

ロジスティクス顧客満足のエconomic分析

An Economic Analysis of the Customer Satisfaction in Logistics



高田富夫：流通経済大学 流通情報学部 教授

略 歴

1976年：早稲田大学大学院商学研究科博士課程修了

1996年：早稲田大学より商学博士

[要約] 本稿は経済学の視点からロジスティクスにおける顧客満足について考察し、もって物流事業者が大きな期待を寄せている3PL事業展開の核心に迫り、今後の方向性を示唆するものである。如何にして荷主企業の顧客満足を獲得するか、その方法を提示してみたい。そのために顧客満足の高揚に貢献する因子を明らかにするとともに、限界分析を通してロジスティクス・サービス水準の最適化を試る。

I はじめに

論者は15年ほど前に著わした日本海運の成長に関する論文で次のように記した。

『われわれ日本人の多くは少なくとも経済的に、昨日よりも今日、今日よりも明日、あるいは親よりも子、子よりも孫がより恵まれた生活が享受できることを当然のように思ってきた。しかるに、海運においてはチャーターバック船や仕組船、マルシップ船（混乗船）、あるいは近代化船、そして近年において船舶管理会社やグローバル・アライアンスという従来にはない用船形態や配乗形態、経営形態を工夫して国際競争力の維持・強化に努めたものの、その甲斐なく日本船の減少をくい止めることはできず、“子が親の豊かな生活を継承できない”状況にたちいたっている。』¹

今日のわが国においても、海運だけでなく経済社会全般にこのような状況が生まれてお

り、将来に向かっても、マクロとミクロの両面において60年代以降およそ30年間に見られたような成長戦略を描ききれていないのが現状である。経済の分野だけでなく政治や教育といった少なからざる分野で憂慮に堪えない状況が生まれている。

バブル経済崩壊以後におけるわが国経済の推移について整理しておこう。つまり、91年頃を境として、有史以来未曾有の長きにわたって好景気に沸いた日本経済も拡大を停止し、一部は縮小に転じた。バブル経済の崩壊である。直接のきっかけは、地価の目に余る高騰に手を焼いた政府が土地関連融資の抑制を内容とする金融引き締めを行ったことであつた。これにより土地神話がまず崩壊し、続いて土地神話に頼っていた金融システムの欠陥が露呈し、90年代半ばを過ぎて大手金融機関のいくつかが破綻した。さらに賃金給与は右肩上がりが増え続けるもの、雇用は定

年まで終身雇用が保証されているものという賃金・雇用神話も崩壊するにいたった。その背景には90年代初めより顕著になった規制緩和の流れがあった。交通・物流の分野においても規制緩和は例外ではなく、競争の促進とグローバル化に対応すべく90年代早々に物流2法が施行された。これによって産業の構造は大きく変化し、経営は一段と厳しい環境のもとに置かれることになったのである。

企業の競争優位を規定するのは技術、賃金、為替相場の三つの因子である。成長が止まるのは、賃金と為替相場の上昇スピードに技術進歩のスピードが追いつかなくなるからである。90年代後半以降、情報技術の進歩が経済・経営の成長を促してくれるものと期待された。しかしその技術も東アジアの国々を中心に素早く伝播していき、わが国の優越的な立場は次第に崩れていった。

サプライチェーン・マネジメント（SCM）は一つの経営管理技術として今なお高い関心を集めている。それは生産と消費を同期化して、過剰な在庫という無駄をなくしてスループットを最大化する生産管理手法である。それがロジスティクスと結合して、物流自体をSCMの中に組み込んだサプライチェーン・ロジスティクス・ビジネスの展開がトラック・鉄道の運送事業者や倉庫事業者の間で標準化している。サプライチェーン・ロジスティクスは、従前の物流事業の範囲をはるかに超えて、顧客情報の入手と分析に基づいて、原材料・部品の調達にはじまり顧客に売り渡すまでのサプライ・サイド全体を一つにつないで

統合するための鎖の役割を果たすものである。

この担い手として新たに台頭してきたのが3PL事業である。実運送事業と利用運送事業の二つの視点から展開される3PL事業は、ロジスティクスの効率化を通じた競争優位の獲得を望む荷主企業から強く期待されているものである。3PL事業者もまた物流市場での生き残りをかけて、より良いサービスの提供に取り組んでいる。より良いサービスの中心に配置されるのが顧客満足である。顧客満足の向上を企業戦略の主たる目標に掲げる企業は少なくない。

しかし「顧客満足とは何か」という問いかけに対して、確たる答がなかなか得られないのも事実である。3PL事業は荷主企業のロジスティクス業務を一括または部分的に受託して、効率のよいロジスティクス・サービスを提供するものである。それだけに「何をどうすれば高水準の顧客満足を提供することができるのか」という点を明確化することが重要となる。この点を明らかにすることができれば、3PL事業は事業展開のターゲットを絞り込むことができ、さらに広範に荷主企業に浸透していくことは間違いないと思われる。

本稿では以上のような基本認識に立って、第一にロジスティクスにおける顧客満足とはどういうものなのか、その中で荷主企業が強く求めるサービスとは何か、顧客満足の質とコストは二律背反の関係にあるが、ロジスティクス事業者が提供すべき最適な顧客満足をどのように求めればよいのか、といった点を経済学の分析ツールを使って明らかにして

みたい。

これまでのロジスティクス研究はエンジニアリング系を除けばマーケティングや経営現場やコンサルタントからのものが大半を占め、経済学の視点に立つものは皆無に近かった。そのためバックグラウンドが薄弱で体系的な洞察に欠ける傾向が見られる。本稿はこうした傾向に一石を投ずるべく、ミクロ経済分析の体系にしたがって論を進める。

