日本における降雪深変動の地域性とその要因

石井 洋之^{*1}・鈴木 啓助^{*1, *2}

Regional Characteristics of Variation of Snowfall in Japan

Hiroyuki ISHII^{*1} and Keisuke SUZUKI^{*1, *2}

Abstract

In this study, we elucidated the regional variability of a trend in cumulative snowfall by analyzing of meteorological data that were observed at 109 meteorological stations from 1962 to 2009. In addition, we discussed about the meteorological conditions that affected the long term variation of cumulative snowfall.

A significant increase in the cumulative snowfall was observed only at Suttu (western Hokkaido), and significant decreases in the cumulative snowfall were observed in the Japan Sea side of Tohoku district, Hokuriku district and the Western Japan. These areas were classified into two types: the transition area and the genial area, respectively. The precipitation (snow or rain) in the transition area was susceptible to change with an increase of temperature. In the genial area, the air temperature during winter season was higher than the temperature that discriminated between snow and rain.

In the transition area, the trends of secular change of cumulative snowfall differed between the Pacific side and the Japan Sea side. The snowfall in the Japan Sea side was mainly caused by the winter monsoon. Therefore, increasing of temperature in the winter season was considered to reduce the cumulative snowfall significantly in this side.

In the genial area, passing patterns of cyclones differentiated whether cumulative snowfall decreased significantly. In the areas where the cumulative snowfall had decreased significantly, the pressure pattern of pair of extratropical cyclones mainly provided snow. Thus, decreasing of a number of this pressure pattern was considered to reduce the cumulative snowfall in the areas.

Key words: global warming, snowfall, discriminating temperature

I. はじめに

19世紀後半以降の世界の平均気温は、様々な時間スケールの変動を繰り返しながら、長期的には100年あたり約0.7℃(統計期間:1891～2008年)の割合で上昇しており、日本においても、年平均気温は長期的な傾向として100年あた

り約1.1℃(統計期間:1898～2008年)の割合で上昇している(文部科学省ほか, 2009)。この気温上昇の影響により、21世紀末(2081～2100年平均)の日本の総降雪量は、北海道を除くほとんどの地域で現在(1981～2000年平均)よりも減少することが、大気・海洋結合地域気候モデルCRCMを用いて予測されている(気象庁,

*1 信州大学理学部物質循環学科 Department of Environmental Sciences, Shinshu University

*2 信州大学山岳科学総合研究所 Institute of Mountain Science, Shinshu University

2007)。同様の研究は多数行われており、いずれの場合にも降雪量は将来的に減少すると予測されている（小川・野上，1997；Inoue and Yokoyama, 2003）。また、観測データに基づく降雪量の中・長期的な変動については、新庄における 60 年間（1934～1994 年）の降雪量、冬季の気温と降水量を調べた Nakamura and Abe（1998）や、新潟県とその周辺の積雪量の 1927～2005 年の経年変化について調べた鈴木（2006）の研究、そして十日町における 90 年間（1917～2008 年）の降雪量、冬季の気温、降水量を調べた Takeuchi *et al.*（2008）などの研究がある。これらの研究においても、冬季の気温の上昇と降雪量の減少が確認されている。

日本は、南北に細長い国土と起伏に富んだ地形を持つため、地域によって降雪の特性に大きな違いがある。その原因として、緯度による気温の差異の他に、日本海と太平洋に挟まれた地理的な位置もあげられる。日本海側の降雪は冬季季節風の強さにより、太平洋側の降雪は低気圧の進路によって、その降雪地域や降雪量が異なる。このため、近年の気温上昇による降雪量の変動についても地域的な差異が推測される。そこで、本研究では日本全国の気象官署の観測資料を整理・解析することにより、降雪量変動の地域性を明らかにすること、および、降雪量の変動と他の気象要素との関連性について解析することにより、降雪量の変動の地域的な差異を生じる要因を明らかにすることを目的とする。

Ⅱ．データ及び解析方法

1．解析データ及び解析地点

本研究では、1962～2009 年の 48 年間の冬季（12 月、1 月、2 月、3 月）における各気象官署の日統計値を解析に用いた。なお、1962 年 12 月から 1963 年 3 月までを 1962 年冬季とする。日統計値から月統計値を算出する際の欠測等の取り扱いについては、気象観測統計指針（気象庁，2005）に従い以下に行った。

