

公営住宅入居者募集方法の改善に関する研究 A study on improving recruiting system of public housing

37-146131 小川倫

Present recruiting system of public housing does not satisfy strategy-proof condition, and therefore it may not be efficient and fair. In this study, to remedy this situation, a method called Random Serial Dictatorship is introduced to the recruiting system and its effect is investigated. The effect varies according to the similarity of the applicants' preferences for houses, the extent of mistakes of the strategy of applying, and the number of houses the applicants can apply for.

1. はじめに

1.1 研究の背景と目的

公営住宅は低所得者向け住宅として重要であり、その需要は大きい、多くの自治体は財政事情等により公営住宅のストックを増やすことが難しい状況にある。よって、現状の公営住宅ストックの効率的な利用が求められている。

以上の状況を踏まえ、本研究の目的は応募者への公営住宅の配分をより望ましいものとするような募集方法について検討することとする。

1.2 先行研究の整理と本研究の新規性

小野寺（2006）、小山・吉田（2007）は公営住宅ストックの再編についての研究である。伊藤・浅見（1997）、宇都・浅見（2000）は公営住宅応募者の応募行動を検証しており、後者は家賃体系についての考察も加えている。大家（2013）は横浜市営住宅における「募集方法の制度改正」の効果を検証している。

本研究の新規性は、公営住宅入居者の募集方法そのものに関する検討を、マッチング理論を応用して行うことにある。大家（2013）で検討されている「募集方法の制度改正」は主に住宅の募集区分の再編であり、募集方法そのものの変更ではなかった。本研究で検討する募集方法については2章で詳述する。

マッチング理論から見た本研究の位置づけについて述べる。マッチング理論とは金銭のやり取りを介さない場合の非分割財の配分方法についての理論で、2.2 節で説明する均等確率優先順位ルールもこの理論の産物である。マッチング理論の研究の多くはプレイヤーの選好を順序のみで考慮し、マッチングアルゴリズムの性質をパレート効率性、安定性、耐戦略性などで評価するものである。本研究のように以下の全てを満たす研究は見当たらない。

- ・ 均等確率優先順位ルールを扱ったもの
- ・ 期待効用を考慮したプレイヤーの戦略を扱ったもの
- ・ プレイヤーの戦略ミスを考慮したもの
- ・ プレイヤーが全ての選択肢の選好順序を表明しない場合を考慮したもの

マッチング理論は、医師研修制度や学校選択制度などに応用されてきたが、公営住宅への応用例はこれまでにない。

2. 入居者募集方法の詳細な検証

2.1 現在の募集方法

現在の募集方法では、応募者はそれぞれただ1つの住宅に応募し、各住宅について抽選により当選者が決定する。また、表1に示すような優遇されるべき応募者については、当選確率が引き上げられることになっている。

表1 横浜市営住宅の優遇制度

優遇される応募者	当選確率
片親世帯、高齢者世帯、障害者世帯、多子世帯、…	3 倍
5 回連続落選	10 倍
6 回以上連続落選	20 倍

この募集方法の問題点は、耐戦略性を満たさないことである。つまり、応募者にとって、自らの第一希望の住宅に応募することは必ずしも最適な戦略ではない。なぜなら、当選確率を考えた場合、自らが希望する人気の住宅より、比較的人気の低い改善の住宅に応募するほうが期待効用を高める可能性があるためである。逆に言えば応募者が最適な戦略をとるためには各住宅の当選確率を推定する必要があるが、それは難しいと考えられる。その結果として、以下のような問題が起きている可能性がある。

- ・ 戦略ミスによる非効率が生じている
- ・ 戦略の上手下手による格差が生じている

- ・ 優遇されるべき応募者が潰し合ってしまう、優遇制度が生かされていない

2.2 均等確率優先順位ルール

前節で指摘した問題点を解決する可能性のある方法として、均等確率優先順位ルールを紹介する。それは以下のような方法である。

1. 各応募者は、1 つではなく複数の住宅について順位をつけて応募する。例えば、3 位まで応募する制度であれば「1 位：住宅 A, 2 位：住宅 B, 3 位：住宅 C」などと応募する。
2. 抽選により、応募者の優先順位を決定する。このとき、優遇される応募者はその優遇倍率のぶんだけより上位に来る可能性が高いものとする。
3. その優先順位にしたがって、応募者を順番に住宅に割り当てていく。例えば、優先順位 1 位の応募者は彼が 1 位に応募した住宅に入居する。優先順位 2 位以下の応募者は、彼が 1 位に応募した住宅がその時点で空いていればそこに、空いていなければ 2 位以下に応募した住宅の中で空きのある最も上位の住宅に入居する。

