

日本 MOT 学会による査読論文 (2011-6)

特許情報による共同研究開発の知識創造の役割に関する調査研究 —超 LSI 技術研究組合の事例研究—

A Study on the Role for the Knowledge Creation of a Joint R&D by Patent Information

— A Case Study on the Super LSI Technology Research Association —

小出 実 / 遠山 亮子
Minoru Koide / Ryoko Toyama

要 旨

いわゆる国プロと呼ばれる国費を投じた大規模研究開発プロジェクトは、現在その必要性や効果が問われている。本論文では、そのような議論に対する一考として、エレクトロニクス産業に大きなインパクトをもたらした超 LSI 技術研究組合を国プロの成功例として取り上げ、その知識創造活動を定量的に調査する。

ABSTRACT

The necessity and the effectiveness of the government-funded large national research and development projects are currently under question. This article examines the significance of such projects by analyzing the knowledge creation activity at Super LSI technology research association quantitatively, which is considered to have made a great impact to the development of Japanese electronics industry.

キーワード：組織間知識創造、共同研究開発、技術軌道分析、技術距離、知識焦点化

1. はじめに

日本の企業間の共同研究開発に関しては、技術革新や技術政策の観点などから、様々な調査研究が行われている。特に、「日本のアポロ計画」ともいわれ広く注目を集めた超 LSI 技術研究組合（以下超 LSI 研究組合と呼ぶ）は、日本企業の研究開発マネジメントの研究（榊原，1995）をはじめとして、数多くの研究者により取り上げられている。安藤（2009）が論じているように、超 LSI 研究組合は「和風コラボレーション」の原点であり、そこには大きなブレークスルーを生み出せる今日的なイノベーション政策のヒントがあるとも考えられている。しかし、参加企業や日本における技術革新にこの共同研究開発が果たした役割についての評価は、これまでの研究では必ずしも一定していない。

また、超 LSI 研究組合における知識創造活動に着目した研究としては、組織間知識創造に関する研究（野中・米山，1992）があげられるが、ここではコミュニ

ケーションの基盤作りや継続的な相互作用の「場」として超 LSI 研究組合の役割を論じており、知識創造の主体はあくまでも参加企業であり、超 LSI 研究組合自体ではない。そして、産業界に大きなインパクトを与えたとされる超 LSI 研究組合の知識創造活動とは具体的に何であったのか、何故そのようなインパクトを与えることができたのかは、定量的に実証されていない。

その原因として以下の2つが考えられる。第1には、これまで超 LSI 研究組合は参加企業の組織メンバーの集合として捉えられ、独立した組織として調査対象とは見なされてこなかったことである。第2には、共同研究開発の特許情報の内容に調査対象として信憑性等に疑問があり、定量調査を難しくしていたことである。（※1）

本論文では、参加企業同様、超 LSI 研究組合自体も知識創造の主体と捉え、共同研究開発においてどのような知識が創造され、その共同研究開発活動に参加した企業の研究開発に共同研究開発がどのような影響を与えているのかを、定量的に調査することを目的とす

るものである。具体的には、超 LSI 研究組合の発足から約 4 年間に出版された 1,000 件を超える特許情報およびその前後を含む 15 年間に参加企業により出版された特許情報をベースに、知識創造の視点から超 LSI 研究組合が参加企業の研究開発テーマに及ぼす効果を定量的に明らかにする。

本論文の構成は以下のとおりである。第 2 節で先行研究をレビューし、第 3 節ではリサーチクエスチョンを設定する。第 4 節で分析方法を提示し、第 5 節では分析結果とインプリケーションを述べる。

2. 先行研究

(1) 共同研究組合の役割

・共同研究組合の歴史

表 1 は産業別・年次別の技術研究組合の設立数を示したものである(後藤, 1993)。この調査では、共同研究開発を以下に示す 3 つに分類しているが、その比率は以下のとおりである。

- ①共同研究開発契約により研究開発費の分担や成果の取扱いを定めるもの：1,133 件のうち 94.4%
- ②共同出資によりジョイント・ベンチャーを設立するもの：0.3%
- ③鉱工業技術研究組合法(1961 年に制定)に基づく技術研究組合を設立するもの(※ 2)：5.5%

このうち③の技術研究組合は、総件数比率は低いものの、その組織や役割、機能には注目すべき点が多い。

技術研究組合は、イギリスの Research Association 制度にその起源がある。共同研究開発の遂行のために共同で取得した研究用機器の資産の管理、研究者のマネジメント、共同で生みだされた特許の管理、会計などを行うため、共同研究開発のための独自の明確な組織が効率的であるという認識が広まり、設立されるようになっていった。

表 1 に示すように、日本における技術研究組合は、1970 年代ではコンピュータ関連の組合が数多く設立されているのが特徴である。超 LSI 研究組合もそのうちの 1 つであり、1976 年に設立されている。1960 年代の貿易の自由化により、海外の大企業との競争に直面することとなった日本企業は、その技術水準を急速に引き上げる必要に迫られた。特にコンピュータ関

表 1 産業別・年次別技術研究組合設立数

	1961-65	1966-70	1971-75	1976-80	1981-85	1986-90	計
化学・石油精製	2		2	4	9		17
繊維	2				2	1	5
鉄鋼	3		2		1	2	8
非鉄金属・新素材	1		1		5		7
コンピューター・情報	1		9	3	2	1	16
一般機械・精密機械	1		2	3	5	3	14
輸送用機械			2	3		1	6
紙・パルプ					1		1
その他	2		1	2	8	9	22
合計	12		19	15	33	17	96

出典：参考文献 [4]

