

札幌市内タクシープローブデータに基づく冬期道路の信頼性評価について

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 寒地交通チーム ○宗広 一徳
同上 影山 裕幸
同上 石田 樹

冬期道路では、日々の路面や気象条件により、旅行時間の変動が大きくなるが、従来一元的な実走行調査が主として行われてきた。これに対し、豊富なデータにより冬期道路の円滑性を評価することが求められている。本研究は、札幌市内で過去10年間に亘り取得したタクシープローブデータに基づく冬期道路の信頼性評価の結果を報告する。時間信頼性指標として、95パーセントイル旅行時間を用いた指標を利用した。評価対象とした道路区間では、日降雪量に従って、厳冬の時間信頼性が低下し、PT (Planning Time) やBT(Buffer Time)が大きくなった。

キーワード：旅行時間、時間信頼性、日降雪量、プローブデータ

1. はじめに

積雪寒冷地では、降雪、積雪及び雪氷路面の出現による道路状況の悪化に伴い、冬期の旅行時間が夏期よりも大きくなる。特に、冬期においては、その日の降雪量や除雪作業のレベルや実施の有無により、旅行時間は変動する。しかし、これまで冬期道路交通センサス実施¹⁾、²⁾による平均旅行速度の算出など、主として一元的な実走行調査が行われてきたため、十分なデータとして示されてこなかった。

そこで、旅行速度や旅行時間のばらつきを評価する時間信頼性の考え方³⁾、⁴⁾を用いた冬期道路の円滑性の評価が求められている。時間信頼性は、「旅行時間の日々の変動」と定義される。時間信頼性を求めるためには、豊富な基礎データの取得が求められる。

寒地土木研究所では、2001年度(平成13年度)以降、札幌市内を走行するタクシー会社と連携し、タクシー会社が所有するタクシー車両115台の運行管理用のGPSデータを基礎とするタクシープローブ調査を実施してきた。これは、豊富なデータにより冬期道路の円滑性を評価し、道路管理者による適切な冬期除雪作業の実施、そして道路利用者への円滑な道路サービスの提供に資することを目指して取り組んだものである。これまでに、年間の平均旅行速度の推移、無雪期と積雪期の面的な交通評価⁵⁾、冬期除排雪の便益分析⁶⁾などの評価分析に活用してきた。

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及び時間信頼性指標の活用により、札幌市内の道路の円滑性評価を行った。本研究の目的は、次の2つである。

- ① 過去10年間に亘る札幌市内道路の円滑性について日々の変動を把握する。
- ② 国道区間と道道区間を事例とし、冬期の日降雪量別の時間信頼性を示す。

2 タクシープローブデータの取得

本研究で取得した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、方向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「プローブ分析システム」のデータベース(SQLite形式)に記録されている。SQLiteは、パブリックドメイン(公有)の軽量なデータ分析管理システムである。「プローブ分析システム」の地図表示や分析などの機能については、地理情報システム(GIS)としてArcGIS 10.2 (Esri社)により構築した(図-1)。「プローブ分析システム」により、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)、気象データ⁷⁾などの条件設定により、平均旅行速度等を算出できる。なお、「プローブ分析システム」の初版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拠っている。



