

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

Analysis of the Travel Time Reliability on Road Hierarchy in Snow Season by using Commercial Vehicle Probe Data

室蘭工業大学建築社会基盤系学科

○学生員 神戸大輝 (Masaki Kanbe)

室蘭工業大学大学院工学研究科 環境創生工学系専攻

学生員 金子辰也 (Tastuya Kaneko)

室蘭工業大学大学院工学研究科 くらし環境系領域

正会員 浅田拓海 (Takumi Asada)

室蘭工業大学大学院工学研究科 くらし環境系領域

正会員 有村幹治 (Mikiharu Arimura)

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があり、交通プローブデータを用いた時間信頼性などによる路線、区間の評価が行われている。

北海道では、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、目的地までの所要時間やそのばらつきが大きくなる。札幌市においては、高速道路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。したがって、積雪期におけるトリップ特性を把握するためには、まず、降雪規模が時間信頼性に与える影響を道路階層別に評価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、札幌市の道路を対象に、道路階層別の所要時間や時間信頼性の評価を行う。そして、それらの評価値と日降雪量との関係から、道路階層別にどの程度の降雪規模で所要時間に生じる影響が大きくなるのかを明らかにする。

2. 既存研究のレビュー

本研究に関連する既存研究として、金子らは、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¹⁾。中山の研究では、旅行時間を確率事象として捉え、確率指標としての分散・標準偏差・変動係数に加え、パーセンタイル値が旅行時間のばらつきの指標として用いられることを述べている²⁾。また、米国連邦運輸局運輸省においては、旅行時間の信頼性を重要なものとして位置付けられていることを示した³⁾。さらに、日下部らは、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などで時間信頼性指標について述べている⁴⁾。内田は、既存のアルゴリズムによって解ける、移動時間信頼性を考慮した需要変数型均衡配分モデルを提案し

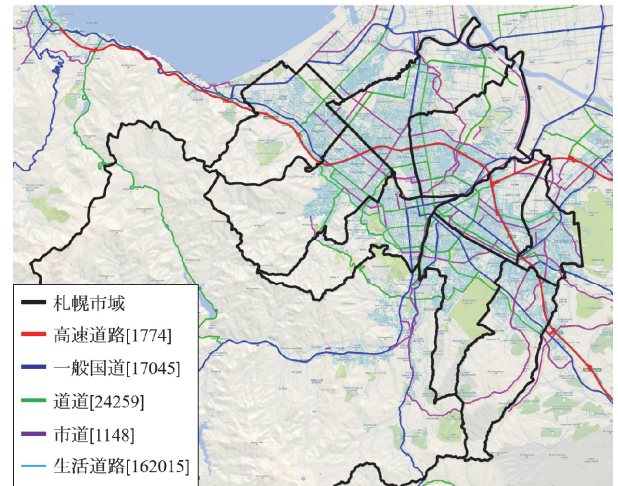


図-1 対象区域と道路階層

大規模なネットワークに適用させた⁵⁾。関谷らは、プローブカーデータを基に算定した日々の区間旅行時間データから OD 表の適切な経路集合を生成し、それらの経路で構成される OD 表の旅行時間を表す指標の算定方法を示している⁶⁾。橋本らは、全国の幹線道路を対象に、一般車両のプローブデータを用いて時間信頼性指標を概算している⁷⁾。

本研究の特徴は、対象地域の広範囲に渡るトリップを任意の期間で取得できる商用車プローブデータを用いること、そして、所要時間と時間信頼性について、降雪による影響を道路階層別に見る点にある。

3. データおよび方法

3.1 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。トリップの抽出期間は、非積雪期と積雪期の比較を行うために、平成 26 年度 9, 10, 11 月（非積雪期）および平成 27 年度 1, 2, 3 月（積雪期）とした。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

