

スマートにおけるモジュール化と日本的生産システム

田 中 武 憲

はじめに

2006年9月、筆者は名城大学経営学部の海外研修プログラム「国際フィールドワーク（フランス）」の一環として、フランスのスマート・アンバッハ（Hambach）工場を訪問する機会を得た。

本来、学生を主体とした企業訪問であり、また時間的な制約からも、学術的な調査研究としては不十分な内容であるが、今回の貴重な経験から得ることができた同社におけるモジュール化と日本的あるいはリーン生産システムの取り組みを簡単な調査記録としてまとめることとした。

なお、同工場の訪問は、フランス・ナンシー商業学院（ICN Ecole de Management）のフローランス・ラミヨン（Florence Ramillon）先生ならびに堀畑正樹名城大学経営学部助教授の多大な御努力により実現したものであり、改めて二氏に感謝の意を表したい。無論、本稿におけるすべての誤りは筆者によるところである。

I 概略

「スマート（smart）」は、1994年4月、「スウォッチ（swatch）」で知られるスイスの時計メーカー SMH（Société Suisse de Microélectronique et d'Horlogerie：スイス時計マイクロエレクトロニクス総連合）とメルセデス・ベンツにより設立された合弁会社マイクロ・コンパクト・カー社（Micro Compact Car SA；以下、

MCC）の次世代小型車（通称「スウォッチカー」）として出発した。“smart”とは、SMH、Mercedes による新たな自動車の芸術（ART）の意であり、その頭文字を組み合わせたものである。

MCC 設立時の資本金は 5000 万 CHF で、出資比率は SMH49%、メルセデス 51%であり、スイスのビールに本社が設置された。そして、MCC の 100%出資によりドイツ・レニンゲンに開発子会社 MCC GmbH が、また、SMH（37%）、メルセデス（38%）、SOFIREM 社（25%）の三社合弁によりフランス・アンバッハに生産子会社 MCC France S. A. S.（資本金 1 億フラン）がそれぞれ設立された⁽¹⁾。

1995年5月にスマート組立工場の建設が開始、1997年10月、仏シラク大統領と独コール首相（当時）が出席して落成式が行われ、1998年7月に「スマート（シティクーペ：city-coupé）」の第一号車がラインオフした。

この間、1997年9月に実行された増資により、MCC に対する SMH の出資比率は 19%へ低下、さらに 1998年11月のダイムラークライスラー誕生とあわせて、メルセデスは SMH が保有する MCC の全株式を引き受けた。

メルセデスの完全子会社となった MCC は、1999年1月、本社をビールからレニンゲンへ移転し、社名もマイクロ・コンパクト・カー・スマート（Micro Compact Car smart GmbH）に改称、次いで 2002年9月に現在のスマート（smart GmbH）へ社名を再度変更した。現在、スマート社が生産する「スマート」は、メルセデス・ベンツ、マイバッハ、クライスラー、ダッ

ジ、ジープなどとともに、ダイムラークライスラー・グループを支える主力ブランドのひとつとなっている。

II 生産・販売

スマートは、地球環境問題や慢性的な都市部の渋滞、駐車場の不足など、欧州における自動車を取り巻く経済・社会環境を背景に、SMHとメルセデスという異業種を代表する欧州の二大メーカーにより、既成概念に捉われない、新たな自動車の開拓精神によって生み出された。

“reduced to the max”をスローガンに開発されたスマートは、2ドア2人乗りの超小型車で、その特徴的な概観から“BONSAI CAR”などと呼ばれた。スマートは欧州市場では「サブ・コンパクト」と分類されることが多いが、その全長はおよそ2500mmと普通乗用車1台分のスペースに2台が駐車可能なほど短く、これは1997年に導入されたメルセデス・ブランドで最も小型の「Aクラス」(全長約3600mm)、2005年にトヨタとプジョー＝シトロエン・グループ(PSA)がチェコで合弁生産を開始したAセグメントの小型車(同約3400mm)と比較しても、スマートが既存のカテゴリーに属しない、まったく新しいコンセプトで開発されたことが伺える。

1998年10月、フランス、ドイツ、スペイン、イタリア、スイス、オーストリアおよびベネルクスの9カ国で「スマート・シティクーペ」の販売が開始された。

2000年1月、欧州における消費者のディーゼル嗜好を反映して、ディーゼルエンジンを搭載した「スマート cdi」⁽²⁾、同3月にはオープンボディタイプの「スマート・カブリオ(cabrio)」をそれぞれ追加した。また、スマートは初めてインターネット販売を導入するなど、車両のみならず、販売手法においても自動車産業の新た

な地平を開拓した。

2000年には日本でもスマートの販売が開始され、2001年には日本の軽自動車規格に準じて排気量と全幅を縮小した「スマート K」も導入したが、同車は現在、生産・販売停止となっている。

2002年、右ハンドル車と限定車「クロスブレード(crossblade)」を追加、2003年1月には「シティクーペ」をベースに開発したスポーツタイプの「ロードスター(roadster)」および「ロードスター・クーペ(roadster coupé)」の生産を開始し、同6月に累計生産台数が50万台に達した。

2004年1月、「シティクーペ」「カブリオ」をそれぞれ「フォーツーカーペ(fortwo coupé)」「フォーツーカーブリオ(fortwo cabrio)」と改称、同4月には新たに4名乗車を基本とした5ドアハッチバック「フォーフォー(forfour)」をラインナップした。「フォーフォー」は、当時、同じくダイムラークライスラー・グループの傘下にあった三菱自動車のBセグメント車「コルト」とフロアパネルを共有し、生産も三菱が出資するオランダ・ボーンの「NedCar」工場において行われた⁽³⁾。

現在、スマートはEUのみならず、中東欧、トルコ、カナダ、メキシコ、南アフリカ、オーストラリア、香港、台湾、イスラエル、レバノンなど36カ国に1200以上の販売店を持っている。

しかし、2005年の販売台数は12.4万台とフランス工場の生産能力(20万台/年)を大きく下回っており、2005年11月に「ロードスター」「ロードスター・クーペ」の生産が中止、次いで「フォーフォー」の生産中止も決定するなど、車種構成の再編を行っている。よって、現在、スマートは「フォーツーカーペ」「フォーツーカーブリオ」の二車型を生産・販売している⁽⁴⁾。

