

<研究ノート>

標準化にともなう企業の能力構築の研究 —移動体通信産業における知識と引用の ネットワークの分析—

横浜国立大学大学院 環境情報学府・博士前期課程

王 尚可

横浜国立大学大学院 環境情報学府・研究院 教授

安本 雅典

台湾国立成功大学 管理学院 助理教授

許 経明

A Study on Firms' Capability Build-
ings under Standardization
-An Analysis of Knowledge and Pat-
ent-Citation Networks in the Mobile
Telecommunication Industry-

Wang, Shang-Ke

Graduate School of Environment
and Information Sciences, Yokohama
National University

Yasumoto, Masanori

Yokohama National University

Shiu, Jing-Ming

Taiwan National Cheng Kung
University

要約

本研究では、後発企業が技術スピルオーバーによって、どのように知識を獲得し蓄積するのかを検討する。より具体的には、既存の有力な標準化の推進企業から後発企業への技術的リーダーシップの移転のプロセスを検討することによって、標準化にともなう技術のスピルオーバーにおいて、後発企業がいかに知識の獲得・強化できるのかを明らかにする。本研究では、技術仕様に関して宣言される必須特許 (SEP: standard essential patent) と独自特許 (Non-SEP) の分析を行った。その結果、補完的企業である、ある後発の半導体サプライヤーは、既存の有力な標準化の推進者からの必須特許の引用を通じて、システム知識を構築・強化し、それによって先発企業を圧倒してきたことが明らかとなった。この発見は、標準化の推進企業の知識マネジメントについての議論を拡張するとともに、実践的な示唆を提供すると期待される。

キーワード: 標準化、技術規格書、必須特許、引用関係、スピルオーバー

ABSTRACT

The article attempts to examine how new emerging firms acquire and accumulated knowledge through technology spillovers. More specifically, by examining the process of transferring technical leadership from incumbents to emerging firms, this article elucidates how emerging firms can advance the acquisition and reinforcement of their knowledge in the spillovers of technologies along with standardization. We conduct the analysis of patent forward citations from essential patents (SEP: Standard Essential Patent), which are declared linked with technology specifications, to proprietary patents (Non-SEP) in the mobile telecommunication industry. The data shows that by the citations of essential patents from incumbent leading standard setters, an emerging semiconductor supplier (i.e., a complementary firm) builds and reinforces system knowledge, and thereby overwhelms incumbents. The finding is expected to expand the debates of standard setters' knowledge management and provide managerial implications for practitioners.

Keywords: standardization, standard specifications, essential patent (SEP: Standard Essential Patent), citation, spillover, system knowledge

1. はじめに

標準化により技術の普及が進むことにより、知識を獲得することが容易になっている。ここでの標準化とは、複数の要素間で、仕様や構造、形式を同じものに統一することを指す。ICT (Information and Communication Technologies) 分野をはじめ、多くの技術や構成要素からなる複雑なシステムについては、複数の企業が協調してコンソーシアム・機関を形成し標準規格を策定するようになっている (コンセンサス標準)。こうした標準化は、企業、ユーザー、利益団体、標準化団体および政府を含む様々な関係者が合

意に基づいて技術標準を開発するプロセスである (Xie, Hall, McCarthy, Skitmore, and Shen, 2016)。

こうした標準は、技術規格書 (technical specification) として公開される。一方、標準化を推進する企業は、技術規格書に準拠して、製品を開発・製造したり、サービスを提供する際に不可欠な「標準必須特許 (SEP: standard essential patent)」を宣言して、法的権利を確保することができる。必須特許とは、標準にもとづく製品・サービスの実現 (実装) に不可欠な技術についての特許であり、標準化団体に申請することにより認められる。

ただし、技術規格と必須特許の公開は、技術を一定程度公開することを意味する。これに対し、標準化を推進する先行企業は、技術規格書や必須特許を大量に提案・申請するだけでなく、複数の技術規格書に対応した必須特許の知識ネットワーク（システム知識）を築くことで、新規参入をコントロールすることが可能であると考えられる（Shiu and Yasumoto, 2015）。標準化された技術が公開されている場合でも、標準の技術規格にもとづくこうした知識を、新興の後発企業や補完的な企業が獲得することは容易ではないと予想される。

多くのイノベーションは発明よりも借用によって生じている（March and Simon, 1993）。したがって、企業がイノベーションを進めるうえでは、外部の知識を吸収することが重要であると考えられる（Cohen and Levinthal, 1990）。従来の研究では、企業は企業間ネットワークを通じて外部の知識を吸収・活用することで能力を獲得できる（Argote, McEvily, and Reagans, 2003; Kogut, 2000; Reagans and McEvily, 2003）とされてきた。典型的には、特許の引用（および関連するライセンス）によって、技術を獲得し、能力を構築できることが明らかにされている（He, Lim and, Wong, 2006）。また、知識（能力）の獲得・保持の面から、標準化によりオープン化が進むなかで、システム・メーカーやコア部品サプライヤーをはじめとする企業が、それぞれ、どのような知識をどのように獲得、蓄積、保持（保護）すべきかについて、一定の示唆が提供されている（Shiu and Yasumoto, 2015）。では、先発企業が技術規格書と必須特許の知識ネットワークを構築しているなかで、後発企業は、いかにしてシステム知識を獲得し能力を強化することが可能なのだろうか。

本研究では、標準化された技術のスピルオーバーを通じて、後発企業、なかでも補完的企業がどのように知識を獲得し、蓄積してきたのかを検討する。より具体的には、既存の有力な標準化の推進企業から後発企業への技術的リーダーシップ移転のプロセスを検討することによって、標準化にともなう技術のスピルオーバー

において、後発企業がいかに知識の獲得・強化を進めることが可能なかを明らかにする。

2. 先行研究のレビュー

企業は、知財権によって自社の製品や技術の専有性（appropriability）を保持することで、イノベーションによる価値を獲得することができるとされてきた（Pisano, 2006; Teece, 1986; 2006）。一方、標準化が進めば、技術を自社のみで専有することで技術の主導権を保つことは難しい。だが、このような場合でも、標準化を推進する企業は、技術規格書に対応するように自社の独自特許を必須特許として宣言することで、技術に対して一定の権利を確保することができる。

