

時空間解析プラットフォーム「Mobmap」をベースとした移動体ビッグデータの経路分析機能の開発

上山 智士¹・柴崎 亮介²・光安 皓³・杉本 伸之⁴

¹ 非会員 東京大学 空間情報科学研究センター 特任研究員 (〒277-8568 千葉県柏市柏の葉 五丁目 1 番 5 号)

E-mail: uym@csis.u-tokyo.ac.jp

² 正会員 東京大学 生産技術研究所 教授 (〒153-8505 東京都目黒区駒場四丁目 6 番 1 号)

E-mail: shiba@csis.u-tokyo.ac.jp

³ 正会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社 交通政策部 (〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目 22 番地)

E-mail: akira.mitsuyasu@ss.pacific.co.jp

⁴ 非会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社 交通政策部 (〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目 22 番地)

E-mail: nobuyuki.sugimoto@ss.pacific.co.jp

測位技術の普及に伴い、人や車両の移動に関するデータの収集が容易になり、従来は把握できなかった移動の詳細（経路、所要時間等）を時系列で取得可能となり、可視化技術のニーズも高まっている。そこで東京大学柴崎研究室では、移動体データの可視化・分析プラットフォーム **Mobmap** を開発してきた。**Mobmap** は可視化には優れるが、データ解析的な視点では利用者ニーズを満たしているとは言いがたかったため、解析に特化した機能の追加開発を行った。具体的には、交通計画分野におけるニーズを踏まえ、2 地点間の経路分担率等を算出する機能を実装した。利用者へのヒアリングの結果、従来型の GIS と比較し大幅な効率化を確認できた。

Key Words: GPS data, big data, route analysis, 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てきた。これにより、従来の OD 調査やアンケート等では把握できなかった移動の詳細（経路、経由地、所要時間等）を時系列で捕捉することが可能となっている。これに伴い、移動体データの可視化・分析に対するニーズが高まっている。古くから交通データの可視化を行う試みはあったが¹⁾²⁾、時系列の移動体データはそのデータ量が増大する傾向にあるため、分析に時間がかかり、ハンドリングが難しいという課題がある。大量の移動体データ分析の効率化には、単にシステムの動作速度だけでなく、錯綜する移動軌跡から利用者が意味のある情報を見出せるように、可視化の工夫や移動体データに適した抽出機能が必要である³⁾⁴⁾。

交通データの可視化は(1)交通状況の監視、(2)パターンの発見やクラスタリング、(3)状況に応じた探索や予測、(4)ルートの計画や推薦といった用途に利用可能であり、大規模なデータの可視化・分析を実現することは

社会的意義が大きいと言える⁵⁾。

東京大学柴崎研究室では、移動体データの可視化・分析プラットフォーム **Mobmap** を開発してきた⁶⁾。しかし **Mobmap** は可視化ツールとしては十分に有用だが、データ解析的な視点では利用者ニーズを満たしているとは言いがたかった。そこで、交通課題の発見、分析、解決に資するツールとしてより一層の有用性を高めるべく、交通分野におけるコンサルティングを行っているパシフィックコンサルルタンツ(株)と協働し、分析に特化した機能の開発を行った。

今回開発したものは経路分析機能と呼び、あるエリアからあるエリアへの移動体の代表経路の分担率を即時に確認できる機能として実装した。これは、パシフィックコンサルルタンツ(株)へのヒアリングに基づき、これまでのビッグデータ分析の経験上、もっともニーズが高い機能として優先して実装を行ったものである。

2. Mobmap とは

Mobmap は、東京大学柴崎研究室が開発している移動

体データの可視化・分析プラットフォームである。Mobmap の機能および特徴を以下に挙げる。

- ・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。
- ・大量 (ID 数 10 万程度) の移動体を同時に取り扱い可能
- ・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
- ・指定条件による移動体の抽出
- ・利用者が個々のニーズに合わせ機能を追加し、操作の自動化や統計処理を行う「プラグイン」のサポート