2006年11月、スマートは初のフルモデル

チェンジとなる新型スマートの概要を発表、2007年4月に導入予定の二代目スマートは排気量を300cc拡大して1000ccとし、全長も歩行者保護対策など現在の安全基準への対応から約2700mmに拡大することで、新たにアメリカ市場への輸出も予定している。

Ⅲ フランス・アンバッハの立地特殊的優位性

既述のように、スマートの組立工場はフランス東部、ドイツと国境を接するロレーヌ地方モゼル県のアンバッハ (Lorraine, Moselle, Hambach) に立地している。

スマートの生産拠点決定までの経緯を見ると、1994年6月、チェコからオランダまで欧州の4つの地域に74の候補地が挙げられ、その後、ドイツではメルセデスの本拠地シュツットガルト⁽⁵⁾に近いフィリンゲンやザールブリュッケン、フランスでは大西洋に面したラ・ロシェルやかつてのブガッティの本拠地モールスハイムなど25の候補地に絞られた。

そして、1994年12月、最終的にフランス・アンバッハに生産拠点が決定したのであるが、ギュット＝ノロによると同地が選好された理由は⁽⁶⁾、第一に、フランスがスマートに代表される小型車の市場が相対的に大きいことが挙げられる⁽⁷⁾。

第二に、アンバッハは「小ドイツ」と呼ばれるように、仏独国境からわずか5kmの距離にあり、スマートの開発拠点やメルセデスの本社からも近い (シュツットガルトからはおよそ2時間)。また、人口の60%以上がドイツ地方の方言を話すなど、文化的な近接性も重要である。

第三に、アンバッハはヨーロッパ経済の中心に位置し、自動車専用道路 (A4) や鉄道などの交通インフラが整備されており、物流コストを低く抑えることが可能である。こうして、通常

350ユーロを要する1台あたりの物流コストを100ユーロ以下に抑えることができる。

最後に、工場進出に伴う1800名の新規雇用創出による9000万ユーロもの地域経済効果 (この数値は1992年にパリ郊外マルヌ・ラ・ヴァレに開園したディズニーランド・パリに匹敵する) の見返りとして、同地域から拠出が期待される補助金も大きな要因であった。

改めて、仏独国境地帯に位置するアンバッハの地理的特徴を確認すると、西は同じくフランス・ロレーヌ地方の主要都市メッス、ナンシーを通じてパリ、東はアルザス地方のストラスブール (同地までおよそ90km) を通じてシュツットガルト、あるいはドイツ・ザールブリュッケン (25km) を通じてフランクフルトと結ばれるなど、仏独主要都市を結ぶ交通の要衝に位置している。

歴史的に見ると、アンバッハを包摂するフランス東部のアルザス・ロレーヌ地方は、1870～71年の普仏戦争以後、第一次・第二次世界大戦を通じて幾度となくドイツに占領されたという特異な経験を有している。

1886年、ルクセンブルクに生まれたロベール・シューマンは、普仏戦争によりドイツ領となったロートリンゲン・メッツ (メッス) の高校を卒業し、同じく独領下のシュトラズブルク (ストラスブール) 大学で法学博士を取得してメッスで弁護士となった。第一次大戦後、ロレーヌがフランスに返還されると、モゼル県から立候補して下院議員に当選、後にフランス外相となり、1950年5月、長年、欧州の火種となってきた仏独国境地帯の豊富な石炭・鉄鋼資源の共同管理を目的とした超国家機関の設立を提唱した。

この「シューマン・プラン」が翌年、ECSC (欧州石炭鉄鋼共同体) として具現化したことが、現在の市場・通貨統合やEU27に至る欧州統合の出発点とも言われるが、欧州の平和的発

展と統合を目指す「シューマン・プラン」発想の背景には、シューマン自身のメッセでの体験があると言われる⁽⁸⁾。

また、アルフォンス・ドーデの『最後の授業——アルザス人の少年』（1873年）に著されたように、同じく独領となった経験を有するストラスブルには、現在、欧州議会本会議場が設置されるなど、アンバッハを取り巻く周辺地域は、経済的側面のみならず、歴史的・政治的に見ても大欧州の地理的重心に位置することが伺える。

Ⅳ スマートにおけるモジュール化

1. スマートにおけるモジュール化——スマート村における「共生」の構図

スマートはSMHとメルセデスという異業種のコラボレーションとして誕生しただけでなく、メルセデスにとっては、1990年代の熾烈なグローバル競争を背景とした新たな車づくりの実験場としての役割も担っていた。

まず、スマートでは開発の初期段階から10社のサプライヤーが開発プロセスに参加する「デザイン・イン」が行われ、量産段階に入ると、サプライヤーを従来の10分の1となる約60社に絞り込むとともに、外注率を当初予定の

50%から94%に高めることで20%のコストダウンに成功した⁽⁹⁾。

そして、スマート最大の特徴は、「モジュール化」のコンセプトを全面的に導入して、開発・生産が行われていることである。モジュール化のメリットとは、①投資の削減と経営資源の集中化、②サプライヤーの削減による管理の簡素化と取引・物流コストの削減、③最終製品の多様化に対する柔軟性の向上、④組立メーカーによるサプライヤーの内部化、⑤組立時間の短縮、である⁽¹⁰⁾。

表-1および図-1が示すように、「スマート村（smartville）」と呼ばれるアンバッハの工場エリアには、特徴的な「プラス（+）型」レイアウトを持つスマートの最終組立工場（「スマート・プラス（smart plus）」）を中核として、その周囲に「システムパートナー」と呼ばれる部品メーカーが衛星的に隣接立地している。

スマート村の総敷地面積は68ヘクタールで、当初の開発予算4億2700万ユーロは、MCC（現・スマート：2億2900万ユーロ）とシステムパートナー（1億9800万ユーロ）で分担出資されており、自動車メーカーと部品メーカーの「共生」の構図が見られる。現在までの総投資額は5億5000万ユーロであり、スマート・アンバッハ工場（smart France S. A. S.）の資本金は

表-1 「スマート村」概要

(2006年2月現在)

| 機能 | 企業 | 生産品目 | 従業員数 |
|----|---------------|-----------------------|------|
| 生産 | スマート | 最終組立・パワープラント | 919 |
| | MAGNA | 「トリディオ」セーフティ・ボディ・フレーム | 140 |
| | Dynamit Nobel | ボディパネル | 210 |
| | ジーメンスVDO | コックピット | 125 |
| | MAGNA | ドア・テールゲート | 122 |
| | ティッセンクルップ | ドライブトレイン | 67 |
| 物流 | MLT | スマートセンター向け車両輸送 | 34 |
| | Panopa | 小物部品の物流・輸送管理 | 28 |

