

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：13501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01185

研究課題名(和文) アクセス距離と迂回距離のトレード・オフに着目した面的施設の配置

研究課題名(英文) Location of finite size facilities focusing on the tradeoff between the closest and barrier distances

研究代表者

宮川 雅至 (MIYAGAWA, Masashi)

山梨大学・大学院総合研究部・助教

研究者番号：50400627

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、面的施設の最適な配置、規模、形状を決定するためのモデルを構築した。利用者のアクセスの良さを指標としてのアクセス距離、および非利用者の迂回の大きさの指標としての迂回距離の両者を最小にする二目的の問題を考えた。まず、長方形都市における長方形施設を対象にアクセス距離分布と迂回距離分布を求め、施設の配置、規模、形状がアクセス距離と迂回距離に及ぼす影響を明らかにした。そして、両者のトレード・オフ曲線を描くことで、パレート最適となる施設の配置、規模、形状を求めた。

研究成果の概要(英文)：This research presents a bi-objective model for determining the location, size, and shape of finite size facilities. The objectives are to minimize both the closest and barrier distances. The former represents the accessibility of customers, whereas the latter represents the interference to travelers. The distributions of the closest and barrier distances are derived for a rectangular facility in a rectangular city. These distributions demonstrate how the location, size, and shape of the facility affect the distances. The model focuses on the tradeoff between the closest and barrier distances, and the tradeoff curve provides Pareto optimal solutions.

研究分野：都市工学

キーワード：施設配置 施設規模 施設形状 距離分布 多目的最適化 パレート最適 都市解析 空間解析

1. 研究開始当初の背景

公園、競技場、共同墓地など面的な広がりを持つ施設は、施設を利用しない者にとっては交通の障害になることがある。例えば、マンハッタンのセントラル・パークは周囲で暮らす人々にとってのオアシスである一方、タクシードライバーにとっては迂回を強いられる邪魔な存在である。特に、施設が大規模になるほど、交通に与える影響が大きくなる。したがって、このような面的施設を配置する際には、利用者のアクセスだけでなく、非利用者の迂回をも考慮する必要がある。しかし、通常の施設配置モデルは面積を持たない点的施設を対象としているため、非利用者の迂回を扱うことができない。

研究代表者はこれまで距離分布を用いた施設配置分析に関する研究に取り組んできた。アクセス距離に関しては、利用者から最寄りの施設までのアクセス距離分布を導いた (Miyagawa, Journal of Geographical Systems, 2012)。アクセス距離分布は、施設からどのくらい離れたところに何人の利用者があるかを表し、アクセスの良さを評価する基礎となる。そして、施設の密度と配置がアクセス距離に及ぼす影響を明らかにした。また、迂回距離に関しては、都市内に通行不能領域がある場合の迂回距離分布を導いた (Miyagawa, Annals of Operations Research, 2012)。迂回距離分布は、どの程度の迂回を強いられる移動がどのくらいの量あるかを表し、迂回の大さを評価する基礎となる。そして、通行不能領域の規模と位置が迂回距離に及ぼす影響を明らかにした。

2. 研究の目的

本研究は既存研究における点的施設を面的施設へ拡張し、利用者のアクセスと非利用者の迂回の両方を考慮した施設配置モデルを構築することにより、面的施設の効率的な整備に資することを目的とする。特に、アクセス距離と迂回距離のトレード・オフに着目して面的施設の密度、配置、形状を分析する。

3. 研究の方法

(1) アクセス距離分布の導出

施設を利用する者にとってのアクセスの良さを評価するため、利用者から施設内の最も近い点までの距離をアクセス距離と定義し、アクセス距離の分布を求める。そして、施設の密度、配置、形状がアクセス距離に及ぼす影響を明らかにする。

(2) 迂回距離分布の導出

施設を利用しない者にとっての迂回の大さを評価するため、施設を迂回することによる移動距離の増分を迂回距離と定義し、迂回距離の分布を求める。そして、施設の密度、配置、形状が迂回距離に及ぼす影響を明らかにする。

(3) 面的施設配置モデルの構築

アクセス距離分布と迂回距離分布を用いて、面的施設の配置モデルを構築する。評価指標としては、効率性の指標として距離の平均値、公平性の指標として距離の最大値や標準偏差を用いる。アクセス距離と迂回距離はトレード・オフの関係にあるため、多目的最適化の手法を用いて最適解を探索する。

