



第3章 事例解析編

3.1 令和6年2月の大雪事例の 数値予報の結果

※以下のスライドの説明では、原則として令和6年2月の年月は省略する

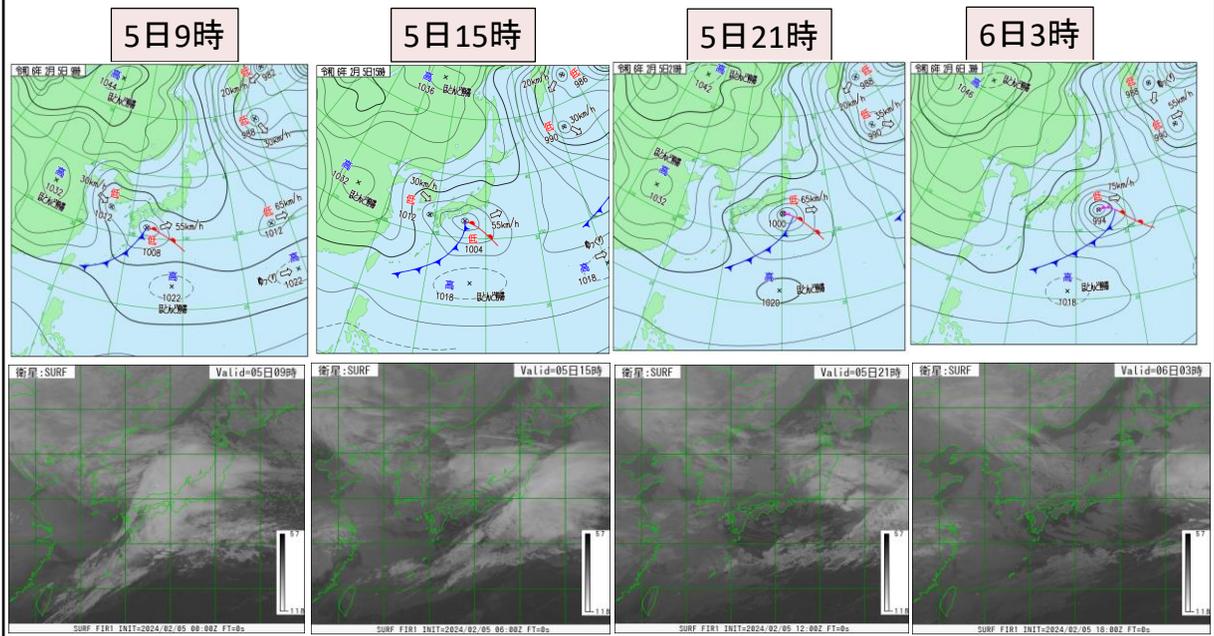
令和6(2024)年2月5日から6日にかけての関東甲信越地方を対象とした大雪に関する数値予報結果について取り上げる。本事例において関東甲信越地方では、12時間降雪量は、5日23時までで長野県飯山(イイヤマ)では46cm、新潟県関山(セキヤマ)では40cm、長野県長野(ナガノ)では31cm、栃木県奥日光(オクニッコウ)では27cm、山梨県河口湖(カワグチコ)では26cmで、長野では観測史上1位の値を更新した。その他、埼玉県熊谷(クマガヤ)では6日1時までで11cm、東京都東京(トウキョウ)では6日4時までで9cmとなった。この大雪に先立ち、前日の4日午後大雪に対する国土交通省発表が行われ、関東甲信地方では5日昼過ぎから6日午前中にかけて、山沿いや山地を中心に大雪となり、東京23区を含めた平地でも大雪となる所があること、大雪の場合は不要不急の外出を控えることが呼びかけられた。この大雪に関して、数値予報結果を以下にまとめた。

概要

- 令和6(2024)年2月4日に東シナ海で発生した低気圧が、5日～6日にかけて本州南岸を東進した。この低気圧の後ろ側には、上空500hPaで-22℃以下の寒気核があり、5日夜以降、低気圧は発達した
- 関東甲信越地方では、広い範囲で大雪となった。12時間降雪量は、5日23時までで長野県飯山(イイヤマ)では46cm、新潟県関山(セキヤマ)では40cm、長野県長野(ナガノ)では31cm、栃木県奥日光(オクニッコウ)では27cm、山梨県河口湖(カワグチコ)では26cmで、長野では観測史上1位タイの値を更新した。その他、埼玉県熊谷(クマガヤ)では6日1時までで11cm、東京都東京(トウキョウ)では6日4時までで9cmとなった
- 関東甲信地方の広い範囲で大雪警報が発表され、東京23区の全域にも発表された
- この大雪に先立ち、4日午後大雪に対する国土交通省発表(<https://www.jma.go.jp/jma/press/2402/04a/20240204.html>)がなされ、関東甲信地方では5日昼過ぎから6日午前中にかけて、山沿いや山地を中心に大雪となり、東京23区を含めた平地でも大雪となる所があること、大雪の場合は不要不急の外出を控えることが呼びかけられた
- この大雪等に関して、主に5日～6日について、数値予報結果をまとめた
- ※精度の評価は、降雪量ガイダンスについて、アメダス積雪深計による実況と比較したものである

