

都市物流システム改善の新たな取り組み

New Tools for Improvement of the Urban Physical Distribution System

Organizer: 高橋洋二^{**} (東京商船大学)

高田邦道・岐美宗 (日本大学), 苦瀬博仁・岩尾詠一郎 (東京商船大学),

嶋野崇文 (パシフィックコンサルタンツ), 根本敏則 (一橋大学),

片山直登・百合本茂 (流通経済大学)

1. はじめに

(苦瀬・高橋・岩尾)

近年、都市内物流の錯綜により、交通渋滞や環境問題を引き起こしている。このため、都市の物流システム改善を目的に、施設整備に関するハードな施策と、規制誘導に関するソフトな施策が考えられてきた。

このうちハードな施策は、抜本的な対策として有効であるものの、施設整備までに長時間を要すること、財政上の負担が大きいことなどの問題がある。この一方ソフトな施策は、導入までの時間が短く財政上も負担が少ないために注目されているが、物流以外の交通への影響も懸念されている。

そのため従来の施策を基礎に、小さな工夫と新たな技術を用いた物流システムの改善が模索されている。

たとえば、最小限の施設整備と現状施設の有効利用の検討、流通システムの改善を含めて配送効

率化を検討したり、情報システムの活用と新たな分析ツールの応用が検討されている。そして、これらに共通する特徴は、①現状の施設の有効利用と、②情報システムの活用という点にある。

そこで本論文では、既存の施設整備手法の枠を越えた物流システムの改善の新たな取り組みとして、①既存の空地を駐車場に利用した駐停車・荷捌き活動の改善 (ポケット・ローディング: 2章)、②納品代行などのような流通システムの変更にとりまなう配送車両の削減 (共同化・統合化・代行化: 3章)、③情報通信システムの活用による輸配送の改善 (ITS: 4章)、④最適化理論による分析ツールの適用 (最適物流施設配置モデル: 5章)、の4つの検討事例を取り上げる。

そして、これらの物流システム改善に対する新たな取り組みについて、その可能性と問題点を明らかにすることを目的としている。

表-1 都市物流システムの改善施策の例

	施設配置	輸配送	流通システム	駐停車	荷役
施設整備 (ハード)	広域物流拠点 都市内配送拠点 都心物流デポ	トラック専用レーン トラック駐停車レーン		公共駐車場整備 路外駐車施設 トラックベイ パーク・メーカ	建物内荷捌き施設 建物地下搬送通路 縦持ち搬送設備
規制・誘導 (ソフト)	用途地域制度 建築基準法	トラック優先レーン 通行時間規制 最適経路誘導 配送ルート探索		駐停車規制 附置義務駐車場 ローディング・ゾーン	荷役時間規制
新たな取り組み	最適配置モデル	ITS 道路情報システム 駐車場案内システム 運行管理システム	商物一貫システム 共同化 統合化 代行化	ポケット・ローディング・システム	

Keywords: 都市内物流、ロジスティクス、物資流動

^{**}正会員 工博 東京商船大学商船学部教授 流通情報工学課程 (〒 135-8533 江東区越中島 2-1-6, TEL/FAX: 03-5245-7366)

2. 既存空地利用による端末物流システムの改善 —ポケット・ローディング・システム—

(高田・岐美)

2.1 ポケット・ローディング・システム

ポケット・ローディングとは、図-1に示すような2~3台分程度の路外に設置された貨物の積み降ろしスペースのことである。再開発事業等で狭小の余剰区画を利用してのミニ公園をポケット・パークと呼んでいるが、これの貨物積み降ろし版である。ただし、対象スペースは、再開発などの余剰区画だけでなく、公民館など公共施設あるいは民間施設の専用駐車場、および月極駐車場を考えている。

