

# 運搬排雪作業計画支援に向けた 路肩堆雪成長傾向分析について

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 ○飯田 美喜  
同 上 植野 英睦  
同 上 久慈 直之

積雪寒冷地域では、冬期道路交通の確保のため、道路管理者等は効率的に路肩堆雪の運搬排雪を行うことが求められる。路肩堆雪の成長傾向を把握できれば、該当工区に必要な運搬排雪工法等の推定が可能となり、運搬排雪作業計画立案の基礎資料として活用できる。そこで、路肩堆雪断面積実測値と気象観測値等から堆雪断面積予測式を試算し、適用性を確認した。さらに、予測式を用いた「除排雪作業計画支援システム」の構築に向けた要件定義と概略処理フローを整理した。

キーワード：運搬排雪、路肩堆雪、作業計画支援

## 1. はじめに

積雪寒冷地域では、冬期路肩堆雪による道路有効幅員の減少(写真-1)等により走行環境が悪化し、渋滞発生要因の1つとなっている。

冬期道路交通の確保のため、道路管理者等は効率的に路肩堆雪の運搬排雪を行うことが求められる。そのため、早めに実施時期や工法(拡幅・巻出・カット)を選択し、除雪機械、オペレータ、ダンプトラックや交通誘導員等を確保する必要がある。

また、除雪作業従事者の減少、高齢化等により、除雪作業の担い手の確保が困難になっている<sup>1)</sup>ことから、除雪作業量や実施時期の判断について経験に依存しない定量的な指標が必要である。

路肩堆雪の成長傾向を把握できれば、該当工区の道路維持管理に必要な運搬排雪工法と実施時期の推定が可能となり、運搬排雪計画立案の基礎資料として活用できる。

そこで、運搬排雪計画立案の支援技術提案のため、路肩堆雪断面積実測値と気象観測値等から堆雪断面積を推計する予測式を試算し、適用性を確認した。さらに、予測式を用いた「除排雪作業計画支援システム(以下、「支援システム」という)」の構築に向けた要件定義と概略処理フローを整理した。

## 2. 路肩堆雪の成長傾向分析

路肩堆雪形成時における堆雪断面積推計方法の検討を行った。北海道開発局札幌開発建設部管内の国道10

地点(R5:4地点、R274:6地点)で現地計測した4ヶ年分(H25~H28)の路肩堆雪断面積の実測値と、気象庁ホームページから入手可能なアメダスデータ等を用いて重回帰分析を行った。写真-2に現地計測状況、表-1に重回帰分析内容を示す。



写真-1 道路有効幅員の減少



写真-2 現地計測状況

表-1 重回帰分析内容

項目	内容	内訳
従属変数 (目的変数)	堆雪断面積	堆雪全断面積 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(一般除雪回数)	
	e. 拡幅積上(回数)	
	f. 排雪巻出(回数)	
	g. 排雪拡幅(回数)	
	h. 降雪(累計降雪)(cm)	
	i. 最深積雪(cm)	
	j. 現地平均気圧(hPa)	
	k. 降水量(mm)	
	l. 平均気温(℃)	
	m. 平均湿度(%)	
	n. 平均風速(m/s)	
	o. 日照時間(h)	

3. 分析結果

分析に用いた15項目の独立変数について妥当性の検証を行い、5項目 (a. 24時間自動車類交通量、b. 代表沿道状況、c. 車線数片側、j. 現地平均気圧、m. 平均湿度) の除外項目を選定した (表-2)。

