

多国籍企業の本国 R&D ネットワークが R&D 活動のグローバル化に与える影響 ——トヨタ自動車, GM, 現代自動車のケースの比較——

金 綱 基 志*

要旨

知識のグローバルな流動化・分散化に伴い、R&D 活動をグローバルに行うことの重要性が増大してきている。本稿では、多国籍企業の国内 R&D ネットワークにおける高いレベルの埋め込みが、R&D 活動のグローバル化の障害となるのかという点について、トヨタ、GM、現代自動車 3 社の R&D 拠点所属の研究者による科学技術論文誌に掲載された共同研究のデータを用いて検証していく。

キーワード：R&D ネットワーク、研究開発のグローバル化、トヨタ、GM、現代自動車

1. はじめに

研究開発活動（以下 R&D 活動）をグローバルに行うことは、海外で企業特殊の優位性を獲得する上で重要な役割を果たしている。R&D 活動のグローバル化の背景には、重要な知識のグローバルな流動化・分散化が背景にある（林, 2004）。重要な知識がグローバルに流動化・分散化しているとするならば、そうした知識をグローバルな規模で探索・獲得するための活動が重要な意味を持つことになる（浅川, 2011）。多国籍企業の R&D 活動は、本国 R&D 拠点内部での活動から、R&D 拠点が立地する国内のパートナーと共同する活動、そして本国 R&D 拠点が立地する国境を越えた海外のパートナーと共同する活動へと進められてきた。また、海外 R&D 拠点到焦点を当てるならば、海外 R&D 拠点到立地する国境内のパートナーと共同する活動のみでなく、海外 R&D 拠点到立地する国境を越えたパートナーと共同する活動へと拡がってきている。

ここで問題となるのが、海外への R&D ネットワークの拡大に、多国籍企業の本国内 R&D ネットワークの在り方が影響を与えるのかという点である。これまで埋

*南山大学総合政策部

e-mail: motoyuki@nanzan-u.ac.jp

埋め込み理論において、既存のネットワークにおける埋め込みレベルが過度に高い場合 (over-embeddedness) には、ネットワーク外部と新たな関係性を構築することが難しくなること、そのためネットワーク内部のアクター間で共有される知識が同質化するデメリットが生じるとの指摘がされてきた (Portes and Sensenbrenner, 1993; Gargiulo and Benassi, 2000)。こうした議論を多国籍企業の R&D ネットワークに適用するならば、本国内において埋め込みレベルの高い R&D ネットワークを築いてきた多国籍企業は、R&D ネットワークを海外に拡大しながら R&D 活動をグローバルに展開させることが困難ということになる。このように、国内での高いレベルの埋め込みで特徴づけられるネットワークを築いてきた多国籍企業は、いかなる状況の変化の下でもネットワーク外部との新たな関係性を構築することが難しいということになるのだろうか。

本稿では、多国籍企業の国内 R&D ネットワークにおける高いレベルの埋め込みが、新たな R&D ネットワークの拡大である R&D ネットワークのグローバル化の障害となるのかという点について、国内においてパートナーと強固な関係性を築きながら R&D 活動を行ってきたトヨタ自動車 (以下トヨタと記す) と、米国ゼネラルモーターズ (以下 GM と記す)、韓国現代自動車を比較しながら検証を試みていく。

2. 先行研究と本研究の背景

重要な知識がグローバルな規模で分散化している点については、これまで様々な研究が行われてきた。周知のように Saxenian (2006) は、米国に留学した研究者たちが母国に帰国しつつ、米国との人的ネットワークを維持しながら、母国で新たな産業を引き起こしてきたことを論じている。また、林 (2004)、林・中山 (2018) は、科学技術ジャーナルに掲載された論文の著者所属機関国籍数、及び米国特許庁に認可された米国特許件数の開発国別データを用いることで、知識のグローバルな分散化について検証している。ここでは、科学技術ジャーナルに掲載された論文の著者所属機関国籍数が増加していること、米国特許庁に認可された米国特許件数における開発国数が増加していることが示されている。これらの点は、高度な研究能力を持つ研究者が多様な国に分散化してきていることを意味している。

このように重要な知識がグローバルに分散化する中で、日本の多国籍企業の R&D 活動は国内の企業間ネットワーク内にとどまっておき、このことが R&D 活動のグローバル化の障害となっていることが指摘されてきた (Cantwell and Zhang, 2006)。こうした議論は、埋め込みレベルの高いネットワークの課題として指摘されてきた点に近似している。埋め込み理論においては、高いレベルの埋め込みがもたらすメリットとデメリットに以下のような点があることが指摘されてきた。

ネットワークの埋め込みレベルが高いということは、ネットワーク内のアクター同士の2者間の関係性における紐帯の質が強く、ネットワーク構造が閉鎖的で密度が高いことを指している(若林, 2001)。こうした埋め込みレベルが高いネットワークでは、知識の移転・共有の促進、パートナーの機会主義的な行動の抑制、パートナーによる無限定的コミットメントの引き出しが可能となるといったメリットを享受することが可能となる。一方で、高いレベルの埋め込みに属するアクターは、環境の変化に対応するための新たな紐帯を形成することが困難となること、そのため類似の情報を共有する傾向にあり情報の多様性が減少するというデメリットが生じることが指摘されている (Portes and Sensenbrenner, 1993; Gargiulo and Benassi, 2000)。新たなネットワークを形成するためには、潜在的パートナーの競争力や信頼性に関する情報を入手することが必要となるが、それは容易ではない。潜在的パートナーに関する情報が不足している場合には、新たなネットワークを形成しようとするアクターは、新たなパートナーによる機会主義的行動のリスクにさらされることになる。パートナーによる新技術の漏出などが、そうしたリスクの例として挙げることができる。そのため、埋め込みレベルの高いネットワークに参加するアクターは、新たなネットワークを形成するよりも、既存のネットワーク内にとどまる傾向にあるとされている (Gulati and Gargiulo, 1999)。こうした埋め込み理論に基づく、日本の多国籍企業の R&D 活動が国内の企業間ネットワーク内にとどまっている理由も、国内における R&D ネットワークの高い埋め込みのためであるということになる。つまり、日本の多国籍企業の R&D 活動は、高いレベルの埋め込みで特徴づけられる国内の企業間ネットワークを中心に行われてきたので、海外へネットワークを拡げながら R&D 活動を拡大していくことができないという説明となる。

確かに日本の多国籍企業の R&D 活動は、国内の企業間ネットワークを中心としながら行われてきた。こうした傾向は、特に自動車産業において顕著であり、その企業間ネットワークの特徴に関する多くの研究が行われてきた。例えば、近能 (2007) は、1993年から2004年にかけての日本の特許庁発行の特許公開公報によるデータを基に、日本の各自動車メーカーがサプライヤーと共同で出願した共同特許に関する分析を行っている。ここでは、トヨタ、日産、ホンダをはじめとする自動車メーカーの共同特許出願先の上位がいわゆる系列サプライヤーとなっていることが明らかとされている。

一方で、こうした日本の自動車メーカーの国内の企業間ネットワークにおける長期継続的で緊密な関係性が、その国際競争力の基盤となってきたとの指摘も多くなされてきた (武石, 2003)。もし、高いレベルの埋め込みで特徴づけられる国内の企業間 R&D ネットワークの存在が海外への R&D ネットワークの拡大を妨げているとするならば、日本の多国籍企業は、R&D ネットワークを海外に拡げていくために、その国際競争力の基盤であった R&D ネットワーク内のパートナーとの長期継続的で緊密

な関係性を解消していくことが必要ということになるのだろうか。

かつて Johanson and Vahlne (1977, 2009) は、多国籍企業の国際化は、現地市場あるいは現地ネットワークに関する知識を蓄積しながら漸進的に行われることを論じた。2009 年のウプサラ・モデル (Uppsala Model) では、外部のネットワークに属するアクターと関係性を持ちながら信頼関係を形成し、その成果として外部のネットワークにおけるポジションを獲得するという国際化のモデルが描かれている。

国際化が漸進的に行われるとするならば、国内で強固なネットワークの下に研究開発を行ってきた日本の多国籍企業も、漸進的ではあるが海外へそのネットワークを拡大できる可能性が生じてくると言えるのでないだろうか。実際に、日本の多国籍企業は、1990 年代から海外での R&D 活動を活発化させている。その海外 R&D 拠点数は 1990 年代から増加し、海外 R&D 支出額も 1990 年代後半に急増している (林, 2015; 若杉・伊藤, 2011)。以下では、国内においてパートナーと強固な関係性を築きながら R&D 活動を行ってきたトヨタと、米国 GM, 韓国現代自動車の国内 R&D ネットワークの拡大と海外 R&D ネットワークの拡大の比較を行いながら、本国における R&D ネットワークの高いレベルの埋め込みが、R&D ネットワークの海外への拡がりの障害となるのかという点について検証を試みていく。

3. データと方法

本稿では、上記の多国籍企業 3 社の国内 R&D ネットワークの拡がりや海外 R&D ネットワークの拡大を、国際的な学術誌に掲載された論文における共著者の所属先の拡がりを見ることで確認していく。研究開発の成果は、科学技術論文として国際ジャーナルに掲載するか、特許を取得するケースが一般的である。特に、科学技術論文は、企業の基礎研究レベルでの研究開発能力を検証するデータとして用いられてきた (林, 2004)。また、こうした科学技術論文は、共著として発表されるケースがほとんどである。ここでは、国際ジャーナルに掲載された科学技術論文の共著者の所属先の拡がりを見ることで、各企業の基礎研究レベルでの R&D ネットワークの拡がりを確認していく。

本稿では、科学技術論文のデータベースとして INSPEC を利用していく。INSPEC は、The Institution of Engineering and Technology (IET) が作成したデータベースで、工学、物理学、コンピュータ・サイエンスなどの分野の世界的な科学技術文献が 2000 万件以上網羅されている¹⁾。この INSPEC のデータベースでは、国際ジャーナルに掲載された科学技術論文の著者の所属先が、企業の R&D 拠点あるいは部門レベルで確認することができる。従って、このデータベースを利用して、各企業の R&D

1) IET ウェブサイト <https://www.theiet.org/publishing/inspec/> (2023 年 11 月 14 日閲覧)。

ネットワークが、国内あるいは海外でどの程度広がっているのかを検証することができることになる。ここでは、各企業の R&D ネットワークの広がりを、企業内、企業間、立地内、立地外という区分で表 1、表 2 のように類型化していく²⁾。

組織内とは、多国籍企業の R&D ネットワークが企業内に閉じていることを、組織間とは、その R&D ネットワークが多国籍企業外部の研究所、大学、企業等との共同研究に広がっていることを指している。また、立地内とは、多国籍企業の R&D ネットワークが、各 R&D 拠点が立地する国の内部に閉じていることを、立地外とは、その R&D ネットワークが R&D 拠点が立地する国を越えて拡大していることを意味している。表 1 は、こうした類型化を本国 R&D 拠点を中心とした R&D ネットワークに、表 2 はこの類型化を海外 R&D 拠点を中心とした R&D ネットワークに当てはめたものである。

表 1 国内 R&D 拠点を中心とする R&D ネットワーク

	組織内	立地内	組織間	立地外
①本国 R&D 拠点内のみ共同研究	○	○		
②本国 R&D 拠点と本国内の研究機関・企業との共同研究		○	○	
③本国 R&D 拠点とその企業の海外 R&D 拠点との共同研究	○			○
④本国 R&D 拠点と海外の研究機関・企業との共同研究			○	○

出所：筆者作成

表 2 海外 R&D 拠点を中心とする R&D ネットワーク

	組織内	立地内	組織間	立地外
⑤海外 R&D 拠点内共同研究	○	○		
⑥海外 R&D 拠点と海外の研究機関・企業（海外 R&D 拠点の立地する国の機関・企業）との共同研究		○	○	
⑦海外 R&D 拠点と本国 R&D 拠点との共同研究	○			○
⑧海外 R&D 拠点と本国国内の研究機関・企業との共同研究			○	○
⑨海外 R&D 拠点とその企業の他の海外 R&D 拠点との共同研究（海外 R&D 拠点の立地する国以外・本国以外に立地）	○			○
⑩海外 R&D 拠点と海外の研究機関・企業（海外 R&D 拠点の立地する国以外・本国以外に立地）との共同研究			○	○

