

災害復旧費用を含めた 小地域単位での実質的な社会資本維持費用の 推計手法に関する基礎的研究

加知 範康¹・大谷 直輝²・塚原 健一³

¹正会員 九州大学大学院助教 工学研究院 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)

E-mail:kachi@doc.kyushu-u.ac.jp

²正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 (〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1)

E-mail: ootani-n92y2@ysk.nilim.go.jp

³正会員 九州大学大学院教授 工学研究院 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)

E-mail:tsukahara@doc.kyushu-u.ac.jp

本研究では、宮崎県宮崎市を対象として、災害復旧費用を含めた広義の社会資本維持費用を小地域（町丁字）単位で推計し、災害復旧費用を含めることにより社会資本維持費用が全体でどの程度増加するのか、その地理的分布の特徴を明らかにすることを目的とする。まず、道路、橋梁、上水道、下水道、公共施設を対象として、自治体が保有する台帳に記載されている種類別の整備量、供用開始年を用いて、更新費用を時系列で推計した。次に、地震津波、土砂災害、洪水を対象として、被害想定（被害規模と再現期間）や過去の10年程度の水害統計・災害統計に基づき、年間期待被害額を推定した。最後に、それぞれの費用及びをこれらを合わせた広義の社会資本維持費用の地理的分布の特徴を明らかにしている。

Key Words : *infrastructure maintenance cost in the broad sense, disaster relief cost, small area*

1. はじめに

東日本大震災に見るように、地震による被害は甚大なものである。特に海岸沿岸部の都市は、地震による津波浸水被害を考慮した安全な土地利用を行っていく必要がある。しかし、実際の都市では、津波浸水の危険性がある地域への住居が進出した箇所が見受けられる。

社会資本の維持管理費用¹⁾は、年々増加していく傾向にある。社会資本の維持管理費用は、社会資本の供用開始から一定年数を経た時点で発生する。高度経済成長期に作られた社会資本は、21世紀に入り、一斉に更新が必要となっている。また、都市の無秩序な拡大により、維持管理が必要となった社会資本が多数ある。加えて、少子高齢化、人口減少を考えると、ますます財政的に社会資本の維持管理を行っていくことが難しくなる。

国土交通省²⁾では、少子高齢化や人口減少を踏まえた今後の土地利用についての方向性を示している。現況の都市においては、郊外に住居が拡散している地域が多く、その地域については移転を行い、都市の拡散をなくし、

集約を行っていく必要がある。名古屋都市センター³⁾は、名古屋都市圏をメッシュで区切り、市街地維持費用の推計等を行っている。

地域の維持管理にかかる費用は、社会資本維持管理の費用だけではない。災害復旧費用は、一時的に発生するものであると考えられがちであるが、地域の特性を考え、毎年のように災害復旧費用が必要な場所は、災害復旧費用も地域を維持する費用として計上すべきである。特に、九州のように水害が頻発に発生する地域においては、災害復旧費用は地域の財政に大きな影響を及ぼす。

2012年の九州北部豪雨では、社会資本に甚大な被害が出た。福岡財務局⁴⁾によれば、福岡、長崎、佐賀3県の災害復旧費用は352億円であり、2013年までの10年間では、最高額である。しかし、平成15年から平成24年までの10年間の平均は145億円/年であり、九州北部豪雨クラスの規模の災害が襲来した際の4割程度の災害復旧費用が毎年かかっているという計算になる（図-1）。

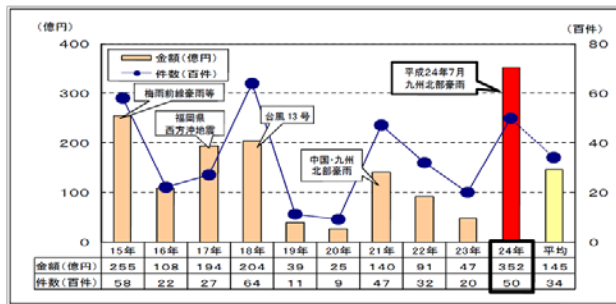


図-1 社会資本維持管理費用の経年推移⁴⁾

災害復旧により社会資本にかかる費用は大きく、地域を維持していく費用として計上すべきである。九州東沿岸部では、南海トラフ地震での津波浸水被害が甚大であるとの予測がなされている。九州のように災害復旧費用が高い地域においては、災害復旧費用も地域の維持管理の費用に含めると、社会資本の維持管理にかかる費用のみを考えた場合と比べ、推計結果に大きな相違が生じると考えられる。

