

論 説

自動車企業における多車種混流生産と 開発プロセスの新たな展開

日産車体・湘南工場調査を基礎にして

今 田 治

目 次

はじめに

日産車体の概要

- 1 経営概要（売上と製品構成）
- 2 開発・生産体制
- 3 中期経営計画（02～04 年）とコア技術の強化

日産車体における多車種混流生産の特徴

- 1 あらゆるタイプの車種の生産
- 2 多車種中小量混流生産と需要（量的）変動への対応
- 3 新型車用ラインの現行車での立ち上げ

多車種混流生産のための技術と管理

- 1 IBS の特色と 3D-CAD との統合
- 2 生産の同期（シンクロ）化と平準化
 - 1) 「順序」と「時間（タイミング）」の管理
 - 2) 部品供給方式の改善
- SE（同時開発）の新たな展開 3D-CAD 化と開発プロセスの変革
 - 1 3D-CAD の特質
 - 2 3D-CAD 化をメインツールとした全員参加による同時開発
 - 1) 3D-CAD の広範な利用
 - 2) 部位別計画チーム活動とデータ試作
 - 3 3D-CAD を軸とした諸活動の成果と今後の課題

結び

は じ め に

今日、日本の主要な自動車企業においては、グローバル市場での事業環境のいかなる変化にも対応できるように、グローバルな視野で開発、生産、物流、販売体制などをたえず見直ししながら、経営資源や技術、またプラットフォームや部品を最大限に共有化しつつ、製品間では、できる限りの差異性を実現し、迅速かつ低コスト（タイムリーにミニマム・コスト）で各市場に合った新製品を開発、製造、販売する戦略がとられている。その戦略を遂行するために、生産システムとしては、生産システム全体としてのリードタイム（オーダー受理から納車までの期間）の短縮が重要であるが、それには、開発期間の短縮とともに、生産計画期間と生産のリードタイムをできるだけ短くすることが要求される。

開発プロセスでは¹⁾、情報技術の利用によるSE(Simultaneous Engineering:同時開発)活動の一層の展開,開発コストの大幅な削減が求められる。製造プロセスでは,生産の同期化のために,生産の流れ化,小ロット化,混流化をすすめること,そして設備,人ともに「汎用性」を考慮した工程作り,不具合を顕在化する仕組み,柔軟な作業組織(現場参加型の問題解決,作業標準の定着と改訂のサイクル)が必要とされる。しかも,質的には,グローバルレベルでの「汎用性」,管理水準(世界のどの工場でも,どの車種でも,大量から少量までも対応できる)が要求されるようになっている。

本稿では,この生産システムの課題に対して,日本の自動車企業が,どのような方策を技術的,管理的,人的な面で展開しているかを,主に多車種混流生産と効率的な開発・生産準備に焦点をあてて,日産自動車の関連会社である日産車体(株)を事例にして考察していきたい²⁾。

よく知られているように,日産リバイバルプラン(NRP,99~02年)では,最適な生産効率及びグローバルでのコスト競争力を実現するためとして,日本国内の過剰生産能力の削減がすすめられ,車両組立工場では,村山工場,日産車体・京都工場,愛知機械・港工場,パワートレイン工場では,久里浜工場,九州エンジン工場の生産が中止された。生産は,残された工場に集約され,そこでは,稼働率の向上とともに,市場の需要変化に即応できる一層柔軟な生産システムの構築がすすめられている。

日産車体では,京都工場の量産車種移管が実施され³⁾,主要な生産は神奈川県湘南工場に集約された。日産車体は,これまでも日産グループ内において,セグメントの違う比較的少量の車種を多く生産する(多車種中小量生産)企業で,早くから多車種混流生産,デジタル化に取り組んできているが⁴⁾,今日の状況下で,さらにフレキシブルな多車種混流生産体制,効率

1) 一般的に車両の開発プロセスとは,商品企画から生産立上げまでの一連のプロセスであるが,その期間を主要業務で分けると,3つの段階で構成される。それらは,開発宣言から試作図面出図までの企画・設計段階,試作からその確認実験を行う試作・実験段階,及び工場での生産を軌道に乗せるための生産試作から生産立上げまでの生産準備段階である。

2) 本稿は,03年1月に行った日産車体(株)・湘南工場における調査に基づいている。日産車体(株)取締役社長・小嶋一孝氏,同・常務取締役・中原三郎氏,同・理事・湘南工場長・金井満氏,同・試作工機部・部長・堀江安則氏,同・車両開発部・次長・中島完治氏,同・生産技術部・渡辺章氏の各氏には,工場案内,詳細な資料説明,質疑応答など長時間にわたってご無理をお願いした。その後も,追加質問など,いろいろフォローいただいた。また秘書課の永野涼子氏には,スケジュールの調整などでお世話いただいた。心より厚く感謝申し上げたい。私のゼミの社会人学生であった卒業生の吉川幸子氏には,日産車体へのアクセスでたいへんご尽力いただいた。併せてお礼申し上げる。

3) 京都工場は,当初予定された完全閉鎖ではなくて,敷地も半分残り,01年4月1日付で,京都工場のマイクロバス製造部門は分社化され,(株)オートワークス京都としてスタートしている。01年6月末には日産車体の子会社で特装を手掛けていた(株)宇治オートと合併している。

4) この状況については,日産車体のホームページ(<http://www.nissan-shatai.co.jp>)にも紹介されているので参照されたい。

的な開発プロセスを確立するための企業活動を展開している。そこで、以下では、次の点について、その活動の内容を明らかにし、新たな生産システムの展開について考察していきたい。

第1は、日産車体の概要を設備、製品構成を重点に明らかにしたい。多車種混流生産の大きな前提となる生産車種、開発・生産体制（組織、人員、工場ライン）などを明らかにする。

第2は、多車種混流生産の状況である。生産車種の種類、生産量、それらの混流の状況、さらに新車開発にまで利用されるラインの「汎用性」について考察し、日産車体の多車種混流生産の特質を明らかにする。

第3は、その多車種混流生産を可能にしている技術的、管理的条件である。日産車体では、主要な変種変量生産技術として、IBS（Intelligent Body assembly System）といわれる車体FMS（Flexible Manufacturing System：柔軟な製造システム）が、必要最小限の治具のあり方や効率的なワーク搬送方法、より低コストの制御システム等によって、多様な車を混流できる汎用生産ラインとして展開されている。また、多車種混流生産から生じる困難を克服し、円滑に多車種混流生産が展開できるように諸管理がなされている。この汎用ラインの技術的内容、そして主に生産の同期（シンクロ）化・平準化のための管理について考察する。

第4は、3D（Dimension：次元）-CAD（Computer-Aided-Design：コンピュータ援用設計）を技術的手段とした開発プロセスの変革の状況である。3D-CADの特質と利用状況、3D-CADを技術的手段とした同時開発のための組織的意思決定の仕組みについて明らかにしたい。