5～6日にかけての関東甲信越地方を対象とした大雪に関する概要は、スライドに記載したとおりである。

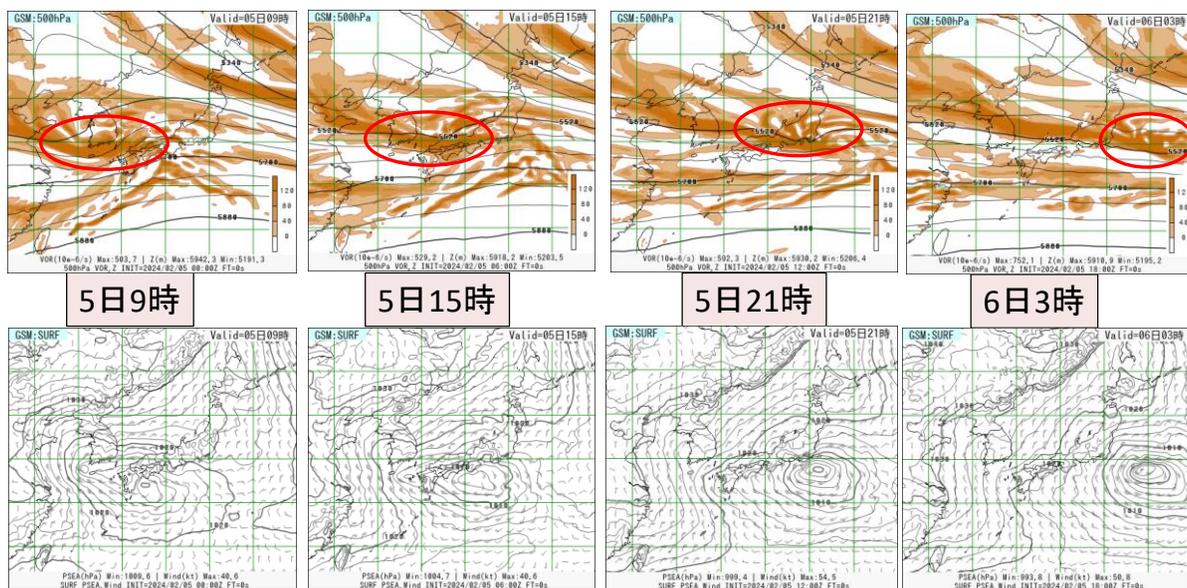
地上天気図(上段)・衛星赤外画像(下段) (5日9時～6日3時)



図は5日9時から6日3時にかけての地上天気図(上段)、気象衛星ひまわりによる赤外画像(下段)を示す。説明については次頁を参照。

解析値の推移 (GSM: 5日9時～6日3時)

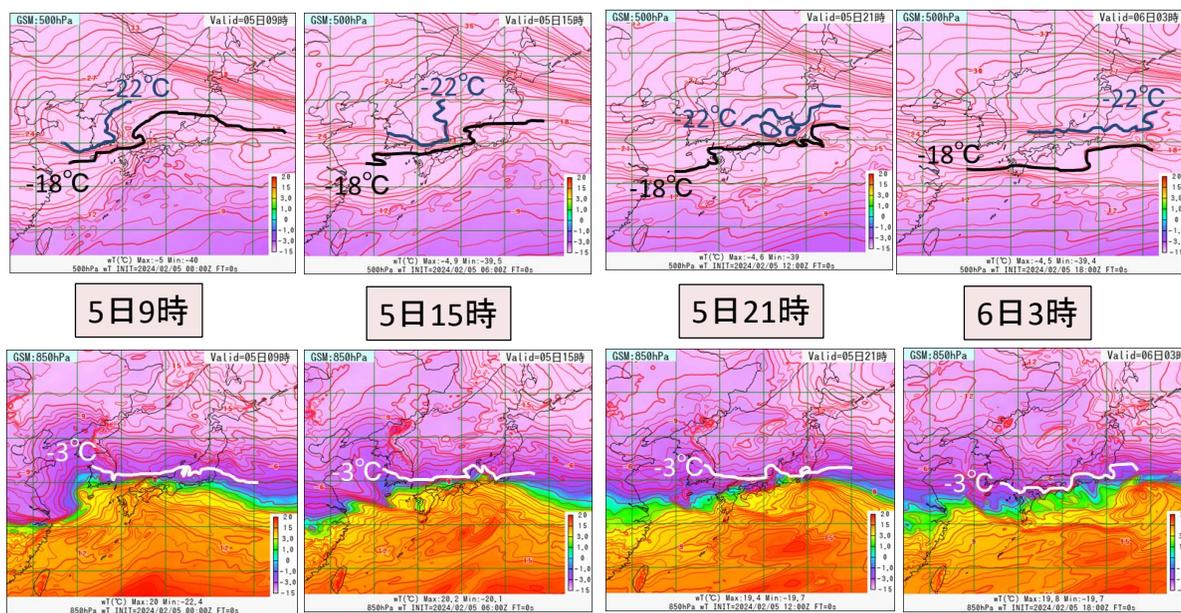
(上段: 500hPa高度・渦度、下段: 海面更正気圧・風)



