T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題	待機児童問題解消に向けた保育需給のマルチエージェントモデルによる分析
著者	財津駿平, 吉川厚, 寺野隆雄
出典	第17回MASコンペティション論文集
発行日	2017, 5

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

待機児童問題解消に向けた保育需給のマルチエージェントモデルによる分析

財津駿平　吉川厚　寺野隆雄

東京工業大学　情報理工学院　情報工学系知能情報コース

1. はじめに

近年，保育所に入所申請しているにも関わらず，入所できず入所を待機している状態にある児童が増加している．そういった児童らは待機児童と称され，待機児童の増加が引き起こす諸問題を統括して待機児童問題と呼ぶ．待機児童問題が深刻化している都心では，保育所に児童を預けられないばかりに就業を断念したり，やむを得ず育児休暇を延長したりする女性も少なくない．近年の少子高齢化による労働力人口減少への懸念から，これらの問題に対して早急な対策が必要であることが示されている[1].

厚生労働省によると待機児童数は 2010～2014 年度の間，保育所定員増加により減少傾向にあったが，2014 年度以降再び増加している[2]．2016 年 4 月，保育所定員は全国で 263 万人，保育所等を利用する児童の数は 246 万人とされ，待機児童は 23，553 人存在すると報告されている[2]．保育所の定員数は年齢別に設けられ，一般的に低年齢児ほど受け入れ人数は少なめに設定されている．そのため，定員枠の少ない低年齢児は保育所に入所する際に不利となることが指摘されている[2]．実際に待機児童の内訳を年齢別に見ると，2016 年 4 月では 0 歳児が 15．7%，1，2 歳児が 71．1%，3 歳以上児は 13．2%となっており，0～2 歳の低年齢児の占める割合が圧倒的に高い[2]．待機児童問題を解消する上で，低年齢児の受け入れ拡大は一つの対策として挙げられる．

政府は 2013 年 4 月に「待機児童解消加速化プラン」を策定し，2019 年度末までの 5 年間で新たに 50 万人分の保育供給量を確保し，待機児童解消を図っている[3]．2013～2015 年間では約 30 万人の受け入れを確保しており，1，2 歳児の保育所等利用率は 35．1%(2014 年 4 月)から 41．1%(2016 年 4 月)に推移している．しかし，全体としての保育供給量は増加しているが，依然として待機児童数は増加傾向にある．その原因として，今まで保育所に入所申請しなかったが，保育供給量の増加により入所を希望するようになった潜在待機児童の存在や，片働きだった世帯の共働きへの移行による保育需要の増加が挙げられている．しかし一方で，保育供給量の増加によって設置された保育所の立地に問題があるとする意見もある[4]．新規に設立する保育所の立地検討を適切に行うことで，待機児童解消につながるとされる．つまり，待機児童問題の背景には低年齢児の受け入れ枠の不足といった需要と供給のギャップだけでなく，通園・通勤といった点から入所可能な保育所が周囲に見つからないといった地理的なミスマッチが存在すると考えられる．待機児童解消を目指す上では，保育供給量の増加に関して，地理的なミスマッチを考慮した施設の立地が求められると言える．

そこで本稿では，待機児童解消を目指した新規保育所立地に関する設立計画の立案支援システムを構築することを研究目的とする．そのために地域の保育需給をモデル化し，新規の保育所設立により待機児童状況に与える変化について評価及び検討することが必要になる．しかし実際には，都市の中の事象は相互に作用し合っており，保育所の立地がどのような動的な変化を地域に与えるかについては不明瞭である．そこで本稿では，新規の保育所設立により都市の待機児童状況に与える変化について，マルチエージェントシミュレーション(MAS)を用いて，エージェントの行動ルールからボトムアップ的に評価及び検討を行った．

2. 関連研究

待機児童問題に対してシミュレーションを取り入れた研究は，過去を遡っても多くはない．瀬川・貞弘[5]は GIS を用いて保育時間の延長や新規保育施設の配置など，保育施設改善に関する複数の要因を扱えるシステムを構築している．瀬川らは利用者の平均移動時間を最小化する地点を新規施設立地の候補として挙げている．しかし，保育所の定員や入所希望者の動向などが考慮されておらず，待機児童解消に向けて最適な立地とは判断できない．新規保育所の立地を議論する上で，移動時間最小化に代わる基準が必要であることが示唆される．

