

特許データにもとづく、移動通信体分野における R & D 傾向と企業パフォーマンスに関する分析

鈴木勝博[†] 坂田淳一[†] 細矢淳[†]

本研究は、近年目覚ましい技術革新を遂げている携帯電話端末について、関連する特許データの統計分析を行うことにより、各通信キャリアの R & D に関する特徴や差異を定量的に捉えるとともに、企業パフォーマンスとの関係性を探ることが目的である。企業業績の代替指標として、契約者数を用いたパネル分析の結果、製薬業や製造業における先行研究と同様に、特許出願数と企業パフォーマンスには強い相関が見られたが、タイムラグの短さが本セクタの特徴である。

Analysis of Firm's Performance in Japanese Mobile Telecommunication Industry based on Patent Data

Katsuhiko Suzuki[†], Junichi Sakata[†] and Jun Hosoya[†]

Mobile telecommunication industry has been showing remarkable technological progress in these twenty years. Especially, cell phones in Japan are equipped with unique functions based on high technologies such as one-seg television. In this paper, we investigate the technological characteristics of R&D in Japanese telecommunication carriers based on patent data. We also analyzed the relationship between patent applications and subsequent firm's performances, by panel data analysis. Similar to former studies, strong correlation between patent applications and the number of subscribers is found, however, it is shown that concerning time-lag is short in this sector.

[†]早稲田大学 理工学術院 国際情報通信研究センター
Global Information and Telecommunication Institute, Faculty of Science and Engineering, Waseda University

1. はじめに

1.1 研究の目的

本研究は、著しい技術革新を遂げ、発展を続けている移動体通信体分野について、関連する特許データの統計分析を行い、日本における同分野の通信キャリアの R & D 活動に関する技術戦略における特徴や差異を定量的に捉えるとともに、R & D 活動と企業パフォーマンスとの関係性を探ることが目的である。

我が国における携帯電話の累積契約数は既に 1 億件を突破しており、限られたパイをキャリア間で奪いあうような「ゼロサムゲーム」の様相を呈しつつある。このような背景のもと、通信料金の低価格化とともに顧客獲得の重要な鍵となっているのは、先端技術にもとづいた新機能やサービスである。わずか十数ミリ程度という厳しい空間的制約をもつ携帯電話の中には、超小型コンデンサ、有機 EL パネル、高性能リチウムイオン電池といった先端研究の成果が次々と採用され、機能の向上が行われている。

本研究では、各通信キャリアの出願特許にもとづき、それぞれの R & D 活動の傾向や技術的な力点を明確化するとともに、成果指標のひとつである契約者数と出願特許数との関係性に関する分析について報告する。先端技術へのニーズの源泉となっている携帯電話に関する特許データを分析することは、今後の当該分野の技術革新や国際競争の方向性を定量的に把握する上でも、有効だと考えられる。

1.2 研究の背景と研究方法

企業の R & D 活動を研究するにあたって、「特許」は有効な基礎データであり、これまでも様々な先行研究において分析が行われてきた。新しい技術分野の勃興とその進展に関する動向は、特許データによってある程度定量的に捉えることが可能だと考えられるが、典型的には、以下のような特許数の推移進展が考えられる：(1) 独創的な発明により、新しい技術分野が産まれる。(2) 同技術を応用した新製品の市場化に向け、特許出願数が増加し、コア特許とそれをサポートする重要特許が出揃ってゆく。(3) ある程度、コア特許と周辺特許がでそろうと、出願件数はピークを越えて減少傾向に転じ、つぎの重要な発明が起きるまで沈静化する。このような推移パターンは、たとえば Baseberg などによって指摘されているが、Basic Innovation の出現のあとで特許出願件数が増加し、その中で Basic Patent が産み出されてゆく概念図が記されている [4]。あわせて、本質的なイノベーションの出現時期と特許数がピークを迎える時期とのタイムラグは、技術分野によって異なるであろうことも指摘されている。

同様に、個々の企業の分析においても、R & D 活動の活発さを測る指標として、出願特許数や登録特許数は利用されてきている。例えば、Comanor と Scherer は、米国の製薬会社 57 社について、1950 年代の特許出願件数・登録件数と新製品の売上（市

