

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 17 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2009～2011

課題番号：21402024

研究課題名（和文） 情報技術と製造技術の共進的内生化過程分析
-大連シリコンバレー企業追跡実験研究課題名（英文） Analysis of Co-evolutionally Domestication Process between
Information Technology and Manufacturing Technology
- the Case of Dalian Software Park

研究代表者

藤 祐司 (TOU YUJI)

東京工業大学・大学院社会理工学研究科・特任准教授

研究者番号：20401557

研究成果の概要（和文）：

本研究では、IT の持つ自己増殖的な高機能化メカニズムの製造技術に与える影響に注目し、a) IT と製造技術のそれぞれの性格形成過程における共進的内生化メカニズムの解明、b) 日本企業のイノベーション軌道を好循環に導く、企業間・産業間および国内外の外部技術と独自技術開発との最適融合条件の解明、c) 以上をもたらす国・産業・企業の共進的内生化特性・属性の変容、を日本および中国の製造業を中心とした企業群を対象に分析する。それらの分析結果を基に、IT の進化・深化がもたらしたポスト情報化社会に適した企業の技術経営システムを提言する。

研究成果の概要（英文）：

Focusing on the effect of IT's functionality development mechanism, its influence to the industrial technology is analyzed leading to elucidating the following mechanism: a) co-evolutionally domestication mechanism to the process of constructing characteristic of each technologies, b) optimal combination of indigenous technology and exogenous technology between firms, industries or countries.

In addition, changing trajectories of the co-evolutionally domestication process is analyzed by utilizing micro data on both Japanese and Chinese firms centered by manufacturing industries.

Based on those analyses, firm's management technology system suitable to a post-information society led by IT development is suggested.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
2010年度	5,200,000	1,560,000	6,760,000
2011年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
年度			
年度			
総計	13,700,000	4,110,000	17,810,000

研究分野：社会科学 A

科研費の分科・細目：経営学

キーワード：ハイブリッド技術経営、大連ハイテクパーク、共進的内生化、IT (情報技術)、共進的内生化

1. 研究開始当初の背景

日本は1980年代にハイテクミラクルを謳歌したにもかかわらず、1990年代以降の情報化社会では、そのコアたるITの革新・活用において米国等に大きく立ち遅れるに至った。

この日本の競争力低下は、製造技術とITとの技術形成及び利用の本質的な相違によるものと考えられる。すなわち、製造技術の革新に絶大なる効果を発揮した日本的経営システムとも称される日本の技術経営システムが、ITに対しては必ずしも同様の効果を発揮し得なかったことに起因する。

この背景において、2000年初期より、携帯電話主導の新サービスの開発、デジタル家電の躍進等、日本経済が再活性化した。これは、一部企業において、本来的な優位性を持つ製造技術と、1990年代の情報化社会で学習したITの革新・活用との相互補完的ダイナミズムの好循環が成され、市場での価値を生み出したことによる。

これらのトレンドより、1990年代の情報化社会を経たITの進化・深化がもたらしたポスト情報化社会において、企業の技術経営システムも自ずと変容することが求められることが伺える。

2. 研究の目的

(1) 研究の着想

情報技術と製造技術の共進的内生化

研究分担者の科研費研究(「社会経済への浸透過程における技術の性格形成メカニズム」)の結果に立脚し、「社会経済全体が内包するITの自己増殖的な高機能化メカニズムを企業内に取り込んで、独自の技術と融合させることにより相互に啓発しながら進化」という「共進的内生化」の概念を導出した。

大連ハイテクパークでの臨床実験

21世紀になってからの、日本における再活性化企業群と、低迷企業群との2極分化の現象において、その要因として情報技術と製造技術の内生化のメカニズムに注目した。

大連市科学技術局及び大連理工大学の協力の下、数次の現地調査・討議を経て、世界中のハイテク企業が中国現地企業との協業・共同研究を展開中の大連ハイテク立地企業を対象とした「臨床実験」が、以上のメカニズム解明の一助になるとの認識に至り本研究を着想した。

(2) 研究の目的

本研究では、ITの持つネットワーク外部性に代表される自己増殖的な高機能化メカニ

ズムの、製造技術の発展に与える影響に注目し、

ITと製造技術のそれぞれの性格形成過程における共進的内生化メカニズムの解明
日本企業のイノベーション軌道を好循環に導く、企業間・産業間および国内外の外部技術と独自技術開発との最適融合条件の解明

