

温暖化時の降雪強度分布推定のための統計的ダウンスケーリング手法の開発

東京大学大学院工学系研究科 山崎 大
東京大学生産技術研究所 鼎信次郎 沖 大幹

1. はじめに 2005～06年冬は近年稀な豪雪(新潟県高田で12月中旬に降雪深132cmを記録)となり、社会に多大な被害をもたらした。多大な被害をもたらした原因の一つとして、近年の暖冬傾向や温暖化が進行しているという通念のため、豪雪への準備が不十分であったことが考えられる。今後さらに温暖化が進むと考えられる中、このような豪雪の発生可能性を評価することは、雪害対策を講じるためにも非常に重要である。しかし、これまでの降雪深の将来予測は平均値推移の議論にとどまり(e.g. Inoue et al, 2003)、豪雪のような極端現象は評価できなかった。そこで本研究では、高解像度の温暖化実験気象データ(K-1 データ)を日単位で解析することにより、将来の降雪強度分布の推定を試みた。しかし、K-1 データは格子点情報で与えられるため、空間内挿といった従来の方法では現実的な降雪深推定値を得ることはできない。そこで、同じく格子点情報である長期再解析データ(JRA-25)と特定地点の観測値である気象庁の気象統計情報を利用し、格子点情報から特定地点の現実的な降雪深を推定する統計的ダウンスケーリング手法を開発した。

2. 統計的ダウンスケーリングの概念 図1に、1980～2000年までの実際の観測値(気象統計情報；実線)およびK-1データの空間内挿(一点鎖線)の10日積算降雪深のガンマ分布換算を示す。図1によると、K-1データの空間内挿による降雪深は気象統計情報の観測値と比較して、強い降雪を全く再現できていないことが分かった。これは、K-1データの空間解像度が $1.125^\circ \times 1.125^\circ$ と日本域の降雪の再現には十分詳細ではなく、局所的な降雪がグリッド内で平滑化されているためと考えられる。この平滑化を解消するために、格子点気象情報から特定地点の現実的な降雪深を推定するダウンスケーリング手法を開発した。

図2に本研究で開発したダウンスケーリング手法の概念図を示す。はじめに、K-1データには時系列が一致した地点観測データが存在しないため、JRA-25と気象統計情報を比較解析し、格子点気象情報から特定地点の降雪深を推定するアルゴリズムを導き出した。そして、K-1データとJRA-25の各変数間に存在するバイアスを補正し、補正後のK-1データのダウンスケーリングを行い将来の降雪深を推定した。

3-1. ダウンスケーリングのための回帰式の導出 格子点気象情報の降雪深は気温・相対湿度・降水量に比べ、地形等の影響を大きく受けるため現実的な分布をしていないと考えられる。そこで、本研究では気温・相対湿度・降水量の3つの変数に対して、特定地点の気象統計情報の観測値を従属変数、その近傍16点のJRA-25の同一の値および風速を説明変数として線形回帰分析を行い、ダウンスケーリングのための回帰式を導出した。なお、風速を説明変数に含めたのは、海洋からの風や気圧配置といった局所的な影響を考慮するためである。また、線形回帰分析の際には多重共線性による回帰式の信頼性損失を防ぐため、クラスター分析とt検定を用いて説明変数の絞込みを行った。

3-2. 気温・相対湿度・降水量を指標にした降雪深の推定 3-1でダウンスケーリングした日単位の気温・相対湿度・降水量から降雪深を推定するために、気象統計情報の解析を行った。過去の天候に関する記録をもとに、日平均の気温・相対湿度に対する降水中の雪割合の推定式を導出し、また、気温・相対湿度に対する雪の密度を移動平均計算により評価した。ここで導出した雪割合と雪密度の評価式をもとに、ダウンスケーリングした気温・相対湿度・降水量より降雪深を推定した。

3-3. K-1データのダウンスケーリング 本研究で開発したダウンスケーリング手法をK-1データに適用することで、より現実に近い将来の降雪深推定を試みた。ただし、JRA-25とK-1データには平均と分散に

バイアスがあることがわかったため、JRA-25 と K-1 データ 20 世紀気候再現実験における各変数の発生頻度分布に確率密度関数を適用し、超過確率が等しくなるよう補正を行った。気温・相対湿度に対しては正規分布、降水量に対してはガンマ分布を適用した。そして、K-1 データの SRES A1B シナリオに対して上述した補正を行い、開発したダウンスケーリング手法を用いて将来の降雪深を推定した。

4. 結果 本稿では、新潟県高田(N37.1° -E138.2°)における降雪深の推定結果を示す。1980～2000 年までの実際に観測された降雪深(濃い灰色・実線)、K-1 データの降雪深の空間内挿(一点鎖線)、ダウンスケーリングによる推定降雪深(薄い灰色・破線)の 10 日積算降雪深分布を比較した結果(図 1)、ダウンスケーリングのほうが空間内挿よりも現実により近い降雪深を再現できることが分かった。図 3 に開発したダウンスケーリング手法により推定した 10 日積算降雪深分布を 2000～2020 年、2040～2060 年、2080～2100 年に関して示す。この推定結果より、将来の降雪総量は減少するが、21 世紀中ごろまでは 20 年に 1 度の確率で 10 日合計 140cm を越すような降雪が発生する可能性があることがわかる。

