

## 「ジャスト・イン・タイムと看板方式」の草稿

生産管理の事典、 朝倉書店出版（1999年発刊予定）

圓川 隆夫、黒田 充、福田 好朗 編集

1998/4/24

黒岩 恵

1. 自動車の生産とトヨタ生産方式
1. 1 トヨタ生産方式とジャスト・イン・タイム
1. 2 自動車生産の仕組み
2. トヨタ生産方式の基本
2. 1 トヨタ生産方式を実現する二本の柱
2. 2 原価主義より原価低減
2. 3 徹底的なムダの排除
3. ジャスト・イン・タイムを支えるしくみ
3. 1 車造りのものと情報の流れ
3. 2 ジャスト・イン・タイムを実現するための原則
3. 3 平準化生産
4. 看板方式
4. 1 看板方式という自律分散システム
4. 2 看板とその運用法
4. 3 看板方式の制御パラメータ
4. 4 看板方式運用の難しさ
4. 5 看板の振れ低減活動
5. 高度情報システム化におけるジャスト・イン・タイムの方法論
5. 1 看板方式の情報システム化
5. 2 部品納入指示方式の統合化
5. 3 ジャスト・イン・タイムを支える情報システムの高度化

### 1. 自動車の生産とトヨタ生産方式

#### 1. 1 トヨタ生産方式とジャスト・イン・タイム

ジャスト・イン・タイム（Just In Time）という和製英語は、日本の製造業が生産性において世界のトップに躍り出た80年代に生産システムに関わる世界の人達に広

く定着した言葉である。ジャスト・イン・タイムは、正確にはトヨタ生産方式を実現する重要なコンセプトであるが、今ではこの言葉はトヨタ生産方式、アメリカで呼ばれるリーン (lean=ぜい肉の無い) 生産方式と同義に扱われる。また、ジャスト・イン・タイムを実現する手段であり、トヨタ生産方式のサブシステムである「かんばん方式」も同じ意味で呼ばれる場合が多い。

産業革命以降の近代の工業化社会において、ヨーロッパのマイスター制度に代表される「クラフトマン生産方式」から自動車を大衆の物としたアメリカの「フォード方式」そして「トヨタ生産方式」は世界の歴史に残る生産システムであろう。アメリカでは彼等の得意な情報技術でリーン生産方式 (トヨタ生産方式) を超えるべく「アジャイル (agile=俊敏な) 生産方式」の確立を目指している。

しかし、トヨタ生産方式の最も重要なコンセプトであるジャスト・イン・タイムは、時代は変わっても永続的に受け継がれるべき生産のみならず経営の哲学である。すなわち、「必要な物を必要な時に必要な量を造り、お客様に届ける」というジャスト・イン・タイムの思想は、「物」を「情報」、「設計図」に置き換えればビジネス活動における普遍的な真理である。しかし、それを実現する手段は生産環境と共に変化する、すなわちトヨタ生産方式も時代とともに進化していくのである。

## 1. 2 自動車生産の仕組み

自動車に限らず全ての製造業は、ある生産条件 (受注など) に基づき、資源を活用して、部品や素材から製品を造りだす、という継続的な活動により成り立っている。「最小の入力と資源で最大の効果すなわち出力を得る」という経営課題達成のために、生産活動モデルにおける仕組みの開発と改善の活動が続けられる。(図1)

機械系や電気系で構成される設備システムなどにおいて、入力最小、出力最大という単純な課題ならば、最適制御理論などにより比較的簡単に解が見つかる。しかし生身の人間と設備で構成される生産システムでは、最適解を見いだす方法論は永遠の課題である。「より最適に制御するための仕組み」これが生産環境の変化に対応した新しい生産システム確立へのアプローチである。

図1のモデル化した自動車生産活動を図2に自動車製造工程の概略として具体的に示している。自動車工業は多くの生産工程を経由した数万点の部品で一台の車を組み立てる総合組立産業である。多くの部品がエンジンなどのユニットとなり、車両工場の艤装組立ラインへは車両1台当たり約3千点の部品が集約されるが、自動車生産工程は素材から部品、ユニットへと工程が長く複雑である。日本の自動車産業では70%以上の部品は関連部品メーカーから購入しており、部品の生産に加えて物流の効率化は重要な課題である。

このように多数の部品から構成される自動車生産工程を制御するために「必要なも

のを、必要な時に、必要な量だけ生産し運ぶ」というジャスト・イン・タイムの生産方式が考案されたのである。ジャスト・イン・タイム生産は逆に表現すれば「自動車の生産に必要な部品の中で一点でも欠品があれば、それ以外の全ての部品の供給が止ること」と言える。これを実現する手段にトヨタでは「後工程引き」と「かんばん」が適用されている。

