

モデル分析に基づく郵便区分輸送形態の最適化

	早稲田大学	*鯉田 淳	KOIDA Jun
01603200	早稲田大学	森戸 晋	MORITO Susumu
	郵政省 郵政研究所	岩間 司	IWAMA Tsukasa
	郵政省 郵政研究所	佐藤 政則	SATO Masanori
	郵政省 郵政研究所	田村 佳章	TAMURA Yoshiaki
02103150	早稲田大学	小竹 正弘	KOTAKE Masahiro

1 研究の背景と目的

現在、郵便事業では事業経営効率化の1つとして、コスト削減と送達速度の向上を目標としている。郵便物の区分作業において、現在は区分の完了時刻に基づく時間的制約から、概ね市町村単位で設置された一般局ごとに区分を行っている。しかし、機械化が進められるなか、機械の有効利用の観点からは、必ずしも引受通数が機械の処理能力に見合う量に満たない一般局で分散して区分を行うより、一般局数局を鎖状につなぐ郵便線路単位、あるいはその郵便線路を何本か束ねる地域区分局で集中的に区分処理の方がより効率的と考えられる。その一方で、集中的な処理を行うと、郵便物の追加的な輸送や手間などが発生することになる。

そこで、ある1地域区分局担当エリアを取り上げ、区分機の設備費と人件費、および輸送費の総和を最小化すべき評価尺度とし、ある局の引受郵便物の区分を行う局や、各局の機械配備台数と人員数を意思決定要因とするモデルを考える。モデル分析の結果得られる「最適」区分輸送形態を踏まえ、現状の区分輸送形態を検討することを本研究の目的とする。

2 問題概要

評価尺度のうち、輸送費は追加的な郵便物輸送や手間に対してかかる費用とし、局間の距離と郵便通数の積を輸送費の代替尺度とする。区分完了時刻に基づく時間的制約については、区分機の稼働時間で表し、区分機の処理能力に影響する。

なお、前提条件は以下の通りである。

1. 区分機での処理が可能な郵便番号記載の通常定形郵便物を対象とする。
2. 郵便線路は既存のものを考える。一方、現状の機械台数については考慮しない。
3. ある特定の1日に引き受けられた郵便物の区分・配達について考える。
4. 引き受けた郵便物は、自局が区分局の場合は自局ですべて区分し、区分局でない場合は自局より上位、つまり地域区分局に近い1つの区分局(地域区分局を含む)で区分する。
5. 郵便物の送付先が他の地域区分局、他の郵便線路の場合は一旦地域区分局を通過し、他の地域区分局から引き受けた郵便物は地域区分局で区分されてから一般局に輸送される。
6. 区分機は大型、中型の2種類があり、それぞれの処理能力・占有面積は既知である。

7. 人員の総作業時間は20時間/日とする。

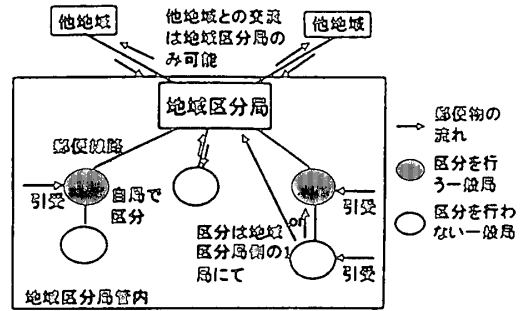


図1. 郵便ネットワークと前提条件

3 定式化

3.1 記号と前提

変数

- m_{il} : 局 i での区分機 l の台数
- n_i : 局 i での人員数
- x_{ij} : 局 i で引き受けた郵便物を局 j で区分する場合1、そうでない場合0

定数

- α_l : 区分機 l の1日1台あたりの設備費
- B : 人員1人あたりの人件費
- c_{ij} : 局 i 、局 j 間の距離
- q_{ij} : 引受局 i から送付先 j への郵便OD通数
- R : 地域区分局での引受郵便通数
- d_l : 区分機 l 1台あたりの処理能力
- E : 人員1人当たりの処理能力
- t_l : 区分機 l 1台あたりの占有面積
- u_i : 局 i の作業面積

以下に示す数理計画による定式化では、同一地域区分局担当エリアの他の郵便線路、および他の地域区分局への郵便の場合、地域区分局から送付先の局への輸送は区分形態の影響を受けないのでモデルから省く。これと関連して、他の郵便線路、および他の地域区分局への郵便通数は地域区分局への通数 q_{i1} に含めるものとする。また、局1は地域区分局を指すものとする。

3.2 評価尺度

地域区分局、一般局の設備費と人件費、および輸送費の総和(最小化すべき目的関数)とし、両者の関係を調べるため、輸送費を変更可能な様、係数 s を付けた。

$$\begin{aligned}
 \text{Min} \quad & \sum_i \sum_l a_l m_{li} + \sum_i \sum_l B n_{li} \\
 & + s \sum_j \left\{ \sum_{i \neq 1} c_{ij} \left(\sum_k q_{ik} \right) x_{ij} + \sum_k c_{jk} \left(\sum_{i \neq 1} x_{ij} q_{ik} \right) \right\} \quad (1)
 \end{aligned}$$

