

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月30日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22310088

研究課題名（和文） 縮小時代における公共施設整備見直し政策の理論化

研究課題名（英文） Theoretical Approach for planning public facilities in shrinking era

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

研究成果の概要（和文）：縮小時代やインフラ老朽化に直面し、道路、交通標識、信号機、図書館、ガソリンスタンド、防災拠点などの施設の整備の見直しが必要となってきた。廃止手続きとして計算負担が軽く現実の政策実施の近似となるけちけち算法の効率性が高いことを証明した。現実データへの適用により、平均距離最小化問題の最適値とカバー率最大化問題の最適値との相関が高いこと、パレート最適配置が狭いことを地理空間を通して確認できた。全体の効率性と地域間公平性とのトレードオフ状況を視覚化することにより、平成の大合併や昭和の大合併の影響を評価した。

研究成果の概要（英文）： We presented the worst-case bound of myopic approaches such as greedy, stingy and interchange methods for submodular maximization subject to the requirement that the cardinality of facilities is fixed. We prove that these bounds are smaller than existing results, which is derived he submodular function maximization problem with cardinality inequality constraint. Secondly, we derived the correlation coefficients between the distances to the neighbor points and lines. It is supposed that the points and the lines are distributed randomly and uniformly. Distance is measured as the Euclidean distances on a continuous plane. The correlation coefficient between the k-th and j-th nearest neighbor distances is obtained as ratio of the coefficient of variance. Thirdly, we characterized the gap between voting outcome and optimal location by use a simple line location model. We presented the equivalent conditions that the voting outcome is not efficient solution. Then we give simple examples which harm the voting solution in order to reveal the inefficiency of the voting solutions. And we applied our model to an actual city hall location model in Japan.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2011年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2012年度	2,000,000	600,000	2,600,000
年度			
年度			
総計	6,800,000	2,040,000	8,840,000

研究分野：社会工学

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学，社会システム工学・安全システム

キーワード：施設配置，公共事業見直し，相関係数，時間地図，都市インフラ，愛着度

## 1. 研究開始当初の背景

我が国の人口は 2005 年をピークとし減少し、「市場縮小の時代」を迎えている。加えて、高齢化が進み施設の需給状況バランスが大きく崩れた。さらに、インフラ老朽化の課題にも直面している。納税者が減少し財政収入が落ち込み財政逼迫の中、道路、交通標識、図書館、ガソリンスタンド、防災拠点など施設の見直しが各方面で活発に検討されている。

公共施設の再編、統廃合に関しては、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、多くの郵便局は地域コミュニティの核としての役割を果たしてきた。郵便局廃止はさらなる過疎化を促進させるであろう。小中学校統廃合案には、100 年を超える多くの伝統校が含まれている。安全確保の観点から統廃合による通学距離の増大は望ましいことではない。病院の統廃合は、高齢社会による需要増と矛盾するし、交通弱者である高齢者の負担を極度に増加させる。地元住民からの反対圧力が多く、トップダウン型見直しと現場の感覚との齟齬は否定できない。

同様な対立構図はソフト面でも見て取れる。代表者は、茨城県常総市、坂東市、取手市の補助金検討委員会委員長を務めている。予算逼迫や少子高齢社会への不適合などの理由から、長期間交付し既得権化した自治体単独補助金事業の見直し作業を毎年進めている。しかし、個別事業の見直しに対して住民や議員からの抵抗は大きく、総論賛成各論反対の下での廃止や縮小には費用対効果による数値化など説明責任が求められる。

以上のように、公共施設の整備政策では、施設を「増やす」方向から「減らす」方向へとベクトルの向きが逆になった。高度成長時代は公共施設が増加するという前提で研鑽が積まれた。しかし、縮小時代を迎え、施設見直しという地味な政策に関する論理、考え方、モデルが不足しているのである。

また、市町村の平成大合併により地域間格差を定める空間単位の定義が曖昧となっている。地域間格差、全国一律、地域エゴとはどのレベルの空間サイズで定まるべきものなのか、施設整備に関してこのような課題への確に対応した研究はほとんど無い。

さらに、公共施設の配置場所の意思決定方法はトップダウン型がこれまでの常であったが、地方財政難もあり地域住民の声を組み込む市民協働型の合意形成への要請も強い。特に、視覚や愛着度など市民感覚と整合する評価視座も求められている。しかし、投票理論など個々の住民の効用を独立に反映した配置研究理論、市民感覚を理論的に取り扱うような研究の蓄積も僅かである。

