

## ポスター発表

2024年10月26日(土) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

## [P1] ポスター発表 #1

[P1-01]

スマート街灯データの都市防災計画への応用可能性に関する考察

\*岸本 まき<sup>1</sup> (1. 東京科学大学)

[P1-02]

適応分野におけるGreen Climate Fundの気候資金獲得国の特徴

\*渡邊 学<sup>1</sup>、藤田 将行<sup>1</sup> (1. blue and tech株式会社)

[P1-03]

Uncovering the Relationship Between Tourist Attraction Features and Visitor's Behavior Preferences: A Case Study of Deep Learning and Clustering Analysis with People Flow Data in Hakone

\*Jianhao Shi<sup>1</sup>、Wanglin Yan<sup>1</sup> (1. Keio Univ.)

[P1-04]

大阪市における水害を対象としたリスクの可視化と分布特性に関する研究

\*武田 智喜<sup>1</sup>、米澤 剛<sup>1</sup>、杉本 賢二<sup>1</sup> (1. 大阪公立大学大)

[P1-05]

鉄道網による移動時間短縮を考慮した都市の人口分布の集積性の評価

\*神崎 達也<sup>1</sup>、巖 先鏞<sup>1</sup>、鈴木 勉<sup>1</sup> (1. 筑波大学)

[P1-06]

金沢近郊における地名の表出・染出現象の分析

\*石田 悠人<sup>1</sup>、中西 航<sup>2</sup> (1. 筑波大学、2. 金沢大学)

[P1-07]

不規則三角網を用いたオープンスペースの利用ポテンシャル算出

\*渡邊 立樹<sup>1</sup>、田中 一成<sup>2</sup> (1. 大阪工業大学大学院 工学研究科、2. 大阪工業大学 工学部)

[P1-08]

現地調査と衛星データを活用した駿河湾沿岸域への土砂流入による影響推定

\*武田 巧達<sup>1</sup>、鈴木 静男<sup>1</sup>、高橋 幸弘<sup>2</sup> (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、2. 北海道大学大学院理学研究院)

[P1-09]

富士山麓養鱒場におけるIoT技術を用いた水位・水温モニタリング

\*公野 颯真<sup>1</sup>、芹澤 快<sup>1</sup>、佐藤 羽瑠<sup>1</sup>、畠山 佑紀<sup>1</sup>、岩本 修平<sup>2</sup>、堀江 寛幸<sup>2</sup>、岩本 いつみ<sup>2</sup>、山本 勲<sup>3</sup>、青木 悠祐<sup>1</sup>、鈴木 静男<sup>1</sup> (1. 沼津工業高等専門学校、2. 富士山サーモン株式会社、3. 株式会社山本食品)

[P1-10]

非負値タッカー分解を用いた東京都市圏における移動パターンの特徴抽出

\*町田 晶菜<sup>1</sup>、井上 亮<sup>1</sup> (1. 東北大学)

[P1-11]

関わりのある地域における若年層の生活環境評価と移住意欲・可否の関係性

\*中村 静香<sup>1</sup>、関口 達也<sup>2</sup> (1. 京都府立大学、2. 京都府立大学大学院 生命環境科学研究科)

---

[P1-12]

東京都23区における鉄道駅周辺地域の類似度の把握

\*馬 暁飛<sup>1</sup>、山本 佳世子<sup>1</sup> (1. 電気通信大学大学院)

---

[P1-13]

外邦図デジタルアーカイブ：アジア太平洋地域を中心とした旧日本軍製地図のデータベース

\*中谷 友樹<sup>1</sup>、星田 侑久<sup>2</sup>、関根 良平<sup>1</sup>、永田 彰平<sup>3</sup>、磯田 弦<sup>4</sup> (1. 東北大学大学院環境科学研究科、2. 特定非営利活動法人オープンコンシェルジュ、3. 東北大学災害科学国際研究所研究所、4. 東北大学大学院理学研究科)

---

[P1-14]

衛星画像のスペクトルデータを用いたブナの豊凶指数の推定

\*武藏 奏汰<sup>1</sup>、鈴木 静男<sup>1</sup>、高橋 幸弘<sup>2</sup> (1. 沼津工業高等専門学校、2. 北海道大学大学院理学研究院)

---

[P1-15]

地方公共団体が保有する位置情報データの傾向について

\*新井 千乃<sup>1</sup>、家中 賢作<sup>2</sup>、大伴 真吾<sup>1</sup> (1. 朝日航洋株式会社、2. つくば市役所)

---

[P1-16]

復興土地区画整理事業による地形改変強度の推計

\*杉本 賢二<sup>1</sup> (1. 大阪公立大学)

---

[P1-17]

グラフニューラルネットワークを用いたサプライチェーンにおける中核企業の識別 - 日本全国の企業間取引データへの適用 -

\*鹿野 英明<sup>1</sup>、小川 芳樹<sup>1</sup>、ジュ スヒョン<sup>2</sup>、関本 義秀<sup>1</sup> (1. 東京大学、2. Hongik University)

---

[P1-18]

都市域における洪水流出・浸水解析を目的とした地物データGISの構築手法について

\*天口 英雄<sup>1</sup> (1. 東京都立大学)

---

[P1-19]

住宅ストックに関する政府統計のDXフレンドリーなデータフォーマットの検討

\*秋山 千亜紀<sup>1</sup>、秋山 祐樹<sup>2</sup>、杉田 暁<sup>3</sup> (1. 麗澤大学、2. 東京都市大学、3. 中部大学)

---

[P1-20]

犯罪発生に関わる人間の空間移動パターン

— 仙台都市圏において発生した街頭犯罪に着目して —

\*平間 一樹<sup>1</sup>、矢部 直人<sup>2</sup>、横田 賀英子<sup>1</sup>、大塚 祐輔<sup>1</sup>、古橋 健悟<sup>1</sup>、渡邊 和美<sup>1</sup> (1. 科学警察研究所、2. 東京都立大学)

---

[P1-21]

人口減少期におけるコンパクトシティ施策の評価

\*巻木 雅月<sup>1</sup>、安田 昌平<sup>2</sup> (1. 慶應大学、2. 日本大学)

---

[P1-22]

口コミ情報に基づく住環境の評価

\*小谷木 英資<sup>1</sup>、直井 道生<sup>1</sup>、河端 瑞貴<sup>1</sup> (1. 慶應義塾大学)

---

[P1-23]

## Heterogeneous Datasets-based Federated Learning for Global Road Damage Detection

\*Shubham Kumar Dwivedi<sup>1</sup>, Deeksha Arya<sup>2</sup>, Yoshihide Sekimoto<sup>2</sup> (1. Department of Civil Engineering, The University of Tokyo, 2. Centre for Spatial Information Science, The University of Tokyo)

---

[P1-24]

アート・クリエイション・ツールとしてのGISの可能性について

\*藤本 悠<sup>1</sup> (1. 芸術文化観光専門職大学)

[P1-25]

LiDAR取得点群の欠損部を考慮したVoxelデータ作成手法の検討

\*南 幸弘<sup>1</sup>、新名 恭仁<sup>1</sup> (1. アジア航測株式会社)

[P1-26]

自治会における直感的に操作可能な電子回覧板システムの構築

\*高根沢 健太<sup>1</sup>、山本 佳世子<sup>1</sup> (1. 電気通信大学)

[P1-27]

小型2次元レーザスキャナと画像認識技術を用いた時空間解像度の高い歩行軌跡の検出手法：大学病院の集中治療部におけるケーススタディ

\*沖 拓弥<sup>1</sup>、仙頭 佳起<sup>1</sup>、山中 理沙<sup>1</sup>、野坂 宜之<sup>1</sup>、野口 綾子<sup>1</sup>、海塩 渉<sup>1</sup>、若林 健二<sup>1</sup> (1. 東京科学大学)

[P1-28]

特殊詐欺の時空間分析－被害過程に注目して

\*島田 貴仁<sup>1</sup> (1. 科学警察研究所)

[P1-29]

深層学習を用いた開発適地の自動抽出技術の開発

\*寺田 遣都<sup>1</sup>、山野寺 瞭太<sup>1</sup>、堀内 仁<sup>1</sup>、秋山 祐樹<sup>1</sup>、林 浩司<sup>2</sup>、桜井 富士夫<sup>2</sup>、折出 康輔<sup>2</sup> (1. 東京都立大学、2. (株) オオバ)

[P1-30]

大規模鉄道駅構内の経路探索時における視線行動と迷い状態の関係について

\*山本 さつき<sup>1</sup>、沖 拓弥<sup>1</sup> (1. 東京科学大学)

[P1-31]

ゲーミフィケーションによる地域活性化やツーリズムの整理とナビゲーションスポーツの応用による地図表現の変化と理解

\*和田 真由子<sup>1</sup>、藤田 直子<sup>1</sup>、嶋田 珠々<sup>1</sup>、ハンセン マックス<sup>1</sup>、周 楊<sup>1</sup> (1. 筑波大学 人間総合科学学術院人間総合科学研究群 芸術学学位プログラム)

[P1-32]

人流データを用いたコロナ禍における公園利用へ影響評価

\*山岡 航大<sup>1</sup>、杉本 賢二<sup>1</sup>、米澤 剛<sup>1</sup> (1. 大阪公立大学院工学研究科)

[P1-33]

オープンデータを用いた静岡県東部伊豆地域における土砂災害可能性マップの作成

\*和田 莉央<sup>1</sup>、麦島 好美<sup>1</sup>、岸本 真理子<sup>1</sup>、武田 巧達<sup>1</sup>、金子 桃花<sup>1</sup>、鈴木 雄介<sup>2</sup>、古長谷 稔<sup>3</sup>、中江 章喜<sup>3</sup>、鈴木 静男<sup>1</sup> (1. 沼津工業高等専門学校、2. 株式会社STORY、3. IZAIJU合同会社)

[P1-34]

平均寿命と健康寿命の地域差とその要因

\*松本 直樹<sup>1</sup>、河端 瑞貴<sup>1</sup>、直井 道生<sup>1</sup>、森岡 渉<sup>2</sup>、今中 雄一<sup>3</sup> (1. 慶應義塾大学、2. ソールズベリー大学、3. 京都大学)

---

[P1-35]

東京23区における賃貸オフィスビルストックの地域性と経年変化

\*松尾 和史<sup>1</sup>、堤 盛人<sup>2</sup>、今関 豊和<sup>3</sup> (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、3. 株式会社オフィスビル総合研究所)

---

[P1-36]

GIS-Based Life Cycle Assessment of Carbon Emissions in Urban Renewal Projects

\*Jiuli Zhang<sup>1</sup>、Wanglin Yan<sup>1</sup> (1. Keio Univ.)

---

[P1-37]

国内の主要なCO<sub>2</sub>排出源の空間分布: 「温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度」の公開情報を用いた空間分析

\*鶴見 隆太<sup>1</sup>、吉田 崇紘<sup>2</sup> (1. 日建設計総合研究所、2. 東京大学)

---

## ポスター発表

📅 2024年10月26日(土) 13:00 ~ 13:50 📍 会場(ハイブリッドスペース)

**[P1] ポスター発表 #1****[P1-01] スマート街灯データの都市防災計画への応用可能性に関する考察**

\*岸本 まき<sup>1</sup> (1. 東京科学大学)

キーワード：都市防災計画、スマートシティ、街灯、IoT

世界各国でデジタル技術を活用したスマートシティ・プロジェクトへの取り組みが活発化している。これにより、都市に関する様々なリアルタイムデータが取得可能となっており、都市計画への活用が期待されている。

本稿では、人流計測カメラや環境センサー等を備えた次世代都市インフラであるスマート街灯 (Smart Lamppost) に着目する。具体的には、まず、スマート街灯の設置事例やその活用方法について調査する。その上で、香港政府が提供する交通量や大気質などのオープンデータなどを例に、都市防災計画への適用可能性について検討する。

## ポスター発表

📅 2024年10月26日(土) 13:00 ~ 13:50 📍 会場(ハイブリッドスペース)

**[P1] ポスター発表 #1****[P1-02] 適応分野におけるGreen Climate Fundの気候資金獲得国の特徴**

\*渡邊 学<sup>1</sup>、藤田 将行<sup>1</sup> (1. blue and tech株式会社)

キーワード：Green Climate Fund、気候資金、気候変動適応、開発途上国支援

世界全体の喫緊の課題である気候変動への適応に関し、開発途上国に対する支援策の一つである気候資金について、基金規模が最大のGreen Climate Fund (GCF) を対象に、適応分野における資金配分状況の調査を行った。GCFの資金獲得国や、国ごとの気候変動への脆弱性を示すノートルダム気候変動適応指標 (ND-GAIN)、国の経済的豊かさを測る指標であるGNI等のデータを用い、GISを利用して資金獲得国の特徴を分析した。GCFでは、開発途上国の中でも特に脆弱性が高いとされる後発開発途上国 (LDCs) や小島嶼開発途上国

(SIDS)、アフリカ地域へ適応に関する資金の半分以上を配分することを目標としておりこの点は達成されているものの、アフリカ地域などで極めて脆弱性が高い複数の国において資金を獲得できていないことが明らかになった。GCFでは、脆弱国へ適応資金の半分以上を配分する目標は達成されているが、極めて脆弱な国を支援するという点では課題が残されていることが示唆された。

観光名所の特徴と訪問者の行動嗜好との関係を解明する  
- 箱根における人流データを用いた深層学習とクラスタリング分析の事例研究

史 健豪\*・嚴 網林\*\*

## Uncovering the Relationship Between Tourist Attraction Features and Visitor's Behavior Preferences:

- A Case Study of Deep Learning and Clustering Analysis with People Flow Data in Hakone

Jianhao Shi\*, Wanglin Yan\*\*

**Abstract:** People flow and trajectory data provide key insights into policy adjustments and economic optimization, especially when combined with spatial information. However, research on this issue is yet limited because of the data availability. This study explores the relationship between the spatial features of tourist attractions and visitor spatiotemporal behavior preferences in Hakone Town. By employing a deep learning model with K-means clustering to high-density personnel flow data, the behavior patterns of tourists were identified first. These patterns were connected to the spatial characteristics of the town with LSTM (Long Short Term Memory) algorithm. The results show significant spatiotemporal differences in visitor behavior across various sightseeing spots of the town, with varying staying times and path complexities based on behavior preferences.

**Keywords:** 観光(Tourism), 時空間行動(Spatiotemporal behavior), 深層学習(Deep learning), クラスタリング(Clustering, Hakone), LSTM, K-means

### 1. Introduction

Understanding people flow and trajectory data is crucial for urban planning, transportation, and tourism as it reveals movement patterns and helps optimize resource allocation (Sugimoto 2017). In tourism, real-time data offers a more accurate depiction of visitor interactions with attractions compared to traditional surveys (Eiji HATO et al. 2002).

Advances in data mining, including clustering and classification, have uncovered patterns that enhance decision-making (Sevtsuk 2020). Deep learning further improves this analysis by predicting movement trends and allowing for dynamic adjustments. Building on studies like Reades et al. (2007) and Rong et al. (2024), this study uses deep learning and clustering techniques to analyze high-density people flow data in Hakone, Japan. By combining these methods, the study identifies spatiotemporal patterns in tourist behavior, offering insights to enhance tourism management and visitor experience.

### 2. Research Methodology

#### 2.1. Data Collection

Two primary data sources were used: people flow data and survey data. People flow data included user ID, time, location, speed, and movement status, detailing tourists' spatiotemporal behavior. Survey data provided demographic information such as gender, birth year, and job type.

#### 2.2. Data Preprocessing

Data preprocessing involved cleaning to remove duplicates and errors, standardizing formats for user IDs and timestamps, and ensuring consistency across data points. This step ensured data quality. Post-preprocessing, K-means and ST-DBSCAN algorithms were used to identify tourist behavior patterns, ensuring robust clustering analysis.

#### 2.3. Feature Extraction

Key features like total distance, stops, average speed, and time differences were extracted from people flow data to capture travel dynamics. Categorical survey data were converted into dummy variables to incorporate demographic factors into the analysis, enhancing the understanding of visitor behaviors.

#### 2.4. Clustering Analysis

K-means and ST-DBSCAN clustering techniques categorized tourists, identifying hotspots and behavior patterns in Hakone. K-means provided basic segmentation based on movement patterns, while ST-DBSCAN detected nuanced patterns considering spatial and temporal data aspects.

#### 2.5. Trajectory Recognition and Interpretation

The LSTM algorithm modeled movement trajectories to analyze tourist flow and behavior patterns. ArcGIS Pro visualized key paths and examined temporal aspects like peak times and stay durations. Integrating deep learning with traditional methods provided a robust framework for understanding tourist behavior, revealing significant spatiotemporal differences across Hakone's attractions.

\* 学生会員 慶應義塾大学政策・メディア研究科 (Keio University) [jhshi@keio.jp](mailto:jhshi@keio.jp)

\*\* 正会員 慶應義塾大学環境情報学部 (Keio University) [w\\_yan@keio.jp](mailto:w_yan@keio.jp)

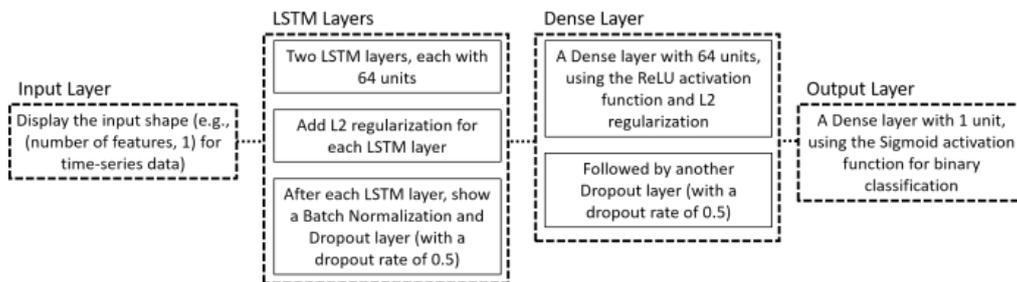


Figure 1 Model Architecture Diagram

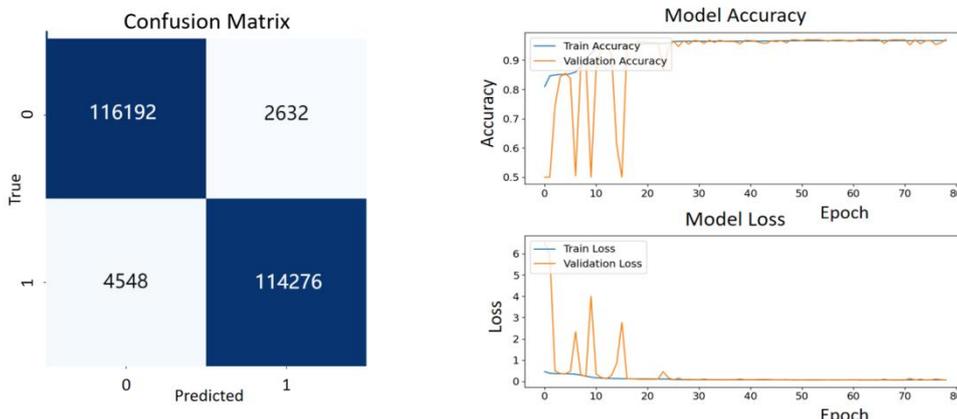


Figure 2 Confusion Matrix and Training Curves

### 3. Case Study

#### 3.1. Study Area

Hakone, a renowned tourist destination in Japan, is famous for its hot springs, natural beauty, and historical sites. This case study focuses on analyzing the spatiotemporal behavior of tourists in Hakone using people flow data.

#### 3.2. the Results of Data Processing

Data processing involved key steps to ensure accuracy: data cleaning addressed missing points, while standardization ensured consistency. Key features such as travel distance, stops, speed, and time differences were extracted.

Figure 2 demonstrates the LSTM model's high accuracy in classifying tourists, which is crucial for efficient real-time resource allocation. The training and validation curves indicate that the model avoids

overfitting and underfitting, showcasing its robustness and ability to generalize well across different datasets. These results are foundational to the study's success in accurately modeling tourist behavior patterns, forming the basis for the subsequent clustering analysis.

Here are some features of the tourists. Figure 3 presents the distribution of visitors by age group and job type, with a log-scaled count to highlight differences across age ranges. The data shows that visitors from different job sectors (e.g., business, healthcare, students) have varied presence across age groups, with a notable concentration in the 31-50 age range. Younger visitors (under 30) and retirees (over 60) have fewer visits. These patterns suggest a need for adaptive resource management, focusing on peak visitor demographics and their corresponding service needs.

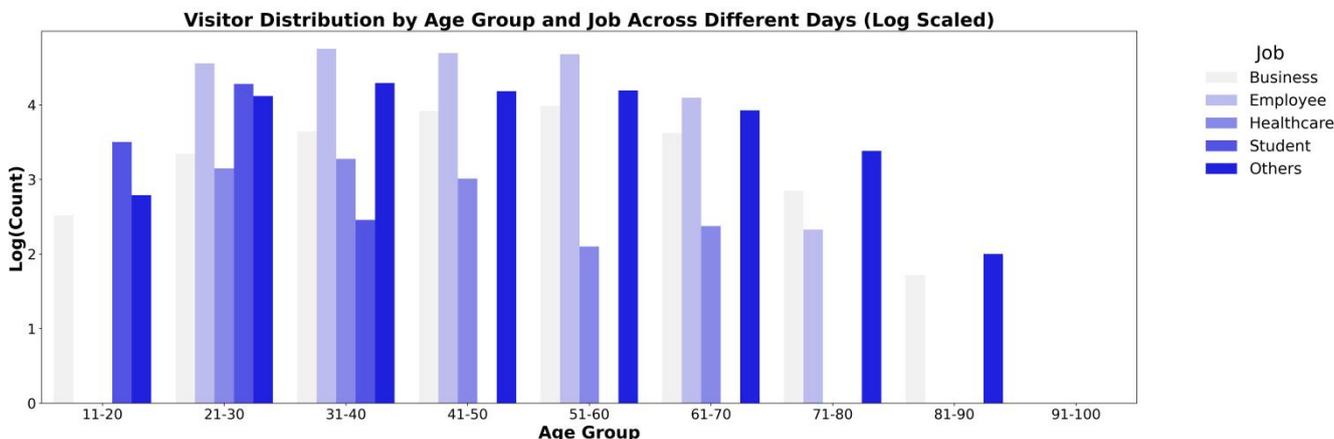
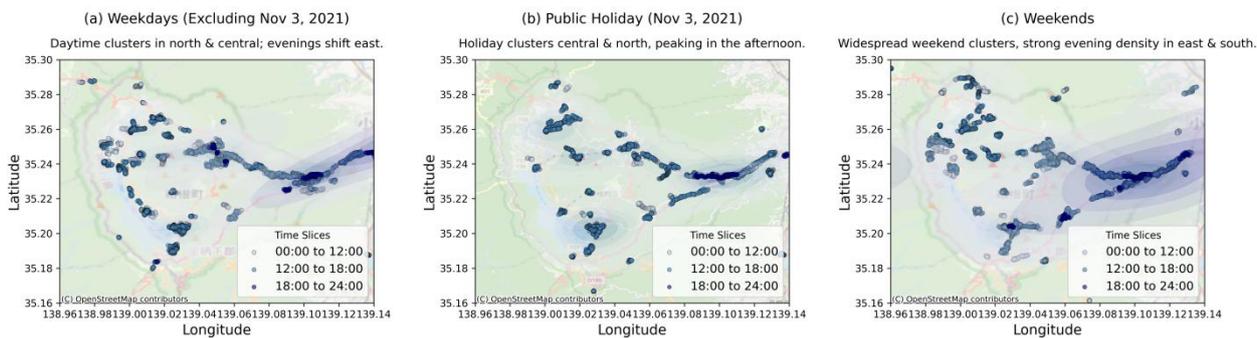


Figure 3 Visitor Distribution by Age Group and Job Across Different Days



**Figure 4 Clustering Results Across Different Time Periods**

### 3.3. the Results of Clustering Analysis

The clustering analysis, as illustrated in figure 4, provides a comprehensive overview of the spatial and temporal distribution of tourists in Hakone across different time periods: weekdays, public holidays, and weekends.

- **Weekdays (Excluding November 3, 2021):**

On weekdays, the distribution of tourists is more dispersed throughout the day. In the morning (00:00 to 12:00) and afternoon (12:00 to 18:00), tourist clusters are primarily concentrated in the northern and central regions. This concentration can be attributed to the appeal of popular attractions such as the Lalique Museum, Pola Museum of Art, Hakone Open-Air Museum, Okada Museum of Art, and Hakone Gōra Park. These sites often open early and offer unique cultural and artistic experiences that draw visitors looking to explore during the quieter morning and afternoon hours. For example, the Hakone Open-Air Museum is known for its extensive sculpture gardens, which are best enjoyed in daylight, while the Okada Museum of Art features extensive collections of Japanese, Chinese, and Korean art, attracting art enthusiasts throughout the day. Additionally, the Lalique Museum and Pola Museum of Art often host special exhibits that are particularly attractive to tourists interested in art and design, further explaining the higher density of visitors in these regions during earlier parts of the day. Moreover, the proximity of business districts may attract visitors for both leisure and work purposes, contributing to increased tourist activity during working hours.

In contrast, in the evening (18:00 to 24:00), tourist clusters shift noticeably towards the eastern region. Higher density areas (darker blue) show a concentration of tourists. This pattern is mainly due to attractions designed for nighttime experiences. The Hakone Kowakien Yunessun hot spring theme park offers a unique opportunity for nighttime bathing. Visitors can relax in hot springs under the stars, attracting both local and international tourists. Similarly, the Hakone Venetian Glass Museum is famous for its evening illuminations. The glass artworks and gardens are beautifully lit, creating a magical atmosphere. These evening-specific attractions draw tourists looking for unique nighttime activities. So recognizing these patterns is essential for planning evening events and effectively allocating resources, such as security and vendors, to accommodate

the increased evening footfall and enhance all the visitor experience.

- **Public Holiday (November 3, 2021):**

On public holidays, tourists are primarily concentrated in the central and northern regions, especially during the afternoon and evening. This pattern may be influenced by seasonal events or holiday-specific attractions that are organized in these areas. For instance, cultural festivals or special exhibits might draw large crowds. Recognizing these seasonal trends allows managers to prepare in advance, ensuring adequate staffing and facilities to accommodate the surge in visitors. This pattern indicates that certain attractions in these areas are more popular during holidays, likely due to special events or the appeal of specific sites. The high concentration of tourists in the afternoon and evening underscores the need for effective management strategies to accommodate increased visitor numbers.

- **Weekends:**

During weekends, the distribution of tourists is similar to that on public holidays but over a broader area, including the eastern and southern parts of Hakone. The significant increase in tourist density during the evening, particularly on weekends, suggests a rise in evening activities due to extended leisure time and night-specific attractions such as illuminated parks and nightlife entertainment. For future management strategies, this insight indicates a potential need for extended operational hours and enhanced lighting and safety measures to accommodate evening visitors and ensure their safety and comfort. The wider distribution highlights the importance of adaptive resource management strategies to handle varying levels of visitor traffic.

In addition to showing where tourists are concentrated during different times and periods, these figures provide crucial insights into how tourism managers can optimize resource allocation. For example, understanding that tourists are more concentrated in the eastern region in the evenings on weekdays can lead to targeted evening events and adequate staffing in these areas to handle the influx. Similarly, the broader distribution of tourists on weekends also suggests the need for widespread management efforts, ensuring that less crowded areas are adequately prepared to receive visitors.

### 3.4. Trajectory Recognition and Interpretation

The trajectory analysis using the LSTM model

complements the clustering results. On weekdays, diverse movement patterns are observed, with a significant shift from central to eastern areas in the evening. This shift indicates opportunities for targeted marketing and event planning to encourage evening visits to less crowded areas. During public holidays and weekends, tourist trajectories are more concentrated in the central and northern regions, especially in the afternoon and evening. Recognizing these peak times can help in scheduling events and deploying staff more effectively. The broader spread of trajectories over the weekends, particularly towards the east and south, suggests a need for adaptive management strategies that allocate resources dynamically, depending on real-time data on visitor movements.

#### 4. Conclusion

This study demonstrates that integrating deep learning with clustering analysis provides valuable insights into tourist behavior in Hakone. Cluster results reveal distinct spatiotemporal patterns in visitor distribution across different times and days, emphasizing the need for dynamic management strategies.

This study's findings provide actionable insights for tourism management in Hakone and similar destinations. Specifically, the identification of high-density tourist areas during different times can inform the deployment of staff and resources. For example, on weekdays, additional staff and services could be allocated to the eastern region in the evenings to manage higher tourist concentrations effectively. On weekends and public holidays, a broader approach is needed, with management strategies focusing on both central hotspots and peripheral areas to accommodate the wider spread of visitors.

Furthermore, these findings suggest that tourism managers could implement dynamic pricing strategies or event programming tailored to observed visitor patterns, optimizing both the visitor experience and operational efficiency. By leveraging high-density flow data and advanced analytics, destinations can better support sustainable development and enhance visitor satisfaction through informed decision-making.

#### 謝辭 Acknowledgement

I sincerely thank Professor Yan for his invaluable guidance and support throughout this research. His expertise and mentorship were instrumental in shaping the direction of this study and ensuring its successful completion. I am also deeply grateful to Sihan Hao for his insightful feedback and constructive suggestions, which significantly enhanced the quality of this work. Additionally, I extend my heartfelt thanks to all the members of the EcoGIS Lab for their continuous assistance and encouragement. Their collaborative spirit and technical support have been a great source of motivation and have greatly contributed to the development of this project. Finally, I would like to thank my family and friends for their unwavering support and understanding throughout the duration of my research.

#### References

- Eiji HATO et al. Incorporating mental map approach into city-round trip analysis. 2002.
- Takashi Seike, Hiroya Mimaki, Yoshiko Morita. A Study on Regional Evaluation Models Using Mobile Spatial Statistics for Kashiwa City and Yokohama City. *Journal of Technology and Design, Architectural Institute of Japan*. 2015, vol. 21, no. 48, pp. 821-826.
- Sevtsuk, Andres, Basu, Rounaq, Li, Xiaojiang, Kalvo, Raul. A big data approach to understanding pedestrian route choice preferences: Evidence from San Francisco. *Travel, behaviour & society*. 2021, vol. 25, p. 41-51.
- Kōun Sugimoto. Temporal and Spatial Characteristics of Day Trips and Leisure Activities of Young People in the Tokyo Metropolitan Area: An Analysis Using Large-scale Human Flow Data. *Geographical Space*. 2017, vol. 10, no. 2, pp. 51-66.
- Sevtsuk, Andres. *Street Commerce: Creating Vibrant Urban Sidewalks*. First edition, Philadelphia, University of Pennsylvania Press, 2020, 1 - 240p., ISBN0812252209.
- Reades, J., Calabrese, F., Sevtsuk, A., Ratti, C. Cellular Census: Explorations in Urban Data Collection. *IEEE pervasive computing*. 2007, vol. 6, no. 3, p. 30-38.
- Rong, Can, Ding, Jingtao, Li, Yong. An Interdisciplinary Survey on Origin-destination Flows Modeling: Theory and Techniques. *ACM computing surveys*. 2024.
- Rong, Can, Ding, Jingtao, Liu, Zhicheng, Li, Yong. Complexity-aware Large Scale Origin-Destination Network Generation via Diffusion Model. *arXiv.org*. 2023.

# 大阪市における水害を対象としたリスクの可視化と分布特性に関する研究

武田智喜\*・米澤剛\*\*・杉本賢二\*\*

## Risk Visualization and Spatial Distribution Characteristics for Flooding in Osaka City, Japan

Tomoki Takeda\*, Go Yonezawa\*\*, Kenji Sugimoto\*\*

**Abstract:** In light of the growing threat of flooding, flood risk analysis is necessary for disaster prevention. Flood risk requires consideration of not only the scale of the natural phenomenon but also the characteristics of the affected city. However, there are few examples of risk analysis in Japan. Based on this, we calculated and visualized flood risk using multiple models to evaluate the substitutability and applicability of each model. In this study, flood risk was assessed for Osaka City, and data weighting was performed the Analytic Hierarchy Process (AHP) and machine learning. While the distribution characteristics of flood risk varied significantly depending on the model structure, the differences in distribution due to weighting methods were minimal. This result suggests that the weighting methods are interchangeable, and it is expected that further insights on the applicability of model structures can be obtained by applying this study to other regions.

**Keywords:** GIS, 水害, リスク, 防災, 大阪市

### 1. はじめに

近年の気候変動に伴う豪雨災害の激甚化・頻発化や台風の襲来といった水害の脅威が増大している現状に対して、行政機関は限られた資源の中で防災・減災対策を講じなければならない。そのため、我が国における水害被害低減のための意思決定に資する水害リスクの分析が必要であると考えられる。ここで、IPCC 第5次報告書(Field et al., 2014)が示されて以降、都市における災害のリスクは、災害を誘発する自然現象の存在と、被害を受ける都市の特性との相互関係によって決定されると一般的に考えられており、この概念に基づいたリスク分析が世界中で数多く行われてきた。しかしながら、上記の概念的枠組みを共有していたとしても、使用されるモデルや指標に一貫した定義がなく研究によって様々であることが課題として考えられる。

我が国では水害におけるソフト面の対策として、全国の自治体でハザードマップの整備が進められている。ハザードマップでは浸水想定区域とともに避難所や避難経路等の情報も記載されているため、一定の防災計画を考えることができるが、複合的な災害が生じる場合や将来的な社会情勢の変化を考慮した防災計画を考える点には不十分であると考えられる。

以上を受けて本研究では、既往研究で散見される複数の手法によって日本の都市における水害リスクを分析することで、その適用可能性を比較・検討することを目的とする。また本研究では、近年整備が進んでいるオープンデータを用いるため、分析の汎用性が期待できる。

### 2. 研究方法

災害リスクモデルは一般に、災害の脅威度を表

\* 学生会員 大阪公立大学大学院工学研究科 sj24232f@st.omu.ac.jp

\*\* 正会員 大阪公立大学大学院工学研究科

すハザード、被害を受ける都市の特性を表す脆弱性と曝露を下位指標として、それらを掛け合わせる総乗モデルや重みを付けて足し上げる加重モデルで算出される。前者のモデル構造はリスクを独立事象の確率のように非線形的に扱い、後者のモデル構造は非線形モデルに対数を取ることによって線形変換することができるという考えのもとでリスクを線形的に扱っている。このようなリスクモデルとGISを組み合わせることで災害リスクの分布を可視化する研究が行われており、Mitra et al.(2022)では総乗モデルで分析し、Zhao et al.(2023)では加重モデルで分析している。

リスク分布の可視化に関する研究の課題としては、上記のように使用するモデル構造の相違だけでなく、脆弱性と曝露の解釈が異なり、その指標に分類される要素が一様でないことが挙げられる。したがって、本研究では、ハザードに相当する災害を誘発する自然現象の存在やその規模を災害誘因、脆弱性や曝露に相当する被害を受ける都市の特性を災害素因と定義し、水害リスクモデルを以下のように表す。

$$R = T \times P \quad (1)$$

$$R = w_T T + w_P P \quad (2)$$

$$T = \sum_{i=1}^n t_i T_i, P = \sum_{j=1}^n p_j P_j \quad (3)$$

ここで、 $R$  はリスクを表し、 $T$  は災害誘因指標、 $P$  は災害素因指標であり、 $w_T, w_P$  はそれぞれ災害誘因指標および災害素因指標の重みを示す。そして、 $T_i, P_j$  は災害誘因と災害素因の構成要素であり、 $t_i, p_j$  は災害誘因構成要素と災害素因構成要素の重みを表す。

また、重み付けに関しては複数の既往研究で確認された以下2つの手法を用いて行う。1つ目は

要素の一対比較による階層分析法 (Analytic Hierarchy Process; AHP) である。これは複数の評価基準に基づいて意思決定を行う際の主観的な判断を数値化する手法として、Saaty(1977)によって提唱された。2つ目は機械学習 (Machine Learning; ML) による重み付けである。これは AHP の主観的な手法とは異なり、データから客観的に重みを決定できるという点で近年注目されている。本研究では Zhao et al. (2023) を参考に Random Forest (RF) を用いた。

また、空間データの分布特性を定量的に示すために、空間的自己相関を表現する手法である Global Moran's I と Local Moran's I を GeoDa によって算出・可視化した。

### 3. 対象とデータ

本研究では、他地域への適用可能性や分析の容易性を考慮して、表1に示すデータを用いて分析を行った。その内、浸水想定区域のデータを災害誘因構成要素、その他のデータを災害素因構成要素とし、QGISを用いて200mのメッシュデータに統一した。また、QGISで可視化されたデータについては、自然分類(Jenks)に基づき5段階に分類し、単位の異なるデータを用いることからモデルを適用する際にデータを正規化する。

そして本研究では、水害に対して不利な条件を持つ大阪府大阪市を対象に分析を行う。また、リスクモデルは(1)式および(2)式の2通り、重み付け手法はAHPとRFの2通りを用いて計4通りの手法で水害リスクを算出・可視化し、その比較を行う(図1)。

表1 使用データ一覧

データ名	年度	出典
洪水浸水想定区域 (河川単位) 第4.0版	2021年	国土数値情報
高潮浸水想定区域 第1.1版	2021年	国土数値情報
鉄道 第3.1版	2022年	国土数値情報
人口及び世帯	2022年	e-Stat
人口移動、就業状況等及び従業地・通学地	2022年	e-Stat
年齢(5歳階級, 4区分)別、男女別人口	2022年	e-Stat
指定緊急避難場所の全国データ	2023年	国土地理院
VIIRS Nighttime Day/Night Band Composites Version 1	2023年	Colorado School of Mines

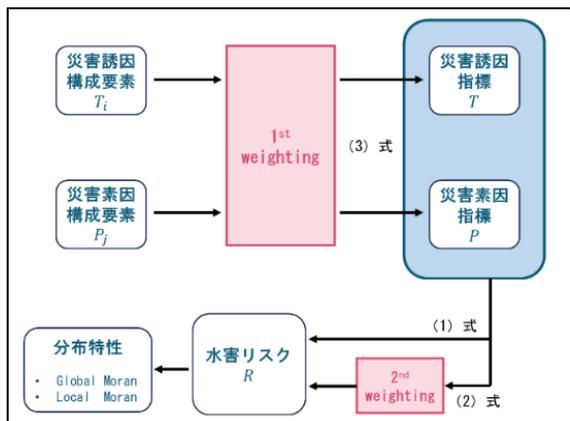


図1 研究の流れ

### 4. 結果と考察

表2に重み付けの結果を示す。災害誘因構成要素に関しては分析手法による顕著な差は見られず、災害素因構成要素に関しては「居住人口」と「避難所過疎度」の項目で差が見られたが、そのほかの項目では概ね類似の結果となった。また、指標における重みも分析手法による顕著な差はなかった。以上より、主観的重み付け手法であるAHPの代替として、客観的重み付け手法であるRFの適用可能性が示唆される。

図2, 3に算出した災害誘因指標と災害素因指標をそれぞれ示す。災害誘因指標について、両者ともに淀川周辺で最も脅威度の高い「high」をとり、続いて沿岸部や大和川沿岸地域に「high-middle」が確認できるように類似した結果となった。災害素因指標について、両者ともに内陸部および咲州に「high」や「high-middle」が散見されるように類似した結果となった。以上より、災害誘因指標お

よび災害素因指標の算出において、重み付け手法の相違が及ぼす影響は小さいことが考えられる。

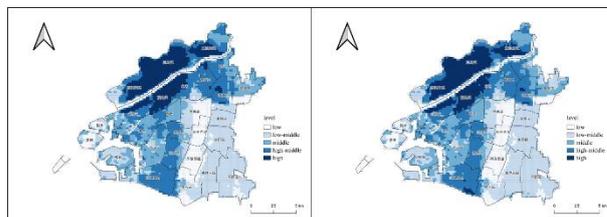


図2 災害誘因指標  
(左：AHP, 右：RF)

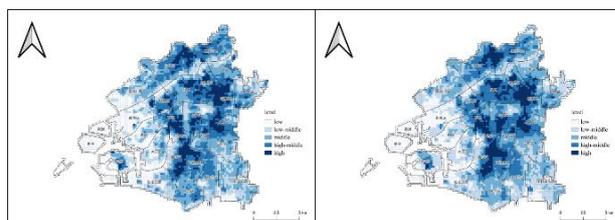


図3 災害素因指標  
(左：AHP, 右：RF)

図4に4通りの手法で算出した水害リスクマップを示す。この図より、水害リスクの分布は重み付け手法の違いによる影響は小さく、リスクモデルの違いによる影響が大きいことが確認できる。ここで、モデルによるリスク分布を比較すると、「加重和法」では市内北部の淀川沿岸地域だけでなく沿岸部や南部の大和川沿岸地域においても「middle」以上のリスクが見られるが、「総乗法」では淀川周辺地域に高リスク地が集積し、沿岸部や大和川沿岸地域に「low-middle」以下のリスクが広がっていることが確認できる。

表2 重み付け結果

指標	$w_{T AHP}$	$w_{T RF}$	$T_i$	$t_{i AHP}$	$t_{i RF}$
災害誘因 (T)	0.435	0.305	淀川	0.358	0.281
			大和川	0.155	0.180
			神崎川	0.128	0.151
			寝屋川	0.072	0.104
			高潮	0.286	0.284
指標	$w_{P AHP}$	$w_{P RF}$	$P_j$	$p_{j AHP}$	$p_{j RF}$
災害素因 (P)	0.565	0.695	居住人口	0.303	0.177
			避難困難者	0.147	0.146
			避難所過疎度	0.067	0.133
			緊急道路不足度	0.156	0.147
			鉄道密度	0.184	0.201
			夜間光	0.143	0.196

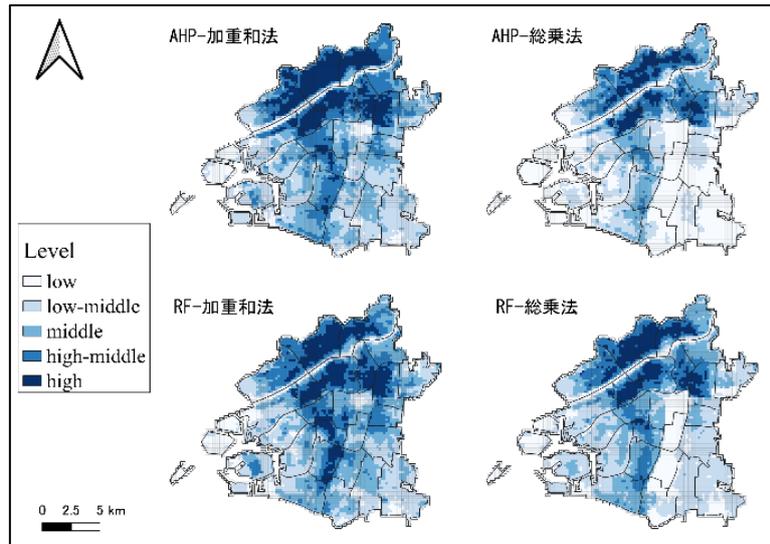


図4 水害リスクマップ

Global Moran's I の値はいずれの分析手法においても 0.87 程度の値をとった。これより、大阪市における水害リスクは高い集積傾向にあり、その程度は分析手法によらずおおよそ同じであるといえる。

Local Moran's I の結果を地図上に可視化したクラスターマップを図5に示す。リスクのホットスポット (HH) の分布はいずれの分析手法においても類似した結果となったが、「RF-加重和法」では他3つで無相関 (N.S.) とされている地域においても確認される。また、クールスポット (LL) の分布は、いずれも沿岸部の居住人口が少ない地域に集積する結果は類似しているが、大阪市東南部において、加重和法による結果では一部地域が断続的に分布していることに対して、総乗法による結果では大部分の地域が連続的に分布していることが確認できる。

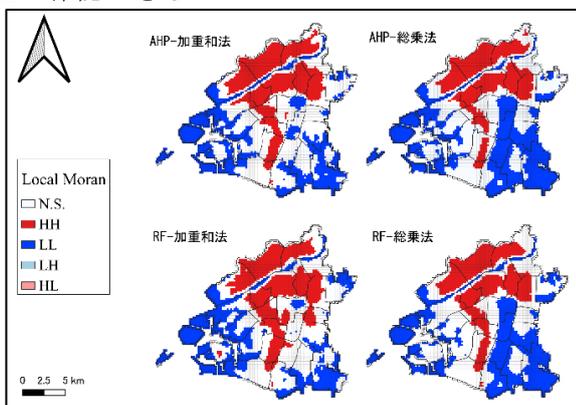


図5 クラスターマップ

## 5. おわりに

本研究では、大阪市における水害リスクの算出・可視化を試みた。その結果、RFによる重み付けの適用可能性が示唆され、モデル構造の違いによる水害リスク分布の差異を示すことができた。本研究の汎用性を検証するために、他の都市についてさらに検証する必要がある。また、日本都市に適用する際、使用するデータの制約や枠組みの構築が課題として考えられる。

## 参考文献

- Field, C.B. et al.(2014) Climate change 2014: impacts, adoption and vulnerability. *IPCC Fifth Assessment Report*.
- Mitra, R., Saha, P., Das, J.(2022) Assessment of the performance of GIS-based analytical hierarchical process (AHP) approach for flood modelling in Uttar Dinajpur district of West Bengal, India. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, **13**.
- Saaty, T.L.(1977) A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of mathematical psychology*, **15**.
- Zhao, H., Gu, T., Tang, J., Gong, Z., Zhao, P.(2023) Urban flood risk differentiation under land use scenario simulation. *iScience*, **26**.

