

## 長野県環境保全研究所飯綱庁舎における 積雪深連続観測地点近傍の積雪深分布

田中博春<sup>1</sup>・浜田 崇<sup>1</sup>

長野県環境保全研究所飯綱庁舎の敷地広場にて、2013年1月21日から15日間、超音波積雪深計と定点撮影カメラを併用して、積雪深の空間分布を連続観測した。その結果、積雪深は観測地中央部が最も大きく、既設積雪深計が設置されている観測地縁辺部に近づくほど、積雪深が大きく減少してゆく傾向が認められた。一方、積雪深の評価期間に限られるが、観測地中央部と縁辺部の積雪深の間には非常に高い相関が認められた。この関係を利用することで、既設積雪深計の測定値から、観測地中央部の積雪深を推定可能であることがわかった。

キーワード：積雪深空間分布，定点撮影カメラ，飯縄山

### 1. はじめに

長野県環境保全研究所では、飯綱庁舎敷地内（標高約1030m）で、2003年から継続的に積雪深を連続観測している。

一方、2010年度から開始した、長野県における地球温暖化の影響評価及び適応策立案手法の開発に関する調査研究（信州クールアース推進調査研究事業：平成22～26年度）<sup>1)</sup>では、長野県における気候変動の実態把握が主要な課題のひとつとなっている。このため、長期間の連続観測データの重要性が増している。

しかしながら、積雪期間中に観測地を目視すると、既設積雪深計の積雪深測定位置近傍に、明瞭な積雪深の勾配が認められることがある。

そこで本報では、定点撮影による独自の手法で既設積雪計近傍の積雪深の空間分布を測定し、より詳細な積雪深の空間分布とその時間的な変化傾向を把握することを研究の目的とした。

### 2. 観測地の概要

環境保全研究所飯綱庁舎は長野県長野市の飯綱高原にあり、緯度  $36^{\circ} 43'$ 、経度  $138^{\circ} 09'$ 、標高1030mの地点に位置する<sup>2)</sup>（図1、a地点）。ここは

飯縄山（1917m）南東斜面にあたり、周囲には高原状の小起伏火山麓斜面が発達する。周囲の平均的な斜度は  $8\sim 15^{\circ}$ <sup>3)</sup>で、周囲の植生は主にカラマツ林から構成されている<sup>4)</sup>。

飯綱庁舎では、積雪深の観測を庁舎の南西約150mに位置する庁舎敷地内第2駐車場にて実施している<sup>2)</sup>（図1、b地点；以下、観測地と略）。観測地は、周囲を樹高20m程度の樹林に囲まれた平坦地にある。積雪期には閉鎖され、人為的な除雪や、除雪による雪の堆積がほとんどない。既設積雪深計は、観測地平坦面の北東端に位置し、平坦面とその北東側の樹林の境界にある。

観測地での既設積雪深の測定方法は、目盛りのある観測ポールを目視読み取り（2003年1月中旬

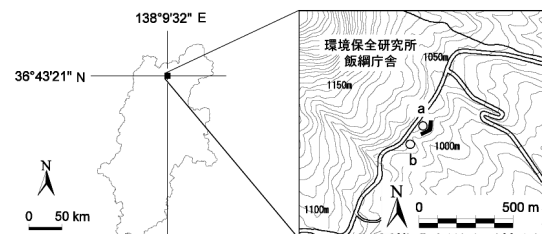


図1 観測地域および観測地点

a:環境保全研究所, b:第2駐車場(積雪深観測地)  
この背景地図等データは、国土地理院の電子国土Webシステムから配信されたものである。

1 長野県環境保全研究所 自然環境部 〒381-0075 長野市北郷 2054-120

～2004年11月、毎日9時測定)と、超音波式積雪深計(2004年12月以降、10分ごとの瞬間値をデータロガーにて記録、Campbell Scientific, Inc.:SR50.以下、既設積雪深計と略)である<sup>2)</sup>。