図は5日9時から6日3時にかけての全球モデル(GSM)の500hPa高度・渦度(上段)、海面更正気圧・風(下段)のそれぞれ解析値を示す。

4日に東シナ海で発生した低気圧が、5日～6日にかけて本州南岸を東進した。この低気圧の後ろ側には、上空500hPaで -22°C 以下の寒気核(正渦度の極大域に対応: 赤丸)があり、5日夜以降、地上低気圧との対応が良くなり、低気圧は発達した(説明は後述)。衛星赤外面像(前頁の雲画像参照)からもバルジ状をなして、雲域の面からも低気圧が発達していることが示唆される。

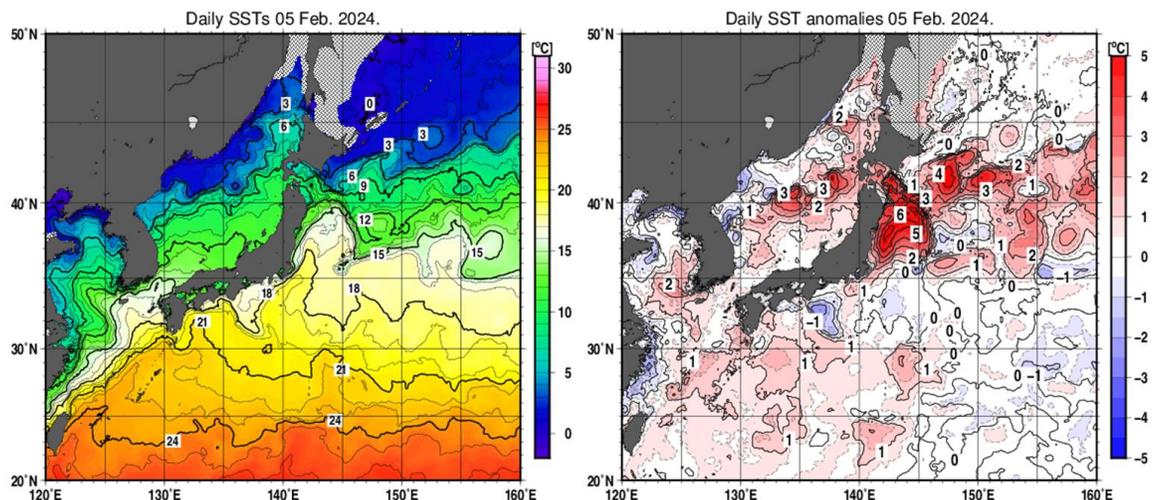
解析値の推移 (GSM:5日9時~6日3時) (上段:500hPa気温、下段:850hPa気温)



図は5日9時から6日3時にかけてのGSMの500hPa気温(上段)、850hPa気温(下段)のそれぞれ解析値を示す。

500hPaの気温場では5日~6日明け方にかけて、日本付近は概ね-18°C前後の寒気場の中、5日午後には-22°C以下の寒気核が本州上を通過した。850hPaでは、-3°Cくらいの寒気が北緯35度線あたりを中心に流入した。特に関東甲信越地方では、5日午後から6日明け方にかけて、本州南岸の低気圧の発達と三陸沖に張り出した高気圧の影響で、-3°C以下の寒気が北から流入した。

人工衛星とブイ・船舶による観測値から解析された海面水温 (左図)及びその平年差(右図)(5日)