II ロジスティクス・サービス

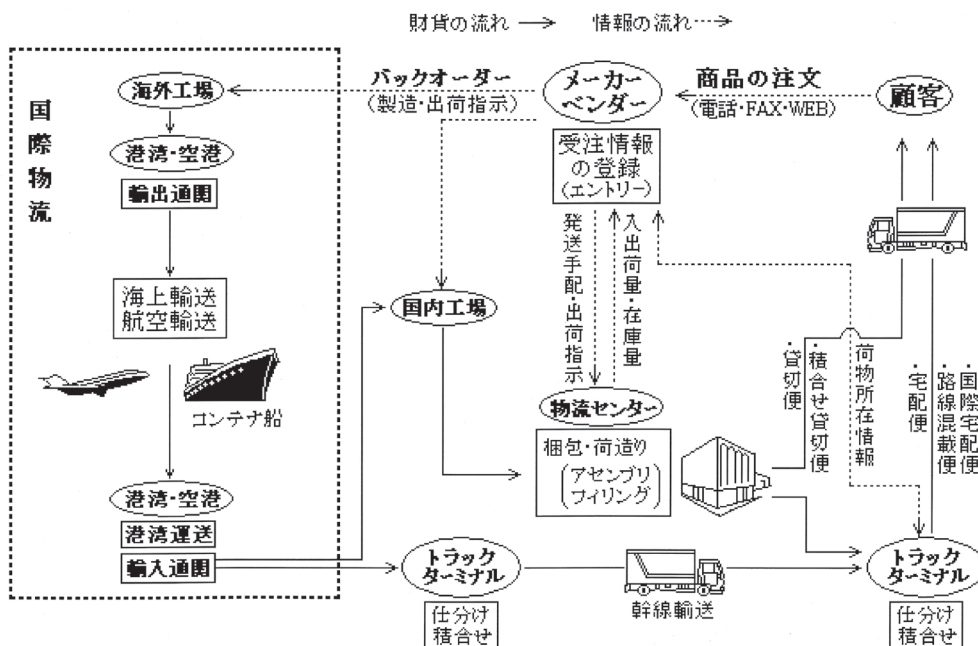
ロジスティクス費用は売上高とともに企業の利益を左右するが、それはロジスティクス系の如何によって異なる。このように、顧客サービスは売上げと費用に影響して利益を左右する、企業経営にとってきわめて重要な要素である。したがって、顧客サービス水準を適切に設定して、利益目標を達成する必要がある。

(1) ロジスティクス俯瞰

経済学的に言えば、ロジスティクスは輸送、保管、荷役などさまざまな関連サービスからなる複合サービスである。そこでまず手始めに、複合サービスを構成する個々のサービスを明らかにするために、製品ロジスティクスの典型的なパターンについて見ておこう。ロジスティクス・サービスはさまざまなサービスが組み合わさったサービスであるから、顧客サービスや顧客満足を考えるには、これを分解してそれぞれの構成要素に着目する必要がある。

小売業を顧客と想定し、ロジスティクスの全容を俯瞰すると、図1のように描くことができる。スーパーやデパートなどの小売業者はメーカーないしサプライヤに電話、ファックス、メールなどで商品を発注する。コンタクト・センターなどでそれを受けたメーカーでは注文エントリーした後、物流部門に在庫

図1 ロジスティクス・チャネル俯瞰
— 雑貨・情報フローの概要 —



確認をとる。もし在庫がなければ顧客にバックオーダーの意向を問い合わせる。顧客が不要と回答すれば発注はキャンセルされる。必要との回答があれば、国内外の工場に製造指示がなされる。物流センターに在庫があれば、製品は一連の「発送手配（オーダー・プロセシング）」作業の後、トラック・ターミナルを経由するなどして顧客へと配送される。

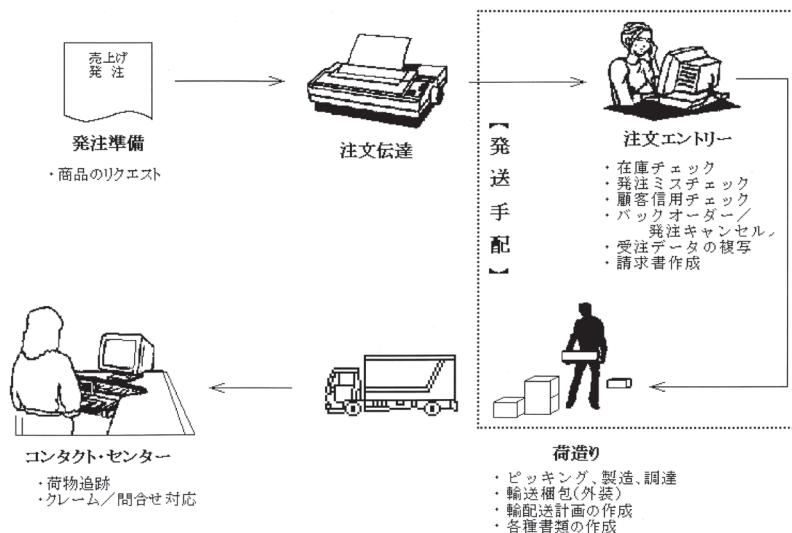
近年、インターネットを利用した通信販売の発展にともない、受注してから顧客に納品するまでの作業、いわゆるバックヤードをオーダー・フルフィルメント（Order Fulfillment）ということが多くなった。フルフィルメントには、顧客から注文を受け取り、顧客が指定したとおりに納品するまでのあらゆる業務が含まれている。さらに広く解釈すると、財貨を引き渡した後に生ずるかもしれない返品や交換といった所謂リバース・ロジスティクスも含まれている。このようなフルフィルメントはロジスティクス・サービスそのものであるとってよい。

図2 オーダー・フルフィルメントの業務



フルフィルメントの具体的な業務を挙げれば、オーダー・エントリー、梱包・発送業務、在庫管理、決済、苦情・問い合わせ対応、返品・交換などがある（図2参照）。この図に示した発送手配、注文エントリー、荷造りなる用語はそれぞれ Order Processing、Order Entry、そして Assembly または Filling に対応させたものである。注文エントリーを除いてこれまで使われたことがなく、一般には馴染みの薄い用語である。「発送手配」は顧客に納める商品を「仕立てる＝調える」ことに由来する。“assemble”は「まとめる」、「整理する」、「組み立てる」という意味をもち、

図3 フルフィルメント作業の流れ

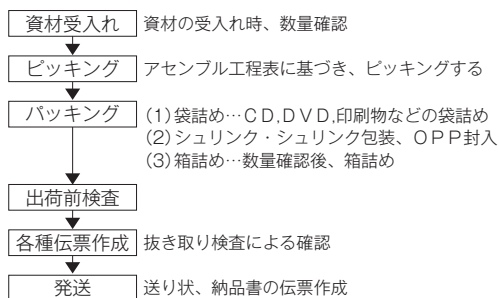


R. H. Ballou, *Business Logistics / Supply Chain Management*, p.132を参考に作成

“fill”は「容器などに入れる」という意味をもつことからすれば、「荷造り」は妥当な日本語表現とあってよいであろう。

フルフィルメントの中心的業務はやはり伝統的な発送手配である。発送手配は注文エントリーと荷造りから構成されている。図3は業務作業の流れが明らかになるように、オーダー・フルフィルメントを表したものである。この図には注文エントリーに関連した具体的な作業とし、在庫チェック、誤発注チェック、顧客の信用チェック、バックオーダー／キャンセル手配、請求書の作成がある。荷造りでは工場での製造や社外からの調達、ピッキング、梱包、輸配送計画の作成、各種書類の作成などが行われる。

