

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 4 月 3 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2013～2016

課題番号：25380464

研究課題名（和文）サプライチェーンにおける企業連携の構造特性分析

研究課題名（英文）Structural Analysis of Company Alliance in Supply Chains

研究代表者

松尾 博文（MATSUO, HIROFUMI）

神戸大学・経営学研究科・教授

研究者番号：50312814

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、半導体産業において、サプライチェーンの頑強性と柔軟性を向上させる目的で、IDM（統合型製造業者）、ファウンドリ、セットメーカーの三者の企業連携を考察した。IDMとファウンドリの製造キャパシティに関する水平型のリスク共有に加えて、セットメーカーが垂直的にリスク共有に参加する統合型企業連携の構造特性を明らかにした。さらに、製造とサービスの連携であるサービサイジングについて、ガスタービン事業の高価格補充部品の在庫管理の重要性をシミュレーションで示した。

研究成果の概要（英文）：In this research, we investigate the triad company alliance of a set-maker, an IDM (Integrated Device Manufacturer) and a foundry in order to increase the robustness and flexibility of its supply chain. We show the characteristics of the triad company alliance, which integrates the horizontal capacity coordination between the IDM and foundry and the vertical capacity risk sharing by the set-maker. In addition, we demonstrate, by simulation modeling, the importance of inventory management of expensive spare parts in the gas turbine industry in the context of the servicizing, which is the integration of manufacturing and service businesses within a manufacturing company.

研究分野：社会科学（オペレーション管理，サプライチェーン管理）

キーワード： サプライチェーン・マネジメント 企業連携 半導体生産 リスク・マネジメント サービサイジング

1. 研究開始当初の背景

ルネサスエレクトロニクス、東芝等の日本の代表的な半導体製造業者は IDM（統合型製造業者）と呼ばれ、半導体の製品開発機能と製造キャパシティの両方を一企業で所有する。一方、米国の Broadcom のような半導体製品開発に特化するファブレスと台湾の TSMC のような製造に特化するファンドリは垂直分業型の企業連携をとり、通信・携帯に用いられる半導体製品の高い市場シェアを持つ。本研究代表者は、平成 22~24 年度の科学研究費補助金基盤研究（C）では、需要の不確実性に対応する柔軟性の実現を目的とした、IDM とファンドリの製造キャパシティリスクに関する水平型連携について考察した。この研究途中の平成 23 年 3 月 11 日に東日本大震災が起これ、研究対象企業であるルネサスエレクトロニクスの那珂工場も壊滅的な被害を受け、車載マイコンのサプライチェーンが寸断され、トヨタやホンダ等の日本の自動車製造業者のサプライチェーンは 3 か月以上の長期間にわたり寸断されることになった。その主な原因は、ファンドリを使った水平型連携が実施されていなかったところにある。東日本大震災後は、実践では、コストと時間の負担はあるが、IDM とファンドリとの水平型連携が推進されており、サプライチェーンの頑強性の向上は重要な経営課題になっている。

2. 研究の目的

本研究プロジェクトでは、製造業を核としたサプライチェーンにおける連携構造を生産キャパシティと在庫に関連するリスクとリターンの共有の側面から分析し、連携構造の違いがもたらすサプライチェーンの特性を明らかにすることを目的とする。連携の基本

構造として、在庫リスクを製造業と小売業で共有する垂直型連携、並びに、製造キャパシティのリスクを製造業間で共有する水平型連携の 2 つがある。垂直型連携と水平型連携を統合することにより、需要と供給の両方の不確実性に対応する柔軟で頑強なサプライチェーンを実現する。さらに、製造業のビジネスモデルとして、一般的な売り切りモデルを採用する場合と、製造事業と販売・サービス事業とを連携させたサービサイジング・モデルを採用する場合を対比して、サービサイジングの有効性を示す。

