

地理空間情報システムを用いた生活インフラの撤退計画に関する研究 —橋梁撤退が住民生活に与える影響の数値化— Study on withdrawal plan of infrastructure using GIS -Quantification of the impact of bridge withdrawal on residents' lives -

○荒木望^{*1}, 山田悟史^{*2}
Nozomi ARAKI^{*1}, Satoshi YAMADA^{*2}

*1 立命館大学 理工学部 建築都市デザイン学科

Undergraduate, Dept. of Architecture and Urban Design, Ritsumeikan Univ.

*2 立命館大学 理工学部建築都市デザイン学科 任期制講師・博士(工学)

Lecturer, Dept. of Architecture and Urban Design, Ritsumeikan Univ., Dr.Eng.

キーワード：GIS, ネットワーク解析, 撤退計画, 橋梁

Keywords: GIS, Network analysis, Withdrawal plan, Bridge

1. はじめに

近年, 深刻な人口減少に伴って地方の急速な過疎化が進んでいる。同時に小規模な市町村は財政的問題から, 交通インフラの整備と維持がままならない状況にある。

国土交通省の道路メンテナンス年報^{註1)}によると, 地方公共団体が管理する橋梁の約11%が「Ⅲ早期措置段階」もしくは「Ⅳ緊急措置段階」とされている。

さらなる人口減少, 財政悪化により, 今後生活インフラの維持管理状況はさらに厳しくなることが予想される。

橋梁をはじめとするインフラの維持管理に関しては, 特定のインフラに着目してLCC(ライフサイクルコスト)を最小化する維持・修繕計画に関する研究は多数ある。特に鹿島建設が青森県と協同で開発し, 実際に運用しているブリッジマネジメントシステム(BMStar)¹⁾は維持管理コストの削減に貢献していることが確認されている。

一方で人口拡大に合わせて整備されてきた生活インフラをこのまま維持していくのではなく, 戦略的にインフラの機能を縮退させ必要な機能を維持する, スマートシュリンク²⁾の考え方が提唱されている。しかし, 国民意識調査^{註2)}によると社会インフラを廃止・縮小を実施すべきだという声は半数未満に留まった。インフラは住民の生活に密接に関係しているという性質から, 老朽化, 予算不足, 人口減少といった厳しい現実を前にしても住民は撤去, 撤退には同意し難いものなのだ。

住民説得から地域の持続可能な開発までを見越した将来性のある撤退計画のために, 客観的かつ合理的な生活インフラ撤退・撤去の判断材料が必要とされている。

杉浦ら³⁾の道路ネットワークに関する研究では道路統廃合時のネットワークモデルの挙動を住民の移動需要の観点から評価する研究をおこなっている。

しかし, 橋梁撤退による地域道路ネットワークへの影

響度から地域住民の生活に与える影響度を推し量り, 橋梁撤退計画を評価する研究は行われていない。そこで本研究では, 特定の比較的小規模なエリアにおける仮定の橋梁撤退計画に際して, 撤退による交通環境の変化を地理空間情報システム(以後GIS)^{註3)}を用いて数値化し, 対象地域において撤退すべき橋梁を合理的・客観的に判断するシステム構築を提案し検討する。

橋梁を撤退することによる道路網への影響はその近辺の利便性の低下だけでは評価できないが, かといって存続が危ぶまれるような比較的小規模な橋梁に対して都道府県全体, または国土全域といった範囲を俯瞰するのも正しいとはいえない。そこで本稿では市町村単位で, 橋梁撤退が住民の生活に与える影響を道路ネットワークの観点から考えていく。

2. 研究方法

本研究のGISによる解析のかなめとなるデータは「①ネットワークデータセット, ②起点, ③終点, ④撤退候補となる橋梁位置」である。

解析は, 同アプリケーションのネットワーク解析^{註4)}ツール「ODコストマトリックス」を用いてを行う。これは複数の②起点から複数の③終点までの①ネットワークデータセット^{註5)}を介した最小コストパスを検出して計測するツールである。これを一つの試行として, ④撤退候補となる橋梁位置を試行ごとに封鎖して, 撤退しなかった場合との移動コストの変化量を分析し, 妥当性を検証することが本稿の具体的な目的である。

