ISSN 2186-5647

P-79

バンコクにおける中央郵便局の最適配置再配置問題

日大生産工（院）〇SALA-NGAM SARINYA
日大生産　豊谷純　日大生産工　鈴木邦成
日大生産工　若林敬造　日大生産工　渡邊昭寛　日大生産工　村田康一

1. 本研究の背景と目的

現在、タイでは多くの宅配事業社の中で、郵便局が国民に一番よく利用されている。顧客に郵便物を届けるのが顧客の希望時間より遅かったり、違う所に郵便物が間違えて配送されたり、配送中に郵便物の中身を紛失したり、破損したりするという問題が生じる。

このような理由から、タイの郵便局は配達の効率を上げ、お客様のニーズへ対応する為に新たな発展の要因として、新しく有効的に配達するシステムを考える必要がある。その中で、この問題をモデル化して最適再配置問題として解決手法を確立する必要がある。

通常、配達先へ集配達を行うのは中央郵便局である。これにより、中央郵便局はその地域のほぼ中心地域を拠点としていると考えられるが、配達先の場所と配送する郵便物の数によって配達先との距離が最短となる最適な営業所の再配置場所が異なる為、実際の引き取り情報を基に算出する必要がある。

このような地図上の最適配置問題を解くにあたり、郵便局と配達先の地理情報がユークリッド空間で定義できれば、そのユークリッド距離とその集配達頻度から求まる総合距離を最短とする地点を算出することができる。ここで、このよう定義をした代表的な研究者は岡部・鈴木他[1]である。

従って、本研究ではケーススタディーとしてタイのバンコクを中心にし、最適再配置な中央郵便局を検討
する為に岡部・鈴木他の密度関数を参考にする。さらに、この密度関数による最適な場所より他の場所が最適になるのかを分析する為には、Java 言語のプログラムを作成してミルクラン方式による最適再配置場所を求める。

2. 岡部・鈴木の密度関数による最適場所の算出

まず、郵便局の担当地域の地図から最適な場所を探索する方法として、最も簡単なものはモンテカルロ法が挙げられる。指定した地域にある郵便局の緯度・経度を求め、それらの緯度・経度の平均を計算し、計算点を配置してその中から最適再配置場所となる点を求める方法である。

定式化

本研究では郵便局の位置を$(\bar{x}_j,\bar{y}_j)$、ここで$j=1\sim N$として、郵便局の総数をNとする。また最適配置を算出する方法として岡部・鈴木らの密度関数を参考することにする。さらに、対象範囲の郵便局密度を$f(\bar{x}_j,\bar{y}_j)$で定義すると、その地域全体における郵便局の総数はその地域全体で積分することによって次式で求められる。

$$N=\iint f(x,y)dxdy \qquad (1)$$

ちなみにある特定地点$(\bar{x}_j,\bar{y}_j)$と、その敷地面積Aにおける郵便局の数は次式で与えられる。

$$p_j=\iint_A f(\bar{x}_j,\bar{y}_j)dxdy \qquad (2)$$

ここに中央郵便局を配置する地点を(x,y)としたときに、郵便局からの距離は次式で与えられる。

$$d=\sqrt{(x-\bar{x}_j)^2+(y-\bar{y}_j)^2} \qquad (3)$$

中央郵便局から郵便局までの距離を全て加算すると全体の距離Tが得られる。ここでt_j

The Optimum Relocation Problem of the Central Post Office in Bangkok

Sarinya SALA-NGAM, Jun TOYOTANI, Kuninori SUZUKI
Keizou WAKABAYASHI, Akihiro WATANABE and Kouichi MURATA

は一回の配達の中央郵便局から郵便局までの距離を示し、T は全週配達記録の合計距離を表す。

$$t_j = d_j p_j = \sqrt{(x-\bar{x}_j)^2 + (y-\bar{y}_j)^2}\ \frac{1}{N} \tag{4}$$

$$T = \sum_{j=1}^{N} d_j p_j = \sum_{j=1}^{N} \sqrt{(x-\bar{x}_j)^2 + (y-\bar{y}_j)^2} \iint_A f(\bar{x}_j, \bar{y}_j) dxdy \tag{5}$$

