

新潟大学災害・復興科学研究所

共同研究報告書

(A4: 2~3枚程度)

## 秋田県における積雪水量モデルと積雪深分布図に基づく全層積雪密度 時空間分布の解析

研究代表者氏名 本谷 研<sup>1)</sup>

研究分担者氏名 河島 克久<sup>2)</sup>

研究分担者氏名 松元 高峰<sup>2)</sup>

研究分担者氏名 伊豫部 勉<sup>3)</sup>

1) 秋田大学教育文化学部 2) 新潟大学災害・復興科学研究所 3) 京都大学大学院工学研究科

### 研究要旨

(400字以内)

積雪の量を積雪深で表すか、積雪水量(重量)で表すかは古くからの問題であるが、両者を換算するには現実の雪質や粒径、層構造を考慮して合理的に全層積雪密度を推定することが必要になる。しかし、積雪密度を推定する試みはこれまでも多くなされているものの、そのほとんどは新積雪(降雪)の密度に関するもので、積雪荷重設計などに実用上用いられる全層積雪密度としては、 $300\text{kg/m}^3$ 程度の概略値が用いられる場合がほとんどである。このため、降雪頻度が異なる時期においても積雪深と積雪水量(重量)の換算ができるような、地点毎・季節毎の全層積雪密度が推定できれば望ましい。本研究では地点ごとの積雪深と計算積雪水量から全層積雪密度季節変化を再現したほか、独立に得られる準リアルタイム積雪深分布図とルーチン気象データによる積雪水量分布から全層積雪密度の2次元分布を明らかにする方法について示した。

### A. 研究目的

降雪頻度が異なる時期においても積雪深と積雪水量(重量)の換算ができるような、地点毎・季節毎の「平年値的な」全層積雪密度が推定できれば、大変便利のはずである。そこで本研究では、秋田周辺アメダス地点における積雪深データ(準リアルタイム積雪深分布)とルーチン気象データに基づいた診断型積雪モデル(Motoya et al., 2001)の二つから逆算的に全層積雪密度を求めた。特に人口が集中する沿岸部や平野・盆地などにおいて、現実的な全層積雪密度の空間分布を得ることを目標にした。

### B. 研究方法

地点ごとの全層平均積雪密度の推定にはアメ

ダス観測点の積雪深データ、2次元分布の場合は準リアルタイム積雪深分布図に依った。なお、いずれの場合も積雪水量の地点ごとの季節変化、空間分布はルーチン気象データと診断型積雪分布モデルに依った。詳細は以下に記す。

[使用データ]

日平均および最高・最低気温( $^{\circ}\text{C}$ )、日降水量(mm)、日平均風速( $\text{ms}^{-1}$ )、水蒸気圧(hPa)、日照時間(hr)、日平均気圧(hPa)などの気象要素分布を気象庁のアメダス観測点(東北6県に200から270地点)と気象官署(同約20地点)のルーチン気象データ(気象庁ホームページ)から推定した。つまり、空間的に離散したデータから距離重み付き内外挿と高度分布を仮定することによって面的な気象要素の分布を推定した。また、標高・土地利用

などは国土地理院のデジタル数値地図(それぞれ 50m および 100m 格子)から得た。なお、秋田県内の 13 地点(能代、鷹巣、鹿角、五城目、阿仁合、秋田、角館、大正寺、本荘、横手、矢島、湯沢、湯の岱)の各積雪深観測アメダス、図 1 参照)における日最深積雪深データを用いた。

#### [診断型積雪分布モデル]

診断型積雪分布モデル(Motoya et al., 2001; 本谷, 2008)により東北 6 県(青森、秋田、岩手、山形、宮城、福島、面積 77000km<sup>2</sup>)における、日単位で 1km 四方グリッド毎の積雪水量の再現計算を、1980-81 年冬季より 2009-10 年冬季までの 30 シーズン分行い、その 30 年平均を平年値と考え、秋田県内の 13 アメダス地点(能代、鷹巣、鹿角、五城目、阿仁合、秋田、角館、大正寺、本荘、横手、矢島、湯沢、湯の岱)における推定積雪水量(各観測点が含まれる 1km 四方グリッドの平均積雪水量)を同じ地点の日最深積雪深で除することにより、全層積雪密度を推定した。ただし、積雪深 3cm を目安に雪がほとんどないときは全層積雪密度を定義しないようにしてあるほか、診断型積雪分布モデルの消雪日が実際と前後する場合(多くはモデルの消雪日の方が遅くなる=山岳地形ではアメダス観測点より観測点を含むグリッド標高が高くなることや、地表面状態の違いのため積雪水量過多の傾向にあるため)には、消雪日が現実と合うように調整してある。なお、診断型積雪分布モデルは、積雪単層の水・熱収支から積雪重量や融雪量を求めるスラブモデルであるので、積雪中の含水は考慮しない。このため、本研究で得られる全層積雪密度は乾き雪換算の全層積雪密度となるので留意のこと。