2.1. 各データの定義と作成の詳細

閉じた道路ネットワーク環境がODコスト解析の精度を高めるためにふさわしく, また解析の対象地にはS市を

含む3都市からなるA島を選んだ。S市の住民に与える影響を考える。

①～④までのデータとS市をプロットした地図を示す(Fig.1)。以下に各データの定義と作成の詳細を記す。

①ネットワークデータセット

NDにはA島全域の道路ネットワークとネットワーク上を移動する自動車の移動速度のみが格納されている。

道路ネットワーク作成にあたり、国土地理院地図の道路中心線^{註6)}を使用した。

解析の簡略化のために、道路環境は自動車が自由に移動できるものとし、一般道路における車両の平均速度移動速度^{註7)}から34.3km/hに設定する。

また、移動手段を車両に特定するのは、歩行者の移動を考慮することが橋梁機能の縮小と干渉し、撤退・撤去の判断材料作成を目的とする本研究の成果として不確実となる恐れを回避するためである。

②起点

S市上の250mメッシュに各メッシュごとの人口総数^{註8)}を付加させる。さらに各メッシュの中心をXYポイントデータ化したものを起点とする。そこから人口総数が0のポイントを削除し、1130の起点を作成した。

本研究が市町村単位の住民に与える影響を研究対象としていることから、起点をS市上のものに限定した。

③終点

生活の中で道路ネットワークはあらゆる用途で使用されるが、ここでは簡略のために病院へのアクセスの変化を生活に与える影響として定義し、A島内の全233の病院を終点とする。病院は住民に等しく不可欠であり、各施設間にサービスの差異や、優劣が比較的少ないことから終点として妥当であると言える。終点のXYポイントデータは医療機関データ^{註9)}に基づき作成した。

また計画ごとの試行数にばらつきが出ないように、各起点が検出する終点の数は10で統一した。

④撤退候補となる橋梁位置

橋梁の正確な所在を特定するのは困難なため、Google Map®に橋梁として登録されているS市内の比較的大きな14橋を撤退候補となる橋梁として設定する。それぞれ橋梁A～Nと呼称する。これらは劣化の度合いや地理的条件などは考慮していない。

これは本研究の本旨が撤退計画における評価システム自体の検討であることから客観的であるといえる。

2.2. 評価方法

撤退を行わない現状を計画0として、橋梁A～Nまでの各橋梁撤退計画を計画1～14とする。各計画の起点から終点までの移動時間にメッシュあたりの人口総数で重み付けを行い、計画ごとの総移動コストとする。それらを計画0の総移動コストで差し引いたものを総移動コスト

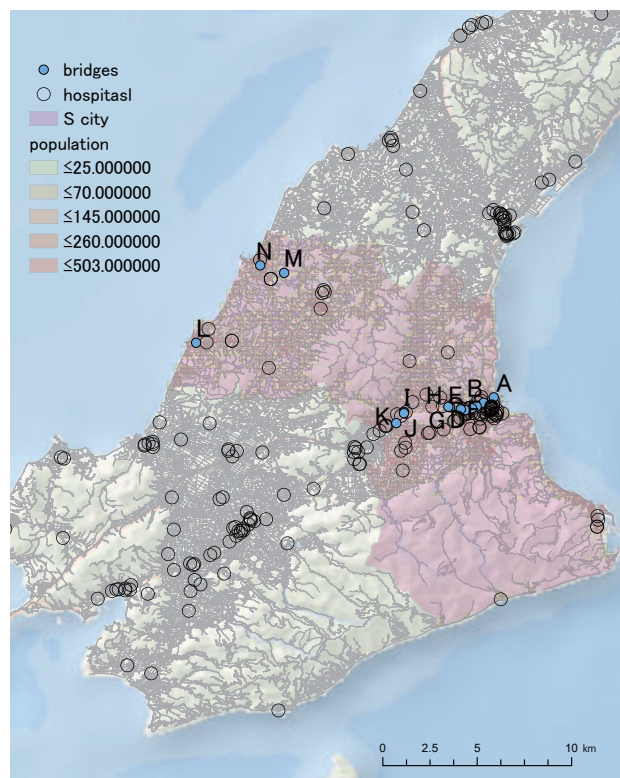


Fig.1 plot all data on the map

Table. 1 analysis result

plan	name	total cost(min)	Δtotal cost(min)	rank
plan.0	-	1638634	0	-
plan.1	A	1639224	589	8
plan.2	B	1640730	2095	2
plan.3	C	1638640	5	13
plan.4	D	1639532	898	7
plan.5	E	1639944	1309	3
plan.6	F	1639566	932	4
plan.7	G	1638780	146	10
plan.8	H	1639267	633	6
plan.9	I	1638634	0	14
plan.10	J	1642438	3803	1
plan.11	K	1638724	90	11
plan.12	L	1639470	836	6
plan.13	M	1638664	30	12
plan.14	N	1639174	540	8

