

商用車プローブデータを用いた 道路階層別の所要時間信頼性と降雪規模の影響分析

神戸 大輝¹・金子 辰也²・浅田 拓海³・有村 幹治⁴

¹学生会員 室蘭工業大学 大学院工学研究科 環境創生工学系専攻 (〒050-8585 室蘭市水元町27-1)

E-mail:17041014@mmm.muroran-it.ac.jp

²学生会員 室蘭工業大学 大学院工学研究科 環境創生工学系専攻 (〒050-8585 室蘭市水元町27-1)

E-mail:16041020@mmm.muroran-it.ac.jp

³正会員 室蘭工業大学 大学院工学研究科 暮らし環境系領域 (〒050-8585 室蘭市水元町27-1)

E-mail:asada@mmm.muroran-it.ac.jp

⁴正会員 室蘭工業大学 大学院工学研究科 暮らし環境系領域 (〒050-8585 室蘭市水元町27-1)

E-mail:arimura@mmm.muroran-it.ac.jp

我が国では、2011年からITSスポットの全国サービスが開始された。現在では、1600箇所のITSスポットが設置されている。それに伴い、ETC2.0やプローブデータ等の交通系ビックデータが積極的に活用されている。道路は、国民生活や経済を支える極めて重要なインフラであるは故に様々な課題を抱えており、その一つに降雪による道路への影響がある。人や物の流れを支える道路に異常を来す降雪は社会的、経済的に大きな損失をもたらす。しかしながら降雪と道路の時間信頼性の関係性について明らかにされていない。

本稿では、世界的にも有数の豪雪地帯である札幌市内の道路を評価することで、降雪の影響を受けた際の時間信頼性を定量的に示した。結果として、高速自動車国道は降雪による時間信頼性の変化がほとんどないが、一般国道より下の階層においては時間信頼性が変化することを明らかにした。

Key Words : *travel time reliability, road hierarchy, vehicle probe data, snowfall,*

1. はじめに

我が国では、2011年から国土交通省と民間企業の連携によるITSスポットの全国サービスが開始された。現在では、全国の高速自動車国道上の1600か所にITSスポットが設置されている。それに伴い、ETC2.0やプローブデータ等の交通系ビックデータが積極的に活用され始めている。道路は、国民生活や経済を支える極めて重要なインフラの一つであるが故に様々な課題があり、その検討材料として交通系ビックデータの期待が高まっている。その例として、目的地までのアクセス所要時間や時間信頼性¹⁾の評価に、実プローブデータを用いた事例が、昨今、積極的に発表されている。

実プローブデータを用いた移動時間信頼性評価に関しては、現在のところ、民間によるデータを利用するケースが多い。例えば、齋藤らは、旅行時間信頼性を、経路の混雑指数、信号交差点数、道路種別などから推計する手法を構築している²⁾。吉沢らは、実際の立体事業をケーススタディとして、時間信頼性向上便益の試算を行っている³⁾。中川らは、高速道路を利用する場合と利用しな

い場合の旅行時間について信頼性比から評価を行っている⁴⁾。水口らは、将来的に蓄積が進むETC2.0プローブデータの代替として民間プローブデータを仮想的に用い、マップマッチング前の点群データからエリアレベルで旅行時間信頼性を評価する方法を提案している⁵⁾。関谷らは、実データから構成されるOD表の旅行時間を表す指標の算定方法を示している⁶⁾。また、著者らは、商用車プローブデータを用いて、現在札幌市で検討されている「都心アクセス道路」が整備された場合を想定した所要時間の低減、および時間信頼性の向上について概算している¹⁰⁾。

これらのように多くの研究では、主に平常時における交通を対象としているが、地震、台風、降雪等による自然災害時の非日常的な交通への交通プローブデータの適用事例は少ない。北海道においては、札幌市を含む全域が豪雪地帯であり、多くの道路が降雪の影響により、速度低下や渋滞、経路変更が生じるため、目的地までの所要時間やそのばらつきが大きくなる。特に、札幌市においては、高速自動車国道から生活道路まで様々な階層の道路(図-1)があり、それらを含む様々なパターンのト

リップが発生する。積雪期における旅行時間やその信頼性を向上させるためには、非積雪期とは違う区間の組み合わせの提示など、ソフト的な対策も有効であろう。そのためには、まず、都市内道路網を構成する各階層の時間信頼性、さらには、降雪規模による影響について明らかにすることが基本的事項となる。

