移動体データ可視化ツール「Mobmap」の現状と今後

上山 智士[1]・酒田 理人[2]・柴崎 亮介[3]

[1]非会員 LocationMind 株式会社（〒101-0048 東京都千代田区神田司町 2-8-1 PMO 神田司町 4F）
E-mail: ueyama@locationmind.com

[2]非会員 株式会社ブログウォッチャー（〒104-0061 東京都中央区銀座 7-3-5 ヒューリック銀座 7 丁目ビル 4F）
E-mail: info@blogwatcher.co.jp

[3]正会員 麗澤大学 副学長（〒277-0065 千葉県柏市光ケ丘２丁目１−１）
E-mail: rshibasa@reitaku-u.ac.jp

測位技術の普及とコンピュータの性能向上は，人流分析の手法に新たな選択肢を生んだ．それは非集計データを直接視覚化するという手法である．移動体データ可視化ツール「Mobmap」は，この手法を実践するために筆者が大学院在籍時に開発したものである．Mobmap は集計・分析前のデータを直接取り込み可視化し，その後の分析作業へのヒントを与えることを目的としており，大量の非集計移動体データをリアルタイムかつインタラクティブに可視化できることが最大の特徴である．本論文では，Mobmap の概観と技術を解説した上で，筆者らが現在開発中のシステムを中心に，今後の課題と展望を述べる．

Key Words: *GIS, GPS, Movement data, Visualization*

1. はじめに

近年，スマートフォンやカーナビゲーションシステムの普及に伴い，人や車両の移動に関するデータが容易に収集できるようになった．これにより，従来のアンケート等による調査では把握できなかった詳細な移動履歴(軌跡，経由地，所要時間等)を取得できるようになった．こうした詳細な流動データに統計処理や人工知能技術を適用することで，公共交通の整備や減災の計画が可能になっている[1)2)]．しかし，分析作業の前段階としてデータの特性や質を把握するため，あるいは後段階において分析結果の確認や関係者へのプレゼンテーションツールとして，人流データの可視化もまた重要な技術である[3)]．分析ツールと可視化ツールの両輪が揃ってこそ価値の高い人流データ分析が可能となる．

(1) 可視化ツールの必要性

図 1 に示すように無加工の所謂「生」の移動体データは可読性の低い数値の羅列であるため，可視化と探索のためのツールが必要となる[4)5)]．

移動体データを表示できるシステムの例として，一般向けには Google Earth や Carto があり，これらのシステムでも移動体データを地図上に表示することは可能であるが，個々の移動体を ID 等により識別していないため，滑らかなアニメーションや，ある地点を横切る移動体を抽出するといった処理が原理的に不可能である．

ArcGIS や QGIS に代表される専門家向け GIS の機能を組み合わせることで抽出処理を行うこともできるが，オペレーターを確保するための金銭的なコストおよび複雑な操作を行う時間的コストが問題となる．

そこで筆者らは，移動体データの可視化を容易に行えるシステムを目指し「Mobmap」を開発した[注1) 注2)]．



図-1 可視化ツールの必要性

(2) Mobmap の概観

以下に Mobmap の主な機能を列挙する．

a) 移動体の識別子(ID)，緯度，経度および時刻を記録したファイルからデータを読み込み可視化．他の属性も追加可能．

b) 大量(ID 数 10 万程度)の移動体を同時に表示可能
c) 移動体を表す点(マーカー)のアニメーションおよび軌跡の折れ線(ポリライン)による可視化
d) 指定条件による移動体の抽出（ゲート機能）
e) 位置および時刻に対しアノテーションを追加
f) 移動履歴のトリップ単位への分解