ト変化量とし、計画1～14によるS市の道路ネットワークへの影響とする。

3. 解析結果

まず始めに、各試行ごとに総移動コストと総移動コスト変化量、そして変化量の順に変化順位をつけたものを示す(Table.1)。また、試行数はすべて同一で1130回である。

各計画ごとの変化量はかなりばらつきがあり、撤退する箇所により、道路ネットワークへ与える影響が大きく変化することがわかる。変化量が大きかった2橋と小さかった2橋、それから特徴的な結果となった2橋それぞれの地理的特性を確認していく。

3.1. 変化量大きい計画

結果が大きく変化したのは、付近に病院が密集していたり、人口密集地に位置していたりと、近辺の状況から推察されるものがある一方で、それだけでは重要性がわかりにくいものもある。

特に計画 2, 10 は変化量が大きく、これらの特性を詳しく確認する。

3.1.1. 計画 2:B 橋の地理的特性

B 橋撤去に伴って S 市民全体に 2000 分以上の影響を与えている。Fig.2 から B 橋が位置するのは S 市内の人口密集地で、さらに A 島内で病院も多く集まるエリアだということがわかる。特に B 橋の南側は 2 つの大きな川で囲まれた地域で、特に病院数の多さが際立っている。このことから、この地域内の病院にアクセスするうえで B 橋が重要であることがわかる。

さらに、この 2 つの川で囲まれた地域は人口集中度も非常に高く、この地域から他の病院へのアクセスするためにも用いられていることも、変化量が大きかった理由として考えられる。

またこの B 橋は実際の S 市内において重要な存在であることも興味深い。大正 7 年に架設されてから、現在に至るまで交通のかなめとして何度も改修、架け替えが行われていることから、B 橋を中心に S 市内の道路ネットワークが形成されたように見受けられる。

3.1.2. 計画 10:J 橋の地理的特性

本解析においてもっとも影響が大きく表れたのが J 橋であるが、その地理的特性は B 橋とは異なっている。

Fig.3 から J 橋も比較的人口密集エリアに位置しているが、周囲には病院が集まっているわけではない。どちらかというと郊外に位置している印象をうける。それにも関わらずこのような結果となったのは、S 市内全体の人口分布と関係していると考えられる。

S 市では人口集中箇所が海に面した東西に偏っており、地理的中心部は過疎部が目立つ。また西側の人口集中箇所は病院数が比較的少ないため、終点の数を 10 で指定した今回の分析において、西側から東側病院集中箇所へアクセスの必要が生じた。その際の重要な通り道として J 橋が存在していると予想される。

3.2. 変化量が少ない計画

一方で、結果に影響をほとんど与えなかった橋梁も存在する。しかし、必ずしもそれが過疎地域にあるものだというわけではない。むしろ変化量が極端に小さい橋梁の周囲の環境は変化量が大きいもののそれと非常に似ている。

