

(69) ポリゴンメッシュを用いた プローブデータの進行方向判別手法の考案

金井 翔哉¹・今井 龍一²・山本 雄平³

¹ 正会員 法政大学 エコ地域デザイン研究センター (〒102-0071 東京都千代田区富士見 2-17-1)
(日本工営株式会社 交通政策事業部 交通都市部 (〒102-8539 東京都千代田区麹町 5-4))

E-mail: a8883@n-koei.co.jp

² 正会員 法政大学教授 デザイン工学部 都市環境デザイン工学科
(〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33)

E-mail: ryuichi.imai.73@hosei.ac.jp

³ 正会員 関西大学助教 環境都市工学部 都市システム工学科 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35)

E-mail: y_yamamo@kansai-u.ac.jp

道路管理者は車両から取得されるプローブデータを用いて道路交通分析を実施している。プローブデータは走行した道路の情報を保持していないため、道路ネットワークデータを用いて特定している。一方、プローブデータの特長を活かして交通特性を把握するためには、メッシュを用いた分析が適している可能性がある。そこで、本研究では、緯度経度から位置を把握できるポリゴンメッシュを用いたプローブデータの進行方向を判別する手法を考案した。実データを用いて有用性を検証した結果、95%以上の正答率で進行方向を判別し、機械的な処理ができる可能性がある知見を得た。

Key Words: road traffic analysis, probe data, polygon mesh, Analysis platform, the direction of travel

1. はじめに

円滑、安全・安心な道路空間を維持するためには、時々刻々と変化する交通実態を把握する必要がある。そのため、道路管理者は車両から取得される移動履歴であるプローブデータを用いて道路交通分析を実施している。国土交通省では、主要渋滞箇所の選定および対策の効果検証にプローブデータを用いた道路交通分析を実施している¹⁾。また、自動車の急減速データの活用可能性に関する研究²⁾も行われており、交通安全対策事業の実務においても活用されている。近年では、プローブデータを用いて感染症拡大の影響による緊急事態宣言の発令に応じた交通流動の変化も分析³⁾されている。

道路交通分析に用いられるプローブデータは、ID・緯度・経度・速度等の情報が一定間隔で取得されている。プローブデータは、緯度経度を持つ1点毎のデータセットであるため、道路交通分析を実施するには、走行道路を特定する必要がある。そこで、道路交通分析者は道路交通網をデジタル地図上で表現した道路ネットワークデータに対して、走行道路を特定する処理が実施された

データセットを用いて、各道路単位での旅行速度等を分析している。道路管理における道路ネットワークデータには、デジタル道路地図(以下、「DRM」とする。)が用いられる。DRMは図-1に示すように交差点やその他道路網表現上の結節点を表現したノードと、ノード間の道路を表現したリンクとで構成⁴⁾される。DRMはカーナビの経路探索や道路交通情報を管理する地図基盤として整備されており、道路交通分析にも活用されている。

一方、交通実態を詳細に把握するためには、交差点毎の進行方向別速度等の分析が必要になる。しかし、実務上は各道路の位置関係を手動で指定する必要があり、作業負荷が膨大になるため、分析箇所が限定されている。歩行者の経路探索の実現を目的とした既往研究⁵⁾では、歩行者向け経路探索システムに道路ネットワークデータ

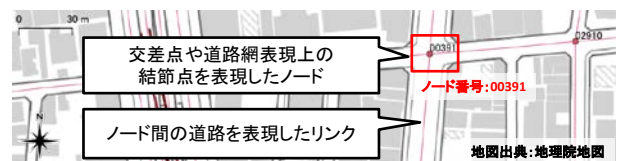


図-1 道路ネットワークデータのイメージ

が適用されている。一方、分析の観点にたつと、場所によっては歩行者の移動した経路を直線で表現するより、回遊した実態を表現したプローブデータである方が用途拡大することが期待できる。

通常、プローブデータは ID・緯度経度・時刻が取得されることから、実際の自動車・歩行者の交通流動を面的に把握できる利点がある。一方、現在の分析基盤では、プローブデータの利点を十分に発揮できているとは言い難い。例えば、右折車の旅行速度分析は、各道路の位置関係を表現できていないため、流入側の道路と流出側の道路を手動で指定する必要があり、網羅的な分析が困難である。また、今後、測位精度が高くなると、自動車の走行車線や車線変更箇所も特定できるプローブデータが流通する可能性がある。これらを踏まえると、道路空間を基盤とした面的な分析を実現することで、プローブデータの特長を最大限に発揮でき、交差点毎の分析を網羅的に実施できる可能性がある。

そこで、本研究の目的をポリゴンメッシュを用いた進行方向判別手法の考案とした。ポリゴンメッシュを活用することで、緯度経度から位置を把握でき、面的な分析の実現に寄与できると考えられる。本論文では、2章にてポリゴンメッシュを用いた分析基盤の生成方法を述べる。3章にてポリゴンメッシュを用いた自動車交通の進行方向判別手法を考案し、その有用性を検証する。最後に4章にて本研究の成果と今後の課題を述べる。

2. ポリゴンメッシュを用いた分析基盤の生成

本章では、まず、ポリゴンメッシュの特徴を述べる。そして、ポリゴンメッシュは道路空間の情報を保持していないため、道路交通分析に必要な情報を付与し、分析基盤を生成する手順を述べる。

(1) ポリゴンメッシュの特徴

ポリゴンメッシュは、都市計画や防災計画の策定等に主に活用されており、緯度・経度に基づいて地域に分けた地図基盤⁹⁾である。ポリゴンメッシュは同一の大きさ・形状であり、行政区画や地形の変化による影響を受けないため、経年変化を捉えやすい⁹⁾。また、各メッシュの番号の付与方法は図-2に示すような規則が定められており、緯度・経度のみで該当するメッシュを指定できるため、機械的な処理に適している。

(2) 道路交通分析に用いられる基盤データの調査

ポリゴンメッシュは道路空間の情報を保持していないため、道路交通分析で用いられる地図データにより補完する必要がある。そこで、道路空間の情報を補完するた

めの基盤データを調査した。調査対象は①OpenStreetMap、②道路基盤地図情報、③DRMとした。その結果は表-1に示す。DRMは車道幅員情報や交差点情報を保持しており、他の2種類の道路地図と比較して道路空間の再現に適していると判断した。

(3) ポリゴンメッシュへの道路空間情報の付与

ポリゴンメッシュに道路空間の情報を付与し、分析基盤を生成した。前述の通り、DRMは車道中心線の情報しか保持していないため、属性情報に含まれる幅員情報を参照して各リンクにバッファを生成し、道路空間を再現(図-3参照)した。また、交差点空間を再現するため、各ノードからも同様にバッファを生成した。DRMが保持する属性情報はリンク毎に異なる。道路幅員の記載があるリンクは、リンクを中心として両側にバッファが生成されることから、道路幅員の数値の1/2のバッファを生成した。道路幅員の数値が格納されていないが、道路幅員コードが格納されているリンクは、各道路幅員コードの最大値の1/2のバッファを生成した。中央分離帯があるリンクは、進行方向毎にリンクが生成されているため、上記のバッファの大きさから、さらに1/2した数値でバッファを生成した。生成するバッファが1.5mを下回るリンクは、下限値を1.5mとしてバッファを生成した。そして、DRMより生成した道路空間データとポリゴンメッシュをGIS上で重畳することで、道路空間情報および交差点情報をポリゴンメッシュに付与した。

3. ポリゴンメッシュを用いたプローブデータの進行方向判別手法の考案

本章では、2章にて述べた分析基盤を用いて、考案した進行方向判別手法を論ずる。そして、実データを用いた有用性の検証結果を述べる。

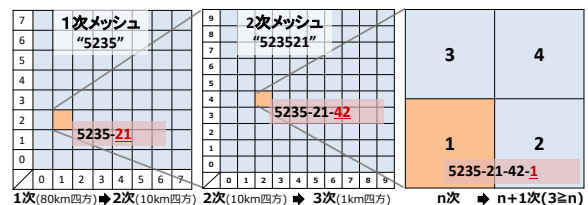


図-2 ポリゴンメッシュの各メッシュ番号の付与方法

表-1 基盤データの調査結果

地図データ	①OpenStreetMap	②道路基盤地図情報	③DRM
車線数	無	無	有
車道幅員	無	無	有
中央帯	無	無	有
交差点	有	無	有
歩道	有	有	無

