

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 18 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24560752

研究課題名(和文) 地域施設ストックの利用価値を人口分布と近隣ストックの状況から評価する手法の開発

研究課題名(英文) Development of an evaluation method for usage value of regional facility stock from population distribution and situation of neighboring stock

研究代表者

吉川 徹 (YOSHIKAWA, Tohru)

首都大学東京・都市環境科学研究科・教授

研究者番号：90211656

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：地域施設の再編成が社会的問題となっている我が国においては、人口分布と近隣の建築ストックの状況を考慮した、地域施設建築ストックの評価手法が必要である。そこで本研究課題では、建築物の潜在価値を、利用者の利便性の変化によって評価する手法を提案した。建築物のうちいくつかは施設が最適配置されている時、建築物が除却され施設を最適配置しなおした後に、利便性がどれだけ低下するかを、除却された建築物の潜在価値の指標とした。利便性としては、利用率が距離減衰しない施設においては平均距離、距離減衰する施設においては期待確定効用あるいは消費者余剰を用いた。

研究成果の概要(英文)：In Japan the reorganization of regional facilities has become a social problem and evaluation methods for usage value of regional facility building stock in view of population distribution and situation of neighboring stock are demanded. To meet this, this research project proposes a method evaluating the potential value of a building by the change in the accessibility of users. Assuming that the facilities were optimally located in some of the buildings, the criterion is defined as the decrease in the accessibility after some of the buildings have been removed and the facilities have been optimally relocated. The accessibility is measured by the average distance for facilities with no distance decay in utilization rate and by the expected fixed utility or consumer surplus for ones with distance decay.

研究分野：都市計画、都市解析

キーワード：地域施設 離散選択モデル 平均距離 マンハッタン距離 最適施設配置 期待確定効用 消費者余剰  
仮想都市

## 1. 研究開始当初の背景

我が国においては、戦後の都市への人口集中によって形成された広大な郊外住宅市街地を典型として、学校を始めとした公共施設や商業施設などの地域施設が大量に建設されてきた。これらのうち公共施設については、縦割り行政や政策変遷の影響もあり、類似機能を持った施設が近隣に建設された例も少なくなく、短期間での建替えも珍しくなかった。また商業施設については、モータリゼーションの進展に伴い、伝統的な中心市街地の衰退とロードサイドショップの隆盛を経て、非市街地での巨大ショッピングセンターの突然の出現が日常化するに至り、立地と規模の激変による施設の大量建設と大量放棄が続いてきた。

これに対して近年、少子化や都心再開発による郊外住宅市街地の縮小、少子高齢化やライフスタイルの多様化に起因する地域施設需要の変化、財政悪化に伴う公共施設更新の停滞、地球環境問題の顕在化に起因する自動車依存社会の見直しや建築物の長寿命化への機運、地域持続居住や子育てを支援する新たな地域施設機能への期待といった、地域施設を取り巻く社会的状況の大きな変化が巻き起こっている。これを受けて、よりコンパクトな市街地に対応し、歩行等の移動手段に配慮し、既存建築ストックの柔軟な運用を意識した地域施設のあり方が探求されている。

この探求のためには、地域施設への需要者の市街地における分布状況と利用可能な移動手段を踏まえ、かつ活用可能な既存建築ストックの立地を考慮した、施設配置計画に使用できるツールが強く望まれる。

この状況に関連する研究は、その社会的な重要性に対応し、建築学においては多彩に展開されている。

公共施設については、デイサービスセンターからコミュニティカフェに至る高齢者の地域持続居住を支える地域施設の姿に関する研究や、子育て支援からティーンエイジャー向けに至る新しいタイプの子ども向け公共施設の研究、既存公共建築物のコンバージョンに関する研究などが挙げられる。商業施設に関しては、中心市街地活性化に関する研究、郊外型ロードサイドショップや巨大ショッピングセンターの立地に関する研究などが挙げられる。一方、地域施設配置計画に関しては、オペレーションズリサーチの手法を用いた最適配置手法が挙げられる。

しかしながら、上記のツールを直接的に意識した研究は少ない。そこで本研究課題においては、都市計画の立場から、配置計画に使えるツールとして、地域施設ストックの利用価値を、人口分布と近隣のストックの状況から評価する手法の開発を行うことが、都市計画のみならず建築計画やファシリティマネジメントにも貢献できるとの着想に至った。