### 3. 観測方法

積雪深の連続測定は、現在では超音波式や光学式の積雪深計が用いられることが多い。一方、近年はデジタルカメラの進歩が著しく、高性能・安価な市販品が次々と発売されている。それらの機器を利用することで高精度かつ安価な野外モニタリングが可能となった。筆者らは、市販のデジタルカメラを利用し、雪面に立てた観測ポールを定点インターバル撮影することで積雪深を求める研究をこれまで実施してきた<sup>5)~9)</sup>。この手法は、カメラの撮影視野範囲

内であれば、積雪深の測定を多点で安価に実施することに特徴がある。今回はデジタルカメラとしてキヤノン製 EOS kiss X4 (画素数 5184×3456 ピクセル) を利用し、冬季の積雪深測定に応用した。

デジタルカメラを利用した積雪深の推定方法は以下の通りである。まず観測地の北東端にある既設積雪深計の近傍から観測地中央にかけて北東-南西方向に測線を設定し、測線上に直立する観測ポールを6本設置した(図2)。観測地の北東側縁辺部のポールの名称を No.1、観測値中心部に近いポールを No.6 とした。既設積雪深計に最も近いポールは No.2 であり、その距離は約 1.9m であった。ポールは、観測地の縁辺部に近づくほど間隔を狭く配置した。

