

地域のサステナビリティとレジリエンスを同時に考慮できる評価システムの開発

朴 秀日¹・加藤 博和²・石川 佳治³・
山中 英生⁴・奥嶋 政嗣⁵・渡辺 公次郎⁶

- ¹ 非会員 名古屋大学大学院環境学研究科附属持続的共発展教育研究センター研究員
(〒464-8601 名古屋市千種区不老町) E-mail: suil@urban.env.nagoya-u.ac.jp
- ² 正会員 名古屋大学教授 大学院環境学研究科
(〒464-8601 名古屋市千種区不老町) E-mail: kato@genv.nagoya-u.ac.jp
- ³ 非会員 名古屋大学教授 大学院情報学研究科
(〒464-8601 名古屋市千種区不老町) E-mail: ishikawa@i.nagoya-u.ac.jp
- ⁴ 正会員 徳島大学教授 大学院社会産業理工学研究部
(〒770-8506 徳島市南常三島町) E-mail: yamanaka@ce.tokushima-u.ac.jp
- ⁵ 正会員 徳島大学准教授 大学院社会産業理工学研究部
(〒770-8506 徳島市南常三島町) E-mail: okushima.masashi@tokushima-u.ac.jp
- ⁶ 正会員 徳島大学助教 大学院社会産業理工学研究部
(〒770-8506 徳島市南常三島町) E-mail: kojiro@tokushima-u.ac.jp

人口減少・超高齢化が進む日本の地方部では、モータリゼーションによって低密に拡大した都市・集落の維持が不可能となり、コンパクト化を緊急に進めていく必要がある。同時に、気候変動の進展もあいまって巨大災害の激甚化・頻発化も懸念されている。それらの対策として挙げられている「コンパクト＋ネットワーク」が都市の持続可能性向上にどの程度寄与するか、それを実現するために、建築物・インフラ更新時の立地変化をどのように進めていくべきかなどを分析・考察し、その有り方や基礎的知見を探ることが最終的に目指すところである。そのためには、建築物・インフラの更新に合わせ、同時に様々な技術を導入していくことを組み込んだコンパクト化のロードマップを策定していく必要がある。

本稿では、そのために有用となる、環境・社会・経済のトリプルボトムラインの各側面での長期的持続可能性 (sustainability) と、巨大災害に対するレジリエンス (resilience) を同時に評価できる全体のモデルシステムを構築している。

Key Words: *Sustainability, Resilience, TBL, QOL, QALY, DALY*

1. はじめに

人間社会の持続可能性への重大な脅威となる地球温暖化をはじめとする気候変動への適応・温室効果ガスの削減、また、自然災害に対する取り組みが世界的に注目されている。その一つの取り組みとして、2015年に開催された気候変動国際連合枠組条約(UNFCCC)第 21 回締約国会議 (COP21) においても 2020 年以降の温室効果ガス排出量削減等に取り組む国際枠組みであるパリ協定が採択され、日本の場合は 2030 年度に 2013 年比で温室効果ガスを 26%削減する約束草案を提出している。

今後数十年にわたる国土・都市戦略を検討するためには、人間社会の持続可能性への重大な脅威となる気候変動適応・温室効果ガス大幅削減とともに、深く関連す

るエネルギー危機や巨大大自然災害をも考慮することが求められる。特に、多くの人口が住む都市部においては、その居住者が暮らしやすく、地球環境への負荷もかけないことに加え、今後ある程度避けられないと考えられる気候変動に伴う悪影響を食い止めるための「シェルター」にもなる必要がある。

都市の活動は、その基盤となるインフラ・建築物、そしてその配置によって規定され、これらは土地利用計画や交通計画の内容や実効性によって変化し、その結果実現される空間構造は長期にわたって都市のあり方に影響を及ぼすことから、持続可能性を担保するためには、土地利用・交通計画における配慮がとても重要となる。

