

生産管理システム

小谷 重徳

1. はじめに

本稿では自動車の量産段階での生産管理システムの全般について述べる。特に、月次の生産準備と販売店から実際にオーダーを受注し、生産、納車するまでの一連の流れを中心に、OR的観点からオペレーションが必要な所は、その考え方について解説する。

2. 自動車生産の特徴

自動車の生産は、図1のように販売店から注文を受けた後、ボディラインの先頭に生産指示されて組立てが開始される。完成したボディは塗装された後、組立ラインで各種部品が組み付けられ、検査されて完成する。完成した車両は、国内や海外の販売店に出荷される。自動車生産の主な特徴は次のようである。

①自動車は性能、品質、信頼性はもちろん今日特に安全、環境対応などが高度に要求されるとともに、市場における競争が一段と激しくなっている。

②自動車生産には、素材加工から車両の組立まで非常に幅の広い範囲の生産技術を必要とするとともに、コンピュータやロボットなどのハイテクを利用し、高度に自動化やシステム化が進んでいる生産ラインが多い。しかし、最終組立ラインについては、現在はまだ労働集約的な作業形態であることや定期的なモデルチェンジへの対応等の要因で、自動化率は他の工程に比べて低く、まだ多数の人手を要する。

③車両の構成部品点数は約2万点あり、また車両の種類が非常に多く、かつ1つの組立ラインで複数の車種を生産するため最終組立ラインの部品点数は数千点にもなっているラインが多い。これらの大半の部品は多数の仕入先より購入している。

④車両の販売台数は季節変動が大きく、販売店の見込みオーダーによる生産が中心となっている。

以上のような特徴を持つ自動車生産をどのように行うかが生産管理の課題である。

3. 生産方式の種類

自動車工業ではいろいろな生産方式があるが、工程の特性や生産量から次の3種類に大別される。

(1) ライン生産方式

専用ラインを設置し、製品を連続的に繰り返し生産する方式で、車両やエンジンの組立はこの方式の典型である。この方式では、ラインの各作業工程に対し適切な作業配分が重要で、この良否が生産性を左右する。また、製品をどのような順番で生産するかも重要な項目である。

(2) ロット生産方式

製品を一定数量にまとめて、型や治具等を段取替えることによって生産する方式である。鑄造、鍛造、プレス、樹脂成形等多くの工程はこの方式である。この方式では、生産のリードタイムの短縮や仕掛け在庫の削減のために、段取時間を短縮しロットサイズを縮小することが重要である。当社のロット工程では、後工程の部品の引き取りにより部品在庫が減少して発注点になったら仕掛けをするという発注点方式で運営している。

(3) 個別生産方式

まず製品ごとにその設計図から加工手順や生産日程が決められ、その後作業指示が行われて生産される。生産設備、型や治具などの製作工程はこの方式である。この方式では、手順計画や日程計画の正確さ、工程能力の適正な把握、各工程への負荷の適正な割付け等が重要である。

こたに しげのり トヨタ自動車㈱ マーケティング・情報
E-mail:kotani@lexus.am.toyota.co.jp

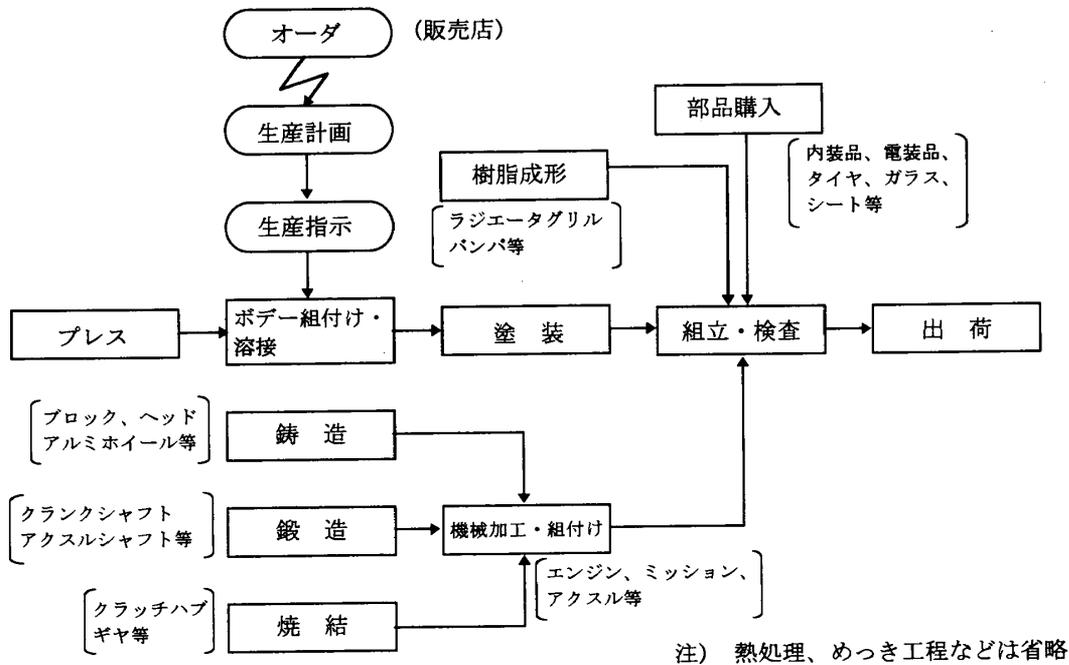


図1 自動車生産工程の概要

4. かんばん方式

当社の各生産ラインの生産指示や部品の引き取り指示は、かんばんにより行っているため、かんばん方式について説明する。

(1)かんばん

かんばんにはいくつかの種類があるが、大別すると2種類になる。すなわち生産工程の仕掛け指示のための「仕掛けかんばん」と、前工程に部品を引き取りに行くための「引き取りかんばん」である。かんばんに仕掛けや引き取りの機能を持たせるためには、かんばんを見れば何を・いつ・どれだけ・どのように造り・

運搬したらよいか等が分かる必要がある。したがって、かんばんには①製造ライン名②品番③品名④荷姿⑤収容数⑥発行枚数⑦後工程と部品置き場⑧前工程と部品置き場等が記入されている。収容数とは部品何個当たりにかんばん1枚をつけるかを示す。通常、部品はパレットに入っているため、収容数はパレットに入る部品数を示す。図2は引き取りかんばんの一種である外注かんばんの例である。

(2)かんばん方式

かんばん方式の詳しい運営方法については他書 [1] [2]にゆずるとして、ここでは簡単に述べるにとどめる。ある生産工程で部品が使用されると、引き取りか

図2 外注かんばん

んばんが外される。外された引き取りかんばんがある一定量になるか、または定刻になると、外れた引き取りかんばんを持って前工程に部品を引き取りに行く（引き取り指示、運搬指示）。前工程の部品在庫には仕掛けかんばんがつけられているので、仕掛けかんばんを外して、持っていった引き取りかんばんを付け、後工程に部品を運ぶ。前工程は外れた仕掛けかんばん枚数を所定の時間までに補充生産をする（生産指示）。

以上のようにかんばんにより運搬指示（引き取り指示）や生産指示が行われるために自動車産業のような多段階の生産工程においても、予め適切なかんばん枚数を設定しておくことと最終工程である車両の組立ラインに生産計画に基づいた生産指示をすれば、そのすべての前工程は引き取りかんばんや仕掛けかんばんにより、次々と工程を溯って運搬指示や生産指示が行われる。

5. 月次生産準備

(1) 年度生産計画

生産計画は生産活動の基礎となり、その目的に応じて短期から長期までの計画が策定されるので、長期の生産計画についても説明しておく。長期生産計画には、数年先までの車種別の生産予測や1、2年先までの年度生産計画がある。年度生産計画は、販売部門の市場予測や経営方針からつくられた車名別の販売計画に基づいて、組立ライン別に生産計画が立案される。また、この計画から主要なユニットや部品の生産計画に展開される。これらの計画に従って生産設備の能力検討が行われ、設備投資計画が策定される。さらに、材料や部品の購入計画、要員計画の元となる。

(2) 月度生産計画

年度生産計画は、予測に基づいた期待や方針を示す場合が多いが、これに対し月度生産計画はほぼ確定した生産の実行計画で、生産ラインや設備の稼働計画、要員の確保、さらに材料や外注部品の発注など月次の生産活動のベースとなる。月度生産計画は販売部門の月次の販売計画に基づいて、車名別に車両の仕様レベルで月間の生産台数が決められる。このとき、車両や部品の生産ラインの能力等による生産制約を十分考慮して決める。複数の組立ラインで生産される車両は、車名別生産計画から組立ライン別生産計画に展開される。この車名別生産計画から組立ライン別に展開する条件は、各組立ラインの稼働レベルをどの程度にするのか、生産制約はどうなっているのか等の生産条件を考慮する必要があるが、もう1つ重要な条件がある。

すなわち、生産された車両は全国の販売店に輸送されるので、生産条件を満足する中で輸送費用ができるだけ少なくなるように組立ライン別生産計画を立案する必要がある。このためには地域別にどの仕様が何台売れるかという情報が必要である。ライン別生産計画の問題は一種の輸送問題であり、またこの場合のラインの数はほとんど2なので非常に簡単に解くことができる。輸送費用をできるだけ少なくするためには、生産上の制約をできるだけ緩和し、輸送費用の少ないラインで生産できるようにすることと、地域別の販売予測の精度を高める必要がある。

ライン別生産計画が作られた後、日程別に展開されて月度生産計画がつくられる。車両の日程展開は、日当たりの部品所要量なるべく一定になるように作成される。月度生産計画は各種の手配業務のリードタイムから、毎月中旬頃開始され20日頃にリリースされる。また、計画期間の長さとしては、今後の生産の傾向を示したり、材料や部品の手配に1、2カ月のリードタイムを要するものもあるため、向こう3カ月先までの計画を立案している。

(3) 部品表

車両生産に必要な情報の1つに、車両を構成する部品情報がある。この車両と構成部品の対応を示した表を部品表と呼ぶ。部品表には単に構成部品情報だけでなく、設計上の技術情報や構成部品の生産工程なども持ち、会社の基本情報として、全社的に活用されている。

(4) 部品・材料の手配

月度生産計画ができると、車両生産に必要な部品や材料の手配を行う。月度生産計画と部品表から部品の所要量を算出して仕入れ先や社内の各工程に発注や内示をする。鋳造、鍛造、焼結、プレスなどの工程で使用する材料は、該当工程で生産すべき部品の生産量が確定した後、各部品の生産量と材料の原単位（部品1個当たりの材料必要量）データから所要量が算出されて、仕入れ先に発注される。部品の所要量算出後、かんばん枚数が計算され、現行のかんばん枚数と比較し、その増減が指示される。かんばん枚数の変更は、部品調達のリードタイムを考慮して行われる。かんばん枚数の計算例として、仕掛けかんばん枚数の計算方法を示す [2] [3]。

かんばん枚数 = [(平均需要量 × 仕掛けかんばんの
リードタイム + 安全在庫) / 収容数]
ここで、[x] は実数 x 以上の最小の整数であり、仕

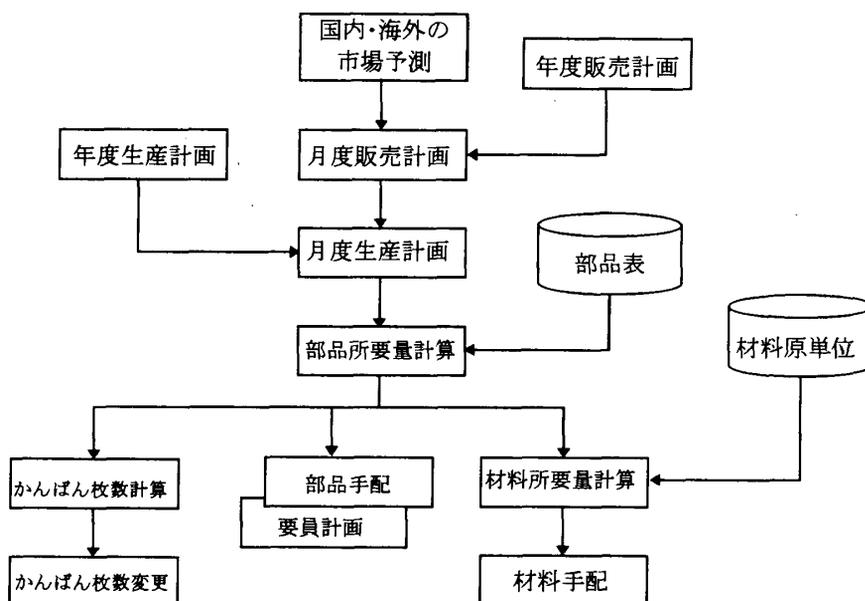


図3 月次生産準備業務の流れ

掛けかんばんのリードタイムとは引き取りにより仕掛けかんばんが外されてから生産が行われ所定の場所に置かれるまでの時間である。引き取りかんばん枚数の計算も同様で、かんばんのリードタイムの定義が異なるだけである。

(5) 要員計画

車両や部品の生産量が決めれば、これを達成するためのラインの稼働計画と要員計画を行う。効率の高い生産を行うためには、要員数を常に適正にすることが重要である。ライン別や工程別の所要人員は、車種や部品の標準時間を用いて、次式で計算される。

$$\text{所要人員} = \frac{\text{月間必要工数}}{\text{1人当たりの月間稼働時間} \times \text{能率} \times \text{出勤率}}$$

$$\text{月間必要工数} = \sum (\text{月間生産量} \times \text{標準時間})$$

所要人員が求まると、新規採用の配属、工程間や工場間の応援、勤務体制の見直し、さらに残業時間調整などが行われて、必要人員が調整確保される。

以上が月度生産計画を中心とした月次の生産準備である。図3はその流れを示したものである。

6. 車両生産指示管理

月度生産計画は生産の構えをするための計画であり、実際の生産は販売店から旬ごとに受けたオーダーに基づいて行われる。

(1) 旬間計画

販売店からの車両の注文は、月度の販売計画に基づいてつくられた注文の枠に従って、旬ごとに旬頭日の7日前に行われる(輸出車両は月単位の注文が多い)。

車の販売は在庫販売が多いため、旬オーダーは顧客からの受注分も含まれるが、販売店の見込によるオーダーが多い。したがって、販売店での車の在庫回転率をよくするためには、販売見通し、売れ筋、受注残、発注残、在庫等から適正な旬オーダーをすることが要求される。全国の販売店からのオーダーを車名ごとに集計し、月度生産計画と比較調整して、当月で生産するオーダーを決定する。複数ラインで生産される車両はライン別の生産計画に展開される。この時考慮する条件は、まずは生産の構えが月度生産計画に基づいているので、仕様やその台数を月度生産計画にできるだけあわせる必要がある。また、車両の販売店への輸送費用もできるだけ少なくする必要がある。そこで、月度生産計画から許容される乖離のなかで、輸送費用ができるだけ最小になるようにライン決定をしている [4]。次に、これを旬の日程別に展開する。車両の日程展開は部品の日当たり使用量になるべく一定になることや、車両の優先順位などを考慮して作られる。この車両の生産日程計画から、注文した車両の生産日や納車日が販売店に連絡される。

自動車は在庫販売を基調としているために、販売店での車の仕入れのリードタイムを短縮することは非常に重要である。そのために、旬オーダーという名前であるが、オーダーサイクルを短くし、月4回程度の注文ができるようにしている。

(2) デイリー変更

販売店が旬オーダーで注文した後、顧客の要望や販売状況の変化などにより、すでに注文した車両の仕様を

一部変更したい場合がよく発生する。このような事態に柔軟に対応するために、旬オーダーで注文した車両の仕様変更を生産日の4日前的日まで行える(デイリー変更)ようにしている。しかし、デイリー変更も無制限ではなく、月度生産計画で作成した車名別の生産枠に収まるように処理される。デイリー変更が完了すると、その日(4日先の日)の車名別の生産計画が確定する。複数ラインで生産される車両は、前述のような考え方でライン別の計画に展開され、ラインごとの生産車両が決まる。

(3) 投入順序計画

生産車両が確定すると、車両の組立ラインでどのような順番で車両をつくるかを定める。投入順序の決め方はいろいろあり、組立ラインの運営や生産管理の考え方により異なる。当社では次のような考え方を採用している。組立ラインの各作業工程に注目すると、作業遅れが発生するとラインストップにつながるため、各作業工程での作業遅れがなるべく発生しないように順序つける必要がある。一方、組立ラインで使用される部品に注目すると、部品の生産量や運搬量の変動をできるだけ少なくするためには、組立ラインで使用される部品の単位時間当たりの量なるべく一定になるように順序つける必要がある。また、生産設備からの投入条件もいくつかあり、投入順序はこれらの条件をできるだけ満足するようにつくられる [5]。

(4) 組立ライン生産指示管理

車両の投入順序計画に従って、ボディラインの先頭に車両着工指示が行われる。車両はボディ、塗装、最終組立の各ラインを通過し、約1.5日のリードタイムでつくられる。各工程への生産指示やラインの生産状況の把握など全工程を通じて、コンピュータによりオンライン管理されており、常時適切なコントロールが行われる。

(5) 組立ラインでの部品引き取り方法

部品の前工程や仕入先からの引取りは、基本的にはかんばんにより行うが、組立ラインではかんばん以外の方法もあり、大きく分けて以下の3通りである。

① 後補充方式

いわゆるかんばん方式であり、組立ラインでの一定時間の部品の使用量を定められたリードタイム後に補充する方法である。部品の使用量が比較的多く、安定している部品には非常に好ましい方法である。

② 同期化方式

組立ラインで使用する順番に部品を引き取る方式で

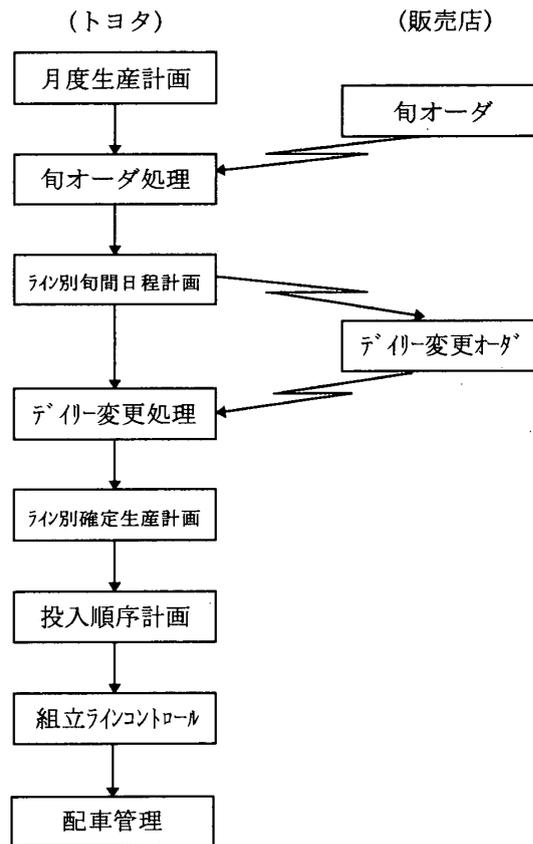


図4 車両のオーダー、生産、配車の流れ

ある。この方式では最終組立ラインに車両が投入されてから引き取り指示を出すために、該当部品を生産している工場や仕入れ先が組立工場に近いことが必要である。この主なものとしては、エンジン、アクスル、タイヤ、シートなどがあり、大物で、かつ種類が多い部品に適している。