# 鉄道網による移動時間短縮を考慮した都市の人口分布の集積性の評価

神崎達也\*・嚴先鏞\*\*・鈴木勉\*\*\*

## Assessment of the agglomeration of urban population distribution considering the reduction of travel time by rail network

Tatsuya Kanzaki\*, Sunyong Eom\*\*, Tsutomu Suzuki\*\*\*

### Abstract

Urban compactness is being promoted in many parts of the world, and the promotion of travel by public transportation is positioned as a particularly important policy. Public transportation networks themselves also have the function of making cities more compact by reducing travel time between stations. In this study, we analyze the impact of railroad networks on the compactness of population distribution in major cities around the world with well-developed railroad networks. Specifically, we calculate the travel time between each mesh within a city using only the road network and both the road and rail networks, and calculate the Moran coefficient, which expresses the total travel time and the agglomeration of population distribution. Referring to previous studies, the calculations are performed assuming a travel speed of 30 km/h on the road network and 60 km/h on the rail network.

**Keywords:** 鉄道網 (railway), 人口分布 (population distribution), 空間的自己相関 (spatial autocorrelation)

## 1. はじめに

### 1.1 背景

都市機能を集約させた拠点とそれを結ぶ公共交通のネットワークを整備する「コンパクト+ネットワーク」の都市構造が推進されている。コンパクトな都市では、市街地が小さくまとまっているため必要な移動時間が小さくなるが、交通ネットワークの整備によって都市をコンパクトにする効果がさらに大きくなることが期待できる。

### 1.2 既往研究

Tsai(2005)はマクロで都市形態を定量的に評価するために規模、密度、活動の不均等さを表すジニ係数、集中や分散を表すモラン係数を用いることを提案した。Torrens(2008)はオースティンにおいてスプロール現象測定の基準として、都市の成長、密度、アクティビティ、断片化指標、分散化指標、アクセシビリティ指標について求め、分散化についてはグローバル・ローカルの両方の側面から分析を行った。一方公共交通網と人口分布の関連性についての研究も多く存在しており、例えば安ら(2017)は連携度と

いう独自の指標を用いて市街地と公共交通の結びつきを評価した。しかし公共交通網による時間短縮効果が空閑指標にどのような影響を与えるのかを定量的に示した研究は少ない。そこで本研究では世界の主要都市を対象として、スプロール現象の指標としてよく用いられている人口の空間的自己相関指標を表すモラン係数が、鉄道網によってどのように変化するかを分析する。

## 2. 使用データと分析手法

### 2.1 分析指標

人口の集積を表す指標としてグローバルモラン係数(Global Moran's I)を提案している。モラン係数は基本的に-1から1までの値をとり、値が高いほど人口が集積していることを示す。図1のように集積しているほどモランは高い値をとる。

$$I = \frac{n}{\sum_i \sum_j w_{ij}} \times \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (p_i - \bar{p})(p_j - \bar{p})}{\sum_i (p_i - \bar{p})^2} \quad (1)$$

$n$ : メッシュ数

$w_{ij}$ : 空間ウエイト

\* 学生会員 筑波大学大学院システム情報工学研究群 (University of Tsukuba) s2320536@u.tsukuba.ac.jp

\*\* 正会員 漢陽大学都市大学院 (Hanyang University)

\*\*\* 正会員 筑波大学システム情報系 (University of Tsukuba)

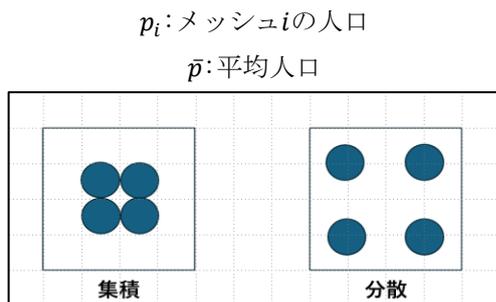


図 1 集積性について(Tsai(2005)を参考に作成)

Tsai らの研究では空間ウェイトは直線距離の逆数を用いられているが、本研究ではネットワークによる移動時間短縮効果を考慮に入れるため、移動時間の逆数を用いる

## 2.2 使用データ

人口データとして Worldpop が提供する最新の 2020 年の人口の推定データを用いる。道路データと鉄道データにおいては Open Street Map(以下 OSM)を用いる。また都市の境界については GHS が提供している Urban Centre を用いる。

## 2.3 分析手法

都市内部の各メッシュ間において、道路網のみ(鉄道なし)の移動時間と道路網と鉄道網両方(鉄道あり)を用いた移動時間を算出し、総移動時間とモラン係数を計算する。安ら(2017)を参考にし、道路網での移動速度を時速 30km、鉄道網による移動速度を時速 60km と仮定して、マルチモーダルネットワークの作成を行った。道路網については QGIS において自動車の移動を想定しており、OSM のタグから自動車が走行可能な道路を抽出した。駅についても同様にポイントデータを抽出した。鉄道網についても OSM からデータを抽出し、駅から 50m 以内にある鉄道網上の点を駅のプラットフォームとして設定した。マルチモーダルネットワークを作成したのち ArcGIS の OD コストマトリックスで各メッシュ間の移動時間を算出し、python にてモラン係数を求めた。

## 3. 分析結果

### 3.1 対象都市

本研究では鉄道網が多く通っている人口 300 万人以上の都市を対象に分析を行った。各地域の分析都市数の一覧を表 1 に記載する。

表 1 各地域の対象都市数

アジア	ヨーロッパ	アフリカ
76	11	23
北アメリカ	南アメリカ	オセアニア
12	10	2

### 3.2 モラン係数の分析結果

まずは鉄道なしのモラン係数と鉄道ありのモラン係数の散布図を表示する。図 2 より、ほぼすべての都市では鉄道網を導入したことによってモラン係数が下がっている。これは遠距離の移動のほうが移動時間短縮による恩恵をより多く受けるためである。移動時間は短縮しているが鉄道網の発達によって都市の相対的な分散化が進んでいるといえる。

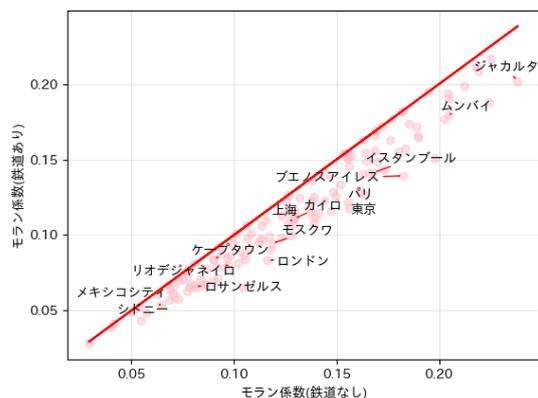


図 2 モラン係数の結果

### 3.3 地域間比較

3.2 節の結果に対してモラン係数の地域間比較を行った。道路網のみのモラン係数についてはアフリカやアジアが高い一方で、北アメリカや南アメリカで低くなっている。一方モラン係数の差はヨーロッパが大きくなっており、これはヨーロッパ地域の鉄道の充実が要因であると考えられる。

### 3.4 モラン係数と他指標との関係

鉄道あり・鉄道なしのモラン係数の差と、2 つの総移動時間の比をプロットしたものを図 3 に、鉄道延長密度(路線長÷都市の面積)と比較したものを図 4 に示す。これらの図より鉄道延長密度や総移動時間の比と、モラン係数の差には密接な関係があることがわかるが、ブエノスアイレスのように鉄道によって総移動時間が大して減少していなくてもモラン

が大きく減った例もある。

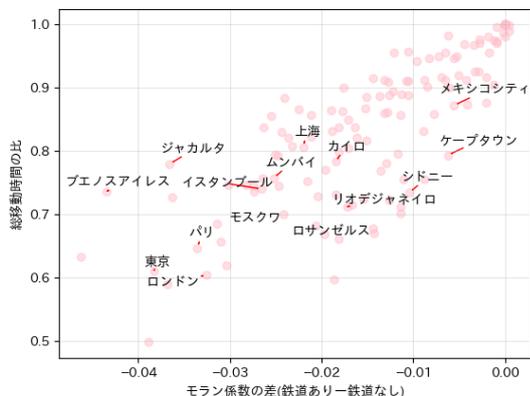


図 3 モラン係数の差と総移動時間の比

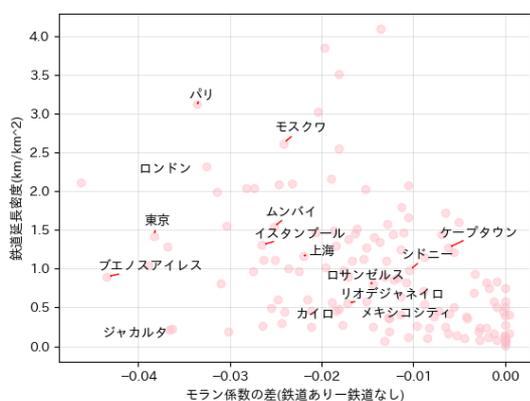


図 4 モラン係数の差と鉄道延長密度

#### 4. 特徴のある都市について

3章で特徴ある都市について、どの地点で集積性が向上しないし低下しているのかを調べるために、ローカルモラン係数(Local Moran's I)を用いた分析を行う。ここでは東京、ブエノスアイレス、モスクワ、ロサンゼルスについて分析を行う。ローカルモラン係数は以下式で定義され、自身の値と近傍の値が似通っている場合に高い値をとり、そうでない場合は低い値をとる。

$$I_i = \frac{(p_i - \bar{p})}{m_2} \sum_j^n w_{ij} (p_j - \bar{p}) \quad (2)$$

ここで  $m_2 = \sum_i^n (p_i - \bar{p})^2 / n$  は比例定数である。

##### 4.1 東京

東京は本研究の対象都市においても人口が多く、またモラン係数の差が大きいことが特徴である。図5に鉄道なしのローカルモラン係数を左に、鉄道あ

りのローカルモラン係数を中央に、鉄道ありから鉄道なしのローカルモラン係数の差をとったものを右に示す。東京都心部では人口の多い中心部で特にローカルモラン係数が高くなり、外側においても人口の少ないメッシュ同士が集まっているためローカルモラン係数が高くなる。その中間部では人口の多い地域と少ない地域が混在しているため、ローカルモラン係数が低い値をとる。鉄道ありにおいては鉄道なしと比べて、都市の中心ではローカルモラン係数の減少が特に激しいが、中間部の鉄道網付近では逆にローカルモラン係数の値が上昇している。

##### 4.2 ブエノスアイレス

ブエノスアイレスは対象都市の中でも特にグローバルモラン係数の変化が大きいことが特徴である。東京同様に都市中心部、外側で高いローカルモラン係数を、その中間部では低いローカルモラン係数を示す。差を見ても、ブエノスアイレスにおいても都市中心部から放射状に鉄道網が伸びているため、中心部で特に大きくローカルモラン係数が減少している。東京と同様中間部でローカルモラン係数が上昇しているが、東京のように鉄道網に沿って上昇しているわけではない。

##### 4.3 モスクワ

モスクワは線路密度が高い一方でグローバルモラン係数の差があまり大きくないことが特徴である。モスクワ中心部では公園が多くあり、そこでは都市中心部にも関わらず低いローカルモラン係数が見取れる。差についてみると、東京やブエノスアイレスと比較しても中心部でのローカルモラン係数の減少が少ない。一方で中間部では同様にローカルモラン係数が円状に増えており、さらにその外側では鉄道網付近でローカルモラン係数が上昇している地域も見られる。

##### 4.4 ロサンゼルス

ロサンゼルスはグローバルモラン係数の差も鉄道延長密度も大きくないことが特徴である。南西部の中心部以外はローカルモラン係数が低く、都市が分散している。差についても、中心部ではローカルモラン係数が減少している一方でその他の地域では増加しているエリアと減少しているエリアが入り混じ

っている。

### 5. おわりに

本研究では世界の大都市を対象に、モラン係数を用いて鉄道網が集積性に与える影響を調べ、ほぼすべての都市において低下することが分かった。この理由としては遠距離の移動ほど移動時間短縮の恩恵を受けるためであり、特に鉄道網が発達している地域ほど減少幅が大きい。一方ローカルモラン係数を用いた分析では、鉄道網が集中する都市中心部では集積性が下がる一方、都市の中間部では鉄道の導入により集積性が向上することが確認できた。このことから郊外の鉄道沿線に開発を誘導することが都市の集積性をより高めるという観点から望ましいといえる。

今後の課題としては、分析対象都市の拡大や、鉄道網に対して人口成長がどのように行われてきたかを調べるための時系列分析を予定している。また、モラン係数以外の人口構造指標についても鉄道有無による変化を調べる予定である。

### 謝辞

本研究は、JSPS 科研費 21H01559, 大林財団, 筑波大学社会学データバンクの助成と筑波大学トヨタ自動車共同研究の支援を受けた。

### 参考文献

安成光・松橋啓介・鈴木勉. (2017). 市街地形状と鉄道網の連携度に関する世界大都市間比較分析. 都市計画論文集, 52(1), 34-41.

Tsai, Y. H. (2005). Quantifying urban form: compactness versus 'sprawl'. *Urban studies*, 42(1), 141-161.

Torrens, P. M. (2008). A toolkit for measuring sprawl. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 1, 5-36.

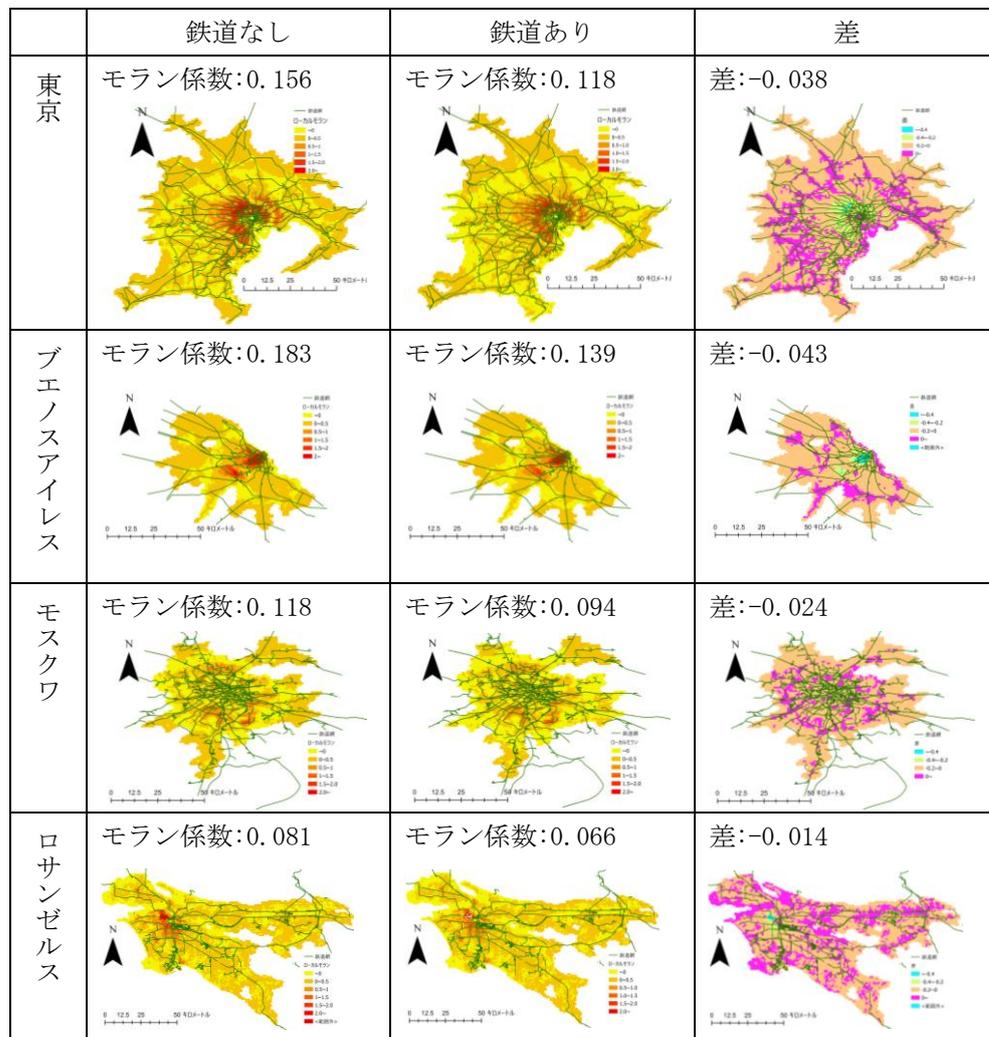


図 5 各都市のローカルモラン係数

# 金沢近郊における地名の表出・染出現象の分析

石田 悠人\*・中西 航\*\*

## Appearing and seeping phenomena of place names in Kanazawa and its suburbs

Yuto Ishida\*, Wataru Nakanishi\*\*

**Abstract** People's perception of place names does not always correspond to the extent or shape of the administrative place names used mainly for addresses. Understanding this ambiguous place name perception has been increasingly important to utilise place name-related information. Existing research on building names and facility places is limited to metropolitan areas and municipality names. This research aims to the analysis of appearing and seeping phenomena of town names in Kanazawa and its suburbs, which is a middle-size city. First, we extracted these phenomena from telephone directory data. Then, we concretely showed the difference between administrative extents and people's perception of place names. Furthermore, some measures and regression analyses showed that perceptions of place names depended on local characteristics; local residential areas are susceptible to other administrative extents and administrative extents with famous elements can have longer seeping distance.

**Keywords:** 地名(place name), 建物名称(building name), 表出現象(appearing phenomenon), 染出現象(seeping phenomenon), 重回帰分析(multiple regression analysis)

### 1. はじめに

#### 1.1. 研究背景

人々が日頃用いる地名の認識は、住所などに用いられる行政地名の範囲や形状とは必ずしも一致しない。情報化社会の進展に伴い、蓄積された地名情報活用に向け曖昧な地名認識を把握する重要性は高まっており(Jones et al., 2008), 地名の文献への整合率を高める研究が存在する(大友ら, 2007; 北本, 2020).

また、地名の曖昧性の実態を分析する研究、とりわけ、建物や施設に地名が採用される現象(表出現象)や表出がその地名の行政区外で起こる現象(染出現象)に着目する研究も行われてきた。谷口・荒木(1996)は新都市整備に伴う自治体名などの認識変化を、大友ら(2007)は地域内の表出や染出を分析した。また、桐村(2009)は京都市内全域の多様な地名表出を整理し、その空間分布特性の把握を試みた。一方、町字規模の染出を大規模に分析した例は、東京 23 区の表出・染出の整理と要因分析(小池ら, 2019)に限られ、地方都市での検討は行われていない。

#### 1.2. 研究目的

以上を踏まえ、本研究では、金沢市とその近郊を

対象に表出・染出実態を分析することを目的とする。具体的には以下の各点を行う。

- ・住宅地図データを用いた、地名表出の整理
- ・地名表出の、各町字境界からの染出距離の算出
- ・表出度や染出度など各種の、実態把握指標の提案
- ・上で提案した指標に対し、町字ごとの特徴を示すデータを用いた重回帰分析による要因分析

本研究は大都市圏とは異なる都市構造に対する知見を得られる点に特徴を有する。また、人々の交通手段や日常の生活圏の大きさが地名認識に影響すること(小池ら, 2019), 金沢が長い歴史を有す都市で地名を歴史的文化資産と捉える動きもあることから、地名認識の実態把握例の多様化に繋がらう。

#### 1.3. 対象地域とデータ

金沢市および連続した市街地を対象に分析を行うという趣旨のもと、金沢市、野々市市、白山市、河北郡(内灘町、津幡町)の 3 市 1 郡を対象とし、これらを一体の地域として取り扱う。建物のデータは、ゼンリンのデジタル住宅地図データベース Zmap-TOWN II の 2022 年度版を用いた。地域内の建物 352692 棟は目標物(公共施設など)、準目標物(公民館

\* 学生会員 筑波大学理工情報生命学術院 (University of Tsukuba) s2420411@u.tsukuba.ac.jp

\*\* 正会員 金沢大学理工研究域 (Kanazawa University) nakanishi@se.kanazawa-u.ac.jp

など)、一般建物(ビルアパート名、個人家屋名、事業所名)に分けられているが、名称のある建物のうち個人家屋名を除いた建物を研究対象とした結果、研究対象は 47763 棟となった。

## 2. 表出・染出の判定・算出

表出の抽出は機械的に行う。まず、建物名の中に含まれる地名を抽出するための地名辞書を作成する。本研究では、明確に領域が規定された地名との差分である染出を定義するため、地名として町字規模の行政地名のみを分析対象とし、対象地域内の町字名を取得する。この際、体裁の整っていない町字名を一定の規則を設けて調整した(1 区、2 区、5 番丁などの省略、中ノ郷町中ノ郷→中ノ郷町など)ほか、小池ら(2019)に倣い二文字の地名の町の省略を省いた。なお、金沢市内では同一地域に対し丁目と町の両方が併存する例が多い(玉鉾 1-5 丁目に隣接する玉鉾町など)。しかし、この適切な処理方法は定かでないため、併存する同一地名の統合は行わなかった。また、表記揺れは、基準設定の難しさと影響の少なさを鑑みて原則として考慮しない。ただし、泉が丘は泉ヶ丘、泉丘との表記揺れが無視できない数存在し、かつ泉と誤検出され分析に悪影響を及ぼしたため、例外的に手作業で調整した。以上の作業により、896 地域からなる地名辞書が作成された。

次に、研究対象の建物名に辞書内の地名が含まれているかを検索することにより、表出を判定する。なお、辞書同士での一部文字列の重複により 1 つの建物に複数の地名の表出が検出されることを防ぐ(示野町と示野中町など)ため、最も文字列が長い町

名の表出として処理する。複数の自治体で同じ町名が用いられている場合は、建物から町字重心までの距離が近い地名の表出として処理する。

その上で、染出距離を算出する。建物位置と、表出している地名の領域境界までの最短距離を染出距離とし、染出のない場合(建物位置の地名と表出地名が一致する場合は一律で染出距離 0m とする。また、平野など名字にも採用されている地名は誤検出を引き起こす。これは染出距離の大小に依らないが、手動での除外は難しい。本来染出距離は不用意に長くならないことから、最大値を設けそれ以上の染出は誤検出とみなす。既往研究および本研究のデータで誤検出の割合を検討し 1500m とした。

以上の処理により、対象建物 47763 棟のうち 6513 棟に表出が、うち 1491 棟に染出が認められた(図 1)。

## 3. 表出・染出指標の提案と分析

2 章までで整理した表出や染出について、その特徴を把握するために 6 指標を作成する(表 1)。表出傾向を把握するための 2 指標、染出傾向を把握するための 2 指標、染み出され傾向を把握するための 1 指標、染出の大きさを把握するための 1 指標である。紙幅の関係で表 2 に結果をまとめて示し、染み出され率と染出距離のみ特徴を述べる。

染み出され率は、0 が多い点は他の指標と類似する一方、1 が多い点が特筆すべき相違点である。この要因として類似地名が近接して存在する場合(田上、田上の里、田上本町など)や、建物名称と地域名称のスケールの違いに由来する場合(鶴来市街地における鶴来〇〇町など)が確認された。

表 1 提案指標の概要

指標名	定義	取りうる値	特徴
名称 表出度	$\frac{\text{任意地域にある当該地域の地名が付く建物数}}{\text{当該地域にある非個人宅建物数}}$	大半は 0-1 一部 1 を超える	名称基準のため、類似地名や染出の多寡を反映
立地 表出率	$\frac{\text{当該地域にある任意の地名が付く建物数}}{\text{当該地域にある非個人宅建物数}}$	0-1(割合)	立地基準のため、面積の影響を受ける 周囲の類似地名の影響を低減できる
名称 染出率	$\frac{\text{当該地域外にある当該地域の地名が付く建物数}}{\text{任意地域にある当該地域の地名が付く建物数}}$	0-1(割合)	名称基準のため、小地域の大きさ自体に依存しにくい
立地 染出度	$\frac{\text{当該地域外にある当該地域の地名が付く建物数}}{\text{当該地域にある任意地域の地名が付く建物数}}$	大半は 0-1 一部 1 を超える	立地基準のため、小地域自体に対する影響を反映
染み出 され率	$\frac{\text{当該地域にある当該地域以外の地名が付く建物数}}{\text{当該地域にある任意地域の地名が付く建物数}}$	0-1(割合)	周囲の地名の影響の受けやすさを示す
染出距離	$\frac{\text{当該地域名の付く建物の染出距離の和}}{\text{当該地域名の染出建物数}}$	0-1500 (m)	地名がどれくらい本来の行政区域を離れて用いられているかを示す

表 2 提案指標の基本統計量

指標名	地域数	標準偏差	最小値	最大値	平均値	25%	50%	75%
名称表出度	896	0.55	0.00	15.00	0.19	0.03	0.11	0.22
立地表出率	729	0.10	0.00	0.63	0.11	0.03	0.09	0.14
名称染出率	711	0.24	0.00	1.00	0.14	0.00	0.00	0.20
立地染出度	789	0.10	0.00	15.00	0.27	0.00	0.00	0.13
染み出され率	789	0.35	0.00	1.00	0.25	0.00	0.06	0.40
染出距離	276	335.10	2.17	1482.53	334.69	61.86	195.17	500.64

染出距離(図 1)は、分析精度向上のため 3 軒以上染出のある 276 地名を対象とした。全体的に短距離の地域が多かった。内訳は、密集市街地(香林坊、柿木畠など)、交差点名や駅名が辺縁部や域外にある地域(西泉、西念など)、主要道路と行政区域の形状が一致しない地域(有松、新神田など)が中心で、これらが短距離染出の要因と考えられる。一方、染出距離がとりわけ長い地域は、地名がより広域で用いられる場合(三馬、松南など)のほか、地名以外にも用いられ誤検出された場合(池田、大和など)も含まれた。

#### 4. 回帰分析による染出のモデル化

3 章では、提案した指標に対し直感的な説明を部分的に与えた。本章では、より包括的かつ数理的な要因説明のため、回帰分析によるモデル化を行う。説明変数の候補として、既往研究を参考に、面積、人口、用途地域、業種ごとの店舗・施設数、小中学校や通り名・バス停の行先名称に採用されているかなどを検討した(詳細は省略)。モデルの特定は、10% 有意な変数と、現象の説明に寄与と思われる変数とをなるべく残すように行う。上述の指標のうち、染み出され率に対してロジスティクス回帰、染出距離に対して線形回帰でそれぞれ推定する。

染み出され率モデルを表 3 に示す。染み出されやすい要因として、第一種中高層住居専用地域(存在すればロジットが 0.608 増加)、準住居地域(同 0.642)、第一種住居地域(同 0.434)が得られた。これらは住居中心の、住民生活の地域であるため、近隣の商業地域などの影響を受けやすいことの表れと考えられる。染み出されにくい要因として、世帯数(ロジットが 100 世帯あたり 0.11 減少)、小学校(地名が校名にあれば 1.025 減少)が得られた。世帯数が多ければ影響を受けにくくなることは自然である。さらに、小学校は金沢において地域コミュニティの領域を規定し

うる(眞鍋, 2008)こととも整合的である。

染出距離モデルを表 4 に示す。染出距離が長い要因として、商業地域(存在すれば 149 [m])が得られた。商業地域の地名が広範に使われることは自然であろう。また、染出距離が短い要因として、近隣商業地域(存在すれば 133 [m])、第一種住居地域(同 111 [m])、旧町名復活(該当で 433 [m])が得られた。近隣商業地域や第一種住居地域は、商業用途が混在する住居地域である。商業地域ほど広範への影響力はないが、近隣住民が日常的に集うため、限られた地域には影響すると推察される。旧町名復活地域は、一度行政区域として廃止された町名が近年復活したものである。地域住民に長く親しまれていたこれらの地名は、行政区域として復活する以前より表出し、復活した行政区域に縛られずに存在していると考えられる。

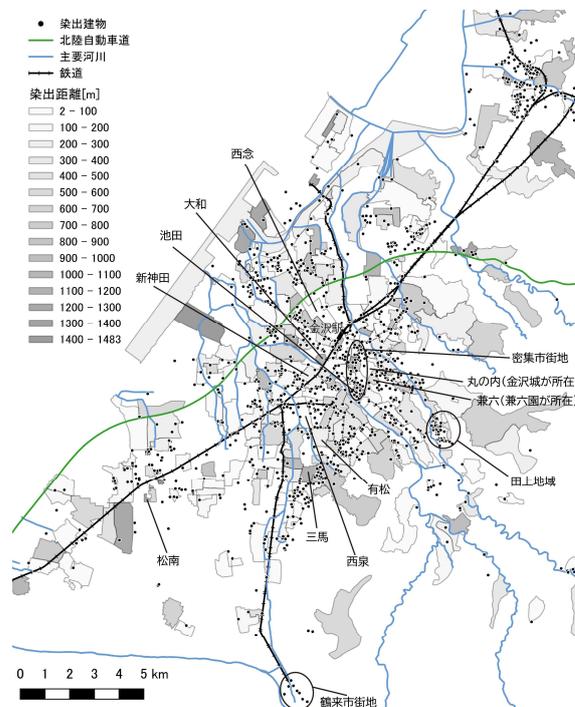


図 1 染出建物と染出距離の分布

表3 染み出され率モデルの推定結果 (n=789)

変数	係数	t 値
第一種中高層住居専用地域	0.608	2.87***
準住居地域	0.642	2.20**
第一種住居地域	0.434	2.07**
準工業地域	0.416	1.93*
第一種低層住居専用地域	0.418	1.79*
近隣商業地域	0.443	1.77*
旧町名復活	0.940	1.28
世帯数	-0.001	-3.88***
小学校	-1.025	-2.23**
定数項	-1.369	-10.62***
ショッピングセンター	-1.465	-1.21

\*: 10%有意, \*\*: 5%有意, \*\*\*: 1%有意

両モデルに共通する要因は第一種住居地域で、染出距離は短く染み出され率が高い。つまり、周囲の限られた地域に影響を与えつつ、外部のより影響力の強い地名の影響を受けることを意味する。これは、人々の地名認識に階層構造があることを示唆する。

## 5. おわりに

本研究では、既存研究の対象地域とは異なる都市構造を持つ地域における地名の表出・染出現象の分析を行った。具体的には、表出の抽出、染出距離の算出、現象を把握する各種指標の定義と算出、回帰分析によるモデル化を行った。その結果、行政地名と実際の地名認識の差が具体的に示された。特に、(1)住居系の地域では染み出され率が高く、世帯数が多い、小学校がある地域では染み出され率が低いこと、(2)商業地域では染出距離が長く、工場数が多い地域、近隣商業地域、第一種住居地域、旧町名復活地域では染出距離が短いことが明らかになった。すなわち、地域の特性に応じた地名認識の存在が示されたとともに、地名認識の階層構造が示唆された。

今後の課題は以下である。まず、より実態を反映した地名認識に接近すべく、広範かつ柔軟な対象を分析可能なデータ処理が望まれる。本研究は同一建物内に入居する複数の店舗や事務所などの名称は未考慮である。また、行政地名に限られ、表記揺れも未対応である。モデル構築では、上述の階層構造を反映することが望ましい。時系列変化や建物の規模・種類が持つ影響力の考慮も興味深い課題である。

## 謝辞 Acknowledgement

表4 染出距離モデルの推定結果 (n=128)

変数	係数	t 値
定数項	475.6	10.59***
ショッピングセンター	163.1	1.66*
商業地域	148.8	2.09**
歴史的自治体名	129.8	1.68*
行楽地関連	5.85	1.29
大型総合店舗(金沢市街)	-1.01	-1.45
工場	-1.47	-2.71***
バス停の行先	-90.79	-1.37
第一種住居地域	-111.4	-2.14**
近隣商業地域	-133.3	-2.25**
旧町名復活	-433.3	-2.05**
片町	-531.5	-1.74*

\*: 10%有意, \*\*: 5%有意, \*\*\*: 1%有意

本研究の一部は、科学研究費(基盤研究 B: 23K22880; 24K01004)の助成により行われた。本研究は、東京大学 CSIS 共同研究(No.1253)による成果である(利用データ: Zmap TOWN II 石川県データセット, 座標付き電話帳 DB テレポイント 法人版データ(ともにゼンリン提供))。

## 参考文献 References

- Jones, C. B., Purves, R. S., Clough, P. D., & Joho, H. (2008) Modelling vague places with knowledge from the Web. *International Journal of Geographical Information Science*, 22(10), 1045–1065.
- 大友佑介・笠原知子・齋藤潮(2007) 自由が丘駅周辺を対象とした同一地名付建物の空間分布に関する研究。「都市計画論文集」, 42(3), 61-66.
- 北本朝展(2022) 地名情報基盤 GeoLOD による地名識別子の収集・共有・活用と歴史ビッグデータ研究。「人文科学とコンピュータシンポジウム じんもんこん 2022 論文集」, 7-14.
- 桐村喬(2009) 京都市における地域名称を名称に含む建物の空間分布に関する基礎的検討。「地理情報システム学会講演論文集」, 18, 535-540.
- 小池東紗・貞広幸雄・對間昌宏(2019) 東京都区部における建物名称に用いられる地名の滲出現象。「GIS-理論と応用」 27(1), 25-31.
- 谷口守・荒木俊輔(1996) 地名命名行為に着目した認識上での地域間競争とその要因分析。「土木計画学研究・論文集」, 13, 225-232.
- 眞鍋知子(2008) 金沢市のコミュニティ-校下と町会-。「金沢法学」, 50(2), 29-55.

# 和文題名 不規則三角網を用いたオープンスペースの利用ポテンシャル算出

渡邊立樹\*・田中一成\*\*

**Abstract** In recent years, there have been growing expectations for the use of street space as a means of making urban spaces more attractive, and there is a growing movement to create a lively atmosphere in the city by installing playground equipment and food stalls. Therefore, we will investigate what kind of themes design is preferred by users, using whether they use open spaces and how long they stay there. The research method was a comparative experiment using a rest facility in front of Sakurai Station in Nara Prefecture, where the shape of them was varied and videotaped. Comparison items were the height of plantings at the boundary between the road and the open space, and the presence or absence of wooden decks. The evaluation method is a network of irregular triangles was created by arranging point data on seat utilization. The results of the comparison experiment showed that the expected utilization represented by it varied with the boundary and location, respectively.

