

気象庁における降雪量ガイダンス

古市豊、小泉友延、松澤直也(気象庁予報部数値予報課)

1. はじめに

気象庁では天気予報や防災気象情報の基礎資料とするために、数値予報結果に統計的な処理を施した「ガイダンス」を運用している。

以下では、各種ガイダンスのうち降雪量ガイダンスについて紹介する。降雪量ガイダンスは地点毎の精度の高い降雪量を予測するための降雪量地点ガイダンス、及び降雪量の面的な予測を支援する最大降雪量ガイダンスから構成される。本ワークショップでは降雪量ガイダンスの概要や作成手法等について、今冬季の大雪事例を交えながら紹介する。なお、最大降雪量ガイダンスは現用の降雪量予測のためのガイダンスに代えて、平成22年度から運用を開始する予定である。

2. 降雪量ガイダンス

2.1 降雪量地点ガイダンス

降雪量地点ガイダンスは北海道地方から中国地方の日本海側を中心に全国236のアメダスを対象地点として、24時間先から72時間先までの降雪量を予測するものである。予測方法は入力層のユニット数29個、中間層のユニット数9個、出力層のユニット数1個とした3層階層型ニューラルネットワークを使用している。入力因子には気象庁全球モデル(GSM)が予測した各物理量のうち降雪量と比較的關係があると考えられる気象要素を29個選択して用いている。出力関数には入力因子と降雪量の非線形効果を反映するためシグモイド型関数を使用している。また、地点毎の降雪特性に対応するために、各ユニット間の結合荷重を対象地点ごとに層別化し、かつGSMの改良に伴う予報特性の変化や降雪量の年変動等に対応するため、結合荷重を誤差逆伝播学習のひとつの最急降下法を用いて逐次更新している。誤差逆伝播学習とは教師データと出力値の誤差の2乗和を評価関数として、評価関数の最小値を探索しながら各ユニットの結合荷重を出力層から入力層に向かって逐次更新させる方法である。教師データには1時間の積雪深差の増分値を積算することによって求めた降雪量を使用している。

図1に津南地域気象観測所で2009年12月10日から2010年1月10日までに観測された24時間降雪量の時系列図及び予測値と観測値の散布図を示す。降雪量地点ガイダンスは2009年12月18日、21日、31日の24時間降雪量が60cmを越える大雪を概ね予測できていることがわかる。一方で降雪量地点ガイダンスは統計手法を用いていることから、十分な標本数が得られる現象の予測精度は高くなるが、24時間降雪量が80cmを越える大雪や北海道、東北の太平洋側などの降雪の出現頻度が低い地域では予測精度が低くなるなどの問題点がある。

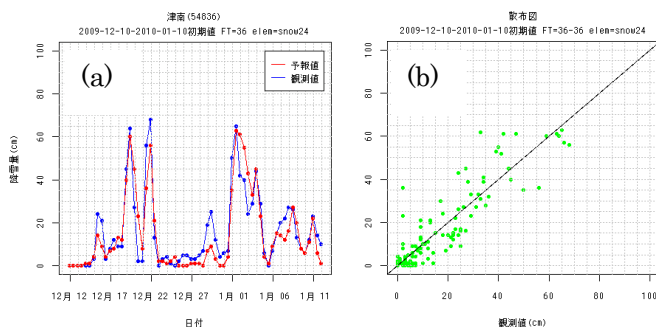


図1 2009年12月10日から2010年1月10日までの津南地域気象観測所の(a)降雪量時系列及び(b)散布図。赤線：降雪量地点ガイダンスの予測値(cm/24h)、青線：観測値(cm/24h)を表す。

2.2 最大降雪量ガイダンス

最大降雪量ガイダンスは降雪量の面的な分布を予測するものである。2.1項で示した降雪量地点ガイダンスでは降雪量の面的な情報を得ることが困難であることや、降雪の出現頻度が低い地点では予測精度が低くなることなどの短所がある。このため最大降雪量ガイダンスは面的な情報及び降雪の出現頻度が低い地域に対しても適切な予測ができることを考慮して作成している。

