

トヨタ生産方式におけるバーコードの実用化

野村政弘

1. はじめに

世界の注目を集めるものづくりの方式として、トヨタ生産方式(通称「かんばん方式」)がある。この方式を生み出し、実践してきたトヨタ自動車は世界の企業の中でもトップレベルにあり、その成果は高く評価されている。

この「かんばん方式」そのものについての詳しい内容の紹介は、別の機会に譲るとして、本論ではこの「かんばん方式」とIT(情報技術)との係わり合いについて論をまとめてみることにしたい。

「かんばん方式」とITは、今まで余り議論がされてこなかった。というよりはむしろ相反するもの、相容れないものといった見地から議論から遠ざけられていた感も否めない。

筆者は、この「かんばん方式」をトヨタ自動車の指導の下、日本電装㈱(現㈱デンソー)の各工場への導入推進を担当してきた。この過程の中で、上述の「かんばん」とIT化についても中心となって取り組んできた。

本論文は、この聖域ともいえる「かんばんとIT化」についてその必要性を説きながら、取り組んできた経緯についてまとめてみることにした。

2. 現場でのものづくりの方式

「かんばん方式」は、世の中にコンピューターのシステムが誕生する以前から、その考えは始まっており、「必要なものを、必要なときに、必

要なだけ」生産する仕組みとして見事に完成したのものとなっている。

2.1 一般的なものづくりの指示方法

しかし、一般的なものづくりといえ、完成する納期に合わせて、必要な部品や材料を必要な工程加工時間(リードタイム)分だけ前に手配し、それを順次加工し組み付けをして、納期を目指して完成してゆく。

このためには、その製品を構成する部品に分解して部品表を作成し、それぞれをどこに手配するか各部品・材料ごとの工程表の作成と、その工程ごとに要する作業時間(加工時間)を設定しておき、それらの値に従って部品ごとの加工開始日、並びに納入日程を作成してゆく。

この作業は、部品の点数が多くなったり、製品の種類が多くなったりすると計算も膨大となり、コンピューターの能力をどうしても必要とする方式といえる。

これをMRP(Material Requirements Planning: 資材所要量計画)方式という。生産管理におけるコンピューターシステムとしてMRPは標準的に使われている方式である。

2.2 「かんばん方式」によるものづくりの方式

一方、トヨタ生産方式(かんばん方式)では、必要なものを、必要なときに、必要なだけ生産する方式である。ここでいう、必要なものとは、「お客様に買って頂けるもの」で、それが最終の完成品であれば、お客様は最終ユーザーであり、部品加工工程であれば、後工程がお客様と

なる。そして、後工程(もしくは最終ユーザー)が買って頂いたとき(すなわち必要なとき)、前工程(もしくは最終組み付けライン)はその分だけ生産する。

この場合に、前工程の生産により必要とされる部品・材料は、その前の工程へ必要生産分だけ取りに行くという方式を取る。これによって最終ユーザーであるお客様に売れたその数だけ順次前工程に生産の指示が伝わる。

このとき、何が売れたか(もしくは何が後工程に引き取られたか)を知るために「かんばん」という札が使われる。(これが「かんばん方式」と言われる所以である)

この「かんばん」という札は、先ず全ての製品/部品に添付される。そして、最終ユーザーが買ってゆく(すなわち引き取る)と、この完成品に添付されている「かんばん」が外される。

この「外れた」ということが、売れたという情報となって、その「かんばん」分だけその工程は生産すればよいことになる。そして、この生産活動によって製品が完成すれば、今外れている「かんばん」を取り付けて完成品置場(ストア)に置かれる。こうして一つの生産のサイクルが完了する。

最終工程の生産活動によって、その前工程からは生産に必要な部品がその数だけ引き取られる。そうすると部品に取り付けられている「かんばん」が外れることになり、外れた「かんばん」分だけその工程も生産活動をすることになる。このようにして、順次前工程に遡って生産活動が行われる。

以上から分かるように、この全ての生産活動は「かんばん」という札によってのみ行われており、全工程に対して連鎖的にその活動が伝播して整然と進められていく。

つまり、「かんばん」さえ全ての製品/部品に取り付けられていれば、MRPのように定期的に部品に展開して生産指示を出す必要もなく、

生産リードタイムを計算して予め手配をしておくこともない。

売れる量が増えれば、その分だけ「かんばん」の外れる量が多くなったり少なくなったりするのみで、自動的に生産活動の量も追従して変化する。

後は、この仕組みの中で現場がいかにかこのタイミングに合わせて、能率よく生産するかに掛かっている。外れたらつくる生産活動に改善を加え、いかにしてムダを省いてゆくかが知恵の出どころであり、現場の人達の双肩に掛かっているものである。この生産に携わる現場の人達と一緒に改善を進めてゆく活動がトヨタ生産方式の真髄であり、この活動が利益を生み出す賜物といえるものである。

2.3 MRP方式と「かんばん方式」との比較

この2つの方式は、人間に例えるならば、MRP方式が脳の計算づくで出した指令を手足が受け止めて動くのに対して、「かんばん方式」は手足の方が、熱いものに触ったら直ぐに手を引くような反射神経(自律神経)的に動いている仕組みであるといえよう。

この例えからも、「かんばん方式」は市場の売れ行きの変化をいち早く反応して生産に反映できる巧みな方式であるといえるのである。

脳の指令で行動する場合、脳の方は多くの情報を集めて次のことまで予測して計算をして指示を出してくる。この時間遅れに加えて予測の精度すら問題なことが多い。

3. 工場管理とデータの入力作業

一方企業経営活動としては、生産される製品について、いつ、何個、いくらででき上がっているのかを常にフォローしている必要がある。

製品の原価はいくらであって、いくら儲けにつながっているのか。この製品の生産性は上

がって、利益に貢献しているのか、その逆なのか等々である。

これらの判断を誤らないためには、何をにおいても工場、すなわち生産現場の現状を現すデータが必要となる。この生産活動のデータを正確かつタイムリーに収集することは、企業経営活動にとって必要不可欠である。

しかしながら、人が携わる生産活動においては、その活動実績すなわち生産実績を収集することは実は容易ではない。一番原始的な方法は作業者に生産の都度、生産実績数を現場で伝票に書いて貰って、後で事務所側でキー入力によりインプットする方法である。

