

情報通信技術の成熟度と資産価値の推移モデル

林 良太郎† 横澤 誠†‡ 木下 貴史†‡
† 京都大学大学院 情報学研究科
‡ 株式会社 野村総合研究所

ICT 企業にとって、企業として保有する、あるいは各技術者が内包している情報通信技術に関する知識は、収益を生み出す無形資産として非常に重要であるが、情報通信技術の急速な進歩に合わせて、その資産的価値は変動していく。また ICT 企業の技術戦略策定にあたっては、個々の技術の成長と衰退を捉えた判断を下すことが極めて重要である。そこで本研究では、情報通信技術の成熟度を評価する手法について考察する。個別の技術について、関連する論文の投稿数や特許の登録数の経年変化に着目し、各時点における技術の成熟具合とそれらの数値との関係性について検証し、さらに、その関係性に基づいた、個々の技術の成熟度を視覚的に捉えるための推移モデルを提案する。

Maturity of ICT and the Transition Model of Its Asset Value

Ryotaro Hayashi† Makoto Yokozawa†‡ Takafumi Kinoshita†‡
† Graduate School of Informatics, Kyoto University
‡ Nomura Research Institute, Ltd.

The knowledge about ICT which ICT companies or their engineers have is very important for them as intangible assets making profits, and its asset value is changed by the rapid progress of ICT. Also, when they draw up their technological strategies, it is very important to judge in keeping with the growth and decline of each technology. In this paper, we consider how to value the maturities of ICT. We focus the change across the ages of the numbers of submitted articles or registered patents about each technology, verify the relation between the numbers and their technological maturity, and propose the transition model based the relation in order to recognize their maturity visually.

1. はじめに

企業価値を評価する上で、無形資産の評価が重要になってきており、無形資産の評価手法についての研究が盛んに行われている。無形資産の定義はあいまいで、何を無形資産として捉えるかに関しては諸説あり、またそれらの評価手法についても様々なものが提案されている。

情報通信産業は、企業価値全体に占める無形資産の価値が最も大きい産業の一つであり、ICT 企業にとって種々の無形資産は収益源として非常に重要である。中でも、企業に属する技術者、あるいは組織として保有している情報通信技術に関する知識が ICT 企業の無形資産として重要であるが、こうした技術に関する知識は、情報通信技術の急速な進歩にともなう個々の技術の成長や衰退によって、その資産的価値が大きく変動する。従って、ICT 企業の企業価値を評価する際には、個々の情報通信技術の成長や衰退などの技術動向を踏まえる必要がある。

また、情報通信技術の動向を調査することは、ICT

企業の技術戦略の策定に不可欠である。企業の持つ限られた資源を、成長しつつある技術に投入し、衰退しつつある技術から引き上げて、適切な技術ポートフォリオを構築したり、将来を見据えた技術者の育成を行ったりするためには、個々の技術の成長と衰退を定量的に評価する必要がある。

そこで本研究では、情報通信技術の今後の成長と衰退に関する評価値としての成熟度の評価手法を提案する。関連研究として技術ライフサイクルの概念について 2 章で述べ、技術の衰退要因について 3 章で述べる。そして本研究の仮説として、技術の普及具合と論文投稿数と特許登録数の関係について 4 章で述べ、5 章では仮説に対する検証について述べ、本研究で提案する技術成熟度の表現モデルについて 6 章で述べる。最後に、本稿のまとめと研究の今後の展望と課題について 7 章で述べる。

2. 技術の進歩

2.1. 技術ライフサイクル

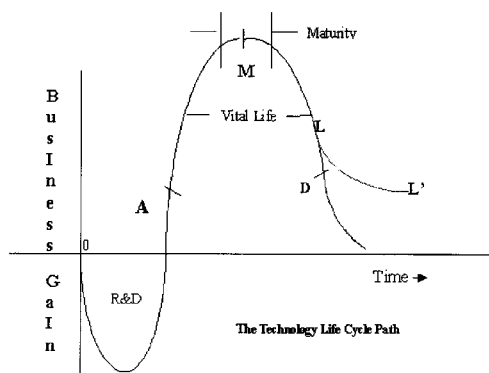


図1 技術ライフサイクル

個々の技術について、それが研究開発によって誕生してから、社会に普及した後に利用されなくなるまでの技術の進歩に関しては、Everett M. Rogers [1]の技術普及理論に基づいた、技術ライフサイクル (The Technology Life Cycle) という概念が広く知られている。

