ロータリ除雪装置のリアルタイム排雪重量計測に関する研究

研究予算：運営費交付金
研究期間：令 5～令 6
担当チーム：寒地機械技術チーム
研究担当者：片野浩司、山﨑貴志、
木村崇、村田晴彦

【要旨】
近年、除雪の担い手不足が深刻化してきており、同様に運搬排雪に使用するダンプトラックの不足も深刻化してきていることから、運搬排雪におけるダンプトラックの効率的な運用の必要性が高まっている。運搬排雪においてロータリ除雪車からダンプトラックへ積み込む雪の量は、北海道の国道においては体積基準で管理されているが、ダンプトラックの許容積載重量を有効に利用するためには重量基準の管理が望ましい。そこで、ロータリ除雪装置から排雪される雪の重量を計測する方法を考案し、排雪重量計測装置を開発して、ハンドガイド除雪機を使用した排雪重量計測試験を行った。
キーワード：排雪重量、重量計測、ロータリ除雪装置、運搬排雪、ロータリ除雪車

1. はじめに

近年、運搬排雪に使用するダンプトラックの不足が深刻化してきていることから、ダンプトラックの効率的な運用の必要性が高まっている。ダンプトラックの積載量は一般的に重量で制限されることが多いことから、ロータリ除雪車でダンプトラックに積み込む雪の積載量管理を重量基準で行うことがダンプトラックの効率的な運用に有効であると考え、ロータリ除雪装置から排雪される雪の重量を計測する方法を考案し、排雪重量計測装置を開発して、ハンドガイド除雪機を使用した排雪重量計測試験を行った。

写真-1　ロータリ除雪装置（ロータリ除雪車）

2. 排雪重量計測方法

ロータリ除雪車のロータリ除雪装置を写真-1 に示す。シュートを流れる雪がシュートキャップに衝突して流れの方向が変化することに着目し、シュートキャップに生じる力（F ’）とシュートキャップ衝突前後の流速（v_{in}、v_{out}）を計測することにより、力積と運動量の変化（図-1）を表す運動方程式(1)に基づいて雪の重量（m）を計測する方法を考案した。

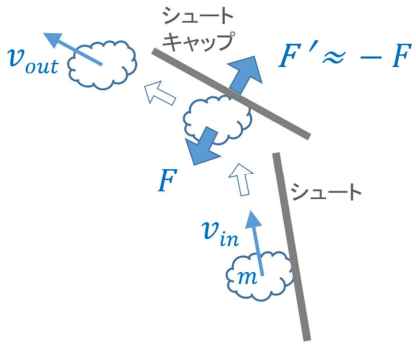

図-1　シュートキャップに衝突する雪の運動量変化

$$\vec{F}\,\Delta t = m\,(\vec{v}_{out} - \vec{v}_{in}) \qquad \cdots(1)$$

3. 排雪重量計測装置

開発した計測装置のシステム構成を図-2 に示す。排雪重量計測の対象とするロータリ除雪装置はハンドガイド除雪機とした。写真-2 に示すように、ハンドガイド除雪機のシュートおよびシュートキャップを改造し、シュートキャップとして仮定する受圧板にかかる力を計測する 6 軸力覚センサと、受圧板衝突前後の雪の流速を計測する流速計を取り付けている。

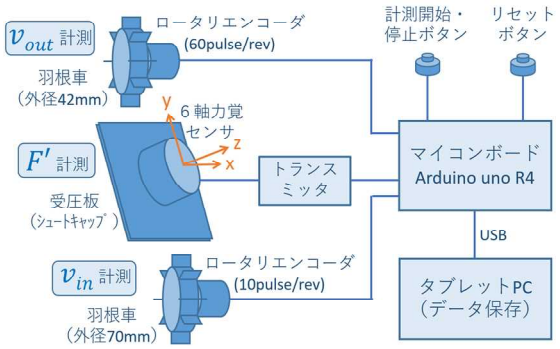

図-2　計測装置システム構成

写真-2　計測装置および排雪重量計測試験状況

4. 排雪重量計測試験

製作した装置を使用して、2024.3.21（1 回目試験、10 計測）、2025.3.5（2 回目試験、15 計測）、2025.3.18（3 回目試験、15 計測）の 3 回、寒地土木研究所構内で計測試験を行った。排雪される雪の実際の重量（以降、「参照重量」という。）の計測には重量計測機能付き運搬台車を使用した(写真-2)。

