JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

| | |
|---|---|
| Title | キヤノンの高収益を可能にする好循環メカニズム : システム・ダイナミックスによる構造分析(技術経営(6),一般講演,第22回年次学術大会) |
| Author(s) | 大内, 紀知; 渡辺, 千仭 |
| Citation | 年次学術大会講演要旨集, 22: 534-537 |
| Issue Date | 2007-10-27 |
| Type | Conference Paper |
| Text version | publisher |
| URL | http://hdl.handle.net/10119/7329 |
| Rights | 本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management. |
| Description | 一般講演要旨 |

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

２Ｃ１２

# キヤノンの高収益を可能にする好循環メカニズム
# － システム・ダイナミックスによる構造分析

○大内紀知，渡辺千仭（東京工業大学）

## 1. 序

今日のような成熟化社会においては、技術革新 (イノベーション) が企業の収益性を高めるために、より一層重要になってきている。

しかしながら、日本は、研究開発費については世界トップレベルにあるものの、その効率性の低さが問題視されている。当然、企業レベルにおいても、榊原 (2005) などが指摘しているように、多くの日本企業で研究開発効率の低さが見られる。

そのように多くの企業が収益に苦しむ中で、一部の企業は高収益を達成することができている。その中でも、キヤノンの収益性の高さは特筆すべきものである。また、その収益性の高さが一過性のものではなく、1980 年代の工業化社会、1990 年代の情報化社会、2000 年以降のポスト情報化社会というパラダイムシフトを超越した持続的なものであることは注目すべきものである。

キヤノンに見られるような持続的な高収益を達成するためには、何が必要なのかということについては、様々な視点から多くの研究がされている。

例えば、Arrow (1969) が Learning by Doing の概念を提示して以来、学習の重要性は多くの研究によって実証されている。また、スピルオーバー (Grilliches, 1979), Absorptive Capacity (Cohen and Levinthal, 1989)の重要性も多くの研究者が主張している。

しかし、これらの研究の多くは、特定の要素間の関係だけを分析したものである (例えば、コストと累積生産量の関係など)。実際の企業活動は、数多くのフィードバックループを含む複雑なシステムであるため、特定の要素間の関係だけでは、それぞれの要素が収益に与えるインパクトを十分には認識できない。

また、これらの研究は主に供給者サイドのみを取り扱っているという問題もある。

Watanabe et al. (2003, 2004) は、**表 1** に示すように Industrial Society から Information Society にパラダイムシフトするなかで、技術の性格形成のプロセスが、供給者サイドで決定されていたものから、イノベーションの普及過程の中でインスティテューションとの相互作用の中で性格が形成されていくものに変化していることを指摘している[1] (Watanabe et al. (2003. 2004) では、Industrial Society と Information Society におけるコア・テクノロジーをそれぞれ Manufacturing Technology (MT)、Information Technology (IT) としている。本分析でも、同様の意味で MT と IT という言葉を用いる)。

**表 1　Industrial society と Information society の比較**

| Paradigm | Industrial society | Information society |
|---|---|---|
| Core technology | Manufacturing technology (MT) | IT |
| Key features | Given, Provided by suppliers | To be formed during the course of interaction with institutions |
| Actors responsible for formation of features | Individual firms/organizations | Institutions as a whole |

出所: Watanabe et al. (2003).

すなわち、供給者サイドだけでなく、消費者サイドのイノベーションに果たす役割が大きくなってきているということであり、企業の消費者サイドからのフィードバックを考慮した分析が必要となってきている。

そこで、本分析では、イノベーションが普及することにより、消費者サイドで生まれるアイデア (Users Ideas) を新機能に結びつける能力を Market Learning、企業が生産活動をする中で行われる企業内の学習を Internal Learning とし、それぞれ MT と IT の特徴を有するイノベーションにおいて、企業の収益にどのようなインパクトを与えるのかを分析する。その上で、高収益企業の代表例であるキヤノンを例に、具体的にどのような取り組みがされているかを分析する。