自動車生産工程の深さと複雑さのため、それぞれの工程のトラブルが全体に大きな影響を与えたり、中間に多くの在庫を持つというムダが発生しやすい。近年の車種の増加と仕様の多様化は、トヨタ生産方式が確立された時代における生産環境から数倍にも上る制御（＝管理）の難しさを与えている。

## 2. トヨタ生産方式の基本

### 2. 1 トヨタ生産方式を実現する二本の柱

トヨタ生産方式の基本的なコンセプトは「お客様第一主義」である。すなわち、「お客様の満足する車をタイミング良くお届けし、車を生産するための部品をジャスト・イン・タイムに供給する」、というコンセプトである。自動車の部品やユニットの各生産工程は完成品を生産ラインの後ろ(店)に置く。必要な物、必要な量、必要なタイミングが把握できるのは後工程であるため、後工程が前工程のラインの後ろ(店)に物を取りに行く。このことからトヨタ生産方式は後工程からの引き、すなわち「プル (Pull) 方式」と言われる。

ジャスト・イン・タイムはトヨタ生産方式を実現する重要な一本の柱であるが、もう一本の柱は「自働化」である。自動化でなく「にんべんのある自働化」とは、自律的な自動化を意味し、自動的に不具合を監視、管理するメカニズムである。自働織機が縦糸や横糸が一本でも切れたとき、ただちに機械が止る仕組みにした豊田佐吉の教えに学んだのである。「自働化」の考え方は機械だけでなく作業者のいる生産ラインにも拡大されている。「自働化」というコンセプトは、異常があれば作業者がラインを止め、不良品を後工程に流さないこと、造り過ぎを押さえることであり、内在する問題点を顕在化して、全員が情報を共有して改善に取り組むことである。

### 2. 2 原価主義より原価低減

トヨタ生産方式の目指す究極は経営体質の改善である。財務的には原価低減により損益分岐点を下げ、設備（固定資産）、原材料、仕掛品を押さえて資産の流動性を高め、資金需要を最小限にすることである。企業経営の目的として最も重要な「利益」を上げるためには、製造原価を押さえ、継続的な原価低減の活動が必要である。すなわち、売値は市場が決める所与の値と捉え、利益を出すために製造原価を下げることの努力を継続的にせざるを得ないという原価低減の考え方である。これは原価に適性

利益を加算して売値を決める原価主義の考え方では無い。

利益 = 売値 - 原価 (原価低減)

売値 = 原価 + 利益 (原価主義)

トヨタ生産方式の基本は継続的な原価低減の活動であり、生産活動に不可欠な最小限の設備、原材料、部品、付加価値を付けない余分な作業を、原価を高めるムダと見なし、徹底的にムダを排除する仕組みをつくりあげることである。

### 2. 3 徹底的なムダの排除

製造現場では、部品の加工や組付けという正味作業以外に、付加価値を生まない作業やムダが多い。製造現場におけるムダには、造り過ぎのムダ、手待ちのムダ、運搬のムダ、加工そのもののムダ、在庫のムダ、動作のムダ、不良を造るムダなどがある。これらを徹底的に分析し、排除することで作業能率を向上させる。製造現場における動きを働きに変え、付加価値を高める作業にするために作業改善や工程改善を進める。

後述する生産や物流における平準化という考え方は、ジャスト・イン・タイムを成立させる前提になるが、その生産や物流の負荷のピークに合わせて人や設備や原材料、部品という資源を用意するならば、ピーク以下の部分は全てムダと見なすことができる。すなわち、余分な人員、手待ちの多い動作、過剰な設備、必要以上の在庫などである。(図3)

ムダの中で最も排除したいムダは造り過ぎのムダである。造り過ぎを発生させる原因は、余分な作業員、負荷量のバラツキ、ラインストップの心配、需要が多くなるとの予測、後工程を止める心配、などが考えられる。造り過ぎのムダは、このムダが新たなムダ、例えば在庫や運搬のムダを発生させ、工程や作業の問題点を隠してしまうのである。

能率向上という名の下に単位時間当りの生産量、一人当りの生産量を上げる努力をしても、需要の無いものを造りだめしても意味は無い。一日の製品の必要数が100個の時、それを10人で120個造ることで「みかけの能率」を上げることで無く、8人で100個造るという「真の能率」向上への努力が必要となる。

