

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24年5月22日現在

機関番号：13501

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22710140

研究課題名（和文）施設配置と道路網を統合した都市インフラストラクチャーの頑健性評価

研究課題名（英文）An integrated model of facility location and road network to evaluate reliability of urban infrastructure

研究代表者

宮川 雅至（MIYAGAWA MASASHI）

山梨大学・大学院医学工学総合研究部・助教

研究者番号：50400627

研究成果の概要（和文）：本研究では、都市インフラストラクチャーの頑健性を評価するため、施設配置と道路網を統合したモデルを構築する。頑健性の評価指標としては、最寄り施設が閉鎖された場合や施設に至る道路が閉塞した場合の施設までの距離の増分を用いる。そのために、格子状配置とランダム配置を対象として、住民から最も近い施設までの距離と2番目に近い施設までの距離の同時分布を導く。また、道路が閉塞した場合の最寄り施設までの距離分布を導く。

研究成果の概要（英文）：In this research, we develop an integrated model of facility location and road network for evaluating the reliability of urban infrastructure. The model focuses on the distance to a facility when the nearest facility or the road to the facility is closed. We derive the joint distribution of the distances to the first and the second nearest facilities for regular and random patterns of facilities. We also derive the distribution of the distance to a facility in the presence of a square barrier.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,100,000	630,000	2,730,000

研究分野：複合新領域

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、道路網、頑健性、空間解析、距離分布、モデル化

1. 研究開始当初の背景

公共施設や道路網といった都市インフラストラクチャーの計画には、災害や事故などが発生する可能性を踏まえ、それらによるサービスの低下を回避もしくは低減させることが求められる。したがって、ある施設が閉

鎖された場合でも別の施設が対応する、あるいは道路が閉塞した場合でも代替経路が存在する、というバックアップ機能の確保が必要となる。

応募者は施設配置と道路網の頑健性評価に関する研究を行ってきた。宮川他(2004)

[宮川雅至, 大澤義明, 腰塚武志: 施設の開設・閉鎖に伴う移動距離変化と頑健な規則的配置. 日本オペレーションズ・リサーチ学会和文論文誌, 47, 1-23, 2004.] では, 施設が閉鎖された場合に住民から利用可能な施設までの距離がどの程度増加するのかを分析した. そして, 施設までの平均距離を比較することで, 頑健な配置を求めた. また, 宮川・大澤(2003) [宮川雅至, 大澤義明: 迂回距離と最短距離. 都市計画論文集, 38-3, 439-444, 2003.] において, 道路が閉塞した場合に移動距離が最短距離と比較してどの程度大きくなるのかを明らかにした.

これらの研究には, 施設配置と道路網とが別々に扱われているという問題点がある. すなわち, 施設配置の頑健性を評価する際にはアクセスとしての道路は考慮されておらず, また, 道路網の頑健性を評価する際には移動の目的地となる施設の状況は考慮されていない. しかし, 災害時には, 施設が利用可能でもそこに至る道路が寸断されていたり, 逆に, 道路は通行可能でも施設が閉鎖されていたりすることも多い. 都市インフラストラクチャーの頑健性を包括的に評価するためには, 施設配置と道路網をそれぞれ個別に分析するのではなく, 両者を統合して評価する必要がある.

本研究では, 宮川他(2004)と宮川・大澤(2003)との融合を図り, 施設配置・道路網の頑健性を一体的に評価するためのモデルを構築する. そして, モデルを実際の施設配置・道路網に適用することで, 頑健な都市インフラストラクチャーを計画するための指針を得ることを目指す.

2. 研究の目的

本研究は, これまで個別に評価されてきた施設配置と道路網の頑健性を一体として評価することにより, 不確実性に強い都市の設計に資することを目的とする. まず, 代表的な施設配置・道路網パターンを用いて, 施設配置と道路網の頑健性を一体的に評価するためのモデルを構築する. そして, 施設が閉鎖された場合, 道路が閉塞した場合, 施設と道路が同時に閉鎖された場合のそれぞれに対して, 利用可能な施設までの移動距離がどの程度増加するのかを計測し頑健性を評価する.