以上をもたらず国・産業・企業の共進的内生化特性・属性の変容

を、日本および中国の製造業を中心とした企業群を対象に分析する。

それらの分析結果を基に、ITの進化・深化がもたらしたポスト情報化社会に適した企業の技術経営システムを提言することである。

3. 研究の方法

(1) 研究体制

研究代表者は、東京工業大学を総合拠点とし、先行基盤研究において構築した21世紀COE事業推進担当横断的な研究体制に加え、類似の先駆的取り組みがみられるシンガポール国立大学(NUS)、エジプト日本科学技術大学(E-JUST)との共同研究体制を構築。同時に、本件分野の研究の世界的COEとして海外共同研究者を擁するIIASA(国際応用システム分析研究所)にて、日米欧露豪印中の比較実証研究の進捗等を定期的に検討する「総合検討会議」を活用し、世界の一流の研究者・研究グループを包摂した総合的な国際共同研究を展開。また研究分担者は、上記「総合検討会議」をはじめとする国際共同研究協力体制の構築において主導的役割を果たしている。

(2) 具体的な研究手法

共進的内生化メカニズム分析

技術の生産・普及・利用の一連の過程におけるITの性格形成および新機能創出(FD: Functionality Development)過程の計測、さらにはITと製造技術の融合を通じた技術生産性の観測を行う。また、以上の効果の支配要因(上記各過程別の要因、技術の種類、社会経済の体質、企業の独自技術)のマクロベース分析を通じて、計測結果の評価を行う。

また、内生化関数(スピルオーバー技術同化能力分析を基本)をもとに、以上の関連を分析し、共進的内生化メカニズムの概要を把握する。

IT・独自技術開発最適融合効果分析

a) 外部技術の内生化分析

日本企業を対象としたイノベーション軌道(研究開発投資 技術ストック 技術進歩 生産 収益 投資決定のダイナミズム)を、外部技術の内生化の観点から観

測し、研究開発投資によるイノベーション誘発の最適化条件の分析を行う。

以上を用いて、最適共進的内生化条件を明らかにし、同条件からの乖離の影響の比較を行う。

b) 共進的内生化特性・属性の変容観測

企業における内部技術と外部技術の技術融合を通じた市場評価指標の構築および以上に基じた日本企業の業績の2極化におよぼす影響を分析し、それらの同質・異質企業を峻別・評価を行う。

以上の分析結果を基に、企業レベルの実績融合状況・最適レベルを比較する。

c) 国・産業・企業の共進的内生化特性・属性の変容のダイナミズム分析

中国大連ハイテクパークを事例とした、内部技術と外部技術の技術融合を通じた共進的内生化特性・属性の変容を観測。併せて、先進国・新興国および発展途上国間の同質・異質性を確認し、国・産業・企業の共進的内生化特性・属性の変容のダイナミズムについて提言する。

4. 研究成果

(1) 共進的内生化メカニズム分析

製造技術とITの性格形成

工業化社会及び情報化社会に対応する製造技術(MT)とITの特徴は表1のように比較される。前者が、成長指向軌道を追求するのに対して、後者は新機能創成主導軌道に立脚する。

表1 製造技術とITの特徴比較

	1980s	1990s	2000s
Paradigm	Industrial society	Information society	Post-information society
Core technology	Manufacturing technology	ICT	Software, service oriented
Fundamental nature	Given	Self-propagating	Ubiquitous
Key features formation process	Provided by suppliers	Formed during the course of interaction with institutions	Continually produced innovation
Actors responsible for formation of feature	Individual firms/organizations	Institutions as a whole	Institutions as a whole stimulation from innovators and imitators

例として日本の固定電話及び携帯電話の普及軌道を観察すると、携帯電話は新機能(FD)を高めつつ自己増殖的成長を示していることが観察される。

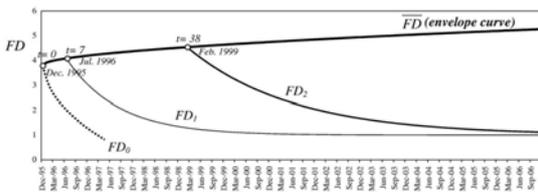


図1. 日本の携帯電話の新機能創出軌道(1995-2006).