均等確率優先順位ルールは、以下の性質を満たすことが知られている。

耐戦略性：応募者は自分の選好順序を正直に申告することが最適な戦略である。

パレート効率性：実現する配分はパレート改善されない。

しかし、これらの性質が成り立つのは応募者が全ての選択肢について選好順序を表明する場合に限られる。公営住宅の場合、選択肢は非常に多く、応募者に全ての住宅について選好順序つきで応募させるのは非現実的だと考えられる。

本研究の仮説は、均等確率優先順位ルールを導入して応募者により多くの住宅について選好順序つきで応募させるで、前節で挙げた問題点が解決されるというものである。つまり、

- ① 仮に応募者の戦略ミスが存在する場合でも、より適切なマッチングが実現し、全体の効用が増加する。
- ② 応募戦略の上手下手による格差が減少する。
- ③ 優遇される応募者がより有利になる。

2.3 分析の手法

次章以降で均等確率優先順位ルールの効果を検証していくが、その際に説明変数として以下

の 3 つを考える。

- ・ 応募者の住宅選好の分布
- ・ 応募者の戦略ミスの度合い
- ・ 応募住宅数

応募住宅数とは、均等確率優先順位ルールにおいて応募者に順位をつけて応募させる住宅の数のことである。応募住宅数が 1 のときは、従来の方法に等しい。

評価基準として効率性と公平性を考える。効率性とは応募者全体の平均効用もしくは効用の総和のことである。公平性については後述する。

以上の視点のもとで、以下に述べる 2 種類の分析を行う。3 章で行うのは単純な場合における分析で、これは住宅も応募者も 2 種類しかないケースを扱う。手法としてゲームの理論を応用した数学的な分析を行う。4 章で行うのは複雑な場合の分析で、住宅も応募者も多種類いるケースである。手法としてシミュレーションを用いる。

3. 単純な場合における分析

3.1 状況設定

応募者と住宅について以下のように定義する。

応募者：1, 2

住宅：A, B

応募者 1, 2 の数：2N

住宅 A, B の数：N

応募者 i の住宅 j に対する効用： b_{ij}

($i = 1, 2 \quad j = A, B$)

つまり、応募者と住宅が 2 種類ずつ、応募者数が住宅数の 2 倍という状況である。

応募者の住宅選好の分布として、以下の 2 つの場合を考える。

応募者の住宅選好が似ていない場合

$$b_{1A} = 6, b_{1B} = 4$$

$$b_{2A} = 4, b_{2B} = 6$$

応募者 1 は住宅 A を好み、応募者 2 は住宅 B を好む。つまり、応募者の住宅選好が真逆の場合である。

応募者の住宅選好が似ている場合

$$b_{1A} = 7, b_{1B} = 3$$

$$b_{2A} = 6, b_{2B} = 4$$

応募者 1, 2 とともに住宅 B より住宅 A を好むが、応募者 1 のほうがより極端に住宅 B を嫌い、住宅 A を好む。つまり、応募者の住宅選好順序は同一だが、その強弱が異なる場合である。

希望しない住宅に当選する当選者が増えるため、

3.2 応募者の行動の分析

応募住宅数が1つのとき（従来の方法）

応募者は1つの住宅にしか応募できないため、より期待効用の大きい住宅に応募するという戦略的行動をとる。ただし確率 p で応募する住宅の選択を誤るとする。つまり p は応募者の戦略ミスの度合いを表すパラメタである。

以上のような状況のもとで、進化ゲーム理論の枠組みを用いて応募者1,2それぞれについて住宅A,Bそれぞれに応募する割合の均衡値を求めた。そこから、実現される住宅配分と、応募者1,2及び全体の平均効用を計算した。平均効用を以下のように表現する。