こうして、標準化を推進する企業は、標準に貢献し技術を公開しながらも、重要な技術の権利を保持することで、優位を築くことができるとされてきた。標準化に貢献した企業は、関連技術に関する権利（とくに知財権）を一定条件のもとで確保し、技術進歩や企業間分業を主導することが可能である（Bekkers, 2001; Bekkers, Duysters, and Verspagen, 2002; Bekkers, Verspagen, and Smits, 2002; Bekkers and West, 2009）。ただし、特許は技術情報を公開するものであるため、その引用を通じて、技術のスピルオーバーを引き起こすことが知られている（Jaffe and Trajtenberg, 2002; Jaffe, Trajtenberg, and Henderson, 1993）。

移動体通信産業の技術の標準化においては、既存の有力システム・メーカーから部品サプライヤーへの技術のスピルオーバーが発生している（Shiu and Yasumoto, 2015）。必須特許の場合には、公平で合理的な料率で誰にでもライセンスを行わなければならないという条件（FRAND: Fair, Reasonable, and Non-Discriminatory）があり、公平に合理的な料率で非差別的にライセンスすることが求められるため、より技術のスピルオーバーの可能性は高まる。

こうした状況に対し、標準化を推進する企業は、自社技術を標準に反映させ、自社技術を用いた製品・サービスを他社より素早く市場化することで、優位を築くことができるとされてきた（Funk, 2002; 2009; Garud and Kumaraswamy,

1993; Mansfield, 1985)。企業は、標準化を推進しながら、一方で他社に先駆けて、標準にもとづく製品・サービスの開発に結びつけることができると言える。

標準化を推進する企業は、システムの実現に必要な多様な技術を統合するシステム知識 (Brusoni, Prencipe, and Pavitt, 2001 ; Bekkers and West, 2009) を保持しており、システムのアーキテクチャの仕様や機能を決める知識 (What to do) とともに、そのシステムのアーキテクチャを実現し製品化するための実装知識 (How to do) をも有している。標準化を推進する企業は、こうした知識を活かして、技術進歩とともにシステムのアーキテクチャを再定義しながら、同時に自社の開発力を強化することができる。

このため、標準化を推進する企業は、いち早く新技術を実装・製品化しながら、一方でこうした知識を持たない競合企業によるイノベーションや参入を制御して、これらの企業との分業をコントロールすることが可能である。システム知識を保持し管理することで、標準化を推進する企業は、標準化により技術の普及が進むなかでも、技術の主導権を持続させることができるのである。

従来の議論では、標準化を推進する企業は、標準化と組み合わせて、コア部品（例えば統合IC）のプラットフォームを提供することによって、製品開発を容易にし、後発企業のキャッチアップを促すと考えられてきた (Ogawa, Shintaku, and Yoshimoto, 2005)。こうした議論では、プラットフォームにおいて、予め技術や部品が統合され、必要な製品機能は実現されると想定されている。したがって、後発企業は技術や部品を統合するためのシステム知識を保有する必要性がないと考えられているため、後発企業がそうした知識をいかに構築し強化するのかわりに十分には十分に考慮されてこなかった。だが、このようなプラットフォームの提供を受けていない企業であっても、製品、さらにコア部品を開発し、産業をリードするようになっている。

これまでにも、後発企業であっても、外部のプラットフォームに依拠せずに、特許の引用に

よって、自ら技術開発力を高められることが明らかにされている (He, et al.,2006)。にもかかわらず、後発企業が、様々な技術にわたるシステム知識を構築・強化するプロセスについては、まだ十分な検討が行われていない。では、後発企業は、特許引用による技術のスピルオーバーを通じて、いかにシステム知識を構築・強化しているのだろうか。本研究では、この問題について検討する。

3. 分析手法とサンプル

本研究では、技術規格書、必須特許、ならびに独自特許 (Non-SEP) についてのデータを用いて、知識のネットワークと知識の流れを分析する。Yayavaram and Ahuja (2008) によると、企業の知識構造 (knowledge structure) はネットワークで表すことができる。ネットワークにおける紐帯 (tie) は個々の知識要素 (knowledge element) 間の関係性を示しており、企業の知識構造を表現している。その関係性が濃密であるほど、個々の知識は相互に関連し合い、企業は複雑な知識を構築していると言える。

一方、Jaffe and Trajtenberg (2002) や Jaffe et al. (1993) は、特許の引用 (backward citation) についてのデータを用いて、企業間の知識の流れを検討している。こうした研究にもとづいて、個々の技術（とくに特許）の引用によって、いかに後発企業の知識獲得（能力構築）が進むのかが検討されてきた (e.g., Bekkers and Martinelli, 2010; He et al., 2006; Kang and Motohashi, 2015)。たとえば、He, et al. (2006) は技術の引用関係 (backward citation) を分析して、企業間の知識の流れを検討し、後発企業である Nokia や Ericsson が、いかに先発企業である Motorola の技術を活用して、技術開発力を構築し、キャッチアップを果たしたのかを明らかにしている。また、安本・任・許 (2015) では、標準化推進企業の必須特許から様々な企業の独自特許への引用を分析することで、既存の有力な標準化推進企業から後発企業へのスピルオーバーの実態を検討している。以上の研究蓄積をふまえると、必須特許から独自特許への引用に注目して、企業間の知識

の流れを分析することで、企業の能力構築の特徴を明らかにすることができると考えられる。

標準化を推進する既存の先発企業は、多くの技術について、技術規格書と必須特許を外部の企業に開示している。こうした企業のシステム全般にわたる技術規格書や必須特許は、技術の実装（製品化）に不可欠な技術情報を提供している。これらを、後発企業や補完的企業は、自社の製品開発や技術開発に活かすことができる。技術規格書はシステム全体のアーキテクチャに、関連する技術の基本仕様を開示するものであり、また規格書に対応する必須特許にはアーキテクチャの管理や実装に不可欠な技術情報が含まれている。

したがって、後発企業や補完的企業が、いかに技術規格書と必須特許を活用するのかを、ネットワーク分析によって系統的に検討することによって、標準化の進んだ産業において重要な企業間の知識の流れと、企業における知識の構築・強化のプロセスを明らかにすることができる¹。

ここでの試みは、あくまで必須特許の引用という企業内外の技術や知識の流れが、個々の企業の知識の構築・強化に与える影響を、事例として探索的に検討するものである。他にも企業の知識の構築・強化を促す要因は考えられるものの、上に述べたように、標準化の進んだ産業では、必須特許を用いずに技術や製品の開発を行うことは困難である。この点をふまえると、必須特許の引用に関する分析は、企業間の知識の流れと企業における知識の構築・強化について、有力な示唆を提供するものと期待される。