空間構造変化策は時間も費用もかかり、即効性は薄いですが、今後のインフラ・建物更新に合わせ着実に進める

ことで、持続可能性を脅かす諸課題に対応しうる「国土・都市の再生」が可能となり、長期で大きな効果が見込まれる。逆に言えば、人口減少・超高齢化の進展が続き、インフラ大量更新も近未来に必要となる中で、今転換を始めなければ、国土・都市が持続可能性への脅威に適応できず、取り返しがつかない事態に陥る可能性が高まる。これを回避できる国土・都市構造を実現していくための具体的な方法論を提示することが喫緊の課題と言える。

既に日本では「コンパクト+ネットワーク」の方針が国土交通省の「国土のグランドデザイン2050」で示され、制度整備も進んでいる。しかし、具体的な効果に関係者に理解・納得できる形で提示できておらず、推進は困難が予想される。

本稿は、都市を対象として、その長期的な持続可能性向上に資する空間構造変更策を立案・実施するための「都市のライフサイクルアセスメント」とも言うべきシステムを開発するために、方法論の枠組を提案することを目的とする。開発する統合構築システムは、都市の総合計画や都市計画マスタープラン、および地球温暖化対策地方公共団体実行計画の策定に活用できるものとする。

2. 研究の位置づけと目的

(1) 都市の持続可能性とは？

都市の持続可能性はどのように評価するべきか？CO₂排出量だけでは気候変動へのインパクトを評価しているに過ぎない。そもそも、都市から排出されるCO₂を削減したといっても、それは将来の地球全体に薄く影響を及ぼす外部効果であり、現段階ではその都市自体の持続可能性を直接高めることはない。将来的には、炭素税や排出量割当・取引がより厳しくなって、外部効果が内部化される時代が来るだろうが、その場合でもそれは、都市が支払うコストの増加として勘定された上で持続可能性低下に結びつく。こういったコスト負担をはじめとする、都市の持続可能性に直接影響する社会経済的な要因と、周辺や地球全体に現在もしくは将来影響を及ぼす外部効果要因とを分けて評価することが必要である。加えて、都市の持続可能性を考える上では、定常的・漸次的な変化だけでなく、突発事象にどのように対応できるかについての考慮も必要である。特に巨大自然災害は、都市に致命的な打撃を与えたり、長期にわたって悪影響を残したりすることから、それにうまく対応できるための防災・減災対策が求められる。東日本大震災以降は、災害に立ち向かうという発想でなく、うまくいなす「しなやかな(resilient)」対応策が注目されるようになっている。

「しなやかさ」SustainabilityとResilienceによる国土・都市のwell-being評価

Sustainability：長期の安定

平常時・低費用・低環境
負荷でのQOL確保

- ・ 文化的・社会的な生活保持：交通利便性、居住快適性、安全安心性に基づくQOL評価にCO₂・コスト評価を合わせる
- ・ 災害はQOL各要素を脅かすリスク要因として考慮

Resilience：短期の回復

災害時・QOL低下抑制と
早期回復(防災・減災)

- ・ 生命・健康確保：死亡・負傷・二次被害の発生と回復をDALY評価
- ・ QOLステージ確保：生命保持～文化的・社会的な生活保持のどの段階にあるかをQALY評価
- ・ エネルギーセキュリティ

(時系列で定量化)

SustainableかつResilientな国土・都市形成
のための土地評価と改善検討

Compact+Networkで正しいか？どうやって到達するか？
「Smart Shrink(かしこい凝集)」の必要性提示

図-1 都市のsustainabilityとresilienceの評価の考え方

以上をまとめると、都市の持続可能性を評価し、それを高める方策を検討・立案するためには、1)環境問題のみならず、都市の魅力や快適性といった人間活動の様々な側面を評価できる体系、2)土地利用・交通によって規定される空間構造の影響を長期的に評価できる予測手法、3)巨大自然災害によるインパクトや回復過程を評価できる手法、が必要である。1)については、SDGsを参考とするのが適切とも思えるが、都市に適用する場合には当てはまらない項目や粗すぎる項目もあり、さらに現状評価はできても将来予測ができないものもあることから、項目の再編成が必要となる。2)は都市の空間構造変化予測シミュレーションができるとよいが、不確実性が大きいので、複数のシナリオを与えて評価するのが適切である。また、3)については、災害によって社会経済にどれだけのダメージが生じ、がれき発生など環境への悪影響がどの程度あるかの予測も必要となる。