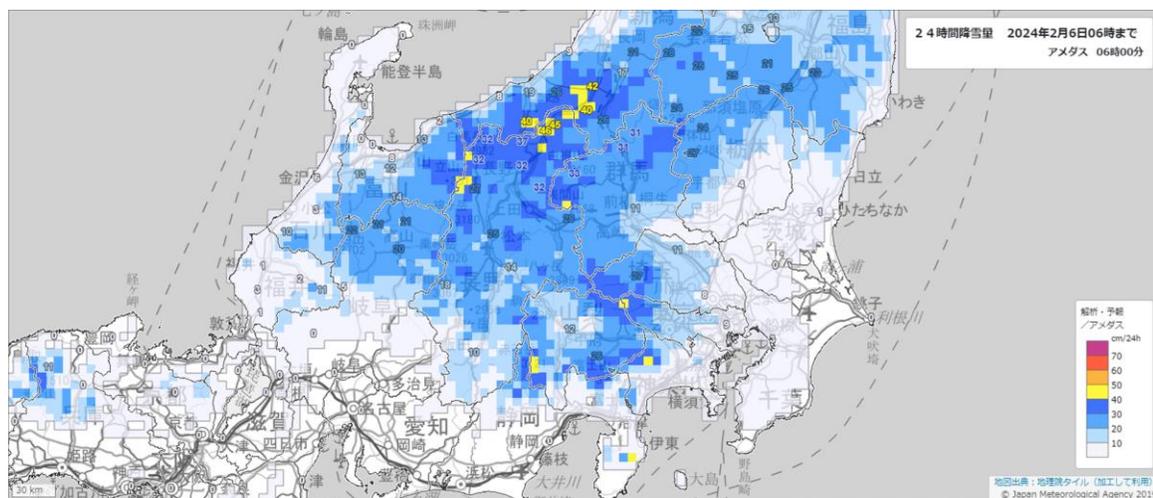


海面水温は、日本周辺海域では、全体的に平年に比べて高く、特に日本海中部～北海道西岸では1～3℃、三陸沖では6℃高かった。

※平年値は1991年から2020年の平均値。

図は5日の人工衛星とブイ・船舶による観測値から解析された海面水温(左図)およびその平年差(右図)を示した(気象庁HPより)。なお、平年差の基準となる平年値は1991年から2020年の平均値となっている。海面水温は、日本周辺海域では、全体的に平年に比べて高く、特に日本海中部～北海道西岸では1～3℃、三陸沖では6℃高かった。

24時間降雪量(解析降雪量とアメダスによる降雪量) (6日6時まで)

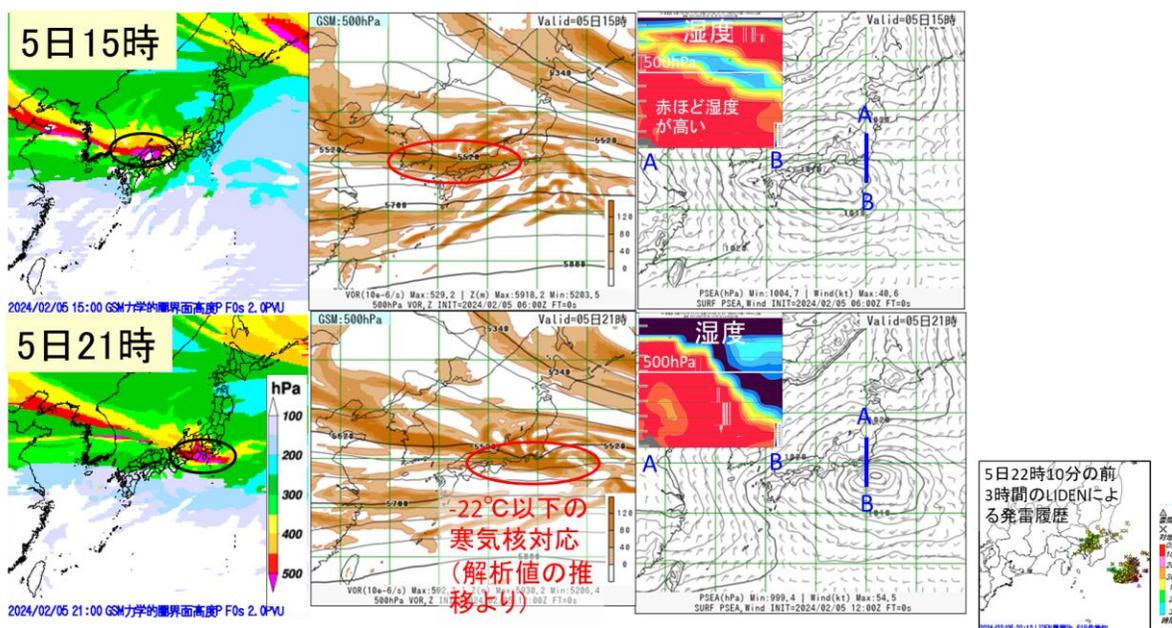


千葉県から茨城県の太平洋側沿岸部を除き、降雪となったところが多かったとみられる。長野県北部から新潟県中越地方にかけて40cm前後の降雪量となり、大雪となった。

図は、6日6時までの24時間降雪量(解析降雪量とアメダスによる降雪量)を示す。千葉県から茨城県の太平洋側沿岸部を除き、降雪となったところが多かったとみられる。長野県北部から新潟県中越地方にかけて40cm前後の降雪量となり、大雪となった。