図4 荷造り行程



PSP株式会社ウェブサイト (<http://www.PSP-japan.com/logistic.html>) を参考に作成

図4は物流センターの内部で行われる荷造り関連作業をさらに細かく示したものであるが、ピッキング、パッキング、品質や数量等の各種検査、荷送り状や納品書等の各種伝票作成といった作業がある。資材受入れとは工場等から出荷される製品、部品、半製品の受入れである。パッキングはマーケティングの観点から重視される内装や個装に対して、ロジスティクスでは外装が重要になる。

(2) 顧客満足に貢献する因子

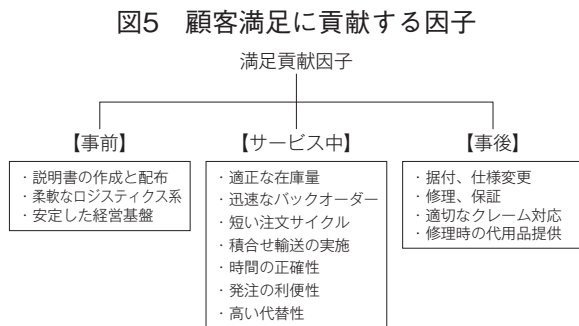
ロジスティクス顧客満足とは、上に記したようなロジスティクスの各種サービスに対して顧客が受け止める満足感のことである²。費用対効果を勘案した適切な顧客満足が提供されれば、顧客の新規獲得や囲い込みに大きな効果をあげることができる³。それはロジスティクス・サービスの質を決定するものである。ロジスティクス・サービスの質を評価するさまざまな基準、言い換えればさまざまな顧客サービスの中でもっとも重要なものとして、発注から納品までのリードタイムの長さ、およびその安定性を挙げる考え方がある⁴。この点については後段で詳述する。

さて、財貨の価値を価格、品質、付帯サービスの面から評価される。その付帯サービスには、欠品発生率および欠品時の対応から販売した後のアフターサービスの内容にいたるまで多くの側面が含まれている。ロジスティクスにおける顧客満足は、ロジスティクスと関連した諸活動を構成要素とするロジスティクス系が全体として顧客にもたらすものである。したがって、ロジスティクス系の適・不適がロジスティクス顧客満足度に決定的な影響を及ぼすことになる。

どんな因子が顧客満足に貢献しているのか、個々の因子が財貨やサービスの購買行動とどのように結びついているか、これらの課題は長年にわたって主要な研究対象とされてきた⁵。しかし、顧客が自らの購買行動の動機をはっきりと認識していないこともあって、顧客満足は正確に定義されないまま今日に至っている。いくつかの研究結果を参考に、

この点についてすこし考えてみよう。

顧客満足に寄与する因子については、米国の物流管理評議会（当時）⁶が関わった顧客サービス研究が一つの考え方を提示している。この研究ではサービスの提供時間を基準にその提供前後と提供中に分けて、それぞれの顧客満足貢献因子を挙げている。図5はこの資料を一部修正したものである。



備考：R. H. Ballou, Business Logistics / Supply Chain Management, p.94を基に一部修正して作成

サービス提供前の事前因子は高度なロジスティクス・サービスを提供するための土台となる因子である。納品期日、返品・バックオーダーの手続き、輸送方法を記載した説明書を作成して、顧客に配布するのはその一部である。人為的な事故や自然災害等の緊急時を想定した対応マニュアルを作成して、商品の安定的なフローを確保することも、事前の満足貢献因子である。

サービス提供中の貢献因子は納品と関連した因子である。例えば在庫量、輸送方式、迅速かつ安定した梱包・荷造りなどがこの期の満足因子である。これには在庫の適正化、迅速なバックオーダー、短いオーダーサイクル、混載輸送の導入、正確な納品時間、低い欠品率と誤納率等がある。これらは顧客満足度ないしロジスティクス・サービスの水準を決定

する直接の因子である。

事後の満足因子には以下のようなものがある。

- ① 販売後の顧客サポートつまりアフターサービス
- ② 損傷品や欠陥品の引き取り・交換
- ③ 使用済み包装容器（ビン・缶・ペットボトル）・荷役資材（パレット等）の回収・再利用
- ④ クレーム・苦情・返品への適切な対応

事後因子は販売後に機能するものであるが、あらかじめ取引終了前に対応計画を作成しておかねばならない。

顧客はこれらの満足因子を総合したものに對して反応するが、反応の大きさは因子によって異なる。その中で最も重要な因子は何か？

これまでの研究成果に基づいて整理しておこう。

(3) 個別因子の満足寄与度

顧客満足はマーケティング戦略を構成する必須要素であり、4P（商品、価格、販売促進、場所＝物流）の活動ミックスとして取り扱われてきた。事務用什器・備品製造業とプラスチック加工業を対象とした満足因子の意識調査がある。それは、4Pと関連した多くの満足因子（それぞれ99個と112個）について、その重要度を7段階に分けて回答させるものであった。その結果をまとめたものが表1である。この表には重要度の高い因子を抜粋して回答分布の平均値と標準偏差とともに記している。マーケティング・ミックスにおいて

表1 顧客満足因子の重要度

事務用家具・什器製造業		プラスチック加工業	
μ (σ)	顧客満足因子	μ (σ)	顧客満足因子
6.5 (0.8)	納期の遵守	6.6 (0.6)	樹脂の品質の安定性
6.3 (0.8)	欠品率と誤納率	6.5 (0.8)	営業社員の能力
6.2 (0.9)	デザインと製造の質	6.4 (0.8)	誤納率
6.1 (1.0)	製品価格	6.4 (0.9)	製品価格
6.1 (1.0)	出荷遅延の案内	6.4 (0.9)	樹脂の加工可能性
6.1 (0.9)	迅速なサポート	6.3 (1.0)	樹脂の色の安定性
6.0 (1.0)	適切なクレーム処理	6.3 (0.8)	リードタイムの安定性
5.9 (1.1)	オーダーサイクルの安定性	6.3 (0.9)	熔融樹脂温度の安定性
5.9 (1.0)	製造・出荷予定の正確性	6.3 (0.9)	緊急発注への対応力
5.9 (0.9)	デザイン・仕上りの美感	6.2 (0.9)	出荷予定日の案内
5.9 (1.0)	生産の継続性	6.2 (1.0)	出荷遅延の案内
5.9 (1.0)	返品の手入れ	6.1 (1.0)	樹脂の品質
5.8 (1.2)	リードタイムの長さ	6.1 (1.0)	適切なクレーム処理
5.8 (1.1)	発注契約の完全性	6.1 (1.0)	納期の遵守
5.8 (1.1)	安定した価格	6.0 (1.2)	発注時の在庫確認

備考：(1) 重要度は1～7の数値で評価（大きいほど重要度が高い）、(2) μ ：重要度の平均、 σ ：同標準偏差
出所：R. H. Ballou, *Business Logistics / Supply Chain Management*, p.95に基づき一部修正して作成