これは、一番原始的ではあるが、今でも多くの工場で行われている方式である。しかし、この方法では、リアルタイムに入力するのは困難な上、人手による記入と入力であるため、つねにミスが発生の問題に曝される。

過去には、この二重のミスを少しでも軽減するべく、パンチカードシステムとして、キー入力の作業だけはプロ集団に集めて正確に入力させる仕組みを取り入れた。パンチカードとは、入力のためにこのカードに穴を明けて機械に読み取らせる方式である。これは、先ず、最初のキー入力によってカードに穴を明け、次の人に回してその穴と伝票が一致しているかの検証（ベリファイ）作業のため再度キー入力を行う方法である。この二重のキー入力作業によって正確性を2桁程上げようとするシステムであった。

自動車産業では、データの正確性確保のため、この方式をかなり長い間使用してきた。しかし、このように二重化しても、「リアルタイム性の確保」は、満足のいくものではなかった。作業者の記入した伝票を手で回収し、それをプロ集団のパンチ室まで持ち込んで、それからパンチ（穴あけ）と検証（ベリファイ）後にコンピューターに入力されるのである。

これでは、今日のデータを今日中に入力する

ことすらできない。しかしながらこれに勝る方式がなく、この時間遅れの情報を使って多くの会社では、MRPのシステムを動かしてきた。

MRPでは、今日の受注データと今日の生産実績データをもとに在庫計算をし、明日以降の生産量、指示量を修正していく。この実績データの遅れは、指示の過不足を生む危険を常にはらむものといえる。

4. 「かんばん」を入力媒体とする発案

このように、生産の実績を人手によって入力することには限界がある。一方、実績というのはものができ上がったとき、つまりものが生まれたときに、そのものから直接情報を取れば一番のリアルタイムの情報で正確である。

ここで、「かんばん」はその性格から、すべてのものに取り付けられている（これが大原則）。この「かんばん」を情報媒体としてコンピューターに入力できれば理想とする工場管理のシステムができ上がると考える。

そこで、ものが動いたとき、ものを生産したとき、情報の発生するときであり、この瞬間を捉えて情報化すれば、理想の実績データの収集が可能となる。筆者はこの考えに基づき、これをPOP（Point of Production：生産時点管理）システムと名付けて情報化に取り組んできた。これには、「かんばん」を読むこと、読めるようにすることがこの実現のキーポイントであると考え開発をスタートさせたのである。

4.1 情報媒体としての「かんばん」

「かんばん」を情報媒体として考えようとしたときに、絶対に守らなければならない課題がある。それは、「かんばん」の本来の存在理由であるトヨタ生産方式の運用を絶対に阻害してはならないという基本的な命題である。

このために、その条件とは何かを整理してみ

る。

①「かんばん」はすべての製品・部品に取り付けられる。

すなわち、取り付けの方法のすべてに対応できることが求められる。取り付ける方法としては、箱に付ける場合の他に、ゴムひもで括り付ける場合や、針金で網に引っ掛ける場合、洗濯バサミで梱包材に挟みつける場合など様々である。これらのすべてに対応できることが求められる。

②「かんばん」は繰り返し使用される。

「かんばん」はその製品・部品が設計変更などで生産が打ち切られるまで繰り返し使用される（自動車部品の場合、その寿命は2年以上になるのが多い）。従って、「かんばん」の耐久性は少なくとも2年以上は必要である。この耐久性を確保するためにビニールケースに入れて保護されている。つまり、ビニールケースに入れた状態でも読み取れることが求められる。また、長期間になると汚れも目立ってくるので、この対応も必須となる。

③「かんばん」はそれ自体が生産の指示書である。

「かんばん」は、それが外されるとその「かんばん」を見て、何を何個生産すべきかが分かるような指示書になっている。すなわち、「かんばん」さえ見れば、何を何個どうやって作るかを知ることができるものである。つまり、人が見やすい、分かりやすい表示が課せられる。（大きな文字表示や、かな漢字の表示、さらには色の識別など）

④「かんばん」の生命はその枚数の管理にある。

「かんばん」は発行された分に応じて工程内に在庫ができる。在庫があるのはその分生産のリードタイムが長くなることを意味し、改善の後戻りを意味することになる。

従って現在何枚で回っているかが重要となる。（改善は、作業者の安全や生きがいの確保の

ためや、品質の向上のためもさることながら、いかにリードタイムを縮めることができるかにもその目標が置かれている）

⑤「かんばん」は売れたとき以外は取り外してはならない。

取り外すことは、また取り付ける作業につながる。生産により生まれたときに取り付ける場合は間違いは少ないが、取り付けられているものを外してまた再度取り付けるのはミスが発生のチャンスが増えてしまうことになる。

⑥「かんばん」は何をどこからどこへの運搬の指示書でもある。

これは、「かんばん」はまず、何をつくるかは当然表示されている。それが外れたらどこへ指示を出すのか（どこでつくるのか）、そしてできあがったらどこへ持って行くのか（どこに置いておくのか）、の3つの指示からなっている。

この3つの指示の内、どこからとどこへは、改善活動による工場のレイアウト変更などで往々にして変動するものである。この変化にも簡単に確実に対応できるものでなくてはならない。そのために、「かんばん」はこの図表1のように、3つの部分からなり、それぞれを差し替えることで、工程改善に容易に対応できるようになっている。

⑦工場内のいかなる工程でも例外なく使用できる。

比較的美しい職場である組み付けライン

図表1 かんばんのサンプル



どこから 何を どこへ

から、油を使用して加工する機械加工工程まで、場所を選ばずに使用できること。機械加工工程では、当然のことながら油が「かんばん」の中にしみ込んでくる。これによって、汚れもひどくなると同時にケースの中に油が入って溜まってくることも考慮に入れること。

⑧高速に読み取れること。

「かんばん」を読み取るために余分な工数がかかるのは避けたい。従って、最低でも人が枚数を数える程度のスピードで読み取れること。（1分間に60枚以上）

⑨「かんばん」だけですべての情報が収集できること。

「かんばん」は工場内の生産活動のすべてが分かるようになっている。つまり、「かんばん」さえ見ればすべての情報が分かる。逆に言えば、「かんばん」にはすべての情報が載っていないてはならないのである。設計変更や、工程変更があった場合、かんばんはそれに合わせて作られる。このとき、コンピューターの情報も一緒になって変わっている必要がある。これには、項目として最小限、品番、数量、工程（どこか

