

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 27 日現在

機関番号：12102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25590029

研究課題名(和文) 公共施設配置における住民投票の意義 - 投票制度は経済効率をどの程度悪化させるのか

研究課題名(英文) Voting Outcomes in Public Facility Location Problems

研究代表者

大澤 義明(Ohsawa, Yoshiaki)

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号：50183760

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：公共施設立地を巡る投票に参加する住民の影響を考察するため、空間を取り込んだ基礎理論を構築した。住民アクセスという距離空間を明示的に取り込んだ単純な公共施設配置モデルを構築し、施設建設について各人の負担する費用(個別合理性)と行政が負担する全住民分の費用(全体合理性)についての比較を数式により明示し投票結果が経済的に最適となる必要十分条件を導出した。庁舎問題に関しては現地建て替えが有利となる2/3以上の同意要件(現在の地方自治法)の非効率性について明らかにした。加えて、実際の関東地域自治体庁舎建設に関して、GISを用いて可視化しながら投票結果の移動効率性の大きさや空間分布に関して分析した。

研究成果の概要(英文)：In order to take account of the impact of voters' spatial location, this project is an attempt to characterize the gap between voting location and optimal one by using a simple public facility location model. First, we derive the necessary and sufficient conditions that the voting outcome coincides with efficient one. Then we give simple examples which reveal the inefficiency of the voting solutions. Third we theoretically demonstrate that the network model can reduce to the linear model, indicating that our findings are applicable to network location problems. Finally, we apply our model to an actual city hall location problems in Kanto Region, Japan, using visualization techniques based on GIS.

研究分野：都市計画

キーワード：政治学 住民投票 シルバー民主主義 経済効率 震災復興 迷惑施設 民主主義 庁舎建設

1. 研究開始当初の背景

庁舎移転は既得権や地域住民調整などから合意形成が難しい。例えば、2012年5月には鳥取市庁舎整備方針を巡って住民投票が行われた。市民は、市が推し進めていた「移転新築」より「現所在地耐震改修」を選んだのである。東日本大震災の被災を受け、関東地方の多くの自治体が庁舎建設に着手している(図1)。庁舎など公共施設の整備には市民同意が不可欠であり、住民投票は直接民主主義の代表的手法である。一方で、自治体経営という観点で費用対効果の視点も重要である。しかし、住民投票による配置が必ずしも経済的に効率的とは言えない。また、福島第一原発事故で発生した放射能廃棄物の最終処分場の立地については、環境省から候補地に選定された自治体からの反発は強い。一時保管場所がほぼ満杯であり処分場建設には賛成だが受け入れ地元は反対しており解決の見通しは立っていない。施設配置に関して効率化と住民投票という合意形成との関係に集中した理論研究は少なく、この標準的民主主義の手続きがどの程度経済的に有効なのかを検証した研究は申請者たちが知る限り無い。

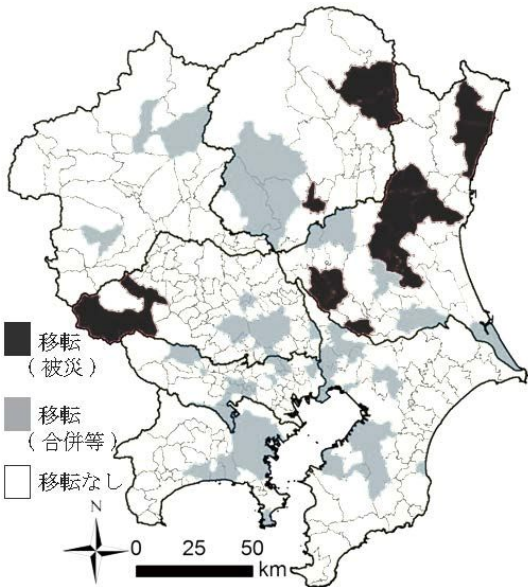


図1 庁舎移転検討自治体(2012年, 関東)