## 2. 研究の目的

本研究では、施設配置見直し現場で求められる

- 1) 削減方法 (逐次最適方法、指標)
- 2) 空間単位 (全国一律サービス対効率性)
- 3) 市民参加 (官僚主導対住民投票)

を理論的に考察する。施設を「増やす」という増加時代に積まれた研究だけでは不十分であり、「減らす」という縮小社会を考慮した施設配置方法に関して、基本的考え方、布石のようなものを提示する。ただし、得られた知見を検証するために、県内地域間格差が大きい茨城県自治体など生データを用いた数値分析も併行して実施する。また、見直しを既に進めている自治体へのヒアリングや現地視察、現場発表も積極的に行い、研究結果の社会還元も目指す。

さらには、道路、図書館、ガソリンスタンドなどの具体の施設の整備についても、住民投票、視覚、時間地図をキーワードに考察を行った。

## 3. 研究の方法

### (1) 施設配置手続き

削減方法について集中的に考察を行った。一度建設したら移転できない施設であれば、順次施設配置場所を選択する逐次最適算法の方が、すべての施設の場所を一気に定める同時最適算法より現実的であり、貪欲算法やけちけち算法が有効である。そして、都市計画など公共施設の整備目標として、所定の割合の住民をある距離内に抑える、あるいは、利用者全体の平均距離を縮小するなどがある。これらは、移動距離縮減というベクトルの向きは一致しており、ある程度整合すると考えられる。

①平均距離最小化問題など多くの施設配置問題は整数計画問題の最大化として定式化されるが、その目的関数は優モジュラーであり、その特徴を利用して逐次算法 (貪欲算法及びけちけち算法) による目的関数の上限値 (最悪ケース) を理論的に導出した。この理論値は既存の上限値を大きく改善した。

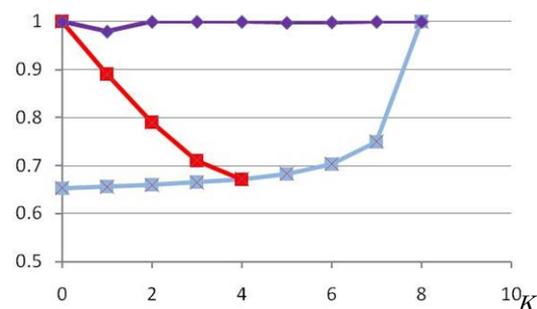


図1 けちけち算法 (2次元, 3×3格子)

図1の縦軸は2次元の3×3格子において、全体で  $K$  個の施設をいずれかの格子中心配置

した際の評価値の下限値を示している。◆は同時最適化、■はけちけち算法である。薄い■が既存研究の下限値、施設数1から4まで示されている濃い■が本研究で新たに導出された下限値であり、得られた値が同時最適化の値に近づいていることが分かる。

②茨城県内郵便局など現実のデータを用いた数理計画ソフトにて最適解を求め、カバー率最大化配置と平均距離最小化配置とが目的関数値レベルでどの程度数量的に関連するのか、最適誤差（同時最適配置と逐次最適配置の目的関数値との比や差）として実証的に把握した。両最適化問題には大きな差異が生じないことを明らかにした。

表1は茨城県内8市における実証結果である。市内居住者の郵便局への平均距離を、逐次最適配置であるけちけち法と欲張り法のそれぞれで、同時最適配置との最大乖離比率および最大乖離差を示している。括弧内は最大の乖離となった時の施設数であるが、多くの市で施設数が少ない時に最大乖離となることがわかる。なお、欲張り法が他市と比べて大きく乖離している常総市については、2006年1月に合併した経緯もあり、人口集積地が市に2カ所あることが最大の理由となっている。このように、人口分布の偏り方と最大乖離の生じやすい施設数との対応関係があることも示唆される。

表1 郵便局配置 最大乖離

市	けちけち法		欲張り法	
	比率	距離 (km)	比率	距離 (km)
取手	1.09(2)	0.19(2)	1.04(4)	0.05(4)
土浦	1.06(2)	0.16(2)	1.06(5)	0.12(2)
常総	1.15(1)	0.81(1)	1.31(2)	0.82(2)
石岡	1.20(1)	0.98(1)	1.08(2)	0.23(2)
稲敷	1.01(4)	0.02(4)	1.01(4)	0.02(4)
行方	1.17(1)	1.06(1)	1.17(2)	0.70(2)
常陸太田	1.06(2)	0.27(1)	1.07(3)	0.22(3)
常陸大宮	1.03(1)	0.17(1)	1.07(6)	0.21(4)