応募者1の平均効用： $E_1(u_1)$

応募者2の平均効用： $E_1(u_2)$

応募者全体の平均効用： $E_1(u)$

応募住宅数が2つのとき

（均等確率優先順位ルール）

応募者が全ての住宅について順位を表明する均等確率優先順位ルールであるから、これは耐戦略性を満たす。つまりここでは戦略ミスは起こらず、全ての応募者が自分の選好順に応募することになる。そのとき、実現される住宅配分と、応募者1,2及び全体の平均効用を計算した。平均効用を以下のように表現する。

応募者1の平均効用： $E_2(u_1)$

応募者2の平均効用： $E_2(u_2)$

応募者全体の平均効用： $E_2(u)$

3.3 分析結果

応募者の住宅選好が似ていない場合

応募者全体の平均効用は、 p が十分小さいときは $E_1(u) > E_2(u)$ 、 p が十分大きいときは $E_1(u) < E_2(u)$ となった。つまり、応募者の平均効用の観点からみて均等確率優先順位ルールの導入は、戦略ミスの度合いが小さいときは悪い効果を生み、戦略ミスの度合いが大きいときは良い効果を生むことが分かった。

その理由は図1に示されている。応募住宅数が1つのとき、 p が小さければ応募者1の多くは住宅Aに、応募者2の多くは住宅Bに応募する（図1左上）。このとき、多くの当選者は自分の希望する住宅に当選するため、効率的な結果が達成されている。しかし p が大きくなると、「戦略ミス」により、住宅Bに応募する応募者1や住宅Aに応募する応募者2が増える（図1右上）。自分の

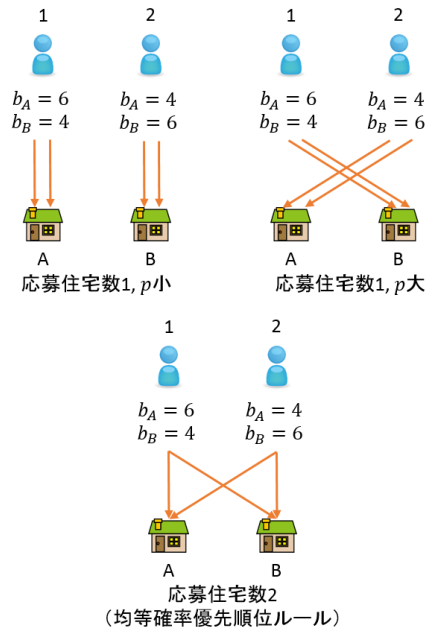


図1 応募者の住宅選好が似ていない場合
の応募行動

これは効率的とは言えない。一方、応募住宅数が2つ（均等確率優先順位ルール）のときは、全ての応募者が自分の希望順に応募し、上述した2つの場合の中間の結果が常に実現する（図1下）。このような理由により、均等確率優先順位ルールは p が小さいときは悪い効果を生み、 p が大きいときは良い効果を生むのである。

なお、いかなる場合も応募者1,2の平均効用は等しい。つまり $E_1(u_1) = E_1(u_2)$ 、 $E_2(u_1) = E_2(u_2)$ である。これは、応募者1,2の立場が完全に対称であるためである。

応募者の住宅選好が似ている場合

p がよほど大きくない限り（正確には $p < 0.4$ のとき）、応募者全体の平均効用は常に $E_1(u) > E_2(u)$ となる。つまり、均等確率優先順位ルールの導入によって全体の効率性は減少する。一方、応募者1,2の効用の差は、応募住宅数が1つのときは $E_1(u_1) > E_1(u_2)$ 、応募住宅数が2つのときは $E_2(u_1) = E_2(u_2)$ である。つまり、均等確率優先順位ルールの導入によって、両者の格差はなくなり、より公平になると解釈できる。ここで言う公平性とは、住宅選好の順序は同一だが強弱が異なる応募者間の公平性である。