出所：筆者作成

2) 表 1 ③と表 2 ⑦の相違は以下の通りである。本稿では、各論文の共著者のうち、ファーストオーサーあるいは掲載順位が先の著者が国内 R&D 拠点の研究者である場合は③、ファーストオーサーあるいは掲載順位が先の著者が海外 R&D 拠点の研究者である場合は⑦とする。

多国籍企業の R&D ネットワークが、表 1 の①本国 R&D 拠点内のみでの共同研究である場合、企業の本国 R&D 拠点を中心とした R&D ネットワークは組織内・立地内に閉じていることを示している。多国籍企業の R&D ネットワークが、②の本国 R&D 拠点と本国内の研究機関・企業との共同研究である場合、本国 R&D 拠点を中心とした R&D ネットワークは、立地内であるが組織間に拡大していること示す。③の本国 R&D 拠点とその企業の海外 R&D 拠点との共同研究である場合は、本国 R&D 拠点を中心とした R&D ネットワークは、組織内であるが立地を越えて国際的に拡大していることになる。また、④本国 R&D 拠点と海外の研究機関・企業との共同研究である場合、本国 R&D 拠点を中心とした R&D ネットワークは、立地を越えて組織間に拡大していることを示している。表 2 の⑤から⑩は、海外 R&D 拠点を中心とする R&D ネットワークを、同様の方法で類型化したものである。

多国籍企業の R&D ネットワークをこのように類型化した場合、R&D ネットワークが、①本国 R&D 拠点内のみでの共同研究、あるいは②本国 R&D 拠点と本国内の研究機関・企業との共同研究にとどまっている場合、その企業の R&D ネットワークは国内の組織内、組織間ネットワークで閉じられていることになる。一方で、多国籍企業の本国 R&D 拠点のネットワークが、海外（立地外）に拡大しているケース、あるいは海外 R&D 拠点のネットワークが立地内、あるいは立地外に拡大しているとすれば、その企業の R&D ネットワークは国内で閉じられているのではなく、国境を越えた拡がりを持つようになっていくことになる。以下では、上記の分類に従って、各社 R&D 拠点所属の研究者による科学技術論文数を比較していく。

ここでは INSPEC のデータベースにある科学技術ジャーナルに掲載された論文で、著者の所属先 (Author Affiliation) に Toyota, General-Motors, Gen-Motors, GM, Hyundai-Motor, Hyeondae-Jadongcha が含まれている学術論文 (Scholarly Journals) のうち 1998 年, 2003 年, 2008 年, 2013 年, 2018 年, 2021 年のデータを用いていく。論文数のカウント方法は、林・中山 (2018) に依拠し、同一論文の著者の所属機関が複数の場合、重複してカウントしている³⁾。

3) 例えば、同一論文の著者が 4 名であり、その所属機関がトヨタの国内の R&D 拠点 2 名、国内の研究機関 1 名、海外の研究機関 1 名の場合には、トヨタの国内 R&D 拠点内の共同研究 1、トヨタの国内 R&D 拠点と国内の研究機関との共同研究 1、トヨタの国内 R&D 拠点と海外の研究機関との共同研究 1 と重複してカウントしている。

4. 分析結果

4-1. 3社の国内及び海外R&D拠点を中心とするR&Dネットワークの推移

図1及び図2は、トヨタの国内R&D拠点と海外R&D拠点におけるR&Dネットワークの拡がりの推移を示したものである⁴⁾。トヨタの国内R&D拠点としてデータに記載されているのは、Toyota Motor Corporation, Toyota Central R&D Labs., Inc. (豊田中央研究所), Higashihuji Technical Center (東富士研究所)である。また、

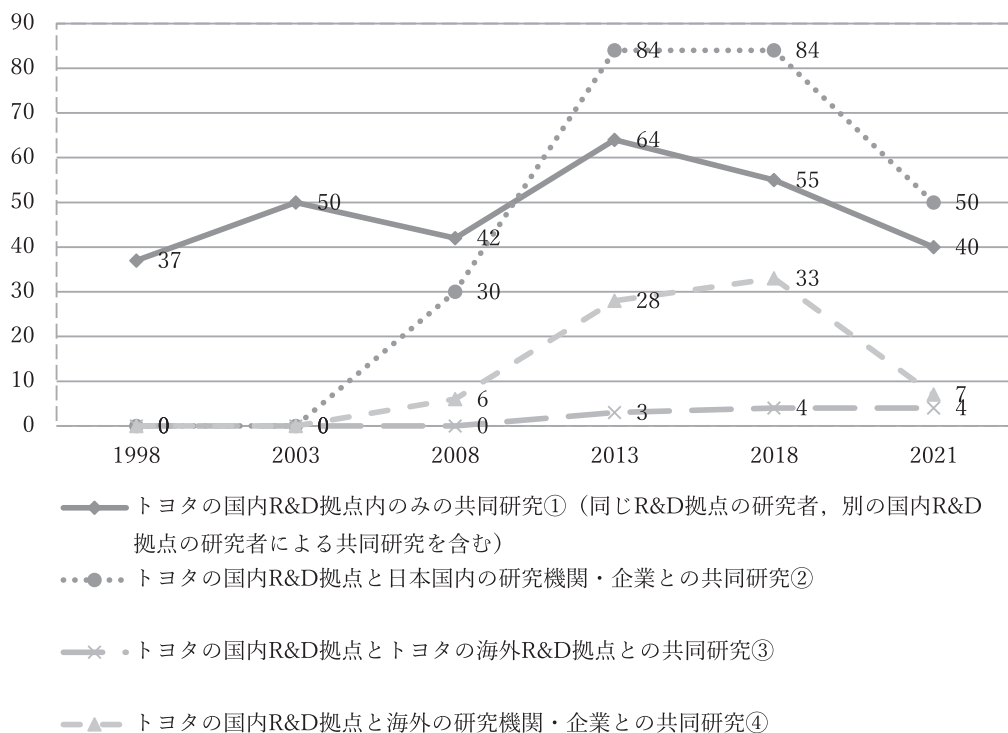


図1 トヨタの国内R&D拠点を中心としたR&Dネットワーク
出所：INSPECデータベースより筆者作成

4) トヨタの国内R&D拠点と海外R&D拠点におけるR&Dネットワークの推移は、金網(2023)で示したものである。金網(2023)では、トヨタの国内R&D拠点所属の研究者と海外R&D拠点所属の研究者の共同研究は、すべてトヨタの国内R&D拠点を中心とするR&Dネットワークに含めていた。本稿では、各論文において、トヨタの国内R&D拠点所属の研究者がファーストオーサーである場合、あるいは氏名の掲載順が先の場合は、トヨタの国内R&D拠点を中心とするR&Dネットワークに含め、トヨタの海外R&D拠点所属の研究者がファーストオーサーである場合、あるいは氏名の掲載順が先の場合は、トヨタの海外R&D拠点を中心とするR&Dネットワークに含めた。そのため金網(2023)との間に数字の相違がある。また、海外R&D拠点を中心とするR&Dネットワークは、図2に示す通り分類を詳細なものとした。

多国籍企業の本国 R&D ネットワークが R&D 活動のグローバル化に与える影響

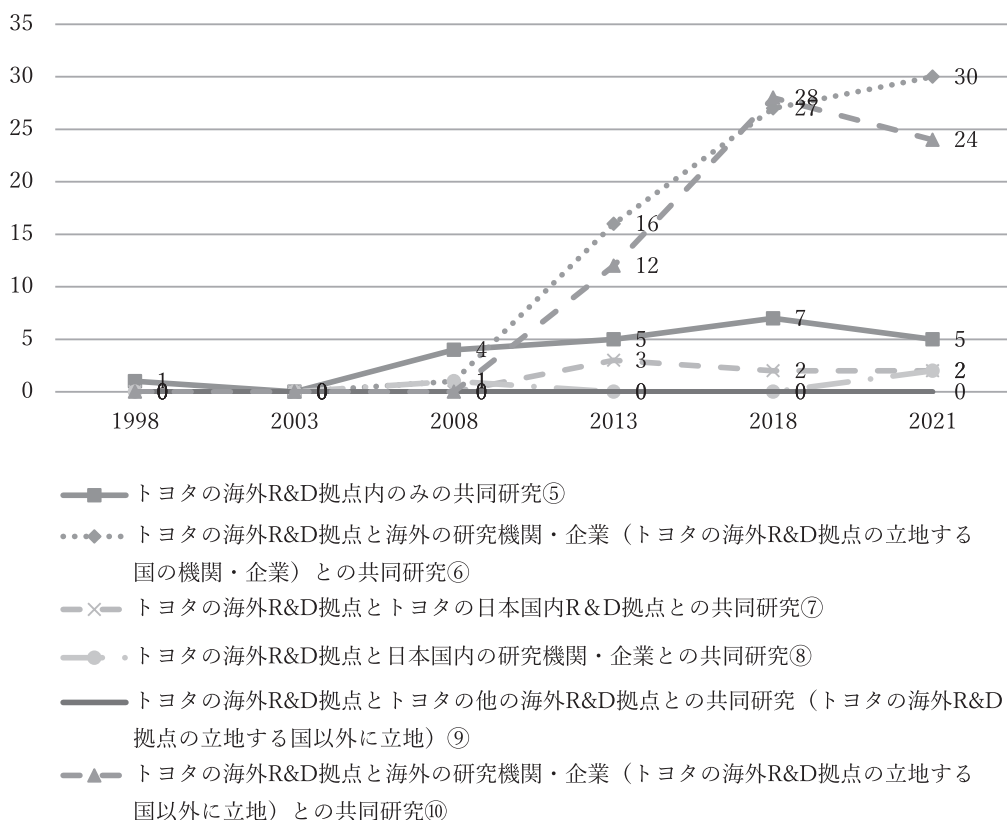


図2 トヨタの海外 R&D 拠点を中心とする R&D ネットワーク

出所：INSPEC データベースより筆者作成

トヨタの海外 R&D 拠点としてデータに記載されているのは、アメリカに立地する Toyota Motor Engineering & Manufacturing North America (TRI-NA), Toyota Technical Center, Toyota Research Institute North America, Toyota Research Institute, Inc., ベルギーに立地する Toyota Motor Europe などである。

図1に示されているように、トヨタの国内 R&D 拠点を中心とする R&D ネットワークは、1990年代には国内 R&D 拠点内にとどまっていたが、2008年頃から国内の研究機関・企業との共同研究が増加し、同時に海外の研究機関・企業との共同研究も増加している。ただし、国内の研究機関・企業との共同研究と海外の研究機関・企業との共同研究の推移を比較すると、国内の研究機関・企業との共同研究が海外の研究機関・企業との共同研究を上回っている。また、こうした国内外の研究機関・企業との共同研究が伸びている一方で、トヨタの R&D 拠点内のみ共同研究も減少することなくその水準を維持している。

入手したデータのうち最も共著論文数が多い2018年のデータによると、トヨタの国内 R&D 拠点所属研究者のパートナーとなっている国内の研究者の所属機関は、名

古屋大学，東北大学などの大学，物質・材料研究機構，産業技術総合研究所などの研究機関が大部分を占めている（付録1）。また，トヨタの国内 R&D 拠点のパートナーとなっている海外の大学・研究機関は，State University of New York at Buffalo（米），TRIUMF（カナダ），Tsinghua University（清華大学：中国），Technical University Dresden（独）の他，イギリス，スウェーデンなど極めて多様な国に立地する大学・研究機関となっている（付録2）。海外においてもトヨタの国内 R&D 拠点の研究パートナーの所属機関のほとんどは，企業ではなく大学や研究所である。

