

✓ 建物滅失シミュレーション

住宅は一般的に、老朽化などの理由によって、建設されてから時間経過によって徐々に滅失する。個別に建物の滅失時期を特定することは困難であるため、本研究では小松（2008）の式を用いて、用途別に5年単位で推計する。住宅残存量の算出式を式(3.8)に示す。

$$S_c^{t+5} = S_c^t \cdot (1 - P_c^t) \quad (3.8)$$

ここで、 S_c は t 年の住宅タイプ c の残存量、 P_c^t は小松らが算出した住宅の滅失確率である。

✓ 各生活環境質向上機会の算出

○交通利便性（AC）

交通利便性は就業、文化、医療、買物・サービスの各施設への近接性により構成されると定義する。各施設への近接性を評価する指標を式(3.9)のように定式化する。また、交通利便性は公共交通アクセシビリティと自動車交通アクセシビリティから構成する。

$$AC_i = \sum_j \{AT_j \exp(-\alpha c_{ij})\} \quad (3.9)$$

ここで、 AC_i は評価対象地区 i のアクセシビリティ、 AT_j は目的地区 j の魅力値、 α は距離低減パラメータ、 c_{ij} は地区 i から j へ移動する際の一般化費用である。

式(3.9)における距離低減パラメータ α は正の定数であり、一般化費用の大小に応じてアクセシビリティがどの程度減少するかを決定するパラメータである。距離低減パラメータ α の推定は、対象地域の分布交通量を重力モデル式(3.10)で表現できると仮定し、パーソントリップの調査から得られたOD表を用いて推定することで得られる距離低減パラメータを利用する。今回パーソントリップデータには、全国都市パーソントリップ調査（平成22年）のうち、自動車の平日調査と休日調査のODデータ及び所要時間データを利用する。

一般化費用 c については、国土交通省（2008）の「時間価値原単位および走行経費原単位」を参照し算出する。また一般道路と有料高速道路を区別するため、有料高速道路利用時には利用距離に応じた料金を合計した値を一般化費用 c として用いる。詳細設定を表-3.4に示す。

$$T_{ij} = \beta G_i^\gamma A_j^\delta \exp(-\alpha c_{ij}) \quad (3.10)$$

表-41 設定値

α 推定結果 [1/円]	7.20×10^{-4} (t値:-15.3)
時間価値	2,100(円/時)
徒歩速度設定	5(km/時)
大都市近郊区間	29.52(円/km)
高速自動車国道	24.6(円/km)

ここで、 T_{ij} は地区 i 、 j 間の分布交通量、 G_i は地区 i の発生交通量、 A_j は地区 j の集中交通量、

$\delta, \gamma, \beta, \alpha$ はパラメータである。

魅力値 AT の対象範囲は、対象地域の自治体および対象地域と隣接する自治体とし、計算は、GISソフトウェア (ArcGIS for Desktop) を用いて行う。評価項目で用いる魅力値 AT を表-3.5 に示す。

表-42 評価項目と魅力値 AT

評価項目	魅力値 AT
就業場所までの交通利便性	全産業事業所数
公共文化施設までの交通利便性	図書館・美術館・博物館・小中学校の合計施設数
医療施設までの交通利便性	医療診療科目数
商業施設までの交通利便性	小売床面積

また将来値を算出するにあたっては、人口分布の変化のみ影響を受けるとし、交通インフラや魅力値に係る施設立地は変化しないと仮定する。

○居住快適性 (AM)

(1) 住民 1 人あたりの居住床面積

住民 1 人あたりの居住床面積は、地区内の総延べ床面積を総夜間人口で除することで算出する。算出式を式(3.11)と式(3.12)に示す。現状値については建物ポイントデータの「建物建築面積・建物階数」と「居住者情報」の属性データを 100m メッシュ単位で集計した。

$$AM_{ii} = \frac{FS_i}{POP_i} \quad (3.11)$$

$$FS_i = CA_i \times BF_i \quad (3.12)$$

ここで、 AM_{ii} は地区 i の空間使用性、 FS_i は総居住床面積、 POP_i は総人口、 CA_i は建築面積、 BF_i は建物階数である。

また将来においては、式(3.12)に示した建築建物面積と建物階数の予測が困難であるため、現状における世帯あたり居住床面積は将来においても一定であると仮定し、将来の 1 人あたり居住床面積 AM_{ii}^f を算出する。算出式を式(3.13)～式(3.15)に示す。

$$AM_{ii}^f = \frac{FS_i^f}{POP_i^f} \quad (3.13)$$

$$FS_i^f = RH_i^f \times CA_i \quad (3.14)$$

$$\Delta RH_i = \alpha \cdot P_i - \beta \cdot (1 + \gamma) \cdot RH_i \quad (3.15)$$

ここで、 FS_i^f は将来の総居住床面積、 RH_i^f は将来世帯数、 ΔRH_i は新規発生世帯数、 α は人口あたり世帯数、 β は残存率、 γ は更新率である。

(2) 空家率

平成 20 年住宅・土地統計調査（総務省統計局）によると、空家とは、「居住世帯のない住宅のうち、一時現在者のみの住宅と建設中の住宅を除いたもの」と定義し、空家戸数は今後も増加していくと指摘している。また、空家による周辺の悪影響は多岐にわたると報告されている。

一方、本研究が対象とするニュータウンなどの住宅団地では、居住者が一斉に高齢化するなど、大量に整備された集合住宅で空家世帯数が増加している。そこで本研究では、集合住宅の空家世帯数の増加を評価するため、建物ポイントデータの「建物用途」が、「個人の家屋」と「共同住宅」となっている建物の合計世帯数を住宅数とし、その中に居住者情報が入っていない世帯を空家と再定義する。空家率は、現状値・将来値ともに、地区内の空家数を住宅数で除することで算出する。算出式を式(3.16)に示す。

$$AM_{2i} = \frac{EH_i}{HF_i} \times 100 \quad (3.16)$$

$$\Delta EH_i = (1 - \beta) \cdot (1 - \gamma) \cdot (1 - \lambda) \quad (3.17)$$

ここで、 AM_{2i} は周辺調和性、 EH_i は空家世帯数、 HF_i は総世帯数、 λ は除却率である。

(3) 緑地面積割合

緑地面積は、国土地理院が整備している「細密数値情報（10m メッシュ土地単位）」の属性が、「山林・農地等」および「公園・緑地」に該当する面積の合計値とする。本データは、土地利用分類データと空中写真を用いて判読していることから精度が高い。現状値については、緑地面積を地区内の面積で除することで算出する。算出式を式(3.18)に示す。ただし、地区内の総面積は、河川・湖沼・海水域を除く。

$$AM_{3i} = \frac{GS_i}{AS_i} \times 100 \quad (3.18)$$

ここで、 AM_{3i} は自然環境性、 GS_i は総緑地面積、 AS_i は総面積である。

また、将来においては式(3.18)に示した総緑地面積の予測が困難であるため、将来の総緑地面積は新たに建設される戸建住宅の開発により減少すると仮定する。新たに建設される戸建て住宅の新築面積は、平成 22 年国勢調査「住宅種別と世帯人員毎の住宅延床面積」を用いる。

将来の自然環境性を式(3.19)、式(3.20)を用いて算出する。

$$AM_{3i}^f = AM_{3i} - \Delta AM_{3i}^f \quad (3.19)$$

$$\Delta AM_{3i}^f = \Delta RH_i \times CA_i \quad (3.20)$$

ここで、 ΔAM_{3i}^f は自然環境性変化量である。

(4) 体感温度（スコア値）

人が感じる暑さ寒さの感覚を指標化したものとして、有効温度・体感温度・不快指数など数多くの指標があるが、本研究では、体感温度を採用する。体感温度を指標化するにあたっては以下の 3 点により判断を行った。

- 1)不快指数は夏場を想定した指標であるのに対し、体感温度は通年で評価可能であること。
 2)日本天気協会です毎日予報されるなど、知名度が高いこと。
 現状と将来におけるミスナール体感温度の算出式を式(3.21)に示す。

$$T_e = T_s + \Delta T_s - \left(\frac{1}{2.3} \right) \times (T_s + \Delta T_s - 10) \times \left(0.8 - \frac{H}{100} \right) \quad (3.21)$$

ここで、 T_e は体感温度、 T_s は乾球温度、 H は想定湿度、 ΔT_s は将来気温変化である。

将来気温変化 ΔT_s は、気象庁が平成 25 年 3 月に刊行した「地球温暖化予測情報第 8 巻」の気温の将来予測を参照した。

体感温度で快適と判定されるのは、行楽日和と呼ばれるような状況であり、 30°C を超える暑い日や、 0°C を下回る日は一般的には不快とされる。そこで本研究では松田ら (2013) を参考に、快適な体感温度帯を $20\sim 25^{\circ}\text{C}$ と設定し、その温度帯から外れると得点が低くなるよう、スコア化を行った。またスコア化に際して、快適な体感温度帯より 1°C 体感温度が上がるとスコア 1 点下がるのに対し、快適な体感温度帯より 5°C 体感温度が下がるとスコア 1 点下がる変換をおこなった。算出式を式(3.22)に示す。

$$AM_{4i} = SC_i \quad (3.22)$$

ここで、 AM_{4i} は空間快適性、 SC_i は体感温度のスコア換算値である。

○安全安心性 (SS)

