

北極海のラジオゾンデ観測データが 冬の中緯度で生じる寒波の予報精度に 与える影響

佐藤和敏¹, 猪上淳^{1,2,3}, 山崎哲³, Joo-hong Kim⁴,
Marion Maturilli⁵, Klaus Dethloff⁵, Stephen R Hudson⁶

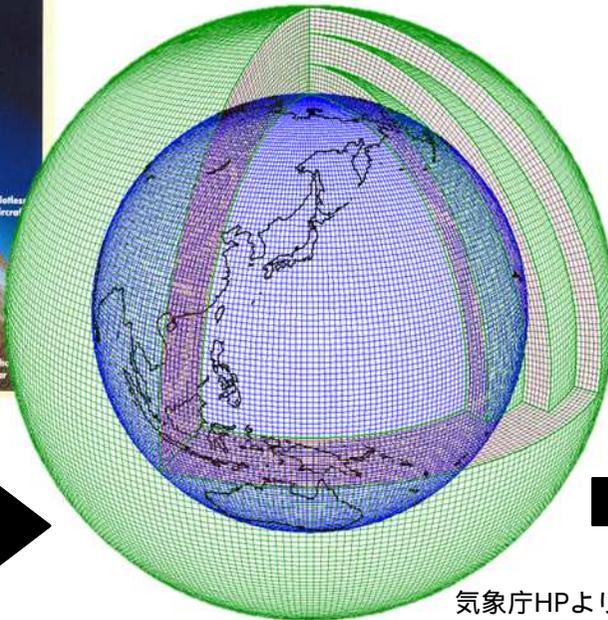
1:国立極地研究所、2:総合研究大学院大学、3:海洋研究開発機構、4:韓国極地研究所、
5:アルフレッドウェゲナー研究所、6:ノルウェー極地研究所

データ同化

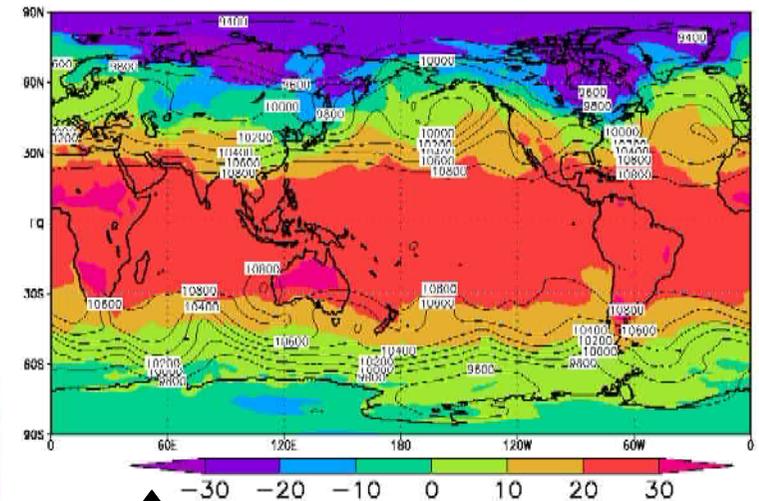
観測データ



数値モデル



解析値



- 数値シミュレーションに観測データを取り組む
 - 陸上、船舶、航空機、衛星などによる観測
 - 気圧、気温、風、湿度など観測情報
- 再解析データによる現象の再現性を向上させる
 - JRA-55 (JMA), ERA-Interim (ECMWF), CFSR (NCEP) など
 - 再解析データを初期値とする天気予報の精度にも影響

ALERA2 (AFES-LETKF 実験的アンサンブル大気再解析)

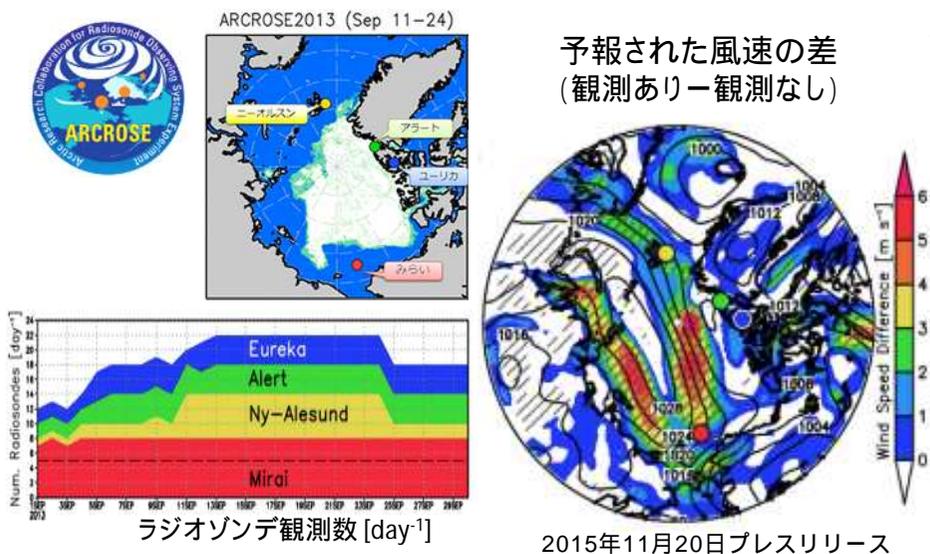


- JAMSTECのデータ同化システムや大気大循環モデル (AFES)
 - 局所アンサンブル変換カルマンフィルター (LETKF) をAFESに適用
(Miyoshi and Yamane 2007, Miyoshi et al., 2007)
 - 大気大循環モデル (T119L48) (Ohfuchi et al., 2004; Enomoto et al., 2008; 2013)
(Kuwano-Yoshida et al., 2010)
 - 出力データ: 63メンバー、約1°格子、鉛直18層
 - SSTや海氷情報としてNOAAのOISST
 - 再解析データを初期値として10日間予報
 - データ同化システム
 - NCEPのPREPBUFRデータセット
- ▶ 観測データによる現象の再現性や予報精度への貢献度

北極海での追加ラジオゾンデ観測の影響

現象の再現性や予報精度の向上に北極海での追加観測が重要

ARCROSE 2013 (Inoue et al., 2015)



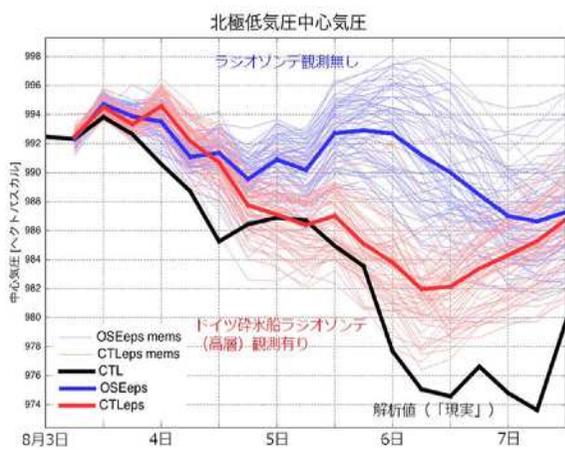
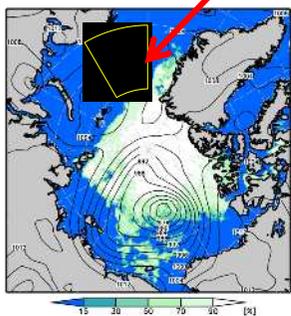
北極海でのラジオゾンデ観測を強化

- 2013年9月で約2週間
- 既存の観測所やみらいで追加観測
- 強い風を伴う北極海の高気圧の予報精度
 - 追加観測がないと高気圧や強風が予報不可能
 - 風速の影響を受ける海水分布も影響

Polar stern号 (Yamazaki et al., 2015)

海氷上でラジオゾンデ観測を実施

- 2012年7~8月に船上で1日2回の観測
- 強い低気圧の再現性
 - 低気圧の発達過程の予報や再現に影響
 - 追加観測が上空の大気循環の予報に影響
 - 地上の大気循環へも影響



