

郵便システムにおけるORの適用分野

磯部 俊吉

1. はじめに

郵便事業は全国約2万4千の郵便局と14万人に及ぶ郵便関係職員で、年間約240億通の郵便物を取り扱う大規模な事業である。郵便事業を取り巻く環境は、電気通信の飛躍的発展による通信手段相互間の競合や労働集約的処理形態における人的経費の増加により年々その厳しさを増している。こうした状況の中、これまでは人手による区分作業の機械化等で事業の効率化を図ってきたが、システムをより効率的に機能させるために、機械化ばかりでなく、例えば区分方法・輸送ネットワーク計画、施設配置、要員配置等のシステム的设计・運用・管理の面でもOR等の科学的手法を活用し、意思決定の最適化・迅速化を図っていく必要がある。

欧米の郵便事業では、このような問題に対し意思決定支援システムの導入等により積極的に対処している例が見られるのに対し、日本では、現在のところ担当者の知識と経験に基づいて行われている部分が多く、必ずしも十分な取組みがなされているとは言えない。今後、熟練労働者の減少を考えると、彼らの知的財産を活かした実用的な意思決定の仕組みを確立し、業務プロセスの改善につなげていくことが重要である。

そこで、郵政研究所では、このような意思決定に適用できるOR等の最適化やシミュレーション手法の確立と、定期的計画業務に有用な意思決定支援システムの開発を目指して、平成6年度から研究を行っている[1]。

郵便の区分・輸送ネットワークは、郵便物の発生を

受けて次々あて地別に区分する処理と輸送を行う点で、計画的な生産・配送システムとは異なった特徴を持ち、ORの対象として興味深い。また、郵便システムの中には、施設配置、要員配置、ルーティングといったORの典型的な問題が内在している。ここでは、郵便システムの概要と問題の特質から見たORの適用分野について述べるとともに、内外の取組み状況、郵政研究所の研究内容について紹介する。

2. 日本の郵便システム

図1に、差出人から受取人に至る郵便のフローを、処理業務を行うための各種計画と合わせて示す。フローは、大きく引受、差立、輸送、配達に分かれる。

2.1 引受及び差立

現在の郵便番号制では、約5,000局の集配局毎に3桁あるいは5桁の番号を付けており、そのうちの上2桁は全国を約100の地域に分けた地域番号を表す。そして、この地域にほぼ対応して郵便物を集中的に取り扱う地域区分局（全国で82局）を設けている。

郵便局では、窓口引受及びポスト等から取り集めた郵便物を、機械で選別押印した後、区分機であて地別に区分してケースやロールボックスパレット（台車のようなもの）などの容器に収容して他局へ送付する。これを差立と呼ぶが、この差立区分では遠粗近密といって、原則として引き受けた集配局と同じ地域内あては配達局別の細かい区分を、地域外については、地域区分局毎にブロック区分を行う。

2.2 輸送ネットワーク

郵便の運送は地域区分局を中心として構成され、他地域あて郵便物はあて先の地域区分局を経由して配達局へと運送される。このため郵便輸送は、地域区分局相互間を結ぶ地域間輸送と地域区分局を中心とする地域内の集配局を結ぶ地域内輸送から成り、運送手段と

いそべ しゅんきち

郵政省郵政研究所

〒106 港区麻布台1-6-19

しては自動車及び航空機が用いられる。

自動車輸送ネットワークは、図2に示すように、全国5局の主要地域区分局を中心とした基幹郵便線路(管外地域間：第1層)、地方毎の地域区分局を網状に結ぶ郵便線路(管内地域間：第2層)、地域区分局から担当地域内の集配局(一般に本局とも呼ばれる)を放射状に結ぶ郵便線路(地域内：第3層)とから構成される。この自動車輸送ネットワークにさらに航空輸送ネットワークが加わって、かなり複雑である。

