HOKUGA 北海学園学術情報リポジトリ
学校法人北海学園
北海学園大学
北海商科大学

タイトル	標準化された三次元CAD活用のための組織能力 ： 日系自動車企業の事例分析
著者	森永，泰史
引用	北海学園大学経営論集，4(1)：1-22
発行日	2006-06-30

Hokkai-Gakuen Organization of Knowledge Ubiquitous through Gaining Archives.

標準化された三次元CAD活用のための組織能力

── 日系自動車企業の事例分析 ──

森　永　泰　史

1．研究の目的

近年，日本の自動車企業では，複雑化・巨大化するCADのメンテナンス・コストの増大や，グローバル化するサプライヤーへの対応から，標準化された三次元CAD（いわゆる，市販CAD）の導入が進められている[1)]。具体的には，日産とマツダはSDRC社（現UGS社）から「I-DEAS」を購入し，トヨタとホンダはDassaul社から「CATIA」を購入している。

しかし，日本の自動車企業ではこれまで，CADを社内で開発して，組織との適合性を高めることで，リードタイムやコスト，品質などの項目に対して優れたパフォーマンスを発揮してきた（Clark and Fujimoto, 1991, 竹田，2000，藤本・延岡・青島・竹田・呉，2002）。つまり，独自のモノ作りのノウハウをツールに組み込むことで競争力を確保してきたのである。そのため，近年見られるような社内開発CADから市販CADへの切り替えは，日本の自動車企業にジレンマを生じさせる。過度の標準化は，それまでツールの部分に埋め込まれていた優位性を失わせる一方で，過度のカスタマイズは，標準化によるコスト削減やグローバル化への対応などのメリットを失わせるからである。それでは，日本の自動車企業は，ツールのカスタマイズと標準化のバランスをどのように確保しているのであろうか。本稿ではまず，この課題を明らかにしてみたい。

そして，本稿で明らかにしたいもう一つの課題は，日本の自動車企業が新たに獲得した組織能力の中身である。様々な資料を見る限り，市販CADの導入後も，リードタイムやコスト，品質などに関する，日系自動車企業の欧米自動車企業に対する優位性は維持されている[2)]。つまり，日本の自動車企業では，（多少のカスタマイズはあるとしても）基本的には市販CADを使いながら，ライバル以上のパフォーマンスを発揮しているのである。この点に関して，「ITそのものが競争力を決定付けるのではなく，ITを上手く使いこなす組織能力こそが大切」とする先行研究（青島・延岡・竹田，1999，竹田，2000，藤本・延岡・青島・竹田・呉，2002）の考えに従えば，日本の自動車企業はそれを使いこなすための優れた組織能力を有していることが窺える。

ただ，ここで注目すべきは，その組織能力の中身である。日本の自動車企業が現在，有している組織能力は，かつて有していた組織能力とは異なっている可能性がある。その理由は，新しいツールとかつての組織特性との相性の悪さである。SDRC社やDassaul社などのCADベンダーは欧米メーカーであり，そこで開発されるCADは，欧米企業のような分業重視の組織構造での使用を前提としている[3)]。そのため，厳格な分業をそれほど重視しない日本型製品開発システムとは相性が

悪い可能性がある。

また，導入するCADの性格が三次元CAD（ソリッド・モデル）である点にも考慮する必要がある[4]。なぜなら，三次元CADの活用はそもそも，日本の自動車企業がこれまで得意としてきた開発ノウハウを無力化してしまう危険があるからである。例えば，青島（1997）は，三次元CADを上手く使いこなすには，開発プロセスの上流で秩序立って階層的に問題解決することが必要なこと，さらにはCAD導入に伴って進められる設計情報の一元化が，すりあわせ調整を不要にしたり，従来のタスクの境界に変更を迫る可能性があることを明らかにしている。つまり，これまで日本の自動車企業が得意としてきた，無秩序ではあるが柔軟性に富んだ問題解決活動や，フェース・ツー・フェースを重視した調整とは相容れない可能性があるのである。

以上の議論をまとめると，標準化された三次元CADを導入した日本の自動車企業が，欧米の自動車企業に対する従来からの優位性を維持するには，新たな組織能力を獲得する必要があることが窺える。これまで，日本の自動車企業が有していたリードタイムやコスト，品質に関する優れたパフォーマンスは，従来の組織特性が生み出す組織能力によって達成されていた。しかし，近年，標準化された三次元CADの導入が不可避になってきた。しかも，そのツールは，従来の組織特性とは相性が悪いため，導入に際して組織特性を変化させる必要がある。そのため，日本の自動車企業が，これまでの優れたパフォーマンスを維持するには，組織特性を変えることで，新たな組織能力を構築する必要があると考えられるのである。

そこで，本稿では，標準化された三次元CADの導入に際して各企業がどのような問題に直面し，組織特性をどう変化させてきたのかに注目して，日本の自動車企業が新しく獲得した組織能力の中身を明らかにしてみたい。前述したように，先行研究では「ITそのものが競争力を決定付けるのではなく，ITを上手く使いこなす組織能力こそが大切」な旨を論じてきたが，ここでは組織特性とツールとの間にあるギャップを克服する過程に注目することで，新しく獲得した組織能力の中身を明らかにする。つまり，組織能力の重要性は変わらないにしても，その中身がどのように変化しているのかを明らかにするのである。

以下では，日本の自動車企業4社（トヨタ，日産，ホンダ，マツダ）に対して2004年に行われたインタビュー調査で得られた一次データ[5]と，新聞や雑誌などの二次データに基づき，上記の二つの課題に答えていく。そして，最後にディスカッションと今後の課題を述べることにする。なお，本稿では，各企業の差異に注意を払うのではなく，各企業に共通するトレンドに注目して，その特徴を明らかにすることにする。

2．ツールのカスタマイズ

本節では，本稿の一つ目の研究課題について考察していく。一つ目の研究課題は，「日本の自動車企業は，ツールのカスタマイズと標準化のバランスをどのように確保しているのか」というものである。極端な例を挙げれば，市販のCADを徹底的にカスタマイズして，自社の組織能力に完全になじませれば，適応化のメリットを最大限に享受することが出来る。反対に，カスタマイズを完全にあきらめ，自社の組織を市販のCADに合わせれば，標準化のメリットを最大限に享受することが出来る。日本の自動車企業はいずれを志向しているのであろうか。明らかにしてみたい。

ただ，ここでは，ツールをカスタマイズする自動車企業の側だけでなく，SDRC社や

Dassaul社などのCADベンダーの側にも注目してみたい。なぜなら，仮に，日本の自動車企業の要求がすべて標準CADに反映されていれば，カスタマイズの必要はなくなるからである。つまり，カスタマイズの程度は，ベンダー側の協力の程度によっても影響を受けるため，このような側面にも注目する必要があるだろう。

そこで，以下では，まず，CADベンダーの側に注目し，標準CADの開発に当たって，CADベンダーがどれほど日本の自動車企業の要求を聞き入れてくれるのかを明らかにする。そして，次に自動車企業の側に注目し，各企業がツールをどの程度までカスタマイズしているのかを明らかにしたい。

2.1 CADベンダーの協力度合い

本項では，SDRC社やDassaul社などのCADベンダーの側に注目して，日本の自動車企業の要求に対する彼らの協力度合いを明らかにする。

CADベンダーがどの程度まで，カスタマイズの要望を聞き入れてくれるかに関する客観的なデータはない。その判断は，あくまでインタビューイの主観であるため，厳密な議論を行うことは難しいが，概して協力度合いはそれほど高くないのが現状のようである。

ただ，それでも，細かく見た場合には，いくらか違いが生じている。例えば，CADベンダーと付き合いの長い企業では，比較的要求を聞き入れてもらいやすいようである。また，ユーザーからのリクエストの多寡（ベンダーから見た場合の市場規模の大きさ）によっても，その反映度合いは違ってくる。また，時には，自動車企業の側がノウハウを公開したくないため，そもそも，要求自体を行わない場合もある。

このように，CADベンダーの協力度合いは決して高いとはいえないが，その一因は，日本の自動車企業の交渉方法にもあるかもしれない。日本の自動車企業とCADベンダーとの交渉方法に注目すると，現時点では，各企業がバラバラにCADベンダーに掛け合って，カスタマイズしてもらっている状況である。少なくとも，日本の自動車企業が一致団結して，団体交渉に臨んでいるわけではない。各企業はそれぞれ，ツールをなんとか自社組織に合わそうと，CADベンダーに掛け合っているが，個別企業レベルでの交渉であるため，交渉力には限界がありそうである。

以上のように，日本の自動車企業の要求に対するCADベンダーの協力度合いは，少なくとも高水準とは言えない。ただ，詳細は後述するが，最近の市販CADは，以前に比べ，カスタマイズしやすく設計されている。つまり，CADベンダーは，ツールの柔軟性を高くすることで，ユーザーの裁量部分を拡大しようとしているのである。

2.2 各企業によるカスタマイズ

前項では，自動車企業の要求に対するCADベンダーの協力度合いを明らかにしてきたが，その水準は必ずしも高水準とは言えない。そのため，ツールとしての使い勝手の良さを志向する場合には，自動車企業が自身でツールをカスタマイズしていくことが必要になることが窺える。よって，ここでは，自動車企業の側に注目して，ツールのカスタマイズの程度を明らかにしてみたい。

