

Title	自動車の電子化のその先に何が見えるか（その2）：アジアの成長と共に歩むビジネスモデルと比較優位の産業政策
Author(s)	小川, 紘一
Citation	年次学術大会講演要旨集, 26: 599-604
Issue Date	2011-10-15
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/10192
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

自動車の電子化のその先に何が見えるか(その2) —アジアの成長と共に歩むビジネスモデルと比較優位の産業政策—

○小川紘一(東京大学知的資産経営総括寄付講座)

1. 本稿の問題意識とその背景

自動車の電子化のその先に来る経営環境をモノづくりの視点で言えば、組み込みシステムが自動車設計の深部で広範囲に介在し、基本機能や性能はもとより自動車の品質までも左右するというモノづくり現場の到来を意味する。またこれをトータル・ビジネスアーキテクチャの視点で言えば、ビジネスモデルや知財マネジメントは、全て比較優位の国際分業の中で再構築されなければならない、という経営思想の転換を意味する。その背後にあるのが、デジタル化が創り出す巨大なグローバル・サプライチェーンであり、これによって途上国と先進国が比較優位の国際分業型へ踏み出す経営環境のパラダイムシフトであった。¹

製品設計とは、複雑に絡み合った技術体系を要素技術モジュールの単純組合せへ転換させ、分業とルーチン化によって生産効率を上げるために必要な一連の行為である。例え擦り合わせ型の製品であっても、製造工程を個別工程の単純組み合わせ型へ転換することによってはじめて、分業とルーチン化による低コスト・高品質・大量生産が可能になるからである。ここで日本企業の競争力を支えたのは、それぞれの分業工程に許容される門外不出の工程管理パラメータ(許容公差)であり、公差を拡大させる生産技術や生産管理の組織能力であった。

しかしながらデジタル化、すなわち製品という人工物の設計に組み込みシステムが深く介在することは、基幹技術モジュール相互の結合インタフェースを暗黙知から形式知へ転換させ、同時にインタフェースの結合公差を飛躍的に拡大させることを意味する。設計の段階で既に公差が広いのであれば、生産技術・生産管理ノウハウの役割が低くなり、付加価値が基幹部品側、およびブランド/販売チャンネル/サプライチェーンマネジメント側へシフトして、スマイルカーブ型の産業構造に近づく。²

ここに世界中の国々が推進するオープン環境の国際標準化が重畳すれば、形式知と公差が共にグローバル市場へ公開されてしまい、さらにはパテントプールによって特許が持つ本来の機能が弱体化する。³ ここから市場利用コストだけでなく、企業の内部コストも劇的に下がって技術の伝播/着床スピードが10倍以上に加速し、先進工業国と途上国との間に比較優位の国際分業が、同じ産業の中で生まれるのである。⁴ オープン国際分業がグローバル市場に拡大し、規模の経済が企業内からオープン市場へシフトすると言い換えてもよい。これによって途上国企業は、技術モジュールの組み立て産業からビジネスチャンスを探り、自国の経済成長に寄与する。⁵

この経営環境が最も早く現れたのは、デジタル化が介在し易いエレクトロニクス産業であった。規模の経済が企業の内部からオープン市場へシフトし、いわゆるチャンドラーの“見える手”がラングロアの“消えゆく手”に移行する事例が最初に観察されたのも、デジタル型のエレクトロニクス産業だったのである。最近では、オープン標準化によって生み出される標準化第一モデルが、その代表的な事例として新たに追加された。⁶

¹ 例えば小川(2011b), 小川、高梨、立本(2011)。

² ただし自動車産業の場合はデジタル型製品のような完全なスマイルカーブにはならず、量産組立と検査工程にも付加価値が残る。まず第一に、自動車では安全性や環境規制、更にはユーザがブランドに期待する乗り心地や持つ喜びなどの“感性品質”を、最終的な適合テストによって統合化する組織能力が付加価値を左右するからであり、第二に機械部品だけは組合せ公差が拡大し難しく、歩留まり向上のための生産技術や工程管理ノウハウがまだまだ大きな役割を担うからである。