これらの一部を利用して、おおむね100m以内の間隔で設置し、地区あるいは都市の単位でネットワーク化して、利用状況の情報提供あるいは次の移動先への予約システムを付加したものをポケット・ローディング・システムという。タイヤロック駐車装置(駐車区画内にストッパーをとりつけパーキングメータと連動して、規定の駐車時間を超えると自動的にせり上がって、車が移動できなくする装置)を用いることで自動取り締まりが可能で、路外で貨物の積み降ろしができる。1つ1つは小規模な施設だが、都市単位でネットワーク化できれば公共施設として取り扱うことができる。特に路線型商業地あるいは5.5m以下の道路の多い地区で特に有効である。また、住宅地など一般に時間貸し駐車場のない場所では、パーキング用を付加あるいは時間帯による併用をすればなお有効に機能する³⁾。

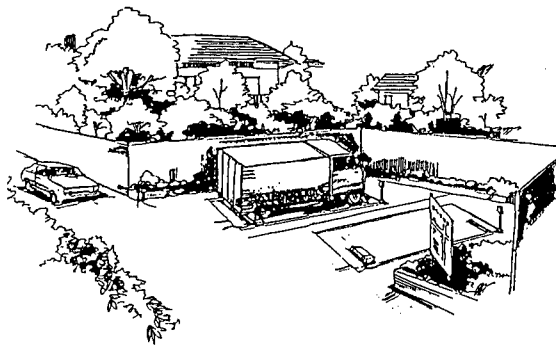


図-1 ポケット・ローディングの概念

2.2 ポケット・ローディング・システムの意義

わが国の道路は狭小にも係わらず路側駐車車で埋まっている。厳しい取り締まり対策を主張する意見も多いが、路外での駐車施設や荷捌き施設が不足している現状では、効果的な施策とは言い難い。ポケット・ローディング・システムは、この荷捌き施設の不足を補う対策であり、情報技術との連携による駐車施設の有効利用や、道路空間の新たな利用(自転車道、ローディング・ベイなど)も可能である。

図-2は、ポケット・ローディング・システムの導入後における道路空間利用の考え方の整備プロセスを示してある。東京23区の場合、主たる道路は全線にわたって路上駐車禁止となっている。しかしながら、路外駐車場の不足や駐車と停車の区分が困難なことから駐車禁止の厳密な取り締まりは実行できず、多くの幹線道路において一車線が駐車車両に占有されている。

一方、社会情勢が地球温暖化対策に沿ったCO₂排出の少ない交通社会の実現を求めている。そのため、特定地区や特定路線では、歩行者や自転車利用を促進させるためにも、歩道空間の拡大や自転車道(レーン)の設置が必要となる。この空間を確保するためには、適切なレーン構成を見直すことだけでなく、①路側駐車車の排除、②並木の排除、③車道の削減、および④歩道の削減などが考えら

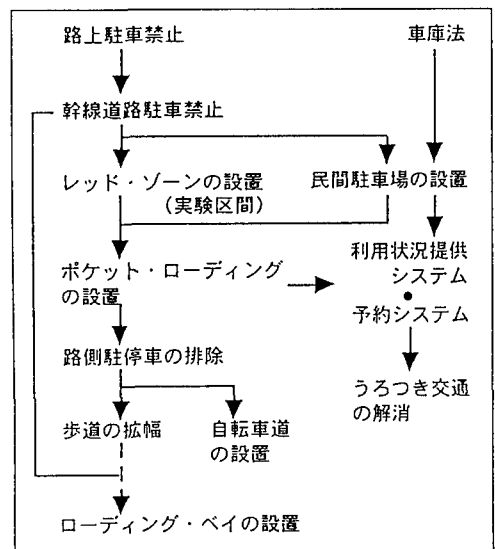


図-2 物流車の駐停車問題と道路空間の利用

れる。特に②～④は、交通量や道路の特徴によっては対応しなければならないが、わが国の事情を勘案すると、基本的には①の対応が中心となろう。このように路側駐車を排除するために最も重要な課題は、荷物の積み降ろし需要への対応である。この解決策として著者らが提案しているポケット・ローディングが有効である。