技術ライフサイクルの概念では、技術の進歩の過程を、導入期、成長期、成熟期、衰退期の四段階に区分する。導入期は、技術の研究開発が進められている段階である。この段階は、技術から収益を上げる以前の段階であり、将来の収益性を担保に、研究開発に多額の投資が行われる。成長期は、技術やそれに基づく製品やサービスが市場に投入されてから、市場に受け入れられ、社会に普及していく段階である。成長期は、技術の収益性への信頼性が高まり、研究開発を先行させていた企業の他、いくつかの企業が事業化に踏み切ることから始まる。対象となる市場は、必ずしも導入期に想定していた市場と一致するとは限らない。社会に十分普及し、市場において飽和することで、成熟期に移行する。成長期にみられるような市場における普及の進展はみられないものの、依然として市場シェアを保ち、利用され続けている段階である。そして徐々に、あるいは急速に製品やサービスの市場におけるシェアを落とし、技術の存在価値が薄れていく段階が衰退期である。衰退期に移行した技術には、そのまま消滅していくものもあれば、縮小後も一定の市場シェアを維持してとどまるもの、そして場合によっては再び成長期に移行するものなど様々である。

2.2. 技術ライフサイクルの例外

導入期において、研究開発費を先行投資する必要がある一方で、技術の将来性は流動的で不確実なものであるため、この段階以降の過程を経ずして消滅してしまう技術も多い。Vernon J. Ehlers [2]は、こうした研

究開発資金の欠乏による技術開発の断絶を“死の谷 (The Valley of Death)”という言葉で比喻しているが、こうした“死の谷”に陥って絶える過程をたどるパターンが存在する。

また、成長期において、製品やサービスが市場に投入されて以降、その市場に普及している既存の製品やサービス、さらにほぼ同時期に市場に投入された競合の製品やサービスとも市場で衝突するために、新技術が製品やサービスとして市場に投入されても、市場に受け入れられず、それ以降の過程を経ずして消滅してしまうものも多い。また市場投入後に顕在化する技術的困難や様々な企業リスクが、それらの要因となることもある。Lewis M. Branscomb [3]は、新技術に基づく製品やサービスが市場投入後にさらされる厳しい環境を“ダーウィンの海 (The Darwinian Sea)”という言葉で比喻している。こうした“ダーウィンの海”での生存競争に敗れて絶える過程をたどるパターンもまた存在する。

また、また、導入期において研究開発が進み、事業化の目処が立っているにも関わらず、速やかに成長期に移行しないパターンも存在する。そうなる理由としては、既存技術あるいは先行して市場に投入された技術が市場シェアを確保するなど競合技術に起因する場合や、技術の基盤となるインフラが十分整備されていないなど技術をとりまく環境に起因する場合などがある。

成長期から成熟期に移行した後、技術の普及度合あるいは利用頻度を維持できずにすぐに衰退期に移行するパターンも存在する。このパターンは見方を変えれば、成長期に順調に成長しながら、突如、何らかの理由によって衰退期に突入してしまうパターンと見することもできる。

そして、衰退期に移行した技術のその後の展開は、そのまま衰退して消滅するパターン、縮小したものの一定の市場シェアや利用度合を維持するパターン、さらにそこから反転して成長期に移行するパターンなど様々である。衰退期以降の展開は、衰退要因によって決定され、衰退要因への対処によって決定される。

