

ハイテク技術経営論

第2回：事業展開の分析

児玉 文雄

事業展開についての従来のパラダイムは、「スピン・オフ (spinoff)」原理が支配的であった。すなわち、高度な性能を要求する市場をめざして、汎用技術 (generic technology) を開発し、これを性能・要求が厳しくない市場へと展開してゆくというものであった。

このような考え方に対して、ハーバード大学のプランスコム教授は、日本の電子関連企業の技術戦略を観察した結果、「トリクル・アップ (trickle-up)」戦略を見つけたしている[1]。できるだけ早い時期に、開発した新技術の製造経験を獲得するために、新技術の応用を低い機能水準と安いコストの製品に、まず限定するという戦略である。そのため、新技術を産業用の高度な市場に向けて開発するのではなく、まず、一般消費財市場に向けて開発する。しかし、同時併行的に、付加価値の高い製品についての「機能・学習 (functional learning)」を行なう。このような準備の後にはじめて、この新技術の応用を利益率の高い製品や特殊用途を必要とする市場へと順次展開していくという戦略である。

そこで、今回の講義では、事業展開のスピン・オフからトリクル・アップ方式へのパラダイム変化を、本講義の第1回の方法論の項で議論したように、技術経営分析の3つの構成要素 (事例研究、数理分析、合理性分析) の三位一体をめざした方法論に従って、記述してみよう。

事例研究

液晶技術の開発

液晶現象は、ヨーロッパで約1世紀前に純粹研究的興味で発見され、原理解明、材料についての研究においては、ヨーロッパが先行していた。しかし、液晶を

表示技術として利用する基本的アイデアは、米国のRCA (Radio Corporation of America) 社が1967年に動的散乱型液晶 (DSM, dynamic scattering mode) を発明することにより始まった。

RCA社は液晶技術を一般的な表示方法という汎用技術として位置づけていたので、その可能性を試すため、種々の試作品 (数字・文字表示デバイス、窓ガラス・カーテン、静止画表示装置、液晶時計、液晶による操縦席表示装置) を発表した。しかし、いずれも技術的に未熟なものであり、いずれも商品化は断念している。このようなRCA社の技術的意思決定に関連するのは次の事情があった。液晶技術が発明された当時においては、表示技術の主流は、CRT (cathode-ray tube) 技術であり、平面パネル表示は夢として語られるに過ぎなかった。また、平面型表示技術としても、EL (Electro-Luminescence)、プラズマ表示技術などの他の技術も研究されており、多くのメーカーがその選択に迷ったという現実がある。RCA社自身も液晶表示技術を発明したにもかかわらず、表示技術として液晶技術を選択しなかったし、一般のCRTディスプレイを生産するメーカーも同様の選択をしている。

液晶技術についての正しい選択は、省エネルギーの手段として、その応用を電卓や時計の表示技術に焦点を絞った日本の専門メーカーによりなされることになったのである。時計メーカーである諏訪精工舎は、時計の電子化、クォーツ化を大目標として積極的に技術開発をしていたので、そのために当然必要な長寿命化、省電力化、小型薄型表示技術への明確なニーズをもっていた。そこで早くから、省電力表示方式の研究に着手し、当初から液晶表示に的を絞っていた。さらに、当時研究を行っていたにもかかわらず、他の表示技術との関連で液晶表示に躊躇したメーカーが多かったなかで、要求をより明確にブレイク・ダウンした結果、液晶表示技術の商品化、量産化に成功した。

一方、電卓メーカーであるシャープ社もポケット電卓に向けて熾烈な競争を行っていた。そこでは、小

こだま ふみお 東京大学 先端科学技術研究センター
〒153 目黒区駒場4-6-1 (4月に転任)

数理分析

型薄型化とともに省電力化が競争の鍵であった。乾電池で10時間しかもたない電卓ではもち運びができないからである。そこで、液晶表示技術およびCMOS (complementary metal oxide semiconductors) 技術に的を絞って技術開発を行なった結果、液晶技術による長寿命電卓、さらに、液晶技術とCMOS技術の融合による「カード電卓」の商品化に成功した。