極渦のスケールが小さい夏は影響が北極海に限定 大きい冬は？

中緯度で頻発している冬期の大寒波

北極海の海氷減少や中緯度の海洋変化による大気応答

ユーラシア大陸の寒波

- バレンツ海の海氷減少と関係
 - 乱流熱フラックス増加で高気圧形成
(Honda et al., 2009)
 - 低気圧の経路が北上
(Inoue et al., 2012)
- メキシコ湾流の北上に伴う大気応答
(Sato et al., 2014)

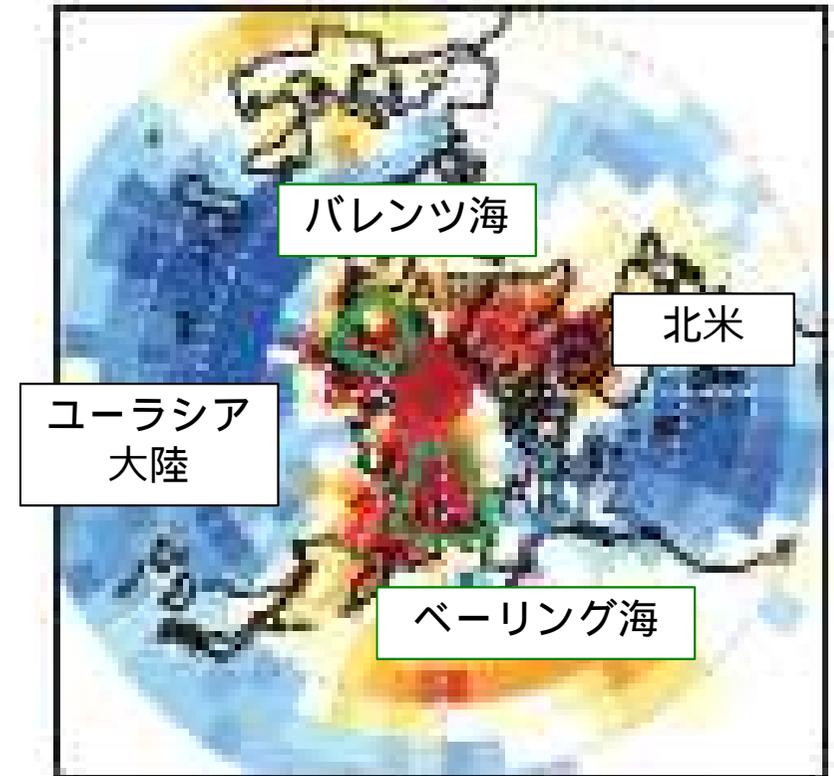
北アメリカの寒波

- ベーリング海峡の海氷減少と関係
 - 大気循環に影響
(Nakanowatari et al., 2015)
 - 偏西風の風速や位置が変化
(Lee et al., 2015)

北半球の大気循環の変化

▶ 事前の予報が重要

冬期の北極海の海氷と
大陸の気温の関係



(Kug et al., 2015)

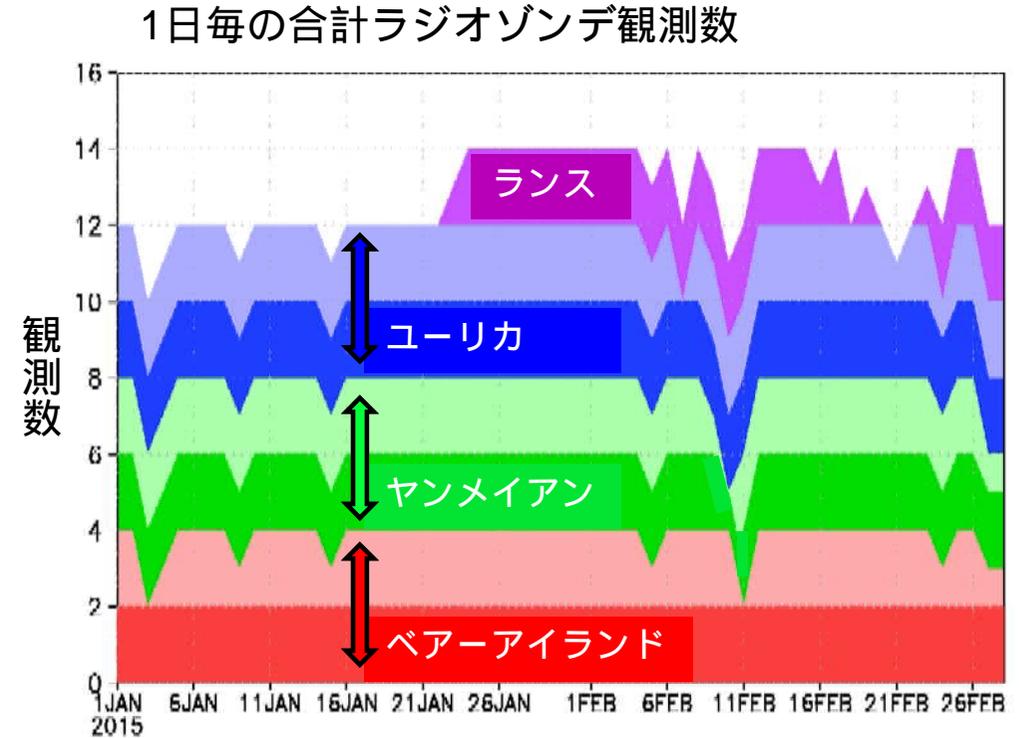
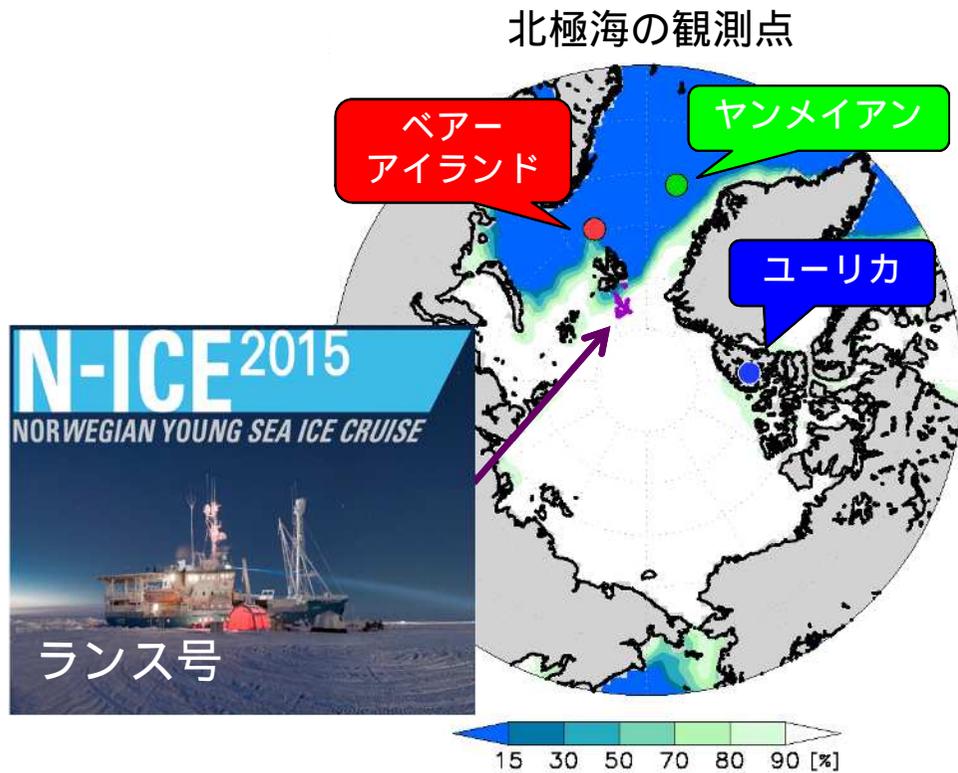
低温や大雪で深刻な被害

