

プローブデータの活用による冬期都市道路の除雪レベルと移動性評価に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 25

担当チーム：寒地交通チーム

研究担当者：石田 樹、高橋尚人、宗広一徳、高田哲哉、影山裕幸

【要旨】

本研究は、札幌市内を走行するタクシープローブデータの活用により、道路区間の旅行時間及び旅行速度を計測し、冬期の除雪・排雪作業量とのマッチングを行い、冬期除雪事業の費用便益分析を行った。2012年度の国道除排雪作業の費用便益分析を行ったところ、調査対象区間では概ね10を超えるB/Cが計算された。また、過去10年間のタクシープローブデータを対象とし、冬期旅行時間の時間信頼性を検討したところ、国道は夏期と冬期の時間信頼性指標PTIはともに約1.8で変化がほぼなかったが、道道のPTIは夏期約1.2に対し、冬期約1.8と拡大した。

キーワード：プローブデータ、除雪事業、旅行速度、費用便益分析、時間信頼性

1. はじめに

北海道の中心都市である札幌市は、人口約190万人を抱え、年間の累計降雪深は約6m、最大積雪深約1m（平年値）に達する世界的にも多雪寒冷な気象条件を有する大都市である。冬期都市道路の円滑な移動性の確保の観点から、道路除雪に関するニーズは高く、高額な道路除雪費が投入されている。しかし、道路除雪費の財源も限られていることから、除雪事業実施量と得られる道路サービスのバランスを取ることが求められている。

本研究は、札幌市内を走行するタクシープローブデータの活用により、冬期都市道路の移動性評価を行った。本研究の目的は、次の3つである。

- ① タクシープローブデータの活用により、道路区間の平均旅行速度を計算し、冬期都市道路の走行性を把握する。
- ② 冬期除雪事業（運搬排雪、一般除雪など）とタクシープローブデータとのマッチングを行い、冬期除雪事業の費用便益分析を試行する。
- ③ 過去10年間のタクシープローブデータを活用し、冬期都市道路の時間信頼性について検討する。

2. 研究方法

2.1 タクシープローブデータの取得

本研究で対象とするタクシープローブデータとは、札幌市内のタクシー会社が所有する車両115台に搭載された車載GPSによる日付、時刻（秒単位）、位置（緯度・経度）、速度等を記録したデータのことである。同データは、寒地土木研究所所有の「分析システム」のデータベース（Oracle形式）に記録されており、路線（国道、道道、

市道）、道路区間、日別、時間帯別（昼間12時間、朝／夕ピーク時等）、天候などの条件設定により、平均旅行速度を算出できる。なお、分析システムは過年度に構築したものであるが、道路区間の設定は、平成17年度道路交通センサス区間に準拠している。1日当たりのタクシー総走行距離は、約3～4万kmに達する。

2.2 他データの取得

国道及び道道（札幌市管理）の各1箇所を対象として定点カメラを設置し、交通流の画像データを80日間（平成25年12月～平成26年3月）取得し、堆雪状況と交通状況を記録した。定点カメラ設置箇所は、片側2車線道路である以下の箇所とした。

- ・一般国道5号／宮の沢
（札幌市西区宮の沢1条5丁目）
- ・道道下手稲札幌線／発寒（札幌市管理）
（札幌市西区発寒14条11丁目）

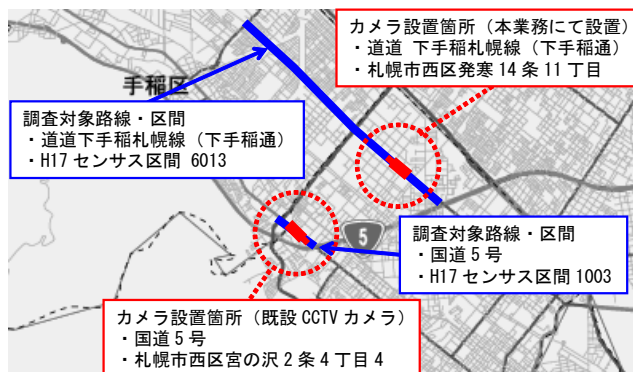


図-1 定点カメラ設置箇所の位置図

冬期除雪事業の作業量については、北海道開発局札幌開発建設部札幌道路事務所より平成 24 年度分の実施資料を借用し、国道 5 号・12 号(札幌市内分)の作業量を基礎集計した。また、気象データは、気象庁発表の統計データ²⁾によった。

