

MMRC
DISCUSSION PAPER SERIES

MMRC-J-5

**擬似オープンアーキテクチャと技術ロックイン
中国二輪産業の事例からー**

東京大学大学院経済学研究科

藤本隆宏・葛東昇

2004年4月



東京大学21世紀COE [整備型]
ものづくり経営研究センター

擬似オープン・アーキテクチャと技術的ロックイン

中国二輪産業の事例から

東京大学大学院経済学研究科

藤本隆宏・葛東昇

2004年4月

要約：本稿では、世界最大のオートバイ生産国に成長した中国において、生産シェアでは外資系企業を圧倒するほどの活力を持つ中国系企業群が、技術面では外国企業の製品を模倣・改造する段階に止まっているのはなぜか、という問題を、主に設計思想（アーキテクチャ）と製品開発プロセスの観点から考察する。具体的には、外資系（日本）企業が導入したインテグラル（擦り合わせ）アーキテクチャの製品をコピー・改造し、そのコピー・改造部品をあたかも汎用部品のように扱い、新製品を開発する「擬似オープン・アーキテクチャ」へと換骨奪胎してしまうローカル企業群の競争行動に着目し、それが事業展開スピードで外資系企業を圧倒する強みをもたらす反面、外資企業の古い製品設計や部品技術の範囲から抜け出られなくなる「技術的ロックイン」をももたらす、というジレンマを指摘する。

キーワード：

擬似オープン・アーキテクチャ、局所的擦り合わせ、技術的ロックイン、オートバイ、中国

1 はじめに

1-1 問題の所在：中国二輪産業のアーキテクチャとロックイン

中国は 1993 年に日本を抜いて世界最大のオートバイ生産国となった。2002 年の生産台数は 1,292 万台（うち輸出が 334 万台）で、世界全体の約 46.8% のシェアを占める¹。しかも、国内生産の約 80% 以上は中国のローカル企業によるものであり、合併を含む外資系（主に日本）の企業は生産数量的にはごく一部を占めるに過ぎない。

しかし、そうした圧倒的な生産量・シェア・成長率から推測される活力にもかかわらず、中国のローカル・オートバイ企業は要素技術力や新製品開発力の蓄積が不十分であり、基本的には外国製品（とくにホンダなど日本製）の設計を模倣・改造する段階に長期間とどまっている（大原，2001）。こうした跛行的な現象の背後には、どのような経済的・経営的な要因があるのだろうか。本稿では主に製品設計の基本思想、すなわち「製品アーキテクチャ」の視点から分析する。特に中国の二輪産業におけるローカル企業の模倣行動がフォカル・モデル（模倣対象車）のアーキテクチャを転換させるプロセスについて事例分析を通じて明らかにしたい。

長期的・歴史的視点に立つならば、外国設計車のコピーをすること自体は、後発工業国であればおよそどの国でも（かつては米国でも日本でも）行われてきたことであり、それ自体が中国特殊なものではない。日本のオートバイも、1950 年代までは欧米モデルのコピーと言われたのである。しかしながら、日本では 1960 年代にすでに、本田技研が「スーパーカブ」を発売したことを契機に、一社の中で基本設計が完結し、しかも製品ごとに部品設計を最適化する「クローズド・インテグラル（擦り合わせ）アーキテクチャ」中心の設計思想が急速に進み、また同時に大量生産方式が定着した（大田原，2000）。この過程は、自動車における T 型フォード誕生の過程とある意味でよく似ている（Abernathy, 1978; Hounschell, 1984）。生産量の成長は設計のクローズド・インテグラル化に伴い急増する製品開発投資を経済的に可能にするし、逆に、業界初のクローズド・インテグラル製品は強い競争力を持ち、結果的に T 型フォードやスーパーカブのような大量生産につながる製品に化けやすいからである。

ところが中国の場合、フォカル・モデルである日本の本田 CG、CB 系などのコピー車が急増し、バンドワゴンのようにコピー・改造車を作るローカルメーカーが簇生して以来、すでに約二十年が経ち、国内市場も生産量も世界一の規模になっているにもかかわらず、競争力のあるオリジナル設計モデルがローカル企業から出現しない。また、中国のオートバイ産業は百社以上の組立メーカーにより分散化しているとはいえ、トップ集団のローカル企業はすで

¹ 出所：<http://www.motorcyclmarket.net.cn>

擬似オープン・アーキテクチャと技術的ロックイン

に年産 50 - 100 万台に成長しており、また中国の先進企業一般が持つ潜在的な技術力から見ても、オリジナルな製品設計や要素技術がいつまで経っても出現しないという状況は説明しにくい。

そこで、われわれが着目するのは、中国オートバイ産業における「製品アーキテクチャ」の換骨奪胎である。つまり、中国の量産オートバイは、当初は外国設計車のライセンス導入から始まり、外国設計コピー車の増加、それらを作るローカル組立メーカーの簇生、さらにフォカル・モデルの設計の近傍における一定範囲での改造へ進んだが、その後、21 世紀初頭の今日に至るまで、コピー・改造部品をあたかも汎用部品のように扱う「擬似オープン・アーキテクチャ」が中国のオートバイの支配的な設計思想であり続けたことである（藤本、2002）。

一般に、企業が直面する製品アーキテクチャが異なる場合、企業の競争行動も大きく異なってくる場合が多い（藤本・武石・青島、2001）。本稿では、中国ローカル企業製のオートバイが「擬似オープン・アーキテクチャ」になることによって、一方では製品コストや製品投入スピードの面で外資系企業に対する優位性を獲得するが、他方で R&D 努力に対するインセンティブを低下させ、既存技術への「ロックイン」を引き起こす、というジレンマを明らかにしていこうと考える²。

1-2 中国オートバイ産業の概要

さて、技術的ロックインの分析に入る前に、中国のオートバイ産業の状況について簡単に説明しておこう。そもそも中国オートバイ産業の発展史は 1950 年代に遡る。1979 年には全国に 24 社の完成車メーカーがあったが、生産台数はわずか 4.9 万台であった³。その多くは、軍事部門や郵便部門のニーズを満たすために、ドイツ Zundapp の K500、旧ソ連の M72、チェコの JAWA50 と 250 などといったモデルをコピーしていた。

その後、1980 年代に入ると、ホンダ、ヤマハ、スズキといった日本の量産メーカーが、中国の国営企業である嘉陵、建設、軽騎とそれぞれ技術提携を行い、中国の一般消費者向けに、日本のモデルをライセンス生産する時代が始まった（表 1）。90 年代に入ると、日本企業の中国事業は技術提携から合弁会社へと発展し、ホンダは嘉陵本田・五羊本田・天津本田の三社、ヤマハは建設ヤマハと南方ヤマハの二社、そしてスズキも軽騎鈴木と金城鈴木という二社の合弁企業を設立している（表 2）。こうした技術提携・合弁の中国側パートナーは

² こうしたジレンマは、二輪以外でも、中国のカラーTV や白もの家電にも見られる現象である。

³ 出所：《汽車工程手冊 摩托車篇》人民交通出版社、2001。

「第一世代のコピー・メーカー」と呼ばれる⁴。彼らは正式のライセンス契約にもとづいて日本企業のモデルの設計図面を受け取り、操業面での技術指導も受けたが、市場競争の欠如や国有企業の非効率組織など制度的な問題もあり、技術開発や製品開発などのいわゆる R&D 活動を提携先から学ぼうと言う組織学習のインセンティブはあまりなかったと言われる。

1990 年代半ばになると、民営企業の新規参入と国内市場の急成長により、中国オートバイ産業は大きく変化した（図 1）。この時期に台頭した力帆、宗申、隆金、新大洲、大長江などの新興民営企業は「第二世代のコピー・メーカー」と呼ばれるが、彼等は既存の国営企業より柔軟に、急拡大する市場ニーズに対応したと言われ、実際、中国内で大きなシェアを占めるに至った。これらの新興民営企業は、日本などの外資系企業とは資本関係も技術提携関係も持たないが、国内の部品生産のインフラを巧みに利用することによって、事実上、日本企業のオリジナル・モデルをコピー・改造したモデルを大量生産し、激しい市場競争のなかで低コストと製品の多様性を武器に生産と販売を拡大した。特に重慶に本拠を持つ力帆、宗申などは、東南アジア、アフリカ、中東などへの安価なオートバイの輸出でも主導的な役割を果たした（表 3）。

このように、中国ローカルの民営企業による新規参入は、国内市場での競争を激化させたが、ほぼ同時期に国内市場の規模も急激に成長した。この結果、21 世紀初頭の中国オートバイ産業は、世界最大の国内市場・国内生産、百数十社あるいはそれ以上と言われる国内組立メーカーの簇生、生産台数 50 - 100 万台の中規模メーカーが約十社を数えるトップ集団の「団子」状態、外資系合併企業のシェア面での不振、といった特異な特徴を持つ産業へと変容してきたのである。

しかし、こうした個別企業および産業全体の急激な量的拡大にもかかわらず、製品設計・製品開発の面では、依然として、日本企業などの既存製品をフォカル・モデルとしてコピー・改造する段階が続いており、ローカル企業の本格的な R&D 活動や、それによる独自の要素技術の開発、あるいは基礎から独自設計したオリジナル・モデルの開発はほとんど見られない。しかもこの状態は、おそらく今後もしばらく続くとみられる。

このように、必ずしも最適とは言えない既存の外国製品設計の「引力圏」に、ローカル企業の製品が囚われた状態が続くことは、ある種の技術的な「ロックイン現象」だと言える（弘岡正明，2003）。世界最大規模に発展した生産国において、なぜこうした状態が続くのだろうか。