本研究の目的

冬の北極圏で実施された ラジオゾンデ観測の影響を調べる

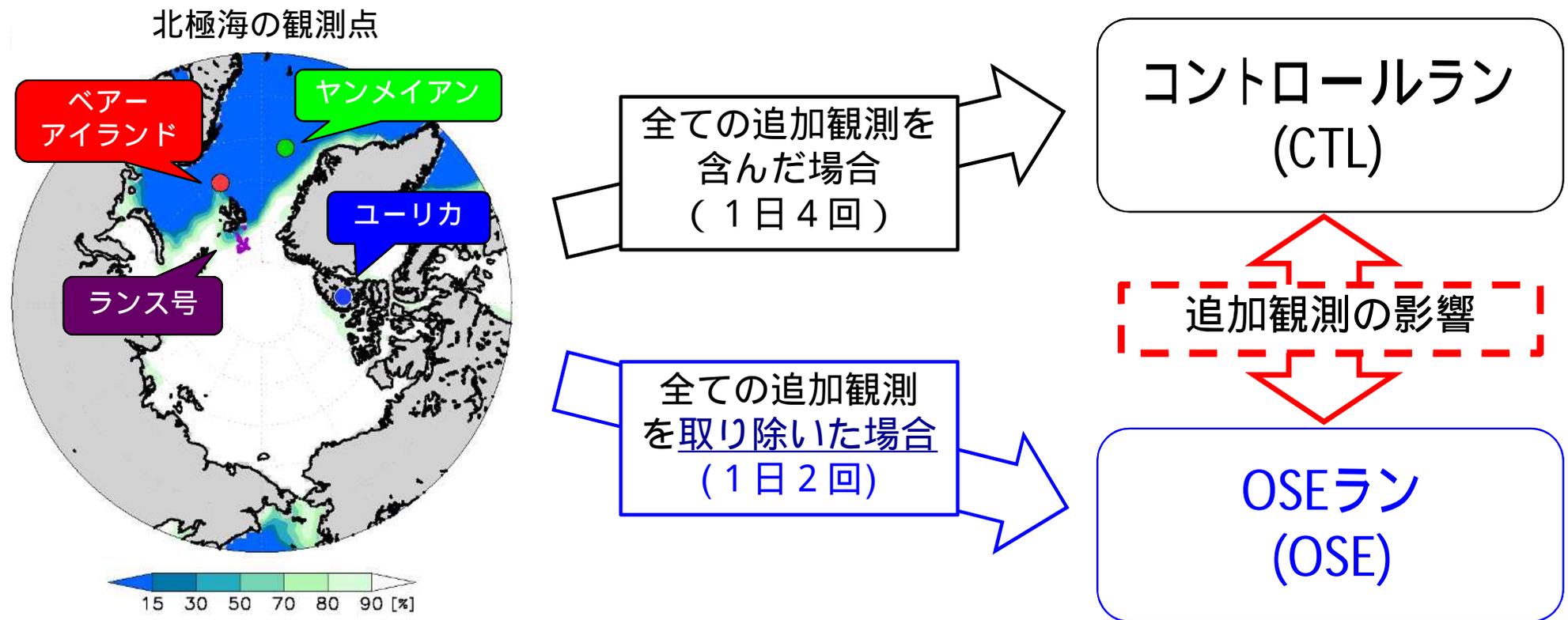
- 北極圏で実施された追加ラジオゾンデ観測に着目
 - 対流圏上層の大気循環の予報精度への影響
 - 下層大気循環の形成や発達への影響
- ▶ 北米や日本の天気予報の精度へどのように影響するのか
- 予報精度の向上に効率の良い観測点を把握
 - 中緯度の災害抑制に有効な観測点の発見
- ▶ 追加観測の継続の重要性を示す

2015年冬の特別ラジオゾンデ観測



- ・ ランス号を用いたN-ICE 2015プロジェクト
 - 2015年1月～7月頃までスピッツベルゲン島の北側を漂流
 - 海氷上で1日2回のラジオゾンデ観測
- ・ 北極の観測点での追加ラジオゾンデ観測
 - ポーラーローの予測精度向上のため冬のみ実施
 - 1日4回のラジオゾンデ観測

再解析データや予報実験の設定



ALERA2 (AFES-LETKF 実験的アンサンブル大気再解析)

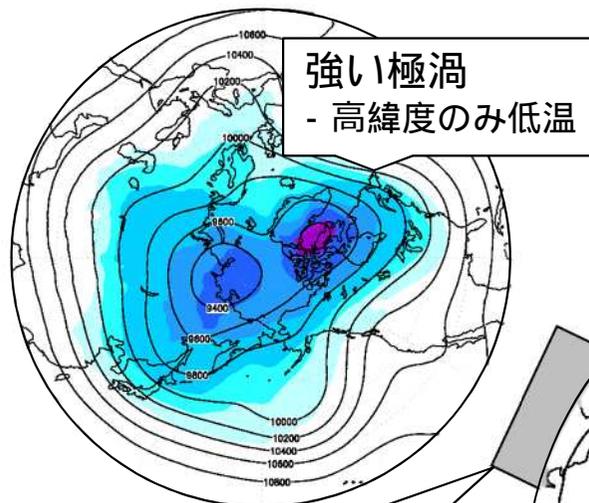
- ・ 大気大循環モデル (T119L48)
 - 出力データ: 63メンバー、約1°格子、鉛直18層
- ・ データ同化システム
 - GTSに通報されたラジオゾンデ観測などを同化
- ・ アンサンブル予報
 - 観測データを同化・非同化した再解析データ作成 ▶ これらを初期値に10日間予報
 - この差が観測データの影響