また、それらが視野内に収まる位置にデジタルカメラを固定し、30分間隔で雪面を撮影した。撮影に際しては、夜間での視認性を上げることを目的とし

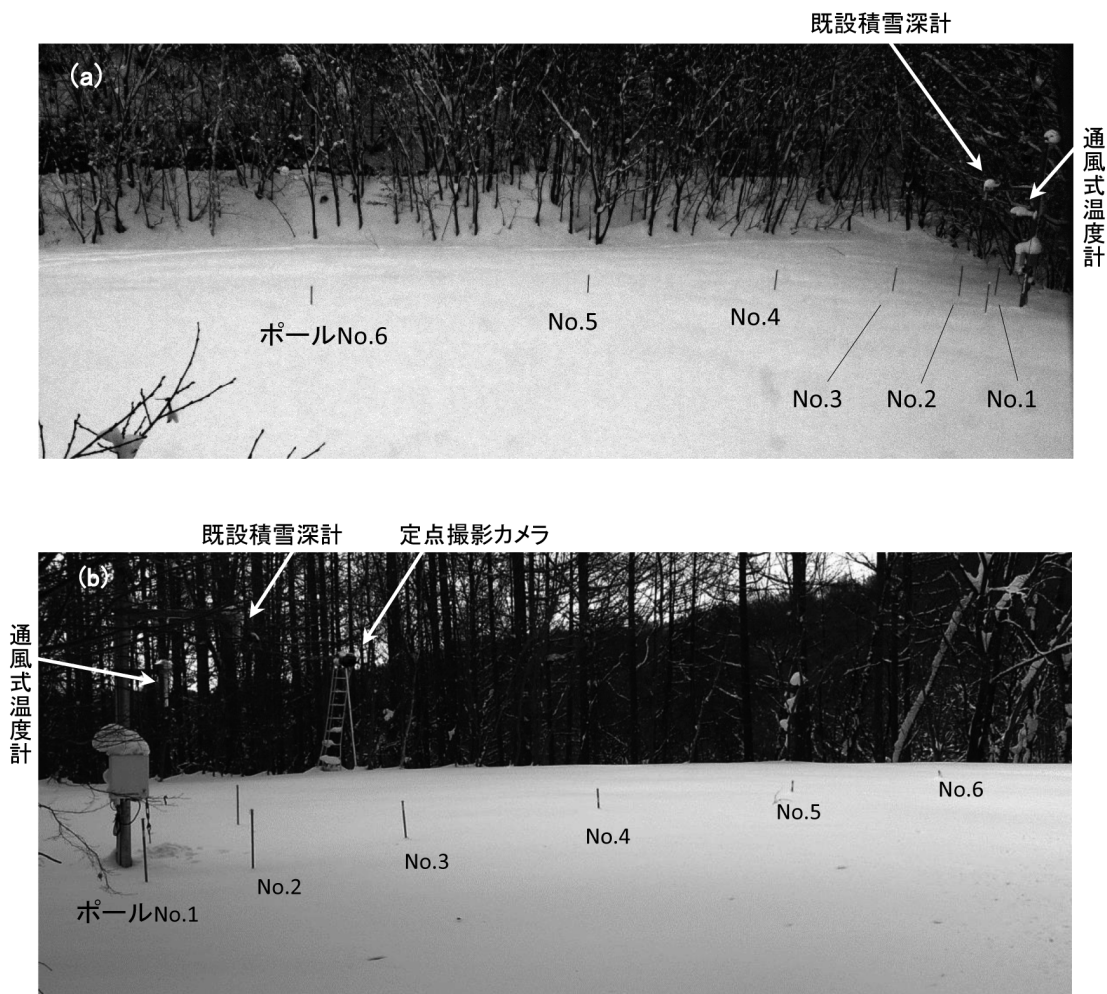


図2 観測地における観測機器の配置

(a)観測地南側から北側を望む(2013年1月27日撮影)、(b)観測地北側から南側を望む(2013年2月26日撮影; 評価期間外)。

て、ポールには橙色の高輝度反射シートを貼り付け、カメラ直上からLEDライトを照射した。

積雪深の測定は、画像上にて以下の長さ(画素数)を測定することで行った(図3)。

- X: 雪面下に隠れたポールの長さ(積雪深に相当)
  - A: ポールの先端から根元までの長さ
  - B: ポール先端から雪面上に見えるポール根元までの長さ
- $X = A - B$ : 積雪期の積雪深 (式1)

無積雪期にポールの長さを実測し、無積雪期の画像上でのポールの長さを測定した。前者を後者で除することにより、1画素あたりのポールの長さを求めた。画像上での1画素は、約3.3~4.6mmに相当した。式1で求めた雪面下のポールの長さ(X)にこの値を乗ずることで、各ポール位置における積雪深を推定した。

本手法の測定精度は、定点撮影カメラと既設積雪深計の距離が9.5mの場合、概ね1cmであることを確認している<sup>9)</sup>。本観測で最遠となるポールNo.1と定点撮影カメラとの距離は22.3mであるため、測定精度は2cm程度となる。

積雪深観測の評価を行った期間は、2013年1月21日~2月5日の15日間とした(以下、評価期間と略)。評価期間では融雪によるポールの周囲の雪孔は昼間を含めて目視されなかった。このため、雪孔の補正は実施しなかった。

画像からの積雪深の読み取りは、評価期間の午前0時の画像で行った。後述の気象庁による積雪深の観測値も午前0時の測定値のみを利用した。

#### 4. 結果および考察

図4に、既設積雪深計と、気象庁の長野地方気象台、アメダス信濃町における、2012~2013年冬季の積雪深の時系列変化、およびその中の評価期間

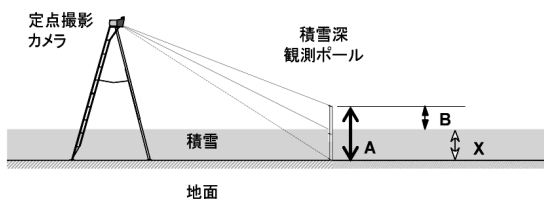


図3 定点撮影カメラによる積雪深計測概念図

の範囲を示した。評価期間は15日間と短い、評価期間はこの冬季の中では平均的な積雪深であったことがわかる。評価期間内の既設積雪深計による積雪深は、最大が1月27および28日の81.1cm、最小が2月5日の52.0cmであった。

図5に、評価期間内の測線上の積雪深分布の事例を示した。図示した事例は、評価期間の初日(1月21日)、最終日かつ評価期間内の最小積雪深日(2月5日)、および評価期間内の最大積雪深日(1月28日)である。観測期間内は、観測地の中心部(ポールNo.6)から北東側縁辺部(ポールNo.1)に向かうにつれ積雪深が減少してゆく傾向が、事例日を含むすべての日において認められた。積雪深の減少量は、縁辺部に近づくほど大きくなった。ただし、最も端にあるポールNo.1は、1.0m観測地中央部側に位置するポールNo.2と積雪深の値が大きく変わらないことがあった。

