

電気通信産業のイノベーション・ケイパビリティに関する企業レベルの研究

代表研究者 田中 秀幸 東京大学 大学院情報学環 教授
共同研究者 高木 聡一郎 国際大学 GLOCOM 准教授

1 はじめに

本研究調査では、世界の電気通信関連産業を対象にして、各企業が有するイノベーションの潜在的な能力、すなわち、イノベーション・ケイパビリティを研究する。それらを比較研究することで国別、業種別の差異や時系列変化を検証する。

知識経済が本格化する中で、企業活動にとってイノベーションの重要性は一層増加している。特に、電気通信関連産業においては、いわゆるハイテク産業の一つとして、研究開発やその成果として特許取得が活発に行われている。こうした研究開発投資や特許資産は、企業価値や企業成長という企業成果にポジティブな関係にあることは先行研究によって一般的には明らかになっている。

しかし、イノベーションを巡る環境は大きく変化している。第1は、オープン・イノベーションの進展である。組織の境界を越えたイノベーションの取り組みが重要となっている。第2は、アジア地域の台頭である。電気通信関連分野では、韓国、台湾、中国などアジア諸国のイノベーションは著しい。こうした事情を背景に研究を進める。

2 特許データに基づく知識共有のあり方に関する研究動向

本研究では、特許データを用いてイノベーション・ケイパビリティの検証を行うことを踏まえて、関連する先行研究をレビューした(田中, 2017)。具体的には、データに基づく知識共有の定量的な把握に関連する先行研究を対象に、いかなる変数が設定可能か等の研究動向を明らかにした。

このレビューに当たり、関連する先行研究の選定を2段階で行った。第1は、Phelps et al. (2012)で取り上げられている先行研究の中から、特許データを用いた実証分析を行っているものを対象とした。同論文は、知識共有に関する実証的分析の先行研究を整理したサーベイ論文で、特に知識ネットワークに焦点を当てたもので、引用件数が多く影響力がある。1970年から2009年までの期間を対象として、6誌のマネジメント・ジャーナルなどに掲載された関連論文を167件抽出している。本研究は、この167件を含め同論文で言及されている全223件を対象にして内容を確認し、特許データを用いた実証分析を行っている研究22件を選定した。いずれも引用件数が多く影響力が大きい。しかし、この22件は1994年から2010年までのもので、これだけでは、近年の研究動向を十分に把握することができない。

そこで、第2段階として、これら22件の研究を引用している研究を対象に選定を進めた。まず、論文データベース(Web of Science)を利用して対象を選定したところ、重複を除き引用論文は全体で598件となった。次に、学術研究への影響の大きさを考慮して、Phelps et al. (2012)と同じジャーナルに掲載の62件に絞った。さらに、近年の研究動向を補足する観点から出版年が2011年以降の32件を対象に、その内容を確認して、特許データを用いた実証分析23件を選定した。以下では、紙幅の都合で分析対象論文を具体的に言及することは最小限に控えつつ、研究動向の概要を示す。具体的な論文については、田中(2017)を参照されたい。

第1の観点として、先行研究において、特許を活用するハイテク産業のうちどのような産業・技術分野が対象になっているかを明らかにする。特許の出願は広範な産業・技術分野で行われているが、これにより、知識共有の観点からの研究の特徴を示した。ライフサイエンスと情報通信技術分野の企業や技術を対象にするものが多いことを明らかにした。

第2の観点として、知識流通の形態に着目して先行研究を整理する。その結果としては、組織の境界を越えた組織間の知識共有を対象としたものが多い。これには、オープン・イノベーションの潮流を反映していることが考えられる。ほかにも、地理的接近性や所在地の環境の影響を考慮した知識流通のあり方も行われている点に特徴がある。

第3の観点は、特許データを活用した変数に関する整理である。本稿では従属変数と独立(又は制御、媒

介) 変数に大別して整理した。

従属変数としては、特許データはイノベーションの成果の代理変数となっている。その中でも、特許の数はイノベーション成果の代理変数と扱われるものであり、知識共有に関する研究でも、特許数という量そのものが重要な情報として扱われている(「成果(量)」として区分)。これに対して、特許化された技術の中には、他の技術への影響力に差異があることから、Trajtenberg (1990)等を参照し、特許引用情報に基づく重み付けでイノベーション成果の質を定量的に示すものも多い(「成果(質)」として区分)。第2段階に入ると特許データをより精緻化して扱い「成果(質)」の研究が増えている。さらに、特許の共同出願や特許引用の情報に基づき、知識の流通の代理変数とするものもある(「知識流通」として区分)。