³ 小川(2009)の第12章および小川(2011a)を参照

⁴ 小川(2009)の第3章を参照

⁵ このような経営環境が到来する事実については小川(2009)の2章、12章、13章および小川(2011b)を参照

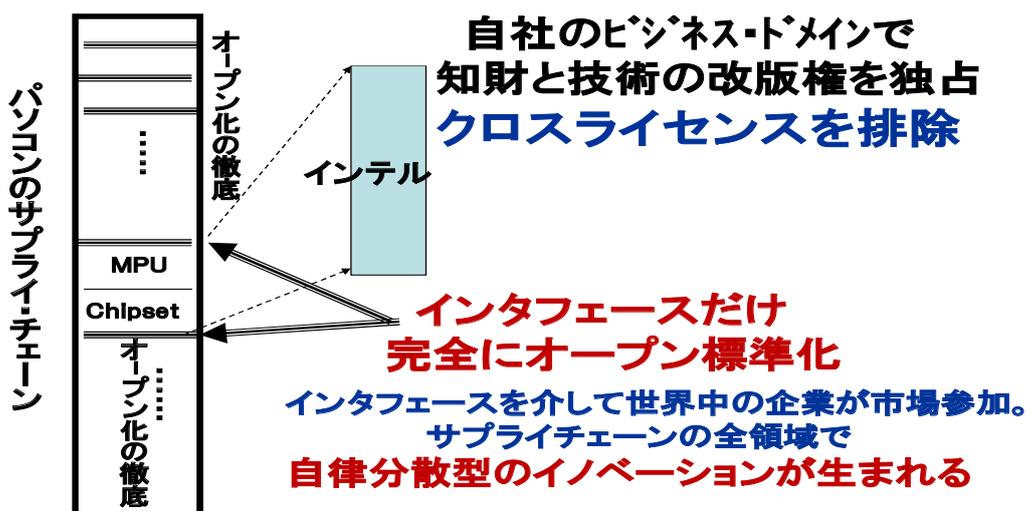
⁶ 例えば小川(2011c)。

しかしながらエレクトロニクス産業の代表的な成功事例として挙げられるインテルやマイクロソフト、アドビシステムズ、シスコシステムズ、アップルやノキア、そして DVD 産業に見る三菱化学は、⁷ 決して消えゆく手をそのまま傍観していたのではなかった。巨大市場に生まれる同じ産業の中のオープン・サプライチェーンから自社が特化すべきセグメントを選び、ここに技術革新と知財・契約およびビジネスモデルを集中させてブラックボックス化を徹底させ、ブラックボックス領域から巨大なオープン市場に強い影響力を持たせていたのである。この意味で彼らは決して“消えゆく手”への推移を傍観していたのではなく、見える手を更に強化しながら企業の内部から外部へ伸ばしていたのである。本報告ではこれを“伸びゆく手”と呼ぶことにする。見る手が更に強化されて、見えざる手の世界（自律分散型のイノベーションを象徴するオープンな経営環境）へ強い影響力を持たせるのが“伸びゆく手”なのである。

2. デジタル化のその先に見える“伸びゆく手”の実態

人工物の設計にデジタル技術が深く介在する 1990 年代に、グローバル市場の在り方が“伸びゆく手”によって左右された事例が、まずエレクトロニクス産業から顕在化した。もしこの“伸びゆく手”の経営環境が自動車産業にも到来するのであれば（小川、高梨、立本、2011）、そしてこの“伸びゆく手”が先進国と途上国を共に成長させる役割をも持っているのであれば（小川、2011c）、我々は自動車産業においても“伸びゆく手”を活用した新たなビジネスモデルを構築し、そして関連する政策もアジアの成長と共に歩む比較優位の視点に立って再構築しなければならない。