(2) 研究の位置づけと目的

以上を踏まえ、システムでは、定常状態が続いた場合の長期的持続可能性(sustainability)の評価と、巨大自然災害発災後のダメージと回復過程におけるレジリエンス(resilience)の評価を両方とも可能とする。その概要を図-1に示す。

そこで、「コンパクト+ネットワーク」が都市の持続可能性向上にどの程度寄与するか、それを実現するために、建築物・インフラ更新時の立地変化をどのように進めていくべきかを分析・考察し、その有り方や基礎的知見を探ることが最終的に目指すことである。そのためには、建物・インフラの更新に合わせたコンパクト化や、同時に様々な技術を導入していくことを組み込んだコンパクト化のロードマップを策定していく必要がある。

そこで本稿では、そのために有用となる、社会・環境・経済のトリプルボトムライン(Triple Bottom Line:TBL)の各側面での長期的持続可能性(sustainability)と、

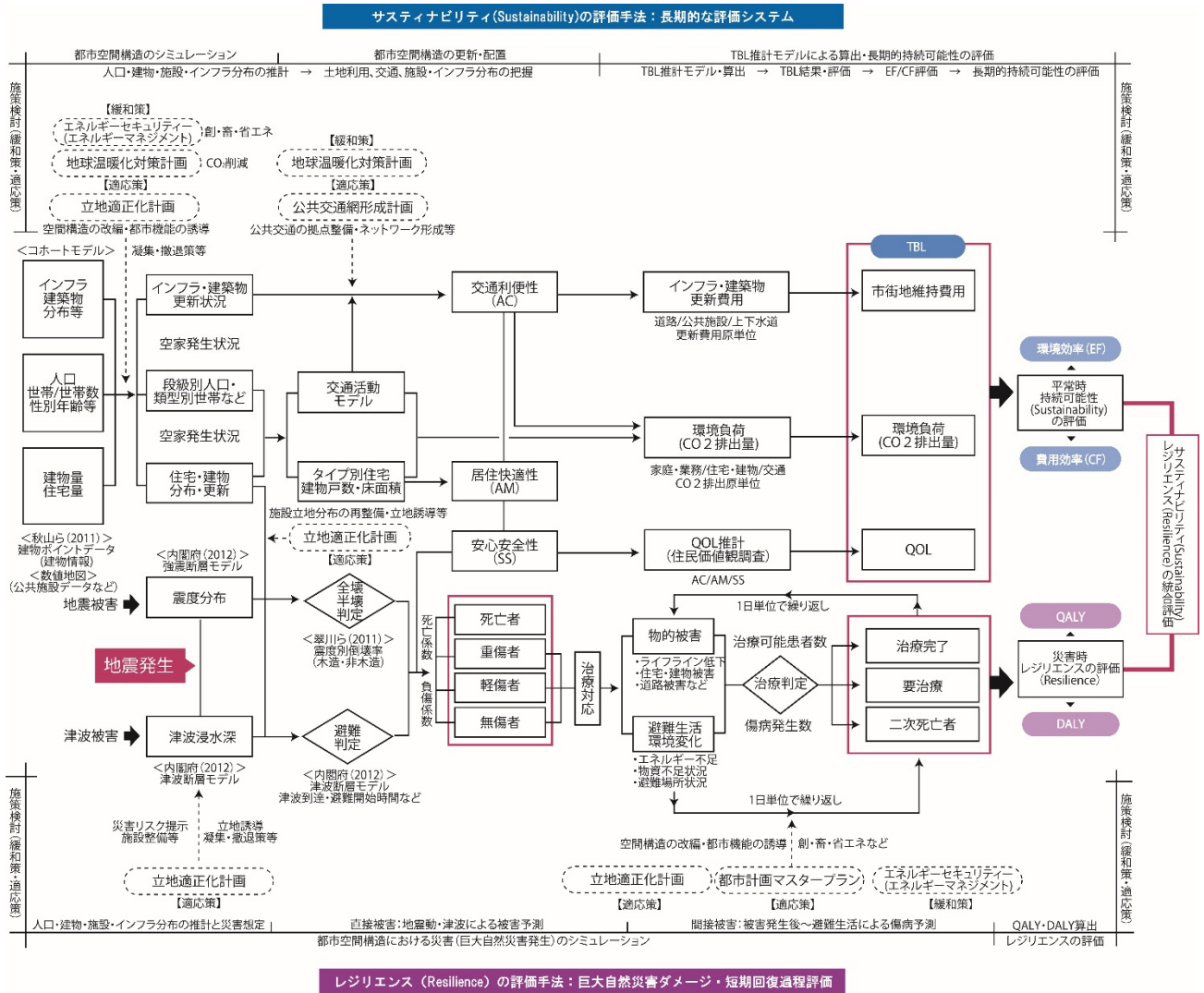


図-2 システムの全体構成

巨大災害に対するレジリエンス (resilience) を同時に評価できるモデルシステムを構築する。

3. システムの構築

3-1. システムの全体構成

システムを構成する各要素モデルの多くが既に開発できており、各指標の推計は既報¹²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾に従う。本稿ではこれらの各要素モデルの統合化したシステムを構築する。その全体構成を図-2に示す。

まず、コーホートモデルを用いて将来のインフラ・建築物や人口と年齢・世帯構成の変化などを予測したり、立地変更策や交通網整備による影響を推計するモデルを適用することで、建築物更新と空家発生状況の経年的・空間的な予測を行う。これらの推計・予測は 500m メッシュや町丁目単位で行えるものとし、各地区の更新・撤退のタイミングや、都市域の空間的な再編の方向性を検討できるようにする。なお、一般に入手可能なデータ及び自治体などが持っているデータを用いて評価値が算出

できるようにすることで、実際の都市での施策検討を可能とする。

