な活動の仕組みを入力と出力の因果関係を表す数理的なモデルとして構築し、システムの運用方法を目的に即した数理科学的な道具を用いて分析し、より良い解決策を見出す方法論を指す。

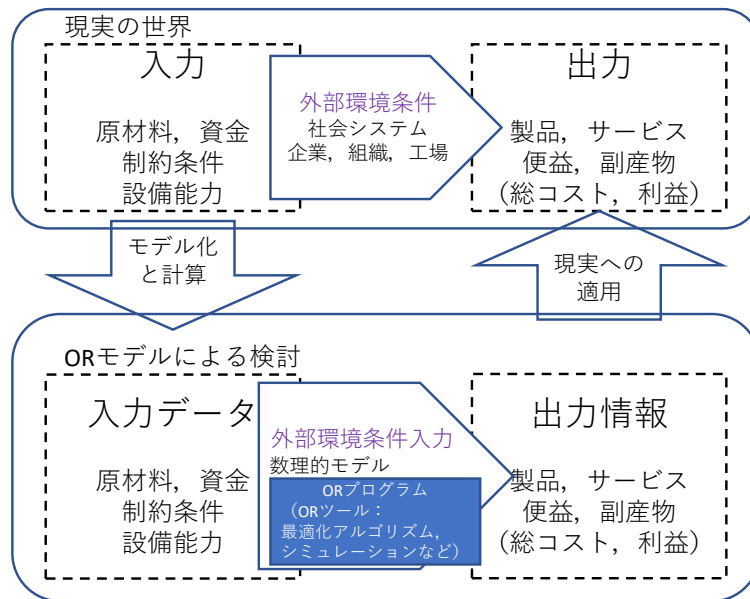


図 2.2 OR モデルによる検討の概念 (※ [2] を基に作成)

また、OR を適用することの効用は、モデル化による問題の理解や当事者間の共有、複雑な問題や大規模問題の計画策定と最適化、リスクを伴う課題に対する意思決定支援などがあげられる。しかし、OR を用いることは、適切な解決策や最適計画を得る以上の効果をもたらす場合も多い。主に、情報の共有が意見交換を促すこと、思いがけないモデル解を得ることで新たな気づきを生み視座転換が可能になること、などであり、このような機能は組織や制度に対するチェンジ・エージェントとしての機能を持っていると言える。

2.5 グローバル・サプライ・チェーンの概要

GSC とは、グローバルな規模を持つ、国家間をまたがる SC である。企業のグローバル化が進んだことにより、それまでよりはるかに巨大な市場が開けた。そのために、企業が扱う SC の生産、管理、物流、販売の規模は非常に大きなものとなった。具体的には、より安価な原材料や人材を手にすることができ、生産拠点に関しても、以前より選択肢が増えた。これらにより製造にかかるコストを減少させることが可能となった。一方で、グローバルな規模の SC になることで、政治的、文化的、経済的要因等が多様になるため、それらに伴う環境要因の不確実性、複雑性、不均一性も高まった。GSC は国内で完結する SC に比べて、あらゆる面で複雑になったことは明らかである。

これまで、日本の製造業は日本経済の成長とともに円高の影響を受け、安価な人件費や生産コストを求めて、主に中国などのアジア地域に生産拠点を移転する動き（オフショアリング: offshoring）があった。しかし、近年はアジア圏の国々の経済成長は著しく、安価な労働力だけでなく、それらの地域の国賠意欲も高まってきたことから販売マーケットとしても期待され、企業が進出する例も一般的になりつつある。ほかにも、主要な販売マーケットの授与に柔軟に対応するために国外に販売拠点等を置くこと、法人税などの税負担の低い国での経営活動を目的とした海外進出など、企業の海外進出の目的とその形態は多種多様化している。

このような経済環境や市場の変化によって、従来の SC がグローバル化、広域化し複雑化している。このような SC をネットワークとしてとらえ、活用する GSCN の考え方に注目が集まっている。

久保 [3] は、GSC が国内で展開される SC と異なる点を以下のように挙げている。

- 輸送時間並びにリードタイムが長く、需要、為替など不確実性が大きい。
- テロ、ストライキ、火事、洪水、大雪、ハリケーンなどの災害・事故のリスクを考慮する必要がある。
- 関税、関税控除、国産化率などを考慮して製品の調達や生産を考える必要がある。
- 国ごとに法人税率が異なるため、移転価格を調節して利益の配分を合法的に行う必要がある。

また橋本 [2] は、グローバル化した際の戦略的な拠点決定の要因として以下のような項目を挙げている。

- 調達先の立地や調達量・調達コスト
- 生産要素のコスト
- 生産技術
- 規模の経済
- 許容納品リードタイム
- 運賃負担力
- 在庫コスト・在庫保有リスク
- 拠点や輸送手段のリスク

GSCを構築していく上では、以上のような事項を考慮して決定を行っていかなければならない。GSCは国家の国境を越えて構築されることにより、国内でのSCMに比べて政治的、文化的、経済的な差が大きく、より複雑で不確実な環境下での運営が求められることとなる。GSCのビジネスプロセスは大きく七つに分類され、主に以下のような必要事項があげられる [4].

(1) 戦略

規模と範囲の経済による現在の活動の効率的達成と現在の活動にともなうリスクの管理、環境変化に対するイノベーションと適応の学習能力の開発など。

(2) リスクマネジメント

環境調査と経営の柔軟性（賃金、利子率、為替レートなどの経済環境）の変化への対応、同様に、政府の政策（租税、関税、法的要件、技術基準、現地調達率）の変化への対応も。加えて、業界構造や法的要件が異なるグローバルな競争者の行動に対する識別と準備、多様な国や文化のもとでの資源能力の識別、準備、管理など。

(3) ナレッジ・マネジメント

国や文化を超えてのイノベーション、適合に備えた組織プロセスの開発や所有技術の保護など。

(4) リレーションシップ・マネジメント

戦略的目標の達成とリスク管理のできる企業にさせる関係の構築。顧客やサプライヤーとの関係で文化的意味の理解をはじめ、多様な国でのリスク管理と同時に戦略的目標を達成し、法的要件を満たすための関係の構築など。

(5) 財務管理

財務会計システムと同種のコストデータの違いの理解や租税と関税の最小化のための移転価格の最適化など。

(6) 組織能力

新しいスキルの要求（言語、習慣、為替レート、外国市場の機械、外国のロジスティクス）やモチベーションへの文化的意味の理解、適切な報酬と評

価システムなど。

(7) 情報管理と技術

グローバルベースで互換性のある情報技術の開発をはじめ、オペレーティング・システムの標準化、SC 戦略と運営のためのグローバル・データのアクセスと利用を可能にする情報システムの開発など。

以上のようなことを、GSC の構築および運営にあたり、考慮して決定を行う必要がある。GSC は国家間をまたがり構築されるため、国内で完結する SC に比べ、より複雑で不確実な環境下での運営が求められる。

2.6 生産拠点の配置/再配置戦略

生産拠点を海外に移転するオフショアリングについて述べたが、近年、円高が緩和されるとともに、アジア諸国での人件費を中心とした生産コストの上昇や、リスクへの対応、技術流出の防止、高品質製品の需要増加や納期遵守などの目的の達成のため海外に移転した生産拠点を再び日本国内に回帰させる動き（リショアリング: reshoring）や、国内における拠点の再編、既存施設の増強など、様々な形で国内投資が活発化している。海外の先進国においても各国政府が産業活性化や雇用増加を目指し製造業の国内誘致を進める動きもある。また、中国の急激な経済発展によって生産コストが上昇したため、オフショアリングを行っていた企業が近隣の労働力の安いアジア諸国に生産拠点を移転する動き（ニアショアリング: nearshoring）も一つの戦略として注目を集めている。

これらの日本企業の動きとして、独立行政法人日本貿易振興機構（ジェトロ）[5] の「2018 年度 日本企業の海外事業展開に関するアンケート調査」結果によれば、海外拠点の生産の変化もしくは拠点の変更として、減らす方向では「中国」は高く、対して、増やす方向では「ASEAN」、主にタイとベトナムの高さが顕著に表れている。ただ、「中国」は増やす方向でも高く、検討中においては増産が減産を上回っている。なお、増加の方向では「ASEAN」が最大であるが、「中国」は次いで 2 位であり、「ASEAN」各国と比べると最大である。さらに、「2020 年度 日本企業の海外事業展開に関するアンケート調査」[6] によれば、海外で事業拡大を図る対象国・地域数について、一社あたり 4.9 と前年度に比べ増加している。リスク分散意識の高まりから、検討対象の国、地域を増やす動

きが強まった、と考えられている。

また、経済産業省 [7] の「2019年版ものづくり白書」によれば、過去1年の国内回帰について100社近く（775社のうち12.5%）が行ったとしており、この動きはここ数年一定程度継続してみられる。「中国・香港」から戻した割合が最も多く57社（109社のうち52.3%）だが、昨年の69社（111社のうち62.2%）に比べると減少がみられる。次いで、「東南アジア地域」も多く42社（109社のうち38.5%）で昨年に比べて10社ほど増加している。主な理由として順に、人件費、品質管理上の問題、リードタイムの短縮、技術上の問題などが挙げられている。

海外でも製造業の国内回帰は活発化している。特に、欧米諸国をはじめ、中国や韓国でも国内回帰を図る企業に対して政府が積極的な支援策を打ち出している。主要各国の政策について表2.1に示す。

日本総合研究所 [9] の調査によれば、現在起こっているリショアリングは、三つに大別することができる。

- (1) 円安により国際競争力が改善したことによるもの
- (2) インバウンド需要の増加により、我が国の消費市場規模が拡大したことによるもの
- (3) 自動化と技術開発強化に向け国内の「マザー工場」への投資拡大によるもの

また中村 [10] は、日本に国内回帰現象が生じる主な理由を次のように述べている。

- 国内景気の好況による資金的余裕
- 先端技術の流出を避けるためのブラックボックス化
- 開発と生産の一体化国内工場での量産ノウハウの確立
- 国内での関連産業の技術集積の存在
- 生産ラインの自動化等の革新による高賃金の克服
- 国内自治体による先端工場の積極的誘致
- 新興市場国に存在するカントリーリスク

表 2.1 各国の国内回帰振興策 (※ [8] を基に作成)

国	支援策・産業政策	概要
イギリス	Reshore UK	製造業の国内回帰を支援する政府プロジェクト。国内回帰検討企業に対し、情報提供などのサービスを実施、中小企業には財政支援も提供。
	AMSCI(Advanced Manufacturing Supply Chain Initiative)	国内回帰を目指す企業の事業計画の優劣を競う。政府主催の企業コンテスト (海外企業も参加可)。政府の資金援助や従業員への講習に繋がる。
フランス	L'aide à la réindustrialisation	中小企業の国内回帰を促すための無利子融資制度 (海外企業も利用可能)。政府系機関から、1 事業について最大 200 万ユーロが融資。
	コルベール 2.0	国内回帰を検討する企業向けの情報提供サービス。事業の実現可能性や政府支援策などに関する情報提供をオンライン上で行う。
ドイツ	インダストリ 4.0	次世代情報技術の導入による産業戦略。「スマート工場」導入の推進を行っている。
	中小企業 4.0	中小企業へのインダストリ 4.0 導入支援策。支援を行う「コンピテンスセンター」を設置。
	新ハイテク戦略	成長分野の育成に向け企業のイノベーションを支援。6 つの重点分野で研究開発プロジェクトを進行中。
アメリカ	「製造コミュニティ」支援策	連邦政府から助成金を受ける「製造コミュニティ」を産業の核にし、国内各地に整備する取組。
	中小企業向けイノベーション支援策	連邦政府や研究機関の保有するイノベーション資産・技術の開放などの中小企業支援策。
中国	中国製造 2025	新興企業向け私募市場の整備や次世代情報技術の導入の推進と 10 の戦略分野を重点的に育成。
韓国	輸出競争力強化策	中小・中堅輸出企業に向け、貿易金融の整備や輸出企業の育成などを実施。
	U ターン企業支援法制	法人税の減免や土地・設備投資への助成など、国内回帰企業への多角的支援策を整備。

マザー工場を国内に置く役割として、海外工場に対して技術移転、トラブルが発生した場合の対処、海外工場で中核となる人材の養成、海外への新製品導入の円滑化などがあげられる。技術的な観点では、海外工場はコスト重視の量産工場として位置付けられ、国内工場を中心としたマザー工場は最先端の技術や素材を駆使した高付加価値製品の供給拠点に位置付ける企業が多い。目的に応じてよりよい拠点配置を考え続けていく必要がある。

さらに近年、世界の経済的枠組みがこれまでの常識を逸脱し変化する事象が起きている。イギリスの EU 離脱やアメリカの TPP の離脱などである。アジアでは、多国間経済協定が長年模索されてきたが、現在は各国が内向き化する動きも強い。

これらは、グローバルに事業展開する企業にとって、SC の重要な決定要素である関税や貿易ルールが今後変更され、それに伴い SC におけるコストが大きく変動する可能性を示唆している。

2.7 移転価格と移転価格税制^{[11][12]}

グローバルにビジネスを展開している企業にとって重要な問題の一つとして移転価格の問題がある。移転価格 (Transfer Price: TP) とは、グローバル企業におけるグループ内取引価格のことである。現在、多くのグローバル企業が様々な国に現地法人を設立し、その現地法人と日本法人との取引が盛んに行われている。このような国をまたいだ取引が行われる際、国ごとに税率や税制度が異なるため、移転価格を調節して法人税率のより低い国に利益を集中させることで、国に納める税額を抑えることができ、節税を試みる事が可能となる。これが移転価格の考え方である。日本から海外子会社に販売する製品の価格を高く設定した場合、海外子会社の利益は少なく、日本の本社が多くの利益を獲得する。一方、価格を安く設定した場合、逆に海外子会社の利益が多くなる。企業から見れば同じグループ内の関連者間取引であるため、取引価格の設定は自由であり、戦略的に節税を行うことでグループ全体の利益を最適にすることができる。

移転価格の仕組みを図 2.3 に示す。法人税率が 30 % の A 国、法人税率 20 % の B 国での取引を考える。親会社 X 社が A 国に、子会社 X' 社が B 国に拠点を置く。移転価格を①150 に設定して取引を行うと、X 社は売上 150、仕入費用 100 であるため利益は 50 となる。A 国の法人税率は 30 % なので、課税額は

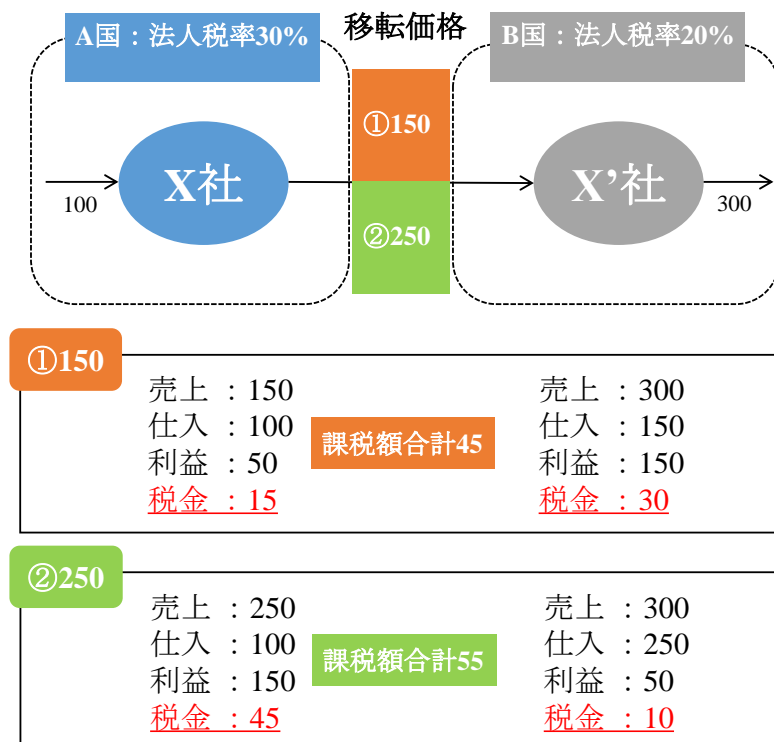


図 2.3 移転価格の仕組み (※ [11] を基に作成)

15 となる。X' 社は売上 300、仕入れ費用 150 であるので利益は 150 である。B 国の法人税率は 20 % なので、課税額は 30 となる。よって、全体の課税額合計は 45 となる。一方、移転価格を②250 に設定して取引を行うと、X 社は売上 250、仕入費用 100 であるため利益は 150 となる。A 国の法人税率は 30 % なので、課税額は 45 となる。X' 社は売上 300、仕入費用 250 であるので利益は 50 である。B 国の法人税率は 20 % なので、課税額は 10 となる。よって、全体の課税額合計は 55 となる。このように、移転価格が 150 の場合と 250 の場合では、企業全体の課税額が異なる。国際取引で移転価格を操作し、税率の低い国に利益を集めることで節税につながった例である。

しかし、移転価格の設定にはリスクもある。本社および海外子会社の利益の額は、それぞれ日本および現地政府に収める税額に影響する。そのため政府は、自国の税収を確保するという目的から、グローバル企業のグループ間の国際取引価格に関して一定のルールを設けている。これが移転価格税制である。政府は、移転価格税制に基づいてグローバル企業の取引価格の妥当性を検証し、不適正と判断した場合には、追加課税することができる。もし仮に X 社とはまっ

たく関係ない Y 社に対して同じものを 250 で販売していたとする。すると、A 国税務局は移転価格を 150 にすることで、不正に利益を移転していたとみなし、販売価格を 250 とみなして、追加課税を行う可能性がある。このとき、A 国での課税が増加しても、B 国で支払う税金は減少しない。このような状態を二重課税という。国際取引は、関連者間の取引であると同時に、国家間の取引でもある。つまり、一つの国際取引において、企業だけではなく、国家、政府が利害関係者として存在することになる。したがって、移転価格は企業が経営上の観点のみで勝手に設定できるものではないと言える。特に各国政府の目的は税収の最大化であるため、一方の政府が適正な移転価格と認定しても、もう一方の政府が適正としないケースも存在する。各国の政府は、グローバル企業の取引価格の設定が、自国にとって不利になることを防ぐため、制度として、「移転価格税制」を導入しているのである。

