2008－EIP－42　(3)
2008／11／29

MEMS 分野における異分野技術融合度合いの差異による，日本及び欧州における研究開発の特性比較分析研究

細矢淳，坂田淳一，鈴木勝博
早大国際情報通信研究センター

要旨

本論文は，先端技術分野における研究開発に係る投資リスクを軽減させる一つの手法として，研究開発の踏査段階から開発段階への移行時期を，発明中の異分野技術の融合度合いの変化により明示する方法について実施した研究結果を報告するものである．研究の実施にでは，特許出願データ（公開公報）を研究開発成果として捉え，データに付与される国際技術分類コード（以降，IPC コード）を用い分析を行っている．今回の研究の対象とした先端技術分野は， MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）と呼ばれる技術である．今回の結論として，ＭＥＭＳ分野における研究開発の黎明期（探査段階）と，製品リリースまでを視野に入れた収束期（開発段階後期）とを比較すれば，後者に関する特許群よりも前者の方に，相対的に広い技術分野を含んでいることが明らかになっている．

Comparative Research in the MEMS Field: Analysis of the Japanese and European R&D Characteristics by the Integration Degree of Technologies from Different Fields

Jun HOSOYA　Junichi SAKATA　Katsuhiro SUZUKI
The Global Information Telecommunication Institute Waseda University

Abstract

In order to reduce investment risks associated with research and development (R&D) in the area of advanced technologies, this paper presents the results on an analytical method used to clarify the R&D phases of inventions, from their exploratory to development stages, by measuring the degree of integration amongst technologies of different fields. Using IPC codes from each patent data, the analytical approach of this paper categorizes inventions depending upon “the degree of integration amongst different technological areas”. This paper focuses on Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS), a promising cutting-edge technological field due to its wide range of applications.

1. 研究実施の背景

先端技術分野の研究開発では,発明が得られる保証の度合いは高いとは言えず，常に投資リスクが伴っている． Baumol (2002)も，研究開発への投資は企業にとって競争力強化の武器を得る機会になるが，同様に，相当程度のリスクを負うことになると述べている．しかも仮に，研究開発において発明が得られても,それらが,有力な製品に用いられ,社会に普及し,研究開発実施企業に還元される保証の度合は,やはり高いとは言えない．このようなリスクの存在を理解しても，市場でディファクトスタンダートとなり，イノベーションを興す可能性が高い製品をなす技術を生み出すことは，企業競争力強化には必要であり，一般的にも，企業の将来戦略において重要であるとの認識が得られている（Kester, 2000）．このため，研究開発のリスクを軽減する方策を検討することは，企業にとって有意義なことだと考えられる．その手段の一つとして，研究開発実施の過程において得られた発明を特許として権利化することが挙げられる．Robertson (1995)は，これによって,後発企業の新技術分野の参入を防ぐことが可能になっており，加えて，複数の研究者が，特許を中心とした無形の技術資産を有することによって，企業にとって事業を拡大させるためのきっかけになるとしている(Lev, 2001, Rivette & Kline.2000)．また，不幸にも有力な製品に用いられず，やむなく新技術分野からの撤退を余儀なくされたとしても，権利化した知財を他社に有償譲渡，もしくはライセンスすることが可能であり，研究開発投資をある程度回収できる機会を得ることになる(Cooper 2000)．しかしながら，特許の出願や審査，維持には相当の費用が

必要となるため，やはり，効率的な研究開発の実践と戦略的な知財の権利化が強く望まれる．そのためは，先端技術が用いられるアプリケーションの出現をいち早く想定・察知し，研究開発の方向を，具体的なアプリケーションに向けて転換させて行くことが重要である．Kodama (1995) は，近年の先端技術のイノベーションでは，異分野技術の技術融合によって技術革新が起き，それらは，「探査段階」の研究から「開発段階」研究に移行して行くとしている．研究開発のリスクを低減するためには，探査段階における研究成果をいち早く特許出願して権利化することが理想的であり，加えて，競合企業に先んじて．市場でディファクトスタンダードとなる新規製品を想定して開発，改良のための発展段階の研究に移行することが重要であるとの意を付け加えている．また，この2つの段階は，重なりなく綺麗に分けられるものではなく，時系列的に重なりあう場合があると述べている．