作成手法は予め降水量と降雪量の変換比率(雪水比)を求めておき、数値予報モデル等で計算された降水量に雪水比を乗じることによって降雪量を予測する雪水変換法を用いている(式(1))。

$$SNOW = SWR \times RAIN \quad (1)$$

ここで $SNOW$ は降雪量(cm)、 SWR は雪水比(cm/mm)、 $RAIN$ は降水量(mm)を表している。

まず、雪水比はByun *et al.*(2008)の統計的な調査を参考にしてロジスティック回帰分析を利用して求める。ロジスティック回帰分析は主に確率予測に用いられることが多いが、ここではロジスティック関数に観測された雪水比をフィッティングさせる非線形回帰分析を行った。雪水比を地上気温の関数として(2)式で定義し、かつ雪水比の降水量依存特性(図2(a))を考慮して降水量で回帰式を層別化した。

$$SWR = \frac{a}{1 + \exp\{(T - b)/c\}} \quad (2)$$

ここで T は地上気温(°C)、 a, b, c は回帰係数を表す。図2(b)に降水量で層別化した地上気温と雪水比の散布図及びロジスティック回帰曲線の例を示す。雪水比は地上気温が+2°Cから-2°Cにかけて急激に上昇するが、-2°C以下ではおおそ一定値と見なすことができる。ただし、雪水比に

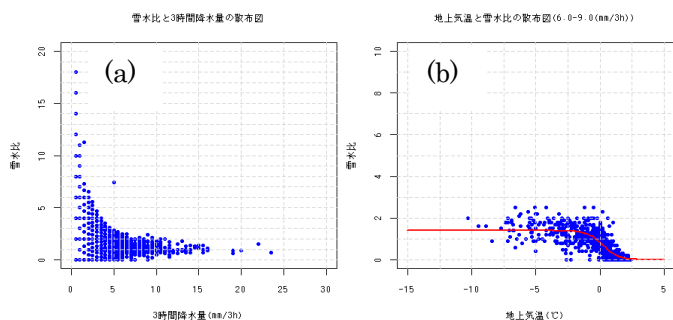


図 2 (a) 雪水比の降水量依存特性 (b) 降水量閾値 6.0-9.0(mm/3h)における地上気温と雪水比の散布図及びロジスティック回帰曲線。赤線：ロジスティック回帰曲線、青：雪水比の観測値(cm/mm)を表す。

は降水量の捕捉率の問題や、積雪の吹き払いや圧密・沈降過程、雪密度の違いなど地上気温や降水量といった気象要素から厳密に推定することが困難な要素も数多く含まれているため、雪水比の分散はかなり大きいことがわかる。予測では(2)式に地上気温を代入して雪水比を算出することになるが、ここではモデルの地上気温を直接用いるのではなく、気温ガイダンスを用いている。これはモデルの地上気温には、現実の地形とモデルの地形が異なることなどからくる系統誤差が含まれているためである。気温ガイダンスはカルマンフィルターを用いてこの系統誤差を軽減させている。図 3 に新潟におけるメソ数値予報モデル(MSM)と MSM 気温ガイダンスの平均誤差を示す。MSM は地上気温を実況よりもやや高く予測する傾向があり、そのまま使用するとモデルの系統誤差の影響を受けてしまう。降水量についても同様に降水量ガイダンスを用いている。

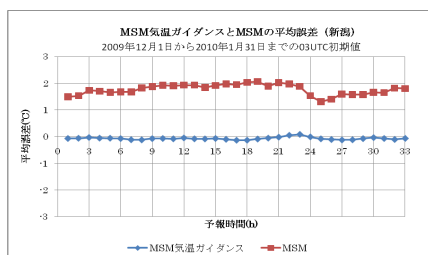


図 3 新潟における MSM 気温ガイダンスと MSM の地上気温の予報時間に対する平均誤差。2009 年 12 月 1 日から 2010 年 1 月 31 日までの 03UTC 初期値。青線:MSM 気温ガイダンス、赤線:MSM を表す。