ITと製造技術の融合とその要因

ITによる新機能の創出(FD)は、得られる

効用を高めることでGDPを増大させる。増大したGDPは研究開発を誘発し、技術ストック(T)を増大させる。増大したTはイノベーション製品の普及軌道における普及天井(N)を上昇させるとともに、技術の限界生産性を増大させ、技術によるX(その他の生産要因)代替弾性値を高めることで、持続的成長に貢献する(図2)。

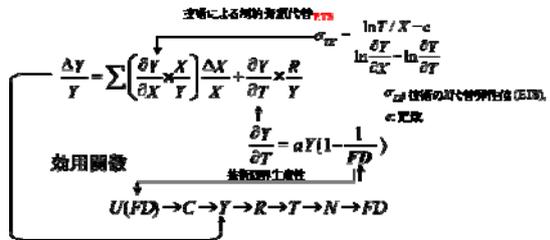


図2. 生産・消費・普及関数

また、最適化理論に基づき、図3のように、(i) 効用を最大化させる投資強度(売上あたり投資) (ii) コスト最少、(iii) FD最大、を同時に満足する条件を求めることによって、至上の消費満足を導く最適FD軌道を求めた。

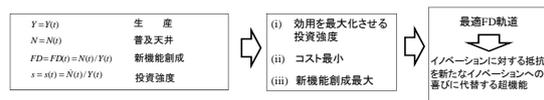


図3. 最適FD導出システム.

この関数を用いて、図4に示すように、1996-2006の間の日本の携帯電話の普及軌道を対象に実証分析を行った。

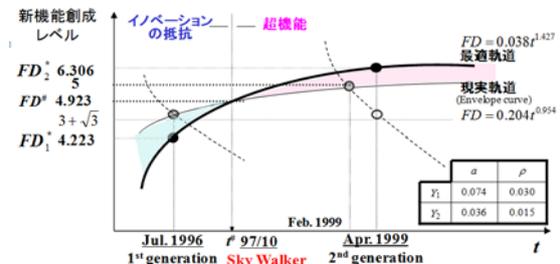


図4. 日本の携帯電話の実際軌道と最高軌道の比較(1996-2006).

図4を見ると最適FD軌道は当初実際軌道より低い水準をたどったが、その後 Sky Walker による eメール伝送の出現と軌を一にしてそれを凌駕している。これは、超機能がイノベーションに対する抵抗に代替し、また追従者(最適軌道)が主導者(実際軌道)に代替している可能性を示唆するものである。

(2) IT・独自技術開発最適融合効果分析

外部技術の内生化分析

技術革新には企業間の協業が必要であり、独力ではなしえず、技術革新の源泉は、そうした他社・他者とのやりとりが基本となる。

それらの交流は共同研究といった直接的なやりとりだけではなく、関連人材の移動などを通じた、間接的・暗黙的なやりとりもあろう。

日本の塗料産業を例とした、特許データを用いたネットワーク分析による企業間スピルオーバーの流れを明示的に観測した結果は図5である。

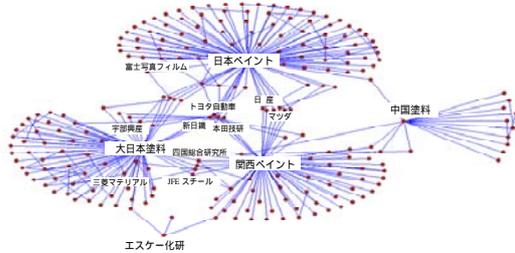


図5. 塗料産業における共同研究ネットワーク。

図5より、イノベーションの創造において、産業外の企業（外部企業）との共同研究が重要な要素のひとつであることが示唆される。またそれらの外部企業の中でも、産業内の複数企業と共同研究関係を構築している中核企業が存在していることが示される。

中核企業は、多くの共同研究によって、直接的な共同研究関係による研究成果の他、間接的な研究成果など様々な知見を獲得している。同時にハブとして、他企業にも少ないコストで、多面的な研究開発活動を実現する機会を与える。

一方、1990年代以降、日本企業は研究開発活動における選択と集中を進め、コアではない技術の切り捨てや外部技術のブラックボックス化により、外部技術を取り込む柔軟な技術力を失った。技術の選択および投資配分の割合により決定される技術の多様性は、各分野への特許出願件数のシェアで概観される。これら进行评估する指標として、技術分野別の特許数シェアによるハーフィンダール指数を算出したのが図6である。

