

(81) ETC2.0 プローブ情報の特徴を用いた マップマッチング手法の検討

寺口 敏生¹・小原 弘志²・関谷 浩孝³

¹ 非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 高度道路交通システム研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)

E-mail: teraguchi-t92ta@mlit.go.jp

² 非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 高度道路交通システム研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)

E-mail: obara-h8310@mlit.go.jp

³ 正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 高度道路交通システム研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)

E-mail: sekiya-h92tb@mlit.go.jp

国土交通省では、道路管理の高度化、被災時対応の迅速化や地域モビリティサービスの充実等を目的として、ETC2.0 プローブ情報の利便性向上に取り組んでいる。そのためには、ETC2.0 プローブ情報を地図上にプロットするマップマッチング処理を高速化し、かつ処理負荷を低減することが求められる。しかし、ETC2.0 プローブ情報は疎なデータのため、GNSS データを対象とした手法をそのまま適用することは難しい。そこで本研究では、前回計測時から進行方向が 45 度以上変化した際に走行履歴を蓄積するという ETC2.0 プローブ情報の特徴に着目したマップマッチング手法を提案し、試行を通じて実用性を確認する。

Key Words: map matching, ETC2.0 probe data, trajectory information, path finding

1. はじめに

国土交通省（以下、「国交省」という。）では、平成 22 年度より全国的高速道路や直轄国道の 3,000 箇所以上に、ITS（Intelligent Transport Systems）スポットや ETC（Electronic Toll Collection）2.0 路側機等の路側無線装置（以下、「路側機」という。）を設置し、ETC2.0 車載器（以下、「車載器」という。）を搭載した車両から ETC2.0 プローブ情報を収集している。ETC2.0 プローブ情報には、車両の種別、用途、走行履歴、右左折や急ブレーキ等の挙動履歴等が含まれており、これまでは主に道路管理者が道路交通の円滑化や道路管理の高度化等の目的で活用してきた。国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」という。）では、物流拠点や工事現場等に簡便に設置可能な簡易型路側機¹⁾や持ち運びが容易な可搬型路側機²⁾の開発と運用方法の検討・整理を通じて、ETC2.0 プローブ情報のデータの充実と利活用範囲の拡大に取り組んできたところである。

ETC2.0 プローブ情報の新たな展開として、国交省は、平成 30 年 5 月に生産性革命プロジェクトの一つとして

「ETC2.0 のオープン化」³⁾を掲げ、その実現に向けた仕組み作りのための社会実験、共同研究や共同実験⁴⁾を行っている。これらの取り組みを通じて抽出したニーズを確認すると、様々な目的で ETC2.0 プローブ情報を利活用するためには、マップマッチング処理の高速化と処理負荷の軽減が必要であると判明した。

現在の ETC2.0 プローブ情報のマップマッチング処理では、走行履歴として記録された座標の近傍ノードをすべて探索し、隣接ノードを接続する走行経路をすべて探索する方法でマップマッチング処理を行っているため、脇道が多い市街地等では探索対象の走行経路が膨大なものとなると考えられる。そこで、国総研では、処理の高速化と処理負荷の低減を目的としたマップマッチング手法を検討している。

一般的な経路探索手法では、GNSS（Global Navigation Satellite System）受信機を用いて、1 秒間隔もしくは数メートル間隔という高頻度で計測した位置座標を対象にマップマッチング処理を行い、高精度な走行経路を取得している。しかし、ETC2.0 プローブ情報の走行履歴は、主に 200 メートル間隔の疎な位置座標であり、GNSS

データを対象にした技術をそのまま活用することは難しい。そこで、ETC2.0 プローブ情報のように疎な位置情報を対象に、動的計画法や Dijkstra 法を用いて高精度かつ高速に走行経路を取得可能なマップマッチング手法⁵⁾が提案されている。当該提案手法により、200メートル間隔の疎な位置座標からでも高精度かつ高速に走行経路を探索できることが確認されている。しかし、当該手法では考慮されていない ETC2.0 プローブ情報の特徴である進行方向の変化時に蓄積される情報も活用することで、処理負荷をより軽減できると考えられる。そこで、本研究では、上述の進行方向に関する ETC2.0 プローブ情報の特徴を用いたマップマッチング手法を検討する。