そこで、本研究では、近年、蓄積が進む商用車プローブデータを用いて、札幌市を対象に、積雪期における道路階層別の所要時間および時間信頼性の評価を行う。さらに、気象データを基に、降雪量と所要時間およびその信頼性との関係についても明らかにする。

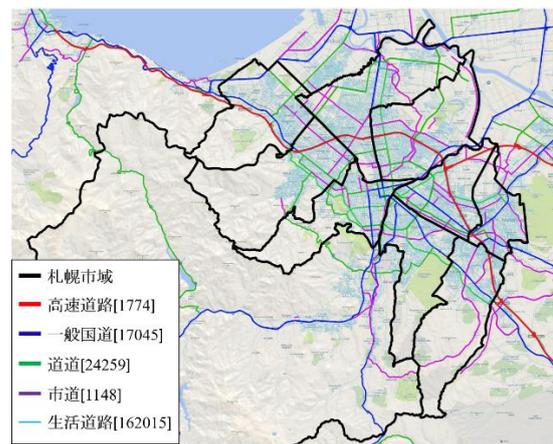


図-1 対象区域と道路階層

2. データの概要

2.1 商用車プローブデータ

本研究では、富士通の商用車プローブデータを用いて札幌市内の道路を対象に、階層別に所要時間に関する分析を行った。トリップの抽出は、積雪期の影響を明らかにするために、非積雪期（平成26年9～11月）および積雪期（平成27年1～3月）の2つの期間を対象とし、これら季節間の比較分析を行う。富士通の商用車プローブデータは、貨物商用車両に搭載されているデジタルタコグラフを利用し、運送事業者へ提供する運行支援サービスを通じて、1秒毎に記録された位置・速度等の情報をDRM（道路リンクデータ）にマップマッチングしたものである。対象車両は、「最大積載量5トン以上、車両総重量8トン以上」の大型車が中心となっており、特大車、中型車の貨物商用車が対象となっている。また、数分を超える滞在をトリップの切れ目としており、数分、数百メートルの近距離移動はトリップとして含んでいない。なお、出発地および到着地の秘匿のため、トリップ起点・終点周辺のデータは削除されている。

2.2 分析対象地域

本研究では、札幌市全域の道路における、階層別の所要時間を検討するため、DRMに含まれる道路階層情報を基準に、市内の全リンクを、高速自動車国道（以下、高速道路）、一般国道、道道、生活道路の5種類に分類した（図-1）。高速自動車国道に関しては、トリップの内、ICのランプ部やPA付近の区間のデータは除外した。

3. 積雪期を対象とした所要時間信頼性評価

本研究では、都市部の道路ネットワークにおける積雪

期の所要時間特性について基礎的な知見を得るため、以下の3つのアプローチから分析を行った。まずは、全トリップデータを道路階層別に分割し、階層ごとに所要時間分布を調べ、季節比較を行う。次に、1時間単位での集計を行ない、季節比較から積雪に時間信頼性が低下する時間帯を明らかにする。最後に、降雪規模による影響を詳細に分析するために、日降雪量別に期間を区分し、各期間の時間信頼性指標を求め、どの階層で影響が大きくなるのかを調べる。

3.1 道路階層別所要時間の季節比較

多くのトリップでは、様々なパターンで複数の道路階層区間を通過する。そこで、トリップ内の道路階層区間毎に所要時間を求めた。なお、区間によって、距離が大きく異なるため、所要時間は1km当たりの値（min/km）に揃えた。

道路階層別の所要時間の分布を図-2～図-5に示す。階層が低くなるにつれて、道路の所要時間分布は広がりを見せる。それぞれの道路の移動時間分布を比較してみると高速道路の1kmあたりの所要時間が小さいことがわかる。また、高速自動車国道や一般国道は、積雪期においても所要時間の分布の広がり小さく、大きな変化が見られない。一方、それよりも階層の低い道路では、積雪期になると2min/km以上となるケースが増加し、右側の裾野が大きくなっていることが分かる。特に、生活道路については、3min/km以上（速度20km/h以下）のケースも増加し、降雪による影響が大きい。

以上の所要時間の分布における中央値、標準偏差、時間信頼性指標をまとめたものを表-1に示す。なお、時間信頼性指標は、米国連邦運輸局³⁾が提唱するPT(Planning time)、BT(Buffer time)を採用した。PTは、95%タイル値であり、「月一回程度は遅れを覚悟しないといけない旅行時間」として解釈される。BTは、(PT-所要時間中央値)であり、「PTに遅れないために見込むべき余裕時

