

# 最大移動距離を考慮した競合型施設配置問題

大久保 賢 (沼田一道 助教授)

## 1. はじめに

都市にはさまざまな小売店やその他の商業施設が分布している。新規に施設を建設して商業活動を行おうとする経営者は、既存の施設の配置を見て、マーケットシェアができるだけ大きくなるような場所に自分の施設を作ろうとする。通常、より大きなマーケットシェアを獲得することは、利益をより大きくすることにつながるからである。一方、顧客がどの施設を選ぶかは、主として顧客から施設までの距離とその施設の魅力の程度によると考えられる。施設と顧客の距離、施設の魅力度は共に施設間での相対的な指標である。このような前提のもとで、施設の魅力度をあるレベルと仮定した場合、新規施設を建設する最適な場所を求める問題は競合型施設配置問題と呼ばれ、研究されている。

本研究では、競合型施設配置問題に対して顧客の最大移動距離を考慮することを提案し、既存のモデルと比較する。例題として千葉県柏市松葉町付近に新しくスーパーマーケットを新規出店することを考え、最適配置を検討する。

## 2. 競合型施設配置問題

競合型施設配置問題とは、ある地域に同種の施設が既にいくつか存在する時、新しく配置する施設のマーケットシェアが最大となるような新規施設の配置場所を求める問題である。

本研究では、競合型施設配置問題を扱う上で、以下のような前提を置く。

ある限定した地域に、同種の既存施設  $j (j=1, \dots, k)$  が存在しており、施設の魅力度があらかじめ与えられている。施設の利用者は当該地域を格子状に分割した格子点 (以下需要点と呼ぶ) に位置する。需要点は  $i (i=1, \dots, n)$  で表す。各需要点に存在する需要量は人口・世帯数をもとにあらかじめ算出されている。また施設の建設場所もこの格子点上に求める。

競合型施設配置問題を扱う既存のモデルには以下のようなものがある。

## 3. 決定論的効用モデル

このモデルは、需要点におけるすべての顧客は同じ施設を選ぶと仮定している。顧客は需要点から施設までの距離だけでなく、施設の属性  $p (p=1, \dots, m)$  (価格、品揃えなど) のレベルによって選択する施設を変える。その選択行動は、施設の属性や施設までの距離を変数とする効用関数によって表現される。効用関数は顧客の満足度を表しており、顧客は効用関数の値が最も高い施設を選ぶ。

### 3. 1 決定論的効用モデルの数学的定式化

$Q_{jp}$  を施設  $j$  の第  $p$  属性の属性値 (距離  $d_{ij}$  を除く) ( $p=1, \dots, m$ )、 $w_p$  を施設  $j$  の第  $p$  属性に対応し

たウェイトとすると、需要点  $i$  から見た施設  $j$  の効用関数  $U_{ij}$  は、次のように表される。

$$U_{ij} = \sum_{p=1}^m w_p Q_{jp} - d_{ij}$$

需要点  $i$  における顧客にとって最も高い効用をもつ施設の効用値は、 $U_i = \max_{1 \leq j \leq k} \{U_{ij}\}$  で与えられる。

需要点  $i$  における需要量を  $B_i$ 、 $(x, y)$  に置かれた新施設の、需要点  $i$  から見た効用を  $U'_i(x, y)$  とすると、 $(x, y)$  に新しい施設を置いた時獲得するマーケットシェア  $M(x, y)$  は、 $M(x, y) = \sum_{i \in \{U'_i < U'_j(x, y)\}} B_i$  で与えられる。 $M(x, y)$  を最大にする  $(x, y)$  が新しい施設の配置場所である。

#### 4. 引力型モデル

引力型モデルでは、需要点における顧客がある施設を選ぶ確率は、その施設の魅力に比例していて、需要点から施設までの距離の累乗に反比例すると仮定している。

##### 4.1 引力型モデルの数学的定式化

$A$  を新しい施設の魅力、 $E_j$  を既存施設  $j$  の魅力、 $d_i(x, y)$  を需要点  $i$  と新しい施設の距離、 $d_{ij}$  を需要点  $i$  と既存施設  $j$  の距離 ( $j=1, \dots, k$ )、 $\lambda$  を距離の重視度とする。 $(x, y)$  に新しく施設を配置したとき、需要点  $i$  における顧客が新しい施設を選ぶ確率  $F_i$  は、

$$F_i = \frac{\frac{A}{d_i^\lambda(x, y)}}{\frac{A}{d_i^\lambda(x, y)} + \sum_{j=1}^k \frac{E_j}{d_{ij}^\lambda}}$$

で与えられる。ただし、 $Q_p$  を新しい施設の第  $p$  属性の属性値とすると、 $A = \sum_{p=1}^m w_p Q_p$ 、 $E_j = \sum_{p=1}^m w_p Q_{jp}$  である。需要点  $i$  における需要量を  $B_i$  とした時、新しく配置した施設によって得られるマーケットシェア  $T(x, y)$  は、 $T(x, y) = \sum_{i=1}^n B_i F_i$  で与えられる。 $T(x, y)$  を最大にする  $(x, y)$  が新しい施設の配置場所である。

