

平成 30 年 6 月 19 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K06254

研究課題名(和文)人口集約とインフラ管理の多期間最適化に基づく持続可能な都市構造への再編計画

研究課題名(英文) Restructuring Urban Form toward Sustainability Considering Residential Relocation and Infrastructure Maintenance

研究代表者

加知 範康 (Kachi, Noriyasu)

九州大学・工学研究院・助教

研究者番号：30456701

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、人口の将来的な変化とインフラ老朽化の進展を考慮した上で、人口の集約と老朽化により更新時期を迎えたインフラを更新するのか撤去するのかといったことを、同時かつ多期間で検討するために、中山間地(熊本県上益城郡山都町)・離島(長崎県壱岐市)においては「小さな拠点」形成、都市部(宮崎県宮崎市)においては「立地適正化」を対象として、居住地の生活の質(QOL: Quality of Life)、インフラ維持費用、環境負荷を評価指標として、ケーススタディを行なった。その結果、「小さな拠点」形成や「立地適正化」における居住地や都市施設の移転時期とその効果を定量的に示すことができた。

研究成果の概要(英文)：Facing big issues of population decline and aging, and aging of infrastructure in Japan. It is very important to examine restructuring urban form toward higher residential QOL (Quality of Life), lower infrastructure maintenance cost and environmental load. The case studies in Yamato town, Kamimashiki-gun, Kumamoto prefecture, Iki city, Nagasaki prefecture, and Miyazaki city, Miyazaki prefecture examined the timing of residential relocation and its effects.

研究分野：都市計画、土地利用計画

キーワード：生活の質 QOL Quality of Life 都市構造 インフラ管理 災害危険性 小さな拠点 立地適正化

## 1. 研究開始当初の背景

### (1) 申請者のこれまでの研究経緯

人口減少が進みインフラ老朽化による維持費用の増大が懸念される中で、都市構造（人口やインフラの地理的配置）を持続可能なものに再編していくことは重要な課題である。申請者はこれまでに、居住者の生活環境質を向上し、インフラの維持費用を削減し持続可能な都市構造を実現するために、現状の都市構造をどのように再編していくべきかを研究してきた。具体的には、インフラ維持費用の投資に対してより大きな生活環境質を居住者に提供できる地区に人口を集約し、その逆の地区は将来的に人口の転入を抑制するという基本的な考え方にに基づき、それを定量的に評価するための指標を構築し、人口を集約がどれだけ生活環境質を向上し、インフラ維持費用を削減するか、人口集約の結果としてどのような都市構造になるかを、長野県飯田市、新潟県上越市、愛知県名古屋市、愛知県豊田市を対象として分析を行ってきた。共通して得られた知見として、人口の集約は基本的に生活環境質の向上とインフラ維持費用の削減をもたらす、都市構造としては元々その都市の拠点となっていた地区（例えば、合併前の旧町村の中心地）に集約すべきという知見を得ている。

### (2) 未解決の問題点

申請者のこれまでの研究は、基本的にある一時点の人口とインフラ整備量に基づく分析、もしくは現在のトレンドで人口とインフラ整備量が推移した際の生活環境質とインフラ維持費用を現在に割り戻した分析である。しかし、人口集約とインフラ管理は不可分である。さらに、それらは長期的な視点で分析される必要がある。例えば、同じ人口でも高齢者の割合が高い地区では将来的に人口が減少し、低い地区では将来的に人口が増加する可能性があり、長期的な視点から考えると、同じ人口でも人口を他の地区に移転させるべき地区と人口を多の地区から集めるべき地区という2つのシナリオが存在する。同様に、同じインフラ整備量でも老朽化度の高い地区では早く更新時期を迎え、低い地区では遅く更新時期を迎えることになる。これらを合せて考えるとさらに多くのシナリオが存在し、その中から最適なシナリオを選択する必要がある。