ここで論点となるのが、あるべき移転価格の算定方法である。あるべき移転価格は以下の基準法で算定される。

(1) 独立価格比準法 (CUP 法：Comparable Uncontrolled Price Method)

国外関係者間取引に係る棚卸資産と同種の棚卸資産を、国外関係者間取引と同様の状況の下で行われた非関連取引の対価の額をもって独立企業間価格とする方法。

(2) 再販売価格基準法 (RP 法：Resale Price Method)

非関連者への再販売価格から通常の利潤の額を控除して算定した額をもって独立企業間価格とする方法。

(3) 原価基準法 (CP 法：Cost Plus Method)

製造等の原価に通常の利潤の額を加算して算出した額をもって独立企業間価格とする方法。

OECD ガイドラインおよび各国の移転価格税制において、「適正な価格」とは、「関連者間の取引が、仮に第三者間で行われていた場合の価格」とされている。関連者間の場合、移転価格を自由に操作できるが、第三者間であればマーケットで価格が決まるため、(寡占や独占の場合を除いて)一企業が恣意的に価格を決めることはできない。そこで、第三者間取引をベンチマークとして、「適正な価格」を判断しようとするのが、OECD ガイドラインの基本的な考え方である。どの基準法を採用するにしても比較対象取引を探し出すことが最も重要

であるが、困難でもある。このような取引を探し出すには、その国の事情をよく知ったエコノミスト等の利用が不可欠である。あるべき移転価格算定に当たって、複数の比較対象取引が選定される。そして、そこから導き出される取引価格は複数あり、その複数の価格から生まれる幅をどのように扱うかの問題がある。グローバル・スタンダードとして、あるべき移転価格には幅が存在し、企業はその範囲内で移転価格に関する意思決定を行っていかなければならない。

2.8 グローバル・サプライ・チェーンの関連研究

ここでは、GSC についての関連研究について述べる。特に生産拠点配置に関する研究について取り上げる。

2.8.1 拠点配置/再配置に関する文献調査研究

Stentof ら [13] は、2009 年から 2016 年に発行された「リショアリング」を扱った 20 の論文などに対して、分析と評価を行った。研究方法や業種をはじめとし分類を行った、製造を元に戻す要因については「コスト」「品質」「リードタイムと柔軟性」など 7 つのクラスターに分類した。主な要因として最も用いられていたのは「コスト」であったが、「品質」や「リードタイムと柔軟性」についても多くの議論がなされていた、としている。

また、経済産業省 [14] によれば、国内生産拠点の方針について、6 割以上が海外生産拠点との差別化を図るための生産拠点という回答であり、具体的な役割としては、新しい技術や製品など新たな付加価値を生み出す「イノベーション拠点」、海外英関する生産技術や海外工場のバックアップを行う「マザー工場」、多品種少量生産などに柔軟に対応できる「フレキシブル工場」が多かった。

他にも、海外での生産に対する国内生産の優位性については、回答が多かった順に、「多品種少量生産に対応できる」、「短納期に対応できる」、「取引先のニーズを汲み取りやすい」などとあげられていた。また、GNT100 選や「ものづくり日本大賞」を受賞した企業において、「高度な技能を活用できる」や「コアな技術やノウハウの流出を防ぐ」と回答した企業が相対的に多く、高度な技能やオンリーワンの技術を国内に留めておくこともグローバル市場での優位性を獲得、維持する要因の一つとなっていることがうかがえる。

2.8.2 移転価格の決定を含めた SC 設計に関する研究

Vidal ら [15] は、移転価格の決定について、SC における利益計算を定式化した。Hammami[16] らは、それを基に、移転価格の決定方法を二つ検討し、数値実験を行った。結果として、境界設定法 (lower and upper bounds) が上限と下限を設定し移転価格を決定できるのに対し、PS 法 (profit split) は SC のプロセスごとに重みづけし利益を分割、移転価格を決定するため、移転価格決定の際の幅は狭く、境界設定法を用いるほうが PS 法を用いるより平均利益が多く得られた。また、移転価格を考慮することは工場の移転を抑えることが分かった。

2.8.3 確率モデルを用いた研究

Hammami ら [17] は、為替変動の不確実性や価格割引を考慮したサプライヤー選択のためのシナリオベースの確率モデルに関する研究を行った。確率モデル、為替変動はするが不確実性は考慮しないモデル、為替一定のモデルの三つについてシミュレーションを行い比較している。不確実な為替相場の変動や価格割引がある場合にサプライヤーの選択の問題について、サプライヤーの選択と購入数量の決定をシミュレーションによって行っている。サプライヤーの選択において、直面する問題は為替変動ではなく、その変動が不確実性であることが示された。グローバル企業は、不確実性を考慮したうえで最適なサプライヤーを選択する必要があると言える。

Fattahi ら [19] は、価格依存を持つ不確実な需要を伴う SC の再設計問題に対して多段階確率プログラム (Multi-stage stochastic program: MSSP) を用いた研究を行った。SC の戦略的決定を MSSP で表現した。MSSP の優位性が検証されるとともに、価格決定の最適なポリシーが予測不可能であることが示された。

2.8.4 不確実性を考慮した SC 設計／再設計に関する研究

著者ら [18] は、不確実性を考慮した SC の設計／再設計に関する研究として、設計戦略についての評価を行った。移転価格について定式化し、SC の利益計算の要素である各コストについて、正規分布に従うとしてシミュレーションを行った。各設計戦略ごとにそれぞれ、オフショアリングは中国、リショアリングは日本、ニアショアリングはタイに工場が立地するものとして評価を行った。

結果として、ニアショアリングであるタイに工場を配置した場合に利益を得られることが分かったが、近年多く見られるリショアリングの裏付けには繋がらなかった。これはリショアリングには利益に繋がらない利点があり、その利点を考慮することなどが課題だと言える。

2.9 おわりに

SCM は企業経営において外せない役割を果たし、企業経営においてその役割は、さらに大きくなっていくと考えられる。加えて、今後ますますの発展が期待されている。

SC の規模をグローバルに拡張しネットワーク化した GSCN の考え方は、これからの企業の国際経営戦略に必要な非常に重要な要素となる。生産拠点に関しても、市場のニーズや経済状況など日々変化する不確実な要素を考慮し検討を重ねていかなければならない。これまで、主に安価な労働力を求めオフショアリングが進められたが、近年のリショアリングの動きはコストの問題だけでなく、品質や市場への対応などこれまでとは違った目的も含め、よりよい SC を目的に拠点配置が行われていることが分かった。関連研究などからは、GSC を構築する上での決定要因をはじめ、各国の税率、それに伴う移転価格の決定方法、為替変動や不確実性などが重要な問題、または重要な問題に繋がることが示された。

本章では、SCM, GSC, GSCN についての概要をはじめ、直面する課題についてと、生産拠点配置/再配置問題や移転価格税制など、また、それらを含んだ関連研究についてまとめた。

3 リスク・マネジメント

3.1 はじめに

一般的に企業が継続的に事業を進めていくとなると、その過程で様々なリスクに遭遇する。自然災害をはじめとし、政情不安やシステムトラブルなど多種多様な発生要因がある。そこで、本章ではリスク・マネジメントの概要、またSCMの考えにリスク・マネジメントを取り入れたサプライ・チェーン・リスク・マネジメント (Supply Chain Risk Management: SCRM) について紹介する。

3.2 リスク・マネジメントの概要

近年、企業を取り巻く環境も複雑になり、SCのグローバル化をはじめとし、不景気などの影響に対応するために、リスク・マネジメントが必要不可欠なものとなっている。

リスク・マネジメントの定義は、国際標準化機構 (ISO: International Organization for Standardization) のISO31000において、「リスクについて、組織を指揮統制するための調整された活動」と示されている。具体的には、組織の目的に影響を与える不確かさを把握し、最適な対応を行うことであるとしている。また、「リスクを把握・特定し、発生頻度 (確率) と強度 (影響度) で評価し、その対処法を考える一連のプロセスである」と久保 [20] は述べている。

リスク・マネジメントを考えるうえで、まず考慮すべきことはリスクを特定することである。一概にリスクと言ってもその種類は多く、リーマンショックによる急激な円高ドル安の為替変動リスク、2011年の東日本大震災やタイの洪水による災害リスク、政情不安やテロによる政治的リスク、2012年の東京証券取引所のシステム障害によるシステムリスク、など多種多様なリスクが存在する。もちろん、リスクの種類によって、管理手法も大きく異なってくる。

また、損失を与える要素だけがリスクとは限らない。東日本大震災やタイの洪水などのような自然災害、あるいは作業者の不注意やミス、偶発事故などは、企業に対して損害のみを与えるリスク (loss only risk) である。一方で、外国為替レートの変動は、円安傾向に動く輸出関連の企業では利益増が見込まれるが、輸入関連の企業では損失増が見込まれる。そのため、外国為替レートなど

は損害または利益のいずれかを与えるリスク (loss or gain risk) であると位置付けることができる。リスク・マネジメントは、損害のみを発生させるリスクだけでなく、リスクと呼ばれるあらゆる不確実性要素を対象として、リスクを把握して最適な対応を施すことである。

リスク・マネジメントのプロセスは、リスクの確認、リスクの評価、リスク処理手段の選択、計画の実行、結果の監視、の流れだと亀井 [21] らは述べている。リスク・マネジメントの戦略ポイントは特に、リスク処理手段の選択にあると考えられる。リスク処理手段の選択とは、費用対効果を考慮した上で、リスク処理手段 (回避・除去・転嫁・保有) の最適の組み合わせを選択することである。これは、リスクの評価の下で、企業におけるリスクの脅威・損害を減少させ、その上で収益力と資産の保全を担う意思決定である。そのため、リスク・マネジメントの戦略は、リスク処理手段の選択にあると言える。リスク処理手段については、危険制御 (risk control) と危険財務 (risk finance) に分けて考えることができる。危険制御とは、リスクの発生を未然に防止することを目的として、仮に発生したとしても最低限にその被害を抑えることである。危険財務とは、発生してしまったリスクに対して、必要に応じた資金繰りを予め考慮しておくことである。つまり、危険制御は事前対策、危険財務は事後対策と言える。前述した、リスク処理手段はそれぞれ、回避・除去が危険制御に、転嫁・保有が危険財務に分類される。リスク・マネジメントの戦略としては、リスク処理手段をその都度、様々なシチュエーション別に分けて選択・実行するものである。

企業は、災害や事故で被害を受けても、取引先等の利害関係者から、重要業務が中断しないこと、中断してもできるだけ短い期間で再開することが望まれている。また、事業継続は企業にとっても、重要業務中断に伴う顧客の他社への流出、マーケットシェアの低下、企業評価の低下などから企業を守る経営レベルの戦略的課題と位置づけられる。この事業継続を追求する計画を「事業継続計画」(Business Continuity Plan) と呼び、バックアップのシステムやオフィスの確保、即応した要員の確保、迅速な安否確認などが典型である。それらは、事業内容や企業規模に応じた取り組みでよく、多額の出費を伴わずとも一定の対応は可能なことから、すべての企業に相応した取り組みが望まれている。

リスク・マネジメントは、企業が継続的な活動を行っていくうえで事業継続計画として、必要なマネジメント・コンセプトである。これまで、リスク・マネジメントの戦略と考えているリスク処理手段に着目して述べてきたが、リスク・

マネジメントの課題で最も重要な課題が費用であると考えられる。これまでの事業継続あるいはこれまで以上の事業を行う際に、リスクを完全に排除することは不可能である。

企業にとっては予測可能なリスクもあれば、予測不可能なリスクもある。例を挙げると、東日本大震災やタイの洪水のような自然災害は予測不可能なリスクとして位置付けられる。予測不可能なリスクに対しては、予め事前対策を取り、リスクを最小限に抑えることが無難な策であると考えられる。そのためには、工場の分散化、標準部品の使用、代替工場の保持などが考えられる。予測可能なリスクに対しては、リスクの保有である保険をかけることも可能である。ただ、保険の対象の範囲には限界があり、さらに時としてコスト負担能力を超える保険料支払いを余儀なくされる。リスク・マネジメントは常に費用対効果を見ていることから、効果に対して費用が大きい場合、企業はどのような意思決定を施すかが課題となってくる。

3.3 サプライ・チェーン・リスク・マネジメントの概要

これまで日本の製造業では、効率性を重視する SC の構築を目指して、利潤の追求をしてきた。その中で 2011 年の自然災害の出来事は、効率重視の SC の脆弱性を露呈するものとなってしまった。災害の発生頻度の上昇、効率化を求めてきたことによる脆弱性の存在、グローバル化の進行など不確実性が高まる近年の SCM において、適切にリスクを考慮して、柔軟かつ頑強な SC の設計、監理、運用をしていくことが今後の事業継続に対して求められている。

SC におけるリスクの種類について、Christopher ら [22] は、以下のように分類している。

- 内部リスク

プロセスリスクとコントロールリスクが存在する。どちらも、SC を構成する企業の中に存在するものである。プロセスリスクとは、事業を行う際のプロセスから発生するリスクであり、コントロールリスクとは、企業が事業プロセスを制御するシステムや手順から発生するリスクである。SC 内では発注量や安全在庫における取り決めに加えて、資産や輸送管理を取り仕切る方策や手順が存在するが、それに伴って存在するリスクと言える。

- 外部リスク（SC に対しては内部リスク）

需要リスクと供給リスクが存在する。これらのリスクは、SC を構成する企業の外部に存在するが、SC 内部に存在するリスクである。需要リスクとは、特に SC の下流に位置する企業と中心に位置する企業の間にかかる乖離から生じる、製品や情報のフローや企業と市場のネットワーク間における潜在的もしくは顕在的な障害から発生するリスクである。供給リスクは、需要リスクと似ているが、こちらは SC の上流で発生するリスクである。

- SC に対しての外部リスク

環境リスクが存在し、SC 外部から、SC の上流から下流まで直接の影響を与えるリスクである。

また Chopra ら [23] は、SC におけるリスクを、途絶リスク、遅延リスク、システムリスク、予測リスク、知的財産リスク、調達リスク、需要リスク、在庫リスク、供給力リスクに分類している。こうした SC におけるリスクを管理する手法が、SCRM である。これまで効率性を重視してきた SCM に、リスク・マネジメントを取り入れ、効力も重視する SCRM が重要とされてきている。

SCRM の研究範囲は広く、研究者間でその概念の捉え方が異なっている。Sodhi ら [24] によると、SCRM の研究者の約 50 %が、今後の研究対象として、自然災害のような小さい確率で発生し大きな影響を及ぼすリスクを中心として扱うべきであると回答した。近年、製造業の SC を脅かした東日本大震災や熊本地震、タイの洪水などの自然災害はこれにあたり、途絶リスクに分類される。よって、途絶リスクを対象とした研究は、SCRM において重要であると言える。

途絶リスクとは、SC の途絶を引き起こすリスクのことであり、Chopra ら [23] は、自然災害、労働争議、サプライヤーの倒産、戦争とテロといった例をあげている。途絶リスクに対しては、途絶が起こる原因とその影響に対する理解を深め、適切な対処方法を用いることが必要になる。

Sheffi[25] は、SC の途絶とその復旧プロセスには以下の八つの段階があるとしている。

- (1) 準備段階
- (2) 発生段階
- (3) 初期対応段階

- (4) 遅れてやってくる影響
- (5) 全面的な影響
- (6) 復旧準備段階
- (7) 復旧準備段階
- (8) 長期的影響

さらに、SC の脆弱性を低減するために、企業は以下のことを考慮するべきであるとされている。

- 実行のための組織
- 脆弱性の評価
- セキュリティに関する協力体制
- 冗長性の構築
- レジリエンスのある SC
- 人と文化への投資

矢野 [26] は SC、生産体制、ロジスティクスシステムの観点に着目して、東日本大震災以降の SC を取り巻く環境の変化について、企業のリスク対応への取り組みについてまとめている。主に、自動車メーカーなどの調達ロジスティクスの見直しについて、以下のようにまとめている。

- 調達先の見える化
- 調達先の分散、複数ルート化
- 部品等の標準化、共通化
- 調達先への在庫積み増し要請

調達先の見える化とは、調達先に対して SC の情報を開示を要請、調達に関わる工場や生産品目などをデータベース化することで情報の共有や整理をしている。このように情報の見える化を行うことで、災害発生時の代替ルートの管理などを可能にするような対策が練られている。また、調達先の分散、複数ルート化については、調達先を複数のメーカー、工場に分散する傾向があるほか、特殊な部材に関しても、複数工場で生産する場合が増えている。部品等の標準化、共通化、については、特殊部品については設計変更を行い、部品の標準化をする傾向にある。これまでは、地域ごとの環境などを考慮したため、部品の種類が多くなっていたが、世界的な部品設計の共通化をする取り組みが行われている。

トヨタ自動車では、直接調達する 4,000~5,000 品目のうち半分程度が共通設計になるとしている。調達先への在庫積み増し要請としては、代替生産が難しい一部の電子部品や鋳物について、復旧にかかる日数分の在庫を常備するように調達先に対して要請している。

藤本 [28] は、頑健な SC を構築するためには、まず SC にある「弱い輪」を特定する必要があるとしており、SC の脆弱性分析の評価基準として以下の 4 つを考慮すべきであるとしている。

- 特定サプライヤーへの依存度
技術力や特許、地理的近接性などの理由で、当該資材・部品の特定の企業・現場への依存度が高い場合、下流の組立企業等にとって脆弱なポイントと言える。一次サプライヤーが分散していても、二次以下のサプライヤーに集中度が高い場合があるので注意する必要がある。
- サプライ・チェーンの可視性
SC の末端に現れる微小な部品や、最終製品に残らない消耗品は、下流の組立企業から見えにくく、災害時の被災工程の特定も遅れやすい。大手自動車メーカーの全階層のサプライヤー数は一万箇所を超えと言われており、これらの全体を迅速に把握する必要がある。
- 設計情報の代替可能性
インテグラル・アーキテクチャの製品は、構成部品が製品特殊な傾向があるため、供給が途絶した時、標準設計部品と比べて代替的な供給源を確保することが難しい。
- 設計情報の可搬性
東日本大震災で最も大きな影響を受けたマイコンの場合、設計情報が被災した設備から切り離しにくく、代替供給ラインの確保が難しかった。逆に設計情報を他のラインに迅速に移植できた品目では、代替供給ルート確保が比較的迅速だった。

