

道路管理者サイドからの経路情報提供

- プローブデータ活用による都市間経路情報提供に関する基礎的検討 -

Route information provision by the road administrator side

- Basic study of probe data usage for intercity route information -

パブリックコンサルタント(株) 正員 大森洋介(Yousuke Oomori)

北海道開発土木研究所 正員 有村幹治(Mikiharu Arimura)

北海道開発土木研究所 正員 加治屋安彦(Yasuhiko Kajiya)

1. はじめに

動的な旅行時間推定に関して現在プローブデータの活用が期待されている。我が国におけるプローブ調査はGPS等の観測機器がタクシー等に装備されること、またITSサービスに対する需要が都市部において高いことから都市内交通を対象として実施されることが多い。

一方、冬期の移動サービスレベルが極端に変動する広域分散型社会かつ積雪寒冷地である北海道においては、移動時の旅行計画、また安全確保の観点から、その時々に応じた最適な経路情報に対する道路利用者ニーズが高い。そのため現在、道路管理者WEBサイトでは都市間の最短移動経路情報の提供サービスが実施されている¹⁾。このような道路ネットワーク上の経路情報提供アプリケーションは、道路時刻表による静的な都市間時間距離を基に作成されており、道路規制や路面情報等、積雪寒冷地特有の走行環境の変化を加味した情報提供は未だ具体化していない。

そこで本研究では、北海道の道路管理者側における将来的なプローブデータの利用方策として、走行環境の変化に対応した、オンデマンド型の旅行所要時間提供の実現可能性について検討する。

2. 旅行時間推定モデル

旅行時間推定は古くて新しい問題である。動的に走行所要時間が変化するネットワークにおいて、任意の二点間の旅行時間を推定し、各時点における最短経路を得ることは昨今のITS研究における一研究課題となっている。

Warita.et.al²⁾は首都高速道路ネットワークの旅行時間予測向上のために、出発の前の旅行時間およびボトルネックの発生状況を予測する方法として、リアルタイム交通データと蓄積された交通履歴データとのマッチング方法を提案している。Shamas.et.al³⁾も現況の交通状況と過去の交通履歴データとのパターンマッチングから旅行時間を推定するモデルを構築しており、マッチングのためのtime-windowの各パラメータ設定に遺伝的アルゴリズムを用いている点に特徴がある。また三輪ら⁴⁾は、任意の地点間の旅行時間を収集することが可能なプローブデータを用いて、旅行時間予測対象区間において蓄積された旅行速度および速度変化情報、そして情報提供対象となる車両の速度変化情報を用いて、残された区間に対する旅行時間の更新手法を提案し、手法ごとの比較分析を行っている。この研究で提案された予測手法は4タイプあり、蓄積された過去の速度データと対象車両の速度変化情報を用いることで、残り区間の旅行時間の予測精度を向上できることを示している。

その他、旅行時間予測に関して多くの研究がなされて

いる^{5),6),7),8)}。ほとんどの推定モデルは、モデルの学習・評価のため、あるいは過去と現在の移動パターンを適合させるために蓄積された過去の旅行時間データの利用を前提とする。そのため比較的サンプルを集めやすい都市内交通が対象とされる。

都市間交通を対象としても旅行時間データベース構築の重要性は変わらない。特に冬期に変動する旅行時間の実況・推定が可能となることで現況では道路利用者にとって不明瞭な移動時間のサービスを提供する道路の定時性向上が期待できる。

3. 道路管理者側からの情報提供事例

北海道開発土木研究所が運営を担当している北海道内の道路情報を総合案内するポータルサイトである「北の道ナビ」では移動前、移動中の旅行時間提供コンテンツとして、任意の都市や観光施設間の走行距離と時間を提供する「距離と時間検索」を設置している(図-1)。



図-1 「距離と時間検索」による検索結果
(旭川から北見まで時間優先で検索した場合)

このアプリケーションは、地点間の移動時間の算出が難しい北海道において、道路利用者の認知走行時間を補正するだけでなく、通過する峠や市町村、道の駅、通過する沿道景観の情報を、経路に沿って『串刺し』に一括表示するインターフェイス上の工夫が行われている。

「距離と時間検索」への検索回数は2004年4月に探索可能な地点数が主要都市のみであった30地点から港湾や観光地、道の駅を含む350地点(内訳:市町村212空港10港9観光地36道の駅83)に拡大され、また道の駅端末等から直接リンクされたことから、検索回数は約3倍程度増加した(図-2)。

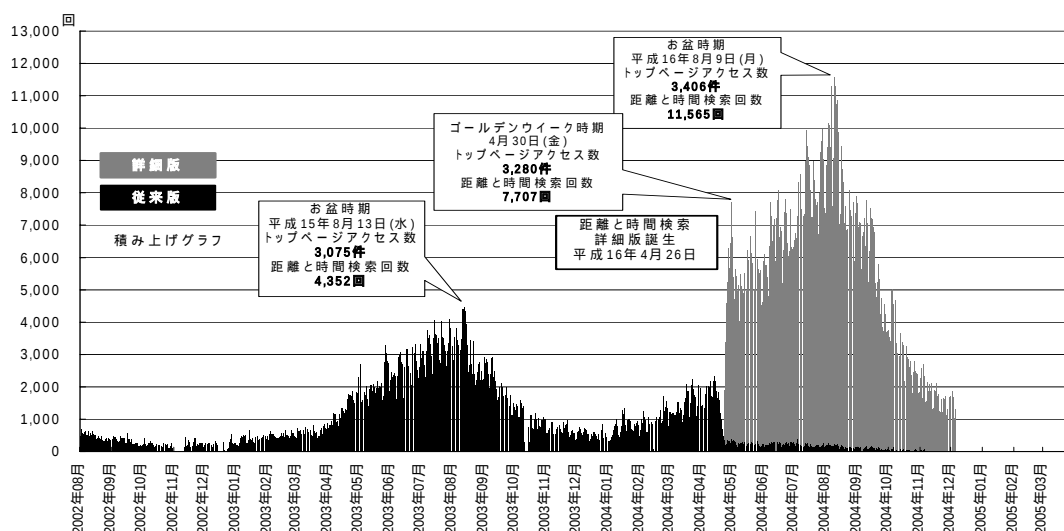


図 - 2 距離と時間検索のアクセス数の推移

しかし検索される経路情報は、道路時刻表を用いて作成されておりかつ、異常気象時の通行規制などが全くない夏期の道路条件で標準的な走行をした場合のものであることから、通行規制がある場合や、冬期等、状況が異なる道路条件で走行した場合は実際の走行時間は異なる。冬期においてアクセス回数が低下するのは経路情報に対する需要そのものが減少するだけではなく、情報の信頼性がシステムとして保障されていないことが原因の一つであると考えられる。

本研究では、このような都市間の旅行時間推定を目的としてプローブデータの応用方法を実証的に検討した。そのために「距離と時間検索」の検索アルゴリズムを整理し、リンク時間距離をデータベース化するために、実際に旭川 - 北見間の都市間道路リンクを対象としてプローブ調査を実施し、得られたデータの加工方法を検討した。また最後に、道路管理者側による旅行時間データベースの構築方法と提供方法に関して考察した。

4. 旭川 - 北見間におけるプローブ調査

(1) 最短経路探索

最短経路を求めるアルゴリズムとしては、全 2 点間の最短経路を求める方法である Warshall-Floyd 法、また特定の二点間の最短経路を求める Dijkstra 法等がある。「距離と時間検索」では二点間の最短経路を求めるために Dijkstra 法を基本アルゴリズムとして用いており、一度検索された OD ペアはサーバーにキャッシュとして保存し、再計算を行わない工夫がなされている。

この最短経路探索に必要なデータはリンク時間距離が道路時刻表を基に作成されていることから、この部分についてプローブデータの置換を試みることで、動的な経路情報の提供が可能となる。

(2) プローブによるリンク所要時間の計測

本研究では簡便に任意のリンク所要時間を得ることができる簡易プローブ調査システム(図 - 3)を開発した。当システムは、簡便にプローブ調査が実施可能なことから、集計レベルで任意のリンク走行時間やその分散を得

ることができる。また、機種単体で、1秒間隔で80時間、位置情報を収集可能である。

(3) システム概要

システム仕様を表 - 1 に示す。特徴は、スイッチボックスを装備させたことで、被験者の心理要因に基づいた位置情報と時刻データを取得できる点である。これによりドライバーの運転心理状況を走行データとリンクして観測することができる。また、機種単体で、1秒間隔で80時間、位置情報を収集可能であり、被験者の操作も最低限に押さえられているため、実査上の取り扱いが簡単なことも特徴として挙げられる。