物流は必要不可欠な要素であるが、顧客満足との関わりにおいてロジスティクス関連の満足因子が表中に数多く登場しており、マーケティングにおけるロジスティクスの重要性を示唆している⁷。事務用什器・備品製造業で主要15因子のうち9因子、プラスチック加工業では同8因子がロジスティクス関連因子である。これらの産業で顧客が最も重視するのはロジスティクス関連の顧客満足因子だといってよいだろう。取り上げた産業のサンプル数が少ないため説得力が十分でないという問題があるけれども、他の研究でも同じような結果が出ている。

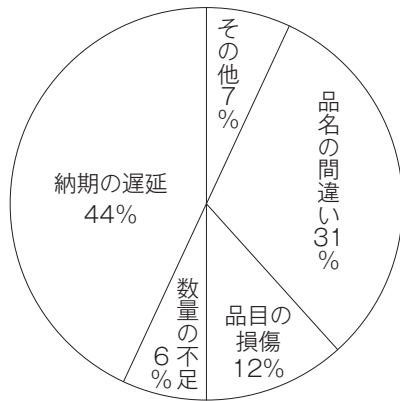
自動車用ガラス販売の顧客満足に関する研究では、上位10個の満足因子のうち、正納率（フィルレート = fill rate）⁸、納品頻度、欠品率、注文エントリー時における納品予定日の事前案内という6個が物流関連の因子で

あった⁹。そして物流関連因子の中では欠品率と誤納率、オーダーサイクル時間¹⁰が重要であり、とりわけオーダーサイクル時間ないしリードタイムが重要な満足因子であるとされている。オーダーサイクルの長さは発注頻度そのものと連動しており、頻度が高ければサイクルは短くなり、在庫も多く保有する必要はない。この点で、オーダーサイクルは多頻度少量物流を基本とするサプライチェーン・マネジメントという経営管理手法と深く結びついている因子である。

製造企業の資材調達管理者を対象としたサプライヤ選定要因の調査では図6のような顧客満足貢献因子が発表されている。特に重要な因子は納期の遵守であり、サプライヤの選定にあたって納期を守れることを最も重視する調達管理者は全体の半数近くにはのぼった。注文したものと異なる商品が納品される誤納

率、輸送や保管の途中で損傷を受けた商品をそのまま納品してしまうことなどの因子も重視されている。

図6 調達物流管理者からみた満足因子の重要度



出所：R. H. Ballou, *Business Logistics / Supply Chain Management*, p.97

それぞれの顧客満足因子がもつ重要度は商品によって異なる。満足因子を商品別に調べたのが Jackson, Keith, Burdick の研究である¹¹。その結果は表2の通りであるが、すべての商品を通して欠品率、リードタイムの長さや安定性が重視されていることを読み取ることができる。

表2 商品別に見た顧客満足因子の重要度 (1=重要度最大)

	耐久消費財		原材料	部品	消耗品
	高価品	低価品			
欠品率	2	1	3	3	1
リードタイム	3	3	2	2	3
納期の安定性	1	2	1	1	2
納品進捗情報	4	5	5	5	5
梱包	6	6	6	6	6
ユニット化	5	4	4	4	4

ロジスティクスにおける顧客満足因子に関するこれまでの研究をまとめると、以下の顧客満足因子が特に重要であると言えよう。

- ・ 欠品率

- ・ オーダーサイクル時間 (リードタイム)
- ・ 納期の遵守
- ・ ピッキングやパッキングの正確性
- ・ 正常な商品の引渡し
- ・ インボイス、請求書等書類の無謬性

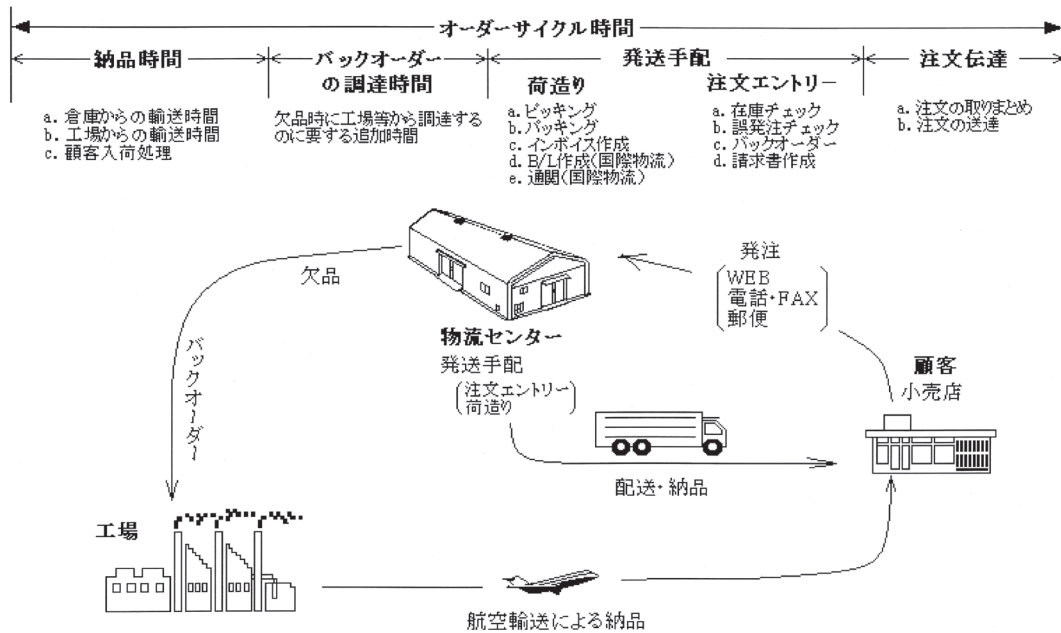
III オーダーサイクル：多頻度少量物流の決定因子

ロジスティクス管理者が関与できる顧客満足因子の一つは時間であり、その時間はオーダーサイクルの長さとしてとらえることができる。上述したとおり、オーダーサイクルは一つの注文から次の注文までの工程を表す用語である。顧客が商品や部品等を注文してから受け取るまでの所要時間であるリードタイムとよく似た概念である。オーダーサイクルの時間が短いほど、発注量は少なく発注1回当たりの費用も低く抑えられる。すなわち多頻度少量物流である。

このようなオーダーサイクルにおいては各種の作業が行われる (図7参照)。オーダーサイクルは、それぞれの作業局面に対応した注文伝達、発送手配 (注文エントリー、荷造り)、物流センター内移動、製造、配送という行程に分割することができる。

