

MMRC
DISCUSSION PAPER SERIES


No. 311

複雑性増大と国際分業・国際競争力への影響：
欧州型オープンイノベーション・システムの事例

兵庫県立大学
立本 博文

東京大学知的資産経営統括講座
小川 紘一

2010年6月

 MONOZUKURI 東京大学ものづくり経営研究センター
Manufacturing Management Research Center (MMRC)

ディスカッション・ペーパー・シリーズは未定稿を議論を目的として公開しているものである。
引用・複写の際には著者の了解を得られたい。

<http://merc.e.u-tokyo.ac.jp/mmrc/dp/index.html>

Growing Complexity, International Division of Labor and Global Competitiveness:

A Case Study on Open Innovation System in EU

Hirofumi Tatsumoto, Associate Professor

School of Business Administration, University of Hyogo

Koichi Ogawa, Professor

Intellectual Asset-based Management Endowed Chair, the University of Tokyo

June 2010

ABSTRACT

Our modern life enjoys the benefit of embedded systems which are close combinations of system LSI and software, in mobile phones, digital consumer products and even in automotive systems. The digitalized products using the embedded system are realizing a number of fascinating functions along with both cost reduction and market expansion.

The growing complexity of the embedded system has caused the critical problems in developing products. In order to reduce the complexity, open consortia are often formed to set industry-wide standards by the related industry people and authorities. Highly growing industries such as digital consumer products have been faced the rapidly growing complexity and forced to set the standards to enable competitive product-developments, and to expand the global market. In this sense, industry-wide standardization has been the driver of global markets in 21st century; however, there are still few studies on the innovation systems that are characterized by the open consortia and the standardization, especially from international point of view. Using a case study on open innovation system in EU, this paper explains how innovation systems for the complexity affect the international division of labor and global competitiveness.

Keywords : embedded systems, complexity, open innovation, standardization, international division of labor, global competitiveness

複雑性増大と国際分業・国際競争力への影響:

欧州型オープンイノベーション・システムの事例

兵庫県立大学 立本博文

東京大学知的資産経営統括講座 小川紘一

2010年6月

要約：携帯電話、デジタル家電、さらには自動車の電子制御など、現代の我々の生活には組込システムが欠かせない。組込システムとは、半導体とソフトウェアによって機器の制御を行うシステムのことである。組込システムによって実現される「電子化」は、製品の機能を増大させながら、価格下落・市場拡大を実現する魅力的なイノベーションである。しかしながら、現在、組込システム開発の現場では複雑性増大の問題が顕在化しており、この傾向は更に強まると考えられている。

組込システムの複雑性増大に対して、各国レベル・産業レベル・企業レベルの取組がなされており、その代表的な例が、オープンコンソーシアムによる標準化活動である。産業標準を設定することによって、重複投資を無くし、資産の再利用を後押ししているわけである。さらに、オープンコンソーシアムでは従来の産業区分を超えた企業連携が可能となり、社会に貢献するイノベーションが行われていると期待されている。オープンイノベーションは、標準化（国際標準化）を通じてグローバル市場を形成するにも関わらず、「オープンイノベーションの活動が国際分業・国際競争力にどのような影響を与えるのか」について注目した既存研究は少ない。本稿では、この欧州型オープンイノベーション・システムを例にとりながら、オープンイノベーションが最終的に、どのような国際分業・国際競争力の構築メカニズムを持っているのかを考察する。

キーワード：組込システム、複雑性、オープンイノベーション・システム、標準化、国際分業と国際競争力

1. はじめに

本稿では国際経営の視点から、組込システムにおける複雑性爆発と、それに対処するためのイノベーション政策および標準化活動を、欧州のオープンイノベーション活動を例にとりながら検討する。そして、国際分業や国際競争力の観点から、このような活動が産業に対してどのような影響を及ぼすのかについて考察する。

2. 複雑性爆発とイノベーション政策、標準化の関係

電子化の意味：半導体によるデジタル制御の浸透と複雑性の拡大

電子化が自動車産業に大きな影響を与えている事に反論を持つ人はいないだろう。しかし、何が自動車の電子化の本質なのだろうか。

重要な点は自動車の電子化が2つの面を持っていることである。1つめは社会のニーズを満たすために自動車に様々な機能が搭載され、それが電子的制御（デジタル制御）で解決されるという側面である。2つめは半導体やソフトウェアの登場によって、デジタル制御がどんどんと安価になり自動車に組み込まれて言っているという側面である。①の側面は現在短期的に見えている現象を説明するが、②の側面は自動車の電子化が今後ますます加速することを意味している。このため自動車の電子化は、たとえ低燃費化や安全化を達成したとしても、それ以外の技術領域へどんどんと応用用途を求めて拡大していく運命にある。半導体の普及は全く衰えを知らないし、これに応じて電子化もますます普及する。この意味で、自動車の電子化が進む方向に対する深い洞察が必要であり、もし電子化に対する対応を間違えれば根本的な次元で国際競争力を失いかねないのである。

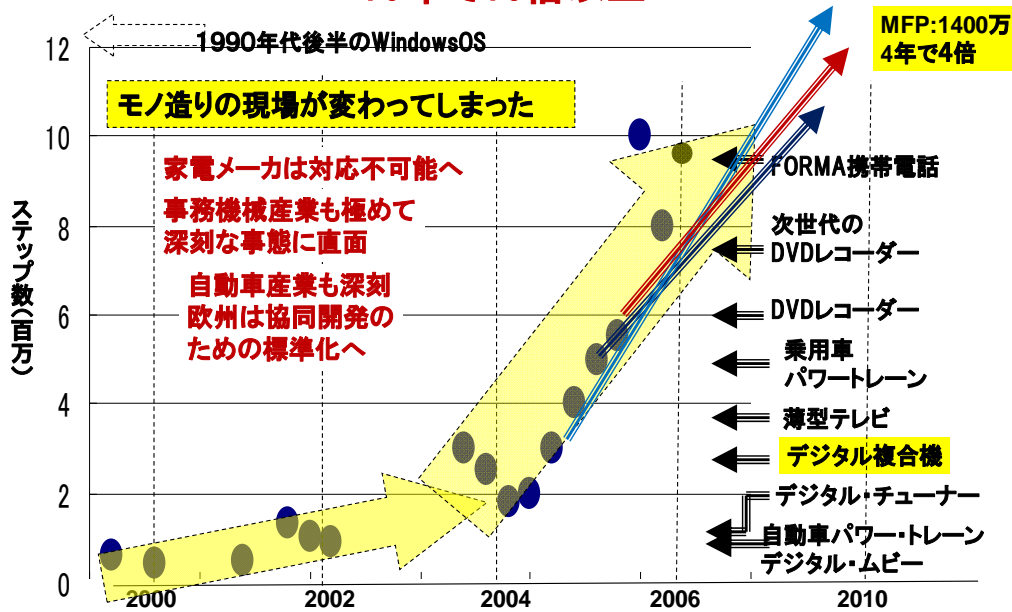
自動車の組込システム化と複雑性の増大

電子化とは、他の方法に比べれば圧倒的に安価な半導体とソフトウェアの処理能力で、機器が直面する複雑性を制御するという基本思想をもった設計のことである。同じ自動車といっても1970年代の自動車と今日の自動車では全く異なる。自動車は電子化の力を借りて、驚くほどの複雑性に対処出来るようになった。その様子を図1に示す。この図から明らかのように、家電や事務機のようなエレクトロニクス分野では、1990年代末頃から組込システム化が始まり、その後、ソフトウェアの開発規模が爆発的に拡大した。この間、機器で実現できる機能が増加するにもかかわらず、価格は急速に下落していった。この結果、市場が急激に拡大した。

電子化は、機器の機能増大を実現しながら、同時に、価格の下落と市場の拡大を達成する

魅力的なイノベーションなのである。自動車の電子化の動きは、先行する他のエレクトロニクス分野の製品に続く流れとして捉えることが出来る。

全ての製品分野で組み込みソフトの爆発が始まった —10年で10倍以上—



図表引用：小川（2009b の 1 章）

図 1 組み込みソフトが多くの産業で爆発的に増大

現在、ソフトウェアの爆発を伴う組み込み型システムが、グローバル市場の多くの産業領域へ拡大しようとしている。このような製品分野では、製品設計の 60%以上がソフトウェアの設計工数で占められる。開発生産性の点でも、品質の点でも、電子回路・ソフトウェアの開発が、製品開発の最もクリティカルな開発要素となったのである。