### (3) これまでの研究を発展させる方向性

申請者のこれまでの研究を、人口の将来的な変化とインフラ老朽化の進展を考慮した上で、人口の集約と国土交通省が2013年11月に策定した「インフラ長寿命化基本計画」に示されているように老朽化により更新時期を迎えたインフラを更新するか撤去するかといったことを同時かつ多期間の意志決定として明示的に考慮したものに発展

させる必要がある。

## 2. 研究の目的

本研究では、申請者のこれまでの研究を、人口の将来的な変化とインフラ老朽化の進展を考慮した上で、人口の集約と国土交通省が2013年11月に策定した「インフラ長寿命化基本計画」に示されているように老朽化により更新時期を迎えたインフラを更新するか撤去するかといったことを同時かつ多期間の意志決定として明示的に考慮したものに発展させ、宮崎県宮崎市他を対象としたケーススタディにより、以下の点を明らかにする。

- 分析対象期間内（例えば30年）において、総インフラ維持・更新費用をある値以下に抑えるという制約をいくつか設定した上で、総生活環境質を最大化する人口集約（いつ、どこから、どこへ）とインフラ管理（いつ、更新または撤去）のロードマップを示す。
- 人口やインフラの集約の結果としての具体的な都市構造を示す。1) 特定の拠点に人口とインフラを集約する方法、2) いくつかの拠点を設定し、ある拠点には教育機能を、別の拠点には医療福祉機能を、また、別の拠点には商業機能を集約し、拠点間をバスなどの公共交通機関に結びつけ、複数の拠点により生活サービスを補完しあう方法、3) 前述の2つ方法の中間的な方法のいずれが、居住者の生活環境の質の維持・向上、インフラ維持費用の削減の観点から効率的かを示す。
- 災害常襲地域である九州において、インフラ維持費用を考える際には災害復旧に掛かる費用を広義のインフラ維持費用として考慮する必要があると考えられる。この災害復旧費用がインフラ維持費用全体に占める割合を明らかにするとともに、人口の集約により災害復旧費用をどの程度削減できるかを明らかにする。

## 3. 研究の方法

本研究の目的は、居住者の生活環境質とインフラ投資効率を維持・向上するために必要となる「人口の集約化」と「インフラの更新・撤去」のタイミングを同時に決定する方法論を構築することである。

具体的には、宮崎県宮崎市他を対象として、次のように研究を進める。

- ① 人口や各種インフラなどの大規模データとシミュレーション結果を効率的に管理し、地図による視覚化を可能とする都市構造データベースを、汎用的な GIS データベースソフトで構築する。
- ② 人口、インフラデータに基づき、生活環境質やインフラ整備状況を整理・分析し、地区診断カルテとしてまとめる。
- ③ 居住者の生活環境質とインフラ投資効率を維持・向上するために必要となる「人口の集約化」と「インフラの更新・撤去」のタイミングを同時かつ多期間で決定する方法論を構築する。
- ④ 構築した方法論を対象都市に適用し、人口集約とインフラ管理のロードマップを示す。

#### 4. 研究成果

##### (1) 都市構造データベースの構築

宮崎県宮崎市を対象として、人口、生活・防災関連インフラ、災害危険性に関する情報から構成される GIS データベースを構築した(図 1)。



図 1 構築した GIS データベースのイメージ

また、構築したデータベースを用いて、社会資本(インフラ)維持費用と災害復旧費用を時系列で推計した(図 2)。この結果より、災害復旧費用は、全体の費用の 2 割程度となっており、地域の維持を考える際に無視できない大きさであることが示唆される。



図 2 社会資本(インフラ)維持費用と災害復旧費用の推計結果(単位: 千円/5年)

さらに、1人当たりインフラ維持費用、インフラ維持費用+災害復旧費用の空間分布を、図 3、図 4 に示す。これより、人口の少ない郊外部、土砂、津波、洪水等の災害リス

