

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	キヤノンの多角化戦略の技術構造分析
Title(English)	
著者(和文)	松本清文
Author(English)	
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第5499号, 授与年月日:2003年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第5499号, Conferred date:2003/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:
学位種別(和文)	博士論文
Type(English)	Doctoral Thesis

キヤノンの多角化戦略の技術構造分析

東京工業大学大学院社会理工学研究科

経営工学専攻

指導教官 渡辺千仞教授

学籍番号:01D24060

松本 清文

目 次

要 旨	8
第1章 序 論	11
1.1 背 景	12
1.2 仮 説	13
1.3 既存研究レビュー	14
1.4 研究の焦点	17
1.5 論文の構成	18
第2章 レーザビームプリンタ、光カードの成功・失敗要因と多角化戦略	19
2.1 序	20
2.2 LBP と光カードの開発軌跡比較	22
2.3 LBP と光カードの開発と市場展開	24
2.4 LBP と光カードの普及要因比較	28
2.5 考察:LBP と光カードの成功失敗要因と多角化戦略	37
第3章 プリンタの成功・発展と多角化戦略	39
3.1 序	40
3.2 プリンタの開発軌跡のレビュー	42
3.3 疫学モデルによるプリンタ開発軌跡の分析	44
3.4 分析結果の考察と世代を有する新技術製品開発への示唆	53
3.5 考察:プリンタの成功・発展と多角化戦略	56
第4章 多角化戦略の軌跡	59
4.1 序	60
4.2 多角化戦略の展開ステップ	63
4.3 多角化展開のメカニズム	70
4.4 多角化戦略を支える技術の開発・流通機能	76
4.5 考察: 多角化戦略の本質	88

第5章 多角化戦略の技術構造	90
5.1 序	91
5.2 研究開発の多角化とスピルオーバー技術の同化	96
5.3 技術多角化による高収益構造への貢献	107
5.4 技術多角化による高収益化のメカニズム	123
5.5 考察:技術多角化の好循環ダイナミズムに 支えられた高収益率構造	145
第6章 結論	147
6.1 総括	148
6.2 新たな知見	149
6.3 企業戦略への示唆	152
6.4 今後の継続的検討課題	153
参考文献	154
添付資料	161
謝辞	168

表 一 覧

- 表 2-1 LBP と光カード開発軌跡比較
- 表 2-2 賀来が提唱する事業多角化戦略
- 表 2-3 キヤノンのコア・コンピタンス配備
- 表 2-4 LBP と光カードの比較
- 表 3-1 キヤノン各プリンタ売上高推移 (1976-1999)
- 表 3-2 普及上限、支配係数の比較
- 表 4-1 一眼レフ EE カメラの市場 (1975 年)
- 表 4-2 各社複写機プライスリーダー機の価格
- 表 4-3 新製品開発の基本プロセス
- 表 4-4 21 のキー・テクノロジー
- 表 4-5 製品・事業の革新コンセプト事例
- 表 5-1 電気機械企業 24 社の同化スピルオーバー技術への依存度の推移 (1980-1998)
- 表 5-2 米国特許登録件数の推移から見たキヤノンの技術開発軌跡 (1976-2000)
- 表 5-3 米国登録特許から見たキヤノンの技術開発軌跡分析のための登録特許検索式
- 表 5-4 キヤノンの技術多角化戦略の展開
- 表 5-5 電気機械 10 社の売上高営業利益率の比較 (1980-1998)
- 表 5-6 キヤノンの売上高の構成比の推移 (1980-1998)
- 表 5-7 電気機械 10 社売上高営業利益率の要因分析 (1980-1998)
- 表 5-8 キヤノンにおける技術多角化の売上原価、販売費、一般経費増減効果の比較 (1980-1998)
- 表 5-9 主要電気機械企業の累積売上高推移の推計 (1980-1998)

- 表 5-10 主要電気機械企業の技術限界生産性の推移（1980-1998）
- 表 5-11 主要電気機械企業の新機能創出度の推移（1991-1998）
- 表 5-12 1970 年代以降のキヤノンの主な新機能創出の展開
- 表 5-13 主要電気機械企業の TFP 成長率の比較（1980-1998）
- 表 5-14 主要電気機械企業の研究開発投資内部収益率の比較（1980-1998）
- 表 5-15 キヤノン企業の技術多角化誘発要因比較（1980-1998）
- 表 5-16 主要電気機械企業の技術多角化の誘発要因（1980-1998）
- 表 5-17 主要電気機械企業の研究開発内部収益率の要因分析（1980-1998）
- 表 5-18 キヤノンプリンタの総売上高及び日本におけるパソコン出荷台数（1985-1998）
- 表 5-19 キヤノンプリンタ価格の推移（1985-1998）
- 表 5-20 主要電気機械企業の技術限界生産性変化率の比較（1981-1998）

図 一 覧

- 図 1-1 電気機械上位 10 社の売上高営業利益率推移 - キヤノンと 9 社平均の比較 (1978-1998)
- 図 1-2 電気機械上位 10 社の売上高営業利益率推移 - 各社間の比較 (1978-1998)
- 図 2-1 プロダクションイノベーション概念フレームワーク
- 図 3-1 指数関数と疫学モデルによる伝播関数の比較
- 図 3-2 キヤノン各プリンタ売上高の推移 (1976-1999)
- 図 3-3 キヤノン各プリンタの成熟度の推移 (1976-1999)
- 図 3-4 共鳴的三重スパイラル発展軌道
- 図 4-1 基盤技術と先行技術
- 図 4-2 パーソナル複写機開発タスク
- 図 4-3 多角化、共通技術としての電子技術による電子化
- 図 4-4 技術展開のシナリオ
- 図 4-5 技術と事業のシナジー
- 図 4-6 キヤノンの多角化を基本に据えたビジネスモデル
- 図 5-1 電気機械主要企業の同化スピルオーバー技術への依存度の推移 (1990-1998)
- 図 5-2 キヤノンの米国特許登録件数及び売上高の推移 (1963-2001)
- 図 5-3 米国特許登録件数の推移から見たキヤノンの技術開発軌跡 (1976-2000)
- 図 5-4 キヤノンの技術多角化の推移(1978-1998)
- 図 5-5 電気機械 15 社の技術多角化の推移 (1980-1998)
- ハーフィンダール指数 (HHI)
- 図 5-6 電気機械 15 社の技術多角化と研究開発強度の相関(1995-1998 平均)

- 図 5-7 電気機械 10 社の売上高営業利益率の推移 (1980-1998)
- 図 5-8 キヤノンの売上高に占める販売費の割合の推移 (1980-1998)
- 図 5-9 主要電気機械企業の技術多角化と技術の限界生産性の相関 (1995-1998 平均)
- 図 5-10 主要電気機械企業の技術多角化と技術の普及速度の相関 (1995-1998 平均)
- 図 5-11 主要電気機械企業の技術多角化と新機能創出度の相関 (1995-1998 平均)
- 図 5-12 技術の多角化と限界生産性、普及速度及び新機能創出度との関係
- 図 5-13 技術の多角化、機能創出、TFP 成長率、売上のダイナミズム
- 図 5-14 研究開発投資内部収益率、技術の多角化、新機能創出、TFP 成長率の関係
- 図 5-15 キヤノンの売上高営業利益率の向上・持続に奏功した好循環のダイナミズム
- 図 5-16 キヤノン製品の技術多角化系統樹
- 図 5-17 キヤノンにおける4主要技術にみられるスピルオーバー技術同化量の推移 (1980-1998)
- 図 5-18 日本のパソコンの普及プロセスの推移 (1987-2000)
- 図 5-19 キヤノンプリンタとパソコンの相互需給の好循環構造
- 図 5-20 2要素学習効果によるキャノンプリンタ価格の低下の推移 (1985-1998)
- 図 5-21 多角化戦略と情報化社会必要条件のシステム構造

要 旨

1. 情報化社会へのパラダイムシフトと組織の慣性

電気機械産業は、重化学工業から知識集約型産業へのシフト、それに支えられたハイテクミラクルの尖兵として工業化社会における日本の産業の牽引力としての重責を担った。だが、1990年代の「ロスト・ディケード」と軌を一にしてその収益構造は一部の例外を除いておしなべて破綻に瀕するに至った。これは、情報化社会における「多様化する市場の要求に応える多様な機能の機敏かつタイムリーな創出」という基本的な要求への対応の成否に起因する。

一般に、高度に成長・成熟した組織においては、当該組織の従来のビジネスモデルの慣性である「組織の慣性」(Organizational inertia) が付随し、新たなパラダイムに対応した変換は容易ではない。なかんづく工業化社会で世界的成功を経験し、その過程で巨大組織化し、また終身雇用等を内包する日本的経営システム下においては、「組織の慣性」は強力で、また、組織戦略の変更自体も容易ではない。

2. 新旧ビジネスモデルの共進化戦略－多角化戦略のねらい

情報化社会へのパラダイムシフトの過程で大手の電気機械企業が総じて収益構造の破綻に瀕している中で、キヤノンは例外的に一貫した好収益構造を持続している。また、「選択と集中」が経営戦略の基調として浮上し、大半の電気機械企業が多角化の縮小に走っている中で、キヤノンは例外的に、1960年来一貫して持続的に技術多角化戦略を推進している。

キヤノンと他の企業とのこの2つの好対照を見ると、キヤノンの例外的な高収益構造は、工業化社会及び情報化社会双方に求められる基本的要求に共進的(Coevolutional) に応えてきたところにおうことが大きく、それは技術多角化戦略によって可能とされたものと考えられる。

この多角化戦略により、

- イ) カメラから始まり、光学機器、情報・通信機器、複写機、プリンタと続く自己の開発した一連の中核基盤技術の内包する新機能が他分野に発展的に展開され、

- ロ) 利用者との相互作用を内生化させた自己増殖機能の発現を可能にし、
- ハ) もって、在来からの企業組織を維持しながら、同時に情報社会に必須とされる多様な機能の機敏かつタイムリーな創出に応えることができた。

3. 仮説とその検証

- (1) 本論文は、以上の技術多角化戦略のねらいと効用に関する仮説的見解を、実証することをねらいとする。
- (2) **第2章**において、上記仮説に即してレーザービームプリンタ (LBP) の成功及び光カードの失敗について比較実証分析を行い、**技術多角化への依存と成功失敗との関係**を明らかにする。
- (3) **第3章**において、プリンタの成功要因を発展的に実証分析し、**技術多角化と成功要因との関係**を明らかにする。
- (4) **第4章**において、以上の結果を生み出すに至った技術多角化戦略の軌跡について、その展開ステップ、展開のメカニズム及びそれを支えた技術の開発・流通機能に視点を据えて実証的に検証し、**技術多角化戦略の本質**を明らかにする。
- (5) **第5章**において、主要電気機械企業との比較・分析により、キヤノンの**技術多角化戦略の技術構造**を分析し、以上の現象的分析結果のベースに存在する普遍的メカニズムを明らかにして、上記仮説を実証する。
- (6) **第6章**は、以上を総括し、電気機械産業を中心に、技術多角化を軸に、固有の在来的なビジネスモデルと、情報化社会へのパラダイムシフト下における新たなビジネスモデルとの共進化戦略への示唆を抽出する。

キヤノンの多角化戦略の技術構造分析

第 1 章

序 論

第1章 序 論

1.1 背 景

電気機械産業は、重化学工業から知識集約型産業へのシフト、それに支えられたハイテクミラクルの尖兵として工業化社会における日本の産業の牽引力としての重責を担った。だが、1990年代の「ロスト・ディケード」と軌を一にしてその収益構造は一部の例外企業を除いて破綻に瀕するに至った（図1-1）。

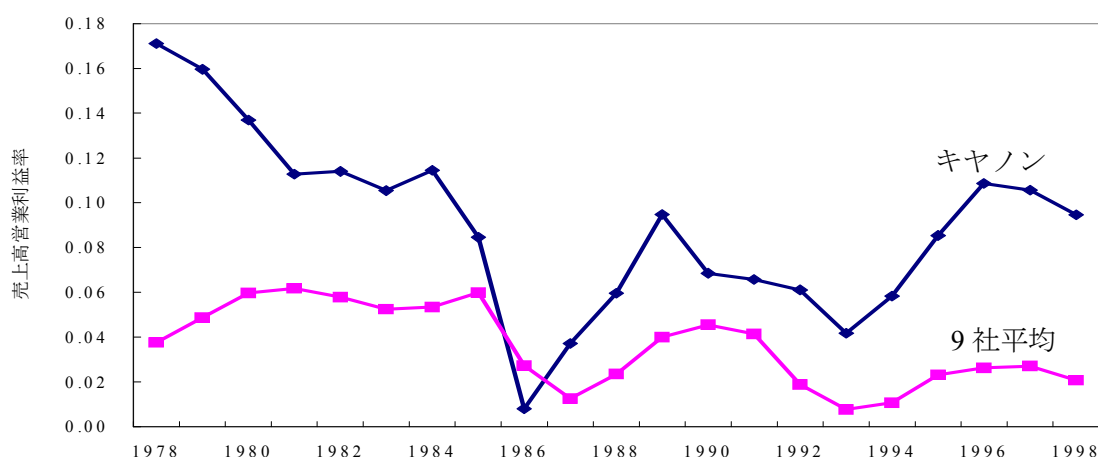


図1-1 電気機械上位10社の売上高営業利益率推移-キヤノンと9社平均の比較 (1978-1998)

資料：各社有価証券報告書、各年版

図1-1は、日本の電気機械上位10社について、キヤノンとその他9社平均の1978-1998年の売上高営業利益率推移¹を分析したものである。これは、情報化社会における「多様化する市場の要求に応える多様な機能の機敏かつタイムリーな創出」という基本的要求への成否に起因し、それは畢竟、工業化社会から情報化社会へのパラダイムシフトに付随する次の構造的な変化への対応の成否に他ならない。

イ) 企業・組織内での分業・最適化から市場を通じた分業・最適化（野口、

¹ 本論においては、企業の収益構造を営業利益率を軸に分析した。収益構造については、営業利益率の他、総利益率及び経常利益率による分析を検討したが、前者では、技術多角化による販売経費削減を分析することができず、後者では、技術多角化以外の要素による収益効果をおりませるため、技術多角化そのものによる企業の収益構造への影響を主眼とする本論文の分析には必ずしもそぐわない。また以上の収益率は、原則各社の単独データをベースとした。ちなみにキヤノンの1998年データでは、単独8.2%、連結8.5%である。

2002 [1-2]),

- ロ) 新技術・製品の機能の創出に関して、開発時点において、開発者による創出から、普及・利用過程において、利用者との相互作用を通じた自己増殖的な機能創出 (Watanabe, Kondo et al., 2002 [1-17])。

一般に、高度に成長・成熟した組織においては、当該組織の従来のビジネスモデルの慣性である「組織の慣性」(Organizational inertia)が付随し、新たなパラダイムに対応した変換は容易ではない。伊丹、加護野(2001)[1-1]は、企業の仕事や組織の仕組みといったシステム構造に起因するシステムロック、また企業を構成する人々のものの考え方や感情に起因するヒューマンロックがかかっており、企業の発展への動きの障害となっていると説明している。なかんずく工業化社会で世界的成功を経験し、その過程で巨大組織化し、また終身雇用等を内包する日本的経営システム下においては、「組織の慣性」は強力で、また組織戦略の変更自体も容易ではない。

1.2 仮説

図1-2に見られるように、1990年代に入り、情報化社会へのパラダイムシフトの過程で大手の電気機械企業の収益構造がおしなべて破綻に瀕している中で、キヤノンは例外的に収益を向上させ、好収益構造を持続している。

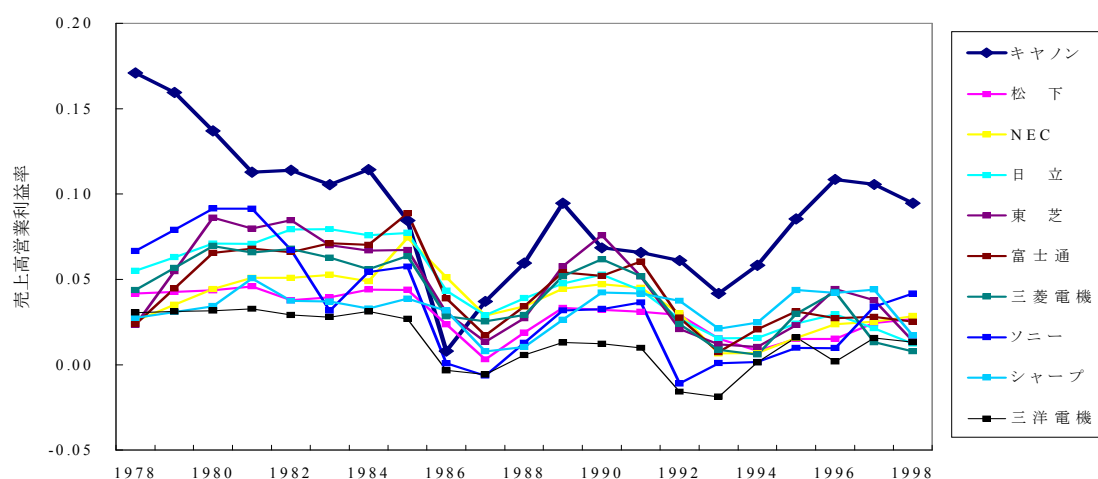


図1-2 電気機械上位10社の売上高営業利益率推移
- 各社間の比較 (1978-1998)

資料：各社有価証券報告書、各社発行、各年版

これは、

- ① 先に見た工業化社会及び情報化社会双方に求められる構造要件（企業・組織内及び市場を通じた最適化並びに開発者による機能創出及び利用者との相互作用を通じた自己増殖機能発現）を共進化（Coevolution）させてきたところにおうことが大きい。
- ② そして、この共進化は多角化戦略によって可能とされた。
- ③ この多角化戦略により、
 - イ）カメラから始まり、光学機器、情報・通信機器、複写機、プリンタと続く、一連の中核基盤技術の内包する新機能が他分野に発展的に展開され、
 - ロ）利用者との相互作用を内生化した自己増殖機能の発現を可能にし、
 - ハ）もって、在来からの企業組織を維持しながら、同時に情報社会に必須とされる多様な機能の機敏かつタイムリーな創出に応えることができた。
- ④ キヤノンにおいて、この多角化戦略は、工業化社会の真っ只中の高度成長期の 1967 年に、20 年後の情報化社会を洞察した深遠な戦略により打ち出され、情報化社会に移行するまでの 20 年間の洗練期間を経て確立し、実効をあげ奏功したものである。

1.3 既存研究レビュー²

(1) 組織の慣性

伊丹、加護野 (2001) [1-1]は、組織の慣性について、企業の仕事の仕組みや組織の仕組みといったシステム構造に起因するシステムロック、企業を構成する人々のものの考え方などに起因するヒューマンロックに分け、組織の慣性ロックを分析し、一般に組織においては従来の伝統や習慣等に引きづられる保守的な慣性が示している。Greenwood and Jovanovic (1999) [1-9] は、IT 革命と株式市場の関係に注目して、慣性にとらわれがちな古い企業より、新しい企業の方が市場価値があると分析した。

² ここでは、本論文全体に共通する基本概念に関わるレビューを概説し、詳細は、それぞれの該当章で詳述する。

(2) 多角化理論

企業の多角化については、Chandler (1962) [1-5] が、企業成長の方法としての多角化、そして多角化した事業管理のための新しい組織（事業部制）、また企業戦略としての製品・事業ラインの多角化を分析した。また Ansoff (1965) [1-4] は、企業の戦略的決定を「企業と環境との関係を確立する決定」としてとらえ、どのような事業あるいは製品・市場を選択すべきかの決定、つまり多角化の決定を分析した。Rumelt (1974) [1-14] 及び吉原他 (1981) [1-3] は、企業を專業型と多角化に分け、それぞれの功罪を分析している。Gemba and Kodama (2001) [1-8] は、日本の産業を対象に、多角化のタイプを分析し、その中で、キヤノンの1990年代以降の多角化戦略に注目し、同社のバブルジェットプリンタは多角化戦略の賜物であると指摘している。

(3) 共進化理論

Marten (1992) [1-12]は、エコシステムなかんづくヒューマン・エコロジーにおける複数の生物間、あるいは生物とそれをとりまく環境を分析し、両者の関係を、

- ① Coexistence (共生)
- ② Coevolution (共進化)
- ③ Coadaption (共適応)

に、分類し、Coexistence は、existing together であり、都市が人工的に発展しつつも、自然の水や環境への依存が不可欠なように、エコシステムにおいては、何らかの共生関係がシステムの維持に不可欠としている。

一方、Coadaption は、fitting together であり、coexistence よりも、相互に努めつつ共に持続的成長をとげるとしている。

これに対して、Coevolution は、changing together であり、前2者の共存関係に対して、双方が相互に触発されながら積極的に変化をとげ、それを通じて共に進化する動態的發展関係をあげている。この関係は、情報化、国際化の中で、外部環境の大きな、あるいは予期せぬ変化に直面している企業体の対応戦略を考える上で示唆に富むものである。Watanabe and Hobo (2002) [1-18] は、ERPを核にした情報化社会における企業体の発展形態として、この概念に依拠して、外部環境の変化と企業の戦略とを共進化させることにより、顧客のニーズ・発想等を内生化させることが重要化してきていることを示している。

(4) 技術のスピルオーバー

1960, 70年代には Arrow の「技術革新にはスピルオーバーによる外部性が存在するので、市場機構による資源配分の最適化は困難」との見方に代表されるように「スピルオーバー罪悪論」が支配的であった。

だが、Griliches (1979) [1-10]は、「企業の生産性の上昇に貢献する要因は自らの行う研究開発努力の他にも様々に存在しており、中でも他の企業が行う研究開発のスピルオーバー効果が重要である」との認識を指摘した上で、その効果を発揮するか否かは技術をスピルオーバーする側（ドナー）とそれを受け入れる側（ホスト）の両者の技術の状況を示す技術ポジション (Technological position) に依存することを示唆し、「技術距離」 (Technological distance) という概念を提唱した。これに触発されて、Jaffe (1986) [1-11]は技術ポジションの類似度 (Proximity of donar and host) がスピルオーバー技術の活用に決定的役割を果たしたことを示した。

Cohen and Levinthal (1989, 1990) [1-6], [1-7] は、Griliches や Jaffe の考えを発展させ、ドナーのスピルオーバー技術を認識し、それを吸収するホストの能力として「吸収能力」 (Absorptive capacity) という概念を打ち出している。これは、スピルオーバー技術は、すべてのホストのまわりにあまねく存在している中で、それを効果的に活用するか否かは、ひとえにこの「吸収能力」に依存することを示すものである。

Watanabe et al. (2001) [1-16] は、以上の Griliches, Jaffe 及び Cohen and Levinthal の概念を統合し、システムの発展させた。彼らは、ドナーとホストとの間の技術のスピルオーバー及びその効果的活用は相互触発的、共進化的なものであり、そのポジティブなダイナミズムは、ホストの「同化能力」 (Assimilation capacity) に依存するとしている。彼らは、「同化能力」を、①スピルオーバー技術を知覚、認識し、峻別する能力、②吸収能力、③システム全体に体化する能力で構成されるとし、それ自体ドナーとの相互作用を通じて共進化していくシステムと認識している。すなわち「同化能力」の向上は、スピルオーバー技術の効果的活用を図ることにより、それは、ホストの発展に通じ、その発展は、ドナーとの相互作用を活性化させ、ドナーの成長を誘発し、それは更に、ホストとの間の共進化を促すというダイナミズムを明らかにしている。このダイナミズムは、スピルオーバーの効果的活用を触媒とした自己増殖的な発展プロセスを内包するものとして注目される。

(5) IT の特質

製造技術を核とする工業化社会から IT を核とする情報化社会へのパラダイムシフトと共に IT の特質について、あらためて注目されるようになってきてい

る。

IT の内包するネットワーク外部性については、つとに指摘されてきたところであるが、米商務省はその啓蒙的レポート「Digital Economy 2000」(US DOC, 2000) [1-15] において、IT は自己増殖的な好循環サイクルを作り得ることを強調している。

OECD (1997) [1-13]は、IT 固有の潜在能力を”automate”と“informate”に分けて分析しているが、これは、後者のウェートの拡大と共に自己増殖性の発揮が期待されることを示唆するものである。

Watanabe, Kondo et al. (2002) [1-17] は、固定電話と携帯電話、ワープロとPC等製造技術とITとの普及発展プロセスを動的普及天井を内包する疫学関数(Logistic growth function within a dynamic carrying capacity)を用いて比較分析し、製造技術がひとえに供給者のみの主導によって市場に提供され、その時点でその特質が決定づけられているのに対して、ITは、その普及・利用過程で性格形成がなされる自己増殖的特質を有することを明らかにし、従って、ITの性格形成者は、社会経済全体であり、社会経済体質の柔軟性がITの革新・普及、効果的活用を図る上で決定的に重要であることを指摘している。

野口(2002) [1-2]は、ITで必要とされる条件は、日本的大組織とはそもそも異質のものであり、日本的な集団主義や系列企業間の固定的関係の下では、ITのメリットは発揮できないと指摘している。彼は、米国のような分権的社会に適合しており、それは、個人の企業や個人が他から指令されるのではなく、自らの判断で行動を決定する体制であるとし、企業や購入者としての個人は市場によって結ばれるので、このシステムの情報伝達の効率性がITによって著しく高められたことを明らかにしている。従って、ITを核とする情報化社会においては、市場を通じた最適化こそが要諦であり、有益な情報提供、新サービス開発、購入プロセスの円滑化、コスト削減が実現され、企業や組織内での最適化を至上とし、その上でハイテクミラクルを遂げた工業化社会における日本の組織的慣性が情報化社会における足かせとなっていることを強く指摘している。

1.4 研究の焦点

本論文は、1.2の仮説的見解をベースに、以上の既存研究レビューを踏まえて、次の点を実証することをねらいとする。

技術多角化戦略により、

① カメラから始まり、光学機器、情報・通信機器、複写機、プリンタと続く

自己の開発した一連の中核基盤技術の内包する新機能が他分野に発展的に展開され、

- ② 利用者との相互作用を内生化した自己増殖機能の発現を可能にし、
- ③ もって在来からの企業組織を維持しながら、同時に情報社会に必須とされる多様な機能を機敏かつタイムリーな創出に応えることができた。

1.5 論文の構成

- (1) **第2章**において、上記仮説に即してレーザービームプリンタ（LBP）の成功及び光カードの失敗について比較実証分析を行い、**技術多角化への依存と成功失敗との関係**を明らかにする。
- (2) **第3章**において、プリンタの成功要因を発展的に実証分析し、**技術多角化と成功要因との関係**を明らかにする。
- (3) **第4章**において、以上の結果を生み出すに至った技術多角化戦略の軌跡について、その展開ステップ、展開のメカニズム及びそれを支えた技術の開発・流通機能に視点を据えて実証的に検証し、**技術多角化戦略の本質**を明らかにする。
- (4) **第5章**において、主要電気機械企業との比較・分析により、キヤノンの**技術多角化戦略の技術構造**を分析し、以上の現象的分析結果のベースに存在する普遍的メカニズムを明らかにして、上記仮説を実証する。
- (5) **第6章**は、以上を総括し、電気機械産業を中心に、技術多角化を軸に、固有の在来的なビジネスモデルと、情報化社会へのパラダイムシフト下における新たなビジネスモデルとの共進化戦略への示唆を抽出する。

第 2 章

レーザービームプリンタ、光カードの成功・失敗要因と 多角化戦略

第2章 レーザビームプリンタ、光カードの成功・失敗 要因と多角化戦略

本章は、1970～1990年代にキヤノンで開発された新技術商品としてのレーザービームプリンタ（LBP）と光カードが、どのように開発され、市場でどう評価され受け入れられたかについて、その技術及び市場の熟度（これを「インスティテューション³の臨界状態⁴」という）に呼応した研究開発の着手タイミングに視点を据えた比較評価・検証を試みたものである。その結果、LBPが「技術・市場の熟度」に呼応したタイムリーな研究開発によって順調に普及したのに対し、光カードは民生機器とは異なった保健・医療・福祉分野に期待し、必ずしも伝統的なキヤノン自身の民生機器技術を基本とする中核基盤技術の発展ではなかった結果、「技術・市場の熟度」を読み違え、時期尚早の研究開発だったことを立証し、両プロジェクトの成功失敗要因を、技術多角化への依存の多寡に視点を据えて評価する。

2.1 序

2.1.1 背景

技術は、それを取りまく経済・社会・文化・制度等からなる「社会経済システム」（インスティテューション）の中で誕生し、好循環を構築ししつ成長・発展・成熟し、好循環の破綻とともに停滞・衰退・消滅していく（渡辺他、1998 [2-26]）。従って、その「社会経済システム」にマッチしたタイムリーな開発が技術の開発・普及の鍵となる（Rogers, 1990 [2-25]）。

一方、「社会経済システム」は、それぞれの技術によって、その熟度及びそれに至るサイクルが異なり、それ故に対象技術に応じて開発のタイミングが異なる（Duijin, 1983 [2-28]）。

しかるに多くの技術開発では、このような認識に立脚せず、単に技術開発可能性や需要期待度によってのみ開発タイミングを計る例が多い。その結果、「技術・市場の熟度」やそれに至るサイクルを読み違え、タイミングを間違え、そ

³ インスティテューションとは、技術の革新・普及に影響を及ぼす「社会・経済・文化・伝統・習慣・規則」などの広義の「社会経済体質」を指す（North, 1994 [2-32]）が、本論文ではこれを「**社会経済システム**」と表現する。

⁴ ここで、「インスティテューションの臨界状態」とは、「市場を通じた最適化及び機能創出の共進化」の充足状況を表すものであるが、本論文では、これを、「**技術・市場の熟度**」と表現する。

の結果、市場を通じた最適化や機能創出の共進化が図られず、開発・普及に至らない事例が少なくない。

2.1.2 主眼

本研究においては、キヤノンの1970～1990年代の戦略的研究開発プロジェクトであるLBP及び光カードの開発軌跡を取上げ、両者の比較分析を通じ、以上の仮説的見解の実証的検証を試みることを主眼とする。

2.1.3 既存研究のレビュー

(1) 新技術の開発・普及の軌跡

新技術の開発・普及については、Rogers (1990) [2-25] が「イノベーション普及学」の中で先駆的な研究を行っているが、「技術・市場の熟度」に応じたタイミングを扱うには至っていない。

(2) 「社会経済システム」のビヘイビア

「社会経済システム」のビヘイビアについては、North (1990) [2-32]、Knight (1992) [2-30]、Milner (1997) [2-31] が広範な理論的実証的研究を行っているが、技術の開発・普及に関する技術・市場の成熟過程、及びそれに至るサイクルに視点を据えた分析は行っていない。

(3) 新技術の開発・普及のタイミング

Barzel (1968) [2-27] 及び Tolley, Hodge and Oehmke (1985) [2-34] は、研究開発の最適タイミングを分析しているが、上記の開発・普及に関連した「技術・市場の熟度」、に照らしたタイミングという視点は取上げていない。

(4) LBP 技術の開発・普及

LBP 技術の開発・普及については、山之内 (1991, 1996) [2-22], [2-23] が市場の反応に着目した開発過程を分析しているが、上記のような「技術・市場の熟度」に照らしたタイミングの視点での分析には立ち至っていない。

(5) 光カードの開発・普及

光カードの開発・普及については、松本・細谷(1991) [2-20]及び平山・細谷

(1993) [2-19]が主として原理・応用の面から、また、財団法人光産業技術振興協会 (1990～1998) [2-10] が、主として標準化という視点から調査研究を行ってきたが、上記のような「社会・市場の熟度」に照らしたタイミングの視点からの分析は行っていない。

2.1.4 本研究の焦点

本研究は、1970～1990年代に開発され、対照的な開発・普及軌跡をたどったLBPと光カードの両技術の技術開発を対象に、

- ① それぞれの技術にかかわる「社会経済システム」
- ② それぞれの「技術・市場の熟度」及び成熟状態に達するサイクル長
- ③ それに即した最適タイミングの評価

を軸に、それぞれの技術の開発・普及軌跡を実証的に比較分析する。

2.1.5 構成

2節及び3節でLBPと光カードの開発軌跡及び市場展開を比較検証し、4節においてはそれぞれの普及要因を比較分析する。5節においては以上の結果を総括し、技術多角化との関係からの技術の開発・普及に関する考察をまとめると共に今後の継続的検討課題を明らかにする。

2.2 LBPと光カードの開発軌跡比較

LBPと光カードの開発のルーツは、1970年代から始まっている。両技術の開発軌跡と普及過程を比較トレースすると、**表 2-1**のように整理される。

表 2-1 LBP と光カード開発軌跡比較

	LBP	光カード
'68	(独自の電子写真方式キヤノンNPシステム発表、複写機分野に進出)	('72 光ディスクの開発に着手)
'75	LBP の開発に成功、コンピュータショーへの出品	
'79	半導体レーザ内臓の LBP-10 発売	
'82	(カートリッジ複写機 PC - 10/20 発売)	
'83		R/W (リーダ/ライタ) のライセンス取得
'84	世界最小最軽量の LBP-8/C X 発売	R/Wの注文 (米国の医療健康保険会社)
'85		世界初の光カードR/Wユニット ⁵ 開発
'89		光カードのライセンス取得、光カードシステム (R/W-10 ⁴ 、OC10) 来年サンプル出荷
'92	LBP 生産 1000 万台達成	R/W-20 ⁴ 、OC20 供給 市場実験 (伊勢原市、社内) の推進
'95		世界最小・最軽量・最高速の R/W - 50 ⁴ 発売
'96	LBP 生産 2000 万台達成	バンクーバー空港の通関システム稼動
'97		ベルギー軍事病院の患者記録管理システム納入
'99		撤退

資料 : CANON STORY 1999/2000 (1999) [2-8]、キヤノン史 - 技術を製品の 50 年 (1987) [2-6]、キヤノン史 - 技術と製品の 50 年 (別冊) (1987) [2-7]、キヤノン株式会社プレスリリース (1984、1985、1995、) [2-5]、日経産業新聞 (1992) [2-13]、日刊工業新聞 (1995) [2-12]、日本経済新聞 (1997) [2-14]、日本経済新聞 (1999) [2-15]。

⁵ 光カードR/Wユニットは、第一世代機であり、米国の医療健康保険会社に納入された。R/W - 10 は、独自のカード (OC10) との組合せの第二世代機、R/W - 20 が市場実験に使われた第三世代機、ベルギーの病院に納入されるなど本格発売されたR/W-50 が第四世代機、と整理できる。

2.3 LBP と光カードの開発と市場展開

2.3.1 LBP

キヤノン中央研究所では、1968 年独自の電子写真方式の確立後、その技術の複写機以外への応用を研究を始めていた。1970 年代に入って日本でもコンピュータが次第に普及し始めるが、コンピュータ本体の処理能力が技術革新の中で急速に進歩するのに対して、出力機器としてのプリンタの技術革新は遅れていた。この当時はインパクトプリンタが使われていたが、画質が悪く、印刷時の騒音も大きいという問題を抱えていた（米山、1996 [2-24]）。

一方、キヤノンでは、1967 年にカメラから事務機への多角化が明確に打ち出されていて、⁶ コンピュータ端末機器に対するトップの関心が高かった。そこで開発された複写機をプリントアウト部に活用して、回転鏡ミラー・レーザ変調器・結像光学系などからなるレーザ走査技術を、コンピュータ信号と組み合わせることで、高速高画質のプリントアウトが可能になるというアイデアが生まれ、実証実験がなされた。1975 年には、アメリカのコンピュータ分野の展示会に出席して顧客の反応を見ることをねらいに、ナショナル・コンピュータ・コンファレンス (NCC) に、LBP-4000 を出展し、高い評価を得た（山之内、1991 [2-22]）。このように、LBP の開発の基本には、キヤノンが自ら開発した中核基盤技術を踏み台に、その内包する新機能を発展的に活用するとの技術多角化の考えが存在した。

その後のキヤノンの LBP 開発戦略は、IBM やゼロックスが大型汎用コンピュータからの出力データのプリントという大型 LBP を対象にしていたのに対して、これらと並行して一般のオフィスでも使える小型・分散タイプの出力端末の開発を重要な事業戦略と位置づけた。そしてこの当時、レーザ光源としてまず実用化されていたのは He-Ne ガスレーザであったが、光源やレーザ変調器などの関係で小型化は困難だった（山之内、1996 [2-23]）。

この小型化のポイントの一つであるレーザの小型化については、当時光通信用としてようやく信頼性が確立されつつあった半導体レーザを、LBP の光源として実用化すべく検討を開始した。あわせて光学系の小型化も推進された。また、エンジンである画像形成ユニットには、当時最も実績があった複写機 (NP-L5)

⁶ 詳細は第 4 章参照。

の本体を使い、採用する半導体レーザの波長にあった感光ドラムの開発を進め、1979年 LBP-10 として発売された。この LBP-10 は、世界初の半導体レーザプリンタであること、従来の LBP に比べ価格、大きさ、ともに 1/10 以下になったことが大きく新聞報道され、日刊工業新聞社の 1979 年度十大新製品に選定された（キヤノン史（別冊）、1987 [2-7]）。

LBP-10 と、当時開発が進められていたカートリッジ技術による、複写機のサービス・フリーパーソナルコピー PC-10/20 を結びつけ、メンテナンス・サービスフリーで更なる小型を実現した LBP-CX が次に開発された。これは当時から起こりつつあったパソコン市場に LBP を導入させるさきがけとなった（キヤノン史（別冊）、1987 [2-7]）。

この LBP-CX は、トップによって米国各社（ヒューレット・パカード社、アップル社、ワング社）に市場開拓キャラバンが行われ、国内外の大手 OEM 先の開拓に成功した。そしてこの LBP-CX の成功の背景には、米国を中心とするパーソナルコンピュータ（パソコン）の開発とその市場の飛躍的成長があることを明記しなくてはならない（山之内、1996 [2-23]）。

その後 LBP の事業は、1992 年には生産台数 1000 万台、1996 年同 2000 万台を達成している（Canon Story 1999/2000、1999 [2-8]）。このような急速な飛躍は、本事業遂行の最高責任者たる賀来社長（当時）の以下の「多角化理論」に支えられたものである。賀来の「多角化理論」は、表 2-2 のように整理されている（賀来、1997 [2-4]）。

表 2-2 賀来が提唱する事業多角化戦略

	技術力	販売力	リスク
1. 周辺事業	○	○	0%
2. 関連事業	○ ×	× ○	50%
3. 垂直統合	○ ×	× ○	50%
4. 非関連事業	×	×	100%

まず、周辺事業の多角化、第二は技術か販売ルートの一方はある関連事業への多角化、第三は部品や材料を自社生産するといった垂直統合である。第四は技術も販売ルートもない非関連事業への多角化と、その多角化の手順を示した。これはまた「技術・市場の熟度」を洞察するための実践的なアプローチの体系

化ともとれる。彼はまたこの多角化手順を動的に考え、かつてのキヤノンにおける事務機事業のように、時間経過に従って非関連事業が関連事業に、また関連事業が中核事業化に発達し、結果として中核事業が拡大することも指摘している。その結果 1999 年には、LBP が含まれているコンピュータ周辺機器事業のキヤノンの売上高に占める割合は 52% になっている (The Canon Story 1999/2000, 1999 [2-8])。

2.3.2 光カード

1979 年に米国ドレクスラーテクノロジー社は、光カード技術の基本である光カードの構造と記録媒体を特定した特許を出願した。そして 1981 年に同社から、光カードのコンセプトが提唱された。その後同社が光カード用 R/W (リーダ/ライター) を製造・販売するためのライセンスを世界中から募った (財団法人光産業振興協会、1990 [2-10])。

キヤノンの光メモリ関連の研究開発は、1972 年の光ディスクの開発で始められた。その後しばらく中断されていたが、1980 年光磁気ディスクの開発を目的に再開された。このような社内の研究開発が背景にあって、1983 年キヤノンはドレクスラー社から光カード R/W のライセンスを取得した。このように、光カード開発は、キヤノンの原点的技術とも言うべき光学技術をベースとしているとは言うものの、LBP のように、自ら開発した中核基盤技術を踏み台にするものではなく、ドレクスラー社の基本技術を踏み台とするものであった。

光カードは、半導体レーザによって情報の記録・再生ができる光学式のメモリカードで、① 数値、文字データだけでなく画像までを含む大容量 (2~4 メガバイト) の情報が記録できる、② 取り扱いが容易で、携帯に便利な、③ 量産時には数百円で供給できる可能性などの特長がある。換言すると、個人が情報をカードに記録して常に持ち運ぶ、他のカードに比べ大容量で追記型のカードである。追記型で時系列に情報が取出せる特長が生かせる分野として、まず第一に、保健・医療・福祉分野のカードが注目された (キヤノンプレスリリース、1985 [2-5])。これは、専ら民生分野を中心としてきたキヤノンにとっては、経験の浅い分野への挑戦であった。

かかるところ 1984 年、米国の医療健康保険会社であるブルークロス/ブルーシールド (BC/BS) 社から R/W の大量注文が入った。同社の会員 (全米で 9000 万人) に光カードを持たせ、医療サービスの向上と医療の経費削減を図る計画で、全米で実施した場合、75 万台の装置を必要とする膨大な商談だった。これに応

えるため中央研究所と医療機事業部門のプロジェクトが結成され、1984年原理実験が行われ、1985年初頭には原理可能性の感触が得られた。BC/BS社との契約は大手電気メーカーも含むドレクスラー社ライセンシー間で争われたが、キヤノンが他社を押さえて独占供給で契約された。この契約は、世の中に存在しない原理検討段階の商品に対する売買契約でユニークだった。そして1985年末にBC/BS社に、第一世代機である試作機1号を納入した（キヤノン史（別冊）、1987 [2-6]）。

キヤノンは、1985年世界で初めて光カードR/Wユニットの開発に成功、次世代のパーソナルメモリーとしての光カードの実用化を促進と公表した（キヤノンプレスリリース、1985 [2-5]）。その後BC/BS社へは、1986年夏に追加の試作機が納入され、1987年には量産機を完成した（キヤノン史（別冊）、1987 [2-6]）。しかし、この実験は失敗した（日経産業新聞、1992 [2-13]）。

1989年、キヤノンは、ドレクスラー社と光カード製造ライセンス契約を締結し、独自技術による光カードシステム（第二世代機）を完成させ、光カード事業を本格化すると発表した。量産すれば光カード一枚の価格が500円程度まで下がり。1995年の関連市場は保健・医療・福祉分野を含め1000～2000億円と期待した（電波新聞1989 [2-11]）。

この展望をベースに、キヤノンはこの独自技術の光カードとR/W-20（第三世代機）を、1992年4月以降市場実験として、健康福祉情報システムの「伊勢原市すこやかカードシステム」（カード発行枚数3,000枚）、また1989年から社員の健康管理支援システムとしての「CWT=Canon Wellness Tank」（カード発行7,000枚）などの実用化テストを行った。（日本保健医療情報システム工業界、1995 [2-7]）。また、この1990年代前半は、ISO/IEC JTC 1 SC17の場で光カード標準化の議論が進展した（財団法人光産業技術振興協会、1990～1998 [2-10]）。

1995年にキヤノンは、世界最小・最軽量・最高速の光カードシステムR/W-50（第四世代機）を発売した（キヤノンプレスリリース、1995 [2-5]）、手始めに1995年バンクーバー国際空港の通関チェックシステムに納入した後（日刊工業新聞、1995 [2-12]）、1997年ベルギーのクイーン・マストリッド軍事病院の患者記録管理システムに本格的納入を行った（日本経済新聞、1997 [2-14]）。しかしながら、このような企業努力にもかかわらず、予想したほど市場が広がらず事業採算が合わないことからキヤノンは、1999年に光カード事業から撤退した（日本経済新聞、1999 [2-15]）。

2.4 LBP と光カードの普及要因比較

2.4.1 LBP の普及要因

3 節でみたように、キヤノンでは 1967 年の「右手にカメラ、左手に事務機」という多角化の方針が掲げられており、事務機への多角化という視点からの研究開発テーマの設定が行われおり、一般オフィスでも使える小型・分散型 LBP の開発というテーマ設定は、社外環境、また社内技術資源からみても自然な選択であり、かつ複写機で開拓した販売ルートが使える利点があった。

更に、LBP は、NP-L5 を LBP-10 に、PC - 10/20 を LBP-CX に活用するなど社内の複写機をエンジンとして流用できたこと、かつ当時信頼性が確立されつつあった半導体レーザの実用化など技術的優位性があったプロジェクトであった。加えて、市場洞察という視点からは、米国を中心とするパソコンの開発普及とその市場の飛躍的成長があったことは明記されている（山之内、1996 [2-23]）。

LBP は、このようなパソコンの開発普及に呼応して、「技術・市場の熟度」に呼応しつつ、LBP-10 の第一段階、LBP-CX の第二段階と二度にわたり社内の複写機を活用できたという社内好循環をフルに働かせることができた。更に、LBP-10 では、従来機種に比べ価格・大きさともに 1/10 以下を実現し、社内好循環のみならず、市場からの高い評価という好循環をももたらした。LBP が含まれるコンピュータ周辺機器事業を、LBP-10 が発売された 1979 年と 1989 年の 10 年間で比較してみると、売上高は 9 億円が 2,213 億円と 246 倍、キヤノン全体に占める構成比は 0.48% から 27.2% と飛躍的に拡大している。