場導入後 2 年間) との関係性を調べ、3 年のタイムラグをもって強い相関があることを示している [1]. また、最近では、2000 年初頭のドイツの機械製造業 50 社について、Ernst が、ラグ付の説明変数を用いたパネルデータ分析を行い、やはり、3 年程度のタイムラグをもって出願件数と企業業績に有意な相関があらわれることを示した。さらには Ernst は、ドイツ国内への出願特許よりも、欧州特許庁への出願特許のほうが強く企業の業績に寄与すること示している [3]. このような分析は他にも事例が存在し、特許と企業業績について、軒並み、何らかの相関が存在するという報告が数多くみられるが、なかには 2007 年の Graham and Higgins のような反例も存在する [4]. Graham and Higgins は、Comanor and Scherer と同じく、米国の製薬会社 計 308 社に対する分析を実施したが、分析の対象時期は異なり、1985 年から 2001 年の特許データを用いている。そして Comanor and Scherer と同様な手法を用いた結果、意味のある強い相関は認められなかった、と結論づけられている。ただし、同論文においては、17 年にわたる長期データを用いていることが相関低下の一因とも考えられ、分析手法にはいまだ改良の余地はありそうに思われる。

本研究では、国内の大手通信キャリアに対し、R & D の傾向を探るため、1990 年以降 2007 年までの特許データにもとづく分析を実施した。データの検索と集計に関しては、特許庁が発行する整理標準化データをもとに、独自に再構築したリレーショナルデータベースを活用した。整理標準化データは、毎月 DVD が発行されており、誰でも購入が可能である。ただし、XML データもままでは検索・集計クエリの効率が悪いいため、本研究では RDB 化をおこなっている。なお、技術的な内容の識別には国際特許分類コード (IPC コード) を利用した。また、外部データとして、社団法人 電気通信事業者協会が公開している携帯電話契約数を用い、研究開発成果と業績との関係性に関する分析を行った。

2. 分析

2.1 出願・登録状況

今回分析の対象とした通信キャリアは、NTT ドコモ、au (KDDI)、ソフトバンクモバイルの 3 グループである。これらのグループは、それぞれの歴史的経緯を勘案しても、あるいは、契約数のシェアから考えてみても、日本における移動通信サービスに関する代表的な企業グループだといえよう。なお、過去においてはより多数の企業グループが形成されていたため、それらは全て上記 3 つのグループのいずれかに名寄せを行った。特許出願人としての法人数は、「NTT ドコモ」に名寄せされたもので計 27 社、「au」計 41 社、「ソフトバンク」計 53 社となっている。例えば、ドコモでは、日本の各地域に関連法人が存在することに加え、過去においては「NTT 移動通信網株式

会社」という組織名であったため、このような集計値が得られている。また、au やソフトバンクにおいては、企業合併や事業主体の変更が行われてきており、関連する法人数は、ドコモよりもさらに大幅に多くなっている。

さて、各グループ別の、近年の契約数の推移は、図 1 の通りである。

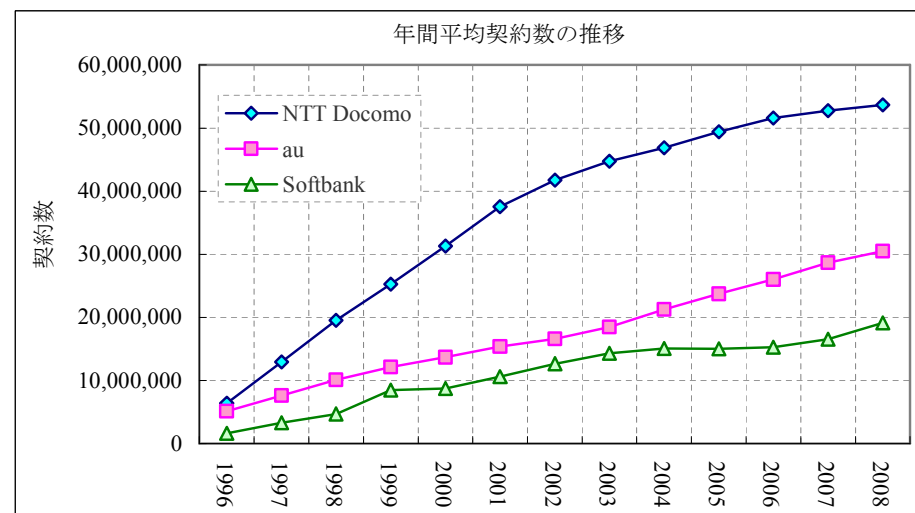


図 1 年間平均契約数の推移 ((社) 電気通信事業者協会データに基づく)