3. 研究の方法

企業連携における水平型連携と垂直型連携、さらにその統合に関する研究課題について、半導体産業におけるフィールド研究に基づき、実践のエッセンスを反映した数理モデルを開発した。特に、IDM とファンドリのコスト構造、契約形態、需要やキャパシティの特徴をモデル化し、ゲーム理論の枠組みを用いて、IDM をリーダーとしたファンドリとの契約について、Stackelberg 均衡を導出した。また、垂直型の契約と水平型の契約を統合して、3 者の企業連携についてゲーム理論の枠組みで分析を行った。

サービサイジングの研究課題については、文献のレビューを進める中で、既存論文は多いが、抽象的で、啓蒙的ではあるが、サービサイジングの実践のプロセスをどう設計するかという具体的なレベルに至る研究が少ないことが分かった。そこで、コンバインドサイクル・ガスタービンの製造業者である三菱日立パワーシステムズ社との共同研究体制を構築し、平成 26 年度に約 10 か月間、コンバインド・ガスタービンの製造とアフターサ

ービスについて、詳細なフィールド調査を行い研究を進めた。

研究協力者として、Washington University in St. Louis, Olin Business School の Professor Panos Kouvelis, Fudan University の Professor Xiaole Wu と理論の精緻段階で共同研究を進めた。

4. 研究成果

(1) サプライチェーン寸断に対応するトヨタ生産方式における連携の在り方に関する

研究： International Journal of Production Economics に掲載された Matsuo (2015) では、Matsuo (2012) (Proceedings of the 4th Production and Operations Management World Conference) で記述した、車載マイコンのサプライチェーン寸断における、ルネサスエレクトロニクスと自動車製造業のケースについてさらに分析を加えた。ここで、トヨタ生産方式におけるサプライチェーン寸断に関するリスク管理の方法と欧米製造業におけるそれとを対比し、主要電子部品については、トヨタ生産方式におけるカスケード型の在庫管理方式ではなくて、主要部品や特殊部品に関して、直接的でサプライチェーン全般にわたる統合的な管理が必要であること示した。大規模災害に対するサプライチェーンの頑強性に関する製造業のリスク管理方法について、製品アーキテクチャー、既存のサプライヤー管理の方法等の一連の生産管理の方法を考慮して考える必要があることを明らかにし、トヨタ方式におけるサプライヤー連携に関して、改善点を指摘した。

(2) 製造キャパシティのリスクを製造業間で共有する水平型連携に関する研究：本研究

者が平成 22～24 年度の科学研究費補助金基盤研究 (C) から継続して研究してきた、日本の半導体企業のサプライチェーンの水平型連携の研究に関して、学術雑誌に投稿していた論文にさらなる改訂を加えて、次の 2 篇の論文が掲載に至った。Wu, Kouvelis and Matsuo (2013) (Manufacturing and Service Operations Management) と Wu, Kouvelis, Matsuo, and Sano (2014) (European Journal of Operational Research) である。

日本の代表的な半導体製造業者は IDM (統合型製造業者) と呼ばれ、半導体の製品開発機能と製造キャパシティの両方を一企業で所有する。一方、グローバルには、設計のみを行うファブレスと製造のみを行うファンドリの垂直型分業の構造が主流となってきた。顧客であるセットメーカーは、サプライチェーン寸断に対応する頑強性と需要の変動に対応する柔軟性を増すために、IDM に製品を発注時に、IDM が水平的にファンドリの補完的なキャパシティを確保することを制約条件とするということが実践されてきている。この 2 篇の論文では、その際に使われる IDM がファンドリと結ぶ α -contract を学術論文では初めて取り上げ、分析している。 α -contract においては、IDM が受注する注文の α ($0 \leq \alpha \leq 1$) の割合分は優先的にファンドリに割り振られるという契約である。Wu et al. (2013) では、IDM の主導で、ファンドリと契約を結ぶときに、両者のコスト構造と需要の不確実性の特徴により、 α の値、卸売価格、両者のキャパシティの準備量をどのように設定すべきかをゲーム理論の枠組みを用いて論じた。ここでは、IDM をリーダーとした Stackelberg 均衡解を導出した。Wu et al. (2014) では、通常、水平的な連携である α -contract を用いた場合、IDM とファンドリ

