

Title	技術経営戦略としての技術スピルオーバーの実証研究
Author(s)	中川, 正広; 渡辺, 千仞
Citation	年次学術大会講演要旨集, 24: 611-614
Issue Date	2009-10-24
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/8706
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

技術経営戦略としての技術スピルオーバーの実証研究

○中川 正広（科学技術振興機構）、渡辺 千仞（東京成徳大学）

1. 序：知的資本の蓄積とスピルオーバー

企業における技術開発の蓄積は、知的資本として企業の業績や経済成長に大きな役割を果たしている。Solow は、1909 年から 1949 年までの米国の経済成長を実証分析し、この間の生産性向上の 87.5%が技術進歩に起因することを示した [1]。Kennedy は技術が資本や労働の代替となり、長期的には技術イノベーションがその比率の均衡点を定めることを明らかにした [2]。また、Griliches は、ある時点での知的資本は、陳腐化とタイムラグを考慮した過去の技術開発投資の総計から推計されることを示した [3]。技術スピルオーバーについても多くの研究がなされており、Jaffe は企業の特許、利益と市場価値の実証分析からイノベーションには技術スピルオーバーの効果も大きいことを示した [4]。Bernstein らは産業内の企業間スピルオーバーは研究開発投資および物的投資を減少させる効果があるとしている [5]。このほかにも Goto ら、Nakanishi、Ornaghi は技術スピルオーバーの知的資本や経済への効果を示している [6] [7] [8]。また、Hur ら、Watanabe らはスピルオーバーで獲得した技術の同化能力の重要性とその役割を示している [9] [10] [11]。

技術経営の視点から見れば知的資本は、量と出所だけでなく活用のための戦略も重要である。Nakagawa らは、1980 年から 2000 年代初頭の材料技術のスピルオーバーについて組織と技術領域の 2 面で分類した分析を行い、この期間にスピルオーバーは組織の面でも技術領域の面でも拡大しことを示した [12] [13] [14]。これらの研究は、技術スピルオーバー構造の変化をパラダイム変化の結果として起こった事象として扱っているが、本研究では、むしろパラダイムに適応しようとする技術経営戦略のダイナミックな変化として捉える。これは、パラダイム適応過程において必然的に生じるバイアスの是正そのものであり、Kennedy [2] の bias induced innovation の考えと符合する。

本研究では、20 世紀最後の転換点であった 1991 年（バブル経済崩壊）と 21 世紀最初の転換点 2001 年（IT バブル崩壊）を挟んだ期間について戦略の変化を実証的に分析する。Nakagawa らは、このような変化に翻弄された代表的業種である非鉄金属工業に注目して、その代表的企業たる

住友電工の 1980 年から 2004 年までの全特許出願を事業部門別に分類し、事業部門別の技術ストックを推計したⁱ [14]。図 1 に、特許出願件数から推定した事業部門別の技術ストックを示す。

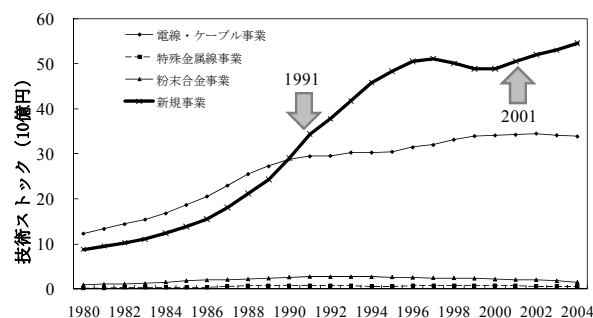


図 1. 事業部門別住友電工の技術ストックの推移 (1980-2004)。([14] より一部改変)

図 1 は、1991 年と 2001 年に明瞭な転換点を示している。前者は IT 技術を核とする新規事業の技術ストックが従来からの電線・ケーブル事業を追い越した時点、後者は 1990 年代後半に低下した新規事業の技術ストックが上昇に転じた時点である。このように技術資本の蓄積は、パラダイム変化の影響を大きく受けていることがわかる。

2. 仮説：スピルオーバー戦略とパラダイム変化

技術スピルオーバーが技術経営上の戦略として採用されたものとすれば、企業はそれぞれの時代区分のパラダイムに最も適応した戦略を意図していたと考えられる。工業化社会、情報化社会、ポスト情報化社会の特性を考慮して次の 3 つの仮説を置く。