発注に要する時間は一般的にいてごく短い、一定の注文件数になるまで発注処理がなされない場合には長くかかることもある。例えば、営業社員が通信機能をもつ情報通信端末から発注処理を行う場合、発注時間は情報通信端末に情報がある程度蓄積されるまで留め置く時間と、営業所等の情報拠点に送信する時間の合計になる。しかしながら、電話、

図7 オーダーサイクルの作業行程



ファックス、EDI またはインターネットのような電子的情報伝達の手段の通信時間はきわめて短い。この行程ではむしろ顧客自身による注文伝票の作成や営業社員の訪問間隔がオーダーサイクルに大きく影響する。

オーダーサイクルにおいて時間的にもっとも重要な工程は発送手配、すなわち注文エントリーと荷造りの工程である。顧客からの注文を受けて、その情報を物流センターや配送部門に連絡し、出荷準備を完了するまでの行程である。そこでは具体的な作業として、配送書類の作成、在庫記録の更新、信用決済、注文ミスのチェック、荷物所在地等の納品進捗状況の問合せに対する回答が行われるほか、販売・生産・会計の関係部署に受注情報が連絡される。また、発送のためのピッキング、物流センター内の保管区画から出荷待ち区画への搬送、パッキングや加工、および目的地を同じくするアイテム同士のバンドリングなども行われる。在庫がなければ、バック

オーダーの手続きが取られ、工場で追加生産したり、他の物流センターから調達したりする。

注文エントリーと荷造りは同時並行的に行われることはよくある。したがって、両作業に費やされる時間はそれぞれの時間の単純合計ではない。注文ミスのチェックや伝票作成などの注文エントリーが荷造りより時間的に若干先行するが、ほとんど重なっている。荷造りと同時に、配送書類の作成や在庫記録の更新を実行することができる。

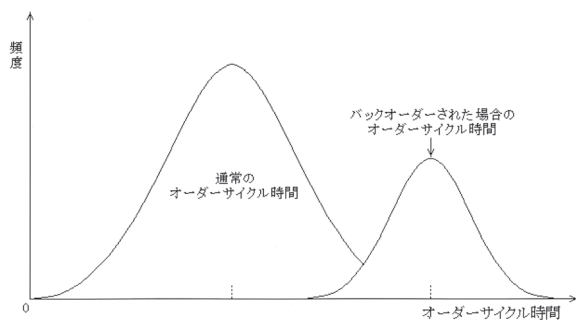
欠品¹²の場合、財貨と情報は通常とは異なるチャンネルで補充されることがあり、このためにオーダーサイクル時間は大きく異なってくる可能性がある。図7が示す通常のチャンネルでは、財貨が物流センターを経由して顧客に送り届けられる。これに対して、例えば店舗欠品の商品がバックオーダーされる場合、まずは工場付設倉庫からの補充が指示される。工場付設倉庫に在庫がなければ追加

生産の指示が発せられる。追加生産された商品は物流センターを経由することなく顧客に直接配送される。

物流センターを2か所に設けてバックオーダーに対処する場合もある。第1センターに在庫がなければ、第2センターから商品を取り寄せて顧客に配送する。あるいは第1センターを経由しないで第2センターから直接配送される。図7ではバックオーダーの輸送手段を航空輸送としているが、このような高品質高コストの輸送手段は強力な競争者が存在する場合に顧客の離反を防止するために利用される。

荷主企業が管理すべきオーダーサイクルの最後の行程は、在庫拠点から顧客までの輸送時間である。在庫拠点での積込みと荷降しの荷役時間もこの時間に含まれる。

図8 オーダーサイクル時間の確率分布



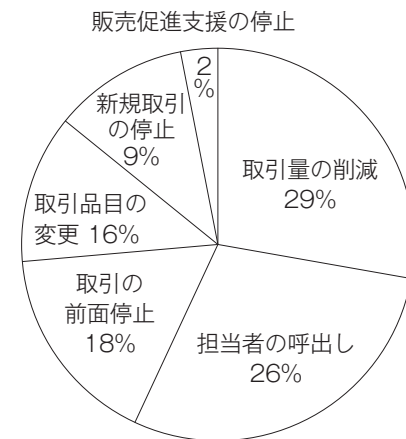
一つのオーダーサイクルの時間分布は一定の平均、標準偏差、分布型をもつ確率分布で表すことができる。分布型は図8に示したような双峰分布をする。この分布型はオーダーサイクルにおける個々の工程の時間分布を合計したものである。分布右側の第2峰は、大量の完全欠品が生じた場合にオーダーサイクルの時間が有意に長くなることを意味してい

る。

IV ロジスティクス・サービスの最適化

製造および流通企業はロジスティクス・サービスを改善して顧客満足を高めれば、売上げを増やすことができる。マーケティング・ミックスの4Pの中でも place（物流）に関連したサービス改善を最重視する企業は少ない。ロジスティクス関連の顧客満足因子で重要なのは、上述したように低い欠品率、短いオーダーサイクル時間（リードタイム）、納期の遵守、正確なピッキングとパッキング、瑕疵のない商品の納品、誤りのないインボイス・請求書等の書類作成である。

図9 顧客サービスの悪化に対する調達企業の措置¹⁴



Ballou は、「顧客サービス水準が5%低下すると既存顧客からの引き合いは24%減少する」、「サプライチェーンの機能不全は株価を下げる¹³」などと述べて、顧客サービスが売上げに大きく影響することを示唆している。調達企業は顧客サービスに不満なときベンダーとの取引を減らしたり、担当者を呼んで改善を要請する措置を講ずるほかに、最悪

の場合は取引を止めてしまったりする（図9参照）。したがってロジスティクス・サービスの水準を引き上げて顧客満足の度合いをできるだけ高めることが必要になる。

しかしロジスティクス・サービスの水準はロジスティクス費用をトレードオフの関係にある。一般にサービス水準の引き上げは費用の増大を不可避とするので、サービスを無限に高めるわけにはいかない。そこで最適なサービス水準をどのように求めればよいかということが問題になってくる。

最適なサービス水準は利潤（収入とロジスティクス費用の差額）を最大化する水準と考えてよい。サービス水準を説明変数とする収入関数とロジスティクス費用関数がわかると、そこから利潤最大化を目的関数として最適なサービス水準を数学的に求めることができる。経済学の限界分析である。以下ではまずバックボーンとなる理論を考察し、次に仮説データを用いてこの理論の応用例を示す。

収入の変化分が費用の変化分に等しい、つまり限界収入が限界費用に等しい点で利潤は最大化されるというのが限界分析の考え方である¹⁵。サービス水準としてオーダーサイクルを取り上げてみよう。オーダーサイクルは多頻度少量物流という言葉が示唆している通り、短いほうが望ましい。しかしそれは費用増をもたらすので、どこかに最適水準がある。これを求めてみよう。