## 2. 分析のフレームワーク

本分析では、第 1 に Market Learning と Internal Learning が企業収益に与える影響を分析するためのモデルをシステム・ダイナミックスを用いて構築する。システム・ダイナミックスは 1956 年に MIT の Forrester により創案され、システム・ダイナミックスは、いくつものフィードバックループをもつダイナミックで複雑なモデルを分析するのに非常に適した手法である。そのため、本分析で取り扱う、消費者サイドからのフィードバックを含む複雑なシステムを分析するのに適している。

次に、シミュレーションをするために、MT と IT の特徴が表れるようにパラメータを設定し、Internal Learning と Market Learning を表すパラメータを変化させることにより、それぞれが収益に与える影響をシミュレーションする。

そのシミュレーションの結果を踏まえて、キヤノンではどのようなことを行っているのかについて調査していく。

## 3. モデル構築

本分析で構築したモデルは、1) Research and Development, 2) Production and Delivery, 3) Finance, 4) Internal Experience and Knowledge, 5) Product Functionality and 6) Market の 6 つのセクターからなる。

モデルの一部は、Forrester (1961), Sterman (2000), Rydzak (2006), Ouchi and Watanabe (2007) らを基に構築されている。モデル構築・シミュレーション用のソフトは Vensim を用いた。

以下で各セクターのモデルについて、紙面の都合上ポイントのみ説明する。

### (1) Research and Development

新しい R&D プロジェクトが始まると *Project in RD* にストックとして蓄積される。新しいプロジェクトを始めるのに必要な費用 (*RD Project Start Level*) はスピルオーバー (Spillover Effect)を利用すれば下げることが出来る。また R&D プロジェクトにかかる時間 (*RD Time*) は企業内知識 (*Knowledge*) により短くすることができるとする。

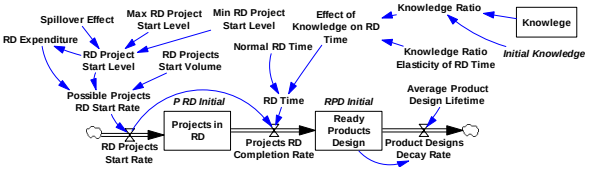


**図 1.　Model Structure for Research and Development.**

[1] この顕著な例としては、携帯電話がその普及過程において、消費者との相互作用の中で、当初の通話機能にメール機能やカメラ機能などを次々に新機能が付加されつつ進化していったことが挙げられるだろう。詳細は Chen et al. (2007) を参照。

**(2) Production and Delivery**

生産に必要な時間 (*Manufacturing Time*) は累積経験 (*Cumulative Experience*) と企業内知識 (*Knowledge*) によって短くすることができるとする。

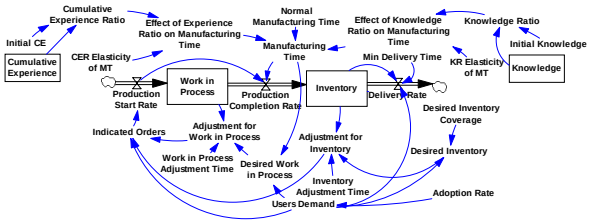


**図 2. Model structure for Production and Delivery.**

**(3) Finance**

Finance は Cost、Price、Profit、R&D Funds の 4 つのサブセクターから成る。

① Cost

Two-factor learning curve (Klassen et al., 2005) の考え方に基づき、単位コスト (Unit Cost) は累積経験 (*Cumulative Experience*) と企業内知識 (*Knowledge*) によって低下させることができるとする。