## 2. 研究の目的

本研究課題では、上記の評価手法の開発

のため、経済・経営学、心理学、交通工学における離散選択モデルなどを総合したモデルを援用した上で、既存建築ストックの特性に相応しいモデルを開発することを目的とした。併せて必要となる各種都市モデルの開発と実証分析も行うこととした。

## 3. 研究の方法

始めに、モデルの要件整理に基づく概要の決定を行った。

需要である人口分布の観点からは、下記の3種類の施設類型を作業仮説とした整理を行った。需要の地域分布は、申請者を含む既往研究から見て、公共施設と商業施設といった単純な二分法では整理できない。本研究課題ではこの点で次の3種類の施設類型への分類を作業仮説とした。

(1) 小中学校など需要者が必ず利用する地域施設：施設の対象年齢等の人口分布がそのまま需要分布となる。

(2) 認知症対応型通所介護施設など、定員があり、申し込み順に利用者が決定され、なるべく近い方が望ましい施設：需要が申請者らの既往研究により、実際には複雑な関数であるが単純な減少関数に見える利用率の距離減衰によって説明できることを踏まえ、

(3) に統合する。

(3) 図書館や商業施設など、距離によって利用率が低減する施設である：申請者らの既往研究を含め多くの研究が想定する空間的相互作用モデルを基礎とする。

建築ストックの観点からは、立地の競合と集積の効果を組み込んだ競合着地モデルと、選択肢の機能的類似性を組み込んだ離散選択モデルを総合し、人口分布と距離減衰による地域の変動という建築ストックの独自性を組み入れたモデルを想定した。

## 4. 研究成果

### (1) 建築物の潜在価値の指標

本研究では、建築物の潜在価値を、そこに設置される施設に対する利用者の利便性によって評価する。地域公共建築物が $g$ 件存在する時に、 $m(m < g)$ 件の施設が利用者の利便性の観点から最適配置されていると想定する。その後建築物がいくつか除却されて $g'(m \leq g')$ 件となったとして、その中で $m$ 件の施設を最適配置しなおした時に、利便性がどれだけ低下するかを、除却された建築物の潜在価値の指標とする。この考え方では、近隣に建築物がある場合と、近隣に利用者が少ない場合には、建築物の潜在価値が低い。

### (2) 利用率の距離減衰がない場合

利便性は、施設利用の満足感(施設満足感と呼ぶ)と、利用に伴う負担のバランスによって決定される。ここで、簡単のため、施設満足感は、全ての施設において同じであると想定する。すると、状況の違いによる利便性の違いは、施設満足感が同じであるので、負担の違いのみによって決まる。負担のうち、利用料金など施設内容に関するものも同じ

であると想定する。すると負担は施設までの移動に起因する移動負担だけとなる。移動負担としては、時間、金銭、消費カロリーなどが考えられる。このうち、金銭や消費カロリーに着目して地域施設と人口分布の関係を分析したところ、関連があることが示され（詳細は[雑誌論文④][学会発表④]参照）、その重要性が明らかになった。

これらの移動負担は概ね距離に比例する。このことから、利用者から施設までの距離を利便性の指標とすることに妥当性が見いだされる。この観点から、例えば非常時のガソリンスタンドへのアクセシビリティを、到達距離で評価できる（詳細は[雑誌論文①]参照）。この各利用者の距離から、地域あるいは社会の利便性の指標とするためには、平均距離、最大距離、満足圏人口などが提案されている。このなかでは最も基本的であってよく使用されるのが平均距離である。これは総距離と比例するので、例えば地域全体での移動に要する総時間、総費用、総エネルギーなど、社会的意義を解釈できる指標となる。