3. 研究成果

3.1 冬期都市道路の走行性

平成 25 年 10 月 1 日から平成 26 年 3 月 31 日の期間について、タクシープローブデータによる平均旅行速度の推移を示すと図-2 の通りである。

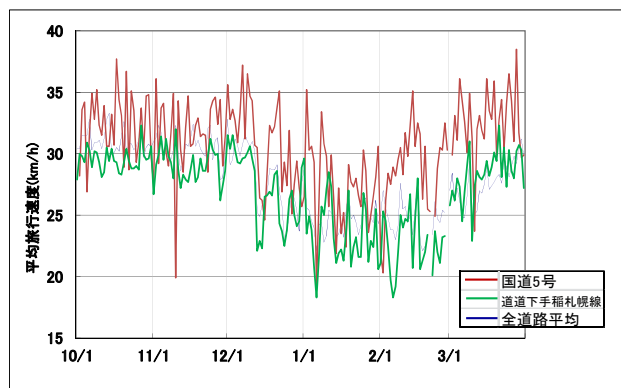


図-2 屋間 12 時間平均旅行速度の推移 (国道、道道、全道路平均の例 : H25. 10~H26. 3)

図-2 中の青線は全道路平均(札幌市内の国道、道道、市道を全て集計)、赤線は国道 5 号(区間 1003)、緑線は道道下手稲札幌線(区間 6013)を示している。

同図から見られる傾向は次の通りである。

- ① 全道路の平均旅行速度は、10 月~12 月初旬は 31~32km/h 前後で推移しているが、12 月中旬~2 月は 25km/h 前後と約 7km/h 程度低下した。また、冬期は天候状態により、平均旅行速度の変動が大きくなった。
- ② 国道 5 号(区間 1003)の平均旅行速度は 10 月~12 月上旬は、31~35km 前後で推移しているが、12 月中旬~2 月は 25~35km/h で推移し、全道路平均と比べて概ね 0~10km/h 高いレベルを保っていた。
- ③ 道道下手稲札幌線(区間 6013)の平均旅行速度は 10~12 月上旬は、27~30km/h 前後で推移しているが、12 月中旬~2 月は 18~27km/h で推移し、全道路平均と比べて 0~5km/h 低くなった。

また、定点カメラによる国道 5 号(宮の沢)と道道下手稲札幌線(発寒)の取得画像データとタクシープローブデータによる平均旅行速度、降雪データを重ね合わせたものが図-3 である。同図によれば、国道 5 号は冬期においても片側 2 車線の交通がほぼ確保されているが、降雪に伴い、平均旅行速度が低下した。他方、道道下手稲札幌線は、冬期は事実上片側 1 車線が堆雪空間となっている場合もあり、有効道路幅員の減少と降雪に伴って平均旅行速度が低下する結果となった。