次に中央郵便局から郵便局までの総合距離を最小にする中央郵便局の場所を算出する。すなわち総合距離を(5)式のように定義できれば、最小値を求めることが可能になり、空間の各座標系で偏微分した値が 0 となる条件式を解けば良い。

$$\frac{\partial T}{\partial x} = 0 \quad \text{または、} \quad \frac{\partial T}{\partial y} = 0 \tag{6}$$

そして、この値が最小値となる為には次の条件を満たす必要がある。

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \rangle 0 \tag{7}$$

$$H = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 T}{\partial x \partial y}\frac{\partial^2 T}{\partial y \partial x} \rangle 0 \tag{8}$$

これによって構成される方程式を解くことによって中央郵便局の最適配置地点 x,y が決定される。

本研究では、タイのバンコクにある郵便局住所のデータから緯度・経度を変換し、それらの平均を計算することで最適な中央郵便局再配置を算出する。その為に、中央郵便局の位置を変化させた時の(5)式の総合距離 T の分布が示されているが、これを最小にする座標値を求めれば良い。従って、(7)式と(8)式を計算して、正であることを確認し、(5)式を(6)式のように偏微分すると次式を得る。

$$\frac{\partial T}{\partial x} = \sum_{j=1}^{N} (2x - 2x_j) = 0 \tag{9}$$

$$\frac{\partial T}{\partial y} = \sum_{j=1}^{N} (2y - 2y_j) = 0 \tag{10}$$

さらに、(9)と(10)式を解くことによって、次式を得る。

$$x = \frac{\sum_{j=1}^{N} x_j}{N} \quad \text{または、} \quad y = \frac{\sum_{j=1}^{N} y_j}{N} \tag{11}$$

従って、中央郵便局の最適再配の位置座標(11)式のように求められる。この岡部・鈴木他の密度関数は本研究の手法は大変に有効となるので、この方法を利用して中央郵便局の最適再配置を算出することにする。

3. ミルクラン方式による最適場所の検討

さらに、岡部・鈴木他の密度関数による最適な場所より最適な場所が可能になる所を検討することを行う。ベストな再配置場所を検討する為に、今回の研究では、ミルクラン方式によってプログラム言語で(Java 言語)全ての郵便局を巡回する総合距離が最短になる点を自動的に求めることで、最適な中央郵便局を検討する。

3.1 グループ化

ミルクラン方式により､センターから店舗をグループごとに巡回して、またセンターに荷物などを持ち運ぶという方式である｡そこで、センターを中心にして、その周囲にある店舗をグループに分ける必要となる。この際、各グループの積荷の合計量が使っているトラックの最大積載容量を超えないようにする。グループ分けは、基本的に積荷の合計量をトラックの最大大積載容量で割ることで求める。

これによって、今回の研究ではトラックの最大積載容量を Q_T として郵便物の数を q_j とすると、グループ数が次式で求めることにする。

$$G = \frac{\sum_{j=1}^{N} q_j}{Q_T} \quad (\text{正し、} \sum_{j=1}^{N} q_j \le Q_T) \tag{12}$$

さらに、候補地を 1 点ずつ中心にし、その点に対する 2 次元の郵便局の位置情報を図 1 のように 360 度の 1 次元の角度情報 [2)] にプログラムで変換して、計算できたグループ数の通に郵便局を分けることにする。

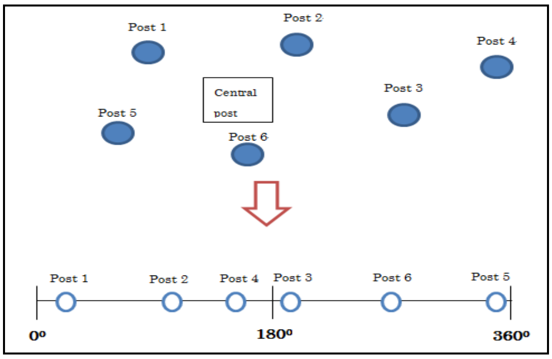

図 1　2 次元配置場所の 1 次元への座標変換

3.2　候補地から郵便局までの巡回路の求め

プログラムを使って､ミルクラン方式によって候補地からグループごとに全ての郵便局を巡回し、巡回する総合距離を自動的に求める。これにより、求める総合距離が最少になる点が最適再配置場所となる。