このように，先端技術分野の研究開発の投資リスクを低減するためには，探査段階から開発段階の移行期を見極め，いち早く発展段階の研究開発に推移すると同時に，仮に，自社の研究開発の成果が思わしくない場合は，研究を凍結することも必要な選択肢の1つと考える．Kodama (1995) の場合は，この移行について，研究開発投資と凍結率の関係を指数関数によって表し，計量分析を行っているが，著者らの研究グループでは，これとは異なる計量分析の手法により，研究開発フェイズにおける移行期を明らかにすることを今回試みている．

2. データとデータベース

本論文では，先端技術分野として，MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) を対象に分析を行っている．MEMS は，電子，光，化学などの技術をチップ上で集積させることが可能な技術であり，幅広いアプリケーションへの応用が期待されてきている．今回，当該技術を研究対象とした理由として，1990 年代中期の比較的早い段階から研究開発が盛んになり，すでに，インクジェットプリンタのヘッドなどのキラーアップリケーションが現れていること，また，新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の技術戦略マップ[1]にもあるように，未だ将来的に，更なる応用が期待されている技術分野であることが挙げられる．このため，研究開発の時系列的な変化を分析するには適した技術分野であると判断している．本研究では，MEMS 分野の特許公開公報データ (以降，公開データ) を，研究開発の成果と捉え，日本，欧州のデータとも，下記のテーブルを有するリレーショナルデータベース (以降，D.B.) に格納している．

表 2-1. リレーショナル D.B.テーブル一覧

テーブル名	主な項目
代理人テーブル	出願にともなう代理人番号，氏名
発明人テーブル	出願にともなう発明人番号，氏名
出願人テーブル	出願人の番号，住所
優先権主張テーブル	優先権に関する主張日，番号，対象国
IPC テーブル	出願書誌に付与される IPC 特許分類 (セクション，クラス等の階層別)
登録後 IPC テーブル	特許登録書誌に付与される IPC 特許分類 (セクション，クラス等の階層別)
特許書誌テーブル	出願書誌の出願および公開の番号と日付
登録後特許書誌テーブル	特許登録後の登録番号と日付

全ての特許データには，必ず国際特許分類コード (以降，IPC コード) が1つないしは2つ以上付与されている．IPC コードはそのデータを最も象徴的に表す技術を示す，「MAIN-IPC」と，これとは別の技術特性を表す「CO-IPC」に種別することができる．CO-IPC が付与されている場合は，言いかえれば，そのデータが複数の技術を併せ持つことを示していると言える．

今回の対象技術となる MEMS 分野の公開データを特定するため，D.B.に格納した日本と欧州の公開データの中から，MAIN-IPC が B81 の「マイクロ構造装置またはシステム」にあたるものを，2000 年から 2004 年 5 ヵ年に期間限定し，抽出している．公開データの抽出先を 2000 年から 2004 年に限定した理由として，日本，欧米ともに，公開データが，通常，出願後1年6ヶ月以上経過したものであることが挙げられる．2006 年，2007 年，2008 年の公開データは，この期間の公開データを全て網羅している可能性が低いため，この “タイムラグ” を考慮し，限定しているのである．