(1) 地震による損失余命

地震による想定死亡確率は、内閣府中央防災会議の南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループの推計方法に沿って算出した。想定される地震として、防災科学技術研究所による、今後 30 年における 6%確率計測震度の領域図を用いた。木造・非木造割合は、マイクロ建物ポイントデータを用いて、市区町村ごとに算出した。現状値および将来値の地震による損失余命算出式を式(3.23)に示す。

$$LLE_e(i, p) = LE(p) \times P(e) \times MG(i, e) \times Vr(MG) \times P_{death}(Vr) \quad (3.23)$$

ここで、 $LLE_e(i, p)$ は想定地震 e に対する個人 p の損失余命、 $LE(p)$ は期待余命、 $P(e)$ は年発生確率、 $MG(i, e)$ は最大震度、 $Vr(MG)$ は建物被害率、 $P_{death}(Vr)$ は死亡確率である。

個人の期待余命の値は、厚生労働省作成の簡易生命表における 1 歳単位での平均余命をもとに計算した。

(2) 河川浸水による損失余命

河川浸水による想定死亡確率は、国土交通省の水害リスク評価方法を参照し、想定浸水深と居住者の年齢を考慮する、「LIFESim モデル」を用いて算出した。想定浸水深は、国土交通省が公開している浸水想定区域データを用いた。現状値および将来値の河川による損失余命算出式を式(3.24)に示す。

$$LLE_r(i, p) = LE(p) \times P(r) \times D(i, r) \times P_{death}(p, D) \quad (3.24)$$

ここで、 $LLE_i(i,p)$ は想定河川浸水 r に対する個人 p の損失余命、 $LE(p)$ は期待余命、 $P(r)$ は年発生確率、 $D(i,r)$ は最大浸水深、 $P_{death}(p,D)$ は死亡確率である。

(3) 年間刑法犯犯罪率

年間刑法犯遭遇率は、警察庁犯罪情勢と総務省統計により、市区町村ごとに刑法犯認知件数を集計し、人口 1000 人で除して算出する。現状値の算出式を式(3.25)に示す。また将来においては現状値のまま推移すると仮定する。

$$SS_{3i} = \frac{CN_i}{POP_i} \times 1000 \quad (3.25)$$

ここで、 SS_{3i} は年間刑法犯遭遇率、 CN_i は年間刑法犯認知件数、 POP_i は総人口である。

(4) 年間事故遭遇率

年間人身事故遭遇率は、交通事故統計年報により、市区町村ごとに交通事故数を集計し、人口 1,000 人で除して算出する。現状値の算出式を式(3.26)に示す。また将来においては現状値のまま推移すると仮定する。

$$SS_{4i} = \frac{AN_i}{POP_i} \times 1000 \quad (3.26)$$

ここで、 SS_{4i} は交通事故危険性、 AN_i は年間交通事故数、 POP_i は総人口である。

○建物費用の算出方法

建物費用は、建設・更新から修繕、廃棄に至るライフサイクル全体で発生する費用を評価対象とする。使用する原単位を表-3.6 のように整理し、建物種別の x の段階 l (建設、維持管理、廃棄) における各建物の存在量を $X_{x,l}$ 、単位建設・存在量あたりの費用を $c_{x,l}^b$ とおいて式(3.27)のように表す。

$$C^b = \sum_x \sum_l c_{x,l}^b \cdot X_{x,l} \quad (3.27)$$

ここで、建設と廃棄は 1 回あたりの費用であり、修繕は 1 年あたりの費用である。

表-43 コスト原単位

分類	対象	区分	原単位	費用原単位の出典
建物起源	戸建住宅(千円/m ²)	建設	70.56	日本建築学会(2006) 国土交通省(2011) 経済産業省(2013) 環境省(2007)
		修繕	0.25	
		廃棄	8.34	
	集合住宅(千円/m ²)	建設	256.47	
		修繕	1.92	
		廃棄	36.61	
土地起源	地価(千円/m ²)	-	68.33	国土交通省地価公示(2013)

ii) 地域特性に応じたエネルギーシステムの計画と評価

① 研究計画

分散型エネルギーシステムは環境・経済・社会にわたる多面的背景に基づいて導入されており、利用できる技術のインベントリは拡大しつつある。一方で、全体を望ましい方向に導くための制度設計は十分に確立されていない状況にある。そのため、本研究では、地域特性を考慮した上で、利用可能な技術を組み合わせた地域エネルギーシステムを地域の実情に応じた目的の下でデザインし、環境・経済・社会の面から評価するフレームワークを開発する。特に拠点地区における自立分散型のエネルギーシステムの導入可能性をその効果とともに検討することを目的とする。

図-1 に基本的なフレームワークを示す。地域エネルギーシステムは多種多様であるため、導入効果を評価するためには、与件や規範に基づいた最適な設計・運営計画の下での比較が必要である。そのために、計画プロセスを最適化計算の枠組みの下でモデル化する。筆者らは既往研究^{13, 14)}に基づいて分散型エネルギーシステムに関する設計支援フレームワークの開発を進めてきた¹⁵⁾。本研究では、この枠組みを踏襲し、地域条件・技術条件の下でのエネルギーシステムの設計と運用を具体化する手法を開発し、ケーススタディ地区における導入効果を定量的に評価する。

さらに、機器効率等の技術条件や燃料調達価格・需要規模等の地域条件と地域エネルギーシステムの計画と導入効果に与える影響を検証する。以上を通じて、地域エネルギーシステムの導入基準とその効果について明らかにし、必要となる技術開発の方向性や施策等について議論する。

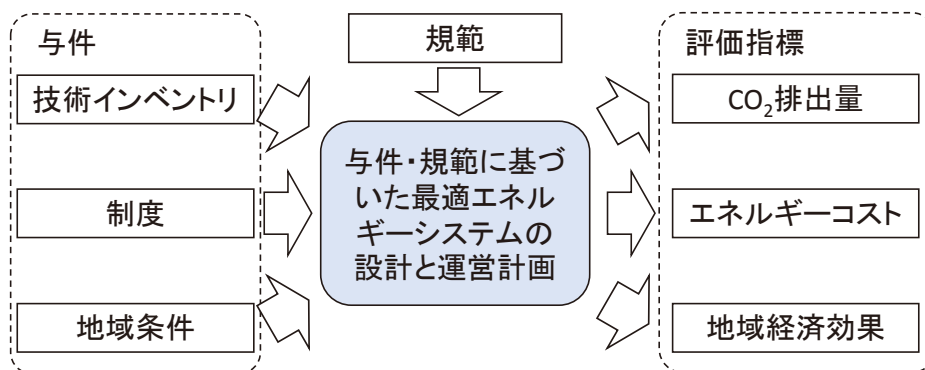


図-83 研究のフレームワーク

② 計画プロセスモデル

✓ モデルの概要

エネルギーシステムはその外部から供給されるエネルギー（系統電力、ガス、灯油、バイオマス系資源等）を需要側で利用可能な形態（電力、温熱、冷熱）に変換するシステムであり、それは技術特性を反映した効率に基づいてエネルギー形態を変換する個別機器の組み合わせより設計される物理的な実体とその運用計画から構成される。本研究では、この地域エネルギーシステムの計画プロセスを設計と運用の階層的関係に基づいて捉えており、その具体的な流れを以下に述べる。

まず、検討のフレームとなる地域エネルギーシステムのストラクチャーを定義する。これは候補となり得る全てのエネルギーシステムを部分として潜在的に含んだ全体の一般構造を示すもので、ここでは既往研究¹³⁾に従い「スーパーストラクチャ」と呼ぶこととする。スーパーストラクチャでは、システムを構成する機器をサブシステムとし、その間のエネルギーの流れは考慮する全ての形態を要素とするベクトルで表現する。

その上で、地域条件や技術情報を反映した様々な制約条件の下で、燃料消費量などフローの値と設備容量などのストックの値を組み合わせた目的関数を最小化（最大化）するシステム構成とその季節・時間別の運用計画を同時に特定する。以上の計画プロセスの概要を図-2に示す。目的に応じて、スーパーストラクチャの中から、サブシステムを選択するとともに、選択された機器の中から季節・時間ごとに、運用する機器や運用する入出力レベルを決定する。したがって、ある季節・時間において一度でも運用する必要がある機器は、設計段階で選択されている必要があり、機器の容量は年間最大値以上である必要がある。