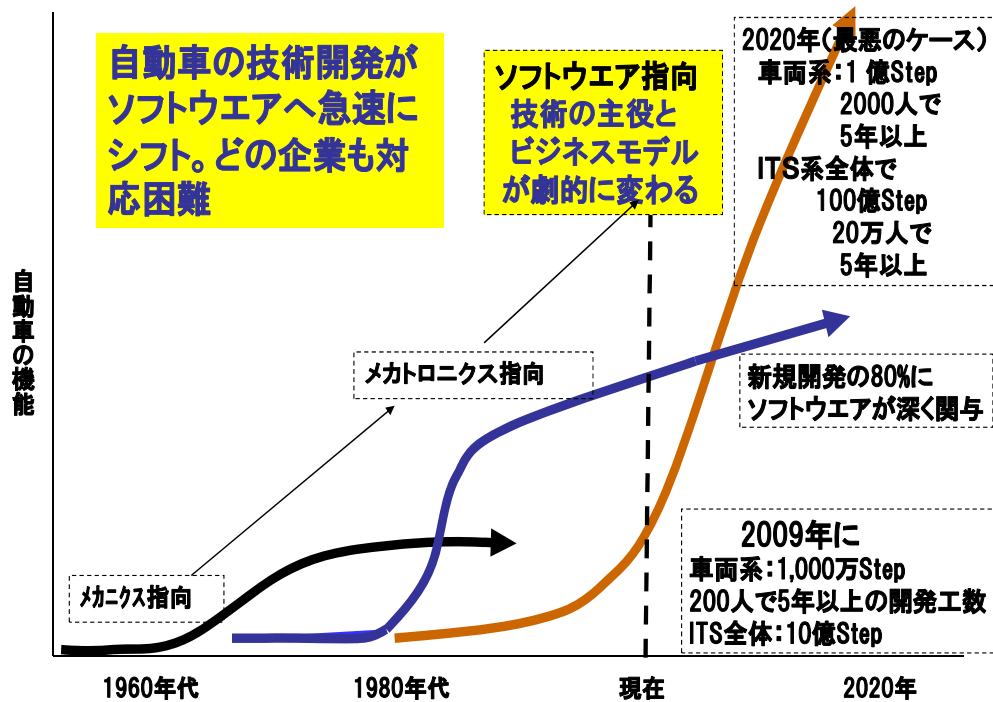
たとえば図 2 に示すように、2009 年の時点で見た自動車の車載ソフトウェアでは、既に 1,000 万ステップを超える組み込みソフトが必須となっている。

現在組込システムで利用されているのは主にマイコンと呼ばれている半導体で、パソコン、計算機や先端デジタル製品で利用されている半導体であるプロセッサやメモリよりも、1~2 世代ほど古いプロセス技術を用いて量産されている。これは自動車が信頼性を重視し、検証済の安定しているプロセス技術を利用しているためである。パソコンや先端デジタル製品で

開発されたプロセス技術は、その後、時間を経て自動車などの信頼性を必要とする組込システムへと導入されていく傾向がある。だから、もしも半導体プロセス技術の進歩が「たった今」止まったとしても、自動車分野のマイコンのプロセス技術は5-10年程度、進み続ける。プロセス技術が進めばマイコンの処理能力は上がり、それに応じて組込ソフトウェアの開発規模は拡大する。図1のトレンドが2020年まで続くことは、それほど非現実的な事ではない。

もしも図1のトレンドが続けば、2020年までに1億ステップを超える可能性が有る。1億ステップとは、2,000人のエンジニアが開発に5年も必要とする規模である。このような開発規模の爆発が、自動車を含むあらゆる組込システム製品の領域で起きているのである。

自動車産業でも組み込みソフトが重大問題となった



図表引用：小川,立本 (2010,4章)

図2 自動車産業でも組み込みソフトが爆発的に増大

組込システムの遍在性（ユビキタス性）にも注意する必要があるだろう。組み込み型システムの一翼を担うマイクロ・プロセッサは、パソコンとその関連部品に年間50億個が、また携帯電話でも年間50億個超の規模で利用されている。ここに一人一人の人類が手にす

複雑性増大と国際分業・国際競争力への影響

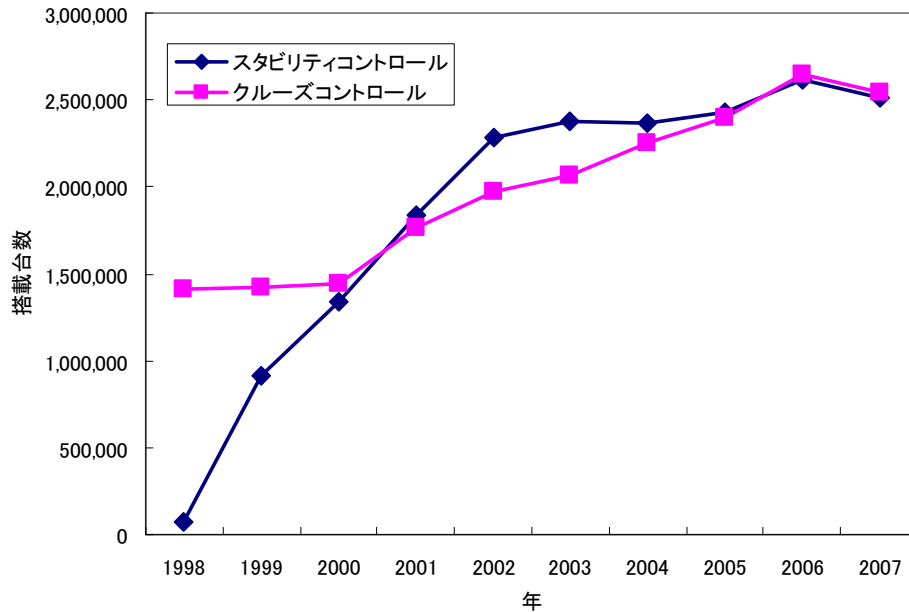
るモバイル機器やデジタル家電を加えれば、全産業領域の合計で将来年間 150 億個を超える
と予想される。この一つ一つで膨大な組み込みソフト・モジュールが動くのである。自動車
の電子化は、このような多くの組込システムの中の 1 分野として、複数の分野と密接に関係
しながら、産業進化していくと考えられる。

このような電子化の流れが、単に技術的な問題を扱っているのではない、と言う点に留意
が必要である。電子化は、先に見たように、製品機能の増加、価格下落、市場拡大をもたら
す魅力的なイノベーションであったが、同時に、競争のルールや産業のあり方を一変させる
力を持っている（小川、2009b, 第 I 部）。

競争力を求める企業は、電子化に対して積極的に対処する必要がある。複雑性の拡大にお
びえるのではなく、むしろ、組み込み型システムの基本的な作用を積極的に活用することが
求められている。企業レベル、産業レベル、政策レベルで適切に対処することによって、電
子化を利用しながら、ビジネスモデルや知財マネジメントを使って、グローバル市場の市
場支配力へ転換するチャンスにする事が出来る（小川、2009b, 第 III 部）。組み込み型システム
は、人類の社会生活を一変させる価値を創造しながら、同時に、競争ルールや産業構造・社
会構造へ大きな影響を与える、一大分野となっているのである。

電子化と国際競争力への影響

では、実際に電子化はどのように自動車市場に影響を与えているのだろうか。電子化は先
進国市場では統合制御などの「制御の高度化」のために利用され、新興国企業では排ガス規
制クリアのための「安価な制御」として利用されている。重要な点は、電子化が先進国市場
だけでなく、成長著しい新興国市場にも影響を及ぼしていることである。電子化が高度な制
御が必要な先進国市場だけの現象だと考えるのは間違っている。むしろ、電子化によって先
進国市場での電子化に対する取組（企業レベル、産業レベル、政策レベル）が、ダイレクト
に新興国市場に影響するようになってきている。

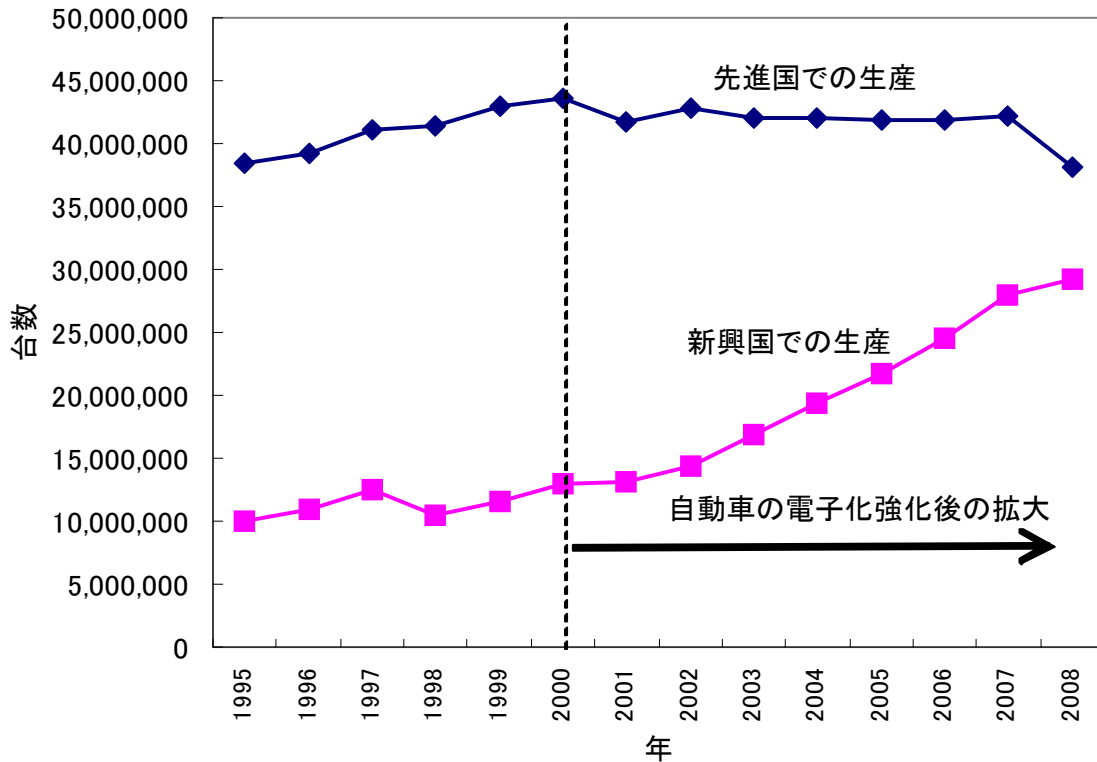


データ元：自動車産業研究所(2009)

