

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年3月31日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22530362

研究課題名（和文） 柔軟な半導体サプライ・ネットワークを実現する企業連携

研究課題名（英文） Operational Coordination to Realize a Flexible Semiconductor Supply Network

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

研究成果の概要（和文）：本研究プロジェクトでは、半導体業界において、需要の不確実性に対応するサプライチェーンの柔軟性を実現するために、IDM（統合型製造業者）がファウンドリと連携する、製造キャパシティの水平連携を考察した。ゲーム理論を用い、この業界で用いられている典型的なリスク共有の契約方式が、サプライチェーンの全体最適の視点からどのようなパフォーマンスを示すかを明らかにした。さらに、キャパシティ水平連携の必要性を2011年東日本大震災で発生したサプライチェーン寸断の視点から論じた。

研究成果の概要（英文）：In this research project, we investigate the horizontal capacity coordination between IDM (Integrated Device Manufacturer) and foundry in the semiconductor industry. It is to enhance the flexibility of supply chain, which is necessary to deal with demand uncertainties. Applying the game theory, we show how well a typical contract used in practice performs from the view point of supply chain optimization. In addition, we discuss the necessity of such horizontal coordination to alleviate the effect of supply chain disruptions such as the one caused by the 2011 Tohoku Earthquake.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	900,000	270,000	1,170,000
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：オペレーション管理、サプライチェーン管理

科研費の分科・細目：経営学・経営学

キーワード：サプライチェーン・マネジメント、オペレーション管理、企業経営、半導体生産、企業連携

1. 研究開始当初の背景

(1)半導体産業のサプライチェーンの構造変化：半導体産業では、半導体の配線を微細化した新世代製品が数年毎に市場投入される。新世代製品のコストパフォーマンスは旧世代製品に比較して格段に優れたものと

なってきたので、半導体製造の主要企業は、世代毎に、製品・製造技術開発と製造キャパシティへの投資に莫大なコストをかけてきた。しかしながら、投資コストの増大、需給不均衡の頻繁な発生、サプライチェーンの構造変化のために、高い市場占有率と生産規模

を達成した少数の企業のみ、投資コストを回収し、利益を計上できる環境になってきた。

本研究プロジェクトでは、半導体サプライチェーンにおける企業連携の構造の違いがもたらす仕組みの優位性を、特に、柔軟性に着目して研究する。

半導体産業のサプライチェーンの形態は4つのタイプに分類できる。一つは、「IDM(統合型製造業者, Integrated Device Manufacturer)」と呼ばれる、製品開発機能と製造キャパシティの両方を一企業で統合的に所有し、半導体を組み込んだ最終製品の製造業者であるセットメーカーを顧客とする形態。IDMの代表企業は、米国のIntelや韓国のSamsungである。もう一つは、ファブレス企業と呼ばれる半導体製品開発のみを行う企業と、製造のみを行う専門ファンドリが「垂直分業型」の企業連携を行う形態である。ファブレス企業とファンドリの代表企業は、それぞれ、米国のBroadcomと台湾のTSMCであり、半導体産業の売上高上位を占めるようになってきた。この2つの形態の間には、米国のIDMであるTexas Instrumentsが次世代半導体の製造を完全にファブレスに委託するというような「ファブライト型」、また、IDMがファンドリを兼業する、「ファブヘビー型」の構造も存在する。

日本の主要な半導体企業は、総合電機メーカーからその半導体事業部が分社化されたIDM企業であり、先端世代の半導体技術の高い能力を確保してきている。しかしながら、旧世代半導体への技術と製造キャパシティ投資費用を回収できずに、次世代半導体投資を行うという事態になっており、固定費削減を伴う企業再編を強いられている。IDMの一つの弱点は、高い固定費が必要な製品開発と製造キャパシティを所有し、その両方の稼働率を高く一定に保つ必要が生じているところにある。不確実で、変動する需要に柔軟な供給サイドの対応ができずに、需要のピークに多大な機会損失、需要の底でキャパシティ余剰を起こしている。IDMが、企業連携を通して、供給サイドの柔軟性を増加する仕組みの開発に焦点を当てる。

(2) 研究の学術的背景：日本の半導体産業の復興に関しては、技術戦略とコンソーシアムの視点、投資を容易にするような税制の視点から議論されてきた。しかしながら、サプライチェーンの企業連携の構造の違いがもたらす、仕組みの優位性の観点からの研究はされていない。製造業一般の垂直的な企業連携については、日本のサプライヤー管理に関する詳細な実証研究が存在する。組み立て工程企業とサプライヤーの間での在庫に関するリスクとリターンの共有と分配についての実証研究は本研究に深く関係する。さらに、

