

路肩堆雪成長傾向の把握に関する基礎的研究

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 ○佐藤 信吾
 同 上 植野 英睦
 同 上 村上 和也

冬期の渋滞発生要因の一つは、路肩堆雪による道路有効幅員の減少で、この路肩堆雪を取り除く運搬排雪作業の工法選定は、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になりつつあることもあり、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、この支援技術の提案に向け、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。

キーワード：路肩堆雪、除排雪、堆雪断面積

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(図-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きており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。



図-1 道路有効幅員の減少状況

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

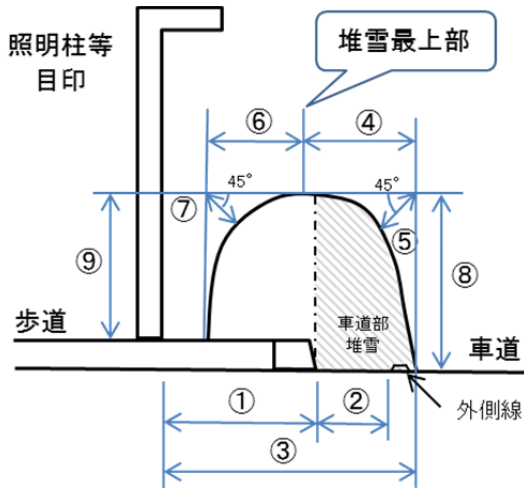
項目	内容	内訳
従属変数 (目的変数)	堆雪断面積 (m ²)	全体堆雪断面積 車道部堆雪断面積
独立変数 (説明変数)	a. 24時間自動車類交通量 (センサス)	—
	b. 代表沿道状況	DIDかつ商業地域 DID(商業地域を除く) その他市街部 平地部
	c. 片側車線数(本) d. 除雪一般回数(回) e. 拡幅積上回数(回) f. 排雪巻出回数(回) g. 累計降雪量(cm) h. 最深積雪深(cm) i. 平均気圧(hPa) j. 累計降水量(mm) k. 平均気温(°C) l. 平均湿度(%) m. 平均風速(m/s) n. 累計日照時間(h)	—

(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-2)。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。



図-2 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-3 路肩堆雪断面積の計測図

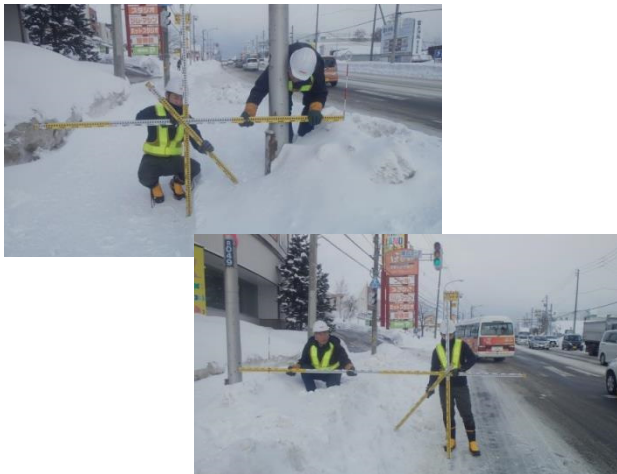


図-4 路肩堆雪の現地計測状況 (札幌西地域)

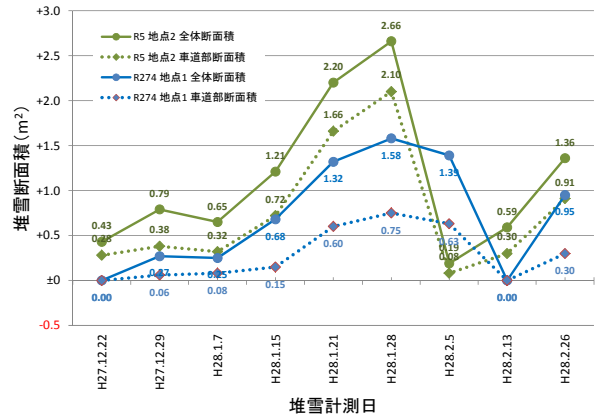


図-5 路肩堆雪断面積の計測結果例

(平成 27 年度、国道 5 号地点 2、国道 274 号地点 1)