図2は，トヨタの海外 R&D 拠点を中心とする R&D ネットワークの推移を示している。この図に示されているように，トヨタの海外 R&D 拠点を中心とする R&D ネットワークは，2013年頃から海外 R&D 拠点が立地する国の研究機関との共同研究と，海外 R&D 拠点が立地する国を越えた研究機関との共同研究がともに増加してきている。共同研究のネットワークが，共同研究数が増加する早い時期から，R&D 拠点内のネットワーク中心ではなく，組織間及び立地を越えた国際的な共同研究となっている点が，トヨタ国内の R&D 拠点における R&D ネットワークの拡がりの推移と異なる点である。ちなみに，2008年には Toyota Research Institute of North America（TRI-NA）が設立され，2016年には人工知能技術開発拠点である Toyota Research Institute, Inc. が設立されている。

トヨタの海外 R&D 拠点のうち，アメリカに立地しているトヨタ R&D 拠点所属の研究者のパートナーとなっている研究者の所属機関は，University of Michigan（米）などアメリカ立地の大学・研究所が最も多いが，University of Sussex（英），Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg（独），Istituto Italiano di Tecnologia（伊）などのヨーロッパの大学・研究機関の他，中国，南米にも拡がっている。また，ヨーロッパ立地のトヨタ R&D 拠点所属の研究者のパートナーとなっている研究者の所属機関も，Arts&Métiers ParisTech（仏），Technical University of Denmark（デンマーク），Philipps-Universität Marburg（独），Delft University of Technology（オランダ）など，その立地はヨーロッパを中心に国境を越えて拡がっている。トヨタの海外 R&D 拠点のパートナーとなっている研究者の所属機関も，多くが大学・研究所であり企業は一部のみである（付録3）。

図3及び図4は，GMのアメリカ国内 R&D 拠点と海外 R&D 拠点における R&D ネットワークの拡がりの推移を示したものである。GMのアメリカ国内 R&D 拠点の研究者の所属先としてデータに記載されているのは，General Motors Global Research and Development Center，General Motors Corporation，General Motors Research Laboratories，GM Cruise などである⁵⁾。また，GMの海外 R&D 拠点の研究者の所属

5) GM Cruise は，GMの自動運転車開発部門である。

多国籍企業の本国 R&D ネットワークが R&D 活動のグローバル化に与える影響

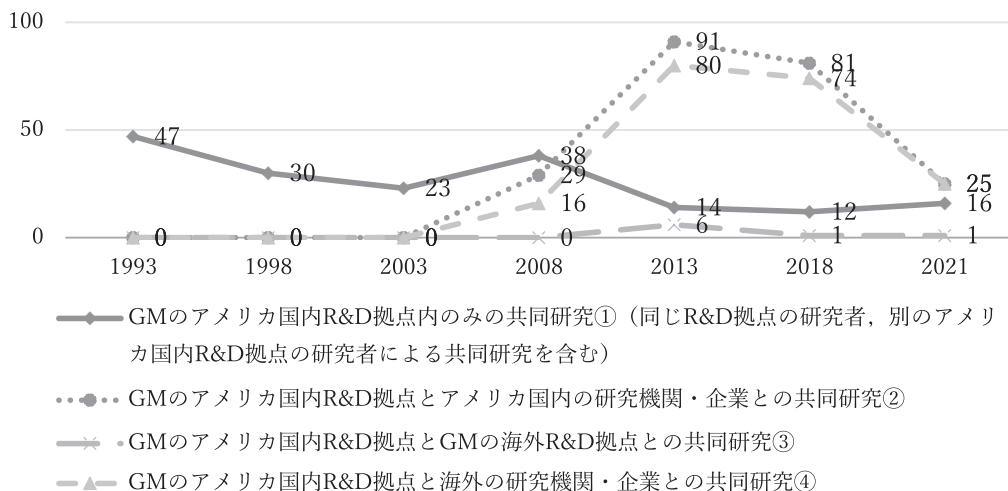


図3 GMのアメリカ国内R&D拠点を中心としたR&Dネットワーク

出所：INSPECデータベースより筆者作成

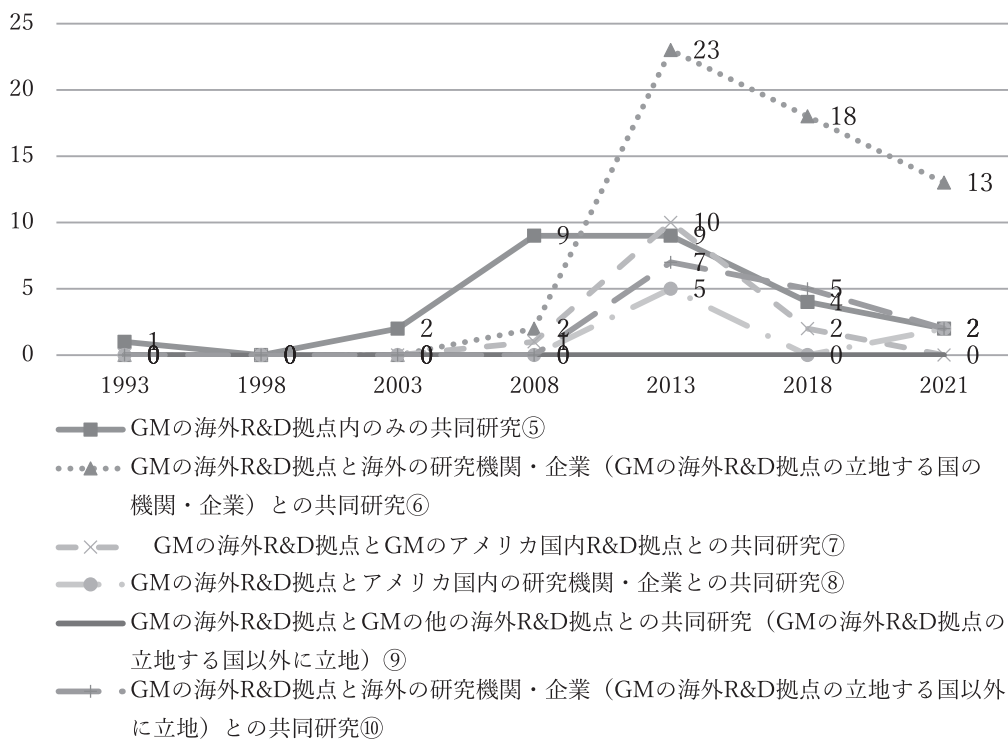


図4 GMの海外R&D拠点を中心とするR&Dネットワーク

出所：INSPECデータベースより筆者作成

先としてデータに記載されているのは、ブラジル、中国、韓国、イタリア、オーストラリア、メキシコの海外拠点である。

図3に示されているように、GMのアメリカ国内R&D拠点を中心とするR&Dネットワークは、トヨタと同様に1990年代には国内R&D拠点内にとどまっていたが、2000年代に入りアメリカ国内の研究機関・企業との共同研究が増加し、同時にアメリカ国外の研究機関・企業との共同研究も増加している。GMのケースでは、アメリカ国内の研究機関・企業との共同研究とアメリカ国外の研究機関・企業との共同研究が同様の伸びを示している点が、トヨタのケースと異なっている。また、こうしたアメリカ国内外の研究機関・企業との共同研究が伸びるにつれて、GMの国内R&D拠点内のみでの共同研究が減少している点もトヨタと異なっている。

トヨタのケースと同様に2018年のデータを見ると、GMのアメリカ国内R&D拠点所属研究者のパートナーとなっているアメリカ国内の研究者の所属機関は、Carnegie Mellon University, University of Wisconsin-Madison, Los Alamos National Laboratoryなど多様な大学・研究機関に加えて、Ford Motor Companyなど国内企業との共同研究も多数ある(付録4)。また、GMの国内R&D拠点のパートナーとなっているアメリカ国外の大学・研究機関には、University of Waterloo(カナダ)、Tsinghua University(清華大学:中国)の他、インド、メキシコ、イタリア、韓国、スイスの大学・研究機関など世界各地に広がっている。アメリカ国外の企業では、Honda R&D Co., Ltd., Automobile R&D Center(株式会社本田技術研究所)や、Nemak S.A.(メキシコ)などとの共同研究が見られる(付録5)。

図4は、GMの海外R&D拠点を中心とするR&Dネットワークの推移を示している。この図に示されているように、GMの海外R&D拠点を中心とするR&Dネットワークは、2013年頃からGMの海外R&D拠点の立地する国の研究機関・企業との共同研究を中心に拡大してきている。例えば、ブラジルでは、University of São Paulo、中国ではShanghai Jiao Tong University(上海交通大学)、韓国ではKorea Universityなどである。これに対して、GMの海外R&D拠点の立地する国を越えた研究機関・企業との共同研究は一部にとどまっている(付録6)。

図5は、現代自動車の韓国国内R&D拠点におけるR&Dネットワークの拡がりの推移を示したものである。現代自動車の韓国国内R&D拠点の研究者の所属先としてデータに記載されているのは、Hyundai Motor Company Research and Development Division, Hyundai Motor Company Institute of Fundamental and Advanced Technologyなどである。また、現代自動車の海外R&D拠点の研究者の所属先としてデータに記載されているのは、インド、チェコの海外拠点である。

図5に示されているように、現代自動車の韓国国内R&D拠点を中心とするR&Dネットワークは、2013年頃から韓国国内の研究機関・企業との共同研究を中心に増

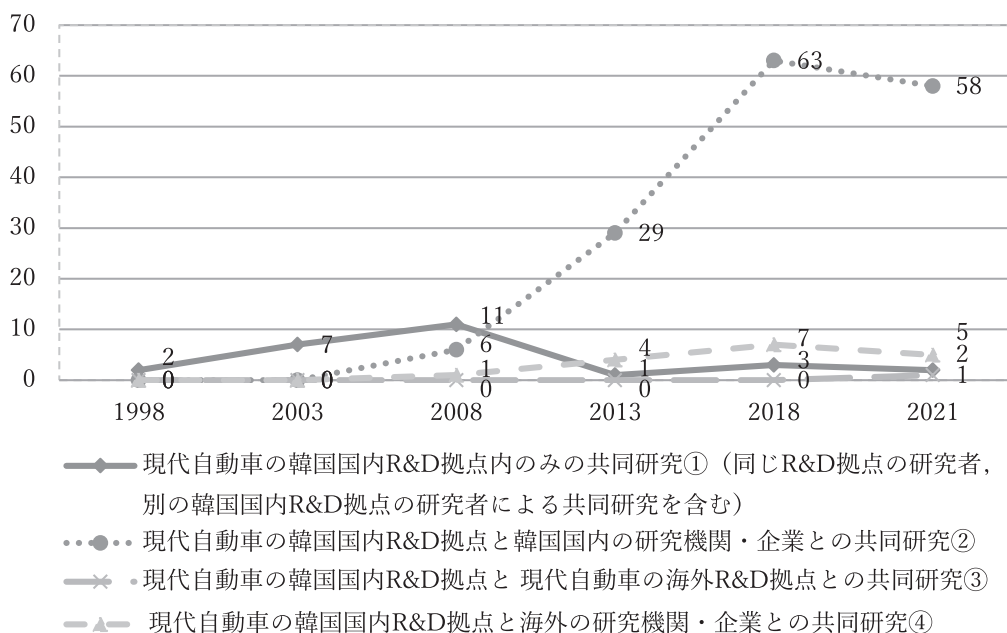


図5 現代自動車の韓国国内 R&D 拠点を中心とした R&D ネットワーク

出所：INSPEC データベースより筆者作成

加してきている。2018年のデータを見ると、現代自動車の韓国国内 R&D 拠点のパートナーとなっている韓国国内の研究者の所属機関は、Seoul National University, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Hanyang University, Yonsei University など多様な大学・研究機関である。韓国の国内企業との共同研究では、Samsung Electronics, LG Electronics, Hyundai Steel Company などとの共同研究が見られる（付録7）。一方で、韓国国内 R&D 拠点と海外の研究機関・企業との共同研究は、近年においても低水準で推移している。現代自動車の国内 R&D 拠点の海外のパートナーとなっている大学・研究機関には、National Physical Laboratory（英）、Oak Ridge National Laboratory（米）、Shenzhen Institutes of Advanced Technology（中国）など、アメリカ、イギリス、中国の大学・研究機関との共同研究が見られるが、数としてはわずかである（付録8）。また、現代自動車の海外 R&D 拠点における研究開発ネットワークは、2013年に海外 R&D 拠点の立地する国以外に立地する研究機関・大学との共同研究が2件、2018年に海外 R&D 拠点の立地する国の大学との共同研究が1件あるのみである。