[1] NEDO 技術戦略マップ 2008→システム・新製造→□MEMS 分野参照

3. 研究の目的と実施方法

筆者らの分析実施の基本アプローチは，個々の特許データに付与された IPC コードを活用した「異分野技術の融合度合」の分類にある．先端技術分野における発明が，異なった分野の技術要素を含むケースを「MIX 型」，同一分野内の複数の技術要素のみを含むケースを「ONLY 型」，単一技術要素に立脚するケースを「MONO 型」と定義し，これら 3 種の出現比率を，産業，企業別に定量的測定を行なっている．本分析手法を用いてこれまで，「燃料電池」分野の公開データ（2004 年から 2005 年）を対象にし，同分野におけるドミナントな産業（自動車産業・電機産業）における，産業別・企業別の計量分析を実施している(2008 K.Suzuki , J.Sakata, J.Hosoya)．その結果として，産業別の技術的特徴に差異が現れたことを報告している．具体的には，自動車業界の発明には, MONO 型と呼ばれる単一技術要素内での発明比率が多かったのに対し，一方，電気産業には，ONLY 型と呼ぶ，燃料電池分野内の技術要素を複数有する発明比率が目立った．これは,電機産業に位置する企業が燃料電池技術を用いた広範なアプリケーションを意識し，探査段階から開発段階の研究開発を並行実施しているのに対し,自動車産業に位置する企業は，2010 年の燃料電池車実用化に向けた開発段階の研究開発比率が多いことに起因するのではないかと捉えている．当該研究では対象としたデータが 2 年間と限定されており，発明における異分野技術の統合度合いが，上記に想定したような時系列変化を起こすか，否かは明確にはなっていない．このため本研究では，2000 年から 2004 年の 5 年間の日欧データ対象に分析を行い，異分野技術の融合度合いによって，研究段階の変化を読み取ることが可能かについて研究を実施している．

4. 分析とディスカッション

本節では， IPC コード B81「マイクロ構造装置またはシステム」であらわされる分類クラスに属する MAIN-IPC をもつ特許を，分析対象データとしている．先述の「技術融合」タイプの概念をあてはめると，今回の分析において，(1)「MIX 型」（異分野技術融合型）の特許は，「B81」とは異なる技術分野の CO-IPC が，少なくとも 1 つ以上付与されているもの，(2) 「ONLY 型」（同一分野技術融合型）の特許は，すべての CO-IPC が「B81」に含まれるもの，(3)「MONO 型」（単一技術要素型）の特許は，MAIN-PC のみを持ち，CO-IPC が付与されていないもの，ということになる．以降，かような技術融合度の分類にもとづき，B81 分野における技術開発動向を種々の観点から探る．

はじめに，2000 年から 2004 年の 5 年間における，同分野の公開データ（特許出願）を示す（表 4-1, 4-2)．

表 4-1. 国内公開データ数（筆頭 IPC: B81）の推移（2000～2004） （単位：件）

(JP)	2000	2001	2002	2003	2004	計
MIX	136	112	171	172	145	736
ONLY	3	7	25	21	29	85
MONO	12	7	21	24	34	98
計	151	126	217	217	208	919

表 4-2. 欧州公開データ数（筆頭 IPC: B81）の推移（2000～2004） （単位：件）

(EP)	2000	2001	2002	2003	2004	計
MIX	20	51	77	80	87	315
ONLY	1	6	14	37	40	98
MONO	7	28	55	80	125	295
計	28	85	146	197	252	708

日本国内においては，2002 年に出願数が急増し，前年比 172% に達しているが，その後は毎年 200 件強で安定して推移をしている．一方，欧州においては，出願数は右肩上がりに急増しており，この 5 年間において実に 9 倍も出願数が増加している．日欧比較においては，2000 年には日本の出願数が欧州のそれを大きく上回っていたが，欧州における出願数急増の結果，2004 年には両者の関係が逆転している（表 4-3)．

表 4-3. 日欧の公開データ比較（筆頭 IPC: B81）（2000～2004）　（単位：件）

	2000	2001	2002	2003	2004	計
日本	151	126	217	217	208	919
欧州	28	85	146	197	252	708
日欧比率	539%	148%	149%	110%	83%	130%

また，技術融合タイプ別の出願数においては，日本国内では，のきなみ MIX 型の出願数の多さが目立つが，欧州においては，MIX 型とならんで MONO 型の出願数の多さが特徴的である．
また，この 5 年間における本分野における主要な出願企業は表 4-4 のとおりである．日本のトップ 10 企業の総出願数は 305 件であり，全出願数の 33% を占めているが，一方，欧州では 181 件，25% であり，いずれにしても上位 10 社の活発なアクティビティーがうかがえる．また，日本におけるトップ 3 企業は，ソニー・セイコーエプソン・ローベルトボッシュであり，いずれも 45 件～50 件程度のほぼ同規模の出願数となっているが，欧州ではトップ企業である Robert Bosch の出願数が 2 位以下（INIFINEON・ SAMUSNG）を大きく引き離し，1 社で全体出願件数の約 10% を占めていることは特徴的である．