**Keywords:** オープンスペース (open space), 植栽 (planting), 利用行動 (utilization movement), ウッドデッキ (wood deck), 駅前広場 (station square)

## 1. はじめに

### 1.1. 研究背景

近年、地域の都市空間の魅力づくりとして、公共空間を有効活用しようという動きが盛んであるこれにともなって、公共空間の様々な再開発が試行されている。特に神戸市の東遊園地や、大阪市のうめきた公園とオープンスペースの再整備では、都市の賑わいや憩い空間の創出に向けた取り組みが行われている。

今後、都心部だけでなく、郊外の都市にもこのようなオープンスペースが増加することが予想される。

### 1.2. 研究目的

本研究では、オープンスペースの現状と課題を解析し、郊外部におけるオープンスペースの有効活用に関する知見を得ることを目的とする。すなわち、本研究で提案するデザインは、都市空間に賑わいを創出するための基本的な構成要素である。また、オープンスペースは明確な空間境界のない歩道空間であり、利用者は視線や天候、季節など周辺環境に大きく影響されるという特徴がある。このような背景から、本研究では、「見る／見られる」という視線が利用者にとってどのような影響を与えるのかを検討する。

## 2. 調査1

### 2.1. 調査方法

本調査では、過去の研究（渡邊 2023）で明らかにしたパーティションの高さと席選択の関係をもとに、



図 2.1 桜井駅南口に設置されたオープンスペース

実際のオープンスペース（図 2. 1）を利用して要素の性格や配置が変わることで実際の席選択率にどのような影響を与えるのかを調査した。

利用するパーティションは高い植栽（図 2. 2）と低い植栽（図 2. 3）を設置した。調査対象地の選定理由としては、近隣にたこ焼きやコンビニエンスストア、パン屋などがあり飲食スペースとして利用されることが予想されたこと、また近隣には、高校や年齢層に利用されることが予想されたことから調査対象地区として選定した。

また調査日時および天候については下記の表 1 の通りである。

\* 学生会員 大阪工業大学大学院工学研究科 (Osaka Institute of Technology) [watanabecivilspace@gmail.com](mailto:watanabecivilspace@gmail.com)

\*\* 正会員 大阪工業大学工学部 (Osaka Institute of Technology) [kazunari.tanaka@oit.ac.jp](mailto:kazunari.tanaka@oit.ac.jp)



図 2.2 高い植栽



図 2.3 低い植栽

表 2.1 調査日時および天候

日程	時間	天候
11月15日(火)	11:00~17:00	晴れ
11月16日(水)	11:00~17:00	晴れ
11月17日(木)	11:00~17:00	晴れ
11月18日(金)	11:00~17:00	晴れ

11月に実施した理由としては、周辺にある観光地が紅葉のシーズンであり、隣接するバス停がその出発地点となっており、多くの訪問者が予想されたことからこの時期を選定した。

調査方法はオープンスペースに設置された座席 9 組の利用状態をビデオカメラで撮影し、その撮影された映像をもとにその座席の利用率を算出した。本調査における利用率とは、総撮影時（調査時間）のうちの利用された時間である。

## 2.2. 利用ポテンシャルの算出

利用ポテンシャルの算出には、QGIS の不規則三角網（以下 TIN 内挿）を利用した。TIN 内挿とは、最も近い隣接点の三角形によって形成されるサーフェスを作成しようとする補間方法で、本来は既知の標高のポイントデータから未知の標高を算出するときなどに使われる。

本研究では、この既知のデータから未知のデータを補間することに着目し、算出した利用率をもとにポイントデータとして配置し、TIN 内挿を行うことで、オープンスペース全体の利用率を算出する。

## 2.3. 調査結果

TIN 内挿をもとに算出した結果を下記の図（図 2.4,2.5）に示す。図の位置関係については、左部に歩道、右部に車道があり、また TIN メッシュについては白色から赤色に変化するにつれて利用率が高くなり、最大値は 100%で、最小値は 0%である。

この結果、低い植栽に比べて高い植栽を設置した場合の時に高い利用率を示していることがわかった。また利用率の変化は座席の種類が違うことで顕著に変わることが明らかである。赤色の座席と円で囲まれた座席にはパラソルが設置されており、これが設置されていることで座席周辺が顕著に高い利用ポテンシャルを持っていることがわかった。

## 2.4. 考察

本調査の結果、低い植栽に比べて、高い植栽を設置したときに利用ポテンシャルが高いことがわかった。これは植栽が高いことで、歩行者の視線が気になりにくく、また緑が感じられることで、利用率が増えたと考えられる。またパラソル席周辺の利用ポテンシャルが高いことは、パラソルがあることでより視線を気にならなかったことから上昇したと考えられる。またオープンスペースの中央部になるにつれて、利用ポテンシャルが低いことがわかる。これは歩行者の視線だけでなく、歩道側と車道側に利用者が存在することで圧迫感を感じ、利用しづらいことから中央部の利用ポテンシャルが低下し、境界部の利

用ポテンシャルが増加したと考えられる。



図 2.4 高い植栽設置時の結果



図 2.5 低い植栽設置時の結果

### 3. 調査 2

#### 3.1. 調査方法

本調査では、調査 1 の結果、境界部の利用ポテンシャルが高いことから中心部の利用ポテンシャルを上げるために境界部を複数作り、利用ポテンシャルが変化するかを調査した。

境界部の作成方法としては、オープンスペース内にウッドデッキを設置することで、床面に視覚的な境界部を作成した。

調査対象地は調査 1 と同様の一時駐車場に設置された、オープンスペース（図 3.1,3.2）を利用して行った。

調査日時および天候については、下記の表 3.1 の通りである。本調査日時を選定した理由としては、当該施設で調査週の週末に、イベントが開催されることで、幅広い年齢層の来訪が予想されたためである。

また日程および時間が赤字で記載されている箇所にウッドデッキを設置し、その他の日時については撤去している。

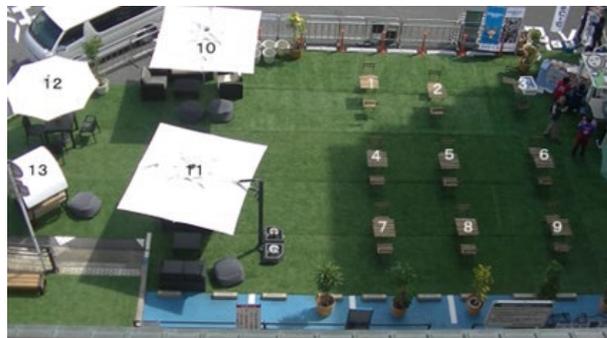


図 3.1 オープンスペース

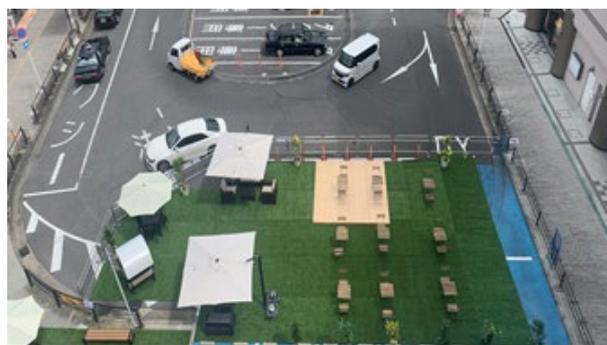


図 3.2 ウッドデッキを設置したオープンスペース

#### 3.3. 調査結果

TIN 内挿をもとに算出した結果を図 3.3,図 3.4 に示す。なお図の位置関係および TIN メッシュについては、調査 1 の図と同様である。また図 3.3 の緑色の位置にウッドデッキを配置している。調査 1 と同様パラソルが設置されている席周辺は、高い利用ポテンシャルを示している。

#### 3.4. 考察

本調査の結果、全体的に高い利用ポテンシャルを示しているのは、週末にマルシェが開催されたこと、また週末のウッドデッキ非設置時が雨であったことからパラソルの設置されていない席の利用ポテンシャルが特段低いことが影響していることは明らかである。そのことを除いても、ウッドデッキ設置時は中心部を除いて利用ポテンシャルが均等であると言え

表 3.1 調査日時および天候

日程	時間	天候
9月5日(火)	10:00~17:00	晴れの雨
9月6日(水)	10:00~17:00	曇り時々雨
9月7日(木)	10:00~17:00	曇り
9月8日(金)	10:00~17:00	曇り一時雨
9月9日(土)	10:00~17:00	晴れのち曇り
9月10日(日)	10:00~17:00	曇りのち雨

る。また歩道側の利用ポテンシャルが低い原因としては、歩道側のベンチ利用が、送迎やイベント時の物販の待ち時間など比較的短時間であったことから、このような結果になっている。ウッドデッキを設置することで、周辺部中心に、利用ポテンシャルが均等になることがわかった。これはウッドデッキが視覚的に境界部を形成することや周辺座席と数 cm 高いことで、周辺利用者との目線のレベルを変化させ、利用者同士の圧迫感の低減につながったと考えられる。このことを利用し、今後は歩行者や車両、利用者と様々な要員からの圧迫感の低減について調査、研究を進めていく。

#### 4. まとめ

本研究では、オープンスペースの現状と課題を解析し、郊外部におけるオープンスペースの有効活用に関する知見を得ることを目的に調査を行った。その結果、本対象施設では、ウッドデッキの周辺およびパラソル席に高い利用ポテンシャルが見られた。また高い植栽を設置した際は、パラソル席を中心に利用ポテンシャルが高い値を示している。これらのことから本対象地では、パラソル席を増加させ、高い植栽や部分的にウッドデッキなどの床面視覚効果を与えることで、より有用なオープンスペースになると考える。ただし今回の調査では、利用時間のみを対象にポテンシャル算出を行っているため、今後は、天候や温度、通過人数などの係数を算出してより詳細な利用ポテンシャルの算出を行っていく。

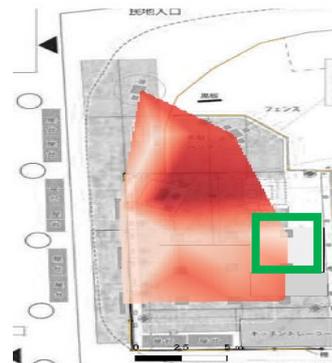


図 3.3 ウッドデッキ設置時の結果

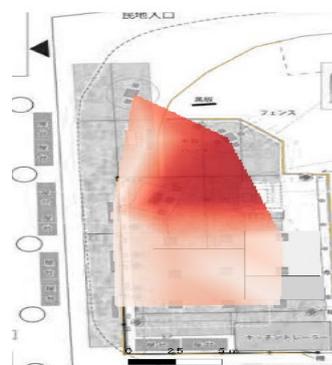


図 3.4 ウッドデッキ非設置時の結果

#### 参考文献 References

- 渡邊立樹・田中一成 (2023) オープンカフェ空間における人間行動分析. 「日本都市計画学会関西支部研究発表会講演概要集」, 21 (1), 13-16.
- 小林 茂雄・津田 智史 (2008) オープンカフェの利用状況による歩行者の注視行動の変化. 「日本建築学会計画系論文集」, 73 (623), 87-92.
- QGIS Documentation. “やさしい GIS 入門: 11. 空間分析 (補間)” . QGIS project. 2024 .  
[https://docs.qgis.org/3.34/ja/docs/gentle\\_gis\\_introduction/spatial\\_analysis\\_interpolation.html](https://docs.qgis.org/3.34/ja/docs/gentle_gis_introduction/spatial_analysis_interpolation.html), (参照 2024-08-29)

ポスター発表

2024年10月26日(土) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

**[P1] ポスター発表 #1****[P1-08] 現地調査と衛星データを活用した駿河湾沿岸域への土砂流入による影響推定**

\*武田 巧達<sup>1</sup>、鈴木 静男<sup>1</sup>、高橋 幸弘<sup>2</sup> (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、2. 北海道大学大学院理学研究院)

キーワード：衛星データ、濁度、ブルーカーボン、河川、土砂流入

本研究の目的は、沿岸域の水質データと衛星データを活用することで、土砂の流入による駿河湾への影響を推定することです。現在、世界中でカーボンプライスの活動が活発化しており、日本国内でもJ-クレジット制度が採用されています。カーボンプライスの重要な要素は、二酸化炭素吸収量の定量化であり、ブルーカーボンについても同様のことがいえます。衛星データから海洋クロロフィル濃度を検出する技術は先行研究により確立されつつある一方で、豪雨や台風などによる影響を予測するモデルは少ないです。本研究は、洪水により河川から流出した土砂が沿岸域に与える影響を衛星データを用いて評価し、二酸化炭素吸収量の広域定量化に貢献できると考えられます。事例として富士川の駿河湾に与える影響を公開データと現地調査により検討することで、全国の河川での土砂流出が海洋沿岸域へ与える影響を濁度に基づいて検討します。

ポスター発表

2024年10月26日(土) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

**[P1] ポスター発表 #1****[P1-09] 富士山麓養鱒場におけるIoT技術を用いた水位・水温モニタリング**

\*公野 颯真<sup>1</sup>、芹澤 快<sup>1</sup>、佐藤 羽瑠<sup>1</sup>、畠山 佑紀<sup>1</sup>、岩本 修平<sup>2</sup>、堀江 寛幸<sup>2</sup>、岩本 いづみ<sup>2</sup>、山本 勲<sup>3</sup>、青木 悠祐<sup>1</sup>、鈴木 静男<sup>1</sup> (1. 沼津工業高等専門学校、2. 富士山サーモン株式会社、3. 株式会社山本食品)

キーワード：IoT、養鱒、水温、水位、モニタリング

静岡県には富士山の湧水を利用した産業が多くあります。富士山麓におけるニジマスの養鱒場もその一つです。ニジマスは水温が14℃から18℃の間で高成長となります。しかし、水温が22℃を超えると成長が低下してしまいます。このことから、ニジマス養殖では養鱒場の水温を14℃から18℃に保つ必要があります。しかしながら、近年増加している豪雨の影響で河川からの流入水により養鱒場の水温が上昇する懸念が高まっています。本調査ではニジマスの生育環境を維持するために水温と水位をモニタリングするシステムをIoTにより製作しました。また、養鱒場周辺で計測された過去の降雨量のデータや河川の情報とIoTの導入で計測を行い収集した養鱒場の水位、水温のデータを比較して、予測降雨量から水位や水温を予測し、養鱒場の管理指針に資することを目指します。

## ポスター発表

2024年10月26日(土) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

**[P1] ポスター発表 #1****[P1-10] 非負値タッカー分解を用いた東京都市圏における移動パターンの特徴抽出**\*町田 晶菜<sup>1</sup>、井上 亮<sup>1</sup> (1. 東北大学)

キーワード：移動パターン、非負値タッカー分解

人々の地域間移動に関して、発着地・時間帯・移動人数などの特徴を捉えることは、交通計画の策定にとって重要であるため、様々な手法を用いた移動パターン分析が行われている。本研究は、高次元データを記録したテンソルから特徴を抽出する方法の1つである非負値タッカー分解を用いて、人々の特徴的な移動パターンの抽出を行う。分析対象は、パーソントリップ調査を元に作成されたシミュレーションデータで、ある平日における移動が行われた時間帯、出発地、到着地、移動目的、移動手段、個人属性などを記録する。本研究は、一般的な移動パターン分析で明らかにされる移動時間帯や出発地、到着地などの時空間的特徴に加えて、移動手段や目的、個人属性といった移動者に対する特徴も明らかにすることを目指す。

# 関わりのある地域における若年層の生活環境評価と移住意欲・可否の関係性

中村静香\*・関口達也\*\*

## The relationship between young people's evaluation of the living environments and their motivation or possibility to immigrate in relevant regions

Shizuka Nakamura\*, Tatsuya Sekiguchi\*\*

**Abstract** Recently, population disparity between overcrowded and underpopulated areas has increased. In order to conduct appropriate migration policies, it is important to understand the factors that affect the young people's immigration motivation and possibility to their relevant regions. Therefore, this study aims to clarify what factors (especially, living environments (LEs)) affect the motivation and propriety in Japan. By using the data from an online questionnaire survey, we analyzed a series of quantitative analyses. The results showed that the influential LEs and the required evaluation level differed between the motivation and propriety. In addition, the results also indicated that the evaluation of several important LEs factor was nurtured through involvement with the region.

**Keywords:** 移住意欲(Immigration motivation), 移住可能性(Immigration possibility), 生活環境(Living environment), 主観的評価(Subjective evaluation), 決定木(Decision tree)

### 1. はじめに

近年、日本国内でも人口格差が深刻化している。例えば、東京 23 区内と多摩部や、地方中心都市と農山漁村などの地域間でよく見られ、この格差が拡大し続けると様々な問題に繋がる<sup>1)</sup>。大都市の過密地域では待機児童や災害時の避難所不足などの問題<sup>2)</sup>が、人口減少が進む地方都市や農山間部の過疎地域などでは生活サービスの衰退が進む<sup>3)</sup>。さらに、2040年までに 20～39 歳の若年女性人口が半減以下になる自治体は中・小規模都市も含めて全国に存在すると予想されており<sup>4)</sup>、対策は急務である。

自治体間の人口に偏りが生じる要因としては、自治体への流出と流入の差による社会増減の影響が大きく、この差異を是正する必要がある。そこで、人口の密な地域から疎な地域へと人々の移住を促すための方策を、地域の生活環境整備の観点から考える。生活環境は移住先の検討や決断において重要な要素で<sup>5)</sup>、地域の生活環境改善は多くの人に影響しうるもので、既存住民にも有益である。

これまでも人々の居住地選択に関する意識調査(例：住みたい街ランキング)や研究<sup>6,7)</sup>などのように、人々がある地域に「住みたい」という気持ち、

すなわち「移住意欲」に着目した研究がある。これらは、移住意欲を高める地域の特徴や移住意欲が高まるプロセスを明らかにしているが、個人的な事情なども踏まえた、実際に「住めるかどうか」という「移住可能性」までは具体的に扱っていない。

また、移住者へのアンケート調査をもとに移住政策の是非を問う研究もある<sup>8,9)</sup>など。これらは移住可能性までの検討を終えた人に着目したという見方もできるが、そこから得られる結果は一部の「移住ができた」人のみを対象としたバイアスの可能性があり、移住促進を想定した地域の生活環境整備に重要な多数の人の評価傾向の把握や、移住の検討の前段階にある移住意欲と可能性を切り分けていない。

以上より、移住意欲を高めたうえで、移住に実際に踏み切る際に重要な地域の生活環境項目を把握し、それを移住政策に繋げていく必要があると考えた。そこで本研究では、大都市都心部(東京都)と地方都市(石川県)を対象にアンケート調査を実施し、特に他の世代より住み替えの自由や機会が多く、将来の地域社会の担い手として期待される 20・30 代の若年層に着目し、地域に対する生活環境評価と移住意欲・移住可能性との関係を主に分析する。その

\* 学生会員 京都府立大学生命環境学部 (Kyoto Prefectural University) s821350035@kpu.ac.jp

\*\* 正会員 京都府立大学大学院生命環境科学研究科 (Kyoto Prefectural University) ta-sekiguchi@kpu.ac.jp

結果から、移住意欲と可能性のそれぞれに影響を与える生活環境項目や、求められる評価水準を明らかにする。そして、移住促進のための自治体による市街地環境整備に役立つ知見を得ることを目的とする。

その際、移住先に具体的な地域を想定せずに人々の評価が漠然としたものになることを避けるため、本研究では、「関わりのある地域」への移住を想定する。これに関して近年、「関係人口」が着目されており、関わりのある地域への移住の可能性を探ることは重要であると考えた。なお、「関係人口」の定義は様々あるが、今回は、杉本ら<sup>10)</sup>を参考に身近で多くの人に該当しうる地域との「関わり」を想定した。

## 2. 利用データと研究の方法

2020年に実施したアンケート調査の概要を表1に

表1:調査概要

項目	内容
調査方法	インターネットアンケート（マイボイスコム株式会社への調査委託）
調査期間	2020年9～10月
調査対象	東京都・石川県在住の男女1000名
主な設問 (分析に用いたもの)	「関わりのある地域」について移住意欲・移住可能性・生活環境（20項目、表2）の評価・地域との関係性、個人属性（年齢・性別・結婚の有無・子供の有無・職業分類）、現住地から関わりのある地域までの移動時間

表2:生活環境評価項目

①	墓参りのしやすさ
②	自分から親への生活サポートのしやすさ
③	相続済みもしくは相続すべき土地や家屋の管理のしやすさ
④	適切な広さの住居の確保しやすさ
⑤	気候の過ごしやすさ
⑥	地域コミュニティへの馴染みやすさ
⑦	地域への愛着の持ちやすさ
⑧	家族・親族(親、兄弟姉妹、子どもなど)から自分への生活サポートの受けやすさ
⑨	家族・親族以外(友人・知人など)から自分への生活サポートの受けやすさ
⑩	自然災害発生の危険の少なさ
⑪	地域の行事・祭りなどのイベントの充実性
⑫	医療環境の充実性
⑬	介護・福祉環境の充実性
⑭	子育て環境の充実性
⑮	日常の買い物環境の充実性
⑯	交通環境の充実性
⑰	生活コスト(家賃、物価など)の適切さ
⑱	仕事環境(雇用機会の確保・家業含む)の充実性
⑲	緑地環境・自然的景観の充実性
⑳	その地域から移住をする場合の行政からのサポートの受けやすさ

表3:分析対象の回答者の基本属性

項目	該当回答数
性別	男性 69 / 女性 128
年齢	20代 55 / 30代 142
現住地	東京都 68 / 石川県 129
家族形態	未婚 98 / 既婚・子供あり 72 / 既婚・子供なし 27

示す。今回は、回答者のうち各地域に居住する20・30代の男女197名を分析対象とする（表2・3）。

分析では、まず、移住意欲と可能性に影響する生活環境項目や、求められる評価水準を分析し(3.1節)、そのうち重要な生活環境項目の評価と、地域との関わり方との関係を分析する(3.2節)。これらは $\chi^2$ 検定と残差分析により検討する。次に、生活環境や個人属性などを考慮して、移住意欲・可能性の重層的な評価構造を決定木分析により記述する(3.3節)。

## 3. 分析結果

まず、現住地から関わりのある地域への移住が実現した場合、より小さい都市規模（居住地・関わりのある市町村について、2020年時点の国勢調査の人口から判断）への移住になる人は79名で、回答者の居住都県別にみると東京都で約6割、石川県でも3割弱を占める。ここから、人々の「関わりのある地域」への移住の実現は、地域間の人口格差の是正に少なからず貢献することが示唆される。ただし、関わりのある地域への高い移住意欲を示す人は26%、移住可能性を示す人は16%と多くなく、それを高めることもまた重要であるといえる。

### 3.1. 移住意欲・可能に影響する生活環境項目

移住意欲と可能性を生活環境項目の観点から比較するため、移住意欲・可能性と20項目の生活環境評価（表2）をどちらも高・中・低に分類してクロス集計をし、さらに $\chi^2$ 検定と残差分析を行った。集計表のセルの調整済み残差の絶対値が1.96以上になる場合に有意な関係があるとみなし、生活環境評価と移住意欲・可否の評価傾向の関係性を図1のような4群に分類し、それぞれの生活環境項目の評価がいづれに当てはまるかを整理した（図1）。

意欲・可能性ともに大半の項目がこの4群に該当し、移住の意欲・可能性を高めるには生活環境の評価を高めることが重要といえる。詳細にみると、意欲では8項目がC群に、可能性では13項目がA群に該当し、生活環境が低・中評価でも「移住したい」という気持ちは高くなりやすい一方、「移住できる」という評価には高い水準の生活環境評価が求められる。また、移住意欲がC群かつ可能性がA群である

項目は、生活や移住のサポート、福祉介護など、生活に不可欠な項目が当てはまり、これらは高水準でないと移住に踏み切れないといえる。一方で移住意欲がA群かつ可能性がC群に該当する、地域への愛着などは個人が抱く想いであり、意欲には大きく影響するが、可能性への影響度合いは小さいといえる。

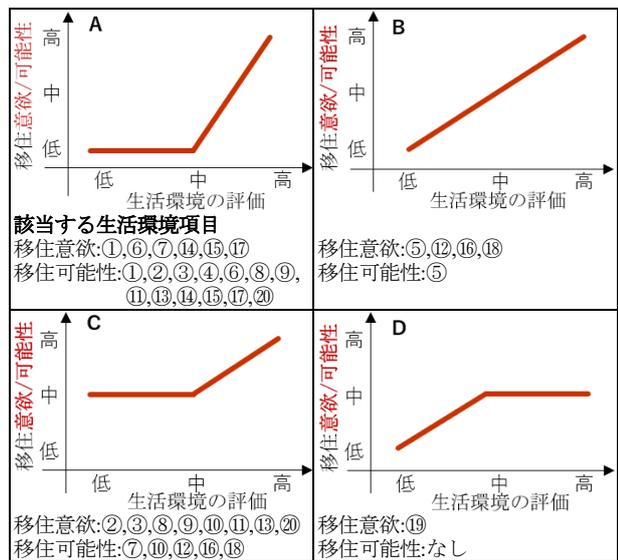
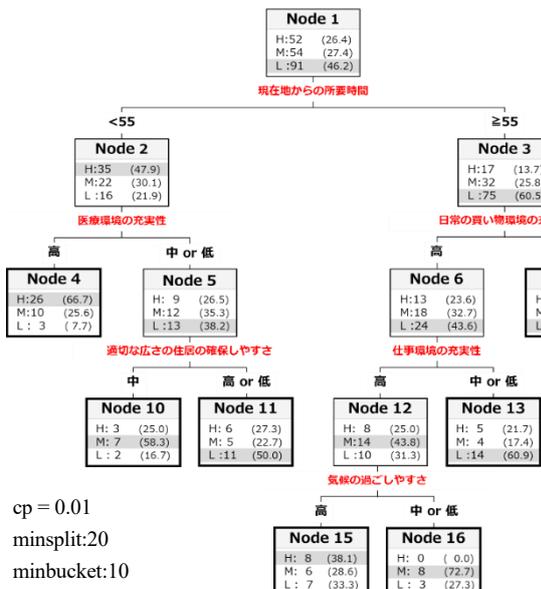


図 1: 生活環境評価と移住意欲/可能性の関係の傾向

3.2. 地域との関わりと生活環境項目の評価の関係

次に、回答者の地域との関わり方の類型と、生活環境評価の関係をみた。関わり方の類型と生活環境項目の評価（高・中・低）のクロス集計を行い、さらに  $\chi^2$  検定と残差分析を行った。有意（5%有意以下）



目的変数：移住意欲（図2）／可能性（図3）、いずれも高・中・低の3段階  
 説明変数：生活環境評価（3段階）・性別・結婚の有無・職業（※）・子供の有無・現在地から関わりのある地域までの所要時間（分）

図 2: 移住意欲について決定木分析の結果

もしくは、回答者の6割以上が高評価とした生活環境と地域への関わり方の組み合わせを表4に示す。

表 4: 地域への関わり方と生活環境評価の関係性

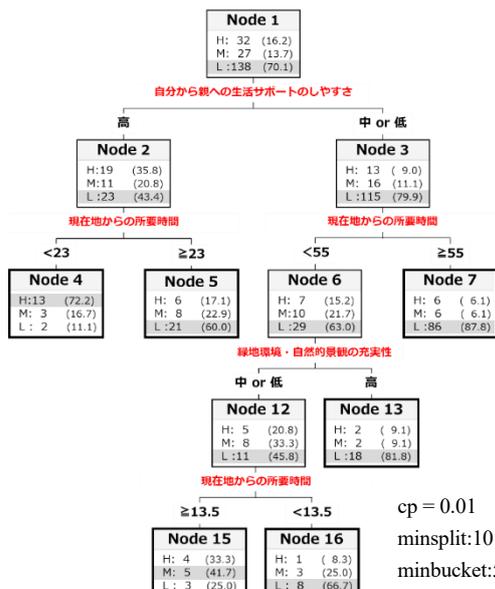
地域への関わり方	生活環境評価項目
親や祖父母、子供や孫が居住	①, ②, ③, ⑦, ⑧, ⑭
行事・イベントにより地域の人々と交流がある	⑭
印象的な思い出がある	⑦ (※)

※有意差はないが6割以上が高評価

表に示した特定の関わり方がある場合、一部の生活環境の評価が高くなりやすいといえる。これは、親族が住む地域であることで親族や墓地などにアクセスしやすいことや、地域の人との交流が子育ての支えになること、思い出という肯定的な場所への記憶が地域への愛着になることが考えられる。図1と合わせれば、そのような関わりが移住意欲や可能性を高めることに繋がる可能性を示唆している。

3.3. 移住意欲・可能性への影響要因の分析

ここでは、生活環境や個人属性などの様々な項目を考慮して影響要因を明らかにするため、決定木分析（CART法）により移住の意欲・可能性の重層的な評価構造を記述する。分析時のパラメータ・条件設定や結果を図2・3に示す。移住意欲の決定木は7つの、移住可能性の決定木は6つの最終ノードに分岐した。分岐には生活環境項目以外では現住地から関わりのある地域への所要時間が採用され、それ以



(※) 動きにくい身分、動きやすい身分に分類。

図 3: 移住可能性について決定木分析の結果

外の個人属性には左右されにくい評価構造といえる。所要時間をみると、近すぎたり (<13.5分)、遠すぎる (≥55分) 地域には、移住意欲・可能性の面ともに肯定的な反応が少ないことから、今回の関わりのある地域への移住では、同一や隣接の都道府県のようなスケールでの格差改善に寄与する可能性がある。

また、木に含まれる生活環境項目を見ると移住意欲では、医療や買い物環境など、生活の利便性に関する項目が上位の分岐条件に、その下には、仕事環境や住居といった、生活を成り立たせる項目が分岐条件となる。移住意欲を高めるためにはそのような生活環境の整備を進める必要がある。一方で、移住可能性では、親へのサポートのしやすさといった親族に関連した項目が上位の分岐条件になる。3.2節の結果を踏まえれば、特定の関わりのある地域で評価が高くなりやすいことから、その様な関わりがある地域の方が移住に踏み切りやすい可能性を示唆している。また、自然環境の評価が低い方が移住可能性に対して否定的な人が減少する結果が得られたが、これは自然環境が豊かであることが、利便性の高い都市部のような地域でない事の代替として評価された可能性がある。そう考えれば移住の決断においても、利便性の高いことは重要であると解釈できる。

#### 4. 結論

分析の結果、移住意欲と可能性の評価では、影響する生活環境項目やそこに求められる評価水準が異なること、一部の項目は、地域との関わり方により評価が高くなりやすい事が示された。この結果は、移住に際し、どの生活環境をどの水準で整備すればよいかの指針になる。また、移動時間による移住意欲・可能性の評価傾向からは、近隣都市に住む人や、親族がその地域に住んでいる人を対象にした、移住促進策の実施も有効と考えられる。

今後の課題は、決定木の影響要因の地域差や、生活環境の主観的評価と客観的な指標の関係を把握し、具体的な整備水準の提示に繋げることが挙げられる。

#### 謝辞

本研究は JSPS 科研費(24K07839)による成果の一部であり、謝して感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 福塚祐子・阿部剛志(2007)「人口の地域格差がもたらす生活環境への影響とその対応方策」, 季刊政策・経営研究, **1** (4), pp.15-32.
- 2) 内閣官房国土強靱化推進室(2019)「戦略的政策課題「東京一極集中リスクとその対応」について」, <https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/resilience/dai50/siryō3-1.pdf> (2024年8月19日閲覧)
- 3) 国土交通省(2024)「令和6年版国土交通白書」, <https://www.mlit.go.jp/statistics/content/001751766.pdf> (2024年8月19日閲覧)
- 4) 増田寛也(2014)「地域消滅時代」を見据えた今後の国土交通戦略のあり方について,「国土交通政策研究所政策課題勉強会」, [https://www.mlit.go.jp/pri/kouenkai/syousai/pdf/b-141105\\_2.pdf](https://www.mlit.go.jp/pri/kouenkai/syousai/pdf/b-141105_2.pdf) (2024年8月19日閲覧)
- 5) 大橋幸子・湯原麻子・神永希・高森秀司(2011)「地方部への移住者の価値観の特徴に関する研究」, 土木学会論文集 F4, **67** (4), pp.I\_47-I\_56.
- 6) 新井優太・相島雅樹・小出佳世(2020)「居住地選好アンケートデータを用いた住みたい街の圏域抽出」, マーケティングレビュー, **1**(1), pp.58-66.
- 7) 近藤紀章・中野桂・田中勝也(2019)「社会属性と地域特性が将来居住地選択に与える影響に関する研究」, 都市計画論文集, **54**(3), pp.766-771.
- 8) 加藤栄司(2015)「中山間地域における移住・定住施策に関する研究-移住者アンケートからみた足助地区における移住・定住策の評価・検証-」, 農村計画, pp.107-108.
- 9) 日野正基(2013)「中山間地域における移住者の現状と課題-移住者の家計収支の観点から-」, 農村計画学会, **32**(3), pp.360-363.
- 10) 杉本あおい・杉野弘明・上田昌子・船坂香菜子(2020)「現代日本社会における『関係人口』の実態分析:全国アンケート調査の結果から」, 沿岸域学会誌, **33**(3), pp.49-58.

ポスター発表

2024年10月26日(土) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

**[P1] ポスター発表 #1****[P1-12] 東京都23区における鉄道駅周辺地域の類似度の把握**\*馬 暁飛<sup>1</sup>、山本 佳世子<sup>1</sup> (1. 電気通信大学大学院)

キーワード：鉄道駅、類似度、特徴量、口コミデータ、ストリートビュー

進学や就職を機に他地域に引っ越しをし、新しい生活を始める人々は毎年多く見られる。こうした人々は、オンラインで引っ越し先を検索する時に、すぐに戸惑いを覚えることになる。この理由は、多くの不動産検索サービスでは、最初に住みたい地域または駅を選択する必要があることである。一般的に、土地勘のない地域の街並みを想像することは困難である。引っ越し先を選ぶためには、街の特徴を事前に把握することが必要とされる。このような問題を解決するために、本研究では、東京23区における各鉄道駅の周辺地域を対象とし、これらの地域間の類似度を把握することを目的とし、ウェブメディアの口コミデータおよびグーグルストリートビューの画像データを用いて、主観的および客観的な観点から、各鉄道駅の周辺地域の特徴量抽出ならびに類似度を定量的に把握する。この成果を基に、周辺地域の特徴が類似した鉄道駅を推薦するシステムを構築する。

## 外邦図デジタルアーカイブ

- アジア太平洋地域を中心とした旧日本軍製地図のデータベース -

中谷 友樹\*・星田 侑久\*\*・関根 良平\*・永田 彰平\*\*\*・磯田 弦\*\*\*\*

### Gihozu Digital Archives

- historical database of former Japanese military maps, primarily of the Asia-Pacific region -

Tomoki Nakaya\*, Yukihiisa Hoshida \*\*, Ryohei Sekine\*\*\*, Shohei Nagata\*\*\*\*, and Yuzuru Isoda\*\*\*\*\*

**Abstract** Gaihozu, ‘maps of outer territories,’ are cartographic representations of foreign countries created by the Land Survey Department of the General Staff of the former Japanese Army. Although the maps were originally created for military or colonial management purposes, they contain detailed records of the lands of the Pacific region in the late 19<sup>th</sup> and early 20<sup>th</sup> centuries. They are of significant value to researchers engaged in the study of the region’s history and geography. In January 2024, the related databases and web applications for browsing Gaihozu map images maintained in Tohoku University were integrated using ArcGIS Hub, one of the functions of ArcGIS Online, with the objective of renewing the system for distributing the Gaihozu database. This paper outlines the functions of the new system with its intention as well as the remaining issues that require attention for future studies.

**Keywords:** 地形図(topographic maps), 近代(modern age), クラウド GIS (cloud GIS), 地図画像 (map images), データベース (database)

#### 1. はじめに

日本領土外の地域の地図を意味する外邦図とは、主として旧陸軍参謀本部・陸地測量部が明治期以降、太平洋戦争終戦時に至るまでに作成・複製した一連の国外の地形図群を指す(長岡, 1993; 小林, 2011)。ただし、残された資料の整理に際して、旧軍部によって作成・管理された海図や日本領土内の地形図等を一部含めて外邦図と呼称する場合もある。終戦時に処分が想定された外邦図を当時の研究者が、緊急的に搬出し、東北大をはじめとする日本の複数の研究機関に外邦図が残されることとなった。その経緯、特に東北大学理学部への 10 万枚に及ぶ外邦図の搬送については、田村 (2000)に詳しい。

これら残された外邦図は、アジア・太平洋地域を広くカバーし、現代にあつては 19 世紀末から 20 世紀前期の地表景観の詳細な記録として、学術的に大きな価値を有していることが繰り返し指摘されてき

た。その対象は歴史研究に限定されず、例えば、大規模な開発が進む以前の東南アジア地域の土地の状況は、現在の災害の脆弱性の評価に有用な土地の履歴の情報としても利用できる可能性がある(Hoshida et al., 2020)。

外邦図デジタルアーカイブとは、この大学機関に残された外邦図の保存とその学術的利用の促進を目的に、外邦図画像およびそのメタデータ(地図の書誌情報)を管理する歴史地図データベース、ならびにこれを検索・閲覧するために開発されたウェブシステムを指す。その基礎は、1994 年に至って作成された『東北大学所蔵外邦図目録』であり、該当図幅のスキャン画像データを利用した外邦図デジタルアーカイブの原型(宮澤ほか 2004)を経て、2005 年には閲覧システムがインターネット上で公開され、地図表示を含めた機能拡張やサイトの一部英語化などの拡張が続けられてきた(関根, 2014)。

---

\* 正会員 東北大学大学院環境科学研究科・理学研究科 (Tohoku University)  
〒980-8572 仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1 Email: tomoki.nakaya.c8 @ tohoku.ac.jp  
\*\* 非会員 特定非営利活動法人オープンコンシェルジュ (Open Concierge)  
\*\*\* 非会員 東北大学大学院環境科学研究科・理学研究科 (Tohoku University)  
\*\*\*\* 正会員 東北大学災害科学国際研究所 (Tohoku University)  
\*\*\*\*\* 正会員 東北大学大学院理学研究科 (Tohoku University)

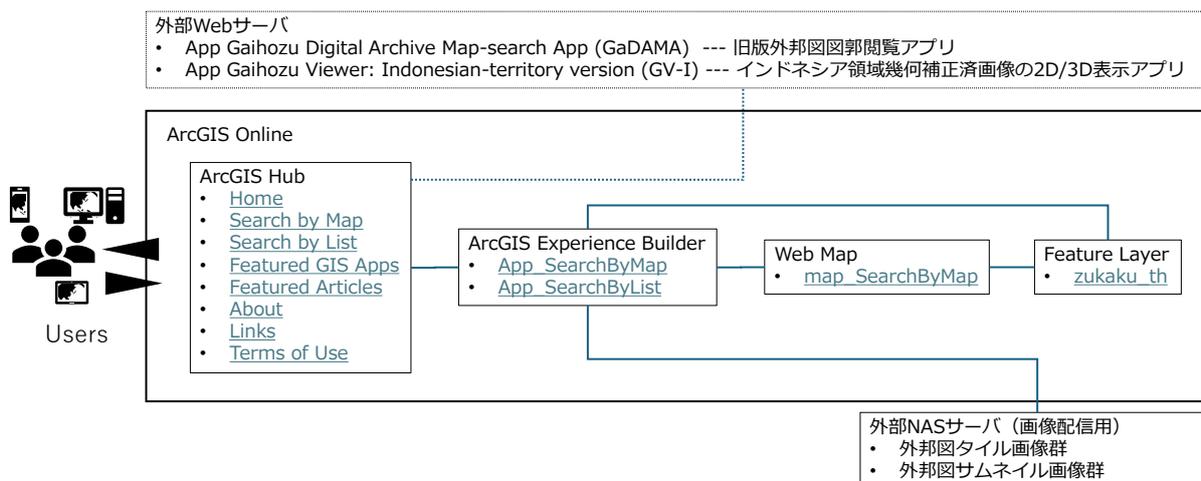


図1 外邦図デジタルアーカイブ 閲覧システム 2024 年度更新版のシステム構成

2024 年に至り、クラウド GIS の技術を応用して外邦図デジタルアーカイブの運用システム（閲覧システム）は大きく刷新された。本稿では、この更新されたシステムの基本的な構成と設計・運用上の意図について説明したうえで、残された課題を整理する。

## 2. 外邦図デジタルアーカイブ閲覧システムの 2024 年度更新の内容

### 2.1. 旧閲覧システムの課題

2005 年以降、継続的にデータの追加や機能的な拡張によって完成をみていた外邦図デジタルアーカイブの旧閲覧システムであったが、運用サーバの老朽化に伴うハードウェア障害もあり 2022 年 11 月に運用を停止した。これを契機に、外邦図デジタルアーカイブ閲覧システムの新しい設計を開始した。

稼働停止した旧システムは、ソフトウェア面では、オープンソースあるいはフリーウェア群を利用した所謂 LAMP によるシステム構成であり、ハードウェア面では、画像データと閲覧システムを同一のサーバで運用していた。それにより、高速に地図画像の閲覧が可能なローコストで運用可能なシステムであったことが特徴的である。

しかし、その維持や拡張を考えるにあたって幾つかの課題が生じていた。第 1 に、使用する技術的基盤が古くなることによって、サーバを含めてシステム（ソフトウェアを含む）のメンテナンスや機能的な拡張が難しくなっていた。

第 2 に、現在ではスマートフォンなど PC 以外の多様なデバイスからアクセスが想定されるが、旧システムは、PC からのアクセスのみを想定した設計に留まっており、インターフェースが現代的な基準に適合しなくなっていた。

第 3 に、外邦図は米国など海外の学術機関等にも所蔵され、アジア・太平洋地域の歴史的な環境変遷に関心のある幅広い層に活用が見込まれるにも関わらず、英語での情報配信はサイトの一部の情報に限定され、国内での大縮尺の地図の利用が制限されている一部の海外諸国内の地図画像については外部からのアクセスが制限されていた。しかし、国際的な学術的利用を促進する立場からは、このような状況は運用上、改善が必要と考えられた。

### 2.2. 新閲覧システムのシステム構成

特に技術的問題である第 1 と第 2 の課題をふまえて、システムのメンテナンスが容易であり、現代的なインターフェースの実装を含めた機能拡張・開発に優れ、複数の管理者が連携して開発およびメンテナンス作業のしやすい環境に、外邦図デジタルアーカイブのシステムを移行することが優先された結果、Esri 社のクラウド GIS 環境である ArcGIS Online を利用することにした。特に ArcGIS Online 上でのコンテンツを統合するサイトをローコードで開発可能であることが謳われる ArcGIS Hub を利用した。

新たな閲覧システムのシステム構成は図 1 に示した通りである。本システムが地図画像のアーカイブ



図2 外邦図デジタルアーカイブ 閲覧システム 2024 年度更新版のページ構成

と閲覧が主たる目的であるために、核となる GIS レイヤは各図幅の図郭範囲の幾何情報と外邦図のメタデータを属性情報として格納する `zukaku_th` レイヤのみである。これは ArcGIS Online 上に配置された。その一方で、地図画像本体を ArcGIS Online 上に保存するとファイルサイズに応じた費用 (ArcGIS Online クレジットの消費) が継続的に発生するため、管理すべきファイルサイズが大きい地図画像データ群 (地図画像のタイル画像群およびサムネイル画像群) は、東北大学内の簡易な NAS サーバから配信し、運用コストを抑えることにした。なお、地図のタイル画像の表示にはオープンソースの OpenSeadragon を利用し、画像の回転にも対応した。

これらのデータを利用・参照する各種アプリ群に加え、閲覧サイト上に配置する解説文やリンク集などのサイト構成要素は ArcGIS Hub を用いて統合し、ユーザに向けたインターフェースを設計した。今回の閲覧システムの開発とは別途、ArcGIS Online の技術を用いて開発され別の外部サーバからサービスを提供していた外邦図関連のアプリ群も、ArcGIS Hub を用いて同じサイトにインターフェースを統合した。

### 2.3. 新閲覧システムのページ構成

図2に外邦図デジタルアーカイブ新閲覧システム

のページ構成を示した。これによってユーザ側に供される機能は以下のように整理できる。

第1に、国際的な利用促進を目的に、ArcGIS Hub により閲覧システムの日本語サイトと英語サイトを同じ内容で作成したほか、旧システムで施されていた朝鮮半島・中国 (大陸部)・ミャンマー領域地図画像の外部アクセス制限は設けない設定とした。

第2に、すべてのページは ArcGIS Hub による開発によって自動的にレスポンスデザインで設計され、PC 以外のスマートフォンやタブレット等のデバイスからでも利用が容易となった。

第3に、外邦図画像の検索・閲覧を可能とする Web アプリ群の核として、Search by Map および Search by List の2つのウェブアプリを ArcGIS Experience Builder を用いて開発した。それぞれが地図上からの検索、地図メタ情報からの検索を目的に設計されたものであり、旧システムでも提供されていた検索・閲覧機能とほぼ同等の機能が実装されている。なお、Featured GIS Apps には、ArcGIS Online の技術を用いて別途開発されていたウェブアプリが配置されているが、これらは現在公開している外邦図デジタルアーカイブのデータベース全体を利用したものではなく、より高度な WebGIS 機能の利用可能性の検討



図3 外邦図デジタルアーカイブ 新閲覧システムへのアクセス状況 (2024年1月～8月25日: Country ID別の閲覧ユーザ数, Google Analyticsによる)

(GV-I) (Hoshida et al., 2020) や過去に公開していた情報との比較 (GaDAMA) といった補足的機能を提供するアプリである。

第4に、外邦図に関する関連情報 (解説) ページを旧システムよりも充実させた。外邦図デジタルアーカイブの開発経緯に関する詳細な解説である About と関連サイトへのリンク集 Links は、旧システムの情報を参考に修正・拡充した。さらに、外邦図に残されている記録の具体例を画像とともに解説する Featured Articles のページを新たに設けた。

第5に、利用規定を再確認し、連絡先等を明確にして各ページからこれを読覧できるよう各ページに利用規定へのリンクを配置した。

この新システムは2023年10月に雛型となるサイト構築作業を開始し、2024年1月16日に完成版を公開した。公開後7カ月ほどが経過したが、国内からに加え韓国・米国・中国・台湾など海外から一定規模のアクセスが達成されている (図3)。

### 3. 結びにかえて: 残されている課題

以上のように、2024年1月に公開された外邦図デジタルアーカイブの新閲覧システムは、旧閲覧システムの機能上・運用上の課題を克服するために新たに設計されたものである。ただし、幾つかの課題が残されている。

第1に、本来、外邦図デジタルアーカイブでは東北大学・お茶の水女子大学・京都大学・大阪大学の4大学所蔵の外邦図データを統合して運用していたが、今回の新たな運用の影響確認やデータベース内容の再確認作業のために、現時点では東北大学所蔵データに絞って、閲覧システムにデータが掲載され

ている。東北大学以外のデータを追加登録し、利用可能な情報量を旧システムと同等に戻すことは優先的課題である。

第2に、米国 Stanford 大学などの海外機関等、東北大学以外にも外邦図の地図画像とメタデータを公開する取り組みが進んでいる。多機関連携による利用可能な外邦図情報の拡大を進めるためには、メタデータの対応関係の確認や統合化が必要であり、そのためには共同での運用も見越したデータベース設計の再検討が課題となる。

第3に、地図画像の地理情報抽出についての取り組みが求められる。外邦図の学術的価値が指摘されながらも、容易にその活用が進まない理由の一端は、地図画像から解析に有用な地理情報データの作成がなされていないことにある。地図画像からの自動情報抽出は、近年の GeoAI の適用課題の1つとして注目されており (Liu et al., 2019)、今後の外邦図での活用が期待される。

### 謝辞

本研究の推進には、JSPS 科研費 JP22H00245 (代表: 奥貫圭一) の助成を利用した。

### 参考文献

- 小林 茂 (2011): 『外邦図—帝国日本のアジア地図』中公新書。
- 関根良平 (2014): 東北大学における『外邦図デジタルアーカイブ』運用の推移と最近の利活用。「外邦図研究ニューズレター」, 11, 31-41。
- 田村俊和 (2000): 東北大学理学部自然史標本館所蔵の外邦図。「地図情報」, 20(3), 7-10。
- 長岡正利 (1993): 陸地測量部外邦図作成の記録。「地図」, 31(4), 12-25。
- 宮澤 仁・村山良之・上田 元 (2004): 「外邦図」のデジタル画像化とアーカイブ構築に向けて。「季刊地理学」, 56(3), 163-168。
- Hoshida, Y., Nakaya, T., Nagata, S., Isoda, Y., and Sekine, R. (2020): Lost landscapes in Southeast Asia. *ArcUser*, 23(4), 66-70.
- Liu, T., Xu, P., and Zhang, S. (2019): A review of recent advances in scanned topographic map processing. *Neurocomputing*, 328, 75-87.