なお、上記のパターン以外に理論上考えられるパターンとしては、技術の研究開発の開始直後に成長期に移行するパターン、あるいは一定の成熟期を過ごした後に衰退することなく成長期に戻るパターンが考えられるが、前者は現実的には起こり得ないのは明白であり、また後者は成長期と成長期間の“成熟期”も含めて連続した成長期とみることもできるので、順調なライフサイクル軌道に該当すると考えられる。以上で、技術がたどる過程のパターンは網羅されている。

3. 技術の衰退要因

3.1. 脱成熟と衰退要因

Abernathy, Clark, Kantrow [4]らの研究では、成熟期にある技術が脱成熟をむかえる、すなわち、技術ライフサイクルの経過をたどって成熟期をむかえた状態にある技術が新たな成長過程に移行する要因として、次の二つが挙げられている。一つは、消費者の製品属性に対する嗜好の変化であり、もう一つは、製品機能への新しい技術的アプローチの発見である。彼らの研究では、こうした要因によって生じる技術革新の分類がなされているが、いずれのタイプの技術革新であっても、それが生じることによって既存の技術は衰退する。つまり、上記の二つの脱成熟化要因は、既存技術の衰退要因と考えられる。

3.2. 過去の特許にみる衰退要因

また、技術の衰退要因を過去の事例から調査するため、日本の特許庁に登録されている過去の特許をサンプル調査した。特許として登録された後十分に日時の経過した技術であれば、現在にいたるまでにおいて衰退した技術である可能性が高いという判断のもと、資料が現存する最も古い特許から、客観性とサンプル資料の時期の幅を持たせるために番号を 5000 番刻みに 50 個の特許を抽出した。ただし抽出したサンプルは 1923 年～1971 年のものであり、戦時中の特許をはじめ、いくつかの資料が残されていない場合もあるため、サンプル抽出した特許の番号は必ずしも 5000 番刻みではない。表 1 は、こうして抽出したサンプルについて、その技術の衰退要因によって分類したものである。なお、括弧内の数字は特許番号である。

3.3. 新技術の登場と既存技術の衰退

本節で技術の衰退要因について触れたのは、ICT 企業の技術資産の価値評価においても、ICT 企業の技術戦略策定においても、現時点で注力している既存の技術の衰退の可能性について把握することが極めて重要であるからである。そして、Abernathy [4]らの研究における主張と、我々が行った過去の特許を用いた事例調査から、技術の衰退の要因としては、新技術の登場と成長によって既存の技術からの技術代替と、消費者側のニーズの変化とが挙げられる。

そこで、前者の要因に着目すると、新技術の登場と成長が既存技術の衰退要因であることから、導入期にある技術が成長期に移行する可能性を評価することが、同時に成熟期にある技術が衰退期に移行する可能性の評価につながることになる。従って本研究では、技術

後継技術の登場による衰退	8 件
手動交換式電話局(60192)、輪転印刷機(65000)、枠型無線アンテナ(95000)、振り子・ゼンマイ式時計(100000)、遠隔システムの信号制御方式(105000)、有籽織機(110000)、半導体集積回路の製法(600000)、列車障害物探知レーダー(565000)	
競合技術の登場による衰退	7 件
ナトリウム固形石鹼(80000)、真空管(85000)、ガリ版印刷機(120000)、スリーブと爆破による電線接続(505000)、磁気テープ再生機(515000)、磁気録画再生機(530000)、翼板打上型ブラインド(550000)	
ニーズの縮小による衰退	9 件
電話交換手補助システム(115000)、燃糸錘軸装置(140000)、短繊維屑糸の再製糸(145000)、オシロスコープ式楽器調律装置(510000)、自動植物成長記録計(560003)、ポーリングのピンを排除する装置(580000)、紡錘(70000)、羊毛加工機器(525000)、FM 中継装置(605000)	
規制や自粛による衰退	4 件
水銀スイッチ(150000)、石綿製スポンジ(160000)、海水濃縮装置(175000)、石綿製クラッチ・ブレーキ(180000)	
原料の不足による衰退	1 件
綿実の殻からのセルロース抽出(125000)	
衰退していない技術 (省略)	19 件