従来の SCM では、効率性を重視してきたため、予測できない突然の変化に対しては、対応力が弱く SC 全体が脆弱なものになってしまう。脆弱な SC を頑健な SC にするためには、調達先や工場の分散化をする冗長戦略や、部品や生産体制の共通化や標準化をする柔軟戦略などがあげられる。これらの戦略に関して、SC の脆弱性を緩和する対策として、SC のデュアル化を藤本 [27] は提案し

ている。様々な要因によって複合的・広域的・壊滅的な形で SC の途絶が引き起こされた東日本大震災などに対して、「同様の設備を二重に持つ」、「同等の生産ライン全体を海外にも複数持つ」、「特定部品のサプライヤーを複数化する」などの対策が考えられる中、ある条件下において、これらの戦略は得策であるという見解を示している。SC の中でも特に、依存度が高く、代替可能性や可搬性が低い製品や工程に関しては有効であるとしている。このことは、生産コストや品質を低下させてまで SC のデュアル化を行い、次なる災害への準備は得策ではないということの意味する。なぜならば、稀に発生する大規模な自然災害に対する対策に対して、グローバル競争が行われている現在、費用対コストを考えると経済的に合理的ではないからである。そこで、さらに藤本 [28] は、SC の「バーチャル・デュアル化」を提案している。これは、同じ製品に対して、常に生産ラインや設備、サプライヤーを複数用意しておくわけではなく、有事の際にまず被災ラインを迅速に復旧させ、それが無理な場合にその時点で別の代替ラインに設計情報を一時的に緊急避難させて、同一設計情報の製品の代替供給を迅速に行うことで、供給責任を果たすことが可能になる。つまり、「事実上のデュアル化」がなされていると言える。

3.4 サプライ・チェーン・リスク・マネジメントの関連研究

これまで述べたように、SC を構築する上では様々なリスクがあり、それらを考慮した上で SC を構築しなくてはならない。戸張 [29] は、“supply chain risk management” をキーワードに、文献調査を行った。図 3.1 に示すように、文献中で考慮されているリスクの分類は、多い順に途絶リスク、供給リスク、需要リスク、運用リスクとなった。この結果、SC のリスクにおいて途絶リスクを扱う文献件数が最も多かったことから、途絶リスクが最も重要度の高いリスクとして考えられる。一方で、SCM の中で、リーマンショックを発端とする為替リスクや東証のシステムリスクなどは件数にすると少ないことが分かった。

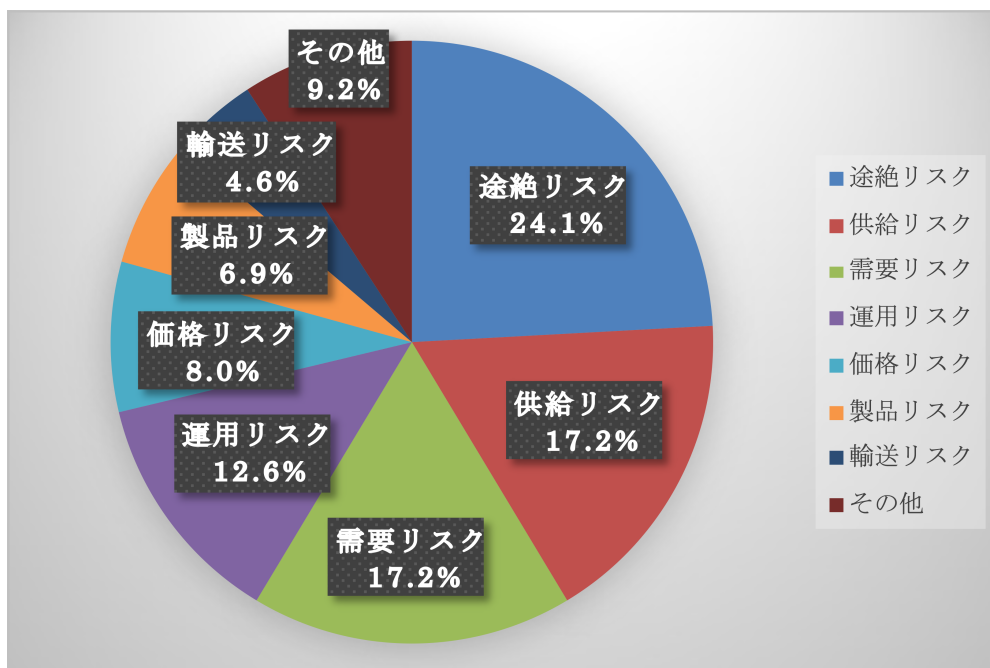


図 3.1 SCR の分類 (※ [29] を基に作成)

また、戸張 [29] は途絶リスクに対応するために、サプライヤーの分散化を考慮したモデルの設計と評価を行った。その中で、非日常的に発生する途絶リスクと別に日常的に発生するリスクとして、供給リスクと外国為替リスクについて考慮した研究を行なった。特に、モデルの中で途絶について独自性のある部分として、ポアソン過程に従う乱数を用いて途絶を発生させること、回復について段階的に回復率を設定していることがあげられる。調達先のサプライヤーを分散化させる冗長戦略をすることで、途絶リスクの緩和ができた。一方で、サプライヤーの分散化が税引き後利益を下げってしまうことがあることもわかった。前述した通り、サプライヤーの分散化、デュアル化を行うことは費用対コストを考えると経済的に合理的ではない。ペナルティーの減少とコストの増加がトレード・オフの関係となるため、多くのサプライヤーを持つより、適切な数のサプライヤーを持つようにすることが効果的かつ効率的だとわかった。

3.5 おわりに

SCRM は、SCM にリスク・マネジメントの概念を取り入れたものである。SCM により利益の追求のために効率性を追求してきたが、リスク・マネジメントは多額のコストが必要であり SCM の考えに反する。しかし、結果として引き起こされる事象は、国内・海外問わずして、地球規模でその影響は拡大してしまうおそれがある。企業にとっての目的は長きにわたって利益を得続けることであり、多大な損失を防ぐためにリスク・マネジメントを取り入れることの重要性が認識されてきている。

本章では、リスク・マネジメントをはじめとし、SCRM の概要、リスクに対する対策や課題について説明した。さらに、SCRM の関連研究についてまとめた。

4 モデル構築

4.1 はじめに

本章では、生産拠点戦略を考慮した GSC モデルについて説明を行う。さらに、定式化を行い、シミュレーションの方法について説明をする。次章ではこのモデルを用いたシミュレーションを行う。

4.2 モデルの概要

ここまで述べてきたように経済状況や市場の変化に伴い、これまでの途上国に生産拠点を置くオフショアリングによる製造から、本国に生産拠点を戻すリショアリングによる製造や、近隣国へ生産拠点を移すニアショアリングによる製造へと移り変わりつつある。これらのような生産拠点戦略が不確実性の含まれる市場環境、組立工場に途絶リスクを考慮した場合に企業の利益にどのような影響を与えるのか、GSC をモデル化してシミュレーションにより評価を行う。

本研究では、部品サプライヤー、組立工場、配送センターで構成される GSC を想定している。製品は各配送センターからそれぞれの需要地へ向けて配送される。図 4.1 は、本研究で提案する GSC のモデルを示している。

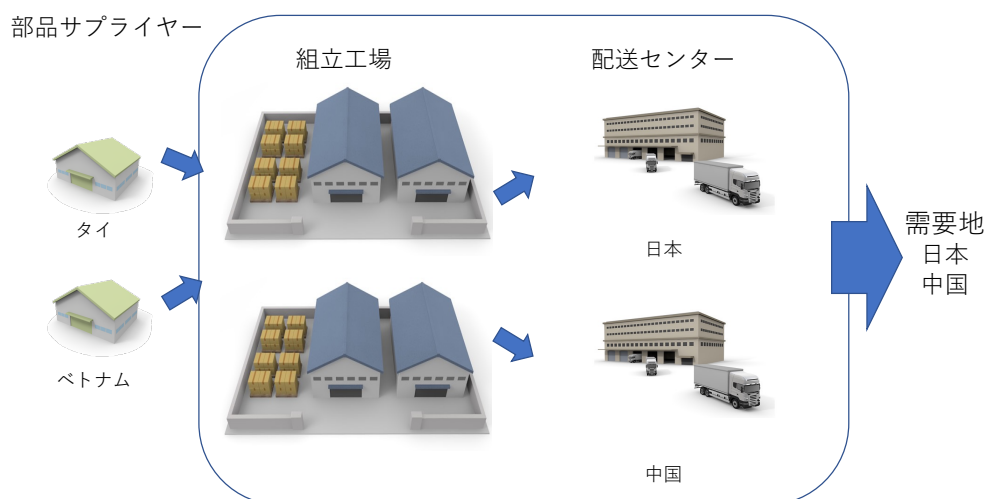


図 4.1 GSC モデル

本研究のモデルでは、タイ、ベトナムの部品サプライヤーから、組立工場へと輸送される。組立工場の配置については、タイ、中国、日本のうちから二箇所に配置するような3パターンのシナリオを設けて評価を行う。次に、組立工場で製造された製品が、日本と中国の配送センターに輸送される。そして、製品は配送センターから各需要地に送られる。組立工場と配送センターはグローバル企業のグループとして資本提携関係にある。このモデルでは、このグローバル企業の統合範囲内の税引き後期待利益を評価することで、組立工場の配置を比較する。また、組立工場には途絶リスクを考慮するものとする。

4.3 定式化

本モデルでは、Hammami ら [17] や上田 [31] のモデルを参考にし、統合範囲の GSC の税引き期待利益を評価関数として定式化している。そこで本節では、上記にて示した GSC モデルにおける記号の定義を以下のように記す。

添え字

- d 配送センター
- a 組立工場
- s 部品サプライヤー
- k 需要地（市場）

パラメータ

- OC 工場での製品の生産可能量
- Q 労働者数
- ITR 輸入税率
- Γ 法人税率

変数

π	税引前期待利益（損失）
SP	製品 1 単位当たりの販売価格
D	製品の需要量
\hat{D}	2 期先の予測需要量
TP	製品 1 単位当たりの移転価格
SC	サプライヤー管理費
MC	製品 1 単位当たりの材料調達費
PC	製品 1 単位当たりの製造費
IC	製品 1 単位当たりの在庫保管費
OLC	機会損失によるペナルティ
TC	製品 1 単位当たりの輸送費
LC	1 人当たりの四半期人件費
Ω	日本円に換算するための為替レート
z	後段階への製品の販売量
y	前段階からの製品の調達量
x	製造量
v	在庫量
w	品切れにより満たされない需要量

製品の販売量に関する制約

$$z = \max\{D, x\} \quad (4.1)$$

製品の製造量に関する制約

$$x = \min\{OC, y\} \quad (4.2)$$

式 (4.1) では、製品の販売量として需要量を超えた販売が行えないことを制約としている。式 (4.2) では、製品の製造は生産可能量と調達量を超えて行えないことを制約としている。また、製品の在庫量、品切れにより満たされない需要量は以下の式 (4.3)、式 (4.4) のように求める。

$$v = x - z \quad (4.3)$$

$$w = D - x \quad (4.4)$$

式 (4.5) は、組立工場における部品サプライヤーからの調達コストを算出する式を示している。各部品サプライヤーでの材料費，輸送費，サプライヤー管理費，輸入税が合計され，為替変動を考慮して調達コストを求めるものとする。

部品サプライヤーからの調達コスト

$$C_s = \Omega_a[(1 + ITR_a)MC_{sa}y_{s \rightarrow a} + TC_{sa}y_{s \rightarrow a} + SC_s] \quad (4.5)$$

続いて，組立工場における税引き前期待利益の算出式を式 (4.6) に，各配送センターにおける税引き前期待利益の算出式を式 (4.7) に示す。

組立工場における税引き前期待利益

$$\begin{aligned} \pi_a^+ - \pi_a^- = & TP_{ad}z_{a \rightarrow d} - C_s - PC_a x_a - IC_a v_a \\ & - LC_a Q_a - OLC_a w_a \end{aligned} \quad (4.6)$$

各配送センターにおける税引き前期待利益

$$\begin{aligned} \pi_d^+ - \pi_d^- = & SP_{dk}z_{d \rightarrow k} - (1 + ITR_d)TP_{ad}y_{a \rightarrow d} - TC_{ad}y_{a \rightarrow d} \\ & - IC_d v_d - LC_d Q_d - OLC_d w_d \end{aligned} \quad (4.7)$$

税引き前期待利益の算出式では，次の拠点への販売利益から輸送コスト，材料調達コスト，管理コスト，製造コスト，在庫保管コスト，人件費，機会損失コストを引くことで税引き前期待利益を表している。輸入税率は，国をまたいだ輸送が起きるときのみ課せられる。グループ外への販売価格とグループ内での移転価格を区別するために，組立工場から配送センターへの販売（配送センターにとっては調達）には TP（Transfer Price）の表記を用い，配送センターから外部の需要地への販売には SP（Sale Price）の表記を用いる。TP の設定方法には，Vidal ら [15] が定式化していたが，今回想定しているシミュレーションでは，輸入関税がかかる取引はないので，さらに簡略化した設定方法を用いる。

移転価格の設定方法

$$\Gamma_a < \Gamma_d : \quad TP = SP - TC \quad (4.8)$$

$$\Gamma_a > \Gamma_d : \quad TP = C_s/D + PC \quad (4.9)$$

なお，各段階での税引き前利益を， $\pi^+ - \pi^-$ としている理由は，税引き前利益が正の場合には π^+ として，負の場合には π^- とすることで，非負変数として定式化したモデルを解くことができ，税引き前利益が正の場合のみに適切に法

人税を課すことができるからである。次に、このモデルの評価関数となる GSC 全体の税引き後期待利益の式を示す。

評価関数 GSC 全体の税引き後期待利益

$$\pi = \sum_{d \in D} \Omega_d [(1 - \Gamma_d) \pi_d^+ - \pi_d^-] + \sum_{a \in A} \Omega_a [(1 - \Gamma_a) \pi_a^+ - \pi_a^-] \quad (4.10)$$

評価関数では、SC の各段階での税引き前期待利益に対して利益が正の場合のみそれぞれの拠点が立地する国の法人税を引き、日本円に換算したグローバル企業の統合範囲全体の税引き後期待利益の総和を表す形となっている。

4.4 不確実性の考慮

SC の生産拠点の設計／再設計を行う際には、様々な要素を考慮する必要があり、SC がグローバル化したことにより、さらに複雑化し、考慮しなければならない要素も増えた。その一つとして不確実性があげられる。本研究では、不確実性を考慮したモデルを提案する。前述したモデルに用いる変数を、確率分布に従った乱数を発生させることで不確実性として表現する。価格、需要、為替レート、在庫費、機会損失費、サプライヤー管理費、輸送費、燃料費は正規分布に従う乱数を生成する。また、各拠点の人件費と一部の輸送費に関しては連続一様分布に従う乱数を生成する。

4.5 途絶リスクの考慮

本研究では、モデルの中で組立工場に途絶リスクの考慮を行う。途絶リスクについては、自然災害によるリスクと地政学的リスクといった二つの途絶リスクを想定する。どちらも低い確率で起こることが想定されるため、ポアソン過程を用いて表現した。

自然災害によるリスクとして、戸張 [29] を参考に影響度や発生頻度の違う 3 種類の途絶を想定する。これは、モデルの中で確率的に途絶を表現する際に、途絶と言っても異なる発生頻度、異なる影響度を持つことが一般的に想定されるためである。例として、東日本大震災などの自然災害は、発生頻度こそ小さいものの、影響度は大きなものとなる。一方で、台風などの自然災害は、発生頻度は小さくないものの、影響度も差ほど大きなものとならない。したがって、途絶の発生頻度に関しては異なる 3 種類のものを想定する。

地政学的リスクとして、Marsh社のポリティカルリスクマップ[30]を参考に、治安悪化による途絶を考慮し、途絶を想定する。本研究で考慮する治安悪化による途絶とは、ストライキや暴動、テロ、戦争や内戦を包括し、それらによって引き起こされる途絶を考慮している。これらは、自然災害によるリスクと比べ、情勢や地域が影響するため、影響度と発生頻度に相関を見出し、いくつかの種類の途絶を想定することが難しい。そこで本研究では、地域によって異なる1種類の途絶を想定する。ポリティカルリスクマップによると、前述した治安にあたる部分のスコアは、タイと中国の二国に比べ日本は極めて低かったため、タイと中国の二国にのみ地政学的リスクの考慮を行うものとする。

続いて、想定した途絶からの回復については、通常時の供給可能量に対して、段階的になるように回復率を設定する。具体的には、0%、10%、40%、70%のようにする。0%から10%の部分を等間隔にしていない理由については、途絶の初期段階の影響が大きくなることをモデルの中で表現するためである。

途絶期間の決定については、自然災害によるリスクと地政学的リスクのどちらも、各回復期間を一様乱数を用いて等確率に決定するものとする。

自然災害によるリスクは、発生頻度別の途絶に対して途絶期間の期待値を同値にする目的から、3種類の途絶で異なる回復期間とする。表4.1に発生頻度と途絶期間の関係を示す。全ての途絶の各回復率において、回復期間に±1の期間を持たせ、一様乱数を用いて決定を行う。発生頻度の大きい途絶では途絶期間を短く設定し、発生頻度の小さい途絶では途絶期間を長く設定することで、途絶被害の大規模性も同時に考慮する。

地政学的リスクは、地域によって異なる1種類の途絶を想定している。前述した通り、治安悪化による途絶は想定が難しいため、自然災害によるリスクよりも、回復期間に幅を持たせることで表現する。表4.2に発生頻度と途絶期間の関係を示す。各回復率において、回復期間に±2の期間を持たせ、一様乱数を用いて期間の決定を行う。

表 4.1 自然災害による途絶の発生頻度と途絶期間の関係（期）

発生 頻度	回復率			
	0 %	10 %	40 %	70 %
100 期に一度	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1	1 ± 1
200 期に一度	2 ± 1	2 ± 1	2 ± 1	2 ± 1
400 期に一度	4 ± 1	4 ± 1	4 ± 1	4 ± 1

表 4.2 地政学的リスクによる途絶の発生頻度と途絶期間の関係（期）

組立 工場	発生 頻度	回復率			
		0 %	10 %	40 %	70 %
タイ	45 期に一度	2 ± 2	2 ± 2	2 ± 2	2 ± 2
中国	50 期に一度	2 ± 2	2 ± 2	2 ± 2	2 ± 2