ポスター発表

2024年10月26日(土) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

**[P1] ポスター発表 #1****[P1-14] 衛星画像のスペクトルデータを用いたブナの豊凶指数の推定**\*武藏 奏汰<sup>1</sup>、鈴木 静男<sup>1</sup>、高橋 幸弘<sup>2</sup> (1. 沼津工業高等専門学校、2. 北海道大学大学院理学研究院)

キーワード：ブナ堅果、豊凶予測、リモートセンシング、衛星画像、熊の出現頻度

近年、ツキノワグマの出没件数が増加傾向にあり、2023年は熊による被害人数が過去16年間で最も多くなった。今後も熊の出没数が増加する可能性があるため、熊による被害を警戒する必要がある。東北地方の熊の出没数は、ブナ堅果の豊凶によって変化することがわかっている。本研究では、リモートセンシングによるブナ堅果豊凶予測モデルを作成する。加えてブナ堅果豊凶マップから熊の出没頻度の推論を目指す。ブナ堅果の豊凶は、調査地毎に測定されているが、広範囲におけるブナ堅果の豊凶分布は把握されていない。Ben Jollyらが先行研究として衛星画像を用いて、ブナの開花状態を広範囲で推定しているため、本研究では、ブナの花と葉に注目し、ブナが開花する5月頃と紅葉する前の8月頃の衛星画像のスペクトルデータを用いて、ブナ堅果の豊凶を推定する。さらに、推定結果と熊の出現頻度の相関関係より、熊の出現可能性を推論し、熊出現の注意喚起をすることを目指す。

ポスター発表

📅 2024年10月26日(土) 13:00 ~ 13:50 📍 会場(ハイブリッドスペース)

**[P1] ポスター発表 #1****[P1-15] 地方公共団体が保有する位置情報データの傾向について**\*新井 千乃<sup>1</sup>、家中 賢作<sup>2</sup>、大伴 真吾<sup>1</sup> (1. 朝日航洋株式会社、2. つくば市役所)

キーワード：データ一覧、データスペクトラム、データ利活用、自治体、地方公共団体

これまでのつくば市を対象とした研究から、住民窓口部門においてデータの量が多いことが明らかになった。さらに、つくば市のオープンデータサイトで「つくば市保有データ一覧」が公開されて以降、他の地方公共団体でも同様の動きが広がっている。そこで、複数の地方公共団体に問合せを行い、保有データ一覧を入手した。これらのデータに基づき、位置情報付きのデータについて、地方公共団体ごとの傾向について考察した。

ポスター発表

2024年10月26日(土) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

**[P1] ポスター発表 #1****[P1-16] 復興土地区画整理事業による地形改変強度の推計**\*杉本 賢二<sup>1</sup> (1. 大阪公立大学)

キーワード：土地区画整理事業、DEM、復興事業、地形改変

東日本大震災の被災地域では、土地区画整理事業による市街地整備や津波対策などの復興事業が実施された。一方で、復興事業による高台移転や低地嵩上げといった人為的地形改変は、環境負荷や景観、生態系への影響が懸念されている。本研究は、復興土地区画整理が実施された区域を対象として、整備事業による地形改変量を推計した。地形改変量は、土地区画整理事業の境界で切り抜いた震災直後と現在のDEMから算出した標高変化に、メッシュサイズを乗じることで計算した。その結果、地形改変強度(単位面積当たりの地形改変量)陸前高田市今泉地区で $16.3[m^3/m^2]$ 、東松島市の野蒜北部丘陵地区で $15.9[m^3/m^2]$ と算出され、土地区画整理事業により大規模な人為的地形改変が行われたことを明らかにした。

# GNNによるサプライチェーンにおける中核企業の識別 - 日本全国の企業間取引データへの適用 -

鹿野 英明<sup>\*1</sup>・小川 芳樹<sup>\*2</sup>・ジュ スヒョン<sup>\*3</sup>・関本 義秀<sup>\*4</sup>

## Core Company Identification in the Supply Chains Using GNN - Application to Nationwide Inter-company Transaction Data in Japan -

Hideaki KANO, Yoshiki OGAWA, Soohyun JOO, Yoshihide SEKIMOTO

**Abstract** This study introduces a new approach to identifying core companies crucial for supply chain stability and efficiency. While previous research primarily relied on statistical methods and economic models, these approaches were limited in their ability to directly handle graph structures. To address this limitation, we developed a method utilizing Graph Neural Networks (GNN). Using nationwide inter-company transaction data from Japan, we employed GNN to learn the graph structure of commercial flows. Our approach evaluates the importance of each company by uniformly considering bottleneck and connector hub companies, which were previously treated separately. Through this method, we identified core companies within supply chains. Analysis of real-world data demonstrated that our approach effectively identifies core companies in supply chains. These findings contribute to the advancement of supply chain management and offer new insights into inter-company network structures.

**Keywords:** グラフニューラルネットワーク (graph neural network), サプライチェーン (supply chain), 企業間取引 (inter-company transaction), 中核企業 (core company)

### 1. はじめに

サプライチェーンにおける中核企業の役割と重要性は、多面的な研究課題として注目されている。これらの企業は、サプライチェーンの安定性と効率性に決定的影響を与え、情報・資源フローの要として、イノベーション普及と効率性向上に寄与する。グローバル化と技術革新による急速な変化で中核企業の役割は流動的となり、その継続的特定と変遷追跡が、サプライチェーンの進化と適応メカニズム解明の重要課題となっている。しかしながら、従来の分析手法では、サプライチェーンのネットワーク構造に内在する位相的特性や不規則な接続関係を直接モデル化することは困難であった。

このような背景から、我々はグラフニューラルネットワーク (GNN) に基づくサプライチェーンに関する新たな分析の枠組みを提案する。GNN は、非ユークリッド空間に存在する複雑なグラフ構造データを直接的かつ効率的に処理する能力を有するアーキテクチャであり、ノード間の関係性や局所的な構造を明示的にモデル化することで、グラフの位相的特性を保持しつつ、情報の伝播と集約を行う。この特性により、GNN は社会ネットワーク分析、生体分子構造予測、推薦システムなどの多岐にわたる応用領

域にて、ノード分類、リンク予測、グラフ分類などのタスクで高い性能を示している。

本研究は、サプライチェーンネットワークにおける中核企業の特定問題に対し、グラフニューラルネットワーク (GNN) を応用した新たなアプローチを提案するものである。

### 2. 手法

#### 2.1. 概要

まず、サプライチェーンネットワークの構造を企業間取引が多いボトルネック(小川 et.al., 2022)と取引コミュニティが多いコネクタハブ(秋山・柴崎, 2016)の二つに着目して分析し、中核企業の多面的定義を確立した。この定義には、1. 取引量による企業の経済的影響力、2. 取引頻度によるネットワーク内での活動性、3. 中心性や媒介性などのトポロジカルな特性に基づくネットワーク内の位置づけ、そして 4. 異なるコミュニティとの連携の広さを表す取引の多様性が包含される。

これらの要素を統合し、GNN アーキテクチャを設計した(図1)。本アーキテクチャは、各企業の属性を高次元ベクトルとして表現するノード特徴量抽出、取引関係の強度や重要性を数値化するエッジの重み

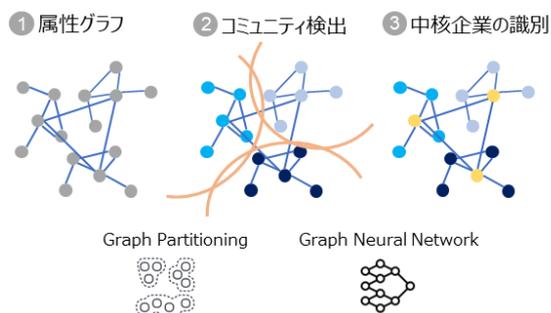


図 1: 提案アーキテクチャの概要

付け、ネットワーク全体のトポロジーを考慮した特徴抽出によるグラフ構造情報の統合、重要な接続や特徴に焦点を当てる注意機構の導入、そして階層的な特徴抽出による深い表現学習を可能にする多層的处理という特徴を有する。

本アルゴリズムは、ボトルネック企業とコネクタ一ハブ企業の双方を考慮し、異なるクラスター間の接続性評価、取引の頻度と多様性の指標となる受発注の取引数の定量化、経済的影響力を評価する受発注の取引額の算出という要素を組み込んでいる。

## 2.2. 中核企業の抽出

サプライチェーンにおける企業間取引は、ノードを企業、ノードの属性を企業情報、エッジを企業間取引の有無、エッジの属性を企業間取引高とみなすことで属性グラフの問題として表現することができる。このような属性グラフを用いて表現された企業間取引において、中核企業を抽出することを考える。本研究では、中核企業を、サプライチェーン上のボトルネック機能とコネクタ一ハブ機能の両方を合わせ持ちネットワーク全体に影響力を持つ企業を中核企業と考え、取引コミュニティを考慮した総合的な中核指標  $\mu_{i_{\text{unified}}}$ 、取引社数を重視する指標  $\mu_{i_{\text{count}}}$ 、取引高を重視する指標  $\mu_{i_{\text{volume}}}$  を以下のように定義する。

$$\begin{aligned} \mu_{i_{\text{unified}}} := & \{ \sum_{j \neq i} (1[\text{受注取引}_{i,j}]) + \sum_{j \neq i} (1[\text{発注取引}_{i,j}]) \} \\ & \times \{ \log(\sum_{j \neq i} (\text{受注取引}_{i,j})) + \log(\sum_{j \neq i} (\text{発注取引}_{i,j})) \} \\ & \times \{ \sum_{j \neq i} (1[\text{異なるコミュニティ}_{i,j}]) \} \end{aligned}$$

$$\mu_{i_{\text{count}}} := \sum_{j \neq i} (1[\text{受注取引}_{i,j}]) + \sum_{j \neq i} (1[\text{発注取引}_{i,j}])$$

$$\mu_{i_{\text{volume}}} := \sum_{j \neq i} (\text{受注取引}_{i,j}) + \sum_{j \neq i} (\text{発注取引}_{i,j})$$

これらの指標は企業のネットワーク上の位置付けとその構造的な重要性を定量的に評価することを目的として設計されている。企業間取引数と企業間取引高は、企業の取引規模を捉える指標であり、ネットワーク内における当該企業の影響力の大きさを反映する。一方、企業間取引コミュニティ数は、企業が関与するサプライチェーンネットワーク内のコミュニティの数を示す。これらを目的変数として採用し、中核企業の同定を行っていく。

## 2.3. アルゴリズム

提案するアルゴリズムは、ネットワーク構造の分析と機械学習技術を融合させたアプローチを採用しており、以下に示す 2 つの主要モジュールから構成される。

**コミュニティ検出モジュール:** 本モジュールでは、企業間取引ネットワークを属性付きグラフとして形式化し、高度なグラフクラスタリング技術を適用してコミュニティ構造を抽出する。具体的には、METIS アルゴリズムを用いたグラフ分割を実施し、コミュニティ内部の取引密度を最大化しつつ、コミュニティ間の取引を最小化する最適なクラスタリングを達成する。

**中核企業学習モジュール:** 本モジュールでは、前述のコミュニティ検出結果に基づいて導出された目的変数を活用し、GNN アーキテクチャを用いた教師あり学習を実施することで、中核企業の識別を行う。具体的には、線形層、2 層のグラフアテンションネットワーク、および出力層から構成される階層的な GNN モデルを採用している。

これらのモジュールを統合することで、企業間取引ネットワークの構造的な特徴と個別企業の属性情報を効果的に捕捉し、高精度な中核企業の識別を実現する。

## 3. 実験 / 実証分析

本節では、日本全国の企業間取引ネットワークを対象とした大規模データセットに対し、提案アルゴ

*1	Non-member	University of Tokyo, kanohideaki@g.ecc.u-tokyo.ac.jp
*2	GISA member	Center for Spatial Information Science, University of Tokyo, ogawa@csis.u-tokyo.ac.jp
*3	Non-member	Hongik University, soohyunj92@gmail.com
*4	GISA member	Center for Spatial Information Science, University of Tokyo, sekimoto@csis.u-tokyo.ac.jp

表1：上位スコア企業とボトルネック企業の次数中心性 (in/out) と近接中心性の平均値の比較

	次数中心性 (in)	次数中心性 (out)	近接中心性 (node-wise)
Core_unified	119.9 (119.94)	62.6 (62.57)	0.11 (0.109)
Core_count	227.4 (227.35)	111.1 (111.14)	0.10 (0.103)
Core_volume	249.9 (249.91)	122.8 (122.79)	0.11 (0.106)
Bottleneck	42.3 (42.34)	40.9 (40.90)	0.10 (0.099)

表2：上位スコア企業とボトルネック企業の取引社数と取引額の中央値の比較

	取引社数	取引高	取引コミュニティ数
Core_unified	28	1460.5 (1460.54)	11
Core_count	24	1481.7 (1478.74)	10
Core_volume	24	1544.8 (1544.82)	10
Bottleneck	22	1584.2 (1584.21)	9

リズムを適用してサプライチェーン上の中核企業を同定した実験結果について詳述する。本研究で採用した手法の有効性を検証するため、得られた結果を多角的に分析し、その含意について考察を加える。

### 3.1. データセット

本実験では、帝国データバンクが収集・保有する企業概要データベースと取引シェア推計モデル NIHACHI(特許番号 第6860731号) によって推計された取引高シェアデータを活用している。

企業概要情報データは、2021年時点の約145万社の企業本社情報を含み、日本の法人企業全体の75%以上をカバーしている。特筆すべき点として、通常情報取得が困難な中小企業についても高い網羅性を有している。ただし、主に企業間取引(B2B)を行う企業が中心となっている。各企業データには、ユニークな企業コード、本社所在地、業種情報、売上高などの基本情報が含まれている。

取引シェア推計データは、企業へ直接訪問して作成する信用調査報告書のデータに加えて、パレートの法則を応用した取引高を推計する機械学習モデルによって高精度で推計されたデータであり、75万社1,500万取引のシェアデータを収録している。これらを突合し前処理を行うことによって、本実験に必要な企業間取引を表す属性グラフを作成している。

### 3.2. コミュニティ検出モジュールにおける実験結果

本節では、コミュニティ検出モジュールによって適切にコミュニティが識別されていることを実証的

に示し、検出されたコミュニティが地理的特性を内包していることについて記す。

**コミュニティ検出：**対象企業群を25個の異なるコミュニティに分類し、コミュニティ間およびコミュニティ内で行われている取引の頻度を定量化し、その結果を可視化した。分析の結果、コミュニティ内に取引の顕著な集中が観測された(図2)。

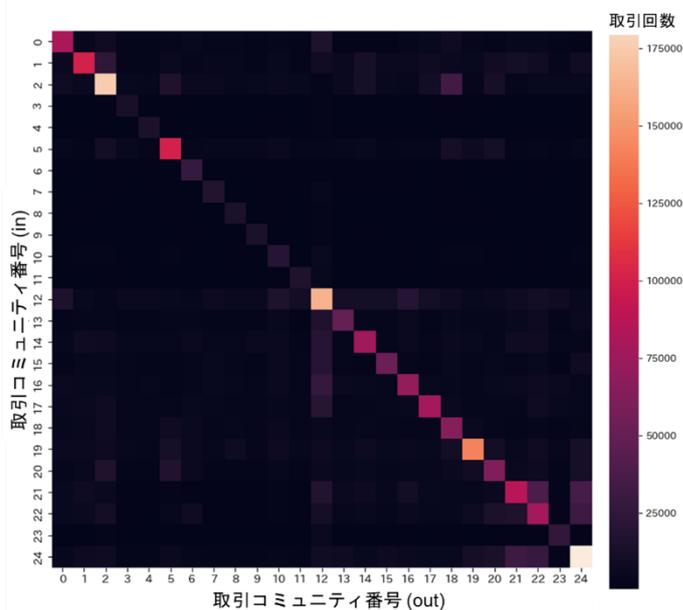


図2：コミュニティ同士の取引回数

**検出されたコミュニティの地理的特性：**各コミュニティに属する企業の取引相手の地理的分布を都道府県レベルで定量化し、その結果を可視化した。分析結果、各コミュニティにおける取引パターンに顕

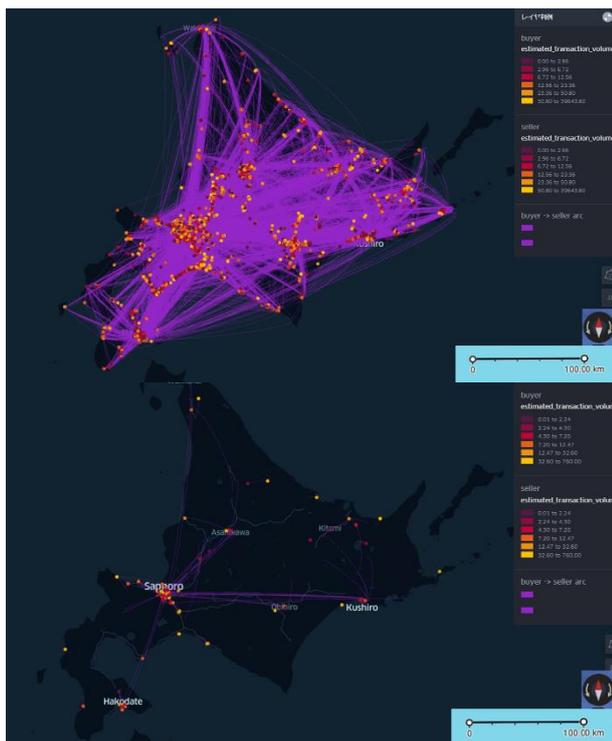


図 3: 北海道/東京コミュニティにおける道内取引著な地域的集中度が存在することを示した。この結果は、企業間取引ネットワークに内在する地理的特性の存在を実証的に示している (図 3)。

### 3.3. 中核企業学習モジュールにおける実験結果

本節では、中核企業学習モジュールの有効性を検証するため、中心性指標および企業間取引指標の二つの観点から、ボトルネック企業と中核企業の比較分析を行う。この分析で当該モジュールが中核企業を適切に識別する能力を有しているかを評価する。

表 1 に示す中心性指標の比較結果から、本研究で提案する手法によって抽出された企業群は、ボトルネック企業群と比較して、より高い次数中心性を示すことが明らかとなった。本研究の提案手法により抽出された企業群は、ボトルネック企業群を上回る企業間連携の広範性を示しており、このことは提案手法の有効性を示している。

表 2 に示す企業間取引に関する比較分析の結果から、本研究で提案する手法によって抽出された企業群は、取引社数および取引コミュニティ数の両指標において、ボトルネック企業群を上回ることが明らかとなった。この結果は、提案手法によって抽出された企業群が、コネクタースタブとしての機能においてより優位性を有することを示唆している。

## 4. まとめ

本研究では、サプライチェーンにおける中核企業を識別するための新たな手法として、GNN を用いたアプローチを提案した。従来の統計的手法や経済モデルでは困難であった、グラフ構造を直接的に扱う分析を可能にすることで、ボトルネック企業とコネクタースタブ企業の両方の特性を統合的に考慮した中核企業の特定を実現した。

実証分析として、日本全国の企業間取引データを用いた大規模な実験を行い、提案手法の有効性を検証した。その結果、提案手法によって抽出された企業群は、従来のボトルネック企業と比較して、より広範な企業間連携と多様なコミュニティへの接続を有することが明らかになった。これは、提案手法がサプライチェーンにおける重要なハブの役割を担う企業を効果的に識別できることを示唆している。

本研究の成果は、サプライチェーンの構造理解、リスク管理に貢献するものである。中核企業の的確な把握は、安定的な供給体制の構築や効率的な資源配分を実現する上で不可欠であり、本研究で提案した GNN を用いたアプローチは、そのための強力なツールとなることが期待される。今後の研究課題としては、企業属性情報の更なる活用や、動的なサプライチェーン構造への対応などが挙げられる。これらの課題に取り組むことで、実用的な中核企業の識別手法の確立を目指していきたい。

## 謝辞 Acknowledgement

本研究は株式会社帝国データバンクとの共同研究の成果であり、同社からの多大なる協力を得て遂行されました。貴重な助言と示唆に富むご指導を賜りました。ここに深甚なる謝意を表します。

## 参考文献

- 小川芳樹・楊少鋒・池内幸司・柴崎亮介・大熊裕輝 (2022), サプライチェーンにおけるボトルネック企業の抽出モデル. 『GIS—理論と応用』, **30** (1), 27-37.
- 秋山祐樹・柴崎亮介 (2016), 企業間取引ビッグデータを活用した企業の「コネクタースタブ性」推定の試み, 『地理情報システム学会講演論文集』 ROMBUNNO. E-4-3
- 「取引構成比出力プログラム、取引構成比出力装置、取引構成比出力方法及びフィッティングプログラム」(特許番号 第 6860731 号 2021 年 3 月特許取得)

# 都市域における洪水流出・浸水解析を目的とした 地物データ GIS の構築手法について

天口 英雄\*

**Abstract** To assess the impact of urbanization on flood runoff, it is essential to utilize analytical models, which prove highly effective in such evaluations. Specifically, a vector-based approach is advantageous for accurately representing the shapes and characteristics of various land-use elements, such as houses, roads, green spaces, and rivers, by categorizing them based on their permeable and impermeable properties. This approach has been proposed as a method for integrating geospatial data into a GIS, which is then used in urban flood runoff models. Additionally, a technique for constructing surface grid elements tailored for inundation analysis, corresponding to vector-based land use data, is being investigated. Furthermore, a method for developing geospatial data GIS specifically designed for flood runoff and inundation analysis purposes is being outlined.

**Keywords:** 地物データ GIS, 都市流域, 洪水流出解析, 道路微小要素, 街区分割, 雨水管路網

## 1. はじめに

都市化が洪水流出におよぼす影響を評価するには解析モデルが有用である。通常、洪水流出解析モデルでは直接流出の算定に用いる土地利用情報としてグリッド型が多用されているが、都市流域では最小単位となるグリッド内においても複数の土地利用が存在する (Koga et al., 2016; 中村, 2001)。土地利用情報として浸透・不浸透特性に従い、家屋、道路、緑地、河川等の形状を表現するにはベクトル型が有効であり、これを地物データ GIS として都市洪水流出モデルに用いる手法が提案されている (Amaguchi et al., 2012)。洪水・浸水解析に用いる地物データ GIS は、1/2500 地形図標準データファイルなどから道路縁線、土地利用の境界線、建物縁線などを基に、航空写真を基に個々の土地利用種別の判別を行い、手作業により各地物の浸透特性等を設定していく必要がある (天口ほか, 2007)。これまで、ベクトル型土地利用に対応した地表面格子要素構築に関する手法を検討しており、洪水流出・浸水解析を目的とした地物データ GIS の構築手法について示す。

## 2. 地物データ GIS を用いた都市流域のモデル化

### 2.1. 都市流域のモデル化事例

図 1(a) は、神田川上流域(流域面積約 11.5km<sup>2</sup>、流

路延長約 9km)を設定した一部の拡大図示したものであり、東京都 1/2500 地形図の電子データおよび航空写真より構築したものである (天口ほか, 2013)。流域全体の要素数は 104 342、雨水管路網データは、マンホールをポイント型、管路をポリライン型で表しており、マンホール数 9 632、管路数 9 904 となっている。

図 1(b) はスウェーデン・マルメ市の Augustenborg は人口 3470 人、面積 0.3km<sup>2</sup> の団地が立ち並ぶ居住地であり、住居間には芝地が整備された緑豊かな地区を対象にグリーンインフラの流出低減効果を目的に作成した地物データ GIS 示したものである (天口ほか, 2020)。全要素数は 23,382 で、1 要素当りの面積は約 15m<sup>2</sup> である。緑化されている建物数は 9 で、1 要素あたりの面積は約 1300m<sup>2</sup> と、緑化なしの建物 (約 450m<sup>2</sup>) と比べて 3 倍程度大きい。建物以外の要素の平均面積は 10~20m<sup>2</sup> で、1 要素当りの大きさは 3~5m 程度となっている。

### 2.1. 地物データ GIS

図 2 は、流出・浸水解析に用いる地物データ GIS の概要について示したものである (天口ほか, 2007)。地表面はポリゴン型の GIS データを用い、地下の雨水・下水道管路はライン型およびポイント型を用い

\* 正会員 東京都立大学 都市環境学部 (Tokyo Metropolitan University) amaguchi@tmu.ac.jp

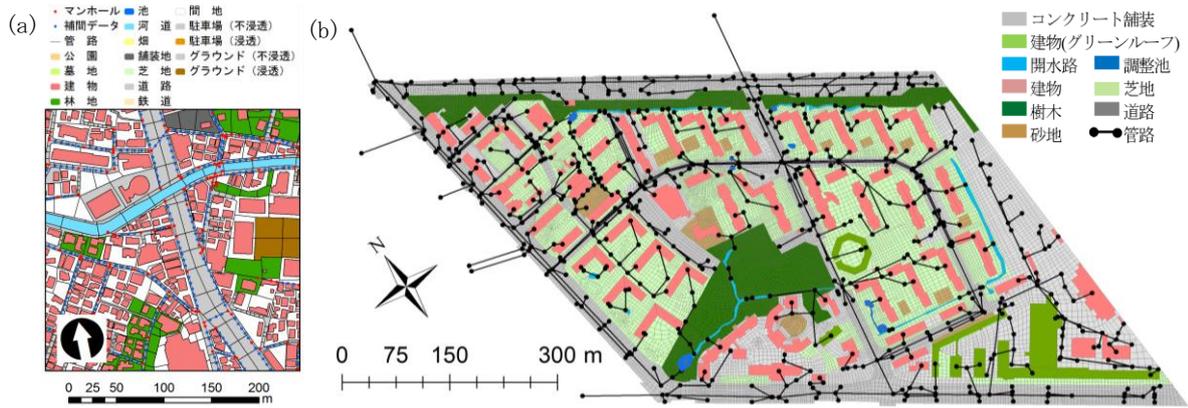


図1 地物データ GIS による流域のモデル化, (a) 神田川上流域, (b) Augustenborg 排水区

てデータ化されており, 流出過程の計算に必要な情報はフィールドに設定されている。

### 3. 地物データ GIS の構築について

地物データ GIS の構築には, 地表面要素として, 未分割の河道, 街区, 道路からなる基礎的な地物データ GIS を準備し, 流出・浸水解析のための解析格子として微小分割する. ここでは, 解析格子を微小要素, 土地利用の種別には単に要素と呼ぶこととする。

街区には多くの土地利用種別が存在するため, 1/2500 の地図記号を用いた微小要素作成も有効な場合もあるが, 航空写真などの確認が必要となる. 以下では, 道路要素, 建物を考慮した街区分割線の作成, 地物データ GIS を用いた雨水管路網データの構築について示す。

#### 3.1. 微小道路要素

図 3(a) は, 微小道路要素を作成する際に, 道路の形状のついての特性をまとめたものである. 微小道路要素の作成では, 複雑形状の道路を交差部とそれ以外の単路部とに分離する (図 3(b)). 単路部については, 道路進行方向と横断方向に分割し, 交差部については, 交差する単路部にあわせて道路横断方向に分割する。

小領域を対象に作成した微小道路要素を図 3(c) に示す. A 領域では, 単路部の進行方向に対して垂直な分離線により交差部と単路部が分離されているのが見て取れる. B 領域では, 単路部の微小道路要素が道路幅程度を 1 辺の長さとする単純形状になっ

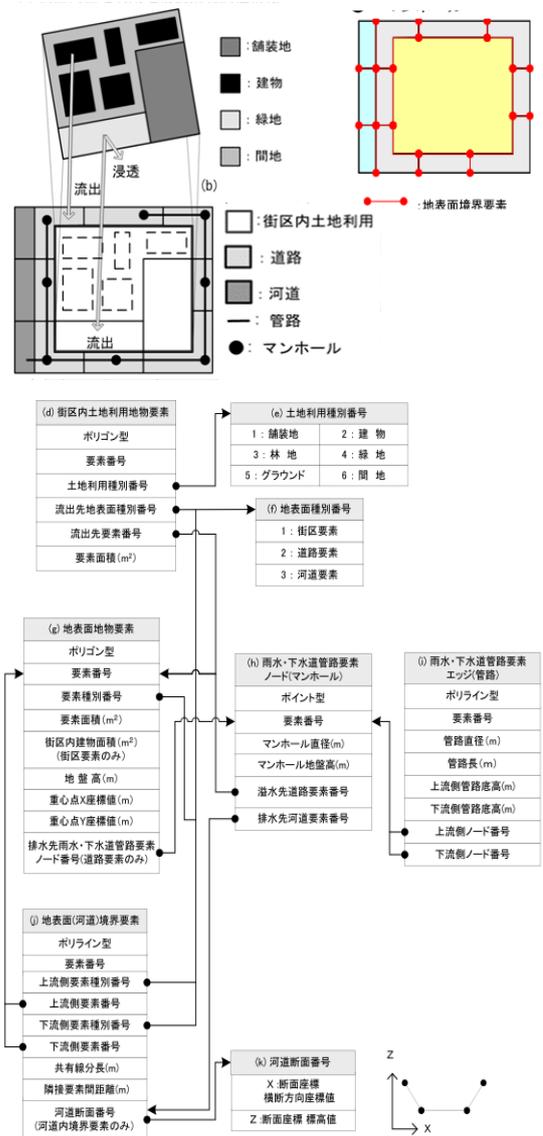


図2 地物データ GIS とその属性

ている. 道路幅の小さな C 領域では, 道路進行方向への分割細小間隔として設定した 8m 間隔で道路が分割されている. さらに道路幅の大きな D 領域では,

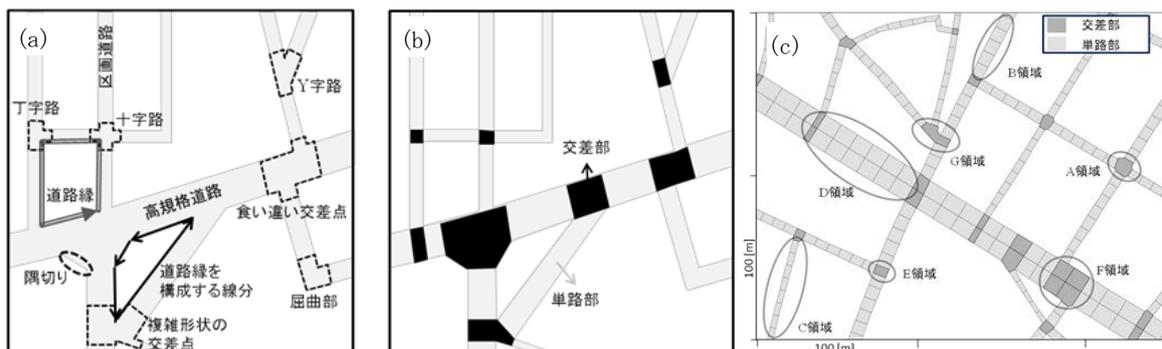


図3 微小道路要素の作成, (a)道路要素の特性, (b)交差・単路部, (c)微小道路要素の作成事例

単路部が道路中心線によって分割され, 微小道路要素の大きさが制御されている。

### 3.2. 建物の配置を考慮した街区分割

街区分割は, 街区内の建物が街区の向きに一致していることが多いことに着目して行った(天口ほか, 2018). 建物の平均的な傾きを用いて街区の回転させることにより分割が容易になる. すなわち, 図4に示すように, 横方向に $\Delta d$ の幅で等間隔に線を引き, 建物と重なる線を削除し, 残った分割線を代表する線を保存する. 縦方向についても同様に処理し, これを繰り返して街区分割線を得る.

東京都杉並区に実在する複数街区に対し, 本手法を適用した結果について説明する(図5). 建物の向きと街区の向きが概ね一致している場合には, 各建物の敷地ごとに街区が分割されている. 分割された領域内に複数の建物が残った事例は, 街区内の建物の中で極端な傾きを有する建物が複数ある場合であった. 街区において建物とその敷地とを整合させて分割することにより, 建物への浸水過程を考慮したモデル化も可能となる(天口ほか, 2013).

### 3.3. 雨水管路網データの作成

本データの構築には地物GISデータを用いることを前提とし, 属性情報として土地利用(種別は河道, 道路など), 地盤高および面積が必要である(天口ほか, 2019). また, 排水区が複数ある場合には個々に排水区および放流管路の指定が必要である. 排水区は, 河川への放流管が橋付近に集中している特徴を考慮し, 橋に接続する道路を境界とする.

図6は雨水管路網データの構築手順を示したもの

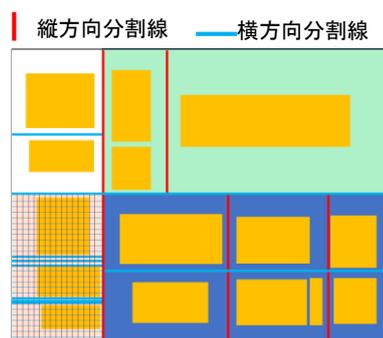


図4 街区内の分割

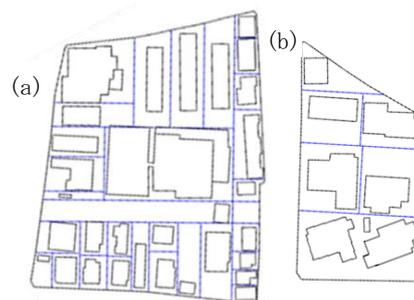


図5 街区分割事例

である. 管渠ルートの設定には, 管渠が道路に埋設されている状況, 河川への雨水排水は橋梁付近で行われている状況などを勘案し, 道路NW(ネットワーク)を用いることとした. すなわち, 雨水管路網データの構築ステップは, 以下ようになる.

- ① 道路NWの作成および排水区の設定
- ② 自然流下を考慮した管路高の設定
- ③ 計画雨水量の算定と管路直径の設定

道路NWの作成には, 直進性が高く, 道路幅の狭い道路の作成が可能で, 道路幅の情報も付加することができる手法(田内ほか, 2014)を用いる. 排水区では, 放流管路から河川に自然排水できるように管路勾配を設定する. 先ず, 河川への放流管の管底高を河床高+ $dh$ として設定し, 管路長と初期勾配を用いて上流側の管底高およびマンホール底高を上流

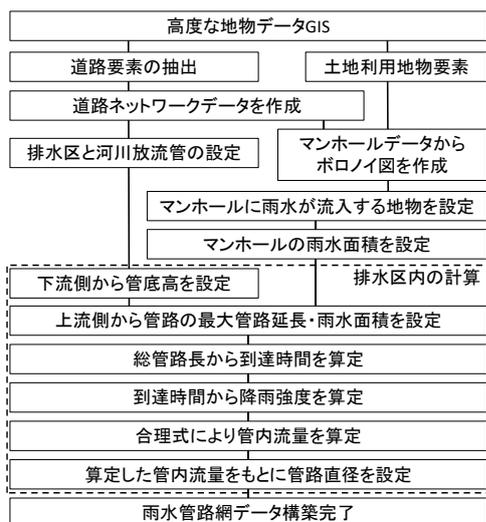


図6 雨水管路網データの作成手順

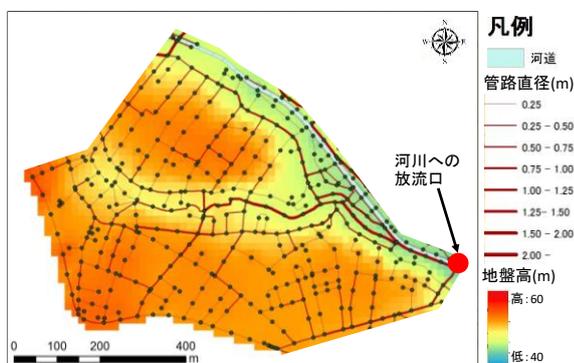


図7 雨水管路網の作成事例

向かって設定する。地盤高と管底高との差（深度）に問題がある場合には、既存マンホールの設置例を参考に1mから5mの深さに管底高を再設定する。管路直径は、計画雨量、合理式などを用いて雨水管路網の上流から下流の順に計算する。

図7は、神田川上流域の排水区を対象に、管底高と管路直径を示したものである。管底高は地形に沿うように設定されており、管路直径は河川への放流管に近づくほど大きくなっている。また、マンホールの深さは、河川から離れた場所で管底が深い傾向がみられた。本手法により、排水区の地形特性を考慮し、雨水が河川へ自然排水する雨水管路網データ構築が可能となった。

#### 4. むすび

地物データGISの作成では、道路要素、河道要素および街区要素を微小化することにより流出・浸水解析に必要な解析格子が作成される。道路要素

の場合、ここで示した手順により微小分割が可能である。街区要素の場合は建物の配置を考慮した分割線により微小要素の作成は可能であるが、街区内に複雑に分布する浸透域（緑地、農地、グラウンドなど）や不浸透域（駐車場、舗装地など）に応じて分割する手法について課題が残っている。雨水管路網データの構築では、道路ネットワークを管路網として活用して管路勾配等を設定し、土地利用要素により算出した流出係数により管路の直径を設定した。雨水管路配置や幹線管路の特性を考慮することにより、より現実に近い管路網データの作成が可能と考えられる。

#### 謝辞

本研究は高度研究（R4-2）の助成を受けたものです。記して感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 天口英雄・河村明・高崎忠勝（2007）地物データGISを用いた新たな地物指向分布型流出解析モデルの提案，土木学会論文集B, **63-3**, 206-223.
- Amaguchi, H., Kawamura, A., Olsson, J., and Takasaki, T. (2012) Development and testing of a distributed urban storm runoff event model with a vector-based catchment delineation. *Journal of Hydrology*, **420-421**, 201-215.
- 天口英雄・長坂丈巨・河村明・高崎忠勝・中川直子（2013）都市流域を対象とした建物浸水モデルの提案，河川技術論文集，**19**，211-216.
- Koga, T., Kawamura, A., Amaguchi, H. and Tanouchi, H. (2016) Assessing impervious area ratios of grid-based land-use classifications on the example of an urban watershed. *Hydrological Sciences Journal*, **61-9**, 1728-1739.
- 天口英雄・河村明（2018）建物配置を考慮した街区分割手法について，第26回土木学会地球環境シンポジウム講演集，69-74.
- 天口英雄・河村明（2019）都市流域を対象とした雨水管路網の理論データ構築手法の開発，河川技術論文集，**25**，273-278.
- 天口英雄・河村明（2020）グリーンインフラを考慮した雨水流出解析モデルの提案とその適用，土木学会論文集G（環境），76-5, I\_319-I\_325.
- 田内裕人・天口英雄・河村明・中川直子・古賀達也（2014）都市域における洪水流出解析を目的とした微小道路要素の自動構築手法に関する研究，GIS-理論と応用，**22-2**, 25-34.
- 中村茂（2001）グリッド型水循環系解析モデルの開発～海老川流域を対象として～，水工学論文集，**45**，103-108.