2008 年における 3 グループの合計契約数は 1 億件を突破し、その伸び率に若干のかけりが見られるものの、依然として年間 500 万件近い増加数を示している。最も大きなシェアを占めているのはドコモであり、官営であった歴史的背景を十分に活かしているものと思われる。契約数の伸び率の推移は三者三様であり、2002 年ごろまではドコモの伸び率の大きさが目を引くが、その後、2006 年ごろまでは au の伸び率ももっとも大きくなっており、2007 年からはソフトバンクがこれに取って代わっている。

図 2 に、3 グループそれぞれの特許出願件数と登録率の推移を示す。本グラフにおける「年」は、当該特許の「出願日」を基準としていることに注意されたい。出願件数については、1998 年以降、ドコモが劇的な伸び率を見せており、他の 2 グループを圧倒している。今回の対象期間における 3 グループの総出願件数に対し、実に 68% がドコモによる出願で占められている。ドコモの契約数は、2008 年の時点において 3 グループ全体の 52% を占めているが、その比率と相対的に比較しても、同グループの

出願件数の多さは際立っている。

一方、出願した特許のうちの何%が登録されたのか、その比率の推移を記したのが図2(b)である。1990年から1993年にかけて au の登録率の高さが目を引くが、同グループの同時期の出願件数は数十件レベルであり、比較的少ないことも勘案しておく必要がある。これに対し、ドコモは1994年から1997年にかけて7割程度の高い登録率を示しており、この期間、R&D活動と知財戦略が整合していた事が示唆される。対照的に、同時期における au は、(出願件数は増加しているものの)登録率は5割を切る水準に低下し、そのまま2001年まで緩やかな減少を続けている。ただし、1998年以降はドコモの登録率も同様に低下し、1993年以前の水準(40%~50%)に戻っている。

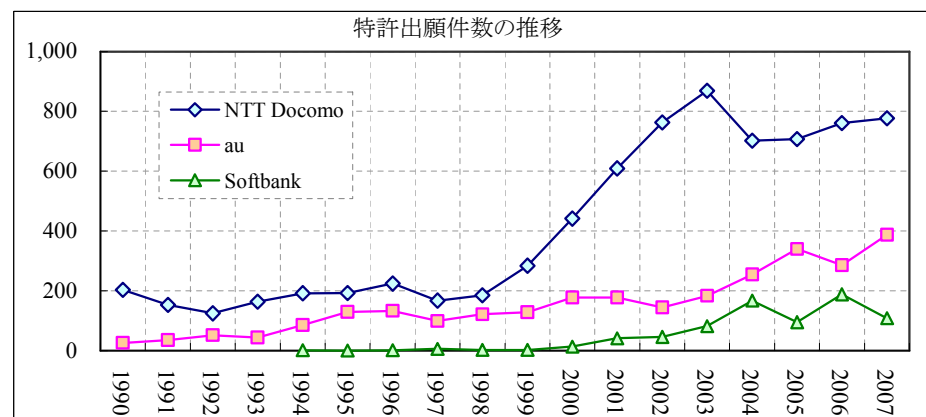


図2 (a) 特許出願件数の推移。

これに対し、後発のソフトバンクは2001年以降出願件数が急増しており、他の2グループには及ばないものの、年間百数十件程度の活発な出願活動を行っている。特筆すべきは同グループの登録率の高さであり、2001年から2005年まで、3グループで最も高い登録率を示し続けている。その理由としては、後発のディスアドバンテージを挽回するための活発かつ整合的なR&D施策が考えられよう。後述のように、本業界においては、出願件数と契約数は非常に強い相関を示すため、同グループの今後の出願・登録動向は注視に値する。