LBP のこの事例はまさに、シーズとニーズがうまく融合・凝縮されてプロダクトコンセプトを実現した、織畑（1998）[2-1] の言う技術と市場の新結合（技術・市場のリンケージ）である。

2.4.2 光カードの普及要因

一方、光カードは、1970 年代からの光メモリの研究開発にその端を発しているが、個人が常に情報を携帯できる、大容量、追記型のカードというコンセプトであった。かつ、追記型で時系列に情報が取り出せる特長を生かした保健医療福祉分野のカードが有力な応用分野として挙げられていた。更に、ブルーク

ロス/ブルーシールド（BC/BS）社の医療保険カードとしての注文という状況を考慮すれば特定の市場、それも、キヤノンにとっては経験の浅い医療福祉分野の市場に誘発された新技術商品であった。

この R/W には、LBP の箇所で触れた半導体レーザを使って光カードにピット状に情報を書き込み、その反射率の変化から情報を読み取る装置で、キヤノンでは長年培ってきた光技術を中心に、超精密技術、電子技術、記録媒体技術を駆使して光カードシステムを開発した。光カードはカードそのものを往復運動させて記録・再生を行うため、振動の発生、反復運動時のカードの速度変化にいかに対処するか、高度なオートフォーカス、オートトラッキングの制御技術でこれを解決した（キヤノンプレスリリース、1985 [2-5]）。しかし、この技術開発は、LBP に比べれば技術多角化への依存は少なかったと言わざるをえない。

これまで最も多く市場実験が行われた保健・医療・福祉分野のカードについて、日本光カード医学会論文集（日本光カード医学会論文集、1990～1999）[2-28]、及び財団法人光産業振興協会「光ハンディメモリの標準化に関する調査研究」（1990～1998）[2-10]から正負の普及要因を抽出してまとめると以下のように整理される。

（１）システム有効性

光カードは自分が保持し自ら自身の健診データを管理することで健康管理が図れること、また緊急時の対応（疾患名・投薬状況・血液型等）も可能になった。このように受益者である住民自身からも多大な評価が得られた。⁷ また、人間ドックの結果などは、職場に帰ってから保健婦から十分に納得できる説明が聞けるメリットが挙げられた。図やパターンを使った時系列経過を表すグラフを使用した指導も好評だった。⁸ その一方で、既存の磁気カードや IC カードに比べて光カード使用のメリットが見えてこない、光カードはカードの構成や製造方法の点から量産に適しているといわれながらこれが実現できていない、一層のコストダウンが必要といった指摘もあった。⁹

⁷ 澤井廣量「山梨県白州町における健康管理光カードシステム」第3回日本医療用光カード研究会論文集、27-28、1992年

⁸ 日野原茂雄「健診領域における光カードの適用」第2回日本医療用光カード研究会論文集、25-26、1991年

⁹ 財団法人光産業振興協会「光ハンディメモリの標準化に関する調査研究」1993年

(2) ハードウェア・ソフトウェアの技術面

標準化の課題が提起された。光カード媒体に関連する標準化、R/W の制御に関する標準化、カード上の情報記録管理に関する標準化など階層別の標準化の進展で、光カードが流通できる基盤が整備された。また、カード上のファイルに記録されるデータフォーマットなど医療情報記録フォーマットの標準化など光カード周辺システムの提案も紹介されている。¹⁰

(3) システム運用上の課題

各患者 1 回の入力だというものの、既往症などのように患者自身もうろ覚えの項目があり、入力時間が問題になった上、コンピュータによるデータベース化すらめづらしいため患者・医療従事者双方の戸惑いが見られた¹¹。更に外来が多忙なため入力がない、現有のコンピュータシステムとの整合性の問題で、入力が困難などの指摘もあった。¹² また、医療機関や薬局が暗黙のうちに情報交換することは患者のプライバシー保護の問題といった、医療情報は誰のものかといった議論も提起された。¹³

(4) 法規制や社会習慣との係わり

地方自治体においては、保健・医療サービスを地域住民に一体的かつ効率的に提供していくため、サービス提供に伴って発生するさまざまな保健・医療情報の有効活用が強く求められており、光カードなどはこれらを支援する有効かつ適切な手段である。¹⁴ 更には、地方自治体が医療行政を実施する際には、医師会との関係や、また医師会の動向いかんが成否に大きなかわりを持つという指摘もあった。¹⁵

一方で、他の新技術商品にはない「社会システムとしてのカード」というこ

¹⁰ 堀口敏夫「光カードに関する標準化の現状」第 10 回日本光カード医学会論文集、21-23、1999 年

¹¹ 竹沢真吾「透析用光カードシステム」第 2 回日本医療用光カード研究会論文集、27-28、1991 年

¹² 原量宏等「光カードを用いた周産期管理のフィールドワーク」第 5 回日本光カード医学会論文集、19-20、1994 年

¹³ 堀口雅巳、大櫛陽一等「光カードを利用した施設間連携における薬局の役割」第 9 回日本光カード医学会論文集、28-29、1998 年

¹⁴ 財団法人光産業振興協会「光ハンディメモリの標準化に関する調査報告」1994 年

¹⁵ 海江田裕紀「光カードの現状と将来の対応—行政・医師会・民間の対応—」第 2 回日本医療用光カード研究会論文集、13-14、1991 年

とで、伊勢原市のすこやかカードや、社員の健康管理支援システムなど、それまでの商品では行ったことのない市場実験を行い、その普及を計った。伊勢原市の光カードの導入メリットとして、それまで利用されずにいた老健法に基づく健康審査の結果がカードに入力されたため経時変化がわかり健康管理に管理に役立った。保健婦の在宅療養者訪問時の情報も入力されていて、保健・医療の連携に有効である。また、カードのデータをグラフ化することにより、視覚的に自分の健康状態が分かりやすくなった。更に、医療側にとっても指導しやすくなったことなどが確認された。（日本保健医療情報システム工業会、1995 [2-17]）。

1996年時点までに、伊勢原市の光カードを見学した自治体の数は、140をこえ光カードに関心を寄せる自治体は増えていた。伊勢原市のシステムは、保健・医療・福祉と自治体に関心ある要素を網羅しており、東海大学を中心にこのソフトをベースにした全国共通に利用可能な汎用モデルの開発が始められていた。更に光カードのISO/IECの場での標準化活動なども行った。このような一連の努力にもかかわらず、光カードは「技術・市場の成熟状態」にマッチさせることができなかった。また、その潜在顧客は、LBPのような一般的な民生機器市場ではなく、公共市場、中でも保健・医療・福祉という新技術商品に慎重なキヤノンにとってこれまで経験のなかった市場だった。

2.4.3 LBPと光カードの普及要因の比較分析

(1) 「技術・市場の熟度」と研究開発のタイミング

以上の2例を、Orihata and Watanabe (2000) [2-33] が提唱しているプロダクトイノベーション概念フレームワークにあてはめると、**図 2-1** のように整理される。まずLBPについては、高速高画質で一般のオフィスでも使えるプリンタのプロダクトコンセプトを重視して、コンセプト主導に分類した。光カードについては、ドレクスラー社のカードのコンセプトと、BC/BS社からの注文の各々をそれぞれコンセプト主導、ニーズ（市場）主導ととらえ、コンセプト主導とニーズ（市場）主導の両方にまたがって分類した。また、光メモリ、半導体レーザー、カートリッジ式複写機（PC）は各々LBP、光カード開発の裏付けになった技術であり、以下に表現した。

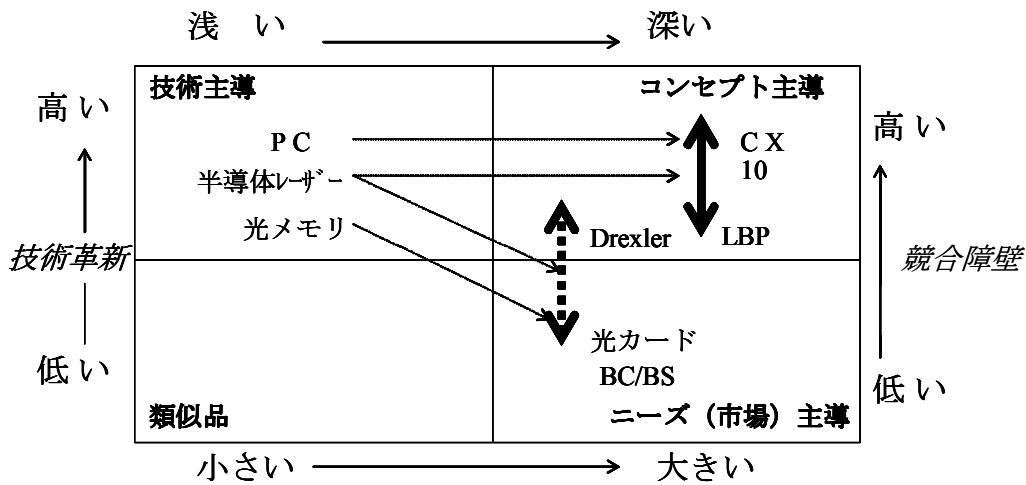


図 2-1 プロダクトイノベーション概念フレームワーク

ハメル、プラハラッド (1995) [2-9] は「コア・コンピタンス経営」の中で、キヤノンのコア・コンピタンスをその社内技術に着目して、それが社内にもどう配備されているか整理している (表 2-3)。これを見ると、LBP は社内技術 (コア・コンピタンス) を多く活用した新技術商品であることがわかり、これに対し、光カードも光学技術を中心に、超精密技術、電子技術を活用した新技術商品であったとは言えるものの、LBP に比べれば、社内中核技術の集積度は低い。

表 2-3 キヤノンのコア・コンピタンス配備

	精密機械工学	精密光学	マイクロ・エレクトロニクス	電子画像処理
基本カメラ	×	×		
EOS 自動焦点カメラ	×	×	×	
コピー	×	×	×	×
LBP	×	×	×	×
BJ	×		×	×

LBP の普及要因の 1 つには、パソコンの飛躍的な普及という外部要因があげられる。また、1975 年の NCC への出品に始まる他企業とのアライアンスによる市場形成がうまく機能したことも、その要因の 1 つである。更に、半導体レーザー採用という要因、かつ社内的には 2 度にわたる複写機のエンジンを活用できたという要因、これらが複合的にからまり高品質かつ小型プリンタというプロダクトコンセプトが実現でき普及したものと言えよう。

LBP の普及要因は、このようなハードウェア面ばかりでなく、市場との相互作用の取り込み、内生の貢献も少なくない。市場創造という視点で開発がされていれば、当時米国で勃興していた DTP (Desk Top Publishing) 市場で、米国ではなく日本が主導権を握れたのではという議論がある (箕浦、1996 [2-21])。また、LBP の普及は、ライバルのヒューレット・パカード社に OEM 供給し、フォント (字体) の作成と販売をまかせたからだという指摘である。プリンタというものはそれぞれのユーザーの文化を反映させたものでなければならないという考え方である。つまり美しい文字というのは、それぞれの文化によって異なるため、それぞれの文化を代表するメーカーにフォントの作成を委ね、そのことが成功に繋がったという指摘である (織畑、1997 [2-1])。

一方、光カードは、他のカードに比べメモリが大容量かつ情報が消去不可という特長があることをプロダクトコンセプトにした商品(システム)である。1986 年当時、キヤノンの社長賀来龍三郎は、インタビューに答えて光カード事業について、「中央研究所においても光技術を中心にして、本業以外のことをドンドンやっています。光カードで 2~3 年後にはリーダの座を取るくらいの目標でやっています。アメリカの保険機構と話しが進んでいるんです。」とその期待とも言える発言をしている (賀来、1986 [2-3])。これは、また、光カードの開発は「本業以外のこと」と言うことで、技術多角化の寵児 LBP とは異なった軌道に則るものである。

光カードの標準化を行った財団法人光産業振興協会「光ハンディメモリ標準化委員会」の委員長後藤顕也委員長は、1993 年の報告書で光カードの市場がいまだ開かれない理由として以下の 3 項を指摘している (光ハンディメモリの標準化委員会、1993 [2-10])。

- ① 国際標準化が遅れている、
- ② 光カード R/W の市場価格が高価すぎる、
- ③ 磁気カードや IC カードなどの競合技術との比較において、光カードのメリットが見出せないユーザーが多い。

また、光産業技術振興協会光ハンディメモリ標準化委員会は、1994 年度にユーザーサイドの考察として「光カードの普及に関するアンケート調査」を行っている。それによると、光カードが普及していない理由としては、① 知名度が低い、② アプリケーションが少ない、③ R/W 装置の値段が高い、④ 実用化しているユーザーが少ない、など保健・医療・福祉分野への新技術商品は民生分

野以上に慎重な対応が求められることが指摘された。¹⁶ また、光カードシステムをいくらからいなら使用したかという質問については、カードについては100～500円、R/Wについては1～10万円という回答が多かった。加えて光カードの普及の問題点としては、有効なアプリケーションが確立していないことに対する指摘が多かった。

以上のように、LBPは、キヤノンの技術多角化の寵児として、半導体レーザーの実用化及び2度の複写機エンジンの活用という先行中核基盤技術を取り込んだ好循環に支えられ、加えて、パソコンの普及に呼応した小規模事務所・個人用プリンタの需要という市場好循環形成が実現された成功例である。一方の光カードは、新技術商品ということで、社内実験や伊勢原市の市場実験などにより、市場好循環形成の努力が重ねられたが、基本的にはLBPと異なり、「本業以外のこと」で、技術多角化に対する依存度が低い上に、キヤノン自身の経験も浅い新技術商品に慎重な保健・医療・福祉分野を対象としたため、「技術・市場の熟度」の洞察が不十分で、その成熟状態にマッチさせることができなかった事例であると判断される。

新技術商品の開発のタイミングは、企業サイドからの商品の提供とその商品を市場がどう評価するかで決定されるが、以上のようにLBPと光カードを見てみると、「技術・市場の熟度」に見合ったタイムリーな研究開発が決め手になっており、両技術はこの点において岐路を分けたものと考えられる。

(2) 時期尚早研究開発の研究開発

以上の分析は、先に示した「技術・市場の熟度」に見合ったタイムリーな研究開発という観点から両技術が岐路を分けたこと、すなわちLBPの研究開発が「技術・市場の熟度」に呼応してきわめてタイムリーに着手されたのに対して、光カードの方は時期尚早であったことを裏づけるものである。

(1) で言及した光ハンディメモリ標準化委員会の光カードが普及しない理由、また同委員会のアンケート調査の評価、かつ伊勢原市のすこやかカードや社員健康管理システムなどの市場実験の推進にもかかわらず、光カードの研究開発が時期尚早となったのは次の背景に起因するものと考えられる。すなわち、既にICカード、磁気カードという容量的には劣るものの同じ機能を有するカード

¹⁶ 光カードが普及しない理由の第5位以下は次ぎの通りである。⑤ カードの値段が高い、⑥ 必要性がない、⑦ 標準化が遅れている、⑧ 自分でデータを持ち歩く習慣がない、⑨ リーダライタ装置が大きく重い、⑩ 媒体（カード）の完成度が低い。

が市場に存在する中で、その上に光カードを普及させるためには、そのアイデンティティたる大容量カードの市場を開拓することが不可欠であり、そのような市場は、保健・医療・福祉分野に期待された。この分野は、爆発的な需要が期待される反面、普及の初期段階は立ち上がりに時間がかかる分野であり、一旦採用が決定されると広範囲に採用される傾向がある。

この市場は、キヤノンにとっては経験の浅い医療・福祉分野の新市場であり、カメラや事務機など民生機器の市場とは異なり、それまで培ってきたマーケティング戦略が必ずしも通用しない市場である。更に、保健・医療・福祉の分野は、平等、公共性、非営利、人命、更には保険制度等の言葉に代表されるように、他の公共分野とも大きく異なった特長があり、わが国保健・医療制度と密接に関連した「社会経済システム」との関係でとらえなくてはならない。現在の保健・医療体制では、まだこのような新しいシステムを広く受け入れるだけの臨界状態になっていない。やっと厚生省が健康保険証にカードを導入し、一世帯に一枚でなく一人一枚カードを配布する検討に入った（日本経済新聞、2000 [2-16]）段階である。今後、光カードが臨界に達し社会システムとして広く世に受け入れられ根づくためには、まだ解決しなければならない課題がいまだにあり、時間を必要とすると思われる。¹⁷

このように、光カードが期待した需要分野は、爆発的な需要が期待される反面、その立ち上がりまでに民生機器とは比較にならないくらい時間がかかる分野であり、その結果、期待に引きずられた研究開発が得てして、時期尚早になりがちな分野である。

以上の時期尚早化要因は、技術・市場いずれも、LBP のように、キヤノン自ら開発した中核基盤技術を踏み台にした技術多角化をベースとするものではなく、それゆえに「技術・市場の熟度」の展望が楽観的に走ったことによるものである。

Tolley et al. (1985) [2-34]は、研究開発プロジェクトのタイミング $t_{(m)}$ を次の方式で評価・検証することを提唱しており、これにあてはめてみても、光カードの研究開発は、市場対象とした保健・医療・福祉市場の慎重さ故に時期尚早であったことが伺える。

R_0 の投資のもとに m 年の期間をかけて年率 p % で増加する売上げ S_0 を生み出

¹⁷ 厚生省は、光カードへの移行をも視野に据えて、さしあたり IC カードを軸に 2001 年度からの順次導入を検討しており、これは、先に分析した光カード研究開発着手の最適タイミング（2000～2001 年）とも符号するものである。

した研究開発について、その着手時期の妥当性について検証する。この研究開発の t 時点における収益バランスの現在価値 B_0 は

$$B_{t_0} = \int_t^{\infty} S_0 e^{-(r-p)\tau} d\tau - R_0 e^{(mr-rt)} \quad (2-1)$$

$$= \frac{S_0 e^{-(r-p)t}}{r-p} - R_0 e^{(mr-rt)}$$

ただし、 r は割引率を示し、 $r > p$ である。

研究開発投資の収益を極大化させるタイミング $t_{(m)}$ は、(2-1) 式の $dB_{t_0}/dt = 0$ となるタイミング t であるので、

$$\frac{dB_{t_0}}{dt} = -S_0 \cdot e^{-(r-p)t} + rR_0 e^{(mr-rt)} = 0 \quad (2-2)$$

$$t_{(m)} = \frac{\ln(R_0/S_0) + \ln(r) + mr}{p} \quad (2-3)$$

この式に即して、光カードの研究開発着手のタイミングを評価・検証すると、次のようになる。

本格市場化（1997, 98年： $t=0$ ）時の売上高：

60^{*1} 百万円（1985年価格 104^{*2} 百万円）

研究開発^{*3}：

期間：1992～1995年

研究開発費： $R_0=1,189$ 百万円（1985年価格^{*4}1,295 百万円）

研究開発重心^{*5}：1994年初（ $t=-3.8$ 年）

重心から本格市場化までの期間： $m=3.8$ 年

割引率： $r=7.2\%$ （1997年時電気機械研究開発投資内部収益率^{*6}）

売上げ増加（期待）率： $p=7.0\%$ （ $r > p$ に即した最大期待率）

$$t = \{\ln(1295/104) + \ln(0.072) + 3.8 \times 0.072\} / 0.070$$

$$= 2.3 \text{ (2000～2001年)}$$

*1：1997、1998年のベルギークイーン・マストリッド軍事病院の納入額[円]

*2：電気機械卸売物価指数を使用

*3：キャノン株式会社プレスリリース（1995）[2-5]

*4：製造業研究開発デフレーターを使用

*5：研究開発期間中の各年研究開発費ウェイトをもとに算出した研究開発活動の中心時点

*6：[2-26] 参照

すなわち、売上げ増加率を最大限期待した場合であっても、*7 光カードの研究開発着手のタイミングは、6年強時期尚早であったことが浮き彫りになる。ちなみに LBP の場合、最適研究開発タイミングは 1976 年後期で、実際の研究開発 1977 年半ばとほぼ一致した。一連の LBP 開発では、二度にわたり自社開発複写機を LBP のエンジンとして利用した中核基盤技術のスピルオーバーが大きな役割を果たした。またレーザ光学系・光源など要素技術開発も重要であった。

2.5 考察：LBP と光カードの成功失敗要因と多角化戦略

1970～1990 年代にキヤノンで開発された新技術商品としての LBP と光カードの開発プロセス、市場での普及・評価について、技術多角化との関係を軸に、その技術・市場の熟度に呼応した研究開発の着手タイミングの視点を据えて比較評価を試みた。以下に、両プロジェクトを、技術多角化をベースとした中核基盤技術の内包する新機能の発展的適用、利用者との相互作用の内生化、市場を通じた最適化、それらによる自己増殖機能の発現といった視点から比較する。

(1) LBP

中核基盤技術の発展という面では、複写機を経て、周辺機器に連なる一連の技術を発展的に適用した、まさに、技術多角化の寵児たる製品である。また、利用者との相互作用の内生化については、HP（米、ヒューレッド・パッカー社）を介してではあったが双方向であり、そこでの OEM ビジネスは、市場拡大、そしてファミリーづくりになった。更に、市場を通じた最適化については、LBP が使われる組織・企業・消費者またパソコン（PC）、オフィスオートメーション（OA）との一体的なシステムとして LBP の必要な要件が追求された。こうして PC、OA の革新に伴って、LBP 需要の拡大が図られ、これが広くはプリンタの革新につながり、次の PC、OA の革新、拡大につながった。この結果が、更に次の LBP の需要拡大、新機能の創出、付加、自己増殖機能の発現というスパイラルな好循環を形成した。またこの過程で、同時に複写機等中核基盤技術のスピルオーバー源も LBP、PC・OA 等技術の同化を図っていった。以上の結果、「技術・市場の熟度」の洞察が的確になし得、その成熟状態をヒットした最適タイミングに研究開発を行うことができた。

(2) 光カード

*7 実際には、本格市場化は、1997 年、1998 年の両年で頓挫したので、 $p < 7\%$

一方の光カードは、光学機器に連なるいわば単製品に関連した製品であり、LBP に比して技術多角化への依存が低かった。加えて、民生機器とは異なった保健・医療・福祉分野に期待した製品であり、それまで培ってきたマーケティング戦略が必ずしも通用できず、利用者との相互作用を内生化するには至らず、結果的には供給側に一方的な働きかけに終始した保健・医療・福祉分野に限定したシステムであり、市場を通じた最適化を図ることができなかった。こうして自己増殖機能の発揮には至らなかった。

以上は、いずれも「技術・市場の熟度」の洞察を楽観的に働かせ、時期尚早の開発に走らせるものであった。

以上を総括すると、**表 2-4** のようになる。

表 2-4 LBP と光カードの比較

	LBP	光カード
中核基盤技術のスピルオーバー	複合幹（カメラ→複写機→周辺機器）	単幹（光学機器）
利用者とのインターラクションの取り込み	民生（双方向的）	医療（一方的）
市場を通じた最適化	組織・企業・消費者 PC、OA の利用と一体的なシステム	医療のみの閉システム
自己増殖機能の発現	PC, OA の革新 → プリンタ需要の拡大 → プリンタの革新 → PC, OA の拡大 → プリンタ需要の拡大 → 新機能の創出・付加	

参考 LBP と光カードの研究開発タイミング

	光カード	参考 LBP
本格市場化	1997、1998 年	1979 年
本格市場時の売上げ高（億円）	1.0	8.4
売上げ（期待）増加率	7.0%	26.0%
研究開発期間	1992-1995 年	1975-1979 年
研究開発費（億円）	13.0	6.8
研究開発のタイミング	2.3 年（2000 - 2001 年）	-3.2 年（1976 年後半）
実際の研究開発	1994 年始め （時期早尚）	1977 年半ば （最適タイミングをヒット）

第 3 章

プリンタの成功・発展と多角化戦略

第3章 プリンタの成功・発展と多角化戦略

工業製品の技術革新においては、既往の技術をベースに、その刷新を図ることにより、革新的な機能を有する次世代の技術製品を生みだしていくケースが少なくない。キヤノンの売上げの5割を占める中興製品プリンタもその典型であり、1970年代央の大型レーザビームプリンタを起点に、1980年代央には第2世代プリンタとしてのレーザビームプリンタ (LBP) に、1990年には第3世代としてのバブルジェット (BJ) の開発導入に成功を収めている。これは世代間の切り替え、すなわち現世代から次世代への転換のタイミングが適切であったことによる。そして、これは技術多角化戦略におうところが大きい。しかるに、この転換のタイミングはすぐれて企業機密に属するところが多く、一般には明らかにされない。本章では、以上に鑑み、疫学モデルを応用して、3世代にわたるプリンタの開発導入軌道を分析し、各世代技術間の相互触発、各技術、技術製品の開発・導入・普及のタイミング、テンポにメスを入れ、技術多角化が適切な転換タイミングに果たした役割を明らかにすることにより、光カードの開発等類似のパターンを有する技術の開発戦略に対する示唆を抽出する。同時に、このようなプリンタの成功要因と、第2章で見た一連の中核基盤技術のスピルオーバー、利用者との相互作用の内生化、市場を通じた最適化、自己増殖機能の発現のシステム関係を明らかにする。

3.1 序

3.1.1 背景

国境を越えた消費者の価値観の多様化を基軸とするメガ・コンペティションの中で、技術開発製品の開発タイミングの見極めが競争力の決め手となっている。第2章で分析したLBPと光カードの明暗は、これを端的に示すものである。とくに、世代を有する技術製品開発においては、次世代製品への切り替えのタイミングが決定的に重要である。情報化の進展と共にプリンタのニーズは指数関数的に増大する。1960年代にカメラから事務機への多角化を標榜したキヤノンは、カメラや複写機で培った光学・印刷技術を軸に指数関数的に増大した世界のプリンタニーズにいち早く応え、この分野の世界的リーダとしての地歩を築き、自社の売上げの5割をまかなうに至った。これは、1970年代央の大型LBPから1980年代央のLBP、そして1990年のBJに至る3世代にわたるプリンタ世

代間の切り替えのタイミングが適切であったことにおうところが多く、そのプロセスは技術製品の開発戦略を検討する上で貴重な示唆をほらむ。

3.1.2 主眼

以上に鑑み、疫学モデルを応用して、3世代にわたるプリンタの開発導入軌道进行分析し、技術多角化との関係に視点を据えて、各世代技術間の相互触発、各技術、技術製品の開発・導入・普及のタイミング、テンポにメスを入れ、光カードの開発等類似のパターンを有する技術の開発戦略に対する示唆を抽出することを主眼とする。

3.1.3 既存研究レビュー

世代を有する技術製品の開発・普及において、世代間の転換のタイミングが決定的に重要という観点から、山之内 (1991, 1996) [3-10], [3-11]、日本電子工業振興協会 (1997) [3-9]、柴田 (1998) [3-8] を始め、研究開発管理 (Tolley, 1985) [3-25]、技術革新 (Barzel, 1968 [3-15]、Twiss, 1992 [3-26])、経営等 (渡辺、1998 [3-14]、Rogers, 1990 [3-13]、Knight, 1992 [3-18]、Milner, 1997 [3-19]、Modis, 1992 [3-20]、North, 1990 [3-21], 1994 [3-23]) の分野でこのプロセスのベールアップをねらいとした研究が重ねられてきたが、この転換のタイミングはすぐれて企業機密に属するところが多く、世代間の切り替えのタイミングに関する核心的な部分は依然ベールに包まれたままになっている。

3.1.4 本研究の焦点

本研究は、3世代にわたるキヤノンのプリンタの発展軌跡について、疫学モデルを応用した普及軌道を推定することにより、各世代のプリンタの研究開発及び売上の軌道を明らかにし、それをベースに、技術多角化との関係に視点を据えて、各プリンタの研究開発タイミングを検証・評価し、技術多角化、研究開発着手のタイミングを軸に、プリンタの成功・発展と、一連の中核基盤技術のスピルオーバー、利用者との相互作用の内生化、市場を通じた最適化、自己増殖機能の発現との関係を明らかにする。

3.1.5 構成

2節は、3世代にわたるプリンタの開発導入の軌跡をレビューする。3節は、

疫学モデルを応用して各世代のプリンタごとにそれぞれの開発軌跡を明らかにする。4節は、以上の結果に基づいて開発タイミングの妥当性を検証し、世代を有する技術製品開発への示唆を抽出する。そして、5節は、以上の結果を総括し、技術多角化と研究開発着手のタイミングの関係等の新たな知見を示すと共に、今後の継続的検討課題を明らかにする。

3.2 プリンタの開発軌跡のレビュー

3.2.1 第一世代プリンタの開発：大型レーザビームプリンタ（LLBP）

第2章で見たように、キヤノンでは1967年にカメラから事務機への多角化の方針が明確に示された。この方針に沿って、キヤノン中央研究所では、1968年独自の電子写真方式の確立後、その技術の複写機以外への応用の研究を始めていた。1970年代に入って日本でもコンピュータが次第に普及し始めるが、コンピュータ本体の処理能力が技術革新のなかで急速に進歩するのに対して、出力機器としてのプリンタの技術革新は遅れており、多角化戦略の中でのコンピュータ端末機器に対するトップの関心が高かった。そのような中で、キヤノンで開発されていた複写機をプリントアウト部に活用して、回転鏡ミラー・レーザ変調器・結像光学系などからなるレーザ走査技術を、コンピュータ信号と組み合わせることで、高速高画質のプリントアウトが可能になるというアイデアが生まれ、実証実験がなされるに至った。添付資料1に、複写機、LBP、BJの開発プロセス（年表）を示す。

以上のような、コンピュータ化に伴うプリンタニーズの急増、カメラから事務機への多角化に付随した複写機技術の応用を軸に、中央研究所のプロジェクトとしてプリンタ技術の開発が推進された。1975年には、ナショナル・コンピュータ・コンファレンス（NCC）に一世代プリンタとしてのLBP-4000を出展し、高い評価を得た（山之内、1991 [3-10]）。これが第二世代レーザビームプリンタ（LBP）、第三世代バブルジェット（BJ）プリンタと続くプリンタ開発のトリガーとなった。

3.2.2 第二世代プリンタの開発：半導体レーザ応用小型レーザビームプリンタ（LBP）

LBPの小型化のポイントは、レーザの小型化であった。この問題を解決する

ため、キヤノンは、当時光通信用としてようやく信頼性が確立されつつあった半導体レーザを LBP の光源として実用化すべく検討を開始した。あわせて光学系の小型化も推進された。また、エンジンである画像形成ユニットには、当時最も実績があった複写機 (NP-L5) の本体を使い、採用する半導体レーザの波長にあった感光ドラムの開発を進め、1979 年 LBP-10 として発売された。この LBP-10 は、第二世代プリンタともいふべきもので世界初の半導体レーザプリンタであること、キヤノンの積密技術を始めとする社内の諸技術が生かされ、従来の LBP に比べ価格、大きさ、ともに 1/10 以下になった。まさに、技術多角化の寵児であった。

以上のような、自ら開発した中核基盤技術のスピルオーバーと合わせて注目されるのが、利用者との相互作用の内生化、すなわちパソコン市場の取り込みである。LBP-10 と、当時開発が進められていたカートリッジ技術による、複写機のサービス・フリーパーソナルコピー PC-10/20 を結びつけ、メンテナンス・サービスフリーで更なる小型化を実現した LBP-CX が次に開発され、パソコン市場に LBP を導入させるトリガーとなった。

この LBP-CX は、トップによって米国各社 (ヒューレット・パカード社、アップル社、ワング社) に市場開拓キャラバンが行われ、国内外の大手 OEM 先の開拓に成功した。この LBP-CX の成功の背景には、米国を中心とするパソコンの開発とその市場の飛躍的成長がある (山之内、1996 [3-11])。

3.2.3 第三世代プリンタの開発：バブルジェットプリンタ (BJ)

一方、1970 年代後半に、ポスト複写機をねらう記録技術の調査が当時の製品技術研究所のスタッフによって行われ、この中に以前から研究していたインクジェット記録技術が入っていた。インクジェット方式はインク滴をノズルにより吐出させ、文字や画像を形成する記録方式である。当時のインクジェット技術は未完成で、画質、速度、メンテナンスなど参入余地が十分あるとみて、インクジェット研究開発グループが再発足した。このグループは熱によるインク吐出という新吐出方式の原理発見、熱に強いインク材料の開発、高速化のためのマルチヘッド開発などの技術課題を解決し、かつキヤノンの得意技術である積密技術を始めとする諸技術が応用され、1981 年には技術展示がされ、高速記録、デジタル、カラーなどの観点から高い評価を得た。同年、独自技術として研究開発してきたインクジェット技術は、「バブルジェット (BJ)」と正式名称がつけられた。こうして 1982 年、キヤノンは OEM を主体とするプリンタ単体での

事業を開始した。1990年には、第三世代プリンタとしての、個人や家庭向けのBJノートプリンタ「BJ-10」シリーズが発売され、新しい市場を開拓した（キヤノン史—技術と製品の50年、1987 [3-2]）。

その後LBPの事業は、1992年には生産台数1,000万台、1996年同2,000万台を達成している。一方BJの生産台数は、1994年に1,000万台、1996年2,000万台を達成した。その結果、1999年には、LBPとBJが含まれているコンピュータ周辺機器事業のキヤノンの売上高に占める割合は50%になっている（The Canon Story, 2000/2001 [3-4]）。

3.3 疫学モデルによるプリンタ開発軌跡の分析

本節では、以上の3世代にわたるキヤノンの大型レーザービームプリンタ（LLBP）、レーザービームプリンタ（LBP）、バブルジェットプリンタ（BJ）について、それぞれの売上高の推移を推定し、その時系列変化から、各製品の成熟度を計測し、プリンタ開発導入軌跡を分析する。

3.3.1 疫学モデル

製品の普及・成熟を表すモデルとして、疫学モデルがある（Meyer, Yung and Ausubel, 1999 [3-24]）。本分析では、売上高の推定、各製品の成熟度の計測にこのモデルを用いる。

疫学モデルは、伝染病に感染する方法、つまり伝染病にかかっている人と接触することによって感染することをモデル化したものである。これはその現象に照らして伝播関数（Epidemic Function）とも称される。これを製品の普及・成熟という観点から考えると、すでにある製品を持っている人と接することにより、その製品に関する情報が伝わり、買うことによるメリットの方がコストより大きければその製品を購入するという論理をモデル化している。

伝播関数は指数関数に“負のフィードバック”を加えたものである。

$$\frac{df(t)}{dt} = af(t) \left(1 - \frac{f(t)}{K} \right) \quad (3-1)$$

ただし、 K は $f(t)$ の上限値である。¹⁸

$\left(1 - \frac{f(t)}{K}\right)$ は負のフィードバックを表し、 $f(t) \ll K$ のとき1に近く、 $f(t) \rightarrow K$ のとき0に近づく。

すなわち、成長率は初期の段階では指数関数的であるが、上限値の K に近づくにつれ0に近づいていく。そして、**図 3-1**に示されるようなS字型カーブを描く。

(3-1)式を積分すると

$$f(t) = \frac{K}{1 + e^{-(at+b)}} \quad (3-2)$$

となる。ただし、 a, b は係数である。

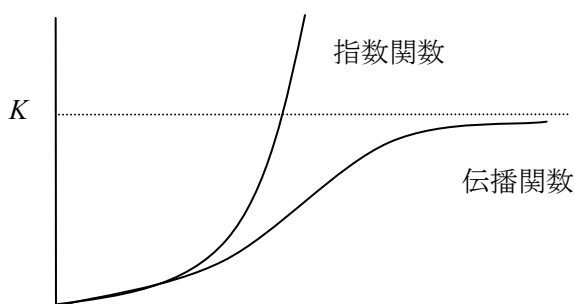


図 3-1 指数関数と疫学モデルによる伝播関数の比較

(3-2)式の両辺の対数を取り、変形すると (Fisher-Pry 変換)

$$\ln \frac{F}{1-F} = at + b \quad (3-3)$$

ただし、 $F = \frac{f(t)}{K}$

となる。

¹⁸ 上限値 K は、(3-1)式の両辺を $f(t)$ で割った $\frac{df(t)/dt}{f(t)} = a\left(1 - \frac{f(t)}{K}\right)$ において、 $f(t)$ の値を横軸にとり、 $\frac{df(t)/dt}{f(t)}$ を縦軸にとり相関を求め、横軸と交わる点(すなわち $f(t)$ の成長率が0となる点) $f(\bar{t})$ を求めることにより $a\left(1 - \frac{f(\bar{t})}{K}\right) = 0$ から $K = f(\bar{t})$ を計測することができる。

3.3.2 LLBP、LBP、BJの売上高

キヤノンのプリンタ全体の売上高は公表されているが LLBP、LBP、BJ の各製品の売上高については公表されていない。そこで、多方面の入手可能なデータをもとに、逐次、統計的有意性を比較検証しつつ、各製品の売上高を推定した。

(1) 使用データ

キヤノンのプリンタ部門の総売上高 (1976~1999年)

【山之内昭夫、「テクノマーケティング戦略」、産能大学出版部、1996】 [3-11]

【キヤノン株式会社、「The Canon Story 2000/2001」、2000】 [3-4]

World Wide 方式別プリンタ市場規模予測—売上

【社団法人日本電子工業振興協会、「プリンタに関する調査報告書」、1997】

[3-9]

各製品の発売開始時期

LLBP : 1976年

LBP : 1984年

BJ : 1990年

(2) 売上高の推定

1) LLBP

(i) 1976~1983年

LLBP が発売されてから、LBP が発売されるまでの期間(1976~1983年)では、LLBP の売上高は総売上高と一致する。

(LLBP の売上高) = (総売上高)

(ii) 1984~1999年

i) で求めた LLBP の売上高のデータを用いて、LLBP の売上高の伝播関数を求めると以下のようなになる。

$$f(t) = \frac{254.0}{1 + \text{Exp}\{- (0.379t - 754.0)\}} \quad (3-4)$$

(15.12) (-15.18)

**

**

adj. R² 0.970 DW 2.22

() 内 t 値 **1%有意

(4)式を用いて、1984～1994年の売上高を推定する（1995～1999年の売上高は0）。¹⁹

(iii) 推定値の検証

1976～1994年までの売上高の推定値を用いて、伝播関数を求めると、

$$f(t) = \frac{254.0}{1 + \text{Exp}\{- (0.379t - 754.0)\}} \quad (3-5)$$

(93.75) (-93.89) *adj. R*² 0.998 DW 2.39
 ** ** () 内 t 値 **1%有意

となり、統計的に有意な結果が得られたので、推定値が適当であると判断される。

2) LBP の売上高

(i) 1984～1989年

LBPが発売されてからBJが発売されるまでの期間(1984～1989年)では、LBPの売上高は総売上高からLLBPの売上高を引いたものと一致する。

$$(\text{LBP の売上高}) = (\text{総売上高}) - (\text{LLBP の売上高})$$

(ii) 1996～1999年

世界市場におけるLBPとBJの市場規模(売上高)とキヤノンにおけるLBPとBJの市場規模(売上高)が一致すると仮定して、LBPの売上高を求める。

$$\begin{aligned} &(\text{LBP の売上高}) \\ &= (\text{総売上高}) \times (\text{LBP のシェア}) / \{(\text{LBP のシェア}) + (\text{BJ のシェア})\} \end{aligned}$$

(iii) 1990～1995年の売上高

- a. データの不足している1990～1995年の直前と直後の年である1989年と1996年の売上高を次式にもとづき推計する。

$$f(t) = 161.5t - 319079 \quad (3-6)$$

¹⁹ 1990年代のパソコンの急速な普及に応えた小型プリンタたるLBP及びBJの急速な普及により、LLBPの販売は1995年からほぼ0になったことが指摘されたので(#)、1995～1999年の売上高は0とした。

(#) 関係者などに対するインタビュー及び、CANON STORY (毎年版)

ここで、1990～1995年の売上高が(3-6)式に沿うものと考えて、1990～1995年の売上高を求める。

b. aで推定した売上高を用いて、1984～1999年の売上高から、次のように、LBPの売上高の伝播関数を求める。

$$f(t) = \frac{3980}{1 + \text{Exp}\{- (0.275t - 548.0 - 1.758D_{84})\}} \quad (3-7)$$

(14.20) (-14.19) (-14.19) adj. R² 0.958 DW 1.04
 ** ** ** () 内 t 値 **1%有意

c. $\ln \frac{F}{1-F} = at + b$, $F = \frac{f(t)}{K}$ に(3-7)式で求めた上限値 $K=3980$ とデータの不足している 1990～1995年の直前と直後の年である 1989年と1996年のデータを用いて、 a , b を求める。

$$a=0.190$$

$$b=-377.2$$

この a , b を用いた伝播関数

$$f(t) = \frac{3980}{1 + \text{Exp}\{- (0.190t - 377.2)\}} \quad (3-8)$$

により、1990～1995年の売上高を推定する。

(iv) 推定値の検証

1984～1999年までの売上高の推定値を用いて、伝播関数を求めると、

$$f(t) = \frac{3980}{1 + \text{Exp}\{- (0.276t - 549.8 - 1.773D_{84})\}} \quad (3-9)$$

(13.83) (-13.82) (-4.66) adj.R² 0.956 DW 0.99
 ** ** ** () 内 t 値 **1%有意

となり、統計的に有意な結果が得られたので、推定値が適当であると判断される。

3) BJの売上高

(i) 1)、2)で求めたLLBPとLBPの売上高を総売上高から引いて求める。

$$(\text{BJの売上高}) = (\text{総売上高}) - \{(\text{LLBPの売上高}) + (\text{LBPの売上高})\}$$

(ii) 推定値の検証

$$f(t) = \frac{4754}{1 + \text{Exp}\{- (0.623t - 1242)\}} \quad (3-10)$$

(8.76) (-8.76) adj.R² 0.894 DW 2.09
 ** ** () 内 t 値 **1%有意

となり、統計的に有意な結果が得られたので、推定値が適当であると判断される。

(3) 結果

以上にして統計的有意性を検証しつつ推定した、LLBP, LBP, BJ の3世代にわたるプリンタの売上高の推移を整理すると**表 3-1**に示す通りである。

表 3-1 キヤノン各プリンタの各製品の売上高推移
(1976-1999) : 1995年実質価格 億円

年	LLBP	LBP	BJ	合計
1976	3	0	0	3
1977	3	0	0	3
1978	5	0	0	5
1979	9	0	0	9
1980	11	0	0	11
1981	18	0	0	18
1982	26	0	0	26
1983	28	0	0	28
1984	45	111	0	156
1985	60	418	0	478
1986	80	673	0	753
1987	102	1078	0	1180
1988	125	1535	0	1660
1989	149	2064	0	2213
1990	172	2251	146	2569
1991	191	2434	628	3253
1992	207	2609	1238	4054
1993	220	2774	1357	4351
1994	230	2927	1647	4804
1995	0	3067	2734	5801
1996	0	3194	3924	7118
1997	0	3322	3967	7289
1998	0	3618	4549	8167
1999	0	3453	4012	7465

以上の売上高の推移は図 3-2 のように示される。

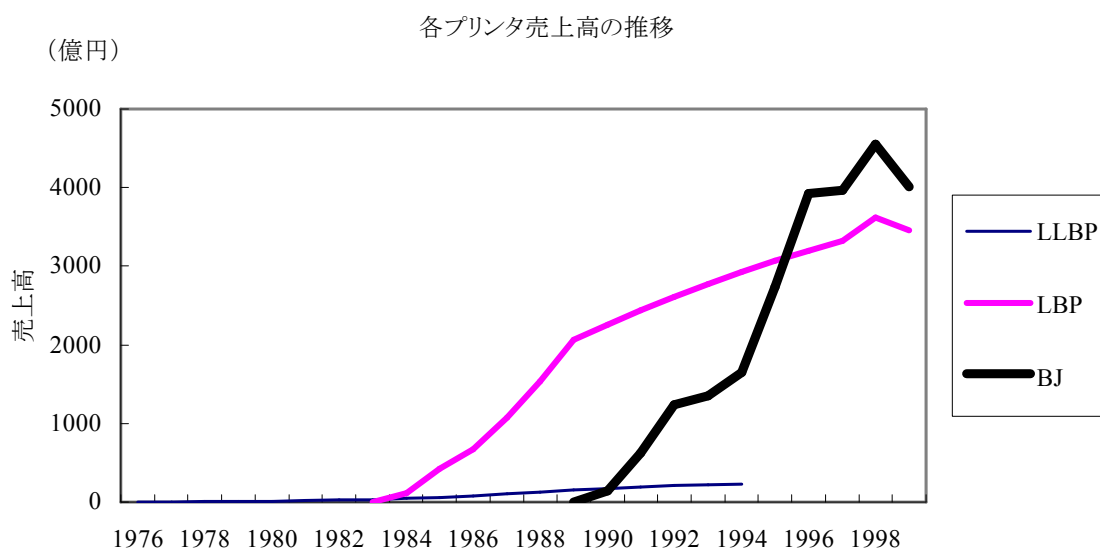
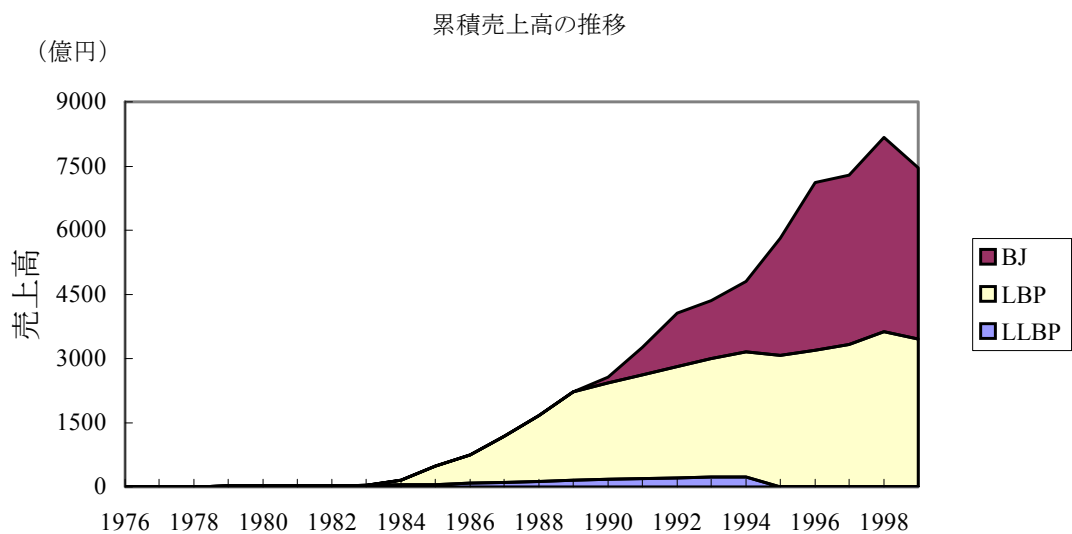