図 1 に Mobmap の利用イメージを示す。移動体データの内容を取得したそのままの状態では把握することは困難であるが、Mobmap を使用することにより、地図上でデータの内容を確認しながら分析作業を行える。



図 1 Mobmap の利用イメージ

専門知識を要求しない一般利用者向けの GIS の例としては Google Earth⁷⁾や Carto⁸⁾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、レコード間を内挿しアニメーションする、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。

高度な利用者向けの GIS としては ArcGIS や QGIS がよく知られており、これらを利用すれば、ある地点を横切る移動体を抽出する操作は可能である。ただし、これを行うためには利用者が複雑な操作を行い機能を組み合わせる必要がある。

以上で述べた既存の GIS における問題の根本は、これらのシステムが移動体データを扱うために設計されておらず、従来の静的な地物を扱うためのデータ構造に変換して強引に取り扱っている点にある。つまり、移動体データを他の形に変換せず「あくまで移動として」扱うことが必要であり、これを実現するものが Mobmap である。

3. 経路分析プラグインの開発

前章では Mobmap が持つ移動体の可視化・分析に関する基本的な機能について述べたが、パシフィックコンサルタンツ(株)に対してヒアリングを行ったところ、交通分析業務のためには以下のような機能に需要があるという意見が得られた。

1. 2 地点間で複数の経路がある時に、それぞれの経路がどれだけ使われているか (経路分担状況) の集計
2. 経路を通過するトリップについて個別の所要時間、あるいは時間帯ごとの平均所要時間を計算

Mobmap 本体の機能では、個々のルートについて各移動体が通過したか否かの判定が可能であるが、発生したトリップを個別に分析する機能は無いため、これらの要求を満たすことができない。仮にこれらの要求に応えるために、各トリップを個別に分析する機能を追加したところで、非常に複雑な操作が必要であり、日常的な業務での利用は難しい。

よって、Mobmap に利用者が機能を追加できる機構を設け、交通分析業務に必要な機能を実装することが望ましいと考えた。利用者がソフトウェアに機能を追加できる機構は「プラグイン」と呼ばれ、本研究で開発したものを以下「経路分析プラグイン」と称する。図 2 に経路分析プラグインを起動した様子を示す。プラグインは Mobmap のウィンドウ右側の領域 (ペイン) を与えられ、ここでユーザー入力の受け付けや結果表示を行う。また、プラグインは別ウィンドウを表示をしてペイン内より詳細なレポートを表示することもできる。経路分析プラグインでは、別ウィンドウに分担率、時間帯ごとの平均所要時間および各トリップの出発・到着時刻をグラフ化しレポートとして表示する。このレポートは、出発地から到着地へ向かう順方向トリップ、逆向きのトリップおよび両方向のいずれかを選択的に表示することができる。

表 1 物流プローブデータの概要

データ期間	2016 年 10 月 (1 カ月)
車両台数 (東京)	11,210 台 (のべ)
データ数 (東京)	3,461,967 件
GPS 測位周期	1 分毎