図-1 「プローブ分析システム」の画面表示

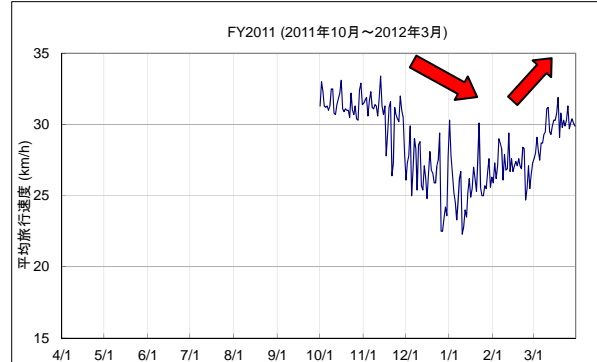
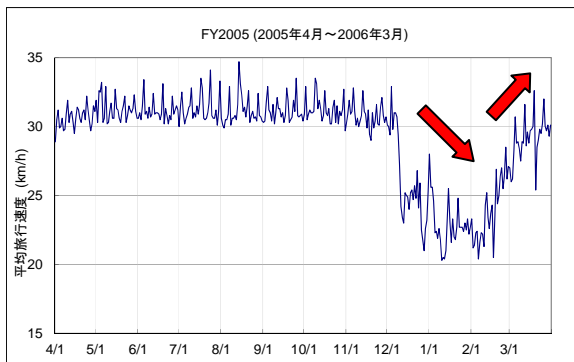
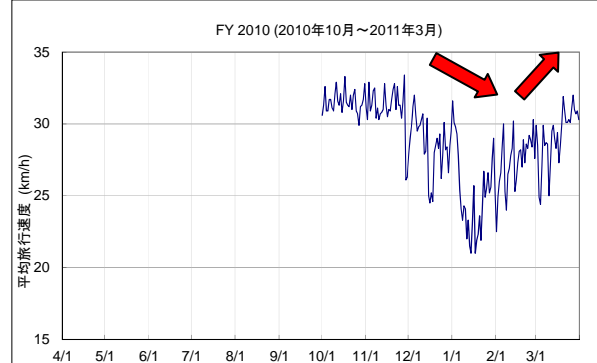
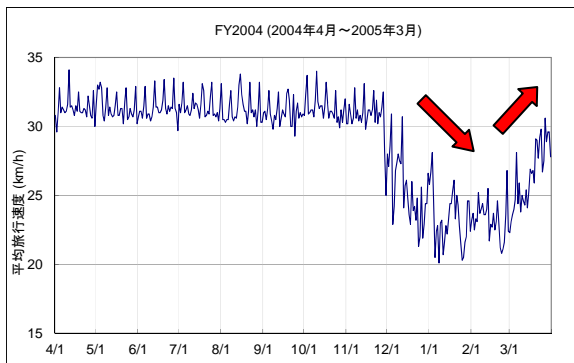
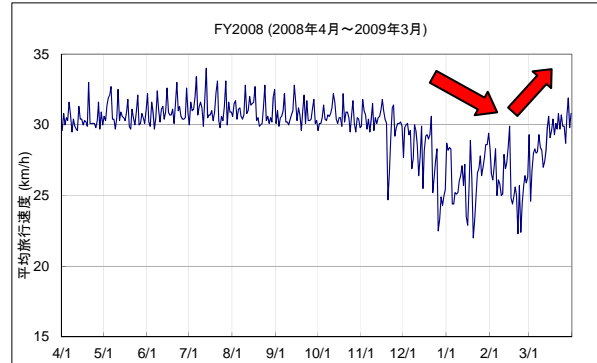