ただ，一言でツールのカスタマイズといっても，カスタマイズには大きく次の二種類がある。一つは，CAD上にない新たな機能を作り込んでいく（狭義の）カスタマイズである。そして，もう一つは，CADに標準搭載されている機能を前提とした（広義の）カスタマイズである。つまり，新たな機能を作り込むためのカスタマイズと，標準搭載されている機能を活用するためのカスタマイズの二種類があるのである。以下では，この両者を区別した上で，ツールのカスタマイズの程度

を明らかにしていきたい。

まず，前者の狭義のカスタマイズに注目した場合，その実行範囲は限定的であることが窺える。ツールの機能を全面的にカスタマイズしているわけではないのである。各企業では，ノウハウの部分や，どうしても譲れない部分だけにお金をかけて，自分たちの使い勝手がいいようにカスタマイズしている。例えば，日産では，様々な業務を処理するアプリケーション・システムをCAD上に構築して，「部品を原寸近い縮尺で画面表示する機能」や「パイプ形状の新規作成・形状変更を行う機能」，「番線を表示することで，部品の位置を簡単に把握できる機能」などを作り込んでいる[6]。

また，トヨタでは，デザイン開発に関する機能のカスタマイズに注力している。これはデザインの領域にはノウハウがあることや，市販CADでは実際のデザインプロセス（設計手法）と相性が悪いからである。デザイナーが市販CADを使うと，本来のデザイン意図を追求するのではなく，ツールに焦点が当たり過ぎてしまう。また，市販CADでは「ハイライトがきちんと通るのか」などの品質の確保が不十分な部分もある。そのため，トヨタでは，「カラーCAD」や「ハイライトのチェック機能」を内製し，カスタマイズしている。その他，ワイヤーハーネスや金型などの領域もカスタマイズの対象になることが多い。

一方，後者の広義のカスタマイズに関しては，各企業ともかなり積極的に取り組んでいる。標準搭載されている機能を前提としたカスタマイズで代表的なのは，CADに知識やノウハウを埋め込むカスタマイズである。前述したように，最近のCADは，以前に比べ，カスタマイズしやすく設計されているため，このようなことが可能になっている。例えば，Dassaul社の「CATIA V5」は，ユーザーが独自に知識を埋め込むことが出来るような機能を有している。具体的には，「これだけの板厚があるときには，Rはいくつにしたらよいのか」などの知識を入れておけば，禁則を犯すような行動に対して警告が出るなど，様々な仕組みを構築することが出来るようになっている。

以上で見てきたように，日本の自動車企業では，各企業の間に多少の違いはあるとしても，ツールを組織に合わせて全面的にカスタマイズ（狭義のカスタマイズ）しているわけではない。どうしても譲れない部分にはお金をかけて，自分たちの使い勝手がいいようにするが，それ以外の部分は，標準搭載している機能を活用する（広義のカスタマイズ）か，そのまま使うというのが基本的なスタンスである。

2.3 まとめ

以上では，CADベンダーと自動車企業の二つの側面に注目して，「日本の自動車企業は，ツールのカスタマイズと標準化のバランスをどのように確保しているのか」を明らかにしてきた。その結果，①自動車企業の要求に対するCADベンダーの協力度合いはあまり高くないこと，そして，②日本の自動車企業ではどちらかというと，ツール自体のカスタマイズよりも，むしろその使い方（標準搭載している機能の活用などの，広義のカスタマイズ）やマネジメントのあり方を工夫することで，従来からの競争力を確保しようとしていることが明らかになった。

次節では，以上のことを踏まえた上で，日本の自動車企業では，市販CADの導入に合わせて，ツールの使い方やマネジメントのあり方など，自社の組織特性をどう変化させてきたのかを明らかにしてみたい。

3．日本の自動車企業の組織能力

ここでは，本稿の二つ目の研究課題につい

て考察していく。二つ目の研究課題は，日本の自動車企業が新たに獲得した組織能力の中身である。

前節では，日本の自動車企業では，ツールのカスタマイズに多額の資金を投入するよりも，むしろその使い方やマネジメントのあり方を工夫する傾向が強いことが明らかになった。そのため，各企業とも新たなツールの導入に合わせて，組織特性を変化させていることが予想される。よって，ここでは，標準化された三次元CADの導入に際して，日本の自動車企業が組織特性をどう変化させてきたのかに注目して，日本の自動車企業が新しく獲得した組織能力の中身を明らかにしてみたい。

なお，ここでは，組織特性の変化を引き起こす要因として，「知識の分断」，「設計情報の一元化」，「スペック定義の厳格化」，「仮想組立の実現」の四つの事象に注目する。一つ目の「知識の分断」とは，新たに導入されるCADが，欧米企業のような分業を重視した開発組織での使用を前提としていることから引き起こされる事象のことである。これまで日本の自動車企業では，曖昧な分業体制の下，多様な技能を持った少数精鋭のメンバーによって製品開発が進められてきた。そのため，標準CADの導入は，従来の知識の領域を分断するおそれがある。二つ目の「設計情報の一元化」とは，設計情報が三次元のCADデータで，シームレスにつながることである。これまでは設計情報が一元化されていなかったため，データの変換効率が悪く，対面的な調整活動が不可欠であった。三つ目の「スペック定義の厳格化」とは，部品の詳細に対して早期から厳格な定義が求められることである。これまでは，詳細形状に関しては最後まで曖昧なままにしておくことも多く，開発プロセス後半での対面的な調整活動が必要であった。四つ目の「仮想組立の実現」とは，設計中のモノがビジュアル情報として三次元で見えるだけでなく，コンピュータ上で部品間の関係を確認したり，仮想組立ができることである。

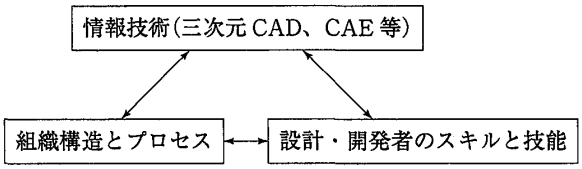

図1　本稿の分析枠組み

出所：延岡（2000），155頁より引用。

これらは，新たに導入された三次元CADに見られる特徴であり，日本の自動車企業がこれまで使用してきた社内開発CADとは異なる部分である。よって，ここでは特に，これらの事象に対処するため，日本の自動車企業が組織特性をどう変化させたのかを明らかにする。また，本節では，竹田（2000），延岡（2002），藤本・延岡・青島・竹田・呉（2002）などの先行研究を参考に，組織特性として具体的に「組織構造」，「プロセス」，「スキル」の三つを取り上げることにした（図1参照）。よって，以下では，組織構造，プロセス，スキルの順に，それぞれの変化の内容を明らかにしてみたい。

3.1　組織構造の変化

ここでは，標準化された三次元CADの導入によって，日本の自動車企業の組織構造がどのように変化したのかを明らかにしていく。

前述したように，標準化された三次元CADの導入によって生じる「知識の分断」や「設計情報の一元化」，「スペック定義の厳格化」などの事象は，社内外での調整活動の難易度を変化させるため，従来のタスクの境界に変更を迫る可能性があると考えられる。それでは，日本の自動車企業ではそれらの事象にどう対処してきたのであろうか。

以下では，「社内での分業構造」，「設計者の意識」，「社外との分業構造」の三つの側面に注目して，それぞれの変化の中身を明らか

にしてみたい。

3.1.1 社内での分業構造の変化

まず，社内での分業構造に注目した場合，日本の自動車企業では，標準化された三次元CADの導入に伴い，タスクが細分化されたり，従来のタスクの境界線が変更されていることが明らかになった。

前述したように，新たに導入された三次元CADは，欧米企業のような分業を重視した開発組織での使用を前提としている。そのため，そのようなツールの導入は，日本の自動車企業に「知識の分断」を引き起こしている。特に，設計者とCADオペレータの分業が顕著である。従来は，設計者が直接図面を書いて修正などを行っていた。しかし，標準化された三次元CADの導入後は，図面はコンピュータ上でデータ化されており，そのデータを作成・入力するのはCADオペレータである。これは，三次元CADを扱うには，数学などの特別な知識が必要だからである。

また，前述したように，新たに導入された三次元CADでは，設計情報がすべて三次元データで統一されており，「設計情報の一元化」が達成されている。この「設計情報の一元化」は，部門間でのデータ変換を不要にし，部門間の調整を容易にするため，タスクの境界線にも変化が見られる。例えば，ある企業では，三次元CADの導入に伴い，デザイナーが抜き勾配などの型要件まで考慮するようになっている。従来なら，デザイナーは意匠設計までを担当すればよく，型要件などを考慮する必要はなかった[7]。

このように，日本の自動車企業では，三次元CADの導入により，タスクの細分化や境界線の変更が進められているが，それらは単にツールに合わせて受身的に行われてきたわけではない。この点に注意が必要である。日本の自動車企業では，試行錯誤を繰り返しながら，効率的に仕事が進められるように，主体的にタスクの境界線を決めてきた。つまり，組織構造を変更するにしても，以下に示すように，「仕事の特性」や「導入したCADの特性」，「各職能が有している既存知識の内容」などを考慮した上で，コミュニケーションがスムーズに行われるような工夫が施されているのである。

例えば，日本の自動車企業では，「仕事の特性」の違いによって分業の仕方を変えている。エンジンやシャシーの開発では，設計者とCADオペレータや実験担当者の分業の程度は低い。これは，エンジンやシャシーの開発では，設計したものをすぐに実験して確認・変更するという作業が要求されるからである[8]。そのため，エンジンやシャシーに関しては，設計者自身がCADを使ってモデリング（面張り）を行うことも多い。それに対して，ボディの開発では，設計者とCADオペレータは明確に分業している。ボディの内外装は一番の〝デザインもの〟であり，そのモデリングは量的にも質的にも作業負荷が大きいからである[9]。そのため，ボディの開発に関しては，モデリングを設計者ではなく，CADオペレータに任せている企業が多い。

