

# 物流のリストラクチャリングと パラダイム・シフト

圓川 隆夫

## 1. はじめに

即納化, ジャスト・イン・タイム, 高頻度小口配送, 川下主導, 生販一体化, 多品種少量から変種変量へなど現在の物流への要請をあらわすキーワードは枚挙にいとまがない。これらに対応すべく各企業では, 情報インフラストラクチャーの整備とともに, 業務や組織などの基盤整備や再構築が行なわれつつある。たとえばCIM (コンピュータ統合生産) やSIS (戦略的情報システム) とか呼ばれる概念などの出現がこれに相当する。

本稿では, まず現代の生産・物流への要請概念であるCIM (またはSIS) を, 情報ネットワークの形成形態と生産・物流体質の基盤整備・再構築の2つの立場から位置づけを行ない, そこにおける物流の役割の重要性を展望する。そして, それに伴って変化する物流マネジメントのパラダイム・シフトを歴史的経緯をふまえて整理, 分類することによって, 今後の物流マネジメントにおけるORへの期待および課題・問題点を展望する。

## 2. リストラクチャリングと物流

### 2.1 ミクロ・マクロ情報ネットワークの形成

CIMやSIS構築のねらいの背景にある本質的な意味は, 2つの側面から考えることができ, いずれも物流が深くかかわっている。

1つは情報通信システムの革新に支えられた情報インフラストラクチャー整備の側面である。ともすれば硬直的になりがちな1方向のトップダウン的な垂直的統合への反省から, ネットワーク組織論 (たとえば[1]) のいうところのミクロ・マクロ情報ループの形成によるビジネス・スピード向上と付加価値の高い情報創造に, そのねらいがあるといえる。すなわち, 図1に示すように,

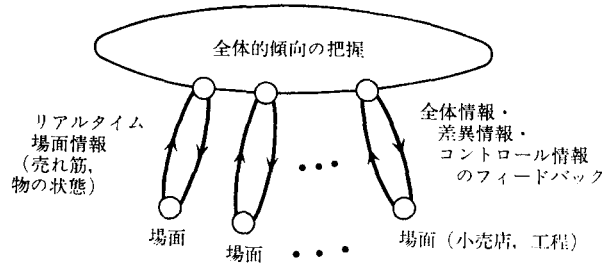


図1 ミクロ・マクロ情報ループの形成

個々の動的な場面情報を情報ネットワークを介してリアルタイムに把握することによって, 全体が見渡せる情報に加工し全体的傾向を把握することに役立てられる。さらにその傾向や個々の場面のそれとの差異や動きをとらえ, それらを個々の場面にフィードバックすることによってフレキシブルな対応をしようというものである。

これらの例として, 物流の需要の大元であり一番川下に相当する場面情報である売れ筋や死に筋情報をリアルタイム把握することによって, 場面情報を補充や生産計画に連動させる双方向POS/VANのネットワークや生販一体化システムの構築などが挙げられる。

さらにもう1つの例として, 工程や流通の場において何が今どこにどのような状態であるか (物と情報の一体化・同期化) という物の流れに関する場面情報をリアルタイムに把握し, それによる管理精度の向上や計画との差異からリスケジュールの処置を可能にする, POP (生産時点管理) やFA-LAN, さらに宅配便などで知られる追跡システムなどのリアルタイム計画・管理システムが挙げられる。

この2つの例は, CIMの構成要素の主要な部分であるとともに, まさに物流の革新に相当している。そこでのポイントは, 第1に補充活動には計画変更やトラブルがつきものであり, 物自体が物流の過程で止まっていたり迷子になっている時間が大きく, 物の流れの現場情報をリアルタイムにモニターできるようにするだけで, リードタイムが激減できることも多い, 第2に, そのとき

えんかわ たかお 東京工業大学

〒152 目黒区大岡山2-12-1

物の流れはその前後互いに関連していることから、全体を一目で見渡せる情報に加工することが必要であり、それをマイクロ・マクロ情報ループを介して、計画との差異などととも現場にフィードバックするより、適切な処置をとるなどフレキシブルな対応に大きく寄与するということである