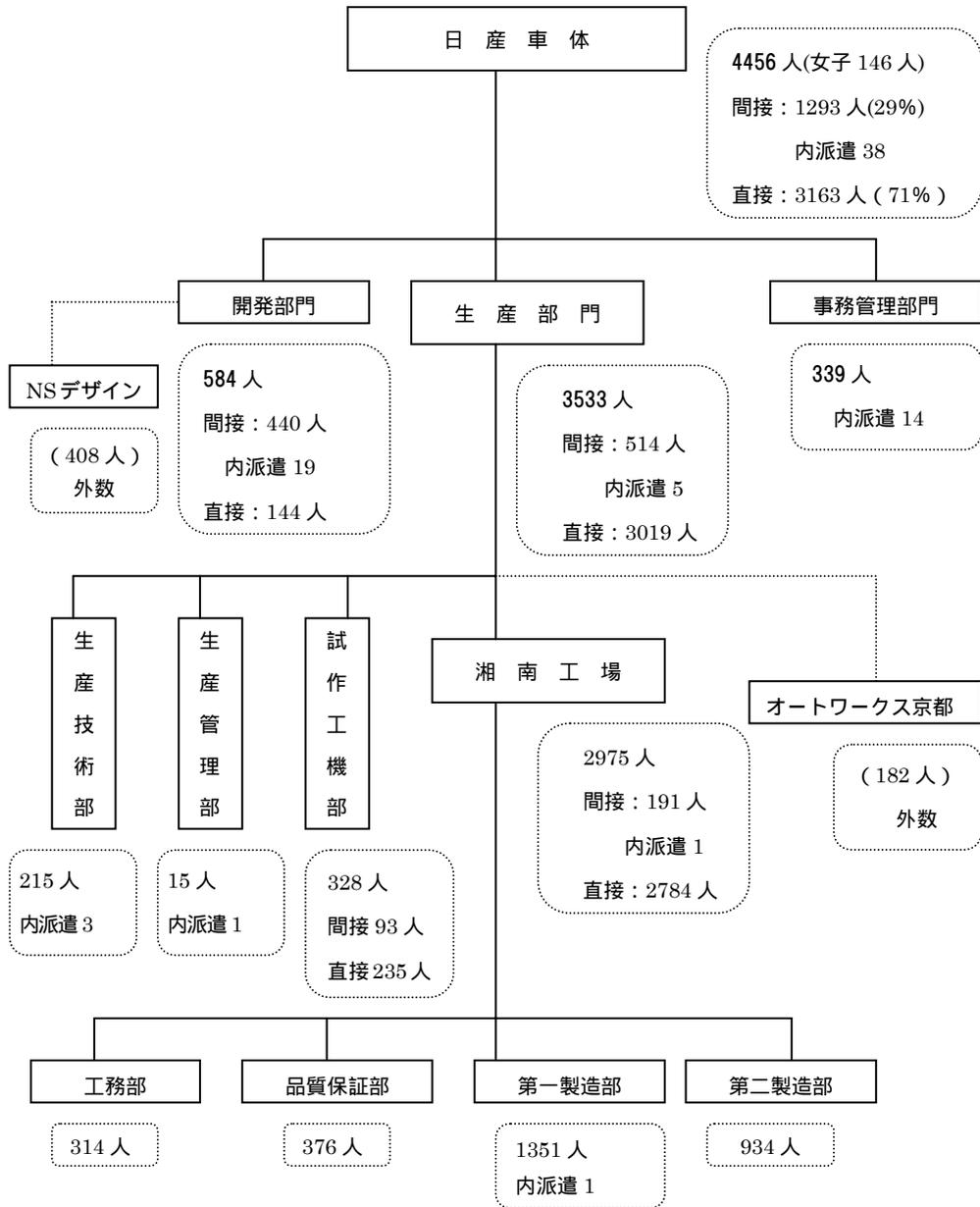
日産車体の概要

1 経営概要（売上と製品構成）

日産車体は、日産自動車の出資比率が42.6%の関連会社で、資本金79億400万円、売上高は4,629億円（01年度）である。生産規模は約31万台（01年度：マイクロバス含む）で、生産指定車種が12車種（02年度からは13車種に）である。

主要製品は、乗用車（セドリックセダン、クー、エルグランド、サファリ、リパティ、アベニール、ウイングロード、FX45）、商用車（キャラバン、エキスパート、ADバン、ダットサン）、マイクロバス（シビリアン、分社化されたオートワークス京都で生産）、自動車部品等である。売上高比率は、01年度で、乗用車61%、商用車30%、小型バス3%、部品・その他6%の比率となっている。セドリック（91年型）、クー（93年型）など古い年式のものから、FX45（03年より北米に輸出されるSUV車）のような新型車、さらにセダンから大型RV（Recreational Vehicle：多目的車）まで、まさに多車種を生産している。日産自動車との国内生産における生産分担をみると、生産車種では（03年1月現在）、38車種のうち13車種（約34%）、生産台数（01年度実績）では、123万台のうち30.5万台（約25%）である。輸出比率は30～37%で、中近東などを中心に139国に輸出している（日産車体資料による）。

図表 1 組織と従業員数 (2002 年 4 月)



出所) 日産車体資料より作成。

注) 他企業からの応援, 期間従業員, アルバイト, 請負: 1170 人は除く

2 開発・生産体制

日産車体は、販売を除く、個別商品企画、開発、調達、生産、品質保証機能など、商品を軸とした一貫機能を有しており、組織と人員は、図表1のとおりである。

商品企画から、開発、技術、生産、品質保証までを一貫して行うために、神奈川県湘南地区に「湘南工場」と「開発部門」の2つの拠点がある。「湘南工場」⁵⁾には、隣接または少し離れて5地区（1, 2, 4地区は車両生産, 3地区は物流センター, 5地区はプレス工場）とテクノセンター（試作工場, 工機工場）があり、本社オフィスと、プレス、車体組立、塗装、車両組立など8つの工場および検査棟からなる生産部門、計算センターなどを有する日産車体の最大拠点となっている。「開発部門」では、(NS デザインという別会社も含めて)市場調査、商品企画の立案、デザイン設計、モデル製作、試作車製作まで開発の全てを担当している。開発から生産のより一層の一体化を目的として、先行開発車両の試作等を行う試作部門が生産部門に属している。先行開発の段階から生産要件を考慮した活動を展開しているのが日産車体の特徴である。その他、日産栃木工場内に実験部門の一部、東京銀座の日産本社に隣接してLCV事業部門の一部、日産追浜工場内に商品保証部門の一部がある。

3 中期経営計画（02～04年）とコア技術の強化

日産車体では、ステークホルダーからの高い信頼感、確かなコア技術に裏付けられた存在感という「ありがたい姿」を掲げて、「NS-130」という中期目標を設定している（NSというのは日産車体のこと、130というのは30万台を生産することによって、130億円の連結営業利益を得ること。この利益目標は、現在の水準（10～20億円）からみるとかなり高い目標である）。そして、02から04年にいたる3年間の中期的な重点活動項目として、「本当の意味のCS（顧客満足）に、また収益につながっているか」を指標に、商品力の強化、総合収益改善、コア技術力の強化が提起され、その実現のために、長年にわたって培われてきたフレキシブルな多車種混流生産技術、効率的な開発・生産準備体制の一層の発展が図られている。