以上のようにすることで、途絶の発生だけでなく、途絶の期間も確率的にすることが可能であり、より現実的なモデルにすることができ、途絶の影響を定量的に評価できる。

他にも、途絶によって引き起こされると考えられる為替変動も考慮する。モデルの中で、途絶が発生し供給可能量が 0 % の場合に、途絶が起きた国の為替レートが低くなるように、為替レートの期待値に変動を加える。表 4.3 に為替レートに与える変動について示す。途絶の種類、途絶の発生した工場の立地する国に応じて、異なる変動の大きさを用意している。

表 4.3 為替レートに与える変動

途絶	日本	中国	タイ
100 期に一度	1 %	1.5 %	2 %
200 期に一度	2 %	3 %	4 %
400 期に一度	4 %	6 %	8 %

4.6 おわりに

本章では、シミュレーションを行うために、GSCモデルの概要を述べ、パラメータと変数の定義を行い、SCの各段階での税引き前期待利益と評価関数となるSC全体の税引き後期待利益と移転価格の設定方法を定式化した。また、本研究で考慮する、不確実性と途絶リスクの詳細について説明した。

5 シミュレーション

5.1 はじめに

本章では、前章で提案したモデルおよびシミュレーション方法を用いて、シミュレーションを行う。シミュレーションにおけるパラメータや変数の確率分布を設定し、シミュレーションを行う。

5.2 シミュレーションの概要

ここで、第4章で定式化したモデルにおいてシミュレーションを行う際の、パラメータおよび確率分布を以下の表5.1から表5.4に示す。対象とする製品はコンパクトデジタルカメラとした。各値の設定は、[31]～[37]を参考に決定した。表における記号Nは正規分布、記号Uは連続一様分布を示している。金額については、各国の現地通貨で示している。表5.4のみ、全て日本円で示してある。

表 5.1 サプライヤーに関するパラメータと変数の確率分布

		タイ (THB)	ベトナム (VND)
調達費	MC	$N(1800, 200^2)$	$N(1400000, 160000^2)$
サプライヤー 管理費	SC	$N(3484200, 34842^2)$	$N(1998000000, 19980000^2)$

表 5.2 組立工場におけるパラメータと変数の確率分布

		日本 (JPY)	中国 (CNY)	タイ (THB)
製造費	PC	$N(750, 75^2)$	$N(52, 5^2)$	$N(240, 24^2)$
人件費	LC	$U(675000, 825000)$	$U(8100, 9900)$	$U(32670, 39930)$
在庫費	IC	$N(750, 75^2)$	$N(45, 5^2)$	$N(200, 20^2)$
機会損失費	OLC	$N(10000, 1000^2)$	$N(645, 65^2)$	$N(3360, 336^2)$
生産可能量	OC	275,000 台	275,000 台	275,000 台
労働者数	Q	1100 人	3600 人	3400 人
法人税率	Γ	30 %	30 %	20 %

表 5.3 配送センターに関するパラメータと変数の確率分布

		日本 (JPY)	中国 (CNY)
価格	SP	$N(24200, 2420^2)$	$N(1520, 152^2)$
需要 [台]	D	$N(250000, 25000^2)$	$N(250000, 25000^2)$
在庫費	IC	$N(500, 50^2)$	$N(30, 3^2)$
機会損失費	OLC	$N(7200, 720^2)$	$N(495, 50^2)$
労働者数	Q	300 人	600 人

表 5.4 輸送費に関する変数の確率分布 (サプライヤー → 組立工場 → 配送センター)

		組立工場		
		日本	中国	タイ
サプライヤー	タイ	$N(750, 75^2)$	$N(500, 50^2)$	$U(250, 400)$
	ベトナム	$N(700, 70^2)$	$N(600, 60^2)$	$N(300, 60^2)$
配送センター	日本	$U(800, 1200)$	$N(1200, 120^2)$	$N(1500, 150^2)$
	中国	$N(1300, 130^2)$	$U(700, 1100)$	$N(1000, 100^2)$

表 5.5 為替レート

	為替レート
中国	$N(16.89, 0.56^2)$
タイ	$N(3.438, 0.079^2)$
ベトナム	$N(0.0048, 0.00016^2)$

次に、シミュレーションで用いる為替レートの状態について説明する。過去の為替データ [37] をもとに、為替レートを用意する。それぞれの現地通貨から日本円に換算するための為替レートを示している。

最後に、途絶が起きた場合には、品切れによるペナルティを通常生産の場合と別に設定する。これは、SC の途絶が起きた場合に供給先にペナルティを払うことになるが、欠品分の損失を払うことはペナルティは多額になり、現実的でなく生産再開に向けある程度の支援が受けられることを想定し、回復につれ通常時に近いペナルティとなるように表現している。

表 5.6 途絶時に発生するペナルティ (JPY)

回復率	ペナルティ
0 %	$15,000 \times 0.45 \times 250,000$
10 %	$15,000 \times 0.60 \times 250,000 \times (1.0 - 0.1)$
40 %	$15,000 \times 0.75 \times 250,000 \times (1.0 - 0.4)$
70 %	$15,000 \times 0.90 \times 250,000 \times (1.0 - 0.7)$

表 5.7 生産拠点のシナリオ

	生産拠点の組み合わせ	
シナリオ 1	タイ	中国
シナリオ 2	中国	日本
シナリオ 3	日本	タイ

生産拠点として、複数の組立工場を有するものとして、シミュレーションを行う。表 5.7 のように、組立工場の立地する国を組み合わせで生産拠点のシナリオを作成する。

また、以下の前提条件を用いる。

- (1) 一期を四半期と想定し、200 期のシミュレーションを行う。
- (2) 各拠点での調達量は過去 2 期の需要量から移動平均によって需要予測を行い、発注する。
- (3) 品切れが起きた場合にはペナルティが発生する。
- (4) 税引前利益が負の値になる場合には、これに対し法人税はかからず、損失として扱われる。
- (5) 不確実性に対して確率分布に従った乱数を発生させ、シミュレーションを行う。価格、需要、為替レート、在庫費、機会損失費、サプライヤー管理費、輸送費、燃料費は正規分布に従う乱数を生成する。また、各拠点の人件費と一部の輸送費に関しては連続一様分布に従う乱数を生成する。
- (6) 途絶はポアソン分布に従って発生するものとし、各回復期間は連続一様分布に従って決定するものとする。
- (7) 途絶による品切れのペナルティは通常生産の場合と別に設定する。
- (8) 途絶が起こった際には、品切れによる損失をできる限り減らすために、もう

- 一方の工場は生産可能量上限まで生産を行うものとする。
- (9) 途絶による品切れでの価格変動は考えないものとし、生産量がそのまま販売量になるものとする。

5.3 シミュレーション結果および考察

各シナリオにおいて、100回ずつシミュレーションを行った。まず、各シナリオにおける為替レートの一例について図5.1～5.9に示す。

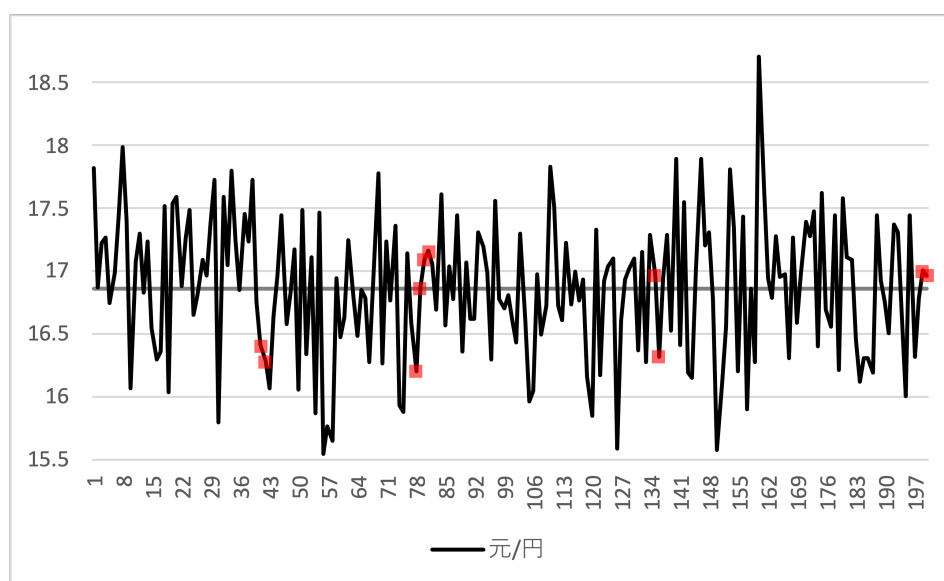


図 5.1 シナリオ 1 為替レート (元/円)

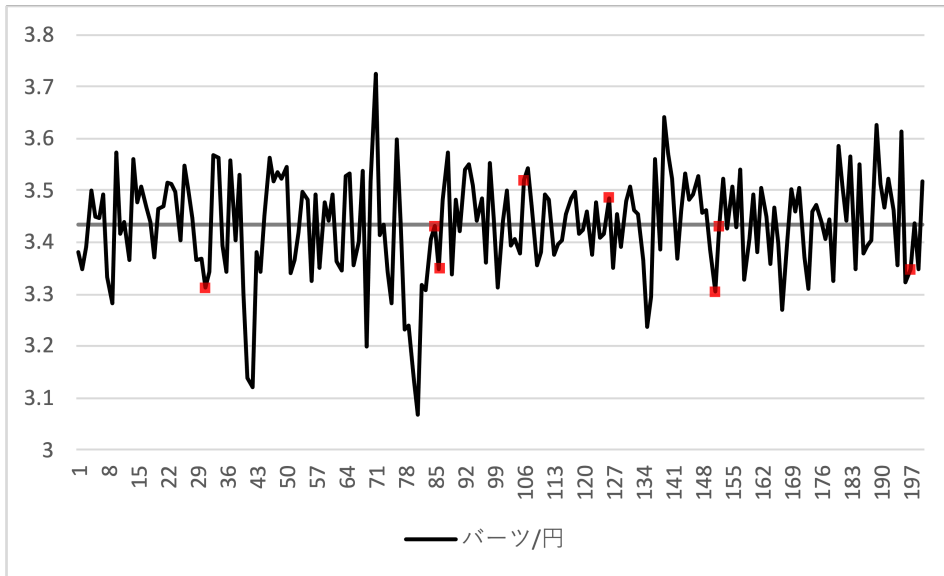


図 5.2 シナリオ 1 為替レート (タイバーツ/円)

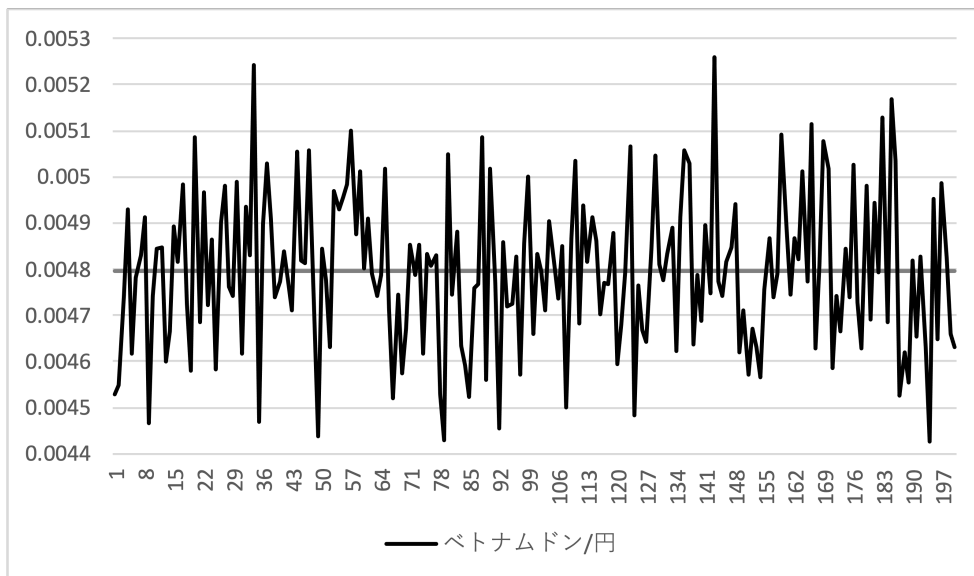


図 5.3 シナリオ 1 為替レート (ベトナムドン/円)

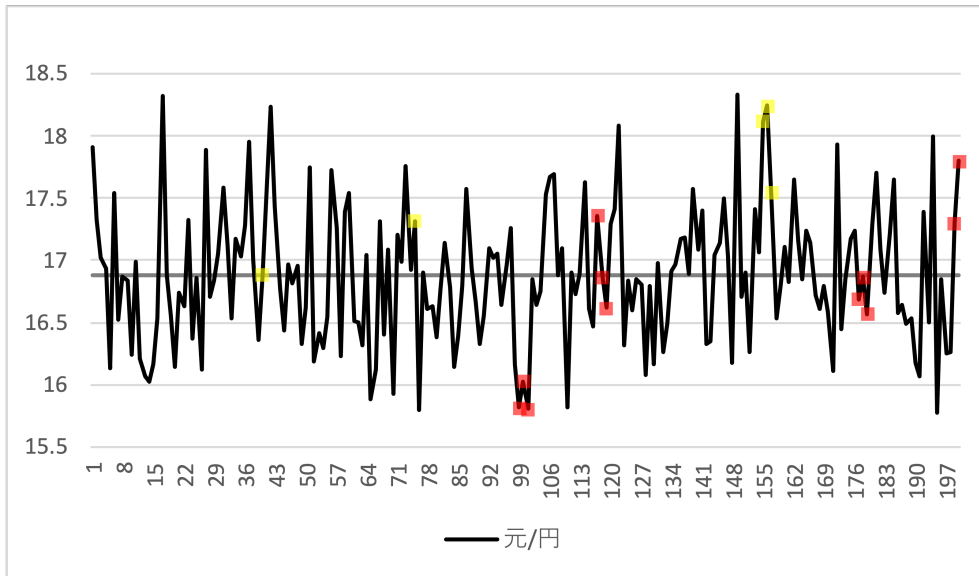


図 5.4 シナリオ 2 為替レート (元/円)

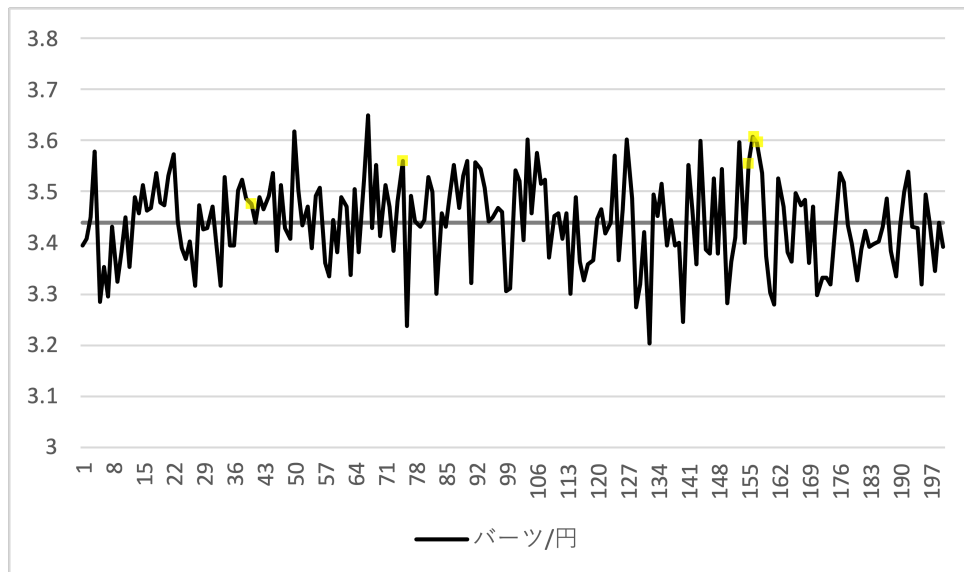


図 5.5 シナリオ 2 為替レート (タイバーツ/円)

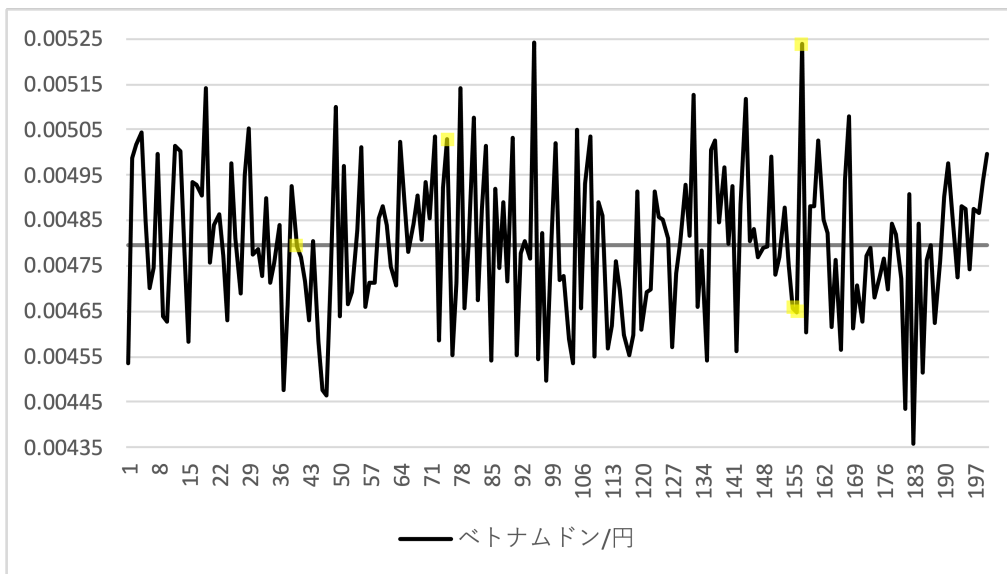


図 5.6 シナリオ 2 為替レート (ベトナムドン/円)