連等の組合には、民間企業の技術水準を向上させて欧米の企業に追いつきたいという願望と政府の技術研究組合への積極的な関与の反映があると、後藤(1993)は指摘している。

・共同研究開発の経済性分析

共同研究開発の評価について、後藤(1993)は一般的に論ずることは困難であるとしながらも、以下の 3 点をあげている。

- ①複数の企業が必要な資源を持ち寄ることにより研究開発における規模の経済を実現する。
- ②同じテーマについて企業が重複して研究開発を行うことによるムダを回避する。
- ③専有可能性の問題を内部化することにより少なくともある程度解決する。

しかし技術共同組合の経済性に関しては、いずれの点についてもはっきりとした効果があったかは疑問であるとしている(後藤, 1993)。

第 1 の規模の経済性については、一般的に論ずるのは困難であるとしながらも、技術研究組合は規模の経済の実現にはあまり重要な役割を果たさなかったとしている。例えばメンバー企業のすべてがコンピュータ・メーカーである場合、各社はコンピュータの生産に必要なすべての技術を必要とするため、他社から研究成果だけをもらうのでは不十分であり、自ら研究をおこなう過程で得られる知見も重要な意味を持つ。そのため共同研究による正味の資源の節約は限られたものになってしまうからである。

第 2 の重複研究のムダを回避するという点は、いわゆるキャッチアップ型の技術研究組合の場合には妥当せず、意味をなさない。このようなタイプの技術研究組合の目的は、特定の製品や製法を開発することというより、欧米に立ち遅れた日本の企業の基本的な技術力を向上させることであるからである。

第 3 の専有可能性の問題解決については、そもそもキャッチアップ型の技術研究組合は、企業が専有できる特定の技術開発よりも、企業の一般的な技術力を向上させることが目的である。リスクや開発コストが大きな研究の技術研究組合は、政府の委託研究となっており、そこで生み出された特許は国有特許となる。1970 年代、国有特許は内外無差別の原則の下、同一の条件でライセンスされた。したがってこの場合、技術研究組合のメンバー企業は、特許を通じて発明の成果を専有できる程度は限られる。

(2) 知識創造における超 LSI 研究組合の役割

・組織間知識創造

米山(1992)は、組織間の集合革新プロセスの理論化に際して、競争 vs. 協調という二分法を越えた組

組織間相互作用を加味することが必要であると論じている。この理論化の基礎には、組織間の相互依存関係を構築する協調を通じて環境の不確実性や多様性を集散的に吸収するという視点が貫かれている。そして超 LSI 研究組合の場合は、参加企業間の協調行為や資源の補完による参加企業全体の競争力向上よりも、超 LSI 研究組合の実施期間以降に活発化した参加企業の組織間相互作用の「場」の整備や継続的なコミュニケーションの基礎となる「言語」の統一という役割が重要であったとしている。

また、野中・米山 (1992) の組織間知識創造に関する研究は、組織間相互作用や組織間の相互依存性の中で知が共創されるプロセスの理論化である。図 1 は組織間知識創造のプロセスを表したものである。Y 軸は形式的 (デジタル的) と暗黙的 (アナログ的) という知識の分類を示し、それぞれ認識論的次元と存在論的次元に対応する。また X 軸は、知識の創造主体である独立した組織を表し、主体 A と主体 B はこの場合、超 LSI 研究組合の参加企業を示している。

このような知識創造プロセスは、共同化：暗黙知から新たに暗黙知を生み出すプロセス (共通体験)、表出化：暗黙知から新たに形式知を生み出すプロセス、連結化：形式知から新たに形式知を生み出すプロセス (情報接触)、及び内面化：形式知から新たに暗黙知を生み出すプロセスの 4 つのプロセスからなっている。

米山・野中 (1992) は、企業間の情報接触を促す様々なメカニズムによる競争と協調の関係が日本の半導体産業の特徴であり、(ここで協調とは、ある特定の目的に向かって企業が連合を組むことであり、競争とは、それぞれ独立な企業が自由に活動していく関係) このような競争と協調のパターンは、ある意味で企業における知の創造を最も活発に推進していくものとしている。そして超 LSI 研究組合は、参加企業間の競争の場の形成という点で重要であったと述べており、その後の継続的な情報接触のプロセスを通じて半導体の製品の信頼性や性能などの目標水準は次第に引き上げられ、個々の企業では意図していなかったようなスピードで極限追求的な知の創造が達成されるものであるとしている。

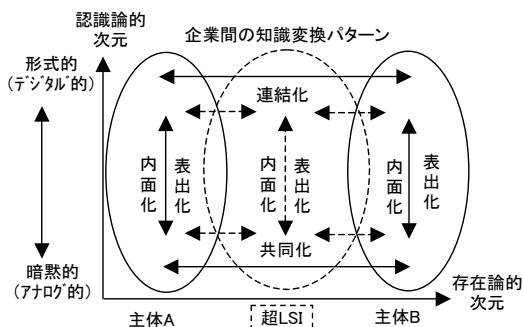


図 1 知識変換パターン

出典：参考文献 [11] を基に筆者加筆

しかし、野中・米山 (1992) はあくまでもコミュニケーションの基盤作りや継続的な相互作用の「場」として超 LSI 研究組合の役割を論じている。主体 A と主体 B として表される知識創造の主体は参加企業であり、超 LSI 研究組合自体ではない。

