

ポスター発表

📅 2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 📍 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2

[P2-01]

カッコウ探索を用いた津波災害時の避難経路探索法の提案

*沖村 岳哉¹、山本 佳世子¹ (1. 電気通信大学)

[P2-02]

既存施設の利用実態を活用した医療施設の再配置モデル

*吾妻 勇太¹、山本 佳世子¹ (1. 電気通信大学)

[P2-03]

都市計画と脱炭素の関連性の解明 一階層型レコードリンケージを用いた用途地域スケールの炭素会計手法の開発を通してー

*中山 俊¹、厳 網林²、藤田 周³ (1. 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科、2. 慶應義塾大学 環境情報学部、3. 慶應義塾大学 SFC研究所)

[P2-04]

地域メッシュ間の人々の移動に基づいた移動ルートの分析

*島田 陽光¹、廣田 雅春¹ (1. 岡山理科大学)

[P2-05]

救急車両専用の道路ネットワークデータの構築、および最短経路検索による現場到着時間の推定と実測値との比較検討

*木村 義成¹、服部 良一²、日根野谷 有宇己²、渡部 和也²、山本 啓雅¹、溝端 康光¹ (1. 大阪公立大学、2. 堺市消防局)

[P2-06]

東京区部における交通量密度・移動速度に基づく交通軸と移動効率性評価

*竹内 真雄¹、厳 先鏞²、鈴木 勉² (1. 筑波大学大学院システム情報工学研究群、2. 筑波大学システム情報系)

[P2-07]

建蔽率に着目した建物前面道路の有無判定手法の開発

*清水 貴仁¹、水谷 昂太郎¹、秋山 祐樹¹ (1. 東京都市大学)

[P2-08]

東京区部における人口年齢構成と土地利用遷移の関連性分析

*飛松 涼太¹、厳 先鏞²、鈴木 勉² (1. 筑波大学大学院 システム情報工学研究群、2. 筑波大学 システム情報系)

[P2-09]

エリアリノベーションによる台中市の都市再生の要因分析

*尾形 碧¹、渡辺 公次郎² (1. 徳島大学大学院創成科学研究科理工学専攻社会基盤デザインコース、2. 徳島大学大学院社会産業理工学研究部)

[P2-10]

ビッグデータに基づく賃貸住宅の外観に対する印象と建築年代・空間分布・賃料の関係

*藤田 晋太郎¹、沖 拓弥¹ (1. 東京科学大学)

[P2-11]

集団移転参加者の津波リスクと生活リスクの変容実態と日常生活への影響の考察—東日本大震災の宮城県気仙沼市を事例として—

*金森 貴洋¹、巖 網林² (1. 株式会社パスコ、2. 慶應義塾大学)

[P2-12]

道路閉塞を考慮した粘菌アルゴリズムによる避難経路探索法

*藤原 伶¹、山本 佳世子¹ (1. 電気通信大学)

[P2-13]

日本における埋蔵文化財包蔵地の地理情報基盤の調査とその展望

*武内 樹治¹ (1. 奈良文化財研究所)

[P2-14]

専門知を踏まえた土砂災害の自動検出・リスク評価一体型システムの基礎的研究 -AIと統計モデルによる相補的アプローチ-

*田中 優也¹、後藤 真太郎¹ (1. 立正大学)

[P2-15]

オープンデータを用いた戸建て住宅の詳細情報を含む地図データベースの作成

*齋藤 開¹、秋山 祐樹¹ (1. 東京都市大学)

[P2-16]

地下埋設物の3次元データ化と可視化システムの検討

*梅宮 咲恵¹、窪田 諭² (1. 関西大学大学院、2. 関西大学)

[P2-17]

衛星画像を用いた海面養殖地の検出とその空間分布

*長澤 稔幸¹、田中 康平²、高橋 幸弘³、鈴木 静男¹ (1. 沼津工業高等専門学校、2. 熊本大学、3. 北海道大学大学院理学研究院)

[P2-18]

四国地方における都市活動に影響を与える社会資本整備に関する研究

*坂東 武¹、渡辺 公次郎² (1. 徳島大学大学院創成科学研究科博士後期課程、2. 徳島大学大学院社会産業理工学研究部)

[P2-19]

配列アライメントを用いた放牧牛の移動行動クラスタリングの試み

*川瀬 純也¹ (1. 東京大学情報基盤センター)

[P2-20]

ドローンで撮影した画像から生成したバーチャルリアリティ（VR）空間を用いた空き家現地調査の効率化の検討

*秋山 祐樹¹、飯塚 浩太郎²、山内 啓之³、杉田 暁⁴ (1. 東京都市大学、2. 東京大学、3. 立命館大学、4. 中部大学)

[P2-21]

時系列地理情報を用いたインドネシア・ロカン川河口域における環境変化

*吉位 優作¹ (1. 京都大学大学院アジア・アフリカ地域研究研究科)

[P2-22]

都市における自動車騒音が地価に与える影響—地価パネルデータを用いた分析—

*石井 健太郎¹、安田 昌平² (1. 大和不動産鑑定株式会社、2. 日本大学経済学部)

[P2-23]

オープンデータを活用した獣害被害の傾向分析

*肥田 友希¹、大庭 勝久¹ (1. 独立行政法人国立高等専門学校機構沼津工業高等専門学校)

[P2-24]

Ensemble-Based Spatially Adaptive Building Extraction Taming Thailand's Diverse Land Use Types

*Bhanu Prasad Chintakindi¹, Shenglong Chen², Yoshiki Ogawa², Yoshihide Sekimoto² (1. Department of Civil Engineering, The University of Tokyo, Japan, 2. Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo, Japan)

[P2-25]

地域おこし協力隊の受け入れにおける自治体間競争に関する考察

*木崎 拓真¹、堤 盛人² (1. 筑波大学大学院、2. 筑波大学)

[P2-26]

水位と三次元点群データを活用した地域防災力向上に向けた取り組み

*望月 優輝¹、中村 優日¹ (1. 独立行政法人国立高等専門学校機構沼津工業高等専門学校)

[P2-27]

都道府県スケールにおける充電インフラの分布とその特徴—埼玉県を事例として—

*本多 広樹¹ (1. 山形大学)

[P2-28]

平常時と避難時における街路印象を考慮した経路選択モデルの構築

*大塚 千聡¹、沖 拓弥¹ (1. 東京科学大学)

[P2-29]

生活習慣病予防のための食事塩分評価機能を付加した健康システムの開発

*大橋 咲花¹、齊藤 岳児²、伊藤 悟³、河合 隆徳⁴、鈴木 静男¹ (1. 沼津工業高等専門学校、2. 浜松医科大学、3. 静岡県立大学、4. 株式会社フジネット)

[P2-30]

超解像処理を適用した空撮画像によるひび割れ検知システムの精度検証

*亀山 智仁¹、瀬戸山 力斗²、吉田 大介¹、赤毛 政親¹ (1. 大阪公立大学、2. 大阪市立大学)

[P2-31]

公共駐輪場における自転車盗の被害リスク分析

*大沼 貴志¹、齊藤 知範¹、島田 貴仁¹ (1. 科学警察研究所)

[P2-32]

国内河川流域を対象とした河川水質・生物多様性推算システムの構築- オープンデータを活用した流域モデル自動作成と精度評価 -

*長谷川 浩章¹、内藤 健太¹、中村 圭吾¹、石川 敬郎¹、高橋 宏昌¹、藪内 真¹、渡辺 康一¹ (1. 日立製作所 基礎研究センタ)

[P2-33]

効果的な感染症対策に向けた未成年者の行動パターン及び行動範囲の推定

*吉見 宇弘¹、秋山 祐樹¹ (1. 東京都市大学)

[P2-34]

人流データを活用した駅まち空間における施策PDCAツールの試作

*松村 一保¹、北川 悠一¹、田上 諒¹、伊藤 暁¹ (1. 株式会社 JR西日本ITソリューションズ)

[P2-35]

富士市役所からの長期間観測データに基づく富士山の見え方と雲の関係について

*石川 涼之佑¹、渡部 結衣¹、服部 真己¹、渡邊 巧真¹、河合 陽杜¹、井上 美乃里²、鄭 萬溶¹、鈴木 静男¹ (1. 国立沼津工業高等専門学校、2. 富士市総務部企画課)

[P2-36]

CLAS-PPPを用いた令和6年能登半島地震に伴う地殻変動の計測

*杉田 暁¹、濱 侃²、岩佐 佳哉³、中田 高⁴、熊原 康博⁴ (1. 中部大学、2. 千葉大学、3. 大分大学、4. 広島大学)

ポスター発表

2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2

[P2-01] カッコウ探索を用いた津波災害時の避難経路探索法の提案

*沖村 岳哉¹、山本 佳世子¹ (1. 電気通信大学)

キーワード：カッコウ探索、ヒューリスティック、津波災害、避難経路探索、緊急避難場所

津波災害では、地震発生から津波の到達までの猶予時間に、速やかな避難をする必要がある。しかし、緊急避難場所までの最短経路が最適な経路とは限らず、津波との遭遇を避けた避難経路を選ぶ必要がある。

災害時のように様々な条件下で最適な経路を効率的に求めるには、短時間で適した解を求めることができるヒューリスティックが有効であり、その中でもより効率的に答えに近づけるアルゴリズムとして、カッコウ探索が挙げられる。カッコウ探索はカッコウの托卵行動にヒントを得た最適化法であり、このアルゴリズムを用いることで、地理的条件を考慮して緊急避難場所までの最適な経路を導出することができる。

本研究は、津波災害時の避難における津波との遭遇を避けた緊急避難場所までの経路を、カッコウ探索を用いて導出する方法の提案を目的とする。各地点での津波の浸水開始時間や避難者の移動時間等を考慮することで、より安全な避難経路の導出を図る。

ポスター発表

2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2

[P2-02] 既存施設の利用実態を活用した医療施設の再配置モデル

*吾妻 勇太¹、山本 佳世子¹ (1. 電気通信大学)

キーワード：施設再配置、パーソントリップデータ、OD交通量、フロー捕捉型施設配置問題、医療施設

これまでの施設配置問題では、主に施設間の距離や地域の人口密度による施設の需要をもとにしたモデルが用いられてきた。しかし、これらのモデルは、施設の利用者数やアクセス人数といった施設の利用状況について考えることができていない。これに対し、施設利用者の移動を示すパーソントリップデータを活用すれば、施設再配置モデルに既存施設がどのように利用されているかを反映することができる。本研究では、パーソントリップデータを用いることによって施設利用者の実態を考慮した施設再配置モデルを提案する。この施設再配置モデルは、パーソントリップデータのOD交通量を用いたフロー捕捉型施設配置問題を解くことによって実現し、既存施設配置と比較した時のフロー削減量によって評価を行う。これにより、利用者にとってアクセスしやすい施設再配置を提案することが可能になる。適用施設として、移動困難者が利用者として想定される医療施設を対象とする。

都市計画と脱炭素の関連性の解明

－ 階層型レコードリンクージュを用いた用途地域スケールの炭素会計手法の開発を通して －

中山俊*・巖網林**・藤田周***

Abstract This study presents a novel carbon accounting methodology at the zoning district scale to elucidate the urban planning-decarbonization nexus. Utilizing Geographic Information Systems and hierarchical record linkage, our approach integrates diverse spatial data, transcending traditional input-output limitations. Applied to Tokyo's Chuo Ward's energy, water, and food sectors, the method underwent rigorous verification. Results revealed slight deviations from empirical measurements in energy and water sectors, while food sector estimates aligned with existing literature. Significantly, we identified substantial carbon emission variations across building coverage ratios, floor area ratios, and zoning districts. This methodology enables quantitative assessment of urban planning regulations' impact on emissions, potentially informing evidence-based strategies for carbon-neutral urban development.

Keywords: carbon accounting, carbon mapping, zoning, hierarchical record linkage, GIS

1. はじめに

地球温暖化の時代は終わり、地球沸騰の時代が到来した。この危機的状況下において、気候変動対策の緊急性は空前の高まりを見せている。日本政府は、地域脱炭素ロードマップや脱炭素先行地域の指定など、自治体が主導する脱炭素政策を積極的に推進している。このような自治体主体の脱炭素化の重要性は、欧州を中心に広がりを見せる気候市民会議などの取り組みからも明確に読み取ることができる。

都市は本質的に不均質な存在であり、同一都市内でも地域によって CO₂ 排出量が大きく異なる可能性がある。近年、都市形態の差異に起因する炭素排出の実態が徐々に解明されつつある。例えば、主にエネルギー起源の CO₂ を建物単位で積み上げるボトムアップ型炭素会計手法の確立は都市形態を反映した CO₂ 排出量の解明に寄与している。近年では食料や水部門を含めた包括的な評価の重要性が認識されつつある(Ramaswami et al. 2016)。これは、エネルギー部門のみならず、食料や水の生産・輸送・消費に関連する CO₂ 排出も、都市の総排出量に無視できない影響を与えるためである。筆者らも、食料部門や水部門のボトムアップ型炭素会計手法を開発し、

本学会でも報告した。また、Google の Environmental Insights Explorer は、建物単位での炭素排出量をマッピングし、行政職員や提携コンサルタントに無償で提供している。このような詳細な情報は、地域脱炭素ロードマップでも重要視されている、地域の特性に応じた脱炭素施策の選択を可能にする。

都市形態を規定する都市計画と脱炭素化の関係性の理解も、同様に重要である。都市形態の形成過程は複雑だが、都市計画は人為的な介入が可能な領域である。例えば、用途地域の指定、容積率、建蔽率などのゾーニング規制は、都市形態と開発パターンに多大な影響を及ぼす都市計画の基本的要素であることが広く認識されている(Talen and Duany 2011)。都市形態が資源需要や炭素排出に影響を与えることは一般的に理解されているものの、ゾーニング規制が与える具体的な影響については、未だ十分な定量化がなされていない。都市計画が炭素排出に与える影響に関する理解不足は、脱炭素化目標を都市開発戦略に統合しようとする自治体の大きな課題である。

これらの課題を解決するために、本研究では以下の研究課題を提起する：

1.都市計画が炭素排出量に及ぼす影響の定量的評価

* 正会員 慶應義塾大学政策・メディア研究科 (Keio University) shunnkym@sfc.keio.ac.jp

** 正会員 慶應義塾大学環境情報学部 (Keio University) yan@sfc.keio.ac.jp

*** 非会員 慶應義塾大学 SFC 研究所 (Keio University) famane19@sfc.keio.ac.jp

2.都市計画を基軸とした効果的な脱炭素対策の提案

本研究の特徴は、詳細なボトムアップ型炭素会計手法と都市計画の分析を統合的に活用することにある。このアプローチにより、これまで十分に解明されていなかった都市計画と炭素排出量の関係性を、エネルギー、食料、水部門を包括的に考慮しつつ、定量的に評価することが可能となる。

2. 手法

本研究では、エネルギー、食料、水部門を統合的に扱うボトムアップ型の炭素会計手法を提案する。この手法は、階層型レコードリンケージと呼ばれる新たなアプローチを用いて、異なる空間スケールのデータを建物レベルで統合した炭素会計を実現する。この手法を用いて算出された炭素排出量を、用途地域・容積率・建蔽率によって定義された細分化された細ゾーンごとに集計することで、都市計画と炭素排出の関連性を定量的に評価する。

2.1. 階層型レコードリンケージ

従来、エネルギー、食料、水部門の CO₂ 排出量は個別に算出されることが多く、その空間精度も異なっていた。本研究では、これらの資源需要が最終的に建物で消費されることに着目し、階層型レコードリンケージを用いて各部門のデータを建物レベルに統合する。この手法は、以下の二段階で構成される。

①空間データの統合

建物レベル、テナントレベル、土地レベルなど、異なる空間スケールのデータを段階的に統合する。例えば、テナントデータを建物データに統合する際、位置の完全一致から始め、包含関係や距離などの条件を順次緩和しながらマッチングを行う。

②属性データの結合

建物やテナントの地物データと、エネルギー消費原単位、水消費原単位、食料消費原単位などの原単位データを結合する。この過程では、建物用途、竣工年、延床面積などの属性が完全に一致するデータから探索を始め、条件を段階的に緩和しながら原単位を割り当てる。

このアプローチにより、エネルギー・水・食料の

各セクターを共通の空間単位（建物レベル）で並列的に扱うことが可能となる。さらに、GIS を活用することで、空間的な位置関係や包含関係の判定、集約や按分などの処理を効率的に実行でき、大規模な都市データの処理も可能となる。

2.2. ボトムアップ型炭素会計の定式化

本研究で提案するボトムアップ型炭素会計による CO₂ 排出量の算出は、以下の一般式で表現できる。CF は総 CO₂ 排出量、S_r、DI_r、CI_r はそれぞれ資源 r に対応した空間オブジェクト、需要原単位、CO₂ 排出原単位を示す。この式を基に、食料、エネルギー、水の各部門について具体的な算出方法を以下に示す。

$$CF = \sum_r (S_r \times DI_r \times CI_r) \quad (1)$$

2.2.1. 食料部門

食料部門の CO₂ 排出量は、肉食、中食、外食の 3 つに分けて算出する。肉食は建物ごとの年齢別性別人口に基づき、中食はコンビニとスーパーの数と平均提供数に基づき、外食は飲食店数と平均提供数に基づいて計算する。最終的に、CO₂ 排出原単位を用いて食料由来の CO₂ 排出量を算出する。

2.2.2. エネルギー部門

エネルギー部門の CO₂ 排出量は、非住宅、集合住宅、戸建住宅の 3 つに分けて算出する。各カテゴリにおいて、建物の床面積に対応するエネルギー使用強度を乗じ、環境省の「温室効果ガス排出量 算定・報告・公表制度」に基づく CO₂ 排出原単位を用いて最終的な排出量を算出する。

2.2.3. 水部門

水部門の CO₂ 排出量は、非住宅と住宅に分けて算出する。非住宅は建物の床面積に水使用強度を乗じ、住宅は世帯人員別世帯数に平均上水使用強度を乗じて計算する。これらに水道局ごとの CO₂ 排出原単位を乗じて、水由来の CO₂ 排出量を算出する。

2.3. 炭素会計の精度検証

本研究で開発した食料・エネルギー・水を対象とするボトムアップ型炭素会計の精度検証は、主に二つの方法：①建物別の実測値との比較、および②産

業連関表を用いたトップダウン型の炭素会計との比較、で実施する。具体的な検証手順は以下の通り。

エネルギー・水部門は、a) 精度検証可能な建築物の散布図を作成、b) 回帰直線を算出し、回帰式、 r 値、 p 値を算出、の 2 ステップを実施する。食料部門は実測値が取得できないため、産業連関表を用いた炭素会計と比較を行う。具体的には a) CO_2 排出量の構成比を 100%棒グラフで比較、b) エネルギー・食料・水由来の CO_2 排出量に占める食料部門の割合を算出し、比較、の 2 ステップである。

3. ケーススタディ

3.1. 対象地域

対象地域として、東京都中央区を取り上げる。東京都中央区には 4 種類の用途地域、2 種類の建蔽率、8 種類の容積率があり、12 種類のゾーニングを構成している。また炭素会計の精度検証のために、中央区に所在する 14 の物件を対象ビルとした。これらのビルについて、2019 年と 2020 年のエネルギーと水の消費量データを大手デベロッパー A 社より提供いただいた。

3.2. 炭素会計の結果と精度検証

中央区の CO_2 排出量は、エネルギー・食料・水合計で 3,305,915t- CO_2 であった。精度検証では、2 変数間の相互関係の程度を表すパラメトリック検定の一つ、ピアソンの相関係数(PPMCC)を用いた。

エネルギー部門と水部門について、精度検証可能な建築物の散布図と延床面積が 100,000 m^2 を超える二つの建築物を除いて作成した回帰直線を図 1 上及び中に示した。この図の横軸は本研究で推計した推計消費量、縦軸は A 社より提供頂いた実測消費量である。散布図のマーカーは、2019 年を黒、2020 年をグレーで示した。また回帰直線は、2019 年は実線、2020 年は破線で示した。

続いて食料部門について、東京都の産業連関表による算出結果と本研究による東京都中央区の算出結果による炭素排出量の構成比を図 1 下に示した。

3.3. ゾーニングと CO_2 排出量の関係性

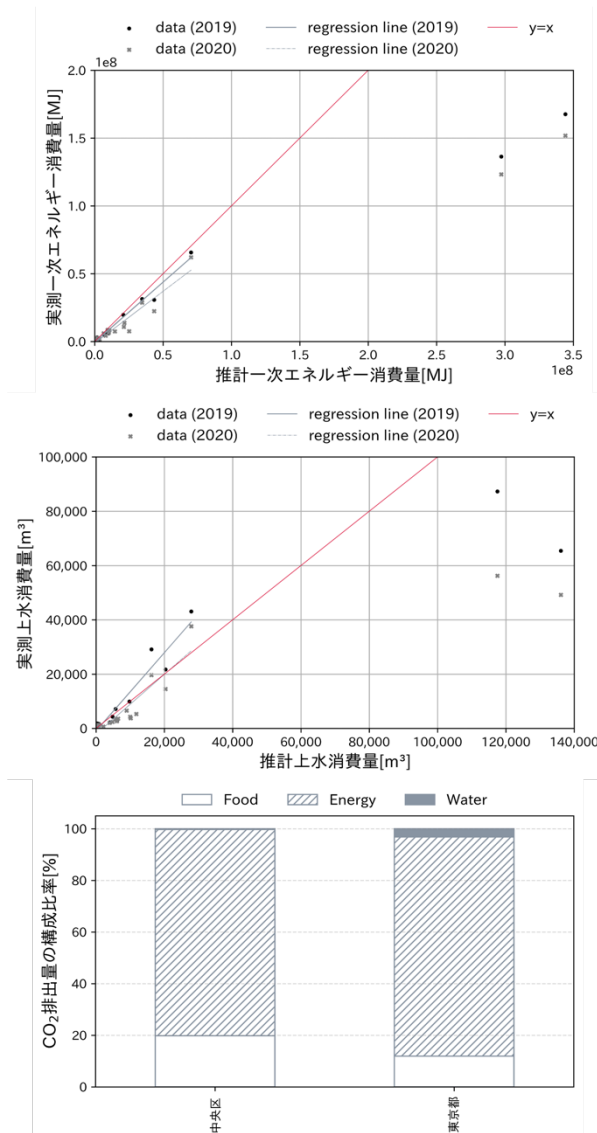


図 1 炭素会計の精度検証結果

上: エネルギー部門, 中: 水部門, 下: 食料部門

図 2 は、ゾーニング別に建物全体の CO_2 排出量を延床面積で除した炭素強度を箱ひげ図にしたものである。商業地域の炭素強度は、容積率と共に増加傾向にあるが、容積率が 800 を超えると横ばいとなった。また第一種住居地域と第二種住居地域について、用途地域と容積率が同じ場合、炭素強度の 50 パーセンタイルはほぼ変わらないが、建蔽率の低い方が炭素強度の 75 パーセンタイルが高くなった。

