

# 保護者と子供の通いやすさを考慮した保育所の最適な配置モデルに関する研究

伊能 由佳（沼田 一道 教授, 松浦 隆文 助教）

## 1. はじめに

### 1.1. 研究の背景

保育施設における待機児童の問題は2001年頃から顕在化し、待機児童数は大都市圏を中心に2010年4月1日時点で26,275人に達している[1]。待機児童とは認可保育所に申請したが施設が不足しているため入所できない児童のことである。待機児童のうち82%は0～2歳児である。待機児童が発生する原因として、働く女性が増加して保育の需要が増えていること、大都市圏に人口が集中して保育所の設置が間に合わないこと、幼稚園から保育所への需要シフト等が挙げられる[2]。保育所は三歳未満の児童も受け入れ、保育時間も長いことから需要シフトが生じていると考えられる。待機児童の問題に対して国と自治体は協力して質と量の両面から保育施設を充実させようとしている。具体的な施策の一つとして、マンションの一室や空き家などの賃貸物件に保育所を配置することが行われている。この方式は変動

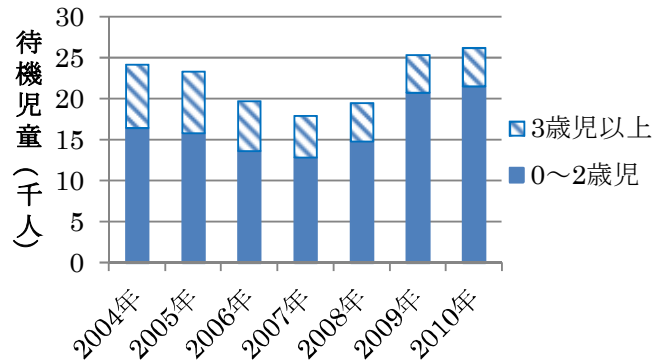


図1：待機児童数の推移

する保育の需要に柔軟に対応できると考えられており力が注がれている。賃貸物件を利用する場合、保育所の設置場所は、候補地点付近の同業保育園の稼働状況、保育所としての環境条件、設置費用などの観点から選ばれている[3][4]。本研究では、子供と保護者双方の「通い易さ」の観点から候補点を絞るモデルを検討する。モデルでは、保護者と子供の移動軌跡が一般に異なることを考慮する。

図1は、2004年から2010年までの待機児童数の推移を示す積み上げ棒グラフである。縦軸は待機児童数（千人）で0から30まで表示されている。横軸は年（2004年から2010年）を示している。グラフは2つの年齢層に分類されている：0～2歳児（濃い青）と3歳児以上（薄い青）。0～2歳児の数は年々増加傾向にあり、2010年には約22千人に達している。3歳児以上の数は比較的安定しており、約4千人から8千人の範囲で推移している。

### 1.2. 研究の目的

本研究では賃貸物件の利用を前提とし、保育所利用の際の子供と保護者の移動軌跡が同一でないことを考慮した保育所配置のモデルを提案して、その有効性を検討する。

## 2. 提案モデルと状況設定

### 2.1. 利用者(子供と保護者)の通い方

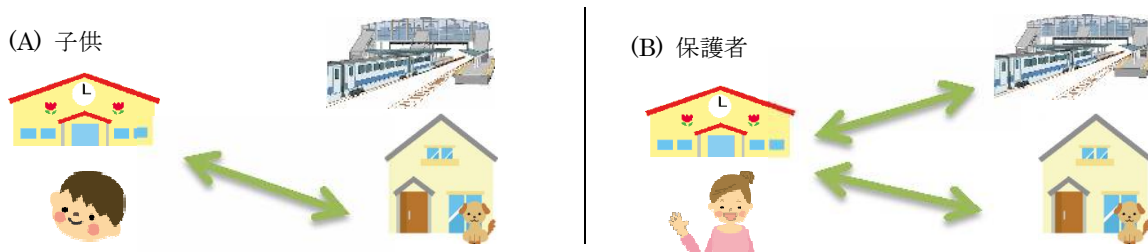


図2：子供と保護者の通い方の違い

子供と保護者の移動パターンを考える。子供は家から出発し保育所に通う(以下直接型と言う)。一方保護者は、家から保育所を経由して通勤するために駅に向かう(以下立ち寄り型と言う)[5][6]。両者の通い易さは一般的には両立しないため、各々の通いやすさを重視する度合い「子供重視度」と「保護者重視度」を設けて配置を求める。

