

ロジスティクス・システムの変化と最適化のための新たな課題

苦瀬 博仁

ロジスティクスは、生産・流通・消費を結ぶ一連の流れの最適化を図るものであり、その分析においては、ORの力を借りなければならないことが多い。ここでは、最初にロジスティクス・システムの考え方を示すとともに、物流機能の内容について概略を示している。次に、近年のロジスティクスの変化とORへの影響について三つの視点から明らかにしている。すなわち、グローバル化にともなう分析項目の多様化、製品の高付加価値化にともなう生産と流通の統合とSCMへの対応、環境などの社会問題を含めた最適化である。以上を通じてロジスティクスの立場から見たORへの期待を述べている。

キーワード：ロジスティクス、物流、物流効率化、最適化、インフラストラクチャー

1. はじめに

ロジスティクス (Logistics: 兵站) とは、戦略と戦術とともに三大軍事用語の一つであるが、20世紀後半になって、広くビジネスの世界にも用いられるようになった。ORの研究も、第二次世界大戦の戦術研究において大いに発展したとのことであるから、ロジスティクスとORは、同じような運命を共有している。

そして現在、国際競争の中にさらされているロジスティクスの効率化や最適化については、ORの力を借りなければ明らかにならない場面が多い。

そこでここでは、ロジスティクスの基本的な考え方を述べ、次にロジスティクスの最近の動向を示して、ORへの期待について述べることにする。

2. ロジスティクスの内容

2.1 ロジスティクス・システム

ロジスティクスとは、生産・流通・販売の一連の流れであり、顧客のニーズに適合させて、原材料の仕入れから仕掛品や完成品の効率的な流れを、計画し、実施し、管理することをいう。このとき、必要な商品や物資を、適切な時間に・場所に・価格で・品質と量 (Right Time, Right Place, Right Price, Right Quality, Right Quantity) を、できるだけ少ない費用で供給しようとする。

くせ ひろひと

東京商船大学 商船学部

〒135-8533 江東区越中島 2-1-6

企業活動において、生産段階ではTQC (総合的品質管理) などによって、また販売段階ではマーケティングによって効率化が促進されてきた。しかし、流通段階の効率化は遅れていた。

生産と販売を結ぶ流通機能には、商取引機能と物流機能があり、さらに物流機能には、輸送・保管・流通加工・包装・荷役・情報機能がある (図1, 表1)。

特に物流の視点でロジスティクス・システムを考えると、①商取引システム、②貨物管理システム、③貨物自動車などの交通機関の運行管理システムがある。工場や倉庫においても、①受発注システム、②商品在庫管理システム、③作業管理システムがある。これらに対応して、①受発注情報システム、②商品・貨物情報システム、③作業・業務情報システムがある (図2)。

2.2 ロジスティクス・インフラストラクチャー

ロジスティクス・システムを円滑に機能させるために、インフラストラクチャー (基盤施設) が必要である。ここでは、五つの点から考えてみる。

第1の施設インフラは、交通路 (リンク: 道路, 航路など)・交通機関 (モード: 貨物自動車, 船舶など)・交通結節点 (ノード: 工場, 倉庫, 港湾など)

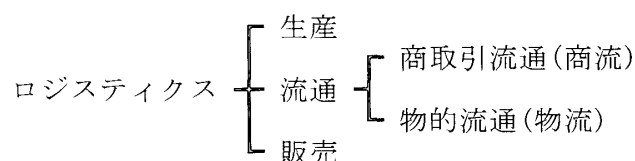


図1 ロジスティクスと物流

の具体的なハードな整備と、交通管理・制御などのソフトな整備である。

第2の情報インフラは、ハードとしての情報通信施設や機器があれば、ソフトとしてデータベース、共有化・標準化という情報利用のルールもある。そしてロジスティクスの様々な場面で、情報の渋滞や滞留の解消することに目的がある。