また，各企業が導入した「三次元CADの特性」によっても，分業の仕方は異なっている。例えば，CAE（Computer Aided Engineering）やシミュレーションを得意とするCADを導入している企業では，それらの機能をより効果的に使うための組織構造を構築している。具体的には，設計と同時に，衝突や騒音に関するシミュレーションが行えるように，設計・実験・CAEの三つの職能を一つの組織に統合している。理想は，設計者がCADを使って設計しながら，同時にシミュレーションを行えることであるが，現時点では，CADとCAEの間にはデータの互換性に問題がある。そのため，このように組織構造を工夫することで，その問題に対処している。

さらに，「各職能が有している既存知識の内容」によっても，タスクの境界線は異なる。例えば，生産要件のデータの入力に関しては，ほとんどの企業において，設計者ではなく生産技術者が行っている。設計者には生産要件に関する知識がなく，設計者に任せると多くの工数がかかるためである。それゆえ，設計者は製品設計データまでを担当し，生産要件などを入れるのは生産技術者が担当していることが多い。

以上のように，日本の自動車企業では，三次元CADの導入により，タスクの細分化や境界線の変更が進められている。しかし，それらは単にツールに合わせて受身的に行われてきたわけではない。組織構造を変更する際にも，試行錯誤を繰り返しながら，効率的に仕事が進められるように，主体的に組織構造を変更してきたのである。ただ，このように，試行錯誤を繰り返しながら，最適なバランスを探っていくというやり方は，組織構造に柔軟性がなければ難しいかもしれない。なぜなら，責任・権限関係が厳格な状況下（硬直した組織構造）では，既存のタスクの境界線を越えてチャレンジしたり，他者と協力したりすることに消極的になりがちだからである。その意味では，開発メンバー各自の責任や役割が曖昧であったがゆえに，日本の自動車企業では，このような試行錯誤を行うことが出来たと言えるかもしれない。

3.1.2　設計者の意識変革

上記では，標準化された三次元CADの導入に伴う組織構造の変化を明らかにしてきたが，日本の自動車企業では，それと同時に設計者の意識変革にも取り組んでいる。

前述したように，標準化された三次元CADの導入によってもたらされる「設計情報の一元化」は，三次元のCADデータで設計情報をシームレスにつなげることが出来るため，部門間の調整活動を容易にする。しかし，それだけで自動的に情報の共有がなされるわけではない。「設計情報の一元化」は，情報共有を行うための必要条件ではあっても，十分条件ではないのである。

情報を共有するには，他部門に対して設計データが開示されなければならないが，設計者は仕掛り中の設計データをなかなか見せたがらない[10]。これは，未熟なものを見られたくない職人的なプライドだけでなく，開示される情報の性質とも関係している。開示される情報は，あくまで未完成のものであるため，後に変更される可能性が高く，場合によっては，その責任を問われかねないからである。そのため，情報共有を行うには，開示した設計データには変更がありうることを全員で合意した上で，設計データを隠さず公開するという意識改革も必要になる。つまり，情報を共有するには，「設計情報の一元化」に加え，設計者の意識変革が必要なのである。

この点に関して，日本の自動車企業では，チームとしての一体感や信頼関係をテコに，設計者の意識変革を促している。事後的なデータの変更リスクを全員でシェアするには，設計者と他部門の間に信頼関係（または，責任問題にはしないという暗黙の了解）がなければならない。このような信頼関係がなければ，設計者は途中段階での情報や図面データを他部門に出すことを躊躇するからである。ただ，このような信頼関係の構築は，責任や権限の関係が厳格な環境下では難しい。その意味では，欧米企業に比べ，開発メンバー各自の責任や役割があまり明確でない日本企業の方が，設計者の意識変革を推進しやすいと言えるかもしれない。

3.1.3　社外との分業構造の変化

最後に，社外との分業構造に注目した場合，日本の自動車企業では，標準化された三次元CADの導入に伴い，仕事の外注形態や，サプライヤーとの協働方法が変化していること

が明らかになった[11)]。

日本の自動車企業ではこれまで，部品の詳細形状を曖昧にしたまま開発を進め，開発プロセスの後半において，サプライヤーと共同でその詳細を決定してきた。これは，従来の二次元の図面では，部品の裏側や抜き勾配，アール形状といった詳細形状を十分に表現することが難しかったためである（青島・延岡・竹田，1999）。しかし，新たに導入された三次元CADでは，完全な形状を表現することが可能になっている。それどころか，逆に厳格な定義を行うことが求められる。三次元CADは数値モデルであり，曖昧性を受け入れることが出来ないからである。このように，新たに導入された三次元CADでは，プロセスの早い段階から「スペック定義の厳格化」が要求されるため，日本の自動車企業では，従来のような曖昧さを許容した社外との取引方法にも変更を迫られた。

まず，そのような変化によって影響を受けたのは，サプライヤーの関与のタイミングやその決定時期である。前述したように，自動車の開発では，部品の七割近くをサプライヤーから調達している。そのため，部品の詳細を早く決定するには，それを設計するサプライヤーの関与やその決定も早める必要があった。

さらに，そのような変化に伴い，仕事の外注形態も変化している。これまでは，自動車企業とサプライヤーが共同で設計を進めながらも，最終的な設計はサプライヤーの側に任せること（いわゆる，承認図方式）が多かった。しかし，現在では，そのような外注形態の割合は低下しており，代わりに，自動車企業側が主導権を持つ外注形態（いわゆる，貸与図方式）が増加してきている。その主な理由としては，プロジェクトの初期段階において，部品の詳細設計を完成させなければならないことが関係していると考えられる。プロジェクトの初期段階では，レイアウトや部品間のインターフェースが流動的であるため，そのような状況下で，サプライヤーが主体的に部品を設計することは難しい。そのため，自動車企業や他のサプライヤーと共同で設計していく必要がある。そして，その結果として，仕事の外注形態も変化していると考えられるのである。

さらに，そのような共同設計を行うには，サプライヤーとの協働方法も変化させる必要があった。これまでも，サプライヤーが自動車企業に出向いて，その社内で設計を行うこと（いわゆる，デザイン・イン）は多かったが，最近では，その規模や緊密さの度合いが増している。例えば，ある自動車企業では，1600人以上のエンジニアがサプライヤーから派遣され，設計業務に従事している。また時には，サプライヤーから派遣されたエンジニアが，社内でCADオペレータのような役割を演じていることさえある。

このように，日本の自動車企業では，標準化された三次元CADの導入に伴い，仕事の外注形態や，サプライヤーとの協働方法を変化させている。スペック定義の厳格化は一見すると，設計図面上の曖昧性を排除するため，調整作業の必要性を低下させるように思われる。しかし，調整作業は減少するどころか，むしろ，その規模や緊密さの度合いを増加させている。その理由は，調整作業の目的自体の変化にあると考えられる。かつては，設計図面に残された曖昧な部分のイメージをすり合わせていくことが，調整作業の目的であった。しかし，現在では，スピード・アップと同時に品質（特に，適合品質）を確保することがその目的である。レイアウトや部品間のインターフェースが流動的なプロジェクトの初期段階で，スペックを確定させるには，どうしても緊密なコミュニケーションが必要になるからである。

3.2 プロセスの変化

次に，ここでは，標準化された三次元CADの導入によって，日本の自動車企業における製品開発プロセスがどのように変化したのかを明らかにしていく。

標準化された三次元CADの導入によって実現される「仮想組立」機能を上手く使えば，異なる部門間で調整が必要な問題を，これまでよりもずっと早く発見することが出来る（青島，1997）。そのため，この利点を十分に活かすためには，従来のプロセスに変更を加える必要があると考えられる。それでは，日本の自動車企業はその事象にどう対処したのであろうか。

以下では，「部門間での調整活動のタイミングとその頻度」，「開発メンバー間の物理的な距離」，「複雑性の削減方式」，「知識の活用方法」，「開発メンバーの構成比率」の五つの側面に注目して，それぞれの変化の中身を明らかにしてみたい。

3.2.1 部門間での調整活動のタイミングとその頻度の変化

まず，部門間での調整活動のタイミングとその頻度に注目した場合，日本の自動車企業では，標準化された三次元CADの導入に伴い，そのタイミングが前倒しされ，かつその頻度も初期段階に集中的に行われるようなっている。つまり，従来の事後調整型の開発プロセスから，事前調整型の開発プロセスへと変化しているのである。

前述したように，新たに導入された三次元CADを活用すると，設計中のモノがビジュアル情報として三次元で見えるだけでなく，コンピュータ上で部品間の関係を確認したり，仮想組立を行うことが可能になる。つまり，プロジェクトの早い段階で，車一台分のアッセンブルした状態が分かるようになり，車全体の情報が開発メンバー間で共有できるようになるのである。そのため，このような三次元CADの機能を上手く使いこなすには，部門間調整のタイミングを前倒しし，かつその頻度も初期段階に集中的に行うことが必要になる。そうすることで，従来よりもずっと早く，部門間で調整が必要な問題を発見することができるからである[12]。