社会資本の維持管理にかかる費用と、場所的な偏りを考慮するため小地域に配分した災害復旧費用とを合わせることで、広義の小地域維持の費用を推計する必要がある。そこで本研究では、災害復旧費用を含めた広義の地域維持費用の推計方法を提案し、宮崎市を対象としたケーススタディを行い、宮崎市の町丁目における地域維持費用を推計することを目的とする。

2. 先行研究と本研究の位置づけ

(1) 先行研究のレビュー

a) 社会資本老朽化と社会資本維持費用に関する研究

荒井ら⁹⁾は、高度経済成長期に建設された社会資本の維持管理が課題となることを受け、インフラ会計の構築により社会資本のストックの量や状態を適切に評価できるとした。また、事務所等で管理する台帳等を元にインフラ会計を実際に構築し、一部の社会資本施設についてストック評価額の推計を行い、今後の課題を明らかにしている。江尻ら⁹⁾は、荒井らと同じくインフラ会計についての考察を行っている。江尻らは、インフラ会計の構築の手法について詳しく述べている。さらに、インフラ会計の適用事例として納税者会計、インフラ生産性の計測、アセットマネジメントをとりあげている。半澤⁷⁾は、福島市において、100haあたりの社会資本維持管理の費用から、人口が少ない地域においては社会資本の維持管理が難しくなることを説明している。森本⁸⁾は都市のコンパクト化の評価指標として財政面と環境面に着目し、地域の現状をできるだけ反映した推計モデルの構築を行っている。宇都宮市をケーススタディとし、環境面のみならず、都市構造の変化の影響を受けやすい財政面に

おける効果は大きいことを明らかにしている。木村ら⁹⁾は、社会資本整備をフローではなくストック形成として捉え、社会資本の生産力効果の推移を分析した。行政投資額に占める用地費や維持補修費、更新費等の割合を明らかにし、2025年以降の社会資本の新規投資が難しいことを指摘している。

b) 都市構造と社会資本維持費用に関する研究

長谷川¹⁰⁾は、人口・世帯分布の空間構造の変化に伴う都市全域における将来行政コストの推計を行った。長谷川は、道路や下水道といった、都市構造の改変による行政コスト変化にも着目して推計を行っている。大柳¹¹⁾は北海道をケーススタディとし、郊外における住宅開発より、既成市街地における土地利用転換・高度化が、都市経営的視点から有利であることを定量的に明らかにしている。戸川ら¹²⁾は、環境・経済・社会のトリプルボトムライン(TBL)の観点から都市・地域の持続可能性を評価するシステムを用いて、名古屋都市圏を対象に小学校区単位での分析を行っている。牛島¹³⁾は、社会資本ストックを有効に活用する新たなマネジメント手法の策定の必要性を指摘した。また、維持管理におけるアセットマネジメントの導入の背景とその課題および構造物の維持管理の課題を説明している。清水ら¹⁴⁾は、都市郊外部における高齢化および人口減少が進展しつつある住宅団地からの撤退の考え方、撤退に伴う様々な費用と便益を整理し、撤退の条件および撤退の最適タイミングの算出方法を提案している。ここでの便益には、撤退に伴う社会資本維持管理費用の削減も含めている。

c) 災害復旧費用の推計に関する研究

豊田ら¹⁵⁾は、地震長期評価を組み入れた津波防災事業の定量的評価に関する研究を行っている。現状での津波被害に対して、被害額だけではなく、地域別の被害率や資産別の被害率を分析することが重要であり、津波防災事業の効果を定量的に評価するためには、対象津波に対する精度の高い被害推定手法の確立に加えて、津波の発生確率を評価することが必要であることを述べている。しかし、このように津波の発生確率を考慮した上で詳細な被害分析を行い、その結果を防災計画の構築に応用させる考え方はこれまで十分ではなかったことを指摘している。小林ら¹⁶⁾は、災害リスクマネジメントと経済評価を行っている。高度化した災害リスクに対処するためには、リスク・コントロール手法とリスク・ファイナンス手法を組み合わせた効果的なリスク管理体系を構築していく必要があることを指摘している。また、費用便益分析の枠組みの高度化を図る必要があり、災害リスクのカタストロフ性を考慮した費用便益分析の重要性を論じている。

(2) 本研究の位置づけ

地域の維持費用として、社会資本の維持管理費用を扱った研究はあるが、しかしながら、災害復旧費用を地域の維持の費用とし推計を行った研究はない。九州の東沿岸部のように、水害上周知であり、南海トラフ地震での地震動・津波による予想災害被害額が大きい地域では、災害復旧費用を地域の維持の費用に含めなければ、実質的な維持の費用の推計は行えないと考えられる。つまり、地域の維持に必要な費用として、社会資本の維持管理にかかる費用と、災害復旧にかかる費用を合わせることで、実質的な地域の維持に必要な費用が推計できると考える。