月平均気温を日平均気温から算出する際の欠測等の取り扱いは、①日統計値に資料なしまたは資料不足値があり、その日数が月のそれぞれの日数の 20% 以下の場合は、資料なし及び資料不足値を除いて平均を求め準完全値とする。②①の率が 20% を超える場合は、資料なし及び資料不足値を除いて平均を求め資料不足値とする。③日統計値が全て資料なしまたは資料不足値の場合は、平均値を資料なしとする。

月降水量を日降水量から算出する際、および月降雪深を日降雪深から算出する際には、①日統計値を合計して求める。②日統計値が全て「現象なし」の場合は、「現象なし」とする。しかし、欠測等がある場合には、①日統計値に資料なしまたは資料不足値があり、その日数が月のそれぞれの日数の 20% 以下の場合は、資料なしを除いて合計を求め準完全値とする。ただし、資料なしの日以外の日統計値が全て「現象なし」の場合を除く。②①の率が 20% を超える場合は、資料なしを除いて合計を求め資料不足値とする。ただし、資料なしの日以外の日統計値が全て「現象なし」の場合を除く。③日統計値が全て資料なしの場合、または資料なしの日以外の日統計値が全て「現象なし」の場合は、合計値を資料なしとする。

なお、日降雪深の観測方法は、2005 年 10 月から雪板による 1 日 3 回（9 時、15 時、21 時）の観測から積雪深計による毎正時の観測へと変更された。そこで、この前後の期間における誤差を小さくするために、2006～2009 年冬季の日降雪深は、前日 21 時～9 時、9 時～15 時、15 時～21 時の積雪深の差の合計として求めた。冬季平均気温は完全値、準完全値を平均することで、累積降水量・累積降雪深は完全値、準完全値、資料不足値を合計することで求めた。ただし、各冬季の日数に対する完全値、準完全値のデータ数の割合が冬季平均気温の場合には 80%、累積降水量・累積降雪深の場合には 90% に満たない場合にはデータ欠損として解析には用いていない。

解析対象地点としては、降雪が 1 回以上観測された冬季が 39 年（解析期間の 80%）以上であり、

Fig. 1 Distribution map of analysis point.
Solid circles indicate the location of meteorological stations.

データが欠損している冬季が2年（解析期間の5%）以下である109地点を用いた（Fig. 1）。

2. 解析方法

本研究では、長期的な変化傾向はノンパラメトリック検定の一つである Mann-Kendall 検定を用いて有意性の検定を行い、有意水準が5%未満の場合に有意であるとした。Mann-Kendall 検定はデータ群のはずれ値の影響を受けにくいため、時系列データの変化傾向を調べる方法として頑健性が高いとされている検定手法である（松山・谷本, 2005）。

Ⅲ. 判別気温の算出

日本には、冬季平均気温が0℃以上でありながら降雪が観測される地域が広く分布している。この地域では、冬季の降水は僅かな気温の変化で雪/雨の降水形態の変化を起こしやすい。冬季の降水は気温と湿度の変化によって雪/雨の形態変化をすることが知られているが（Matsuo *et al.*, 1981）、気温と湿度を用いた場合であっても降水形態の判別が完全ではないことや、気温のみの観

測値は広域で得やすいことから、本研究では降水形態の判別を気温のみで行った。

本研究で用いる各地点での判別気温は、田村（1990）の手法を参考として、各地点の1971年冬季～2000年冬季の日平均気温と日降水量、日降雪深のデータより算出した。降水形態の変化の境界の気温という判別気温の意味からすると、本来は定時観測結果から求めるのが良いと考えられる。しかし、本研究で用いているデータが全て日単位のデータであることを考慮すると、判別気温の算出に用いるデータのみを時間単位のデータで扱うのはかえって整合性に欠けると考えられる。また、判別気温の解析期間を1971年冬季～2000年冬季としたのは、判別気温は経年変化しないと考えられることから最近の平年値を用いるためである。