小売業者と製造業の間の在庫リスクとリターンの共有と配分に関しては、様々な契約形態が数理・経済モデルを使って定量的に研究されている。

半導体産業における、企業連携のモデル分析に関しては、セットメーカーとIDMの間の垂直的協業について、モデルを使って議論されている。セットメーカーがIDMのキャパシティをオプションコストを支払うことによって予約し、需要が実現すれば、そのオプションを行使して、発注するという生産能力予約契約が研究されている。このようなオプション契約を締結することにより、IDMの製造キャパシティ投資のリスクが軽減されて、製造キャパシティ投資が増加し、サプライチェーンの全体最適へ向かうことが理論的に示されている。

2. 研究の目的

本研究プロジェクトでは、半導体サプライチェーンにおける企業連携の構造の違いがもたらす仕組みの優位性を、特に、柔軟性に着目して研究する。日本の主要半導体企業は、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統合型製造業者であるが、需給関係の不確実性と変動に柔軟に対応できず、高い固定費投資の回収ができていない。

本研究プロジェクトでは、統合型製造業者が企業連携を通して、柔軟なサプライ・ネットワークを構築するために必要な契約形態について研究し、様々な既存のサプライチェーンの構造との比較優位性を定量的、定性的に明らかにする。

3. 研究の方法

本研究プロジェクトでは、半導体業界において、需要の不確実性に対応するサプライチェーンの柔軟性を実現するために、IDM(統合型製造業者)がファンドリと連携する、製造キャパシティの水平連携を考察した。ゲーム理論を用い、この業界で用いられている典型的なリスク共有の契約方式が、サプライチェーンの全体最適の視点からどのようなパフォーマンスを示すかを分析した。IDMが関与するサプライチェーンと垂直分業型のサプライチェーンの優位性の比較という意味で、サプライチェーンの全体最適化につながる契約形態を研究することは意義がある。

東日本大震災においては、ルネサスエレクトロニクス的那珂工場が被災し、トヨタやホンダ用の車載マイクロコントローラーの製造が長期間停止し、自動車の製造に多大な影響を与えた。これは、特定の製品の製造が那珂工場のみでしか行われておらず、製造の移管が困難な部品の場合、サプライチェーンのボトルネックとなってしまったことによる。

本研究プロジェクトでは、このサプライ

チェーン寸断の問題について、ケース調査研究を行った。サプライチェーン寸断は、本研究における IDM が水平企業連携を実施することにより適切に回避できる可能性がある。水平企業連携で考慮を要する点は、製造キャパシティを持つ2社が需要の変動と不確実性のもと、製造キャパシティを確保することによって生じるリスクとリターンの配分を契約を通じてどのように決定するかである。

4. 研究成果

(1) 平成 22 年度の研究成果：平成 22 年度は、半導体サプライチェーンにおける企業連携の構造の違いがもたらす仕組みの優位性を研究するための基本的なモデルの開発に取り組んだ。Erkoc and Wu (2005)では、半導体産業における機器メーカーと IDM(統合型半導体製造業者)の間の垂直企業連携において、セットメーカーが IDM のキャパシティについて、オプション契約を締結することにより、IDM の製造キャパシティ投資のリスクが軽減されて、製造キャパシティ投資が増加し、サプライチェーン全体最適化の方向に進むことが理論的に示されている。このモデルにおいて、IDM の半導体価格を所与とするという仮定を課している。

本プロジェクトの研究成果である JOMS 誌に掲載された佐野、松尾(2011)では、価格を決定変数とすれば、サプライチェーン全体最適な生産能力予約契約が存在することを証明した。JOMSA 全国大会において、大村、松尾(2010)では、垂直企業連携におけるリスク回避度を考慮した場合のモデルの考察結果を報告した。さらに、機器メーカーと IDM との水平企業連携についての理論的な研究を行い、佐野、松尾(2010)では、水平企業連携ネットワークで、期待利益をサプライチェーン全体最適化するキャパシティ予約契約が存在するための条件を導出し、報告した。

Washington University in St. Louis の Kouvelis 教授を研究協力者とする共同研究では、半導体サプライチェーンにおける水平企業連携についての理論開発を進めている。途中結果は、米国の POMS 学会と INFORMS 学会において、Wu, Kouvelis and Matsuo (2010a, b) として発表した。さらに、半導体産業の企業に関する公表されている財務データ等を収集し、サプライチェーンの構造分析に必要なデータベースの構築を開始した。

(2) 平成 23 年度の研究成果：平成 23 年度は、主に、半導体サプライチェーンにおける水平企業連携の理論の開発に取り組んだ。ここで、水平企業連携とは、半導体産業において生産キャパシティをもつ IDM (統合型半導体製造業者) がファンドリに生産委託をすることを指す。この場合、同じ製品の製造が IDM のみ、

