

高速交通路が最適施設配置に与える影響について

01205430 筑波大学 鈴木 勉 SUZUKI Tsutomu

1. はじめに

高速交通路の存在は、都市内の移動時間を短縮する効果を持つが、同時に、最短時間移動経路を変える効果も持ち、ひいては都市における流動量分布にも影響を及ぼす。したがって、都市施設の最適配置も高速交通路の有無によって異なるものとなると考えられる。最寄りの施設利用を仮定する一般のミニサム型配置問題では、高速交通路近隣の施設の圏域を広げる効果がある一方、移動の途中で施設に立ち寄ることを考えたフロー需要の配置問題では、高速交通路の有無が施設利用者数にも大きな影響を与えると考えられる。本稿では、このような観点から、逐次配置型の median 問題および flow-demand median 問題を用いて、高速交通路が最適施設配置に与える影響を明らかにする。

2. 問題の定式化

需要が地点毎に与えられたとき、最寄りの施設を利用する場合のミニサム型施設配置問題である  $p$ -median 問題は、 $v_i (i=1, \dots, n)$  を需要点、 $a_k (k=1, \dots, l)$  を施設候補地として、以下のように表される。

$$\min_{x_{ik}, y_k} z = \sum_{i,k} w_i d_{ik} x_{ik} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_i x_{ik} = 1, \quad \forall i \quad (2)$$

$$x_{ik} \leq y_k, \quad \forall i, k \quad (3)$$

$$\sum_k y_k = p \quad (4)$$

$x_{ik} \in \{0,1\}$ : 地点  $i$  の需要の施設候補地  $k$  への配分

$y_k \in \{0,1\}$ : 施設候補地  $k$  における施設の存在

$d_{ik} \equiv d(v_i, a_k)$ : 地点  $i$  の需要が施設  $k$  を利用するときの最短距離

$p$ : 施設数

一方、需要がフローとして与えられたとき、施設までの立ち寄りのための迂回距離を含めた総移動距離が最小になるような施設を利用する場合のミニサム型施設配置問題である flow-demand  $p$ -median 問題は、以下のように表される<sup>[1][3][5][6]</sup>。

$$\min_{x_{ijk}, y_k} z = \sum_{i,j,k} w_{ij} d_{ijk} x_{ijk} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i,j} x_{ijk} = 1, \quad \forall i, j \quad (2)$$

$$x_{ijk} \leq y_k, \quad \forall i, j, k \quad (3)$$

$$\sum_k y_k = p \quad (4)$$

$x_{ijk} \in \{0,1\}$ :  $ij$  間のフローの施設候補地  $k$  への配分

$y_k \in \{0,1\}$ : 施設候補地  $k$  における施設の存在

$d_{ijk} \equiv d(v_i, a_k) + d(v_j, a_k)$ :  $ij$  間のフローが  $k$  の施設を利用する場合の最短距離

$p$ : 施設数

flow-demand  $p$ -median 問題は 1-stop multiple allocation  $p$ -hub median 問題とも同じ問題であり<sup>[4]</sup>、 $p$ -median 問題に帰着するが、フローの起終点数が増大すると大規模な問題になり、計算時間を要する。

そこで、本稿では、これらの問題の逐次型問題(それぞれ逐次型  $p$ -median 問題、逐次型 flow-demand  $p$ -median 問題と呼ぶ)を考える。すなわち、最初に 1 個の施設を配置した後、既設の施設配置は所与とした上で、新たに施設を 1 個ずつ、施設総数が  $p$  個になるまで追加していく問題である。

一般に、 $m$  個の所与の施設配置のもとで  $p$  個の施設を総移動距離が最小となるように追加して配置する問題は、Berman and Simchi-Levi により conditional  $p$ -median 問題として以下のような解法が示されている<sup>[2]</sup>。

(i)  $p$ -median 問題(1)~(4)において、新たな需要点  $v_0$  および新たな施設候補地  $a_0$  を追加する。

(ii)  $v_0$  には任意の正の需要  $w_0$  を与える。

(iii) 距離を  $d(v_0, a_0) = 0$ ,  $d(v_0, a_k) = M (k=1, \dots, l)$ ,  $d(v_i, a_0) = \min\{d(u_k, v_i)\} (i=1, \dots, n)$  と設定する。