図1 サプライチェーンの中のインテルの位置取り



デジタル型エレクトロニクス産業に現れた“伸びゆく手”の代表的な事例がインテルのモデルである。例えばパソコン産業には、図1の左側に模式化したバリューチェーンが生まれたが、インテルは自社が集中する技術領域（MPU と Chipset）の技術イノベーションで圧倒的な優位性を築き、この領域だけは特許を独占してクロスライセンス不要のセグメントにしていた。ここから情報の非対称性が生まれて参入障壁が出来上がるが、同時に MPU と Chipset の外部インタフェースだけを全てオープン標準化すれば、図1の右側に示すように、サプライチェーンの他のセグメントを担う企業に対してはパソコン市場への参入障壁をなくすことができる。

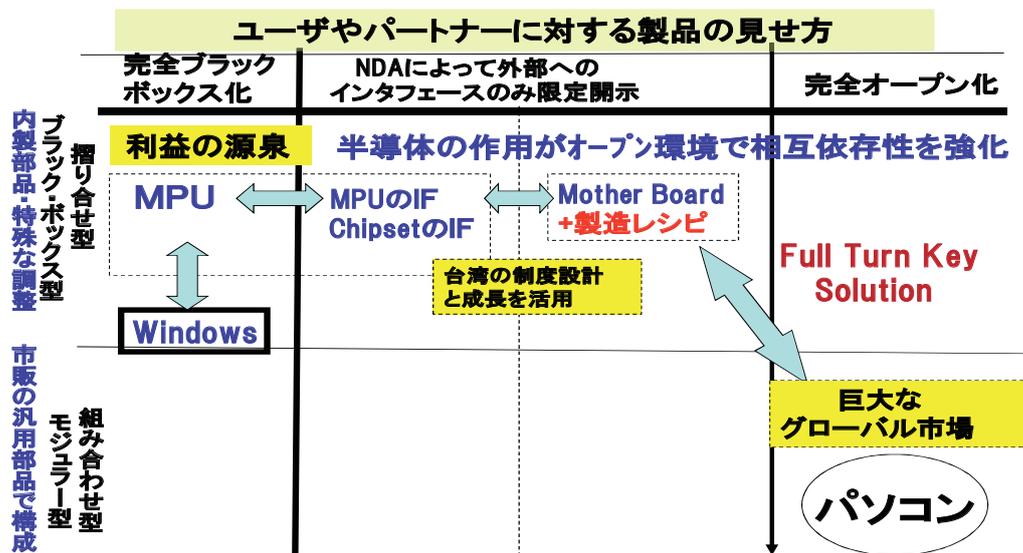
確かに図1の左側に示すパソコン産業のサプライチェーンを見れば、インテルは“消え行く手”を象徴する完成品（パソコン）のごく一部のセグメントに閉じこもった企業、としか位置付けられないであろう。しかしながらインテルは、自社のブラックボックス領域からパソコンという完成品のオープン市場を“伸びゆく手”によってコントロールしていたのである。コントロールのメカニズムが完成したのは、インテルによる寡占化と大躍進が始まる 1995 年であった。

インテルの“伸びゆく手”が機能するメカニズムを図2に示した。図2の左上がインテルのブラ

⁷ これらの事例については、小川(2009)、および小川、高都、北村(2011)に紹介されている。

ックボックス領域（MPU と Chipset）であり、右下がオープン標準化によって生まれた巨大なパソコンの完成品市場である。ブラックボックス領域からオープンなパソコン市場に強い影響力を持たせる仕掛けが図2の中央部に位置取りされるマザーボードにあるが、インテルは1995年当時にまだ技術蓄積の少ない台湾企業をパートナーに選んでマザーボード量産のノウハウを教え、台湾企業の手を介して世界中に大量普及させた。⁸ 台湾のビジネス制度設計が世界で最も低コストのマザーボード量産を可能にしたからである。