2015年の大寒波の事例

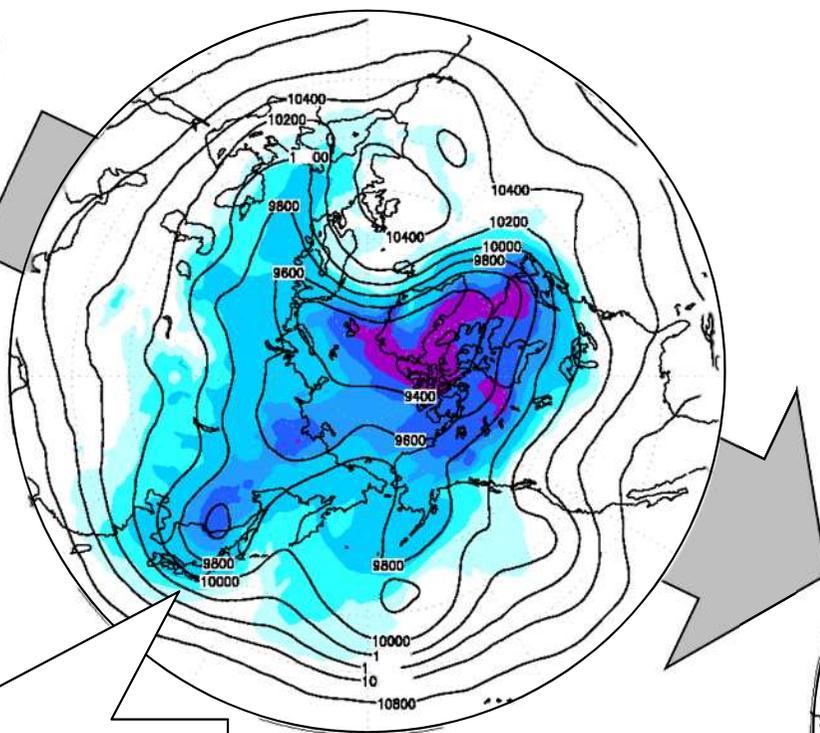
2015年1月下旬

2月は中緯度で寒波到来

重大な被害



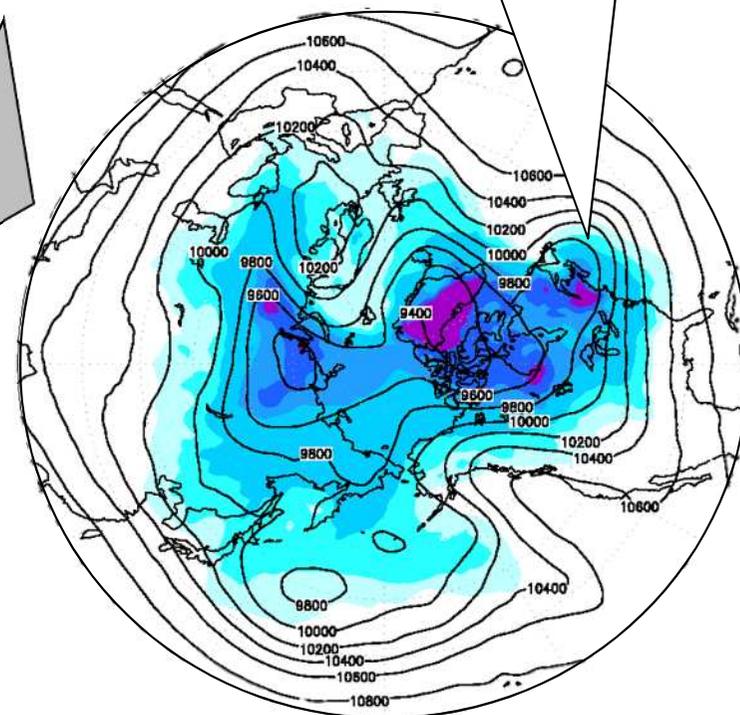
2015年2月9日



北米での寒波

- ・ 東海岸で記録的な大雪
- ・ 最低気温を更新
- ・ 五大湖の凍結

2015年2月16日



2月上旬に偏西風の
大きい蛇行

日本での寒波

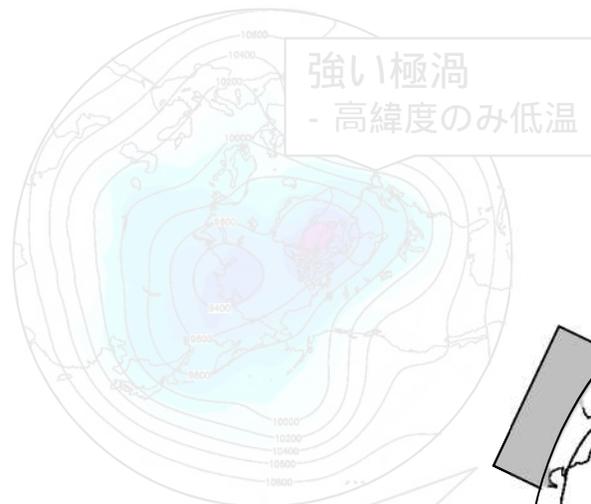
- ・ 典型的な西高東低型
- ・ 全国の9割で冬日
- ・ 日降雪量の記録更新