補足が必要な機能について，以下に詳しい解説を付す．d) のゲート機能について図 2 に概要を示す．

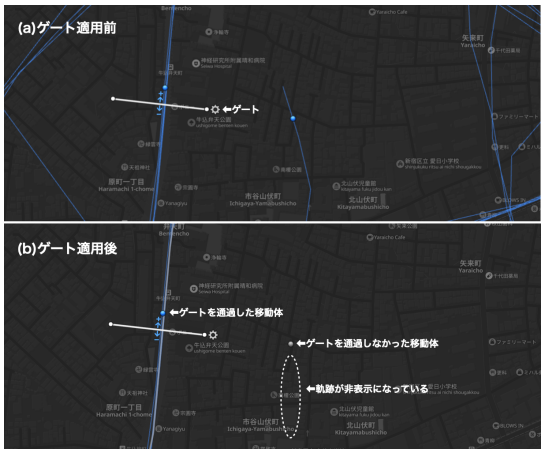


図-2　ゲート機能

ゲートとは，利用者が地図上に線分またはポリゴンを作図し，それらを通過した移動体を抽出する機能である．

図 2(a)はゲート適用前，(b)はゲート適用後の画面である．ゲートを通過していない移動体はグレーアウトし，軌跡が非表示になっている．

e) については，図 3 のように地図上で注目すべき地点や領域を表示する機能である．時間範囲を指定した場合は，その範囲外の時刻では非表示となる．

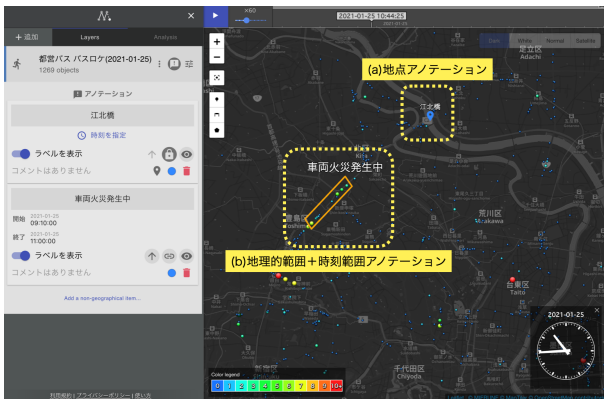


図-3　アノテーション機能

図 3(a)は都バスのバスロケーション履歴を分析した結果，渋滞が起きやすい地点として荒川の江北橋にアノテーションを付加している．このアノテーションには時間範囲が指定されていないので，常時表示される．

図 3(b)は車両火災の影響でバスが遅れている様子にアノテーションを付加している．このアノテーションは渋滞が始まって終息するまでの時間範囲が指定されており，その範囲外の時刻では非表示となる．

f) については，図 4 のように，一連の移動履歴から滞留部分と移動部分を抽出し，トリップ単位に分解する機能である．図 4(a)に示す箇所で ID を選択すると，分解処理を行う．トリップは交通モード推定や移動目的推定といった分析処理の基礎となる重要な概念である [6][7]．処理後は，図 4(b)の箇所に滞留・移動時間の割合を示すチャート，(d)に各トリップの詳細情報，(e)の地図上に滞留地点が表示される．また(c)の箇所で分解処理のパラメータを調整できる．



図-4　トリップ分解機能

2. Mobmap の技術的解説

本章では Mobmap の特徴を技術的な側面から解説する．

(1) マーカーの高速描画

Mobmap ではベースとなる地図システム Leaflet のマーカー表示機能を使用せず，その上に WebGL のレイヤを重ね，独自に描画を行っている．イベント処理等 Leaflet 標準マーカーの機能を再実装しなければいけないといったデメリットはあるものの，速度を優先するためにこのような設計を採用した．

(2) データのピック

時系列データを描画するためには特定時刻のレコードを取り出す処理が必要であり，Mobmap ではこれを Pick（ピック）と呼んでいる．全ての移動体が同じ時刻にレコードを記録しているのであれば実装は容易であるが，現実の移動体データにおいてはレコードの取得間隔は不揃いであり，これが Pick 実装の際に問題となる．内部で等間隔なデータを再構築する実装も考えられるが，これはメモリ消費が過大であることが分かったため，不揃いなまま Pick 毎に検索する実装とした．ただし，素朴な線

形検索のみでは，データ後半になるほど速度が低下するという欠点があるため，前回の Pick で発見したレコードの位置を記録しておき，次回はその位置から検索するという最適化を行っている．これはシーケンシャルアクセス最適化であり，順方向へアニメーションを再生している場合に効果を発揮する．