路肩堆雪断面積は、計測箇所における、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-3) の計測値から算出した。図-5に路肩堆雪断面積の計測結果の例を示す。

(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 (図-3 斜線部) とした。

集計期間は、除雪一般回数や累計降雪量等の独立変数を集計 (累計又は平均) する期間で、前回の計測からの 1 計測毎の期間で集計を行う計測 1 回毎と、初回の計測からの期間全てを集計する全期間とした。

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、除雪一般回数または累計降雪量を除いた分析も行った。これは、除雪一般回数は、一

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			d. 除雪一般回数を 除く	0.8222	0.6760
4			g. 累計降雪量を 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			d. 除雪一般回数を 除く	0.8041	0.6466
8			g. 累計降雪量を 除く	0.7779	0.6052

定量の降雪により行う除雪作業のことであり、除雪一般回数と累計降雪量は多重共線性があると考えられるためである。

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、累計降雪量を除いた場合の相関性は低いが、除雪一般回数を除いた場合は、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.片側車線数、i.平均気圧、l.平均湿度、n.累計日照時間)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 (R ² 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			c, i, l, nを除く	0.8185	0.6700
11			d. 除雪一般回数と c, i, l, nを除く	0.8181	0.6692
12			g. 累計降雪量と 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			c, i, l, nを除く	0.7978	0.6364
15			d. 除雪一般回数と c, i, l, nを除く	0.7960	0.6336
16			g. 累計降雪量と 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、分析結果のうち要素が少なく相関性が高いパターン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)。

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	24時間自動車類交通量	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(回)	a ₃	0.1885	0.3396
X ₄	排雪巻出回数(回)	a ₄	-2.1666	-1.4018
X ₅	累計降雪量(cm)	a ₅	-0.0098	-0.0072
X ₆	最深積雪深(cm)	a ₆	0.0802	0.0542
X ₇	累計降水量(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

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。

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。図-6~図-9に比較グラフの例を示す。

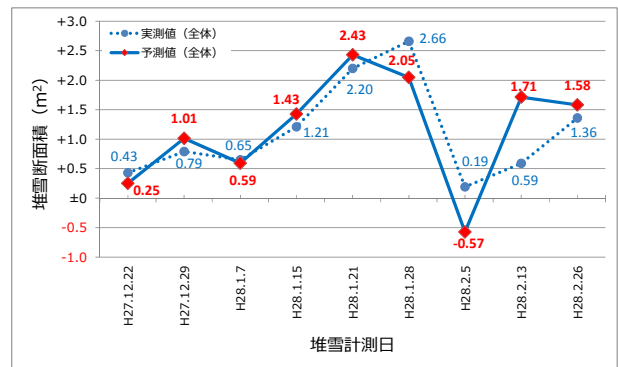


図-6 堆雪断面積の予測値と実測値の比較例
(パターン11、平成27年度、国道5号地点2、全体)

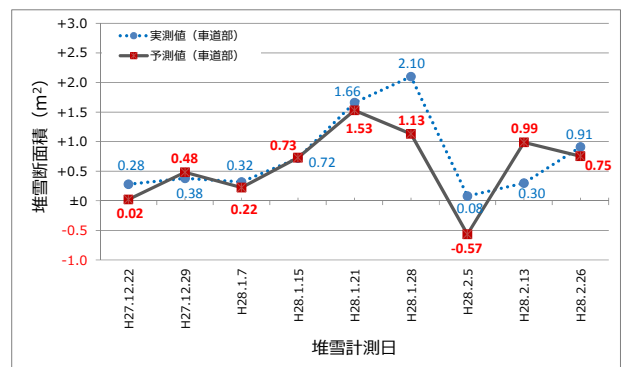


図-7 堆雪断面積の予測値と実測値の比較例
(パターン15、平成27年度、国道5号地点2、車道部)