本研究では、分析対象として移動体通信システムを選択し、1990年4月4日から2016年12月31日までの、技術規格書²、必須特許³、および独自特許のデータを検討した。この期間の初期、90年代には、Motorola、Nokia、およびEricssonは、多くの技術規格書を策定し標準化を進めるとともに、数多くの必須特許を宣言している。このため、本研究では、Motorola、Nokia、およびEricssonを、通信産業の知識を保有する先発企業と考えた。これらの企業は、通信イ

ンフラ機器や端末など、通信システム全体を手がけるシステム・メーカーである。こうした企業とともに、携帯電話の通信機能を担うコア部品を提供する補完的企業として、後発である半導体サプライヤーを検討することにした。また、先発企業と比較するために、後発システム・メーカーとして、Samsung、LG、Apple、およびHuaweiも検討に含めることにした。

4. データ

本研究では、ETSIのウェブサイトから1990年4月から2016年12月までの2G GSMと3G UMT及びLTEについて合計15,212件の必須特許（企業が自社のアメリカとヨーロッパでの出願特許をETSIに宣言したもの）を取得した。次に、必須特許に記載された3GPPからの技術規格書の情報にもとづき、必須特許を技術規格書にマッピングすることで、通信システムの必須特許を分類した（Shiu and Yasumoto, 2015）。

より具体的には、下記の表1のように、該当技術規格書を1) 通信サービス、技術課題、およびプラン（Service and Technical Issues, Requirements and Plans）、2) コア・ネットワーク、3) 通信手順（Air Interface）、4) 携帯電話端（Core Network and Intra Fixed Network）末（Mobile Phone）、5) セキュリティ・暗号化（Security Algorithm）という、五つのカテゴリに分類した。なお、本研究では通信産業の標準化活動における技術規格書の情報をより正確に把握するために、移動体通信技術に関わる資料、レポート、雑誌、新聞記事などの二次データを参照した。

また、本研究では、EPO（欧州特許庁）のпатент・データ・ベースであるEspacenetから3社の先発携帯電話端末メーカー、6社のコア部品サプライヤー、4社の後発携帯電話端末メーカーの545,146件の独自特許を、期間を限定せずに全抽出した。これら13社の独自特許の公告日（publication date）と上述のETSIに宣言された必須特許の宣言日（declared date）にもとづいて、540,959件の必須特許の独自特許による引用（forward citation）のデータを生成した。このデータにもとづき、独自特許による必須特許の引用

表1. 技術企画書の分類

Telecommunication System	Specification Categories	2G Series	3G Series
Service and Technical Issues, Reirements and Plans (通信サービス、技術及びプラン)	"Requirements, Service Aspects (Stage 1)", "Technical Realization (Stage 2)", "Program Management, LTE (Evolved UTRA) and LTE-Advanced Radio Technology", "General Information (Long Defunct)".	00,01,02,03, 10,41,42,43,50,	21,22,23,30,36
Core Network and Intra Fixed Network (コアネットワーク)	"Signaling Protocols (Stage 3)-(RSS-CN)", "Signaling Protocols (Stage 3)-Intra-Fixed-Network".	08,09,48,49	28,29
Protocol, BB, RF and BS (通信手段)	"Signaling Protocols (Stage 3)-User Equipment to Network", "Radio Aspects", "CODECs", "Data", "OAM&P and Charging", "Multiple Radio Access Technology Aspects".	04,05,06,07, 12,44,45,46,52	24,25,26,27,32,37
UE and USI test (携帯電話端末)	"Subscriber Identity Module (SIM / "IC Cards", "Test Specs", "UE and (U)SIM Test Specifications".	11,51	31,34
Security & Securiy Algorithms (暗号化・セキュリティ)	"Security Aspects", " Security Algorithms (3)".	55	33,35

表2. データ概要

企業種類	企業	必須特許数	独自特許数	独自特許公告期間	必須特許宣言期間	必須特許のバックワード・サイテーション数	独自特許のフォワード・サイテーション数
前発企業	Nokia	2700	34242	1982.12.22 - 2016.12.29	1997.11.28 - 2016.12.30	6703	8224
	Ericsson	2034	39724	1930.08.05 - 2016.12.29	1998.10.22 - 2016.12.02	9166	8547
	Motorola	833	34182	1948.02.03 - 2016.12.29	1995.10.11 - 2012.04.17	4415	5186
後発企業	Samsung	1346	208575	1984.02.21 - 2016.12.29	2003.09.19 - 2012.09.27	6721	4787
	Apple	1058	29726	1983.02.01 - 2016.12.29	1995.12.22 - 2016.11.28	1520	3521
	Huawei	820	33341	1999.02.04 - 2016.12.29	2005.04.29 - 2016.10.24	3573	1206
	LG	1749	88720	1986.12.10 - 2016.12.29	1990.04.04 - 2016.12.02	12741	6268
半導体サブライヤー	MediaTek	28	3542	1995.05.03 - 2016.12.29	2014.03.25 - 2014.03.25	246	78
	Qualcomm	4370	34524	1989.10.24 - 2016.12.29	2000.04.03 - 2016.06.14	16099	22740
	Texas Instruments	229	19925	1990.01.02 - 2015.12.03	2005.09.01 - 2012.08.17	760	1639
	Infineon	12	8271	2005.03.24 - 2016.12.29	2008.06.13 - 2008.06.13	90	24
	Freescale	33	5986	1994.06.01 - 2016.12.29	2010.06.10 - 2011.02.24	153	0
	Spreadtrum	0	201	2005.04.28 - 2016.12.01	-	33	0
総数		15212	540959			62220	62220

注：アメリカとヨーロッパのみ

(backward citation) の数や割合を、各企業別に集計した。すなわち、各企業の独自特許が、どの企業の必須特許をどれだけ引用しているのかを計算した。データの概要は表 2 の通りである。

5. ケース・スタディ

本研究では、移動体通信産業について、企業のシステム知識に注目しながら、標準化を推進する既存企業（主としてシステム・メーカー）から、後発企業（主として補完財を提供する半導体サプライヤー）への技術のスピルオーバーと、そのなかでの後発企業の知識の獲得・強化について分析する。以下の分析では、第二世代携帯電話の技術開発と標準化が進んだ 90 年代以降を、標準化や製品化の初期まで（-1997）、新興国を含む水平分業の進展とスマートフォンの登場まで（-2007）、およびそれ以降の新興国を中心とした一層の水平分業の進展まで（-2016）の三期に分け、各期までの各企業の必須特許と独自特許の累計について時系列的に検討する。

