

日本 MOT 学会による査読論文 (2008-1)

コア技術の集中分散と組織化把握のための定量的評価手法 ～国内光学機器メーカーの技術と組織のネットワーク～ Cyclic Diversification and Organization of Core Technologies

西村 拓／鈴木 潤／児玉 文雄

Hiroshi NISHIMURA／Jun SUZUKI／Fumio KODAMA

要 旨

企業が保有するコア技術の変化とその開発に携った組織のダイナミックな性質を明らかにするために、特許技術の多様性と発明者ネットワークの密度を指標とする定量的な分析方法を開発した。代表的な光学機器メーカー4社を調べたところ、2つの指標で定義される平面上でサイクルを描くような軌跡が観察された。この観察をもとに、技術の多様性と組織のダイナミックな変化に関する考察を行った。

ABSTRACT

In order to clarify the dynamic nature of the core-competence of a firm, we have analyzed technological diversification and the inventor's network quantitatively. Firstly, we have selected the top 50 frequent inventors of each firm from the patent database, and analyzed their technological fields based on IPC codes and co-invention networks in five year's window. From the visualized data, diversification / concentration dynamics of technological variety and inventor's network were observed. Then, we have developed indicators showing technological variety and density of inventor's networks. We have analyzed four Japanese major optical machinery manufactures using those indicators, and found that some of them show cyclic trajectories.

キーワード：技術分類、多様性、ネットワーク分析、ダイナミクス、光学機器メーカー

1. はじめに

企業における設備投資や生産計画、販売促進等のマネジメントが、企業戦略に従って常にダイナミックな変化を見せるのと同様に、研究開発のマネジメントにもダイナミクスが求められる。しかしながら、企業が支出する研究開発費は一般的に年度毎の変化が小さく(安定性が高く)、研究開発費総額の変動のみに着目してもマネジメントのダイナミクスを知ることは難しい。本研究は日本企業をケースとして、技術領域の変化と企業内発明者のネットワークの変化を定量的に分析することにより、企業における研究開発の多様性と研究開発者集団がどのような関係を持っているのかを明らかにしようと試みるものである。

本研究の分析の対象としては、日本を代表する光学機器メーカーとして、キヤノン、ニコン、オリンパス、京セラの技術開発を取り上げる。オリンパスやニコン、キヤノンなど、カメラメーカーから出発して世界的なハイテク企業へと進化を遂げた各社の売上を見

てみると、現在、その大部分はカメラ以外の製品の売上で構成されている。しかしながら、内視鏡やステッパや複写機などの各社の主力商品は、いずれも各社独自の光学技術が核となっていることが分かる。これら各社の沿革を見てみると、キヤノン、ニコン、オリンパスは戦後の50年以上カメラ事業に携わるとともに、その期間に蓄積された高度な光学技術から、内生的に独自技術の多角化に成功したのではないかと推測される。一方、京セラはセラミック関連技術と多くの企業吸収により技術を多角化させてきた沿革を持っている。このような沿革の違いが、コア技術の開発過程にも何らかの特徴として現れることが期待される。

2. 用いたデータと分析の方法

(1) 特許データと技術分類

本研究では、東京大学が中心となって開発した Pat3 と呼ばれる特許書誌情報データベースを利用した¹⁾。Pat3 は特許庁が公開した整理標準化 SGML データを元に 1960 年代以降の特許情報が収録されているもの

西村 拓 (株)アルバック／芝浦工業大学専門職大学院工学マネジメント研究科

鈴木 潤 政策研究大学院大学 教授

児玉 文雄 芝浦工業大学専門職大学院工学マネジメント研究科 教授

(受領日：平成 19 年 4 月 24 日，修正原稿：平成 19 年 9 月 7 日，受理日：平成 19 年 10 月 30 日)

である。この中で、データの統一性の観点から出願公開制が導入された1976年1月1日から2000年12月31日までのデータを採用した。我が国の特許には、IPC (International Patent Classification) に基づく技術分類が、公開特許については1971年出願分から付与されており、Pat3でも発明者情報に加えてIPCの情報が利用可能である。