## 3. ジャスト・イン・タイムを支えるしくみ

### 3. 1 車造りの物と情報の流れ

トヨタの車造りの物と情報の流れを図4に示している。お客様からの受注情報が販売店から車両オーダーとして受信され、本社のコンピュータで車両の生産計画が立案される。車両生産の順序情報はそれぞれの組立ラインに、車両組立工場に置かれた組立ライン管理システム(以下ALC=Assembly Line Control)に通信回線で送信される。車両の着工順序計画は、組立ラインでの作業負荷と前工程の部品の消費量を平準化

するために、予め平準化計算されて ALC コンピュータのファイルに格納され、ALC システムで生産指示・管理される。

一方、組立ラインの前工程に当たる機械加工組立工場や部品仕入先から搬入された部品が車両組立ラインで使用され、その部品（収容箱）に添付されていた「かんばん」が外れ、これが部品引き取りかんばんとなり前工程の部品を引く。前工程では更にその前工程へ部品引き取りかんばんが運ばれ、部品の引き情報がかんばんの連鎖として前工程へ流れることになる。

車両の生産計画と部品オーダー情報は 3 カ月先の内示情報として前工程（部品工場や部品仕入先）に情報電送される。実際の部品オーダー（確定情報）は、外れたかんばんを前工程に運ぶことで情報が与えられ、これが部品引き取り情報となる。（図 5）

前工程では内示情報で生産の構え（部材の調達、残業や人員配置計画など）を行い、かんばん（確定情報）による部品の引きに対応する。従って後工程の生産の平準化すなわち、部品を引き取るためのかんばん枚数の振れを小さくしなければかんばん方式は成立しない。

### 3. 2 ジャスト・イン・タイムを実現するための原則

組立産業である自動車工業は典型的な離散系のシステムである。その生産システムの制御方式は鉄鋼やプロセス産業における連続系のシステムの考え方を取り入れながら、離散系の難しさを克服してきた歴史である。連続系のシステムに対する大きな差異は系の中に人が介在すること、制御の対象となる物が一個一個異なることである。生産システムという系の中に人という優秀な情報処理システムを活用できる点はメリットであるが、連続系で無いため、みかけの能率を上げるためロットサイズを大きくするというムダを生む。

トヨタ生産方式で言う「工程の流れ化」や「一個流し」は離散系のシステムを連続系のシステムへ近づけ、ジャスト・イン・タイム実現の前提となる平準化を実現する手段である。工程の流れ化という改善事例の中で、過去には数時間かかっていた金型の段取り替え時間を 10 分以内に短縮した「シングル段取り」と呼ばれるプレス工程の事例が有名である。「一個流し」の理想を車両組立工場に当てはめれば、一つの組立ラインで高級車、大衆車、乗用車、RV 車、全ての車種や車型が組立てられるラインである。そして一本の組立ラインに 1 台ずつ、かつ違った車種が流れることができる理想的な仕組みである。

一般的に鉄鋼プラントなどの連続系の生産システムでは前工程が後工程に物を押し込んでいく方式である。自動車生産工程は連続系と異なり、一貫した製造ラインを構成できず、素材から部品、部品からユニット、さらに完成車へと製造工程は長く複雑な多段工程となる。それぞれの工程が生産計画を立てて、前工程から後工程へ素材か

ら部品、部品からユニットへと運搬する生産形態を取る場合も多い。しかし、製造現場は計画通りにいかない要素が無数にある。設備故障、部品不良、手直しなどがその例である。一点の部品やユニットに欠品があってもユニットや車両は組み付けられない。それ以外の部品の搬入をストップしなければ、その工程には不急の部品が滞留する。一方で部品やユニットに欠品が起こり、一方では直ぐには必要としない多くの部品が滞留する結果になる。市場の需要精度の高くない受注情報から MRP(Material Resource Planning)方式などで生産計画を立て、必要な工程に生産指示する、「プッシュ (PUSH) 方式」の生産システムでは、正確な進捗管理や在庫管理が不可欠である。

ジャスト・イン・タイムの生産を行うために、最終工程の車両組立工場だけに生産計画（販売店からの受注状況を反映した車両オーダー）を出し、そのラインで使われた部品を前工程へ取りに行く「プル方式」を取れば、後工程から前工程へ部品引き取り情報が流れ、その逆方向に物が流れるサプライチェーンができあがる。物が一つ一つ異なる離散系において連続系の仕組みに近付ける努力がジャスト・イン・タイム実現への活動である。そしてこれを成立する前提が量と種類の平準化であり、できるだけ小刻みな生産と運搬である。