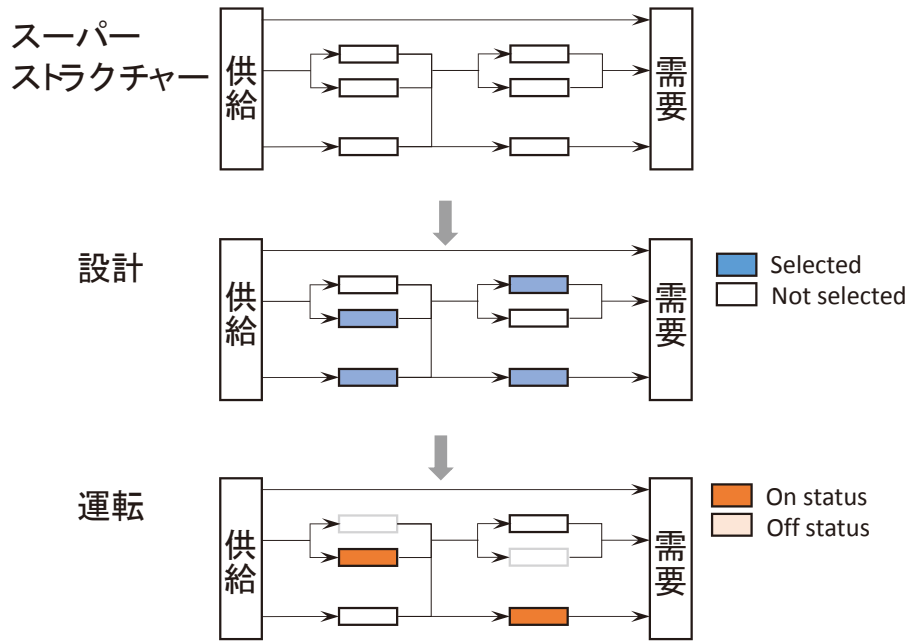


図-84 計画プロセスモデルの基本構造

✓ 基本問題の定式化

計画プロセスを，設計を表現する変数のベクトル Γ とエネルギーフローを表現する変数のベクトル $\mathbf{x}^{(s,t)}$ について定義された関数 g を，それら変数間の制約条件の下で最適化する問題として式に示すように定式化する．ここで， s は季節， t は時刻を表し， $\mathbf{x}^{(s,t)}$ は季節別・時間別の変数ベクトルである．なお，式(1)では最小化問題としているが，問題の特定化の方針によっては最大化問題となることもあり得る．

Minimize
 $\Gamma, \mathbf{x}^{(s,t)} : (s,t) \in \mathbf{S} \times \mathbf{T}$

$$g = g(\Gamma, \mathbf{x}^{(s,t)} : (s,t) \in \mathbf{S} \times \mathbf{T}) \tag{3}$$

subject to

$$\mathbf{h}(\Gamma, \mathbf{x}^{(s,t)} : (s,t) \in \mathbf{S} \times \mathbf{T}) \leq \underline{\mathbf{h}}$$

また，計画の対象となる変数ベクトルは以下の要素から構成される．

$$\Gamma = (\gamma_i : i \in \mathbf{I}) \tag{4}$$

$$\mathbf{x}^{(s,t)} = (\mathbf{x}_i^{(s,t)} : i \in \mathbf{I}) \tag{5}$$

ここで， γ_i は設置候補機器 i に設置した場合は 1，設置しない場合は 0 となるバイナリー変数であり， $\mathbf{x}_i^{(s,t)}$ は設置候補機器 i への季節 s ，時刻 t における入力エネルギーのベクトルを表す．基本問題の制約条件については以降で一つずつ検討する．

✓ エネルギーフロー

システム全体への入力を $\mathbf{X}^{(s,t)}$, 出力を $\mathbf{Y}^{(s,t)}$ とする. また, 設置候補機器 i により構成されるサブシステムへの入力を $\mathbf{x}_i^{(s,t)}$, 出力を $\mathbf{y}_i^{(s,t)}$ とする. さらに, システムのエネルギーフローに関して式(6)-(9)が成立する.

$$\mathbf{X}^{(s,t)} = \sum_{i \in \mathbf{I}_1} \mathbf{x}_i^{(s,t)} \quad (6)$$

$$\mathbf{Y}_i^{(s,t)} = \sum_{i \in \mathbf{I}_0} \mathbf{y}_i^{(s,t)} \quad (7)$$

$$\mathbf{y}_i^{(s,t)} = f(\mathbf{x}_i^{(s,t)}), \quad \forall i \in \mathbf{I} \quad (8)$$

$$\sum_{i \in \mathbf{I}_0^p} \mathbf{x}_i^{(s,t)} = \sum_{i \in \mathbf{I}_1^p} \mathbf{y}_i^{(s,t)}, \quad \forall p \in \mathbf{P} \quad (9)$$

ここで, $\mathbf{I}_1, \mathbf{I}_0, \mathbf{I}_1^p, \mathbf{I}_0^p \subseteq \mathbf{I}$ であり, \mathbf{I}_1 は入力側にあるサブシステムの集合, \mathbf{I}_0 は出力側にあるサブシステムの集合, \mathbf{I}_1^p と \mathbf{I}_0^p は任意の合流点 p における入出力のサブシステムの集合を表す. また, \mathbf{P} はシステム内部の合流点の集合である.

✓ エネルギー変換

入力エネルギーに対して, 機器特性に基づいた形態と量の変換を行うシステムをエネルギー変換機器と呼ぶ. 例えば, バイオマス CHP ユニットは木質チップが入力され, 電力と温水を出力する. 入力エネルギーを \mathbf{x}_i , 出力エネルギーを \mathbf{y}_i として, 式(10)(11)に示すように機器の効率を表す行列 \mathbf{A}_i と固定的に係るエネルギー消費量ベクトル $\boldsymbol{\alpha}_i$ を用いた転換式として表現する.

$$\mathbf{y}_i^{(s,t)} \geq \mathbf{A}_i \mathbf{x}_i^{(s,t)} + \boldsymbol{\alpha}_i z_i^{(s,t)} \quad (10)$$

$$\underline{\mathbf{x}}_i z_i^{(s,t)} \leq \mathbf{x}_i^{(s,t)} \leq \bar{\mathbf{x}}_i z_i^{(s,t)} \quad (11)$$

$$z_i^{(s,t)} \leq \gamma_i \quad (12)$$

$$z_i^{(s,t)}, \gamma_i \in (0, 1) \quad (13)$$

ここで, z_i は機器 i が運用状況にあるとき 1 となる, γ_i は機器が設置されているときに 1 となるバイナリー変数である. 従って, 運用状況にあるためには, 必ず設置されている必要がある. 式を満たす必要がある. また, $\underline{\mathbf{x}}_i, \bar{\mathbf{x}}_i$ はそれぞれ, 入力エネルギーの下限と上限を表しており, 式(11)は機器が運転されているときは, 入力エネルギーがこの範囲にある必要があり, 運転されていないときは 0 となる必要があることを示している. また, システム全体の規模に対して設備容量が十分に小さい機器が実在するものについては, 連続的な容量設定ができるものとし, 整数条件を示す制約式

(13)を式(14)のように緩和する.

$$0 \leq z_i^{(s,t)}, \gamma_i \leq 1 \quad (14)$$

エネルギー需要の充足

エネルギー貯蔵装置の利用を考慮して、時間ごとの需要と供給がバランスする必要はなくなる. 季節ごとの日間での供給量は、需要を上回る必要がある. しかしながら、時刻別には、必ずしも需要が供給を上回る必要はないものとする. 以下の式(15)~(18)に示すように、蓄熱槽や蓄電池の容量以内であれば、供給と需要のアンバランスを認めるものとする.

$$\sum_{t \in \mathbf{T}} \mathbf{Y}^{(s,t)} - \sum_{t \in \mathbf{T}} \mathbf{D}^{(s,t)} \geq \mathbf{0}, \quad \forall s \in \mathbf{S} \quad (15)$$

$$\sum_{t=0}^{\tau} \mathbf{Y}^{(s,t)} - \sum_{t=0}^{\tau} \mathbf{D}^{(s,t)} \geq \bar{\boldsymbol{\mu}}_s, \quad \forall \tau \in \mathbf{T} \quad (16)$$

$$\sum_{t=0}^{\tau} \mathbf{D}^{(s,t)} - \sum_{t=0}^{\tau} \mathbf{Y}^{(s,t)} \leq \underline{\boldsymbol{\mu}}_s, \quad \forall \tau \in \mathbf{T} \quad (17)$$

$$\bar{\boldsymbol{\mu}}_s - \underline{\boldsymbol{\mu}}_s \leq \boldsymbol{\mu}, \quad \forall s \in \mathbf{S} \quad (18)$$

ここで、 $\bar{\boldsymbol{\mu}}_s$ は任意の基準時間から考えて累積需要が累積供給を上回る量の上限、 $\underline{\boldsymbol{\mu}}_s$ は反対に累積需要が累積供給を下回る下限を、 $\boldsymbol{\mu}$ は蓄エネルギー装置の容量を表す. 式(16)は 0 時から 23 時までのエネルギー供給の合計がエネルギー需要の合計を上回る制約を表現しており、式(17)は 0 時から任意の時刻 τ までの間のエネルギー需給バランスの超過を表現している.

iii) 市内各地区の診断カルテの作成

① はじめに

今後、人口減少・少子高齢化による税収の減少や老朽化したインフラ維持費用の増大によって、地方財政が圧迫されることが予想されている. また、災害外力の増大により、災害が多発することが予想されているが、現在の都市では、災害危険区域内に進出している住居が見受けられる. このような状況の中、平成 26 年 8 月に都市再生特別措置法¹⁾が一部改正され、コンパクトなまちづくりのために立地の適正化をおこなうことが定められ、それを実行する為には、現在の地区の構造を評価する必要がある.