2. 研究の目的

東日本大震災の被災を受け、関東地方の多くの自治体が庁舎建設に着手している。その際に、結果として現所在地建て替えになるとしても、通常その立地場所が最初に検討される。本研究の目的は、庁舎などの便益施設や放射性廃棄物最終処分場などの迷惑施設の配置において、住民投票配置がどの程度経済効率を悪化させるのか、また、経済的に最適である配置へ誘導する投票制度を検討することにある。政治経済学分野で検証される投票制度研究に、施設に対する市民のコストや意識変化が空間上で連続的に変動することを踏まえ、距離などの空間要素を明示的に取り

込むのである。

そこで、本研究では、距離などの空間要素を明示的に取り込んだ二候補地間の線分立地モデルを構築する。効率性指標を住民の総移動距離及び施設建設費で定義し、その最小化問題を考える。最初に、投票配置と最適配置が矛盾する条件を導く。次に、投票配置が総移動距離をどの程度長くするのか、上限を理論的に導出する。さらに、線分上の知見が縮約によりネットワーク上の問題に適用できることを示す。最後に、モデルを現実の庁舎移転事例へ適用する。

3. 研究の方法

(1) 投票配置と最適配置の不一致条件

住民は投票者でもあり施設利用者でもあるとする。次に、施設候補地はAとBの2か所だけであり住民は必ずどちらかに投票する。そして、図2のような線分上に住民が密度関数 $f(x)$ で分布すると仮定する。場所を x 軸で測るとし両候補地がそれぞれ地点 a と地点 b ($a > b$) に位置していると仮定する。よって、両候補地の中点は $(a+b)/2$ となる。最初に、両施設候補地の建設に関わるコストが同一であり、移動費だけで施設選択の判断を行うという単純な状況を考える。投票配置を住民が最寄りの候補地に投票した場合、最大得票を得る候補地とする。最適配置を全住民の総移動距離が最小となる候補地とする。

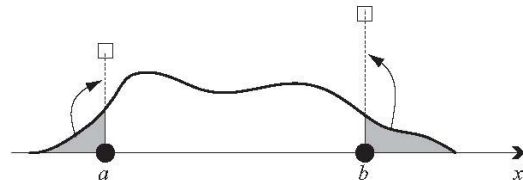


図2 打ち切り住民分布

このとき、投票配置と最適配置が矛盾する条件が、以下の命題にて示される。

命題 1: 投票配置と最適配置が合致しない必要十分条件は、住民の中央値 μ と打ち切り分布の重心の間に、境界点 $(a+b)/2$ が位置することである。

上述の距離だけを考慮していた場合から、議論を一般化し、図3のように、両施設候補地の建設に関わるコストが異なる単純な状況を考える。たとえば、既存施設を活用するコンバージョン方式は、新規建物建設と比較して工期も含めて建設費を大幅に縮減できる。この影響を考慮するために、移動費に建設費を加えて施設選択を決定する。ここでは、建設費についてすべての住民が等しく負担する状況を想定する。標準的な都市経済学に従い、図3のように、一人の住民の費用関数を建設費と移動費との和で定義する。すると、費用関数の数式展開により、以下の命題が得られる。

命題 2: 投票配置と最適配置が合致しない条件は、住民の中央値 μ と打ち切り分布の重心の間に、両候補地への費用が等しくなる境界点 β が位置することと等価である。

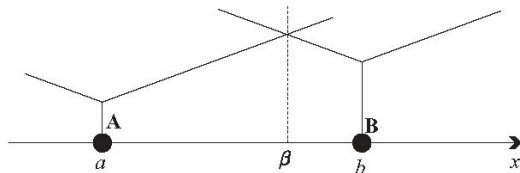


図3 地点 x の費用関数

(2)投票配置と最適配置の評価

ここでは、移動効率に劣る投票配置がどの程度票数を伸ばせるのか、投票配置が移動効率をどの程度まで悪化させるのか、これらを整理する。候補地 A と B が直線上に距離 2 だけ離れ、A に 1 人が、線分の midpoint O からだけ B 寄り地点に M 人が住んでいる状況を考える (図 4)。これは、投票配置 B の最適配置 A に対して、移動効率が最も悪くなるケースとなる状況を設定している。