いかなる需要変動にも対応できるように、ライン統合と工場間（地区間）補完体制、さらに一部の部品企業との補完体制が推進されるとともに、車体汎用ラインの開発、柔軟な車体技術と情報技術の統合による「パーチャル・ファクトリー（仮想工場）化」、さらに開発プロセスへの3D-CADの徹底した適用拡大が進められている。

5) 以下では、「湘南工場」と「 」をつける場合は、本社やテクノセンターも含めている。「 」をつけない場合は、1～5地区を示している。

日産車体における多車種混流生産の特徴

1 あらゆるタイプの車種の生産

日産車体における多車種混流生産は、単なる複数の混流生産を超えている。混流生産を見る場合、工程別にどのような車種が生産されているかを把握することが大切であるが、図表2は、工程別の生産分担を、図表3は、各車体組立ラインで生産されている車種を分類している。車体組立ラインは混流ラインが2本、単独ラインが1本の計3本⁶⁾。車両組立ラインは混流ライ

図表2 湘南工場・工程別生産分担(2002年)

工程	区分	1地区	2地区	4地区
車体組立 (車体)	混流ライン	ウイングロード ADバン アベニール エキスパート セドリック クルー FX45 (7車種)	エルグランド キャラバン リパティ サファリ (4車種)	
	単独ライン	ダットサントラック		
塗装	混流ライン	1地区生産車	2,4地区生産車 *アベニール *エキスパート	
車両組立	混流ライン	ウイングロード ADバン *アベニール *エキスパート セドリック クルー FX45 (5~7車種)	エルグランド キャラバン リパティ *アベニール *エキスパート (3~5車種)	
	単独ライン	ダットサントラック		サファリ

出所)日産車体資料より作成。

注)*印のアベニール、エキスパートは02年9月より塗装移行、2地区側で生産。1,2地区能力バランスで相互補完している(現時点03年2月では、2地区にて生産)。

6) ライン数は、96年まで8本であったものが(京都工場含む)、02年には3本となっている。京都工場の分社化に伴い、マイクロバスを除いて全て湘南工場に集約されている。京都工場からの車種移管に伴い、00年10月からアベニールとエキスパート、01年1月からウイングロードとADバンの生産開始によって湘南工場では生産が年、約8万台拡大したが、その分は1地区(あるいは2地区)のラインに集約されている。

図表 3 湘南工場・車体組立ライン生産車種（2002年）

クラス	カテゴリー	生産車種	発売時期	1地区	2地区
Lクラス 以上	* (RV)	FX45	03/1		
	CV	キャラバン	01/4		
	RV	エルグランド	02/5		
		サファリ	97/9		
	PV	セドリック	91/6		
		クルー	93/6		
Mクラス	RV	リパティ	98/11		
		アベニール	98/7		
	CV	エクスパート	99/5		
Sクラス	RV	ウイングロード	99/4		
	CV	ADバン	99/4		

出所) 日産車体資料より作成。

注) 印が生産されているライン。

PV(Passenger Vehicle : 乗用車), RV(Recreational Vehicle : 多目的車), CV(Commercial Vehicle : 商用車),

* FX45はSUV(Sport Utility Vehicle)の区分でRVより派生した新ジャンル。

ンが2本, 単独ラインが2本の計4本である。

1, 2地区の主要な2ラインでは, 車体, 車両ラインとも多くの車種(最大1ラインで7車種)と多様な車が, 同じラインで生産されていることが明らかである。1地区では, L, M, Sクラスの乗用車, RV, 商用車が, 2地区ではLクラス以上の商用車, 乗用車, MクラスのRV, 商用車が, 同一ラインで生産されている。1地区車体ラインでは, 高さ1.8m(メートル), 幅1.8m, 長さ5m, 2地区ラインでは, 高さ2.1m, 幅1.9m, 長さ5mまでの車の生産が可能であり, 両ライン合わせると, 商用車, 乗用車, RV, また, どのようなタイプの車体構造をもった車でも生産することができ, 技術的には, 日産全車種の生産をすることができるようになっている。

2 多車種中小量混流生産と需要(量的)変動への対応

図表4は, 車両組立ラインの車種別生産台数を示している。1車種では, 月産, 数百台から5,000台程度の車を混流させて, 1ラインあたり1~1.5万台の量産規模にしている状況が良くわかる。さらに, 生産の平準化によって調整はされているが, 需要の変動により, 総量および車種毎の月々の生産量はかなり変化している。別の日産車体資料によると, 2地区の車体組立ラインでは(エルグランド, キャラバン, リパティ, サファリの4車種を生産), 97年3月~98年3月の1年間でみると, まず総量については, 9時間(1直)当たり最大330台(9月), 最小223台(12月)と1.5倍の変動があり, 車種別では, 例えば, エルグランドの最大生産量は1直当

図表 4 湘南工場・車種別生産台数（車両組立ライン分・実績と予定）（単位：台/月）

生産車種	03/1	03/2	03/3月
ウイングロード	4283	5155	4974
ADバン	2870	3018	4139
アベニール			
エキスパート			
セドリック	421	524	448
クルー	278	417	321
FX45	4492	4682	4165
1地区車両組立ライン 計	12344	13796	14047
ダットサントラック（1地区）	4593	4787	4700
エルブランド	2455	4081	4820
キャラバン	2899	3677	3431
リパティ	2246	3212	2856
アベニール	259	343	391
エキスパート	319	459	581
2地区車両組立ライン 計	8168	11772	12079
サファリ（4地区）	2556	2859	2853
総計（ + + + ）	27661	33214	33679

出所）日産車体資料より作成。

たり 168 台（9月）、最小 47 台（5月）で 3.6 倍の変動があった。図表 4 からみても、この状況は今日でもあまり変わっていない。この需要変動にたいしては、勤務体制面での対応（時間外労働時間、期間従業員の調整など）はあるが、設備などへの追加投資と準備期間なしに円滑な対応ができています。

3 新型車用ラインの現行車での立ち上げ

多くの車種数、量の変動に対応できるだけでなく、湘南工場のラインは、同一ラインでの新車の立ち上げという点でも「汎用性」を発揮している。97 年から今日までの間に、1 地区ラインでは、3 車種、2 地区ラインでは、5 車種のフルモデルチェンジが実施されている（図表 3 の各車の立ち上げ時期参照）。

通常は新設備の更新は、新車の立ち上げに合わせて実施されるが、日産車体では、次に考察する IBS ライン（車体の汎用化ライン）の特性を活かして（IBS ラインでの設備対応は、基本的に NC ロケータといわれる位置決め治具とロボットのプログラム追加、および搬送系で専用の受け部分の追加だけであり、設備自体の大きな変更は必要ない）、既存の車で新設の汎用設備を一旦立ち上げ、初期不