## 2.2. 基本モデル —minisum 型と minimax 型—

子供と保護者の移動距離の重み付き和が短くなることを目的としたモデル 2 つ提案する．一方は minisum 型の施設配置モデルであり、「子供と保護者の移動距離の重み付き和の総和を最小にする」ことを目指す．もう一方は minimax 型の施設配置モデルであり、「子供と保護者の移動距離の重み付き和が最大となる家庭のその値を最小にする」ことを目指す．

## 2.3. 本研究の状況の設定

ある領域に、一人の待機児童を抱えている家庭(以下、需要点)  $i(i = 1, 2 \dots m)$ 、保育所配置候補点(以下、候補点)  $k(k = 1, 2 \dots p)$  および駅  $j(j = 1, 2 \dots n)$  が存在している．但し需要点は駅を中心とした半径 1.5km 以内には存在しないとする．各家庭は、家から一番近い距離にある駅を使用するものとする．配置する保育所数  $E$  と保育所の定員数  $Q$  は、 $E$  と  $Q$  の積が家庭の数より大きくなるように設定する ( $E \times Q \geq$  需要点数)．待機児童を抱えている家庭は開設されたいずれかの保育所を必ず利用するものとする．その他の定数は以下の通りである．

- $c_{ik}$  : 需要点  $i$  と候補点  $k$  間の距離 ;
- $g_{ij}$  : 家庭  $i$  が駅  $j$  を使用している(1)か否か(0) ;
- $d_{kj}$  : 候補点  $k$  と駅  $j$  間の距離 ;
- $\alpha$  : 子供重視度( $0 < \alpha < 1$ ), 保護者重視度 :  $(1 - \alpha)$  ;

## 3. 定式化

2.3 節の状況で、保育所の設置と家庭の割当てを minisum 型 / minimax 型基準で決定する問題は、以下のように定式化される．決定変数は、第  $k$  候補点に保育所を設置する(1)か否か(0)を表す  $x_k$  と、第  $i$  家庭が第  $k$  候補点に設置した保育所を利用する(1)か否か(0)を表す  $y_{ik}$  である．

$$\min. \quad f(x) \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^m y_{ik} \leq Qx_k \quad (k = 1, 2, \dots, p) \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^p y_{ik} = 1 \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^p x_k = E \quad (4)$$

(1)式は目的関数であり、minisum 型の時  $f(x) = f_1(x)$ 、minimax 型の時は  $f(x) = f_2(x)$  である．

$$f_1(x) = \alpha \left( \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p c_{ik} y_{ik} \right) + (1 - \alpha) \left( \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p c_{ik} y_{ik} + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^n d_{kj} y_{ik} g_{ij} \right) \quad (1-1)$$

$$f_2(x) = \max_{i=1, 2, \dots, m} \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^n \{ \alpha (c_{ik} y_{ik}) + (1 - \alpha) (c_{ik} y_{ik} + d_{kj} y_{ik} g_{ij}) \} \quad (1-2)$$

(2)~(4)は制約条件である．(2)式は設置した保育所に定員数までの家庭を割当ててられることを表している．(3)式は、各家庭はただ一つの保育所を利用することを表している．(4)式は保育所を  $E$  箇所に設置することを表している．(1-1)式は minisum 型の目的関数であり、 $\{\alpha \times (\text{子供の総移動距離}) + (1 - \alpha) \times (\text{保護者の総移動距離})\}$  を表している．(1-2)式は minimax 型の目的関数であり、 $\{\alpha \times (\text{子供の移動距離}) + (1 - \alpha) \times (\text{同じ家庭の保護者の移動距離})\}$  が最大になる家庭の移動距離を表している．

## 4. 数値実験

待機児童が一番多い市町村である横浜市神奈川区を参考にし、3 節で定式化したモデルの定数を与え、実験を行う．実験に用いた架空都市エリアを図 3 に示す．縦 5 km × 横 10 km の長方形領域を一辺 250m の格子に分ける．需要点は格子点 21 × 41 の 100 点、候補点は格子の中央点 20 × 40 の 110 点、駅はエリアの中央に横並びで 5 駅を与えている．保育所の定員数  $Q$  は 30