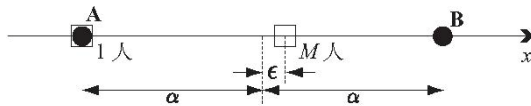


図4 移動効率最悪ケース

このとき、候補地 A を最近隣とする住民数は 1 人、B を最近隣とする住民数は M 人となる。したがって、投票配置が候補地 B となる条件は、 $M > 1$ 。一方で、候補地 A が最適配置となる条件は、住民の総移動距離の大小から、 $\epsilon < 1/M$ である。これらが満たされているもとで、効率比率 Φ と投票比率 Ω を以下のように定義する：

$$\Phi = \frac{(2 - 1/M) + \epsilon}{1 + \epsilon},$$

$$\Omega = M \cdot \epsilon.$$

これらから、次の 2 点の知見が得られる。第一に、 Ω は M の増加関数となる。従って、候補地 A の最適配置条件 $\epsilon < 1/M$ が満たされ、M が大きい状況では、効率に劣る候補地 B が圧倒的多数の票を得ることになる。第二に、効率比率 Φ の上限値を求める。 Φ は ϵ および M の減少関数であるので、 $M > 1$ を固定させ、 ϵ をゼロに近づけることにより

$$\sup(\Phi : 0 < \epsilon < 1/M) = (M+2)/M$$

が得られる。さらに、M も自由に变化させるとし、M を 1 に限りなく近づけることにより、値 3 を得る。すなわち、移動効率が 3 倍も悪い候補地が投票で選ばれるのである。

たとえ移動効率が悪い配置が選ばれたとしても獲得投票数が多ければある程度の移動効率は保証されるはずである。横軸に投票比率 Ω をとり ϵ をゼロに近づけた効率比率の極限をグラフ化したのが図 5 である。図 5 から、投票数が多ければ (図 5 における投票比率の値が大きければ) 投票配置の移動効率の上限が担保されていくことが分かる。なお、M が 1 に近づいたときの 3 倍の移動効率の悪さ

という値も確認できる。

効率比率 (Φ)

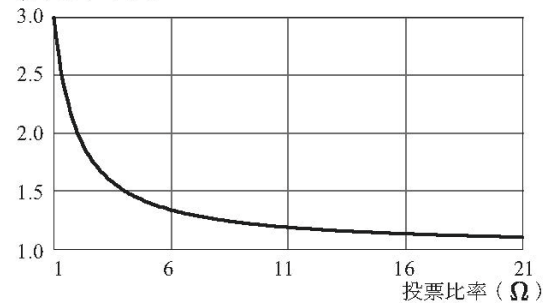


図5 投票比率と総移動距離効率比率

庁舎の位置を変更する際には地方自治法第四条にて議会で 2/3 以上の同意が必要とされている。このハードルは決して低くなく、現地建て替えと移転新築の二択だと、前者の方がかなり有利となる。ここでは議会の意見が民意を完全に反映しているとし、投票配置の非効率性を分析する。図 4 において、候補地 B が現在地るとき投票配置が候補地 B となる条件、つまり、候補地 A が 2/3 以上の同意を達成できない条件は $M > (1/2)$ 。従って、M を 1/2 に近づけることによって、現地建て替えだと移動効率が 5 倍も悪い候補地でさえ投票で選ばれる可能性がある。以上から、現在地が有利な 2/3 以上の同意要件は、移動効率をより悪化させる可能性が高くなることが分かる。これらをまとめると、最悪ケースの想定において以下の命題が得られる。

命題 3: 次のケースが生じうる：(1) 移動効率が劣る候補地が全会一致に近い圧倒的多数で選出される；(2) 移動効率が 3 倍近く劣っても過半数投票を得る；(3) 移動効率が 5 倍近く劣っても 2/3 以上の投票を得る。

(3)ネットワーク上での投票配置と最適配置

現実の移動は道路網のようなノードとリンクから成るネットワークで展開されている。そこで、これまでの一次元上という単純な状況を、非ユークリッド空間である道路網へと一般化する。二つの候補地 A および候補地 B はネットワークのノードに位置し、住民はネットワークのリンクに連続的に分布しているものとする。このネットワークでの立地問題は、数学的証明を経て、両候補地 A、B を結ぶ最短経路 P 上の立地問題に縮約できる。

