

タイのバンコクにおける中央郵便局の最適再配置問題に関する研究

日大生産工 (院) ○Sarinya SALA-NGAM

日大生産工 豊谷純 日大生産工 若林敬造

1 まえがき

現在、タイでは宅配事業社が多くあるが、郵便局が国民によく利用されている。なぜなら料金が安く、どこでも郵便局があるからである。しかし、郵便局の配達はお客様のところに荷物を届くのが遅いという問題がいつも起こっている。このような理由から、タイの郵便局は効率を上げ、お客様のニーズへ対応し、また、お客様に良いサービスを提供す為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、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。しかし、配達先の場所と集配達頻度のこと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。

近年の IT の進展によって、住所から緯度・経度データが変換できるようになった。Google Map や Google 検索が一般に普及している昨今であるが、ウェブ上で簡単に目的の地図を表示し、距離を求めることができる。

本研究では Google Map, Geocode¹⁾ ヴェブサービスを利用して、例としてタイのバンコクにある郵便局の住所データから緯度・経度を求め、緯度・経度の平均を計算し、最適配置場所を算出する。さらに、

もっと詳しく最適配置場所を探索する為にはクラスター先・ルート後法を参考することにし、その計算点の周りから各クラスターに含まれる郵便局に他の郵便局を加えた点を巡回する巡回路を求めて巡回の総合距離を計算し、その中から最短総合距離になる点が最適再配置場所となる。この問題は巡回セールスマン問題になるが、その結果をリアルタイムで地図上に表示方法を提案するものである。

2 最適な中央郵便局再配置の算出方法

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。指定した地域に郵便局があるところの緯度・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。

さらに、巡回セールスマン問題を参考することによってこの問題を解く為には一般に、C 言語などのプログラム言語で最短総合距離の巡回路を自動的に求めて最適再配置を探索する。今回は単純な問題を解決する為、クラスター先・ルート後法をモデルとして総合距離を最少にする巡回路を求めて最適再配置を計算した。

2.1 配置場所の定式化

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²⁾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。

$$N = \iint f(x,y) dx dy \quad (1)$$

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。

$$p_j = \iint_A f(\bar{x}_j, \bar{y}_j) dx dy \quad (2)$$

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。

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

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 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。

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

$$T = \sum_{j=1}^n d_j p_j = \sum_{j=1}^n \sqrt{(x - \bar{x}_j)^2 + (y - \bar{y}_j)^2} \iint_A f(\bar{x}_j, \bar{y}_j) dx dy \quad (5)$$

各郵便配達記録の場合は全ての運用記録に対して一件につき一回として配達回数を加算する為、一回の配達記録に対する密度関数の値が $1/N$ である。また同一場所への郵便配達の場合は月か年という単位に郵便配達が m 回として次のようになる。

$$p_j = \iint_A f(\bar{x}_j, \bar{y}_j) dx dy \cong \frac{1}{N} \times m \quad (6)$$

$$T = \sum_{j=1}^n d_j p_j = \sum_{j=1}^n \sqrt{(x - \bar{x}_j)^2 + (y - \bar{y}_j)^2} \frac{m}{N} \quad (7)$$

次に中央郵便局から郵便局までの総合距離を細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(7)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。

$$\frac{\partial T}{\partial x} = 0 \quad , \quad \frac{\partial T}{\partial y} = 0 \quad (8)$$

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。

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} > 0 \quad (9)$$

$$H = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 T}{\partial x \partial y} \frac{\partial^2 T}{\partial y \partial x} > 0 \quad (10)$$

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。そして、本研究では先述のようにパソコンの利用が容易で Google Map や Geocode ヴェブサービスを利用し、タイのバンコクにある郵便局住所のデータから緯度・経度を求め、それらの平均を計算し、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(7)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、(9)式と(10)式を計算して、正であることを確認し、(7)式を(8)式のように偏微分すると次式を得る。

$$\frac{\partial T}{\partial x} = \sum_{j=1}^n (2x - 2x_j) = 0 \quad (11)$$

$$\frac{\partial T}{\partial y} = \sum_{j=1}^n (2y - 2y_j) = 0 \quad (12)$$

さらに、(11)と(12)式を解くことによって、次式を得る。

$$\sum_{j=1}^n x = \sum_{j=1}^n x_j \quad , \quad x = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n} \quad (13)$$

$$\sum_{j=1}^n y = \sum_{j=1}^n y_j \quad , \quad y = \frac{\sum_{j=1}^n y_j}{n} \quad (14)$$