表 1 中国における日本二輪企業の技術提携

⁴ 出所：本田技研の山口安彦氏へのインタビュー。

擬似オープン・アーキテクチャと技術的ロックイン

日本企業	中国側の提携先	提携年	提携技術(モデル)	
本田技研	中国嘉陵工業股份有限公司	1983	CJ70	
		1985	CB125, CB125 T, CB145	
		上海易初摩托車有限公司	1985	CG125
			1994	CF125
		洛陽北方易初摩托車有限公司	1992	C100
		五羊本田摩托(広州)有限公司	1989	GL125
ヤマハ	中国建設集団	1984	V80	
		1992	ZR125, ZR150	
	中国南方航空動力機械公司	1985	IKL (Engine)	
		1994	ZY125	
		1997	TW200(Engine)	
		南昌航空機器厂	1989	RX125
		江蘇林海動力機器厂	1994	AXIS90 (Engine)
				DX100 (Engine)
		四川華川機器厂	1996	SAA225
	スズキ	中国輕騎工業集団	1985	K50, K90
1990			AG50	
1992			GS125	
1993			GSX250	
		長春長鈴集団	1985	AX100
			1992	GSR125
		南京金城集団	1985	AX100
			1993	AJ50
			1994	GF110
		南寧益賓摩托車股份有限公司	1994	ES125
		望江機器厂	1993	GN250
		江門大長江股份有限公司	1992	GN125
カワサキ		河南柴油機器厂	1985	KZ250R
		珠海奔騰摩托車公司	1993	MAX100
	海南新大洲摩托有限公司	1997	175cc Engine	

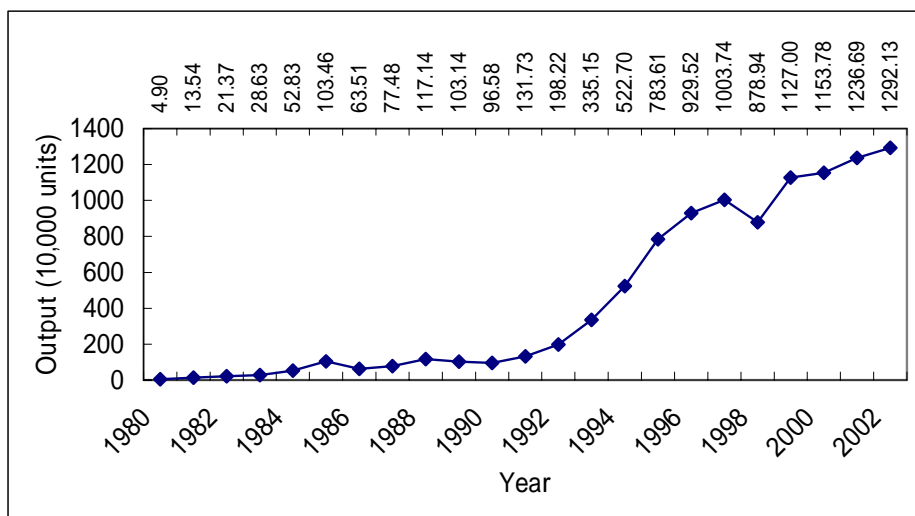
注：《汽車工程手冊 摩托車篇》（人民交通出版社、2001）に参考して筆者作成。

表 2 中国における日本二輪企業の合併企業

日本企業	合併企業	合併年	持ち株比 例	主要製品
本田	五羊本田摩托有限公司	1992.08	35%	WY125, WY100T, WT125T
	天津本田摩托有限公司	1992.12	50%	TH90A, TH90B, TH100A
	嘉陵本田発動機有限公司	1993.01	50%	CB125T, CM125, CG125
	新大洲本田摩托有限公司	2001.09	50%	SDH125, SDH100-41, REN50
ヤマハ	重慶建設雅馬哈摩托有限公司	1992.11	50%	JYM150/JYM90T/JYM250
	株州南方雅馬哈摩托有限公司	1993.12	50%	ZY125/ZY125A/ZY125-2
	株州南方雅馬哈減震器有限公司	1995.08	50%	前後サスペンション
	江蘇林海雅馬哈摩托有限公司	1994.10	35%	LY100, LY90 エンジン
スズキ	済南輕騎鈴木摩托有限公司	1994.07	40%	GS125, GSX250, QS150T
	南京金城鈴木摩托有限公司	1994.03	45%	AJ50, FD10
	望江鈴木摩托有限公司	1993.05	50%	GN250, エンジン

注：《汽車工程手冊 摩托車篇》、人民交通出版社、2001；及び各社のホームページ情報に基いて著者作成。

図 1 中国オートバイ生産台数の推移（1980 - 2002）



擬似オープン・アーキテクチャと技術的ロックイン

出所：《汽車工程手冊 摩托車篇》、人民交通出版社、2001

表 3 中国生産販売輸出の上位メーカー（2002）

企業名	生産順位	生産台数(万台)	シェア	販売順位	台数	シェア	輸出順位
中国嘉陵集団	1	88.21	7	1	90	7	5
銭江集団	2	85.13	7	2	85.78	7	6
江門大長江集団	3	77.83	6	3	75.82	6	*
力帆集団	4	71.34	6	4	71.4	5	1
隆金集団	5	63.49	5	6	62.94	5	2
新大洲本田	6	61.7	5	5	63.42	5	10
宗申集団	7	61.1	5	7	60.15	5	3
金城集団	8	53.83	4	8	54.22	4	4
北方易初集団	9	53.34	4	9	52.76	4	*
中国軽騎集団	10	53.08	4	10	52.67	4	*
総計		669.05			669.16		
中国二輪産業全体		1292.13			1300.85		343.95

出所：<http://www.motormarket.net.cn>

注：影は重慶市にある企業を表す。

*:輸出順位に数字がないのはトップ 10 以外の企業である。

以上の問題設定を踏まえて、本稿の構成は以下の通りである。第二節では、製品設計プロセス論の立場から、企業が模倣段階から本格的な R&D 段階へ進む能力蓄積のプロセスを有することを示し、後発企業による模倣行為を、単純な「コピー・改造」と「リバース・エンジニアリング」という二段階に分け、両者が峻別できることを論じる。また、コピー活動を一因とする「技術的ロックイン」の意味をダイナミック的な文脈のなかで示すことを試みる。第三節では、二つの組立メーカーと二つの部品メーカーから構成される企業ネットワークの分析枠組を設定し、さらにこの枠組を用いて具体的な中国企業の製品開発競争のケースを実証的に分析する。第四節では、組立メーカーの「市販品方式」活用戦略と、部品メーカー間の「水平的な協調」によって実現される「局所的擦り合わせ」の関係を明らかにし、中国オートバイ産業における「擬似オープン・アーキテクチャ」への換骨奪胎のメカニズムを論じる。

最後に、まさに短期的には競争力を持つこの戦略が、長期的には中国オートバイ産業の「技術的ロックイン」の要因となっている、という暫定的結論と将来展望を簡単に述べる。

2 製品開発能力の蓄積経路：製品設計プロセス論の立場から

まず、分析の枠組みを示すことにしよう。中国オートバイ産業における製品開発の現状は「模倣」あるいは「改造的コピー」(大原、2001)⁵の段階と言われるが、それは、企業の研究開発投資や組織能力の蓄積にとってどんな意味を持つのだろうか。それを分析する上で、後発企業による模倣活動を、ダイナミックな枠組みのなかで単純な「コピー・改造」段階と「リバース・エンジニアリング」段階とに峻別する必要がある、というのが我々の立場である。この二つ異なる段階は、先発企業や競合企業の製品を対象にした模倣的な活動である点では類似しているが、企業のR&D資源蓄積という長期的な成果に対しては大きな違いを生むと考えられるからである。

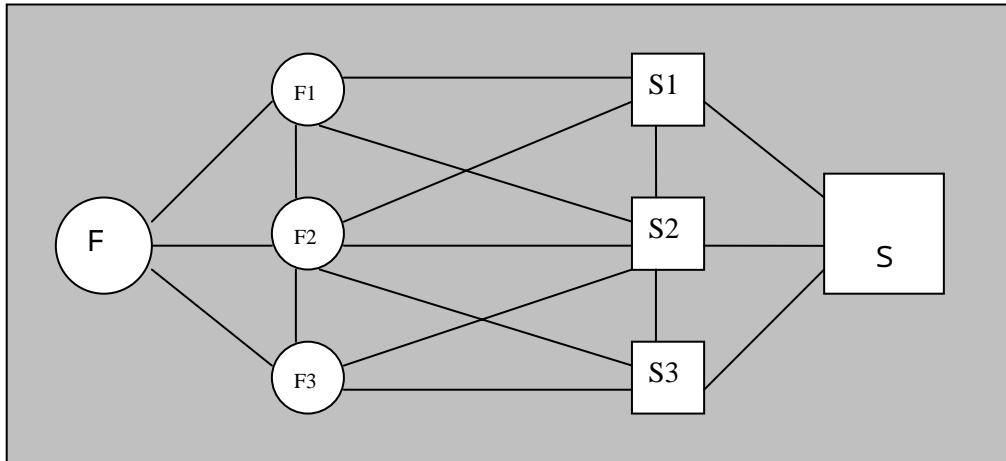
2-1 製品設計・開発プロセス論と企業設計開発能力の蓄積プロセス：

一般的な製品開発は、製品コンセプトの創造から始まり、基本設計あるいは機能設計、構造設計、工程設計を経て、最終的に物理的な製品を実現するプロセスである(Clark and Fujimoto, 1991; Ulrich and Eppinger, 1995)。より具体的な製品設計のプロセスは次のようになる。製品コンセプトを確定した後、まず基本設計あるいは機能設計の段階で、製品が要求する全体的機能をサブ機能に分割し、機能の階層構造を立てる。次に、製品のレイアウトと形状の最適化を決定し、部品の階層構造を立てる。最後に各部品の詳細設計と工程設計を行い、プロトタイプテストによって設計結果を評価し、目標に達成するまで設計変更を繰り返す(Pahl and Beitz, 1988)。このような「分解(decomposition)」と「総合(synthesis)」の設計プロセスにおいては、どのようにして製品を構成部品(モジュール)に分割し、そこに製品機能を配分し、それによって必要となる部品間のインターフェース(情報やエネルギーを出し入れする結合部分)をいかに設計・調整するか、という設計思想が重要となり、これは製品のアーキテクチャと呼ばれる(Ulrich, 1995; 藤本、2001)。このような製品設計方法論や製品のアーキテクチャの概念は、図2のダイアグラムのように表わすこ

