

# ベクトルタイル技術を用いた全国規模の疑似人流データの効率的な可視化

笠原有貴\*・関本義秀\*\*・榎山武浩\*\*\*

## Efficient visualization of nationwide pseudo people flow data using vector tiling technology

Yuki Kasahara\*, Yoshihide Sekimoto\*\*, Takehiro Kashiyama\*\*

In recent years, it has become important to understand people flow in various fields. However, most of the methods to understand people flow are limited to urban areas, and there are few studies that have been conducted on a nationwide scale using pseudo people flow data. In addition, by using vector tiling technology in data visualization and changing the granularity of the data according to the zoom level, the amount of data can be saved and the processing speed can be improved. Therefore, in this study, we created pseudo people flow data covering about 120 million people on a nationwide scale using the vector tiling technology, and visualized the data to understand the actual situation. As a result, the amount of data has been reduced to about 57%, and efficient visualization can be performed with the necessary information displayed according to the zoom level, including rural areas.

**Keywords:** 疑似人流データ, 可視化, 全国規模, ベクトルタイル技術

### 1. はじめに

近年は、都市交通計画や感染症対策など、様々な分野で人流を把握することが重要となっている。特に感染症対策においては、新型コロナウイルスの感染拡大により、その重要性は以前にも増して注目されてきている。そのため、人々の行動様式が様々に変化している状況下においては、時々刻々と変化する日本全国の人流を精緻に把握することが求められる。

しかし、人流を把握する手段として数十年にわたり実施されてきた都市圏パーソントリップ調査は、都市部に限定されたものである。そのほか、情報通信技術の発展に伴い、携帯電話や交通系 IC カードなどから人々の移動実態が把握できる動線データ、いわゆる交通関連ビッグデータも多数取得されるようになってきている[1]が、このようなデータも主に都市部で取得されるものであり、地方部においては都市部に比べてデータが乏しいのが現状である。

たとえば、人流データを扱った研究としては、矢部らの研究[2]や村木らの研究[3]など、これまでに多数行われてきた。しかし、そのような人流データを扱っ

た研究については、広くても都市圏単位を対象としたものであり、全国規模で行ったものは見られず、ましてや、全国規模において人流データを可視化するような取り組みの事例はない。

一方で、データを地図上に可視化する方法として、ベクトルタイルという技術が注目されている。この技術を用いることで、属性値を含めたジオメトリデータを扱うことが可能となり、ズームレベルに応じて生成すべきベクトルタイルの粒度を変える工夫を施すことでデータ量を節約することにより高速なジオメトリデータの可視化を実現している[4][5]。

そこで、本研究では、榎山らの研究[6]で作成した全国規模における疑似人流データ（以下、全国疑似人流データと呼ぶ）に対して、ベクトルタイル技術を用いて、リアルタイムな可視化に取り組んだ。

### 2. 可視化の手順

本研究では、榎山らの研究[6]で開発された全国規模の疑似人流データに対して、ベクトルタイル技術を用いることで、Web システム上でリアルタイムに人

---

\* 学生会員 東京大学大学院新領域創成科学研究科 (Graduate school of frontier sciences, the University of Tokyo)

〒277-8563 千葉県柏市柏の葉 5-1-5 E-mail : earthyukikasa@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

\*\* 正会員 東京大学空間情報科学研究センター (Center for Spatial Information Science, the University of Tokyo)

\*\*\* 正会員 東京大学生産技術研究所 (Institute of Industrial Science, the University of Tokyo)

表 1 全国疑似人流データの作成に使用したデータ

ステップ	データ
人の初期分布の定義	世帯推計データ
役割の割り当て	国勢調査H27, 学校基本調査R2
行動パターンの選択	H28社会生活基本調査, 中京PT2011 国勢調査H27, 経済センサスH28 ゼンリン建物データ (Zmap TOWN II)
行動先の決定	国土数値情報: 学校・小学校区・中学校区
行動時間の決定	中京PT調査2011, 東駿河PT調査2016
交通手段の選択	H27全国都市交通特性調査
移動経路の選択	DRM道路ネットワーク 鉄道ネットワーク

流を可視化するための手順について解説する。人流の可視化には、個々の人の軌跡を個別に表示することや、メッシュやゾーン単位に人口分布を可視化するなど多くの方法があるが、本研究では道路ネットワークと鉄道ネットワーク上における単位時間間隔毎の通過人数を可視化することを目指す。なお、今回は、時間間隔として 10 分を設定している。可視化手順の詳細について、以降で説明する。