4.　研究方法

4.1　対象範囲

今回の研究対象範囲はタイのバンコクを中心として、中央郵便局や郵便局を調査した。結果は図 2 のように中央郵便局が 1 ヶ所で、郵便局が 25 ヶ所があることが分かった。

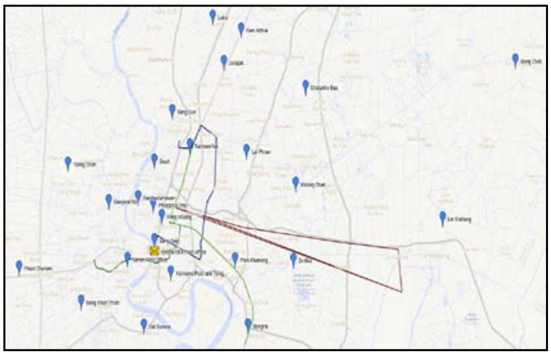

図 2.　研究対象範囲

4.2　岡部・鈴木他の密度関数による最適場所の検討

先述のように、密度関数を参考にすることによって、最適再配置は郵便局の緯度・経度の平均を計算することで求められる。本研究では、郵便局の位置座標情報を取得する為に Geocode を利用し、郵便局の緯度と経度 [4)]を取得した。この取得した結果により、郵便局の緯度・経度の合計を計算すると、緯度の合計が 344.090054、経度の合計が 2514.073497 となることが分かる。そして、最初に述べように(11)式で緯度・経度の平均を計算すると、次のようになった。

$$x = \frac{344.090054}{25} = 13.76360216$$

$$y = \frac{2514.073497}{25} = 100.5629399$$

上の計算結果により、最適再配場所の緯度・経度は 13.76360216,100.5629399 の所と分かった。

4.3　ミルクラン方式による最適場所の検討

さらに、中央郵便局のベスト最適再配置場所の検討を行う為には、図 3 のように密度関数による検討できた所を中心にして、その周囲にいくつか候補地を作成する。今回は、密度関数による所を含めて 9 点の候補地を配置することにする。

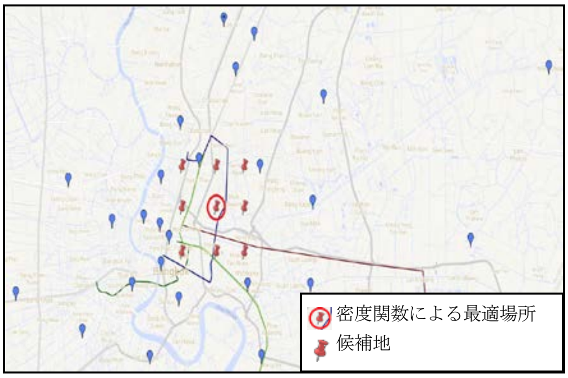

図 3　作成した候補地

そして、これらの候補地によって郵便局をグループ化する。(12)式により、郵便局が扱った荷物の合計量と使用するトラックの最大積載容量のデータが必要となる。本研究ではこのデータを取得する為に、調査を行った。調査結果は表 1 に表示する