**図2 パソコン市場で完成させたインテルのインサイドモデル
ーパソコン完成品メーカーに対する強い影響カー**



台湾から世界中に供給されるマザーボードであればインテルのMPUとChipsetが最も安定して動く。しかもこれが世界で最も低コストになっているのであれば、世界中の誰もがこのマザーボードを調達してパソコンを組み立てることになるのは、自然に成り行きである。インテルが世界のパソコン市場に圧倒的な影響力を持たせる図2の“伸びゆく手”の姿が、このようなメカニズムによって完成されていた。

エレクトロニクス産業だけでなく自動車産業においても、圧倒的な技術優位性がもたらす情報の非対称性を起点に形成される“伸びゆく手”が、2000年ころから、特に途上国の自動車産業で観察されるようになった。その代表的な事例がボッシュ社によるECU(この事例ではEngineをControlするUnit)のビジネスモデルである。この姿を図3に示すが、“伸びゆく手”が形成されるメカニズムが、インテルのそれと非常によく似ていることも、図2と図3の比較によって理解されるであろう。

ボッシュは図3の右下に位置取りされる自動車メーカーに対して、例えばエンジンに取り付けるガソリン噴射装置(FI:Fuel Injection)のハードウェア仕様をデファクトスタンダードにした。これは図2でパソコンのインタフェースをオープン標準化する行為と同じである。またボッシュは、燃費向上や環境規制対応で最もノウハウを必要とするECU制御のソフトウェアと、これを外部から制御する適合テーブル(制御パラメータ列だけで構成される電子化された仕様書)を区別し、その上で適合テーブルを自動車メーカーに対するインタフェースに仕立てた。例えば途上国の自動車メーカーに対しては、ボッシュと途上国との合弁会社を作り、この合弁会社が適合テーブルを介してエンジン制御の最適パラメータを個別設定している。

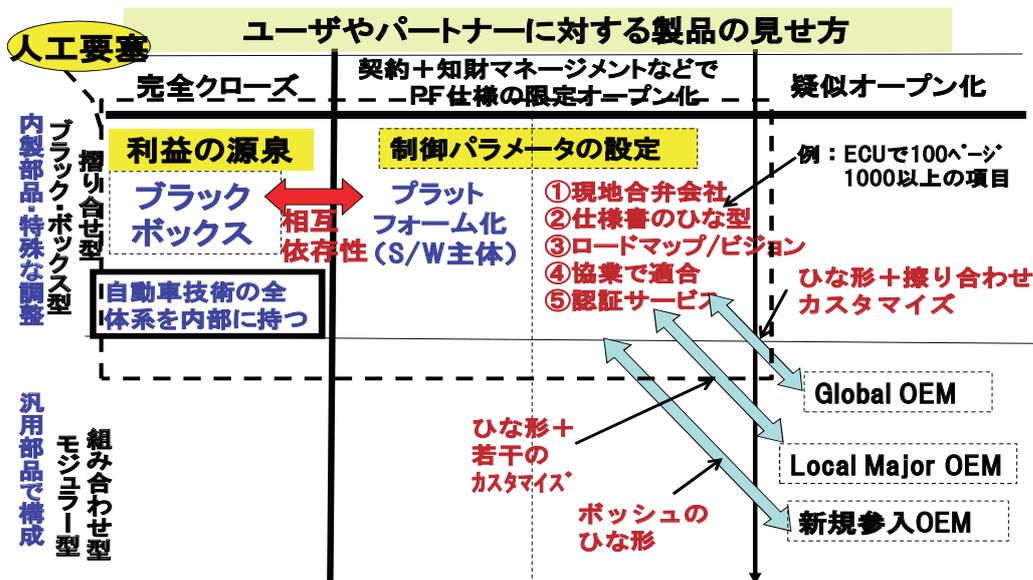
このようなメカニズムによって途上国の自動車メーカーは、図3の左上に位置取りされるボッシュの技術ノウハウを知らなくてもエンジンの最適制御が可能になるのである。この意味で、ボッシュのECUを採用すればFull Turn Key Solutionとしてのエンジン制御技術を丸ごと提供され、燃費や環境規制に対応する自動車を市場投入することが可能になる。例え技術蓄積が非常に少ない途上国企業であっても自動車ビジネスに参入できる背景がここにあったが、図3の中央に位置取りされる制御パラメータそれ自身だけは自動車メーカーに対して公開されているものの、この適合テーブル(電子化されたインタフェ