図 - 3 簡易プローブ調査システム

表 - 1 システム構成

<機材構成>	
1.スイッチボックス(3連スイッチ)	
2.GPSレシーバー	(a)サイズ=幅48×奥行き76×高さ30mm (b)本体+アンテナ一体型パソコン用GPSレシーバ (c)初期測位 ・ウォームスタート:12秒 ・コールドスタート:40秒 (d)精度(DOP<3) ・位置精度:15m(RMS) ・速度精度:0.1ノット(RMS) (e)インターフェース仕様 ・コネクタ形状:Dsub9ピン(オス) ・通信方式:RS-232C (f)電源コネクタ=PS/2コネクタ (g)最高測定速度:500km/h (h)電源:DC5V
3.データロガーボックス	(a)サイズ=幅210×奥行き160×高さ40mm (b)データロガー+レギュレーター(GPS付属品)内蔵 ・データロガー仕様 ・記憶データ数=288,200件(毎秒記録で約80時間分) 緯度・経度・高度・日時・フラグ

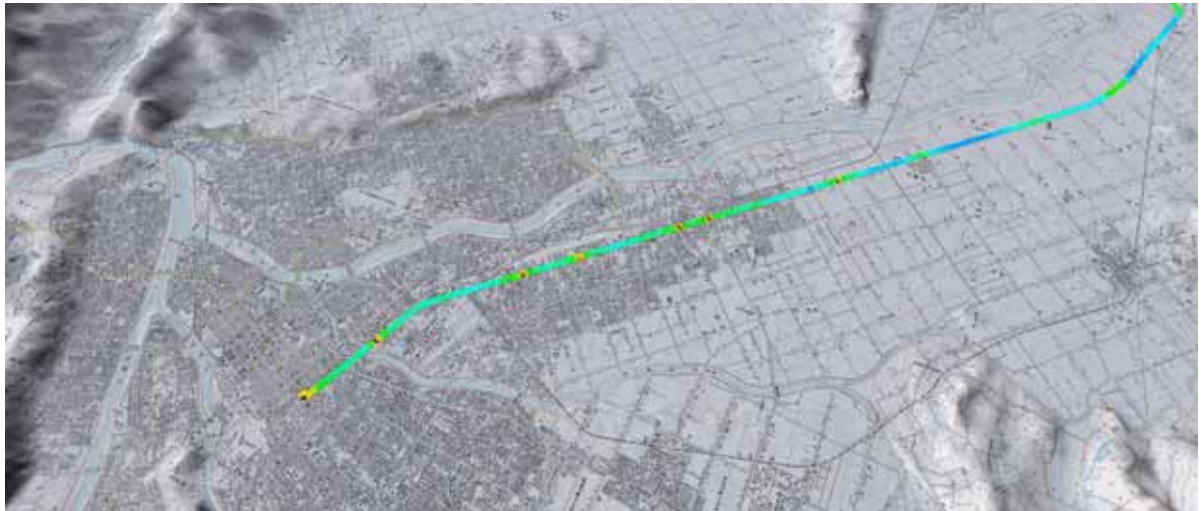


図 - 4 旭川市内の走行軌跡(速度別に彩色)

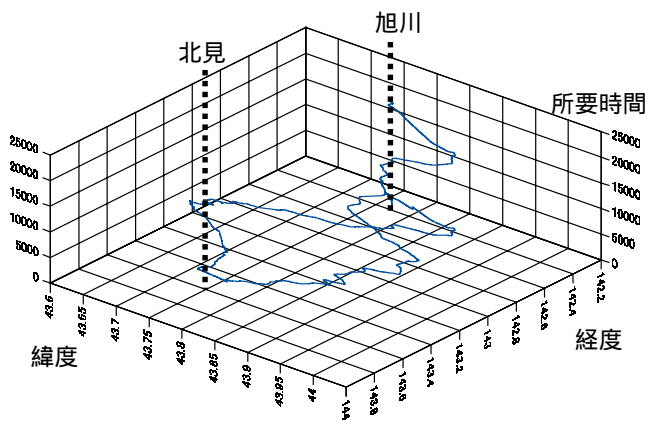


図 - 5 旭川 - 北見間の移動軌跡

(4) プローブ調査結果

上記のプローブ調査システムを用いて、旭川 - 北見間をケース・スタディ地域として旅行速度データを得た。調査は平成 16 年 2 月 1 日から 9 日の期間中、1 日 8 車両を用いて平日 2 日・休日 2 日、計 4 日間（延べ台数 8 台/日×4 日=32 台）について収集した。図 - 4 に旭川市内の移動履歴、図 - 5 に旭川 - 北見間（狩勝峠経由と上越白滝道路経由の二経路）の全移動履歴を示す。