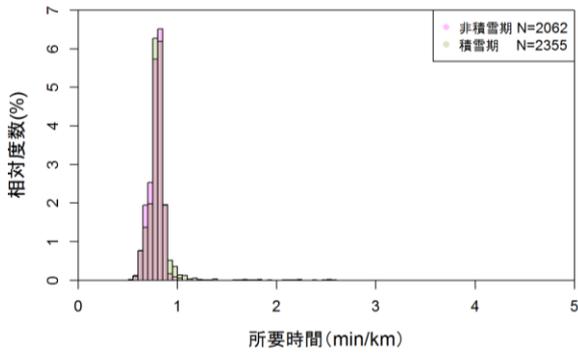


図-2 高速道路の所要時間

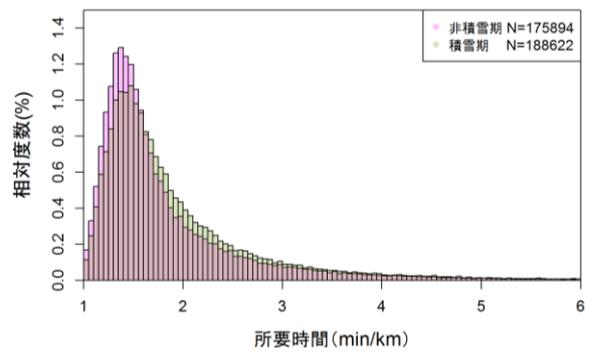


図-4 道道の所要時間

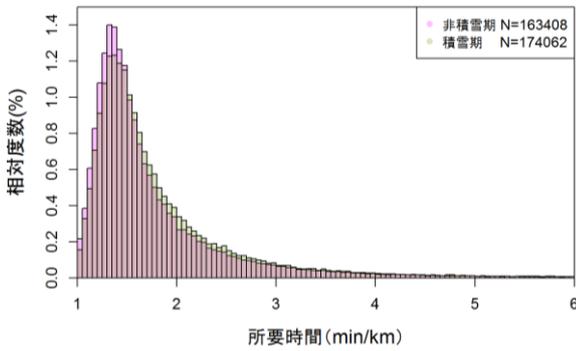


図-3 一般国道の所要時間

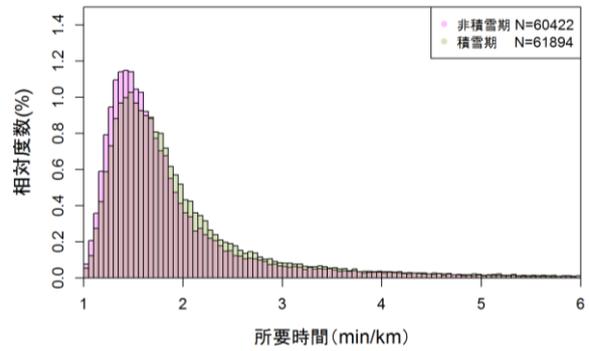


図-5 市道の所要時間

間として解釈される。BTは、 $(PT - \text{所要時間中央値})$ であり、「PTに遅れないために見込むべき余裕時間」を表す。

表-1 に示すように、高速道路の所要時間中央値は、非積雪期、積雪期ともに約 0.8min/km となっているのに対し、一般国道、道道、市道、生活道路においては、いずれも 1.5min/km 以上となっていることが分かる。また、一般国道以下の階層では積雪期になると、平均値が大きくなり、その傾向は階層が低いほど顕著に表れている。それに対し高速道路では、積雪期においても小さいことから、積雪の影響を受けにくいと言える。

次に、所要時間標準偏差を比較すると、一般国道、道道、市道、生活道路では、積雪期になると値が増加していることから、積雪の影響でばらつきが大きくなると言える。特に、生活道路はその影響を受けやすい。また、高速道路は、平均値と同様に標準偏差も一般国道以下の階層に比べ小さく、ばらつきが小さく安定した階層であることが分かる。

PT をみると、高速道路では約 0.9min/km 以下の値となっているのに対し、一般国道、道道、市道、生活道路は 3min/km と大きな差がある。これに応じてBTの値も大きくなっている。つまり、「月一回程度は遅れを覚悟しないといけない旅行時間」と「それに遅れないために見込むべき余裕時間」は、階層が低いほど大きくなる。