図 3 先進国の統合制御装備の搭載状況（独仏英 3 ャ国合計）

図 3 は先進国での電子制御の中でも高度な統合制御の導入傾向を示したものである。先進国で市場に導入されている高級車は、数十個の ECU を搭載し ECU 間で協調した制御（統合制御）が一般的である。図から分かるように、スタビリティコントロールやクルーズコントロールのような統合制御について、2000 年を境に先進国市場（図では英・独・仏）への導入が加速している事が分かる。スタビリティコントロールやクルーズコントロールは、電子制御の中でも、複数の ECU が協調しながら動作しなければならないため、高度な電子化であると言われている。

統合制御は今後の先進国市場の競争力を決定する要因であると言われている。このため、各自動車メーカーが多大な経営資源を費やして開発に取り組んでいるが、電子化にともなう複雑性の増加を 1 社で扱うことが不可能になりつつある。よって、産業全体で、この複雑性に対処していこうとしており、標準化の動きが活発化している。



データ元：自動車電子システム調査委員会資料¹

データ元：FOURIN

図 4 先進国と新興国の自動車産業の成長推移

一方、図 4 は先進国と新興国の自動車産業の成長の対比を表している。先進国の生産台数ベースでの成長は停滞しており、図 3 に示しているように統合制御などの質的な成長を志向している。それに対して、新興国の成長は 2000 年を境に始まったばかりである。

新興国の成長は、電子化に大きく影響を受けたものとなっている。メカニカル制御から電子制御というような、先進国が経験した段階を踏まずに、初めから電子制御が導入されている。電子制御を導入することで、新興国で普及している最も安い価格帯の車ですら、排ガス規制(US13 や EUROIV)をクリアすることが可能になっているためである。

新興国で導入される電子制御は、先進国で行われた標準化の果実を最大限利用する形で行われる傾向がある。一部の先進国企業は、新興国市場をこの動きを念頭にした標準化（業界

¹ (財)自動車産業研究所内に設置された自動車電子システム調査委員会に提出された FOURIN 社による「38 カ国車種別自動車生産データ」を元データとして、データ整理後、委員会内ワーキンググループに提出された資料より引用。

標準化, industry-wide standards) を行っており、標準化された電子制御が新興国市場に導入されることを加速している。このため自動車電子制御の標準化は、先進国市場のみに影響を与えるのではなく、新興国市場にも影響を与えるようになってきている。電子化が国際競争力に影響を与えているのである。

要するに、電子化によって現在の自動車産業は製品開発プロセス、産業構造、国際分業について、大きな変化を迫られている。電子化に伴う産業変化は短期的な事故ではなく、もっと根本的な変化なのである。我が国の自動車産業は、この変化に否応なしに対応する事を迫られている。もし対応を間違えれば国際競争力を根本的な次元で失うことにもなりかねない事態に、現在の自動車産業が直面している事実を我々は再認識しなければならない。

3. 大規模複雑性とイノベーションシステム: 欧州型オープンイノベーション

大規模複雑性、共同研究奨励、標準化活動: 欧州型オープンイノベーション

複雑性の増大に、従来のような個別企業レベルの狭い取組は不十分である。もっと幅広い取組が必要である。例えば、ツール産業/支援産業、部品/材料産業、完成品産業といった、各産業の境界を越えるようなレベルの協調が必要である。同時に、要素技術の基礎的な開発レベル、規制緩和や支援などの産業政策レベル、さらには国際分業・協業レベルといった包括的な観点で、この問題に取り組む事が求められている。

大規模な複雑性に対して個別企業レベルの取り組みは限界に来ており、共同研究開発コンソーシアム活動が活発化してきている。とくに巨額な投資が必要である電子回路(半導体)やベーシック・ソフトウェア、設計・検証ツール、品質検証のためのプロセス等は、投資規模が巨額であって個別企業だけでは投資を回収不可能になった。この意味で、各社が別別に開発することは無駄な重複投資であり、産業レベルで共通化するべきであるとする流れができてきている。共同研究開発コンソーシアムはこのような背景によって生まれたのであり、多くの場合、その成果を何らかの形で標準化し、産業レベルの標準規格として各企業が利用できるようにするという方向性が必ず生まれる。

複雑性の増大がとまらない組込システム分野で、産業レベルの動きがもっとも活発化しているのが欧州である。企業レベルでの取組は日本でも行われているものの、産業レベル、そしてそれを支える欧州委員会レベルといった大きな枠組みでの取組は、欧州に完全に遅れをとっている。

欧州委員会や各国政府は、組込システムに由来する複雑性を産業レベルで対処する事に対して、後押しする政策をとっており、直接的・間接的に援助を行っている。その具体的な事

例が、ARTEMIS や AUTOSAR などのオープンコンソーシアム活動の活性化である(小川・立本, 2009; 立本, 2010)。我々は、この流れを「欧州型オープンイノベーション」であると考えている(小川・立本, 2009)。

特に留意が必要なのは、「内部の経営資源ではなく、外部の経営資源を活用したイノベーション(Chesbrough, 2003)」という従来型のオープンイノベーション論ではその本質を説明できない、という点である。我々が、企業戦略上または産業政策上重視しなくてはならないのは、「どんな巨大企業であっても、あるいはどんな大国であっても単独で対応できないほどの大規模で複雑な人工物に対して、産業レベルの標準化活動によって対処する」という意味のオープンイノベーションであり、さらに、この標準化活動を後押しする各国のイノベーション政策である。

この産業政策は、1980年代のアメリカ・欧州で「独禁法緩和(1981年)」「共同研究・標準化活動奨励(1984年??)」「共同研究・コンソーシアム活動への政府助成(1987年??)」という形ではじまり、新しい産業環境を出現させている(立本・小川・新宅, 2008)。この産業環境変化は、オープンコンソーシアムでの産業標準策定活動を多いに刺激し、1990年代になると、コンソーシアムで産業標準を策定することを戦略ツールとして用いるビジネスモデルとなった(Gawer and Cusumano, 2002; 新宅・江藤, 2008; 小川; 2009bの第II部)、立本・高梨, 2010)。

組み込みシステムと欧州イノベーション政策

電子化が21世紀の人工物設計に大きな影響を与え、もの造りシステムさえも根底から変える可能性を持つということを、ここまで説明した。各国のイノベーションシステムも、この複雑性の爆発に対して対処するために様々な取組をしている。とくに自動車電子化分野では、欧州のイノベーション政策や産業レベルでの取組(標準化活動)が、顕著な動きをしている(小川・立本, 2009, 2010)。