Ⅳ. 累積降雪深の経年変動と判別気温差の関係

解析期間における累積降雪深の経年的変化傾向の地点分布を Fig. 2 に示す。寿都でのみ累積降雪深が有意に増加しているが、その原因は現段階では不明である。一方、北海道・東北の日本海側の地点および北陸・近畿から以西の地点で累積降雪深は有意に減少している。

累積降雪深が有意に減少している地点の多くは、冬季平均気温が3℃以上である。降水形態が雪か雨かの判別気温は、3℃前後の値を用いることが多い（Matsuo *et al.*, 1981；小川・野上, 1994）ことから、これらの地域の冬季平均気温は判別気温に近く、僅かな気温変化によって降水が雪/雨の形態変化をすることが予想される。そこで、気温による降水形態の変化の起こりやすさを示す指標として判別気温差 T を定義し、累積降雪深の経年変動との関連性について検討する。判別気温差 T は以下のように算出した。

$$T = T_w - t$$

ここで、 T_w は解析期間における冬季平均気温の平均値、 t は降水形態が雪か雨かの判別気温を示

Fig. 2 Distribution map of changing trend of cumulative snowfall.

Triangle, squares and circles indicate significant increase, significant decrease, and no trend, respectively.

す。判別気温差 T は、その値が 0 に近いほど気温変化による降水形態の変化が起こりやすいことを示す。

Fig. 3 には、判別気温差 T と累積降雪深の経年変化に対する Kendall 順位相関係数の関係を示す。これによると、累積降雪深が有意に減少している地点の T の値は $-7.7 \sim 5.5$ °C と広く分布しており、累積降雪深の減少要因を気温上昇による降水形態の変化のみで説明するのは難しいと考えられる。

そこで、判別気温差 T と冬季平均気温の標準偏差 σ から、気温変化によって降水形態の変化が起こりやすい地域を降水遷移地域と呼び、判別気温差 T によって次のように定義する。

降水遷移地域: $|T| < 2\sigma$

降水遷移地域以外の地点については、冬季平均気温が判別気温よりも比較的高い地域と、冬季平均気温が判別気温よりも比較的低い地域となるので、それぞれを温暖地域と寒冷地域と呼び、以下のように定義する。

Fig. 3 Relationship between discriminating temperature difference T and Kendall's rank correlation coefficient for secular change of cumulative snowfall.

Squares, triangles and circles indicate significant decrease, significant increase, no trend, respectively. Gray, black and white colors indicate the transition area, the genial area and the frigid area, respectively.

温暖地域: $|T| > 2\sigma$, $T > 0$

寒冷地域: $|T| > 2\sigma$, $T < 0$

降水遷移地域、温暖地域、寒冷地域の分布、及び累積降雪深が有意に増減している地点と有意な増減が認められない地点の分布を Fig. 4 に示す。降水遷移地域は北陸から山陰にかけてと東北南部の太平洋側から関東・中部の内陸側に分布している。この中で累積降雪深が有意に減少している地点は仙台と北陸から山陰にかけて分布している。温暖地域は関東・中部の太平洋側と近畿・四国・九州に分布しており、累積降雪深が有意に減少している地点は、大島と近畿・四国・九州にまもって分布している。また、寒冷地域は北海道と北東北・山形県および中部の内陸に分布している。累積降雪深は寿都でのみ有意に増加しているが、北海道の西側や東北の日本海側では有意に減少している。

区分した3地域の中で、降雪をもたらす総観場や気温の差異によって雪か雨かの降水形態に影響を及ぼしやすい降水遷移地域と温暖地域について、累積降雪深の経年変動の特徴について考察する。

V. 降水遷移地域における累積降雪深の経年変動

降水遷移地域において、累積降雪深が有意に減少している地点は仙台を除いて日本海側に分布しており、有意な増減が認められない地点はおもに太平洋側に分布している (Fig. 4)。日本海側の地点における降雪は冬季季節風によってもたらされることが多く、太平洋側で降雪が観測される時には南岸低気圧によることが多いことから、累積降雪深が有意に減少している地点を決めている要因として、冬季季節風の影響が考えられる。そこで、冬季季節風の強さの指標として Monsoon Index (以下, MOI) を用いて、累積降雪深の増減と冬