3. 社会資本維持管理費用と災害復旧費用を合わせた広義の地域維持費用推計方法の提案

本研究では、社会資本維持管理費用と災害復旧費用を合わせた広義の地域維持費用推計方法を提案し、宮崎市をケーススタディとして推計を行った。社会資本から発生する費用は、老朽化による更新費用と、災害による災害復旧費用の2種類がある。本研究では、この2種類について推計する。

(1) 維持費用推計の流れ

本研究での維持費用推計の流れを図-2に示す。

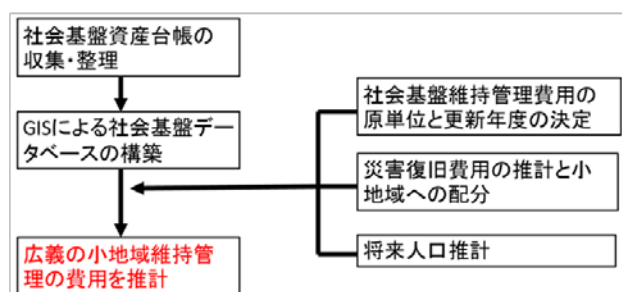


図-2 維持費用推計の流れ

本研究での推計では、社会資本の量の地域的偏在に加え、社会資本の更新年度を加え、データベースを構築することで、いつ、どこで、どの社会資本から、どの金額の更新費用が発生するかを把握できるようにする。さらに、このデータベースをGISにより構築することで、小地域単位のほか、自治区単位、旧町村単位など、異なる大きさの地域の枠組みで推計を行うことが可能になる。また、災害復旧費用を、地域的な偏りを考慮して推計を行う際には、GISの機能が不可欠である。加えて、将来人口推計を行うことで、人口当たりの投資額を算出し、投資効率を比較することも可能になる。

(2) 社会資本維持管理費用の推計手法

本研究における推計では道路、上水道、下水道、橋梁台帳、公共施設を対象とする。まず、社会資本資産台帳の収集・整理を行う。社会資本資産台帳の収集・整理では、自治体が管理している社会資本資産台帳を収集し、推計に必要な項目を整理する。次に、GISによる社会資本データベースを構築する。図-3にGIS道路データベースの一例を示す。

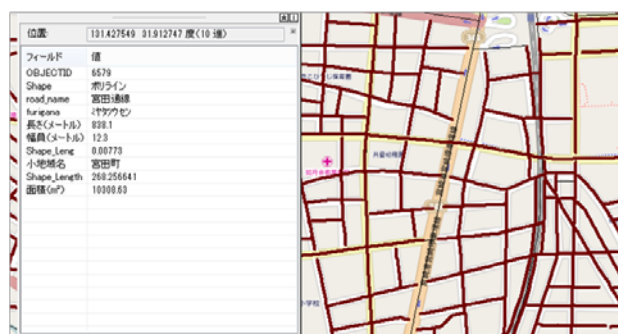


図-3 GIS道路データベースの一例

社会資本維持管理費用の原単位と更新年度(表-1)の決定では、社会資本GISデータベースの構築により、社会資本の量と、場所を対応させる。これに、供用開始年の情報を加える。これにより、いつ、どこで、どの社会資本から、いくら額の維持更新費用が発生するかを推計できる。更新年度を決定するためには、供用開始年が必要となる。本研究で対象とする宮崎市では、道路に関しては、更新年度が把握できなかったため、道路の供用開始年を宮崎市の現地調査により決定する。

表-1 インフラ維持費用の原単位と更新間隔

インフラ	原単位	更新間隔(年)
道路	0.47 万円/m ²	15
橋梁	44.8 万円/m ²	50
上水道	11.4 万円/m	40
下水道	12.4 万円/m	50
公共施設	40.0 万円/m ²	50

(3) 災害復旧費用の推計手法

本研究では、津波、地震動、洪水、土砂災害を対象として、道路、上水道、下水道、橋梁、公共施設が災害により被災すると想定して推計する。災害復旧費用は、南海トラフ地震の揺れおよび津波による被害、洪水被害、土砂災害を扱う。推計に用いた資料と、推計と配分の方法を表-2に示す。