らどこへ）が必要であり、少なくとも60桁の情報を必要とするものであること。

さらに、これだけの情報を持たせられれば、この「かんばん」の情報のみから、取引の伝票までも作成することが可能となる。

4.2 「かんばん」の情報化の具体化

これらの「かんばん」の条件をまとめてみると図表2のようになる。

これを情報媒体にするには、

『ビニールケースに入った3分割のものを、大きな漢字文字を表記して、取り付けにゴムひもや金具を付けたまま読み取ること』になる。しかも高速で読み取れないと、その読み取りの作業自体でムダを生むことになりかねない。（改善を邪魔することになる）

4.3 読み取り方式の選定

「かんばん」を情報媒体とするための読み取り方式を、何にするかが先ず第一の課題である。この検討は、1970年代半ばのことであり、当時の技術で前述の「かんばん」の条件を満足できる方式を検討した。

当時の技術としては次の4つの方式があげられた。

①磁気カード方式

カードに磁気ストライプを貼り付けるか、塗布しておき、それを磁化して読み取る方式。

②パンチカード方式

カードに穴を明けておきそれを読み取る方式。

③OCR (Optical Character Reader：光学式文字読み取り装置) 方式

表示されている文字をそのまま認識する方式。

④バーコード方式

バー（白黒の線）の太い細いで文字コードを表す方式。

図表2 「かんばん」の条件

条 件	内 容
①繰り返しの使用に耐え得ること	ビニールケースに入れて読み取れる。
②取り付け方法を選ばないこと	ビニールケースに取り付け具を付けたままで読み取れる。
③生産の指示書の役目が果たせること	大きな文字によるかな漢字で表記する。(人が見て解りやすいように)
④枚数管理ができること	「かんばん」のデータは1枚ごとに異なるデータにする。(同一データの「かんばん」を存在させない)
⑤3つの指示内容を明示できること	3分割の用紙にしてその役割を分担する。(何を、どこから、どこへ)

図表3 読み取り方式の種類と特性評価

検討項目 方式	目で見える	長期間使える	汚れに強い	ビニールケースで可能か	3分割可能	多桁のデータ	見やすい文字表示
①磁気カード方式	×	△	△	×	×	○	×
②パンチカード方式	△	×	×	×	×	○	×
③OCR方式	○	×	×	×	△	○	○
④バーコード方式	△	△	△	△	×	△	○
NDバーコード方式	○	○	○	○	○	○	○

これらの方式について比較表をまとめてみたのが図表3である。

当時としてはいずれも一長一短があり、決め手がなかった。その中でもビニールケースに入れたまま読めて、ある程度汚れに強さを持つバーコードを有力候補として選定し、さらに研究を重ねた。

4.4 読み取り装置の開発とバーコード

先ず、バーコード方式での読み取りにおける汚れへの強さや、ケースに入れた状態での読み取りの評価が△なのは、当時の読み取り方式がペンタイプのもので、それをバーコードの上をなぞる方式であった点からである。(当時はこの方式しかなく、スーパー業界でもバーコードの検討は進められていたが読み取り率の低さから採用を見合わせていた)

ペン型というのは、光センサーを1個使ってバーコードをなぞる方式である。この方式では、何回も擦っているとだんだん汚れてきてさらに読めなくなってくる。また、ビニールのケースの上からなぞると少しギャップができて読み取れる確率が少なくなってしまう。そこで、この光センサーをたくさん並べておいて、レンズを使って光を集め、非接触で白黒のバーの幅を判定する方法を考えた。そのため、当時開発がスタートしていたCCD (Charge Coupled Device: 電荷結合素子) 方式の光センサーを

バーコードの読み取りに取り入れる方向で研究を開始した。

このCCD方式は、今ではデジカメなどで何百万画素のCCDカメラとして有名になっているが、当時は開発が始まったばかりであった。

この方式は、バーコードの白黒の幅の信号を一度に取り込むことができ、全体の濃淡の程度と信号レベル(すなわち信号とノイズのレベル)の評価を論理的にプログラム化することができる利点がある。このことから、全くきれいな状態のものから、汚れて白黒の差が少なくなっているものや、台紙が油などで透き通った状態になっているものまで、かなりの確率で読み取ることができるものが実現できた。

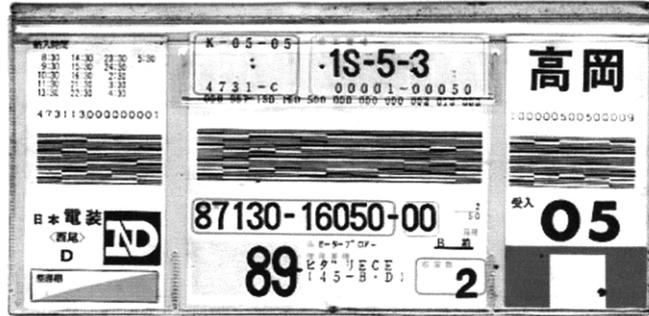
さらに、ペンタイプのようにバーコードの上をなぞって読み取るのではなく、非接触での読み取りのため、バーコードにキズを付けたり、汚すこともなく読み取ることができるため、耐久性の面からも優れている。また、非接触のためビニールケースなど透明であれば多少の厚みも問題なく読み取れるのである。

(この方式の成果が後のスーパー業界での爆発的なバーコード普及につながっている)

4.5 3分割方式への挑戦

バーコードの採用での次の課題は3分割への対応である。バーコードは通常ある文字数を1つのかたまりとして扱い、その単位で読み取る

図表4 バーコードかんばんサンプル



方式である。読み取り結果を保証するためのチェックデジットもその単位で付けられている。このバーコードを分割してしまったのでは読み取りを不可能にしてしまう。

そこで、バーコードを図表4のサンプルのように横一列にたくさん並べて、一つひとつを完成したバーコードとして扱う方式を考えた。一つのバーコードを3桁の情報とし、これを21個並べて63桁の情報を扱えるようにした。こうすれば、どこで切り取っても読み取りを可能にすることができる。

また、こうすることの別のメリットとして、バーコードの一つひとつが小さく（短く）でき読み取り用のCCD光センサーを並べる個数が少なくできるのでコストが非常に安くなる。