2.1 アクセシビリティ

アクセシビリティとは，目的地やサービスへの到達しやすさ，もしくは利用のしやすさとを示す．アクセシビリティの定義は研究者により様々であるが，基本的な概

念は前述するとおりである．アクセシビリティは，都市計画，交通計画，施設計画等の分野で多くの研究者によって研究されている．増山[6]は人口分布と生活利便施設へのアクセシビリティとの関係を明らかにし，讃岐・吉川[7]はガソリンスタンドを対象に，近隣住民のアクセシビリティを地図化し，定量化している．近藤[8]らは地震などの自然災害に対しても，都市間連結性，及びアクセシビリティの維持を可能とする道路網・医療施設整備計画問題を構築している．これらのようにアクセシビリティに関する研究は地域住民の生活利便及び公共施設等利用に着目したものが多く存在する．

2.2 保育所アクセシビリティ

上記のように，生活利便施設，医療施設に適用したアクセシビリティに関する研究は行われてきたが，保育所に関連する研究はあまり行われてこなかった．しかし，待機児童問題や女性の社会進出等に伴って，積極的に行われるようになった．川端[9]は保育所の「需給」と「空間」の両ミスマッチを表現可能な保育所アクセシビリティ指標を提案している．保育所の定員とその周囲に存在する利用者人口を元に，地域毎のアクセシビリティを以下のように定式化している．

$$A_i^{\alpha} = \sum_{j:\, d_{ij} < d_0} \frac{S_j^{\alpha}}{\sum_{k:\, d_{jk}} r^{\alpha} P_k^{\alpha}} \qquad (1)$$

ここで，αは児童の年齢，A_i^{α}は居住地iの保育所アクセシビリティ，S_j^{α}は保育所jの定員，d_{ij}は居住地iと保育所jの道路上距離，d_{jk}は居住地kと保育所jの道路上距離，d_0は通園限界距離，rは保育所需要率，P_kは居住地kの人口をそれぞれ表している．上式の分母は，ある保育所から通園限界距離内に住んでいるα歳児のうち，当該保育所への通園を希望する割合(需要率)を掛けた需要数を表している．分子は当該保育所のα歳児の定員を表している．ある地域の保育所アクセシビリティは，当該地域から通園限界距離内にある全ての保育所に関して，分数の値を合計したものとなる．保育所アクセシビリティが 1 のとき保育需給は均衡，1 未満の場合は需要超過，1 より大きい場合は供給過多を表す．鈴木ら[10]は保育所アクセシビリティを名古屋市緑区に適用し，既存の手法の課題を抽出している．また，マーケットデザインの一手法であるマッチング理論を応用し，待機児童の発生数及び空間分布を集計し，保育所アクセシビリティと待機児童を関連付けている．しかし，入所者選考の際，距離の近い者が優先されている点やエージェントごとの希望保育所への選好などが考慮されていない．そこで本稿では保育所の入所選好にランダム性を加え，エージェントごとに希望保育所への選好順位を取り入れ，より現実に近い保育需給モデルを構築した．

3. モデル

本稿では，汎用型マルチエージェント・シミュレータ「artisoc｛(株)構造計画研究所｝[11]」を用いてモデルを構築する．モデルは意思決定主体としての人間(児童)エージェントとそのエージェントが保育所を選択，入所を行う場としてのセル型仮想都市で構成されている．

3.1 セル型仮想都市

セル型仮想都市とはセルオートマトンの手法を用いて作成した格子状の都市モデルである．セル型仮想都市の概要図を Fig.1 に示す．各格子には，人口や年齢構成，施設数や世帯数などさまざまな都市情報を属性値として持たせることが可能である．仮想都市上において意思決定主体であるエージェントは，格子に含まれる都市情報を参照しながら，定義されたルールを実行する．