## ポスター発表

2024年10月26日(土) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

**[P1] ポスター発表 #1****[P1-19] 住宅ストックに関する政府統計のDXフレンドリーなデータフォーマットの検討**\*秋山 千亜紀<sup>1</sup>、秋山 祐樹<sup>2</sup>、杉田 暁<sup>3</sup> (1. 麗澤大学、2. 東京都市大学、3. 中部大学)

キーワード：住宅ストック、オープンデータ、DXフレンドリー、基盤地図情報

「住宅ストック」は、ある地域に存在する全ての住宅戸数や総量を指し、住宅供給の現状や不動産市場の動向を表す統計指標として、産官学の各セクターにおいて利用されている。人口減少、空き家が社会課題と認知されている近年においては、統計情報の経年推移や地図として可視化、分析する機会が増えている。ただし、住宅ストックの対象年度によっては、市町村合併による自治体境界および自治体コードの変更への対応、必要な年次の地図データの入手が必要となる。IT人材不足が慢性的に社会課題となっている我が国において、データの年次に応じた地図データの入手・突合を処理できる人材が、住宅ストックデータを扱う必要のある部署に必ずしも配置されているとは限らない。以上の状況を踏まえて、本研究では、住宅ストックに関する政府統計を、地理空間情報の専門家でなくても扱いやすい、DXフレンドリーなデータフォーマットを検討することを目的とする。

# 犯罪発生に関わる人間の空間移動パターン - 仙台都市圏において発生した街頭犯罪に着目して -

平間一樹\*・矢部直人\*\*・横田賀英子\*\*\*・大塚祐輔\*\*\*・古橋健悟\*\*\*・渡邊和美\*\*\*

## Spatial patterns of human movement in relation to crime occurrences - Focusing on cases of street crimes in Sendai urban area -

Kazuki Hirama\*, Naoto Yabe\*\*, Kaeko Yokota\*\*\*,  
Yusuke Otsuka\*\*\*, Kengo Furuhashi\*\*\*, Kazumi Watanabe\*\*\*

**Abstract** Crimes occur when potential offenders identify suitable targets or victims that align with their opportunities to commit the crime. Remarkably, the movement patterns of criminals are often similar to those of non-criminal trips of the general population. Previous studies have demonstrated that crime occurrences in spatial can be better understood by incorporating the spatial activity patterns of either gang groups or the general population. This study explored whether the inflow trips of offenders who committed vehicle load thefts in the past, as well as the routine activities of general population, could help capture the future crime distribution. Focusing on vehicle load thefts in Sendai city, the results revealed that the model incorporating the inflow trips of the general population was the most effective in predicting future occurrences of vehicle load thefts. These findings align with previous studies on crime occurrences.

**Keywords:** 犯罪パターン理論(crime pattern theory), パーソン・トリップ(person trip), 仙台都市圏(Sendai urban area), 空間回帰モデル(spatial regression model)

### 1. 問題・目的

#### 1.1 はじめに

犯罪者は、自身の拠点の近傍において犯罪行為を行う傾向にある (Brantingham & Brantingham, 1981). その理由として、犯罪者は拠点の近傍には土地鑑があり、好適なターゲットを容易に見ることが可能であるためである (Brantingham & Brantingham, 1981). 一方で、犯罪者の犯行地選択は、居住地を含む拠点からの近さだけではなく、犯罪を行おうとする地区 (目的地区) におけるターゲットとなり得る事物の数や、犯罪行為の遂行しやすさ等、様々な要因の影響の元で決定される (Bernasco & Nieuwebeerta, 2005; Hirama et al., 2023). また、犯罪パターン理論 (Brantingham & Brantingham, 2008) では、犯罪者も一般人と同様に、日常活動に従事する中で、好適な犯罪機会が生じた場合に犯罪が発生すると考えるため、近年では、犯罪者と一般人の空間移動の類似性に着目した研究がある (Boivin & D'Elia, 2017; Song et al., 2019). それら一連の研究においては、一般人口の日常的な流入が多い地区は、犯罪者の犯行のための流入も多く、一般人口の日常的な空間移動パターンは、犯罪者の犯行のための移動を説明する一つ

の要因であることが指摘されている。つまり、犯罪発生を説明するには、犯罪者個人の空間行動パターンに着目することに加えて、一般人口のマクロな空間行動パターンにも着目することが重要であろう。

#### 1.2 犯罪発生に関連する空間行動パターン

近年では、犯罪発生を説明する数理モデルの構築において、犯罪集団の空間上の活動範囲や、一般人口の空間移動パターンを所与とすることで、より精緻なモデルの構築が進められている (Kelling et al., 2021; Tita & Radil, 2011). 例えば、Tita & Radil (2011) では、米国カリフォルニア州ロサンゼルス市のホーレンバック地区におけるギャング・グループの活動範囲と、他グループとの敵対関係を空間重み行列として設定した場合に、地区間の隣接関係のみを空間重み行列とした場合と比べて、分析エリア内におけるギャング・グループが関与する暴力犯罪の発生数を説明するモデルの適合度が向上することを示した。また、Kelling et al. (2021) は、米国ミシガン州デトロイト市およびテキサス州アーリントン市における性的暴力犯罪の発生を説明するモデルを構築する際に、地区間の隣接関係をモデルに取り込むことに加え、各地区への人々の流入量をモデルに取り込んだ

場合に、モデルの適合度が向上したことを示した。

以上のように、犯罪集団の活動範囲や一般人口の空間行動パターンをモデルに投入することで、犯罪発生数を説明するモデルの適合度の向上が示されてきた。しかし、個々の犯罪者の犯行のための移動パターンと、一般人口の空間行動パターンの両方が、将来の犯罪発生数をよりよく説明するかについては議論の余地があると考える。

本研究では、宮城県仙台市を分析エリアとして、街頭犯罪の一種である車上ねらいの発生を説明するモデルを構築する。その際に、将来の車上ねらいの発生リスクを高める要因として、各地区における過去の車上ねらいの発生数および人口総数の要因を説明変数としてモデルに投入した。また、分析エリア内において過去に車上ねらいを敢行して検挙された犯罪者の流入量と、パーソン・トリップ (PT) 調査によって得た一般人口の日常的な流入量をモデルに投入することで、どれほどモデルの適合度が向上するかを検討する。

## 2. データ

### 2.1 分析エリア

2017年に実施された仙台都市圏 PT 調査のうち、仙台市内における小ゾーン単位 (分析地区数: 1,068) での解析を行った。

### 2.2 車上ねらいの発生データ

宮城県警察が公表する 2018 年から 2022 年の仙台市における車上ねらいの認知件数 (町丁目レベルでの集計)<sup>2</sup>を用いた。分析では 2021 年から 2022 年において、地区*i*で発生し認知された車上ねらいの件数  $y_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 1068$ ) を、将来の発生件数として目的変数に用いた (総件数: 280 件)。また、2018 年から 2020 年において地区*i*で発生し認知された車上ねらいの件数を、過去の車上ねらいの発生件数として説明変数 ( $x_{1i}$ ) に用いた (総件数: 947 件)。

### 2.3 人口総数データ

2020 年の国勢調査から、仙台市における町丁目単

位の人口総数を説明変数 ( $x_{2i}$ ) として用いた<sup>1</sup>。

### 2.4 犯罪者の犯行のための流入量に関するデータ

2009 年から 2017 年の間において、仙台市に居住し同市内において車上ねらいを 1 件以上敢行し検挙された単独犯の犯行のための移動データを用いた。分析には町丁目レベル以上で、犯罪者の居住地区及び犯行地区が判明したもののみを使用したところ、116 名による 140 の犯行のための移動が抽出された。犯罪者の居住地から犯行地点までの直線距離の中央値は 2.3 km (第 1 四分位数 0.3 km, 第 3 四分位数 3.4 km) であり、140 の犯行のための移動のうち、130 の移動 (92.9%) は、居住地区とは異なる地区*i*に赴き犯行を行っていた。この 130 の犯行のための移動に関する情報を、犯罪者の地区*i*への流入量とし、説明変数 ( $x_{3i}$ ) として分析に用いた。

### 2.5 一般人口の流入量に関するデータ

2017 年に実施された仙台都市圏 PT 調査から、仙台市内を発着地区とし、移動の起点が移動者の自宅であった者を抽出したところ、総数は 48,112 となった。このうち、44,803 の移動 (93.1%) は、居住地区とは異なる地区*i*を目的地区とした移動であった。この 44,803 の移動に関する情報を、一般人口の地区*i*への流入量とし、説明変数 ( $x_{4i}$ ) として分析に用いた。

## 3. モデル及び分析方法

### 3.1 モデル

2021 年から 2022 年において地区*i*で発生した車上ねらいの発生件数  $y_i$  は、

$$y_i \sim \text{Poisson}(\lambda_i)$$

$$\lambda_i = \exp(\beta_0 + \sum_{m=1}^k \beta_m x_{mi} + u_i + \varepsilon_i)$$

に従うと仮定した。地区間の空間構造を示す  $u_i$  は Leroux モデルに従い、

$$u_i | u_{j \neq i} \sim \text{Normal} \left( \frac{\rho \sum_j w_{ij} u_j}{\rho \sum_j w_{ij} + 1 - \rho}, \frac{\tau^2}{\rho \sum_j w_{ij} + 1 - \rho} \right)$$

とした。上式内の  $w_{ij}$  は、地区*ij*間の近接性を表す空間重み行列  $\mathbf{w}$  の各要素であり、本研究では地区*i*にお

\* 正会員 科学警察研究所 (National Research Institute of Police Science) Email: hirama@nrips.go.jp

\*\* 正会員 東京都立大学 (Tokyo Metropolitan University)

\*\*\* 非会員 科学警察研究所 (National Research Institute of Police Science)

Table 1 各モデルにおけるパラメータの事後分布の要約統計量および適合度

パラメータ	Model 1			Model 2			Model 3			Model 4		
	2.5%	Mean	97.5%									
過去の発生数	0.1833	0.2135	0.2414	0.1790	0.2323	0.2854	0.1675	0.2210	0.2745	0.1329	0.1892	0.2452
人口総数	0.0001	0.0002	0.0004	0.0000	0.0002	0.0004	0.0000	0.0001	0.0003	0.0000	0.0002	0.0004
犯罪者の流入量							0.0168	0.0918	0.1658	-0.0659	0.0181	0.1011
一般人口の流入量										0.0008	0.0018	0.0028
tau2				1.1975	2.0808	3.2658	1.0797	1.9749	3.1350	0.9123	1.7775	2.8524
DIC	1317.3			1199.1			1197.5			1192.1		

ける車上ねらいの発生件数は、隣接する地区 $j$ の発生件数を受けて決まると想定した。また、 $\rho$ は空間的自己相関を捉えるパラメータであり、分析では $\rho = 1$ に固定した場合のモデルも構築し、適合度を比較した。

### 3.2 分析手続き

はじめに、地区間の隣接性を仮定せず、過去の車上ねらいの発生件数 $x_{1i}$ および人口総数 $x_{2i}$ のみを投入した Model 1 を構築した。これは、地区間の人口の流入量が、地区 $i$ における将来の車上ねらいの発生数を説明することを仮定しないモデルである。次に Model 2 として、Model 1 に対して $u_i$ を投入したモデルを構築した。続いて、Model 2 に対して犯罪者の犯行のための地区 $i$ への流入量 ( $x_{3i}$ ) を説明変数に投入した Model 3 を構築した。最後に、Model 3 に対して、一般人口の地区 $i$ への流入量 ( $x_{4i}$ ) を説明変数に投入した Model 4 を構築した。

パラメータの推定においては、マルコフ連鎖モンテカルロ (MCMC) 法を用いてパラメータの事後分布を生成し (いずれのモデルも chain 数: 4, burn-in: 50,000, sample 数: 150,000 に設定), DIC によりモデルの適合度を比較した。

## 4. 結果

### 4.1 モデルの適合度

Model 2, 3, 4 については、 $\rho$ を推定した場合と $\rho = 1$ に固定した場合の両方においてパラメータ推定を行った。その結果 Model 2, 3, 4 いずれも $\rho = 1$ とした時の DIC が小さかったため、以降は $\rho = 1$ とした場合の結果を報告する。

モデル間の DIC を比較 (Table 1 下部) すると、Model 1 の DIC が最も大きく適合度が悪かったが、 $u_i$ を投入することでモデルの適合度が向上した。また、地区間の人口流入量を説明変数として投入する

ことで DIC がより小さくなり (Model 3 および Model 4), 一般人口の人口流入量を説明変数として投入した Model 4 の適合度が最良であった。

### 4.2 パラメータの事後分布

Table 1 にモデルごとのパラメータの事後分布の要約統計量を示した。過去の車上ねらいの発生数および人口総数は、95%信用区間に 0 を含まず、将来の車上ねらいの発生数と関連があることが示された。Model 3 において、犯罪者の犯行のための流入量も将来の車上ねらいの発生数と関連することが示されたが、Model 4 において一般人口の流入量の要因を投入すると効果が消え、一般人口の流入量によって、将来の車上ねらいの発生数が説明されることが示された。

Table 2 には説明変数間の spearman の順位相関係数を示した。犯罪者の流入量と人口総数以外の変数の組み合わせにおいて有意な相関が認められた。

Table 2 変数間の相関行列

	2021-2022 発生数	2018-2020 発生数	人口総数	犯罪者の 流入量
2018-2020発生数	0.311***			
人口総数	0.173***	0.314***		
犯罪者の流入量	0.191***	0.209***	0.046	
一般人口の流入量	0.195***	0.267***	0.213***	0.110***

\*\*\*  $p < .001$

### 4.3 観測値と推定された予測値の分布

Figure 1 に目的変数 (2021 年から 2022 年における車上ねらいの発生件数) の観測値 (上), Model 1 における予測値と目的変数の観測値の差 (中), DIC が最も低かった Model 4 における予測値と目的変数の観測値の差 (下) の分布を示した。Model 1 と比較して Model 4 においては、モデルによる目的変数の観測値の過大推定および過小推定の程度が減少した。

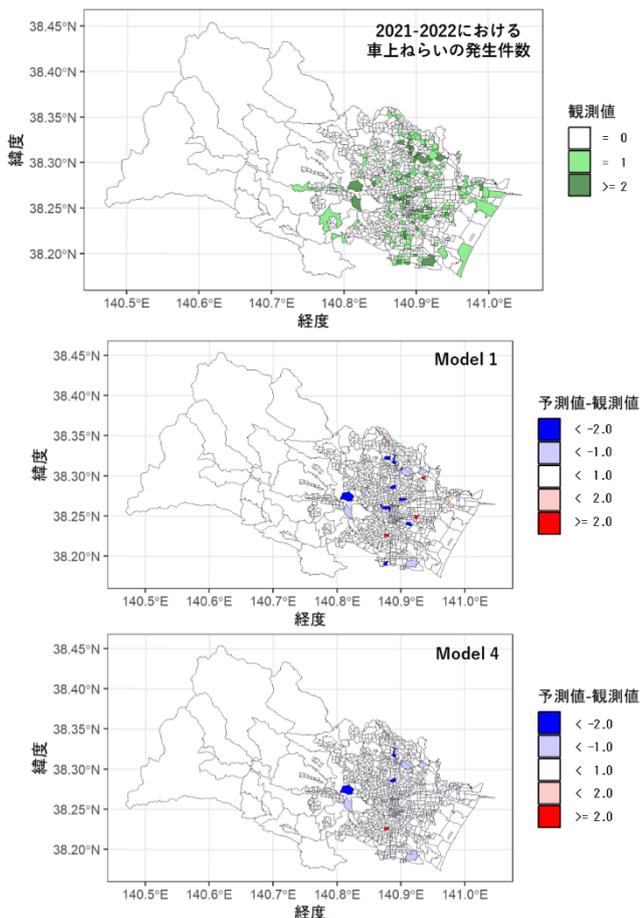


Figure 1 目的変数の観測値と予測値との関係

## 5. 考察

車上ねらいの発生は、各地区における過去の車上ねらいの発生数および人口総数といった、当該地区におけるリスク要因だけではなく、人間の流入量によっても説明されることが示された。さらに、過去に車上ねらいを引き起こして検挙された犯罪者の流入量よりも、一般人口の流入量を用いることでモデルの適合度が向上し、犯罪発生現象を説明するモデルにおいて、一般人口の移動パターンを用いることの重要性が示唆された。

## 謝辞

仙台都市圏における PT 調査のマスターデータをご提供いただいた宮城県都市計画課の皆様へ深く感謝申し上げます。本研究は科研費（若手研究）の助成を受けて行われたものです（課題番号：24K16210）。

注

<sup>1</sup> e-stat から小地域（基本単位区）（JGD2011）の境界データを取得した<<https://www.e-stat.go.jp>>.

<sup>2</sup> 宮城県警察のウェブサイト上にある 2018 年から 2022 年における車上ねらいの認知件数を使用した<<https://www.police.pref.miyagi.jp/seian/opendata.html>>.

## 参考文献

- Bernasco, W., and Nieuwebeerta, P. (2005) How do residential burglars select target areas? A new approach to the analysis of criminal location choice. *The British Journal of Criminology*, **45**, 296-315.
- Boivin, R., and D'Elia, M. (2017) A network of neighborhoods: Predicting crime trips in a large Canadian city. *Journal of Research in Crime and Delinquency*, **54**, 824-846.
- Brantingham, P.L., and Brantingham, P.J. (1981) Notes on the geometry of crime. In Brantingham, P.J., and Brantingham, P. L. eds. *Environmental Criminology*. Prospect Heights: Waveland Press, 27-54.
- Brantingham, P.L., and Brantingham, P.J. (2008) Crime pattern theory. In Wortley, R., Mazerolle, L. eds. *Environmental Criminology and Crime Analysis*. New York: Routledge, 78-93.
- Hirama, K., Yokota, K., Otsuka, Y., Watanabe, K, Yabe, N., Yokota, R., and Hawai, Y. (2023) Geographical profiling incorporating neighbourhood-level factors using spatial interaction modelling. *Journal of Investigative Psychology and Offender Profiling*, **20**, 135-150.
- Kelling, C., Graif, C., Korkmaz, G. and Haran, M. (2021) Modeling the social and spatial proximity of crime: domestic and sexual violence across neighborhoods. *Journal of Quantitative Criminology*, **37**, 481-516.
- Song, G., Bernasco, W., Liu, L., Xiao, L., Zhou, S., and Liao, W. (2019) Crime feeds on legal activities: Daily mobility flows help to explain thieves' target location choices. *Journal of Quantitative Criminology*, **35**, 831-854.
- Tita, G.E., Radil, S.M. (2011) Spatializing the social networks of gangs to explore patterns of violence. *Journal of Quantitative Criminology*, **27**, 521-545.

# 人口減少期におけるコンパクトシティ施策の評価

巻木雅月\*・安田昌平\*\*

## Evaluation of Compact City Policies During Population Decline

Mizuki MAKI\*, Shohei YASUDA\*\*

**Abstract** In Japan, since the institutionalization of the Location Normalization Plan in 2014—aimed at promoting the compactification of urban and dwelling functions against the backdrop of population decline—efforts have been made to encourage the concentration of urban and residential functions in city centers through the Urban Function-guided Zone and Residence-guided zone. This paper examines the effects of the Location Normalization Plan in Utsunomiya City, Tochigi Prefecture, using a Difference in Differences design. Land prices and population density were used as outcomes to reveal the effects of the designated zones. The empirical results showed that land prices significantly increased due to the Urban Function-guided Zone and continued to rise seven years after the designation. Furthermore, the Residence-guided Zone led to significant increases in both land prices and the density of the productive population. Conversely, the results suggested that there was no significant concentration of the young and elderly populations.

**Keywords:** コンパクトシティ (Compact city), 立地適正化計画 (Location Normalization Plan), 差の差分析 (Difference in Difference design)

### 1. はじめに

2011年以降、日本の人口は減少し続けており、減少率も大きくなっている。このような人口減少期には、現在の都市規模は過大になっていると考えられ、今後も現在の都市規模を維持していくのは非常に困難である。

そこで、政府は都市規模の縮小を図る目的で、2014年に立地適正化計画を制度化したが、その施策の効果は不透明である。近年、EBPMの重要性が叫ばれている中、立地適正化計画が制度化されてから10年たち、どれほどの効果があったのかを検証することは、非常に重要である。

そこで、本論文では、栃木県宇都宮市を分析対象とし、立地適正化計画による誘導区域設定の効果を、地価や人口密度の変化を通して検証する。本論文の主な結論は以下の通りである。①都市機能・居住誘導区域の設定により、区域外と比べて区域内の地価は有意に上昇した。②居住誘導区域の設定により、区域外と比べて区域内の生産年齢人口密度は有意に上昇した。これらの結果は、立地適正化計画を策定し、適切な施策を講じることで都市のコンパク

ト化が進むことを示しており、現在のコンパクトシティ政策を支持するものである。このことは、今後、人口減少が加速すると想定される都市において、都市をデザインする際の重要なエビデンスになると考えている。

### 2. コンパクトシティの概要

現在の日本は人口減少期に突入しているため、各種都市機能や人口の集約を図ることで、集積の経済による生産性向上や持続的な財政運営を推し進める必要がある。そこで、政府は2014年に立地適正化計画を制度化した。立地適正化計画では、「都市機能誘導区域」と「居住誘導区域」の2つの区域を定めることになっている。

国土交通省(2015)によると、都市機能誘導区域とは、「商業等の都市機能を誘導し集約する区域」のことである。一方、居住誘導区域とは「人口減少の中にあっても一定エリアにおいて人口密度を維持することにより、生活サービスやコミュニティが持続的に確保されるよう、居住を誘導すべき区域」のことである。

本論文の分析対象である宇都宮市は、2017年3月に都市機能誘導区域、2019年3月に居住誘導区域を設定している。本論文では、これらの誘導区域の設定が、当該地域の地価および人口密度に及ぼす影響を検証する。

### 3. 先行研究

コンパクトシティに関連する先行研究としては、都市のコンパクト度と地価の関係を分析した研究(杳澤ほか, 2020)、地方自治体の最小効率規模について分析した研究(林, 2002)、人口誘導施策の効果を分析した研究(佐藤ほか, 2020)、コンパクトシティ政策が生産性に及ぼす影響を分析した研究(Iwata and Kondo, 2021)などがある。また、海外の先行研究として、都市のコンパクト化に伴う集積の経済と都市の人口規模を分析した研究(Yao et al., 2022)などがある。

しかしながら、上記の分析はいずれも立地適正化計画などを含む具体的な政策を評価したものではない。そこで、本論文では宇都宮市を分析対象として、立地適正化計画が地価と人口密度に与える影響を分析する。

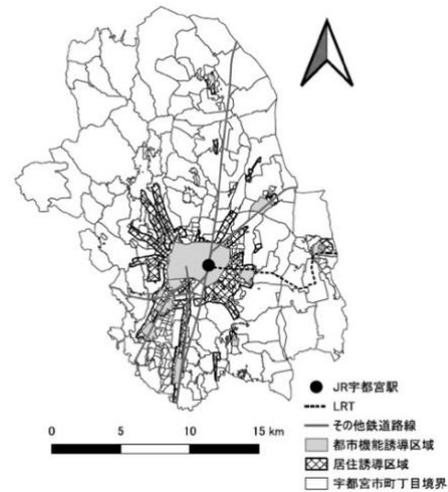
## 4. 地価に関する分析

### 4.1. 実証モデル

本章では、ヘドニックアプローチおよび Difference in Differences design (以下、DID)を用いて、誘導区域指定の効果を公示地価の変動を通して検証する。都市機能・居住誘導区域内の標準地を処置群とし、それ以外の標準地を対照群とする(図1参照)。ここで、都市機能・居住誘導区域の指定においては、観測できない地域の潜在的な魅力や生産性なども考慮されていると考えられる。このような場合、通常のOLSでは欠落変数バイアスの問題が生じる可能性が高い。そこで、固定効果モデルを採用して、以下のモデルを推定した。

$$Y_{it} = \alpha_i + \gamma_t + \beta_1 \text{after}_t \cdot \text{zone}_i + \beta_2 X_{it} + \varepsilon_{it} \quad \dots (1)$$

添字*i*は公示地価の標準地、*t*は時点を示しており、 $\alpha_i$ は標準地の固定効果、 $\gamma_t$ は時間効果である。 $Y_{it}$ は地価の対数である。 $\text{after}_t$ は都市機能誘導区域設定後ダミーで、2017年以降であれば1、それ以外であれば0をとるダミー変数である。 $\text{zone}_i$ は都市機能誘導区域内であれば1、区域外であれば0をとるダミー変数である。 $X_{it}$ はコントロール変数である。 $\varepsilon_{it}$ は誤差項である。関心のある係数は $\beta_1$ であり、これは、誘導区域の指定による政策介入効果を表す。また、居住誘導区域についても同様のモデルを推定した。



出所) GIS を用いて著者作成

図1 宇都宮市立地適正化区域

### 4.2. データの説明

地価のデータは、国土数値情報ダウンロードサービス(以下、国土数値情報)で提供されている地価公示データを採用した。期間は、2007年から2023年の17年分のデータを採用し、パネルデータ化した。なお、標準地が変更されていない地点のみを使用し、バランスドパネルデータにしている。

### 4.3. 推定結果

表1は(1)式の推定結果である。都市機能・居住誘導区域のモデルともに、区域設定後、誘導区域内では、区域外に比べて地価は上昇したことが明らか

\* 学生会員 慶應大学経済学研究科 (Keio University)

\*\* 正会員 日本大学経済学部 (Nihon University) [yasuda.shohei@nihon-u.ac.jp](mailto:yasuda.shohei@nihon-u.ac.jp)

になった。この理由として、人口増加による土地需要の増加が見込まれていたことが考えられる。

また、都市機能誘導区域の指定による効果がどの程度継続するのか検証するため、区域設定後ダミーの代わりに、2007年を基準とした各年ダミーを採用したモデルも推定した(図2)。その結果、誘導区域の設定後、地価が有意に上昇していることが明らかになった。一方で、図2からは、都市機能誘導区域の指定前から地価が有意に上昇していることも分かる。これは、自治体が区域指定の前に住民説明会などを行っており、これによるアナウンスメント効果を示している可能性がある。また、2013年にはLRTの計画が公表されており、この影響も考えられる。

被説明変数：	ln地価(円/㎡)	ln地価(円/㎡)
誘導区域：	都市機能誘導区域	居住誘導区域
誘導区域内ダミー	0.069 ***	0.067 ***
× 区域設定後ダミー	(0.015)	(0.015)
区域設定後ダミー	-0.076 ***	-0.115 ***
	(0.007)	(0.013)
ln最寄り駅までの距離	-0.142 ***	-0.162 ***
	(0.039)	(0.040)
定数項	12.306 ***	12.453 ***
	(0.294)	(0.299)
固定効果	標準地	
自由度修正済み決定係数	0.903	0.903
N(総数)	527	527

図注) \*\*\*, \*\*, \* はそれぞれ推計された係数が1%, 5%, 10%水準で統計的に有意であることを示す。

表 1 推定結果

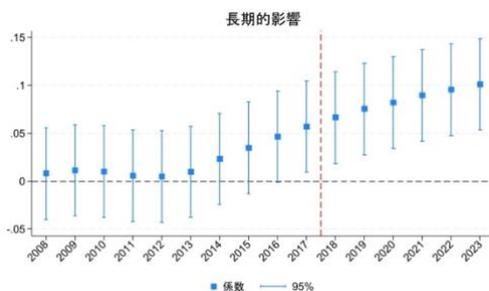


図 2 交差項の係数と 95%信頼区間

## 5. 人口密度に関する分析

### 5.1. 実証モデル

本来の政策目的である人口集約が達成されている

のかどうかは、地価の変動からだけでは分からない。そこで本節では、町丁目レベルの人口を用いて、以下のモデルを推定した。

$$pd_{it} = \alpha_i + \gamma_t + \beta_1 after_t \cdot zone_i + \sum \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it} \quad \dots (2)$$

添字*i*は町丁目、*t*は時点を示しており、 $\alpha_i$ は町丁目の固定効果、 $\gamma_t$ は時間効果である。 $pd_{it}$ は人口密度の対数、 $zone_i$ は居住誘導区域内ダミーを示す。 $X_{kit}$ はコントロール変数である。人口のデータとしては、住民基本台帳の各年3月末のデータ(宇都宮市提供)、面積のデータとして、国勢調査の境界データを採用し、2012年から2023年の12年分のデータをパネルデータ化した。

### 5.3. 推定結果

表2は(2)式の推定結果を示している。被説明変数が総人口密度の場合、区域設定後、誘導区域外では人口密度が低下しているが、誘導区域内の人口密度については上昇していることが明らかになった。また、その内訳をみてみると、被説明変数が生産年齢人口密度の場合についてのみ、同様の結果が得られており、生産年齢人口については誘導区域内への集約が進んでいると分かった。

しかし、被説明変数が年少人口密度、老年人口密度の場合は、区域設定後、誘導区域内外で有意な差はないことが明らかになった。ここで問題となるのは、老年人口の集約が進んでいない点である。老年人口を区域内に集められていない理由として、福富ほか(2020)が指摘するように、高齢者は時間割引率が高いことが挙げられる。時間割引率が高いことで、区域内に引っ越すことによる将来の利便性向上よりも、少々不便でも住み慣れた環境で生活することを選択していることが原因と考えられる。

また、区域の指定による効果がどの程度継続するのか検証するため、区域設定後ダミーの代わりに、2012年を基準とした各年ダミーを採用したモデルも推定した(図3)。その結果、誘導区域の設

定後、生産年齢人口密度が有意に上昇していることが明らかになった。

被説明変数：	総人口	年少人口	生産年齢人口	老年人口
	ln人口密度	ln人口密度	ln人口密度	ln人口密度
居住誘導区域内ダミー	0.03 *** (0.008)	-0.016 (0.029)	0.076 *** (0.010)	-0.004 (0.023)
×居住区域設定後ダミー				
居住誘導区域設定後ダミー	-0.03 *** (0.007)	-0.063 ** (0.025)	-0.099 *** (0.008)	0.156 *** (0.020)
lnLRT駅数	-0.327 (0.317)	-0.197 (1.114)	-0.077 (0.367)	-4.734 *** (0.882)
ln最寄り駅までの距離	-0.001 (0.012)	0.067 (0.042)	-0.010 (0.014)	-0.013 (0.033)
lnJR宇都宮駅までの距離	4.092 (5.208)	-0.150 (18.303)	-0.692 (6.023)	85.16 *** (14.485)
ln最寄りLRT駅までの距離	-5.102 (5.198)	-2.665 (18.267)	-1.001 (6.011)	-78.178 *** (14.456)
LRT線路有無ダミー	0.735 (0.853)	1.622 (2.996)	1.643 * (0.986)	-12.693 *** (2.371)
定数項	-1.583 (9.398)	11.879 (33.027)	6.522 (10.868)	-120.488 *** (26.136)
固定効果	町丁目			
自由度修正済み決定係数	0.991	0.943	0.988	0.947
N(総数)	5520	5520	5520	5520

図注) \*\*\*, \*\*, \* はそれぞれ推計された係数が1%, 5%, 10%水準で統計的に有意であることを示す。

表 2 推定結果

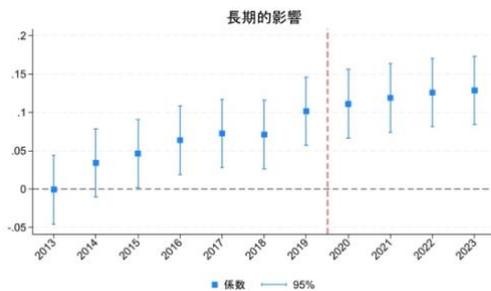


図 3 交差項の係数と95%信頼区間

## 6. 結論

本論文は、人口減少期における施策として立地適正化計画に焦点を当て、都市のコンパクト化が進んでいるか検証した。その結果、地価については施策により有意に上昇することが明らかになった。また、生産年齢人口については、施策により人口集約が進んでいるが、年少人口や老年人口については人口集約が進んでいないことが明らかになった。

今後の課題として、本論文では、全体の傾向として、処置時点よりも早い段階で効果が表れているが、これは誘導区域設定にあたり、事前に住民説明会が行われていた可能性があり、処置のタイミング

について再考する必要があると考えている。また、区域指定によるスピルオーバー効果の可能性があり、スピルオーバー効果を考慮して処置群と対照群を設定しなおす必要がある。さらに、RDDや傾向スコアマッチングなどの、より因果関係を識別可能な手法を用いて分析を行うことも考えている。最後に、地価についてはサンプルサイズが十分に確保できていないことから、不動産サイトのデータや路線価のデータを用いる必要があると考えている。

## 謝辞 Acknowledgement

本稿をまとめるにあたり、多くの方々から有益なコメントを頂き、一部のデータは宇都宮市からご提供いただきました。心より感謝申し上げます。

## 参考文献 References (in Harvard style)

- 宇都宮市(2017)『宇都宮市立地適正化計画』  
 宇都宮市(2019)『宇都宮市立地適正化計画』  
 国土交通省(2015)「立地適正化計画の説明会資料」  
 沓澤隆司, 竹本亨, 赤井伸郎 (2020)「都市のコンパクト度が地価に与える影響の実証分析」, 財政研究, No.16, pp.190-212.  
 佐藤徹治, 原祐樹, 名越綾香 (2020)「立地適正化計画に基づく居住誘導施策検討の実態と富山市における施策効果の分析」, 都市計画論文集, 55(3), pp.561-568.  
 福富雅夫, 安藤悠人, 三谷羊平 (2020)「高齢層における年齢と時間選好の関係」, 行動経済学, No.13, pp.94-104.  
 林正義 (2002)「地方自治体の最小効率規模」, フィナンシャル・レビュー, No.61, pp.59-89.  
 Iwata and Kondo (2021) “The Spillover Effects of Compact City Policy on Incumbent Retailers: Evidence from Toyama City,” *RIETI Discussion Paper Series*, 21-E-085, pp.1-37.  
 Yao, Y., Pan, H., Cui, X., & Wang, Z. (2022) “Do compact cities have higher efficiencies of agglomeration economies? A dynamic panel model with compactness indicators,” *Land Use Policy*, 115, 106005.

ポスター発表

2024年10月26日(土) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

**[P1] ポスター発表 #1****[P1-22] 口コミ情報に基づく住環境の評価**\*小谷木 英資<sup>1</sup>、直井 道生<sup>1</sup>、河端 瑞貴<sup>1</sup> (1. 慶應義塾大学)

キーワード：住環境、自然言語処理

人口減少社会を迎え、都市部でも自治体間や地域間の競争が激しくなっている。また、地域のブランドイメージやインターネット上の口コミ情報が参考にされるようになっているが、不動産価格や人口構成と口コミ情報の関連を分析した研究はほとんど見られない。そこで本研究では、口コミ情報に基づく住環境の評価を行うことを目的とする。対象地域は東京23区とする。まず、民間住宅情報サイトの口コミ情報に対し、自然言語処理等の手法を用いて口コミ情報の類型化を行う。次に、地価および人口構成と口コミ情報の関係を分析する。データには、公示地価や国勢調査等を用いる。口コミ情報に基づく地域のイメージや雰囲気を考慮した分析を行うことにより、今後の都市計画や地域戦略に役立つ知見を提供できると期待する。

## ポスター発表

📅 2024年10月26日(土) 13:00 ~ 13:50 📍 会場(ハイブリッドスペース)

**[P1] ポスター発表 #1****[P1-23] Heterogeneous Datasets-based Federated Learning for Global Road Damage Detection**

\*Shubham Kumar Dwivedi<sup>1</sup>, Deeksha Arya<sup>2</sup>, Yoshihide Sekimoto<sup>2</sup> (1. Department of Civil Engineering, The University of Tokyo, 2. Centre for Spatial Information Science, The University of Tokyo)

キーワード : Global Road Damage Detection、Federated Learning (FL)、Road Safety、Intelligent Transport、Deep Learning、Big Data、Automation、Smart City Applications

There is a critical need for advanced technologies to detect road damage efficiently and cost-effectively. Traditional centralized deep learning models require extensive data transfer and pose challenges when data sharing is restricted among different parties due to privacy concerns. Federated Learning (FL) mitigates such issues by exchanging model parameters and enhancing collaboration among parties without sharing raw data. While previous studies focused on datasets from various countries which were largely similar in terms of image capturing method, resolution, road view etc., this research showcases FL's efficacy with diverse datasets from Japan, China, and Norway. Utilizing YOLOv8l and Flower framework with FedAvg strategy, the FL model achieved a mean average precision (mAP50) of 0.467 on a multi-country test dataset, surpassing Japan's centralized model by 3.5% and Norway's & China's centralized models by more than 20%. This underscores FL's capacity to effectively learn from diverse datasets and enhance road damage detection accuracy across different varying regions, proving to be more robust and more generalized than traditional models.

# アート・クリエイション・ツールとしての GIS の可能性について

藤本 悠\*

## The Potential of GIS as a Tool for Artistic Creation

Yu Fujimoto\*

**Abstract:** The first instances of GIS (Geographic Information Systems) emerged in the 1960s, and it underwent a notable evolution as a result of the incorporation of theories and technologies derived from geography, database management systems (DBMS), computer graphics (CG) and computer aided design (CAD). The initial application of GIS was for the processing, analysis, and visualization of geographic information. In recent times, however, there has been a notable increase in the use of GIS in the art and entertainment industries. This paper focuses on these functions and the potential for employing GIS as an artistic tool. One illustrative example is the concept of "Medical Fact Arts (MFA)," which has been defined by the author as any artistic creation or action that utilizes medical data and/or facts. Given its potential to handle medical images such as CT or MRI, GIS would be an adequate tool for this purpose. By employing the distinctive features of GIS, medical images could be transformed into forms that are intuitively understandable, without the need for manual processing. The objective of this research is to re-examine the potential of applying GIS with its distinctive characteristics to other fields through the medium of artistic creation.