図 3-2 キヤノン各プリンタ売上高の推移 (1976-1999)
: 1995 年実質価格 億円

3.3.3 各製品の成熟度

3.3.2 (2) において、各製品の売上高の全データを用いて以下のような伝播関数が求められた。結果はいずれも 1% 有意で統計的有意性が極めて高い。

3.4 分析結果の考察と世代を有する新技術製品開発への示唆

3.3の分析で求めた各製品の伝播関数の K , a , b をまとめると表3-2のようになる。

表3-2 各プリンタ普及上限、支配係数の比較

	K	a	b
LLBP	254	0.379	-754
LBP	3980	0.276	-550
BJ	4754	0.623	-1242

3.4.1 LLBP と LBP の比較

LLBP と LBP を比較すると、上限値 K の値が大きく異なる。これは、市場のターゲットが異なるためである。LLBP は大型コンピュータのユーザーである業務用市場をターゲットとしたのに対し、LBP は一般オフィス、家庭用までターゲットとしている。

この違いにより、LLBP の販売ルートを活用や LLBP での様々な経験は必ずしも LBP には反映されない。伝播関数において、普及の速度を表す係数である a を比較すると、LBP の方が後に発売されたにもかかわらず、LLBP より小さくなっているのは、この実情を表しているものと考えられる。

3.4.2 LBP と BJ の比較

LBP と BJ を比較すると、上限値 K は、ほぼ同じレベルを示している。これは、LBP と BJ は似たような市場をターゲットとしているためである。そのため BJ においては、LBP で培われた技術、人材、経験、販売ルートなどの蓄積を十分活用することができた。したがって、 a の値を比較すると、BJ の方が LBP よりはるかに大きく、BJ の普及は LBP より速かったことが顕著に示されている。

3.4.3 開発タイミングの検証

BJ が発売された 1990 年が LBP の成熟段階においてどのような段階であったのかを考察する。

ここで、伝播関数の変曲点について考える。

$$f(t) = \frac{K}{1 + e^{-(at+b)}} \quad (3-2)$$

を1階微分、2階微分すると、

$$\frac{df(t)}{dt} = af(t) \left(1 - \frac{f(t)}{K} \right) \quad (3-1)$$

$$\frac{d^2f(t)}{dt^2} = a \left(1 - \frac{2f(t)}{K} \right) \quad (3-11)$$

となる。ここで、 $\frac{d^2f(t)}{dt^2} = 0$ とすると

$$f(t) = \frac{K}{2} \quad (3-12)$$

となる。(3-12) 式を (3-2) 式に代入して解くと、

$$t = -\frac{b}{a} \quad (3-14)$$

となる。よって、 $f(t)$ の変曲点は、 $t = -\frac{b}{a}$ のときである。

すなわち、 $t < -\frac{b}{a}$ のときは、収穫逓増であり、 $t > -\frac{b}{a}$ は収穫逓減となることがわかる。

これを用いて、LBP の売上高の変曲点を求める。

3章で求めた LBP の売上高の伝播関数

$$f(t) = \frac{3980}{1 + \text{Exp}\{- (0.276t - 549.8 - 1.773D_{84})\}} \quad (3-8)$$

を用いて計算すると変曲点は $t = 1990.4$ ²⁰ となる。

これは、BJ の販売が開始された年と一致する。

このことから、LBP の売上高が収穫逓増から収穫逓減へ移るときに、BJ の販売が開始されたことがわかる。LBP の売上高が変曲点を迎え、収穫逓減に変わる 1990 年に BJ という新たな製品の販売が開始されたことで、プリンタ事業は成長を続けることができた。しかも、先述のように、LBP の開発によって BJ に必要な、技術、人材、経験、販売ルートなどの蓄積はある程度出来あがっていたと考えられる。

²⁰ (3-14)式は a 、 b の桁数に敏感なので、実際の計算にあたってはこの点を考慮して、 $a = 0.27623\dots$ 、 $b = -549.816\dots$ を用いた。

BJ の販売が 1990 年より遅いタイミングであると、LBP の売上の増加率は減少し、プリンタ事業の売上高の伸び率も減少してしまう。逆に、これより早いタイミングであると、LBP の技術、人材、経験、販売ルートなどの蓄積が十分に熟すには至らず、BJ を十分に普及させることは出来なかったものと考えられる。以上から、BJ の販売は絶妙なタイミングでなされたと考えられる。

3.4.4 世代を有する新技術製品開発への示唆

キヤノンでは 1967 年の「右手にカメラ、左手に事務機」という多角化の方針が掲げられており、事務機への多角化という視点からの研究開発テーマの設定が行われおり、一般オフィスでも使える小型・分散型 LBP の開発というテーマ設定は、社外環境、また社内技術資源からみても自然な選択であり、かつ複写機で開拓した販売ルートが使える利点があった。

そして、LBP は、NP-L5 を LBP-10 に、PC-10/20 を LBP-CX に活用するなど社内の複写機をエンジンとして流用できたこと、かつ当時信頼性が確立されつつあった半導体レーザの実用化など技術的優位性があったプロジェクトであった。以上に加えて、市場洞察という視点からは、米国を中心とするパソコンの開発普及とその市場の飛躍的成長があったことが看過できない(山之内、1996 [3-11])。

LBP は、このようなパソコンの開発普及に呼応して、「技術・市場の熟度」とマッチしつつ、LBP-10 の第一段階、LBP-CX の第二段階と二度にわたり社内の複写機を活用できたという社内好循環があり、LBP-10 では、従来機種に比べ価格・大きさともに 1/10 以下を実現するなどし、市場からの高い評価という好循環をもたらしたのである。LBP はまさに、キヤノンの技術多角化戦略の寵児であり、同時に、シーズとニーズがうまく融合・凝縮されてプロダクトコンセプトを実現した、技術と市場の新結合（技術 - 市場のリンケージ）による市場との相互作用の内生化の賜物である。

BJ はこの LBP の市場に投入された新技術製品であり、技術的には新規であるが、市場的には LBP の開拓した販売ルートが活用された製品であり、市場リスクは総体的に低かった。一方では、小型化、カラー化、高精細化、高速化といった諸技術を確立し実現された新技術商品である（Canon Technology Highlights '98、1998 [3-5]）、（キヤノン、1997 [3-6]）、（岩井、1998 [3-1]）。

当初は、キヤノンにも LBP と BJ が共食いするという危惧がなかったわけでは

ない。しかし、当時の商品開発本部長遠藤は、「どのように世の中が動いていくかによって、BJが電子写真（即ちLBP）のやっていたジャンルを食っていくという可能性もあるし、あるいは電子写真のエンジンが復活する可能性もある。BJは確かに電子写真とビジネス的に競合する部分があるが、キヤノンとしてはもっとトータルに、両者の発展を考えていかなければならない。電子写真のエンジンと、BJのエンジンを競争させるわけですよ。問題があるかもしれませんが、人間というのは競争することによって、お互いアウフヘーベンするとか、よくなっていく。電子写真もよくなるし、負けまいとBJのほうもさらによくなる。こういうやり方はトータルに考えれば、全体の競争力を高める上でよい方法ではないかと考えています」と、より積極的な立場を表明している（米山、1996 [3-12]）。LBPはパソコン市場との相互作用を内生化したのみならず、BJとの相互作用をも内生化したのである。

図3-3のLLBP、LBP、BJの3世代にわたるプリンタの成熟度を見ると、各製品の軌跡はそれぞれ特長があり、時代が進むごとに各製品またその製品に含まれている技術のライフサイクルが短命化していることがうかがわれる。また、この図からは、現行製品のライフサイクルの半分のタイミングで次の製品（技術）を市場投入すべきことが示唆されるが、そのためにはそれに先立ったタイムリーな研究開発着手が求められることになる。伊丹等は、現在のコアが有効に機能しているうちに新しいコアを探求して、開発しておかなければならないと指摘している（Itami and Roel, 1987 [3-17]）が、これは、3世代のプリンタ開発の軌跡とも符合するものである。しかし、一般にこのようなタイムリーな開発を行うことは、ねらいとは裏腹に、容易なことではない。キヤノンのプリンタにおいて、絶妙な世代交代、そのための最適タイミングでの次世代プリンタの研究開発がなしたのは、すぐれて技術多角化戦略におう。これにより、先行的な中核基盤技術を踏み台に、その内包する新機能を次世代プリンタに発展的に適用することができ、もって「技術・市場の熟度」を的確に洞察することができた。

3.4 考察：プリンタの成功・発展と多角化戦略

消費者の価値観の多様化を基軸とするメガコンペティションの中で、世代を有する技術製品開発における次世代製品への切り替えのタイミングが競争力の決め手になっているとの認識に立って、情報化の進展と共に指数関数的に増大するプリンタ分野において世界的リーダーとしての地歩を築いたキヤノンの3世

代にわたるプリンタの開発導入軌跡、なかんずく世代間の切り替えのタイミングに注目して、疫学モデルを応用して、各世代技術間の相互触発、各技術、技術製品の開発・導入・普及のタイミング、テンポを分析した。

その結果、従来ベールに包まれていた各世代毎のプリンタの開発導入軌跡について、それぞれの軌道を特定し、いずれも疫学モデルのS字カーブに沿った開発導入がなされていること、本格普及型のプリンタたるLBP及びBJの両世代の切り替えは、前者が収穫逓増から逓減に切り替わる変曲点に符合する絶妙のタイミングに行われたこと等世代間の切り替えのタイミングの核心を明らかにし、類似のパターンを有する技術の開発戦略に対する貴重な示唆を抽出することが出来た。

検討したプリンタシリーズでは、キヤノン自らが開発した一連の中核基板技術のスピルオーバーにより、タイムリーな新技術への取り組みが可能になった。同時に、利用者の要求に応える機能の向上が、需要の拡大を生み、それが更なる利用者の要求に連なるスパイラル構造の利用者との相互作用を生じた。プリンタは、パソコンを活用して業務を遂行する小規模事業所、個人事業所などのSOHO、また編集作業や文書保管などに情報機器を駆使して行いコンピュータネットワーク化する出版様式であるデスク・トップ・パブリッシング（DTP）などのパソコンやOAシステムの普及と時を同じくして、またPCやOAの発達と相互に刺激しながら発達・普及した。かくして市場との相互作用を内生化することができた。これもまた、「技術・市場の熟度」を的確に洞察する上で大きく貢献した要素でもある。プリンタは、パソコンやインターネットに連なる機器であり、自ずとパソコンやインターネットの発展に伴って、革新・進化し自己組織化の発現がなされた。

以上のダイナミズムは図 3-4 のような「共鳴的三重スパイラル発展軌道」に示される。

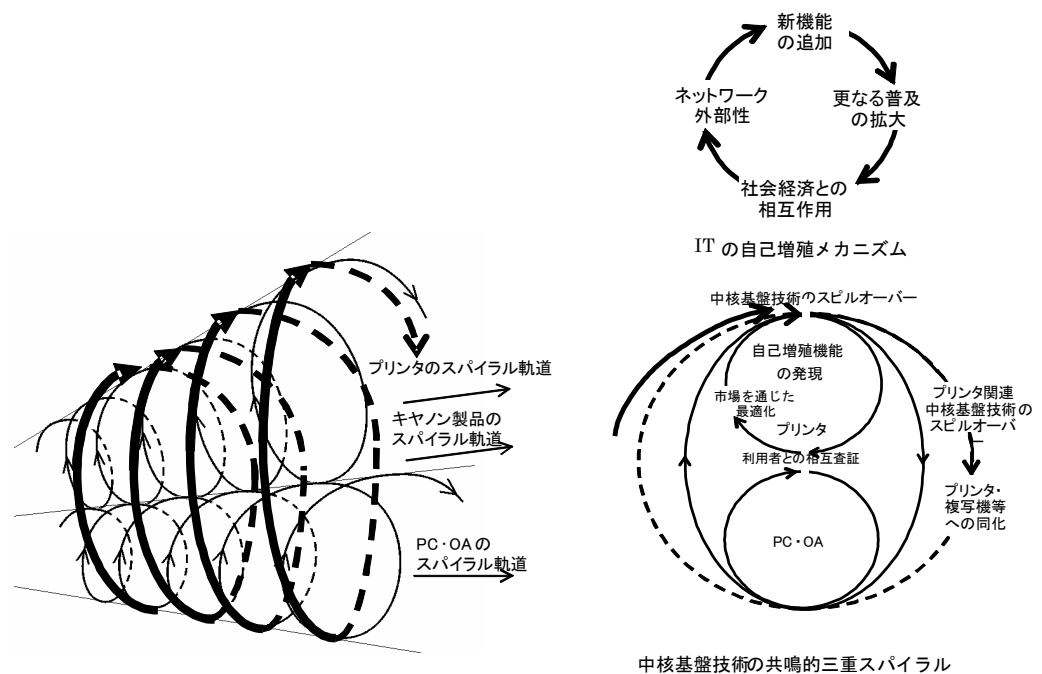


図 3-4 共鳴的三重スパイラル発展軌道

資料：近藤、渡辺（2002）[3-7]をもとに作成

このプリンタシリーズの成功事例から、キヤノンの多角化のシステムは、① まず新技術の導入による新技術製品の開発という中核基盤技術のスピルオーバーが発生し、② それを利用者との相互作用を取り込んでブラッシュアップし、③ 更に市場を通じた最適化が図られ、④ もって開発者による機能創出及び利用者との相互作用による自己増殖機能の発現というシステムであったことが立証された。

今後さらに、3 プリンタの特許データ等をもとに、各プリンタ技術の世代間スピルオーバーについての分析を進め、これが世代間技術の切り替えタイミングにどのように作用しているかを明らかにすると共に、さらに 3 プリンタの研究開発にまでさかのぼって、当初の研究開発段階において世代間の切り替えタイミングがどのように思考されたか等次世代技術製品へのタイムリーな切り替えの観点からの研究評価等への発展が期待される。

第 4 章

多角化戦略の軌跡

第4章 多角化戦略の軌跡

本章は、キヤノンの創業以来の「イノベーションを軸とする技術経営戦略の結晶」とも言うべき技術多角化戦略の軌跡について、① 企業スローガン、② 製品・事業の革新コンセプト、③ 製品・事業、④ 技術、の4層を軸に、その展開ステップ、展開のメカニズム及びそれを支えた技術の開発・流通機能に視点を据えて実証的検証を行い、40年にわたり一貫して持続的に多角化が推進された背景構造を明らかにする。

4.1 序

4.1.1 背景

技術及び技術を具現化した製品は、それをとりまく経済・社会・文化・制度等で構成される総合的なシステム²¹（ここでは、これを「社会経済システム」と言う）の中で誕生し、好循環を構築しつつ成長・発展・成熟し、好循環の破綻とともに停滞・衰退・消滅していく。従って、企業にとっては、その時々「社会経済システム」にマッチした技術・商品を察知し、タイムリーに提供していくことが必要不可欠である。

1990年代の情報化社会は、工業化社会以上に多様なニーズが次々に出され、それに機敏かつタイムリーに応えることが企業の競争条件の基本となっている。多角化は、このようなダイナミックに変化する多様なニーズを素早く察知し、それに機敏に対応し、また社内資源を「社会経済システム」の流れにマッチした方向にシフトさせる上で効果的な企業戦略である。

その一方で、多角化は社内資源の分散であり、長期にわたる経済の低迷の下に「選択と集中」の必要性が叫ばれている中では、これと逆行するものである。更に、企業の多角化には往々にしてその必要性と能力の間に矛盾が存在する（多角化のパラドックス）。すなわち、一般に本業の資源が潤沢な企業ほど多角化能力が高いが、そのような本業を有していることは多角化の必要性が少ない。逆に本業が衰退に瀕している企業は多角化が緊要であるが、多角化資源に窮する。

多角化はこのような構造を内包しており、1990年代の情報化社会において、「多様な市場のニーズへの機敏かつタイムリーな対応」が強く求められるのと

²¹ これはインスティテューションと言われるが、本論文ではこれを「社会経済システム」と表現している(第2章参照)。

は裏はらに大半の電気機械企業が多角化の縮小に走っている。

このような中で、キヤノンは例外的に 1960 年代以来一貫して技術多角化戦略を持続的に推進しており、この好対照は、1990 年代に入りキヤノンを除く大半の電気機械企業の収益構造がおしなべて破綻に瀕している面での好対照とも符合する。

従って、他の電気機械企業と好対照をなすキヤノンの多角化戦略の軌跡をレビューし、そのステップ、メカニズム及びそれを支えた技術の開発・流通機能を検証することは、経済の低迷の続く中での、情報化社会における技術多角化のあり方に貴重な示唆を与えるものと期待される。

4.1.2 主眼

本研究は、キヤノンの創業以来の「イノベーションを軸とする技術経営戦略の結晶」とも言うべき多角化軌跡を実証的に検証し、その電気機械企業とは好対照に 40 年わたり一貫して持続的に推進された背景構造を明らかにすることを主眼とする。

4.1.3 既存研究のレビュー

(1) 多角化理論

企業の多角化については、Chandler (1962) [4-31] が、企業成長の方法としての多角化、そして多角化した事業管理のための新しい組織（事業部制）、また企業戦略としての製品・事業ラインの多角化を分析している。また Ansoff (1965) [4-30] は、企業の戦略的決定を「企業と環境との関係を確立する決定」としてとらえ、どのような事業あるいは製品・市場を選択すべきかの決定、つまり多角化の決定を分析している。Rumelt (1974) [4-37] と吉原他 (1981) [4-28] は、企業を専門型と多角化に分け、多角化のタイプを分析している。

技術の多角化については、スピルオーバー技術の効果的活用の重要性と共に、その戦略的意義がクローズアップされ、1980 年代には総じてその多角化が進んだが、1990 年代に入って、先進国がおしなべて経済の停滞に見まわれ、総じて多角化から「本業復帰」への U ターンが進むに至った (Gemba and Kodama, 2001 [5-11])。また、このような流れと軌を一にして、1980 年代以降「選択と集中」が経営戦略の基調として浮上し、多角化戦略に対する期待が概して薄れるに至った。このような中で、多角化戦略においても、Servaes (1996) [5-22], Rajan et al.

(2000) [5-20], Scharfstein and Stein (2000) [5-21] に代表される Excess value approach の観点から、多角化に伴うコスト拡大の評価に視点が向けられるようになった。従って、技術多角化についても、その収益構造へのインパクト、更にはそのベースとなる研究・技術・生産条件向上への効果分析が中心課題となり、Gemba and Kodama (2001) [5-11] を始めとする技術多角化と企業パフォーマンスとの関係の分析が試みられるようになったが、キヤノンと他の電気機械企業との好対照の要因を説明するには至っていない。

(2) 企業の成長軌跡

個別企業の成長・企業史については、岡本 (1979) [4-2]、時計産業の技術革新については、小林・原 (1997) [4-15] を始めとして、先駆的な研究は枚挙にいとまがないが、多角化なかんづく技術の多角化に視点を据えた企業の背景構造を実証的に研究した例はない。

(3) イノベーションのビヘイビア

イノベーションのビヘイビアについては、最近の沼上 (1999) [4-19] の液晶ディスプレイの技術革新や、Christensen (2000) [4-32] のハードディスク業界の分析を始め、先駆的な研究は枚挙にいとまがないが、技術多角化の理念に立ち入って企業の技術経営戦略を実証的に分析した例はない。

4.1.4 本研究の焦点

本研究は、キヤノンの創業以来の「イノベーションを軸とする技術経営戦略の結晶」とも言うべき技術多角化戦略の展開に着目し、

- ① 長期的戦略意図の表出である企業スローガン
- ② 個別企業戦略としての製品・事業の革新コンセプト
- ③ 製品・事業の革新コンセプトを具現化する技術
- ④ これらの「社会・経済システム」への表出である製品・事業

の4層を軸に、これらをつなぐ多角化を基本に据えたビジネスモデルのスピルオーバー、利用者との相互作用、市場を通じた最適化、自己増殖機能の発現に着目して同社の40年にわたる多角化戦略の展開ステップ、展開メカニズム及びそれを支えた技術の開発・流通機能に視点を据えて実証的検証を行う。

4.1.5 構成

2 節は、キヤノンの多角化戦略の展開ステップをレビューし、3 節では、多角化戦略の展開メカニズムを、4 節では、多角化戦略を支える技術の開発・流通機能を分析し、5 節では、多角化戦略の本質を考察する。

4.2 多角化戦略の展開ステップ

4.2.1 多角化萌芽期

キヤノンは、1933 年高級小型写真機の研究、すなわち高級 35mm カメラの国産化を目的とする精機光学研究所の開設に始まる。その後、1937 年に精機光学工業株式会社として創業した。社名は、1947 年にキヤノンカメラに、1969 年にキヤノン株式会社に各々変更されているが、一貫して多角化を基本としたビジネスモデルが展開されている。添付資料 2 にキヤノンの沿革を示す。本節では、キヤノンの多角化がどう推進されたか、技術、製品・事業と社内システム（制度）の両方面からの実証分析を試みる。

(1) X 線間接撮影カメラへの多角化

創業者のひとりであり、キヤノンの社長、会長を 40 年以上勤めた御手洗毅は、X 線間接撮影カメラへの多角化を次のように述べている。「創業 3 年目（1939 年）あたりはほとんどつぶれる寸前、風前の灯だったが、その打開策として目をつけたのがレントゲンカメラだった。当時結核は国民病と言われており、集団検診として『精密に検査できる医療機器を是非使用すべきである』と陸海軍の医務局にもちかけたところ、『君のところで開発できるか』と聞かれ『できる』と答えたが、盲蛇におじずで、会社が生きるか死ぬかの問題だから、やれるかやれないは論外だった。突き進むしか道はなかった。」（加藤、1983 [4-8]）この X 線間接撮影カメラが中核になり、現在の医療機器、放送用光学機器、半導体製造装置から構成される光学機器事業に連なっているのである。

御手洗毅は、1945 年 10 月 1 日、目黒工場に全社員 156 名を集めて、精機光学工業のカメラ会社としての再出発を次のように言明した。「日本人にはアメリカが舌を巻いた知恵があります。材料が少なくてすむカメラは日本にはうってつ

けです。ここでわれわれは歯を食いしばって研究努力を重ねていけば、立派なカメラで必ずや世界制覇する日が参ります。これが基幹産業であれば国が援助するでしょう。うちは誰も助けてくれません。自助あるのみです。そして、それしかわれわれの生きる道はありません。私の考えに賛成する人は、どうかこの私について来てください。私は、その人をわが同志、わが友と行っていきます。みなさん、ともに手をたずさえてやっぴいこうではありませんか」。この時御手洗の心奥には、多角化こそがキヤノンのビジネスモデルの基本であるというコンセプトが宿っていたのである（加藤、1983 [4-8]）。

（2） 8ミリカメラへの多角化

8ミリシネカメラは、戦後におけるカメラ多角化の第一号である。きっかけは1953年欧米各国のカメラ事情を視察した折、アメリカでは、コダックの8mmシネカメラ、コダックブローニーが爆発的人気だったことを知ったことである。1955年8mmシネカメラの開発設計メンバーが編成された。これは多部門にわたってチームを編成し、比較的短期間に特命事項を達成するためのグループ開発であり、後年のタスクフォース活動のルーツをここに見ることができる。1956年キヤノン初の8mmシネカメラは、シネ8T型として発売された。この8T型は通産省グッドデザイン賞を受賞した（キヤノン、1987 [4-11]）。

（3） マイクロ機器への多角化

1959年、キヤノンは、米国ドキュマツト社と付属品を含めたマイクロフィルム機器一式の日本市場での販売契約を結んだ。1961年キヤノン・ドキュマツトマイクロフィルマーモデル1の販売を開始し、金融関係を中心に販売を伸ばした。このマイクロ機器の技術の種子は外部からもたらされたものであるが、これを製品化する過程でキヤノンの事務機分野への飛躍の足がかりが築かれた。当時事務機業界はまだ輸入型産業の域を脱せず国産化の余地が多分に残された分野であった。また、事務機に進出した内外他社の急成長を見るにつけ、カメラから次の方向を模索していたキヤノンにとって、事務機分野は有力な選択肢の一つであった。その意味でマイクロ機器はキヤノンにおける最初の事務機であり、事務機元年はマイクロ機器の成功によって開かれた（キヤノン、1987 [4-11]）。

4.2.2 多角化戦略の構想

(1) シンクロリーダへの多角化

1955年頃の話である、「あれ、君いいじゃないか」「社長さんそう思われますか」「カメラだけの時代じゃないよ、あれ行こうや」こうして御手洗毅と技術陣のトップ鈴木溥との間で、その後のキヤノンの技術経営戦略の中核となる多角化の方向が決定された。「キヤノンが更に業績を伸ばしていくためには、精密機械技術と光学技術の成熟期を向かえたカメラの技術だけではなく、総合的な技術が必要だ。物理の分野も化学の分野もすべて包含して初めて一流の会社になることができるし、そうしたい」と御手洗毅は思っていた。一方、「コダックがカメラをフィルムバーナーと呼ぶ状況から脱出できる。機械と光学の技術者に電気のそれが加わることになるから総合的な技術をもとに新しい展開ができる」と鈴木溥は思った(加藤、1983 [4-8])。シンクロリーダは、結果的には失敗であったが、後に残された遺産は大きかった。²² シンクロリーダ開発に携わるため社外から多数採用された電気・磁気関係の技術者たちと、彼らが開発途上で取得した各種技術やノウハウは、何より貴重な財産として残された。次の時代における電子卓上式計算機などは、この失敗の遺産から芽生え開花したものととっても過言ではない(キヤノン、1987 [4-11])。

このシンクロリーダが次の電子式卓上計算機に、そして現在の情報・通信機器事業に連なっている。

(2) 中級カメラへの多角化

かくして1950年代中にキヤノンの多角化に視点を据えたビジネスモデルの基本コンセプトが打ち出されたが、その実践には「せつかく高級機メーカーとしてやってやっているのに、求めて泥沼の世界に入る必要はない」、また「リスクを冒してでも中級機の分野に進出してカメラの総合メーカーとしての道を歩むべきだ」と中級機にも参入すべきか否かをめぐって白熱した議論があった(キヤノン、1987 [4-11])。カメラ専門メーカーだったキヤノンが中級カメラの開発に手を染めることになったのは、若手開発者の「われわれにも手が届く値段のカメラをつくりたい」というひと言がきっかけだったともいう。こうして1961年1月に自動露出機構つき中級カメラ「キヤノネット」が発売された(石山、1993 [4-2])。

²² 賀来龍三郎は、シンクロリーダへの挑戦は、会社の脱皮につながるし、会社は電気技術者を大勢採用するだろうと思ったと述べている。(賀来、1993 [4-6])。

4.2.3 多角化戦略の経営戦略への内生

(1) 長期経営計画

1961年御手洗毅、鈴木溥、山路敬三は、ベル・アンド・ハウエルとの販売提携契約のため渡米する。そのとき期せずして、カメラ以外の専門の部門を作る必要があるということで三人の意見が一致した（加藤、1983 [4-8]）。キヤノンは当時、カメラの売上げ構成比率が95%であったが、安定成長期にさしかかったカメラ産業の状況をみると、カメラにのみ依存しては日本経済の成長のテンポにも劣るのではないかという危機感が社内に高まっていた。²³そこで長年培ってきた光学技術、精密機械技術、精密生産技術を生かした多角化の基礎づくりを主要テーマとして主に事務機分野への展開を図り、5年後にカメラ以外の商品構成比を20%にするという第一次長期経営計画（1962～1966）が策定された（キヤノン、1987 [4-13]）。ここに初めて、1955年に発想された多角化戦略が経営戦略に内生化されることになった。

(2) 電子卓上式計算機（電卓）への多角化

シンクロリーダーの開発に従事した電気技術者たちが、新分野への模索を続けているうちに、コンピュータの技術を、当時あった電動型機械式計算機に応用する案が浮上した。こうして1962年電子卓上式計算機の開発が開始された²⁴。これはまた上記第一次長期経営計画の多角化戦略に則った多角化戦略の具体的実践として特筆されるものである（キヤノン、1987 [4-13]）。電卓に目をつけたのは賀来龍三郎たちの企画調査課となっているが、実際にはシンクロリーダーの開発に携わったエレクトロニクス技術者たちも、かなり前から電卓に関心を持っていた（石山、1993 [4-2]）。このように、キヤノンの多角化戦略の潜在的ポテンシャルは、以前から技術者の中に醸成されていくのである。

²³ 賀来龍三郎は、当時会社の活性化を計るためには、カメラ以外に何か手がけなければならぬと考えていたと述べている（賀来、1993 [4-6]）。

²⁴ 賀来龍三郎は、手回し計算機のうるささが計算機に肩入れする遠因だったと述べている（賀来、1993 [4-6]）。

4.2.4 多角化戦略の本格展開

(1) 多角化戦略の公式宣言

創立 30 周年を迎える 1967 年の年頭挨拶で、御手洗社長は「今年において会社繁栄の基礎を築くためには、右手にカメラ、左手に事務機特機をふりかざし、しかも輸出を大いに伸ばしていかなければなりません。」と宣言した。これ以降、社業の進路をわかりやすく表したスローガンとして「右手にカメラ、左手に事務機」を、社内外にしばしば用いるようになった。この前年 1966 年には、事務機、光学機器部門の売上げは 16.5%であったが、電卓や複写機等の新製品も加わった 1968 年には 22%、1969 年には 42%にも達するようになった。そこでカメラ専業というイメージを払い去り、カメラと事務機の総合精密機械メーカーとして大きく飛躍するため、社名をキヤノンカメラ株式会社から現在のキヤノン株式会社に改めることとし、1969 年に社名変更を行った(キヤノン、1987 [4-13])。

(2) 複写機への多角化

山路敬三の問いかけ「カメラとレンズだけでは行き詰ります、カメラ以外のこともやりませんか」がきっかけの一つになり、1962 年技術部製品研究課が新設された。イーストマン・コダック訪問時に「あなた方の作るカメラはフィルムを燃やすバーナーだ。」と聞いたことが、複写機と複写機の消耗品をやるきっかけになった(山路、1997 [4-23])。こうして製品研究課で、電子写真の開発に着手した。ゼロックスの特許に触れないで、キヤノン独自性を発揮できるかが鍵だった。1968 年従来方式と異なる独自の複写方式(キヤノン NP システム)を発明した。こうして 1970 年国産初の普通紙複写機(NP-1100)が発売された(キヤノン、1987 [4-13])。これが現在の複写機事業の始まりである。この複写機の心臓部は後述のレーザビームプリンタ(LBP)に使われることになる。

(3) 優良企業構想

1975 年キヤノンは、製品の品質不良などのために創業以来初めて無配になり、ただちに体質改善三ヵ年計画をつくりその達成に注力した。これを更に推進するため、かつ更なる企業内意識の改革と体質改善を求めて、1976 年全社員に対するメッセージとして優良企業構想が掲げられた。その意図するものは高収益で借金のない会社にしようというものであった。優良企業構想の目標は、①社会の公器としての企業理念の確立と推進、②キヤノングループの強化結束、③

独創的技術開発の強化、④人材の育成と全力活用、⑤キヤノン式システムをはじめとする全社の体質改善、であった（キヤノン、1987 [4-13]）。第一次優良企業構想は、世間なみの企業にしよう、第二次優良企業構想は、世界的に優秀な企業にする準備期間とされた。第二次優良企業構想は、業界の垣根がなくなる技術戦国時代に、世界のビッグビジネスにどう対抗しようかという問題意識から発せられた。また企業理念も経済摩擦の視点から課題として挙げられた（賀来、1986 [4-4]）。この構想は期せずして、1990年代以降の情報化社会に必要とされる「市場を通じた最適化」の素地を形成することになった。

（4） 事業部制

1977年社長に就任した賀来龍三郎は、第一の施策として、独立会社的に責任権限を持ち、効率的かつ専門的に事業運営することをねらって事業部制を実施した。カメラ、光学機器、事務機の3事業部である（キヤノン、1987 [4-13]）。山路敬三は、事業部長が社長と同様の権限を持って動ける体制にしなければ多角化のスピードはあがらないと考えていた（山路、1997 [4-23]）。1978年、賀来龍三郎は社長就任後初の年頭挨拶において、創業の精神と経営理念の再認識を全従業員に訴え、更に優良企業構想実現への協力を求めた。すなわち企業活動を通して社会に貢献し、知識集約型産業の利点を生かし、世界の発展に寄与すべく国際化を目指す。そして優良企業構想こそ企業の進むべき方向であり、その原動力であり、キヤノン式開発、生産、販売システムを一層推進するというものであった。その具体化の一つが事業部制の実施であり、製品事業部を縦の軸として、開発・生産・販売の各システム検討委員会及び本社管理部門を横軸とする、マトリックス経営構造が形づくられた（キヤノン、1987 [4-10]）。この頃キヤノンは、多角化した事業活動をいかにしてマネジメントするか、とりわけ多角化した諸事業間の経営資源の配分と運営が課題になっていた。それを達成する社内システム（制度）が事業部制なのである。²⁵ これにより、利用者との相互作用、市場への迅速な対応が実現され、後に情報化社会に必須とされる要件のひとつが満たされる素地が形成された。

²⁵ 山路敬三は、キヤノンの三つの節目として、昭和40年代初めに多角化を鮮明にしたこと、1978年の事業部制発足、1988年創業50周年で共生の理念を掲げたことを挙げている。そしてキヤノンが企業として力をつける上で一番重要な変化は、事業部制の発足にあったと指摘している（山路、1993 [4-22]）。

(5) プリンタ(レーザビームプリンタ(LBP)・バブルジェット(BJ))への多角化

1967年の事務機への多角化が明確にされており、トップのコンピュータ端末への関心が高かった。²⁶ そこで、開発された複写機をプリントアウト部に活用して、レーザ走査技術と組み合わせることで、高速高画質のプリントができるというアイデアが生まれ、レーザビームプリンタ(LBP)へと結実していった(山之内、1991[4-27])。また1970年代後半に、ポスト複写機を狙う記録技術の調査が当時の製品技術研究研究所のスタッフによって行われ、以前から研究していたインクジェット記録技術が研究候補に入っていて、インクジェット研究開発グループが再発足した。このグループが熱によるインク吐出という新吐出方式の原理発見を始めとする諸技術を確立、バブルジェット(BJ)プリンタの発売となった(キヤノン、1987[4-13])。LBPでは次の指摘がある。御手洗毅、賀来龍三郎、山路敬三、御手洗肇といった強力な開発意欲と事業意思を持った経営者の何代にも渡る継続的努力が実を結んだものであり、戦略の継続性とコア技術力の蓄積努力、更には業界標準にする巧みな事業上の仕掛けが脈々と受け継がれた(亀岡・古川、2001[4-9])。

先代社長である御手洗肇は、このあたりの状況を雑誌のインタビューに以下のように答えている。「誰もがゼロックスに対抗して複写機事業を始めた当時、キヤノンはまともじゃないと口にした。LBPに手を染めた時も同じ反応だった。当時は、世界の誰もがパソコンを使っていなかったからです。人がそんなことできないと言った時は、キヤノンはやるべきです。キヤノンは人のやらないことを賞賛する。もし人がそれはできると言った時、既に誰かがやっています。創造的な気持ちを助長するのは、会社創業以来キヤノンが培ってきたものです。」(Eisenstodt, 1994[4-33]) このLBPとBJが、現在のコンピュータ周辺機器事業となっている。そして現在キヤノンは、カメラ、光学機器、情報・通信機器、複写機、コンピュータ周辺機器の事業陣容になっている。情報化社会の必須要件の中核基盤技術のスピルオーバー、また自己増殖機能の発現につながる考え方である。

²⁶ 山路敬三は、プリンタへの関心についてレンズ設計に使っていたリレー式計算機のラインプリンタのノイズだったと述べている(山路、1997[4-23])。

4.3 多角化展開のメカニズム

4.3.1 開発で培われたユニット設計の思想 – カメラAE-1の開発

利用者の製品への新しい欲求、企業がそれを達成しようとする、技術内容も、開発体制も、生産方法も日々革新が要求される。ここでは、キヤノンのAE-1開発で培われたユニット設計の考え方、今日のモジュール設計にも通じる考え方を事例分析する。

(1) 「複合技術」製品へのトリガー

1976年4月キヤノンAE-1は、「世界で初めてマイクロコンピュータ内蔵のカメラ」として発売され、標準レンズF1.4、ケース付で85,000円という破格の価格で発売された。このAE-1は、キヤノンにおける本格的「複合技術」製品の始めである。電子、精密技術、光学、コンピュータ利用などの設計技術、超精密加工技術、生産技術など、社内に存在する基盤となる技術を統合して完成した35mmシャッター優先式TTL・AE一眼レフカメラである。

まず、AE-1が発売される直前の一眼レフAE(=Automatic Exposure)カメラの市場を見ると、表4-1に示すように、多くが10万円以上であり、10万円以下のものは機械制御が多い。

表 4-1 一眼レフ EE カメラの市場 (1975)

名称	発売 (年・月)	価格 (千円)	方式
キヤノン F-1	1973. 3	184	機械制御、速度優先、開放測光
キヤノン EF	1973.10	103.5	電子制御、速度優先、開放測光
キヤノン EX AUTO	1972. 3	48.5	機械制御、速度優先、開放測光
ニコン F2	1972.12	189	機械制御、速度優先、開放測光
ニコマート EL	1972.12	102	電子制御、絞り優先、開放測光
ミノルタ X-1	1973. 4	159	電子制御、絞り優先、開放測光
ミノルタ XE	1974.11	106	電子制御、絞り優先、開放測光
アサヒペンタックス ES II	1973. 6	92.5	電子制御、絞り優先、開放測光
アサヒペンタックス K2	1975. 6	100	電子制御、絞り優先、開放測光
オリンパス M-2	1975.11	102.5	電子制御、絞り優先、開放測光
コニカオートレックスニュー T3	1974. 9	77.8	機械制御、速度優先、開放測光
コンタックス RTS	1975.11	145	電子制御、絞り優先、開放測光
トプコンニュー IC-1	1975. 4	49.5	電子制御、速度優先、開放測光
ミランダオートセンレックス EE	1972. 2	72	機械制御、速度優先、開放測光
コシナハイライト EC	1973.12	83	電子制御、絞り優先、絞込み測光
ペトリ TE・F17	1973. 7	47.4	機械制御、速度優先、開放測光
ペトリ FA-1	1975.10	59.6	機械制御、速度優先、開放測光

資料：「カメラ総合カタログ」その他より作成

この AE-1 開発がスタートしたのは、1974 年 1 月であった。AE-1 計画の概要は、「1976 年秋の発売を目標に開発する完全電子制御 AE を特徴とした一眼レフで、開発初期段階から合理的な生産方式を考慮する・・・」で、販売価格は前記の牽引機種に対してプラス 5,000 円とし、既存の AE35mm 一眼レフとの価格差を一挙に 2 万円縮めて、AE35mm 一眼レフ市場を急速かつ短期間に形成する意志を固めた。当時キヤノンでは、電卓以来エレクトロニクス分野において技術蓄積があり、エレクトロニクスの大幅導入を検討していた。またこの計画は、メカ設計、電気設計、光学設計、外観デザインからなる開発部門所属の技術者グループと生産技術、検査、組立、外注、生産管理、治工具担当からなる工場生産部門所属の技術者グループが動員され、キヤノン始まって以来の生産部門も含めた大規模な開発体制で遂行された。社内技術のスピルオーバーを活用し、将来の顧客を見据え新機能のカメラをよりやすい価格で提供するという、市場との相互作用の内生化の実践である。

(2) 基盤技術と先行技術

カメラの歴史をふり返ると、その技術は機械・光学技術主体に始まり、機械・光学技術プラス電子技術の時代を経て、複合技術（＝電子、精密技術、光学、コンピュータ利用などの設計技術、超精密加工技術、生産技術）の時代になっていた。このため開発も、個人プレーに始まり、グループ・プレーの時代を経て、プロジェクト・プレーになっていた（山中、1981 [4-24]）。全く新しい技術のみで、短期間に品質の安定した民生機器を開発することは不可能であり、必ず確立した技術（基盤技術）を持ち、これに新しい技術（先行技術）を取り入れて開発が行なわれる。先行技術は従来不可能であったことを実現するための技術であり、夢への挑戦の実現である。一方、基盤技術は新製品開発に必要なかつ欠くことのできない技術であるが、どちらかと言えば、地味で泥くさい技術である（図 4-1）。

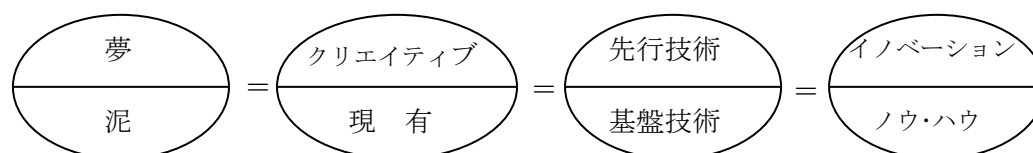


図 4-1 基盤技術と先行技術

(3) キー・コンポーネント開発の重要性

AE-1 開発の時代、キヤノンとして始めて研究・開発・生産技術・販売部門まで含めた大型プロジェクトによる開発になっていた。そして生み出す製品に技術面での革新的レベルアップを付加することを目的に、構想段階においてキー・コンポーネントと称する新技術あるいは要素技術を開発するグループが組織された。AE-1 は、製品技術面では、マイクロコンピュータの内臓や、電子系統と機械系統を結合する新しいコンビネーションマグネットの開発などにより、シャッター秒時、絞り値、フラッシュ調整などの電子演算制御を可能にした。この電子制御方式の採用により、シャッター秒時調整やセルフタイマ駆動に従来使われていた機械部品約 100 点が省略され、その他機構部品も含め総数約 300 点が節約され、製品の小型化、低価格化に大きく寄与した。

また、AE-1 の生産技術面での新しさは、プラスチック化と自動組立である。それまでは、カメラのような精密で複雑な製品の自動組立は技術的に困難で、

経済的にも疑問視されていたが、AE-1 の場合、開発設計的には、構造のユニット化、部分共通化、自動化可能形状化、コンピュータによる無調整部品公差の設定などが行われ、自動組立については、装置の標準ユニット化、混流生産などいくつかの新しい技術を採用した。その結果、従来の調整組立方式から高い部品精度をよりどころとした、自動化設備による革新的な体系に置き換えられた。更に、開発から生産まで含めた全体システム最適化の視点から、コスト高騰問題に対処した結果、それまでの同等仕様の製品に比べ 20~30%安い価格が設定できた（内藤、1980 [4-18]）。

このような、当時としては新しい開発の考え方で、AE-1 の開発は遂行された。AE-1 は、これらの開発活動と、市場における販売・宣伝・サービスというマーケティング戦略もあり、発売から約一年半の 1977 年 10 月には、累積生産台数 100 万台を突破した。AE-1 は、市場との相互作用から戦略的価格設定がされた製品であり、それはまた当時としては画期的な生産方法を実現した自己増殖機能の発現を具現化した製品であり、情報化社会の必須要件のふたつを具現化する素地が形成された。

4.3.2 新市場の開拓とそれを支えた新技術 —パーソナル複写機 PC-10/20 の開発思想

この AE-1 の成功体験は、AE-1 に続くカメラの開発に伝播されたばかりでなく、他事業部の複写機の開発にも影響を与えた。以下に、「複写機の AE-1 を目指せ」をスローガンに開発され、中小事業者や家庭という新市場を開拓したパーソナル複写機 PC-10/20 の開発プロセスを述べる。