いま収入関数が式 $R = 0.5\sqrt{SL}$ で与えられているとする。ただし、 SL は5日のオーダーサイクルをもつ発注の割合として表されるサービス水準である。この曲線の性質は図

10に示されている。対応する費用関数は $C = 0.00055SL^2$ で与えられる。最適化すべき利潤関数 π は次式で与えられる。

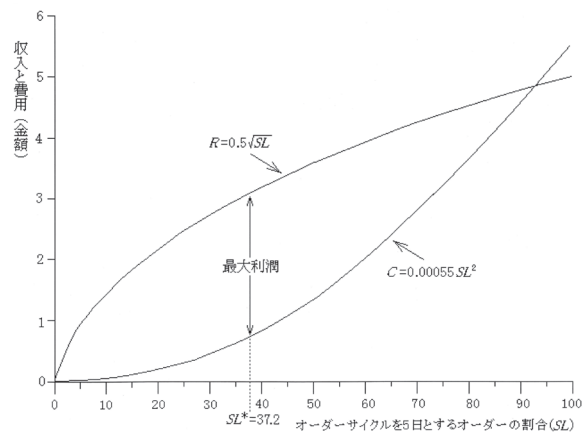
$$\pi = 0.5\sqrt{SL} - 0.00055SL^2 \quad (1)$$

(1) 式から以下のような最適サービス水準が得られる¹⁶。

$$SL^* = \left(\frac{0.5}{4 \times 0.00055} \right)^{\frac{2}{3}} = 37.2$$

オーダー全体の37.2%はこのオーダーサイクルにすべきだということになる（図10参照）。

図10 利潤を最大化するサービス水準



収入関数も費用関数も、顧客満足因子のオーダーサイクル日数を独立変数にとったが、欠品率や商品の有傷率をとっても基本的な考え方は変わらない。次にケーススタディーとして欠品率をとりあげて、実際の最適欠品率を求めてみよう。

(2) 応需率最適化のケーススタディー

加工食品メーカーの倉庫在庫に限定した顧客サービス水準に、上述した理論を適用してみよう。取り上げる品目は一つだけであるが、その他の品目についても同じ考え方を適用することができる。

【仮設例】

有松食品（清涼飲料の製造販売）の製品ラインの一つに蜜柑ジュースがある。蜜柑ジュース缶は大量に倉庫在庫があり、今後4年間は新たに製造しなくともよい。欠品に関する顧客サービス水準は1%未満に設定されている。蜜柑ジュース缶は同社の主力商品であるけれども、これほどまでの高いサービス水準（したがって在庫水準）がはたして必要であろうか。

有松食品は経験から「欠品率の1%変更により売上げ個数は0.1%変化する（売上高のサービス水準弾性値 = 0.1）」と見ている。この場合サービス水準は補充期間中の欠品率と捉えている。工場付設倉庫から小売店へは週1回のサイクルでジュース缶を補充している。単位純利益は1缶55円、年間売上高は59,904缶である。1缶あたりの平均費用は538円、年間在庫維持費は販売価格の25%、リードタイムは1週間、1週間の平均売上高は1,152缶、売上高の標準偏差は350缶とする。

最適サービス水準は倉庫の純利益 $\pi = R - C$ を最大化する点である。ただし R は倉庫における売上総利益（粗利）、 C は倉庫保管にかかる安全在庫費用である。利益最大化条件は $dR = dC$ になる。販売個数のサービス弾性値はすべてのサービス水準について一定であるので、サービス水準1%の変更がもたらす年間売上総利益の変化は(2)式から求められる。

$$dR = \text{単位純利益 (円/缶)} \\ \times SL \text{ 弾性値 (販売個数変化 / SL1\%変更)}$$

×年間販売個数 (箱)

$$= 55 \times 0.001 \times 59,904 = 3,295 \text{ 円} \quad (2)$$

一方、安全在庫量はサービス水準に応じて変化するので、安全在庫費用も異なってくる。安全在庫は需要とリードタイムの変動に対するヘッジに他ならないが、それが変化した場合の年間在庫維持費の変化は(3)式で求められる。

$$dC = \text{年間在庫維持費率} \times \text{製品価格} \times \text{安全在庫量} \\ = \text{年間在庫維持費率} \times \text{製品価格} \\ \times \text{端境期需要}^{17} \text{の標準偏差} \times dz \\ = \text{在庫維持費} \times \text{安全在庫量の変化} \\ = I \times P \times \sigma \times dz \quad (3)$$

ここで z は正規分布する端境期需要の累積分布関数の特定値（応需率 a ）に対応する需要量を基準化した標準スコアである。(3)式で示唆されているとおり、これに端境期需要の標準偏差を掛け合わせたものが安全在庫量になる。この場合の年間費用の変化は次のように計算される。

$$dC = 0.25 \times 538 \times 350 \times dz \\ = 47,075 \text{ 円} \times dz$$

要するに、顧客満足を高めるにはサービス水準を高くしなければならず¹⁸、そのためには安全在庫を多く保持しなければならない。 z を逐次変化させた場合の安全在庫費用の変化を次表に示す。

dR と dC の点をグラフにプロットすると、最適サービス水準 SL^* は92～93%であることが読み取れる(図12)。なお商品の売上げと費用すべてにおける変化を考慮する必要はない。関連する収入と在庫費用のみを考慮す

表3 サービス水準変更による
安全在庫費用の変化

SL の変更 $d\alpha$	Z スコアの変化 dz	安全在庫費用の変化 $dC=l \times P \times \sigma \times dz$
87 ← 86	1.125 - 1.08 = 0.045	2,118
88 ← 87	1.17 - 1.125 = 0.045	2,118
89 ← 88	1.23 - 1.17 = 0,05	2,354
90 ← 89	1.28 - 1,23 = 0.05	2,354
91 ← 90	1.34 - 1.28 = 0.06	2,825
92 ← 91	1.41 - 1.34 = 0.07	3,295
93 ← 92	1.48 - 1.41 = 0.07	3,295
94 ← 93	1.55 - 1.48 = 0.07	3,295
95 ← 94	1.65 - 1.55 = 0.10	4,708
96 ← 95	1.75 - 1.65 = 0.10	4,708
97 ← 96	1.88 - 1.75 = 0.13	6,120
98 ← 97	2.05 - 1.88 = 0.17	8,003
99 ← 98	2.33 - 2.05 = 0.28	13,181