こうして、横に並べたバーコードの1ブロックづつを光センサーの電子スキャンで読み取

り、ブロック方向は紙送りをモーターで行うことで完全自動読み取りを実現した。

しかも、読み取りは電子式でスキャンする方式であるので時間はほとんど要しない。あとは一枚ごとのモーターの送りスピードで読み取り時間が決まる。これで、1分間に60枚程度の速さを実現できた。これをNDバーコードと名付けて「かんばん」の読み取り用に採用した。

図表5は今回開発した「かんばん」用バーコードリーダー（かんばんリーダー）である。

さらに、ND方式と一般のバーコードとの比較を図表6にまとめてある。

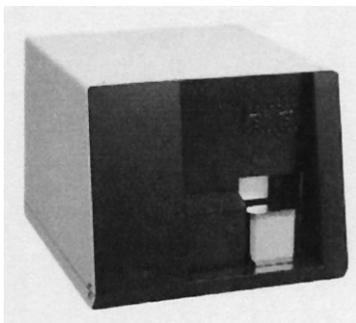
4.6 バーコードの作成

次の課題は、バーコードをどうやって作るかにあった。今では左程問題なく作成できるバーコードも、1970年代半ばでは漢字プリンターすらなく、写植機などを自動で動かして漢字を印字していた時代であるので、バーコードの作成はかなり難題であった。

これには、初めは図面用のプロッターを使って線を引いてバーコードを作ることにした。そして「かんばん」の内容表示に使う漢字は、ベクトル文字で登録してバーコードと同時にプロッターによる線画で画かせることで実現した。

しかし、これはペン、すなわちインキによる

図表5 かんばんリーダー



図表6 バーコードスタイルの比較表

	一般方式	N D方式
コードの形式と読み取り方法	 <p>バーの特定の1ラインを読み取る</p>	 <p>0.5秒で250回以上スキャン バーの全体をくまなく走査し、多数決論理で読み取る</p>
読み取りスピード	1~2秒/枚	高速(0.5秒/枚)
読み取り精度	コードが長くなると精度が落ちる(コード全体をまとめてチェック)	高精度(1ブロック毎に確実にチェック)
読めない確立	高い(コードが長い程、読み難い)	確実に読める(1つのブロックを何度も位置を変えて読む)
桁数	30桁程度が限度	現行63桁 (20cmで80桁可能)
その他	読み取り機の種類が多い	汚れに強い 用紙の分割が可能 ビニールケースのまま読み取り可能

描画であり、水でさえも滲んでしまい、油を使用する工程には使えないものであった。

そこで当時やっと開発された自動写植機にバーコードを漢字の外字として登録して写植印刷する方式を取り入れた。これは、トナー方式で印字されるため、油に対しても耐久性のあるトナーがメーカーの努力により開発されて実用化された。

この方式の利点は、もともと漢字写植機であるので、「かんばん」の漢字表記には最適で、満足のゆくでき映えとなった。一つの問題は、写植機であるため、一枚一枚異なるものを作ると大変なコスト高になることであった。この問題は、一枚ごとに異なる部分をシールを作って追加貼りすることで解決した。

4.7 ビニールケース

次の課題は、繰り返し使えるように耐久性を持たせるべくビニールケースに入れることである。このケースもまた問題をはらんでいる。

バーコードの採用と合わせて、「かんばん」はモーターによる自動送りで読み取る方式を採用

した。このために読み取らせるのに適したケースである必要がある。ところが、ビニールは同じ状態に保つことが容易ではない。夏に扱い易い柔らかさにすると、冬には硬くなって波を打ってしまう。油が付いているとモーターの送りがスリップして読み取れなくなってしまう。

一方、冬でも柔らかい状態にしようとする、夏には柔らかすぎて作業性が悪くなってしまう。どちらにも取り扱いに支障のない硬さの選択に苦心した。

さらに、2枚以上重ねると油や水濡れでくっついてしまう。これをうまく剥がれるようにするのも一工夫いった。表と裏とで材質を変えてくっつき難くしたのである。

もう一つの問題は、静電気である。ビニールケースを束ねて擦っていると静電気が発生する。読取装置はコンピューターであり、IC回路でできている。静電気には極めて弱い。この静電気の対策には最後まで苦しんだ。

こうして、「かんばん」による実績収集ができるところまでこぎつけた。

4.8 伝票の作成

次のテーマは、この「かんばん」から伝票を作ることにあった。

「かんばん」は、組み付け工程で使われる部品を外部から調達する場合にも使われる。この調達には取引用の伝票である納品書と受領書も必要となってくる。

この納品書・受領書を自動発行できないか。当然、発行するには伝票を受け取った側でも読めるようにしておきたい。こうすれば、発行側もデータ収集が自動化できると同時に受け取り側もそれが自動化できる。

これは発行側は売上実績であり、受け取り側は購入実績である。この自動化によって正確でリアルタイムな情報とすることができるのである。つまり、売り上げ側はまさに出荷した時点での売り上げ情報であり、購入側は、今部品が到着した時点の買入れ情報であるからである。

そこで、この自動化伝票には先程の検討と同じ様に考え OCR 方式を採用した。

伝票として要求される項目は、人から見て判断できる文字があること。媒体は紙で確認・承認の印鑑が捺せること等である。但し、発行して納入されるまでの一度きりでよく、比較的きれいな状態が保てることなどから OCR による読み取りを採り入れた。

こうして、「かんばん」からの情報入力とそれ

に基づいて伝票を発行し、取引用の処理の自動化を実現するシステムが完成した。

図表 8 は、納入先メーカーの組み付けラインにて外れた「かんばん」によって、部品メーカーから部品を引き取る流れ図である。

まず、部品メーカー側では納入先メーカーからの「かんばん」を受け取ると、その「かんばん」を読み取らせることで受注情報とすることができる。その後、納入先メーカーの「かんばん」に基づいて、製品ストアから製品を取り出し、出荷用の荷揃えをする。

このとき、製品に付いている「かんばん」（製品かんばん）と納入先「かんばん」を付け替える。これによって、外れた製品かんばんは次の組み付け指示として組み付けラインに回されるが、この外れた状態でかんばんリーダーに読み込まれる。これによって、納入先かんばんと出荷荷揃え後の社内製品かんばんとが品番と数量が同じかどうかをチェックすることができる。