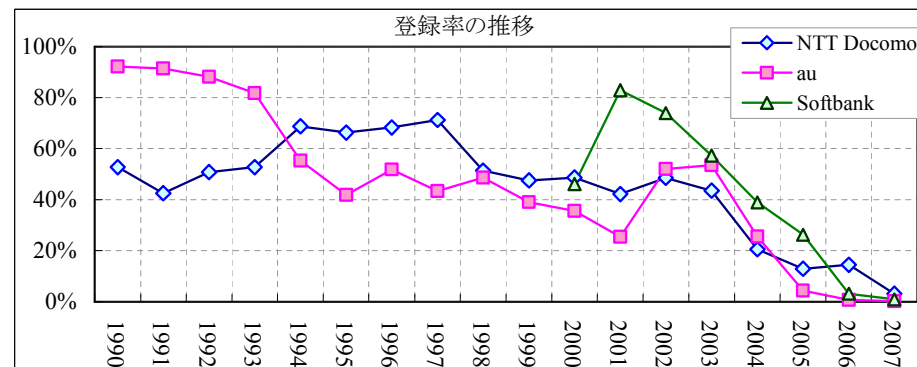


図2 (b) 登録率 (=登録件数/出願件数) の推移。

2.2 技術面での特色

次に、3キャリアそれぞれの出願特許における技術分布を表1に示す。各特許に付与された筆頭IPCコードに着目し、総出願件数の80%強を占める、上位8つのIPCサブクラスの内訳を示した。3グループ合計で最も件数が多い技術は「H04Q」(通信局間の接続等に関する「選択」)であり、全件の17%を占めている。これに続いて、「H04L」(デジタル情報の伝送:17%)、「G06F」(電気的デジタルデータ処理:15%)の順となっているが、これら3つのIPCサブクラスに属する出願が、全件のほぼ半数を占めている。

一方、各キャリア別の集計にはそれぞれの特色があらわれている: 総出願件数の7割弱を占めるドコモにおいては、上述とほぼ同様な順位傾向となっているが、三位の「H04L」(デジタル情報の伝送)と並び、「H04B」(伝送)がほぼ同数を占めていることが特徴的である。

これに対し、auでは一位が「H04L」(デジタル情報の伝送:23%)、二位「H04N」(画像通信:13%)、三位「H04B」(伝送:13%)となっており、ドコモとはかなり異なる様相を呈している。特に、「H04N」(画像通信)の多さは特筆すべきであり、同グループの技術的特色とみなしてよいものと思われる。しかしながら、『伝送技術』に関連した「H04L」(デジタル情報の伝送)・「H04B」(伝送)はドコモ・auともに共通して出願数が多く、ふるくから移動通信サービスを支えてきた両グループならではの結果となっている。

これに対し、後発のソフトバンクにおいては、一位「H04M」(電話通信:27%)、二位「G06F」(電気的デジタルデータ処理:27%)となっている一方、『伝送技術』に関する特許は全体の12%にとどまっている。後発ゆえ、先発の2グループにない強み

を訴求するための R&D 施策がとられているものと考えられ、端末筐体に関する工夫や、データや画像の処理など、通信そのものに関する R&D よりも、アプリケーションに関するそれに力点が置かれていることが示唆されている。このような戦略は、今後、日本の携帯電話産業が世界へ再進出を試みる際にも参考になるものと思われる。

表 1 各キャリアにおける IPC サブクラス別出願・登録動向

3グループ合計 (1990-2007)				NTT Docomo		au		Softbank	
IPC (Subclasses)	内容	出願件数	登録登録率	出願件数	登録登録率	出願件数	登録登録率	出願件数	登録登録率
1 H04Q	選択【通信局間の接続に関する選択方法、回路、装置等】	1,877 (17%)	848 45%	1,610 (21%)	755 47%	159 (6%)	50 31%	108 (14%)	37 34%
2 H04L	デジタル情報の伝送 (例. 電信通信)	1,832 (17%)	703 38%	1,130 (15%)	489 43%	642 (23%)	166 26%	60 (8%)	34 57%
3 G06F	電氣的デジタルデータ処理	1,613 (15%)	223 14%	1,069 (14%)	144 13%	342 (12%)	44 13%	202 (27%)	29 14%
4 H04B	伝送【情報を搬送する信号の伝送、監視および試験用装置、等】	1,456 (13%)	573 39%	1,070 (14%)	432 40%	356 (13%)	114 32%	30 (4%)	12 40%
5 H04M	電話通信	987 (9%)	334 34%	613 (8%)	208 34%	168 (6%)	48 29%	206 (27%)	66 32%
6 H04N	画像通信 (例. テレビジョン)	620 (6%)	229 37%	232 (3%)	53 23%	363 (13%)	151 42%	25 (3%)	11 44%
7 H04J	多重通信	397 (4%)	151 38%	283 (4%)	104 37%	110 (4%)	38 35%	4 (1%)	0 0%
8 H01Q	空中線【1次輻射素子、関連する2次装置 (電波の吸収、偏波、等)】	336 (3%)	161 48%	297 (4%)	133 45%	34 (1%)	20 59%	5 (1%)	1 20%
小計		9,118 (82%)	3,222 35%	6,304 (84%)	2,318 37%	2,174 (78%)	631 29%	640 (85%)	190 30%
総計		11,068 (100%)	3,723 35%	7,517 (100%)	2,673 36%	2,799 (100%)	823 29%	752 (100%)	227 30%