### C. 研究結果

#### [アメダス地点の全層積雪密度季節変化]

図 2A, 2B に秋田県内積雪観測アメダス地点における全層平均積雪密度の季節変化を示す。図中の◆が積雪深の平年値、■が積雪水量の平年値(計算値)、▲印が 30 年(1981-2010 年)平均から求めた全層積雪密度の平年値、×は各年の(積雪水量)を(積雪深)で除して直接求めた全層積雪密度、\*は 30 年(1981-2010 年)の年々変動(ただし雪のない期間は除かれる)の全層積雪密度標準偏差である。なお、●は上記の×と\*の和(つまり●=×+\*)

である。全層積雪密度平年値(▲)に比べ、各年の除算によった全層積雪密度(×)は多雪年の傾向に近く(雪がないと定義されないため)、雪の少ない時期の積雪深観測誤差または積雪水量推定誤差によっては平年値の方が大きい値を取る場合がある。●(=×+\*)は全層積雪密度の(誤差を含んだ)上限の目安と考えられる。まず図 2A を見ると、いずれの方法で推定しても 12 月から 1 月の積雪増加に伴って、全層積雪密度は増大し、積雪重量の最大ピーク前後で(正確にはやや遅れて)ピークになる(a, d, f)か、融雪期へ向けて漸増し、融雪末期にやや小さくなる(b, c, e)季節変化を示す。この場合、前者では降雪があっても積雪の少ない初冬期および融雪末期に全層積雪密度は低下する(積雪が少なく新雪密度の寄与率が高くなるため)が、後者の例では全層積雪密度は初冬期の増加後も 300kg/m<sup>3</sup> ないし 400kg/m<sup>3</sup> あたりの上限値へ向けて融雪末期まで漸増する。図 2B からほとんど同じことがいえ、山型の季節変化に近いもの(a, c, e, f)と漸増型(b, d, g)に大別できる。大正寺(a)、角館(b)、本荘(c)、横手(d)、矢島(f)、湯の岱(g)ではやや控えめな全層積雪密度平年値でみても 300kg/m<sup>3</sup> を超える時期が 2 か月以上あり、一部では 500kg/m<sup>3</sup> を程度に迫るので、全層積雪密度の概略値として 300kg/m<sup>3</sup> を用いる場合は注意が必要なことが分かった。また\*印で示した全層積雪密度の 30 年間年々変動の標準偏差は、本荘(c)のみ最深積雪深発生時に最大になる他は、全て降り始めの時期(積雪初期)と融雪末期に増大する傾向となり、これは年ごとの雪の降り方、融雪末期の残り方の不均一性とその変動のためと考えられる。なお、大正寺(a)、角館(b)、矢島(f)、湯の岱(g)などで誤差のためか●=×+\*が非現実的に大きい場合がある。

#### [全層積雪密度の 2 次元分布]

秋田周辺(図 3 の赤枠領域)における、全層積雪密度の 2 次元分布の例を図 4 に対応する日時の積雪水量分布を図 5 に示す。平野や盆地など人口が多いところで 1 月における全層平均密度が 100~500kg/m<sup>3</sup> となり、ひとまず合理的な結果が得られたが、標高の高い場所で積雪水量が過大・積雪深分布が過小となるため、全層平均密度は単純除算で 700kg/m<sup>3</sup> 以上(白の領域)となり、うまく推定できないことが分かった。