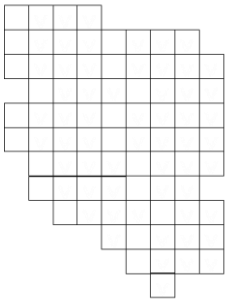

Fig.1 : セル型仮想都市概要図

本稿では 20×20 の格子状空間を仮想都市とおき，シミュレーションを行った．1 つの格子は 500m×500m のメッシュを想定している．つまり，本シミュレーションでは 10km×10km の都市を想定している．また，仮想都市上には児童エージェント，保育所エージェント，駅が存在する．このとき，児童エージェントは入所する保育所を決定する保護者と，実際に入所する 0 歳から 4 歳の児童がいる世帯として認識する．

3.2 エージェント

本稿におけるセル型仮想都市では，保育所を利用する保護者及び児童と，児童たちに保育サービスを供給する保育所をエージェントとした．本シミュレーションでは，

保育需給をモデル化することから，児童エージェントは一定期間過ぎると保育に対する需要を消去しなければならない．また，出生などで新しい需要が生み出される必要がある．そこで，本シミュレーションでは，児童エージェントは毎ステップ一定数発生し，一定ステップ経過すると消滅するよう設定している．

2.2.1 児童エージェント

児童エージェントは誕生年と誕生月を属性として保有し，保育所に入所申請する際には自分の年齢にマッチしたクラスを選択する．また，入所する保育所を選択する際は以下の基準に従うものとする．

$$\text{Min. } L_{ij} \qquad (2)$$

$$\text{s.t. } L_{ij} \leq R_i$$

または，

$$\text{Min. } L_{ij} + L_{jk} \qquad (3)$$

L_{ij}は児童エージェントiから保育所エージェントjまでの距離，L_{jk}は保育所エージェントjから駅エージェントkまでの距離，R_iは児童エージェントiの通園限界距離をそれぞれ表している．これは，自宅から近い施設に入所を希望する保護者と通勤などの際，駅の途中にある施設に入所を希望する保護者を表現している．児童エージェントは上記の基準に従い，第三志望まで入所申請を行うものとする．入所申請は1step毎に行い，入所選考に通過したとき，次のstepからは入所申請を行わないものとする．入所選考を通過できなかった場合，志望順位は変えず毎step入所申請をし続ける．

2.2.2 保育所エージェント

保育所エージェントは年齢別に保育受け入れ定員数を属性として保有する．第一節で述べたとおり，実際の保育所の定員数には年齢毎に差異がある．本シミュレーションでは0歳児は3名，1歳児は6名，2歳児は8名，3，4歳児は10名まで受け入れるよう設定している．保育所エージェントは入所希望者から入所選考を行い，入所者を決定する．その際，一度入所選考を通過させた児童には，次年度の定員枠を与えるものとする．つまり，一度入所させた児童に関しては，児童の保育需要が消失するまで入所させ続けるという形をとる．

3.3 エージェントの行動ルール

児童，保育所エージェントの行動ルールのフローチャートを Fig.2 に示す．児童エージェントはそれぞれの基準に従い，希望の保育所に入所申請をする．入所申請は最大3つの施設に提出することができる．その際，その施設の志望順位を明らかにする．保育所エージェントはあらかじめ設定された定員数を満たすまで，希望者の中から入所者をランダムに選出する．このとき，志望順位の高い希望者を優先的に選出するものとする．具体的には，第一志望で入所申請してきた児童の人数をカウントし，定員を上回っている場合はその中から入所者を決定(ランダム) し，定員に満たない場合は全員を選考通過させる．その後，第二，第三志望の順で定員を満たすまで同じ試行を行う．