⁵ 大原(2001)で使った「改造的コピー」という言葉は、本稿の「単純なコピー・改造」と意味がやや異なっている。後者は設計工学のプロセス論から「リバース・エンジニアリング」と相対する概念であり、フォカル・モデルの構造のみに対する模倣行為を指す。前者は中国オートバイ産業における製品開発の現状に対する定性的な認識であり、構造だけのコピーとリバース・エンジニアリング両方を含む概念である。

とができる（武石・藤本・具、2001；藤本・葛、2001）。

図2 製品設計プロセス論と製品アーキテクチャ



注：Ulrich (1995); Pahl and Beitz (1988)、武石・藤本・具（2001）、藤本・葛(2001)に参考して筆者作成。

F：製品全体の機能。F1, F2, F3: 製品の子機能。

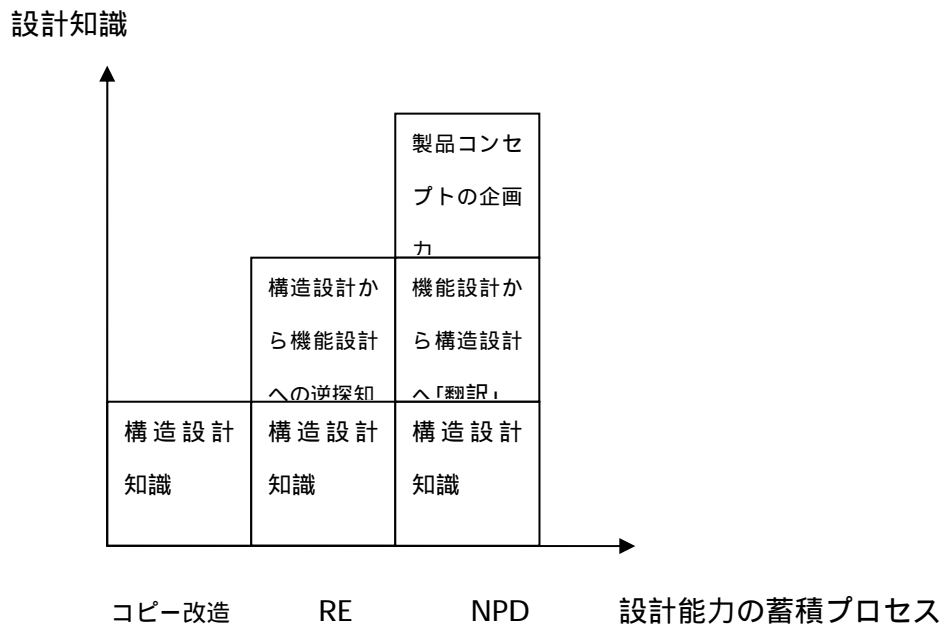
S：製品全体の物理的構造。S1, S2, S3：部品。

一方、企業の設計開発能力という側面に注目すれば、その市場ニーズを製品機能、製品構造、そして物理的な製品へ翻訳する組織能力には少なくとも以下のような「翻訳能力」が含まれる（藤本、2001）。第一に、将来の市場ニーズを探知し集約化して製品コンセプトへと翻訳する組織能力である。第二に、顧客の言葉で表現される製品コンセプトを、より具体的な製品機能の階層構造へと翻訳する「機能設計」の能力で、いわば市場ニーズの「技術翻訳」能力である。第三に、製品機能のヒエラルキー（階層システム）を部品のヒエラルキーに翻訳する「構造設計」の能力である。これには、製品を適切な塊のモジュールへと部品分解する構想力、個々の部品の内部構造を適切に詳細設計する能力、そして部品設計間を細かく相互調整し、製品のインテグリティ（首尾一貫性）や商品力を洗練化させる統合能力が含まれる。そして第四に、製品設計を物理的な製品へと実現するための「工程設計」の能力である。

本稿では後発企業の模倣行動が研究対象となるが、製品設計・開発のプロセス理論、そして設計開発の組織能力に関する細分化は、後発企業の設計開発能力の蓄積経路を分析するに当たって操作可能な道具を提供していると考えられる。つまり、機能の階層構造から部品の階層構造へという製品設計・開発のプロセス（いわゆるフォワード・エンジニアリング）と

は対照的に、後発企業の模倣行動はフォカル・モデル（模倣対象）の部品の階層構造からスタートして、全く逆のプロセスで製品設計・開発の組織能力を蓄積していくからである。図2に基づいて、後発企業の設計・開発能力の蓄積プロセスは三段階に分かれると考えられる（図3）。まず、第一段階は、フォカル・モデルの形状・構造をめぐる単純なコピー・改造段階である。次に、第二段階では、フォカル・モデルの単なる形状のコピーと異なって、「構造設計 機能設計」という逆探知のプロセスを伴うことで、「リバース・エンジニアリング段階」であると認識する。それはある意味で既に、NPDプロセスの「追体験」になっている。最後に、いったんそうした逆探知の能力と知識を得た企業は、今度はその過程を逆転させることによって、自ら独自の製品コンセプトを提案し、機能設計・構造設計へと順次展開できるようになる。つまり、模倣段階を経ることなく、本格的な新製品開発プロセスへと移行することが可能になる。こうした組織学習プロセスを通じて、企業が持つ製品構造および製品機能に関する知識は、徐々に広がりと深さを得る。

図3 後発企業における設計開発能力の蓄積プロセス



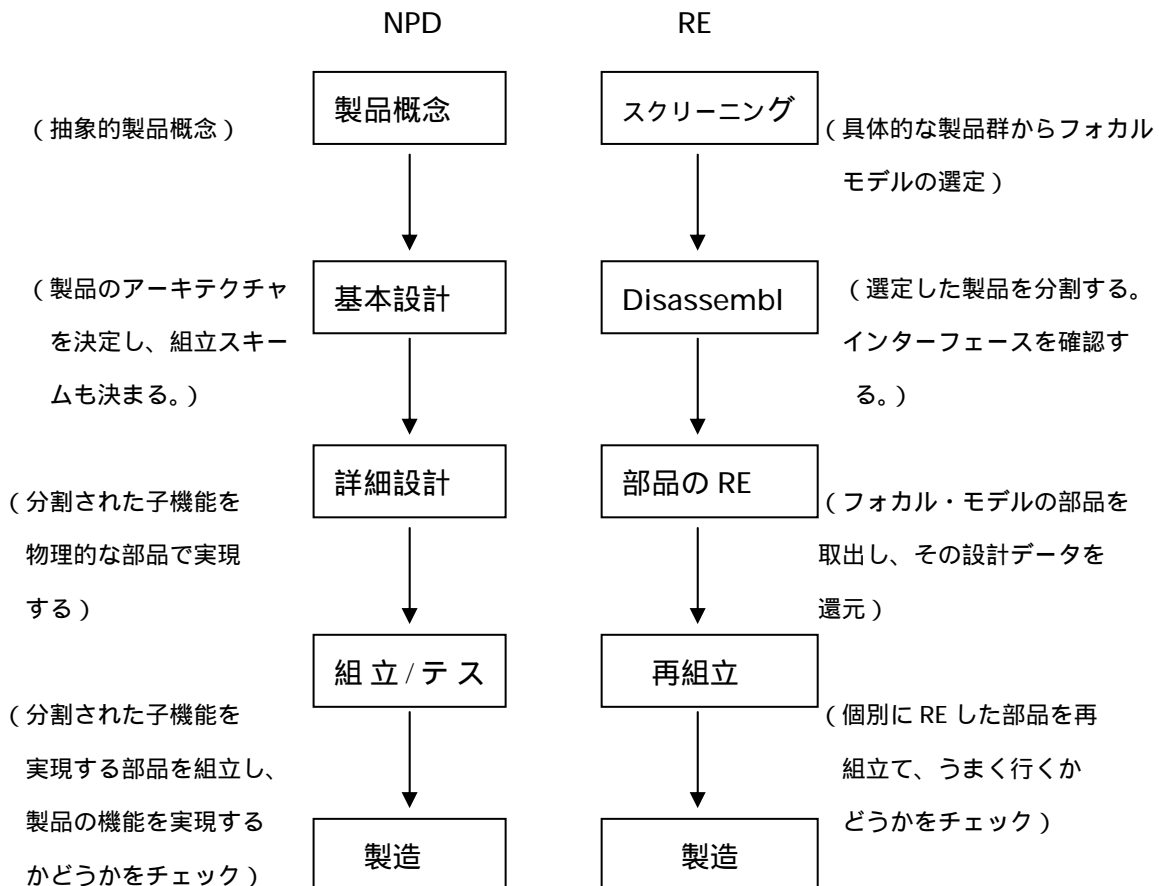
設計のプロセス論を取り入れることによって、企業の「模倣」行為を更に単純な「コピー・改造」と「リバース・エンジニアリング」という異なる段階に分けることができた。この指摘は、「模倣」に対する経済学・経営学的な既存文献（Lippman and Rumelt, 1982; Mansfield, 1985; Zander and Kogut, 1995; Rivkin, 2000）には見られない。次節では、この両段階の具

体的な違いを詳細に説明してから、本研究の課題についての意義について論じたい。

2-2 「コピー・改造」と「リバース・エンジニアリング」:

まず、「リバース・エンジニアリング(RE)」について、本格的な製品開発と対比しつつ考察しよう。一般にREとは、物理的な部品や製品からそれらの設計図面などの技術データを復元するプロセスである。⁶例えばIngle (1994)は、このプロセスをデータ評価、データ生成、データ検証と設計実行という四段階に分解している。一般的な製品開発(NPD)のプロセス(「フォワード・エンジニアリング」とも呼ばれる)と比較するならば以下の通りである(図4)。

図4 新製品開発(NPD)とリバース・エンジニアリング(RE)のプロセス比較



注：Ulrich and Eppinger (1995)とIngle (1994)に参考して筆者作成。

⁶ リバース・エンジニアリングの目的は、競合企業に対するベンチマーキングや、補修部品の整備、補完部品との互換性の確保など多様であるが、本稿では、後発企業が模倣行為を通じて設計開発能力を蓄積することのみ注目する。

