

CIM と情報ネットワーク

——トヨタ自動車の事例を中心に——

伊 達 浩 憲

はじめに～問題の所在～

近年、少品種大量生産システムから多品種少量生産システムへの転換とともに、開発から量産立ち上げまでの期間や、受注から納入までのリードタイムをいかに短縮するかが、企業の競争力を決定的に左右する要因となってきた。このため、製造部門だけでなく、販売部門、研究・開発部門、経営管理部門も含めた企業活動全体を効率的に連結・統合し、付加価値の創造につながらないムダな時間を短縮していくことが、企業経営にとっての重要な課題となってきている。

従来、開発部門における CAD や CAM, 製造部門における FA などのような個別部門単位での自動化が進められてきたが、「自動化の孤島」という言葉に象徴されるように、部門相互の効率的な連結・統合は充分になされてこなかった。部門相互の連結・統合は、多分に「ヒューマンウェア・テクノロジー」(島田晴雄氏)と呼ばれるような労働のフレキシビリティに依存してきたように思われる⁽¹⁾。しかしこの「ヒューマンウェア・テクノロジー」は、島田氏が指摘しておられるように、「人的要素の問題点に対してきわめて敏感かつ脆弱な性格をもった技術」⁽²⁾である。実際、1980年代後半以降、わが国の製造業、とりわけ自動車産業においては、第1表に見られるように、労働力不足(いわゆる「3K労働ばなれ」)が顕在化してきており、これまでのように「ヒューマンウェア・テクノロジー」に依存し続けることはもはや困難になってきている⁽³⁾。「ヒューマンウェア・テクノロジー」の脆弱性を克服することは、わが国の製造業に課せられた大きな課題である。

第1表 自動車関連製造業の労働力需給 (%)

	現在不足している	今後不足する	今後とも不足しない	合計
研究開発職	84.0	12.3	3.7	100.0
技能工	79.3	18.3	2.4	100.0
不熟練工	68.4	22.8	8.9	100.0

(出所) 労働省職業安定局編『労働力不足時代への対応』(大蔵省印刷局, 1991年), 原資料は, 長銀総合研究所「特定分野の将来展望と労働面の課題に関するアンケート調査」(1990年8月)

(注) 適正な労働時間の下で従来並みの売上げを達成することとしたときの現在及び今後の職種別労働力需給を聞いたもの。

これらの課題に応えるべく, わが国の製造業において現在積極的に推進されているのが, CIM (Computer Integrated Manufacturing: コンピュータ統合生産) である(第1図, 第2図参照)。CIMの定義は様々になされているが⁽⁴⁾, 本稿では次のように定義する。すなわち――,

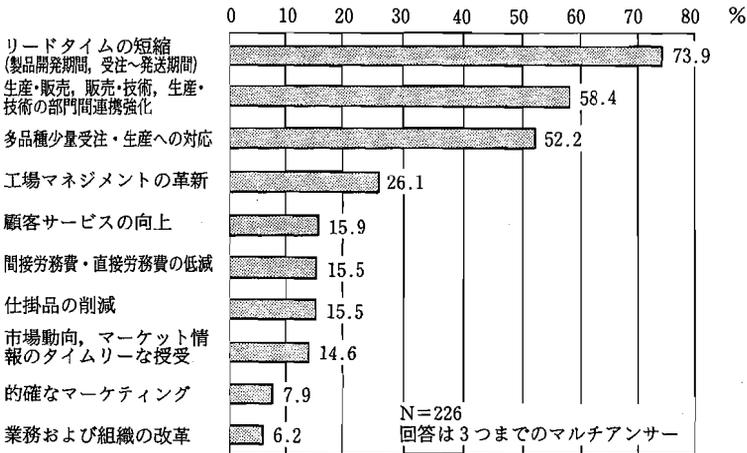
「CIMとは, 研究・開発, エンジニアリング, 部品・資材の購入, 製造, 物流, 販売などの諸機能を, 情報ネットワーク(コンピュータ・ネットワーク)によって有機的に連結・統合し, フレキシブルな生産と経営の効率化をめざすシステムである」⁽⁵⁾。

言い換えれば, 従来「ヒューマンウェア・テクノロジー」が担っていた連結機能を情報ネットワークによって支援・代替し, この情報ネットワークをインフラストラクチャーとして企業活動全体を効率的に連結・統合するシステムが, CIMなのである⁽⁶⁾。

もっとも, どの連結を特に重視してCIMを構築していくかは, 当該産業の歴史的条件, 市場条件, 技術的条件などによってかなり異なる。それゆえ, CIMの分析には綿密なケーススタディが必要である。

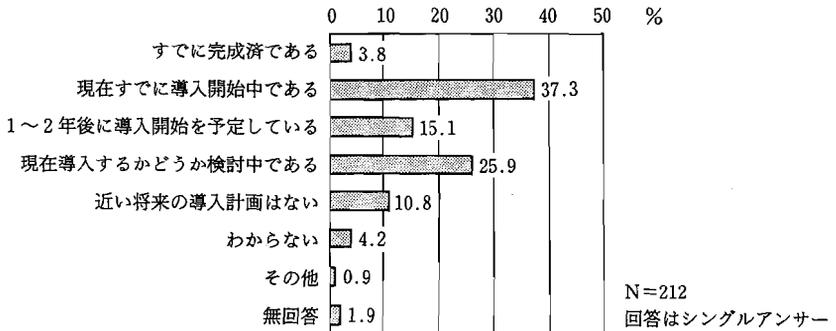
本稿は, トヨタ自動車株式会社(以下, 「トヨタ」と略記する)におけるCIM構築を考察対象とする。というのは, 周知のとおり, 従来, トヨタは, 生産現場レベルでの「ヒューマンウェア・テクノロジー」に依拠して, ジャストインタイム生産システムを確立・発展させてきたが, 同社においても, 最近, CIMの構築が積極的に進められているからである。本稿の課題は, トヨタにおけるCIM構築の現状を検討し, そこにおいて情報ネットワークがどのような役割を

第1図 CIM導入の目的（上位10項目）



(出所) 『JMAマネジメントニュース』(日本能率協会, 1990年12月号)

第2図 CIMの導入状況



(出所) 日本能率協会「第11回経営課題実態調査」(1989年11月)

果たしているのかを具体的に説明することである。

(注)

- (1) 「ヒューマンウェア・テクノロジー」については、島田晴雄『ヒューマンウェアの経済学』（岩波書店、1988年）第3章を参照。
- (2) 島田、同上書、p. 112.
- (3) 労働力不足の現状については、労働省職業安定局編『労働力不足時代への対応』（大蔵省印刷局、1991年）を参照。
- (4) 例えば、積極的に CIM の構築を推進している企業の一つである日立製作所は、「CIM とは、受注から製品納入あるいは、商品企画開発から生産に至る一連の企業活動をコントロールするすべての情報を有機的に結合させ、経営の効率化とフレキシブルな生産ができる統合システム」と定義している（油井兎朝『CIM—生販統合の実現—』、日本経済新聞社、1990年、p. 139）。なお、日立製作所の CIM にかんする本格的な研究として、徳永重良・杉本典之編『FA から CIM へ—日立の事例研究—』（同文館、1990年）がある。
- (5) CIM を地球規模で展開するのが、「グローバル CIM」であり、IBM のグローバル CIM が有名である。これについては、CIM 開発研究会編『CIM 戦略—IBM 藤沢工場の挑戦—』（工業調査会、1989年）を参照。
- (6) 産業組織論の見地からは、CIM の目的は「組織間・主体間の結合によってシナジー効果が創出される」という意味での「連結の経済性」にある、ということもできよう。この「連結の経済性」という概念については、宮澤健一『制度と情報の経済学』（有斐閣、1988年）、pp. 66-7 を参照。