**Keywords:** 主題図作成(Thematic Mapping), クリエーション(Creation), ファクト・アート(The Fact Arts), 医療データ(Medical Data)

### 1. はじめに

1960年代に登場した地理情報システム (GIS: Geographic Information System) は半世紀上の時間をかけて、様々な分野へと広がった。現在では、地理学分野に限らず、地理空間を扱うあらゆる業界で利用されるようになり、GISの諸機能はモジュール化され、多種多様なサービスやシステムの中に組み込まれていった。

GISを取り巻く新たな可能性も広がりを見せている。2010年に登場したアメリカのNianticは位置情報を用いた拡張現実 (AR: Augmented Reality) とGISを連携させたゲームを開発し、2012年に発表したIngressは世界的に大きな話題となった。さらに、株式会社ポケモンとの共同開発でPokemon GOを発表すると、ARとGISを組み合わせたエンターテインメントの可能性が大きく広がった。

国内においても、SONYのプロジェクトとして始まった「Locatone」は音響データと位置情報との組み合わせを用いて、ゲーム性あるいはアート性の高い「音のAR」の世界を展開できる可能性を示すと同時に、そうしたエンターテインメントの世界とビジ

ネスの創出を可能とするサービスの展開を始めている。また、空間とアートという観点ではプロジェクション・マッピングなども存在する。

このように、地理空間情報を利用したエンターテインメントやアートが登場しつつある中で、「科学としてのGIS」から「アートのためのGIS」という新しい展開を期待し得る。

そこで、本研究においては、地理学のアート性を検討し、さらにGISの機能性を本質的な観点から再考することで、アート・クリエイション・ツールとしてのGISの可能性を探る。

### 2. 地理学におけるアート性

地理学の本質は現実世界の多様な現象を「俯瞰」し、「抽象化」し、「描画」し、「解釈」という点にある。その起源を突き止めることは容易ではないが、アルタミラやラスコーの壁画からも一連の行為が行われていたことが推測できる。

地理学において最重要なツールである「地図」もこの観点の延長上に存在する。少なくとも、紀元前700~500年ごろにはバビロニアの粘土板に描かれ

\* 藤本悠正会員・芸術文化観光専門職大学・yu\_fujimoto@stdat.at-hyogo.jp

た原初的な世界地図が登場し、その後、古代ギリシアで地理的視野の広がりや測量技術の向上を経て、2 世紀にはプトレマイオスによる精密な世界地図が作成された（野間ら 2012）。

中世のヨーロッパではキリスト教的世界観の影響が強く、測量に基づく地図に対して、マップ・ムンディと呼ばれる世界地図が作られるようになった。これを科学の後退として捉えることも多いが、世界の抽象化、あるいは、位相的な関係性、さらには、修道院や教会を通しての知識の大衆化という点では必ずしも後退とは言えない。

そもそも、現実世界における諸現象は極めて複雑であり、時空間的な広がりを持つ現実そのものを平面上に図化することは技術的にも、認知的にも不可能である。そのため、なんらかの方法によって、現実世界から特定の一部を取り出して「抽象化」させるか、その逆に、なんらかの抽象的な型（一種の理念像）から仮説的に現実を再構成させる必要がある。

観念論的な観点において「美」とは一種の理念像であり、その理念像を具象化することによって人は美を認識することができる。すなわち、観念論的な視点からはマップ・ムンディには一種のアート性が認められ、その根源的な思考は後のチューネンの孤立国などにみられる地理学的モデルや現在の主題図作成においても通じる部分があると言える。

現代においてアート性とは社会批判的あるいは自己表現的な媒体としての役割が大きいですが、そうした風潮は近代以降に芸術学から「美」が切り離される過程によって生まれたものであり（山本 2019）、近代以前のアートと地理学とは親和性があるといえる。

アートはしばしば、大衆への情報提供ツールとして作用し、宗教観や権威の正当性を際立たせたり、その逆に、宗教改革や王政批判にも用いられた歴史がある。記号論的にはアートにおける種々のモチーフの持つコードがメッセージ性を持っていると理解することができ、主題図の発達は大衆に向けての情報発信のために、その表現を一般化あるいは標準化させていったと考えられる。

地図の役割は現実世界の抽象的な像を不特定多数

の間で「共有」するためのツールとしても利用され、特殊な知識を持っていない人々や現地を訪れたことがない人々でも世界を想像できるように、地図記号をはじめとし、様々な表現方法を獲得しつつ、表現の一般化あるいは標準化が進められていった。

近代以降にはアートは人間性の本質に意義を見出し、新しい方向性を向くことになったが、地理学は科学技術だけでなく政治との結びつきも強めつつ、19 世紀に入ると数学や統計学などの知識なども取り込みつつ、カルトグラムに代表されるように、表現においても科学的な根拠が求められるようになっていった。

### 3. GIS におけるデータモデルと機能

一般的な地理学史的な解釈ではシェーファーによる例外主義批判や GIS 論争などを無視するわけにはいかないが、技術的あるいはアートの視点から GIS を観察すると、アート・クリエイション・ツールとしての特殊な性質が見えてくる。

GIS は 1960 年代後半に登場したシステムであり、当初は計量地理学分野、情報管理分野、図面管理分野、コンピュータ・グラフィックス (CG) 分野が融合したようなシステムであった。

まず、1950 年代後半以降の計量革命を経て発達した計量地理学からは数学や幾何学、統計学などの知識と技術を導入しつつ、分布に関する理論が体系化され、情報管理分野では地理空間情報をデータベース管理システム (DBMS : Database Management System) 上で扱う手法の開発が進められた。また、図面管理分野においては、AM/FM (Auto Mapping / Facility Management), CAD (Computer Aided Design) などが登場し、主としてベクトル形式のデータによって図面を扱う方法が発展した。さらに、CG (Computer Graphics) 分野からは線形代数に基づく画像処理技術と知識が提供された。このようにして、GIS ではベクトル・ラスタ方式が一般的なデータモデルとして採用されるようになった。

ところで、現在のアート・クリエイション・ツールとして Adobe 社の Photoshop と Illustrator が代表的なツールとして知られているが、これらのソフトウ

ェアはラスタースとベクトルのいずれかに特化しており、あくまで、クリエイターが手作業で作品を制作するために用いられることが多い。

これらのソフトウェアには部分的にバッチ処理を行う機能を持っているが、データ加工の自動化そのものは主たる目的ではない。一方、GIS の場合にはラスタースとベクトルは同時に扱うことが基本となっていて、あらゆる機能が地理学的な理論や手法に基づいて構成されている。また、ラスタースにおいては一つのピクセルに格納された値そのものが意味を持つこと前提とし、ベクトルデータについては幾何データのジオメトリと幾何データに紐づけられたデータベースのレコードを操作することが重視されている。

実際には手作業で調整することもあるが、GIS におけるあらゆる処理が何等かの法則あるいはアルゴリズムに基づいて行われ、ESRI 社の ArcGIS やオープンソースの QGIS の場合、あらゆる処理について、そのプロセスを Python のコードとして書き出すことができ、出力したコードを用いて処理の自動化を行うことが可能となっている。

アーティストが作品製作に用いるアート・クリエイション・ツールが個人の技術力と創造性に依拠するが、GIS はデータに基づくという点が大きく異なり、この点において、GIS は一般的なアート・クリエイション・ツールとは根本的に異なっているといえる。すなわち、GIS を一種のアート・クリエイション・ツールとして捉えるのであれば、GIS によって生成された作品は「事実に基づくアート=Fact Arts」であると言える。

#### 4. Medical Fact Arts と GIS の可能性

これまで GIS はあくまで地理情報を扱うシステムとして捉えられてきたが、この特性を応用することで他の用途での利用や「Facts Arts」のためのアート・クリエイション・ツールとしての可能性が見えてくる。その一つの技術転用先として考えられるのが医療分野である。

医療分野においては様々な検査が行われていて、

その検査結果の多くは定量データとして得ることができる。また、内視鏡写真、レントゲン写真、CT、MRI などの機器によって得られる出力結果は画像として得られ、総じて医用画像と呼ばれる。

医用画像にも様々な種類が存在するが、例えば、レントゲン写真や CT、MRI などによって得られた医用画像などは輝度調整などの簡単な処理は行われるものの、基本的にはモノクロ画像のまま扱われる。これは診断の効率性と膨大な時間を費やした医師や検査技師の知識と経験に基づくものであり、可視化に対する必要性は希薄であった。

しかしながら、インフォームドコンセントや医療記録の開示請求制度の普及によって患者や一般人が医用データに触れる機会は増大し、それに伴って医療データを分かりやすく可視化し、患者に伝えることが必要とされつつある。そうした中で一つの課題となっているのが、医療データの解釈の難しさである。データを入手することができたとしても、そのデータを患者が解釈できるように加工するための方法論が確立されておらず、勝手な解釈が命に関わる危険性もある。

この状況に対して、筆者が提唱しているのが「Medical Fact Arts (MFA)」という考え方である。これは医師の診断結果に基づいて、特定のアルゴリズム参照テーブルをデータに適用することで、検査データをアート化し、様々な方法で自らの身体状態を解釈するというものである(図 1)。

MFA は医用画像に限らず、あらゆる医療データに適用可能であるが、医用画像に焦点を当てると、GIS のアート・クリエイション・ツールとしての可能性が見えてくる。これはリモートセンシングにおいて NDVI などの指標化によく似たプロセスでもある。マルチバンドの衛星画像は一枚の画像に異なるスペクトルで得られた画像を保持し、目的に応じた組合せによって地球上の状態を把握する。

この工程は医療分野における診断に通じる部分があり、GIS を応用することで医用画像の可視化にも応用できると考えられる。すなわち、目的となる出力を Look Up Table あるいはアルゴリズムの参照に

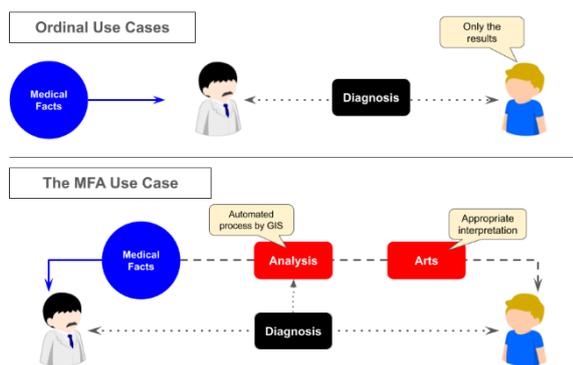


図 1 従来の診断（上）と MFA を用いた診断（下）

よって、可視化することができるという点は地理学以外の分野でのデータ可視化手法として幅広い応用範囲があると考えられる。例えば、図 2 は頸椎ヘルニアの MRI 画像(水平断)を MFA 化した例である。患者が認識しやすいように左右(鏡像)反転し、GIS の一般的な地形分析機能である Aspect と Slope の出力画像を乗算合成し、カラーテーブルを当てて疑似カラー画像を生成している。さらに、この例では輝度値から計算されたコンターをオーバーレイすることによって、ヘルニアの張り出し部分が神経を圧迫している様子を強調表現している。

GIS で使用するベクトルデータについても応用の可能性は高い。画像処理分野においてセグメンテーション技術は高度に発展しているが、ベクトルデータの有効活用については限定的であり、その点では GIS は独自の発展を遂げているといえる。本稿では MFA におけるベクトルデータ有効性については十分に検討できていないが、今後はベクトルデータを活用した手法についても検討したい。

## 5. おわりに

本稿においては、GIS の機能面に焦点を当て、GIS のアート・クリエイション・ツールとしての可能性を論じた。GIS はその発展の歴史の中で CG 分野などの技術を取り入れたことで、アート・クリエイション・ツールと同様の機能を有するが、その機能は、いわゆる「一品ものとしての作品」ではなく、データに基づく「Fact Arts」としてアートの表現を一般化させるために利用できる。

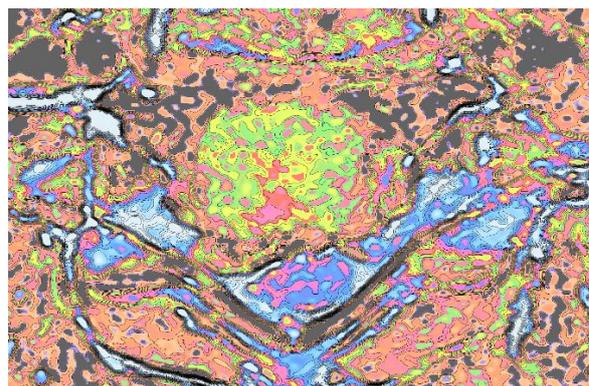


図 2 MRI の画像を用いた MFA の例

GIS が登場してから半世紀近い時間が流れ、現在では GIS の存在を取り立てて強調する必要もなくなり始めているが、GIS の機能面や地理学的なアプローチとの関係性を整理することによって、GIS を通じて地理学と異分野との融合の可能性も生まれると考えられる。

本研究では一つの試みとして、Medical Fact Arts (MFA) を紹介したが、MFA に関する取り組みは始めたばかりであり、具体的な成果や効果は検証できていない。しかし、デジタル画像を使用する分野や空間を座標として扱う分野には多様な分野があり、その中で GIS を通じて地理学の視点やアプローチを広げていくことは、今後の地理情報科学において重要な研究テーマとなり得るだろう。

## 参考文献

- 野間晴雄・香川貴志・土平博・河角龍典・小原文明（編著）(2012) 地理学の歩み。『ジオ・パル NEO 地理学・地域調査便利帖』, 海青社, 210-238.  
山本浩貴 (2019) 『現代美術史』, 中公文庫。

# LiDAR 取得点群の欠損部を考慮した Voxel データ作成手法の検討

南 幸弘・新名 恭仁

## Abstract

In recent years, advancements in measurement technology have popularized 3D measurements. While most techniques aim to detect and shape objects in three-dimensional spaces, a standard for handling 3D spaces as Voxels has been proposed and is being applied to applications such as drone flight paths. In robotics, as a response to labor shortages due to population decline, Voxels are being utilized for their lower data volume and computational demands in position estimation, managing occupancy in three-dimensional spaces. However, methods to effectively address occlusions, unmeasured areas, and data gaps during measurements are not yet established. This paper reports on extending morphological processing, typically used in image analysis, to three dimensions and applying it to the creation of Voxel data.

**Keywords:** ボクセル (Voxel), 3次元 (3D), 点群 (Point Cloud), LiDAR(LiDAR),モルフォロジー (morphology)

## 1. はじめに

LiDAR や画像計測で得られる点群データは緻密に物体の3次元形状を捉えることが可能であり、精密機器の開発から測量、都市の3Dモデル構築まで、多くの分野で活用されている。一方、点群データはデータ量が多く、取扱いも煩雑であることから、点群の代わりに Voxel の利用が進められており、3次元空間を Voxel として扱う規格 (空間 ID) のドローン航路等の適用なども検討されている。しかし、計測時に発生するオクルージョン (遮蔽) 等の欠損部分を効果的に補間する手法は未だ確立していない。

## 2. Voxel データとは

Voxel データは、同じ大きさの立方体をグリッド構造に配置して3次元形状を表現するもので、MRI や CT スキャンなど医療画像から、各種シミュレーションや工業製品の検査、ロボティクスに至るまで広範囲に応用されている。必要な Voxel の1辺のサイズ (解像度) は、使用する計測技術やアプリケーションによって異なる。

また点群データは、計測時に取得可能な色情報や反射強度情報を点毎に保有できる一方、Voxel データはその単位毎の属性情報を格納できるといった違いがある。例えば、Voxel 毎の空間占有状態 (占有, 空き, 未計測) などが挙げられ、ロボティクス分野で

は有効なデータとなる。

## 3. Voxel データにおける3次元計測の課題

3次元計測データから Voxel データを生成する際、計測時に発生するオクルージョン等の欠損個所により Voxel データの完全性が損なわれ、様々なアプリケーションに大きな問題を発生させることが課題となる。具体的には、都市の風況シミュレーションの正確性低下や、自動運転車両の障害物検知や道路状況評価の誤り、またロボティクスや工場オートメーションではロボットの動作計画や作業の精度に悪影響を与えるといった事象が懸念される。

こうした Voxel データの欠損個所を補間または修復する方法として、線形補間法やポアソン再構成、機械学習・深層学習といった方式が存在するが、いずれも欠損個所の形状によって有効性が異なり、機械学習・深層学習では欠損の特徴に応じた学習データセットやチューニング等が必要となる。(表1)

表 1 Voxel 補間方法分類

方式	内容	利点	欠点
線形補間法	欠損 Voxel を囲む Voxel の値を基に線形補間する。	滑らかな表面を生成できる。	複雑な形状や細かいディテールの再現には限界がある。
ポアソン再構成	ポアソン方程式を用いて表面を再構成する。	非常に自然で滑らかな表面を生成できる。	計算コストが高く、大規模なデータでは時間がかかる。
機械学習・深層学習	ニューラルネットワークを使用して欠損値を推測する。	高度に複雑な形状やパターンも再現可能。	適切なトレーニングデータが必要で、設定が複雑。

\* 正会員 アジア航測株式会社 (Asia Air Survey Co., Ltd.) yuk.minam@ajiko.co.jp

\*\* 非会員 アジア航測株式会社 (Asia Air Survey Co., Ltd.) ysh.niina@ajiko.co.jp

実際の Voxel データ作成では、これらの技術を適用しても前処理や計算および学習データ作成コストが高いケースがあり、さらに手動での修正作業が残ってしまうため、様々な欠損形状に対応できる簡便かつ汎用的な技術が求められる。

本稿では、画像処理分野で使用されるモルフォロジー処理を 3 次元に拡張し、実際の 3 次元計測データで欠損箇所を修復する実験を行った。

#### 4. モルフォロジー処理

モルフォロジー処理は、数学的形態学に基づいた画像処理手法であり、画像上の画素単位に局所的（注目画素周囲の 8 画素）な膨張や収縮を行うことで、画素の形状の調整やノイズ除去、形状分離を可能とする。なかでも、膨張と収縮を同回数ずつ行うクロージング処理は孤立点（穴）除去を効果的に行う方法として知られている。（図 1）

これらの処理を 3 次元に拡張する、すなわち注目 Voxel の周囲 26Voxel を用いて膨張や収縮を行うことで、Voxel データの欠損箇所の修復が期待できる。本稿では、膨張と収縮を N 回ずつ行うクロージング処理のことを「クロージング数 N」と呼ぶことにする。

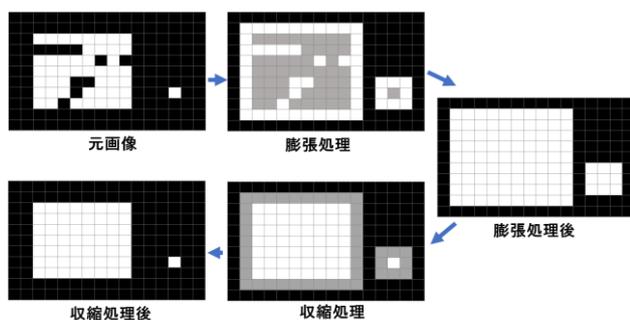


図 1 モルフォロジー処理

#### 5. 3次元モルフォロジー処理の適用と予備実験

モルフォロジー処理の 3 次元拡張プログラムを Python3.8(+Numpy)および C 言語にて開発して予備実験を行った。

実験では、故意に欠損を施した柱のような形状の 1 辺 10cm の Voxel データを作成して、3 次元のクロージング処理を行った。その結果、図 2 に示す通り、クロージング数 4 の処理によって立体的な欠損が修復

されたことを確認した。

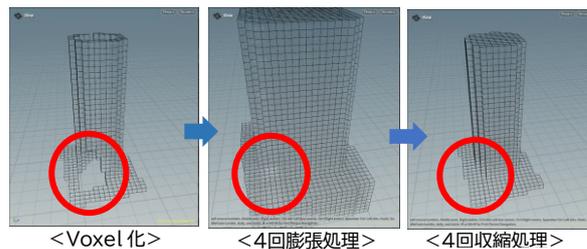


図 2 予備実験

#### 6. 実験内容

予備実験により、3 次元でのクロージング処理の基本的な挙動が確認できた。次に実際に 3 次元レーザスキャナーで計測した点群データから、予備実験と同様に Voxel データを作成し、クロージング数 1 からクロージング数 10 の処理を実施してその評価を行った。

##### 6.1. 計測データの Voxel 化

実験には、2023 年 2 月に大阪駅うめきたエリアにおいて TOPCON 社の 3 次元レーザスキャナー「GLS-2000」にて駅構内を計測した点群データを用いた。

計測時は、うめきたエリアは開業に向けて整備中で大小様々な資材等が存在したため、まずそれらをノイズとして、計測した点群データから削除した（図 3）。



図 3 点群データ

次に、ノイズ削除後の点群データを 1 辺 8cm の立方体で区切り、立方体内に 1 点でも点があれば Voxel 化することで、計測範囲全体の Voxel データを生成した。1 辺 8cm としたのは、予備実験での試行錯誤において、予備実験時の 10cm より若干小さくした方が、クロージング処理の評価が行いやすいと判断したためである。

なお、資材等のノイズ除去の影響で、点群データおよび Voxel データは、オクルージョン以外にも大小様々な多数の欠損が発生した状態であった。

### 6.2. 実験結果

作成した Voxel データにクロージング数 1~10 の処理を行った結果を図 4 に示す。クロージング数が増えるにつれ、床や壁の欠損箇所が減少し、大きな欠損箇所が縮小する様子を確認できた。また、改札付近の窓がクロージング数 4 で消失するとともに、改札機の変形が確認できた。(図 4 参照)

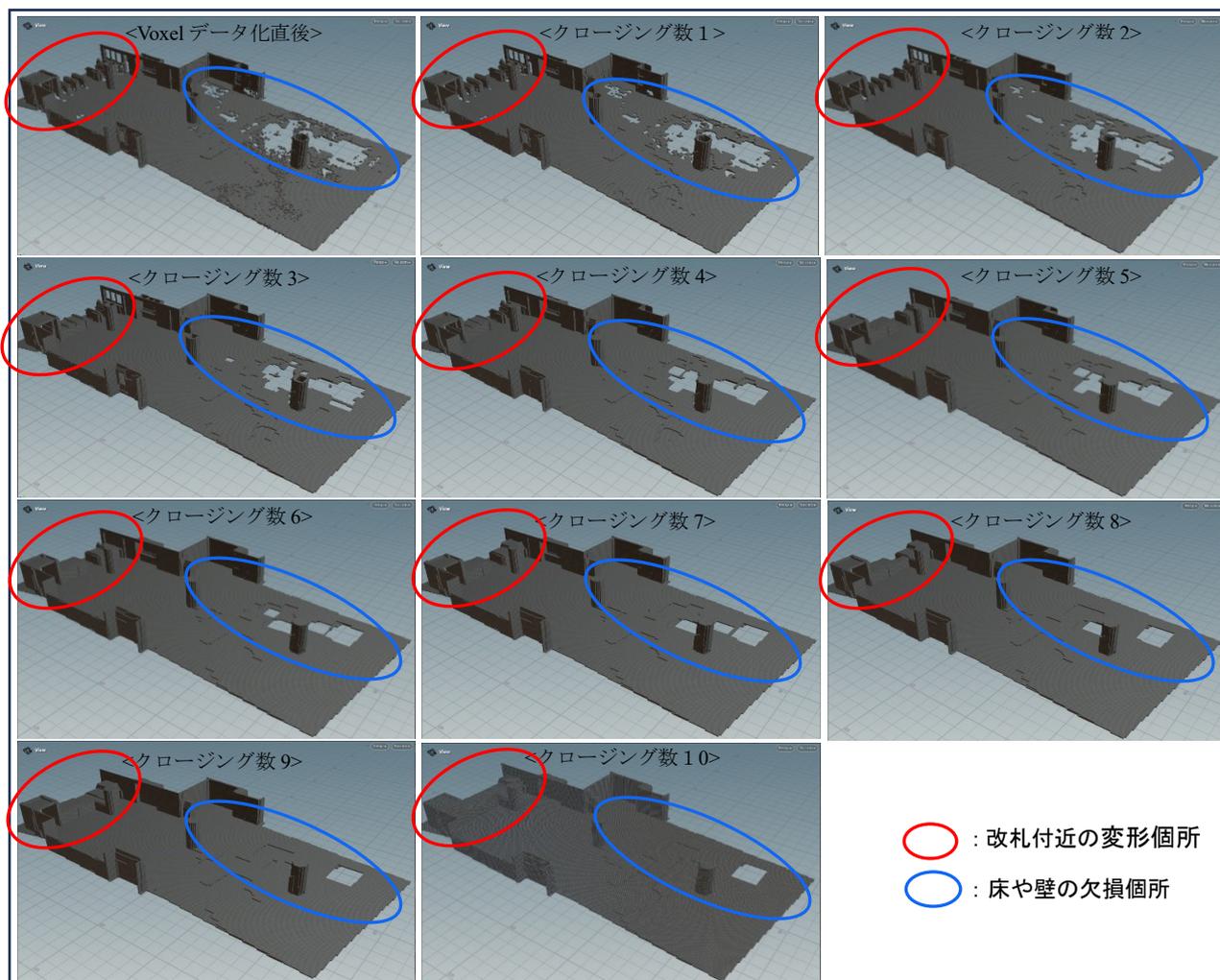


図 4 クロージング数による欠損および変形

### 6.3. 評価

クロージング数の増加に伴う欠損箇所数および変形箇所数を表 2 および図 5 のグラフに整理した。

なお、欠損箇所は、Voxel データで囲まれた空間とし、変形箇所は、元の形状に戻らなかった箇所としてカウントした。

表 2 欠損箇所と変形箇所の変化

クロージング数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
欠損箇所数	233	50	16	8	3	2	4	3	2	2	1
変形箇所数	0	1	1	4	12	12	12	12	14	14	15

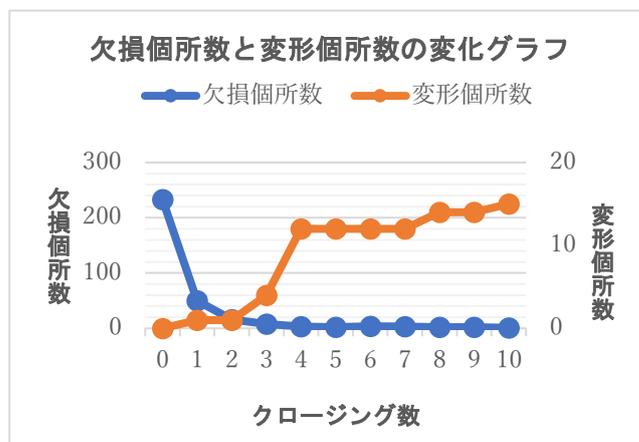


図 5 欠損箇所数と変形箇所数の変化グラフ

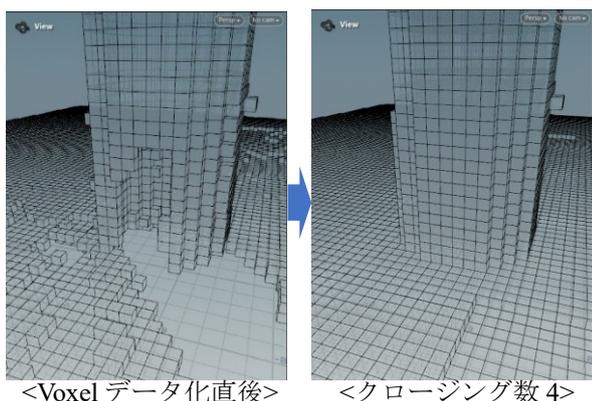


図 6 柱状下部の立体的な欠損の修復

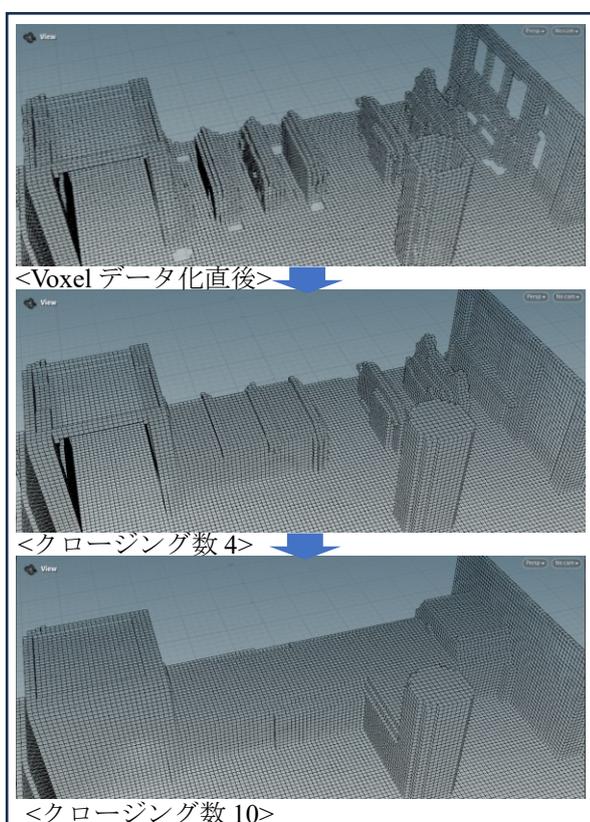


図 7 改札付近の変形

表 2 および図 5 から、クロージング数 2 で床・壁・柱を含む 216 箇所（約 93%）の細かな欠損が修復された。図 6 からは予備実験同様に欠損箇所の形状に依存することなく修復されていることが確認できた。

また、具体的な変形箇所として改札機周辺に着目すると、クロージング数 4 で改札機間が繋がってしまうと共に窓も埋まっているのが確認された。クロージング数 10 では、すべての改札機と近くの柱が繋がってしまい、本来の形状とは全く異なる形状となった。（図 7）

今回のうめきたエリアの改札付近では、改札機周辺の物体間の距離が短いため、クロージング数 4 で物体間距離約 64cm（8cm×4 回×2 [両側]）周辺から繋がり始め、クロージング数 10 で物体間距離約 160 cm（8cm×10 回×2 [両側]）付近となる改札機と柱も繋がってしまったと考えられる。

## 7. 結論

モルフォロジー処理を 3 次元に拡張し、Voxel データの欠損箇所の修復を、クロージング処理で試行した。

今回使用した大阪駅うめきたエリアの Voxel データにおいて、細かな欠損箇所の修復および大きな欠損箇所の縮小が効果的に行えたが、クロージング数を増やすにつれ、変形箇所は増加する傾向となった。

また、欠損箇所の形状によらず（平面等と限定することなく）修復できており、汎用性のある方法であることが確認できた。

物体間距離によって適切なクロージング数が変わることから、場所ごとにクロージング数を変えるもしくは別途事前に計測データあるいは Voxel データを物体種別ごとに分類し、クロージング処理を行うのがより効果的と考えられ、今後は分類技術との組合せた方法を検討する予定である。

## 8. 付録・使用したソフトウェアとツールの詳細

- ・点群データ処理：CloudCompare
- ・Voxel データ可視化：SideFX 社 Houdini

## 9. 参考文献

- Zhou, L., Wu, G., Zuo, Y., Chen, X. and Hu, H., 2024. A comprehensive review of vision-based 3D reconstruction methods. *Sensors*, 24, p.2314.
- Guo, Y., Wang, H., Hu, Q., Liu, H., Liu, L. and Bennamoun, M., 2020. Deep Learning for 3D Point Clouds: A Survey. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1-16.

## 10. 謝辞

本稿の実験に際し、大阪駅うめきたエリアの 3 次元計測および取得した点群データの使用を許諾いただいた西日本旅客鉄道株式会社に感謝致します。

## ポスター発表

2024年10月26日(土) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

**[P1] ポスター発表 #1****[P1-26] 自治会における直感的に操作可能な電子回覧板システムの構築**\*高根沢 健太<sup>1</sup>、山本 佳世子<sup>1</sup> (1. 電気通信大学)

キーワード：地域コミュニティ、自治会、高齢者、デジタル技術、電子回覧板

地域コミュニティにおいて、情報の共有・発信のためのツールとして、様々なデジタル技術の利活用が進んでいる。特に自治会では電子回覧板のアプリの導入が進みつつあるが、活動の中心が高齢者であり、効果的な利用がなされていない。こうしたアプリには、インストールから利用までのプロセスにおいて、様々な問題があることが指摘されている。特に高齢者にとっては、様々な問題の所在がこうしたアプリの利用の大きな障壁となっている。そこで、本研究は、まず高齢者のデジタル技術の利用についての課題を明らかにし、誰でも直感的に操作可能な電子回覧板システムを設計・構築することを目的とする。本システムの運用対象地域として、愛知県豊橋市を選定する。豊橋市では、自治会において電子回覧板アプリが既に運用されているが、このアプリにはインターフェースや操作性に問題がある。そのため、特に高齢者がデジタル技術の利用に不安を感じてしまい、このアプリの利用が進んでいない。そこで、本システムを豊橋市に導入することにより、自治会における情報共有の円滑化と高齢者のデジタル技術の利用促進を目指す。

# 小型 2 次元レーザスキャナと画像認識技術を用いた時空間解像度の高い歩行軌跡の検出手法：大学病院の集中治療部におけるケーススタディ

沖 拓弥 \*1・仙頭 佳起 \*2・山中 理沙 \*3・野坂 宜之 \*2・野口 綾子 \*2・海塩 渉 \*4・若林 健二 \*2

## A Method for Detecting Walking Trajectories with High Spatiotemporal Resolution Using Compact 2D Laser Scanners and Image Recognition Technologies: A Case Study in the Intensive Care Unit of a University Hospital

Takuya OKI, Yoshiki SENTO, Risa YAMANAKA, Nobuyuki NOSAKA, Ayako NOGUCHI, Wataru UMISHIO, and Kenji WAKABAYASHI

**Abstract:** This study proposed a method to detect and track a person using image recognition technologies from 2D point cloud data acquired by compact laser scanners and to mechanically create walking trajectory data with high spatiotemporal resolution. The 2D laser scanner has a small measurement error and excellent privacy protection. A total of 18 scanner units were installed in the intensive care unit (ICU) of the T University Hospital for a three-week trial. Then, the proposed method was applied to the measurement data in a corridor and compared with the number of passersby counted visually. As a result, we demonstrated that walking trajectories can be extracted from 2D point cloud data mechanically, efficiently, and accurately.

**Keywords:** 動線分析 (traffic flow analysis), レーザスキャナ (laser scanner), 画像認識 (image recognition), 大学病院 (university hospital), 集中治療部 (intensive care unit)

### 1. はじめに

#### 1.1. 研究の背景

病院の集中治療部 (ICU) は、大手術後や重篤な状況など濃密な医療とケアを要する患者を収容する場所である。多領域にわたる専門性を有する様々な医療スタッフ (医師・歯科医師・看護師・薬剤師・管理栄養士・理学療法士・臨床工学技士など) や機器類が頻度高く出入りするほか、患者のベッドやストレッチャーの往来も多く、人やモノの動線は病院内でも特に複雑である。その結果、至る所で動線の交錯や滞留が発生し、医療スタッフの業務効率性に影響を及ぼしているとされるが、改善につながる定量的なエビデンスは乏しいのが現状である。

また昨今では、人工知能 (AI) をベースとした画像認識技術が普及し、動画から自動抽出した移動軌跡データを用いた研究も盛んに行われている。

しかし病院では、患者のプライバシー保護等の理由により、研究目的で動画を撮影・活用することは容易でない。

#### 1.2. 研究の目的

本研究では、T 大学病院の ICU をケーススタディとして、まず、周囲 360 度をリアルタイムに計測可能な小型 2 次元レーザスキャナ (以下、スキャナ) を用いて、ICU 内における人やモノを 2 次元点群データとして計測する手法を構築する。そして、点群データを集計することで、人やモノの滞留状況の時間推移を可視化する。さらに、筆者らが提案した手法 (沖ほか, 2024) を大きく改善し、AI ベースの画像認識技術を用いて人を検出・追跡することで、時空間解像度の高い移動軌跡データを機械的に作成する手法を構築する。

### 2. 2 次元点群データの計測

- 
- \*1 正会員 東京科学大学 環境・社会理工学院 (Institute of Science Tokyo)  
〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1 E-mail: oki.t.e60f@m.isct.ac.jp
- \*2 非会員 東京科学大学病院 (Institute of Science Tokyo Hospital)
- \*3 学生会員 東京科学大学 環境・社会理工学院 (Institute of Science Tokyo)
- \*4 非会員 東京科学大学 環境・社会理工学院 (Institute of Science Tokyo)

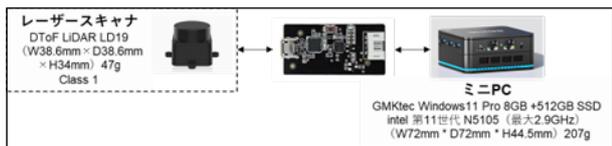


図1 計測ユニットの構成

### 2.1. 計測ユニット

計測ユニットの構成を図1に示す。使用した2スキャナ (LD19, youyectoo社製) は、ロボットの自己位置推定やマッピングなどに用いられるもので、センサから発し対象物で反射した光が、センサに戻るまでの時間をもとに、対象物までの距離を計測する dToF (direct Time of Flight) 方式を採用している。計測誤差が極めて小さいだけでなく、プライバシー保護の観点からも優位性を有し、レーザの安全性にも問題はない。周囲 360 度を計測可能で、仕様上の最大計測距離は 12m である。動画では夜間の消灯時における人検出は困難だが、スキャナは時間帯によらず計測できる点も長所である。計測ユニットはスキャナ (幅・奥行・高さがいずれも 4 cm 以下) とミニ PC からなり、小型化に努めることで業務や動線に及ぼす影響を抑制している。

### 2.2. 設置方法

T 大学病院の ICU に計 18 台のユニットを設置した (図2)。設置箇所の特徴に応じて、①カウンターやパーテーション、テーブル等の上面、②作業デスクの裏面、③壁面に取り付けた L 字状のプレート上面、のいずれかの方法でスキャナを設置し、耐震マットで確実に固定した (図3)。通行者の検知しやすさや障害物による影響を勘案し、設置高さは床面から 100 cm 前後とした。ミニ PC はスキャナと電源コンセントの付近、かつ、ICU 業務の妨げとならない場所に設置した。

### 2.3. 計測データ

2023 年 12 月 19 日から 2024 年 1 月 10 日までの 23 日間計測を行った。約 0.1 秒単位で取得される 560 点前後の点群情報を、10 分ごとに CSV ファイルとして出力した。点群データには、ファイル作成日時からの経過時間 [s] (1 ms 単位)、方位角 [rad] (1/1000 rad 単位)、スキャナから観測点



図2 T 病院 ICU の平面図と計測ユニット (●で示す No. 1 ~ No. 18) の設置位置

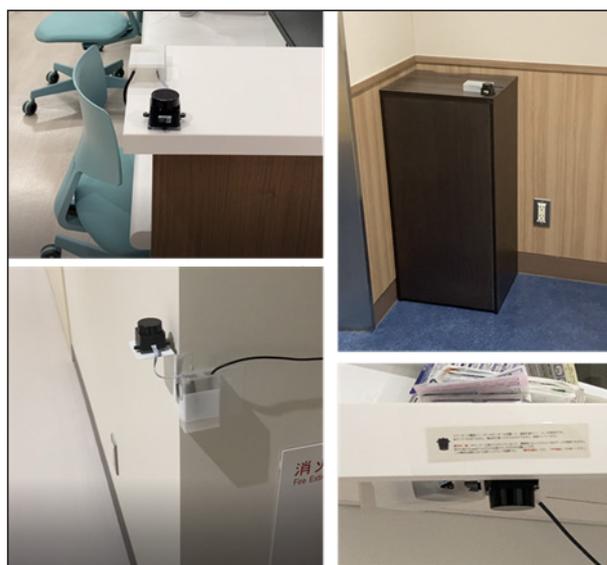


図3 計測ユニットの設置例 (左上:カウンター上 [No. 1], 右上: 台の上 [No. 16], 左下: 壁面 [No. 17], 右下: 作業デスク裏面 [No. 3])

表1 計測データの例

	elapsed	angle	distance	intensity
540	0.129	3.101	0.020	245
541	0.129	3.115	0.012	243
542	0.129	3.129	0.016	243
543	0.129	3.143	0.018	243
544	0.129	3.158	0.019	244
...	...	...	...	...
2556499	599.785	0.571	6.171	211
2556500	599.785	0.585	3.939	220
2556501	599.785	0.599	3.645	220
2556502	599.785	0.612	3.660	227
2556503	599.785	0.626	3.722	221

までの距離 [m] (1 mm 単位), 観測強度の情報が含まれる (表 1) .

1 ファイル (約 10 分間) あたりのファイルサイズは約 56MB で, スキャナ 1 台による 1 日分の出力 CSV ファイルは約 8GB に上った. すなわち, 18 台で 1 日計 144GB, 計測期間 (23 日間) 全体でのファイルサイズは 1 台で計約 184GB, 18 台で約 3.3TB という, 膨大な計測データが得られたことになる.

### 3. 点群データを用いた滞留・移動の可視化

#### 3.1. 滞留の可視化方法

前章の計測により得られた点群データをもとに, 特定の時間単位で点群密度を集計した上で, 位置合わせや重なり調整を行い, ICU の全体平面図上に描画することにより, いつ, どこで, どの程度の滞留が生じているのかを直感的に把握することができる.

#### 3.2. 滞留の可視化結果

2023 年 12 月 19 日の 1 時間分 (午前 11 時から正午まで) を例に, ICU 全体の点群密度を可視化した結果を図 4 に示す. 図面右上などに点群密度が高い箇所が集中している様子が見てとれる. ただし, 人とモノの区別や, 滞留と移動の区別を, この図で直接行うことは難しい. そのため, 後述の移動軌跡を用いた分析が必要となる.

#### 3.3. 移動軌跡の抽出方法

以下の手順で, 約 0.1 秒間隔の点群データから移動軌跡を抽出する.

- ① 点群データから, 特定の時間単位 (例えば 10 分単位) の距離の統計情報に基づき, 「壁」と推定される点を除外する (図 5) . ここでは実際の壁だけではなく, その時間帯に長時間同じ場所にとどまり続けた人・モノも検出されることに留意する必要がある.
- ② 壁以外の点を約 0.1 秒間隔で画像として出力する (図 6 左) . この時間間隔を長くすると, 処理時間は短くなるが, 後述の人物追跡の精度に悪影響を及ぼすため, 時空間解像度の高い分析のためには 0.1 秒程度が適当である.