第一に、NPD は抽象的な製品コンセプトの定義から始まるが、RE の場合は、既存の製品群の中から模倣しようとする「フォカル・モデル」(模倣対象製品)を選択することから始まる。第二に、NPD の「基本設計」あるいは機能設計の段階と対照的に、RE の場合に、機能階層の抽象的な分解を行うのではなく、物理的な存在であるフォカル・モデルを実際に分解し、分解した部品の内部構造やインターフェースを調べる。その際、フォカル・モデルを後で復元組立できるように分解順序の記録を残すことが重要で、それはフォカル・モデルのアーキテクチャを理解するための重要な手順手段だと指摘される (Ingle, 1994)。ただし、RE の分解・復元の手順と、オリジナル・モデル本来の組立順序とが完全に一致することは限らない。このプロセスはあくまでフォカル・モデルの評価と理解のための一つの手法と割り切るのである。こうした逆探知のためには、精密な測定設備のみならず、実験・評価・分析のための設備や、大量の実験データおよび分析結果の蓄積が必要である。とりわけ、自動車や二輪車のように、製品開発のための暗黙知や経験則が多く、科学知識のフォーマルな学習だけでは製品開発が成功しないような分野では、リバース・エンジニアリングは本格的な製品開発へのいわば登龍門だといえよう。第三に、「詳細設計」あるいは構造設計の段階では、NPD は「製品のサブ機能をいかに物理的な部品の内部構造によって実現するか」に集中するのに対し、RE は「物理的な部品に関する設計図面などの技術データをいかに復元するか」に取り組み、例えば部品の形状、重量、公差、材質、加工方法などのパラメーターを推測する。第四に、プロトタイプ(試作品)の組立とテストの段階では、NPD は「基本設計」の段階で決められたインターフェースやプロトコルに従って試作品を組み立てるに対して、RE の場合はフォカル・モデルのインターフェースをどのくらい解読(Decode)できたかに応じて、必要な「再組立」の工夫を行う必要がある。

これに対して、単なる形状コピーは、実験・評価・分析を通じた「製品機能への逆探知」を伴わぬ限り、本格的な製品開発を生み出す知識の累積過程に繋がらない。単に構造設計の繰り返しをしているだけでは、前述したような「製品開発プロセスの追体験」は出来ないのである。無論、フォカル・モデルの形状コピーも、確かに事後的な改造や組み換えは可能であり、それが、表面上は、これまでにない形状の新製品を生み出すこともある。しかしそうした改造は、コピー設計された部品がうまく繋がらない、あるいは作動しない、といった明らかな構造的・機能的欠陥に対する事後的な対応である場合が多い。あるいは、フォカル・モデルに対する思い付き的な機能付加、あるいは意匠変更であることもある。いずれにしても、そうした単純コピーに対する改造は、アドホックであり、リバース・エンジニアリングのように機能設計と構造設計を繋ぐ体系的な製品開発能力や設計知識を生み出すことはあまり期待できない。あくまでも擬似的な製品開発の域を出ないのである。

擬似オープン・アーキテクチャと技術的ロックイン

以上の説明を抽象的な設計方法論の術語で表現すると、次のようになるのであろう。仮に、模倣対象モデル1の特定の製品機能パラメーター「Y1」、製品構造(形状)パラメーター「X1」が、模倣者によって観察されたとしよう。ここで、「X1」という形状を「コピー」しようとしてコピーミスから「X1'」が作られたとしよう。またその結果、狙った性能も出ずに、機能「Y1'」が出たとしよう。製品機能「Y」の改善を目指して、「X1'」を「X1」の近傍で事後的に変化させることは、一種の「意図せざる改造」である。また、初めから模倣対象モデル1の機能パラメーター「Y1」を超える性能を狙って「X1'」を「X1」の近傍で事前に意図的に変化させることは、「意図した改造」である。逆に、製品機能「Y」を損なわない範囲で、デザイン改善などを目的として「X1'」を「X1」の近傍で意図的に変化させることも、「意図した改造」である。

リバース・エンジニアリングとは、製品機能「Y」と製品構造(形状)「X」の間の因果関係、すなわち「 $Y=F(X)$ 」を逆探知しようという活動である。つまり、特定の「Y1」や「X1」を測定することにとどまらず、それらを深く研究することによって、より汎用性のある因果知識「F」を推定する。つまり、なぜ製品形状「X1」が「X1」という形をしているのかを知る。この知識を得られれば、いわば「 $X=F^{-1}(Y)$ 」という逆関数をとって、「フォワード・エンジニアリング」も可能になる。ここまですれば、模倣対象であった「Y1」「X1」を超えて、まったくオリジナルな製品機能「Y2」をねらった新規設計「X2」の発見も可能になる。

このように見た場合、多くの後発企業にとって、リバース・エンジニアリングを通じた組織学習は、製品開発の能力を蓄積するために不可欠のステップだと考えることもできる。実際、1930年代のトヨタ(自動車)、1950年代の本田(二輪車)なども、そうしたリバース・エンジニアリング能力の蓄積過程を経て、本格的な製品開発の段階へと移行していったのである。

以上の考察から、単なるフォカル・モデルの形状コピーと本格的なリバース・エンジニアリングの違いは明らかであろう。「なぜ技術的ロックインが生じるのか」という本稿の課題に対して、一つの予想をたてることができる。もしも、多くのローカル企業が、ライセンス料を払わない非公式なコピー・改造によって、市場を十分に満足させる設計品質の製品を安く供給できるとすると、製品開発の費用を払わない「ただ乗り」の結果、価格競争の激化する市場においては、コピー・改造製品の価格は、本格的な製品開発活動にのみならず、リバース・エンジニアリング活動さえも経済的に引き合わないレベルにまで下落するだろう。従って、かつてケネス・アローが示した、R&D成果が専有不可能でないことに起因する「R&Dへの過小投資説」(Arrow, 1962; 奥野, 1988)は成り立って、コピー・改造がリバース・エンジニアリングを駆逐する形で「技術的ロックイン」が長期的に残存するのではないかと。

2-3 模倣行為が中心となる際の企業間関係：

こうした本稿の分析枠組みから導きだされる一つの予想がどの程度あっているかを確かめるには、中国オートバイ産業に属するローカル組立企業およびローカル部品企業が、コピー・改造する際にフォカル・モデルの構造・機能設計をどのように解析しているか（即ち製品アーキテクチャをどう解読するか）、そして実際にどのような取引形態で、どの程度の努力量で開発しているかを、実態にそくして確かめる必要がある。探索的なケース研究を行う前に、模倣行為が中心となる際の企業間関係の特徴を説明しておこう。

本稿で取り上げられる模倣の対象は日本製のオートバイであるため、まずそうした「擦り合わせ」（クローズド・インテグラル）寄りのアーキテクチャを持つ製品の場合を考えてみよう（藤本・武石・青島, 2001）。一般に、擦り合わせ型製品のNPDのプロセスは、あくまで組立メーカーが主導し、社内に強力な開発リーダー（重量級プロダクトマネジャー）を個々の製品ごとに置くのが効果的であることが知られている（Clark and Fujimoto, 1991）。少なくとも、製品コンセプトの作成、要求仕様の決定（機能設計）、製品レイアウト（基本的な構造設計）、製品アーキテクチャの設計など、いわゆる「基本設計」に属する活動は、原則としてすべて組立メーカー主導で行わなければならない。基本設計に続く「詳細設計」の段階、例えば個別部品の構造設計・試作・評価などは部品メーカーに任せる、いわゆる「承認図方式」が日本の自動車企業では一般的に見られるが、それはあくまでも、組立メーカー主導で決まる基本設計を前提にした上での、部品メーカーへの設計外注だといえる。

これに対して、擦り合わせ製品を模倣する場合は、物理的にすでに存在するフォカル・モデルを分解するわけであるから、それは組立メーカーでも部品メーカーでも可能である。つまり、擦り合わせ製品のNPDの場合とは違って、「組立メーカーが主、部品メーカーが従」という関係は必然的ではなく、例えば組立メーカーと部品メーカーが、同じフォカル・モデルの特定部品に対して同時平行的にREを行うことも論理的には可能である。

ただし、そうした同時並行的な模倣行動が効果をあげるためには、部品企業と組立企業の間、あるいは部品企業間において、フォカル・モデルに関する情報に整合性を持たせるための相互調整が必要となる。同じモデルを分解したのであっても、企業ごとに異なる模倣の手法や精度の違いによって、得られる設計情報、例えばインターフェースの公差（許容される寸法誤差）に関する情報にギャップが生じるからである。その際、組立メーカーは、対象製品のアーキテクチャの全貌を把握するため、製品全体から出発し、部品階層を順序正しくおりの形で個別部品へと展開する「トップダウン型の部品分解」、およびそれを前提にした「垂直的な調整」を行う傾向がある。これに対して部品メーカーは、そうした「全体から部分へ」

擬似オープン・アーキテクチャと技術的ロックイン

という手順を踏まずに、自社に関連する特定部品の設計情報、およびそれと相互依存性が高い周辺の部品間関係にのみに集中する傾向がある。したがって、隣接する部品を扱う複数の部品メーカーの間で、いわば「水平的な調整」が必要となるのである。次節では、具体的な製品開発競争のケースを通じて企業間関係、製品のアーキテクチャ、そして技術的ロックインの発生メカニズムを考察したい。

3 ケース研究：中国オートバイ産業の製品開発競争とアーキテクチャ

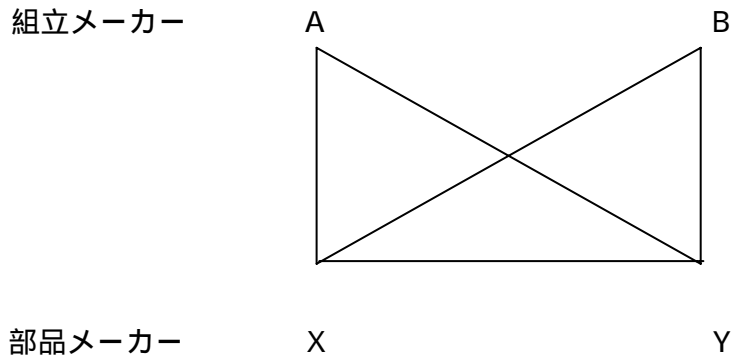
3-1 ケース設定：4社のネットワーク

さて、本稿ではここまで、「中国オートバイメーカーにおける技術的ロックイン」という問題設定を行い、そのための分析枠組と若干の予想を示した。そこで本節では、中国2輪産業のケース・スタディを通じた実証分析を試みる。ただし、二輪産業の製品開発では組立メーカーと部品メーカーの連携が一般的であるから、複数の組立メーカーと部品メーカーを含むフィールドを設定し、それら企業の間における競争と協調を視野に入れた実態分析を行う必要がある。つまり、組立企業と部品企業の取引関係のみならず、組立企業間の競争関係や、補完的な部品企業間の協調関係をも同時に視野に入れ、それらの相互作用が、これら企業のNPD活動やRE活動にどのような影響を与えるかを分析する必要がある。