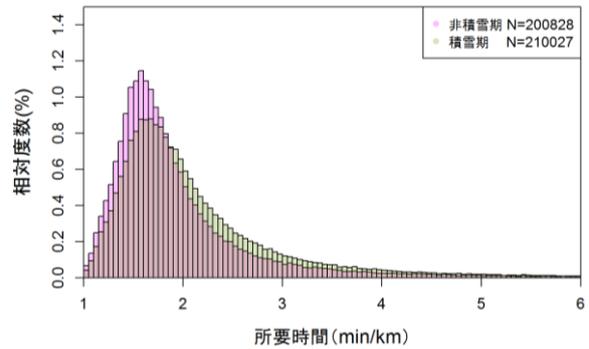


図-6 生活道路の所要時間

表-1 時間信頼性の指標

| 道路階層 | データ数 | 所要時間中央値 | 標準偏差 | 自由旅行時間 | PT | BT |
|---------|---------|---------|------|--------|------|------|
| 高速自動車国道 | 2,062 | 0.79 | 0.13 | 0.61 | 0.87 | 0.08 |
| | 2,355 | 0.80 | 0.11 | 0.61 | 0.93 | 0.13 |
| 一般国道 | 163,408 | 1.50 | 0.72 | 0.89 | 3.20 | 1.70 |
| | 174,062 | 1.56 | 0.74 | 0.94 | 3.31 | 1.75 |
| 道道 | 175,894 | 1.55 | 0.74 | 0.97 | 3.33 | 1.79 |
| | 188,622 | 1.65 | 0.78 | 1.00 | 3.54 | 1.89 |
| 市道 | 60,422 | 1.61 | 0.76 | 1.02 | 3.47 | 1.86 |
| | 61,894 | 1.71 | 0.81 | 1.05 | 3.67 | 1.97 |
| 生活道路 | 200,828 | 1.72 | 0.71 | 1.07 | 3.37 | 1.64 |
| | 210,027 | 1.87 | 0.81 | 1.10 | 3.79 | 1.92 |

上段：非積雪期 下段：積雪期

3.2 時間帯別所要時間の季節比較

以上では、道路階層が低くなるにつれて積雪による影響を強く受けることを示した。ここでは、より詳細な時間信頼性を見るために時間帯別の分析を行う。対象とする時間帯については、夕方から深夜帯のデータが少ないことから、6時～18時までの時間を対象とすることとした。各時間帯において、積雪期にどの程度時間信頼性が低下するのかを見るために、積雪期の値を非積雪期で割った値（増加率）を求めた。所要時間中央値、PT、BTの各増加率をそれぞれ図-7、図-8、図-9に示す。

所要時間中央値の増加率については、高速道路以外の道路階層で大きな増加率となっている。8時と17時には特に大きな増加率となっており、通勤通学や帰宅の時間と重なっている。一般国道・道道・市道では1.2倍の増加率、生活道路では1.25倍の増加率となっている。一方で高速道路では、積雪による影響はほとんど受けていない。通退勤時に増加率が大きくなっていることから、積雪による影響を受けやすい時間帯であると言える。

次に、PTについては、中央値の場合と同様に通退勤時に大きな増加となっており、市道・生活道路で1.4倍の増加量、帰宅ラッシュ時には一般国道で1.5倍もの増加量となる。道道では、1.2倍程度ではあるが増加量を確認することができた。

同様に、BTについても通退勤時に増加率が大きくなっている。朝の通勤通学時には、一般国道で1.4倍以上、市道と生活道路で1.6倍の増加率を示しており、夕方の退勤時には一般国道で1.6倍の増加率を示している。階層が低い道路は、降雪により遅れないために余裕時間を非積雪期より多く見込まなければならない。

3.3 日降雪量と所要時間の関係

降雪によって、所要時間（速度）やそのばらつきが大きくなることは、経験的にも過去の研究調査からも分かっているが、道路階層別に、どの程度の降雪強度で影響が大きくなるのかを調べた事例は少ない。そこで、一日を代表する降雪規模として、日降雪量（気象庁による札幌管区気象台データ）を用いて日降雪量毎に期間を区分してトリップを抽出し、道路階層別に集計を行った。さらに、日降雪量が0cmの値を1とするように基準化した。所要時間中央値については、図-10に示すように、いずれの道路階層においても、日降雪量が増加するにつれて所要時間中央値が増加する傾向が見られる。道路階層で比較すると、高速道路は降雪量による影響が小さいが、その他の階層では、日降雪量が10cm以下であっても所要時間平均値の増加が大きくなる。なお、降雪量20cmでは高速道以外が大きく増加するが、これは、その日までの降雪の状況から道路上の積雪が多く、著しく