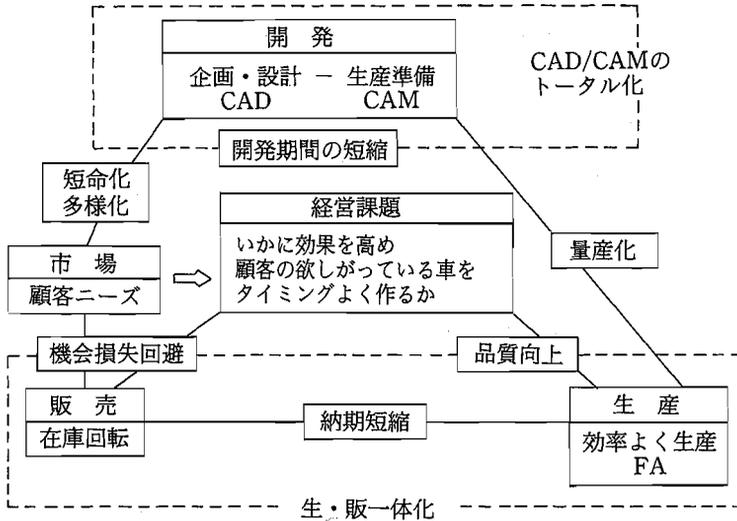
1. トヨタにおける CIM の全体像

本節では、トヨタにおける CIM の全体像について、概括的に述べておく。

(1) トヨタにおける CIM 構築の目的

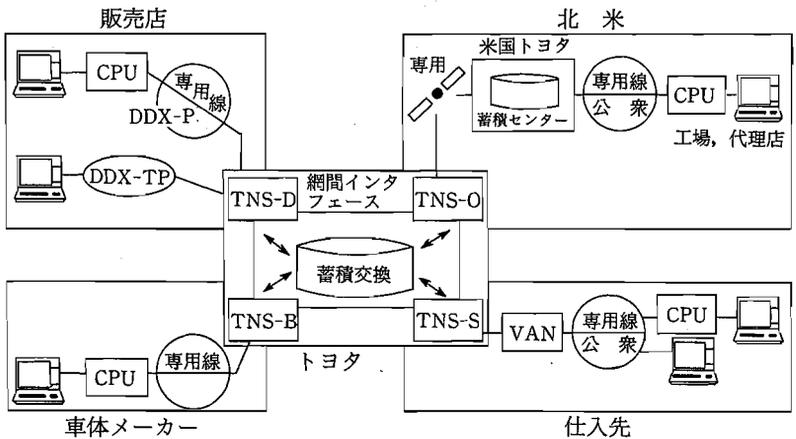
トヨタ自動車 FA システム部では、同社の CIM のイメージを第 1.1 図のように表現している。この図から、トヨタにおける CIM 構築には 2 つの目的があることがわかる⁽¹⁾。すなわち、一つは「生・販一体化」による「納期短縮」であり、もう一つは「CAD/CAM のトータル化」による「開発期間の短縮」である。これをやや詳しく示すならば、トヨタにおける CIM 構築は、以下の 4 つの

第1.1図 トヨタにおけるCIM



(出所) 黒須則明「自動車・車両生産におけるCIM」(『コンピュータロール』No. 36, コロナ社, 1991年), p. 8.

第1.2図 トヨタの情報ネットワークシステムの全体構成



(出所) トヨタ自動車社内資料, 『コンピュータ&ネットワークLAN』(オーム社, 1991年12月号), p. 105にも掲載

目的をもっていると言えよう。

第1に、生販統合である。すなわち、情報ネットワークによって、販売部門と製造部門との情報の共有化をはかり、受注から納車までのリードタイムを短縮し、完成品在庫を削減することである。

第2に、多品種小ロット生産に対応するために、情報ネットワークを利用した「調和的・自律分散」⁽²⁾型の生産システムを構築することである。

第3に、情報ネットワークやデータベースによって、部品・車体メーカーとの生産情報の共有化をはかり、受注から納車までのリードタイムを短縮し、中間在庫を削減することである。

第4に、CAD/CAM/CAEシステムによって、技術情報の共有化をはかり、車両開発作業と（金型製作などの）生産準備作業とを同時並行化し、企画から量産立ち上げまでの開発期間を短縮することである。

先の第1.1図にもとづけば、以上の第1～第3は、生販統合による納期短縮に該当し、第4は、CAD/CAMのトータル化による開発期間の短縮に該当すると言える。これら4点については、第2節以降で詳しく述べる。

(2) トヨタの情報ネットワークシステム

CIM構築にとって不可欠のインフラストラクチャーをなすのが、WAN (Wide Area Network: 広域ネットワーク) や LAN (Local Area Network: 企業内ネットワーク) などの情報ネットワークやデータベースである。トヨタは、1984年に、受注から納車までのリードタイム短縮、完成品在庫の削減などを目的に、「トヨタ情報ネットワークシステム (Toyota Network System: TNS)」を開発・導入した⁽³⁾。これは次のような4つのサブシステムから構成されている (第1.2図参照)。

① トヨタと国内のディーラーとを結ぶ「TNS-D (Dealers)」。これは、完成車両の受・発注情報、配車情報、ステータス情報 (納期や進捗状況) の通信などに利用されている。

② トヨタと車体メーカー8社とを結ぶ「TNS-B (Bodymakers)」。これは、一元化された部品表データベースにもとづいて、車体設計情報や生産情報の通信などに利用されている。

③ トヨタと部品メーカーとを結ぶ「TNS-S (Suppliers)」。これは、部品の納入情報 (納入種類、納入量および納入順序) の通信などに利用されている。

④ トヨタと海外生産・販売・研究開発拠点とを結ぶ「TNS-O (Overseas)」。これは、輸出車両や補給部品、現地生産車両の受・発注情報、配車情報、ステータス情報の通信や、現地工場による日本からの部品調達などに利用されている。

また、これらの他に、TNS とは別個に開発されてきたシステムがいくつかある。CIM 構築と密接にかかわるものだけをあげれば――、

⑤ 開発部門における CAD/CAM/CAE システム (「Cae LUM システム」)、

⑥ 製造部門における、情報ネットワークを利用した車両組立ライン生産指示システム (「新 ALC システム」)、

などがある。以上の6つのシステムが、先の(1)で見た4つの目的を実現するための手段となっているのである。次節以降でそれぞれについて詳しく述べていくことにする。

(注)