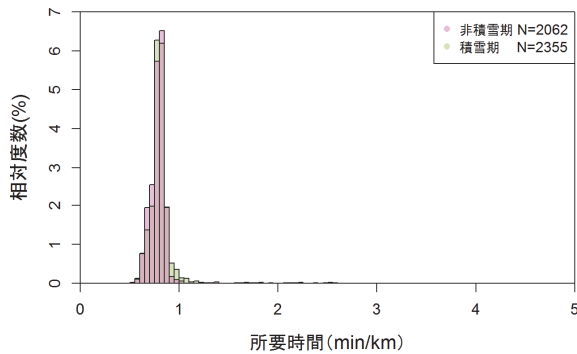


図-2 高速自動車国道の所要時間

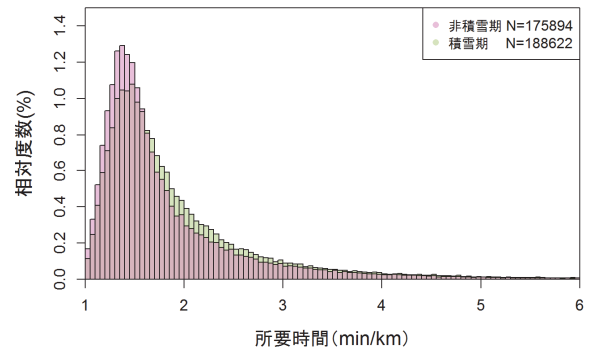


図-4 道道の所要時間

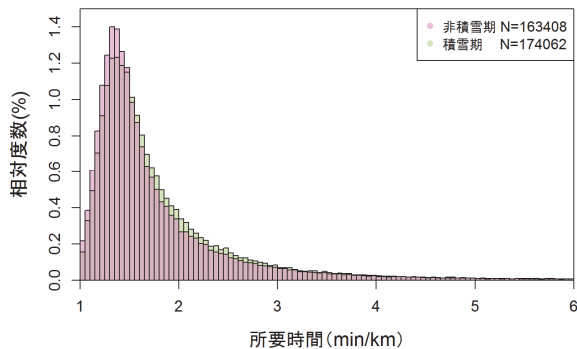


図-3 一般国道の所要時間

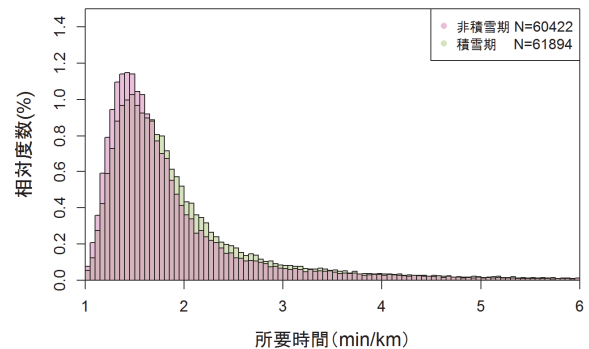


図-5 市道の所要時間

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。

3.2 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、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。

4. 降雪が移動時間信頼性に与える影響

4.1 非積雪期と積雪期の比較

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あたりの値(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自動車国道の1kmあたりの所要時間が小さいこ

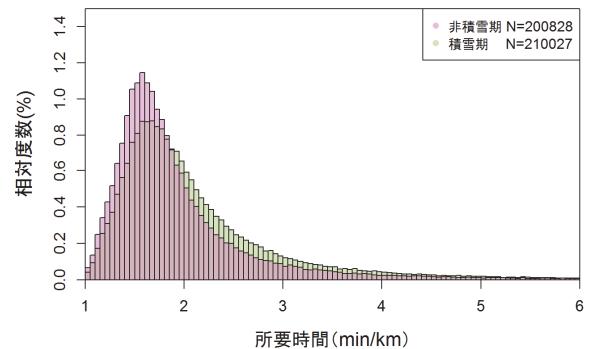


図-6 生活道路の所要時間

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や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