第3の制度インフラは、法律や制度、金融税制や保険システムなどの社会のルールである。規制緩和や環境保護なども、ここに含まれる。

第4の資源インフラは、電力、電話、上下水・工業用水などである。

第5の人的インフラは、労働力・教育水準、国民性、言語・宗教・民族などである。人口の高齢化や人材不足問題も、これに含まれる。

これらのインフラがすべて整っていれば、円滑で効率よいロジスティクスが実現するが、逆にどれかが欠けていても望ましいロジスティクスは実現しない。

3. 物流機能の内容

3.1 輸送機能（リンク機能）

輸送機能は、商品や物資の空間的な移動に関する機能である。特に長距離の2地点間の移動を輸送とするとき、1地点と複数地点間が集荷と配送となる。

3.2 保管・流通加工・包装機能（ノード機能）

保管機能のうち、貯蔵は石油の備蓄など、月単位や年単位の長期保管である。一方、短期保管は、配送センターなどでの一時的なストックである。

流通加工機能は、商品の付加価値を高めるための作

業である。加工作業とは、商品や物資を扱うときの作業であり、数量や品質の検査（検品）や分類（仕分け）や保管（棚入れ）と、商品の取り出し（ピッキング）や配分（仕分け、配分）がある。生産加工は、商品に手を加える作業であり、家具の組立て（組立て）などがある。販促加工（販売促進加工）は、商品価値

表1 物流機能の内容

1) リンク機能（輸送機能）	
① 輸送・集配送機能	
輸送	: 長距離、トラフィック機能、1対1
集荷	: 短距離、アクセス機能、多対1
配送	: 短距離、イグレス機能、1対多
2) ノード機能（保管・流通加工・包装機能）	
① 保管機能	
貯蔵	: 長時間、貯蔵型保管
保管	: 短時間、流通型保管
② 流通加工機能	
加工作業	: 検品・仕分け・棚入れ・配分等
生産加工	: 組立て・スライス・切断等
販促加工	: 値付け・ユニット化・詰合せ等
③ 包装機能	
工業包装	: 輸送・保管用、品質保証主体
商業包装	: 販売用、マーケティング主体
3) 荷役機能（リンクとノードの接続機能）	
積み込み	: 物流施設から交通機関へ
荷降ろし	: 交通機関から物流施設へ
付随作業	: 横持ち・縦持ち、置き換え等
4) 情報機能（物流情報・商流情報）	
物流情報	: 数量管理（貨物追跡、入在出庫）
	: 品質管理（温湿度管理）
	: 作業管理（自動仕分け、ピッキング）
商流情報	: 受発注（POS・EOS・EDI）
	: 金融（銀行オンライン）