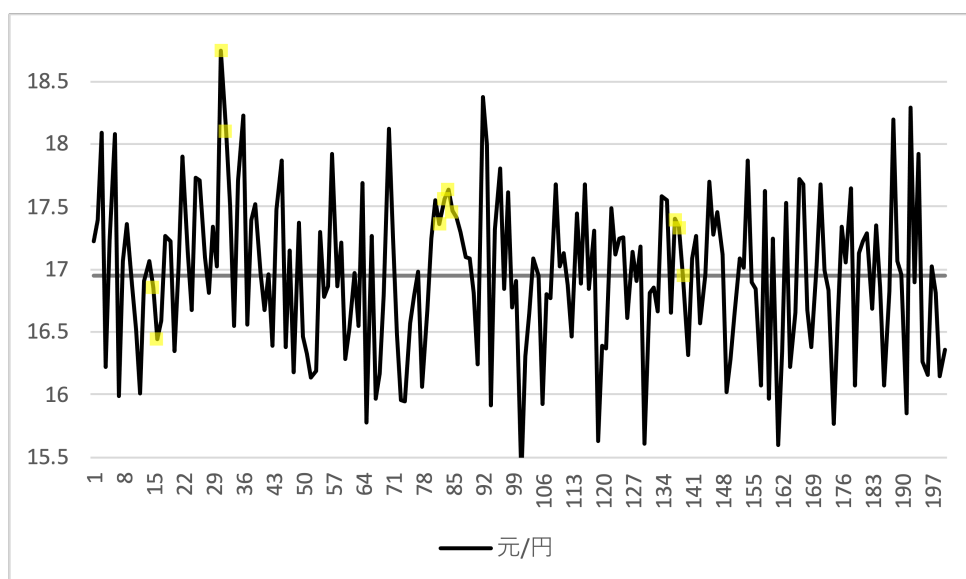


図 5.7 シナリオ 3 為替レート (元/円)

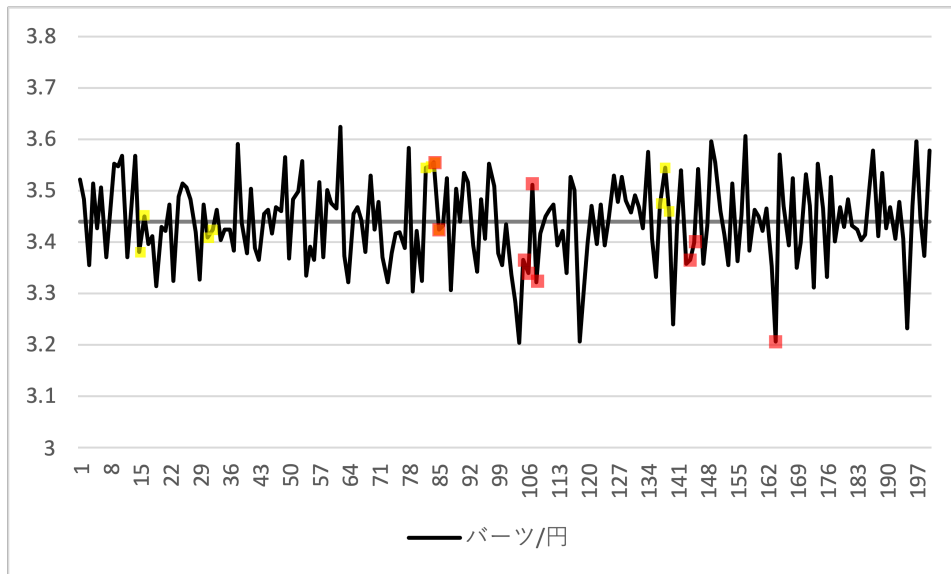


図 5.8 シナリオ 3 為替レート (タイバーツ/円)

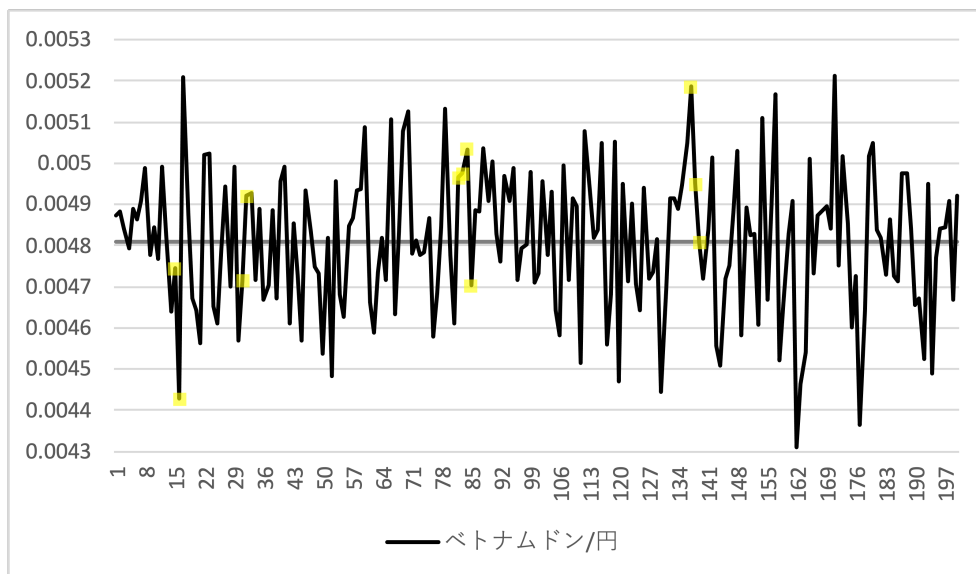


図 5.9 シナリオ 3 為替レート (ベトナムドン/円)

シナリオ 1 の図 5.1, 図 5.2 は, 各工場の立地する国に途絶が生じた際にマーカーで記したような日本円に換算するための為替レートとなっていた. 図 5.3 は, 途絶による変動の影響がない為替レートである. 途絶によって変動の影響がある, 図 5.1, 図 5.2 では, それぞれ途絶が起きた場合に円高の傾向になるよ

うな変動が与えられている。マーカーで記した箇所は、平均値を下回っていることが多いが、逆に上回っている箇所もある。

シナリオ 2 の図 5.4 は、中国で途絶が発生した場合には、赤のマーカー、日本で途絶が発生した場合には黄のマーカーで記している。図 5.5, 図 5.6 についても、日本で途絶が発生した場合には黄のマーカーで記している。途絶によって変動の影響がある、図 5.4 では、中国で途絶が起きた場合に円高の傾向になるような変動が、図 5.4~図 5.6 では、日本で途絶が発生した場合には円安の傾向になるような変動が与えられている。赤のマーカーで記した箇所については、平均値を下回っていることが多いが、逆に上回っている箇所もある。黄のマーカーで記した箇所については、ほとんどで上回っている。しかし、シナリオ 1 と同じく、途絶による変動よりも、不確実性として考慮した分散の方がより影響していると考えられる。

シナリオ 3 の図 5.8 は、タイで途絶が発生した場合には、赤のマーカー、日本で途絶が発生した場合には黄のマーカーで記している。図 5.7, 図 5.9 についても、日本で途絶が発生した場合には黄のマーカーで記している。途絶によって変動の影響がある、図 5.8 では、タイで途絶が起きた場合に円高の傾向になるような変動が、図 5.7~図 5.9 では、日本で途絶が発生した場合には円安の傾向になるような変動が与えられている。赤のマーカーについても、黄のマーカーについてもあまり偏りが見られない結果となっている。

全てのシナリオにおいて、途絶による変動よりも、不確実性として考慮した分散の方がより影響していると考えられる。しかし今回、途絶による為替変動については、過去の自然災害などの途絶時の変動を参考に決定した。その際と現在の為替状況が異なっていると考えられ、適切に途絶による為替変動を反映、決定できていないことも考えられる。

続いて、各シナリオにおける企業の統合範囲内（組立工場と配送センター）の税引き後期待利益のシミュレーション結果を示す。

表 5.8 各シナリオの平均待総利益 (百万円)

	リスクあり	リスクなし
シナリオ 1	1,404,742	2,355,257
シナリオ 2	1,322,758	1,936,958
シナリオ 3	1,438,897	2,149,857

結果からわかるように、どのシナリオにおいても途絶リスクを考慮することで平均期待総利益は大幅に減少していることがわかった。途絶リスクを考慮しない場合ではシナリオ1が最も多くの利益を得られていたが、途絶リスクを考慮することでシナリオ1よりもシナリオ3が最も多く利益を得られることがわかった。途絶リスクを考慮することで、損失を防ぎより多くの利益を得ることに繋がると言える。また、シナリオ1の場合、途絶リスクを考慮した場合としていない場合で最も差が見られた。

各シナリオの、シミュレーションごとの期待総利益の結果を以下に示す。シナリオ1では、途絶リスクを考慮した場合には平均期待総利益は59.6%に、また期待総利益の分散は約32倍となった。シナリオ2では、途絶リスクを考慮した場合には平均期待総利益は68.3%に、また期待総利益の分散は約17倍となった。シナリオ3では、途絶リスクを考慮した場合には平均期待総利益は66.9%に、また期待総利益の分散は約20倍となった。

シナリオ1の場合が、途絶による期待総利益への影響度が最も大きいと考えられる。逆に、シナリオ2の場合が影響度が最も少ないと考えられる。それぞれの途絶リスクにおける差は、地政学的リスクであり、その点想定されるような傾向になっている。地政学的リスクは約10年に一度くらいを想定し設定をした。それが両工場で抱えているリスクかそうでないかによって、ここまでの差になることがわかった。リスクの低い地域を選ぶことが、利益に対して大きく影響を与えていることが考えられる。分散化だけでなく、いかにリスクの低いあるいはリスクがない地域を選択することが、重要であると言える。

著者らの研究では、生産拠点を一つ置いた場合、各国の特徴として、より多くの期待総利益を得られるのは、タイ、中国、日本の順であり、不確実性の影響を受けやすいのも、タイ、中国、日本の順であった。これも、一つの参考にし、SCの生産拠点の拡張について考察を行う。

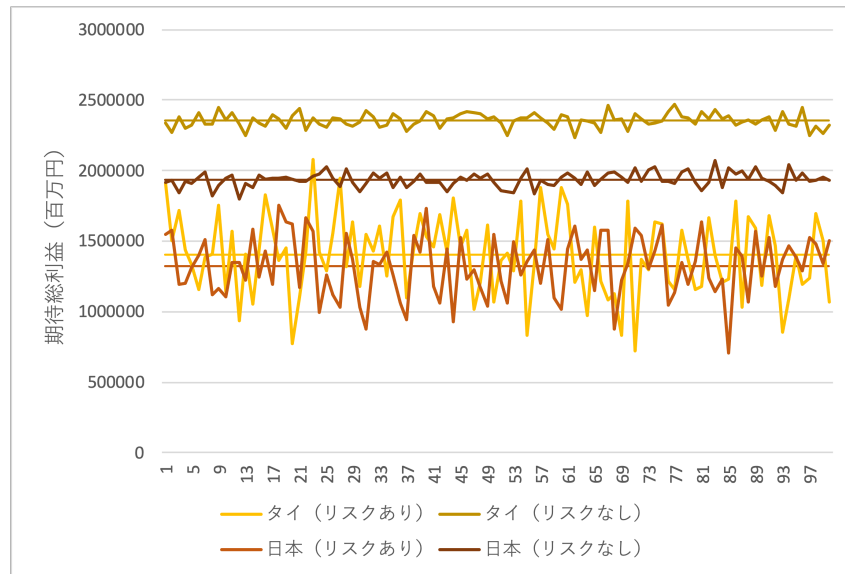


図 5.10 中国から SC 拡張を行う場合の期待総利益の比較

中国に組立工場を有していた場合に、シナリオ 1 とシナリオ 2 を比較することで、新たにどちらの国に組立工場を置くかを擬似的に評価する。まず、中国に組立工場を有している場合の特徴として、他二国の特徴と比べ平均的であり、どちらの国に生産拠点の拡張を行うかで、平均期待総利益、期待総利益のばらつき、に影響を受けている。図 5.10 からわかるように、結果として、途絶リスクを考慮した場合においても途絶リスクを考慮しなかった場合にも、タイに拡張した場合により多くの利益が得られることがわかった。また、途絶リスクを考慮した場合には、日本に拡張した場合により期待総利益のばらつきを抑えられることがわかった。途絶リスクを考慮することで、平均期待総利益の差は約十分の一にまで縮まっており、この場合さらに長期間で考えた場合には、より利益を得られるための戦略が変わることも考えられる。しかしながら、その場合には、自然災害のリスク、地政学的リスクの改善、あるいは悪化の可能性もあるため、更なる検討が必要であると言える。

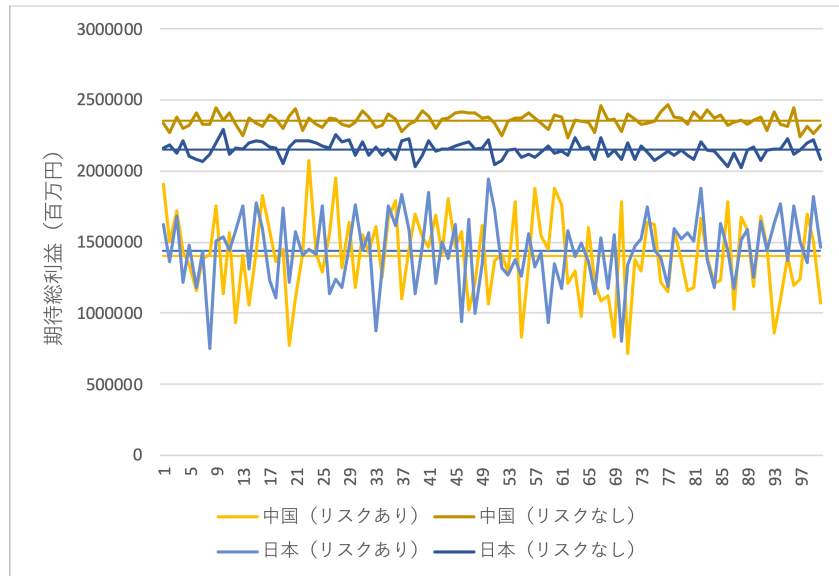


図 5.11 タイから SC 拡張を行う場合の期待総利益の比較

タイに組立工場を有していた場合に、シナリオ 1 とシナリオ 3 を比較することで、新たにどちらの国に組立工場を置くかを擬似的に評価する。まず、タイに組立工場を有している場合の特徴として、他二国より途絶リスクを考慮することで利益が減少することがわかる。また、利益は得られるがよりばらつきも増えることがわかる。図 5.11 からわかるように、結果として、途絶リスクを考慮しない場合では、中国に拡張した場合により多くの利益を得られることがわかったが、途絶リスクを考慮した場合には、逆に、日本に拡張した場合により多くの利益が得られることがわかった。これは、日本に比べて中国の組立工場には、地政学的リスクがあり、それが影響していると考えられる。

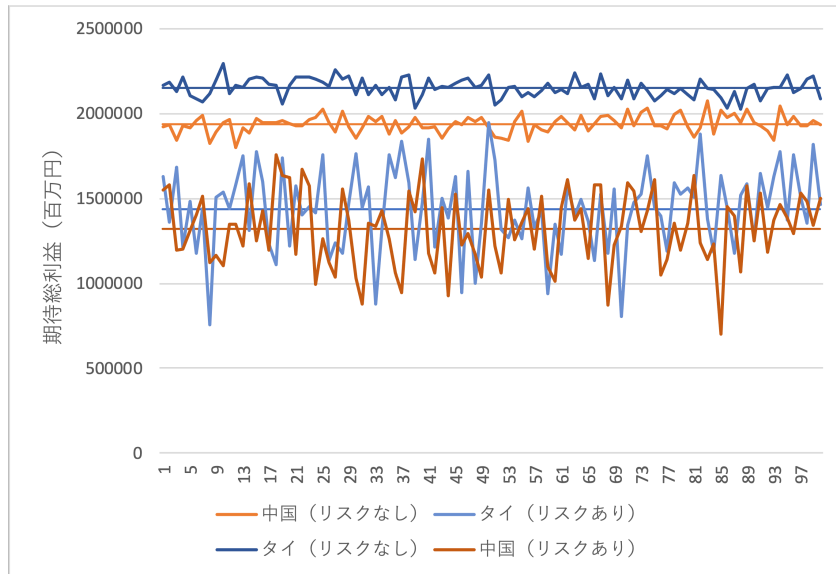


図 5.12 日本から SC 拡張を行う場合の期待総利益の比較

日本に組立工場を有していた場合に、シナリオ 2 とシナリオ 3 を比較することで、新たにどちらの国に組立工場を置くかを擬似的に評価する。まず、日本に組立工場を有している場合の特徴として、他二国より途絶リスクを考慮することでの利益減少幅は小さいことがわかる。また、利益は得られないがよりばらつきも抑えられることがわかる。図 5.12 からわかるように、結果として、途絶リスクを考慮した場合においても途絶リスクを考慮しなかった場合にも、タイに拡張した場合により多くの利益が得られることがわかった。また、どちらの場合でも、中国に拡張した場合により期待総利益のばらつきを抑えられることがわかった。途絶リスクを考慮することで、平均期待総利益の差は約二分の一に縮まっている。この場合さらに長期間で考えた場合には、より利益を得られるための戦略が変わることも考えられるが、どちらの国でも地政学的リスクを考慮しており、地政学的リスクの改善あるいは悪化がより影響すると考えられる。

どの比較においても、現在の SC から新たに拡張するとなると、工場の建設費などの開設のためのコストがかかる。これらのコストもまた、各国で異なることが想定されるので、更なる検討が必要である。

次に、各シナリオにおける供給量と満たされない需要量の一例について図 5.13～5.15 に示す。

どの場合においても、途絶によって満たされない需要量を生じる結果となった。影響度の大きい災害発生時には、さらに長期間にわたって満たされない需要量が生じてしまった。さらに、二つの生産拠点で同時に途絶が起きた場合には、多くの満たされない需要量を生じてしまった。途絶により、満たされない需要量を生むことは、避けられない事実であると考えられる。満たされない需要量を生じさせないために、更なる工場の分散化などのデュアル化や、さらに藤本 [27] の提案にもあったように、バーチャル・デュアル化などの対策がある。新たな対策を講じてモデルおよびシミュレーションをアップデートすることが、本研究の今後の課題としてあげられる。