(1) パーソナル複写機の市場

10 年以上に渡って成長を駆けのぼってきた複写機業界も、1978 年頃から明らかに頭打ちの傾向が現れており、新たな市場開拓が必要になっていた。この中で、小規模の事業所、大きな事業所の二台目、一般家庭のホーム市場などのパーソナルユースという未開拓の市場に目が向けられるようになった。表 4-2 に示すように、山之内 (1991) [4-26] が 1970 年代の各社複写機のプライスリーダー機について価格をまとめている。

表 4-2 各社複写機プライスリーダー機の価格

機種 (会社)	発売年月	価格
NP-1100 (キヤノン)	1970 年 10 月	88 万円
U-Bix480 (小西六)	1971 年 1 月	84 万円
NP-L7 (キヤノン)	1972 年 11 月	68.8 万円
DT-1200 (リコー)	1974 年 12 月	74 万円
NP-L5 (キヤノン)	1976 年 10 月	44.8 万円
NP-200J (キヤノン)	1979 年 7 月	59.8 万円
EP310 (ミノルタ)	1979 年 6 月	53 万円

資料：山之内 (1991) [4-25] をもとに作製。

(2) カートリッジの考え方

パーソナル複写機では、それまでの複写機のようなサービスマンテナンスは必須であり、サービスフリーは不可能だった。「なぜ複写機はノーメンテナンスにならないか、目指すべきだ」というアドバイスもあった。完全サービスフリー達成のためにどうするかという議論の中から、故障の大半を占める感光ドラム周り一切をトナー容器と一体化するカートリッジの思想が生まれた。こうして 1979 年 10 月、パーソナル複写機開発の構想がまとまり、技術開発グループを中心に、小人数の検討チームが組織され、以下の項目について検討にとりかかった。新市場を想定し、従来市場からの相互作用を内生化する事例である。

- ① 目標原価 5 万円のパーソナル市場
- ② カートリッジの開発 (感光体、現像器)
- ③ インスタントスタート定着

またチームでは、パーソナル複写機に必要な、カメラ以来の生産技術の伝統である、大量生産のノウハウのある生産技術部門との協力も重点項目であった。

(3) 大型プロジェクトの誕生

こうして要素試作、試作をへて、1980 年、パーソナル複写機の開発を目指すプロジェクトが発足することになった。これは複写機部門にとって初めての、またキヤノンにとっても AE-1 に次ぐ大規模なプロジェクトの誕生である。当時のヒット商品であった AE-1 にならった開発・生産・販売が一体となって取り組んだプロジェクトのスローガンは「複写機の AE-1 を目指せ」であった。このプ

プロジェクトは当時 AE-1 に続くキヤノンにとっては、二番目の規模のプロジェクトで、複写機部門としては最初のプロジェクトであった。

ここで、カートリッジの開発がどう実現されたか見ておく。カートリッジを交換にすると、使用材料は無公害であることが必要になる。このため感光ドラムは OPC（有機光半導体）が採用された。OPC は従来シート状のものしか存在しなかったが、カートリッジ化するエンドレスドラムの塗工技術を、世界で初めて開発した。OPC 感光層の厚みをオングストローム単位で制御する高精密コーティング技術を開発、これにより高品質、高信頼性が可能になった。またアルミインパクトシリンダーの製造技術を開発し、従来のアルミシリンダーに比べ、大幅な低価格化、軽量化を実現した。更に現像器では、小型低コストアルミスリーブの採用、ボールベアリングレス現像スリーブの採用、プレス部品によるブレードの採用など、独自のジャンピング現像法の採用と合わせて、画期的な簡素化を実現、小型・軽量・低価格化が可能になった。

このタスクには、計画段階から品質評価グループとコスト評価グループを参加させていた特色のあるタスクであった。さらに、X タスクには、市場、ソフトといったグループも組み込まれ、開発や生産技術グループと合わせると、総勢 200 名近くのメンバーがこの開発に携わった。このパーソナル複写機開発のタスクの組織図は図 4-2 に示す通りである。



図 4-2 パーソナル複写機開発タスク

この組織図からうかがわれるように、市場の需要をも取り込むことをねらった設計と生産技術を包括する組織であり、情報化社会の必須要件の市場を通じた最適化の方向に沿う実例であり、自己増殖機能の発現につらなる組織形態である。

4.4 多角化戦略を支える技術の開発・流通機能

4.4.1 中核基盤技術のスピルオーバー

(1) 新製品開発の基本プロセスとその中核技術のスピルオーバー

キヤノンでは、製品分野にかかわらず、新製品開発に関する基本的ルールとして、表 4-3 に示すようなプロセスを設定している。AE-1、PC-10/20 ともにこのプロセスを踏襲している。

表 4-3 新製品開発の基本プロセス

ステップ分類	開発段階	留意点
DA	構 想	市場・技術の両要因に関して、新製品の差別化特長を明らかにする。新製品のオリジナリティを明確にする。
DB	要素試作	新製品の機能について、影響を与えるキー・デバイス、キー・コンポーネント、キー・マテリアル、キー・プロセスについて、検討し、要素技術として見通しをつける。
DC	機能試作	DB の結果を踏まえ、製品としての可能性を主要なユニット間、製品全体の機能の視点から、検討し、確認する。
DD	製品試作	製品としての、機能・コスト・デザイン・サービスなどに重点をおき、検討・確認して、課題抽出を行なう。
DE	生産試作	生産面に注力した段階で、機能、量産性、信頼性、コスト、デザイン、サービスなどの検討・確認、課題抽出を行なう。
MT	量産試作	量産に先立って、量産特有の問題点抽出・確認を行い、量産体制を確立する。

革新コンセプトの創成は、DA（構想）構想の検討でなされるが、DA は DB（要素試作）段階の要素技術検討、また DC（機能試作）段階機能試作をも包括するプロセスである。これが、DD（製品試作）、DE（生産試作）、MT（量産試作）へ

と発展していく。AE-1 の新しい開発活動で紹介したキー・コンポーネント先行開発の考え方である。AE-1 のボディーは、ファインダーユニット、AE ユニット、自動絞りユニット、ミラーユニット、シャッターユニットの5大ユニットと25のサブユニットからできている。このメカニズムは、精度・信頼性を向上させ、かつ低価格を実現させるために開発された。部品ひとつひとつの精度、組立工程の自動化・無調整化を実現するために、部品加工精度の飛躍的向上が行われた。そして各部をそれぞれ独立した機能ごとにユニット化した。今日のモジュール設計を先取りした考え方である。そして、これら新製品開発の繰返しで、昨日の先行技術は基盤技術となり、また新たな挑戦目標としての先行技術が出現するのである。このようにして個々の技術領域での個々の中核基盤技術のスピルオーバー、伝播が促進され、これが多角化を基本に据えたビジネスモデルと進化するのである。この独自の素子、素材に根ざしたキー・コンポーネントの深耕が、他社との差別化、また No.1 技術の思想につながっている。

(2) 共通技術としての電子技術とその中核技術の増殖

キヤノンにおいては、1970 年代の後半から多角化が進む一方で、それぞれの商品に共通に利用できる技術の開発も同時に進められてきた。1970 年代から、全社的に電子技術による電子化が推進され、カメラ、複写機等の制御にマイクロコンピュータが採用された。共通技術としてのシナジー効果の発揮であり技術のスピルオーバーである。この概念は図 4-3 に示すとおりである。電子化の進展が、個々の精密・光学技術、電子写真技術、LBP 技術、BJ 技術と結びつき、個々の技術の可能性を拡大させた。

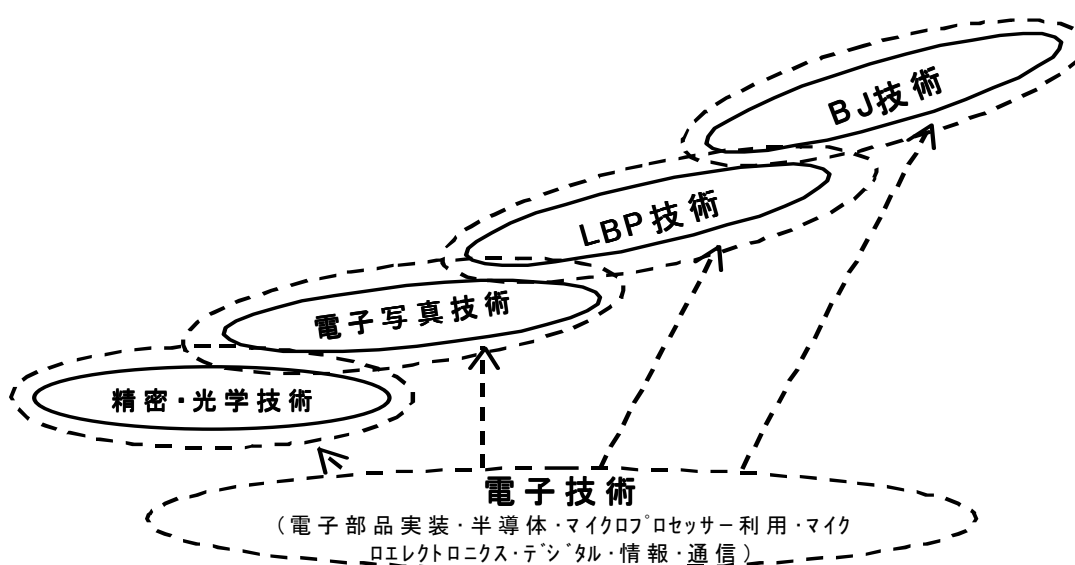


図 4-3 多角化、共通技術としての電子技術による電子化

(3) 技術展開シナリオ

このような中核基盤技術のスピルオーバーを、長くキヤノンの研究開発に携わった山路 (1984) [4-21] は技術展開シナリオの4方向として、**図 4-4** に示すようにまとめている。すなわち、キヤノンは、いろいろな技術を利用することからスタートしており中心に「技術の利用」をおき、その右方向に「革新」、左方向に「拡大」、上方向に「極限」、下方向に「脱皮」というふうに、4つの方向を絶えず考え、技術展開をしていこうというものである。この考え方は、生まれた技術をどう育てるかという視点を提供する。

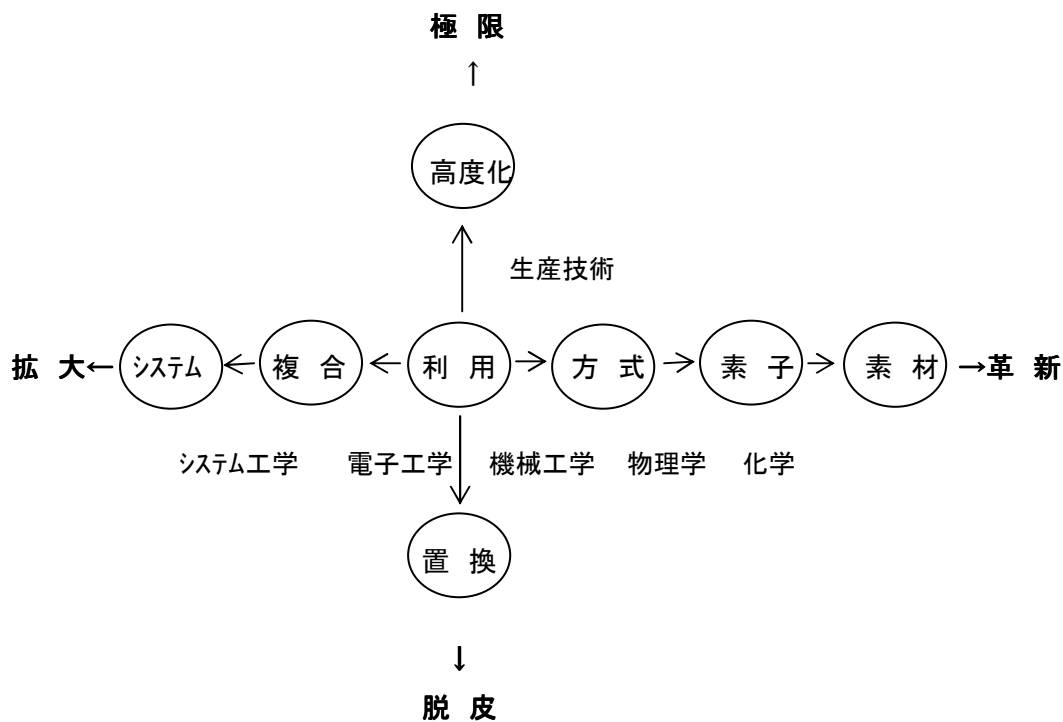


図 4-4 技術展開のシナリオ

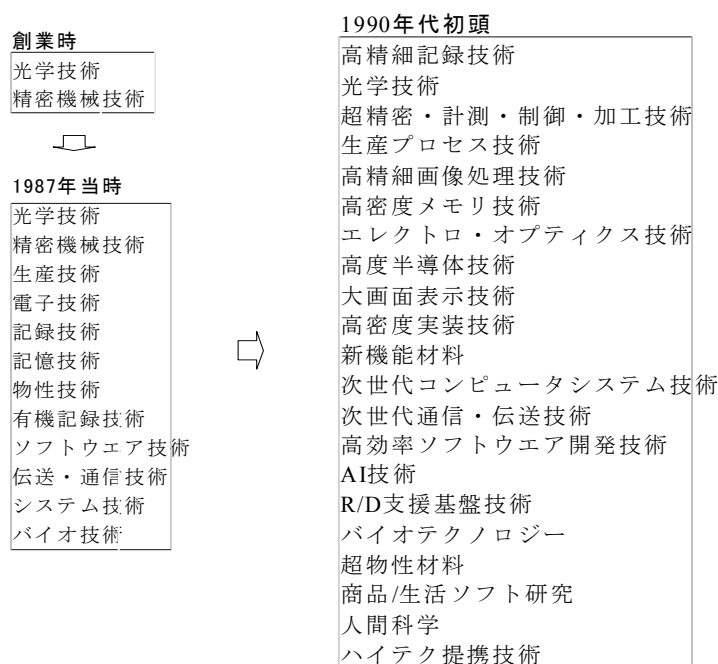
「革新」の事例としては、独自の複写方式の複写機開発が挙げられている。独自の複写機開発の過程で、コンポーネント（素子）や素材の自社での研究開発まで手がけた。「拡大」の事例は、電子写真技術とレーザ技術の複合による LBP、マイクロフィルム技術との複合によるマイクロリーダー・プリンタなどである。「極限」とは技術が完成したら、その技術のグレード例えば複写機で言えば、スピードをあげる、コストダウンとか、画質をよくするといった、極限を見極めることで、いわば通常の研究開発で追求するものである。「脱皮」とは、確立

した技術がいつまで保つのか、他の方式に置換しないか絶えず注意するというもので、当該技術を否定して考えるものである。銀塩写真とデジタル写真の技術、8ミリカメラとVTRカメラの技術、機械式の日本語タイプライタと日本語ワープロの技術、LBPとBJの技術などである。

(4) 21のキー・テクノロジー

このようにして、光学技術と精密機械技術でスタートしたキヤノンは、自社技術にこだわりシーズをひとつひとつ育ててきた。その結果、キヤノンの中核基盤技術（キー・テクノロジー）は、順次、発展・拡大し、1987年には12に、1990年代初頭には、これまで培ってきた得意技術、新しい事業を切り拓く新技術、世界が先を競いあうフロンティア技術など、**表4-4**に示すように、21の技術を21のキー・テクノロジーとして提示している（キヤノン、1987 [4-10]、1991 [4-11]）。キヤノンの中核基盤技術の充実には、シンクロリーダの項で触れた電気技術者が加われば新しい展開ができると考えた鈴川溥の役割が大きかった（山之内、1992 [4-27]）。鈴川溥は、長くキヤノンの研究開発担当役員として、環境分析、自社分析（強み・弱み）、目標設定、戦略策定、実施計画、不測事態対応策からなる長期研究・技術開発計画を策定・推進し、コア・コンピタンスとしての中核技術の拡充・展開を図った。

表4-4 21のキー・テクノロジー



(5) コア・コンピタンスの配備と技術・製品のスピルオーバー

キヤノンは、創業のカメラから、X線間接撮影カメラ、8ミリカメラ、マイクロ機器、シンクロリーダ、中級カメラ、電子式卓上計算機、複写機、プリンタ（LBP、BJ）へと製品を多角化してきた。これらの製品（事業）を裏付ける技術について、2章で紹介した Hamel and Prahalad はその著書の中で、キヤノンのコア・コンピタンスについて、その社内技術に着目して、それが社内にもどう配備されているか整理している（Hamel and Prahalad, 1995 [4-34]）。これを見ると、例えば LBP は社内技術（コア・コンピタンス）を全て活用した製品であることがわかる。

キヤノンでは、長年培ってきた光学技術、精密機械技術、精密生産技術を活かして事務機への多角化を達成するという第一次長期経営計画（1962-1966）の項でも取り上げたように、社内の自主技術の活用とブラッシュアップが尊重された。その後、電子技術、画像技術、記録技術など当時のキヤノンにとっては、新規技術であったものを順次社内技術として確立、AE-1 の項で紹介したように、夢の実現、泥の地道なブラッシュアップをしてきた。

社内技術の活用では、例えば BJ の技術は、1986 年の BJ 採用の電卓「BP1210-D」、1988 年のカラーバブルジェットコピー 1、BJ カートリッジ採用のワードプロセッサ「キヤノワード α 50」などに採用された。キヤノン多角化の歴史の中には、これに留まらず、例えば前記のような LBP がそのエンジンに既存の複写機を適用するといった事例がある。そしてこれらの事例では、複写機そのものは自社特許で保護されている。

キヤノンは、技術多角化戦略のもと、以上の新製品開発フロー、共通技術、技術展開シナリオ、21 のキー・テクノロジー、それらによる技術・製品のスピルオーバーを積極的に推進し、自ら開発した中核基盤技術間、更には、パソコンを始めとする市場の技術をも包摂したスピルオーバー技術を同化させる能力を向上させ、全体の技術ストックを増加させることができた。この技術スピルオーバー、同化のダイナミズムは 5 章で詳述する。

4.4.2 自己増殖機能の形成

(1) 多角化の論理 — 動態的發展・拡大理論

渡辺は次のように指摘している。かつて Kaldor (1962) [4-35] は、「成長こそが最大の技術進歩要因」とであると指摘した。技術進歩が我が国の成長の原動力となり、競争力の源泉をなしたことは論をまたない (渡辺、2000 [4-29])。キヤノンはこの成長力を、独自技術による競争力のある製品の開発、企業の成長、そして成長の源泉を多角化に求めた。第一次長期経営計画の項で取り上げた、カメラにのみに依存しては日本経済の成長のテンポにも劣るという危機感などはその具体的な事例である。組織知の側面からみても、カメラ部門の AE-1 の成功は、複写機部門への激励のメッセージとなり、それが「複写機の AE-1 を目指す」というスローガンとなり、プロジェクト活動は推進された。更に PC-10/20 で開発された、キー・テクノロジーのカートリッジ技術が、LBP に適用され、LBP 事業が飛躍的に拡大した。カートリッジ技術が、LBP に伝播された証である。このような中核基盤技術のスピルオーバーの繰返し、好循環 (イノベーションの連鎖) が、キヤノン多角化の原動力をなしたものと考えられる。

この点について賀来は、「企業は永遠に存続しなければならないという観点から、多角化戦略がある。専門だけにとらわれていたら企業はいつか衰退する時がくる。すなわち、多角化は至上命令である。」という表現で記している (賀来、1992) [4-5]。賀来は、社長に就任する以前からトップと大論争しながらも多角化を進めた。多角化をするからには、事業部制を導入しないと会社の発展は望めない。専門企業に比べ各事業部に社長がさける時間が少ないからであると記している。そして賀来は、第2章で紹介した「多角化理論」を提唱している (賀来、1997) [4-7]。彼はまたこの多角化手順を動的に考え、かつてのキヤノンにおける事務機事業のように、時間経過に従って非関連事業が関連事業に、また関連事業が中核事業化に発達し、結果として中核事業が拡大することも指摘している。これは、少なからぬ企業が 1980 年代半の多角化ブームから、1990 年代に本業復帰に転じている中でキヤノンが一貫して多角化戦略を貫き、1990 年代の情報化社会に移行するまでの 20 余年をも含め、たえず多角化戦略を洗練し続けてきたことを裏打ちするものである。

(2) 多角化の構造

野中 (1995) [4-19] は、「知識を創造する最も基本になる主体は個人である。

組織的な知識創造にとって重要なのは、個人レベルでの暗黙知の蓄積に基づいて、それを組織の具体的な技術・製品及び戦略的行動といった複合的ひとつの知識体系へと完成していくことである」と強調している。以下に、これまでに述べてきたキヤノンの多角化プロセスを、複合的知識体系への発展、すなわち技術と事業のシナジーとしてまとめる。4.2 で見たように、1945 年の御手洗毅社長の会社再興の言明から、若手開発者の自分たちにも手が届く価格のカメラ開発という想いなどが、ダイナミックに組織内をめぐり自己革新が成し遂げられた。この自己増殖機能の具体的な表出が、多角化である。これは図 4-5 のように整理される。

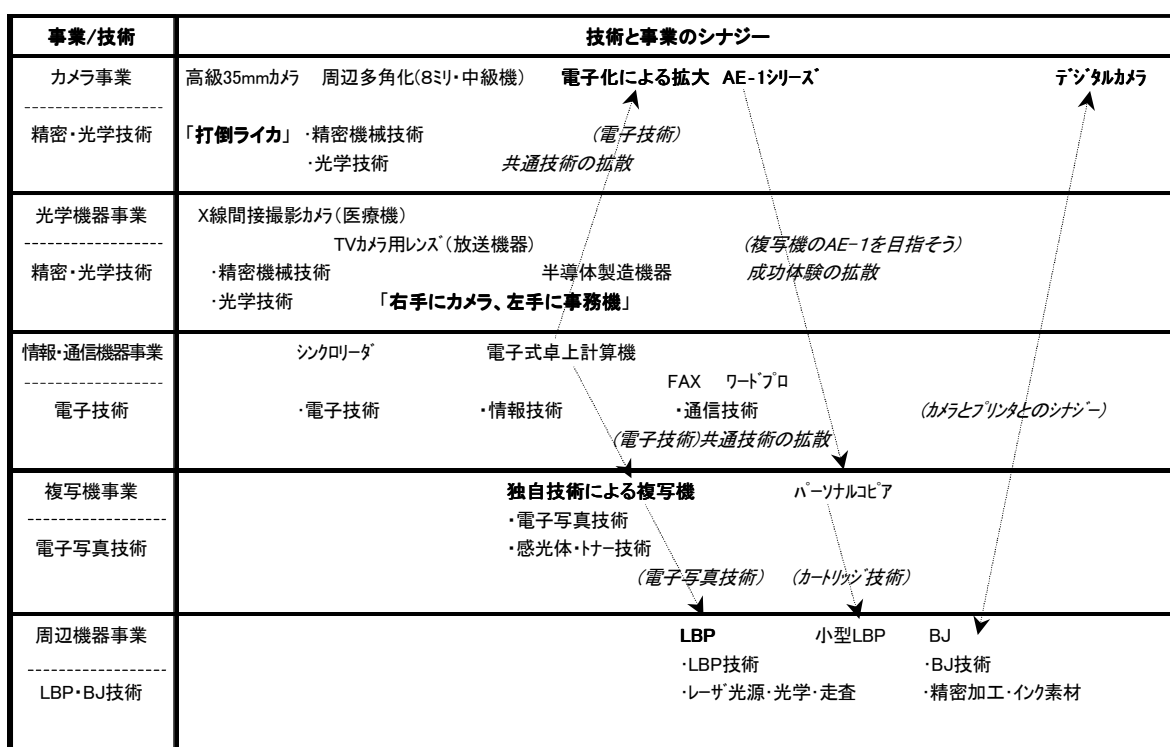


図 4-5 技術と事業のシナジー

資料：山之内(1992) [4-27]をもとに作成。

これまで見てきたキヤノン多角化軌跡の構造を、多角化を基本に据えたビジネスモデルの活動空間としてとらえ、ここでは①企業スローガン、② 製品・事業の革新コンセプト、③ 製品・事業、④ 技術、の4層モデルで、総括・説明する。この全体コンセプトは図 4-6 のように示される。

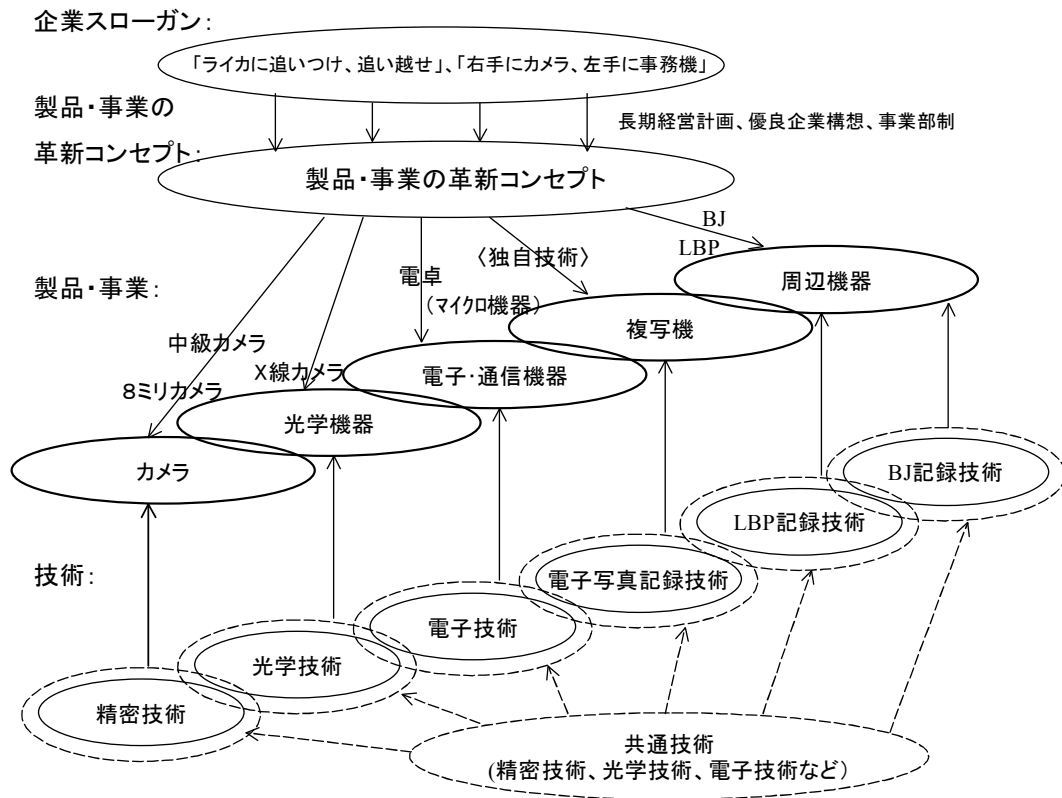


図 4-6 キヤノンの多角化を基本に据えたビジネスモデル

キヤノンの多角化は、「技術の多角化」を基軸に展開され、あわせて技術と製品・事業の多角化に結実し、両要素は一体的に展開された。

1) 企業スローガン - 多角化を育む風土

まず、社内システム（制度）革新の基にあり、また精神的なバックボーンであり、かつ企業理念、価値観、行動指針の礎としての企業スローガン、メッセージを考える。戦後の物資のない時、多くの企業がなべ、かまの生産に手を伸ばす中、何故高級カメラにこだわったのか、今日のキヤノンの起点を定めた言明である。創業メンバーのひとり御手洗毅は理想主義者であり、「打倒ライカ」の壮大なスローガンを掲げた（朝日新聞、2000 [4-1]）。ここからキヤノンの企業風土に根づいた良き理想主義の伝統が培われた。すなわち自覚・自発・自治の三自の精神や実力主義、家族主義、健康第一主義である（キヤノン、1987 [4-13]）。三自の精神の定着について、研究開発担当の遠藤常務は「キヤノンが次々と新しいことができるのは、三自の精神、つまりやりたいことをやれというベース

があるのだと思います。年齢に関係なく、若い時からやらせる。それで失敗したからといって、怒られることもないんです。まあ全員にやらせるということはないかも知れませんが、ある程度やる気のある人間に自由にやらせるという土壌がまずあります。」と述べている。共同して仕事をしてきたグループや企業の間では、そのグループや企業独自の理念、価値観、行動様式が作られる。例えば社長の志が、年頭挨拶で提示され、従業員が共有し、日常の意思決定の指針となるといったことであり、それが伝播される。キヤノンは、企業スローガンという高い理想（理念）を掲げ、持てる技術の切磋琢磨、深化で、その夢を実現させるよう努力を重ね、個々の製品・事業でイノベーションを達成してきた。このように企業スローガンが、製品・事業の革新コンセプト創出の基になった。この光学技術に端を発する中核基盤技術のスピルオーバーに支えられた多角化戦略を中軸とするビジネスモデルの基本、すなわち「多角化を基本に据えたビジネスモデル」とも称すべき技術経営戦略の素地を育む風土の精神的バックボーンが企業スローガンである。

2) 製品・事業の革新コンセプト — 多角化の源泉

4.3.1 で分析したように、AE-1 は、「完全電子制御 AE 一眼レフで、合理的な生産方式を考慮する」というコンセプトであり、既存の AE35mm 一眼レフとの価格差を一挙に 2 万円縮めて、AE35mm 一眼レフ市場を急速に形成するというものであった。一方の 4.3.2 で分析した PC-10/20 のコンセプトは、「パーソナルユースの複写機」であり、それまで未開拓であったパーソナルユースの市場にサービスフリーを可能にするカートリッジの開発で対応しようとしたものであった。かつ、個人や中小の事業者でも購入できるよう目標原価 5 万円というコンセプトであった。先に見たようにこれは AE-1 の成功に触発され、「複合機の AE-1 を目指せ」というスローガンのもとに邁進された。ここに多角化を基本に据えたビジネスモデルの創成が見られた。そして、この両プロジェクトとも AE-1、PC-10/20 で述べたように、研究開発に限定せず、生産技術、販売までの総合力で対処しようとしたのである。両者のコンセプトは、従来機種の世界の飽和に対して新市場の開拓・形成という命題への挑戦であり、事業戦略・技術目標が統合的かつ平易に語られている。そして、キヤノンでは両者のコンセプトは、自社技術開発という裏付けで、始めて実現されたのである。以上のようにキヤノン多角化の源泉は、事業戦略・製品戦略の中核結晶体である製品・事業の革新コンセプトである。ここで製品・事業の革新コンセプトとは、新規または従来の当該製品・事業に比して、製品・事業の技術的・機能的または市場価値などの機能や価値を飛躍的に高め、顧客に受け入れられる製品・事業のアイデアで

ある。組立産業としての「箱屋」キヤノンは、この製品・事業の革新コンセプト（＝「箱」）を創り、具現化し、市場の支持を得て、成長してきた。前述の山路の利用から始まる技術展開シナリオと軌を一にする根幹コンセプトである。

表 4-5 にその代表的コンセプト事例を示す。

表 4-5 製品・事業の革新コンセプト事例

製品	発売年	コンセプト
—	(創業時)	高級 35mm カメラの国産化
キャノネット	1961 年	初心者にも露出の失敗のない中級カメラ
NP-1100	1970 年	独自技術の P P C 複写機
AE-1	1976 年	完全電子制御 AE 一眼レフカメラ、合理的な生産方式追及
LBP-10	1979 年	デスクトップ低価格 L B P
PC-10/20	1982 年	サービスフリー、パーソナルユース複写機
LBP-CX	1984 年	ワープロやパソコン分野で使える LBP
BJ-10	1990 年	キャビネットサイズプリンタ(310×216×40mm)

製品・事業の革新コンセプトは、企業スローガンの示す将来方向性から、将来の製品実現目標の構想であり、企業の洞察力からの読みから発想されるものである。前述の AE-1 の「完全電子制御 AE 一眼レフカメラ、合理的な生産方式追及」、PC-10/20 の「サービスフリー、パーソナルユース複写機」はその典型である。このように革新コンセプトを常に発想し、実現し、更にそのサイクルをくり返すことによって企業の発展が図られた。

製品・事業の革新コンセプトは、どう発想されるのか、核心は「市場価値があること」＝「売れるもの」になる。それは、市場的に魅力があること、製品・事業として魅力があること、タイミングがいいことである。すなわち、企業競争に勝てる「差別化」であり、この「差別化」をどう考えるかがポイントになる。そのためには、企業を取り巻く環境の冷静な分析が必須となる。外部環境として、市場を知り²⁷、技術を知り、企業を知り、世の中を知ること、コンペテ

²⁷ より「市場を知る」ための方法論として、「利用者との相互作用の内生化」の促進がある。このために、第 3 章で LBP-CX のトップによる、ヒューレット・パッカード社、アップル社、ワング社などへの市場開拓キャラバンの実施、国内外の大手 OEM の開拓を紹介した。この OEM の交渉過程で先端的利用者との相互作用の内生化が図られる。例えば OEM 先に試作機を出荷すると、先方から機能評価やトラブル報告があり、これが LBP の製品化に有効に生かされたのである。BJ プリンタの、開発段階での試作品への特定量販店からのコメント収集、開発へのフィードバックの事例もある。更に、自社の技術や部品・製品を適用

イターとしての敵を知ること、内部環境として、自社の組織を知り、体制を知り、資源を知り、能力を知るなど己を知るが必要になる。そしてこれらの冷静な認識から「何をやるか、いかにやるか」のプロセス、シナリオが想起される。この何をやるかこそが、製品・事業の革新コンセプトになる。

これまで見てきたようにキヤノンの多角化は、キヤノン自身が自ら時点時点で課題を設定して、自己の構造を変え、インタラクティブな動的秩序・制度を創り出していく自己組織的多角化であった。戦後の再出発時の御手洗毅「自助あるのみです。それしかわれわれの生きる道はありません」という言明、御手洗肇の「キヤノンは人のやらないことを賞賛する」という発言など典型的な自己組織化を指向した姿勢・態度である。製品・事業の革新コンセプトは、多角化を基本に据えたビジネスモデルの源泉の核そのものである。

3) 製品・事業 - 多角化の結晶・システム

カメラで創業したキヤノンは、その時々における成長分野に身をおくという考え方で多角化をはかってきた。成長分野にあることで継続的な成長が達成された。「右手、左手」の企業スローガンによる事務機への多角化はその代表例である。成長分野といっても自社の資源で対応できるかという冷静な意志決定に基づく多角化であり、時々で表現や意味するところの範囲や深さに変化はあるが、その中核は前述の画像処理技術を含む画像や「イメージング」にこだわった製品・事業の多角化であった。「イメージング」を中核に据え、それを製品・事業の両面から追求した多角化を基本に据えたビジネスモデルの創成と伝播であった。ここに多角化を基本に据えたビジネスモデルとは、「社員（企業）の中で創成され伝播される、独自のコア・コンピタンスに根ざし、より付加価値がありかつ成長率の高い新規製品・事業を指向する社員（企業）の考え方・行動様式を支配する見えざる資産」に昇華される。これらの多角化を基本に据えたビジネスモデルに裏付けられ、キヤノンの中核製品・事業は実現された²⁸。ここでも個別の製品の深化は勿論、複写機 PC-10/20 の開発プロジェクトが、「複写機

した特定システムの実現といった課題解決過程での利用者との相互作用の内生化促進も図られている。

²⁸ 1970年代後半、製品技術研究所では、電子写真開発部隊独立後「もぬけのから」になった後の、将来のキヤノンの展開をささえる4大研究テーマが設定された。DOG：バブルジェット記録によるデジタル複写機、FOX：固体撮像素子のカラービデオ、CAT：日本語ワードプロセッサ、SHEEP：超小型LBPをベースにしたスモールシステムである。研究テーマの絞込みや進め方は、全員参加によりコンセンサスができ4大テーマに集中する運営が軌道にのり、バブルジェットを始め、以降のキヤノンの製品・事業に大きな影響を与えた。

の AE-1 を目指そう」をスローガンに遂行されたように、他の製品・事業からの刺激また伝播で、絶えず進化するインタラクティブなダイナミックなプロセスである。

最近の相互刺激、多角化を基本に据えたビジネスモデルの伝播の事例は、デジタルカメラとプリンタである。主に事務機関連で開発され当初は関連のなかった画像処置技術が、写真のデジタル化でデジタルカメラにも応用された。キヤノンの中で一番新しい製品・事業である周辺機器の製品・事業が、一番伝統のあるカメラの製品・事業に新たに伝播され、カメラの製品・事業が進化するのである。製品・事業は、多角化を基本に据えたビジネスモデルの結晶であり市場への表出システムである。

たゆまぬ革新コンセプトの市場での繰返し実証の成果として、キヤノンは創業時のカメラ事業から、光学機器事業、情報・通信事業、複写機事業、コンピュータ周辺機器事業まで多角化した。この軌跡は、企業自身が、自ら戦略目標を発見し、多角化を基本に据えたビジネスモデルを駆使して、自己の構造を変え、動的秩序・制度を創り出す、自己組織化による多角化であった。実際、1977年から1988年まで社長を務めた賀来龍三郎は、自らを振り返り「多角化の戦いが私の今までの人生だったかもしれません」と述べている。それほどキヤノンの多角化に賭けてきたのだと（賀来、1986 [4-4]）。添付資料3に、多角化戦略の成果の一つとして、キヤノンのフォーチュン誌製造業売上高ランキングの推移と、コーポレートブランド価値ランキング（日経産業新聞）を示す。

4) 技術 — 多角化を育むコンピタンス

製品・事業の革新コンセプトは、前述の技術・製品のスピルオーバーで言及したように、社内の技術、その他のリソースを活用して製品として実現され、市場に供給される。このコンセプト実現性を確保するのがコンピタンスとしての技術なのである。光学技術と精密機械技術が自社技術であった創業の時代から、1990年初頭には21のキー・テクノロジーになり、更なる強化・充実に注力している（キヤノン、1991 [4-14]、山之内、1992 [4-26]）。

キヤノンは、個別技術また異分野の技術の組合せにより、製品の革新コンセプトを実現させてきた。初期の頃は、比較的独立的な独自技術の個別対応で済んだが、精密技術・光学技術・電子技術など共通技術と個別技術の組合せで始めて実現できる製品が増えている。個別技術と共通技術の組合せが重要になっている。アナログ、スタンドアローンの時代、キヤノンは個別の商品の完成度

を高めるために個別オリジナル技術を追求してきた。デジタル化が進むインターネット時代、キヤノンにはオリジナル技術を追求する一方でネットワークにつながる/つなげる技術も重要になっている (キヤノン、2001 [4-12])。また、このネットワークにつながる/つなげる、通信技術、コンピュータネットワーク技術のうち、重要な技術が、中間調処理、ディザ法、アナログからデジタルへの信号変換、画像圧縮、信号処理などの画像処理技術である。これにより、個々の商品に固有技術ばかりでなく、商品横断的に適用可能な共通技術との複合化ができ、より付加価値の高い商品の開発が可能になる。すなわち、画像処理技術は、製品間の中核基盤技術のスピルオーバーを増大させる役割をも果たす。この画像技術のように、多角化した技術を有効活用するための共通技術の存在は、技術間の切磋琢磨を自ずと促す。また個々の商品に適用できる多用な技術があるほど、より付加価値の高い商品提供の自由度が高まる。キヤノンでは、この自社技術の裏付けで、初めて製品・技術の革新コンセプトは発想される。

光学技術、精密機械技術からスタートしたキヤノンは、自社技術にこだわり No.1 の思想に根ざした自社技術の確立、中核基盤技術のスピルオーバーを促進した。キヤノンにとって技術は、企業の自己革新を達成する重要な要素で、多角化を基本に据えたビジネスモデルを育むコア・コンピタンスそのものである。この技術多角化により、自ら開発した中核基盤技術のスピルオーバーを活性化し、同時にそれを効果的に活用する同化能力を高め、更には市場の技術をも包摂し、市場との相互作用を内生化させた好循環のダイナミズムを構築し、製品・技術の革新コンセプトを実現させた。そしてこれらは、キヤノンの、たえず発展するビジネスモデルとして蓄積されているのである。

4.5 考察：多角化戦略の本質

キヤノンの多角化戦略の展開ステップを、① 企業スローガン、② 製品・事業の革新コンセプト、③ 製品・事業、④ 技術、の4層を軸に、その展開ステップ、展開メカニズム及びそれを支えた技術の開発・流通機能について実証的検証を行い、40年にわたり一貫して持続的に技術多角化が推進された背景構造を明らかにした。

多角化展開のメカニズムでは、利用者の新たなものへの欲求に、いかに応えるかという視点から、技術複合化時代における技術開発、とりわけ既に自

社で確立した基盤技術とこれから確立する先行技術の関係、キー・コンポーネント開発をまず行いそれを製品に組み合わせるというキー・コンポーネント先行開発の思想を明らかにした。また新市場開拓と、それを可能ならしめた新技術開発のメカニズムを明らかにした。

多角化戦略を支える技術の開発・流通機能では、まず新製品開発の基本プロセスの中に、キー・コンポーネント開発の位置づけを明らかにし、共通技術としての電子技術とその中核技術としての増殖を明らかにした。また技術展開シナリオでは、ひとつの技術をいかに活用するか極限追求、拡大追求、革新追求、脱皮追求の4つの方向での技術展開を明らかにした。21のキー・テクノロジーでは、創業以来の光学技術、精密機械技術の自社技術がいかに拡張されたか明らかにした。これらによる技術のスピルオーバーで、キヤノンの同化能力が向上し、技術ストックが増加した。

また、自己増殖機能の形成について、動的・拡大理論としての多角化の論理、すなわち自らの中核基盤技術を踏み台に、他分野に発展的に展開する、多角化を基本に据えたビジネスモデルとして明らかにした。

以上より、キヤノンの技術多角化は、

- ① 一朝一夕に築かれたものではなく、企業再興当初から経営者が構想し、また技術者の中に潜在的ポテンシャルが醸成し、そのもとで作られたものであり、
- ② 自己の開発した中核基盤技術を踏み台に、自社技術にこだわりながら、その内包する新機能を他分野に発展的に展開し、連鎖的新機能を創出させていく形で推進された、いわば「技術 DNA のスピルオーバー」ともたえられる行動であり、
- ③ そのくり返しがスピルオーバーの活性化、それを効果的に活用する同化能力の向上、技術ストックの増大の好循環を形成し、
- ④ それは、自社内のみならず、市場との相互作用をも内生化するように発展し、グローバルな好循環のダイナミズムを構築した。
- ⑤ そして、それは、たえず動的拡大を指向し続けられた自己増殖機能を内包したものであった。

ことが浮きぼりになった。

第 5 章

多角化戦略の技術構造

第5章 多角化戦略の技術構造

第1章で見たように1990年代の「ロスト・ディケード」において、日本の電気機械企業の収益構造がおしなべて悪化している中で、キヤノンは例外的に高収益構造を堅持している。そして、これは、第4章で見た1960年代来の一貫した技術多角化努力と符合する。一方、キヤノンの技術開発の軌跡は、成功と失敗のくり返しであり、第2章、第3章で比較分析したように、光カードの失敗は、技術の熟度や市場展望の見通しミスによる時期早尚な研究開発に起因し、プリンタの成功はタイムリーな研究開発の洞察におう。そして、両者のタイミングの判断は、技術多角化への依存の多寡が岐路を分けることになった。

以上のように、キヤノンの高収益構造は、1960年代末に打ち出され、爾来40年にわたりたゆまぬ研鑽を重ねつつ涵養されてきた技術多角化戦略におうところが大きい。

本章は、以上の現象的分析結果のベースに存在する普遍的メカニズムを明らかにすることをねらいに、キヤノンの技術多角化戦略の技術構造を分析する。

5.1 序

5.1.1 背景

工業化社会から情報化社会へのパラダイム変化と軌を一にする1990年代の「ロスト・ディケード」において、日本の電気機械企業の収益構造がおしなべて破綻に瀕するに至ったのと好対象に、キヤノンはその収益率を向上し、それを堅持している。そして、これは、電機機械企業がおしなべて1990年代中頃にかけて技術の多角化を縮小させたのと裏はらにキヤノンのみが1960年代来一貫して同多角化を堅持・涵養して来ている努力と符号する。

従って、両者の間の好循環のダイナミズムを分析し、情報化社会へのパラダイムシフトの中で求められる必要条件との関係に注目しつつ同社の技術多角化戦略の技術構造を分析することは、情報化・国際化のもとでメガコンペティション、収益構造悪化に直面する電機機械企

業の技術経営戦略に貴重な示唆を与えるものと期待される。

5.1.2 主眼

キヤノンを中心とする電機機械企業の研究・技術・生産・収益構造と技術多角化との関係を実証的に分析し、キヤノンの技術多角化戦略と高収益構造の間の好循環のダイナミズムを明らかにし、同ダイナミズムのもとにタイムリーな研究開発の実行が図られ、それが高収益化の鍵となることを論証することを主眼とする。