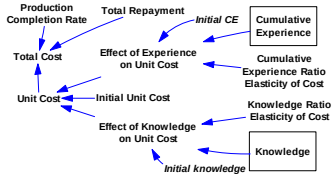


**図 3. Model Structure for Cost Calculation.**

② Price

価格は製品の持つ機能 (Product Functionality) と需給のギャップ (Inventory Ratio) の影響を受けるとする。

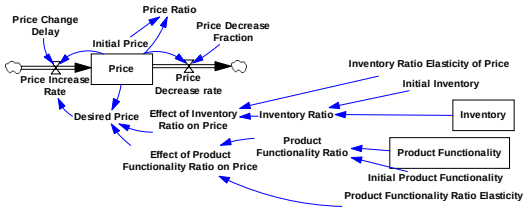


**図 4. Model Structure for Price Calculation.**

③ Profit

期間内の利益 (*Periodic Profit*) は総収入 (*Revenue*) と総コスト (*Total Cost*) の差で計算される。

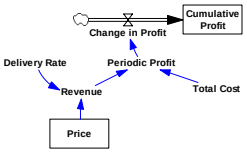


**図 5. Model structure for profit calculation.**

④ R&D Funds

企業は利益の一定割合 (*Percent Periodic Profit for RD*) を研究開発費に回すとする。また、ローンなどの外部資金 (*Additional RD Funds*) も考慮する。

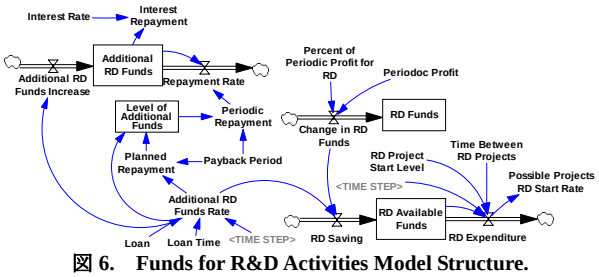


**図 6. Funds for R&D Activities Model Structure.**

**(4) Internal Experience and Knowledge**

① Internal Experience

企業に蓄えられる経験 (*Cumulative Experience*) は生産活動に依存する。

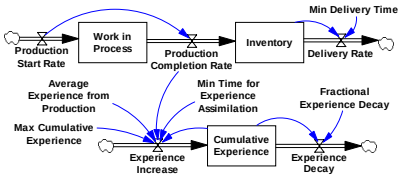


**図 7. Internal Experience and Experience Formalization.**

② Internal Knowledge

生産活動を通して得られた累積経験 (*Cumulative Experiences*) は、レポートや調査によって、データとして蓄積される (*Data Acquisition*)。このデータによって、企業内知識 (*Knowledge*) が形成されていくとする。すなわち、企業内知識を増やすためには、累積経験からデータにする割合 (*Fraction of Experience Reported and Investigated*)、すなわちレポートや調査の能力がポイントとなる。そこで、本分析では、このパラメータを Internal Learning の能力を示すパラメータとし、この値を変化させてシミュレーションする。

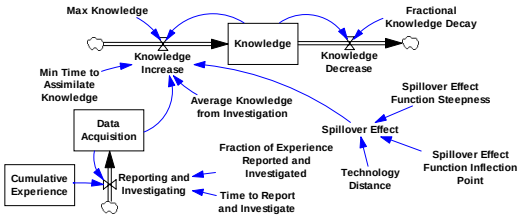


**図 8. Internal Knowledge and the Impact of Spillover Effect.**

**(5) Product Functionality**

製品の機能 (*Product Functionality*) は R&D プロジェクトが終了すれば増加するとする。その増加する割合 (*Average Functionality Increase per RD*) は、企業内知識 (*Knowledge*) と消費者のもつアイデア (*Users Ideas*) が影響するとする。消費者のもつアイデアをいかに機能に結び付けられるかは、その弾性値 (*Users Ideas Ratio Elasticity of AFI*) により決定される。そこで、本分析ではこのパラメータ (*Users Ideas Ratio Elasticity of AFI*) を Market Learning の能力を示すパラメータとし、この値を変化させてシミュレーションする。