2015年の大寒波の事例

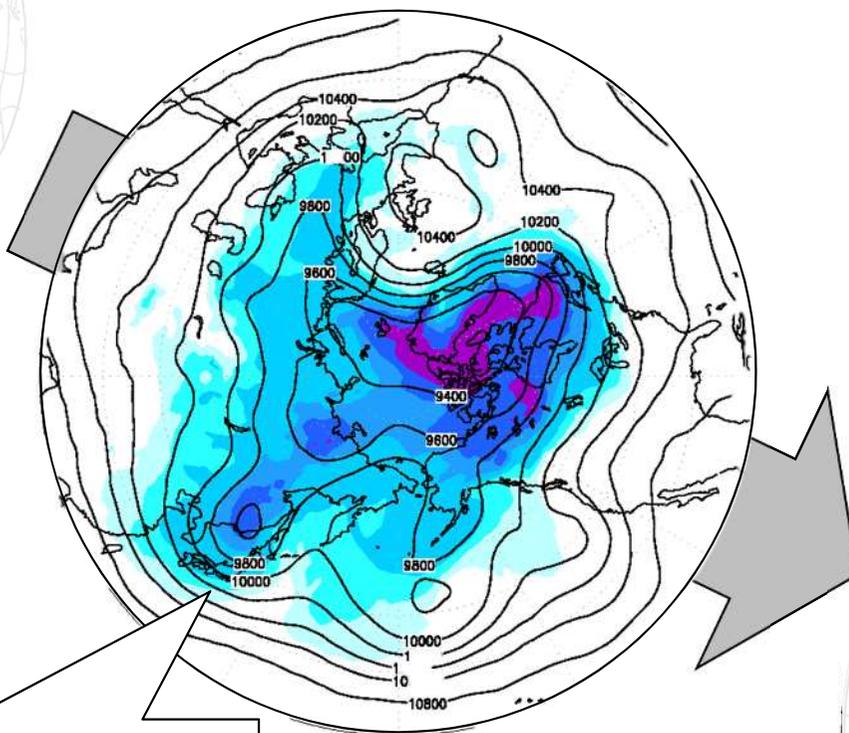
2015年1月下旬

2月は中緯度で寒波到来

重大な被害



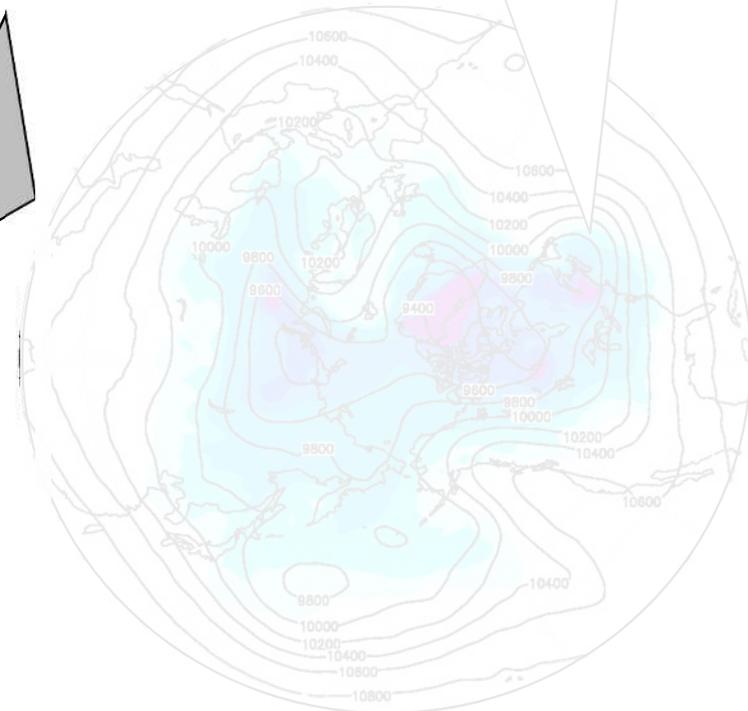
2015年2月9日



北米での寒波

- ・ 東海岸で記録的な大雪
- ・ 最低気温を更新
- ・ 五大湖の凍結

2015年2月16日



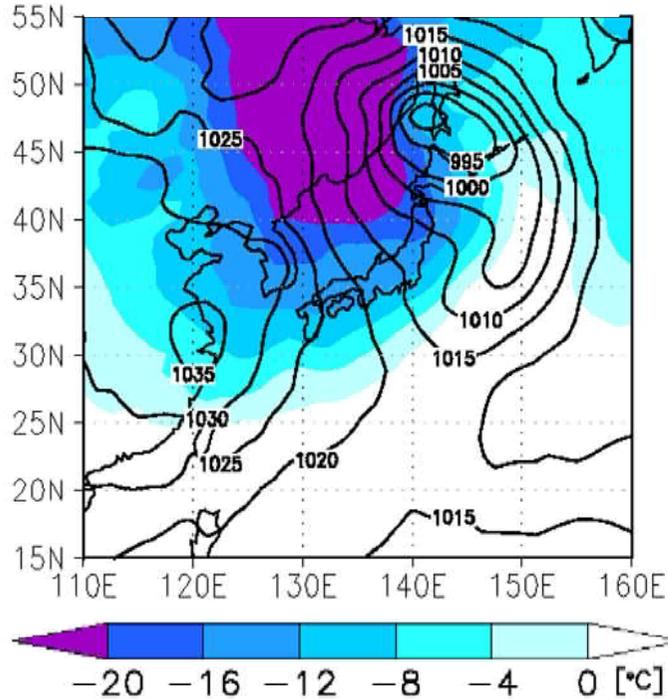
日本での寒波

- ・ 典型的な西高東低型
- ・ 全国の9割で冬日
- ・ 日降雪量の記録更新

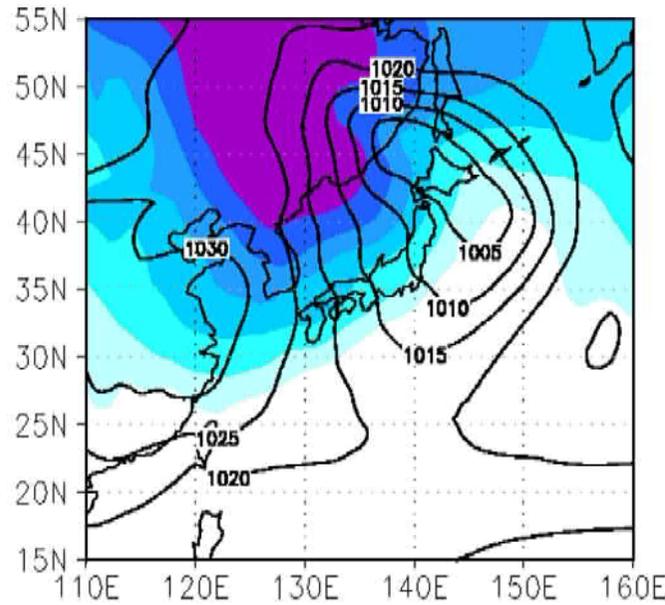
2015年2月9日のSLPとT850 (北米での寒波)

5日後の予報 (初期時刻: 2015年2月4日)

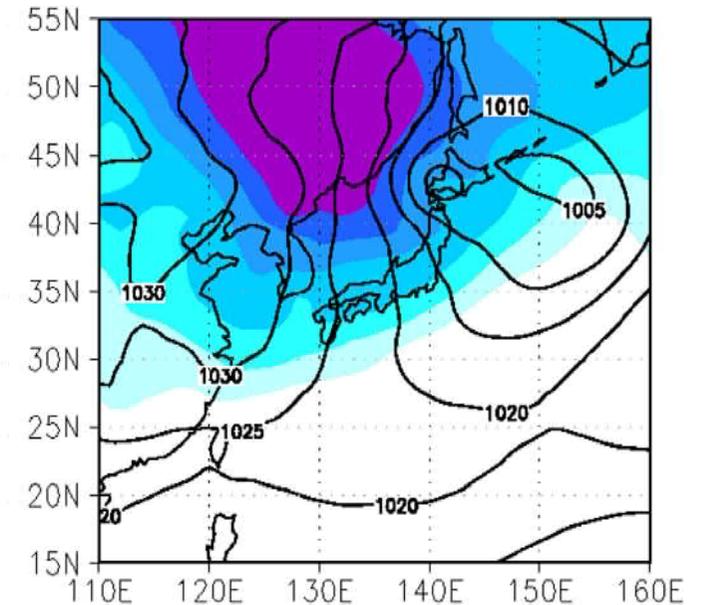
再解析データ



CTL (追加観測同化)



OSE (追加観測非同化)



西高東低型の気圧配置

- 日本の北側に低気圧
 - 日本海で強い気圧勾配
 - 日本へ寒気流入
- 上空では西側にトラフ
 - 低気圧が発達

追加観測あり

- 低気圧の位置は良い
 - 日本海で強い気圧勾配
 - 発達が少し弱い
- トラフはほぼ同じ
 - 低気圧が発達

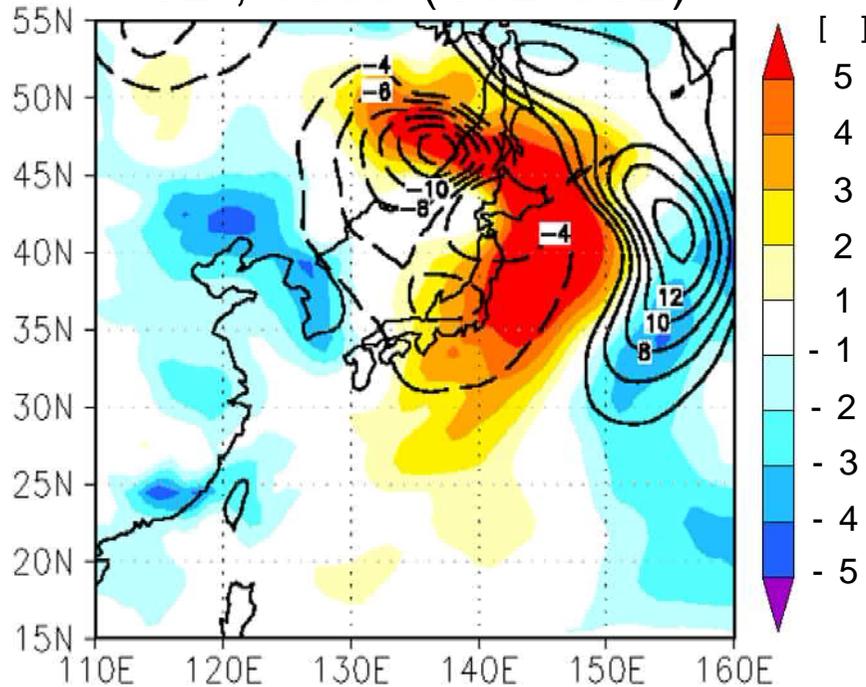
追加観測なし

- 低気圧の位置が違う
 - 日本海の気圧勾配が弱
 - 発達がさらに弱い
- トラフが少し東進
 - 低気圧の位置に影響

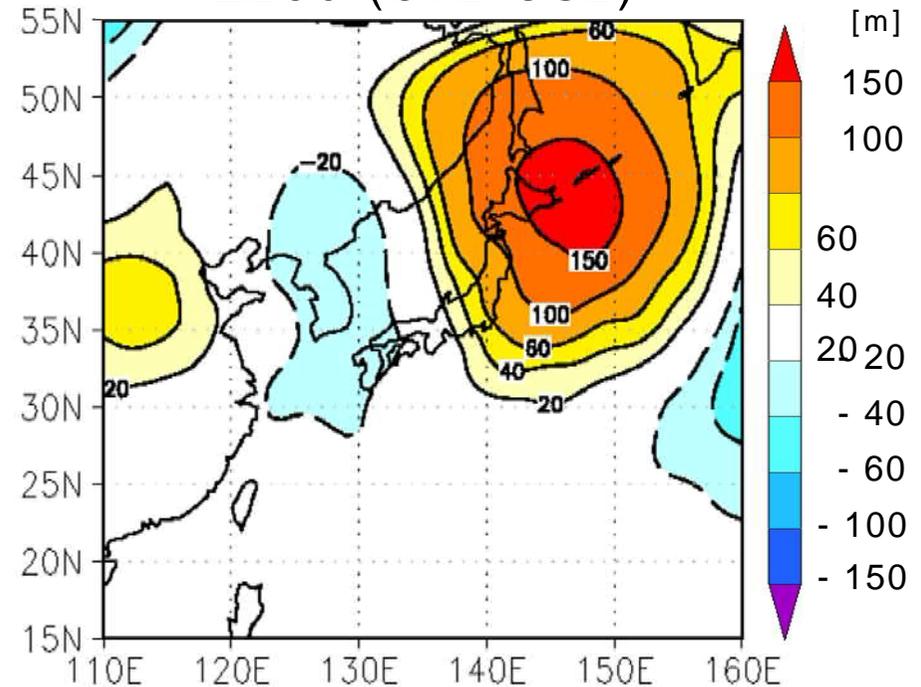
予報されたSLP、1850とZ250の差 (CTL-OSE)

2015年2月9日 (5日後の予報)

SLP, T850 (CTL-OSE)



Z250 (CTL-OSE)



