

## 富山県楡原における簡易熱収支法による融雪量推定方法の検証

金沢工業大学 学生会員 ○松島 智也

金沢工業大学 正会員 有田 守

## 1. はじめに

融雪期の土砂災害により、道路が寸断される事例が報告されている。被災した道路は幹線道路である場合が多く、沿道住民の生活に大きな影響を及ぼす懸念がある。融雪災害を予測するためには、積雪層における融雪量を推定する必要がある。気象要素による融雪量の算定方法として代表的なものは、熱収支法と Degree-day 法の 2 種類が提案されている。熱収支法は、雪面に出入りするエネルギー量の残差が融雪に使われた熱量とする方法で、局所的で狭い範囲に適用され、融雪量の算定では最も厳密な手法である。しかし、多くのパラメータが必要であるという問題点がある。一方 Degree-day 法は融雪量を簡便に求めることが出来るが、季節や地域、斜面の傾斜に大きく影響される<sup>1)</sup>。以上の問題点を踏まえて、水津(2002)は熱収支法に必要な連続気象観測をアメダスで代替した簡易熱収支法を用いた融雪水量モデルを考案している。このモデルでは、 $K_{SL}$ を導入することにより、顕熱、潜熱輸送量を気温から推定できる。このモデルは比較的高い精度で簡便に融雪量を算定することができる。しかし、斜面崩壊を検討する際に斜面に浸透する融雪量と融雪水の積雪層内外の挙動が解明されておらず、融雪量を算定できたとしても土中に浸透する量を厳密に推定することができない問題点がある。

本研究では、簡易熱収支法と斜面崩壊モデルを接続し、簡易熱収支法によって算定された融雪量と斜面崩壊モデルを用いて融雪時の斜面崩壊予測を行うモデルを開発することを目的としている。

簡易熱収支法のモデルは降雪発生確率など適用地点ごとに調整が必要なパラメータを含んでいる。このことから本稿では、富山県楡原において国土交通省が観測しているライシメータによる融雪量と簡易熱収支法による融雪量算定の有用性の検証を行うため降雪発生確率モデルの検証とライシメータによる観測値との比較を行うことを目的とする。

## 2. 計算方法

水津<sup>1)</sup>による簡易熱収支モデルを以下に示す。

$$M_s + M_g = NRS + NRL + H + \lambda E + R + Q_i + G \quad (1)$$

ここで、 $M_s$ は積雪表面層での融雪量、 $M_g$ は底面での融雪量、 $NRS$ は短波長収支量、 $NRL$ は長波長収支量、 $H$ は顕熱伝達、 $\lambda E$ は潜熱伝達、 $R$ は降雨による搬送熱、 $Q_i$ は積雪層内での貯熱変化、 $G$ は地中からの伝導熱である。

なお、本モデルを用いて融雪量の算定を行うと、気象条件によっては融雪量が負の値を示す場合がある。その場合、融雪量を 0 とする条件を付加した。

融雪量の算定には、降水量を降雪量と降雨量に分離する必要がある。アメダスでは降水量の観測は行われているが、降雪量と降雨量を分けて観測されているわけではない。このため、2001～2010 年の富山気象台のデータを用いて、降雪と降雨の判別を行う降雪発生確率のモデルの検証を行った。気象台では、日平均気温および、その日の主となる天気を記録した天気概況が記録されている。それらを用いて、降雪発生確率の予測モデルを構築し、降雪と降雨の判別を行った。降雪発生率は図 1 に示すとおり気温との関係が強いが、気温が 4℃付近の降雪と降雨の発生確率に大きなばらつきがあるため予測モデルの検討が必要である。降雪発生の下限気温を降雪 100%気温、上限気温を降雪 0%気温とし、その間の気温では発生確率に応じた降雪、降雨量があるものとした。

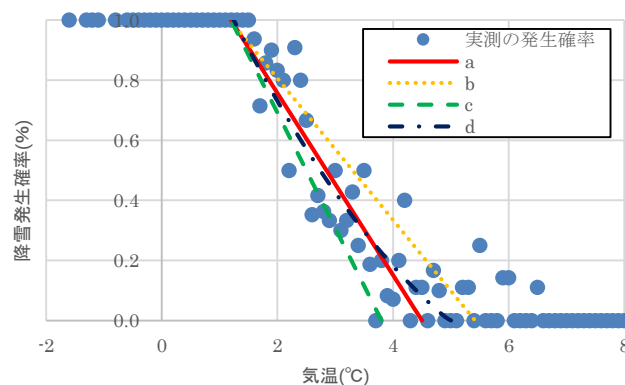


図 1 富山県における降雪発生割合

### 3. 計算結果及び考察

富山県楡原トンネル付近に設置されている 2m×2m のライシメータによって計測された融雪量と予測融雪量の比較を行った。算定に用いた気温、降水量、日照時間は、アメダス八尾観測所のデータを使用した。実際のライシメータでは、融雪量と降雨量を合算して観測しているため、計算も融雪量と降雨量を足し合わせたもので比較を行った。また、予測モデルを 4 パターン検討することにより融雪量にどのような影響が出るのかを検証した。降雪発生確率 100%時の気温を 1.2℃とし、降雪発生確率 0%時の気温を 4.5℃、5.5℃、3.8℃および曲線近似したものそれぞれ a, b, c, d とした。近似直線及び近似曲線 a～d を用いて算定した計算結果と観測値との比較を図 1～4 に示す。また、それぞれの相関係数と平均誤差を表 1 に示す。図 2-4 より、観測値との傾向は概ね一致しており a, b, d はほぼ同様の傾向を示した。また c については他の 3 パターンと比べ、過大に融雪量を算定する傾向が見られた。それぞれの相関係数は 0.83～0.84、平均誤差は 5.07～5.61mm であり、特に曲線近似を行った d が最も高い精度であった。このことから本モデルは、実用的な精度は満たしていると考えられる。しかし、どのパターンにおいても融雪量を観測値より 10mm～40mm 程度低く見積もっている日があり、予測精度が十分でない箇所がある。これは地形的な要因や融雪水の水平移動が影響していると考えられる。

### 4. まとめ

本研究では簡易熱収支法の有用性の検証を行った。結果、本モデルは相関係数 0.84 と実用上十分な精度であることがわかった。しかし、融雪量を実測値よりも低く見積もっているケースがあり、融雪水の積雪層内外の挙動について検討が必要である。

### 謝辞

本研究は日本工営株式会社との共同研究「融雪時における法面安全性に関する共同研究」の一部として実施した。

### 5. 参考文献

- 1) 水津重雄: 広域に適用可能な融雪・積雪水量モデル, 雪氷, Vol.64, No.6, pp.617-620, 2002.
- 2) 国土交通省: 平成 28・29 年度富山管内道路防犯定期点検業務報告書 融雪量計算書 pp.1-3, 2017.

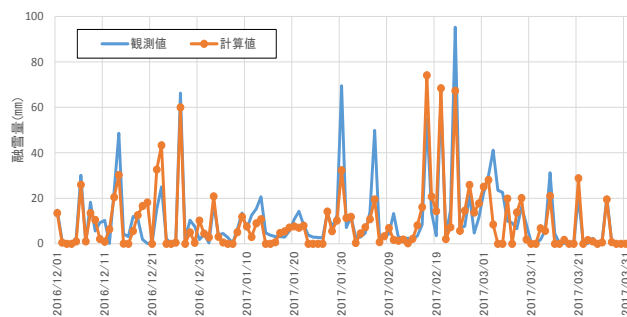


図 1 a における融雪量の推移

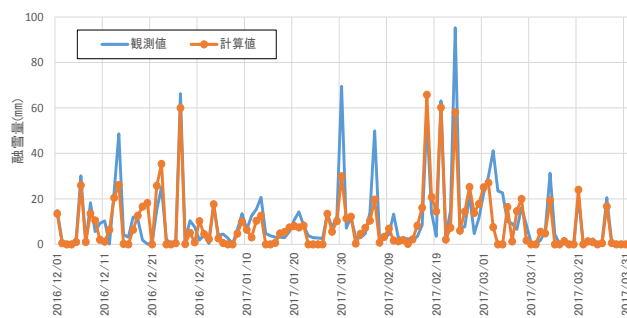


図 2 b における融雪量の推移

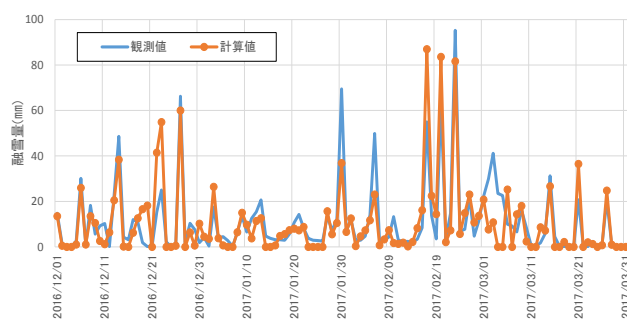


図 3 c における融雪量の推移

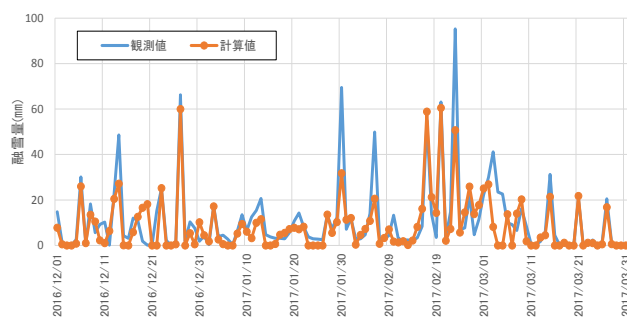


図 4 d における融雪量の推移

表 1 各パターンにおける相関係数と平均誤差

| パターン | 相関係数 | 平均誤差(mm) |
|------|------|----------|
| a    | 0.83 | 5.50     |
| b    | 0.84 | 5.14     |
| c    | 0.83 | 5.61     |
| d    | 0.84 | 5.07     |