(資料) smart

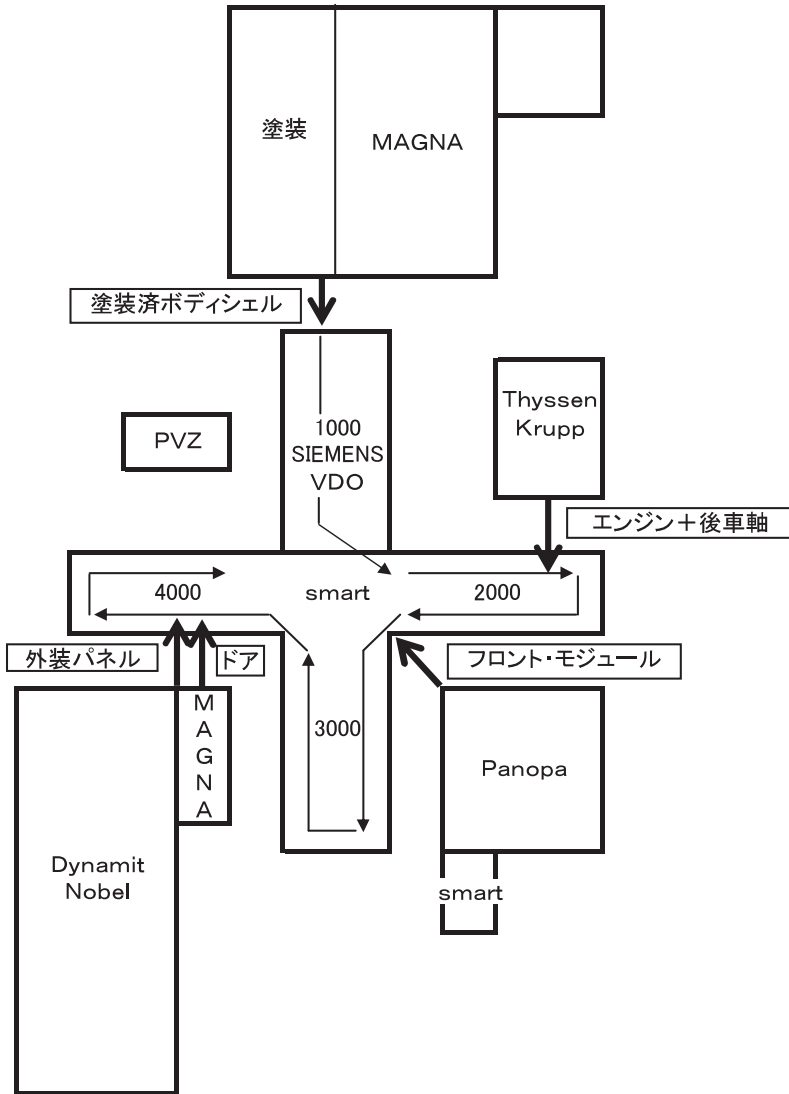


図-1 「スマート村」レイアウト

(資料) smart 資料より筆者加筆

1530 万ユーロである。

スマート村には合計 22 の建物があり、建屋の総面積は 14.5 万 m²と、従来の他社工場と比較して非常にコンパクトな建屋設計となっているのが特徴である。これは、2001 年 1 月に「ヤリス（日本名：ヴィッツ）」の生産を開始したトヨタのフランス・オナン工場（Toyota Motor Manufacturing France S. A. S.；以下、TMMF：

建屋面積 14 万 m²）⁽¹¹⁾ とはほぼ同じであり、同工場のマザー工場である高岡工場（71 万 m²）と比較するとその違いは明確である。

スマートの組立工場（スマート・プラス）とシステムパートナーの工場は合計 4 本の空中ブリッジにより結ばれており、システムパートナーが生産したモジュール部品を直接、空中ブリッジ内を走るベルトコンベアを使ってスマー

トの最終組立ライン（工程）に「Just in Sequence」で納入することで、スマートは在庫の圧縮と生産性の向上を実現している。

また、スマートからシステムパートナーへの部品代金の支払いは、実際にその部品を使用した車が消費者の手に渡ってから行われる取決めとなっており、ここにおいてもスマートとサプライヤーとの共生が確認できる。

一方、システムパートナー以外のサプライヤーから納入される外注部品は、「スマート・プラス」側面の各所に設けられた部品搬入口を利用して、トラックから部品を最短距離で組立ライン（工程）に「Juste-à-Temps: JAT (Just-in-Time: JIT)」で供給している。これらの外注部品はタイヤ+ホイールなどを除くと、ネジやクリップなどの汎用小物部品が多い。

こうしたモジュール化や部品供給の最適化（JAT）によって、スマートではライン側に設置される部品棚の数も少なく、ラインサイドのスペースにも余裕がある。加えて、外注部品を納入箇所（トラックヤードやパーツストア）から組立ラインへ供給する作業も必要なく、構内物流の動線も最小限に抑えられるため、コンパクトな建屋の外観とは反対に工場内部は広い印象を受ける。

結果、140の作業工程で構成される最終組立ラインでの「スマート・フォーツー」の総組立時間は、従来の3分の1以下の約4時間30分に短縮されており⁽¹²⁾、受注からラインオフまでのリードタイムも3日に抑えられている。

2. 欧州におけるモジュール化

欧州の自動車産業は、EEC - EC 関税同盟完成後も、各国における「ナショナル・チャンピオン政策」のもとで、国内メーカーの保護・育成政策がさまざまな形で強化されてきた。1970年代における日本車の輸入急増に対しても、域外共通通商政策を原則とする「ローマ条約」に

反して、イギリス、フランス、イタリアは各国独自に日本車の輸入数量制限（マーケットシェア規制）を導入するとともに⁽¹³⁾、1986年にはEC委員会によるEC (EU) レベルでの「輸入モニタリング」も開始された（1999年廃止）。

しかし、1987年に発効した「単一欧州議定書」（The Single European Act）にもとづき、ECは域内のあらゆる非関税障壁を撤廃して⁽¹⁴⁾、ヒト・モノ・カネ・サービスの「4つの自由」移動を保障する市場統合を1992年末に実現した。また、欧州市場の停滞から1993年にメルセデス、VW、オペルなどが赤字を記録すると、欧州の自動車・部品メーカーでは競争力の強化が緊急の課題と認識されるようになった。