以下の分析では、まず、UCINET VI の“Netdraw”機能を使ってネットワーク図を描くことにより、先発システム・メーカーをはじめとする必須特許を数多く保有する企業について技術規格書と必須特許との関係を検討することにより、これらの企業のシステム知識のレベル（密度）を明らかにする。図 1 のように青色、緑色、紫色、

黄色、空色の「スクエア」ノードは、それぞれ「通信サービス、技術課題、およびプラン」、「コアネットワーク」、「通信手順」、「携帯電話端末」、および「セキュリティ・暗号化」に関する技術規格書を表している。

一方、ノードの間の青色の線は必須特許を表している。必須特許は複数の技術規格書に対応している。ノードのサイズと線の幅は、技術規格書に対応する必須特許の件数を反映している。左側の独立したノードは、必須特許が、複数の技術規格書に対応しておらず、特定の技術規格書のみに対応して宣言されていることを意味する。

以上をふまえたうえで、先に検討したシステム知識のレベルと関連づけながら、企業間での必須特許の引用について検討する。時期をおって、これらの手順による分析を行うことにより、後発企業の能力構築を明らかにする。

5.1. 第一段階：探索 (1990-1997)

図 1 から、90 年代には、Motorola と Nokia の技術規格書間の密度（density）⁴ が高く、とくに Motorola の密度が高いことが分かる。Ericsson は、この時期には必須特許を宣言しておらず、密度を算出することができない。また、Qualcomm は 1985 年に設立された有力半導体サプライヤーであるが、この時期には多くの必須特許を保有し

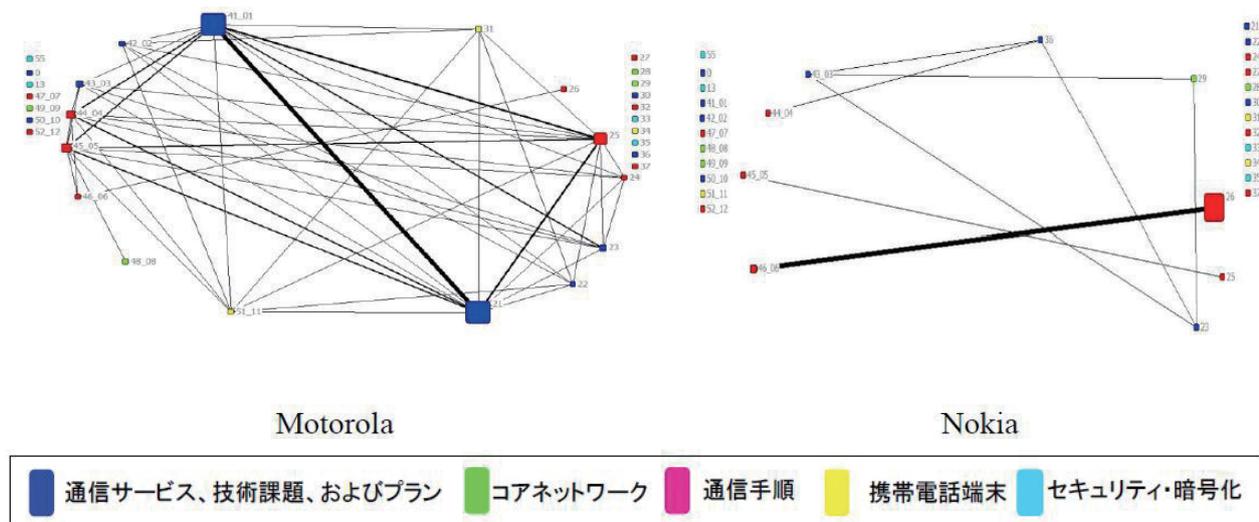


図 1. 1990-1997 年における Nokia と Motorola の必須特許と技術規格書の知識ネットワーク

ていないため、こうした分析を行うことができない。

さらに、より厳密に分析するため、必須特許の宣言資料を使用し、技術規格書間の密度の値を、ネットワーク・ツール UCINET VI の“Density”⁵によって計算した。企業の必須特許の宣言による技術規格書間の密度の値が高ければ、その企業は他社よりも移動体通信システムの技術を広範囲に持ち、その企業は製品システムについての複雑な知識を保有していると考えられる。

90年代には、Nokia と Motorola の 2G と 3G の技術規格書と必須特許との関係は、UCINET VI の密度の計算ではそれぞれ 0.016、0.103 となる（表 3）。先発システム・メーカーの知識ネットワークでは、とくに Motorola が複雑な知識を保有していたと言える。

表 4 と図 2 は、各企業が、どの企業の必須特許を引用して、独自特許を申請していたのかを示している（データ詳細については巻末

Appendix 表 A 参照）。図 2 は表 4 を図示化したものである。以下の分析においても同様であるが、横の行は「引用された必須特許」を、縦の列は「必須特許を引用している独自特許」を示す。例えば、この時期には、Qualcomm の独自特許のうち、60.6% は Motorola、36.2% は Nokia の必須特許を引用しているが、Qualcomm の必須特許を引用している企業は存在していない。また、Motorola と Nokia は先行者として、多くの技術を保持しており、多くの企業は Motorola と Nokia の必須特許を引用している。このため、多くの企業は Motorola と Nokia に依存していたと言える。

一方、当時、後発の Qualcomm は自社技術をほとんど保有しておらず、先発企業の技術を引用して、自社技術を開発していた。この段階では、Qualcomm は先発企業から技術を吸収し、能力を蓄積していたと考えられる。以上のことから、後発企業としての Qualcomm は、1990-1997 年の時期には技術の探索を進めていたと考えられる。

表3. 1990-1997 年における Nokia と Motorola の知識ネットワークの密度

1990-1997	Nokia 2G+3G	Motorola 2G+3G
Density	0.016	0.103
Standard Deviation	0.126	0.304
Average Degree	0.5	3.188
The Number of SEP	50	61

注) これらの値は技術規格書と必須特許の対応関係のデータを UCINET VI の "Dichotomization" で変換して、"Cohesion" と "Density" で計算した。