液晶表示関連の技術を製品に応用できるまでに育て上げ、量産が可能になる技術を開発したのは、上に述べたように、日本の時計および電卓のメーカーであった。この2つの製品での液晶表示の成功が、液晶の有効性を世界に示すと同時に、長寿命・安定的な液晶表示技術の基礎を確立させることになったのである。その後の液晶技術は、周知のとおり、大画面化、高精細化、高速特性、カラー化、表示の見やすさの各方面において、技術革新が進行したのである。シャープ社により行なわれた、液晶技術のトリクル・アップ経路を图示したものが図2-1である。

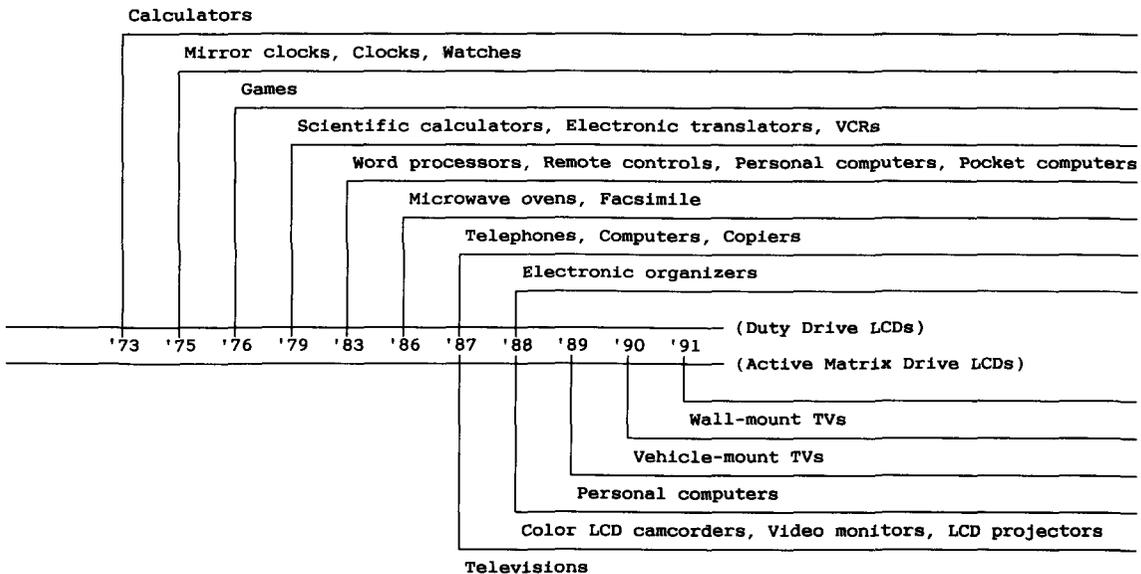
このようにして、「シャープ・ペンシル」のメーカーとして1912年に設立されたシャープ社は、テレビジョン、電卓、太陽電池、薄膜トランジスタLCDの平面パネルを製造する総合電気メーカーとしての地位を確保するまでに成長したのである。今日、同社は世界の液晶市場の38%を制覇し、その売上高は20億ドルに達している。

データ・ベース

欧米においては、いくつかの技術的多角化の定量的研究が行なわれている。1つは、英国での主要な技術革新事例(約2000事例)をデータベースにしたPavitt [2] による分析であり、もう1つは、特許の出願者および利用者に関する情報をデータ・ベースにした米国のScherer [3] による分析である。

これに対して、日本においては、研究開発投資についての統計が整備されているので、技術的多角化の分析に第3の方法を採用することができる[4]。すなわち、総務庁統計局の「科学技術研究調査報告」においては、資本金1億円以上の企業(1982年で3802社)について、17の製造業の業種別に、その社内研究費を25におよぶ製品分野ごとの内訳を記入することを義務づけている[5]。

このデータ・ベースの性質や信頼性について考察してみよう。この調査は、1970年以来毎年収集されているので、時系列分析が可能である。そこで、特定年次の異常性は、その付近の年次データとの比較により検出することができる。さらに、この統計は「指定統計」であるので、企業は細心の注意を払って回答している



Source: Sharp Technical Library, vol. 1, 1991, pp. 66-67.