- (1) トヨタは、日立製作所のように「CIM 委員会」を設置しているわけではない。「トヨタの場合、『FA をやろう』『CIM をやろう』というように FA や CIM そのものを目指しているわけではなく、『受注-生産-納品(納車)までの生産活動におけるシステムの効率的運用・管理・制御を行なうこと』に『最新技術』を駆使して取り組んでおり、これが結果的には FA や CIM になっている」(黒須則明「自動車・車両生産における CIM」(『コンピュータロール』, No36, コロナ社, 1991年, p. 8)
- (2) 「調和的・自律分散」の概念については、黒須, 前掲論文, pp. 10-11, 油井, 前掲書, pp. 312-321 を参照。
- (3) トヨタの TNS 構築の背景については、中嶋敏文・各務正洋(トヨタ自動車 CIS 企画部通信技術室)「トヨタ自動車の企業活動を支える情報通信システム」(『コンピュータ&ネットワーク LAN』オーム社, 1991年11月号)を参照。なお、こうした情報ネットワークシステムの構築は、日産自動車や本田技研工業においても積極的に推進されている。これらについては、石井昌司「日本企業のグローバル情報通信ネットワークの構築と経営」(日本輸出入銀行『海外投資研究所報』1991年1月号, pp. 4-29), 『事務管理』(日刊工業新聞社, 1991年2月号, pp. 28-35), 寺本義也ほか『日本企業のグローバル・ネットワーク戦略』(東洋経済新報社, 1990年), 三枝行雄「ホンダのグローバル CIM」(『コンピュータロー

ル]、No. 36, コロナ社, 1991年, pp. 2-7)を参照。なお, 産業全体の動向については, 郵政省通信政策局編『ネットワーク型産業構造と経営革新』(大蔵省印刷局, 1990年)が詳しい。

2. 国内外の販売拠点との情報ネットワーク

トヨタは, 生販統合を指向した CIM 構築の一環として, 国内外の販売拠点との情報ネットワークを整備しつつある。本節では, この情報ネットワークを使用したオーダーエントリーシステムや顧客サービスについて検討する。

(1) 国内

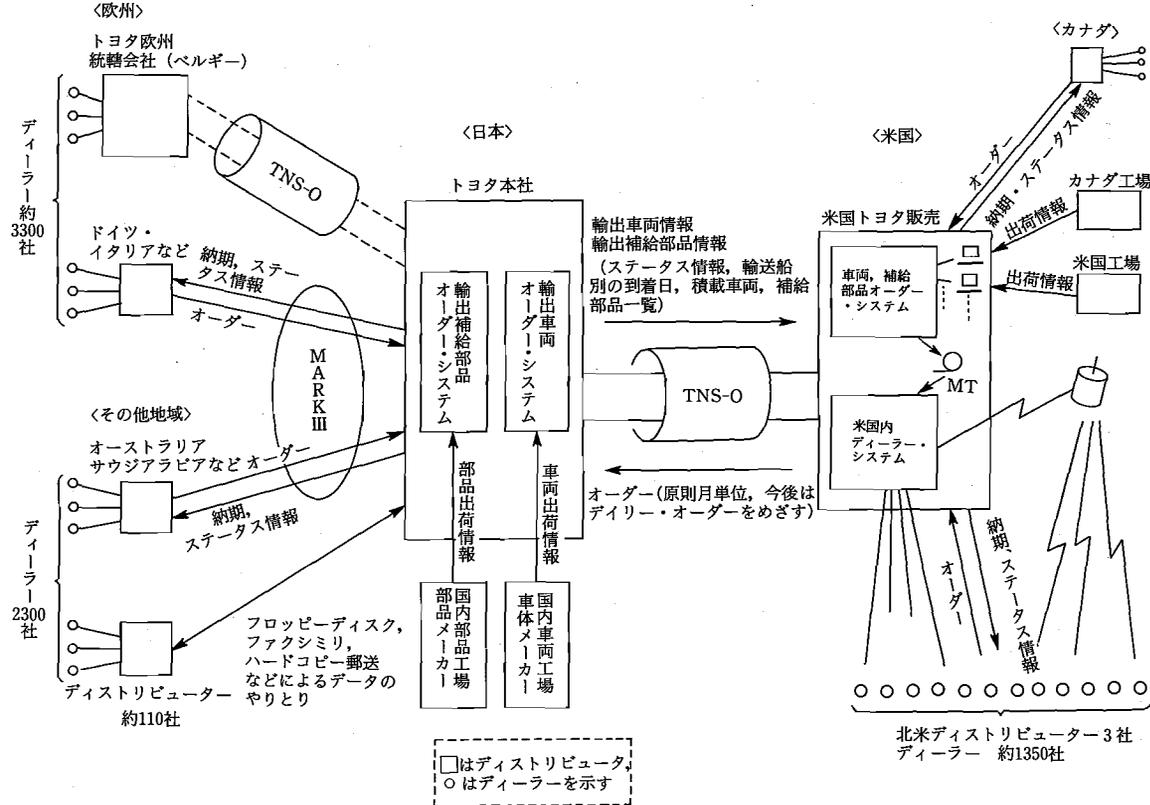
トヨタは1985年に, 受注から納車までのリードタイムの短縮や完成品在庫の削減などを目的として, 本社ホストコンピュータ, 名古屋販売本社のコンピュータとディーラーのコンピュータ(および端末機)との間を結ぶ情報ネットワーク「TNS-D (Dealers)」を構築した。1990年時点で約400店(CPU接続と端末機接続との合計)が接続されている⁽¹⁾。情報通信量の多い東京・名古屋・大阪地区間は, 基幹ネットワークである高速デジタル専用回線(日本高速通信)で接続され, 各地区におけるハブの役割を果たしている。その他の地域は NTT の VAN を使用して接続されている⁽²⁾。この TNS-D は, 完成車両の受・発注情報, 配車情報, ステータス情報の通信に利用されている。TNS-D によって, 全国のディーラーはオーダーを名古屋販売本社にリアルタイムで伝送することができるようになったのである。

こうした情報ネットワーク化の効果は以下のとおりである。すなわち, ①受注から納車までのリードタイムが短縮されたこと, ②日単位のオーダー変更が容易になり, バックオーダーが減少したこと, すなわち, 車種, 仕様, 発注量などの市場動向を正確に反映した生産計画を作成できるようになったこと, ③在庫の削減, ④各ディーラーの在庫状況を正確に把握でき, ディーラー間で車両の融通・振替を容易に行なえるようになったこと, ⑤納期回答などの顧客サービスの充実, などである⁽³⁾。

(2) 北米

次に, トヨタ本社と北米販売・生産拠点の間における, 輸出車両や補給部品および現地生産車両の受・発注情報の通信について検討しよう。

第2.1図 TNS-Oを利用したオーダーエントリーシステム



(出所) 『日経コミュニケーション』(日経BP社, 1991年1月21日号), p. 60.