ネットワークから線分への縮約のメリットは次の 2 点である。第一に、命題 1 ならびに命題 2 がそのままネットワーク上の問題に適用できる。これによって、ネットワークという大規模な空間での投票配置と最適配置との一致性が、線分という単純な一本のリンク上で表現できる。第二に、縮約により線分上に表現された住民分布は、両候補地への移動距離差の分布と実質的に一致する。これはネットワーク上の任意の点を、移動距離差が等しい最短経路 P 上の点に割り付けてお

り、可視化に優れた表現を与える。

ここでは、施設位置や利用者の生データと地理情報システムを用いながら数値分析や可視化作業を実施する。事例としてT市を取り上げる。庁舎の移転候補地として検討されている2ヶ所を候補地A、候補地Bと呼ぶ(図6)。候補地Aでは新築の庁舎、候補地Bでは既存施設を改修するコンバージョン型庁舎が建設される。両候補地は直線距離で500m程しか離れていない。これらの候補地を、[ケース1)移動費のみで評価した場合]と、[ケース2)移動費と建設費の和で評価した場合]、それぞれについて投票配置と最適配置を求める。人口データは2005年国勢調査の500mメッシュデータを、道路データについては日本デジタル道路地図協会発行の全国デジタル道路地図データベースを使用した。図6が利用した道路網である。全住民が投票権を有しており必ず投票すると仮定する。候補地を最近隣ノードへ割り当てる。メッシュ人口は、リンク中心点によるポロノイ領域の比率に応じて、各リンクに配分した。住民は道路網を最短経路で候補地へ移動する。ただし、混雑を考えず、移動速度は国道や主要地方道(図6太線)を表定速度30km/hで移動し、その他の道路(図6細線)を表定速度20km/hで移動することとする。住民は庁舎を等頻度で利用するものとし、庁舎建設にあたって調査したアンケートから市民は平均で年間約7.5回庁舎を利用しているとの数値を用いる。移動は単純な往復とし、使用する時間価値には国交省費用便益分析マニュアル(平成20年)の乗用車の時間価値40.1円/分を使用した。また、新庁舎は移転・再整備後50年間の使用を想定する。

まず、単純な建設費が等しい状況で分析する。各人口代表点から候補地2ヶ所への移動時間を求め、平均移動時間を算出する。そして、投票の際に住民は移動時間の最も小さい候補地に投票するものとし投票数を求める。T市の全人口を候補地間最短経路へ縮約した結果を図7に示す。横軸はノードa(候補地A)からの移動時間を表し、 $x=0$ がノードa(候補地A)を、 $x=1.22$ がノードb(候補地B)を表す。棒グラフ(単位は右側縦軸)では縮約した住民数を示している。この人口分布から中央値は $\mu=0.68$ 、打ち切り分布の平均値は $x=0.57$ となる。候補地Aと候補地Bの midpoint $1=(a+b)/2=0.61$ である。中央値 $\mu=0.68$ は midpoint $1=0.61$ より大きい。一方、打ち切り分布の平均値 $x=0.57$ は midpoint $1=0.61$ より小さい。よって、命題1から、投票配置と最適配置が異なることが分かる。詳細な数値結果を表1の上段に示すが、候補地Aの方が平均移動時間は小さく、候補地Aの方が獲得投票数が多いことが確認できる。