図2-1 液晶技術のトリクル・アップ経路

といわれている。

各業種の主力製品分野以外への研究開発投資は、技術的多角化のための投資であると仮定しよう。そのためには、業種ごとに、主力製品分野と、そうでない製品分野を区別しなければならない。すなわち、25の製品分野を17の業種分類のどれかの主力製品分野に振り分けなければならない。多くの製品分野名は業種名と一致しているので、この振り分けは決して難しいものではない。

多角化方向の計測

産業は、いろいろな方向へ多角化することができるが、トリクル・アップ方式の事業展開との関係においては、多角化の方向を産業連関との関係において分析することが重要である。産業連関は「産業連関表」の産出・投入の取引量という形で定量的に与えられている。

ある業種の研究開発投資が、その業種の産出・投入関係にある製品分野に多角化していれば、その業種の多角化方向は、「垂直方向 (vertical)」であるという。もし多角化が産出・投入関係とは関係なく行なわれているならば、その業種の垂直関係には拘束されていないという意味において、「水平方向 (horizontal)」の多角化であるとしよう。化学工業のような材料産業は、技術というよりも関連する科学の発展経路に沿う形で、事業を多角化していく傾向が強い。このような事業展開を水平的多角化と呼ぶことができる。

垂直方向の多角化には、「川上方向 (upstream)」と「川下方向 (downstream)」の2種類が存在する。その業種の投入関係にある製品分野に多角化している場合を、「川上方向」という。たとえば、どの業種であっても、その部品メーカーの事業分野に進出することができる。投入データには十分に反映されないが、自分が使用している製造装置へと事業展開することができる。この両方とも、川上方向の多角化ということになる。

これに対して、産出関係にある製品分野へ多角化している場合を、「川下方向」という。今や、オフィス機器は精密機械製品というより電子製品であるので、多くのチップ・メーカーがオフィス機器の分野に多角化している。一方、精密機械工業の雄であったカメラ・メーカーは、そのレンズ技術を画像処理技術へと拡張することにより、オフィス・オートメーションの分野に進出している。このような多角化はすべて、川下方向の多角化である。

計測の問題は、研究開発投資の多角化方向(産業別・製品分野別社内研究費で計測できる)と、業種の産出・投入関係の方向(産業連関表で計測できる)とが与えられて、両者の一致度を算出する方法を考えだすことに帰着される。

研究開発投資の方向については、 E_{ij} (第 i 業種の第 j 業種の主力製品分野への研究開発投資額, $i, j=1, 2, \dots, n$) が与えられている。ただし、多角化(主力製品分野以外への研究投資)を問題にしているので、 $E_{ii}=0$ とする。そこで、第 i 業種の研究開発投資の方向は次に定義する単位ベクトル (r_i) で与えられる。

$$r_i = [r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in}].$$

ただし、 $r_{ij} = E_{ij} / (\sum_j E_{ij}^2)^{1/2}$ であり、したがって、ベクトル r_i のノルム $|r_i|$ は1となる。

産業連関の投入方向については、 T_{ij} (第 i 業種から第 j 業種への取引額, $i, j=1, 2, \dots, n$) が与えられている ($T_{ii}=0$ とする)。そこで、第 i 業種の川上方向は次に定義される単位ベクトル (u_i) で与えられる。

$$u_i = [u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{in}].$$

ただし、 $u_{ij} = T_{ij} / (\sum_j T_{ij}^2)^{1/2}$ であり、したがって、 u_i のノルム $|u_i|$ も1になる。

ここで、第 i 業種の川上方向への多角化の指標を開発することができる。この指標を (U_i) とすれば、これは U_i の値が高ければ高いほど、第 i 業種の研究開発投資の方向と第 i 業種の川上方向とが一致しているという条件を満たさなければならない。そこで2つのベクトル r_i と u_i との角度の差を θ_u とすれば、 $\cos \theta_u$ は2つの単位ベクトルの内積により次のように計測できる。

$$\cos \theta_u = r_i \cdot u_i.$$

そこで、第 i 業種の川上方向の多角化指標 (U_i) は、次の定義式で計測されることになる。

$$U_i = r_{i1} \cdot u_{i1} + r_{i2} \cdot u_{i2} + \dots + r_{in} \cdot u_{in}.$$

川下方向の多角化指標 (D_i) については、川上と同様の考え方に従って、次のように計測できる。まず、第 i 業種の川下方向は単位ベクトル $d_i (= [d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{in}])$ で与えられる。

ただし、 $d_{ij} = T_{ij} / (\sum_j T_{ij}^2)^{1/2}$ であり、そのノルム $|d_i|$ は1である。そこで、川下方向の多角化は

$$D_i = r_{i1} \cdot d_{i1} + r_{i2} \cdot d_{i2} + \dots + r_{in} \cdot d_{in}.$$