そこで我々は、競合する組立企業2社と、相互補完的な2部品を作る部品企業2社、合計4社からなる取引ネットワークをケース研究のフィールドとし、これを適宜サブセットに分けて、それぞれの企業セットに関して分析を行うことにする。より具体的に言うなら、国有組立メーカー（第1世代のコピーメーカー、A社）、民営組立メーカー（第2世代のコピーメーカー、B社）、および、相互依存的な二つの部品を扱う部品メーカー各1社（フレームのX社、カウルのY社）、合計4社からなるネットワークをケースのフィールドとして選択する（図5）。

とはいえ、本稿の目的は取引構造のネットワーク分析（藤本・武石, 1994; Nobeoka, 1997, 近能, 2002）ではなく、企業間の競争・協調・取引の行動分析であるから、四社を同時に分析するのでは話が複雑すぎる。そこで、この四社ネットワークを、(i) 取引関係のある二社（組立・部品）のペアに関するダイアド（Dyad）、(ii) 競合する組立二社と取引部品企業一社の三社関係に関するトライアド（Triad）、(iii) 協調する部品メーカー二社と取引組立企業一社の三社関係に関するトライアドの三つのサブセットに分解して、それぞれを分析することにする。

図5 ケース研究の設定：企業間関係ネットワーク



具体的には、まず、取引関係にあるダイアドの集合は $\{(A, X); (A, Y); (B, X); (B, Y)\}$ という4つのペアであるが、このうちA社関連の前二者を分析することにする⁷。次に、トライアド（三社関係）の集合は、 $\{(A, B, X); (A, B, Y); (A, X, Y); (B, X, Y)\}$ であるが、このうち、サブ集合 $\{(A, X, B), (A, Y, B)\}$ は、同じ部品メーカーから部品を調達する組立メーカー間の競争関係を示しており⁸、サブ集合 $\{(A, X, Y); (B, X, Y)\}$ は、組立メーカー社と協調し合う部品サプライヤー二社の間の関係を示している。なお、本稿は、サプライヤーの間の競争をテーマにはしていないので、競合するサプライヤーは分析の対象外である。

3-2 データ収集

筆者の一人は、2002年1月に重慶市のオートバイ組立メーカーと部品メーカーに対して現地調査を行った。聞き取り調査（Semi-structured Interview）が中心となったが、その対象は、組立メーカー側の製品開発・部品購買部門の責任者、部品メーカー側の社長、製品開発の責任者であった。調査対象の主観的なバイアスを低減するために、同じ質問を異なる対象に聞く方法（Cross-investigation）をとった。

本研究では、これらの企業に対して、ベトナム本田の「スーパーカブ」モデルをフォカル・モデル（模倣対象モデル）にした、中国二輪企業二社間の製品開発競争にテーマを絞って聞き取り調査を行った。具体的には、国有組立メーカーA社と民営組立メーカーB社、そしてフレームを生産する部品メーカーX社とフェアリング・カウル類部品を生産する部品メー

⁷ (A, B) と (X, Y) は取引関係ではないので本研究では省略する

⁸ 図5では組立メーカーA社とB社の上に市場競争の関係しかもたないため、二つのノードの間には直接に線を引いていない。

擬似オープン・アーキテクチャと技術的ロックイン

カーY社を選択した。

フレームとフェアリング・カウル類部品は、部品企業から購入される可能性のある部品の中では、製品差別化の点からいって最も重要なものに含まれる。フレームはいうまでもなくオートバイの基幹部分であり、その設計はオートバイの設計思想を反映すると言われている（佐々木、1994）。すなわち、フレーム設計は車体の大きさやライダーの乗車位置、前後車輪とエンジンの位置関係などに大きく影響するため、総重量や重量配分と操縦性の関係、エンジンの形状、スタイルや性能特性などとの相互作用を慎重に勘案する必要がある（辻、1999）。

一方、フェアリング・カウル類部品はオートバイが高速走行する場合に風をうまくバイク外側に逃すためにバイクとライダーを覆うにしたカバーである。オートバイ全体の中でもデザイン面積が大きいので、多くのデザイン作業を必要とし、オートバイの製品差別化にとって重要な部品となっている。特にコピー・改造部品が主流となっている中国のオートバイ産業では、カウル類部品のような外観部品の設計と製造は特に重要である。これには、ハンドルに取り付けハンドルと一緒に動く「ハンドルマウントタイプ」と、ハンドルを切ってもフェアリングが動かないようにフレーム側に取り付けたフレームマウントタイプの二種類があるが、いずれにしても、フェアリング・カウル類部品はオートバイのファッション性に影響を与えると同時に、フレームへの取り付けという点でも緊密な構造的相互依存関係をもつ重要な部品である。なお、カウル類部品には、ハンドル部のカウル部品のほか、「シートカウル」（シート後端を覆うような形状に造形されたカウル）と「アンダーカウル」（車体全部下側を覆うカウルで、車体下側の空気の流れを整える効果がある）も含まれる（佐々木、1994）。

以上の調査設計を前提に、「取引のダイアド」、「組立競合のトライアド」、「部品協調のトライアド」の順に事例を検討していくことにする。

3-3 組立メーカーA社と部品メーカーの取引ダイアド:(A, X);(A, Y)

組立メーカーA社は国有組立メーカーであり、第一世代コピー・メーカーとして、日本のオートバイメーカーと技術提携の関係をもってきた。A社の製品開発部門である「技術センター」は、1993年にはわずか数十人の規模だったが、1995年ごろに市場競争が激しくなってきた以来、製品開発が重視されるようになり、現在は約400人の規模に達している。95%以上のスタッフが大卒で、修士と博士は各10名。平均年齢は33歳である。「技術センター」には、製品企画を担当する「産品発展部」以外に、「フレーム・外観および構造設計」「エンジンの開発」「材料・環境技術・騒音処理などの基礎研究」を担当する三つの研究所、およびオートバイのテスト・センターがある。

藤本・葛

A社は前述のように日本のオートバイメーカーと技術提携をもっているわけだが、市場競争が激しくなったため、新しい製品モデルの開発は日本企業との技術提携の範囲を超えざるを得ない。しかし、A社はまだ本格的な製品開発のための組織能力は不足しているため、この技術センターでは、当面はリバース・エンジニアリング指向の製品開発に重点を置かざるを得ない。つまり、技術力の不足を、当初は外資設計の導入で補完し、次にリバース・エンジニアリングでそれを補完していたのである。

一方、A社の購買部門は「物資公司」という子会社に所属し、そこに五つの業務室がある。業務1 - 3室は部品の購買を担当するが、4 - 5室は原材料の購買を担当している。以下に、「機構設置図」は具体的な業務内容を示す。

機構設置図	オートバイ組立メーカーA社
技術センター	物資公司購買部
研究一所（フレーム、外観・構造設計）	業務一科（ゴム、プラスチック製品、ストライプ等）
研究二所（エンジン開発）	業務二科（フレーム、プレス部品、機械加工部品）
研究三所（基礎研究）	業務三科（鋳造部品、エンジンのギア、車輪）
製品企画部	業務四科（金属原材料）
テスト・センター	業務五科（非金属原材料）

出所：A社の設計担当者・購買担当者へのインタビュー。

この組織図（機構設置図）を見ると、オートバイのフレームは製品開発部門で開発されると同時に、購買部門経由で部品メーカーからも調達されることがわかる。前述のように、設計が複雑な中核部品であるフレームを、あえて外部企業から調達するのは興味深いことなので、A社購買部門の責任者への聞き取り調査の際に、代表的なフレーム部品メーカーX社を指定してもらい、X社に対する調査を行うことにした。

フレーム部品メーカーX社は20年の歴史を持つ企業で、以前はA社の二次サプライヤーであった。しかし、オートバイ産業に市場競争メカニズムが導入される中で、X社は国有企業であるA社の閉鎖的なサプライヤー・システムから脱し、競争力を持つと自負するプレス・溶接技術と品質管理能力に基づき、「自主的な製品開発活動」（実態としては自社判断による部品のコピー・改造活動）を行ってきた。そして、より高い付加価値を持つ部品を生産しようと考え、1995年からオートバイのフレームを生産し始めたのである。

さて、組立メーカーA社とフレームメーカーX社、両社での調査によって、同じフレーム

擬似オープン・アーキテクチャと技術的ロックイン

でも多様な取引パターン、すなわち「貸与図方式」、「承認図方式」、「市販品方式」の全てが存在していることが確認された（Asanuma, 1989; 浅沼, 1997; 藤本, 1997）。具体的にみていこう。

(i) 「貸与図方式」で取引される場合は、A社がフォカル・モデルのフレームを社内でRE研究し、外形形状、取り付けの寸法、材料の使用等基本的指標の他に、溶接の方式、板厚の公差などの細かいデータまで付いた詳細図面を再現する。それから部品メーカーX社に貸与してフレームを生産してもらうという方式である。

(ii) 「承認図方式」で取引される場合は、A社がフォカル・モデルを選定してから、それを分解してフレームを取り出し、それを部品メーカーに渡し、図面の生成と製造を任せる。この場合は、部品メーカーがフレームの設計図面を所有することになる。

(iii) 「市販品方式」で取引される場合は、部品メーカーが既に、独自にフォカル・モデルのフレームをコピーしており、A社は部品メーカーX社の製品カタログからその部品を選んで購買する。既存のカタログ部品がそのままでは製品の組立要件を満たさない場合は、部品メーカーが組立メーカーからの設計修正要求に応じるケースもある。