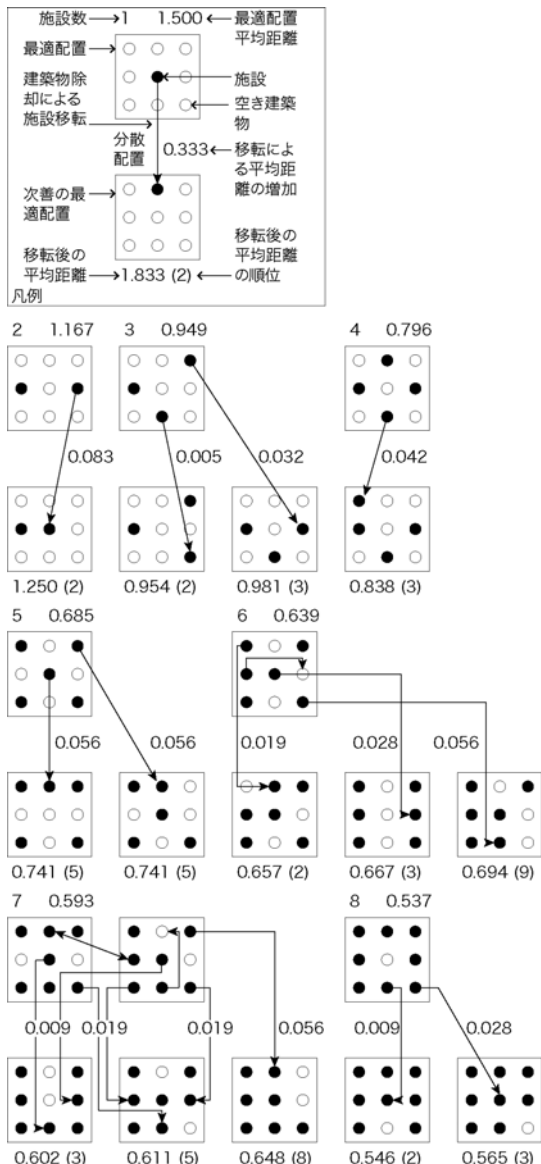


図1 施設数が1から8までの最適配置において1施設を空き建築物に移転する際の代替施設の位置と平均距離の増加（分散配置）

そこで、最も単純な場合を想定して、建築物の除却に伴う施設までの平均距離の変化を観察する。

利用者は均等に分布する。利用者は必ず最近隣の施設を利用し、利用率の距離減衰は考慮しない。建築物の差異は考慮せず、施設容量も考慮しない。都市空間として一辺の距離が3の正方形を考える。距離は、実際の都市の道路網の近似として、都市空間の辺に平行な方向のみに移動可能とするマンハッタン距離で計測する。建築物の個数は9とする。建築物が都市空間を縦横それぞれ3分割した9セルの各中心に立地する場合（分散配置、図1）と、四隅および中央のセルの中心と、中央のセルの4辺の midpoint に立地する場合（集中配置、図2）を想定する。

解釈例として、距離1を1kmと見なせば、各セルは1km<sup>2</sup>となり、旧建設省が想定した幹線道路、都市公園配置基準を踏まえつつ100人/haの人口密度を想定すると、人口1万人程度の近隣住区相当の地区となる。この解釈のもとでは、都市空間は人口9万人となり、分散配置は近隣住区の各地区センターに地域公共建築ストックが1個ずつ立地する場合であり、集中配置は、都市中心から離れた四隅の地区に1個ずつと中心周辺に5個が立地する場合となる。

計算上は、全ての厳密解を算出するのは煩雑である。そこで、9個の建築物に0から9個の施設を置く512ケース夫々の平均距離を、都市空間全体に詳細に配置した約90000点の格子点を起点として数値的に算出して最適