(4) 実際の施設配置での分析

実際の道路ネットワーク上の施設配置を対象として、アクセス距離分布と迂回距離分布を計測する。それらをモデル分析の結果と比較し、実際の配置を評価する。そして、アクセス距離と迂回距離の両面からより望ましい配置と形状を提案する。さらに、実際の施設配置の分析から得られた知見を、より記述力の高いモデル構築へとフィードバックさせる。

4. 研究成果

(1) 長方形施設の配置・形状分析モデル

図1に示すような利用者が一様に分布する長方形都市に単一の長方形施設を配置する状況を考え、施設の配置・形状を分析するためのモデルを構築した。

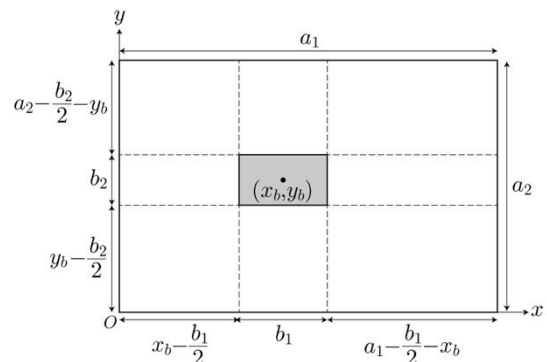


図1. 長方形都市における長方形施設

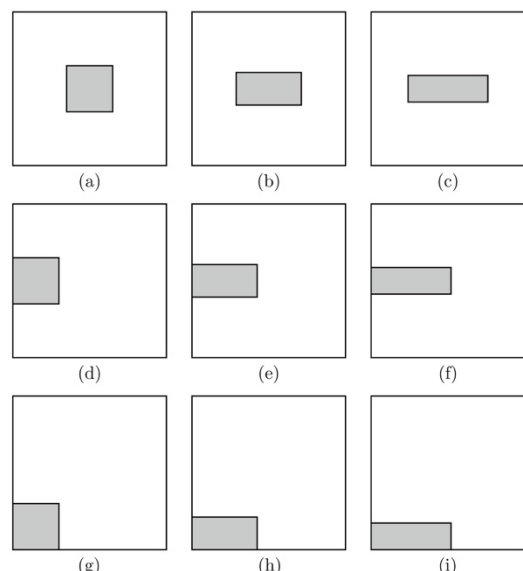


図2. 施設配置パターン

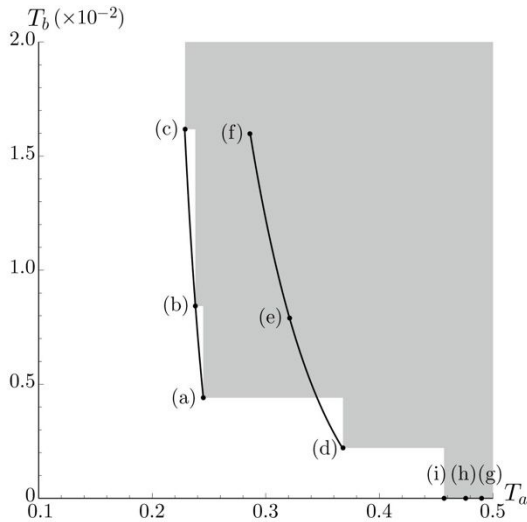


図3. 総アクセス距離と総迂回距離

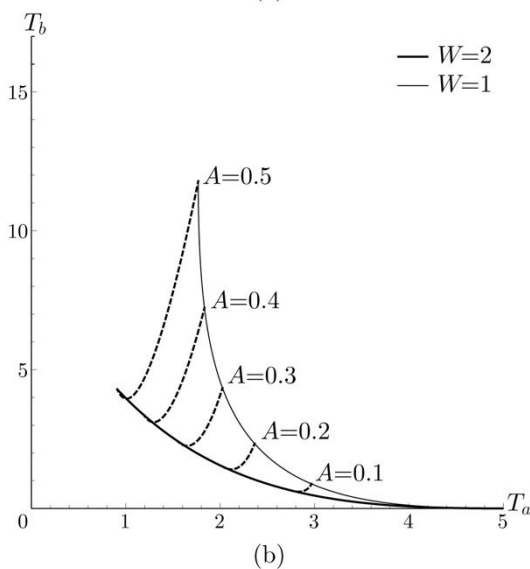
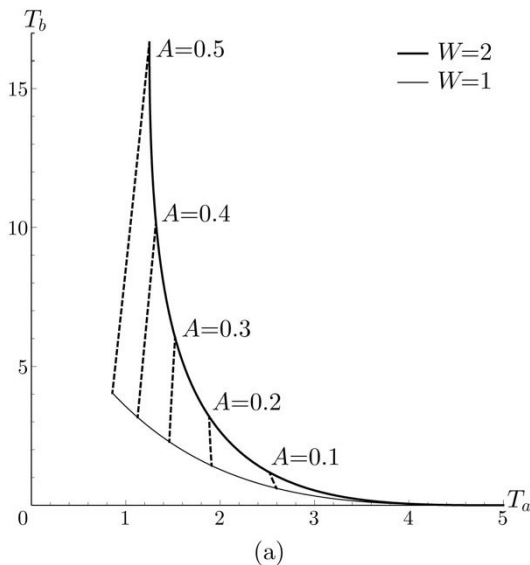


図4. 総アクセス距離と総迂回距離: (a)正方形都市; (b)長方形都市

まず、利用者のアクセスの良さを表すアクセス距離分布、非利用者の迂回の高さを表す迂回距離分布を求めた。距離の計測には直交距離を用いた。そして、アクセス距離と迂回距離はトレード・オフの関係にあることを示した。すなわち、施設が都市の中心に近づくほど、また施設が細長くなるほど、アクセス距離は減少し、迂回距離は増加する。

次に、施設の面積が一定であるという制約の下で、総アクセス距離と総迂回距離の両者を最小にする二目的の問題を考えた。図2に示す9つの施設配置パターンに対する総アクセス距離と総迂回距離を図3に示す。図より、パターン(f)はパターン(b)と比べて総アクセス距離と総迂回距離のいずれも大きく、パターン(b)に支配されることが読み取れる。どのパターンにも支配されないパレート最適解はパターン(c), (b), (a), (d), (i)であることが分かる。