表 4-4. B81 分野: 日欧の主要出願企業 （2000 年～2004 年累計）　（単位：件）

	社名	国内出願数
1	ソニー株式会社	50
2	セイコーエプソン株式会社	48
3	ローベルト　ボツシユ　ゲゼルシヤフト　ミツト　ベシユレンクテル　ハフツング	45
4	松下電工株式会社	32
5	キヤノン株式会社	30
6	株式会社リコー	25
7	三星電子株式会社	20
8	富士ゼロックス株式会社	20
9	株式会社ニコン	20
10	日本電信電話株式会社	15
計		919

	社名	欧州出願数
1	ROBERT BOSCH GMBH	70
2	INFINEON TECHNOLOGIES AG	18
3	SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.	17
4	HONEYWELL INTERNATIONAL INC.	14
5	GYROS AB	11
6	SILVERBROOK RESEARCH PTY. LIMITED	11
7	3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY	10
8	COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE	10
9	SONY CORPORATION	10
10	XEROX CORPORATION	10
計		731

さて，技術進展にともなう踏査段階から開発段階への移行シーケンスにおいて，技術融合の範囲は，通常，徐々にせまくなっていくものと考えられる．実際，ある技術分野における研究開発の黎明期（探査段階）と，製品のリリースまで視野に入れた収束期（開発段階後期）とを比較すれば，後者に関する特許群よりも前者のそれのほうが，相対的に広い技術分野にわたる発明を含んでいることが期待される．先述の技術融合タイプを用いれば，典型的な推移として「R&D の進展とともに MIX 型の特許は減少し，それにともなって，ONLY 型や MONO 型が増加し，最終的には MONO 型が支配的になっていく」というシナリオが考えられる．かような状況を分析するにあたっては，個々のタイプ別の公開数を検討することに加え，その構成比率の推移を調べることが有効だと考えられる．実際，年度によって公開数自体は変動するが，その中でそれぞれのタイプがどのように経年変化しているのか，あるいは，出願規模

が大きく異なる企業の R&D 状況を比較する場合等においては，構成比率のように規格化された変量はその特長をとらえやすい．とくに，一定数以上の特許が出願され，それがある程度継続しているケースにおいては，MIX 型・ONLY 型・MONO 型の構成比率の時系列的変動には，当該分野の技術進展度や，研究開発におけるステージがある程度反映されていることが期待される．

表 4-5． 国内公開データ（B81）：技術融合タイプ別 構成比率の推移（2000～2004）

	2000	2001	2002	2003	2004	計
MIX	90%	89%	79%	79%	70%	80%
ONLY	2%	6%	12%	10%	14%	9%
MONO	8%	6%	10%	11%	16%	11%
計	100%	100%	100%	100%	100%	100%

表 4-6． 欧州公開データ（B81）：技術融合タイプ別 構成比率の推移（2000～2004）

	2000	2001	2002	2003	2004	計
MIX	71%	60%	53%	41%	35%	44%
ONLY	4%	7%	10%	19%	16%	14%
MONO	25%	33%	38%	41%	50%	42%
計	100%	100%	100%	100%	100%	100%

表 4-5, 4-6 は，国内・欧州それぞれにおける技術融合タイプ別構成比率の年次推移である．まず，国内特許に関しては， 先述の考察のとおり，(1) MIX 型の比率は単調に減少，(2) ONLY 型の比率は単調に増加，(3) MONO 型の比率も単調に増加，という結果になっている．一方，欧州も日本と似ているが，ONLY 型の挙動がすこし異なっている．すなわち，(1) MIX 型の比率は単調に減少，(2) ONLY 型は，2003 年まで継続的に増加したのち，2004 年に減少に転換，(3) MONO 型は，日本と同様に単調増加，となっている．欧州においては，もともと MONO 型の比率が ONLY 型を上回っている点は興味深いが，どちらのタイプも増加傾向を示している点においては先述のシナリオと整合的である．