・知識創造プロセスと研究開発テーマ

榊原 (1995) は、日本の共同研究開発のサーベイにおいて、共同研究開発の成功の鍵をみるために 12 の項目をあげて、参加企業の評価結果をまとめており、「明確な研究開発目標・テーマの設定」が、重視度が最も大きいことを示した。また、榊原 (1981) は、超 LSI 研究組合の事例研究において、成功を支えた条件として「各メーカーの有望なアイデアが出揃っていたタイミングの良さ」を挙げている。ここで有望なアイデアとは、根橋 (1980) によれば、共同研究開始の約 1 年前からテーマとその検討が重ねられていたとしている。

このような共同研究開発の具体的な研究開発目標やテーマ設定は、組織的な知識創造活動における知識創造プロセスの SECI モデル (Nonaka and Takeuchi, 1995) や知識創造動態モデル (野中・遠山・平田, 2010) の知識ビジョンである SECI モデルを動かす方向性や共同研究開発が目標とするミッション等を決定する知識創造活動に最も重要な要素と密接に関係するものと考えられる。

3. リサーチクエスト

超 LSI 研究組合が日本のエレクトロニクス産業の発展に果たした役割を考える場合、超 LSI 研究組合自身が知識創造体としてどのような知識創造活動を行ったかだけでなく、超 LSI 研究組合における知識創造活動が参加企業に及ぼした影響も検証する必要がある。超 LSI 研究組合における適切な研究開発テーマの知識創造活動が参加企業の知識創造活動に影響を及ぼし、その結果としてエレクトロニクス産業界全体に波及効果となって大きなインパクトをもたらしたと考えられるからである。換言すれば共同研究開発における知識創造活動が成功であったかどうかについては、その実施期間における研究成果だけでなく実施期間を含む前後の期間について共同研究開発と参加企業の研究開発テーマに関する影響の程度を考慮する必要がある。

野中・遠山・平田 (2010) は、知識は「関係性の中で作られる資源」であり、文脈から隔絶された静的なものとしては存在がしえず、関係性という動的なプロセスを理解する必要があるとし、知を創造する原動力として知識ビジョンと駆動目標を挙げている。

特に知識ビジョンは、共同研究開発の知識創造において、参加企業メンバーとの関係性の中で実践的に具体的な概念や数値目標として研究開発目標やテーマに

落とし込まれ、知識創造の方向性を与えられ、さらに参加企業においても発展して知識創造活動が行われることが期待される。

従来、上述したように共同研究開発の研究において研究開発目標やテーマ設定に関する重要性は多数報告されているが、研究開発テーマについて共同研究開発と参加企業との関係性や相互の知識創造プロセスの影響を明らかにする視点では、あまり実証的に研究されてこなかったという問題点がある。

したがって、本論文では以下のリサーチクエスチョンを設定する。

MRQ：超 LSI 研究組合の知識創造活動とは何か

このリサーチクエスチョンは、以下の2つのリサーチクエスチョンに分解される。

SRQ1：超 LSI 研究組合はどのような知識を創造したか。

SRQ2：超 LSI 研究組合が参加企業の研究開発テーマに及ぼす効果は何か。

4. 分析方法

本研究では、まず、超 LSI 研究組合の知識創造活動を調査するために、特許情報から主要な研究開発テーマに関する技術領域を調査対象として選定し、技術軌道を調査する。次に、選定した研究開発テーマに関して超 LSI 研究組合が参加企業に及ぼした効果を分析するために、参加企業の当該技術領域における技術軌道を調査し、超 LSI 研究組合と参加企業の知識特性の技術距離について動的な関係性について調査する。

(1) 分析対象の識別

・創造主体の識別

本研究では、組織間知識創造における知識変換のパターンに超 LSI 研究組合を位置づけて分析を行う。図1は筆者が基本の知識変換パターンに点線部分である超 LSI 研究組合を追加し、参加企業である主体 A と主体 B および共同研究開発組織である超 LSI 研究組合を楕円で示したものである。具体的に、参加企業の出向者によって、特許明細書は作成され職務発明として出願される。その結果、出願人は出向者である発明者が所属する組織の名称である超 LSI 研究組合として出願され、参加企業との識別が可能になる。

・創造された知識の識別

どのような知識が創造されたかを特定するためには、特許情報の単元型の国際分類コード (IPC) を利用した調査方法では、精度的な限界がある。したがって、知識内容を分類するのに適した多観点の分類法である日本固有の特許分類コード (FI)・F タームにより識別する。

以下、IPC (International Patent Classification) と FI (File Index) の関係を説明する。IPC は国際特許分類である。IPC は、セクションからサブグループまで階層的に分類される。技術分野によっては IPC の分類の仕方が粗い場合や、分類の観点 (切り口) が限られるため、IPC だけでは必要な特許を絞り込むのが難しいことがある。一方、FI は展開記号や分冊識別記号を追加した分類であり、IPC を細展開したものである。F タームは、FI で定められる一定の技術範囲「テーマコード」ごとに区分して付与される。

・創造された知識特性の識別

知識創造の効果や効率は、単に創造された知識の量によって測れるものではない。共同研究開発プロジェクトが参加企業の研究開発テーマに及ぼす効果を測るには、創造された知識の特性及びその特性の相違を識別して測る必要がある。

本研究では、審査官により最終的に付与される特許情報の分類コードを使用し、上述した複数の F タームを一定の順序に並べた組み (パターン・データ) で表す技術ポジションベクトルで、創造された知識の特性を識別する。