ここまでは旧バージョンで既に実装していたが，現バージョンではさらに Javascript のオブジェクトからプロパティをルックアップする処理の負荷にも注目し，これを解消するために，各レコードの属性を配列に格納するよう改めている．

(3) 軌跡描画のバックグラウンド化

旧バージョンは，メインスレッド内の空き時間を利用して処理を行う「擬似的なバックグラウンド処理」を行っていたが，その後のウェブブラウザの機能追加を受け，現バージョンでは「真のバックグラウンド処理」に移行した．具体的には，Offscreen Canvas と呼ばれる技術を導入し，サブスレッド内で軌跡のレンダリングを行っている．これにより，近年一般的なマルチコア CPU を搭載したコンピュータ上では，メインスレッドには軌跡描画の負荷がほぼかからない．メインスレッドは UI スレッドとも呼ばれ，ユーザ入力の受付と画面更新を行うものであるから，これの負荷を下げることは操作性の向上に大きく寄与する．

3. 次世代可視化システムの開発

Mobmap は移動体データを扱う研究者や実務者から評価を得ているが[注 3)]，Mobmap では満足に可視化できないデータも現れている．その一例は，屋内における測位や人流計測のデータである．そこで筆者らは，屋内外をシームレスに扱える新たな可視化システム「Stek」を開発している．

(1) Stek の概観

図 5 は現在開発中のシステム「Stek」の画面である．Stek は屋外・屋内のシームレスな流動可視化を目的としている．

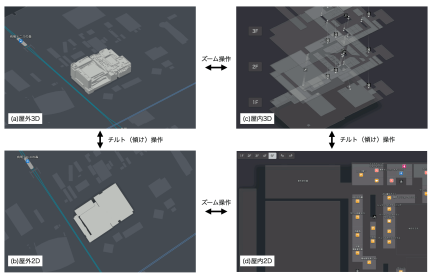


図-5 Stek

Stek の地図画面は図 5(a) (b)に示す屋外と(c) (d)に示す屋内の２つのモードを持っているが，これらはズーム操作によって自動的に切り替わるため，利用者はモードの切り替えを意識する必要がない．

また，屋外・屋内地図共に三次元的に回転することができるが，完全な平面の地図として表示することもできる．図 5 の(a) (c)は三次元表示，(b) (d)は平面表示の様子である．

Stek のコンセプトである「シームレスな可視化」とは，このように屋内と屋外，三次元と平面を自由に行き来できることを指している．

(2) 人流可視化

Stek は Mobmap と同様に人流を可視化する機能を持っている．図 6 はこの機能を利用している様子である．図 6(a)は個点をそのまま表示し，(b)はヒートマップとして表示している．

Stek では階を跨いだ立体的な移動や，建物への出入りも表示可能である．ただし，図 6 の例では屋内流動のみが含まれるテストデータを使用しているため，建物外へ出る人流は存在していない．

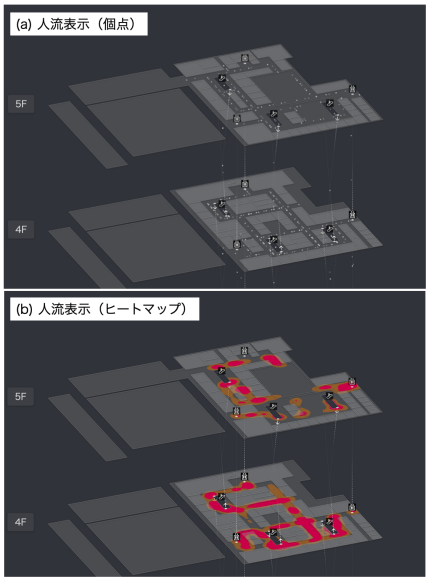


図-6 Stek による人流可視化

4. おわりに

本論文では，筆者らが開発した移動体データ可視化ツール Mobmap および新たな可視化ツール Stek についての研究開発状況を報告した．さらなる機能強化は Mobmap, Stek 共に様々考えられるが，次の 2 点が重要であると考えている．

(1) Mobmap

Mobmap が扱える「大量のデータ」とはあくまで 1 台のクライアント PC が扱える範囲内のことであるが，当然ながら TB, PB クラスのビッグデータも見たいという要求は以前から出続けている．