次に、独立(又は制御、媒介)変数としては、イノベーションを生み出す技術力又は知識ストックとして一定期間の特許件数の合計値が用いられる(「技術力、ストック」として区分)。また、特許の技術種類(class)等の情報に基づき、対象企業等の知識ストックの多様性(Hall et al., 2005)、対象企業等の間の類似性(Rosenkopf and Almeida, 2003)や距離(Trajtenberg, 1990等)のほか、技術の独自性(Hall and Trajtenberg, 2001)を変数として利用して、知識流通の研究が行われている(「多様性、類似性、距離、独自性」として区分)。さらに、組織単位ではなく、地理的要素に着目して企業等の所在する国や地域(米国のMSAなど)単位で特許数や多様性を指標として扱う研究もある(「地理的要素」として区分)。また、2000年第後半からは、ネットワーク分析の手法を反映した研究も行われ、パス長や最大コンポーネントのサイズなどの多様なデータを駆使して、いくつもの変数を設定するものもある(「ネットワーク」として区分)。

以上のとおり、知識流通に関する800件以上の論文の中から特許データに基づく知識共有の定量的な把握に関連する先行研究45件を抽出して、論文内容を精査の上、1)対象の産業・技術分野、2)知識流通の形態及び3)特許データを活用した変数の3つの観点で関連する先行研究の特徴を明らかにした。イノベーション・ケイパビリティを可視化して、関連する実証分析を行う上で本サーベイによる一定の貢献が期待される。ただし、対象研究が[49]と同じ論文誌に限られているなどの限界があり、更なる充実が今後の課題である。

3 組織の境界を越えたイノベーション：特許の共同出願に着目したイノベーション・ネットワークに関する実証分析

電気通信産業における組織の境界を越えたイノベーション実態を明らかにすることを目的とする研究を行った。なお、この研究は、田中・高木(2015)として発表したものを更に発展させたものとして、別の論文としてまとめて公表予定のものである。具体的には、米国特許庁が提供する特許データを用いて、共同出願に基づく企業間ネットワークに焦点を当てて分析を行った。

本研究では、米国特許庁(USPTO) Office of the Chief Economist がサポートする PatentsView(<http://www.patentsview.org/>)のサービスを利用した。同サービスのダウンロードデータのうち表1に掲げるデータを用いて、対象の抽出と分析データの生成を行った。以下、その生成の概要を説明する。

表1. 利用データ

Table Name(データ数)	
rawassignee (5,442,930)	application(6,215,171)

出典: PatentsView サイト (<http://www.patentsview.org/download/>)。2017年3月7日時点のデータ。最新の出願は、2016年11月23日。

まず、特許データのうち、出願者(assignee)については電気通信産業に関連する企業を対象とした。具体的には、Forbes Global 2000 掲載企業のうち情報通信産業に関連する80社(表2)を対象とした(以下、ICT企業)。ただし、ダウンロードデータの出願者の組織名は様々なケースがある。また、子会社もできる限り対象にする必要がある。そこで、表2に記載された名称及びその派生系の文字列を用いて、PatentsView の Assignee 検索機能を用いて出願者 ID (assignee_id)を抽出した。その結果、表2に掲載する80社のICT企業に対して、2,328の出願者 ID(以下、対象出願者 ID)をリストアップした。

表 2. ICT 企業 (情報通信産業)

Agilent, Alcatel-Lucent, Altera, Amazon, Apple, Applied Material, ARM, ASM, ASML, ATT, AU optronics, Avago, Blackberry, British Telecom, Broadcomm, Brother, Canon, Cisco, Corning, Delta, EMC, EPSON, Ericsson, Facebook, France Telecom, Fuji Film, Fujitsu, Google, Hewlett-Packard(HP), Hitachi, Hon-Hai, Honeywell, Hoya, Huawei, IBM, Infineon Technologies, Intel, Juniper, KLA, Kodak, Konica-Minolta, Kyocera, Lenovo, LG, Mediatek, Micron, Microsoft, Mitsubishi Electric, Motorola, Murata, NCR, NEC, NetApp, Nikon, Nintendo, Nokia, NTT, Nvidia, NXP, Olympus, Omron, Panasonic, Qualcomm, Renesas, Ricoh, Samsung, SanDisk, Seagate, Sharp, SK_Hynix, Sony, STMicro, TDK, Texas Instruments (TI), Tokyo Electron, Toshiba, TSMC, Westin Digital(WD), Xilinx, ZTE