(2) 知識創造活動の技術軌道分析

超 LSI 研究組合および参加企業の知識創造活動を分析するために、技術軌道の概念を使用する。技術軌道 (Technological Trajectory) とは、ある技術パラダイム内における通常の問題解決活動パターンであり、Nelson and Winter (1977) が技術進歩の「自然軌道」と呼ぶものである (Dosi, 1982)。そして、1つの技術軌道は、そのパラダイムに関連があると規定された技術的諸要素の多面的な動きによって表されるものであり、多次元空間における「円筒」として考えることができるとしている (Dosi, 1982)。

このような技術軌道の分析法として、累積的な特許情報の F ターム (技術要素) を3種類の『技術課題』『解決手段』『作用・効果』に還元させて問題解決パターンとして技術軌道を分析する方法がある (小出, 2009)。

具体的に、特許法施行規則 (明細書の様式等) によれば、ある1件の特許情報 (特許明細書) は、ある一時点の技術課題、解決手段、作用・効果の各要素からなるコンテキスト (1つの問題解決パターン) として記載されるものであり、特許情報に付与された F ターム (技術要素) によって表現される。そして、例えば漸進的な知識創造プロセスにおいて累積的に特許情報が創造され、結果的に F タームの集合 (束) が累積的に蓄積されると考えることができる。

図2は、ある1件の特許情報に付与された公開特許公報の F タームである名義尺度の数量化の説明図で

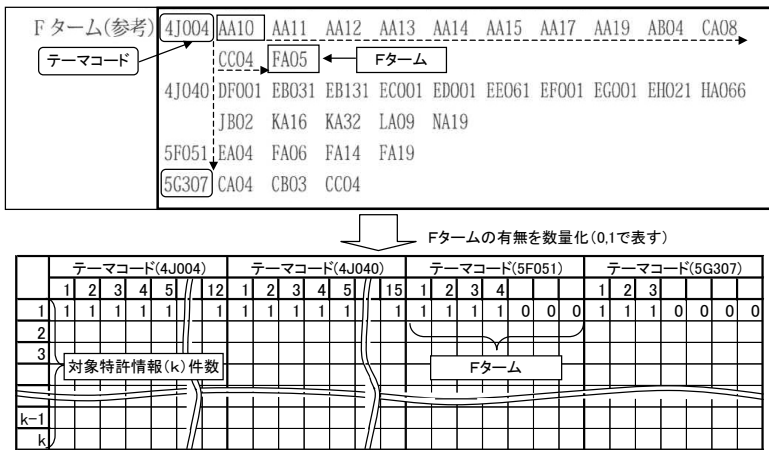


図2 Fタームの数量化の説明図 筆者作成

ある。これにより、特定の技術領域における知識創造活動の結果である知識特性の変化や方向性をFターム(多次元空間)の時間推移として分析することが可能となる。

以上述べたように、Nelson et al. (1977) や Dosi (1982) が提起した(技術)軌道という概念は、換言すれば、「企業の技術開発の経路依存性が強いのが普通」であることを示唆している。このように、技術が漸進的に変化したか(あるいは不連続に変化したか)どうかは、特許情報に付与された特許分類を時系列的に追えば分析することができる。しかし、IPCでは、情報量が少なく、特定の技術領域の時系列的な変化を分析することが難しいため、情報量が豊富なFタームからなるコンテキスト(Fタームの技術ポジションベクトル)を使用する。

本研究では、明示的に当該テーマコードが付与された特許件数を知識創造活動の大きさ(活発さ)の代替指標として技術軌道を表現(描画)する。そして、Fタームの技術ポジションベクトルで構成される知識特性を研究開発テーマとして捉えて、その技術軌道によって以下の技術距離の推移プロセスを計測する。

(3) 技術軌道の技術距離分析

本研究では、共同研究開発が参加企業の研究開発テーマに及ぼす効果を検証するために、単に知識特性の静的な技術距離の概念ではなく、知識特性の焦点化の程度を表す知識焦点化の動的な概念を導入し、共同研究開発と参加企業との動的な関係性を測るため技術軌道間の技術距離の推移プロセス(即ち技術距離の時間的変化率である技術速度に相当)を知識焦点化係数の推移として表す。ここで技術距離とは、企業間の技術ポジションベクトルの角度である(Jaffe, 1986)。これは、技術知識の伝播というスピルオーバー効果を通じて当該産業の生産性の上昇にどのように貢献しているかをみるために、他の産業との技術距離が重み係数として使用された(後藤, 1993)。

参加企業の知識特性が共同研究開発の知識特性に一致した焦点を結ぶ現象が知識焦点化であり、知識焦点化係数は0.0から1.0の範囲の値で表される。1.0は焦点が一致した状態を示す。

当該技術分野に関して超LSI研究組合の実施期間における知識創造活動の共通体験を起点とした知識特性と参加企業の知識特性について実施期間の前期間と後期間との比較によって、参加企業の研究開発テーマにどのような影響を及ぼすのかを実証する。

超LSI研究組合の実施期間における新たな知識創造活動の知識特性に、参加企業の知識特性が接近していく場合には、参加企業間の相互作用により超LSI研究組合の研究成果を踏まえた同じ方向性の知識創造活動が行われたことがわかる。しかし、

米国の場合の共同研究は、参加企業の研究者が、参加企業を代表して研究するという役割は薄く、むしろ参加企業の知的所有権の維持と、技術移転の促進という役割の意識が強いとされる(榊原, 1995)。このような場合は、共同研究において新たな知識創造活動が行なわれるとは限らず、参加企業の当該技術分野の知識特性は必ずしも共同研究と同じ方向性の知識特性に接近していくとは限らないのである。