表-2 対象とする災害と推計の方法

災害	推計と配分の方法	推計に用いた資料
津波	浸水深別の被害率により，各社会資本の被害額を算出し，社会資本の量に応じて小地域に配分	被害想定項目及び手法の概要 ¹⁷⁾
地震	震度別の被害率により，各社会資本の被害額を算出し，社会資本の量に応じて小地域に配分	被害想定項目及び手法の概要 ¹⁷⁾
洪水	年あたりの期待洪水被害額を算出し，洪水危険区域の面積に応じて小地域に配分	水害統計 ¹⁸⁾
土砂災害	年あたりの期待土砂災害被害額を算出し，土砂災害危険箇所の面積に応じて小地域に配分	水害統計 ¹⁸⁾

a) 地震動による被害

地震動による社会資本への被害は，震度別によりその被害率が異なる。宮崎市における南海トラフ地震による震度分布は，震度 6 弱，震度 6 強，震度 7 のいずれかである。宮崎市における震度分布図を図-4 に示す。

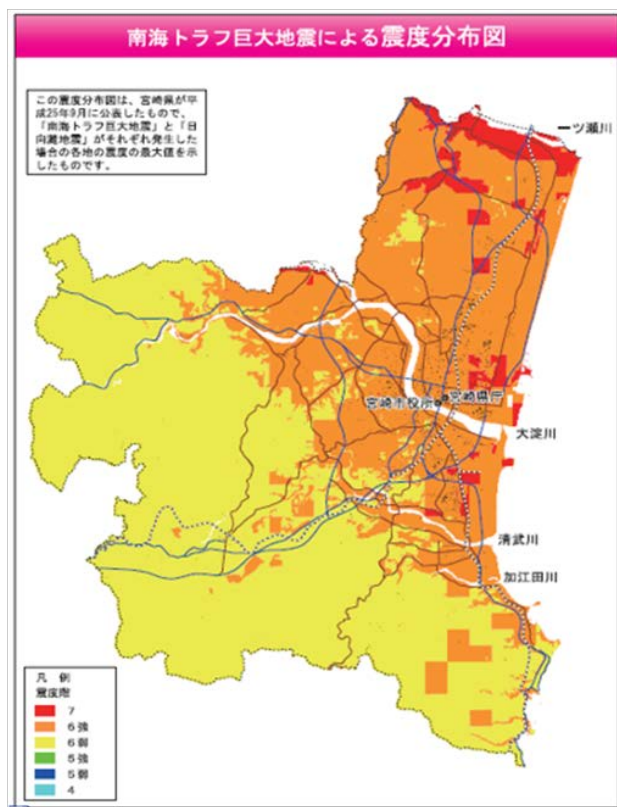


図-4 宮崎市における震度分布図¹⁹⁾

宮崎市における南海トラフ地震による震度分布は，震度 6 弱，震度 6 強，震度 7 のいずれかであるため，表-3 に

示す被害率を用いて社会資本への被害を推計する。なお，被害率の設定の参考にした資料を表-4 に示す。

表-3 地震動による社会資本の被害率

社会資本	震度 6 弱	震度 6 強	震度 7
道路	106.5 万円/km	114.0 万円/km	325.5 万円/km
上水道 下水道	1.6%	4.8%	21.7%
公共施設 橋梁	15%	25%	35%

表-4 地震動による社会資本の被害率推計に用いた資料

社会資本	参考資料
道路	被害想定項目及び手法の概要 ¹⁷⁾
上水道・下水道	管路施設の被害予測手法について ²⁰⁾
非木造建物・橋梁	東海地震及び東南海・南海地震に係る被害想定手法について ²¹⁾

宮崎市における震度分布図を参照し，宮崎市における小地域の震度を決定する。そこで，小地域に含まれる社会資本に，表-3 に示す被害率を乗じることで，被害を受ける社会資本を推計する。被害を受けた社会資本は，更新を行うこととする。

b) 津波による被害

津波による被害は，津波の浸水深により，被害が変わる。本研究では，津波による被害は，南海トラフ地震における津波浸水図を用い推計する。まず，津波浸水図を基に浸水深を 5 段階（1m 未満，1～3m，3～5m，5～10m，10m 以上）に分類する。津波浸水深さによる社会資本の被害率は，実例が少なく，原単位を算出したものは少ない。内閣府が公表している道路の浸水深別被害率（表-5）は次のようである。

表-5 津波浸水深別の道路被害率

津波 浸水深	1m 未満	1～3m	3～5m	5～10m	10m 以上
道路 (万円/km)	104.4	288.0	522.0	1,224.0	2,106.0

この数値を元に，他の社会資本についても被害率を算出する。道路に関しては，揺れによる被害率に対する津波の浸水による被害率との関係により，上水道・下水道における被害率を表-6 のように設定する。