図 4(a)(b)に 2010 年 1 月 5 日に発生した北海道広尾町からえりも町付近での大雪事例を示す。この事例は低気圧が発達しながら東北から北海道の南海上を通過し、目黒地域気象観測所では 1 月 6 日 6 時 JST までの 24 時間降雪量が 77cm/24h に達した。特に、1 月 5 日 21 時 JST までの 6 時間には 41cm/6h の降雪量を観測した。MSM 最大降雪量ガイダンスは、33 時間前に北海道広尾町からえりも町付近に 6 時間 40cm から 50cm の降雪を予測していることがわかる。これは MSM の降水予測精度が高いことが理由のひとつであり、これまでの降雪量地点ガイダンスでは予

測が困難であった短時間の大雪に対する面的な把握が可能となっている。もう一つの事例として、新潟県新潟市に大雪をもたらした 2010 年 2 月 4 日から 5 日について取り上げる。新潟では 2 月 4 日から 5 日にかけての 2 日間の降雪量が 79cm に達する記録的な大雪となった。図 4(c)(d)に 2010 年 2 月 3 日 15UTC 初期値の 30 時間予報と観測値を示す。MSM 最大降雪量ガイダンスは沿岸部を中心に 24 時間降雪量が 50cm 以上の降雪を予測していることがわかる。ただし、実況と比較すると上越地方では降雪量が過大になっていることなど問題点も見受けられる。

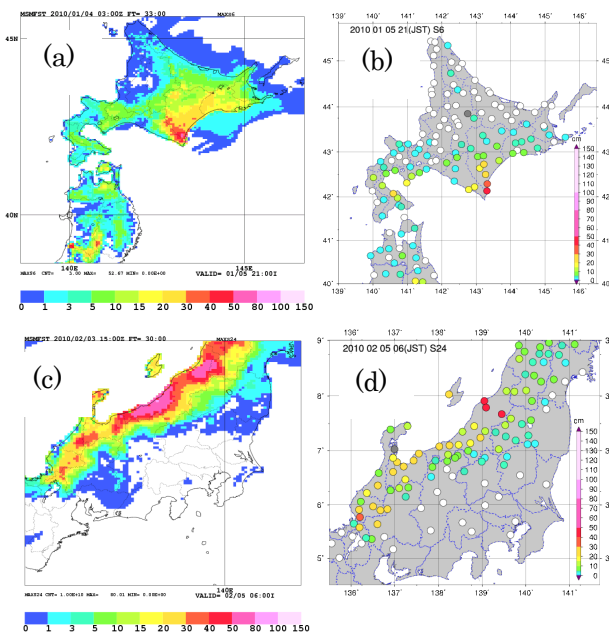


図 4 (a)(b)2010 年 1 月 4 日 03UTC 初期値の 33 時間予報 (予報対象時刻 2010 年 1 月 5 日 21JST)における MSM 最大降雪量ガイダンスの予測値 (6 時間降雪量) 及び観測値を表す。(c)(d)2010 年 2 月 3 日 15UTC 初期値の 30 時間予報 (予報対象時刻 2010 年 2 月 5 日 06JST)における MSM 最大降雪量ガイダンスの予測値 (24 時間降雪量) 及び観測値を表す。左: MSM 最大降雪量ガイダンス(cm)、右: 降雪量の観測値(cm)を表す。

3. まとめ

現在、気象庁では降雪量の予測を支援するために降雪量地点ガイダンスを運用しており、平成 22 年度からは面的な降雪量を予測する最大降雪量ガイダンスを新たに運用する予定である。これによって高解像度の MSM の情報を有効に利用した面的な降雪量予測が可能になり、これまで GSM を用いた降雪量地点ガイダンスでは予測が困難であった大雪事例についても適切な予測ができる可能性がある。今後は 2.2 項で示した問題点などを改良し、予測精度を向上させる予定である。

参考文献

Byun, K.-Y., J. Yang, and T.-Y. Lee, 2008: A Snow-Ratio Equation and Its Application to Numerical Snowfall Prediction. Wea. Forecasting, **23**, 644-658.