ただ，日本の自動車企業ではこれまで，そのような開発スタイルは採用してはこなかった。これまでは，小さな開発チームでプロジェクトをスタートさせ，開発プロセス全体を通して継続的に調整活動を行ってきたのである。このような開発スタイルが採用されてきたのは，かつては三次元CADのように早期に統合・調整を実現できるツールがなかったからである。事前に計画・調整しようにも，車一台分のデータはなく，開発初期にみんなで集まったところで意味がなかった。その意味では，かつての開発スタイルは，当時の環境下では合理的な仕組みであったと言える。

しかし，三次元CADの導入により開発環境に変化が生じたことで，日本の自動車企業では，これまでの開発スタイルに変更を加えている。つまり，開発初期に集中的な調整活動を行うために，開発プロセスの上流へと人材を移動しているのである。現在では，従来ならプロジェクトの終盤になってしか参加しなかった生産技術者やサプライヤーが，プロジェクトの早い段階から参加するようになっている[13]。彼らは開発プロセスの上流へ移動して，自分たちの目標（ex.量産立ち上がり後のコスト目標や，品質目標）を達成するために図面を書き変えたりしている。つまり，製品設計に製造要件を反映させているのである。特に，外装パネルなどは製造工程における制約が大きいため，製品設計に製造要件を反映しておくことが重要になる。

なお，日本の自動車企業では，上流へ移動するのは各部門の代表者だけでなく，現場の人間も含まれている。例えば，トヨタでは，生産ラインで働いている人間もコンピュータ

を駆使し，設計部門の作業に参加して図面を検証・修正している。これは，モノを組む時に，工場の人間には組みやすい順番があり，それを日常の生産ラインで働いている人間に図面に反映してもらうためである。このように，日本の自動車企業では，三次元CADを設計者だけの特別なものとは考えていない。よって，そのような取り組みの結果，日本の自動車企業では，より現実味を持った仮想組み立てが可能になっており，作業の手戻りなどの減少に成功している。

3.2.2 開発メンバー間の物理的な距離の変化

次に，開発メンバー間の物理的な距離の変化に注目する。これらの距離の変化に注目した場合，日本の自動車企業では，標準化された三次元CADの導入に伴い，コロケーションが促進され，これまで以上に開発メンバー間の物理的な距離が縮まっていることが明らかになった。

前述したように，かつては開発プロセスの初期段階にそれほど大きな開発チームは存在しなかった。そのような早い段階で調整しようにも車一台分のデータがなく，みんなが集まったところであまり意味がなかったからである。しかし，三次元CADの導入に伴い，プロジェクトの初期段階から開発チームが大所帯化することが重要になってきた。ただ，三次元CADの導入によって，個々の部品データの保証は可能になったものの，依然としてアセンブリー状態で起きることは事前に予測できない。そのため，それらの不測の事態に迅速に対応するには，サプライヤーを含めた様々な人々が一同に介して，コミュニケーションに密に行うことが必要になる。一つの場所に開発メンバーが集まっておくことで，突然のデザイン変更や設計変更があっても，その情報を素早く各部門に伝達し，その変更が及ぼす影響を即座に検証することが出来るからである。

そこで，日本の自動車企業では，設計者や生産技術者，サプライヤーなどの様々な部署の人間が，プロジェクトの初期段階から最後まで，物理的に同じ部屋で開発を行う「大部屋方式」を導入し，コミュニケーションの緊密化に取り組んでいる。つまり，三次元CADの導入に伴い，コロケーションを促進しているのである[14]。

例えば，マツダでは，設計データの変更等，各部門に影響を及ぼす情報を素早く伝達するため，各部門の責任者20人程度で構成するタスクチームを編成している[15]。このタスクチームが一緒に大部屋で活動することで，部門間の円滑なコミュニケーションを実現している。タスクチームのメンバーを介して，大部屋から各部門へ，あるいは各部門から大部屋へと情報が伝わる仕組みである。また，この大部屋には，マツダに部品を供給するサプライヤーの責任者も常駐している。このような体制をとることで，自社内で開発していない部品の情報に関しても，タスクチームは容易に入手できる。さらに，近年では，大部屋の中に外装のクレイモデルと，シートやインスツルメント・パネルなど内装のモックアップを置き，デザイナーも大部屋活動に参加させている。

このように，日本の自動車企業には，データだけで成り立っているところは，みんなで集まって一緒に作業を進める傾向が見られる。アセンブリー状態で起きることは事前に予測不可能であり，不測の事態に迅速に対処するには，メンバー同士が近くいることが重要になる。物理的な距離が近いことで，分権化が図られていても，コミュニケーションがスムーズに行われるからである。そのため，すべての日本の自動車企業では，多少の規模の違いはあるものの，大部屋方式を採用している。

3.2.3 複雑性の削減方式の変化

三つ目の，複雑性の削減方針に注目した場合，日本の自動車企業では，標準化された三次元CADの導入に伴い，従来の柔軟な削減方式から，段階的な削減方式へと変更されていることが明らかになった。

前述したように，三次元CADを上手く使いこなすには，「仮想組立」機能を上手く活用する必要がある。さらに，その機能を上手く活用するには，開発初期段階で集中した統合調整を行うことが必要になってくる。ただし，早期の調整が可能になったからといって，大勢が集まって無秩序にやりとりをすれば，現場は混乱する。よって，そのような状況下で効率的に作業を進めるには，事前に車全体の情報を把握して，混乱が生じないようにルールを整備しておく必要がある。すなわち，開発初期段階での集中した統合調整をスムーズに行うには，事前にスケジュールの管理を徹底したり，運用ルールを整備したりすることが必要になるのである。

しかし，日本の自動車企業ではこれまで，事前計画の立案や運用ルールの整備には無頓着であった。製品開発とは一面で，複雑性を縮減していく問題解決プロセスと見ることができるが（藤本，1996)，日本の自動車企業では，それが階層的に段階を追って行われるというより，むしろ増幅と縮減を繰り返しながら行われてきた。つまり，明確にスケジュールされたフェーズによって管理されるのではなく，途中での設計変更を含め，無秩序ではあるが柔軟性に富んだ方法で行われてきたのである。こうした方法は，明確なフェーズ管理のもとでステップごとに進捗状況を管理していく欧米型の開発スタイルと対比して語られることが多かった（Clark and Fujimoto, 1991, Imai, Nonaka and Takeuchi, 1985)。しかし，三次元CADの導入により開発環境に変化が生じたことで，日本の自動車企業にも大きな変化が見られる。そこでは，厳格なスケジュール管理方式が導入され，従来型の柔軟な複雑性の削減方式から，欧米型の階層的で段階的な複雑性の削減方式へと開発スタイルが変更されているのである。

例えば，マツダでは，事前に検証マップ（検証方法や検証時期などを規定したマップ）と，アクションプラン（マップで定めた検証方法に必要な設計データの納期などを規定したもの）を作成して，それらを管理専任者に一元管理させている[16]。設計者はアクションプランに従って，決められた納期までに設計データを作成し，サーバに格納する。一方，検証項目の担当者は時期を見計らってサーバから検証に必要なデータを取り出し，検証を実施する。加えて，専任の情報管理者がこうした設計データのやり取りを監視する。マツダでは，このような方法で開発初期での混乱を避け，開発スケジュールが滞るのを防いでいる。

また，日産では，五段階のフェーズ管理を導入している[17]。これは，設計やデザインの進展にあわせて，それぞれのレベルで確認しながら開発品質を上げていく方法である。具体的には，第一段階として，プラットフォームの成立性の検討，第二段階として，基本計画の成立性の検討，さらに第三段階として，設計細部の整合性の確認，第四段階として，手配データの最終確認の実施，そして第五段階として，生産データの検証が行われる。なお，仮想組立で確認する具体的な項目としては，部品の取り付け構造の整合性，部品の組み付け工順の整合性，組み付け作業性，工場ライン設備との整合性，原価低減・部品統合などがある。

このように，日本の自動車企業では，標準化された三次元CADの導入に伴い，事前のスケジュールの管理を徹底したり，運用ルールを整備するなどして，従来型の柔軟な複雑性の削減方式から，欧米型に近い階層的で段階的な複雑性の削減方式へと，開発スタイル

を変更している。そして，その結果，開発初期段階での集中した統合調整をスムーズに行うことに成功している。

3.2.4 知識の活用方法の変化

四つ目の，知識の活用方法に注目した場合，日本の自動車企業では，標準化された三次元CADの導入に伴い，従来の暗黙知を重視した方法から，形式知を重視した方法へと，そのウェイトを変化させていることが明らかになった[18]。

前述したように，三次元CADの導入は，開発初期段階での集中した統合調整を可能にした。製品情報がデジタル化され，三次元映像として視覚化されたことで，生産技術者とも開発の初期段階で情報を共有することが可能になったからである。ただ，そのような仮想組立をスムーズに行うには，それ以前の段階で，部品データを揃えておくことが必要になる。しかも，そのデータには，仮想組立やシミュレーションに耐え得る高い完成度が求められる。つまり，仮想組立をスムーズに行うには，完成度の高い部品データを早期に充実させておくことが必要になるのである。そして，そのような高品質のデータを迅速に作成するには，余分な手戻りや，やり直しを減らすことが求められる。

しかし，設計者全員がそれを実行することは難しい。熟練した設計者であれば，効率的な設計の進め方や押さえるべきポイントを熟知しているが，すべての設計者が熟練者ではないからである。そのため，設計者の誰もが，高品質なデータを迅速に作成できるようにするには，そのようなベテラン設計者のノウハウを開発組織全体で共有することが重要になる。つまり，ベテラン設計者に体化している暗黙知をいかに形式知に変換して，活用していくのかが問題となるのである。