4-2. 3社の R&D ネットワークにおける集中性と分散性の推移

以下では、トヨタ、GM、現代自動車の R&D ネットワークの拡大の推移を、集中性と分散性という指標を用いて見ていく。林・中山・菰田（2021）では、集中性を国

際 R&D 体制における本国 R&D 拠点の占める位置を示し、分散性を国際 R&D 体制に占める海外 R&D 拠点の位置を示す指標として用いている。本論文では、この研究を参考に集中性と分散性を次のように類型化していく。

①集中度 1 = 国内の R&D 拠点のみの共同研究 / 合計共同研究数。これは、合計共同研究数の中で国内の R&D 拠点内（同じ R&D 拠点の研究者、国内の別の R&D 拠点の研究者による共同研究を含む）のみの共同研究に依拠する程度を示している。この数値が高いほど、研究開発ネットワークが国内かつ組織内にとどまっており、ネットワークが閉鎖的であることを表している。

②集中度 2 = 国内の R&D 拠点内のみの共同研究 + 国内 R&D 拠点と国内の研究機関・企業との共同研究 / 合計共同研究数。これは、合計共同研究数の中で、共著者の所属が国内の R&D 拠点内のみでなく、国内の R&D 拠点と国内の研究機関・企業に広がっているケースである。

③集中度 3 = 国内の R&D 拠点内のみの共同研究 + 国内 R&D 拠点と国内の研究機関・企業との共同研究 + 国内 R&D 拠点とその企業の海外 R&D 拠点との共同研究 / 合計共同研究数。これは、合計共同研究数の中で、共著者の所属が国内の R&D 拠点内と国内の組織間に加えて、その企業の海外 R&D 拠点との共同研究に広がっているケースである。

④集中度 4 = 国内の R&D 拠点内のみの共同研究 + 国内の R&D 拠点と国内の研究機関・企業との共同研究 + 国内の R&D 拠点とその企業の海外 R&D 拠点との共同研究 + 国内 R&D 拠点と海外の研究機関・企業との共同研究 / 合計共同研究数。これは、合計共同研究数の中で、共著者の所属が海外の研究機関・企業との共同研究に拡大しているケースである。この集中度 1 から集中度 4 までを図示したのが図 6 である。

これに対して分散性の指標は以下の通りとなる。

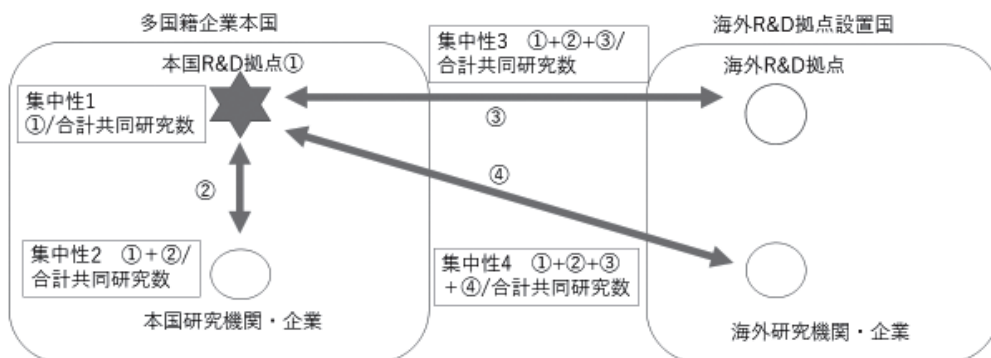


図 6 国際 R&D 体制における国内 R&D 拠点の占める位置 (集中度 1 から集中度 4)
出所：筆者作成

⑤分散性 1 = 海外 R&D 拠点のみの共同研究 / 合計共同研究数。これは、合計共同研究数の中で、共著者の所属が海外の R&D 拠点内に限定されているケースであり、R&D ネットワーク全体における海外の組織内 R&D ネットワークの占める位置を示している。

⑥分散性 2 = 海外 R&D 拠点内のみの共同研究 + 海外 R&D 拠点と海外の研究機関・企業（海外 R&D 拠点の立地する国の機関・企業）との共同研究 / 合計共同研究数。これは、合計共同研究数の中で、共著者の所属が海外 R&D 拠点内だけでなく、海外 R&D 拠点が立地する国の研究機関・企業に拡大しているケースである。

⑦分散性 3 = 海外 R&D 拠点内のみの共同研究 + 海外 R&D 拠点と海外の研究機関・企業（海外 R&D 拠点の立地する国の機関・企業）との共同研究 + 海外 R&D 拠点とその企業の本国内 R&D 拠点との共同研究 / 合計共同研究数。これは、合計共同研究数の中で、共著者の所属が分散性 2 の共同研究に加えて、本国内の R&D 拠点との共同研究にまで拡大しているケースである。

⑧分散性 4 = 海外 R&D 拠点内のみの共同研究 + 海外 R&D 拠点と海外の研究機関・企業（海外 R&D 拠点の立地する国の機関）との共同研究 + 海外 R&D 拠点とその企業の本国内 R&D 拠点との共同研究 + 海外 R&D 拠点と本国の研究機関・企業との共同研究 / 合計共同研究数。これは、合計共同研究数の中で、共著者の所属が分散性 3 の共同研究に加えて、本国の研究機関・企業との共同研究にまで拡大しているケースである。

⑨分散性 5 = 海外 R&D 拠点内のみの共同研究 + 海外 R&D 拠点と海外の研究機関・企業（海外 R&D 拠点の立地する国の機関）との共同研究 + 海外 R&D 拠点とその企業の本国内 R&D 拠点との共同研究 + 海外 R&D 拠点と本国の研究機関・企業との共同研究 + 海外 R&D 拠点とその企業の他の海外 R&D 拠点との共同研究（海外 R&D 拠点の立地する国以外に立地・本国以外に立地） + 海外 R&D 拠点と海外の研究機関・企業との共同研究（海外 R&D 拠点の立地する国以外に立地・本国以外に立地） / 合計共同研究数⁶⁾。これは、合計共同研究数の中で、共著者の所属が分散性 4 の共同研究に加えて、海外 R&D 拠点と第三国におけるその企業の海外 R&D 拠点との共同研究と海外 R&D 拠点と第三国の研究機関・企業との共同研究にまで拡大しているケースである。分散性 1 から分散性 5 までを図示したものが、図 7 である。

6) 海外 R&D 拠点とその企業の他の海外 R&D 拠点との共同研究の数が極めて少ないため、ここでは表 2 の⑨と⑩を合わせて分散性 5 としている。

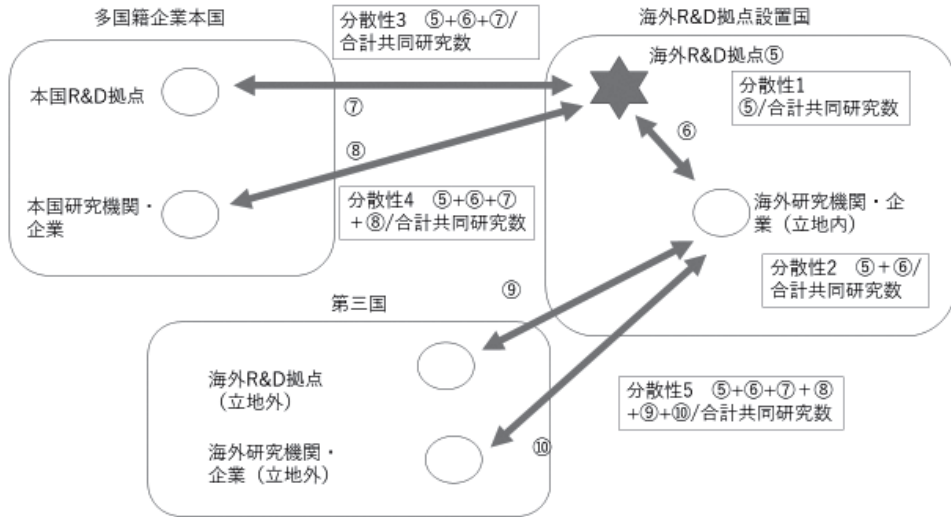


図7 国際R&D体制における海外R&D拠点の占める位置（分散性1から分散性5）
出所：筆者作成

図8は、トヨタのR&Dネットワークにおける集中性の推移を見たものである。この図の集中性1の推移で確認できるように、1998年、2003年においては、ほぼすべての共同研究がトヨタの国内R&D拠点内のものであったが、2008年以降その数値は急減している。また、集中性2、集中性3、集中性4の数値も低下している。これは、トヨタの国内R&D拠点を中心とするネットワークは、トヨタの国内R&D拠点内から、国内の組織間、海外の組織間に拡がりつつも、全共同研究数から見た割合は低下していることを示している。このことは、トヨタの本国R&D拠点中心のR&Dネットワークが、組織間、国際間で拡がりつつも、海外R&D拠点を含まれたトヨタ全体の研究開発体制におけるその位置は次第に低下してきていることを意味している。

図9は、トヨタのR&Dネットワークにおける分散性の推移を示している。図9を見ると、分散性1の数値はほぼ一定であるのに対して、分散性2及び分散性3の数値が次第に高くなっていることが分かる。このことは、トヨタの海外R&D拠点が、その海外R&D拠点の立地する国の研究機関・企業と、海外R&D拠点の立地する国を越えた研究機関・企業とのR&Dネットワークを拡げながら、トヨタの研究開発体制全体におけるその位置を次第に向上させてきていることを示している。

図10は、GMのR&Dネットワークにおける集中性の推移を見たものである。この図の集中性1の推移を見ると、1998年、2003年においては、ほぼすべての共同研究がアメリカ国内のR&D拠点内のものであったが、2008年以降その数値は急減している。また、集中性2、集中性3、集中性4の数値も低下している。このことは、GMのアメリカ国内R&D拠点を中心とするネットワークは、トヨタと同様に、国内