次に、rawassignee データの中で対象出願者 ID が取得している特許 (以下、ICT 企業特許) を抽出した。そして、rawassignee データの ICT 企業特許の特許 ID (patent_id) をキーにして、application データの中から出願年月日を紐付けた。これにより、特許 ID、出願年月日及び ICT 企業の情報が関連付けられたデータセット (1,080,250 特許) を生成した (出願年月日の異常値を除外するなどのマッチングの過程で、対象出願者 ID は 1,963 となった)。

今回の研究では、共同出願を行っている ICT 企業特許が対象となる。そこで、同じ特許 ID で出願者 ID が複数となっているものを対象に、13,050 件を共同出願の特許として抽出した。さらに、同一企業グループ内の複数の出願者 ID による共同出願特許を除外して、グループを跨いで共同出願を行っている特許 (2,647 件) を企業の境界を跨ぐイノベーションとして抽出した。この 2,647 件の特許を最終的なデータセットとして、今回のイノベーション・ネットワーク分析の対象とする。ICT 企業 80 社のうちグループを跨いだ共同出願を行っているところは 59 社である。なお、大部分の特許が単独の出願者 (企業) であり、グループを跨いだ共同出願の特許が極めて限られていることには留意を要する。

ICT 企業別の共同出願 (グループを跨ぐものに限る) の件数についてみると、単独出願の多い企業が必ずしも共同出願の件数が多いわけではなく、また、日本企業が共同出願の上位に占める比率が単独出願に比して高い。本研究では、時系列の推移を 4 つの出願時期に区分して分析を行った (T1:1999 年まで、T2:2000-2004 年、T3:2005-2009 年、T4:2010-2016 年)。

このように抽出した共同出願関係を組織の境界を越えたイノベーション・ネットワークとして扱い、当該ネットワークの構造を分析した。このネットワークは、無向グラフであり、全期間を対象に図示すると図 1 のとおりとなる。

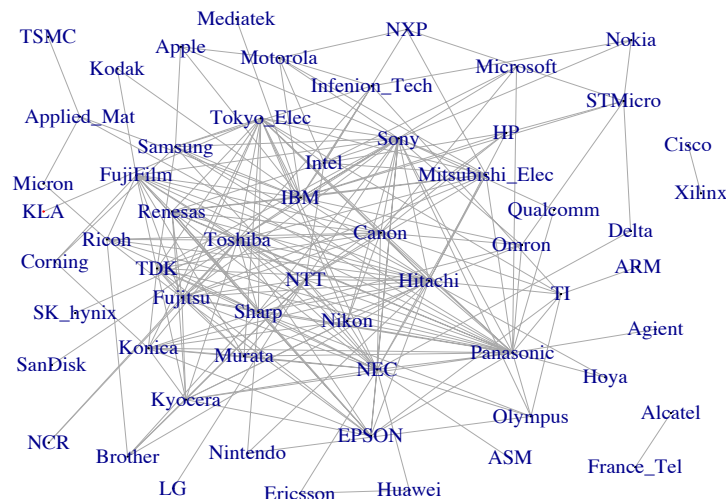
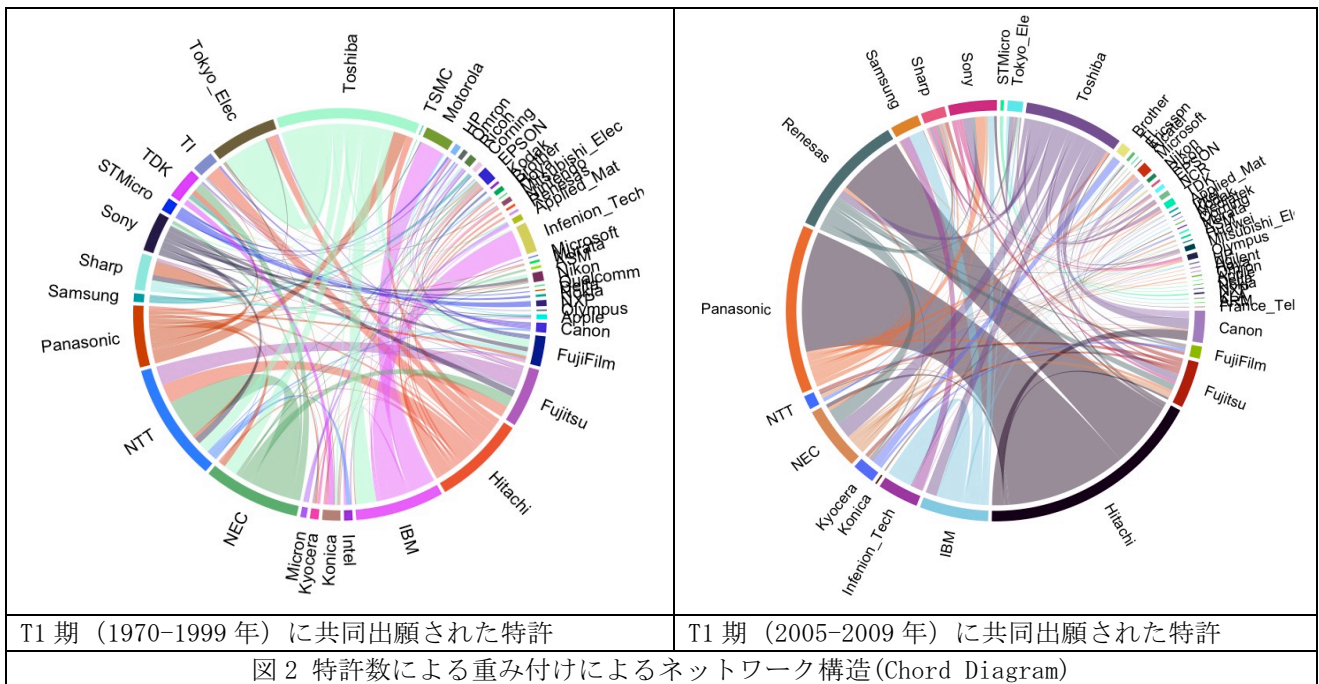


図 1. ICT 企業 59 社の共同出願ネットワーク (全期間)

この研究では、ネットワーク全体の構造が時系列でどのように変容したかを分析した。紙幅の都合で、要約では、特許数で重み付けをしたネットワーク構造を Chord Diagram で表したものの一部を掲載する (図 2)。

2つの期間を比較すると明らかなとおり、1999年までのT1期には比較的分散的にネットワークが構築されていたのに対して、2005年から2009年までのT3期になると限られた企業同士の共同出願が増加している。2010年以降のT4期に出願された特許では、今後、更に特許が認められるために構造が変わる可能性が高いが、図2-2以上に共同出願の関係に限られた企業間に集中するという特徴が見出された。作業仮説としては、オープン・イノベーションの潮流によって、共同出願が分散する傾向にあると見込んで分析を進めたが、これまでの分析結果からは、逆の傾向が示唆されるものとなった。



4 電気通信企業のイノベーション・ケイパビリティの変容

各企業のイノベーション・ケイパビリティに着目して、グローバルな観点でみて、日本企業とアジア企業の相対的な位置付けが時系列でどのように変容したのかを明らかにすることを目的とした研究を行った（田中，2017）。この研究では、前項とは異なり、各企業が単独で出願した特許を対象にして、特許の引用関係に着目して影響度の大きい特許を中心に各企業のイノベーション・ケイパビリティの相対的な位置付けの定量化を試みた。

経済分野でのイノベーション・ケイパビリティの分析において、特許引用データに着目することの重要性が指摘されている（Furman et al., 2002）。しかしながら、従来は特許引用情報は被引用数や引用回数を用いられることが多い（例えば、山田，2009，pp. 89-120）。他方で、論文や特許のデータが充実する中で、知識や技術の将来動向を予測する際に、ネットワーク分析の手法が用いられるようになってきている。特に、ネットワーク中心性指標の1つであるページランク（Brin and Page, 1998）は、学術論文ネットワークを対象とした研究で有用性の高い知識を抽出する上で有効であることが示されている（Chen et al., 2007）。そして、特許引用ネットワークでもページランクが将来の研究動向を推測する上で有効であることが、近年確認されるようになった（Bruck et al., 2016）。しかしながら、特許引用ネットワークにおいてページランクを適用した研究は必ずしも多くないことから、本研究によって、関連研究の知見の充実に貢献することを目指した。

対象とする企業は前項と同じで、当該企業の特許の抽出方法も同様である。ただし、本項の研究ではデザイン特許を除いた点が前項とは異なる。また、引用関係データを得るために、前項表1のデータに加えて、uspatentcitation データを用いた。これにより、引用又は被引用特許の両方もが ICT 企業特許（単独・非デザイン特許）である引用関係（4,276,077 件）を抽出した。当該引用関係に含まれる特許数は 705,786 件と

なる。前項と異なり、特許出願期間を5つに区分して分析を進めた。表3では、出願時期別の特許数を示す。

出願時期	被引用特許	全特許	被引用率
t1, 1970-1989	80,014	82,041	97.5%
t2, 1990-1999	180,130	186,637	96.5%
t3, 2000-2004	198,063	227,611	87.0%
t4, 2005-2009	177,256	278,717	63.6%
t5, 2010-2016	70,323	249,816	28.1%
全体	705,786	1,024,822	68.9%

(注) 被引用率は、全特許に占める被引用特許の割合。

まず、被引用特許件数上位10社に着目して時系列の変化を明らかにする。t1期の上位10社の順位の推移を示したものが図3-1である。この中でt5期でも上位10社に入るのは5社と半分であり、4社(Fujifilm、Motorola、Kodak、ATT)は大きく順位を落としている。次に、図3-2でt5期の被引用件数上位10社の残りの5社の順位の推移を見ると、t3期から上位にある企業(Samsung、Microsoft、LG)とt5期に入って急速に台頭した企業(Apple、Google)の2つのパターンがあることがわかる。

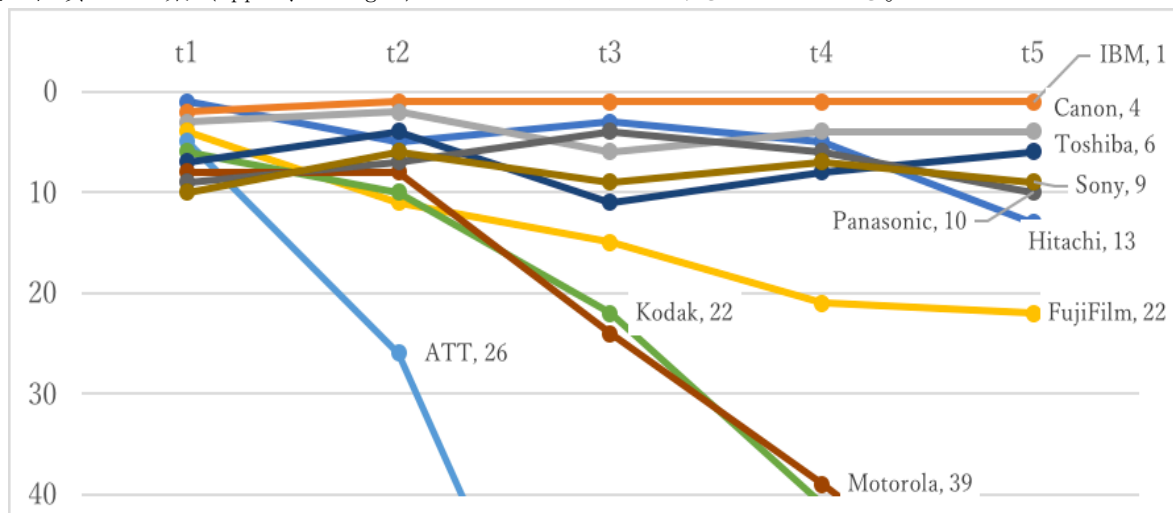


図3-1 t1期被引用特許数上位10企業の順位推移

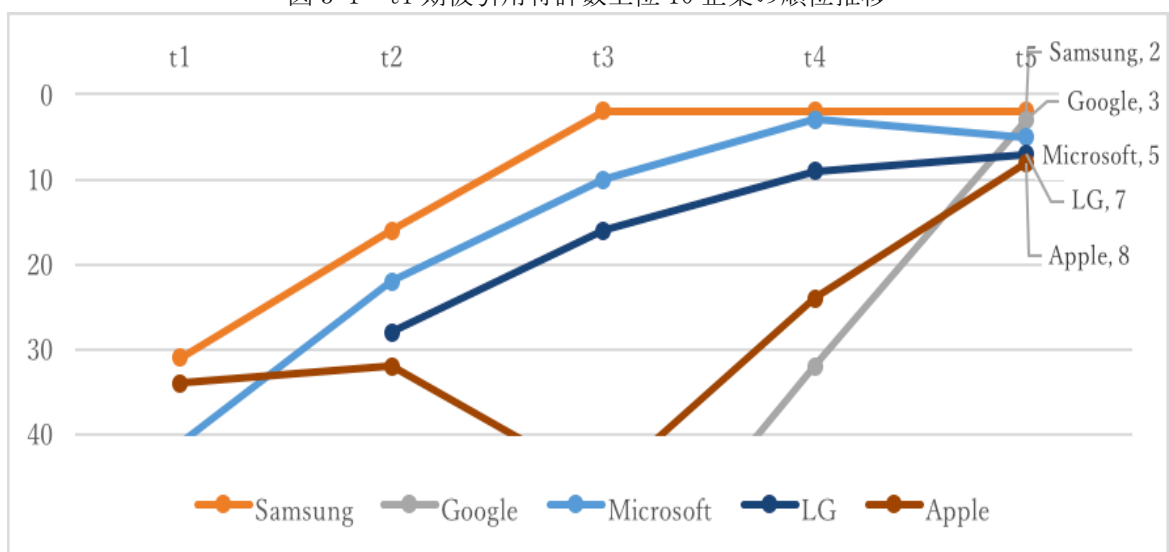


図3-2 t5期被引用特許数上位10企業の順位推移

次に、引用関係に基づく特許ネットワークの中心性に基づいて、変容の状況を明らかにする。ネットワークの中心性に関しては前述のとおりページランクを用いることとし、具体的には、R のパッケージである igraph の page.rank() 関数を使用して、すべての引用関係に基づく特許ネットワーク（全 4,276,077 件の有向グラフ）を対象に各特許のページランクを算出した。また、特許引用はべき乗分布に従うことが知られており、今回の分析対象においてもべき乗分布に当てはまるものであった ($R^2=0.91$, $\gamma=-2.49$)。そこで、影響力の大きい特許としてページランクの上位 1%(分母は当該期の全出願数)に入る特許に着目して分析を進めることにした。前段落の被引用特許件数と同様の図を用いて、時系列の比較を行った。まず、図 3-1 に基づいて、t1 期のページランク上位 1%特許シェアの上位 10 社の順位の推移をみる。図 3-1 と図 2-1 の 10 社には共通するところが多い。それにもかかわらず、図 3-1 では図 2-1 以上に t1 期の上位企業が順位を落としていることがわかる。t5 期で 10 位以内に残っているのは、第 4 位の IBM だけである。次に、図 3-2 に基づいて、t5 期のページランク上位 1%特許シェアの上位 10 社の順位の推移をみる。図 2-2 の 5 社に加えて、TSMC、Amazon、Toshiba、EPSON の 4 社が上位 10 社に入っている。特に特徴的なのが、t5 期の被引用特許件数では第 18 位の TSMC が第 3 位に入っていることである。TSMC はハードウェア中心の企業であるにもかかわらず、引用までに時間の短い t5 期で、影響力の大きい特許を相対的に多く出願している点が興味深い。アジア企業では、これまでの上位は日本企業と韓国企業にとどまっていたが、ページランクに基づく指標では、台湾企業もイノベーション・ケイパビリティが上位レベルに向上していることがわかる。

本節の研究では、米国特許庁に出願される特許データに基づいて、電気通信企業のイノベーション・ケイパビリティが相対的にどのように変容しているのかを定量的に明らかにすることを試みた。その結果、従来はハードウェア関連の企業が上位を占めてきたが、2000 年代後半に入り、情報システム分野の企業が急速に伸びていることを示した。また、アジア地域との関連では、韓国企業（サムソン、LG）の台頭と日本企業の相対的地位低下を明らかにした。さらに、ページランクの手法を適用することで、台湾の TSMC のように必ずしも特許出願数が多くない企業であっても、急速にケイパビリティを高めている可能性があることを示した。