こうして、受注と出荷が一致した時点で、納品用の納入伝票と受領書伝票とがセットでプリントされる。これを納入品に添付して納入先に納品する。

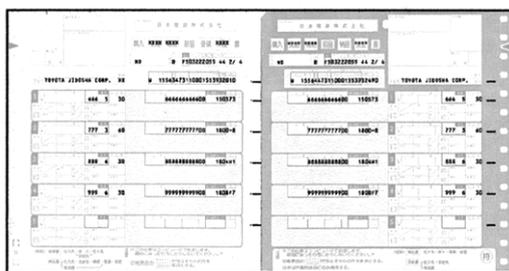
納入先では、受け取った品物と伝票をチェックし、OK の場合は納品書に受領印を押印して伝票リーダー（OCR リーダー）に読み取らせる。そして、受領書は受領印を押印して部品メーカー側に返送する。

これによって、発注・受注から出荷・納品の一連の作業とコンピューターへの実績入力が完成する。

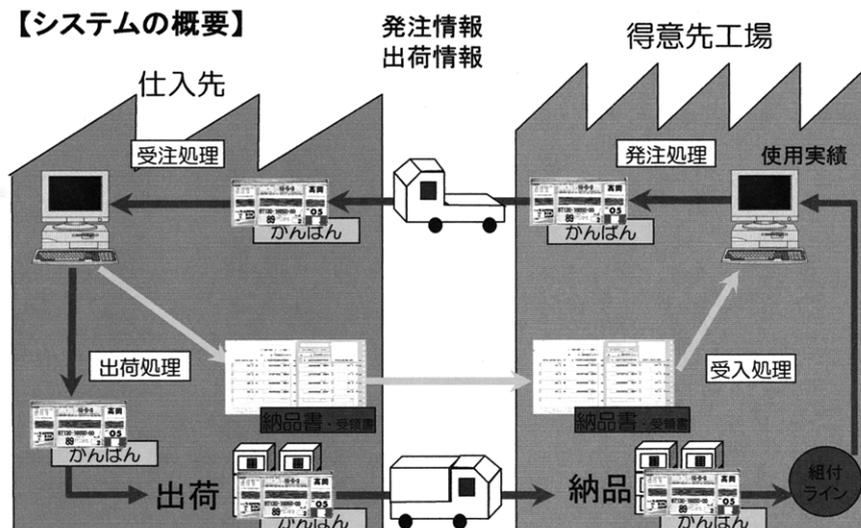
この仕組みは、工程内であっても同じ作業となる。伝票自体は必要な場合もそうでない場合もあるが、後工程からの引き取りによって外れた自工程の「かんばん」を読み取ることによって、その工程の実績として情報収集される。

このようにして、「かんばん」の運用にぴったり一致して、リアルタイムにその活動の実績情

図表 7 OCR 伝票のサンプル



図表 8 かんぱんによる受発注システム図



報が収集できるシステムが実現できるようになり、工場におけるPOPシステムが現実のものとなってくる。

4.9 最終判定

冒頭でも述べたごとく、ITシステムの構築に当たり、「かんぱん」の運用には万全の配慮をしたが、本システムが本当にトヨタ生産方式にとって有用であるかの判断は、改めて「かんぱん」の改善を行っているチームと実際に運用しながら行った。ここでは、当初設定した「かんぱん」の特性に加えて次の項目が追加されて検討された。

①「かんぱん」は自分達で作って管理するところに意味がある。

内容や、見易さ、取り扱い易さがその職場にあったものである必要がある。

このために、自由エリアを多くしてそれらに応えられるようにした。

②背番号など「かんぱん」特有の管理項目がある。

伝票その他への表示には混乱しないように細

心の注意を払った。

③「かんぱん」の振り出しや回収の管理が正しく行われねばならない。

生産の打ち切りや生産の増減、或いは、設計変更、工程変更を正しく反映できるシステムを組み入れた。

こうして、「かんぱん」の改善チームの判定には、かなりの時間を費やして、実運用（試行）の中でチェックされた。多少の問題はあるが、それに増して、「かんぱん」の運用のさらなるレベルアップのため、部品メーカーと納入先車両メーカーとの間での、引き取り納入回数の多頻度化を実現するために不可欠な、伝票処理の効率化には最良の方式として全面的な採用に至った。

実際、トヨタ生産方式の教典ともいわれる大野耐一著「トヨタ生産方式」(ダイヤモンド社刊)に、このバーコード入りの「かんぱん」が「かんぱん」のサンプルの代表として掲載されるに至っている。

5. コンピューター処理のためのハードウェア

本システムの運用は、当然のことながら工場の作業現場で行われることになる。

これらのコンピューター処理を現場で行えるようにするためにはもう一つクリアしなければならぬ課題が待ち受けていた。

それは、1970年代半ばの当時、コンピューターは経理計算や給与計算を行う事務計算機であったり、設計の構造解析や、強度計算などの技術計算が主体で、しかも高価であり、また、安定して稼働させるためには一定温度に保つ空調が必要であった。

このような高価でしかも空調が整っていないと動かないようなものを、現場に持ってゆけるわけがない。しかも、出荷場、受入場は何ヶ所もあり、そこに置くコンピューターは何台も必要となる。その費用も膨大になってくる。こういった考えが支配的な時代であったのである。

一方、トヨタ生産方式の改善の方法の中に、機械は内製でつくるべきであるとの基本がある。外から買ってきたのでは高い。しかも unnecessary なものが一杯付いている。内製化すればここで必要なものだけに絞って作ることができる。

この考えから、求めるコンピューターは、「かんばん」が読めて、伝票が発行できさえすればよい。「かんばん」の読み取りも1分間に60枚程度であり、それ程の高速な処理は必要としない。高速処理をしなければ発熱も抑えられるので空調も要らなくなる。

折りしもコンピューター化の波は自動車そのものにも押し寄せてくることは必至の時代であった。社内でも自動車に載せるコンピューターの開発も叫ばれてきていた。このことから、製品開発のチームと一体となって、現場用のコンピューターを内製で作ることとした。