4. 議論と結論

4.1. ゾーニングと CO_2 排出量の関係性

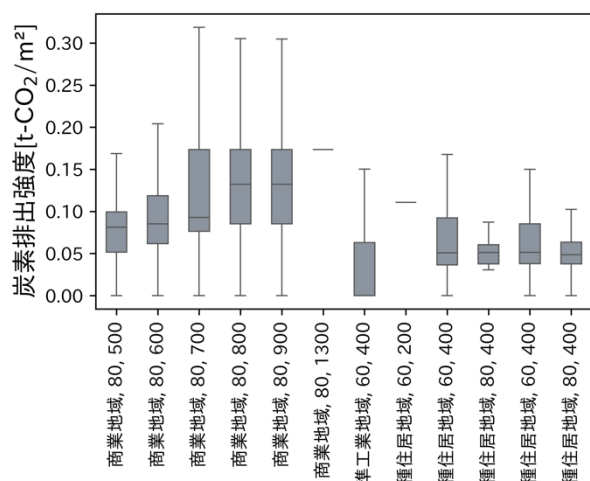


図 2 ゾーニングによる炭素排出強度の違い

本研究で提案したボトムアップ型炭素会計手法の精度を検証した結果、エネルギー部門と水部門において高い精度が確認された。

エネルギー部門では、2019 年と 2020 年のいずれも p 値が 0.00 で、積率相関係数 (r 値) は 2019 年で 0.99、2020 年で 0.95 と非常に高い値を示した。この結果は、本研究のエネルギー需要推計手法が高い精度を有することを示している。特筆すべきは、コロナ禍以前の 2019 年の方がコロナ禍の 2020 年よりも精度が高く、回帰式の傾きも 1 に近いことである。水部門においても、p 値は両年とも 0.00 で、r 値は 2019 年で 0.96、2020 年で 0.91 と高い相関を示した。しかし、エネルギー部門と比較すると若干低い相関係数となった。興味深いことに、水部門ではコロナ禍の 2020 年の方が回帰式の傾きが 1 に近く、2019 年ではより多くの水消費が見られた。これは中央区が日本有数の業務商業地であり、昼間人口を支える飲食店の多さが影響していると考えられる。

一方、延床面積が 100,000m²を超える二つの大規模建築物では、エネルギー部門と水部門ともに回帰式との乖離が顕著であった。これらの建築物は「DBJ Green Building 認証」で最高位評価を受けた環境優良ビルであり、太陽光発電や再利用水の導入が進んでいる。大規模ビルの環境性能改善を反映した原単位の整備が求められる。

食料部門については、実測値との直接比較が困難であったため、CO₂ 排出量に占める割合を東京都の

産業連関表と比較した。その結果、中央区は東京都平均の 11.9% よりやや高い 19.8% を示した。これは、中央区が日本を代表する繁華街・商業地を有する特徴を反映したものと考えられ、計算精度に大きな問題は見られなかった。

4.2. ゾーニングと CO₂ 排出量の関係性

本研究では、用途地域、容積率、建蔽率から定義したゾーニング区分ごとに炭素排出量を分析した。

商業地域の炭素強度に関して、約 10 階建以上に相当する規模になると、炭素排出強度が一定になる可能性が示唆された。この結果は、都市開発において環境面から見た最適な容積率設定に示唆を与える。

また、住居地域の建蔽率と炭素強度に関して第一種住居地域と第二種住居地域の比較から、建蔽率の低い方が炭素強度の 75 パーセンタイルが高くなることが明らかになった。これは、建蔽率の高い施設ほど 1 階などの低層階に飲食店などの商業機能が入居しやすく、結果として炭素排出が増加する傾向にあることを示唆している。

これらの知見は、都市計画におけるゾーニングと炭素排出量の関係性を定量的に示すものであり、今後の低炭素都市設計に重要な示唆を与えるものである。特に、容積率や建蔽率の設定が炭素排出量に与える影響を考慮することで、より環境に配慮した都市開発が可能になると考えられる。

謝辞

本稿をまとめるにあたり、東京建物株式会社よりデータ提供いただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- Ramaswami, Anu, Armistead G. Russell, Patricia J. Culligan, Karnamadakala Rahul Sharma, and Emani Kumar. 2016. “Meta-Principles for Developing Smart, Sustainable, and Healthy Cities.” *Science* 352 (6288): 940–43.
- Talen, E., and A. Duany. 2011. “City Rules: How Regulations Affect Urban Form,” December. <https://doi.org/10.5860/choice.49-7182>.

ポスター発表

📅 2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 📍 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2**[P2-04] 地域メッシュ間の人々の移動に基づいた移動ルートの分析**

*島田 陽光¹、廣田 雅春¹ (1. 岡山理科大学)

キーワード：移動軌跡、行動分析、移動ルート

地域の特徴や、移動に関する情報を分析するために、地域メッシュをベクトルで表現する手法が用いられることがある。本研究では、それぞれのメッシュをベクトルで表現するために、人々の移動に基づいたメッシュの分散表現を作成する。分散表現の作成は、単語の意味的な広さを領域で表現する分散表現を作成する手法を用いる。本研究では、ソーシャルメディアから取得した人々の移動軌跡から作成した地域メッシュ間の人々の移動に基づく分散表現を用いて、ある地域における人々の移動ルートを分析する研究に取り組む。

ポスター発表

2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2

[P2-05] 救急車両専用の道路ネットワークデータの構築、および最短経路検索による現場到着時間の推定と実測値との比較検討

*木村 義成¹、服部 良一²、日根野谷 有宇己²、渡部 和也²、山本 啓雅¹、溝端 康光¹ (1. 大阪公立大学、2. 堺市消防局)

キーワード：救急医療、救急隊配置、地理情報システム、堺市

救急隊配置場所から覚知場所（119番があった箇所）への到達時間の予測など、救急医療計画においてGISと道路ネットワークデータを用いた分析が期待されている。本研究では、堺市消防局の救急活動記録から取得された救急車の走行時間と道路ネットワークデータから算出された時間を比較検討することにより、GISを用いた救急車両の到達時間の推定精度を向上させることを研究目的とする。

本研究ではEsriジャパン社製のArcGIS Data Collection 2019を用いて、堺市消防局へのヒアリング調査をもとに独自の救急車両用の道路ネットワークデータを構築した。次に、ArcGIS Network Analystと道路ネットワークデータを用いて、19か所の救急隊配置場所から覚知場所までの到達時間を算出した。算出した結果と救急搬送記録から得られた救急隊配置場所から覚知場所までの実測値を比較した結果、GISを用いた現場到着時間に対して、実際は1.48倍早く現場到着できることが明らかになった。

ポスター発表

2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2

[P2-06] 東京区部における交通量密度・移動速度に基づく交通軸と移動効率性評価

*竹内 真雄¹、巖 先鏞²、鈴木 勉² (1. 筑波大学大学院システム情報工学研究群、2. 筑波大学システム情報系)

キーワード：交通軸、人流データ、ドローネ三角形分割

都市の将来計画における交通軸は、交通インフラをなぞるように計画されることが多いが、現実の移動状況と合致しているかどうかはあまり議論されていない。本論文では、東京区部の町丁目代表点間ドローネ網を用いて、大規模GPSデータの軌跡に基づき交通軸を抽出し、移動の効率性を評価することを目的とする。第一に、GPSデータから得られるトリップの起終点間の最短経路を用いて希望線図を描き、トリップ密度および速度に基づき交通網の性能を評価する。第二に、途中経路も含めたGPSデータの軌跡をドローネ網にマッチングさせ、交通量密度と速度に基づき人々の移動行動を評価する。第三に、これらを重ね合わせることで、一定距離以上の移動の効率性を評価する。

ポスター発表

2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2

[P2-07] 建蔽率に着目した建物前面道路の有無判定手法の開発

*清水 貴仁¹、水谷 昂太郎¹、秋山 祐樹¹ (1. 東京都市大学)

キーワード：デジタル道路地図、建物、前面道路、近接性、建蔽率

建築基準法における接道義務では、建物を建てる敷地は少なくとも1つの道路に接する必要があると定めている。これによって、建物と道路の最低限の近接性を保障し、災害時の避難経路のや緊急車両のアクセスを確保している。そのため、敷地が道路と接することに加え、建物自体が道路と近接することが重要であるといえる。各建物と道路の近接性は都市計画を進める上で重要な要素となりうるが、建物と道路の近接性を広域的かつ網羅的に把握するためには多大な労力を要する。これまでに面ボロノイ分割を用いる方法や道路のバッファ領域を用いる判定手法が提案されているが、主に計算コストの面で広域における適用可能性は不明である。そこで本研究では、建物に十分近接した道路を「建物前面道路」と定義し、建物ポリゴンを最近隣道路方向および建ぺい率に応じて拡張することで、建物前面道路の有無を判定する簡易的かつ計算コストが少ない手法を開発した。

ポスター発表

2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2

[P2-08] 東京区部における人口年齢構成と土地利用遷移の関連性分析

*飛松 涼太¹、 嚴 先鏞²、 鈴木 勉² (1. 筑波大学大学院 システム情報工学研究群、2. 筑波大学大学システム情報系)

キーワード：多世代居住、市街地更新、年齢構成、土地利用遷移

地域コミュニティにおける多世代居住の重要性が説かれているが、そのためには市街地更新と住民の入れ替わりが実現されることが必要である。本論文では、東京区部を題材に、市街地更新と年齢構成から見た人口推移の関連性を分析することにより、世代バランスの取れた市街地形成がなされている地区を抽出するとともに、それを支える土地利用遷移との関連性を明らかにすることを目的とする。具体的には、東京区部を対象に2005年から2020年にかけての地区単位での土地利用および年齢構成の変化を把握し、用途別延床面積、5歳階級別人口データのクラスタリング、マルコフ遷移行列による類型遷移の特定、年齢構成類型別の用途別延床面積集計などを行う。

エリアリノベーションによる台中市の都市再生の要因分析

尾形碧*・渡辺公次郎**

Analysis of factors of urban revitalization by the area renovation in Taichung city

Midori Ogata* and Kojiro Watanabe**

Abstract

The purpose of the paper is to show the characteristics of area renovation project and urban structure in Taichung city in Taiwan. We executed a site investigation and an analysis of urban structure by GIS. We interviewed for two authorities, Taichung city government office and an area renovation group in Taichung. They are working together on the renovation of vacant houses and large-scale urban development. From the results of GIS analysis, we showed the district with renovated buildings is increasing the number of move-in persons, and renovated buildings and green network has an important role of urban revitalization in downtown area.

Keywords: 都市再生(Urban revitalization), エリアリノベーション(Area renovation), 台湾(Taiwan), 中心市街地(Downtown), 官民連携(Collaboration with public and private sector)

1. はじめに

多くの地方都市では、かつて、そのまちの顔でもあった、中心市街地の賑わいが低下している。1998年には中心市街地活性化法が制定され、改正都市計画法、大規模小売店舗法と合わせて、郊外の開発規制も含めた、積極的な活性化施策が各地で検討、実施されている。しかし、成功事例と呼べるものは非常に少ない。そのような状況の中、最近では、特定のエリアにおいて、公的および民間の遊休不動産を再生ことにより、価値の向上を図るエリアマネジメント(国交省 2015)やエリアリノベーションが行われている。

地方都市の中心部には、空き地や空き家が増えていく。しかし、まちの顔であった時代に親しまれてきた建築も多く含まれており、それらを活用することで、次の世代にとっても、魅力ある地域を実現できると考えられる。筆者らは、こういった点が日本の地方都市中心市街地のまちづくりにおいて、不足していると考えている。

一方、台湾では日本同様、かつて郊外化の進行とともに中心市街地の賑わいが低下してきた経緯がある。しかし、近年、歴史的活用など、積極的な中心市街地の整備が行われており、観光資源としても活用されている。

以上の背景から本研究では、エリアリノベーションの観点から、台湾の中心市街地に対する取り組みを分析することで、日本の地方都市活性化に有効な知見を得ることを目指している。

本研究の対象地域は、台湾中部の台中市中心市街地である。この地域において、現地調査とヒアリングを行い、台中市中心部の現状を調査する。次に、GISと統計データを用いて都市構造を分析する。これらの知見を基に、台中市中心市街地のエリアリノベーションの特徴を示す。

2. 台中市の概要

台中市は、人口 2,853,173 (2024 年) の台湾第 2 の都市である。日本統治下にあった 1900 年に、台湾で最初の都市計画が行われた都市である。市中心部の台鐵台中駅を中心に、基盤の目状の街区が整備された。戦後、1956 年に「台中市旧市街地主要計画」が交付され、それ以降、中心市街地の商業地域、産業地域、主要街路等の整備が進み、現在に至っている(陳 2002)。1986 年の台中市都市計画マスタープラン I によると、旧市街地(中区、西区)は政治的、経済的、交通網の中心として役割を果たしていたが、郊外化や人口増が進む中、空間構造の制約が原因で将来の再開発が難しいと判断され、副都心開発が始まった。その結果として、多くの歴史的建物と空き

* 学生会員 徳島大学大学院創成科学研究科博士前期課程社会基盤デザインコース
c612331013@tokushima-u.ac.jp

** 正会員 徳島大学大学院社会産業理工学研究部 kojiro@tokushima-u.ac.jp

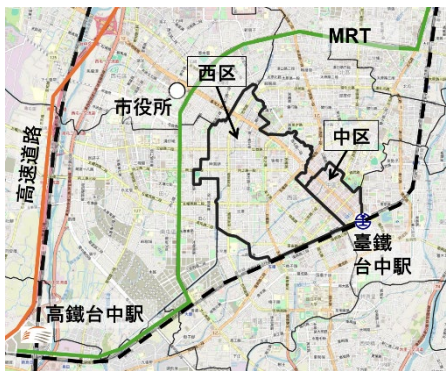


図 1 台中市中心部

表 1 台中市中区と西区の人口

	人口			
	2012年	2024年	差	(%)
中区(0.88km ²)	117,299	113,673	-3,626	-3.1
西区(5.70km ²)	21,555	17,803	-3,752	-17.4

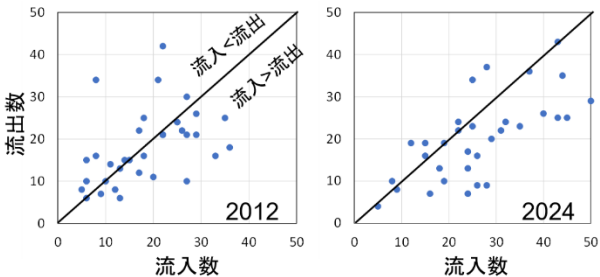


図 2 台中市中区と西区の人口移動

家が残る地域となった^り。
本研究の対象地域は台中市の旧市街地でもある中区と西区(図1)である。中区と西区の人口を表1に、人口移動を図2に示す。人口変化を見ると、西区が17.4%減少しているのに対し、中区が3.1%にとどまっている。里ごとの人口移動を見ると、両方の区で2012年よりも2024年の方で、人口が流入している里が多い。中心市街地の中でも人口移動に地域差が出ている傾向にある。

3. 台中市中心部の現地調査

2023年12月19日から20日にかけて、台中市において関連団体へのヒアリングと現地調査を行った。
まず、台中市政府都市發展局で中心市街地に関する市街地整備方針と整備状況について、ヒアリングを行った。市政府庁舎の移転やMRT、BRT、高鉄台中駅の整備、台鐵高架化など、大規模都市開発が進む一方、中区や西区など、中心市街地では、台鐵台中駅、旧台中市庁舎、旧台中州庁舎などの公共施設や、宮原眼科など民間施設のリノベーションが進められて、観光資源としても活用されている。さらに、市内に残る小規模河川や緑道のネットワーク化も進めている。
中心市街地の再生と活性化に対して年間1000万TWDの予算を付けており、緑地整備ではこれまで

3000万TWDをかけて進めている。個別の建築に対しては、築30年以上の建築物を対象に、内装、外装整備に105から135万TWD、専門的な助言等に15万TWDを上限とした補助を出している。このように、市政府も積極的に予算措置を含めた支援を行っている。
次に、中心市街地で都市再生に関する活動を行っている中城再生文化協会代表の蘇睿弼氏にヒアリングを行った。蘇氏は2012年に中区再生に関する台中市政府からの委託研究をきっかけに、学生や若手有志で中心部に拠点(中城再生文化協会)を作り、空き家調査、各種イベント、フリーペーパーの刊行などを進めている。リノベーション可能な空き家が見つかり、まずは清掃や片付けなどを行うことでオーナーと信頼関係を築き、その後、適切な建築の提案を行い、リノベーションにつなげている。
台中市では、市政府による大規模な市街地整備をベースに、蘇氏が進めているような個々の建築再生が組み合わせられることで、地域の賑わいが再生しつつある。

4. 台中市中心部の都市構造分析

4-1. リノベーション物件の分布

ここでは、リノベーション物件の分布と都市構造の関係を分析する。まず、リノベーション物件のデータは、中城再生文化協会が調査された資料、現地調査を基に、位置をデータ化した。図3に示す。なお、この結果は悉皆調査ではないため、これ以外の物件が存在する可能性もある。しかし、中城再生文化協会は、この地域で中心的にリノベーションを進めている団体であり、彼らが調査、実施した物件が大半を占めることから、このデータを基に分析を進める。



図 3 リノベーション物件の分布

図3によると、台鐵台中駅、旧台中市役所、旧台中州庁舎の周辺部に多く立地している。ほとんどが日本統治下の建築であり、この地区が台中市の中心部であったことにも影響していると考えられる。現在の台中市庁舎は、西区の外側、副都心部に存在しており、その周辺は、新規開発が進んでいる。

近年、台中市中心部では、東南アジア諸国からの移民が多く住んでおり、週末や休日は多くの人で賑わっている。さらに、若年層の転居や来訪が増えていいる。彼らは、あえて歴史的建築物を選んで入居しているという。さらに、台中駅前では定期的にマーケットが、中城再生文化協会では毎年「鈴蘭まちあるき会」を開催しており、これ以外にも様々なイベントが開催されている³⁾。リノベーション物件が増えることで、こういった中心部の賑わいを作り出していると考えられる。

4-2. 街路網の分析

次に、建築物だけでなく、街路網も賑わいを作り出す重要な要素であることから、街路網とリノベーション物件の位置との関係を分析した。ここでは、街路網のつながりからその特徴を分析する、スペースシンタックス理論のアンギュラーセグメント分析を利用した。台中市オープンデータよりダウンロードした街路網データを用いて、フリーウェアの解析ソフト Depth Map により計算した。その結果とリノベーション物件を重ね合わせたものを図4に示す。

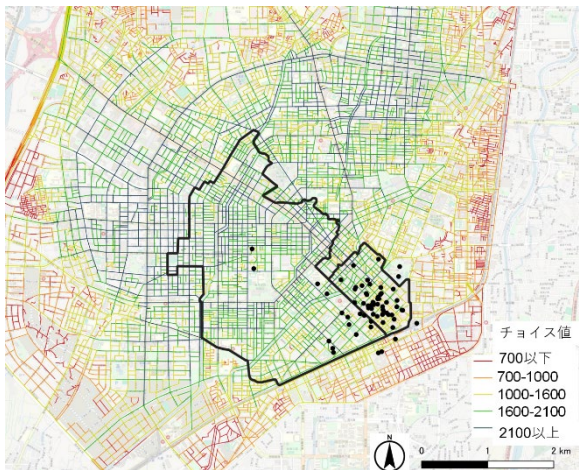


図4 アンギュラーセグメント分析の結果

チョイス値が大きいほど、街路の使われやすさが大きくなり（貞広ほか 2018）、歩行者が増える可能性がある。対象地域及びその周辺の街路網を見ると、リノベーション物件が多い台中駅付近の中心部の値も高いが、それと同等もしくはそれ以上の値を示しているのが、西区の外縁部や北区、西屯区、南屯区である。この地域は図1でも示したように、MRTが開通し、新市庁舎も移転するなど、副都心開発が進んでいる。チョイス値が高い地域で新たな都市開発やリノベーションを進めることができれば、歩行者に対する魅力を高めることができ、賑わい創出に繋がると考えられる。

4-3. 地域の特徴の分析

次に、リノベーション物件がどのような特徴を持つ地域に分布しているのかを示すため、クラスター

分析を行った。対象地域を 100m メッシュに区分し、メッシュごとに、建物面積、横断歩道の数、緑地と排水可能エリアの面積、各施設（バス停、医療施設と金融機関、駅、娯楽施設、市場と大規模商業施設、駐車場、文化施設）からの距離を集計し、kmeans 法によりメッシュを分類した。図5に分類結果を、表2に用いたデータとの関係を示す。

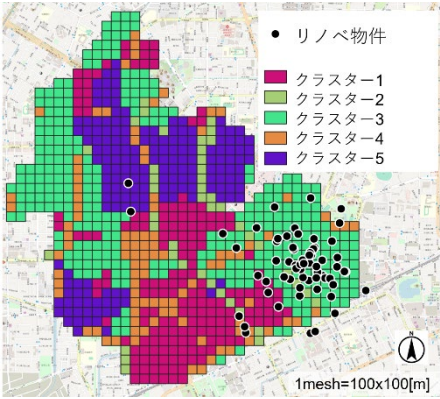


図5 クラスター分析の結果

表2 各クラスターと用いたデータの平均値

CL	建物面積	横断歩道の数	緑地と排水可能エリアの面積	バス停距離	医療施設と金融機関の距離	駅からの距離	娯楽施設からの距離	市場と大規模商業施設からの距離	駐車場の距離	文化施設からの距離
1	-0.024	-0.238	-0.354	-0.013	0.540	-0.338	0.981	1.019	-0.031	0.049
2	-0.578	3.721	0.266	-0.408	-0.300	0.585	0.126	0.454	0.050	0.304
3	0.410	-0.187	-0.358	0.065	-0.347	-0.336	-0.524	-0.473	-0.487	-0.505
4	-1.441	-0.164	2.096	0.140	0.762	-0.141	0.336	-0.025	-0.212	-0.134
5	0.269	-0.268	-0.265	-0.082	-0.307	0.903	-0.312	-0.317	1.033	0.869

図5によると、リノベーション物件はクラスター3に多い。このクラスターは、建物面積が大きく、緑地が少ない。医療施設や娯楽施設など、一般的に来訪者が利用すると考えられる施設の係数が負であり、それらからは離れていること、バス停の係数が正であり、バスが利用しやすいことが考えられる。商業、業務系が少ない地域でリノベーションが進む傾向にある。

4-4. SNS 画像の分析

現在、SNS の利用が急激に拡大する中で、多くの観光客は訪問先の画像や感想を SNS に投稿し、共有することで楽しんでいる。ここでは、対象地域を訪れた来訪者が投稿した SNS 画像を分析することで、どのようなイメージを持ったのかを把握する。

用いた SNS は Flickr である。この SNS は英語圏のユーザが多いことから、history, building, Old building, Taichung をキーワードに検索を行い、564 枚の画像を得た。ここから、台中市のまちや建築に関係が少ない画像を削除した 461 枚のデータを用いて分析を行った。

これらの写真に写っている対象物を、22 項目に分け、目視で、写っているか否かをデータ化した。分類項目は、リノベ建物、リノベ以外の古い建物、最近の建物、記念写真、人物（記念写真以外）、人物（その他）、道、広場、橋、川、朝昼、夜、曇り、晴れ、

宮原眼科、旧台中州庁舎、緑光計画、台中駅、これら以外のリノベ建物、木、芝生である。

これらのデータを用いて kmeans 法により、写真を5つに類型化した。その結果、クラスター1 (175枚) はリノベーションされていない古い建物が多い傾向にある。クラスター2 (34枚) は、リノベーション物件やそれを背景にした記念写真が多かった。クラスター3 (77枚) は樹木や芝生などの緑と古い建物が一緒に撮影されている写真が多かった。クラスター4 (125枚) は人物とリノベーション物件と一緒に撮影されている写真が多かった。クラスター5 (35枚) は現代建築と樹木、空が入っている写真が多かった。以上より、建物単体ではなく、緑地などと一緒に撮影される傾向にあった。

5. まとめ

以上、本研究では、台中市中心部のエリアリノベーションの特徴を分析した。

現地調査からは、官が財政や制度面で支援し、それを基に、民が空き家の所有者と利用者のマッチングを行い、少しずつ、再生を進めている現状が明らかになった。空間分析からは、中心部では基盤の目状の街区がまだ残っており、大規模開発は難しいものの、歩行者が選ぶ可能性が高い街路網付近でリノベーションが行われており、人の目に触れやすくなることで、リノベーションの連鎖が起こりやすい環境にあると考えられる。著者らが話を聞いた、リノベーション物件である宮原眼科（菓子店）の責任者の方によると、この建物のリノベーションが契機となり、周辺で同様のリノベーションが始まったという。物的なリノベーション、市街地整備だけでなく、来訪者の目に触れる機会を増やすことも重要である。

