

小型温度データロガーを利用した積雪深観測手法の開発

A new method of snow depth measurement using small temperature loggers

藤原 洋一* 小倉 晃** 高瀬 恵次* 一恩 英二*

FUJIHARA Yoichi*, OGURA Akira**, TAKASE Keiji*, and ICHION Eiji*

1. はじめに 標高の高い山岳域における積雪量を正確に把握することは、水資源量の推定、融雪出水の予測などにおいて非常に重要であるが、山岳域の積雪観測には多大な苦勞や危険が伴い積雪量の観測は現在でも容易ではない。そのため、気象条件が極めて厳しい環境下においても故障することなく、容易に積雪量を観測できる手法を開発することの意義は非常に高い。そこで本研究では、直径が1円玉よりも小さなサイズでありながら、温度センサー、メモリー、電池が内蔵されている小型温度データロガーを利用して、雪中と空気中における温度変化の違いを判別することによって積雪深を観測できる、安価で頑健なスタンドアロンの観測システムを構築することを検討した。

2. 設置方法 既往の研究¹⁾と同様に、小型温度データロガーとして、KNラボラトリーズのサーモクロンGタイプを利用した。直径17.4mm、厚さ5.9mm、分解能0.5°C、精度±1°Cで、1~255分の測定間隔で温度データを2048個記録できる。本研究では、記録できるデータ数と観測期間を考慮して、温度観測の間隔は120分に設定した。そして、木製のポールを鉄製の支柱を用いて地表面に設置し、このポールの地上0cm、20cm、…、200cmの11点に小型温度ロガーを取り付けたものを2セット(Case 1、Case 2)準備した。また、観測の途中で鉄製の金具からの赤外放射による雪の窪みが発生したため、この影響をできるだけ減らすためにグラスファイバー製のポールを白く塗り、支柱を利用せずに自立したものを途中から設置した(Case 3)。観測期間は、Case 1、Case 2は2013年12月10日から2013年4月3日であり、Case 3は2013年1月23日から2013年4月3日である。

3. 積雪深の推定方法 雪の温度は0°C以上にならず、また、熱伝導率が小さいため表面付近の温度変化は激しいが、深部には熱的影響が伝わりにくい²⁾。こうした雪の特性から、雪中と空気中における温度日変化は大きく異なることを利用し、積雪判定として2つの方法を適用した。1つは、2時間間隔の12個のデータが判別温度内に収まっている場合に積雪と判定する方法、もう1つは、2時間間隔の12個のデータの標準偏差を求め、これが閾値に収まっている場合に積雪と判定する方法とした。判別温度は、 $0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、…、 $0 \pm 3.0^\circ\text{C}$ の6パターン、標準偏差の閾値は、 0.25°C 、 0.5°C 、…、 1.25°C の6パターンとした。さらに、積雪深の推定方法として、雪中と判断されたサーモクロンの高さ $H(i)$ を推定積雪深とする方法、その1つ上の高さ $H(i+1)$ を推定積雪深とする方法、平均の高さ $(H(i) + H(i+1))/2$ を推定積雪深とする方法の3パターンを採用した。全36パターンで積雪深を推定した後、超音波積雪深計による実測値との相関係数、バイアス(推定値の平均値 - 実測値の平均値)で評価して、判別方法、推定方法の優劣を比較した。

*石川県立大学生物資源環境学部 *Ishikawa Prefectural Univ., Fac. of Bioresources and Environmental Sciences*

**石川県農林総合研究センター *Ishikawa Agriculture and Forestry Center Forestry Experiment Station*

キーワード：積雪深、観測手法、小型温度データロガー、融雪、水資源

4. 結果・考察 2時間間隔の12個のデータの標準偏差を求め、これが閾値に収まっている場合に積雪と判定し、当該温度計の1つ上の高さを積雪深とした場合の観測値との相関係数を Table 1、バイアスを Table 2 に示す。まず、相関係数を見ると、標準偏差の閾値としては0.5°Cを利用した場合の相関が強いことが分かる。また、白いポールを自立させた場合 (Case 3) は、Case 1、Case 2 よりも相関係数が高くなっていることが注目される。次に、バイアスについて見ると、Case 1、Case 2 の場合において過小推定となっている傾向が分かる。これは、方法のところで述べたように、金具からの赤外放射による雪の窪みの影響と考えられる。一方、ポールを白く塗り自立させた場合 (Case 3) は、過小推定の傾向が解消されており、雪の窪みを最小限に抑える工夫をすることによってうまく観測できることが分かる。

温度データロガーによる推定値と超音波積雪深計の観測値を Fig.1 に示す。これを見ると観測値と推定値 (Case 2) は全体的にはうまく対応しているが、過小推定となる傾向が分かる。とくに、最後の消雪日を早く見積もってしまうことは、大きな問題といえる。一方、ポールを白く塗り自立させた場合 (Case 3) は、途中からの観測であるため厳密な比較はできないが、消雪日もほぼうまく再現できており、実用上十分の観測精度と考えられる。

なお、12個のデータが判別温度内に収まっている場合に積雪と判定する方法では、 $0 \pm 1.5^\circ\text{C}$ の場合に良好な結果が得られ、その再現性はここで示したものと大差なかった。

5. 結論 小型温度データロガーを用いて、積雪深の観測を試みた。開発した観測システムは離散値しか出力できないが、積雪深の変動を良好に観測でき、非常に小型で安価であることから、多地点におけるモニタリングに有効である。なお、雪温がマイナスとなるような厳寒地においても同法が有効であるかについて、今後詳細な検討を行う予定である。

引用文献 1) 藤原・小田 (2011) 小型温度データロガーを用いた水田湛水深モニタリング、農業農村工学会論文集、No.273、pp.97-98. 2) 近藤 (1994) 水環境の気象学、朝倉書店.

Table 1 Correlation coefficient

Set	Variable					
	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50
1	0.799	0.824	0.773	0.314	0.184	0.110
2	0.900	0.904	0.853	0.431	0.293	0.224
3	0.931	0.949	0.948	0.917	0.883	0.890

Table 2 Bias (cm)

Set	Variable					
	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50
1	-13.2	-10.9	-7.4	3.8	10.9	22.4
2	-15.7	-9.5	-5.1	4.1	12.1	20.8
3	-0.4	1.9	3.1	6.0	7.8	8.4

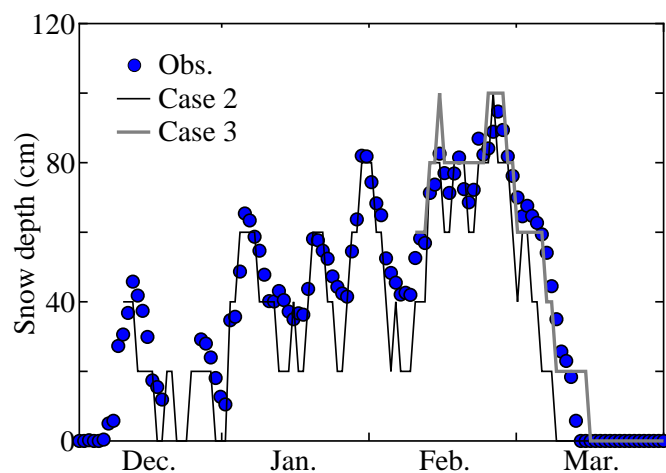


Fig.1 Estimated and observed snow depths