わが国ではいわゆる「車庫法」があるため、都市内には平面の月極駐車場が多く散在したり、また商店街の一部には商店の後継者がなく歯ヌケ状態の空地が存在する場合がある。さらに、一時預かりあるいは専用駐車場の効率的な利用を考慮すれば、ポケット・ローディング用のスペースの確保は比較的容易である。

このように、路側駐車を排除し路外のパーキング・スペースに収容できるならば、道路空間を自転車道や歩道拡大の空間としても活用できる。

さらに狭小巾員の多い地区では、地区内のそれぞれの道路に歩行者、自転車、自動車の機能を空間的・時間的に分担させたり、自動車を抵抗なく歩ける距離の範囲から締め出すことで、対応可能となる。

2.3 ポケット・ローディング・システムの実験

ポケット・ローディング・システムのコンセプトとその意義を確認するために、現在のところ2つの社会実験を実施している。

1つは高松市で都心部における物流効率化調査として実験を平成8年12月から実施している。他は東京都六本木地区で本年11月に東京都の交通需要マネジメントの可能性を追求する中で、いくつかの施策の中の1つとして実験準備が進められている。

3. 配送システムの変更による端末物流システムの改善—共同化・統合化・代行化—

(岩尾・嶋野・苦瀬)

3.1 共同化・統合化・代行化の意義

商品や物資が最終的に届けられる商店や事務所において、荷捌き場が十分整備されていない場合には、商店や事務所(端末物流施設)の周辺で物流車の駐車待ちや、荷捌き作業効率低下という問題が生じている。

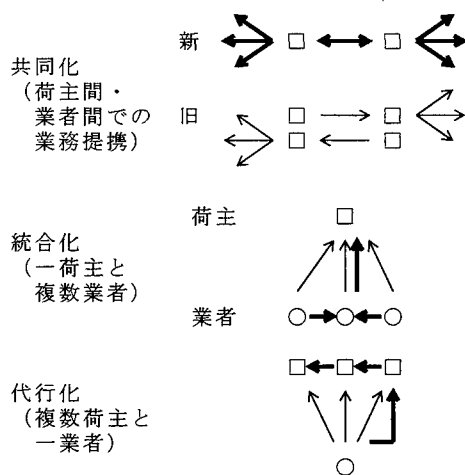


図-3 物流システムの共同化・統合化・代行化

これらの問題を解決するためには、荷捌き場の拡大や物流車専用の駐車ロットの整備が考えられるが、用地の確保や、施設整備費用、施設整備に要する時間の面から実現が困難なことが多い。

そこで本章では、配送システムの改善として、①共同化、②統合化、③代行化の3つを取り上げ、それぞれの特徴を明示する。そして、特に代行化について、情報システムを活用した百貨店への納品作業の改善方を例示する。

3.2 共同化・統合化・代行化による改善効果

(1) 共同化による改善効果

共同化は、複数の荷主どうしや複数の物流業者者どうしが、ある物流機能を対象に、構成要素のある部分について、共同で利用・運営・施設整備をおこなうものである。

たとえば、特定地域内の荷主を対象に、配送車両を共同利用し、共同配送・一括集荷をおこなう共同集配システムを導入することがある。この場合、ピストン配送にかわるルート配送の増加や積載率の上昇が期待でき、結果として集配送用物流車の数を削減できる可能性がある。

(2) 統合化による改善効果

統合化は、1つの荷主を対象に、複数の業者が輸送や荷役(仕分け作業)や情報などの物流機能を対象に、窓口となる業者を設定して、一括で配送したり荷役をおこなうものである。

この統合化は、複数の業者の納入商品を単一の

届け先にまとめて配送するために、物流センターにおける詰め合わせ作業が増加する。一方、商品の荷受け側では配送車両が少なくなるために、荷捌き場や荷受け方法にムダのない作業が可能となる。これにより、物流車数の削減や、物流車の駐車待ち時間の削減、および荷受け側での作業の効率化が期待できる。