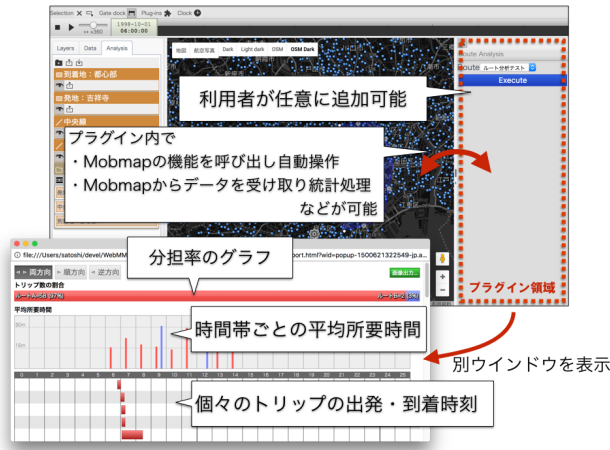


図 2 Mobmap と経路分析プラグイン

図 3 は実際にルートに指定し、経路分析プラグインを使用している様子である。経路分析プラグインを使用するためには予め、出発地および到着地、経由地を Mobmap 本体の機能である「ゲート」により作成する。ゲートとはある地点を通過した移動体を抽出する機能であり、抽出条件はラインまたはポリゴンで指定可能である。出発地および到着地はポリゴンゲート、経由地はラインゲートとして作成し、これらを纏めたグループを作成する。このグループを分析対象として指定し経路分析プラグインの処理を実行することで、経路分担率および付随する統計情報が算出される。



図 3 分析対象ルートの指定

処理が終わるとレポート用の別ウィンドウが自動的に表示される。

4. 活用事例

(1) 使用データ

Mobmap の経路分析機能の実装状況を確認するため、実データを用いた経路分析を行った。分析に用いたデータは大手物流会社より貸与していただいた物流車両のプローブデータである。データの諸元を表 1 に示す。

(2) 分析条件

首都高速を利用し東京都心を南北に通過する車両に着目し、経路分担率と経路別の平均所要時間分析を実施した。

具体の車両抽出条件として、北側は首都高速川口線加賀ランプ付近、南側は首都高速横羽線平和島ランプ付近および同湾岸線大井南ランプ付近をそれぞれ起終点として設定した。その上で、これらの起終点を両方通過した車両を対象として都心の通過経路を確認した。その結果、代表経路として、図 4 に示す 2 経路が抽出された。1 つは首都高中央環状線内回りを經由する経路であり、もう 1 つは首都高都心環状線内回りを經由する経路である。首都高中央環状線外回り (品川線) を經由する経路についても選択可能であるが、当該経路は大半が地下区間のため、GPS データが取得できておらず、分析対象外とした。



図 4 分析条件 (首都高川口線⇔首都高横羽線/湾岸線における通過ラインのと通過ゲートの設定状況)

次に、抽出された経路に対して経路分担率を算出するため、経由点 A,B を設置した。ここでは便宜上、首都高速向島線駒形ランプ付近と中央環状線平井大橋ランプ付近に設定している。

(3) 分析結果

a) 経路分担率

Mobmap を使って経路分担率を算出したところ、2 つの起終点を通過した車両は 65 トリップ抽出され、都心

環状線経由の車両が 52%、中央環状線経由の車両が 48% となった(図 5)。

これを起終点(北⇒南)のみを対象にすると、それぞれ 12 トリップ、75%、25%となり、都心環状線と中央環状線の比率が 3:1 となり、都心環状線の方が選択される傾向にあることがわかった(図 6 左)。

また、起終点(南⇒北)のみを対象にすると、それぞれ 53 トリップ、47%、53%となり、都心環状線と中央環状線の比率がほぼ 1:1 となった(図 6 右)。

このように、Mobmap を使うことで方向別の経路分担率が瞬時に確認できた。

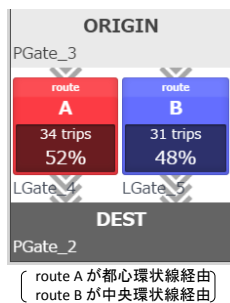


図 5 経路分担率算出結果(南北両方向)