ただ，日本の自動車企業ではこれまで，どちらかといえば，言語化・形態化された形式知よりもむしろ，主観的で非言語的な暗黙知に依存した開発スタイルを採用してきた（野中，1990）。つまり，データベースやマニュアルなどの形式知にはあまり依存せずに，職人的技術者の経験や「あうんの呼吸」でプロジェクトを押し進めてきたのである。データベースやマニュアルに依存した開発は，どちらかといえば，欧米企業が得意としてきたスタイルである。しかし，三次元CADの導入により開発環境に変化が生じたことで，日本の自動車企業にも大きな変化が見られる。

例えば，日産では，従来のプロセスのノウハウを活用し，設計・実験・生産技術の標準的な手順をCADに組み込み，手戻りを減らす工夫をしている[19]。日産では，このようなCADのことを「ノウハウCAD」あるいは「ナビゲーションCAD」と呼んでいる。例えば，「4ドアセダンのドアを設計する」など，これから実施する作業を指定すると，手順表がWebブラウザで提供される。その手順表の中には，テンプレートを呼び出す手順も規定されているため，設計者はヒナ型となる三次元データを手に入れ，その手順に沿って作業を進めていけばよい。加えて，このノウハウCADは，設計過程において，これまでの製品から判断すると部品の位置関係が成立しない場合は，自動で警告を出す機能も備えている。

さらに，このような設計手順・ノウハウの標準化や形式化は，専任チームによって集中的に行われている。それは，サプライヤーも参加する形で大掛かりに行われている。例えば，日産では約2年を費やして，約2万件の手順表を電子データ化した。また，手順を標準化する際には，専任チームメンバーが自分自身で行うこともあるが，共同で行うこともある。特に，ベテランの設計者は技術的なノウハウを持っていても，三次元CADのことが分からない場合が多い。そのため，そのような場合は，ノウハウをもったベテラン設計

者とCADの分かる人との共同作業となる。また，同じ設計に対して，異なった設計手順をとっている場合には，両者を解析して，一つの設計手順に統一することも，専任チームの役割となっている。

以上のように，日本の自動車企業では，高品質なデータを迅速に作成するために，自動誘導・警告装置の開発だけでなく，その自動設計を行うための（知識を蓄積するための）組織体制を導入している。膨大なデータベースやマニュアル作りは，従来，欧米企業が得意としてきたところである。しかし，三次元CADの導入によって開発環境に変化が生じたことで，日本の自動車企業では，暗黙知を重視した方法から，形式知を重視した方法へと知識の活用方法のウェイトを変更させている。

3.2.5 開発メンバーの構成比率の変化

五つ目の，開発メンバーの構成比率に注目した場合，日本の自動車企業では，標準化された三次元CADの導入に伴い，その比率を変化させていることが明らかになった。

前述したように，日本の自動車企業では，標準化された三次元CADの導入によって，部門間調整のタイミングが前倒しされ，開発初期段階での作業負荷が増大している。つまり，作業負荷のバランスが変化しているのである。例えば，仮想組立が実現されたことにより，かつては生産技術者が行っていた検証作業の一部が設計者に移っている。また，CADやCAEなどの情報技術の発達により，事前にバーチャルな世界でシミュレーションが出来るようになったため，物理的な実験部隊の必要性が低下している。その一方で，CAD専門のオペレータの必要性は高まっている。

このように，三次元CADの導入は，作業負荷のバランスを変化させ，既存の人員構成との間にギャップを生じさせる。そのため，日本の自動車企業では，開発メンバーの構成比率を変動させることで，これらの問題に対処している。例えば，ある企業では，三次元CADの導入に伴って実験部隊の割合を大幅に縮小している。従来は開発部門全体の60%近くいた実験部隊が，現在では34%にまで縮小されている。これは，コンピュータ上のシミュレーションが様々な実験作業を代替したからである。その一方で，CAD専門のオペレータの数は増加させている。かつては4%程度であったオペレータの割合は，三次元CAD導入以来，13%にまで上昇している。また，別の企業では，三次元CADの導入に伴い，設計者の中から150人をオペレータに移動させている。

このように，日本の自動車企業では，作業負荷のバランスの変化に応じて，柔軟に開発メンバーの構成比率を変動させているが，注目すべきはその方法である。日本の自動車企業では，職種の変化を伴う移動によって，構成比率を変化させている。例えば，設計部門や試作部門の人員がCADオペレータへ移動したり，さらには，実験部の人員でもCADが操作できる場合には，CADオペレータへと移動させている。このような方法の長所は，既存の資源を有効活用できることである。柔軟な人員配置で繁忙の隙間を埋め，効率的な人材活用を行うことが出来る。さらに，日本の自動車企業では，そのような人員配置によって余剰人員が出た場合，その人員を次のプロジェクトに配属させている。その結果，日本の自動車企業では，限られた開発人数で，より多くの車種を効率的に開発できるようになっている。

日本の自動車企業において，このような柔軟な人員配置を行うことが出来たのは，日本企業に特有の柔軟な組織構造が関係していると考えられる。日本企業では，あまり専門分化が進んでおらず，またキャリアルートも柔軟であるため，職種の変化を伴う人員移動も

可能である。それに対して，欧米企業では，専門分化が進んでいることや，硬直したキャリアルートがあるため，そのような対応は不可能と考えられる。また，日本の自動車企業が，このような方法を選んだ別の理由としては，日本企業に特有のデメリットの発生を防ぐためと考えられる。欧米企業であれば，レイオフや新規雇用による人員の入れ替えで，この種の問題に対処することが出来る。しかし，柔軟な組織構造を持つ日本企業の場合，リストラを行うと社内のネットワークまで寸断してしまう危険があり，それを防ぐ必要があったと考えられる。その意味では，このような職種の変化を伴う人員配置の変化は，日本企業に特有のデメリットの発生を防ぐ取り組みであると言えるかもしれない。

3.3 スキルの変化

最後に，ここでは，標準化された三次元CADの導入によって，要求されるスキルがどのように変化したのかを明らかにしていく。なお，ここでは，スキルのみならず，その背後にある教育体制のあり方にも注意して，その変化をまとめてみたい。

三次元CADの導入に伴い，新たに要求されるようになったスキルは，具体的に「設計者のCAD使用能力」，「従来の機能の単位を超えた知識の獲得」，「評価スキル」の三つである。まず，一つ目の「設計者のCAD使用能力」は，当然のことながら，三次元CADの導入に伴い，設計者に新たに求められるようになったスキルである。しかし，現状では，ソフトウェアが複雑過ぎて，設計者がそれを充分に使いこなせていない。部品図が書けなかったり，器用にモデリングできたりするのは全体の半分程度であったりする。ただ，日本の自動車企業には，その程度でよいという認識がある。設計者全員が三次元CADを完璧に使いこなせるに越したことはないが，現実にはそれは不可能であるし，またその必要もないからである。例えば，実際にCADを使って最前線で設計を行っている人は，設計者全体の7割程度しかおらず，残り3割はどちらかというと，サポートやマネジメントに専念している。また，その7割のうちでも，実際に三次元データを作らなければならないのは，その半分程度しかいない。

そのため，各企業では，その教育に関しても目的に応じてメリハリをつけている。例えば，新人の設計者はCADを使うことはほとんどないので，2週間程度の初級教育（Off-JT）で済ませる。そして，後に使う人はOJTで慣れてもらう。これは，前述したように，設計者とオペレータの分業の割合は，開発されるパーツによって異なっており，要求されるスキルも部門ごとに異なるからである。したがって，基本的なところまでは集団のOff-JTで進めるが，それ以上は，各部門内で教育するようにしている。さらに，各パーツにおいても，効率性の観点から，概念設計と詳細設計に分化する傾向が見られる。そのため，若い設計者は，初めはディテール設計を担当し，その後，熟練してきたら概念設計を担当するなどのローテーションを組んでいる。このように，CADの使用能力に関しては，CADオペレータとの分業を前提とした上で，教育体制を工夫している。

二つ目の「従来の機能の単位を超えた知識の獲得」は，三次元CADの導入により，従来の分業構造や開発プロセスに変化が起こった結果，設計者に新たに求められるようになった。前述したように，標準化された三次元CADの導入により，問題解決の前倒しが可能になっている。そのため，仮に，設計者が製造しやすい設計要件についてこれまで以上に理解を深め，なるべく多くを設計段階で入れ込むことが出来れば，三次元CADのメリットをより有効に活用できる。しかし，いずれの企業でも，製造要件を設計者ではなく生産技術者が入力しているのが現状である。

また，教育体制についてもそれほど大きな変化は見られない。現状では，製造のシミュレーションやナビゲーションCADなどのツールの発達により，従来の機能の単位を超えた知識の獲得が若干進んでいるに過ぎない。例えば，解析工数全体のうち，設計者自身が行う解析の割合は，小さな部品の簡単なシミュレーションなど，全体の1－2割程度であり，限定的である。

三つ目の「評価スキル」は，三次元CADの導入に伴い，仮想組立が実現したことで新たに求められるようになったスキルである。仮想組立を効果的に行っていくために，新たなスキルや，これまでよりも高度なスキルが必要になっている。具体的には，バーチャルで評価するスキルの向上や，ゴムやシートといった柔らかいものを評価するためのスキル，さらには，シミュレーションを行えるように，きれいにフィレットをかけるスキルなどである。その意味で，三次元CADの導入に伴い，新たなデジタルの技能が出現していると言える。そのため，日本の自動車企業では，従来のOJTに加えて，社内に教育センターを立ち上げるなどして，これらの問題に対処している。