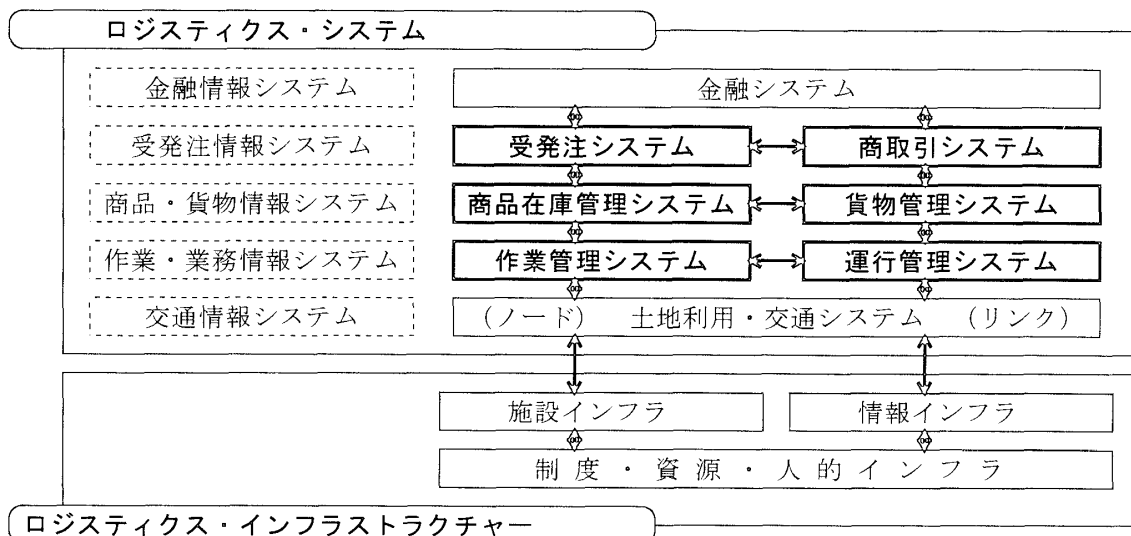


図2 ロジスティクス・システムとインフラストラクチャー

を高める作業であり、値札を付けたり（値付け）、商品を整えたり（ユニット化）、詰め合わせる作業（詰合せ）などがある。

包装機能のうち工業包装は、商品保護や品質維持用の包装で、商業包装は付加価値を高める包装である。

3.3 荷役機能（リンクとノードをつなぐ機能）

荷役機能とは、交通機関（リンク）と施設（ノード）をつなぐ作業である。積み込みは、物流施設から貨物自動車などに物資を運び入れ、逆に荷降ろしは、交通機関から施設に運び込むものである。

また倉庫などでの、横持ち・縦持ち・庫内作業、置き換え・積み換えなどの作業も、荷役に含まれる。

3.4 情報機能（すべての物流機能に関わる機能）

情報機能は、商品の内容や数量に関する物流情報と、受発注や支払いに関する商流情報に区分できる。

物流情報のうち輸送機能では、トラックの運行管理システムや貨物追跡システムがあり、保管機能では入庫・在庫・出庫管理システムや温湿度管理システムなどがある。さらに、自動仕分けシステムやデジタルピッキングなど流通加工に必要な情報とともに、倉庫での商品位置を知るための情報がある。これを情報の内容から見ると、数量・品質・位置などの情報となる。

商流情報のうち受発注情報システムは、商品の数や納入期限を知らせる情報であり、POS（Point of Sales：販売時点管理）・EOS（Electronic Ordering System：電子発注システム）・EDI（Electronic Data Interchange：電子データ交換）などによって扱われている。

商品や物資の受発注情報が、入出庫管理や配送と連

携されるように、商流と物流の情報は密接に関連する。このため近年では、複数の情報システムが統合されて、受発注情報を受けながら直ちに在庫管理や輸配送情報に反映させるようなシステムが増えている。

4. ロジスティクスのグローバル化

4.1 ロジスティクスの変遷

ビジネス・ロジスティクスの目的は、コストの最小化と付加価値の最大化にある。つまり、費用を最小にし、かつ付加価値を高めて商品の価値を創造することで、企業活動の最適化を図ってきた（表2）。

しかし近年のグローバル化は、コスト最小化についても考えるべき項目が多くなっている。また商品の高付加価値は情報化の進展と相まって、ロジスティクスの構造そのものを変えつつある。

さらに、個人や企業が社会に与える不利益を排除し、国家や地域社会全体の最適化を目指すソーシャル・ロジスティクスの概念も、必要となっている。例えば、環境負荷の最小化であったり、資源利用の効率化であったりする。

そこでここでは、近年のロジスティクスの動向を、①ロジスティクスのグローバル化（節4）、②ロジスティクスの高付加価値化（節5）、③社会問題とロジスティクスのインフラ（節6）の三つから考えてみることにする。

4.2 ロジスティクスのグローバル化

国際分業と国際競争が本格化し、世界各国の中での調達・生産・流通・販売というグローバル・ロジスティクスの時代になった。

表2 ロジスティクスの変遷（ミリタリー・ビジネス・ソーシャルのロジスティクス）

ロジスティクス	目 標	担当部門	活 動	評価関数
ミリタリー	国家運営・防衛	軍隊	国家活動	国家利益 最大
ビジネス	企業個別最適化	荷主・専業者等	企業活動	企業利益 最大
	ビジネス = コストの最小化 + 付加価値の最大化			
ソーシャル	社会全体最適化	市民・行政・企業	社会活動	社会利益 最大
	グリーン = 環境負荷最小（大気汚染、製造物責任、包装等） リバーズ = 資源利用最小（リユース、リデュース、リサイクル） インフラ = 施設 + 情報 + 制度 + 産業 + 人的			

とりわけ、低い生産コストに魅せられて、または拡大する市場を求めて、発展途上国への生産拠点の移転が進んでいる。このため、海外の生産拠点と国内外の消費地を、いかに効率的なロジスティクスのネットワークで結ぶかが、大きな課題となっている。

