

# 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－

### The Transformation of Innovation Capabilities of ICT firms: A Time Longitudinal Analysis Base on Patent Data

○田中 秀幸<sup>1</sup>

Hideyuki TANAKA

<sup>1</sup> 東京大学 大学院情報学環 The University of Tokyo

**Abstract** This paper aims to depict the transformation of innovation capabilities of ICT firms. The author analyse it base on more than 4 million patent citation data provide by the USPTO. Pagerank analysis reveals steep rising of some firm's innovation capability.

**キーワード** イノベーション・ケイパビリティ、特許、ページランク、ネットワーク分析

#### 1. はじめに

本研究では、グローバルに展開する情報通信企業を対象にして、各企業の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・ケイパビリティの変容について、特許データに基づき定量的に明らかにすることを目的とする。企業活動としてのイノベーションは重要であり、特に、情報通信企業では、いわゆるハイテク産業の1つとして、研究開発やその成果として特許取得が盛んに行われている。グローバルに展開する情報通信企業は、主要市場の1つである米国の特許を取得することが多いが、20世紀後半は米国と日本企業が中心となっていた。しかし、2000年代に入りアジア地域の進捗が著しく、日米欧アジアの情報通信企業の相対的な位置付けが大きく変容してきている。本研究では、米国特許庁に出願される特許データに基づいて、情報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。

以下、本論文は次のとおり構成される。第2節では、関連する先行研究を説明し、本研究の位置付けを示す。第3節では、本研究で用いるデータの生成について説明する。第4節では、データに基づく分析を（1）特許出願動向と（2）特許ネットワークの中心性に着目した分析に分けて行う。第5節では、以上の分析結果をふまえて、本研究のまとめを行う。

#### 2. 関連する先行研究

特許はイノベーション成果の1つの代理変数であり、企業のイノベーション・ケイパビリティを計測する1つの手段と用いられており (Furman et al., 2002)、田中 (2016) が示すとおり、特許データを用いた知識共有に関する研究は多い。また、アジア地域の情報通信企業を対象として、特許データを用いたイノベーション・ケイパビリティに関する研究としては、Tseng(2009)、Hu(2012)や Zhen et al.(2014)などがある。

しかし、これらの研究では、一部の特許に焦点を当てるなどしており、情報通信企業の全般的なイノベーションを対象とした分析になっておらず、また、日米欧アジアのグローバルな企業全体の相対的な位置付けを明らかにすることもできていない。

また、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く、筆者の知る限り、本研究が扱う企業のイノベーション・ケイパビリティの定量的な把握において用いられている例が見当たらない。

以上の先行研究を踏まえて、本研究では、特許引用ネットワークに基づき、アジア地域を含むグローバルに展開する情報通信企業のイノベーション・ケイパビリティがどのように変容してきたかを定量的に明らかにする。その際、併せて、ページランクの手法を適用することで新たな知見を得ることができるかどうかを検証する。

#### 3. データ

本研究では、情報通信産業のイノベーション・ケイパビリティの代理変数として特許出願を用いる。特許

データについては、米国特許庁 (USPTO) Office of the Chief Economist がサポートする PatentsView(<http://www.patentsview.org/>)のサービスを利用する。この研究では、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、その生成の手順を説明する。

表 1. 利用データ

| Table Name (データ数)                                       |                         |
|---|-------------------------|
| rawassignee(5,442,930),<br>uspatentcitation(86,184,397) | 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。掲載中の最新出願は、2016年11月23日。

まず、出願者(assignee)については情報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 (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。例えば、ATT を例にすると、American Telephone and Telegraph Company AT&T Bell Laboratories と AT&T Bell Laboratories が異なる出願者 ID で登録されている。また、子会社もできる限り対象にする必要がある (例えば、Hon Hai の場合には Foxconn も対象にするなど)。そこで、表 2 に記載された名称及びその派生系 (例えば、AT&T の場合には、American Telephone and Telegraph) の文字列を用いて、PatensView 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. 対象企業 (情報通信産業)

|   |
|---|
| Agilent, Alcatel, 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, FujiFilm, Fujitsu, Google, Hewlett-Packard(HP), Hitachi, Hon-Hai, Honeywell, Hoya, Huawei, IBM, Infenion Technologies, Intel, Juniper, KLA, Kodak, Konica, 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, Texus 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、第 1 段階として特許 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 件)を生成した。第 2 段階として、単独出願の特許に限定するとともに、デザインを除外した。以上の整理の結果、今回の研究で分析する ICT 企業特許 (単独・非デザイン特許) は、