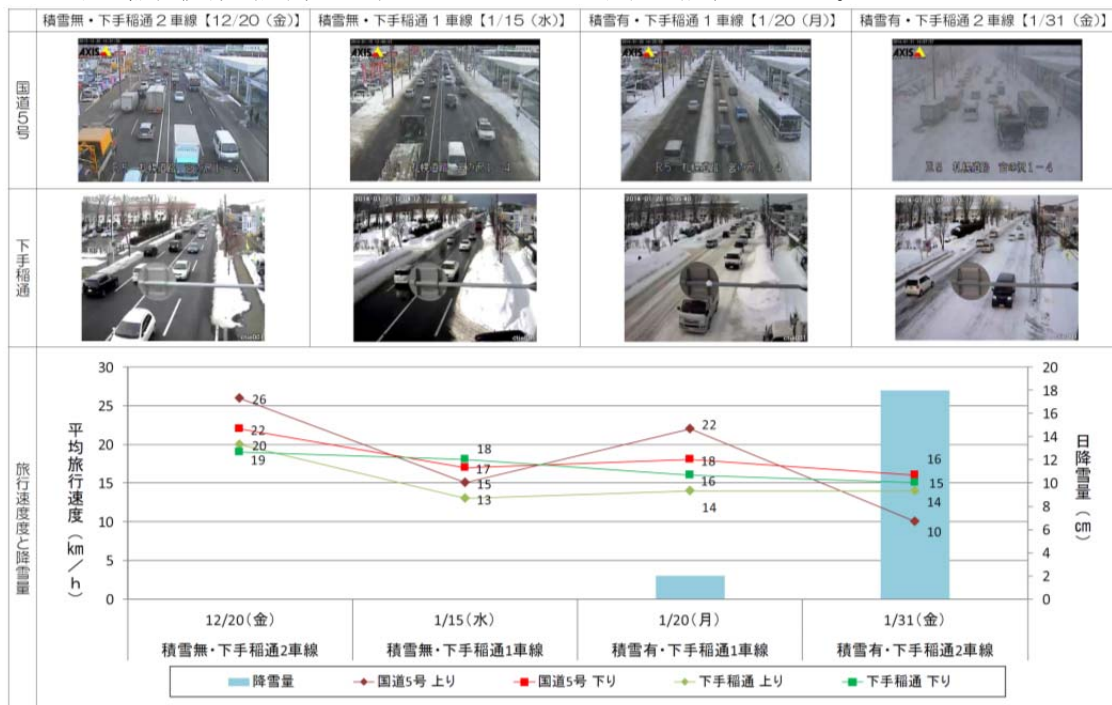


図-3 屋間12時間平均旅行速度の推移 (国道5号、道道下手稲札幌線)

3.2 冬期除雪事業の費用便益分析の試行

3.2.1 除雪データとプローブデータの集計

除雪事業の実施実態について、札幌市内の国道 5 号、12 号を対象とし、平成 24 年度の除排雪作業 (① 運搬排雪、② 一般除雪、③ 附帯除雪、④ 凍結防止剤散布) の実施実態 (作業内容・費用等) を集計・整理した。

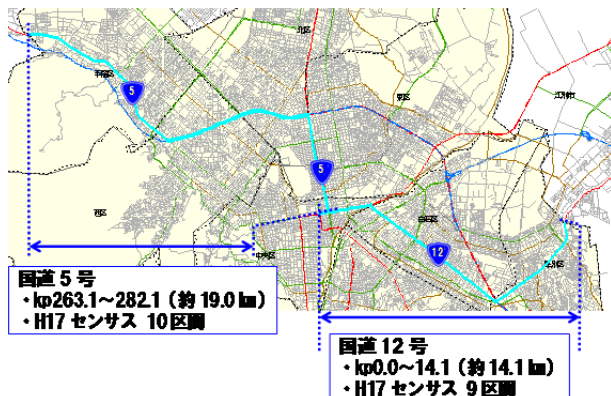
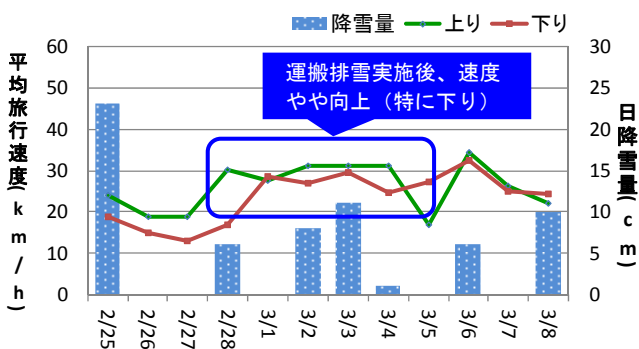


図-4 除雪事業の実施実態

具体的には、対象路線に関して、札幌道路事務所から借用した平成 24 年度道路維持除雪外一連工事の作業月報・日報等から「作業日・作業時間、作業区間、作業内容、作業量」を集計し、日毎の除排雪作業の実施状況を道路区間毎に整理した。さらに、道路区間毎の作業時間や作業量に各作業の単価を乗じて、除排雪作業費用³⁾の集計を行った。