しかし国際間のロジスティクスは、単に通関手続きなどだけでなく、生産や流通に関わる各種の法制度や慣習も含め、国内とは事情が異なる。

4.3 グローバル化の検討項目

グローバル・ロジスティクスを考えるための項目は、五つ考えられる(表3)。

第1は、産業水準である。海外への進出先に技術力・労働力、もしくは需要・消費市場などがなければ、ロジスティクスは成立しない。

第2は、コスト水準である。立地・施設・生産・物流などのコストは、ロジスティクスの計画・設計に不可欠な項目である。このとき、流通コストと物流コストと輸送コストの混同は、避けなければならない。

第3は、サービス水準である。サービスの品質、政府補助・税制、公共サービスなどは、効率化やコスト最小化を考える上で大きな課題である。

第4は、インフラ水準であり、先述のロジスティクス・インフラストラクチャーである。これには、施設インフラ、情報インフラ、制度インフラ、産業インフ

ラ、人的インフラの五つが考えられる。

第5は、セキュリティ水準である。犯罪・事故、紛争、生活保全などは、カントリー・リスクも含めロジスティクスにおいても重要な問題である。

このように考えてみると、グローバル・ロジスティクスには、国内でのロジスティクスとは異なって、検討すべき項目が格段に多いことがわかる。

4.4 コスト最小化における課題

国内でのロジスティクスであれば、輸送コストや在庫コストなど、計量化しやすい指標を採用できた。

しかしロジスティクスの国際化が進み、調達と生産が別の国であったり消費地点が複数の国になっている。特に生産拠点の海外進出は、生産などの低コストを期待している場合が多いが、このメリットを獲得するまでには、国内とは異なって従業員教育、セキュリティ、法制度への対応等の面のコストも考慮せざるを得なくなる。

このため、従来どおりコストを目的関数にするのであれば、単に生産コストや流通コストだけでなく、カントリー・リスクを含めたセキュリティや、物流のためのインフラの整備水準などの国別の違いによるコストも考慮しなければならない。そして、このような計量化しにくい指標を、いかに数値化していくかが課題となる。

すなわち、グローバル化の進展は、どのような検討項目を、どのように数値化してロジスティクスの最適化を進めるかという問題を提起している。

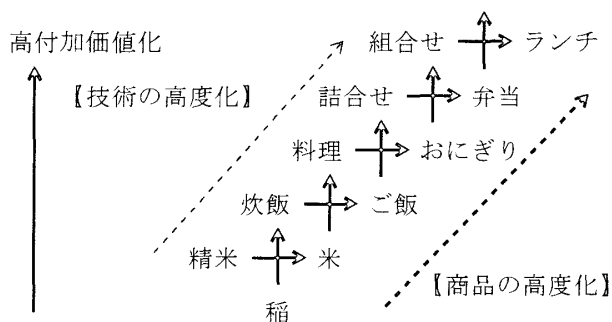
表3 グローバル・ロジスティクスの検討項目

1) 産業水準
① 技術基盤・労働力
② 需要量・市場性
2) コスト水準
① 立地コスト・施設コスト
② 生産コスト
③ 物流コスト (流通コスト、輸送・保管コスト)
3) サービス水準
① 政府補助・税制(補助金制度、税制体系)
② 確実性・品質(作業品質、公平性)
4) インフラ水準
① 施設インフラ(港湾・ターミナル、道路) (トラック、鉄道貨車、船舶)
② 情報インフラ(ネットワーク、ハード・ソフト)
③ 制度インフラ(法制度、金融税制、保険)
④ 産業インフラ(電力、電話、上下水・工業用水)
⑤ 人的インフラ(労働水準、国民性、言語・宗教)
5) セキュリティ水準
① 犯罪・事故 (盗難、停電、交通事故)
② 紛争 (契約不履行・違反、労使紛争)
③ 生活保全 (言語、教育、病気、文化)

5. ロジスティクスの高付加価値化

5.1 商品とサービスの高付加価値化の実態

近年の流通における最大の変化は、商品の高付加価値



- 例、1) 綿 → 糸 → 布 → 服 → 服装 → ブランド
 2) カップ → カップセット → 贈答品セット
 3) キャベツ → 半切り → 千切り → サラダ

図3 商品の高付加価値化

値化であり、原材料主体の低付加価値商品から、手の込んだ高付加価値商品への変化である。

これを消費財で示せば、「稲→米→ご飯→おにぎり→弁当→ランチ」というように、ハードとしての原材料が、ソフトとしての技術によって、より付加価値の高い商品へ変化する過程である（図3）。