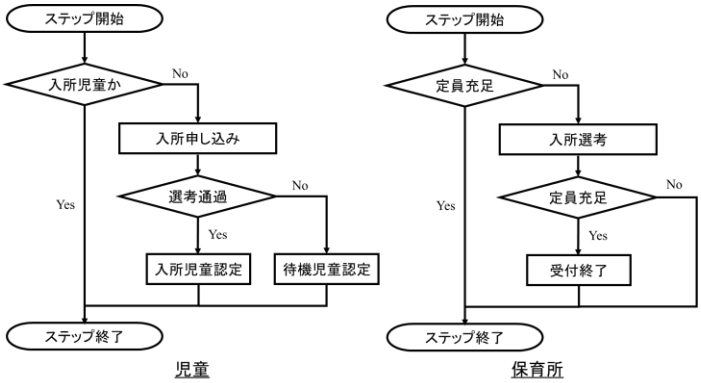

Fig.2 : エージェント行動ルール

4. シミュレーション

実際の保育所の入所選考は一月毎に行われることから，本シミュレーションでは1stepを1ヶ月とする．12stepごとに年度が更新し，児童エージェントは1つ年上のクラスに繰り上がる，または希望する．Fig.3はシミュレータのキャプチャ画面である．シミュレーションは240step(20年間)行い，保育所に入所できた児童数の平均値を結果として出力する．シミュレーションのパラメータ設定をTable 1に示す．通園限界距離に関して，鈴木ら[10]が示したアンケート結果から2500m(5格子)を設定し，定員数は年齢毎に費やすコストが均等になるよう決定した[12]．本稿では以下のパラメータを用いて全シミュレーションを行うものとする．

Table 1：各種パラメータ

児童数	500
保育施設数	30
駅数	15
通園限界距離	5
0歳児定員数	3
1歳児定員数	6
2歳児定員数	8
3歳児定員数	10
4歳児定員数	10

Fig.3：シミュレータのキャプチャ画面

4.1 エージェント選好変化

児童エージェントの希望保育所の選好基準が変化することにより，入所児童数がどのように変化するかを検討するため，以下に示すケース毎にシミュレーションを行った．

・ケース 1：全ての児童エージェントが(2)式に従い，希望保育所を決定する．
・ケース 2：児童エージェントは(2)，(3)式どちらかに従って希望保育所を決定する．(このとき，どちらに従うかは等確率で決定される)
・ケース 3：全ての児童エージェントが(3)式に従い，希望保育所を決定する．

エージェントが(3)式に従って，希望保育所を決定する際，通勤で利用する駅は自宅から一番距離の短い駅とする．(2)式に従うエージェントは片働き世帯，もしくは保護者が自宅近くの勤務地で就業している世帯を想定している．(3)式に従うエージェントは遠方の勤務地で就業している共働き世帯を想定している．

4.2 新規保育所設立

新規保育所の設立基準が変化することにより，都市全体の入所児童数がどのように変化するかを検討するため，以下の手順に従ってシミュレーションを実施した．

<u>ステップ 1：初期配置</u>

20 の保育所を仮想都市上にランダムに配置する

<u>ステップ 2：新規設立</u>

設立基準に従い，10 の保育所を新規に設立する

これは待機児童問題削減を目指し，ある都市に保育所を増設する際に，どの地区に建設するかを決定している場面を想定している．出力された待機児童数の変化に着目し，各設立基準の優劣を評価する．本シミュレーションで用いる設立基準を以下に示す．

・基準 1：ランダムに設立
・基準 2：保育所アクセシビリティが低い地域に設立
・基準 3：周辺の待機児童数が多い地域に設立

基準 1 では重複しないよう，保育所をランダムに設立する．基準 2 では第 2 節で述べた保育所アクセシビリティを各格子について算出し，値の低い格子に優先して保育所を設立する．基準 3 では各格子について通園限界距離内に存在する待機児童の人数をカウントし，人数の多い格子に優先して保育所を設立する．

4.3 シミュレーション結果

シミュレーションにより得られた結果を Fig. 4~7 に示す．Fig.4~6 は縦軸に入所児童数，横軸に年齢を示しており，年齢別の入所児童数をケース毎に表している．0_age は 0 歳児の入所児童数を表しており，1_age, 2_age, 3_age, 4_age も同様である．グラフ中の凡例case1, case2, case3 はエージェントの選好変化ケース 1，ケース 2，ケース 3 時の入所児童数をそれぞれ表す．Fig.4 は新規保育所設立基準 1 を元に新規保育所を設立しており，また同様に Fig.5 は基準 2, Fig.6 は基準 3 を元に設立している．Fig.7 は縦軸に総入所児童数，横軸にエージェント選好を示しており，総入所児童数を新規保育所設立基準毎に表している．case1，case2，case3 はエージェントの選好変化ケース 1，ケース 2，ケース 3 時の入所児童数をそれぞれ表す．グラフ中の凡例 criteria1，criteria2，criteria3 は新規保育所設立基準 1，基準 2，基準 3 時の入所児童数をそれぞれ表す．