その取組みのひとつがモジュール化であり、1990年代初めに英国TRWが他社製のサスペンションメンバー、ロアアームに自社製のラック・アンド・ピニオンを組付け、「フロントサスペンション・アッセンブリー」ユニットとしてローバーに順立て供給を始めたことがその出発点とされる⁽¹⁵⁾。

かつて、欧州GMの15億ドルの利益の40%を生み出したと言われたGM（オペル）の購買責任者J. イグナシオ（イナキ）。ロベスは⁽¹⁶⁾、後に訴訟問題に発展することとなるVWの購買・生産合理化担当副社長に抜擢されると、7段階からなる「プラトー（Plateau）計画」を策定した。そして、「プラトー6」として自動車メーカーと部品メーカーの「共生」を目指し、1995年に建設されたVWのブラジル・レゼンデ工場では、同じ敷地内にVWと7社のサプライヤーが同居することで、トラック1台にかかる組立時間を従来（ドイツ）の36時間から6時間に短縮するなど、大幅な生産性改善と50%のコスト削減を実現した⁽¹⁷⁾。

この成功体験をもとに、VWは続いてチェコのシュコダ第二工場、ドイツ・モーゼル工場にも同様の「共生」システムを導入、Cセグメン

ト車「ゴルフ」を生産するモーゼル工場周辺には13社のサプライヤーが同じく共生立地している⁽¹⁸⁾。

「未来工場」と呼ばれ、Bセグメントの戦略小型車「Ka」を生産するフォードのスペイン・バレンシア工場では、隣接するインダストリアル・パークに30社のサプライヤーが立地し、工業団地中央のロジスティックセンターを中継基地として、総延長2kmに及ぶ空中トンネルでモジュール部品がバレンシア工場に納入される。フォードと各サプライヤーはコンピュータによる情報ネットワークで結ばれ、「ダイレクト・オートマチック・デリバリー（DAD）」システムにより、サプライヤーが生産指示を受けてから出荷までのリードタイムは最短45分に短縮されている⁽¹⁹⁾。

従来、高級車に生産特化し、製造原価にもとづく価格設定（「コスト・プライス方式」）を採用してきたメルセデスも、1993年に後の「Aクラス」のコンセプトモデル「ヴィジョン A93」を発表、新たに小型車市場への参入を図るとともに、「Aクラス」を生産するドイツ・ラシュタット工場では、スマートに先行して一部、モジュール化が導入された。

加えて、このラシュタット工場では、ベルトコンベアを廃した「台車方式」と8～12人によるグループ生産方式を採用することで生産性が20%向上した。また、価格競争力を重視し、新たに「ターゲット・プライス方式」による価格設定を導入した「Cクラス」（欧州域外市場向けモデル）を生産するブレーメン工場でも、「ボルボ方式」を参考とした「ボックス・システム」を導入した。これは、「ボックス」と呼ばれる生産ライン外の組立スペースにおいて、4～6人の熟練・多能工によって行われるグループ生産方式であり、生産リードタイムの短縮や製品多様化への対応、作業スペースの縮小、部品供給の効率化、責任管理統制の強化などによって、

約30%の生産性改善を実現した⁽²⁰⁾。

このように、1990年代の欧州自動車産業では、急速な競争環境の激化を背景として、とりわけ価格競争力が要求される小型車の生産においてモジュール化が積極的に導入されたのであるが、それは、歴史的に部品メーカーの独立性が強かった欧州においては、組立メーカーとサプライヤーの「共生立地」を前提とした取組みであった。

3. 日本におけるモジュール化

以上のように、1990年代の欧州においてモジュール化が急速に浸透したのに対して、日本では必ずしもモジュール化は積極的に導入されることはなかった。

けだし、1990年代に欧州で浸透したモジュール化は、主として部品の「物理的統合」にもとづくアウトソーシングを目的としたものであり、それは日本企業が従来、サプライヤーによる部品のユニット納入や、組立メーカーにおけるサブ・アッセンブリー・ラインの導入という形ですすでに行ってきたからである。すなわち、「完成車メーカーが、部品メーカーに対し、従来より大きな部品単位で『組立』のアウトソーシングを行う」欧州のモジュール化に対して、当時の日本では「完成車メーカーが、部品メーカーに対し、従来より大きな部品単位で『開発』のアウトソーシングを行う」という、部品の「機能的統合」にもとづく「システム化」にサプライヤーシステムの力点が置かれていたためである⁽²¹⁾。

しかし、2000年代に入ると、日本においても欧米メーカーと深い提携関係にある自動車メーカーを中心に、新たにモジュール化を積極的に導入する試みが見られるようになった。

ルノーによる資本参加のもとで事業の再構築を目指した日産は、第一に、欧米で現地生産を展開し、欧米のサプライヤーと取引を行う上で

の必要性、第二に、複数車種の混流生産における生産性改善を目的として、モジュール化を導入した。2001年6月に発売され、同社栃木工場で生産される「スカイライン」では、「コックピット」「フロントエンド」「ルーフ」「ドア」の4つのモジュール化により、およそ5%の「技術的原価低減」、工程内不良件数の減少（「コックピット・モジュール」の場合、約5分の1に減少）、組立時間の短縮（4つのモジュール化により約10%の改善）という効果が得られた⁽²²⁾。

日産とルノーが共同開発した「Bプラットフォーム」を採用する小型車を専用生産する追浜工場では、モジュール化と同期生産の融和を追求した「NIMS (Nissan Integrated Manufacturing System)」のコンセプトを適用している。これは、工場の敷地内に立地する19社のサプライヤーが生産するモジュール部品を、「フィッシュボーンライン」と呼ばれる短いメインラインへ供給することでリードタイムの短縮や組立の効率化を図る取組みであり、日本初の「共生立地方式」と言われる⁽²³⁾。

フォードのグローバル戦略の一翼を担うマツダは、「ボディ系」「PT & シャシー系」の合計19の基本モジュールを定義しており、2002年5月に発売した「アテンザ」(CDセグメント)では、従来の「サブ・アッセンブリー型」の10のモジュールに加え、「コックピット」「センターパネル」「フロントエンド」「ガソリタンク」「ドア」の5つの「機能統合型」モジュールを導入したことで、コスト削減や品質改善の効果が得られた⁽²⁴⁾。

「RX-8」「ロードスター」などのスポーツカーから商用1ボックス車（「ボンゴ」）まで、多種多様な9車種を1本の組立ラインで混流生産する「ワンライン多車種生産方式」を導入しているマツダ宇品第一(U1)工場では、建屋1階の部品倉庫にモジュールショップを同居させ、同ショップで組み立てたモジュール部品を