謝辞

本稿をまとめるにあたり、台中市政府都市發展局総合企画課の江日順課長ほか職員の皆様、中城再生文化協会代表の蘇睿弼氏にご協力いただいた。さらに、SNS データの分析では四国大学の辻岡卓教授にご助言いただいた。本研究は科研基盤C(23K11665)の成果の一部である。関係各位に感謝申し上げる次第である。

注

- 1)台中市政府都市發展局のヒアリングによる。
- 2)日本の町内会を構成する程度の行政区域（馬場2024）。
- 3)台中市政府都市發展局のヒアリングによる。

参考文献

国土交通省（2015）遊休不動産再生を活用したエリア価値向上手法に関するガイドライン
<https://www.mlit.go.jp/common/001206655.pdf>

（2024年8月30日確認）

陳 湘琴, 池田 孝之 (2002) 台湾の都市計画における建築線制度の役割と細街路「現有巷道」の形成実績：台中市での運用状況を中心として, 「日本建築学会計画系論文集」, 67 (553) , 225-230

『空間解析入門－都市を測る・都市がわかる－』（貞広幸雄・山田育穂・石井儀光 編）, 朝倉書店

蘇睿弼 (2019) 大学と地域とが連携したリノベーション街づくり 台中旧市街の都市再生活動について, 「都市住宅学」 106, 88-96

馬場 健彦 (2024) 台湾の地域自治単位「里」制度 日本町の町内会と比較しながら, 「集団力学」, 41, 16-37

ポスター発表

2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2

[P2-10] ビッグデータに基づく賃貸住宅の外観に対する印象と建築年代・空間分布・賃料の関係

*藤田 晋太郎¹、沖 拓弥¹ (1. 東京科学大学)

キーワード：賃貸住宅、ビッグデータ、建物外観、印象評価、ヘドニック分析

建物の外観は、その建物のみならず、街路の景観ひいては街の印象にも影響を及ぼす重要な要素である。例えば賃貸住宅の場合、物件の外観から受ける印象は、賃料や間取り、機能、立地、アクセシビリティなどと同様に、居留意欲に影響しうる要因の一つといえる。しかし、賃貸住宅の外観から受ける印象にどのような傾向が見られるかを、定量的に分析することは困難であった。そこで本研究では、賃貸住宅ビッグデータの一つであるLIFULL HOME'Sデータセットから、東京都内の3階建以下の賃貸住宅物件約42万件を抽出した上で、属性情報や画像特徴量をもとに複数物件を同一建物としてマージしたデータベースを構築する。そして、筆者らが構築した「建物外観の主観的印象評価推定モデル」を用いて、各建物画像の印象評価値（22項目）を推定し、それと建築年代、空間分布、賃料との関係进行分析することで、不動産研究における建物外観の重要性を示すことを目的としている。

集団移転参加者の津波リスクと生活リスクの
変容実態と日常生活への影響の考察
- 東日本大震災の宮城県気仙沼市を事例として -

金森貴洋*・巖網林**

An Analysis of Changes in Tsunami Risk and Livelihood Risks Among Collective Relocation
Participants and Their Impact on Daily Life
- A Case Study of the Great East Japan Earthquake in Kesennuma, Japan -

Takahiro KANAMORI*, Wanglin YAN**

In the areas affected by the tsunami during the Great East Japan Earthquake, collective relocation to higher ground was implemented amidst ongoing population aging. While safety against tsunamis was ensured, the living environment for elderly people worsened, leading to potential new "livelihood risks" as maintaining daily life became challenging. This study focuses on participants of collective relocation in Kesennuma City, particularly the elderly, to clarify the relationship between tsunami risks and livelihood risks in their pre-disaster and post-reconstruction residences, and how these risks have changed. It also examines the factors causing these changes and their impact on daily life after relocation. The results reveal that many residents moved from dangerous yet convenient locations to safe but inconvenient areas, or remained in dangerous yet convenient places.

Keywords: 震災復興 (disaster reconstruction), 集団移転 (collective relocation), 高齢化 (ageing), 津波リスク (tsunami risks), 生活リスク (livelihood risks)

1. はじめに

平成 23 年に発生した東日本大震災の津波被災地の中でも、三陸地域では津波災害からの復興に向け、高齢化が進行する中で高台等に住まいの集団移転を進めた（宮城県土木部，2017）。集団移転は住まいの安全性の確保に大きく寄与したが、急峻地に小規模な団地が分散し、生活施設から離れた場所への移転が目立つようになった。これにより、徒歩による移動を前提とした生活を強いられる可能性が高い高齢者にとっては、生活利便性が悪化し生活の維持が困難になる「生活リスク」が、新たなリスクとして生じる可能性がある。一方、集団移転によるこうしたリスクの変化や、発生要因は明らかになっていない。

そこで本研究は、宮城県気仙沼市の集団移転参加者を対象として、特に高齢者の徒歩による移動に着目しながら、震災前（2011 年）とハード面の復興が概ね完了した復興後（2021 年）の津波リスクと生活リスクの関係と変化を明らかにし、変化が生じた要因と移転後の日常生活への影響について考察を行う。

2. 対象地域

2.1. 地域の概況

気仙沼市は人口 61,147 人（令和 2 年国勢調査）を有する水産業が盛んな地域である。市街地部は限られた低地沿岸部に集積しており、郊外・集落部ではリアス式海岸特有の急峻な地形が続く。人口減少と高齢化が進行し、高齢化率は 38.3%（令和 2 年国勢調査）と県の平均値よりも 10%高い状況にある。

2.2. 集団移転事業

本市では低地沿岸部に災害危険区域を指定し、嵩上げ地や高台等に集団移転を促進した。本市の集団移転は、災害公営住宅整備事業（以下、災害公営）と防災集団移転促進事業（以下、防集）に分類され、防集はさらに協議会型と市誘導型に分類される。

郊外・集落部に多い協議会型は、移転先を協議会による住民主導で意思決定を行うため、世帯単位の意味決定が幾分か反映しづらい特徴がある。一方、市街地部に多い災害公営と市誘導型の行政主導によるものは、市が整備した移転先の中から住民が団地

* 正会員 株式会社パスコ (PASCO Corporation), 慶應義塾大学 SFC 研究所 (KRIS) tiarko7548@pasco.co.jp

** 正会員 慶應義塾大学環境情報学部 (Keio University)

を選定するため、世帯単位的意思決定が反映されやすい特徴がある。市内には協議会型 51 団地 612 戸、市誘導型 19 団地 295 戸、災害公営 43 団地 2,087 戸の計 103 団地 2,994 戸の集団移転団地が整備された。

3. 研究手法

リスクには、片方のリスクを低減すると他のリスクが増加するトレードオフの関係に加え、双方が連動して増加や低減が生じるシナジーのケースがある。本研究では、住まいの津波リスクと生活リスクの関係と、復興という時間経過の中で生じた変化を、図 1 に示す標高と代謝的換算距離のマトリックスによって捉える。なお、集団移転参加者（以下、移転者）の住まいは質問紙調査より収集した居住地情報より把握する。各指標の詳細は以下に記す。

3.1. 津波リスクと生活リスクの評価

津波リスクは、津波浸水域と標高より 4 段階で評価する。震災前は本震災による津波浸水域内を、復興後は津波浸水想定区域内を、津波リスクが最も高い地域として位置づける。

生活リスクは、住まいから最寄り生活施設への前期高齢者の徒歩アクセシビリティより 4 段階で評価する。徒歩アクセシビリティは、既報（金森・厳, 2024）で用いた勾配や身体能力を勘案した代謝的換算距離を用い（表 1）、生活施設は、高齢者が徒歩で生活を営む上で最低限必要となる商業施設と公共交通を対象とした（表 2）。これら施設へ徒歩圏の距離のエネルギー消費量で到達できる地域を生活リスクが最も低いものとして位置づけ、徒歩圏の 2 倍未満、3 倍未満、3 倍以上の地域に分類し評価を行う。

3.2. 質問紙調査の概要

移転者の生活実態を把握するため、集団移転団地に住む世帯の代表者に対して、2023 年 1 月 23 日から 28 日にかけて質問紙調査を実施した。計 102 団地 2,856 戸に配布し、93 団地 832 戸（回収率 29.1%）より回答があり、回答者の年齢層は 60 歳代以上が 7 割を占めた。本調査は、震災前と復興後の居住地（町丁目レベル）、参加事業、移転先を選定するにあたって重視したこと、免許保有状況、世帯内外の送迎・付添してくれる人の有無等を問う内容とした。

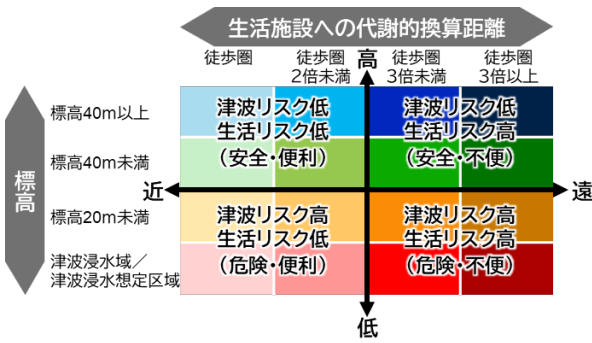


図 1 標高と代謝的換算距離のマトリックス

表 1 徒歩アクセシビリティ評価における各種定義

$E = (RMR + 1.2) \times BMR \times W \times T$				(1)
$v = 80$ の時				(2)
$RMR = 10.0 \ (s \leq -0.25)$				
$RMR = -58.07s - 4.52 \ (-0.25 \leq s \leq -0.11)$				
$RMR = 3.113e^{4.614s} \ (-0.11 \leq s \leq 0.25)$				
$RMR = 10.0 \ (0.25 \leq s)$				
パラメータ				
年齢層	v (m/min)	BMR (kcal/kg/min)	W (kg)	
前期高齢者 65 ~ 74 歳	47	0.01367	58.71	
記号凡例				
記号	意味		単位	
E	エネルギー消費量		kcal	
RMR	エネルギー代謝率		-	
BMR	単位体重・単位時間あたりの基礎代謝率		kcal/kg/min	
W	体重		kg	
$T = l/v$	歩行時間		min	
l	目的地点までの斜距離		m	
v	歩行速度		m/min	
s	勾配		%	

表 2 対象とする生活施設と施設数

施設の種類	施設数		徒歩圏	
	震災前	復興後		
商業施設	スーパー	19	13	500 m
	コンビニ	34	41	500 m
	ドラッグストア	7	12	500 m
公共交通（駅・バス停）	293	270	400 m	

4. 結果

4.1. 標高・代謝的換算距離の関係と変化

震災前は、商業施設・公共交通ともに、標高 20 m 未満で徒歩圏 2 倍未満の地域に多くの者が居住していた（図 2）。一方、商業施設では標高 20 m 未満で徒歩圏 2 倍以上の地域に居住していた者もみられた。復興後は、商業施設では商業施設から 1 km 以上離れた地域へ移転し、それらの多くは標高 20 m 以上の高台へ移転していた。一方で、津波浸水想定区域内の商業施設から 1 km 以内の地域に留まった者もみられた。公共交通では、移転後も徒歩圏に移転

した者が多くみられ、それらは標高 20 m 未満と標高 20 m 以上の両方の地域へ移転していた。

4.2. 移転先の選好と年齢別の特徴

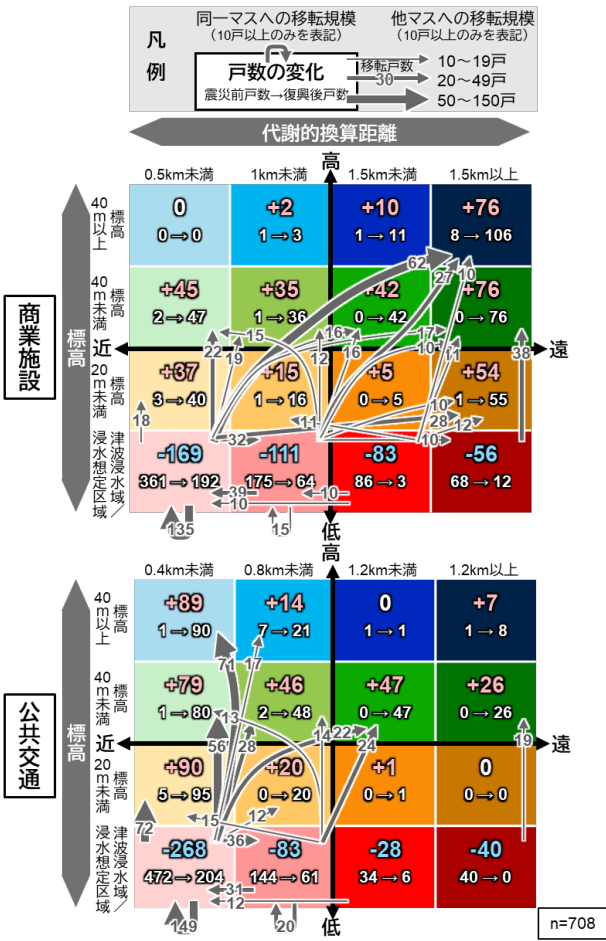
移転先の選定では、全体的に住み慣れた場所と安全性を重視した回答割合が多い（表 3）。年齢別の選好理由では、40 歳代以下の比較的若い世代は、通勤・通学の利便性が高い場所を重視し、70 歳代以上の高齢の世代では、買物・通院の利便性が高い場所やここしかなかった、との回答割合が多くみられた。一方、60 歳代は住み慣れた場所を強く重視し、利便性を重視した回答割合が少ない特徴がみられた。

4.3. 移転先の選好と標高・代謝的換算距離の変化

図 3 は、標高と商業施設の代謝的換算距離の関係の変化が、どの事業に参加し、どのような移転先を重視したことで生じ、それによる復興後の生活維持能力を示したものである。

震災前に標高 20 m 未満の商業施設から 1 km 未満だった地域でも、災害公営や市誘導型の参加者は、安全性よりも利便性やコミュニティ・愛着を重視し、復興後も震災前と同じ条件の地域に留まった。一方、一部の災害公営や協議会型の参加者は、安全性や消極的な理由により、標高 20 m 以上の商業施設から 1 km 以上離れた地域へ移転していた。次に、震災前に標高 20 m 未満の商業施設から 1 km 以上離れていた地域では、災害公営と協議会型の参加者が大半を占め、災害公営ではコミュニティ・愛着を、協議会型では安全性と消極的な理由によって標高 20 m 以上の商業施設から 1 km 以上離れた地域へ移転した。

身体能力の低下が生じやすい高齢者にとっては、モビリティ能力と生活支援の獲得能力（生活維持能力）を重層的に安全網として保有していることが、生活維持の上で重要である。そこで、前者では、免許の保有と公共交通の徒歩圏に居住していること、後者は世帯内・外に送迎・付添者がいることに着目し、その安全網の数を捉えた。移転先では 3 層や 2 層保有する者が多かったが、標高 20 m 以上の商業施設から 1 km 以上離れた地域では、1 層または 0 層の者が一部でみられ、それらは安全性、消極的な理由、コミュニティ・愛着を重視した者で目立った。



※質問紙調査回答者のうち、居住地情報を把握できた全年齢層を対象とした。

図 2 施設別の標高と代謝的換算距離の変化

表 3 年齢別の移転先の選好理由（複数回答）

移転先を選定するにあたって重視したこと	年齢層（歳）別の回答割合						総数
	～39	40～49	50～59	60～69	70～79	80～	
コ) 住み慣れた場所に近い	31%	32%	36%	47%	35%	35%	307
安) 海岸線から離れた場所	31%	24%	30%	35%	35%	27%	257
消) こしかなかった	24%	15%	20%	25%	32%	35%	223
安) 標高の高い場所	28%	20%	25%	28%	27%	19%	201
利) 買い物に便利な場所	14%	21%	18%	18%	30%	28%	191
コ) 知り合いがいる	10%	9%	14%	20%	16%	23%	142
利) 通院に便利な場所	7%	8%	11%	12%	19%	23%	126
消) 集落・周囲の判断に従った	0%	11%	11%	17%	18%	11%	117
利) 通勤・通学に便利な場所	28%	32%	17%	9%	8%	4%	90
他) その他	7%	15%	15%	9%	8%	4%	73
コ) 海を眺望できる場所	3%	9%	5%	8%	8%	6%	59
他) 特にない	10%	9%	3%	5%	4%	4%	37
総数	29	66	107	217	234	159	812

※安) 安全性、利) 利便性、コ) コミュニティ・愛着、消) 消極的な理由、他) その他

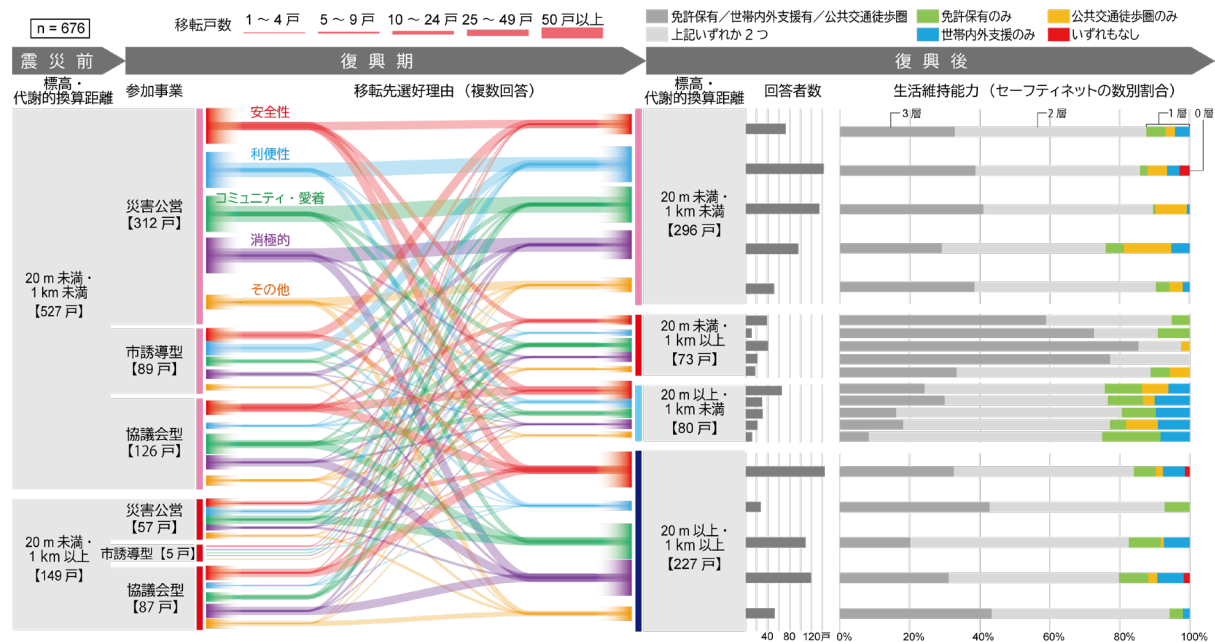


図3 標高・代謝的換算距離（商業施設）の関連の移転先選定理由による変化と復興後の生活維持能力

5. 考察

標高と代謝的換算距離の変化では、商業施設は危険・便利と安全・不便な地域へ、公共交通は危険・便利と安全・便利な地域へそれぞれ移転し、二極化した。商業施設では、移転者の年齢層が高い災害公営や、年齢層が低い市誘導型のような市街地部に多い団地で、震災前と同じ買い物や通勤といった利便性が高い地域を望んだ移転と、協議会型や一部の災害公営のような、安全性や消極的な理由による移転があったと考えられる。一方、公共交通では、その網羅性や一部の規模の大きな団地へ延伸・迂回したことが生活リスクの低減に繋がったと考えられる。

年齢別の移転先の選好理由では、高齢者は利便性を重視した割合が多かった一方で、ここしかなかったとの回答割合も多かった。これは、行政主導によるものでは一部希望者の多い団地において抽選が実施される等、望んだ移転先に行けない者が発生したためと考えられ、その結果、安全・不便な地域へ移転せざるを得なかった者がいたと推測される。このような安全・不便な地域では、自助や互助によって生活を維持できる安全網を重層的に保有する者が多い一方で、1層または保有しない者も無視できない数存在していた。こうした地域では、加齢等によって近い将来、生活リスクが顕在化する恐れがある。

6. 結論

本稿では、高齢者の徒歩による移動に着目し、移転者の震災前と復興後の津波リスクと商業施設および公共交通に対する生活リスクの関係性を明らかにした。対象地域では、危険・便利または危険・不便だった場所から、住み慣れた場所や安全性を求め集団移転を実施していた。特に商業施設では、危険・便利だった場所から安全・不便な場所に移転し、津波リスクは低減したが生活リスクが増加していた。一方、引き続き危険・便利な場所に移転した者もみられ、津波リスクと生活リスクの間にはトレードオフの関係が生じていたことが明らかとなった。

謝辞

質問紙調査には、集団移転に参加した住民にご協力いただいた。ここに感謝の意を記す。

参考文献

- 宮城県土木部（2017）災害に強いまちづくり宮城モデルの構築～東日本大震災からの創造的復興～。
- 金森貴洋・巖網林（2024）震災復興に伴う都市構造の変化と集団移転団地の徒歩アクセシビリティへの影響の考察—宮城県気仙沼市を事例として—。「土木学会論文集」，80（1），23-00156，1-15。

ポスター発表

2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2**[P2-12] 道路閉塞を考慮した粘菌アルゴリズムによる避難経路探索法**

*藤原 伶¹、山本 佳世子¹ (1. 電気通信大学)

キーワード：避難経路、道路閉塞、粘菌アルゴリズム、道路ネットワークデータ、3D都市モデル

災害時に避難所へ行く際は、安全かつ早く避難することができる経路を選択するのが望ましい。そのような避難経路を導出する手法として、粘菌アルゴリズムを用いた避難経路導出手法が知られている。粘菌アルゴリズムを用いた避難経路導出手法では、避難先までの通行可能性を考慮した複数の避難経路を導出することができる。本研究は、従来の粘菌アルゴリズムを用いた避難経路導出手法を、建物の倒壊による道路閉塞を考慮するように改良する。GIS、数値地図（国土基本情報）、および3D都市モデルを用いて、道路閉塞を考慮した道路ネットワークデータを作成し、粘菌アルゴリズムにより避難経路を導出する。道路閉塞を考慮する本手法は、従来手法よりもさらに安全な避難経路を提案することが期待できる。

日本における埋蔵文化財包蔵地の地理情報基盤の調査とその展望

武内樹治*

Survey of Geographic Information Infrastructure of Buried Cultural Properties in Japan and its Prospects

Mikiharu TAKEUCHI*

Abstract: The archaeological sites and excavations are valuable not only for archaeology but also for social perspectives. For this purpose, information on the location of archaeological sites and information on where excavations were conducted in the past is important, and geospatial information should be developed. Although the number of archaeological site maps published on the Internet has already been surveyed in each prefecture, there has been no survey on whether or not the archaeological excavation history has been published. In this study, we report the results of the publication status of archaeological site maps considering the archaeological excavation history, and discuss the future prospects for the development and utilization of information on buried cultural properties, including geospatial information.