特に計画 3, 9 は顕著に表れており、これらの特性を詳

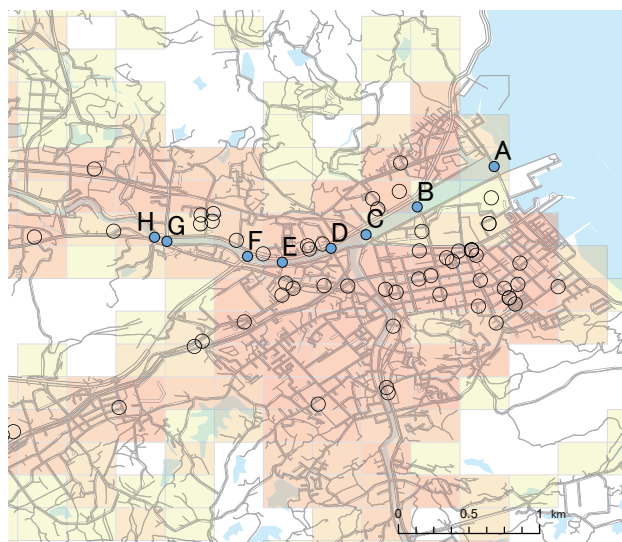


Fig.2 near bridge A to H

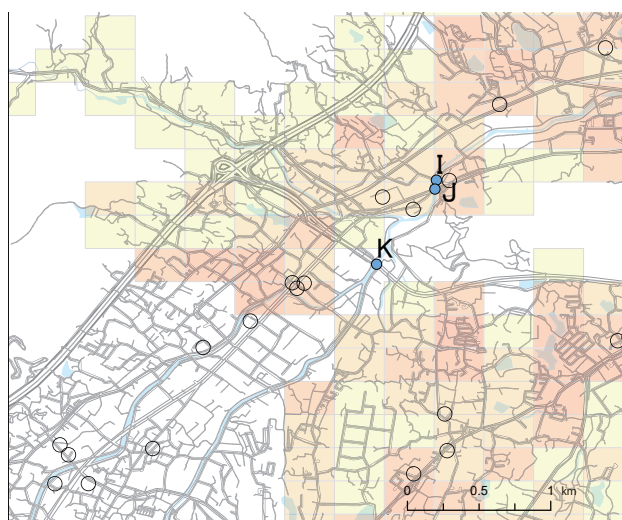


Fig.3 near bridge I to J

しく確認する。

3.2.1. 計画 3:C 橋の地理的特性

図 2 から C 橋は変化が二番目に大きかった B 橋の西隣りに位置している。一見すると周囲の環境は B 橋とほぼ同じであるのに C 橋の変化量の大きさが 13 番目であったのは、なによりも C 橋が B 橋と隣接していることが要因であろう。

今回の解析では道路渋滞や、交通流量は考慮していないため、B 橋と C 橋が並んで存在しているとき、ネットワーク上の最短経路のみから最適と判断された B 橋が主に選択されることにより、C 橋の交通量が極端に減少したと考えられる。

地図から C 橋と B 橋の特性の違いを読み取るのは難しい。おそらく 2 つの川で囲まれた病院と人口が密集しているエリアへの経路がわずかに変化したのだろう。

3.2.2. 計画 9:I 橋の地理的特性

今回の解析で唯一、撤退による変化量が 0 となったの

がI橋である。図3より、I橋は最も変化量の大きかったJ橋に隣接しているという点で、先のB,C橋の関係と同じ状況にあると考えられる。

東西二つの人口集中エリアをつなぐ主要な道路上にあるJ橋に対してI橋は経路から少し逸脱する位置にあることが、I橋が最短経路に全く含まれなかった要因であると考えられる。このことから逆説的にJ橋が東西人口密集エリアを結ぶ上で大きな影響を与えていることがわかる。

3.3. その他の特徴的な結果をもつ計画

M,N橋はS市北西側に位置している。Fig.4からここは中程度の人口密集度合いで、病院は比較的少ないエリアである。したがって主に解析の起点となるエリアであると考えられる。

それによって、付近に人口が密集しているN橋は、他地域へのアクセスに多く使用され、順位は8番となり、一方で12番だったM橋の周辺は人口密集度の低さからほとんど使用されなかったと言える。

人口密集度が橋梁の重要度に影響を与えたことが分かる。

4. おわりに

本研究では、インフラ機能縮小のための判断材料のひとつとして、橋梁の撤退計画が道路ネットワークに与える影響をGISを用いて数値化可能かを検証した。以下に得られた知見をまとめる。

1) 撤退計画が地域に与える影響を、直線的な距離関係からだけでは分かりにくい地域間の相互関係や人口分布を加味した上で、客観的な数値として得ることができた。人口密集地域の橋が重要で、過疎地域の橋は必要だというわけではなく、各橋梁は大きなネットワークの一部として存在していることが明らかとなった。

2) 撤退による道路ネットワークへの影響度が高い橋梁付近の他の橋梁は影響度が極端に低くなることがわかった。このことから重要な橋梁が1橋あればよいと一概に言えるわけではなく、ネットワーク解析において、最短経路を決定してしまうことで、付近のその他の経路は選択肢から除外されてしまうという問題点が浮き彫りになった。

