

# 公立図書館配置問題

富盛 由子 (沼田 一道 助教授)

## 0. はじめに

私達は、地域に存在する様々な施設を利用して生活している。私達が利用するような施設は、大きく分けて、利益を求めて商業活動を行う営利施設と、国や県などが管理する公共施設である。

地域に新しく施設を建設しようとする際、営利施設では既に存在する同種のライバル施設の魅力や配置を考慮し、より大きなマーケットシェアを獲得できる場所に新規施設を建設しようとする。一方公共施設では、同種の施設を考慮し、便利になる利用者が多くなるような場所、あるいは最も遠い利用者の移動距離が最小となる場所、といったように主として利用者の移動距離を考慮した場所へ施設を建設すると考えられる。しかし、そのような場所へ公共施設を配置した場合の利用者数は予測し難い。それは、実際は利用者が、距離だけでなく他の魅力（施設の雰囲気、規模等）によっても利用する施設を変えられると思われるからである。

本研究では、神奈川県川崎市内に新しく公立図書館を一つ配置する問題を考える。施設の利用者は距離の近い施設を選ぶものと仮定し、最も不便な利用者の不便さが最小となるように、配置場所を求め、次に配置後の新規図書館が、どれくらい利用者を集めるのかを考察し予測する。これらの手順と結果は、公共施設を建設する場合の規模や魅力度を計画する際の目安として役立つと思われる。

## 1. 公共施設配置問題

地域に施設を建設する際、どこに配置すると"良い"のかを求めるのが施設配置問題であり、"良さ"の尺度は、建設する施設の種類や建設条件により、様々である。公共施設配置問題とは、それらのうち公共施設（ポスト、交番、公立小学校等）を扱う場合の施設配置問題であり、主に利用者の移動距離を基準とした配置を求める。

### 一 公共施設配置問題を扱う上での本研究の前提

- ・ 地域を平面と仮定し、それを格子状に分割した近似地域で考える
- ・ 距離は直線距離で考える。
- ・ 利用者は格子の中心に存在するとし、それらを需要点  $i (i=1, \dots, n)$  で表す。
- ・ 需要点にはデータをもとした需要量を対応させる。
- ・ 同種の既存施設  $j (j=1, \dots, k)$  が存在し、新たな施設を図1で示す建設候補地のどこかに配置する。

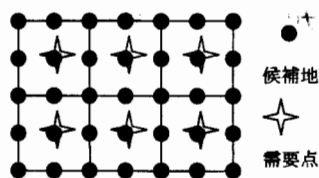


図1. 需要点と建設候補地の位置関係

## 2. 新規図書館の配置場所の求め方

需要点における全ての利用者は、最も近くの図書館を選ぶという仮定のもと、最寄りの図書館までの距離が一番大きい需要点におけるその距離を、できるだけ小さくするように新規図書館を配置する。すなわち、図書館の利用圏はボロノイ図を構成する。[5]

### 一 新規図書館配置の定式化

既存図書館の配置場所を  $j_1, j_2, \dots, j_k$  とする。また新規図書館の配置場所を変数  $j$  で表わす。需要点  $i$  から施設点  $J (J \in \{j_1, \dots, j_k, j\})$  までの距離を  $d_{ij}$  で表わすとき  $\min d_{ij}$  が最大となる需要点  $i$  におけるこの値を最も小さくするような  $j$  を、新規図書館の配置場所  $j^*$  とする。これは次式で与えられる。

$$j^* = \arg \min_j (\max_i (\min_{J \in \{j_1, \dots, j_k, j\}} d_{ij})) \quad d_{ij}: \text{需要点 } i \text{ から施設点 } J \text{ までの距離}$$

### 3. 新規図書館配置後のシェアの予測方法

公共施設として配置を考えた新規図書館だが、配置後に実際利用者がどの図書館を利用するかは、スーパーマーケットなどの営利施設と同様、属性（図書館への距離、蔵書冊数等）による魅力によって決まると考えられる。そこで競合型施設配置問題（同種の既存施設が存在するとき、新しく建設する商業施設のシェアが最大となる配置を求める問題）においてシェアを求める際に用いる既存モデルで、公共施設である新規図書館のシェアを予測する。既存モデルは以下に示す。