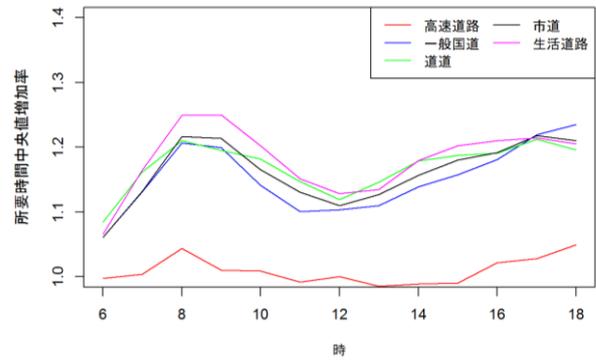


図-7 積雪期における所要時間中央値増加率

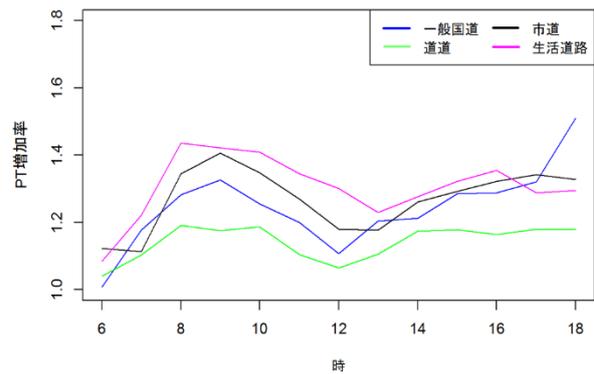


図-8 積雪期におけるPT増加率

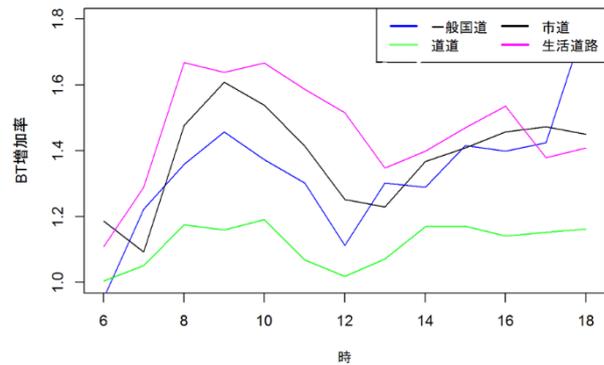


図-9 積雪期におけるBT増加率

走行環境が悪化したものと思われる。これについては、より詳細な気象データを用い、降雪の履歴を考慮して分析する必要がある。同様に、PTやBTについても、それぞれ図-11、図-12に示すように、降雪量が多い日ほど、値が増加する傾向が見られる。なお、高速道路については降雪量が多い日のデータ数が少ないことから値が変動するため、ここでは除外した。両図をみると、降雪量が10cm程度までは生活道路でその影響が大きいが、20cm以上となると一般国道のような高規格の道路で影響が大きくなるのがわかる。降雪量が多くなると、除雪対応が優先的に実施される一般国道に交通が集中し、それにより交通混雑が発生することを表しているものと推測される。