Keywords: 埋蔵文化財包蔵地 (Buried Cultural Properties), 発掘調査 (Archeological Excavation), 地理空間情報 (Geospatial Information), 調査履歴 (Archeological Excavation History)

1. はじめに

埋蔵文化財包蔵地（遺跡）や発掘調査は、発掘調査の多くが開発に伴うものであり、考古学だけでなく社会的な視点から考察する価値のあるものである。そのためには、遺跡がどこにあるのかという情報と、過去にどこで発掘調査や文化財調査が行われたのかという情報は重要であり、地理空間情報の整備が望まれる。現在は、埋蔵文化財の管理担当局は地方自治体にあり、それらの情報は地方自治体が管理・公開しているため、各自治体の整備状況を確認する必要がある。既に都道府県単位で遺跡地図のインターネット公開件数は調査されているものの、調査履歴の公開の有無などはまだ調査されていない。本研究では、それらを考慮して公開状況の整理した結果を報告するとともに、今後の地理空間情報を含む埋蔵文化財情報の整備や活用の展望について議論する。

2. 研究背景

2.1. 遺跡地図とは

埋蔵文化財保護において、埋蔵文化財包蔵地の所在・範囲を的確に把握し、これに基づき保護の対象

となる周知の埋蔵文化財包蔵地を定め、これを資料化して国民への周知の徹底を図ることは重要である（文化庁 1998）。これは、開発事業と両立するためにも重要なことである。そのために、遺跡地図や遺跡台帳などが作成されてきた。当初は文化財保護委員会（現文化庁）によって全国の遺跡地図を都道府県ごとに作成していたが、その後市町村によって詳細な遺跡地図が刊行され、さらに 2000 年頃からは紙媒体での遺跡地図だけではなく、デジタル遺跡地図が主流になってきている（水ノ江 2020）。

2.2. 埋蔵文化財包蔵地の地理空間情報の利用

埋蔵文化財包蔵地の地理空間情報、例えば遺跡地図の GIS データの利用として、従来の遺跡地図の利用方法であった埋蔵文化財包蔵地の位置・範囲を示して周知することや、開発対象地の埋蔵文化財の有無の確認だけでなく、過去を明らかにする考古学研究として遺跡の分布を把握するのに重要である。また、公開型 GIS の遺跡地図を用いた教育への活用事例もある（川崎 2022）。さらに、埋蔵文化財保護行政として利用されているため、それにまつわる研究

* 正会員 奈良文化財研究所企画調整部 (Nara National Research Institute for Cultural Properties)
takeuchi-m2m@nich.go.jp

にも利用が期待できる。例えば、発掘調査の費用を開発者側が負担する原因者負担の原則による埋蔵文化財包蔵地の土地利用に与える影響の研究（西川 2016）がある。発掘調査の地理空間情報についても、人口集中地区と発掘調査の関係を探索的に分析し、発掘調査と都市計画とのリンクに迫ろうとする研究（武内 2024a）や、考古遺産マネジメントの視点からの普及啓発事業の検討に関する研究（武内 2024b）などがあり、今後地理空間情報としてオープンな形で誰もが利活用できるように整備されれば、様々な利用方法が想定される。

2.3. 遺跡地図の動向

既にかつて紙媒体であった遺跡地図がこれまでどのように普及してきたか、さらにどのように GIS データ化を行うか、そしてどのくらいデータ公開されているかについては、既に先行研究等で示されている。遺跡地図は当初は文化財保護委員会（現文化庁）が 1964 年から 3 年かけて日本全国の遺跡地図を刊行し、1980 年から都道府県が遺跡地図を刊行するようになり、それ以降は、市町村単位で遺跡地図を刊行していくようになった（水ノ江 2020）。2000 年以降は、紙媒体での遺跡地図から徐々にデジタル化、そしてインターネットにて WebGIS として公開する自治体も増えていった。高田・武内（2021）は、インターネット公開状況について、ネット公開なし、PDF のみネット公開、GIS でネット公開、GIS・PDF 混合、不明に分類して都道府県単位での遺跡地図の公開状況を整理しており、27 都道府県が GIS を用いて公開していた。また、遺跡地図のデジタルデータや GIS を整備していても一般公開しておらず庁内での利用にとどめているところもある。文化庁文化財第二課（2022）による資料では、デジタルな遺跡地図の対象を庁内限定のみとしている都道府県は、5 県あった。一般公開しない理由としては、人員体制や予算上の制約に加えて、インターネットで公開することで「事業者側が遺跡範囲を独自に判断し、未確認の埋蔵文化財包蔵地の破壊につながるという懸念によるものである」（桑波田 2024）と思われる。

また、文化庁は令和 5 年度から「発掘調査のイノベーションによる新たな埋蔵文化財保護システムの

構築のための調査研究事業」（以下、イノベーション構築のための調査研究事業）を実施している。埋蔵文化財包蔵地は、それが確実に存在している場所と、その存在する蓋然性が高い場所があり、イノベーション構築のための調査研究事業では、その存在が推定される埋蔵文化財の蓋然性を高め、客観性を担保する役割を担う遺跡存在予測システムを目指している（芝 2024）。今後新たな埋蔵文化財包蔵地の地理空間情報が整備されるため、今後の埋蔵文化財包蔵地情報の社会的な活用が期待される。桑波田（2024）は、遺跡地図の運用の実態から、遺跡地図の公開や遺跡範囲の考え方の多様性については平行線をたどる可能性があるとして、遺跡地図の目的や遺跡範囲の考え方について整理して、共通の運用指針の可能性を議論している。

3. 都道府県による調査履歴公開状況の調査

本章では、よる遺跡地図の公開について、調査履歴の情報をウェブ上でどのように公開しているかを調査する。調査は、2024 年 8 月に行った。本調査にて、遺跡地図をウェブ上に一般公開しているのは 32 都道府県であり、そのうち WebGIS として公開していたのは 26 都道府県であり、高田・武内（2021）による調査後にシステムの運用を終了している都道府県もあり微減していた。調査履歴については、WebGIS 上の遺跡データの属性情報、または別途整備されている遺跡地名表・台帳に発掘調査情報や文献情報を掲載し、遺跡の過去の発掘調査について調べられるようになっていたところが遺跡地図を WebGIS で一般公開している 26 都道府県のなかで 11 県あった。この場合は、遺跡の範囲内でどの範囲を発掘したのかは実際に文献情報、多くの場合は発掘調査報告書を閲覧して位置を確認する必要がある。ただし、岐阜県の「県域統合型 GIS ぎふ」¹⁾では、「岐阜県文化財保護センター発掘調査遺跡」レイヤがあり、岐阜県文化財保護センターが実施した発掘調査の地理空間情報がポイントデータとして公開されている。また、当データは、オープンデータとしても公開されている²⁾。発掘調査がどこで行われたかを把握することのできる地理空間情報として興味深い。ただし、当データには、他の発掘調査事業を

行ってきた組織，例えば岐阜県内の市町村の教育委員会や文化財部局による発掘調査の情報は入っておらず，遺跡の調査履歴としては当データに入っていない情報もあることは注意が必要である。

4. その他の組織による発掘調査履歴の公開

この章では，3 章で調査した都道府県以外の，市町村や研究機関などで遺跡の調査履歴が整備・公開されているかをまとめていく。

市町村では，さいたま市やふじみ野市が公開している遺跡地図の WebGIS に調査履歴も含めて公開されている³⁾。これらの自治体は，属性情報として発掘調査情報や文献情報があるだけでなく，遺跡地図と重なるように過去の発掘調査範囲のレイヤがある。ふじみ野市では，最新の情報については教育委員会に確認していただく旨を記載するとともに，報告書掲載の個人情報については，掲載時に該地点の調査内容のみを公開するように留意されている(鍋島・岡崎 2024)。

奈良文化財研究所では，2021 年から文化財総覧 WebGIS⁴⁾を公開している。当 WebGIS には，同じく奈良文化財研究所が運用している全国遺跡報告総覧⁵⁾に登録されている 10 万件を超える抄録情報も閲覧することができる。抄録とは，発掘調査の基本的情報である調査組織及び調査員，遺跡で得られた成果等を所定の様式の一覧にして発掘調査報告書の巻末等に付するものである(埋蔵文化財発掘調査体制等の整備充実に関する調査研究委員会 2004)。抄録情報には，発掘調査が行われた際の緯度経度が記載・登録されており，ポイントデータとして全国の様々な発掘調査を行った組織の発掘調査履歴を閲覧することができる。ただし，抄録情報は，発掘調査報告書に付される形で作成されてきた。また，全国遺跡報告総覧自体が発掘調査報告書の書誌情報を整理しているが，発掘調査報告書以外の媒体で報告された発掘調査については，まだ整理していない部分もある。全国遺跡報告総覧の整理範囲外として，全国で埋蔵文化財保護体制が整う前の学術雑誌などで発掘調査の報告をしている例や，科学研究費で行った発掘調査について科学研究費補助金研究成果報告書で報告をしている例などがある。

立命館大学アート・リサーチセンター，歴史都市防災研究所は，京都市生涯学習総合センターと連携して「平安京跡データベース」⁶⁾を構築・公開している。平安京跡データベースは，平安京内の膨大な発掘調査の成果を地図上で可視化して基盤情報化することを目的としており，既に約 1 万件のデータを公開している。当データベースのもとになっている情報は，長年平安京内での発掘調査を担当してきた永田氏による「平安京跡発掘史」(永田 2002)である。

「平安京跡発掘史」について，内容の検証を行うと，1999 年以前については，膨大な量の発掘調査を網羅していることが明らかとなった(武内ら 2021)。位置情報については，一般的なジオコーディングによって求めた座標を用いているため，実際の発掘調査地点とはずれが生じている(武内ら 2021)が，膨大な発掘調査履歴の地理空間情報が整備され，さらにオープンデータとして公開されている。発掘調査としては，最も古いもので 1950 年代の調査があり，その時代から多くの発掘調査機関が行って発掘調査報告書や学術雑誌内等で報告してきた発掘調査が把握できる。

5. 遺跡地図の今後の展望

遺跡地図としては，文化庁のイノベーション構築のための調査研究事業もあり，高精度で，かつこれまでの埋蔵文化財包蔵地範囲の内・外だけでなく，遺跡存在予測による新しい埋蔵文化財包蔵地の地理空間情報も整備されていくと思われる。遺跡地図の遺跡範囲を把握し，周知するという埋蔵文化財保護行政としての側面があるため，新たな遺跡の地理空間情報は，開発事業から遺跡を保護するために必要な議論をより高度に行うことができるであろう。ただし，遺跡範囲の考え方に多様性があることは，各自治体で整備された遺跡範囲を他地域と統合したり，比較する際には，注意が必要であり，その整理と議論はまだ必要であると考えられる。

発掘調査履歴については，まだまだ公開されている事例は少ない。発掘調査履歴についても，埋蔵文化財保護のために，開発者側が開発地の周辺地域の発掘調査履歴を確認できれば，ある程度の開発地の遺跡の様相や必要なリソースを予想することができ

る。また、発掘調査履歴は、未来の埋蔵文化財保護行政の実務的な利用以外にも活用が見込める。発掘調査は開発に伴う調査が9割以上である（文化庁文化財第二課 2024）ため、社会とどのように発掘調査が関わってきたのかについて追究するには、発掘調査履歴は重要な情報となる。埋蔵文化財の保護と活用が謳われるなか、これまでどのように発掘調査が社会のなかで行われてきたのかを分析し、今後の体制や方針を模索することが必要であろう。その分析のためにも、発掘調査履歴を二次利用可能な形式で公開することには意義があり、今後の地理空間情報の整備と公開が望まれる。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 23KJ2103 の助成を受けた。

注

- 1) 県域統合型 GIS ぎふ <https://gis-gifu.jp/gifu/Portal>
- 2) 岐阜県オープンデータカタログサイト 岐阜県発掘調査遺跡マップ(R3) <https://gifu-opendata.pref.gifu.lg.jp/dataset/c21807-002>
- 3) さいたま市地図情報 http://www.sonicweb-asp.jp/saitama/map?theme=th_30
埼玉県ふじみ野市文化財情報 遺跡情報 <https://fujiminobunkazai.jp/remains>
- 4) 文化財総覧 WebGIS <https://heritagemap.nabunken.go.jp/>
- 5) 全国遺跡報告総覧 <https://sitereports.nabunken.go.jp/>
- 6) 平安京跡データベース <https://heiankyoexcavationdb-rstgis.hub.arcgis.com/>

参考文献

- 川崎志乃（2022）児童生徒を対象とした遺跡情報システム（GIS）の活用。「奈良文化財研究所研究報告：デジタル技術による文化財情報の記録と利活用 4」, **33**, 164-166.
- 桑波田武志（2024）遺跡地図の現状と課題「月刊 文化財 八月号」, **731**, 8-11.
- 芝康次郎（2024）遺跡把握イノベーションと埋蔵文化財保護。「月刊 文化財 八月号」, **731**, 4-7.

武内樹治・今村聡・矢野桂司（2021）「平安京跡データベース」の利活用に向けた課題とその検証。「アート・リサーチ」, **21**, 71-81.

武内樹治（2024a）埋蔵文化財ビッグデータの分析。「日本考古学」, **58**, 89-99.

武内樹治（2024b）考古遺産マネジメントの視点からみた平安京跡の現状と課題。「考古学研究」, **71**（1）, 32-54.

高田祐一・武内樹治（2021）刊行物および GIS による遺跡地図の公開状況。「奈良文化財研究所研究報告：デジタル技術による文化財情報の記録と利活用 3」, **27**, 78-83.

永田信一（2002）「平安京跡発掘史（1）—（財）京都市埋蔵文化財研究所設立25周年を迎えて—」。「研究紀要」, **8**, 1-68.

鍋島直久・岡崎裕子（2024）埼玉県ふじみ野市遺跡文化財情報サイトの運用について。「奈良文化財研究所研究報告：デジタル技術による文化財情報の記録と利活用 6」, **41**. <https://sitereports.nabunken.go.jp/online-library/report/4>

西川卓秀（2016）埋蔵文化財包蔵地における土地利用減退の推計。「日本不動産学会誌」, **30**（3）, 25-32.

水ノ江和同（2020）『入門埋蔵文化財と考古学』, 同成社.

文化庁（1998）『埋蔵文化財の保護と発掘調査の円滑化等について（通知）』（平成 10 年 9 月 29 日付け文化庁次長から都道府県教育長あて通知）
https://www.bunka.go.jp/seisaku/bunkazai/shokai/pdf/93824401_01.pdf

文化庁文化財第二課（2022）『埋蔵文化財関係統計資料—令和 3 年度—』https://www.bunka.go.jp/seisaku/bunkazai/shokai/pdf/93717701_02.pdf

文化庁文化財第二課（2024）『埋蔵文化財関係統計資料—令和 5 年度—』https://www.bunka.go.jp/seisaku/bunkazai/shokai/pdf/94025401_01.pdf

埋蔵文化財発掘調査体制等の整備充実に関する調査研究員会（2004）『行政目的で行う埋蔵文化財の調査についての標準（報告）』https://www.bunka.go.jp/seisaku/bunkazai/shokai/pdf/hokoku_06.pdf

専門知を踏まえた土砂災害の自動検出・リスク評価一体型 システムの基礎的研究

- AI と統計モデルによる相補的アプローチ -

田中優也*・後藤真太郎**

Basic Research on Integrated System for Automatic Detection and Risk Assessment of Landslide Hazards Based on Expert Knowledge

- Complementary approach using AI and statistical models -

Yuya Tanaka*, Shintaro Goto**

Abstract: The increasing frequency and severity of climate change-induced landslides make damage mitigation a priority. Landslides result from the interaction of slope predisposing factors and triggers. This study presents two models: (1) a segmentation model that automatically identifies affected areas using AI, and (2) a catchment-based risk assessment model that focuses on predisposing factors and triggers. While (1) effectively identifies large, damaged areas, it struggles with small object extraction and noise from environmental factors like clouds. In (2), high spatial consistency between actual landslides and high-risk areas was observed, with differences in disaster-causing factors among catchments.

Keywords: 土砂災害 (landslide disaster), 素因と誘因 (predisposing and triggering factors), 被災箇所抽出 (extraction of disaster-stricken areas), リスク評価 (risk assessment)

1. はじめに

土砂災害は、岩塊および土砂が斜面を移動し発生する現象 (Gariano et al., 2016) であり、地形、地質、土壌などの潜在的性質 (素因) と、降雨、地震、水位変動などの外的要因 (誘因) の相互作用によって引き起こされる (Varnes, 1978). 特に、降雨起因の土砂災害は発生頻度が高く、甚大な人的被害や経済的損失を引き起こす可能性が高い. 近年の極端気象の増加により、令和3年熱海市伊豆山土石流災害、令和元年東日本台風、平成26年8月豪雨など、土砂災害の頻発・激甚化が顕著となっている. 防災・減災対策として、迅速な被災状況把握手法の開発、リスク評価手法の高精度化、早期警戒システムの改善が喫緊の課題であり、GIS、リモートセンシング技術、人工知能 (AI) 技術の活用が重要視されている.

例えば、深層学習を用いた画像解析による被災箇所の効率的な判読 (Soares et al., 2020 ; Şener et al., 2024) や、素因と誘因を統合した機械学習モデルによるリスク評価 (桑折ほか, 2022) が進展している. しかし、従来の深層学習を用いた被災状況把握手法

では、災害現場で培われた専門知が十分に活用されていない. また、リスク評価では局所的な危険リスクの検討が不足している. 加えて、早期警戒システムでは、誘因のみに基づいて判断されるため空振りする事例が多い (国土交通省水管理ほか, 2023). これらの課題に対し、田中ほか (2024) は、土砂災害発生確率モデルと被災箇所検知モデルを融合した手法を提案しているが、モデル精度や局所的なリスク評価では課題がある. 特に、降雨による発生メカニズムを考慮するならば、水文学的境界である集水域単位でのリスク評価が求められる.

本研究では、平成30年7月に広島県南東部で発生した豪雨災害 (以降、平成30年7月豪雨と称す) を対象に、専門知を踏まえた土砂災害の自動検出とリスク評価を同時に行う統合システムの開発を目的とする. 具体的には、被災箇所を自動的に抽出するセグメンテーションモデル、素因と誘因に着目した集水域単位のリスク評価モデルを構築し統合させる. 本システムは、AI と統計モデルによる相補的なアプローチであり、画像だけでは検出が困難な被災箇所

* 学生会員 立正大学大学院地球環境科学研究科 (Rissho University) 232h10001@rissho-univ.jp

** 正会員 立正大学地球環境科学部 (Rissho University)

でも潜在的リスクを考慮した迅速かつ高精度な検知を可能にする。本稿では、基礎的研究として、両モデルの開発と検証結果を報告する。

2. 研究手法

2.1. 被災箇所自動抽出モデルの構築

被災箇所自動抽出モデルのフローチャートを図 1 左部に示す。モデルの構築には YOLOv8 (Ultralytics, 2023) を使用した。YOLOv8 は, Python で実装されたリアルタイム物体検出アルゴリズムであり, セグメンテーション専用モデルも提供されている。モデル学習には, 被災直後に撮影された高解像度空中写真 412 枚 (地上分解能約 0.8 m 程度) を使用し, 70 % を学習用, 30 % を検証用に分割した。モデルの精度評価には, Precision (適合率), Recall (再現率), mAP (mean Average Precision) を採用し, 単一画像に対する精度評価には, Pixel Accuracy (ピクセル単位の正解率), IoU (Intersection over Union, 予測マスクと正解マスクの空間的な重複割合), F1-score (Precision と Recall の調和平均) を採用した。

2.2. 土砂災害リスク評価モデルの構築

土砂災害リスク評価モデルのフローチャートを図 1 右部に示す。本研究では, 広島県内の 51 個の集水域を対象に, 100 m メッシュでロジスティック回帰分析を行った。目的変数には, 平成 30 年 7 月豪雨時の土砂災害発生ポリゴン (広島大学平成 30 年 7 月豪雨災害調査団 (地理学グループ), 2018) を用いた。

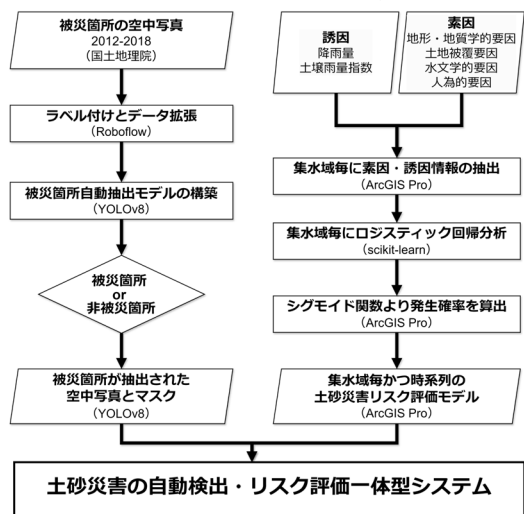


図 1 本研究のフローチャート

説明変数には, 地形・地質学的要因 (標高 (Digital Elevation Model, DEM), 傾斜角 (Slope), 傾斜方向 (Aspect), 斜面長 (Slope Length), 平面曲率 (Plan curvature), 断面曲率 (Profile curvature), 地形起伏指数 (Terrain Ruggedness Index, TRI), 地形位置指数 (Topographic Position Index, TPI), 断層からの距離 (fault), 表層地質区分, 地形区分), 土地被覆要因 (正規化植生指数 (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI), 正規化都市指数 (Normalized Difference Built-up Index, NDBI), 植生区分, 土壌区分), 水文学的要因 (累積流量 (FA), 地形湿潤指数 (Topographic Wetness Index, TWI), 河川からの距離 (river)), 人為的要因 (人口密度 (Population), 道路からの距離 (road)) からなる 20 個の素因に加え, 24 時間降雨量, 土壌雨量指数 (Soil Water Index, SWI) からなる 2 個の誘因を用いた。変数選択にはステップワイズ法を採用し, ロジスティック回帰分析により得られた偏回帰係数を次式(1)のシグモイド関数に適用して, 時系列の土砂災害発生確率を算出した。

$$P(z) = \frac{1}{1 + \exp\{-(\alpha + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n)\}} \quad \dots (1)$$

ここで, $P(z)$: 発生確率, α : 切片, x_i : 説明変数, β_i : 説明変数 x_i の偏回帰係数, n : 説明変数の個数である。モデルの精度評価には, Accuracy (正答率), Precision, Recall, F1-score を用いた。

本研究では, 複数の説明変数と土砂災害との関係性評価に, 説明可能な AI の SHAP (SHapley Additive exPlanations) (Lundberg et al., 2017) を導入し, 素因と誘因の影響度を視覚的かつ定量的に示した。

3. 結果と考察

3.1. 被災箇所自動抽出モデルの適用結果と精度評価

平成 30 年 7 月豪雨時の空中写真に被災箇所自動抽出モデルを適用した結果を図 2 に示す。図 2(c)の単一画像に対する精度評価では, Pixel Accuracy が 0.96, IoU が 0.56, F1-score が 0.72 であり, モデルの精度評価では, Precision が 0.49, Recall が 0.33, mAP が 0.33 であった。図 2 より, 被災箇所のみを識別する能力は高いものの, 小さいオブジェクトや輪郭部分の抽出が十分でなく, 斜面から平地へと地形が変

化する領域での精度に課題があることがわかる。モデルの精度評価より、本モデルが被災箇所として識別した領域の約 51 % が誤検出であり、実際の被災箇所の約 67 % が未検出であった。主な原因として、コントラスト自動強調による被災箇所ピクセルの特徴量減少、元画像（1280～2048 pixel 程度）と入力画像（640 pixel）の解像度差、データセットの多様性不足（植生有無、季節変化等）が考えられる。