表-2 独立変数の妥当性検証結果

独立変数	検証結果 (偏回帰係数の 符号)	理由
a. 24時間自動車類交通量(センサス)	候補から除外	有意性検定では関係性があると判定されたが、明確な作用が判定できないため
b. 代表沿道状況	候補から除外	符号の明確な作用が推定できず、有意性検定でも関係性が低いと判定されたため
c. 車線数片側	候補から除外	車線数が多くなると、堆雪断面積が大きくなることが推定できるが、明確な作用が不明なため
d. 除雪一般(一般除雪回数)	妥当性あり (プラスに作用)	除雪回数が多くなると、堆雪断面積が大きくなると推定できるため
e. 拡幅積上(回数)	妥当性あり (プラスに作用)	拡幅積上回数が多くなると、堆雪断面積が大きくなると推定できるため
f. 排雪巻出(回数)	妥当性あり (マイナスに作用)	排雪巻出回数が多くなると、堆雪断面積が小さくなると推定できるため
g. 排雪拡幅(回数)	妥当性あり (マイナスに作用)	排雪拡幅回数が多くなると、堆雪断面積が小さくなると推定できるため
h. 降雪(累計降雪)(cm)	妥当性あり (プラスに作用)	降雪が多くなると、堆雪断面積が大きくなると推定できるため
i. 最深積雪(cm)	妥当性あり (プラスに作用)	最深積雪が多くなると、堆雪断面積が大きくなると推定できるため
j. 現地平均気圧(hPa)	候補から除外	符号の明確な作用が推定できず、有意性検定でも関係性が低いと判定されたため
k. 降水量(mm)	妥当性あり (マイナスに作用)	降水量が多くなると雪が融け、堆雪断面積が小さくなると推定できるため
l. 平均気温(℃)	妥当性あり (マイナスに作用)	平均気温が0℃を超えると雪が融け、堆雪断面積が小さくなると推定できるため
m. 平均湿度(%)	候補から除外	有意性検定では関係性があると判定されたが、明確な作用が判定できないため
n. 平均風速(m/s)	妥当性あり (マイナスに作用)	風速が強くなると雪が融けやすくなり、堆雪断面積が小さくなると推定できるため
o. 日照時間(h)	妥当性あり (マイナスに作用)	日照時間が多くなると雪が融け、堆雪断面積が小さくなると推定できるため

残った 10 項目の独立変数により、増減法を用いた重回帰分析を行った。さらに、分析後の独立変数の偏回帰係数について、有意性検定及び符号の検証を繰り返して独立変数を整理し、最終的に有効となった独立変数で重回帰分析を行った (表-3)。

分類A. 累計、分類B. 計測期間毎、分類C. 2計測期間毎の分析結果を比較した結果、分類A. 累計の相関が高いことを確認した。予測式の簡素化の観点から、独立変数が少なく、かつ相関の高い、分類A. 累計の①及び②を、堆雪断面積を推計する予測式として選定した (表-4)。

表-3 分析パターン及び結果

分類	従属変数 (目的変数)	修正済重相関係数 (修正R)		有効となった 独立変数
		独立変数 除外前	独立変数 除外後	
A 累計	① 堆雪全断面積	0.8539	<b>0.8444</b>	f, g, i
	② 車道部 堆雪断面積	0.8334	<b>0.8299</b>	e, f, g, i, k
B 計測 期間毎	③ 堆雪全断面積	0.7390	0.7307	e, f, h, i, n
	④ 車道部 堆雪断面積	0.6955	0.6820	e, f, g, h, i, n
C 2計測 期間毎	⑤ 堆雪全断面積	0.8215	0.8111	e, f, h, i, n
	⑥ 車道部 堆雪断面積	0.7874	0.7731	e, f, g, h, i, n

分類 (集計期間) の考え方 (降雪の場合の例)

単位: cm

分類	計測日の例					備考
	12/1	12/25	1/5	1/15	1/25	
A. 累計	0	10	15	30	40	計測期間内降雪量の累計
B. 計測期間毎	0	10	5	15	10	計測日における降雪量
C. 2計測期間毎	10					2計測日間における降雪量の累計
	15					
	20					

表-4 分類A. 累計①及び②の予測式

堆雪断面積予測式			
$y = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + b$			
変数	内容	偏回帰係数	
		全断面 分類A①	車道部 分類A④
y	堆雪断面積(m <sup>2</sup> )	-	-
a <sub>1</sub>	e. 拡幅積上(回数)	-	0.2062
a <sub>2</sub>	f. 排雪巻出(回数)	-2.7216	-1.7733
a <sub>3</sub>	g. 排雪拡幅(回数)	-0.8473	-0.8277
a <sub>4</sub>	i. 最深積雪(cm)	0.0609	0.0382
a <sub>5</sub>	k. 降水量(mm)	-	-0.0018
b	定数項	-0.6947	-0.2151

#### 4. 堆雪断面積予測式の適用性確認

選定した予測式の適用性を確認するため、予測式（2種類）×計測地点（10地点）×4ヶ年分（H25～H28）、計80件の比較グラフを作成し（表-5）、予測式から算出した堆雪断面積の予測値と実測値を地点毎に比較した。堆雪全断面積と車道部堆雪断面積の比較グラフの例を図-1及び図-2に示す。