除排雪作業等による平均旅行速度への影響を分析するため、国道 5 号・12 号の除排雪作業実施量とタクシープローブの日別平均旅行速度、日降雪量 (気



工種区分	上下区分	2月				3月			
		25	26	27	28	1	2	3	4
運搬排雪工	下り								
	上り								
一般除雪工	下り	←	←	←					
	上り	←	←	←					
附帯除雪工	下り	←	←	←					
	上り	←	←	←					
凍結防止剤散布工	下り	←	←	←	←	←	←	←	←
	上り	←	←	←	←	←	←	←	←

図-5 除雪事業の実施とプローブデータ (国道 12 号 : ○○区間)

象庁データ) をマッチングした。この結果、運搬排雪作業実施後に速度向上が向上した (図-5)。

3.2.2 除排雪作業等の費用便益分析

除排雪作業の実施データとタクシープローブデータを用い、札幌市内の国道 5 号及び国道 12 号を対象とし、除排雪作業の費用便益分析を下記により実施した。

(1) 費用便益分析の実施

$$BT = BT_O - BT_W \quad (1)$$

$$BT_i = \sum_l \sum_j (Q_{ijl} \times T_{ijl} \times \alpha_j) \quad (2)$$

ここで、

BT_i : 除雪事業 i の場合の総走行時間費用 (円)

Q_{ijl} : 除雪事業 i の場合の道路区間 l における車種 j の交通量 (台/日)

T_{ijl} : 除雪事業 i の場合の道路区間 l における車種 j の走行時間 (分)

α_j : 車種 j の時間価値原単位 (円/分・台)

i : W : 除雪事業あり, O : 除雪事業なし

j : 車種、 l : 道路区間

$$BR = BR_O - BR_W \quad (3)$$

$$BR_i = \sum_l \sum_j (Q_{ijl} \times L_l \times \beta_j) \quad (4)$$

ここで、

BR : 走行経費減少便益 (円)

BR_i : 除雪事業 i の場合の総走行経費 (円/年)

Q_{ijl} : 除雪事業 i の場合の道路区間 l における車種 j の交通量 (台/日)

L_l : 道路区間 l の延長 (km)

β_j : 車種 j の走行経費原単位 (円/台・km)

除排雪作業による効果 (便益) は、速度向上・走行時間短縮の効果を計上するため、「費用便益分析マニュアル⁴⁾ (国土交通省、平成 20 年 11 月)」に従って、除排雪作業無・有の走行時間短縮効果を算定した。対象としたのは、運搬排雪、一般除雪、附帯除雪、凍結防止剤散布の 4 工種であった。走行経費減少便益についても、走行速度に依存するため、除排雪作業無・有の走行速度から算定した。便益算定期間は、平成 24 年 12 月 1 日～平成 25 年 3 月 31 日までの 121 日間とした。各便益の算定に用いる交通量は、対象道路区間毎に、平成 22 年道路交通センサス⁵⁾の車種別交通量 (小型車・大型車の 2 車種)、平成 17 年道路交通センサスの車種比率により、4 車種 (乗用車、バス、小型貨物車、普通貨物車) の

交通量を設定した。費用については、除排雪作業実施の集計・整理結果を道路区間毎の除排雪作業費用（4工種）を適用した。

なお、除排雪作業の有り（with）と無し（without）の考え方であるが、一般除雪等は日々行われるため、除排雪作業無し（without）は、実際には存在しない。しかし、豪雪（連日の大雪等）によって、除排雪作業が間に合わない状況が生じた場合、この状況が「除排雪作業無し」に最も近い状況と仮定した。調査対象期間のうち、最も平均旅行速度が低下した日を除排雪作業無し（without）と仮定した。

本条件により、費用便益分析を実施した結果（表-1）、国道5号と国道12号の両路線を合わせたB/Cは、29.6と高くなり、除排雪作業の重要性が確認された。特に、全道路区間でプラスの便益が発生した国道12号は、路線全体のB/Cが40.4と非常に高くなった。