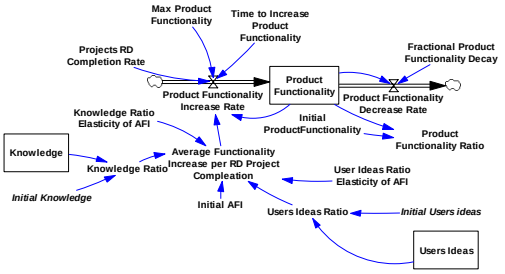


**図 9. Model structure of product functionality.**

**(6) Market**

① Diffusion Process

Bass Model (Bass, 1969) を基に、製品の繰り返し購入する人 (*Discard Rate*)、製品の使用をやめる人 (*Resignation Rate*) を考慮した。また、製品を購入する割合は価格 (*Price*) と製品の機能 (*Product Functionality*) の影響を受けるとする。

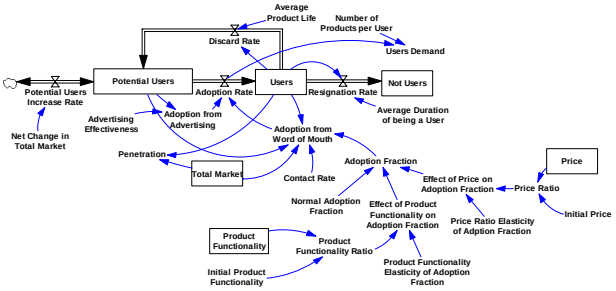


**図 10. Model Structure for Diffusion Process.**

② Total Market

製品の機能 (*Product Functionality*) が高まれば、これまでその製品に興味のなかった人も興味を持つようになるため、製品の潜在的市場 (*Total Market*) は、高くなる。また、ネットワークの外部性により、普及率 (*Penetration*) が高まることにより、潜在的市場 (*Total Market*) は大きくなる。Ruttan (2001) や Watanabe et al. (2003, 2004) によれば、IT はネットワークの外部性が強い。そこで、本分析では、普及率が潜在的市場の増加率 (*Market Increase Fraction*) に与える影響の強さを表す弾性値 (*Penetration Elasticity of MIF*) を MT と IT の特徴を表すパラメータと考える。この値が大きいほど IT の特性が強い。

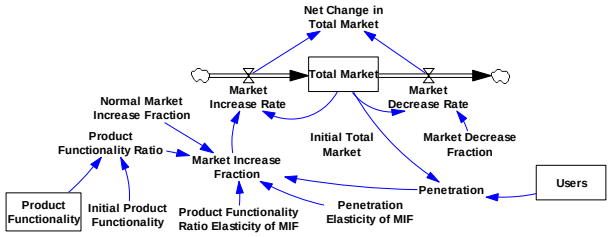


**図 11. Model Structure of Total Market.**

③ Users ideas

ユーザーのアイデア (*Users Ideas*) は各ユーザーがもつ平均のアイデアの数 (*Average Users Ideas*) と新しいユーザー (*Adoption Rate*) に依存する。Watanabe et al (2003) では、技術の性格形成のプロセスにおけるユーザーの参加が IT の特徴だとしている。すなわち、IT の方がユーザーの持っているアイデア数が多いと考えられる。そこで *Average Users Ideas* も IT の特徴を表すパラメータとする。この値が高い方が IT の特徴が強い。

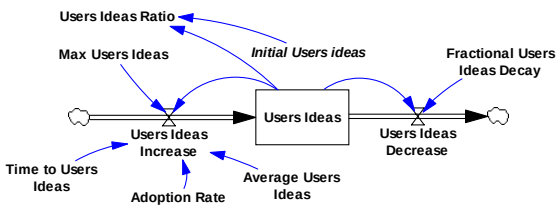


**図 12. Model Structure of Users Ideas.**

## 4. シミュレーション

### (1) シナリオ

上述した各セクターのモデルを統合したモデルを使用し、6 つのシナリオを用いてシミュレーションを行う。まず、MT と IT の特徴を区別するために、IT の特徴を表すパラメータ *a*: Penetration Elasticity of Market Increase Fraction (MIF), *b*: Average Users Ideas を**表 2** のように設定した。M1～M3 は MT の特徴を表し、I1～I3 は IT の特徴を表す。次に、**表 3** に示すように、Internal Leaning を示すパラメータ *c*: Fraction of Experience Reported an investigated と Market Learning を示すパラメータ *d*: Fraction of Experience Reported an investigated を設定する。M1 と I1 は Internal Leaning が強い企業、M2 と I2 は Market Learning が強い企業、M3 と I3 は両方とも強い企業を表している。