以上のように，日本の自動車企業では，標準化された三次元CADの導入に伴い，スキルと同時にその教育体制も変化させている。ただ，特に教育体制に関しては，目的や必要とされるスキルのタイプに応じて，OJTとOff-JTを上手く（合理的に）使い分けているといえそうである。OJT一辺倒でもなければ，逆にOff-JT一辺倒でもない。どちらをより重視しているかといえば，依然として従来型のOJTの方であるが，以前よりもOff-JTの割合が増えていることも事実である。

3.4 まとめ

以上では，標準化された三次元CADの導入に際して，日本の自動車企業が直面した四つの問題（①知識の分断，②設計情報の一元化，③スペック定義の厳格化，④仮想組立の実現）と，各企業がそれらの問題にどう対処してきたのかを明らかにしてきた。

まず，組織構造に関しては，「知識の分断」と「設計情報の一元化」によって，部門間での調整活動の難易度に変化が生じたため，従来のような幅広い仕事の守備範囲や，タスクの境界線に変更を迫られた。また，「スペック定義の厳格化」によって，従来のようなスペック定義の曖昧さを許容した社外との取引関係にも変更を迫られた。そのため，日本の自動車企業では，三次元CADの導入に伴い，社内での分業を押し進めるとともに，仕事の外注形態やサプライヤーとの協働方法を変化させている。

次に，プロセスに関しては，「仮想組立の実現」によって，従来のような小さな開発チームでプロジェクトをスタートさせる開発スタイルに変更が迫られた。そのため，日本の自動車企業では，開発チームを大所帯化して問題の早期発見に努めると同時に，大所帯化に伴い増大したコミュニケーションの複雑性に対処するため，厳格なスケジュール管理などの開発手法を新たに取り入れてきた。さらに，部品データを早期に充実させ，仮想組立をスムーズに行うために，従来の暗黙知を重視した方法から形式知を重視した方法へと，知識の活用方法を変更している。

最後に，スキルに関しては，三次元CADの導入に伴い，「設計者のCAD使用能力」，「従来の機能の単位を超えた知識の獲得」，「評価スキル」の三つのスキルが新たに求められるようになった。よって，それに伴い，日本の自動車企業では，教育体制も変化させている。従来のOJTを主体とした教育体制に加え，社内外に教育センターを立ち上げるなどして，Off-JT体制も充実させているのである。日本の自動車企業では，目的や必要

とされるスキルのタイプに応じて，OJTとOff-JTを上手く使い分けている。

Womack, Jones, and Roos (1990)やClark and Fujimoto (1991)など，日米欧の自動車企業の製品開発活動を比較・分析した先行研究からは，日本の自動車企業では，職人的技術者の経験や属人的なネットワークに基づいて，仕事を進めていく傾向が強いことが明らかにされてきた。つまり，開発メンバー各自の責任や役割をあまり明確にせず，無秩序ではあるが柔軟性に富んだ問題解決活動によって，プロジェクトの複雑性や多義性を処理してきたのである。それに対して，本稿の調査からは，三次元CADの導入に伴い，日本の自動車企業が，そのような職人的な経験や属人的なネットワークに過度に依存しない仕組み作りへと移行していることが窺える。つまり，マニュアル（形式知）や運用ルール，厳格なスケジュール管理などの手法を導入して，事前にプロジェクト運営の簡素化を図っておくことで，経験や属人的なネットワークに過度に依存せずとも，開発メンバーが容易に情報を共有できる仕組みへと変化を遂げているのである。

日本の自動車企業では，標準化された三次元CADを上手く使いこなすために，厳格なスケジュール管理をはじめ，開発プロセスの上流で秩序立って階層的に問題を解決していく手法を導入してきた。これらの開発手法は，プロジェクトの複雑性や多義性を事前に削減しておくことを重視しており，それはどちらかというと，これまで欧米企業が得意としてきた開発スタイルである（青島，1997）。また，前述したように，CADベンダーの多くは欧米メーカーであり，そこで開発されるCADは，欧米企業のような分業重視の組織構造での使用を前提としている。そのため，それらのツールを上手く使おうとすると，どうしてもある程度の分業が必要になってくる。したがって，現在の日本の自動車企業は，従来に比べると，欧米企業寄りの開発スタイルになっていると言える。

しかし，開発スタイルのすべてが欧米型に変化したわけではない。一部が取って代わられたに過ぎないのである。しかも，日本の自動車企業では，そのような欧米型の開発スタイルを取り入れる一方で，従来より得意としてきた対面コミュニケーションを通じた問題解決能力のさらなる強化にも取り組んでいる。例えば，標準化された三次元CADの導入により，日本の自動車企業では，分業が進んだことは事実である。しかし，そこでは，単に分業を促進しただけでなく，試行錯誤を繰り返して，自社にとって最も意思疎通が図りやすい分業のバランスを模索してきた。その他，大部屋方式の導入によるコロケーションの促進やデザイン・インの強化，設計者の意識改革なども，対面コミュニケーションを通じた問題解決能力を向上させるための取り組みである。

よって，以上のことから考えると，日本の自動車企業では，標準化された三次元CADの導入に伴い，複雑性や多義性を事前に削減する欧米型の開発スタイルを取り入れただけでなく，従来型の対面コミュニケーションを通じた問題解決能力の強化にも取り組んでいることが窺える。つまり，日本の自動車企業が新しく獲得した組織能力は，これまで日本の自動車企業が有してきた組織能力と異なるだけでなく，欧米企業の組織能力とも異なる，新しいタイプの組織能力であると言えそうである。

4．ディスカッションと今後の課題

以上では，本稿で掲げた二つの課題に答えてきた。一つ目の課題は，「日本の自動車企業は，ツールのカスタマイズと標準化のバランスをどのように確保しているのか」であった。そして，この問いに対しては，日本の自

動車企業では，ツールのカスタマイズに多額の資金を投入するよりも，むしろその使い方やマネジメントのあり方を工夫する傾向が強いこと（つまり，標準化に重きを置いていること）が明らかになった。続く，二つ目の課題は，「日本の自動車企業が新たに獲得した組織能力の中身はどのようなものなのか」であった。そして，この問いに対しては，日本の自動車企業がこれまで有していた組織能力と異なるだけでなく，欧米企業の組織能力とも異なる，新しいタイプの組織能力であることが明らかになった。

よって，ここでは，それらの発見事実に基づいてディスカッションを行い，本稿の議論をより発展させてみたい。なお，その際にテーマとするのは，以下の三つである。一つ目は，「なぜ，日本の自動車企業が新たに獲得した組織能力は，欧米企業の組織能力よりも優れているのか」，そして，二つ目は，「なぜ，日本の自動車企業は，そのような組織能力を獲得することが出来たのか」，さらに，三つ目は，「日本の自動車企業が新たに獲得した，そのような組織能力が有効に機能する条件は何か」である。

4.1 なぜ，日本の自動車企業が新たに獲得した組織能力は，欧米企業の組織能力よりも優れているのか

本稿の1．において前述したように，日本の自動車企業は，多少のカスタマイズはあるとしても，基本的には市販CADを使いながら，リードタイムやコスト，品質に関して，欧米の自動車企業以上のパフォーマンスを発揮している。それはなぜであろうか。考えられる一つの答えは，組織能力の違いである。つまり，組織能力の違いがパフォーマンスに反映していると考えられるのである。

前節では，日本の自動車企業は，以前に比べれば，欧米企業寄りの開発スタイルを取り入れているものの，すべてが欧米型に変化したわけではないことを明らかにしてきた。そのため，パフォーマンスに差がつくとすれば，両者に共通する部分よりはむしろ，日本企業が独自に取り組んでいる部分が鍵になりそうである。日本の自動車企業は，必要に迫られて欧米型の開発スタイルを取り入れただけではなく，プラス・アルファの取り組みをすることで，欧米企業よりも優れた組織能力を構築してきたのではないだろうか。そこで，以下では，まず日本の自動車企業に見られる独自の取り組みと，その効果との関係を簡単に整理する。そして，次に，それらの模倣可能性について考察していく。

前節でも述べたように，日本企業に独自の取り組みとして考えられるのは，対面コミュニケーションを通じた問題解決能力の強化である。具体的には，次の五つが挙げられる。まず一つ目は，主体的な分業の決定である。日本の自動車企業は，単にCADオペレータと設計者に分業するのではなく，その分業の仕方に工夫をこらして，コミュニケーションの効率化を図っている。二つ目は，設計者の意識変革の促進である。設計情報の一元化だけで満足するのではなく，設計者の意識変革を促進することで，コミュニケーションの効率化を図っている。三つ目は，デザイン・インの強化である。プロジェクトの初期段階でスペックを確定させるために，コミュニケーションの緊密化を図っている。四つ目は，プロジェクトの初期段階からの現場の人間の参加である。プロジェクトの初期段階からの現場の人間を参加させることで，コミュニケーションの活発化を図り，後工程での手戻りを減少させている。五つ目は，大部屋方式の導入によるコロケーションの促進である。開発メンバーが場を共有することによって，コミュニケーションの効率化を図り，情報の共有を容易にしている。