表-1 除排雪作業の費用便益分析結果

路線	ケース	総走行時間 費用 (百万円/ 121日)	総走行 経費 (百万円/ 121日)	便益【B】 (百万円/ 121日)	費用【C】 (百万円/ 121日)	費用 便益比 【B/C】
国道 5号	Without	9,628	1,142	2,549	123	20.7
	With	7,145	1,075			
国道 12号	Without	9,211	1,060	3,998	100	40.2
	With	5,328	945			
2路線 計	Without	18,839	2,201	6,547	223	29.4
	With	12,472	2,020			

3.3 タクシープローブデータを用いた時間信頼性の基礎分析

3.3.1 過年度タクシープローブデータの傾向整理

過去10年間のタクシープローブデータを用いて、気象データとの重ね合わせによる平均旅行速度の傾向について分析した。対象としたのは、国道5号と道道下手稲札幌線とした。

(1) 各年度の速度傾向整理

年度毎に平均旅行速度の中央値・最大値・最小値・75%タイル値及び25%タイル値を集計し、年度降雪量との比較分析を行った結果（図-6参照）、国道5号、道道下手稲札幌線、ともに、降雪量が多い年に平均旅行速度の各値が低くなり、少ない年に高くなる傾向が確認された。

また、冬期の国道5号（区間1003）と下手稲札幌線（区間6013）を比較すると、全体的に国道5号の方が高い傾向がある。最大値は、国道は概ね35km/h以上、道道は全て35km/h以下となった。中央

値では、国道は25~35km/h、道道は20~30km/hとなった。最小値では、国道は概ね20km/h以上、道道は概ね20km/h以下となった。冬期と通常期の比較では、全体的に通常期の方が速度は高く、道道下手稲札幌線は、特に冬期に平均旅行速度のばらつきが大きく、冬期の時間信頼性の低下が大きいと考えられる。

(2) 日降雪量毎の平均旅行速度の傾向整理

各路線の冬期（12~2月）の各日の平均旅行速度について、日降雪量毎にランク分けし、平均旅行速度の傾向を分析した（図-7参照）。

分析結果より、日降雪量が多いほど、平均旅行速度の中央値が低くなり、速度のばらつきが大きくなる傾向が確認された。

また、冬期の国道5号と道道下手稲札幌線を比較すると、全体的に国道5号の平均旅行速度が高い傾向にあり、日降雪量が0cm、1~5cmの方が顕著であった。速度のばらつきは、国道の方が大きくなった。

月別では、12月の日降雪量0cmの平均旅行速度は、日降雪量1~5cmよりも高くなっているが、1月、2月は概ね同程度である。1月、2月は、路肩の堆雪や路面凍結による影響で、日降雪量0cmであっても速度が低下していることが考えられる。