3.2. 野呂川流域の土砂災害発生確率分布と精度評価

対象地域内の 51 個の集水域毎にモデルの精度評価を実施した。高精度を示した野呂川流域の平成 30 年 7 月 6 日 20 時時点の土砂災害発生確率分布を図 3 に示す。実際の土砂災害発生ポイントと高発生確率エリアとの空間的一致度は高く、特に野呂川を挟む斜面で 70 % 以上の発生確率が示された。本モデルの優位性は、100 m 単位で発生確率を推定できる点にあり、現行の土砂災害警戒情報（1 km メッシュ、5 段階）と比較して空間的解像度が 100 倍高く、局所的なエリアのリスク評価を可能にしている。

3.3. SHAP による説明変数の影響度評価

図 3 の 2 地点について、各説明変数の発生確率への影響度を Waterfall グラフで可視化した（図 4）。Waterfall グラフでは、メッシュ毎の予測値を分解し、要因の寄与度を定量的に評価することができる。図 4 の地点 1 は、発生確率が 92.4 % と高い地点の結果である。この地点では、常緑針葉樹二次林、道路からの距離、褐色森林土、NDBI、傾斜角が発生確率を

上昇させ、落葉広葉樹二次林が発生確率を低下させていた。落葉広葉樹二次林が発生確率を低下させている理由として、落葉による腐葉土形成が土壌の保

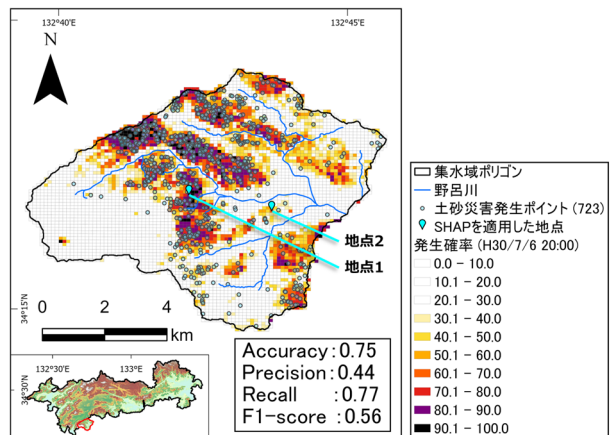


図 3 野呂川流域の発生確率分布 (H30/7/6 20:00)

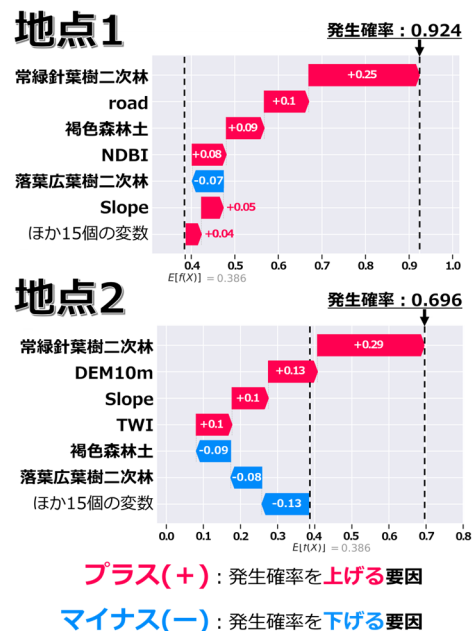


図 4 発生確率に対する各要因の影響度

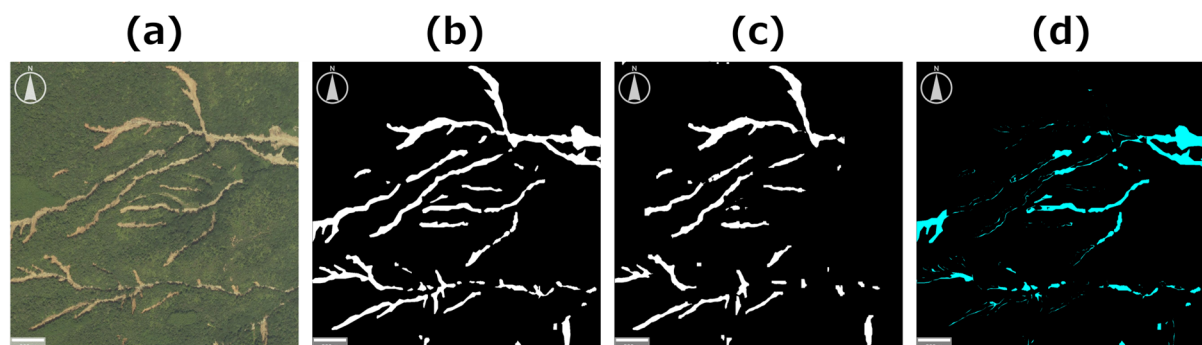


図 2 平成 30 年 7 月豪雨時の空中写真に対する被災箇所自動抽出モデルの適用結果

- (a) 災害後の空中写真（入力画像）、(b) 目視判読による被災箇所（正解マスク）、
(c) 自動抽出結果（予測マスク）、(d) 正解マスクと予測マスクの差分（未検出マスク）

水性を高め、深根性によって土壌深くまで根が張り巡らされたことで、豪雨時の表面流出を抑制していたと考えられる。図4の地点2は、発生確率が69.6%である。この地点では、常緑針葉樹二次林、標高、傾斜、TWIが発生確率を上昇させ、褐色森林土、落葉広葉樹二次林が発生確率を低下させていた。集水のしやすさを示すTWIが発生確率を上昇させている理由として、TWI値の高い地点は水分量が増加しやすく、土粒子間の結合力を弱めていたと考えられる。SHAPによる影響度評価は土砂災害発生メカニズムの解明に大きく寄与し、専門知である各要因の相対的な重要性を定量的に示すことが可能である。

3.4. 自動検出・リスク評価一体型システムの適用

本研究で開発した被災箇所自動抽出モデルとリスク評価モデルを統合し、一体型システムを構築した。統合手法として、図2(d)の未検出マスクと発生確率分布を重ね合わせた(図5)。図5から、未検出マスクの多くが40%以上の発生確率を示していた。この結果は、両モデルの統合による相補的アプローチが、従来のAIによる被災状況把握手法では検出が困難だった潜在的リスク領域を補完し、より包括的で高精度な災害検知を可能にすることを支持している。

4. まとめ

本研究では、AIを用いて被災箇所自動抽出モデルを構築し、被災箇所把握を可能にする自動化手法を提案した。空中写真からの高い識別能力を示したが、小規模な被災箇所や地形が変化する領域の抽出には課題が残った。また、素因と誘因に着目した集水域単位の土砂災害リスク評価モデルを構築し、100 mメッシュでの発生確率を算出した。今後は、地域特性を考慮した土砂災害リスク評価モデルの開発、統合アルゴリズムの最適化を行う予定である。

参考文献

桑折奎吾・劉ウェン・丸山喜久 (2022) 機械学習に基づく豪雨による土砂崩壊発生地点の予測と説明可能AIによる予測結果の分析。「AI・データサイエンス論文集」, 3(J2), 326-338.

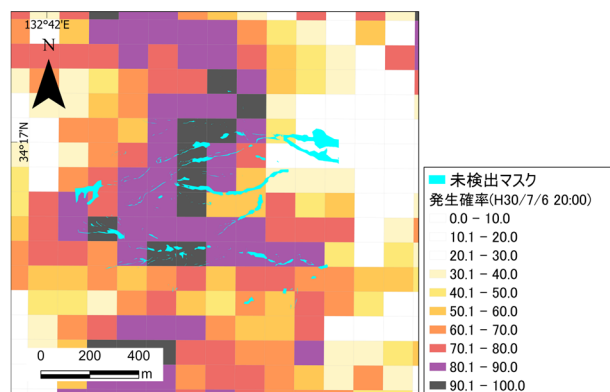


図5 未検出マスクと発生確率分布の重ね合わせ

国土交通省水管理・国土保全局砂防部・気象庁大気海洋部・国土交通省国土技術政策総合研究所 (2023) 土砂災害警戒情報の基準設定及び検証の考え方.

田中優也・後藤真太郎 (2024) 素因と誘因を考慮した土砂災害発生確率モデルと深層学習を併用した被災箇所早期検知モデルに関する研究。「写真測量とリモートセンシング」, 63(3), 54-68.

広島大学平成30年7月豪雨災害調査団(地理学グループ)(2018)平成30年7月豪雨による広島県の斜面崩壊分布図. <<https://ajg-disaster.blogspot.com/2018/07/3077.html>>.

Gariano, S. L., Guzzetti, F. (2016) Landslides in a changing climate. *Earth-Science Reviews*, 162, 227-252.

Lundberg, S., Lee, S-I. (2017). A Unified Approach to Interpreting Model Predictions. *Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems*, 4768-4777.

Şener, A., & Ergen, B. (2024). LandslideSegNet: an effective deep learning network for landslide segmentation using remote sensing imagery. *Earth Science Informatics*.

Soares, L. P., Dias, H. C., Grohmann, C. H. (2020) Landslide Segmentation with U-Net: Evaluating Different Sampling Methods and Patch Sizes.

Ultralytics (2023) YOLOv8. <<https://github.com/ultralytics/ultralytics>>.

Varnes, D. J., (1978) Slope Movement Types and Processes. *TRB Special Report 176, Landslides: Analysis and Control*, 11-33.

ポスター発表

2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2

[P2-15] オープンデータを用いた戸建て住宅の詳細情報を含む地図データベースの作成

*齋藤 開¹、秋山 祐樹¹ (1. 東京都市大学)

キーワード：地図データベース、戸建て住宅、オープンデータ、機械学習、統計

日本では気候変動による自然災害の増加に伴い、住宅における自然災害による被害推計を詳細かつ広域に亘って行う需要が高まっている。このような推計を行うためには、住宅の詳細な情報を持つ地図データベースが必要不可欠である。しかし、民間の地図情報は高価なため入手が困難である。そこで本研究では、まず基本調査区単位の国勢調査及び住宅・土地統計調査などの既存統計を活用し住宅の特徴量を作成した。次に、作成した特徴量と機械学習モデルを用いて各建物の住宅可能性を算出した。最後に、算出した住宅可能性に基づき、基本調査区単位で戸建て住宅の統計値と一致するまで建物を抽出することで、全国規模で戸建て住宅の詳細情報を含む地図データベースを作成する技術を開発した。本研究の成果により、災害の被害推計に関する研究に限らず、詳細な地図データベースを必要とする様々な研究の発展につながる成果になるものと期待される。

ポスター発表

2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2

[P2-16] 地下埋設物の3次元データ化と可視化システムの検討

*梅宮 咲恵¹、窪田 諭² (1. 関西大学大学院、2. 関西大学)

キーワード：3次元点群データ、情報システム、維持管理、地下埋設物

土木構造物に関して国土交通省はi-constructionを推進しており、ICT機器を用いた構造物の維持管理が推奨されている。それに伴って構造物の3次元化の需要が高まっている。しかし上下水道、ガス管、それらを収容する共同溝などの地下構造物の3次元化に関する研究は少なく、実務での利用は進んでいない。また、地下埋設物は一度敷設工事を行うと構造物そのものを確認する手段が乏しい。そこで本研究ではICT機器を利用して地下構造物の維持管理を行う際に必要となる基盤データの構築手法を確立すること、地下構造物の維持管理の高度化を目的として、地下埋設物の3次元データの構築手法の提案とそのデータを3次元空間上に可視化するシステムを検討する。3次元データは敷設工事に取得した点群データと図面から作成する3次元モデル利用し、そのデータを地図上に重畳させることで可視化を実現する。

ポスター発表

2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2

[P2-17] 衛星画像を用いた海面養殖地の検出とその空間分布

*長澤 稔幸¹、田中 康平²、高橋 幸弘³、鈴木 静男¹ (1. 沼津工業高等専門学校、2. 熊本大学、3. 北海道大学大学院理学研究院)

キーワード：衛星画像、セマンティックセグメンテーション、海面養殖地、U-Net、物体検出

世界の人口増加や水産物消費量の増加によって、漁船漁業による天然魚のみでは水産物の供給が不足しているため、安定した量と質を確保できる養殖の需要が高まっている。日本では、養殖筏を用いた垂下式の海面養殖が多く行われている。日本は地震が多いため、海面養殖は、津波による被害が大きいという課題がある。そこで、衛星画像を用いて日本の海面養殖地を自動で検出・マッピングを行い、得られたデータで津波による被害を検討することを目的とした。本研究では、衛星画像を用いて海面養殖地の検出を行うモデルの作成を行った。衛星画像の海面養殖地、陸地、海における各バンドの反射強度の平均と標準偏差を調べ、これら3つの識別に有効なバンドを決定した。機械学習のための訓練データとして、複数バンドの入力画像を用いた。U-Netという手法でセマンティックセグメンテーションによる学習を行い、海面養殖地の検出を行うモデルの作成を行った。

ポスター発表

📅 2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 📍 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2**[P2-18] 四国地方における都市活動に影響を与える社会資本整備に関する研究**

*坂東 武¹、渡辺 公次郎² (1. 徳島大学大学院創成科学研究科博士後期課程、2. 徳島大学大学院社会産業理工学研究部)

キーワード：地方都市、都市活動、都市計画、社会資本整備、主成分分析、クラスター分析

本研究の目的は、地方都市における都市活動と社会資本整備の関係を明らかにすることである。対象地域は四国地方の都市計画区域を有する67都市とした。各都市の人口経済指標等を説明変数として主成分分析により都市活力を4つに集約した。次にこの活力を示す主成分スコアにより対象都市を6つに分類した。分類した類型について、都市整備状況を示す24の説明変数を用いて類型ごとの特徴を示した。その結果、社会資本整備が偏在または遅滞する中でも多様な都市活動が醸成されていることが確認できた。

ポスター発表

2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2

[P2-19] 配列アライメントを用いた放牧牛の移動行動クラスタリングの試み

*川瀬 純也¹ (1. 東京大学情報基盤センター)

キーワード：移動行動クラスタリング、GPSデータ、動物

本研究では、野生動物装着型ワイヤレスネットワークにおいて、センサーネットワークがカバーする面積を、限られたデバイス装着個体数で効率的に広くすることを目的とし、異なる群れの間を行き来するような個体や、他の個体に接触する機会が多いような個体を効率的に抽出する手法について検討を行った。ある牧場における夏季期間に自由に昼夜放牧されている乳牛のGPSデータをもとに、単位時間ごとに滞在したエリアを表す文字を並べることで個体ごとの1日の移動行動を表し、これらに対し配列アライメント手法を用いて移動行動のクラスタリングを行う。さらに、1日の移動行動のクラスタリング結果111日分を並べた文字列を用いて、対象期間全体でのクラスタリングを行うことで、群れのように一緒に行動する個体群の特定とそれ以外の個体の抽出を試みる。

ドローンで撮影した画像から生成したバーチャルリアリティ（VR）空間を用いた空き家現地調査の効率化の検討

秋山祐樹*・飯塚浩太郎**・山内啓之***・杉田暁****

A Study on Improving the Efficiency of Vacant House Surveys Using Virtual Reality (VR) Spaces Generated from Drone Images

Yuki AKIYAMA*, Kotaro IIZUKA**, Hiroyuki YAMAUCHI***, Satoru SUGITA****

Abstract: In recent years, the increase in vacant houses in Japan has become significant, and municipalities are conducting surveys on the distribution of these houses. However, current survey methods rely heavily on field surveys: individual visual exterior inspections, which are time-consuming and costly. To address this issue, this study proposes a method that utilizes drones and virtual reality (VR) to enable rapid and cost-effective large-scale vacant house inspections. By constructing 3D models of the target area from drone-captured images and creating VR worlds using Unity and VRChat, we enabled field surveys within a VR space. In a field experiment conducted in Kibi-Chuo Town, Okayama Prefecture, the judgment results of 24 subjects for each building achieved an accuracy of 85.2% in distinguishing vacant from non-vacant houses. Notably, non-vacant houses were identified with a very high accuracy of 95.7%. These findings indicate that pre-identifying non-vacant houses can significantly reduce the number of buildings that require physical on-site inspections by municipalities. Consequently, this approach can contribute to alleviating the burden on municipalities' vacant house management efforts.

Keywords: 空き家 (vacant house), ドローン (drone), バーチャルリアリティ (VR) (vertical reality), 現地調査 (field survey), 3D モデル (3D model)

1. はじめに

近年、我が国では全国で空き家が増加し続けている。特に管理が行き届かず近隣住民の生活環境に悪影響を及ぼす可能性がある空き家（特定空き家）は、空き家の周辺環境や景観の悪化、地震や台風などの自然災害発生時の倒壊リスクや復興時の障害になることなど、外部不経済をもたらす恐れが指摘されている（浅見，2014；秋山，2020a）。こうした背景を受けて、平成 27 年 5 月から「空き家等対策の推進に関する特別措置法」が施行され、自治体は同法に基づいて空き家対策の取り組みを進めることになった。

同法では空き家の分布状況に関する情報の把握を自治体の努力義務として定めている。しかし、空き家の空間的分布を把握する手法は、現状では研究レ

ベルだけでなく、国・地方自治体、また民間企業による業務レベルの場面においても 1 棟 1 棟を個別に訪問し、外観を目視して判断する戸別目視（現地調査）が中心である（益田・秋山，2020）。そのため広域の空き家分布を把握するためには多大な労力と時間、そして費用を要している状況にある。さらに、現地調査の際に住宅周辺の壁や植生等に阻まれて住宅の外観を十分に目視できない状況が発生する場合があることや、プライバシーに対する意識の高まりから、調査員の目視による現地調査を十分な時間をかけて実施することが困難な状況も発生しつつある。これらが自治体において空き家対策の取り組みを進めていく上で大きな障壁となっている。

以上の課題に対して著者ほかは住民基本台帳等の

* 正会員 東京都市大学建築都市デザイン学部都市工学科 (Tokyo City University)

〒158-0087 東京都世田谷区玉堤 1 丁目 2 8 - 1 E-mail : akiyamay@tcu.ac.jp

** 非会員 東京大学空間情報科学研究センター (The University of Tokyo)

〒277-8568 千葉県柏市柏の葉 5 - 1 - 5 E-mail : kiizuka@csis.u-tokyo.ac.jp

*** 非会員 立命館大学 アート・リサーチセンター (Ritsumeikan University)

〒603-8355 京都府京都市北区等持院北町 5 6 - 1 E-mail : hyama1@fc.ritsumeikan.ac.jp

**** 正会員 中部大学 国際 GIS センター (Chubu University)

〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1 2 0 0 E-mail : satoru@isc.chubu.ac.jp

自治体が管理するデータの活用や(秋山ほか, 2024a), 電力会社が保有する電力データの活用(馬場ほか, 2022)により, 高精度な空き家の分布推定を実現しつつある。しかし, これらのデータは個人情報に該当する可能性も高く, これらのデータを自治体や民間企業から収集し利用することは困難な場合も多い。そのため, 同手法は全国全ての自治体で直ちに適用可能な手法とは言えないという課題がある。

1.1. 本研究の目的

そこで著者ほかはドローンを用いて空き家の分布推定を迅速かつ安価に行う手法の研究を段階的に発展させながら実施してきた(秋山ほか, 2020b; 秋山ほか, 2022)。著者ほかによるこれまでの研究から, ドローンを用いて撮影・収集した可視光画像を用いることで, 建物ごとに空き家か非空き家かの判定がある程度可能であることが確認された。また, 対象地域を様々な方向から複数回撮影することで高精細な 3D モデルを構築することも可能になった。さらに, 3D モデルをバーチャルリアリティ(以下「VR」)空間に展開することで, VR 空間内における空き家調査の可能性を確認することができた。

そこで, 本研究では秋山ほか(2022)の継続研究として, ドローンで撮影した画像から生成した VR 空間を用いた空き家の現地調査の効率化を検討し, その有用性と課題を確認することを目的とする。

2. ドローンによる撮影と現地調査

2.1. 研究対象地域

研究対象地域は, 自治体からの協力が得られたことから, 岡山県吉備中央町(以下, 「吉備中央町」)とした。吉備中央町は岡山県の中央, 吉備高原に位置する人口約 1.2 万人の自治体である。大部分が中山間地域であるが, 町の中央に吉備高原都市と呼ばれる計画都市を有する。本研究は後述する現地調査の結果, 戸建て住宅と空き家が数多く分布する吉備高原都市北部地域を研究対象地域に設定した。

2.2. ドローンを用いた撮影の実施

本研究では DJI 社の MATRICE 30T(カメラは本体

内蔵の光学ワイド・ズーム・サーマルカメラ)を用いて, 対象地域の撮影を実施した。研究対象地域に分布する住宅のフル 3D モデルを作成するために, 2023 年 8 月 7 日～8 月 8 日の日中にドローンの飛行および撮影を実施した。研究対象地域全体を対象にダブルグリッドフライトを行い, 直下及び斜め撮り撮影(対地高度 60 m, 前横約 80%のラップ率)にて, 家屋の壁面などの情報を含んだ空中写真を複数取得した(図 1)。

2.3. 空き家の分布状況把握のための現地調査

本研究では VR 空間で戸建て住宅ごとに空き家・非空き家の判定を行い, その正解率を評価する。このような評価を行うためには, 戸建て住宅ごとの空き家・非空き家の正解値(真値)が必要である。そこで, 本研究の対象地域である吉備高原都市全域を含む町内全域の戸建て住宅を対象に現地調査を実施し, 空き家・非空き家の正解値データを整備した(図 2)。現地調査は 2023 年 8 月 7 日～8 月 10 日に, 徒



図 1 ドローンによる撮影成果の例

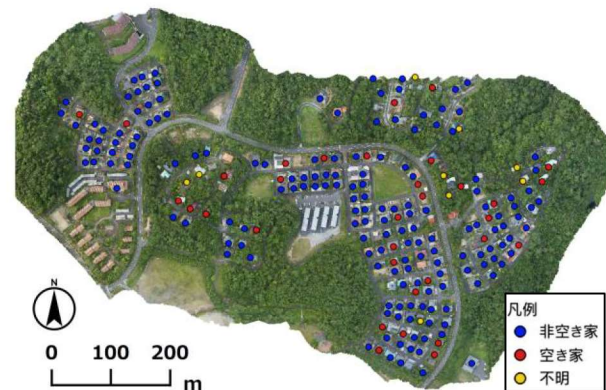


図 2 吉備高原都市北部地区における空き家・非空き家の分布(対象地域全域の建物数: 196, 現地調査空き家数: 32, 空き家率: 16.3%)

歩および車両内から戸建て住宅を個々に外観目視で調査することにより実施した。なお、外観目視による空き家判定の基準は国土交通省や民間企業の空き家現地調査に関するマニュアルを参考に作成した。

3. 3D モデルの作成と VR 空間への展開

まず、撮影した画像を組み合わせて 3D モデルを作成した。次に、オープンソースの Blender を用いて VR 用モデルの処理を行った。さらに、Unity と VRChat を用いて VR ワールドを作成した。これは VRChat にモデルをアップロードするためには Unity を経由する必要があるためである。その後、空き家判定結果を VR 空間内で反映させるためのギミックを導入することで（飯塚ほか、2023）、VR 空間内で効率的に空き家の調査が実施できる環境を実現した。図 3 に以上の手法で VR 空間内に構築した吉備高原都市北部地区の 3D モデルを示す。個々の住宅の特徴を外観目視で把握できる水準の解像度を有していることが確認できた。



図 3 本研究で整備した 3D モデル



図 4 VR 空間における現地調査の様子

4. VR 空間を用いた空き家現地調査と精度検証

4.1. VR 空間を用いた空き家現地調査の実施

前章までに構築した VR 空間を用いて、空き家現地調査を実施した。24 人の被験者を集め、VR 空間内で現地調査を実施させた。図 4 に VR 空間内における現地調査の様子を示す。24 人の被験者に個々の戸建て住宅ごとに空き家、非空き家の判定を与えさせた。そして、24 人の建物ごとの判定結果を用いて 50%以上の被験者が空き家と判定した建物を空き家と判定する手法を採用した。

