

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 10 月 30 日現在

機関番号：37503

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K03913

研究課題名(和文)IoT時代の技術・特許戦略と企業の境界線 - アーキテクチャマッピング分析 -

研究課題名(英文)Technology/Patent strategy and organizational Boundaries in the IoT era: An analysis of architecture mapping

研究代表者

高梨 千賀子 (Takanashi, Chikako)

立命館アジア太平洋大学・国際経営学部・准教授

研究者番号：00512526

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の成果は2つある。1つは実証面での成果で、G05B19/418(総合的工場管理)分野を対象にAIを用いた特許分析より2つの技術戦略の方向性を導き出し、標準化の動向と合わせて、インテグレーター、デバイスメーカー、IT企業の技術戦略を明らかにした。

もう1つは、新たな技術潮流下での「企業の境界線」の選択メカニズムに関する諸理論の検討を通し、プラットフォーム構築とエコシステム形成という新たなビジネス形態が技術・市場の不確実性が高まる中でスピーディに新事業展開するために、より一層の取引コストの減少、補完資産のより柔軟な取得を可能にすることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は「企業の境界線」に関する諸理論の検討を行うという点で、過去の研究の延長上にあるが、AI、ビッグデータ、IoTなどといった新技術の台頭が目覚ましい中で登場したプラットフォームやエコシステムにおける新しいビジネス課題において、それらのロジックの適応可能性を検討したところに、学術的な意義がある。

また、本研究の社会的意義は、新たな技術潮流の中で、FA業界の各プレイヤーが特許取得や標準化、提携などをとおしてプラットフォーム構築、エコシステム形成を実現しているか、ビジネス界に対して示したことである。

研究成果の概要(英文)：Our study successfully showed two main research outcomes. One is a practical result, where we indicated two directions of technology strategy by analyzing patents in G05B19/418, comprehensive factory management through machine learning. We showed strategic patterns of Integrators, Device Makers, and IT companies in the Factory Automation (FA) business, combining the AI analysis results and standardization activities.

The other one is a theoretical result, where we examined the applicability of several theories of “corporate boundary” to the new business problems in the new era of the Internet of Things (IoT), Big data, and Industrie 4.0. We showed platform-ecosystem building can be selected as a new method for new business creation to reduce the transaction costs more effectively and facilitate acquisition of complementary assets further even in Japanese companies in the FA business.

研究分野：経営学

キーワード：CPS IoT 企業の境界線 標準化 特許

1. 研究開始当初の背景

(1) 社会現象

1990年代後半から顕著になったデジタル化とグローバル化の動きは、日本の製造業に大きな環境変化をもたらした。産業構造はエコシステム型になり、エレクトロニクス産業を中心に、かつての日本の強みであった大手企業によるセミクローズド系列の優位性を弱体化させた。

昨今、IoTやIndustrie4.0に関し各界で議論が起こっているが、当初の議論は、製造業のモノづくりシステムにおいて何と何をどのように繋ぐかに焦点が置かれてきた。しかし、重要なのは、これらの技術潮流がデジタル化・グローバル化、そして標準化をさらに進展させるということである。デジタル化・グローバル化・標準化のインパクトは非常に大きい。これまでデジタル化されていなかった分野でデジタル化が起こる。標準化はあらゆるものを繋ぐ上での共通のルールとなる。ルールが決まれば、これまで繋がれていなかったものが、ネットワークを介してサイバー空間の高度なコンピューティング技術と結びつく。リアルな世界から集められた情報は場所に縛られることなく、グローバルでバーチャルなシステムで処理され、リアルな世界にフィードバックされる。それによって、より付加価値が高く、高度に統合化されたシステムが出来上がる。これが、同技術潮流で描かれているサイバー・フィジカル・システム(CPS)である。

CPSの世界では、従来とは異なる競争ルールが出現するため、企業の境界線が変動し新たなビジネス・システム、収益モデルが生まれ、産業構造がよりエコシステム型になっていく。こうした新たな環境は、従来強みであったはずの企業や産業の競争力を弱みに変えてしまう可能性がある(小川2015、高梨2015)。特に、これらの潮流は、ドイツとアメリカで起こっていることが問題である。ドイツは製造業を中心としたIndustrie4.0、アメリカはICT企業を中心としたIndustrial Internetである。日本の製造業が強みとしているものづくり生産プロセスは、それらの一部として取り込まれており、この潮流に日本がどう対処していくかが、社会的な議論の中心的課題となっている。