2.3 配達

全国は集配局が郵便物を配達すべき受持区域(郵便区)に分割されている。さらにこの郵便区の中に配達員が郵便物を配達する受持区域(配達区)が設定されており、配達区は全国で約45,000箇所存在する。実際の配達はこの配達区毎に配達順路に沿って行われる。

集配局に到着した郵便物は、機械ではほぼ配達区毎に配達区分され配達員に渡される。配達員は住所ブロック(配達箇所20~30箇所)毎に区分する配達大区分、そして、大区分されたものを配達順に並べる道順組立を経て配達する。

2.4 新機械処理計画

郵便処理の機械化については、これまではがきと定形封筒を対象に、郵便番号自動読取区分機(差立区分のみ)及びあて名自動読取区分機(差立及び配達区分)を物数の多い局に配備し、6割程度の郵便物を処理している。しかし、現在の区分機は、郵便番号及びあて

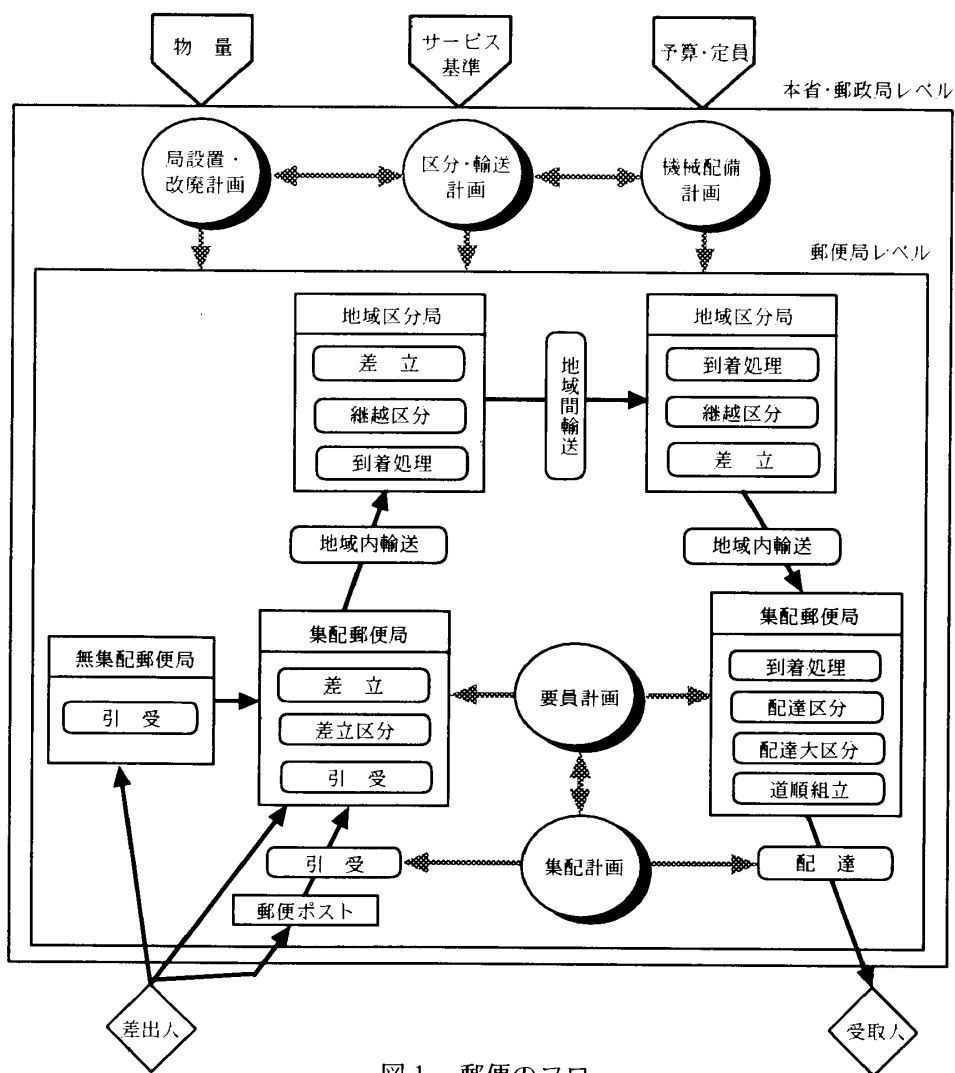


図1 郵便のフロー

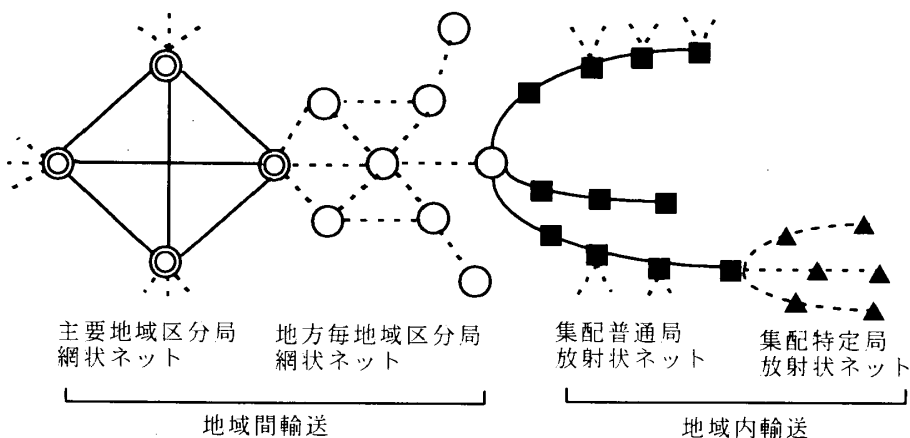


図2 郵便ネットワーク概念図

名をOCR(光学式文字読取装置)で読み取るため、様々な書き方がされるあて名の読取性能の向上には限界がある。また、配達大区分、道順組立は人手で行われている。そこで、平成10年2月から7桁の新郵便番号を導入し、さらにバーコードを用いることによって道順組立まで機械化する計画である。

表1 郵便業務における意思決定

局設置・改廃計画	・局設置／改廃計画 ・ポスト設置／改廃計画