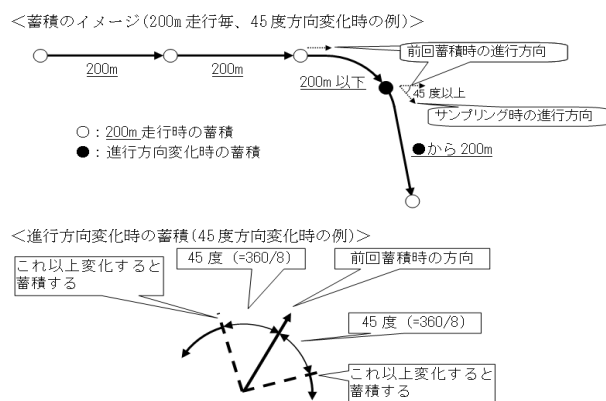


図-1 ETC2.0プローブ情報の走行履歴の蓄積条件

2. 研究の概要

ETC2.0 プローブ情報は主に、基本情報（車載器等の固有情報）、走行履歴（時刻、緯度経度）及び挙動履歴（前後加速度、左右加速度、ヨー角速度）の3種類の情報で構成される。このうち、走行履歴には、前回蓄積した地点から 200m 走行した地点、もしくは進行方向が 45 度以上変化した地点の情報が蓄積（図-1）される。

本研究では、進行方向が 45 度以上変化した地点を屈曲点とし、屈曲点と屈曲点に挟まれた区間の走行履歴で形成される道路線形と付近の DRM（Digital Road Map）リンクを比較し、その類似度を基にマップマッチングを実施する。

本提案手法の処理の流れを図-2 に示す。本提案手法では、ETC2.0 プローブ走行履歴情報と DRM リンクを入力し、まずマップマッチングの起点となる屈曲点と中間点を走行経路特徴点として抽出する。次に、中間点が抽出された場合は DRM リンクとの類似度を評価し、中間点が抽出されなかった場合は最短経路を走行経路として抽出する。最後に、これらの処理を通じてマップマッチング済み走行経路を出力する。

本提案手法のうち、走行経路特徴点抽出処理は第 3 章、DRM リンク類似度算出処理は第 4 章にて、それぞれ詳述する。そして、本提案手法を用いた走行経路探索の試行結果を第 5 章に示し、第 6 章にて今後の展開を述べる。

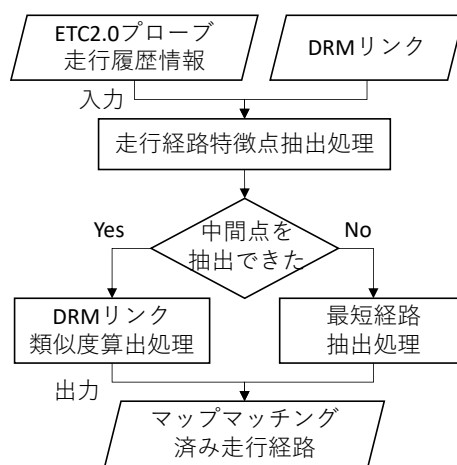


図-2 本提案手法の処理の流れ

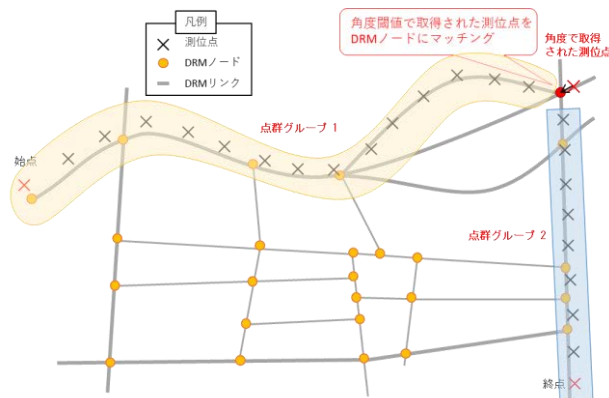


図-3 屈曲点のマップマッチング

3. 走行経路特徴点抽出処理

走行経路特徴点抽出処理は、屈曲点のマップマッチング、走行経路探索と中間点抽出の 3 ステップで構成される。各処理ステップの内容を詳述する。

(1) 屈曲点のマップマッチング

屈曲点のマップマッチング（図-3）では、まず進行方向が角度閾値である 45 度以上変化した時点で蓄積された走行履歴情報の測位点を屈曲点として抽出する。次に、DRM とマップマッチングし、最近傍の DRM ノードを屈曲点ノードとして抽出する。最後に、始点と屈曲点、屈曲点と終点、もしくは 2 つの屈曲点間にある測位点を個

別の点群グループとして抽出する。

(2) 走行経路探索

走行経路探索では、屈曲点ノードを基準として、各点群グループ単位でマップマッチング処理を実施する。そして、各点群グループで隣接する測位点間を直線で繋いだ場合の総延長とリンク長が近い DRM リンクを走行経路候補として探索する。なお、走行経路候補として抽出する道路は、通常の ETC2.0 プローブ情報に用いるマップマッチング手法と同様に、幅員 5.5m 以上の DRM 基本道路を対象とした。