第2.1図のように、トヨタは1988年、本社と米国販売拠点である米国トヨタとの間を、専用回線（海底光ケーブル）や専用衛星通信からなる「TNS-O (Overseas)」によって接続した。これによって、輸出車両や補給部品の受・発注情報、ステータス情報、輸送船別の到着日、搭載車両などの情報の通信がリアルタイムでできるようになったのである⁽⁴⁾。

また、米国内においても、米国トヨタと現地工場(TMMUやNUMMI⁽⁵⁾)との間がTNS-Oに接続され、さらには米国トヨタとディストリビューター3社、ディーラー約1350社（いずれも1990年時点）が、専用回線や専用衛星通信で接続された⁽⁶⁾。さらに、1989年には、TNS-Oによって、カナダトヨタと現地工場のTMMC⁽⁷⁾とが米国トヨタと接続された。これらによって、輸出車両や現地生産車両にかんする受注から納車までのリードタイムが短縮されたのである。さらに、従来、米国トヨタは補給部品の発注データを週単位でまとめて日本に送っていたため、補給部品の発注から納入までのリードタイムは、約50日かかっていた。しかし、TNS-Oによって、日単位で発注データを送れるようになり、このリードタイムは約30日に短縮されたのである⁽⁸⁾。米国トヨタから日本への補給部品の発注件数は1990年時点で1日あたり約1万件にも及ぶ⁽⁹⁾。

また、米国トヨタは、高級車レクサスの販売開始と同時に、情報ネットワークを利用した顧客サービスも展開している。同社は、1989年、ディーラーの顧客サービスをサポートすることを目的に、顧客の保有する車両の履歴情報をデータベース化し、同社のホストコンピュータとレクサス・チャンネルのディーラー約130社のオフコンとの間を、衛星通信を利用した情報ネットワーク「TDN (Toyota Dealers Network)」で接続した。その際、米国トヨタ側には、ハブ局機能をもつ直径6mのパラボラアンテナを約200万ドルかけて設置し、ディーラー側にはVSAT（超小型衛星通信地球局）のアンテナを設置した。米国トヨタのホストコンピュータには、顧客が保有する車両の仕様や過去の故障内容、修理状況などの整備記録がデータベース化され、各レクサス・ディーラーはTDNをつうじてこのデータを自由に引き出し、更新することもできる。こうして顧客は、どこのレクサス・ディーラーに行っても、購入店と同レベルのサービスを受けることができるようになったのである⁽¹⁰⁾。

以上の情報ネットワーク化によって、トヨタは、輸出車両や補給部品、現地生産車両の受・発注情報などを、北米生産・販売拠点とリアルタイムで共有化

し、受注から納車までのリードタイム短縮、在庫削減をはかっている。トヨタは、国内のみではなく、グローバルな規模での生販統合を展開しつつあるのである⁽¹¹⁾。

(注)

- (1) 中嶋敏文・各務正洋「グローバル化するトヨタ自動車の広域ネットワーク」(『コンピュータ&ネットワーク LAN』, オーム社, 1991年12月号), pp. 100-105.
- (2) DDX-P (Digital Data eXchange-Packet: 第1種パケット交換サービス), DDX-TP (Digital Data eXchange-Telephone: 第2種パケット交換サービス), DRESS/ITN (Dendenkousha Realtime Sales Management System/Inter Network) を利用している。
- (3) 門田安弘『新トヨタシステム』(講談社, 1991年), pp. 163-4, 同『トヨタの経営システム』(JMAN, 1991年), pp. 153-4 を参照。
- (4) また、トヨタは、1985年に、輸出車両の受注から船積までの情報を管理する「ATOMS システム」を開発・導入している。輸出車両にはバーコードが貼り付けられ、モノと情報とが一体化されている。このバーコードを読み取れば、ただちにオーダー登録番号、仕向地、車種、仕様、オプションなどがわかるようになっている。このバーコードは、仕向地到着後にディストリビューターが各ディーラーに配車する際にも役立っている、『日経コミュニケーションズ』(日経 BP 社, 1991年1月21日号, pp. 61-2)。
- (5) Toyota Motor Manufacturing USA Inc. (TMMU)は1986年に設立され、88年から生産を開始した。New United Moter Manufacturing Inc. (NUMMI)は GM との合弁で84年に設立され、同年生産を開始した(日産自動車株式会社編『自動車産業ハンドブック 1991年版』紀伊國屋書店, 1991年, p. 129)。
- (6) 『日経コミュニケーションズ』, 1991年1月21日号, p. 60.
- (7) Toyota Motor Manufacturing Canada Inc. (TMMC)は1986年に設立され、1988年に生産を開始した(日産自動車株式会社編, 前掲書, p. 130)。
- (8) 日経産業新聞編『SIS 最前線』(日本経済新聞社, 1990年), p. 163.
- (9) 『日経コミュニケーションズ』, 1991年1月21日号, p. 65.
- (10) 同上書, pp. 64-5.
- (11) 今後、米国から逆輸入される車両が増大するにつれて、TNS-O は、輸入車両にかんする情報の通信手段という新たな役割を担うようになるであろう。なお、第 2.1 図に見られるように、トヨタはヨーロッパの販

売・生産拠点との情報ネットワークを構築しつつあるが、紙数の都合上、割愛した。別稿で検討したい。

3. 調和的・自律分散型生産システムと情報ネットワーク

トヨタは、多品種小ロット生産化に対応するため、それまでの本社ホストコンピュータによる中央集中制御型の生産システムから、WANやLANなどの情報ネットワークを利用した「調和的・自律分散」型の生産システムへの転換を積極的に推進している。これは、トヨタにおけるCIM構築の一環として位置付けられている⁽¹⁾。そこで、本節では、この「調和的・自律分散」型の生産システムについて検討する。

トヨタは、すでに1966年に、車両組立ラインをコンピュータ制御する「ALC (Assembly Line Control) システム」を導入していた。このシステムの特徴は、第1に、本社ホストコンピュータが作業員にたいして中央集中的に生産指示を与える、という点である。比喩的に言うならば、オーケストラの指揮者が個々の演奏家の指の使い方まで指示するような生産システムだったのである⁽²⁾。第2の特徴は、自動機にたいする生産指示を含んでいなかったことである。

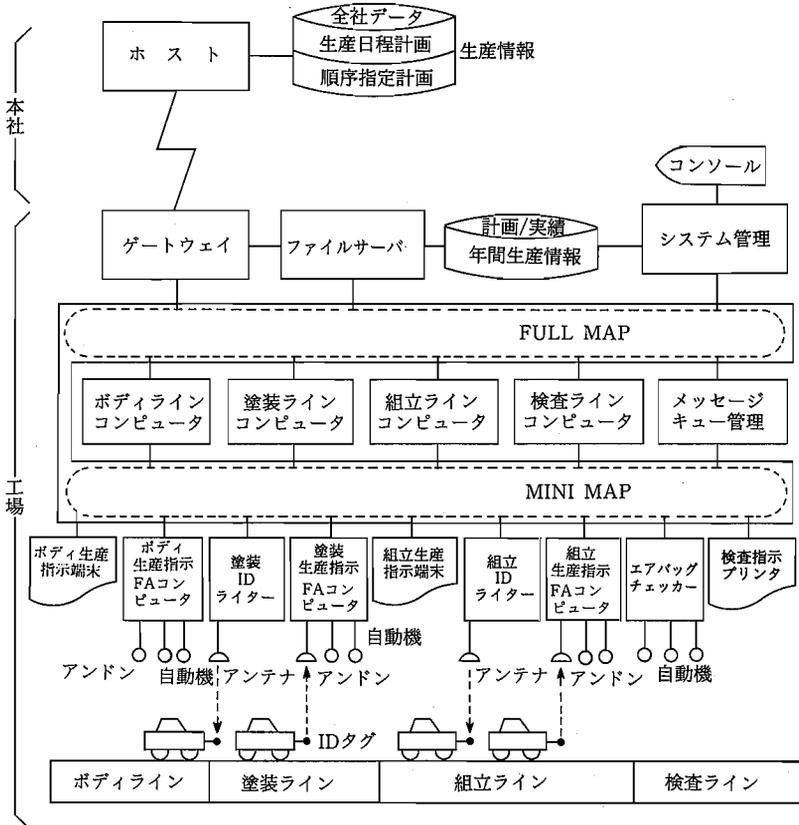
近年の多品種小ロット生産化にともなう、車種・仕様、部品点数が増大し、生産指示内容も複雑化してきたため、本社ホストコンピュータでは充分処理しきれなくなってきた。すなわち、本社ホストコンピュータの負荷が莫大になり、システムの変更・拡張もフレキシブルにできないという問題が生じてきていたのである。