機械配備計画	・導入機械の選定 ・配備基準
区分・輸送計画	・輸送計画 ・運送便編成 ・配車 ・パレット回送 ・大規模センター新設 ・機能移管 ・区分方法
要員計画	・要員算出 ・服務計画 ・日別人員計画 ・勤務指定 ・担務指示
集配計画	・郵便区 ・集配区画 ・集配順路

新しい処理に移行すると、機械配備局で引き受けられた郵便物はOCRにより郵便番号とあて名を読み取り、バーコードを印字し差立区分される。ただし利用者の方でバーコードを付けて差し出された郵便物はそのバーコードを基に区分される。なお、OCRで読み取れない郵便物については、OCRの画像をディスプレイに表示し人が打鍵入力することによってバーコードを印字する。配達局では、基本的にすべての郵便物にバーコードが付いているため、道順組立まで機械により行うことができる[2]。

2.5 郵便業務における計画立案

事業の運営にあたり基本となる計画として図1に示したように、インフラ整備としての局設置・改廃計画及び機械配備計画、郵便物の基本処理フローを決める区分・輸送計画、運用における要員計画及び集配計画がある。これら5つの計画における主な意思決定事項を表1に示す。

郵便業務は郵政省郵務局、地方郵政局、郵便局の階層構造の基に運営されており、これらの計画は基本的に上位組織が定めた計画の範囲内において、下位組織がより詳細な計画を立案することになるが、計画の内容によってトップダウン的色彩が強いものとボトムアップ的色彩の強いものがある。