## D. 考察

図6に2018年の秋田周辺で実施した snow survey による積雪水量実測値とルーチン気象データ+診断型積雪分布モデルによる積雪水量計算値の対応を示す。決定係数は0.68程度(相関係数0.82程度)と対応は悪くないが、2017年の同様の対応(決定係数0.73程度, 相関係数0.85)よりも若干悪くなった。これは診断型積雪分布モデルが平年並みの冬型による降水量標高分布を仮定しているため、偏西風の蛇行による寒気流下とラニーニャ傾向による低気圧の発生・発達に伴う里雪型豪雪が卓越する2017-18年冬期の降水量分布推定が難しかったためと考えられる。

## E. 結論

本研究から以下のようなことが分かった。

- 1) 秋田県内のアメダス地点について積雪深データ(観測値)と分布型積雪モデルの推定積雪水量から全層積雪密度を推定できる。
- 2) 地点により全層積雪密度の値およびその季節変化は異なる(降雪頻度と積雪量・融雪量の兼合い等)。
- 3) 多雪地の融雪末期, 積雪深 $\leftrightarrow$ 積雪重量の換算に全層密度概略値( $300\text{kg}/\text{m}^3$ )の仮定は要注意の場合がある(現実には $500\sim 600\text{kg}/\text{m}^3$ となる場合も珍しくない)。
- 4) 積雪深分布と積雪水量分布から全層積雪密度2次元分布を求める方法について検討し, 平野盆地などの低い標高の場所については単純除算により現実的な全層平均積雪密度を得ることができた。
- 5) 現在の手法では高標高の山岳域などでは現実的な積雪深分布を得ることが難しい。
- 6) 計算と観測: 相関中程度で対応している。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表 (掲載誌名・巻号・頁・発行年を記入し、

本谷 研・河島克久・松元高峰・伊豫部勉, 2017: ルーチン積雪深と積雪水量モデルに基づく秋田県内の全層積雪密度の解析, (公社)日本雪氷学会東北支部「東北の雪と生活」, 32, p9-14.

### 2. 学会発表 (学会名・発表年月・開催地なども記入)

本谷 研・河島克久・松元高峰・伊豫部勉, 2017: 積雪深データと診断型積雪モデルによる秋田県

内積雪観測アメダスにおける全層積雪密度の季節変化の解析, 日本気象学会 2017 年秋季大会, 大会第2日ポスターセッション, P231.

## G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

該当なし

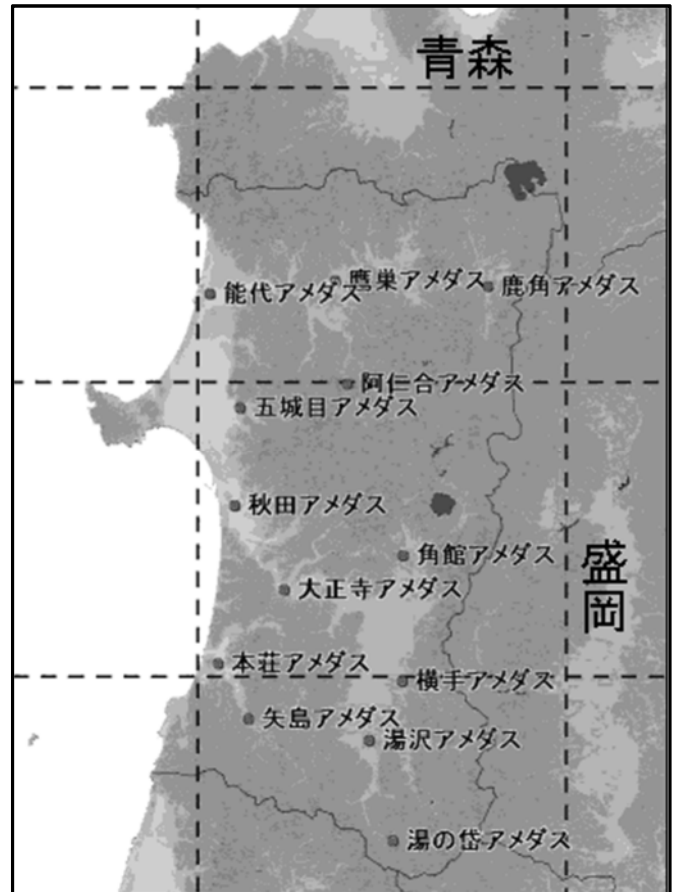


図1. 秋田県内 13 カ所の積雪深観測アメダスの位置図.

