

97-J-15

自動車製品開発の新展開：
フロントローディングによる能力構築競争

東京大学経済学研究科
藤本隆宏

1997年11月

このディスカッション・ペーパーは、内部での討論に資するための未定稿の段階にある論文草稿である。著者の承諾なしに引用・複写することは差し控えられる。

Japanese Automobile Product Development in the 1990s - Capability-Building Competition by Front-Loading -

Takahiro Fujimoto

Abstract:

This paper explores emerging trends in product development in some Japanese auto makers. After briefly summarizing the recent history of capability-building in automobile product development in the 1990s (e.g., the Western catch-up, fat design problem, design simplification, platform strategy, 3-dimensional CAD and CAE, exploration of clean engine technologies), the paper argues that prescriptions for the "1990s crisis" in various Japanese industries should differ depending upon types of industries in terms of potential international competitiveness and product architecture, and that the automobile industry, with a stable integral architecture for the time being, the basic principle of effective product development would be unchanged.

As an example, the paper analyzes recent efforts of cutting lead times further by some Japanese firms, which is a combination of front-loading, overlapping and task partitioning. A common theme behind these methods for lead time reduction is, after all, "early and integrated problem solving" -- a principle that has also been found in effective automobile product development since the 1980s.

自動車製品開発の新展開：フロントローディングによる能力構築競争

東京大学経済学部 藤本隆宏

1 90年代の自動車製品開発競争とは何であったか

世紀末の日本経済全般に対する悲観論が支配するなかで、トヨタ、本田など日本の一部自動車メーカーの業績回復が著しい。特に、その牽引車として、製品開発部門が再び脚光を浴びている。製品開発期間のさらなる短縮、次世代エンジンの開発、製品設計簡素化による大幅コストダウン、プラットフォーム統合化戦略、RV（非セダン系乗用車）を中心とするパッケージ提案型の新モデルの続出、グローバルな製品開発体制の拡充など、最近ではマスコミで取り上げられる頻度も増した。一時的な国内販売の落ち込みなどは懸念されるものの、日本の自動車メーカーの製品開発・技術開発は、90年代前半のスランプを脱して、再び元気を取り戻しつつあるように見える。

しかし、こうした、表面的には単なる「スランプ脱出」に見えるプロセスの背後には、複雑な企業間競争のダイナミクスが存在する。そこでは、絶え間なく変化する表層面の環境適応と、底流にある不変の「ものづくり」の原則とが共存する。グローバルな「能力構築競争」を続ける各々の自動車メーカーは、時には環境変化への適応不足、また時には過剰適応に陥りながらも、長期的には顧客満足と競争力向上に繋がる組織ルーチンを獲得していく。

短期的な一喜一憂を超えて、こうした製品開発競争の実態を冷静に把握し、日本の自動車産業、さらには製造業一般の将来を正確に見通すためには、まずもって、産業の進化に関する長期的かつ安定した歴史観を持つことが必要であろう。そこで、90年代の自動車製品開発の変遷を、こうした「能力構築競争」の文脈の中で、今一度振り返っておこう。

90年代初め、日本の自動車メーカーの製品開発力の高さが欧米で賞賛された。こうし

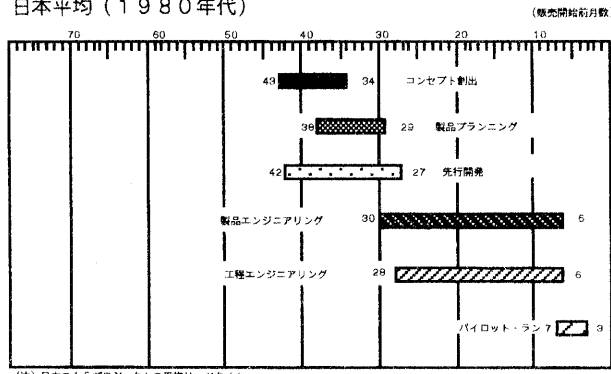
た日本企業の「製品開発能力」は、80年代初めまでに日本企業、とくに一部のハイパフォーマンス企業が1950～70年代に積み上げられてきたものであり、多分に「システム創発プロセス」の産物である（藤本[1997]）。自動車産業の製品開発力については、クラーク＝藤本[Clark and Fujimoto, 1991]の国際比較分析があり、その後、延岡[1996]、青島[Aoshima, 1996]らが実証分析を着実に深めている。

しかし、1990年代に入ると、状況は一転した。40年続いた継続成長時代から量的変動の時代への急速な転換、あるいは円高のさらなる進行に対する長期的な対応策がすぐには固まらず、多くの日本メーカーにおいて、製品開発戦略に迷いが生じたようである。特に1990～93年ごろには、計画期間の長期化など、一部開発パフォーマンスの停滞あるいは悪化も目立った。

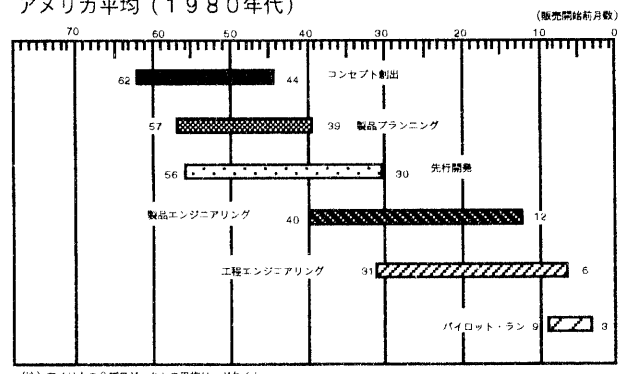
さて、対日製品開発力ギャップを認識した後、90年代前半における欧米、特にアメリカ企業の「逆キャッチアップ」には目覚ましいものがあった。一部でいわれた「日米大逆転」といった論調は、単純な測定上の誤りやムードに押された印象論にもとづくもので、実態を正確に伝えてはいないが、少なくとも客観的なデータで見ると、1993年ごろの時点で一部アメリカ企業が、幾つかの（全部ではないが）競争指標において、予想以上のスピードで日本企業に対する逆キャッチアップを達成しつつあったことは事実である。一例として、80年代以来筆者が参加している「ハーバード大学自動車製品開発プロジェクト」で収集した開発期間の日米比較データを示す（図1）。米国の平均パフォーマンスのアップ、製品・工程エンジニアリングのオーバーラップ化（サイマル・エンジニアリング）、他方に本企業の平均パフォーマンスの停滞・悪化が、図より明らかであろう。

プロジェクト各段階別の平均的スケジュール
 - 1980年代と1990年代前半の比較 -

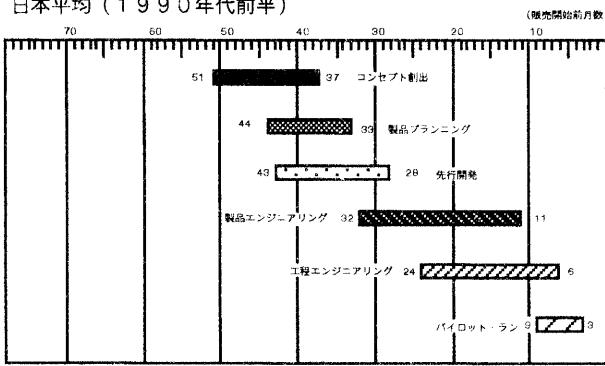
日本平均 (1980年代)



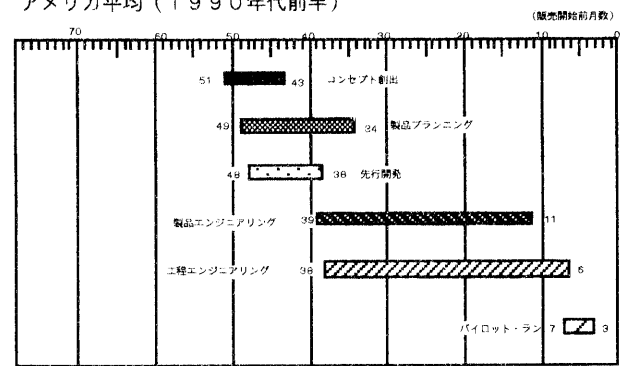
アメリカ平均 (1980年代)



日本平均 (1990年代前半)



アメリカ平均 (1990年代前半)



資料: Clark and Fujimoto (1991); Clark, Ellison, Fujimoto and Hyun (1995)

一方、ヨーロッパ企業は、諸々の理由により、開発期間短縮や開発生産性向上などの面で、アメリカ企業に比べて対日キャッチアップのタイミングが数年程度遅れた。しかし、93年の欧州自動車不況からの回復過程で、伝統的に強いデザインやパッケージングの面で優れたセダン・タイプの新型モデルが各社から続々と発表され、この領域では元気の無かった90年代前半の日本車（特にセダン系）とは対照的に、欧州企業の再活性化を印象づけたのである。

対する日本では、1990年代前半のバブル崩壊と円高に伴って、自動車の過剰設計・過剰品質問題が顕在化した。これはしかし、日本メーカーの80年代型製品開発システムが陳腐化したことを意味するものではなく、むしろそうした強い組織能力の使いすぎ、いわゆる「オーバーシューティング」が原因だったとみられる（詳しくは、藤本[1995]参照）。いずれにせよ、ある欧州自動車企業の推定では、バブル時代の日本製小型車には、同クラスの代表的欧州車に比べた場合、1台あたり約500ドル分の過剰設計要素（いわば製品設計のムダ）が付いていたとみられる。いわば、設計上ムダの多い車をムダの少ない開発・生産方式で創るというアンバランスが、継続成長期の日本メーカーを特徴付けていた。この問題が、コスト圧力として顕在化したのが、90年代前半の円高局面だったのである。

しかしながら、1993年ごろから、「変動の時代」に対応する日本企業の新たな対応策がいよいよ本格化した。まず最初に行なわれたのは、部品のモデル間での共通化、バリエーションの削減、バリュー・エンジニアリング活動などを通じた、製品設計の簡素化である。製品そのものの中に潜むムダを削減することで、例えばトヨタは、93～94年に年間約1000億円とも言われた為替差損の大半をほぼ穴埋めし、1ドル80円時代の収益低下を最小限に抑え込んだのである。この間、例えば上級車では1台当たり5000本あったボルトを4000本に減らすなど、機能や商品性、統合性を損なわない範囲での設

計合理化がかなり徹底的に進められた。

トヨタでは「バブルのあかおとし」と呼ばれたこの設計簡素化活動は、90年代後半も続いており、円安差益とあいまって、トヨタ、本田など一部の日本メーカーが急速な収益改善を見たのは、ある意味で当然である。従来はあまり注目されてこなかったことであるが、90年代前半の日本自動車産業における、最大のコストダウン要因は、長年行われてきた生産現場の継続的改善ではもはやなく、ホワイトカラーの削減でも、いわゆるリエンジニアリングでも、リストラでも、設備投資の節減でもなく、ましてや海外への生産能力シフト（国内生産の空洞化）でもなく、じつにこの「製品設計簡素化」（lean design）だったのである。