技術距離の分析においては、特許情報1件(Fタームの件数を含む)を同等に扱っていること、技術軌道の期間内の特許情報の件数にバラツキが存在することなどの分析方法としての限界がある。また、特許分類として情報処理の観点から、IPCと比較して日本固有のFタームの方の情報量が例えば約7倍多い特許分類の情報があり、分析精度の向上が期待できる。一方で、IPCの特許情報との比較分析ができないという問題点がある。

(4) 分析データ

参加企業の研究テーマの推移プロセスの調査は、あまり長期間にわたると、当該共同研究開発プロジェクトへの参加以外の要因の影響が大きくなり、短期間ではサンプル数が不足するという問題点がある。したがって、本研究では、超LSI研究組合の設立当時、他の研究プロジェクトが多く設立されていることや、国プロの研究成果は公共財と見なされるなどスピルオーバー効果の影響等を考慮すると、あまり短期間で詳細な傾向の分析は困難であると判断した。

そこで、共同研究開発の実施期間のどの時点の電子ビーム露光の技術領域における知識特性かを特定せず、超LSI研究組合の発足から解散までの実施期間の年区切りの全期間1976年から1980年の知識創造活動の結果である知識特性を起点として、同じ期間の前後5年間に限定して知識創造活動の結果である知識特性を比較分析することとした。即ち、共同研究開発の前期

間(1971年～1975年)、実施期間(1976年～1980年)、後期間(1981年～1985年)について、超LSI研究組合と参加企業5社(富士通、日立製作所、三菱電機、日本電気、東芝)の技術軌道および技術距離を計算する。

超LSI技術組合や参加企業の特許情報は、商用特許データベース「パトリス」のデータを使用した。

超LSI研究組合では、研究開発テーマの選定にあたって、将来超LSI技術の発展の根源となるように基礎的でしかも各社に共通して役立つものを選ぶという考えを取り入れ、また4年間で成果がまとまるという時間的な制限と、超LSIの生産に役立つという制限から、基本的な微細加工に関する製造装置の開発を主要な分野として選んだ(垂井, 1982, 垂井, 2003)。したがって、出願特許もこの分野に集中している。

超LSI研究組合を出願人とする特許出願情報1045件のテーマコード順位を調査した結果は、上位から(5F040):絶縁ゲート型電界効果トランジスタ、(5F056):電子ビーム露光、(5F033):半導体集積回路装置の内部配線の順位となっている。このうち本研究では、超LSI研究組合における研究成果として、超LSI研究組合の所長である垂井自身が「特に電子ビーム露光装置などでは、IBMを抜いたと考えています」と述べている(榊原, 1981)任意の長方形を一度に露光してパターンを描く描画時間を1桁以上も短縮するビーム露光法「可変整形電子ビーム方式」に関係する技術領域のテーマコード(5F056)を分析対象にした。即ち、研究開発のリーダーが、実質的に研究成果として認めた技術領域の研究開発テーマを選定した。

(5) 分析方法

・技術軌道の求め方の手順

まず、技術軌道进行分析するためテーマコード(5F056)が付与された出願特許のFタームを抽出する。

- ①出願人が超LSI研究組合と参加企業5社について電子ビーム露光(5F056)のテーマコードが付与された出願特許を抽出する。
- ②抽出した超LSI研究組合と参加企業5社の当該出願特許1941件について出願順にFタームの技術ポジションベクトル(多次元空間)の代替指標として特許情報の技術軌道をグラフ化して表す。(技術ポジションベクトルは5年間毎で合計して推移を求めるが、ここでは、より詳細な推移を示すために1年毎の推移をグラフ化して表す。)
- ③当該出願特許1941件に付与された全てのFターム2709種類を抽出する。

ここでは知識特性をできるだけ詳細に識別するため、Fタームは最下層まで抽出する。Fターム2709種類とはテーマコード(5F056)以外の全てのFタームについても抽出した結果である。こ

のFターム(技術要素)の束を各技術軌道間の技術距離の計算に用いる。

・知識焦点化係数の求め方の手順

次に、知識焦点化係数を算出するために、超LSI研究組合と参加企業に関して期間ごとの技術軌道の技術ポジションベクトルを求め、各技術軌道の技術距離を求める。

- ①出願特許1941件と出願特許が付与された全てのFターム2709種類のマトリクスを作成する。
- ②出願特許に付与された当該Fタームを技術要素として特許毎に技術ポジションベクトルを作成する。(例:特許 i の技術ポジションベクトルは、 $F_i = (0, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 0, \dots, 0) \quad i=1 \sim 1941$)
- ③超LSI研究組合(実施期間)の技術ポジションベクトル F_c と参加企業(5社)毎、期間毎に分類し各技術ポジションベクトル F_l を合計する。

ここで、超LSI研究組合の技術ポジションベクトル F_c は、電子ビーム露光のテーマコード(5F056)が付与された出願特許群に関する技術ポジションベクトルであり、超LSI研究組合の電子ビーム露光の技術領域における技術要素の知識特性を表す。

- ④超LSI研究組合(実施期間)の技術ポジションベクトル F_c (式1)と参加企業 j , 期間 k の技術ポジションベクトル F_l (式2)から、各技術軌道間の技術距離 P_{cl} を以下の(式3)で各技術ポジションベクトル間の角度として計算する。

$$F_c = (F_1, F_2, \dots, F_{2709}) \quad \dots \text{(式1)}$$

$$F_l = (F_1, F_2, \dots, F_{2709}) \quad \dots \text{(式2)}$$

$$P_{cl} = F_c F_l / [(F_c F_c)(F_l F_l)]^{1/2} \quad \dots \text{(式3)}$$

ここで、超LSI技術組合と参加企業との各技術軌道間の技術距離の推移係数、即ち、知識焦点化係数は、ベクトル間の角度として定義される。また、図3は、超LSI研究組合と参加企業との技術距離の動的な関係性を示したものである。即ち知識焦点化係数は、各技術軌道ベクトルのなす角度の余弦としてベクトルの内積の式から計算される。