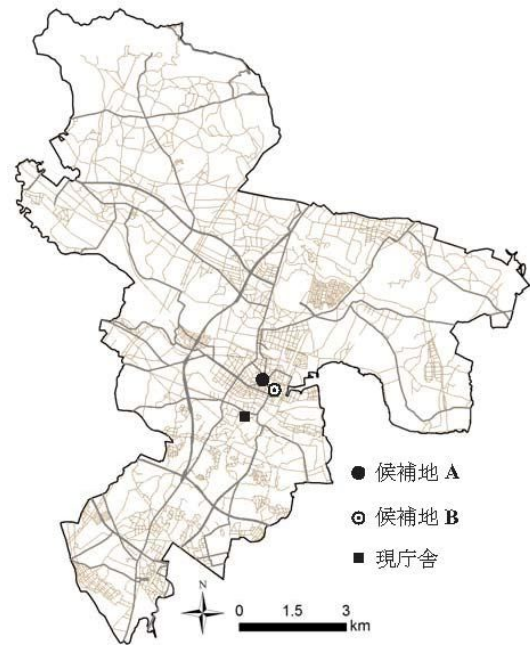


図6 現庁舎位置と両候補地及びT市道路網

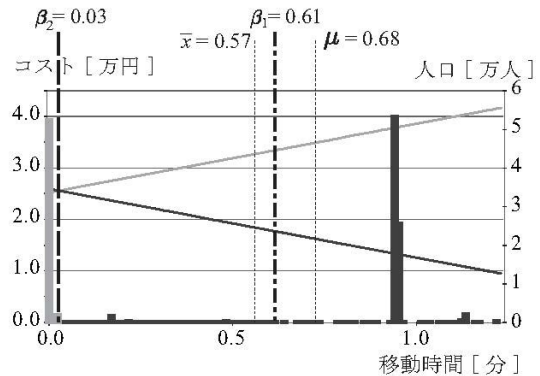


図7 両候補地間道路への縮約

次に、移動費と建設費を取り扱うケースを考察する。候補地Bはコンバージョン型移転により、候補地Aの新築移転と比較して施設コスト(用地取得費・建設費・改修費など)を大きく抑えられた。表2は近年のコンバージョン型庁舎のリストである。立地条件の良さもあり、百貨店からのコンバージョンが多い。T市資料を踏まえ、候補地Aの場合は用地取得・建設にかかる費用を約80億円と仮定した。同様に、候補地Bの土地建物取得にかかる費用を30億円と設定した。移動距離だけで評価するモデルは単純であり分かりやすく第一次近似として有効だが、こういった建設などにかかるコストを加味できず、現実の選定時には重要視されている主要な要素を欠いていた。そこで、移動費と建設費の総和を候補地の評価指標とする。まず、T市の全住民数は141812[人]であり、上述の試算建設費から50年利用想定で社会的割引率に4%を適用し、候補地A建設費35.746[億円]、候補地B建設費13.405[億円]を得る。次に、図7の横軸に対応させるため、 Y を単位移動時間あたりの費用とする。前述した時間価値原単位40.1円/分に50年間の

移動回数(往復で750回分)と社会的割引率4%を用いて計算することで $\gamma = 1.344$ [万円] を得る。

以上のデータを用い、図7の横軸各地点における一人当たり総費用を示したものが図中の直線グラフである(単位は左側縦軸)。候補地Aのグラフは右上がりであり薄線で、候補地Bのグラフは右下がりであり実線で表した。なお、図中の棒グラフも、ケース2において投票する候補地毎に候補地Aは薄色、候補地Bは濃色で表してある。直線グラフの交点となる等費用地点の位置は $B2 = 0.03$ となり、投票圏の境界がケース1の $B1$ と比べて候補地Aよりも大きく移動していることが読み取れる。そのため、中央値 μ ならびに打ち切り分布の重心は、ともに $B2$ の右側に位置する。命題2から、投票配置と最適配置が一致することが分かる。候補地別に、横軸各地点の住民数(棒グラフ)と直線グラフの値を掛け合わせ集計した値が総費用であり、表1の下段に計算数値を示した。候補地Bで総費用が小さくかつ投票数が多いことが確認できる。

表1 T市両候補地の比較

想定	基準	A	B
移動費のみ	獲得投票数(人)	58,754	83,058
	平均移動時間(分)	23.8	24.0
移動費+建設費	獲得投票数(人)	51,263	89,344
	総費用(億円)	263	243

表2 コンバージョン型庁舎

自治体	旧用途	移転時期
杵築市	百貨店	2000年3月
山梨市	工場	2008年11月
むつ市	郊外型SC	2009年9月
石巻市	百貨店	2010年3月
甲州市	百貨店	2011年4月
さいたま市岩槻区	百貨店	2012年1月
北九州市八幡西区	百貨店	2013年5月
栃木市	百貨店	2014年2月
土浦市	百貨店	2015年9月

4. 研究成果

(1) 庁舎など公共施設の整備には市民同意が不可欠であり、住民投票は直接民主主義の代表的手法である。一方で、自治体経営という観点で費用対効果の視点も重要である。投票による配置で総費用が小さくなるという保証は無い。そこで、距離などの空間要素を明示的に取り込んだ二候補地間の線分立地モデルを構築し、次の知見を得た。第一に、投票等によるボトムアップ型の合意形成が、地域全体の面から非効率な選択をする条件を明らかにした。第二に、単純な例や現実都市での計算結果から、投票による選択がどの程