「瓦バーチレーター」を使って2階の組立ラインサイドへ供給する仕組みを採用している。

2002年8月発売の「デミオ」(Bセグメント)などに搭載されるMZR-Zエンジンなどを生産する本社エンジン工場では、エンジン制御コンピュータを組み込んだ「インテーク・モジュール」などのモジュール化によって、世界でも類を見ないガソリンエンジンとディーゼルエンジン（欧州市場向け）の混流生産を実現している⁽²⁵⁾。

また、広島県も2001年度より「ひろしまブランド」サプライヤーの育成支援事業として、県内の自動車部品メーカーにモジュール部品の開発・生産を支援する補助金制度を導入しており、フォード・グループが要求する「フル・サービス・サプライヤー(FSS)」の育成を目指して、官民挙げてモジュール化に取り組んでいる⁽²⁶⁾。

V スマートにおける日本の生産システム

1. スマートの生産プロセス

「トリディオン(Tridion)」と呼ばれるスマートの特徴的なボディは、一般的な特殊薄鋼板を使った金属製のボディシェルと、独創的なFRP製のフロントカウル（ボンネットとバンパー、フロントフェンダーの一体成形）、リアゲート、ドアなどの各種外装パネルにより形作られる。キズや腐食に強い材料特性を持つFRPパネルは、素材自体に染色加工を施すことで複数のカラーバリエーションを持ち、スマートのアイデンティティのひとつとして消費者に広く認識されている。

金属製ボディシェルの生産は、まずメルセデスのジンデルフィンゲン工場でプレス成形が行われ、このプレス部品がスマート村のシステムパートナーMAGNA（カナダ系部品メーカー）の工場に搬入される。

MAGNA では、150 台の溶接ロボットによってプレス部品を溶接し、2 時間のうちにメインボディを形作る。

次いで、隣接する塗装工場においてボディの塗装が施されるが、ボディシエルの基本色は黒と銀の二色のみであり、従来比 40% のエネルギー節減効果があるパウダー塗装によって、塗装に要する時間はわずか 1.5 時間に抑えられている。

以上、ボディの溶接・塗装工程はほぼ完全に自動化されており、塗装を終えたボディは空中ブリッジを通過して「スマート・プラス」の建屋に納入され、「1000 ライン」と呼ばれる最初の組立ラインに投入される。「スマート・プラス」のうち、1000 ラインはシステムパートナーであるジメンス VDO の敷地であり、同社によりコックピット・モジュールの組付けが行われる。

1000 ラインが終わると、ボディは左に 90 度向きを変えてスマートの敷地に入り、「2000 ライン」に投入される。2000 ラインの先頭部には「かんばん (kanban) チェックポイント」が設置されている。

現在、スマートの生産能力は 580 台 / 日であるが、訪問日 (2006 年 9 月 6 日) の計画生産台数は 474 台 / 日で、タクトタイムは 90 秒に設定されていた。

2000 ラインには隣接してティッセンクルップが立地しており、同社ではリヤのサブフレームにエンジン、トランスミッション、ドライブシャフト、サスペンション一式を (スマートは車体後部にエンジンを搭載し、後輪で駆動する RR 方式を採用している)、またフロントのサブフレームにはステアリングリンクとサスペンションをそれぞれ組付けて、これらのモジュールを空中ブリッジのベルトコンベアを使い 2000 ラインへ供給している。

こうして、2000 ライン前半の中ほどで、「卵型」のラインを描いて投入されたパワートレイ

ンとボディシエルの結合作業 (marriage) が行われる。前後のサブフレームをそれぞれ別のリフトに乗せてボディへの結合が行われるが、ラインスピードが比較的遅く、また車両の基本構造も簡素なことから、前後サブフレームのネジの締付け作業は 2 名の作業者が左右に分かれて手作業で行っている。

なお、見学時には 2000 ライン脇に専用のスペースが設けられ、2007 年にフルモデルチェンジを予定している新型「スマート」の生産準備が行われていた。

続く「3000 ライン」では FRP 製のルーフやフロントガラス、シートなどの組付けが行われる。これら重量物の組付けも、運搬補助器具を利用しながら手作業を主体として行われる。

最後に、FRP 製のフロントカウル、ドア、テールゲートなど外装パネルが空中ブリッジを通過して「4000 ライン」へ供給され、ボディへの組付けが行われる。ただし、車両前部の部品の組付け作業では、キャスターのついた椅子に座った作業者がラインを流れるボディに体を押されながら作業を行う姿が見られ、作業効率のみならず、安全性の面からも疑問が残った。

同じく 4000 ラインで行われるタイヤの組付け工程では、ラインサイドにホイールに組付けられたタイヤが順序納入されており、見学時には 36 台分のタイヤが並べられていた。その他、同ラインではシートベルト (TRW 製) や CD チェンジャー (CRUNDIG 製) の組付けも行われる。

こうして組立が完了したスマートは続く「5000 ライン」で動力検査や水漏れ検査が行われ、「スマート・プラス」の中央部に集められた後、工場に引き込まれた鉄道専用線やトラックを使ってヨーロッパ各地や世界中の消費者へと届けられていく。

2. スマートにおける日本の生産システム

スマートの最終組立ラインでは、現在、

「フォーター」のクーペとカブリオというボディ形状の異なる2車が混流生産されており、ボディ前方に貼付された生産指示書に従って、作業者が適切な部品の組付けを行っている。

各組立ラインの上部には「電子あんどん」が設置されており、当日の計画生産台数・現在時刻における生産実績と残数が表示されているが、電車の車内案内のように、一行の電光掲示スペースで各情報を流れ表示させているため、瞬間的にすべての情報を把握することは困難である。

4本の組立ラインが集まり、完成車の一時置き場も兼ねている「スマート・プラス」の中央部には、工場全体の状況を指示する「総あんどん」が設置されており、その情報は建屋2階の事務所や3階の社員食堂からも容易に確認することができる。このように、工場中心部にモノと情報の流れを集約し、一元化して管理する仕組みはTMMFの「星型レイアウト」においても見られる⁽²⁷⁾。

「チームメイト」と呼ばれる従業員数は、スマート村全体で1645名(2006年2月現在；表-1参照)、うちスマートの従業員数は919名で、平均年齢は35歳、17%が女性である。従業員の80%が工場周辺に居住し、75%が二カ国語以上を話すことができる。