長期的持続可能性 (sustainability) の評価については、その指標として、SDGs を参考としつつ定量予測可能な社会・環境・経済の TBL を意識した指標群に絞り込む。経済指標としては、都市のインフラ・建築物の維持および更新コスト、および主な生活サービスのコストを取り上げる。社会指標としては、年代・性別の生活の質 (Quality Of Life: QOL)、また、環境指標としては、住宅・建物と家庭 (業務)、交通 (旅客) 部門において CO₂ 排出量を推計し長期的持続可能性 (sustainability) の評価を行う。

一方、巨大災害に対するレジリエンス (resilience) の評価については、直接被害と間接被害を予測し、質調整生存年 (Quality Adjusted Life Year : QALY) や障害調整生存年 (Disability Adjusted Life Year : DALY) の余命指標を用いて、地震発生後の初期被害としての 1 次被害 (直接被害) と長期間避難生活に伴う不安やストレス、持病の悪化による 2 次被害 (間接被害) を 1 日ごとに推計し、

短期(約 30~60 日)回復過程を推計することで巨大災害におけるレジリエンス(resilience)の評価を行う。

3-2. 長期的な持続可能性(Sustainability)の評価手法
長期的持続可能性(sustainability)の評価については、前述したように、TBLの3要素の社会・環境・経済の指標により算出できるようにする。

a) 社会指標

年代・性別の生活の質(Quality Of Life: QOL)の高さや公平さ、コミュニティの結びつきの強さといった要素を統合したWell-being指標を導入する。その際、住民アンケートによって各要素の重みを定量化し利用するとともに、それを住民にフィードバックすることで、地域の住みやすさと持続可能性について考えてもらえるようにする。

b) 環境指標

住宅・建物と家庭(業務)、交通(旅客)部門においてCO₂排出量を推計する。本研究では、都市空間構造再編策について、その計画・構想段階における評価を行う。その際、都市全体の膨大な建築物やインフラ、諸活動の環境負荷推計に必要な各々の投入資材量等を詳細に把握することは不可能である。

そこで、各建築物・インフラについて標準的な設計を想定し、その建設・維持管理・運用・更新・廃棄活動において、その単位(例えば、住宅延べ床面積)あたりの環境負荷・建設費用・維持費用を推計して原単位とする。さらに、既往研究¹⁰⁾の成果に基づいて設定したCO₂原単位を用いて、これに地区単位で集計される建築物のライフサイクル各段階の活動の数量(例えば、住宅の更新量等)を乗じて総和をとることで、CO₂排出量を推計する。