## 2.2 基盤整備とロジスティクス概念

一方、いくら情報インフラストラクチャーを整備したからといっても、同時にそれに併せた業務システムの基盤の整備や革新がなければ、期待した効果が得られるとは限らないし、逆に上に述べた情報インフラストラクチャーはそのための手段（ただし必然性をもった）に過ぎないといえる。CIM構築の目的ともいえるビジネス・スピード向上のためには、量的、質的そして時間的な生産・物流のフレキシビリティの向上による受注から引き渡しまでのリードタイムの短縮が不可欠である。

一口にリードタイムといっても、実際に加工したり、輸送したりして付加価値を産んでいる時間は、10%もあれば良い方であり非常に小さい場合がほとんどである。残りの大部分は、情報の通信や処理に要しているか（通信・情報処理時間）、準備しているか（段取り時間）、まとめてつくる・輸送するために待っているか（生産・輸送サイクル）、止まったり迷子になっている時間（計画管理精度）である。（図2参照、文献[2]に要素別にその割合を例示）

このようなリードタイム短縮にあたっては、多くの場合全体のリードタイムを左右するボトルネックが存在

し、それを見きわめ、つぶしてゆくための基盤整備や革新が不可欠となる。図2に示しているように、情報処理時間や計画管理精度などは、前節で述べた情報ネットワークを導入し、関係した業務システムをそれに併せたものにするにより、いちじるしく短縮できる。

しかしながら生産・輸送サイクルがボトルネックになっている場合も多い。たとえば100品種のものを1カ月のサイクルで計画・生産している場合には、リードタイムは少なくとも1カ月となる。これを短縮するためには多サイクル化が必要となってくる。たとえば1カ月を2サイクル化すれば、リードタイムは1/2になるが、段取替えは2倍となり、段取作業時間の短縮や関連した生産技術上の基盤整備や革新が絶対条件となってくる。いいかえれば、ボトルネックがここにあるのにリアルタイム・コントロールなどのCIM化を計っても、リードタイム短縮の効果は、ほとんど期待できない。

このようなボトルネックの存在は、業種や当該事業所で異なるが、このような基本的なボトルネックとは別に諸活動のつなぎの部分に止まっている時間がリードタイム中相当分占めることが多い。これは狭義の物流に相当する部分であり、このつなぎの円滑化、一体化のための業務システムや組織上の再構築も必要となってくる。

このようにマイクロ・マクロループの形成の必要性とも関連して、物流はもはや流通であるとか、工場内物流とか分断して考えていたのでは対応できない。生販一体化という言葉に代表されるように、調達から受注、生産、販売までトータルな物と情報の流れ計画・管理する立場で考える必要がある。その意味では、広義の物流というよりも、物の時間的、場所的効用を高める生産をふくめたあらゆる活動を包含するロジスティクスという言葉がふさわしい。

このようにグローバルな視点で物流をとらえることによって、たとえば、輸送サイクルで、トラックの積載効率からみれば1日単位の補充が望ましくても、全体から見ればそれがボトルネックになっているのであれば、たとえローカルな面ではコスト高になっても、ロジスティクス全体をみれば多サイクル化が望ましいという視点も生まれている。