工程の流れ化による平準化を実現するためには、種々の部品が毎日平準化し迅速に生産され、運搬されなければならない。そのため生産リードタイムが短縮されることが必要である。生産や物流のリードタイムが長ければ、後工程の生産の変動に前工程が追従できず、後工程の引きによる「プル方式」という制御系が連続系における振動現象を起こし、系が安定しない。すなわち、後工程で大量な部品を必要とする時に少量しか前工程から物が入らず、逆に少量の部品しか必要で無い時に大量の物が入ってくる、という現象を発生する。連続制御系におけるフィードバック機構がうまく機能しないのと同様に、かんばん方式という離散系の制御機構がうまく働かないことになる。

ジャスト・イン・タイムとはムダを排除した必要最小限の能力で間に合わせることであり、それを実現するための原則をまとめると以下となる。

- (1) 工程の流れ化（一個流しの追及）
- (2) 平準化
- (3) 後補充生産，後工程引き取り

### 3. 3 平準化生産

平準化生産のために、量の平均化と種類の平均化が必要である。

#### 1) 量の平均化

量の平均化とは一個の物をどれだけの時間で造れば間に合うか、ということである。この時間をタクトタイムと言い、平均化するために必要数でタクトタイムを決める。例えば一日の稼働時間を8時間、日当たり必要数（生産台数）を480台とすれば、以下のようにタクトタイムは1分となる。

タクトタイム＝一日の稼働時間／日当たり必要数＝ 480分／480台＝1分  
一本の組立ラインにA, B, Cの3車種が混流生産され、これらが合計480台生産  
されると仮定する。A, B, Cそれぞれの車種の生産比率は表1の様になる。

## 2) 種類の平均化

表1の例ではA, B, Cそれぞれの生産(必要数)比率が2:1:1であるから、  
A, B, A, C, A, Bのような順番に一台ずつ種類の異なったものを流すことで種  
類の平均化を実現できる。この例はABCという三種類の車種であるが、これらには  
セダン、ハードトップ、ワゴンなどの車型があり、サンルーフ付きなどオプション部  
品の有り無しなど、一つのラインにいろいろの種類の車が混流生産される。

種類の平均化はジャスト・イン・タイムのための大原則である。従って組立車両の  
生産順序計画は平準化アルゴリズムにより計算され、ツートンの様な多回塗りや塗装  
の手直しなどによる塗装ラインでの平準化の乱れは、塗装工場の各工程内や塗装ライ  
ン完了後の車両バッファ・ラインで再度平準化計算され、艀装組立ラインに投入され  
る。平準化計算は、組立作業負荷の重い車種や車型、オプション部品などで、例えば  
、「aとbは連続して流さない」、「aとcの間隔は3台以上空ける」、などの連続  
間隔条件が作業負荷の算定と現場の経験で平準化条件に加味される。量や種類の平準  
化は艀装組立ラインでは部品の引きの平準化と組立作業の負荷の平準化のために重要  
である。車両の生産順序計画の計算は目標追跡法などの平準化アルゴリズムに連続間  
隔条件などが考慮されて決定される。この算法は多くの文献に引用されておりここ  
では割愛する。

## 4. かんばん方式

### 4. 1 かんばん方式という自律分散システム

ジャスト・イン・タイムは効率的な生産システムを実現するためには社会環境、生  
産環境の変化に対しても普遍的な真理である。しかし、かんばんによる後工程引き取  
りという方式は、ひとつの手段であり、将来とも現在のかんばん方式が最適な手段と  
して継承されていくかどうかは分からない。少なくとも1960年代後半から日本の  
経済がバブル崩壊に至る右肩上がりの需要構造の時期には、世界で最強の生産シス  
テムとして評価されたのは事実であろう。

トヨタ生産方式は前述の通り、ジャスト・イン・タイムと自働化の二本の柱で成り  
立ち、かんばん方式はジャスト・イン・タイムを実現する道具であり、自動車生産シ  
ステム全体の自働化を実現する手段である。自働化とは、「自律的な自動化」を意味し、  
かんばん方式を現在の生産システムにおける言葉で表現すれば「自律分散システム」であ  
る。

かんばん方式という人の運用を主体にした制御システムは、離散系の多段工程で成

り立つ自動車（部品）生産工程における「売り（後工程へ）」、「買い（前工程から）」、「造り」という生産活動を現場の作業へ落とし込み、一部の生産計画担当者やコンピュータによる集中処理でなく、「かんばん」とそれを運用する生産現場の多くの人による自律分散システムである。後述するかんばんに記載された制御パラメータに従って、後工程の生産が行われると、それに追従してかんばんが外れ、前工程は後工程からくる部品引き取りかんばんに対応して部品を所要量生産する。連続系における線形制御システムすなわちフィードバック制御が、離散系かつ多段工程の生産システムで成り立っているのである。