その後、90年代後半に入るあたりから、21世紀へ向けての日本の自動車メーカーの長期的な製品開発戦略が徐々に具体化してくる。

(1) まず、先にみたような、部品共通化などの設計簡素化の取り組みが続く中で、これを一步押し進めた「プラットフォーム共通化戦略」が、各社で具体化してくる。これは車体のフロア部分を中心とする大きな「かたまり」（設備投資額にして全体の半分以上を占める部分）を一括りにして複数モデル間で共通化してしまおう、という構想である。グローバル化およびRV全盛の時代に対応し、モデルの多様化・差別化と規模の経済によるコスト低減とを両立させるのが、そのねらいである。「プラットフォーム共通化」という試みそのものは従来から有ったが、商品性や製品統合性（プロダクト・インテグリティ）を損なわぬ形で大胆なプラットフォーム共有化を進めるノウハウは、世界的に見ても、この10年程の間に格段に精緻化しており、見えざる技術進歩といっても過言ではない。こうしたプラットフォーム共通化は、現在全盛のRV（非セダン系の乗用車）やグローバル化対応の海外市場専用車の開発に活用されている。

(2) また、同じく90年代半ばになって、精度の高い新世代の**3次元CAD-CAM-CAE**（コンピュータの画面上で自動車や部品の設計を3次元で立体的に表現し、これを

使って様々なシミュレーションを行なう情報技術)が本格的に使われるようになった。これにより、時間とお金のかかる実物試作車を製作する前に、コンピュータにより部品の相互干渉のチェックやバーチャルな衝突実験、コンピュータ・グラフィックスを使ったリアルなスタイリング評価などをかなりの再現度で行なうことが可能になり、後述のように、大幅な製品開発期間短縮への道を開いている。

(3) さらに、90年代後半になって、21世紀へ向かっての自動車技術そのものの進化の道筋が少しずつ見え始めている。その基本的な方向は、環境汚染、地球温暖化、エネルギー枯渇、交通事故、交通渋滞など、自動車は公共空間に巻散らし続けてきたマイナスの部分をしてできるだけ小さくする努力を半永久的に続けることにある。例えば、地球温暖化問題に対する低燃費(低CO₂排出)エンジンの開発・普及は、おおよそ希薄燃焼ガソリンエンジン→直噴ガソリンエンジン→ガソリン・電気ハイブリッド車→代替燃料内燃エンジンあるいは新方式の充電バッテリー電気自動車→燃料電池式電気自動車といった順で、徐々に具体化し、アジアでの自動車需要の爆発的増加が予想される2010年~20年ごろまでには、ガソリンエンジンに偏った現在よりもバランスのとれたエンジン・ミックスが実現すると期待される。既に試作段階あるいは少量販売ベースのものが続々登場しているが、日本の一部メーカーは、特に実用化への取り組みにおいて、世界的にみても先駆的といえる動きを見せている(三菱の直噴エンジン、トヨタのハイブリッド車など)。無論、高コストの壁など、乗り越えねばならぬハードルは多いが、すでに、少数とはいえ、本田のニッケル水素電気自動車やトヨタのハイブリッド車が公道を走り回る時代が到来しつつある。これは結局、ガソリン自動車から次世代エンジン自動車へと移行する技術進化のプロセスをガソリン自動車メーカー自身が主導していこうとする意志の現われと受け取ることも出来よう。

1990年代に入ってから97年に至る、わが国自動車産業の製品開発の略史は、ざっと以上のようなものであろう。車で表わすなら、日本の自動車メーカーは、さしずめ「高

速巡航→エンスト→オーバーホール→再発進」といった経路を通ってきたと言える。しかし問題は、これをどう解釈し、21世紀へ向けての展望につなげるか、である。80年代に一部の日本メーカーが体現してきた自動車開発の「勝ちパターン」は、今後も世界で通用するのだろうか？ なぜそう考えるのか？ 根拠はあるのか？ 以下の項でこれらを明らかにしていきたい。

2 自動車における「もの作りの基本」は変わったのか？

すでに見たように、世界自動車産業における製品開発競争の様相は、90年代になってめまぐるしい変化を見せてきた。それでは、世界の自動車製品開発における「勝ちパターン」は一変してしまったのだろうか。一部の日本企業が10年前に確実に持っていた製品開発能力は、もはや陳腐化してしまったのだろうか。この問に対する筆者の答は、「結局、基本原則のところは変わっていない」という、慎重な楽観論である。

無論、この業界では世界規模での能力構築競争が延々と続いており、しかも、このレースから脱落する企業は、最近30年に限って言えば比較的少ない（韓国メーカーなど新規参加は有る）。欧米企業の逆キャッチアップは続き、80年代前半に存在した「日本企業独り勝ち」的状況は二度と現われそうにない。結局は個別企業の勝負となっており、日本企業ならば優位だという保証はもはや無い。とはいえ、80年代までに一部の日本企業が築き上げてきた開発・生産・サプライヤー管理の基本パターンの延長線上で、90年代以降変化した環境に適応しつつ、他社に先んじて地道な能力構築努力を積み重ねていくならば、それなり結果は出せる可能性が高い。その意味であくまで「条件付き」ではあるが、日本企業は少なくとも、90年代初めの段階で、多かれ少なかれ優位なポジションからスタートすることができたといえる。

21世紀初めの時点で、このうち何社が依然良い位置をキープできているかは分からないが、少なくともこのレースの先頭集団に日本企業が混じっていることは間違いなかる

う。また、80年代までの競争のルールがひっくり返り、せっかく蓄積してきた能力が一気に陳腐化してしまうといった、他産業で時折みられる「御破算」といった事態は、今後20～30年のスパンで考える限り考えにくい。自動車産業は今後しばらくは、地道な努力の積み重ねが報いられる場であり続ける、ということである。またこのことは、実は製品開発のみならず、生産や購買を含む製造システム全体について言えることだと考える（もっとも、自動車販売の世界で現在起こりつつある変化は、こうした製造側の変化とは違った様相を呈する可能性があるが、これについては別の機会に考えることにする）。

そこでまず、日本の製造企業の将来に対する「悲観論」の方を再検討しておこう。周知のように、日本の産業一般に対する論調は、90年前後の、「欧米にもはや学ぶもの無し」といった「自信過剰」状態から、その後の「自信喪失」の状態へと大きく振れた。無論、その背後に実態としての競争力や業績の低下があったことはあらゆるデータの示すところだが、それに加えて、幾つかの「悲観論を増幅するメカニズム」が存在したことも見逃せない。まず、内外マスコミの論調が（「情報の変動幅で商売をする」というこのビジネスの基本から来る当然の傾向として）プラス・マイナス両方向に国際競争力の盛衰を増幅して解釈する傾向があることは言うまでもない。また「問題の発見・解決」を重視するタイプの日本企業の場合、「心配事が無いと心配だ」という、ある意味で健全なメンタリティが共有されているが、その結果ネガティブな情報に敏感に反応してこれを自ら増幅する傾向があることも、筆者のよく経験するところである。

さらに、90年代の経営学・経営術の世界において、アメリカ発の新しい概念、例えばSIS、CIM、リストラ、リエンジニアリング、CALIS、アジャイル生産、等々の流行が周期的に生じ、その波が日本へも押し寄せたことも、悲観論の増幅に一役買っている。それらの新コンセプトがもたらすメッセージの多くは、「80年代日本企業の勝ちパターンはもはや通用しない」といった「パラダイム転換論」だったからである。これらの提案の中には、確かに真水の部分はあり、経営技術の進歩への着実な貢献はあったといえるが、こ

れを仕掛ける側がその効果を過大に約束する傾向があったのも、当然といえば当然であろう。

しかし、これまでのところ、大々的なふれ込みの割には、それらが日本の自動車産業の業績回復や競争構造の変化に決定的に大きな影響を与えることはなかったようだ。一つには、これら新コンセプトの多くが、80年代の日本的製造方式（例えばトヨタ式生産や本田式開発）の追認という色彩を多分に持っていたことが挙げられる。また、これらの多くが唱道した新情報技術の取り込みは、確かに経営に大きなインパクトを与えることもあったが、全ての企業がそうしたテクノロジーの部分を横並び式に導入した結果、情報技術それ自体は案外パフォーマンスの差を生まず、むしろそれが、従来からある組織能力の企業間の差を増幅させる結果になることも多かったのである。

結局、これらの新コンセプトの多くが予言したようなパラダイム・チェンジは、自動車製造の世界では起こらず、むしろ、ベスト・プラクティス企業から地道に学習し、既存の強みの上に組織能力と知識を積み重ねるタイプの累積的進化のパターンが主流であり続けたといえよう。この時期の成功企業の語る後追的なサクセス・ストーリーが、いかに華々しく語られたとしても、その背後にある進化の経路は存外地道なものだったように見える。

最後に、もう一点、異なる分野における異なるタイプの悲観論がいわば相乗効果を引き起こし、これが必要以上に増幅される可能性を指摘しておく。例えば、同じく90年代前半に国際競争上の問題に直面した産業分野であっても、(1)自動車製造業と、(2)パソコン・パッケージソフトなどのように製品アーキテクチャの激変した分野と、(3)金融・運輸・一部小売など、規制緩和等によって国際競争力の低さが顕在化することが予想されるセクターとでは、問題の本質も、スランプ脱出の処方箋も当然異なってしかるべきである。これらの問題が混同される場合、それらが共進現象を起こし、必要以上の悲観論が蔓延することになる。ここで必要なのは、きわめて当り前のコンティンジェンシー的な発想

(つまり、処方箋はケースバイケースだという考え方)であろう。

例えば、ケース(3)の場合は、確かに抜本的な改革による、最低限の国際競争力と顧客満足確保が先決かもしれない。ケース(2)の場合、「アーキテクチャ間競争」や「オープン・アーキテクチャ製品での競争」が基本であるが、これは日本企業が従来苦手にしてきたジャンルである。アーキテクチャの激変し、あるいはオープン・モジュール型アーキテクチャが支配する産業では、むしろインターフェースの業界標準化が鍵であり、例えばマイクロソフトのように、アーキテクチャ間競争に勝ち、自社のインターフェースを業界標準として押し付けることに成功した企業が優位に立つ(この分野の分析は、国領[1995]、山田[1993]、新宅[1994]、浅羽[1995]など参照)。まず、先輩筋のアメリカの実例に学ぶことが基本であろう。

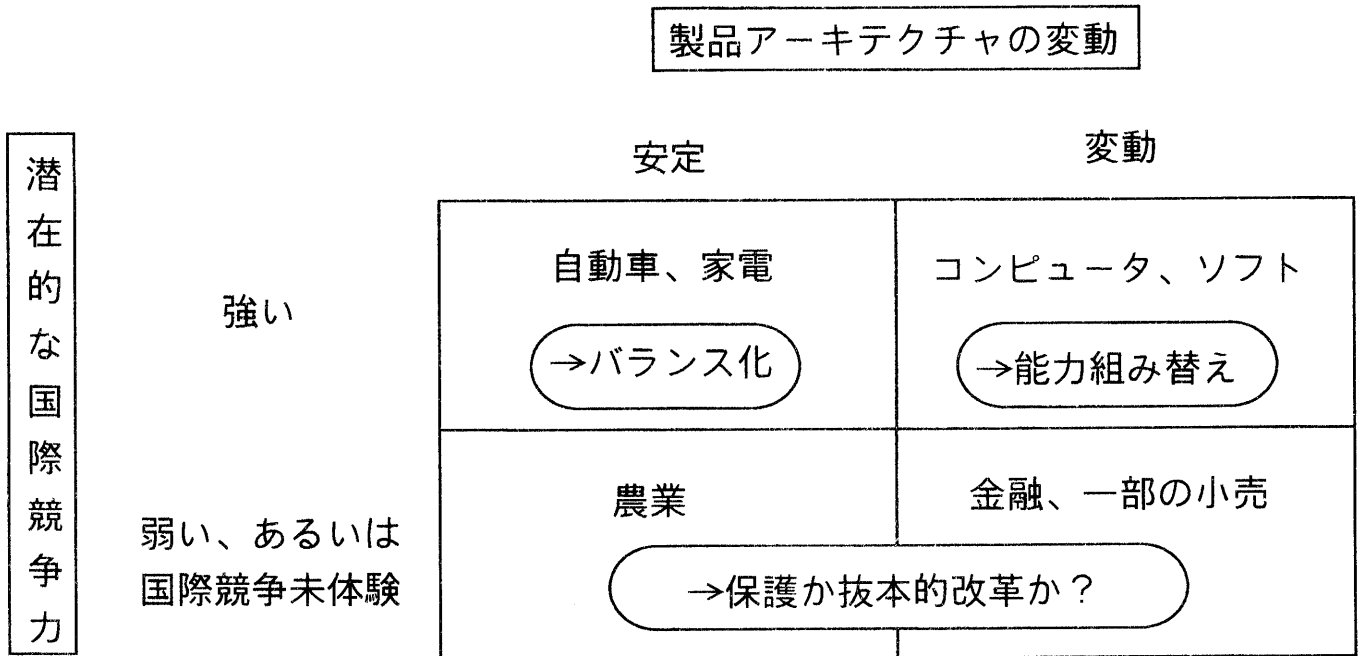
しかし自動車産業はこれらとは違う。自動車は(元々の師匠はフォードであるとしても)、日本の一部組立メーカー・部品サプライヤーが、世界標準とも言える開発・生産・購買のルーチンを作り出してきた分野であり、現在でもその取り込みが世界規模で進んでいる。