従って位置座標は(13)式と(14)式で求められる。この位置座標の平均を計算し、最適再配置場所を算出する場合には、本論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。

2.2 巡回セールスマン問題の解法

巡回セールスマン問題を解く為には色々解法が存在するが、今回の研究はこの問題を解決する為に、

クラスター先・ルート後法³⁾を採用する。まず、先述の計算点を中央とし、その周りに九点を配置し、この点によって郵便局をいくつかのクラスターに分ける。この際、クラスターに含まれる扱った郵便物数の合計がトラックの積載容量を超えないように考えなければならない。従って、各巡回路は三〜六カ所まで巡回するという条件とする。クラスターの分割の仕方によって種々の解法が導かれるが、中央郵便局が全ての郵便局に囲まれるような円の場合、領域分割法が一番良い解法と考える。また、領域分割法の中には色々な領域を分ける形があるが、本研究ではバンコクの地図を参考し、扇形分割スキームを選択することにする。

次は先述の計算点から各々のクラスターに含まれる郵便局に他の郵便局を加えた点を巡回する巡回路を求める。全ての計算点九点から各々クラスターに含まれる郵便局を回す巡回路ができるまでこのように繰り返し、計算点九点の中に最短巡回総合距離となる点が最適再配置場所である。

従って、今回は郵便局の緯度・経度の平均から最適配置を算出するだけでなく、更なる最適再配置場所となる点を探索する為に、巡回セールスマン問題を解くクラスター先・ルート後法を採用することにする。

3 研究方法

3.1 対象範囲

研究対象範囲は Fig.1 のようにタイのバンコクにある中央郵便局や郵便局を中心とし、その対象範囲に二十六カ所の郵便局があることが分かった。

3.2 緯度・経度情報の取得方法

位置座標いわゆる緯度と経度はウェブ上から住所に対する緯度・経度が得られる。具体的には Geocode を提供するウェブサービスからプログラムで自動的に緯度・経度が取得できる。このウェブサービス API

で最も著名なものは Google Map API であり、住所から緯度・経度へ変換することができる。

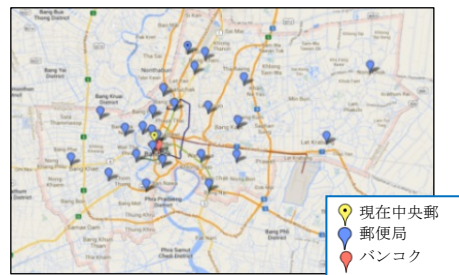


Fig.1 研究対象範囲(タイのバンコク)

3.3 クラスター先・ルート後法³⁾

先述のように、研究対象範囲を扇形分割スキームに分割する。そして、Google Map を利用し、一点ずつの計算点から全ての郵便局、また一カ所ずつの郵便局から他の郵便局までの距離を全て求め、この求めた距離を小さい順に並べるリストを作成し、このリストから分割した領域ごとに巡回総合距離を最少にする巡回路を求めて最適再配置を探す。

4 研究結果

対象範囲にある二十五カ所の郵便局の住所データから Geocoding で緯度・経度へ変換し、その緯度・経度を取得した結果を Table1 に示す。本研究では単純化に算出する為に緯度・経度の計算できる平均を利用して最適再配置場所を算出することにする。