という指標により計測できる。

1980年の産業連関表と研究開発費のデータを使って、以上のような計算を試みた結果を表2-1に示す。

表2-1 多角化の方向の計測 (1980年)

業 種 名	川上方向 (U_i)	川下方向 (D_i)
食 品 工 業	0.055	0.099
織 維 工 業	0.328	0.026
パルプ・紙工業	0.203	0.137
出版・印刷業	0.047	0.057
化 学 工 業	0.026	0.058
医 薬 品 工 業	0.235	0.205
石油・石炭製品工業	0.035	0.154
ゴ ム 製 品 工 業	0.136	0.424
窯 業	0.058	0.073
鉄 鋼 業	0.032	0.179
非鉄金属工業	0.031	0.146
金属製品工業	0.024	0.079
機 械 工 業	0.119	0.111
電 気 機 械 工 業	0.063	0.243
自 動 車 工 業	0.083	0.118
他の輸送用機械工業	0.274	0.010
精 密 機 械 工 業	0.074	0.247

トリクル・アップ成長の確認

トリクル・アップ方式による事業展開は、川下方向への多角化戦略の1つの方法であると考えられる。すなわち、部品メーカーによって開発された局所的な技術変化が、順次その部品の川下分野にある製品群へと浸透していくというものである。

そこで、トリクル・アップ過程の存在を定量的に検証するために、「川下方向の多角化は事業の成長に結びつく」という仮説を設定することができる。川下方向の多角化指標については1980年について計測したので、この指標と1975-1985年の生産指数の成長率との相関を調べてみよう。

16業種の製造業（表2-1の業種から出版・印刷とゴム製品を除いたもの）をサンプルとして選択した。そこで、時間的な因果関係にも考慮して、 P_i (1975年を基準年とする1985年の生産指数) が D_i (1980年の川下方向多角化指標) でどれだけ説明できるかについての分析を行なった。散布図を図2-2に示す。

図に見るように、両者の相関はかなり高そうである。しかし、得られた回帰式は以下のとおりである（カッコ内は t -値を示す）。

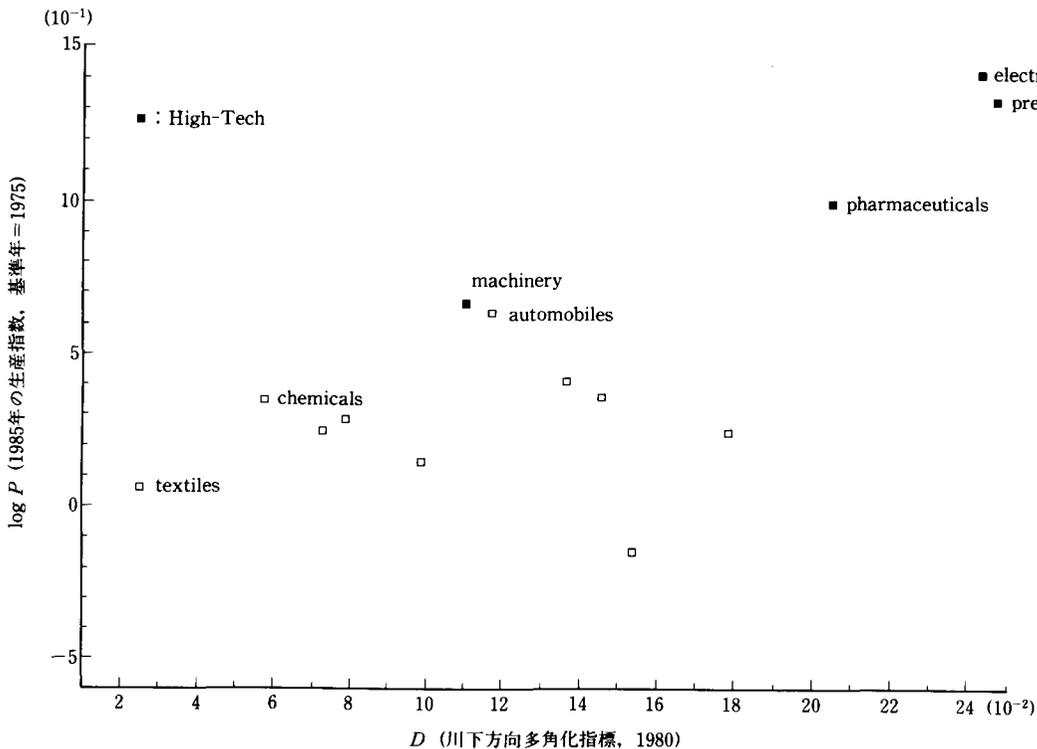


図2-2 川下方向と生産指数との散布図

$$\log P = 5.80 \cdot D - 0.31, R^2 = 0.624.$$

(4.64)