また、自動車は、20世紀初頭のT型フォード以来、長年にわたり製品アーキテクチャが統合型(クローズ型)で安定しており、そこでは部品および部品間インターフェースのきめ細かい最適化が鍵である。トヨタ方式あるいはリーン生産方式としてよく知られているように、これは戦後日本の製造企業がまさに得意としたパターンである。また、自動車の場合、長年にわたり同一アーキテクチャ内の競争が中心であり、そこでは累積的な能力構築競争を結果しやすい。大きなパラダイムの転換は当面は無さそうである。

こうしたセクター別の問題の違いを反映して、90年代における問題解決の処方箋も自ずと異なるはずである。以下に、きわめて粗っぽい構図を描いてみよう(図2)。

(1) **バランスを取る** : 自動車のように、アーキテクチャが安定し、かつシステムのレベルで競争力を持つセクターでは、「モノ作り」の基本は変わらない。ここでは、累積

図2 産業のタイプと21世紀への処方箋



的な能力構築競争が基本であり続ける。日本企業は過度に自信を失うべきではない。答は日本型の「リーン生産方式」の延長線上に存在する可能性が高いからだ。ただし、長く続いた継続成長の時代に形成された「アンバランス」体質から脱却し、「バランス型システム」へと脱皮することは必要である。この処方箋の詳細については、藤本・武石[1994]で細かく論じたので、ここでは繰り返さない。

また、仮に将来、製品アーキテクチャが急激に変化した場合には、製品開発能力構築のゲームも不連続的に変化する可能性があるので、技術予測のみならず、「アーキテクチャ予測」を怠らぬ必要がある。

(2) **新たな競争能力を構築する**：一方、コンピュータ、パソコンソフト、情報通信のように、製品アーキテクチャが激変するセクターの場合、アーキテクチャ変化によるゲームの変化（アーキテクチャ間競争）に勝ち残る組織能力を構築していく必要がある。特にコンピュータのようにクローズ・インターフェース型からオープン・インターフェース型へ（国領[1997]によれば「囲い込み型」から「プラットフォーム型」へ）変容している場合、ゲームのルールが変わり、前者タイプに強い、多くの日本企業の組織能力は、陳腐化する恐れもある。日本メーカーは、従来の単体製品開発・製造の強みは温存しながらも、オープン・インターフェースを活用したスピード開発のノウハウや、業界標準獲得のための駆け引き能力などを新たに身につけていく必要がある。

(3) **出直す**：従来、国内保護・規制により競争力の不足していたセクター。こうした分野は筆者の専門でないので、立ち入った論評は控えるが、競争力の面でも、世界標準からの乖離という面でも、抜本的改革あるのみだということは、もはや常識だといえよう。

このように、現状分析にせよ処方箋にせよ、自動車は当面はあくまでもタイプ(1)の産業であり、(2)や(3)と混同すべきではない。要は、その製品の特性をつかみ、90年代における競争力スランプの分析と、スランプ脱出の方策を、セクターごとに分けて

考えるべきだ、ということである。

3 製品アーキテクチャと効果的製品開発

さて、前節では「もの作り」全般について考えたが、同様のことは、製品開発に絞った場合についても言える。つまり「効果的な製品開発のパターンは、製品アーキテクチャが違えば、異なりうる」という仮説が成り立つのである。

一般に「アーキテクチャ」とは、製品の機能を製品構造（モジュールの集合）の中にどう割り付け、モジュール間のインターフェース（境界面）をどうデザインするかに関する設計構想のことである。

例えば、オートバイと自転車を考えてみよう。この二つ、形は似ているが、アーキテクチャが全く違う。自転車は歴史的にオープン型の典型である。部品のインターフェースが長年にわたって標準化している。したがって、例えばシマノのギアは、企業を超えて様々な自転車に搭載可能であり、いわばパソコンにおけるインテル・チップに相当する地位を獲得している。これに対して、上級オートバイは、クローズ型アーキテクチャの権化であり、全ての部品を一から最適設計する傾向がある。

自動車もオートバイほどでないとしても、基本的にクローズ型であり、インターフェースが業界レベルで標準化している部品（タイヤ、スパークプラグなど）は多くない。ちなみに、80年代までの本田技研がモデルチェンジの度に部品を新規に最適設計する傾向があったのは、出身であるオートバイのカルチャーの影響だとの見方もある。

無論、アーキテクチャが安定している産業であっても、将来の変化への備えは必要である。市場予測や要素技術の予測のみならず、アーキテクチャの予測が必要である。アーキテクチャが変わるとき、開発ゲームのルールも変わり、既存ルーチンも変わり、能力構築競争の様相が一変する可能性があるからである。例えば、ガソリン自動車から燃料電池の電気自動車への本格的な転換が仮に将来起こるとした場合、それは単に新しい動力・電池

技術（燃料電池）の出現を意味するのみならず、新しいアーキテクチャの到来を意味するだろう。電気自動車の普及と共に、自動車の世界でも、インターフェースの標準化、部品ユニットのモジュール化、レイアウト自由度の飛躍的アップ、企業を超えたオープン化などが一気に進む可能性はある。アーキテクチャの大きな変化である。それは、この産業の基本的な構造を変えてしまう可能性も秘めている。

いずれにしても、こうしたアーキテクチャの違いに着目する限り、あらゆる製品に通用する「ワンベストウェイ」の製品開発手法を強調するのは、恐らく幻想であろう。例えば、クラーク＝藤本（Clark and Fujimoto, 1991）は、自動車産業における製品開発能力のパターンを示したが、それは、「複雑でクローズ型アーキテクチャであり、さらにプロダクト・インテグリティが重視される、加工組立型の製品」である自動車について言えたことであり、医薬品、ビール、アパレル、カメラ、パッケージソフト、などの開発では、少しずつ効果的開発のパターンが異なることが当然予想される。しかし、単に「アーキテクチャによって違うのだ」というだけでなく、どんな製品の場合にどのようにパターンが異なるのかを明示することが、今後の課題であろう。

また、イアンシティらによるインターネット検索ソフト開発の例や（Iansiti and MacCormack, 1997）やクスmanoらによるマイクロソフトの開発事例（Cusumano and Selby, 1995）の議論は、確かに製品開発の新しい方向を示すものであるが、これらは、21世紀の製品開発がすべからくその方向に進むということ、必ずしも意味してはいない。我々は、常にこうした製品開発手法の新しいトレンドに目を配り、参考にしつつも、同時に、自社の製品との成り立ちの違い、特にアーキテクチャの違いが無いかを注意し、一定の距離をおいて冷静に評価すべきであろう。必要なのはそうした、複眼的な視点である。

アーキテクチャと開発手法が同時に変化の例としては、ハーバード・ビジネススクールのマイクロソフトのケース（Harvard Business School, 1994）が参考になる。1990

年ごろ、マイクロソフトは、従来通りの各部分の相互依存性の高いアーキテクチャを前提に、自動車と同様に重量級プロダクト・マネジャー制（オーケストラ型の製品開発チーム）を採るか、あるいは製品をモジュール化し、製品開発も半独立の小チーム群に任せる連邦型の製品開発組織を採るか、選択を迫られた。結局、クスマノらが示すように、マイクロソフトは後者の道を選んだのである。ここでは、製品アーキテクチャの選択と、開発組織のタイプの選択は、いわば同時決定的であったといえよう。

アーキテクチャと製品開発パターンに関する研究は、90年代に入って着実に進みつつあり（Henderson and Clark [1990], Ulrich and Eppinger [1994]）、筆者もアンケート調査に基づく実証分析を進めつつある。この分野での研究の蓄積が期待される。

4 効果的製品開発の一般原則

さて、ここまでは、「製品のタイプによって効果的製品開発のパターンが異なる」という、違いを強調した議論をしてきたが、それでは、およそ製品開発には一般論は存在しないのだろうか？ そうではなかろう。ある程度抽象化したレベルでは「効果的製品開発」に一般的なパターンがありそうだということは、イノベーション研究の先達が繰り返し示唆してきた通りである。ここでは先行研究の紹介は割愛するが、これらを踏まえた筆者なりの見解は次のとおりである。

第一に、現代の製品開発とは、商業生産に必要な一群の情報ストックを生み出すプロセスであり、これには「情報処理」という側面と「知識創造」（野中 [1990]）という側面とがある。効果的な製品開発とは、躍動的な知識創造と、きっちりした情報処理の双方が必要であり、どちらか一方だけでは事は成就しない。確かに組織理論の世界では、「情報処理か知識創造か」といった二者択一的な議論が盛んであり、それは理論構築の手續きとしては意義のあることだが、実践的な観点からすれば、あまり一方的な議論は禁物である。知識創造と情報処理、双方における能力構築が必要である。

第二に、製品開発のプロジェクトは、**問題解決サイクルの束**と考えることが出来る。

現代企業の製品開発は「類似製品の繰り返し開発」が原則であり、多くを出してヒット率やホームラン数を競う、いわば決着のつかぬ野球試合の様相を呈している。したがって、製品開発活動も多かれ少なかれルーチン化しており、各企業は、自社で培った情報処理・知識創造のルーチンの有効性を競っているのである。こうした製品開発ルーチンは、互いに絡み合った多くの問題解決サイクルからなるシステムとして描き出すことが出来る。問題解決サイクルとは、問題（目標と現実のギャップ）を発見し、代替的な解決案をサーチし、それぞれを事前にシミュレーションして結果を評価し、解決策を選択する、という一連のルーチンのことを指す。各サイクルには知識創造と情報処理の双方の要素が共存している。

自動車のような複合的な製品の場合、その製品開発の各ステージ（製品企画、製品設計、工程設計など）は、製品や工程の構成要素ごとに分かれた複数のタスクの束になっていることが多い。また、問題解決が一回のサイクルで完了することは少なく、通常は設計変更などを伴う複数のサイクルの繰り返しを通じて満足のいく解に収束させる必要がある。このように、一般に個別製品の開発プロジェクトは順次、開発ステージ、開発タスク、そして個々の問題解決サイクルに分解できる。つまり、製品開発のプロジェクトは「相互に連結した問題解決サイクルの複合的な束」とみることが出来るわけである。