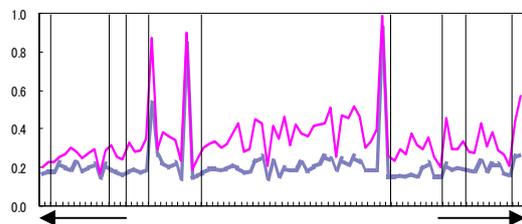


図6. 日本企業の業種別ハーフィンダール指数の変容 (2002年および2007年)。

繊維: TX; 化学: CH; 鉄鋼: ST; 非鉄: NM; 機械: GM; 電機: EM; 輸送機械: TM; 精密機械: PI; 情報・通信: IM; その他: OM

図6より、2002年から2007年の間で、すべての業種においてハーフィンダール指数

が上昇、すなわち多様性が失われていることがわかる。

共進的内生化特性・属性の変容観測

以上の傾向が企業収益に与える影響を計測した、2002年および2006-2007年平均の各企業のHHI変化量（HHI）および企業収益をあらわす営業利益率の変化量（OIS）との相関関係は図7に示される。

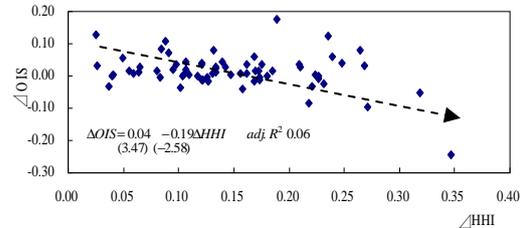


図7. 日本企業の業種別ハーフィンダール指数と収益との変容相関分析。

研究開発の多様性と収益の関係より、高収益企業群は、他の企業に比して的確な研究開発投資を通じた外部技術の獲得を可能とする技術の範囲と深さを有し、外部技術に対する理解を高める活動をしていることが示される。

(3) 国・産業・企業の共進的内生化特性・属性の変容のダイナミズム分析

中国ハイテクパークの事例研究

以上の関係を基に、中国のITと製造業の共進的發展軌道を観察する。

中国の知識集約型産業の成長率は非常に高く、ハード投資主導型の伝統経済モデルから脱却し、ソフト主導型の経済モデルの構築をはかる段階にきている。日本企業の進出動機も、製造業を主とした生産・製造拠点としてのみではなく、それに付随した情報やR&Dなどの知識集約的な部署も増加している。

中国において日系企業が多数進出する地域では、オフショア開発をはじめ、両国の目的・利害が一致して、共進的に発展してきた。この関係は、日本をはじめとした対外技術導入・学習により、中国の高い成長を達成する要因のひとつとなっている（図8）。

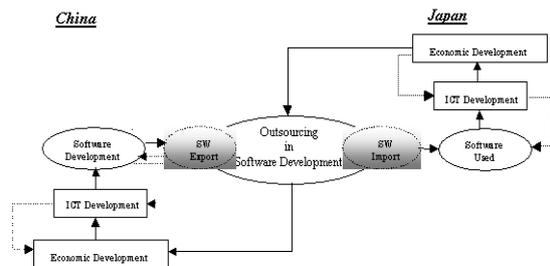


図8. 日中企業ITアウトソーシングによる共進的發展構造。

以上の関係をモデル化した、経済レベル、

IT の潜在成長力および IT の発展状況の共進関係は図 9 に示される。

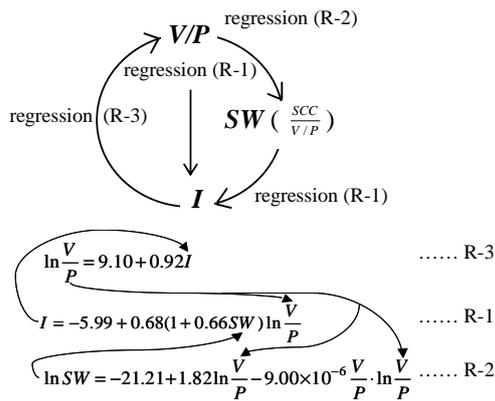


図 9. 経済レベル, IT の潜在成長力および IT の発展状況の共進関係。

中国における地域別ソフトウェアパークは表 2 にまとめられる。

表 2 中国メインソフトウェアパークの比較

	Sales revenue (Yuan billion)			Export (\$ million)			Number of firms			Total employees (thousand)		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005	2003	2004	2005
Beijing*	3.07	9.18	15.00	29.30	35.00	-	120	217	300	7.8	13.6	30.0
Shanghai	4.00	5.00	6.00	20.00	50.00	70.00	228	223	-	6.0	9.0	-
Dalian	2.40	4.50	5.00	80.00	200.00	300.00	173	230	267	6.0	20.0	25.0
Xian	1.98	2.80	4.0	23.04	31.00	-	359	400	420	14.1	16.0	20.0