多国籍企業の本国 R&D ネットワークが R&D 活動のグローバル化に与える影響

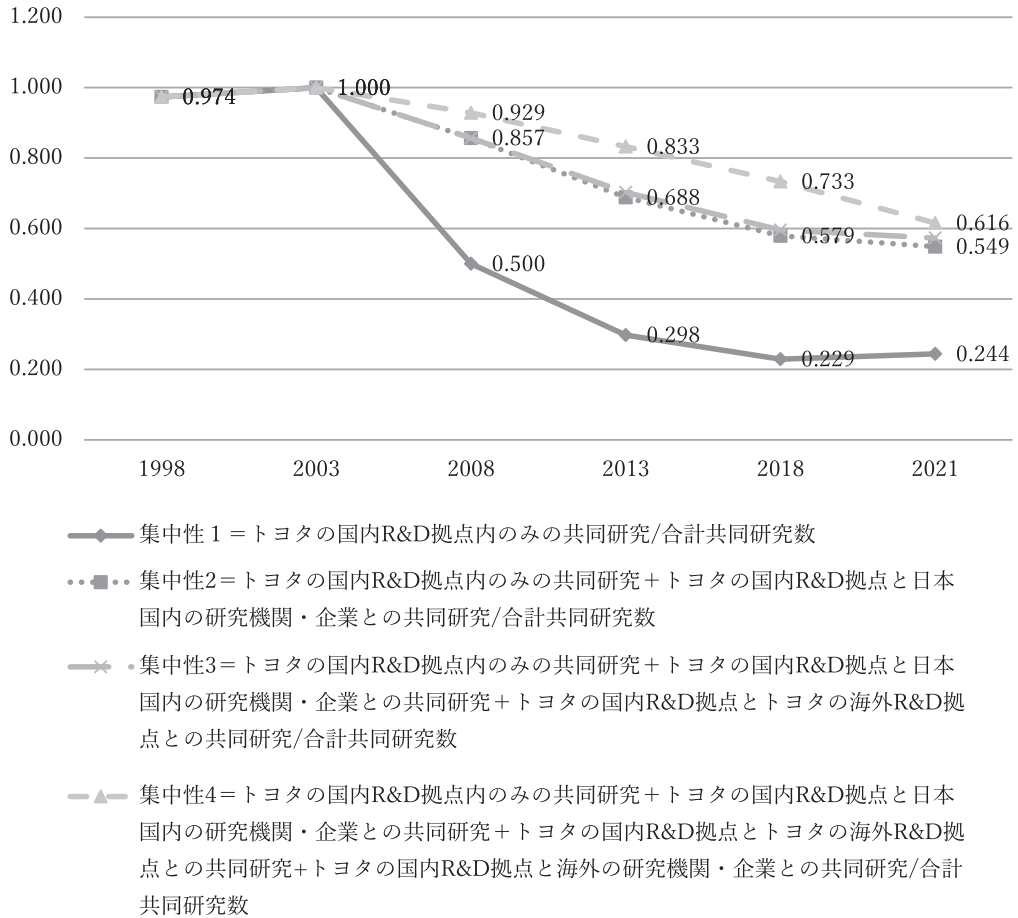
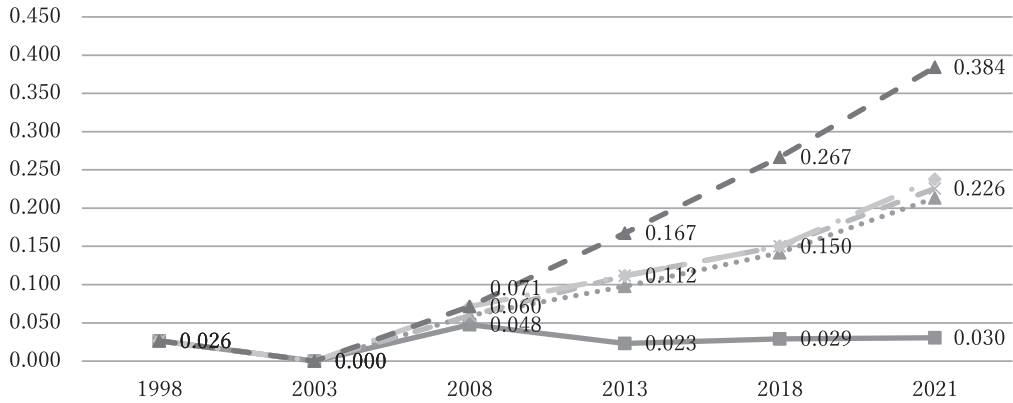


図8 トヨタの R&D ネットワークにおける集中度

注：集中度2と集中度3の数字は近似しているため、集中度2と集中度3のうち集中度2の数字のみ記載している。

出所：INSPEC データベースより筆者作成



- 分散性1=トヨタの海外R&D拠点内のみの共同研究/合計共同研究数
- ▲ 分散性2=トヨタの海外R&D拠点内のみの共同研究+トヨタの海外R&D拠点と海外の研究機関・企業（トヨタの海外R&D拠点の立地する国の機関・企業）との共同研究/合計共同研究数
- × 分散性3=トヨタの海外R&D拠点内のみの共同研究+トヨタの海外R&D拠点と海外の研究機関・企業（トヨタの海外R&D拠点の立地する国の機関・企業）との共同研究+トヨタの海外R&D拠点とトヨタの日本国内R&D拠点との共同研究/合計共同研究数
- ◆ 分散性4=トヨタの海外R&D拠点内のみの共同研究+トヨタの海外R&D拠点と海外の研究機関・企業（トヨタの海外R&D拠点の立地する国の機関・企業）との共同研究+トヨタの海外R&D拠点とトヨタの日本国内R&D拠点との共同研究+トヨタの海外R&D拠点と日本国内の研究機関・企業との共同研究/合計共同研究数
- ▲ 分散性5=トヨタの海外R&D拠点内のみの共同研究+トヨタの海外R&D拠点と海外の研究機関・企業（トヨタの海外R&D拠点の立地する国の機関・企業）との共同研究+トヨタの海外R&D拠点とトヨタの日本国内R&D拠点との共同研究+トヨタの海外R&D拠点と日本国内の研究機関・企業との共同研究+トヨタの海外R&D拠点とトヨタの他の海外R&D拠点との共同研究（トヨタの海外R&D拠点の立地する国以外に立地・本国以外に立地）+トヨタの海外R&D拠点と海外の研究機関・企業（トヨタの海外R&D拠点の立地する国以外に立地・本国以外に立地）との共同研究/合計共同研究数

図9 トヨタのR&Dネットワークにおける分散性

注：分散性2、分散性3、分散性4の数字は近似しているため図中には分散性2、分散性3、分散性4のうち分散性2の数字のみ記載している。

出所：INSPEC データベースより筆者作成

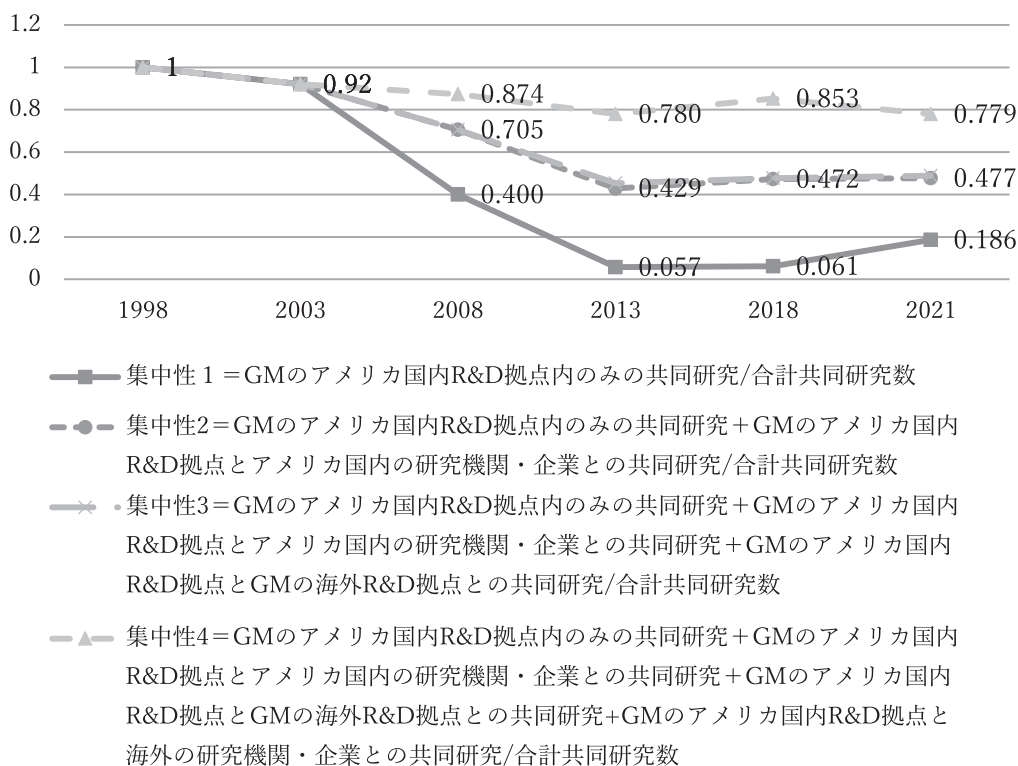


図 10 GM の R&D ネットワークにおける集中度

注：集中度2と集中度3の数字は近似しているため、図中には集中度2と集中度3のうち集中度2のみ数字を記載している。

出所：INSPEC データベースより筆者作成

R&D 拠点内から、アメリカ国内の組織間のみでなく立地を越えた組織間に拡がりつつも、全共同研究数から見た割合は低下していることを示している。しかしながら、集中度4の推移をトヨタと比較すると、GMにおけるその低下は緩やかである。このことは、GMの国際 R&D ネットワークにおける本国 R&D 拠点の占める位置が、トヨタと比較するとわずかに高いことを示している。

図 11 は、GM の R&D ネットワークにおける分散性の推移を示している。図 11 を見ると、分散性1の数値は2008年まで上昇し、その後低下している。分散性2は、2008年に上昇したのちはほぼ一定で推移し、2021年に再度上昇している。また、分散性3, 4, 5は、2008年から2013年にかけて上昇し、2018年に低下するが2021年にかけて再度上昇している。GMの分散性の数値も上昇しているが、トヨタと比較するとやや低い数値となっている。このことは、GMの海外 R&D 拠点がGMの研究開発体制全体におけるその位置を次第に向上させてきているが、その位置はトヨタと比較すると低い位置にとどまっていることを示している。また、GMの分散性2の数値と分散性5の数値の差異は、トヨタと比較すると小さい。このことは、GMの海外

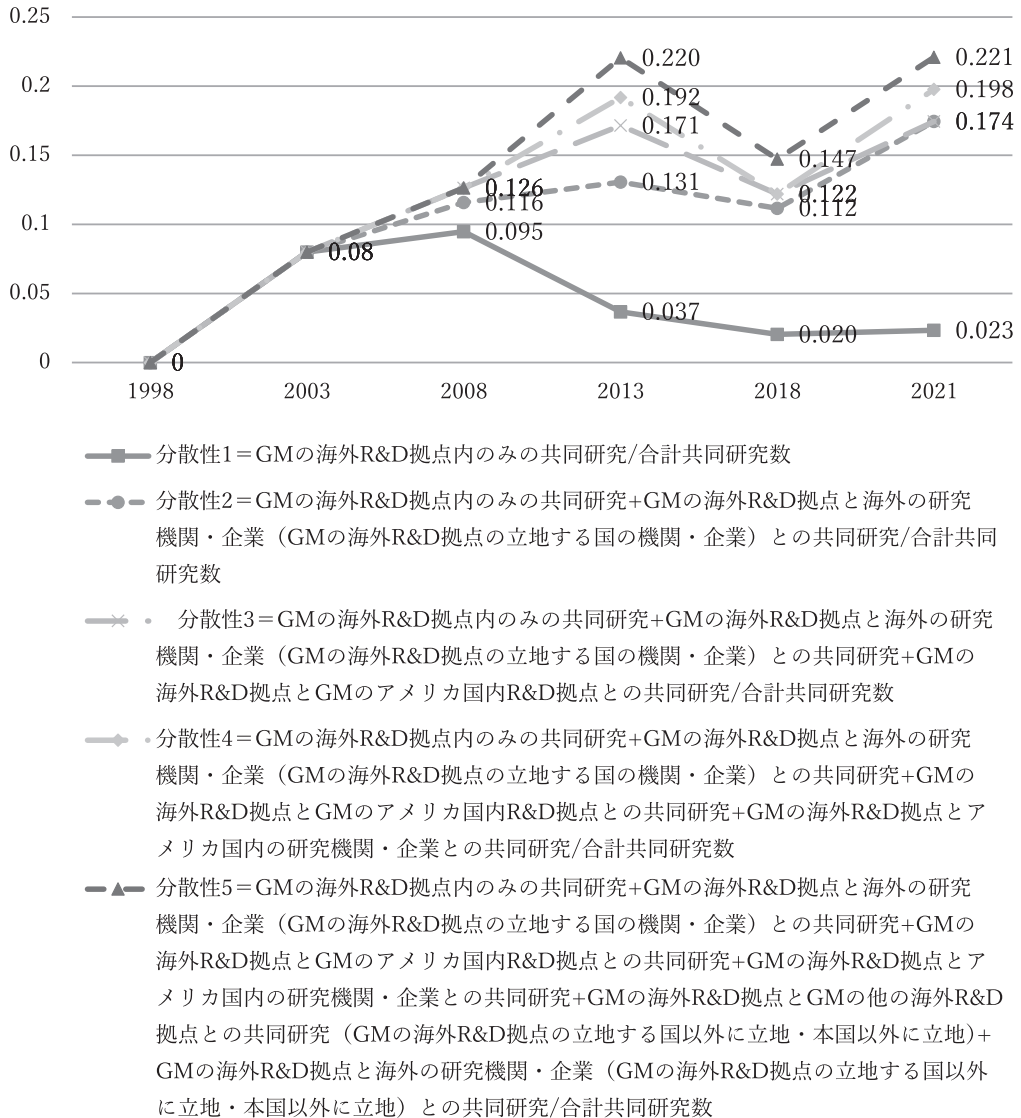


図 11 GM の R&D ネットワークにおける分散性

出所：INSPEC データベースより筆者作成

R&D 拠点の R&D ネットワークがその拠点が立地する国内中心であることを示している。

図 12 は、現代自動車の R&D ネットワークにおける集中性の推移を見たものである。この図の集中性 1 の推移を見ると、1998 年、2003 年においては、すべての共同研究が現代自動車の国内 R&D 拠点内のものであったが、2008 年以降その数値は急減している。一方で、集中性 2、集中性 3、集中性 4 は高い数値を維持している。また、集中性 2 と集中性 4 の数値の差異はわずかである。これは、現代自動車の R&D ネット

