

冬期雪害に伴う都市の道路交通機能低下の損失 及び対策の効果分析に関する研究

An Analysis of Depression in Urban Traffic Performance that Occurs from Winter Disaster and Impact of Winter Maintenance

高橋尚人*, 宗広一徳*, 徳永ロベルト*

Naoto Takahashi, Kazunori Munehiro and Roberto Tokunaga

* (独) 土木研究所寒地土木研究所 (〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34)

In snowy, cold region, dropping temperature and snow accumulation during wintertime lead to snow disaster such as avalanche, deterioration in urban function and traffic performance. If it is not extraordinary heavy snowfall that causes human suffering and cutting off the lifeline, the winter weather situations worsen roadway conditions. As a result, the loss associated with travel speed lowering causes.

In order to assess the loss on lessening traffic performance due to snow disaster, the research conducts Taxi-Probe survey. The research method can measure the travel speed throughout the city and at all time of the year. Furthermore, the research analyzed the benefit of the snow removal operations.

Key Words: Snow disaster, Taxi-Probe, Loss

キーワード: 冬期雪害, タクシープローブ, 損失

1. はじめに

積雪寒冷な地域では、冬期の気温低下や降雪・積雪による雪崩災害や、都市機能の低下及び交通の阻害などの雪害が毎年発生している。その度合いが甚だしい場合は、人的被害やライフラインの切断などの著しい被害を及ぼす場合がある。気象庁が「平成18年豪雪」と命名した平成17年度冬期の大雪では、気象庁が積雪を観測している339地点のうち23地点で積雪の最大記録を更新し、人的被害、住家被害は、死者・行方不明者152人、負傷者2,145人、住家の全壊18棟、半壊28棟、一部破損4,667棟と甚大な被害が生じた^{1), 2)}。

しかし、豪雪による人的被害など直接的な被害に至らなくとも、毎年、冬期間には道路幅員の減少や凍結路面の発生によって走行環境が悪化し、道路交通機能の低下に伴う損失が発生している。このような冬期雪害の特徴は、影響が冬期間に亘り、かつ、広域に及ぶことがあげられる。冬期雪害による被害を評価するためには、長期間に亘り、広域的な交通特性の変化を把握することが必要となる。

そこで本研究では、札幌市内を走行するタクシー115台をプローブカーとして、年間を通じた札幌市域の幹線道路の旅行速度変化から冬期雪害による道路交通機能低

下の損失の算定を試みた。さらに、道路交通機能確保のため実施された除排雪作業の便益を算定した。

2. 研究の手法について

2.1 既往研究のレビュー

冬期旅行速度低下の計測に関する研究では、一定期間、対象路線で旅行速度を計測し、分析するのが一般的である。代表的な旅行速度調査では、全国道路交通情勢調査(道路交通センサス)³⁾があり、北海道では冬期における道路状況の変化等を把握するために冬期道路交通実態調査(冬期道路交通センサス)⁴⁾を実施している。浅野ら⁵⁾は、これら調査結果からスパイクタイヤ規制前後の旅行速度の変化を求めている。数年に一度、定期的を実施されるため、旅行速度の経年的変化を捉えるのに有効な調査手法だが、調査日数・調査対象路線に限られる。

吾田ら⁶⁾は、一定の時間間隔で撮影された航空写真に写った車両の位置変化から旅行速度を算出し、冬期間には広範囲で旅行速度が低下していることを示した。広域的に旅行速度を捉えることが可能な手法であるが、航空写真が撮影可能な天候時の、ごく短時間での旅行速度の計算であるため、冬期間に亘る交通特性の変化を評価するには至っていない。

2.2 タクシープローブについて

本研究で用いるタクシープローブについて説明する。プローブカーとは、GPS等を搭載し、位置情報・走行速度情報等のデータを取得することができる車両を指す。自動車を移動体の交通モニタリング装置と捉え、走行しながら旅行速度等の調査を行うものである。

“タクシープローブ”とは、筆者らが札幌市内のタクシー会社の協力を得て行っているプローブカー調査である。GPSを搭載したタクシーの台数は115台で、日走行距離は約4万Kmに及び、5秒間隔でメモリーカードに記録されたデータが日々蓄積される(表-1, 図-1)。

タクシーは、日々・昼夜の別なく様々な路線を走行するため、様々な路線の様々な日時の旅行速度が把握可能である。札幌市域における冬期間に亘る旅行速度の変動が捉えることが可能な調査手法として、本研究で用いることとした。

表-1 タクシープローブの概要

タクシー台数	115台
日走行距離	約4万km
データ項目	日付, 時刻(秒単位まで) 位置(緯度・経度) ※5秒間隔で記録

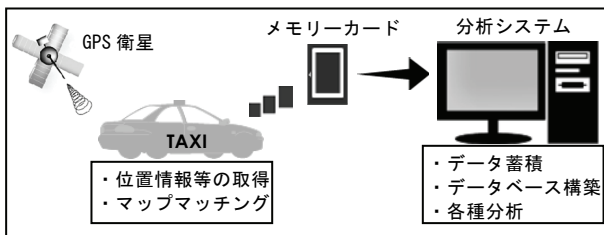


図-1 タクシープローブのシステム構成

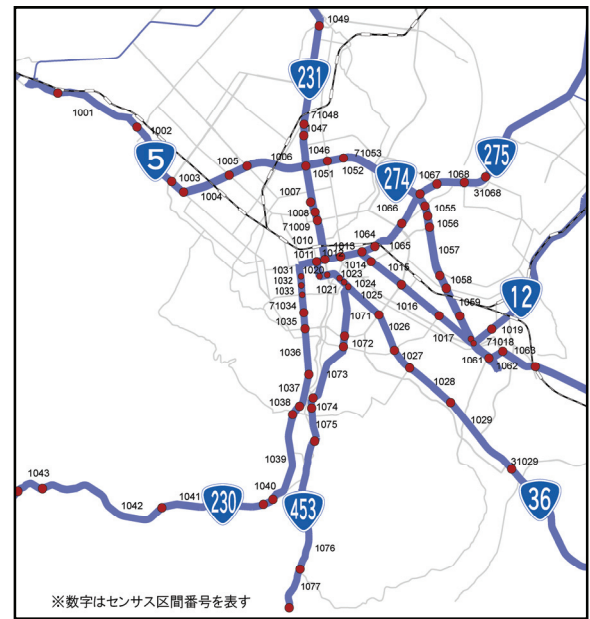


図-2 対象路線図

3.2 対象期間の選定

本研究では、平成19年度冬期(平成19年12月~平成20年3月)を対象期間とした。平年値(1971年~2000年)と比較すると、3月が温暖で雪が少なかったが、概ね平年並みの気温と雪が観測された冬であった(表-3)。

表-3 平成19年度冬期の気象概況

	平均気温(°C)		最高気温(°C)		最低気温(°C)		雪日数(日)		降雪深計(cm)		最深積雪(cm)	
	H19	平年値	H19	平年値	H19	平年値	H19	平年値	H19	平年値	H19	平年値
12月	-0.6	-1.0	1.9	2.1	-3.0	-4.4	30	26	63	137	30	44
1月	-4.3	-4.1	-1.8	-0.9	-6.9	-7.7	30	28	184	182	91	73
2月	-3.4	-3.5	0.0	-0.3	-7.5	-7.2	24	25	145	154	106	98
3月	3.3	0.1	7.0	3.5	-0.2	-3.5	8	23	21	106	95	81

資料:札幌管区気象台

3. 対象路線及び対象期間の選定

3.1 対象地域・路線の選定

本研究では、札幌市内全域に亘る影響を把握するため、札幌市内を通過する一般国道の8路線(L=146.3km)を対象路線とした。表-2, 図-2に、本研究の対象路線及び道路交通センサスにおける対象路線の調査区間(以下、「センサス区間」という)とその延長を示す。

表-2 対象路線の道路延長

路線名	上段:センサス区間番号/下段:道路延長															延長計	
	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	71009	1010							
一般国道5号	4.3	3.1	0.8	2.4	1.0	3.0	1.2	1.0	0.4	1.8						19.0	
一般国道12号	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	71018	1019							14.1	
一般国道36号	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029						13.9	
一般国道230号	1030	1031	1032	1033	71034	1035	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1044	1045	45.3
一般国道231号	1046	1047	71048	1049	1050	31050											7.0
一般国道274号	1051	1052	71053	1054	1055	1056	1057	71058	1059	1060	1061	1062	1063				17.2
一般国道275号	1064	1065	1066	1067	1068	31068											7.5
一般国道453号	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077										21.7

4. 冬期雪害による道路交通機能低下の損失の算定

4.1 道路交通機能低下の損失の算定方法

本研究では、冬期雪害による旅行速度の低下によって生じる損失の算定方法として、国土交通省が道路行政マネジメントにおけるアウトカム指標の一つとする「道路渋滞による損失時間」の算出方法を用いた(式(1))⁷⁾。

$$T_L = \sum \left(\frac{L_S}{V} - \frac{L_S}{V_{STD}} \right) \times Q_S \times N_{Ave} \quad (1)$$

L_S : 区間距離 (km)

V : 旅行速度 (km/h)

V_{STD} : 基準旅行速度 (km/h)

Q_S : 区間交通量 (台)

N_{Ave} : 平均乗車人数 (人/台)

L_S には各センサ区間の延長, V に冬期旅行速度, V_{STD} に夏期 (4月から11月まで) 平均旅行速度, Q_S にセンサ区間の交通量を適用する. N_{Ave} には, 乗用車 1.3 人, バス 17.6 人, 小型貨物車 1.2 人, 普通貨物車 1.2 人を用いることとする⁸⁾.

4.2 損失の算定結果

4.2.1 旅行速度の推移

タクシープローブデータを用い, 対象路線の平均旅行速度の推移を求める. データ数は路線によって大きく異なるが, データ数の最も少ない一般国道 275 号でも一月で 1,500 件を超えるデータを得ることができる (図-3). 本研究では, 全データを用いて平均旅行速度を算出する.

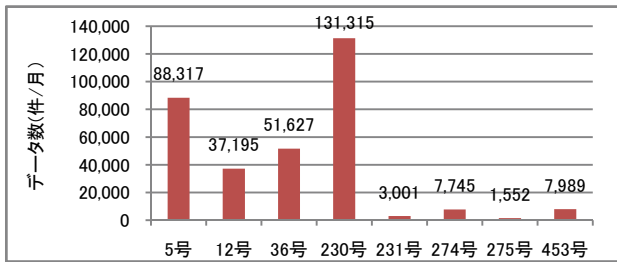


図-3 路線別の一月あたりデータ数

一例として, 一般国道 5 号のセンサ区間 1001 の平均旅行速度の推移を図-4 に示す. これは, センサ区間 1001 を走行したタクシーの速度データを日ごとに平均したものである. 平均旅行速度は, 道路交通センサの昼間 (午前 7 時から午後 7 時) の時間帯で算出した.

4 月から 11 月までは, 平均旅行速度は概ね 35km/h から 40km/h の間で推移するが, 12 月に 35km/h を下回る日が続くようになり, 1 月と 2 月には 25km/h 程度まで低下する. センサ区間毎に日別平均旅行速度を求め, それを月ごとに平均して表-3 に示す.

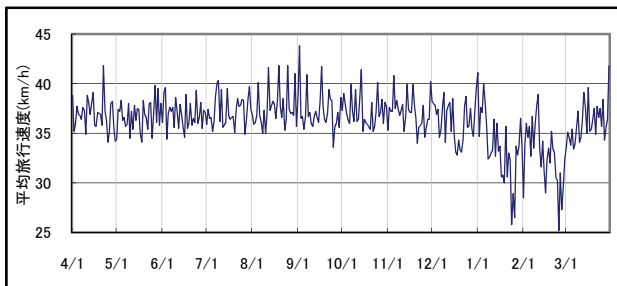


図-4 一般国道 5 号センサ区間 1001 の旅行速度の推移 (平成 19 年 4 月 1 日~平成 20 年 3 月 31 日)

表-3 センサ区間毎の月別平均旅行速度

区間番号	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
一般国道5号												
1001	36.8	36.1	36.0	36.2	36.7	36.3	36.6	36.6	36.8	35.1	35.1	37.2
1002	35.7	35.2	36.6	36.1	35.7	36.3	36.0	36.4	35.7	34.1	32.5	36.3
1003	32.8	32.8	33.3	33.2	33.0	32.6	33.7	34.2	32.9	31.0	30.3	33.7
1004	31.5	30.9	31.3	32.2	33.0	32.1	31.9	31.4	30.9	29.2	28.1	32.0
1005	38.7	36.9	40.1	36.3	41.3	40.5	38.7	36.8	39.1	34.3	32.1	36.4
1006	41.5	41.6	41.0	42.6	45.2	42.3	42.6	42.6	39.9	36.6	35.0	38.2
1007	41.4	42.6	43.0	44.3	42.6	42.5	44.9	42.0	40.2	37.3	34.1	39.4
1008	42.7	45.8	44.4	44.9	44.4	44.9	44.7	44.6	44.3	38.9	38.1	41.7
71009	41.9	43.2	42.6	43.3	43.4	44.1	41.8	41.7	39.2	34.6	33.9	38.7
1010	33.5	33.6	32.9	32.7	32.3	33.2	31.6	32.7	30.7	27.0	27.3	29.5
1011	18.2	19.1	19.4	19.2	19.0	20.0	19.6	18.1	16.7	15.5	14.0	14.4
1012	28.4	28.2	27.9	27.7	27.3	28.0	28.6	27.9	26.6	24.2	23.5	27.3
1013	36.5	36.4	35.8	35.0	36.5	35.9	35.7	35.8	34.9	32.3	31.2	35.8
1014	39.0	39.0	40.4	39.1	39.8	39.3	38.8	38.2	38.2	35.5	33.0	39.5
1015	42.5	42.5	43.1	43.1	43.1	42.2	42.0	41.2	41.0	38.3	33.6	41.9
1016	39.7	38.3	38.1	37.9	39.4	38.2	38.9	38.9	37.6	33.7	31.0	36.8
1017	46.4	45.7	45.6	45.7	45.5	43.8	44.5	43.5	45.0	40.2	36.7	42.9
71018	42.4	39.7	41.3	40.4	39.4	41.1	39.3	40.3	40.7	38.4	36.3	42.3
1019	40.9	38.3	41.6	41.0	41.2	42.2	41.8	37.7	40.1	38.4	34.8	39.1
1020	16.5	16.4	15.7	16.1	16.2	16.7	16.0	15.6	14.0	13.8	13.6	14.2
1021	26.0	23.6	23.4	25.5	23.9	23.5	24.9	23.0	20.8	19.8	19.8	21.5
1022	32.4	30.9	30.7	30.3	29.9	29.7	29.9	30.1	27.9	26.4	25.9	29.7
1023	33.5	34.3	32.2	33.9	31.2	33.1	31.3	33.7	31.1	29.3	29.2	32.9
1024	32.1	33.5	32.5	35.1	32.3	33.9	33.2	33.8	32.1	30.9	28.9	32.8
1025	37.1	37.7	37.4	37.6	35.8	35.9	36.0	36.6	36.2	34.7	32.3	37.2
1026	37.0	36.9	37.4	36.5	36.0	35.7	35.0	36.8	35.1	34.7	29.2	33.5
1027	35.9	36.2	36.7	36.7	35.7	35.2	34.1	36.7	36.8	33.1	31.2	33.1
1028	45.6	43.9	43.8	43.7	46.0	41.4	42.3	44.3	43.0	40.3	41.4	44.4
1029	44.7	41.7	42.2	44.2	45.4	43.6	41.4	44.3	41.9	38.8	39.8	42.7
1030	28.8	24.4	22.7	23.4	22.7	23.2	24.3	23.1	22.3	20.2	18.9	21.1
1031	24.8	24.7	23.9	23.9	23.3	23.1	23.1	22.6	21.6	20.2	18.8	22.0
1032	24.7	24.3	24.4	24.4	24.2	24.1	23.6	24.2	23.2	22.0	20.5	24.7
1033	32.4	32.6	32.9	32.9	32.6	31.9	31.8	32.1	31.0	28.8	28.3	32.2
71034	35.0	33.8	34.9	34.6	33.7	33.9	32.6	34.5	33.2	30.8	29.9	35.1
1035	38.9	38.7	39.1	38.8	39.3	38.2	38.6	38.0	37.9	36.2	36.5	39.1
1036	37.1	36.4	35.9	35.0	34.9	33.7	32.6	35.7	36.5	33.7	34.1	36.5
1037	42.4	43.0	42.6	41.9	42.1	40.1	39.7	42.3	41.7	37.5	37.9	42.4
1038	42.4	39.3	41.0	43.9	41.0	40.1	41.1	38.9	39.6	36.0	36.9	41.3
1039	44.5	46.7	47.3	45.3	46.1	46.0	45.2	44.7	40.9	41.5	40.9	43.2
1040	43.9	44.4	47.8	46.6	43.6	44.5	43.2	45.1	41.5	38.4	39.4	41.1
1041	56.1	55.5	52.4	57.3	57.3	58.5	57.2	55.7	49.3	49.3	51.2	48.5
1042	62.6	61.4	63.1	57.3	61.6	58.7	59.2	57.4	62.5	58.0	60.1	60.0
1043	43.8	42.3	44.9	46.3	46.7	41.4	43.3	39.1	44.1	34.6	42.7	46.8
1044	32.2	31.1	39.8	31.1	42.8	37.2	39.2	41.7	39.8	28.3	37.2	49.6
1045	54.5	54.8	59.9	48.6	57.1	60.7	60.0	55.5	54.4	57.3	54.2	64.5
1046	44.6	44.0	42.9	42.3	42.1	44.9	43.6	40.8	39.2	33.5	35.7	43.1
1047	43.2	44.1	41.9	44.5	41.6	38.6	40.1	45.0	44.9	35.6	36.6	44.0
71048	41.9	42.9	37.1	42.9	40.4	43.0	43.4	42.2	42.6	37.9	39.3	43.1
1049	48.1	48.4	46.9	50.0	47.8	47.9	47.3	51.0	46.5	46.0	42.6	51.3
1050	43.0	47.7	44.1	46.3	46.0	46.6	46.0	43.2	44.8	47.3	39.5	43.6
31050	45.7	50.1	47.2	49.0	48.6	46.9	49.3	47.6	46.1	45.8	50.8	48.7
1051	45.1	49.5	46.1	46.8	49.8	43.2	45.4	47.0	44.4	45.5	38.2	42.3
1052	57.3	56.2	61.7	60.1	65.5	56.7	58.5	56.1	52.0	49.0	45.1	48.2
71053	65.3	66.6	73.8	71.6	76.0	75.6	67.3	73.0	63.0	53.9	52.1	64.4
1054	77.9	76.1	80.7	76.2	80.4	83.9	72.5	72.7	71.2	55.5	60.8	70.3
1055	79.4	76.5	87.1	83.0	83.3	87.4	68.2	66.9	70.3	65.1	71.1	78.6
1056	78.5	82.2	85.8	81.8	83.2	87.8	77.0	76.6	75.6	70.2	74.4	75.0
1057	71.8	74.7	77.2	74.9	80.1	78.6	71.8	72.0	72.4	68.1	72.8	75.5
71058	84.9	84.0	92.5	85.0	88.5	88.9	83.2	86.9	84.5	78.0	81.1	85.0
1059	78.4	75.8	92.2	80.7	87.7	82.4	76.0	81.5	80.6	65.7	71.8	77.8
1060	88.4	86.1	96.1	91.8	94.7	91.5	80.0	85.7	90.2	71.4	84.3	79.6
1061	81.3	80.7	76.6	79.1	80.0	81.8	70.4	78.4	77.6	64.9	63.1	78.0
1062	66.0	64.4	65.7	65.4	68.2	69.0	62.7	65.5	70.5	58.5	50.6	53.6
1063	48.8	46.6	43.5	43.9	42.7	46.4	45.5	47.2	50.0	44.5	44.2	50.0
1064	39.5	41.4	41.0	39.6	38.9	39.0	42.0	37.7	41.5	34.4	34.3	36.0
1065	45.9	46.1	45.1	46.9	46.0	46.6	47.6	43.8	44.7	40.8	38.4	41.0
1066	42.1	38.9	36.6	37.4	37.0	36.4	40.4	37.1	37.5	36.4	28.5	37.1
1067	43.8	45.2	43.6	37.3	39.2	39.1	38.9	32.0	39.9	32.5	37.9	42.5
1068	46.0	39.1	44.1	37.3	34.7	36.7	41.3	44.6	40.1	42.8	33.7	39.3
31068	51.6	54.7	53.1	46.3	28.9	54.8	40.1	33.3	46.9	40.9	50.0	55.7
1071	35.3	35.2	35.1	36.5	36.5	35.7	34.3	34.8	33.6	32.5	31.1	34.3
1072	31.7	32.2	32.2	31.6	32.4	29.3	32.3	32.5	30.5	27.9	29.7	34.3
1073	33.8	33.0	33.9	30.8	33.3	35.5	34.1	31.6	29.9	31.5	28.0	33.8
1074	43.1	44.4	40.9	44.9	43.6	39.4	42.8	41.3	40.6	36.9	38.8	40.9
1075	44.2	42.7	45.2	47.9	44.2	43.3	46.1	41.8	46.4	37.1	37.8	41.3
1076	44.5	42.2	45.2	42.2	44.4	39.7	44.9	44.5	43.7	43.8	37.3	40.6
1077	55.4	51.6	50.7	41.7	46.6	54.4	54.2	54.1	60.7	54.7	58.9	56.8

次に, 各路線の夏期 (4月~11月) の平均旅行速度を 100 として, 12 月から 3 月までの各月の平均旅行速度の比を図-5 に示す.

12 月の平均旅行速度は, 一般国道 230 号では夏期の 90%に低下するが, 夏期と同等の平均旅行速度を示す路線もあり, 平均すると夏期の 96%になる.

厳冬期である 1 月と 2 月では, 全路線で平均旅行速度の低下が著しく, 平均すると 1 月は夏期の 87%, 2 月は 84%まで低下する. 特に, 一般国道 274 号は冬期の平均旅行速度の低下が大きく, 1 月には夏期の 79.6%, 2 月に

は76.6%まで低下している。3月には、一般国道274号、275号で夏期の約90%の平均旅行速度を示しているが、平均すると夏期の95%まで旅行速度が回復する。

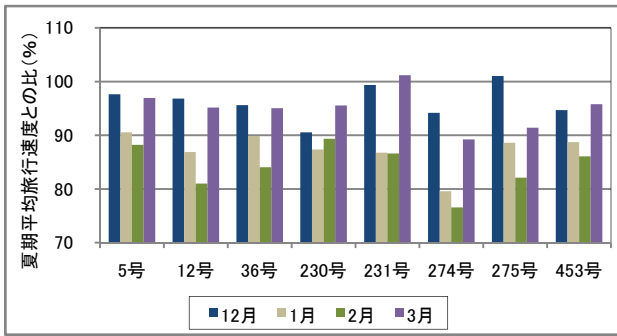


図-5 夏期と冬期各月の平均旅行速度の比較

4.2.2 冬期の旅行速度低下に伴う損失時間

前節で求めた平均旅行速度と交通量等のデータから、冬期の旅行速度低下に伴う損失時間を、式(1)を用いて算出した、交通量等のデータは、道路交通センサスの調査結果を用いた⁵⁾。表-4は、冬期の旅行速度低下に伴う損失時間(1kmあたり)を路線毎に集計したものである。

平成19年度冬期間の旅行速度低下に伴う損失時間の合計は、4,771,955(人・時間/km)となった。路線別では、一般国道36号の損失時間が最も大きく(1,041,883人・時間/km)、次いで、一般国道12号(924,396人・時間/km)、一般国道230号(882,110人・時間/km)となった。

表-4 路線別の損失時間

路線名	損失時間 (人・時間/km)
一般国道5号	736,573
一般国道12号	924,396
一般国道36号	1,041,883
一般国道230号	882,110
一般国道231号	202,589
一般国道274号	600,788
一般国道275号	202,207
一般国道453号	181,409
計	4,771,955

次に、センサス区間別の1kmあたりの損失時間を求め、値の大きい順に並べ、図-6に示す。また、損失時間の大きい区間上位10区間を表-5に示す。損失時間の大き

な4路線(一般国道5号、12号、36号及び230号)がセンサス区間別の損失時間でも上位を占め、上位5区間で全損失の約4分の1、上位10区間で約4割を占める結果となった。上位10区間を地図上に示すと、札幌駅を中心とする札幌都心部で損失が大きいことが分かる(図-7)。冬期旅行速度低下による損失を回復する為、路線別では一般国道5号、12号、36号及び230号、地区別では札幌都心部を対象に、重点的に除排雪作業や凍結防止剤散布などの冬期道路管理を実施することが効果的であることが計算結果からわかる。

表-5 センサス区間別の損失時間(上位10区間)

順位	路線名	センサス区間番号	交通量(台)	損失時間	累積(%)
1	12号	1011	36,416	392,133	8.1
2	36号	1021	45,957	273,661	13.8
3	230号	1030	41,977	208,835	18.1
4	5号	1010	53,328	179,049	21.9
5	230号	1031	37,843	173,331	25.5
6	36号	1022	60,307	169,071	29.0
7	36号	1020	19,332	144,430	32.0
8	5号	71009	47,613	130,441	34.7
9	12号	1012	38,140	118,937	37.1
10	5号	1007	46,883	110,560	39.4

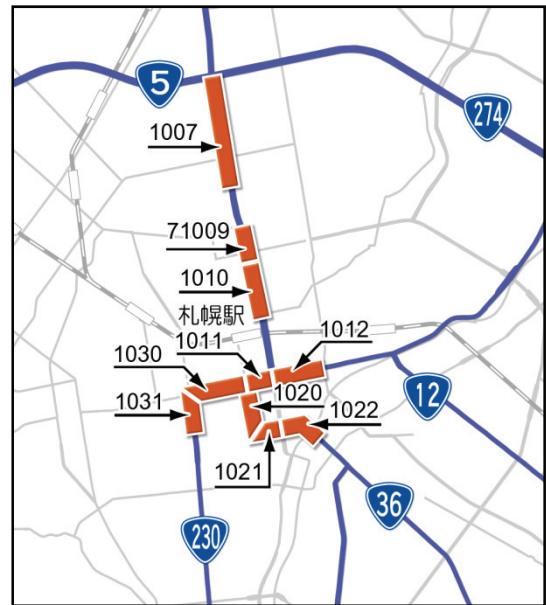


図-7 損失の大きいセンサス区間上位10区間

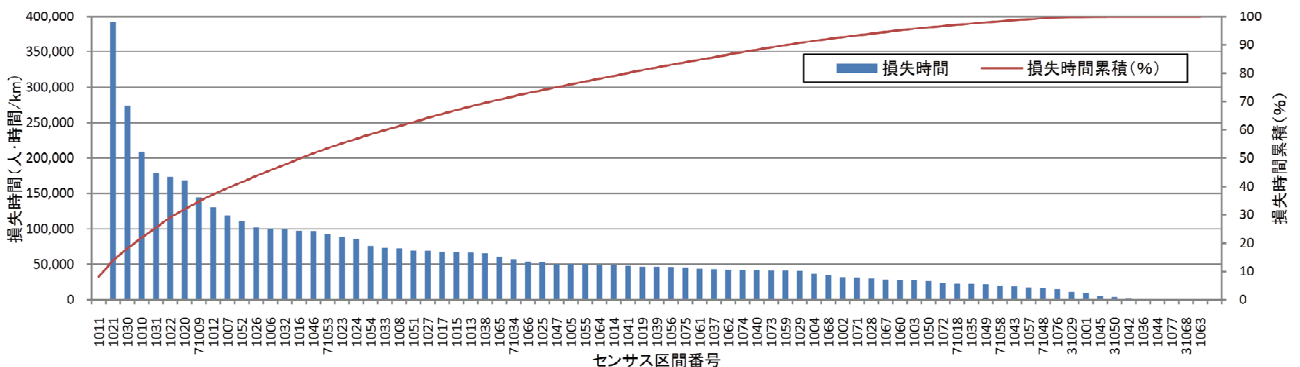


図-6 センサス区間毎の損失時間

5. 冬期道路管理の便益の算定

5.1 便益の算定方法

前節で、冬期間の旅行速度低下に伴って大きな損失が発生していることを示した。道路管理者は、かかる損失を防ぐため冬期道路管理として諸対策を実施しており、本節では対策による効果（便益）の計測を試みる。

本研究では、路肩に堆積した雪山を除去する運搬排雪作業を対象に便益の計測を試みることにした。運搬排雪作業は、路肩に堆積した雪山を除去して道路の有効幅員を回復する作業で、札幌市内の一般国道では、1月から2月の間に2~3回実施される。冬期間に日常的に行われる除雪作業や凍結防止剤散布作業は、気象条件によっては効果が数時間程度しか継続しない場合があるが、一気に有効幅員を回復する運搬排雪作業は、効果の発現が顕著で、一定期間の効果の持続が見込まれるため、本研究の分析対象として選定した。

図-8に運搬排雪作業前後の速度変化の概念図を示す。降雪を繰り返すことで路肩に雪が堆積し、徐々に有効幅員が減少する。それに連れて旅行速度が低下するが、運搬排雪作業の実施によって有効幅員が回復し、旅行速度が向上する。その後、再び、降雪や積雪によって速度が低下し、次の運搬排雪作業が実施される。運搬排雪作業の実施までの間、旅行速度は徐々に低下していくため、運搬排雪作業による旅行速度の向上の効果（ V_E ）は、図-8の三角形の面積として求めることができる（式(2)）。

$$V_E = (V_A - V_B) \times N \div 2 \quad (2)$$

V_A ：運搬排雪作業後の旅行速度（km/h）

V_B ：運搬排雪作業前の旅行速度（km/h）

N ：運搬排雪作業間隔（日）

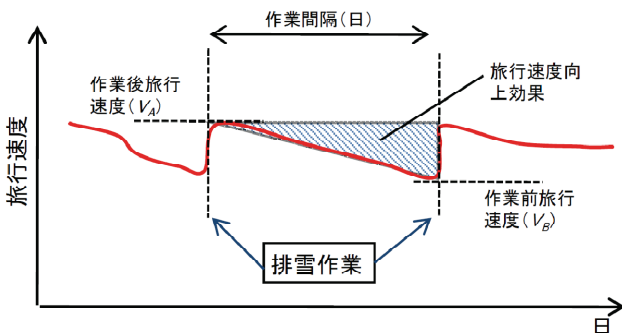


図-8 運搬排雪作業による旅行速度の変化と便益の関係（概念図）

また、運搬排雪作業前後の旅行速度の変化に伴う便益は、走行時間短縮便益（ BT ）と走行経費減少便益（ BR ）であり、式(3)~式(6)で表される⁹⁾。運搬排雪作業の便益（ BH ）は、式(7)で求めることができる。

$$BT = BT_O - BT_W \quad (3)$$

$$BT_i = \sum_i \sum_l (Q_{ijl} \times T_{ijl} \times \alpha_j) \quad (4)$$

BT_i ：整備 i の場合の総走行時間費用(円)

Q_{ijl} ：整備 i の場合のリンク l における車種 j の交通量(台/日)

T_{ijl} ：整備 i の場合のリンク 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 ：整備有の場合 W 、無しの場合 O

j ：車種

l ：リンク

$$BR = BR_O - BR_W \quad (5)$$

$$BR_i = \sum_i \sum_l (Q_{ijl} \times L_l \times \beta_j) \quad (6)$$

BR ：走行経費減少便益(円)

BR_i ：整備 i の場合の総走行経費(円/年)

Q_{ijl} ：整備 i の場合のリンク l における車種 j の交通量(台/日)

L_l ：リンク l の延長(km)

β_j ：車種 j の走行経費原単位(円/台・km)

$$BH = (BT + BR) \times N \div 2 \quad (7)$$

5.2 運搬排雪作業の便益の算定結果

一般国道 36 号を対象に、作業日報から運搬排雪作業の実施記録を整理し、センサス区間毎に作業前後の平均旅行速度を求め、運搬排雪作業による便益（ BH ）を計算した結果を表-7に示す。

車種別の時間価値原単位(α_j)及び車種別の走行経費原単位(β_j)は費用便益分析マニュアル⁹⁾に示された値を用い、運搬排雪作業間隔（ N ）は、作業記録から作業間隔の平均日数から 21 日とした。なお、センサス区間 1020 では、路肩の雪山を継続的に除去する目的で路肩部にロードヒーティングを設置しており、当該区間では運搬排雪作業を実施しなかったため、計算から除外した。

次に、運搬排雪作業の費用便益比を求める。作業記録から、一般国道 36 号では 45,836m³の雪を運搬排雪しており、土木工事標準積算基準書¹⁰⁾より推定した作業単価（800 円/m³）から、運搬排雪費用は 36,669（千円）と計算される。表-7に示した便益との比（ B/C ）は 1.53 となり、費用便益比が大きいことが分かる。

なお、本来は、冬期道路管理が全く行われない状態を“対策無し（without）”とし、運搬排雪作業の効果を計測すべきであるが、本研究では、日常的な冬期道路管理（除雪作業及び凍結防止剤の散布）が行われている状態を without とし、図-9における“a”を計測することで運搬排雪作業の便益を求めた。

図-9の“b”に該当する費用と効果を計測する場合、冬期道路管理の費用は作業実績に基づいて計算可能である。しかし、冬期道路管理を全く行わなければ都市機能が停止するため、冬期道路管理を全く行わない状態をつくりだし、損失を計測することは不可能である。

表-7 運搬排雪作業による旅行速度改善の便益（一般国道 36 号）

センサス区間番号	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	合計
排雪前平均速度		18.2	23.2	25.0	28.3	32.3	34.6	30.5	42.5	36.5	
排雪後平均速度		20.5	28.3	31.5	31.6	36.7	31.3	30.2	42.8	38.1	
区間延長 (km)	0.4	0.8	1.1	0.7	1.8	2.3	2.1	3.9	3.9	1	18.0
区間交通量 (台)	36,416	38,140	36,550	30,726	35,155	39,479	39,984	39,155	39,155	39,984	
乗用車割合 (%)	0.734	0.686	0.718	0.781	0.074	0.776	0.790	0.799	0.799	0.790	
バス割合 (%)	0.019	0.025	0.030	0.019	0.017	0.022	0.016	0.011	0.011	0.016	
小型貨物割合 (%)	0.179	0.219	0.176	0.132	0.132	0.129	0.012	0.132	0.132	0.120	
普通貨物割合 (%)	0.068	0.069	0.077	0.067	0.076	0.073	0.074	0.058	0.058	0.074	
時間短縮 (h)		0.005	0.009	0.006	0.007	0.008	0.000	0.000	0.001	0.001	0.036
走行時間短縮便益 (BT) (千円)		853	1,451	779	381	1,474	0	0	81	197	5,214
走行経費減少便益 (BR) (千円)		21	35	19	10	30	0	0	0	1	118
便益小計 (BT+BR) (千円)		873	1,486	798	392	1,504	0	0	81	198	5,332
運搬排雪作業の便益 (BH=(BT+BR) × N/2, N=21) (千円)											55,986

従って、本研究では、日常的な冬期道路管理に要する費用とその効果（図-9 の“b”）を考慮しなかった。

なお、冬期道路管理を全く行わなければ都市機能が停止してしまうことから、その損失は甚大で、冬期道路管理に要する費用を大きく上回ると考えられる。従って、日常的な冬期道路管理の費用とその効果を考慮に入れると、冬期道路管理の費用便益比は、更に大きな値になると予想される。

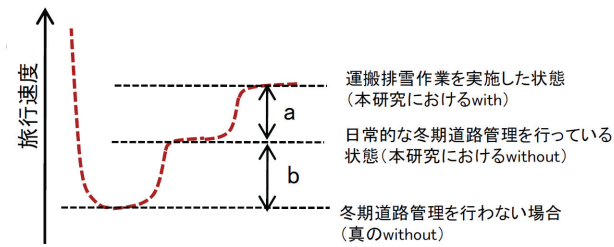


図-9 冬期道路管理における対策の有無の概念図

6. まとめと今後の課題

本研究では、タクシープローブを用いることで、既往の調査手法では把握できなかった冬期間に亘る旅行速度変化を路線・区間毎に把握し、冬期雪害による道路交通機能低下の損失、また、対策として行われる運搬排雪作業の効果を定量的に示すことができた。

なお、本研究では、夏期・冬期で交通量が変化しないと仮定し、旅行速度変化のみから渋滞損失等を算定した。実際には、道路条件の悪化によって交通容量が低下するため、旅行速度とともに交通量も低下していると考えられる。また、冬期間の交通行動では、移動時間の増大によって交通行動の目的を一部達成できない場合、更に、外出回数の減少など交通行動そのものを取り止めてしまう場合があると考えられるが、本研究では、このような交通行動の目的の一部不達成や交通行動の取り止めによる機会損失を考慮していない。

冬期間の交通容量の変化から冬期雪害による道路交通への影響を評価することや、道路利用者の機会損失の定量化については、今後の研究課題として取り組みたい。

謝辞： 論文の作成にあたり、国土交通省北海道開発局札幌開発建設部から資料の提供等で多大なるご協力をいただいた。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 気象庁：平成 18 年の冬に発生した大雪の命名について、平成 18 年 3 月 1 日報道発表資料
- 2) 総務省消防庁：平成 18 年版消防白書、<http://www.fdma.go.jp/html/hakusho/h18/h18/index.html>
- 3) 国土交通省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第一分冊（北海道版）
- 4) 国土交通省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
- 5) 浅野基樹，田邊慎太郎，原文宏，横山真吾：環境影響を考慮したスパイクタイヤ規制の経済評価，第 17 回寒地技術シンポジウム，pp224-231，2001 年 11 月
- 6) 吾田洋一，浅野基樹：航空写真による都市内幹線道路の交通状況の把握，第 20 回交通工学研究発表会論文集 pp81-84，2000 年 10 月
- 7) 国土交通省道路局企画課道路事業分析評価室：主要指標現況値算出マニュアル（案）平成 15 年度版
- 8) 国土交通省：平成 11 年度道路交通センサスの概要、<http://www.mlit.go.jp/road/ir////ir-data/20040812.pdf>
- 9) 国土交通省 道路局 都市・地域整備局：費用便益分析マニュアル，平成 15 年 8 月
- 10) 国土交通省：土木工事標準積算基準書（道路編），平成 20 年度

(2008 年 8 月 22 日受付)