5.1.3 既存研究のレビュー

(1) 研究開発の多角化、技術のスピルオーバー、スピルオーバー技術の同化

技術多角化戦略は、従来専ら経営戦略の中における事業や製品の多角化戦略の中で有望分野への展開を軸に論じられてきた。

そこでの中心的課題は、「多角化のパラドックス」であり、「本業衰退、多角化が緊要、しかし多角化資源が逼迫」と、「本業の隆盛、多角化の緊要性希薄、他方多角化資源は潤沢」のパラドックスへの対応である。

多角化戦略なかんづく技術多角化戦略が技術のスピルオーバー、技術の同化というコンテキストで注目されるようになってきたのは、1980年代になってからである。Griliches (1979) [5-13] の「技術距離」の考えがそのトリガーをなし、Jaffe (1986) [5-14] がそれを発展させた「技術接近度、技術ポジション」の概念は、スピルオーバー技術の同化と研究開発の多角化との関係を実践的にリンクさせることになった。これに触発されて Goto and Suzuki (1987,1989) [5-4,12] は各企業が同化するスピルオーバー技術量を研究開発多角化の関数で示し、日本の電気機械産業に適応し、実証的分析を試みた。この分析は産業の生産におよぼすスピルオーバー技術の影響を当該産業の研究開発多角化戦略と関係づけた点で一つの燭光を与えることになったが、スピルオーバー技術を効果的に活用するためのダイナミズムについては明らかにするには至っていない。

これに対して、Cohen and Levinthal (1989,1990) [5-9,10] は、スピル

オーバー技術を自らの技術に適応させる能力 (Adaptive capacity) の概念を構築し、上記ダイナミズムの解明に迫った。

Watanabe et al. (2002) [5-25] は、Cohen等の「適応能力」の概念を発展させ、スピルオーバー技術を察知・峻別し、選択的に取り込み、自らの技術体系に体化させる能力を「同化能力」(Assimilation capacity) と概念づけ、それを、スピルオーバー技術の供給者 (ドナー) と活用者 (ホスト) との動的な相互交流 (Interaction) との関係で計量的に計測する実践的なアプローチを提唱した。

Cohen and Levinthal 及びそれを発展させた Watanabe et al. のアプローチは、スピルオーバー技術を効果的に活用するためのダイナミズムを体系化させ、それに従って、スピルオーバー技術の効果的な活用量の計測への実践的アプローチを開発したものとして評価されるが、研究開発や技術の多角化との関係については必ずしもリンクさせるに至っていない。

(2) 技術多角化と研究・技術・生産の改善

1990年代に入り、情報化・国際化の中で、技術のスピルオーバーがグローバルに活発化し、一方、先進国おしなべて自前の研究開発投資の負担が企業経営を圧迫してくる中で、スピルオーバー技術の活用が競争力の決め手として重要化するようになった (OECD, 1997, [5-19]) 。

従って、この観点から研究開発、技術の多角化の戦略的意義がクローズアップされるところであるが、現実的には、日本企業の1991年のバブル崩壊に伴う長期不況を始めとして、先進国おしなべて経済の停滞に見まわれ、総じて多角化から「本業復帰」へのUターンが進むに至った (Gemba and Kodama, 2001 [5-11]) 。

このような流れと軌を一にして、1980年代以降「選択と集中」が経営戦略の基調として浮上するに至り、多角化戦略に対する期待が概して薄れるに至った。

このような中で、多角化戦略においても、Servaes (1996) [5-22], Rajan et al. (2000) [5-20], Scharfstein and Stein (2000) [5-21] に代表される Excess value approach の観点から、多角化に伴うコスト拡大の評価に視点が向けられるようになった。

従って、技術多角化についても、その収益構造へのインパクト、更にはそのベースとなる研究・技術・生産条件向上への効果分析が中心課題となり、Gemba and Kodama (2001) [5-11] を始めとする技術多角化と企業パフォーマンスとの関係の分析が試みられるようになったが、未だに現象面の分析にとどまっており、技術多角化を収益構造及びそのベースとなる技術の限界生産性、新機能創出、全要素生産性、研究開発投資内部収益性等とリンクさせて体系的分析するには至っていない。

(3) 技術多角化による高収益化のメカニズム

1990年代の工業化社会から情報化社会へのパラダイムシフトの中で、それに付随する構造的な変化、即ち

- イ) 企業・組織内での最適化から市場を通じた最適化 (野口、2002 [5-26])、
- ロ) 新技術・製品の機能の創出に関して、開発時点における開発者による創出から、普及・利用過程における利用者との相互作用を通じた自己増殖的な機能創出 (Kodama, 2000 [5-15], Watanabe et al., 2002 [5-26])

へのシフトへの対応の成否が企業の収益構造を支配するとの指摘がなされるようになった。

従って、技術多角化戦略による収益構造のインパクト分析は、「技術多角化戦略 → 情報化社会へのパラダイムシフトに付随する構造的な変化への対応 → 収益構造への影響」との体系で行う必要があり、部分的な試みはなされているが (例えば、Watanabe et al. 2002 [5-26, 27])、3者を総合的に包摂した体系的な分析は未着手の状況にある。

なかんづく、研究開発投資の制約が強まる一方、多様化する市場の要求にタイムリーに 대응することが新パラダイム下における企業の生存戦略の要諦となってきている中で、技術多角化戦略と機敏かつタイムリーな研究開発との同時解が求められるが、未だ体系的な研究が行われるには至っていない。

5.1.4 本研究の焦点

本研究は、キヤノンを中心とする主要電機機械企業の過去20年間の研究・技術・生産・収益構造の比較分析を通じて、

- ①スピルオーバー技術の同化と、それを指向した研究開発の多角化の
関係に着目した技術多角化の軌跡の計測
 - ②技術多角化と収益構造及びそのベースとなる研究・技術・生産条件
との関係の分析
 - ③技術多角化による高収益化のメカニズムの解明
- を図る。

5.1.5 構成

2節は、とくに1990年代に入って国際競争力向上の観点から重要化しつつあるスピルオーバー技術とその同化及びそのための研究開発多角化の役割に着目し、電機機械企業の技術多角化の軌跡を計測する。

3節は、この計測結果を活用し、技術多角化による売上高営業利益率及びそのベースとなる技術の限界生産性、新機能創出、全要素生産性及び研究開発投資内部収益率の貢献を分析する。

4節は、技術多角化の好循環のダイナミズムを明らかにした上で、同ダイナミズムの中核となる技術多角化による新機能創出のメカニズムを分析し、以上の好循環のダイナミズムのもとにタイムリーな研究開発の実行が図られ、それが技術多角化が奏功する上での鍵となることを明らかにする。

5節は、以上を総括して、キヤノンの、技術多角化の好循環ダイナミズムに支えられた高利益率構造のメカニズムについて考察する。

5.2 研究開発の多角化とスピルオーバー技術の同化

5.2.1 スピルオーバー技術への依存

情報化、国際化の進展と軌を一にするメガコンピティションの高まり (OECD, 1998 [5-19])の中で、ハイテク企業のスピルオーバー技術への依存は逐年重要化しつつある (OECD, 1997 [5-18])。

バブル崩壊後の景気の低迷、それに付随する研究開発投資の停滞はこれに拍車をかけている (Watanabe, Asgari et al., 2002 [5-27])。

表5-1は日本の主要電気機械企業 24社 (売上高トップ24社) の1980-1998年の企業間同化スピルオーバー技術 (他社からスピルオーバーした技術のうち、自ら吸収し、効果的に活用している技術) への依存状況を示したものであり、図5-1に見られるように、1990年代に入って、少なからぬ企業においてその増大傾向が顕著にうかがわれる。

表5-1 電気機械企業24社の同化スピルオーバー技術への依存度^aの推移 (1980-1998)

	キヤノン	松下	NEC	日立	東芝	富士通	三菱電機	ソニー	シャープ	三洋電機	松下電工	ビクター	富士電機	京セラ	沖電気	バイオニア	アルプス電気	カシオ	ローム	アイワ	横河	日本無線	明電舎	国際電機
1980	0.29	0.29	0.34	0.35	0.36	0.33	0.35	0.35	0.33	0.27	0.35	0.32	0.36	0.44	0.33	0.35	0.34	0.34	0.37	0.31	0.31	0.35	0.31	0.20
1981	0.30	0.30	0.34	0.35	0.35	0.33	0.34	0.35	0.33	0.27	0.34	0.32	0.36	0.42	0.33	0.34	0.34	0.33	0.37	0.31	0.31	0.34	0.31	0.22
1982	0.31	0.30	0.34	0.35	0.35	0.33	0.34	0.34	0.33	0.27	0.33	0.33	0.35	0.40	0.33	0.34	0.34	0.33	0.36	0.31	0.32	0.34	0.31	0.24
1983	0.32	0.31	0.34	0.34	0.34	0.33	0.34	0.34	0.33	0.28	0.33	0.33	0.34	0.39	0.33	0.33	0.34	0.33	0.36	0.31	0.32	0.34	0.31	0.26
1984	0.32	0.31	0.34	0.34	0.34	0.33	0.34	0.34	0.33	0.29	0.33	0.34	0.34	0.38	0.33	0.33	0.34	0.33	0.36	0.31	0.32	0.34	0.31	0.28
1985	0.32	0.32	0.34	0.34	0.34	0.33	0.34	0.34	0.33	0.30	0.33	0.34	0.34	0.37	0.33	0.33	0.34	0.33	0.35	0.32	0.32	0.34	0.31	0.29
1986	0.33	0.32	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33	0.34	0.33	0.30	0.32	0.33	0.34	0.37	0.33	0.33	0.34	0.33	0.35	0.32	0.33	0.34	0.31	0.30
1987	0.32	0.31	0.34	0.34	0.34	0.33	0.34	0.34	0.33	0.28	0.33	0.33	0.34	0.38	0.33	0.33	0.34	0.33	0.36	0.31	0.32	0.34	0.31	0.26
1988	0.33	0.32	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.34	0.28	0.32	0.33	0.33	0.36	0.33	0.32	0.33	0.35	0.35	0.31	0.33	0.34	0.32	0.32
1989	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.34	0.33	0.34	0.33	0.34	0.32	0.34	0.32	0.29	0.33	0.32	0.33	0.31	0.32	0.33	0.34	0.33	0.33	0.35
1990	0.34	0.34	0.33	0.32	0.33	0.35	0.33	0.35	0.31	0.39	0.32	0.32	0.32	0.31	0.32	0.33	0.25	0.34	0.30	0.35	0.35	0.32	0.34	0.38
1991	0.35	0.34	0.30	0.32	0.32	0.37	0.33	0.35	0.31	0.38	0.32	0.32	0.32	0.35	0.34	0.32	0.26	0.30	0.34	0.39	0.35	0.31	0.30	0.36
1992	0.35	0.33	0.29	0.32	0.32	0.37	0.34	0.35	0.32	0.36	0.32	0.32	0.31	0.37	0.36	0.33	0.25	0.27	0.36	0.41	0.34	0.30	0.32	0.36
1993	0.35	0.33	0.28	0.33	0.32	0.36	0.34	0.37	0.33	0.36	0.33	0.31	0.31	0.38	0.36	0.34	0.12	0.30	0.38	0.39	0.33	0.31	0.33	0.36
1994	0.35	0.33	0.28	0.33	0.32	0.36	0.32	0.38	0.34	0.36	0.34	0.30	0.26	0.39	0.33	0.35	0.19	0.32	0.36	0.38	0.33	0.32	0.33	0.37
1995	0.37	0.33	0.26	0.32	0.33	0.36	0.30	0.38	0.35	0.38	0.35	0.28	0.31	0.35	0.32	0.37	0.26	0.34	0.36	0.41	0.32	0.33	0.33	0.37
1996	0.39	0.32	0.25	0.32	0.34	0.33	0.30	0.38	0.37	0.39	0.37	0.27	0.32	0.28	0.25	0.39	0.23	0.36	0.38	0.43	0.31	0.34	0.34	0.37
1997	0.41	0.31	0.27	0.31	0.34	0.31	0.30	0.38	0.38	0.39	0.37	0.27	0.30	0.25	0.22	0.38	0.14	0.36	0.40	0.44	0.28	0.36	0.34	0.33
1998	0.40	0.31	0.30	0.29	0.34	0.32	0.30	0.39	0.37	0.37	0.36	0.29	0.29	0.32	0.26	0.36	-0.37	0.33	0.41	0.44	0.29	0.35	0.31	0.35

a 同化スピルオーバー技術への依存度 (DAST: Dependency of Assimilated Spillover Technology)

$$= \frac{Z \cdot T_s}{T_i + Z \cdot T_s} \quad (T_i: \text{独自技術ストック}; T_s: \text{スピルオーバー技術プール、} T_s = \sum_{j=1}^{24} T_j \quad (j \neq i))$$

$$Z (\text{同化能力係数}) = \frac{1}{1 + \frac{\Delta T_s / T_s}{\Delta T_i / T_i}} \cdot \frac{T_i}{T_s} \quad (\text{Watanabe et al., 2002 [5-25]})$$

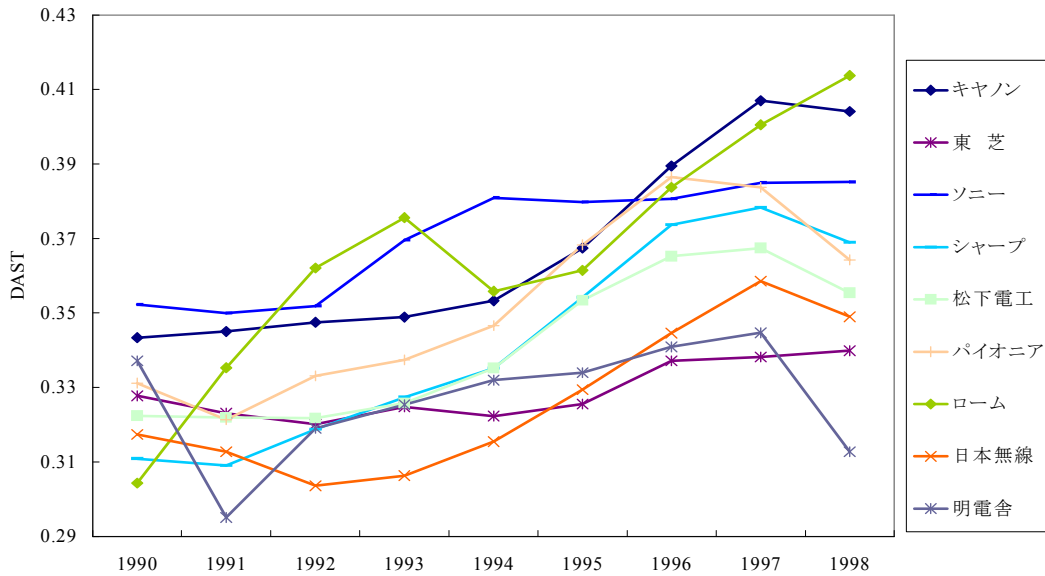


図5-1 電気機械主要企業の同化スピルオーバー技術への依存度の推移(1990-1998)

5.2.2 技術距離、技術接近度、技術ポジション

(1) 技術距離

グリリカス (Griliches, 1979) [5-13] は、企業や産業の技術知識レベルは、自らの研究開発投資だけでなく、他社や他業種からの技術知識にも影響され、それをスピルオーバーの影響と指摘し、これを表す次のような定式を示した。

$$i \text{ 業種の生産 } Y_i \quad Y_i = BX_i^{1-\gamma} K_i^\gamma K_{ai}^\mu$$

X_i : 労働・資本等; K_i : 独自技術知識ストック; K_{ai} : スピルオーバー技術知識ストック

$$K_{ai} = \sum_j w_{ij} K_j \quad w_{ij}: i \text{ 業種が } j \text{ 業種からスピルオーバーしうる「ウェイト関数」}$$

グリリカスは、他社や他業種からのスピルオーバー効果の活用度はこのウェイト関数に依存し、それはひとえに両者の間の**技術距離** (Technology distance) によるとした。これは2つの意味を有する。

- ① 第1は、自企業と技術距離の近い企業とは製品構成や研究開発内容等も類似しているため、そのような企業で開発された技術知識をフルに活かしうる製造設備・研究資源・マーケティングネットワーク等のインフラの整備度が概して高いため、スピルオーバー技術の利用・吸収が容易であることである。
- ② 第2は、必要としていた技術とタイムリーに触れ合う可能性が必然的に高いことである。

このようにして、彼は、スピルオーバー技術の活用は、企業の総技術知識レベルを高める上で重要な位置づけを占めることを示し、かつそれは自らの技術距離を近づける努力にも依存することを明らかにした。

(2) 技術的接近度、技術ポジション

ジャフェ (Jaffe, 1986) [5-14]はこのグリリカスの示唆に触発されて、技術距離を計量的に示す指標として、両者の取り組む研究開発分野の共通性の程度に基づく**技術的接近度**(Technological proximity)をベースとする**技術ポジション** (Technological position) という概念を提唱した。

すなわち i 業種の技術ポジションを F_i とすると、 i, j 両業種間の技術距離 P_{ij} は

$$P_{ij} = \frac{F_i \cdot F_j'}{[(F_i \cdot F_i')(F_j \cdot F_j')]^{1/2}} \quad (5-1)$$

で表され、技術距離は 0 から 1 の幅であり、共通性が高まるに従って 1 に近づく。

これを用いると、 j 業種の研究開発投資 R_j のうち i 業種が同化するスピルオーバー技術 $[R_i]_j$ は、

$$[R_i]_j = R_j \cdot P_{ij} \quad (5-2)$$

で表される。ただし、 F_i は i 業種の研究開発費の支出分布を表すベクトル $F_i = (F_{i1} \cdots F_{ij} \cdots F_{in})$ であり、 F_i' はその転置ベクトルを示す。ここに、 F_{ij} は i 業種の j 分野への研究開発投資の割合を示す。

5.2.3 研究開発の多角化と技術距離

技術距離の概念に立脚すれば、スピルオーバー効果をフルに発揮する上での鍵となる同化能力 (スピルオーバー技術を吸収し、効果的に活用する能力) は、技術をスピルオーバーする側とそれを受入れる側の両者の技術ポジションの類似性に支配されることがわかる。技術距離は双方の技術ポジションの類似性が一致したときに最大 (=1) となり、この類似性は受入れ側がスピルオーバー側と同じ分野の研究活動をどの程度行うかに依存する。受入れ側がスピルオーバー側と同じ分野の研究活動を活発に行えば、スピルオーバー技術の動向・存在・導入可能性の認識、効果的な導入及び導入後の吸収同化発展いずれにおいても有利かつ効果的に遂行することが出来る。

研究開発の多角化はこれに沿う戦略であり、我が国においては 1980 年代にかけてこれが活発に進展した（通商産業省、1988 [5-5], Gemba and Kodama, 2001 [5-11]）。

i 業種の研究開発投資 R_i のうち、 j 分野の研究開発への投資を R_{ij} とすると、研究開発の本業比率 D_i は

$$D_i = R_{ii}/R_i \quad (5-3)$$

であり、多角化比率 D_{ni} は

$$D_{ni} = 1 - D_i = 1 - R_{ii}/R_i \quad (5-4)$$

で表される。また、これは、ハーフィンダール指数 (HHI) を用いれば、次のように示される。

$$D_{ni} = HHI = 1 - \sum P_i^2 \quad P_i = R_{ii}/\sum R_{ii} \quad (5-4)'$$

この多角化比率を用いれば(5-1)式の技術距離は、次のように表される。

$$P_{ij} = \frac{\sum_k \frac{R_{ik}}{R_i} \cdot \frac{R_{jk}}{R_j}}{\left[\sum_j \frac{R_{ij}^2}{R_i} \cdot \sum_i \frac{R_{ji}^2}{R_j} \right]^{1/2}} \quad (5-5)$$

従って、 j 業種の行う研究開発投資 R_j のうち i 業種が同化するスピルオーバー技術量は、

$$[R_i]_j = R_j \cdot P_{ij} = F(D_{ni}) \quad (5-6)$$

と多角化比率の関数で示される（Goto and Suzuki, 1989 [5-12], 後藤・鈴木, 1987 [5-4]）。

5.2.4 技術多角化の計測

(1) キヤノンの技術開発軌跡の計測

キヤノンの技術開発の軌跡は、その技術の米国への登録特許に現れ²⁹（Watanabe, Tsuji et al., 2001 [5-24]）、その動向は、**図5-2**に示すように、売上高の推移ときわめて高い相関を示す。

²⁹ キヤノングループにおいて、米州とりわけ米国は重要な市場である。例えば 2000 年の米州の地域別売上げ比率は、33.6%である（キヤノン、2001 [5-3]）。かつキヤノンの製品は、日本語ワープロなどごく一部の製品を除けば世界市場を対象にした製品である。従って米国登録特許の推移は、キヤノンの多角化戦略また事業戦略をかなりの程度反映しているものと推察される。

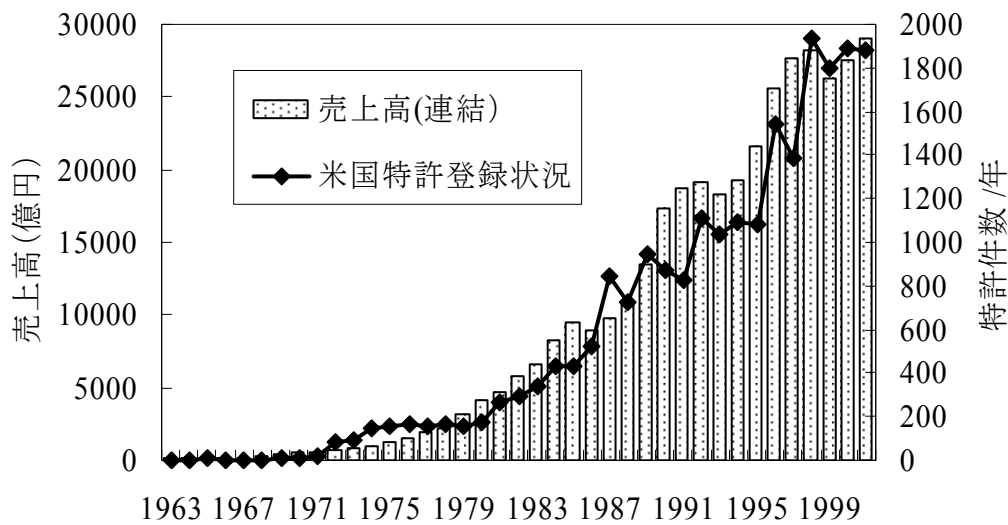


図5-2 キヤノンの米国特許登録件数及び売上高の推移 (1963-2001)

資料：キヤノン (2002).

これに注目して、1976-2000 年間のキヤノンの米国登録特許20,252 件をベースに特許検索に基づいて33技術分野の技術開発軌跡を分析した。図5-3及び表5-2はそれを10分野にまとめて示したものである。

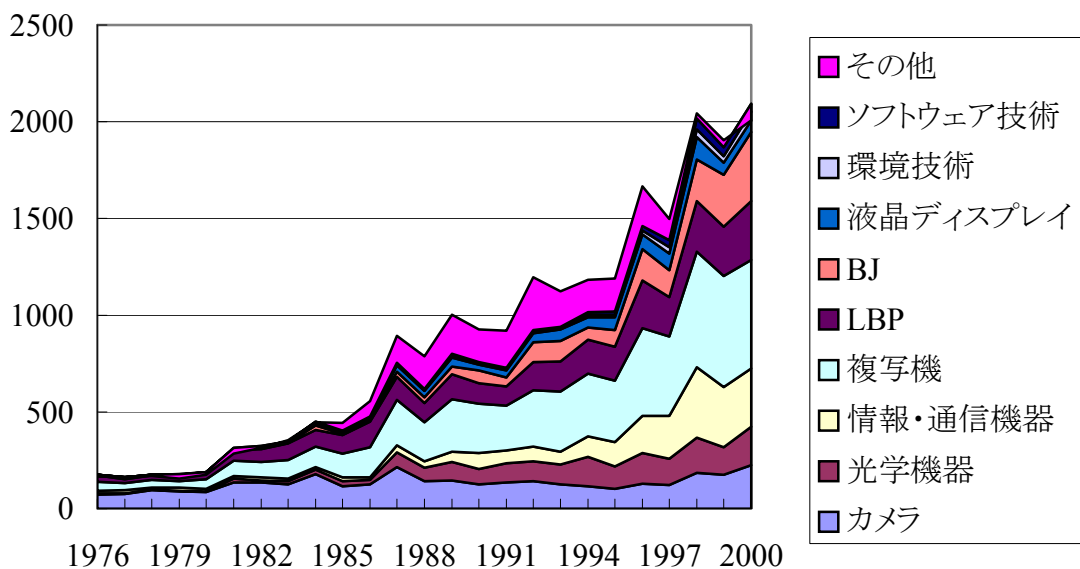


図5-3 米国特許登録件数の推移から見たキヤノンの技術開発軌跡 (1976-2000)

表5-2 米国特許登録件数の推移から見たキヤノンの技術開発軌跡
(1976-2000)

	カメラ	光学機器	情報・通 信機器	複写機	LBP	B	J	液晶 ディスプレイ	環境技術	ソフトウ エア技術	その他
1976	74	7	10	47	35	1	0	0	1	0	0
1977	75	5	16	35	21	6	3	0	0	0	3
1978	95	4	11	40	23	1	0	0	0	0	0
1979	88	5	15	34	27	2	4	1	1	0	0
1980	85	5	12	49	33	3	1	0	0	0	0
1981	135	21	12	81	55	3	4	1	1	0	0
1982	136	11	14	80	66	5	0	3	3	0	0
1983	126	15	14	96	85	6	1	1	1	4	6
1984	178	23	14	106	86	23	13	3	3	0	0
1985	116	26	19	125	93	7	10	4	4	3	39
1986	127	23	12	155	134	11	9	3	3	3	80
1987	216	74	38	235	118	27	32	5	5	8	141
1988	143	68	35	199	100	32	33	5	5	4	169
1989	146	94	54	270	132	38	45	9	9	13	201
1990	127	79	83	253	107	64	30	8	8	7	169
1991	134	100	66	232	98	49	36	8	8	6	190
1992	143	101	76	292	146	103	46	7	7	8	276
1993	127	102	66	310	155	108	58	7	7	6	186
1994	115	154	105	325	175	62	53	13	13	13	169
1995	103	116	126	318	174	84	68	12	12	18	171
1996	128	159	192	455	247	160	79	17	17	26	203
1997	121	138	219	413	205	138	87	31	31	36	111
1998	184	182	365	600	259	216	115	39	39	56	28
1999	176	141	311	576	253	269	62	35	35	45	37
2000	224	199	300	565	302	357	59	49	49	39	0

10分野は、キヤノン全体の米国登録特許を、① カメラ、② 光学機器、③ 情報・通信機器、④ 複写機、⑤ LBP、⑥ BJ、⑦ 液晶ディスプレイ、⑧ 環境技術、⑨ ソフトウェア技術、⑩ その他、に区分し、表 5-3 に示す検索式により、それぞれの件数を計測したものである。

表5-3 米国登録特許から見たキヤノンの技術開発軌跡分析のための登録特許検索式

分野	登録特許検索式
全体	AN/Canon and ISD/\$/\$/1998
カメラ	AN/Canon and ((ICL/G02B0\$ or ICL/G03B0\$ or ICL/G03C0\$ or ICL/G03D0\$) andnot (ICL/G03B027/\$ or ICL/G03B042/\$)) and ISD/\$/\$/1998
光学機器	AN/Canon and (ICL/G03B042/\$ or ICL/G03C005/16 or ICL/H05G0\$ or ICL/H01J035/\$ or ICL/A61B0\$ or ICL/G03F0\$ or ICL/H01L0\$ or ABST/ray or ABST/semiconduct\$) and ISD/\$/\$/2000
情報・通信機器	AN/Canon and (ICL/G06F0\$ or ICL/G11C0\$ or ICL/G06K0\$ or ABST/calculat\$ or ABST/computer\$) and ISD/\$/\$/2000
複写機	AN/Canon and (ABST/copy\$ or ABST/photocopy\$ or ABST/toner\$ or ABST/photoconductor\$ or ABST/develop\$ ICL/G03B027/\$ or ICL/H04N\$ or ABST/fax\$ or ABST/scan\$) and ISD/\$/\$/1978
LBP	AN/Canon and ICL/G03G0\$ and ISD/\$/\$/2000
B J	AN/Canon and ICL/B41J0\$ and ISD/\$/\$/2000
液晶ディスプレイ	AN/Canon and (ICL/G02F001/13\$ or ICL/C09K019/\$ or (ABST/liquid\$ and ABST/crystal\$) or ABST/LCD) and ISD/\$/\$/2000
環境技術	AN/Canon and (ICL/C12\$ or ABST/ecology\$ or ABST/recycl\$ or ABST/biolog\$ or ABST/biochem\$ or ABST/environment\$ or ABST/wast\$ or ABST/remed\$) and ISD/\$/\$/2000
ソフトウェア技術	AN/Canon and (ABST/softwar\$ or ABST/program\$ or ABST/manag\$) and ISD/\$/\$/2000

(2) 技術多角化の計測

以上により計測した33の技術分野³⁰の技術開発軌跡にもとづき、(5-4)'式によって1978-1998年の間のキヤノンの技術の多角化の推移を計測した結果は、**図5-4**に示すとおりである。³¹ この推移は、**表5-4**に示

³⁰ 33分類は以下のとおりである。

1. 調度品 2. 被覆(装置) 3. 電池、熱電池、光電池 4. 粘着性接合材 5. 放射線エネルギー 6. 調合品 7. 能動固体デバイス 8. シートの給送 9. 発電機または電動機 10. 電気・動力方式 11. コンピュータ図形処理 12. 記録器 13. 電信:電氣的 14. テレビジョン 15. 液晶セル、素子及びシステム 16. 光学(方式及びシステム) 17. 目の検査 18. 写真 19. 写真複写 20. 光学測定及び試験 21. ファクシミリ 22. 動的情報記録及び検索 23. 電気式計算機 24. X線システム又は装置 25. 電話通信 26. 画像解析 27. テレビ信号処理 28. 情報処理システム 29. タイプ打ち機械 30. 被覆方法 31. 貯蔵物質又は種々の物品 32. 放射線化学 33. 半導体デバイス製造

³¹ 米国登録特許データベースから、過去25年間の累積登録件数が100件以上の33分野(該当件数は17926件で、米国登録件数の88.5%をカバー)の特許件数シェアを算定して、(5-4)'式より、キヤノンの多角化度指数(米国登録特許分類毎の件数の多角化度)を計測した。

すキヤノンの技術多角化戦略の展開軌跡を反映するものである。

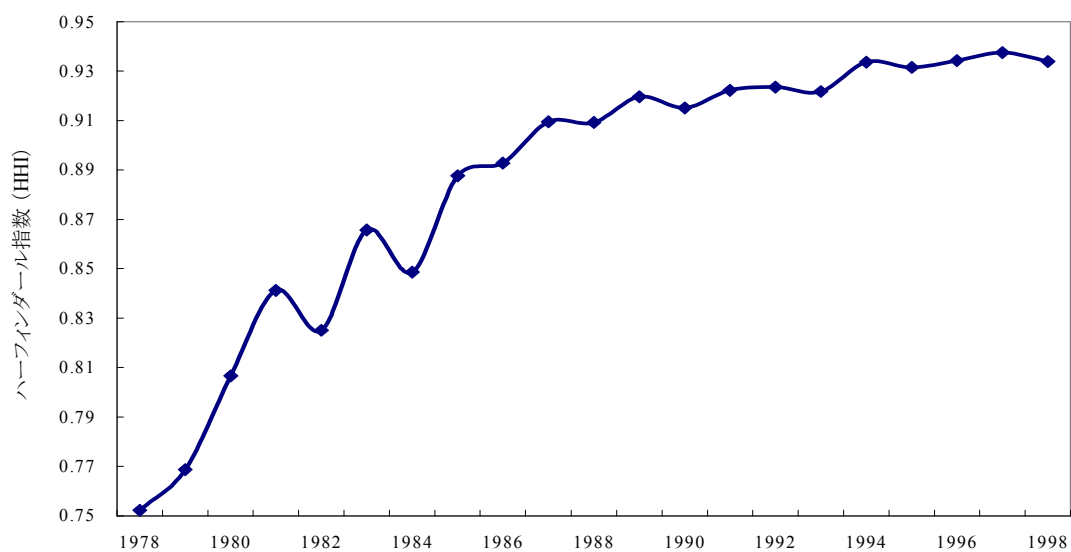


図5-4 キヤノンの技術多角化の推移 (1978-1998)

表5-4 キヤノンの技術多角化戦略の展開

年	経営意思決定	組織体制	製品	技術
~1960	(多角化萌芽期) 45 再興の言明 47 キヤノンの株名変更 55 多角化の方向性決定	55 ニューヨーク支店 57 欧州総代理店	40 X線カメラ開発	光学・精密機械
~1970	(多角化構想) 62 第一次長期計画 (公式宣言) 67 右手左手のスローガン 69 キヤノンの株名変更	62 中南米総代理店 62 製品研究課 64 プロジェクト制始まる 69 中央研究所 70 台湾に初の生産拠点	59 シンクロリーダ発売 61 キヤノネット発売 61 マイクロ 64 電卓発売 68 独自の電子写真方式 70 複写機発売	+電子技術 +記録技術
~1980	(多角化本格展開) 76 優良企業構想	72 ドイツに生産拠点 74 カルフォルニアに生産拠点 77 事業部制	75 LBP 開発 76 AE-1 発売、FAX 事業 79 LBP-10 発売 80 日本語ワープロ発売	+レーザー記録技術
~1990	85 HP とコンピュータで業務提携 88 第二の創業、グローバル企業構想スタート	81 コポネート開発センター設置 83 フランスに生産拠点 84 中国で複写機生産開始 88 イギリスに研究所設立 90 海外研究所 (三カ所)	81 バブルジェットの開発 82 PC-10/20 発売 84 LBP-CX 発売 85 光カードリーダー開発 90 BJ-10 発売	87 光学、精密、生産、電子 記録、記憶、新記録、 ソフトウェア。伝送・ 通信、システム、バイオ
~2000	98 経営革新委、生産革新委員会スタート	92 キヤノン化成発足 93 エコロジー研究所開設 96 富士裾野リーチパーク開所 98 北京大学と合弁ソフト開発 99 綾瀬事業所 (半導体)	91 FLCD の開発 93 ピクセルジェット発売 95 光カードシステム発売 96 APS 対応コンパクトカメラ IXY 99 SED 技術共同開発契約 00 デジタル IXY 発売	21 のキーテクノロジー 高精細記録、光学、計測・制御、 生産プロセス、画像処理、メモリ、 エレクトロ・オプティックス、半 導体、大画面表示、...

この計測結果を利用して、キヤノンの1978-1998年間の多角化と同化スピルオーバー技術量の相関を見ると、次に示すように、きわめて高い相関が確認される。(5-6)式に立脚すれば、これは、企業の多角化と同化スピルオーバー技術量との一般的関係³²を表すものである。従って、この関係をもとに、表5-1で見た電気機械各社の同化スピルオーバー技術依存度を用いて、同各社の多角化状況を把握することができる。

$$\ln DAST = -0.990 + 0.976 \ln HHI - 0.065 D_{87} \quad \text{adj. } R^2 0.922 \quad DW 1.61 \quad (5-7)$$

$$(-90.04) \quad (13.78) \quad (-3.28)$$

DAST: 同化スピルオーバー技術依存度、*HHI*: ハーフィンダール指数、³³
*D*₈₇: ダミー変数 (バブル開始初年)

以上により、電気機械15社³⁴の多角化状況を計測した結果は、**図5-5**に示す通りである。

³² 厳格には、スピルオーバー技術プール (表 5-1 脚注) を構成する企業に関する一般的関係。

³³ 電気機械各社の *HHI* は(7)式をもとに、次のように求められる

$$\ln DAST = -0.990 + 0.976 \ln HHI - 0.065 D_{87} \Leftrightarrow HHI = A \cdot (DAST)^{1/0.976} \quad A: \text{定数}$$

$$\frac{HHI_{CANON}}{HHI_i} = \frac{A \cdot (DAST_{CANON})^{1/0.976}}{A \cdot (DAST_i)^{1/0.976}} \Leftrightarrow \frac{HHI_{CANON}}{HHI_i} = \left(\frac{DAST_{CANON}}{DAST_i} \right)^{1/0.976} \Leftrightarrow HHI_i = \left(\frac{DAST_i}{DAST_{CANON}} \right)^{1/0.976} \cdot HHI_{CANON}$$

³⁴ いずれも同一スピルオーバー技術プールを構成する高研究開発強度企業であるが、三洋電機 (1998 年度売上 10 位) は 1980 年代初頭は必ずしも高研究開発強度型ではなかったので (Watanabe, Asgari et al., 2002 [5-27])、比較対象からは除いた。

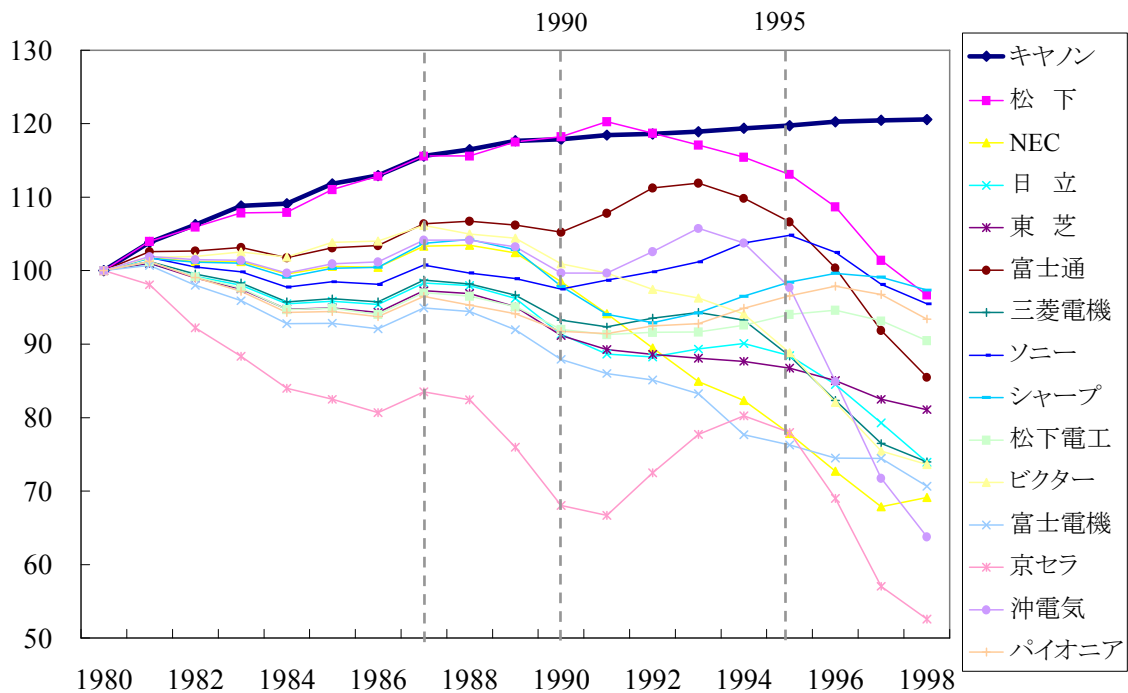


図5-5 電気機械15社の技術多角化の推移（1980-1998）

- ハーフィンダール指数 (HHI) : 1980=100、3年移動平均

図5-5を見ると、技術多角化は1980年代にかけて総じて活発に進展したが、1990年央以降、大半の企業が多角化を縮小し、選択・集中の方向に転じていることがうかがわれる。このような中で、唯一、キヤノンのみが一貫して多角化を維持・拡大していることが異彩を放っている。

図5-6は、15社の技術多角化と研究開発強度の相関を分析したものであり、両者に正の相関があることが鮮明にうかがわれる。ソニーと並んで技術多角化度の高いキヤノンは、同社と共にきわだって高い研究開発強度を示している。

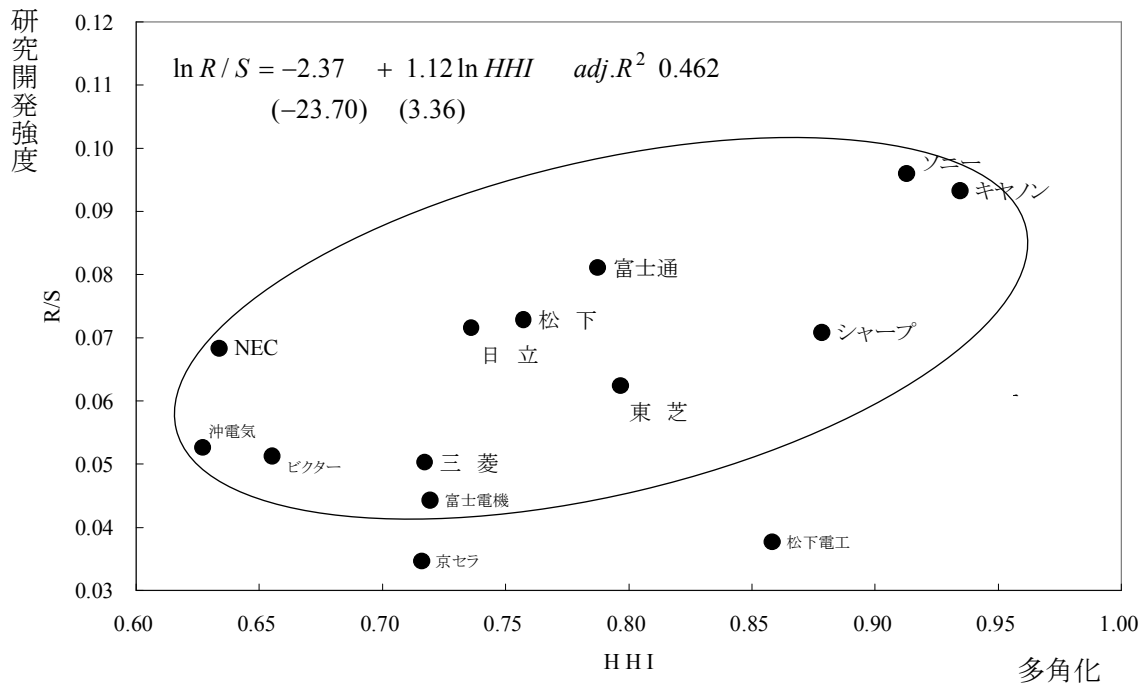


図5-6 電気機械15社の技術多角化と研究開発強度の相関
(1995-1998平均)

a R/S : 研究開発強度 (1990実質価格, 売上当り研究開発費)

5.3 技術多角化による高収益構造への貢献

5.3.1 売上高営業利益率（OIS）への貢献

（1）電気機械 10 社の売上高営業利益率の推移

図 5-7 は、電気機械 10 社（三洋電機を除く売上トップ 10 社）の 1980-1998 年間の売上高営業利益率の推移を示したものである。

これを見ると、キヤノンは、1980 年央及び 1990 年代初頭に一時的低下したものの、いずれも再び回復し、爾後総じて高レベルの収益率を堅持している。

とくに 1990 年代、他の電気機械企業の収益率が総じて大幅に低下している中で、キヤノン 1 社が逆に収益率を向上させ、高レベルに維持していることが注目される。

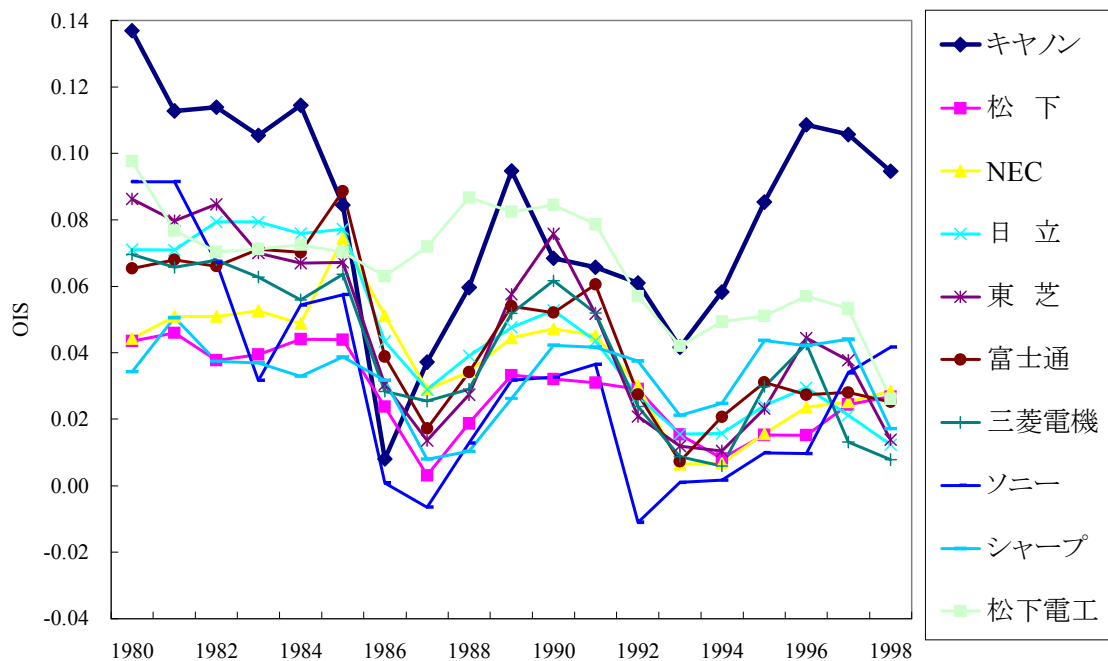


図 5-7 電気機械 10 社の売上高営業利益率の推移（1980-1998）

表 5-5 電気機械 10 社の売上高営業利益率の比較 (1980-1998)