下層の大気循環

- 日本の北で負の気圧差
 - 朝鮮半島や日本海で負の気温差
- 低気圧の再現性が寒気移流に影響

上層の大気循環

- 日本に東(西)側で正(負)の差
 - 低気圧の東西で差が明瞭
- 低気圧の発達や位置に影響

北極海での追加観測がない場合

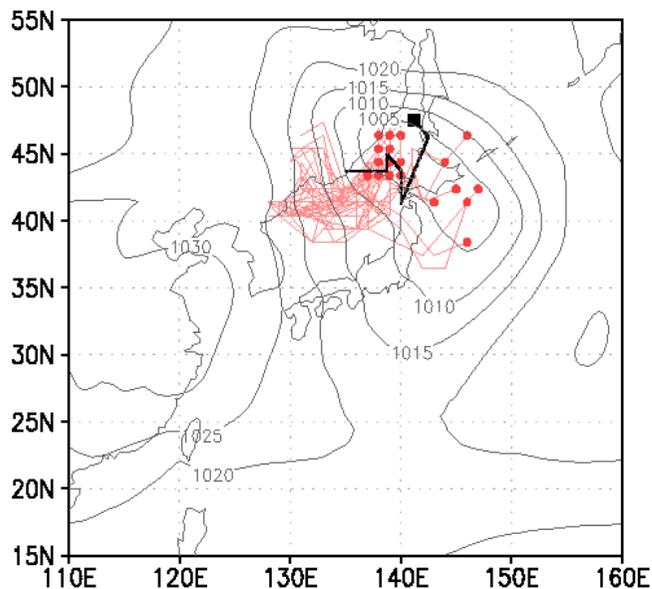
上層の大気循環の予報精度が悪化

地表の大気循環へ影響

各メンバーの低気圧トラックと9日の中心位置

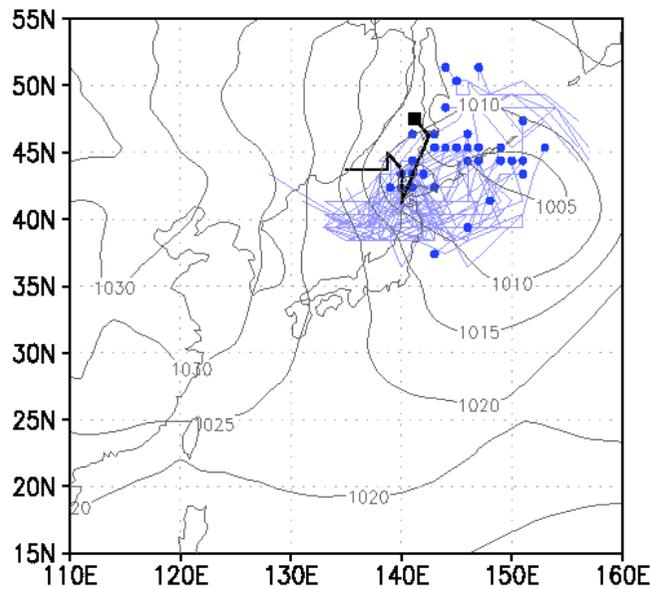
2015年2月9日の中心位置と2月7日からの低気圧トラック

CTL (追加観測同化)



■ Aleraの低気圧中心位置とトラック

OSE (追加観測非同化)



● 各メンバーの中心位置とトラック

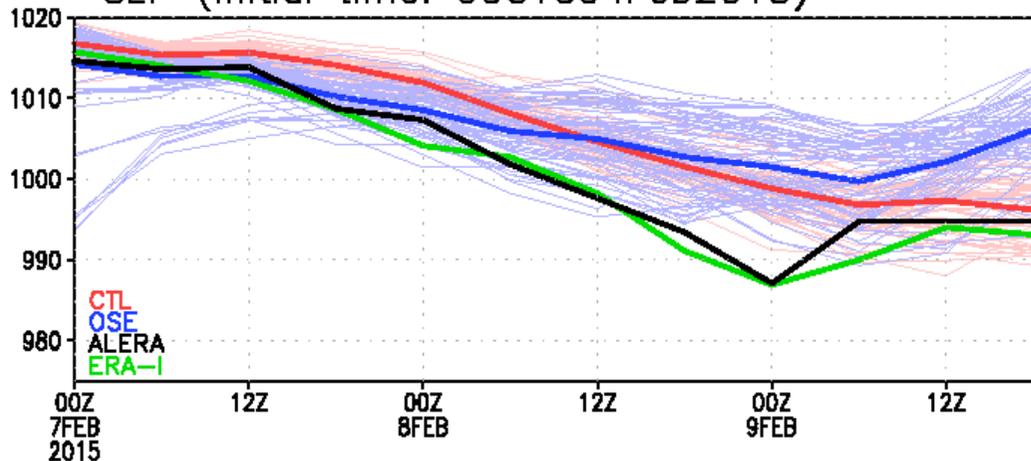
CTL (左図)

- ・再解析データに近い
- 中心位置が近い
- トラックも似ている

OSE (右図)

- ・予報できていない
- 中心位置にバラツキ
- トラックも異なる

SLP (Initial time: 00UTC04Feb2015)