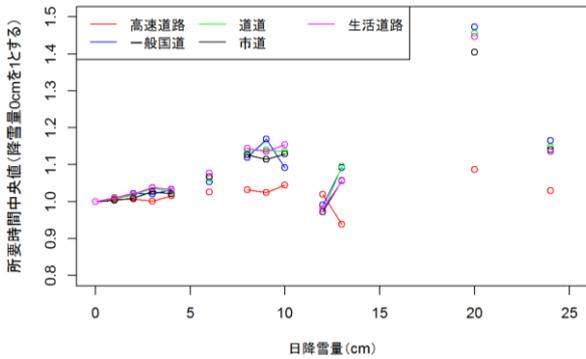


図-10 日降雪量と所要時間中央値の関係

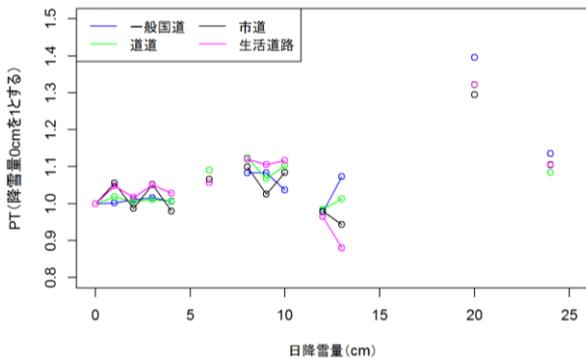


図-11 日降雪量と PT の関係

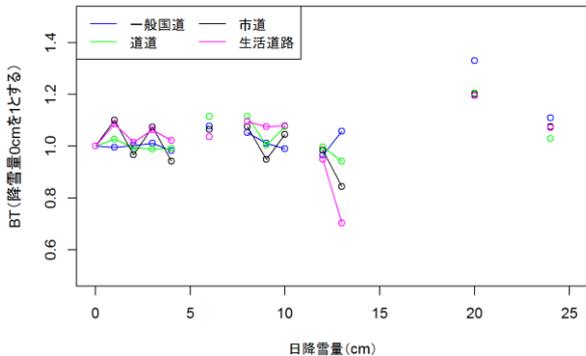


図-12 日降雪量とBTの関係

4. まとめと考察

本研究では、商用車プローブデータを用いて、札幌市を対象に、道路階層別の時間信頼性を評価した。さらに、気象データから降雪規模度による時間信頼性への影響について明らかにした。具体的には、以下の結果が得られた。

- ・積雪期と非積雪期の比較を行ったところ、高速自動車国道は降雪によって時間信頼性がほとんど変化しないが、一般国道より下の階層においては、降雪による影響を受け、階層が低くなるほど時間信頼性が下がる。
- ・降雪量による影響について分析したところ、どの階層においても日降雪量が増加するにつれて遅れが生じ時

間信頼性が低下することを示した。

- ・高速自動車国道は、日降雪量が増加してもわずかに時間信頼性が低下するだけだが、一般国道以下では、階層が低くなるにつれてその影響は大きくなることを示した。

本研究では道路管理上の道路階層性に応じてリンク単位で集計を行い、各種の分析を行った。今後は、トリップ単位で分析を行い、道路階層性に関連した速度ギャップの分布、その季節変動に関する分析を進める。

参考文献

- 1) 中山昌一郎：道路の時間信頼性に関するレビュー，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，Vol.67, No.1, pp.95-114, 2011.
- 2) 日下部貴彦，辻本洋平，朝倉康夫：旅行時間信頼性情報による高速道路利用者の行動変化の分析，土木学会論文集D3 (土木計画学)，Vol.68, No.5, pp.781-792, 2013.
- 3) 米国連邦運輸局 (US-DOT) の時間信頼性指標 http://ops.fhwa.dot.gov/publications/tt_reliability/brochure/
- 4) 内田賢悦：移動時間信頼性を考慮した需要変動型均衡配分モデル，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，Vol.67, No.1, pp.60-69, 2011.
- 5) 斎藤貴賢，橋本浩良，小林寛，高宮進：道路の旅行時間信頼性指標値の推計方法の構築，土木計画学研究発表会・講演集，Vol.53, pp.643-650, 2016
- 6) 吉沢仁，石田貴志，野中康弘，毛利雄一，福田大輔：プローブデータを用いた立体化事業の時間信頼性向上便益試算，土木計画学研究発表会・講演集，Vol.54, No.59, pp.439-445, 2016.
- 7) 中川真治，長澤光弥，鈴木英之，中田涼，酒井大輔，片山慎太郎：プローブデータによる OD 間旅行時間分布に基づく時間信頼性評価に関する検討，土木計画学研究発表会・講演集，Vol.54, No.188, pp.1357-1362, 2016
- 8) 水口正教，日下部貴彦，福田大輔，朝倉康夫：プローブデータを用いたエリアレベルでの旅行時間信頼性評価，土木計画学研究・講演集，Vol.54, No.288, pp.1991-1998, 2016.
- 9) 関谷浩孝，上坂克巳，門間俊幸，橋本浩良，中西雅一：プローブカーデータを用いた複数経路からなる OD 間の旅行時間変動指標，土木計画学研究・講演集，Vol.43, CD-ROM, No.264, pp.1-10, 2011.
- 10) 金子辰也，浅田拓海，有村幹治：商用車プローブデータを用いた所要時間信頼性の評価—札幌都心アクセスを事例として—，土木計画学研究・講演集，Vol.53, CD-ROM, pp.1811-1817, 2016.