具合を対策した後に新車を投入して行くという方法がとられている。まず、新旧の車に対応できる設備が入れられ、そこで現行車によって、設備の状況が点検される。新型車は工場試作時（5ヶ月前位）からライン生産されるため、現行車と並行生産の後に立上げとなる。この「汎用ラインの現行車での立上げ」の目的は、初期故障の早期発見と対策、次期車へのノウハウの蓄積、投資回収の早期化（フル生産への迅速な移行）である。通常のラインでは、新ライン設置後6ヶ月で立上げ、フル生産までは1~2年かかることが多いが、日産車体では、実際に、故障による停止時間も少なく、20日ぐらいでフル生産に入っている。

多車種混流生産のための技術と管理

以上の多車種混流生産を実現するためには、製造技術、生産管理、作業への指示といった点で多くの取り組みを必要とする。図表5は、その概要を示している。

製造技術面では、IBS化によって柔軟なラインづくりがすすめられ、また、多車種混流生産に伴う諸問題（工数のアンバランス、スペース、順序）などを克服するための諸方策が展開されている。

図表5 多車種混流生産を実現するための取り組み

		取 組 項 目	車体 組立	車両 組立	状 況
技 術	汎 用 化	IBS化			1地区、2地区採用
		サブ工程の汎用化			エンジン・コンパートメント、FR/RRフロア工程 B/SIDE INR/OTR工程
管	シ ン ク ロ 化	シンクロ納入			車体：28%（722/2630部品） 車両：4%（795/21479部品）
		社内ピッキング			車体：33%（854/2630部品） 車両：30%（6395/21479部品）
		社内サブ・モジュール供給			車両：12%（2624/21479部品）
		モジュール化 （同一部品・同一工程取付）			エルブランド：6部品 FX45：8部品
理	平 準 化	定タクト編成化			組み付け工数の平準化推進
		ロット生産			少量生産車の最適ロット生産のトライ
		仕様指示システム			適用部品点数 30405点 （オートワークス京都含む）

出所）日産車体資料より作成。

注）シンクロ納入とは、生産着工順に近隣協力会社にて、サブアッシー、または荷揃えして日産車体に納入し、ラインサイドに供給すること（メーカー社内アッシー含む）。

社内ピッキングとは、生産着工順に社内で部品を並べてラインサイドに供給すること。

社内サブ・モジュール供給とは、生産着工順に社内でサブアッシーして、ラインサイドに供給すること

総計（ + + ）は、車体組立で 1576/2630 = 59.9%、車両組立で 9814/21479 = 45.7%である。

1 IBSの特色と3D-CADとの統合

IBS⁷⁾は、専用治具による位置決め、専用装置による搬送と異なり、NC制御のサーボモーターを使用し、従来、固定であったワーク位置決め治具をロボット化するなど、汎用性を高めたもので、NCロケータによる位置決め、サーボモーター(またロボット)による搬送などに大きな特色がある。当初のIBSは、車体工程のボディメインの位置決め工程用設備としてスタートしたが、現在、IBSは単なるボディメインの位置決め工程用設備だけではなく、ボディサイド、フロア周りの溶接工程設備にも拡大している。ボディメインの位置決め工程用設備は、次世代IBSを開発済みであり、従来のIBSと比較して、NCロケータの数を減らすとともに治具構成を簡素化し、弱点であった安全性が大幅に向上している。今後の課題としては、車体サブ部品の溶接工程までこれらの技術を使って、汎用性を高めた設備にしていくことである。すでに、一部サブ工程には次世代IBSが採用されている。日産車体は、このIBSを自社の工機部門で設計製作しており、1,2地区の車体ラインで展開している。湘南工場全体でNCロケータ数は1000台を超えている。

このIBSの展開によって、すでにみたように多車種混流生産、需要変動への対応、迅速な新車立上げ(同時に新車車体設備の大幅な低減)が実現されたが、それ以外にも、溶接作業の自動化、溶接ロボットとパソコンをつないでの溶接条件(ヒート率、電流値差異など)の集中管理などもすすめられ、品質向上に貢献している。さらに重要な点は、オフライン・ティーチング等のためのCADソフトの利用である。

車体溶接設備は、ワーク搬送装置、位置決め治具、溶接ロボット等の構成要素が予め定められた順序(シーケンス)に従って動作する。その1サイクルの動作の中で起こる干渉を検出し、対策しておくこと、そしてロボットも含めた設備全体のプログラムを精度よく設定しておくことは、設備準備上、重要な問題である。IBSは、基本的には、NCロケータとロボットのプログラム変更によって、多車種混流生産に対応が可能であるが、例えばRV-CV系車は、車種当たり、2000以上のプログラムが必要であり、実機ではなくCADデータを利用しコンピュータ上でティーチングする、オフライン・ティーチングが不可欠となっている。日産車体は、このた

7) IBSは、日産自動車において83年に構想され、要素技術開発、試作を経て、88年に栃木工場に1号機が設置された。91年には、大河内賞を受賞している。現在も日産車体も含めて日産の国内外の工場において展開されているが、安全性の課題もあり、国内工場をメインに設置されている。NNA(北米)スマーナ、韓国のRSM(ルノー・サムソン自動車)、外販としてナビスター(北米トラック会社)に設置されている。

当初のIBSは改良を加えられて、日産自動車では、次世代IBSを含んだNSL(Nissan Standard Line)として展開されている。02年での英国日産工場(NMUK)のマイクラ(日本名マーチ)の車体ラインより、このNSLのグローバル設置を開始しており、今後は国内工場は元より、各生産拠点の新車展開に合わせて、NSLのグローバル展開がなされていく予定である。

めに、「RBOCAD」（ロボキャド）、「DYNAMO」（ダイナモ）、「eM-PLANT」などの CAPE⁸⁾（Computer-Aided Production Engineering：プロダクション・エンジニアリング支援システム）ツールを利用している。

ROBCAD によって、次の点が可能になっている。生産技術業務の標準化の促進、標準的な製造部品の再利用、ロボット、生産設備、および作業者モデルの 3 次元化、マニファクチャリング・セル（作業現場）のシミュレーション、およびロボットと人間作業の検証による、ロボット配置の最適化、ロボットや他の専用機械の教示プログラムのオフラインでの作成である。DYNAMO は、製品パッケージングと組立工程計画、および解体・整備方法の検討を行うためのデジタル・モックアップツールである。DYNAMO は、自動的に、製品とその部品を 3 次元ソリッド（体積を持っているモデル）で表示し、コンピュータの画面上で組立性、および分解性のための最適な方法を分析することができる。DYNAMO による検討結果は、設計者にフィードバックされ、組立やすい設計（DFA：Design for Assembly）を促進し、またサービス技術者にアニメーションで組立方法、解体方法を教えることを可能にしている。eM-PLANT は、生産システムと工程の設計、シミュレーション、ビジュアライゼーション、最適化（ボトルネックを分析して、生産量やバッファサイズを最適化）を行うことができる。