ファンドリのみ、さらに、両者で同時に行うという選択肢をもつことになる。水平企業連携で考慮を要する点は、製造キャパシティを持つ2社が需要の変動と不確実性のもと、製造キャパシティを確保することによって生じるリスクとリターンの配分を契約を通じてどのように決定するかである。

Washington University in St. Louis との共同研究を通じて、最適化の理論、確率過程の理論、ゲーム理論をもとに、2本の論文を書き、海外の査読付き雑誌に投稿し、平成 23 年度は、その査読結果をもとに論文の改訂を続けた。

Ohmura and Matsuo (2012) は査読付き雑誌の JOMSA 誌に掲載された。この論文では、垂直企業連携における小売企業のリスク回避度が卸売契約における価格と発注量にどのように影響があるかを明らかにした。

一方、これらの結果を含めて、半導体サプライチェーンの企業連携、震災等のリスク管理について、横浜、香港、北京で開催された3つの国際会議、で招待講演を行った、Matsuo (2011a, b, c)。

(3) 平成 24 年度の研究成果：本研究プロジェクトの最終年度であるので、理論とその検証を整備し、その研究成果の公表に努めた。半導体業界において、需要の不確実性に対応するサプライチェーンの柔軟性を実現するために、IDM (統合型製造業者) がファンドリと連携する製造キャパシティの水平的連携を考察した。

Wu, Kouvelis and Matsuo(2012)では、水平的連携の契約形態をとる場合、需要を一定割合で配分する契約とキャパシティ予約契約をゲーム理論を適用し、また、シミュレーションを使った検証を踏まえて比較した。両方の契約における最適な変数の決定方法、どのようなケースにどちらの契約が選択されるかを明らかにした。

東日本大震災のような大規模災害を経験し、特定の製品をどこでどれだけ製造できるかについての柔軟性の重要性が広く知られるようになった。このような柔軟性は、本研究における IDM が水平企業連携を実施することにより適切に実行できる可能性がある。半導体サプライチェーンの寸断についての考察の論文、Matsuo(2012)は、オペレーションズ・マネジメントの最も権威のある国際大会において、EurOMA, POMS と JOMSA 学会の共同審査により、The Jose A. D. Machuca P&OM World Conference Highly Commended Awardを受賞した。

垂直企業連携に関して、Ohmura and Matsuo (2012b) は、卸売契約において、返品可能であるか否かの2つのケースについて、売買の関係者のリスク回避度が価格と発注量にどのような影響があるかを明らかにした。リスク回

避度は企業連携の契約形態に影響の強い要素であるが、既存研究が少ないので、さらなる研究が必要であることが示された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 8 件)

1. Xialoe Wu, Panos Kouvelis and Hirofumi Matsuo (2012), “Horizontal Capacity Coordination for Risk Management and Flexibility: Pay ex ante or Commit a Fraction of ex post Demand?” *Manufacturing & Service Operations Management, Forthcoming in 2013*. (査読付き論文)
2. 松尾博文 (2012), 「SCM 研究についての包括的課題設定：サプライチェーン寸断の事例を考える」『日本経営工学会平成 24 年度秋季研究大会予稿集』, pp. 32-33. (招待講演予稿) (査読無し)
3. 大村鍾太, 松尾博文 (2012), 「サプライヤーが下方リスク制約を持つ場合のキャパシティ予約契約」『オペレーションズ・マネジメント&ストラテジー学会第 4 回全国研究発表大会論文集』, pp. 1-16. (査読無し)
4. Wenyih Lee and Hirofumi Matsuo (2012), “Managing Production Ramp-up in Semiconductor Manufacturing,” *Proceedings of the 4th Production and Operations Management World Conference, 2012*, 10 pages. (査読付き論文)
5. Shota Ohmura and Hirofumi Matsuo (2012b), “The Effect of Risk Aversion on the Retailer-Manufacturer Relationship with respect to Return Policies,” *Proceedings of the 4th Production and Operations Management World Conference, 2012*, 10 pages. (査読付き論文)
6. Hirofumi Matsuo (2012), “Supply Chain Disruptions from the Tohoku Earthquake: What Happened to Automotive Semiconductors and What Should be Researched?” *Proceedings of the 4th Production and Operations Management World Conference, 2012*, 10 pages. (招待講演論文 - 本論文は、EurOMA, JOMSA and POMS 学会より、The Jose A. D. Machuca P&OM World Conference Highly Commended Awardを受賞) (論文掲載の査読無し、Awardに関する審査有り)

7. Shota Ohmura and Hirofumi Matsuo (2012a), “The Effect of Retailer’s Risk Aversion on Supply Chain Performance under a Wholesale Price Contract,” *The Journal of Japanese Operations Management and Strategy*, Vol. 3, No. 1, pp. 1-17. (査読付き論文)
8. 佐野宏樹, 松尾博文 (2011), 「半導体製品のサプライチェーンにおける生産能力予約契約」, *The Journal of Japanese Operations Management and Strategy*, Vol. 2, No. 1, pp. 70-83. (査読付き論文)

[学会発表] (計 14 件)

1. 松尾博文 (2012), 「SCM 研究についての包括的課題設定：サプライチェーン寸断の事例を考える」, 日本経営工学会平成 24 年度秋季研究大会, 2012 年 11 月 18 日, 大阪工業大学. (招待講演)
2. Shota Ohmura and Hirofumi Matsuo (2012b), “Who Benefits in Distribution Channel from Manufacturing Return Policies Considering Risk Aversion?” The 2nd International Symposium on Operations Management and Strategy, November 11, 2012, Aoyama Gakuin University. Japan. (査読付き)
3. Hirofumi Matsuo (2011c), “Supply Chain Risk Management: Update from Japan,” July 21, 2011, Supply Chain Thought Leaders Roundtable, Cheung Kong Graduate School of Business, China. (招待講演)
4. Shota Ohmura and Hirofumi Matsuo (2012a), “The Effect of Risk Aversion on the Retailer-Manufacturer Relationship with respect to Return Policies,” The 4th Production and Operations Management World Conference, July 4, 2012, University of Amsterdam, The Netherlands. (査読付き)
5. Hirofumi Matsuo (2012), “Supply Chain Disruptions from the Tohoku Earthquake: What Happened to Automotive Semiconductors and What Should be Researched?” *The 4th Production and Operations Management World Conference, July 4, 2012*, University of Amsterdam, The Netherlands. (招待講演)
6. Wenyih Lee and Hirofumi Matsuo (2012), “Managing Production Ramp-up in

Semiconductor Manufacturing,” The 4th Production and Operations Management World Conference, July 2, 2012, University of Amsterdam, The Netherlands. (査読付き)

7. 大村鍾太, 松尾博文 (2012), 「サプライヤーが下方リスク制約を持つ場合のキャパシティ予約契約」, オペレーションズ・マネジメント&ストラテジー学会第4回全国研究発表大会, 2012年6月2日, 東洋大学.
8. Hirofumi Matsuo (2011a), “Research Issues in Operations Management for Semiconductor Manufacturing,” The First International Symposium on Operations Management and Strategy, June 19, 2011, Yokohama National University, Japan. (基調講演)
9. Shota Ohmura and Hirofumi Matsuo (2011), “Supply Chain Wide Performance under a Wholesale Price Contract with a Risk-Averse Retailer Having a Mean Standard Deviation Value Function,” The First International Symposium on Operations Management and Strategy, June 19, 2011, Yokohama National University, Japan.
10. Hirofumi Matsuo (2011b), “Bridging the Gap between Academic Research and Industrial Practice,” Managing Supply Chains in a Flat World: Challenges and Opportunities, June 4, 2011, Hong Kong University of Science, Hong Kong. (招待講演)
11. Xiaole Wu, Panos Kouvelis and Hirofumi Matsuo (2010b), “Capacity Contracts for Horizontal Capacity Coordination with Semiconductor Industry Application, INFORMS Annual Meeting 2010, November 8, 2010, Austin, Texas.
12. Xiaole Wu, Panos Kouvelis and Hirofumi Matsuo (2010a), “Capacity Expansion and Contracts for Horizontal Capacity Coordination under Demand Uncertainty with Semiconductor Industry Applications,” The 21st Annual POMS Conference, May 7, 2010, Vancouver, Canada.
13. 大村鍾太, 松尾博文 (2010), 『卸売価格契約における小売リスク回避度の影響』, オペレーションズ・マネジメント&ストラテジー学会第2回全国研究発表大会, 2010年06月19日, 神戸大学.
14. 佐野宏樹, 松尾博文 (2010), 『キャパシティ予約契約による半導体生産ネットワークの水平的コーディネーション』, オペレーションズ・マネジメント&ストラ

テジー学会第2回全国研究発表大会,
2010年06月19日, 神戸大学.

〔図書〕 (計3件)

1. 松尾博文 (2011), 「サプライチェーン・マネジメント」, ハンドブック経営学 (神戸大学経済経営学会編), ミネルヴァ書房, 第10章, 156-171頁
2. 松尾博文 (2010b), 「MBAプログラムにおけるOMの研究教育」, オペレーションズ・リサーチ, Vol. 55, No. 5, 271-276.
3. 松尾博文 (2010a), 「技術の多様性」, ビジネス・インサイト, No. 70, 2-3.

〔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