2.3 特許出願件数と契約者数との相関

さて、このような「R&D」は、企業のパフォーマンスとどのように結びついているのであろうか？ 先述の先行研究においては、企業の成果指標として「新製品の売上」などが用いられているが、一方、開発サイクルがきわめて早く、急激な成長をとげた

本業界においては、長期の売上データをそのまま分析に用いる場合、何らかの調整が必要となろう。実際、10年前と比較して、携帯電話の通話料のディスカウントは顕著となっており、成熟期に移行しつつある本業界においては、そのようなフェイズの変化なども含めて勘案する必要があるように思われる。そこで、本研究では、各グループのパフォーマンスをあらわす最もシンプルなデータの一つとして、契約者数を利用した。

図 3 は、出願件数と契約者数を用いた散布図、ならびに、その回帰直線である。3グループ全体のプーリング・データによるシンプルなモデルではあるが、0.91 という極めて高い決定係数が得られている。かような強い相関は、例えば、製薬業界に関する先行研究においてもあらわれているが [1]、R&Dの成果がそのまま最終製品の機能や差別化に直結する、という意味においてわかりやすい結果だといえよう。同様に、この20年ほどの間に急速に普及し、他の国に例をみないような高度な機能までもを実現してしまった日本の移動通信サービス業界においても、同様な「高い相関」が得られているのは、総合的な結果だと思われる。

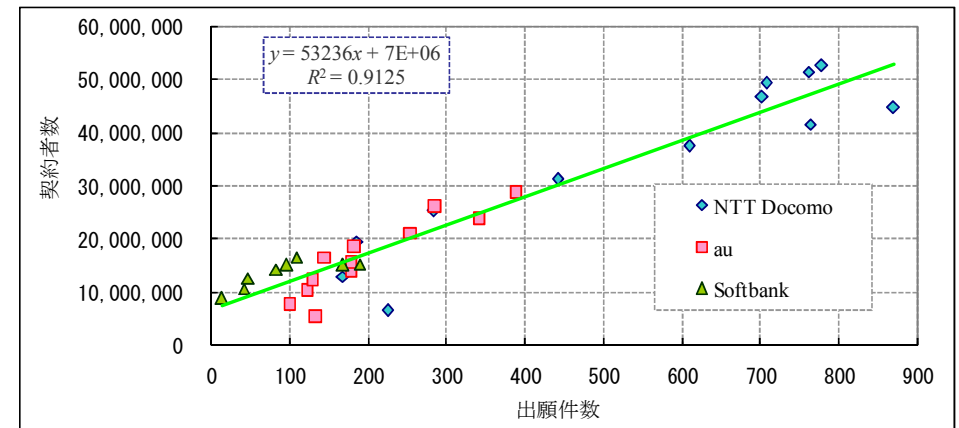


図 3 特許出願件数と契約者数の関係 (タイムラグ無し)。

さて、特許出願とその成果指標との間には、通常、何年かのタイムラグが存在すると考えられる。そこで、説明変数である出願特許にタイムラグを与え、これを変化させながら回帰分析をおこなったところ、表 2 のような結果が得られた。

表 2 タイムラグによる回帰の違い

タイムラグ	無し	1年	2年	3年
R2	0.96	0.95	0.93	0.90
調整済 R2	0.91	0.91	0.87	0.81
有意 F	2.03E-17	1.59E-15	2.79E-12	5.32E-09
切片	6,663,880	9,021,677	11,560,129	14,048,254
p 値	3.95E-06	7.44E-08	5.54E-08	3.73E-07
回帰係数	53,236	53,125	52,496	51,677
p 値	2.03E-17	1.59E-15	2.79E-12	5.32E-09