1,024,822 件 (出願者数 1,743) となった。なお、2017 年 3 月 7 日現在のデータベースに登録されている特許数は 6,215,171 件で、本研究で対象とする特許は全体の 16.5% になる。第 3 段階として、uspatentcitation データの中から patent\_id を用いて、引用又は被引用特許の両方ともが 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。第 3 段階までを経て抽出された特許と引用関係を対象に、特許出願時期を t1 期から t5 期の 5 つに区分して分析を進める。表 3 では、出願時期別の特許数を示す。

表 3. 出願時期別の特許件数

| 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% |

(註) 被引用率は、全特許に占める被引用特許の割合。

## 4. 分析

### (1) 特許出願数動向

最初に、ICT 企業別の特許出願件数の推移を図 1 に示す。図 1 では、X 軸に全ての特許出願数、Y 軸に被引用特許件数を表している。同図から明らかなおお、両者は高い相関関係にある。このため、全特許と被引用特許の両者を併せて、5 期に分けて特許出願の推移を分析する。

t1 期では、Hitachi がどちらの特許数も最大で、続いて、IBM、Canon と並んでいる。t1 期はそれ以降の期と比較して上位企業の間にはそれほど大きな差異はなかった。t2 期になると、IBM がトップになり、Canon がそれに続く順番となった。t2 期以降 t5 期に至るまで、IBM が全特許数も被引用特許数もトップを維持する。t3 期になると IBM が突出して多くなり、Samsung が 2 番目になる。t3 期までは、ハードウェア関連の企業が上位を占めていた。t4 期では、Samsung が急速に増え、トップの IBM とともに突出する位置に付けるようになった。また、情報サービス関連の企業である Microsoft が上位に入り、被引用特許数では第 3 位となった。t5 期では、引き続き、IBM と Samsung が他から離れて高い位置を占める。また、情報サービス関連の Google が伸びて、被引用特許では第 3 位につけるようになった。Canon は t2 期のように他から離れて高い位置にはないものの、t5 期でも特許総数で第 3 位にあり、t1 期から t5 期までトップ層を維持している。

図 1 (文末添付) では、特に数の多い上位 2-3 社に焦点を当てて、出願動向の特徴を明らかにした。やや広げて、被引用特許数上位 10 社に着目する。まず、t1 期の上位 10 社の順位の変移を示したものが図 2-1 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 2-2 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。

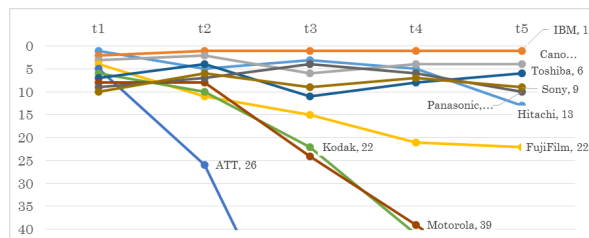


図2-1. t1期被引用特許数上位10企業の順位推移

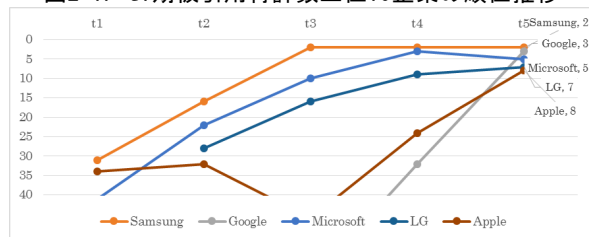


図2-2. t5期被引用特許数上位企業(5社)の順位推移

## (2)特許ネットワークの中心性に着目した分析

特許の引用はべき乗分布に従う（和田, 2010）。すなわち、極めて少数の特許に対して、数多くの引用がなされるのである。本研究が分析に用いる特許の引用関係（全4, 276, 077件）についても、図3に示すとおり、被引用特許の引用回数の分布はべき乗分布に従っている。前節では、被引用回数を考慮せず、特許の数だけをもってイノベーション・ケイパビリティの代理変数とみなした。しかし、それぞれの特許は、様々な引用ネットワークの中に位置づけられる。そこで、本節では、特許ネットワークの特徴を踏まえた分析を行う。