そこで本研究では、宮崎市を対象とし、災害危険性だけではなく、交通便利性や税収に対する地域維持費用の割合といった指標を用いて、地区を評価し、地区の特徴を把握することを目的とする.

② 生活利便性，安全性，都市経営の3つの観点からの地区評価の方法

✓ 地区評価の指標設定

本研究では，表-44の項目に従って，生活利便性，安全性，都市経営の3つの観点から，地区を評価する．評価対象の単位は宮崎市が設定している21個の地域自治区とした．また，評価は各項目を偏差値として算出して行った．

表-44 都市構造の脆弱性評価項目

評価分野	評価軸	評価指標	出典
生活利便性	公共交通	公共交通空白地域（鉄道駅 1km，バス停 500m 半径の範囲外）に立地する医療施設，福祉施設，行政施設，文化施設，学校，商業施設及び世帯の数の割合（施設/交通）	国土数値情報
安全性	災害危険性	洪水，土砂災害，南海トラフ地震による津波の被害が想定されている地域に立地する医療施設，福祉施設，行政施設，文化施設，学校，商業施設及び世帯の数の割合（施設/災害）	国土数値情報
	空き家率	荒廃化や治安悪化の原因となる空き家の割合（空き家率）	宮崎市
都市経営	地域の維持費と税収の関係	地域を維持していくために必要な費用と，地域から生み出される税収の割合（維持/税収）	国土数値情報 宮崎市

✓ 生活利便性と安全性に関する評価指標の推計方法

GIS データを用いて宮崎市の各地域自治区内における公共交通空白地域，災害想定区域に存在する世帯及び都市施設の数を把握する．それらを各地域自治区の全世帯数及び全都市施設数でそれぞれ除して，公共交通空白地域及び災害想定区域に立地する世帯及び都市施設の割合を推計する．本研究で対象とした都市施設は立地適正化計画を参考に設定する．また，宮崎市の水道メータ調査より空き家率を求める．

✓ 都市経営に関する評価指標の推計方法

本研究では，地域維持費用は毎年のメンテナンスに必要なインフラの維持管理費用，一定間隔ごとに必要となる更新費用，突発的に発生する災害復旧費用を合計したものである．推計方法は，対象とするインフラデータを GIS 上に示して，各地域自治区に存在するインフラ量を把握し，表-45 の維

持管理費用及び更新費用の原単位を乗ずることによって各地域自治区で必要となるインフラの維持管理費用及び更新費用を推計する。災害は、洪水、土砂災害、南海トラフ地震による揺れ及び津波を対象とする。地震と津波は、国土交通省²⁾より各インフラが受ける被害率を基に推計する。また、洪水、土砂災害は、水害統計³⁾より年あたりの期待被害額を推計する。

表-45 インフラの維持費用原単位

インフラ	維持管理原単位(/年)	更新原単位(/年)	更新間隔
道路	86.3 万円/km	0.47 万円/m ²	15 年
橋梁	362.5 万円/km	44.8 万円/m ²	50 年
上水道	2.6 万円/km	11.4 万円/m	40 年
下水道	35.0 万円/km	12.4 万円/m	50 年
公共施設	0.94 万円/m ²	40.0 万円/m ²	50 年
ダム	273.7 円/m ³	1959.2 円/m ³	80 年
防潮堤	18.8 万円/m	871.5 万円/m	50 年
排水ポンプ	94.4 万円 /(m ³ /s)	7520 万円/(m ³ /s)	50 年

次に、税収入を推計する。本研究では宮崎市における税収入の 8 割弱を占める個人市民税と固定資産税を対象とする。個人市民税は宮崎市における生産年齢人口と個人市民税の総額により生産年齢人口 1 人当たりの個人市民税を推計し、それを各地域自治区内の生産年齢人口に乗ずることで推計する。固定資産税（土地）は 1m²当たりの地目別評価額に GIS データで得られた地目別面積を乗ずることで推計する。地目別の評価額は、田 427 円/m²、畑 767 円/m²、宅地 26,821 円/m²、山林 20 円/m²、原野 15 円/m²、雑種地 7,396 円/m²である。また、固定資産税（建物）に関しては、建物ポイントデータ⁴⁾の床面積に床面積 1m²当たりの宅地評価額（木造：21,811 円/m²、非木造：47,864 円/m²）を乗ずることで推計する。単位面積当たりの地目別評価額及び住宅評価額は宮崎市⁵⁾より推計する。

これらの推計より現在の都市が趨勢で推移した場合の今後 50 年で必要となる地域維持費用及び得られる税収入を推計し、地域維持費用の税収入に対する割合を推計する。

③ 地域自治区の評価結果

以上の結果を基に、宮崎市の各地域自治区（図-85）を評価した。各地域自治区の公共交通空白地域や災害想定区域に含まれる都市施設数及び世帯数の割合、住宅の空き家率、税収入に対する地域維持費用の割合を、全地域自治区の平均と比較する。ここでは 50 が平均値であり、50 より大きな値を持つところはその地域自治区の改善点であるといえる。例えば、表-46 は中央西地域自治区の評価結果を示している。これをみると、中央西地域自治区は公共交通が発達しているため、公共交通に関する生活利便性の値は小さくなっている。しかし、地域自治区の西側に大淀川が流れているため、地域自治区のほとんどが洪水浸水想定区域に含まれており、また都市のスプロール化が進んだため、空き

家率も高くなっており、安全性の値は総じて大きくなっている。このように他の地域自治区と比較して、各地域自治区の長所や短所が把握でき、各地域自治区でどのようなまちづくりを目指していくべきなのかを考察することが可能となった。

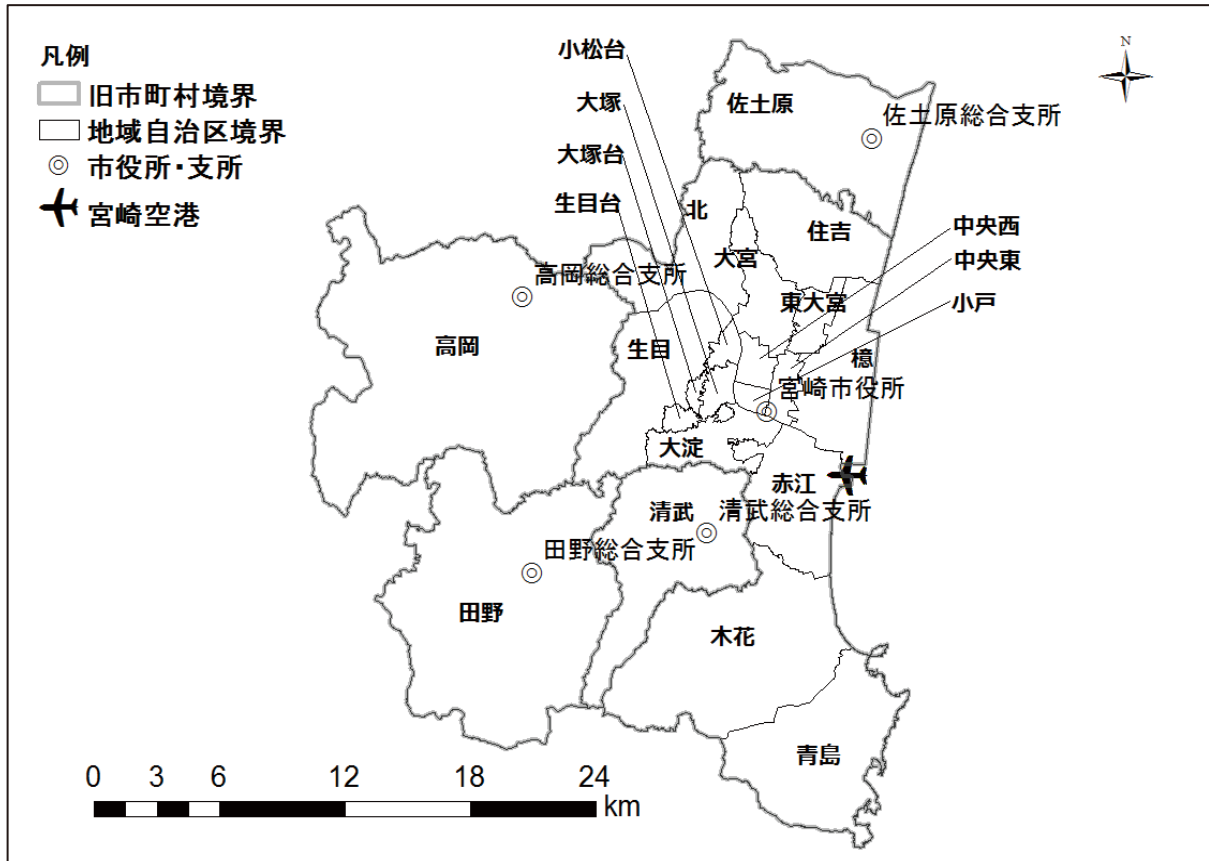


図-85 宮崎市の地域自治区

表-46 中央西地域自治区の評価

評価項目	割合	評価項目	割合
医療/交通	45.8	医療/災害	59.9
福祉/交通	43.8	福祉/災害	64.7
行政/交通	44.0	行政/災害	65.8
文化/交通	44.3	文化/災害	56.0
学校/交通	46.1	学校/災害	62.8
商業/交通	50.0	商業/災害	62.8
世帯/交通	43.2	世帯/災害	61.1
維持/税収	45.0	空き家率	56.3