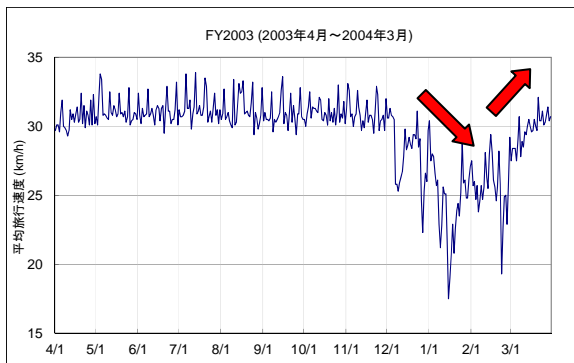
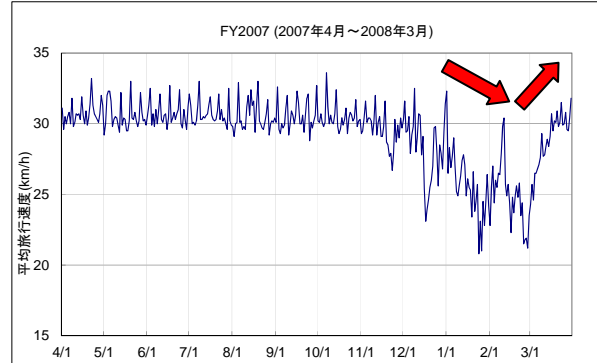
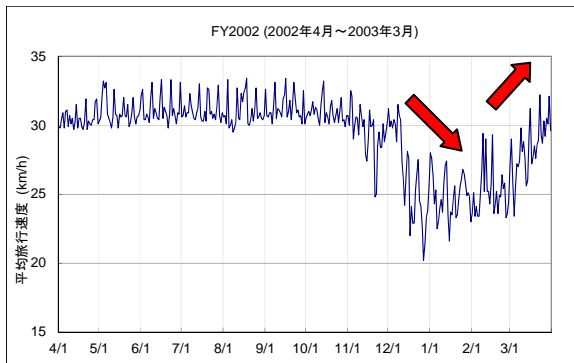
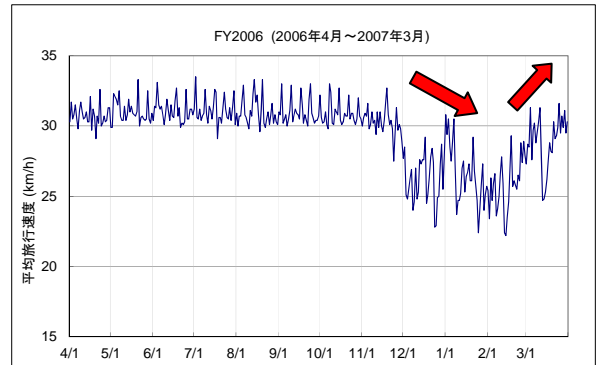
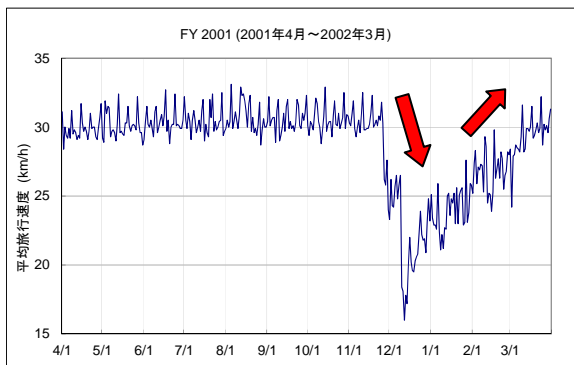
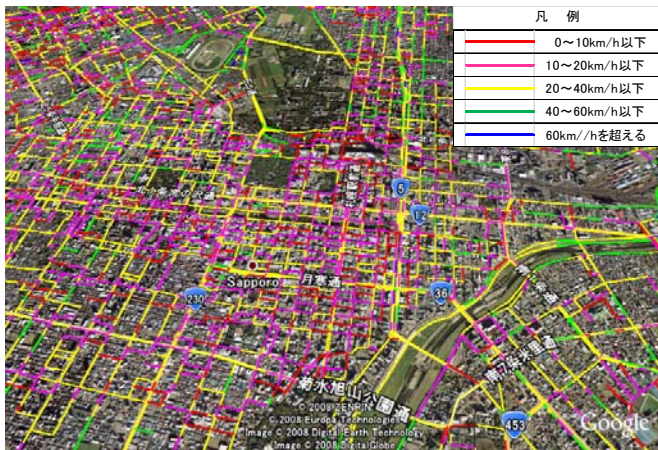