表-6 津波浸水深別の管路被害率

津波 浸水深	1m 未満	1～3m	3～5m	5～10m	10m 以上
上水道					
下水道	5.3%	14.7%	26.6%	62.3%	100.0%

公共施設については「東海地震及び東南海・南海地震に係る被害想定手法について」を参照すると、非木造であれば、津波による倒壊はないとしている。今回の推計では、公共施設と橋梁は除き、道路、上水道、下水道の推計のみとする。

c) 洪水による被害

洪水被害に関しては、洪水の発生確率と、洪水の規模ごとの期待被害額を加味し、推計を行わなければならない。しかし、この方法による推計には、発生確率の異なる規模の洪水被害と期待被害額との、複数のデータが必要になる。本研究では、実データを用いることにより、推計の手間を省いた。具体的には、過去の洪水被害のデータから、年平均の被害額を求め、年あたりの期待被害額とする。本研究で対象とする宮崎市では、年あたりの公共土木施設の期待被害額は16億3250万円/年となる。

また、洪水被害の配分方法について述べる。水害統計では、市町村単位の水害被害額は求まる。しかし、洪水被害は、河川周辺の地域で大きくなり、市町村の中でも、被害額に偏りがある。そのため、洪水危険区域図（図-5）を用い、洪水危険区域の面積に応じて水害被害額が配分する。

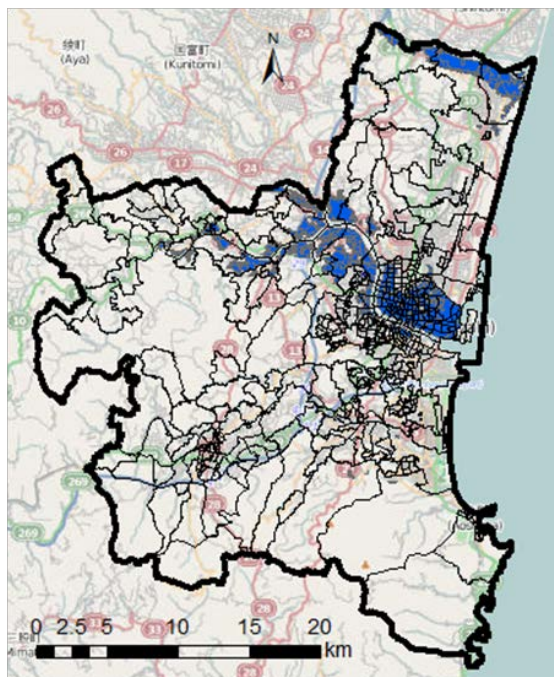


図-5 宮崎市における洪水危険区域図（青色）

d) 土砂災害による被害

土砂災害についても、洪水被害を算出した手法と同様の手法を用いる。本研究で対象とする宮崎市では、水害統計から算出した公共土木施設の年あたり期待被害額は1260万円/年となる。この期待土砂災害被害額を、小地域が有する土砂災害危険箇所の面積に応じて、土砂災害の期待被害額を配分する。宮崎市における土砂災害危険箇所を図-6に示す。

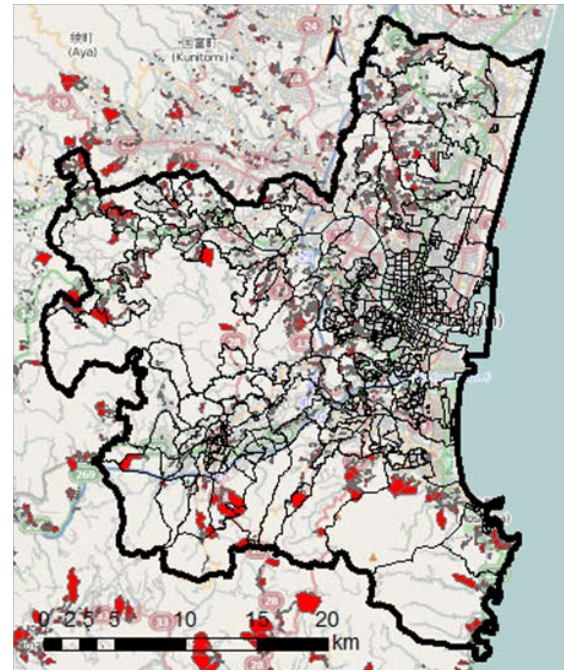


図-6 宮崎市における土砂災害危険箇所図（赤色）

e) 将来人口推計と投資効率の指標

将来人口推計には、宮崎市から提供して頂いたパラメータを使用し、コーホート要因法を用いて推計を行う。地域の維持にかかる費用の投資効率の指標は、人口1人当たりの負担額とする。つまり、総費用を人口で除した値を用いるものとする。

4. 宮崎市を対象としたケーススタディ

宮崎市は人口約40万人、老年人口比率21.2%（いずれも2010年時点）の都市であり、南海トラフ地震での到達最大津波高16m、宮崎県全体での予想死者数は4万2千人と推定されている。ここでは、宮崎市全域の小地域について推計を行った。宮崎市の社会資本資産台帳およびGISデータを入手し、これを元にGISを基盤とするデータベースを構築した。さらに、災害復旧費用を推計した結果と足し合わせることで、災害復旧費用を含めた広義の小地域社会資本維持管理費用を推計した。