多国籍企業の本国 R&D ネットワークが R&D 活動のグローバル化に与える影響

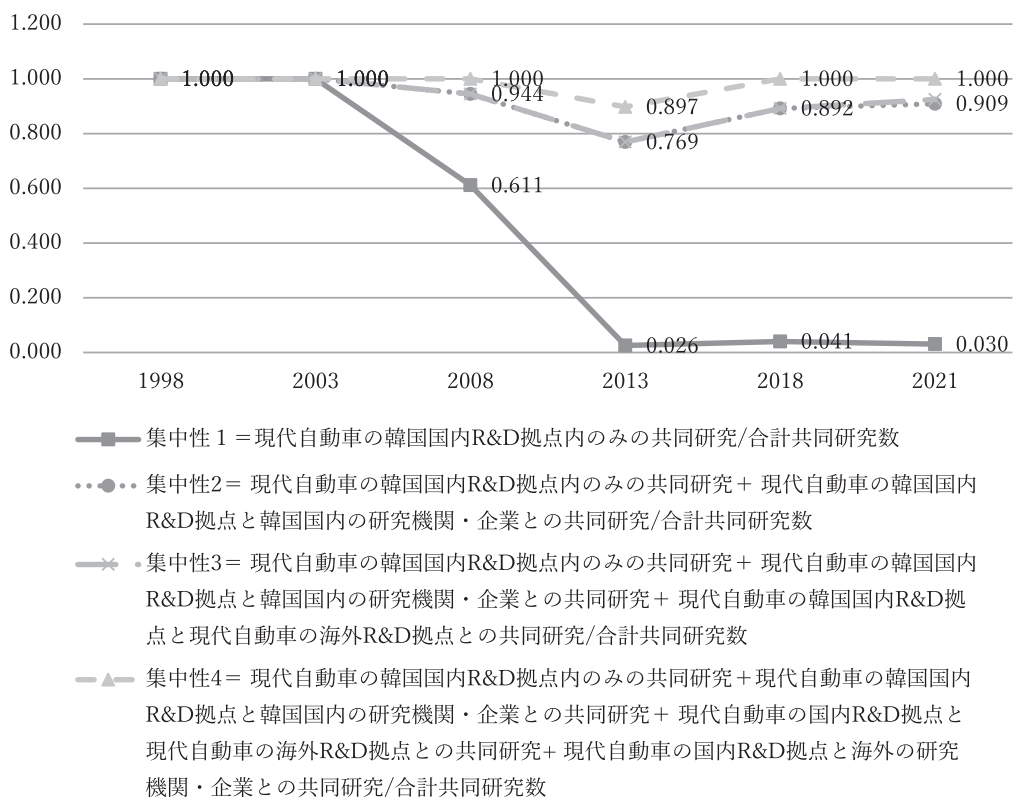


図 12 現代自動車の R&D ネットワークにおける集中度

注：集中度2と集中度3の数字は近似しているため、集中度2と集中度3のうち集中度2の数字のみ記載している。

ワークは、国内 R&D 拠点内から、国内の研究機関、企業との共同研究に広がっているが、現代自動車全体の研究開発体制の広がりには国内にとどまっていることを示している。

5. 考察

これまで、トヨタ、GM、現代自動車の国内 R&D 拠点と海外 R&D 拠点における R&D ネットワークの推移について見てきた。ここで注目したいのは、第一に、3社とも組織間ネットワークのパートナーは、多くが大学や研究機関所属の研究者である点である（付録1から付録8）。トヨタの国内 R&D 拠点のパートナーは、多くが立地内・立地外含めて大学や研究機関であり、海外 R&D 拠点のパートナーも立地内・立地外ともに大学や研究機関が多数を占めている。GM のケースでも、そのパートナーは国内 R&D 拠点と海外 R&D 拠点を含め、トヨタと比較すると企業所属の研究者が

目立つが、大学・研究機関所属の研究者との共同研究がそれを上回っている。現代自動車でも、国内 R&D 拠点のパートナーの多くは、大学や研究機関所属の研究者である。これは、科学技術論文誌に掲載される基礎研究レベルにおいては、各社とも各分野の先端的な研究を行っている大学や研究機関との連携を重視していることの表れと考えることができるだろう。

第二に注目したいのは、トヨタ、GM、現代自動車3社の集中性と分散性の推移を見ると、GM や現代自動車よりもトヨタにおいて集中性の低下と分散性の上昇の傾向が強い点である。集中性の低下とは、国際 R&D 体制における本国 R&D 拠点の占める位置が低下していることを示し、分散性の上昇とは、国際 R&D 体制における海外 R&D 拠点の占める位置が上昇していることを示している。また、国際 R&D 体制における位置が低下しているトヨタの国内 R&D 拠点を見ても、その R&D ネットワークは海外の研究機関や大学との共同研究へと拡大してきている。国内の強固なネットワークの下で研究開発を行ってきたトヨタにおいて、国際 R&D 体制における海外 R&D 拠点の占める位置が上昇し、かつ国内 R&D 拠点における R&D ネットワークが海外の研究機関・大学へと広がっていること、また、トヨタの集中性の低下と分散性の上昇の傾向が GM や現代自動車を上回っていることは、ここで分析の対象としている基礎研究レベルにおいては、国内の強固なネットワークが立地を越えた広範な R&D ネットワーク創出への障害とはなっていないことを示していると言えるだろう⁷⁾。

第三に注目したい点は、各企業の国内 R&D 拠点における立地を越えた組織間ネットワークの拡大と海外 R&D 拠点における R&D ネットワークの拡大に連動性が見られることである。トヨタの R&D ネットワークは、2008 年頃を契機として本国 R&D 拠点による立地を越えた組織間 R&D ネットワークが拡大し、海外 R&D 拠点の組織間 R&D ネットワークもやや遅れて立地内・立地外ともに拡がりを見せている。GM の R&D ネットワークも、2008 年を契機として、本国 R&D 拠点による立地を越えた組織間 R&D ネットワークが拡大し、海外 R&D 拠点の R&D ネットワークも、やや遅れて海外 R&D 拠点が立地する国の研究機関・企業とのネットワークを中心に拡大している。これに対して、現代自動車の R&D ネットワークは、2013 年頃から国内 R&D 拠点と韓国国内の研究機関・企業との共同研究を中心に組織間ネットワークが拡大してきているが、立地を越えた組織間 R&D ネットワークの拡がりはずかであ

7) 延岡 (1996) は、自動車産業においてサプライヤーが組み立てメーカーと築いてきた協調的な関係が必ずしも排他的なネットワークではなく、より広範なネットワークを築いてきたこと、またそうしたネットワークがサプライヤーに利益をもたらしていることを明らかとしている。また、サプライヤーの広範なネットワークがサプライヤーの成果にもたらす効果を「顧客範囲の経済」と呼んでいる。

り、海外 R&D 拠点における研究開発活動も低水準にとどまっている。

これらのことは、国内 R&D 拠点の立地を越えたパートナーとの国際的な研究開発活動と、海外 R&D 拠点の立地内・立地外 R&D ネットワークの拡大に何らかの連動性があることを示唆するものではないだろうか。換言すれば、国内 R&D 拠点の立地を越えた国際的な R&D ネットワークの拡大と、海外 R&D 拠点の R&D ネットワークの拡大が相互に影響を与え合いながら拡大しているということが言えないだろうか。今後の検証が必要であるが、もしこうした連動性が存在するとすれば、国内 R&D 拠点において立地を越えた国際的な組織間ネットワークを拡大するか、あるいは、海外 R&D 拠点を設置し、そこで R&D ネットワークの拡大していくことが、国際的な R&D ネットワークの拡大のためのきっかけとなることになる。

上記のように、国内で高いレベルの埋め込みの下で研究開発を行ってきたとされるトヨタの国内 R&D 拠点と海外 R&D 拠点の R&D ネットワークは、GM や現代自動車と比較しても、国際的な組織間 R&D ネットワークを拡大してきている。日本の多国籍企業は、その R&D 活動が国内の企業間ネットワーク内に限定されており、このことが R&D 活動のグローバル化の障害となっていることが指摘されてきた。しかし、国内で強固なネットワークの下で研究開発を行ってきたトヨタにおいても、国内 R&D 拠点の R&D ネットワークは立地を越えて国際的に拡がり、海外 R&D 拠点の R&D ネットワークも立地内・立地外へと拡大している。このことは、科学技術論文誌に掲載される基礎研究レベルにおいては、トヨタの R&D ネットワークが国内の閉じた企業間のみ限定されていないことを示している。これらの点は、国内における高いレベルの埋め込みの下での R&D ネットワークが排他的であるために、それが立地を越えた国際的な組織間 R&D ネットワーク拡大の障害となるという見解には留意が必要であることを示すものと考えられるのではないか。

6. 結論

本稿では、多国籍企業の国内 R&D ネットワークにおける高いレベルの埋め込みが、新たな R&D ネットワークの拡大である R&D ネットワークのグローバル化の障害となるのかという点について、トヨタ、GM、現代自動車を比較しながら検証を試みてきた。ここでは、R&D ネットワークが国内の閉じた企業間のみ限定されるとされてきた日本の多国籍企業においても、科学技術論文誌に掲載される基礎研究レベルにおいては、その R&D ネットワークが本国 R&D 拠点において立地外に拡大し、海外 R&D 拠点においても立地内・立地外に拡大していることがトヨタのケースで確認された。このことは、新たな R&D ネットワークをグローバルに拡大していくために、日本の多国籍企業の競争力の源泉である国内での企業間の高いレベルの埋め

込みの下でのネットワークが障害となるとする見解に疑問を投げかけるものとなっている。

ここでは、科学技術論文誌に掲載される基礎研究レベルでの R&D ネットワークについてトヨタ、GM、現代自動車の比較を行ってきた。こうした研究を、近年の特許に関するデータを用いて国際的な多国籍企業間の比較を行うこと、また国内 R&D 拠点の立地を越えた国際 R&D ネットワークの拡大と、海外 R&D 拠点における R&D ネットワークの拡大の連動性について検証することが今後の課題となる。

本稿は、日本学術振興会科学研究費補助金（基盤研究（C））課題番号 19K01927 「製品開発段階での企業間の国際的な知識共有に関する研究：国内での知識共有との比較」、日本学術振興会科学研究費補助金（基盤研究（C））、課題番号 22K01643 「多国籍企業の海外での研究開発に国内での企業間ネットワークが与える影響の分析」、及び 2023 年度南山大学パッへ研究奨励金 I-A-2 の助成を受けた研究成果の一部である。