なお、住宅の建設・廃棄量の将来推計には不確実性を伴うことから、建設・廃棄分のCO₂排出量については住宅のライフタイムで除した値を存在期間中の各年に割り振ることとする。

ここでは住宅タイプを戸建住宅と集合住宅に分けて取り扱う。また、建設から廃棄に至るまでのライフタイムは戸建住宅で30年、集合住宅で50年と設定する。

また、世帯数の推計結果に国勢調査(2005年)より得られるゾーン固有の戸建て住宅と集合住宅の比率と世帯あたり住宅床面積を乗じることにより推計する。

家庭起源の環境負荷は、住宅タイプ別世帯数にCO₂排出量原単位を乗じることにより算出する。ここでは住宅タイプを集合住宅と戸建住宅に分けて取り扱う。また、集合住宅はRC造、戸建住宅は木造であると仮定する。統計資料¹¹⁾より作成したCO₂排出量原単位を用いて推計する。

旅客交通活動に伴うCO₂排出量については、各市町村のパーソントリップ調査の結果を用いて、1人・1年あたりのトリップ発生原単位として整備する。これはモー

ダルシフトに伴うCO₂低減効果を計測することを目的として、交通モデルの出力結果から機関分担率と距離を設定し、自動車と公共交通別のCO₂排出量原単位¹²⁾を用いて推計する。なお、本システムでは、鉄道・幹線道路等の基幹インフラを所与とした上での、居住地ベースの評価を目的としているため、旅客交通起源CO₂排出責任は居住ゾーンに帰着すると設定し、目的地や通過ゾーンにCO₂排出責任が帰着する設定とはしていない。

c) 経済指標

都市のインフラ・建築物の維持および更新コスト、および主な生活サービスのコストを取り上げる。市街地維持費用の推計対象インフラは、市街地スプロールなどの都市構造の影響を受けやすく、その便益が概ね地域住民に帰着すると考えられる、ライフラインに関連するインフラと公共施設とする。具体的には、インフラについては市町村道路、上水道・下水道を、公共施設については、小学校、中学校、高等学校、幼稚園・保育所、公民館、病院・医療施設、郵便局、交番、消防署、ポンプ場を評価対象としている。

各地区のインフラと公共施設の存在量にライフサイクルを考慮した費用原単位を乗じることにより、市街地維持費用を推計する。インフラ・公共施設の存在量に関して、それぞれの整備時期を詳細に把握することができれば、残存率等を適宜設定し、コーホート要因法を用いることで、経年別に詳細な将来推計を行うことが可能である。しかしながら、多数の自治体を対象とする場合は、各インフラの整備時期に関するデータがそもそも得られない市町村があること、各自治体のフォーマットが大きく異なっていること、資料のデータ化に膨大な作業が必要であること、といった様々な課題から、対象とする全地区でのコーホートモデルの適用は困難である。そこで、更新にかかる費用を耐用年数で除した値を毎年の維持・管理費用に積み上げて、整備年度のデータ制約に対処することとする。

各インフラの存在量は、既報¹⁰⁾において各市町村等が公開している統計資料とヒアリング調査に基づき収集・整理したGISデータ(道路はラインデータ、上下水道は500mメッシュごとの存在量)を500mメッシュごとに推計する。公共施設の存在量は、数値地図(2500分の1)により得られるGISデータを使用する。また、費用原単位は環境省、建設物価調査会などが公表している値を整理したものである¹³⁾¹⁴⁾。なお、本研究では入手可能なデータを用いているため全てのインフラ・施設を網羅的に取り扱っているわけではなく、さらに、公共施設維持費用の推計対象は建物部分の更新コストのみであり、各施設に固有のサービスを提供するためのコストまでは含んでいない。したがって、本研究での推計結果は過小評価の傾向があると考えられ、現時点の各地区を維持するた