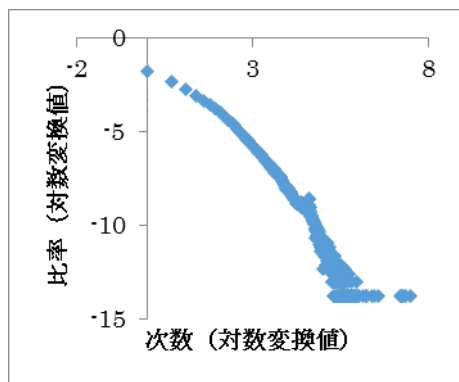


図3. 特許引用の回数と比率の関係  
( $R^2 = .91$ ,  $\gamma = -2.49$ )

具体的には、特許引用に基づく特許ネットワークの中心性に着目して分析を行う。べき乗分布の際に着目した度数中心性では、エッジのつながる先の特許の影響度を反映できない。例えば、先行特許AとBは、それぞれ後発特許XとYによって引用されるとする（A←X, B←Y）。この場合、特許AとBの度数中心性は同じく 1

になる。しかし、特許Xが更なる後発特許に多く引用される一方で、特許Yを引用する特許がなかったとする。その場合、特許Xからの引用の方が特許Yからの引用よりも影響力が大きいと考えられる。こうした影響を考慮するためには、ある特許の中心性を評価する際に、その頂点と隣接する特許の中心性を反映することが必要となる。

そこで、本研究では、引用関係のみの特許ネットワークが有向グラフになることを踏まえて、ページランクを中心性の指標として用いて分析を進める。ページランクは、検索のためのウェブサイト評価の方法として開発されたもので、「他のページからのリンク数が多いページほどランキングが高く、ランキングの高いページからのリンクは高く評価する」と同時に「他のページへのリンクが少ないページからのリンクを高く評価する」というのが基本的な発想となっている（鈴木, 2017, pp. 61-62）。特許ネットワークにおいても、他の特許からの引用が多い特許ほどランキングを高く、ランキングの高い特許からのリンクを高く評価するとともに、他の特許の引用が少ない特許からの引用を高く評価するという考え方を採用する。後者を高く評価するのは、数多くの先行特許を引用するよりは、少ない先行特許の引用でとどまる特許の方が、当該特許で生み出した独自性の度合いが高いと想定するからである。

ページランクは、Rのパッケージであるigraphのpage.rank()関数を使用し、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）を対象に算出した。しかし、当該ネットワークを用いて算出されたページランクの値を一様に扱うことには留意を要する。出願時期の古い特許ほど引用の可能性が高く、それが累積することで、古い特許ほどページランクが高くなる。これでは、2000年代に入り特許出願を急増させてきた企業の特許の評価が低くなるおそれがある。

そこで、本研究では、これまで用いてきた5期にわけて、当該期に出願された特許のうち、ページランクの値の上位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。前述のとおり、特許の引用関係はべき乗分布に従い、限られた少数の特許の影響度が大きいことを踏まえて、まず、各期のページランク上位1%に入る特許を当該期の影響力の大きい特許として選定する。次に、各企業が保有する当該特許の比率を比べる。影響力の大きい特許を有する比率に基づいて、各期の各企業の相対的なイノベーション・ケイパビリティを計測する。

図4（文末添付）は、図1と同様にX軸に当該期の出願特許数を置き、Y軸にページランク上位1%特許の企業毎のシェアを置いたものである。第1に、全体として、図1ほど相関係数が高くない。すなわち、出願特許数が多いからといって（言い換えれば、出願特許数のシェアが高いからといって）、影響度の高い特許のシェアが高くなるわけではないことがわかる。第2に、個別企業に着目すると、IBMが第3期までは出願特許数に比してページランク上位1%特許のシェアが格段に高かった。しかし、第4期で全体の趨勢に近づいた後、