③ 計画方式

部品の使用量が非常に少ない場合、後補充方式が必ずしも適切でない場合がある。このような時、確定生産計画や生産指示情報から部品の所要量を求め、必要分だけを発注する方法である。

(6) 配車管理

車両の組付けが完了し、検査工程で合格になった車両は配車先が決定されて、あらかじめ決められた輸送手段やルートで輸送される。車両の輸送は主にトラックや船が利用されている。車両の出荷後も輸送の中継基地ごとに車両が把握され、常に車両の現在位置がオンライン管理されている。

以上説明した、販売店の車両オーダーからメーカーのオーダー処理、生産、配車の一連の業務(図4)は、コンピュータが高度に活用されている。

7. 生産性管理

日々の生産活動を評価し、その効率を高めていくことは非常に大切である。そのために現場から管理部門に至るまで組織的に改善活動を展開している。

(1) 原価管理

原価低減は、売上げの拡大と同様に利益増大の1つの方法である。原価は管理の単位(部門別、製品別、費目別など)ごとに、期または半期の目標原価を設定し、毎月実際の原価と対比することにより、原価改善の推進とその評価を行っている。

(2) 能率管理

適正な人員によって効率的な生産をしているかどうかを判断する指標として作業能率(=標準作業時間/実績作業時間)がある。能率は期または半期ごとに、工場別、部門別、製品別などの管理の単位に従って目標が設定される。その後、毎月実際の能率から達成率が算出され、能率の改善活動の推進とその評価が行われている。

8. おわりに

今日自動車市場は大きく変化しており、ユーザの求める商品をいかにタイムリーに開発・生産し供給するかが課題となっている。このために、社内はもとより販売店や仕入先などの関係会社とも情報通信ネットワ

ークにより有機的に統合化され、高度なコンピュータ利用が展開されている。その結果、必要な情報のタイムリーな収集や情報処理のリードタイムの大幅な短縮が行われ、さらに戦略的な企画の支援にもその威力を発揮しつつある。

生産管理システムにおいては、よりの確な市場動向の把握とともにより柔軟な生産対応するために生産の構えのタイムリーな変更、より一層フレキシブルな生産ライン造り、および生産のリードタイムの短縮などが重要であり、今後はますます顧客1人ひとりのニーズに的確に対応できる生産管理システムの確立が望まれる。

参考文献

- [1] 門田安弘, 「トヨタシステム」, 講談社, 1985
- [2] 小谷重徳, 「かんばん方式の数理」, オペレーションズ・リサーチ, Vol. 32, No. 11, 1987
- [3] 小谷重徳, 「かんばん枚数の最適化」, QC・OR・JIMA 中部支部3学会共催研究発表会発表要旨集, 1996
- [4] 小谷重徳, 「車両の組立ライン割当問題」, 日本OR学会春季研究発表会アブストラクト集, 1992
- [5] 小谷重徳, 「混合ラインへの投入順序付けの近似解法」, トヨタ技術, Vol. 33, No. 1, 1983, 門田安弘編, 「トヨタ生産方式の新展開」, 日本能率協会, 1983に転載

特集「企業事例——トヨタの生産システム」を掲載するにあたって

今月号の特集はトヨタにおけるORの適用事例を集めました。今までの企業事例は手法あるいは対象をキーワードにしての切り口が中心で、いわばORが主役でした。その事例が企業活動の中でどのような位置を占めることになるのか、ということについてはあまり重点が置かれていなかったように思われます。今回の企画は、この点を補おうとするものです。1つの企業の様々な活動の場面を多角的に眺め、その事例を書いていただくことにより、ORが企業活動全体の中で果たす役割、あるいは果たすべき役割が再認識され、読者の新たなOR研究の刺激剤としていただけるのではないかと、という期待が込められています。

このように一つの企業の事例をまとめて報告する企画は今回が初めてですが、できればこの企画を今後とも継続したいと考えております。ご意見、ご感想を編集委員会宛にお寄せいただければ幸いです。また、この企画にご協力いただける企業を募集しております。自薦他薦どちらでも構いませんので、ご連絡ください。

機関誌編集委員会