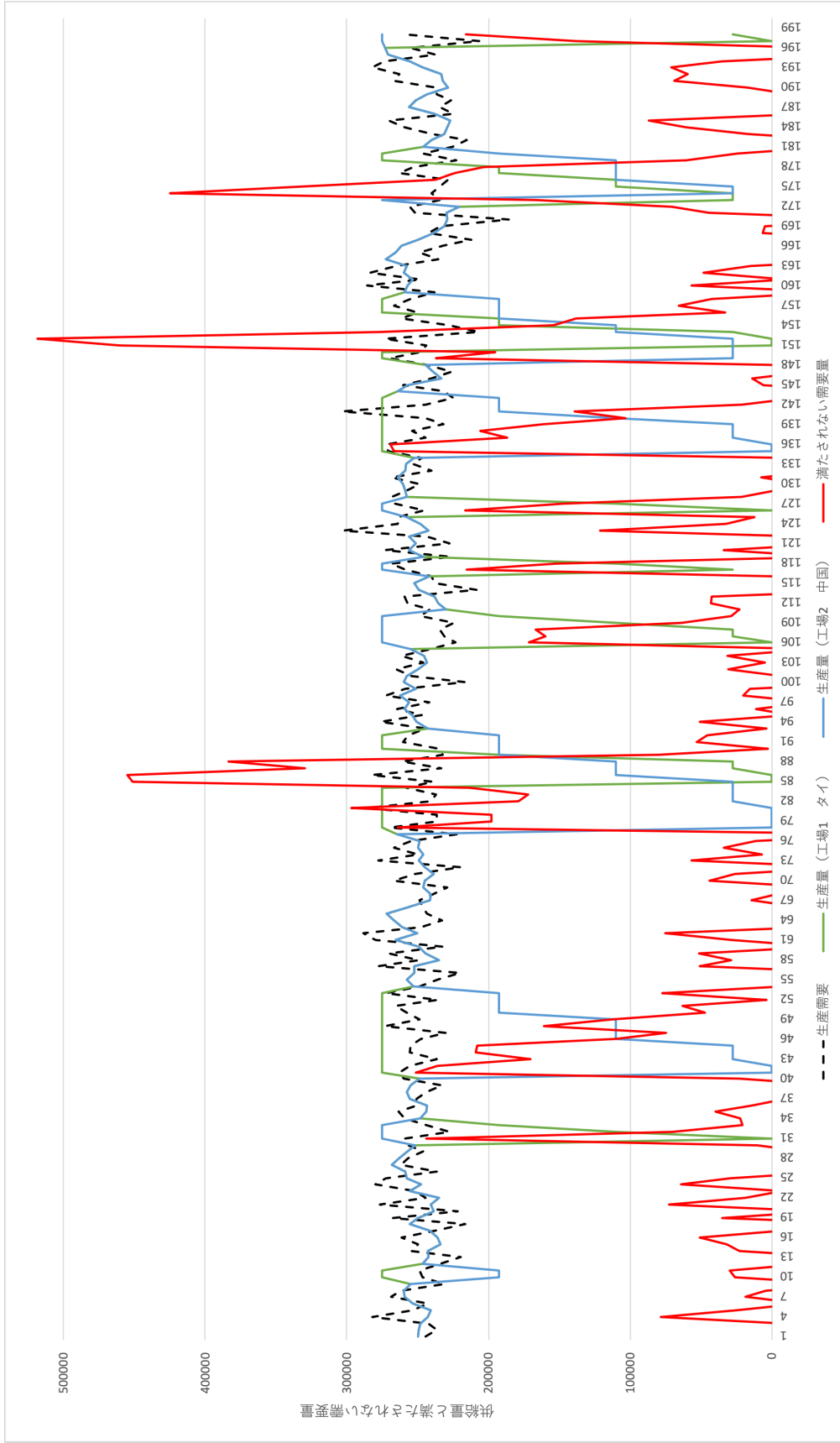


図 5.13 シナリオ 1 供給量と満たされない需要量

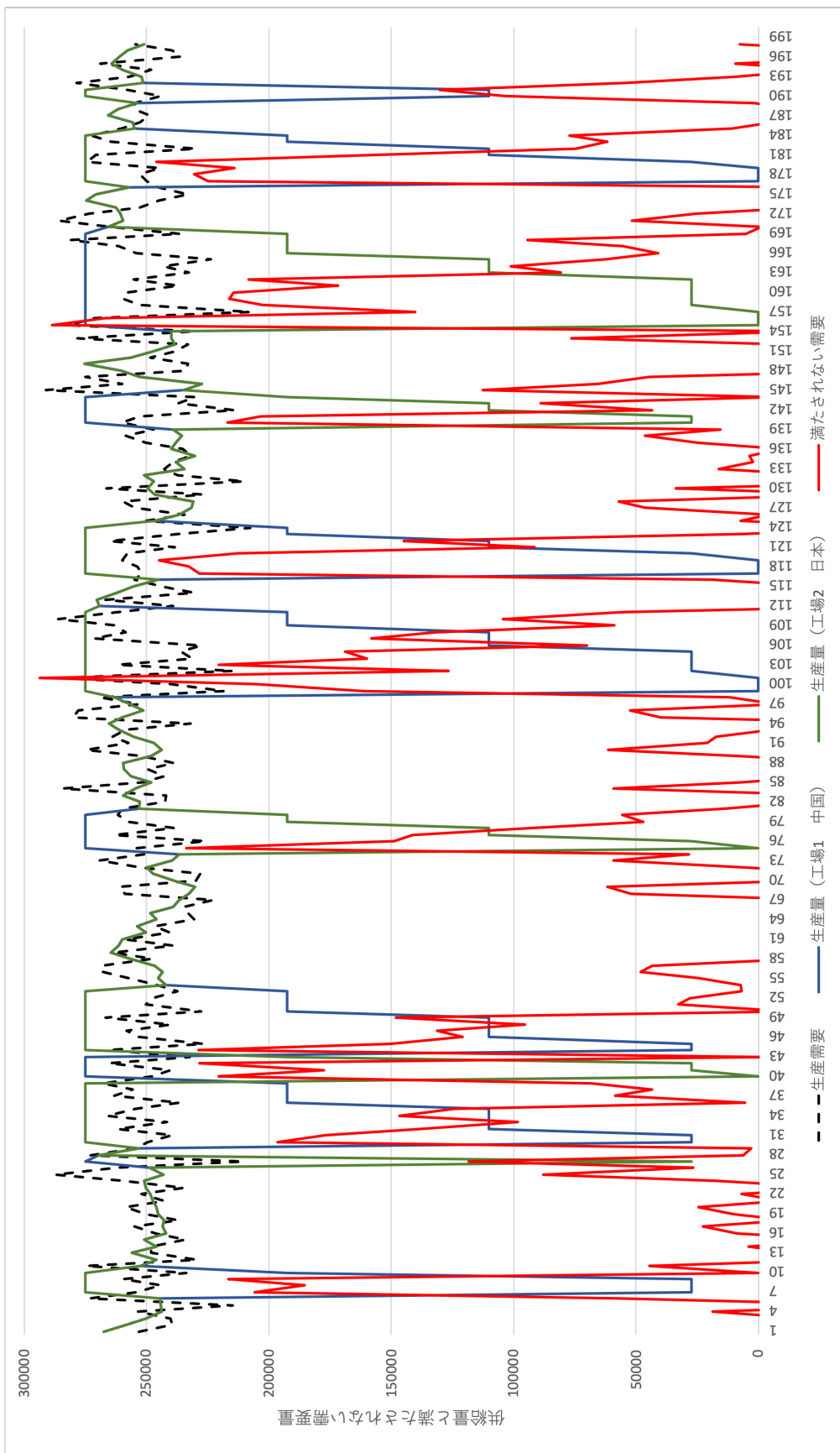


図 5.14 シナリオ 2 供給量と満たされない需要量

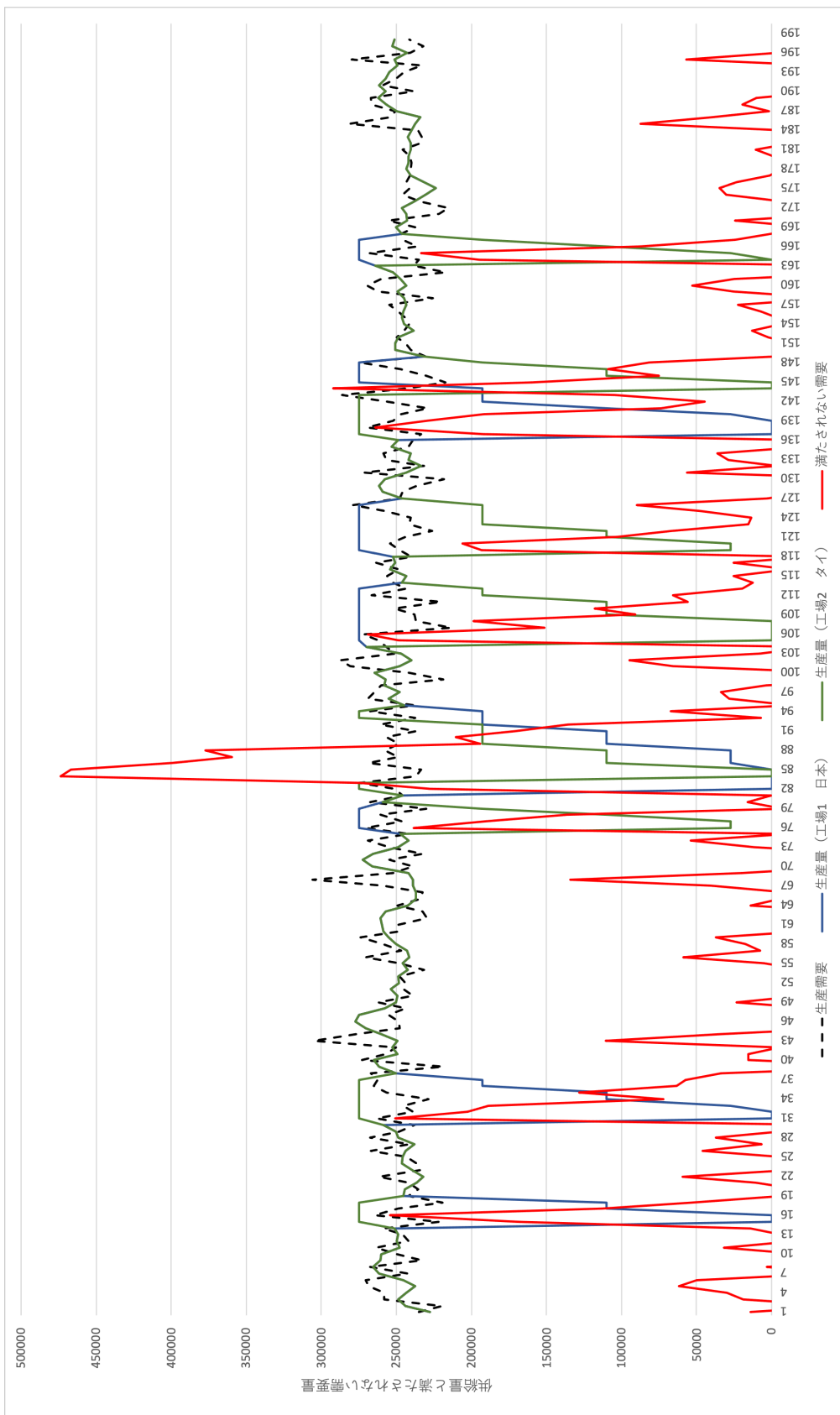


図 5.15 シナリオ 3 供給量と満たされない需要量

満たされない需要量の平均と分散，通常時と途絶時の品切れのペナルティは表 5.9 のようになった。満たされない需要量と途絶による品切れのペナルティは期待総利益に伴った結果となっており，満たされない需要量によるペナルティ，主に途絶による品切れのペナルティが利益に影響を及ぼしていることがわかる。ここで，満たされない需要量とは，需要変動による品切れも含んでいる。途絶による品切れのペナルティは，通常時の品切れのペナルティに比べ 9 倍～14 倍程度となっていることがわかる。つまり，需要変動による品切れより，途絶による大量の品切れが，より多くの満たされない需要量を生じることになり，さらに多額のペナルティにつながっていると考えられる。途絶による品切れのペナルティについて考えると，最も少ないシナリオ 2 でも各期に 508.3 百万円の損失となっており，途絶への対策を行うのであれば，実施にかかるコストがこれを下回れば良いと考えられる。しかし，途絶を完全に防ぐというのは現状難しく，損失をできるだけ少なくするという観点で考えると，さらに実施コストを抑え対策を行うことが必要だと考えられる。

表 5.9 満たされない需要量とペナルティ（期）

		シナリオ 1	シナリオ 2	シナリオ 3
満たされな い需要量	平均（台）	82,113	59,001	63,750
	分散	11.2×10^{-9}	7.52×10^{-9}	8.26×10^{-9}
ペナルティ （百万円）	通常時	55.43	59.85	58.92
	途絶時	760.1	508.3	565.9

5.4 おわりに

本章では、モデルのシミュレーション結果から、設計戦略の期待総利益を用いた評価、またその相違の特徴について確認できた。特に、途絶リスクを考慮しない場合には、シナリオ1が最も多く利益が得られる生産拠点のシナリオであったのに対し、途絶リスクを考慮した場合にシナリオ3が最も多く利益を得られる生産拠点のシナリオとなり、途絶リスクを考慮することが、損失を見越して、より多くの利益を得るための生産拠点の選定に、影響があると示すことができた。

また、満たされない需要量とそれによるペナルティ、主に途絶による品切れのペナルティが利益に影響を及ぼしていることが確認できた。需要変動による品切れより、途絶による大量の品切れが、より多くの満たされない需要量を生じることになり、さらに多額のペナルティにつながっていると考えられる。

一方で、トレード・オフの関係である、満たされない需要量を抑えること、対策コストを抑えること、についての本研究で用いたモデルに対しての具体的な解決策、適切な生産拠点数、立地する国を示すことができなかった。

6 結論

本研究では、不確実性と途絶リスクを考慮した GSC の設計／再設計の方法の提案およびその評価を行った。企業は適切な生産拠点を選定する際に、不確実性や途絶リスクを考慮したうえで意思決定を行わなければならない。生産拠点の組み合わせのシナリオを用意し、それぞれの生産拠点の拡張の戦略について、シミュレーションを通じて定量的に評価した。

シミュレーションに用いた為替レートは、全てのシナリオにおいて、途絶による変動よりも、不確実性として考慮した分散の方がより影響していると考えられる結果となった。今回、途絶による為替変動については、過去の自然災害などの途絶時の変動を参考に決定したため、現在の為替状況を加味した為替変動を反映することも一つの課題である。

途絶リスクの考慮について、各生産拠点のシナリオにおける企業の統合範囲内の税引き後期待利益を算出するシミュレーションを行い評価を行った。結果として、全ての生産拠点のシナリオで、途絶リスクを考慮することは、平均期待総利益の減少に繋がる結果となった。さらに、途絶リスクを考慮することで、最も多くの利益を得られる、生産拠点のシナリオは変わった、つまり、途絶リスクを考慮することが、損失を見越して、より多くの利益を得るための生産拠点の選定に、影響があると示すことができた。これまでの研究では、リショアリングには利益に繋がらない要因があり、近年の流れとしての、リショアリングの裏付けができていなかったが、地政学的リスクを含めることで、一つ考慮できていなかった要因を考慮できた。

次に、途絶により生じる、満たされない需要量やそれによるペナルティの考察を行った。途絶により、満たされない需要量を生むことは、避けられない事実であると考えられ、満たされない需要量を生じさせないために、新たな対策を講じてモデルおよびシミュレーションをアップデートすることが、本研究の今後の課題としてあげられる。満たされない需要量と途絶による品切れのペナルティは期待総利益に伴った結果となっており、満たされない需要量によるペナルティ、主に途絶による品切れのペナルティが利益に影響を及ぼしていることが確認できた。需要変動による品切れより、途絶による大量の品切れが、より多くの満たされない需要量を生じる結果となり、途絶による品切れが多額のペナルティにつながっていると考えられる。

本研究では、不確実性と途絶リスクを考慮したシミュレーションを行い評価した。しかし、現実には GSCN の設計／再設計において、考慮すべき重要な要因がほかにも多くある。今後、より機械化が進み生産コストに差が出なくなることや市場の動向も二極化すること、などニーズに応えることが、GSCN の設計／再設計をさらに複雑にすることが考えられる。他にも、国内、国外問わずさまざまなリスクについて、リスク・マネジメントを行う必要があり、様々な要素が絡み合って影響することが考えられる。そのような環境下において、各企業は GSCN の設計／再設計において様々な要因をもとに適切な生産拠点を選択することが重要である。今後の課題としては、より多くの要因を考慮し、より複雑な GSCN に対して、支援を行うことができる定量的モデルを考案する必要があると考えられる。

謝辞

本研究にあたり、日頃よりご指導を賜りました開沼泰隆教授に心から感謝申し上げます。開沼教授には、ご迷惑・ご心配をかけましたが、最後まで、丁寧にご指導いただき、誠に感謝しております。また、研究に関することだけでなく、私が知らない教養をはじめとする多くのことをご教授して頂きましたこと、感謝しております。三年間大変お世話になりました。

同研究室において、同期としてともに研究に励み、多くの点で私を支えてくださった鄭キさん、梁小芸さんに感謝申し上げます。

また、研究室を支えて下さり、助け合って研究室生活を過ごさせて頂いた伊藤碩将さん、鶴見禎彦さん、不破万由香さん、大庭秀威さん、陳煦陽さん、野沢海斗さんに感謝申し上げます。

これまで、研究のご指導、支援して下さった、小川銀平さん、折田昂洋さんに感謝申し上げます。一年間ではありましたが、研究をともに励み、研究生活をサポートして下さった森川和哉さん、佐藤大輔さん、鈴木偉丸さん、張栄彗さん、樊静さん、岩上文佳さん、内野菜月さん、西村萌さん、内海柚香さんに感謝申し上げます。