### 2.1. 全国疑似人流データ

全国疑似人流データは、既存の PT 調査とオープンな統計データから作成された典型的な 1 日の人の行動を表現した人流データである。データ作成に使用されたデータ一覧を表 1 に示す。全国疑似人流データでは、徒歩、自転車と自動車移動については DRM の道路ネットワーク上を、鉄道移動については金杉らが開発した鉄道ネットワーク上[7]の人の移動が表現されているデータである。

次に、仕様について述べると、全国疑似人流データは、2 つのファイルにより構成されている。1 つは、個々の人の移動情報を格納したデータで、人がネットワーク上のノードを移動するたびにノードの座標情報（緯度、経度）、到着時間、交通モード（徒歩、自転車、自動車、電車）、加えてノード到達までに通過した直前のリンク ID の情報が格納されている。もう 1 つは属性情報で、性別や年齢などの個人情報と世帯に関する情報を個人単位で格納している。本研究では、リンクごとの通過人数を可視化することを目的としているため、前者の人の移動情報を格納したデータのみを利用した。

### 2.2. ベクトルタイルデータの作成方法

ベクトルタイルデータの作成においては、Mapbox 社が提供する `tippecanoe` というライブラリを使用して作成した。なお、ライブラリは、GitHub からダウンロードすることができる。その詳細を以降で説明する。

#### 2.2.1. リンク通行量の集計

全国疑似人流データから、道路と鉄道ネットワークのリンクの通行人数ごとに 10 分ごとに通過人数の集計を行う。`tippecanoe` では、ジオメトリデータを格納した GeoJSON 形式のファイルを入力データとして指定する必要がある。疑似人流データには、リンクのジオメトリを含んでいないため、リンク ID ごとに集約したのちに、ネットワークからジオメトリデータを参照することで、集計結果にジオメトリデータを付加し、最終的に GeoJSON 形式として出力した。なお、GeoJSON 形式については、1 レコードごとに改行で区切って作成した `Newline-delimited` な形式で出力する必要がある。各レコードには、一つのリンクの情報として、ユニークな ID とジオメトリデータと 10 分単位に集計された通関人数が格納されている。

なお、次のステップでベクトルタイルデータの作成を行うが、GeoJSON ファイルが大きすぎると、膨大な計算リソースが必要となることから、全国を 8 つのエリアに分割してファイルを作成した。GeoJSON ファイルのフィールド詳細は次の通りである。

#### 2.2.2. ベクトルタイルデータ

続いて、タイル生成用に作られた `tippecanoe` と呼ばれるプログラムを用いて、分割した GeoJSON 形式のデータごとに `mbtiles` 形式のベクトルタイルデータに変換を行った。その際、最大・最小ズームレベルを設定し、ズームレベルごとに表示したい道路/および鉄道路線の種別を定義した。指定したオプションとしては、マルチスレッドで動かすオプション、圧縮をしない設定、ズームレベルごとに表示するオブジェクトの条件、出力レイヤ名、出力ファイル名がある。

さらに、`tippecanoe` が提供する `tile-join` ツールを用いて `mbtiles` 形式のベクトルタイルデータをまとめ、`pbfs` 形式のベクトルタイルデータに変換を行った。以上の作業により、全国規模において疑似人流データ

表2 ズームレベルとネットワークの種別

	ZL7	ZL9 県レベル	ZL11	ZL13 市レベル	ZL16
鉄道	○	○	○	○	○
高速道路	○	○	○	○	○
国道		○	○	○	○
都道府県道			○	○	○
市道				○	○
街路					○