(2) 理論との接点

これらの環境変化は、経営学で長らく議論されてきた「企業の境界線」に関する理論的仮説を検討するための好材料である。上述の環境変化においては、企業は自社で行うものと、他社に任せるものの選択を迫られることになるからである。企業の境界線がどのようにして決まるかは、従来、大きく分けて2つのアプローチが存在した。1つは、取引コスト論(Coase1937、Williamson1975、Langlois & Foss1999)と、もう1つは資源アプローチ(Teece2006、2007)である。前者は取引コストという鍵概念を用い、同コストが高い場合は自社に内部化し、低い場合は市場から調達すると説明する。一方、後者は、模倣・移転の困難性などの鍵概念を用い、外部に存在する資源が模倣・移転の困難性が高い場合は(取引できないため)内部化すると説明する。

こうした理論に対し、新たな前提が加わった。1990年代後半から顕著になったデジタル化・グローバル化・標準化である。これらは企業環境を大きく変えた。たとえば、標準化は技術をオープンにすることで共有可能な資源ベースを作り上げ、グローバルな資源調達を可能にした。デジタル化は企業間の壁を低くし、資源を瞬時に獲得することを促した。スピーディで、かつダイナミックな経営資源の構築と移動が可能になった結果として、企業(ヒエラルキー)でも市場(マーケット)でもないエコシステムという産業構造が誕生した。このような中で、企業は標準化(オープン化戦略)と秘匿した知識(クローズド戦略)を併用することで付加価値を生み出すビジネスモデルを構築した(小川2015)。では、更なる標準化・デジタル化・グローバル化の進展を前提として、どのようなメカニズムで企業は企業の境界線を引き直して(引き直そうとして)いるのだろうか?新たなメカニズムなのか、それとも組み合わせなのだろうか。

2. 研究の目的

本研究は、こうした問題意識から、新たな技術潮流に際して2つの目的を設定した。1つは、実践面での目的で、公開情報である特許と標準化領域を精査し技術戦略の方向性を見出す一方で、提携や買収の状況、組織編制などの組織面からの情報を加味し、仮説を導出、企業や業界へのインタビューを通して検証することである。対象とするのは、製造業に対し各種製造機器・システムを提供しているFA業界である。

もう1つは、理論面での目的であり、新たな技術潮流に際して企業が何を自社で行い何を他社に任せるかという「企業の境界線」の選択メカニズムを説明する諸理論の検討である。具体的には、取引コスト論、資源ベース論とオープン&クローズド戦略の3者であり、それらの前提を明確にしつつ、関係性と前提、および説明範囲について整理し、新たな技術潮流の中での「企業の境界線」は如何に説明することができるのか、理論の適用可能性を検討した。

3. 研究の方法

《目的1に対する研究方法》

(1) 特許分析による技術トレンドの把握

第1の目的に際し、まず、AI(機械学習)を用いた特許分析を行い、技術の方向性をとらえた。用いた手法は、サポートベクターマシンである。高次元情報である特許のクレームを学習対象と

し、特許価値との相関の高い被引数と組み合わせることにより新たな特許分析の可能性を示唆できる。分類問題のために構築されたサポートベクターマシンの特徴を維持しながら、そのアルゴリズムを回帰分析に適用し、サポートベクトル回帰分析を行う。

対象のデータは国際特許分 IPC:G05B19/418 の特許とした。G05B19/418 は「総合的工場管理、すなわち、複数の機械の集中処理。例：直接または分散数値制御(DNC)、フレキシブル・マニユファクチャリング・システム(FMS)、インテグレートッド・マニユファクチャリング・システム(IMS)、コンピュータ・インテグレートッド・マニユファクチャリング(CIM)」と定義されている。そのために、まず、Google patent より、条件を Patent Office: US、Status: Grant でかつ、当該 IPC を含んでいる特許文献 3258 件を指定し、さらにクレームの文章を取得した。

クレームは、発明者数や、被引用数などの単純な定量データとは異なり、クレームの記載内容は文章情報であり定性データである。そのため、クレームの内容をベクトルに変換する必要がある。手順として、まず英語の各クレーム文書を空白ごとに区切りそれをベクトルとした。さらに本研究では多くの文書解析に用いられている TF-IDF を使用し、単語ごとに区切られたベクトルの重要度を踏まえたベクトルに変換した。