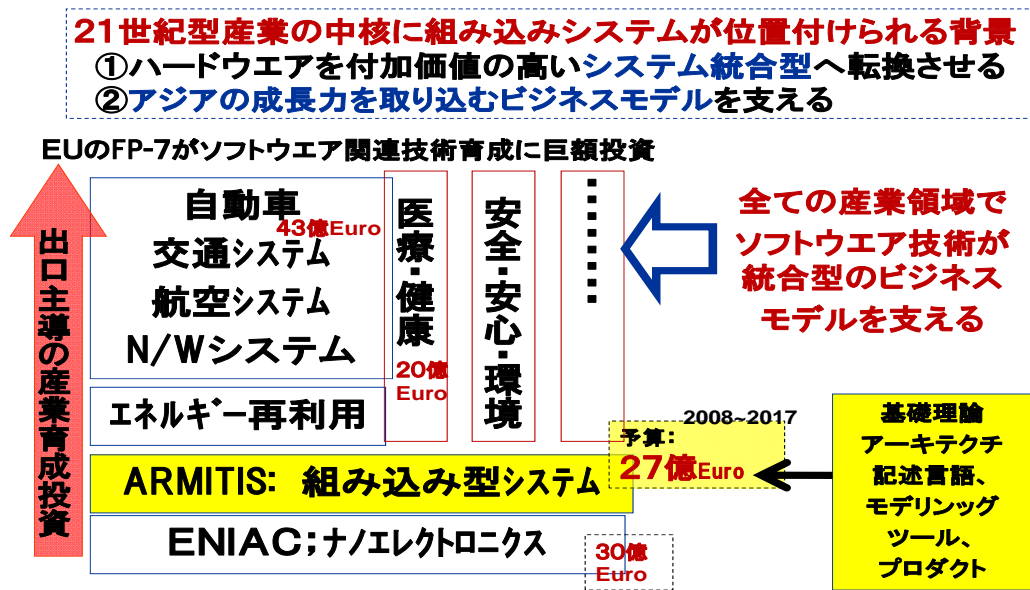
現在、欧州でもっとも影響力を持っているイノベーション政策が、欧州委員会が主導している Framework Program であり、2007年より第7次 Framework Program(FP-7)が開始されている。欧州委員会は大規模な社会経済の変革を伴う重要技術として、組み込み型システムを認定し、FP-7では JTI という専門の共同研究組合を設置している。JTI は、特に重要だと考えられ、かつ、幅広く産業に影響を与えるプラットフォーム的な技術分野について設置されている。

JTI は6つの分野について設置されており、ナノテク(ENIAC)、医療(IMI)、航空輸送、水素・燃料電池、環境安全のグローバル監視などである。自動車電子化は主に組込システム

を扱う ARTEMIS という JTI に含まれる。6 つの JTI および第 7 次 Framework Program で支援されている個別の研究プロジェクト、さらにはこれら成果を産業共通の基盤として利用するための標準化活動は、密接に関係し合っている。

6 つのプラットフォームが JTI でどのような位置付けになっているかの全体構造を図 5 に要約した。

欧州FP-7で取り上げられたJTIの相互関係



図表引用：小川,立本 (2010,4 章)

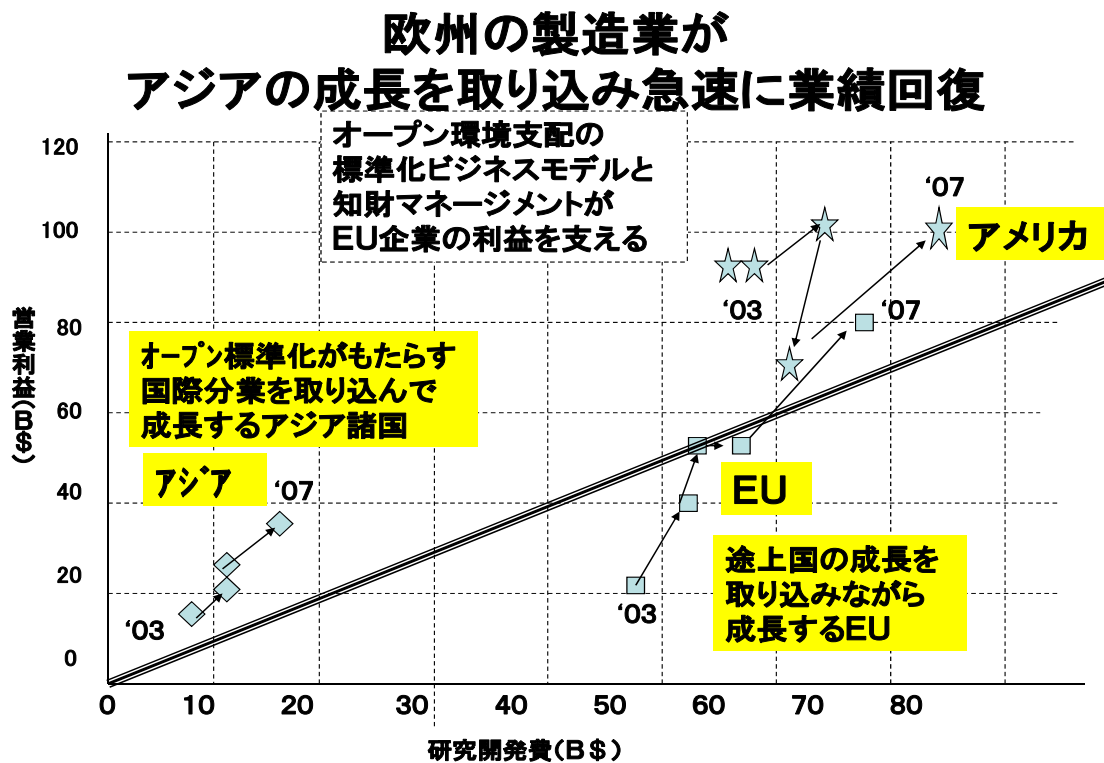
図 5 組み込み型システムの ARTIMIS と他の JTI との相互関係

図 5 から明らかなように、それぞれの JTI が互いに強くリンクしている。例えばナノテク側で良い成果が出ればそれが直ちに組み込み型システム側でも連動した技術イノベーションがおり、また組み込み型システムで画期的な技術イノベーションが生まれれば、直ちにこれがエネルギー再利用システムや医療・健康分野および安全・安心・環境分野の社会イノベーションに結び付く構造になっている。

欧州連合のイノベーションシステムである Framework Program 中の JTI が、組み込みシステムを大規模な社会経済の変革を伴う重要技術と認定した背景には、21 世紀の産業を担う多くの製品システム設計に、組み込み用のマイクロ・プロセッサとこれを動かす組み込みソフトが深く介在しはじめたためである(小川, 2009b, 第 1 章)。

欧州イノベーション政策への評価

欧州 (EU) のイノベーション政策についてマクロ的な視点から評価してみる。図 6 に 2003 年から 2007 年までの製造業について、投入した研究費に対して達成された営業利益のトレンドを示す。アジアは日本以外のアジア諸国である。アメリカと EU を比較してみると、投資効率で EU が劣るものの、効率が急速に改善して 2007 年にアメリカへ追いついた。



図表引用：小川,立本 (2010,4 章) を加工

図 6 EU の産学連携と欧州の復権

欧州の企業群とアジア諸国企業群の傾向を比較すると、アジアは未だ研究開発投資の絶対的規模が小さいものの、非常に少ない投資で多額の利益を上げている。先進国から伝播するイノベーション投資の成果としての要素技術や製品・生産技術を活用することで、研究開発投資を低く抑えることができるからである。

その背後にアジア諸国が採る比較優位の制度設計があった (小川, 2010, 第 2 章)。たとえば特定産業における法人税免税、減価償却方法、特定地域・設備に対する投資税額控除が、多くのアジア諸国の産業政策として共通している (Jenkins, Kuo and Sun2003; 黄・胡, 2007; 立本, 2009)。アジア諸国は、要素技術の研究開発段階では無く、実ビジネスの段階 (製造

段階)で競争力を強化する一連の産業政策を1990年代に完成させている。アジア諸国のこれらの産業政策は、アメリカ・欧州のイノベーション成果の受け皿として機能し、巨大な経済成長を享受している²。

要するに、アメリカ・欧州のイノベーションは、その成果が各先進国地域にとどまるものではなく、新興国市場を含むグローバル市場へと伝播・移転するように設計されている。この技術伝播を促すものが国際標準化である。そして、この技術伝播を前提としたビジネスモデルを構築できた企業が、新興国の成長とともに、国際競争力を持続的に獲得しているのである。(詳細は別稿に譲るが、この典型的なビジネスモデルが、プラットフォームビジネスである(小川、2008; 立本・小川・新宅, 2009c; Tatsumoto, Ogawa and Fujimoto, 2009)。

新興国の産業成長を取り込むビジネスモデル：国際分業とプラットフォームビジネス

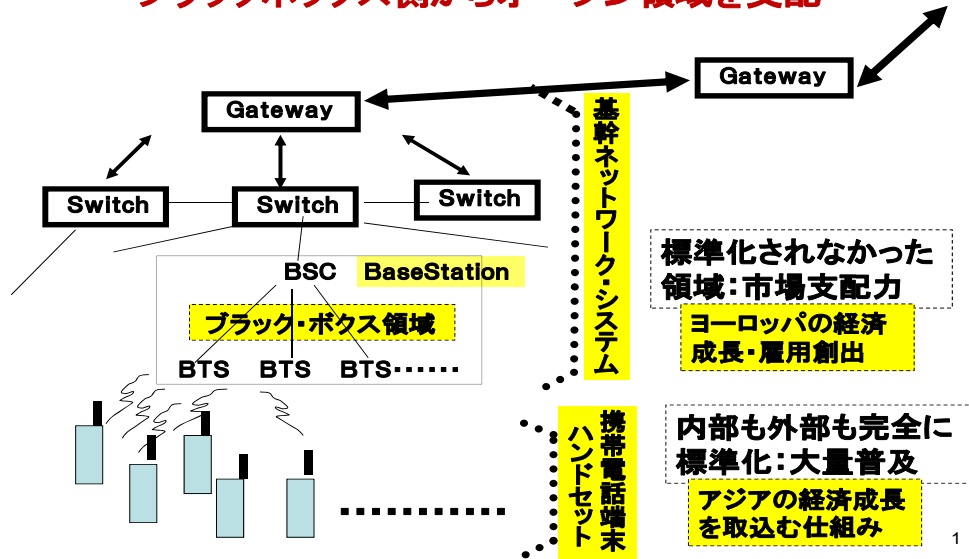
標準化が架け橋となって、先進国のイノベーションが新興国の経済成長に貢献していることを述べた。そして、この産業環境を前提としたビジネスモデルが、1990年代にアメリカ・欧州で構築されていった。特に欧州では、デジタル携帯電話(GSM携帯電話)の事例が、その後の産業・政策関係者の思考に大きく影響を与えている。GSM携帯電話は、欧州がIT大国であるアメリカに対して、はじめて国際競争力を持った分野であり、同時に新しい標準化プロセスで産業育成に成功した事例であるからである。