備考：安全在庫費用の単位は円

図11 応需率と標準スコアで表した
発注量および欠品率

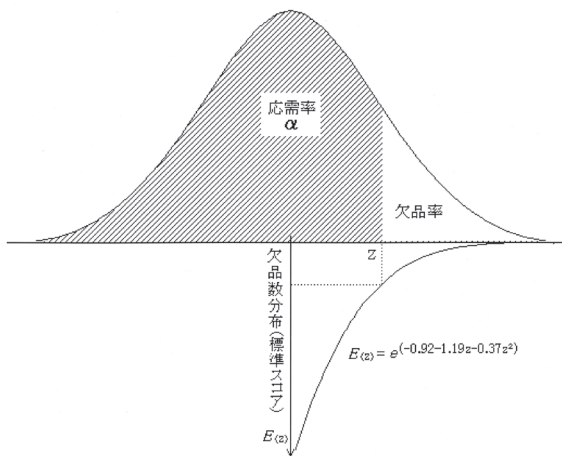
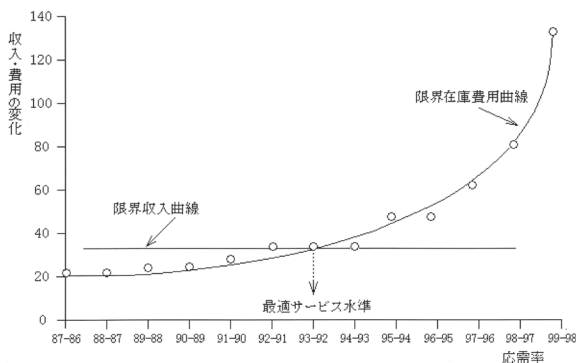


図12 サービス水準の最適化



ればよい。

(3) ロジスティクス・サービス水準の不確実性

これまで述べてきた顧客満度に影響する因子としてのロジスティクス・サービス水準はその分布の平均である。実際には、そのような平均値よりも、サービス水準の安定性のほうが重要である。例えば、輸送時間が早かったり遅かったりしてその都度大きく変化する場合、顧客としては計画が立てられず、損失も大きくなるからである。サービスの不確実性が高まれば、在庫を増やしたり、高速の輸送方法に変更したり、荷造りのために費用を追加支出するなどしなければならず、負担する費用も多くなり、機会損失も発生する。

【損失関数】

財貨とロジスティクス・サービスの品質はよく似ており、財貨の品質について言われてきたことの大半は、ロジスティクス・サービスの品質にもあてはまる。しかしながら、財貨の性能や品質は一般に仕様書に記載されているのに対して、ロジスティクス・サービスは事業者が提供するオーダーサイクルや応需率、正納率品等々の因子に基づいて評価され、事前の公表が難しいという違いがある。

品質が不安定であってもある範囲内におさまっている限り問題視する必要はなく、費用も増えないとするのが普通である。しかし、サービスが目標値から離れれば離れるほど発生する損失は大きくなり、その損失額は次式のように乖離の幅の平方で逡増するという考え方もある (図 13 参照)¹⁹。

$$L=k(y-m)^2 \tag{4}$$

ただし

L : 不安定な品質を独立変数とする
損失関数

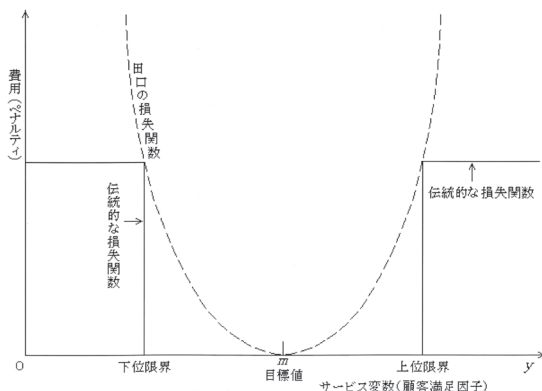
y : サービス品質変数の実際値

m : 品質変数の目標値

k : 品質変数に与えられた貨幣価値 (定数)

損失関数は、顧客サービスの目標が達成されないことによる損失をサービス水準と関連付けたものである。さまざまな品質水準に合わせてプロセスを調整する費用にそって、品質における最善の可変性水準のためにこのプロセスを最適化することができる。

図13 二種類の損失関数



【損失関数のケーススタディー】

航空小包急送便は集荷日の翌朝10時までに相手方に届けられる。配達が2時間以上遅れると受け取りが拒否される。遅配があると、航空急送会社は依頼主に1000円の違約金(ペナルティ)を支払わねばならない。この違約金を(4)式の損失関数 L に代入すると、 $k=250$ 円が得られる。この場合は目標値からの相対的な隔たりを問題にしているので、 $m=0$ である。

$$L=k(y-m)^2$$

$$1,000=k(2-0)^2$$

$$k=\frac{1,000}{2^2}=250$$

荷物1個当たりの荷造り費用 C_p は、配達時間帯の許容範囲 $(y-m)$ が大きくなるほど減少する。配達許容時間に一定の枠がある場合、その枠内であれば遅延があっても顧客に影響が出ず、追加的な費用負担は生じない。配達許容時間に幅がなければ、荷造り費用は大きくなる。したがって、荷造り費用は $C_p=A-B(y-m)$ のように目標値からの隔たりの線型減少関数で表すことができる。例えば $A=2,000$ 、 $B=500$ とすれば $C_p=2,000-500(y-m)$ になり、隔たり $(y-m)$ が大きくなれば、荷造り費用は減少する。

不安定なロジスティクス・サービスに起因する費用は荷造り費用と違約金 L の合計になる。限界損失が限界荷造り費用に等しくなる点 $(y-m)$ は次のようになる。

$$C_t=C_p+L$$

$$=A-B(y-m)+k(y-m)^2$$

ここで総費用を最小化する乖離幅をもとめるために費用最小化条件を導入する。

$$\frac{dC_t}{d(y-m)}=0$$

$$-B+2k(y-m)=0$$

$$(y-m)=\frac{B}{2k}$$

$k=250$ 、 $B=500$ を代入して

$$(y-m)=\frac{500}{2 \times 250}=1 \text{時間}$$

かくしてこの会社は目標とする納品時間か

らの1時間以上の偏りを許さないよう、そのサービス水準を設定する。

V おわりに： まとめと残された課題

本稿における論考はロジスティクスの全容を展望することから始めた。ロジスティクスについては既にいろいろな角度から解説がなされて企てられてきたが、今なお混乱している感を拭いきれない。特に財貨と情報の流れを俯瞰することによって、輸送や保管等の複合サービスとしてのロジスティクス・サービスに関する認識を新たにした。ロジスティクスのアウトソーシングや3PL、さらには無店舗型通信販売の事業展開を検討するとき、取り扱う財貨の流れの全容を適格に把握しておくことは必須の前提である。これらの分野においては究極の複合サービスであるフルフィルメント・サービスがきわめて重要になってきている。