表 1 特許サンプルの衰退要因による区別
衰退の二つの要因のうちの一つである、新技術の登場と成長の可能性について評価を行い、同時にそれによる既存技術の衰退の可能性について評価を行う手法を考察する。

4. 技術普及と論文・特許数

新技術登場の可能性について定量的に評価を行うために、新技術の登場を示唆する指標について考察する必要がある。この課題に関する先行研究に目を通すと、例えば山田肇[5]は、新技術の研究開発の頻度を、科学技術論文の投稿数と特許の登録数、あるいは研究者の数と関連付けて述べている。また新宅純二郎[6]は、新技術の研究開発、特許登録、設備投資、技術普及がこの順番で数や規模が上昇することを主張している。村上輝康[7]はこの他に、技報や経済ビジネス誌の記事数、一般の新聞と専門の新聞の記事数、さらに当該技術に関わる組織数も指標として用いている。当然、それらに加えて、実際に技術が利用される度合についてもみる必要があることから、当該技術あるいはその技術を用いた製品やサービスの市場規模も重要な指標である。

新技術の登場の可能性を示唆するこれらの指標のうち、本研究では、研究論文の投稿数と特許登録数に着目した。山田肇[5]の主張によれば、新技術が導入期に

ある段階ではまず科学技術論文の投稿数が増加する。そして成長期に移行すると、企業が科学技術論文の公開を控え始めることでその投稿数の増加に歯止めがかかり、また自社の技術的優位性を確保するために特許の登録数が増加する。また、特許は登録に一定の費用がかかることから、事業化の見込みなくして登録されることはないと思われる。従って、特許の登録数が増加した後は市場規模が拡大していくのではないかとと思われる。よって、科学技術論文の投稿数の増加の後に、特許登録数が増加し、さらにその後市場規模が拡大するというのが、本研究で検証を行う仮説である。そして、新技術が登場し、成長する可能性を、その技術に関する科学技術論文の投稿数と特許登録数、そして市場規模の拡大へと繋がる指標の伝播に着目することで評価する方法を模索するのが狙いである。

5. 検証

5.1. 利用したデータ

上記の仮説を検証するため、いくつかの具体的な技術について検証を試みた。なお、データとして利用したのはすべて Web 上で得られるもので、以下のサイトを利用したものである。

- 論文…CiNii 論文情報ナビゲータ[8]
- 特許…特許電子図書館[9]
- 市場…技術ごとに個別に Web から入手

5.2. 論文増加から特許増加

次項に、PHS についての科学技術論文の投稿数と特許登録数の推移をグラフで示した。このグラフを見ると、特許登録数の増加に先んじて論文投稿数が増加していることが分かる。これは、CDMA や ADSL といった技術についても当てはまる。この検証から、新技術の登場の際には、科学技術論文の投稿数の増加は特許登録数の増加のシグナルとして利用できる。

5.3. 特許増加から市場拡大

次項に、ADSL についての特許登録数、契約回線数の推移をグラフで示した。企業が市場の成長を見越して特許登録をするためか、あるいは特許を登録した企業が積極的に市場を開拓するためか、その因果関係は定かではないが、特許登録数の増加は市場の成長に先んじる。これは、新技術として登場するときについては、他の技術についても同様である。この検証から、新技術の登場の際には、特許登録数の増加は市場の成長のシグナルとして利用できる。