図-2 札幌市内道路の昼間12時間平均旅行速度の推移 (2001年度～2011年度)



(1) 秋期・乾燥路面時 (2003年10月1日)



(2) 冬期・圧雪路面時 (2004年1月15日)

図-3 昼間12時間平均旅行速度の2D表示

図-2は、過去10年間(2001年度～2011年度)に取得したタクシープローブデータを基礎として札幌市内道路全体の平均旅行速度の推移を示している。道路種別としては、国道、道道、市道を含んでいる。なお、2009年度はタクシー会社所有のタクシー車両の車載GPSの更新時期となり、データは一切取得できていない。また、2010年度及び2011年度は、秋期から冬期に至る道路交通の円滑性の変動把握に特化するため、半年間(10月～3月)のデータ取得・購入に限定した。図-2によれば、札幌市内道路全体の日々の昼間12時間平均旅行速度の変動を把握することができた。例年、降雪が観測される12月初旬から、平均旅行速度は低下した。降雪が多くなる日は、平均旅行速度が顕著に低くなった。また、雪融けが進む3月以降は平均旅行速度は向上した。

図-3は、秋期・乾燥路面時と冬期・圧雪路面時の昼間12時間平均旅行速度の算出結果を「プローブ分析システム」のGIS地図上で面的(2D)に示したものである。秋期には、平均旅行速度20km/h以下となるのは、札幌駅を中心とする札幌都心エリアなどが中心である。しかし、冬期・圧雪路面時には、札幌市全体が平均旅行速度20km/h以下に拡大している。なお、図-3の冬期の観測日である2004年1月15日は、日降雪量20cmを記録した。「プローブ分析システム」により、過去10年間に取得したデータを基に、路線、道路区間、時間帯などの条件設定毎による平均旅行速度算出結果を図化することができる。

3. 時間信頼性指標による分析方法

3.1 対象区間

国道及び道道(札幌市管理)の各1区間を対象とし、時間信頼性分析の対象区間とした。道路横断面構成は、両区間ともに、片側2車線、両側4車線の道路である。

1) 一般国道5号/宮の沢

・延長: $L=0.8\text{km}$

・区間: 1003 (H17 センサス区間)

起点～札幌市西区宮の沢1条5丁目

終点～札幌市西区宮の沢1条3丁目

2) 道道下手稲札幌線(下手稲通) / 発寒

・延長: $L=4.7\text{km}$

・区間: 6013 (H17 センサス区間)

起点～札幌市手稲区前田6条10丁目

終点～札幌市西区発寒14条2丁目

対象区間の位置図は、図-4に示す通りである。この2区間を選んだ理由は、第一にプローブデータを豊富に所得できており、日々の時間信頼性検討に十分であったこと、第二に並行区間に位置しており、分析結果を国道と道道(札幌市管理)の冬期円滑性や冬期除雪管理の検討の基礎資料として活用できると考えたからである。



図-4 分析対象区間の位置

3.2 時間信頼性指標の算定方法

上記対象区間について、平均旅行時間、時間信頼性指標を算定し、データ集計・整理した。算定条件は以下の通りである。

1) 抽出条件: 対象道路区間の上下方向別

2) 時間帯: 昼間12時間(7時～19時)

3) データ取得期間

厳冬期: 12～2月の毎日、10年間

通常期: 10月の毎日、10年間

4) 時間信頼性指標 (BT、BTI) : 95%タイル値を採用した。基本となる旅行時間は、「プローブ分析システム」により集計した昼間12時間の平均値の1日分とした。これは、日降雪量や路面などその日の道路条件によって、旅行速度と旅行時間が変動するからである。この1日の集計値が厳冬期(12~2月)の場合、3ヶ月間の10年間で902存在する。通常期(10月)の場合、1ヶ月間の10年間で310存在する。この1日毎の旅行時間の集計値を基に、時間信頼性指標を以下の計算式により求めた。

- 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)