各計測日毎の比較では値の差異はあるが、予測値のグラフは実測値のグラフと同様の軌跡を示している。

さらに、縦軸を予測値、横軸を実測値としたグラフを作成し、予測値と実測値を計測日毎に比較した。データ件数は、4ヶ年分の280件（28計測日（H25:5回、H26:5回、H27:9回、H28:9回）×10地点）とした。

表-5 比較グラフ作成件数

分類A累計	地点	年度	件数
① 堆雪全断面積	R5 ①～④	H25～H28	40
② 車道部堆雪断面積	R274 ⑤～⑩	(4ヶ年)	40
合計			80

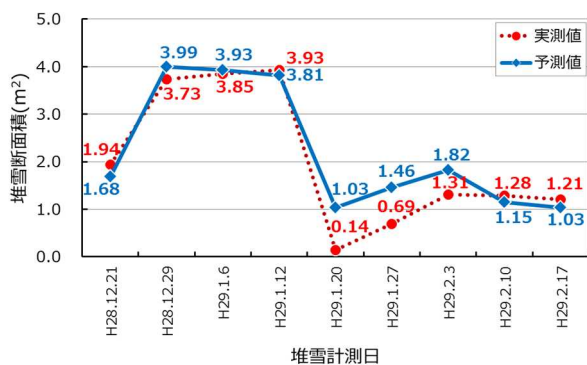


図-1 分類A累計①（堆雪全断面積）による比較例（H28、札幌 R5地点②）



図-2 分類A累計②（車道部堆雪断面積）による比較例（H28、札幌 R5地点②）

その結果、堆雪全断面積（図-3）及び車道部堆雪断面積（図-4）ともに、予測値と実測値の単相関係数が0.8以上で直線的な関連があり、堆雪断面積を推計する予測式として適用できる可能性があることを確認した。

ここまでは、札幌のデータから試算した予測式による予測値と、同一地域である札幌の実測値を比較した。

札幌以外の地域での適用性を確認するため、予測式（分類A累計① 堆雪全断面積）を使用して推計した予測値と、2ヶ年分（H29～H30）の札幌・小樽・旭川の実測値の推移について、計60件（札幌:10地点+小樽:10地点+旭川:10地点）×2ヶ年）のグラフを作成し比較した。