位置データは、信号や休憩等の車両停止を含むため、自由走行状態での移動時間に得るためにデータを加工する必要がある。ここでは、緯度経度データからヒュベニ公式を用いて距離変換を行った。移動データは観測初期の GPS のスリープ時間、道の駅やコンビニ、信号等の停止時間を含む。そのため本研究では単純に連続した t 秒の平均緯度経度から $t+1$ 秒の緯度経度の距離が 1m 以上離れている場合を移動と判定してデータのスムージングを行った。図 - 6 に $t=10(\text{sec})$ 、 $l=5(\text{m})$ とした場合の停車判定事例を示す。また、旭川 - 北見間（狩勝峠経由片道）の全移動履歴をスムージングした結果を図 - 7 に示す。旭川を起点とした場合のリンク上の旅行時間変動が確認できる。単純にリンク旅行時間の平均値を「距離

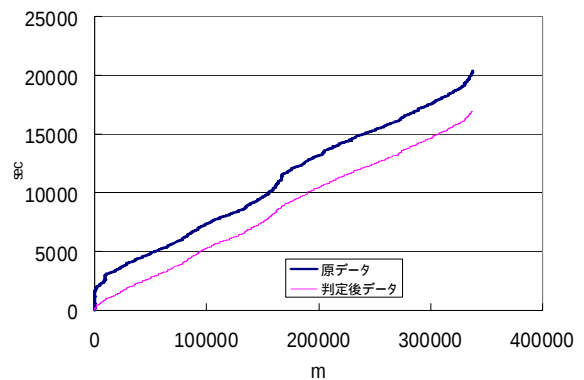


図 - 6 停車判定事例

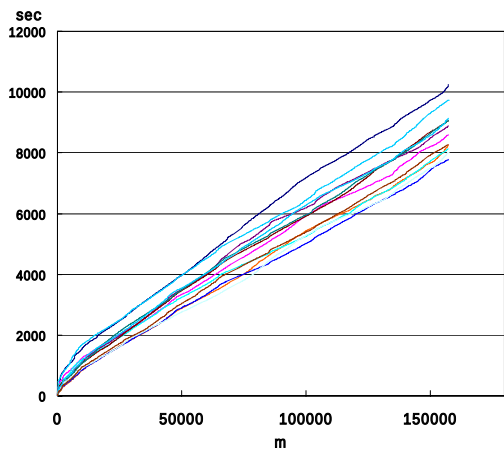


図 - 7 旅行時間変動

と時間検索」の Dijkstra アルゴリズムの旅行時間データとして用いたとしても、現状の冬期における検索機能の拡充を図ることができる。

当然、リンク旅行時間は走行時間帯、走行環境、天候や路面状況、また大型車の混入により変動する。旅行時間推定にはプローブデータから得られる旅行時間だけではなく、当該地域で利用できる他のデータソース、例えば降雪・気温・吹雪視程を格子状に予測する気象情報データ⁸⁾とマッチングすることで pre-trip 段階の旅行時間

推定モデルが構築できるものと考えられる。一般道路の空間的なセグメンテーション単位としては、キロポストの利用が挙げられる。設定した各キロポスト区間の旅行時間、利用できる他の天候指標データを空間的な帰着範囲をキロポスト単位に分割し、時系列データとして整備しておくことで、多くの推定モデルの性能評価に用いることができるものと思われる。

5. 道路時刻表高度化に関するケース・スタディ

昨今における、IT 技術による運転支援に関する研究は、交通事故や交通渋滞の解消といった交通問題解決に大きく貢献してきた。一方、道路交通が季節変動に依存している北海道は、特に冬期間の交通サービスレベルの向上が望まれる。本研究では、プローブ技術を利用し積雪寒冷地における道路時刻表の高度化を目指した検討を行っており、将来的に、走行環境（気象状況等）に対応した道路時刻表高度化の実現を目指している。