4.2. VR 空間を用いた空き家現地調査の精度検証

表 1 に空き家・非空き家判定の精度を示す。まず、総合精度は 85.20%と高い値となった。また、非空き家の再現率は 95.73%と非常に高い値となった。これは、現地調査で非空き家と判定された非空き家のうち、約 96%を非空き家と判定することができたことを意味している。すなわち、VR 空間における被験者による多数決により、ほとんどの非空き家を正しく特定することができた。

表1 VR 空間を用いた空き家現地調査の精度

		推定値	
		空き家	非空き家
真値	空き家	10	22
	非空き家	7	157
総合精度		85.20	
再現率（空き家）		31.25	
再現率（非空き家）		95.73	

一方、空き家の再現率は約 31%と非空き家の再現率と比べると低い値となった。これは対象地域全体の空き家率が 16.3%と空き家のサンプル数が少ないことや、空き家の判定基準を被験者に対して予め与えていたとしても、空き家の判定が人によって大きくばらつくことが原因であると考えられる。一方、非空き家の特徴は多くの人間にとって認識しやすく、VR 空間内においても多くの人が非空き家を外観目視で容易に判別できることが明らかとなった。

同手法を用いれば、予め非空き家を高精度に特定し、その結果、空き家の疑いを有する建物を発見す

ることができる。秋山ほか(2024)や Akiyama(2024)も指摘するように、自治体は最終的な空き家の判定を現地調査に基づいて実施したいという需要があるため、同手法で現地調査を行うべき空き家の疑いを有する建物をあらかじめ絞り込むことができれば、自治体による空き家調査の負担を大きく軽減することにつながるものと期待できる。

5. おわりに

本研究では、ドローンで撮影した画像から生成したバーチャルリアリティ (VR) 空間を用いた空き家現地調査の効率化について検討し、その有用性および課題を検討した。その結果、ドローンによる観測結果に基づく空き家調査の有用性を確認することができた。少ない人員と時間で広域の建物の状況を把握できることが確認されるとともに、VR 空間内での空き家調査の有用性も示された。また、3D モデルを適切に処理し、VR 空間に展開することで、物理的に現地に行かずとも空き家調査が可能であることが確認された。さらに、複数の被験者による建物ごとの空き家・非空き家の判定結果を用いた多数決を行うことで、非空き家を非常に高い精度で判定できることが明らかとなった。この成果は、自治体における空き家の現地調査の負担を大きく軽減できる可能性を秘めているといえる。

今後の課題としては、まずより多くの被験者に VR 空間内で調査を実施してもらうためのシステム全体の効率化が必要である。また、誤判定となった空き家のサンプルを増やし、その原因を明らかにしていくことも今後の重要な課題である。

本研究は、空き家問題に対する新しいアプローチを提示し、持続可能な都市管理に寄与するものであると考えている。今後さらに本研究を発展させ、多くの自治体での実用化を目指したい。

謝辞

本研究は中部大学国際 GIS センター「問題複合体を対象とするデジタルアース共同利用・共同研究拠点共同研究」(研究課題番号: IDEAS202312 および IDEAS202410)による共同研究の成果である。また、

本研究は国交省不動産 ID 官民連携協議会 2023 年度パイロット事業に伴い、岡山県吉備中央町の協力によりフィールドの提供を受けることで実現した。さらに、VR 空間内の各建物に空き家判定を行うためのギミックは、理系集会のりたま氏 (@noritama_vrc) からご提供頂いた。最後に、本研究で使用した住宅地図は東京大学 CSIS 共同研究 (No. 122) の研究の一環として使用した。以上、ここに記して謝意を表したい。

参考文献

- 秋山祐樹 (2020a) 自治体データ・民間データを活用した空き家分布推定手法の開発,「土地総合研究」, 28(2), 35-49, 2020.
- 秋山祐樹・飯塚浩太郎・谷内田修・杉田暁 (2020b) ドローンにより収集した熱赤外画像と可視画像を用いた空き家分布推定手法の研究,「第 29 回地理情報システム学会講演論文集」, D24-1-4.
- 秋山祐樹・飯塚浩太郎・小川芳樹・今福信幸・谷内田修・杉田暁 (2022) ドローンで収集した熱赤外画像および可視画像から人工知能 (AI) により迅速に空き家分布推定を行う手法の検討,「第 31 回地理情報システム学会講演論文集」, C-4-2.
- 秋山祐樹・富田健人・水谷昂太郎・馬場弘樹 (2024a) 自治体保有データと機械学習を活用した非空き家住宅の特定による空き家現地調査の負担軽減方法の提案—群馬県前橋市における事例—,「GIS-理論と応用」, 32(1), 13-24.
- 浅見泰司 (2014)『都市の空閑地・空き家を考える』, プログレス.
- 飯塚浩太郎・秋山祐樹・山内啓之・のりたま・今福信幸・杉田暁 (2023) VR 技術とドローンを用いた空き家調査の効率化,「バーチャル学会 2023 発表概要集」, p28-D1.
- 益田理広・秋山祐樹 (2020) 日本国内における近年の空き家研究の動向,「地理空間」, 13(1), 1-26.
- Akiyama, Y. (2024) Smart Municipal Decision Making by DX Using Urban Spatial Information and AI -Case Studies for Vacant House Monitoring-, *Proceedings of ICAPPS 2024*, 467-486.

ポスター発表

2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2

[P2-21] 時系列地理情報を用いたインドネシア・ロカン川河口域における環境変化

*吉位 優作¹ (1. 京都大学大学院アジア・アフリカ地域研究研究科)

キーワード：汀線変化、リモートセンシング、GIS

本研究対象地域である、インドネシア・スマトラ島東海岸に位置するロカン川河口域では大規模な土砂の堆積により陸地の拡大が進んでいる。1930年代にはインドネシア最大の魚場であったこの地域も河口域の土砂の堆積により漁業活動が衰退してきたとされている。しかし、時空間的な堆積の分布状況と漁業への影響は明らかになっていない。そこで、本研究では1930年代から近年までの環境変化、主に汀線の変化を旧版地図、衛星画像、UAV画像より取得し、環境の変化を把握することを目的としている。さらに、漁港の時系列地理情報を抽出することにより漁業への影響も考察する。結果として、河口域で大規模な堆積が発生し、現在も堆積が続いていることが明らかになった。特に、北部沿岸地域の村では20年前と比べて港が1kmも内陸に位置するなど地域住民への影響も大きいことがわかった。堆積の影響が大きかった地域について現地調査の結果をふまえて報告する。

ポスター発表

📅 2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 📍 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2**[P2-22] 都市における自動車騒音が地価に与える影響― 地価パネルデータを用いた分析 ―**

*石井 健太郎¹、安田 昌平² (1. 大和不動産鑑定株式会社、2. 日本大学経済学部)

キーワード：経済、環境、交通

公共交通機関の整備や道路整備は、都市の発展と集中の大きな支えとなっている。その一方で、交通量の増加には混雑や騒音といった問題も生じる。特に、自動車による騒音は、都市問題の一つとして様々な対策が行われており、その外部費用を推計することは、各対策の費用対便益を計算する上で重要な課題と考えられる。

本研究では、国土交通省が公表する公示地価をもとに作成したパネルデータと、東京都が実施している自動車交通騒音調査を用いて、固定効果モデルによる自動車騒音の外部費用の推定を行った。ここで自動車交通騒音については、GISを利用した逆距離加重内挿によりポイントからサーフェスデータを作成し、分析に用いた。さらに、交通量増加による騒音の影響と大気汚染の影響を識別するために、環境局が公表している大気汚染データを用いて、大気汚染の影響を考慮した分析も試みた。

その結果、自動車騒音は地価に対して負の影響を与えることがわかった。

ポスター発表

📅 2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 📍 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2

[P2-23] オープンデータを活用した獣害被害の傾向分析

*肥田 友希¹、大庭 勝久¹ (1. 独立行政法人国立高等専門学校機構沼津工業高等専門学校)

キーワード：獣害被害、獣害対策、オープンデータ

日本では少子高齢化による働き手不足が深刻化し、様々な分野へ影響を及ぼしている。そして、近年では行政・民間企業問わずDX化への対応が求められている。日本が直面している問題の一つに、野生生物が人里に出没する事例が挙げられ、農作物に対する経済的損失や人間との接触がある。農林水産省HP掲載資料より、令和4年度における野生鳥獣による農林水産被害額は約156億円であり、対策として柵の設置、罠や猟銃による捕獲等があるものの、柵や罠の初期導入費、猟友会の高齢化や人材育成コストなど負担が大きい。課題解決のため工学的システムの実装が急務であるが、同様に肝心なのは実施場所である。システムが最小限の設置でより効果を発揮するには戦略的な配置が必要不可欠である。本研究では既存の方法や新規技術の開発の後押しとして、公開されている地理情報を獣害被害対策に活用することを検討する。

ポスター発表

📅 2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 📍 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2**[P2-24] Ensemble-Based Spatially Adaptive Building Extraction Taming Thailand's Diverse Land Use Types**

*Bhanu Prasad Chintakindi¹, Shenglong Chen², Yoshiki Ogawa², Yoshihide Sekimoto² (1. Department of Civil Engineering, The University of Tokyo, Japan, 2. Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo, Japan)

キーワード：Ensemble Modeling、YOLOv8、Instance Segmentation、Land Use Types

Accurately extracting buildings across diverse regions in Thailand poses significant challenges due to varied building patterns and environmental complexities. This study introduces an innovative ensemble modeling approach tailored to specific land use types within Thailand's distinct regions. By ensembling individually tailored building extraction models trained on diverse land-use types, the proposed method enhances accuracy and adaptability. Key contributions include advanced ensemble techniques, comprehensive cross-validation, and benchmarking against established models. This approach not only improves generalization capability but also provides a robust solution for accurate building extraction, promising advancements in urban planning, resource management, and environmental monitoring applications across Thailand.

地域おこし協力隊の受け入れにおける自治体間競争に関する考察

木崎拓真*・堤盛人**

Abstract: It has been 10 years since the government began regional revitalization, and competition among municipalities for accepting people has been pointed out. Among immigration programs, there is the regional development cooperation immigrants program, and the number of municipalities that have introduced this program and the number of accepted immigrants of this program are increasing. There is little paper that quantitatively analyzes this program. In this study, spatial econometric models are used for analysis of the relationship between a municipality and surrounding municipalities in accepting immigrants of this program. As a result, there is a correlation between the cumulative number of accepted immigrants in a municipality and that of in surrounding municipalities. In addition, from 2012 to 2015, when a municipality had a large cumulative number of accepted immigrants in the previous year, the number of new accepted immigrants in the surrounding municipalities was large.

Keywords: 自治体間競争 (municipal competition), 地方移住 (rural migration), 空間計量経済学モデル (spatial econometrics models)

1. はじめに

2024 年は「まち・ひと・しごと創生法」が施行されてから 10 年の節目を迎え、これまでに国や自治体によって地域を活性化するための施策や制度が実施されてきた。その一方で、自治体間で移住者を奪い合う自治体間競争が発生している。日本経済新聞やNHKでは、自治体間の「移住者獲得競争」のヒートアップが指摘されている。移住制度の中に地域おこし協力隊という制度が存在する。総務省によると、この制度は、平成 21 年度に開始されたものであり、都市地域から過疎地域等の条件不利地域に住民票を異動し生活の拠点を移した者を、地方公共団体が「地域おこし協力隊員」として委嘱し、隊員は一定期間地域に居住して、地域ブランドや地場製品の開発・販売・PR等の地域おこしの支援や、農林水産業への従事、住民の生活支援などの地域協力活動を行いながら、その地域への定住・定着を図る取組である。制度開始から累計受け入れ人数と制度を導入した累計の自治体数が増加しており、令和 4 年度には 6,447 人が 1,118 自治体で受け入れられている。累計受け入れ人数の分布を地図で表したのが図-1 であり、特に山間部で受け入れ人数が多い自治体が見られる。

自治体間競争に関して、海外では、Wilson(1986)の理論研究をはじめとして税率の自治体間競争について理論・実証の研究が行われている。Bordignon,

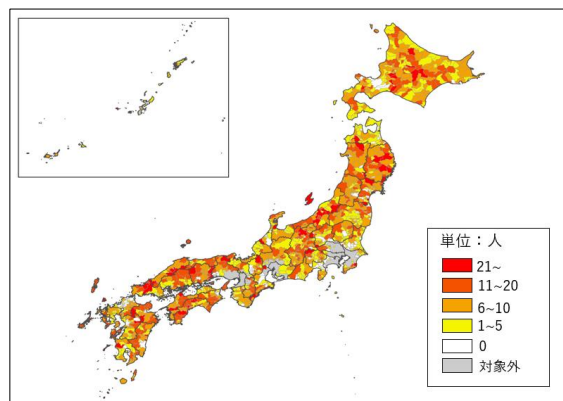


図- 1 地域おこし協力隊の累計受け入れ人数の分布

Cerniglia, Revelli (2003)は、イタリアの自治体の税率を対象とし、空間ラグモデルを使用して分析を行っている。その結果、空間ラグの係数が正であることから、自治体間の競争を指摘している。一方で、Lyytikäinen(2012)は、フィンランドの自治体の固定資産税を対象とし、重回帰モデルを使用して分析を行っている。その結果、近隣自治体の税率の変化の係数は有意でないことから、自治体間の競争は存在しないと結論付けている。国内でも自治体間競争に関して実証研究が行われている。田中(2009)は、都道府県の私立幼稚園への補助、放課後児童健全育成事業、乳幼児医療助成を対象とし、空間ラグモデルを使用して分析を行っている。その結果、私立幼稚園への補助および放課後児童健全育成事業で空間ラ

* 学生非会員 筑波大学大学院 システム情報工学研究群 (University of Tsukuba) s2320425@u.tsukuba.ac.jp

** 正会員 筑波大学 システム情報系 (University of Tsukuba) tsutsumi @sk.tsukuba.ac.jp

グの係数が正であることから、自治体間の競争を指摘している。また、別所・宮本（2012）は、自治体の妊婦検診の助成額を対象とし、空間ラグモデルを使用して分析を行っている。その結果、空間ラグと空間重み行列を県内と県内で分解し、県内の空間ラグの係数が正であることから、県内の自治体間の競争を指摘している。また、山本・林（2016）は、自治体の人口一人あたりの人件費を対象とし、空間ラグモデルを使用して分析を行っている。その結果、空間ラグの係数が正であることから、自治体の横並び志向を指摘している。そして、地域おこし協力隊に関する先行研究については、桑原（2022）はアンケート調査の結果を用いて課題を整理している。その結果、市町村や地域が地域おこし協力隊の受入前からの地域づくり活動を通じて地域外部の人材との交流を積み重ねることが、応募の増加に有効だと指摘している。一方で、全自治体を対象とした計量的な分析は限られている。そこで、本研究では地域おこし協力隊の受け入れにおいて、ある自治体と周囲の自治体との関係を明らかにすることを目的とする。本研究の結果は、今後の地域振興制度の策定における判断材料になることが考えられる。

2. データと分析手法

2.1 データ

本研究では総務省ホームページから得られる自治体ごとの地域おこし協力隊の受け入れ人数のデータを用いる。期間は平成 21 年度から令和 4 年度までの 14 年間である。

2.2. 分析手法

本研究では、ある自治体と周辺の自治体との関係を明らかにするために、自治体の地域おこし協力隊員受け入れ人数を被説明変数とした空間計量経済モデルを用いた分析を行う。空間計量経済モデルの選択は村上（2022）に基づいて行う。残差の空間相関の統計的な有意性をモラン I 統計量の検定し、有意だった場合はラグランジュ乗数検定を行う。有意でなかった場合は、通常の線形回帰モデルを選択する。ラグランジュ乗数検定では空間エラーモデルと空間ラグモデルのどちらを使用するかを判断する。

両モデルが有意だった場合、頑健ラグランジュ乗数検定を行う。モラン I 統計量の検定の結果、モラン I 統計量の値は 1.07×10^{-1} であり、p 値は 5.02×10^{-10} であるため、空間計量経済モデルを使用すべきといえる。また、ラグランジュ乗数検定の結果、空間エラーモデルの p 値は 1.70×10^{-9} であり、空間ラグモデルの p 値は 3.16×10^{-13} であり、両モデルともに 0.1%の有意水準で有意であるため、頑健ラグランジュ検定を行う。頑健ラグランジュ検定の結果、空間エラーモデルの p 値は 8.24×10^{-6} であり、空間ラグモデルの p 値は 1.38×10^{-9} であるため、空間ラグモデルを用いて分析を行う（式 1）。

$$y_i = \rho \sum_{j=1}^N w_{i,j} y_j + \sum_{k=1}^K x_{i,k} \beta_k + \varepsilon_i \quad \varepsilon_i \sim (0, \sigma^2) \quad (1)$$

ここで、 i および j は自治体を表している。被説明変数 y_i は自治体の累計隊員受け入れ人数である。 ρ は空間相関の強さを表す係数である。 $w_{i,j}$ は 4 近傍の空間重み行列を表している。 $x_{i,k}$ は説明変数であり、地域属性を表す変数を用いる。説明変数の詳細と基本統計量は表-1 とおりである。なお、説明変数の出典は「住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数調査」である。また、 ε_i は誤差項を表す。

表-1 空間ラグモデルの

令和 4 年度の説明変数の基本統計量

	最小値	最大値	平均値	標準 偏差
人口増加率(%)	-8.11	13.43	-1.45	1.20
高齢化率(%)	16.89	67.17	37.01	7.36
社会増減(人)	-1530.00	15210.00	17.10	614.75

式(1)に基づく分析に加えて、ある自治体の前年度の累計受け入れ人数が、ある自治体とその周辺自治体の当該年度の新規受け入れ人数に及ぼす影響を明らかにするため、Spatial lag of X モデル（以下 SLX モデルと呼ぶ）を用いた分析を行う（式 2）。このモデルは、あるゾーンの説明変数が周囲のゾーンの被説明変数に及ぼす影響を明らかにすることができる。

$$y_i = \sum_{k=1}^K x_{i,k} \beta_k + \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^N w_{i,j} x_{j,k} \delta_k + \varepsilon_i \quad \varepsilon_i \sim (0, \sigma^2) \quad (2)$$

ここで、 i および j は自治体を表している。被説明変数 y_i は自治体の当該年度の新規隊員受け入れ人数である。 $w_{i,j}$ は 4 近傍の空間重み行列を表している。 $x_{i,k}$ および $x_{j,k}$ は説明変数であり、自治体の前年度の累計隊員受け入れ人数と、当該年度の地域属性を表す変数を用いる。 δ_k はある自治体の説明変数が周囲の自治体の被説明変数に及ぼす影響の強さを表す係数である。説明変数の詳細と基本統計量は表-2 のとおりである。なお、説明変数の前年度累計隊員受け入れ人数の出典は総務省ホームページであり、当該年度人口増加率、高齢化率、社会増減の出典は「住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数調査」である。また、 ε_i は誤差項を表す。

表-2 SLX モデルの

令和 4 年度の説明変数の基本統計量

	最小値	最大値	平均値	標準 偏差
前年度累計隊員受け入れ人数(人)	0.00	66.00	6.72	6.95
当該年度人口増加率(%)	-8.11	13.43	-1.45	1.20
当該年度高齢化率(%)	16.89	67.17	37.01	7.36
当該年度社会増減(人)	-1530.00	15210.00	17.10	614.75

3. 分析結果

3.1. 空間ラグモデルを使用した分析

式(1)に基づいた分析の結果のうち、空間相関の強さを表す ρ の値に着目する。年度ごとの ρ の値とその p 値は、表-3 に示すとおりである。また、図-2 は ρ の値とその p 値の変遷を表している。 ρ の値は平成 23 年度から平成 28 年度で増加し、以降は横ばいである。 p 値は平成 24 年度から 5%を下回っている。

表-3 空間ラグモデルを使用した分析の結果

年度	ρ の値	p 値	
H21	0.011	7.93×10^{-1}	
H22	0.011	7.91×10^{-1}	
H23	0.074	6.17×10^{-2}	
H24	0.110	4.28×10^{-3}	**
H25	0.179	1.41×10^{-6}	***
H26	0.220	1.86×10^{-9}	***
H27	0.254	1.03×10^{-12}	***
H28	0.263	6.68×10^{-14}	***
H29	0.240	1.07×10^{-11}	***
H30	0.229	9.68×10^{-11}	***
R1	0.227	1.47×10^{-10}	***
R2	0.236	2.97×10^{-11}	***
R3	0.235	2.35×10^{-11}	***
R4	0.243	7.11×10^{-12}	***

*5%, **1%, ***0. 1%

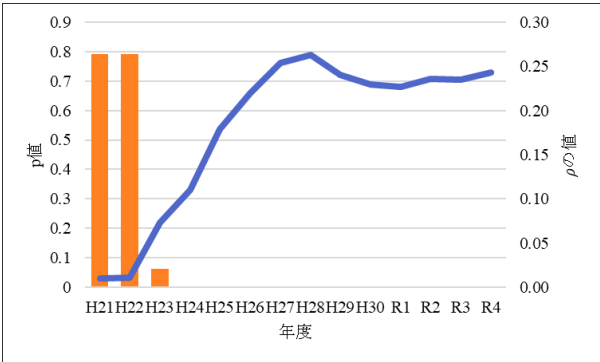


図-2 ρ の値と p 値の変遷

3.2. SLX モデルを使用した分析

式(2)に基づいた分析の結果のうち、説明変数の累計受け入れ人数に着目したものは表-4 に示すとおりである。

なお、通常の線形回帰モデルの回帰係数 β_k は、説明変数 $x_{i,k}$ が 1 単位変化したときの y_i の変化量であり、 $\partial y_i / \partial x_{i,k}$ と表されるが、空間計量経済モデルの回帰係数は必ずしも $\partial y_i / \partial x_{i,k}$ に一致しない。そのため、同一自治体での説明変数が被説明変数に及ぼす影響を表す直接効果と、ある自治体の説明変数の変化が他の自治体の被説明変数に及ぼす影響を表す間接直接を評価する必要がある。ここで、(式 2)を行列表記にすると、 $\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{W}\mathbf{X}\boldsymbol{\delta} + \boldsymbol{\varepsilon} \sim (0, \sigma^2 \mathbf{I})$

である。そこで、直接効果は β_k 、間接効果は、 $W\delta_k$ の対角要素以外の行和の平均値である。

直接効果は全年度で有意で正であり、間接効果は平成 24 年度から平成 27 年度に有意で正である。

表-4 SLX モデルを使用した分析の結果

被 説 明 変 数 の 年 度	説 明 変 数 の 年 度	累計隊員受け入れ人数	
		直接効果	間接効果
H22	H21	7.27×10^{-1} ***	-7.87×10^{-2}
H23	H22	1.73×10^{-1} ***	6.21×10^{-2}
H24	H23	9.24×10^{-2} ***	7.25×10^{-2} *
H25	H24	1.10×10^{-1} ***	9.58×10^{-2} **
H26	H25	1.17×10^{-1} ***	8.24×10^{-2} **
H27	H26	1.66×10^{-1} ***	7.72×10^{-2} *
H28	H27	1.30×10^{-1} ***	2.69×10^{-2}
H29	H28	6.95×10^{-2} ***	-1.67×10^{-2}
H30	H29	5.35×10^{-2} ***	-7.82×10^{-3}
R1	H30	2.80×10^{-2} ***	-3.32×10^{-3}
R2	R1	8.06×10^{-2} ***	-1.34×10^{-4}
R3	R2	6.19×10^{-2} ***	6.10×10^{-3}
R4	R3	4.87×10^{-2} ***	1.61×10^{-2}

beta, *5%, **1%, ***0. 1%

4. 結論と課題

4.1. 結論

本研究では、地域おこし協力隊の受け入れにおいて、ある自治体と周囲の自治体との関係を明らかにするために、総務省ホームページから得られる地域おこし協力隊の受け入れ人数のデータを使用し、空間計量経済モデルを用いて分析を行った。その結果、空間ラグモデルを用いた分析では、平成 24 年度以降、有意な正の空間相関が見られた。そのため、平成 24 年度以降、ある自治体の累計受け入れ人数が多い場合、周囲の自治体の累計受け入れ人数も多いといえる。また、SLX モデルを使用した分析では、説明変数の累計受け入れ人数に着目すると、直接効果は全年度で有意で正であることから、前年度の累計受け入れ人数が多い自治体は、当該年度の新規受

け入れ人数が多いことが分かった。また、間接効果は平成 24 年度から平成 27 年度にかけて有意で正であることから、平成 24 年度から平成 27 年度にかけてある自治体の前年度の累計受け入れ人数が多い場合、周囲の自治体の当該年度の新規受け入れ人数が多いことが分かった。

この 2 つの分析から、平成 24 年度から平成 27 年度まで地域おこし協力隊の新規受け入れの自治体間競争の可能性が考えられる。その結果として、累計受け入れ人数で空間相関が見られると考えられる。

4.2. 課題

本研究では空間計量経済モデルを使用して分析を行った。空間計量経済モデルの空間重み行列は、ある自治体から距離が近い 4 つの自治体を 1 とするものを用いているが、隣接する自治体を 1 とするものを用いると、異なる結果が得られると考えられる。また、分析は単年と 2 年の分析を行うだけにとどまっている。今後、3 年以上の期間で分析することによって、長期的な自治体の行動を明らかにしたい。

参考文献

日本経済新聞(2024)自治体の移住者獲得競争、知事・市区長の 6 割が過熱懸念。 <<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOCC26AIZ0W3A221C2000000/>>.