(3) 中間点抽出

中間地点抽出（図-4）では、各点群グループにて、隣接する 3つの測位点を直線で繋いで織りなす角度が一定の閾値を超えた場合、中央の測位点を中間点として抽出する。中間点は、走行経路が変曲する点に対応するものと考えられる。抽出した中間点は、DRM リンク類似度算出処理に用いる。一方、中間点が抽出されない点群グループの場合は、比較的直線的な走行経路と考えられることから、マップマッチングにより抽出した最短経路を走行経路候補として出力する。

本提案手法では、以上の処理を通じて得られた屈曲点と中間点に始点と終点を加えて、走行経路特徴点と呼ぶ。

4. DRM リンク類似度算出処理

DRM リンク類似度算出処理は、DRM リンクへの疑似特徴点の設定と類似度算出の 2 ステップで構成される。各処理ステップの内容を詳述する。

(1) DRM リンクへの疑似特徴点の設定

DRM リンクへの疑似特徴点の設定（図-5）では、まず各点群グループを直線で繋いだ線分を中間点単位で分割し、それぞれの距離延長を計算する。次に、対応する各走行経路候補の DRM リンクの距離延長と比較し、それぞれの按分比率を算出する。最後に、各走行経路候補の DRM リンク上の按分比率に則った地点に、中間点に対応する疑似特徴点を設定する。各 DRM リンクの始点と終点にも、同様に疑似特徴点を設定する。これらの疑似中間点は、類似度算出に用いる。

(2) 類似度算出

各点群グループと対応する走行経路候補の DRM リンクとの類似度算出には、各点群グループの走行経路特徴点と DRM リンク上に仮設定した疑似特徴点の距離を用いる。第3章2節にて説明したとおり、各点群グループ

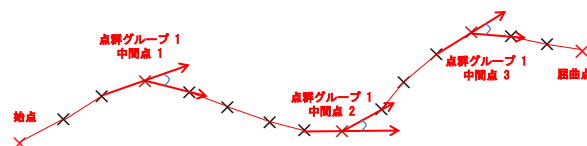


図-4 中間地点抽出

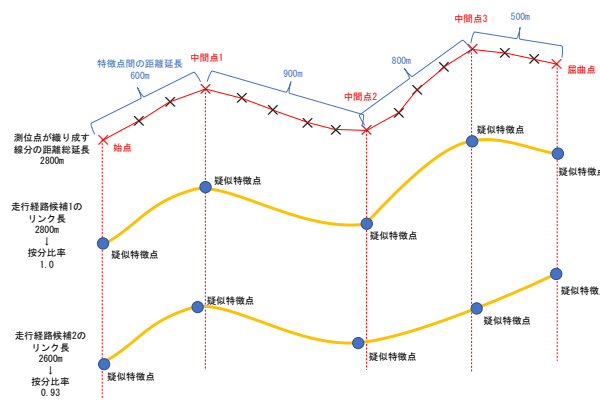


図-5 DRM リンクへの疑似中間点の設定

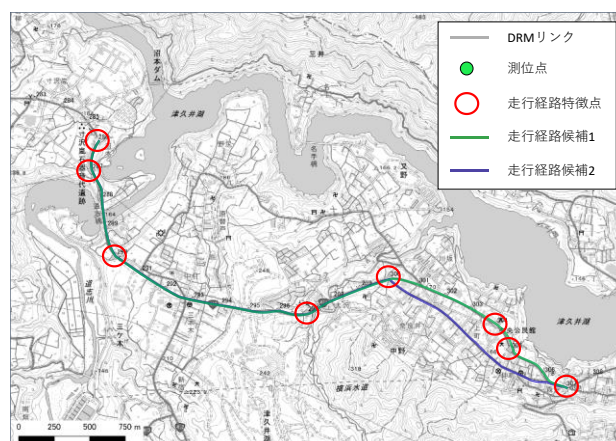


図-6 走行経路特徴点と走行経路候補の抽出結果

の中間点は、走行経路が変曲する点であり特徴を表しているものと考えられる。このため、走行経路特徴点と疑似特徴点の距離が近ければ近いほど、類似度が高い走行経路であると考えられる。本提案手法では、走行経路特徴点と疑似特徴点の距離を算出する方法として、緯度・経度を使った2点間距離の算出に用いられるヒュベニの公式を採用した。

本処理を通じて求めた2点間距離の和が最小となる経路をマップマッチング済み走行経路として抽出する。

5. 提案手法の試行

本提案手法によりマップマッチングが可能であることを確認するため、進行方向の変化が比較的単純な

ETC2.0 プローブ走行履歴を用いて経路探索を試行した。試行対象は、神奈川県相模原市の津久井湖付近の国道412号と413号を走行したETC2.0プローブ情報である。本提案手法により抽出したETC2.0プローブ情報の走行経路特徴点及び2つの走行経路候補を図-6に示す。なお、中間点の抽出時に用いる角度閾値は、経験的に屈曲点の抽出時の半分の角度である22.5度を用いた。