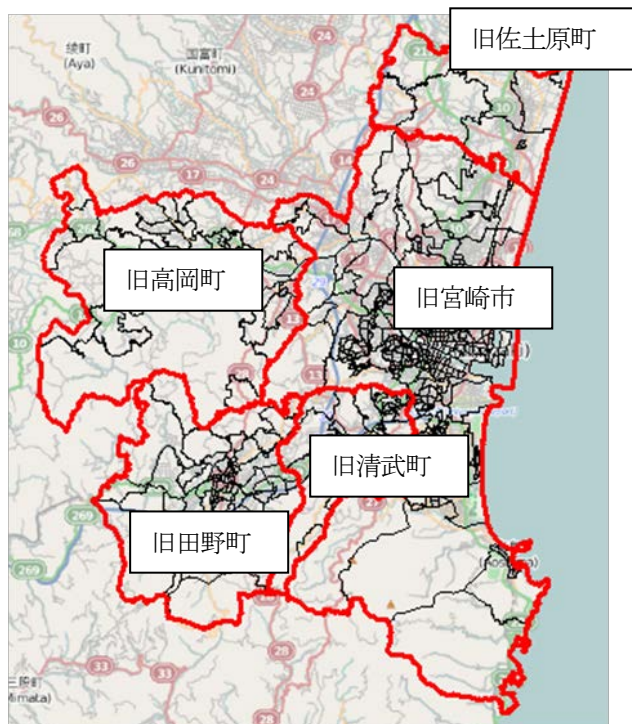


図-7 宮崎市区域図

(1) 社会資本維持管理費用の推計結果

本研究での推計は、社会資本の更新年が 50 年であるため、推計は 50 年で行った。2013 年から 2062 年までの 50 年間で社会資本の維持管理にかかる費用を、2062 年までの将来人口を考慮し、町丁目ごとの 1 人あたりの投資額を推計した。社会資本の維持管理費用のみによる結果を図-8 に示す。人口あたりの社会資本維持管理費用を推計することにより、小地域における維持費用の投資効率を把握することができる。宮崎市役所を中心とする宮崎市中心部では、地域の維持費用は低いという推計結果となり、旧田野町や旧高岡町では、人口当たりの小地域の維持費用が高く推計される結果となった。

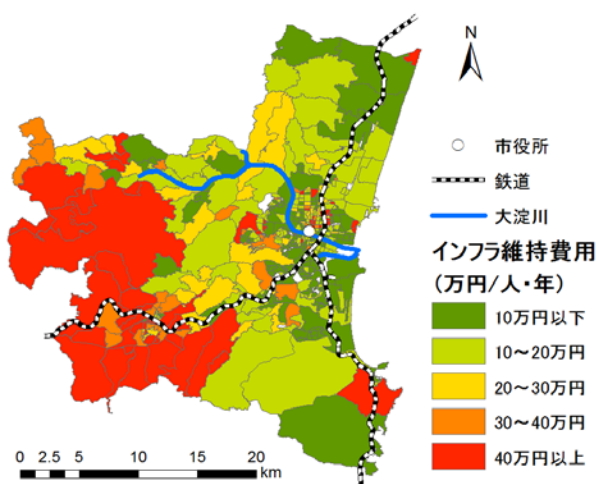


図-8 小地域の社会資本の維持管理にかかる費用

(2) 災害復旧費用の推計結果

図-9 に小地域における災害復旧費用を示す。旧田野町の土砂災害危険箇所での土砂災害被害額が大きく影響している。また、宮崎港周辺の津波浸水が予想される地域においても、1 人あたりの災害復旧費用が高く推計された。宮崎市全体の年あたり土砂災害復旧費用は 1260 万円/年であるが、旧田野町においては、土砂災害危険箇所が多いため、旧田野町の小地域に土砂災害復旧費用が多く配分された。また、旧田野町の小地域においては、小地域の人口が少ないため、1 人あたりの土砂災害復旧費用に換算したところ、他の小地域よりも高い結果となった。宮崎港周辺の小地域においても、人口が少ない割に災害復旧費用が多く必要となる傾向にあり、他の小地域に比べて災害復旧費用が多くかかる推計結果となった。