(2) 長方形施設の規模・形状分析モデル

施設の形状に加えて、規模も決定できるように施設配置モデルを拡張した。これにより、施設の規模と形状を同時に決められるようになった。

まず、アクセス距離を最小にする施設の形状は施設の規模と都市の形状に依存することを明らかにした。すなわち、正方形都市では、施設が小さいときは長方形が良い、施設が大きいときは正方形が良い。長方形都市では、施設の規模に関わらず長方形が良い。また、迂回距離を最小にする施設の形状を明らかにした。正方形都市では正方形が良い、長方形都市では長方形が良い。

次に、総アクセス距離と総迂回距離の両者を最小にする二目的の問題を考えた。正方形都市と長方形都市において、施設の面積Aと縦横比Wを変化させたときの総アクセス距離と総迂回距離を図4に示す。正方形都市では、施設が小さいときは正方形と長方形のどちらもパレート最適となること、長方形都市では施設規模に関わらず長方形がパレート最適となることが分かる。

(3) 円形施設の数・規模分析モデル

図5に示すような利用者が一様に分布する円形都市に複数の円形施設を配置する状況を考え、施設の数・規模を分析するためのモデルを構築した。

まず、利用者のアクセスの良さを表す平均アクセス距離、非利用者の迂回の高さを表すランダムな直線が施設と交わる確率を求めた。距離の計測には直線距離を用いた。

次に、施設の総面積が一定であるという制約の下で、平均アクセス距離と直線が施設と交わる確率の両者を最小にする二目的の問題を考えた。施設数nを変化させたときの平均アクセス距離と直線が施設と交わる確率を図6に示す。施設数が増加するほど平均アクセス距離は減少し、直線が施設と交わる確

率は増加することが分かる。すなわち，利用者のアクセスだけを考えるならば多数の小規模な施設を整備するのが良く，非利用者の迂回も考慮するならばより少数の大規模な施設も最適となる。