5. おわりに 本研究で開発したダウンスケーリング手法により、温暖化実験結果から現実に近い将来の降雪深の推測が可能になった。しかし、強い降雪がまだ過小評価されていること、あくまで経験的な手法で物理的説明に欠けること、積雪深の算定など、多くの課題が残されている。

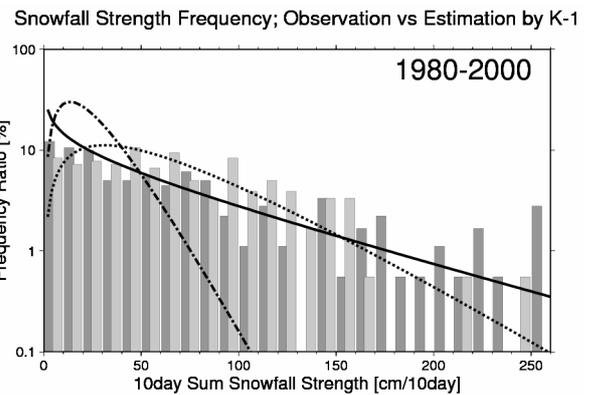


図 1 : 降雪強度頻度分布の観測と推定の比較
観測値を棒グラフ、出現頻度のガンマ分布換算を曲線で示す

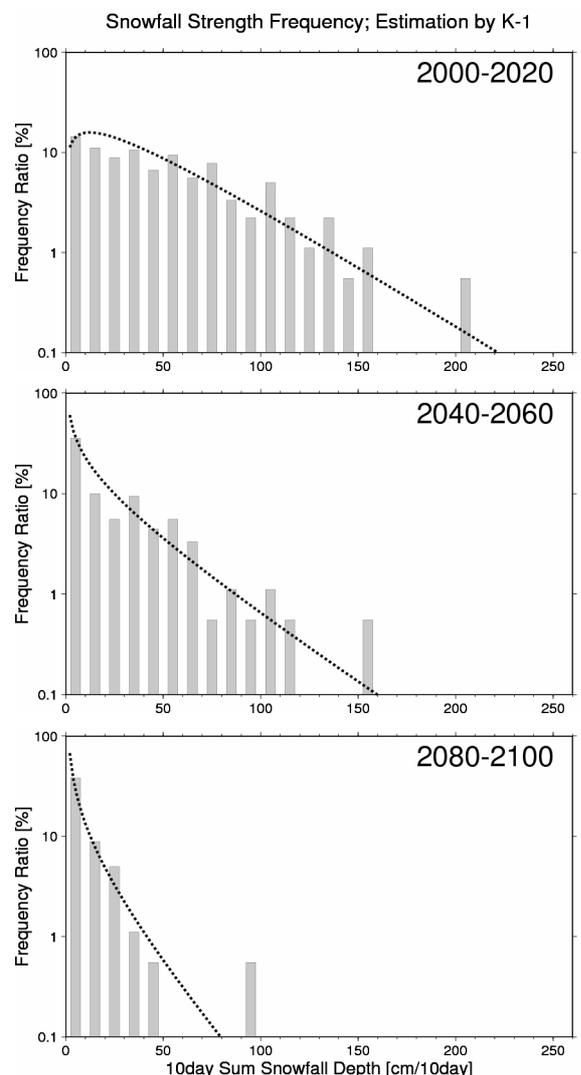


図 3 : 降雪強度頻度分布の将来予測

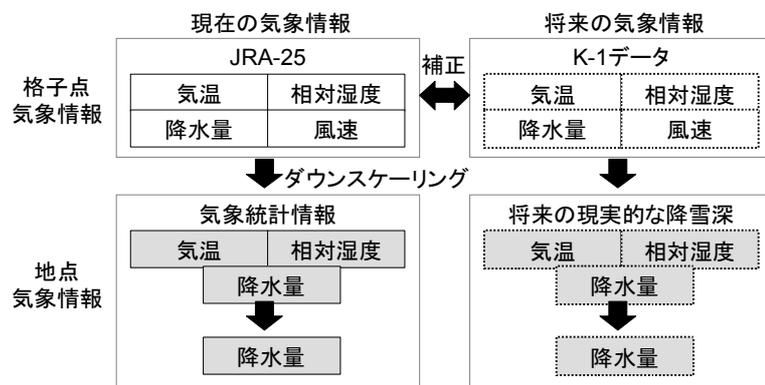


図 2 : ダウンスケーリングの概念図

参考文献 : Inoue and Yokoyama, 2003; Estimation of Snowfall Depth, Maximum Snow Depth and Snow Pack Environments under Global Warming in Japan from Five Sets of Predicted Data, *J. Agric. Meteorol.*, 59(3): 227-236, 2003.

キーワード : 温暖化、ダウンスケーリング、異常気象、降雪深