さらに、これらのソフトウェアは、主要な CAD システム（I - DEAS, CATIA など）とデータ変換することなく、シームレスにデータの共有化が実現されるために、データの重複管理とデータ交換にまつわる諸問題が解決されており、後で述べる 3D-CAD による開発プロセスの変革と密接に関連している。

2 生産の同期（シンクロ）化と平準化

混流ラインでは、車種により作業量が異なり、また部品点数が車種分だけ増加するため、工数のアンバランス、部品点数の増大によるスペースの狭小化、部品の誤着・欠品、誤取付など多くの困難を伴う。それらを克服し、車種と需要量についての市場の変化に対し、必要な製品を必要な時に完成させるために、生産の同期化と平準化をすすめる諸方策が展開されている。

8) CAPE は、生産技術エンジニアが製造システム、オペレーション、品質工程などを製品設計と関連して設計、解析、最適化するのを支援するソフトウェア群である。

CAPE は、独自の製造シミュレーション技術に基づき開発されており、コンピュータ利用率が低かった生産技術部門に、画期的なイノベーションを引き起こすとともに、上流の設計部門、また下流の製造部門にも大きな影響を及ぼしている。CAPE を使用することにより、生産技術エンジニアが、仮想生産機器のモデルを作成し、これらに対話的に仮想生産ラインに配置、操作して画面上で製造活動を行うことが可能になる。つまり、詳細設計を行う前に、製品設計者と生産技術エンジニアが、製品の組立と生産コストの予測を行い、最適な工程設計計画を立案し、実際の工場ラインを疑似制御できる。それにより、製品設計と製造エンジニアリング、製造部門間のより大規模な協同が行えるようになった。

1) 「順序」と「時間（タイミング）」の管理

まず、円滑な多車種混流生産を遂行するために、日々の受注情報を反映した順序確定計画が策定され、生産計画どおりの「順序」「時間（タイミング）」「量」で生産できるように、管理指標として、NPW（Nissan Production Way：日産生産方式）に基づく「順序遵守率」「時間遵守率」が強調されている。

NPW は、90 年代半ばに体系化され、その後、日産自動車の生産活動の指針として、日産グループも包括して、組織的、体系的に国内外で展開されている。NPW の主要な目的は、「同期生産」をモノづくりのあるべき姿として、徹底した「同期生産」を進めることで、「受注確定生産」により顧客満足を向上させること、そしてモノづくりの悪さ加減を顕在化させ、改善を重ねることにより、モノづくりの実力の向上を図ることである。活動としては 5 つの領域（「車両のメインラインの確定順序生産」「車両と内製部品・ユニットとの同期化」「部品メーカーとの同期化」「車両物流との同期化」「販売との同期化」）が設定されている。第 1 の「車両のメインラインの確定順序生産」が、その他領域の活動の前提条件であり、徹底的な生産順序、時間の遵守のために、「順序遵守率」と「時間遵守率」が設定され、それに基づく管理が展開されている。

「順序遵守率」(SSAR: Scheduled Sequence Achievement Ratio) とは、車両の投入順序計画(アクチャル・スケジュール)で設定された順序が、各工程終了時にどれだけ遵守されたかを率で表した値。「時間遵守率」(STAR: Scheduled Time Achievement Ratio) とは、アクチャル・スケジュールで計画された各工程の終了時の時刻に対し、±1 時間以内で通過した車両の率。両方とも、車両メインラインの同期生産の水準を測定する指標の 1 つである。順序と時間で同期生産を測る、この指標は、NPW 独特のものであるが、海外工場も含めてグローバルレベルで定期的に比較され、進捗度が確認されている。日産車体においても、1 回/月の取締役を入れた推進会議が開催され、同期生産の徹底が図られている。

2) 部品供給方式の改善

同期化、平準化のための部品供給方式として、図表 5 に示しているように、「シンクロ納入」「社内ピッキング」「モジュール化」が、そしてラインサイドのシューター、部品棚、ピッキング台車の改善が進められている⁹⁾。

9) 混流ラインでは、部品を直接投入した場合、ラインサイド面積(長さ)が生産能力以上に必要になるとともに、ライン作業員の部品取りの歩行が増加し、生産性が悪化する。そのために、部品供給に関しては、ライン作業員が回り込まないで部品が取れる状態にするために、日産車体では、「顔出し率」という独特の基準で管理されている。「顔出し」とは、組立ラインにおいてラインサイドの部品の取り出しがライン側に面しているという意味で、「顔出し率」は、総点数に対してライン側に面して配置されている部品点数で表している。「顔出し率」100%が目標である。

とくに、モジュール化は、車種による作業量のバラツキ吸収、メインラインの負荷軽減のために、作業の平準化（同一部品、同一工程取り付け）とライン短縮化を進めることをねらいとして、最近の新型車から大きく取り入れられている。例えば、新型のSUV車、FX45では、フロントエンド、インストルパネル、ルーフ（ヘッドライニング）、バックドア、ドアトリム、ドアレギュレーター、フロント・ストラット、リアアクスル&サスペンションの8部品（新型エルグランドは 以外の6部品）がモジュール化されている^{10）}。

また、作業者が取付部品を誤らないように、そして作業習熟期間の短縮のために、仕様指示システム（とくにランプ表示による部品選択指示システム）が全部品に適用され、月々の変動に対するメンテナンスは製造部署自身で実施されることもあって、定着し効果をあげている。

SE（同時開発）の新たな展開 3D-CAD化と開発プロセスの変革

1 3D-CADの特質

日本の自動車企業では、新車の企画から量産までのプロセスは、研究開発・設計、試作・実験、生産技術、製造の各部門の担当者が、最初の計画段階から同じ土俵（基盤）に立って、並列に協調して進み、開発の途中では互いに情報を交換しながら、同じ目標（リードタイムの短縮、生産設計、設備、型、部品コストの削減など）を目指して最終製品を仕上げる方式をとっており、それが、開発期間の短縮、品質向上、原価低減ひいては競争力の強化につながり、外国企業にも大きな影響を与えてきた。このSE活動では、これまで情報技術の利用の不均等性がみられたが、今日では、情報技術のハード、ソフト面での発展も伴って（大容量化、高速処理、3D-CAD化、従来大型ホストコンピューターで稼動する内製ソフトウェア中心の形態から、ワークステーション等で稼動する市販ソフトウェアを活用する形態へ）、情報技術を基礎にした開発プロセスの統合化がすすみ、新たな展開をみせている^{11）}。

10) モジュール化は、工程削減、部品点数の減少によって、混流生産、平準化を安定させ、効率を高めることだけでなく、開発・生産リードタイムの短縮、コスト削減、品質向上、作業者の負担軽減（作業性の向上）、また構成部品の仕様統合化、一体成型等による部品点数、重量の削減といった点からも展開されている。このモジュール化は、共同開発による相乗効果をねらって、部品企業（カルソニックカンセイなど）と共同ですすめられているが、主要モジュールに関しては開発から生産まで自動車メーカーが品質保証に責任を持ち、原価管理を含めルールを決めるか、部品企業に任せるにしても、責任と管理については細かく取決めして行く必要があると考えられている。