そこで、トヨタは、1988年にプロジェクトチームを発足させ、情報ネットワークを利用した「調和的・自律分散」型の「新ALCシステム」の開発に着手した。そして翌年、田原工場にレクサスの生産ラインを構築する際、これを導入し、1990年以降、トヨタの全工場に普及させつつある⁽³⁾。なお、ここで言う「組立ライン」とは、広義の組立ライン、すなわちボディ・塗装・最終組立・検査を指す。

第3.1図は、新ALCシステムの全体像である。この図から看取しうる同システムの特徴は、次の3点である。

第1に、WAN (高速デジタル専用回線) とファイルサーバ (データベース機

第3.1図 トヨタの新ALCシステムの概要



(出所) トヨタ自動車社内資料

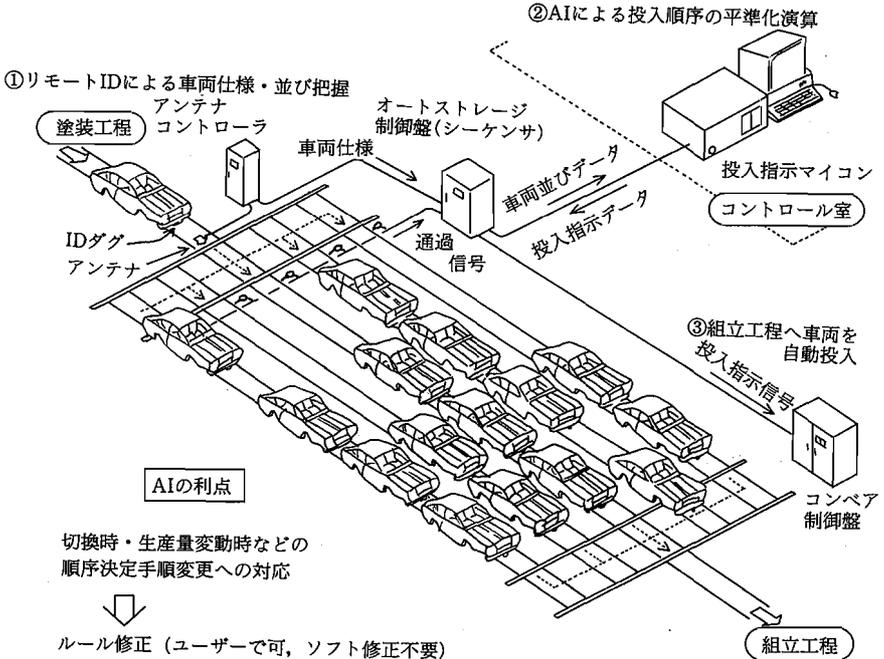
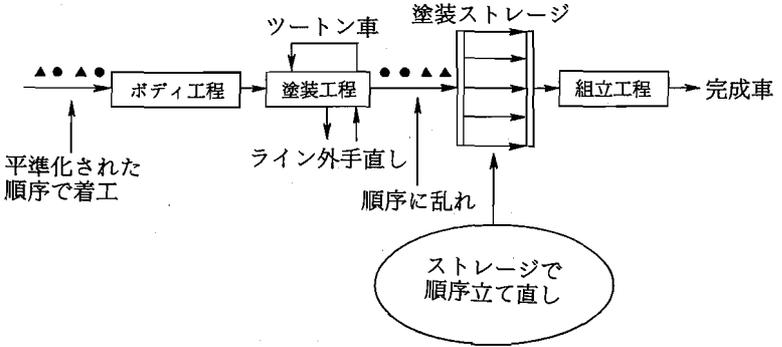
能をもつ)とによって、本社ホストコンピュータと工場ホストコンピュータとの「ゆるやかな結合」(トヨタ自動車FAシステム部)がつくりだされていることである。すなわち、ファイルサーバは、WANやLANおよびゲートウェイ(プロトコルの異なる情報ネットワーク間を接続する中継装置)をつうじて、いったん本社ホストコンピュータからの生産情報を蓄積すれば、その後は基本的には本社ホストコンピュータとの関係が切れ、工場を自力で管理・制御するのである。

第2に、モノ(車両)に情報(車種や仕様)を持たせることによって、作業員や自動機にたいする生産指示情報が、各ライン単位で自律分散的に制御されることである。

第3に、情報ネットワークによって各階層のコンピュータや関連機器が有機的に調和・統合されていることである。本社ホストコンピュータと工場ホストコンピュータとの通信には、WANが使用され、工場内のコンピュータや関連機器間の通信にはLANが使用されている。また、異機種種のコンピュータ・関連機器や自動機などを相互に接続するためにはプロトコル(通信規約)技術が必要であるが、工場内LANのプロトコルは、GM社が提唱・開発したFA系プロトコルであるMAP(Manufacturing Automation Protocol)が使用されている。このMAPによって、作業員にたいしてだけでなく、自動機にたいしても生産指示を与えることができるようになったのである。

まず、先の第3.1図を参照しながら、最終組立工程を例にとり、新ALCシステムの具体的な仕組みについて述べる。各ライン単位で自律分散的に制御するためにはモノ(車両)に情報(車種や仕様)を持たせる必要があるが、このための情報媒体がIDタグ(ICカード)である。各車両に付けられたIDタグがラインコンピュータにたいして車両情報をリクエストすると、ラインコンピュータはIDライターによってIDタグに車両情報を書き込む。こうしてモノと情報とが一体化する。これ以降は、生産指示用FAコンピュータが、前艙装・足回り・後艙装などの諸工程を自律分散的に制御する。車両が流れていくと、アンテナが、IDタグから発信された車両情報を受信し、それをコントローラに伝送する。コントローラは、車種、仕様、車両順序などの車両情報を把握し、上位の生産指示用FAコンピュータに伝送する。このFAコンピュータは、自動機にたいして、当該車両にかんする組み付け部品や作業を選択し指示する。以

第3.2図 AIを利用した平準化制御



(出所) 第1.1図と同じ, p. 15.