1. 1980 年-1990 年：工業化社会で製造技術が企業の競争力の源泉であるため、企業は自社での技術開発に努力し、外部へのスピルオーバーを防ぐ戦略をとる。
2. 1991 年-2000 年：情報化社会となり、競争力は製造技術よりは情報技術の活用に依存する。経済低迷による研究開発費の選択と集中を補う意味もあって企業間の提携による技術スピルオーバーを積極的に利用する戦略をとる。

3. 2001 年-2007 年ⁱⁱ：企業は第 2 期、第 3 期科学技術基本計画の支援やオープンイノベーションの機運に助けられ、外部の多様な知識を経営に活用する戦略をとる。これは、Pralhad & Krishnan [15] が、近著 The new age of innovation で、グローバル資源の活用の重要性を示していることとも合致している。

3. 分析方法：技術スピルオーバー戦略の分析

特許出願件数は知的資本の生産関数としてあらわされるが [14]、技術進歩そのものというよりは、一つ一つの技術進歩の足跡である。特許出願の明細書は、技術内容のほか発明者と所属機関、発明の時期（出願日）などが記載された技術開発の詳細な記録である。関連する多数の特許を技術内容で分類・比較することで技術イノベーションの足跡をたどることができる。この点は出願段階のものも登録された特許も同様であるが、出願段階のものはサンプル数が多い上に新規性の小さい発明（歩幅の小さい足跡）も含まれ、特許相互の関連を把握しやすい利点がある。

本研究では、化合物半導体の技術開発に焦点を置いた。なぜなら、化合物半導体材料は情報通信の基盤となる技術としてサービス技術や情報技術と同様に現代を特徴づける技術である。なかでも、GaAs は光通信や携帯電話などの情報通信機器や、CD、DVD プレイヤーなどの情報家電に普遍的に使われ、生活にかかせない材料である。また、情報化社会になる前から研究されており、工業化社会、情報化社会、ポスト情報化社会の 3 つのパラダイムを経験している。その上無償公開されることが多いソフトウェア技術と異なり、ほとんど必ず特許出願されるという利点がある。

そこで、分析対象を、主要材料である GaAs の最大手メーカー住友電工から出願された化合物半導体の特許に絞った。まず、1980 年から 2007 年までに住友電工から出願された化合物半導体材料の特許出願 1,104 件について明細書进行分析し、出願番号、出願年月、発明者、扱われている主要な材料、発明者と出願者をリストアップした。

ついで、パラダイムの重要な転換点 1991 年と 2001 年で分析対象期間を分割し、主としてそれぞれの分析対象期間 (1980-1990, 1991-2000, 2001-2007) で最も特許出願の最も多い材料について発明者と技術内容をトレースすることでスピルオーバーの経路を追った。

4. 分析結果：技術スピルオーバー戦略の変遷

表 1 に、各分析対象期間の材料別の 1 年あたり特許出願数を示す。

表 1 主要材料毎の 1 年あたり特許出願数

	1980-1990	1991-2000	2001-2007
GaAs	34.4	9.2 (-0.73)	8.4 (-0.08)
ZnSe	0.7	7.2 (8.90)	2.0 (-0.72)
GaN	0.0	0.8	25.0 (30.25)

括弧内は先行期間に対する増加率(%)

表 1 に示すように、1980 年から 1990 年の期間では GaAs、1991 年から 2000 年の期間では ZnSe、2001 年から 2007 年では GaN（窒化物半導体）が主要な材料であることがわかるので、これらの材料を中心に分析を行った。

4.1. 1980 年-1990 年の技術スピルオーバー戦略

1980 年から 1990 年の期間に GaAs 材料の特許は、外部企業との共同出願が行われていないⁱⁱⁱ。この期間の GaAs 材料の特許出願 318 件を詳細に検討すると、GaAs で発明された技術が短期間のうちに InP, GaSb, GaP, InAs, CdTe, InGaAs, AlGaAs という性質の類似した材料の開発にスピルオーバーしていることがわかる。とくに、IC 用 GaAs 基板(1985)、IC 用長尺 GaAs 基板(1988)および高品質 InP 基板(1989)を生み出した VCZ 法^{iv}という技術について詳細に分析すると、特定の研究者がほぼ同時に GaAs, InAs, InP, GaP, CdTe の 5 種類の材料について VCZ 法を適用することで、技術を普及しながら開発していることがわかる。図 2 には、5 種類の材料に最初に適用された特許出願と、技術が適用された製品を示す。