めに必要最低限のコストと解釈できる値である。

これらの各指標については、現状はもとより、将来にわたっての変化を予測していく必要があるため、インフラ・建築物の経年変化を把握する。

そこで、建築物については前述したようにコーホートモデルを用いた更新シミュレーションを実施する。同時に人口の総数と年齢・世帯構成の変化を予測したり、立地適正化計画における立地変更策や都市計画マスタープランの示す土地利用の再編、また、地域公共交通網形成計画における地域交通網整備による影響を推計することができ、それらによって建築物更新と空家発生状況の経年的・空間的な予測などを行うことが可能となる。

これを基本として、建築物・インフラ更新と、交通活動や家庭・業務活動の概略が予測でき、それに起因する環境負荷やコストも推計される。なお、これらの推計・予測は 500m メッシュや町丁目単位で行うことで、各地区の更新・撤退のタイミングや、都市域の空間的な再編の方向性を検討できる。

3-3. 巨大自然災害のダメージに対するレジリエンス (Resilience) の評価手法

一方、巨大災害に対するレジリエンス (resilience) の評価については、巨大災害における直接被害と間接被害を予測し評価できるシステムを統合し構築する。東日本大震災では、地震動や津波による建物倒壊の被害だけでなく、避難生活において発生した傷病や、避難所での不安・ストレスが原因となる間接的な被害も多く、発災から 1 年以内の災害関連死も多く報告されている。こうした間接被害が生じる要因として、ライフラインの供給力低下による衛生環境の悪化や、病院の被災に伴う医療対応能力の低下などが考えられる。実際に 2011 年に発生した東日本大震災では供給電力の不足により電力需給が逼迫し、社会において大きな混乱が生じた。

このような巨大災害における直接被害と間接被害を予測し評価する手法を構築する。

池田ら(1998)¹⁵⁾は、人間に本源的かつ平等に与えられた価値である余命を指標として用い、死亡者・負傷者数のみでは捉えられない疾病負担を定量的に評価している。その代表的な指標として挙げられるのが、質調整生存年 (Quality Adjusted Life Year : QALY) や障害調整生存年 (Disability Adjusted Life Year : DALY) である。QALY は、治療や生活の質 (QOL) の向上によって享受できる健康な生活 1 年を基準とし、不健康な生活についてはその価値が基準に比べて低いと考慮して 1 年未満とみなす。つまり余命を生活の質 (QOL) を表す効用値で重み付けしたものである。この指標によって、単に生存期間の延長を論じるのではなく、生存期間と生活の質の両方を評価することが可能である。

一方、DALY は QALY の負値に相当し、外的要因によって失われた健康な 1 年を基準に、集団の健康状態を死亡損失および障害損失として、余命尺度で定量的に捉える指標である。DALY は QALY の後から提唱され、国際的な比較に利用できるように改良された。DALY と QALY の違いは、疾病の種類によって重み付けが細かく定義され、客観的かつ人口学的に合理性のある評価を行うことができる点にある。巨大地震の人的被害量は、生活環境と、生命・健康への被害をそれぞれ捉えるために、QALY と DALY の両方の評価が必要となる。

そこで、巨大災害に対するレジリエンス (resilience) の評価にあたって、QALY と DALY の算出のフローについては、1 次被害 (直接被害) と 2 次被害 (間接被害) に大別される。まず、1 次被害 (直接被害) としては、地震発生後の初期被害として大きな割合を占める、地震動による建物倒壊と、津波による被害を算出する。その後、建物倒壊や浸水被害によって避難生活を余儀なくされる人や、家が無事でも電力や水道などライフラインの支障によって生活の質が低下する人が出る。また、道路寸断や避難者数増加に伴い、発災数日後から物資が不足する事態も起こりうる。こういった不便から、衛生環境悪化や、被災者の免疫力低下が生じ、傷病発生率が増加し、重傷・軽傷者の対応に追われる病院はさらに対応が困難となる。さらに、長期間家に戻れない不安やストレス、持病の悪化などによって二次死亡も発生する。これら全てに伴う傷病発生数や治療対応数を、1 日ごとに (約 30~60 日) QALY と DALY 値として算出し、レジリエンス (resilience) の評価を行う。

