

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：34315

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K13800

研究課題名（和文）半導体産業の垂直的分業関係における製品設計過程の効率性の研究

研究課題名（英文）Efficiency of the product design process between vertically specialized firms in the semiconductor industry

研究代表者

佐野 宏樹 (Sano, Hiroki)

立命館大学・経営学部・准教授

研究者番号：70779628

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、半導体産業における製品設計企業と受託製造企業間の取引関係の効率性についての理解を深めるために、数理モデルの分析結果にもとづいた考察と、二次データの分析結果にもとづいた考察をそれぞれ行った。前者については、企業間協力を行う際に発生する調整コストの配分や、共同事業において他社に対して知覚する不公平感などが、企業間関係の効率性を説明する要因となる可能性が示唆された。後者については、財務データをもとに製造企業の在庫回転率を説明する既存の回帰モデルの妥当性を確認した。また、特許引用データをもとに、企業間の技術的な近接性を表すようなネットワーク構造が理解できる可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の研究成果は、半導体産業における製品設計企業と受託製造企業間の取引関係の効率性についての理解を今後さらに深めるための土台として有益なものであり、社会的にも意義のあるものとして考えている。特に、本研究に続く研究が、製品設計企業と受託製造企業の垂直的分業関係の効率性を高める要因を明らかにし、日本における半導体産業の垂直的分業モデルの今後の在り方について価値のある知見を与えられるものとなることを期待している。また、本研究から得られた知見は、他の製造業やサービス業における垂直的分業や企業間関係の一層の理解にも繋がるものであると考えている。

研究成果の概要（英文）：The primary purpose of this research is to investigate efficiency of the transactional relationship between a product design firm and a contract manufacturing firm in the semiconductor industry. Results of analyses of mathematical models indicate that factors such as allocation of coordination costs for cooperation and perceived unfairness in exerting an effort may help explain efficiency in an inter-firm relationship. Also, the prediction accuracy of an existing inventory turnover model is shown to be adequate based on financial data. Further, results of analyses of patent citation data suggest the possibility that a network structure that describes firms' technological proximity can be inferred from their patent citation relationships.

研究分野：経営学

キーワード：半導体産業 垂直的分業 在庫回転率 売上サプライズ 製品設計 受託製造 特許引用 企業間関係

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

半導体産業では製品設計の段階と製造の段階をつなぐ技術的なインターフェイスの標準化が進み、製品設計のみに特化した「ファブレス企業」と、他社製品の受託製造専門の「ファウンドリ」の共存関係である垂直的分業体制が安定的なビジネスモデルとして確立されている。製品設計と製造が分業化される以前に主流であった、自社で製品設計と製造の両方を行う「IDM (Integrated Device Manufacturer: 垂直統合型製造業者)」もいまだ存在しているものの、多くは自社で保有する製造能力を縮小し、ファウンドリへの製造委託を拡大する「ファブライト」への移行を進めている。その一方で、自社製品の需要の規模が製造部門への投資費用の回収のために十分である一部の IDM は、自社製品の製造と並行して他社製品の受託製造サービスも積極的に提供し、自社の製造部門を維持している。このように、製品設計と製造の垂直的分業はすでに事実上すべての半導体企業に直接的に関わる問題であり、今後も IDM のファブライト化、あるいはファウンドリ化により垂直的分業体制は産業全体として進んでいくと考えられる。

半導体産業における製品設計企業と受託製造企業の垂直的分業関係に関しては、主に製品の供給数量に関する契約関係に焦点を当てて研究が進められてきた。この種の先行研究においては、半導体製品のキャパシティの売り手と買い手の間の取引関係が、ミクロ経済学的なモデルにもとづいて分析され、二重マージンの問題を始めとする垂直的分業関係の全体効率性を下げる要因の特定と、全体非効率性の問題を解消するために望ましい契約形態や取引関係の提案に特に関心が向けられた。一方、製品設計に関する製品設計企業と受託製造企業との取引関係については、学術研究の課題としてはまだ十分に注目されていないようである。

これまでの半導体産業の垂直的分業関係に関する先行研究では特に、製品の量産に入る前の段階における、製品設計企業と受託製造企業の連携の過程が十分に論じられていない。技術の標準化により製品設計と製造が別の組織によって独立的に取り組むことが可能になってはいるものの、インターフェイスが完全に標準化されている訳ではなく、目標通りの製品特性や歩留まり率の効果的な改善のためには、製品設計の段階から製品設計企業と受託製造企業との情報のやり取りが必要とされる。特に近年、製品設計部門と製造部門のそれぞれで独立的に技術が進歩していった結果、両部門間での調整の必要性が高まっていることが推察され、製品設計企業と受託製造企業の連携の過程を深く理解することは実務的な側面からも価値のあることであると考えられる。そこで、本研究の開始当初は、製品設計の段階における製品設計企業と受託製造企業の連携に注目し、垂直的分業関係の全体最適性の視点から効率性を妨げる要因の特定を行い、両者の行動や意思決定に影響を及ぼしている現状の契約形態の評価と、効率性を改善しうる新たな契約形態の提案することを、半導体産業の現状と先行研究を踏まえた本研究の位置づけとして考えていた。しかし、研究を進めるにつれて、研究の実行可能性を考慮しながら研究目的に修正を加えた。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、製品設計過程に限らず広い意味で半導体産業における企業間関係について理解を深め、製品設計過程における製品設計企業と受託製造企業の連携関係を分析するための手がかりを探索することとした。特に、公的に利用可能な二次データを利用して企業間関係を理解することに着目して、この目的のために研究を進めた。