4. 時間信頼性指標による分析結果

4.1 通常期(秋期)と厳冬期の時間信頼性

通常期(10月)と厳冬期(12~2月)のそれぞれについて、過去10年間の1日の集計値を基本とし、対象区間の上りと下り方向別に各時間信頼性指標値のPT、PTI、BT、BTIを算定した(表-1)。図-5並びに図-6は、国道5号と道道下手稲札幌線(下手稲通)の対象区間について、旅行時間をグラフ化したものである。時間信頼性指標値から、以下の傾向が見られた。

- 1) 国道5号において、通常期(10月)と厳冬期(12~2月)の旅行時間を比較すると、厳冬期のPTは155(秒)となり、通常期のPTの131(秒)と比べて増加するものの、その変化は比較的少なかった。
- 2) 下手稲通において、通常期(10月)と厳冬期(12~2月)の旅行時間を比較すると、厳冬期のPTは886(秒)となり、通常期の594(秒)と比べて、大きく増加した。同様に、Tave(平均旅行時間)は約100(秒)増加するが、Tmin(最小旅行時間)はほとんど変化がなかった。
- 3) 国道5号のPTIは通常期で1.84、厳冬期で2.04と、厳冬期にはやや高くなった。同様に、BTIは0.33から0.42へと、厳冬期にはやや高くなった。下手稲通のPTIは通常期で1.23、厳冬期で1.82と、厳冬期には大幅に高くなった。同様に、BTIは0.07から0.36へと、厳冬期には大幅に高くなった。
- 4) PTI並びにBTIについて、国道5号と下手稲通を比較すると、下手稲通の方が国道5号よりも、厳冬期に両指標が大幅に高くなる傾向が示された。これは、冬期の降雪、積雪、路面などの道路条件の変化に伴う旅行時間のばらつきが大きいことを示している。国道、及び札幌市管理の道道による冬期

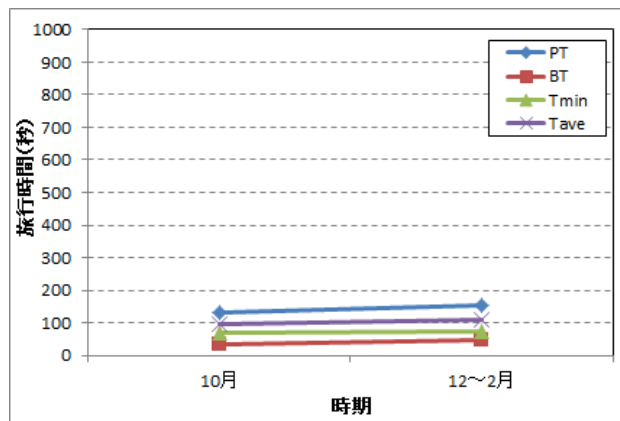


図-5 旅行時間(国道5号:区間1003、上下線計)

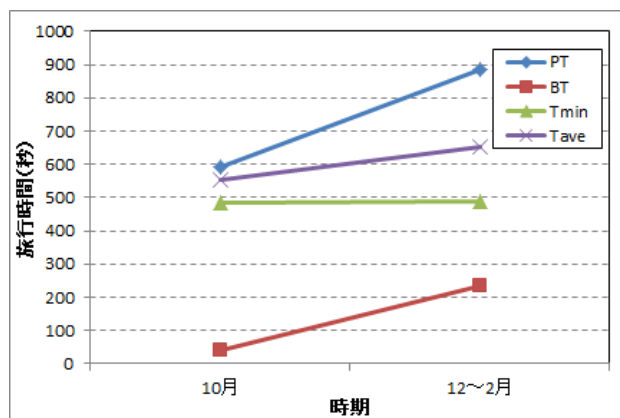


図-6 旅行時間(下手稲通:区間6013、上下線計)