各地域で起こりうる巨大自然災害を想定し、長期的持続可能性 (sustainability) の評価と同様に、建物ポイントデータ¹⁶⁾を用いて、海面上昇による津波浸水深を予測したり、震度分布による建物の全半壊被害を推計する。これらによって、立地変更策および危険地域からの撤退勧告や安全な場所への誘導、また、インフラ・建築物 (避難所) の整備等による影響を推計するモデルを適用し、巨大災害に対する被害率の予測を行うことが可能となる。それによって死亡・負傷・疾病がどの程度発生するかを予測する。また、生活水準を確保するために必要な各種のサービス・物品について、それが正常に機能しない長期間の孤立状況の中でエネルギーや電力供給がどの程度阻害されるかをあらかじめルール化しておくことで、生活水準低下の程度を推計することができる。

エネルギー安定供給の脆弱な地域においては、災害時におけるエネルギー自立を実現しエネルギーセキュリティの向上が求められる。国土交通省は「創エネ」、「蓄エネ」、「省エネ」を活用したまちづくりを推進する「まち・住まい・交通の創蓄省エネルギー化モデル構築支援事業」を実施しており、実施に当たっては、創・

蓄・省エネルギー技術の導入に着目し、これによって災害時のエネルギーセキュリティ向上を意図している。しかし、エネルギーセキュリティの向上を実現するためには、個々の要素技術導入の寄せ集めだけでなく、需要のベースとなる都市空間構造の再編や拠点整備といった土地利用などの政策メニューを同時に取り扱うことが求められる。そのためには地域特性を考慮した更新過程を定量的に評価できなければならない。

これらを踏まえ、災害時における生活の質 (QOL) と余命指標を用いて、インフラや建築物の崩壊・損傷に伴う生活水準低下と復旧による回復度を推計するモデルを統合構築することにより、巨大災害に対するレジリエンス (resilience) の評価が可能となる。

4. 結論及び課題

「コンパクト+ネットワーク」が都市の持続可能性向上にどの程度寄与するか、それを実現するために、建築物・インフラ更新時の立地変化をどのように進めていくべきか、その有り方や基礎的知見を探るために、建築物・インフラの更新に合わせたコンパクト化や、同時に様々な技術を導入していくことを組み込んだコンパクト化のロードマップの策定が求められる。

そのために有用となる、社会・環境・経済のトリプルボトムライン (Triple Bottom Line : TBL) の各側面での長期的持続可能性 (sustainability) の評価と、巨大災害に対するレジリエンス (resilience) を同時に評価できるモデルシステムを統合構築することで、建築物更新や空家発生状況の経年的・空間的な予測などを行うことが可能となる。これらは都市空間構造の再編及び立地変更策の構想段階といった政策面において適応策及び緩和策として示唆される。

今後は、これらのシステムの実装・検証を行う。その対象地としては、巨大震災被害が想定される地域、及び都市の空間構造変化が求められる地域に適用し、災害危険地域からの撤退や親類の近居による絆の維持と災害リスク分散の両立、インフラ維持コストの削減といった施策の評価を試み、「コンパクト+ネットワーク」が都市の持続可能性向上にどの程度寄与するか、それを実現するために、建築物・インフラ更新時の立地変化をどのように進めていくべきかについて分析・考察することを目指す。

謝辞：本稿は環境研究総合推進費 (環境再生保全機構) 2-1706 「再生可能都市への転換戦略—気候変動と巨大自然災害にシナヤカに対応するために—」の成果の一部である。