3.3.2 プローブカーデータを用いた時間信頼性の基礎分析

本分析は、既往研究^{6) 7)}を参考とし、時間信頼性指標は、95%タイル旅行時間を用いた下記の4指標とした。

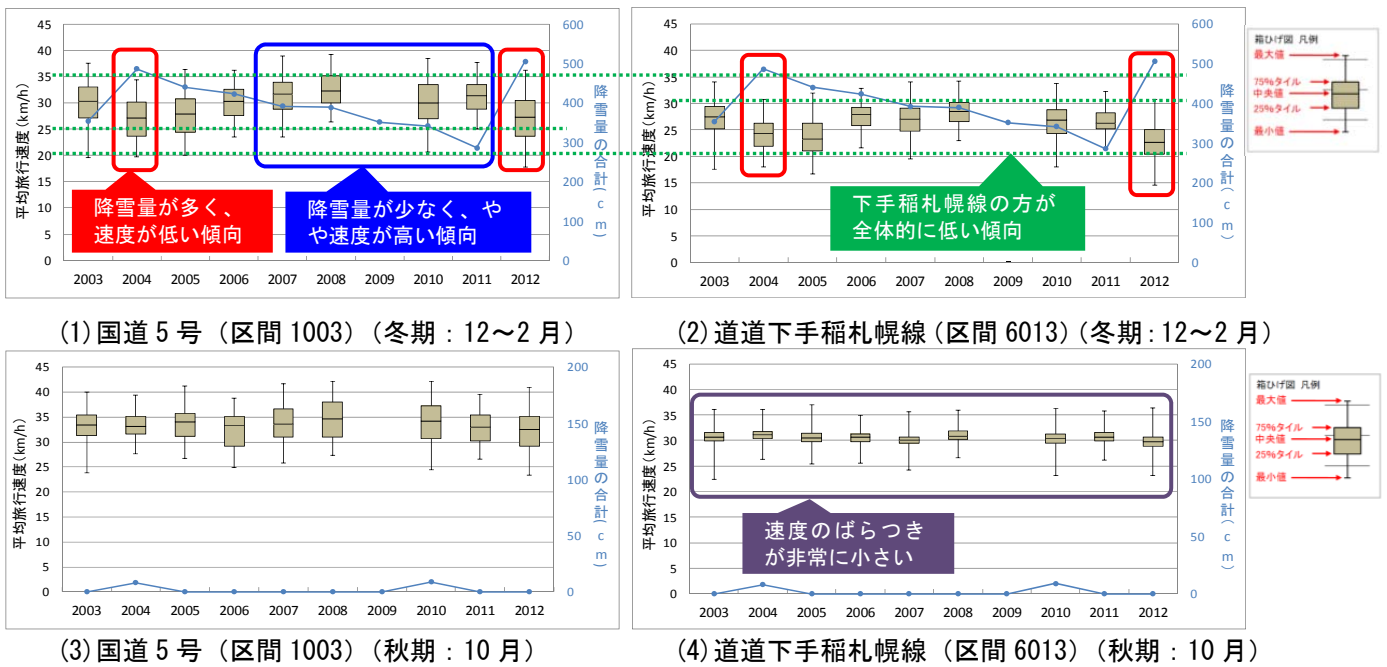
- PT (Planning Time) = 95%タイル旅行時間
- PTI (Planning Time Index) = PT / T_{min} (最小旅行時間)
- BT (Buffer Time) = $PT - T_{ave}$ (平均旅行時間)
- BTI (Buffer Time Index) = BT / T_{ave} (平均旅行時間)

時間信頼性の基礎的分析の試行として、国道5号（区間1003）と道道下手稲札幌線（区間6013）を対象として、過去10年間のタクシープローブデータにより「PT, PTI, BT, BTI」の4指標の算定を行った。

(1) 通常期と冬期の時間信頼性の違いの検証

通常期（10月）と厳冬期（12~2月）のそれぞれについて、過去10年のデータにより、路線毎に各時間信頼性指標値を算定した（表-2参照）。

PTI, BTIは、全般的に国道5号の方が高いが、



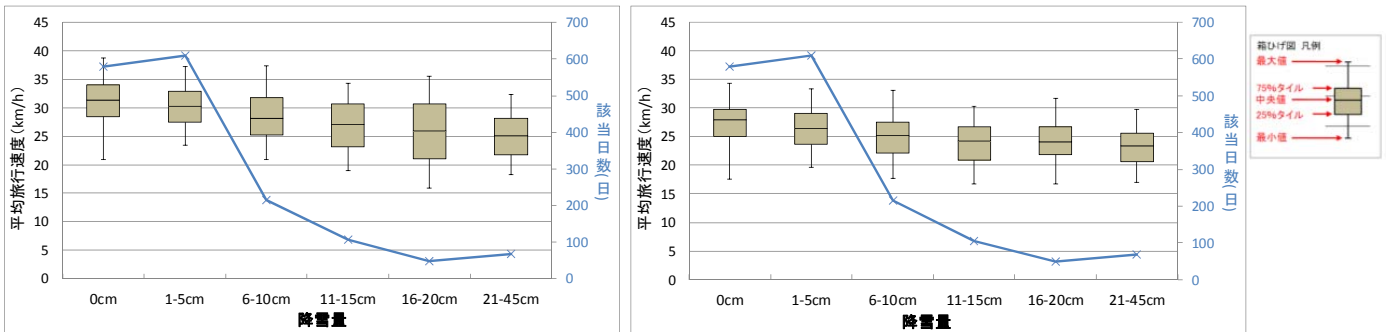
(1) 国道5号 (区間 1003) (冬期: 12~2月)