図6は、既設積雪深計に最も近いポールNo.2、中央部のポールNo.6と、既設積雪深計の積雪深の時系列変化である。3地点の積雪深の変動が同期していることがわかる。

評価期間内の既設積雪深計とポールNo.6の積雪深差の平均と最大は、それぞれ34.6cmおよび40.9cm

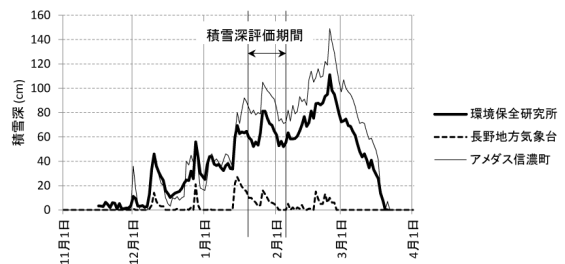


図4 2012~2013年冬季の積雪深時系列変化と評価期間の範囲

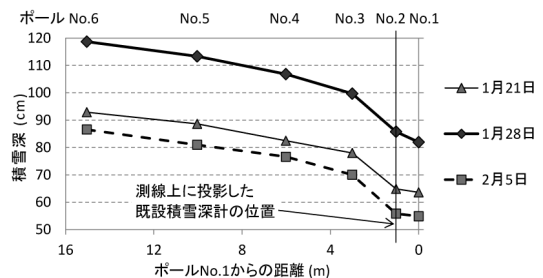


図5 観測地北東側縁辺部から中心にかけての積雪深分布

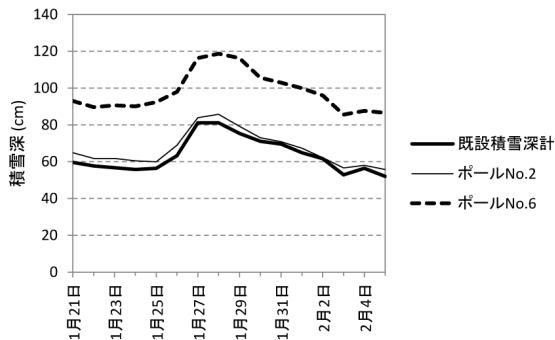


図6 観測地の縁辺部(ポール No.2)と中心部(ポール No.6)の積雪深時間経過図

であった。評価期間内は、観測地の中心部と縁辺部の間に平均して 35cm に近い積雪深差があったことになる。同じく、既設積雪深計とポール No.2 の積雪深差の平均と最大は、それぞれ 3.4cm および 5.8cm であった(積雪深は常にポール No.2 の方が大きい)。さらに、観測ポール間の積雪深を 1cm 刻みで直線近似し、空間補間を行うことで求めた測線上の平均積雪深と、既存積雪深計の積雪深の差を取ると、平均で 21.5cm、最大で 27.9cm となった。既存積雪深計の積雪深と測線上の平均積雪深の比は最小 0.69、最大 0.77 であり、平均すると既存積雪深計の積雪深は、測線上の積雪深より 27% 小さかった。

また、観測地縁辺部にあるポール No.2 と No.3 の間の距離は 2.0m であるにもかかわらず、評価期間の平均で 12.8cm、最小でも 7.8cm の積雪深差があった。

以上から、既設積雪深計の測定値は、測線上の平均的な積雪深と比較して小さな値となっていること、および既設積雪深計近傍には、大きな積雪深の勾配が認められることが判明した。

観測地中心部から縁辺部に近づくとつれ、積雪深が大きく減少する定性的な理由としては、以下が想定される。(1)森林の開空率：樹林に近づくほど樹林による降雪遮断量が大きくなり積雪深が減少する。(2)冬季の卓越風向と林縁分布の関係：既存積雪計は観測地北東縁に位置し、観測地での冬季卓越風向である北東風時には、樹林が降雪を遮断する位置関係になる。(3)局所的な風向風速の差異、(4)微地形の影響：観測地北西縁は高さ 3m 程度の盛り土が連なり、その上に高さ 15m 程度の樹木が植えられている。(5)観測地内の日射環境の差異：既存積雪深計は観測地北東縁に位置し、観測地内では日射があたる時間