③図2には、放射環状都市における集積店舗シェアを示している。店舗に関しては、図中の模式図のように、各サービスをそれぞれ競争する2店舗が供給するものとし、異なるサービスを提供する2店舗は環状線上の同一敷地に立地し、別の2店舗が距離 $\theta$ だけ離れて対称に立地しているモデルである。便宜上、前者の店舗群を集積店舗と呼ぶ。消費者については、放射環状道路を有する半径1の円盤都市に一樣に分布しており、2店舗を巡る移動距離の短い店舗を利用するとした。環状道路の中心からの距離 $R$ を0.01, 0.5, 1と変化させたときの3つのグラフが描かれているが、いずれも距離 $\theta$ が大きくなるほど、集積店舗のシェアが大きくなることが分かる。ま

た、 $\theta$ が一定値以上では集積店舗のシェアは100%になる。さらに、 $R$ が大きくなるほど、集積店舗のシェアは大きくなりやすいが、これは、集積店舗が放射路を有効活用できるからだと解釈できる。都市郊外型の沿道商業施設では、スケールメリットや地価の安さを考慮しなくても、大規模化が必然であることを、消費者のアクセシビリティの観点から示したことになる。異なる機能を持つ施設が集積する必然性を理論的に示すことにより、現場での施設削減方法に関する一つの考え方を示すことができた。

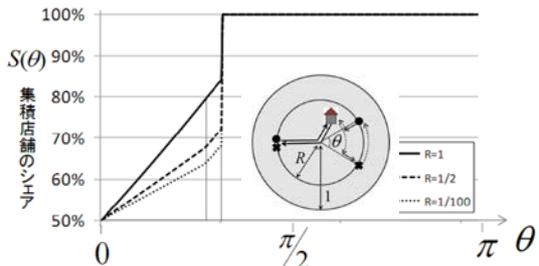


図2 放射環状都市での集積店舗シェア

## (2) 都市インフラ老朽化

### ①ガソリンスタンド

2011年消防法の改正さらには東日本大震災を受けて、人口密度の低い地域にてガソリンスタンドの廃業が進んだ。そのため、特に地方部において一つの自治体にガソリンスタンドが存在しないなどのガソリンスタンドの過疎問題が顕在化している。そこでその配置に関して全国一律サービス対効率性という視点で拠点化や災害対応化という観点での最適配置を逐次配置法により求め検討を加えた。

### ②道路標識

高度成長期に大量に敷設した信号機や道路標識など交通インフラ施設の老朽化が進行している。これらの施設の更新について選択と集中が必要だと考えて茨城県内の調査を実施した。積分幾何学の知見を活用しながら、逐次廃止という観点で、案内標識の冗長度合いから間引きすること、道路階層別を踏まえ信号機をロータリーに替えることについて検討を加えた。

### ③防災拠点

防災用コミュニティ FM 基地局は東日本大震災にて大きな役割を果たしたが、平時での経営状態が芳しくない。そこで、その配置問題について、平時利用者と災害時利用者とのトレードオフから分析を加えた。

### ④図書館

多摩市の図書館の現状を把握し、ハフモデルを適用して図書館の選択行動について分

析した。新たな図書館を建設することを考え、様々な目的別に新しい図書館を建設するにはどこが最適であるのか、最適立地の議論の材料を提供した。本モデルのモデル同定を行っておけば、公共団体の予算縮小に応じた、図書館の統廃合にも直ちに役立てることが可能である。図書館の統廃合に関するいくつかの代替案が存在するときに、どの案を採用すれば住民サービスが如何なるレベルに帰着するかも推定することができる。

### (3) 施設整備における市民参加

#### ①住民投票

東日本大震災の影響により新庁舎の建て替え需要が高まる一方で住民投票など民意の組み込みが課題となっている。しかし、投票行動が必ずしも経済的観点から効率的だとは言えない。そこで、新庁舎建設における住民投票の結果と施設配置の結果との比較により、投票行動の非効率性を明らかにした。

具体的には茨城県内の複数の自治体を対象に候補地比較を行った。一方で投票行動の非効率性の上限値を解析的に導出した。

図3は候補地比較の一例である。市民は対象とした道路を移動し、各人の移動コストの小さい方の候補地に投票するものとし、投票する候補地ごとに市域が分割されている。データの詳細は割愛するが、図3の事例では市域南側の候補地領域が市人口の64%を有しており、投票では南側が選ばれることになる。しかし、それぞれの候補地への全住民の総移動コストを比較すると、北側候補地の方がコストは低く、効率性で勝っている結果となっている。