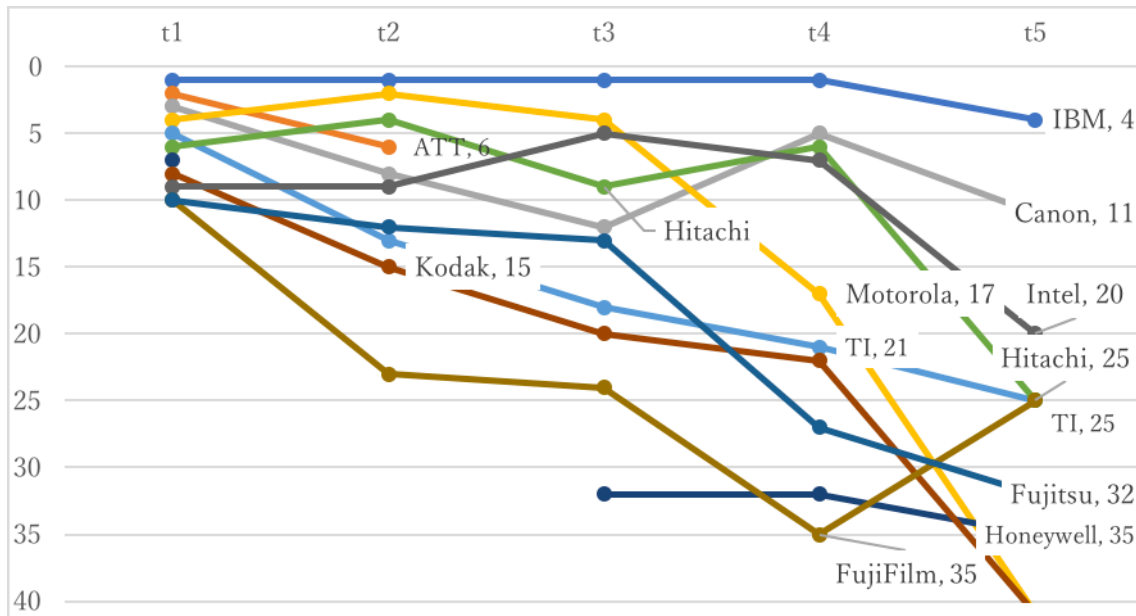


図 3-1 ページランク上位 1%特許シェアでみた t1 期上位 10 社の順位の推移

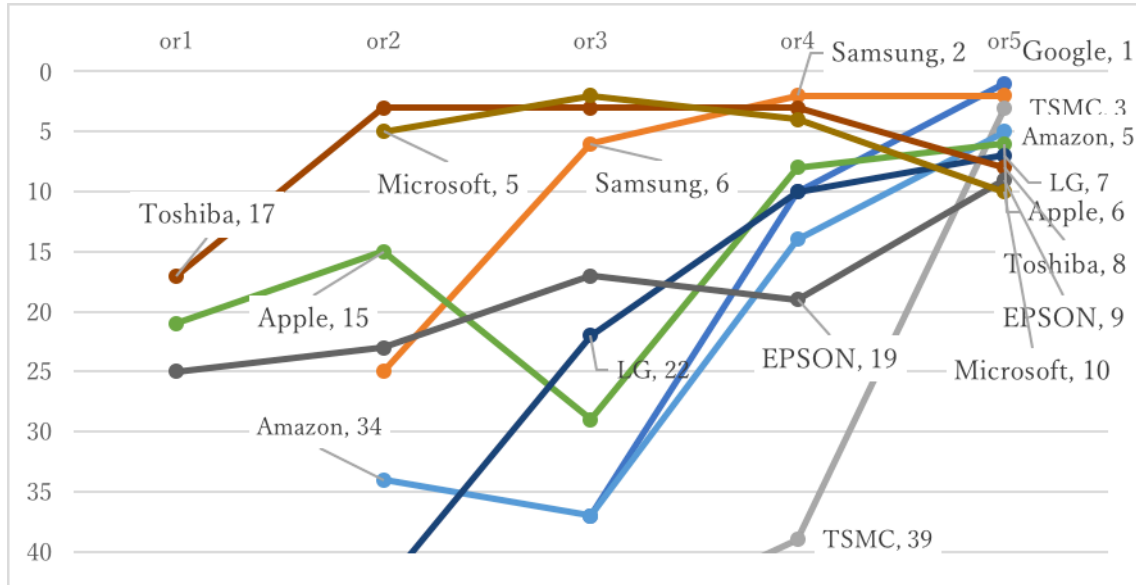


図 3-2 ページランク上位 1%特許シェアでみた t5 期上位 10 社の順位の推移

【参考文献】

- Brin, Sergey and Lawrence Page (1998), "The Anatomy of a Large-scale Hypertextual Web Search Engine," *Computer Networks and ISDN Systems*, no.30, pp.107-117.
- Bruck, Peter, Isrvan Rethy, Judit Szente, and Jan Tobochnik (2016), "Recognition of Emerging Technology Trends: Class-selective Study of Citations in the U.S. Patent Citation Network," *Scientometrics*, no.107, pp.1465-1475.
- Chen, P., H. Xie, S. Maslov, and S. Reden (2007), "Finding Scientific Gems with Google's PageRank Algorithm," *Journal of Informatics*, no.1, pp.8-15.
- Furman, Jeffrey L., Michael E. Porter, and Scott Stern (2002), "The Determinants of National Innovative Capacity," *Research Policy*, no.31, pp.899-933.
- Hall, Bronwyn H., Adam Jaffe, and Manuel Trajtenberg (2005), "Market Value and Patent Citations," *RAND Journal of Economics*, vol.36, no.1, pp.16-38.
- and Manuel Trajtenberg (2001), "The NBER Patent Citations File: Lessons, Insights and Methodological Tools," Working paper 8498, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Phelps, Corey, Ralph Heidl, and Anu Wadhwa (2012), "Knowledge, Networks, and Knowledge Networks: A Review and Research Agenda," *Journal of Management*, vol.38, no.4, pp.1115-1166.