#### 5. 提案するモデル

距離に対するウエイト (また重視度) では、実際にどのくらいの距離まで顧客が移動するかはつきりしないところがある。距離に対してより厳密に制約を加えることによって新しく配置する施設が違って来る可能性がある。

そこで既存のモデル (決定論的効用モデルと引力型モデル) に制約条件として顧客の最大移動距離を考慮したモデルを提案する。最大移動距離とは、顧客が施設を選ぶ際、移動してもよい限界移動距離のことである。決定論的効用モデルでは、顧客は最大移動距離内で効用関数の値の最も高い施設を選ぶ。引力型モデルでは、顧客は最大移動距離内の施設で需要量を分け合う。最大移動距離内に施設がない場合は、需要点から施設までの距離が最も近い施設を選ぶ。

##### 5.1 提案するモデルの数学的定式化

顧客が施設を選ぶ際、移動してもよい限界移動距離を  $\theta$  とする。

需要点  $i$  と新しい施設の距離を  $d_i(x, y)$  とし、 $j (j=1, \dots, k)$  についての  $d_{ij}$  の最小値を  $d_{ij}^{\min}$  とする。

最大移動距離を考慮した決定論的効用モデルにおいて、 $(x, y)$  に新しい施設を配置した時、需要点  $i$  における顧客が新しい施設

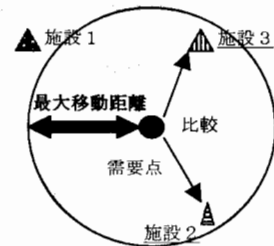


図1. 最大移動距離を考慮したモデル

を選ぶ確率を  $K_i$  とおくと、

$$K_i = \begin{cases} 1 & : d_i(x, y) \leq \theta, \max_{j, d_{ij} \leq \theta} \{U_{ij}\} < U'_i(x, y) \text{ または } d_i^{\min} > d_i(x, y) > \theta \\ 0 & : \text{上記以外} \end{cases}$$

となる。 $(x, y)$  に新しい施設を置いた時獲得するマーケットシェア  $M'(x, y)$  は、 $M'(x, y) = \sum_{i=1}^n B_i K_i$  で与えられる。

引力型モデルにおいて、需要点  $i$  における顧客が新しい施設を選ぶ確率は以下の  $F'_i$  のように変わる。

$$F'_i = \begin{cases} \frac{\frac{A}{d_i^\lambda(x, y)}}{\frac{A}{d_i^\lambda(x, y)} + \sum_{j, d_{ij} \leq \theta} \frac{E_j}{d_j^\lambda}} & : d_i(x, y) \leq \theta \\ 1 & : d_i^{\min} > d_i(x, y) > \theta \\ 0 & : d_i(x, y) \geq d_i^{\min} > \theta \end{cases}$$

## 6. 数値実験

### 6.1 対象地域の選定

本研究では、千葉県柏市松葉町付近のスーパーマーケットを例題として考える。地域は松葉町を中心とした  $2000\text{m} \times 2000\text{m}$  と限定した。需要点は格子状に  $200\text{m}$  ごと置き、各需要点に存在する需要量は「柏市統計書」をもとに算出した。既存のスーパーマーケットの配置と各需要点の需要量を図2に示す。需要点の数字は需要量を表し、1単位約30世帯である。

施設の魅力の評価項目は価格、品揃え、駐車場、品質、距離とした。既存スーパーマーケットの各属性の評価を表1に示す。また、新しい施設の属性値は既存スーパーマーケットの各属性の平均値とした。

### 6.2 ウェイトの決定

一対比較を行い、幾何平均を用いた。その結果、価格(0.34)、品揃え(0.13)、駐車場(0.06)、品質(0.13)、距離(0.34)となった。

### 6.3 結果及び考察

まず、既存の決定論的効用モデルと最大移動距離を考慮した決定論的効用モデルによる最適配置を図3に示した。決定論的効用モデルを用いた最適配置は、全体的に競合店の近くで、より需要量の獲得できるように配置する傾向がある。提案モデルで最大移動距離が短い(図中の番号:  $1 \cdots \theta = 500\text{m}$ ,  $2 \cdots \theta = 1000\text{m}$ ,  $3 \cdots \theta = 1500\text{m}$ )ときは、需要量の大きい需要点の周囲で、スーパーマーケット: YYの近くに配置した。また、提案モデルの