5.4. 論文増加後に特許が増加しない例外

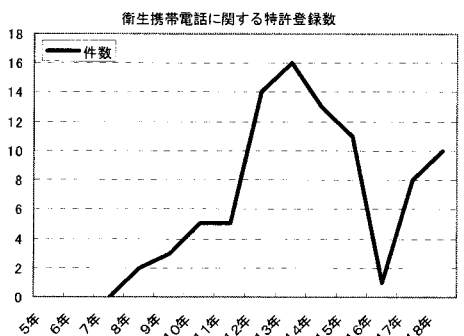
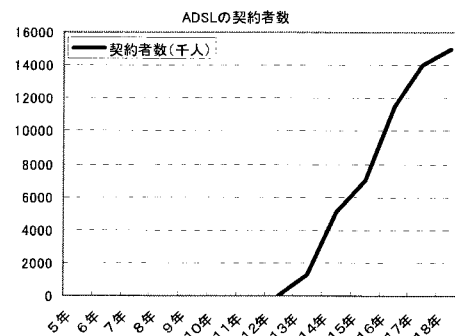
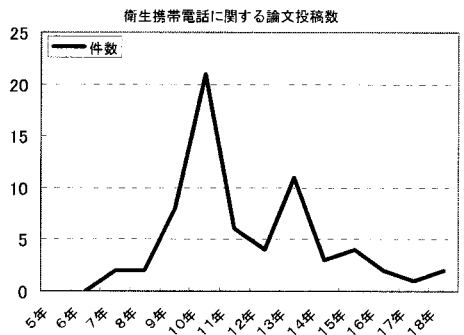
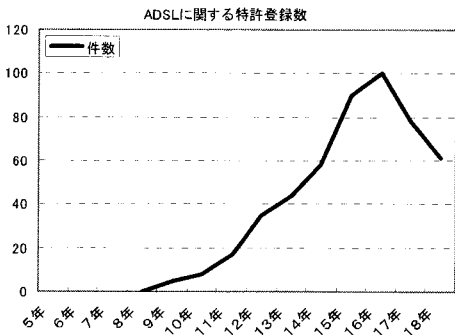
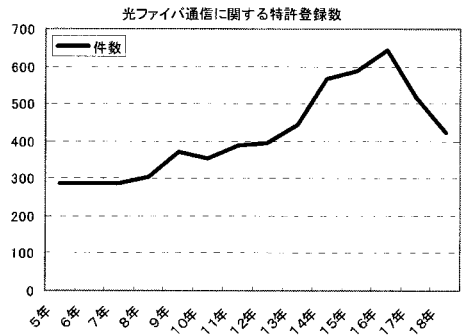
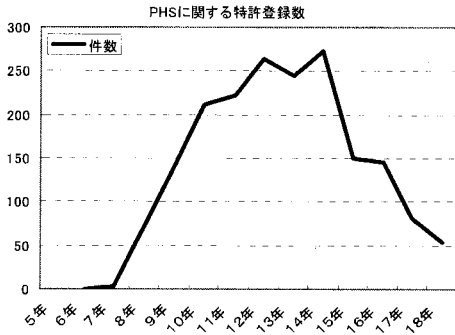
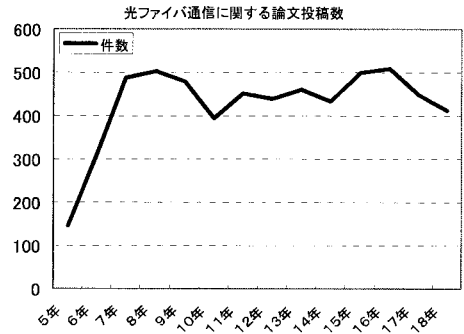
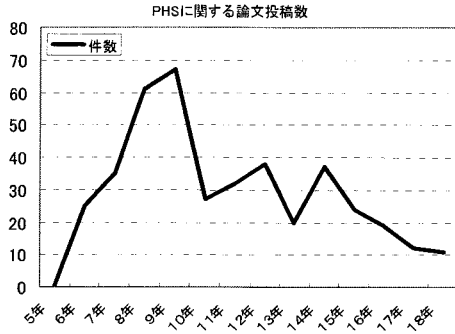
次項に、光ファイバ通信ケーブルに関する論文投稿数と特許登録数の推移をグラフで示した。光ファイバ通信ケーブルについては、論文投稿数の増加時期からかなり遅れて特許登録数が増加している。高速通信回線の技術として光ファイバは早くから研究が進められていたにも関わらず、電話回線網という既存のインフラを生かした ADSL が先行して普及が望まれたために、その普及は遅れた。研究が進んでも、市場投入がみえない間は特許の登録は控えられることがうかがえる。従って、論文投稿数の増加は必ずしも特許登録数を増加させるとはいえない。