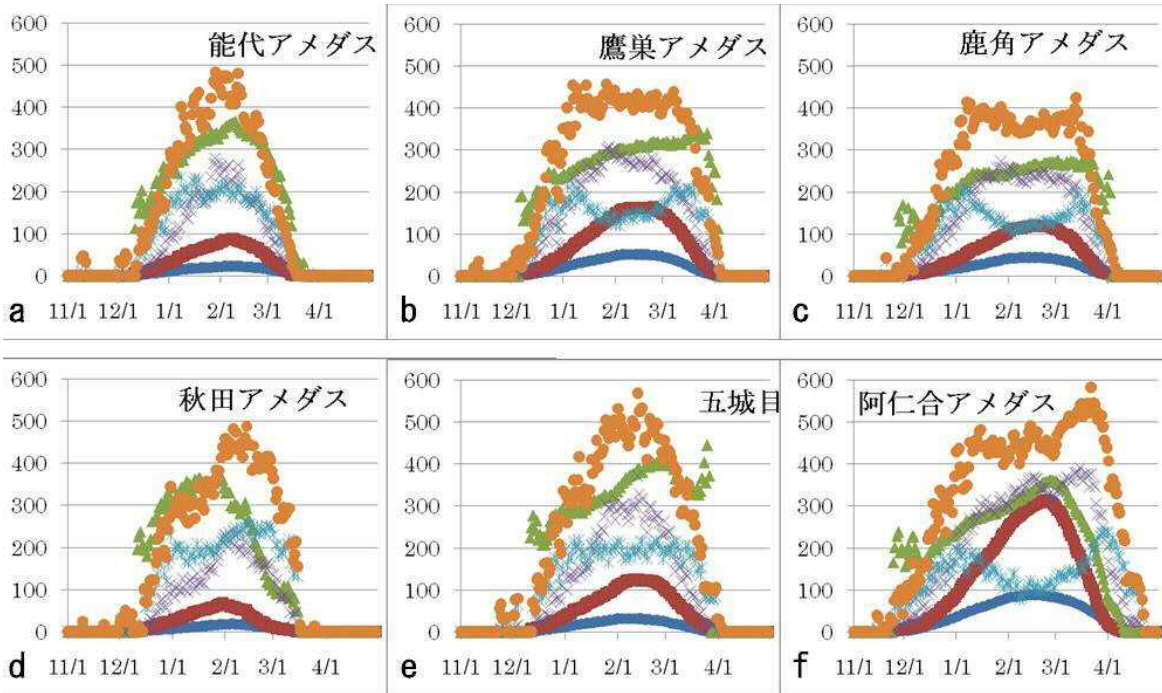


図 2A: 日最深積雪深(SD), 推定積雪水量(SWE), 全層積雪密度の季節変化. 能代・鷹巣・鹿角・秋田・五城目・阿仁合アメダスの場合.