第5期では趨勢を下回る水準になっている。そして、次に注目する企業として、第5期のGoogleのページランク上位1%特許のシェアが格段に高いことがある。

ただ、個別企業については、図4だけでは必ずしもわかりにくいために、順位の推移を図5-1と図5-2に基づいて示す。まず、図5-1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5-1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5-1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5-2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。図4のt5期でも、出願特許数が高くないことがわかる。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。他の企業としては、Amazonもt5期の被引用特許件数では第20位にとどまっているにもかかわらず、ページランク上位1%特許シェアでは第5位に入っている。Googleなど同様に情報サービス関係企業であるために、出願後の期間の短いt5期で影響力の大きい特許を相対的に出願した可能性がある。

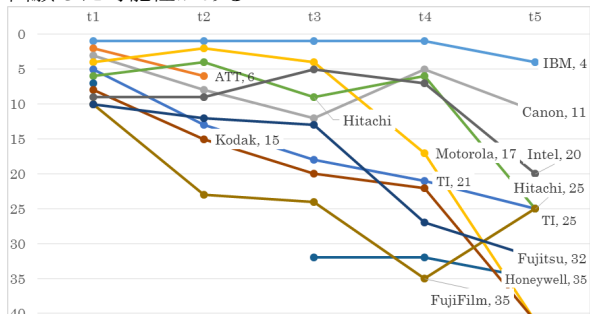


図5-1 ページランク上位1%特許シェアでみたt1期上位10社の順位の推移

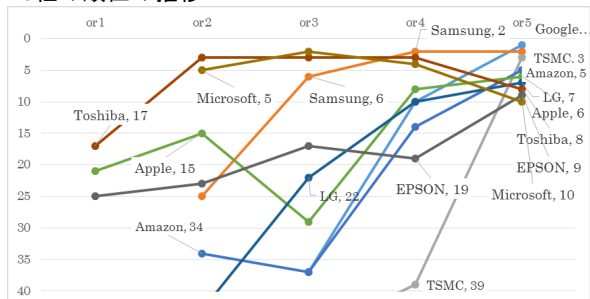


図5-2 ページランク上位1%特許シェアでみたt5期上位10社の順位の推移

## 5. まとめ

本研究では、米国特許庁に出願される特許データに基づいて、情報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。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。

以上のとおり、本研究はイノベーション・ケイパビリティに関する定量的研究において、一定の学術的貢献を果たすものである。しかし、いくつかの留意点がある。第1の留意点は、時間軸に関する限界である。特許の審査には一定の時間を要する。米国特許庁の最新の報告書（USPTO, 2016）では、審査の最終処分までの平均が25.3ヶ月となっている。本研究で用いた2010年代のデータについては、今後、さらに登録された特許が増えることが確実である。また、特許が引用されるまでには時間を要することにも留意を要する。2010年代に出願された特許の引用はこれから本格化する。今回の分析では、特許引用でみた場合に情報システム関連企業が出願数に比して上位にきていたが、引用のタイミングが特許分野によって異なることが影響している可能性がある。第2は、特許分野に関する留意点である。引用のタイミングだけでなく、引用に基づく特許ネットワークは、特許分野によって異なる可能性がある。特許分野を分けた分析が今後、求められる。

## 謝辞

本研究の一部は科研費 15K00460 及び電気通信普及財団からの助成を受けました。感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) Furman, Jeffrey L., Michael E. Porter, and Scott Stern (2002), "The Determinants of National Innovative Capacity," *Research Policy*, no. 31, pp. 899-933.
- 2) Hu, Mei-Chih (2012), "Technological Innovation Capabilities in the Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display Industries of Japan, Korea and Taiwan," *Research Policy*, no. 41, pp. 541-555.
- 3) Tseng, Chun-Yao (2009), "Technological Innovation and Knowledge Network in

- Asia: Evidence from Comparison of Information and Communication Technologies among Six Countries," *Technological Forecasting & Social Change*, no. 76, pp. 654-663.
- 4) USPTO (2016), Performance and Accountability Report Fiscal Year 2016, at <https://www.uspto.gov/sites/default/files/documents/USPTOFY16PAR.pdf>, accessed on July 30, 2017.
- 5) Zeng, Jia, Zhi-yun Zhao, Xu Zhang, Darzen Chen, and Mu-hsuan Huang (2014), "International Collaboration Development in Nanotechnology: A Perspective of Patent Network Analysis," *Scientometrics*, no. 98, pp. 683-702.
- 6) 田中秀幸 (2016), 「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』 (印刷中).
- 7) 山田節夫 (2009), 『特許の実証経済分析』, 東京: 東洋経済新報社.
- 8) 和田哲夫 (2010), 『発明者による先行特許認識と特許後方引用』, RIETI Discussion Paper Series 10-J-001.