季季節風の関連性について調べた。本研究では MOI を浜田と勝浦の海面更正気圧差として算出した。

累積降雪深と MOI との間に有意な正の相関のある地点と有意な相関が認められない地点の分布を Fig. 5 に示す。累積降雪深と MOI に有意な正の相関のある地点は、おもに北海道の西部および東北・北陸と近畿から西の地域に分布している。一方、両者の間に有意な相関が認められない地点は、東北から中部地方にかけての太平洋側におもに分布している。両者の間に有意な相関のある地点の分布は、累積降雪深が経年的に有意に減少している地点の分布 (Fig. 4) と類似しており、これらの地点の降雪は、地理的な分布から、おもに冬季季節風によってもたらされていると考えることができる。

このことから、累積降雪深が経年的に有意に減少している地点がおもに日本海側に、有意な増減が認められない地点がおもに太平洋側に分布して

Fig. 4 Distribution map of transition area, genial area and frigid area.

Squares, triangles and circles indicate significant decrease, significant increase, no trend in the cumulative snowfall, respectively. Gray, black and white colors indicate the transition area, the genial area and the frigid area, respectively.

Fig. 5 Distribution map of the points that showed significant positive correlation between cumulative snowfall and MOI.

Triangles and circles indicate the points of significant positive correlation and no significant correlation between cumulative snowfall and MOI, respectively.

いるのは、降雪をもたらす総観場の差異に起因しているといえる。おもに冬季季節風によって降雪がもたらされる日本海側では、気温上昇によって降水形態が変化したことによって累積降雪深が有意な減少傾向を示していると考えることができる。一方、南岸低気圧によって降雪がもたらされる太平洋側の地点では、南岸低気圧型気圧配置の出現頻度に有意な経年傾向が認められないために、累積降雪深にも有意な変動傾向が認められないと考えられる。南岸低気圧型気圧配置の出現頻度の経年傾向については後述する。

VI. 温暖地域における累積降雪深の経年変動

温暖地域は、その設定条件から冬季平均気温が判別気温よりも高いので、降水形態は雨であることが多い。そのため、そもそも気温上昇による降水形態の変化が起こりにくく、降雪量もかなり少ない地点である。そこで Fig. 6 には解析期間における累積降雪深の平均値と累積降雪深が 1 cm 以

上であった年数との関係について示す。Fig. 6 より、累積降雪深の平均値と累積降雪深が 1 cm 以上の年数には有意な相関がある。また、累積降雪深の経年的に有意な増減が認められない地点は、累積降雪深が 1 cm 以上の年数が 20 年以下と 35 年以上の範囲にみられた。累積降雪深が 1 cm 以上の年数が 20 年以下である 13 地点は、そもそも累積降雪深が小さいため、累積降雪深の経年変化に有意な増減が認められないと考えることができる。累積降雪深が 1 cm 以上の年数が 20 年以上ある 22 地点は、累積降雪深が有意に減少している地点は西日本に、有意な増減が認められない地点は東日本にまとまって分布している。

そこで、この 22 地点における累積降雪深変動の要因について、主成分分析を用いて考察を行った。主成分分析には、22 地点の 1962～2009 年の累積降雪深のデータを用いた。また、本研究では過去の研究例（水越・里村，1999；山本・上野，2004）を参考にして分散共分散行列を用いた主成分分析により解析した。

各主成分の寄与率は第 1 主成分が 57.2%，第 2 主成分が 16.4%，第 3 主成分が 7.4% で、第 3 主成分までで累積寄与率は 80% に達しているため、第 3 主成分まで考慮すれば大まかな特徴を捉えることができる。第 1 主成分の固有ベクトルは全地点において正の値をとる。さらに、第 1 主成分の主成分得点と 1962～2009 年の冬季ごとに 22 地点の累積降雪深を合計して求めた総降雪量の間には、有意な正の相関が認められる。つまり、第 1 主成分は各地点の累積降雪深の地域分布の特性ではなく、温暖地域の総降雪量の増減と関係していることになる。