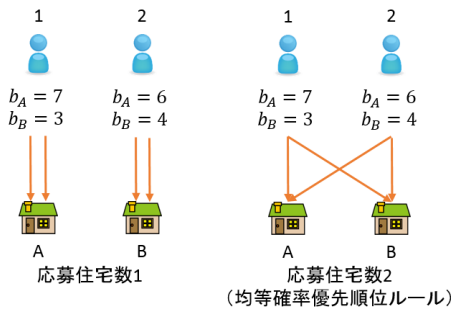


図2 応募者の住宅選好が似ている場合
の応募行動

その理由は図2に示されている。応募住宅数が1つのとき、応募者1の多くは住宅Aに、応募者2の多くは住宅Bに応募する（図2左）。住宅Aをより強く希望する応募者1が住宅Aに入居するため、これは全体として効率的な結果と言える。しかし、同じく住宅Aを希望している応募者2が住宅Bへの応募を強いられている点で、公平性を欠いていると見ることもできる。一方、応募住宅数が2つ（均等確率優先順位ルール）のときは、応募者1,2ともに自らの希望順、つまり住宅A,Bの順に応募する（図2右）。このとき応募者1,2は対等な立場となるものの、全体の効率性は落ちることになる。

以上の分析により、応募者と住宅が2種類の単純な場合において、2種類の住宅選好分布それぞれについて、戦略ミスの度合いが従来方式と均等確率優先順位ルールの結果に及ぼす影響とそのメカニズムを示すことができた。

4. 複雑な場合における分析

4.1 シミュレーションの構成

続いて複雑な場合、つまり応募者も住宅も多種類のケースを考える。手法として、均等確率優先順位ルールによる入居者の募集をシミュレーションで再現する。その構成は図3に示すように、「応募者が住宅に応募→抽選による当選者の決定→応募者が各住宅の当選確率を推定」というサイクルを何度も繰り返すようになっている。このサイクルの中で、応募者は当選確率の推定値を更新し、均衡に近づいていく。もちろん、実際の応募は1回だが、この手法をとることで、当選確率を考慮した戦略的な応募行動を再現しようとしている。

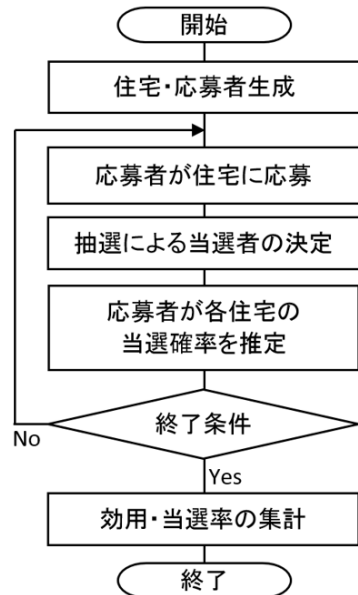


図3 シミュレーションの構成

4.2 シミュレーションの詳細

住宅・応募者生成

応募者を200人、住宅を10個生成する。各住宅の定員は10人とする。つまり応募倍率は2倍である。

応募者 i の、住宅 j の効用 u_{ij} を次式で与える。

$$u_{ij} = \alpha W_j + (1 - \alpha) Z_{ij}$$

ただし、 W_j と Z_{ij} は区間(0,1)の一様分布であり、前者は全応募者に共通の住宅効用、後者は応募者ごとの住宅効用である。 α は、 $0 \leq \alpha \leq 1$ を満たす応募者の選好類似度を表すパラメタである。 α が小さいほど応募者の住宅選好は似ておらず、 α が大きいほど応募者の住宅選好は似ている。

応募者が住宅に応募

各応募者 i は後述する方法で各住宅 j の当選確率 p_{ij} を推定している。それをもとに、期待効用を最大化するように応募する住宅とその順位づけを決定する。

応募者が各住宅の当選確率を推定

当選者が決定すると、各応募者 i は自分以外の応募者の応募住宅と当選・落選に関する情報を集める。そこから、各住宅 j の客観的な当選確率 p'_{ij} を推定する。そして、各住宅 j の主観的な当

選確率 p_{ij} は p'_{ij} の関数として次の式で与える。

$$p_{ij} = \begin{cases} f_1(p'_{ij}) = (1 - (1 - p'_{ij})^{n'})^{\frac{1}{n'}} & \left(\text{確率} \frac{1}{2} \right) \\ f_2(p'_{ij}) = 1 - (1 - p'_{ij})^{\frac{1}{n'}} & \left(\text{確率} \frac{1}{2} \right) \end{cases}$$