この結果は、トリクル・アップ過程の存在を確認するのは、その決定係数が十分に高いとはいえない。すなわち、製造業全般については、川下方向の多角化が成長をもたらすとは限らないということになる。

そこで、トリクル・アップ方式はハイテク産業にのみ特有の成長戦略であるという仮説を検証することに分析を限定してみよう。その詳細は次回の講義にゆずるが、研究開発活動の構造分析によりハイテク産業と認定された4つの業種（医薬品工業、機械工業、電気機械工業、精密機械工業）に限定してみよう。この4つの業種は、図2-2の散布図では、中黒の点で表示されている。ちなみに、この4業種に限定した回帰分析結果は

$$\log P = 5.28 \cdot D + 0.04, R^2 = 0.925.$$

(4.96)

という結果を得た。すなわち、ハイテク産業に限定すれば、川下方向への多角化が強ければ強いほど、その成長率は高いということが検証されたわけである。このことは、トリクル・アップ方式がハイテク産業の事業成長戦略であったことを間接的に証明するものである。

しかし、図2-2の散布図をさらに注意深く観察すれば、成長理論に関する興味深い洞察を得ることができる。すなわち、ハイテク産業に限定した回帰直線は、すべての産業についての成長のフロンティア直線を形成していると解釈できる。いいかえれば、どの業種でもこのフロンティア直線まで成長することは潜在的には可能であったのである。しかし、トリクル・アップ方式による多角化によってのみ、この可能性を顕在化できたと解釈できる。すなわち、トリクル・アップ戦略は、各産業に理論的には可能な潜在的成長の最大値を実現する手段であったということになる。

トリクル・アップ方式についての上記の大胆な仮説を、ハイテク産業以外で例証してみよう。図2-2の散布図では、フロンティア直線に近い成長を示している業種として、化学工業、繊維工業、自動車工業の3業種が存在する。繊維会社であった旭化成(株)は、その繊維技術を「腎臓透析器」のフィルターへと応用することにより、医療機器分野への事業展開に成功した。典型的な化学企業である東レ(株)はその炭素繊維技術をまずゴルフ・クラブに適用し、つづいて飛行機の尾翼の基本的材料へとその利用を順次高度化していった。

日本の自動車産業の技術開発は、短い製品サイクル、連続的製品改良、設計と製造をオーバーラップ、リーンプログラクションなど多くの言葉で特徴づけられているが、これらはすべて新しい技術を迅速に順次追加しつづけることを可能にするシステムであると解釈できる[6]。しかし、日本の自動車産業は自動車製品という枠を越えて多角化したわけではない。したがって、自動車製品の範囲内でのトリクル・アップ戦略が、日本の自動車産業の成長に結びついたのである。

合理性分析

製品開発としての合理性

米国に較べて日本の経営者は、リスクに対してより攻撃的であるとみなす傾向がある。しかし、トリクル・アップ方式による事業展開は、技術的リスクをより保守的に組織的にマネージする方法であると位置づけることができる。トリクル・アップ方式の背後にある技術的合理性を次の4点に要約することができる[7]。

- 1) トリクル・アップ方式は、より短い製品サイクルとマーケットからの早いフィードバックを可能にするため、技術的リスクと市場のリスクをより小さい要素に分解することになる。
- 2) トリクル・アップ方式は、技術的リスクを軽減する手段として、現実的な製造技術への注意を早期に払わせる。いいかえれば、大規模な事業化に入る前に、製品設計や製品機能ばかりでなく、その製造方法の詳細への十分な理解を可能にするものである。
- 3) トリクル・アップ方式は、自社の重要なマーケットを将来的に脅かすことになりかねないような新技術の出現可能性に対して、自社以外や場合によっては自産業以外で行なわれている技術開発の進捗状況に、継続して注意を払いつづけることを可能にする。
- 4) トリクル・アップ方式は、上述したような早期の警告情報に対処する手段として、研究開発活動の多角化を促進することになる。