南岸低気圧型気圧配置および二つ玉低気圧型気圧配置の発生数の、それぞれの 48 年間平均値からの偏差と第 2 主成分の主成分得点との関係を Fig. 7 に示す。各気圧配置型の発生数は 1962 年～2009 年の各冬季における毎日の 9 時の天気図を用いて、吉野・甲斐（1974）の方法を参考にして算定した。Fig. 7 より、第 2 主成分の主成分得点は南岸低気圧型気圧配置の発生数の偏差との間

Fig. 6 Relationship between number of years of cumulative snowfall over 1 cm and average of cumulative snowfall. Squares and circles indicate significance decrease and no trend of cumulative snowfall. Solid line indicates the regression curve. Spearman's rank-correlation coefficient R_s and significance level P are indicated in the upper left of the figure.

Fig. 7 Relationship between deviation of occurrence of the pressure patterns of the Pacific coast low and the pair of extratropical cyclones and second principal component score.

Circles and squares indicate the Pacific coast low and the pair of extratropical cyclones, respectively. Dashed line and solid line indicate the regression line for the Pacific coast low versus second principal component score and for the pair of extratropical cyclones versus second principal component score, respectively. Spearman's rank-correlation coefficient R_s and significance level P are indicated in the upper right of the figure.

に有意な負の相関があり、二つ玉低気圧型気圧配置の発生数の偏差との間には有意な正の相関がある。このことから、第2主成分は低気圧の通過パターンによる累積降雪深の地域特性を示すと考えられる。

第2主成分の固有ベクトルと Kendall 順位相関係数との関係を Fig. 8 に示すが、両者には有意な負の相関が認められる。累積降雪深が有意に減少している地点の多くは第2主成分の固有ベクトルが正であり、累積降雪深が有意に増減していない地点では第2主成分の固有ベクトルが相対的に小さい。第2主成分の主成分得点と二つ玉低気圧型気圧配置の発生数の偏差との間には有意な正の相関があることから、二つ玉低気圧型気圧配置の発

Fig. 8 Relationship between the second eigenvector and Kendall's rank correlation coefficient for secular change of cumulative snowfall.

Squares and circles indicate significant decrease and no trend of cumulative snowfall, respectively. Solid line indicates regression line. Spearman's rank-correlation coefficient R_s and significance level P are indicated in the upper right of the figure.

生数が平均よりも多いときには、累積降雪深が有意に減少している地点で累積降雪深が多くなることになる。それに対して、南岸低気圧型気圧配置の発生数が平均よりも少ないときには、累積降雪深が変化していない地点で累積降雪深が多くなる事が分かる。

第3主成分の主成分得点と冬型気圧配置の発生数および MOI の48年間平均値からの偏差との関係を Fig. 9 に示すが、両者の間には有意な正の相関があることから、第3主成分は冬季季節風による累積降雪深の地域特性を示すと考えられる。

第3主成分の固有ベクトルと Kendall 順位相関係数との関係を Fig. 10 に示すが、両者の間には有意な相関が認められない。また、累積降雪深が有意に減少している地点と有意な増減が認められない地点でも第3主成分の固有ベクトルの差異も認められない。

以上のことから、温暖地域における累積降雪深

Fig. 9 Relationship between deviation of occurrence of winter monsoon and MOI and third principal component score. Circles and squares indicate winter monsoon and MOI, respectively. Solid line and dashed line indicate regression line for winter monsoon versus third principal component score and for MOI versus third principal component score, respectively. Spearman's rank-correlation coefficient R_s and significance level P are indicated in the upper left of the figure.