米や海苔のような低付加価値商品は長期保管が可能だが、弁当のような高付加価値商品は賞味期限もライフサイクルも短い。このため消費者ニーズに合わせて生産し、流通加工と包装や、頻繁な配送が必要となる。

また生産財で示せば、「ディスクドライブ→パソコン本体→稼働パソコン→パソコン+モニター→ソフト入りパソコン→パソコンセット」となる。

サービスの高付加価値化とは、輸配送や流通加工の機能が高まることである。コンビニエンス・ストアの弁当は、丁寧な流通加工と包装がなされて、厳密な品質管理と頻繁な配送により我々の手に届く。

5.2 生産と流通の統合

流通段階は、生産段階での「少品種・大量生産」と、販売段階での「多品種・少量販売」をつなぎ、保管や流通加工を通じてバッファの役割を果たしてきた。特に高付加価値商品は、流通段階で商品内容が変化し、品目数も増加し、商品寿命が短いため、商品供給の際の発注から納品までのリードタイムの短縮化が必要になっている。

このため、商取引・生産・輸送の三つが、ロジスティックスの一つの工程となって、「生産と流通の統合」が実現している。

この代表的な例に、発注から納品までを工程の1単位として考えるJIT（Just In Time）や、生産から消費までの工程を、複数の工程が連なる鎖と考える

SCM（Supply Chain Management）がある。

5.3 JITとSCM

ロジスティックスを、「必要な商品や物資を、適切な時間に・場所に・価格で・品質と量を、できるだけ少ない費用で供給すること」としたとき、これを実現するための活動の一つに、JITがある（図4）。

生産現場でのJITは、必要な部品を必要な量と要求される品質のもとで、適切な場所と時間に供給することである。流通現場でのJITは、販売先のニーズに合わせて、必要な商品を必要な量と要求される品質のもとで、適切な場所と時間に供給することである。

またSCMは、供給者から消費者までの「供給の鎖」の中での最適化を目指している。つまり企業内では、開発・調達・生産・輸送・販売部門での連鎖を示し、企業間では、供給業者・メーカー・卸売業者・小売業者・消費者の連鎖を示している。それゆえSCMの目標は、個別企業内最適化ではなく、複数企業の全体最適化である。

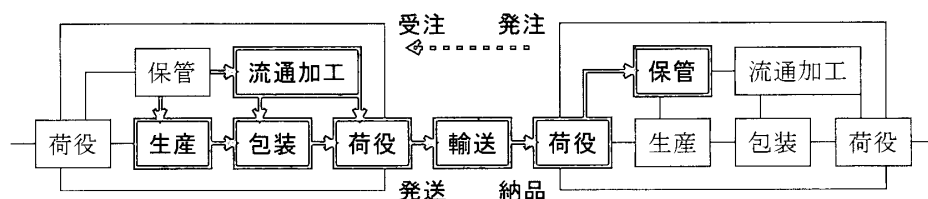
以上をまとめると、物流が「輸送・保管・包装・荷役・流通加工・物流情報が組織化された状態」で、ビジネス・ロジスティックスは「調達物流・生産管理・製品物流の三つが統合化された状態」とすれば、サプライチェーン・ロジスティックスは「企業内部部門間や異業種企業間でパートナーシップが形成された状態」でもある。

このようにJITとSCMは、ロジスティックスの効率化には不可欠の概念になっている。

5.4 ロジスティックス最適化への課題

低付加価値商品のロジスティックスのように、生産と流通の境界が明確だった時期には、輸送問題や在庫問題を個別に議論することができた。

1) JITにおける「生産と流通の統合」



2) SCMにおける「生産と流通の統合」

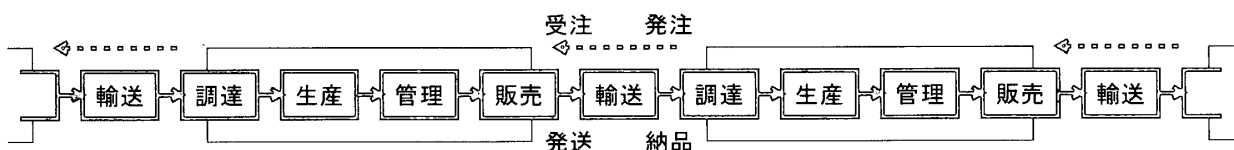


図4 SCMとJITにおける「生産と流通の統合」の概念

しかし、高付加価値商品が普及し「生産と流通の統合」が実現して JIT が普及し、さらには SCM のように企業間での最適化も対象になると、様々な課題を同時に解くことが必要になる。