クが高い山間部、河川周辺、沿岸部等で、費用が高くなっていることが分かる。

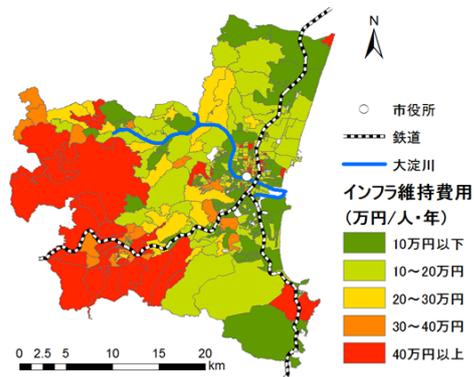


図 3 インフラ維持費用の空間分布

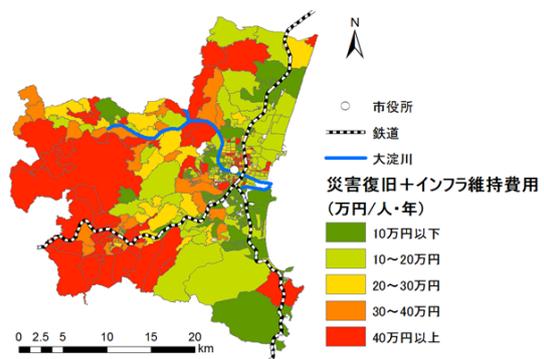


図 4 インフラ維持費用+災害復旧費用の空間分布

##### (2) 都市内各地区の診断カルテの作成

構築する都市構造データベースを用いて、都市内各地区の人口動態、生活・防災関連インフラ、災害危険性、生活環境に関する診断カルテを作成し、それぞれの地区の特徴を整理した。表 1 に診断カルテの指標を示す。

表 1 診断カルテに用いた指標

	評価軸	指標	データ
生活利便性	公共交通	鉄道駅 1km、バス停 500m 範囲に都市施設及び世帯数の割合	国道数値情報、i タウンページ
安全性	災害安全性	洪水、土砂災害、南海トラフ地震による津波被害が想定されていないエリアに立地する都市施設及び世帯数の割合	国土数値情報、宮崎県津波浸水予想地域図
	建物稼働率	荒廃化や治安悪化の原因となる空家を除く建物の割合	宮崎市水道メータ調査
都市経営	地域の維持費と税収の関係	今後 50 年間に地域を維持していくために必要な費用意外に用いることのできる、税収の割合	国土数値情報、宮崎市インフラ台帳等

また、図5に高岡、小戸、青島の3地区の例を示す。これにより、各地区内での特徴及び地区間での特徴の比較が可能となる。



図5 都市内各地区の診断カルテ例

### (3) 中山間地・離島における「小さな拠点」形成の検討

「国土のグランドデザイン2050」に示されている「小さな拠点」形成の可能性を検討した。

中山間地における「小さな拠点」形成として、熊本県上益城郡山都町を対象として、中山間地域における生活の質（Quality of Life: QOL）維持・向上を目指した居住地移転の最適タイミング・集約先の選定について、集約先を与件として、山都町居住者のQOL合計値を最大化する集約先となる地区以外から集約先への移転のタイミングを分析した。

移転タイミング・集約先を図6に示す。移転しない小地域は郊外部に多く存在した。拠点区域周辺の小地域は、獲得するQOLが移転費用より小さくなるため、移転を遅らせるべきである。郊外部の小地域が移転しない理由は、拠点地域から6km以上離れているためであり、このような小地域の扱いの検討が必要である。