(2) 道道下手稲札幌線 (区間 6013) (冬期: 12~2月)

(3) 国道5号 (区間 1003) (秋期: 10月)

(4) 道道下手稲札幌線 (区間 6013) (秋期: 10月)

図-6 年度毎の昼間12時間平均旅行速度の推移 (国道5号、道道下手稲札幌線)
(注: 2009年度はデータなし)



(1) 国道5号 (区間 1003)

(2) 道道下手稲札幌線 (区間 6013)

図-7 日降雪量別の昼間12時間平均旅行速度 (国道5号、道道下手稲札幌線)

厳冬期と通常期の差は、下手稲札幌線の方が大きく、冬期の降雪・積雪による所要時間のばらつきが顕著であった。国道の方が除雪レベルは高く、通常期と厳冬期の差が小さくなっていると考えられる。

表-2 通常期と冬期の時間信頼性指標値

路線	センサ区間	季節	上下線	PT (秒)	PTI	BT (秒)	BTI	Tmin (秒)	Tave (秒)
国道5号	1003	厳冬期 (12~2月)	上り線	160	1.89	46.3	0.41	84.4	113.5
			下り線	150	1.96	43.8	0.41	76.2	105.8
			上下線計	155	2.04	45.7	0.42	76.2	109.5
		通常期 (10月)	上り線	142	1.82	38.5	0.37	78.1	103.6
			下り線	114	1.61	21.4	0.23	70.9	92.9
			上下線計	131	1.84	32.7	0.33	70.9	97.9
下手稲通	6013	厳冬期 (12~2月)	上り線	850	1.74	211.8	0.33	487.1	638.1
			下り線	917	1.83	249.1	0.37	499.6	667.6
			上下線計	886	1.82	233.8	0.36	487.1	652.5
		通常期 (10月)	上り線	585	1.21	39.8	0.07	483.4	545.7
			下り線	598	1.19	37.7	0.07	502.1	560.1
			上下線計	594	1.23	40.9	0.07	483.4	552.8

(2) 豪雪による時間信頼性への影響の検証

厳冬期 (12~2月) の過去10年のデータを用いて、日降雪量区別に、路線毎の各時間信頼性指標値を算定した (表-3 参照)。

表-3 日降雪量区別の時間信頼性指標値

路線	センサ区間	日降雪量区分	PT (秒)	PTI	BT (秒)	BTI	Tmin (秒)	Tave (秒)	該当日数 (デー数)
国道5号	1003	0cm	141	1.85	36.5	0.35	76.2	104.4	580
		1-5cm	147	1.99	39.2	0.36	74.0	108.0	610
		6-10cm	162	1.97	47.8	0.42	82.2	114.5	214
		11-15cm	179	2.30	59.0	0.49	78.1	120.3	106
		16-20cm	190	2.05	64.9	0.52	92.8	125.2	48
		21-45cm	212	2.26	81.6	0.62	93.9	130.8	68
下手稲通	6013	0cm	814	1.75	192.0	0.31	464.8	621.9	580
		1-5cm	910	1.84	258.7	0.40	493.3	651.0	610
		6-10cm	945	1.86	259.2	0.38	508.1	686.0	214
		11-15cm	939	2.02	226.3	0.32	464.8	712.4	106
		16-20cm	959	1.81	254.2	0.36	530.4	705.0	48
		21-45cm	929	1.58	201.2	0.28	589.5	727.7	68

国道5号では、降雪量が多いほど、PTI、BTIが大きくなっており、降雪による時間信頼性の低下が顕著であった。他方、道道下手稲札幌線では、日降雪量に関わらず、PTI、BTIが高い傾向にあることが分かった。これは、冬期には、気象に関わらず、片側1車線がほぼ堆雪空間として利用されている影響があり、日降雪量の差が出なかったと考えられる。