3. 研究の方法

(1) 施設配置と道路網を統合したモデルの構築

代表的な施設配置・道路網パターンを用いて, 施設配置と道路網を統合したモデルを構築する. 具体的には, 施設配置として格子状配置とランダム配置, 道路網として格子状道路網を対象とする. そして, 施設閉鎖・道路

閉塞に伴う損失を同一の枠組みで計測する. 損失の評価指標としては, 住民から最寄りの利用可能な施設までの距離の増分を用いる.

(2) 施設配置・道路網の頑健性評価

構築したモデルを用いて, 施設が閉鎖された場合, 道路が閉塞した場合のそれぞれに対して, 利用可能な施設までの移動距離がどの程度増加するのかを計測する. そして, 施設までの平均距離, 距離の標準偏差などを用いて頑健性を評価する. また, 施設閉鎖・道路閉塞が都市全体に与える損失の大きい箇所を明らかにする.

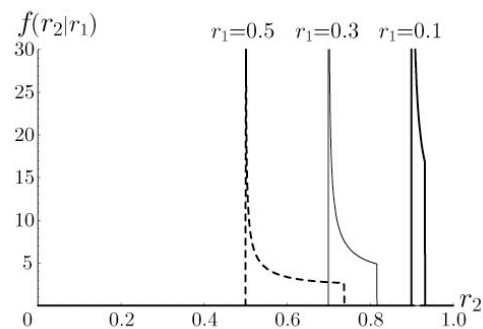
(3) 実際の施設配置・道路網での分析

実際の道路網上の施設配置を対象として, 施設閉鎖・道路閉塞による移動距離の増分を計測する. これをモデルで得られた結果と比較することにより, 頑健な施設配置・道路網を構築するための指針を得る.

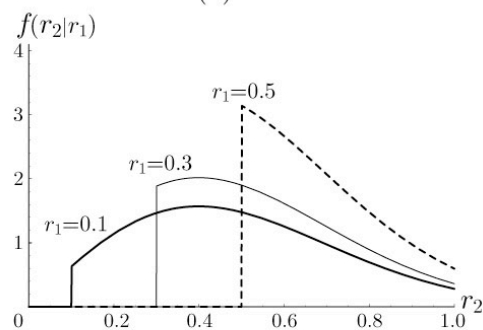
4. 研究成果

(1) 最も近い施設と2番目に近い施設までの距離の同時分布

格子状配置とランダム配置を対象として, 住民から最も近い施設までの距離(最近隣距離)と2番目に近い施設までの距離(2次近隣距離)の同時分布を導いた. 距離の計測には, 代表的な距離である直線距離と直交距離を用いた. 直線距離の下での最近隣距離が与えられたときの条件付き2次近隣距離分布を図1に示す.



(a) Grid



(b) Random

図1 条件付き2次近隣距離分布

求めた同時分布を用いて2つの距離の関係を分析し、最寄り施設が閉鎖された場合や施設に至る道路が閉塞した場合の施設までの距離の増分が、都市内でどのように分布しているのかを明らかにした。

次に、つくば市の病院を対象に、施設の位置データ・道路ネットワークデータを用いて、道路距離の下での住民から最も近い施設までの距離と2番目に近い施設までの距離の同時分布を計測した。最近隣距離が与えられたときの条件付き2次近隣距離分布を図2に示す。求めた同時分布を格子状配置・ランダム配置に対する直線距離・直交距離の下での同時分布と比較することで、実際の配置の頑健性を評価した。