勤務形態は二直で、各組立ラインではチーム制が導入されており、1つのチームは10人のチームメンバー(「チームメイト」)と1人のチームリーダー(「シェフ」)により構成されている。

作業者はすべて制服(ポロシャツ)を着用しており、チームメイトは白か青色、チームリーダーは灰色で区別される。また、黒色の制服を着用した品質管理者が時折、抜き打ちで各ラインに入り、品質検査を行っている。

ラインサイドの全域にわたって、ラインを停止させるヒモスイッチと応援者を要請するプルスイッチが設置されており、問題発生時には

チャイムが工場内に流れる仕組みとなっている。ただし、組立工場には常時、BGMが流されており、これは労働条件の改善を目的として導入されたもので、作業者が楽曲をリクエストすることもできる。

スマートでは二時間ごとにジョブローテーションを行うことで、作業者の多能工化を進めている。

ラインサイドの各所には、チームメイト自身の提案(suggestion)にもとづく改善事例が、改善前・後の比較写真付きで掲示されているが、全体として生産性や品質の向上に関する提案よりも、エルゴノミクスを含む作業者の疾病対策や安全性の向上を目的とした提案事例が多い。

また、工場のフロアの各所に多数のネジが散乱しており、基本的な「5S」ができていないことが印象的であった。

おわりに

以上、スマートにおけるモジュール化と日本の生産システムについて概観してきたが、たとえばモジュール化に関しては、従来、慎重な姿勢を示していたトヨタも、近年の急速な海外生産の拡大プロセスにおいて、新たな部品調達の取組みを見せている。

2006年5月に「カムリ(凱美瑞)」の生産を開始した中国・広州の合弁工場(Guangzhou Toyota Motor Co., Ltd.: GTMC)では、トヨタの組立工場と道路を挟んでデンソー、アイシン精機などのサプライヤー13社が立地し、公道地下に建設された2本のトンネルと専用台車を使って、トヨタによる部品の「逆引き」調達が行われている⁽²⁸⁾。

2006年11月にフルサイズピックアップトラック「タンドラ」の生産を開始したアメリカ・テキサス工場(Toyota Motor Manufacturing, Texas, Inc.: TMMTX)では、800万㎡に及ぶ

TMMTX の工場(敷地)に 18 社のサプライヤー(日系 8 社, 米系 4 社, 日米合弁 5 社, 墨系 1 社)が同居する「オンサイト方式」により, モジュール化と「セット・パーツ・サプライ (SPS)」があわせて導入されている⁽²⁹⁾。

これらは, 主として自動車産業の集積密度が相対的に浅薄な地域において見られる限定的な現象と見る向きもあるが, 今後の自動車産業における産業集積の動態や, 自動車産業を中核として経済発展を目指す発展途上国・地域の産業政策を考える上で, 重要な示唆を含むものである。

加えて, 日本においては近年のモジュール化の進展とともに, 部品メーカー同士の合従連衡や⁽³⁰⁾, 1990 年代後半に「解体」に向かった「系列」が, 自動車メーカーによるサプライヤーへの資本参加の拡大などによって「再強化」されていることも興味深い事実である。

日本的(リーン)生産システムの移植については, 概してフランスでは伝統的な労使関係や労働市場の影響が強く, 官僚的なヒエラルヒーにもとづく管理・組織構造に特徴付けられるが⁽³¹⁾, スマートにおけるチーム制はより自律的な権限を持つとともに, 職階を 4 つに抑えることで非常にフラットな組織を実現している⁽³²⁾。

また, 戦後の「協調経済 (économie concertée)」体制下において, 労働組合の弱体化と基幹産業の国営化が進行したフランスでは, 欧州の中でも相対的にアメリカ型大量生産システムが浸透しており, テイラーリズムにもとづく非熟練工の比重が大きいと言われるが⁽³³⁾, スマートではラインストップボタンによる「(にんべんのついた)自動化」, ジョブローテーションによる多能工化, チームメイト自身による提案制度など, 日本の生産システムの要素が各所に導入され, 一定の機能を果たしている。

現在までのところ, スマートはその類稀なる革新的な車両コンセプトと, 世界で最も競争が

激しいと言われる欧州の小型車市場において, 必ずしも経営的には成功を収めているとは言い難い。しかし, アンバツァハで見られた生産面でのさまざまな取組みに関しては, 欧州(フランス)におけるモジュール化と日本の生産システムの移植を理解するうえで, 非常に興味深い事例であると言えよう。

注

- (1) 2002 年には, MCC GmbH の出資比率はダイムラークライスラー 100%, MCC France はダイムラークライスラー 75%, SOFIREM25%となった。
- (2) 西欧 17 カ国の乗用車販売台数に占めるディーゼルエンジン搭載車の割合は, 2005 年に平均 49.5%であり, フランスでは 69.1%に達する。メルセデス・ベンツ社広報資料。
「スマート cdi」(2006 年モデル)に搭載されるメルセデス製 2バルブ SOHC 直列 3 気筒インタークーラーターボ・ディーゼルエンジン(「61 型」)は, 排気量が 800cc と自動車用産ディーゼルエンジンとしては最も小さいが, ボッシュ製コモンレールシステムを搭載して「Euro3」規制に対応している。
- (3) NedCar の工場においても, フロントエンドやコックピットにおいて「モジュール化」が導入されており, 組立工場内のジョンソン・コントロールなど外部システムサプライヤーがその生産を行っている。
NedCar については, J. Benders and B. Dankbaar, “Organizational Change and Assembly Automation in the Dutch Automotive Industry,” in Koichi Shimokawa, Ulrich Jürgens and Takahiro Fujimoto eds., *Transforming Automobile Assembly ; Experience in Automation and Work Organization*, Springer, 1997; 佐土井有里「2社混流生産における生産管理と作業組織——Netherlands Car B. V.」『名城論叢』, 第 5 巻第 4 号, 2005 年 3 月, 参照。
- (4) その他, 「フォーツ」シリーズをベースとしたドイツのメルセデス系チューニング・メーカー「ブラバス (BRABUS)」仕様モデルもアンバツァハで生産されている。
- (5) ドイツ南西部バーデン・ヴュルテンベルク州の州都シュツットガルトは, 古くよりフランス, スイス