表2 郵便業務におけるORの適用例

意思決定事項	問題の特質	適用可能な技法例
拠点機能・配置	ネットワーク設計	地理的最適化 (ポロノイ図等)
機械の配備	ボトルネック識別	シミュレーション/待ち行列
区分/輸送計画	ネットワーク設計	ネットワーク理論/シミュレーション
運送便編成	ネットワーク設計	ネットワーク理論/シミュレーション
配車計画	組合せ最適化問題	ヒューリスティックス (遺伝アルゴリズム等)
パレット回送	在庫管理/輸送問題	在庫管理理論/最小費用流
要員算出/要員配置	集合被覆問題	整数計画法, 線形計画法 (内点法)
勤務指定	組合せ最適化問題	パターン割当
集配区/順路設定	経路/スケジュール	整数計画法, ヒューリスティックス

3. ORの適用分野

ここでは、郵便業務におけるORの適用分野をいくつかの問題に分類して解説する。またこれらを整理して表2に示す。

3.1 大規模ネットワーク設計問題

拠点ネットワークをいかに構成し、その中で郵便物を区分処理し、輸送するかという問題は、業務の効率に最も大きく影響する。大型の新局設置や機能移管を行うといった大々的な拠点機能・配置の見直しは、大規模なネットワーク設計問題としてとらえられる。郵便の場合、雑多な発地とあて先を持つ大量の郵便物がランダムに発生する点、途中で区分処理が入る点で、生産、流通、販売における輸送、配達のネットワークとは性格が異なる。

この問題における最適化の対象は、区分処理をどの段階でまとめて行うか、輸送手段、輸送ルートをどう選ぶかといった、いわゆる区分・輸送計画である。考慮すべき条件(前提条件あるいは制約条件)としては、送達日数、輸送手段、輸送ルートを選択範囲などが考えられる。さらに、輸送ダイヤ及び車種も、区分局の機能・配置並びに区分・輸送計画が明確になってはじめて決定されるものであり、これを個別に取り扱うことはできない。

したがって、これら拠点機能・配置、区分・輸送計画、便編成の問題は、ネットワーク理論やシミュレーション手法等を総合的に用いて、大規模ネットワーク設計問題として長期的に取り組む課題である。これらの問題に総合的かつ科学的にアプローチし、ネットワーク全体の効率を改善することによって、郵便業務全体で大きな効果が期待できる。

3.2 施設配置問題

郵便局は、サービスの均等化、業務の効率化が実現するように適切に設置されなければならない。郵便局、ポストの設置・改廃に当たっては、隣接局及びポストとの距離や一局あたりの人口等いくつかの基準が定められているが利用者からの利便さを数量的に表す尺度

は用いられてない。この問題は、公共施設や同一銀行の支店など、基本的にサービス内容に差のない施設配置と同様に、各種施設の設置場所と受持範囲を選定する施設配置問題としてとらえることができる。このような問題の場合、利用者から一番近い施設までの距離の全利用者にわたる平均値を最小にする施設配置問題と考えるのが一般的で、各施設の勢力範囲をポロノイ図として表わすことができる¹³⁾。しかし、最適化を考える際の指標として、郵便局の窓口当たりの利用者数、ポストの場合には駅前などに置かれた人の流れなどがある。また、サービス面だけでなく集配局の場合は、郵便輸送の面からの効率性、郵便交流と行政区との相関性もある。したがって、ポロノイ図を基準にして、これらの数種の指標を制約条件として取り入れて問題を解き、その結果をいくつかの候補地の比較検討のための判断材料として意思決定を行うことができる。

3.3 組合せ最適化／集合被覆問題

(1) 配車

郵便輸送では、郵便物の発生には波動性があるため、既にダイヤの確定している既定便だけでは運送できない状況も多く発生し、このような場合は手当てのできる範囲で臨時便を別途仕立てて対応している。既定ダイヤにて設定された運送便及び郵便物の波動性に付随して生じる臨時便に対してどのように車両を割り当てるかという配車問題は、労働時間や車種等様々な制約条件のなかで、各車両のアイドルタイム（輸送とは無関係な移動時間等）を極小とするように発地、着地及び発着時刻の定められた多数の輸送経路の中から適当なものを組合せて複数の車両に配分するといった組合せ最適化問題である。現在、郵便業務では、最適配車の選択とそれに基づくコスト算出を行う「配車計画システム」を使っている。このシステムは、AI手法を使って熟練者の知識を格納し、人間と同じような方法で問題を解決するエキスパートシステムである。