特許広報に記されるIPCは、発明に関する全技術分野を段階的に細分化しており、技術分野をA~Hの8つの「セクション」に分け、各セクションをクラス、サブクラス、メイングループ、サブグループと階層的に細展開する体系を有している。以下例を示す。

A 01 B 1/24 (牧草・芝生の処理用作業具)
メインクラス サブクラス グループ

特許庁は、特許出願者に対して出願者自らが出願内容を反映したIPC記号を付与して出願するよう求めているが、広報に記載するIPCは最終的には特許庁の専門の審査官の判断にゆだねられており、信頼性の高いものとなっている。1件の特許出願には、通常1つないし複数のIPCが付与される(「分類不能」としてIPCが付与されないケースは極まれである)。公開特許広報に記載されるIPCのうち、先頭に記載されるIPCは、その発明を代表する分類(特に「筆頭IPC」あるいは「第1特許情報」と呼ばれる)であり、筆頭IPC以外のIPCは、一義的にはその発明をカバーしないが非常に関連の深い情報を示す分類となっている。

(2) ネットワーク分析

近年、組織を分析するツールとしてネットワーク分析が注目されている。「ネットワーク」とは複数の行為者の一部またはすべての間に、何らかの関係が存在している状態を示す²⁾。ネットワーク分析においては、グラフによって行為者同士の関係を表現したり、その構造を分析したりすることが主たる目的となる。ネットワークを視覚化したグラフには行為者の数だけnode(点)が存在し、行為者同士の関係の数だけline(紐帯)が存在する。また関係の方向性を無視した無向グラフと有向グラフがあり、分析の対象によってそれらを考慮すべきかどうか判断する必要がある。各nodeに接続する紐帯の数を次数とよび、次数が無いnodeは孤立点と呼ばれる。

本研究では、特に企業内の発明者間の共同作業に注目した。今回の分析の対象としたのは、1976年以降5年毎の期間内で各企業から出願された特許に発明者として記載された回数が多い上位50人である。以降、この50人のことをCore-

inventorsと呼び、彼らのコミュニティをCIC (Core-inventors community) と表記する。CICのネットワーク図を時系列を追って作成することによりCICの発明者同士の関係を視覚化し定性的な分析を行った。

3. ネットワーク分析結果

まず発明者間の関係を考察するために、ネットワーク分析の手法を用いて企業におけるCICの視覚化を行った。本稿ではスペースの関係上キヤノンのCICのみを例として示す。キヤノンが1976年から2000年まで5年毎に出願した特許に記載されている発明者と筆頭IPCとの関係を分析し、CICと技術分野を視覚化したものが以下の図1である。各ノードは発明者を表し、形状はその専門性(技術分野)を示している。専門性は発明者の関与した特許に記載されている筆頭IPCをカウントし、表1により定義した。ある特定の筆頭IPCが全体に占める割合の50%を超える筆頭IPCをその発明者の専門性とした。また、特定のIPCが発明全体の50%を超えずかつ30%以上のものが存在する場合には専門性が分散しているとみなしてノード形状をグレーの円形にした。また、特定のIPCが全体の30%に満たない場合には専門性を特定でき