が長く融雪が促進されやすい。

一方、既設積雪深計の積雪深を  $x$  (cm)、No.6 の積雪深を  $y$  (cm) とすると、両者に以下の有意な関係が認められた ( $r = 0.99$ ,  $P < 0.01$ )。

$$y = 1.14x + 25.5 \quad (\text{式 2})$$

このことから、評価期間に限れば、式 2 を用いることで、既設積雪深計の積雪深測定値から、観測地中央の積雪深を推定することができる。

評価期間内における既設積雪深計の最大積雪深は 81.1cm であり、また既設積雪深計測定での 2012～2013 年冬季の最大積雪深は 111.1cm (2013 年 2 月 25 日 0 時) であった。式 2 の関係性を評価期間外に適用し外挿すると、観測地中央部の積雪深は、それぞれ 118.1cm, 152.4cm となると推定された。

ただし、式 2 の関係性は評価期間の観測値から得られたものであり、評価期間中の積雪深の変動幅も限られている。このため、式 2 の評価期間外での成立性については、今後検証が必要である。

本研究の結果、空間代表性を考慮すると既設積雪深計は望ましい位置に設置されていないと考えられた。2003 年の観測開始以降、約 10 年間に経過する間に近傍の樹木が生長し、その結果、既設積雪深計近傍の積雪分布への樹木の影響がより大きくなってきた可能性がある。今後は可能であれば、既存積雪深計の設置位置を、より適切な場所へ移動することを検討したい。

## 謝 辞

本研究は、環境省の環境研究総合推進費 (S-8) の支援により実施された。

## 文 献

- 1) 長野県環境保全研究所 (2012) 長野県における適応策立案手法開発のための検討報告書：[http://www.pref.nagano.lg.jp/kanken/chosa/kenkyu/coolearth/documents/adaptation\\_report\\_nagano120328.pdf](http://www.pref.nagano.lg.jp/kanken/chosa/kenkyu/coolearth/documents/adaptation_report_nagano120328.pdf) (2013 年 11 月確認)
- 2) 浜田 崇・北野 聡・富樫 均 (2005) 2002 年～2004 年の飯綱高原における気象観測結果。長野県環境保全研究所研究報告 1 : 57-61.
- 3) 長野市飯綱高原自然復元基本調査委員会 (1993)

- 長野市飯綱高原の豊かな自然復元基本調査報告書 (本編), 421pp.
- 4) 尾関雅章, 大塚孝一, 浜田崇 (2003) 長野市飯綱高原のカラマツ人工林の森林構造. 長野県自然保護研究所紀要 6 : 45-48.
  - 5) 田中博春・小熊宏之・山形与志樹・藤沼康実・平田竜一 (2004) 定点連続撮影カメラを利用した積雪深推定方法の検討. 日本気象学会 2010 年春季大会講演予講集 85 : 333.
  - 6) 田中博春 (2009) 定点連続撮影カメラを用いた林床積雪深の推定方法. 平成 21 年度日本気象学会東北支部気象研究会予稿集 : 5-6.
  - 7) 田中博春・森山真久・菅野洋光 (2010) フィールドモニタリングカメラシステムを利用した積雪深の観測. 日本気象学会 2010 年春季大会講演予講集 97 : 331.
  - 8) 田中博春・森山真久・菅野洋光 (2010) デジタルカメラとインターネットを利用した積雪深モニタリングシステムの開発. 雪氷研究大会 (2010・仙台) 講演要旨集 : 49.
  - 9) 田中博春・浜田崇 (2011) デジタルカメラを利用した積雪深測定方法の自動化に関する検討. 雪氷研究大会. 雪氷研究大会 (2011・長岡) 講演要旨集 : 247.

## Snow depth distribution around continuous meteorological observation point at Nagano Environmental Conservation Research Institute, Iizuna branch

Hiroharu TANAKA<sup>1</sup> and Takashi HAMADA<sup>1</sup>

*1 Nagano Environmental Conservation Research Institute, Natural Environment Division,  
2054-120 Kitago, Nagano 381-0075, Japan*