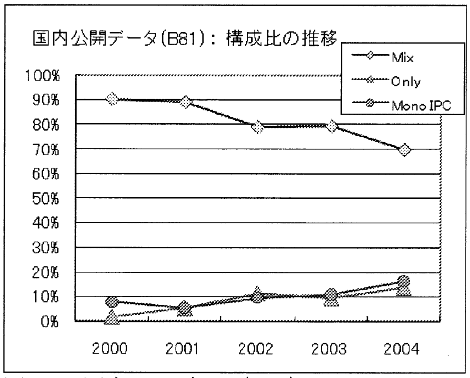

図 4-1．国内公開データ(B81)：
タイプ別構成比の推移

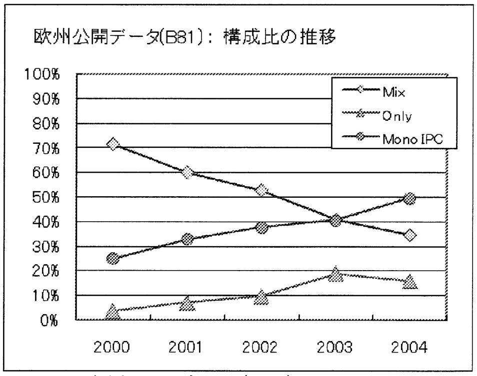

図 4-2．欧州公開データ(B81)：
タイプ別構成比の推移

この結果をグラフ化したものが図 4-1, 4-2 である．日本と欧州を比較すると，3 タイプの構成比率は大きく異なっており，欧州では MIX 型の優位性が 2003 年にくつがえされているが，日本ではまだその段階には至っていない．しかしながら，MIX 型・ONLY 型・MONO 型それぞれの経年変化傾向の類似性は顕著である．同様な傾向は，本分野（MEMS）のみではなく，他の技術分野においても見られており，たとえば，燃料電池分野（IPC コード：H01M8）においても，(1) MIX 型の単調減少，(2) ONLY 型の単調増加，(3) MONO 型の単調増加，という傾向がうかがえる（図 4-3）．

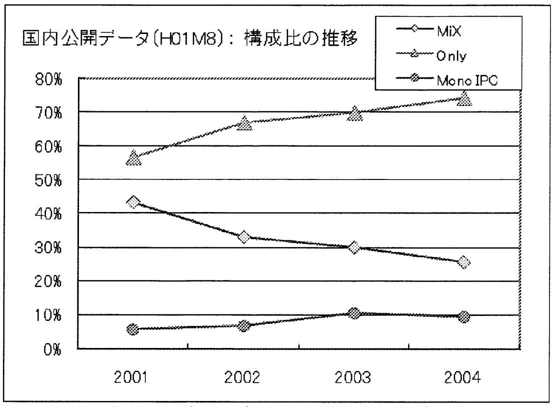

図 4-3. 国内公開データ(H01M8 燃料電池): タイプ別構成比の推移

5. サマリー

今回の筆者らの予備的研究においては，上記のように，特許データに付与される複数の IPC コードを利用した「技術融合タイプ」比率の導入により，その時系列推移に一定の普遍性が見出せそうであることがわかった.「踏査段階」から「開発段階」へと，オーバーラップしながら技術が進展していく過程において，異分野融合型の発明（MIX 型）は徐々に減少しゆき，同分野の複数技術融合型（ONLY 型）や単一技術要素型(MONO 型)が増加していく傾向が見出された. 仮に，かような傾向の普遍性がある程度確立され，また，さらに「ドミナント・デザインの出現」などの開発フェイズの転換点との関連性が更に明らかになれば，逆に，本分析が，技術分野の開発段階を特許データから把握するためのひとつの定量的手段となることが期待される.