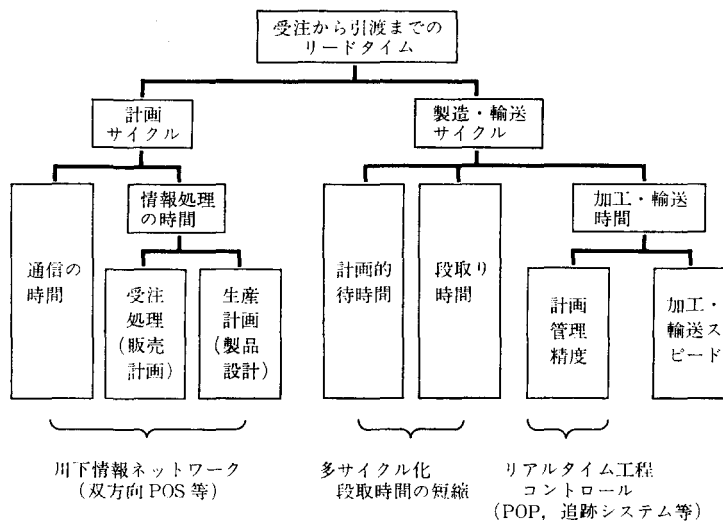


図2 リードタイムの構成要素への分解と短縮のねらい

### 3. 物流マネジメントのパラダイムシフト

#### 3.1 プルからプッシュそしてプルへ

これまで、物流のインフラの面から展望をしてきたが、次に物流のマネジメント・ツールの立場から考えてみよう。

一番川下での需要があり、それによって川上での物流が喚起されるというのが物流の基本的なロジックである。ところが、調達から生産そして流通チャンネルを通り最終的に顧客の手に渡るまで、物流の過程には多くの段階が存在する。そしてそれぞれの段階での補充活動にはリードタイムが存在し、さらに需要には不確実性がある(どちらか一方がゼロであればいちじるしく物流は簡単)のために、各段階での補充のポリシーは複雑なものとなる[3]。

このような補充のマネジメント・ツールやポリシーに関する基本的な概念として、プルとプッシュの論争がある。プルは、1つ川下からの実際の需要に対して補充が喚起されることを意味し、プッシュは、あらかじめ予測される需要に対してリードタイムを考慮した計画をつくり、その計画にしたがい補充が指示されるというものである。

現在米国では、生産計画の基本的な考え方の潮流として、プルからプッシュへそして再びプルへという現象が少しゆがめられた形で進行している。(一部にこれらが互いに排反的・敵対的な概念として扱われているという意味で)[4]

最初のプルは、ORの一分野とされている在庫管理方式に対応するものであり、在庫をもつことを前提とした発注点方式やそのときの発注量を決めるEOQ(経済発注量)に相当するものである。次のプッシュは、約20年前に、在庫をもつことを否定することによって登場したMRP(Materials Requirements Planning)であり、最後のプルがJIT(ジャストインタイム方式)である。

MRPやその拡張システムであるMRPⅡ(Materials Resource Planning)は、最終製品の期別所要量から、その製品を構成する部品表(B/M)およびそれぞれの部品の加工・調達のリードタイムと在庫状況が情報として与えられ、製品および構成部品をいつ何個生産・調達すべきかをコンピュータ上でつくり、生産指示や調達指示が出される。

ところで、MRP計算の基礎となるリードタイムについては、ひとつの部品に対して固定した値がデータとして用いられ、それを加工する現場の工程でのリードタイ

ムの短縮のインセンティブとは無関係である。さらに本来リードタイムはその工程の混雑度やスケジューリングの仕方によって異なるものであるのに、一定の値に設定しようとする、欠品を防ぐためにはリードタイムは大きめに設定せざるを得なく、そのために仕掛を必要以上に抱えている場合が多い。さらに、2.1節で述べた情報ネットワークの立場からは、MRPは過度に一方の集中管理になりがちであり、現場の問題へのフレキシブルな対応性に欠けるという問題点もある。

これに対してJITは、かんばん方式に代表されるように後工程で生産、すなわち部品の需要・消費があってはじめて、かんばんがはずれそれが前工程の生産指示情報となる。ここで重要なことは、原理的にはかんばんの役割は、MRPが否定した発注点方式と同じであり、仕掛在庫なしにJITを運用できるためには、かんばん1枚当りの生産ロットが十分小さく、また2つの工程間に投入されるかんばんの枚数も小さくないと効果がない。すなわちJITの本質は、そのような体制にもっていくためにシングル段取や工程に流れをつくるといったリードタイム短縮と徹底的なムダの排除活動にある。すなわちかんばんは最終の1個流しにもっていくための生産力をはかるバロメータの役割でしかないともいえる。

いいかえれば、JITは計画・管理システムというよりも生産体質強化のためのbreakthrough(現状打破)概念ともいえる。これに対してMRPはstatus quo(現状維持)を前提とした計画システムであり、あらゆる業種で変種変量に向けての基盤整備が迫られている状況では、図3に示すような歴史が繰り返す形で(最初のプルとJITのプルでは、ねらいも背景も根本的に異なる)、MRPはJITを目指すという言葉もあるように、プッシュ(MRP)からまたプル(JIT)へというのが自然な潮流であろう。しかしながら、次節で述べるようにJITとMRPは、現在一部のJIT信奉者が主張するような敵対する概念では決してない。