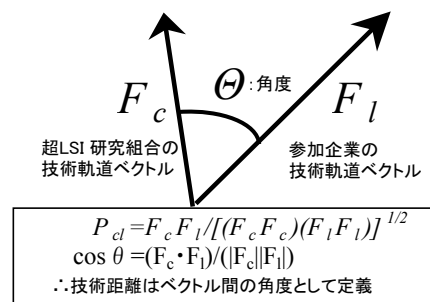


図3 技術軌道の技術距離の概念図
筆者作成

5. 分析結果とインプリケーション

5.1 分析結果

超 LSI 研究組合と参加企業 5 社に関して技術軌道および知識焦点化に関する分析結果を以下に示す。合わせて分析結果をリサーチクエスチョンに対応して議論する。

(1) 技術軌道

図 4 は、電子ビーム露光のテーマに関する 1971 年～1985 年に至る技術軌道を描画したものである。X 軸は出願特許の出願年、Y 軸は出願特許件数、Z 軸は超 LSI 研究組合および参加企業の出願人（手前から超 LSI 研究組合、三菱電機、日本電気、日立製作所、東芝、富士通）をグラフにしたものである。

当然ながら、手前の超 LSI 研究組合は、発足した 1976 年から 1980 年までの共同研究開発の期間のみに特許出願している。参加企業については、その発足以前から少ないながらも特許出願を行ってはいるが、実施期間、後期間では前期間と比較にならないほど活発に特許出願を行っている。また各社とも実施期間より後期間の方が特許出願件数はより高く、超 LSI 研究組合を契機として、参加企業が電子ビーム露光の技術領域においてそれぞれ研究を進めていたことが窺える。このことは、超 LSI 研究組合においては電子ビーム露光という研究開発テーマに基づいて知識創造活動を行っていたことや、参加企業においても電子ビーム露光という研究開発テーマについて、知識創造活動を活発に行っていたことを示している。

(2) 知識焦点化

表 2 は、5F056（電子ビーム露光）に関する技術要素の技術軌道について、超 LSI 研究組合と参加企業の期間別の出願件数と技術軌道の知識焦点化係数をまとめたものである。

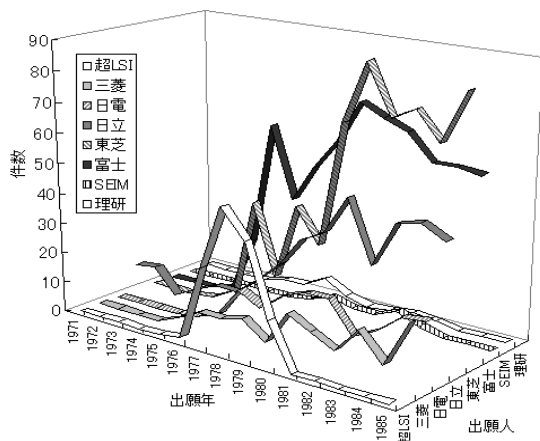


図 4 電子ビーム露光の技術軌道の特許件数推移
筆者作成

図 5 は、期間別組織別に知識焦点化係数をグラフ化し、参加企業の知識焦点化係数の推移プロセスを表したものである。これによれば前期間と比較して実施期間、後期間の特許出願件数と知識焦点化係数が共に高いことが分かる。

また、富士通と日本電気が共同期間に比較して後期間の方が少し低いものの、5 社の知識焦点化係数の平均については、漸次高まっていくことが分かる。つまり、超 LSI 研究組合の技術軌道を焦点として、参加企業各社の知識特性は、共同研究の実施期間中のみならず、それ以降も同じ技術軌道へと収束していったのである。

こうした技術軌道の収束が、超 LSI 研究組合への参加によるものかどうかを検証するため、非参加企業のシーメンス日本有限会社（シーメンス東京事務所から発足したシーメンス・アクチエンゲゼルシャフト）と理化学研究所を、特許件数の合計が共に 16 件と少ないものの、IPC より情報量が多い F タームの技術ポジションベクトルにより、一定の知識特性の計測は可能であると判断して比較対象とした。上記の 2 社を超 LSI 研究組合の参加企業である 5 社と同様に分析した結果として、2 社共に知識焦点化係数は 0.5 以下であり、超 LSI 研究組合の非参加企業である 2 社に関する各期間の知識特性は、超 LSI 研究組合の実施期間の知識特性に接近した分析結果とならず、新たな知識創造活動に対して影響を受けていないことを示している（図 5）

本研究により、超 LSI 研究組合において電子露光ビームに関する技術領域の共創的な知識創造が行われたこ

表 2 期間別組織別の出願件数と知識焦点化係数

	前期間'71-'75		共同期間'76-'80		後期間'81-'85	
	件数	係数	件数	係数	件数	係数
超LSI	0	N/A	127	1.000	0	N/A
富士通	22	0.660	283	0.888	313	0.855
東芝	6	0.413	187	0.772	392	0.882
日立	36	0.643	114	0.811	210	0.859
日電	1	0.278	63	0.791	80	0.755
三菱	3	0.327	41	0.702	63	0.735
1941	68	0.464	815	0.793	1058	0.817
SIEMENS J	0	N/A	9	0.396	7	0.480
理化学研	2	0.359	11	0.424	3	0.457