表-1 通常期と厳冬期の時間信頼性指標値

路線	センサス区間	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

除雪レベルの違いが、旅行時間の変動として表れた結果と考えられる。

4.2 日降雪量別の時間信頼性

厳冬期(12~2月)の過去10年間の1日の集計値を基本とし、対象区間における日降雪量別の各時間信頼性指標値のPT、PTI、BT、BTIを算定した(表-2)。図-7並びに図-8は、対象区間の国道5号と道道下手稲札幌線(下手稲通)について、旅行時間をグラフ化したものである。なお、日降雪量のデータは、気象庁による気象の各種データを用いた。日降雪量を0cm、1~5cm、6~10cm、11~15cm、16~20cm、21~45cmの6段階に階層

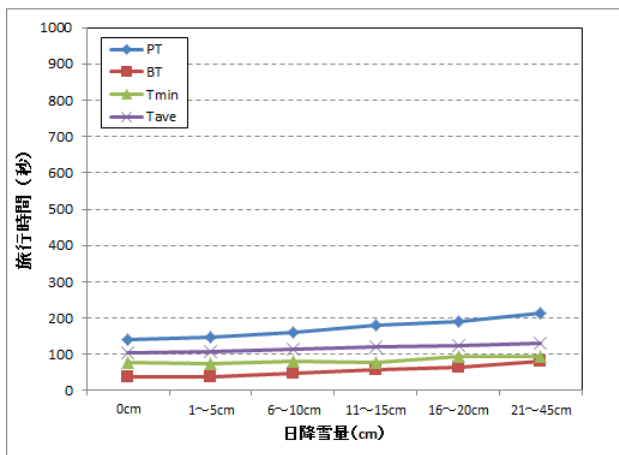


図-7 旅行時間 (国道5号：区間1003、上下線計)

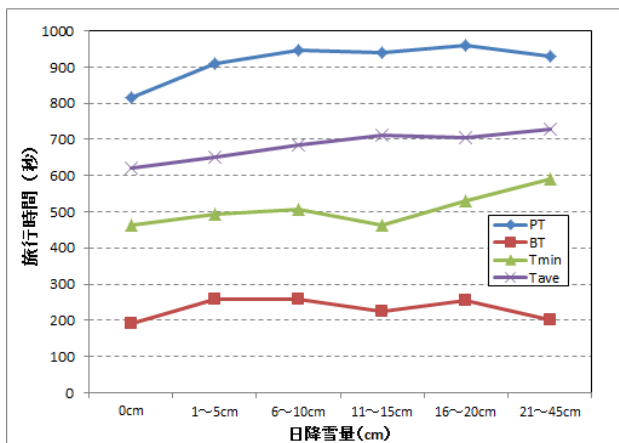


図-8 旅行時間 (下手稲通：区間6013、上下線計)

表-2 日降雪量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 (デー々数)
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

化し、時間信頼性指標を算定した。時間信頼性指標値から、以下の傾向が見られた。

- 1) 国道5号においては、日降雪量の階層別にPTを見てみると、日降雪量が、0cm、1~5cm、6~10cm、11~15cm、16~20cm、21~45cmと大きくなるに伴い、PTもだんだんと大きくなる傾向が見られた。Tave (平均旅行時間) と Tmin (最小旅行時間) も、日降雪量に伴い、少しずつ大きくなった。
- 2) 下手稲通では、日降雪量の階層別にPTを見てみると、日降雪量が0cmから1~5cm、6~10cmまでは、PTは大きくなった。しかし、日降雪量11cmを超えるとPTは横ばいであった。Tave (平均旅行時間) は、

日降雪量に伴い、やや大きくなった。Tmin (最小旅行時間) は、日降雪量0cmから1~5cm、6~10cm、11~15cmまでは横ばいであった。日降雪量が16~20cm、21~45cmでは、再び、Tminは大きくなった。

3) 国道5号のPTIは、日降雪量0cmから1~5cm、6~10cmまで2未満であった。日降雪量11cmを超えると、PTIは2を超えた。同様にBTIは、日降雪量0cmから1~5cm、6~10cm、11~15cmまでは0.5未満であった。日降雪量が16cm以上になると、BTIは0.5を超えた。