デジタル携帯電話のビジネス・システム構造を図7に示す。欧州GSM方式の国際標準化では、携帯端末の内部構造と外部インタフェースがオープン標準化されているものの、基幹インフラ側のベース・ステーションは完全ブラックボックス化されている。したがってアジア諸国企業が市場参入できるのは携帯端末だけであってアジア諸国が競ってコストを下げ、市場が拡大する。しかし携帯端末を繋いで電話システムとして機能させるGSMの基幹インフラ側のシステムは、図8に示すように、たとえ中国市場であっても欧州企業だけが支配する構造になっている。

中国企業はオープン標準化された携帯端末の市場でビジネスチャンスを掴み、経済成長と雇用に貢献する。一方、欧州企業は、中国企業が生み出す低コストの携帯端末が大量普及する市場を、ビジネスモデルや知財マネジメントおよび基幹インフラ側のシステムでコントロールすることによって、中国の成長を欧州側の成長と雇用に結びつけることができる。

² アジアの新興国の産業政策が、先進国の技術イノベーションのスピルオーバーの受け皿となっている点を理論的・技術経営的な観点からはじめに指摘したのは Teece(1986)である。Teeceは1986年の論文中で、スピルオーバーの受け皿として日本をあげた。しかし、1990年代にスピルオーバーの受け皿となったのは、日本よりも、むしろ韓国・台湾・中国・シンガポールであった。

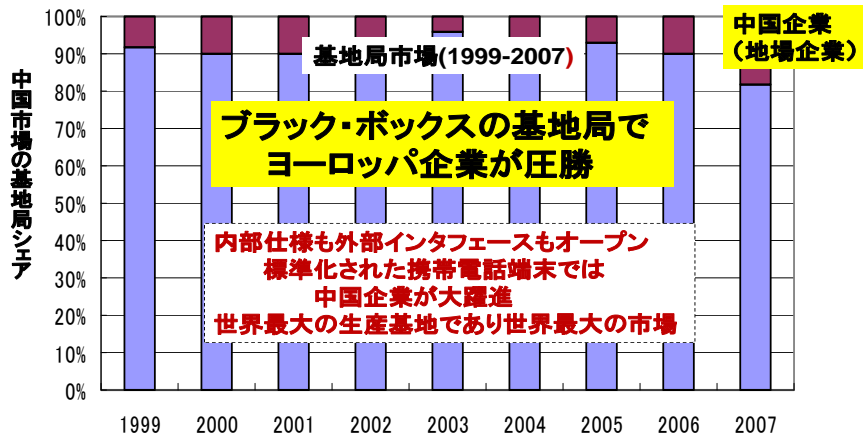
欧州の携帯電話システムが市場席巻する仕組み
ブラックボックス側からオープン領域を支配



図表引用：小川(2009b)14章

図 7 デジタル携帯電話のビジネス構造

ヨーロッパ方式の携帯電話が中国市場を席巻
中国の成長がヨーロッパの成長と雇用に貢献
同時に中国の経済成長と雇用拡大に寄与



図表引用：立本(2009a), 小川・立本(2010,4章)

データ出所：iSuppli

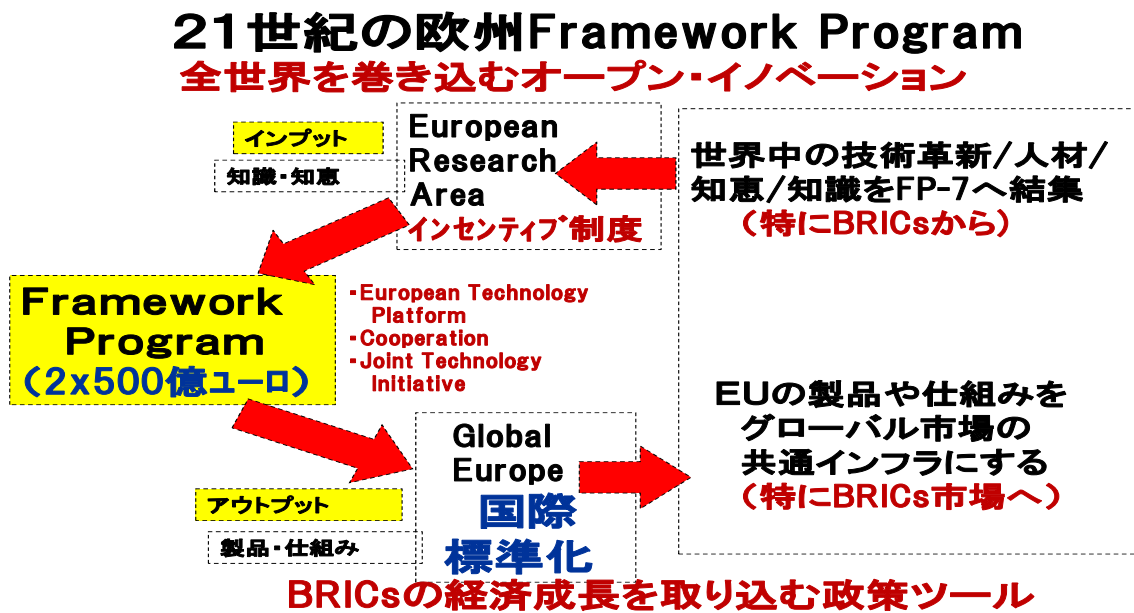
図 8 中国市場の基地局シェア

国際標準化はグローバル市場に比較優位の国際分業を構築する役割を担うが(小川, 2009, 第3章)、図7, 図8に示す事例と類似の構造が2000年以降から多くの産業領域で観察されるようになった。

この意味で欧州連合(EU)は、技術イノベーション成果のアウトプット政策として位置付けた国際標準化を駆使することによって、開発途上国の成長をEUの成長や雇用に結び付けるという仕組み作りで成功したのではないか。これを実ビジネスの現場で担ったのが標準化ビジネスモデルと標準化知財マネジメントだったのである(小川, 2009b)。

欧州のイノベーション政策とグローバル市場

欧州連(EU)がFramework Programmeを介してグローバル市場に対峙する構造を図9に要約した。BRICsやNext Eleven諸国の優れた研究者や研究成果をFramework ProgrammeとリンクさせるためのEuropean Research Area構想をインプット政策と位置付け、そしてFramework Programmeのイノベーション成果をグローバル市場へ展開する国際標準化をアウトプット政策の中核に据えている。



図表引用：小川・立本(2010,4章)

図9 欧州連合のグローバル産業政策における Framework Programme の位置付け

Framework Programmeで生み出される技術イノベーションをハード・パワーと定義すれば、世界中の知恵をFramework Programmeの技術イノベーションへ結集させるインプット政策、

そしてその成果をグローバル市場へ展開させるアウトプット政策の方は、ソフト・パワーと定義できるであろう。Framework Program という巨大なオープンイノベーションの構造を創り上げた欧州連合（EU）は、ハード・パワーとソフト・パワーが一体となったイノベーションを今後も推進する。その方向が2007年に開始されたFP-7で明確に打ち出されたのである。

かつてヨーロッパは産業革命と植民地政策によってグローバル社会に覇権を確立した。21世紀の欧州連合は、国を超えたオープンイノベーションと国際標準化によってグローバル市場へ対峙しようとしている。

4. 日本は欧州型オープンイノベーションから何を学ぶか

欧州は1980年代からイノベーションシステムをオープンイノベーションへ大転換させた。そこでは、FP(Framework Programme)-7の例を見るように、産官学の大規模連携の促進などが大規模な社会的イノベーションを生む基盤となっている。さらに、イノベーションの成果を欧州地域市場、ひいてはグローバル市場へと展開する道具として、国際標準化を欧州連合の基本政策の中へ上手に取り入れている。このようなオープンイノベーションの流れは、細部は異なるものの、アメリカでも行われている。各地域の実情に合わせた形で、オープンイノベーションが強力に推進されている。我々は、このようなオープンイノベーションの流れから何を学べるだろうか。