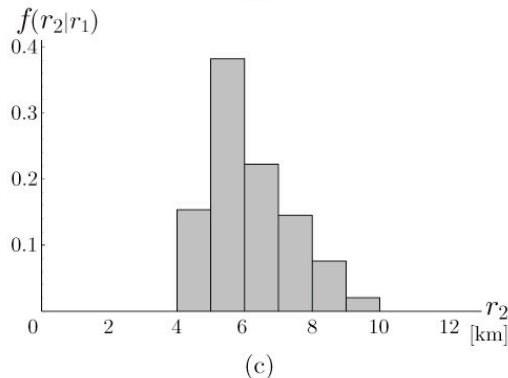
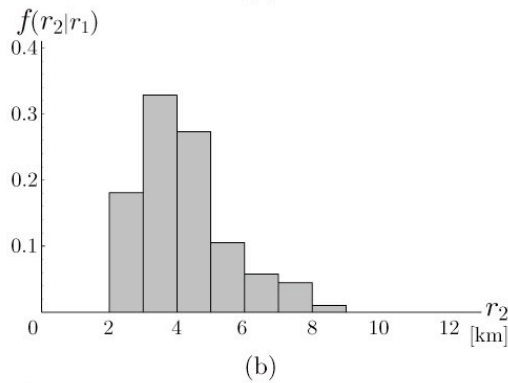
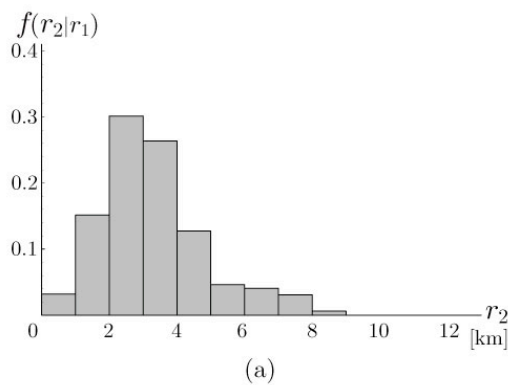


図2 条件付き2次近隣距離分布
(a) $r_1:0-2$ [km], (b) $r_1:2-4$ [km],
(c) $r_1:4-6$ [km]

(2) フロー需要型施設への寄り道距離分布

格子状配置とランダム配置を対象として、移動途中に施設に立ち寄るための寄り道距離分布を導いた。距離の計測には直交距離を用いた。求めた寄り道距離分布を図3に示す。そして、起終点間距離や起終点の位置関係が施設までの距離にどのような影響を及ぼすのかを明らかにした。また、寄り道距離分布はサービス需要が点として表される一般の施設に対する距離分布をフロー需要型施設へ一般化したものであることを確認した。

また、道路網上で施設に立ち寄るための寄り道距離を求め、一定の寄り道距離で立ち寄り可能な領域を道路網上に図示した。そして、立ち寄り可能領域の形状や大きさを連続平面上でのモデル分析の結果と比較し、モデルがある程度、現実に適用できることを確認した。

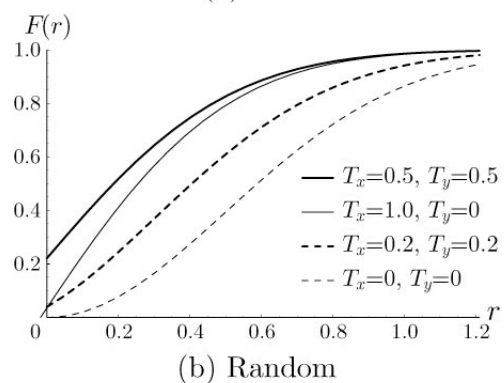
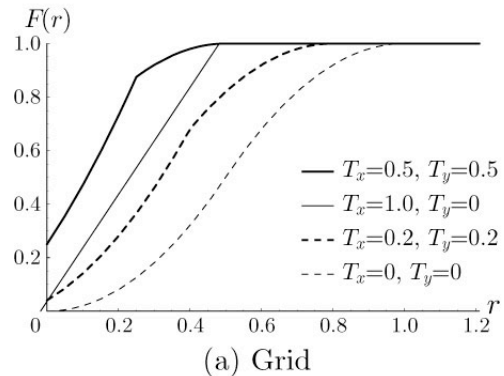


図3 寄り道距離分布

(3) 道路閉塞時の最寄り施設への迂回距離分布

格子状配置を対象として、道路が閉塞した場合の最寄り施設までの距離分布を導いた。道路閉塞は正方形の通行不能領域で表現し、施設までの距離は直交距離で計測した。道路閉塞パターンと道路が閉塞する前後の距離分布を図4, 5に示す。距離分布から求めた迂回距離の総和や最大値を比較することで、道路閉塞の位置や大きさが施設までの距離にどのような影響を及ぼすのかを明らかにした。