### 3. 研究の方法

研究の方法としては、企業ホームページ、産業年鑑、ビジネス記事などから得られる情報をもとに、企業間関係を表す数理モデルを構築し、モデルの分析結果をもとに企業間関係について論じる方法と、企業の財務データなどの二次データの分析結果をもとに、企業間関係について論じる方法の二つを採用した。これら二つの異なる種類の研究方法を用いることによって、半導体産業における企業間関係について多面的に理解することを試みた。

### 4. 研究成果

#### (1) 各年度の研究成果

各年度においては、次の 、 、 で記述されているような研究成果が得られた。

#### 平成 29 年度の研究成果

平成 29 年度は、2 つの小課題への取り組みを独立に進める形で研究を進めた。第一に、競合する製造企業の共同開発関係の形成について、協力ゲーム的モデルの分析結果をもとに検討した。関連する先行研究を検討したところによると、競合企業の協力関係の形成を分析するためにこれまで提案されてきたミクロ経済学的モデルは、協力関係の形成を単純化して考えているものが多く、他の検討要因と比較すると、協力関係の形成過程や安定性についてはあまり検討が深められていないようである。そこで本研究では、協力ゲーム的モデルの均衡概念を参考にしてモデルを構築し、共同投資関係の形成のために発生する追加的な調整コストと、競合企業の市場競争力の非対称性が、均衡的な共同投資関係の形成に与える影響について考察した。この取り組みについては、The 7th International Symposium on Operations Management and Strategy 2017 にて、「Equilibrium structure of fixed-cost-reducing alliances when firm's market power is asymmetric」という論題で口頭発表による経過報告を行った。

第二に、先行研究において提案されている、小売・製造企業の在庫管理の効率性を説明する回帰モデルについて、日本企業の財務データをもとに検討を行った。この回帰モデルは、在庫管理の効率性を示す指標である在庫回転率を被説明変数とし、説明変数として粗利率、資本集約性、売上サプライズをおくものである。本研究では説明変数の一つである売上サプライズに注目し、日本企業が公表している実際の売上予測データを用いて、先行研究で採用されている指数平滑法による需要予測値をもとにした売上サプライズ変数の妥当性を評価した。本研究における分析結果によると、指数平滑法をもとにした売上サプライズ変数を用いると回帰係数の推定値がバイアスを持つ可能性が示されたものの、どちらの変数を用いてもその他には推定結果に大きな違いは見られないことが示された。この取り組みについては、The 24th EurOMA Conferenceにて、「Sales surprise and inventory turnover performance: Using management forecasting data」という論題で口頭発表による経過報告を行った。また、同学会の論文集に、同一論題のフルペーパーが掲載された。

#### 平成 30 年度の研究成果

平成 30 年度は、2 つの小課題にそれぞれ取り組んだ。第一の小課題としては、半導体製品の製品設計企業と受託製造企業による共同的な新製品開発における、両者の意思決定過程を数理的なモデルで表し、分業により生ずる非効率性の分析を行った。モデルにおいては、製品設計企業と受託製造企業がそれぞれに課されたタスクを遂行するために努力を費やし、両者のタスクが完了した時点で新製品開発のプロジェクトが完了すると想定している。両者はそれぞれ独立にタスクに努力を費やすが、ある時点でそれぞれが費やす努力の度合いは、他者からの知識スピルオーバー効果（正の効果）と、自らと他者の努力の度合いの差から知覚される不公平感（負の効果）に影響を受ける。不公平感については、両者の努力の度合いが比較される時点から所与の時間だけ遅れて、努力の度合いへの影響が現れると仮定している。これらの設定のもとで数値的なモデル分析を行ったところ、他者と比較して得られる不公平感が、両者が費やす努力の度合いを下げ、全体として新製品開発プロジェクトの完了を遅らせてしまうことが示された。また、不公平感の影響が現れるまでの時間遅れについて、時間遅れが長いほど新製品開発プロジェクトの完了が遅れることが示された。この取り組みについては、POMS 29th Annual Conferenceにて、「Behavioral decision making in the semiconductor product design process」という論題で口頭発表による経過報告を行った。