フレームのケースと同様、組立A社と、オートバイのフェアリング・カウル類部品を生産する部品メーカーY社との間でも、類似の取引パターンが観察された。Y社は1994年に設立された民営企業である。現在2257万円の固定資産をもち、機械加工設備70台、射出成形機50セットを所有している。2300人の従業員のうち、技術スタッフは30人で、平均年齢は30歳である。またY社は、フェアリング・カウル類部品を生産すると同時に、オートバイのランプをランプメーカーから購入し、カウル部品とランプのサブ・アSEMBリーという形で組立メーカーに納入している。Y社での調査では、Y社の製品開発には、「自主開発」と「依頼開発」というパターンがあることがわかった。前者はY社が自分で独立に市場調査を行って、フォカル・モデルを選択してからカウル部品を開発するケースである。後者の場合は、組立メーカーから開発依頼をもらって、その基本設計の要求を満たすよう部品を開発するケースである。これは取引パターンと関連すれば、前者は「市販品方式」に近く、後者は基本的に「承認図方式」だと考えられる。

それでは、なぜ組立メーカーA社と部品メーカー（X社とY社）の間には、同じカテゴリーの部品においても多様な取引パターンが存在しているのだろうか。A社の購買担当者によれば、これには、購買管理の強化をねらったA社の組織改革が関連している。すなわち、以前はA社の製品開発部門（技術センター）は、サプライヤーの選定と評価、部品取引方式の選択といった意思決定を集中的に行っており、一方、購買部門はサプライヤーの「推薦権」

しか持たず、開発部門から指令の通りに仲介機能を果たすだけであった。ところがその後、サプライヤー・システムを管理する責任・権限は、開発部門から購買部門へとシフトした。新しいモデルを開発する場合に、部品が五台分以内なら、開発部門が独立にサプライヤーと取引し、プロトタイプの組立とテストを行うが、五台分以上の場合は、購買部門が部品の集中購買を行うようになったのである。

この組織改革によって、購買部門の権限は大きくなり、サプライヤーの技術力をより効率的に利用するようになり、購買活動そのものが技術指向から市場指向へと変化してきたと言われる。そうした変化の結果として、取引パターンの多様化が進んだのである。具体的には、「承認図方式」と「市販品方式」の比例が増え、「貸与図方式」は減ってきている。

それでは、組立メーカー A 社はどういうきっかけで、このような購買部門重視の組織改革を行ったのだろうか。これを解明するためには、単に組立メーカー A 社と部品サプライヤーとの取引ダイアドを分析するだけでは不十分である。その背景に、他の組立メーカーからの競争圧力という動機が存在するからである。そこで次に、民営組立メーカー B 社を加えて、部品メーカー 1 社と取引する組立メーカー 2 社のトアイアドという設定で製品開発競争の実態を分析してみよう。

3-4 組立メーカー 2 社と部品メーカーの競合トライアド：(A,B,X);(A,B,Y)

組立メーカー B 社は、1992 年に重慶市で設立された民営企業である。設立当初はエンジンメーカーとして起業したが、90 年代中盤から完成車組立企業として急成長してきた。現在総資産 40 億円で、従業員 2 万人を有し、製品を 14 カ国に輸出している有力なローカル系組立メーカーである。同社は当然ながらエンジンは内製しているが、他の部品はほとんどを外注に頼っている。エンジン以外の部品技術はほとんど持たないため、技術的には取引部品メーカーに大きく依存し、実際、主要な取引パターンは、部品メーカーの開発力を前提とする「承認図方式」と「市販品方式」である。フレームメーカー X 社での調査によると、X 社が 1995 年にフレームを生産しはじめた時には、B 社が主要な取引パートナーであり、その間の関係は親密であった。

さて、組立メーカー A 社と B 社は、2001 年に、ほぼ同じタイミングで同じフォカル・モデル、すなわち、ベトナム・ホンダ製の「スーパーカブ」モデルを模倣することを決定した。中国の国内市場だけではなく、ベトナム市場への輸出も成長が期待できると、両社ともに予想したからである。また、「スーパーカブ」モデルは長年にわたるベストセラー製品であったため、部品メーカーも組立メーカーと同様にその市場動向を予測することができた。かくして、フレームメーカー X 社も、組立メーカーからの要請なしで、独自に「スーパーカブ」

擬似オープン・アーキテクチャと技術的ロックイン

のフレームのコピーを行ったのである。

しかしながら、「スーパーカブ」の部品調達の際にどの取引方式を選択するかについては、組立メーカー A 社と B 社とでは大きく選択が分かれた。まず、組立メーカー A 社では、製品開発部門を中心として、「スーパーカブ」のリバース・エンジニアリング的な開発プロジェクトが進んでいたが、それは、トップ・ダウンの形でフォカル・モデルを分解し設計図面を生成する方式であった。まず、レーザー・スキャンなど先進デジタル設備を利用して、サンプル車の三次元データを入手した。なかでもフレームは、前述のようにエンジン、サスペンション、カウル部品などの重要部品と緊密な相互依存関係が存在するため、その設計は A 社内部で行われた。部品間の物理的な干渉を正確に把握してから、フレームの図面を部品メーカーに貸与し、製造を部品メーカーに外注した。つまり、我々の枠組で言えば、組立メーカー主導で、「トップ・ダウン型の部品分解」と「垂直的な調整」に基づく「貸与図方式」の取引が指向されたのである。

更に製品の組立品質を保証するために、A 社は日本メーカーと技術提携の経験を踏まえて、開発プロジェクトの進行段階ごとにきめ細かくプロトタイプを評価した。しかし、評価プロセスの手順は、国有企業の開発体制であることもあって複雑であり、開発リードタイムは半年以上かかった。要するに、組立メーカー主導で、かなり本格的な「トップ・ダウン」的なリバース・エンジニアリングが試みられたのである。

これとは対照的に、民間の組立メーカー B 社は、既に「スーパーカブ」型のフレームをコピーしていた X 社に現金を持っていき、「市販品方式」でフレームの購買契約を結んだ⁹。その結果、B 社は A 社よりずっと短い開発リードタイムで「スーパーカブ」型のコピーモデルの組立を開始することができ、ベトナム市場でホンダ製品の半分の価格で販売しはじめたのである。当時、B 社はフレーム部品メーカー X 社との購買契約に、「X 社は B 社以外の組立メーカーにはこのフレームを提供しない」という排他条件をつけていたが、現実には、部品メーカーその契約を守らなかった。結局、多数の民間組立メーカーが部品メーカーから「スーパーカブ」型のフレームを調達し、それを使ったコピー製品をベトナム市場に輸出することができた。このため、ベトナム市場では激しい価格競争が起こり、中国製コピー車の価格は 5000 元から急激に 1000 元にまで下落したのである。

こうした競争激化のなかで、A 社は終始、製品開発部門を中心とする開発プロセス固執し、B 社など民間組立メーカーによるフレーム購買の風潮には乗らなかった。しかしながら、A

⁹ 大原(2001)で中国オートバイ産業では組立メーカーの「代金未払い」問題は部品メーカー側のリスクであると指摘された。従って、このケースで民間組立メーカー B 社が現金で取引を成立させることは部品メーカーの交渉力が大きいことを反映するといえよう。

社が「スーパーカブ」型モデルの組立品質問題を全て解決し、ようやくベトナム市場に参入した時には、既にタイミングが非常に遅く、参入時期を逸したと言う意味では失敗だったと言われる。

フレームのケースと同様、同じフォカル・モデル（スーパーカブ）のカウル類部品の開発と調達に関しても、A社とB社は異なる取引パターンを選択し、その結果、明暗が分かれる形になった。まずカウル部品メーカーY社は、フレームのX社と同様、フォカル・モデルの市場成長を予想し、独自の判断で「スーパーカブ」型のカウル部品をコピーし、その金型を製作した。さらにY社は、前述のようにカウル類部品を生産すると同時にオートバイのランプを購入しサブ・アSEMBリーを行うので、組立品質のポイントであるヘッドランプとカウルの取り付けの精度や左右対称性をうまくコントロールできていた。つまり、部品メーカーによる「水平的調整」が上手くいったのである。このため、当時この部品セット（カウルとランプ）の価格は通常の二倍にまで高騰したが、それでも多くの民営組立メーカーが「市販品方式」で競ってこの部品を購入したのである。

対照的に、A社は「承認図方式」でY社と取引していた。しかし、A社の内部でリバース・エンジニアリング的に開発していたフレームなどの部品と、Y社が独立に開発したカウル部品などとは、同じフォカル・モデルでありながら、公差の取り方が違っていたため、うまく組立ができなかった。このため、Y社の部品が「承認」されるまでには多くの設計修正が繰り返された。A社がY社の製品を返品したこともあった。実は、その返品は後でB社が購入して組立に使ったのである。結局、Y社はA社の要求に対応して金型設計の修正を行ったが、このため開発リードタイムが長くなってしまい、この理由もあって、A社の「スーパーカブ」型製品は市場に出すタイミングが遅れてしまったのである。

この製品開発競争の失敗をきっかけとして、A社内部では、部品の購買体制を変更し、製品開発部門に代わって購買部門がサプライヤー管理を主導するというシステムに変わった。開発部門は引き続き社内設計分を担当するが、他方の購買部門は、部品メーカーが独自開発した部品を有効利用することも視野に入れた購買活動を主導したため、A社では「貸与図方式」だけでなく「承認図方式」や「市販品方式」が積極的に採用されるようになったのである。

なお、A社は過去においては品質問題などの理由で、トップ・ダウンの設計内製を堅持したのだが、それはB社の設計外注戦略が製品の品質を犠牲にした、ということを経験している。両社は設計内外製の選択が異なるため、部品設計品質を保証するメカニズムも違っている。すなわち、A社によるトップ・ダウン型の製品開発は、組立メーカーが品質を保証する方式だが、B社など民営メーカーの「市販品方式」を中心とした取引プロセスでは、部品メーカーが品質保証責任を果たすのである。

擬似オープン・アーキテクチャと技術的ロックイン

それでは、相互依存関係の高いフレームとカウル類部品を生産する部品メーカーである X 社と Y 社は、一体どのようにして双方の品質保証を実現しているのだろうか。この間に答えるためには、一つの部品メーカーだけに注目することは不十分であり、複数の部品メーカー間の協調関係を観察する必要がある。そこで次に、部品メーカー 2 社と組立メーカー 1 社からなる協調トライアドを分析することにする。