但し、 $u_k (k=1, \dots, m)$  は既設の施設の位置を表し、 $M$  は十分大きな数とする。

(iv) 以上の設定で  $(p+1)$ -median 問題を解く。 $a_0$  は  $v_0$  に対応して必ず施設が配置され、全ての  $u_k$  に施設が配置されることを意味する。 $a_0$  以外の解が追加する  $p$  個の施設の位置である。

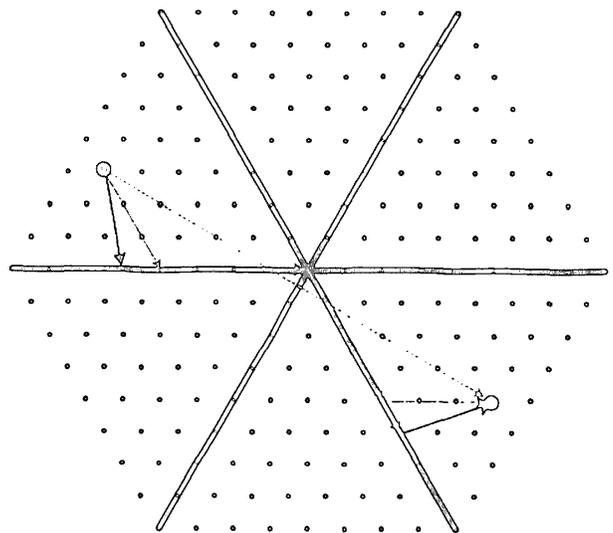


図1 仮想都市空間 ( $n=217$ )

flow-demand  $p$ -median 問題に対しても同様に、conditional flow-demand  $p$ -median 問題を定義できる。この解法を用いて、2つの逐次型配置問題を解く。

### 3. 仮想都市における最適配置と高速交通路の影響

図1のように、三角格子状に並んだ217個の需要点(かつ施設候補地)からなる正六角形の仮想都市に、3本の対角線上に放射状の高速交通路を考える。需要は前者では需要点に一樣に、後者では全2点間のフローに一樣に発生するものとする。一般の交通路は全方向に稠密に存在するものとし、2点間はそれらを結ぶ直線上を移動できるとする。また、高速交通路上の移動時間は一般のリンク上の  $c$  倍( $0 < c < 1$ )で済むものとする( $c$  は一般交通路に対する高速交通路の速度の逆数)。2点間の移動経路は一般交通路のみの経路および需要点をアクセス・イグレス点とする高速交通路経路の経路のうち、最短移動時間をもたらす経路とする(図1)。同じ2点間の経路でも  $c$  に応じてアクセス・イグレス点は変化し、Snellの法則に従って選択が行われる。

$c$  を 1.0, 0.8, 0.6, 0.4, 0.2 と変化させ、施設数が25となるまで両問題を解いた結果と、flow-demandの問題におけるフローの変化を併せて図2に示す。円の大きさは施設利用者数を表す。[5]で明らかにされたように、 $c=1.0$  の場合はどちらの問題もほぼ一樣な配置となるが、双方とも高速路の速度が速くなると施設が高速路上に配置される。しかし、 $c$  が小さくなるにつれ、高速路上の施設の数も少なくて良いようになる。施設利用者数は  $p$ -median ではあまり差は生じないが、flow-demand の方

では高速路の速度が速くなるほど、いわゆる「ストロー効果」が見られるとともに、高速路上に配置される施設の「集客力」はflow-demandの方が強く、施設の階層構造が再現される。このように両問題の解の特徴はかなり異なる。

### 4. おわりに

高速交通路が都市活動の分布を左右することは容易に想像できるが、空間的配置パターンとの関連を記述した研究は意外と少ない。本稿は最適配置問題からこのことを試みた。環状高速路の導入など他の高速交通路パターンの場合や、ネットワーク設計問題との結合を今後を課題としたい。なお、本研究は日本学術振興会科学研究費補助金および日本証券奨学財団研究調査助成による成果の一部である。