ただし n' は区間 $(1, n)$ の一樣分布に従う変数である($n \geq 1$)。

$f_1(x)$ と $f_2(x)$ ($0 \leq x \leq 1$)のグラフは図 4 のようになる。ともに $n' = 1$ のときは x と一致し、 n' が大きくなるほど x との差が大きくなる。つまり、 n は当選確率認知ミス度を表すパラメタである。 $n = 1$ のときは認知ミスがなく、 n が増加するにつれて認知ミスの度合いが増加する。この当選確率の認知ミスにより、応募者の戦略ミスを表

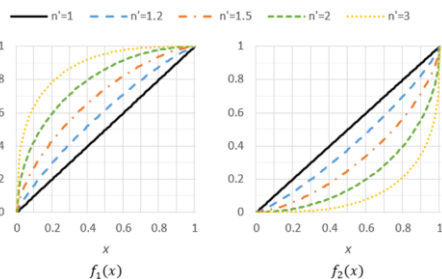


図 4 当選確率認知ミスを表す関数

現しようとしている。

4.3 分析結果

n が全ての応募者で等しく、優遇される応募者がいない場合

応募住宅数・当選確率認知ミス度 n ・選好類似度 α を様々に変えてシミュレーションを実行した。 $\alpha = 0, 0.5$ のときの結果のみ図 5 に示す。

n が小さいとき、 α の値に関わらず応募住宅数が増加すると平均効用は減少する。 n が大きく、 α が小さいときは応募住宅数が増加すると平均効用も増加する。 n も α も大きいときは、応募住宅数の増加が平均効用に与える影響は一樣ではなく、一度減少してから再び増加するという挙動を示す。以上の傾向を表 2 にまとめた。

表 2 応募住宅数増加が平均効用に与える影響

		当選確率認知ミス度 n		
		小	中	大
選好類似度 α	小	↘	↗	↗
	中	↘	↗	↗
	大	↘	↗	↗

つまり、均等確率優先順位ルールが平均効用に与える効果はパラメタによって異なる。これは当初の仮説とは異なる結果である。

しかし、3 章における分析より、均等確率優先順位ルールの導入により公平性は常に上昇していると解釈することができる。ここで言う公平性とは、住宅選好の順序は同一だが強弱が異なる応募者間の公平性である。

n が異なる 2 種類の応募者が混在する場合

続いて、パラメタ n つまり当選確率認知ミス度が異なる 2 種類の応募者が混在する場合について実験した。応募住宅数の増加により、2 種類の応募者の平均効用の差はほぼどの場合でも減少することが分かった。ただし、 α が大きく、応募住宅数が 1 から 2 に増えるときは両者の差は増加した。 $\alpha = 0.25$ で、 n が 1 と 1.5 の応募者が混在する場合の平均効用のグラフのみ図 6 に示す。

つまり、均等確率優先順位ルールの導入により公平性は上昇する。ここで言う公平性とは、応募戦略の上手さに差のある応募者間の公平性である。これは当初の仮説と一致する。

優遇あり応募者と優遇なし応募者が混在する場合

優遇あり応募者と優遇なし応募者を 3:7 の比率で混在させた場合について実験した。なお、優遇倍率は 3 倍である。応募住宅数の増加により、両者の平均効用の差は増加する。つまり、均等確率優先順位ルールの導入により、優遇される応募者はより有利になる。これは当初の仮説と一致する。 $\alpha = 0.5, n = 1.5$ のときのグラフのみ図 7 に示す。

5. おわりに

本研究では、公営住宅の入居者募集方法に均等確率優先順位ルールを導入することの効果について検証し、次のような知見を得た。まず、効用の総和という意味での効率性については、応募者の住宅選好類似度や戦略ミスの度合い、応募させる住宅数などのパラメタによってその効果が異なる。一方、公平性についてはつねに上昇させる効果を持つと解釈できる。ここで言う公平性とは 2 種類あり、住宅選好の順序が同一だが強弱が異なる応募者間の公平性と、応募戦略の上手さが異なる応募者間の公平性である。