表4. 1990-1997 年における企業間の引用関係

		必須特許					
		Qualcomm	Nokia	Motorola	Ericsson	New Entrants	Chipsets
独自特許	Qualcomm		36.2%	60.6%		3.2%	
	Nokia		64.6%	32.6%		2.8%	
	Motorola		12.9%	82.5%		4.6%	
	Ericsson		24.9%	69.8%		5.3%	
	New Entrants		49.6%	46.3%		4.1%	
	Chipsets		53.3%	33.3%		13.3%	

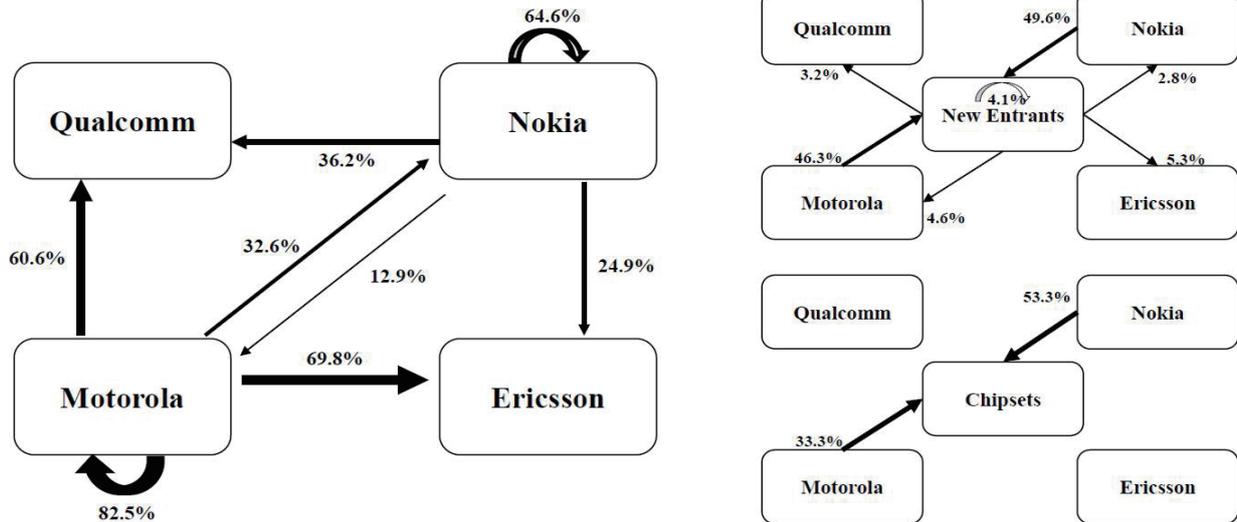


図2. 1990-1997 年における企業間の引用関係

5.2. 第二段階：知識強化 (1990-2007)

図 3 は、1990-2007 年の間の時期における、Motorola、Nokia、Qualcomm、および Ericsson の各社における技術規格書間の密度を示している。

Nokia、Motorola、Ericsson、および Qualcomm の 2G と 3G の技術規格書と必須特許との関係は、UCINET VI の密度の計算ではそれぞれ 0.204、0.153、0.038、0.175 となる (表 5)。Nokia や Qualcomm が多岐にわたる必須特許を最も多く保有するようになり、しかも複雑な知識ネットワークを構築するようになっている。Motorola に対し、Nokia や Qualcomm が知識における優位を築きはじめていると考えられる。

一方、表 6 と図 4 は、各企業が、どの企業の必須特許を引用して、独自特許を申請していたのかを示している (データ詳細については巻末

Appendix 表 C 参照) 図 4 は表 6 を図示化したものである。表 6 と図 4 を見ると、各企業の独自特許の多くは、Qualcomm の必須特許を引用するようになっている (データ詳細は巻末 Appendix 表 B 参照)。例えば、Nokia では 24.7%、Motorola では 50.8% の独自特許が、Qualcomm の必須特許を引用している。また、後発企業の独自技術の半分程度は、Qualcomm の技術を引用している。同時に、Qualcomm 自身も、自社の必須特許を数多く引用している。1990-2007 年の時期には、とくに Qualcomm に代表される後発企業は、その技術が他社から広く引用されるとともに、自社技術にもとづいてさらに技術開発を行うようになっており、後発企業による知識の強化が進んでいたと考えられる。

表6. 1990-1997 年における知識ネットワークの密度

1990-2007	Nokia 2G+3G	Motorola 2G+3G	Ericsson 2G+3G	Qualcomm 2G+3G
Density	0.204	0.153	0.038	0.175
Standrad Deviation	0.403	0.36	0.192	0.38
Average Degree	6.313	4.75	1.188	5.438
The Number of SEP	1017	209	446	1321

注) これらの値は技術規格書と必須特許の対応関係のデータを UCINET VI の "Dichotomization" で変換して、"Cohesion" と "Density" で計算した。

5.3. 第三段階：技術の相互依存

2016 年までの期間になると、Motorola、Nokia、Qualcomm、および Ericsson の各企業における技術規格書間の密度、すなわちシステム知識のレベルが高くなっている（図 5）。

Nokia、Motorola、Ericsson、および Qualcomm の 2G と 3G の技術規格書と必須特許との関係は、UCINET VI の密度の値の計算では、それぞれ 0.218、0.194、0.091、0.214 となる（表 7）。Nokia、Motorola、および Qualcomm の知識の密度は高いが、なかでも Nokia と Qualcomm は傑出して多くの必須特許を保有するのみならず、高い密度の知識のネットワークを構築している。

一方、表 8 と図 6 を見ると、各企業の独自特許の多くは、引き続き Qualcomm の必須特許を引用している（データ詳細は巻末 Appendix 表 C 参照）。図 6 は表 8 を図示化したものである。例えば、Nokia では 21.9%、Motorola では 38% の

独自特許が、Qualcomm の必須特許を引用している。また、後発企業でも、Qualcomm の技術を引用している。同時に、Qualcomm 自身も、自社の必須特許を数多く引用している。

ただし、Qualcomm 自身も含め、Qualcomm の必須特許からの引用の割合がやや減少するとともに、後発企業自身の自己引用を含め、後発企業の必須特許からの引用の割合が高まっている。これは、LG などの後発企業の必須特許宣言が増加したことによると考えられる。こうした傾向は、技術が普及し、より多様な企業によって技術開発が行われ、企業間で相互に用いられるようになってきていることを示唆しているが、今後の検討を要するだろう。1990-2016 年の時期には、Qualcomm のような後発の半導体サプライヤーは、自社技術とともに、他の後発企業の技術も引用して、知識を強化していることから、技術の相互依存が特徴であると考えられる。