境界を越えた統合：統合範囲の拡大化

欧州にせよ、アメリカにせよ、共通しているのは、企業・大学や公的な研究所と政府が共同した産学官の新たな連携が「オープンイノベーション」の体制を体現していることである。

前述のように組み込みシステムは、社会全体に対して影響を与えるため、従来のイノベーションよりも多くの関係者を集めた連携が必要である。そのため従来どおり単独産業が主体となるコンソーシアム活動は不十分であり、もっと幅広い参加者が活動できるオープン型のコンソーシアムが必要である。

そもそも日本の共同研究活動コンソーシアムは、1980年代の欧米の産業政策改革の手本となったものであった。共同研究開発コンソーシアムは、巨大な投資が必要で、多くの産業に影響を与える共通インフラの分野では、望まれるべきものである。無駄な重複投資を抑え、社会厚生を高める意味合いもある。特に、共同研究開発コンソーシアムの成果が標準化され、世の中に広く利用可能になるのであれば、産業政策として支援する大きな意義がある。欧米では1980年代の産業政策の転換を経て、1990年代には政府（欧州委員会）支援の共同研究

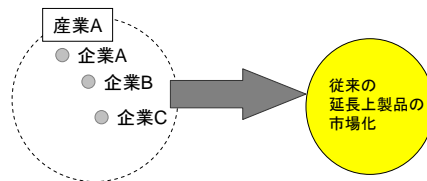
開発のコンソーシアム活動や、成果の標準化活動が盛んに行われた。

このような欧米の産業政策改革に対して、日本の共同研究開発活動は持続的に続いていたものの、いつの間にか統合の範囲が小さいものとなってしまった。組み込みシステムのような幅広い影響をもつプラットフォーム的な技術では、統合の範囲が狭いということが、決定的な欠点となる。一方、FP-7の活動で見られるように、欧州のイノベーション政策は、とくに重点分野に関して、JTIなどの新しい仕組みを作って、統合の範囲をできる限り拡大しようとしているように見える。これを大規模オープンイノベーションと呼ぶ（図10）。大規模イノベーションを、個別企業のレベルで捉えたものがオープンイノベーションである。逆にいえば、オープンイノベーションを産業全体で見たものが大規模イノベーションである。

大規模オープンイノベーションでは、複数の産業間、大学や研究所、さらに欧州諸国だけでなく BRICs 諸国の研究主体までも、共同研究開発・標準化活動に参加できるようになっている。社会システムに直接影響するような大規模イノベーションでは、このような「統合の範囲の拡大」が必須の取り組みとなるだろう。

社会システムを含む大規模イノベーションの推進

[従来型イノベーション支援]



[FP7で指向される大規模オープン・イノベーション]

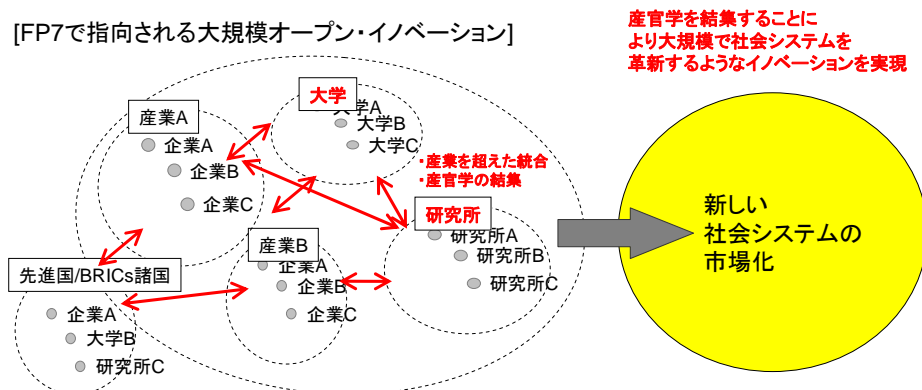


図 10 統合の範囲の拡大

協業と競争の峻別不足：プラン B 症候群

大規模オープンイノベーションでは、その背後で協業と競争が事前に峻別されなければなら

複雑性増大と国際分業・国際競争力への影響

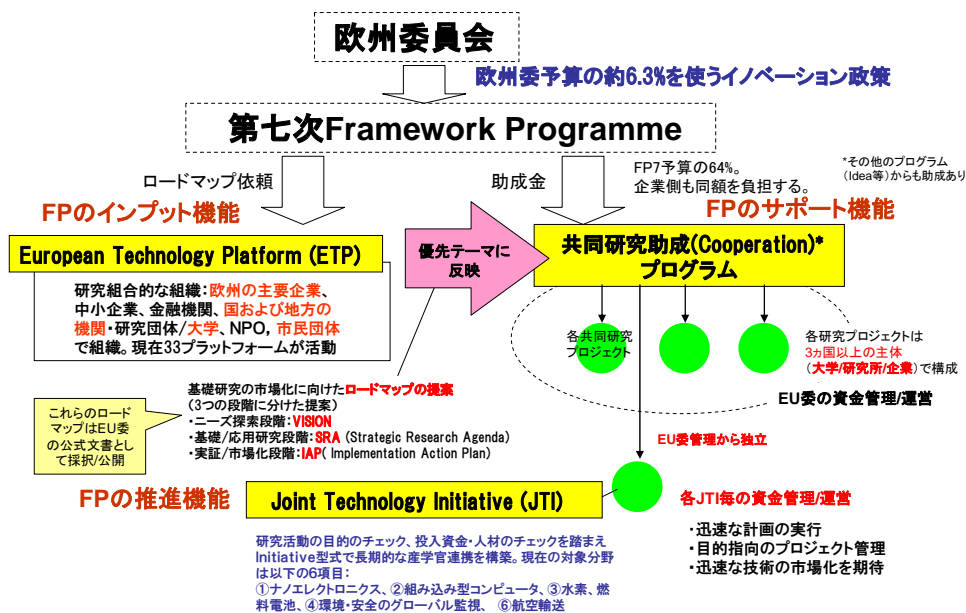
らないのは言うまでもない。ところが日本の行政が主導する研究開発プロジェクト(国家プロジェクト、国プロ)では、協業領域と競争領域が事前に峻別されていない。

たとえば半導体関連に関する筆者の調査によれば、1976年の超 LSI 研究組合でも、またその後続く一連の国プロでも、協業と競争が事前に峻別されていなかった。したがって、いわゆる競争前領域(pre-competitive)の共同研究か、あるいは自社の保険として位置付ける共同研究に終始している。日本では、プラン A である最有力の技術オプションは自社内で行い、バックアッププランであるプラン B のみが、政府支援の共同研究開発コンソーシアムで実施され傾向があった。企業の研究技術開発のバックアッププランばかりが、産業政策助成を受けるような状態のことを「プラン B 症候群」と呼ぶ。協業領域と競争領域の峻別が不完全であるために引き起こされる典型的な弊害であった。

本報告が着目する第7次 Framework Programme (FP7) には、社会システムを変革する為の大規模イノベーションを推進する仕組みが、ETP や SRA, JTI という分業構造を取って取り込まれている。これらは、たとえそれぞれ単独で機能しても結果的に社会的基盤に貢献する大規模イノベーションシステムへ結び付くようにするという、トップダウン型の分業構造になっている点に大きな特徴がある。将来の欧州連合の有るべき姿をオープンな議論を踏まえて定め、これを実現させるために ETP へ取り込むべき研究テーマの選定それ自身は、**図 11** に示すように衆智を集めて議論するボトムアップ型になっている。

しかし選ばれたテーマに巨額の予算を付けて実行に移す構造が、トップダウン構造になっているのである。あるいは、技術イノベーションの成果を社会に貢献する大規模イノベーションへ直結させるリニア・モデルの仕組みを人為的に構築している、と言い換えてもよい。

大規模イノベーション創出の仕組み：FP7,ETP, JTIの関係



図表引用：小川・立本（2010, 2章）

図 11 欧州 第7次 Framework Programme の全体構造

オープンイノベーションを支える産業政策：真に必要なプロジェクトへの支援

統合範囲の拡大化や協業・競争領域の峻別は、オープンイノベーションの基盤をなすコンソーシアム活動の必須条件であるが、イノベーション政策の観点からも重要である。イノベーション政策では、これらの研究開発や標準化活動に対して支援を行うことが一般的である。FP-7でも総額500億ユーロ以上が投入される予定である。

オープンイノベーションを念頭に置いたイノベーション政策では、「プラン B」のような無駄なプロジェクトへの政府支援を抑制することがもっとも難しい問題となる。産業全体が真に必要なとしている支援があるにしても、どのような分野が真に必要な分野にあたるのかは、衆知をみつめた議論が必要である。また、もし真に助成が必要な分野であるのならば、その成果は産業全体に共有されるような標準化がされるべきであり、この前提として協業・競争領域の峻別が必須となる。すなわちイノベーション政策として政府がこれらの活動やプロジェクトを助成するための前段取りとして、幅広い参加者を許容するコンソーシアムでの議論が必須となるのである。