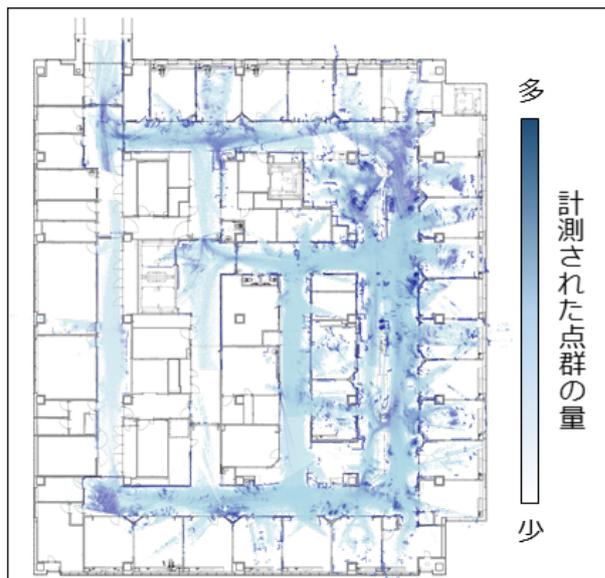


図 4 ICU 全体の点群の集計・可視化例  
(2023/12/19 午前 11 時～正午の 1 時間)

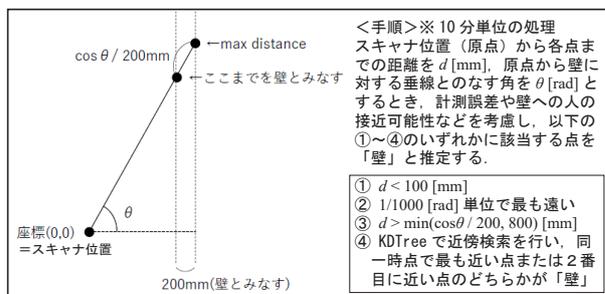


図 5 点群からの「壁」の推定方法

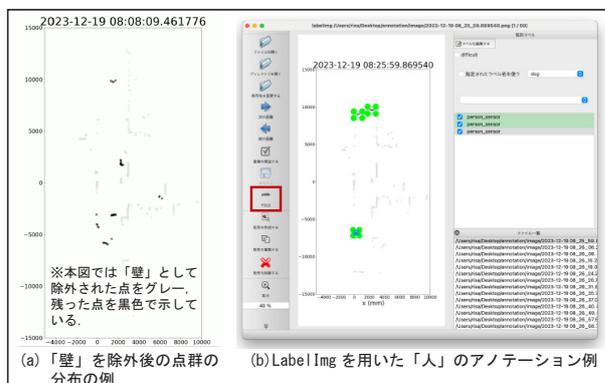


図 6 「壁」を除外後の点群の分布とアノテーションの例

- ③ ②での出力画像から, 人の数や位置の多様性を考慮しながら, 目視でアノテーション用画像をサンプリングする (本稿では 50 枚) .
- ④ 抽出した画像全てに対して, 人のアノテーションデータ (人と思われる位置を矩形で指定したデータ) を手作業で作成する (図 6 右) . 本稿では LabelImg (Tzutalin, 2015) を使用してアノテーション作業を行った. クラスラベル数は 1 (「人」のみ) とした.

- ⑤ 作成したアノテーションデータを `train : validation = 7:3` に分割し、既存の物体検出モデル YOLO v8 (Jocher et al., 2023) をファインチューニングする。
- ⑥ ファインチューニングしたモデルを用いて、人の検出を行うとともに、測定データからシステムの状態を推定するアルゴリズムの一つであるカルマンフィルタにより人の追跡（トラッキング）を行う。

### 3.4. 移動軌跡の抽出結果

2023年12月19日の午前8時すぎを例に、特定の通路（図2のユニットNo.13を設置した通路）における移動軌跡の可視化例を図7に示す。横並びでの歩行やすれ違い、回避行動などが抽出できている。

移動軌跡の抽出精度を検証するため、図7の縦軸 +5,500[mm] のラインと -6,500[mm] のラインで、図の上下方向それぞれに移動する人数を目視で30分間（10分間×3）カウントし、提案手法で抽出した移動軌跡をもとにカウントした値と比較した。その結果、平均絶対パーセント誤差（MAPE：「誤差の絶対値/実際の値」の平均値）は約14%と良好であった。

軌跡の精度を直接検証することは現時点では難しいが、推定された壁の位置に基づく通路幅の誤差は数 cm 程度であることから、高精度な軌跡抽出が実現できているものと推察される。

## 4. まとめ

小型2次元レーザスキャナとミニPCからなる計測ユニット18台で取得した、T病院ICUにおける点群データに基づき、滞留・移動軌跡を高い時間解像度で可視化できることを示した。

今後、より多くのスキャナ・時点のデータを用いて、具体的な動線・行動分析を行う予定である。提案手法を用いて医療スタッフの行動分析を行うことで、ICU業務に関する新たな知見が得られ、それをもとにスタッフの移動や人的・物的資源の配分を最適化することで、ひいては業務効率や患者ケアの質の向上につながることを期待される。

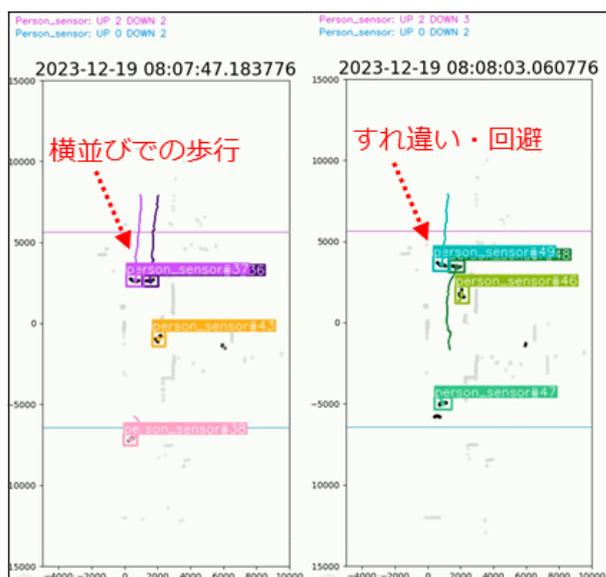


図7 通路部分（図2のユニットNo.13前）における人検出と移動軌跡可視化の例（2023/12/19 午前8時すぎ）

表2 通行人数カウント結果の比較（目視/提案手法）

時間	方法	5500mm ↑	5500mm ↓	-6500mm ↑	-6500mm ↓
07:58:08~	目視 (2人)	3	10	15 or 19	16 or 22
	目視平均	3	10	17	19
	提案手法	4	8	21	19
	絶対%誤差	33%	20%	24%	0%
08:05:08~	目視 (2人)	5 or 7	13	16 or 17	18
	目視平均	6	13	16.5	18
	提案手法	6	11	17	21
	絶対%誤差	0%	15%	3%	17%
08:15:08~	目視 (1人)	9	1	9	8
	提案手法	8	1	9	4
	絶対%誤差	11%	0%	0%	50%

## 謝辞

本研究の遂行にあたり、東京工業大学・東京医科歯科大学研究マッチングファンドの支援を頂きました。また、ICUでの計測に快くご協力頂きましたT大学病院のスタッフの皆さまに、この場を借りて謝意を表します。計測準備や移動軌跡の可視化方法の検討、精度検証にあたっては、東京工業大学沖研究室の学生各位（増喜浩太郎・大塚千聡・グエンホンタイ・山本さつき・LIU Yuan・小泉兵悟・小松なのか・藤田晋太郎・山田拓弥・橋本蒼真・三田村和喜）に協力いただいたことに感謝いたします。

## 参考文献

- 沖拓弥, 仙頭佳起, 野坂宜之, 野口綾子, 海塩渉, 若林健二 (2024) 大学病院の集中治療部におけるレーザスキャナを用いた行動分析の試み, 2024年度人工知能学会全国大会 (第38回) .
- Tzutalin (2015) LabelImg. <https://github.com/tzutalin/labelImg>
- Jocher, G., Chaurasia, A., & Qiu, J. (2023) Ultralytics YOLO (Version 8.0.0) [Computer software]. <https://github.com/ultralytics/ultralytics>

## 特殊詐欺の時空間分析 — 還付金詐欺の被害過程に注目して —

島田 貴仁

### Spatial-temporal analysis of communication frauds: focusing on victimization process of refund frauds

Takahito SHIMADA

The paper focusing on "refund frauds" in Japan. Refund scams involve criminals deceiving victims into transferring money to the criminals' bank accounts by pretending to offer tax or medical expense refunds. The study examines the effectiveness of various countermeasures, such as encouraging third parties to intervene when they see someone using an ATM while on the phone and reducing the daily transfer limits at ATMs to minimize the potential losses. The research analyzes data from a police department in the Kinki region, focusing on the location of ATMs, their proximity to train stations, and the time of day when the fraud occurs. The study finds that refund scam incidents are more likely to occur at unmanned ATMs, especially those located far from train stations, and that such scams often involve multiple transfers. The findings suggest that location-based crime prevention strategies and stricter ATM transfer limits may help mitigate the impact of these scams.

**Keywords:** 特殊詐欺 (communication fraud), 時空間集中 (spatio-temporal concentration),

#### 1. はじめに

特殊詐欺とは、「被害者に電話をかけるなどして対面することなく信頼させ、指定した預貯金口座への振込みその他の方法により、不特定多数の者から現金等をだまし取る犯罪の総称」(警察庁, 2020)である。

特殊詐欺の中でも還付金詐欺は、①犯人グループが名簿等をもとに大量の電話を架電し、②電話に出た人に対して、税金や医療費の還付金を受け取ることができるという虚偽の説明をして信用させて被害者を市中の ATM に誘導し、③還付の手続きと称して ATM 操作をさせるうちに犯人の口座に送金をさせる手口である。

大山・雨宮 (2019) は、ひとつの政令指定都市内のスーパーマーケット設置の ATM における還付金詐欺の被害発生をマルチレベル分析を用いて予測し、ATM 設置場所・直近環境レベル、ATM が設置された地区 (町丁目) レベルの要因を見出している。ま

た。また、島田 (2016) は還付金詐欺の前兆電話がある時期に特定の警察署管内に集中することを示している。また、島田ら (2021) は、還付金詐欺の前兆電話と架電先の住宅の駅からの距離との間への関連性を見出し、誘引できる ATM の多さと解釈している。

還付金詐欺の被害防止策として、携帯電話で話しながら ATM を操作している人に対する第三者からの声かけの奨励や、1回・1日に ATM から送金される額の引き下げが行われている。還付金詐欺の被害者は、犯人からの指示を電話で受けて ATM を操作するため、このような人に対して声をかけることで被害を水際で阻止することができる。また、振込限度額の引き下げは、騙されて送金した場合の被害を最小化することができる。

日常活動理論 (Cohen and Felson, 1975) によると、動機づけられた犯罪者、適した犯行対象 (被害者)、能力のある守り手の不在という3つの条件が整った

s \* 正会員 科学警察研究所犯罪予防研究室 (National Research Institute of Police Science)  
〒277-0882 千葉県柏市柏の葉6-3-1 Tel : 0471-35-8001 E-mail : takajin@nrrips.go.jp

表 1 被害回数別の ATM 箇所数および被害金額

箇所数	箇所数					被害金額	被害金額				
	金融機関	コンビニ	商業施設等	無人ATM	合計		金融機関	コンビニ	商業施設等	無人ATM	合計
1回	52.6%	90.5%	71.3%	33.9%	56.9%	1回	22.0%	81.5%	42.7%	10.0%	24.5%
2回	22.8%	9.5%	14.6%	22.8%	19.5%	2回	19.7%	18.5%	20.3%	14.7%	17.7%
3回	8.8%	0.0%	7.0%	13.7%	8.2%	3回	12.9%	0.0%	15.2%	13.4%	12.1%
4回	6.5%	0.0%	3.2%	7.7%	5.3%	4回	12.8%	0.0%	9.7%	10.6%	10.6%
5回	2.8%	0.0%	2.5%	7.1%	3.3%	5回	6.1%	0.0%	8.5%	12.8%	8.3%
6回	1.5%	0.0%	1.3%	5.4%	2.2%	6回	4.8%	0.0%	3.6%	10.8%	6.6%
7回	1.5%	0.0%	0.0%	2.8%	1.4%	7回	4.7%	0.0%	0.0%	6.8%	4.7%
8回以上	2.3%	0.0%	0.0%	5.4%	2.4%	8回以上	16.9%	0.0%	0.0%	20.9%	15.5%
合計 (箇所)	646	253	157	351	1407	合計 (億円)	13.84	2.83	2.49	11.98	31.14

場合、犯罪機会が生まれるとする。ATMにおける第三者は能力のある守り手になりうる。また、ATMにおける送金額の制限は、犯行対象としての適格性を下げる施策だといえる。一方で、ATMでの携帯電話利用者に対する第三者からの声かけは、その場に第三者が居なければ望みえない。たとえば、金融機関の有人店舗のATMの場合、有人窓口の営業時間帯外には、店員から声かけが不可能になるため、被害が拡大すると考えられる。1回の送金限度額が引き下げられていても、1日の送金限度額が引き下げられていない場合には、犯人からの指示で複数回送金させられて被害が拡大すると考えられる。

このように、ATMの立地環境と被害時間帯は、第三者からの援助を媒介して、当該ATMにおける還付金詐欺の被害発生確率のみならず、被害の大きさ（送金回数、被害金額）にも影響するものと思われる。本研究では、還付金詐欺の被害防止策の立案のために、還付金詐欺での被害拡大（送金回数、総被害額）に与えるATMの要因の効果を明らかにすることを目的とする。

## 2. 方法

### 2.1. データ

近畿圏の1警察本部が2021年1月から2024年6月までに取り扱った、還付金詐欺の報告データを用いた(ATM1407か所/2999件/8013送金=被害総額31.1億円)。被害者は男性900名、女性2099名、平均年齢は74.3歳(標準偏差7.5歳)。また、ATMの所在する場所の賑やかさの簡便な指標として、鉄道駅を

国土数値情報から取得した。

### 2.2. 分析

ATMのポイントデータに対して、鉄道駅のポイントデータを空間結合して、最近傍の鉄道駅IDおよびその距離を付与した。ATMの属性データとして、時間帯(初回の送金)、立地条件(金融機関・郵便局の有人店舗、コンビニエンスストア、スーパーや大型商業施設等、その他独立した無人ATM)を付与した。

## 3. 結果

### 3.1. 特定ATMへの被害の集中

表1に、ATMの立地条件・被害回数別に見た箇所数と被害総額の構成割合を示す。被害にあった無人ATMの約7割、金融機関・郵便局の約5割は複数の被害が発生しており、被害金額が多くなっていた。

### 3.2. 駅からの距離別・時間帯別の発生件数

図1に、最寄り駅からの距離別の各立地条件の被害発生ATMの割合

図 1 最寄り駅からの距離別の各立地条件の被害発生ATMの割合

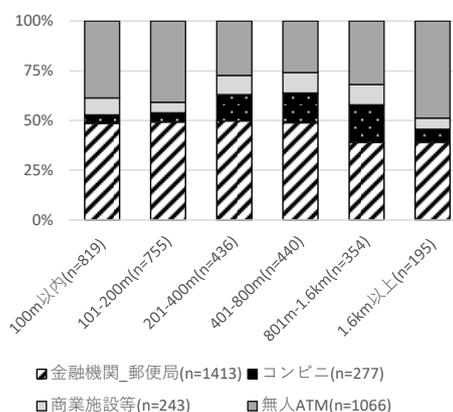


表 2 被害回数別の ATM 箇所数および被害金額

1件の被害あたりの送金回数

	金融機関 _郵便局	コンビニ	商業施設等	無人ATM	合計
1回	53.2%	63.5%	57.6%	42.1%	50.6%
2回	23.1%	23.8%	23.9%	24.4%	23.7%
3回	9.3%	8.3%	5.3%	10.7%	9.4%
4回	4.2%	2.9%	4.9%	5.9%	4.7%
5回	2.3%	0.4%	1.2%	2.7%	2.2%
6回	1.7%	1.1%	3.7%	2.5%	2.1%
7回	0.9%	0.0%	0.4%	1.7%	1.1%
8回以上	5.3%	0.0%	2.9%	9.9%	6.3%
被害件数	1413	277	243	1066	2999
平均	2.51	1.56	2.09	3.31	2.67
標準偏差	3.39	0.92	2.30	4.42	3.63
送金回数	3545	432	508	3528	8013

害発生 ATM の割合を示す。無人 ATM の割合は駅の近傍および遠方で高まっていた。コンビニの割合は駅から 200-1.6km で高くなっていた。図 2 に、初回の送金時間別の各立地条件の発生件数を示す。日中時間帯において被害発生件数に違いは見られない一方で、15 時以降において無人 ATM での発生が減少する一方で、金融機関・郵便局での発生が増加していた。

3.4. 駅からの距離別・時間帯別の被害 1 回あたりの

送金回数

被害 1 回あたりの送金回数を立地条件別にみると、無人 ATM (平均 3.31 回)、金融機関・郵便局 (平均 2.51 回)、商業施設等 (平均 2.09 回)、コンビニ (1.56 回) の順であった。図 3 に、最寄り駅からの距離別・発生時間帯別の被害 1 回あたりの平均送金回数を、ATM の立地条件別に示す。駅からの距離別では、特に無人 ATM で、最寄り駅からの距離が離れるほど 1 回あたりの送金回数が線形に増加していた。金融機関・郵便局も、最寄り駅から 1.6km 以上の場合に、1 回あたりの送金回数が増加していた。

3.5. 回帰分析による被害 ATM における送金回数の予測

ここまでみてきた ATM の立地条件、駅からの距離、時間帯が被害発生時の送金回数に与える影響を重回帰分析で検討した (表 3)。モデル 1 では、ATM の立地条件 (コンビニをベースラインにしたダミー変数)、駅からの距離 (常用対数変換)、時間帯 (14:59 まで 0, 15:00 以降 1 のダミー変数) を投入した。モデル 2 では、ATM の立地条件、駅からの距離、時間帯の交互作用項を投入した。モデル 1・2 ともに被害者の性別 (女性:1, 男性:0)、年齢を統制変数として投入した。

図 3 ATM の立地条件、駅からの距離、時間帯が還付金被害発生時の送金回数に与える影響

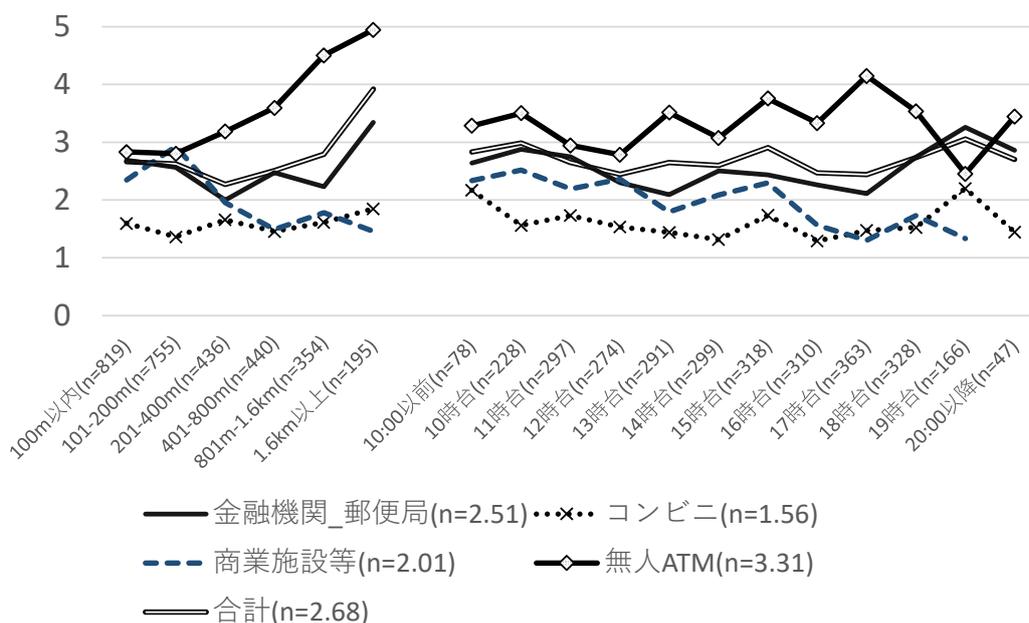


表 3 ATM の立地条件, 駅からの距離, 時間帯が還付金被害発生時の送金回数に与える影響

	Model1		Model2	
	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.
年齢	0.06	0.01 **	0.05	0.01 *
性別	-0.11	0.14	-0.11	0.14
立地：金融機関?郵便局	0.91	0.24 **	1.13	1.31
立地：商業施設等	0.67	0.31 *	2.25	1.65
立地：無人ATM	1.76	0.24 ***	-0.83	1.32
距離	0.38	0.12 ***	0.04	0.47
時間帯：15時以降	0.17	0.14	-0.06	0.81
立地：金融機関郵便局×距離			-0.09	0.50
立地：金融機関郵便局×時間帯			-0.08	0.50
立地：商業施設等×距離			-0.62	0.64
立地：商業施設等×時間帯			-0.57	0.68
立地：無人ATM×距離			1.03	0.50 *
立地：無人ATM×時間帯			0.31	0.51
距離×時間帯			0.07	0.27
定数	-3.43	0.76	-2.43	1.43
R2	0.0378		0.0438	
N	2999		2999	

\*\*\*:p<.001, \*\*:p<.01 \*p<.05 †:p<.10

主効果のみをみたモデル1では、コンビニに比べて、金融機関・郵便局、商業施設、無人ATMともに被害1回あたりの送金回数が有意に多く、距離の主効果も正の方向で有意であった。交互作用効果を加えたモデル2では主効果は消滅し、無人ATMと距離の交互作用項のみが正の方向で有意であった。

#### 4. 考察

本研究では、特殊詐欺の中でも還付金詐欺に注目して、被害が発生したATMの立地条件、駅からの距離と、発生時間帯と、当該ATMにおける被害の深刻さ（送金回数）との関係を検討した。

主要結果の第一は、大山・雨宮（2019）の政令指定都市のスーパー設置のATMの分析、島田ら(2021)の特殊詐欺予兆電話の分析と同様に、被害にあふATMは集中していたことである。還付金詐欺でも、犯人が犯行を完遂させやすいATMに被害者を誘導していることが考えられる。特殊詐欺のような非対面の犯罪でも、犯罪の集中を検出しての場所に基づく犯罪予防（Weisbrud,2015）の可能性が指示されたといえる。

主要結果の第二は、被害発生に関して、ATMの立地条件と犯行多発時間帯、駅からの距離のそれぞれに関連が見られたことである。本研究では、金融機関や郵便局の有人店舗付属のATMでは有人営業終

了後に還付金詐欺のリスクが高まることが示された。1日の中でも警戒態勢のシフトが有効であることが示唆される。

主要結果の第三は、同じ還付金詐欺でも1回の送金で被害が完結する場合と、複数回の送金で被害が拡大してしまふ場合に分けられることである。特に駅から離れた無

人ATMでは被害が拡大する可能性が示された。還付金詐欺の予防や被害拡大を防ぐために、1回のみならず1日の振込額制限が期待される。

本研究の限界は、分析対象が被害発生のATMのみに限られること、賑やかさの指標を最寄り駅からの距離のみに依存していること、金融機関の種別を考慮していないことである。今後、ATMを網羅した上で、多様な環境変数を導入し、金融機関後ごとの対策や被害防止介入を踏まえた分析が求められる。

#### 参考文献

- Cohen, LE. & Felson M (1979), Social change and crime rate trends: A routine activity approach *American Sociological Review*.
- 警察庁（2020）令和2年版警察白書，  
<https://www.npa.go.jp/hakusyo/r02/index.html>
- 大山智也・雨宮護（2019）ATMにおける還付金等詐欺の発生予測 ATM の設置環境と犯罪の反復性に着目して，「都市計画論文集」，54（3），780-787.
- 島田貴仁（2016）犯罪の前兆現象の時空間分析 —子どもに対する声かけ事案と特殊詐欺前兆電話—，「Research Abstracts on Spatial Information Science CSIS DAYS 2016」，48.
- 島田貴仁・齊藤知範・山根由子（2021）特殊詐欺予兆電話の時空間的集中と空間的差異，GIS学会論文集
- Weisbrud, D. L. (2015), The law of crime concentration and the criminology of place. *Criminology*, 53(2), 133-157.

## ポスター発表

📅 2024年10月26日(土) 13:00 ~ 13:50 📍 会場(ハイブリッドスペース)

**[P1] ポスター発表 #1****[P1-29] 深層学習を用いた開発適地の自動抽出技術の開発**

\*寺田 遣都<sup>1</sup>、山野寺 瞭太<sup>1</sup>、堀内 仁<sup>1</sup>、秋山 祐樹<sup>1</sup>、林 浩司<sup>2</sup>、桜井 富士夫<sup>2</sup>、折出 康輔<sup>2</sup> (1. 東京都市大学、2. (株)オオバ)

キーワード：開発適地、自動抽出、深層学習、航空写真、DX（デジタル・トランスフォーメーション）

日本の建設業界では、他の業界に比べ長時間労働が問題視されていることから、デジタル・トランスフォーメーション（DX）の活用による作業の効率化が求められている。しかし、建設業においてDX化が進んでいない業務は未だ数多く存在する。そのような業務の1つに、開発可能な土地（開発適地）の抽出業務が挙げられる。開発適地の抽出業務は、航空写真や衛星画像から一定のまとまりを持つ田畑や森林を抽出する業務であり、現状、人間が目視で判別していることから、多大な時間と労力を要することや、作業品質にばらつきが生じてしまうことが課題となっている。そこで、本研究では、深層学習を用いて航空写真から開発適地を自動的に抽出する技術の開発を行った。本研究では、過去に開発適地の抽出業務で対象となった地域を例に、本技術の適用と検証を行い、その有用性を確認した。本技術により上記課題の解決とともに、同作業の大幅な効率化が期待できる。

## ポスター発表

2024年10月26日(土) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

**[P1] ポスター発表 #1****[P1-30] 大規模鉄道駅構内の経路探索時における視線行動と迷い状態の関係について**\*山本 さつき<sup>1</sup>、沖 拓弥<sup>1</sup> (1. 東京科学大学)

キーワード：迷い、経路探索、視線計測、駅構内、イメージマップ

迷いにくい空間をデザインする上で、迷いの発生・解消メカニズムについて理解することは重要である。これまでに、サインなどの空間構成要素と迷いやすさの関係に着目した研究が多くなされてきた。また、視認情報とイメージマップとの差異に着目した、迷いの状態遷移モデルも提案されている。本研究では、歩行中の人々がどのように周辺環境を捉え、迷いの程度がどこでどのように変動するかを、大規模鉄道駅構内を対象とした擬似的な経路探索実験を通じて、エビデンスをもって示すことを目的とする。実験にはGoogle Street Viewを用い、なるべく方向転換の機会が多く迷いやすいことが予想される経路を選定する。また、視線行動や発話・心拍数・イメージマップを記録するとともに、地点を移動する度に被験者に迷いの程度を申告してもらい、迷い状態の変動を詳細に記録する。これらの実験結果を分析することで、迷いの発生・解消メカニズムについての基礎的知見を得る。

# ゲーミフィケーションによる地域活性化やツーリズムの整理とナビゲーションスポーツの応用による地図表現の変化と理解

和田真由子\*・藤田直子\*\*・嶋田 珠々\*\*\*・ハンセン マックス\*\*\*・周 楊\*\*\*

## Regional Revitalization and Tourism through Gamification: Understanding and Transformation of Map Representations via the Application of Navigation Sports

Mayuko Wada\*, Naoko Fujita\*\*, Suzu Shimada\*\*\*, Max Hanssen\*\*\*, Yang Zhou\*\*\*

**Abstract** This research investigates the role of gamification in regional revitalization and tourism and examines the impact of map representation on the understanding of navigation sports within these contexts. Specifically, it analyzes the effects of holding a rogaining event on participants, organizers, and the host region, exploring the potential for a gamified regional tourism model to attract tourists and contribute to local economic revitalization. Additionally, the study examines the characteristics of map usage in events involving navigation sports and its contribution to enhancing map comprehension. Through this analysis, the research seeks to provide new insights into how contemporary map representations evolve and support users' spatial awareness. The study proposes improved methods of map representation and innovative approaches to regional revitalization, with potential for practical application

**Keywords:** ロゲイニング (rogaining), 地域活性化 (community revitalization), ゲーミフィケーション (gamification), ツーリズム (tourism), ナビゲーションスポーツ (navigation sports)

### 1. はじめに

#### 1.1. 背景

近年ゲーミフィケーションの概念が注目され、その応用範囲が広がっている。ゲーミフィケーションとは、ゲームの要素をゲーム以外の文脈に応用する手法である (Darejeh and Salim, 2011)。Xu ら(2014)によると、観光業におけるゲームデザインの要素の応用はすでに存在しているが、ゲーミフィケーションという概念として認識されたり、名付けられたりはしていない可能性が示唆されている。

現在では様々な業界でゲーミフィケーションが導入され、利用者の意欲や満足度を高める大きな可能性が示されている。その流れは観光振興や地域活性化にも及んでおり、その文脈におけるゲーミフィケーションには、ゲームの要素を使用して観光客らに対してインタラクティブで没入感のある体験を提供することが期待されている。活力衰退や人口減少に悩む地方において来訪者による交流人口の増加や観光振興がますます競争激化する中で、その目的地と

なる地域は他所との差別化を図り、より多くの来訪者を引きつけるための戦略を模索している。

一方、ナビゲーションスポーツとは地図とコンパスを使って山野を駆け巡りながら時間や点数を競う野外競技であり、オリエンテーリングがその代表的存在である。ロゲイニング(rogaining)もナビゲーションスポーツの一種であり、指定されたチェックポイントを自由な順番で巡り得点を競う競技である。

近年ではスポーツイベントが持つ観光振興や地域活性化の側面も注目され、地方で開催されるマラソン大会には全国から参加者が集まる現象がみられている。

#### 1.2. 研究目的

本研究は、地域活性化や観光におけるゲーミフィケーションの役割を探求し、これらの分野においてナビゲーションスポーツを適用した際の地図表現が理解に与える影響を調査することを目的とする。特にロゲイニングイベントの開催が参加者や主催者や開催地域にどのような影響を与えるかを分析し、ゲ

\* 学生会員 筑波大学人間総合科学学術院 (University of Tsukuba), [s2421608@u.tsukuba.ac.jp](mailto:s2421608@u.tsukuba.ac.jp)

\*\* 正会員 筑波大学芸術系(University of Tsukuba), [fujita.naoko.gf@u.tsukuba.ac.jp](mailto:fujita.naoko.gf@u.tsukuba.ac.jp)

\*\*\* 学生会員 筑波大学人間総合科学学術院 (University of Tsukuba)

ーミフィケーションを取り入れた地域観光モデルが観光客を引き付け、地域経済の活性化に貢献する可能性を検討する。更に、ナビゲーションスポーツを伴うイベントにおける地図使用の特性と、それが地図の理解力向上にどのように寄与するかを検証する。本研究を通じて地図表現がどのように進化し、利用者の空間認識を支援するかについて新たな知見を提供することを目指す。

## 2. ゲーミフィケーションと地域活性化

### 2.1. ゲーミフィケーションの起原と学術分野

ゲーミフィケーション (Gamification) とは、ゲームの要素やメカニズムをゲーム以外の分野に適用することで利用者の意欲を高めて達成感を促進する手法である。その学術的起源はゲーム理論と呼ばれる人間の意思決定や戦略的な行動を数学的にモデル化する理論にあるとされ、行動心理学といった人間の行動を心理学的視点から研究する学問分野にも発展していった。更に、ゲームの設計や開発に関する知識や技術であるゲームデザインの分野においては、その原則や手法を応用して魅力的な体験を創出する方向性に発展していった。

このように、ゲーミフィケーションはゲーム理論を基盤として、人間行動を予測し、意図的な行動変容を促すことを目指しており、報酬、達成感、競争といった心理的な要素を活用して行動を促すという点で行動心理学と密接な関係がある。

### 2.2. ゲーミフィケーションの応用

ゲーミフィケーションを別の分野に応用する理由には、対象への関心を高めて継続的な利用を促すことや、意欲を高めて目標達成を促すこと、楽しみながら学習できる環境を提供することなどの効果が期待されている。人間の行動変容を促し、望ましい行動を促したりその習慣化を支援したりすることで、利用者との関係を強固にしていく。

既にみられるゲーミフィケーションの応用事例としては、学習ゲームやポイントプログラム、ソーシャルメディアキャンペーンなどが挙げられる。その中でも利用者の個人属性に対応して表示内容や指示内容が変わるものも出現している。その他の応用事

例として社内研修に応用されている事例などもみられる。

### 2.3. ゲーミフィケーションの地域活性化への応用

ゲーミフィケーションの特性を地域活性化や観光振興に用いる動きがみられている。特に、ゲーミフィケーションと地理情報が結びつくことで、その効果と応用範囲は広がり、野外アクティビティとして価値を發揮する。その有名な例がポケモン GO である。このゲームの出現により、様々な人物属性、特にゲーム好きやアニメーション好きの属性を野外へと誘い、彼らの行動範囲を広げ、屋外での滞在時間を拡張したことは社会現象として広く知られている。

先行研究ではゲーミフィケーションが観光客のエンゲージメントを高めリピート率向上に繋がるということが示唆されている (McGonigal, 2011)。特に位置情報ゲームのようなアクティブな観光体験では、ゲーム要素を取り入れることで参加者のモチベーションを維持し、より深い体験を提供できる可能性があることが指摘されている (Deterding et al., 2011)。

## 3. ナビゲーションスポーツと地図表現

### 3.1. ナビゲーションスポーツの特徴

ナビゲーションスポーツは地図とコンパスを使った野外競技であり、その代表であるオリエンテーリングは主に険しい山野において広範囲に配置された通過点を指示された順に巡って時間や点数を競う競技である。競技者には地図を読む力が求められ、その優劣によって勝敗が左右されることも多い。

ロゲイニングもナビゲーションスポーツの一種であり、広範囲に配置された通過点を競技者が自由に選択し、指定された時間内で点数を競う競技である。この競技でもオリエンテーリングと同様に競技者には地図を読む力が求められる。

### 3.2. ロゲイニングの特徴

ロゲイニングは 1976 年にオーストラリアで生まれた競技であるが、徐々に日本国内にも競技者が増えていき、国内でのロゲイニング大会が開催されるようになってきた。近年では競技人口の裾野が広がり、より身近なナビゲーションスポーツとして日本

各地で大会が開催されている。日本ロゲイニング協会では、ロゲイニングの定義を以下の通り定めている。

1. チーム競技であること。
2. 競技地図から読み取れない不確実なイベントが発生しないこと。
3. チェックポイント (CP) は自由な順番でまわられるルールであること。
4. CP はすべて回りきれない程度設定されること。
5. 競技時間は6時間以上であること。
6. CP の通過判定方式は公正さが保たれるものであること。
7. 移動手段は走り (歩き) であること。
8. 主催者が指定した地図とコンパスのみでナビゲーションをおこなうこと。
9. 地図上に示された CP の場所 (○印の中心) と実際の CP の場所が一致すること。

また、大会開催者・競技者間で共通の認識を持つことができるようにカテゴリという考え方を導入しており、カテゴリ A(ロゲイニングの定義すべてを満たしていること。世界基準に合ったものであること)、カテゴリ B(競技時間が6時間未満、3時間以上の小規模ロゲイニング)、カテゴリ C(個人競技、走る (歩く) 以外の交通手段を使用するもの)、カテゴリ D(競技地図から読み取れない不確実なイベントが発生する競技性が薄まったもの。(クイズ、ボーナスポイントなど) )に分けている。

### 3.2. ロゲイニングの実例研究

ロゲイニングの事例を調査した研究として、静岡市清水区両河内地区における地域づくりへの寄与が報告されている (今津ら, 2022)。そこでは地域住民の健康増進や地域活性化を目的とした屋外アクティビティイベントの一例として実施した「両河内ロゲイニング」の活動で得られた成果と課題について報告されており、事業の成果として地域の自然資源に接触する機会の創出や、自治体や行政、企業、大学などの地域におけるステークホルダーの連携強化に寄与している点が挙げられている。一方で、当該地域における健康増進や交流人口拡大にどの程度寄与

しているかという点で、客観的データに基づく効果検証が不十分であったため、効果測定の必要性を指摘している。

地域活性化に関しては、部分的かつ個別的な地域活性化策が各地域でさまざまに定義され、実施されてきた背景をもつ (杉野ら, 2011)。ここでは地域外からの参加者が地域資源について理解を深め、地域に対する愛着をもつことで地域活性化を達成したことが評価されている。

## 4. ナビゲーションスポーツの応用による地図表現の多様化

### 4.1. ナビゲーションスポーツの応用事例

本研究ではナビゲーションスポーツの応用として地域活性化の目的のためにロゲイニングを使用した事例を探索した。茨城県つくば市は、市町村合併後の都市部と周辺市街地の格差が課題となってきた。周辺市街地 (北条, 小田, 大曾根, 吉沼, 上郷, 栄, 谷田部, 高見原) は旧町村時代に生活の拠点として発展してきたが、現在は人口減少や高齢化などが進んでいた。つくば市は、2017年度に周辺市街地振興室を設け、周辺市街地を活性化することで周辺地域の生活改善に繋げることを目指し、周辺市街地における住民主体の地域づくりを進めている (吉岡ら, 2022)。周辺市街地を活性化するため「つくば R8 地域活性化プランコンペティション」が実施され、ロゲイニングを活用したプランが採択された。2019年から第1回目が始動し、2024年現在まで各地域で実施されている。

このロゲイニングでは紙地図とともに「NaviTabi」アプリケーションが使用されている。アプリケーションの背景地図には地理院地図が使用され、参加者は10インチサイズのタブレットにて操作を行う。

### 4.2. R8 ロゲイニングにおける地図表現

R8 ロゲイニングでは、ゲーム中に飲食したり、特定の CP を集めたりすると、ポイントが加算されるゲーミフィケーション要素が設けられている。参加者がどちらの地図を使用しているのかを比較し、ロゲイニングにおけるゲーム要素が参加者のルート選択や時間配分にどのように影響するかを検証するこ

とで、目的に応じた地図表現が明らかになる。

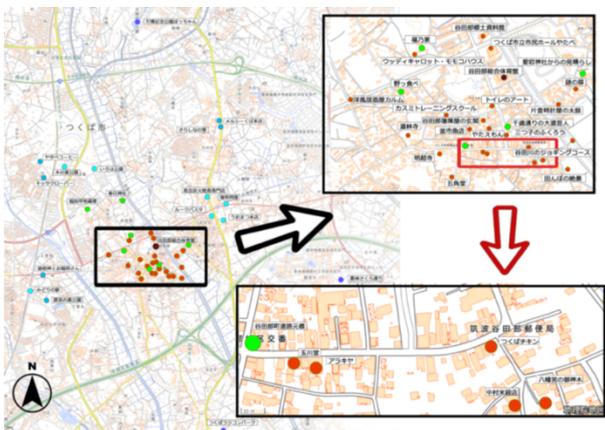


図1 地域活性化を目的とした地図表現

## 5. 考察

ゲーミフィケーションの利点を活用したログイニングというナビゲーションスポーツが、地域観光モデルとしてどのように機能するか、その背景や関連分野が明らかになった。さらに、地図表現によって参加者の空間認識を支援し、地域理解を深める点に

についても、新たな知見の探索が求められる。

本研究は、地域活性化の新たな手法を提案し、実践的な応用が期待される点で、地域観光や都市計画における重要な指針となることを目指している。持続可能な地域活性化モデルの構築に貢献し、さまざまな地域での応用が可能な新しいアプローチを示すことができるよう、今後も研究を進めていきたい。

## 謝辞

本研究は筑波大学社会貢献プロジェクト助成金の支援を受けている。

## 参考文献

- Darejeh, Ali, and Siti Salwah Salim. "Gamification solutions to enhance software user engagement—a systematic review." *International Journal of Human-Computer Interaction* 32.8 (2016): 613-642.
- Deterding, Sebastian, et al. "Gamification. using game-design elements in non-gaming contexts." *CHI'11 extended abstracts on human factors in computing systems*. 2011. 2425-2428.
- MCGONIGAL, Jane. *Reality is broken: Why games make us better and how they can change the world*. Jonathan Cape, 2011.
- Xu, Feifei, Jessika Weber, and Dimitrios Buhalis. "Gamification in tourism." *Information and Communication Technologies in Tourism 2014: Proceedings of the International Conference in Dublin, Ireland, January 21-24, 2014*. Springer International Publishing, 2013.
- 杉野隆, 中根雅夫 (2011): 地域活性化と地域のつながり, 日本社会情報学会合同研究発表大会研究発表論文集, 121-126.
- 今津 海, 水上 泰章, 久米 歩 (2022): 静岡市清水区両河内地区におけるログイニング事業を通じた地域づくりの軌跡 「両河内ログイニング」 (2017年～2021年)の事例, 都市計画報告集 21(2) 107-110. 日本ログイニング協会「ログイニングとは」  
<https://www.rogaining.jp/about> (2024/08/30 最終確認)
- 日本ログイニング協会「ログイニングの定義」  
<https://www.rogaining.jp/definition> (2024/08/30 最終確認)

## ポスター発表

2024年10月26日(土) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

**[P1] ポスター発表 #1****[P1-32] 人流データを用いたコロナ禍における公園利用へ影響評価**\*山岡 航大<sup>1</sup>、杉本 賢二<sup>1</sup>、米澤 剛<sup>1</sup> (1. 大阪公立大学院工学研究科)

キーワード：人流、公園利用、コロナ禍

新型コロナウイルス (covid-19) の感染は、我々の行動を著しく制限した。特に、緊急事態宣言下では、人口が密集している都心部を避け、郊外の公園を訪れる人の増加や、早朝や夜間といった人が少ない時間に、運動不足解消のために公園に出歩くなど、人々の行動が顕著に変容した。本研究では、人流データを用いて新型コロナウイルスの流行前後で、大阪府の大規模都市公園を対象に滞在人口の変化を属性ごとに分析し、公園特性との関係を明らかにすることを目的とした。その結果、公園の滞在人口の推移の傾向として、多数の集客が見込まれるイベントを開催していた公園は、主に遠方からの訪問者数が大幅に減少するといった公園の特性との関係性を見出すことができた。これにより、公園内の利用頻度の少ない場所を特定し、時代に即した公園の計画・管理に資する定量情報となることが期待される。

## ポスター発表

📅 2024年10月26日(土) 13:00 ~ 13:50 📍 会場(ハイブリッドスペース)

**[P1] ポスター発表 #1****[P1-33] オープンデータを用いた静岡県東部伊豆地域における土砂災害可能性マップの作成**

\*和田 莉央<sup>1</sup>、麦島 好美<sup>1</sup>、岸本 真理子<sup>1</sup>、武田 巧達<sup>1</sup>、金子 桃花<sup>1</sup>、鈴木 雄介<sup>2</sup>、古長谷 稔<sup>3</sup>、中江 章喜<sup>3</sup>、鈴木 静男<sup>1</sup> (1. 沼津工業高等専門学校、2. 株式会社STORY、3. IZAIJU合同会社)

キーワード：オープンデータ、土砂災害、豪雨、地震、孤立集落

本研究の目的は、オープンデータを用いて静岡県東部伊豆地域における土砂災害の可能性を可視化することです。この地域は、昔から地震が多発することが知られており、特に南海トラフ地震の影響が懸念されています。今年発生した能登半島地震では、土砂災害により道路が遮断され、物資の輸送や救助活動が困難になる問題が浮き彫りになりました。静岡県東部伊豆地域も山間集落が多い地形条件にあり、土砂災害によって集落が孤立するリスクが高いとされています。さらに、近年の地球温暖化に伴い、豪雨の発生頻度が増加しており、豪雨による地盤の緩みから引き起こされる土砂災害の増加が予想されます。本研究では、豪雨による土砂災害の因子をマップで示し、これらの各因子マップを統合するモデルを作成することで、土砂災害の可能性をマップ化することを目指します。

ポスター発表

2024年10月26日(土) 13:00 ~ 13:50 会場(ハイブリッドスペース)

**[P1] ポスター発表 #1****[P1-34] 平均寿命と健康寿命の地域差とその要因**

\*松本 直樹<sup>1</sup>、河端 瑞貴<sup>1</sup>、直井 道生<sup>1</sup>、森岡 渉<sup>2</sup>、今中 雄一<sup>3</sup> (1. 慶應義塾大学、2. ソールズベリー大学、3. 京都大学)

キーワード：健康寿命、平均寿命、地域差

高齢化社会を迎え、今後の医療費の増大が懸念されている。平均寿命には地域差があることが知られているが、健康寿命や平均寿命と健康寿命の差（不健康な期間）の地域差に関する研究はほとんど見られない。今後の医療費を削減し、国民生活の質を向上させる上でも、不健康な期間の短縮が重要になると考える。そこで本研究では、平均寿命と健康寿命、および平均寿命と健康寿命の差の地域格差を明らかにし、その地理的要因を分析することを目的とする。対象地域は全国とし、平均寿命は厚生労働省のデータ等、健康寿命は介護保険データを基に計算した0歳時健康余命、40歳時健康余命、65歳時健康余命に基づく健康な期間の平均等を用いる。空間単位は市町村または二次医療圏とする。分析の結果が、不健康期間短縮を目指す国や自治体等の参考になることを期待する。

【審査用原稿用紙】

## 東京 23 区における賃貸オフィスビルストックの地域性と経年変化

松尾和史\*・堤盛人\*\*・今関豊和\*\*\*

## Geographical and temporal characteristics of the rental office building stock in the 23 wards of Tokyo

Kazushi Matsuo\*, Morito Tsutsumi\*\*, Toyokazu Imazeki\*\*\*

Large-scale redevelopment has been promoted in Tokyo to revitalize the city and enhance its international competitiveness, leading to the construction of numerous office buildings. However, micro-level changes in this stock are rarely examined. This study analyzes regional and temporal changes in Tokyo's office building stock using detailed rental market data. By summarizing the office stock pyramid by completion year and geographic and structural characteristics, we found that while the total office space supply remains stable, the number of buildings has decreased due to increasing building sizes. Office building supply is concentrated in central Tokyo, and this concentration has intensified over the past 20 years. Nonetheless, some historical buildings remain in prime locations, highlighting a balance between redevelopment and preservation.