大連は他と比較して決して経済規模が大きいわけではないが、海岸沿いであることから地勢的に優れており、外国企業との関係がとりわけ緊密である(表 3)。

表 3 大連ハイテクパークにおける中国国内外企業 (2005-2007)

Number of firms/Year	2005	2006	2007
Chinese firms	159 (60%)	211 (58%)	227 (58%)
Foreign firms (including global 500 corporations)	108 (40%) (22)	153 (42%) (27)	165 (42%) (33)
Total	267	364	392

こうした大連地域の地域内国内外企業の共進的發展関係は図 10 のように示される。

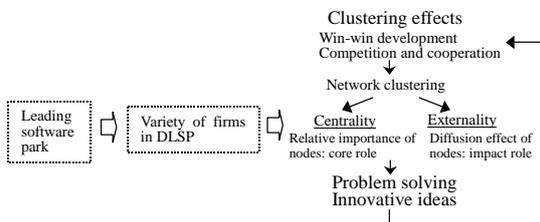


図 10. 地域内国内外企業の共進的發展関係

以上の関係を評価するフレームワークは図 11 に示される。この図 11 のフレームワークおよび SWOT(strengths (S), weaknesses (W), opportunities (O) and threats (T)) 分析により大連の企業の経済システムを評価した。

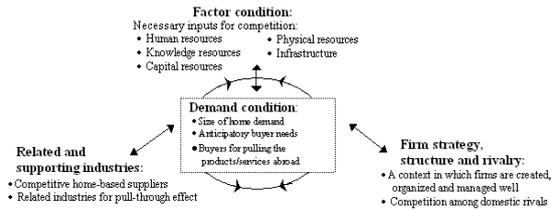


図 11. 地域企業の競争力評価のフレームワーク。

これらの結果、大連においては産業クラスターを構成することにより、潜在的なスピルオーバー効果を有効に活用し、それらを産官学の連携により規格化、システム化していることが伺えた。これらの効果は、日中の IT およびそれに誘発された製造業の進化発展という、IT と製造業の共進的發展軌道の形成を可能としている。

国別共進的内生化特性・属性の変容

以上の中国・大連の事例をもとに、先進国・新興国および発展途上国間の共進化構造への発展を目途に、それらの国の異質性・同質性について確認する。

先進国(日本および欧米先進国)、新興国(BRICS)、東南アジア諸国(ASEAN 諸国)および新進アフリカ諸国(GDP 上位 10 カ国)の社会経済状況の同質性・異質性の比較として、a) 経済(一人当たり GDP, GDP 成長率)、b) 教育(識字率、公的な教育費)、c) IT インフラ(IT インフラ整備率、インターネット利用者数、政府の効率性)、d) 技術(研究開発費)のデータを用いて主成分分析を行い、2つの主成分から構成される散布図を作成した結果は図 12 に示される。

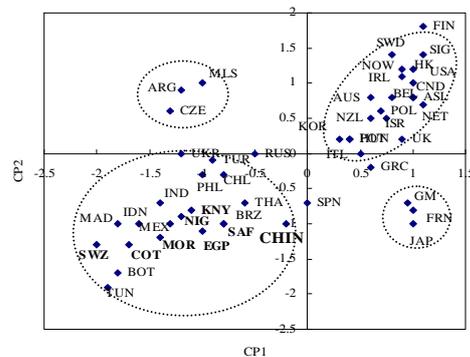


図 12. 主成分分析による各国集合体構造 (2004-2008 平均)。

CP1: 技術・経済競争力指標; CP2: IT インフラを含む政府の効率性指標

以上より、新進アフリカ諸国の社会経済環境は、東南アジア諸国のそれに比して、大きく劣るわけではないことが観察される。近年の国内市場販売の強化に向けた生産・販売効率の高度化および技術力の向上・高付加価値化が課題となっているグローバルな競争環境下では、中国進出の方策がベンチマークのひとつになる可能性を有することが伺える。

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)
〔 雑誌論文 〕 (計 23 件)