参考文献

- Cantwell, J., and Zhang, Y. (2006) "Why is Internationalization in Japanese Firm is Low? A Path-Dependent Explanation", *Asian Business and Management*, 5: pp. 249-269.
- Gargiulo, M and Benassi, M. (2000) "Trapped in Your Own Net? Network Cohesion, Structural Holes, and the Adaptation of Social Capital," *Organization Science*, 11(2): pp. 183-196.
- Gulati, R and Gargiulo, M. (1999) "Where Do Interorganizational Networks Come From?," *American Journal of Sociology*, 104(5): pp. 1439-1493.
- Johanson, J and Vahlne, J.E. (1977) "The Uppsala Internationalization Process Model: From Liability of Foreignness to Liability of Outsidership", *Journal of international business studies*, 8: pp. 23-32.
- Johanson, J and Vahlne, J.E. (2009) "The Uppsala Internationalization Process Model Revisited: From Liability of Foreignness to Liability of Outsidership," *Journal of International Business Studies*, 40(9): pp. 1411-1431.
- Portes, A and Sensenbrenner, J. (1993) "Embeddedness and Immigration: Notes on the Social Determinants of Economic Action," *American Journal of Sociology*, 98(6): pp. 1320-1350.
- Saxenian, A (2006) *The New Argonauts: Regional Advantage in a Global Economy*, Harvard University Press. (酒井泰介訳、本山康之・星野岳穂監訳『最新・経済地理学—グローバル経済と地域の優位性—』日経 BP 社、2008 年)。
- 浅川和宏 (2011) 『グローバル R&D マネジメント』慶應義塾大学出版会。
- 金網基志 (2023) 「多国籍企業の海外での研究開発に国内での研究開発ネットワークが与える影響—トヨタ自動車のケースの分析—」『南山経営研究』第 37 巻第 3 号：pp. 243-260.
- 近能善範 (2007) 「日本自動車産業における先端技術開発協業の動向分析—自動車メーカー共同特許データのpatentマップ分析—」『経営志林』第 44 巻第 3 号：pp. 29-56.

多国籍企業の本国 R&D ネットワークが R&D 活動のグローバル化に与える影響

- 武石彰（2003）『分業と競争—競争優位のアウトソーシング・マネジメント—』有斐閣。
- 延岡健太郎（1996）「顧客範囲の経済：自動車部品サプライヤの顧客ネットワーク戦略と企業成果」『国民経済雑誌』第 173 巻第 6 号：pp. 83-100.
- 林倬史（2004）「技術開発力の国際的拡散化と集中化—東アジア諸国の位置と研究開発の国際化の視点から—」『立教経済学研究』第 57 巻第 3 号：pp. 63-88.
- 林倬史・中山厚穂（2018）「研究・技術開発能力の国際的分散化—科学技術論文と米国特許動向の分析を中心に—」『国士舘大学経営論叢』第 8 巻第 1 号：pp. 109-130.
- 林正（2015）「研究開発の国際化」中川功一・林正・多田和美・大木清弘著『はじめての国際経営』第 9 章, pp. 149-167, 有斐閣ストゥディア.
- 若林隆平・伊藤万里（2011）『グローバル・イノベーション』慶應義塾大学出版会.
- 若林直樹（2001）「組織間ネットワークにおける埋め込みと信頼関係のマネジメント—自動車部品産業での外注品質管理活動における境界連結の制度的媒介の日英比較—」『社会学年報』第 30 号：pp. 219-238.

〈付録 1〉

- ・ トヨタの国内 R&D 拠点のパートナーとなっている日本国内の研究機関・企業 (2018 年)

数字は共著論文の件数

(日本国内の大学・研究所)

名古屋大学 23, 九州大学 1, 大阪大学 4, 中京大学 1, 愛知工業大学 2, 京都大学 11, 関西学院大学 1, 近畿大学 1, 静岡大学 2, 立命館大学 3, 国際基督教大学 1, 上智大学 1, 茨城大学 2, 岡山大学 2, 東北大学 7, 筑波大学 2, 東京大学 2, 広島大学 2, 九州大学 1, 金沢大学 1, 群馬大学 1, 宇都宮大学 1, 岐阜大学 1, 大阪府立大学 (現大阪公立大学) 1, 信州大学 1, 東京工業大学 1, 北海道大学 2, 名古屋工業大学 1, 中部大学 1, JASRI (放射光利用研究基盤センター) 1, Noguchi Institute (公益財団法人野口研究所) 1, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (国立研究開発法人産業技術総合研究所) 4, Japan Atomic Energy Agency (日本原子力研究開発機構) 2, National Institute for Materials Science (国立研究開発法人物質・材料研究機構) 8, Tokyo Metropolitan Institute of Medical Science (東京都医学総合研究所) 1, High Energy Accelerator Research Organization (高エネルギー加速器研究機構: KEK) 1, National Maritime Research Institute (海上技術安全研究所) 1, RIKEN (理化学研究所) 1, Japan Synchrotron Radiation Research Institute (財団法人高輝度光科学研究センター: JASRI) 1, National Institute of Informatics (国立情報学研究所) 1, Nippon Telegraph & Telephone Corp. (NTT) 1, NTT TechnoCross Corporation (NTT テクノクロス株式会社) 1, Japan Fine Ceramics Center (財団法人ファインセラミックスセンター) 1

(日本国内の企業)

Quint Corporation (株式会社くいんと) 2, Nippon Steel & Sumitomo Metal Corp. (新日鐵住金株式会社) 2, DENSO (デンソー) 1

〈付録 2〉

- ・ トヨタの国内 R&D 拠点のパートナーとなっている海外の研究機関・企業 (2018 年)

数字は共著論文の件数

中国: Northeastern University (東北大学) 1, Tsinghua University (清華大学) 4, South China University of Technology (華南理工大学) 1, カナダ: University of Saskatchewan (サスカチュワン大学) 1, TRIUMF 2, ドイツ: Max Planck

Institute for Solid State Research, Technical University Dresden (ドレスデン工科大学) 1, Tech. Univ. Munich (ミュンヘン工科大学), General Numerics Research Lab 1, Hamburg University of Technology (ハンブルク工科大学) 1, スウェーデン: KTH Royal Institute of Technology (スウェーデン王立工科大学) 2, Uppsala University (ウプサラ大学) 1, アメリカ: UC San Diego (カリフォルニア大学サンディエゴ校) 1, University of California, Davis (カリフォルニア大学デービス校) 1, University of South Carolina (サウスカロライナ大学) 1, University of California, San Diego (カリフォルニア大学サンディエゴ校) 1, State University of New York at Buffalo (ニューヨーク州立大学バッファロー校) 2, Argonne National Laboratory (アルゴンヌ国立研究所) 1, イギリス: University of York (ヨーク大学) 1, University of Exeter (エクセター大学) 1, University of Strathclyde (ストラスクライド大学) 1, オーストリア: Danube University Krems (クレムス継続教育大学) 2, スイス: Paul Scherrer Institute (パウル・シェラー研究所) 1, ハンガリー: Eotvos Lorand University (エトヴェシュ・ロラード大学), フランス: University of Lyon (リヨン大学) 1, オーストラリア: Monash University (モナシュ大学) 1, スペイン: University of the Basque Country 1, ベルギー: Liège, University of Liège (リエージュ大学) 1, イタリア: Istituto Nanoscienze1, Università di Modena e Reggio Emilia (モデナ・レッジョ・エミリア大学) 1, ポーランド: Institute of Fundamental Technological Research 1

〈付録 3〉

・ トヨタ海外 R&D 拠点のパートナーとなっている研究機関・企業 (2018 年)

数字は共著論文の件数

アメリカ立地のトヨタ R&D 拠点のパートナー

(アメリカ国内の大学・研究所)

University of Tennessee (テネシー大学) 1, University of Wisconsin-Madison (ウィスコンシン大学マディソン校) 2, University of Michigan (ミシガン大学) 4, University of California, Berkeley (カリフォルニア大学バークレー校) 1, Hanwha Advanced Materials America (ハンファ) 1, Stanford University (スタンフォード大学) 1, Northwestern University (ノースウェスタン大学) 1, University of Texas at Austin (テキサス大学オースティン校) 2, Temple University (テンプレル大学) 2, Virginia Tech (バージニア工科大学) 1, University of Iowa (アイオワ大学) 1, NASA Glenn Research Center (グレン研究センター) 1, Michigan State Univ. (ミシガン州立大学) 1, Massachusetts Institute of Technology (マ

サチューセッツ工科大学) 2, University of California, San Diego (カリフォルニア大学サンディエゴ校) 2, Desert Research Institute¹, North Carolina State University (ノースカロライナ州立大学) 1, Georgia Institute of Technology (ジョージア工科大学) 1, California Institute of Technology (カリフォルニア工科大学) 1, University of West Florida (ウェストフロリダ大学) 1, Embry-Riddle Aeronautical University (エンブリー・リドル航空大学) 1, Harvard University (ハーバード大学) 1, Lawrence Berkeley National Laboratory (ローレンス・バークレー・ナショナル・ラボラトリー) 1, Air Force Research Laboratory¹
(アメリカ国内の企業, 行政機関, 非営利法人)

Moldex3D Northern America Inc.¹, Ramboll US Corporation², AlphaSTAR Corporation, Intel Labs.¹, Amazon¹, Sacramento Metropolitan Air Quality Manage. District (行政機関) 1, Bay Area Air Quality Manage. District (公共機関) 1, Health Effects Institute (非営利法人) 1
(アメリカ国外の大学・研究所・企業)

イタリア: University of Padova (パドヴァ大学) 1, Istituto Italiano di Tecnologia (イタリア技術研究所) 2, オーストラリア: Deakin University (ディーキン大学) 1, Australian National University (オーストラリア国立大学) 1, 韓国: Pohang University of Science and Technology (浦項工科大学校) 2, 中国: Beijing University of Posts and Telecommunications (北京郵電大学) 1, Hangzhou Dianzi University (杭州電子科技大学) 1, Beihang University (北京航空航天大学) 1, Nanjing Institute of Technology (南京工業大学) 1, Nanjing University of Science and Technology (南京理工大学) 1, イギリス: SLAMcore Ltd.¹, University of Sussex (サセックス大学) 1, University of Leicester (レスター大学) 1, スペイン: University of Alcalá (アルカラ大学) 1, Universitat Politècnica de Catalunya · Barcelona Tech-UPC (カタルーニャ工科大学) 1, Universitat Autònoma de Barcelona (バルセロナ自治大学) 1, ドイツ: University of Paderborn¹, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (フリードリヒ・アレクサンダー大学エアランゲン=ニュルンベルク) 1, カナダ: University of Alberta (アルバータ大学) 1, University of British Columbia (ブリティッシュコロンビア大学) 1, メキシコ: Secretaría de Energía¹, Fondo de Sustentabilidad Energetical, Universidad Nacional Autónoma de México (メキシコ国立自治大学) 1, ベネズエラ: Simón Bolívar University (シモン・ボリーバル大学) 1

ヨーロッパ立地 (ベルギー) のトヨタ R&D 拠点のパートナー (2018 年) 数字は共著論文の件数

デンマーク: Technical University of Denmark (デンマーク工科大学) 1, フラン

ス：Arts&Métiers ParisTech（フランス国立高等工芸学校）3, Université Paul Sabatier¹, ドイツ：Philipps-Universität Marburg（フィリップ大学マールブルク）1, Philipps-Universität Marburg（フィリップ大学マールブルク）1, Karlsruhe Institute of Technology（カールスルーエ工科大学）, スペイン：Institut de Ciencia de Materials de Barcelona¹, オランダ：Delft University of Technology（デルフト工科大学）2, Vrije Universiteit¹, イタリア：Istituto Italiano di Tecnologia（イタリア技術研究所）1