⁸ これらの事例については、立本(2007)、(2009)、立本・許・安本(2009)で詳細に述べられている。

ース仕様書)は、図3の左上に位置取りされるブラックボックス技術によって完全にコントロールされている。技術情報の格差を利用して生まれるボッシュの“伸びゆく手”が、途上国の自動車産業に強い影響力を持つメカニズムがここにあった。

以上のように、インテルもボッシュも、技術蓄積の圧倒的な差、すなわち技術情報の非対称性を起点に“伸びゆく手”を形成し、そして最も有効に機能させていたのである。完全なデジタルインタフェースのパソコン産業と擦り合わせ協業が残る自動車産業との違いは確かに見られるものの、市場支配に向けた“伸びゆく手”を構築するという経営思想とそのメカニズムは全く同じである。図2と図3のブラックボックス領域がそれぞれ先進国に置かれて、その内部が途上国に開示されないのは言うまでもない。この意味で図2と図3のメカニズムで形成され、機能する“伸びゆく手”は、いずれもコモディティ化して大量普及すればするほど途上国にも、そして先進国にも、共に雇用と成長をもたらすことになる。

**図3 自動車のECUで完成したボッシュのインサイドモデル
—途上国の自動車メーカーに対する強い影響力—**



確かにこれまで語り継がれた図1の左の、オープンインタフェースで繋がるサプライチェーンだけをみれば、“消えゆく手”という説明も成立するであろう。しかしながら、インターネットのシスコシステムズ、デジタル携帯電話のノキアやクアルコム、メディアテック、そしてアップルの iPod/iPad やスマートフォンでも、またアドビシステムズの PDF でも、そして記録型 DVD デスクで圧倒的な競争優位を完成させた三菱化学の成功事例も、ブラックボックス領域からオープンな巨大市場に向かう図2や図3と同じメカニズムの“伸びゆく手”を完成させていた。これによってはじめてグローバル市場で圧倒的な競争優位性を持ち、そして途上国と先進国の雇用と成長を共に実現させていたのである。

“伸びゆく手”は、アナログ技術が支配する産業領域で生まれることはなかった。デジタル化、すなわち組み込みシステムが人工物としての製品設計に深く介入するようになって初めてこの世に登場したのである。その背後で、例えオープンな環境であっても情報の非対称性が安定して存在させ得る仕組みが構築できるようになっていたからであり、この仕組み構築を可能にしたビジネスモデルや知財マネージメントが創出されていたからである。⁹ これは自動車産業も決して例外ではなかった。自動車設計の深部に組み込みシステムが深く介入するようになった 2000 年代に、しかも情報格差が生まれ易い途上国市場からこれが顕在していた事実も、本稿の基本メッセージを支える。

3. 途上国の成長と共に歩む比較優位の産業政策

これまで述べたことを産業政策の視点で要約すれば、デジタル化はと単に技術のことは決してなく、先進国と途上国が比較優位の国際分業型へ踏み出すグローバル経営環境のパラダイムシフト形成のエ