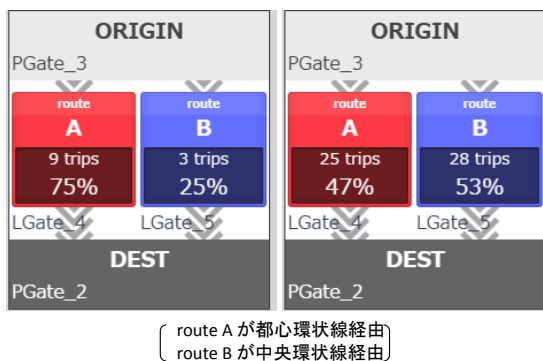


図 6 経路分担率算出結果(左:北⇒南方向、右:南⇒北方向)

b) 経路別平均所要時間

次に、a)で確認した経路について経路別の平均所要時間を算出した。

経路別平均所要時間に関するアウトプット例を図 7 に示す。これは起終点(南⇒北)方向の 53 トリップを対象として出力した結果であり、縦軸は個々の車両を示している。横軸は時間帯を示しており、各車両が起終点を出発/到着した時間帯と所要時間が分かるようになっている。

時間帯毎の平均所要時間に注目すると、8,9,14 時台に両経路においてデータが取得されていることがわかる。8,14 時台は都心環状線経由の方が所要時間が短くなっているが、9 時台は中央環状線経由の方が所要時間が短く

なっていることがわかる。

選択経路の時系列変化に着目すると、午前 8-12 時台は都心環状線経由の車両が多いのに対し、その他の時間帯はほとんどが中央環状線経由であることがわかる。

所要時間の時系列変化に着目すると、1 日のうち午前 8-10 時頃に移動している車両が多いことがわかる。また、大半の時間帯において所要時間は 30-40 分程度であるが、移動が集中する午前 8-10 時台は 40-60 分程度かかっている車両が多くなっている。この結果から、午前 8-10 時台は首都高速が比較的混雑していることが想定される。

このように、経路別平均所要時間算出機能を用いることで、2 地点間の移動の大まかな特徴を瞬時に捉えることが可能である。

(4) 業務効率化への効果

第 2 章で触れたように、従来の静的な地物を扱う GIS であっても、その機能を組み合わせることで移動体データを分析することは可能である。しかしこれは、本来扱えないはずのデータを変換し強引に処理する方法であり、多くの問題を孕んでいる。パシフィックコンサルタンツ(株)の作業員 5 名より、従来の GIS を使用した作業と Mobmap との比較についてヒアリングを行ったところ、例として 1 日(7~8 時間)を 40 分に、あるいは 2 時間を 10 分に短縮できたという結果が得られ、Mobmap による作業効率の向上が認められた。

以下では、フリーソフトウェアである QGIS を例として、従来型 GIS による作業の様子を示す。

従来型の GIS では移動体そのものを扱うことができないため、各移動体の移動軌跡を折れ線(ポリライン)として読み込み、これを分析の対象とする。例えば、軌跡のポリラインと別のラインの交点を求めることにより、Mobmap におけるラインゲートに相当する操作が実現できる。一連の操作を行っているスクリーンショットを図 8 に掲載する。図 8 で行っている手順は以下の通りである。

1. 移動軌跡の各点を繋ぎポリラインを生成する
2. 新しいレイヤを作成し、ラインゲートとして用いるラインを追加する
3. 軌跡ポリラインとゲート用ラインの間で交点を求め、ポイントを発生させる
4. 発生したポイントの属性テーブルを開き、交差した移動体の ID を取得する