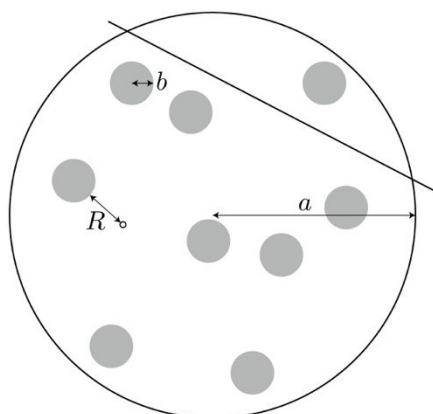


図 5. 円形都市における円形施設

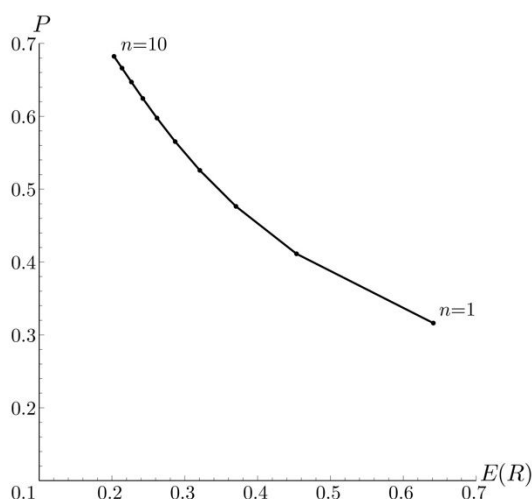


図 6. 平均アクセス距離と直線が施設と交わる確率

以上の研究成果は，利用者のアクセスと非利用者の迂回の両方を考慮した面的施設の配置に関する意思決定に有用な情報を提供する。また，実際の施設配置に役立つだけでなく，今後の施設配置モデルの発展にもつながることが期待できる。

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5件)

Miyagawa, M.: Distribution of the ratio of distances to the first and second nearest facilities. Journal of the Operations Research Society of Japan, 60, 429-438, 2017. [査読有]
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jorsj/60/4/60_429/_article/-char/en

Miyagawa, M.: Bi-objective model for optimal size and shape of a rectangular facility. Urban and Regional Planning Review, 4, 129-137, 2017. [査読有]
 DOI:10.14398/urpr.4.129

Miyagawa, M.: Bi-objective model for optimal number and size of circular facilities. Geographical Analysis, 49, 143-154, 2017. [査読有]
 DOI:10.1111/gean.12108

Miyagawa, M.: Continuous location model of a rectangular barrier facility. TOP, 25, 95-110, 2017. [査読有]
 DOI:10.1007/s11750-016-0424-1

Miyagawa, M.: Distribution of the angle between directions of the first and second nearest facilities. FORMA, 30, 59-63, 2015. [査読有]
 DOI:10.5047/forma.2015.008

[学会発表](計10件)

Miyagawa, M.: Bi-objective model for optimal number and size of circular facilities. 64th Annual North American Meetings of the Regional Science Association International (NARSC), Vancouver, Canada, 2017.

宮川雅至: アクセスと交通への障害を考慮した円形施設の数と規模. 日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会, 2017.

宮川雅至: アクセス距離と迂回距離のトレード・オフに着目した面的施設の配置. 都市のORサマーセミナー, 2017.

Miyagawa, M.: Continuous location model of a rectangular barrier facility. 14th International Symposium on Locational Decisions (ISOLDE), Toronto, Canada, 2017.

宮川雅至: 面的施設に対するアクセス距離と迂回距離. 日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会, 2016.

Miyagawa, M.: Closest and barrier distances in the presence of a finite size facility. International Conference on Operations Research (OR2016), Hamburg, Germany, 2016.

Miyagawa, M.: Optimal allocation of

area in hierarchical road networks. 62nd Annual North American Meetings of the Regional Science Association International (NARSCI), Portland, USA, 2015.

宮川雅至: 最も近い施設と2番目に近い施設までの距離の差の分布. 日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会, 2015.

Miyagawa, M.: Rectilinear distance to a facility in the presence of a square barrier. International Conference on Operations Research (OR2015), Vienna, Austria, 2015.

Miyagawa, M.: Sum of and difference between distances to the first and second nearest facilities. 27th European Conference on Operational Research (EURO), Glasgow, UK, 2015.

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ccn.yamanashi.ac.jp/~mmiyagawa/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮川 雅至 (MIYAGAWA, Masashi)

山梨大学・大学院総合研究部・助教

研究者番号: 50400627