中心気圧の時系列

- ・CTLとOSEの差は小さい
- OSEはバラツキが大きい
- OSEでは発達しない低気圧も多い

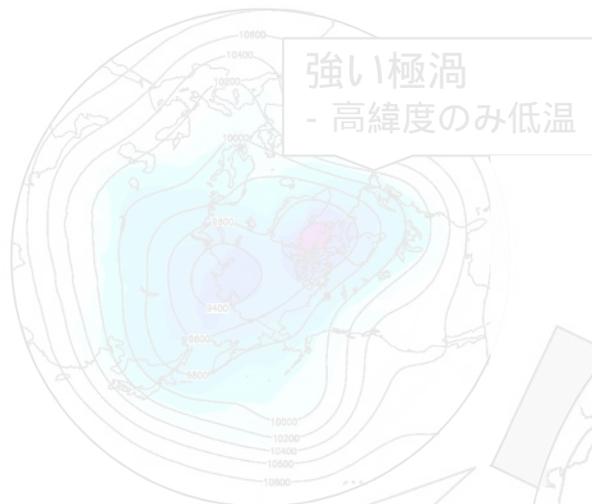
▶ 低気圧の位置の予報精度に影響

2015年の大寒波の事例

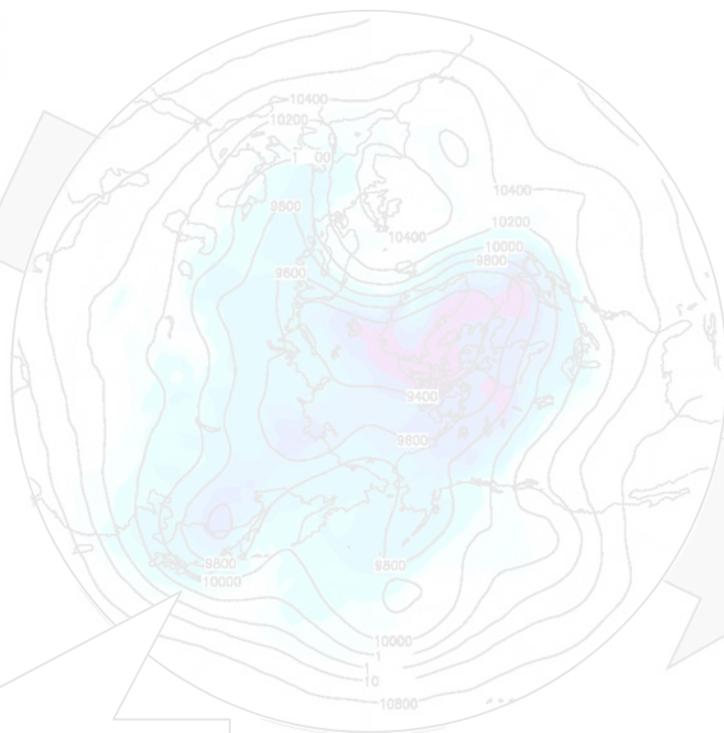
2015年1月下旬

2月は中緯度で寒波到来

重大な被害



2015年2月9日



2月上旬に偏西風の
の大きい蛇行

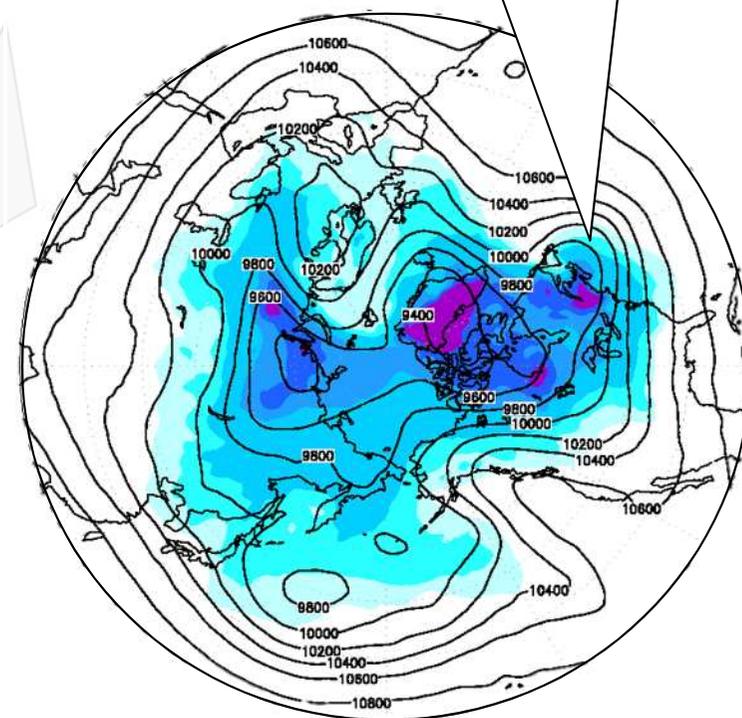
日本での寒波

- ・ 典型的な西高東低型
- ・ 全国の9割で冬日
- ・ 日降雪量の記録更新

北米での寒波

- ・ 東海岸で記録的な大雪
- ・ 最低気温を更新
- ・ 五大湖の凍結

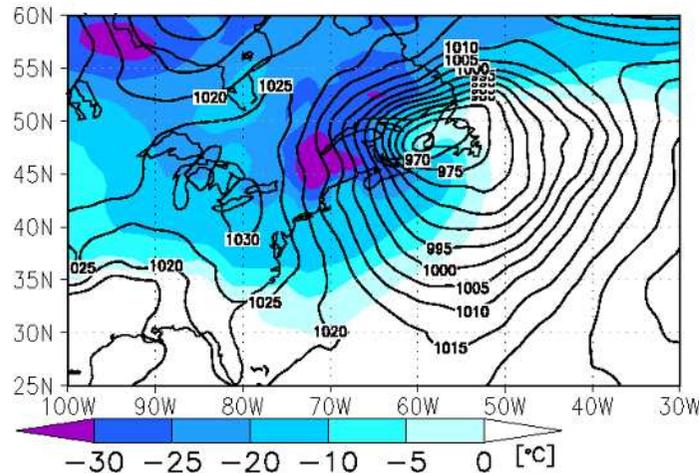
2015年2月16日



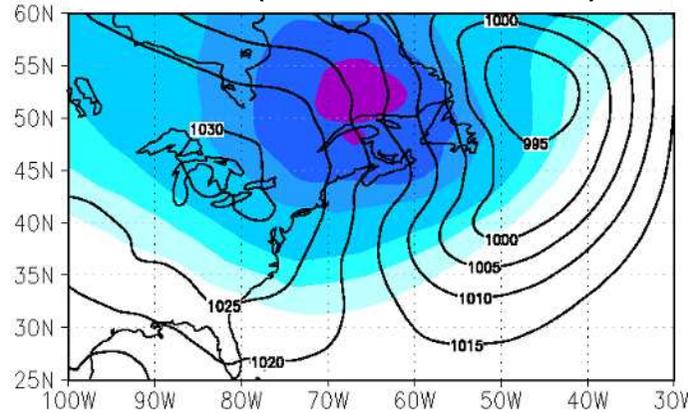
2015年2月16日のSLPとT850 (北米での寒波)

9日後の予報 (初期時刻: 2015年2月7日)

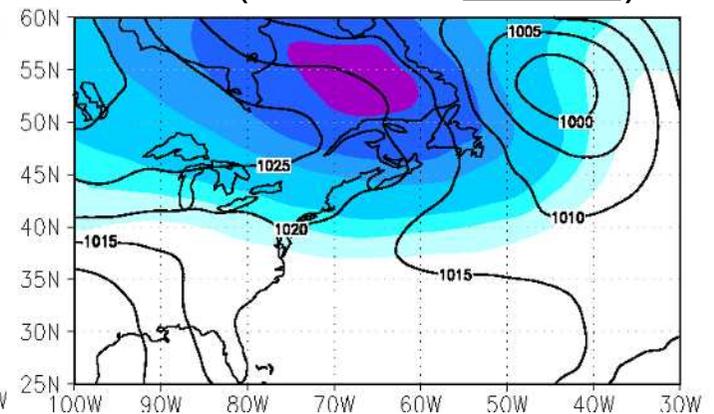
再解析データ



CTL (追加観測同化)



OSE (追加観測非同化)



発達した低気圧

- ・ 東海岸に低気圧
 - 東アメリカで強い気圧勾配
 - 北風により寒波が流入
 - 気温0度線が30°Nまで南下
- ・ 上空では西側にトラフ
 - メキシコ湾流付近にトラフ
 - 低気圧が発達