**Keywords:** 賃貸オフィス市場 (Rental office market), ストック (Stock), 新規供給 (New supply), オフィスビル (Office building)

## 1. はじめに

2002 年に都市再生特別措置法が施行されて以降、都市再生と国際競争力の向上を目的に、大規模な再開発が促進され、これまでに数多くのオフィスビルが東京で建設されてきた。但し、これらのストックの変化について、ミクロな視点で捉えられることは少ない。オフィス立地に関しては、人文地理の分野で広く研究が行われているが、データの制約から、オフィスビルのストック自体に着目した研究では、大規模なオフィスビルの立地動向を対象を限定したものがほとんどである (坪本, 2014; 菊池, 2009)。本研究では、賃貸オフィス市場における詳細なストックデータを用いて、東京 23 区におけるオフィスビルストックの地域性と時間的な変化の特徴を明らかにすることを目的とする。

オフィスビルストックの定量的な把握は、都市構造を正確に捉え、都市政策を立案する際の重要な判断材料となることが考えられる。

## 2. データ

本研究では、日本国内において 40 年以上に渡りオフィス仲介業を営む三幸エステート株式会社が保有するオフィスマーケットデータを利用する。このデータには、2000 年 1 月から 2023 年 12 月時点までの標準的な賃貸オフィスビルの情報が含まれている。本研究では、賃貸オフィスビルのストックを、標準的な賃貸オフィスビルとして貸付可能な床面積の総和として定義し、以下の整理を行う。そのため、オフィスビルの中でも、自社保有や、店舗用途、倉庫用途などに用いられる床面積は除かれる。

## 3. ストックの地理的な特徴

はじめに、賃貸オフィスビルストックの地理的な特徴について整理する。図 1 は 2000 年 1 月時点と 2023 年 12 月時点の周辺貸付面積の分布を表したものである。周辺貸付面積は、各地点から 400m 圏内に立地する賃貸オフィスビルの貸付可能面積の総和であり、ストックの集積度合いを表す (松尾ら, 2023)。

\* 学生会員 筑波大学大学院システム情報工学研究群 (University of Tsukuba)

〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1 E-mail : matsuo.kazushi.sa@alumni.tsukuba.ac.jp

\*\* 正会員 筑波大学システム情報系 (University of Tsukuba)

\*\*\* 非会員 株式会社オフィスビル総合研究所 (Commercial Property Research Institute, Inc.)

【審査用原稿用紙】

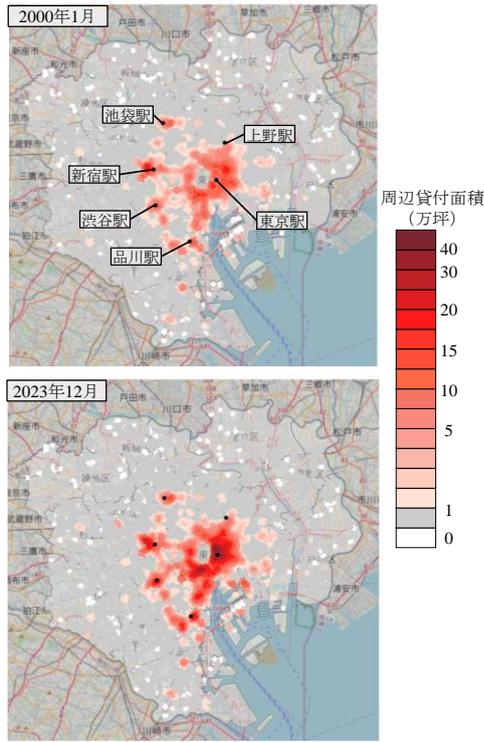


図1 周辺貸付面積の地理的分布

1 東京 23 区内におけるストックは

築年	駅近中核圏(分)										貸付可能									
	-1	2	3	4	5	6	7	8	9	10+	-1	2	3	4	5	6	7	8	9	10+
1960年代	23.3	19.2	30.9	10.50	10.28	5.67	3.69	2.34	0.85	2.06	35.6	8.32	8.09	9.12	6.99	3.44	4.04	1.02	0.26	1.26
1970年代	20.5	18.4	19.9	10.31	14.49	5.81	5.15	2.66	0.83	2.41	22.51	5.19	10.50	7.82	3.68	8.23	4.90	2.36	0.89	1.91
1980年代	19.1	18.9	18.5	11.75	14.43	5.01	5.73	1.44	3.22	18.19	4.25	10.04	9.86	4.95	6.20	5.78	4.31	1.53	3.60	
1990年代	16.18	16.09	18.30	11.40	14.43	5.18	5.16	4.66	2.00	4.61	19.49	11.19	10.69	9.58	3.47	17.61	7.12	3.58	1.94	3.91
2000年代	12.68	16.09	18.8	11.80	12.11	5.84	5.26	3.23	1.13	2.63	13.81	6.12	8.58	9.11	7.72	4.30	4.31	1.35	0.79	2.11
2010年代	24.38	18.29	14.24	11.37	11.91	6.09	3.65	1.35	2.57	15.37	8.49	8.00	12.19	10.87	7.31	2.57	2.90	0.68	1.42	
2020年代	31.29	18.67	15.60	15.17	15.33	19.60	6.95	2.93	0.52	1.07	14.69	5.27	11.94	17.26	9.22	3.67	3.55	1.60	0.25	2.53

2 皇居周辺や、池袋駅、新宿駅、渋谷駅などの主要駅  
 3 を中心に集積している。また、その傾向は2000年から  
 4 2023年にかけて強くなっており、多心型の都市  
 5 構造をより強固にしてきたことがわかる。

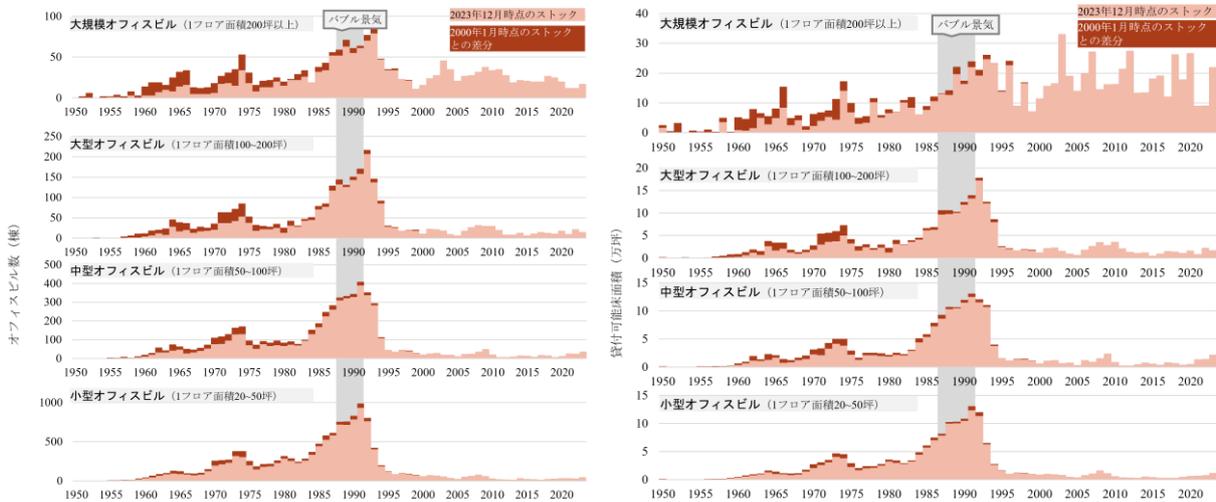


図2 竣工年別オフィスストック

7

8 4. ストックの構成と経年的な変化

9 4.1. 竣工年

10 次に、ストックの構成に着目し、整理を行う。  
 11 ここでは、前章で示したオフィスストックの集積が、  
 12 どのように形成されてきたのかについて明らかにす  
 13 るため、各賃貸オフィスビルの竣工年に着目をする。  
 14 図2は、2000年1月末および2023年12月末時点  
 15 における賃貸オフィスビルの棟数を竣工年と規模に  
 16 分けて示したものである。いずれの規模のオフィ  
 17 ビルも、バブル景気の時期(1986年~1991年)や  
 18 その直後に最も多くのオフィスビルが供給され、そ  
 19 の後、大きく減少していることが読み取れる。また、  
 20 2000年時点のストックと比較すると、大規模オフィ  
 21 スビルでは、築年数の経過したオフィスビルから減  
 22 却が進んでいる一方で、規模の小さなオフィスビ  
 23 ルでは、築年数の経過したオフィスビルも多く減却さ  
 24 れずに残されていることがわかる。これは、好立地  
 25 の収益性を見込めるオフィスビルから、建替えや再  
 26 開発が進んでいることが考えられる。

27 次に、棟数ではなく、貸付可能面積に着目すると、  
 28 小型から大型オフィスビルは、棟数と同じ傾向があ  
 29 る一方で、大規模オフィスビルは棟数の場合と異な  
 30 る傾向があることがわかる。大規模オフィスビルの  
 31 竣工年別の貸付可能面積は、バブル景気後も大きく  
 32 は減少せず、年ごとのばらつきはあるものの、バブ  
 33 ル景気時よりも貸付可能面積が大きい年も存在する。

【審査用原稿用紙】

1 この傾向は、供給された棟数は減った一方で、一棟  
2 あたりの貸付可能面積が増大したことを表しており、  
3 賃貸オフィスビルの大規模化を示すものである。

4 4.2. 規模

5 次に、各年代に竣工したオフィスビルの規模の分  
6 布に着目する。表1と表2は、竣工年代別の賃貸オ  
7 フィスビルの棟数および貸付可能面積を、1フロア  
8 面積と地上階数で分類し、各分類の割合を示したも  
9 のである。

10 はじめに、1フロア面積に着目すると、棟数では、  
11 1フロア面積50坪未満の小型オフィスビルや、100  
12 坪未満の中型オフィスビルの占める割合がいずれの  
13 年代においても大きい一方で、2000年代以降は、100  
14 坪以上の大型オフィスビルや、大規模オフィスビル  
15 の割合が増えていることがわかる。また、貸付可能  
16 面積で見ると、2000年代以前と以後で、傾向が大き  
17 く異なり、2000年代以降は、1フロア面積500坪以  
18 上のオフィスビルの占める割合が、5割を超えてい  
19 る。

20 地上階数に着目しても、おおよそ同様の傾向がみ  
21 られる。棟数の面では、2000年以前に竣工したオフ  
22 イスビルは10階以下のものが9割以上を占めてい

23 る一方で、2000年以後に竣工したオフィスビルは、  
24 より高層のオフィスビルの割合が増えている。特に、  
25 11~15階建てのオフィスビルの割合は1990年代の  
26 3.6%から2020年代には29%まで急激に増加してい  
27 る。貸付可能面積の面では、31階以上の高層オフィ  
28 スビルの貸付可能面積が占める割合が、1990年代の  
29 9%から2020年代は51.7%まで急激に増加してい  
30 る。

31 これらの傾向は、3章の結果(図2)と同様に2000  
32 年以降に、賃貸オフィスビルが横(1フロア面積)  
33 にも縦(地上階数)にも大規模化していることと、  
34 築年数の古い大規模なオフィスビルから建替・再開  
35 発が進み、築年数の古い小さなオフィスビルは滅却  
36 されずに取り残されている可能性を示している。

38 4.3. 立地

39 最後に、各年代に竣工したオフィスビルの立地に  
40 着目する。先ほどと同様に、竣工年代別の賃貸オフ  
41 イスビルの棟数および貸付可能面積を、最寄り駅ま  
42 での徒歩時間(分)で分類し、各分類における割合  
43 に着目すると、1フロア面積や地上階数ほどの顕著  
44 な差はないものの、2000年代以降に駅徒歩1分以内

表1 1フロア面積で見た竣工年代別オフィスビルの特徴

棟数	1フロア面積(坪)								貸付可能 面積	1フロア面積(坪)							
	~50	~100	~200	~300	~400	~500	~1000	1000~		~50	~100	~200	~300	~400	~500	~1000	1000~
~1960年代	59.79	23.55	10.64	2.70	1.13	0.14	1.49	0.57	~1960年代	14.11	14.97	18.55	9.94	5.46	1.06	19.31	16.60
1970年代	65.12	21.71	8.71	2.23	1.09	0.46	0.66	0.03	1970年代	20.12	17.46	20.51	9.50	9.68	6.26	15.98	0.49
1980年代	62.61	23.22	9.39	2.62	1.01	0.48	0.61	0.06	1980年代	21.65	20.12	20.61	12.91	6.71	5.22	11.12	1.66
1990年代	56.09	24.47	12.68	3.03	1.64	0.77	1.17	0.14	1990年代	14.33	15.89	20.08	10.44	10.03	8.02	17.78	3.43
2000年代	44.29	19.02	15.34	6.24	5.49	3.23	5.26	1.13	2000年代	4.20	4.81	9.33	8.57	12.21	11.28	36.87	12.74
2010年代	31.39	16.91	18.67	10.69	7.31	2.71	9.61	2.71	2010年代	2.02	2.77	7.42	8.24	8.88	4.59	43.12	22.98
2020年代	40.27	26.67	16.80	3.20	2.13	1.33	6.93	2.67	2020年代	4.20	6.69	7.76	3.36	2.80	2.43	37.83	34.94

表2 地上階数で見た竣工年代別オフィスビルの特徴

棟数	地上階数(階)							貸付可能 面積	地上階数(階)						
	~5	~10	~15	~20	~25	~30	30~		~5	~10	~15	~20	~25	~30	30~
~1960年代	38.30	59.50	1.99	0.14	0.00	0.00	0.07	~1960年代	8.61	78.47	7.72	1.39	0.00	0.00	3.82
1970年代	32.42	64.06	2.98	0.26	0.09	0.03	0.17	1970年代	9.60	59.52	13.96	3.46	2.06	1.45	9.95
1980年代	33.13	63.69	2.55	0.31	0.17	0.09	0.06	1980年代	12.30	63.86	10.87	4.44	3.72	3.10	2.22
1990年代	29.99	64.53	3.61	0.73	0.61	0.23	0.28	1990年代	9.74	50.88	10.23	6.81	8.89	4.45	9.01
2000年代	22.03	54.36	12.48	3.38	2.86	1.35	3.53	2000年代	1.92	21.27	13.51	10.37	14.02	6.93	31.97
2010年代	14.07	52.10	16.78	5.01	5.01	2.17	4.87	2010年代	0.71	17.12	12.40	11.15	15.77	10.35	32.49
2020年代	10.13	51.47	29.07	1.60	1.07	1.87	4.80	2020年代	0.99	12.93	15.76	4.70	5.49	8.47	31.65

表3 駅徒歩時間で見た竣工年代別オフィスビルの特徴

棟数	駅徒歩時間(分)										貸付可能 面積	駅徒歩時間(分)									
	~1	2	3	4	5	6	7	8	9	10~		~1	2	3	4	5	6	7	8	9	10~
~1960年代	23.33	19.29	20.99	10.50	11.28	5.67	3.69	2.34	0.85	2.06	~1960年代	35.46	18.32	20.09	9.12	6.99	3.44	4.04	1.02	0.26	1.26
1970年代	20.85	18.30	19.19	10.31	14.49	5.81	5.15	2.66	0.83	2.41	1970年代	24.51	15.19	20.50	7.82	3.68	8.23	4.90	2.36	0.89	1.91
1980年代	17.14	15.98	19.53	11.75	14.43	7.01	5.73	3.77	1.44	3.22	1980年代	18.19	14.25	21.04	9.86	4.93	6.70	5.78	4.31	1.33	3.60
1990年代	16.18	14.09	18.20	11.40	14.53	8.18	6.15	4.66	2.00	4.61	1990年代	21.49	11.19	19.69	9.58	3.47	7.61	7.52	3.58	1.95	3.91
2000年代	22.63	16.92	18.35	11.80	12.11	5.94	5.26	3.23	1.13	2.63	2000年代	35.61	16.12	18.58	9.11	7.72	4.30	4.31	1.35	0.79	2.11
2010年代	24.36	15.29	16.24	11.37	11.91	7.17	6.09	3.65	1.35	2.57	2010年代	45.57	8.49	8.00	12.19	10.87	7.31	2.57	2.90	0.68	1.42
2020年代	21.87	10.67	17.60	15.47	13.33	9.60	6.93	2.93	0.53	1.07	2020年代	44.92	5.27	11.94	17.26	9.22	3.67	3.55	1.60	0.25	2.33

(注) 数値は、行ごとの割合(%)を示しており、左側は棟数を、右側は貸付可能面積を基準としている。

## 【審査用原稿用紙】

1 の好立地における供給が増えていることがわかる  
2 (表 3)。また、興味深いことに、1960 年代までに  
3 竣工した賃貸オフィスビルも、徒歩 1 分以内の好  
4 立地にあるものが多くを占めていることがわかる。  
5 このような、好立地における築古ビルには、重要文  
6 化財に登録されている三井本館 (1929 年竣工) や明  
7 治生命保険相互会社本社本館 (1934 年竣工) も含ま  
8 れており、歴史的な建造物として管理・保全されな  
9 がら、賃貸オフィスビルとして運用されているもの  
10 が存在することが考えられる。

## 12 5. 結論

13 本研究では、東京 23 区における賃貸オフィスマ  
14 ーケットをストックの側面から概観した。

15 東京 23 区における賃貸オフィスビルは、過去 23  
16 年で主要駅を中心とした都心部で集中的に供給され、  
17 多心型の都市構造が形成されてきた。2023 年 12 月  
18 時点の賃貸オフィスビルの竣工年代に着目すると、  
19 いずれの規模もバブル景気の時期に、大量のオフィ  
20 スビルが供給され、その後、供給棟数は大幅に減少  
21 したことがわかった。しかし、貸付可能面積に着目  
22 すると、大規模オフィスビルの供給面積は、バブル  
23 景気の時期よりも多い時点もあり、2000 年代以降、  
24 オフィスビルの大規模化が進展したことが明らか  
25 になった。

26 さらに、竣工年代ごとのオフィスビルの規模や立  
27 地に着目すると、2000 年代以降のオフィスビルは、  
28 横にも縦にも大型化している傾向が示された。また、  
29 築年数の経過した好立地の大規模なオフィスビルの  
30 中には、歴史的な建造物として保全されながら運用  
31 されているものもあり、再開発の促進と、歴史的建  
32 造物の保全の双方が進められていることが示唆され  
33 た。

34 これらの傾向は、都心部のオフィスビルは新陳代  
35 謝が進む一方で、郊外におけるオフィスビルは老朽  
36 化が進んだまま、取り残されていることを示してい  
37 る。但し、これらのビルは廃墟と化しているわけ  
38 はなく、現在も賃貸オフィスビルとして利用されて  
39 おり、賃料の手頃なオフィスビルとして中小企業の  
40 経済活動を支えている可能性も考えられる。

41 しかし、本研究の整理は、記述的なものにとどま  
42 っている点に課題があり、今後の研究では、社会・  
43 経済的な動向も含めた人文地理学的視点からの考察  
44 を深めることが必要だと考えられる。

## 46 謝辞

47 本稿は、一般社団法人三幸オフィス基金の寄附と、  
48 JSPS 科研費 JP23KJ0242 の助成を受けて実施した研  
49 究成果の一部である。ここに示して謝意を表する。

## 51 参考文献

- 52 坪本裕之 (2014) 東京都心におけるホワイトカラー  
53 の就業空間としてのオフィスとその立地。「地理科  
54 学」, 69(3), 152-163.
- 55 菊池慶之 (2009) オフィスビルの大型化が都市内部  
56 構造に及ぼす影響— 東京都心 5 区の「超大型オ  
57 フィスビル」を事例に一。「日本不動産学会誌」,  
58 23(3), 125-134.
- 59 松尾和史・堤盛人・今関豊和 (2023) 東京オフィス  
60 市場における集積の経済・不経済とその時間的変  
61 化。「土木学会論文集 D3 (土木計画学)」, 78(5),  
62 I\_263-I\_274.

# 都市再開発プロジェクトにおける炭素排出量の GIS を活用したライフサイクルアセスメント

張 就砺\*・嚴 網林\*\*

## GIS-Based Life Cycle Assessment of Carbon Emissions in Urban Renewal Projects

Jiuli Zhang\*, Wanglin Yan\*\*

**Abstract:** Building lifecycle carbon emissions considerably contribute to global warming, and urban renewal affects regional emissions and sustainability. Assessing these emissions is vital for low-carbon strategies. Existing studies often focus on single buildings rather than city scales due to the availability of qualified data. This study assesses the carbon emissions during building renewal and to predict future with the scenarios of renewal strategies, demolition, and reconstruction. The central area of Tokyo was selected for case study, where the buildings are undergoing a dramatic renewal. GIS is used to manage the database from multiple sources including building footprints, land uses, structure type etc. Carbon emissions was estimated by integrating the geospatial data with AIJ-LCA database. Results show different renewal strategies greatly impact emissions, providing insights for low-carbon planning and offering data and suggestions for low-carbon strategies in urban renewal projects.

**Keywords:** GIS, LCA, 炭素排出量(Carbon Emissions), 都市再生(Urban Renewal), 低炭素戦略(Low-Carbon Strategies)

### 1. Introduction

With the acceleration of urban construction and renewal activities, environmental problems have become more pronounced. Life Cycle Assessment (LCA) is a method defined by the international standards ISO 14040 and 14044 to analyze the environmental aspects and impacts of product systems. LCA studies the environmental aspects and potential impacts throughout a product's life cycle (i.e., cradle-to-grave), from raw material acquisition through production, use, and disposal. LCA is a scientific and effective tool for environmental assessment of urban construction activities.

Previous studies have predominantly focused on the environmental impact of single buildings or small groups of buildings using LCA. However, very few scholars have applied LCA at a larger scale due to the uniqueness of individual buildings and the lack of comprehensive area-wide building information, which complicates the assessment of broader construction environmental impacts.

Integrating Geographic Information System (GIS) with LCA allows for the creation and management of urban building information databases, addressing critical challenges in environmental impact analysis. This integrated approach facilitates the assessment of the environmental impact of construction activities over a larger area, offering a more precise and comprehensive understanding of the consequences of urban renewal

projects. By doing so, it strengthens long-term carbon management strategies and supports more sustainable urban development practices.

### 2. Methodology

This research employs a GIS-based approach to conduct a comprehensive Life Cycle Assessment (LCA) of carbon emissions associated with urban renewal projects at the neighborhood scale. The assessment is conducted through the following steps:

#### 2.1. Data Collection and Integration

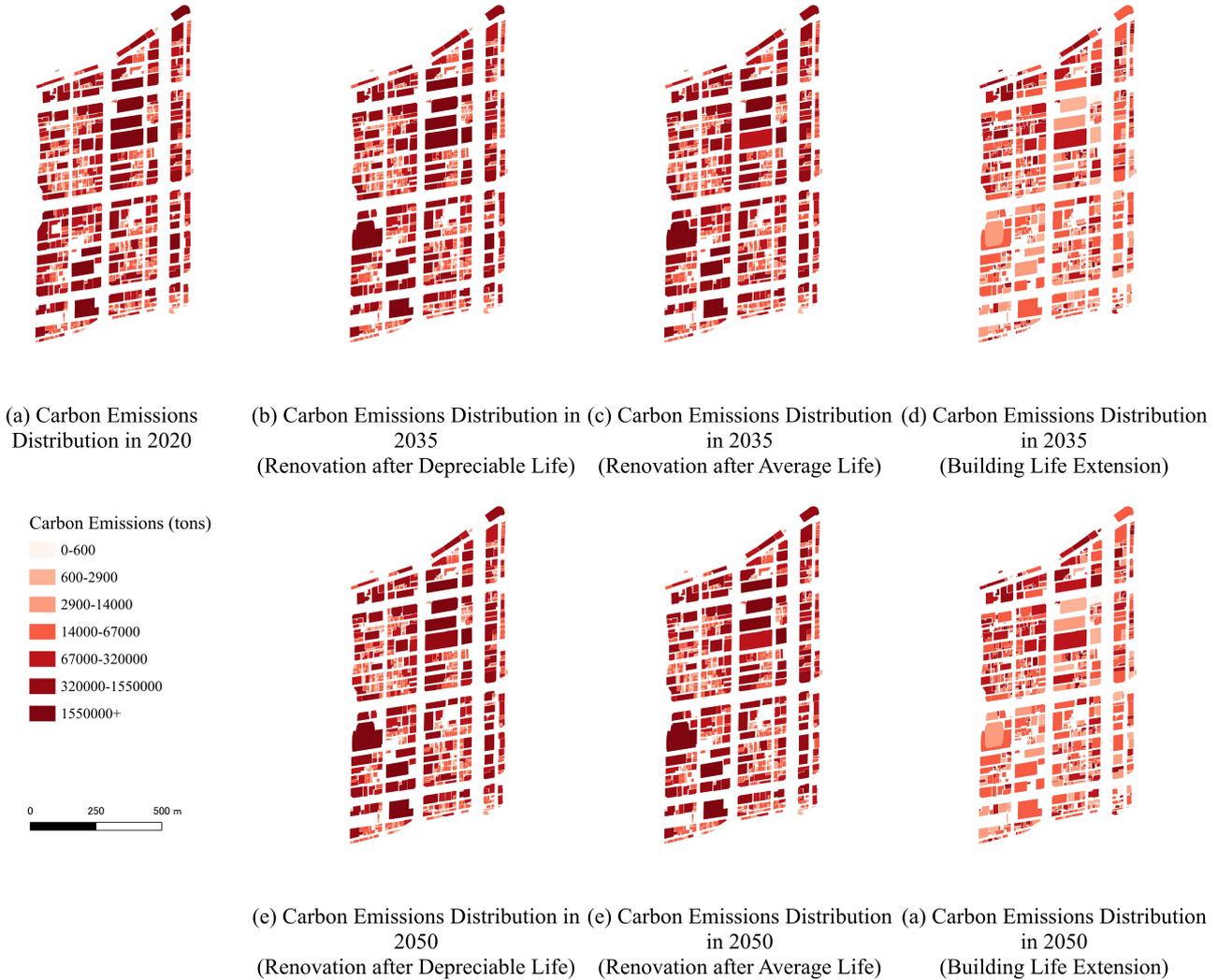
Basic urban building information was obtained through the Fundamental Survey Data for Urban Planning, Google Maps API, Property Information, and on-site surveys. These data were integrated and managed using QGIS software. The urban building information database includes building geographic information, building scale, structure type, building function, construction year, renovation year, and demolition year, etc.

#### 2.2. GIS-Based Spatial Analysis

GIS tools are utilized to identify changes in the urban building stock and to recognize clusters of buildings with similar characteristics. This process involves conducting correlation analysis on the existing building features, which aids in supplementing and refining the urban building information database. By leveraging GIS spatial analysis capabilities, the study enhances the accuracy of

\* 学生会員 慶應義塾大学政策・メディア研究科 (Keio University) zhang\_jiuli@keio.jp

\*\* 正会員 慶應義塾大学環境情報学部 (Keio University) w\_yan@keio.jp



**Fig 1 Temporal and Spatial Distribution of Carbon Emissions in the YNK Area under Different Building Renewal Strategies (2020-2050)**

the LCA calculations and ensures that the database accurately reflects the current state of the urban building environment.

### 2.3. LCA Model Development

Using the emission factors mainly calculated from the AIJ-LCA tool, a life cycle assessment model is developed. The model encompasses the entire life cycle of buildings, divided into design, material production and transportation, construction, use, maintenance, demolition, and final disposal stages. During the use phase, energy consumption is considered solely in terms of the carbon emissions generated from electricity usage.

### 2.4. Carbon Emission Calculations

For each building, the LCA model calculates carbon emissions using GIS-derived data on building attributes, with the emissions calculated according to Eq. (1).

$$C_{i,y} = \sum_p E_{u,p,i,y} \cdot A_{u,i,y} \quad (1)$$

$$C_y = \sum_i C_{i,y} \quad (2)$$

The value of  $E_{u,p,i,y}$  is mainly derived using the AIJ-LCA tool, where  $C_{i,y}$  represents the carbon emissions of building  $i$  in year  $y$ ,  $C_y$  represents the total carbon emissions of whole assessment area,  $E_{u,p,i,y}$  represents the total carbon emissions per square meter per year for building  $i$  with use  $u$  and life stage  $p$  in year  $y$ , and  $A_{u,i,y}$  represents the total area of buildings  $i$  with use  $u$  in year  $y$ . Eq. (2) is used to calculate the total carbon emissions for the entire assessment area in year  $y$ .

### 2.5. Scenario Analysis of Urban Renewal Strategies

The research incorporates scenario analysis to evaluate

the impact of various urban renewal strategies on carbon emissions. Specifically, three scenarios are considered: building renewal upon reaching depreciable life, building renewal upon reaching average life, and building life extension to 100 years. The depreciable life data is sourced from the Ministry of Finance Japan's Ordinance on the Useful Life of Depreciable Assets, while the average life data is based on Komatsu Yukio's "Survey on the Actual Conditions of Average Building Lifespan" (January 2013). The building life extension scenario involves structural reinforcement and insulation upgrades.

### 2.6. Life Cycle Assessment Implementation

Under the three urban renewal strategies, carbon emissions are calculated using Python, in conjunction with the urban building information database and the AIJ-LCA tool. This approach allows for a detailed assessment of the carbon emissions associated with each renewal strategy.

### 2.7. Visualization and Interpretation

The results of the LCA are interpreted using GIS visualization techniques. Maps and spatial data representations illustrate the spatial distribution of carbon emissions across the urban area, highlighting areas of concern. These visualizations support decision-making by providing stakeholders with clear insights into the environmental impact of urban renewal projects.

## 3. Case Study

### 3.1. Study Area

The Tokyo YNK area, encompassing the Yaesu, Nihonbashi, and Kyobashi areas, is a vibrant and rapidly redeveloping region in the heart of Tokyo. This case study focuses on analyzing the impact of urban redevelopment on carbon emissions in the YNK area using GIS-based data. The objective is to uncover patterns in emission changes and understand how different redevelopment strategies influence the district's environmental footprint. By examining these dynamics, the study aims to provide insights into sustainable urban development practices and inform future urban planning efforts.

### 3.2. Implementation

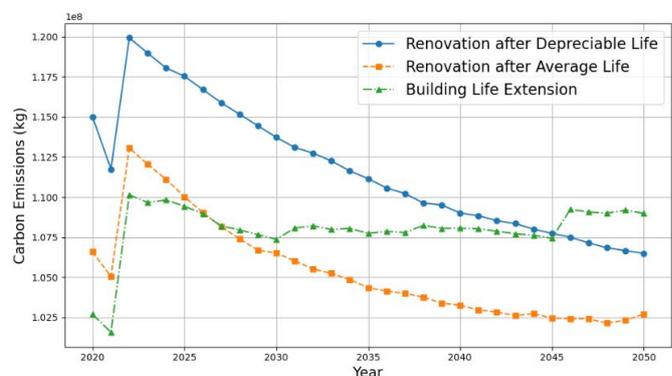
The system boundary is defined from 2020 to 2050, considering the entire YNK area as a unified entity. Three redevelopment strategies were assumed: building renewal upon reaching depreciable life, building renewal upon reaching average life, and building life extension to 100 years. Basic urban building information was obtained through the Fundamental Survey Data for Urban Planning, Google Maps API, and on-site surveys. These data were integrated and managed in QGIS. Through calculations, the study estimated the overall carbon emission trends in the YNK area between 2020 and 2050 under different redevelopment strategies, as well as the carbon emissions of individual buildings.

### 3.3. Results

Fig 1 provides a spatial representation of carbon emissions in the YNK area at different points in time and

under different renewal strategies. Subfig (a) represents the carbon emissions in 2020 with the assumption that the current urban renewal strategy is renovation after depreciable life, serving as a baseline for comparison. Subfigs (b), (c), and (d) show the emissions in 2035 under the renovation after depreciable life, renovation after average life, and building life extension strategies, respectively. Similarly, subfigs (e), (f), and (g) depict the emissions in 2050 under the same three strategies. The darker shades in the maps indicate higher carbon emissions. This visual analysis allows for both horizontal comparisons across different strategies in the same year and vertical comparisons across different years under the same strategy.

Figure 2 shows the total carbon emissions in the YNK area from 2020 to 2050 under three different renewal strategies: renovation after depreciable life, renovation after average life, and building life extension. The results indicate that the building life extension strategy results in the lowest carbon emissions in the early stages but the highest in the later stages. This pattern is largely due to the limited increase in total building area under this strategy, this conclusion aligns with the findings of Ishihara and Komatsu (2020) in their analysis of building stock changes in major cities. The sustained high carbon emissions in the later stages are attributed to the long-term renovation and life extension of buildings. Conversely, the renovation after average life strategy has the most significant impact on reducing carbon emissions overall.

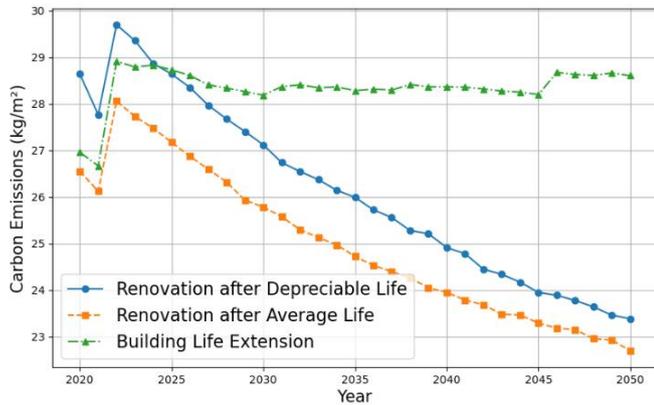


**Fig 2 Total Carbon Emissions Trends of All Buildings in the YNK Area (2020-2050) under Different Building Renewal Strategies**

Figure 3 illustrates the average annual carbon emissions per square meter for all buildings in the YNK area over the same period. The comparison between the three strategies reveals that, under the building life extension strategy, the per square meter reduction is less pronounced compared to the other two strategies, with even a potential for an increase in per square meter emissions. The renovation after average life strategy results in the lowest carbon emissions per square meter.

The spatial analysis highlights that, the renovation after average life strategy shows the most consistent reduction in per square meter emissions, which may offer a more balanced approach to long-term carbon

management.



**Fig 3 Per Square Meter Carbon Emissions Trends of All Buildings in the YNK Area (2020-2050) under Different Building Renewal Strategies**

#### 4. Conclusion

This research successfully conducted a comprehensive assessment of carbon emissions associated with urban renewal strategies at the neighborhood scale by integrating GIS with LCA. The findings reveal that different urban renewal strategies have significant impacts on carbon emissions. Notably, the strategy of extending building life, while reducing overall emissions, may not achieve the same level of reduction in per-square-meter emissions as other strategies, and may even result in an increase. This highlights the importance of selecting appropriate building renewal strategies to achieve long-term carbon management goals. The spatial analysis further identified the geographic distribution of carbon emissions, providing insights for urban planners to develop targeted low-carbon strategies. Overall, this study offers crucial data and decision-making support for future urban planning and sustainable development, demonstrating the broad applicability of integrating GIS with LCA in environmental impact assessments.

#### 謝辭 Acknowledgement

I would like to express my deepest gratitude to Professor Wanglin Yan for his invaluable guidance, insightful suggestions, and continuous support throughout this research. His expertise and encouragement were instrumental in the successful completion of this study. I also appreciate the assistance of the EcoGIS Lab members, whose contributions greatly enriched this study.

#### References

International Organization for Standardization. ISO 14040: 2006 Environmental management—Life Cycle Assessment—Principles and framework. ISO. 2006.  
Yan, Yamin, Zhang, Haoran, Long, Yin, Zhou, Xingyuan,

Liao, Qi, Xu, Ning, Liang, Yongtu. A factor-based bottom-up approach for the long-term electricity consumption estimation in the Japanese residential sector. *Journal of Environmental Management*. 2020, vol. 270, p. 110750.

Ministry of Finance Japan, 1965. Ordinance on the Useful Life of Depreciable Assets (Ordinance No. 15 of 1965), Appendix 1: Table of Useful Lives of Tangible Depreciable Assets Other Than Machinery and Equipment. Revised 1 April 2024.

Takahashi, J., & Ueno, M. The seismic performance and the effect of seismic strengthening cost of existing reinforced concrete school buildings. *Koyama Technical College Research Bulletin*, 2009, no. 41, p. 151-156.

Iwafune, Yumiko, Yagita, Yoshie. High-resolution determinant analysis of Japanese residential electricity consumption using home energy management system data. *Energy and Buildings*. 2016, vol. 116, p. 274–284.

Shibuya, T., Croxford, B. The effect of climate change on office building energy consumption in Japan. *Energy and Buildings*. 2016, vol. 117, p. 149–159.

Ishihara, K., & Komatsu, Y. Analysis of building stock change in major cities based on the city planning basic surveys by creating time-series panel data of buildings. *J. Archit. Plann., AIJ*, 2020, vol. 85, no. 777, p. 2407-2417.

## ポスター発表

📅 2024年10月26日(土) 13:00 ~ 13:50 📍 会場(ハイブリッドスペース)

**[P1] ポスター発表 #1****[P1-37] 国内の主要なCO<sub>2</sub>排出源の空間分布: 「温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度」の公開情報を用いた空間分析**

\*鶴見 隆太<sup>1</sup>、吉田 崇紘<sup>2</sup> (1. 日建設計総合研究所、2. 東京大学)

キーワード：気候変動、温室効果ガス、温対法、温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度、カーボンニュートラル

都市における気候変動対策において、都市のCO<sub>2</sub>をはじめとする温室効果ガスの排出量の理解が重要である。国内では温対法に基づき、温室効果ガスを一定量以上排出する者は国への報告が義務づけられている。さらにこの報告制度において、2021年度以降は事業所単位の情報が一般公開されており、従来の公開情報からは難しかった実績に基づく都市の地理空間的な温室効果ガス排出の実態を把握することが可能となった。そこで本研究では、「温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度」の公開情報を用い、排出場所・排出量をGISで可視化することで都市における主要な温室効果ガスの排出の実態を明らかにした。ケーススタディとして東京都を対象として、公開されている事業所名からGoogle Apps Scriptを用いて事業所の住所・緯度・経度を推定した。