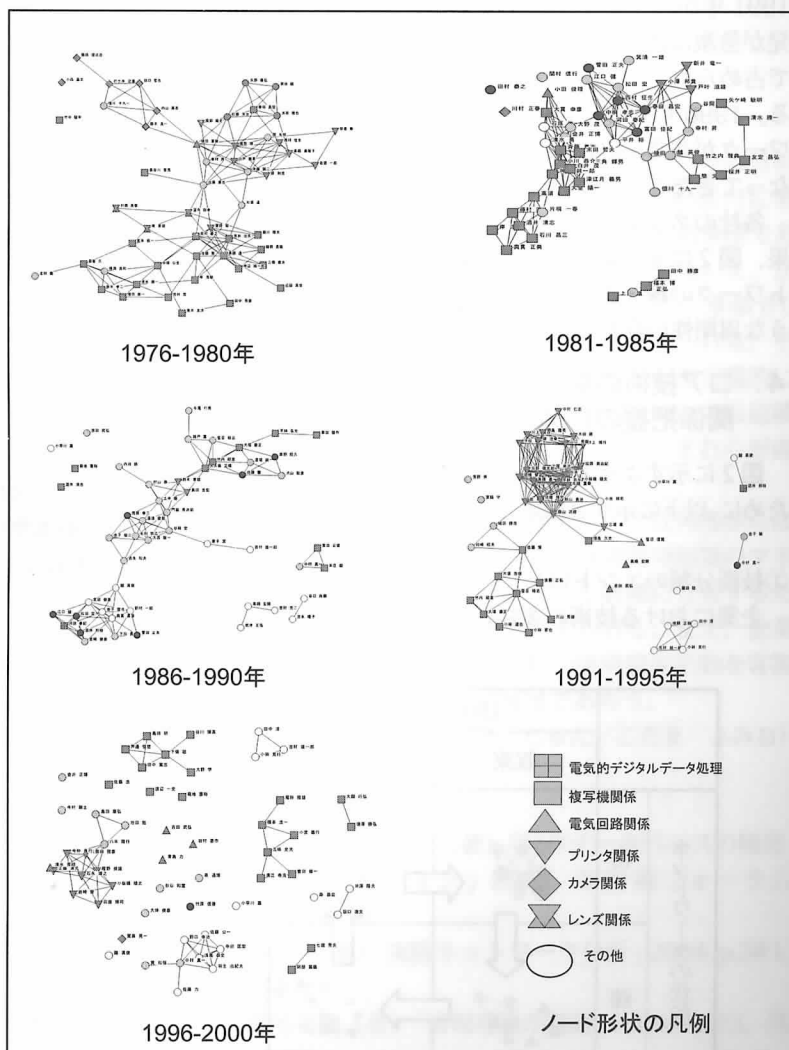


図1 キヤノンの年代別CICネットワーク図

表1 IPC と技術分類

プリンタ	B41J	B41M				
電気回路	H04N	H04M				
電気データ	G06F	G06K				
その他	H01J	B65H	C09D	C09K	A61B	H01L
レンズ	G02B	G02F				
カメラ	G03B					
複写機	G03G					

ないとみなしてノードを濃い円形にした。

キヤノンのCICネットワーク図からは以下のようなことが観測された。1976年から1980年までのCICにはキヤノンの売上の中心を占めてきたカメラ関係の発明者以外に複写機関係の発明者が登場しており、それらは繋がっていることが分かる。そして1981年から1985年までは複写機事業が成長し、CICの大部分を占めている。また、プリンタ関係の発明者も加わっていることが分かる。1986年から1990年までの間にはプリンタ関係と複写機関係の発明者の繋がりが疎になってきており、それぞれ独立した技術開発がなされていったのではないかと推測される。1991年から1995年の間にプリンタに関する技術開発が急激に活発になり、CICもプリンタ関係の発明者で占められている。また、そのネットワークも密である。1996年から2000年まではCICにおけるネットワークが非常に疎になり、事業を越えた繋がりが薄くなってきたことを反映しているように思われる。

各社のネットワークも同様の手順で観察を行った結果、図2に示すような、技術の発散と収束そしてネットワークの疎・密という状態の間でサイクルを描くような周期性の存在が定性的に示唆された。

4. コア技術の集中／分散と組織化の関係把握のための定量指標

図2に示すような周期性の存在を定量的に把握するために、以下に示す2種類の代理指標の利用を提案する。

①技術分類のエントロピー

企業における技術の多様性を示す指標としてエント

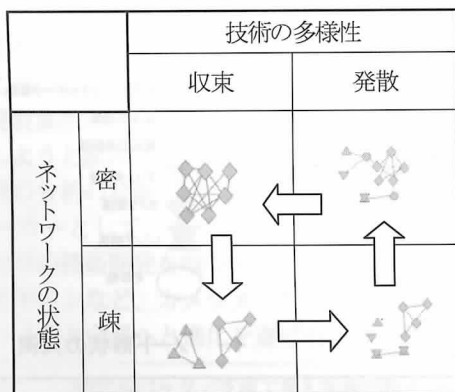


図2 技術の多様性とネットワークの状態の関係

ロピー尺度を用いる。具体的には、ある特許プールにおける筆頭IPCサブクラスiのシェアをPiとすると、筆頭IPCエントロピーEは以下の式で表される³⁾。

$$E = - \sum_{i=1}^a P_i \log P_i$$

②ネットワーク密度

n人のメンバーからなるネットワークを考える。このn人のネットワークの無向グラフにおいて、観察される実際の紐帯数Nを理論的な最大紐帯数で除したものがネットワーク密度NDであり、以下の式で表される。