#### 3-1. 決定論的効用モデル [1]

決定論的効用モデルは、各需要点における利用者が需要点毎に、最大の満足を得るとされる同一の施設を選ぶと仮定する。満足度は、施設の属性の値、属性のウエイト（重視度合）、施設までの距離によって定まる効用関数で表す。つまり利用者は効用値の最も高い施設を選ぶ。この効用関数により、施設のシェアを与える。

##### — 決定論的効用モデルの定式化

施設  $J$  の  $p$  番目属性の属性値を  $Q_{Jp}$ 、 $p$  番目属性に対するウエイトを  $w_p$  とすると、需要点  $i$  からみた施設  $J$  の効用関数  $U_{ij}$  は、次のように定式化される。施設点  $j^*$  に配置された新規施設のシェア  $M(j^*)$  は、効用関数の値と需要点  $i$  での需要量  $B_i$  をもとに以下の式で与えられる。

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

$$M(j^*) = \sum_{i \in \{i | U_{ij} < U_{ij^*}\}} B_i$$

$p$ : 属性番号 ( $p = 1, \dots, m$ )  
 $Q_{Jp}$ : 施設  $J$  の属性値  
 $i$ : 需要点 ( $i = 1, \dots, n$ )  
 $j$ : 既存施設 ( $j = 1, \dots, k$ )  
 $w_p$ : 属性  $p$  のウエイト  
 $j^*$ : 新規施設  
 $B_i$ : 需要点  $i$  における需要量

#### 3-2. 引力型モデル [1]

引力型モデルは、施設の吸引力（利用者を引きよせる力）が施設の魅力に比例し、需要点と施設の距離の累乗に反比例すると仮定する。そしてその吸引力の比例配分により施設のシェアを与える。

##### — 引力型モデルの定式化

需要点  $i$  に位置する顧客が施設点  $j^*$  に配置された新規施設を選ぶ確率  $F_{ij^*}$  は、施設の魅力と施設までの距離、及び距離の重視度  $\lambda$  により次のように定式化される。新規施設  $j^*$  のシェア  $T(j^*)$  は以下のように、需要量  $B_i$  に確率を需要点ごとに掛けたもので与えられる。

$$F_{ij^*} = \frac{\frac{A}{d_{ij^*}^\lambda}}{\frac{A}{d_{ij^*}^\lambda} + \sum_{j=1}^k \frac{E_j}{d_{ij}^\lambda}}$$

$$T(j^*) = \sum_{i=1}^n B_i F_{ij^*}$$

$A$ : 新規施設の魅力  
 $E_j$ : 既存施設  $j$  の魅力  
 $d_{ij^*}$ : 需要点  $i$  と新規施設  $j^*$  の距離  
 $\lambda$ : 距離の重視度  
 $j$ : 既存施設 ( $j = 1, \dots, k$ )  
 $B_i$ : 需要点  $i$  における需要量

ただし

$$A = \sum_{p=1}^m w_p Q_{j^*p}$$

$$E_j = \sum_{p=1}^m w_p Q_{jp}$$

### 4. 数値実験

#### 4-1. 対象地域と対象施設

対象地域を神奈川県川崎市の川崎市全域（33 km × 9.5 km 内）とし、需要点間距離を 1.5 km とする。各需要点における需要量は、データをもとに人口で与える。[2] 対象施設は公立図書館（既存市立図

書館8及び分館2)とし、図書館[3]の魅力进行评估する属性は、蔵書冊数、自習室の席数、延床面積、立ち寄り易さとする。この属性値もデータにより与える。なお、川崎市内にある県立図書館は市外からの利用者もいるため対象外とした。

#### 4-2. 属性のウェイト及び評価値

属性のウェイトは、それぞれを一对比較することにより求めた値、距離(1.00)、蔵書冊数(0.68)、自習室の席の数(0.37)、延べ床面積(0.20)、立ち寄り易さ(0.69)を用いる。

属性の評価値は、各属性の最大値を10とした数値とする。立ち寄り易さは特別に、図書館の最寄駅の利用客を、最寄駅への距離で割った値の最大値を10とした数値とする。値は表1に示す。