これらの取り組みが重要なのは，三次元CADが導入されても，依然としてアクシデ

ントや未知なるものへの対処が必要だからである。ITツールといえども，未来を完全に予測することは出来ない。製品開発にはハプニングがつきものであるため，それに素早く対応することが必要になってくる。プロジェクトの推進計画やチェックシステムがいくら優れていても，それだけでは完全な対応は出来ないのである。特に，新規の設計部品が多いプロジェクトでは，プロジェクトの不確実性が高まるため，迅速な情報伝達・共有によるフォローが必要になってくる。それゆえ，常にコミュニケーションを緊密にして，不測の事態にも迅速に対応できる体制をとっておくことが求められる。したがって，このような不確実性への対応力こそ，リードタイムやコストなどのパフォーマンスに違いを生む源泉の一つと考えられるのである。

次に，それらの問題解決能力の模倣可能性について考察していく。前段の考察より，日本企業に独自の取り組みが，パフォーマンスに差を生む源泉の一つになっていることが窺えるが，それらの問題解決能力は欧米企業にとって模倣可能なのであろうか。この点について結論を先取りすると，欧米企業がそれらの問題解決能力を模倣することはおそらく困難であると考えられる。そのような問題解決能力は，柔軟な組織構造などの日本企業に特有の仕組みによって支えられており，しかも，それらの仕組みは，労働市場や雇用慣行などの社会制度と密接に結びついたものだからである。それらは，一企業だけでは対処できない性格のものである。

例えば，組織の境界線の決定に際して，試行錯誤を繰り返しながら，最適なバランスを探っていくというやり方は，日本企業に特有の柔軟な組織構造ゆえに可能になった部分である。欧米企業のように責任・権限関係が厳格な状況下では，このような柔軟な対応は難しいと考えられる。同様に，設計者の意識改革も，日本企業の柔軟な組織構造（責任範囲の曖昧さや幅広い責任範囲）ゆえに容易になったと考えられる。欧米企業のように責任・権限関係が厳格な状況下では，このような意識改革は難しいかもしれない。さらに，プロジェクトの初期段階から現場の人間を加えることは，日本のようなフラットな社会ゆえに可能になったと考えられる。欧米のように階層化が進んでいる社会では，初期段階からの現場の人間の参加は難しいであろう。したがって，これらの取り組みは，欧米企業にとって模倣困難な部分でもあると考えられる。

以上より，日本企業に独自の取り組み部分こそ，パフォーマンスに差を生む源泉の一つであり，かつ，それは欧米企業にとって模倣困難であることが窺える。日本企業が従来より得意としてきた対面コミュニケーションを通じた問題解決は，標準化された三次元CAD導入後の製品開発においても健在といえる。なぜなら，ITツールといえども，未来を完全に予測することは出来ないからである。その意味では，日本の自動車企業は，ITツールの長所を活用すると同時に，対面コミュニケーションという従来からの強みを活かして，ITツールの限界を克服してきたといえる。日本の自動車企業では，増大する複雑性に対処するために，欧米型の開発スタイルを取り入れ，プロジェクト運営の簡素化をはかると同時に，従来より得意としてきた対面コミュニケーションを通じた問題解決能力を向上させ，不確実性への対応力も強化してきた。つまり，事前の準備だけでなく，事後の対応力も強化してきたと考えられるのである。

4.2 なぜ，日本の自動車企業は，そのような組織能力を獲得することが出来たのか

前項では，日本の自動車企業が，欧米の自動車企業に比べ，優れた組織能力を構築している可能性があることを指摘した。それでは，

日本の自動車企業は，なぜ，そのような組織能力を獲得することが出来たのであろうか。言い換えれば，なぜ，組織構造とプロセス，スキルの三つをバランスよく変革することが出来たのであろうか。ここでは，標準化された三次元CADの導入を推進してきた組織（以下，推進組織とする）の性格に注目して，この問いに答えてみたい。

本稿では，これまで推進組織については全く触れてこなかったが，一連の調査からは，推進組織の性格の違いが，組織能力の獲得に大きな影響を及ぼしている可能性のあることが窺えた。一般に，新たに導入するツールや生産システムを上手く使いこなすには，組織を全体的に，しかも整合的に変革していく必要があると考えられる（Roberts, 2004）。なぜなら，いくら個々の現場が愚直に頑張っても，それぞれのベクトルがバラバラの方向を向いていては意味がないからである。局所最適の集まりは，決して全体最適にはならない。そして，そのような整合性の取れた組織変革を行うには，組織全体をコントロールする主体を誰に任せるのかが重要になる。

この点につき，日本の自動車企業では，「技術本部」などの一つの部署に推進組織の役割を任せていることが多い。つまり，CADの導入・推進に関する責任と権限を一つの組織に集中させているのである。しかも，その責任組織が，開発業務全般についての知識を一通り持ち合わせている点が重要である。日本の自動車企業では，これまで過度のアウトソーシングを行わずに，CAD関連の設備を社内で作ったり，検証したりして，地道にCADに関する知識を蓄積してきた。さらに，前述したように，日本の自動車企業では，これまで開発メンバー各自の責任や役割を必ずしも明確にしないまま，製品開発を進めてきた。そのため，結果的にではあるものの，推進組織の中にもツールに関する知識のみならず，開発業務に関する知識も蓄積されてきた。つまり，一つの組織の中に，ツールと開発業務の双方に関する知識が蓄積されてきたのである。

このように，日本の自動車企業では，責任と知識の所在が一致していたため，整合性を保ちながら，組織全体の変革を行うことが出来たと考えられる。それに対して，分業やアウトソーシングが進む欧米の自動車企業では，責任組織が開発業務についての知識を持ち合わせていなかったり，責任と権限が一つの組織に集約されていない可能性がある。つまり，推進組織が一元化されていなかったり，一元化されていたとしても，責任と知識のどちらか一方しか有していない可能性があるのである。さらに，その結果として，局所最適に陥っている可能性も考えられる。よって，日本の自動車企業との間で生じているパフォーマンスの差は，この点にも原因があるのではないだろうか。

4.3 日本の自動車企業が新たに獲得した組織能力が有効に機能する条件

以上で得られた日本の自動車企業の強みに関する理論を一般化し，他の産業にも応用するためには，その理論が成り立つ条件を明確にする必要がある。そこで，最後に簡単に自動車の特徴を述べたい。特徴としては，次の二点が特に重要である。第一に，開発する製品の複雑性の程度である。第二に，製品のアーキテクチャの性格である。

まず，製品の複雑性の程度に注目した場合，日本の自動車企業が新たに獲得したような組織能力が適しているのは，中程度から高程度の複雑性である[20]。逆に言うと，それほど複雑性の程度が高くない製品の場合には，このような組織能力は必要ないかもしれない。前述してきたように，日本の自動車企業では，マニュアル（形式知）や運用ルールを整備したり，厳格なスケジュール管理を導入したりすることで，プロジェクト運営の簡素化をは

かってきた。つまり，標準化された三次元CADの導入に伴い，増大する複雑性に対処するために，組織能力を強化してきたのである。

複雑性の程度がそれほど高くない場合は，職人的な技術者の経験や属人的なネットワークに依存した，従来型の問題解決スタイルでも対処することが出来る。しかし，ある程度のレベルを越えると，そのような無秩序なやり方では現場に混乱が生じ，対処できなくなる可能性がある。複雑性に組織能力が耐えられなくなるのである。現に，システムの複雑化が進むソフトウェアの開発などにおいては，従来の日本型の問題解決スタイルは限界を露呈しはじめている[21]。また，先行研究からは，コンピュータのOSや航空機のような，過度に複雑性が高い製品の開発では，プロジェクトの複雑性や多義性を事前に削減し，簡素化しておく開発スタイルの方が適していることが窺える（Cusumano and Selby, 1995, 青島，1997）。つまり，開発する製品の複雑性の程度によって，有効な問題解決のスタイルが異なる可能性があるのである。

次に，製品のアーキテクチャの性格に注目した場合，日本の自動車企業が新たに獲得したような組織能力が適しているのは，「すり合わせ（インテグラル）型」のアーキテクチャを持つ製品である。一般に，製品アーキテクチャとは，「どのようにして製品を構成部品に分割し，どのよう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をいかに設計・調整するか」に関する基本的な設計構想のことである。そして，この製品アーキテクチャには，大きく分けて，「すり合わせ（インテグラル）型」，すなわち部品設計を相互調整し，製品ごとに最適設計しないと製品全体の性能が出ないタイプと，「組み合わせ（モジュラー）型」，すなわち部品・モジュールのインターフェースが何らかの意味で標準化していて，既存部品を寄せ集めれば多様な製品が出来るタイプとがある（Ulrich, 1995, Baldwin and Clark, 2000, 藤本・武石・青島，2001）。そして，自動車はすり合わせ（インテグラル）型アーキテクチャの典型例である。

前述したように，日本の自動車企業が新たに獲得した組織能力の強みは，対面コミュニケーションによる問題解決能力であり，しいては，不確実性への対処能力である。日本の自動車企業では，三次元CADの導入に伴う組織変革においても，従来からの強みを強化してきた。そして，そのような不確実性への対応力が発揮されるのは，やはりすり合わせ型のアーキテクチャにおいてである。自動車のようなすり合わせ型のアーキテクチャでは，部品間の相互依存性が高いため，一つの部品の修正が他に及ぼす影響の範囲は広く，その程度も大きい。そのため，プロジェクトの推進計画やチェックシステムなどの，事前段階での準備活動を充実させるだけでは，それらの不確実性に対処することは出来ない。常に緊密なコミュニケーションをとって，不測の事態に備えておく必要があるのである。それに対して，モジュラー型のアーキテクチャを持つデジタル家電やソフトウェアなどでは，部品間の相互依存性があまり高くないため，一つの部品の修正が他に及ぼす影響の範囲やその程度は限定されている。そのため，それほど緊密なコミュニケーションは必要とされない。その代わりに，そこでは，プロジェクトの推進計画やチェックシステムなどの事前段階での準備活動がより重要になるのである。