開沼研究室で多くの人に支えられ過ごした貴重な経験を忘れずに、今後の生活に生かしていきたい思っております。

最後に、研究にご協力頂いた皆様を含め、多数の方々への謝辞を述べさせていただきます。誠にありがとうございました。

参考文献

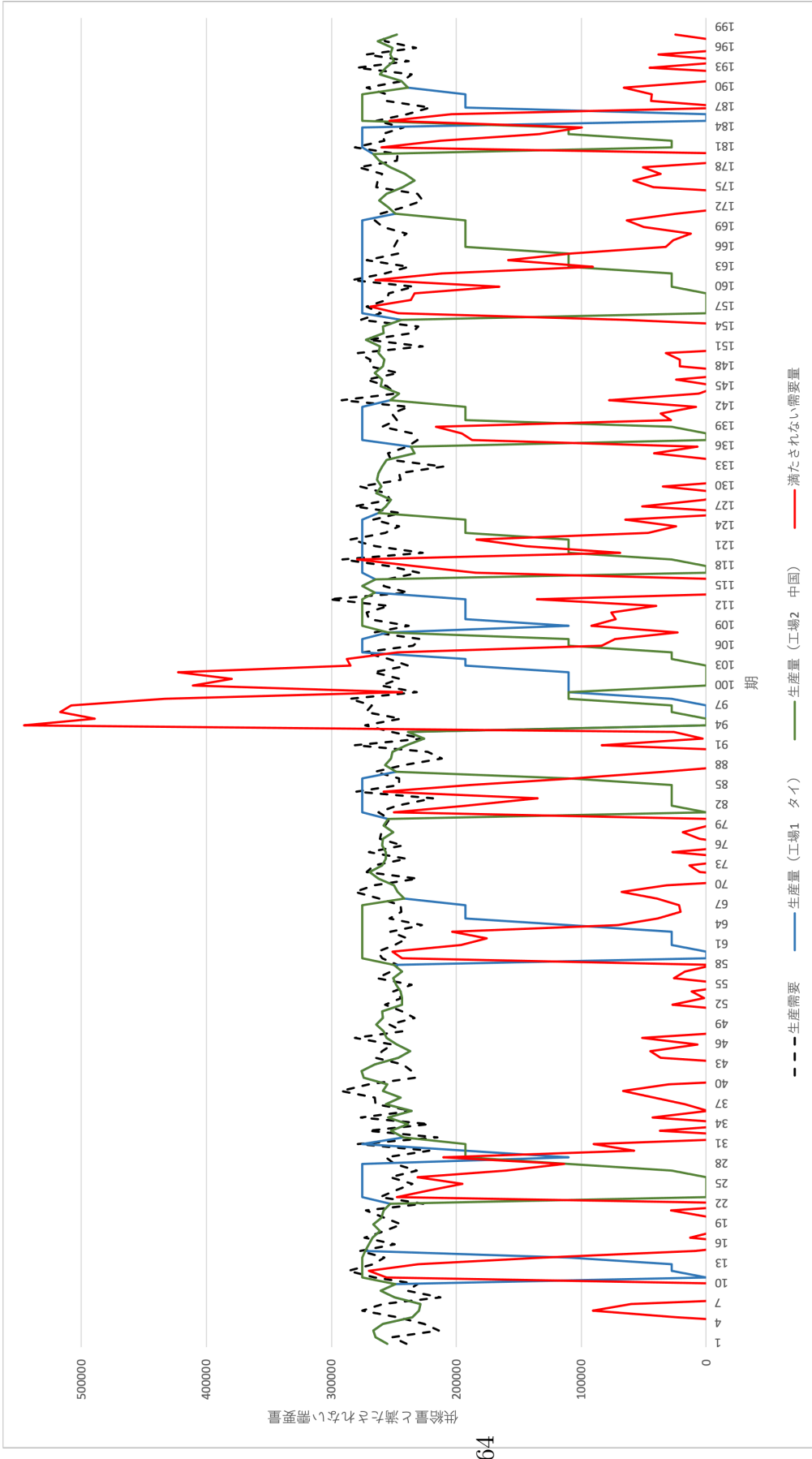
- [1] 中野幹久:「サプライチェーン・マネジメント論」, 中央経済社 (2016)
- [2] 圓川隆夫, 高井英造, 橋本雅隆:「戦略的 SCM」, 日科技連 (2015)
- [3] 久保幹久: “グローバル・サプライ・チェーン最適化モデル”, 経営システム, Vol.116, No.2, pp.56-61(2006)
- [4] 五味紀男, 安田賢憲:「国際経営論の基礎」 (2008)
- [5] 日本貿易振興機構:「2018 年度日本企業の海外事業展開に関するアンケート調査」 (2019)
- [6] 日本貿易振興機構:「2020 年度日本企業の海外事業展開に関するアンケート調査」 (2021)
- [7] 経済産業省:「2019 年版ものづくり白書」 (2019)
- [8] 三菱総合研究所:「平成 27 年度製造基盤技術実態等調査 (製造業の立地競争力と国内投資に関する研究)」 (2016)
- [9] 日本総合研究所:「製造業の「国内回帰」に過度な期待は禁物—国内市場の底上げこそ肝要—」 (2018)
- [10] 中村久人: “日本製造企業の国内回帰現象と企業競争力に関する考察”, 経営論集, Vol.69, pp.61-74(2007)
- [11] デロイトトーマツ税理士法人 HP: [http://www.tax.tohmatsu.co.jp/recruit/tp/our-work/transferpricing/\(2021/11/11\)](http://www.tax.tohmatsu.co.jp/recruit/tp/our-work/transferpricing/(2021/11/11))
- [12] 加本亘:「国際タックスプランニングの実務」, 中央経済社 (2014)
- [13] Stentoft, J., Olhager, J., Heikkila, J. and Thomas, L.: “Manufacturing backshoring: a systematic literature review”, Operations Management Research, Vol.9, pp.53-61(2016)
- [14] 経済産業省:「2016 年版ものづくり白書」 (2016)
- [15] Carlos J.Vidal, Marc Goetschalckx: 「A global supply chain model with transfer pricing and transportation cost allocation」, European Journal of Operational Research Vol.129, Issue 1, pp.134-158(2001)
- [16] Hammami, R. and Frein, Y.: “Redesign of global supply chains with integration of transfer pricing: Mathematical modeling and managerial insights”, International Journal of Production Economics, Vol.158, pp.267-277(2014)

- [17] Hammami, R.: “A scenario-based stochastic model for supplier selection in global context with multiple buyers, currency fluctuation uncertainties, and price discounts” , *European Journal of Operational Research*, Vol.233, pp.159-170(2014)
- [18] 山本遼太: 「グローバル・サプライ・チェーン・ネットワークの設計／再設計に関する研究」, 平成 31 年度首都大学東京卒業論文 (2020)
- [19] Fattahi. M, Govindan. K, Keyvanshokoo. E: 「A multi-stage stochastic program for supply chain network redesign problem with price-dependent uncertain demands」 , *Computers & Operations Research*, Vol.100, pp.314-332(2018)
- [20] 久保幹雄: 「サプライチェーン最適化の新潮流」, 朝倉書店 (2011)
- [21] 亀井利明, 亀井克之: 「リスクマネジメント総論 増補版」, 同文館出版 (2009)
- [22] Christopher, M., Peck, H.: “Building the resilient supply chain”, *International Journal of Logistics Management*, Vol.15, No.2, pp.1-13 (2004)
- [23] Chopra, S., Sodhi, S. M.: “Managing risk to avoid supply-chain breakdown”, *MIT Sloan Management Review*, Vol.46, No.1, pp.52-61 (2004)
- [24] Sodhi, S. M., Son, B., Tang, C.S.: “Researchers perspectives on supply chain risk management”, *Production and Operations management*, Vol.21, Issue1, pp.1-13 (2012)
- [25] Yossi Sheffi: 「企業のレジリエンシーと事業継続マネジメント」, 日刊工業新聞社 (2007)
- [26] 矢野裕児: “ロジスティクスと信頼性ー企業のリスク対応への取組ー”, *REAJ 誌*, Vol.34, No.5, pp.299-306 (2011)
- [27] 藤本隆宏: “サプライ・チェーンの競争力と頑健性ー東日本大震災の教訓と供給の「バーチャル・デュアル化」ー”, *MMRC DISCUSSION PAPER SERIES*, No.354 (2011)
- [28] 藤本隆宏: “サプライチェーンの「バーチャル・デュアル化」 : 頑健性と競争力の両立へ向けて”, *組織科学*, 第 45 巻, 第 4 号, pp.25-35 (2012)
- [29] 戸張弘: “途絶リスクを考慮したグローバル・サプライ・チェーン・マネジメントに関する研究”, 平成 26 年度首都大学東京大学院修士論文 (2015)

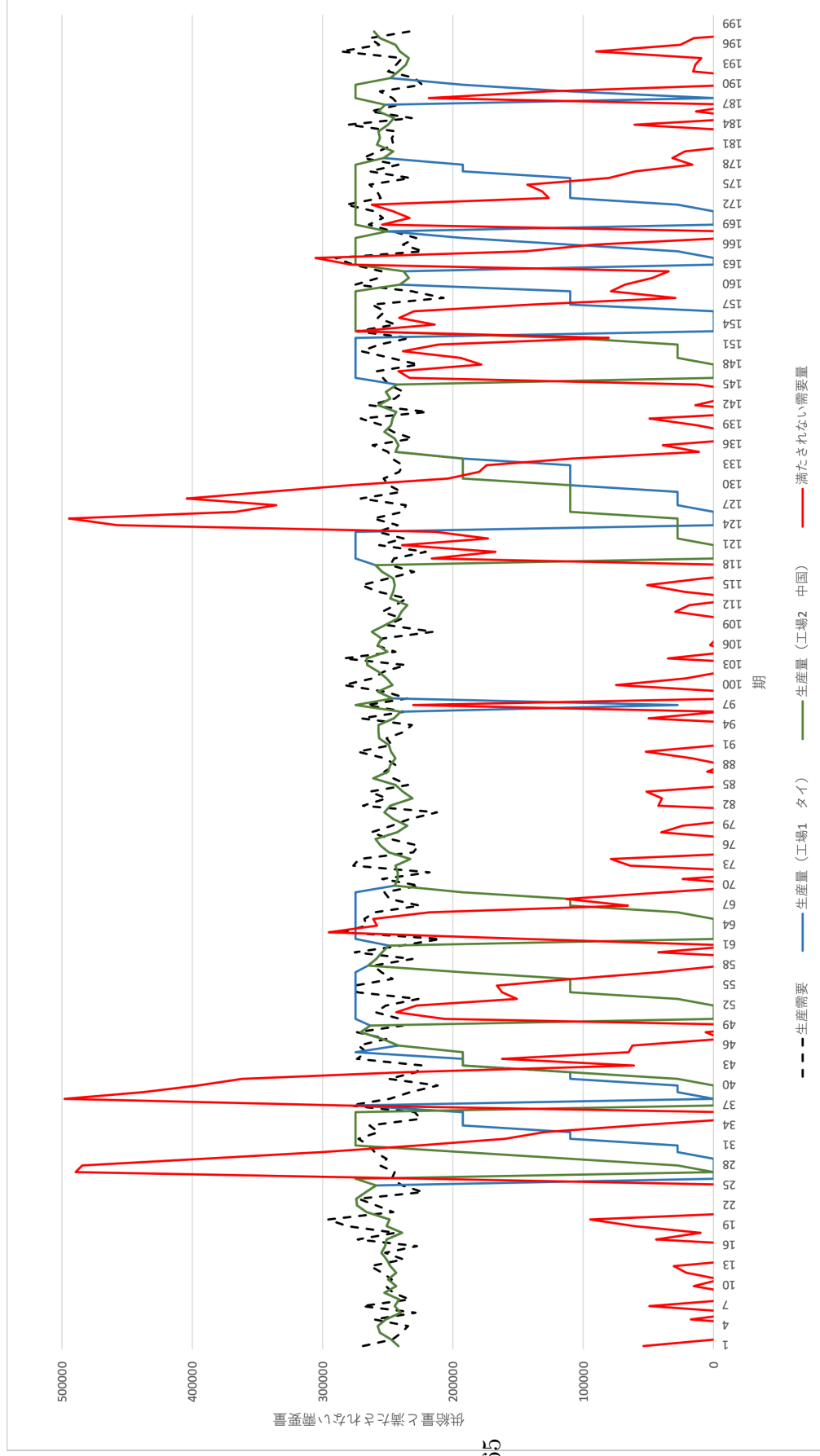
- [30] Marsh LLC: 「Political Risk Map 2021」 (2021)
- [31] 上田隼大: 「グローバル・サプライ・チェーン・ネットワークの設計および評価に関する研究」, 平成 30 年度首都大学東京大学院修士論文 (2019)
- [32] EDINET HP : <http://industry.edinet.jp/> (2021/11/16)
- [33] キヤノン: 「2015 年第 115 期有価証券報告書」 (2016)
- [34] 公正取引委員会事務総局: 「物流センターを利用して行われる取引に関する実態調査報告書」 (2013)
- [35] 日本貿易振興機構 HP: <https://www.jetro.go.jp/world/search/cost.html> (2021/11/16)
- [36] 財務省 HP: http://www.mof.go.jp/tax_policy (2021/11/16)
- [37] OANDA HP: <https://www1.oanda.com/lang/ja/currency/converter/> (2021/12/21)
- [38] Yahoo ファイナンス: <https://finance.yahoo.co.jp/> (2021/12/22)

付録

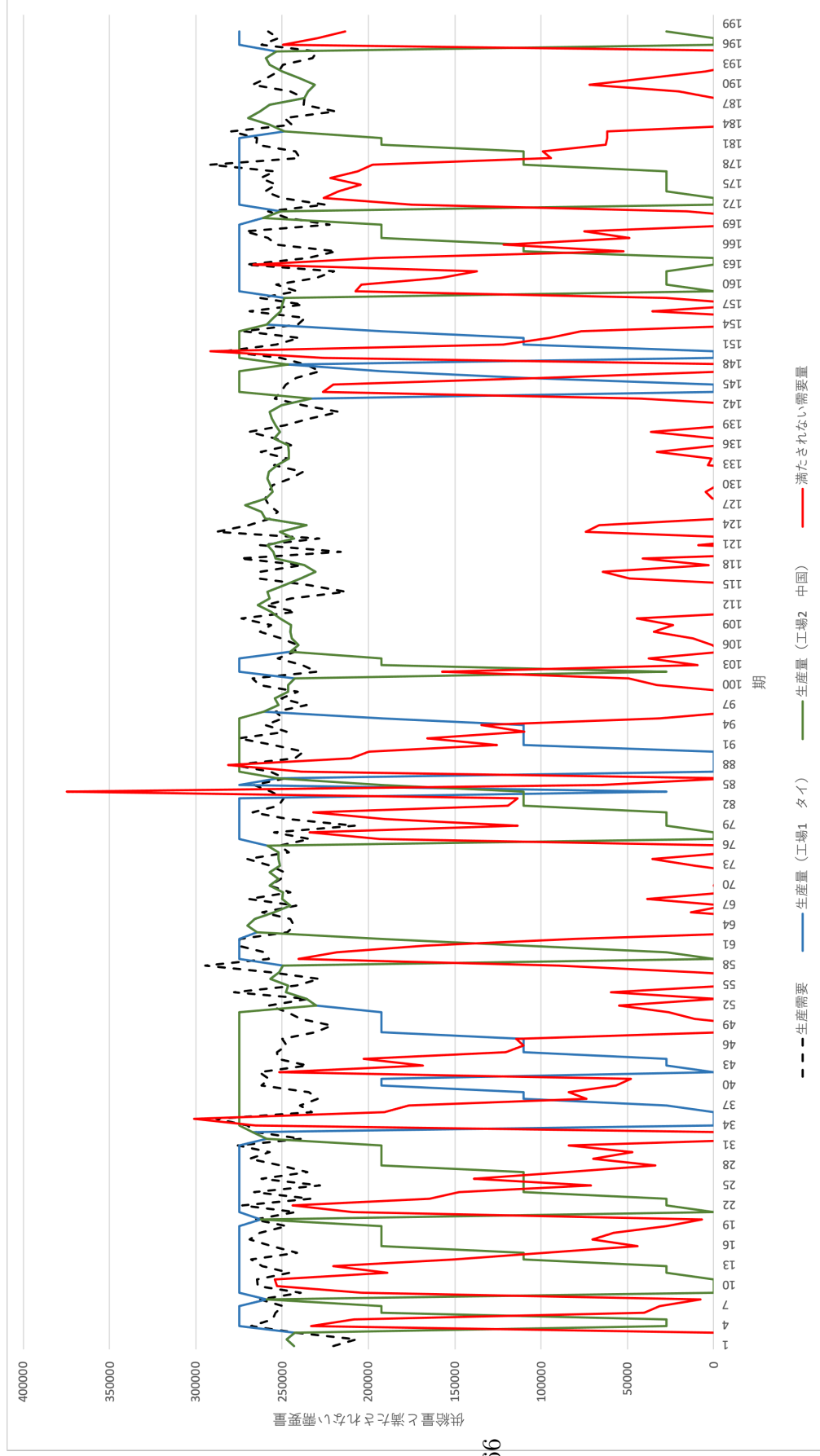
付録として、第 5 章のシミュレーション結果が数多くに及ぶため、記載できなかった結果の一部を次ページより記載する。