上のようにして、生産指示情報は、各ライン単位で自律分散的に制御されるのである。また、このIDタグによって、どの車両がどこを流れているかを追跡するトラッキングも容易になり、ディーラーからの納期照会に即座に回答できるようになったのである。

次に、第3.2図を参照しながら、塗装ストレージについて述べる。塗装工程では、車種・仕様によって塗装回数が異なるため当初の車両順序が乱れ、そのままでは組立工程での作業負荷にバラツキがでてしまい、生産の平準化ができなくなる。そのため、塗装工程と組立工程との間にある塗装ストレージにおいて、生産の平準化を考慮し車両順序を入れ替えて組立工程に流す必要があるのである。ここで注目すべきは、以下の2点である。第1に、最終組立工程と同様に、車両にIDタグが付けられ、モノと情報とが一体化されていることである。IDタグが発信する車両情報は、アンテナによって読み取られ、投入指示マイコンに伝送される。第2に、平準化制御にエキスパートシステムなどのAI (Artificial Intelligence: 人工知能) 技術が使用されていることである。従来は、熟練作業員が「4WDならば4台までは連続して流してよい」などの一定のルールを決め、投入指示していた。しかしこの方法では車種・仕様の増大や生産量の変動に充分対応できなかったため、エキスパートシステムが導入されたのである⁽⁴⁾。

以上のように、トヨタは、情報ネットワークを利用した「調和的・自律分散」型の生産システムによって、製品の多品種化とそれにとまなう生産の複雑化に対応しているのである。このシステムは、組立ラインの自動化率向上にも寄与するものと思われる。

(注)

- (1) 「調和的・自律分散」の概念については、黒須，前掲論文を参照。
- (2) 黒須，前掲論文，p. 11.
- (3) 門田，前掲『新トヨタシステム』，p. 194.
- (4) トヨタにおけるAIの利用については、門田，前掲書，pp. 441-8を参照。また、同社は、1985年頃まで、ソフトウェアで制御していたが、車種・仕様・生産量などが変化するたびにプログラムを変更しなければならなかったため、エキスパートシステムが採用されたのである。

4. 部品メーカーと情報ネットワーク

トヨタは、CIM構築の一環として、受注から納車までのリードタイムの短縮、中間在庫の削減を目的に、情報ネットワークによって部品メーカーとの生産情報の共有化をはかっている。本節ではこれについて検討する。

まず、トヨタ系列の部品メーカーの部品納入方式について概観しておく。第2節で述べたように、トヨタのホストコンピュータは、国内外のディーラーからのオーダーにもとづいて月次生産計画を作成し、この生産計画に「部品表システム」を適用して、「資材所要量計画」を作成する。この「資材所要量計画」のうち内製分を除いた残りが、「部品納入内示表」として、部品メーカーに通知される。日レベルでの部品納入方式は、部品を「必要な時に必要なだけ」納入する「後工程補充方式」と、トヨタ工場の組立ラインでの作業順序どおりに配列して納入する「順序引き納入方式」とがある。前者の納入指示には「外注カンバン」が使用される。部品メーカーはトヨタからの「外注カンバン」にもとづいて部品を納入し、これによって不足した量だけ生産するのである（第2次部品メーカーもこの「外注カンバン」によって連結されている）。「順序引き納入方式」の納入指示には「順序計画表」が使用される⁽¹⁾。

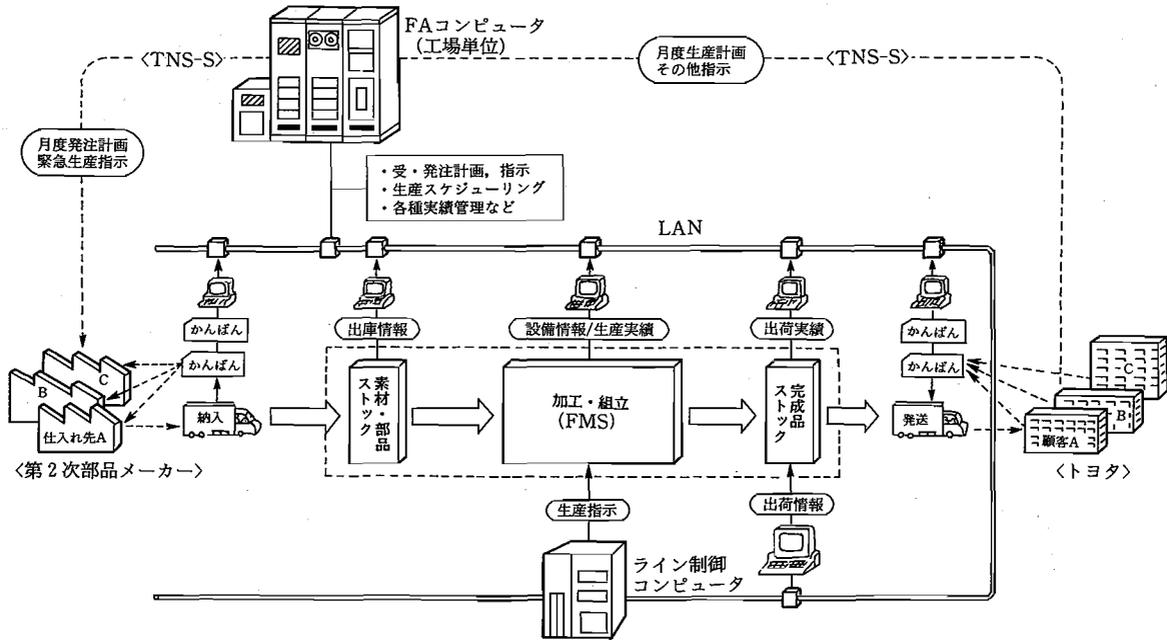
近年、これらの部品納入方式は以下のように変化してきている。

第1に、トヨタは1985年より、同社と部品メーカーとの間を「TNS-S(Suppliers)」と呼ばれるVANで接続している。1990年時点で、165社（CPU接続と端末接続との合計）の部品メーカーがTNS-Sに接続されている。従来「部品納入内示表」や「順序計画表」の通知には、磁気テープが使用されていたが、今日ではTNS-Sが利用されている。また、このVANによって、トヨタと部品メーカーとの間だけではなく、部品メーカー相互の情報通信も可能になったのである⁽²⁾。

第2に、「外注カンバン」にバーコードが付けられ、トヨタからの納入指示情報は、部品メーカーの「カンバンリーダー」で読み取られ、直接コンピュータに伝送されるようになったのである。これは部品取引のEDI(Electronic Data Interchange:電子データ交換)化である。

また、近年、製品の多品種化にともなって、部品メーカーにおいては、出荷

第4.1図 アイシン精機におけるCIM（一部）

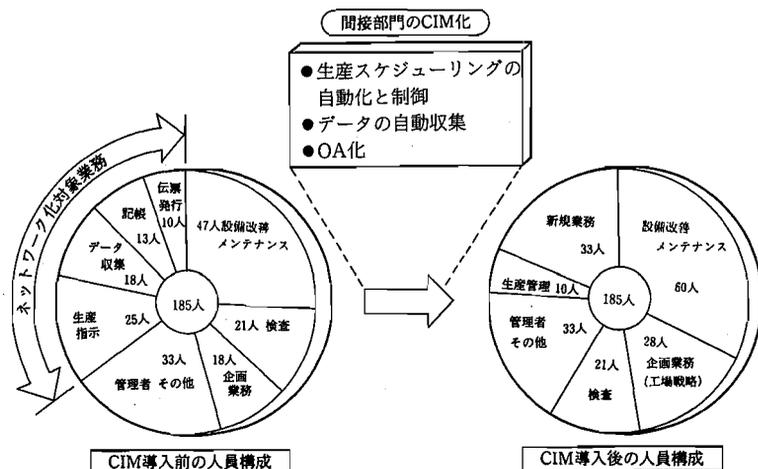


(出所) 和田龍児監修『CIM/ MAP 実践』(オーム社, 1990年), p. 180 に一部加筆。

タイミングに合わせて、生産の平準化を考慮しつつ・生産日程計画を作成する作業が非常に複雑化してきている。特にトヨタからの「外注カンバン」枚数が急増すると、補充対応の遅れや生産ラインの部品待ち、出荷遅延などが生じていた。また、これらを防止するために、多くの間接人員がさかれねばならず、完成品・中間品在庫も持たねばならなかったのである。