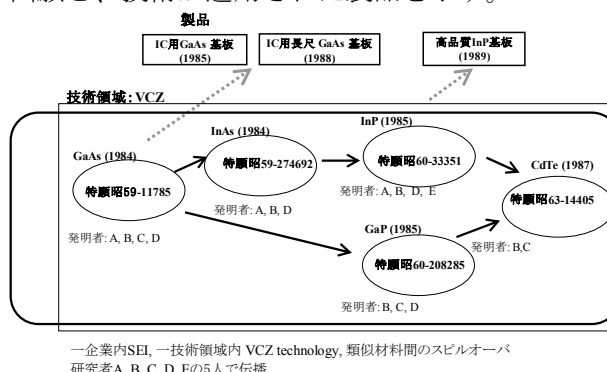


図 2. VCZ 技術の材料間のスピルオーバー。

これは、GaAs について開発された特定の技術が、特定の研究者によって類似した性質の他の材料に適用されたことを示している。1989 年に発売された高品質 InP 基板は IC 用 GaAs 技術からの企業内・技術内スピルオーバーの成功例といえる。したがって、仮説 1 は確認された。

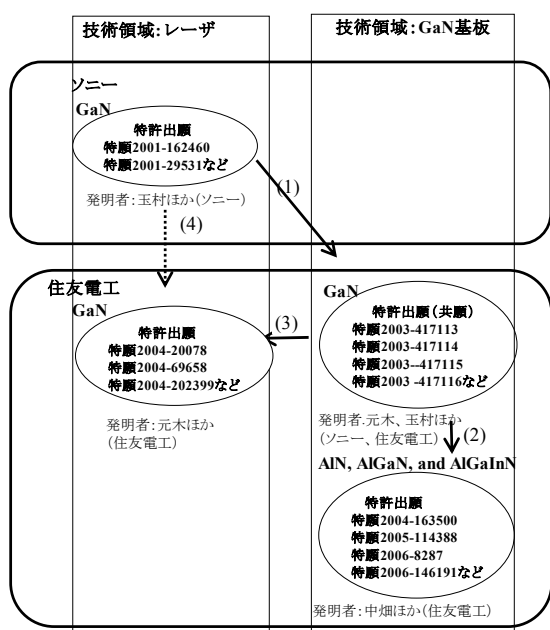
4.2. 1990 年-2000 年の技術スピルオーバー戦略

1991 年から 2000 年の間に研究された ZnSe は、現在は製品として販売されていない。ZnSe に関する特許出願は、1980 年代の GaAs と同様に外部企

業との共同出願がなく、スピルオーバーは社内に限られている。いいかえれば、技術経営の戦略は自社内での技術開発を指向していたといえることができる。これは仮説2に反している。

4.3. 2001 年以降の技術スピルオーバー戦略

2001 年以降に開発された GaN に関わる主要製品は DVD レーザ用 GaN 基板(2003)である。この時期の特許出願の特徴は、外部企業との共同出願が多いことである。住友電工は 2001 年から 2003 年の 3 年間に集中してソニーと 11 件、シャープと 7 件の共同出願を行っている。図 3 に、ソニーとの共同出願を含めた特許出願の技術的なスピルオーバーの関係を示す。



- (1) ソニーから住友電工、レーザ技術から基板技術への企業間・技術間スピルオーバー
(2) 住友電工内、基板技術内の企業内・技術内スピルオーバー
(企業間・技術間スピルオーバー(1)によって誘発)
(3) 住友電工内、基板技術からレーザ技術への企業内・技術間スピルオーバー、
(4) ソニーから住友電工へのレーザ技術の企業間・技術内スピルオーバー
(企業間・技術間スピルオーバー(1)と企業内・技術間スピルオーバー(3)の合成)

図 3. GaN 基板技術のスピルオーバー。

図 3 では、ソニーとの共同出願特許を起点にして企業間・技術間スピルオーバー (1)、企業内・技術内スピルオーバー (2)、企業内・技術内スピルオーバー (3) そして (1) と (3) の合成として企業間・技術内スピルオーバー (4) が確認され、技術スピルオーバーの経路も 2000 年以前に比べて複雑になっている。DVD レーザ用 GaN 基板は異種産業の企業が異種の技術を融合して成功した例である。したがって仮説 3 は確認された。

5. 技術経営戦略としてのスピルオーバー

結果を簡単に整理すると、1980 年から 1990 年

の期間には自社開発による閉じたスピルオーバー戦略が採用され、図 1 に示すように新規事業に対する知的資本の蓄積が積極的に行われた。広田は、住友電工の研究開発が成功した要因として企業内ベンチャー制度など起業家精神を鼓舞する制度と企業風土の存在を証明しているが [16] [17]、これらは工業化社会に適応した技術戦略であったといえることができる。