表1. 属性の評価値(／実際の値)

|       | 蔵書冊数<br>(冊)   | 自習室の席数<br>(席) | 延べ床面積<br>(㎡) | 立ち寄り易さ<br>最寄駅への距離(m)<br>駅の利用客(万人/日) |
|-------|---------------|---------------|--------------|-------------------------------------|
| 麻生図書館 | 7.76/205,633  | 5.55/74       | 3.81/1,346   | 2.84/100・9.2                        |
| 多摩図書館 | 7.59/201,157  | 7.11/107      | 5.52/1,725   | 4.32/100・14.0                       |
| 宮前図書館 | 8.48/224,754  | 5.97/152      | 7.84/1,448   | 0.31/400・4.0                        |
| 高津図書館 | 8.97/237,666  | 9.06/194      | 10.00/2,196  | 0.30/250・2.4                        |
| 橘分館   | 2.88/76,209   | 2.04/6        | 0.31/495     | 0.10/1600・5.0                       |
| 中原図書館 | 10.00/264,962 | 10.00/151     | 7.78/2,425   | 3.18/150・15.5                       |
| 幸図書館  | 6.10/161,537  | 3.45/109      | 5.62/873     | 0.11/700・2.5                        |
| 川崎図書館 | 5.55/146,923  | 4.86/28       | 1.44/1,179   | 10.00/50・16.2                       |
| 田島分館  | 1.82/48,315   | 0.16/12       | 0.62/400     | 0.06/1000・2.0                       |
| 大師分館  | 2.38/63,079   | 2.18/10       | 0.52/530     | 0.25/200・1.6                        |

#### 4-3. 実験

実際地域におけるデータを用いて新規図書館の配置を求め、配置後のシェアを計算するプログラムを作成し、実験を行う。プログラム言語には、Delphi3.1を用いた。

##### (実験1) 公共施設配置問題の

考えに基づき、新規図書館を配置する場所を決める。(実験2) 決定論的効用モデルで求めるシェアと引力型モデルで求めるシェアを、実際のシェアと比較してモデルの優劣をみる。(実験3) 実験2において優れていたほうのモデルを用いて、新規図書館のシェアを予測する。

## 5. 結果と考察

### 5-1. 実験結果

(実験1) 新規図書館の配置は図2のように求まった。ここに配置すると最寄駅(利用客2.5万人/日)まで1100mとなる。(実験2) 各モデルによるシェアを求めたところ、表2のような結果が得られ、実際の値に近い引力型モデルの方が、シェアの予測に適していると分かった。(実験3) 新規図書館の属性を(蔵書冊数 6.15、延床面積 4.35、席の数 5.04、立ち寄り易さ 0.07: 立ち寄り易さは実験1より算出、残りの属性は分館を含む既存図書館の値の平均)とし、優れていた引力型モデルによって、シェアを予測したところ図2のような結果となった。また属性の数値を、図書館の平均値、分館の平均値にそれぞれ変えて同様に実験を行ったところ、表3の結果が得られた。

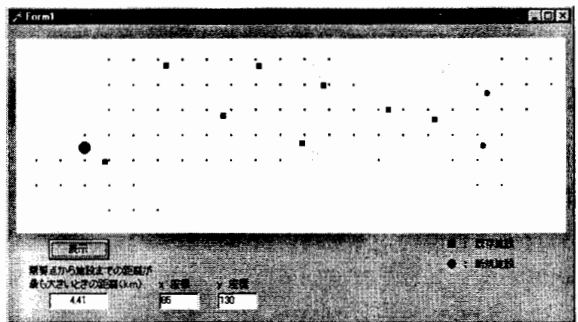


図2. 新規施設の配置

表2. シェア比較によるモデルの優劣 (シェア: %)

|       | 決定論的効用<br>モデル | 引力型モデル | 実際のシェア |
|-------|---------------|--------|--------|
| 麻生図書館 | 13.92         | 11.96  | 17.06  |
| 多摩図書館 | 11.87         | 12.33  | 13.71  |
| 宮前図書館 | 17.58         | 15.31  | 16.30  |
| 高津図書館 | 7.97          | 11.54  | 9.11   |
| 橘分館   | 4.08          | 4.52   | 3.36   |
| 中原図書館 | 15.91         | 15.91  | 13.44  |
| 幸図書館  | 3.91          | 8.24   | 8.12   |
| 川崎図書館 | 20.46         | 14.38  | 14.12  |
| 田島分館  | 1.19          | 2.81   | 2.74   |
| 大師分館  | 3.12          | 3.62   | 2.04   |
| 平均誤差  | 2.33          | 1.49   | —      |