- [1] C. Watanabe, G. Kanno and Y. Tou, “Inside the Learning Dynamism Inducing the Resonance between Innovation and High-demand Consumption: A Case of Japan’s High-functional Mobile Phones,” Technological Forecasting and Social Change (2012) in print. [査読有。以下すべて同様]
- [2] C. Watanabe, W. Zhao and M. Nasuno, “Resonance between Innovation and Consumers: Suggestions to Emerging Market Customers,” Journal of Technology Management for Growing Economies 3, No. 1 (2011) 7-31.
- [3] M. Chew, C. Watanabe and Y. Tou, “The Challenges in Singapore NEWater Development: Co-evolutionary Development for Innovation and Industry Evolution,” Technology in Society 33, No. 3 (2011) 200-211.
- [4] M. Chew, C. Watanabe and Y. Tou, “Vibrant Eco-system Creation for Sustainability: A Lesson from Singapore’s Water Industry,” Journal of Technology Management for Growing Economies 2, No. 1 (2011) 61-87.
- [5] K. Fukuda, W. Zhao and C. Watanabe, “Dual Hybrid Management of Technology: Co-evolution with Growing Economies,” Journal of Technology Management for Growing Economies 2, No. 1 (2011) 9-26.
- [6] C. Watanabe, J.H. Shin, J. Heikkinen, W. Zhao and C. Griffy-Brown, “New Functionality Development through Follower Substitution for a Leader in Open Innovation,” Technological Forecasting and Social Change 78, No.1 (2011) 116-131.
- [7] T. Saiki, T. Takahashi, J.H. Shin, C. Watanabe, Y. Tou and N. Ouchi, “Global Coevolution as a Source of a High-profits Resilient Structure: A Lesson from Shin-Etsu Chemical,” International Journal of Society Systems Science 2, No. 1 (2010) 63-83.
- [8] 藤祐司、永松陽明、“日本の電機企業における研究開発の多様性と収益構造との関係分析,”日本経営システム学会誌 27, No. 2 (2010) 63-69.
- [9] 永松陽明、藤祐司、“日本電気機械企業における技術の多角化動向の検証,”日本経営システム学会誌 27, No. 2 (2010) 19-26.
- [10] M. Chew, C. Watanabe and Y. Tou, “Technology Leapfrogging Findings from

Singapore’s Water Industry,” Journal of Technology Management for Growing Economies 1, No. 2 (2010) 29-47.

- [11] W. Zhao and C. Watanabe, “Risk Management in Software Outsourcing: A Portfolio Analysis of India’s Case based on Software Export Market Constitution,” Journal of Services Research 10, No. 1 (2010) 143-155.
- [12] T. Takahashi, T. Saiki, J.H. Shin, N. Ouchi, C. Watanabe and Y. Tou, “Effective Assimilation of Intra-technology Spillover as a Key to Sustainable Functionality: Comparative Analysis of Copying Machine Development in Canon and Ricoh,” Journal of Advances in Management Research 6, No. 1 (2009) 27-40.
- [13] C. Watanabe, S. Yamauchi, J.H. Shin and Y. Tou, “Fusing East and West for High-profitable Resilient Structure in Mega-competition: A Lesson from Shin-Etsu Chemical’s Global Co-evolution Strategy,” Journal of Services Research 9, No. 2 (2009) 123-151.
- [14] N. Ouchi, T. Takahashi, T. Saiki, C. Watanabe and Y. Tou, “Timing of the Initial Functionality Development as a Key to Sustainable Functionality: Comparative Analysis of Copying Machine Development in Canon and Ricoh,” Journal of Advances in Management Research 5, No. 2 (2009) 42-55.

〔 図書 〕 (計 2 件)

- [1] C. Watanabe, Springer, “Managing Innovation in Japan: The Role Institutions Play in Helping or Hindering How Companies Develop Technology,” 2009, 247.
- [2] M.V. Geenhuizen and C. Watanabe, Springer, “Technological Innovation Across Nations: Applied Studies of Co-evolutionary Developments,” 2009, 216.

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

藤 祐司 (TOU YUJI)

東京工業大学・大学院社会理工学研究科・特任准教授

研究者番号 : 2 0 4 0 1 5 5 7

(2) 研究分担者

渡辺 千仍 (WATANABE CHIHIRO)

東京成徳大学・経営学部・教授

研究者番号 : 6 0 2 2 0 9 0 1