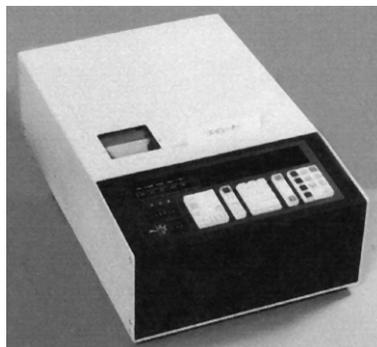
その課題テーマとして次のような条件を設定

した。

- ①現場環境で空調なしに稼働すること。
0°C~40°Cでの稼働を保障する。
- ②現場の作業者がスイッチを入れれば稼働状態になること。
当時のコンピューターは立ち上げるための操作の手順がかなり複雑であった。
- ③現場環境での電源で稼働できること。
現場には各種の生産設備があり、その設備の稼働時と停止時には電圧の変動が激しい。
- ④現場での操作用はボタン一つで作業が行えること。
ワンタッチオペレーションを実現する。
- ⑤電源の瞬断など各種トラブル時にも収集したデータは絶対に失われないこと。
当初からデータのミラー化（二重書き）を徹底する。
- ⑥かんばんリーダーやプリンターなどの周辺機器のトラブル時には必ずどこから修復作業を行うのかが分かるようにすること。
(処理の完了したものとそうでないものとの区別)

以上の各項目を達成するためには常にコンピューターの状態や、周辺機器の状態、それにコンピューター本体の温度の状態や、稼働しているかどうかまでも監視している必要があり、それらをモニターするためのOS（オペレー

図表9 かんばん用処理装置



ティングシステム) も自社開発した。

6. 伝票処理から工場管理へ

こうして、「かんばん」から確実にリアルタイムの情報が取れるようになり、POPシステムが完成した。このPOPシステムからのデータを活用することにより、次の総合工場管理システムへと発展させることができる。

それは、工場の稼働状況をリアルタイムな情報でフォローすることにより、

- ・生産性の向上
- ・品質の向上
- ・設備の保守、保全
- ・変化への素早い対応

を図ろうとするものである。

デンソーにおいては、この総合工場管理システムをUTOPIAと名付けて社内全工場を推進してきた。(図表10)

7. バーコードから2次元コードへ

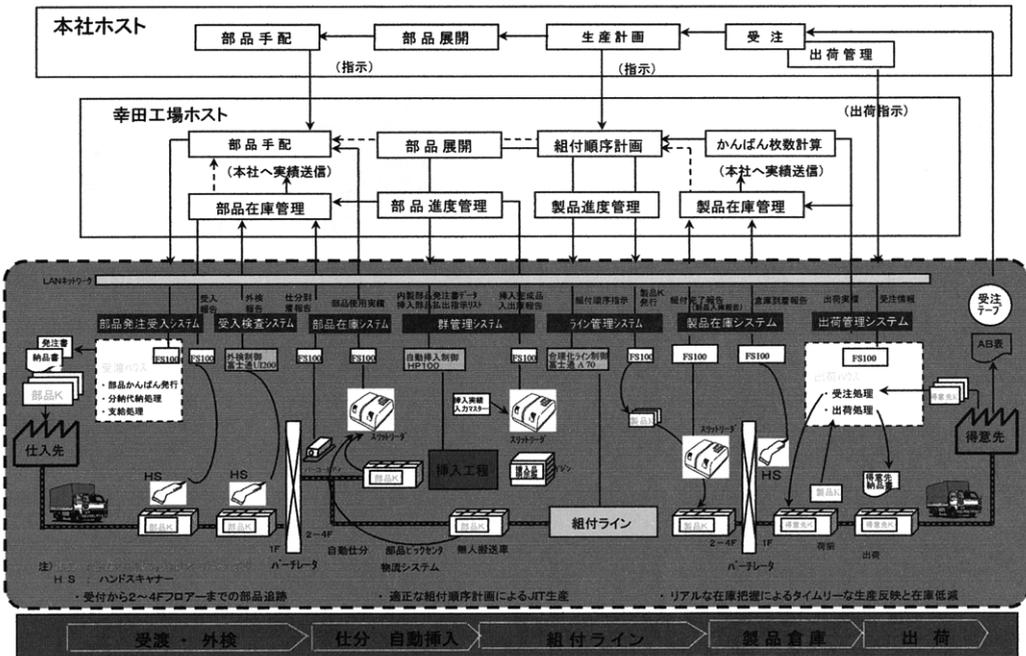
バーコード「かんばん」の開発により、売り上げと購入の伝票処理の自動化から、工場管理システムへと発展させてきた。ここに来てさらなるテーマへの挑戦を開始した。

さらに多くの情報を持ちたい。さらにリアルタイムの情報を収集したいというテーマである。

7.1 情報量の増大化

「かんばん」の情報化を進めるに当たっては、「かんばん」に関連するすべての情報を持たせるべく、63桁の特殊バーコードを開発して進めてきた。このお陰で、設計変更があったり、生産量の変更があったり、工程の変更があっても、「かんばん」さえ差し替えておけば、生産活動そのものも、コンピューターの実績のデータもすべて正しく現状を現すものにできるシステム

図表10 総合工場管理システム (UTOPIA 幸田の例)



となった。

しかし、現在生産者に求められているのは、その製品が生まれてからユーザーに渡ってその寿命を終えるまでの一貫した管理である。ISO 9000 シリーズでもトレーサビリティ（Traceability：追跡可能性）の確保が重要なテーマとして取り上げられている。

この製品は、いつ、どの工場で、どの工程を通して作られたか。そして、それはいつ車に取り付けられ、いつユーザーに渡されたのかといったトレース情報を求められている。

このトレーサビリティ管理には、その製品ごとの固有の情報を付加する必要がでてくる。

また、工場管理として、「かんばん」情報は外されているときだけ読むのでは片手落ちといえる。そのものがコンベヤー上を流れているとき、あるいは検査の工程に入ろうとするとき、あるいは出るとき、それが何であるか知ることが重要となる。

これらのことから、今や横バーでは力不足であり、改良すべき要望が山積してきている。また、「かんばん」だけでなく、工場内の管理のためにも、色々な場所でコードを活用してデータを収集したいとのケースが多くなってきている。それらをまとめてみると、

- ①ものに付けたまま読みたい。
- ②ワンタッチで読みたい。
- ③バーコードの表示面積を少なくして、他の情報をもっと入れたい。
- ④部品に直接コードを付けて読み取りたい。
- ⑤もっと桁数を増やしたい。