参考文献

- 1) 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区単位の地域持続性評価,土木学会論文集. D3, 土木計画学 68(5), I_383-396, 2012
- 2) 鈴木祐大,加知範康,戸川卓哉: 環境・経済・社会のトリプルボトムラインに基づく都市域の持続可能性評価システムの構築,地球環境研究論文集 17, 93-102, 2009
- 3) N.Shibahara, N.Goto, N.Kachi, H.Kato, Y.Hayashi : A System for Estimating Life Cycle Environmental Load from Urban Areas Based on Using the Detailed Land Use Data -An Analysis of the Urban Shrinking Policy -, Proceedings of the 8th International Conference on Eco-Balance, CD-ROM(04-04), p.261-264, 2008.
- 4) 加知範康, 山本哲平, 川添豊, 加藤博和, 林良嗣: 市街地拡大抑制策評価のための市街地維持コスト推計システムの開発, 土木計画学研究・講演集, Vol.36, CD-ROM, 2007.
- 5) 加知範康, 加藤博和, 林良嗣, 森杉雅史: 余命指標を用いた生活環境質(QOL)評価と市街地拡大抑制策検討への適用, 土木学会論文集, Vol.62, No.4, pp.558-573, 2007.
- 6) 高野剛志, 森田紘圭, 戸川卓哉, 福本雅之, 三室碧人, 加藤博和, 林良嗣: 東日本大震災における被災者生活環境の時間的変化の評価, 土木学会論文集 D3, 69, (5), (2013), I_125-135
- 7) 猪原暁, 渡邊啓太, 杉本賢二, 加藤博和, 林良嗣: 巨大自然災害発生後の生存・生活環境変化に基づく地域のレジリエンス性評価, 土木学会論文集 D3 (土木計画学) 72(5), pp.283-291, 2016
- 8) 橘竜瞳, 森田紘圭, 杉本賢二, 加藤博和, 林良嗣, 秋山祐樹: 大規模自然災害による生命・健康・生活へのダメージの余命指標を用いた評価, 土木計画学研究, 講演集, Vol.47, 2014
- 9) 山下雄大, 杉本賢二, 加藤博和, 林良嗣: 余命指標を用いた巨大地震による人的被害の評価, 日本環境共生学会第18回 (2015年度) 学術大会発表論文集, 2015
- 10) 加藤博和, 後藤直紀, 柴原尚希, 加知範康: 建築物の立地が環境負荷に及ぼす影響に関する考察, 日本LCA学会誌, Vol.4, No.1, pp.44-50, 2008.
- 11) 日本エネルギー経済研究所: EDMC/エネルギー・経済統計要覧 (2010年版), 2010.
- 12) 交通エコロジー・モビリティ財団: 運輸・交通と環境 2007年版, 2007.
- 13) 小瀬木祐二, 戸川卓哉, 鈴木祐大, 加藤博和, 林良嗣: 大都市圏スケールでのインフラ維持管理・更新費用の将来推計手法の開発, 土木計画学研究・論文集, Vol.27, No.2, pp.305-312, 2010.
- 14) 財団法人建設物価調査会: 建設統計月報, 2009.
- 15) 池田俊也, 田端航也: わが国における障害調整生存年, 医療と社会 8(3), 83-99, 1998
- 16) Akiyama Y., Takada T., Shibasaki R : Development of Micropopulation Census through Disaggregation of National Population Census, CUPUM2013 conference papers, pp.110, 2013

(2018. 4.27)

Development of an Evaluation System Simultaneously Considering Regional Sustainability and Resilience

Hiromu SHIMIZU, Hirokazu KATO, Yoshiharu ISHIKAWA,
Hideo YAMANAKA, Masashi OKUSHIMA, Kojiro WATANABE

In rural areas of Japan where population declines and super aging populations are progressing, it is impossible to maintain cities and villages that have been expanded densely due to motorization and it is necessary to urgently advance compactification. At the same time, with the progress of climate change, there is also concern that huge disasters are becoming increasingly serious and frequent. How to contribute to the improvement of sustainability of urban society by "compact + network" listed as a measure of those measures, how to advance the change of location at the time of renewal of buildings and infrastructure to realize that It is ultimately the purpose of this research to analyze and examine the necessity, to find out how to do it and basic knowledge. For that purpose, it is necessary to formulate a compact roadmap that incorporates compactification that is adapted to the renewal of buildings and infrastructure, as well as incorporating various technologies at the same time. Therefore, in this paper, we will discuss the overall sustainability evaluation on each aspect of the triple bottom line of the environment, society, and economy, which is useful for that purpose, and the whole model that can simultaneously evaluate resilience against huge disasters We aim to construct a system.