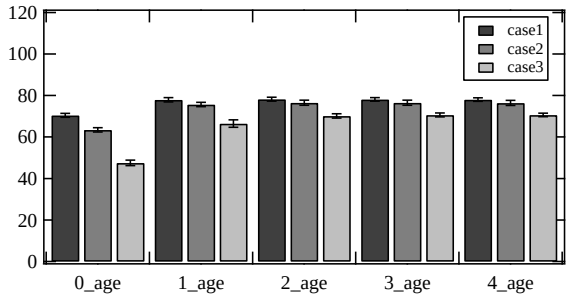

Fig.4 : エージェントの選好による年齢別入所児童数変化(基準 1)

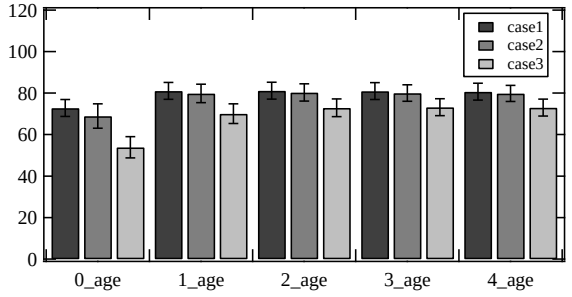

Fig.5 : エージェントの選好による年齢別入所児童数変化(基準 2)

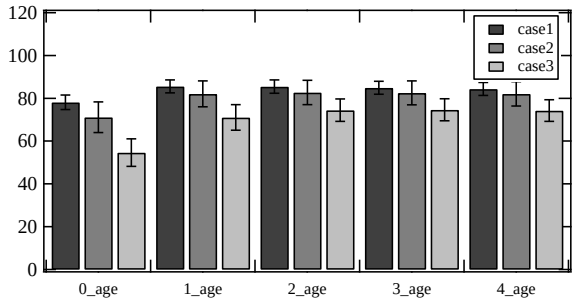

Fig.6 : エージェントの選好による年齢別入所児童数変化(基準 3)

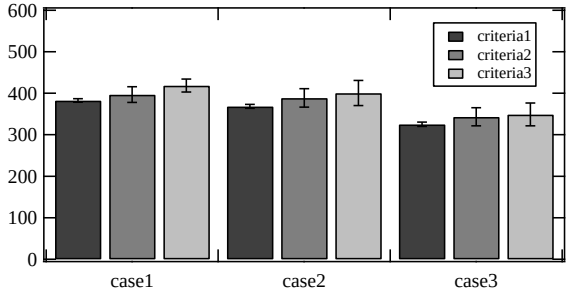

Fig.7 : 新規保育所設立基準による総入所児童数変化

Fig.4~6 より，どの新規保育所設立基準にもおいても，ケース 1，ケース 2，ケース 3 の順に入所児童数が減少していることがわかる．つまり，自宅付近の保育所を選択するエージェントが多いほど，全体として保育所に入所できる人数が増加することが示される．理由として，通勤に利用する駅の途中にある保育所を希望するエージェントが多くなると，駅付近の保育所に希望が集中し，保育所に入所できる児童が全体として減少することが考えられる．これより，保育需要がある世帯の中で，自宅近くの保育所を利用する世帯の割合を増加させることで，待機児童解消につながることが示唆される．Fig.7 より，エージェントの選好に関わらず，基準 1，基準 2，基準 3 の順に入所児童数が増加していることがわかる．これより，新規保育所を設立する際，無作為な配置とアクセシビリティや地域毎の待機児童数を考慮した配置では，全体の保育供給量は同一であるが，入所児童数に差異が生じることが示される．また，地域毎の待機児童数を考慮して新規保育所を設置する方法と，地域毎の保育所アクセシビリティに着目して設置する方法とでは，前者の方が全体としての入所児童数が若干多いことが判明した．