⁹ 知財マネージメントについては小川(2011a)および小川・高都・北村(2011)を参照

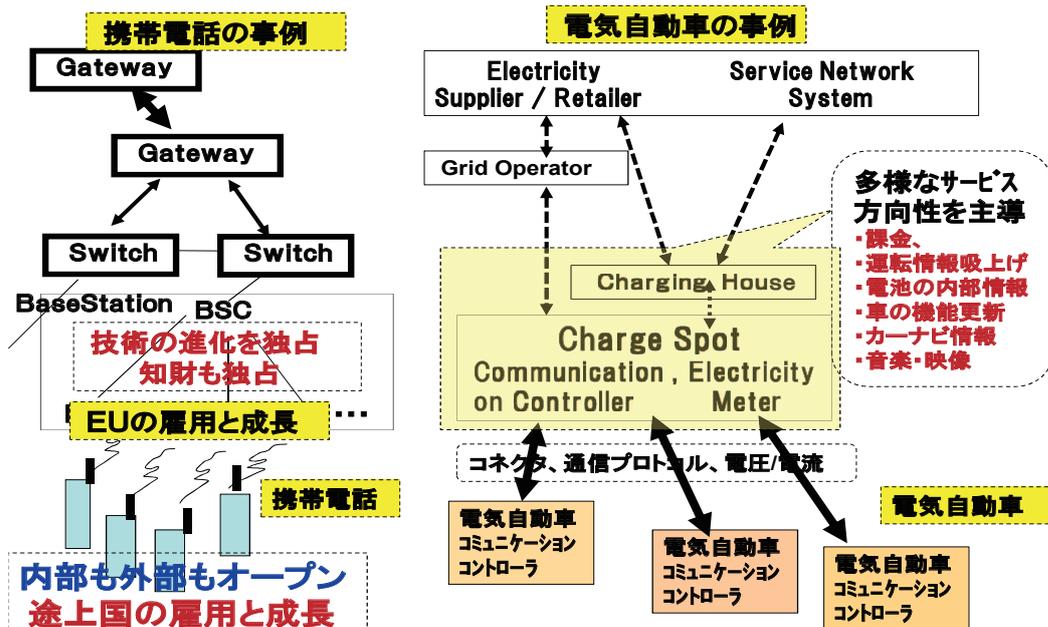
ンジンであり、そしてまた先進国と途上国が共に成長する“伸びゆく手”形成のエンジンであった。

この仮説を念頭に置き、自動車の電子化のその先に来る電気自動車に顕在化したグローバル市場の動向について、ネットワークにつながる電気自動車の位置取りを携帯電話のそれと比較しながら図4に示した。また電気自動車の内部構造そのものだけでなく、電気自動車の基幹部品である蓄電池でさえ国際分業型へ変貌する様子を図5に示した。いずれも比較優位の際分業構造が至る所に出現しようとしていることが理解されるであろう。

したがって電気自動車が興隆する市場に向けた産業政策は、日本が全てを担う伝統的なフルセット型ではなく、産業構造が必ず比較優位の国際分業型へ転換することを前提にした政策でなければならない。またここに必ず国際標準化が介在することも、避けることができない。もしこれが蓄電池であれば、自社（自国）の技術領域を守るために、あるいは他社（他国）のイノベーション成果を自社（自国）の競争優位へ取り込むために、国際標準化すべき領域が図5に示すパックやモジュールの外部インタフェースなのか、バッテリー・マネージメントシステムなのか、あるいはセルの形状と電気的仕様なども国際標準化の対象にすべきか否かなどの判断を、産学官のタスクフォースで議論しながら方向性を共有しなければならない。