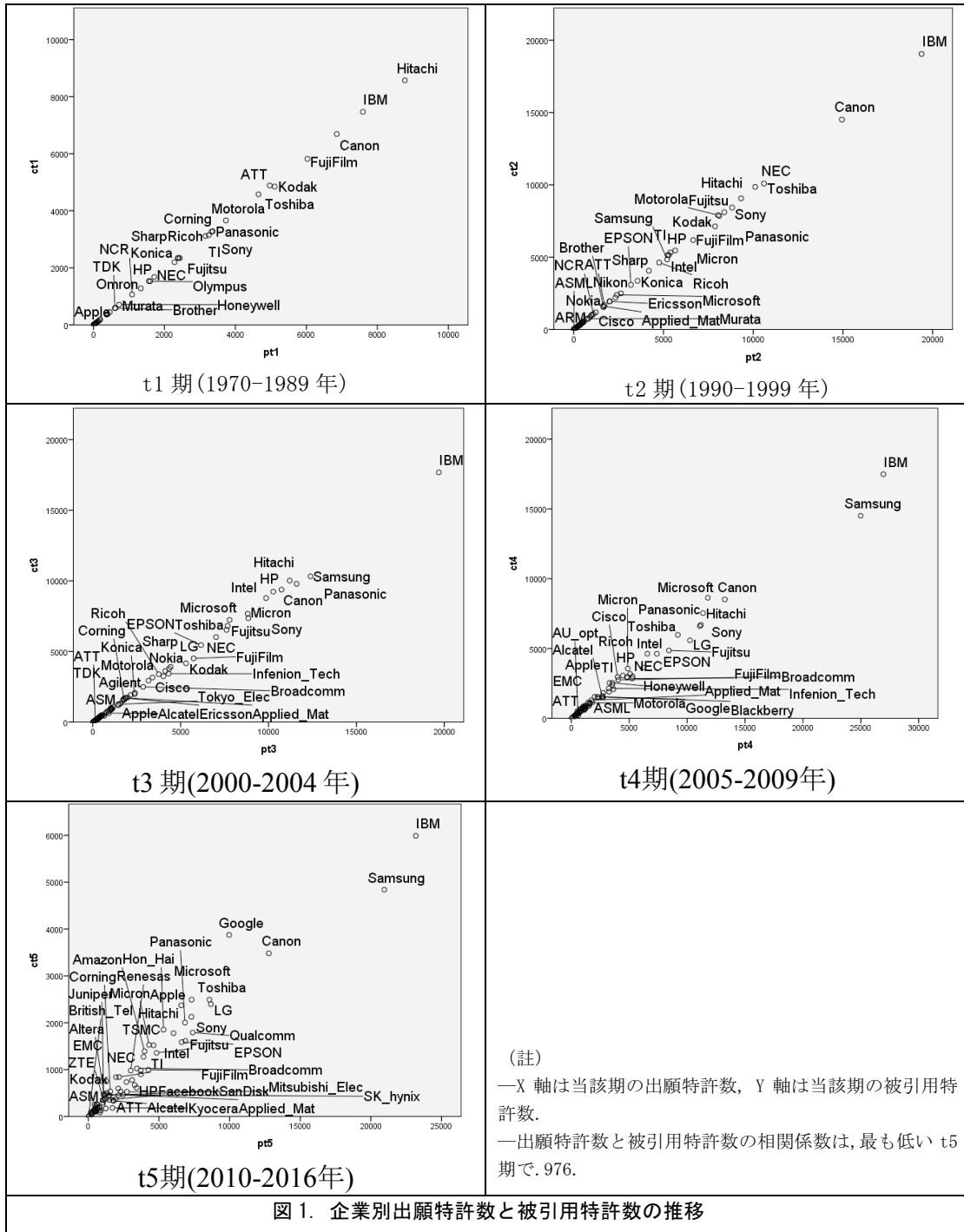


図 1. 企業別出願特許数と被引用特許数の推移