5.5. 特許増加後に市場が拡大しない例外

次項に、元々は米国の軍事技術であった衛星携帯電話についての論文投稿数と特許登録数の推移をグラフで示した。日本での衛星携帯電話サービスは、米イリジウム社と提携した日本イリジウム社(平成5年設立)が担っていたが、日本イリジウム社は平成12年にサービスを停止し、衛星携帯電話サービスの民間利用は頓挫した。サービス導入にあわせて、論文投稿数も特許登録数も増加したが、それに続いて市場が拡大することはなかった失敗事例である。この検証から、新技術が登場し、研究開発が進展し(論文投稿数が増え)、市場投入が期待され(特許登録数が増え)、しかし市場が思うように拡大しない場合もあり得る。

6. 技術成熟度の表現モデル

検証の結果、いくつかの例外が考えられるとはいえ、論文投稿数の増加、特許登録数の増加、市場の拡大と順を追って続いていくことがみえてきた。従って、ある技術について、論文投稿数を横軸、特許登録数を縦軸、市場規模をバブルの大きさに設定したバブルチャートを考え、それらを時系列にチャート上に並べると、バブルの位置とサイズは図2のように変化していくことが考えられる。まず、特許登録数や市場規模の拡大に先んじて、論文投稿数が増加するために、小さなバブルが左下から右下へ移動する。論文投稿数の増加に少し遅れて特許登録数が増加するため、バブルは反時計回りに円弧を描いて右、そして上へ移動する。バブルの上への移動は特許登録数の増加であり、この上への移動にともなって市場規模が拡大し、バブルのサイズは大きくなっていく。グラフの上方で大きく膨れ上がったバブルは、論文投稿数、特許登録数、市場規模が順に減少していくために、反時計回りに円弧を描きながら左下へ沈み、バブルのサイズも小さくなっていき、やがて消滅する。



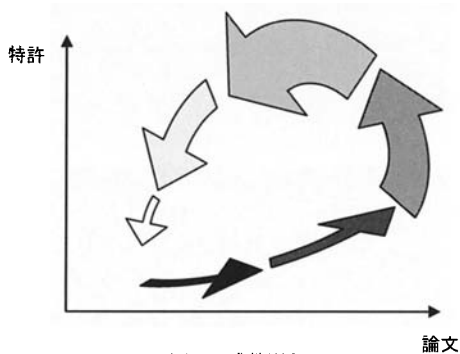
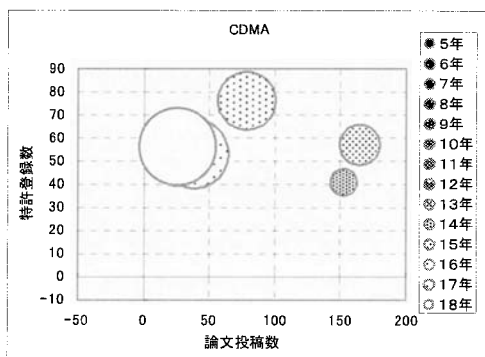
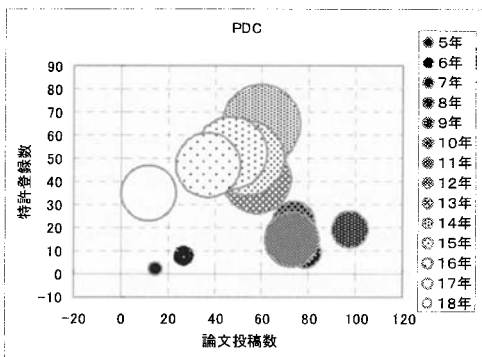
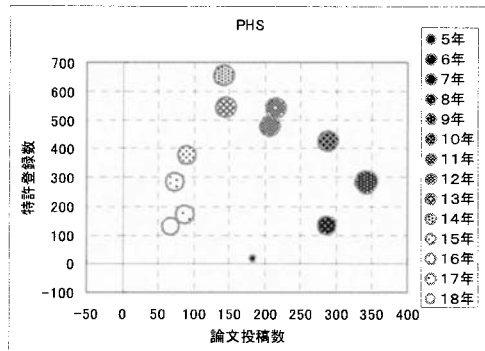
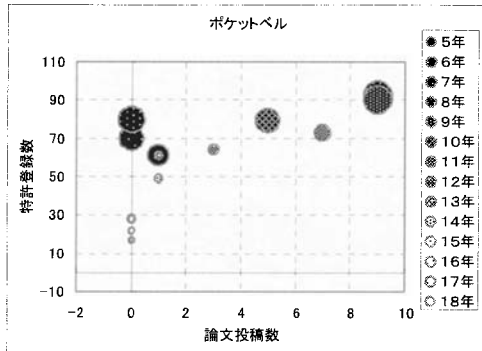