度地域全体の移動距離を長くするのかを定量的に示した。また、現地建て替えが有利となる2/3以上の同意要件の非効率性を数量的に示すことで、地方自治法制度の問題点を明らかとした。これらの知見を、土浦市、筑西市、水戸市、西東京市へ応用し、分析を行った。

なお、紙面の都合上、研究方法を割愛したが、以下のような研究成果を得ている。

(2) 住民投票における自治体の大きさ及び位置の影響：便益施設や迷惑施設それぞれにおいてシャープレイ・シュービック指数の空間的分布を理論的に導出した。その結果、中央に位置する投票者の発言権が大きくなること、市町村合併において小自治体が不利となること、土地利用用途規制の影響を証明した。

(3) 投票行動の基礎理論：住民が直面する状況をどのように認識するかを考察するための基礎理論の構築を行った。投票を行う主体が限定的な能力及び、部分的な情報や不完全な経験しか得られない時に、それらの能力や情報源を意思決定にどのように活用するかについて分析を深めた。

(4) シルバー民主主義と高大連携：世代別投票が経済効率の悪化度合いをどの程度抑制するのかを計測するため、人口と地域区分についてデータ整理を行った。また、コーホート要因分析の推定誤差の特徴付けを行った。さらに、若い世代の合意形成参加を促進するために、高大連携ワークショップなどのアウトリーチ活動をいわき市、北茨城市、鹿嶋市、つくば市、常陸太田市、潮来市で実施した。

5. 主な発表論文等

【雑誌論文】(計5件)

1. Eizo Akiyama, Nobuyuki Hanaki, Ryuichiro Ishikawa, (2015) "It is not just confusion! Strategic uncertainty in an experimental asset market," forthcoming in *the Economic Journal* (EJ Feature: Behavioural Financial Markets). (掲載決定)【査読有】
2. 高森賢司・小林隆史・大澤義明(2013), 庁舎建設候補地の比較分析-全体合理性と個別合理性の齟齬に着目して-, 都市計画論文集, 48-3, pp.915-920. 【査読有】

【学会発表】(計12件)

1. 赤澤邦夫・小林隆史・大澤義明, 将来推計人口の精度検証 - 北関東3県を対象として -, 日本OR学会2015年春季研究発表会, 2015年3月26日, 東京理科大学(東京都).
2. 大澤義明・松枝千尋, インフラ施設廃止と住民投票 - シャープレイ指数を用いた解析研究 -, 第28回応用地域学会研

- 究発表大会, 2014年11月30日, 沖縄産業支援センター(沖縄県).
3. 石川竜一郎, Experimental Asset Market under Asymmetric Information, *14th SAET Conference on Current Trends in Economics*, 2014年8月20日, Waseda University, Tokyo.
 4. 松枝千尋・大澤義明, 施設立地の合意形成に関する解析的研究-シャープレイ指数による考察-, 日本OR学会2014年春季研究発表会, 2014年3月7日, 大阪大学(大阪府).
 5. 濱津桃子・大澤義明・小林隆史, 地方分権と地域間税率競争, 日本OR学会2014年春季研究発表会, 2014年3月7日, 大阪大学(大阪府).
 6. 石川竜一郎, A Simulation Study of Learning a Structure Mike's Bike Commuting, *Asian Meeting of the Econometric Society 2013*, 2013年8月2日, Singapore.

〔その他〕

アウトリーチ活動としての高大連携ワークショップに関する成果を, 下記のホームページにて一般に広く周知した.

http://infoshako.sk.tsukuba.ac.jp/~tj330/Labo/koshizuka/high_univ/spp/

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大澤 義明 (Ohsawa, Yoshiaki)
筑波大学・システム情報系・教授
研究者番号: 50183760

(2) 研究分担者

石川 竜一郎 (Ishikawa, Ryuichiro)
筑波大学・システム情報系・准教授
研究者番号: 80345454

小林 隆史 (Kobayashi, Takafumi)
東京工業大学・情報理工学研究科・特任助教
研究者番号: 90466657