11) この点については、5～6年前の状況をマツダのMDI（マツダ・デジタル・イノベーション）を事例に考察し、情報技術の活用と部門間連携の日本的な特質について、私は次のように述べたことがある。

「・・・フォード社では、部品企業も含めて、3次元データでの情報ネットワーク化など、情報技術の活用はすすんでいる。しかし、短期間で、いかに高品質で安くつくるか（生産技術力）という点では、日本の方がすぐれている。これまでの、型設計などの技術力、部門間の連携の蓄積があるので、「デジタル化」への転換が、円滑に短期間に進めることができる。組織・マネジメントの変革がなく、生産技術の蓄（次頁に続く）

最近の高性能の3D-CADは、3次元立体としての映像化による視認性の良さに加えて、3次元の機能に関わる形状の定義や操作、自由曲面、集合演算、丸め変形操作などの基本的なモデリング機能を有し、またソリッド表現によって、材料密度からの質量計算、モデル同士の干渉チェック、応用解析(熱変形、圧力変形、動作)まで行いえる。さらに重要なことは、立体の内部構造まで含めた製品情報をデジタル情報として定義、流通できる点にある。これにより開発から生産に至るまで、一貫したデータで効率良く車両開発を進めることができ、これらのデータを解析、デジタル・モックアップ等、多くの業務で活用することが可能となる。また、端末は各人が占有するEW(エンジニアリング・ワークステーション)と呼ばれる小型コンピュータと、データを管理・共有するサーバーを適宜配置し、これらをネットワークで接続する分散環境となるため、最新の設計情報に必要な誰もが、いつでも、どこからでもアクセスできる。3D-CADを核として各部門がデータを共有し、設計エンジニアが機能、性能など基本仕様を満足するような製品の基本設計を行い、同時に生産技術エンジニアが工程、設備、型の構想設計を進行していくことで、機能と生産要件を両立させた製品をリアルタイムに設計していくことが可能になる。結果として、3D-CADは、製品設計上の(ツールとして)技術的な面のみならず、デザイン、設計、生産準備、製造間の組織的意思決定の仕組みにも重大な変化をもたらしている。

ツールと組織的な仕組み(部門間分業の変化)は開発プロセス変革の両輪であり、この両面について日産車体の活動を次に考察する。

2 3D-CAD化をメインツールとした全員参加による同時開発

1) 3D-CADの広範な利用

日産車体においては、従来のCADから3D-CADへの転換は、97年のウイングロード開発から、部分的に適用され、その後フルモデルチェンジ車への全部位適用、マイナーチェンジ車の変更部位(エンジンルームなど)適用によって、現在では設計部門の3D-CAD化率はほぼ100%となっている(旧型車対応用として、一部CADを残している)。

基本となる設計CADには、米国EDS社の市販CADシステムであるI-DEASに、日産既存

積の少ないところで情報技術を導入しても、その効果は少ない。組織・マネジメントの革新とともに、熟練技術者・技能者が保有している、未整理の知識・技能を抽出、体系化・システム化し、それによって、共有化される知識に支援されて、いっそう創造的な(付加価値の高い)活動に取り組む方向が、追求されるべきであろう。以上の点は、情報技術の展開と経営環境、生産技術力の関連をみるうえで銘記すべき点である。」(今田治『現代自動車企業の技術・管理・労働』税務経理協会、1998年、167~168ページ)

その後の情報技術の進歩(とくに3D-CADとネットワーク化)はめざましく、自動車企業での活用も質量ともに飛躍的に拡大しており、本稿では、上に述べた視点から、その実態の一部を明らかにしている。

なお、MDIのその後の展開については、次の文献を参照。岡田吉誼ほか「MDIシステムの紹介」『自動車技術』Vol.56, No.6, 2002年

システムとの直接データ変換機能や設計検討補助機能を組込んだ DIPRO MASTER（日産デジタルプロセス社製）が適用され、各部門、ユニット会社（パワートレイン設計）、サプライヤー（部品設計）とネットワーク化されている。この 3D-CAD は、すでに述べたように、立体としての部品形状の作成・変更・検討、解析による強度・剛性の確認、これらを組合せたアセンブリを作成、検討部位毎に動きを含めた干渉検討を行う機能を持つ。さらに、形状作成等の機能に加え、部品形状やアセンブリに、3次元の状態です法、公差、注記、仕上げ記号といった、従来、図面に記載していた様な情報を付加・表示・出力することができる¹²⁾。ただ、全ての部門のニーズをカバーすることは不可能であり（専用ソフトの方が使いやすい）、関連部門では、I-DEAS DIPRO MASTER を基礎にして、各部門での最適 CAD（デザインでは ALIAS、生産技術では ROBCAD など、工機では CADCEUS）、さらに性能・成形シミュレーションのために CAE（Computer Aided Engineering：コンピュータ支援による性能解析）ソフトが使われている。これらのデータは、データ交換により一元化されている。

3D-CAD の具体的な利用状況を、新型エルブランド（02年5月発売）開発時にみると（図表6参照）、デザインから帳票類への活用まで幅広い範囲、内容で利用されているのがよくわかる。

図表6 3D-CAD の具体的な利用状況（新型エルブランド開発時）

項目	事例
デザインデータの 3D 化	<ul style="list-style-type: none"> ・デザイン 3D-CAD による 1/4 スケールモデルの廃止 ・3D データでの設計への提示
全部位（部品）における設計データの 3D 化	<ul style="list-style-type: none"> ・データ作成部署との協業 ・サプライヤーとの 3D-CAD による共同開発 ・大物からボルト・ナットに至る全部品の 3D データ化 ・3D データによる D.R（Design Review：設計審査）の充実
3D データ活用による CAE 解析	<ul style="list-style-type: none"> ・早期モデル作成による性能検討（空調流れ解析、衝突解析、振動・乗り心地解析など）
3D データ活用による性能予測	<ul style="list-style-type: none"> ・3D 人間ソフトによる人間工学性能検討（シフトレバーの操作性など） ・保安防災、整備性の検討（エンジンルーム整備性など） ・部品干渉により生じる低級音の防止
生産準備への 3D データ活用	<ul style="list-style-type: none"> ・プレス・樹脂成形シミュレーションの拡大と精度向上 ・3D-CAD による型・治工具の設計 ・ライン設備の 3D 化による組立性・搬送性の検討 ・IBS（ロボット・治具）のオフライン・ティーチング
帳票類への 3D データ活用	<ul style="list-style-type: none"> ・生産ラインでの工程作業表への活用 ・各種販売促進用資料、カタログ等への活用