サポートベクター回帰に対して、目的変数に年代を設定し、説明変数としてクレームのベクトルを学習させ、その年代を特徴づける単語を学習したマシンを作成した。これにより、1990 年から 2017 年までのトレンドを重要語としてとらえることが可能なり、かつ、各年のトレンドと被引用数の関係性をみることが出来る。同分析により、2 つの技術トレンドが明らかになる。1 つは、被引用数があくまでその年近傍において重要という結果になれば、年間 30 万件以上も出願される膨大な特許データに対しての先行技術調査に的を絞った「探索の有用性」を表すことができる。逆に、被引用数が「将来の技術トレンドにおいても有効性」が認められれば、技術ロードマップ、知財戦略の必要性を強調することができる。

(2) 標準化動向による補完的調査

標準化は IoT においてモノとモノをつなぐためのルール作りである。特許分析による技術トレンドおよび技術専有領域(特許)の特定と補完的に、日・独・米における標準化動向を調査することで技術共有領域(標準化)を浮き彫りする。

(3) 企業の技術戦略に関する定性調査

FA 業界を階層的にとらえ、FA システムメーカー、デバイスメーカー、ICT 企業(FA 最上位 SW 提供)を対象に、(1)および(2)から得られた技術専有領域(特許)と技術共有領域(標準化)に関し、定性調査およびインタビュー調査を実施する。定性調査で特に着目した点は、企業の境界線で議論されている提携や買収の状況、組織編制などの組織面からの情報である。

目的 2 については、目的 1 の遂行時に、取引コスト論、補完的資産、オープン&クローズド戦略の 3 方面から仮説を準備し、上記(2)(3)におけるインタビュー調査において、検討を行った。

4. 研究成果

(1) 特許分析の結果

- 予測年代と実際の年との差が大きいほど被引用数が高いのではないかと予想に反し、分析の結果は高くはなかった。これは、実際の年代から遠ざかった技術トレンド群に属する特許は単純に被引用数を稼ぐわけではないということを示しており、年代をさかのぼった特許ほど被引用数が増加するというモデルには限界があることを示唆している。
- 予想された年代群は実際の年代と相関関係が認められた。これはこの分野において年代と単語を結びつける関係性が存在することを示している。

特許スコア・企業スコアの作成

- 被引用数は年次により異なった推移を見せていることからその特許の被引用数を実際の年代に属する平均被引用数で除算し、さらに実際の年代と予測された年代との差をその特許の属する年代の平均予測ブレで除算し、このふたつを乗算することで特許スコアとした。
- さらに、特許のスコアが高いものと低いものでクラスターを作成し、コサイン類似度を用いて計算した。そして特許スコアを企業ごとにまとめることで企業ごとのスコアを得た。企業スコアは工場の総合的管理分野における企業のインパクトを数値化したものと考えることができる。

以上の分析により、2 つのトレンドが確認された。1 つは、過去の技術トレンドに対し、特許を出願し被引用数を得る方向性である。それは、過去の技術や特許を探索し、それらに何かしらの付加価値を創出していることを意味している。いわゆる「技術探索・付加価値創出型」のトレンドと言えよう。この方向性において、スコアランキングの上位に IBM や、アマゾンなどの IT

企業がランクインしていた。このことは、同技術分野が Industrie4.0 において重要な分野であることを示すとともに、ハードを基調とした企業のみならず、ソフトウェア企業自身も特許の観点から同分野の重要性を認識していると言える。

一方、現在の技術トレンドに対し、過去に特許を出願し被引用数を得る方向性も認められた。それは、いわゆる蓄積された知識の「活用型」と呼べるものであり、この傾向を持つ企業として、シーメンス、シュナイダー、三菱電機等が抽出された。いわゆる、Industrie4.0 のスマート工場 の構想をけん引している既存の大手 FA 企業がこのトレンドを形成していると言える。

(2) 標準化動向に関する調査結果

標準化は IoT においてこれまでつながっていなかったモノとモノをつなぐためのルール作りであり、非競争領域の設定を意味する。

標準化作業は欧米がリードして進められているが、それぞれアプローチが異なる。欧州においてはドイツがリード役であり、政府、産業界、学术界、労働組合などが連携して、いわゆる「デジュリ・スタンダード」を国際的に形成している。一方、米国においては産業界が中心となり、市場競争による業界標準、いわゆる「デファクト・スタンダード」を形成し、それをグローバルに展開しようとするアプローチである。米国の場合、デジュリ形成は一つのオプションであり、産業界の要請に応じて既存の標準化団体がデジュリ形成を行っている。欧米それぞれ、プラットフォームインダストリー4.0(独)とIIC(Industrial Internet Consortium、米)が中心的な役割を担っているが、主要なプレイヤーはそれぞれの機関に相乗りしていることが特徴である。両にらみの戦略といえよう。