の経年変動の地域性は、降雪をもたらす低気圧の通過パターンによると考えられる。解析期間における南岸低気圧型気圧配置および二つ玉低気圧型気圧配置の出現頻度を Fig. 11 に示す。二つ玉低気圧型気圧配置の出現頻度には有意な減少傾向があるが、南岸低気圧型気圧配置の出現頻度には有意な増減は認められない。つまり、累積降雪深が有意に減少傾向にある近畿南部から四国・九州の地点では、二つ玉低気圧によって降雪がもたらされることが多く、二つ玉低気圧型気圧配置の出現頻度が有意に減少していることに対応していると考えられる。一方、累積降雪深の経年変動に有意な増減が認められない関東から東海にかけての地点では、降雪が南岸低気圧によってもたらされることが多く、南岸低気圧型気圧配置の出現頻度に有意な変化がないことに対応していると考えられることができる。

Fig. 10 Relationship between third eigenvector and Kendall's rank correlation coefficient for secular change of cumulative snowfall. Squares and circles indicate significant decrease and no trend of cumulative snowfall. Solid line indicates regression line. Spearman's rank-correlation coefficient R_s and significance level P are indicated in the lower right of the figure.

VII. まとめ

本研究では、日本全国の気象官署の観測資料を整理・解析することにより、累積降雪深の経年変動を検討した。さらに、累積降雪深の経年変動とその他の気象要素の関係を解析することで、累積降雪深の経年変動の地域性について考察した。その結果明らかになったことを以下に示す。

- 1) 累積降雪深は寿都でのみ有意に増加しており、北海道・東北の日本海側の地点および北陸・近畿から以西の地点で累積降雪深は有意に減少している。
- 2) 気温による降水形態変化の指標である判別気温差 T と冬季平均気温の標準偏差 σ を用いて、観測地点の地域分けを行い、降水遷移地域・温暖地域・寒冷地域に分類した。降水遷移地域は

Fig. 11 Long term variability of occurrence of the pressure patterns of the Pacific coast low and the pair of extratropical cyclones. Kendall's rank correlation coefficient for each pressure pattern and significance level P are indicated in the upper right of the figure.

北陸から山陰にかけてと東北南部の太平洋側から関東・中部の内陸側に分布し、温暖地域は関東・中部の太平洋側と近畿・四国・九州に、寒冷地域は北海道と北東北・山形県および中部の内陸に分布している。

3) 降水遷移地域では、累積降雪深が有意に減少している地点は仙台を除いて日本海側に分布しており、有意な増減が認められない地点はおもに太平洋側に分布している。これは、降雪をもたらず総観場の差異に起因しており、おもに冬季季節風によって降雪がもたらされる日本海側では、気温上昇によって降水形態が変化したことによって累積降雪深が有意な減少傾向を示していると考えられる。南岸低気圧によって降雪がもたらされる太平洋側の地点では、南岸低気圧型気圧配置の出現頻度に有意な経年傾向が認められないために、累積降雪深にも有意な変動傾向が認められないと考えられる。

4) 温暖地域における累積降雪深の経年変動の地域性は、降雪をもたらず低気圧の通過パターンによると考えられる。累積降雪深が有意な減少

傾向にある近畿南部から四国・九州の地点では、二つ玉低気圧によって降雪がもたらされることが多く、二つ玉低気圧型気圧配置の出現頻度が有意に減少していることに対応しており、累積降雪深の経年変動に有意な増減が認められない。関東から東海にかけての地点では、降雪が南岸低気圧によってもたらされることが多く、南岸低気圧型気圧配置の出現頻度に有意な変化がないことに対応している。

気象官署における累積降雪深の経年変動を検討し、寿都以外の多くの地点で累積降雪深が有意に減少していることを示したが、気象官署の最高標高地点は日光の 1292 m であることに留意する必要がある。気象官署では阿蘇山の 1143 m が次の高標高地点で、アメダスの積雪深観測地点を加えても、菅平 (1253 m)、草津 (1230 m)、開田高原 (1130 m) が 1000 m を超えているのみである。本研究でも、日光と阿蘇山については累積降雪深の経年変動に有意な増減は認められない。わが国の脊梁山脈は冬季の降・積雪量が多く、白いダムと呼ばれる雪は豊富な水資源となっている。これ

ら山岳地域に降り積もっている雪の量が、地球の温暖化傾向に伴って増減するの否かは極めて重要な課題であるにもかかわらず、観測データに基づく量的な評価ができない状況にある。高標高地域での冬季気温は平地よりも明らかに低いことから、多少の気温上昇によっても降雪粒子が降雨粒子になることはないと考えられるし、地球規模での気温上昇は降水量の増大を引き起こすが、その影響が高標高地域の降雪・積雪量にいかに関与を及ぼすのかについての科学的な評価が待たれるところである。