第二の小課題としては、小売・製造企業の在庫管理の効率性を説明する回帰モデルの分析研究を、論文として完成させるためにさらに進めた。特に、引用する参考文献を増やし、在庫管理に関わる近年の実証研究の動向と、それらを踏まえた本研究の位置づけをさらに明確にした。また、経済成長率と回帰モデルの説明変数との相関を見るなど、データ分析とそれらの結果の考察の部分もさらに深めた。この取り組みについては、The 8th International Symposium on Operations Management and Strategy 2018にて、「Sales surprise and inventory turnover performance」という論題で口頭発表による経過報告を行った。

#### 平成 31 年度の研究成果

平成 31 年度は、2 つの小課題への取り組みを独立に進める形で研究を進めた。第一の小課題としては、半導体産業における技術的な企業間関係について、特許引用データをもとにした検討を行った。先行研究においては、特許の引用関係をもとに、企業間の技術・知識のスピルオーバー効果や、企業間の技術的なネットワーク構造を推定するような試みが行われている。こういった先行研究を参考にして、本取り組みにおいては、半導体産業に関連する代表的な企業を選択し、選択された企業についてネットワーク分析を行った。具体的には、世界各国の特許情報を包括するデータベースから得られたデータセットを用いて、各企業の特許引用の傾向を比較し、傾向の類似性をもとに企業のグループ分けを行った。分析結果によると、半導体産業における企業の特許引用傾向の類似性には、企業の業態（設計専業、製造専業、設計製造兼業など）に加えて、本社が位置する国が同一であるかどうかの影響していることが示唆された。ただし、後者については半導体産業に限らず一般的に認められる影響である可能性が考えられるため、より詳細に分析を続ける必要があると考えている。この取り組みについては、POMS 30th Annual Conferenceにて、「Plant locations, strategic alliances, and knowledge spillover patterns」という論題で口頭発表による経過報告を行った。また、MSOM 2019 Conferenceにて、追加的な研究成果を含めた経過報告として、「Knowledge flow and the industry structure in the semiconductor industry」という論題で、口頭発表（ポスター発表）を行った。

第二の小課題としては、小売・製造企業の在庫管理の効率性を説明する回帰モデルの分析研究を論文として完成させて、査読付英文学術雑誌に投稿した。そして、査読者からの批評をもとに論文の修正を続けた。修正の過程においては、回帰モデルの回帰係数に関する仮定の緩和の検討や、情報量基準（AIC と BIC）の比較の追加などを行い、企業の在庫回転率を説明するために指数平滑法をもとにした売上サプライズ変数を使用することの妥当性を示すための判断材料をさらに充実させた。この取り組みについては、令和 2 年度に入り、取り組みの成果をまとめた論文が査読付英文学術雑誌 International Journal of Production Researchに掲載されることが決定された。

## (2) 総合的な研究成果

本研究では、半導体産業における製品設計企業と受託製造企業の間取引関係の効率性についての理解を深めるために、企業間関係を表す数理モデルの分析結果にもとづいた考察と、公的に利用可能な二次データの分析結果にもとづいた考察をそれぞれ行った。前者については、企業間協力を行う際に発生する調整コストの配分や、共同事業において他社に対して知覚する不公平感などが、企業間関係の効率性を説明する要因となる可能性が示唆された。後者については、財務データをもとに製造企業の在庫回転率を説明する既存の回帰モデルの妥当性を確認した。また、特許引用データをもとに、企業間の技術的な近接性を表すようなネットワーク構造が理解できる可能性が示唆された。これらの研究成果は、半導体産業における製品設計企業と受託製造企業の間取引関係の効率性についての理解を今後さらに深めるための土台として有益なものであり、社会的にも意義のあるものとして考えている。特に、本研究に続く研究が、製品設計企業と受託製造企業の垂直的分業関係の効率性を高める要因を明らかにし、日本における半導体産業の垂直的分業モデルの今後の在り方について価値のある知見を与えられるものとなることを期待している。また、本研究から得られた知見は、他の製造業やサービス業における垂直的分業や企業間関係の一層の理解にも繋がるものであると考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Hiroki Sano, Kazuo Yamada	4. 巻 -
2. 論文標題 Sales surprise and inventory turnover performance: using management forecasting data	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the 24th EurOMA Conference	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 Hiroki Sano, Kazuo Yamada
2. 発表標題 Sales surprise and inventory turnover performance
3. 学会等名 The 8th International Symposium on Operations Management and Strategy 2018（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroki Sano
2. 発表標題 Plant locations, strategic alliances, and knowledge spillover patterns
3. 学会等名 POMS 30th Annual Conference（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroki Sano
2. 発表標題 Behavioral decision making in the semiconductor product design process
3. 学会等名 POMS 29th Annual Conference（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroki Sano
2. 発表標題 Equilibrium structure of fixed-cost-reducing alliances when firm's market power is asymmetric
3. 学会等名 The 7th International Symposium on Operations Management and Strategy 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiroki Sano, Kazuo Yamada
2. 発表標題 Sales surprise and inventory turnover performance: using management forecasting data
3. 学会等名 The 24th EurOMA Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiroki Sano
2. 発表標題 Knowledge flow and the industry structure in the semiconductor industry
3. 学会等名 MSOM 2019 Conference (Poster Session) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----