	1980-86	1987-90	1991-94	1995-98
キヤノン	0.10	0.06	0.06	0.10
松下	0.04	0.02	0.02	0.02
N E C	0.05	0.04	0.02	0.02
日立	0.07	0.04	0.03	0.02
東芝	0.07	0.04	0.02	0.03
富士通	0.07	0.04	0.03	0.03
三菱電機	0.06	0.04	0.02	0.02
ソニー	0.06	0.02	0.01	0.02
シャープ	0.04	0.02	0.03	0.04
松下電工	0.07	0.08	0.06	0.05

表 5-5, 5-6 は、電気機械 10 社の売上高営業利益率の比較と売上高営業利益率のベースとなる売上高の構成比の 1980-1998 年間の推移をみたものであるが、この場合、分析期間における構造変化を勘案して、

- (i) 1980-1986 年：第 2 次石油危機後、バブル経済以前
- (ii) 1987-1990 年：バブル経済期間
- (iii) 1991-1994 年：バブル経済崩壊後、構造的不況深刻化以前
- (iv) 1995-1998 年：構造的不況深刻化以降

の 4 期に分けて評価した。以下の分析においても、原則この期間に分けた評価を原則とする。

図 5-8 に示すように、とくに 1990 年以降販売費への依存が大幅に低下し、これが 1990 年代において他の電機機械企業とは対照的に高水準の営業利益率を堅持し得ている主要な要因となっていることがうかがわれる。

表 5-6 キヤノンの売上高の構成比の推移 (1980-1998) : %

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
売上原価	51.0	54.0	52.7	52.6	54.4	54.8	59.8	60.6	58.0	57.0	55.8
販売費	9.0	9.2	9.1	9.2	9.0	9.1	9.3	8.7	8.5	8.6	8.7
一般管理費	25.7	26.6	26.7	27.0	26.5	26.8	27.5	25.9	25.6	25.8	26.2
営業利益	14.3	10.3	11.5	11.2	10.1	9.3	3.4	4.7	7.9	8.6	9.2
売上高	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
売上原価	56.2	58.6	61.4	61.2	61.3	59.3	57.3	57.4
販売費	9.1	8.4	8.3	8.2	7.8	7.9	8.1	8.2
一般管理費	27.3	25.3	25.1	24.9	23.7	24.2	24.7	25.1
営業利益	7.4	7.7	5.3	5.7	7.2	8.6	10.0	9.3
売上高	100	100	100	100	100	100	100	100

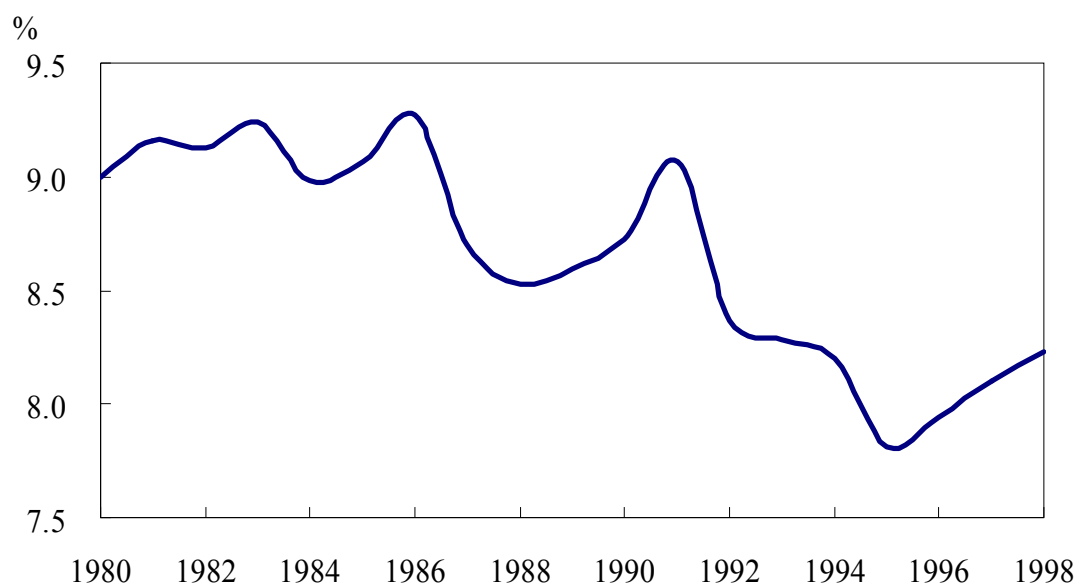


図 5-8 キヤノンの売上高に占める販売費の割合の推移 (1980-1998)

(2) 売上高営業利益率の貢献要因分析

以上の電気機械企業の売上高営業利益率（OIS）の貢献要因を分析する。ハイテク企業の売上高営業利益率は一般に、景気や為替レート及び企業の技術経営戦略に大きく影響される（Watanabe, Asgari et al., 2002 [5-27]）。ここでは、技術多角化戦略を企業の技術経営戦略の代表として織り込み、以下の「売上高営業利益率支配関数」を定式化した。

$$OIS = A \cdot (CI)^b (YR)^c (HHI)^d e^{\lambda t} \quad (5-8)$$

A: スケールファクター; CI: 景気動向指数 (Composite Index); YR: 円レート;
t: タイムトレンド; b, c, d, λ: 各ファクターの弾性値

(5-8)式をもとに、電気機械 10 社の売上高営業利益率への貢献要因を以下の式により分析する。

$$\ln OIS = a + b \ln CI + c \ln YR + d_1 D_{80-86} \ln(HHI_i) + d_2 D_{87-90} \ln(HHI_i) + d_3 D_{91-94} \ln(HHI_i) + d_4 D_{95-98} \ln(HHI_i) + \lambda t \quad (5-9)$$

D は、表 5-5 の期間に対応した係数ダミーで、下記に対応。

$$\left[\begin{array}{l} D_{80-86}: 1980-86 = 1, \text{ その他} = 0, D_{87-90}: 1987-90 = 1, \text{ その他} = 0 \\ D_{91-94}: 1991-94 = 1, \text{ その他} = 0, D_{95-98}: 1995-98 = 1, \text{ その他} = 0 \end{array} \right]$$

分析結果は表 5-7 に示す通りであり、キヤノンは、1980 年半ば以降売上高営業利益率の技術多角化弾性値がきわ立って高く、技術多角化が同利益率に大きく貢献し、景気変動や為替変動の同利益率への影響は概して少ないことがうかがえる。

売上高営業利益率は、売上高に占める売上原価、販売費及び一般管理費に支配され、中でも研究開発型の電機機械企業においては、売上は新技術革新製品に依存し、それに付随する販売費が同利益率を大きく圧迫することになる。

しかし、新技術革新製品の力が強ければ販売費の増大に頼ることなく売上を増大させることができる。先に見たように（図 5-8）、キヤノンは 1990 年代以降販売費の依存を大幅に低下させており、これが高水準の売上高営業利益率維持の要因と考えられる。

このような点に注目して、キヤノンの技術多角化による売上高を構成する売上原価、販売費及び一般経費の増減への影響を分析した。結果は表 5-8 に示す通りであり、販売費及び一般管理費、なかんずく販売費は、技術多角化の推進により削減が図られていることがうかがえる。

以上より、キヤノンにおける「技術多角化 → 新技術革新製品の機能向上 → 販売費への依存の低下 → 売上高営業利益率の向上」の構図がうかがえる。

表 5-7 電気機械 10 社売上高営業利益率の要因分析 (1980-1998)

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i> ₁	<i>d</i> ₂	<i>d</i> ₃	<i>d</i> ₄	λ	<i>adj.R</i> ²	<i>DW</i>
キヤノン	-1.47 (-0.35)	0.48 (0.73)	-0.54 (-1.22)	1.89 (0.53)	52.35 (3.44)	55.76 (3.48)	49.63 (3.17)	-0.13 (-1.83)	0.955	2.78
松下電器	-24.37 (3.03)	3.28 (1.80)	-1.52 (2.88)	7.27 (1.36)	8.87 (1.65)	-1.80 (0.57)	-3.70 (-1.60)	-0.16 (-1.44)	0.889	2.00
N E C	-21.94 (-3.94)	2.11 (1.78)	-1.66 (-2.81)	1.04 (0.18)	8.42 (1.67)	5.06 (1.99)	2.90 (1.69)	0.10 (1.91)	0.850	1.69
日立	-17.59 (-5.17)	1.96 (2.84)	-1.12 (-4.13)	1.53 (0.54)	4.47 (1.70)	3.62 (2.59)	2.73 (3.32)	-	0.900	1.61
東芝	-18.86 (3.75)	2.25 (2.40)	-1.81 (-2.50)	-4.33 (-0.72)	-12.29 (-1.68)	15.59 (1.72)	7.00 (0.86)	-0.13 (1.36)	0.891	2.45
富士通	-20.14 (-5.98)	2.53 (3.39)	-1.12 (-2.96)	0.136 (0.04)	6.02 (1.61)	3.40 (0.74)	1.25 (1.37)	-	0.933	2.56
三菱電機	-29.01 (3.25)	4.41 (2.35)	-1.17 (-1.62)	6.60 (0.95)	13.38 (1.73)	8.72 (1.76)	3.72 (1.82)	-	0.630	1.59
ソニー	-72.37 (-5.03)	7.61 (2.50)	-6.91 (-6.35)	48.82 (3.64)	30.07 (2.10)	22.08 (1.83)	-4.75 (-0.57)	-	0.788	2.32
シャープ	-11.51 (-1.92)	0.39 (0.29)	-0.85 (-1.17)	-17.37 (-2.53)	-16.15 (-2.57)	-12.85 (-3.77)	-21.47 (-4.38)	-	0.567	2.19
松下電工	-10.70 (-5.14)	2.41 (5.88)	0.48 (2.03)	4.14 (2.86)	10.17 (5.41)	-3.04 (-2.79)	2.41 (4.04)	-	0.884	2.62

表5-8 キヤノンにおける技術多角化の売上原価、販売費、一般経費増減効果の比較 (1980-1998)

$$\ln X = a + b \ln HHI$$

<i>X</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>adj.R</i> ²	<i>DW</i>
C/S	-0.46 (-22.67)	0.99 (5.76)	0.642	1.22
Sell/S	-2.54 (-109.81)	-0.85 (-4.33)	0.496	1.02
GA/S	-1.41 (-65.03)	-0.47 (-2.54)	0.232	0.94

a S : 売上高; C : 売上原価; Sell:販売費; GA : 一般管理費;
HHI : 多角化指数

5.3.2 技術多角化と技術の限界生産性

(1) 主要電気機械企業の発展軌道の分析

ハイテク企業の製品の普及軌道は次のような疫学関数 (Epidemic function) で表される (例えば、Mayer et al., 1999 [5-16]の他 Modis, 1992 [5-17])。³⁵

$$\frac{d\sum Y(t)}{dt} = a\sum Y(t) \cdot \left(1 - \frac{\sum Y(t)}{K}\right) \quad (5-10)$$

$\sum Y(t)$: t 時点におけるハイテク製品 $Y(t)$ の累積普及量; K : 普及上限 (Carrying capacity); a, b ; 係数。ただし、 $a = \frac{\Delta\sum Y(t)}{\sum Y(t)} \left/ \left(1 - \frac{\sum Y(t)}{K}\right)\right.$ であり、ハイテク製品の普及速度を支配する。

(5-10)式を解くことにより、(5-11)式のような疫学関数モデルが得られる。

$$\sum Y(t) = \frac{K}{1 + \text{Exp}(-at - b)} \quad (5-11)$$

ハイテク製品は、技術ストック T の結晶であり、ハイテク企業の売上 S はハイテク製品の開発量 (販売量) に比例し、また、技術ストック T は時間とともに増大するので、(5-11)式の疫学関数モデルは(5-12)式のように示される。

$$\sum S = \frac{\overline{\sum S}}{1 + \text{Exp}(-aT - b)} \quad (5-12)$$

$\overline{\sum S}$: 累積売上の上限 (普及上限)

ハイテク製品の陳腐化率を ρ 、初期時点の増加率を g とすると、 $\sum S \approx S/(\rho + g)$ であるので、(5-12)式は次式で近似することができる。

$$S = \frac{\overline{S}}{1 + \text{Exp}(-aT - b)} \quad (5-13)$$

(5-13)式に基づいて、主要電気機械企業 9 社³⁶の 1980-1998 年間の累積売上高の推移をトレースした結果は、表 5-9 に示す通りである。

結果はいずれも極めて高い統計的有意性を示すものであり、(5-13)式は、ハイ

³⁵ 疫学モデルの考えについては、3.3.1 を参照。

³⁶ 図 5-7、表 5-3 のうち相対的に売上高が格段に低い松下電工を除く 9 社を比較。以下の分析は原則としてこの電気機械売上トップ 9 社を比較分析。

テク企業の技術ストックに裏打ちされた発展軌跡を的確に表すものと判断される。

表 5-9 主要電気機械企業の累積売上高推移の推計（1980-1998）

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>adj.R</i> ²	<i>DW</i>
キャノン	0.0072 (12.04)	-3.051 (-27.32)	0.998	1.14
松下	0.0019 (6.86)	-2.185 (-11.11)	0.997	1.02
N E C	0.0017 (4.21)	-3.031 (-11.01)	0.991	0.55
日立	0.0015 (3.26)	-2.106 (-13.00)	0.992	0.76
東芝	0.0023 (6.84)	-2.576 (-12.75)	0.997	0.62
富士通	0.0016 (3.60)	-2.270 (-9.70)	0.922	0.85
三菱電機	0.0037 (9.87)	-1.999 (-13.90)	0.997	1.23
ソニー	0.0036 (4.22)	-2.491 (-13.98)	0.995	1.15
シャープ	0.0058 (4.99)	-1.701 (-10.00)	0.985	0.67

（2）技術の限界生産性の計測

以上の分析結果より、(5-13)式によってハイテク企業の技術の限界生産性を計測しうるものと判断される。すなわち、同技術限界生産性は、(5-13)式を *T* に関して偏微分することによって、次式によって計測することができる。

$$\frac{\partial S}{\partial T} = \frac{a\bar{S} \text{Exp}(-aT - b)}{(1 + \text{Exp}(-aT - b))^2}$$

$$= \frac{a\bar{S} \left(\frac{\bar{S}}{S} - 1 \right)}{\left(\frac{\bar{S}}{S} \right)^2} = \frac{aS^2 \left(\frac{\bar{S}}{S} - 1 \right)}{\bar{S}} = \frac{aS(\bar{S} - S)}{\bar{S}} = aS \left(1 - \frac{S}{\bar{S}} \right) = aS \left(1 - \frac{1}{FD} \right) \quad (5-14)$$

$FD \equiv \bar{S}/S$: 新機能創出度

ハイテク製品の普及軌跡において、普及上限と普及レベルとの割合は、製品の新機能創出 (Functionality development) の程度を示すので (Watanabe, Asgari et al., 2002 [5-27])、(5-14)式においては \bar{S}/S がそれを示すことになる (これを新機能創出度 FD と定義する)。従って、(5-14)式を見ると、技術の限界生産性は、新機能創出の程度に応じて上昇することがうかがわれる。また、同生産性は技術の普及速度支配要因 a 及び売上高 S にも比例することがうかがわれる。

(5-14)式によって主要電気機械企業の技術限界生産性を計測した結果は、表 5-10 に示す通りである。

表 5-10 主要電気機械企業の技術限界生産性の推移 (1980-1998)

	1980-86	1987-90	1991-94	1995-98
キヤノン	1.36	2.58	3.51	3.41
松下	2.13	2.71	2.43	1.62
NEC	1.69	2.19	2.64	2.29
日立	1.99	2.31	2.55	2.37
東芝	2.68	3.17	3.02	2.05
富士通	1.28	1.77	2.28	2.23
三菱	2.72	3.20	2.74	1.35
ソニー	1.65	2.31	2.87	2.64
シャープ	2.36	2.72	2.64	1.68

これをみると、キヤノンの限界生産性³⁷は、1980年代初には主要電気機械企業の中では最下位のレベルであったが、逐年上昇を続け、1990年代にはトップレベルに上昇したことがうかがわれる。

³⁷ 多角化により限界生産性は増大し、(5-14)より、限界生産性は、①新機能創出の程度、②技術の普及速度、③売上高で支配される。

多角化 = F (新機能創出の程度、技術の普及速度、売上高)、一方、ブランド価値 = G (新機能創出の程度、技術の普及速度、売上高、 α)、と考えられるので、ブランド価値 = H (多角化、 α)、と関係づけることができる。この際(5-13)、(5-14)式から見られるように、①と②はトレードオフの関係があるので、両者の最適調和に留意する必要がある。従って、以上の関係についての発展分析が課題となる。

(3) 技術多角化と技術の限界生産性及び技術の普及速度との相関

図 5-9 及び図 5-10 は、主要電気機械企業を対象に、技術多角化と技術の限界生産性及び技術の普及速度との相関を分析したものであるが、いずれも明確な正の相関がうかがわれ、技術多角化は、技術の限界生産性の向上及び普及速度の上昇に貢献することがうかがわれる。

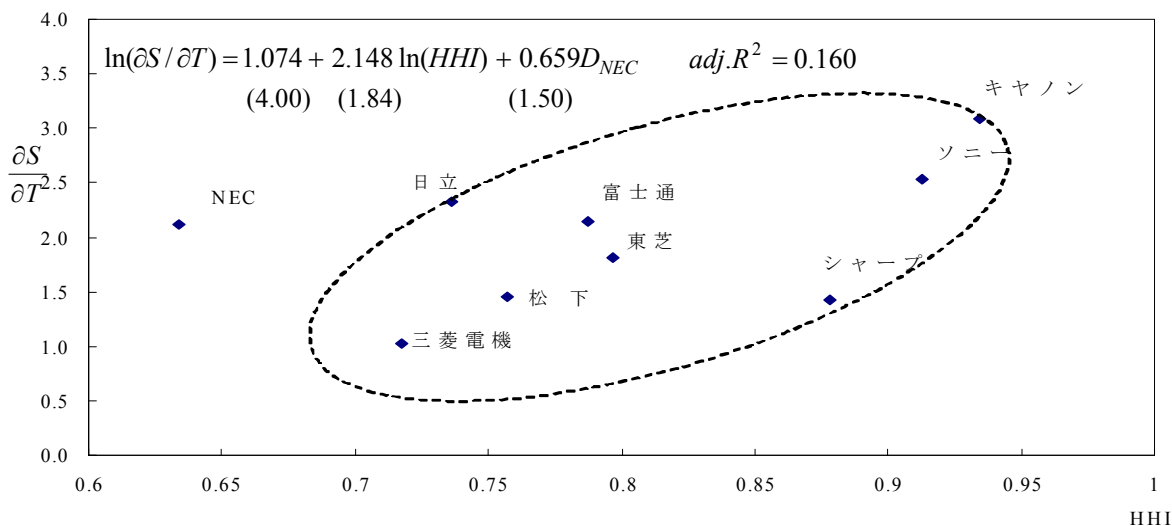


図 5-9 主要電気機械企業の技術多角化と技術の限界生産性の相関 (1995-1998 平均)

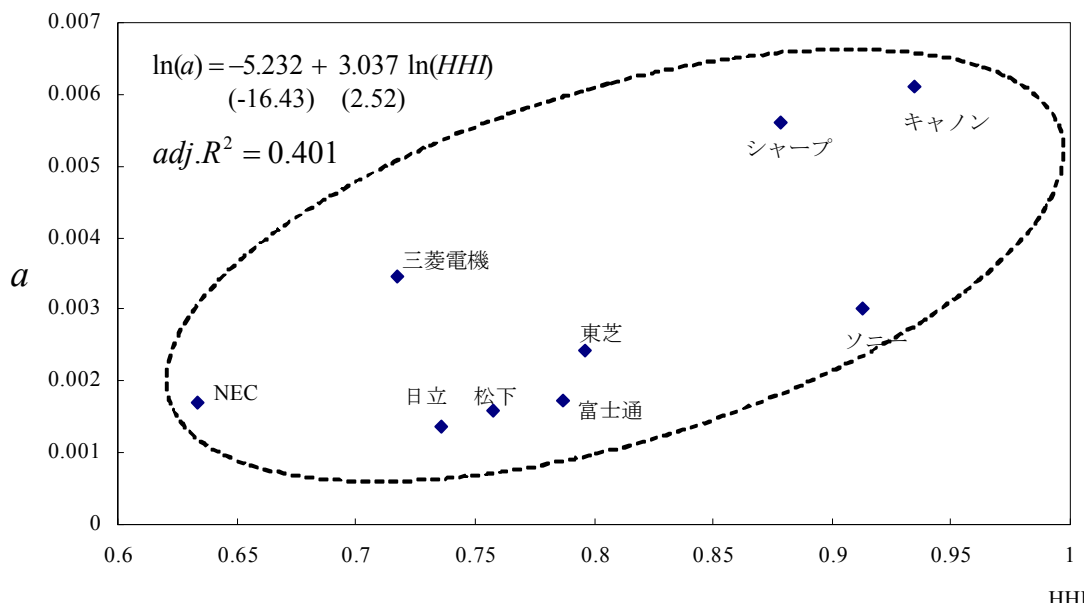


図 5-10 主要電気機械企業の技術多角化と技術の普及速度の相関 (1995-1998 平均)

a: $a = \frac{\Delta S}{S} \left(1 - \frac{S}{\sum S} \right)$: 技術普及速度関数

(4) 新機能創出度の計測

先に見たように、キヤノンの技術限界生産性は、1990年代にトップレベルに上昇するに至った。これは(5-14)式に照らせば、新機能の創出及びそれに裏打ちされた高い技術の普及速度におうことがうかがわれる。

新機能創出度 FD は、

$$FD = \frac{\bar{S}}{S} = 1 + \text{Exp}(-aT - b) \quad (5-15)$$

で表されるので、表 5-9 の結果を用いて、主要電気機械企業の新機能創出の推移を計測することができる。

表 5-11 は、1990年代の主要電気機械企業の新機能創出度の推移を(5-13)式の疫学モデルにより推計したものであり、キヤノンが一貫してトップレベルの新機能創出度を発揮していることがうかがわれる。

表 5-11 主要電気機械企業の新機能創出度の推移 (1991-1998)

	1991-94	1995-98
キヤノン	67.2	36.5
松下	5.9	3.9
N E C	2.4	1.4
日立	9.6	6.3
東芝	10.9	7.0
富士通	49.3	29.7
三菱電機	34.1	22.2
ソニー	39.5	23.9
シャープ	40.2	25.6

図 5-11 は主要電気機械企業の技術多角化と(5-13)式の疫学モデルにより推計した新機能創出度の相関を分析したものであり、顕著な正の相関が見られ、あらためて、技術の多角化は新機能の創出を促進することが確認される。

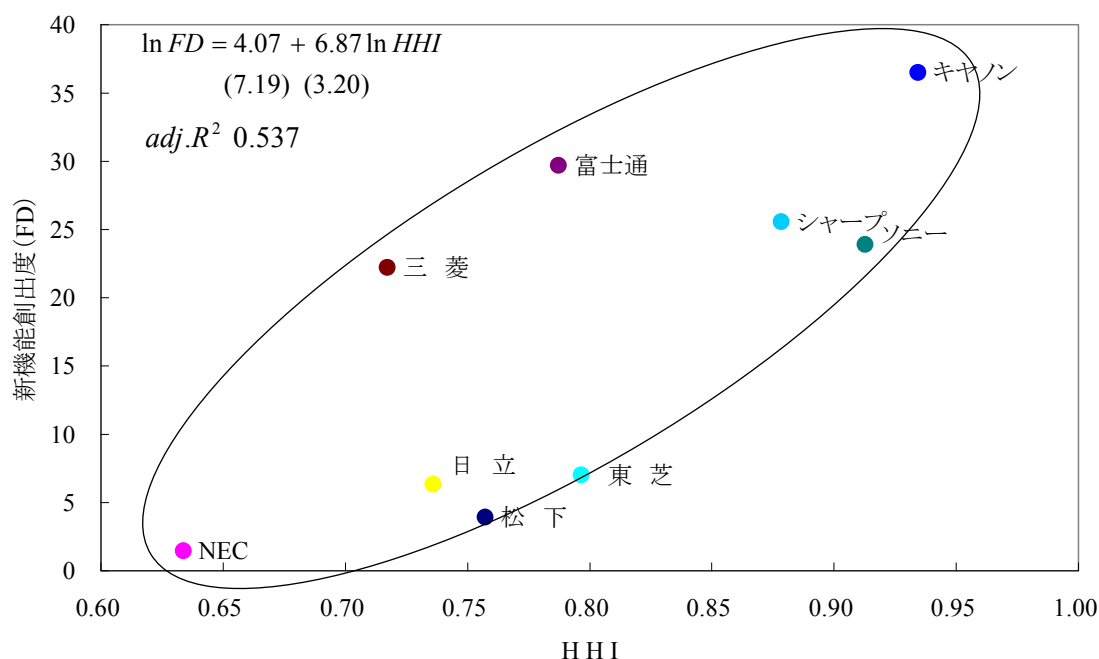


図 5-11 主要電気機械企業の技術多角化と新機能創出度の相関 (1995-1998 平均)

表 5-12 は、第 4 章で見たキヤノンの技術展開を 1970 年代以降の新機能創出の展開に視点を据えて示したものである。これをみると、キヤノンは、第 4 章で見たように、独自の中核基盤技術を踏み台にして、その内包する新機能を核に着実に多様な技術を発展させ、その過程で更に新たな機能を連鎖的に生み出しており、「技術の多角化 → 新機能の創出 → 多様な技術の発展 → 更なる新機能の創出」という好循環を構築していることが、あらためてうかがわれる。

表 5-12 1970 年代以降のキヤノンの主な新機能創出の展開

年	新機能創出
1970	独自電子写真方式による国産初の普通紙複写機「NP-1100」発表 国産初の高度な光学技術を基盤とした半導体焼付装置「PPC-1」発表
1976	マイクロコンピュータ制御方式のカメラ「AE-1」発表 世界初の無散瞳方式の眼底カメラ「CR-45NM」発表
1978	スクリーンプロセス方式による世界最高速複写機「NP-8500」発売
1979	半導体レーザ方式の「LBP-10」発表
1981	世界初のフルマルチ・バブルジェット方式の開発に成功
1982	世界初のカートリッジ方式複写機「ミニコピア PC-10/20」発売
1984	デジタル方式の「レーザコピアシステム NP-9030」発売 世界最小・最軽量のレーザプリンタ「LBP-8/CX」発売
1985	世界初のバブルジェット方式による BJ プリンタ「BJ-80」発売
1986	電子スティル画像方式の「スチルビデオシステム」発売
1988	世界最高 60 万画素密度方式による CCD 搭載スチルビデオカメラ「RC-760」発売
1990	バブルジェット方式による BJ ノートプリンタ「BJ-10」シリーズ発売
1991	世界初の強誘電体液晶方式のディスプレイ（FLCD）を開発
1996	新写真システム APS 方式の 2 倍ズームコンパクトカメラ「IXY」発売
1999	表面伝導型電子放出素子方式の「SED」の技術と量産技術に関する共同開発契約
2000	カード型超コンパクト方式のデジタルカメラ「IXY DIGITAL」発売

以上の相関及び(5-14)式の関係から、技術の多角化、限界生産性、普及速度及び新機能創出度の中に図 5-12 に示すような関係が存在することがわかる。

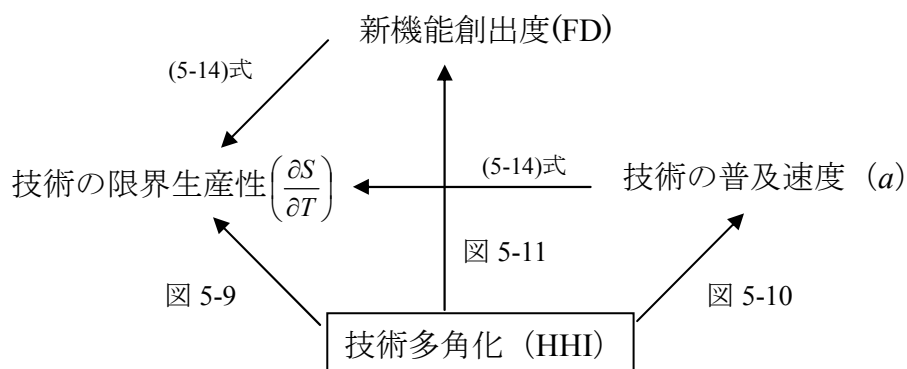


図 5-12 技術の多角化と限界生産性、普及速度及び新機能創出度との関係

5.3.3 技術多角化と全要素生産性 (TFP) の上昇

5.3.2 で見たように、ハイテク企業の売上 S は、技術ストック T の結晶たるハイテク製品の開発量に比例し、次の関数で表される。

$$S = F(X, T) \quad (5-16)$$

S : 売上高; X : 労働 (L), 資本 (K); T : 技術ストック

$\frac{dS}{dt} \equiv \Delta S$, $\frac{dX}{dt} \equiv \Delta X$ とおくと、 $\frac{dT}{dt} \equiv \Delta T \approx R$ (R は研究開発投資) であるので、

売上増加率は(5-17)式により、TFP 増加率は(5-18)式により表される。

$$\frac{\Delta S}{S} = \sum_{X=L,K} \left(\frac{\partial S}{\partial X} \cdot \frac{X}{S} \right) \frac{\Delta X}{X} + \left(\frac{\partial S}{\partial T} \cdot \frac{T}{S} \right) \frac{\Delta T}{T} \quad (5-17)$$

$$\frac{\Delta TFP}{TFP} = \frac{\Delta S}{S} - \sum_{X=L,K} \left(\frac{\partial S}{\partial X} \cdot \frac{X}{S} \right) \frac{\Delta X}{X} = \left(\frac{\partial S}{\partial T} \cdot \frac{T}{S} \right) \frac{\Delta T}{T} \approx \frac{\partial S}{\partial T} \cdot \frac{R}{S}$$

$$\therefore \frac{\Delta TFP}{TFP} = \frac{\partial S}{\partial T} \cdot \frac{R}{S} \quad (5-18)$$

(5-14)式で求めた技術の限界生産性 $\partial S/\partial T$ 及び各社の研究開発強度 (図 5-6) を用いて(5-18)式により主要電気機械企業の 1980-1998 年間の TFP 成長率の推移を分析した結果は表 5-13 に示す通りである。

表 5-13 主要電気機械企業の TFP 成長率の比較 (1980-1998)

	1980-86	1987-90	1991-94	1995-98
キヤノン	0.253	0.390	0.397	0.290
松下	0.200	0.250	0.177	0.105
NEC	0.292	0.275	0.244	0.146
日立	0.205	0.258	0.239	0.166
東芝	0.238	0.271	0.224	0.113
富士通	0.216	0.253	0.276	0.174
三菱電機	0.208	0.237	0.156	0.052
ソニー	0.219	0.315	0.335	0.244
シャープ	0.214	0.225	0.197	0.101

これを見ると、主要電気機械企業の中でキヤノンは、1980 年央以降一貫してトップレベルの TFP 成長率を維持していることがわかる。そして、これは(5-18)式に即せば、ハイレベルの技術限界生産性及び研究開発強度におうことがわかる。

この結果及び図 5-6 並びに図 5-10 等から、技術の多角化、限界生産性、普及速度、機能創出度の間の関係を示す図 5-12 は、TFP 成長率、研究開発強度及び売上高増大の連関をも包摂して図 5-13 に示すようなダイナミズムに発展させることができる。

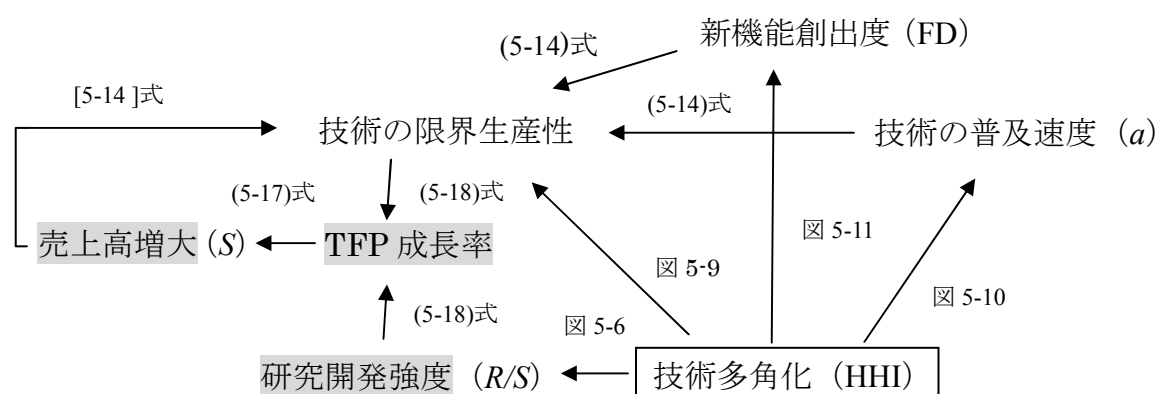


図 5-13 技術の多角化、機能創出、TFP 成長率、売上のダイナミズム

5.3.4 技術多角化と研究開発投資内部収益率³⁸

研究開発投資の懐妊期間（研究開発から商業化までのリードタイム）を m 、技術ストックの陳腐化率を ρ 、現在価値割引率を r とすると、1 単位の研究開発投資と、それによる将来にわたる収益の現在価値バランスは、(5-19)式によって示される。

$$e^{mr} = \int_0^{\infty} \frac{\partial S}{\partial T} e^{-(\rho+r)t} dt = \frac{\partial S}{\partial T} / (\rho+r) \quad (5-19)$$

(5-19)式左辺を一次の項までテイラー展開することにより、(5-20)式が得られる。

$$1 + mr = \frac{\partial S}{\partial T} / (\rho+r) \quad (5-20)$$

研究開発投資内部収益率は(5-20)式の関係を満たす r であり、次式で表せる。

$$r = \frac{-(1+m\rho) + \sqrt{(1+m\rho)^2 - 4m(\rho - \frac{\partial S}{\partial T})}}{2m} \quad \because r \geq 0 \quad (5-21)$$

(5-21)式の $\partial S/\partial T$ に(5-14)式を代入することにより、主要電気機械企業の研究開発投資内部収益率の推移を計測することができる。計測結果は、**表 5-14** に示す通りである。

表 5-14 主要電気機械企業の研究開発投資内部収益率の比較 (1980-1998)

	1980-86	1987-90	1991-94	1995-98
キヤノン	0.479	0.743	0.889	0.805
松下	0.631	0.726	0.644	0.483
N E C	0.527	0.660	0.721	0.632
日立	0.586	0.674	0.699	0.672
東芝	0.717	0.811	0.751	0.565
富士通	0.441	0.571	0.667	0.637
三菱	0.729	0.807	0.682	0.366
ソニー	0.528	0.682	0.766	0.711
シャープ	0.656	0.741	0.685	0.476

³⁸ 研究開発投資内部収益率の一般概念については、5.4.3 (1) を参照

5.4 技術多角化による高収益化のメカニズム

5.4.1 技術多角化の好循環のダイナミズム

(1) 技術多角化誘発要因分析

以上の分析結果から、キヤノンの一貫した高収益構造、とくに、1990年代に入って大半の電気機械企業の収益構造がおしなべて悪化している中で、例外的に高収益構造を維持し続けている背景には、一貫した技術多角化の持続が貢献していることがうかがわれる。

1990年代に入って、総じて「選択と集中」が標榜されている(Rajan et al., 2000 [5-20] 他)中で、キヤノンが例外的に技術多角化を維持し続けているのは、注目に値する。

表5-15は、この観点から技術多角化誘発要因を分析したものであり、技術多角化レベルの最も高いキヤノンを対象に、5.2及び5.3で相関を分析した研究開発強度 (R/S)、技術の限界生産性 ($\partial S/\partial T$)、TFP増加率 ($\Delta TFP/TFP$) 及び研究開発投資内部収益率 ($r \equiv IRR$) について、技術多角化の各弾性値を比較したものである。

これを見ると研究開発投資内部収益率 (IRR) の統計的有意性が最も高く、これが顕著に技術多角化を誘発していることがうかがわれる。

表5-15 キヤノン企業の技術多角化誘発要因比較 (1980-1998)

$$\ln HHI = a + b \ln X_{-1} \quad X_{-1} : 1 \text{ 期前の } \frac{R}{S}, \frac{\partial S}{\partial T}, \frac{\Delta TFP}{TFP}, IRR$$

X	a	b	$adj.R^2$	DW
$\frac{R}{S}$	-0.42 (-7.94)	0.16 (5.93)	0.655	0.54
$\frac{\partial S}{\partial T}$	-0.17 (-24.09)	0.08 (10.90)	0.874	2.43
$\frac{\Delta TFP}{TFP}$	0.01 (0.52)	0.10 (5.18)	0.603	1.11
IRR	-0.06 (-10.54)	0.11 (11.29)	0.881	2.59

一般に、多角化の推進にはそのための「資源」が必要とされる（伊丹、加護野、2001 [5-1]）。従って、表5-15の分析に、更に「多角化資源」として売上高をも加味して、主要電気機械企業9社を対象に、研究開発投資内部収益率（*IRR*）及び売上高（*S*）双方の技術多角化誘引効果を分析した。

分析結果は表5-16に示す通りであり、両要因による誘発効果について、キヤノンが三菱電機と並んで最も高い統計的有意性を示した。

表 5-16 主要電気機械企業の技術多角化の誘発要因（1980-1998）

$$\ln HHI = a + b \ln IRR_{-1} + c \ln S_{-1}$$

Sector	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>adj.R</i> ²	<i>DW</i>
キヤノン	-0.167 (-2.25)	0.080 (3.33)	0.015 (1.50)	0.890	2.57
松下	0.160 (1.12)	0.442 (8.12)	-0.016 (-0.89)	0.798	1.69
N E C	1.456 (2.26)	0.066 (0.21)	-0.214 (-3.18)	0.604	0.39
日立	2.68 (4.23)	0.692 (2.10)	-0.316 (-5.01)	0.721	0.58
東芝	0.90 (8.41)	0.169 (2.96)	-0.124 (-8.87)	0.861	1.64
富士通	2.88 (3.41)	1.058 (3.24)	-0.321 (-3.61)	0.409	0.49
三菱電機	0.644 (4.18)	0.277 (7.15)	-0.091 (-4.22)	0.893	1.55
ソニー	0.715 (2.29)	0.333 (2.56)	-0.090 (-2.47)	0.213	1.49
シャープ	0.119 (1.00)	-0.060 (-0.86)	-0.040 (-2.13)	0.131	0.99

松下以外の8社において、「多角化資源」たる売上高の技術多角化誘発効果に有意な結果が見られたが、キヤノン以外の7社においては、売上高と多角化との相関が負、すなわち売上げの減少（本業の衰退）時に多角化の必要性が高まるのに対して、キヤノン1社のみが正の相関、すなわち売上げの増加と軌を一にして多角化が推進されていることは注目に値する。

一般に、本業の資源が潤沢な企業は多角化の能力が高いが、潤沢な資源をもたらせるような本業を有していることは、多角化がそれほど緊急に必要でないことにもなる。多角化が必要とされるのは、逆に潤沢な資源をもたらせるような本業が衰退している時であるが、その場合には、多角化に必要な資源が逼迫しており、概して多角化の能力が低いことになる（伊丹 他、1993 [5-1]）。

このように、企業の多角化には往々にしてその必要性と能力の間に矛盾が存在する（伊丹、加護野、2001 [5-2]）。

売上高は明らかに、多角化のための重要な資源の1つである。表 5-16 は、売上高と多角化との間に負の相関を示した7社は、「本業衰退時に多角化に依存」のパターンを示しているが、キヤノンのみは、本業が伸びていて一般には多角化がそれほど緊急とされていない時点で、潤沢な資源を活用して多角化を先行させており、これが、1990年代に入って、他の電気機械企業とは好対照に、技術多角化と売上高営業利益率の向上との間の好循環をもたらせた秘訣と考えられる。これは、4.4.2(1)で述べた成長力を多角化の源泉に求めた「多角化の論理－動態的發展・拡大理論」に則るものである。

以上により、キヤノンが1990年代以降も一貫して技術多角化を推進し続けられた背景には、高レベルの研究開発投資内部収益率（*IRR*）に支えられた電気機械企業最高レベルの旺盛な研究開発投資、及び本業隆盛時にもかかわらずそこから得られる多角化資源を更なる多角化にあてるという経営戦略におうものであることが明らかにされた。これは第4章で見たキヤノンの多角化戦略を裏づけるものである。

（2） 研究開発投資内部収益率の支配要因分析

以上の多角化誘発要因分析に触発されて、キヤノンの技術多角化推進の主因たる高レベル研究開発投資内部収益率に着目して、その支配要因を分析した。

一般に、研究開発投資内部収益率は、研究開発強度に代表される研究開発増大の努力及び為替レートに代表される外部環境条件に支配されるとされている（Watanabe et al., 1996 [5-26]）。

従って、本分析では、研究開発内部収益率支配要因として、研究開発強度（*R/S*）、

円レート (YR)、景気動向 (CI) に加えて、技術多角化 (HHI) を加えて、主要電気機械産業を対象に、次式によりその支配要因を分析した。

$$IRR = A(R/S)^b (YR)^c (CI)^d (HHI)^e \quad (5-22)$$

結果は表 5-17 に示す通りであり、キヤノンは研究投資内部収益率の技術多角化弾性値がきわ立って高いことがうかがえる。研究開発強度がこれに次ぐがその弾性値は、技術多角化に比べればさほど高いとは言えない。円レートや景気変動、なかんづく円レートの弾性値は低く、その研究開発投資内部収益率へのインパクトは小さい。

表 5-17 主要電気機械企業の研究開発内部収益率の要因分析 (1980-1998)

$$\ln IRR = a + b \ln R/S + c \ln YR + d \ln CI + D_1 e_1 \ln HHI + D_2 e_2 \ln HHI$$

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i> ₁	<i>e</i> ₂	<i>adj.R</i> ²	<i>DW</i>
キヤノン	0.13 (0.07)	0.56 (2.10)	0.21 (1.17)	0.47 (1.62)	5.70 (4.64)	2.54 (1.38)	0.904	1.84
松下電器	-1.34 (-1.35)	0.43 (2.58)	-0.15 (-1.41)	0.32 (1.87)	1.76 (3.68)	1.52 (5.87)	0.867	1.45
N E C	-0.34 (-0.29)	0.04 (0.26)	0.39 (3.60)	0.42 (2.11)	0.20 (0.31)	0.07 (0.26)	0.810	0.85
日立	-0.57 (-0.95)	0.05 (0.63)	0.19 (6.24)	0.26 (2.68)	-0.04 (-0.18)	-0.11 (-0.87)	0.864	1.11
東芝	0.33 (0.35)	0.70 (4.75)	0.22 (3.75)	0.49 (3.13)	0.63 (1.57)	0.78 (2.69)	0.878	1.30
富士通	-2.27 (-2.29)	-0.59 (-3.12)	0.14 (1.39)	0.27 (1.98)	1.14 (2.11)	1.04 (2.93)	0.933	1.43
三菱電機	-0.58 (-0.34)	0.51 (1.80)	0.19 (1.99)	0.59 (2.24)	1.51 (2.28)	2.30 (6.23)	0.936	1.07
ソニー	-0.03 (-0.03)	0.07 (0.42)	0.43 (6.12)	0.40 (2.15)	0.14 (0.20)	-0.43 (-0.69)	0.851	0.74
シャープ	-1.02 (-0.40)	1.12 (3.14)	0.18 (1.07)	0.91 (2.14)	-0.59 (-0.47)	0.25 (0.29)	0.496	1.16

a *IRR* : 研究開発投資内部収益率; *R/S* : 研究開発強度 (売上当り研究開発費); *YR* : 円レート (ドル/円); *CI* : 景気動向指数; *D*₁、*D*₂ : 係数ダミー (*D*₁ : 1980-90=1、他 0、*D*₂ : 1991-98=1、他 0); *HHI* : 多角化指数