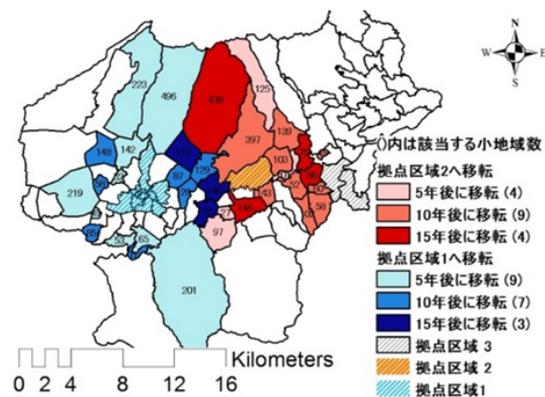


図6 居住地集約化策の最適タイミング・集約先

山都町のまちづくり総合計画から3つの拠点区域を設定し、域外の都市施設を優先的に撤退した結果、QOLは拠点区域2、拠点区域3では低下したものの、拠点区域1において低下を抑えることができた。次に、中山間地域におけるQOL維持・向上を目指した居住地集約の最適タイミング・集約先を山都町におい

て選定した結果、1) 居住地集約化策における費用において、インフラ維持管理費用の削減よりもQOL向上による便益の方が大きい（図7）、2) 地方自治体がインフラ維持管理費用の削減分から住民の移転に関する費用を捻出するには、国や県からの補助金が必要である、という知見を得た。

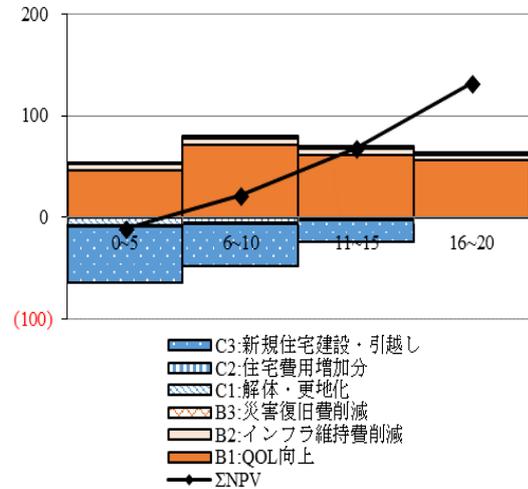
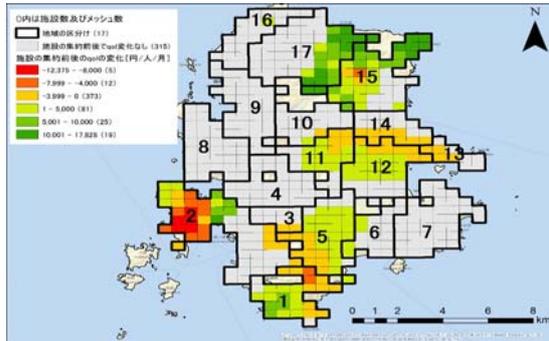


図7 居住地集約化の費用、便益、純便益

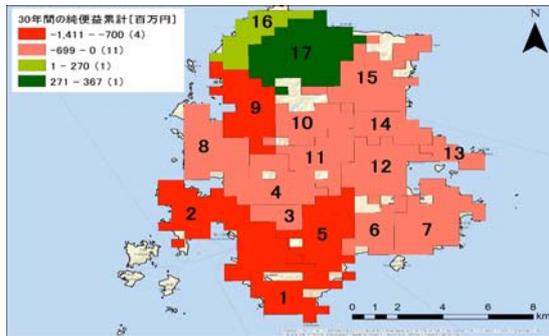
離島における「小さな拠点」形成として、長崎県壱岐市を対象として、QOLと防災力の向上を目指した「小さな拠点」形成のための生活サービス施設・居住地集約策について、「趨勢」「生活サービス施設集約」「生活サービス施設+居住地集約」シナリオを対象に費用便益分析を行った。