## 5-2. 考察

新規図書館は麻生図書館の近くの配置となった。麻生図書館のシェアは17.06%と最も大きいため、ここに配置すると主に麻生図書館のシェアが分散されて良さそうだが、麻生図書館との距離が近すぎるところが気になる。新規図書館のシェアの予測では、属性の値を図書館の平均としても5.16%しか望めないで、規模の小さい分館を建設の方が効率的だと思われる。しかし実験2において、新規図書館のシェアに最も関係する麻生図書館のシェアを正確に予測できていないため、信憑性に欠けるかも知れない。

実験2のモデルの比較では、引力型モデルの方が優れている結果となったが、決定論的効用モデルでは需要量が大きく影響するため、需要点の数を増やして更に精密に実験を行えば、結果は変わったということも考えられる。需要量を表す単位も、単純に人口というより、年齢層を限定すると良いかもしれない。

## 6. おわりに

本研究では、公立図書館を新しく建設するとしたらどこに配置するとよいか、またその際のシェアはどれくらいになるのかを検討してきたが、

問題を扱う上で地域が平面であるという大前提があった。この前提は計算する上では仕方ないが、実際はある施設を選ぶというとき、行くまでに急坂があるような施設には行きたくないものだ。また、施設の評価に関しても個人差は否めないし、周囲の環境（近くにデパートがある、学校がある等）その他のことも考えれば、正確にシェアを予測するのはとても難しいと感じた。

今回対象施設を市立図書館にしたのは、市立図書館を利用するのが主に市民に限られるため、対象地域を市内全域にすれば、地続きの周りの地域や施設を考えずにすむからであった。そのため、多少の誤差はあるものの、モデルによって実際のシェアと近い値が求めたのなら良かったと思う。

今後の課題は、施設の魅力を定める属性の数を増やす、多くの人からアンケートをとりウエイトを決める、格子を細かくするなどして、モデルが更に正確な値を出すようにしてから予測することだ。

【参考文献】[1] Drezner, Z. (Ed) : 「Facility Location」 (1995) p. 255~300

[2] 国勢調査結果報告書：「川崎市の人口」(平成9年度)

[3] 川崎市教育委員会：「川崎市図書館活動報告書」(平成9年度)

[4] 大久保 賢：「最大移動距離を考慮した競合型施設配置問題」

(東京理科大学工学部経営工学科卒業論文 平成10年度)

[5] 岡部 篤行・鈴木 敦夫：「最適配置の数理」 [6] 村上 宣寛：「やさしいDelphi」

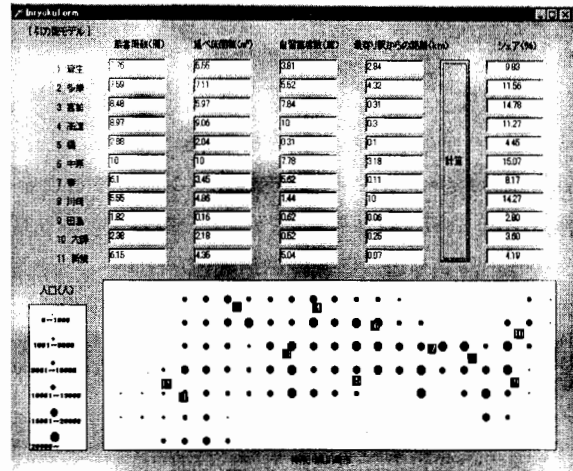


図2. 引力型モデルによるシェア予測

表3. 属性による新規図書館シェア予測値の変化

|       |       | 全図書館平均 | 図書館平均 | 分館平均  |
|-------|-------|--------|-------|-------|
| 属性    | 蔵書冊数  | 6.15   | 7.78  | 2.36  |
|       | 延べ床面積 | 4.35   | 6.57  | 1.46  |
|       | 席の数   | 5.04   | 6.00  | 0.46  |
| 麻生図書館 |       | 9.83   | 9.39  | 11.06 |
| 多摩図書館 |       | 11.56  | 11.37 | 12.04 |
| 宮前図書館 |       | 14.78  | 14.65 | 15.11 |
| 高津図書館 |       | 11.27  | 11.20 | 11.44 |
| 橋分館   |       | 4.45   | 4.43  | 4.50  |
| 中原図書館 |       | 15.07  | 15.10 | 15.20 |
| 幸図書館  |       | 8.17   | 8.15  | 8.22  |
| 川崎図書館 |       | 14.27  | 14.24 | 14.34 |
| 田島分館  |       | 2.80   | 2.79  | 2.81  |
| 大師分館  |       | 3.60   | 3.60  | 3.62  |
| 新規図書館 |       | 4.19   | 5.16  | 1.63  |