1991 年から 2000 年の期間には、企業間の提携が認められず、仮説 2 は否定されたが、このことはさらに検討する必要がある。仮説 2 が否定された要因は、旧来のシステムに拘泥する組織の慣性とされている [12]。このほかに技術ストック低下の要因としては、技術開発から製品発売までの期間の長期化が考えられる。表 2 に 1980 年代、90 年代、2000 年代初頭の新製品と、技術開発の初期の特許出願を示す。

表 2 主要製品の最初特許出願と販売の時期

商品	最初の特許出願	販売
GaAs IC 用基板	特願昭 57-154334 (1982)	1985
ダイヤモンド SAW フィルタ	特願昭 62-220937 (1987)	1999
GaN レーザ用基板	特願平 10-171276 (1998)	2003

もちろん研究開発だけで商品化はできないし、ここにあげた例だけで断定できるものではないが、表 2 は 1990 年代には 1980 年代に比べて研究開発の期間が長期化した可能性を示している。

いっぽう、他社の例で、仮説 2 が成立する例も存在する。Watanabe ら [11]、Matsumoto ら [18] はキヤノンのプリンター開発のダイナミズムを詳細に分析し、キヤノンが外部の PC メーカーの技術開発と市場開発を活用して成功したことを示した。

この例と比較すると 1991 年から 2000 年までの 10 年は、研究開発の企業戦略に沿った変革が求められたこともあって [19]、企業ごとに技術経営戦略に差異が現れ、それが開発期間や利益にも反映した時代であるといえることができる。

2001 年以降には、第 2 期、第 3 期科学技術基本計画等の産官学の間の知識のスピルオーバーを誘発する科学技術政策が採られた。企業の戦略も外部資源を積極的に活用して、イノベーションを目指すようになった。図 3 から、企業間・技術間のスピルオーバー (1) が企業内・技術内スピルオーバー (2) を誘発していることがわかるが、これは 2 種の異なるスピルオーバーの相互誘発を示唆している [13] [14]。

6. 結論：技術スピルオーバーの変遷と展望

6.1. スピルオーバー戦略についての新たな知見

本分析によって得られた知見は：

1980年代には製造技術を競争力の源泉として秘匿し、企業内で生まれた知的資本を企業内で活用する戦略が成功した。

1990年代にはいち早く外部の知的資本を活用するか企業内の活用拘泥するかの戦略の相違が成長の明暗をわけた。

2000年代にはいってイノベーションを生態系として捉え、多様な機関の間で知識の相互活用が企画・実行された。

これらの知見は、スピルオーバーの範囲が時とともに範囲を拡大してきたことを示している。

6.2. イノベータのための政策含意

これまで、技術スピルオーバーの範囲が時代の変化とともに拡大してきたことを考えれば、今後は、より多様で広範な知識が求められるようになると考えられる。企業一社だけでできることは限られており、イノベーションにはますます多様なパートナーの参加によって、多様な知識のやりとりが不可欠となる。

知識の獲得と社内技術との融合、そして社外での普及・活用は内部での知識創造と同様に重要である。このためには外部知識の獲得と内生性、内部での知識創造、外部への知識普及の三要素を循環的に共進させる技術経営が期待される。

これまで、企業の技術開発は、研究開発部門独自の方針によるものから、企業戦略に従うものへと変化してきた。これからは、技術や企業という限られた範囲だけでなく、産官学連携はもとより、より広く市場や社会の知的資本を活用するスピルオーバー戦略が求められる。