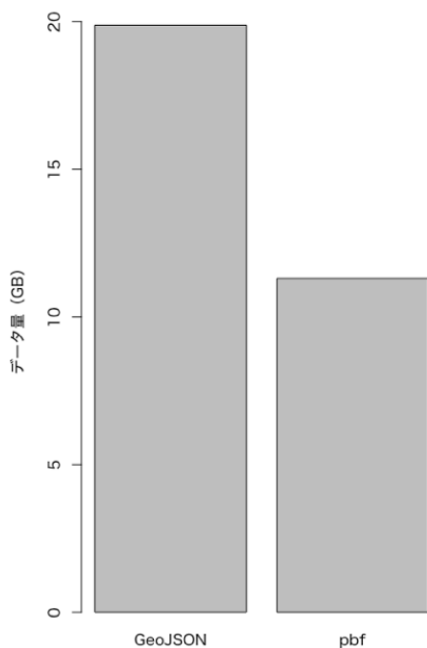


図1 ベクトルタイル化によるデータサイズの減少

に関するベクトルタイルデータを可視化することが可能となった。

### 2.3. 可視化の方法

最後に、作成したベクトルタイルデータについて可視化を行った。可視化においては、javascript の deck.gl ライブラリの MVTLayer を用いた。方法としては、R、G、B、A（赤、緑、青、アルファ）について基準値を定め、交通量を0~1で標準化し、色成分ごとに交通量が増えた際に成分の値の増減を決め、基準値に対して標準化した交通量を乗じて色を決定する。

また、ズームレベルに応じたネットワークの種別の選択表示の概要を表2に示す。表2のように、ズ

ームレベルを県レベルや市レベルのように複数用意した。ズームレベルは、値が大きいほど拡大していることを表している。各ズームレベルにおいて表示させるネットワークの種別を選択して可視化することにより、選択表示を行わずにすべてのネットワークを表示させる場合と比べてデータ量が削減できることが期待される。

### 3. 結果

まず、ベクトルタイルデータを作成することによりどの程度データ量が削減されたのかを調べるため、全国疑似人流データの合計、リンク交通量データの合計、作成したベクトルタイルデータをデータ量に関して比較した。全国疑似人流データの合計は、移動データは905GB、属性情報は9GBであり、リンク交通量データの合計は19.88GB、作成したベクトルタイルデータは11.30GBとなった。図1に示したように、ベクトルタイル化を行うことで約57%のデータ量に抑えることができたことがわかる。

次に、全国規模において疑似人流データを可視化することにより、観察された特徴について述べる。7時30分時点での広域の可視化の様子を図2に示す。リンクの色は、鉄道は赤色で示し、赤が濃いほど交通量が多いことを表しており、道路は青から白へ近づくにつれて交通量が多いことを表している。図2より、交通量の多い三大都市圏だけではなく、北陸地方や中国地方など、地方部においても可視化が行えていることが観察される。

さらに、7時30分時点での富山市を例に、ズームレベルに応じたネットワークの種別の選択表示の様子が可視化により把握できるものを図3-5に示す。図3から図5にかけて拡大して示している。図3-5より、図3では鉄道や高速道路のみにおいて可視化されているが、図4のように拡大すると国道や都道府県道でも可視化されるようになり、さらに図5のように拡大すると市道においても可視化されている様子が見て取れる。ズームレベルに応じて必要なもののみ可視化することで、情報過多になることなく人の移動実態が把握でき、データ量を削減できたために拡大・縮小を行ってもスムーズに交通量を表示さ