現代の製品開発は、多くの場合、数人から数百人の人間の関与する組織的な取り組みとならざるを得ない。したがって、効果的な製品開発とは、どんな製品であれ、他社に優る組織的問題解決能力を持つことに他ならない。

第三に、このことから、製品開発は一種のシミュレーション（事前再現）だと見ることが出来る。問題解決サイクルの根幹は、前述のようにサーチとシミュレーションであり、これらを正確かつ迅速に行なうことが、どんな製品であれ、製品開発の一般原則だといえよう。このうちシミュレーションには、実物試作品を用いた実験、コンピュータ・シ

ミュレーション、あるいは技術者やマーケティング担当者による思考実験（イマジネーション）を全て含む。いずれにせよ、シミュレーションする対象は、将来の「顧客満足創出プロセス」であり、単純に言えば、それは生産工程→製品構造→製品機能→顧客満足という一連の状態をつなぐ因果連鎖のことである。この点からすれば、効果的な製品開発の要件の一つは、生産・消費過程（価値創出過程）のシミュレーションを正確かつ迅速に行なうことだといえよう。

このように、抽象的なレベルでは、効果的製品開発の一般原則のようなものは存在するようである。それは、問題解決サイクル、とりわけ消費と生産のシミュレーションを他社より上手にマネージすることに他ならない。しかし、実際の製品開発に直面する人々は、こうした一般原則的な基層の上に、それぞれの製品の特質に合った知識や能力を積み上げるわけであり、全体として、いわば主題と変奏の組み合わせとなっていると言えよう。

5 効果的自動車開発の基本パターン

さて、そこで、自動車である。この製品は、80年代から90年代を通じて、アーキテクチャに大きな変化はなく、概してクローズ型であった。すなわち、多くの部品は（80年代の日本車では平均80%）が、そのモデル特有の設計の部品であり、他モデルとの共通部品は少なく、ましてや業界レベルでインターフェースが標準化している部品は、バッテリーやスパークプラグなど、ごく例外的であった。（今後、企業を超えた部品設計の共通化が起こるとすれば、アジアカー、軽自動車、大型トラックなど、やや周辺的なジャンルであり、中核的なセグメントではないだろう。）

さて、このように「安定的なクローズ型アーキテクチャに従う複雑な加工組立型の消費財」である自動車における、効果的な製品開発とは、具体的にどのようなものだったのか。クラーク＝藤本 [Clark and Fujimoto, 1991] はかつて、80年代における日米欧約30プロジェクトの調査に基づいて、以下のような組織能力が、高いパフォーマンスと相

関していることを示した。

(1) サプライヤーの開発能力の活用：日本メーカーでは概して、自動車メーカーが提示する基本設計に基づいて、部品サプライヤーに詳細設計や部品試作・実験などを任せる方式（承認図方式、デザイン・イン、ブラックボックス部品取引方式などと呼ばれる）が欧米に比べて多く、購入部品額の3分の2を占めた。この方式は、部品メーカー内部における製造性を考慮した部品設計（design for manufacturing）を促進する傾向があり、また、開発工数の節約にも資するものだった。

(2) 自社の製造能力の開発への応用：日本の自動車メーカーは、試作車の製作、金型開発、パイロットラン、生産開始などのような、製品開発のパフォーマンスを左右する製造活動を上手にこなす傾向があった。それは結局、製品開発の全体的なパフォーマンス（例えば開発期間）の改善に貢献した。

(3) 開発段階のオーバーラップ：80年代の、日本のプロジェクトは、上流段階（例えば製品エンジニアリング）と下流段階（例えば工程エンジニアリング）とを、アメリカや欧州のプロジェクトにくらべはるかに大幅にオーバーラップさせる傾向もあった。ただし、日本企業のオーバーラップ・アプローチは、上流と下流の密なコミュニケーションと結び付けられる場合にのみ、効果的にリードタイムを短縮化できる。つまり、効果的なオーバーラップは、上流・下流部門間の相互信頼、目標共有、あるいは上流・下流双方の技術者が未確定の情報を交換し処理する能力などが粗存在する場合にのみ、パフォーマンスに結び付いた。

(4) 重量級プロダクトマネジャー：1980年代の世界自動車産業においてリードタイム、生産性、総合商品力の3種目で好成績を同時に達成していた開発組織（日本企業）は、強力な内的統合機能と外的統合機能を結合して製品別の開発リーダーの下に集中させている企業であった。このタイプの強力な内的・外的統合者を、筆者は「重量級プロダクトマネージャー」（強力なプロジェクトコーディネーターと強力なコンセプトリーダーの

結合)と呼んでいる。

以上を一言でまとめるならば、「**早期かつ統合的な問題解決**」および「**高精度かつ迅速なシミュレーション**」が、80年代の自動車産業における効果的な製品開発のパターンだったといえよう。自動車産業の事例から抽出されたのは、幾つかの専門パートに分かれた多くの(数百人規模の)開発要員が、互いに緊密に連携調整し、強力なリーダーによる統括の下、相互に絡み合った問題解決の束を(バラバラにではなく)統合的に解決していく、という、いわば「**オーケストラ型の製品開発モード**」であった。また、そうした統合的な問題解決を、出来るだけ前倒しに行なっていくことが、開発期間の短縮、ひいては開発コストの低減にも貢献したのである。さらに、部品メーカーの開発参加やオーバーラップ型開発を通じて、開発前段における生産過程のシミュレーション能力(design for manufacturing)を促進すること、また重量級の開発リーダーが自ら製品コンセプトに責任を持つことにより、消費過程のシミュレーション能力を強化することなどが、自動車の効果的製品開発の要因として浮かび上がったのである。

つまり、自動車産業における製品開発能力には、「早期かつ統合的な問題解決能力」および、それに必要な「早期かつ高解像度のシミュレーション能力」といった要素が含まれる。これは明らかに、自動車が、部品数が多く、しかも部品間の相互依存性が高く、生産過程も複雑であり、しかも機能要件が複合的で消費過程も複雑な製品であること、あるいは「統合的アーキテクチャ」を持つ複雑な消費財であるということを、ある程度反映した結果だといえよう。

こうした効果的自動車開発の特徴は、90年代も受け継がれているようである。例えばクラーク＝藤本が見出した効果的製品開発のパターンは現在も有効であり、この線に沿った欧米企業の対日「逆キャッチアップ」は現在も進行中であることが、その後のデータ収集からも明らかになっているのである(Ellison, et al., [1995])。

6 開発期間の再短縮と「問題解決の前出し」（フロントローディング）

さて、既に述べたように、日本の多くの自動車メーカーの製品開発は、90年代前半の「迷い」の時期をほぼ脱し、長期的な能力構築競争へ向けた、新たな方向性を見い出しつつあるように見える。90年代半ばに入ってから、一部日本企業の再挑戦を印象付ける例として、ここでは開発期間短縮のケースを考えてみよう。

これは、90年代半ばになって、多くの日本メーカーが、外形デザイン承認から発売まで、従来の約30ヵ月から20ヵ月弱へと一挙に短縮しつつある現象を指す。無論、欧米メーカーの対日キャッチアップも進んでおり、その多くが近い将来、20ヵ月台半ばの水準に達することは予想されるが、現状では日本企業が再スパートをかけた様相を呈している。無論、開発期間が短ければ何でもよいという単純な話は成立しないが、最近の日本メーカーの特徴は、組織的な問題解決能力を一段高めることによって、無理なく開発期間短縮を達成していることにある。

その背後には、3D-CAD、CAEシミュレーションの発達、コンピュータの能力の飛躍的向上などがあるが、後述のように、その要因は新情報技術のみに還元できるほど簡単ではない。新世代情報技術の導入だけならば、一部欧米企業のほうが日本企業よりよほど先行しており、これだけでは、日本企業のスパートを説明できないのである。結局、今回の場合も、組織能力、特に組織的問題解決能力が決め手となっているようである。

かくして、自動車製品開発は、グローバル規模での能力構築競争の新たな段階と言えるが、その底流を流れる製品開発競争のルールは、根本的に変容したのだろうか？ 結論から言えば、今回も、開発技術の進歩は著しいものの、**効果的製品開発の基本パターンは変わっていない**、というのが、筆者の主張である。以下、開発期間短縮の問題に絞って考えてみよう。

「開発期間20ヵ月」の意味

1990年代半ば、日本の自動車メーカーは、製品開発期間の著しい短縮化に再び着手した。今回焦点となったのは、製品企画が終わり、外形デザインが確定してから、製品の発売するまでの期間である。ここには、製品の詳細設計、試作車の製作・評価、工程の設計・準備、パイロット・ラン、量産立ち上がりぐらいまでを含む（図1のデータでは、「製品基本計画」の終わりから発売までに相当する）。クラーク＝藤本らによれば、この期間は、80年代において日本平均が約30ヵ月、欧米の平均が約40ヵ月であったが、90年代半ば以降、多くの日本メーカーが、これを20ヵ月近辺にまで縮める取組に着手している。例えば日産自動車は、97年以降、全ての新車開発において外観デザイン決定から生産開始までを19ヵ月（生産開始から発売までを加えれば20ヵ月強か）で行なうと発表している。他社の目標も、現時点では概ねこの近辺にある。

日本メーカーのデザイン決定～発売の期間は、70年代後半以来、安定して30ヵ月前後であったと推定されることからみても、今回の開発期間短縮がいかに挑戦的な課題であったかがわかる。日本のレベルに追い付き追い越すために近年キャッチアップ努力をしてきた欧米メーカーにとっても同様である。

ちなみに、「一部米国メーカーは既に日本メーカーを追い越した」との報告も一部でみられたが、これは、製品企画期間を含むトータルのリードタイムと、製品企画期間を含めぬ上記のようなエンジニアリング期間とを混同した結果であり、不正確である。数字で議論をする場合、正確な定義と測定が大前提である。

無論、開発期間がただ短ければよい、という単純な話ではない。期間短縮が問題の積み残しになるのであれば論外である。あくまでも設計の熟成を余裕をもって行なった上で、結果として開発期間が短縮化されるのが原則である。また、「開発期間短縮は頻繁なモデルチェンジに繋がり資源の無駄だ」という見解も聞くが、これも違う。開発期間とモデルチェンジは異なる概念である。実際、近年の日本企業では、開発期間が短縮される一方で、一部でモデルチェンジ間隔は長期化する傾向がある。この場合、じっくりと現行モデ

ルに対する顧客の反応を見た上で次の開発にこれを生かすことが出来る分、有利である。

いずれにしても、設計・製造上の問題解決を犠牲にしない限りにおいて、開発期間の短縮化は、市場ニーズの予測精度を高め、最新技術の採用を可能とし、開発コストの低減にも貢献するなど、プラスの効果が大きい。無論、期間短縮はあくまで効果的製品開発の一要素であり、それだけで新製品の成功を約束するものではないが、他の条件を一定とすれば、長期的に有利な条件といえる。だからこそ、現在も今後も、この産業での開発期間短縮競争は続くのである。

開発期間短縮の定石

それでは、自動車メーカーは、この課題にどう取り組んでいるのか？ 製品開発を問題解決とみる筆者の見解では、開発期間短縮の基本は「**問題解決サイクルの早期・迅速・同時並行化**」である。この原則は、クラーク＝藤本 [Clark and Fujimoto, 1991] が1980年代に行なった自動車開発国際調査の結論から大きく変わってはいない。

その背景には、次のようなトレードオフ関係が存在する：開発期間の後期における問題解決は、早期におけるそれに比べ、概してお金も時間もかかる。しかし一方、問題解決に用いられるシミュレーション・モデルは、早期のものは概して解像度（生産・消費プロセスを再現する正確さ）が低く、後期になるにつれ精度がアップする傾向がある。問題は、こうしたコスト・時間とシミュレーション解像度のバランスをどうとるか、である。