これを実現するためにはビッグデータを格納するサーバと連携し，動的にデータを切り出すシステムの実装が必要である．

(2) Stek

Stek はまだ開発の最初期段階であり，Mobmap で開発した技術も取り入れず素朴な実装に頼る部分が多い．例えばレンダリングには扱いが容易な 2D Canvas を使用している．また Stek は現状，広域の地図を表示できない．独自にベースマップの表示機能を実装するか，あるいは Mobmap のように Leaflet との重ね合わせに対応することが求められる．

NOTES

注1) Mobmap の URL を以下に記す．ただし，この一般公開用 Mobmap には最新の開発状況が反映されていない点を留意されたい https://mobmap.locationmind.com/

注2) スクリーンショット作成用のデータとして，公共交通オープンデータセンターが提供する都バスのデータを使用した．URL は以下． https://www.odpt.org/

注3) LocationMind 社内での可視化事例として，株式会社ブログウォッチャー提供のデータを本論文発表時に紹介する．

REFERENCES

1) 矢部貴大, 金杉洋, 樫山武浩, 須藤明人, 関本義秀：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，2(2), pp.A_19-A_27, 交通工学研究会, 2016. [Takahiro YABE, Yoshihide SEKIMOTO, Takehiro KASHIYAMA, Hiroshi KANASUGI and Akihito SUDO: Real-Time Prediction of People's Movement under Disaster Situations using Particle Filter, Journal of Traffic Engineers, 2(2), pp.A_19-A_27, Japan Society of Traffic Engineers, 2016.]
2) 今釜卓哉, 太田恒平, 大屋誠, 溝上章志：「熊本県内バス・電車無料の日」 が交通とまちに与えた多面的効果, 土木学会論文集 D3 Vol.77 No.1, pp. 23-31, 土木学会，2021. [Takuya IMAGAMA, Kohei OTA, Makoto OYA and Shoshi MIZOKAMI: Multi-Faceted Effects of "Kumamoto Bus and Train Free Day" Social Experiment on Transit and Central City Area, Journal of Japan Society of Civil Engineers D3 Vol.77 No.1, pp. 23-31, Japan Society of Civil Engineers, 2021.]
3) 本田正美：オープンデータ化された 「ちばレポ」の登録者情報を基にした行政アプリケーションの浸透過程の推定, 情報知識学会誌, 26(2) pp. 187-194, 情報知識学会, 2016. [Masami HONDA: Estimate of the Penetration Process of the Administrative Application Based on Registrant Information Made Open Data of "Chiba-repo", Journal of Japan Society of Information and Knowledge, 26(2) pp. 187-194, Japan Society of Information and Knowledge, 2016.]
4) Ferreira, N., Poco, J., Vo, H.T., Freire, J.: Visual exploration of big spatio-temporal urban data: A study of New York City taxi trips. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 19(12), 2149–2158, 2013.
5) Scheepens, R., Willems, N., van de Wetering, H., van Wijk, J.J.: Interactive visualization of multivariate trajectory data with density maps. Pacific Visualization Symposium (PacificVis), IEEE, 147–154, 2011.
6) 関本義秀：人々の流動データの基礎的な処理・分析手法について, 写真測量とリモートセンシング, 52(6), pp. 321-326, 日本写真測量学会，2013. [Yoshihide SEKIMOTO: Basic process and analysis of people flow data, Journal of the Japan society of photogrammetry and remote sensing, 52(6), pp. 321-326, Japan Society of Photogrammetry and Remote Sensing, 2013.]
7) 若生凌, 関本義秀, 金杉洋, 柴崎亮介：GPS データを用いた東日本大震災における人々の経路選択行動分析, 土木学会論文集 D3 Vol.70 No.5, pp.I_681-I_688, 土木学会, 2014. [Ryo WAKO, Yoshihide SEKIMOTO, Hiroshi KANASUGI and Ryosuke SHIBASAKI: Analysis of People's Route and Destination Choice in Evacuation Using GPS Log Data, Journal of Japan Society of Civil Engineers D3 Vol.70 No.5, pp.I_681-I_688, Japan Society of Civil Engineers, 2014.]

(Received ?)
(Accepted ?)