図2 成熟過程

ここで下の四つのバブルチャートを見ていただきたい。これらは移動体通信機器に関するもので、それぞれポケットベル、PHS、PDC（第二世代携帯電話）、CDMA（第三世代携帯電話）のチャートで、先ほど述べたように、横軸は論文投稿数、縦軸は特許登録数、バブルのサイズは契約者数（契約者数が同じであれば四つともバブルのサイズはほぼ同じにそろえている）、そしてバブルの色の変化は時系列（黒から白へと最近に近づいていく）を表している。前述したような傾向がこれら四つのグラフについて見てとれる。

また、四つのチャートを見渡して、同じ色のバブル、



すなわち同じ時刻の技術に関するデータであるが、これに着目すると、新技術が旧技術を反時計回りに追いかける様子が分かる。例えば、PHS が右下から右上へ移動する、すなわち成長期に入ると、ポケットベルは右上から左方向へ移動する、すなわち成熟期に入る。同様に、PDC が成長期に入る頃、PHS は衰退期に入っている。このように、旧技術は新技術に反時計回りに追いかけられ、やがて左下のゾーンへと沈み込み、消滅していく。よってこの四つのグラフは、旧技術が新技術の台頭によって衰退していくのを示している。

本研究で提案しているこの成熟度の推移を表現したモデルは、論文投稿数と特許登録数を縦横の軸にとることで、個々の技術の成熟度や、代替関係にある技術を考慮した当該技術の成長と衰退を視覚的に捉えようとするものである。

7. おわりに

7.1. 結論

企業価値評価の要素として、企業の無形資産が重要になっているが、無形資産の重要性が比較的大きい情報通信産業において、企業価値の主要な要因である個々の技術者が内包する技術本位の無形資産の価値評価を行う第一歩として、新技術の登場の可能性の評価

法について考察した。新技術の登場を示唆する指標として、科学技術論文投稿数、特許登録数、市場シェアに着目し、これらが順に増加していく性質があることを経験的に理解した。また技術の衰退は、それと競合する新技術の登場によって促されることを示し、技術の成長と衰退を視覚的に捉える表現モデルを提案した。

7.2. 今後の展望

情報通信産業においては、各 ICT 企業が、抱えている技術者に内包される、あるいは組織として保有している技術的知識や技術に関するノウハウなどの技術関連の無形資産が重要であり、技術の急速な進歩に合わせてそれを適切に管理していくことが重要課題であることはすでに 1 章で述べたが、現在、様々な企業、組織において、この課題への取り組みが行われている。その例の一つである、情報サービス産業協会[10]が毎年作成している“情報技術マップ”は、各 ICT 企業が社内の技術者に対して、個々の情報通信技術について導入または利用の実績があるか、もしくは今後導入または利用の意欲があるかをアンケート調査したものを集計し、業界全体の個々の情報通信技術に対する導入・利用状況を把握するもので、業界全体の導入・利用状況をベンチマークとして、各 ICT 企業のその後の技術戦略の立案に役立てることを主眼に置いている。業界全体の技術者ポートフォリオと自社のそれとを比較することができる反面、回答者が技術者であるために将来展望が技術者自身の視点に限定されていたり、アンケートの回答結果に基づくマップであるために、現状把握にとどまり、将来展望を描くのにやや難があったりという短所もまた存在する。