図3に、開発期間短縮のいわば定石といえる幾つかの方法（「分割」「オーバーラップ化」「圧縮」「脱反復化」「モード切替」「フロントローディング（前出し）」）を示してある。この概念図において、各ボックスは問題解決のサイクルを示し、横軸は時間、縦軸は累積的な問題解決の率を示す。黒塗の部分は累積的な問題解決のカーブで、時間とともに解決済の問題の数が増えていくことを示す。全ての開発タスクに関して問題解決が完了したときに開発が終了する。また、単純化のため、1タスクの問題解決完了に2サイク

ルを要するものと仮定している。この図から、開発期間短縮の基本原則は「**問題解決の早期完了**」であることがわかる。つまり、後ろにある問題解決サイクルを前にシフトさせることが期間短縮につながるのである。

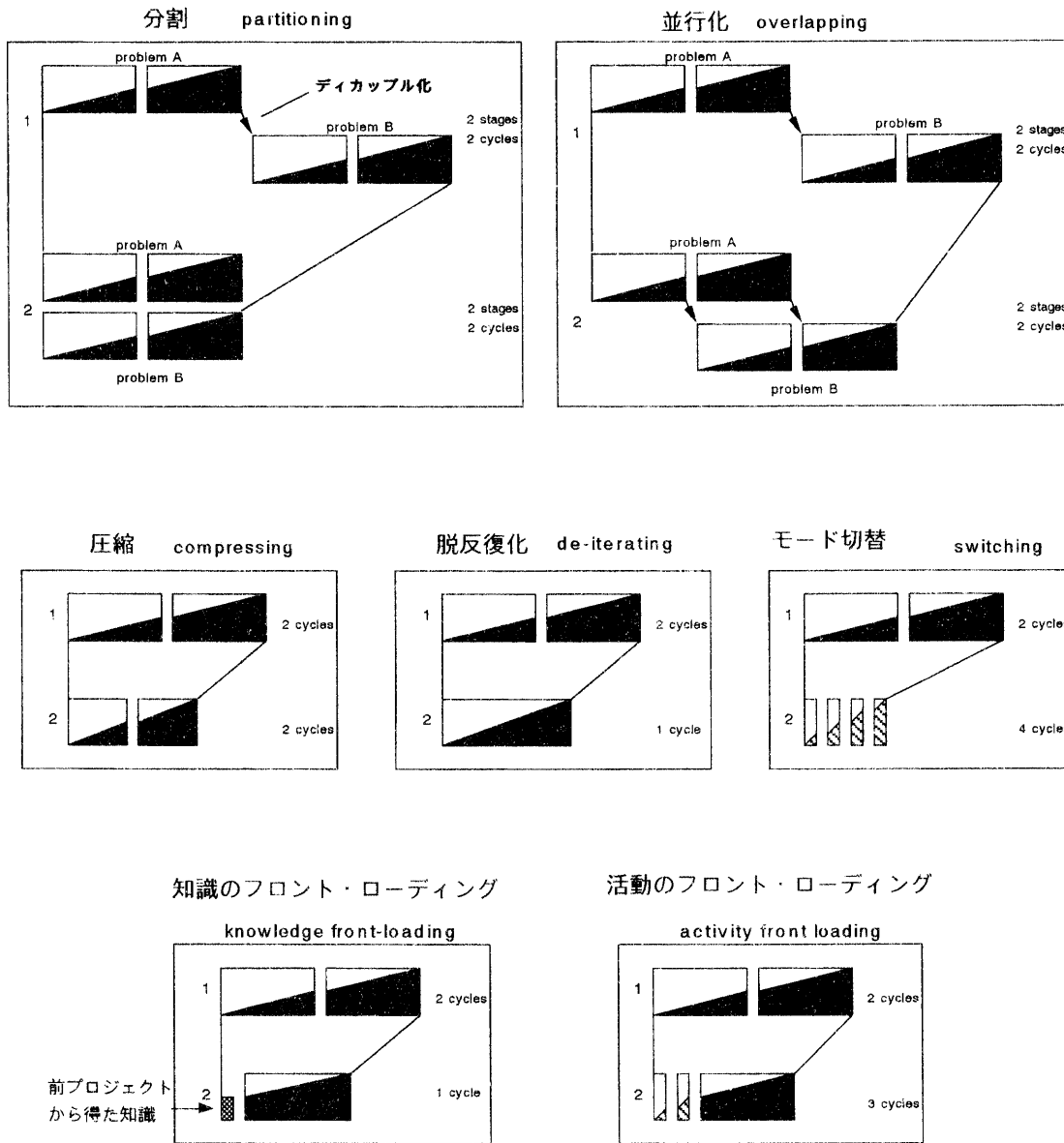
まず、複数の開発タスク（例えば車体設計と金型設計）が先後関係をもって連結している状況を考えよう。この場合、下流の問題解決サイクルを前方にシフトさせる方法は二つある。「**分割**」（task partitioning）は、上流・下流のタスク間の先後関係を何らかの形で解消し、ディカップルし、制約条件から解放された下流のサイクルを前方にシフトする手法である。例えば、製品を半独立のモジュールに分割できれば、リードタイムの長いタスクを前にシフトさせ、全体の開発期間を短縮化できる。

一方「**オーバーラップ化**」（overlapping）は、上流・下流のタスク間の情報連結は維持しながらも、両者のコミュニケーションを緊密化・頻繁化することにより、上流タスクの完了前に下流タスクをスタートさせることを指す。これについてはクラーク＝藤本 [1993] の詳細な分析がある。いわゆる「サイマルエンジニアリング」「コンカレントエンジニアリング」も原理は同じである。

次に、単一のタスクの完了期間を短くする方法として3手法を示す。第一は、単純な「**圧縮**」（compressing）である。プロセスの構造は一切変えず、地道な努力で問題解決スピードを向上させる。ドラスティックな期間短縮は期待できぬが、長い間にはじわりと効いてくる。第二の「**脱反復化**」も同様であり、地道な努力により、解への収束に要する問題解決サイクルの反復回数を減らし、期間短縮する。

これに対し、第三の「**モード切替**」は、開発手法の根本的な変革を伴う。すなわち、これまで実物試作とその評価に頼っていた問題解決を、例えばバーチャルなコンピュータ支援エンジニアリング（CAE）のような、サイクルの短いシミュレーション・モードに切り替えることにより、問題解決をスピードアップし、開発期間を大幅に短縮化する。実際、集積回路の設計（Thomke [1996]）や、比較的コンパクトなメカトロニクス製品で

図3 開発期間短縮の定石：問題解決サイクルの分析



注：横軸は経過時間をあらわす。問題解決サイクルの繰り返しを通じて、製品開発上の問題解決を行うものと想定する。

実物試作・実験による問題解決サイクル

コンピュータシミュレーションによる問題解決サイクル

の縦方向の高さは、問題解決の程度（知識のレベル）を示す。

資料：Fujimoto (1997) "Shortening Lead Time through Early Problem Solving - A New Round of Capability-Building Competition in the Auto Industry -" 東京大学経済学研究科ディスカッションペーパー。

は、実物試作を省略したデジタル開発プロセスが実現しつつある。

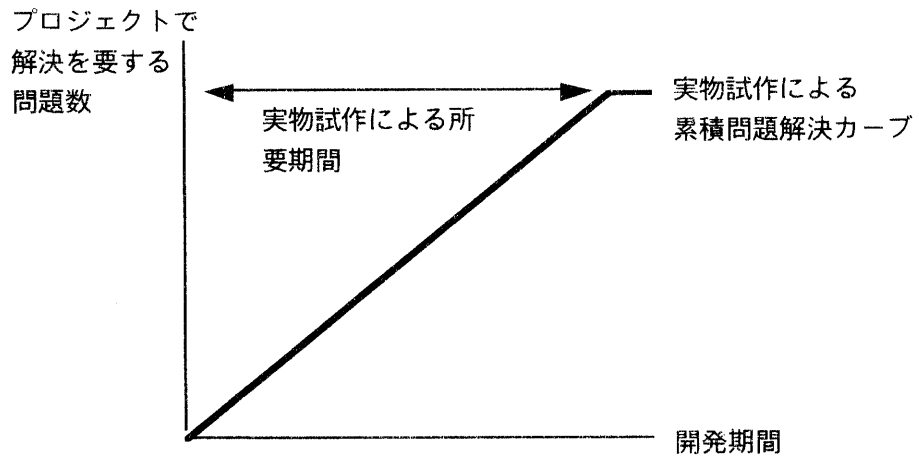
最後に、「フロント・ローディング」(front-loading)手法を説明する。これは、いわば前述の「モード切替」と「脱反復化」を組み合わせたような期間短縮策で、現在、自動車開発では最も注目されている手法である。その基本は、スピードの早い問題解決モードによる開発努力を早い段階に集中させることにより、後期における、精度は高いが時間もかかるシミュレーション(例えば実物試作)の反復回数を減らし、全体としての期間短縮につなげる、というものである。

前半に集中投入すべき、スピードの速い問題解決モードとしては、(1)過去のプロジェクトで生み出した解を今回のプロジェクトに流用することと、(2)コンピュータ・シミュレーションのような短サイクル・モードの活用、の二つがある。前者は「知識のフロント・ローディング」だといえる。前プロジェクトから得た知識をつぎ込むことにより、問題解決カーブに「ゲタ」を履かせるわけである。

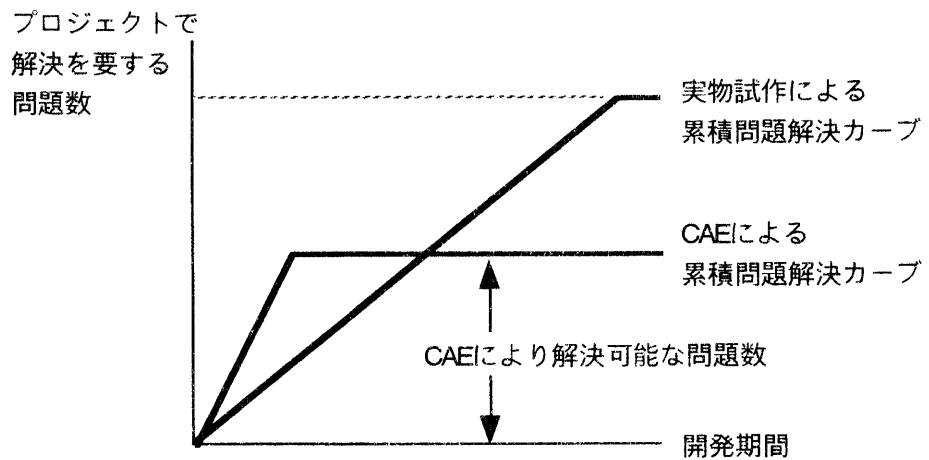
これに対し、後者は「活動のフロント・ローディング」である。無論、CAEシミュレーションで全ての問題が解決できるのであれば、単純に試作レス方式への「モード切替」を行えばよいわけだが、自動車のような複雑な製品の場合、まだコンピュータ・シミュレーションの解像度は、全ての製品開発問題を解決できるほどには高くなく、最後は実物試作車が真打ちとして登場し、問題解決を完了させる必要があるのが実態である。したがって、現状で出来ることは、実物試作車の前に出来るだけ多くの問題を解決することにより、時間とお金のかかる実物試作車によるサイクルの反復回数を減らすことなのである。「活動のフロント・ローディング」については、その期間短縮効果を説明する簡単な概念モデルを図4に示すので、参考にされたい。