具体的な今後の課題として、より実際の道路環境を再現したネットワークデータセットの構築があげられる。道路ネットワークは、交通流量だけでなく、交差点や一時停止、さらには自動車専用道路といった様々な要因が複雑に絡み合っている。より正確で妥当性のある結果を得るためには地域人口数や面積によって再現する情報を取捨選択していくことが必要であるだろう。

また、終点を病院に限定していることも、現実に即し

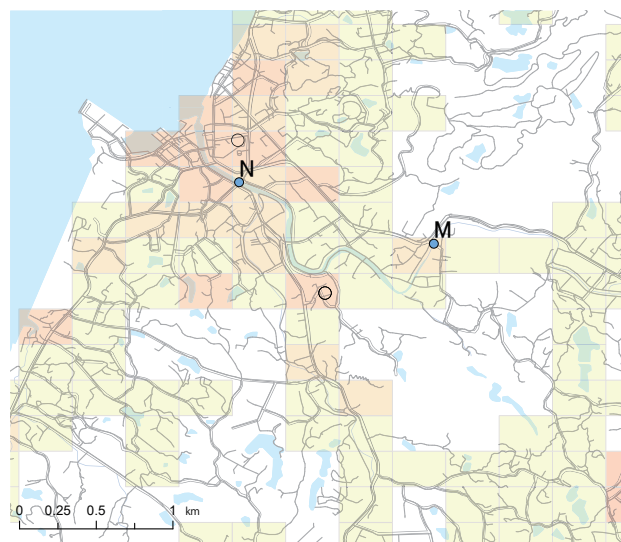


Figure 4. near bridge N, M

ているとは言い難い。橋梁撤退によって住民の生活に与える影響を多角的にとらえる必要がある。現実の道路環境の再現と、道路環境への影響を住民の生活に与える影響へと変換する評価軸を構成し、より客観的で正確な解析を可能にすることを今後の展望とする。

[注釈]

- 1) 国土交通省主導のもと、平成26年7月から全国の道路管理者が、全ての橋梁、トンネル等について、5年に1度、近接目視で点検を行い、点検結果として健全性を以下の4段階に診断し、これをまとめたもの。「I 健全」「II 予防保全段階」「III 早期措置段階」「IV 緊急措置段階」。
- 2) 国土交通省「令和2年版国土交通白書」に掲載。
- 3) 本研究では、Esri社のArcGIS Pro 2.5.1を使用している。
- 4) グラフ理論を基礎におき、物事をグラフとして抽象化し、そのグラフ構造を分析する手法のことで、道路ネットワークの場合、交差点がノードで道路がエッジに相当する。
- 5) 道路ネットワークをモデリングしたもので、ノードとエッジごとに交通規制や、所要時間を格納することができる。
- 6) 地理院地図Vector(仮称)提供実験(国土地理院)(<https://github.com/gsi-cyberjapan/gsimaps-vector-experiment>)をもとに「コンサベーションGISコンソーシアムジャパン」(<http://cgisj.jp>)が作成したデータを使用。
- 7) 国土交通省「H22平均旅客速度の推移」の一般道路合計を使用。
- 8) 政府統計の総合窓口e-Stat(<https://www.e-stat.go.jp/>)よりH29国勢調査の統計データを取得後、加工して使用。
- 9) 国土交通省 国土数値情報(<https://nlftp.mlit.go.jp/>)よりH26医療機関ポイントデータを取得後、加工して使用。

[参考文献]

- 1) 金氏眞, 狩野茂, 池田真理子: 道路橋の効率的な維持管理を支援するブリッジマネジメントシステム“BMStar”, 日本鋼構造協会 第66回白石記念講座, 2008
- 2) 国土交通省: 今後の市街地整備の目指すべき方向について, (https://www.mlit.go.jp/report/press/city08_hh_000001.html), (最終閲覧日: 2020年10月1日)。
- 3) 杉浦聡志, 町勉, 塚本睦, 高木朗義, 倉内文孝: 道路統廃合を念頭にした生活道路ネットワークデザインモデルの実装に向けた拡張, 土木学会論文集F4(建設マネジメント), 71巻, 4号, pp. 53-63, 2015