#### 4. 2 かんばんとその運用法

かんばんの第一の機能は作業指示の情報媒体であり、第二の機能は、かならず現物とともに動くことである。かんばんは目で見える管理の道具であり、かんばん方式の運用ルールを遵守することで現場管理に必要な、標準作業の遵守状況、自工程の能力、在庫、人員配置、などが管理ができ、後工程の作業の進捗状況を知ることができる。かんばんは作業者にとって標準作業の道具であり、管理者にとっては現場管理の道具である。このことからかんばんという情報媒体と生産現場の人による情報処理で成り立つ自律分散システムと解釈できる。

かんばんの形や材質、それぞれの役割は異なるが、代表的なかんばんは、「生産指示かんばん」と「部品引き取りかんばん」である。自動車生産工程を「生産指示かんばん」と「部品引き取りかんばん」で理想的なサプライチェーンすなわちジャスト・イン・タイムが実現されるのである。

かんばんには、品番と品名、製造ライン、荷姿と収容数、発行枚数、前工程の置き場の番地、後工程の置き場の番地、が記載されている。部品や収納パレットにかんばんが付けられるが、その部品が使われる最初のタイミングでかんばんを作業者が外し、それを部品引き取りかんばんとして前工程に部品を取りに行き、そのかんばんの部品を後工程に運ぶ。運ばれた部品のかんばんが前工程の生産指示かんばんと入れ替えられ、その生産ラインの先頭へ運ばれ前工程での生産指示情報となる。（図6）

かんばんは自律分散システムを実現する道具であり、トヨタ生産方式で重要視する「現地現物」「目で見える管理」を実現する道具である。以下にかんばんの役割を総括する。

- 1) 生産・運搬の指示と方法の情報
- 2) 造り過ぎの抑制と工程の遅れ進みなど目で見える管理の道具
- 3) 工程や作業改善の道具

また、かんばん方式という生産制御システムを効果的に機能させるためには、以下の様な運用ルールを遵守しなければならない。

- 1) かんばんと物と一緒に流し、後工程の部品の使用でかんばんを外す



- 2) かんばんが外れただけ後工程が前工程へ物を引き取りに行く
- 3) 前工程は引き取られた物を、引き取られただけ、引き取られた順に造る
- 4) 不良品を後工程に送らない、すなわち製品は100%良品であること
- 5) 生産を平均化すること
- 6) かんばんは微調整の手段である

かんばんは微調整の手段とは、ある変動の範囲では安定性に富むが、変動の大きければ追従できない、すなわち速応性は持たない、ということである。車両の生産計画による部品の予測（前工程への内示）と実際の部品使用量では常に誤差が生じる。生産システムはこの誤差に柔軟に追随しなければならず、それを具現化する手段がかんばんである。

#### 4. 3 かんばん方式の制御パラメータ

かんばん方式を人の運用をベースにした離散系フィードバック制御システムと見なした時、その制御パラメータは以下である。

- 1) かんばん回転枚数
- 2) 部品収容数（一枚あたりのパレットサイズ、すなわち部品個数）
- 3) かんばんサイクル  $a - b - c$ （ $a$ 日に $b$ 回 $c$ 便遅れで納入という意味）

（例） $1 - 4 - 2$ （1日4回納入で2便遅れ）

連続した細い流れを実現するトヨタ生産方式の理想は、部品収容数は最小の値である1個まで縮小すること、かんばんサイクルにおける納入回数を後工程のタクトタイムに見合う納入回数まで多回化することであろう。これがジャスト・イン・タイムの究極である。しかしこれはあくまで理想で、現実には生産・物流のリードタイム、物理的制約や生産環境から上記の制御(運用)パラメータは決定される。段取時間を短縮してロットサイズを小さくする活動、リードタイムを短くするための工程短縮、工程間の部品の多回引き、部品運搬の多回化、混載、巡回などの活動は、多様化する生産環境の中でジャスト・イン・タイムを維持向上し、改善するために継続されるべき活動である。

かんばん枚数は生産計画による当該部品必要数と部品収容数、かんばんサイクル（ $a - b - c$ ）から以下のように算出できる。

かんばん枚数 = (日当たり部品必要数 / 収容数) × ( $a / b$ ) × (1 +  $c$  + 安全在庫総数)

かんばん枚数の必要以上の増加は過剰な中間在庫を生み、かんばん枚数の減少は後工程での必要部品の欠品を発生させる。かんばんの枚数管理が「現地現物」で行われなければならない。また、かんばん方式という自律的なフィードバック制御が効果的に