NHK(2023)人口獲得大競争 私たちが自治体を“選ぶ時代”に?. <<https://www.nhk.or.jp/politics/articles/feature/97561.html>>.

John D. Wilson (1986) A theory of interregional tax competition. Journal of Urban Economics, 19 (3), 269－315.

Massimo Bordignon, Floriana Cerniglia, Federico Revelli(2003) In search of yardstick competition: a spatial analysis of Italian municipality property tax setting. Journal of Urban Economics, 54 (2), 199－217.

Teemu Lyytikäinen(2012) Tax competition among local governments: Evidence from a property tax reform in Finland. Journal of Public Economics, 96 (7－8), 584－595.

田中宏樹 (2009) 育児支援施策をめぐる自治体間財政競争 都道府県別クロスセクションデータを用いた実証分析。「公共の選択」, 52, 25－36.

別所俊一郎・宮本由紀 (2012) 妊婦健診をめぐる自治体間財政競争.「財政研究」, 8, 251－267.

山本航・林正義 (2016) 地方公務員人件費の決定要因と市町村の相互参照行動：市町村別類似団体区分と財政比較分析表を手がかりに.「公共選択」, 65.73－92.

栗原良樹 (2022)『地域おこし協力隊の現状と課題』.「農村計画学会誌」, 41 (3). 114－119.

村上大輔 (2022) R ではじめる地理空間データの統計解析入門. 講談社, 93－94.

ポスター発表

📅 2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 📍 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2**[P2-26] 水位と三次元点群データを活用した地域防災力向上に向けた取り組み***望月 優輝¹、中村 優日¹ (1. 独立行政法人国立高等専門学校機構沼津工業高等専門学校)

キーワード：水位センサ、地理空間情報、水害対策、組み込みデバイス

全国の大雨発生数は増加傾向にあり、家屋の浸水を例とする水害は我々の生活を脅かしている。日本では過去10年の間に約97%の市町村区で水害が発生しているため、地域の地理情報に合わせた早期対策が求められる。そこで、水路の水位情報と地理空間情報を組み合わせ、水害に関する潜在的な危険性を見える化することは、水害対策に向けて有意義である。本研究では、組み込みデバイスと水位センサを用いて、安価に導入可能な水位計測システムを開発する。取得した水位データは、LPWAという無線通信技術を活用してデータベースに収集する。加えて、静岡県が公開している三次元点群データから得られる標高や傾斜を例とした地理空間情報と組み合わせ、地域の水路に関する水位の変動情報を蓄積する。蓄積したデータを降雨状況や水害の発生状況に基づき、水害の発生リスクや早期対策に有用な情報の抽出を試みる。

ポスター発表

2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2

[P2-27] 都道府県スケールにおける充電インフラの分布とその特徴—埼玉県を事例として—

*本多 広樹¹ (1. 山形大学)

キーワード：充電インフラ、電気自動車（Electric Vehicle, EV）、充電インフラ整備ビジョン

電気自動車（Electric Vehicle, EV）への注目の高まりとともに、充電インフラの普及も進んでいる。充電インフラは、行政によって整備計画が立てられる一方で、実際には行政だけでなくディーラー、商業施設など様々な採用者が存在するという特徴を持ち、整備計画と実際の分布には差異が生じる。また、近年でこそ利用者向けに充電インフラの位置情報の公開が進んでいるものの、充電インフラが大きく普及した2010年代の分布パターンについては未解明な点が多い。そこで本研究では、一般向けに公開されている現在の充電インフラのデータと、都道府県が定めた充電インフラ整備ビジョンの情報、つまり過去の充電インフラのデータとを組み合わせることで、都道府県スケールでの充電インフラの分布とその特徴を解明することを目的とする。そして、EV・PHVタウンに選定された埼玉県を事例とし、各種データの組合せ方やその分析結果について検討する。

ポスター発表

2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2

[P2-28] 平常時と避難時における街路印象を考慮した経路選択モデルの構築

*大塚 千聡¹、沖 拓弥¹ (1. 東京科学大学)

キーワード：経路選択、ウォークアビリティ、避難、ストリートビュー、街路印象

近年、歩きやすい、歩きたくなるまちづくり、いわゆる「ウォークアブルシティ」が注目されている。一方で、災害の頻発化に伴い、街路における避難安全性の確保もますます重要になっている。街路の印象が経路選択に影響を及ぼす可能性は以前から指摘されているものの、平常時と避難時という状況の違いを考慮し、どのような印象がどの程度経路選択に影響を及ぼすかを、定量的に検証した研究は見られない。そこで本研究では、目的地までの距離や道路幅員、勾配等に加え、筆者らが構築した「街路印象評価推定モデル」から出力される印象評価値を変数とした、状況別の経路選択モデルを構築する。そして、ストリートビューを用いた経路選択実験で得られる、平常時・避難時それぞれを想定した擬似的な歩行行動データを正解データとして、経路選択モデルのパラメータを推定し、各状況において選択されやすい経路の特徴を定量的に明らかにすることを目的とする。

ポスター発表

2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2

[P2-29] 生活習慣病予防のための食事塩分評価機能を付加した健康システムの開発

*大橋 咲花¹、齊藤 岳兎²、伊藤 悟³、河合 隆徳⁴、鈴木 静男¹ (1. 沼津工業高等専門学校、2. 浜松医科大学、3. 静岡県立大学、4. 株式会社フジネット)

キーワード：Azure AI Vision、行動変容、生活習慣病、塩分

超高齢者社会において健康寿命を延ばすためには予防医療が大切です。日本では生活習慣病の患者数が増えています。我々は、食事塩分量の評価機能に行動変容を促すための機能を付加した健康システムの開発を目指しています。そのために、撮影した食事画像から食事毎の塩分量を評価する機能と摂取塩分量を減らすための行動変容を促す機能を付加する予定です。この発表では、前者の機能に焦点を絞ります。日本人がよく口にする食事画像からメニューを出力するための物体検出アルゴリズムをAzure AI Visionを用いて学習と検証を行いました。現在、良く使われているアプリによる撮影食事画像からのメニュー出力と比較した結果、同程度の識別精度が得られました。加えて我々は、識別されたメニューから塩分量を算定しました。これらの結果と考察について発表します。

ポスター発表

2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2

[P2-30] 超解像処理を適用した空撮画像によるひび割れ検知システムの精度検証

*亀山 智仁¹、瀬戸山 カ斗²、吉田 大介¹、赤毛 政親¹ (1. 大阪公立大学、2. 大阪市立大学)

キーワード：ひび割れ検知、超解像処理、物体検出、小型汎用ドローン、オルソ画像

社会インフラの維持管理現場では人手や点検時間の不足が問題視されている。これに対して先行研究では、ドローンを活用したコンクリート構造物のひび割れ点検手法の研究が進められている。しかしその多くは点検精度を追求するために高価な機材を使用しており、現場への導入が困難である。そこで本研究では、小型汎用ドローンの活用を想定したひび割れ検知システムの開発により前述の課題解決に取り組む。本システムを用いた点検作業では、最初に点検対象の空撮画像を取得し、オルソ画像を作成する。その後、低価な汎用機材を用いた上で点検基準を満たすため、超解像モデル(SwinIR等)によって空撮画像を高解像度化し、物体検出モデル(YOLOv8)を用いたひび割れ検知処理に入力する。検知結果はPrecision, Recall, IoUの3つの評価指標により定量的に評価する。さらに、ひび割れ検知結果に位置情報を付与してオルソ画像上で管理することで、維持管理業務の効率化を図る。

ポスター発表

📅 2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 📍 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2**[P2-31] 公共駐輪場における自転車盗の被害リスク分析**

*大沼 貴志¹、齊藤 知範¹、島田 貴仁¹ (1. 科学警察研究所)

キーワード：自転車盗、駐輪場、監視性、場所に基づく犯罪予防、被害リスク分析

自転車盗は、日本の窃盗手口の中で最も被害が多い手口であり、施錠の促進に加えて、駐輪場所の監視性の向上などの対策が求められる。現在、犯罪オープンデータでも、自転車盗の個票が公開されており、町丁目ごとの分析が可能になっている。本研究では、より細かい空間解像度での分析として、首都圏の1警察本部管内の鉄道駅敷設の公共駐輪場で発生した自転車盗について、駐輪場を分析単位として、駐輪場の環境要因を説明変数にした被害リスク分析を行った。

国内河川流域を対象とした河川水質・生物多様性推算システムの構築 - オープンデータを活用した流域モデル自動作成と精度評価 -

長谷川浩章*・内藤健太**・中村圭吾**・石川敬郎**・高橋宏昌**・藪内真**・渡辺康一**

Abstract This study reports an analysis and visualization system for nitrogen and phosphorus emissions that affects the aquatic biodiversity in river watersheds. In this study the semi-distributed runoff model SWAT+ (Soil and Water Assessment Tool Plus) was utilized as the simulation model. The input dataset from publicly available data sources were corrected and re-arranged by the newly developed automated pre-processing workflow system. After the preparation of input data for the model, SWAT+ model calculated water flow and water quality. A web-based visualization interface was built on CesiumJS library to visualize simulated results. In this visualization system, time-series and distribution changes of water flow, concentration and total amount of N & P are displayed and shared across users. For verification of the automated process, observation data of class A river systems in Japan were corrected and compared to simulated outputs.

Keywords: 水文モデル (hydrological modeling), SWAT+ モデル (SWAT+ model), 河川水質 (water quality in rivers), 生物多様性 (biodiversity), 自動ワークフロー (automated workflow)

1. はじめに

環境生態系に対して大きく影響を与える河川流域での窒素・リン排出状況の可視化システムの構築について報告する。Johan Rockström は”Planetary Boundary”と呼ばれる概念を提唱する中で、地球環境の持続性を維持するための限界として、気候変動や生物多様性の損失など9種のカテゴリについて限界値を試算した (Rockström et al. 2009)。中でも富栄養化の指標となる窒素及びリンの排出量は持続限界に対し3.3倍、2倍と計算されている。これら生態系影響には企業活動に伴う排出も含まれる。近年、企業活動においては環境規制への適合だけではなく、事業活動に伴う環境影響とその軽減策を各企業に開示させる枠組みとして TNFD (Taskforce on Nature-related Financial Disclosures)も整備されつつある。その枠組みでは、原材料調達や土地利用、CO₂ 排出など様々な環境関連指標とその将来的な事業リスクを開示することが求められる。

これら社会的背景を踏まえると、各種産業の事業継続の過程で、多様な環境指標を計測ないし予測し、企業活動により発生した環境影響と、その低減のための保全計画の立案や実施状況を可視化する仕組みが必要になると考えられる。

既存の国内外の取り組みとして、河川観測データのうち流量は Global Runoff Data Centre (GRDC)、水質は Global Freshwater Quality Database (GEMStat)が全世界規模でデータを公開している。各国政府からの観測情報も入手可能であり、日本であれば国土交通省の『水質水文データベース』が使用可能である。将来予測という観点からは、将来シナリオに基づく分析やその前提となるシミュレーションモデルの整備が重要となるが、この観点では米国環境保護庁が先行しており、Hydrologic and Water Quality System (HAWQS)として米国内の河川についてモデルを整備・公開している (Yen et al. 2016)。

2. 研究目的

本研究では、人類活動が地域の環境や生態系に与える影響の試算と可視化に向けたモデル作成システム及び可視化システムの構築を目標とする。特に、河川水系への窒素及びリン排出とその分布について、

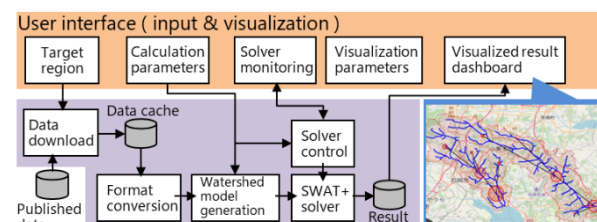


図1 構築したシステムの全体構成

* 正会員 株式会社日立製作所 基礎研究センタ (Center on Exploratory Research, Hitachi, Ltd.)

〒185-8601 国分寺市東恋ヶ窪 1-280 日立製作所中央研究所 E-mail: hiroaki_hasegawa.dk@hitachi.com

** 非会員 株式会社日立製作所 基礎研究センタ (Center on Exploratory Research, Hitachi, Ltd.)

年スケールの長期的変動を容易に算出するための、河川流域環境のシミュレーションモデルとそのデータ入出力を省力化する技術の構築を目的とする。

3. 研究方法

3.1. システムの全体構成

構築するシミュレーションシステムの構成を図 1 に示す。上段がユーザーインターフェースの画面構成、下段がデータ処理システムの構成を示している。システムは解析対象とする地域・河川を指定するユーザー操作を起点に、データの取得と流域モデルの作成、シミュレーション計算と可視化した結果提示を行う。ユーザーインターフェース部は CesiumJS と Django、データ処理部は Python 言語を用いて実装した。以下の節では各構成要素について詳述する。

3.2. シミュレーションモデル

河川流域の分析に使用する水文流出モデルは、治水・農業政策・上下水道計画など様々な用途に向けて各国が整備を進めている。多くは降雨の地表面への浸透、植物を介した蒸散、河川への流出、地下水の流動といった流域内の水収支を計算するモデル式を基礎に置き、その上に窒素・リン等の物質移動に関するプロセスをモデル化している。方式別に分類すると集中型・準分布型・分布型の 3 種に大別できる(清水ほか 2014)。集中型モデルは流域全体を単一の計算単位として扱い、水収支・物質収支を記述する。準分布型モデルは流域を支流域や土地の性質毎に分割し、その各々について計算分布型モデルはさらに細かく、流域全体をメッシュに分割し計算を行う。計算は後者ほど詳細になる。

本研究の場合は、流域の将来予測や保全計画を想定し、種々の変化を想定した場合の影響を算出できることを要件としてモデル選定を行った。集中型モ

デルは洪水のリアルタイム予測に適用可能な程度まで計算量が軽い一方で、モデルパラメータと実際の地域の状態の関連性が不明確になりやすい。分布型モデルでは地下構造も含めた膨大なモデルデータの入手と計算結果の検証が課題となり、データ入手のための調査に限界が生じることから広範な地域での活用が困難と予想される。対して準分布型モデルは、地質や土地利用形態に応じて計算対象地域を小領域に分割し、各々の領域は単純化されたモデル計算に基づいて解析する。また、一般に入手可能な GIS データや調査データを活用したモデル構築が容易となり、計算に必要な処理時間も現実的な規模となる。上記検討のもと、準分布型モデルの 1 つである SWAT+ (Bieger et al. 2017)を選定した。

3.3. 流域モデルデータの自動加工

SWAT+で計算するモデルの作成にあたっては、地形・土地利用・気象・土壌・窒素リン排出源の各要素に対して表 1 に示したデータセットを組み合わせて使用した。これらのデータセットはプリ・ポストプロセッサ QSWAT+により加工し、SWAT+が要求するデータ形式に整えて計算に使用する。この変換作業は QGIS ソフトウェア上で行う。そのため解析対象ごとに毎回 GUI 上での煩雑な操作が必要となることが課題であった。

今回、国内河川を統一的なモデル作成手順で取り扱うにあたり、一連の処理は可能な限り自動化した。Chawanda et al. (2009) で提案された自動ワークフローを拡張し、国内公開データ固有のデータ形式の解釈、ベクタデータのラスタ変換、計算対象領域の抽出や座標変換、種別の異なるデータ間の結合などを対象流域ごとに実施し、シミュレーションジョブを自動投入するプログラムを作成した。

表 1 モデル構築に使用した入力データセット

種別	公開元	データ出典	URL
地形	国土地理院	基盤地図情報 DEM10B	https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php
河川形状	国土交通省	国土数値情報河川データ	https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-W05.html
土壌分布	国土交通省	土壌データ	https://nlftp.mlit.go.jp/kokjo/inspect/landclassification/land/dojyou.html
土地利用	国土交通省	土地利用データ	https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L03-b_r.html
天候	気象庁	過去の気象データ	https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php
人口分布	総務省	令和 2 年度国勢調査 人口及び世帯 5 次メッシュ	https://www.e-stat.go.jp/gis/statmap-search?page=1&type=1&toukeiCode=00200521

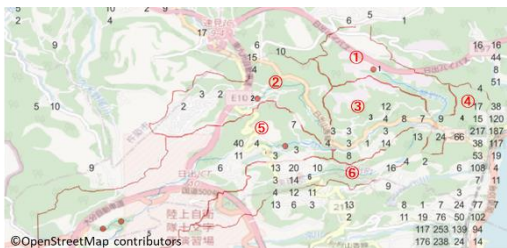


図 2 日出町および別府市周辺の人口分布

3.4. 窒素・リン排出源のモデル化

窒素及びリンの排出源に関しては、(1)非点排出源と(2)点排出源の 2 種類を取り扱う必要がある。前者は農地や森林など、広い面積に広がる排出源で、肥料の散布や大気中からの窒素固定などにより土壌に蓄積した養分が河川に流出する。後者は住宅や産業施設、下水処理施設からの排出にあたる。

SWAT+では、両者は別個に取り扱う必要があり、それぞれに合わせた処理フローを構築した。(1)については、土地利用データに含まれる分類結果をもとに、森林・水田・草原・畑作地の各特性に応じて植生と作付・施肥・収穫スケジュールを設定した。(2)点排出源に関しては、国勢調査結果におけるメッシュ人口統計データを利用し、各支流域内の居住人口を算出した。市町村単位での下水道接続普及率の情報が公開されている場合には、その値をもとに下水道を通らない生活排水排出量を求め、支流域ごとの点排出源パラメータを生成した。

図 2 と表 2 には大分県別府市および日出町周辺の計算例を示した。数字は 5 次メッシュの各地点の人口、丸付き数字は表 2 の No.に対応する。

表 2 各支流域の点排出源パラメータ

No.	人口 (人)	下水普及 (%)	排水 (m ³ /日)	窒素 (g/日)	リン (g/日)
1	9	0	0.297	6.50	0.750
2	11	0	3.27	71.5	8.25
3	66	0	19.6	429	49.5
4	315	80	18.7	410	47.3
5	74	0	22.0	481	55.5
6	64	0	19.0	416	48.0

本報告の段階では生活排水のみをモデルに取り込んだが、畜舎や食品工場など排出源となる産業施設に関しても、地域の特性に応じて反映することを計画している。その場合、所在地及び年間の排出量について効率よく推定する手段の確立が課題となる。

3.5. シミュレーション計算

準備した流域モデルをもとに、河川流量および水質のシミュレーション計算を行った。計算は SWAT+ デフォルト値での初期計算と、観測データとの誤差が最小となるようパラメータを調整するキャリブレーション計算の 2 通りを実施し、前後での計算精度を評価した。キャリブレーション時の試行回数は 200 回を上限とし、計算対象期間は流量・水質の観測データが入手できた期間に合わせた。

4. 結果と考察

本節では構築したシステム上で作成した流域モデルとシミュレーション結果の例を茨城県の園部川、大分県の三川の 2 例について紹介する。

図 3 に園部川の流量計算結果を示した。キャリブレーション前後での比較のため、観測値と計算値を重ねてプロットしている。精度評価には Moriasi et al. (2007) の指針に従い、NSE, RSR, 及び Percent

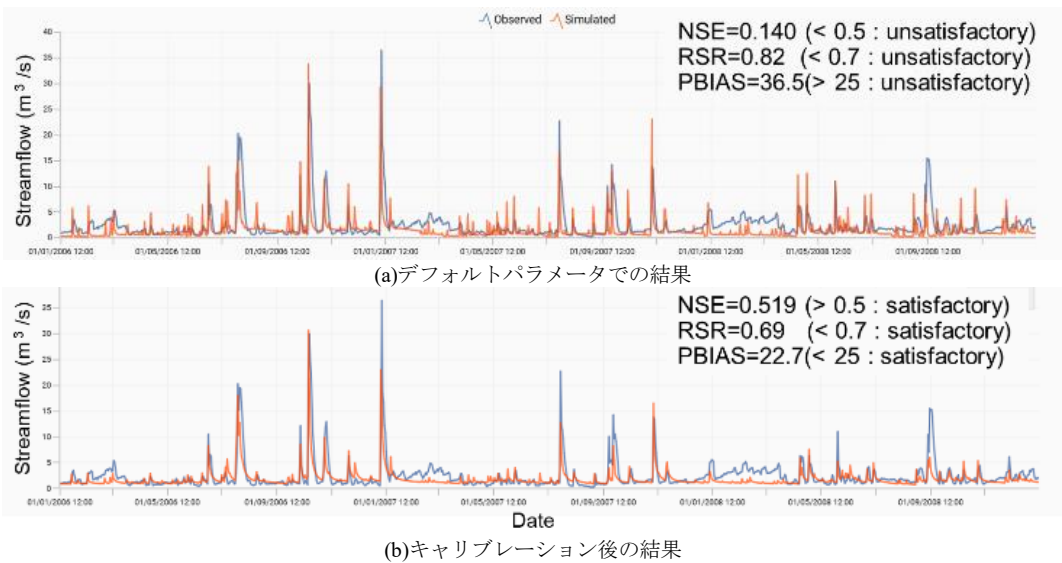


図 3 園部川河口での流量シミュレーション結果

Bias をそれぞれ算出した。結果は、図 3(a)のデフォルト値では観測値から大きく外れる箇所が多数生じていたものが、図 3(b)のキャリブレーション後には降雨時の出水ピークやその減衰挙動、晴天時の平均流量共に観測値を再現できた。具体的には、降雨時にはインパルス状の出水ピークに続く出水が 1 日程度で収束していたところから、2-3 日程度の期間を経て収束するようになり観測値に近い流量応答が得られた。また晴天時に流量ゼロとなる期間が存在したが、キャリブレーション後には常時 $2 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度の流量を維持するようになり、観測値の平水量に近づいた。結果として NSE 等の各評価量は Satisfactory の基準値を満たす水準に改善した。

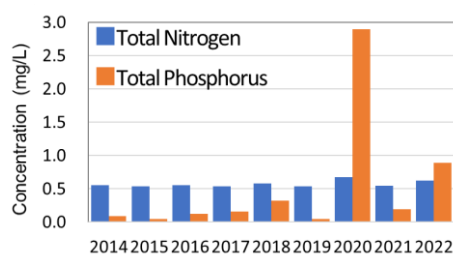


図 4 三川河口での窒素・リン濃度



図 5 点排出源の有無による計算結果の比較

次に、図 4 および 5 では三川における水質の計算結果を示した。図 4 は年平均濃度の変化、図 5 は日単位の濃度変化の時系列をプロットしている。

窒素・リンの平均濃度は 0.5 mg/L , 0.2 mg/L 前後を中心として変動し、大規模な水害の発生した 2020 年 8 月の影響により 2020 年の計算値が顕著に増加した様子が読み取れる。日単位の窒素濃度の変化からは、点排出源としての生活排水からの定常的な窒素排出と降雨に伴う非点排出源からの瞬間的な流出増の双方が反映されていることが読み取れる。

5. まとめ

本報告では、河川流域の環境シミュレーションと可視化を迅速に実施できるシミュレータ環境を構築した。計算速度と入力パラメータの自由度のトレー

ドオフから準分布型流出モデルを選定し、その 1 つである SWAT+に対する入出力データを国内全域について統一的な手順で取り扱う自動化プログラムを構築した。作成された流域モデルの精度評価の第一段階として、2 つの河川について河口部での流量および水質の時間変化を計算した。

今後は自動化システムの適用範囲確認のため、全国の 1 級河川 109 水系のなかから精度検証可能な候補を抽出し、計算結果の検証を進める。

参考文献 References

- 清水裕太ほか (2014). 水文流出モデルを用いた地域からの窒素流出量推定—現状と課題—.「日本水文学会誌」, **44** (4), 207-223.
- 国土交通省 (2002) 水質水文データベース <<http://www1.river.go.jp/>>.
- Bieger, K. et al. (2017) Introduction to SWAT+, A Completely Restructured Version of the Soil and Water Assessment Tool. *J. of the American Water Resources Association*, **53** (1), 115-130.
- Chawanda, C. J. et al. (2020) User-friendly workflows for catchment modelling: Towards reproducible SWAT+ model studies. *Environmental Modelling & Software*, **134**, 104812.
- The Global Runoff Data Centre, 56068 Koblenz, Germany. (2020) GRDC Data Portal. <<http://portal.grdc.bafg.de/>>.
- Moriasi, D. N. et al. (2007) Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. *Transactions of the ASABE*, **50** (3), 885-900.
- Rockström, J et al. (2009) Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity, *Ecology and Society*, **14** (2), 32-64.
- United Nations environment programme. (2005) Global water quality database GEMStat. <<http://gemstat.org/>>
- Yen, H. et al. (2016). Application of Large-Scale, Multi-Resolution Watershed Modeling Framework Using the Hydrologic and Water Quality System (HAWQS). *Water*, **8** (4), 164.