以上により、キヤノンにおいては、研究開発投資内部収益率と技術多角化との間の好循環を軸とする図 5-18 に示すような好循環のダイナミズムが効率的に

働き、それが、1990年代以降における売上高営業利益率の向上、持続に奏功したものと判断される。

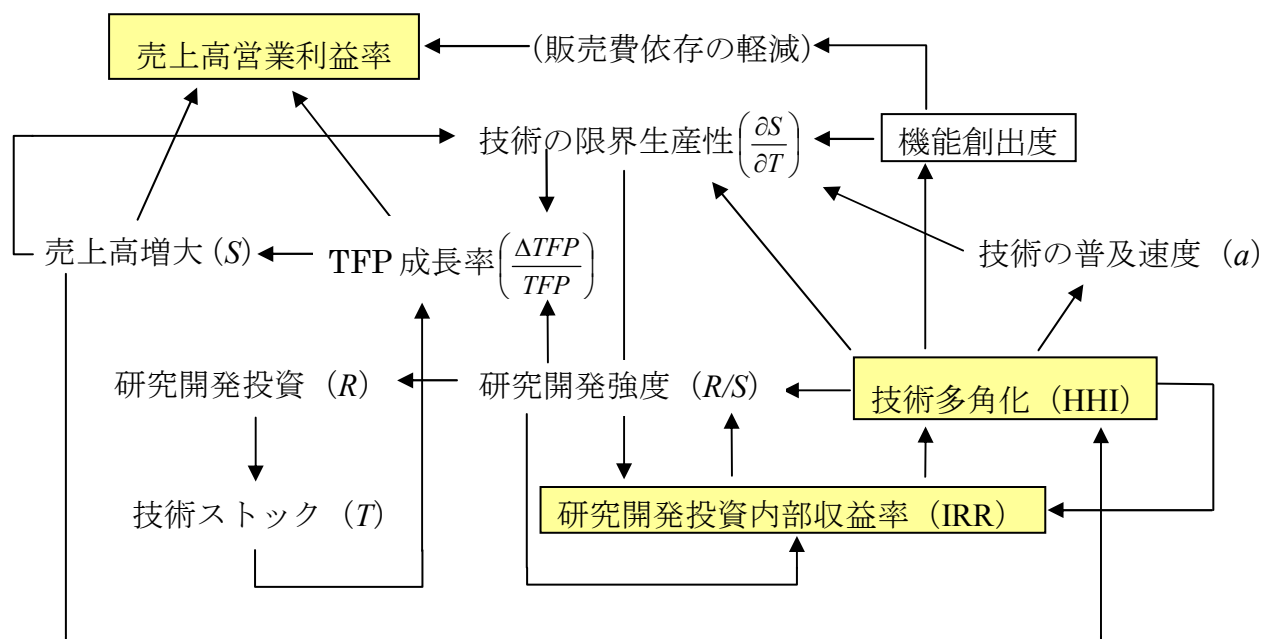


図 5-15 キヤノンの売上高営業利益率の向上・持続に奏功した好循環のダイナミズム

すなわち、

- ① 一貫した**技術多角化戦略**のもと、自らの開発した中核基盤技術を踏み台に、その内包する新機能を他の分野に発展的に展開することにより、**新機能を連鎖的に創出**。
- ② これは、**技術の限界生産性**とともに、**研究開発投資内部収益率**を高め、上記方向に沿った**研究開発への旺盛な取り組み**を高め、両者あいまって**全要素生産性 (TFP)**を高め、効果的に**売上**を増大。
- ③ 以上の高生産性は、新機能の連鎖的創出による販売費の削減とあいまって**売上高営業利益率**を高めるとともに、潤沢な多角化資源のもとに、ゆるぎない技術多角化遂行の戦略に支えられて、更なる多角化 → 新機能の創出 → 研究・技術・生産条件の向上 → 更なる多角化の好循環を構築。

2) 技術DNAのスピルオーバー

このように、キヤノンは、自らの開発した中核基盤技術を踏み台に、その内包する新機能を他分野に発展的に展開させることにより、連鎖的に新機能を創出させていく形で技術の多角化を推進してきた。そしてこれは、研究開発投資の内部収益率を高め、それはまた、更なる多角化を推進させるとの好循環を構築し、それを軸に、広汎な好循環のダイナミズムを構築した。

そのベースとなるのが、「自己の開発した中核基盤技術を踏み台に、その内包する新機能を他分野に発展的に展開させる」プロセスであり、これは、いわば、「**技術DNAのスピルオーバー**」ともたとえられる。

このような観点から、5.2で見た技術のスピルオーバー及びスピルオーバー技術の同化の考えに即して図5-3及び表5-2で分析したキヤノンの主要10技術を対象に、それぞれの中核技術の相互のスピルオーバー・同化の軌跡を検証した。

その結果は、**図5-17**に示す通りである。図5-17は、光学機器（1945年のキヤノン再興来の中核基盤技術）、複写機（1970年に一連の光学技術を糾合して開発された第2の中核基盤技術）、LBP（1975年に光学機器及び複写機等の技術を糾合して開発された第3の中核基盤技術）及びBJ（1990年に以上の技術を総合的に糾合して開発された第4の中核基盤技術）を対象に、米国特許登録件数（図5-3、表5-2）をベースに、それぞれの技術が同化した他の9技術からのスピルオーバー技術量を計測したものである。

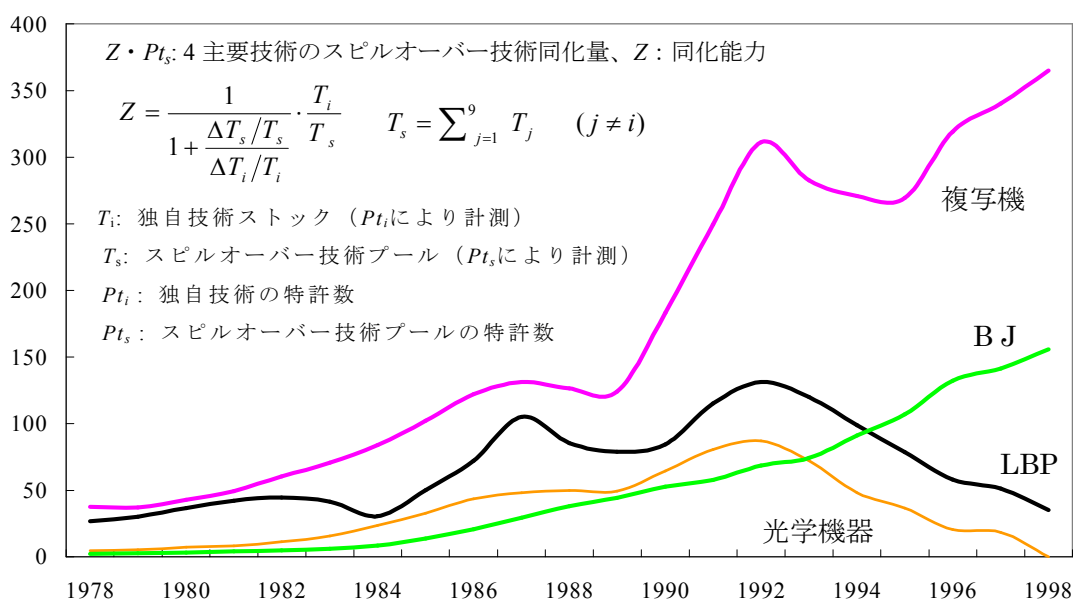


図5-17 キヤノンにおける4主要技術にみられるスピルオーバー技術同化量の推移（1980-1998）

図5-17を見ると、後発のBJは、その研究開発段階から一貫して着実に他の分野の中核技術からのスピルオーバーによる技術を同化しつつ発展してきたことがうかがわれる。一方、先発の光学機器、それに次ぐ複写機及びLBPも開発の早期段階においては同様の発展パスを示したが、新技術の出現とともに順次同化量が減少してきていることがうかがわれる。

複写機及びLBPは、BJの市場への本格参入に応じて、同化技術量が減少に転じている。とくにLBPは同化技術量で見るとBJに代替してきていることがうかがわれる。これに対して複写機は、1990年代初めにLBP同様減少するも、1990年代後半から再び増加の方向に転じている。これは、1990年代に活発化した情報・通信機器やソフトウェア技術からのスピルオーバー技術の同化に由来するものとみられる。

以上のように、キヤノンにおいては、自らの開発した中核基盤技術をベースとした「技術DNAのスピルオーバー」が活発に行われ、これが新機能を連鎖的に創出し、技術多角化の好循環を構築・発展させたトリガーをなしたものと考えられる。

(2) 企業・組織内及び市場を通じた最適化

1) 利用者との相互作用の内生化

キヤノンでは、1950年代半ば国内サービス拠点の充実が計られた。サービスステーションの役割は、ユーザーと販売店に対する直接サービスが主体であったが、同時に各地のプロカメラマン、オピニオンリーダーたちにとってサロンの役割を果たした。海外のサービス拠点は、1955年ニューヨーク支店を開設、販売活動とともに、修理や、調査業務にあたった。日本カメラ業界の中でも最も早い方の一つに数えられた。最近では、商品の拡がりに伴い、顧客からの要望に迅速かつ高度な対応をしていくために24時間・365日のフルサポートを推進、オフィス分野ではITを駆使したeメンテナンスを実現、コンシューマ分野ではQRセンターが開設されている。商品情報提供から商品展示、教育にいたるまでのトータルサポートを実施、カメラ相談センター、事務機・システム機器のレスポンスセンター、インターネットホームページが開設された。更に、商品展示をになうショールーム、デジタルハウスゼロワン、キヤノンサロン、教育を受けもつスクールワーク、EOS学園も設置されている。パソコン通信でプ

リンタのCSアンケートを実施し、調査機関に依頼する場合の十分の一のコストで市場反応を把握するに至っている。これらは、いずれも利用者との相互作用（インターアクション）を取り込み、内生化させる努力に他ならない。

開発部門が、いかに利用者情報にこだわり開発を行ったかの事例がある。LBPの開発グループは必要以上にIBMとは異なるコンセプトの製品にこだわった。自分たちのコンセプトに固執したのは、SRIのレポートなどOAの潮流であった。この潮流から発想されたのが、DTPの概念である。潜在ニーズと製品の機能・性能を凝縮した表現である。³⁹

2) 市場を通じた最適化

以上の、利用者との相互作用を積極的に取り込み内生化させるという企業風土に支えられ、先に述べた自社の中核基盤技術間の「技術DNAのスピルオーバー」は、自社内技術間だけにとどまらず、順次、市場の技術をも包摂した、よりグローバルな相互関係、スピルオーバー、その同化に拡大していった。図5-1で見たキヤノンの他電気機械企業からのスピルオーバー技術同化のきわだった上昇ペースは、これを端的に表す。

その結果、企業・組織内の最適化から、順次、市場を通じた最適化がはかれるようになってきている。

その代表的な例が、自ら開発したプリンタと、それに触発されたパソコン市場との相互誘発関係にみられる（詳細は第2章参照）。

日本のパソコンの普及プロセスは図5-18に示す通りである。このパソコンは、一方でキヤノンのプリンタのユーザーとして、プリンタ技術の進展に対応した新たな技術仕様や利用領域を開拓していくと同時に、他方で、プリンタ技術の誘発者として、プリンタサイドの新機能創出に対し、次々に新たな触発を与えていった。

³⁹ LBP開発を陣頭指揮した山路敬三元副会長は、「商品開発においては、商品のミッションがユーザーの基本的な欲求に合致していることが一番大事だ。」またLBP開発リーダーだった北村喬元専務は、「技術開発は、商品コンセプトを土俵として行う。コンセプトがしっかりしていないと、技術開発の方向性を誤る」と述べている。

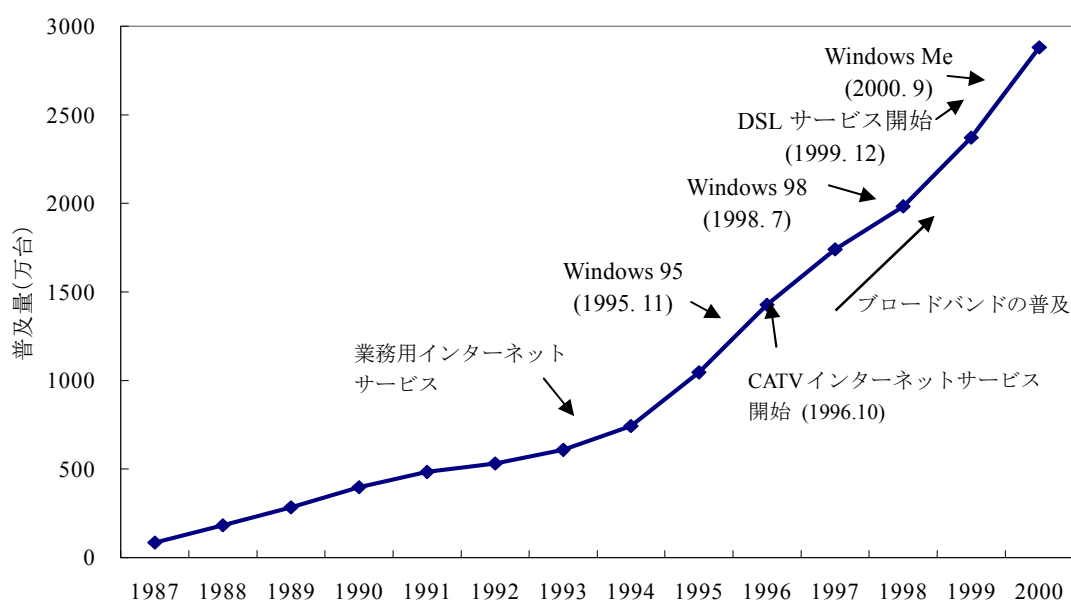


図 5-18 日本のパソコンの普及プロセスの推移 (1987-2000)

1985-1998 年間の、キヤノンのプリンタの総売上高及び日本におけるパソコンの出荷台数のトレンドは、表 5-18 に示す通りである。

表 5-18 キヤノンプリンタの総売上高及び日本におけるパソコン出荷台数 (1985-1998)

年	キヤノンプリンタ 総売上高 (95年実質：億円)	日本におけるパソコン 出荷台数 ^a (100万台)
1985	478	0.01
1986	753	0.03
1987	1180	0.06
1988	1660	0.15
1989	2213	0.25
1990	2569	0.41
1991	3253	0.81
1992	4054	1.32
1993	4351	1.53
1994	4804	2.04
1995	5801	3.01
1996	7118	3.98
1997	7289	5.02
1998	8167	5.99

a 32ビットPC

資料： 1. プリンタ：本論文第3章 表 3-1。
2. パソコン：PC統計（電子情報技術産業協会，各年版）。

(3) 自己増殖機能の発現

以上の、自社内技術にとどまらず、市場の技術をも包摂したグローバルな技術スピルオーバー、その同化による効果的活用は、独自技術に市場の技術をも取り込むことになり、独自技術の機能を更に高めることになった。

このようにして、キヤノンのプリンタは、同プリンタが誘発した市場のパソコン需要をも触発させつつ高機能化を推進して行った。その機能の拡大は表5-19に示す価格の低下軌跡に端的に見られる。

表5-19 キヤノンプリンタ価格の推移（1985-1998）名目，万円

	キヤノンプリンタ 価格（名目，万円）	代表機種価格（）内名目，万円
1985	121.0	LBP CXII/8II AJ-1 (99), 同 AJ-2 (132)
1986	67.0	
1987	43.7	LBP ST (45), A408 (43) 毎分 8 枚 (A4)
1988	30.1	
1989	22.9	B J 130J (19)
1990	17.9	パーソナル LBP A404 (24)
1991	13.7	B J 330J (19), 300J (14), 10vSelect (8)
1992	10.8	B J 15v (9)
1993	8.9	B J 220JC (10), 15 Pro (8)
1994	7.5	B J 220JCII (7), 220JSII (8)
1995	6.3	B J 35v (6)
1996	5.2	BJ 420J (6), 240J (4)
1997	4.6	BJ 430J (5), 250J (3.5), 80v (5.5)
1998	4.0	B J 440J (4.5), 430J Lite (3.5), 430JD Lite (4)

以上のグローバルなスピルオーバー技術の同化プロセスは、図5-20に示す2要素（プリンタ及びパソコン）学習曲線に端的にうかがわれる。

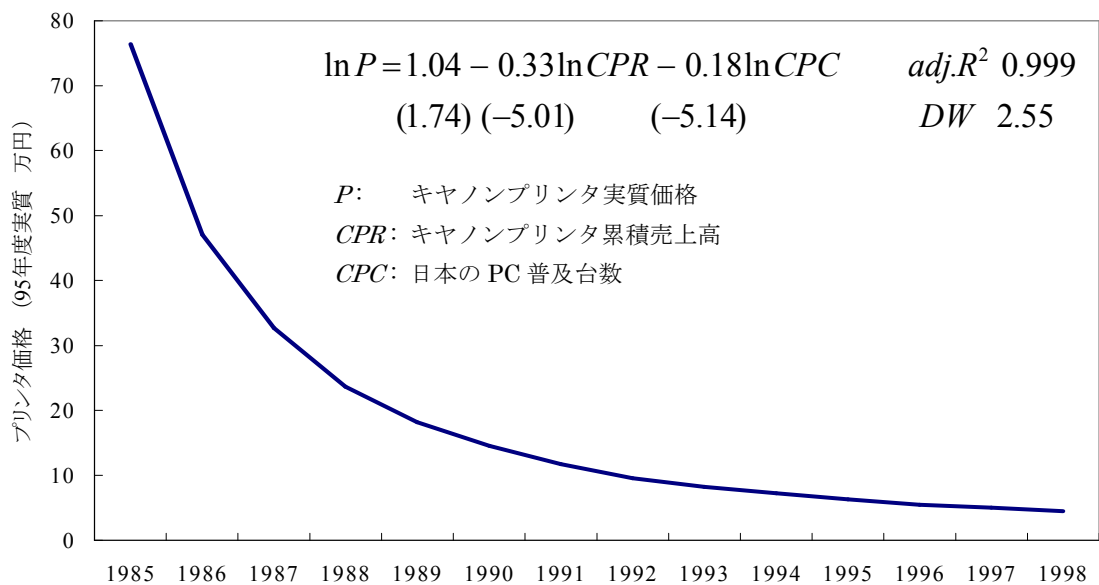


図5-20 2要素学習効果によるキヤノンプリンタ価格の低下の推移 (1985-1998)

すなわち、表5-19に見られるように、キヤノンのプリンタ価格は逐年指数関数的に低下していくが、この低下は、成長会計理論に照らせば、技術革新による新機能創出の反映そのものであり、それはプリンタの技術進歩に主導されるが（弾性値 -0.33 ）、それだけではなく、パソコンサイドの技術進歩にも支えられている（弾性値 -0.18 ）。

以上のようにして、キヤノンは自らの開発したプリンタをテコに市場におけるパソコンの技術を包摂したグローバルなスピルオーバーを相互に誘発し、パソコンからのスピルオーバー技術を効果的に同化しながら独自技術の機能を更に高めるようにして、市場を通じた最適化を図りつつ、自己増殖機能の発現を促進していたことがうかがわれる。

キヤノンには、「自覚・自発・自治」の三自の精神という企業文化がある。組織の中で三自の精神に立脚した自律的な主体があり、そして組織の中で自部門のおかれた状況や課題を認識し、自律的に行動する行動様式である。従業員の日々の意思決定を支え、方向付けしたものに、「ライカに追いつけ、追い越せ」、「右手にカメラ、左手に事務機」などの企業スローガンがあった。この企業スローガンが、従業員の目的志向性を付与した。組織の中に、自律的な個人が組織の目的

を理解し活動する状態の出現である。相互に情報を共有して協調的に活動し、新しい秩序を創り出す他主体複雑系である。キヤノンの企業文化には、伝統的に生命体同様、自主的にまわりの要素と協調して、自然に秩序を創り出す、自分で自分を創り出す、目的志向性のある自己増殖機能が内在していたものと考えられる。

(4) キヤノンの技術多角化戦略の真髄-情報化社会の洞察

1955年のシンクロリーダ開発時の多角化の構想、1962年の第一次長期経営計画での多角化戦略の経営戦略への内生化、1967年のスローガン「右手にカメラ、左手に事務機」の多角化戦略の公式宣言、これ以降の多角化戦略の本格展開のプロセスであった。シンクロリーダの開発も含め、永年にわたってキヤノンの研究開発担当役員であった鈴木博（1968）は、1967年に「カメラ産業の方向について、一般写真、情報処理から、TV、宇宙映像通信まで含めた映像文化の中で、光学技術、精密機械技術を基盤としたカメラ産業が受け持つべき分野は非常に広い。電子技術と密接する必要がある、Optoelectronicsのように電子技術との融合により、カメラ産業が本来持っている発展の可能性をより自分の手で成し遂げたいものである」と記している（鈴木、1968）。⁴⁰ 電卓を手がけ始めていた当時のキヤノンから、今日の情報化社会の到来を洞察し、その中でのキヤノンのポジションに言及し、今日、情報化社会において求められている、市場を通じた最適化、自己増殖的機能創出を念頭にした多角化戦略が展開されてきたことを示唆する貴重な認識である。1967年の多角化戦略の公式宣言時に、既に来るべき1990年代の情報化社会を見通しており、それは、それ以前からの技術者の潜在的認識が結晶したものであり、また、第4章で示した「**動態的發展・拡大理論**」に沿って、その後も20余年にわたり洗練されつつ、情報化社会の中で、キヤノンの得意技術である映像技術の位置付けもねらっていたことを立証している。

この技術多角化戦略の推進により、自らの開発した中核基盤技術が内包する新機能が他分野発展的に展開する「**技術DNAのスピルオーバー**」が図られ、製品の市場評価とその開発へのフィードバックという利用者との相互作用、それを内在化させることによる企業・組織内及

⁴⁰ 鈴木博「カメラ産業の現状と将来の問題」精密機械、34(2)85-91, 1968.

び市場を通じた最適化並びに開発者による更なる機能創出と利用者との相互作用を通じた自己増殖機能の共進的発現という好循環のダイナミズムが功奏していたことがうかがわれる。1967年当時キヤノンの売上げの約85%がカメラであったが、最近ではカメラの売上げ高比率は15%になっている。「右手にカメラ、左手に事務機」のスローガンが、キヤノンの経営に及ぼした影響を示している。

キヤノンは、自社技術を育み、新技術を導入した。精密機械技術、光学技術から始まり、1990年には、21のキー・テクノロジーにまで技術の幅を広げた。キヤノンの多角化の源泉は、自主技術である。自社技術にこだわり、ひとつひとつ技術を育て蓄積した、「**技術 DNA のスピルオーバー**」であった。利用者を取り込む窓口をいろいろ設定、運営することで、利用者との相互作用であった。実際に試作品を市場の利用者のところに運び、製品の市場テスト、検証をおこない、最適化を試行した。企業文化に根ざした、多主体、自己増殖機能を備えた組織であった。時点時点で環境を洞察して、貪欲に技術進歩を体化した。

LBPの事業化を陣頭指揮した山路敬三は、「LBPも本質的には自分で売りたいかったです。ただLBPは幸い早い市場投入でしたが、IBMを始め競合他社のキャッチアップも早いと考えていました。それなら追いつかれる前に相手を身方にしたらと発想したのです。ハーバード大学ポーター教授のキヤノン単独では一兆円企業はむずかしいというコメントもありました。自前の周辺機器販売網構築には、時間も資金もかかると考えOEMを始めたのです。HPとの長年わたる戦略提携は、お互いがお互いを必要とした関係が構築できたからです。具体的には、来年また再来年の性能・価格はこうなるだろうと予測し、LBP分野における商品リーダー、プライスリーダーになるべく、両社で一致したマーケティングができました。いわばHPと共同でのバーチャルカンパニー構築とでも言った関係なのです。」と述べている。⁴¹

キヤノンの多角化戦略のアイデンティティは、

- ① 自社技術にこだわりつつもLBPのOEMのように、他社をも巻き込む柔軟性があり、
- ② 1967年の時点に今日の情報化社会を洞察したように、時点時点で先々を洞察した、
- ③ 持続的な先見性に富んだ、

⁴¹ 山路敬三元副会長インタビュー、2001年6月11日

④ 以上を通じて多面的な好循環を発酵・共鳴させた、
ものと指摘できる。

図 5-21 に示すように、技術多角化戦略により、

- ① 一連の**技術 DNA のスピルオーバー**が図られ、
- ② 利用者との相互作用を内生化し、
- ③ 企業・組織内及び市場を通じた最適化が図られ、
- ④ 自己増殖作用の発現がなされる、

という好循環のダイナミズムが構築された。

これは今日の情報化社会に求められるシステム要件に対応するものである。

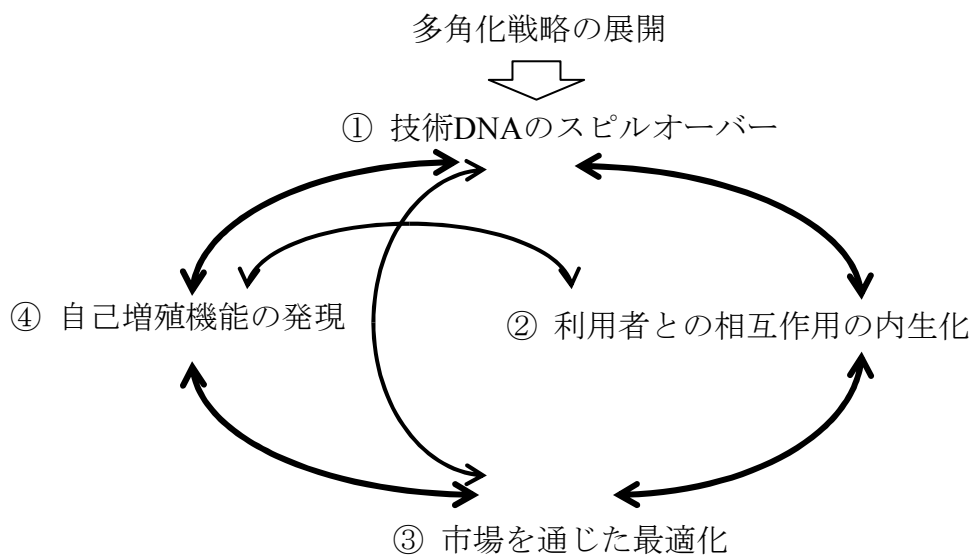


図5-21 キヤノンの技術多角化戦略の構築した好循環のダイナミズム：
情報化社会のシステム要件への対応

5.4.3 技術多角化による研究開発タイミングの最適化

キヤノンの技術多角化戦略は、今日の情報化社会における多様化する市場の要求に応える好循環のダイナミズムを構築した。そして、それは同時に、研究開発タイミングの最適化を図り、情報化社会の求めるタイムリーな対応にも応える同時解を与えるものである。

(1) 研究開発投資内部収益率

研究開発投資の懐妊期間(研究開発から商業化までのリードタイム)を m 、技術ストックを T 、その陳腐化率を ρ 、限界生産性 ($\partial V/\partial T$, V : GDP) を W とし、現在価値割引率を r とすると、1 単位の研究開発投資の t 時点における収益バランス B_t は、

$$B_t = \int_t^{\infty} \frac{\partial V}{\partial T} e^{-\rho\tau} d\tau - 1 \quad (5-23)$$

で表される。その現在価値 B_{t0} は、

$$\begin{aligned} B_{t0} &= \int_t^{\infty} \frac{\partial V}{\partial T} e^{-(r+\rho)\tau} d\tau - e^{-(t-m)r} \\ &= \frac{\partial V}{\partial T} \cdot \frac{e^{-(r+\rho)t}}{(r+\rho)} - e^{-(t-m)r} \end{aligned} \quad (5-24)$$

これが 0 になるような割引率 r が t 時点における研究開発投資内部収益率で、それは次の式を満たすものである。

$$\ln \frac{\partial V}{\partial T} - \rho t - \ln(r + \rho) = mr \quad (5-25)$$

$t = 0$ すなわち、研究開発成果の商業化開始時点の研究開発投資内部収益率 r_0 は、次のように示される。

$$\frac{\partial V/\partial T}{r_0 + \rho} = e^{mr_0} \quad (5-26)$$

(2) 研究開発投資最適タイミング

研究開発投資の収益を最大化させるタイミング $t_{(m)}$ は、(5-24)式の $dB_{t0}/dt = 0$ となるタイミング t であるので、 $\partial V/\partial T \equiv W$ を用いて、

$$\frac{dB_{t_0}}{dt} = \frac{dW}{dt} \cdot \frac{e^{-(r+\rho)t}}{(r+\rho)} - W \cdot e^{-(r+\rho)t} + re^{-(t-m)r} = 0 \quad (5-27)$$

$$\frac{dW/dt}{(r+\rho)} \cdot e^{-\rho t} - W \cdot e^{-\rho t} + re^{mr} = 0 \quad (5-28)$$

$$t_{(m)} = \frac{\ln W + \ln \left(1 - \frac{1}{r+\rho} \cdot \frac{\Delta W}{W} \right) - \ln r - mr}{\rho} \quad (5-29)$$

R&D着手最適タイミングにおける割引率評価 (r)が研究開発投資内部収益率 ($r_{t(m)}$) と一致する場合には、(5-25)及び(5-29)式が同時に満たされるので、

$$\frac{r_{t(m)}}{1 - \frac{1}{r_{t(m)} + \rho} \cdot \frac{\Delta W}{W}} = r_{t(m)} + \rho \quad \therefore \rho = \frac{\Delta W}{W} \quad (5-30)$$

(一般的には $r_{t(m)} > r$)

すなわち以上の条件は技術の陳腐化がたえず限界生産性の上昇努力によって補填される理想的な場合に満たされる(一般的には $\Delta W/W < \rho$ 故に収穫逡減となる)。

この条件が満たされる場合には、 $t_{(m)}$ は、 $r_{t(m)}$ を用いて、

$$t_{(m)} = \frac{\ln W - \ln(r_{t(m)} + \rho) - mr_{t(m)}}{\rho} \quad (5-31)$$

$t = 0$ すなわち、研究開発成果の商業化開始時点において研究開発投資内部収益率 r_0 は、(5-26)式により、 $(\partial V/\partial T)/(r+\rho) = W/(r+\rho) = e^{mr}$ であるので、(5-31)式の $t_{(m)} = 0$ となる。

すなわち、(5-30)式が満たされるような努力が持続され、それらに裏打ちされて技術の割引率評価が内部収益率に一致する場合には、商業化開始時点 ($t = 0$) が収益最大化時点と一致する。

(3) 研究開発投資タイミングの最適化：多角化戦略の役割

一般的な $\Delta W/W < \rho$ 及びそれに裏打ちされて技術の割引率評価 $r <$

$r_{t(m)}$ の場合には収益を最大化させる t は $t > 0$ となり、⁴² 着手タイミングが遅れがちになる。

逆に、当該技術に対する洞察が不十分の場合には、当該技術の開発や市場展開が楽観的になりがちであり、結果、 $\Delta W/W > \rho$ 、 $r > r_{t(m)}$ との錯覚に陥りかねない。

この場合、 $t < 0$ となり、⁴³ 着手タイミングが時期尚早になりかねない。第2章で見た光カードの開発はこの例である。

技術経営戦略の観点からの技術開発戦略の重要な役割は、着手タイミングの遅れや時期尚早化を最小化させることによって収益最大化のタイミングからのずれを最小化させることにある。

キヤノンの技術多角化戦略は、自らの技術を踏み台に他分野への応用発展を基本に据えるものであり、その限りにおいては、着実な技術開発や市場展開見通しに則り、時期尚早化の回避を図るものである。

同時に、技術多角化戦略は、次のようにして、着手タイミングの遅れを最小化させる機能を内包する。

先に見たように、ハイテク企業の累積売上高の軌道は、 $\sum S = \frac{\bar{S}}{1+e^{-aT-b}}$ で示され、この軌道は、 $S = \frac{\bar{S}}{1+Exp(-aT-b)}$ で近似されるので、この軌道式から技術の限界生産性 W は次のように求めることができる。

$$W = \frac{\partial S}{\partial T} = \frac{a\bar{S}Exp(-aT-b)}{(1+Exp(-aT-b))^2} \quad (5-14)$$

(5-14)式より、技術の限界生産性上昇率は次のように展開される。

⁴² 一般的には $\Delta W/W < \rho$ 、 $r < r_{t(m)}$ であるので、

$$t_{(m)} = \frac{\ln W + \ln\left(1 - \frac{1}{r+\rho} \cdot \frac{\Delta W}{W}\right) - \ln r - mr}{\rho} > \frac{\ln W + \ln\left(1 - \frac{\rho}{r+\rho}\right) - \ln r - mr}{\rho} = \frac{\ln W - \ln(r+\rho) - mr}{\rho} > 0$$

∴ 商業化開始時点 ($r = r_0$) においては、(5-26)式より、 $\ln W = \ln(r_0 + \rho) + mr_0$ 。
 $r_0 > r_{t(m)} > r$ であるので、 $\ln W - \ln(r+\rho) - mr = [\ln(r_0 + \rho) + mr_0] - [\ln(r+\rho) + mr] > 0$ 。

⁴³ $\Delta W/W > \rho$ 、 $r > r_{t(m)}$ の場合、 $t_{(m)} < \frac{\ln W - \ln(r+\rho) - mr}{\rho} < \frac{\ln W - \ln(r_{t(m)} + \rho) - mr_{t(m)}}{\rho} < 0$

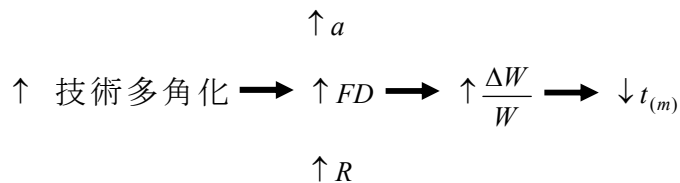
$$\begin{aligned}
\frac{\Delta W}{W} &= \frac{dW/dt}{W} = -a \frac{dT}{dt} + 2 \frac{a \frac{dT}{dt} \text{Exp}(-aT-b)}{1 + \text{Exp}(-aT-b)} \\
&= a \frac{dT}{dt} \left(2 \frac{\text{Exp}(-aT-b)}{1 + \text{Exp}(-aT-b)} - 1 \right) \\
&\approx aR \frac{\text{Exp}(-aT-b) - 1}{1 + \text{Exp}(-aT-b)} = aR \frac{\bar{S} - 2S}{\bar{S}} \quad \left(\frac{dT}{dt} \cong R \right) \quad (5-32)
\end{aligned}$$

ここで、 $FD \equiv \frac{\sum \bar{S}}{\sum S} \approx \frac{\bar{S}}{S} = 1 + \text{Exp}(-aT-b)$ (新機能創出度) であるので、技術

の限界生産性上昇率は次のように、新機能創出度 (FD) の関数で示すことができる。

$$\frac{\Delta W}{W} = aR \left(1 - \frac{2}{FD} \right) \quad (5-33)$$

(5-33)式から、技術多角化と技術の限界生産性 (W)、新機能創出 (FD) 及び研究開発投資の収益極大化最適タイミング ($t_{(m)}$) の間には、次の関係がうかがえる。



すなわち、① 図5-15に示すように、技術多角化の推進によって新機能が創出され、② 新機能の創出は技術の限界生産性上昇率を高め、③ それに従い、研究開発投資の収益極大化のタイミングは投資時期と一致していく。

以上に加え、 a (技術普及の速度)、 R (研究開発投資)もまた、多角化との間に強い正の相互作用が働いているため、これらもまた、研究開発投資を最適タイミングに一致させる方向に働く⁴⁴。

従って、 a 、 R 、 FD は、技術多角化を軸として、相乗的に研究開発投資のタイミングの最適タイミングからの遅れを最小化させる方向に

⁴⁴ ただし、 a の上昇は FD を抑制する方向に作用するので、多角化にあたっては、 W 及び $\Delta W/W$ を最大化させる $a = f(T, \Delta T, b)$ についての配慮も必要である。

働く。

表5-20は、1981-1998年の主要電気機械企業の技術限界生産性変化率を比較したものであるが、キヤノンが一貫して最も高いレベルを示している。

表 5-20 主要電気機械企業の技術限界生産性変化率の比較（1981-1998）

	1981-86	1987-98
キヤノン	0.143	0.034
松下	0.075	-0.051
NEC	0.006	0.014
日立	0.003	0.011
東芝	0.017	-0.042
富士通	0.044	0.031
三菱電機	0.032	-0.092
ソニー	0.044	0.023
シャープ	0.002	-0.047

以上のように、キヤノンの技術多角化は、研究開発着手のタイミングの遅れを最小化させる機能を内包する。第3章で見たプリンタの成功・発展はこれにおうものである。

（４） 研究開発投資着手タイミングの妥当性の検証

特定の研究開発プロジェクトの収益性の評価は、研究開発投資一般の収益性と合わせて、研究開発投資の完結した当該プロジェクト成果の市場における魅力に依存し、それは、① 研究開発投資の熟度面のタイミング及び、② 成果の市場におけるニーズ面のタイミングの相乗作用に支配される。

このようなシーズ、ニーズ双方の相乗効果は、当該プロジェクト成果

の市場における売上高の増加率 p^{45} で見る事ができる。

R_0 の投資のもとに m 年の期間をかけて年率 $p\%$ で増加する売り上げ S_0 を生み出した研究開発について、その着手時期の妥当性について検証する。⁴⁶

この研究開発の t 時点における収益バランスの現在価値 B_{t0} は

$$\begin{aligned} B_{t0} &= \int_t^{\infty} S_0 e^{-(r-p)\tau} d\tau - R_0 e^{(mr-rt)} \\ &= \frac{S_0 e^{-(r-p)t}}{r-p} - R_0 e^{(mr-rt)} \end{aligned} \quad (2-1)$$

ただし、 $r > p$ である。

研究開発投資の収益を極大化させるタイミング $t_{(m)}$ は、(2-1)式の $dB_{t0}/dt = 0$ となるタイミング t であるので、

$$\frac{dB_{t0}}{dt} = -S_0 \cdot e^{-(r-p)t} + rR_0 e^{(mr-rt)} = 0 \quad (2-2)$$

$$t_{(m)} = \frac{\ln(R_0/S_0) + \ln(r) + mr}{p} \quad (2-3)^{47}$$

第2章で見たように、光カードの開発は、技術多角化の依存度が低く、当該技術に対する洞察が必ずしも十分でなかったため、市場展開を楽観し、 p を過大に期待した結果、 $t_{(m)}$ が過少に見込まれ、最適タイミングより時期早尚な着手に走ったことがうかがえる。このような検証から、帰納的に将来プロジェクトのタイミングをアセスメントすることが可能になる。すなわち企業の研究開発投資に、政府支援が加わり、その結果研究開発期間が短縮された場合などの、実践的アセスメントが可能になる。

⁴⁵ 「研究開発プロジェクト成果の市場における売上高の増加率 p 」を用いて技術的シーズ面のみならず、ニーズ面をも勘案して特定プロジェクトの収益バランスを評価する場合には、研究開発投資一般の収益バランスを表す(5-23)式は次のように変形される。

$$B_t = \int_t^{\infty} \frac{\partial V}{\partial T} e^{-\rho\tau} \cdot e^{p'\tau} d\tau - 1$$

⁴⁶ この場合、研究開発投資は成果 S_0 が市場に出されると同時に終了するので、技術の限界生産性 $\partial V/\partial T = W = S_0/R_0$ 、 $\Delta W/W = 0$ であり、成果が市場に現れてからの、習熟効果等に伴う技術の限界生産性の変化は、いずれも p に包摂されることになる。

⁴⁷ (5-23)式において、 $-\rho \rightarrow -(\rho - p') = p$ で、かつ $\partial V/\partial T = W = S_0/R_0$ 、 $\Delta W/W = 0$ なので、(5-29)式は(2-3)式に一致する。

5.5 考察：技術多角化の好循環ダイナミズムに支えられた高収益率構造

工業化社会から情報化社会へのパラダイム変化と軌を一にする1990年代のロス・ディケードにおいて、電機機械企業がおしなべて収益構造を悪化させる中で、例外的なキヤノンの高収益構造と、同社の一貫した技術多角化戦略との関係に注目して、両者の間の好循環のダイナミズムを明らかにすることをねらい、キヤノンを中心とする主要電気機械企業の20年間の研究・技術・生産・収益構造の比較実証分析を通じて、

- ① 各企業の技術多角化の軌跡の計測
- ② 技術多角化による収益構造及びそのベースとなる研究・技術・生産条件向上への貢献
- ③ 技術多角化による高収益化メカニズムの解明を試みた。

その結果、キヤノンの技術多角化戦略の技術構造に関し、次のような知見を得た。

- ① 一貫した**技術多角化戦略**のもと、自らの開発した中核技術を踏み台に、その内包する新機能を他の分野に発展的に展開する、いわば「技術DNAのスピルオーバー」により、**新機能が連鎖的に創出**された。
- ② これは、**技術の限界生産性**とともに、**研究開発投資内部収益率**を高め、上記方向に沿った**研究開発への旺盛な取り組み**を高め、両者あいまって**全要素生産性（TFP）**を高め、効果的に**売り上げ**を増大することとなった。
- ③ 以上の高生産性は、新機能の連鎖的創出による販売費の削減と相まって**売上高営業利益率**を高めると共に、潤沢な多角化資源のもとに、ゆるぎない技術多角化遂行の戦略に支えられて、更なる多角化 → 新機能の創出 → 研究・技術・生産条件の向上 → 更なる多角化の好循環が構築された。
- ④ 技術多角化を軸とするこの好循環は、好循環のダイナミズム発現の過程で、自社内の技術のみならず、市場の技術をも包摂したグローバルなスピルオーバー技術同化の好循環をも構築し、

- イ) 利用者との相互作用を取り込み、
- ロ) 企業・組織内の最適化のみならず市場を通じた最適化をも共進的に実現し、
- ハ) 開発者による機能創出及び利用者との相互作用を通じた自己増殖機能の発現

の好循環のダイナミズムを構築するに至った。

- ⑤ 以上の好循環のダイナミズムは、1990年代に高まった工業化社会から情報化社会へのパラダイムシフトに付随する構造的な変化に順応するものである。
- ⑥ 更に、この、技術多角化を軸とする好循環のダイナミズムは、**研究開発投資の最適化タイミング**をヒットさせることになり、研究開発投資の制約が強まる一方、多様化する市場の要求にタイムリーに応えることが新パラダイム下における企業の生存戦略の要諦となってきた中で、技術多角化戦略と機敏かつタイムリーな研究開発との同時解を与えるものである。

第 6 章

結 論

第6章 結 論

6.1 総 括

1990年代の「ロスト・ディケード」の中で、また、情報化社会へのパラダイムシフトの過程と軌を一にして、電気機械企業がおしなべて収益構造の破綻に瀕している中で、キヤノンは例外的に一貫した高収益構造を持続している。この好対照は、情報化社会における「多様化する市場の要求に応える多様な機能の機敏かつタイムリーな創出」という基本的な要求への対応の成否に起因する。この好対照は、また、1990年代に電気機械企業がこぞって多角化を縮小している中で、キヤノン一社のみが例外的に多角化を進め、持続している面での好対照とも符合する。

従って、キヤノンは、技術多角化戦略により、

- (イ) カメラから始まり、光学機器、情報・通信機器、複写機、プリンタと続く、一連の中核基盤技術の内包する新機能を他分野に発展的に展開し、
 - (ロ) 利用者との相互作用を内生させた自己増殖機能の発現を可能にし、
 - (ハ) もって、在来からの企業組織を維持しながら、同時に情報社会に必須とされる多様な機能の機敏かつタイムリーな創出に応えることができた、
- という仮説を体系化した。

この仮説を検証するために、レーザービームプリンタと光カードについて、一連の中核基盤技術の内包する機能のスピルオーバー、利用者との相互作用の内生化、市場を通じた最適化、自己増殖機能の発現という多角化戦略のシステム要素の視点から成功失敗要因の比較実証分析を行った。

更に、3世代にわたるキヤノンのプリンタの発展軌跡について、疫学モデルを応用して普及軌道を推定することにより、各世代のプリンタの研究開発及び売上の軌道を明らかにし、それをベースに、技術多角化との関係に視点を据えて、各プリンタの研究開発タイミングを検証・評価し、技術多角化、研究開発着手のタイミング、プリンタの成功・発展の関係を分析した。

以上を踏まえて、キヤノンの創業以来の「イノベーションを軸とする技術経営戦略の結晶」とも言うべき技術多角化戦略の軌跡について、イ) 企業スローガン、ロ) 製品・事業の革新コンセプト、ハ) 製品・事業、ニ) 技術、の4層

を軸に、その展開ステップ、展開メカニズム及びそれを支えた技術の開発・流通機能について実証的検証を行い、40年にわたり一貫して持続的に多角化が推進された背景構造を分析した。

最後に、以上の現象的分析結果のベースに存在する普遍的メカニズムを明らかにすることをねらいに、キヤノンを中心とする電機機械企業の研究・技術・生産・収益構造と技術多角化との関係を実証的に分析し、キヤノンの技術多角化戦略と高収益構造の間の好循環のダイナミズムを明らかにし、同ダイナミズムのもとにタイムリーな研究開発の実行が図られ、それが高収益化の鍵となることを論証した。