さらには、伝票情報も OCR の不便さを解消できる方法が求められるようになってきた。

これらを総合して、

1. ワンタッチで読めること。
2. 小型にできること。
3. 情報量が多く取れること。

といった、次期型のコード開発に向けて取り組

みを開始した。

7.2 2次元コードの開発

従来のバーコードは一次元の方向のみ情報があり、もう片方は冗長で情報を持たない単なる線として表示されている。

このもう片方の線にも情報を載せる方式が2次元コードである。

これは、方法論として理論的にはかなり進んでいるが、実際に読み取る（デコードする）となると時間が掛かるものが多く実用的ではなかった。

そこで、「かんばん」のバーコードを開発し、その読み取り技術も持ち合わせている強みを生かして、読み取り機器メーカーがつくるコードで、さらに「かんばん」という運用でも評価できる高速型の2次元コードの開発に取り組んだ。

開発のポイントは、デコードする前にどこにコードが存在するかをいち早く見付ける方法に重点を置いた。「かんばん」とか伝票に小型化したコードを表示したときに、読み取る機械が、どこにそのコードがあるかを見付けるのが一番問題になるところである。

どこにコードがあって、それがどんな向きになっているかが分かれば、後はデコードの技術を使って文字化すればよい。従って、この場所を見付ける方式が最重要テーマと考えた。

そこで、「かんばん」や伝票全体を読み取り機が取り込むとき、面のセンサーを使う。面のセンサーといえども、信号的には上から順に点の

図表 11 バーコードと2次元コード



情報をつなげてゆく方式を取らざるを得ない。テレビの画像の表示と同じで、これを走査という。上から順次走査線を走らせて画像を取り込んでゆく。(テレビの場合は順次表示してゆくことになる)

この走査という画像の取り込みは認識の最初に行われる。この取り込みのときにコードの場所が分かるようにすれば早く読むことができる。と考え、図表 12 のような目玉の形をしたものをコードの 3 つの隅に置くこととした。これは、どのように走査線が横切っても 1 : 1 : 3 : 1 : 1 になるようになっている。従って、走査中に白黒部分の中の比率を調べていけば、その位置を見付けることができる。3 つの点があればコードはその中にある。(図表 12)

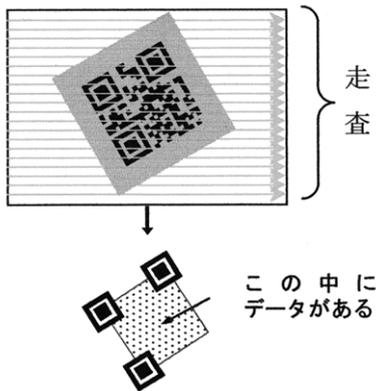
他の 2 次元コードの例では、走査中に見付けるのではなく、画面全体を取り込んだ後で、ソフトによって直角に囲まれた線を見付けて、その内側をコードとして判断するような方法が多い。

こうしてでき上がったのが、図表 13 に示す QR コードである。QR とはクイックレスポンスの略であり、早く読めるコードの意である。

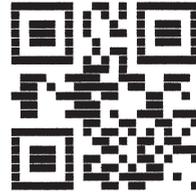
この QR コードの特徴は、

- ①大容量の情報のコード化ができる。

図表 12 走査と画像の取り込み



図表 13 QR コードの例



最大数字で 7,000 文字まで可能である。

- ②省スペースの印字が可能である。

非常に小型化も可能で、最小 3 mm 程度まで実用できる。

- ③全方向の読み取りができる。

- ④かな漢字の表示ができる。

これで、品名、住所などの漢字情報もコード化せずにそのまま扱える。

- ⑤汚れや破れにも強い。

汚れがあっても、破れたりしても、デジタル技術で復元が可能である。

といった特徴をもったコードが完成できた。

7.3 応用事例

このコードを使った応用事例を紹介する。

- ①「かんばん」への応用

QR コードを使った「かんばん」と取り引き用の伝票 (納品書と受領書) には、図表 14 示す様に取り入れることができ、さらに進んだシステムを完成させることができた。

これは、自動車業界における標準帳票として認定され、日本国内の全自動車メーカー統一の方向で動き出している。(図表 14)

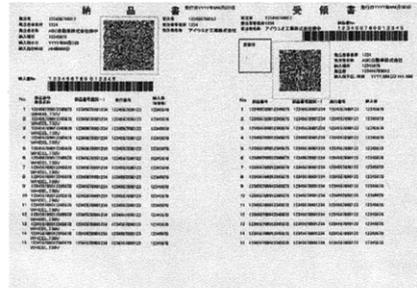
- ②プリント基板管理の事例

小型化できることを利用して、電子機器に用いられるプリント基板の工程管理に QR コードが使われる。

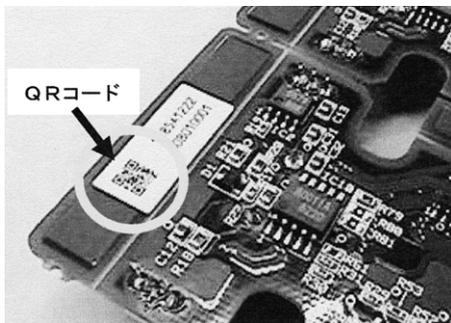
図表 15 は、プリント基板に QR コードのシールを貼付した例である。

図表 16 は、プリント基板上に直接パターン

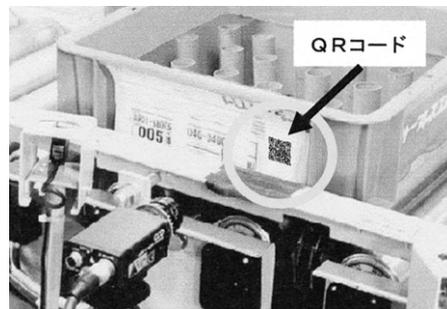
図表 14 日本自動車工業会の標準帳票例



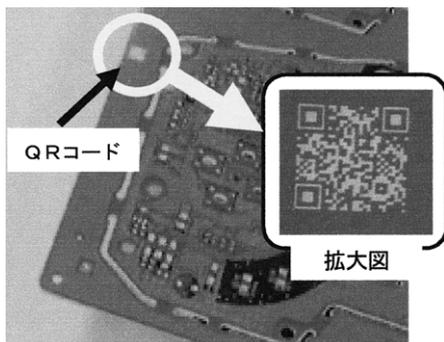
図表 15 プリント基板ヘラベルを貼った例



図表 17 コンベヤーライン上の読み取り例



図表 16 プリント基板へ直接印刷した例



図表 18 本の背表紙に表示している例



として印刷して表示した例である。

③コンベヤーライン上の部品の自動読み取りの事例

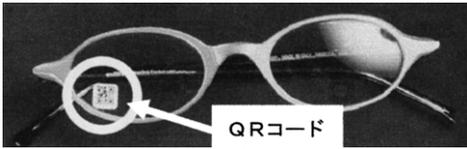
図表 17 は、コンベヤーライン上を流れる部品箱に取り付けられた「かんばん」をカメラで読み取り、自動仕分けを行っている例である。