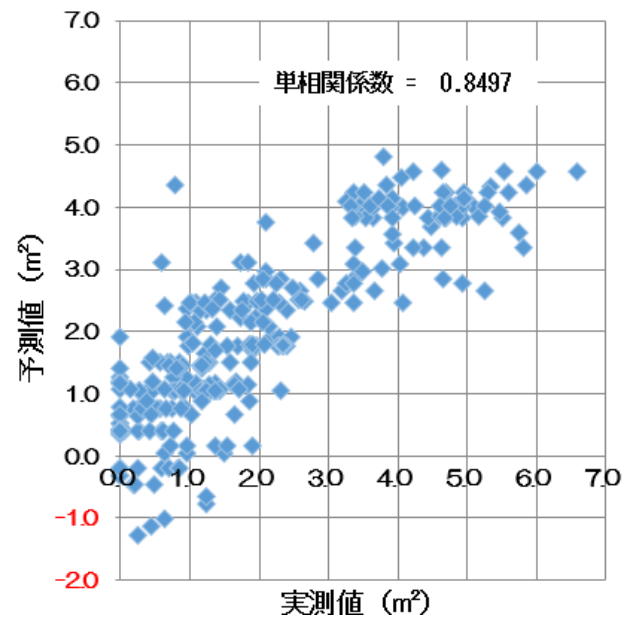


図-3 計測日毎の比較（堆雪全断面積）

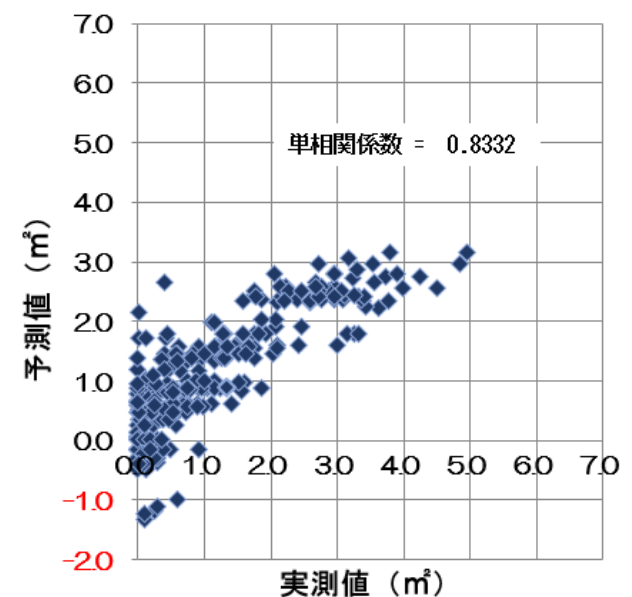


図-4 計測日毎の比較（車道部堆雪断面積）

堆雪全断面積の推移グラフの例を図-5~7に示す。札幌及び小樽では概ね同様の傾向を示している。しかし、旭川については、大きな乖離があった。今後、気象条件等の地域性に着目し、原因を追及するとともに予測式を見直していきたい。

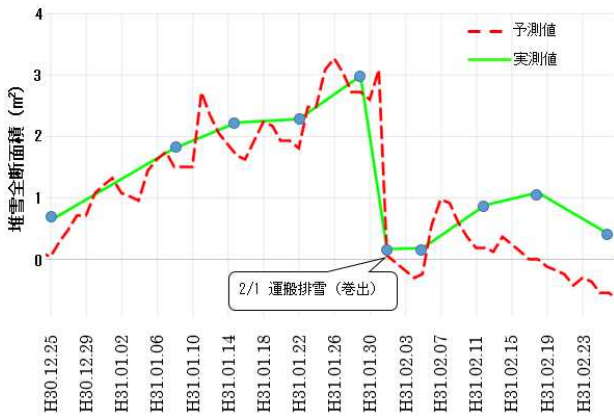


図-5 予測値（堆雪全断面積）と実測値による推移  
(H30 札幌 R274 下り KP12~13)

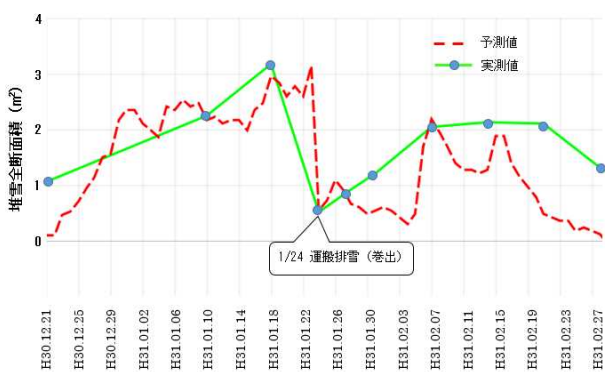


図-6 予測値（堆雪全断面積）と実測値による推移  
(H30 小樽 R5 上り KP246~247)

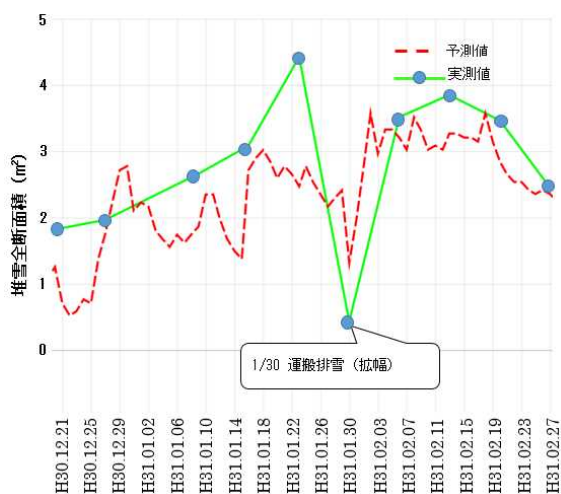


図-7 予測値（堆雪全断面積）と実測値による推移  
(H30 旭川 R39 下り KP=9~10)

## 5. 除排雪の作業計画支援技術の検討

堆雪断面積の推移を予測することで、効率的な除排雪作業や除排雪作業計画の立案が可能となる。そこで、表-4の「堆雪断面積予測式」を用いた、「支援システム」の要件定義と概略処理フローの整理を行った。