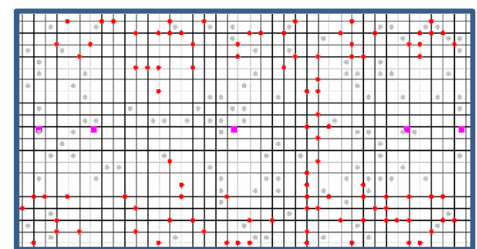


図 3 : 架空都市

人，設置数 $E$ は4箇所とする．この設定で， $\alpha$ を0から0.1刻みで1.0まで変え計11回試行した．求解には汎用MIPソルバーGurobi4.5.0[7]を用いた．

#### 4.1. 結果・考察

図4に minisum 型の結果を示す．線は利用者の1人1人の移動を表しており，保育所の配置場所は白丸で表している．図4より， $\alpha$ の値を0から1に大きくしていくと保育所の配置は駅(黒四角の5点)の付近から住宅の中に徐々に移動する結果になった．つまり保護者重視だと駅の付近に保育所が設置され，子供重視だと住宅街の中に設置された．minimax 型の結果を図5に示す． $\alpha$ の値がいくつであっても2つの保育所の配置は都市の端となった．残り2つの保育所の配置場所は中央部に無規則に配置された．次に結果を数値で比較してみる．図6に minisum 型(実線)，minimax 型(点線)それぞれの最適解における子供(薄線)，保護者(濃線)の移動距離を別々に表した．minisum 型の場合は平均移動距離，minimax 型の場合は移動距離の重み付き和が最大値となる家庭の移動距離である．minisum 型の平均移動距離は， $\alpha$ が増加すると子供の平均移動距離が減少し，保護者は増加する．同じく minimax 型の最大移動距離も， $\alpha$ が増加すると子供の最大移動距離は減少し，保護者は増加する．これは2つのモデルとも両者の重視度が反映された妥当な結果である．

両方のモデルで解いたところ minisum 型は平均移動距離が小さくなるが一人一人の移動距離のバラつきは大きくなる．一方 minimax 型は移動距離のバラつきが小さくなるが平均移動距離は大きくなってしまふ．ここで，移動距離の重み付きの和が最小な保育所への家庭の割当てを，ベストな割

当てと呼ぶとして，表1にベストな割当てがされていない家庭の数を示した．minisum 型では平均5件の結果になったが，minimax 型では平均13件と多くなる．minimax 型の目的関数は，子供と保護者の移動距離の重み付き和が最大となる家庭のみしか考慮されていない．よって最大値に達しない他の家庭の割当てがベストではない結果になっている．以上の結果を踏まえ，minisum 型と minimax 型の両方を考慮し