筆者作成

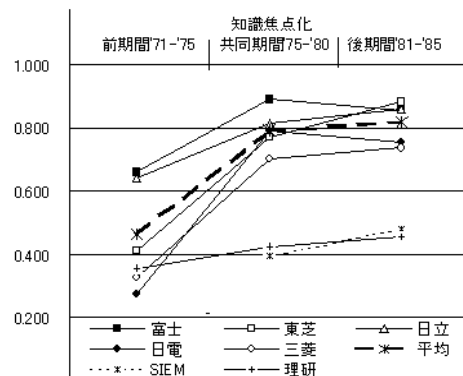


図 5 知識焦点化の効果
筆者作成

と、および、企業が超 LSI 研究組合への参画を通じて知識創造活動の方向性を与えられ、その後の知識創造活動の軌道を収束させていったことが定量的に示された。

即ち、技術軌道と知識焦点化という定量的な手法を用いて分析し、超 LSI 研究組合と参加企業の動的な関係性を明示したという、知識創造活動に関する新たな知見が得られたのである。

そして、この知識焦点化は、参加企業同士が、電子露光ビームの技術領域において技術知識の伝播を通じたスピルオーバー効果の影響を示したものと考えられる。その結果、超 LSI 研究組合は日本の半導体産業における共同研究開発の知識創造に大きな役割を果たしたのである。

5.2 インプリケーション

(1) 共同研究開発の役割への期待

技術軌道の分析により、超 LSI 研究組合自体が知識創造の主体として知識創造を行っていることが明らかになった。さらに、技術軌道の推移や知識焦点化の効果の分析結果から、超 LSI 研究組合参加企業 5 社の技術軌道の知識特性が一致して超 LSI 研究組合の知識特性に接近しており、電子ビーム露光の技術領域において、参加企業は共同研究実施期間のみならず、実施期間後も非常に強い影響を受けていることが明らかになった。超 LSI 研究組合の解散後も少なくとも 5 年間は、参加企業 5 社は超 LSI 研究組合における研究開発テーマと同じ技術領域の技術要素に一貫してこだわり、徹底して研究開発を推進していったのである。その結果、電子ビーム露光の技術領域に関する技術要素の深耕が継続的に活発に行なわれたと考えられる。この結果は、組織間知識創造の理論（野中・米山，1992）の示唆する組織間相互作用や組織間の相互依存性の存在を定量的に実証することとなった。

本研究による知識焦点化に関する分析は、共同研究開発中のみならず、共同研究開発終了後も参加企業に明確な研究開発目標やテーマを与えたという役割をも、超 LSI 研究組合は果たしていたことを示唆している。また、この継続的な知識焦点化の効果があったからこそ、超 LSI 研究組合および参加企業における研究は、関連する装置メーカーにも波及効果を及ぼし、エレクトロニクス産業界に大きなインパクトを与えたと考えられる。米山（1992）は、情報接触のメカニズムの 1 つとして、サプライヤーである製造装置メーカーを通じた情報接触の経路について述べている。それによれば、製造装置メーカーは半導体メーカーの仕様に依拠して装置を開発し納入するものであったが、次第に半導体メーカーの内部に深く入り込み、それぞれの製品技術・プロセス技術や製造ラインに即した条件を作り上げるようになっていく。そして、製造装置メー

カーの多くは、系列関係を含めて複数の半導体メーカーと関係を持っており、このことが競争関係にある半導体メーカーにも様々な情報を普及・促進させていく要因となっていると指摘している。

即ち、知識特性が同じ技術軌道へと収束した知識焦点化は、参加企業だけでなく、このような半導体メーカーと装置メーカーとの情報接触の経路における組織間相互作用を通じて電子ビーム露光の技術知識が、関連組織へ伝播範囲を拡大していく、組織間におけるスピルオーバー効果の影響を与えたものと考えられる。

(2) 調査分析法の提案

本研究では、特許情報による技術軌道と技術距離の概念を組み合わせた調査方法により、技術組合が参加企業の知識焦点化に及ぼす効果を実証した。その結果、このような調査方法は、共同研究開発の研究開発テーマに関する効果の測定に有効であることを確認することができた。今後、このような特許情報による知識創造に関係する定量的な調査分析法の適用が深まることが期待される。

6. おわりに

本論文の調査期間以降の 1986 年から 1995 年の 10 年間、半導体産業を創り出した米国は 1986 年に初めて日本企業に半導体売上トップの座を明け渡し、超 LSI 研究組合の参加企業 5 社が売上トップ 10 中に占めることになった（赤地，2005）。また、米国における共同研究開発にも大きな影響を与える結果となり、1984 年に国家共同研究法が施行、1993 年に国家共同研究法が国家共同研究開発生産法として改訂されて、生産まで共同して行うことが可能となった。そして、米国産業政策上、企業間の共同研究開発の重要性を高める一方で、企業側も競争力を獲得していった（立本，2008）。

超 LSI 研究組合は、適切な研究開発テーマや目標の設定に基づいて参加企業 5 社の知識創造を最大限に発揮させた。そして超 LSI 研究組合の終了後も、焦点となる技術軌道を描くことで、共同研究開発で得られた成果をさらに深耕して自社技術と融合し各社の技術レベルを高めることに、知識創造の観点から効果的かつ効率的な役割を果たしたと考えられる。

一昨年、48 年ぶりの技術研究組合法の改正に先立つ産業構造審議会産業技術分科会基本問題小委員会（2008）において「オープンイノベーションを推進するための総合的な制度整備について」中間とりまとめが報告されている。これによれば、バブル崩壊以降、外部支出研究費割合が増加しており、我が国の多くの企業が外部技術資源の積極的活用という技術戦略に転換していることがうかがえる。こうした外部技術資源の活用は、単に自社にない技術の取得・補完（インバ