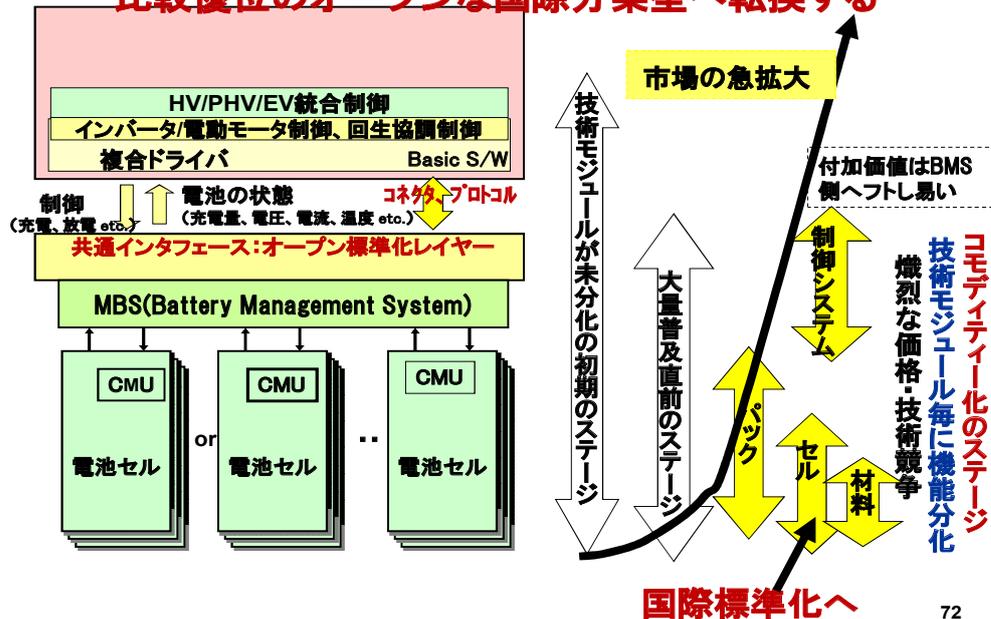
セルに関する技術蓄積が少ない日本以外の国や企業であれば、国際標準化のターゲットにセルを選び、オープン競争を加速させて低コスト調達を狙うであろう。しかしながらこの場合、付加価値がセル単体では無く、セルを構成する基幹材料とバッテリー・マネージメントシステムへシフトしてしまい、多くの日本企業はセル単体の厳しい価格競争を強いられて市場撤退を繰り返すであろう。これはハードディスク単体とデータストレージ・システムの事例で、我々は既に経験済みのことであった。

図4 欧州企業が考えるネットワークの中の電気自動車



したがって我々は、日本という国と（あるいは日本企業と）オープン化によって興隆する巨大市場との境界を事前設計し、日本のブラックボックス型領域からオープン市場に強い影響力を持たせる仕掛けとしての“伸びゆく手”を事前設計し、比較優位を維持拡大したままでオープン市場に大量普及させるための共通基盤整備を、産業政策と推進しなければならない。ここに人材育成や経済特区の設置と法人税の大幅低減を含むビジネス制度の再設計が含まれるのは言うまでもない。本発表では、これらについても触れてみたい。

図5 蓄電池を中心とした電気自動車の内部構造
比較優位のオープンな国際分業型へ転換する



72

参考文献

小川紘一(2010)「アジアの成長と共に歩む日本および日本企業の方向性」
 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.20

小川紘一(2011a)「知財立国のジレンマ」、『東京大学知的資産経営総括寄付講座シリーズ 第1巻、ビジネスモデルイノベーション』、白桃書房

小川紘一(2011b)「国際標準化と比較優位の国際分業・経済成長」、『東京大学知的資産経営総括寄付講座シリーズ 第2巻、グローバルビジネス戦略』、白桃書房

小川紘一(2011c)「研究開発と国際標準化—なぜ研究開発の段階から国際標準化が必要なのか—」
 研究技術計画学会 第26回年次大会予稿、1H-01, 2011年10月

小川紘一、高梨千賀子、立本博文(2011)「自動車の電子化のその先に何が見えるか(1)—電子化が加速するグローバル経営環境のパラダイムシフト—」
 研究技術計画学会 第26回年次大会予稿、2G-01, 2011年10月

小川紘一、高都広大、北村学(2011)「AdobeのPDFに見るソフトウェアビジネスの知財マネジメント—大量普及と高収益を同時実現させる仕組み構築について—」
 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.25

立本博文(2007)「PCのバス・アーキテクチャの変遷とプラットフォームリーダーの変化について」
 赤門マネジメントレビュー、第6巻7号

立本博文(2009)「台湾企業—米国企業とのモジュール連携戦略—台湾パソコン産業とインテル」
 新宅純二郎・天野倫文編『ものづくりの国際経営戦略—アジアの産業地理学』
 有斐閣

立本博文・許経明・安本雅典(2008)「知識と企業の境界の調整とモジュラリティーの構築—パソコン産業における技術プラットフォーム開発の事例」、
 組織科学、第42巻2号