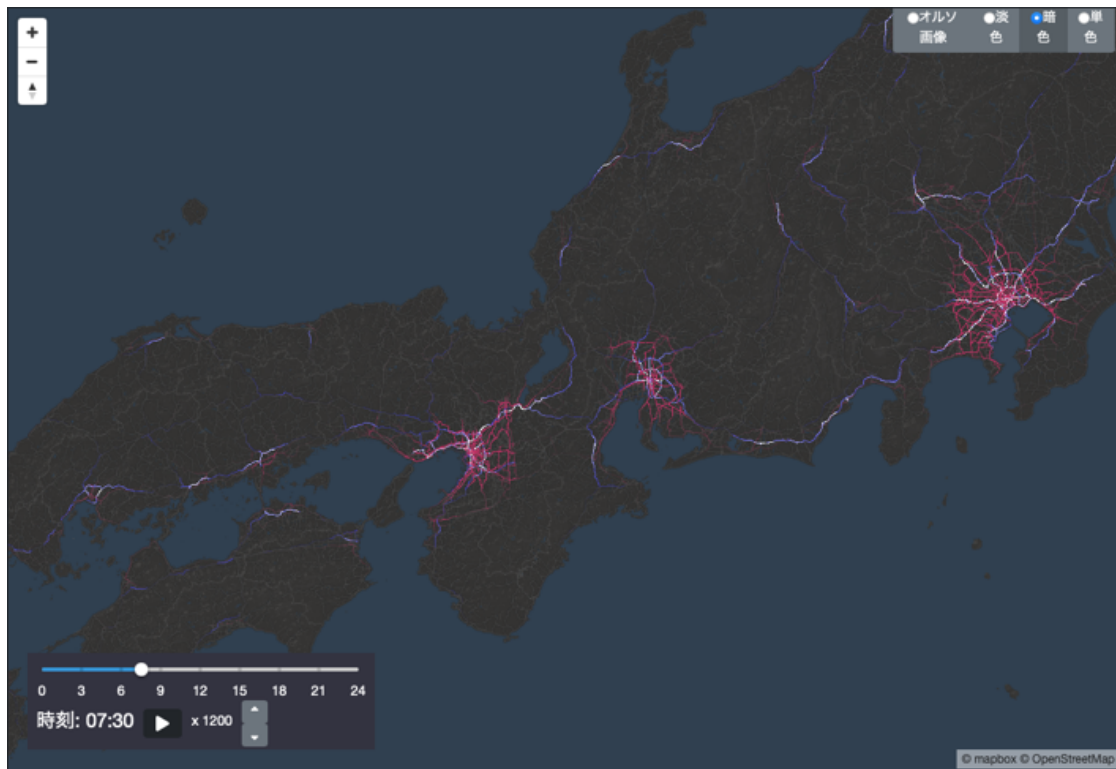


図2 7時30分時点での広域の可視化の様子

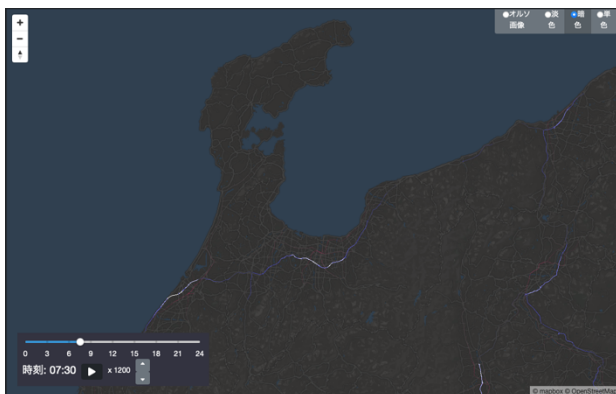


図3 7時30分時点での富山市の可視化の様子  
(高速道路まで表示)

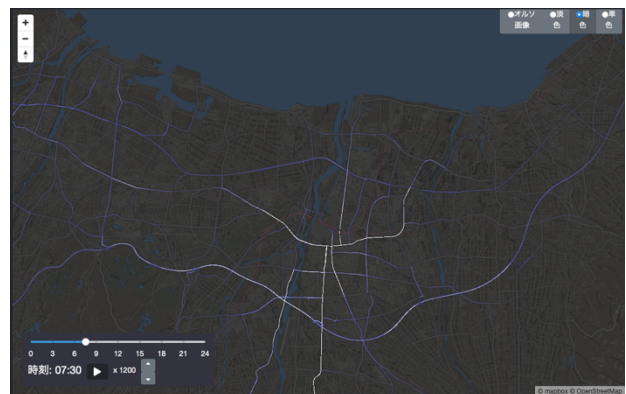


図5 7時30分時点での富山市の可視化の様子  
(市道まで表示)

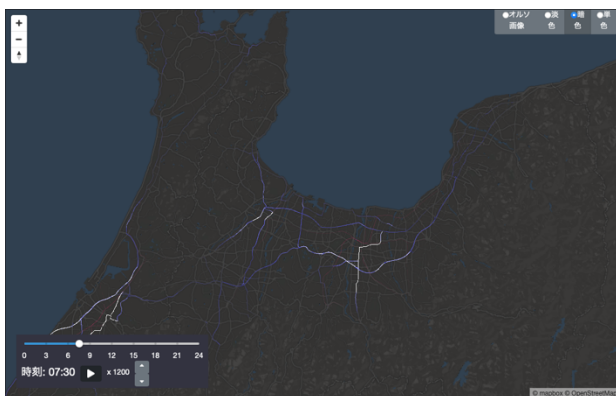


図4 7時30分時点での富山市の可視化の様子  
(都道府県道まで表示)

せることができた。

#### 4. 考察

まず、データ量に関し、作成したベクトルタイルデータを作成前のリンク交通量データと比較したところ、約57%と半分近くにまで抑えることができた。これより、本研究で用いたベクトルタイル技術は、可視化において拡大・縮小を要する場合や膨大なデータを扱う場合に、データ量の削減に寄与できるためによりスムーズな可視化を行う上で重要な役割を果