本研究が確立しようとする、情報通信技術の成長と衰退の可能性の定量評価手法は、“情報技術マップ”のような各 ICT 企業の技術者ポートフォリオの調査と組み合わせることで、対象の ICT 企業が保有する技術関連の無形資産の価値を定量評価が可能になる。その上、業界全体と自社の技術者ポートフォリオの比較からの技術戦略策定に、さらに各技術の成長と衰退の可能性という将来的視点に立った定量的な判断基準を加えることができる。このような狙いから、今後、情報サービス産業協会と協力して研究を進めていく予定である。

7.3. 課題

本稿では、日本の特許庁に登録されている過去の特許をサンプルとして抽出し、技術の衰退の最大の要因は代替技術の登場であるとしたが、調査方法が稚拙な部分もあり、統計的な根拠に乏しい。また今回は分野

を特に限定することなく、技術の衰退要因について調査しているが、情報通信技術を対象を絞る上では、情報通信技術に限定したサンプルを用いることで、その衰退要因の主要なものとして挙がる結果が今回とは異なることも考えられるので、情報通信技術の衰退要因の調査について補強すべきである。

また本稿では山田肇の手法を参考に、科学技術論文公開数から特許登録数へ、そして特許登録数から市場規模の増加の伝播が生じるという仮説を立てたが、前述した通り、他にも指標として重要なものはいくつもある。これら他の指標についても、それらがどのように影響を及ぼし合うのかを仮説を立て、検証を行い、各指標の関係を洗い出す必要がある。

科学技術論文から特許へ、そして特許から市場規模へと続く指標増加の伝播に例外が存在することも検証の中で発見した。そのような例外が起こる原因について考察し、そのような例外が起こる可能性についてさらに深く掘り下げ、本稿では採用しなかった指標を採用するなどして、新技術登場可能性の評価手法を確立する必要がある。

そのほか、本稿では技術の衰退要因として代替技術の登場に着目したが、3 章では、その技術に対するニーズの縮小もまた、技術の衰退要因として重要であることについて触れた。このような衰退が訪れる可能性を評価する手法についても考察しなくてはならないと考えている。

参考資料

- [1] Everett M. Rogers: “Diffusion of Innovations”, Free Pr; 4th edition (1995).
- [2] “Unlocking Our Future: Toward A New National Science Policy”, Committee on Science, U.S. House of Representatives One Hundred Fifth Congress, Committee Print 105-B (1998).
- [3] Philip Auerswald and Lewis Branscomb: “Valleys of Death and Darwinian Seas: Financing the Invention to Innovation Transition in the United States”, Journal of Technology Transfer, 28, 227-239 (2003).
- [4] William J. Abernathy, Kim B. Clark and Alan M. Kantrow: “Industrial Renaissance”, Basic Books (1983).
- [5] 山田肇 (日本電信電話): “研究所の経営に MOT プログラムは役立つか”, 研究・技術計画学会

年次学術大会講演要旨集, pp. 118-123
(1995).

[6] 新宅純二郎: “日本企業の競争戦略”, 有斐閣
(1994).

[7] 村上輝康 (野村総合研究所): “ユビキタスネット
ワーク化と空間情報社会”, 空間情報社会研究
フォーラム 資料 (2005).

[8] CiNii 論文情報ナビゲータ.
<http://ci.nii.ac.jp/cinii/servlet/CiNiiTop> .

[9] 特許電子図書館.
[http://www2.ipdl.inpit.go.jp/begin/be_logoff.
cgi](http://www2.ipdl.inpit.go.jp/begin/be_logoff.cgi) .

[10] JISA, 社団法人 情報サービス産業協会.
<http://www.jisa.or.jp/> .