**表 2 MT と IT のパラメータ設定**

| Scenario | Characteristic of innovation | *a* | *b* |
|---|---|---|---|
| M.1 | MT | 0.00001 | 0.00001 |
| M.2 | MT | 0.00001 | 0.00001 |
| M.3 | MT | 0.00001 | 0.00001 |
| I.1 | IT | 0.001 | 0.001 |
| I.2 | IT | 0.001 | 0.001 |
| I.3 | IT | 0.001 | 0.001 |

[a] パラメータ *a, b* は以下の通り
*a*: Penetration Elasticity of Market Increase Fraction (MIF)
*b*: Average Users Ideas

**表 3 Internal Leaning と Market Learning のパラメータの設定**

| Scenario | Firm's strong point | *c* | *d* |
|---|---|---|---|
| M.1 | Internal learning | High (0.5) | Low (0.1) |
| M.2 | Market learning | Low (0.1) | High (0.5) |
| M.3 | Internal leaning and External learning | High (0.5) | High (0.5) |
| I.1 | Internal learning | High (0.5) | Low (0.1) |
| I.2 | Market learning | Low (0.1) | High (0.5) |
| I.3 | Internal leaning and External learning | High (0.5) | High (0.5) |

[a] パラメータ *c, d* は以下の通り
*c*: Fraction of Experience Reported an investigated,
*d*: Fraction of Experience Reported an investigated

### (2) シミュレーション結果

シミュレーションによる各シナリオの累積の利益 (*Cumulative Profit*) の推移を**図 13** に示す。

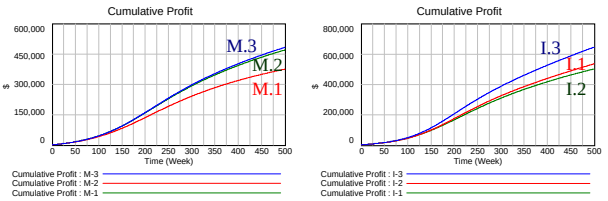


**図 13. シミュレーション結果.**

MT のシナリオを比較すると、シナリオ M.1 の方が M.2 より高く Cumulative Profit が高い。また、シナリオ M.1 と M.3 ではほとんど差がない。この結果からは、MT の条件においては、Internal Learning の能力のみが重要だということがわかる。Internal Learning の能力が高い企業が、Market Learning の能力を高くしても、収益はそれほど変わらない。それゆえ、MT の条件においては、企業は Internal Learning の能力を高めることにのみ集中すると考えられる。

IT のシナリオを比較するとシナリオ I.2 の方がシナリオ I.1 より高い。すなわち Market Leaning が重要であるということである。これは、MT のときに Internal Leaning を高めることだけを追い求めていた企業が、パラダイムがシフトしているにも関わらず、Internal Leaning を高めることに固執し続けると、収益の悪化をもたらすということを示唆するものである。また、MT と異なり、Internal Learning と Market Learning の両方が高い企業は、その収益性が圧倒的に高い。Market Leaning による需要の増大は、Internal Learning によるコスト削減と機能創出、リードタイムの削減を誘発し、それにより更なるユーザーの増加が導かれることにより、相乗効果が発揮されている。MT のときに、高い Internal Learning の能力を身に付けた企業が、その能力を維持発展させつつ、パラダイムの変化にあわせて Market Learning の能力を高めることが出来た場合は、非常に高い収益性を得ることができることを示唆

するものである。

## 5. キヤノンの事例

キヤノンは、一貫して高い収益性を維持している。そして、近年の収益性は他者を圧倒して高い。上述のシミュレーション結果に照らして考えると、高い Internal Learning の能力を維持発展させつつ、Market Learning の能力を高めていると考えられる。