$$ND = 2N/n(n - 1)$$

例えば、5人のメンバーの内、3人が相互に関係を持っている場合、ネットワーク密度は6/20 = 0.33となる。

光学機器メーカー各社のCICの筆頭IPCエントロピーを横軸に、ネットワーク密度を縦軸にとり、時系列に点を結んだものが図3である。この図からは、キヤノンとニコンとオリンパスにおいては、CICにおける技術の多様性とネットワーク密度の関係が、周期的に変化してきたことが示された。ただし、各社の軌跡にはいくつかの特徴が現れている。

キヤノンとニコンはいずれも反時計回りの軌跡を描いているが、ニコンの軌跡を見てみると1976年から1980年の期間に増大していた技術の多様性はキヤノンよりも早く収束に向かい、ネットワーク密度も上昇している。これはこの時期に半導体露光装置の開発が進み、ニコンの主力事業へと成長していったことが主要な要因であると考えられる。一方、キヤノンは1980年代を通じて事務機器やプリンタ事業などを多角的に成長させていった。

また、1960年代から内視鏡事業に着手してきたオリンパスは、1980年代ごろから技術開発の中心を内視鏡事業に集中させるようになった。軌跡から見ると、1976年から1980年までの期間はキヤノンとオリンパスのエントロピーがほぼ同じ値を示しているが、オリンパスはキヤノンやニコンとは逆向きのサイクルを辿っていることが分かる。オリンパスのネットワーク密度は1985年ごろピークを迎え、その後は低下してきている。すなわち、キヤノンやニコンは技術開発を多様化させた後にネットワーク密度を上昇させているが、オリンパスはまずネットワーク密度を上昇させ、その後に技術を多様化させているらしいことが示唆される。

オリンパスのエントロピーは増大した後に再度減少してきている。これは、カメラ業界に押し寄せたエレクトロニクス化の波を反映しており、カメラや内視鏡に付加されたエレクトロニクスのデバイス技術が成熟に向かっていることに起因しているものと考えられる。なお、2000年末時点でのキヤノンとニコンの両