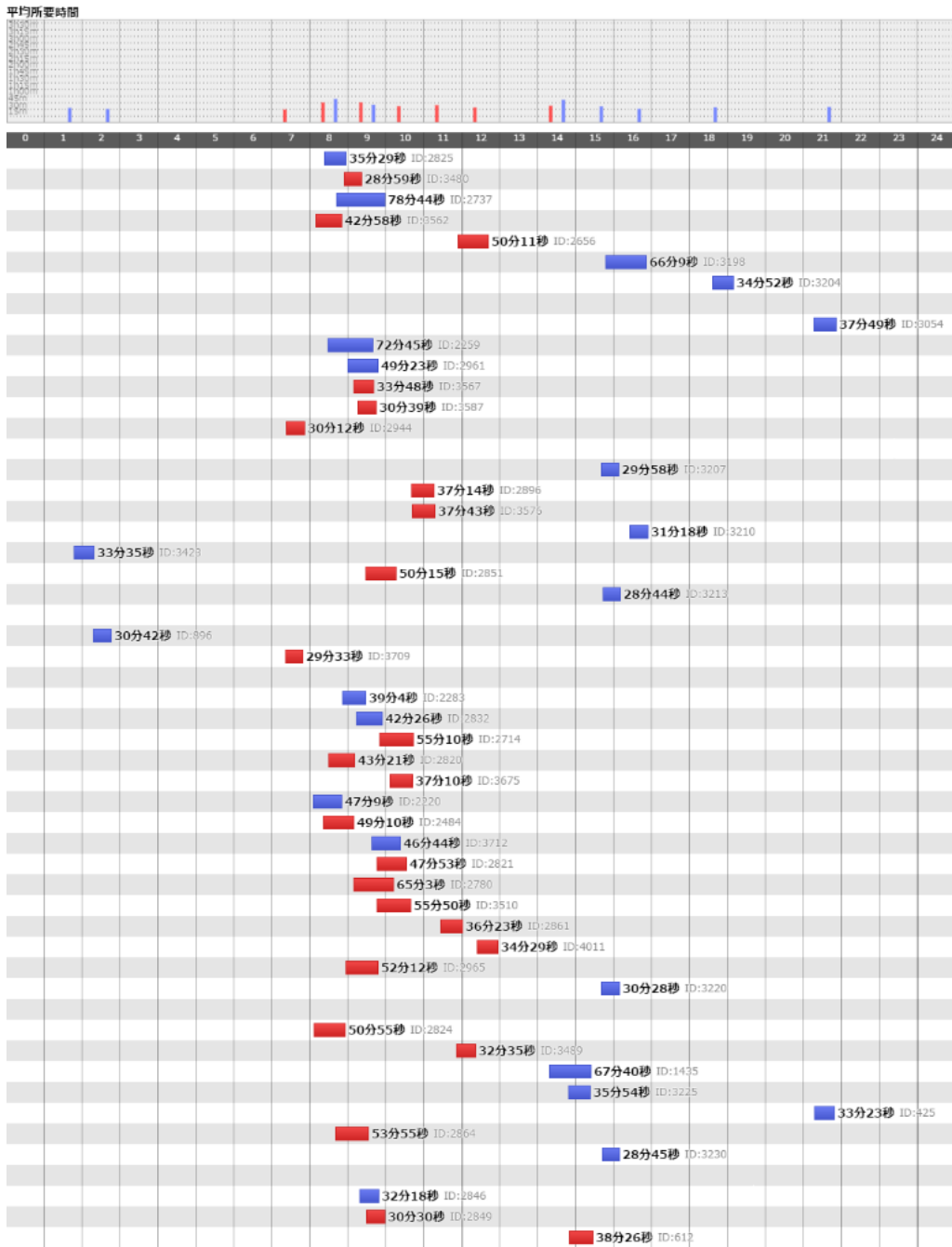


図 7 経路別平均所要時間の算出結果

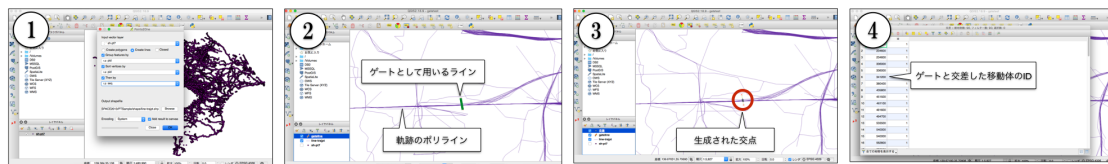


図 8 QGIS によるラインゲート相当の操作

図 8 に示した手順は、熟練した作業であれば数分で行えるものである。しかし、こうした複雑な手順を日常的な業務として繰り返すことは著しく非効率である上、人為的ミスリスクも孕んでいる。また、作業者がより時間のかかる別の手順を採用してしまう場合も考えられる。つまり、作業者の熟練度に依存しており属人性が高