ポスター発表

2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2

[P2-33] 効果的な感染症対策に向けた未成年者の行動パターン及び行動範囲の推定

*吉見 宇弘¹、秋山 祐樹¹ (1. 東京都市大学)

キーワード：未成年者、行動パターン、行動範囲、統計、感染症対策

新型コロナウイルス感染症のパンデミックは、感染症対策への意識を高める契機となった。しかし、未成年者は衛生意識が未発達であり、手洗いやマスクの着用など基本的な感染予防策の徹底が難しい。そして、教育機関等の閉鎖空間における接触機会が多いため、感染症が急速に広がりやすい。また、軽微な症状や無症状の感染者も多く、家族や地域社会へ感染が拡大するケースも少なくない。そのため、感染症対策の立案では、感染の温床となり得る未成年者の人流を分析し、把握することが重要である。しかし、未成年者はスマートフォンの所持率が低いため、携帯端末の位置情報に基づく人流把握が困難である。そこで、本研究では、各種統計情報を統合し、個々の住宅に居住する未成年者の行動パターンおよび行動範囲を全国規模で推定する手法を開発した。この手法により、全ての年齢層の人流把握が実現し、より効果的な感染症対策の立案や実施に繋がると期待される。

人流データを活用した駅まち空間における施策 PDCA ツールの試作 - 京都大学宇治キャンパスの春夏秋の人の流れの可視化 -

松村 一保* ・ 北川 悠一** ・ 田上 諒** ・ 伊藤 暁**

We developed a prototype tool to improve urban development using GPS data, which is easier to obtain than traditional survey data. This tool analyzes and visualizes the movements of people in areas where new facilities are being developed, including their residences, workplaces, attributes, train lines used, facility usage times, and movement patterns. This allows for a deeper understanding of the area and aids in creating effective urban development plans. We used this tool to visualize people's movement on Kyoto University's Uji Campus across different seasons, gaining insights into behavioral pattern changes.

Keywords: 人流データ(people flow data), ビッグデータ(big data), 地域分析(regional analysis)

1. はじめに

駅を利用する人々の行動を理解することで、より使いやすい駅と駅周辺の空間を作り出すことができる。これまでは、統計調査やアンケートで人々の行動を調べていたが、調査の頻度が少なく、費用も高いという問題があった。そこで、比較的簡単に入手できる GPS 位置情報データを活用して、まちづくりの計画を評価・改善するためのツールを試作した。

このツールは、新しい駅や公園などの整備が進む地域の人の動き、来街者の属性(居住地、勤務地、性別など)、利用する鉄道路線、施設の利用時間帯、地域内の移動パターンなどを可視化することができる。これにより、地域の現状をより深く理解し、効果的なまちづくり計画の立案と評価に活用することができる。

本報告では、このツールを使用して京都大学宇治キャンパスの前期・夏季・後期の人の流れを可視化し、期間ごとの行動パターンの変化を把握した。

2. PDCA ツール

2.1. 背景と目的

駅利用者の着地後の行動の把握については、わかりやすく利用しやすい駅および駅まち空間の創出のために必要である。今まで統計調査やアンケート調

査で把握をしていたが、頻度・コスト上の課題があった。松村ら(2021)は、比較的容易に取得できる GPS 人流データを利用した可視化を行ってきた。可視化の作業を効率化し、来街者の属性、鉄道会社の利用路線、分析対象施設の利用日・時間帯分布、回遊状況を簡易な操作で、データからのファクト/解釈を得る期間を多くとることを目的とした。

2.2. 人流データ分析の流れ

人流データ分析を行うには、大きく分けて3つの処理(図-1)を実施することになる。

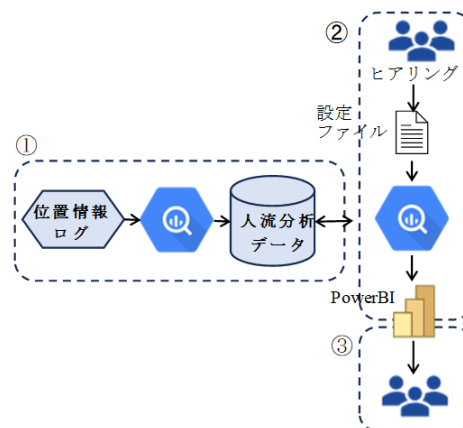


図-1 人流データ分析の流れ

① データ加工

データベンダーから調達したスマートフォンの位置情報ログをもとに滞在/移動を推測している。

* 正会員 株式会社 JR 西日本 IT ソリューションズ (JR WEST IT Solutions Company)
〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原 4-1-6 Email : matsumura@j-wits.co.jp

** 非会員 株式会社 JR 西日本 IT ソリューションズ (JR WEST IT Solutions Company)

そして、滞在の頻度や時間等から居住地、勤務地、就学地を推定している。更に、データをリンクトトリップ、アンリンクトトリップに加工して、来訪者・回遊分析、交通量調査などで利用できるようにしている。(図-2)

滞 在：ログの密集具合から推測

移 動：移動速度やその他諸々の条件から推測すると共に、具体的な移動手段（鉄道や徒歩、車等）を推測

居住地：夜間に複数回・長期滞在している場所
勤務地（就学地を含む）：昼間に複数回・長期滞在している場所

夜間に活動していると推定される人は居住地、勤務地／就学地の時間帯を反転させて推定している。

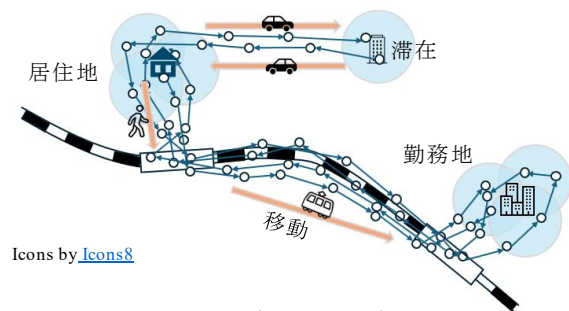


図-2 ログのトリップ化

② 分析用データの作成

利用者とのヒアリングを行い、調査対象の目的、場所(施設・地域)、期間等を明らかにして、人流分析データから必要なデータを抽出する設定ファイルを作成し、ツールで利用可能なデータを作成する。

③ データからのファクト/解釈

ツールを利用して、データからのファクト/解釈を得ることができる。この作業をユーザとともに実施し、より多くの時間をかけることが重要である。

2.3. ツールの機能と特徴

① レポート出力条件

分析対象のデータを抽出するために、比較対象の施設(地域)、分析対象期間とその前後の期間(集計期間)、施設への滞在とみなす時間、および滞在とみなす時間帯を設定する。

抽出したデータから、利用状況分析、商圈分析、経由地分析、回遊分析を行うことができ、結果を

表・グラフ・マップで表示することが可能である。

② 利用状況分析

集計期間の利用者数、延べ利用者数、平均利用回数、平均滞在時間、利用日(平日、休日)分布、時間帯分布、利用回数分布、滞在時間帯分布、利用回数、属性(学生・社会人、年代・性別)の分布の表示ができる。

③ 商圈分析

対象期間ごとの居住地別の利用者分布、分析期間の増減、勤務地別の利用者分布の表示ができる。

④ 経由地分析

対象期間ごとの線路・区間別の利用者数、鉄道会社別の利用者数、路線別の利用者数、乗降駅の利用者の表示ができる。

⑤ 回遊分析

対象期間、平日・休日ごとの分析対象の施設の立寄り状況、回遊パターン(ParallelSets 図、Bowtie 図)の表示ができる。

2.4. ツール利用による効果

人力によってカウンターを使用した店舗や通路での来客数の計測方法に比べて、個々人の移動を長期間、広範囲に追跡することができた。複数のパターンによる可視化によって、探索型議論を進めることができ、経験的・直観的な評価から定量的な評価をすることができた。

3. 京都大学宇治キャンパスの人の流れ

宇治キャンパスの前期、夏季、後期の人の流れを可視化した具体的な事例を詳述する。

3.1. レポート出力条件

施設間の回遊分析を実施する場合は、複数の施設を登録するが、宇治キャンパスの人の流れの可視化をするため、図-3のように南東部の職員宿舎、黄檗宿泊施設を除く宇治キャンパスを分析対象施設とした。隣接地には学校が存在しており、駐屯地での夏季のイベント等を考慮し、設定した領域に対するバッファをゼロとした。

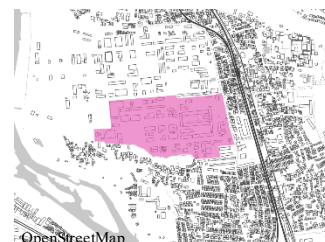


図-3 分析対象エリア

滞在とみなす時間(分析対象エリア内に存在する時間)を授業の1コマの時間である90分とし、滞在とみなす時間帯を1日中研究室にこもる大学院生の存在を考慮し8時台～22時台とした。分析期間の設定は、京都大学アカデミックカレンダーを参考に、前期、夏季、後期の各約2か月間とした。(表-1)

表-1 分析期間

集計期間	期間
前期	2023-05-20～2023-07-21
夏季	2023-08-05～2023-09-30
後期	2023-10-02～2023-12-01

3.2. 利用状況分析

表-2に、各期間の延べ利用者数、利用者数、平均利用回数、平均滞在時間を示す。

表-2 統計情報

集計期間	延べ利用者数(人)	利用者数(人)	平均利用回数(回)	平均滞在時間(分)
前期	714	68	10.5	358.3
夏季	588	69	8.5	368.1
後期	753	76	9.9	339.4

宇治キャンパスの学生数・職員数(2023年5月1日時点)は、職員数829名、学生数965名で、合計1794名、学生の内、博士後期課程、修士課程420名となっている。人流データの利用者数は70人程度であるため、4%前後のユーザを拾うことができている。データベンダー(ポカウィッチャー)の人口に対するサンプリング比率は3%程度であることから、サンプル数が極端に少ないということはないとみられる。

前期・夏季・後期ごとの滞在時間帯分布を図-4に示す。夏季の滞在は、前期・後期に比べて17時までの滞在者が少ない。後期は、18時以降の滞在者が多い傾向となっている。

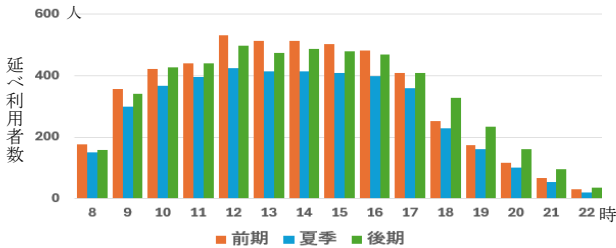


図-4 滞在時間帯分布

各期間の利用回数、滞在時間を図-5、図-6に示す。夏季は、利用回数が多くなり、滞在時間も長くなる傾向がある。後期は、利用回数が減り、滞在時間も

短くなる傾向がある。

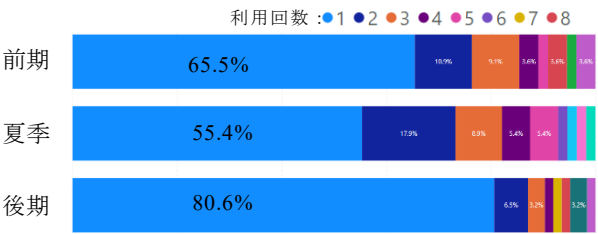


図-5 利用回数分布

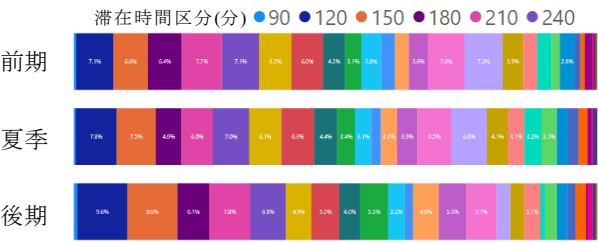


図-6 滞在時間分布

3.3. 商圏分析

対象期間ごとの居住地別の利用者分布を小地域単位で表示することができる。京都府、大阪府の居住者が多く、特にキャンパス周辺の居住者が多いようである。

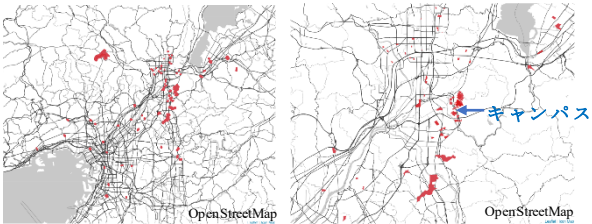


図-7 居住地別の利用者分布(前期・後期の増減から作成)

3.4. 経由地分析

集計期間中に宇治キャンパスを1回以上利用したことがある人を対象に、期間中(後期)の鉄道利用者を集計している。路線・区間別の利用傾向を図-8に示す。西日本旅客鉄道 奈良線の利用者が多く、京阪神間の移動が多く見られる。

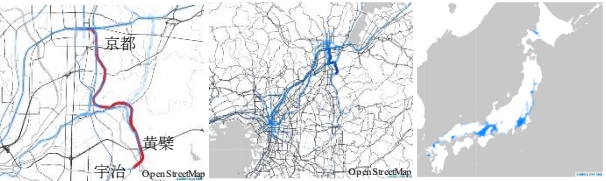


図-8 路線・区間別の利用

また、客員、非常勤の職員が多いためか、中部、関東圏での鉄道利用が存在する。ただし、旅行等の移動も含まれる。

線路・区間別の利用者数(後期)を表-3、線路会社別
の利用者数(後期)を表-4に示す。表-5に乗車駅・
降車駅の利用者数を示す。西日本旅客鉄道 黄檗駅
の利用が多い。

表-3 路線別の利用者数 表-4 鉄道会社別ランキング

鉄道会社名	路線名	利用者
西日本旅客鉄道	奈良線	44
京阪電気鉄道	京阪本線	30
西日本旅客鉄道	東海道線	28
京都市	烏丸線	27
京阪電気鉄道	宇治線	23
近畿日本鉄道	京都線	23
京都市	東西線	20

鉄道会社名	利用者
西日本旅客鉄道	54
京阪電気鉄道	30
京都市	25
阪急電鉄	20
東日本旅客鉄道	20
近畿日本鉄道	18
大阪市	15

表-5 乗車駅・降車駅の利用者数ランキング

鉄道会社名	路線名	駅名	利用者数
西日本旅客鉄道	奈良線	黄檗	77
京阪電気鉄道	宇治線	黄檗	43
西日本旅客鉄道	奈良線	京都	32
西日本旅客鉄道	東海道線	京都	25
西日本旅客鉄道	東海道線	大阪	18
西日本旅客鉄道	奈良線	六地藏	15
京都市	烏丸線	四条	14
京阪電気鉄道	京阪本線	枚方市	13

鉄道会社名	路線名	駅名	利用者数
西日本旅客鉄道	奈良線	黄檗	72
西日本旅客鉄道	奈良線	京都	32
京阪電気鉄道	宇治線	黄檗	30
西日本旅客鉄道	東海道線	京都	25
西日本旅客鉄道	奈良線	六地藏	16
京都市	烏丸線	京都	14
京阪電気鉄道	京阪本線	祇園四条	13
京都市	東西線	六地藏	12

3.5. メッシュ（100m）の組合せ利用傾向

図-9は、全期間でのメッシュ間の人の移動を可視化
している。キャンパス内の移動が多いことがわかる。

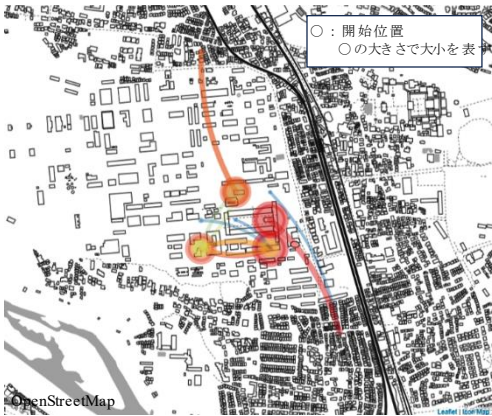


図-9 100m メッシュ間の移動(全期間)

3.6. 回遊分析

交通手段が変わるごとにカウントするアンリンク
トリップ(勤務, 移動, 在宅, 駅, 宇治キャンパス)

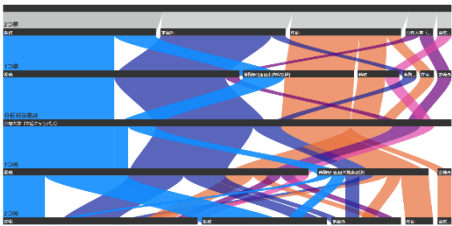


図-10 回遊パターン(後期)

間の関係を直感的に理解できる ParallelSets 図(図-10)、
Bowtie 図(図-11)によって、各期間での移動パターン
が異なることが明らかになった。



図-11 宇治キャンパスの前後の動き(後期)

4. まとめと今後の課題

GPS 人流データの分析ツールを利用して、京都大
学宇治キャンパスの前期・夏季・後期の人の流れの
可視化、期間ごとの行動パターンの変化を把握する
ことができた。京阪神だけでなく、中部圏、関東圏
からの人の移動があることが明らかになった。

今回、試作したツールでは、PC の能力が低いと動
作が不安定になるなどの課題があり、より多くの種
類の分析、直感的な操作による分析業務を実現する
ために、「どのデータを見れば、どのようなアクショ
ンができるのか」を容易なオペレーション
で実現できるダッシュボードの開発を他の企業の
協力を得ながら行う予定である。

謝辞

本システムの要件抽出に、(株)JR西日本コミュニ
ケーションズ、ジェイアール西日本コンサルタンツ
(株)の皆様から貴重なアイデアを提供いただいた。こ
こに記して謝意を表します。

参考文献

松村 一保・伊藤 暁・北川 悠一ら (2021)Before/With
コロナにおける梅田来街者の動きの可視化,第30回
GISA 学術研究発表大会, P-13
京都大学 (2023) アカデミックカレンダー.<[https://
www.kyoto-u.ac.jp/ja/education-campus/curricu
lum/calendar](https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/education-campus/curriculum/calendar)>.
京都大学 (2023) 宇治キャンパスデータ. <[http:
//uji.kyoto-u.ac.jp/campus/total.html](http://uji.kyoto-u.ac.jp/campus/total.html)>.

ポスター発表

📅 2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 📍 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2**[P2-35] 富士市役所からの長期間観測データに基づく富士山の見え方と雲の関係について**

*石川 涼之佑¹、渡部 結衣¹、服部 真己¹、渡邊 巧真¹、河合 陽杜¹、井上 美乃里²、鄭 萬溶¹、鈴木 静男¹ (1. 国立沼津工業高等専門学校、2. 富士市総務部企画課)

キーワード：富士山、雲、見え方、富士市、分類

静岡県富士市では、1991年から32年間にわたって毎日8:00, 12:00, 16:00の3回、庁舎から富士山が「見えた」「一部見えた」「見えなかった」の三段階で記録しています。加えて、その日の天気も記録しています。これらのデータに対して、観察した時刻別、日別に富士山が「見える」「一部見える」「見えない」の回数を調べ、全体に対する割合を算出しました。この統計結果から、「一部見える」の割合が高い月があり、特定の雲が要因ではないかと推測しました。また、富士山の写真コンテストの入賞作品の多くは雲を含んだ画像であることもわかりました。本研究では、雲の分類を国際基準に基づき十種雲級とし、さらに笠雲を高積雲とわけて計11種として、これら雲11種の過去の出現頻度と富士山の見え方との関係を調べました。

ポスター発表

2024年10月27日(日) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

[P2] ポスター発表 #2

[P2-36] CLAS-PPPを用いた令和6年能登半島地震に伴う地殻変動の計測

*杉田 暁¹、濱 侃²、岩佐 佳哉³、中田 高⁴、熊原 康博⁴ (1. 中部大学、2. 千葉大学、3. 大分大学、4. 広島大学)

キーワード：高精度衛星測位技術、CLAS、高精度単独測位（PPP）、令和6年能登半島地震

サイバー空間と物理空間の高度な融合は、超スマート社会の実現に不可欠であり、気候変動やそれに伴う自然災害への対応など複雑な社会システム問題の解決につながると期待されている。特に、物理空間で「いつ」「どこ」「何が」起きているかを正確にセンシングすることは重要である。高精度衛星測位技術は、屋外の物理空間の「いつ」「どこ」を高精度にセンシングするキーテクノロジーとして期待されている。特に、基地局を介さずに高精度測位を行うCLAS-PPP方式は、近年の低価格な受信機・アンテナの登場もあり、利便性、コスト、測位範囲の柔軟性から、今後の普及が期待されている。本研究では、令和6年能登半島地震により地殻変動のあった地域において、低価格・軽量かつ簡便なCLAS-PPPを用いたシステムを運用して移動体精密測位を行い、地震前の数値地表面モデルと比較することで地震による地殻変動を定量的に測定した。