④ d) おわりに

本研究では、公共交通空白地域及び災害想定区域に立地する都市施設数、住居数の割合、住居の空き家率、地域維持費用の税収入に対する割合といった観点から、地区を評価した。その結果、中心部では生活利便性は良いが、安全性を改善する必要があることがわかった。また、南海トラフ地震による津波の被害を受けると予想される地域自治区は、防潮堤の維持費用や災害復旧費用が多くかかるため、都市経営に関する値が大きくなっていることがわかった。

参考文献

- 1) 国土交通省：都市再生特別措置法に基づく立地石製化計画制度，2014
- 2) 内閣府：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
- 3) 国土交通省河川局：水害統計，1986-2005
- 4) 秋山祐樹，仙石裕明，柴崎亮介：大規模地震時における国土スケールの災害リスク・地域災害対応力評価のためのミクロな空間データの基盤整備，第47回土木計画学研究発表会・講演集，2013
- 5) 宮崎市平成22年度版統計書：
<http://www.city.miyazaki.miyazaki.jp/www/contents/1308547065128/index.html>，2015.2 閲覧

iv) 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

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-86)。

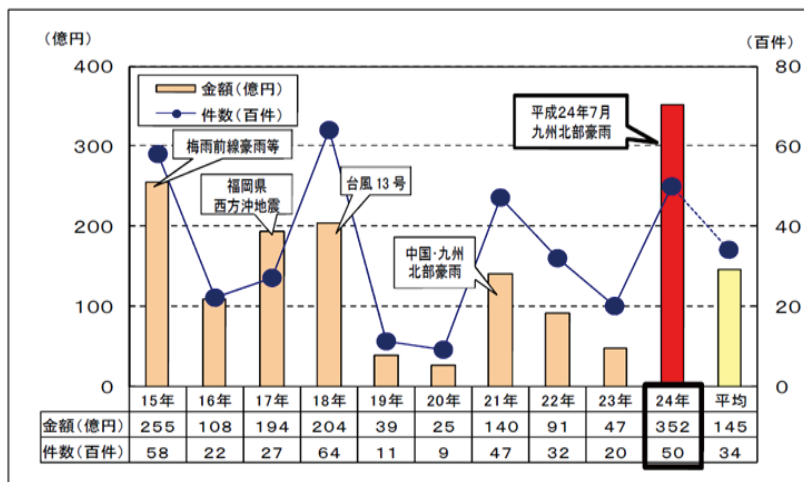


図-86 社会資本維持管理費用の経年推移⁴⁾

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

✓ 社会資本老朽化と社会資本維持費用に関する先行研究

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¹⁰⁾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¹¹⁾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¹²⁾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なっている。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¹³⁾は、社会資本整備をフローではなくス

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。

✓ 都市構造と社会資本維持費用に関する先行研究

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。大柳ら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建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まれている。

✓ 災害復旧費用の推計に関する先行研究

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。

✓ 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。

✓ 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-87 に示す。

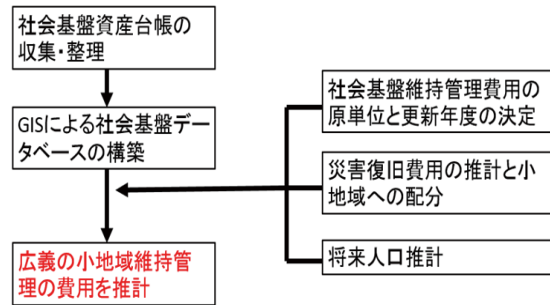


図-87 維持費用推計の流れ

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。

✓ 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-88 に GIS 道路データベースの一例を示す。

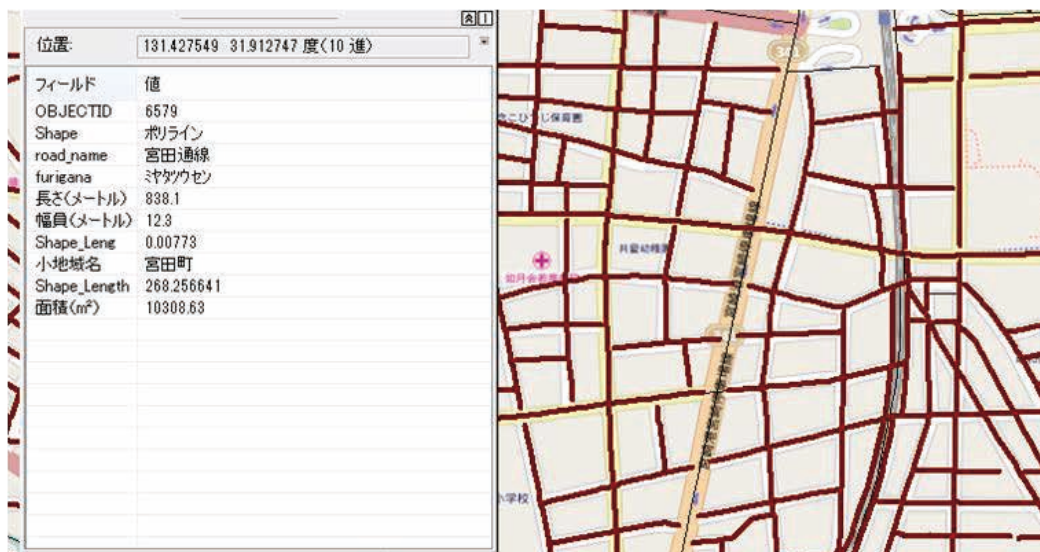


図-88 GIS 道路データベースの一例

社会資本維持管理費用の原単位と更新年度（表-47）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-47 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

✓ 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-48 に示す．

表-48 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⁾
------	--	---------------------

■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-89に示す。

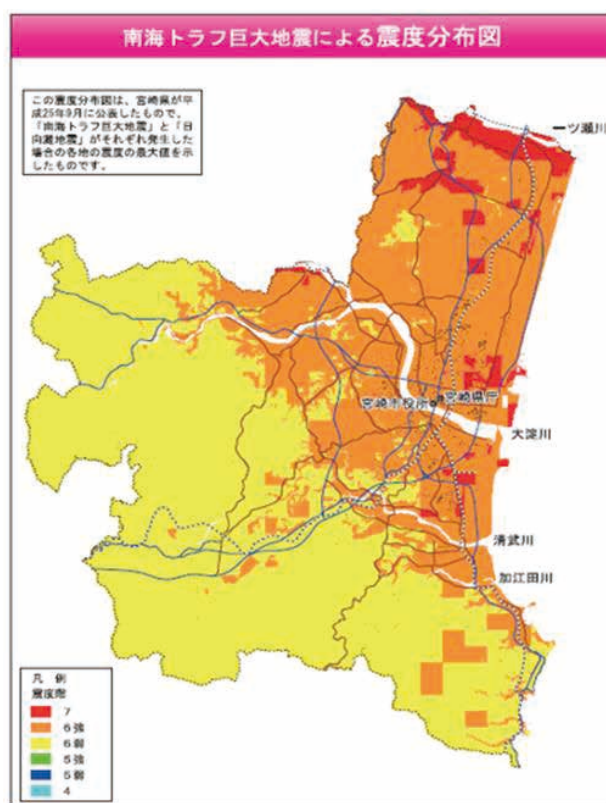


図-89 宮崎市における震度分布図¹⁹⁾

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-49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-50に示す。

表-49 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/k m	114.0 万円/k m	325.5 万円/k m

上水道・下水道	1.6%	4.8%	21.7%
公共施設橋梁	15%	25%	35%

表-50 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。

■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-51）は次のようである。

表-51 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-52のように設定する。

表-52 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。

■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-90）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。