を結ぶ交通の要衝で、メルセデスのほか、ボルシェ、ボッシュ、レカロなどが本拠を置くドイツ自動車産業の集積地のひとつである。

御堀直嗣氏は、農業が発展しにくい土地柄で、かつ、旧ヴェルテンベルク王国におけるピューリタニズムと西三河地方における浄土真宗の深い浸透（三河は加賀・安芸と並んで三大一向一揆と言われる；筆者注）という、宗教観にもとづく高い職業倫理という点で、シュツットガルト（メルセデス）と愛知県三河地方（トヨタ）の共通性を指摘している。御堀，2005，第二章，参照。

- (6) Guth et Naulleau, 2003, pp. 54-56.
 (7) 1994年の国内販売に占めるBセグメント車の比重は、欧州平均の29.4%に対して、フランスは36%と高く、ドイツは14%に留まっている。野上 務「欧州戦略の司令塔『欧州日産』』『新型プリメーラ・プリメーラカミノのすべて（モーターファン別冊第171号）』三栄書房，1995年10月，参照。

- (8) 清水貞俊『欧州統合への道—ECからEUへ』ミネルヴァ書房，1998年，第3章，参照。

一方、同じくロレーヌ地方の主要都市ながら、一度もドイツ領となることがなかったナンシーには多くの文化人や芸術家に移り住むようになり、19世紀末にエミール・ガレ、ドーム兄弟を中心として「ナンシー派」が結成、後のアールヌーヴォーを生み出す土壌となった。

- (9) 前掲，1998，292～293ページ；同，2002，260，340ページ。
 (10) Guth et Naulleau, 2003, pp. 45-46.
 一方、モジュール化のデメリットとしては、サプライヤーによる技術の占有とブラックボックス化に起因する自動車（組立）メーカーの技術的空洞化が考えられる。
 (11) 日本では、一般にTMMFは「バランスィエヌ工場」と表現されることが多いが、同工場はノール＝パ・ド・カレー州バランスィエヌ郡オナン（Nord-Pas de Calais, Valenciennes, Onnain）に立地することから、フランスでは「オナン工場」と表現される。
 (12) ただし、日本の一般的な自動車工場における最終組立工程の所要時間はおおよそ4時間であり、一台の乗用車の生産にかかる総所要時間は20時間程度（溶接：3時間＋塗装：11～12時間＋組立：4時間＋検

査：2時間）である。

また、小型SUVと軽商用車を生産するダイハツ九州大分（中津）工場では、中塗り塗装後の乾燥工程を要しない「水性3WET工法」の採用により塗装工程のリードタイムを短縮することで、プレスからラインオフまでの所要時間を約15～16時間に短縮している。ダイハツ九州大分（中津）工場ヒアリング調査，2006年3月6日。

- (13) 古くは日本のGATT加盟（1955年9月）に際しても、イギリス、フランスはGATT 35条（特定締約国間における協定の不適用）を援用して、日本に対する最恵国（MFN）待遇の適用を一時、除外していた。

- (14) たとえば、西ドイツはDIN、フランスはAFNOR、イギリスではBSIなど各国ごとに工業製品の規格が異なるという技術的な非関税障壁が挙げられる。結果、EC委員会の調査では、自動車市場の技術的非関税障壁の程度を「中」と見積もっている。久保広正『EC「統合市場」のすべて』日本経済新聞社，1989年，46ページ（原資料は、EC委員会，*The Economics of 1992*）。

その他、EC市場統合については、三井銀行欧州本部『EC統合』講談社，1989年；篠田雄次郎『1992・EC統合—欧州共同の家—東西ヨーロッパの統合と新世界の誕生』徳間書店，1989年；アミン・ラジャン，藤原豊司，大西史郎訳『ECのゼロサム・ゲーム—市場統合とビジネス・雇用・教育』多賀出版，1991年；電通総研編『データブックEC統合とニューヨーロッパ』岩波書店，1993年；日本経済新聞社編『ドキュメントEC統合—欧州の憂鬱』日本経済新聞社，1993年；内田勝敏，清水貞俊編『EC経済論—欧州統合と世界経済』ミネルヴァ書房，1993年，など参照。