機能するためには以下の条件が満たされることである。

- 1) 部品の引く量と種類の変動が少ない（量と種類の平準化）
- 2) 一定量が連続的に消費される
- 3) 生産・運搬のリードタイムが短い

#### 4. 4 かんばん方式運用の難しさの増大

自動車の需要構造が循環型市場に変化し、製造業の生産環境は、過去のプロダクト・アウトからマーケット・インさらに現在ではカスタマー・インへとお客様一人一人を対象にした商品創りと提供が重要になってきている。自動車製造業も総生産台数は増加しないが、RV車などの増加で容易に理解できるが、車種、車型、オプション部品は、かんばん方式が確立された時代に比べ数倍にも増加した。市場構造と生産環境の変化がかんばん方式に以下のような変化をもたらしている。

- 1) 生産車両の量と種類の変動の増加
  - ・かんばん枚数の増減の頻度の増大
- 2) 車種車型の仕様増加、混流生産車の増加
  - ・かんばん種類の増加
  - ・低頻度で回転するかんばん種類の増加  
(50%は日当たり1枚未満)
- 3) 調達部品の物流リードタイムの増大
  - ・遠隔地工場
  - ・輸入部品

かんばん方式は、作業者の判断と躰けにより成り立っている。バーコード・リーダ付のかんばんソータの管理機能を向上して生産環境への対応を図ってきてはいるが、過去の生産環境に比較してかんばん運用条件が難しくなっている。また量としては少ないものの、低頻度の使用部品が増加し、50%以上の種類の部品が一日当りに一枚未満しかかんばんが外れない。この現象は車種車型の仕様増加、一つのラインでの混流生産車が増加すればするほど低頻度の使用部品が増加する。

かんばんで部品を引く量と予め生産計画で決まる内示量との差異の変動を10%以内に押さえる活動がされているが、低頻度使用部品になればなるほど両者の乖離が大きくなっている。

かんばん方式の自律制御の領域を外れた低頻度使用部品は、古典的な在庫管理の基本である「ダブルビン（2 bin）方式」である。後補充を前提とする現状のかんばん方式は、「次も同じ部品を使う」という前提で成り立っている。生産環境の変化で低頻度使用部品が増えれば増えるほど、量としての在庫より種類としての在庫が増えることになる。

パレットサイズを縮小し、収容数一個への改善活動、小さな速い流れを作るトヨタ

生産方式の理想への追及は行われなければならない。しかし、生産環境の変化による低頻度使用部品の増加は、部品種類の削減や共通化など製品設計の在り方が問われている。

#### 4. 5 かんばんの振れ低減活動

かんばん方式は、世の中で評価される一方で「下請けいじめの凶器である」とか、「多回納入が道路環境を悪くする」などの批判を受けたことがある。かんばん方式の運用ルール、かんばん方式という生産制御システムを理解せずに、「かんばん」という情報媒体と後工程引き取りという理解だけで、生産や運搬の平準化をせずにかんばん方式の真似事をすれば、これらの批判を受けざるを得ない。

生産と物流の平準化、すなわち部品の引き取り情報としてのかんばんの振れの低減がかんばん方式の存立基盤である。かんばん枚数の振れを起こす要因として以下がある。すなわち、生産変動に伴う実際のかんばんの振れ、人の運用に伴うかんばん運用ルール違反、かんばんシステム自身の仕組みに起因する振れの三つが合成された結果としてかんばん枚数の振れが起こる。

かんばんは、本来大きなラインストップが無い限り、車両の生産は一定のペースで行われるため、部品種類の変動があっても、部品量（＝かんばん枚数）の大きな変動は無いはずである。図7はかんばんシステム自身の仕組みに起因する振れの低減例である。かんばん回収が10回、部品納入が4回の場合を例を示している。

納入便と外れかんばんの回収回数により、それぞれの納入便で仕入先に持ち帰られるかんばん枚数は交互に3回分、2回分となる。この部品手配により、生産ラインは平準化されているにも拘らず、部品の荷量は50%振れることになる。部品の納入回数は、部品の必要量と収容数や荷姿で決定され、かんばんサイクルはそれぞれの部品で異なる。このようなかんばんシステム自身の仕組みに起因する振れは、かんばんに付与されたバーコードを読み取るかんばんソータに平準化ばらしの機能（図7の例では3回分のかんばん枚数を次便に按分する）を追加することによりかんばんの振れの低減を実現している。

### 5. 高度情報システム化におけるジャスト・イン・タイム実現の方法論

#### 5. 1 かんばん方式の情報システム化

かんばん方式は、人の経験とコンピュータで計算された制御パラメータに従い、かんばんの運用ルールに則った「人を中心とする情報システム」である。そのため、情報システムは、かんばん方式を効果的に運用する人を援助するための手段としてしか適用しない原則を守られてきた。それは、コンピュータと通信技術が今ほど高機能、低価格でなかったこと、人が中心のシステムへの高度な機械化（情報システム化）は