- Rosenkopf, Lori and Paul Almeida (2003), "Overcoming Local Search Through Alliances and Mobility," *Management Science*, vol.49, no.6, pp.751-766.
- Trajtenberg, Manuel (1990), "A Penny for Your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovations," *The Rand Journal of Economics*, vol.21, no.1, pp.172-187.
- (1990), "A Penny for Your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovations," *The Rand Journal of Economics*, vol.21, no.1, pp.172-187.
- 田中秀幸(2017), 「情報通信企業のイノベーション・ケイパビリティの変容: 特許データに基づく時系列分析」, 2017年社会情報学会(SSI)大会(発表予定).

田中秀幸 (2017), 「イノベーション・ケイパビリティの可視化に向けて: 特許データを活用した知識共有に関する先行研究レビュー」, 『社会・経済システム』, no.37, to appear.

ー ・高木聡一郎 (2015), 「ICT 産業のイノベーション・ケイパビリティに関する研究」, 『社会・経済システム学会大会第 34 回予稿集』, pp.95-98.

山田節夫 (2009), 『特許の実証経済分析』, 東京:東洋経済新報社.

〈発 表 資 料〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
ICT 産業のイノベーション・ケイパビリティに関する研究	社会・経済システム学会第 34 回大会	2015 年 10 月 24-25 日
日本のハイテク産業のイノベーション・ネットワークに関する実証分析	社会・経済システム学会第 35 回大会	2016 年 10 月 29-30 日
The Impact of Blockchain: The Next Generation Internet and Organizations	The 15 th International Conference of the Japan Economic Policy Association	2016 年 10 月 29-30 日
Innovation Capabilities of the Information and Communication Technology Industry in the East Asia: Based on a Patent Analysis	e-CASE & e-Tech 2017	2017 年 4 月 4-6 日
イノベーション・ケイパビリティの可視化に向けて: 特許データを活用した知識共有に関する先行研究レビュー	社会・経済システム	2017 年公刊予定 (印刷中)
情報通信企業のイノベーション・ケイパビリティの変容: 特許データに基づく時系列分析	2017 年社会情報学会 (SSI) 大会	2017 年 9 月 16-17 日 (発表予定、論文提出済み)