3.3 制約条件

局 i で引き受けた郵便物は1つの局 j で区分される。

$$\sum_{j: j \text{は } i \text{ が属する線路上の自分より上位の局}} x_{ij} = 1 \quad (2)$$

局 i が自局の郵便物を区分しない場合は、他局 j の区分をしてはならない。

$$x_{ji} - x_{ii} \leq 0 \quad \forall i, j \quad (3)$$

区分を行う一般局 j において、局 i (自局を含む) から引き受けた郵便通数は処理能力の範囲内である。

$$\sum_{i \neq 1} \left(\sum_k q_{ik} \right) x_{ij} - \sum_l d_l m_{lj} - E n_j \leq 0 \quad j \geq 2 \quad (4)$$

地域区分局において、局 i (自局を含む) から引き受けた郵便通数は処理能力の範囲内である。

$$\sum_{i \neq 1} \left(\sum_k q_{ik} \right) x_{i1} + R - \sum_l d_l m_{l1} - E n_1 \leq 0 \quad (5)$$

区分機の占有面積による設置台数の上限を考慮する。

$$\sum_l t_l m_{lj} - u_j \leq 0 \quad \forall j \quad (6)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, 0 \leq m_{ij}, n_j \in R \quad \forall h, i, j \quad (7)$$

4 実験

4.1 実験目的

区分輸送形態を決定付ける最も大きな要因として、輸送費と区分完了時刻に基づく時間的制約があげられる。つまり、輸送費の相対的な値(輸送単価)や区分機の稼働時間が変われば区分輸送形態も変化してくると思われる。そこで本実験では、輸送単価と稼働時間を変動させることで、形態や区分機台数・人員数の変化の仕方を調べ、さらにその特徴を考察することを目的とする。

4.2 実験方法

まず、区分機の稼働時間に関しては20時間(実験1)、10時間(実験2)、5時間(実験3)の3通りを考える。さらに、それぞれの実験において、評価尺度の輸送単価の係数 s を変動させて、解の変化の様子を見る。

4.3 実験結果

表1. 実験1の結果

s	区分局数	大型	中型	人員
1/2	1	4	0	0
1	1	4	0	0
10	9	4	4	4
50	14	6	6	4

表2. 実験2の結果

s	区分局数	大型	中型	人員
1/2	1	8	0	0
1	3	8	0	2
10	12	8	4	4
50	14	9	5	4

表3. 実験3の結果

s	区分局数	大型	中型	人員
1/2	6	13	1	20
1	11	13	4	11
10	12	14	5	8
50	14	14	5	7

実験3で人員が減少しているのは、地域区分局の区分機台数が制約の上限に達したうえ、区分機の稼働時間短縮に伴い人員の相対的使用価値が高くなったため、集中化の時にはできる限り地域区分局に人員を配備し、分散化するに従い一般局に区分機を配備するからである。

さらに、実験2における区分形態を以下に示す。この地域区分局担当エリアには郵便線路が14本存在し、一般局を縦につなぐと郵便線路に対応する。

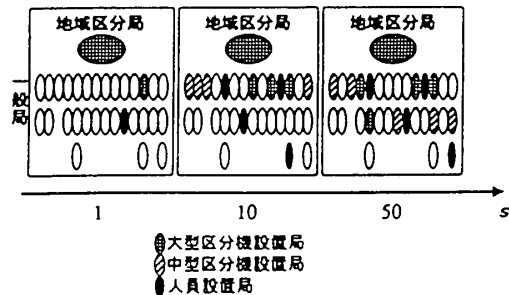


図2. 実験2における区分形態

4.4 考察

以上の結果をまとめると以下ようになる。

表4. 実験結果のまとめ

形態	輸送費		稼働時間	
	小	大	短	長
区分機台数	少	多	多	少
台数制約の影響	無	無	有	無
人員の相対的価値	関係なし		大	小

表4より、輸送費が相対的に大きくなるか、あるいは稼働時間が短縮される程、一般局で分散して区分を行う傾向が強くなり、区分機の台数も増加していることが分かる。人員数に関しては、台数が制約の上限に達した場合や人員の相対的使用価値次第で変化する。

本研究で提案したモデルによって、稼働時間や輸送単価をパラメトリックに変化させた時に最適区分輸送形態がどのように変化するかを見ることができた。また、台数制限などの条件による影響も見ることができた。今後の課題として、引受量が時刻ごとに異なるといった現実の条件をさらに加えることで、最適区分輸送形態を決定するモデルの作成について考える必要がある。

参考文献

[1] 郵政省郵務局、「郵便事業概説」、pp25-212、1994。