人を疎外し、人の改善意欲を低下させること、プロセスや仕事の仕組みの悪さを情報システムが隠してしまうこと、などからである。

生産を取り巻く環境変化に対応するため、トヨタの工場は三河地区から海外を含め、国内では九州、北海道、東北など遠隔地の工場へと生産拠点が分散されてきた。国内の遠隔地工場では、かんばん方式を物流リードタイムの長い国内の遠隔地工場で適用するに当たって、後工程引き取りというかんばん方式の原則を遵守し、かんばん情報電送化による方式が適用されている。九州などの遠隔地工場で使用した部品情報をかんばんのバーコードから把握し、通信ネットワークで前工程の部品工場や集荷センターへ送信し、前工程では受信情報に基づきかんばんをその都度発行する。この際の部品引き取りかんばんは従来のリンクかんばんでなく、後工程での使用実績がバーコードで読み込まれた時点で廃棄されるワンウェーかんばんとなる。(図8)

遠隔地工場におけるかんばん電送システムは、かんばんを単に電送するという機能だけではなく、以下のような機能を持っている。

- ・ 陸上、海上輸送の物流管理のシステム
- ・ かんばん電送に適合する通信ネットワークの開発
- ・ 生産変動と平準化を考慮したかんばんの自動発行
- ・ 決済機能の電子化

生産変動によるかんばん発行枚数の増減や部品のコンテナへの積載率の向上など遠隔地で生産と物流のジャスト・イン・タイムを実現する多くの試行が行われ、将来のかんばん電送システムの拡大への試金石とも言えよう。かんばん方式の情報システムによる将来の進化の姿は、このようなアプローチの延長線上で実現される。

## 5. 2 部品納入指示方式の統合化

車両組立工場に納入され、組立ライン側に運搬される部品の前工程への指示方式は3種類の方法が取られている。

- 1) 外れかんばんによる後補充部品納入指示
- 2) 組立車両の生産車両の順番に該当部品を引く順序引き
- 3) 生産車両の部品展開による部品納入指示(着工引き)

順序引きは、エンジン、シートなどのユニットや大物部品を車両ラインの生産車両に同期してサブラインを構成するか、ライン側に搬入する。車両組立工場では、生産順序がライン上で変更が発生しない艀装組立ラインへの車両投入の順序で前工程へ順序納入指示情報が発信される。

トヨタで着工引きと呼ばれている部品納入指示方式は、前述した低頻度使用部品に対して適用される。外れかんばんによる後補充部品納入指示の代わりに、生産車両の着工情報の車両仕様から必要部品を計算してこの情報を部品納入指示とするものである。これら3種類の部品納入指示方式は今後統合化されていくであろう。図9では部

品オーダーの形態が車のモデルライフ、物流リードタイム、部品使用量で選択されることを示している。

顧客からの販売店への受注情報、販売店からの受注情報、車両の生産計画、車両の着工計画、車両の組立、という車両を構成する組立部品が使用される時間的な流れの中で、より後になるほど精度の高い部品使用情報となる。ジャスト・イン・タイムの部品納入指示方式はどのタイミングの情報で前工程から部品を引くか、という問題に帰着する。

上記三つの部品納入方式は今後システムとして統合化され、モデルサイクルや生産環境の変化により、これらが柔軟に選択される様になろう。さらに、生産活動に伴う部品データベースを利用してリアルタイムで得られる生産・物流に伴う部品情報を利用してビジネス活動全般にメリットを生む生産・物流情報システムの高度化進められていくであろう。

### 5. 3 ジャスト・イン・タイムを支える情報システムの高度化

かんばん方式という自律分散システムは、かんばんという道具を使い、人という優秀なコンピュータを駆使した生産システムと言える。しかし、生産環境変化へのフレキシビリティ向上のニーズ、シーズとしてのコンピュータとネットワークの技術的進展で大きな変貌を遂げつつある。かんばん方式が確立され、それが定着した時代は、コンピュータは最終工程の車両組立工場の生産順序を決めること、かんばん枚数を決めること、すなわち生産に関わる計画系が情報システムの役割で、実行系は人を中心にしたトヨタ生産方式であった。

しかし、前述のニーズとシーズから、複雑な生産環境変化への迅速な対応のため、80年代後半から生産工場の情報を主体とするFA化が推進され、いわゆるCIM(Computer Integrated Manufacturing)とトヨタ生産方式の融合が始まった。これをコンピュータ統合型TPS(Computer Integrated Toyota Production System)と呼ぶこともできる。コンピュータ統合型TPSの機能は、前項の部品納入指示方式とかんばん電送システムなどの機能が統合化されたシステムである。