#### 参考文献

- [1] Berman, O. (1997) Deterministic flow-demand location problems. *Journal of Operational Research Society*, 48, 75-81.
- [2] Berman, O. and D. Simchi-Levi (1990) Conditional location problems on networks. *Transportation Science*, 24(1), 77-78.
- [3] Hodgson, M. J. (1981) The location of public facilities intermediate to the journey to work. *Regional Studies*, 15, 493-506.
- [4] Sasaki, M., A. Suzuki and Z. Drezner (1999) On the selection of hub airports for an airline hub-and-spoke system. *Computers & Operations Research*, 26, 1411-1422.
- [5] 鈴木 勉 (2002) フロー需要に基づく施設配置モデルと需要構成が施設配置に与える影響, 都市計画論文集, 37, 115-120.
- [6] 鈴木 勉 (2003) 都市内流動を最小化するフロー需要施設配置モデルを用いた拠点立地に関する考察, 都市計画論文集, 38, 391-396.

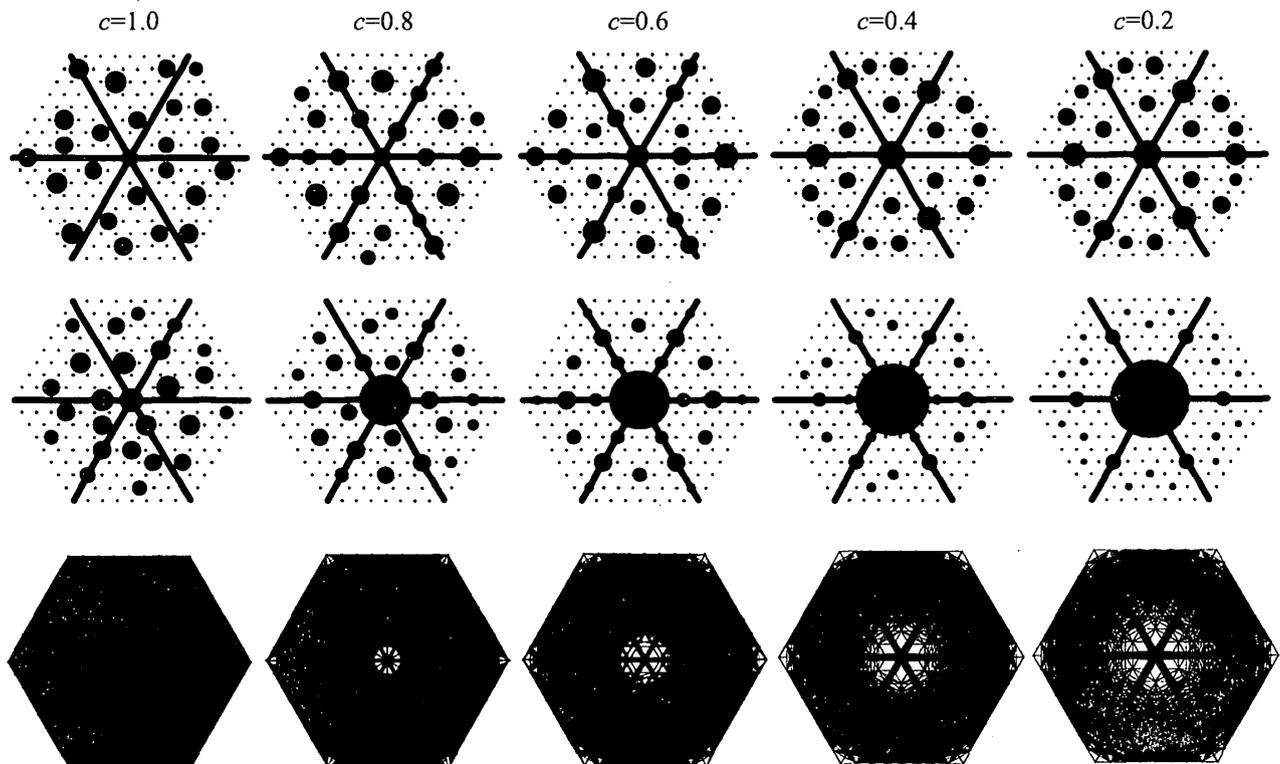


図2 逐次型  $p$ -median 問題(上段), 逐次型 flow-demand  $p$ -median 問題( $p=25$ )と流動量(下段)