かような定量的予測へ本分析を昇華させてゆくにあたり，MEMS 分野の技術を，更に FI2や ECLA3レベルにまで詳細に掘り下げ，技術融合タイプの出現比率の時系列変化と，それに相対する「研究開発費」や当該技術を用いた製品の「市場規模推移」など，特許書誌以外の外生データをもちいた複合分析研究の実施準備を行っている. また，本分析においては，各タイプの「時系列変化の傾向」にスポットをあてているが，MIX・ONLY・MONO の「構成比そのもの」にも何らか重要な情報が後隠しているものと思われ，今後検討が必要である. 実際，図 4-1, 4-2 に顕著なように，日欧の構成比そのものの違いはかなり大きく，とくに ONLY 型と MONO 型の関係性やその構成比の意味については，さらなるシナリオの精緻化と考察が必要である. 筆者らの研究グループにおいては，今後も継続して，技術進展度を定量把握に向けた継続研究を遂行していく予定である.

参考文献

Baumol, W., 2002 The Free-Market Innovation Machine: Analyzing the Growth Miracle of Capitalism.Princeton University Press.

Brockhoff, K., 1992 Instruments for patent data analysis in business firms. Technovation 12 (1), 41–58.

Cooper, R. and Merrill, S.A 1997, Industrial Research and Innovation Indicators: Report of a Workshop, Washington, National Academy Press, Washington, DC.

Ernst, H., 1998 Patent portfolios for strategic R&D planning.Journal of Engineering and Technology Management 15, 279–308.

Howells, J., James, A. and Malik, K. 2003, The sourcing of technological knowledge: distributed innovation processes and dynamic change. R&D Management, 33, 395–409.

---

[2] FI（File Index）は日本特許庁独自の分類記号で，IPC コード（原則最新版である第 8 版）を更に細かく展開した分類である.

[3] ECLA とは，日本独自の特許分類 FI と同様に，EPO(Europe Patent Organization)が独自の特許分類として付与している，IPC（原則最新版である第 8 版）を細分化した分類である.

Jaffe, A., 1986. Technological opportunity and spillovers of R&D: evidence from firm's patents, profits and market value. American Economic Review 76 (5), 986–1001.
Kester, W.C., 1984. Today's options for tomorrow's growth. Harvard Business Review 62, 153–160.
Lev, B. 2001, Intangibles. Management, Measurement, and Reporting, Brookings Institution Press, Washington, DC.
Kodama, F., 1995 Emerging Patterns of Innovation: Sources of Japan's Technological Edge Harvard Business School Pr; Reprint
Levin, R.C., Klevorick, A.K., Nelson, R.R., Winter, S.G., 1987.Appropriating the returns from industrial research and development.Brookings Pap. Econ. Activ. 3, 783–820.
Pavitt, K., 1988. Uses and abuses of patent statistics. In: Raan, A.F.J. v. (Ed.), Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology, Elsevier, Amsterdam, pp. 509–536.
Rivette, K.G. and Kline, D. 2000, Rembrandts in the Attic: Unlocking the Hidden Value of Patents, Harvard Business School Press, Boston, MA.
Robertson, T.S., Eliasburg, J. and Rymon, T. 1995, "New product announcement signals and incumbent reactions", Journal of Marketing, Vol. 59 No. 3, pp.1–15
Scherer, F., 1999. New Perspectives on Economics Growth and Technological Innovation. Brookings Institution Press, Washington, D.C.
Schumpeter, J. 1934 The Theory of Economic Development. An inquiry into Pro.ts, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle. Cambridge: Harvard University Press.
Suzuki, J., Kodama, F., 2004. Technological diversity of persistentinnovators in Japan. Two case studies of large Japanese firms.Research Policy 33, 531–549.
Suzuki, K., Sakata,J., Hosoya, J.,2008. Innovation Position: A Quantitative Analysis to Evaluate the Efficiency of Research & Development on the basis of Patent Data, IEEE Computer Society, System Science Group, The 41st HICSS Conferences.