80年代にアメリカの自動車産業は低迷し、再度復権を計るべく日本の製造業やトヨタ生産方式を研究した。その結果、90年代に日本的経営の良さを取り入れ、彼らが得意とする情報技術を駆使してアメリカの製造業を中心とする産業が元気を取り戻した。その間、米国防総省のCALS(Continuous Acquisition and Lifecycle Support)、アパレル業界のQR(Quick Response)、流通業のECR(Efficient Consumer Response)などの業界のリエンジニアリング活動、製造業を中心とした情報分野で、ERP(Enterprise Resource Planning)、SCM(Supply Chain Management)、MES(Manufacturing Execution System)などの頭字語が喧伝され、日本でも紹介されてきた。

この中で明らかに流通業のECRや製造業を含めそれを実現するためのソフトウェア

である SCM はトヨタの「ジャスト・イン・タイム」を学び、新たなコンセプトとして提唱された言葉である。トヨタのかんばん方式はアメリカのスーパーマーケットからヒントを得て確立された方式であるが、情報技術では日本の産業界はアメリカに学ばなければならないであろう。例えば SCM のソフトウェアパッケージは、カスタマーから販売店、生産工場、サプライヤーを情動的に結合し、販売管理、配送計画、物流管理、生産管理、調達管理などのシステムから構成されている。

一方、生産工場における MES は生産計画レベルの ERP と生産設備の制御の中間に位置するソフトウェアパッケージであり、トヨタの現場ではかんばんや分散型コンピュータで実現している部分をカバーするソフトウェアである。生産工場の情報システム化は急速に進んでいるが、生産プロセスという仕組みが第一であり、機械化や情報化が生産プロセスの悪さを隠し、仕組み改善の芽を摘み取ってしまうことを避けなければならない。生産システムは人と機械（情報）の調和で成り立つ。人の創意と工夫に優る生産システムの改善は無いのである。しかし、現在の生産環境では情報システムの高度な支援を抜きに効率的な生産は実現不可能であろう。

情報システムの技術革新、すなわちパソコンの高機能、低価格化に加えてインターネット、イントラネット、エキストラネットの普及により、製造業の情報システムはビジネス活動の基幹系システムを含めて、過去のメインフレーム中心の時代から分散型の情報システムに変革している。情報システムの高度化によりジャスト・イン・タイムの手段や方法も変化し、トヨタ生産方式は進化していくであろう。

そして、これからは「お客様までのジャスト・イン・タイム」が益々強調されていくであろう。そのような観点から、今後のトヨタ生産方式、ジャスト・イン・タイムは自動車生産工程の部分最適でなく、新車の開発から車両の販売に至る全体の系の中で全体最適を求める活動になっていかなければならない。（図 10）

（参考文献）

- ・大野耐一，「トヨタ生産方式」，ダイヤモンド社，昭和53年
- ・門田安弘，「トヨタシステム」，講談社，1985
- ・小谷重徳，”混合ラインへの製品の投入順序について”，「トヨタ技術」Vol.33.No.1
- ・J.P.ウオーマックほか，The Machine that change the World（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
- ・FA オープン推進協議会、平成9年度 FA オープンビジョン専門委員会成果報告書  
（財）製造科学技術センター、平成10年4月
- ・S. Kuroiwa , "Approach to Advanced Parts Logistics Based on the Toyota Production System" International Conference on Logistics Systems, Nov.15, 1995, JILS, Japan

- ・ S. Kuroiwa , "KAIZEN AND ENHANCED KANBAN SYSTEM AT TOYOTA", 27<sup>TH</sup> ISATA, Oct. 1994 Germany
- ・ S. Kuroiwa, "APPROACH TO THE COMPUTER INTEGRATED TOYOTA PRODUCTION SYSTEM", The 13<sup>th</sup> International Conference on Production Research, Israel, August. 1995

(注) 下記「生産管理の事典」に掲載。対応する図はありません。「ジャスト・イン・タイムとかんばん方式」の項目として掲載されています。2015年に追記

生産管理の事典 大型本 - 1999/11

円川 隆夫 (編集), 黒田 充 (編集), 福田 好朗 (編集)

生産管理における各種モデルを網羅的に解説した事典です。筆致もそれほど難解ではなく読みやすく、生産管理に関する勉強をする人は、座右においておきたい一冊です。価格が若干高めですので、無理して個人で買うのではなく、研究室とか図書館で買ってもらうのが良いでしょう。