(2) 要員配置

労働集約的な郵便事業では、効率的な要員配置が非常に重要である。要員配置計画は、定められた種類の勤務パターンを組合せて郵便局に必要な作業を全てカバーするように適切な要員を配置するものであり、経験やノウハウとともにかなりの時間を要する作業である。この問題は集合被覆問題として取り扱うことができ、同様の問題として看護婦の勤務割当や、航空機のクルーのフライトへの割当等がある。このような集

合被覆問題は整数計画問題として定式化できるが、大規模の問題となる場合に線形緩和問題を内点法で解くなどの工夫で成功した例が知られている。

現在、郵便局の職員の日々の仕事は、個人の勤務パターンを決める「勤務指定表」と、業務内容に人を割り当てる「担務指定表」により定められており、このうち勤務指定表作成事務軽減を図るため、「勤務指定表作成システム」が試行的に導入されている。これは、日々の業務に必要な職員数や個人の仕事の種別など作成に必要なデータを組み合わせて、パソコンが自動的に勤務指定表を作成するシステムであるが、現段階では最適化手法は用いられていないため改善の余地がある。さらに、業務量は郵便物数にそのまま依存するので、物量に応じた柔軟な要員配置が実現できれば、大きな効果が期待できる。

3.4 ボトルネック識別／解消問題

郵便処理システムを大きく改善するような場合、差立から配達までの処理をどう変えたらよいか、あるいは機械をどこに配備しどう運用したよいかという意味決定は、作業の流れにおけるボトルネックを識別し、全体として効率的なフローを形成することである。

各郵便物に着目すると、郵便物に対してなされる各種の作業は決して連続的になされるのではなく、引受から配達まで多くの待ち時間が生じている。業務効率の改善、ひいては郵便物の送達速度の向上のために、これらの待ち時間の原因となるボトルネックを取り払い、かつ要員が最小で済むようなフローを実現することが必要である。

このような問題に対しては、郵便物数の波動性を考慮したり物の流れをダイナミックに把握できるシミュレーションが有効である。シミュレーションは、機械の台数、要員数を決定する場合の支援ツールとして活用できる。

3.5 在庫管理／配送計画問題

郵便物の交流では、東京から地方へ流れ出す物量（小包を除く普通郵便物で1日当たり約990万通）の方が、東京に流入する物量（約450万通）より多い。このため、郵便物の輸送容器であるロールボックスパレットが地方にたまるという問題が生じ、空のパレットを適切に回送する必要がある。この回送では、郵便物を運ぶ運送便の空きスペースを利用するのが効率的であるが、特に年末の繁忙期には、このような手段だけでは対応できず、空パレットを回収する専用便が仕立てられている。

このようなパレットの確保、回送は、発注点をいかに決めるかという在庫管理と、経路を考慮してオーダーに基づきどこからどこへ回送すればよいかという配送計画が組み合わさったもので、鉄道などに見られるコンテナ回収と酷似する問題である。

各地域の特性を見極めて定期発注／定点発注等より適切な発注方法を定めることが可能であるし、配送計画は、混合整数計画問題として定式化できる。これによって、回収そのものを減らすことができ、電話等で行われている回収のための調整時間や、回収による輸送コストの削減が期待できる。

3.6 経路／スケジュール決定問題

郵便の集配区画は、集配区、取集区、配達区の3つに区別して設定されている。いずれにしても集配区画の見直し及び集配経路の設定からなる集配計画は、時間制約のある中で複数の車両又は人員によって、地域内の複数の発生箇所を訪問し、変動的に発生する郵便物を取り集めたり配達するために、車両又は要員の経路及びスケジュールを決定する問題として取り扱うことができる。