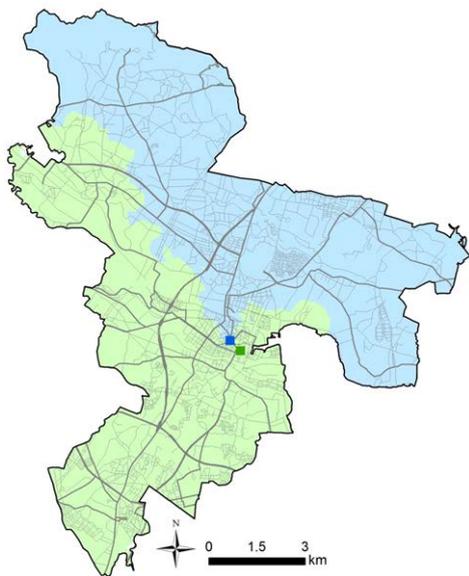


図3 投票候補地による市域分割

#### ②住民の視覚との整合性

線的道路インフラや点的施設インフラの

削減評価基準として、道路距離と視認距離との相関係数、点的施設や線施設の最近隣距離と第k次近隣距離との相関係数に着目し、放射環状都市や二次元(n次元ランダム空間)にてこれら相関係数を解析的に導出した。

#### ③住民の愛着度

インフラ整備の意思決定すべき自治体の空間単位を追求するために、大型合併の先駆的事例である北九州市を具体的事例とし、住民が意識する空間としてアンケートによる親密度結果の布置図、経済効率性を表す空間として移動時間の二次元ならびに非対称一次元時間地図を作成し、住民の意識する空間と実空間との乖離を見える化した。

図4は親密度に関する二次元布置である。時間距離で近接する旧下関市と門司区なのだが、新密度布置での距離は大きい。これは関門海峡の影響、都道府県・市町村境界の影響が考えられる。

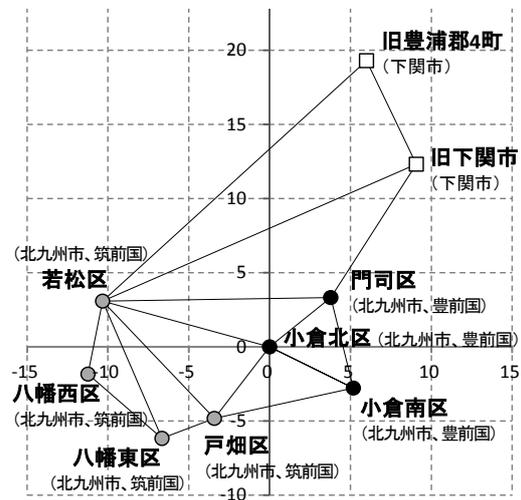


図4 地域間親密度二次元布置

### 4. 研究成果

理論的考察として、計算負担が軽く現実の政策実施の近似となるけちけち算法の効率性が高いことを証明した。また、平均距離最小化問題の最適値とカバー率最大化問題の最適値との相関が高いこと、パレート最適配置が狭いことを地理空間を通して確認できた。全体の効率性と地域間公平性とのトレードオフ状況を視覚化することにより、平成の大合併や昭和の大合併の影響を評価した。

学会発表、論文掲載、シンポジウムでの講演等を通して、研究成果の社会還元を行った。

### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計17件)