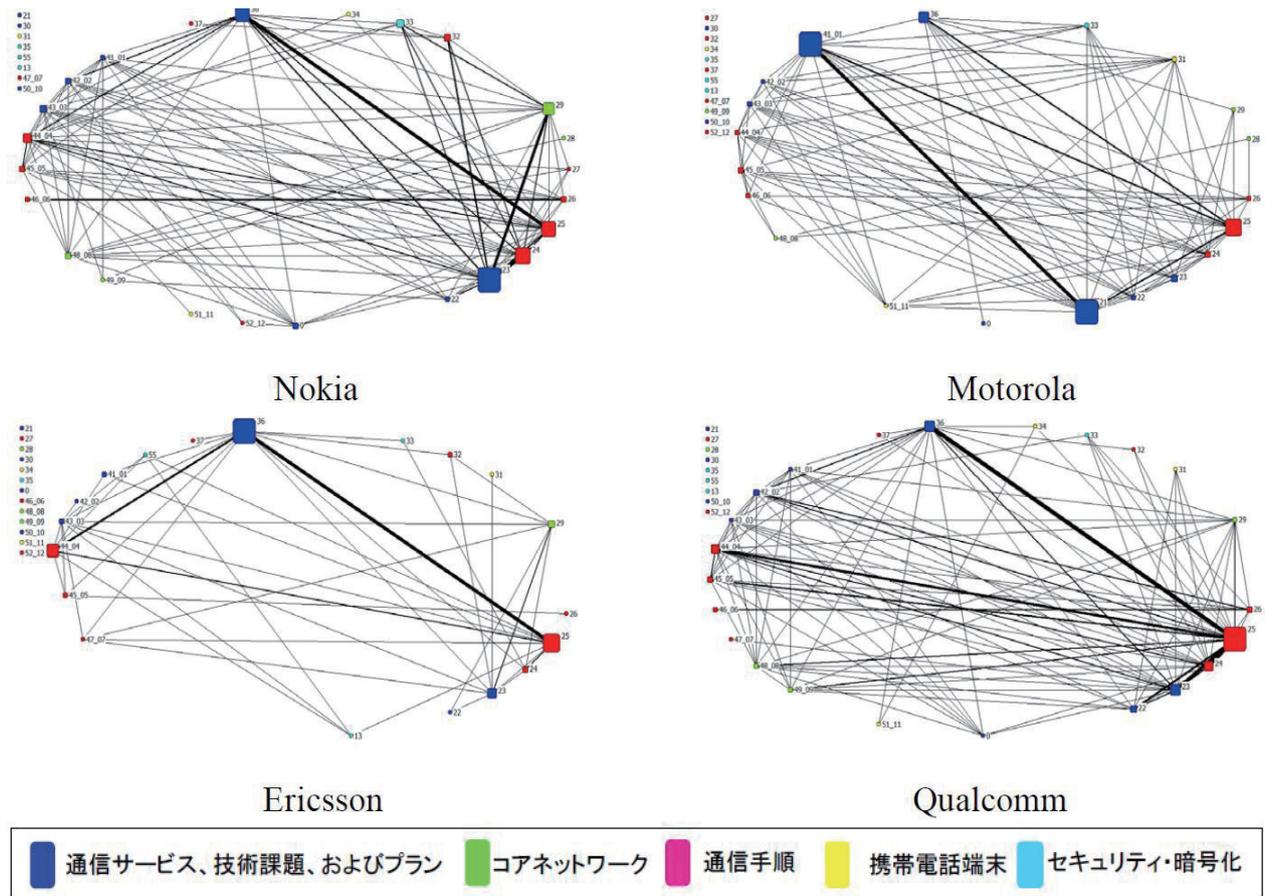


図5. 1990-2016 年における Nokia、Motorola、Ericsson、および Qualcomm の必須特許と技術規格書の知識ネットワーク

表7. 1990-2016年におけるNokia、Motorola、およびQualcommの知識ネットワークの密度

1990-2016	Nokia 2G+3G	Motorola 2G+3G	Ericsson 2G+3G	Qualcomm 2G+3G
Density	0.218	0.194	0.091	0.214
Standrad Deviation	0.413	0.395	0.287	0.41
Average Degree	6.75	6	2.813	6.625
The Number of SEP	2700	833	2034	4370

注) これらの値は技術規格書と必須特許の対応関係のデータをUCINET VIの“Dichotomization”で変換して、“Cohesion”と“Density”で計算した。

表8. 1990-2017年における企業間の引用関係

		必須特許					
		Qualcomm	Nokia	Motorola	Ericsson	New Entrants	Chipsets
独自 特許	Qualcomm	63.8%	7.0%	7.1%	7.8%	12.9%	1.3%
	Nokia	21.9%	28.2%	9.5%	22.4%	16.4%	1.7%
	Motorola	38.0%	11.0%	21.7%	13.1%	14.5%	1.7%
	Ericsson	25.8%	16.5%	9.4%	28.2%	18.3%	1.8%
	New Entrants	26.3%	12.7%	5.9%	10.1%	40.7%	4.3%
	Chipsets	39.2%	7.3%	10.8%	10.9%	22.5%	9.4%

6. ディスカッション

以上の検討結果は、移動体通信産業の技術の標準化において、いかに複数の技術間にわたる知識（すなわちシステム知識）のスピルオーバーが生じ、システム・メーカーの技術の主導権が、Qualcommのような後発企業の部品サプライヤーに移行したのかを示している。IoT（Internet of Things）の時代には、標準化が進み、技術が普及するため、市場での顧客のニーズと競合企業の変化が速くなると予想される。そのなかで、先発企業と後発企業が相互に技術を引用することで、イノベーションが促される。したがって、製品やサービスでは、企業が著しい競争優位を維持することは困難であると考えられる。こうした状況に対し、本研究の成果は、企業が、自社技術のスピルオーバーとともに、自社内外の技術を用いて、システム知識を構築・強化することができることを示唆している。