低気圧の発達の要因について

力学的圏界面(2.0PVU)の気圧(hPa)(左図)と500hPa高度・渦度(中図)
および海面更正気圧・風・湿度断面図(右図)
(GSM解析値:5日15時および21時対象)



温帯低気圧の発達とそのきっかけは、上層トラフの前面に地上低気圧が生成され、上層トラフ・地上低気圧の前面には暖気移流、後面では寒気移流が生じることにより説明される(北島 2019)ことが多い。しかし、本事例では、上層トラフがはっきりしない特徴があり、前述の低気圧の発達の仕組みとは異なることから、本事例での低気圧の発達の要因について解説する。図は、左から順に力学的圏界面(2.0PVU)の気圧分布図(hPa)、500hPa高度(m)・渦度(10e-6/s)、海面更正気圧(hPa)・風(kt)・湿度断面図(%)で、上段が5日15時、下段が5日21時対象である。下段右図は、5日22時10分の前3時間の雷監視システム(LIDEN)による発雷のプロット図(東京都~千葉県、千葉県の南東海上で発雷)である。

力学的圏界面における低い高度領域(上層寒冷渦やトラフと関連)の移流は、等圧面での正渦度移流と関連があり、正渦度の前面では上昇流が誘起され、下・中層が湿っていれば、対流雲を発生・強化させる効果があるとされる(黒良他 2014)。5日15時において、紀伊半島沖の地上低気圧の発達直前、上層の風上側にあたる中国地方に、力学的圏界面の高度がもっとも低くなる領域(黒楕円)があり、その領域が近づく5日21時のタイミングで、対流雲の発生・発達も加わり、低気圧が発達しはじめた。500hPaにおいて、正渦度移流や-22°Cの寒気核にも対応し、湿度も90%以上であった。これらの状況から、本事例での低気圧の発達は、黒良他(2014)で示されているように力学的圏界面における低い高度領域の移流がきっかけとなったと考えられる。下段右図の5日22時10分の前3時間のLIDENによる発雷のプロット図では、低気圧の南側だけでなく、北側でも発雷していることが確認できる。この発雷の要因も、正渦度前面での対流雲の発生とその強化が関係していると考えられる(後述の「発雷確率ガイダンスの実況との比較」で再掲する)。

数値予報の結果その1

4日9時初期値5日18時対象のGSM、MSMの降雪量
ガイダンスの予測結果と実況の比較

令和6年度数値予報解説資料集

332

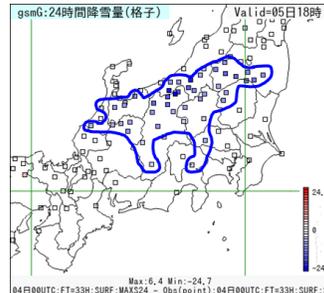
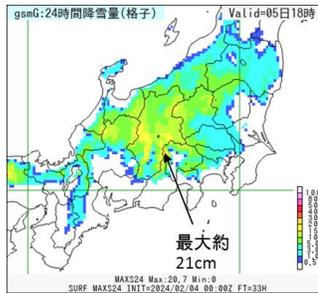
4日午後到大雪に対する国土交通省発表時に利用可能な資料であった、4日9時初期値5日18時対象のGSMおよびメソモデル(MSM)のそれぞれの降雪量ガイダンスの予測結果と実況の比較結果を示す。

GSMおよびMSMによる24時間降雪量ガイダンスと実況との比較(4日9時初期値予測(対象:5日18時))

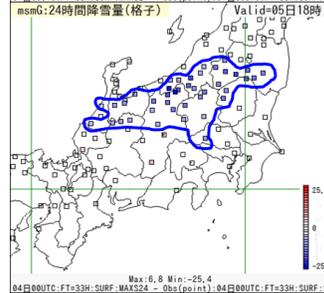
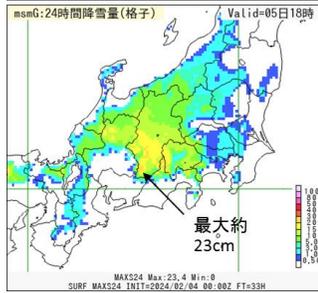
降雪量ガイダンス

降雪量ガイダンス-実況

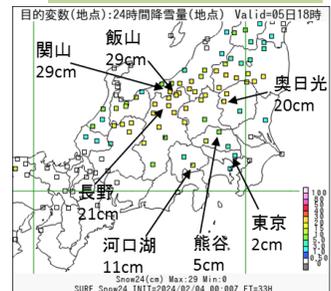
GSM



MSM



実況(積雪深による)