- ① 栗田治, ハフモデルに基づく図書館の選択行動分析, 慶應義塾大学理工学部管理工学科 Technical Report, No. 2013-1, 2013年. 【査読無】
- ② A. Yoshise, Complementarity Problems over Symmetric Cones: A Survey of Recent Developments in Several Aspects, Handbook on Semidefinite, Conic and Polynomial Optimization, 2012年, pp. 339-376. 【査読有】
- ③ Akiko Yoshise and Yasuaki Matsukawa, On Optimization over the Doubly Nonnegative Cone. *Proceedings of 2010 IEEE Multi-Conference on Systems and Control*, 3, 2012年, pp. 13-19. 【査読有】
- ④ 吉瀬章子, 高校生が挑む「●●をうまく決めて■■を最小に」, オペレーションズ・リサーチ, 57巻, 4号, 2012年, pp. 211-217. 【査読無】
- ⑤ 高橋里司・竹房あつ子・繁野麻衣子・中田秀基・工藤知宏・吉瀬章子, 省電力化のためのマッチングに基づく仮想計算機パッキングアルゴリズム, 情報処理学会論文誌 (コンピューティングシステム ACS), 5巻, 5号, 2012年, pp. 33-42. 【査読有】
- ⑥ 小林隆史・大澤義明, 太陽光発電普及社会にむけた都市空間における建築制限, 環境共生, 19, 2012年, pp. 44-54. 【査読有】
- ⑦ Y. Matsukawa and A. Yoshise, A Primal Barrier Function Phase I Algorithm for Nonsymmetric Conic Optimization Problems, *Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics*, vol. 29, no. 3, 2012年, pp. 499-517. 【査読有】
- ⑧ 田中彰浩・松川恭明・吉瀬章子, 対称錐ではない凸錐上の最適化問題, -完全正値行列錐と共正値行列錐にまつわるいくつかの話題-, 第24回 RAMP シンポジウム予稿集, 24巻, 2012年, pp. 69-85. 【査読無】
- ⑨ S. Takahashi・A. Takefusa・M. Shigeno・H. Nakada・T. Kudoh and A. Yoshise, Virtual Machine Packing Algorithms for Lower Power Consumption, *4th IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science*, 2012年, pp. 161-168. 【査読有】
- ⑩ 栗田治, 無制約型重力モデルのパラメタ推定に関する新しい方法-エントロピーモデルの解析的側面に注目した重力モデルの理解-, 日本建築学会計画系論文集, 76(661), 2011年, pp. 653-662. 【査読有】
- ⑪ 高森賢司・大澤義明・腰塚武志, 山アテ道路景観の地域比較分析, 都市計画論文集, 46-3, 2011年, pp. 379-384. 【査読有】
- ⑫ 飯田マリ・大澤義明・小林隆史, 2階建てオープンバスから見た都市景観の分析, 都市計画論文集, 46-3, 2011年, pp. 385-390. 【査読有】
- ⑬ H. Takagi・Y. Okada and A. Yoshise, Joint Human Resource Development for Local Service Industries and Graduate Students, *Proceedings of 19th Annual Frontiers in Service Conference*, 2010年, pp. 10-13. 【査読有】
- ⑭ 大澤義明・今佐和子・山倉克俊・小林隆史, 地方分権時代の自治体間土地利用競争モデル-地理条件や市町村合併に着目して-, 応用地域学研究, 15, 2010年, pp. 47-56. 【査読有】
- ⑮ 菴木嶺・大澤義明, 都市内道路における日向経路と日陰経路, 都市計画論文集, 45-3, 2010年, pp. 595-600. 【査読有】
- ⑯ 田代泰史・大澤義明, 水面に映り込む倒景に関する解析研究, 都市計画論文集, 45-3, 2010年, pp. 601-606. 【査読有】
- ⑰ 古藤浩・小林隆史・大澤義明, 地域視点と全体視点での高速道路計画の効用, 都市計画論文集, 45-3, 2010年, pp. 625-630. 【査読有】
- [学会発表] (計8件)
- ① 高森賢司, 自治体内・外からのアクセスを考慮した庁舎移転に関する研究, オペレーションズ・リサーチ学会 2012年秋季研究発表会, 2012年9月12日, ウィンクあいち.
- ② 飯田マリ, 視認距離と道のり距離との関係に関する解析研究. オペレーションズ・リサーチ学会 2012年秋季研究発表会, 2012年9月12日, ウィンクあいち.
- ③ 南博, 制度的・地理的隔絶要素を含む地域における地域間親密度の可視化, 日本計画行政学会第35回全国大会研究報告論文集, 2012年9月7日, 岡山大学.
- ④ 大澤義明, 筑波大学による茨城県内自治体震災復興支援事業, 第67回オペレーションズ・リサーチ学会シンポジウム, 2012年3月26日, 防衛大学.
- ⑤ 大澤義明, 成熟社会における公共サービス施設の配置, 日本オペレーションズ・リサーチ学会サービスサイエンス研究部会, 2011年10月14日, 筑波大学.
- ⑥ Y. Ohsawa, Optimality gap of myopic location methods. The 51st Congress of the European Regional Science Association, 2011年9月12日, Barcelona, Spain.
- ⑦ 松丸仁, 社会的費用を最小とする都市施設数に関する集計誤差, オペレーションズ・リ

チ学会 2011 年春季研究発表会, 2011 年 3 月 17 日, 電気通信大学.

- ⑧ 大山皓史, なぜロードサイドショップは大規模化するのか, オペレーションズ・リサーチ学会 2011 年春季研究発表会, 2011 年 3 月 17 日, 電気通信大学.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

大澤 義明 (OHOSAWA 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

栗田 治 (KURITA OSAMU)  
慶應義塾大学・理工学部・教授  
研究者番号: 40211891  
吉瀬 章子 (YOSHISE AKIKO)  
筑波大学・システム情報系・教授  
研究者番号: 50234472