ここで、具体的にどのような取り組みが行われているのかを分析する。[2]

### (1) Internal Learning

キヤノンの Internal Learning の能力を高めている特徴的なものはセル生産であろう。セル生産が 1998 年に導入されて以来、キヤノンの生産性は大きく工場した。セル生産では、ベルトコンベアによる流れ作業を廃し、少人数のチーム単位の区画 (セル) でひとつの製品を完成させる。スタッフ各人の技能レベルに応じて工程数を調整でき、生産数の増減もフレキシブルに対応できる。

フォーディズムの大量生産の現場では標準化、分業の一方で、個人の技能は軽視されがちだった。標準化のレベルは作業者の平均値か、それより低い水準で設定し、現場従業員の努力は計算に入っていなかった。これに対し、セル方式では埋もれていた個人の技を顕在化させる。それが、自主性を重んじるキヤノンの伝統と一致したと言われている。それだけでなく、カイゼンを成功さえてきたように、現場の個々人の能力の高さと日本人の特性にもマッチしていると言えるだろう。

また、セル生産をすすめるなか、一人ひとりが作業をより効率化する工具や設備を、自らの創意工夫によって作り出すようになった。従来に比べ、有用で、しかも数十分の一という低コストの工具・設備が数多く誕生している。

そして、このセル生産に合わせて、キヤノンでは、マイスター制度と呼ばれる評価システムが導入されている。この制度は、1 人でこなせる工程の数、専門知識、技能速度などでの評価から、S 級、1 級、2 級といった等級が設定され、技能が認められると認定される。これが社員のモチベーションを高めているのは間違いない。

セル生産は、個人個人の能力を最大限に発揮させることにより、企業としての Internal Learning の能力を飛躍的に高める仕組みと言える。

### (2) Market learning

ここでは、複写機を例に考える。ユーザーは、その普及過程において、複写機に単なるコピー機能だけでなく、様々な機能の付加を求めてきた。その結果、複写機は単なるコピー機としての機能のみではなく、Fax 機能、スキャナ機能、プリンタ機能、ネットワーク機能など様々な機能が次々に付加され、ネットワーク複合機と進化した。

これらのたくさんの機能を実現するために、キヤノンの複写機には、独自に開発された専用システム LSI が搭載され、上記の様々な機能を実現するための入出力データを“同時複合処理”している。

また、普及が進み、利用頻度が高くなるとともに、セキュリティ対策のニーズが高まった。それに対し、「電子透かし技術」、「地紋技術」、「暗号化 PDF 生成技術」、「書名付き PDF」、「タイムスタンプ」などの技術を開発し、市場のニーズに応えてきた。

キヤノンのデジタル複合機には、MEAP (Multifunctional Embedded Application Platform) と呼ばれる、業務や目的に応じて機能や操作のカスタマイズを自在に行なえる、最先端プラットフォームが搭載されている。この MEAP を搭載した複合機では、Java 言語を使用して開発されたアプリケーションを稼動させることが可能になる。Java 言語は移植性に優れ、携帯電話をはじめとする様々な機器のアプリケーションとして利用されている。MEAP によって、ネットワーク複合機は、IT 端末としての可能性を飛躍的に拡大し、外部の機器やソフトウェアとの連携も広がる。これにより、ユーザーの個別ニーズに合わせて、一台一台をより使いやすいようにカスタマイズできるようにした。

このように、ユーザーが何を求めているのか、また普及の過程で求められる機能がどのように変化していくのかを、しっかり認知して、それに応えてきたといえる。

しかし、それが可能になったのは、しっかりとした技術力があったからということも忘れてはならない。

キヤノンの御手洗富士夫会長も、「付加価値の高い製品を出していく。値段だけの勝負はしない。そのためには技術力が大切。いろいろな基礎技術を高めておかないと、チャンスが来たときに対応できなくなる。」(「読売新聞」2004 年 1 月 30 日付け) と述べている。このコメントからもわかるように、キヤノンは自らの強い技術力を生かして、ユーザーのニーズの変化に素早く対応してきたといえる。