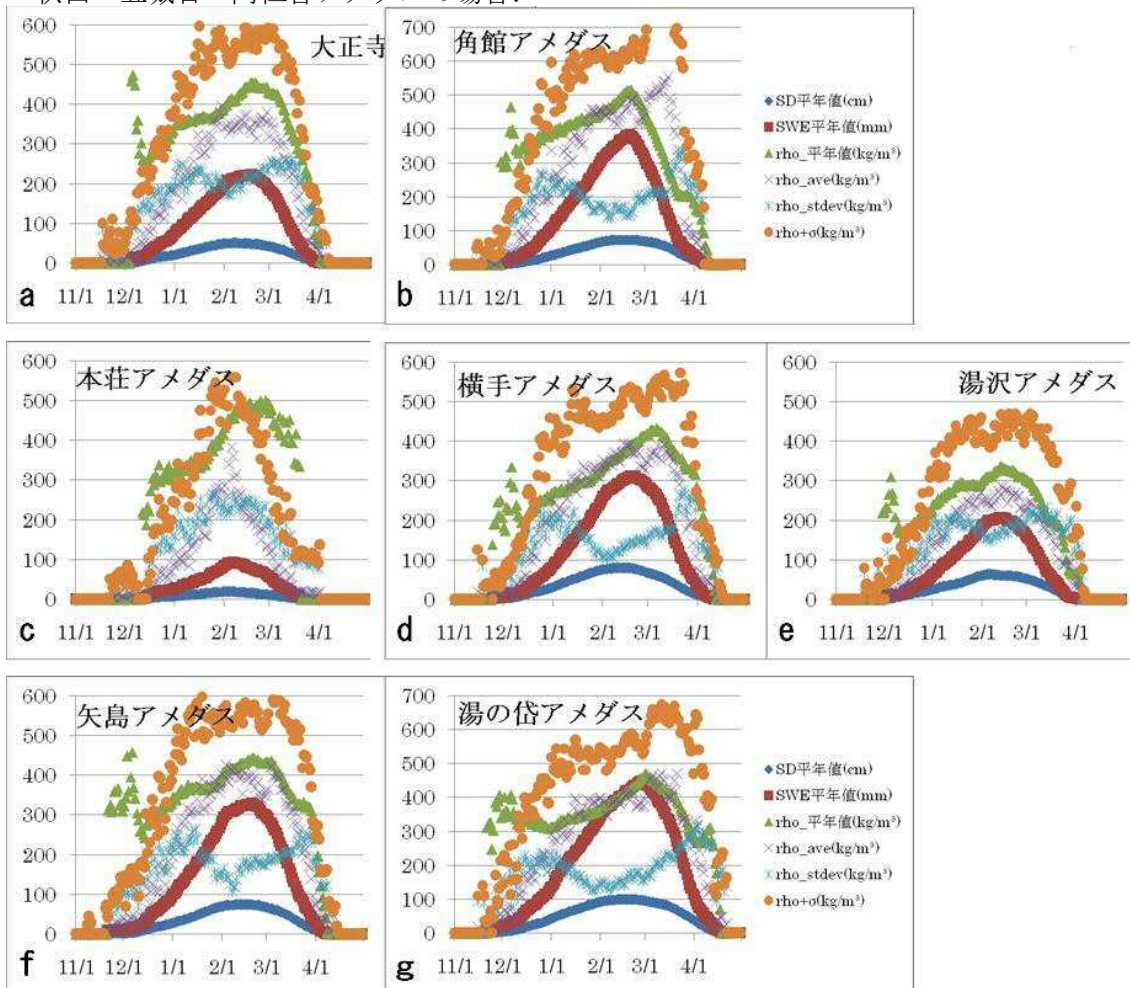


図 2B: 2A に同じ. ただし, 大正寺・角館・本荘・横手・湯沢・矢島・湯の岱アメダスの場合.



図3: 図4(全層積雪密度分布)と図5(積雪水量分布)の対象領域.

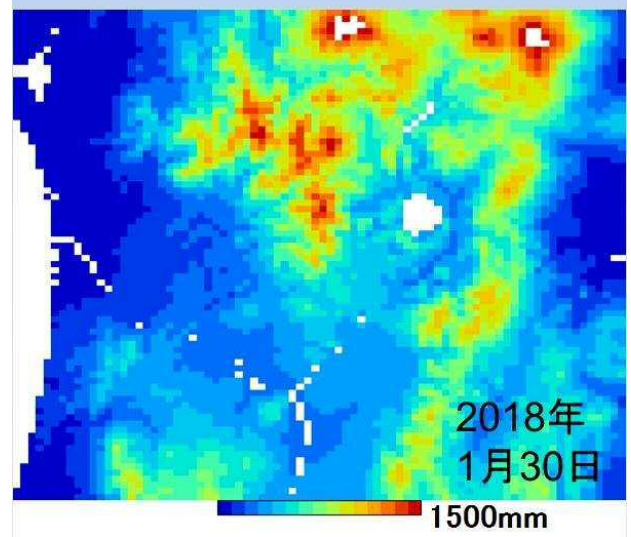
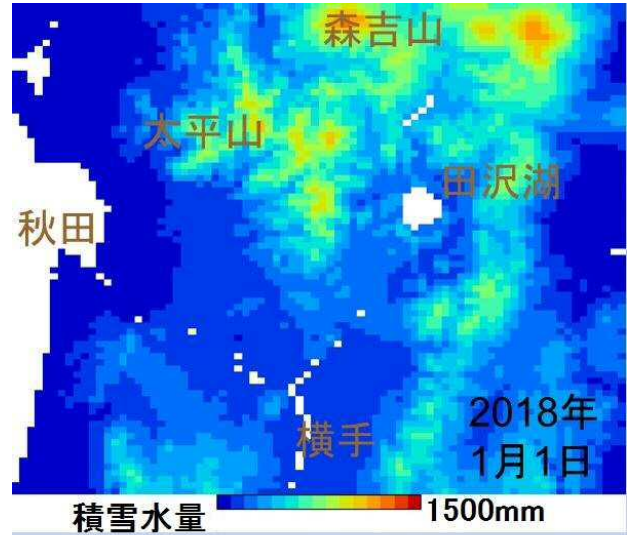