4) 下手稲通のPTIは、日降雪量0cmから1~5cm、6~10cmまで2未満であった。日降雪量11~15cmではPTIは2を超えた。日降雪量16~20cmのときのPTIは1.81、21~45cmでは1.58と減少した。同様にBTIは、日降雪量1~5cmのときに最大の0.40となった。他方、日降雪量6~10cm、11~15cm、16~20cm、21~45cmでは0.4未満となり、減少傾向を示した。

新雪除雪の出動基準は、国道が「5~10cm程度の降雪量に達し、さらに降雪が続くことが予想される等、道路交通に支障をきたすおそれがある場合」、道道が「原則、降雪量が10cmを超える場合」である。国道5号の時間信頼性指標値の結果から、日降雪量6cm以上でPTとBTが増加しているが、その増加度合は大きくはない。これは、新雪除雪作業の実施による効果が発揮されたものと考えられる。同様に、下手稲通の時間信頼性指標値の結果から、日降雪量が11cm以上のときPTとBTが横ばいになったのは、除雪車の出動による除雪作業の効果が発揮された結果と考えられる。



写真-1 除雪トラックの出動

5. おわりに

本研究により、以下のことが明らかになった。

(1) 過去10年間の札幌市内道路の円滑性

札幌市内道路全体 (国道、道道、市道を含む) で取得されたタクシー車両115台のプロープデータを基礎とし、寒地土木研究所が保有する「プロープ分析システム」の活用により、2001年度~2011年度までの毎日の昼間12時間平均

旅行速度の変動について明らかにした。例年12～2月の厳冬期に平均旅行速度が大きく低下した。また、厳冬期の日々の気象条件（降雪量、路面）により、平均旅行速度は大きく変動した。

(2) 国道区間と道道区間を対象とした冬期の日降雪量別の時間信頼性

過去 10 年間に取得したタクシープローブデータを基礎とした「プローブ分析システム」による集計値をもとに、対象区間である国道 5 号と道道下手稲札幌線（下手稲通）において、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)」を算定した。厳冬期 (12～2 月) には、日降雪量の増加に伴い、時間信頼性は低下し、国道及び道道ともに PT と BT が増加した。国道の場合、日降雪量 6cm 以上になっても PT と BT は、横ばいか、少し増加した。しかし、道道では日降雪量 0cm、1～5cm、6～10cm では PT が大きくなるが、日降雪量 11cm 以上では横ばいとなった。これは、除雪車の出動による除雪作業の実施の効果が発揮された結果と考察できる。

過去 10 年間に取得した豊富なプローブデータを活用し、冬期道路交通の円滑性や時間信頼性を分析評価することは、たいへん有効である。近年ビッグデータによる道路交通分析の取り組みが関係機関により着手されているが、当所が実施してきたプローブ分析の知見も貢献できる。今後、冬期交通に関する時間信頼性分析の深度化をさらに進めていく所存である。

謝辞

本研究に際し、タクシープローブデータの取得に際しては、東邦交通(株)からの多大なる協力を賜った。また、札幌開発建設部札幌道路事務所及び札幌市からは、冬期道路管理に関する資料提供などの協力と助言を得た。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 北海道開発局道路計画課：平成17年度全国道路交通情勢調査（道路交通センサス）、一般交通量調査箇所別基本表
- 2) 北海道開発局道路計画課：平成17年度冬期道路交通実態調査、基本集計表
- 3) 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
- 4) 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
- 5) 宗広 一徳、他；冬期道路交通評価へのタクシープローブデータの活用 ～札幌市における事例～、北海道開発土木研究所月報 No.612、2006年1月
- 6) Kazunori Munehiro, et al.; Approach to

Kazunori Munehiro, Hiroyuki Kageyama, Tateki Ishida

Optimization of Winter Road Management Operation by Taxi Probe Data, Proceedings of 92nd TRB Annual Meeting, Washington D.C., January 2012

- 7) 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
- 8) 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