## 6. 結 論

本分析では、イノベーションにおける消費者の重要性が高まっていることを踏まえて、消費者からのフィードバックループを考慮したモデルをシステム・ダイナミックスを用いて構築し、シミュレーションを行った。

その結果、MT から IT へとパラダイムシフトする中で、Market Learning の重要性が高まっていることを示すとともに、Internal Leaning のみを追求することに固執している企業は収益が悪化することを示した。そして、Internal Learning の能力を維持発展させつつ、パラダイムシフトに対応して、Market Learning を高めることのできた企業は圧倒的に高い収益を得ることができることを示唆した。

また、キヤノンを例に、Internal Learning、Market Learning を高めるためにどのようなことを行っているのかを分析した。

今後の課題としては、競合他社の行動や、補完財・代替財の影響を考慮したモデルを構築することが必要となる。また、他の製品、他の企業に関する分析を行って、今回の分析結果の一般化を行うことが望まれる。

## 参考文献


[1] Arrow, K.J. (1962). The economic implications of learning by doing, *Review of Economic Studies*, *29*, 155–173.

[2] Bass, F.M. (1969) A new product growth model for consumer durables. *Management Science*, *15*(5), 215-227.

[3] Chen, C., Watanabe, C. and Griffy-Brown, C. (2007). The co-evolution process of technological innovation - An empirical study of mobile phone vendors and telecommunication service operators in Japan. *Technology in Society*, *29*(1), 1-22.

[4] Cohen, W.M., Levinthal, D.A., 1989. Innovation and learning: the two faces of R&D. *The Economic Journal*, 99, 569-596.

[5] Forrester, J.W. (1961). *Industrial dynamics*, Productivity Press, Cambridge, MA.

[6] Grilliches, Z. (1979). Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. *Bell Journal of Economics*, *10*(1), 92-116.

[7] Klaassen, G, Miketa, A., Larsen, K. and Sundqvist, T. (2005). The impact of R&D on innovation for wind energy in Denmark, Germany and the United Kingdom, *Ecological Economics*, *54*(2-3), 227–240.

[8] Ouchi. N. and Watanabe, C. (2007). An analysis of high profitability mechanism by means of dynamism between technological diversification, learning and functionality development. IAMOT (International Association for Management of Technology) 2007 - 16th International Conference on Management of Technology - Management of Technology for the Service Economy, Florida, USA, May 13-17.

[9] Ruttan, V.W. (2001). Technology, growth, and development - An induced innovation perspective. Oxford University Press, New York.

[10] Rydzak, F. (2006). *The impact of weather forecast on oil & gas industry operations - System Dynamics model*. Report on the project “Global Earth Observation – Benefit Estimation: Now, Next and Emerging.” International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg.

[11] Sterman, J.D. (2000). *Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world*, Irwin/McGraw-Hill, Boston.

[12] Watanabe, C. (1995). The feedback loop between technology and economic development: an examination of Japanese industry, *Technological Forecasting and Social Change*, *49*(2), 127–145.

[13] Watanabe, C., Kondo, R., Ouchi, N. and Wei, H. (2003). Formation of IT features through interaction with institutional systems - Empirical evidence of unique epidemic behavior. *Technovation*, *23*(3), 205-219.

[14] Watanabe, C., Kondo, R., Ouchi, N., Wei H.,& Griffy-Brown, C. (2004) Institutional elasticity as a significant driver of IT functionality development. *Technological Forecasting and Social Change*, *71*(7), 723-750.

[15] キヤノン株式会社 (2007) 『Canon Technology Highlights 2007』キヤノン株式会社.

[16] 榊原清則 (2005)『イノベーションの収益化』有斐閣.

[17] 日本経済新聞社編 (2004)『キヤノン式 高収益を生み出す和魂洋才経営』日経ビジネス文庫.


[2] この節の技術的な内容については、キヤノン (2007)、日本経済新聞 (2004) に基づく。