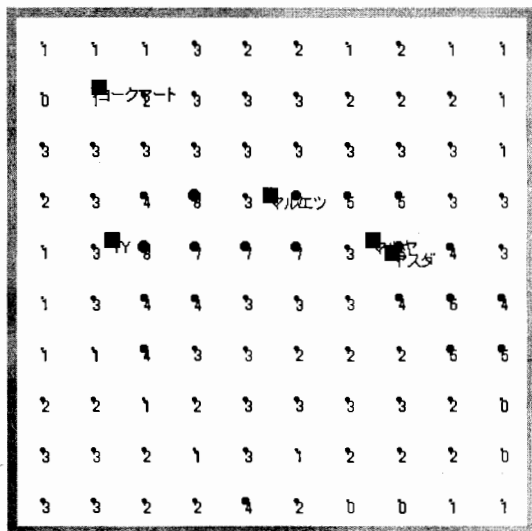


図2. 既存のスーパーマーケットの配置と各需要点の需要量

表1. 既存スーパーマーケットの各属性の評価

買物施設	価格	品揃え	駐車場	品質
ヨークマート花野井店	3.3	3.2	3.3	3.2
マルエツ北柏店	3.3	3.3	3.4	3.3
マルヤ北柏店	3.4	2.6	3.3	3.0
ヤスタ北柏店	3.4	2.6	3.0	3.3
YY北柏店	3.4	2.6	3.0	3.3

最大移動距離が長い（図中の番号：4… $\theta = 2000\text{m}$ ，5… $\theta = 2500\text{m}$ ）ときと既存モデル（図中の番号：6）のときは同じ配置となり、スーパーマーケット：ヤスダのすぐ隣に配置した。

次に、既存の引力型モデルと最大移動距離を考慮した引力型モデルによる最適配置を図4に示した。引力型モデルを用いた最適配置は全体的に中心に近く、需要量の大きい場所に配置する傾向がある。これも決定論的効用モデルと同様、最大移動距離 $\theta$ が大きくなると既存モデルと提案モデルの最適配置は変わらなかった。これは、最大移動距離 $\theta$ が2000m以上のとき、ほとんどの需要点で最大移動距離内に施設が存在したからでだろう。

## 7. おわりに

本研究では、競合型施設配置問題に最大移動距離を考慮したモデルを提案し、千葉県柏市松葉町付近のスーパーマーケットを例題として最適配置を求めた。顧客それぞれの移動距離がわかればスーパーマーケットを配置するうえで参考になるのではと思われる。実際に自分の直感で新しくスーパーマーケットを配置するとしたら、引力型モデルの配置とだいたい同じ場所に配置するだろう。最大移動距離を考慮したモデルは、距離に対して厳密な制約を置くので、施設の魅力より距離をより重視したような施設（コンビニエンスストアなど）を対象とする時、より現実的なモデルになるのではないかと思う。施設の配置場所は、道路の状況により買物のしやすさも変わってきたりするし、人によって施設の評価をどのくらい重視するか違ってきいたりするので、厳密な最適配置とまでは言えるものではないが、新しく施設を配置するうえで目安になるのではないかと思われる。実際にその地域に住む人にアンケートをとり、分析をおこなってから提案モデルを適用すればより現実的な立地点が得られると思う。

## 【参考文献】

- [1] Drezner,Z.(Ed): **Facility Location**, "A Survey of Applications and Methods", Springer-Verlag, pp.285-300 (1995)
- [2] 柏市:「柏市統計書」(平成9年度)
- [3] 柏商工会議所, 柏市商店会連合会:「柏市商圈調査実施要領」(平成8年度)

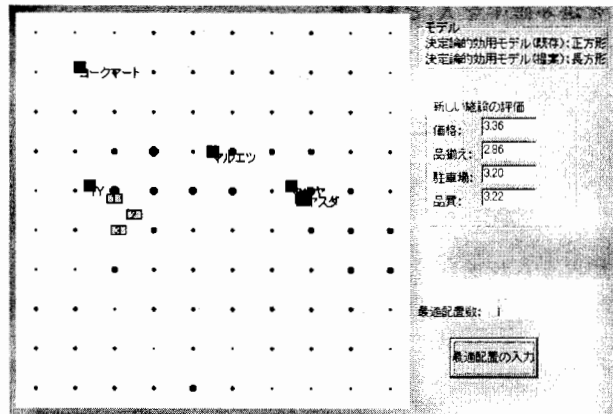


図3. 既存モデルと提案モデルの最適配置（決定論的効用モデル）

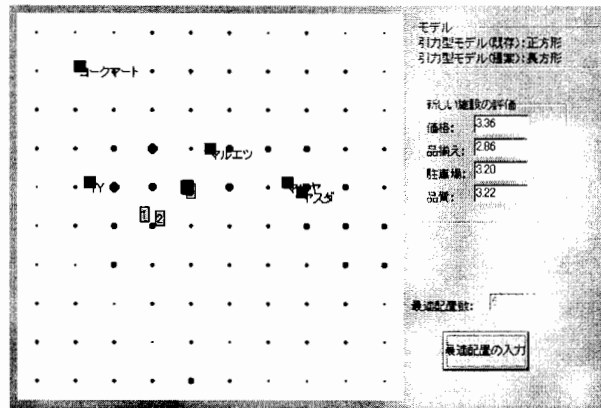


図4. 既存モデルと提案モデルの最適配置（引力型モデル）