3-5 部品メーカー 2 社と組立メーカーの協調トライアド : (A,X,Y) ; (B,X,Y)

すでに第 2 節で、リバース・エンジニアリングやコピー・改造指向の製品開発においては、部品メーカーが組立メーカーの要請を待たずに、独自にフォカル・モデルのコピー・改造部品を開発することが可能なことを指摘した。ただし、部品メーカーが独自にコピー・改造部品を開発する際には、主に二つのリスクが存在する。第 1 に、大きな部品ビジネスにつながる「正しいフォカル・モデル」を選択できたかどうかに関する「予測のリスク」がある。第 2 に、部品メーカーが独立に開発した部品が、うまく他の部品と結合できるかどうかに関する「インターフェースの組立公差のリスク」である。実際、形状コピーやリバース・エンジニアリングを行う際に、フォカル・モデルの部品の公差を測定することは難しい。公差は寸法のばらつきから推定されるものであるから、十分なサンプル数を取らないと正確な公差は把握できない (Ingle, 1994)。例えば、部品メーカー 2 社が独立に部品をコピーした場合、もし X 社の部品は正しい部品公差分布の幅の上限をわずかに超えてしまい、そして Y 社の部品はその下限をちょっとだけ外れたとすれば、両社の部品をうまく結合することは出来ない。コピー部品の開発を行う部品メーカーにとっては、こうしたリスクをいかに低減できるかが、より高い利益を得るためのキーポイントである。

部品メーカー間の協調は、彼らがこうした「フォカル・モデル予測のリスク」や「組立公差のリスク」を低減するための一つのメカニズムだと考えられる。これについて、フレームメーカー X 社での調査からわかったのは以下の点である。例えば、重慶市の民营企业家の間には、自然発生的に形成されてきたネットワーク（「摩托幫」と呼ばれている）が存在し、普段集まるときの気楽な会話の中で市場情報を交換している。そうした情報交換は、フォカル・モデルを予想する上で不可欠な協調行動だとも考えられる。

また、「組立公差リスク」の低減についても多様な仕組みが見られている。一つの方法は、部品メーカーによる部品間協調の内部化である。例えば、前述のように、カウル部品メーカー Y 社はオートバイのランプを購入し、自分のカウル部品と合わせてサブ・アセンブリーにしてから組立メーカーに納入している。もう一つの方法は、補完的な部品を生産する部品メーカー間の協調活動である。例えば、フレームとカウル部品は、取り付け上の相互依存性が

高いため、「スーパーカブ」型モデルをコピーする際、X社とY社は水平的な設計調整という形で協調した。すなわち、開発スタッフの交流のほか、お互いの部品を交換してアセンブリー・テストを行い、公差を調整したのである。しかし、フレームはフェアリング・カウル部品以外にも、エンジンや前後サスペンションとも緊密に関係しているため、大きな設計変更は難しい。このためX社には、できるだけフレームの設計変更を少なくしたいという意向があった。一方、カウル部品の利潤マージンはフレーム部品より高いため、カウル部品のY社はフレームのX社の要求に対して妥協をしたと言われる。

このような部品企業間の協調努力によって、フレームとカウル部品とヘッドランプは、「設計擦り合わせ済みの部品セット」となり、組立メーカーに納入する際には、こうしたセットの単位で組立品質を保証することができたのである。実際、民営組立メーカーの側もこうした部品メーカー・サイドの情報を把握していたため、ごく自然に、X・Y両社の部品を優先的に同時納入するようになったのである。

以上のケース研究をまとめると、以下のようなロジックが浮かび上がって来る。すなわち、まず部品メーカー間の水平的な協調によって、もともとは独立に模倣されたフォカール・モデルのコピー部品が、いわば「擦り合わせ済み」の部品セットとして組立品質を保証できるようになる。そして、こうした部品メーカー間の協調努力によって、組立メーカーが「市販品方式」でコピー部品を調達することが、経済的にペイするようになる。その結果、部品メーカーのコピー・改造能力を積極的に利用した民営組立メーカー（例えばB社）は、製品開発競争の中でリードタイムの優位を持つようになるのである。

これとは対照的に、国営組立メーカーA社は、コピー部品の「リバース・エンジニアリング」的な社内設計に固執した結果、民営企業との競争で不利な状況に陥った。その教訓から、国営メーカーA社は、結局は、調達部門の権限を大きくする方向で部品調達体制を変更した。そのため、部品メーカーとの取引方式が多様化し、中でも、社内設計指向の「貸与図方式」が減少傾向となり、かわって「承認図方式」と「市販品方式」を選択するケースが増えたのである。

4 ディスカッション：アーキテクチャの換骨奪胎と技術的ロックイン

4-1 水平的調整による「局所的擦り合わせ」:

そもそも中国二輪産業においては、部品メーカーは組立メーカーからの指導や援助がほとんどなく、「孤立的な発展」を遂げたと論じられてきた（大原、2001）¹⁰。以上のケース研究

¹⁰大原(2001)では、二つのリスクに注目した。契約どおりの取引が行われなかった場合のリスク（組立メーカーの代金支払わないリスク）と投資失敗のリスク（市場の読み違いなど）である。“新製品

擬似オープン・アーキテクチャと技術的ロックイン

から分かるように、中国二輪産業においては、複数の部品メーカー（X社・Y社）が、事後的に、相互依存関係が高い部品の間で水平的な調整、とりわけ物理的なインターフェースの形状や公差に関する調整は、フォカル・モデルのコピー・改造部品を開発する際に「組立公差リスク」を軽減するための一つ的手段であった。そして、相互に補完的な部品セット単位での組立品質を保証することによって、これらの部品メーカーは組立メーカーに対してより強い交渉力を持つことにもなった。¹¹とはいえ、部品メーカーX社とY社の例からも分かるように、部品メーカー間での協調の範囲は、自社部品と緊密な相互依存関係にある部品だけに限られている。つまり、部品メーカー間の水平的な調整はある種の「局所的擦り合わせ」であり、その結果、一群のコピー・改造部品を集成させた「モジュール」は形成されたのである。

本来、モジュールとは、事前の周到な計画に基づき設計されるものである。例えば青木（2002）は「モジュール化」を「一つ複雑なシステムまたはプロセスを一定の連結ルールに基づいて、独立に設計されうる半自律的なサブシステムに分解すること」と定義している。つまり、IBM360のような製品システムを、事前に構想されたトップ・ダウンの計画によって、サブシステムに分解し、その間のインターフェースを決定することを意味する。これに対して、中国二輪産業で観察された補完的コピー部品を製造する企業間の協調は、事後的にフォカル・モデルを分解し、組立メーカーの要請なしで、いわばボトムアップ的な形で部品の「モジュール」を生み出したのである。モジュール内の組立品質は、局所的擦り合わせによってある程度保証されている。複数の組立メーカーが、そうした「局所的に擦り合わせ済み」の部品群を、あたかも汎用品のように購入することによって、それらは「擬似的なオープン・モジュール」となるのである（藤本、2002）。

4-2 技術的ロックイン：

本稿ではまた、中国の二輪企業は十年間以上の組織学習プロセスを経過しても、まだフォ

開発のリスクは、部品に関するものはサプライヤーが負担している”（P16）のほかに、“メーカーからサプライヤーへの技術指導はほとんどない”、“メーカーから長期に人材（経営管理者、技術者、技能者）を受け入れているサプライヤーはほとんどない”（P24）組立メーカーからの資金的な支援（出資を除く）はないかあるいは金額的には少ない。組立メーカーと部品メーカーの情報共有の機会組立メーカーが主催する年一回（または2回）のサプライヤー会議であるが、市場変動が激しいため会議で決められる生産と製品開発の見通しやコスト削減要求などは“一年（あるいは半年）間守られことは多くない”（P25）。

¹¹例えば、前述のケースが示すように、組立メーカーA社がリバース・エンジニアリングを通じて「垂直的に調整」したコピー部品のインターフェースは、部品メーカー（X社・Y社）の「水平的な調整」によって実現した両部品のインターフェースと、明らかにずれていたのである。

カル・モデルのコピー部品間の物理的インターフェースを相互調整する段階、つまり構形状（構造）のコピーとその事後的改造・修正という段階に止まっていることが確認された。更に、「擬似オープン・モジュール」となった一群のコピー・改造部品を「市販品方式」で購買した民営の組立メーカーの戦略は、少なくとも短期的には、スピードや組立品質で競争優位を得たことを示した。

この結果は、「単純な形状コピー方式の競争優位が、本格的な R&D 体制のみならず、本格的なリバース・エンジニアリングさえも、経済的に成り立たなくさせてしまう」という本稿での予想と整合的である。国営組立企業 A 社は、ある段階ではフォカル・モデルの部品を垂直的な調整によって本格的な「リバース・エンジニアリング」に進もうとするかに見えたが、それは本格的な R&D への第一歩でもありえた。しかし、ベトナム向けコピー製品の市場導入競争で、部品企業同士の部品形状に関する「水平的な調整」と、その結果出てきた「コピー部品の集成による擬似オープン・モジュール」という対抗馬に対して、競争力を持ち得なかったのである。結局は、A 社自らも、「市販品方式によるコピー部品の寄せ集め購買」という方式への切り替えを余儀無くされたのである。