フロントローディングの期間短縮効果と累積問題解決カーブ

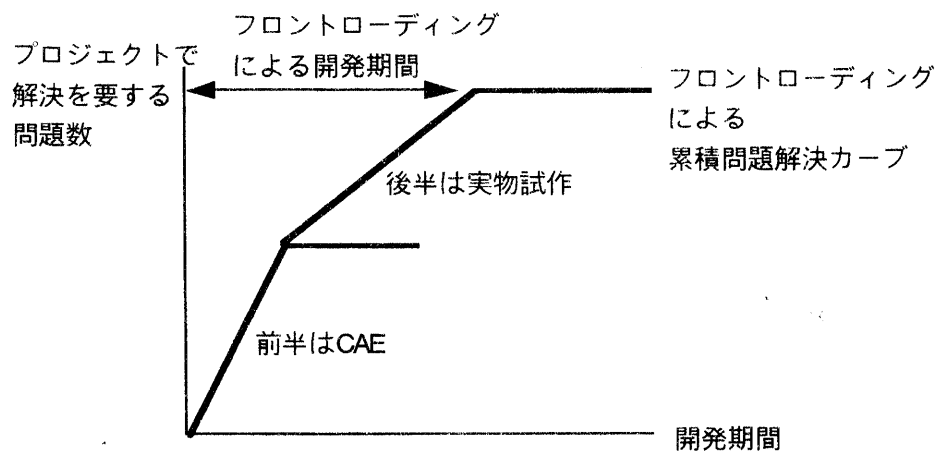
1. 伝統的な
実物試作に
よる開発



2.
CAE の登場

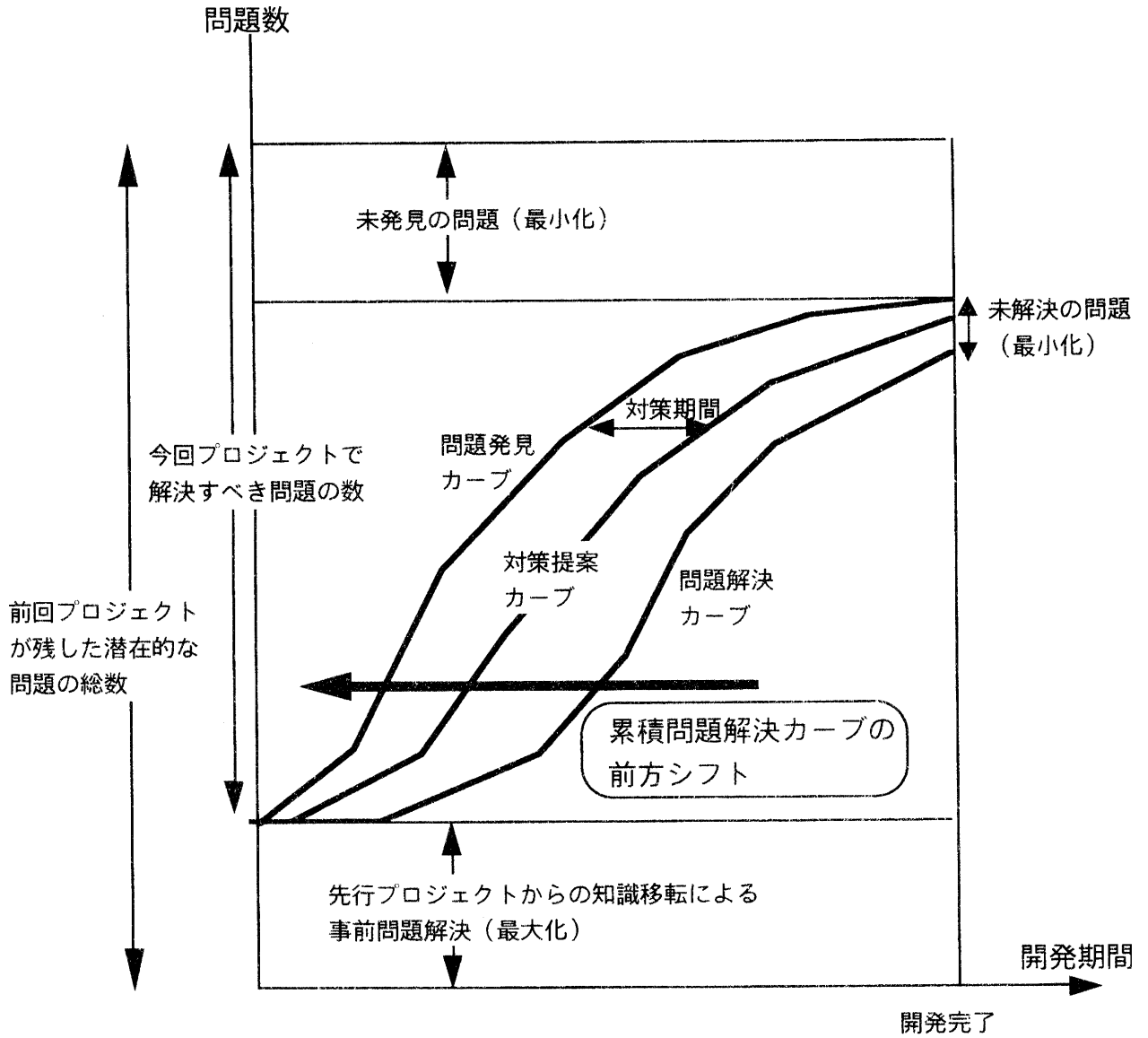


3. CAE を活用
したフロントロ
ーディング



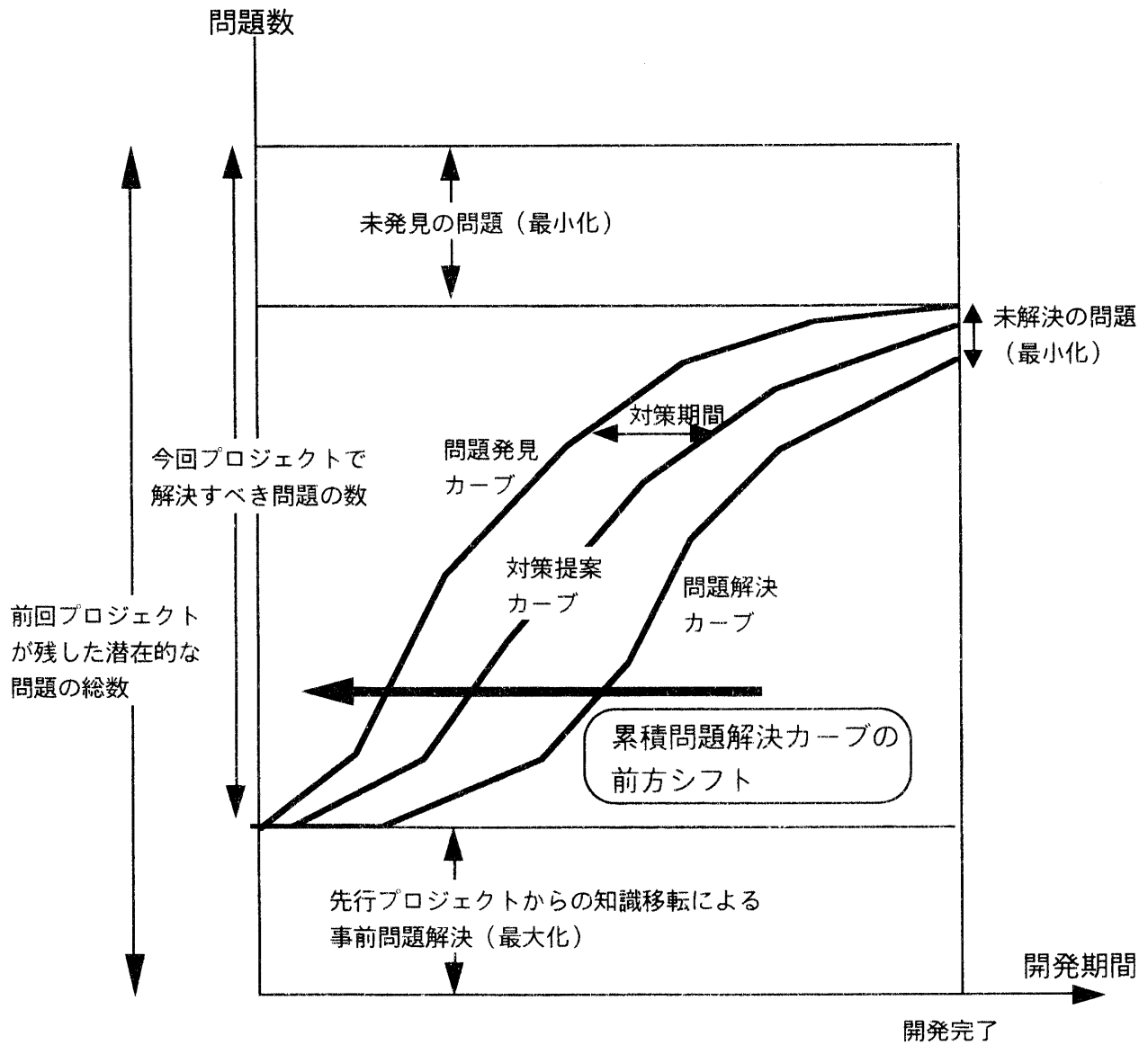
さて、以上が、開発期間短縮の定石である。製品開発の「達人」の域にある企業は、これらの定石を上手に組み合わせ、最小のコストで大幅な期間短縮を可能にしているようである。これが90年代後半の製品開発競争における、最もホットな焦点の一つである。その方法は、各社さまざまであるが、その基本原則は結局のところ、「**累積問題解決カーブの前方シフト**」、つまり「**問題解決の前出し**」だということができる（図5）。

問題解決カーブの前方シフトによる期間短縮



資料 : Fujimoto (1997)

問題解決カーブの前方シフトによる期間短縮



資料 : Fujimoto (1997)

要するに、「開発競争の根幹は企業の組織適問題解決能力の向上にある」という、事の本質は、80年代も90年代も変わっていないのである。確かに、3次元CADや先進的なCAEシミュレーションモデルの登場が、90年代半ばにおける開発期間短縮レースの前提条件であることは間違いない。しかし、それは十分条件ではない。現状をみる限り、多数のスーパーコンピュータや高度な3次元ソリッド・モデルを擁する企業が、開発期間短縮競争で先行しているとは限らない。むしろ、スーパーコンピュータなど1台も無い、比較的小さな自動車メーカーでも、問題解決の基本に忠実であり、上記のような定石を適材適所に用いることの出来ている企業は、他社に先行して、20ヵ月を下回る開発期間の大幅短縮を達成している。

繰り返すが、先端的な情報技術を持つことは、開発期間短縮ゲームに勝つための必要条件ではあるかもしれないが、十分条件では決してない。結局は、製品開発の問題解決タスクに対して深い知識と高い組織能力を持つ企業のみが、情報技術を活用し、これをパフォーマンス向上に結び付けることが出来ているのである。

7 期間短縮先進企業の事例：定石に忠実であること

それでは、現実の自動車メーカーは、開発期間短縮に向けて、どのような取り組みをしているのだろうか。この点については、近々ハーバード大学国際比較調査として、データ収集に基づいた分析を行なう予定だが、とりあえず数社に対する予備的なフィールド・スタディの結果を簡単に紹介する。以下述べるように、幾つかの先進的日本メーカーは、既に説明した「定石」の組み合わせにより、着実な方法で期間短縮を達成していることがわかる。特に「フロントローディング」「オーバーラップ」「作業分割」の3つの活用が目立つ。確かに3次元CADや先進的CAE技術は重要な役割を持っているが、それはパフォ