降雪量ガイダンスでは、実況に比べて、関東地方北部～甲信越地方を中心に降雪量がやや過小に予測された(青線で囲んだ領域)。

図は、4日9時初期値、5日18時対象のGSMおよびMSMによる24時間降雪量ガイダンスと実況を比較した結果を示す。上段がGSMによる結果を示し、左から順に降雪量ガイダンス、降雪量ガイダンスと実況との差である。下段はMSMによる結果を示し、左から順に降雪量ガイダンス、降雪量ガイダンスと実況との差である。右図には積雪深による実況の結果を示す。なお、実況との差の色付けは、青色ほど実況の降雪量が予測降雪量より多いことを示す。

降雪量ガイダンスでは、実況に比べて、関東地方北部～甲信越地方を中心に降雪量がやや過小に予測された(青線で囲んだ領域)。

数値予報の結果その2

4日9時初期値6日18時対象のGSMおよびMSMの
降雪量ガイダンスの予測結果と実況の比較

令和6年度数値予報解説資料集

334

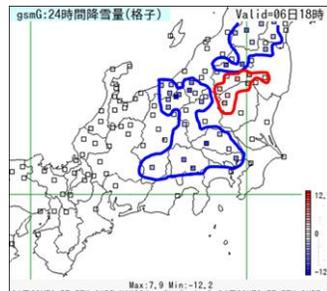
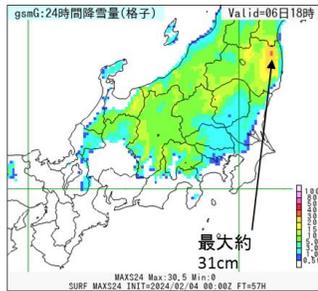
4日午後に大雪に対する国土交通省発表時に利用可能な資料であった、4日9時初期値6日18時対象のGSMおよびMSMのそれぞれの降雪量ガイダンスの予測結果と実況の比較結果を示す。

GSMおよびMSMによる24時間降雪量ガイダンスと実況との比較(4日9時初期値予測(対象:6日18時))

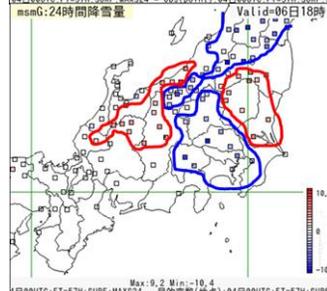
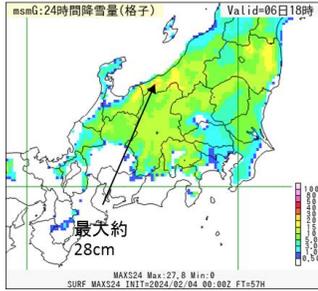
降雪量ガイダンス

降雪量ガイダンス-実況

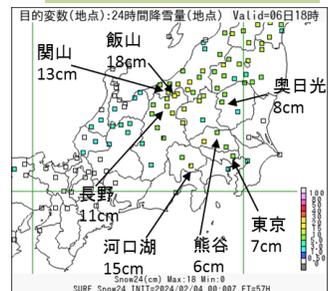
GSM



MSM



実況(積雪深による)



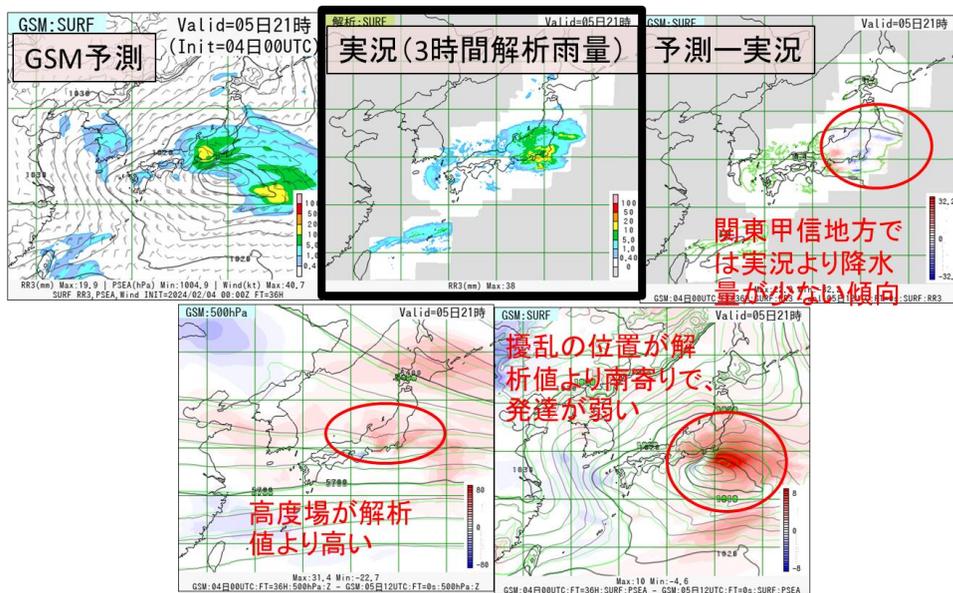
降雪量ガイダンスでは、実況に比べて、関東地方南部～甲信越地方、東北地方南部を中心に降雪量がやや過小に予測された(青線で囲んだ領域)。関東地方北部に予測降雪量が多い領域(赤線で囲んだ領域)が見られるが、予測降雪量が過小となる領域と比較すると、予測降雪量の実況との差は小さい。