を統合したサプライチェーンの全体最適であるキャパシティの配置は実現できない。この論文では、どのようなコスト構造の下、全体最適な α -contract を設計することが可能であるかを示した。本研究は、ファブレスとファンドリの分業構造に対する、日本の IDM を核とした構造の競争優位を論じる時に重要な視点を提供する。

(3) 在庫リスクを製造業と小売業で共有す

る垂直型連携に関する研究： International Journal of Production Economics に掲載された Ohmura and Matsuo (2015) では、サプライチェーンの垂直的な構成者のリスクに対する態度が、売買における返品ポリシーの契約にどのような影響を与えるかを論じた。サプライチェーン全体の機能を向上させるために、その構成者の意思決定活動を調整する必要がある。リスクに対する態度については、既存論文では、risk neutral の仮定が多く用いられるが、この論文では、より一般的な risk aversion の場合を検討し、その複雑な影響を論じている。例えば、既存論文の結果に反して、ある条件下では、売り手と買い手の両方が risk averse の時に、その両者が返品ポリシー契約を望むことを示した。企業連携に際して、企業の規模、財政的な余裕のレベルにより、risk aversion に対する考慮が契約に関して重要になることを返品ポリシー契約において、厳密に示したことがこの論文の学術的な貢献である。

(4) 垂直型と水平型を統合する連携構造に

関する研究： Proceedings of the 5th Production and Operations Management World Conference に掲載された Zhang and Matsuo (2016) では、垂直型と水平型を統合する連携構造を論じた。例えば、半導体部品をトヨタが IDM に注文する時、サプライチェ

ーンの頑強性確保のために、IDM がファンドリと α -contract を締結することを発注の制約条件とする場合の3者の垂直型と水平型の連携の統合を考察した。上記の(1)においては、トヨタとIDMのような垂直的な取引は与件として扱い、水平型連携のみが考慮された。本論文では、トヨタが積極的にIDMと垂直型連携を結ぶメリットについて、ゲーム理論の枠組みを用いて厳密に示している。トヨタの需要の α の割合分を優先的にファンドリに配分するという制約下で、IDMとファンドリのキャパシティ配置の全体最適解をIDMが主導の水平的な α -contract で実現可能かを考察した。あるコスト構造の下では可能であるが、そうでない場合は、トヨタがIDMのキャパシティリスクの一部分をキャパシティ予約契約をIDMと締結することで、全体最適なキャパシティ配置が実現できることを示した。つまり、トヨタが半導体企業のキャパシティリスクの一部を負担することにより、IDMとファンドリのキャパシティ配置が、トヨタの需要の α の割合分を優先的にファンドリに配分するという制約下で、全体最適になることを示すことができた。サプライチェーン寸断に対応する頑強なサプライチェーンの構築という観点から、IDMを核とする日本の半導体産業がグローバルに競争力を増すためには、セットメーカーの積極的なキャパシティリスク共有への参加が不可欠であることを示唆している。

(5) 製造・サービス部門の連携であるサー

ビスサイジングの研究：平成26年度の約10か月間、三菱日立パワーシステムズとの共同研究体を実施し、コンバインド・ガスタービンの製造とアフターサービスについて、詳細なフィールド調査を行った。その結果、サービスサイジングにおいて、特に、高温補充部品の

コストが高く、その補充部品の補修と在庫管理が重要であることを明らかにした。

Proceedings of the Fifth International Symposium on Operations Management and Strategy に掲載された Sun and Matsuo (2015) においては、基本的な高温補充部品の在庫管理シミュレーションモデルの開発を行い、補充部品の再利用可能回数や複数のタービンで補充部品を共有する事のコスト削減効果の評価を行った。また、同じ Proceedings に掲載された Vasileios and Matsuo (2015) では、ガスタービンビジネスにおいて、サステナビリティ・レポートが業界トップ3社の GE, Siemens, 三菱日立パワーシステムズにおいて、異なっていることを示し、その示唆することを論じた。