ーマンス向上のための前提条件に過ぎないことがわかる。結局は、早期問題解決と能動的な将来シミュレーションに関する、組織能力の勝負となる。

そこで、特にこの3つの定石に絞って、幾つかの取り組みを紹介しよう（現在ホットな話題であるため、守秘義務上、企業名は伏せるが、数社での聞き取りをまとめたものである）。

（1）フロント・ローディング：期間短縮の主役

昨今の「開発期間短縮攻勢」における中心的存在は、フロント・ローディングである。例えば、CAE（コンピュータを用いた製品機能や製造性のシミュレーション）、ラピッドプロトタイプ（三次元CADと連動し、加工しやすい材料を使った実物形状モデルの迅速な製作）、主要ユニット試作品の先行開発、早期デザイン・レビュー、前回モデルの反省会などを適材適所に組合せることによって、基本設計段階で図面を熟成させる。

その基本的なねらいは、早い段階で**一次試作車の完成度**を量産車に近いレベルにまで上げることである。前述のように、自動車は統合的なアーキテクチャをもつ製品であり、したがって「統合的な問題解決を早期に行なうこと」が期間短縮の基本である。しかし従来は、自動車全体のレベルでの統合的問題解決を行なうことの出来る最初の機会は一次開発試作車を組み立てる時であり、その段階で初めて、部品間の相互干渉（部品同士がぶつかってしまう）や製品全体の性能（例えば騒音・振動レベル）の不足といった問題が多数顕在化するのが常態であった。その結果、時間とお金を食う実物の開発試作車（迅速な日本でもリードタイム半年、1台数先万円）の開発を少なくとも2回（各数十台）、また生産設備を用いた量産試作車も2回程度作って、問題解決サイクルを収束させる必要があった。これが、さらなる期間短縮を阻むボトルネックだったのである。

しかし、現在では、一次開発試作車を作る前に、問題解決を前倒して徹底させることにより、開発試作や量産試作を各1回で済ませ、これにより大幅な期間短縮を

達成する企業が増えている。典型的な「フロント・ローディング」あるいは「問題解決の前出し」の成果である。

例えば、**早期のCAE解析**を行なわぬ限り、そもそも試作図の出図（したがって試作開始）を許さない、という形で「活動のフロントローディング」を制度化している企業もある。もっとも、これはスーパー・コンピュータと先進情報技術を使って力任せに押す、ということの意味しない。先行している企業の中には、むしろ「知恵」を出すことにより、ワークステーションなどでも出来る「安上がりで効果的なCAE」を指向したところがある。例えば、経験上問題の発生しやすい場所（例えばエンジン周りやピラー部分）のみ3次元CADを細かく書き、あとは簡単なモデルで済ませれば、全体を3次元ソリッドモデルで作るのに比べ、時間もコンピュータの能力も大幅に節約できるのである。

いずれにしても、せっかく先進のCAD-CAEが導入されていても、設計・実験・CAEの3つの部署がうまく連携しないと、期間短縮にはつながりにくい。結局は組織や人間の知恵の勝負である。

また、評価・確認したい項目（性能、見栄え、作業性など）や部分を限定して、3次元CADデータをCAMに落として、**ラピッド・プロトタイピング**を行なうことによるフロント・ローディング（試作車の関制度向上）も一般的になりつつある。しかしここでも、力任せのやり方（何でもラピッドプロト化するやり方）は有効ではない。むしろ、知恵を出し、樹脂モデル、木型部分モデル、クレイ部分モデル、FRP製の手作り試作モデルなどを、目的に応じてきめ細かく使い分けた所が成果を出している。ここでも、技術そのものではなく、技術を適材適所に使い分ける知恵、特に開発リーダー層の経験と問題発見能力が鍵を握る。

また、一旦、早期発見された問題点に関しては、対策を一定期間内に行うことを徹底している企業もある。せっかく先端情報技術を使って問題点を早期発見したと

しても、対策の定時と実施が遅れれば意味がないのである。

一方、「知識のフロントローディング」という面でも、先行モデルの開発プロジェクト経験を活かして、生産技術・工場・仕入先などを巻き込んだ「**早期デザイン・レビュー**」を進め、そうした図面結果を折り込み済みの図面を出図することが効果的といわれる。設計部門・試作部門・実験部門とで共同して、仕様書や詳細レイアウト図を早期に練り上げてしまうことも重要である。

こうしたフロントローディングは、デザイン性の確認や部品干渉の解消といった製品面の問題解決だけでなく、製造面の問題解決をも含む。例えば「作りやすさ」や「組み立てやすさ」に関しても、大半の問題に対して試作前のCAEチェックで生産部門からの問題指摘とその解決が出るようになり、対策遅れも減った。2次元の図面とは違って、3次元CADの製品モデルは、製造現場の人々も実感をもって理解できるものであり、その結果、これに対する製造上の問題点の指摘率が飛躍的に向上したのである。

こうした地道な取り組みの結果、1次試作車の完成度が飛躍的に向上した。この段階で主要品質目標の達成度が100%に近くなったという報告もある。したがって、品質やコストを犠牲にせずに、2次試作や2次量産試作を省略し、無理なく開発期間の大幅短縮化を達成したのである。

また、1次試作後の設計変更が大幅に減ったことにより、量産金型（本型）を使っていきなり試作部品を作ることが可能になってきた。従来は、試作段階での設計変更が多かったので、まずコストの安い簡易型で試作した後に、本型に着手するのが常であった。しかし、試作車段階の設計変更さえ減れば、試作用の簡易型はスキップできるのである。この方式は樹脂成形型で進んでおり、一部企業では、プレス型でもこの「**一発本型**」方式が採用されつつある。また、依然として試作を簡易型に頼る企業でも、3次元CAD-CAM技術の進歩により、本型に近い精度の試作型

ができるようになった。さらに、量産金型そのものの開発も切削精度も向上したため、多くの金型で時間のかかる仕上げ工程を省略できるようになった。設計変更の減少もあって、かつて日本でも1年はかかっていた大物プレス金型の開発期間が、半年を切るようになったのである。

このように、技術進歩と組織能力、そして開発担当者の知恵のいわば合作により、「フロントローディング」が威力を発揮し、一部の日本メーカーにおける開発期間短縮が現実のものとなっているのである。将来、量産試作と開発試作を統合できるようになれば、リードタイムはさらに短く出来るだろう。これは、明らかに先端技術の応用が契機となっているが、その背後にある問題解決手法の基本は、特段変わっていないのである。

(2) オーバーラップ開発のさらなる進展

オーバーラップ型問題解決（欧米流に言えばサイマル・エンジニアリングあるいはコンカレント・エンジニアリング）は、いわば日本メーカーの伝統的な「得意業」であり、1960年代以来、国内における4年モデルチェンジサイクルの厳しい開発競争の中で、半ば自然発生的に能力を磨いてきた分野である（藤本[1997]）。したがって、90年代においてもその基本は変わらず、これまでの延長線上で、さらに強化していけばよいのである。

オーバーラップ型問題解決についてはこれまで多くの機会に述べてきたので（例えば Clark and Fujimoto, 1991）、詳細は繰り返さない。しかし、ここでの日本企業の問題は、部署により「温度差」のばらつきがあったことであり、改善が必要である。例えば、ボディ設計と金型製作の間のサイマル・エンジニアリングは、従来からスムーズに行なわれていたが、同じ生産技術部門でも、例えば組立生産技術はあまり積極的でなかった。今後は、部門による、むらのないオーバーラップ開発が要求される。

また、製品技術と生産技術の間のオーバーラップよりも、むしろ製品技術部門の内部でのコンカレント化が意外な盲点だったことも指摘される。例えば従来は、ボディやインストルメントパネルのエンジニアが幅を効かせており、彼等が先に設計を進めてしまう。一方、電装設計部門のワイヤーハーネス技術者などは、後から入って来てボディに合わせて設計をするので、結果として、ワイヤーが長くなったり、余計なコネクタやプロテクターが必要となったりで、設計の無駄を生じていた。あるメーカーでは、こうした製品設計部門間の垣根を取り払い、例えばボディ設計部門のデザインレビューに、組立、インパネ、内装、ワイヤーハーネスなどの技術者も集まり、「ハーネスを通すためにここに穴を開けてくれ」「ここをへこましてくれ」などと意見を言うようになった。