これに対応するため、大手部品メーカーではCIMを構築している。トランスミッションやクラッチなどを生産するアイシン精機は、1987年からCIM構築の検討を開始し、1989年頃から順次実施に移している⁽³⁾。第4.1図は、1990年頃の同社の工場の例である。この図のように、「カンバンリーダ」で読み取られた納入指示情報をもとに、ワークステーションは完成品・中間品在庫を確認し、必要があればFAコンピュータをつうじて第2次部品メーカーに増産減産の指示を出す。生産日程計画の作成は、FAコンピュータによって行われるようになった。これによって、出荷遅延は減少し、受注から納入までのリードタイムは短縮され、完成品・仕掛品在庫も減少した。さらに、第4.2図に見られるように、工場の人員構成についても、生産指示、データ収集、記帳、伝票発行

第4.2図 CIM化による間接部門の人員構成の変化（アイシン精機の事例）



(出所) 第4.1図と同じ, p. 184.

などのための間接人員がほとんど不要となり、その分を企画業務や新規事業にまわせるようになったのである。

以上見てきたような情報ネットワーク化や大手部品メーカーの CIM 構築は、トヨタと部品メーカーとの生産の同期化をより徹底させるものと思われる⁽⁴⁾。

(注)

- (1) トヨタ系列の部品メーカーの部品納入方式については、門田、前掲『新トヨタシステム』、『トヨタの経営システム』を参照。
- (2) 中嶋・各務、前掲論文、pp. 107-8.
- (3) アイシン精機の事例については、和田龍児監修『CIM/MAP 実践』（オーム社、1990年）、pp. 179-184 を参照。
- (4) この点は、日産においても同様である。日産系列の大手部品メーカーでマフラーなどを生産するカルソニック社追浜工場は、日産追浜工場の生産ラインと同期化して部品を納入している。日産追浜工場とカルソニック社追浜工場とは専用回線で接続されており、前者のコンピュータからの納入指示情報は後者の端末に打ち出される。カルソニックはその指示書にしたがってマフラーの生産を開始し、日産追浜工場の塗装ラインを出た車両がトリムラインを経てマフラーを装着するまでの約148分間のリードタイム内に、まったく在庫を持つことなく、指示された種類のマフラーを、指示どおりの順序で、日産追浜工場の組立ラインに納入するのである。カルソニック社ではこのような納入方式を「シンクロ納入システム」と呼んでいる（小宮準久「客先ラインに直結した日ラザのシンクロ生産システム」『工場管理』Vol. 34, No. 4, 日刊工業新聞社、1988年、池田正孝「円高下で進行する自動車部品工業の下請再編」、中央大学経済研究所『自動車産業の国際化と生産システム』、中央大学出版部、1990年、pp. 161-5, p. 170 も参照）。

5. 開発部門と CAD/CAM/CAE システム

CAD (Computer Aided Design)/CAM (Computer Aided Manufacturing)/CAE (Computer Aided Engineering) システムは、トヨタにおける CIM 構築の重要な構成部分をなす⁽¹⁾。本節では、CAD/CAM/CAE システムが、開発部門内部、開発部門と製造部門との、および部品・車体メーカーとの技術情報の共有化を支援し、開発作業の同時並行化、開発期間の短縮をもたらすことを検討

する⁽²⁾。

新車両の開発プロセスは、車両にかんするものと生産準備にかんするものがある。車両については、企画→スタイリング→デザイン→ボディ構造設計→構造解析→試作→走行実験というプロセスからなり、金型などの生産準備については、設計→鋳造→NC加工→仕上げ→トライアウトというプロセスからなる。以下、車両開発作業と生産準備作業とが、CAD/CAM/CAEシステムによって、どのように同時並行化されるかをみよう⁽³⁾。

第1に、車両開発作業の同時並行化について検討する。トヨタは1970年代前半以降CADを導入してきたが、車両外形形状が確定した後の線図工程への導入にとどまり、スタイリング作業そのものへは導入されなかった。つまりスタイリング作業は、手作業でクレイモデル（粘土モデル）を製作・測定→測定データを入力しCADを用いて線図作成→自動製図、という方式だったのである。この意味で「従来のCADは、Computer Aided Designではなく、Computer Aided Drafting にすぎなかった」⁽⁴⁾とも言えよう。この方式の場合、開発作業は直列的に行なわれるほかなく、したがって不具合の修正に手間がかかり、開発期間の短縮は困難だった。また、人手を介して情報を変換するため、情報の変換過程で誤差が累積するという問題点も生じていた。クレイモデルを基準とするプロセスから、数値データを基準とするプロセスへの転換が求められていたのである。

そこで、トヨタは、1970年代後半に、スタイリング工程の「スタイルCADシステム」、ボディ構造設計工程の「CADETTシステム」、構造解析工程の「VESTAシステム」などを開発した。

まず、「スタイルCADシステム」の特徴は、①スタイリング作業の初期段階からCADを利用すること、②クレイモデル製作は確認・微調整のために行なわれること、③クレイモデル製作工程そのものも自動化され、CADデータを利用してNCデータを作成し、高速NC切削機によって自動的に切削されるようになったこと、④CADデータは、データベース化され、ボディ構造設計工程をはじめとする後工程と共有化されること、などである。こうして、同時並行的開発への道が開かれたのである。

ボディ構造設計工程の「CADETTシステム」は、スタイリング・データベースを共有化し、CADによってボディ構造の詳細設計を行なうためのシステムで

ある。このボディ形状データはデータベース化され、構造解析工程などの後工程と共有化される。さらに、構造解析工程の「VESTA システム」は、ボディ形状データベースを共有化して、大型コンピュータによって構造解析、衝突、振動・騒音、空力特性などのシュミレーションを行なうためのシステムである。こうして、スタイリング・データベース→CAD によるボディ構造の詳細設計→ボディ形状データベース→構造解析やシュミレーション、という一連のプロセスがシステム化されたのである。

以上のように、CAD データをデータベース化し各工程間で共有化することによって、車両開発作業は同時並行化され、開発期間が短縮されたのである。

第2に、生産準備作業と車両開発作業との同時並行化について検討する。

まず、プレス用金型の設計・製作工程にかんしてであるが、従来、ダイフェースの形状の決定は、外形線図やボディ現図などからマスタモデル作成→マスタモデルの周辺に粘土造形して倣いモデル取り→倣い加工による切削→マスタモデルと合わせて手仕上げ、という方式をとっていた。この方式はマスタモデルを基準とするプロセスであるため、開発作業は直列的に行なうほかなく、不具合の修正に高度な熟練と莫大な時間とを要していた。数値データを基準とするプロセスへの転換が求められていたのである。

そこで、トヨタは1980年代初めに、金型設計工程の「ダイフェース CAD システム」や「金型構造 CAD システム」、金型製作工程の「TINCA システム」や「測定・解析・加工システム」など各種の個別システムを開発してきた。これらによってボディ形状データベースの共有化が可能となり、ボディ形状データベースを共有化し CAD によって金型形状設計→データベース化→NC データ作成・NC カッター軌跡のシュミレーション→NC 切削機による金型加工、という一連のプロセスがシステム化された。CAD と CAM と CAE の統合によって、ボディ設計と金型設計とを同時並行的に進行させる道が開かれたのである。