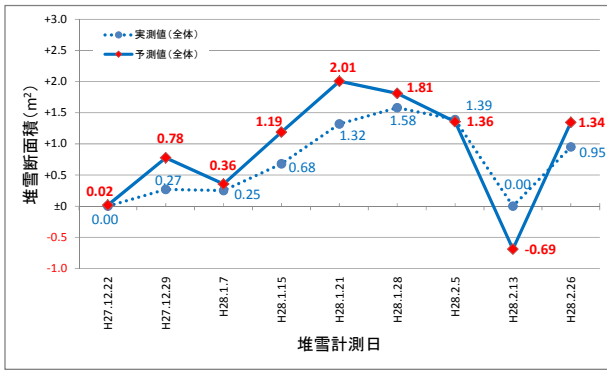


図-8 堆雪断面積の予測値と実測値の比較例
(パターン 11、平成 27 年度、国道 274 号地点 1、全体)

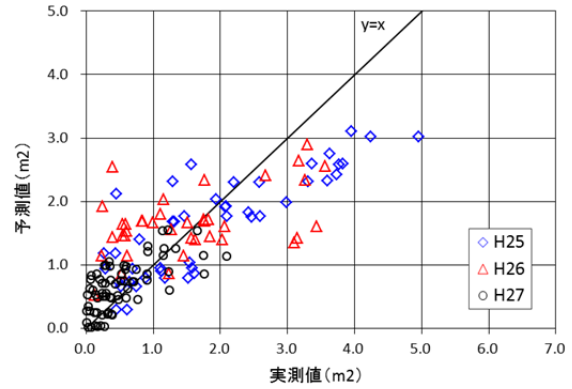


図-11 予測値精度確認 (パターン 15)

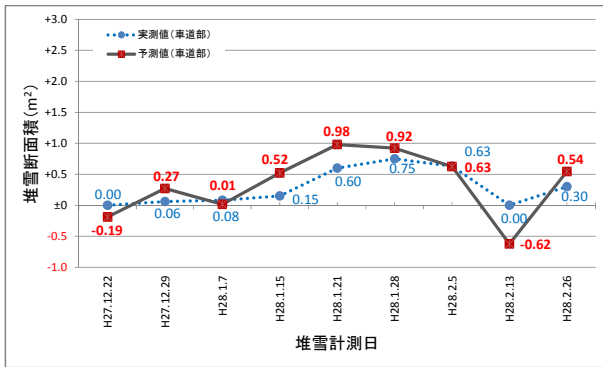


図-9 堆雪断面積の予測値と実測値の比較例
(パターン 15、平成 27 年度、国道 274 号地点 1、車道部)

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、縦軸を予測値、横軸を実測値としたグラフを作成し予測式の精度を確認した。データ数は3ヶ年（19計測日）の10地点、計190件のうち、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件とした。結果を図-10、図-11に示す。

この結果、パターン11、パターン15ともに、堆雪断面積が大きい場合、予測値が低めとなる傾向が見られた。

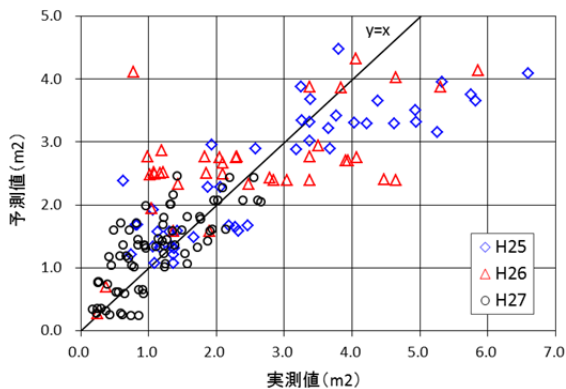


図-10 予測値精度確認 (パターン 11)

これは、H27は降雪量が少なく堆雪断面積が大きいデータがなかったため、堆雪断面積の大きさについてデータ数の偏りが生じ、堆雪断面積の大きな場合の予測式の精度が下がったと考えられる。

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、堆雪断面積の大きな場合に予測値が低くなる傾向もあり、計測データを増やして分析するなど、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い、各種要素と堆雪断面積の相関を求め、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が、堆雪断面積の大きな場合に予測値が低くなる傾向が見られた。これは堆雪断面積の大小に対するデータ数の偏りから、堆雪断面積の大きな場合の予測式の精度が下がったため考えられる。

今後は、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。

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