④工場以外の商品管理としての応用例

工場の管理用として生まれた QR コードも、一般市場での商品管理や流通管理にも活用の輪が広がってきている。

図表 18 は本の背表紙に極少の QR コードを印刷し、書棚のまま読み取りができるようにし、本の在り所管理を行えるようにした例である。

図表 19 メガネの商品管理の例



図表 19 はメガネに QR コードを貼り、商品管理を行っている例である。

8. e-「かんばん」への進化

この QR コードの「かんばん」により、従来の「かんばん」の運用をさらに進化させることができるようになった。

「かんばん」の後補充用としての外れかんばん情報を、部品メーカーにネットワークで伝えることにより、部品メーカー側で、その情報に基づいて「かんばん」を作成して、出荷品に添付して納入する方式を実現した。

これにより、「かんばん」で引き取るとき、外れてから部品メーカーに引き取りに行くまでの時間が短縮でき、よりリアルタイム性が確保で

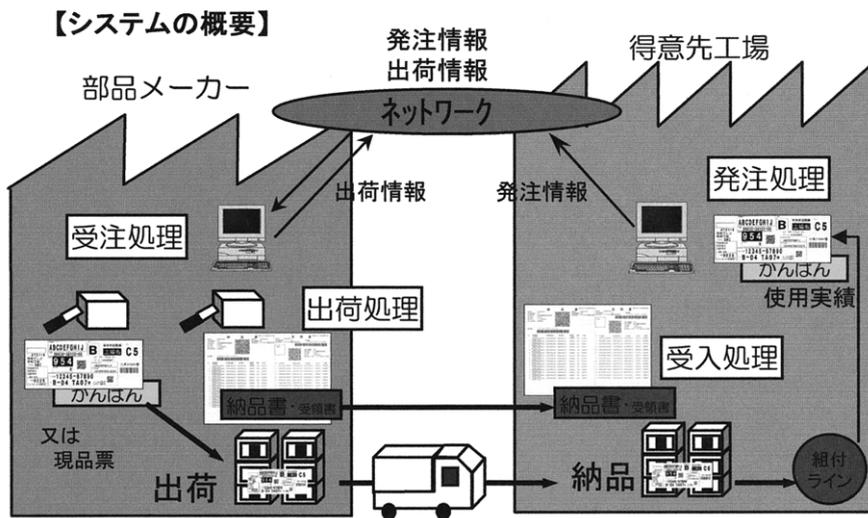
きるシステムとなっている。(図表 20)

9. 他の分野へのインパクトと今後の課題とテーマ

「かんばん」の IT 化に対して、バーコードのスタイルと読み取り用の機器を開発した。その後、それらをスーパー業界に紹介したところ、当時スーパー業界でもレジの打ち間違いや、腱鞘炎の対策、さらにはレジ前の行列の解消のため、バーコード化は検討していたが、読み取り率の悪さから採用を躊躇していた。この、「かんばん」用に開発した CCD 方式のバーコードリーダーは、生産現場でのかなりの汚れや、油での透過りまでも対策された実績のある読み取り機器であり、スーパー業界でもその読み取りに抜群の性能を発揮した。その結果、スーパー業界での採用が本決まりとなり、現在の爆発的な普及へとつながった。

実際、本方式のバーコードリーダーは市場の 8 割程度のシェアを占めるほどに普及している。

図表 20 QR かんばんによる受発注システム例



その後開発した2次元コードとしてのQRコードも、情報量の多さから、BSE問題などで注目を集めている生産者の表示や、賞味期限の管理に役立つことから大いに期待を集めている。

今後の「かんばん方式とIT化」のためのテーマとしては、「かんばん」もまとめて読める方法はないか。製品のストアや、倉庫に入っている状態で読み取る方法はないか、といった課題も求められており、今後も止むことのない開発を進めていきたいと考える。

参考文献

- [1] 大野耐一：「トヨタ生産方式」一脱規模の経営をめざして一，ダイヤモンド社，1978
- [2] 大野耐一：「大野耐一の現場経営」，日本能率協会，1982
- [3] 門田安弘：「新トヨタシステム」，講談社，1991
- [4] 「二次元バーコードガイド」，財団法人流通システム開発センター流通コードセンター，1996
- [5] 「2次元コード時代とQRコード」，(株)デンソー，1997
- [6] 野村政弘：「バーコーダーの開発と生産管理」〈かんばん方式を中心とした生産時点管理システムの構想と具体化〉，IEレビュー，Vol. 22 No. 4《日本IE文献賞 受賞》
- [7] 野村政弘：「独自の方法でJIT生産とボトムアップ型CIMを追求」，工場管理，Vol. 39 No. 18
- [8] 野村政弘：「バーコードを利用した生産管理システム」，月刊バーコード，1988.10
- [9] 野村政弘：「新工場経営管理技法：〔QRコード〕，〔電子かんばん〕」，工場管理，Vol. 47 No. 10
- [10] 野村政弘他（標準化研究学会編）：「QRコードのおはなし」，財団法人日本規格協会，2002
- [11] 野村政弘他：「QRコード（2次元バーコード）の開発と生産管理」，日本生産管理学会論文誌，Vol. 8 No. 2，2002.3
- [12] 野村政弘：「QRコード（2次元バーコード）活用による経営効率の向上」，標準化と品質管理，財団法人日本規格協会，Vol. 55 No. 6 2002.
- [13] 野村政弘：「起業と技術・システム」，名城大学起業講座，平成14年度講義録，2002