上記の研究を基に、コンバインドサイクル・ガスタービンのサービサイジングについてアフターセールス・サービスの長期契約デザインの理論的な研究を国際共同研究体制で、Washington University in St. Louis の Professor Panos Kouvelis らと継続して進めている。

5. 主な発表論文等 〔雑誌論文〕(計7件)

1. Jiaqi Zhang and Hirofumi Matsuo (2016), “Integrating vertical and horizontal capacity coordination for risk management in the semiconductor supply chain,” *Proceedings of the 5th Production and Operations Management World Conference*, IS 37533, 1-10. (査読有)
2. Shota Ohmura and Hirofumi Matsuo (2016), “The effect of risk aversion on

distribution channel contracts: Implications for return policies,” *International Journal of Production Economics*, Vol. 176, 29-40. (査読有)

3. Xichen Sun and Hirofumi Matsuo (2015), “Repairable service parts management for maintaining gas turbines,” *Proceedings of the Fifth International Symposium on Operations Management and Strategy*, 51-66. (査読有)
4. Vasileios Vasileios and Hirofumi Matsuo (2015), “A comparative study of GRI sustainability reports in the gas turbine industry,” *Proceedings of the Fifth International Symposium on Operations Management and Strategy*, 67-82. (査読有)
5. Hirofumi Matsuo (2015), “Implications of the Tohoku Earthquake for Toyota’s coordination mechanism: Supply chain disruption of automotive semiconductors,” *International Journal of Production Economics*, Vol. 161, 217-227. (査読有)
6. Xiaole Wu, Panos Kouvelis, Hirofumi Matsuo and Hiroki Sano (2014), “Horizontal coordinating contracts in the semiconductor industry,” *European Journal of Operational Research*, Vol. 237, 887-897. (査読有)
7. Xiaole Wu, Panos Kouvelis and Hirofumi Matsuo (2013), “Horizontal capacity coordination for risk management and flexibility: Pay ex ante or commit a fraction of ex post demand?” *Manufacturing & Service Operations Management*, Vol. 15, No. 3, 458-472. (査読有)

〔学会発表〕(計5件)

1. Jiaqi Zhang and Hirofumi Matsuo (2016), "Integrating vertical and horizontal capacity coordination for risk management in the semiconductor supply chain," *The 5th Production and Operations Management World Conference*, September 2016, Havana International Conference Center, Cuba. (査読有)
2. Hirofumi Matsuo (2015), "An interim report on global supply chain strategy benchmarking study," *The 3rd International Workshop on Production and Logistics*, JIMA Division of Production and Logistics Research, Ohtsu, Shiga. (基調講演)
3. Xichen Sun and Hirofumi Matsuo (2015), "Repairable service parts management for maintaining gas turbines," *The Fifth International Symposium on Operations Management and Strategy*, Gakushuin University, Tokyo. (査読有)
4. Vasilakis Vasileios and Hirofumi Matsuo (2015), "A comparative study of GRI sustainability reports in the gas turbine industry," *The Fifth International Symposium on Operations Management and Strategy*, Gakushuin University, Tokyo. (査読有)
5. Hirofumi Matsuo (2013), "Implications of the Tohoku Earthquake for the supply chain coordination mechanism of Toyota Production System," *The Third International Symposium on Operations Management and Strategy*, Osaka City University, Osaka.

〔図書〕(計1件)

1. 松尾博文 (2016), 「サプライチェーン・マネジメント」, ハンドブック経営学[改訂版](神戸大学経済経営学会編), ミネルヴァ書房, 第10章, 153-168頁

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

http://www.b.kobe-u.ac.jp/resource/staff/faculty/matsuo_h.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松尾博文 (MATSUO HIROFUMI)

神戸大学・大学院経営学研究科・教授

研究者番号: 50312814

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし

(4) 研究協力者

Panos Kouvelis: Washington University in St. Louis, Olin Business School, Professor

Xiaole Wu, Fudan University, School of Management, Assistant Professor