(1) 考案手法のフロー

ポリゴンメッシュを用いた進行方向判別手法のフローを図-4に示す。まず、流出側および流入側で取得されたプローブデータのメッシュコードを抽出する。メッシュコードは文字列であるため、両者を数値に変換する。次に、大きい次数のメッシュコードから順にメッシュコードの数値の差を算出する。具体的には、1次メッシュコードから順に計算を実施する。同一メッシュで取得されたプローブデータは、メッシュコードの数値の差が0となるため、差が生じるまで計算を繰り返す。はじめて数値の差が生じた次数のメッシュコードを抽出し、メッシュコードの数値の差に基づいて、進行方向を判別する。

4次メッシュ以降、メッシュは4等分されることから、進行方向は8方位で表現することとした。進行方向の判別方法の詳細を表-2に示す。3次メッシュまではメッシュコードの大小によって、南北方向もしくは東西方向が判断できる。4次メッシュ以降は数値の差の大小だけで進行方向を判別できず、場合分けが必要となる。4次メッシュ以降の進行方向の判別方法を図-5に示す。例えば、南東方向の移動は、メッシュコードの数値の差が-1である。数値の差だけ見る場合、西方向の移動と同じ結果となる。そこで、数値の組合せを参照して進行方向を特定する。進行方向を算出する際の例を図-6に示す。次数の大きいメッシュコードから計算を実施する場合は、メッシュの境界部分などで取得されたプローブデータの進行方向の判別結果に誤差が生じる可能性がある。そこで、はじめに差が生じたメッシュコードの次に小さい次数のメッシュコードの進行方向の判定を実施し、両者の進行方向が90°異なる際には、平均値を取ることにした。

(2) 実データを用いた考案手法の有用性の検証

本研究では、図-7に示す南北方向の道路（片側2車線道路）と東西方向の道路（片側1車線道路）とが直交する交差点および図-8に示す道路の交差角が複雑である交差点（南北方向：片側2車線道路，東西方向：東方向への一方通行）を対象に考案手法を試行し、有用性を検証した。検証に用いたポリゴンメッシュは、DRM基本道路データの下限値である車道幅員5.5mをカバーできる10次メッシュ（1辺が約7.9m）とした。検証には矢崎エネルギーシステム社製の車載器であるDTG7から取得される商用車プローブデータ（データ期間：2021年11月30日，データ範囲：52350319，52350329，レコード数：2,274,107，車両台数：2,480台）を用いた。このデータは、毎秒緯度経度が取得されるほか、0.5秒ごとに速度等の走行履歴や挙動履歴に関する項目を取得している。

前述の2箇所の交差点に考案手法を適用し、目視により判定結果を評価した。その結果、交差点全体では正答率が96%であり、高い精度で進行方向を正しく判別で



図-3 DRMのバッファ生成結果

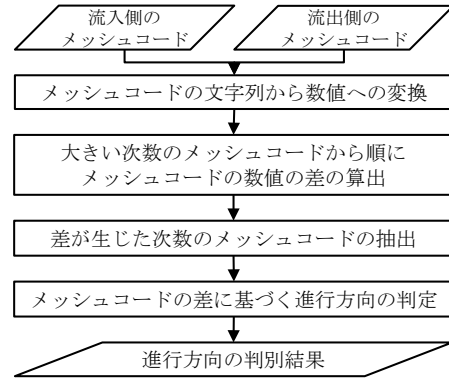


図-4 考案手法のフロー

表-2 メッシュコードの差に応じた進行方向の判別方法

総桁数	4桁 1次メッシュ		6桁 2次メッシュ	
	2桁	2桁	1桁	1桁
メッシュ番号の付与方法	北方向に上2桁が大きくなる	東方向に下2桁が大きくなる	南北方向に0~7の番号が南から付与	東西方向に0~7の番号が西から付与
差の数値が正	北方向に移動	東方向に移動	北方向に移動	東方向に移動
差の数値が負	南方向に移動	西方向に移動	南方向に移動	西方向に移動

総桁数	8桁 3次メッシュ		9桁以降 4次メッシュ以降
	1桁	1桁	1桁
メッシュ番号の付与方法	南北方向に0~9の番号が南から付与	東西方向に0~9の番号が西から付与	【南北方向】1,3または2,4が連続 【東西方向】1,2または3,4が連続
差の数値が正	北方向に移動	東方向に移動	場合分けが必要
差の数値が負	南方向に移動	西方向に移動	