こうした流れを再確認した後、本稿の中心テーマであるロジスティクス顧客満足の考察に入った。顧客満足はサービスの質あるいはサービス水準と表裏の関係にある。昨今、顧客満足度をマーケティングの有力な武器として喧伝している企業は少なくない。ロジスティクスの分野でも、ロジスティクス・サービス水準や顧客満足に寄与している種々の因子を明確にしておく必要がある。さもなければ3PLや通販の物流バックヤード業務を受託することはとてもできないであろう。本稿ではさまざまな研究結果に基づいて、欠品率、オーダーサイクル時間（リードタイム）、納

期遵守、ピッキングやパッキングの正確性、引渡し商品の無傷性、作成書類の無謬性を重要な顧客満足因子であるとした。

次に、多頻度物流と深く関わるオーダーサイクルの各種作業時間について考察した。注文の伝達、物流センターにおける発送手配（注文エントリーと荷造り）、配送からなるオーダーサイクルの長さは物流頻度に影響を与える。多頻度物流はこのオーダーサイクルの長さを短く設定することによって成立する。少量多頻度物流は一般にロジスティクス・コストの削減に貢献することから、現代ロジスティクスの定石ともなっているが、道路の混雑や地球温暖化等の環境対策から見直す気運も出ている。物流頻度はコストとトレードオフの関係にあるから、多頻度化を際限なく推し進めればよいかということそうではない。そこには最適な頻度がある。本稿では、物流頻度を含むロジスティクス・サービスの最適水準を限界分析によって求めてみた。

本稿における論究の主眼はロジスティクスを経済学の視点から捉えるところにある。その手始めとして、ロジスティクスにおける顧客満足あるいはロジスティクス・サービス的水準を取り上げた。しかし本稿では考え方の大枠について述べたに過ぎない。データを収集して、費用関数や収入関数の厳密な計量経済学的推定を施すのがこれからの課題である。また、在庫や輸送、立地、ロジスティクス系のコンフィギュレーション等のテーマについても経済学の視点からする論究ははなはだ希薄である。それを是正する研究が望まれるところである。

主な参考文献

Alan Harrison, *Logistics Management and Strategy: Competing through the Supply Chain* (4th Edition), Prentice Hall, 2011
 John J. Coyle, C. John, Jr. Langley et. al., *Supply Chain Management: A Logistics Perspective* (8th Edition), South-Western Pub, 2008
 Ronald H. Ballou, *Business Logistics Management* (5th Edition), Prentice Hall, 2003
 *本書の初版本は、その一部が中島啓雄訳『ビジネスロジスティクス入門—輸送 資材管理 物流』として1991年に交通新聞社より発行されている。
 P. C. スタブス、W. J. タイソン、M. Q. ダルビ、拙訳、『交通経済学』、晃洋書房、1986年
 梶田光 「顧客サービスとロジスティクス」月刊ロジスティクス、2005年3月
 拙稿 海運における産業発展の構造、『商学研究科紀要』第45号 pp.1-20、1997年11月、早稲田大学大学院商学研究科
 拙稿 在庫と輸送手段選択、『流通情報学論集』第14巻1号、pp71-82、2010年1月
 拙稿 ロジスティクス管理におけるネットワークの構築』、『海事交通研究』第55集、pp71-82、山縣記念財団、2006年12月
 鳥居保徳・早川典雄 『物流セキュリティ時代』成山堂書店、2006年
 羽田春男 顧客満足度向上の物流戦略、
<http://www.buturyuu.com/index43.files/frame.htm>、2004年

注

1 拙稿『海運における産業発展の構造』1997年11月『商学研究科紀要』第45号 pp.1-20 早稲田大学大学院商学研究科
 2 顧客満足についてはさまざまな形で定義がなされている。その中で、「顧客が持っている事前期待、顕在／潜在的なニーズあるいは要求事項が、提供された製品・サービスの効用によって満たされること。またはその充足の程度をいう」(@IT情報マネジメント用語事典 <http://www.atmarkit.co.jp/im/terminology/>) が一般的な定義のように思われる。
 3 Larissa S. Kyj and Myroslaw J. Kyj, "Customer Service: Differentiation in International Markets," *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 第24巻4号、p. 41、1994年
 4 James L. Heskett, "Controlling Customer Logistics Service", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 第24巻4号、p. 4、1994年
 5 Francis G. Tucker, "Creative Customer Service Management," *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol 24, No. 4, pp.32-40、1994年
 6 現在 は CSCMP Council of Supply Chain

Management Professionals. サプライチェーン管理専門家評議会と改称されている。
 7 Jay U. Sterling and Douglas M. Lambert, "Customer Service Research: Past, Present, and Future," *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*, 第19巻2号 p. 17、1989年。
 8 正納率とはピッキング作業において注文書通りに間違えないで取り出された注文アイテムの割合をいう。誤納率はその反対語。
 9 Daniel E. Innis and Bernard J. LaLonde, "Customer Service: The Key to Customer Satisfaction, Customer Loyalty, and Market Share," *Journal of Business Logistics*, Vol. 15, No. 1 (1994), pp. 1-27.
 10 ある注文が終わり次に注文するまでの時間を表すものであるが、注文から納品までのリードタイムの意味で使われることもある。発注点と経済的発注量が同じ場合に両者は等しくなる。本稿ではこのような状況を想定している。
 11 Ballou, *Business Logistics / Supply Chain Management*, Table4-2, p.97. 原典は Donald W. Jackson, Janet E. Keith, and Richard K. Burdick, "Examining the Relative Importance of Physical Distribution Service Elements," *Journal of Business Logistics*, Vol. 7, No. 2 (1986年), pp. 14-32.
 12 欠品には店舗欠品と完全欠品の別がある。
 13 R. H. Ballou, op.cit., p.102
 14 R. H. Ballou, op.cit., Figure 4-5, p104
 15 古典的な在庫決定論であるフォード・ハリス法におけるEOQ(経済的発注量)も、同じ限界分析によって導き出される。不確実性を考慮した在庫決定論も同様である。出発点となる在庫管理基本式はそれぞれ以下の通りである。
 フォード・ハリス法：
 在庫費用 = 調達費用 + 在庫維持費
 確率法：
 在庫費用 = 発注費 + 基礎在庫維持費 + 安全在庫維持費 + 欠品費
 16 サービス水準 SL に関して π を最適化するためには、(1) 式を SL について微分し、その値をゼロとする。

$$\frac{d\pi}{dSL} = \frac{1}{2} \times 0.5 \times SL^{-1/2} - 2 \times 0.00055 \times SL = 0$$

 これを SL について解けば最適サービス水準 SL^* が得られる。
 17 端境期需要とは発注の後製品を受け取るまでの期間すなわちリードタイム中に発生する需要を指す。
 18 このことは応需率を高くし、欠品率を小さくすることを意味する。
 19 R. H. Ballou, op.cit., p.115