〈付録 4〉

・GM のアメリカ国内 R&D 拠点のパートナーとなっているアメリカ国内の研究機関・
企業（2018 年）数字は共著論文の件数

（アメリカ国内の大学・研究所）

Brigham Young University（ブリガム・ヤング大学）1, Brown University（ブラウン大学）2, Carnegie Mellon University（カーネギー・メロン大学）5, Clemson University（クレムソン大学）4, Cornell University（コーネル大学）2, Georgia State University（ジョージア州立大学）1, HRL Laboratories（HRL 研究所）1, Johns Hopkins University（ジョンズ・ホプキンス大学）1, Lawrence Livermore National Laboratory（ローレンス・リバモア国立研究所）1, Los Alamos National Laboratory（ロスアラモス国立研究所）2, Michigan State University（ミシガン州立大学）1, Northwestern University（ノースウェスタン大学）1, Ohio State University（オハイオ州立大学）4, Oak Ridge National Laboratory（オークリッジ国立研究所）4, Old Dominion University（オールド・ドミニオン大学）1, Pacific Northwest National Laboratory（パシフィック・ノースウェスト・ナショナル・ラボラトリー）5, Penn State Behrend¹, Pennsylvania State University（ペンシルベニア州立大学）1, Rutgers University（ラトガース大学）1, Sandia National Laboratories（サンディア国立研究所）2, Stanford University（スタンフォード大学）1, Southern Methodist University（南メソジスト大学）3, Stevens Institute of Technology（ステューブンス工科大学）1, Stony Brook University（ニューヨーク州立大学ストーニーブルック校）7, Texas A&M University（テキサス A&M 大学）1, University of Wisconsin-Madison（ウイスクンシン大学マディソン校）5, University of California, Irvine（カリフォルニア大学アーバイン校）1, University of California at Berkeley（カリフォルニア大学バークレー校）1, University of California, Riverside（カリフォルニア大学リバーサイド校）1, University of California, Los Angeles（カリフォルニア大学ロサン

ゼルス校) 2, University of California, San Diego (カリフォルニア大学サンディエゴ校) 1, University of Illinois at Urbana-Champaign (イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校) 1, University of Michigan (ミシガン大学) 2, University of Minnesota (ミネソタ大学) 1, University of Massachusetts (マサチューセッツ大学) 1, University of Illinois at Urbana-Champaign (イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校) 1, University of Kentucky (ケンタッキー大学) 1, Marquette University (マーケット大学) 1, University of Notre Dame (ノートルダム大学) 1, University of Washington (ワシントン大学) 1, University of Kentucky (ケンタッキー大学) 1, University of Iowa (アイオワ大学) 1, University of Southern California (南カリフォルニア大学) 4, University of Mount Union (マウント・ユニオン大学) 1, University of North Texas (ノース・テキサス大学) 1

(アメリカ国内の企業：アメリカに設置されたアメリカ以外の企業の現地法人を含む)

Ford Motor Company³, Lear Corporation¹, OnBoard Security¹, Nissan Group of North America¹, Zodiac Seats US ¹, Didi Chuxing (滴滴出行) ¹, Keysight Technologies¹, Volkswagen Group of America¹, Volvo Group North America¹, Honda R&D Americas, Inc.¹, Hyundai-Kia America Technical Center, Inc.¹, SUBARU Research & Development, Inc.¹, CAMP LLC¹, Mazda North American Operations¹, NVIDIA¹, Google Daydream², Facebook Oculus¹, Optimal CAE Inc.¹, MathWorks Inc.¹, Cummins, Inc.¹, MBSE Solutions¹, AK Steel Research¹, Hewlett-Packard Labs¹, Altair Engineering, Inc.¹, Marlow Industries, Inc.¹, Medtronic Energy and Component Center¹

〈付録 5〉

・GMのアメリカ国内R&D拠点のパートナーとなっているアメリカ国外の研究機関・企業 (2018年) 数字は共著論文の件数

(アメリカ国外の大学・研究所)

カナダ: University of Waterloo (ウォータールー大学) 12, University of Windsor (ウィンザー大学) 2, Ryerson University (ライアソン大学) 1, University of Western Ontario (ウェスタンオンタリオ大学) 2, McMaster University (マクマスター大学) 2, University of Toronto (トロント大学) 1, University of New Brunswick¹, Université Laval (ラヴァル大学) 1, McGill University (マギル大学) 2, Concordia University (コンコーディア大学) 1, Université du Québec à Chicoutimi (ケベック大学シクータイミ校) 3, CanmetMATERIALS², Canadian

Light Source¹, 中国 : Zhejiang University (浙江大学) 3, Tsinghua University (清華大学) 2, JiangXi Academy of Sciences², Shanghai Jiao Tong University (上海交通大学) 6, Tianjin University (天津大学) 2, University of Science and Technology Beijing (北京科技大学) 1, Shanghai University (上海大学) 1, Zhengzhou University (鄭州大学) 2, Tongji University (同濟大学) 1, インド : Indian Institute of Science (インディアン・インスティテュート・オブ・サイエンス) 1, Indian Institute of Technology Kanpur², Indian Institute of Technology Bhubaneswar¹, Indian Institute of Technology Madras (インド工科大学 (IIT) マドラス校) 1, メキシコ : University of New Mexico (ニューメキシコ大学) 1, Tecnológico de Monterrey (モンテレイ工科大学) 4, イタリア : Università Degli Studi di Salerno (サレルノ大学) 1, Polytechnic University of Milan (ミラノ工科大学) 1, University of Enna¹, オランダ : Delft University of Technology (デルフト工科大学) 1, ニュージーランド : University of Auckland (オークランド大学) 1, 韓国 : Handong Global University (韓東大学校) 1, KAIST (韓国科学技術院 本院) 1, Hanyang University (漢陽大学校) 1, イスラエル : Bar-Ilan University (バル＝イラン大学) 2, Israel Institute of Technology (イスラエル工科大学) 1, ポーランド : AGH-University of Science and Technology (AGH 科学技術大学) 1, スペイン : Universitat Politecnica de Valencia (バレンシア・ポリテクニク大学) 2, ドイツ : Martin Luther University Halle-Wittenberg (マルティン・ルター大学ハレ・ヴィッテンベルク) 1, イラン : Islamic Azad University (イスラム・アザド大学) 1, オーストラリア : University of Melbourne (メルボルン大学) 1, サウジアラビア : Prince Mohammad Bin Fahd University (プリンス・モハメド・ビン・ファハド大学) 1, シンガポール : Nanyang Technological University (南洋理工大學) 1, イギリス : University of Southampton (サウサンプトン大学) 1, スイス : Paul Scherrer Institut (パウル・シェラー研究所) 1, ETH Zürich (チューリッヒ工科大学) 1 (アメリカ国外の企業)

中国 : Shanghai JuneBang Technology Corporation¹, United Automotive Electronics Company (聯合汽車電子有限公司) 1, イギリス : Motor Design, Ltd.¹, 日本 : Honda R&D Co., Ltd., Automobile R&D Center (株式会社本田技術研究所) 1, メキシコ : Nematik S.A.³

〈付録 6〉

・GMの海外R&D拠点のパートナーとなっている研究機関・企業（2018年）

数字は共著論文の件数

（GMの海外R&D拠点の立地内のパートナー）

ブラジル拠点のパートナー：Universidade Estadual de Campinas（ブラジル）1, University of São Paulo（サン・パウロ大学）2, エジプト拠点のパートナー：Ain Shams University（アイン シヤムス大学）2, 15th of May Higher Institute of Engineering¹, 中国拠点のパートナー：Shanghai Jiao Tong University（上海交通大学）3, Xiamen University（廈門大学）1, Northeastern University（東北大学）2, 韓国拠点のパートナー：Korea University（高麗大学校：韓国）1, Chonbuk National University（全北大学校：韓国）1, Sungkyunkwan University（成均館大学校）1, Dongguk University（東国大学校）1, Ajou University（亜洲大学校）1, Ulsan National Institute of Science and Technology 蔚山科学技術大学校 1, オーストラリア拠点のパートナー：Deakin University（ディーキン大学）1, メキシコ拠点のパートナー：Tecnológico de Monterrey（モンテレイ工科大学）1, Universidad de Monterrey（モンテレイ大学）1

（GMの海外R&D拠点の立地外のパートナー）

イタリア拠点（General Motors Global Propulsion Systems）1のパートナー

→ Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín（ナシオナル・デ・コロンビア・セデ・メデジン大学：コロンビア）1, University of Exeter（エクセター大学：英）1,

イタリア拠点（General Motors Global Propulsion Systems）1のパートナー

→ Universitat Politècnica de València Camino de Vera（バレンシア・ポリテクニク大学：スペイン）1

メキシコ拠点（General Motors México）1のパートナー

→ Universidad del Azuay（エクアドル）1

中国拠点（General Motors Global Research and Development, China Science Lab, Shanghai）1のパートナー

→ University of Sydney（オーストラリア）1

韓国拠点（General Motors Korea Company, Manufacturing Engineering Center）1のパートナー

→ Ubonratchatani University（タイ）1

〈付録 7〉

- ・ 現代自動車の韓国国内 R&D 拠点のパートナーとなっている韓国国内の研究機関・企業 (2018 年) 数字は共著論文の件数

(韓国国内の大学・研究所)

Seoul National University (ソウル大学校) 10, Korea Research Institute of Standards and Science (韓国標準科学研究院) 1, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST: 韓国科学技術院 本院) 11, Hanyang University (漢陽大学校) 10, Kookmin University (国民大学校) 1, Yeungnam University (嶺南大学校) 1, Yonsei University (延世大学校) 6, Kyungpook National University (慶北大学校) 2, Korea University of Technology and Education (韓国技術教育大学校) 2, Seoul National University of Science and Technology (ソウル科学技術大学校) 2, Agency for Defence Development (国防科学研究所) 1, Ajou University (亜州大学校) 2, Kumho National Institute of Technology (金烏工科大学校) 1, Korea Aerospace Research Institute (韓国航空宇宙研究院) 1, Kongju National University (公州大学校) 1, Korea Railroad Research Institute (韓国鉄道技術研究院) 2, Chosun University (朝鮮大学校) 1, Sungkyunkwan University (成均館大学校) 3, Korea Institute of Industrial Technology (韓国生産技術研究院) 1, Kangwon National University (江原大学校) 1, Gwangju Institute of Science and Technology (光州科学技術院) 1, Pohang University of Science and Technology (浦項工科大学校) 1, Ulsan National Institute of Science and Technology (蔚山科学技術大学校) 2, Inha University (仁荷大学校) 1, Hongik University (弘益大学校) 2, Sejong University (世宗大学校) 1, Korea Research Institute of Standards and Science (韓国標準科学研究院) 1, Korea Automobile Testing & Research Institute (韓国自動車試験・研究機関) 1, Korea University (高麗大学校) 1, Chonbuk National University (全北大学校) 1, Kwangwoon University (光云大学校) 1

(韓国国内の企業)

Samsung Electronics 2, LG Electronics, Autonomous Vehicle Technology Laboratory 1, Solu-M 1, Hyundai Steel Company (現代製鉄) 1, DAESANG (大象) 1

〈付録 8〉

- ・ 現代自動車の韓国国内 R&D 拠点のパートナーとなっている韓国国外の研究機関・企業 (2018 年) 数字は共著論文の件数

(韓国国外の大学・研究機関)

イギリス：National Physical Laboratory (イギリス国立物理学研究所) 1, National Physical Laboratory (イギリス国立物理学研究所) 1, アメリカ：Oak Ridge National Laboratory (オークリッジ国立研究所) 1, Carnegie Mellon University (カーネギー・メロン大学) 1, University of Nevada (ネバダ大学) 1, Northwestern University (ノースウェスタン大学) 1, North Carolina State University (ノースカロライナ州立大学) 1, 中国：Shenzhen Institutes of Advanced Technology¹

(韓国国外の企業)

フランス：Valeo Driving Assistance Research (ヴァレオ) 1