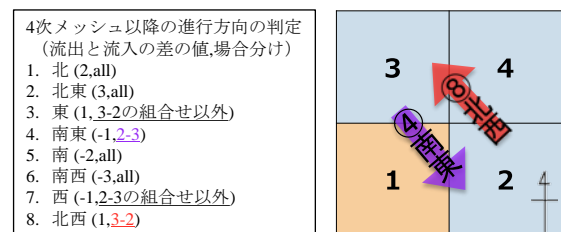


図-5 4次メッシュ以降の進行方向の判別方法



図-6 進行方向判別の算出例

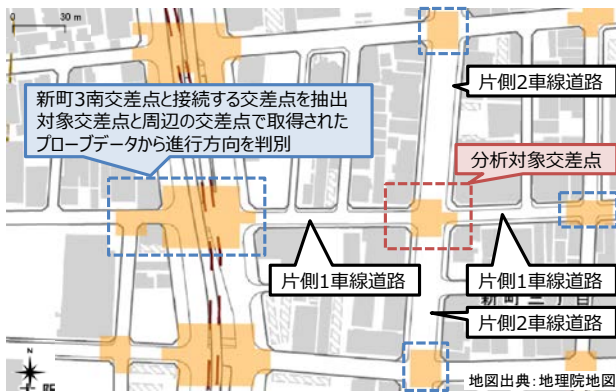


図-7 道路が直交する交差点（新町3南交差点）



図-8 道路の交差角が複雑である交差点（京町堀2交差点）



図-9 進行方向判別の誤判定の例



図-10 誤判定が生じた要因のイメージ

ることがわかった。特に道路が直交する交差点は全ての方角を正しく判定できた。一方、交差角が複雑である交差点は誤判定が生じた。進行方向判別の誤判定の例を図-9に示す。メッシュの境界部分で取得されたデータは、北側から流入した車両が西から流入した車両と判定されていた。誤判定が生じた要因のイメージを図-10に示す。道路の交差角が複雑である交差点は、東西方向の道路が一方通行のため、東から同交差点に流入できないが、判定結果からは東から流入する車両が存在した。プローブ

データの移動軌跡を確認したところ、DRMリンクが整備されていない道路を走行した車両であった。今後はメッシュコードの数値の差だけでなく、数値の組合せや2点間の時刻差も考慮した手法の改良が必要である。

4. おわりに

本研究では、道路交通分析の高度化を目指し、面的な分析がプローブデータの特長を最大限に発揮できる一策と考え、ポリゴンメッシュを用いた進行方向判別手法を考案し、実データを用いて有用性を検証した。その結果、正答率は95%以上であり、機械的に一括処理できる可能性があることを示した。毎秒緯度経度が取得されるプローブデータであったため、車両の詳細な移動履歴が把握でき、正答率が非常に高い結果になったと考えられる。また、商用車プローブデータの測位間隔が密であったため、DRMリンクが未整備の区間の走行を把握できた。今後は、進行方向判別のサンプル数を充実させ、誤判定が生じるケースを整理し、考案手法を改良する。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、元法政大学デザイン工学部都市環境デザイン工学科の小林俊介氏には、分析に係る貴重なご協力を賜った。また、矢崎総業株式会社より商用車プローブデータをご提供いただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省関東地方整備局高崎河川国道事務所：第20回群馬県域移動性（モビリティ）・安全性向上検討委員会 資料2 委員会資料（移動性向上）、<https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000786964.pdf>、（入手 2022.5.5）。
- 2) 菊地 春海, 岡田 朝男, 水野 裕彰, 絹田 裕一, 中村 俊之, 萩原 剛, 牧村 和彦：道路交通安全対策事業における急減速挙動データの活用可能性に関する研究, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.68, No.5, pp.I_1193-I_1204, 2012.
- 3) 国土交通省道路局企画課：ETC2.0プローブデータによる交通状況分析について、<<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001346436.pdf>>、（入手 2022.5.5）。
- 4) 一般財団法人日本デジタル道路地図協会：道路網の表現方法、<<https://www.drm.jp/database/expression/>>、（入手 2022.5.5）。
- 5) 富井 建, 蒔苗 耕司：歩行者経路探索のためのハイブリッドネットワークモデルの実装と評価, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.73, No.2, pp.I_356-I_364, 2017.
- 6) 総務省統計局：地域メッシュ統計について、<https://www.stat.go.jp/data/mesh/m_tuite.html>、（入手 2022.5.5）。