ウンド志向)に留まらず、協働のシナジーによる価値創造(アウトバウンド志向)に向けた動きが見られる。即ち、無い技術をお互いに補完する連携関係から、一緒になって生み出す連携関係への変化である。しかしながら、研究開発組織の存在数や増加数からみても欧米に比較して我が国では企業の連携が十分進展しているとは言えず、ナショナルプロジェクトにおいてもオープンノベーション促進は今後の重要な課題である。そのため例えば、我が国の企業数の9割以上を占め、競争力の源泉である中小企業が技術研究組合を活用しやすい制度にするなど、共同研究開発を行う組織体の組成を推進する必要があるとしている。

しかしながら、新たな成長を実現する研究現場における今日の課題解決のためには、共同研究開発の制度面や量的な面だけでなく、共同研究開発に参加する研究者自らが、従来型の共同研究開発に対する意識を革新し、質的な面においても積極的に知識創造の役割を果たす必要がある。

本研究では、超 LSI 研究組合の共同研究開発の知識創造活動について結成前、実施期間、解散後の定量的調査をおこない、共同研究開発が知識創造主体として共創の機能を果たし、その参加企業の関係性の中で、それが参加企業の研究開発テーマに及ぼした知識焦点化の効果によって、産業界に与えたインパクトについても、エレクトロニクス産業における知識創造の役割を明らかにした。今回の技術研究組合法改正を機に、超 LSI 研究組合のように革新的技術の共創につながるような共同研究開発による企業間知識創造の実効性を高め、アウトバウンド志向のオープンイノベーションが促進されることを期待したい。

(こいで むのる／とおやま りょうこ)

[注釈]

- ※ 1. 藤代 (1988) は、技術研究組合の特許生産性である特許件数を研究費で割った値を調査し、技術研究組合の特許生産性の平均は民間企業の特許生産性の平均の半分以下であることを見出した。そして、一般的に論ずるのは困難としながらも、例外を除いて組合は独自の共同研究施設を有しておらず、研究は参加企業の研究所で行われ、知識創造の場というよりも、情報交換の場という色彩が強かったとしている (後藤, 1993)。
- 超 LSI 研究組合の場合には、参加企業の出向者が一箇所に集まり、超 LSI 研究組合の研究者として 1000 件を超える職務発明の出願を行っており、例外的に知識創造プロセスの調査対象のベンチマークになり得た。
- ※ 2. 1961 年に制定された技術研究組合の根拠法である「鉱工業技術研究組合法」は、48 年ぶりに名称とともに内容が抜本的に改正され、「技術研究組合法」として 2009 年 6 月に施行された。この改正により、例えば、技術研究組合は解散せずに株式会社・合同会社に組織

変更が可能となり、共同研究から事業化までを一貫して迅速に行うことが可能になった。

[参考文献]

1. 赤地学 (2005) 「電子立国復活に向けた勇気ある挑戦」『ニッポンテクノロジー』丸善, pp.33-104.
2. 安藤晴彦 (2009) 『今後のイノベーション政策について』(財)先端技術産業戦略推進機構
3. Dosi, G. (1982) "Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change" *Research Policy* Vol.11, Issue 3, pp.147-162.
4. 後藤晃 (1993) 「共同研究開発と技術革新」『日本の技術革新と産業組織』東京大学出版会, pp.85-110
5. Jaffe, A.B. (1986) "Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms' Patents, Profits and Market Value" *American Economic Review*, Vol.76, pp.984-1001.
6. 小出実 (2009) 『特許発明の知識創造プロセスと技術軌道分析法に関する事例研究』日本創造学会発表
7. 根橋正人 (1980) 「超 LSI 開発一競合五社による共同プロジェクトの四年間」『マネジメント』昭和 55 年 11 月号 pp.57-61
8. Nelson, R. and S. Winter. (1977), "In Search of a Useful Theory of Innovation". *Research Policy*, 6.
9. Nonaka and Takeuchi (1995) "The knowledge-creating company: how Japanese companies create the dynamics of innovation" Oxford University Press
10. 野中郁次郎, 遠山亮子, 平田透 (2010) 『流れを経営する』東洋経済新報社
11. 野中郁次郎, 米山茂美 (1992) 『組織間知識創造の理論』ビジネスレビュー Vol.40 No.2, pp.1-18
12. 榊原清則 (1981) 「超 LSI 官民共同開発」『エコノミスト臨時増刊』pp.108-112
13. 榊原清則 (1981) 「組織とイノベーション」『一橋論叢』第 86 巻第 2 号 pp.160-174
14. 榊原清則 (1995) 『日本企業の研究開発マネジメント』千倉書房
15. 立本博文 (2008) 「半導体産業における共同研究開発の歴史」『赤門マネジメント・レビュー』7 巻 5 号 pp.263-273
16. 垂井康夫 (1982) 「共同研究所」『IC の話』NHK ブックス, pp.141-173.
17. 垂井康夫 (2003) 『日本の半導体技術とコンピュータ』情報処理 44 巻 1 号, pp.67-72
18. 藤代尚武 (1988) 「コンピューター産業における共同研究の役割」筑波大学社会学系修士論文
19. 米山茂美 (1992) 『競争と協調の組織論』一橋研究第 17 巻第 3 号, pp.87-110
20. 米山茂美, 野中郁次郎 (1992) 『並行競争が生み出すイノベーション』DHB Dec.-Jan, pp.87-110.