4.4 今後の課題

以上では，本稿が掲げた二つの研究課題の解明と，そこで得られた発見事実に基づくディスカッションを行ってきた。ただ，以上では，客観的なデータが揃っていない部分や，インタビューイの主観に依存した部分も含まれている。そのため，それらの部分について

は今後の定量調査を待ちたい。また，特にディスカッション部分で取り上げた三つのテーマについては，仮説の域を出ないため，今後さらなる調査が必要であろう。

注

1) 本稿では，「標準化された三次元CAD」という表現の他にも，「市販CAD」，「標準CAD」，「三次元CAD」などの表現を用いているが，これらはいずれも同一のものを意味している。
2) 例えば，延岡・藤本（2004）や，『日経ものづくり』2004年9月号，97-104頁，『日経ものづくり』2005年7月号，93-98頁など。
3) 例えば，多くの会社ではデザイナーはCADオペレータと組んで仕事をするようになっている。なぜなら，CADを扱うには数学などの知識が必要だからである。このように，市販されている標準CADは知識の分断を引き起こすような仕組みになっている。
4) 立体の中身が詰まった塊として表現する手法がソリッドモデルである。それに対して，これまでの三次元CADは，面または曲面によって立体の表面のみを表現するサーフェスモデルであった。サーフェスモデルは，立体を構成する面の内側は空洞であるため，部品の裏側や中身については，定義することは出来ない。その点がソリッドモデルと大きく異なっている。
5) 本調査は，東京大学の「ものづくり経営研究センター（MMRC)」，東京大学を中核とする非営利法人「グローバル・ビジネス・リサーチセンター（GBRC)」，「キャップジェミニ・アーンスト&ヤング研究部門」が中心となって行ってきた「CAD利用実態調査」の一部である。
6)『日経ものづくり』2006年2月号，25頁。
7) 例えば，これまでは，デザイナーが生産用の設計図を作成することは不可能であった。デザイナーが作成する意匠用の設計図と，生産用の設計図とでは，その性格が異なっていたからである。しかし，設計情報が一元化したことで，極端な場合，デザイナーであっても，金型や生産技術に関する知識さえあれば，生産用の設計図を作成することが出来るようになっている。
8) 以上のような理由の他にも，エンジンやシャシーのような機能部品の場合は，それほどデータの作成が難しくないという事情もある。ただ，後述するように，最近では，それらの開発においても，構想段階のものを検討する人と，それを形にモデリングする人とに，分かれる傾向にある。
9) 以上のような理由の他にも，ボディなどの領域においては，データを作ることよりも見ることの方が重要になってくるため，設計者自身がデータを作らないという事情もある。設計者に求められているのは，あくまで設計の機能上のクオリティであり，図面の美しさではないとの考えがあるからである。
10)『日経ものづくり』2005年6月号，95頁。
11) ここで，社外との関係に注目する理由は，自動車の場合，部品の約七割は社外のサプライヤーから供給を受けているからである。つまり，自動車の開発においては，サプライヤーとの関係構築が重要になるのである。
12) 早めに問題を発見し，それを潰すことが出来れば，修正コストは少なくてすむ。逆に，問題の発見が遅れれば遅れるほど，修正コストは大きくなる。なぜなら，プロジェクトの進行に伴い，相互依存性を持つ部品の数やその程度が増すため，修正に必要な工数が増加するからである。このように，問題を早期に発見することのメリットは大きい。
13) 前述したように，自動車の場合，サプライヤーから供給を受ける部品は全体の7割を占める。よって，それらの部品のデータが充実しないと，仮想組立の質を高めることが出来ない。
14) これまでも日本の自動車企業では，コロケーションを採用してきたが，三次元CADの導入に伴い，その規模や範囲が大きくなっている。その意味で，ここでは「促進」という言葉を用いている。
15)『日経ものづくり』2004年9月号，97-104頁。
16)『日経ものづくり』2004年9月号，97-104頁。
17)『日経ものづくり』2005年6月号，95頁。
18) ここでは，野中（1990）を参考に，個人の経験を通じて暗黙的に体化した知の基盤を「暗黙知」といい，言語化・形態化された客観的な論理体系を「形式知」と呼んでいる。
19)『日経ものづくり』2005年7月号，93-98頁。
20) ここでいう，複雑性の程度は，あくまで相対的なものであるため，厳密な測定は難しいが，以前に比べ，現在の問題解決スタイルの方が，複雑性への対処能力が増していることは理解できるだろう。
21)『日本経済新聞』2005年12月31日および，『日経ビジネス』2005年12月26日・2006年1月2日号，188頁。

参考文献

青島矢一（1997）「日本型製品開発プロセスとコンカレント・エンジニアリング：ボーイング777開発プロセスとの比較」一橋大学イノベーション研究センター編『知識とイノベーション』25-49頁，東洋経済新報社。

青島矢一・延岡健太郎・竹田陽子（1999）「新世代三次元CADの導入と製品開発プロセスへの影響」『機械工業経済研究報告書』第二章-第四章。

Baldwin, C. and K. Clark (2000) *Design Rules: The Power of Modularity*, MIT Press. Cambridge MA（安藤晴彦訳『デザイン・ルール：モジュール化パワー』東洋経済新報社，2004）

Clark, K. and T. Fujimoto (1991) *Product Development Performance: Strategy Organization and Management in the World Auto Industry.* Harvard Business School Press（田村明比古訳『実証研究・製品開発力：日米欧自動車メーカー20社の詳細調査』ダイヤモンド社，1993）

Cusumano, M. and R. Selby (1995) *Microsoft Secrets*. The Free Press（山岡洋一訳『マイクロソフトシークレット：勝ち続ける驚異の経営』日本経済新聞社，1996）

藤本隆宏（1996）「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」『ビジネス・レビュー』Vol.46, No.1，22-45頁。

藤本隆宏・武石彰・青島矢一（2001）『ビジネス・アーキテクチャ』有斐閣。

藤本隆宏・延岡健太郎・青島矢一・竹田陽子・呉在烜（2002）「情報化と企業組織：アーキテクチャと組織能力の視点から」『電子社会と市場経済』第三章97-134頁，新世社。

Imai, K., I. Nonaka, and H. Takeuchi (1985) "Managing New Product Development Process: How Japanese Learn and Unlearn," In K, Clark, R. Hayes, and C. Lorenz (eds.), *The Uneasy Alliance: Managing the Productivity-Technology Dilemma*: Harvard Business School Press.

森永泰史（2004）『デザイン（意匠）重視の製品開発：自動車企業の事例分析』神戸大学大学院経営学研究科博士論文。

延岡健太郎（2002）『製品開発の知識』日本経済新聞社。

延岡健太郎・藤本隆宏（2004）『製品開発の組織能力：日本の自動車企業の国際競争力』RIETI経済産業研究所ディスカッションペーパーシリーズ04-J-039。

延岡健太郎・竹田陽子・青島矢一（2002）「三次元CADの製品開発組織への影響」『Computer Today』，No.112，53-57頁。

野中郁次郎（1990）『知識創造の経営』日本経済新聞社。

Roberts, J. (2004) *The Modern Firm: Organizational Design for Performance and Growth.* Oxford University Press（谷口和弘訳『現代企業の組織デザイン』東洋経済新報社，2004）

竹田陽子（2000）『プロダクト・リアライゼーション戦略：三次元情報技術が製品開発組織に与える影響』白桃書房。

Ulrich, K. (1995) "Product Architecture in the Manufacturing Firm," *Research Policy*, No.24, pp. 419-440.

Womack, J., D. Jones, and D. Roos (1990) *The Machine that Changed the World*, New York: Rawson Associates,（沢田博訳『リーン生産方式が，世界の自動車産業をこう変える』経済界，1990年）

参考資料

『日経ものづくり』「試作型なしで新車開発：マツダがベリーサで達成」2004年9月号，97-104頁。

『日経ものづくり』「CATIA V5が実現するデザインと設計のコンカレント」2005年6月号，116-117頁。

『日経ものづくり』「日産の新開発プロセスV3P：開発期間を10.5ヶ月を実現」2005年7月号，93-98頁。

『日経ものづくり』「日産車体　究極の目標は設計変更〝0〟の世界」2005年6月号，95頁。

『日経ものづくり』「日産自動車，次期CADは継続性を重視しNXに決定」2006年2月号，25頁。

『日経ビジネス』「トヨタ，8ヶ月で新車開発」2005年5月9日号，9頁。

『日経ビジネス』「トヨタ　究極のデジタル車両開発：全世界，全部門で同一の設計データを共有へ」2005年12月5日号，134-136頁。

『日経ビジネス』「デジタル家電が進むべき道」2005年12月26日・2006年1月2日号，188頁。

『MDAシステムと製品開発』「マツダを蘇らせたMDIプロジェクト」1997年，31-42頁。

『日本経済新聞』「試作用金型　不要に：マツダ　費用圧縮，期間も短く」2005年8月7日。

『日刊工業新聞』「日産，新車開発期間をさらに短縮へ三次元CADシステム開発」2005年9月14日。

『日本経済新聞』「家電，ソフト欠陥に悩む」2005年12月31日。