5. まとめ

(1) 冬期都市道路の走行性

平成25年10月～平成26年3月に札幌市内で取得されたタクシープローブデータを活用し、冬期都市道路の走行性を調査したところ、12月～2月に亘り、降雪やすべりやすい圧雪路面の発生に伴い、通常期と比べて平均旅行速度が低下した。国道5号と道道下手稲札幌線（札幌市管理）を比較すると、道道の方が冬期の平均旅行速度の低下度合いが大きかった。

(2) 冬期除雪事業の費用便益分析の試行

平成24年12月～平成25年3月にタクシープローブデータにより得られた道路区間の平均旅行速度と除排雪作業実施の集計データをマッチングさせて、冬期除雪事業の費用便益分析を試行した。対象便益は、走行時間短縮便益と走行経費減少便益とした。対象除雪事業は、運搬排雪、一般除雪、附帯除雪、凍結防止剤散布の4工種であった。国道5号と12号の除排雪作業の費用便益分析の結果、除排雪作業の実施により10を超えるB/Cが確認された。

(3) タクシープローブデータを用いた時間信頼性の基礎分析

本研究では、過去10年間に取得したタクシープローブデータを活用し、一般的な時間信頼性指標である「PT (Planning Time)」、「PTI (Planning Time Index)」、「BT (Buffer Time)」、「BTI (Buffer Time

Index)」の試算を行った。一般国道5号は、通常期（10月）と厳冬期（12～2月）のPTIの差は小さかった。他方、道道下手稲札幌線（札幌市管理）は、通常期（10月）のPTI1.23に対し、厳冬期（12～2月）は1.60と大きく拡大した。すなわち、冬期の区間旅行時間は、通常期よりも大きくなっていることを表している。また、冬期交通に関する時間信頼性分析の深度化のため、更なる時間信頼性指標による評価も必要と考えられる。

参考文献

- 1) Kazunori Munehiro, et al.; Approach to Optimization of Winter Road Management Operation by Taxi Probe Data, Proceedings of 92nd TRB Annual Meeting, Washington D.C., January 2012
- 2) 気象庁；気象庁の各種データ・資料、<http://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html>、2014年
- 3) 国土交通省；土木工事標準歩掛平成20年度版、2008年
- 4) 国土交通省道路 都市・地域整備局；費用便益分析マニュアル、2008年11月
- 5) 国土交通省；平成22年度 全国道路・街路交通情勢調査（道路交通センサス）、一般交通量調査 集計表、<http://www.mlit.go.jp/road/census/h22-1/>、2012年
- 6) 若林 拓史；各種旅行時間信頼性指標の比較と課題、第37回土木計画学研究発表会・講演集、2008年6月
- 7) 橋本 浩良、外；時間信頼性指標を用いた全国の交通円滑性評価、第37回土木計画学研究発表会・講演集、2008年6月

STUDY ON MOBILITY EVALATION AND SNOW REMOVAL LEVEL OF URBAN ROAD USING PROBE- CAR DATA

Budget: Grants for operating expenses

General account

Research Period: FY2011-2013

Research Team: Traffic Engineering Research Team

ISHIDA Tateki,

TAKAHASHI Naoto,

MUNEHIRO Kazunori,

TAKADA Tetsuya,

KAGEYAMA Hiroyuki

Abstract: The taxi probe data traveling in Sapporo city, this study was to measure the travel speed and travel time of road section. The matching is performed with the snow removal, snow disposal amount of work in winter, it was cost-benefit analysis of the snow removal business winter. Result of the cost-benefit analysis of the national highway snow disposal work of fiscal 2012, the survey interval, B / C of more than 10 generally has been calculated. Using taxi probe data of the past 10 years, we examined the time reliability of travel time winter. There was no almost varies from about 1.8 time reliability index PTI of summer and winter, but the national highway, PTI of prefectural road was expanded compared to approximately 1.2 summer, winter and about 1.8.

Key word: Probe data, snow removal business, travel speed, cost-benefit analysis, time reliability