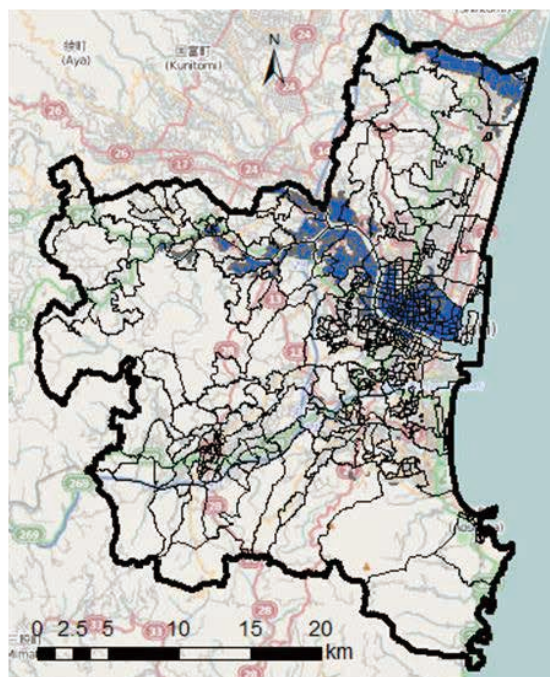


図-90 宮崎市における洪水危険区域図（青色）

■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-91 に示す。

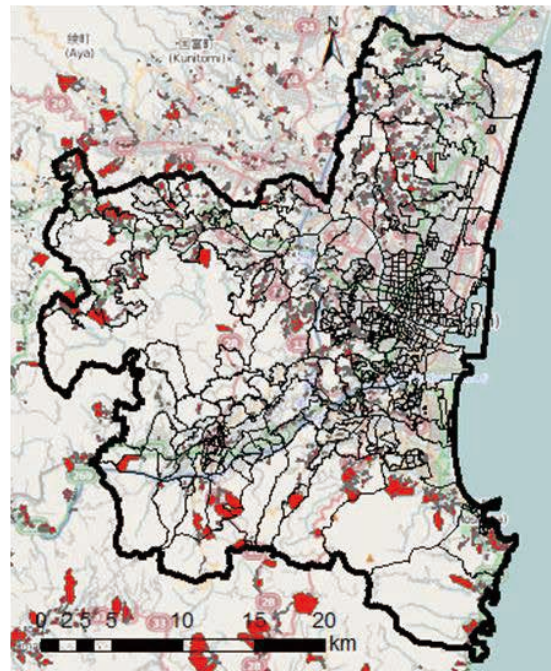


図-91 宮崎市における土砂災害危険箇所図（赤色）

■ 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。

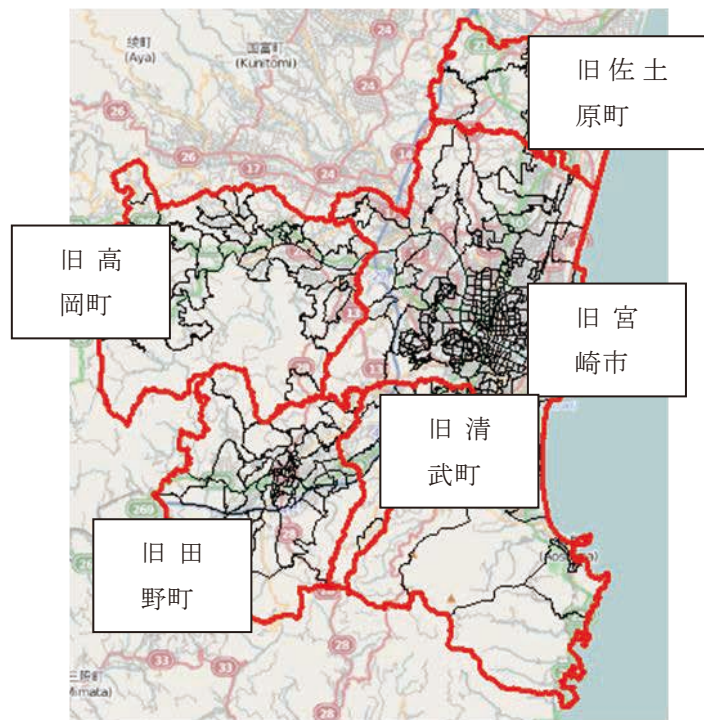


図-92 宮崎市区域図

✓ 社会資本維持管理費用 j 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-93 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。

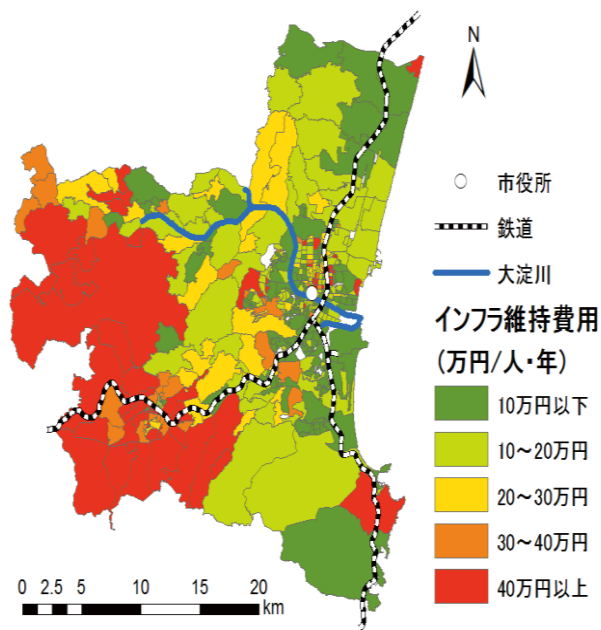


図-93 小地域の社会資本の維持管理にかかる費用

✓ 災害復旧費用の推計結果

図-94 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。

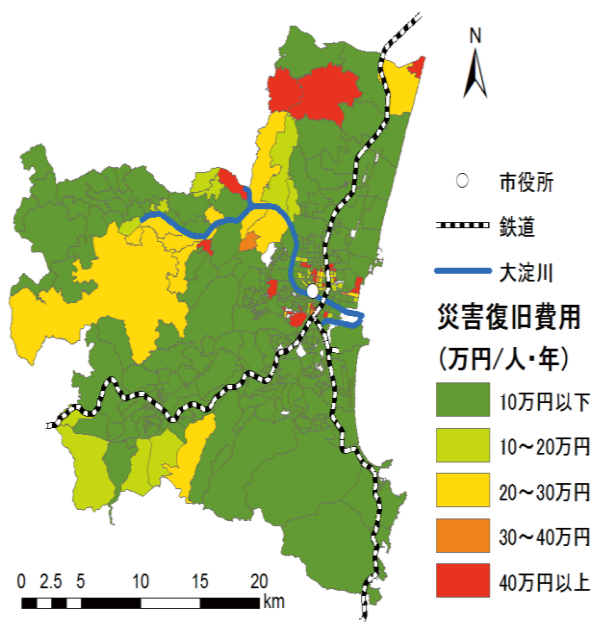


図-94 小地域における災害復旧の費用

✓ 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-95 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。

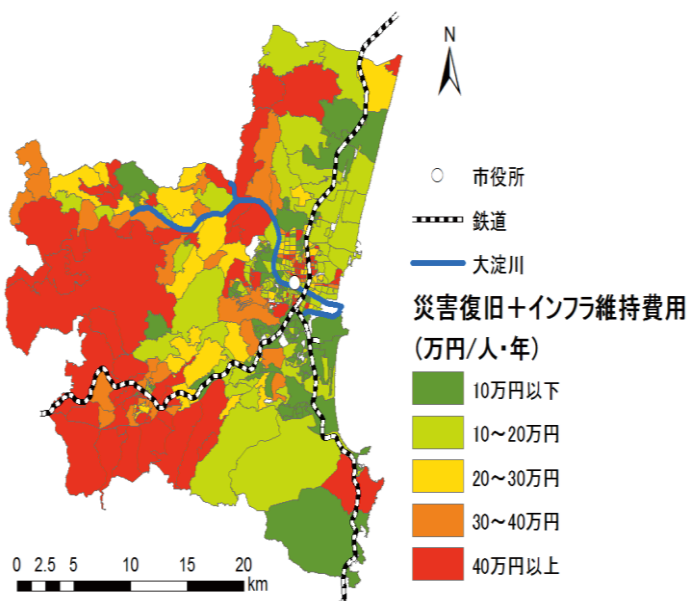


図-95 小地域における広義の維持管理の費用

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く、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、災害被害額が多くかかる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。

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.

v) 居住誘導区域の設定と居住集約による QOL, インフラ, 環境負荷の推計

① はじめに

国土交通省は 2014 年に都市改正特別措置法を改正し, 都市施設の誘導を図る都市機能誘導区域や居住の誘導を図る居住誘導区域の設定を通じて, 土地利用の高密度化や一定規模の人口密度の維持を図る仕組みを整えた¹⁾。基本的に居住の誘導は居住誘導区域外での一定規模以上の開発行為の届け出により図るものであるが, この方法では居住誘導区域外から虫食い状に居住地が撤退していくと考えられる。このような状況下では自治体の費用支出であるインフラ維持費用は変わらないばかりか, 人口減少に伴うサービス施設撤退が住民の生活の質(Quality Of Life:QOL)を低下させる可能性が考えられる。人口減少による税収の減少や地域の持続性を考えると, 居住地集約は自然の撤退を待つのではなく, 自治体がまとまった規模での移転を促すことで, 自治体にはインフラ維持費用の削減等, 住民には QOL 向上, 社会全体としては環境負荷低減の効果が得られると考えられる。既存研究ではこれらの項目を貨幣価値に換算し, 居住誘導方法による便益の違いを評価したものは見当たらない。