5. おわりに

本稿では，待機児童解消を目指した適切な新規保育所立地の評価及び検討を研究目的とし，地域の保育需給を MAS によりモデル化した．それにより，新規の保育所設立により待機児童状況に与える変化について検討した．本シミュレーションによって得られた結果を以下にまとめる．

- 駅への通勤途中にある保育所へ入所申請する保護者が増加すると，駅付近の保育所へ応募が集中して，全体としての入所児童数は減少する．
- 新規保育所を設立する際，地域のアクセシビリティや待機児童数を考慮した場合，無作為に設立する場合に比べて入所できる児童数が増加する．

今後の課題として，都市の人口分布の見直しが挙げられる．本シミュレーションでは，出生は都市全体で一様に行われ，人口の流出入なども存在しない．つまり，都市全体が居住地として機能し，出生と死亡(除外)以外，人口動態に影響を与えないようなモデルとなっている．よって，世帯の居住分布や他地域からの人口流出入による人口動態を考慮する必要がある．保育所の整備環境を目当てに子育て世帯が移住してくる可能性や，その逆で他地域に移住する可能性を考慮することで，現実に即したモデルを構築することが可能となる．

その他の課題として，エージェント間の相互作用を考慮することが挙げられる．希望の保育所を決定する際，同じコミュニティに属するエージェントの選考の影響を受ける，保育園へ入所する確率を高めるため周囲の申請状況を察知して，志望順位を変更する，などエージェント間のコミュニケーションによる選好の変化を取り入れる必要があると考えられる．また，エージェント間で保育所の評判などの情報を共有することで，特定の保育所への魅力が増減し，志望順位に変化をもたらすなど，保育所の評判が伝播することで，保育所の応募状況が変化する可能性も考慮しなければならない．

謝辞

本研究の一部は，FOST の助成を受けた．記して，謝意を表したい．また，本研究で構築したシミュレーションモデルは，株式会社構造計画研究所より教育目的による無償貸与サービスを利用して借用した artisoc academic 4.0 を利用しています．ご厚意に感謝いたします．

参考文献

[1] “第 1 部　第 6 章　日本社会の直面する変化や課題と今後の生活保障のあり方” 厚生労働省：平成 24 年版厚生労働白書-社会保障を考える-，2012
[2] 厚生労働省：保育所等関連状況取りまとめ，2016
[3] 厚生労働省：待機児童解消加速化プラン，2016
[4] 宮澤仁：東京都中野区における保育所へのアクセス可能性に関する時空間制約の分析，地理学評論，71A-12，859-886，1998
[5] 瀬川祥子，貞弘幸雄：GIS を利用した保育施設計画立案支援システムの開発，GIS―理論と応用，Vol. 4，No. 1，pp. 11-18，1996
[6] 増山篤：人口分布と生活利便施設へのアクセシビリティの関係を分析する制約付きランダマイゼーション・テスト，日本都市計画学会 都市計画論文集，No. 45-3，2010
[7] 讃岐亮，吉川徹：ガソリンスタンドのアクセシビリティ評価と施設撤廃の影響評価，日本建築学会計画系論文集，Vol. 77 No. 673，639-648，2012
[8] 近藤竜平，塩見康博，宇野伸宏：アクセシビリティと連結信頼性を考慮した道路網・医療施設計画モデル，土木計画学研究・論文集，Vol. 27 No. 3，2010
[9] 河端瑞貴：保育所アクセシビリティ-東京都文京区の事例研究-，CSIS Discussion Paper No. 99，2009
[10] 鈴木温，鈴木和佳奈，栗田歩：アクセシビリティ指標に基づく保育所待機児童の発生評価に関する研究-名古屋市緑区を例に-，土木学会論文集 D3，Vol. 71 No. 5，I_375-I_385，2015
[11] 山影進：人工社会構築指南 ～artisoc によるマルチエージェント・シミュレーション入門～，2007
[12] 福田素生：保育サービスの供給について―費用面からの検討を中心に―，季刊・社会保障研究，Vol. 36，No. 1，2000