参考文献

1. Solow, R.M. (1957). Technical change and the aggregate production function. *The Review of Economics and Statistics*, 39 (3), 312-320.
2. Kennedy, C. (1964). Induced bias in innovation and the theory of distribution. *The Economic Journal*, 74 (295), 541-547.
3. Griliches, Z. (1979). Issues in assessing the contribution of R&D to productivity growth. *Bell Journal of Economics*, 10, 92-116.
4. Jaffe, A.B. (1986). Technological opportunity and spillovers of R&D: Evidence from firm's patents, profits and market value. *American Economic Review*, 76 (5), 984-1001.
5. Bernstein, J.I. and Nadiri, M.I. (1989). Research and development and intra-industry spillovers: an empirical application of dynamic duality. *Review of Economic Studies*, 56, 249-269.
6. Goto, A., & Suzuki, K. (1989). 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.
7. Nakanishi, Y. (2002). Empirical evidence of inter-industry R&D spillover in Japan. *Journal of Economic Research*, 7, 91-104.
8. Ornaghi, C. (2006). Spillovers in product and process innovation: Evidence from manufacturing firms. *International Journal of Industrial Organization*, 24, 349-380.
9. Hur, K.I., & Watanabe, C. (2001). Unintentional technology spillover between two sectors: Kinetic approach. *Technovation*, 21, 227-235.
10. Watanabe, C., Takayama, M., Nagamatsu, A., & Tagami, T. (2002). Technology spillover as a complement for high-level R&D intensity in the pharmaceutical industry. *Technovation*, 22, 245-258.
11. Watanabe, C., & Ane, B.K. (2003). Coevolution of manufacturing and service industry functions. *Journal of Services Research*, 3 (1), 101-118.
12. Nakagawa, M., & Watanabe, C. (2007). Moving beyond organizational inertia as a survival strategy for resource-based industry in a service-oriented economy: Lessons from cross-sector technology spillover in the nonferrous metal industry. *Journal of Services Research*, 7 (1), 7-35.
13. Nakagawa, M., & Watanabe, C. (2008, October). A driver for materials technology innovation: Changes in technology spillover structure in Japan's nonferrous metal industry. Paper presented at 1st International Conference on Technology Management, Tokyo, Japan, 25-30.
14. Nakagawa, M., Watanabe, C., & Griffy-Brown, C. (2009). Changes in the technology spillover structure due to economic paradigm shifts: A driver of the economic revival in Japan's material industry beyond the year 2000. *Technovation*, 29, 5-22.
15. Prahalad, C.K., & Krishnan, M.S. (2008). *The new age of innovation: Driving cocreated value through global networks*. New York, NY: McGraw-Hill Companies, Inc.
16. 田田俊郎. (1994). 住友電気工業株式会社の研究開発システム. 関西大学商学論集, 38 (6), 917-941.
17. 田田俊郎. (1995). 企業内ベンチャーにおける新規事業創造—住友電工化合物半導体の事例—. 関西大学商学論集, 40 (4, 5), 589-610.
18. Matsumoto, M., Ouchi, N., Watanabe, C., & Griffy-Brown, C. (2002). Optimal timing of the development of innovative goods with generation – an empirical analysis focusing on Canon's printer series. *Technovation*, 22, 175-185.
19. Rousel, A.R., Saad, K.N., & Erickson, T.J. (1991). *Third generation R&D*. Boston, MA: Harvard Business School Press.

ⁱ Nakagawaらは事業部門別の技術ストックは次のように推計した [14]。1980年から2004年までの住友電工全体の毎年の特許出願件数を P 、研究開発投資を R とすると生産関数は

$$\ln P = -0.56 + 0.84 \ln R - 0.05 D_1 \ln R + 0.16 D_2, \text{ adj. } R^2 = 0.906, DW = 2.27$$

$$D_1 = 1/(1 + e^{-(0.71t)}), \quad t = 0 \text{ at } 1991$$

D : Dummy Variable (1983, 1985, 1991, 2002, 2004=1, other years=0)

の関係がなりたつ。研究開発費 R はこの逆関数として P の関数として表され

$$R = AP^B$$

ただし

$$A = e^{((0.56 - 0.16D_2) / (0.84 - 0.05D_1))}$$

$$B = 1/(0.84 - 0.05D_1)$$

これを4つの事業分野 $j=1, 2, 3, 4$ について

$$A_j \equiv a_j A, \quad P = \sum_{j=1,2,3,4} P_j, \quad R = \sum_{j=1,2,3,4} R_j \text{ とすると各事業分}$$

野ごとの研究開発費 R_j が推計できる。電線ケーブル($j=1$)特殊金属線($j=2$)、粉末合金($j=3$)、新規事業($j=4$)の各分野について

$a_1 = 1.6, a_2 = 1.0, a_3 = 0.6, a_4 = 1.2$ が得られる。

ⁱⁱ ITバブル崩壊から金融危機(2001年-2008年)の期間とするのが適当と考えられるが、特許の出願から公開まで18カ月の時間遅れがあるため、現段階でデータが入手できる2007年までを分析期間とした。

ⁱⁱⁱ 厳密に言えば、日本電信電話と共同出願が行われているが、公共的な性格の強い企業なので、基礎研究の範疇にはいる技術であり、本研究では企業間の技術スピルオーバーとしては扱わない。

^{iv} VCZ法: 住友電工で開発された化合物半導体製造技術の一つ。詳細は省略する。