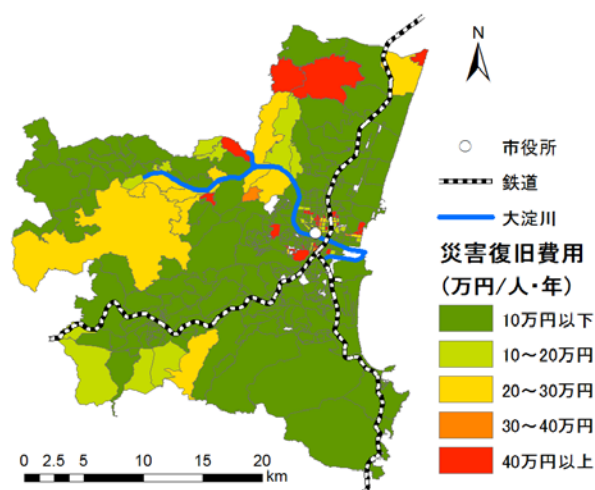


図-9 小地域における災害復旧の費用

(3) 社会資本維持管理費用と災害復旧費用を合わせた広義の地域維持費用の推計結果

図-10 に小地域における広義の維持管理（社会資本維持管理費用と災害復旧費用）の費用を示す。小地域における広義の維持管理の費用が推計され、宮崎市全域の小地域についての維持にかかる費用が把握できた。この結果から、宮崎市役所を中心とする宮崎市中心部においては、小地域の維持の費用が低く推計され、宮崎市の中心部から離れるにつれて小地域の維持の費用が高く推計される傾向にあることが見て取れる。旧田野町においては、宮崎市中心部から離れてはいるが、旧田野町中心部において地域の維持費用が少なくなっている。

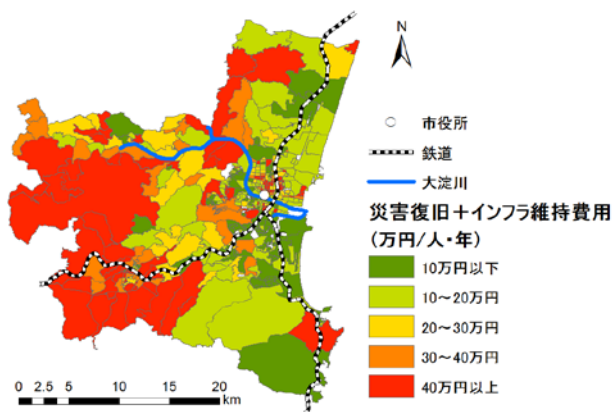


図-10 小地域における広義の維持管理の費用

本研究による推計により、小地域における社会資本維持管理費用に、災害復旧費用を加えることで、真に地域の維持にかかる費用が高い地域を推定することができた。旧佐土原町における小地域は、人口当たりの社会資本維持管理の費用は、他の小地域に比べて少ないものの、広義の維持の費用となると、高い値を示している。これは、旧佐土原町には、洪水危険区域の面積が大きく、さらに、南海トラフ地震における津波浸水での被害も大きいからであると考えられる。加えて、宮崎市においては、宮崎市北部が南海トラフ地震での震度が高い傾向を示すことから、地震動での被害も大きく推計されたと考えられる。

旧宮崎市南部の沿岸部の小地域では、社会資本の維持管理費用のみでも高い数値を示し、災害復旧費用を含めると、さらに高い数値を示した。これは、宮崎市南部の小地域が、人口が少なく、社会資本の量が多いことに加え、津波浸水で被害を受ける面積が大きかったためと考えられる。

宮崎市役所近辺の宮崎市市街地においては、社会資本維持管理費用のみの推計では、人口当たりの小地域の維持の費用は少ない。都市のコンパクト化の観点から考えると、この場所に都市の機能を集約することは合理的である。さらに、広義の小地域の維持費用で見ても、人口当たりの小地域の維持の費用は少ない。しかしながら、大淀川があることによる水害被害が大きいと予想されるため、広義の小地域の維持の費用に占める災害復旧費用の割合では高く推計される結果となった。つまり、宮崎市の中心部においては、小地域の維持の費用は、社会資本の維持管理費用ではなく、災害復旧費用に左右されるということになる。

また、同じく大淀川が流れる旧高岡町北部でも、大淀川があることによる水害被害の予測により、広義の小地域の維持費用に占める災害復旧費用の割合が高くなっている。

旧田野町では、旧田野町中心部では、人口当たりの社会資本維持管理の費用が少ない。旧田野町中心部以外で

は、人口当たり社会資本維持管理費用が高く推計されている。加えて、旧田野町の中心部以外では、土砂災害危険箇所が多く存在し、そのため、災害復旧費用が高く推計された。広義の小地域の維持費用では、もともと維持費用の高い小地域に災害復旧費用が配分されたため、より一層の維持費用がかかる推計となった。