6.2 新たな知見

以上を通じて得られた主な知見は、次のように整理される。

(1) LBP と光カードの成功失敗要因と多角化戦略

- ① LBP は、複写機を経て、周辺機器に連なる一連の技術を発展的に適用した、まさに、技術多角化の寵児たる製品である。
- ② また、米国 HP 社を介してではあったが、利用者との相互作用は双方向的であり、順次その内生が図られた。
- ③ LBP は、パソコン、OA の革新に伴って、その需要の拡大が図られ、これが更なるプリンタの革新を誘発し、次のパソコン、OA の革新、拡大につながるという、市場を通じた最適化が図られ、更に、次世代のプリンタの需要拡大、新機能の創出、付加、自己増殖機能の発現というスパイラルな好循環が形成され、市場からのスピルオーバー技術の同化が図られた。
- ④ 以上の結果、「技術・市場の熟度」の洞察が的確になし得、その成熟状態をヒットした最適タイミングに、次世代プリンタへの移行のための研究開発を行うことが可能とされた。
- ⑤ 一方、光カードは、光学機器に連なるいわば単製品に関連した製品であり、LBP に比して技術多角化への依存が低く、また、民生機器とは異なった医療・福祉分野に期待した製品であった。この結果、LBP のような中核基盤技術のスピルオーバーが図られず、利用者との相互作用を内生化する

には至らず、市場を通じた最適化を図ることができず、自己増殖機能の発現には至らなかった。

- ⑥ 以上は、いずれも「技術・市場の熟度」の洞察を楽観的に働かせ、時期尚早の開発に走らせるものであった。

(2) プリンタの成功・発展と多角化戦略

- ① 大型レーザービームプリンタ (LLBP)、小型レーザービームプリンタ (LBP) 及びバブルジェット (BJ) の 3 世代のプリンタシリーズでは、キヤノン自らが開発した一連の中核基盤技術のスピルオーバーによって、タイムリーな新技術への取り組みが可能とされた。
- ② 同時に、パソコンや OA の発展に応じて、利用者の要求に応える機能の向上が、需要の拡大を生み、それが更なる利用者の要求に連なる好循環を形成し、市場との相互作用を内生化しつつ自己増殖機能の発現が図られた。
- ③ 以上を通じて、「技術・市場の熟度」の的確な洞察がなされ、それをベースに、先行世代のプリンタの売上高が変曲点を迎え収穫逡減に変わる時点で、次世代のプリンタが市場化されるという最適タイミングをねらった研究開発に取り組むことが可能とされた。
- ④ このプリンタシリーズの成功例から、キヤノンの多角化のシステムは、
 - イ) まず、新技術の導入による新技術製品の開発という中核基盤技術のスピルオーバーが発生し、
 - ロ) それを利用者との相互作用を内生化させつつ好循環を形成し、
 - ハ) そのスパイラルな発展のもとに、市場を通じた最適化が図られ、
 - ニ) もって、開発者による機能創出及び利用者との相互作用による自己増殖機能の共進的発現がなされることが示された。

(3) 多角化戦略の本質

- ① 以上に見られるキヤノンの創業以来の「イノベーションを軸とする技術経営戦略の結晶」とも言うべき技術多角化戦略は、一朝一夕に築かれたものではなく、企業再興当初から経営者が構想し、また技術者の中に潜

在的ポテンシャルが醸成し、そのもとに作られ、キヤノン固有のビジネスモデルに昇華するにいたったものであり、

- ② 自己の開発した中核基盤技術を踏み台に、自社技術にこだわりながら、その内包する新機能を他分野に発展的に展開し、連鎖的新機能を創出させていく形で推進された、いわば「技術 DNA のスピルオーバー」ともたとえられる行動であり、
- ③ そのくり返しがスピルオーバーの活性化、それを効果的に活用する同化能力の向上、技術ストックの増大の好循環を形成し、
- ④ それは、自社内のみならず、市場との相互作用をも内生化するよう発展し、グローバルな好循環のダイナミズムを構築した。
- ⑤ そして、それは、たえず動態的拡大を指向し続けられた自己増殖機能を内包したものであった。

(4) 技術多角化の好循環ダイナミズムに支えられた高収益率構造

以上の一貫した技術多角化戦略のもと、

- ① 自らの開発した中核技術を踏み台に、新機能が連鎖的に創出され、
- ② これは、技術の限界生産性ととともに、研究開発投資内部収益率、研究開発への旺盛な取り組みを高め、両者あいまって全要素生産性（TFP）を高め、効果的に売上げを増大させた。
- ③ 以上の高生産性は、新機能の連鎖的創出による販売費の削減と相まって売上高営業利益率を高めると共に、更なる多角化 → 新機能の創出 → 研究・技術・生産条件の向上 → 更なる多角化の好循環を構築し、
- ④ 技術多角化を軸とするこの好循環は、好循環のダイナミズム発現の過程で、自社内の技術のみならず、市場の技術をも包摂したグローバルなスピルオーバー技術同化の好循環をも構築し、
 - イ) 利用者との相互作用の内生化、
 - ロ) 企業・組織内の最適化のみならず市場を通じた最適化をも共進的に実現し、

ハ) 開発者による機能創出及び利用者との相互作用を通じた自己増殖機能の発現

の好循環のダイナミズムを構築した。

- ⑤ 以上の好循環のダイナミズムは、1990年代に高まった工業化社会から情報化社会へのパラダイムシフトに付随する構造的な変化に順応し、
- ⑥ 更に、この、技術多角化を軸とする好循環のダイナミズムは、研究開発投資の最適化タイミングをヒットさせることになり、技術多角化戦略と機敏かつタイムリーな研究開発との同時解を与えるものであった。

6.3 企業戦略への示唆

以上の知見は、情報化、国際化のもとでメガコンペティション、収益構造悪化に直面する電気機械企業を始めとする企業の戦略に、次のような示唆を与える。

- ① 永年の技術者の潜在的認識を具現化し、40余年の洗練を経て、情報化社会へのパラダイムシフトにも共進的に対応するビジネスモデルに昇華するに至った技術多角化戦略は、今日の情報化社会におけるメガ・コンペティション下での企業の技術経営戦略のモデルとしての示唆を与えるものである。
- ② この技術多角化戦略を軸とするビジネスモデルは、「多角化と選択と集中の関係」や「多角化のパラドックス」(多角化の必要性和能力の間の矛盾)の議論を超越するものであり、経済の長期停滞下における多角化の戦略的意義を考える上で燭光を投げかけるものである。
- ③ 自ら開発した一連の中核基盤技術のスピルオーバーを図り、それをテコに、市場の技術との相互作用を内生化し、もって、市場からのスピルオーバー技術をも同化させるメカニズムは、自前の研究資源の制約が高まり、潜在的な技術資源の活用が競争力の決め手になっている中で、貴重な示唆を与えるものである。
- ④ 更に、技術多角化戦略を通じた「技術・市場の熟度」に関する的確な洞

察と、それをテコとする最適研究開発タイミングへのアプローチは、「社会経済システム」及び技術双方が複雑化する中での研究開発戦略策定に実践的な示唆を与えるものである。

- ⑤ 情報化社会へのパラダイムシフトの中で、日本の社会経済体質の硬直性が指摘され、その硬直性故に、IT の効果的活用が遅れている中で、技術多角化をテコとする利用者との相互作用の内生化、市場を通じた最適化、自己増殖機能の発現等のメカニズムは、情報化社会における我が国企業の対応戦略を考える上でも重要な示唆を与えるものである。

6.4 今後の継続的検討課題

- ① 本研究で明らかにされたキヤノンの技術多角化を軸とするビジネスモデルについて、その内外企業への移転の可能性に関し、更なる掘り下げた分析が緊要である。
- ② その一環として、各企業それぞれの固有の組織の慣性と新しいパラダイムや、ビジネスモデルとの共進化のあり方も緊急に分析すべき課題である。
- ③ キヤノン自身、ごく最近時点では技術多角化の低迷や、研究・技術・生産・収益状態の停滞も見られ、それが一過性の現象か、構造的に根ざした限界なのかの見極めも緊要な分析課題である。

参考文献

第1章

- [1-1] 伊丹敬之、加護野忠男『ゼミナール経営学入門』日本経済新聞社、2001.
- [1-2] 野口悠紀雄『日本経済 企業からの革命—大組織から小組織へ』日本経済新聞社、2002.
- [1-3] 吉原英樹・佐久間昭光・伊丹敬之・加護野忠男『日本企業の多角化戦略』日本経済新聞社、1981.
- [1-4] J. I. Ansoff, *Corporate Strategy* (McGraw-Hill, New York, 1965).
- [1-5] A. D. Chandler, *Strategy and Structure* (MIT Press, Cambridge, Mass., 1962).
- [1-6] W. M. Cohen and D. A. Levinthal, "Innovation and Learning: The Two Faces of R&D," *The Economic Journal* 99, 569-596, 1989.
- [1-7] W. M. Cohen and D. A. Levinthal, "Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation," *Administrative Science Quarterly* 35 (1) 128-152, 1990.
- [1-8] K. Gemba and F. Kodama, "Diversification Dynamics of the Japanese Industry," *Research Policy* 30 (8) 1165-1184, 2001.
- [1-9] J. Greenwood and B. Jovanovic, "The Information-Technology Revolution and Stock Market," *Productivity Growth* 89 (2) 116-122, 1999.
- [1-10] Z. Griliches, "Issues in Assessing the Contribution of R&D to Productivity Growth," *Bell Journal of Economics* 10 (1) 92-116, 1979.
- [1-11] A. B. Jaffe, "Technological Opportunity and Spillover of R&D: Evidence from Firm's Patents, Profits, and Market Value," *The American Economic Review* 76 (5) 429-434, 1986.
- [1-12] G. G. Marten, *Human Ecology: Basic Concept for Sustainable Development* (Earthscan Publications Ltd., London, 1992).
- [1-13] OECD, *Special Issue on Information Infrastructures, STI Review* (OECD, Paris, 1997).
- [1-14] R. P. Rumelt, *Strategy, Structure and Economic Performance* (Harvard Business, Boston, Mass., 2000).
- [1-15] US DOC, *Digital Economy 2000* (DOC, Washington, D.C., 2000).
- [1-16] C. Watanabe, B. Zhu, C. Griffy-Brown and B. Asgari, "Global Technology Spillover and Its Impact on Industry's R&D Strategies," *Technovation* 21 (5) 281-291 2001.
- [1-17] C. Watanabe, R. Kondo, N. Ouchi, H. Wei and C. Griffy-Brown, "Institutional Elasticity as a Significant Driver of IT Functional Development," *Technological Forecasting and Social Change*, 2002, in print.
- [1-18] C. Watanabe and M. Hobo, "Co-evolution between Internal Motivation and External Expectation as a Source of Firm Self-Propagating Function Creation," *Technovation*, 2002,

in print.

第2章

- [2-1] 織畑基一、「閉塞を突破する、新「日本的経営」、中央公論、1997年10月号.
- [2-2] 織畑基一、「企業格差が日米の経済格差を生む」、論争、1999年5月.
- [2-3] 賀来龍三郎、「21世紀への経営理念ー新しい世界企業像」、一橋ビジネスレビュー、34、No. 1、1986.
- [2-4] 賀来龍三郎、『日本の危機』東洋経済新報社、1997.
- [2-5] キヤノン株式会社、「プレスリリース」、1984年5月、1985年12月、1995年10月.
- [2-6] キヤノン株式会社、『キヤノン史ー技術と製品の50年』1987.
- [2-7] キヤノン株式会社、『キヤノン史ー技術と製品の50年（別冊）』1987.
- [2-8] キヤノン株式会社、『The Canon Story 1999/2000』1999.
- [2-9] グリー・ハメル、C, K, プラハラード、『コア・コンピタンス経営』日本経済新聞社、1995.
- [2-10] 財団法人光産業振興協会、『光ハンディメモリの標準化に関する調査研究』1990年～1998年3月.
- [2-11] 電波新聞、「キヤノン光カードに本格進出」、1989年6月30日.
- [2-12] 日刊工業新聞、「光カード通関システム」、1995年10月23日.
- [2-13] 日経産業新聞、「光カードの規格一本化」、1992年8月24日.
- [2-14] 日本経済新聞、「光カードシステム ベルギー軍に納入」、1997年11月3日.
- [2-15] 日本経済新聞、「キヤノン光カード事業から撤退」、1999年8月22日.
- [2-16] 日本経済新聞、「健康保険証をカード化」、2000年4月9日.
- [2-17] 日本保健医療情報システム工業会、『光カードシステムマニュアル』1995.
- [2-18] 日本光カード医学会(旧日本医療用光カード研究会)、『日本光カード医学会論文集』1990～1999.
- [2-19] 平山和博、細谷英樹、「光カード技術とその応用」、O plus E、No.164、(1993)、88-96.
- [2-20] 松本清文、細谷英樹、「光カードとその応用システム」、計測と制御、30、No.11、(1991)、989-994.
- [2-21] 箕浦一雄、「レーザービームプリンターの光学系の革新と開発」、光学、25、No.11、1996.
- [2-22] 山之内昭夫、『キヤノンー挑戦的な新規事業開発による経営革新ー』財団法人野村マネジメント・スクール、1991.
- [2-23] 山之内昭夫、『テクノマーケティング戦略』産能大学出版部、1996.
- [2-24] 米山茂美、「持続的競争優位の源泉としての変革能力ーキヤノンにおけるプリンタ技術開発の事例分析」、西南学院大学商学論集、1996.
- [2-25] E. M. Rogers、『イノベーション普及学』産能大学出版部、1990.

- [2-26] 渡辺千仞、宮崎久美子、勝本雅和、『技術経済論』日科技連出版社、1998.
- [2-27] Y. Barzel, “Optimal Timing of Innovation,” *Review of Economics and Statistics* 50 (3), 348-355, 1968.
- [2-28] J. J. van Duijn, *The Long Wave in Economic Life* (George Allen & Unwin, London, 1983).
- [2-29] H. Itami and T. W. Roehl, *The Mobilizing Invisible Assets* (Harvard Business School Press, Cambridge, Mass., 1987).
- [2-30] J. Knight, *Institutions and Social Conflict* (Cambridge University Press, Cambridge, 1992).
- [2-31] H. V. Milner, *Interests, Institutions, and Information: Domestic Politics and International Relations* (Princeton University Press, Princeton, 1997).
- [2-32] D. North, *Institutions, Institutional Change, and Economic Performance* (Cambridge University Press, Cambridge, 1990).
- [2-33] M. Orihata and C. Watanabe, “The Interaction between Product Concept and Institutional Inducement: a New Driver of Product Innovation,” *Technovation*, 20 (1) 11-23, 2000.
- [2-34] G. S. Tolley, J. H. Hodge, and J. F. Oehmke, *The Economics of R&D Policy* (Praeger Publishers, London, 1985).

第3章

- [3-1] 岩井正和、『独創するキヤノンーバブルジェットプリンタ開発の軌跡』ダイヤモンド社、1998.
- [3-2] キヤノン株式会社、『キヤノン史ー技術と製品の50年』1987.
- [3-3] キヤノン株式会社、『キヤノン史ー技術と製品の50年(別冊)』1987.
- [3-4] キヤノン株式会社、『The Canon Story』1975～2000.
- [3-5] キヤノン株式会社、『Canon Technology Highlights '98』1998.
- [3-6] キヤノン株式会社、社内報キヤノンライフ「会社創立60周年」記念号、1997.
- [3-7] 近藤玲子、渡辺千仞「情報社会における日本的インスティテューションの潜在的柔軟性の実証分析」『研究・技術計画学会第17回年次学術大会講演要旨集』515-518, 2002.
- [3-8] 柴田高、『キヤノンのレーザービームプリンタのケース、技術政策』技術経営の大学教育に関する基礎調査、1998.
- [3-9] 社団法人日本電子工業振興協会、『プリンターに関する調査報告書』日本電子工業振興協会、1997.
- [3-10] 山之内昭夫、『キヤノンー挑戦的な新規事業開発による経営革新ー』財団法人野村マネジメント・スクール、1991.
- [3-11] 山之内昭夫、『テクノマーケティング戦略』産能大学出版部、1996.

- [3-12] 米山茂美、『持続的競争優位の源泉としての変革能力ーキヤノンにおけるプリンタ技術開発の事例分析』西南学院大学商学論集、1996.
- [3-13] E. M. Rogers、『イノベーション普及学』産能大学出版部、1990.
- [3-14] 渡辺千仞、宮崎久美子、勝本雅和、『技術経済論』日科技連出版社、1998.
- [3-15] Y. Barzel, “Optimal Timing of Innovation,” *Review of Economics and Statistics* 50 (3), 348-355, 1968.
- [3-16] J. J. van Duijn, *The Long Wave in Economic Life* (George Allen & Unwin, London, 1983).
- [3-17] H. Itami and T. W. Roehl, *The Mobilizing Invisible Assets* (Harvard Business School Press, Cambridge, Mass., 1987).
- [3-18] J. Knight, *Institutions and Social Conflict* (Cambridge University Press, Cambridge, 1992).
- [3-19] H. V. Milner, *Interests, Institutions, and Information: Domestic Politics and International Relations* (Princeton University Press, Princeton, 1997).
- [3-20] T. Modis, *Predictions* (Simon and Schuster, New York, 1992).
- [3-21] D. C. North, *Institutions, Institutional Change, and Economic Performance* (Cambridge University Press, Cambridge, 1990).
- [3-22] D. C. North, “Economic Performance though Time,” *The American Economic Review* 84, (3) 359-368, 1994.
- [3-23] M.Orihata and C.Watanabe, “The Interaction between Product Concept and Institutional Inducement: a New Driver of Product Innovation,” *Technovation* 20 (1) 11-23, 2000.
- [3-24] P. S. Meyer, J. W. Yung and J. H. Ausubel, “A Primer on Logistic Growth and Substitution,” *Technological Forecasting and Social Change* 61 (3) 247-271, 1999.
- [3-25] G. S. Tolley, J. H. Hodge and J. F. Oehmke, *The Economics of R&D Policy* (Praeger Publishers, London, 1985).
- [3-26] B. C. Twiss, *Managing Technological Innovation 4th edition* (Pitman, London, 1992).

第4章

- [4-1] 朝日新聞 「「素人」貫きカメラ王国生む医者から転身、理想忘れず御手洗毅」朝日新聞 2000年8月7日.
- [4-2] 石山順他 『「キヤノン」創造する多面体企業』徳間書店、1993.
- [4-3] 岡本康雄 『日立と松下』中央公論社、1979.
- [4-4] 賀来龍三郎 「21世紀の経営理念 - 新しい世界企業像」『ビジネスレビュー』34巻1号、75-88、1986.
- [4-5] 賀来龍三郎 『新しい国造りの構図 - 倫理国家をめざして』東洋経済新報社、1992.
- [4-6] 賀来龍三郎 『私の経歴書』日本経済新聞社、1993.

- [4-7] 賀来龍三郎『日本の危機』東洋経済新報社，1997.
- [4-8] 加藤勝美『夢が駆けぬけた 御手洗毅とキヤノン』現代創造社，1983.
- [4-9] 亀岡秋男・古川公成『イノベーション経営』放送大学教育振興会，2001.
- [4-10] キヤノン株式会社「CANON TECHNOLOGY HIGHLIGHTS」，1987.
- [4-11] キヤノン株式会社「THE CANON STORY 1991/92」，1991.
- [4-12] キヤノン株式会社「THE CANON STORY 2001」，2001.
- [4-13] キヤノン株式会社「キヤノン史 技術と製品の50年」，1987.
- [4-14] 後藤晃『日本の技術革新と産業組織』東京大学出版会，1993.
- [4-15] 小林喜一郎・原陽一郎「時計産業の技術革新への対応」財団法人機械振興協会経済研究所，1997、pp. 33-63.
- [4-16] 財団法人政策科学研究所『技術政策・技術経営に関するケース教育のあり方 - 研究・技術計画の教育に関する研究 - 』，33-87，1997.
- [4-17] 鈴木博「カメラ産業の現状と将来の問題」精密機械、34 (2) 85-91, 1968.
- [4-18] 内藤和雄、「カメラを中心とした精密工業の1980年の課題」『日本機械学会誌』83巻、No.734, 58-63, 1980.
- [4-19] 沼上幹『液晶ディスプレイの技術革新史』白桃書房，1999.
- [4-20] 野中郁次郎「知識創造企業の経営」『ビジネスレビュー』43巻1号，1-7, 1995.
- [4-21] 山路敬三『新しい需要を創造した技術開発と新事業展開のプロセス』研究叢書 No.42 技術急展開・多様化時代の技術開発戦略とマネジメント 企業研究会，213-228, 1984.
- [4-22] 山路敬三『共生戦略 キヤノンの実践経営』東洋経済新報社，1993.
- [4-23] 山路敬三『私の経歴書』日本経済新聞社，1997.
- [4-24] 山中寅清「環境変化に対応する精密機器設計」『日本機械学会誌』84巻749号，66-71, 1981.
- [4-25] 山之内昭夫『キヤノン-挑戦的な新規事業開発による経営革新』財団法人野村マネジメント・スクール，1991.
- [4-26] 山之内昭夫「プロダクト・プランニング(4)キヤノンのパーソナル・コピー」田内幸一監修、『ゼミナールマーケティング理論と実際』TBS ブルタニカ，335-355, 1991.
- [4-27] 山之内昭夫『新・技術経営論』日本経済新聞社，1992.
- [4-28] 吉原英樹・佐久間昭光・伊丹敬之・加護野忠男『日本企業の多角化戦略』日本経済新聞社，1981.
- [4-29] 渡辺千仞「研究開発投資の最適選択理論の検討」『研究・技術計画学会第15回年次学術大会講演要旨集』102-105, 2000.
- [4-30] J. I. Ansoff, *Corporate Strategy* (McGraw-Hill, Cambridge, Mass., 1965).
- [4-31] A. D. Chandler, *Strategy and Structure* (MIT Press, Cambridge, Mass, 1962).
- [4-32] C. M. Christensen, *The Innovator's Dilemma* (Boston, Mass.: Harvard Business School

- Press, 1997: 伊豆原弓訳『イノベーションのジレンマ』翔泳社, 2000).
- [4-33] G. Eisenstodt, “Crazy is praise for us,” *Forbes*, November 7 174-184, 1994.
- [4-34] G. Hamel and C. K. Prahalad, *Competing for the future* (Harvard Business School Press, Boston, Mass, 1994: 一條和生訳『コア・コンピタンス経営』日本経済新聞社, 1995).
- [4-35] N. Kaldor and J. A. Mirreless, “A New Model of Economic Growth,” *Review of Economic Studies* 29 (79) 174-192, 1962.
- [4-36] D. C. North, “Economic Performance though Time,” *The American Economic Review* 84 (3) 359-368, 1994.
- [4-37] R. P. Rumelt, *Strategy, Structure and Economic Performance* (Harvard Business School, Boston, Mass, 1974).

第 5 章

- [5-1] 伊丹敬之、加護野忠男、伊藤元重、日本の企業システム第2巻 組織と戦略 (有斐社、東京、1993).
- [5-2] 伊丹敬之、加護野忠男、ゼミナール経営学入門 (日本経済新聞社、東京、2001).
- [5-3] キヤノン株式会社、THE CANON STORY 2001 (キヤノン、東京、2001).
- [5-4] 後藤晃、鈴木和志、R&Dの多角化と技術のスピルオーバー効果、*経済研究* 38 (4) 298-306, 1987.
- [5-5] 通商産業省、産業技術の動向と課題 (通商産業調査会、東京、1988).
- [5-6] 野口悠起雄、日本経済企業からの革命 (日本経済新聞社、東京、2002).
- [5-7] J. I. Bernstein and M. I. Nadiri, “Interindustry R&D Spillovers, Rates of Return, and Production in High-Tech Industries,” *The American Economic Review* 78 (2) 429-434, 1988.
- [5-8] J. I. Bernstein and M. I. Nadiri, “Reserach and Development and Intra-industry Spillovers: An Empirical Application of Dynamic Duality,” *Review of Economic Studies* 56 (2) (186) 249-269, 1989.
- [5-9] W. M. Cohen and D. A. Levinthal, “Innovation and Learning: The Two Faces of R&D,” *The Economic Journal* 99, 569-596, 1989.
- [5-10] W. M. Cohen and D. A. Levinthal, “Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation,” *Administrative Science Quarterly* 35 (1) 128-152, 1990.
- [5-11] K. Gemba and F. Kodama, “Diversification Dynamics of Japanese Industry,” *Reseach Policy* 30 (8) 1165-1184, 2001.
- [5-12] A. Goto and K. Suzuki, “R&D Capital, Rate of Return on R&D Investment and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing Industries,” *The Review of*

- Economics and Statistics 71 (4) 555-564, 1989.
- [5-13] Z. Griliches, "Issues in Assessing the Contribution of R&D to Productivity Growth," *Bell Journal of Economics* 10, 92-116, 1979.
- [5-14] A. B. Jaffe, "Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firm's Patents, Profits, and Market Value," *The American Economic Review* 76 (5) 984-1001, 1986.
- [5-15] F. Kodama, "Innovation Management in the Emerging IT Environments," J. A. D. Machuca, and T. Mandakovic, eds., *POM Facing in New Millennium (Production and Operations Management Society, Sevilla, Spain, 2000)* 99-106.
- [5-16] P. S. Meyer and J. H. Ausbel, "Carrying Capacity: A Model with Logistically Varying Limits," *Technological Forecasting and Social Change* 61 (3) 209-214, 1999.
- [5-17] T. Modis, *Prediction* (Simon & Schuster, New York, 1992).
- [5-18] OECD, *Technology and Industrial Performance* (OECD, Paris, 1997).
- [5-19] OECD, *Technology, Productivity and Job Creation-Best Policy Practices* (OECD, Paris, 1998).
- [5-20] R. Rajan, H. Servaes and L. Zingales, "The Cost of Diversity: The Diversification and Inefficient Investment," *Journal of Finance* 55 (1), 35-80, 2000.
- [5-21] D. Scharfstein and J. Stein, "The Dark Side of Internal Capital Markets, Divisional Rent-Seeking and Inefficient Investment," *Journal of Finance* 55 (6), 2537-2564, 2000.
- [5-22] H. Servaes, "The Value of Diversification during the Conglomerate Merger Wave," *Journal of Finance* 51 (4), 1201-1225, 1996.
- [5-23] C. Watanabe and K. Wakabayashi, "The Perspective of Techno - metabolism and its Insight into National Strategies," *Research Evaluation* 6 (2) 69-76, 1996.
- [5-24] C. Watanabe, Y. Tsuji and C. Griffy-Brown, "Patent Statistics: Deciphering a Real versus a Pseudo Proxy of Innovation," *Technovation* 21 (12) 783-790, 2001.
- [5-25] C. Watanabe, M. Takayama, A. Nagamatsu, T. Tagami and C. Griffy-Brown, "Technology Spillover as a Complement for High-level R&D Intensity in the Pharmaceutical Industry," *Technovation* 22 (4), 245-258, 2002.
- [5-26] C. Watanabe, R. Kondo, N. Ouchi, H. Wei and C. Griffy-Brown, "Institutional Elasticity as a Significant Driver of IT Functionality Development," *Technological Forecasting and Social Change*, 2002, in print.
- [5-27] C. Watanabe, B. Asgari and A. Nagamatsu, "Virtuous Cycle between R&D, Functionality Development and Assimilation Capacity for Competitive Strategy in Japan's High-technology Industry," *Technovation*, 2002, in print.

添付資料

1. 複写機、LBP、BJの開発プロセス(年表)
2. キヤノンの沿革
3. キヤノン フォーチュン誌製造業売上高ランキングの推移
4. コーポレートブランド価値ランキング

1. 複写機、LBP、BJの開発プロセス（年表）

表 A-1 複写機の開発プロセス（年表）

1962年9月	製品研究課を技術部内に設置、新カメラおよびカメラ用デバイスと電子写真の開発グループ。
1964年9月	電子複写機の製品化を決定。開発・生産のためEプロジェクト設置。複写機は機械本体のほかに現像剤や複写用紙などの消耗品も販売できる経営陣がかねてから待望していた新製品。
1965年5月	エレクトロファックス（EF）方式の「キヤノファックス 1000」をビジネスショウで試作機を発表。1966年5月発売。
1965年7月	NP方式の特許出願。
1966年	湿式EFの開発を開始、海外のOEM海外販売委託方式活用。
1967年10月	NPの特許第1号が公告。
1968年4月	キヤノンNPシステムの原理発表。
1968年7月	NP1100製品化の決定。
1970年9月	NP1100発売。
1972年1月	米国サクソン社に、NP技術を技術輸出。9月アドレソグラフ・マルチグラフ社にNP技術を技術供与。NP-L7発売。
1972年11月	液乾式普通紙複写機NP-L7発表。
1973年	フルカラー複写機発売。
1978年	カラーコピーサービスを開始。
1982年	カートリッジ方式のミニコピアPC-10/20発売。
1984年	レーザーコピシステムNP-9030発売（世界初のデジタルコピア）。
1985年	ポータブル複写機ファミリーコピアFC-3/5発売。
1987年	フルカラーデジタル複写機カラーレーザーコピア1発売。
1988年	PC/FCシリーズの累積生産台数200万台達成。
1989年	NP複写機生産500万台達成、カラーレーザーコピア500発売。
1995年	カラーレーザーコピア1000（4連感光ドラム）発売。

資料：「キヤノン史」、「THE CANON STORY」より作成

表 A-2 LBP の開発プロセス（年表）

1962 年	レーザを利用して文字を描く印刷原版の作成方法の研究・特許出願。
70 年代初め	He-Ne レーザと NP 電子写真の組合せによる LBP の研究開発開始。
1974 年 11 月	NP-L7 をベースにした LBP-4000 開発。
1975 年 5 月	LBP の開発に成功、米ナショナルコンピューコンファレンス（NCC）ショウへの出品。
1979 年 4 月	半導体レーザ内蔵 LBP-10 発売。
1982 年半ば	それまで製品技術研究所新規事業室で行なわれていた LBP の開発は、複写機部門で行うことになり、新しい乾式 LBP 開発も複写機部門に引継がれた。
1984 年 2 月	世界最小最軽量の LBP-8/CX 発売。
1992 年	LBP 生産 1000 万台達成。
1996 年	LBP 生産 2000 万台達成。

資料：「キヤノン史」、「THE CANON STORY」より作成

表 A-3 BJ の開発プロセス（年表）

70 年代後半	ポスト複写機を狙う記録技術の調査（製品技術研究所）以前から研究していた IJ 技術も対象に。
1978 年 1 月	サーマルジェット（現在の BJ）の可能性の報告書提出、開発加速。DOC（BJ 記録によるデジタル複写機）4 大テーマの一つに。
1978 年 4 月	生産技術部と DOC メンバーによる CIC タスクフォース発足。
1979 年	DOG、デジタル複写機実現に向けた本格的取組み開始。
1981 年 8 月	BJ が正式名称に。
1981 年 11 月	技術展示で高速・デジタル・カラー化で高評価。OEM 主体の事業開始
1983 年 7 月	製品技術研究所に 5 つのタスクフォース発足
1983 年 8 月	コンポーネント開発センターとの間で、ヘッドの開発・供給を担当する I タスク編成
1987 年 7 月	B プロジェクト発足（各分野毎に BJ 技術を使った商品計画立案、事業化推進）
1990 年	個人向け BJ-10 発売
1994 年	BJ 生産 1000 万台達成
1996 年	BJ 生産 2000 万台達成

資料：「キヤノン史」、「THE CANON STORY」、米山茂美「持続的競争優位の源泉としての
変革能力」より作成

2. キヤノンの沿革

表 A-4 キヤノンの沿革

年	事柄
1933	東京麻布六本木に高級小型写真機の研究を目的に精機光学研究所を開設
1935	35 ミリフォーカルプレーンシャッターカメラ「ハンザキヤノン」発売
1937	精機光学工業株式会社として資本金 100 万円で創業
1940	国産発の X 線間接撮影カメラを開発（光学機器事業への多角化）
1945	会社再興の言明、生産再開
1947	キヤノンカメラ株式会社に社名変更
1949	東京証券取引所に上場
1951	東京都大田区下丸子に本社、工場を集結
1955	ニューヨーク支店開設
1956	8 ミリシネカメラ発売（8 ミリカメラへの多角化）
1957	欧州代理店としてキヤノンヨーロッパ（ジュネーブ）開設
1959	ドキュマツ社との提携でマイクロ機器の分野に進出（マイクロ機器への多角化）、シンクロリーダーを発売
1961	中級カメラ「キヤノネット」発売（中級カメラへの多角化）
1962	第一次 5 ヶ年計画を策定、事務機分野への本格的取組みを開始
1964	電子式卓上計算機（電卓）を発売（電卓への多角化）
1966	キヤノン USA 設立
1968	キヤノン事務機販売設立、独自の電子写真方式「NP システム」発表
1969	キヤノン株式会社に社名変更
1970	初の海外生産拠点台湾キヤノン設立、半導体製造装置を発売 国産発の普通紙複写機「NP-1100」発売（複写機への多角化）
1975	レーザビームプリンタ（LBP）の開発に成功
1976	第一次優良企業構想スタート、世界初のマイコン搭載カメラ「AE-1」発売、 ファクシミリ事業に進出
1977	カメラ、光学機器、事務機の事業部制スタート
1979	半導体レーザ内臓「LBP-10」発売（周辺機器への多角化）
1981	世界発フルマルチ・バブルジェット方式の開発に成功
1982	世界発のカートリッジ方式「ミニコピア PC-10/20」発売
1983	キヤノンブルターニュ（フランス）設立
1984	世界最小・最軽量の「LBP-CX」発売
1985	キヤノンバージニア（アメリカ）設立
1988	キヤノンオプトマレーシア（マレーシア）設立
1989	佳能大連有限公司（中国）設立
1990	佳能珠海有限公司（中国）、キヤノンハイテクタイランド（タイ）設立 BJ ノートプリンタ「BJ-10」シリーズ発売
2000	ニューヨーク証券取引所に上場
2001	キヤノンベトナム（ベトナム）、佳能（蘇州）有限公司（中国）設立

資料：「THE CANON STORY」（キヤノン、2002）、「キヤノン史」（キヤノン、1987）、「有価証券報告書」（キヤノン、2002）から作成

3. キヤノン フォーチュン誌製造業売上高ランキングの推移

表 A-5 キヤノン フォーチュン誌製造業売上高ランキングの推移

年	フォーチュン誌 ランキング	年	フォーチュン誌 ランキング
1975	867	1991	84
1976	775	1992	84
1977	641	1993	69
1978	554	1994	64
1979	497	1995	60
1980	446	1996	61
1981	413	1997	66
1982	377	1998	64
1983	312	1999	69
1984	255	2000	70
1985	224	2001	73
1986	165		
1987	152		
1988	129		
1989	118		
1990	104		

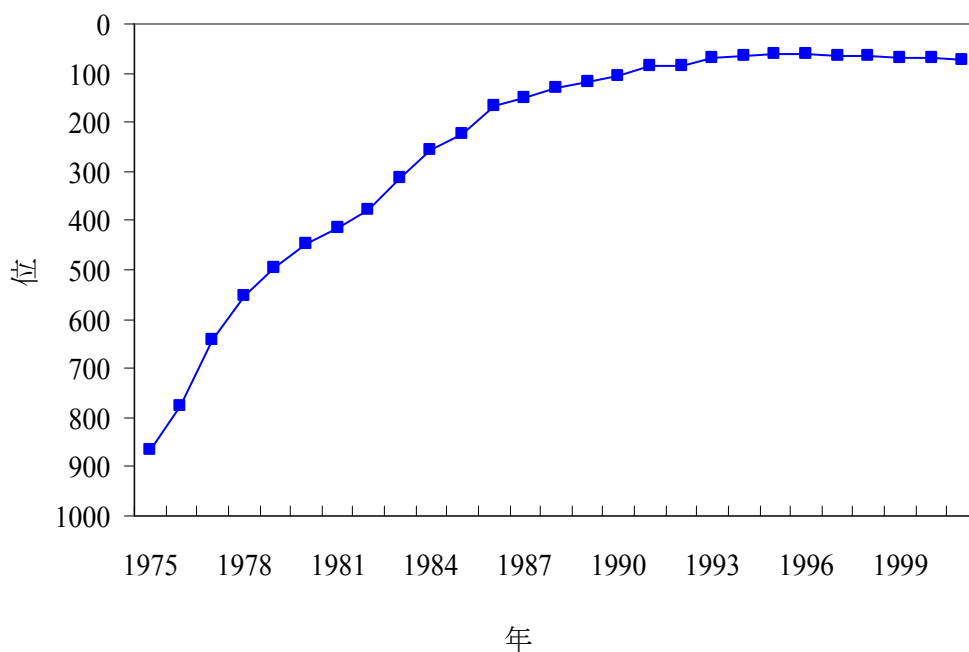


図 A-1 キヤノン フォーチュン誌製造業売上高ランキングの推移

資料：「フォーチュン誌」各年

4. コーポレートブランド価値ランキング

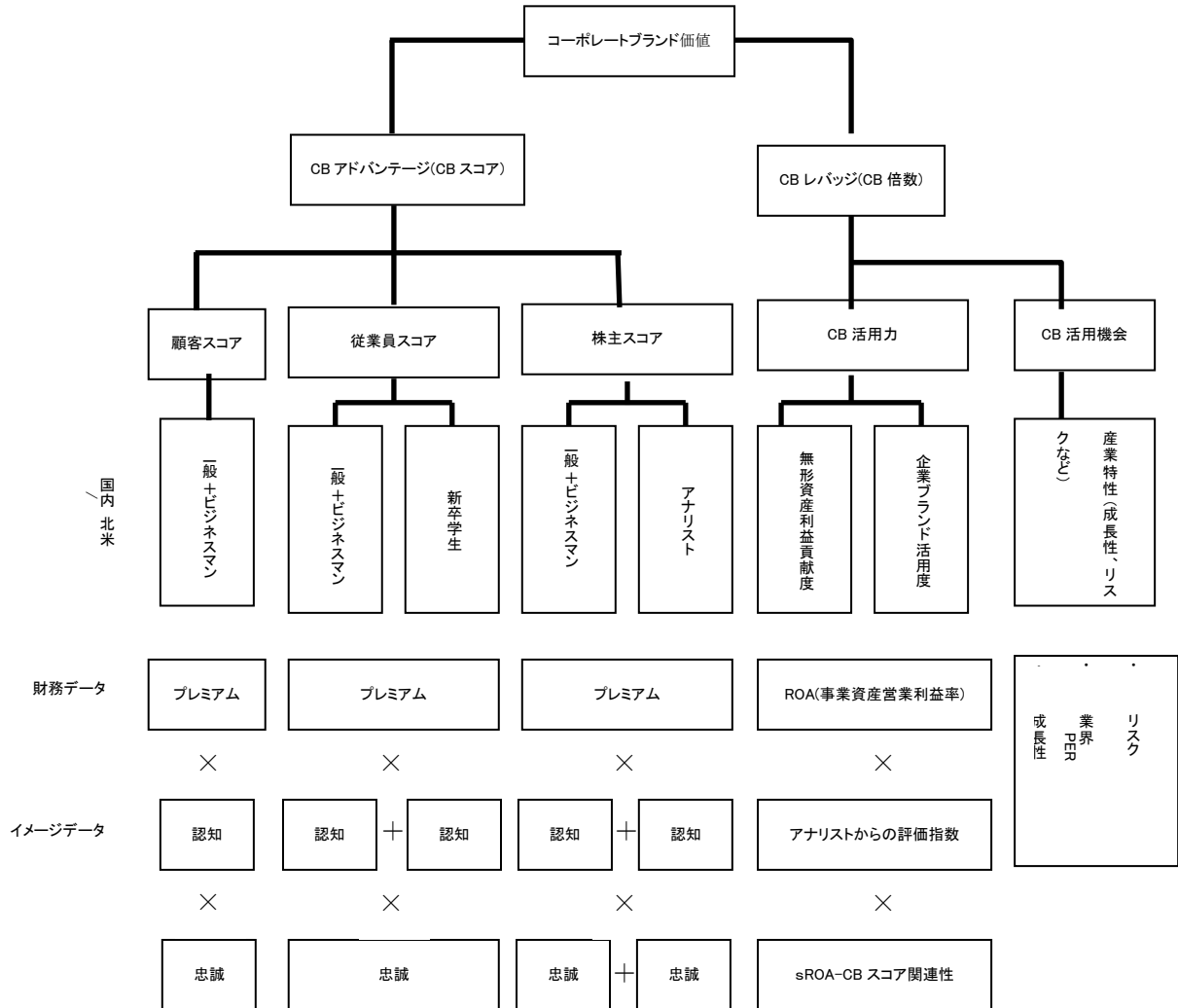


図 A-2 CB バリュエーターの概略図

資料：日経産業新聞(2002年11月5日)

表 A-6 コーポレートブランド価値ランキング

順位	前年	会社名	CB 価格(百万円)	CB スコア	顧客スコア	従業員スコア	株主スコア
1	4	トヨタ自動車	5,226,455	1,824	595	622	606
2	1	NTT ドコモ	4,451,185	924	285	318	321
3	2	ソニー	3,090,203	1,502	462	558	483
4	5	NTT	2,517,845	573	207	188	179
5	10	キヤノン	2,199,140	1,140	414	319	406
6	3	セブン・イレブン・ジャパン	2,175,922	1,270	508	348	414
7	9	ホンダ	2,150,137	1,560	521	502	537
8	11	武田薬品工業	1,651,040	1,314	476	347	491
9	15	任天堂	1,592,883	2,074	634	844	596
10	7	東京電力	1,471,167	556	158	268	130
11	13	ローム	1,013,890	886	248	350	288
12	6	村田製作所	929,369	839	276	228	335
13	14	京セラ	877,194	1,053	331	375	347
14	25	東海旅客鉄道	859,721	765	350	236	179
15	12	松下電器産業	856,920	725	265	224	236
16	16	東日本旅客鉄道	821,391	701	290	214	196
17	18	野村證券	794,578	766	236	248	283
18	—	関西電力	763,851	602	170	294	139
19	22	日立製作所	679,431	614	241	198	175
20	19	富士通	657,069	630	230	206	194
21	30	ファナック	617,043	919	280	337	302
22	26	富士写真フイルム	614,862	1,338	493	454	392
23	32	シャープ	610,250	954	339	299	316
24	17	イトーヨーカ堂	585,988	585	198	160	227
25	65	日産自動車	581,238	1,136	399	337	400
26	33	花王	579,641	1,406	511	427	467
27	34	ブリヂストン	524,533	1,079	389	364	325
28	24	NEC	494,277	614	232	201	181
29	43	リコー	484,180	769	272	218	279
30	29	ファーストリテイリング	484,057	994	373	266	355
31	28	東芝	481,082	683	269	217	197
32	8	三菱東京フィナンシャル	453,510	617	191	218	208
33	36	武富士	449,678	594	207	189	198
34	21	日本オラル	409,678	537	147	136	254
35	23	キーエンス	405,519	772	316	203	253
36	20	三井住友銀行	405,135	580	202	198	180
37	31	東京海上火災保険	398,571	738	253	260	225
38	—	中部電力	377,533	324	115	117	93
39	51	山之内製薬	352,691	944	354	242	347
40	50	HOYA	339,221	801	287	189	325
41	63	信越化学工業	294,986	842	231	290	321
42	—	みずほホールディングス	293,912	491	137	166	188
43	41	デンソー	293,457	716	202	212	303
44	86	新日本製鉄	292,782	486	161	162	163
45	78	日本たばこ産業	292,530	507	148	173	186
46	42	アコム	290,845	508	181	128	199
47	52	三共	274,355	743	290	203	250
48	60	麒麟ビール	253,340	798	269	287	241
49	27	ヤマト運輸	245,996	904	291	289	323
50	37	東京エレクトロン	241,710	554	143	147	265

資料：日経産業新聞(2002年11月5日)

謝 辞

本論文を作成するにあたり、長年にわたり注目していた技術マネジメントの分野で本格的研究の機会を与えてくださり、かつ終始暖かいご指導とご支援を賜りました東京工業大学大学院渡辺千仞教授に、心より感謝の意を表します。幾度となく壁に突き当たりながらも、完成にこぎつけることができましたのは渡辺教授の終始一貫したご指導の賜物です。研究に対する真摯な態度と厳しさを学びました。重ねて厚くお礼申し上げます。

技術マネジメントへの興味を維持できたのは、元上司で元横浜国立大学山之内昭夫教授の賜物で、有益な知見をいただきました。重ねてお礼申し上げます。

Charla Griffy-Brown 助教授、勝本雅和助手には、合同ゼミを通じてを通過してさまざまなご助言と示唆を戴きました。厚くお礼申し上げます。

渡辺研究室の皆様には終始暖かい励ましをいただきました。特に株式会社コーポレート・イノベーション織畑基一、経済産業省田辺孝二、規格協会長田直俊の各氏には、研究途上でのかずかずのご助言をいただきました。また現日立製作所永松陽明、現キヤノン大内紀知、及び現役の Behrooz Asgari、Hur, Jae-yong、藤祐司、浜中淳一各氏には、計量分析、文献収集、論文作成で多変お世話になりました。これらの方々の並々ならぬご協力とご支援がなければ本研究は到底達成できなかったと思われます。ここに感謝いたします。また、三浦邇佐子、斉藤茂子、坂本美樹各事務官には常に行き届いたご配慮を戴きました。皆様に心よりお礼申し上げます。

本論文を作成にあたり、さまざまな形でご協力いただいた多くの方々、及び議論して戴いた方々に心よりお礼申し上げます。

最後に、会社員生活と研究生活の両立を支えてくれた家族に感謝します。