その結果、以下の成果と知見を得た。1) 個人属性や世帯の情報が含まれた建物単位のマイクロジオデータを活用することで、従来のメッシュや小地域といった既存の統計よりも、生活サービス施設や住居の空間分布からより詳細にQOLを算出でき、「小さな拠点」の形成のための生活サービス施設と居住地の集約を費用便益分析によって評価できた。2) 何も施策を行わないシナリオよりも居住地の集約を加えたシナリオではより大きく一人当たりのQOLが向上するが明らかとなった。3) 費用便益分析の結果、施設集約に居住地の集約を加えたシナリオでは30年間の純便益累計が正となって実現可能であることが示された。しかし、地域のQOLを除いた施策の実際にかかる費用のみだと、地方自治体の財政のみでは、生活サービス施設・居住地の集約の費用を捻出することが困難であることが示された。4) 「小さな拠点」づくりへの国からの補助金の活用として、3つの事業を適用した結果、施設集約に居住地の集約を組み合わせたシナリオはQOLを除いた施策の実際にかかる費用のみでも地方自治体の財政的に実現可能であることが明らかとなった。以上より、QOLの向上と防災力の向上を目指した「小さな拠点」の形成するためには、生活サービス施設の集約とバス交通

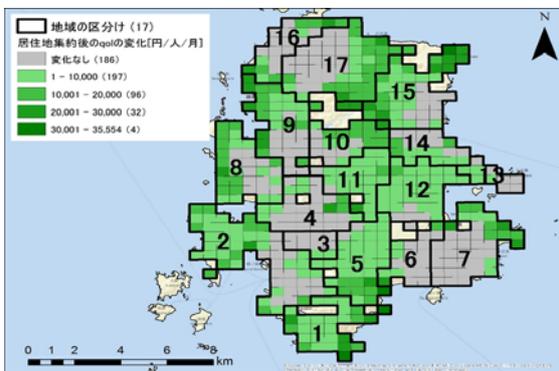
の導入だけでなく、居住地の集約を組み合わせることが重要であることが明らかとなった。



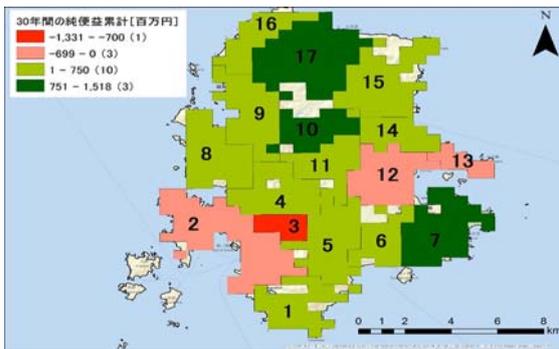
(無策シナリオと比べた一人当たりのQOLの変化 [円/人/月])



(地域別 30 年間の純便益累計 [百万円])  
図 8 「施設集約」による QOL 変化 (上)、費用便益分析 (下)



(無策シナリオと比べた一人当たりのQOLの変化 [円/人/月])



(地域別 30 年間の純便益累計 [百万円])  
図 9 「施設集約+居住地集約」による QOL 変化 (上)、費用便益分析 (下)

(4) 生活質・インフラ維持費用・環境負荷の改善を目指した立地適正化のための居住誘導シナリオの分析

「人口の集約化」と「インフラの更新・撤去」のタイミングを同時かつ多期間で決定する方法論の構築に取り組んだが、多く要素が存在するため、同時かつ多期間決定する数理モデルを構築するには至らなかった。そこで、具体的には、関係主体として「住民」「自治体」、便益項目として「QOL 生活の質の向上(住民)」「インフラ維持費用削減、災害復旧費用削減(自治体)」「環境負荷削減」、費用項目として「移転に伴う費用(住民・自治体負担)」を設定した上で、趨勢・漸進(建物建替時期に移転)・積極(建物建替時期を待たずに移転)という3つシナリオに対して、各主体の便益と費用の値を比較した(便益帰着構成表を作成した)。図 10 に QOL の向上効果、図 11 にインフラ維持費用の削減効果、図 12 に環境負荷の削減効果を示す。その結果、対象地域全体としては、建物建替時期を待たずに(建物の残存価値を自治体が補填して)積極的に人口を集約していくべきとの結論を得た。