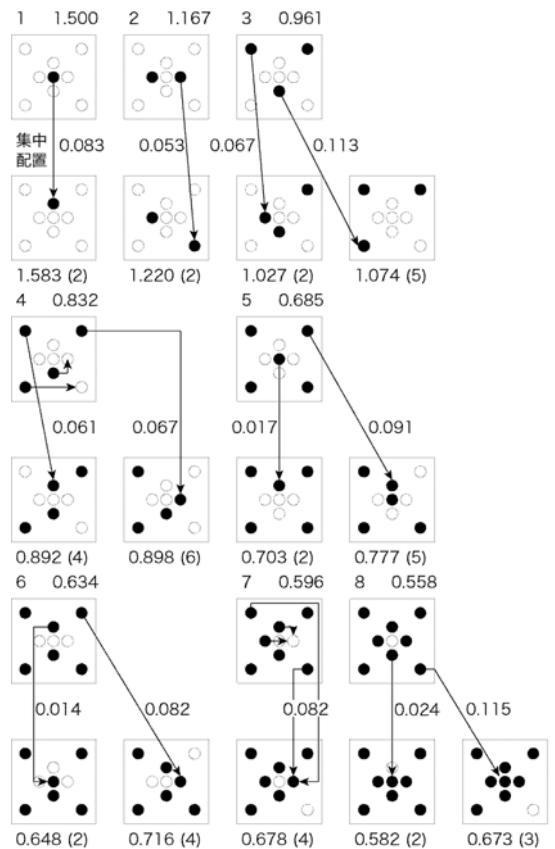


図2 施設数が1から8までの最適配置において1施設を空き建築物に移転する際の代替施設の位置と平均距離の増加（集中配置）

配置，次善の最適配置を決定し，数値計算誤差が問題になる場合のみ厳密解によって補正した．計算結果を図1，2に示す．

分散配置の場合には，施設数が増加すると個々の施設の利用圏が狭まり，他の施設による肩代わり効果が生じることから平均距離の増加も小さくなる．最大は施設数1の場合の0.333，次は2の場合の0.083である．四隅すなわち都市の最辺縁部にある建築物を除却する場合の影響が大きい．

集中配置の場合には，施設数の増加と平均距離の増加の間には明瞭な関係が見られない．施設数が少ない場合には，都市中心への施設の設置が最適であり，そこには多数の建築ストックが存在するから，単体建築物を除却しても影響が小さい．このことが，利用圏が広く平均距離が大きいことの影響を緩和している．施設数が多くなっても，都市中心の建築ストックには余裕があるため，その1個を除却しても影響は全くないか，非常に小さい．一方で，都市空間の辺縁部では分散配置に比べて建築物が少ないため，除却した場合の影響はより大きくなる．

実際の都市は，単純なマンハッタン距離だけでは距離を表せないで，多段階交通網を考慮した場合（詳細は〔雑誌論文③〕参照），加えて立体的な都市空間を考慮した場合（詳細は〔雑誌論文②〕参照）を検討した．

## (2) 利用率が距離減衰する場合

上記の通り平均距離は，小・中学校など全員が必ず利用する施設については，適切な指標となる．しかし，図書館，スポーツ施設など，必ずしも全員が利用しない施設では，利用率の距離減衰を考慮する必要がある．社会全体で見た場合，利用率の低下すなわち利用を諦める利用者が存在することと，利用者にとっての移動距離の増加が，ともに利便性の変化をもたらす．したがって，移動距離の増加だけを指標とすることは適切ではない．

この観点からは，満足感と移動負荷と利用率の距離減衰の関係を論じる既往研究が重要であり，その代表は，ハフモデルとロジットモデルである．これらの特徴は，施設満足感と移動負荷を線形関数で合算することである．既往研究では，施設規模を変更した場合の社会的便益の変化について，消費者余剰に一致する得られる期待最大効用の変化をもって測定することが妥当であるとしたうえで，この近似値として，ロジットモデルの効用の確定項の期待値（以下，期待確定効用と呼ぶ）が社会的便益の指標として提案されている．これは，鉄道プロジェクトの費用対効果分析マニュアルにおける一般化費用の加重平均法に根拠を与えるものと言える．これらの方法は，一般的にロジットモデルの効用の確定項が距離の線形関数であることから，利用率の距離減衰が生じない場合における前稿の方法との対応が可能である．そこで本研究課題では，まず施設位置の変化による利用者の利便性の変化の指標として期待効

用の差を用いる方法を検討する．

ここではこの指標を，施設を利用しない場合の効用を基準として，効用の確率的変動を考慮して定式化する．

施設 $i$  ( $i = 1, \dots, m$ )から距離 $d_{ij}$ の場所に住む利用者 $j$  ( $j = 1, \dots, n$ )が施設 $i$ を利用する場合の効用を $U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_{ij}$ とする．ここで $V_{ij} = \alpha_i - \beta d_{ij}$ は効用の確定項を表し， $\alpha_i$ は施設 $i$ の施設満足度， $\beta$ は単位距離当たりの移動負荷であって各施設共通とする．これに対して $\varepsilon_{ij}$ は効用の確率的変動であり，互いに独立にガンベル分布に従うとする．一方で，利用者が施設を利用しない場合の効用は $U_{0j} = V_{0j} + \varepsilon_{0j}$ とする．ここでは $V_{0j} = \alpha_0$ と置いている．これは施設を利用しない場合の効用の確定項で，距離はゼロであることから距離の項は存在しない．