標準化に関する議論では、個々の技術の知財権による技術の専有性と公開性に注目して検討がなされてきた（e.g., Bekkers et. al., 2002; Blind and Thumm, 2004; West, 2003）。これに対し、本研

究の成果は、標準の技術規格書のみならず、専有性を守ると想定されてきた必須特許（および特許）の引用がスピルオーバーを促すことを示している。これは、技術の専有性／公開性（クローズド対オープン）の区分を検討するだけでは、技術や知識の獲得・強化、さらに技術の主導権の保持や移転は理解し難いことを意味している。

これまでにも、個々の技術（とくに特許）の引用によって、いかに後発企業の技術獲得が進むのかが検討されている（e.g., Bekkers and Martinelli, 2010; Heet al., 2006; Kang and Motohashi, 2015）。だが、個々の技術を引用し活用するだけでは、様々な技術を統合する知識の獲得・強化につながるとは限らず、したがってそうしたシステム知識にもとづく技術の主導権を確保できるとは言い難い。

一方、本研究の分析は、後発企業が先行企業の技術を活かして知識を獲得・蓄積し能力を構築しており、それによって技術が広く様々な企業によって開発されるようになるまで、普及していくことを明らかにしている。本研究の成果は、先発のシステム・メーカーに対し、後発企業、

とくに補完的企業である半導体サプライヤーが、外部の技術を吸収することで技術開発を進めて知識を構築すると同時に、自らの技術の自己引用によって自らの知識をさらに強化できることを示している。

こうした後発企業は、先発のシステム・メーカーのようにシステム全般についての広範な事業は行っていないものの、知識についての権利を系統的に保持することで、技術の主導権を確保し、技術や産業のコントロールを可能にしていると考えられる。今後は、技術の主導権を持つ企業による、技術や産業へのコントロール（知識のコントロールによる「アーキテクチャ・コントロール」）について検討する必要があると考えられる。高いレベルのシステム知識を持つ企業は、技術を公開しながらも、技術規格書にもとづいて技術を製品やサービスに実装する権利を保持することで、技術や競争・分業の進歩をコントロールすることができると考えられるからである（Shiu and Yasumoto, 2017）。

製品化に関わる技術をコントロールすること

（Patel and Pavitt, 1997; Schilling, 1998）は、標準化における重要な技術戦略のテーマである。しかし、コントロールを可能にする知識や能力がいかなるものであるかについては十分に検討されていない。企業の知識を「技術の範囲」、「技術の優位性」、ならびに「技術の重要性」の点からさらに詳細にとらえ、コントロールとの関係を検討することによって、企業の能力をより厳密に検討することが可能になると予想される。

なお、本研究では、ケースとして、各企業の知識のあり方や企業間のスピルオーバーのネットワークの検討を行っており、統計的な一般化がなされていないという限界がある。各企業の知識のあり方や企業間のスピルオーバーのネットワークが、企業の能力の構築・強化やコントロールにどのような影響を持ちうるのかについては、統計的な分析を含め、より厳密な検討が必要である。加えて、今後、より詳細な事例の検討も合わせ行うことで、各企業の能力構築・強化やコントロールについて、実態を明らかにしていく必要もあるだろう。

【脚注】

1 なお、実装に関する知識に関しては、暗黙的に保持されていたり、ノウハウとして秘匿化されている場合も少なくない。このため実装に関する知識を直接測定するのは容易ではない。こうした問題はあるものの、企業がある分野（技術分類）で一定の系統的な特許申請を行っていれば、少なくともその分野については技術を実装し製品化する際に不可欠な知識やノウハウを保持している可能性が高いと考えられる。このように、特許は、実装知識そのものを厳密に表すわけではないものの、「実装を可能にする関連知識」の保有レベルを把握するうえでは、有力な指標となりうると予想される。

2 本研究では、3GPP が管理している 2G GSM と 3G UMTS の技術規格書のデータベース (http://www.3gpp.org/ftp/Information/Databases/Spec_Status/3GPP-Spec-Status.zip) を使用した。また、3GPP の技術規格書の管理者 John M. Meredith に、全ての技術規格書はデータベースに十分に収納されていることをはじめ、データベースの信頼性と有効性を e-mail で確認した。

3 本研究は ETSI に必須特許として宣言されたグローバル特許のデータベース (<http://ipr.etsi.org/searchIPRD.aspx>) から、2016 年 12 月 31 日までのデータのダウンロードを行った。なお、本研究では、計算上の容易のため、2G GSM、2.5G GPRS、2.75G Edge を“2G GSM”として、3G WCDMA、3.5G HSDPA、3.75G HSUPA、および 4G LTE を“3G UMTS”としてデータの集計を行った。また、本研究では、記録上で異なる企業名は 1 つの企業としてカウントした。例えば、Nokia UK Ltd., Nokia Siemens Networks, Nokia Corporation, Nokia Japan Ltd., Nokia Mobile Phones, Nokia Research Center, Nokia Communications と Nokia Telecommunication Inc. を“Nokia”としてカウントした。なお、Nokia Communications は 92 年に誕生し、その前身企業は Telenokia であるが、Telenokia としての必須特許申請は見出せなかった。また、Telefonaktiebolaget LM Ericsson は“Ericsson”としてカウントした。Apple (UK) Limited と Apple Inc. は“Apple”としてカウントした。

4 本研究では、UCINET を使用して、密度を計算した。密度は、ネットワークがどれだけ密であるかを測定する最も代表的な指標である。二値の無方向グラフの場合、つながりの最大数は $n(n-1)/2$ であるが、これでエッジ（つながり）の数 1 を除することによって、密度は求められる。

5 Dichotomization とは、仕様×仕様のマトリックスのデータについて、「特許がある場合“1”」と「特許がない場合“0”」にデータ形式を変換することである。これは、データ処理上の必要性に応じた変換であり、データ内容や分析結果には影響を与えない。

表 A. 1990-1997 年における企業間の引用関係

		必須特許						Total
		Qualcomm	Nokia	Motorola	Ericsson	New Entrants	Chipsets	
独自 特許	Qualcomm		79	132		7		218
	Nokia		184	93		8		285
	Motorola		28	179		10		217
	Ericsson		80	224		17		321
	New Entrants		60	56		5		121
	Chipsets		16	10		4		30
Total		0	447	694	0	51	0	1192