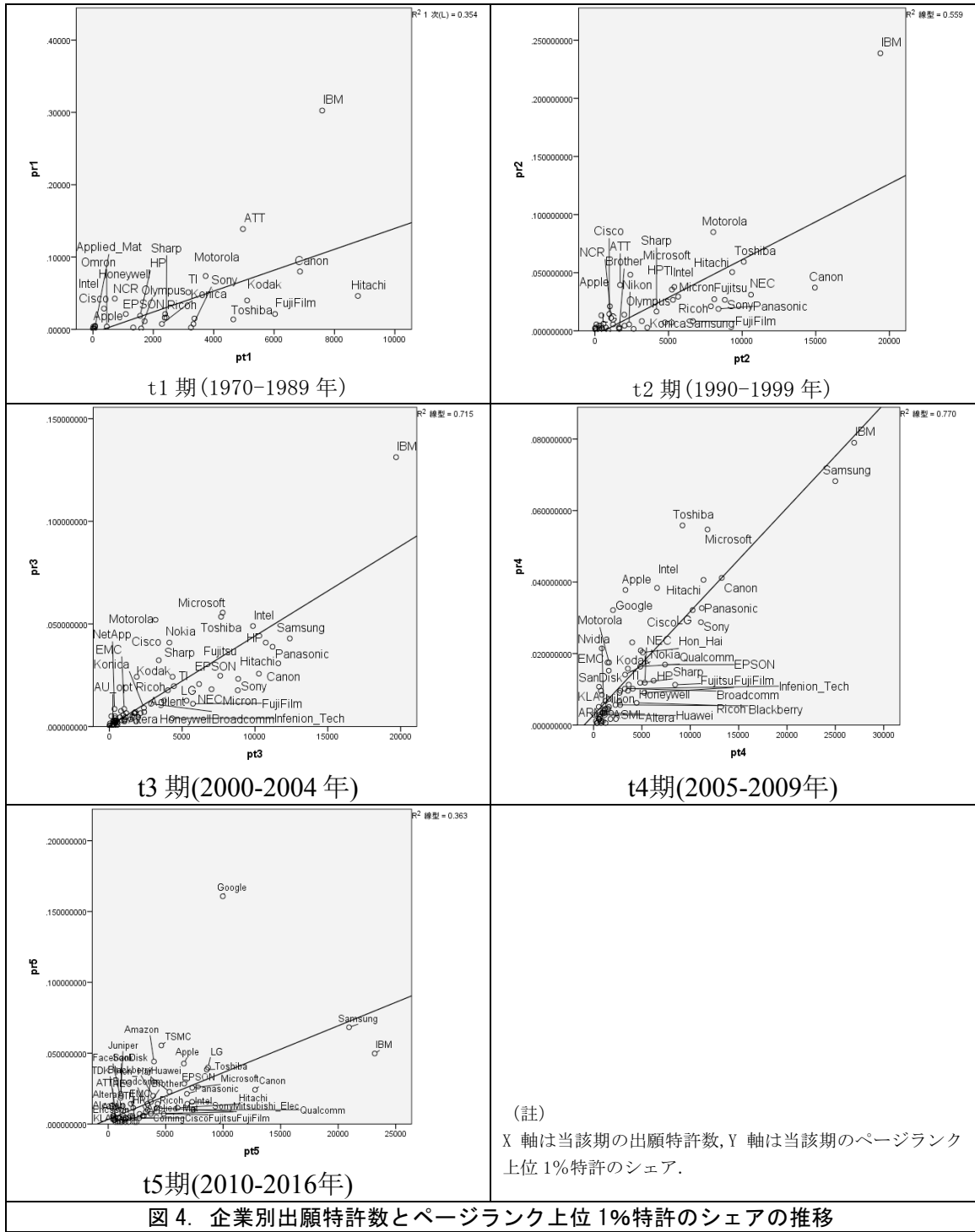


図 4. 企業別出願特許数とページランク上位 1%特許のシェアの推移