また、これらの工程と並行して、溶接・塗装ロボット制御プログラムの開発も進行する。近年の製品の多品種化・短サイクル化にともなって、生産ラインの変更を速やかに行なう必要が生じてきており、ロボットへのティーチングや干渉チェックなどの作業の短縮化が、開発期間全体の短縮にとって重要な課題となってきていた。そこで、トヨタは、1980年代後半に、コンピュータ上でロボットの動作プログラムを作成する「オフライン・ティーチングシステム」を

開発・導入した。同システムは、ロボットの形状や性能を登録したデータベースとボディ形状データベースとを利用して、ロボットの動作プログラムを作成し、コンピュータ・グラフィックスで動作シュミレーションする。このシステムの導入により、ロボットの動作プログラムの開発期間は、8ヵ月から4ヵ月に半減したのである⁽⁶⁾。このほかにも、CAD データは、部品表や工場の NC 工作機の NC データなどにも利用される。

トヨタは、1980年代初めに、以上見てきたような各種の個別システムを「統合 CAD/CAM システム」に統合化した。さらに、1984年からワークステーション (Engineering Workstation: EWS) 型の CAD/CAM/CAE システムの開発に着手し、1986年に「Cae LUM システム」として結実させた。これは、1台のワークステーションで車両設計、金型や治具の設計・シュミレーションを一貫処理できるシステムである。現在、トヨタにおいては、徐々にこのワークステーションタイプのものに移行しつつある。

以上のように、CAD と CAM と CAE が統合され、開発作業が同時並行化され、開発期間が短縮されたのである。

最近、自動車メーカー側の CAD/CAM システム構築に対応するため、大手部品・車体メーカーのみならず、比較的小規模な部品メーカーも、CAD/CAM システムを積極的に導入している。「統合 CAD/CAM システム」は、大型コンピュータを利用した大規模なシステムであるために、部品メーカーへの導入は困難であった。そこで、トヨタは、1987年以降、積極的な技術指導をしながら、部品メーカーに「Cae LUM システム」の導入を促してきた⁽⁶⁾。部品・車体メーカーは、この「Cae LUM システム」によって、トヨタからの CAD データを直接取り込めるようになり、技術情報の共有化をいっそう強固なものにしているのである⁽⁷⁾。

(注)

- (1) トヨタにおける CAD/CAM/CAE システム導入の経過については、日本機械学会『CAD/CAM 事例集』(技報堂出版、1987年)、第2章(東正毅執筆)、伊藤信「自動車デザインにおける CAD システムの利用状況—トヨタ自動車—」(『別冊コンピュートピア』、コンピュータ・エージ社、

1985年, pp. 106-110), 野口恒「Cae LUM でパワーアップするトヨタグループの製品開発」(『別冊コンピュータピア』, コンピュータ・エージ社, 1989年, pp. 20-38) が詳しい。また CAD/CAM/CAE 技術の成立・発展については, 高橋昭八郎『マツダの CAD/CAM』(工業調査会, 1985年), 油井, 前掲書, pp. 80-98, 菰田, 前掲書, 第2章および第4章が詳しい。

- (2) 周知のように, K. クラーク=藤本隆博は1983年から87年の開発プロジェクトを綿密に調査し, 欧米の自動車メーカーの開発期間が5年であるのにたいして, 日本の自動車メーカーのそれは4年であることを実証した。同氏らは, この日本の自動車メーカーの開発力の源泉を, 部品メーカーの開発力の活用, オーバーラップ開発, プロダクトマネージャーの存在などの主として開発組織次元の要因に求めている (K. Clerk Takahiro Fujimoto, *Product Development Performance*, 1991. を参照。また, Daniel Roos et al., *The Machine that Changed the World*, 1990., 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年も参照)。
- (3) もちろん, CAD/CAM/CAE 技術は, フレキシブルな開発組織と結合することによってはじめて, 同時並行的開発を実現するのである。
- (4) 菰田, 前掲書, p. 38.
- (5) 『日経メカニカル』(日経 BP 社, 1991年7月号), p. 57.
- (6) 野口, 前掲論文。
- (7) 日産自動車は, CAD データを情報ネットワークによって部品メーカーに伝送している。ラジエーター設計工程を例にとると, 同社のエンジン開発を担当する鶴見研究所が設計したエンジンルームのレイアウト情報は, 従来は図面でやりとりされていたが, 今ではオンラインで部品メーカーに伝送される。そして, 部品メーカーは, CAD で詳細設計して, 鶴見研究所に送り返す。鶴見研究所は, 他の部品の設計情報やレイアウト情報を CAD で照合し, 不具合がある場合は, 部品メーカーに修正依頼を出している。このような情報ネットワーク化によって, 開発期間が短縮されたという(日経産業新聞編, 前掲書, pp. 182-3)。なお, 日産自動車の CAD/CAM/CAE システムについては, 日産自動車株式会社テクニカルセンター『Creation for the Future』(1991年), 同『Symbiosis—共に生きる Man, Car, Nature—』(1991年), 森田哲『戦略情報システム』(講談社, 1989年), 寺本義也ほか, 前掲書, などが詳しい。

おわりに

以上, 本稿では, トヨタにおける CIM 構築の現状を検討し, そこにおける情報ネットワークの役割を解明してきた。

トヨタにおける CIM は、WAN や LAN、VAN などの情報ネットワークをインフラストラクチャーとして、以下の 4 つの目的を達成しようというものであった。

第 1 に、生販統合である。すなわち WAN や VAN などの情報ネットワークによって、販売部門と製造部門との情報の共有化をはかり、受注から納車までのリードタイムを短縮し、完成品在庫を削減することである。

第 2 に、多品種小ロット生産に対応するために、WAN や LAN などの情報ネットワークを利用した「調和的・自律分散」型の生産システムを構築することである。

第 3 に、情報ネットワークやデータベースによって、部品・車体メーカーとの生産情報の共有化をはかり、受注から納車までのリードタイムを短縮し、中間在庫を削減することである。

第 4 に、CAD/CAM/CAE システムによって、技術情報の共有化をはかり、車両開発作業と生産準備作業とを同時並行化し、開発から量産立ち上げまでの期間を短縮することである。

このように、情報ネットワークは、従来「ヒューマンウェア・テクノロジー」に依存してきた部門相互の連結・統合を、いっそう効率化・高度化しているのである。

今後、輸出から現地生産へのいっそうのシフトにともなって、トヨタにおける CIM 構築の焦点は、グローバル CIM に移っていくものと思われる。実際、最近、トヨタは、欧米の自然条件、顧客ニーズ、産業組織に適した車両を開発するために、研究・開発の現地化を積極的に進めている。その際、グローバル CAD/CAM/CAE ネットワークの構築の方向性や利用形態は、海外拠点への権限委譲の度合いによって、つまり地域統括本社のもとで経営の現地化を進めていくか、あるいは日本本社による集中管理を進めていくかによって、かなり異なってくるであろう。今後の展開に注目したい。

(資料提供・教示や詳細説明などの面で、トヨタ自動車 FA システム部、アイシン精機生産技術部の技術者の方々にたいへんお世話になった。厚くお礼申し上げます。)