出所）日産車体資料より作成。

12) この点について、詳しくは次の文献を参照。

中島康雄「データ衝を支える CAD システム」『日産技法』第 47 号、2000 年 6 月

2) 部位別計画チーム活動とデータ試作

広範な 3D データの活用によって、開発の初期段階から、設計変更の少ない開発プロセスを構築し、低コストで高品質な製品開発を実現するために、日産車体では、組織的意思決定の仕組みとして、部位別計画チーム活動とデータ試作を展開している。

部位別計画チームは、車両開発主管の下にあって、各部署（商品企画、デザイン、設計、実験、技術、試作）代表による部門横断的な実行チームであり、コンカレント（同時）設計の基本組織である。部位単位でのレイアウト、構造成立性、生産要件などの保証、部署間、コンポーネント（構成部品）間の課題解決が、その職務である。基本的に車種別に各部位ごとに（「エンジンルーム」「ボディサイド・ドア」「フロア」「ダッシュ・インストルメント」）4 つのチームから構成されている。

チーム員は、商品企画、デザイン、設計、実験、生産技術、試作などの各部署から出ているが、レギュラーメンバーは、設計と生産技術である（その他の部署は必要に応じて出席）。通常は、チーム長 1 名（設計）、生産技術 1～2 名と各担当設計者で構成されている。担当設計者は、検討するテーマにもよるが、たとえばエンジンルームのレイアウト検討であれば、車体、エアコン、パイピング、サスペンションの各設計者が集まるといった具合で、チーム長まで含めて、全部で 5～10 名程度である。会議は、各部位別チームとも、毎週 1 回・半日程度の定例開催であるが、開発が佳境に入るピーク時には、課題が片付くように、週 2～3 回実施される場合がある。

データ試作とは、バーチャル・プロトタイプングとも呼ばれ、3D データによりバーチャルにモデルをつくり、それを関係部門が集まって検討し精緻化していくことであり、これまでの実車試作に準じた役割分担と実施体制がとられている。開発の各節目において 3D データを集結し、組立工程順に組立モデルを作成し、「ゼロルーム」などで検討される体制となっている（以上については、図表 7, 8 を参照）。計画段階では設計部門主体で、正規手配段階では生産準備部門主体で実施され、製造部、品質保証部も参画し、現場のノウハウをデータ化して織り込んでいくこともなされている。データ試作の中で、製造部の新車要員（現場の熟練者）と生産技術員と開発担当が一体になって不具合検出をしていき、検出した不具合の中でノウハウとなる項目についてデータベース化して、3D-CAD で検索、開発要件に反映できる仕組みも構築中である。

「ゼロルーム」とは、部位別チームの検討会、デザインレビュー（DR）、データ試作を行う部屋のことで、設計変更ゼロをめざすという点¹³⁾から名づけられた。この部屋には、高性能

13) 自動車開発におけるさまざまな活動の中で、その成否を決める最も大きな要因は、設計の良し悪しである。しばしば、開発コストの 5%程度しか使わない設計の企画構想段階で、製品コストの 85%を規定するといわれる。このことは設計の、とりわけその初期段階の活動や意思決定がいかに重要かを端的に物語っている。よい設計とは何か。一言でいえば、「その商品開発に求められている、さまざまなねらいや目的を満たす商品を、最も安くかつ合理的に製作するための指示が変更することなくできるということ」である（間瀬俊明『自動車開発のシミュレーション技術』自動車技術会編集「自動車技術シリーズ」3，朝（次頁に続く）

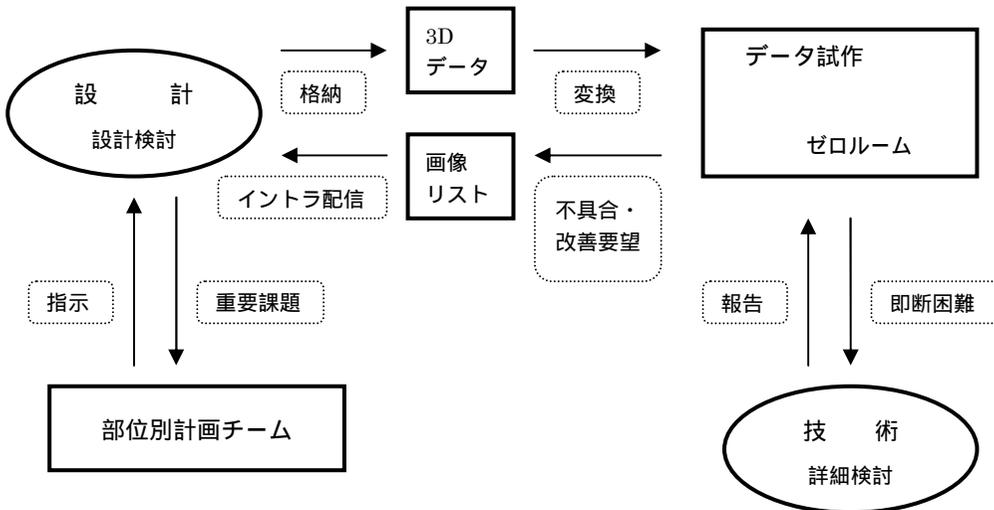
図表7 従来のプロセスとデータ試作プロセス

	設計計画	開発試作			正規手配	データ検証	工場試作	
従来のプロセス	部品設計 試作手配	部品集結	工順に基づき 試作車組立	課題検出 フィード バック	設計対策 正規手配		ラインでの 生産試作	
		実車試作					実車生試	
データ試作プロセス	部品設計 3Dデータ 作成	データ 集結	工順に基づき データ組立	課題検出 フィード バック	設計対策 正規手配 3Dデータ リリース	3Dデータに よる検証	ラインでの 生産試作	
		データ試作					データ生試	実車生試

出所) 日産車体資料より作成。

注) 生試 = 生産試作

図表8 データ試作の実施フロー（流れ）



出所) 日産車体資料より作成。

倉書店, 1997年, 2ページ)。逆に言えば, 開発の初期段階で下流工程の要件を十分に取り込むことができれば, 後工程で発生する設計変更を大幅に削減できる。

この点から, 日産車体では, 開発プロセス改革のキーワードとして「設計変更0(ゼロ)の世界の実現, 開発品質の革新的向上」があげられている。

な EWS(3D の大容量データをハンドリングするため)やプロジェクタ,100 インチ・スクリーン,パソコン(データ試作の場合は,課題をその場で打ち込み,リストを作成し,その日の内にイントラネットで社内関連部署がその内容を確認できるようにしている)等の機器が常設されている。

データ試作の実施目的は次の点である。実車試作およびインストルメントなどの実物大の模型(モックアップ)を廃止し,3D データによる代替確認,設計不具合,生産要件不具合の大幅低減,生産設備の事前確認,製造部のバーチャルな作業習熟訓練などである。そのために,部品取付構造,部品組付工順の整合性,組付作業性(作業スペース,作業姿勢,難易度など),工場ライン設備との整合性,原価低減効果,部品統合の可能性などが検討,確認されている。データ試作で明らかになってきた重要課題は,部位別計画チームで検討されている(図表 8 参照)。