図は、4日9時初期値、6日18時対象のGSMおよびMSMによる24時間降雪量ガイダンスと実況を比較した結果を示す。上段がGSMによる結果を示し、左から順に降雪量ガイダンス、降雪量ガイダンスと実況との差である。下段はMSMによる結果を示し、左から順に降雪量ガイダンス、降雪量ガイダンスと実況との差である。右図には積雪深による実況の結果を示す。なお、実況との差の色付けは、青色ほど実況の降雪量が予測降雪量より多いことを示す。

降雪量ガイダンスでは、実況に比べて、関東地方南部～甲信越地方、東北地方南部を中心に降雪量がやや過小に予測された(青線で囲んだ領域)。関東地方北部に予測降雪量が多い領域(赤線で囲んだ領域)が見られるが、予測降雪量が過小となる領域と比較すると、予測降雪量の実況との差は小さい。

降雪量ガイダンスの降雪量が実況に比べて、関東地方北部～甲信越地方を中心にやや過小に予測された要因

(GSM:5日21時対象:4日9時初期値予測の実況および解析値との比較)



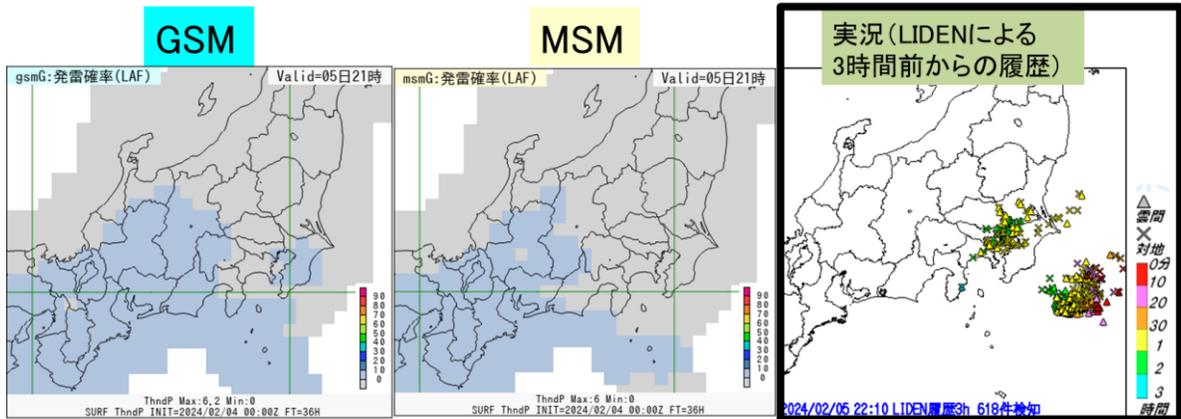
500hPa高度場の状況から、関東周辺での高度場が解析値と比べて高く、本州南岸を東進した低気圧の予測位置が解析値と比べて南よりでかつ発達しなかったため、関東甲信地方では予測降水量が実況と比べて少ない傾向となり、予測降雪量もやや過小な予測となった。



降雪量ガイダンスの降雪量が実況に比べて、関東地方北部～甲信越地方を中心にやや過小に予測された要因について解説する。図は、いずれもGSMで、上段左から順に4日9時初期値の5日21時対象の海面更正気圧(hPa)・風(kt)・前3時間降水量(mm)、実況の前3時間解析雨量、前3時間降水量の予測値と実況との差(青色ほどGSMの予測降水量の方が実況に比べて少ない)である。下段は左から順に、500hPa高度(m)の解析値との差(黒等値線:予測値、緑等値線:解析値、赤色ほど高度場の予測値の方が解析値より高い)、海面更正気圧(hPa)の解析値との差(黒等値線:予測値、緑等値線:解析値、赤色ほど海面更正気圧の予測値の方が解析値より高い)である。