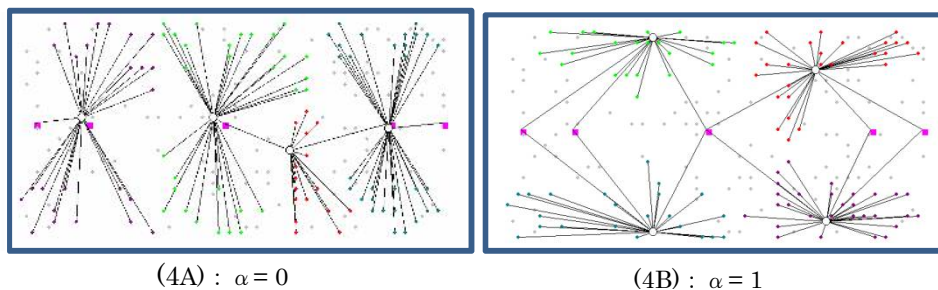


図4 : minisum 型

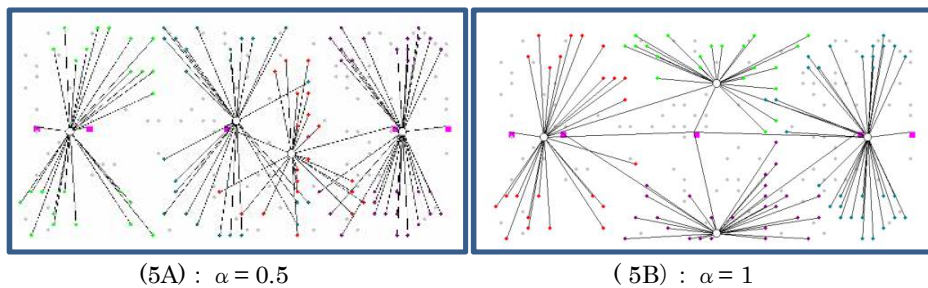


図5 : minimax 型

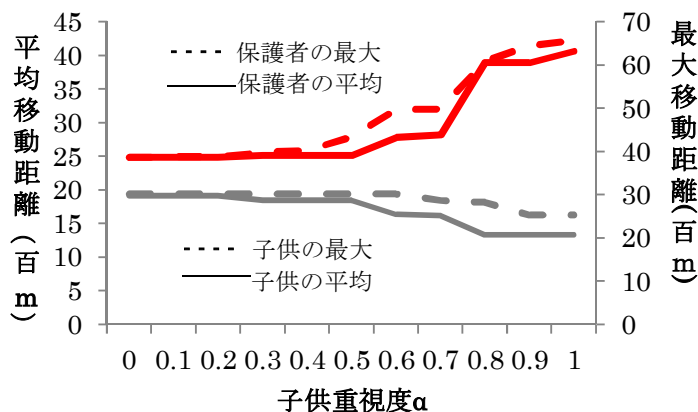


図6 : 子供重視度と利用者の移動距離の関係

たモデルを提案する.

#### 4.2. mix 型モデルの提案

minimax 型で求めた最大移動距離の重み付き和の最適値を, 各家庭の移動距離の重み付き和の上限

とする制約条件を minisum 型に加え, これを mix 型とする. 例えば図 5B の場合,  $f_2^{opt}(x) = 3222.5$  だったので以下のように制約する.

$$\sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^n \{ \alpha \times (c_{ik}y_{ik}) + (1 - \alpha) (c_{ik}y_{ik} + d_{kj}y_{ij}g_{ij}) \} \leq 3222.5; (i = 1, 2, \dots, m) \quad (8)$$

同じ仮想エリアの設定を minisum, minimax, mix 型の 3 つのモデルで解いた. 表 2 に  $\alpha = 0.5$  の時の結果を示す. mix 型だと minisum 型よりもバラつきが改善され, minimax 型より平均移動距離が短くなり, ベストでない割当て件数も改善された. mix 型は両方のモデルの良さを取り入れたモデルと言える.

表 2 : 3 つのモデルの比較

	minisum	mix	minimax
子供の平均移動距離	1841	1850	1975
保護者の平均移動距離	2512	2541	2671
最大値の家庭の子供の移動距離	3087	3025	3025
最大値の家庭の保護者の移動距離	4423	4423	4335
最小値の家庭の子供の移動距離	176	176	397
最小値の家庭の保護者の移動距離	1507	1570	1637
ベストな割当てがされていない家庭	3	3	18

#### 5. まとめと課題

賃貸物件を用いた保育所設置と, 利用者の多くが有職者である事実を踏まえ, 子供と保護者双方の通いやすさを考慮した保育所の「配置-割当てモデル」を提案した. 保育所は直接型と立寄り型の両方の性質を有するので, それぞれの移動距離に対する「重視度」を導入して対処した. 提案モデルの基盤は, 全体の移動距離を短くする minisum 型と移動距離の公平性を追求する minimax 型の施設配置モデルであるが, さらに, minimax モデルで重み付き移動距離限界を求め, それを minisum 型モデルに制約として加えた「mix モデル」を新たに提案した. このモデルは, minisum 型より家庭ごとの移動距離のバラつきが少なく, minimax 型より平均移動距離が短い配置-割当てを与える. 提案モデルに環境条件や設置費用を取り込むことは今後の課題である.

#### 参考文献

- [1] 厚生労働省保育所入所待機児童数: <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r98520000014191.html>(最終閲覧日 2011/08/30).
- [2] 厚生労働省信待機児童ゼロ作戦: <http://www.mhlw.go.jp/houdou/2008/02/h0227-1.html>(最終閲覧日 2011/08/30)
- [3] 保育所・保育園の開業支援: <http://n-skuld.com/fund/> (最終閲覧日 2011/12/18) .
- [4] おうち保育: <http://www.ouchi-hoikuen.jp> (最終閲覧日 2011/12/18) .
- [5] 羽鳥映子「立ち寄り型施設の配置問題に対する解法の研究」平成 21 年度東京理科大学経営工学科卒業論文.
- [6] 星野創太「ドミナント戦略下での Maximin 型施設配置モデルに関する研究」平成 22 年度東京理科大学経営工学科卒業論文.
- [7] Welcom to Gurobi Optimazation, <http://www.gurobi.com/> (最終閲覧日 2012/01/13).