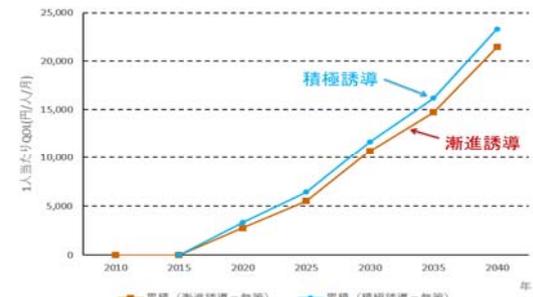


図 10 QOL の向上効果

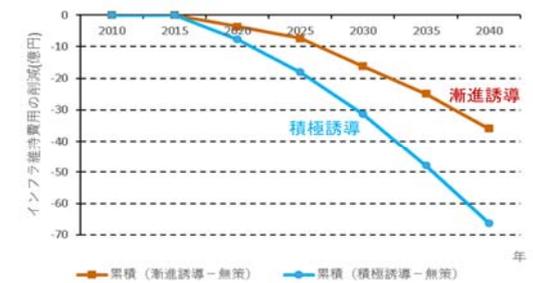


図 11 インフラ維持費用の削減効果

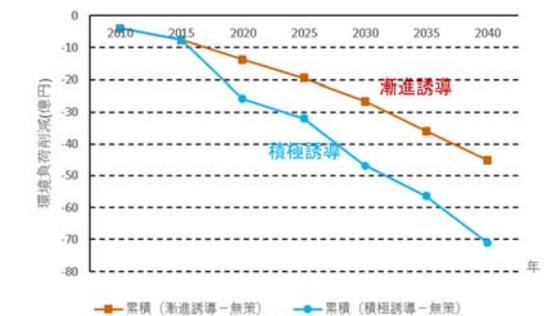


図 12 環境負荷の削減効果

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

- ① Noriyasu Kachi, Kenichi Tsukahara: Financial Feasibility of Neighborhood-Level Relocation from Landslide Danger Zone, Journal of Disaster Research, Vol.11, No.6, pp.1244-1251, 2016.11.17, doi: 10.20965/jdr.2016.p1244

〔学会発表〕(計 5 件)

- ① Noriyasu KACHI, Ryosuke KAJIMOTO, Kenichi TSUKAHARA, Yuki AKIYAMA: Urban Shrinkage and Small Core Formation for Improving Residential Quality of Life and Disaster Resilience in Rural Region, CUPUM 2017(15th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management), University of South Australia, Adelaide, Australia, July 11-14, 2017
- ② 加知範康, 豊田航太郎, 塚原健一, 秋山祐樹: 生活質・インフラ維持費用・環境負荷の改善を目指した立地適正化のための居住誘導シナリオの分析, 第 55 回土木計画学研究発表会, 愛媛大学, 2017. 6. 10-11
- ③ 豊田航太郎, 加知範康, 塚原健一, 秋山祐樹: 災害安全性を考慮した立地適正化の効果分析, 平成 28 年度土木学会西部支部研究発表会, 佐賀大学, 2017. 3. 4
- ④ 豊田航太郎・加知範康・千原広大・塚原健一・秋山祐樹: 中山間地における QOL 維持・向上を目指した居住集約の最適タイミング・集約先の選定、日本計画行政学会第 38 回全国大会「縮減社会の持続可能性」、名古屋工業大学、2015. 9. 18-20
- ⑤ 豊田航太郎, 加知範康, 塚原健一, 秋山祐樹、山本丈迅: 立地適正化計画策定に向けた生活利便性・安全性・都市経営の地区間・地区内比較に関する基礎的研究, 土木学会第 70 回年次学術講演会, 岡山大学, 2015. 9. 16-18

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

加知範康 (KACHI, Noriyasu)  
九州大学・大学院工学研究院・助教  
研究者番号: 30456701