図-8に「支援システム」のイメージ図を示す。対象ユーザーは道路管理者や維持除雪工事請負者を想定する。気象観測値や除排雪実施状況と堆雪断面積計測値から、堆雪断面積推計結果をグラフで表示する。堆雪断面積推計のグラフ化により、工法による堆雪断面積の縮減具合や、除排雪作業前後の堆雪断面積の把握が可能となる。

さらに、除排雪費用・作業時間の推計により、除排雪作業の工法の選定や実施時期等、より効率的な判断が可能となり、作業計画立案の支援に有効と考えられる。なお、作業時間の推計には排雪速度予測式<sup>2)</sup>を使用する。

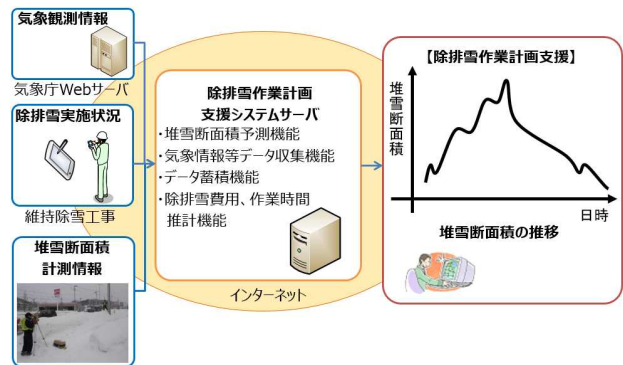


図-8 「支援システム」イメージ図

図-9 に「支援システム」の概略処理フローを示す。ユーザーが①場所（路線番号、距離標）、②使用したい気象観測所名、③年間降雪パターン（年度毎、10年平均等）、④除排雪作業実施日と工法を選択すると、堆雪断面積の推移をグラフで確認できる。リアルタイムに収集したアメダスデータと過去の年間降雪パターンから、それぞれ堆雪断面積の推計を行い、同一グラフ化する。

今後、検証用システムを作成し、動作確認やユーザーの使用感を含めた課題の抽出を行う予定である。

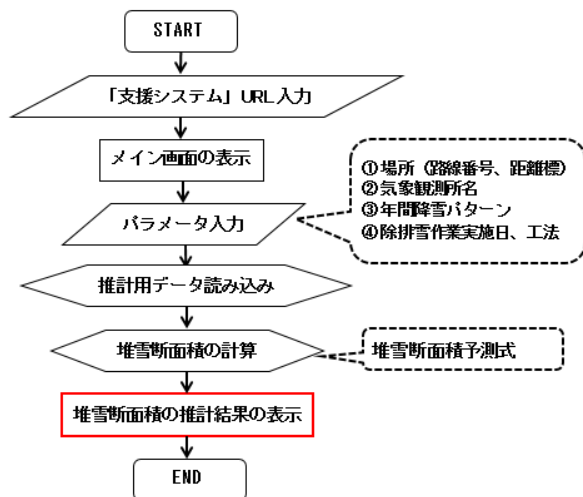


図-9 「支援システム」概略処理フロー

## 6. まとめ

運搬排雪計画立案の支援技術提案のため、路肩堆雪断面積の実測値と気象観測値等を用いた重回帰分析により、路肩堆雪断面積の予測式を試算し、予測式として適用できる可能性があることを確認した。また、札幌以外の地域での適用性を確認するため、堆雪断面積の予測値と実測値を比較した結果、札幌及び小樽では概ね同様の傾向を示した。しかし、旭川については、大きな乖離があった。

さらに、堆雪断面積予測式を使用した「支援システム」の要件定義と概略処理フローの整理を行った。

今後、分析を継続し堆雪断面積予測式の精度を向上させ、「支援システム」構築に向けた課題の抽出を行う予定である。

## 7. 参考文献

- 1) 国土交通省：冬期道路交通確保対策検討委員会 大雪時の道路交通確保対策 中間とりまとめ <http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/toukidourokanri/pdf/t02.pdf>, 2018.5, pp.9-10
- 2) 飯田, 植野, 久慈：「運搬排雪作業計画支援のための排雪速度試算について」第35回寒地技術シンポジウム, 2019.11