#### 3.2 生産・物流形態と計画・管理システム

これまで時代の潮流の立場からながめてきたが、実際の計画・管理システムを構築する上では、生産・物流形態に併せてプル、プッシュを組み合わせて運用してゆく必要がある。すなわち、情報帯域の立場からは、後工程での需要があるときだけ前工程での生産が喚起されるJITは、オペレーションレベルでのダイナミックな計画・管理システムである。これに対して、MRPやその流通版であるDRP(Distribution Requirements Planning)

は、期レベル（たとえば週）の生産・補充計画であり、基本的にJITと用いられる情報帯域が異なる。特に需要が大きく変動することが予測され、しかも資材の調達に相当のリードタイムを要する場合には、MRP的なプレディクティブな計画システムが不可欠であり、現実の需要だけしか見ていないJITでは原則的に対応できない。

このようなことから図4に示すように、MRPとJITさらにスケジューリング・ツールを組み合わせた計画・管理システムが、物流・生産形態に依存して考えられるであろう。さらに重要なことは同じ業種であっても基本的に1個流しや小口配送に向けて上方に体質をシフトさせてゆくという努力が必要である。図4の左下のスケジューリングは、同時に実行をモニターして管理するシステムが必要であり、2.1節で述べたリアルタイム工程コントロールや追跡システムなどの機能が特に要求される。

なお、スケジューリング・システムの商用レベルのものとしては、OPT (Optimized Production Technology) (たとえば[5])がある。OPTはボトルネック指向のスケジューリング・システムと呼ばれ、その基本的なロジックは図5に示すように、オーダーの納期からバックワードにスケジューリングして、負荷に対する能力がボトルネックとなる工程を探し、ボトルネックとなる後工程からはフォワードに、そしてその前工程はバックワードにスケジューリングすることによって、ボトルネックを解決するという方法をとる。このようなことからOPTは、生産技術の立場からボトルネックをつぶすJITとMRPの中間的な存在であるといえる。

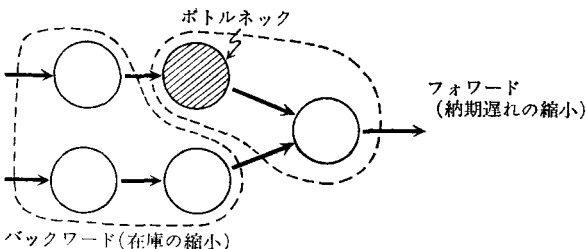


図5 ボトルネック指向のスケジューリング・ポリシーの意味 (文献[6]による)

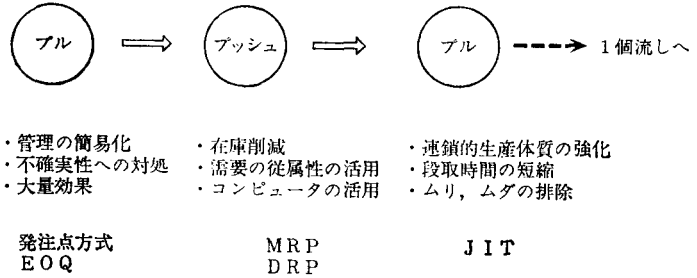


図3 物流マネジメントのパラダイムの変遷

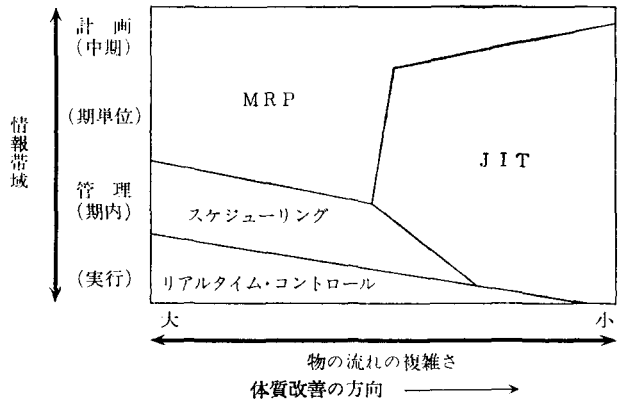


図4 生産・物流形態、情報帯域と計画・管理システム

#### 4. ORの役割と問題点

拠点立地など物流問題の設計的アプローチでのOR手法の活用場面は数多く、その適用の仕方はその他の問題と基本的に変わらない。ここでは計画・管理システム上の手法として焦点を絞ることにすると、古くは一連の在庫管理方式があり、スケジューリング手法およびそのツールとしてのLP, DP, 木探索などの最適化手法、待ち行列理論、シミュレーションが挙げられる。