- (15) 田中正知『考えるトヨタの現場』ビジネス社，2005年，180ページ。

また、フランス自動車産業における一般的な企業間関係については、黒川文子『製品開発の組織能力—国際自動車産業の実証研究』中央経済社，2005年，参照。

- (16) ケラー，1994，邦訳，202ページ

- (17) 「プラトール計画」およびレゼンデ工場の詳細は、吉田，1999，第9章，参照。

あわせて、VWは1990年代半ばよりVW・アウ

- ディ・セアト (スペイン)・シュコダ (チェコ) の4ブランド合計で16種類に及んだプラットフォームを4つに統合・削減する合理化も行っている。
- (18) 『週刊 東洋経済』1999年10月16日。
- (19) 前掲, 1998, 299～301ページ; 同, 2002, 349～351ページ。
- なお, 2006年12月, マツダは従来, バレンシア工場生産していた欧州市場向け「マツダ2 (日本名: デミオ)」の次期モデルの生産を宇品工場に移管することを決定した。
- (20) 赤池・金谷, 1994, 304～308ページ; 和田監修・松岡, 1995, 第7章, 参照。
- 近年では, 電動ルーフを採用する軽自動車「コペン」を生産するダイハツ池田第二工場の「エキスパートセンター」において同様の取組みが見られる。木村 浩「作業者の顔が見える手づくりの理想を求め」『ダイハツ・コペンのすべて (モーターファン別冊第305号)』三栄書房, 2002年8月。
- 「ボルボ方式」については, クリスチャン・ベリグレン, 丸山恵也, 黒川文子訳『ボルボの経験——リーン生産方式のオルタナティブ』中央経済社, 1997年; 丸山恵也, クリスチャン・ベリグレン, カイサ・エッレゴード編『ボルボの研究』つげ書房新社, 2002年, 参照。また, ベルトコンベアを廃した組立作業の起源はサーブ・スカニアが1972年に導入したものとされる。赤岡 功『作業組織再編成の新理論』千倉書房, 1989年, 113ページ。
- (21) 日本自動車部品工業会「モジュール化の進展と自動車部品産業の課題」『月刊 自動車部品 (別冊)』, 2001年11月, 3ページ。
- また, 欧州の自動車メーカーでは, 相対的に労働コストの低廉なサプライヤーへの外製化を高めることで, コストダウンを図る狙いもあった。
- (22) 大久保宣夫「自動車生産でのモジュール化の実際」安藤・青木編, 2002, 所収, 参照。
- ガラス樹脂製のラジエータ・コアサポートを持つスカイラインの「フロントエンド・モジュール」の詳細については, 『新型スカイラインのすべて (モーターファン別冊第284号)』三栄書房, 2001年7月, 参照。
- (23) 増木清行『データで読み解く日産復活のヒミツ——企業成長・拡大の新方程式』ばる出版, 2004年, 84～88ページ; 森本太郎「『日産生産方式』で製造工程もSHIFT!」『ニッサン・ティータのすべて (モーターファン別冊第347号)』三栄書房, 2004年11月, 参照。
- (24) 尾崎 清「空白の10年——日本自動車産業に身を置く一企業人から見て」同志社大学人文科学研究所第51回公開講演会『日本産業の10年——1991～2000年』, 2003年7月9日 (同講演会記録『人文研ブックレット』, No. 17, 2003年9月)。
- (25) 山口京一「モジュール方式の徹底と高品質・高効率を実現」『マツダ・アテンザのすべて (モーターファン別冊第304号)』三栄書房, 2002年7月; 同「つ (TSU)・く (KU)・る (RU) ——デミオとMZR. Zエンジンの生産」『新型デミオのすべて (モーターファン別冊第307号)』三栄書房, 2002年10月, 参照。
- なお, 「RX-8」に搭載されるロータリーエンジン (「RENESIS」) は専用ラインで組付けされる。
- (26) 「広島県のモジュール開発補助事業」『日経 Automotive Technology』, 2005年 autumn, 32～33ページ。また, 名城大学産業集積研究会「広島地域における産業空洞化問題の今日的様相——完成車・部品メーカーと行政の対応」『名城論叢』, 第4巻第1号, 2003年6月, もあわせて参照されたい。
- なお, マツダの一次サプライヤーは約500社 (外製率70%) であるが, このうち海外のサプライヤーが約150社を占め, 広島県内のサプライヤーは約200社 (広島市周辺に約100社以上) である。マツダ宇品工場ヒアリング調査, 2005年6月17日。
- (27) TMMFの詳細については, 拙稿, 2005, を参照されたい。
- (28) また, 広州トヨタでは通常の「軒先渡し」ではなく, 部品の輸送費をトヨタが負担している。詳細は, 「トヨタ 工場と販売が一体化 究極のトヨタ方式へ」『日経ビジネス』2006年9月18日, 50～53ページ, 参照。
- (29) 「トヨタ生産方式 米国で大革新」『日経ビジネス』2005年9月12日, 32～35ページ; NHKスペシャル「トヨタ 世界一への条件——グローバル企業の苦闘」(2006年11月26日), 参照。
- また, 「SPS」はトヨタでは堤工場やトヨタ九州第二工場, タイ・トヨタ・ゲートウェイ工場などでも導入されており, マツダでも「キットサプライ方式」と呼ばれる同様の手法が導入されている。タイ・ト

ヨタにおける「SPS」については、拙稿「タイにおけるトヨタの経営『現地化』とトヨタ生産システム——『IMV + TPS = 現地化』の法則」『名城論叢』、第7巻第3号、2006年11月、参照。

- 30) モジュール化やコスト削減、環境対応技術の進展などを背景とした国内外のサプライヤーの再編・提携については、『月刊 自動車部品(別冊)』、2006年11月、参照。
- 31) 田端博邦「EUの作業組織と労使関係——欧州モデル」公文・安保編、2005、所収、参照。
- 32) 1993年の18億マルクの赤字を機に、大型車・技術志向から小型車・市場志向へと経営戦略の転換を図ったメルセデスも、あわせて全社組織における職階を7つから4つ(役員・部長・課長・メイングループ・リーダー)に削減し、生産現場でも従来の「マイスター」「準マイスター」「スタッフ」という体制から、1人のマイスターがすべてのチーム・スタッフを管理する組織に変更した。赤池・金谷、1994、301ページ。
- 33) ビオリ=セープル、1993、邦訳、184～193、303～309ページ、参照。

参考文献・資料

- Smart 資料および現地調査(2006年9月6日)
- 赤池 学、金谷年展『メルセデス・ベンツに乗るといふこと』TBSブリタニカ、1994年。
- 安藤晴彦、青木昌彦編『モジュール化——新しい産業アーキテクチャの本質』東洋経済新報社、2002年。
- Guth, Jean-Pierre et Gérald Naulleau, *La voiture qui a changé l'entreprise*, Éditions d'Organisation, 2003.
- マリアン・ケラー、鈴木主税訳『激突——トヨタ、GM、VWの熾烈な闘い』草思社、1994年。
- 公文 溥、安保哲夫編『日本型経営・生産システムと

EU——ハイブリッド工場の比較分析』ミネルヴァ書房、2005年。

- 前問孝則『トヨタVSベンツ——世界自動車戦争の構図』講談社、1998年。
- 前問孝則『トヨタVS. ベンツVS. ホンダ——世界自動車戦争の構図』講談社、2002年。
- W. マイヤー=ラルゼン編、馬淵良俊訳『日本自動車産業を徹底探求せよ——ヨーロッパは日本車に轢かれてしまう』日本工業新聞社、1981年。
- 御堀直嗣『メルセデスの魂』河出書房新社、2005年。
- 松村文人『現代フランスの労使関係——雇用・賃金と企業交渉』ミネルヴァ書房、2000年。
- マイケル・J・ビオリ、チャールズ・F・セープル、山之内靖、永易浩一、石田あつみ訳『第二の産業分水嶺』筑摩書房、1993年。
- 田中武憲「イギリスにおける『トヨタ生産システム』現地化の現状と課題——“Japanization”を超えて」名城大学地域産業集積研究所『英国におけるトヨタ自動車とその部品メーカーに関する調査報告書(2001年度実施)』、2002年12月。
- 田中武憲「Toyota Motor Europe (TME); Toyota Motor Manufacturing France S. A. S. (TMMF) 調査報告書」名城大学地域産業集積研究所『調査・研究報告書(2004年度)』、2005年3月。
- 吉田信美『世界自動車ドキュメント「車闘」』実業之日本社、1999年。
- 和田充夫監修、松岡利昌著『メイド・バイ・メルセデス——「Cクラス」にみるメルセデス・ベンツの戦略的製品革新』ダイヤモンド社、1995年。
- 日刊自動車新聞社編『自動車産業ハンドブック』(各年版)。
- 日刊自動車新聞社、社団法人日本自動車会議所共編『自動車年鑑』(各年版)。