たすものであると考えられる。

次に、全国規模において疑似人流データを可視化することにより、三大都市圏のような交通量の多い地域だけではなく地方部においても可視化を行うことができた。このように地方部を含めて全国規模で人の移動実態が把握できることは、これまでに個々の都市部において調査が行われてきたパーソントリップ調査などと比べて、地方部を含めた都市間の移動を考慮した詳細な分析が可能となるため、より現実に即した分析に寄与できると考えられる。なお、疑似人流データの精度については、檜山ら (2021) の文献[6]を参照されたい。

さらに、ズームレベルに応じてネットワークの種類を選択表示することにより、必要な情報が視覚的に把握しやすくなり、データ量の削減により拡大・縮小を行ってもスムーズに交通量を表示させることができた。よって、このような技術を用いることで、交通関連ビッグデータのように膨大な量のデータを可視化する際にも適宜ネットワークの種類の選択表示を行ってデータ量を削減し、移動実態が把握しやすい効率的な可視化を行うことができると考えられる。

## 5. 結論

本研究では、全国規模の疑似人流データに関し、ズームレベルに応じて生成すべきベクトルタイルの粒度を変えることでデータ量を節約するため、ベクトルタイルデータを作成した。その結果、データ量について作成前のリンク交通量データと比較すると約57%と半分近くまで抑えることができ、よりスムーズな可視化を行う技術として貢献できることが示唆された。

さらに、地方部を含めて全国規模で可視化を行うことができ、必要な情報が視覚的に把握しやすい効率的な可視化が達成された。本研究のベクトルタイル技術は、地方部を含めた都市間の移動を考慮した移動実態の詳細な分析に寄与できると同時に、膨大なデータを可視化する際にもデータ量の削減により効率的な可視化が行える可能性を示す、新規性かつ有用性を持つものであると思われる。

今後は、全国疑似人流データの2つのファイルの

うち、本研究では利用しなかった性別や年齢などの個人情報や世帯に関する情報を個人単位で格納している属性情報についても移動情報に紐付け、属性を考慮したより詳細な分析を行うことを目指す。行動目的や行動先、交通手段などの人々の移動行動は、上記のような属性により様々であることが考えられるため、そのような属性を考慮することにより、人々の移動実態についてより詳細に分析を行うことを今後の課題とする。

## 謝辞

本稿をまとめるにあたり、データの作成において一般社団法人社会基盤情報流通推進協議会の松浦慎平氏にご尽力いただきました。記して感謝申し上げます。

## 参考文献

1. 新階寛恭, 今井龍一, 池田大造, 永田智大, 森尾淳, 矢部努, 重高浩一, 橋本浩良, 柴崎亮介, 関本義秀 (2016) 携帯電話網運用データに基づく人口流動統計とパーソントリップ調査手法との比較による活用可能性に関する研究. 土木計画学研究・講演集, Vol.53, 2083-2094.
2. 矢部貴大, 関本義秀, 檜山武浩, 金杉洋, 須藤明人 (2016) パーティクルフィルタを用いた災害時におけるリアルタイムな人流推定手法. 交通工学論文集, 第2巻, 第2号 (特集号A), pp.A\_19-A\_27.
3. 村木雄二, 狩野均 (2007) 地域性を考慮した広域災害避難シミュレーションのためのマルチエージェントモデル. 人工知能学会論文誌 = Transactions of the Japanese Society for Artificial Intelligence : AI 22, 416-424.
4. Jia Zhang, Xiaofei Bai, Xiaotong Zhang, Xiulian Wang (2021) Research and application of visualization technology for massive land spatial data based on vector tiles. 2021 IEEE 5th Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC), 1473-1477.
5. 瀬戸寿一, 関本義秀, 朝日孝輔, 遠藤隆浩 (2020)

多次元データと外部データ連携を融合させた地方都市におけるデジタルシティ基盤の構築. 第29回地理情報システム学会講演論文集, 2020.

6. 檜山武浩, 龐岩博, 関本義秀 (2021) エージェントモデルと統計データ等を用いた全国規模の疑似人流データの試作と評価. 第30回地理情報システム学会講演論文集, 2021.
7. 金杉洋, 関本義秀, 檜山武浩 (2013) 人々の流動再現へ向けたオープンな鉄道インフラデータの構築, 第22回地理情報システム学会講演論文集, 2013.