(3) 代行化による改善効果

代行化は、複数の荷主を対象に、1つの業者が輸送や荷役(仕分け作業)や情報などの物流機能を対象に、荷主に代わって検品・仕分け作業や配送をおこなうものである。(図-3)

たとえば、代行業者の物流センターで荷主に代わって事前検品をおこなうことで、商品の最終到着先である商店や事務所で検品作業が不要となったり、複数の荷主の商品を数少ない物流車で配送することが可能となる。これにより、物流車数の削減や、物流車の駐車待ち時間の削減、および荷受け側での作業の効率化が期待できる。

3.3 情報システムの活用による検品作業の省略

(1) 百貨店納品物流のシステム改善のねらい

百貨店で扱う商品は、多くのメーカーや卸売業者から納品されるが、個々の業者がそれぞれ納品するのでは限られた荷受けスペースで捌けなくなり、路上での駐車待ち車両が発生することが多い。このため、百貨店では物流センターで各社からの商品を受けた後、店舗へ混載配送をしている。

しかし混載配送を実施しても、納品内容を確認する店舗での検品作業が省略できなければ、店舗内の荷捌き場での荷受け時間が長くなり、結果として荷捌き時間も長くなってしまう。

混載配送と百貨店の店舗検品の省略を同時に実現する方策として、物流業者による納品検品代行が考えられた。

(2) 百貨店の納品検品代行の概要

従来メーカーや卸売業者からの納入商品は、物流業者の物流センターを経由して納品代行便によって百貨店の物流センターへ納入されていた。

これを発展させ、百貨店側(物流センターまたは店舗)でおこなっていた検品作業を、物流業者の物流センターで夜間実施することにした。(図-4)

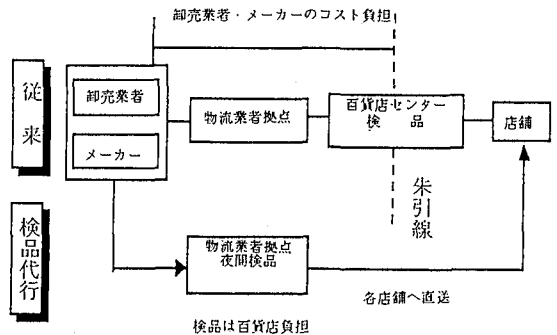


図-4 納品検品代行システムの概要

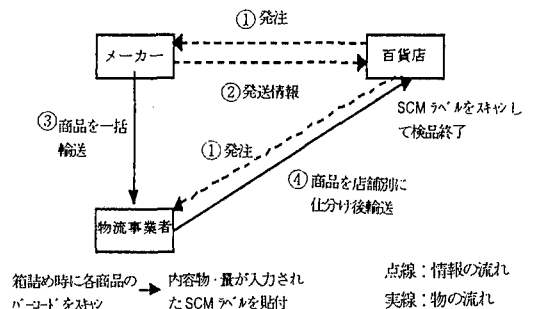


図-5 SCMラベル方式の情報の流れ



図-6 SCMラベルの例

(3) 情報システムの活用による検品作業の改善

物流業者の物流センターで検品を代行する場合、商品を受け取る側の百貨店には、物流事業者が本当に注文どおりの商品を梱包しているかという不安が残る。この不安を解消する方策として、SCM(Shipping Carton Marking)という情報システムが試用されている。(図-5)

この情報システムでは、百貨店からの発注情報がメーカーや卸売業者と物流業者の間でVANによって送受信され、物流業者は検品をおこないながら商品を段ボールに詰め合わせる。箱詰め時に各商品のバーコードをスキャンし、内容物・数量・売場などが入力されたSCMラベルが作成され、これが詰め合わされた段ボールに貼られる。

百貨店の店舗では、段ボールに貼られたSCMラベル(図-6)をスキャンするだけで内容物・数量が確認できるため、店舗での開梱・検品など作業の省略が可能となる。

この情報システムの導入により、情報機器の投資は発生するものの、店舗側での荷捌きスペースと荷受け時間を削減することが可能となる。

(4) 検品作業削減のための課題

検品作業を省略するための情報システムの導入には、メーカー・卸業者と百貨店側との商慣行の改善が必要であり、これらの取りまとめ役に物流業者が積極的に介在していく枠組みも必要である。