走行経路特徴点と各走行経路候補に発生させた疑似特徴点のみを抽出し、リンクで接続したグラフを図-7に示す。図-7に図示した8組の走行経路特徴点と疑似特徴点の距離をヒュベニの公式により算出して和を比較(表-1)したところ、距離の和が小さい走行経路候補1をマップマッチング済み走行経路として抽出した。

今回は、提案手法の有効性を確認しやすい経路を試行対象としたが、今後は様々な特徴の道路を対象に試行を行い、適用条件の明確化に取り組む。

6. 今後の展開

本研究では、ETC2.0 プローブ情報の特徴である進行方向の変化時に蓄積される情報を活用したマップマッチング手法を提案し、試行を通じて経路探索が可能であることを確認した。その一方で、屈曲点のマップマッチングが失敗した際に、経路探索が適切に行われないことが想定される。また、複数の道路が基盤の目状に交差している区間にて、適切にマップマッチングできるかどうかの検証が必要である。

そこで、今後は、様々な経路を走行するETC2.0プローブ情報に対して本提案手法を適用し、上記のような課題の抽出とアルゴリズムの改良に取り組む。また、ETC2.0 プローブ情報に含まれる走行経路以外の情報を活用した、より効率的なマップマッチング手法も併せて検討する。たとえば、ETC2.0 プローブ情報には、データをアップリンクした路側機のRSU-IDが含まれており、対応する路側機の位置情報を用いることで、走行経路の絞り込みが可能である。これらのマップマッチング手法の検討と同時に、処理に要する時間やシステムの処理負荷等を調査し、ETC2.0 プローブ情報の高速で低負荷なマップマッチング手法の実現に取り組む予定である。

参考文献

- 1) Maki, Y., Ooshima, K., Ohtake, G. and Yoshida, H.: A field experiment on logistics vehicle management using ETC2.0 probe data, 25th ITS World Congress, Copenhagen, Denmark, 2018.
- 2) 今村知人, 小原弘志, 関谷浩孝: 可搬型路側機を用いたETC2.0プローブ情報収集に関する研究, 土木技

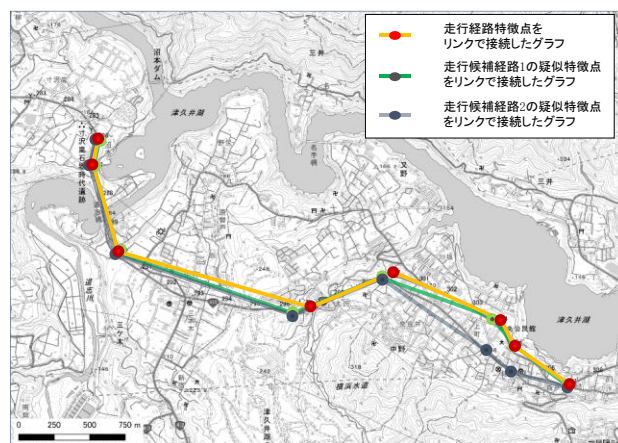


図-7 走行経路特徴点と走行経路候補のグラフ

術資料, 土木研究センター, Vol.62, No.4, pp.53-54,

表-1 走行経路特徴点と疑似特徴点の距離算出結果

特徴点 No.	走行経路候補1の 疑似特徴点との距離	走行経路候補2の 疑似特徴点との距離
1	3.29 m	3.29 m
2	7.82 m	8.90 m
3	17.19 m	21.40 m
4	18.57 m	27.78 m
5	16.00 m	19.84 m
6	16.52 m	199.52 m
7	7.24 m	136.31 m
8	2.73 m	2.73 m
合計	89.36 m	419.77 m

2020.

- 3) 国土交通省: 官民連携データ活用によるモビリティサービスの強化～ETC2.0のオープン化～, 国土交通省生産性革命プロジェクト(第4版)(案), p.8, 2018. < <https://www.mlit.go.jp/common/001236885.pdf> >, (入手 2020.10.5) .
- 4) 国土交通省: ETC2.0 データを活用した新たな民間サービス案を選定! ～官民連携によるデータ活用により、地域のモビリティサービスを強化します～, 国土交通省 Press Release, 2020. < <https://www.mlit.go.jp/common/001262398.pdf> >, (入手 2021.6.7) .
- 5) 濱岡達哉, 水将人, 横田孝義: プローブカーの位置情報の高速かつ大域的評価によるマップマッチング手法 動的計画法とリンク接続判定の高速化を用いたマップマッチング手法利用, 高度交通システムとスマートコミュニティ研究会研究報告, 情報処理学会, Vol. 2017-ITS-70, No.3, pp.1-6, 2017.