中嶋らは⁹⁾、6 都市（名古屋市、横浜市、東京 23 区、高崎市、高知・中村市、福岡市）のタクシープローブデータを利用し、任意の OD 間経路で季節変動や曜日変動、時間変動や天候条件などを含む所要時間の検討を行っている。中嶋らは、道路時刻表高度化に際し、「道路データ作成」と「セグメント（月、曜日、時間など）」の検討が必要であると提言している。また、道路交通に影響を与えるカテゴリとして「天候」を挙げ、実データからの分析・検討を行い、各セグメントの必要性や範囲・大きさの設定を行っている。天候のセグメントでは、雨量別（雨、雪）と晴天時との旅行速度の変化率から天候係数の設定についての検討を行っている。その結果、タクシープローブデータによる道路パフォーマンスの把握、時間的、継続的なデータから、任意 OD、任意時間などの設定、表示可能な道路時刻表の高度化の実現性、を示している。

6. おわりに

以上、本研究では、道路管理者側による旅行時間データベースの構築方法と提供方法に関して考察する。

現在、都市間プローブデータの収集は、バス交通等の交通モードに限定されており、都市内でのタクシープローブと比較してデータ量は希薄である。「距離と時間検索」¹⁾のような道路管理者のサーバーを用いた運用を考慮すると、マッチングのための過去のパターン探索に必要とされる演算時間が過大となる可能性がある。計算時間を縮小する有効な方法は、過去の履歴において、現状のトレンドと同様のセグメントを探索するように過去のデータベースを分類することである。例えば、休日の交通経路がその週の他の曜日に比して十分特徴がある場合、1 年の交通経路を備えた過去のデータベース上における探索数は、1/7(365 日当たり 52 の日曜)まで軽減できる。「距離と時間検索」程度のノード数であれば、大量に蓄積されるドットデータを加工し、リンク旅行時間の平均値と分散値のみをタイムテーブルとして格納することで、単純にリスク込みの旅行時間を提供できるだろう。

また蓄積されるプローブデータは、XML を用いて標

準化し、ITS 市場に提供できるように整備することが考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、名古屋大学大学院三輪富生氏には貴重なご意見および資料提供を行って頂きました。ここに、記して感謝の意を示します。

参考文献

- 1) 北海道の道路時刻表
http://www.hkd.mlit.go.jp/zigyoka/z_doro/timetable/
- 2) Hiroshi WARITA, Hirohisa MORITA, Edward CHUNG, Masao KUWAHARA, Atsushi TANAKA, "STATISTICAL METHOD FOR PRE-TRIP TRAFFIC CONDITIONS PREDICTION", 11th World Congress on ITS Nagoya, Aichi 2004 Japan(CD-ROM)
- 3) Shamas.I.Bajwa, Edward Chung, Masao kuwahara, "An Adaptive Travel Time Prediction Model based on Pattern Matching", 11th World Congress on ITS Nagoya, Aichi 2004 Japan(CD-ROM)
- 4) 三輪富生、多和田雄介、山本俊行、森川高行；「蓄積データによる予測旅行時間の更新手法に関する研究」、第 59 回土木学会講演集、pp.825 ~ 826, H16.9
- 5) 大森洋介、荻野弘、野田宏治；「車両両感知器データによる旅行時間の推定」、計測自動車制御学会中部支部、SCS シンポジウム
- 6) 石坂哲宏、福田敦、ソラウィット・ナルビティ、チャワリット・ティバングワン；「バンコクを対象とするプローブカーによる交通状況の把握に関する研究」
- 7) Makoto Mochizuki, Shinya Adachi, Teruyuki Tajima, "VERIFICATION OF TRAFFIC INFORMATION GENERATED FROM PROBE DATA", 11th World Congress on ITS Nagoya, Aichi 2004 Japan(CD-ROM)
- 8) Edward Chung, "Travel time pattern classification with weather data", 11th World Congress on ITS Nagoya, Aichi 2004 Japan(CD-ROM)
- 9) 中嶋康博、牧村和彦；「タクシープローブデータを用いた道路時刻表の高度化に関する検討」、土木計画学講演集 Vol.129、2004.6