4. 情報通信技術導入によるロジスティクスの改善 —ITSの利用可能性と課題— (根本)

4.1 ITSの内容と検討課題

情報通信技術は現代社会の生産と消費の方法を大きく変えつつある。道路と車両を情報化するITS(Intelligent Transport System: 高度道路交通システム)も、効率的で環境にやさしいロジスティクスの実現に重要な役割を果たすことが期待されている。

そこで本章では、まず物流システムに係わる「荷主」「物流業者」「関係行政機関」の抱える問題、ないしロジスティクス高度化の目的を明らかにし、それらにITS技術が、どのような形で貢献しているかについて検討していく。

4.2 関係主体のロジスティクス高度化の目的

荷主の目指すことは、売れるものだけを作り供給することである。消費者ニーズの変化の激しい時代にあつては、市場での販売結果から売れ筋商品を見極め、生産流通計画を柔軟に変更しなければならないが、同時に保管、出庫、輸送のロジスティクスサイクルを短くし、各段階の在庫を極小

化することが重要である。利益をあげるためには、多少輸送費が増加しても不良在庫を作らないようにする必要がある。

物流業者の関心は、荷主から要求される質の高い物流サービスを低コストで効率的に供給することである。過去、トラック事業では「実働率(実働延日車数/延日車数)」「実車率(実車キロ/走行キロ)」「積載率(トンキロ/能力トンキロ)」が、パフォーマンス指標として用いられてきている。それらの値を向上させるためには、自動配車計画システムにより自社の車両、運転手の効率的運用を図るだけでなく、同業他社との連携を深め求車求荷(帰り荷あつせん)、共同配送などを推し進めることが有益である。さらに荷主との連携により生産、在庫、配送の各拠点を再配置したり、輸送需要を平準化することも考えられる。

総合物流施策大綱を引用するまでもなく、ロジスティクスの改善は全省庁をあげて取り組まなければならない課題である。まず、各種行政手続きの電子化、標準化が急務である。現在は港への入出港、輸出入、保税輸送、検疫、特殊車両通行許可などをおこなうために、複数の独立した機関へ書類、FAX、電子メールなどを届け出ることになっている。各システムを国際標準であるUN/EDIFACTに準拠させ、相互接続させることにより、データを共有できる体制に再編しなければ

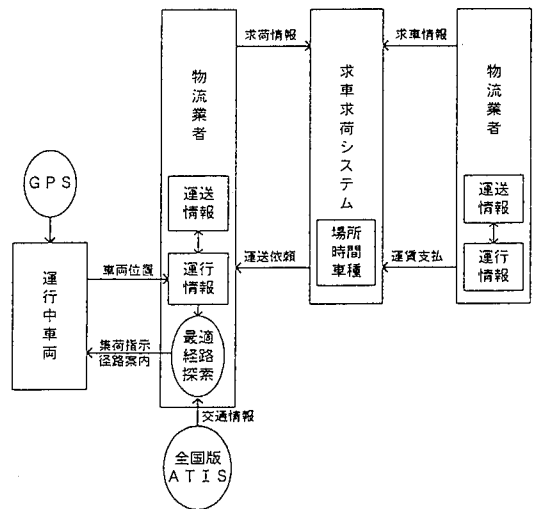


図-7 求車求荷システム

らない。また、行政には、物流インフラを整備し、効率的に管理していくことが求められている。たとえば、住宅地域での物流施設のバラ立ちを防ぎ、モード間の乗り継ぎが便利な場所へ民間の物流拠点を誘導していく必要がある。

4.3 ロジスティクス高度化に必要なITS技術

ロジスティクス高度化に様々な情報が活用できる。ただ、同じ情報でも「誰が、どのタイミングで活用するか」によって利用価値は異なる。たとえば、交通情報もトラック事業者の配車計画担当者が利用を希望している。またリアルタイムの混雑情報だけでなく、過去の混雑データも欲しがっている。混雑を予測できれば、より効率的な配車計画が策定できるのである。それらの情報は実在しているが、制度的制約から提供できていない。