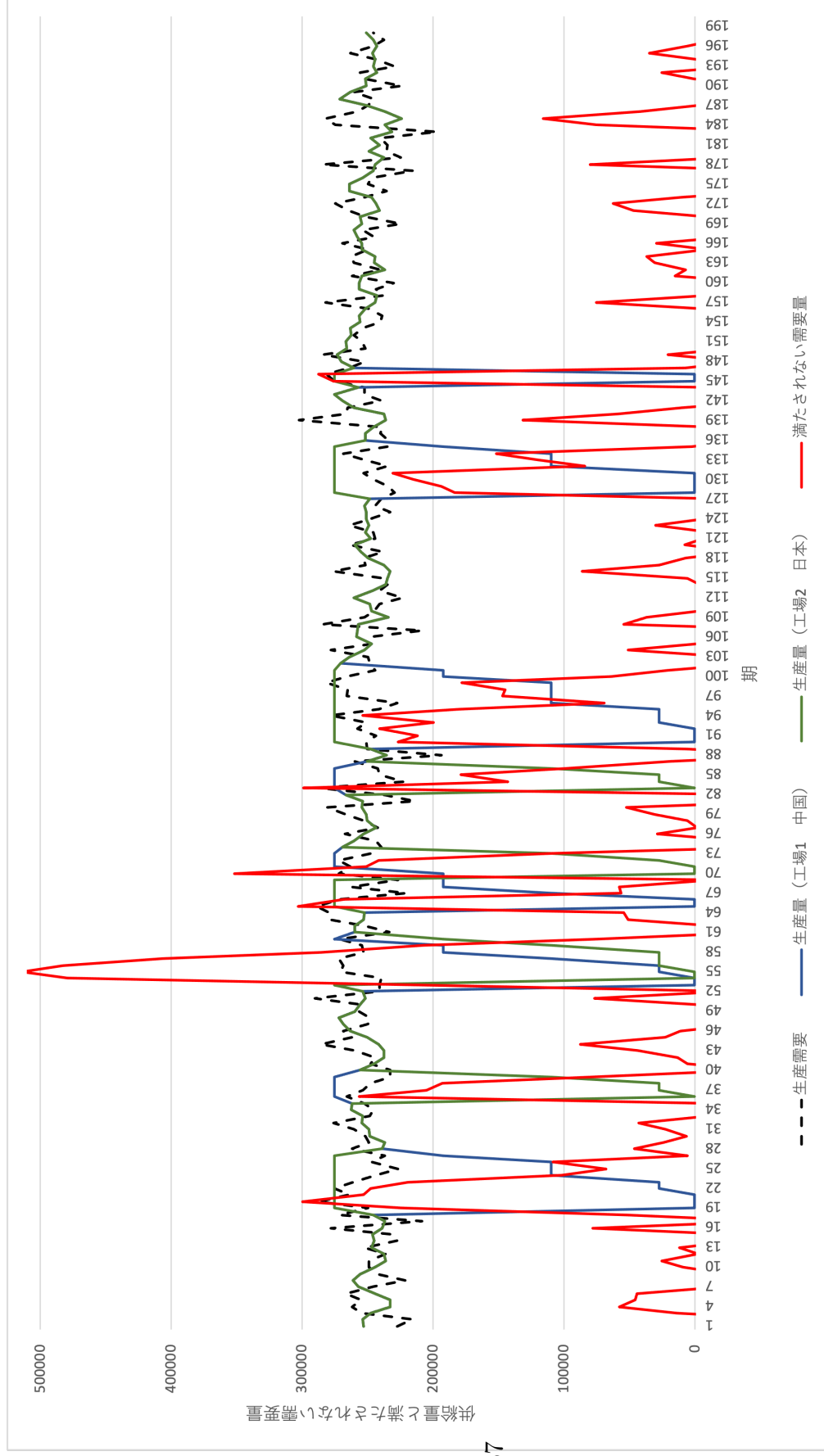
図付録.1 シナリオ 1 供給量と満たされない需要量 (1)



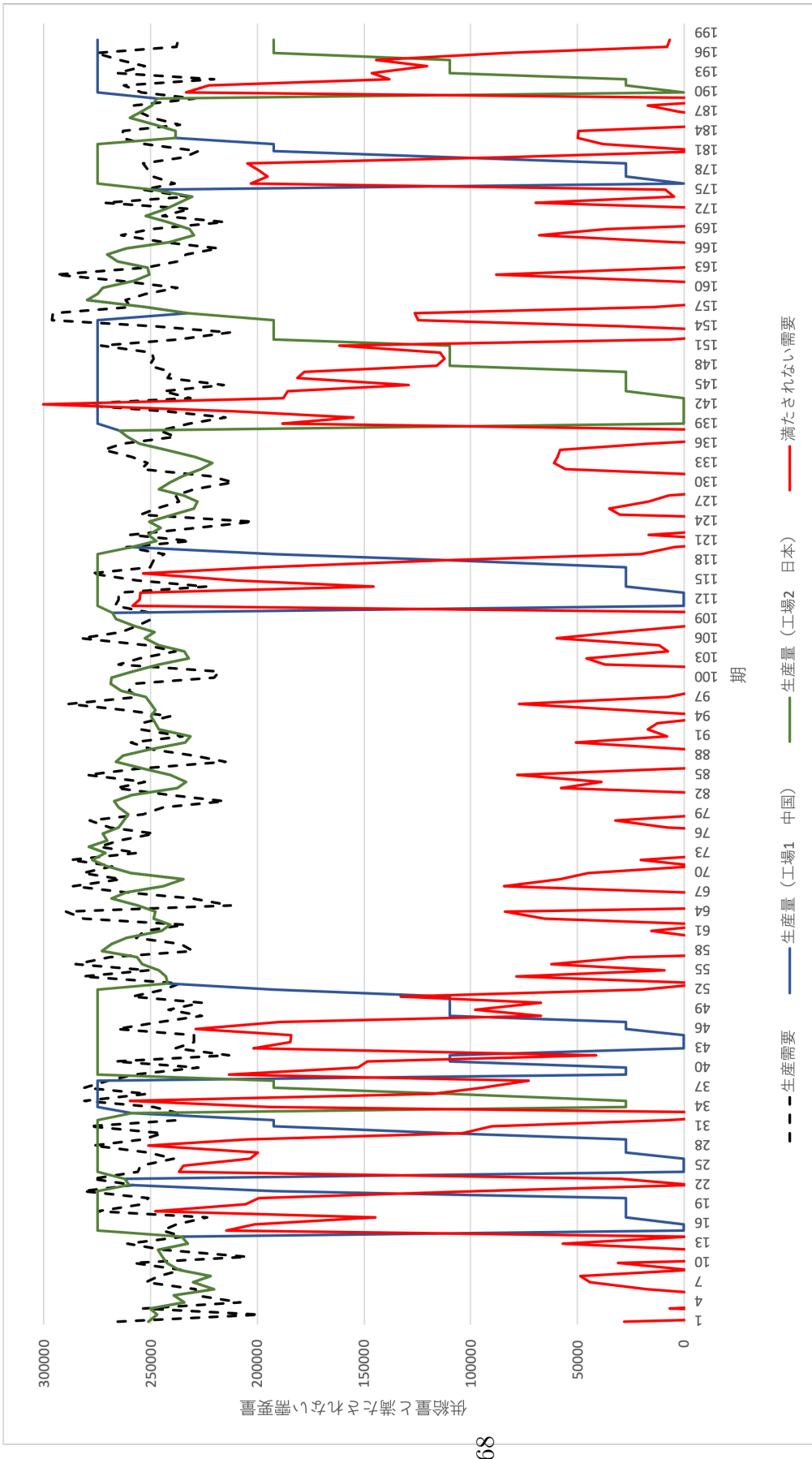
図付録.2 シナリオ 1 供給量と満たされない需要量 (2)



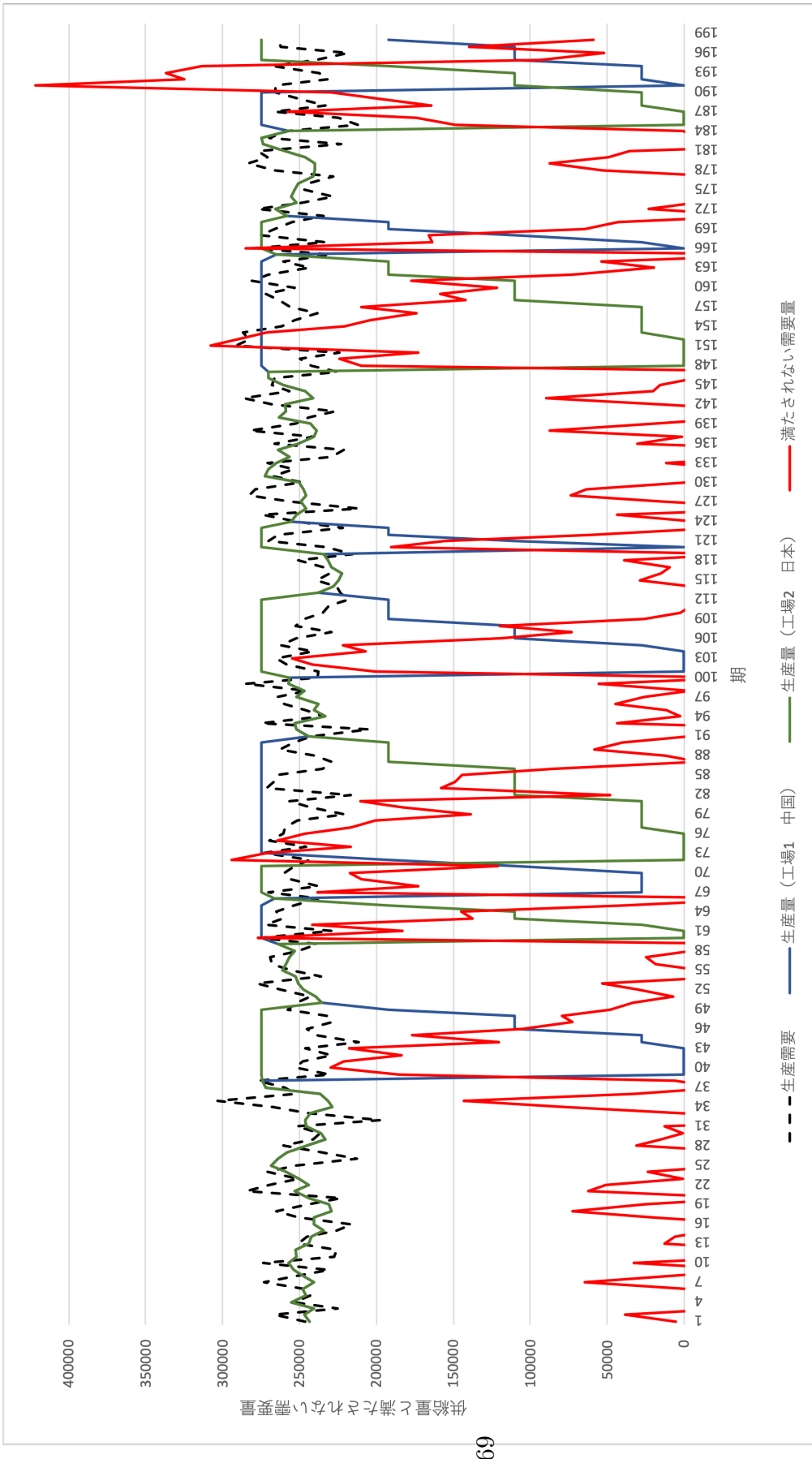
図付録.3 シナリオ 1 供給量と満たされない需要量 (3)



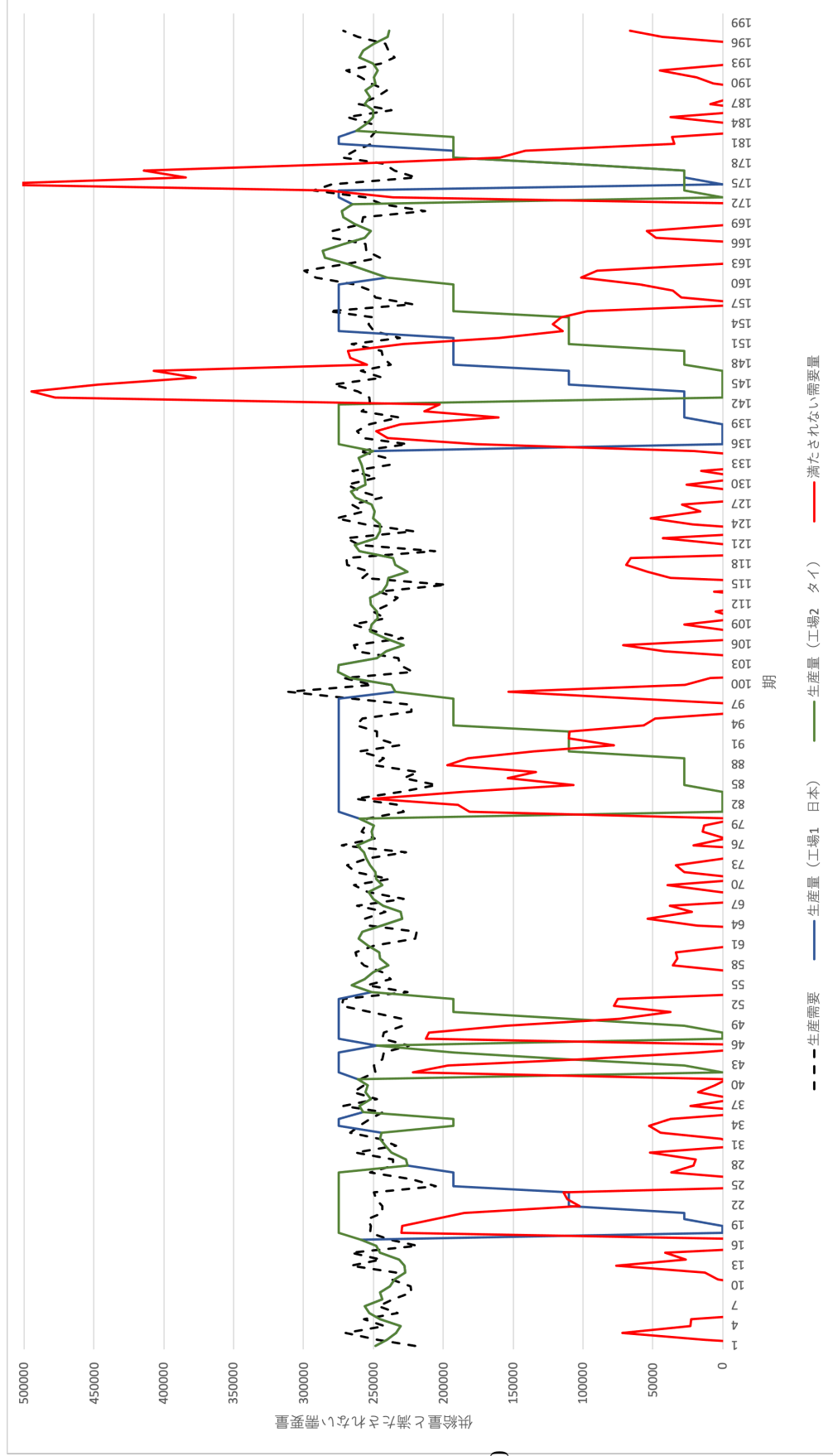
図付録.4 シナリオ 2 供給量と満たされない需要量 (1)



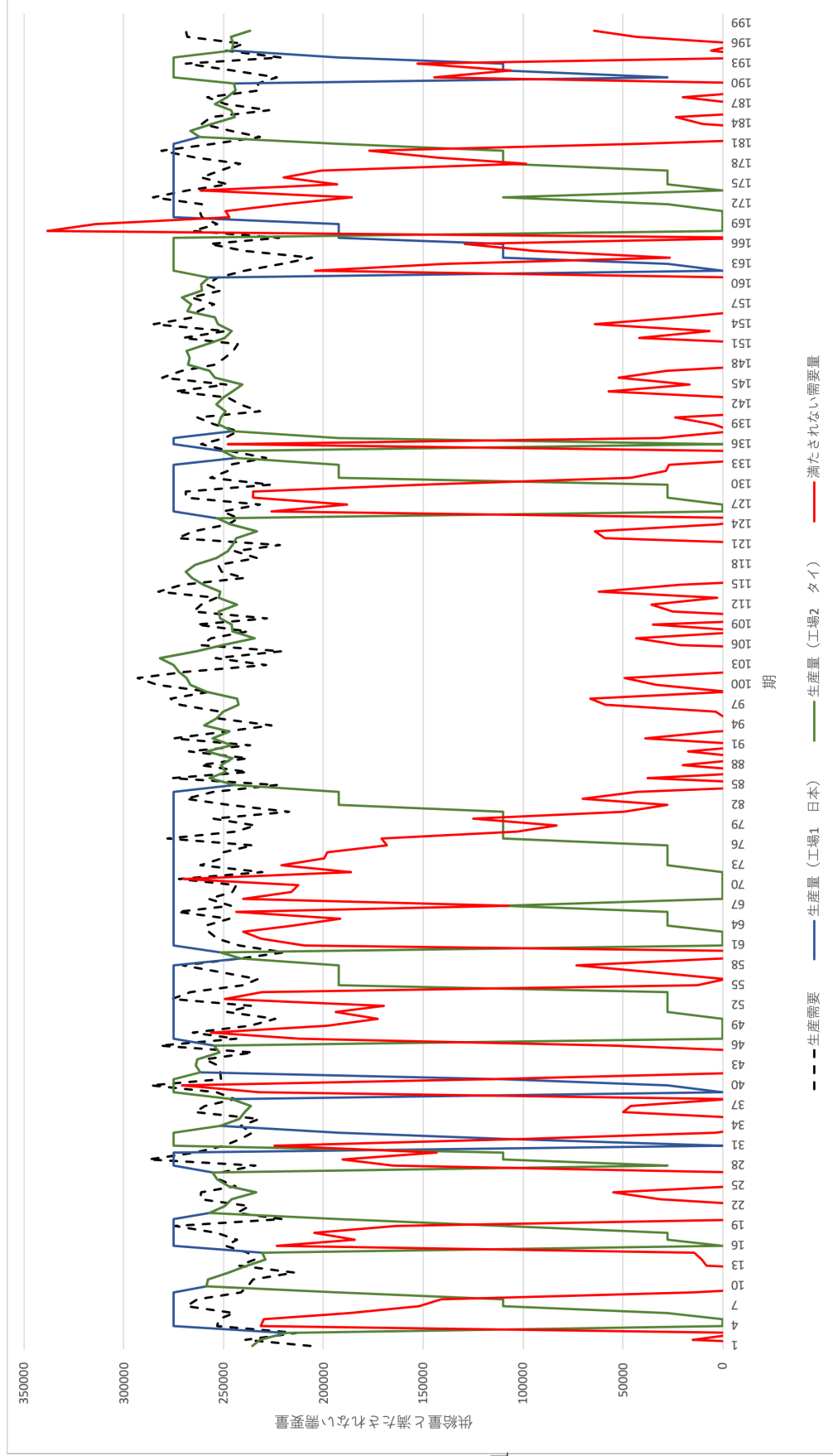
図付録.5 シナリオ 2 供給量と満たされない需要量 (2)



図付録.6 シナリオ 2 供給量と満たされない需要量 (3)



図付録.7 シナリオ3 供給量と満たされない需要量(1)



図付録.8 シナリオ 3 供給量と満たされない需要量 (2)



図付録.9 シナリオ3 供給量と満たされない需要量 (3)