そこで, 本研究では居住誘導方法の違いによる QOL やインフラ維持費用, 環境負荷を, 便益帰着構成表を用いて整理し, 集約シナリオ別の効果を分析する。

② 居住地集約の効果の分析手法の整理

✓ 分析シナリオの設定

本研究の対象地は 2016 年時点で立地適正化計画が策定されていない宮崎県宮崎市 (図-96) とし, 対象期間は 2010 年から 2040 年とする。

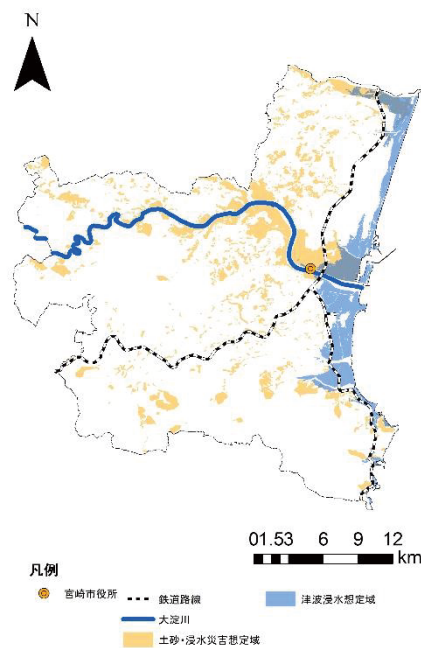


図-96 宮崎市の災害想定域

表-53 に示す 3 つのシナリオ間の QOL の比較と、インフラ維持費用の削減等の便益や移転に関する事業費等の費用との間の費用便益分析を行う。

表-53 シナリオの内容

シナリオ名	内容
無策	2040 年まで住居が移転しない (趨勢)
自然移転	耐用年数(築 40 年)を迎えた住居 から居住誘導区域に移転
強制移転	自然移転に加え、将来のインフ ラ維持費用等が、その地域の移 転にかかる費用を上回った地域 (メッシュ単位)から居住誘導区 域に移転

築 40 年が経過した住居から移転させるのは国税庁資料²⁾と鎌谷ら³⁾より、住宅向け建物の耐用年数は約 40 年だと考えられるためである。各シナリオにおいて住居の耐用年数が来れば住居が建て替えられ、建設費の支出や新設・廃棄に伴う環境負荷が発生するものとする。また、生活環境の変化が起きないように、移転の制約距離を 6 km と設定する。

✓ 各誘導区域の設定

2016 年 12 月時点で宮崎市では立地適正化計画の策定が行われていないため、本研究を進めるにあたり宮崎市での都市機能・居住誘導区域設定する必要がある。この設定に際しての条件を表-54 に示す。なお、距離についてはネットワーク距離を使用する。

表-54 誘導区域の設定条件

項目	設定条件
居住誘導区域 (全てを満たす)	○下記条件をすべて満たす ・鉄道駅 800m, バス停 300m 圏内 ・農用地区域/工業専用区域以外 ・土砂災害危険区域でない/1m 以上の津波が想定されていない ・市街化区域またはその他用途地域である
都市機能 誘導区域	○居住誘導区域の条件に加えて以下の条件の いずれかを満たす ・宮崎市中心市街地

	<ul style="list-style-type: none"> ・ DID 地区 ・ 宮崎市都市マスタープランで 中核/地域拠点に指定
--	--

✓ QOL の計算手法

QOL は名古屋都市センター⁴⁾を参考に、QOL の単位を月当たりの支払い意志額(貨幣単位)に換算する。式(1)中の LPS 値の平均値は 2010 年の値を用いる。これは各時点での QOL が 2010 年と比べてどのように変化するかを考えるためである。また、計算に必要な施設のうち、病院・診療所と商業施設については 2010 年時点の宮崎市の 1 人当たりの施設数を考慮した上で施設の増設・撤退を考慮する。計算に必要な 2010 年から 2040 年の人口のデータについては、社人研の方法に従いコーホート要因法を用いて推計する。

$$QOL = \sum_i (w_i (LPS_i - LPS_{2010ave})) : \text{式(1)}$$

✓ インフラ維持費用の計算手法

インフラはスプロールの影響を受けやすいネットワーク系インフラである市町村道、上下水道を対象とし、維持費用はその時点でのインフラ存在量に原単位を乗ずることで算出する。市街地への移転のため、新設を行わないと仮定し、各インフラの維持費用原単位は先行研究⁵⁾⁶⁾を参考に、維持・更新と廃棄を考慮する。表-55 に各インフラの原単位を示す。

表-55 各インフラ維持・更新費と廃棄費(円/㎡, 円/m)

項目	維持・更新費 (1年ごと)	廃棄費
市町村道	313	3,524
上水道	2,500	2,734
下水道	250	7,021

✓ 環境負荷の計算手法

環境負荷は各施設維持・更新や廃棄で生まれる環境負荷を算出し、貨幣価値に換算する。算出はインフラ維持費用と同様にインフラ存在量や住宅の建設面積に応じて表-56 に示す原単位⁶⁾を乗ずることで行う。

表-56 各施設の環境負荷(kg・CO2/㎡, kg・CO2/m)

項目	新設	維持・更新 (1年ごと)	廃棄
市町村道	—	0.151	14.41
上水道	—	3.382	12.66
下水道	—	1.770	27.31

住宅新設 (木造)	434.2	64.50	88.00
住宅新設 (非木造)	673.6	31.70	87.20
貨幣価値換算		5.461(円/kg-CO ₂) ⁷⁾	

✓ 移転にかかる費用の算出方法

移転にかかる費用としては想定される項目とその原単位を表-57 に示す。原単位の推計には宮崎市⁸⁾と復興庁⁹⁾、清水¹⁰⁾、環境省¹¹⁾の資料を用いた。移転支出について、自然移転では1人当たり定額の補助を、強制移転では自治体は移転する住居の残存価値に応じて住居建設費や解体・更地化費を支払うとする。

表-57 住居の移転にかかる費用の原単位

項目	原単位
建設費	6,124,120(円/人)
引っ越し費	33,286(円/人)
解体・更地化費	10,000(円/m ²)

✓ 災害復旧費用の推計手法

居住地の移転による便益として災害復旧費用の削減も考えられる。本研究では災害復旧費用として土砂・浸水災害からの復旧費用と津波の被災による復旧費用を推計する。原単位は国総研資料¹²⁾から推計した。なお、津波については発生確率を考慮し、復旧投資期待値を用いる。

表-58 各期間の地震の発生確率

期間	発生確率 (%)	地震本部 ¹³⁾ の式を用いて計算
2021年から2040年	36.3	
2026年から2040年	26.5	
2031年から2040年	16.5	
2036年から2040年	7.0	
2040年	1.6	

✓ 居住地集約の効果の評価

本研究では表-59 に示す便益と費用について分析を行い、2040年時点での各シナリオの純便益の大きさを計算することで、居住地集約の効果を検証する。

表-59 本研究における費用・便益とその主体

	主体	項目
便 益	住民	QOL の変化(貨幣換算)
	自治体	インフラ維持費用の削減
		土砂・洪水災害復旧費用の削減
		津波復旧費用(がれき撤去費)の削減
社会	環境負荷の削減(貨幣換算)	
費 用	住民	住居の建て替え・引っ越し費用
	自治体	移転事業費用
割引率		4%

③ 居住地集約効果の分析結果

✓ 基本集計の結果

表-54 の手法に従い設定した居住誘導区域と市街化区域について、2010 年と 2040 年の面積・人口・人口密度をシナリオごとに計算した結果を表-60 に示す。

表-60 面積・人口・人口密度変化の計算結果

シナリオ (年)	項目	人口:人	面積:km ²	人口密度:人/ km ²
共通 (2010)	市街化区域	345,875	63.17	5,475.47
	居住誘導区域	273,730	46.89	5,837.71
無策 (2040)	市街化区域	276,665	63.17	4,379.69
	居住誘導区域	234,817	46.89	5,007.83
自然移転 (2040)	市街化区域	317,049	63.17	5,018.98
	居住誘導区域	318,326	46.89	6,788.80
強制移転 (2040)	市街化区域	319,479	63.17	5,057.45
	居住誘導区域	323,536	46.89	6899.89

表-60 より、各移転シナリオでは人口減少下でも、居住誘導区域内の人口密度を一定水準維持する役割を果たしていることが分かる。なお、2040 年各移転シナリオにおける居住誘導区