ロジスティクス高度化の過程では、ITS 技術を含んだ複数の情報通信技術が利用されている。これらの技術により、新たな情報の創出、デジタル化、情報の共有が可能となっている。ITS 技術がロジスティクス高度化にどのように寄与しているかを、支援システムである「求車求荷」「インターモーダル物流」のケースで検討していきたい。

現存する求車求荷システムは多様である。図-7に示したものは運行中の車両の位置を把握してきめ細かく求車と求荷をマッチングさせるシステムである。すなわち、運行中の車両は出発時には帰り荷が確保されておらず、運行中に FAX で次の集荷先の指示を受けることが想定されている。また、ATIS が拡充され全国ベースの交通情報が事務所で利用可能になっているとした。

モード間の積み替えを効率的にするインターモーダル物流の促進が求められており、その一環として高速道路を港湾に直結させる方針も打ち出されている。しかし、サプライチェーン全体から見れば、荷揚げ、保税、通関などにかかる時間を短縮することが急務である。現在、輸出入、関税手続きを電子化する自動通関システム(NACCS: Nippon Automated Cargo Clearance System)の拡充が図られつつあるが、さらに同システムと入出港、船積み、検数検量、危険物、特殊車両走行許認可など関連システムが連携し、データの相互利用を図っていかなければならない。(図-8)

なお、車両やコンテナの自動識別技術の開発が進んでいるが、さらに電子タグが低価格化しており、将来的には工場出荷段階で製品単位で貼付されることも予想されている。そうなれば書類の電子化と相俟って、ターミナルでの積み替え、仕分け作業の効率化が期待できる。

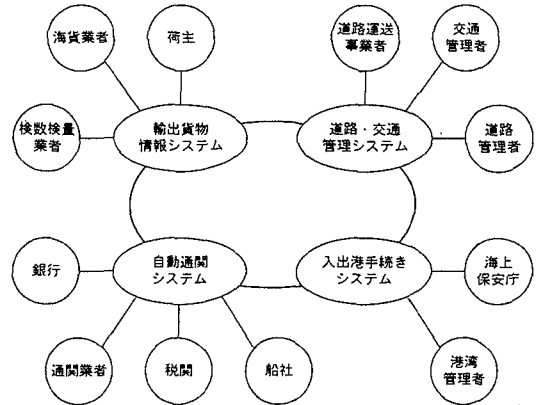


図-8 インターモーダル物流のための情報共有

表-2 情報システムを用いたロジスティクスの高度化の目的と内容

	目的	パフォーマンス指標	高度化支援システム	情報内容	情報通信技術 (*はITS技術)
荷主	生産、販売統合管理に適合したロジスティクス	生販リードタイム、在庫回転率	サプライチェーンマネジメント (SCM)、在庫管理	取引情報: 受発注情報、決済情報、将来製品需要 運送情報: 荷主情報、貨物情報(危険物)、車両情報(特殊車両)、運転手情報、運賃情報	自動識別: AVI*、AEI*、2次元シンボル、電子タグ 自動計測: 自動交通量計測*、自動車両重量計測*、GPS*、電子タコグラフ*、車内LAN(温度センサー等含む)*
物流業者	質の高い物流サービスの効率的供給	実働率、実車率、積載率	自動配車計画、求車求荷、共同配送	運行情報: 車両位置情報、運行情報(速度、温度)	通信: EDI、POS、物流EDI、デジタルMCA*、携帯電話、衛星通信、DSRC*
関係行政機関	商取引促進、関税等業務効率化、安全性向上、環境改善	諸手続きコスト、時間、事故率、環境指標	事前通関、電子許認可、自動料金收受、インターモーダル物流	交通情報: 道路混雑情報、規制情報、気象情報 行政管理情報: 入出港情報、輸出入情報、コンテナ情報、関税情報、インフラ管理情報、環境情報、(優良)事業所情報	アプリケーションソフト: 需要予測手法、業務管理手法、配車計画手法*、最速経路探索手法* 情報提供サービス: VICS*、ATIS*、デジタル地図