技術戦略としての合理性

トリクル・アップ方式は、企業の成功の原因として最近のビジネス・スクールで脚光を浴びている「コア・コンピテンス (Core Competence)」という概念と関連

づけることができる。この概念は、「組織における集団的学習」と定義されており、企業がもっているコア技術と製品開発戦略との相互作用を強調するものである[8]。すなわち、企業がコア製品を生産するための技術に焦点を合わせる度合いと、日々変化する事業環境のもとでの事業の成功との相関を分析するものである。

マイヤーとアタバックは、プロダクト・コアの多様性と事業の成功との関係を実証的に分析して、「焦点を合わせた企業 (focused firms)」と「焦点を合わせなかった企業 (unfocused firms)」との違いを発見している。その結論を、次のように表現している[9]。「新製品を既存で成功しているプロダクト・コアの延長であると考えられる戦略(これを2塁打ヒッターの戦略と比喻している)は、それぞれの製品を全く新しい技術にもとづくものであるとする戦略(本塁打ヒッターの戦略)よりもその成功確率は常に高い」

事実、トリクル・アップ戦略を、コア・コンピテンスを拡大していく最も有効にして合理的な方法であると考えられる。すなわち、変化の激しいビジネス環境でハイテク企業が採用すべき戦略なのである。

技術革新としての合理性

トリクル・アップ方式は、革新的な技術より、小さな技術的改善を積み重ねていくことを重視する日本の経営の特徴であるとの解釈は安易すぎる。これに対して、技術突破的戦略の背後にあるのは、技術革新を科学から出発し、開発、製造を経て流通にいたるという線形的モデルで考える習慣である。しかし、トリクル・アップ方式は、このような線形モデルの背後にある技術革新についての考え方となら矛盾するものではない。

ハイテク分野の技術革新は、ただ1つの技術突破によって起こるのではなく、いくつかの技術突破が重層的に積み上げられることにより完成するのである。最初の技術突破は、線形モデルに従うとしても、これは第1世代の製品を生みだすにしかすぎない。この第1世代の技術をもとにして、さらに新しい技術突破が、新たに組み合わせることにより、第2世代の製品が生みだされていく。しかも、このサイクルはさらに新しい技術突破を順次追加しながら、第3世代、第4世代とつづいてゆくのである。すなわち、ハイテク技術における技術革新は、単一の線形モデルで表現できるのではなく、フィードバックを表現するサイクル・モデルが、重層的に積み上げられているという「スパイラ

ル・モデル」によってはじめて完全に表現できるのである[10]。以上を要するに、スパイラル・モデルがハイテク技術の技術革新モデルだとすれば、トリクル・アップ方式こそ、このモデルを実現する技術革新戦略ということになる。

参考文献

- [1] Branscomb, L.: Policy for Science and Engineering in 1989: A Public Agenda for Economic Renewal, *Business in the Contemporary World*, Vol. 2, No 1 (1989).
- [2] Pavitt, K., Robson, M. and Townsend, J.: Technological Accumulation, Diversification and Organization in UK Companies, *Management Science*, Vol. 35 (1989), pp. 81-99.
- [3] Scherer, F.: Inter-Industry Technology Flows in the United States, *Research Policy*, Vol. 11 (1982), p. 227.
- [4] 児玉文雄: 日本型技術革新の実態と今後の進展, 週刊東洋経済臨時増刊, No. 4564 (1984), 70-76.
- [5] 総務庁統計局編: 科学技術研究調査報告書, 日本統計協会.
- [6] Clark, K. and Fujimoto, T.: *Product Development Performance: Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry*, Harvard Business School Press, Boston, 1991.
- [7] Branscomb, L. and Kodama, F.: *Japanese Innovation Strategy: Technical Support for Business Visions*, University of America, Lanham, 1993.
- [8] Prahalad, C. and Hamel, G.: The Core Competence of the Corporation, *Harvard Business Review*, May-June 1990, pp. 79-80.
- [9] Meyer, M. and Utterback, J.: *Core Competencies, Product Families and Sustained Business Success*, MIT International Center for Research on the Management of Technology, Working Paper No 65-92, February 1992.
- [10] Kodama, F. and et al.: *The Innovation Spiral: A New Look at Recent Technical Advances*, paper delivered to the Second U.S. -Japan Conference on High Technology and the International Environment, a joint Conference between U.S. National Academy of Sciences and Engineering Academy of Japan, Kyoto, Japan, November 1986.