例えば、輸送コストと在庫コストだけでなく、原材料の調達コストや生産コストを含めて検討したり、廃棄コストも考慮したり、複数企業間でのコスト負担を調整しなければならないこともあるだろう。

だからといって、直ちに検討項目をすべて盛り込んだ議論ができるわけでもない。そのためロジスティクスの最適化において、どの範囲までを対象とし、何を対象外とするかという問題設定が、より重要になるだろう。

6. 社会問題とロジスティクスのインフラ

6.1 環境問題の深刻化とその対応

企業内や企業間でのロジスティクスにおいて最適化が実現しても、社会に悪影響を与えることは望ましくない。例えば、配送車による大気汚染や過剰包装などによる環境負荷を削減するとともに、効率的な資源利用を図る仕組みや廃棄物の減量化が必要である。

先の表 2 で示したグリーン・ロジスティクスとは、環境負荷を少なくしようとするものである。

例えば、無駄な輸配送を避け交通量の削減により大気汚染を減らしたり、過剰な包装を避けて、環境負荷の削減を目指すことが重要である。

特に交通問題の視点では、商品や物資の消費量は削減できなくとも、配送車の走行距離短縮や積載率の向上が実現できれば、配送車の台数や台キロを削減できる可能性があり、環境対策にもつながる。

リバース・ロジスティクスとは、資源消費量を減らしたり再利用するものであり、リデュース、リユース、リサイクルが代表的な概念である。

リデュースとは、物資の消費量の削減と、廃棄物や排出物を削減することである。輸配送では、交通量の削減に相当する。リユースとは再利用であり、ビールビンを何度も使うように、使用回数を増やすことで結果として廃棄物の増加と無駄な生産を避けることである。リサイクルとは、使用済みの製品を廃棄物とせず、資源や原材料として生産に利用するものである。

6.2 ロジスティクス最適化への課題

環境問題が深刻になれば、ロジスティクスの最適化

のために、環境負荷を計量化して、モデルに取り込んでいく工夫も必要になるかもしれない。

従来のロジスティクス最適化では、様々な費用をもとにコスト最小化を目的関数としてきた。しかし環境重視の時代になったとき、環境負荷をどのようにコスト換算するかについての課題が残る。

例えば、破棄物の処理費用のように直接的にコスト換算する場合もあれば、一方で大気汚染や地球温暖化への影響など長期的な影響をコスト換算しなければならないこともある。さらには環境指標そのものを目的関数として、ロジスティクスの最適化を図ることも必要となるかも知れない。

環境問題に代表されるように、社会全体の最適化を考えるためには、目的関数と説明変数の設定方法の議論も必要になるだろう。

7. おわりに

物資や商品の輸送は、商取引（本源的需要）があってこそ成立することから、交通経済学では、交通は派生需要と言われている。このため本源的需要に近づく意味で、配送時間制約や労働時間制約などや、セキュリティや為替差損などを組み込む試みがなされているようである。しかし、顧客サービスや商取引上の事情などの本源的な需要について、どの範囲までをロジスティクス最適化の対象として取り込むかは、これからも大いに議論すべき問題であろう。

また今後も想定されるロジスティクスの高度化や国際化や環境問題の深刻化により、ロジスティクス最適化の検討項目や採用する指標は、より多様かつ複雑になるだろう。

このような状況だからこそ、OR がロジスティクスの最適化に果たす役割もより大きくなるに違いない。

この意味でも、ロジスティクスの動向の変化に合わせた OR の発展を期待しているし、本稿が少しでもお役に立てば幸いである。

参考文献

- [1] 苦瀬博仁:「付加価値創造のロジスティクス」, 税務経理協会, 1999.
- [2] 苦瀬博仁共編:「都市交通」, 交通工学研究会, 丸善, 2002.