欧米に共通してみられることは、合意形成活動を促進するための「言葉」(Semantic)の整理(いわゆる言葉の意味を整理し、概念を統一する)がなされたうえで、Reference Architectureと呼ばれる全体の方向性(ビジョン)が示されていること、さらに用例(ユースケース)が蓄積されてきている点である。Reference ArchitectureはIoTが階層的に示され、システムとしてどのように連携していくかが参照できるマップともいえる。このReference Architectureは欧米間で互いに連携することで合意しており、IoTのグローバルな共通言語としても機能している。日本においてもIVI(Industrial Value Chain Initiative)が独・米との連携に参画した。

標準化の対象となるものとは多岐にわたるが、「これまでつながっていなかったモノとモノをつなぐためのルール作り」という観点から大きくまとめると、つなげるためのInterface(HW、SWともに)、つなげる方法としてのネットワーク規格やデータフォーマット、つながったときに発生するリスク管理(セキュリティ等)、各種データ連携および解析のためのデータ流通のシステムなどとなる。

標準化の動向の中で注視すべきことの一つは、ドイツIndustrie4.0で進められている「管理シェル」という概念の導入である。「管理シェル」とは、様々な「アセット」を、違いを意識することなく「つなげるための仕掛け」ともいえるものである。この場合のアセットは、「ある組織にとって価値のあるもの」であって、設備や機械などのモノだけでなく、生産システムや生産計画、注文書なども含む。これらアセットが互いに通信できるようにするものが管理シェルである(RRI、WG1)(図1参照)。

図1.管理シェル



出典：SmartFactoryKL より RRI、WG1

管理シェルは2018年にドイツから開発進展に関する報告書がリリースされ、2020年現在で実用段階に入っている。日本ではRRI(Robot Revolution and Industrial IoT Initiative)などで管理シェルについて検討されているが、個々のアセットが違いを意識することなく連携できるインターフェースの実用化については情報の流出につながるという懸念の声もある。

(3) 企業の技術戦略に関する調査結果

特許分析の結果、知識の「活用型」として分類されたシーメンス、シュナイダー、三菱電機等は既存の FA インテグレーターであり、FA 階層の上位レイヤーに位置している大手企業である。たとえば、シーメンスは PLC といった工場の中の個々の機器をコントロールするフィールドシステムに強みを持つ。三菱も同様である。そのようなコアシステムをベースにしつつ、さらに上位レイヤーの IT システム (MES や ERP) では SAP や IBM などなどの IT 企業と連携して、工場全体のシステムを管理シェルによって IoT として統合するスマートファクトリー (プラットフォーム) を構築している。一方、同じ類型として分類されるロボット (デバイス) メーカー Kuka (世界シェア 3 位) は、工場の一部システムとして統合されるのを嫌い、OPC-UA TSN (OPC-UA で策定された 5G ベースのネットワーク規格) などの標準ネットワーク規格を組み込むことで他社との連携を前提にしたスマートファクトリー構想 (プラットフォーム) を打ち出している。つまり、FA の様々なレイヤーにおいて、主要メーカーは、コアシステムをベースに自社にとって有利な標準を用いた連携によって、各々のスマートファクトリー構想 (プラットフォーム) を打ち出している状況と言えよう。

一方、「技術探索・付加価値創出型」に分類されている IBM やアマゾンなどの IT 企業はクラウドによるデータ分析を強みとして、製造業の IoT 分野への進出を図っている。特に注目すべき最近の動向としては、マイクロソフトの Azure (クラウドサービス) に関連したサービスである。マイクロソフトから解放された API を通じて Azure を活用している顧客企業に対し、特許不実施主体 (NPE) に特許侵害訴訟を起こされる恐れから保護するサービスを展開し、Azure を安心して利用してもらう環境を構築している (大谷, 2020)。IoT で解析されるビッグデータを安心・安全にサービスに適用するための方策を打ち出しているのである。