以降では，利用者は，施設を利用しないか，最寄りの施設を利用するかの二者択一を行うものとする．施設を利用しない場合に比べて利用する場合の相対的な効用を両者の差として $W$ と置き， $\theta = \varepsilon_{1j} - \varepsilon_{0j}$ と置けば， $W = U_{1j} - U_{0j} = \alpha_1 - \alpha_0 - \beta d_{1j} + \theta$  (1)となる． $W > 0$ であれば施設を利用し，そうでなければ利用しないと想定する．互いに独立なガンベル分布の差である $\theta$ はロジット分布に従うことから，施設を利用する確率 $p_{1j}$ は次のように表される．

$$p_{1j} = \frac{\exp(\alpha_1 - \alpha_0 - \beta d_{1j})}{1 + \exp(\alpha_1 - \alpha_0 - \beta d_{1j})} \quad (2)$$

パラメータ $\alpha_0, \alpha_1, \beta$ については，利用率の観測結果からの推計法が提案されている．ただし差 $\alpha_1 - \alpha_0$ のみが推定できる．また $\beta$ は距離を効用に換算する係数と解釈できる．ここで，利用する確率が1/2，すなわち利用するかしないかが無差別になる距離を $d_0$ とすれば，(2)式より $\beta d_0 = \alpha_1 - \alpha_0$ となって，推定可能である． $d_0$ は施設を利用する相対的な効用を距離に換算した値と解釈できる．これを用いて(2)を書き直すと次式となる．

$$\begin{aligned} p_{1j} &= \frac{\exp(\beta(d_0 - d_{1j}))}{1 + \exp(\beta(d_0 - d_{1j}))} \\ &= \frac{1}{1 + \exp(\beta(d_{1j} - d_0))} \quad (3) \end{aligned}$$

これを用いて，施設の効用を，利用者の相対的効用 $W$ のうち確定項の期待値とすれば，次式が得られる．

$$E_j = E(W) = p_{1j} \beta (d_0 - d_{1j}) \quad (4)$$

施設が立地する建築物のうちいくつか撤去されて，最適施設配置が変更されたと仮定する．変化するのは $d_{1j}$ ，そしてそれに連動して $p_{1j}$ ，さらに $E_j$ である．変化後の値をそれぞれ $d'_{1j}$ ， $p'_{1j}$ ， $E'_j$ として，変化前後の期待効用の差を求めると次式が得られる．

$$E'_j - E_j = \beta (p_{1j}(d_{1j} - d_0) - p'_{1j}(d'_{1j} - d_0)) \quad (5)$$

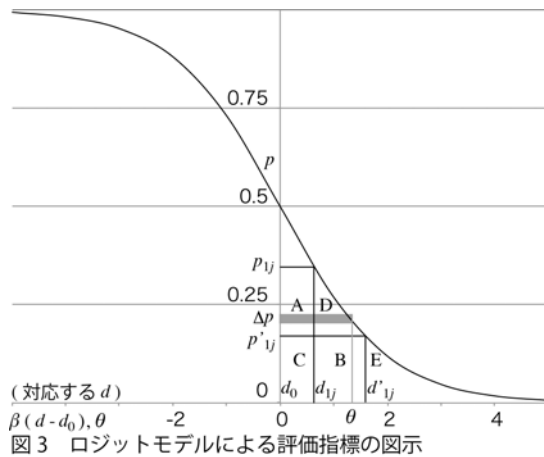


図3 ロジットモデルによる評価指標の図示

この値を、 $p_{1j}$ と $\beta(d_{1j} - d_0)$ の関係を示すグラフで図示する。図3は、 $d_{1j} > d_0$ である場合を示している。式(5)の第1項 $\beta p_{1j}(d_{1j} - d_0)$ はAとCで表され、第2項 $\beta p'_{1j}(d'_{1j} - d_0)$ はBとCで表される。符号を考慮すれば、式(5)は、Bを負、Aを正として合算したものになる。これは、距離が $d_{1j}$ から $d'_{1j}$ に増加することによって、Bは増加する移動負荷を、Aは利用を止める利用者の減少する移動負荷を表すと解釈できる。ただし、利用を止めると負荷が減少する、すなわち効用が上昇する点が解釈困難である。そこで、比較のため消費者余剰との関係を検討する。