5. おわりに

本研究により、GIS による社会資本維持管理データベース作成された。これにより、いつ、どこで、どの社会資本からどの量の更新が必要となり、更新費用が必要となるかの推計が可能になった。自治体の管理する社会資本台帳を、GIS をもとに整理することで、台帳と地図が対応し、社会資本の状態を把握することを可能とした。本研究で構築したこのデータベースと合わせ、災害発生場所の偏りを考慮して災害復旧費用を小地域単位で推計したものを加えることで、広義の小地域の維持の費用を推計した。さらに、広義の小地域の維持費用の地理的特性を把握することを可能にした。災害復旧費用は市町村単位でも発生場所にも偏りがあるため、地域の維持管理費用を推計するにあたって、災害復旧費を小さな地域単位に配分する必要がある。本研究では、津波、地震動、洪水、土砂災害の4つの災害を対象として推計を行った。津波は津波浸水予想図、地震は震度分布図、洪水は洪水危険区域図、土砂災害は土砂災害危険箇所図をもとに、これらの面積の割合によって小地域に配分することにより、災害発生場所の特性を反映させた。災害復旧費用を小地域の維持の費用に含めることで、災害被害額が多にかかると地域は財政面から維持が難しく、今後住んでいくには適さないという結果となった。

今後の課題としては、より地域特性を反映させることが挙げられる。本研究では自治体が保有する資産のみを対象としたが、一般資産への災害被害も考慮しての推計を行うと、本研究で得られた結果とは異なる結果が得られると予想される。また、詳細な建物データを用い、建物の形状から固定資産税を推計し、小地域における税収も考慮することにより、人口のみでなく、税収での負担力も考えることができる。

謝辞：本研究は、文部科学省のグリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス（GRENE）事業環境分野「環境情報技術を用いたレジリエントな国土のデザイン」の一環として実施したものである。また、貴重なデータを提供して頂いた宮崎市役所及びその職員の方々に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省：持続可能で活力ある国土・地域づくりをめぐる現状と課題，<http://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/h23/hakusho/h24/html/n1216000.html>，2013.2 閲覧
- 2) 国土交通省：国土の長期展望に向けた検討の方向性について，2010.
- 3) 名古屋都市センター：名古屋都市圏におけるエコ・コンパクトな市街地形成，2010.
- 4) 福岡財務局：平成 24 年の災害復旧事業費の状況，2013.
- 5) 荒井俊之，溝口宏樹，竹内恭一：インフラ会計の構築と今後の社会資本ストックデータ整備の課題，2003.
- 6) 江尻良，西口志浩，小林潔司：インフラストラクチャ会計の課題と展望，2004.
- 7) 半澤浩司：インフラ維持・更新費用に着目した持続可能な市街地整備のあり方に関する考察—地方郊外部ニュータウンをモデルケースとして—，2009.
- 8) 森本章倫：都市のコンパクト化が財政及び環境に与える影響に関する研究，2011.
- 9) 木村康博，竹内佐和子，吉田恒昭：我が国における社会資本の限界生産性と社会資本ストックの将来予測，1999.
- 10) 長谷川洋：社会コストの観点からみた郊外住宅地の再生効果の評価手法の開発 都市のコンパクト化と郊外住宅地の再生の意義の確立に向けて，2008.
- 11) 大柳佳紀，菅原誠：北海道における市街地開発による市街地集積と都市施設維持管理の関連による都市の拡大抑制に関する研究，2010.
- 12) 戸川卓哉，加藤博和，林良嗣：トリプルボトムライン指標に基づく小学校単位の地域持続性評価，2012.
- 13) 牛島栄：構造物の維持管理におけるアセットマネジメントの概要とその展開，2004.
- 14) 清水健太，佐藤徹治：都市郊外部における人口減少地区からの撤退のタイミング，2011.
- 15) 豊田泰晴，今村文彦，佐藤健一，佐々木洋之：地震長期評価を組み入れた津波防災事業の定量的評価に関する研究，2003.
- 16) 小林潔司，横松宗太：災害リスクマネジメントと経済評価，2002.
- 17) 中央防災会議：被害想定項目及び手法の概要，2013.
- 18) 国土交通省河川局：水害統計，H21～H17
- 19) 宮崎市：宮崎市ハザードマップ，2013.
- 20) 国土交通省：管路施設の被害予測手法について，2013.
- 21) 中央防災会議：東海地震及び東南海・南海地震に係る被害想定手法について，2013.

FUNDAMENTAL STUDY OF METHOD FOR ESTIMATING INFRASTRUCTURE MAINTENANCE COST CONSIDERING DISASTER RELIEF COST

Noriyasu KACHI, Naoki OTANI and Kenichi TSUKAHARA