Table1 Geocode サービスで特定住所の緯度・経度を取得したデータ

バンコクにおける郵便局の位置			
No.	郵便局名	緯度	経度
1	Jatujak Post office	13.851296	100.581926
2	Bang Khun Thian Post Office	13.68206	100.442237
3	Laksi Post office	13.882652	100.571219
4	Samsen Nai Post Office	13.793772	100.54937
5	Dusit Post Office	13.783218	100.515266
6	Rat Burana Post Office	13.668633	100.505228
7	Bangkok Noi Post Office	13.75521	100.471638
8	Khlong Chai Post Office	13.757207	100.650403
9	Ram Inthra Post Office	13.873657	100.598514
10	Yannawa Post and Telegraph Office	13.6986	100.494373
11	Phraei Charoen Post Office	13.709188	100.387786
12	Bang Sue Post Office	13.817278	100.532586
13	Bangna Post Office	13.668899	100.60478
14	Bang Rak Post Office	13.728048	100.515235
15	Rong Muang Post Office	13.744841	100.522643
16	On Nut Post Office	13.714233	100.648354
17	Phlappha Chai Post Office	13.752623	100.514213
18	Ratchadamnoen Post Office	13.757871	100.499811
19	Lat Krabang Post Office	13.743052	100.791318
20	Lat Phrao Post Office	13.78981	100.603491
21	Nong Chok Post Office	13.85243	100.660973
22	Phra Khanong Post Office	13.714618	100.592444
23	Samre Post Office	13.715029	100.489509
24	Chorakhe Bua Post Office	13.834006	100.680146
25	Taling Chan Post Office	13.78109	100.432405
	合計	344.082568	2514.036828

最初に述べように、(13)と(14)式で緯度・経度の平均を計算すると次のようになった。

$$x = \frac{344.082568}{25} = 13.76330272$$

$$y = \frac{2514.036828}{25} = 100.5614731$$

上の計算結果により、最適再配場所の緯度・経度は 13.76330272, 100.5614731 の所と分かった。

この計算できた緯度・経度を Geocode ヴェブサービスを利用してその場所を求めた。



Fig.2 計算点を中央として九点の作成

次は Fig.2 のように、この計算点を中央として九点を作成し、先述のように、距離を求めた。

さらに、最適再配置を探索するために、ミルラン方式により、一点ずつの配置した計算点九点から郵便局への色々な巡回路を求め、最短な巡回総合距離の場所が Fig.3 のように、一点目の計算となる場所を求めた。



Fig.3 巡回最短総合距離となる点 (一点目)

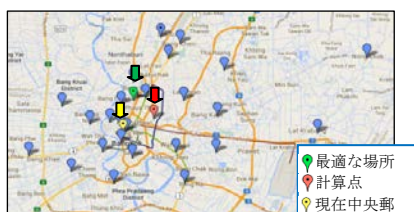


Fig.4 検討できた最適な中央郵便局場所

Fig.4 により、黄色の所は現在中央郵便局、赤の所が緯度・経度の平均で配置点、緑の所が最適再配置場所である。ここで、最適再配置場所はバンコクツシット区タードダシリ道路ラマ37-2という所となった。

5 まとめ

今回の研究では Geocode ヴェブサービスで住所から緯度・経度へ変換し、その緯度・経度の平均を計算することによって計算点を配置した。さらに、巡回セールスマン問題を解くクラスター・ルート後法を参考し、ミルラン方式によって最適再配置を簡易的に求められた。

本研究を通じて、現在の中央郵便局よりも本結果の中央郵便局場所が総合距離で 13.8%改善され、この場所に中央郵便局を再配置すれば効率が良くなると考えられる。

「参考文献」

- 1) Geocode Web Service, <https://www.geocoding.jp>
- 2) 岡部・鈴木他,最適配置の数理,朝倉書店(1992) p.52-79.
- 3) クラスター・ルート後法, 久保幹雄,ロジスティクスの数理,共立出版(2007) p.176-184.
- 4) タイの郵便局ホームページ, <https://www.thailandpost.co.th>
- 5) Google Map, <https://maps.google.com>
- 6) 豊谷,若林,渡邊,唐澤,集配達利用データと GIS 及びAPIを利用した宅配営業所の再配置問題,日本ロジスティクスシステム学会誌, (2010) Vol.10,no.1,p.29-36.
- 7) サアラアガム・サリンヤア,豊谷,若林,渡邊,タイのバンコクにおける配送センターの効率化に関する研究, 日本ロジスティクスシステム学会第 16 回, 全国大会予稿集(2013) p.37-40.