5. 最適化モデルによる物流施設配置の改善

一 組合せ最適化理論の適用一 (片山・百合本)

5.1 最適化モデルの適用目的

近年、物流費用低減のための戦略として、効率的な物流施設配置の改善が望まれている。一方、配送・輸送・施設配置計画やサプライチェーンマネジメントなどに対する組合せ最適化理論を用いた最適化ツールが準備され、数多くの成果をあげている。本章では、最適化モデルの概要と具体例を解説する。

5.2 組合せ最適化モデル

物流施設配置のための組合せ最適化理論を用いたモデルは、施設配置モデルとして知られ、多くのモデルと解法⁷⁾が提案されている。

平面上の基本的なモデルには、輸送費用(輸送量×距離)が最小になるように単一の施設配置を求める Weber モデルがあり、また複数施設の配置を求めるモデルも存在している。前者は反復解法を用いて最適に解くことができる。さらに、マンハッタン距離などの計量を用いたモデル、需要地までの最大距離の最小化モデルも知られている。

ネットワーク上のモデルは、施設候補地や需要地をノード、輸送経路をリンクとしたモデルである。基本的なモデルは単純施設配置モデルであり、輸送費用と施設費用の和を最小にする取扱量に制限がない複数施設の配置を求めるものである。また、取扱量に制限のあるモデルも存在している。前者は双対上昇法やラグランジュ緩和法を用いて実用規模の問題をほぼ最適に解くことができる。

需要地との距離や費用の和を最小にする複数施設配置モデルは p-メディアン問題、需要地との最大距離を最小にするモデルは p-センター問題と呼ばれ、サービス可能な範囲をもつ施設の配置は立地集合被覆や最大被覆立地モデルとして知られている。また、確率モデル、階層モデル、競合モデルなど様々なモデルが提案されている。

以上のような様々なモデルに対して、線形計画法、非線形計画法や組合せ最適化手法(分枝限定、双対上昇、ラグランジュ緩和、ベンダース分解、タブサーチ、アニーリング、など)などが適用され、多くの有効的な最適化ツールが開発されている。

5.3 物流施設配置モデルと解法

物流施設配置の改善の方策として、物流施設の適切な配置を求めるための組合せ最適化理論を用いたモデル(図-9)と解法⁷⁾を示す。

このモデルでは、供給地-物流施設-需要地間の輸送と施設配置を対象とする。供給地、物流施設候補地、需要地はノードとして与え、物流施設には取扱量の上限はないものとする。

物流施設を利用する供給地-需要地間の需要量が与えられ、供給地-需要地間の輸送は1ヶ所の物流施設を経由しておこない、各ノード間の輸送費用が与えられている。物流施設費用は当該施設の取扱量によって非線形に定められるものとする。

組合せ最適化を用いた定式化の概略は以下のとおりである。

目的関数は供給地-物流施設間と物流施設-需要地間の輸送費用、および物流施設費用の和であり、これを最小化する。制約条件として、次のものがある。各需要は、1ヶ所の物流施設を経由して輸送される。物流施設を経由する需要量の合計が、当該施設の取扱量になる。候補地に施設を開設するか否か、供給地-物流施設間、物流施設-需要地間を輸送するか否かを 0-1 変数で表現する。

このモデルは 0-1 変数を含み、物流施設費用が非線形である組合せ最適化問題となり、実用的な規模の問題を最適に解くのは困難である。ここでは、ランダム多スタート局所探索法を用いた近似解法を紹介している。