3 3D-CAD を軸とした諸活動の成果と今後の課題

まず,開発プロセスにおいて,開発試作プロセス,さらに工場試作プロセスが廃止されたことである。97 年のエルブランド開発の時点では,モデル凍結から量産までの間に,正規手配以降,開発試作があり,そして 2 回の生産試作という開発試作を含む 3 サイクルプロセスであった。この段階では,試作のために,専用の型(試作型)を使って,それで確認をしながら開発・生産準備をすすめてきたが,費用と時間が多くかかっていた。98 年のアベニールの開発からは(アベニール(98 年),リパティ(98 年),ウイングロード(99 年),キャラバン(01 年)),開発試作は廃止され,それに代わる工場試作及び,2 回の生産試作の 3 サイクルプロセスとなった。さらに,02 年のエルブランドの開発では,工場試作も廃止されて,2 サイクルプロセスだけとなった。正規の型が試作型なしで製作され(一発製作,暫定型費 0),正規ラインでの一発流しがなされることとなり,開発費用の低減(約 30%減),開発期間の短縮につながっている。

設計変更通知件数は,97 年のエルブランド(現在の前の型)の開発を起点とすると,02 年の新型の開発では,71%減となっている(日産車体資料による)。

日産車体では,このような成果にたつて,設計変更 0(ゼロ)を究極の目標にして,開発品質¹⁴⁾を革新的に向上させ,開発期間の大幅短縮,開発費用の一層の削減を図っている。そのための課題として,技術面,組織面にわたる各項目で,図表 9 に示されているような点があげられている。

14) 開発品質とは,商品仕様や設計スペック,実験で確認する諸性能というような,いわゆる開発部門としての品質だけではなく,量産性を考慮した,生産設計,公差設計,工程設計,バラツキ精度を含めた工程能力など,生産準備部門としての品質までを含めたものである。

生産品質とは,上記のように開発・生産準備されていることを前提に,決められた定常作業により,達成されるべき量産品の品質のことである。

図表 9 開発プロセス変革のための課題

項 目	課 題
3D-CAD （ 3D-CAD ベンダー （ vendor ）との協業）	<ul style="list-style-type: none"> ・大容量データ対応能力とレスポンスの向上 ・操作の簡略化と自動化 ・異なる 3D-CAD 間のデータ交換精度 ・バージョンアップ・リリース前の品質確認の徹底 ・不具合の早期発見 ・サポートの充実
開発試作廃止プロセス （開発品質の向上）	<ul style="list-style-type: none"> ・基盤技術・先行開発の充実と評価精度向上 ・CAE 解析適用領域の拡大と実施時期の前倒し ・データによる性能評価，生産要件評価の精度向上 ・技術ノウハウなどの再整備とマネジメント
データ試作	<ul style="list-style-type: none"> ・サプライヤーのデータの早期充実 ・データによる評価・判断スキルの向上 ・部品バラツキ・組付バラツキの評価精度向上 ・剛性・柔らかものの評価 ・全車種バリエーション，オプション部品の確認
開発期間の短縮	<ul style="list-style-type: none"> ・設計品質の向上 ・型・部品製作の一層の期間短縮 ・高精度な工場試作車の短期配車 ・実験車評価期間の短縮 ・営業・宣伝・広報活動への 3D-CAD 活用の仕組みづくり ・コラボレーション（collaboration：共同）環境の構築

出所）日産車体資料より作成。

結 び

以上で，生産車種，開発・生産体制を踏まえて，日産車体における多車種混流生産の特徴，それを可能にする技術，管理の内容について，さらに 3D-CAD を技術的手段とする開発プロセスの変革について考察してきた。そこで明らかになったのは，次の点である。

日産車体においては，1 車種では，月産数百台から 5000 台程度の車を，1 ラインで最大 7 車種を混流させて生産する多車種混流中小量生産が行われている。商用車，乗用車，RV またどのようなタイプの車体構造をもった車でも生産することができ，需要の変動にも対応しうる汎用生産ラインとなっている。さらに，同一ラインでの新車の立上げという点でも「汎用性」を發揮している。

この多車種混流生産を実現するために，技術面では，車体ラインの IBS 化，サブ工程の汎用化が，管理面では，生産の同期化・平準化がすすめられ，「シンクロナ入」「社内ピッキング」「モジュール化」などが展開されている。

開発プロセスの変革に関しては，日産車体は，3D-CAD を広範に利用し，さらに，それを有

効に活用するための組織的意思決定の仕組みとして、部位別計画チーム活動とデータ試作を展開している。結果として、開発品質の向上、開発費用の削減、開発期間の短縮などで大きな成果がでている。

今日、グローバルレベルでの環境変化に迅速に対応し、商品を顧客の望む価格、品質、タイミングで供給する責任を果たし、企業利益も十分得るために、開発、生産リードタイムの短縮、柔軟性の確保という点で、日本の自動車企業は、これまでに比べ飛躍的に高い目標をかかげて、諸方策を実践しつつある。デザインから出荷までの期間(リードタイム)の大幅な短縮、新機種投入時、増産時などの設備投資の大幅な削減、世界のどの地域でも展開できる(多様な車種、大量生産から少量生産に対応し、日本からの応援なしでも立ち上げ、高品質で生産できる)生産ラインの構築などである。

結果、初期投資が小さく柔軟な生産ライン、ドア、インストルパネルモジュール化によるサブライン化、3D-CAD 利用による開発期間の短縮、世界同時立上げ・販売の強化(「母工場制度」の見直し)といった点は、日本の自動車企業にとって「グローバルスタンダード」となってきた。少量から大量生産まで対応でき、投資とスペースの大幅削減を実現したトヨタの「グローバルニューボデーライン」、ホンダの多車種混流生産ラインなどである。日産でも、NSL の海外展開など、世界中どの工場でも高品質が確保でき、量の変動に柔軟に対応できる多車種混流生産が可能なラインづくりのための、技術開発に力が向けられている。日産車体の諸活動も、この点で先駆的な内容であり、企業利益への貢献、日産グループ内での横展開、グローバル化への関わりといった点を中心に、今後の活動に注目していきたい。

また、BIG3 やルノーなど欧州メーカーは、多くが 3D-CAD による設計に移行済みで、さらに、サプライヤーも巻き込み、ネットワークを結び、関連設計という基盤ができつつあるといわれている。モジュール化の日本的展開も視野にいれながら、本稿で一定明らかにした、設計、生産準備、製造の密接な連携、生産技術力の活用など日本の特質をさらに分析するために、3D-CAD に基づく生産システムの変革について、国際比較をすることも重要な課題であろう。

付記：本稿は、文部科学省科学研究費補助金(基盤研究C)、『世界最適調達の展開と自動車部品企業における経営・生産戦略』(課題番号 14530159、研究代表者：立命館大学経営学部教授、今田治)による研究成果の一部である。