この問題では、訪問経路のとり方によって2種類考えられる。すなわち、取集あるいは速達の配達のように点状訪問箇所を回る場合と、密集地における通常の郵便配達のように区画内のほとんど全ての道路を通る場合である。前者は、最短経路問題、時間制約付巡回セールスマン問題として解を求めることができ、実用になっているシステムも多い。速達配達の場合はこの問題にあてはまり、毎日の配達経路の最適化により、配達効率の向上が見込まれる。

後者は、新聞配達等と同種の問題であり、基本的に中国郵便配達人問題として定式化され、解法が研究されている（例えば、[4]、[5]など）。郵便配達では、経路決定を日常的に使うのではなく、配達区の業務量に不均衡が生じ、区割りの見直しを行う際に、最短経路の算出に使うことが想定される。

4. ORの取組みとDSSの現状

4.1 諸外国における取組み

郵便の先進国では、OR的な取組みやDSSに関する研究がかなり盛んで、実用化されているシステムも多い。その中で代表的な例を次に挙げる。

(1) シミュレーション等による機械設備計画

アメリカでは、配達道順組立までの自動化により大幅なコスト削減を計画してきた。1990年頃、この処理の自動化に際し、北バージニア州の地域区分局を対象として、整数計画法により郵便物数に応じた最も経済的な機械の台数等を決定し、次に実際の局内処理をシミュレーションモデル化し、最適な機械配備、運用スケジュールの検討を行った[6]。

(2) 配達順路の再構築システム

カナダのPost Cards(Computer Aided Route Design System)は、パソコン上で地図情報データベースにより効果的な配達経路の決定、配達員の業務量評価等が可能な配達業務管理システムで、1987年から先行導入が開始された。大きな事業所や団地ができて配達人の業務量が増えたときの見直しが業務量を均一化するアルゴリズムを用いて簡単に行なえる。このシステムを活用することにより、1.2%の配達区の削減のほかに、5年かかっていた全国の配達順路の再構築の作業が17か月に短縮されるようになった。

(3) 書状と小包の輸送ネットワークの再構築

ドイツ郵便事業体では、1993年7月に新しい郵便番号制（5桁）を採用し、通常及び小包の輸送ネットワークの再構築を進めている。この構想では、通常と小包は別個のネットワークで処理されることになり、通常に対しては全国で83の区分処理センターが、小包に対しては33の小包集中局が設置される予定である。この局数は、6週間に渡る調査結果を基に、労働コスト、輸送コスト等の費用との関係から決められた。

4.2 日本におけるこれまでの取組み

日本におけるORへの取組みは、20年程前のシミュレーションによる区分方法の検証、輸送システムの最適化等までさかのぼることができるが、その後1979年にFORTRANによる郵便輸送のシミュレーションが行われた程度で、最近では、ORに関する研究やその活用はほとんど行われてこなかった。

現在、数種のDSSが運用されているが、例えば、最適配車の選択とそれに基づく請負料の算出を行う「配車計画システム」と物数調査のデータを基に日別要員配置計画の作成を行う「要員算出システム」がある。両者とも人間が思考するルールによる知識データベースを活用するエキスパートシステムの機能を持つ。

前章で述べた適用分野あるいは海外の活用事例からみると、まだ科学的意思決定の適用の余地が多く残されている。DSSを支える技術的な環境が十分に熟成さ

れてきた現在、より一層の効率化・競争力強化のために、ORへの取組みを強化することが重要である。

5. 郵政研究所における研究

郵政研究所では、現状の計画立案にORを適用することによってより効率的なシステムを構築あるいは運用できると判断し、平成6年度から意思決定支援システムの適用可能性について調査を行い[7]、次に示すような研究に着手した。