域内人口が市街化区域人口を上回っているが、これは田野地区に設定された居住誘導区域が市街化区域に含まれていないためである。

✓ QOL の変化の分析結果

次に各シナリオの 2010 年から 2040 年まで 5 年ごとの住民 1 人当たりの月当たりの QOL(円/人/月)の推移を図-97 に示す。これより、無策の場合は 2010 年から 2040 年までの QOL 値がほぼ-17000(円/人/月)ほどで推移するのに対し、各移転シナリオでは QOL 改善効果が見られる。これは交通利便性(AC)の高いエリアである居住誘導区域への居住移転のほか、災害危険区域から移転したことによる災害安全性(SS)の向上によると考えられ、各シナリオ共に移転建物数の多く、居住環境の変化が大きい 2020 年での QOL の改善が大きくなった。

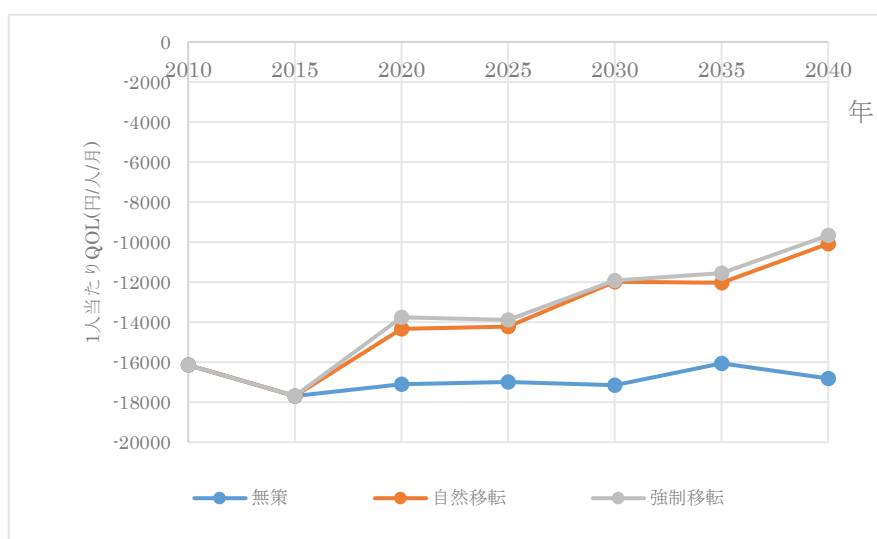


図-97 各シナリオの 1 人当たり獲得 QOL 変化

✓ インフラ維持費用の変化の分析結果

各シナリオの各時点での 1 年あたりのインフラ維持費用を図-98 に示す。強制移転を組み合わせた場合には自然移転の場合よりも削減できるインフラ費用が大きいことが分かる。また、移転によるインフラ削減効果が最も大きかった強制移転では、道路面積が約 38%、上水道・下水道延長がそれぞれ 50%程に削減されるなど、大きな削減効果が見られた。

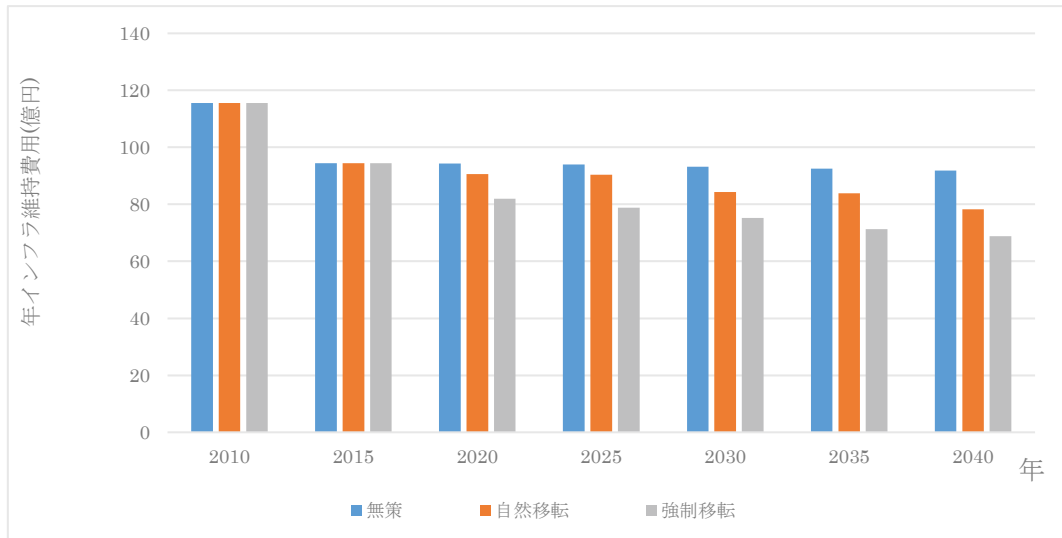


図-98 各シナリオの年あたりインフラ維持費用

✓ 環境負荷の変化の分析結果

各シナリオの各時点での1年あたりの環境負荷を図-99に示す。どちらのシナリオも無策の場合と比較して環境負荷が小さくなった。また、強制移転と自然移転との間での環境負荷に大きな差は見られなかった。これは強制移転では移転事業での施設の新設・廃棄の環境負荷が大きく、移転による環境負荷低減の効果を相殺するためである。

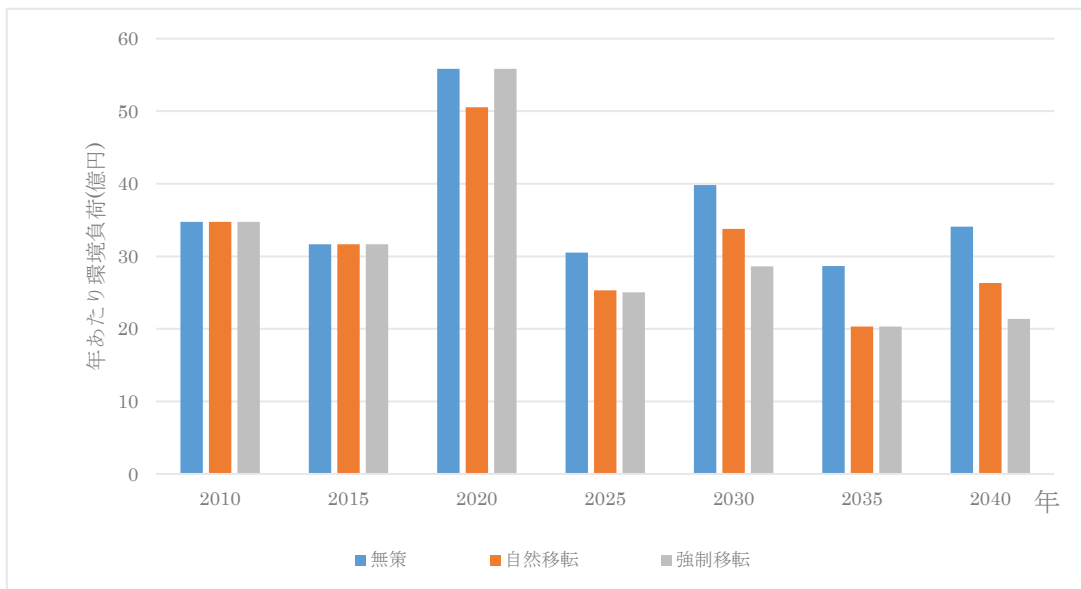


図-99 各シナリオの年あたり環境負荷費用換算

✓ 費用便益分析による居住誘導効果の分析

自然移転・強制移転の便益・費用の30年間累計値を無策と比較した結果を以下の表-61に示す。表-61より、いずれのシナリオも無策の場合と比較して大幅な純便益をもたらすことが分かる。強制移転において住居建て替え費の便益は、本来自然移転に際して住民が負担する

はずの費用を自治体が強制移転に伴う費用として肩代わりしたものである。また、強制移転では、QOL やインフラ維持費削減等の便益項目の全てで自然移転の場合よりも有利である。自治体単体の純便益は自然移転の場合は-42 億円，強制移転の場合は-56 億円であり，宮崎市単独での移転事業の実施は困難であると考えられる。

表-61 費用便益分析結果（割引率 4%）

30 年間の累計			自然移転 シナリオ	強制移転 シナリオ
便 益	住民	QOL の変化	1,574	1,727
	自 治 体	インフラ維持費用削減	58	160
		土砂・洪水災害復旧費用 削減	5	17
		津波災害復旧費用削減	24	40
社会	環境負荷低減	68	86	
費 用	住民	住居建て替え・引っ越し 費用	43	-91
	自 治 体	移転事業費用	-129	-226
純便益			1,642	1,667

単位：億円

✓ 各地域における移転方法・移転時期

図-100 は強制移転シナリオにより得られた結果を基に，宮崎市内各居住地メッシュを強制的に移転させるべきか自然移転をすべきかを示したものである。居住誘導区域外に存在する 2174 メッシュ(250m×250m)の内，強制移転すべきとなったのは 931 メッシュであった。さらにそのうちの 70%以上(931 メッシュ中 677 メッシュ)が 2020 年・2025 年に強制移転すべきである(図-100 内の赤色・橙色メッシュ)という結果となったが，これらの地区は多くが土砂災害等の災害危険エリアに含まれる(677 メッシュ中 457 メッシュ)。つまり，削減できる復旧費用が大きい災害危険区域ほど早期に移転を図るべきであると言える。