5. 排雪重量計測結果

全試験 37 計測分（全 40 計測中、計測不良により 3 計測は排除）について、式(1)により算出した重量（以降、「算出重量」という。）と参照重量の関係を図-3 に示す。排雪前には算出重量と参照重量はともに 0kg であるため、図-3 には（0,0）を通る近似直線を示している。近似直線の傾きは 0.827 となっており算出重量は参照重量と比較して約 1.2 倍となっている。なお、2 回目および 3 回目試験では、雪が受圧板に衝突するときの角度（衝突角）を変化させた条件や、雪の流速を大きく増加させた条件を加えて計測を行ったが、それぞれの条件においても明らかな違いはみられなかった。

算出重量が参照重量よりも重い結果となっている原因としては、雪の内部衝突や内部変形、摩擦損失など、多くの要因が考えられるが、これらを数式により近似表現することは困難であるため、上記近似直線の傾きを定数として定め、この定数を算出重量に乗じて排雪

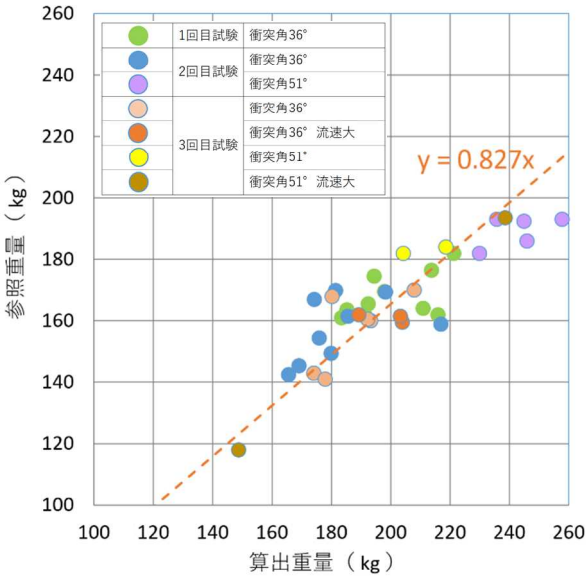

図-3　算出重量と参照重量の関係

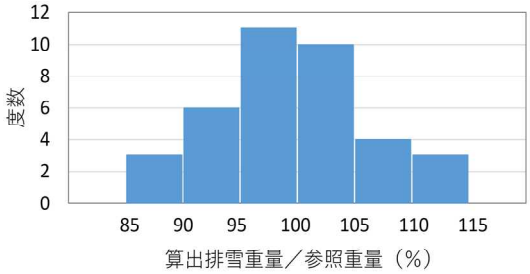

図-4　参照重量に対する算出排雪重量の比率分布

重量を算出することとした。

算出重量に上記定数を乗じた計算値（以降、「算出排雪重量」という。）の参照重量に対する比率（%）につて、前述 37 計測分の分布を図-4 に示す。参照重量に対して±5%の範囲に 21 計測分（37 計測に対して約 57%）、±10%の範囲に 31 計測分（同約 84%）が入っている。なお、標準偏差 6.21、最小値 86.3%、最大値 112.7%となっている。これにより、本方法による排雪重量計測では、約 84%の確率で誤差 10%の計測を行える可能性があることがわかった。

6. まとめ

運搬排雪においてダンプトラックの効率的な運用を行うことを目指し、ロータリ除雪装置から排雪される雪の重量を計測する方法を考案し、排雪重量計測装置を開発した。排雪重量計測試験を行った結果、本方法による重量計測では約 84%の確率で誤差 10%の計測を行える可能性があることがわかった。しかしながら、重量計測装置としての実運用には精度や安定性が不十分と考えられるため、計測方法や算出方法のさらなる検討が必要である。