これまで述べてきたように、物流のパラダイム・シフトは、ビジネス・スピード向上やジャストインタイムの要請に対応すべく、情報インフラを含んだ生産・物流基盤の革新である。そこでは、今何が起きているかという全体を見渡せる情報をもとに、フレキシブルな対応が不可欠となっている。

このような状況に対して、ORの提供する手法の適用やその解は、基本的に一定のモデルの中では有効であるが、ロジスティクスの計画・管理問題では、モデル自体が刻々と変化するというのが現実である。特にスケジューリング・システムを考えた場合、ダイナミックな環境をリアルタイムにモニター

し、その状況でのモデルを設定し、解を求め、リスケジュールリングするといった機能が要求されてくる。

このような観点からは、現実からモデルを設定しそれに適合するOR手法を選ぶインターフェイスが必要である。このインターフェイスには、評価関数や制約条件の変更などのモデルの選定とともに、入力や出力の簡易化や解釈の支援などのユーザーインターフェイスの機能も含まれ、現在2つの方向で開発が進んでいる。

1つは、ESS(Expert Simulation System)という用語にもあるように、エキスパートシステム(ES)の活用であり(たとえば[7],[8]),特に上述のインターフェイス部分にESが活用される。しかしながら、現実には個々のケースに対してモデル化自身ができずに、解法そのものも知識ベースにならざるを得ないことが多く、システム自体がES化される傾向にある。

もう1つの傾向としては、OR手法自体が問題用に専用化、カスタマイズされてゆく傾向である。たとえばシミュレーションの分野では、FACTOR[9]と呼ばれるスケジューリングのシミュレーション・システムが開発されている。FACTORは、MRPからつくられる期レベルの計画とリンクして、すべてのオーダーおよび関連した生産・搬送資源のスケジューリングがパラメータの指定だけで、作成・評価できる実用システムであり、今後の1つの方向性を示すものといえる。

## 5. おわりに

以上述べてきたように、これまでともすれば生産の周辺部分として位置されがちであった物流が、ビジネススピード向上のための生産・流通の統合化、物と情報の一体化・計画・管理のフレキシブル化といった要請から、今こそその重要性が着目されている。特に計画・管理面では、リアルタイムに全体の物の動きをモニターし、それに対するフレキシブルな解を求めることが要求されている。そのような状況では、ORの対象とするモデル自身がダイナミックに変化する。ともすれば一定のモデルのもとに最適性や解法を論じてきたORも、このような変化を包含したモデルの構築やインターフェイスの開発が、今後ますます複雑化する評価関数への対応とともに重要となってくるであろう。

## 参考文献

[1] 今井賢一, 金子郁容: ネットワーク組織論, 岩波書店(1988)

- [2] 圓川隆夫: “CIMにおける生産管理システムとAIの役割”, 日本経営工学会誌, Vol. 40, No. 6B pp. 1-6(1990)
- [3] 圓川隆夫: “情報ネットワークとロジスティクス戦略”, 物流レビュー, Vol. 11, No. 62, pp. 10-14 (1989)
- [4] Karmarkar, U.: “Getting Control of Just-in-Time”, *Harvard Business Review*, September-October, pp. 122-131(1989)
- [5] Jacobs, F. R.: “OPT Uncovered: Many Production Planning and Scheduling Concepts Can Be Applied with or without the Software”. *IE*, October, pp. 32-41(1984)
- [6] 池田 淳: “ボトルネック指向スケジューリングに関する研究”, 東京工業大学平成元年度卒業論文(1990)
- [7] Kanet, J. J. Adelsberger: “Expert systems in production scheduling”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 29, pp. 51-59 (1987)
- [8] Sabuncuoglu, I & Hommertzhaim, D. L.: “Expert Simulation Systems-Recent Developments and Applications in Flexible Manufacturing Systems”, *Computers Ind. Engng.* Vol. 16, No. 4, pp. 575-585(1989)
- [9] Pritsker Corp.: FACTOR Implementation Guide Version 4.0(1989)