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

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間」を表す。

道路階層別の高速自動車国道の平均値は、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、平均値が大きくなっており、その傾向は階層が低いほど顕著に表れていることが分かる。それに対し、高速自動車国道の平均値は、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、道路階層別の所要時間の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、高速自動車国道は、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。

次に、PT (95%タイル値) をみると、高速自動車国道では約 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 (余裕時間) 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と言える。

4.2 日降雪量と時間信頼性の関係

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(単位時間当たりの降雪量)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(気象庁データ)を用い、日降雪量 x cm を変化させながら、 x 以下の日のトリップを抽出して所要時間の平均値と標準偏差を求めた。なお、ここでは、所要時間の単位を感覚として理解しやすいように、20km (トリップ長の平均がおおよそ 15~20km のため) 当たりの秒数とした。また、縦軸は、日降雪量が 0cm の場

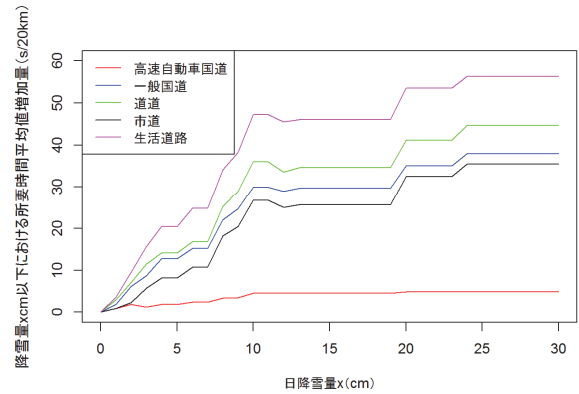


図-7 日降雪量と所要時間平均値増加量

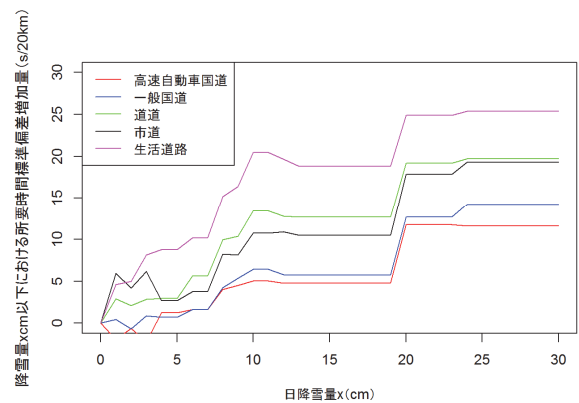


図-8 日降雪量と所要時間標準偏差増加量

合からの増加量で示している。

所要時間の平均値については、図-7 に示すように、いずれの道路階層においても、日降雪量が 10cm となるまでは所要時間平均値が増加する。10cm 以上では降雪量の記録がほとんど無かったために、フラットであるが、20cm を越えると再び増加する。道路階層で比較すると、高速自動車国道は降雪が多くなってもほとんど変化しないが、その他の階層では、日降雪量が 2~3cm と少ない場合から所要時間平均値の増加が大きくなる。特に、生活道路においては、日降雪量が 0cm から 10cm になると、所要時間は 20km 当たりで 50 秒程度増加する。

次に、所要時間の標準偏差について図-8 に示す。標準偏差は所要時間のばらつきであり、時間信頼性として評価できる。これについては、高速自動車国道と一般国道では、日降雪量が 7cm 程度になるまで増加は見られない。これに対し、その他の階層の低い道路では、日降雪量が 2cm となっただけでも急激に増加することがわかる。日降雪量が 10cm~20cm の範囲では、高速自動車国道と一般国道では 20km 当たり 5 秒程度の増加であるが、道道、市道は 12 秒程度、生活道路に至っては約 20 秒と、標準偏差の増加が著しい。日降雪量が 20cm になると、階層に関係なく、全ての階層で同程度（5 秒程度）の増加が見られる。この規模の降雪になると、高速自動車国道や一般国道でも多大な影響を受けると言える。