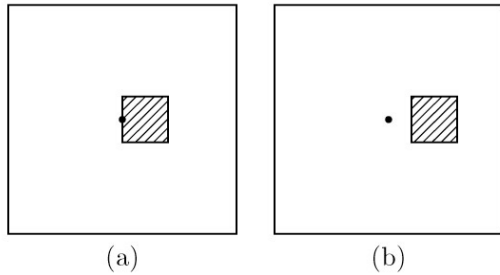


図4 閉塞パターン

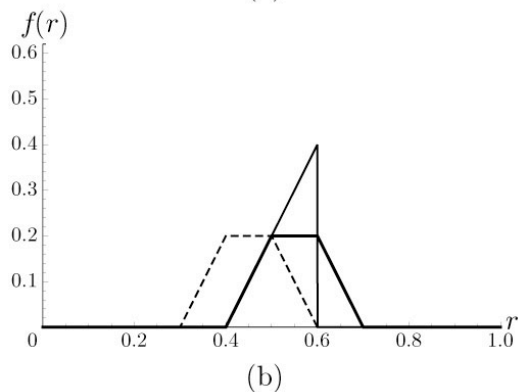
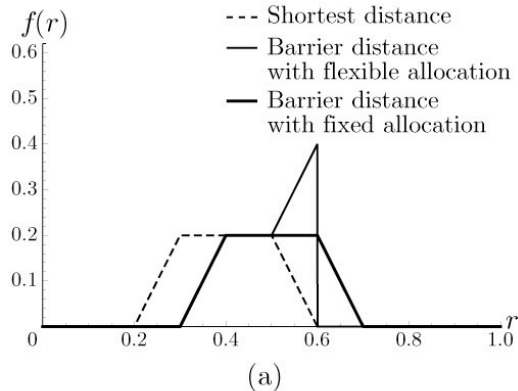


図5 迂回距離分布

以上の研究成果は、不確実性に強い都市インフラストラクチャーを設計するための基礎資料となる。本研究で構築したモデルを用いれば、これまで個別に評価されていた施設閉鎖・道路閉塞による損失を、施設までの移動距離の増分として同一の枠組みで把握することができる。これにより、施設閉鎖と道路閉塞が同時に起こった場合の評価や両者の損失の大きさの比較が可能になった。このように、本研究のモデルは既存のモデルに比べて汎用性の高いものとなっている。

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3件)

- ① Miyagawa, M.: Rectilinear distance to a facility in the presence of a square

barrier. Annals of Operations Research, 掲載決定. [査読有]

- ② Miyagawa, M.: Joint distribution of distances to the first and the second nearest facilities. Journal of Geographical Systems, 14, 209-222, 2012. [査読有]
- ③ Miyagawa, M.: Distributions of rectilinear deviation distance to visit a facility. European Journal of Operational Research, 205, 106-112, 2010. [査読有]

[学会発表] (計5件)

- ① Miyagawa, M.: Rectilinear deviation distance to visit a facility. EURO Working Group on Locational Analysis 19th Meeting, 2011年10月13日, ナント通信サイバネティクス研究所(フランス共和国).
- ② 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同時分布. 日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会, 2011年9月16日, 甲南大学(兵庫県).
- ③ 宮川雅至: 高次の距離分布と閉鎖を伴う施設配置問題. 日本オペレーションズ・リサーチ学会「政治と社会と行政のOR」研究部会第6回研究会, 2010年11月18日, 政策研究大学院大学(東京都).
- ④ 宮川雅至: 高次の距離分布を用いた施設配置分析. 南山大学オープン・リサーチ・センター2010年度第3回公開研究会, 2010年10月2日, 南山大学(愛知県).
- ⑤ 宮川雅至: 直交距離の下での施設への寄り道距離分布. 日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会, 220-221, 2010年9月17日, コラッセふくしま(福島県).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮川 雅至 (MIYAGAWA MASASHI)
山梨大学・大学院医学工学総合研究部・助教

研究者番号: 50400627

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし