

路肩堆雪の成長傾向に関する基礎的研究

佐藤信吾^{※1}、植野英睦^{※1}、村上和也^{※1}

1. はじめに

積雪寒冷地における冬期の渋滞発生要因の一つは、降雪などの気象状況と除排雪作業によって形成される路肩堆雪が及ぼす道路有効幅員の減少(写真1)である。この路肩堆雪を取り除くために行われる運搬排雪作業(写真2)は、巻出し・拡幅・カットなど複数の工法から選定して行われるが、実施時期や工法選定の判断は除雪従事者の経験に依るところが大きい。さらには除排雪作業の担い手の確保が困難となっており¹⁾、実施時期や工法などに関する判断や、運搬排雪作業の計画立案を支援する技術が必要となっている。

そこで、この技術の提案に向け、基礎となる路肩堆雪の成長傾向について分析し、堆雪断面積を推計する予測式について検討した。



写真1 道路有効幅員の減少状況

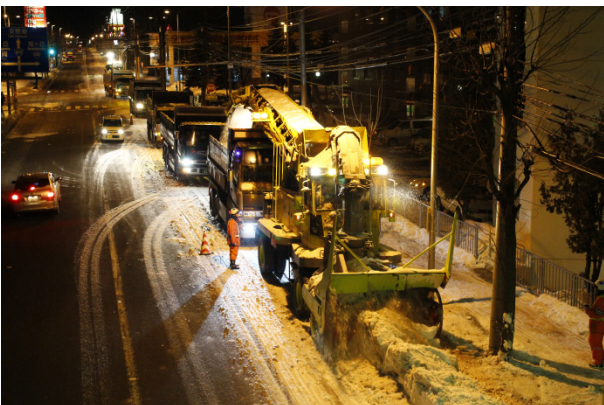


写真2 運搬排雪作業(巻出し工法)

2. 路肩堆雪の成長傾向分析

路肩堆雪の成長過程における堆雪断面積の変化について分析を行った。分析に当たっては、路肩堆雪の成長に関与すると想定される降雪量等の気象状況や除排雪作業回数などの各種要素と、過去3ヶ年分の路肩堆雪断面積の実測値から重回帰分析を行った(表1)。

なお、分析には、気象庁HPから入手可能な気象データ、道路管理者提供の除雪機械の稼働実績から算出した除排雪作業回数、および札幌市内の国道で計測した過去3ヶ年分(H25~H27)の路肩堆雪断面積の実測値を用いた。

表1 重回帰分析の内容

項目	内容	内訳
従属変数 (目的変数)	堆雪断面積(m ²)	全体堆雪断面積 車道部堆雪断面積
独立変数 (説明変数)	a. 24時間自動車類交通量 (センサス)	—
	b. 代表沿道状況	DIDかつ商業地域 DID(商業地域を除く) その他市街部 平地部
	c. 車線数片側 d. 除雪一般(回数) e. 拡幅積上(回数) f. 排雪巻出(回数) g. 降雪(累計降雪)(cm) h. 最深積雪(cm) i. 現地平均気圧(hPa) j. 降水量(mm) k. 平均気温(°C) l. 平均湿度(%) m. 平均風速(m/s) n. 日照時間(h)	—

2. 1 路肩堆雪断面積の計測

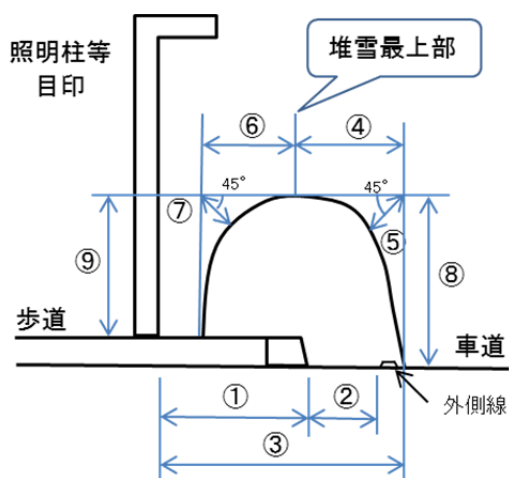
路肩堆雪断面積の計測箇所は、札幌市西地域の国道5号で4箇所、札幌市東地域の国道274号で6箇所とした(図1)。なお、計測箇所には、周囲の影響(交差点や取付道路の除雪、沿道からの雪だし等)を受けない箇所を選定した。

路肩堆雪断面積は、計測箇所の、目印として設定した道路付属物(道路照明柱)などから堆雪までの距離や、堆雪の各寸法(図2)を計測した結果から算出した。

※1 国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地機械技術チーム



図1 路肩堆雪断面積の計測箇所



- ① 縁石から目印までの距離
- ② 縁石から外側線までの距離
- ③ 堆雪から目印までの距離
- ④ 堆雪の幅 (車道側)
- ⑤ 堆雪の肩部までの距離 (車道側)
- ⑥ 堆雪の幅 (歩道側)
- ⑦ 堆雪の肩部までの距離 (歩道側)
- ⑧ 堆雪の高さ (車道側)
- ⑨ 堆雪の高さ (歩道側)

図2 路肩堆雪断面積の計測図

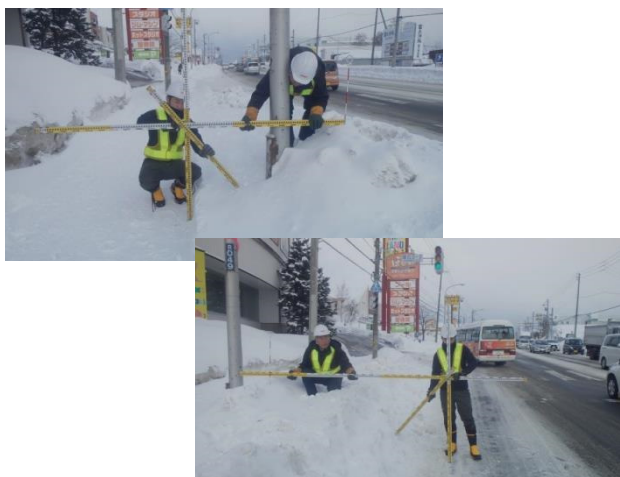


写真3 路肩堆雪の現地計測状況 (札幌西地域)

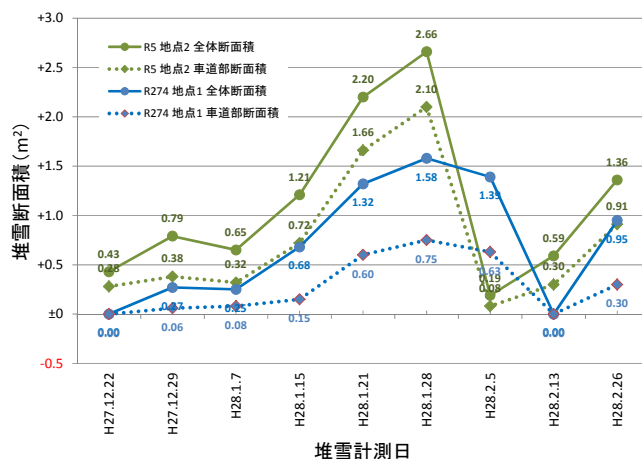


図3 路肩断面積の計測結果例

(平成27年度、国道5号地点2、国道274号地点1)

2. 重回帰分析結果

表1の重回帰分析の内容について、表2のパターンで分析した。

従属変数(目的変数)は、全体堆雪断面積と車道部堆雪断面積とした。

集計期間は、d. 除雪一般(回数)、e. 拡幅積上(回数)、f. 排雪巻出(回数)とg. 降雪(累積降雪)を集計する期間であり、堆雪断面積の計測1回毎と、初回から最後の計測までの全期間とした。

独立変数(説明変数)については、全てを使用した分析と、全期間の場合では、除雪一般または降雪を除いた分析も行った。これは、除雪一般は、一定量の降雪により行う除雪作業のことであり、除雪一般と降雪が高い相関関係にあると考えられるためである(多重共線性)。

表2 重回帰分析パターン及び結果

パターン	従属変数 (目的変数)	集計期間	独立変数 (説明変数)	重相関係数 (R)	決定係数 (R2乗)
1	全体 堆雪断面積	計測1回毎	全部	0.7533	0.5675
2		全期間	全部	0.8222	0.6760
3			除雪一般を除く	0.8222	0.6760
4		降雪を除く	0.7906	0.6251	
5	車道部 堆雪断面積	計測1回毎	全部	0.7074	0.5004
6		全期間	全部	0.8047	0.6476
7			除雪一般を除く	0.8041	0.6466
8			降雪を除く	0.7779	0.6052

この結果、従属変数については、全体堆雪断面積を使用した場合の方が重相関係数、および決定係数共に大きく、相関性が高くなった。

集計期間については、従属変数がどちらの場合でも、全期間が計測1回毎よりも相関性が高い結果となった。

独立変数については、どちらの従属変数においても、降雪を除いた場合の相関性は低いが、除雪一般を除いた場合は、独立変数全部の場合と比べて相関性はほぼ変わらなかった。

次に、独立変数14項目の内、偏回帰係数の有意性検定の結果において相関への関与が低いと判定された4項目(c.車線数片側、i.現地平均気圧、l.平均湿度、n.日照時間)を除外し、重回帰分析を行った結果を表3に示す。

表3 重回帰分析パターン及び結果

パターン	従属変数 (目的変数)	集計期間	独立変数 (説明変数)	重相関係数 (R)	決定係数 (R2乗)	
9	全体 堆雪断面積	計測1回毎	c, i, l, nを除く	0.7512	0.5643	
10			全期間	c, i, l, nを除く	0.8185	0.6700
11			d. 除雪一般と c, i, l, nを除く	0.8181	0.6692	
12			g. 降雪と c, i, l, nを除く	0.7902	0.6245	
13	車道部 堆雪断面積	計測1回毎	c, i, l, nを除く	0.6996	0.4895	
14			全期間	c, i, l, nを除く	0.7978	0.6364
15			d. 除雪一般と c, i, l, nを除く	0.7960	0.6336	
16			g. 降雪と c, i, l, nを除く	0.7729	0.5973	

この結果、独立変数4項目(c, i, l, n)を除く前の結果と全体の傾向は変わらないが、重相関係数および決定係数ともに全体的に減少しており、相関性は少し低下した。

3. 堆雪断面積予測式

前項の堆雪断面積と気象状況等の相関分析から、堆雪断面積を推計する予測式について検討した。

除排雪作業回数や気象状況などによる堆雪断面積の予測にあたり、必要となる要素をできるだけ少なくし、入手しやすい要素を使用することで、利便性が向上すると考えられる。このことから、分析結果のうち最も要素が少ないパターン11とパターン15を、堆雪断面積を推計する予測式として選定した(表4)。

選定した予測式の精度を確認するため、予測式から算出した堆雪断面積の予測値と実測値について、グラフを用いて比較した。

表4 パターン11及びパターン15の予測式

堆雪断面積推定予測式 $y = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + b$				
変数	内容	偏回帰係数		
			パターン11 (全体)	パターン15 (車道部)
y	堆雪断面積(m ²)		-	-
x ₁	24H自動車類交通量	a ₁	-0.000034	-0.000026
x ₂	代表沿道状況	a ₂	0.0065	0.0330
x ₃	拡幅積上(回数)	a ₃	0.1885	0.3396
x ₄	排雪巻出(回数)	a ₄	-2.1666	-1.4018
x ₅	降雪(cm)	a ₅	-0.0098	-0.0072
x ₆	最深積雪(cm)	a ₆	0.0802	0.0542
x ₇	降水量(mm)	a ₇	-0.0157	-0.0263
x ₈	平均気温(°C)	a ₈	0.0117	0.0187
x ₉	平均風速(m/s)	a ₉	0.0020	0.0041
-	定数項	b	0.8937	0.5481

予測式は2種類(パターン11、パターン15)、堆雪断面積の計測箇所は10地点、計測期間は3ヶ年(H25~H27)の計60件について比較グラフを作成した。以下に比較グラフの例を示す。

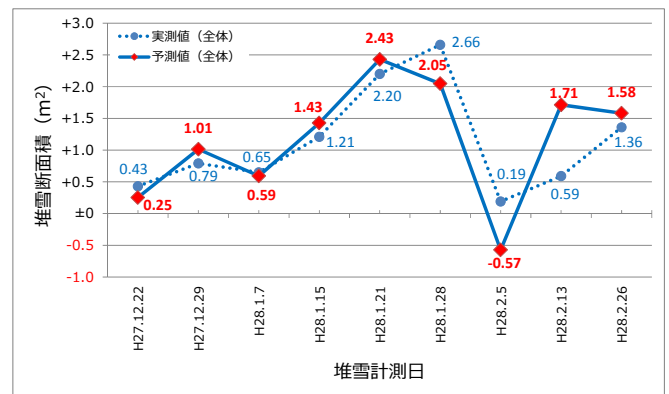


図4 堆雪断面積の予測値と実測値の比較例
(パターン11、平成27年度、国道5号地点2)

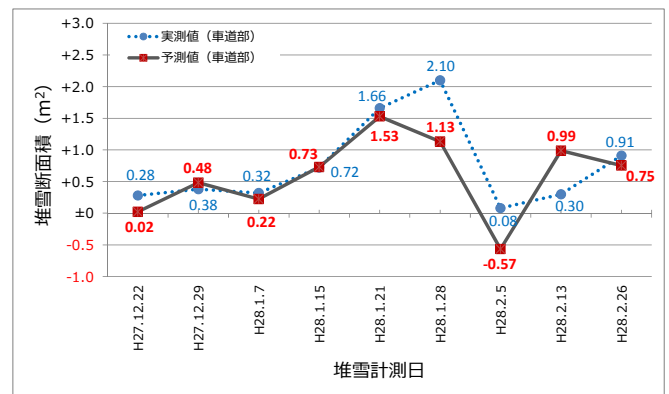


図5 堆雪断面積の予測値と実測値の比較例
(パターン15、平成27年度、国道5号地点2)

表5 予測値と実測値の誤差の割合

		パターン11 全体堆雪断面積 平均			パターン15 車道部堆雪断面積 平均		
計測年度		H25	H26	H27	H25	H26	H27
計測回数		5回	5回	9回	5回	5回	9回
R 5	地点1	35.7%	-14.6%	6.7%	7.7%	16.0%	55.9%
	地点2	14.4%	141.9%	23.8%	33.8%	215.2%	8.0%
	地点3	27.7%	45.1%	21.5%	146.6%	310.7%	154.6%
	地点4	-16.9%	23.4%	-19.4%	15.8%	61.3%	25.7%
R 7 4	地点1	2.8%	69.8%	58.6%	0.0%	95.5%	97.9%
	地点2	-31.3%	-6.7%	-2.2%	-19.8%	11.0%	136.2%
	地点3	-12.8%	34.0%	94.0%	-28.4%	36.4%	272.9%
	地点4	39.5%	27.7%	28.6%	49.3%	64.0%	-3.2%
	地点5	11.9%	44.1%	51.1%	-30.4%	8.9%	28.4%
	地点6	-18.9%	21.2%	60.6%	-26.1%	-32.2%	784.1%