上記では、(1)式の確率の変動 $\theta$ を無視した。しかし、施設までの距離が $d_{1j}$ であれば、

$$\theta > -\alpha_1 + \alpha_0 + \beta d_{1j} = \beta(d_{1j} - d_0) \quad (6)$$

となり、 $\theta$ の期待値は0ではない。この期待値は図3で次のように図示できる。縦軸は確率すなわち特定の $\theta$ の値が実現する測度であるので、グレーの微小領域の面積は、特定の $\theta$ の値にそれが実現する測度 $\Delta p$ を掛けたものになっている。これを $0 < p < p_{1j}$ まで足し合わせたA, B, C, D, Eが期待値となる。 $W$ の残りの項はA, Cの符号を負にしたものになるので、 $E_j = E(W)$ はB, D, E、 $E'_j - E_j$ はB, Dとなる。

この結果は、図3の横軸の移動負荷を価格、縦軸を需給と見なせば、 $E_j = E(W)$ は消費者余剰となる。このことから、期待確定項用は消費者余剰と異なること、本研究課題の目的からはその両者のいずれかを指標として用いることができることを意味する。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- ① 湖城琢郎, 吉川徹, 讃岐亮, 交通網体系の再編成に着目した都市内の利便性分析, 都市計画論文集, 査読有, No.50-3, pp.309-316, 2015  
DOI:10.11361/journalcpj.50.309
- ② Tatsuya Suzuki, Tohru Yoshikawa and Ryo Sanuki, Formulation of a Quantitative Method to Evaluate the

Accessibility to Food Facilities Based on the Load of the Facility Utilization for Analysis of Population Distribution, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, refereed, Vol.14, No.2, pp.355-362, 2015

DOI:10.3130/jaabe.14.355

- ③ 近藤赳弘, 吉川徹, コンパクトシティ・システムを内包する3次元都市形態, 日本建築学会計画系論文集, 査読有, Vol.79, pp.1923-1931, 2014  
DOI: 10.3130/aija.79.1923
- ④ 讃岐亮, 鈴木達也, 吉川徹, 非常時のアクセシビリティとキャパシティに着目した施設利用可能性分析-青森市のガソリンスタンドを対象として-, 都市計画論文集, 査読有, No.47-3, pp.859-864, 2012  
DOI:10.11361/journalcpj.47.859

[学会発表] (計4件)

- ① 地域公共建築物の除却の影響を評価する指標の比較検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 都市計画, pp.999-1000, 2015, 発表: 日本建築学会大会学術講演会(関東), 東海大学(神奈川県・平塚市), 2015年9月5日
- ② Tatsuya Suzuki, Tohru Yoshikawa and Ryo Sanuki, Analysis of the Relationship between the Residential Distribution of the Elderly and the Accessibility to food Facilities in terms of Energy Load: A Case Study in Hachioji City in the Suburbs of Tokyo, International Conference 2015 on Spatial Planning and Sustainable Development, Aug. 7, 2015, TAIPEI, TAIWAN, No. 106
- ③ 吉川徹, 除却が利便性にもたらす影響に基づく距離減衰を考慮した地域公共建築物の評価指標, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 都市計画, pp.749-750, 2014, 発表: 日本建築学会大会学術講演会(近畿), 神戸大学(兵庫県・神戸市), 2014年9月14日
- ④ 吉川徹, 除却が利便性にもたらす影響に基づく地域施設建築物の評価手法の基本概念, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 都市計画, pp.1057-1058, 2013, 発表: 日本建築学会大会学術講演会(北海道), 北海道大学(北海道・札幌市), 2013年8月30日

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

吉川 徹 (YOSHIKAWA, Tohru)  
首都大学東京・都市環境科学研究科・教授  
研究者番号: 90211656

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

讃岐 亮 (SANUKI, Ryo)

首都大学東京・都市環境科学研究科・助教  
研究者番号：10609811

(4)研究協力者

鈴木 達也 (SUZUKI, Tatsuya)

近藤 赳弘 (KONDO, Takehiro)

湖城 琢郎 (KOJO, Takuro)