前述したように、「孤立的発展」を遂げた部品メーカーは、取引範囲と生産規模の拡大によって、コスト削減と品質保証に関する更なる学習が可能となり、一種の好循環に入る。他方、組立メーカーは、このような部品メーカーによる水平調整の成果を利用することによって、とりあえずは開発リードタイムを著しく短縮することができる。さらに、部品メーカーの学習効果も利用でき、コストの削減と組立品質の改善という成果も享受することができる。しかし、複数部品メーカーの連携によるこうした「擬似オープン・アーキテクチャ」的な部品取引の結果、多数の組立メーカーが同じフォカル・モデルのコピー部品を調達することができるため、市場競争はスピードとコスト一辺倒の激しい競争になってしまう。製品モデルのライフサイクルが短くなっている中で、新しいモデルを迅速に送り出すためには、組立メーカーは更に寄せ集め設計へと傾斜し、フォカル・モデルをコピーし、またコピー部品を活用し続けねばならない。結局、製品差別化は実現しにくく、組立メーカーは厳しい価格競争に直面する。例えば、2002 年の中国二輪産業で、赤字経営が免れなかった組立企業はわずか 7 社だった。輸出面でも 2001 年に輸出台数は 61.4% 増加したにもかかわらず、金額ベースでは 12.7% 増えたのみである。組立メーカーの苦しい経営状況は当然、部品メーカーとの取引に反映され、部品メーカーに対するコスト削減圧力の強化や、代金不払いなどが多くみられ、部品メーカーの利益も低減している。従って、短期的には一見 Win-Win 関係に見える組立メーカーと部品メーカーの関係も、長期的には Lose-Lose 関係になってしまいかねない。

擬似オープン・アーキテクチャと技術的ロックイン

以上のような市場競争のダイナミックスを見ると、そこにある種の累積的なサイクルが存在することがわかる。すなわち、組立メーカーが部品メーカーの「局所的擦り合わせ」によるコピー部品の集成モジュールに対応して、「市販品方式によるコピー部品の寄せ集め購買」を選択することは、この産業における競争を短期のリードタイムとコスト一辺倒の競争にしまい、その結果、生き残りのためには、さらにコピー部品の寄せ集め方式（擬似オープン・アーキテクチャ）を選択せざるを得ない。

この累積プロセスにより、フォカル・モデルのアーキテクチャ知識と部品知識（Henderson and Clark, 1990）の蓄積は、多数の企業間に分散してしまう。既に述べたように、“孤立的”な部品メーカー間の「局所的擦り合わせ」はフォカル・モデルのコピー部品間における、物理的インターフェースの公差の「水平的調整」に焦点に当たるが、その主な動機は、「局所擦り合わせ済み部品セットを出来るだけ多くの組立メーカーに納入すること」である。この状況では、部品メーカーは、フォカル・モデルの形状（フォーム）をコピーすることにしか経済的なインセンティブを見出せない。つまり、この部品がなぜこの形にしたのか、そして物理的部品の背後にどのような機能的な設計思想が存在するのかという根源的な問題を、本来のリバース・エンジニアリング活動によって解明する動機は強くない。一方、組立メーカー側も、コピー部品の開発は部品メーカーに任せる傾向を強めているため、製品全体のアーキテクチャ知識を蓄積することはますます難しくなるのである。

更に、厳しい市場競争環境の中で、組立メーカーの経営状況が悪化しているため、測定やテストの設備など、本格的なリバース・エンジニアリングや研究開発に必要な資本投下が不十分となっている。こうした悪循環のよって、中国の二輪企業は、既存の外国設計＝フォカル・モデルの形状を模倣する段階に止まってしまう。この累積過程が、中国の二輪産業において、「技術的ロックイン」が長期にわたって観察された要因だと考えられるのである。そして、その同じサイクルが、競争の激化、価格の下落、そして市場の急激な拡大ももたらしたと言える。中国二輪産業の強みと弱みは、同じダイナミックスから生じていたのである。

4-3 暫定的結論と将来展望

中国の企業がローエンドの技術と市場セグメントに「ロックイン」されている、という現象については、経済改革のプロセスや産業政策の角度から研究されている（Steinfeld, 2002）。これに対して、本研究では、中国オートバイ産業における一つ製品開発競争の事例を取り上げ、コピー・改造部品の寄せ集めというスタイルの製品開発プロセスの結果、組立メーカーと部品メーカーとの動的な相互作用の結果、フォカル・モデルの設計の近傍に「ロックイン」されるという現象に付いて説明を試みた。部品メーカー同士の水平的協調の努力による

「局所的擦り合わせ」に応じる形で、組立メーカーが既成のコピー部品の寄せ集め購買を行うことは、結局、組立メーカーの生産拡大と製品開発力蓄積のインセンティブを乖離させ、製品差別化が実現できないまま、市場競争は多数の組立企業が濫立する激しい価格戦争となってしまうのだと、ケース研究からは推定される。

中国二輪産業に関する研究はまだ少なく、我々がここで部品調達という側面からの事例研究も、少数のケースに基づく探索的 (Exploratory) なものである。今後は、「技術的ロックイン」の現象を、より広い見地から、市場需要と政府規制という側面からも研究してみる必要がある。供給と需要の双方から分析することによってはじめて、製品アーキテクチャと企業や企業間の開発・調達システムの関連を動的かつ総体的に捉えることが可能になる。

このほか、既存の利用可能なデータベースを使って、より厳密な仮説検証を行い、中国二輪産業への理解を深めることも今後の課題である。さらに言うなら、中国二輪産業における生産量の拡大と製品開発能力の蓄積不足という跛行性は、家電や自動車産業など、他の産業でも生じている。こうした広がりを持つ問題をいかに分析し、解決案を提起できるのか。そして中国の製造業はどの方向にどの経路で発展していくのか、製品アーキテクチャと企業間関係の理論的な分析によって、より包括的な対策と予測を提供することも、将来における研究の課題だと言えよう。

参考文献

Abernathy, W. J. (1978) Productivity Dilemma, Johns Hopkins University Press.

青木昌彦・安藤晴彦 (2002) 「モジュール化 新しい産業アーキテクチャの本質」 東洋経済新報社

Arrow, K. (1962) Economic welfare and the allocation of resources for invention, in National Bureau of Economic Research, The Rate and Direction of Inventive Activity. Princeton, Princeton University Press.

擬似オープン・アーキテクチャと技術的ロックイン

Asanuma, B. (1989) 'Manufacturer-supplier relationships in Japan and the concept of relation-specific skill', *Journal of the Japanese and International Economies*, Vol. 3, pp.1-30

浅沼萬里 (1997) 「日本の企業組織：革新的適応のメカニズム」 東洋経済新聞社

Baldwin, C. Y. and Clark, K. B. (2000). *Design Rules. Volume 1: The power of modularity*. Cambridge, MA: MIT Press.

Clark, K.B. and Fujimoto, T. (1991) *Product Development performance*, Harvard Business School press, Boston

藤本隆宏・武石彰 (1994) 「自動車産業 21 世紀へのシナリオ」、生産性本部出版。

藤本隆宏 (1997) 「生産システムの進化論：トヨタ自動車に見る組織能力と創発プロセス」 有斐閣

藤本隆宏、武石彰、青島矢一編(2001) 「ビジネス・アーキテクチャ - 製品・組織・プロセスの戦略的設計」 有斐閣 .

藤本隆宏・葛東昇 (2001) 「アーキテクチャ的特性と取引方式の選択」 藤本隆宏・武石彰・青島矢一編 「ビジネス・アーキテクチャ - 製品・組織・プロセスの戦略的設計」 有斐閣 所収 .

藤本隆宏 (2001) 「生産マネジメント入門」 日本経済新聞社 .

藤本隆宏 (2002) 「アーキテクチャ発想で中国製造業を考える」 *経済通産ジャーナル*, 6月号 .

Henderson, Rebecca M. and Kim B. Clark (1990). 'Architectural innovation: the reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms', *Administrative Science Quarterly*, 35, pp.9-30.

弘岡正明 (2003) 「技術革新と経済発展」、日本経済新聞社。

Hounschell, D. (1984) *From the American System to Mass Production, 1800-1932*, Johns Hopkins University Press.

Ingle, kathryn A. (1994) *Reverse Engineering*, McGraw-Hill.

近能善範(2002) 「自動車部品取引のネットワーク構造とサプライヤーのパフォーマンス」、組織科学、Vol.35(3)、pp . 84-100。

Lippman, S. and R. Rumelt (1982) *Uncertain imitability: An analysis of interfirm differences in efficiency under competition*, *Bell Journal of Economics*, 12, pp.418-438.

Mansfield, E. (1985) *How rapidly does new industrial technology leak out?* *Journal of industrial Economics*, 34, pp.217-223.

Nobeoka (1997) *Alternative component sourcing strategies within the manufacturer-supplier network: Benefits of quasi-market strategy in the Japanese automobile industry*, *Kobe Economic & Business Review*, Vol..41, pp.69-99.

大原盛樹(2001) 「中国オートバイ産業のサプライヤー・システム - リスク管理と能力向上促進メカニズムから見た日中比較」、アジア経済、XL - 4

大原盛樹 (2002) 「信頼に基づくサプライヤー・システムの強化 中国オートバイメーカー宗申の事例」、中国経営管理研究、第2号。

奥野正寛 (1988) 「伝統的研究開発理論と過小投資」、伊藤元重、清野一治、奥野正寛、鈴木興太郎 編「産業政策の経済学分析」、東京大学出版社。

太田原準 (2000) 「日本二輪産業における構造変化と競争」『経営史学』34 巻 4 号

Pahl G. and W. Beitz (1988) *Engineering Design – a Systematic Approach*, The design

Council.

Rivkin, J.W. (2000) Imitation of complex strategies, *Management Science*, 46(6), pp.824-844.

佐々木和夫 監修 (1994) バイク用語ハンドブック GP 企画センター編

Steinfeld Edward S. (2002) "Catching up, keeping pace, or falling behind? – Organizational innovation, networked production, and the contemporary Chinese enterprise", Prepared for The Saint-Gobain Center for Economic Research 5th Conference.

Suh Nam P. 1990). *The Principles of Design*. New York: Oxford University Press.

辻司(1998) バイクのメカ入門 グランプリ出版

武石彰、藤本隆宏、具承桓 (2001) 「自動車産業におけるモジュール化 - 製品・生産・調達システムの複合ヒエラルキー」、藤本隆宏・武石彰・青島矢一編「ビジネス・アーキテクチャ - 製品・組織・プロセスの戦略的設計」有斐閣 所収。

Ulrich, Karl (1995). 'The role of product architecture in the manufacturing firm', *Research Policy*, 24, 419-440.

Ulrich, Karl and Steven Eppinger (1995). *Product design and development*, New York: McGraw-Hill.

Zander, U. and B. Kogut (1995) Knowledge and the speed of the transfer and imitation of organizational capabilities: An empirical test. *Organization Science*, 6, pp.76-92.