い。移動体の特化したツールである Mobmap を導入することにより、属人性を排除し効率的な業務が可能である。

尚、ここで示した例はあくまでゲートを通じたか否かの判定であり、経路分担率や通過時刻の算出にはさらに複雑な手順を要する。

5. おわりに

(1) 総括

本論文では、東京大学柴崎研究室が開発した移動体可視化・分析プラットフォーム Mobmap をベースとした経路分析機能の開発に関して紹介した。Mobmap は移動体データの時系列に沿った可視化については得意とするが、データ分析という面では必ずしも利用者ニーズを満たしているとは言えなかった。そこで、交通課題の発見、分析、解決に資するツールとしてより一層の有用性を高めるべく、分析に特化した機能の開発を行い、その効果を確かめた。

Mobmap が単なるツールではなく「プラットフォーム」と称する理由は、既存の機能を使うだけではなく、まさに本論文のように、利用者側からの提案により機能を拡張し、新たな分析手法を探る土台となることを意図している。今後、交通分野以外の様々な社会問題にも対応できるように発展することが Mobmap の目標である。

(2) 今後の方針

本研究の展開としては、経路分析プラグインと同様の仕組みで交通分析に特化した可視化機能を行い、より探索的な分析を試みることが考えられる。ここで想定する可視化機能とは、経路分析プラグインのレポートウィンドウのような結果出力ではなく、地図上の表示に手を加え、例を挙げるならば Traffic origins⁹⁾のような表現を行い探索をサポートするものである。

(3) 利用上の注意

Mobmap の基本的な機能は、以下の Web ページにおいて自由に利用できる形態で公開する予定である。

今回開発した経路分析機能および、他の高度な機能は利用登録制で公開することを検討している。

Mobmap ウェブサイト:

<http://shiba.iis.u-tokyo.ac.jp/member/ueyama/mmm/>

参考文献

- 1) Moellering, H.: AUTOMATIC MAPPING OF TRAFFIC CRASHES. *Surveying and Mapping* 33(4), 1973.
- 2) Moellering, H.: The potential uses of a computer animated film in the analysis of geographical patterns of traffic crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 8(4), 215-227, 1976.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) Chen W., Fangzhou G., Fei-Yue W.: A survey of traffic data visualization. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 16.6, 2970-2984, 2015.
- 6) Ueyama S., Akiyama Y., Shibasaki R.: "Integrated Visual Exploration Tool for Fusion of Mass Movement Data and Static Data.", CUPUM, 2015.
- 7) <https://www.google.com/earth/>
- 8) <https://cartodb.com/>
- 9) Anwar A., Till N., Carlo R.: Traffic origins: A simple visualization technique to support traffic incident analysis. *Visualization Symposium (PacificVis)*, IEEE Pacific, 2014.

原稿受理日 : ?

Development of route analysis function of mobile big data based on space-time analysis platform "Mobmap"

Satoshi UYAMA, Ryosuke SHIBASAKI
Akira MITSUYASU, Nobuyuki SUGIMOTO

With the spread of positioning technology, data on people and vehicle movement can be easily collected. As a result, it becomes possible to grasp the details (route, required time, etc.) of the movement which could not be grasped by the conventional OD survey etc. in time series, and the visualization needs of movement realities are also increasing. We have been developing a platform mobmap that visualizes mobile data in space-time. However, although mobmap is excellent for visualization, it can hardly be said that it meets users' needs from a data analytical point of view. Therefore, a function specialized for analysis was additionally developed. Specifically, based on the needs in the traffic planning field, we implemented a function (route analysis function) to calculate the representative route sharing ratio etc. of the moving object between two points. As a result of interviewing with users of this function, we got an opinion that work time required by conventional type GIS was greatly reduced.