VIII. 文 献

- 小川真由美・野上道男 (1994) : 冬季の降水形態の判別と降水量の分離. 水文・水資源学会誌, **7**, 421-427.
- 小川真由美・野上道男 (1997) : 温暖化が冬季の降雪量に与える影響. 水文・水資源学会誌, **10**, 79-86.
- 気象庁 (2005) : 気象観測統計の解説. 125pp.
- 気象庁 (2007) : 地球温暖化予測情報第7巻. 59pp.
- 鈴木博人 (2006) : 新潟県とその周辺における降積雪量の1927～2005年の経年変化—鉄道駅構内の露場で観測された降積雪量データを用いた解析—. 天気, **53**, 185-196.
- 田村盛彰 (1990) : 長岡における気温と降水種出現頻度・降雪量の関係について. 雪氷, **52**, 251-257.
- 松山 洋・谷本陽一 (2005) : 実践! 気候データ解析—気候学・気象学・海洋学などの報告書・論文を書く人が知っておきたい3つのポイント. 古今書院, 104pp.
- 水越祐一・里村雄彦 (1999) : 京都府の冬型降水分布に関する統計的解析. 天気, **46**, 205-218.
- 文部科学省・環境省・気象庁 (2009) : 温暖化の観測・予測及び影響評価統合レポート「日本の気候変動とその影響」. 65pp.
- 山本宗尚・上野健一 (2004) : 主成分分析を用いた若狭湾周辺における冬季降水量の主要変動解析. 水文・水資源学会誌, **17**, 503-514.
- 吉野正敏・甲斐啓子 (1975) : 気圧配置ごよみの気候学, 1941-1970. 天気, **22**, 204-209.
- Inoue, S. and Yokoyama, K. (2003): Estimates of snowfall depth, maximum snow depth, and snow pack environments under global warming in Japan from five sets of predicted data. Journal of Agricultural Meteorology, **59**, 227-236.
- Matsuo, T., Sasyo, Y. and Sato, Y. (1981): Relationship between types of precipitation on the ground and surface meteorological elements. Journal of the Meteorological Society of Japan, **59**, 462-476.
- Nakamura, T. and Abe, O (1998): Variation in amount of snow, winter precipitation and winter air temperatures during the last 60 years in Shinjo, Japan. Report of the National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, **58**, 1-14.
- Takeuchi, Y., Endo, Y. and Murakami, S. (2008): High correlation winter precipitation and air temperature in heavy-snowfall areas in Japan. Annals of Glaciology, **49**, 7-10.

(原稿受付: 2010年11月17日)

(原稿受理: 2011年3月15日)

この論文に対する「討論」を2011年11月30日まで受け付けます。

日本における降雪深変動の地域性とその要因

石井 洋之・鈴木 啓助

要 旨

日本の気象官署 109 地点の 1962 ～ 2009 年の観測資料を整理・解析することで、累積降雪深が減少している地点の地域性について明らかにし、その地域性を与える要因についての考察を行った。

累積降雪深は、寿都で有意に増加しているが、東北地方の日本海側、北陸地方および西日本では有意に減少している。これらの地域は主に気温上昇による降水形態の変化が起こりやすい地域（降水遷移地域）、または冬季平均気温が降水形態の雪 / 雨の判別気温よりも高い地域（温暖地域）である。

降水遷移地域では、累積降雪深の減少の有無は降雪をもたらす気象条件によって日本海側と太平洋側に分けられる。日本海側では、降雪はおもに冬季季節風によってもたらされるため、冬季の気温上昇によって降水形態の雪か雨かが変化するにより累積降雪深が有意に減少していると考えられる。

温暖地域では、累積降雪深が有意に減少するか否かを分ける気象条件は、降雪をもたらす低気圧の通過パターンである。累積降雪深が有意に減少している地点では、二つ玉低気圧によって降雪がもたらされることが多く、二つ玉低気圧型気圧配置の発生数が減少傾向にあるため、この地域においては累積降雪深が減少していると考えられる。

キーワード：地球温暖化，降雪，判別気温