また、優遇される応募者はより有利となる。

実際に公営住宅入居者募集方法に均等確率優先順位ルールを導入する場合は、上述したパラメタの値を調べる必要があるだろう。また、効率性と公平性のトレードオフに直面する可能性があるため、それらに対する態度を決定しなければならない。

今後の課題としては、実データを用いた実際の政策への応用などが挙げられる。

謝辞

本研究で構築したシミュレーションは、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 **artiso academic 3.5** を使用しました。東京都都市整備局都営住宅経営部の皆様には、貴重なお時間を割いてヒアリング調査にご協力いただきました。ご厚意に感謝いたします。

参考文献

- 1) 伊藤史子・浅見泰司 (1997) 「当選確率を考慮した住宅地選択行動に関する一考察」, 日本建築学会計画系論文集, 第 500 号, pp.207-212
- 2) 宇都正哲・浅見泰司 (2000) 「応募行動を考慮した公営住宅の応益的家賃体系に関する考察」, 日本建築学会計画系論文集, 第 531 号, pp.237-242
- 3) 大浦宏邦 (2008) 『社会科学者のための進化ゲーム理論—基礎から応用まで』, 勁草書房
- 4) 小野寺一成 (2006) 「住民参加型方式による団地統廃合を含む公営住宅の建替えに関する研究—北九州市 I 地区で行われた建替え事業を事例として—」, 都市計画論文集, No.41-2, pp.65-72
- 5) 鎌田雄一郎・小島武仁・和光純 (2011) 「マッチング理論とその応用：研修医の「地域偏在」とその解決策」, 医療経済研究 23 巻 (1), pp.5-20
- 6) 小山雄資・吉田友彦 (2007) : 「転居の可能性からみた廃止・削減を伴う公営住宅の再編に関する研究」, 都市計画論文集, No.42-3, pp.211-216
- 7) 坂井豊貴 (2010) 『マーケット・デザイン入門—オークションとマッチングの経済学』, ミネルヴァ書房
- 8) 安田洋祐 [編著] (2010) 『学校選択制のデザイン—ゲーム理論アプローチ』, NTT 出版
- 9) Erdil, A. and Ergin, H. (2008) "What's the Matter with Tie-Breaking? Improving Efficiency in School choice", American Economic Review, 98(3), pp.669-689

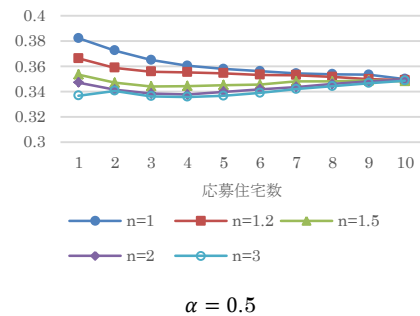
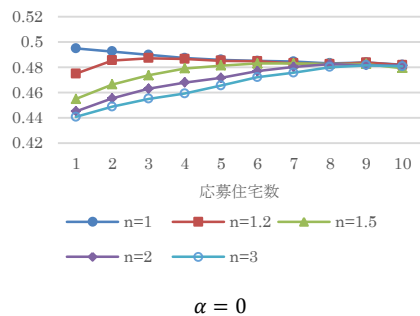


図5 n が全ての応募者で等しく、優遇される応募者がいない場合の平均効用

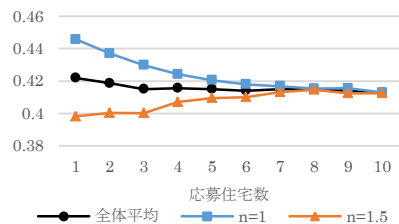


図6 $\alpha = 0.25$ で、 n が1と1.5の応募者が混在する場合の平均効用

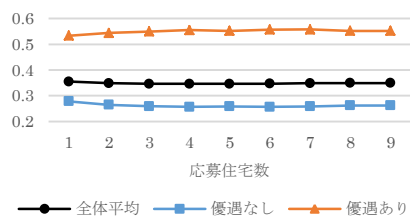


図7 $\alpha = 0.5, n = 1.5$ で優遇あり応募者と優遇なし応募者が混在する場合の平均効用