図 3 のように、本データセットにはもともと極めて高い決定係数が存在しているため、表 2 のどのタイムラグにおいても十二分な適合度となっている。ただし、年次が過去にさかのぼるほど決定係数は小さくなっており、相対的に比較すれば、タイムラグ無しの場合の決定係数が最も高い。これは、開発サイクルの速い携帯電話業界ならではの事情を反映しているものと思われる。製薬業や製造業においては 3 年程度のタイムラグが報告されているが、本業界においては、タイムラグが短いほど適合度の高いモデルとなることがわかった。

さて、Ernst の先行研究においては、タイムラグを考慮したパネルデータ分析が試みられており、

$$S_{i,t} = c_i + \sum_k b_k P_{i,t-k} + \varepsilon_{i,t}$$

という形のモデルが採用されている。ここで、 i は企業、 t は年、 k はタイムラグ（過去何年目までさかのぼるか）をそれぞれあらわし、また、 $S_{i,t}$ は従属変数、 $P_{i,t-k}$ はタイムラグ k 年の独立変数、 $\varepsilon_{i,t}$ は誤差項である。また、企業のキャラクターが反映される「固定効果」は、切片 c_i によって表現される。なお、Ernst によるドイツの製造業の分析においては、4 種類の k （1 年～4 年）を採用している。今回の分析に本モデルを適用するとした場合、 $S_{i,t}$ として各キャリアの契約者数、 $P_{i,t-k}$ として、各キャリアにおけるタイムラグ k 年の特許出願件数を用いれば良いが、一方、前述のよう

に、すでに、単純なプーリング・モデルでも十分な決定係数が得られている。また、Ernst のモデルにおいては、タイムラグ操作が施された変数を「新たな説明変数」とみなしているが、一方、本データにおける説明変数は、タイムラグを施しても相互に非常に強い相関（0.9 以上）を既にもっており、このモデルでは多重共線性の影響が出てしまうものと思われる。よって、今回の分析においては、タイムラグを持たない $k = 0$ の説明変数のみを利用し、通常のパネル分析を行うこととした。

さて、パネルデータ分析では、プーリング・モデル、固定効果モデル、ランダム効果モデルの 3 つのモデルに対し、どれがもっとも好ましいのか、それぞれ二者間の仮説検定によってこれを判断する。経済現象を表現するにあたっては、一般に、モデルはより簡単なほうが好ましい。モデル選択の仮説検定においては、より簡単なモデルを帰無仮説とし、より複雑なモデルを対立仮説に設定する。今回のケースにおいては、プーリング・モデルとランダム効果モデルの推計結果は、同一のものとなった。実際、後者において、企業固有の誤差分散項は、平均分散ともにゼロと推定され、消えることになった。したがって、プーリング・モデルと固定効果モデルの選択について、比較を実施した。

この二者の選択における検定の結果は下記表 3 の通りである：

表 3 プーリング・モデルと固定効果モデルの選択に関する検定の結果

	Statistic	d.f.	p 値
Cross-section F	0.899642	(2,32)	0.4168
Cross-section Chi-square	1.969333	2	0.3736

F 検定の結果からあきらかなように、P 値は 42% と大きく、帰無仮説を棄却できない。よって、対立仮説の固定効果モデルを特に支持する結果とはなっておらず、プーリング・モデルで十分である。表 4 に、各係数の推計結果を示す。

表 4 プーリング・モデルの係数

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	p 値
切片	6135729	1011283	6.067271	0.0000
回帰係数	54261.86	2726.436	19.90212	0.0000

3. 考察とサマリー

本稿では、日本国内の移動体通信キャリアについて、そのR&Dのアクティビティを把握し、技術的力点を明確化するとともに、その効果について調べるため、特許データを用いた分析を実施した。特許庁の整理標準化データをもとに、NTT ドコモ、au、ソフトバンク・モバイルの各グループについて、1990年から2007年までの出願・登録状況を分析した。加えて、電気通信事業者協会が公表している、1996年から2007年までの各グループの契約者数データを利用した。