5. 考察

現段階ではまだ十分な考察が出来ていないが、本調査の対象である IoT 技術トレンドにおいて、より鮮明にみられるようになった現象の一つとして、エコシステムの重要性の増加が挙げられる。新たなビジネスチャンスにおいては、何が重要でどのようにコアテクノロジーを活用・拡張していくか、だれと組むかが企業にとって重要な意思決定になるが、そもそも、新しい潮流においては技術的・市場的不確実性が高く、「企業の境界線」は定まっていない。オープン & クローズド戦略を考えるにしても、標準化がどの方向で収束していくかを完全に見通すことはできない。そのため、企業は入退出が自由なエコシステムを多用するのではないと思われる。

エコシステムであれば、不確実性が高い中でも、企業のコア資産を補完する資産 (補完的資産) および、それを持つ企業を「探索」する機会を掴むことが可能である。例えば、米 IIC や独プラットフォーム 4.0 などがその例である。それらの機関への参加はメンバーシップ制となっており、参加メンバーは頻繁に入れ替わる。その点で取引コスト (探索コスト) は低いと考えられる。

そのように考えれば、IoT を新たな産業として支援するための政策においても、示唆が出てくる。つまり、探索コストを抑えながら試行錯誤を可能とする「柔軟なエコシステム」を構築する支援策が重要となろう。「企業の境界線」の模索そのものが、新産業を活性化させる可能性もある。一方、従来の取引関係をそのまま持ち込むようなエコシステムでは、探索の自由度が阻害される恐れがある。ドイツや米国の例が成功だと断言ことは現段階では時期尚早であるが、エコシステムの柔軟性という観点から日本の在り方を検討することは重要ではないだろうか。

また、IoT の新たな展開として、スマートファクトリー構想やその特許戦略においても標準化の活用が前提として組込まれたり、クラウド解析サービスに特許訴訟を防ぐようなサービスが付加されたりすること等が挙げられるだろう。これらも新産業の黎明期という不確実性の高い中で企業が自ら企業の境界線を引き直していく手段と考えられる。このような新たな展開において、既存の制度がそのまま活用できるのかもどうか、合わせて検討を重ねていく必要があるだろう。

主な参考文献

大谷純 (2020) 「Azure IP Advantage に透ける今後の知財戦略の動向」私的研究会における報告
小川統一 (2015) 「オープン & クローズ戦略 日本企業再興の条件」(増補改訂版) 翔泳社。

Coarse, R. H. (1937) The Nature of the Firm, *Economica*, New Series, Vol. 4, No. 16, pp. 386-405.

Langlois, R. N. & Foss, N. J. (1999) Capabilities and Governance: The Rebirth of Production in the Theory of Economic Organization, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=179577>.

ロボット革命イニシアティブ協議会・IoT による製造ビジネス変革 WG (WG1) (2018) 「PI4.0 管理シェルに関する調査報告書」

高梨千賀子 (2015) 「Industrie 4.0 時代の競争優位についての一考察」国際ビジネス研究, 7 巻 2 号。

Teece, D.J. (2006) Reflections on “Profiting from Innovation,” *Research Policy*, 35(8):1131-1146

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 0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 小田哲明	4. 巻 (印刷予定)
2. 論文標題 IoT/AI 時代におけるデータの知的財産法による保護・活用と課題	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本知財学会誌	6. 最初と最後の頁 (印刷予定)
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 無
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 -

1. 著者名 高梨 千賀子	4. 巻 32
2. 論文標題 モノづくり企業のプラットフォーム構築とその要件 CPSとサービス化の視点から	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 研究 技術 計画	6. 最初と最後の頁 316-333
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.20801/jsrpim.32.3_316	査読の有無 無
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2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 高梨 千賀子
2. 発表標題 IoT時代の「モノづくり企業」のプラットフォーム構築～CPSによる技術とサービスの統合～
3. 学会等名 研究イノベーション学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高梨 千賀子
2. 発表標題 IoT時代に向けたレガシーからの転換
3. 学会等名 日本MOT学会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 高梨 千賀子、福本 勲、中島 震	4. 発行年 2019年
2. 出版社 近代科学社	5. 総ページ数 184
3. 書名 デジタル・プラットフォーム 解体新書	

〔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
研究 分 担 者	小田 哲明 (Oda Tetsuaki) (80533463)	立命館大学・テクノロジー・マネジメント研究科・教授 (34315)	