500hPa高度場の状況から、関東周辺での高度場が解析値と比べて高く、本州南岸を東進した低気圧の予測位置が解析値と比べて南よりでかつ発達しなかったため、関東甲信地方では予測降水量が実況と比べて少ない傾向となり、予測降雪量もやや過小な予測となった。

発雷確率ガイダンスの実況との比較 (4日9時初期値:5日21時対象)



関東地方南部を中心に発雷が観測されたが、発雷確率ガイダンスではGSM・MSM共にほとんど低確率の予測であった(予測時間が短い時間帯でも)。前述のとおり、今回の発雷は、力学的圏界面における低い高度領域の移流による対流雲の励起によるところが大きいと思われる。関係する説明変数として、3時間降水量と500hPa渦度が該当するものの、SSIなどのその他の説明変数による指標で特に大気的不安定を示唆するような数値は見られなかったことと、力学的圏界面における低い高度領域の移流による事例は希少事例に該当するものと考えられる。観測数が少ない発雷事例に対しては高確率を出しにくい(土田 2018)ので、留意する必要がある。

低気圧の発達の原因についての項で、低気圧の南側だけでなく、北側でも発雷していることが確認でき、この発雷の原因は、正渦度前面での対流雲の発生とその強化が関係していると考えられると述べた。実際に4日9時初期値5日21時対象の発雷確率ガイダンスの予測結果を確認する。図は、左から順に、GSM発雷確率ガイダンス(LAF:過去初期値との重み付き平均したもの)、MSM発雷確率ガイダンス(LAF)、実況の5日22時10分の前3時間の雷監視システム(LIDEN)による発雷のプロット図(低気圧の発達の要因についての項での再掲)である。

関東地方南部を中心に発雷が観測されたが、発雷確率ガイダンスではGSM・MSM共にほとんど低確率の予測であった(予測時間が短い時間帯でも)。前述のとおり、今回の発雷は、力学的圏界面における低い高度領域の移流による対流雲の励起によるところが大きいと思われる。関係する説明変数として、3時間降水量と500hPa渦度が該当するものの、SSIなどのその他の説明変数による指標で特に大気的不安定を示唆するような数値は見られなかったことと、力学的圏界面における低い高度領域の移流による事例は希少事例に該当するものと考えられる。観測数が少ない発雷事例に対しては高確率を出しにくい(土田 2018)ので、留意する必要がある。

まとめ(1/2)

- 令和6(2024)年2月5日～6日にかけての大雪について、主に4日9時初期値の5日18時および6日18時を対象としてGSMおよびMSMの数値予報結果をまとめた
- 今回の関東甲信越地方の大雪は、4日に東シナ海で発生した低気圧が、5日～6日にかけて本州南岸を発達しながら東進したところに、5日午後から6日明け方にかけて、三陸沖に張り出した高気圧の影響で、 -3°C 以下の寒気が北から流入したことが主な要因と考えられる
 - 5日18時対象のGSM・MSMの24時間降雪量ガイダンスでは、実況に比べて、関東地方北部～甲信越地方を中心に降雪量がやや過小に予測された
 - 6日18時対象のGSM・MSMの24時間降雪量ガイダンスでは、実況に比べて、関東地方南部～甲信越地方、東北地方南部を中心に降雪量がやや過小に予測された
 - 降雪量ガイダンスの降雪量が実況に比べて、関東地方北部～甲信越地方を中心にやや過小に予測された要因は、500hPa高度場の状況から、関東周辺での高度場が解析値と比べて高く、本州南岸を東進した低気圧の予測位置が解析値と比べて南よりでかつ発達しなかったためと考えられる

全体のまとめを示す。

まとめ(2/2)

- (前頁の続き)
 - 関東地方南部を中心に発雷が観測されたが、発雷確率ガイダンスではGSM・MSM共にほとんど低確率の予測であった(予測時間が短い時間帯でも)。今回の発雷は、力学的圏界面における低い高度領域の移流による対流雲の励起によるところが大きいと思われる。関係する説明変数として、3時間降水量と500hPa渦度が該当するものの、SSIなどのその他の説明変数による指標で特に大気的不安定を示唆するような数値は見られなかったことと、力学的圏界面における低い高度領域の移流による事例は希少事例に該当するものと考えられる。発雷確率ガイダンスでは観測数が少ない発雷事例に対しては高確率を出しにくいので、留意する必要がある

参考文献

- 北畠尚子, 2019: 温帯低気圧. 総観気象学 基礎編, 気象庁, 123-159.
- 黒良龍太, 森浩俊, 加藤輝之, 2014: 予報作業における渦位の利用について. 平成25年度予報技術研修テキスト, 気象庁予報部, 49-61.
- 土田尚侑, 2018: 発雷確率ガイダンス. 数値予報課報告・別冊第64号, 気象庁予報部, 165-176.