FP-7では、ETP(European Technology Forum)と呼ばれるコンソーシアム活動での議論が、

複雑性増大と国際分業・国際競争力への影響

この前段取りを行っている。また、FP-7でおこなっている政府助成に対して企業側も応分負担をするグラント方式は、真に必要なプロジェクトを選別する仕組みとして必須の仕組みであろう。

FP-7で見られるこのような仕組みは、実はアメリカ政府のコンソーシアム支援の教訓でも、同様の示唆がされている。GAO(1992)では、アメリカ半導体産業を中心とした半導体コンソーシアム SEMATECH の政府支援（1987－1992 年期）を振り返りながら、政府が産業コンソーシアムを支援する時のルールとして、次の①～④を採用するべきだと主張している。

①目標対象の領域を明確化し、少なくともプロジェクト予算の 50%を産業参加者が支払うこと②コンソーシアム参加者の責任者がコンソーシアムの R&D プライオリティを随時監督すること③コンソーシアムを装置企業など幅広い企業との長期的な関係構築の場とすること④コンソーシアムは標準化を推進することで産業全体の効率性を上げること、と結論づけている。この結論は、欧州型オープンイノベーションを探った本調査の結論とも一致する部分が多い³。

オープンイノベーションと経済成長、国際競争力：標準化の役割

オープンイノベーションを前提としたビジネスモデル、イノベーション政策を考慮するうえで、とくに国際競争力の視点から標準化の役割を今一度認識する必要がある。標準化と経済成長の関係を示したものが図 12 である。

³ アメリカの産業政策の歴史を概観すると、アメリカの産業政策は「マクロ政策として介入、ミクロ政策としては不介入」という新古典派総合の考え方が背景にある。特別にクリントン政権時代には日本型の産業政策が指向され、政府が資金拠出し大規模に業界を調整する SEMATECH という半導体コンソーシアムが形成された。また、自動車分野でも「次世代自動車開発プロジェクト(PNGV)」構想の下、ピックスリーの共同研究開発組織である USCAR(1992 年結成)に対して 1995 年度から 10 年間計画で補助金を拠出することを 1993 年に決めた。その後、1990 年代後半にアメリカの労働生産性が再び向上し始めると、政府が強いリーダーシップをとる形式の産業支援は影を潜め、新古典派総合の考え方が復活した。しかし、リーマンショック後のオバマ政権下では再び政府主導型の産業育成策が（特に再生可能エネルギー技術・グリーン技術などの成長分野に対して）行われる傾向にある。宮田(2000)には、詳細にアメリカの産業政策の説明がある。

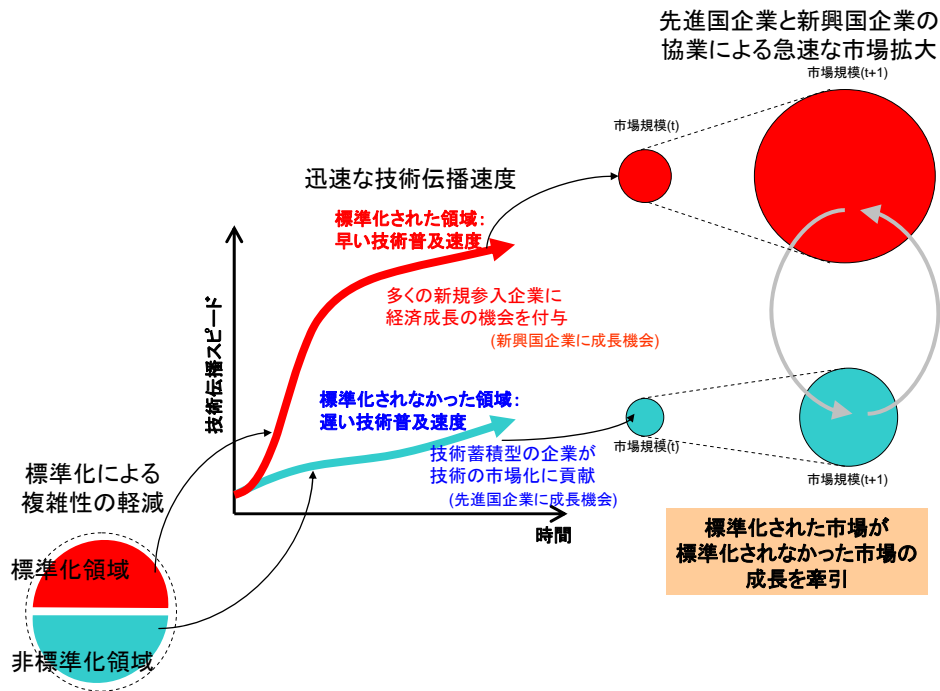


図 12 国際標準化と技術伝播速度、先進国と新興国企業の協業による市場拡大メカニズム

大規模な複雑性をともなうイノベーション（本報告の例では自動車電子化）では、複雑性を軽減するために標準化を行う。この際、対象となるシステムは、標準化領域（オープン領域、競争前領域）と非標準領域（ブラックボックス領域、差別化領域）とに分かれる。

標準化された領域の技術は、非常に早い速度で伝播する(小川、2009b の2章)。これは標準化することによって、暗黙知 (tacit knowledge) やノウハウといった技術伝播しづらい知識が、形式知 (explicit knowledge) になることによって、起こる現象である。技術蓄積の少ない企業や産業の暗黙のコンテキストに不慣れた企業にとって、標準化のタイミングは、新規参入のタイミングとなる (小川、2008)。ここだけを見れば、既存企業が標準化をするインセンティブは少ない。だから、伝統的な日本の垂直統合型企業は、標準化を前向きに捕らえることができていない。

しかし、忘れてはならない点は、標準化した領域の市場が拡大すると、標準化しなかった領域の市場も拡大するということである。標準化には、①標準化した領域の市場が拡大するという機能と、② ①に牽引されて標準化しなかった領域の市場も同時に拡大する、という2つの市場拡大の効果がある。②の効果は、伝統的な企業であっても標準化活動によってビジネスチャンスを得られる可能性があることを示している。

現在成長著しい新興国の企業は技術蓄積が小さく、標準化を事業機会と考えて参入する新

複雑性増大と国際分業・国際競争力への影響

規参入企業が多い。これらの企業はオーバーヘッドコストが小さく、柔軟な経営やすばやい投資が特徴である。先進国産業は標準化によって、これらの新規参入企業の成長、ひいては新興国の経済成長に貢献することができる。一方、標準化されなかった領域は、依然として暗黙知や技術ノウハウが重要な領域であり、伝統的な企業に優位な市場創造が期待できる。だから、たとえ伝統的な垂直統合企業であっても、標準化によって新興国経済成長を取り込みながら持続的な成長を遂げるビジネスモデルを構築することができ、オープンイノベーションを利用した新しい成長機会を創出することができる(立本・高梨, 2010)。

欧州やアメリカは、このオープンイノベーションのメカニズムにのっとった産業政策、ビジネスモデルをすでに構築しており、新興国市場を含むグローバル市場への影響が顕在化し始めている。国際標準化は、先進国市場と新興国市場の架け橋となっており、経済成長に貢献する社会装置であると同時に、国際競争力に影響する産業環境となっている(小川、2009a) ,Ogawa et.al 2009, Shintaku and Tatsumoto, 2010)。

自動車電子化は、自動車産業にオープンイノベーションの波を投げかけている。この波は、一つ一つは小さいかもしれないが、確実に大きなものとなって自動車産業に打ち寄せている。もしも日本の自動車産業や産業政策が、この波に的確に対処できなければ、日本のエレクトロニクス産業が経験したように長期に渡って国際競争力を失う可能性がある。逆に、もし、この波にうまく乗ることが出来れば、新興国の経済成長に貢献しながら、持続的な成長の機会を得ることが出来るだろう。日本の自動車産業にとって、今が最も重大な局面であるとの認識が必要であろう。

小括

本報告では第2章以降、Framework Programme や ARTEMIS、自動車電子化のオープン標準化活動の AUTOSAR やソフトウェアのコア技術の研究開発プロジェクトの事例を取りあげながら、1980年代から現在までの30年に及ぶ欧州型「オープンイノベーション」の経緯を多角的に明らかにしている。従来の調査研究は欧州のイノベーション政策を各国単位でみており、本報告のように欧州委員会レベルで捉えたものは少なかった。加えて、このイノベーション・メカニズムを「オープンイノベーション」の一種であるという見解を示す調査研究は、従来ほとんど無かった。

現在でも欧州のイノベーション政策をクローズドなりニア・イノベーションであるとする研究者も多い。しかし、それは各国レベルのイノベーション政策に注目したものであり、欧州連合としての視点はもとより、欧州連合とグローバル市場との関係が欠けている。