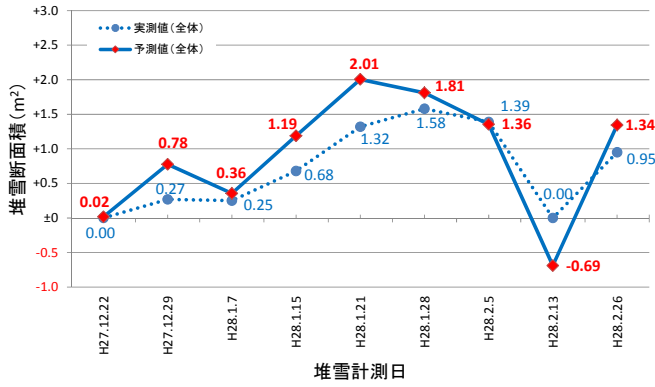


図6 堆雪断面積の予測値と実測値の比較例
(パターン11、平成27年度、国道274号地点1)

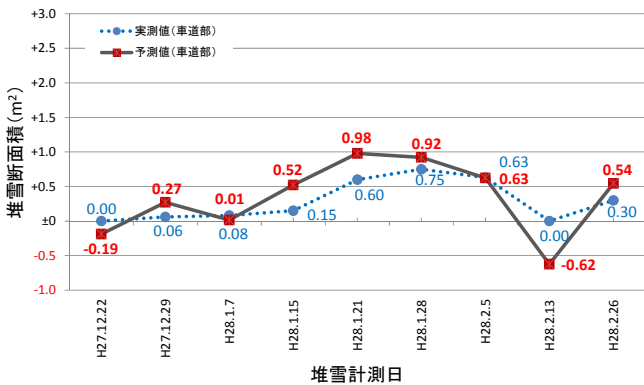


図7 堆雪断面積の予測値と実測値の比較例
(パターン15、平成27年度、国道274号地点1)

この結果、予測式から算出した予測値のグラフ形状と実測値のグラフ形状は概ね同様の軌跡を示した。

また、予測式から算出した予測値と計測日毎の実測値190件(19計測日×10地点)との誤差の割合((予測値-実測値)÷実測値)を確認した。予測値は、変数データの欠測等により算出できなかった33件を除いた157件を対象とした。結果を表5に示す。

確認の結果、同一地点において年度による誤差の割合に大きな違いがあった。また、同一年度においても計測地点で誤差の割合が大きな場合があることを確認した。

これは、分析に使用した気象データの観測地点(札幌管区気象台:札幌市中央区北2条西18丁目)と堆雪断面積計測箇所位置の違いが要因の一つと考えられる。

これらの結果から、選定した予測式は、路肩堆雪断面積の成長傾向把握の可能性はあるが、誤差の割合が大きい場合もあり、計測箇所により近い気象データを使用して分析するなど、精度の改善が必要と考えられる。

4. まとめ

運搬排雪作業の計画立案を支援する技術の提案に向け、基礎となる路肩堆雪の成長傾向について分析し、堆雪断面積を推計する予測式について検討した。

路肩堆雪の成長に関与すると想定される降雪量等の気象状況や除排雪作業回数などの各種要素と、過去3ヶ年分の路肩堆雪断面積の実測値から重回帰分析を行った。

その結果、各種要素と堆雪断面積の相関から、路肩堆雪断面積の予測式を作成した。

次に、作成した予測式から算出した堆雪断面積の予測値と実測値を、計測箇所毎のグラフにして比較した。その結果、予測値と実測値のグラフ形状は概ね同様の軌跡を示した。

しかし、誤差の割合が大きい場合もあり、分析に使用した気象データの観測地点と計測箇所の位置の違いが要因の一つ考えられる。

今後は、堆雪断面積計測箇所により近いと想定されるテレメータのデータを用いた分析や、札幌市以外の地域でも堆雪断面積を計測し、同様の分析を行うなど、研究を継続していく予定である。

5. 参考文献

1)国土交通省:冬期道路交通の確保のあり方に関する検討委員会, http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/yukimichi/pdf/20130515_teigen.pdf