5.1 郵便処理シミュレーション

現在、郵政省では、郵便処理システムのより一層の効率化を目指して、バーコードを用いた新しい郵便処理システムを検討している。新しいシステムを導入する場合、設備の所要台数、要員配置、ボトルネックの解消等の検討にシミュレーションは有用な手段である。そこで、パソコン上で動作する汎用のシミュレータを用い、バーコードが導入された新しい郵便処理システムにおける地域区分局、集配局の局内作業のモデルを構築した。時間帯別引受物数、バーコード記載率等の変動要因を入力してシミュレーションを実行すると、平均処理時間、機械や要員の稼働状況が出力され、必要な要員及び機械台数、機械の運用スケジュール等の検討が可能である[8]、[9]。

5.2 配達の区割りと経路

現在、カナダのPost Cardsシステムにヒントを得て、デリバリー・プランニング・システムと呼ぶ、郵便配達における各配達員の配達時間の平準化を目的として、配達区の区割りの見直しを行うDSSの開発を行っている。遺伝的アルゴリズムを用いて、道路の一边を最小単位として各配達員への割付けを最適化するとともに、一方通行や、河川・線路等を考慮した地図データから最短経路を求め、配達時間を最小化している。当面は、区割りの見直しを容易にかつ適切に行うことを目指しているが、将来的には、複数の配達員が担当する地域に対して一筆書きのルートを引きおき、その日毎の配達物数に応じて各配達員への割当てを変更することをねらいとしている。

5.3 区分・輸送ネットワーク

業務の効率に最も大きく影響するのは、拠点ネットワークをいかに構成し、その中で郵便物をどの程度集中して機械処理し、輸送するかという問題である。この問題に抜本的に対処するには、郵便番号制、区分・

輸送方法の見直し、新制度に適合した郵便局の機能配分、最適局配置方法等を科学的なアプローチで実施しなければならない。不確定な物量の送達時間、輸送コスト、輸送拠点の設置場所等の制約条件の下で、大規模なOR問題を解くことになると思うが、解法については検討中である。

6. おわりに

本稿では、主に郵便処理システムにおける種々のORの適用分野について述べた。我が国における郵便事業は、長年の経験の中で改善が積み重ねられてきたルールに基づいて実施されている部分が多く、すでにかなり効率の高いシステムとなっているのは事実である。しかし、ORを適用することによってさらに効率化を図かることも可能である。コンピュータ等DSSを支える技術的な環境が成熟し、OR等の手法が進歩してきた現在、科学的な意思決定手法を郵便事業へ積極的に適応することが望まれる。

今後、郵政研究所では各問題設定をより具体的にし、外部の専門家の協力も得ながら、研究開発に取り組むつもりである。

参考文献

- [1] 磯部：郵便業務におけるORによる意思決定支援、郵政研究所月報、No. 77、1995. 3.
- [2] 島：郵便システムにおける新技術とその動向、日機械学会第4回交通・物流部門大会講演論文集1206、1995. 12.
- [3] 岡部他：最適配置の数理、朝倉書店、1992.
- [4] Serge Roy et al. : The Capacitated Canadian Postman Problem, INFOR, vol.27, no.1, 1989.
- [5] Assad et al. : The Capacitated Chinese Postman Problem: Lower Bounds and Solvable Cases, Working paper #85032, University of Maryland, 1985
- [6] J.F.Bard et al. : Design of Semi-Automated Mail Processing Facilities, IIE Trans. Vol.25, No.4, July 1993
- [7] 郵政研究所研究報告書 調-95-V-04:郵便業務における意思決定支援システムに関する研究調査報告書、1995.
- [8] 磯部他：新郵便処理システムのシミュレーション分析、日本オペレーションズリサーチ学会平成7年度秋季研究発表会予稿集、1995. 10.
- [9] 渡辺他：新郵便処理システムのシミュレーション分析、郵政研究所月報、No. 82、1995. 8.