表 B. 1990-2007 年における企業間の引用関係

		必須特許						Total
		Qualcomm	Nokia	Motorola	Ericsson	New Entrants	Chipsets	
独自 特許	Qualcomm	7465	453	507	613	201	6	9245
	Nokia	812	1042	307	973	137	11	3282
	Motorola	1183	231	471	362	81	3	2331
	Ericsson	1271	664	523	1555	153	6	4172
	New Entrants	2102	963	206	772	693	31	4767
	Chipsets	334	46	57	72	25	33	567
Total		13167	3399	2071	4347	1290	90	24364

表 C. 1990-2016 年における企業間の引用関係

		必須特許						Total
		Qualcomm	Nokia	Motorola	Ericsson	New Entrants	Chipsets	
独自 特許	Qualcomm	10277	1130	1147	1261	2082	202	16099
	Nokia	1469	1888	637	1500	1096	113	6703
	Motorola	1678	485	958	578	642	74	4415
	Ericsson	2364	1508	860	2589	1677	168	9166
	New Entrants	6450	3120	1446	2479	9996	1064	24555
	Chipsets	502	93	138	140	289	120	1282
Total		22740	8224	5186	8547	15782	1741	62220

【参考文献】

- Argote, L., McEvily, B. and Reagans, R. (2003). Managing knowledge in organizations: An integrative framework and review of emerging themes. *Management science*, 49(4), 571-582
- Bekkers, R. (2001). Mobile telecommunications standards: GSM, UMTS, TETRA, and ERMES. Artech House.
- Bekkers, R., Duysters, G. and Verspagen, B. (2002). Intellectual property rights, strategic technology agreements and market structure: The case of GSM. *Research Policy*, 31(7), 1141-1161.
- Bekkers, R. and West, J. (2009). The limits to IPR standardization policies as evidenced by strategic patenting in UMTS. *Telecommunications Policy*, 33, 80-97.
- Bekkers, R. and Martinelli, A. (2010). The interplay between standardization and technological change: A study on wireless technologies, technological trajectories, and essential patent claims. Opening up innovation: strategy, organization and technology of DRUID summer conference at Imperial college London business school.
- Brusoni, S., Prencipe, A. and Pavitt, K. (2001). Knowledge specialization, organizational coupling, and the boundaries of the firm: why do firms know more than they make? *Administrative science quarterly*, 46(4), 597-621.
- Bekkers, R. and Martinelli, A. (2010). The interplay between standardization and technological change: A study on wireless technologies, technological trajectories, and essential patent claims. Opening up innovation: strategy, organization and technology of DRUID summer conference at Imperial college London business school.
- Cohen, W. M., and Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative science quarterly*, 128-152.
- Funk, J. L. (2002). Global competition between and within standards. Palgrave Macmillan.
- Funk, J. L. (2009). The co-evolution of technology and methods of standard setting: the case of the mobile phone industry. *Journal of Evolutionary Economics*, 19(1), 73-93.
- Garud, R. and Kumaraswamy, A. (1993). Changing competitive dynamics in network industries: An exploration of Sun Microsystems' open systems strategy. *Strategic Management Journal*, 14, 351-369.
- He, Z. L., Lim, K. and Wong, P. K. (2006). Entry and competitive dynamics in the mobile telecommunications market. *Research Policy*, 35(8), 1147-1165.
- Jaffe, A. B., Trajtenberg, M. and Henderson, R. (1993). Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations. *Quarterly Journal of Economics*, 108(3), 577.
- Jaffe, A. B. and Trajtenberg, M. (2002). Patents, citations, and innovations: A window on the knowledge economy. MIT Press, Cambridge, MA.
- Kang, B. and Motohashi, K. (2015) Essential intellectual property rights and inventors' involvement instandardization. *Research Policy*, 44(2), 483-492.
- Kogut, B. (2000). The network as knowledge: Generative rules and the emergence of structure. *Strategic Management Journal*, 21(3), 405-425.
- Mansfield, E. (1985). How rapidly does new industrial technology leak out? *Journal of Industrial Economics*, 34, 217-223.
- Ogawa, K., Shintaku, J. and Yoshimoto, T. (2005). Architecture-based advantage of firms and nations: New global alliance between Japan and catch-up countries. *Annals of Business Administrative Science*, 4, 21-38. (doi: 10.7880/abas.4.21)
- Patel, P. and Pavitt, K., (1997). The technological competencies of the world's largest firms: complex and path-dependent, but not much variety. *Research Policy* 26 (2), 141-156.
- Pisano, G. (2006). Profiting from innovation and the intellectual property revolution. *Research Policy*, 35(8), 1122-1130
- March, J. G. and Simon, H. A. (1958). *Organizations*. New York.
- March, J. G. and Simon, H. A. (1993). *Organizations* (2nd edition). Wiley-Blackwell,
- Reagans, R. and McEvily, B. (2003). Network structure and knowledge transfer: The effects of cohesion and range. *Administrative Science Quarterly*, 48(2)240-267.
- Schilling, M. A. (1998). Technological lockout- An

- integrative model of the economic and strategic factors driving technology success and failure. *Academy of Management Review*, 23(2), 267-284.
- Shiu, J. M. and Yasumoto, M. (2015). Investigating firms' knowledge management in the standardization: The analysis of technology specification-declared essential patent networks on telecommunication industry. *MMRC DISCUSSION PAPER SERIES*, 465.
- Shiu, J. M. and Yasumoto, M. (2017). Exploring the architectural control over opened system-goods, *Academy of Management (AOM) 2017 Annual Meeting*.
- Teece, D. J. (1986). Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research Policy*, 15(6), 285-305.
- Teece, D. J. (2006). Reflections on profiting from innovation. *Research Policy*, 35(8), 1131-1146.
- Xie, Z., Hall, J., McCarthy, P., Skitmore, M. and Shen, L. (2016). Standardization efforts: The relationship between knowledge dimensions, search processes and innovation outcomes. *Technovation, Innovation and Standardization*, 48/49, 69-78.
- Yayavaram S. and Ahuja G. (2008). Decomposability in knowledge structures and its impact on the usefulness of inventions and knowledge-base malleability. *Administrative Science Quarterly*, 53, 333-362.
- 安田雪 (2005) . ネットワーク分析用ソフトウェア UCINET® の使い方 . 赤門マネジメント・レビュー , 4 卷 5 号 , 227-260.

【謝辞】

本研究は、JSPS 科学研究費・基盤研究 (B) (15H03376) および挑戦的萌芽研究 (15K13032) による成果の一部である。