このように、期間短縮のためのオーバーラップ開発は、従来路線の延長線上で、さらにきめ細かく部門間の情報共有と並行作業化を進めるのが基本である。

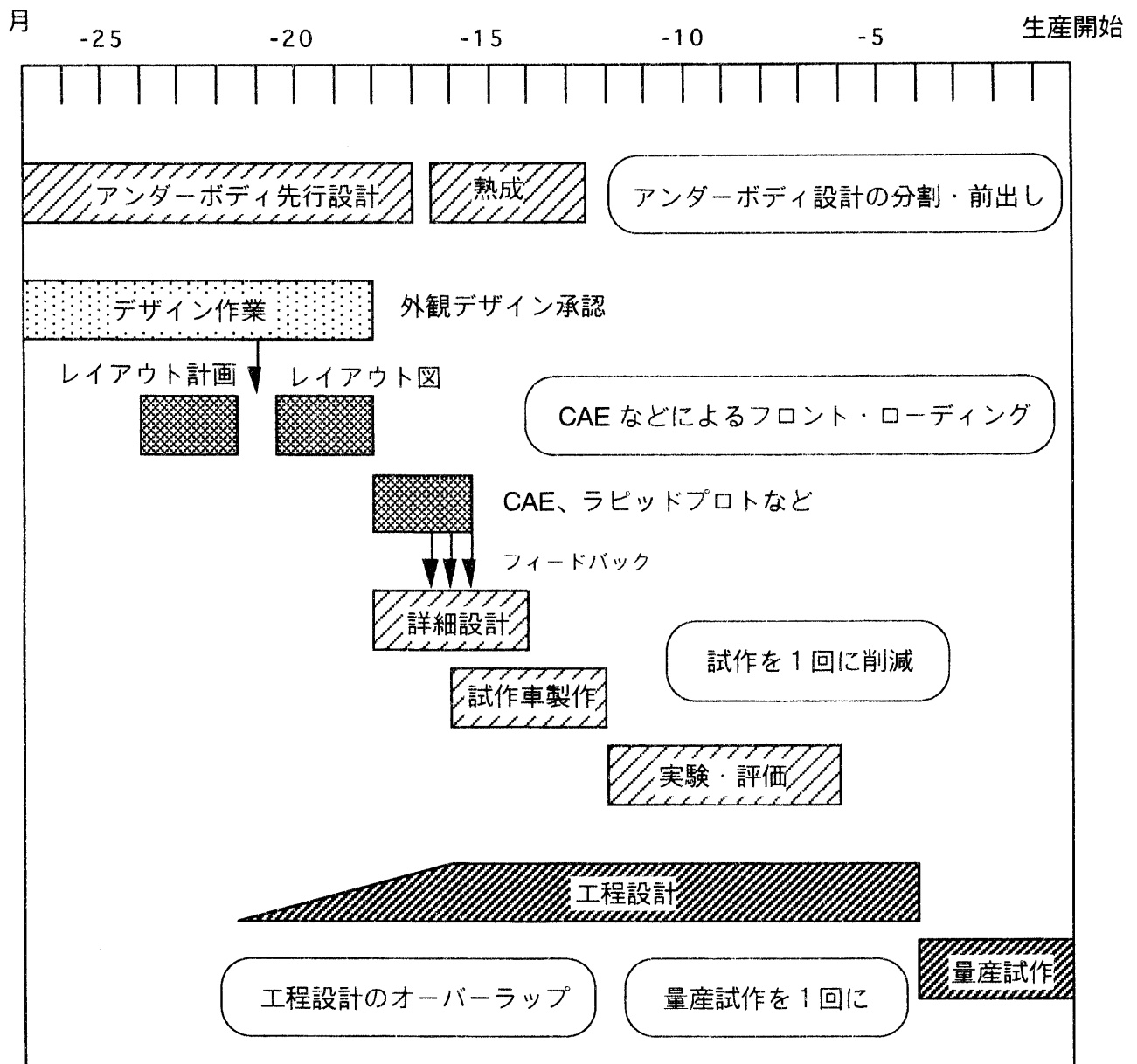
(3) 部品・ボディ開発の分割・前出し

第3の期間短縮策として、作業分割がある。特に現在重視されているのは、アンダーボディ（車体下部）の開発を上部ボディの開発から切り離し、外観デザイン決定より前に先行開発しておくことである。一般に、ボディの開発においては、(i) 車体上部の外観のデザイン細かい煮詰め（例えば風景の映りを良くするための1ミリ単位の外観デザイン変更）および(ii) 車体下部の詳細設計の煮詰めに時間がかかる。ところが、一体型の乗用車ボディの場合、従来は、外部デザイン承認をはさんでここに二つの作業が逐次的に行なわれていたため、開発期間短縮の一つの障害となっていた。これに対し、最近の一部のプロジェクトにおいては、ボディの上部と下部の開発作業を切り離し、アッパーボディの外観デザインと並行して、アンダーボディのみの詳細設計・実験評価（先行モデルのアッパーボディ等を利用して行なう）を「前出し」するようになった。これにより、かなりの期間短縮が可能になったと言われる。

こうした「分割・前出し」は、比較的モジュール性の高い（インターフェースの単純な）部品についても多用されている。例えばあるメーカーでは、エンジンやトランスミッションなどの部品単体レベルで、部品設計図面が出たら随時、試作車の製作に先行して試作・確認を行い、熟成度の上がった部品を試作車に組み込んでいくようにした。こうした主要モジュールの先行試作・評価においては、数案を並行開発して比較するので、開発期間の短縮のみならず、設計品質の向上ももたらしている。

以上、最近の数社の事例から、開発期間短縮の取り組みの例を紹介した。要するに、**問題解決カーブの前方シフト**が基本であり、その限りにおいて、効果的製品開発の原則は変わっていない。また、先進的な企業は、「フロントローディング」「オーバーラップ」「作業分割」という3つの定石をバランスよく活用しているようである。一つの事例として、ある学術会議で発表されたA社の事例を示す（図6）。これは、期間短縮後の同社の日程を示す構想図である。上記のような方策を組み合わせ、開発試作を1回に減らし、着実に開発期間の短縮化を達成していることが、図より明らかであろう。繰り返すが、先端情報技術の取り込みは、開発期間短縮競争で先んじるための必要条件ではあるが、十分条件ではないのである。

A 社における新しい開発日程の構想 (1997年)



資料：A 社学会発表（1997年3月）より筆者作成

8 21世紀へ向けて：システム創発と進化能力

以上、開発期間短縮を一例として、日本の自動車メーカーにおける製品開発競争能力の現状と将来を分析・展望した。自動車のように、当面、統合的な製品アーキテクチャで安定しており、日本企業が従来、組織やプロセスの統合性を武器に国際競争力を発揮してきた分野においては、競争ダイナミックスの基本は依然として「累積進化」である。そこで課題は、従来の強みをあくまで維持・強化しつつ、行き過ぎの部分やアンバランスな面を是正して行くことである。

その意味で、自動車産業の将来の課題は、とりあえず「バランス化」であると筆者は考えた。世紀末の悲観論的な雰囲気への過剰反応を避けるという意味でも、コンピュータ業界あるいは金融業界などについて昨今論じられるような、よりドラスティック変化というシナリオとは、一線を画すべきであろう。無論、将来の自動車のアーキテクチャの長期予測は怠りなく行なう必要があるが、当面、従来の「勝ちパターン」が突然に陳腐化することは考えにくい。情報技術の進歩は著しいとしても、その底流にある「もの作りの基本」はそう簡単に変わるものではないのである。

さて、そうした「累積進化」を特徴とする自動車産業において、長期的な能力構築競争を生き抜くのに必要なダイナミックな能力とはどんなものだろうか？ 例えば、20世紀後半の自動車産業を代表する「強い企業」の一つであったトヨタ自動車を考えてみよう

(藤本[1997]『生産システムの進化論』有斐閣、参照)。この会社の組織能力としては、有名なトヨタ生産方式やTQC(全社的品質開発)、あるいは継続的な改善の仕掛けがよく指摘される。しかし、こうしたいわばルーチン的なシステムの背後に、そのような強いルーチン自体を長期的に創造していく、より根源的でダイナミックな「能力構築能力」が潜んでいる、というのが筆者の見解である。この会社の歴史をじっくりと見ていくと、トヨタという企業の強さの真の源泉は、競争能力の累積進化を他の企業よりも早くか

つ効果的に遂行する、一種の「進化能力」ではないかということを実感するのである。

しかし、累積進化の世界といえども、企業的能力構築プロセスは、決してスムーズなものではないこともまた、歴史の示すところである。むしろ、組織ルーチンの進化経路は予測が付きにくく、まったくの偶発ばかりとは言わないにせよ、当事者にとって思いもよらぬ展開を見せることが多い。無論、企業たるもの、常に合理的たらんと努力するわけだが、そうした事前合理性が結果的に通用するのかどうか自体、事前には分からないことが多い。むしろ「怪我の功名」のような形で新しい能力を獲得する機会が転がり込んでくることもあるし、当初は無謀とみえた企業者のビジョンが意外に実現してしまうこともある。新しい組織ルーチンの発生は、筆者が「システム創発」と呼ぶような、極めて不規則で予測困難なパターンを示してきたといえそうである。

このことは、トヨタ自動車のような、一見、計画性と秩序を重んじるように見える大企業の場合にも当てはまる。様々な歴史的データをみる限り、いわゆるトヨタ的システムの形成過程において、この企業が常に「先見の明」を持って（つまり事前合理的に）組織ルーチンを選択してきたとは言いきれない。にもかかわらず、結果においてトヨタは長期安定的な競争優位を実現してきた。こうした、いわば事前合理性と事後合理性の微妙なギャップこそが、この会社の一番面白い側面である。

その背後には、意図せざる経緯で一旦試行された活動の中に潜在する競争機能を事後的に見つけ出し、これを再解釈し、精製し、組織ルーチンとしていち早く制度化する、という点における、この企業独特の組織能力があったと推定される。一般に、創発的なシステム進化においては、事前の構想力に劣らず、事後的な能力構築能力が重要な役割を果たす、というのが、筆者の見方である。その点、常に事前合理的たらんとしながらも、同時に、そのパターンからはずれぬ不規則な進化経路もしぶとくモノにするという、「二枚腰」的なしぶとさが、トヨタという企業組織の真髄ではなかろうか。この会社で「フォローアップ」とか「横展開」といった用語が多く聞かれることも、そうしたしぶとさの現わ

れであるように思える。

以上のトヨタの事例にも示されるように、組織能力の累積進化の過程は、「システム創発」とも言うべき、予測もコントロールも難しい経路をたどることが多い。しかし、そうした中でなおかつ、結果的に他社よりも高い競争能力を構築できる企業が確かに存在する。そうした企業の持つダイナミックな能力構築能力を、筆者は「進化能力」と呼ぶのである。

それでは、組織の進化能力の実体は何か？ 詳しいことはよく分かっていない。今後、より突っ込んだ組織論的な研究が必要ではあるが、月並な言い方をすれば、それは、競争力に関して組織成員が共有するある種の「心構え」(preparedness)なのだろうと筆者は考えている。企業が創発過程そのものを完全にコントロールすることは出来ないとしても、少なくとも、組織の成員が日頃からパフォーマンス向上を指向する持続的な意識を保ち、何事か新しいことが起こったとき、とりあえず「これは我々の競争力の向上に役立たないだろうか」と考えて見る思考習慣を共有しておくことが、その組織の進化能力の本質的な部分なのではないかと考えるわけである。

本稿で繰り返し主張してきたように、21世紀へ向けての将来シナリオは、産業によってかなり異なるとみられる。しかし、少なくとも自動車に代表されるように、かつて「もの作り」の基本をマスターし国際競争力を獲得した産業であって、しかも製品のアーキテクチャに当面大変動の予想されない産業においては、競争ダイナミックスの基本は「累積進化」であり、革命的な「パラダイム・チェンジ」ではない。

とはいえ、こうした産業でも、現状に安住することは許されない。企業間の国際的な能力構築競争は今後も続き、終わり無きマラソンの様相を呈している。トヨタのように世界的な標準とみなされるような生産ルーチンを確立した企業でさえ、90年代に入り、開発や生産のシステムを刻々と変化させつつある。そこにおいて必要な能力は、「システム創発」のプロセスを味方につけ、「もの作り」の必然を必然として成就させるだけでなく、

偶然をも必然に転化させる組織全体の力である。そうした進化能力を維持強化することが、21世紀へ向けて、この種の「累積進化」型産業で栄えるために、最も必要な経営資産なのではなかろうか。

文献

浅羽茂 (1995) 『競争と協力の戦略』有斐閣。

Aoshima, Y. (1996) "Knowledge Transfer across Generations : The Impact on Product Development Performance in the Automobile Industry" Doctoral Dissertation, MIT.

Clark, K. B. and Fujimoto, T. (1991) *Product Development Performance*. Harvard Business School Press, Boston. 邦訳：『製品開発力』。

Cusumano, M.A. and Selby, R.W. (1995) *Microsoft Secrets*. The Free press, New York.

Ellison, D. J., Clark, K. B., Fujimoto, T., and Hyun, Y. (1995) "Product Development Performance in the Auto Industry: 1990s Update." Harvard Business School Working Paper 95-066.

藤本隆宏 (1997) 『生産システムの進化論』有斐閣。

Fujimoto, T. (1997) "Shortening Lead Time through Early Problem Solving -A New Round of Capability -Building Competition in the Auto Industry-" University of Tokyo Research Institute for the Japanese Economy Discussion Paper 97-F-12.

Harvard Business School (1994) "Microsoft Corporation : Office Business Unit" Harvard Business School, 9-691-033.

Henderson, R. M. and K. B. Clark. (1990) "Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms." *Administrative Sciences Quarterly*, 35, (1990): 9-30.

Iansiti, M. and MacCormack, A. (1997) "Developing Products" Harvard Business review, September-October.

国領二郎 (1995) 『オープン・ネットワーク経営』日本経済新聞社。

延岡健太郎 (1996) 『マルチプロジェクト戦略』有斐閣。

野中郁次郎 (1990) 『知識創造の経営』日本経済新聞社。

新宅純二郎 (1994) 『日本企業の競争戦略』有斐閣。

Thomke, S. H. (1997) "Managing Experimentation in the Design of New Products"
Harvard Business School 96-037.

Ulrich, K. T. and S. D. Eppinger. (1994) *Product Design and Development*, New
York: McGraw-Hill.

山田英夫 (1993) 『競争優位の規格戦略』ダイヤモンド社。