局所探索法の概要は、以下のとおりである。

現在配置されている全物流施設の中で、当該物流施設からの輸送費用が最小である需要地によって構成される領域を、当該物流施設のテリトリーとする。物流施設のテリトリー毎に、テリトリーに含まれるすべての物流施設候補地に物流施設を配置するものとし、テリトリー内の全需要地の需要量を当該物流施設が取り扱うものとして、輸送費用と物流施設費用の和を算出する。この費用が最小となる候補地に物流施設を移動する。

以上の操作を総費用が減少する限り繰り返す。この手順は、Alternative アルゴリズムなどと呼ば

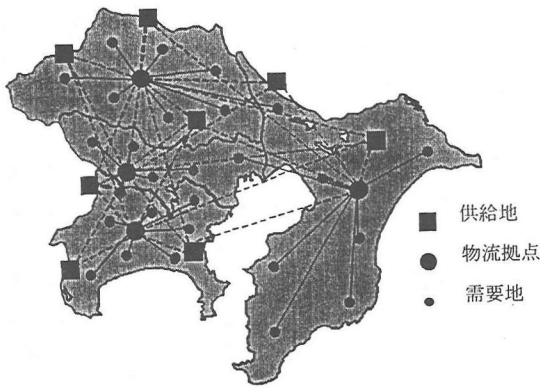


図-9 組合せ最適化モデルの概念

れる複数施設配置問題に対する基本的な近似解法の1つである。さらに、初期の物流施設配置をランダムに設定し、この局所探索法を繰り返すことによって、その中の最良解を求める。

本モデルと解法を利用して、東京都圏を対象に解析した施設数4の結果を図-10に示す。モデルと解法を用いることによって、適切な物流施設配置、輸送量、各種費用、トン×キロなどを求めることができ、さらに、費用、輸送量、施設数などの影響を容易に分析することができる。

5.4 最適化モデルの可能性と課題

最適化理論を用いたモデルと解法によって、物流施設配置の改善案を求めることができることを示した。さらに、最近ではメタ解法を用いて現実的な複雑な条件を付加したモデルを効率的に解くことができるようになっている。

一方、モデルの厳密な最適解を求めること、オペレーショナルな様々なモデル化が困難な条件、不確定や動的な要素を含む場合などへの適用には、未だに多くの課題が残されている。

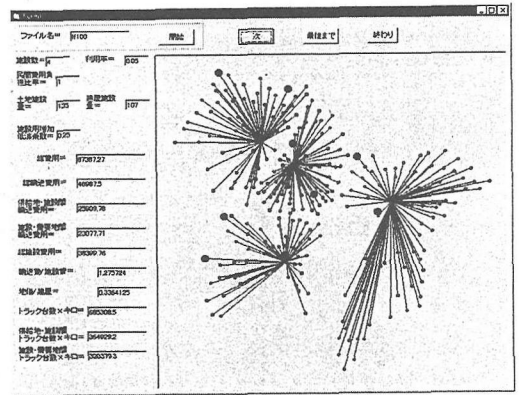


図-10 物流施設の最適配置の解析結果例

参考文献

- 1) 高田・苦瀬他：「端末物流と地区交通計画－地区物流計画の確立をめざして－」、土木計画学・講演集 No.19(1)、pp.625～632、1996
- 2) 高田他：「物流を考慮した地区交通管理・計画」、土木計画学研究・講演集 No.20(1)、pp.513～520、1997
- 3) 谷川・高田：「わが国における端末物流対策の一手法－ポケット・ローディング・システムの提案－」、日本都市計画学会学術研究論文集、No.30、pp.649～654、1995
- 4) 苦瀬・岩尾他：「大都市中心部の端末物流における荷役・搬送活動のシミュレーション分析」、日本都市計画学会学術研究論文集、No.32、pp.589～594、1997
- 5) 苦瀬：「ロジスティクスから見た生産・流通の統合と都市の物流問題」、日本交通政策研究会、1997
- 6) C.ReVelle："Location Analysis", Encyclopedia of Operations Research and Management Science, Kuwer Academic, pp.349-354, 1996
- 7) 片山・百合本他：「公共物流拠点配置の基礎的研究」、日本物流学会全国大会予稿集、1997