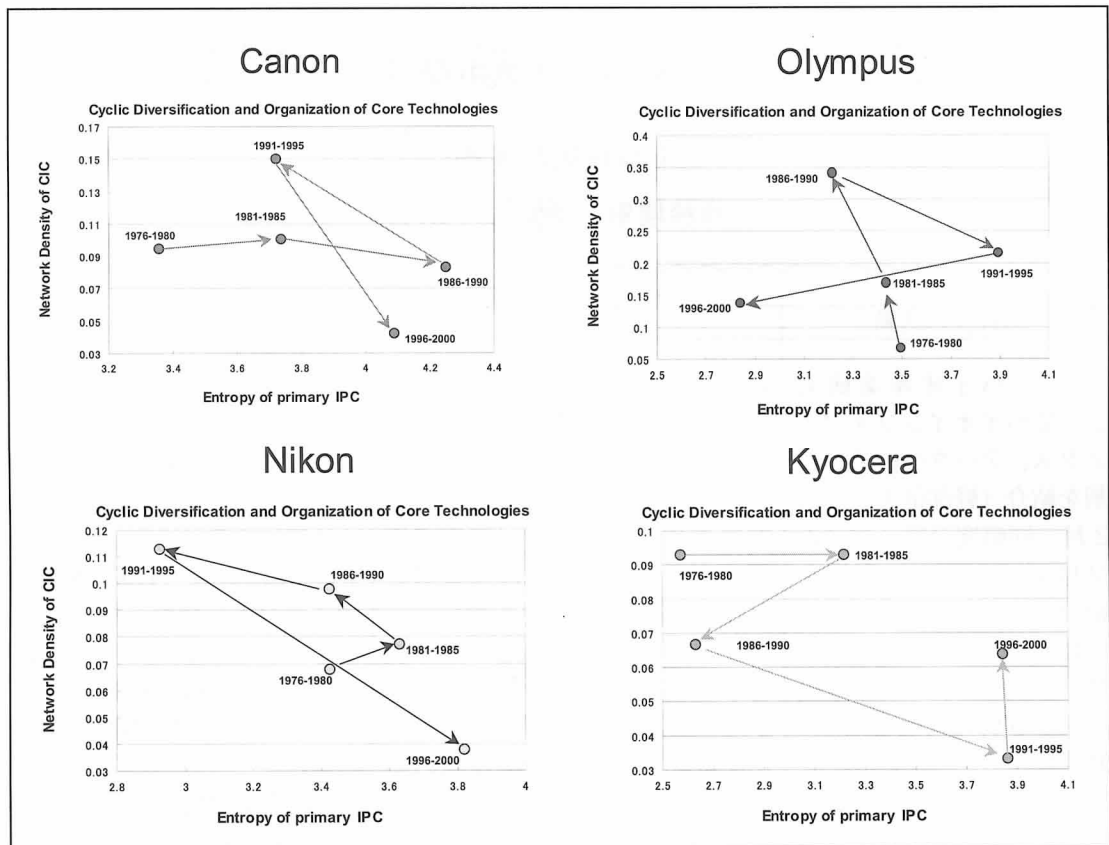


図3 光学機器メーカー4社の技術と組織の軌道

社は共にエントロピーを増大させており、この時期には両社は新たな技術ドライバーを模索していたものと考えられる。一方、上記3社に対して、京セラの軌道はサイクルを描いていないことが分かる。これは同社の所謂「アメーバ経営」とも呼ばれる特有のビジネスモデルに由来するのではないかと考えられる。

5. 分析手法の評価と限界

企業の保有するコア技術の集中と分散、コア技術の発明者集団のダイナミックな変化をCICの筆頭IPCエントロピーとネットワーク密度を定量的評価指標とし2次元平面へ展開したグラフが、各企業の主たる事業内容の変化と比較して十分有意性を持ったものとなることが明らかになった。ネットワーク図によるCICの視覚化はコア技術発明者ネットワークの構造的な変化がコア技術の開発にどのような影響を与えるかという点において示唆に富む物であり、構造的な解析など今後繋がる有意義なものであると考えられる。また、CICの視覚化により技術の多様性とネットワークの密度という2点に注視し定量的な指標を用いることで統計的な傾向を把握することが可能となった。しかし、技術分類と事業の分類は必ずしも1対1に対応するとは限らないという点において限界がある。

6. おわりに

本研究では技術と組織のサイクリックな変化を定量的に把握する新たな手法を提案し、このような変化と

実際の各社のビジネスとの関係を考察した。今回分析の対象としたCICは、企業において一定期間内に最も数多くアイデアを創出していった発明者集団であり、また技術分野による違いが多少あるとはいえ、企業が重要視する分野の技術の多様性はCICの筆頭IPCエントロピーに反映されているものと考えられる。そして、企業内発明者のネットワークの変化を定量的に分析することにより、企業の技術開発においては組織的な繋がりが密な時期と疎な時期があり、それらが周期的に変化していることが観察された。

今回提示した分析方法は、他の方法では外部からは推測することが難しい企業内部の研究開発組織のマネジメントを、公開データに基づいて詳細に分析するための手段として有用であると考えられる。また、企業の技術経営の観点からも、自社の研究開発活動を客観的に把握するツールとして有用であろう。

(にしむら ひろし/すずき じゅん/こだま ふみお)

《引用文献リスト》

- 1) 後藤晃、元橋一之(著)「特許データベースの開発とイノベーション」2006、知財権フォーラム Vol.63 p.43
- 2) 安田雪(著)「実践ネットワーク分析」2004、p.38 l、新曜社
- 3) 横尾英俊(著)「情報理論の基礎」2004、p.23、共立出版