2007年から始まるFP-7では、幅広い技術シーズを世界中から取り込むためのERA構想が

展開されており、欧州域内での複数分野にまたがる研究・企業・NPO 団体の共同研究を加速すると共に、欧州域外の諸国（とりわけ BRICs 諸国）からの研究者を迎え入れることに成功している。このような研究ネットワークの拡大は、大規模イノベーションのシーズ収集とともに、その成果の出口として国際標準化を世界市場に普及させる際に役立っている。欧州の国際競争力構築の青写真として 2006 年に発表された「Global Europe」では、国際標準化を欧州経済からグローバル経済への架け橋として推進する方針がより明確に位置付けられている(COM, 2006)。

一方、日本のイノベーションシステムには、国のレベルでも個別企業のレベルでも、協業と競争が峻別されていない。峻別できなければ、世界の衆知を集めるインプット政策はもとより、技術イノベーションの成果をグローバルの競争力へ転化させるアウトプット政策をトータル・イノベーションシステムに組み込むことができない。この意味で、グローバルなオープンイノベーションの視点が明示的に取り込まれていない。

オープンイノベーションを実現するための環境要因は何か、それを強力に後押しする産業政策としてどのようなものが必要なのか、なども明確に描くことが出来ていないのではないか。個別技術としてなら市場導入で成功する事例があるものの、多種多様な異業種の協業によるシナジー効果が起き難い。したがって社会に価値をもたらすようなイノベーションに結び付かないという悪循環に陥っている。また日本のイノベーションシステムでは技術イノベーションが起きればこれが国の競争力や企業収益に直結するという技術リニア・モデルが暗黙のうちに仮定されているため、オープン国際分業が支配する産業領域では、グローバル市場の勝ちパターンを構築できない事例が非常に多い。

1980 年代から数多くの失敗事例と成功事例を積み重ねながら、欧米諸国は 1980 年代に産業構造を強制的に転換させて「オープン環境下における協業と競争を共存させるイノベーションの仕組み」を実現させていった。例えば欧州では、デジタル携帯電話の成功事例を契機にオープンイノベーションやオープン標準化を世界市場に向けて発信してきた⁴。またこれを受けた NIES/BRICs 諸国も、その産業政策を欧米の産業構造転換に呼応させた補完型へと転換させ、ここから比較優位の産業政策を設計してきた。この意味で、欧米が当たり前のように語るオープン化思想の歴史的な経緯を踏まえ、NIES/BRICs の制度設計を注視しつつ⁵、我が国の得意技を最大限に生かす日本のイノベーションシステムを再構築するべき時が来ていると考える。

⁴ 例えば小川(2009b)の 5 章。欧州発のデジタル携帯電話規格 GSM の事例については立本(2008a, 2008b, 2008c)に詳細に記述されている。

⁵ 例えば立本(2009b)。

参考文献

- ARTEMIS (2006) *ARTEMIS STRATEGIC RESEARCH AGENDA*, first edition, download from <https://www.artemisia-association.org/sra>
- Chesbrough, H.(2003) *Open Innovation*, Boston: Harvard Business School Press.
- COM[Commission of the European Communities DGExternal Trade] (2006) *Global Europe Competing in the World - A Contribution to the EU's Growth and Jobs Strategy*, European Commission External Trade, http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2006/october/tradoc_130376.pdf.
- Gawer, A, and Cusumano, M.(2002) *Platform Leadership: How Intel, Microsoft, and Cisco Drive Industry Innovation*, Harvard Business Press.
- Jenkins, G.P., Kuo,C. and Sun, K. (2003) *Taxation and economic development in Taiwan*, Harvard university press.
- Koichi Ogawa, Youngwon Park, Hirofumi Tatsumoto, Paul Hong(2009) Architecture-based International Specialization: Semiconductor Device as an Artificial Genome in Global Supply Chain, 3rd International Symposium and Workshop on Global Supply Chain Management, PSGIM, Coimbatore, India.
- OTA [U.S. Congress, Office of Technology Assessment] (1992) *Global Standards: Building Blocks for the Future*, TCT-512, Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- Shintaku, J. and Tatsumoto, H. (2010) Empowering New business : Empowering emerging markets, *ISO Focus+*, June 2010, pp.28-30.
- Tatsumoto, H., Ogawa, K., and Fujimoto, T.(2009) “Platforms and the international division of labor: A case study on Intel’s platform business in the PC industry”, in Annabelle Gawer(ed.) *Platform, Markets and Innovation*, Edward Elgar.
- 小川絃一(2008)「我が国エレクトロニクス産業に見るプラットフォームの形成メカニズム」『赤門マネージメントレビュー』第7巻6号.
- 小川絃一(2009a)「製品アーキテクチャのダイナミズムとオープン国際分業の進展」東京大学知的資産経営・総括寄付講座デスクッションペーパー, No. 3, 2008年1月.
- 小川絃一(2009b)『国際標準化と事業戦略-日本型イノベーションとしての標準化ビジネスモデル』白桃書房.
- 小川絃一(2010)「国際標準化が生み出すグローバル経営環境と日本型企业制度」東京大学知的資産経営・総括寄付講座デスクッションペーパー, No. 11, 2010年1月.
- 小川絃一・立本博文(2009)「欧州のイノベーション政策：欧州型オープン・イノベーション・システムの構築」MMRC Discussion Paper, No.281.

- 小川絃一・立本博文(2010)「欧州型オープン・イノベーションシステムとしての Framework Program」東京大学知的資産経営・総括寄付講座ディスカッションペーパー, No.14, 2010年2月.
- 榊原清則(1995)『日本企業の研究開発マネジメント』千倉書房.
- 新宅純二郎・江藤学(2008)『コンセンサス標準戦略：事業活用のすべて』日本経済新聞出版社.
- 立本博文(2008a)「GSM 携帯電話①標準化プロセスと産業競争力—欧州はどのように通信産業の競争力を伸ばしたのか—」『東京大学ものづくり経営研究センターディスカッションペーパー』No. 191.
- 立本博文(2008b)「GSM 携帯電話② 特許問題—欧州はどのように通信産業の競争力を伸ばしたのか—」『東京大学ものづくり経営研究センターディスカッションペーパー』No. 197.
- 立本博文(2009a)「GSM 携帯電話③ アーキテクチャとプラットフォーム—欧州はどのように通信産業の競争力を伸ばしたのか—」『東京大学ものづくり経営研究センターディスカッションペーパー』No. 204.
- 立本博文(2009b)「国家特殊的優位が国際競争力に与える影響—半導体産業における投資優遇税制の事例—」『国際ビジネス研究』第1巻第2号, pp.59-73.
- 立本博文・小川絃一・新宅純二郎(2009c)「技術の収益化のための国際標準化とコア技術管理」日本知財学会誌, Vol. 5, No. 2, pp. 4-11.
- 立本博文・高梨千賀子(2010)「標準規格をめぐる競争戦略—コンセンサス標準の確立と利益獲得を目指して—」『日本経営システム学会誌』Vol. 26, No. 2, pp. 1-7.
- 立本博文・富田純一・藤本隆宏(2009)「プロセス産業としての半導体産業」所収 藤本隆宏, 桑嶋健一『日本型プロセス産業—アーキテクチャと製品開発の視点』有斐閣, pp. 206-251.
- 田中俊郎(1991)『EC 統合と日本—ポスト 1992 にむけて』日本貿易振興協会.
- 垂井康夫(2008)『世界をリードする半導体共同研究プロジェクト』工業調査会.
- 土屋大洋(1996)「セマテックの分析—米国における共同コンソーシアムの成立と評価—」法学政治学論究, 第28号, pp. 525-558.
- 徳田昭雄(2010)「AUTOSAR を取り巻くコンソーシアム間の協業関係：産業レベルのオープン・イノベーションに向けて」『社会システム研究』第21号 (forth coming)
- 富田純一・立本博文・新宅純二郎・小川絃一「ドイツに見る産業政策と太陽光発電産業の興隆：欧州産業政策と国家特殊優位」赤門マネジメントレビュー, Vol.9, No.2, pp.61-88.
- 日本自動車産業研究所(2010)『自動車電子システムの海外動向調査報告書』(財)日本自動車研究所.
- 平林英勝(1993)『共同研究開発に関する独占禁止法ガイドライン』商事法務研究会.
- 宮田由紀夫(1997)『協同研究開発と産業政策』勁草書房.

複雑性増大と国際分業・国際競争力への影響

宮田由紀夫(2001)『アメリカの産業政策-論争と実践』八千代出版.

宮田由紀夫(2009)「アメリカの産学官連携」『ビジネス・イノベーションシステム』

土井教之編著、日本評論社、第7章.

渡辺尚・作道潤 編(1996)『現代ヨーロッパ経営史』有斐閣.

黄仁徳・胡貝蒂(2007)『台湾租税奨励與産業發展』 台北市：聯經 (in Chinese) .