表 1.　各郵便局が顧客から扱った郵便物

No.	郵便局名	郵便物数
1	Jatujak Post office	308
2	Bang Khun Thian Post Office	728
3	Luksi Post office	585
4	Samsen Nai Post Office	1387
5	Dusit Post Office	279
6	Rat Burana Post Office	968
7	Bangkok Noi Post Office	1520
8	Khlong Chan Post Office	1232
9	Ram Inthra Post Office	57
10	Yannawa Post and Telegraph Office	808
11	Phasi Charoen Post Office	128
12	Bang Sue Post Office	1174
13	Bangna Post Office	789
14	Bang Rak Post Office	374
15	Rong Muang Post Office	1187
16	On Nut Post Office	327
17	Phlapphla Chai Post Office	513
18	Ratchadamnoen Post Office	558
19	Lat Krabang Post Office	493
20	Lat Phrao Postoffice	458
21	Nong Chok Post Office	630
22	Phra Khanong Post Office	196
23	Samre Post Office	445
24	Chorakhe Bua Post Office	312
25	Taling Chan Post Office	377
26	Total	15834

また、バンコクの中央郵便局が 2 トン(1.7x3x2 m^3)のトラックを使用し、このトラックに郵便物を 2500 個まで積載することが分かった。さらに、中央郵便局はこのトラックで 1 日当たり 2 回配送していることが分かった。従って、(12)式でグループ数分けを以下のように求める。

$$G = \frac{15834}{2500 \times 2} = 3.1668 \approx 3$$

これにより、プログラムで郵便局をグループ分けてからミルクラン方式で一点ずつの候補地からグループごとに郵便局を巡回する総合距離を自動的に計算する。

5. 研究結果

プログラムで郵便局をグループに分け、ミルクラン方式によってグループごとに巡回路と巡回する総合距離を自動的に求められた。結果は表 2 のようになる。

表 2. 配置点によって郵便局を巡回する総合距離

配置点	巡回する総合距離 (km)
1 点目の配置点	7.24
2 点目の配置点	8.19
3 点目の配置点	8.55
4 点目の配置点	7.92
5 点目の配置点（密度関数による最適場所）	7.84
6 点目の配置点	8.87
7 点目の配置点	6.51
8 点目の配置点	8.04
9 点目の配置点	8.86

表 2 により、7 点目の候補地から全ての郵便局を巡回する総合距離が最小になる所が分かった。さらに、密度関数による最適場所(5 点目)よりも総合距離が短いことが分かる。

従って、ミルクラン方式によって最適再配置が図 4 に表示するように 7 点目の配置点となると検討できた。

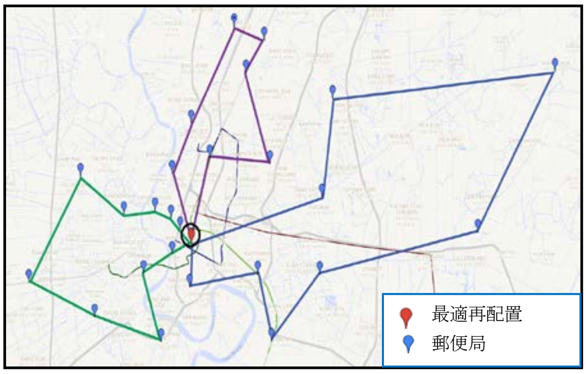

図 4. 最適再配置場所とその最適場所からのルート

6. 考察

本研究を通じて、岡部・鈴木他の密度関数を参考にし、現在中央郵便局の場所より最適な場所が検討できた。さらに、ミルクラン方式によって密度関数による結果よりも最適な場所がプログラムで分析できた。

また、現在の中央郵便局より本結果で検討できた場所が総合距離で、約 14%改善されることが分かって、タイの中央郵便局がここに再配置すれば、配送にする問題が解決できると考えられる。

「参考文献」

1) 岡部・鈴木他, 最適配置の数理, 朝倉書店, 朝倉書店, (1992)

2) 豊谷, サアラアガアム, 鈴木, 若林, 渡邊, 村田, 積荷回収経路の情報システム化によるリアルタイム最適化問題, 日本ロジスティックスシステム学会第 17 回, 全国大会予稿集, (2014), P.135-136.

3) Geocode Web Service, https://www.geocoding.jp

4) サアラアガアム, 豊谷, 若林, 渡邊,タイバンコクにおける郵便局の最適再配置問題に関する研究, 日本ロジスティックスシステム学会第,17 回,全国大会予稿集, (2014), P.137-140.