以上のように、所要時間の平均値や標準偏差で評価したが、図-2～図-5 に示したように、降雪日となっても平均値や標準偏差の値の変化は小さい。これらよりも、右側への裾野の広がりを評価した方が、降雪の影響をより明確に抽出できると考えられる。そこで、以下では、分布の 95%タイル値である PT (Planning time) を用いて分析を行った。図-9 に示すように、これまでと同様に、降雪量が 10cm となるまでの間に PT は増加する。標準偏差では、増加が小さかった高速自動車国道や一般国道もそれより低い階層の道道や市道と同程度の増加傾向を示している。PT (95%タイル値) は、平均値よりも大きなデータが増加すると大きくなることから、降雪によってこのように所要時間が長大化するケースが、階層に関わらず同程度に発生しているものと考えられる。生活道路に至っては、その傾向が顕著であり、20cm 以上の降雪規模になると、20km 当たり 2 分程度の遅れが生じる。

6. まとめ

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ことを明らかにした。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。

高速自動車国道は、降雪規模が小さくても車両速度の低下が小さい。また、日降雪量が多くても、すぐにロードヒーティングによる融解、それでも間に合わなくなると除雪作業が行われる、などしっかりと除雪作業が行われているのではないかと考えられる。一方で、一般国道より下の階層においては、降雪が少ない段階でも車両速度が低下し、所要時間のばらつきが大きくなる。高速自動車国道における水準で除雪等の対策が行われていないためと考えられる。特に、生活道路においては、日降雪が 1cm 程度でも影響が開始し、日降雪量の増加に伴う時間信頼性の低下速度は顕著である。生活道路まで除雪作業が網羅的に行き届いてない、追いついていないことが原因と考えられる。以上のように、降雪強度による時間信頼性が低下は、おおむね道路階層の下がるほど大きくなるという傾向を確認できた。さらに、本研究では、大規模かつ広範囲のプローブデータを用いることにより、所要時間および時間信頼性の降雪強度による影響について定量的に評価できることを示した。

なお、対象期間 (2015 年 1 月～3 月) は、雪の少ない年であり、日降雪が大きい日が少なかった。そのため、日降雪量 xcm の日だけのデータに絞ると小サンプルと

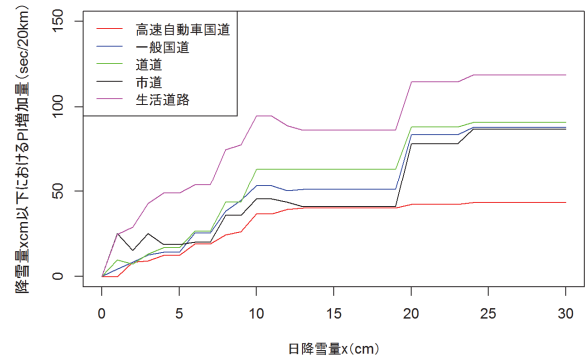


図-9 日降雪量と PT 増加量

なるため、今回は、xcm 以下の日のデータから各指標を算出した。xcm 毎のデータを揃えることができれば、日降雪量に伴う PT などの増加はより顕著に表れると考えられる。これについては、データを揃えるところからであり、今後の課題としたい。また、道路の時間信頼性を低くしている要因は具体的に何か、またどのようにして改善できるのかを検討する。データについても、商用車だけではなく、一般乗用車のプローブデータを用いてより多くの車両挙動情報を把握していきたい。

参考文献

- 1) 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, 2016.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 米国連保運輸局の時間信頼性指標
http://ops.fhwa.dot.gov/publications/tt_reliability/brochure/
- 5) 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.
- 6) 関谷浩孝, 上坂克己, 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, 2011
- 7) 橋本浩良, 門間俊幸, 上坂克己, 前川友宏: 時間信頼性指標を用いた全国の交通円滑性評価, 土木計画学研究・講演集, Vol.43, CD-ROM, 2011.