契約者数シェアの52%を占めるドコモが、出願数でも三キャリアのトップを占めたが、その比率は全体の68%という大きなものであった。特に、1999年から2003年にかけて、ドコモの出願件数の増加は他の二グループと比べて甚だしく大きく、同社がR&Dへ大きく注力していたことが示唆される。一方、特許の登録においては、1990年代初頭のauと、2000年以降のソフトバンクの登録率の高さが目を引く。通常、民間企業における特許の登録率は50%程度、大学などのそれは80%程度といわれている。これに対し、au(KDDI)は1990年から1993年にかけて、80%以上の登録率を示しており、民間企業としては特筆すべき高さとなっていた。また、2000年以降は、ドコモもauも、軒なみ50%程度の登録率に落ち着いているのに対し、ソフトバンクはこれらよりも高い登録率を示し、特に、2001年は80%程度の高い数値を示していることは特徴的である。いずれにしても、高い登録率は、グループ内での研究開発活動と知財戦略が整合している事を示唆している。

特許の技術的内容の分析については、筆頭IPCコードに着目した。IPCサブクラスのレベルでは三グループ三様の分布が見られており、NTTドコモでは「通信局間の接続に関する選択方法(H04Q)」と「デジタル情報の伝送(H04L)」がともに17%を占め、トップであった。これに対し、auでは「デジタル情報の伝送(H04L)」が23%を占めトップ、ソフトバンクでは「電話通信(H04M)」と「電氣的デジタルデータ処理(G06F)」がともに27%でトップであった。ドコモは、あらゆる技術について、満遍なく特許を出願しているが、auやソフトバンクは、ドコモよりも一部の技術に集中して特許を出願している。特に、最後発のソフトバンクは、上記2つの技術で全体の過半数を占めていることは特徴的である。ドコモやauは基地局に関する特許を相当数出願しているが、ソフトバンクではこれらは少なく、おそらく、アプリケーションよりの特許に注力しているものと思われる。本点は、さらに今後、詳細を調べる予定である。

最後に、R&D活動がどの程度契約者の獲得に結びついているのか、パネル分析を実施した。三グループのデータを全てあわせて用いたプーリング・モデルでは、決定係数が0.9を超え、極めて高い適合度を示した。あわせて、固定効果モデルやランダム効果モデルについても推定とモデル選択に関する検定を行ったが、本データでは、

もっともシンプルなプーリング・モデルは棄却されなかった。このような高い相関は、1950年代の米国製薬会社のそれと似ているが、開発スピードが極めて速く、世界的にみても特異なレベルの高機能を有するようになった日本の携帯市場においては、R&Dの成果がそのまま顧客獲得に結びつきた、と解釈しても矛盾しないであろう。なお、多くの先行研究においては、特許出願が売上などの成果指標に結びつくのに3年から4年程度のタイムラグを要する事が報告されているが、本データでは、タイムラグ無しの場合に、もっとも適合度の高いモデルが得られた。これは、タイムラグが短いデータのほうが良いモデルになることを意味しており、携帯電話業界の開発スピードの早さが反映されているものと思われる。ただし、タイムラグを考慮した場合でも、通常の統計分析の意味においては十二分に高い適合度が得られていることも確かであり、今後、補助データを用いての追加分析を実施する予定である。具体的には、売上データを用いてタイムラグ付きのモデルを再度検証すること、ならびに、海外のキャリアに対しても同様な分析を実施していく予定である。よく知られているように、日本の携帯キャリアは、機能的には遅れている海外の携帯メーカーにグローバル・マーケットで敗れ続けており、そのような現状に対し、特許データを用いた技術的観点からも、なんらか有意義な知見が得られることが期待されよう。おそらく、各社が力をいれている技術分野についても差が出てくる可能性があるため、この方向での調査と分析を、引き続き実施していく予定である。

参考文献

- 1) Baseberg, B. L.: Patents and the measurement of technological change: A survey of the literature, *Research Policy* 16, 1987, pp.131-141.
- 2) Comanor, W. S. and Scherer, F. M.: Patent Statistics as a Measure of Technical Change, *Journal of Political Economy*, Vol. 77, pp. 392-398, (1969).
- 3) Ernst, H.: Patent applications and subsequent changes of performance: evidence from time-series cross-section analyses on the firm level, *Research Policy* 30, pp. 143-157, (2001).
- 4) Graham and Higgins (2007), SSRN digital archive:
- 5) Kodama, F.: *Emerging Patterns of Innovation*, Harvard Business School Press, (1995).
- 6) Verspagen, B.: *Measuring Intersectoral Technology Spillovers: Estimates from the European and US Patent Office Databases*, *Economic Systems Research* 49, pp. 47-65, (1996).