図5: 図4に対応する積雪水量分布図.

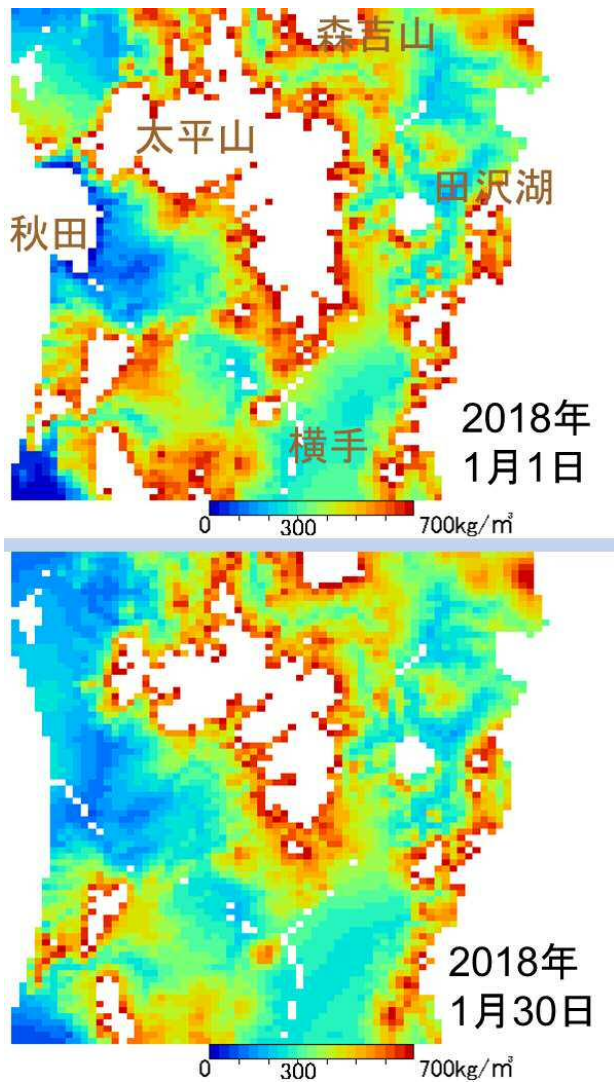


図4: 全層積雪密度分布の計算例.

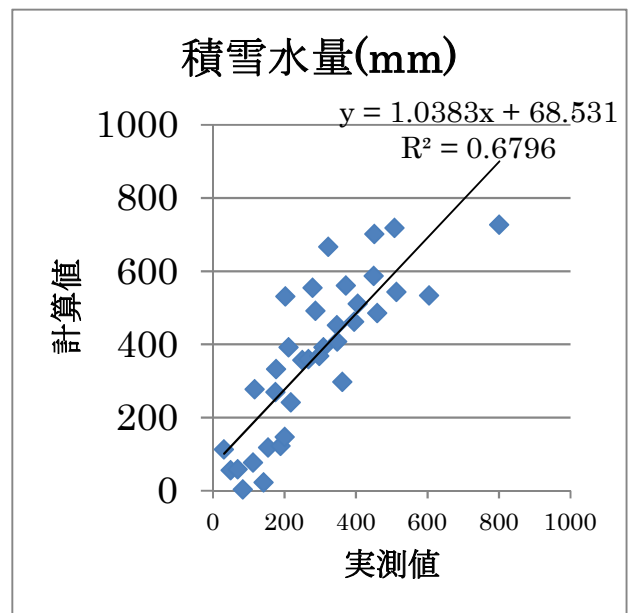


図6: 積雪水量実測値と計算値の対応. ただし, 2018年のsnow surveyに対応したもののみ.