追加観測あり

- ・ 低気圧を予報
 - 少し東側で発達が弱い
 - 気温勾配は見られる
 - 低温域が南下
- ・ トラフはほぼ同じ
 - 低気圧が発達

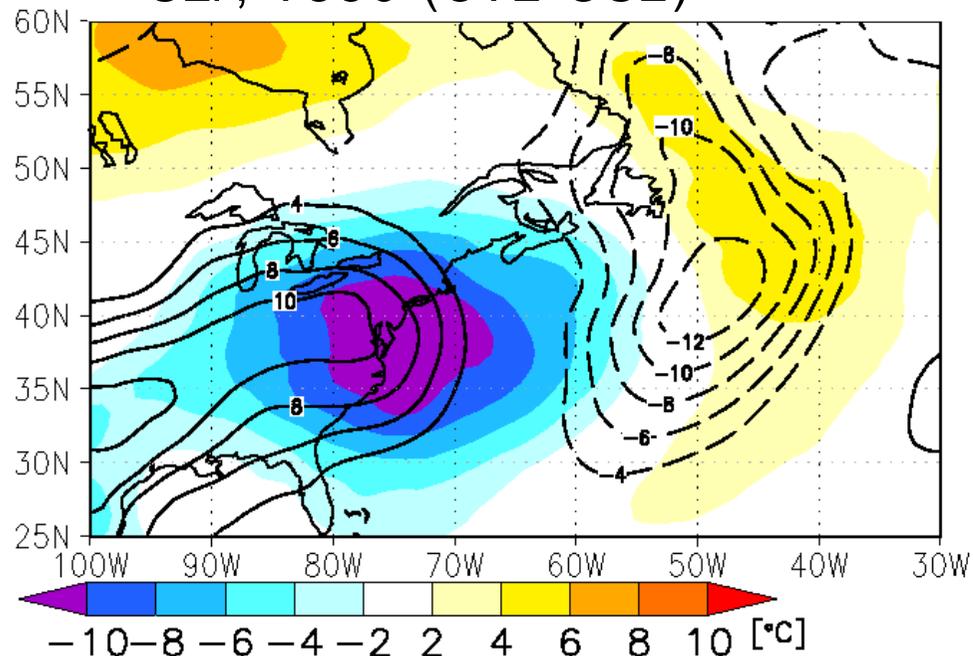
追加観測なし

- ・ 低気圧を予報
 - 位置はCTLと同じ
 - CTLより発達が弱い
 - 低温域の南下が弱い
- ・ トラフが明瞭でない
 - 低気圧の発達に影響

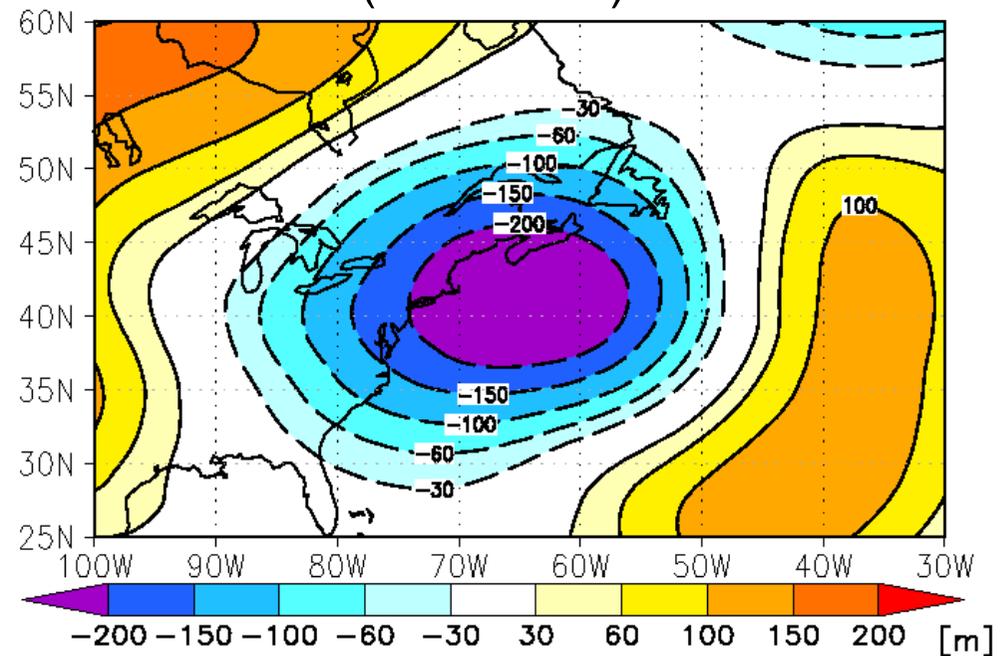
予報されたSLP、1850とZ250の差 (CTL- OSE)

2015年2月16日 (9日後の予報)

SLP, T850 (CTL-OSE)



Z250 (CTL-OSE)



下層の大気循環

- ・ 東海岸の東側で気圧の負の差
- ・ 東海岸で負の気温差

低気圧の再現性が寒気移流に影響

上層の大気循環

- ・ OSEはトラフが明瞭でない
低気圧の発達や位置に影響

北極海での追加観測がない場合

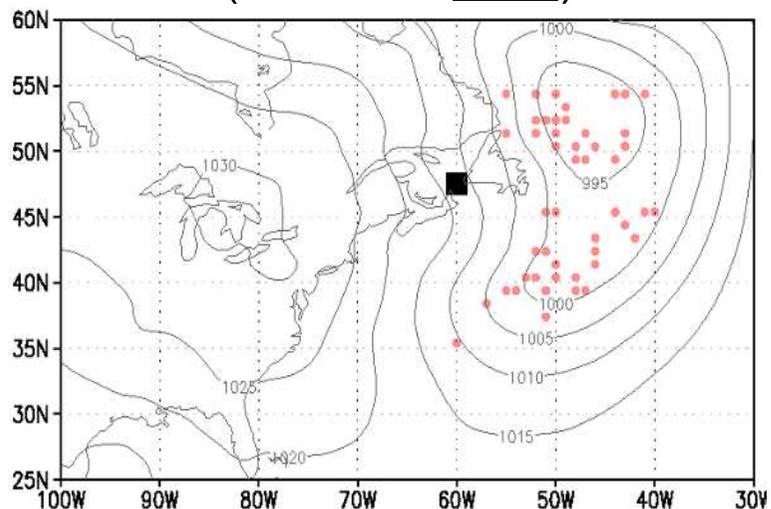
上層の大気循環の予報精度が悪化

地表の大気循環へ影響

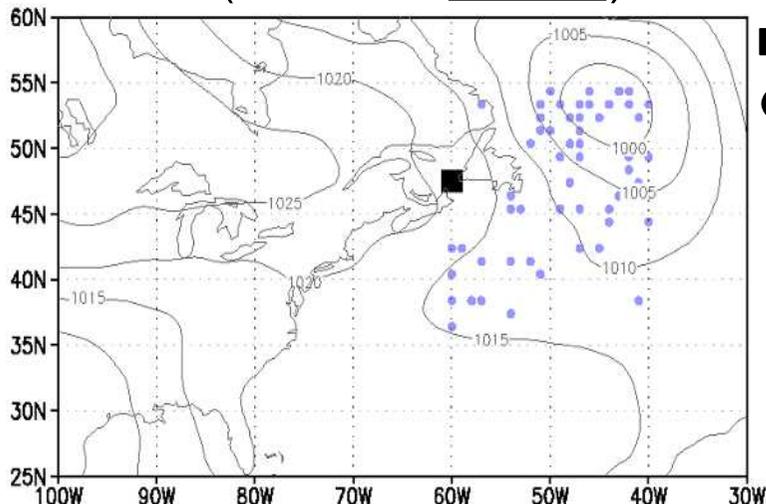
各メンバーの16日の中心位置

2015年2月9日の中心位置と2月7日からの低気圧トラック

CTL (追加観測同化)



OSE (追加観測非同化)

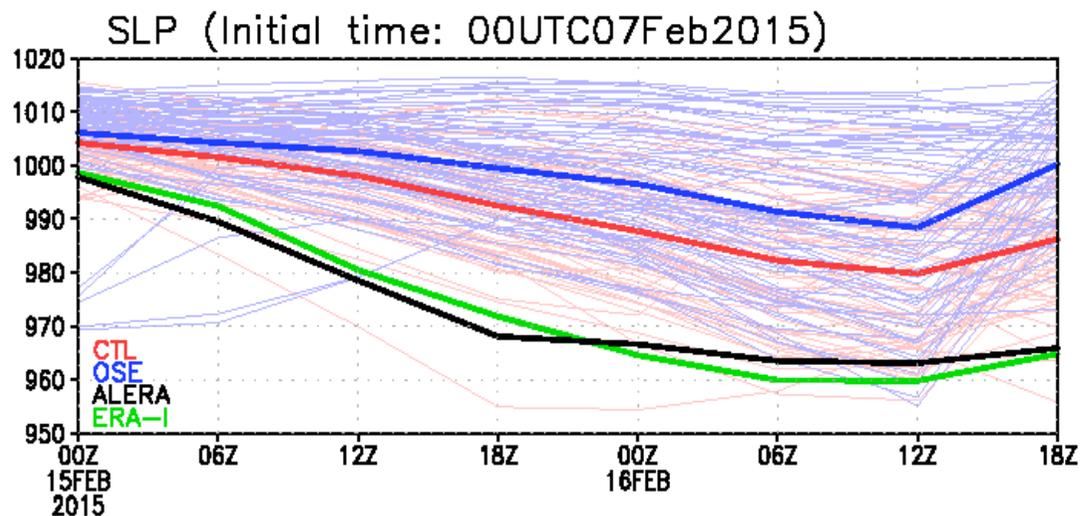


■ Aleraの低気圧中心位置とトラック

● 各メンバーの中心位置とトラック

・ 低気圧の中心位置

同じくらいバラついている



中心気圧の時系列

- ・ CTLとOSEの差は約10hPa
- OSEはバラツキが大きい
- OSEでは発達しない低気圧も多い

▶ 低気圧の発達過程の予報精度に影響

2015年の事例のまとめ

北極圏の観測所での追加観測の影響を定量化

- 北極海氷上や既存の観測点での追加観測に着目
- 追加観測が無いと上空の大気循環の予報精度が悪化
- 地上の大気循環にも影響し、寒波の予報精度が悪くなる

日本の寒波事例

- ・ 上空のトラフの位置が異なる
 - 地上の低気圧の位置に影響
 - 朝鮮半島や日本海への寒気移流が弱まる

アメリカ寒波の事例

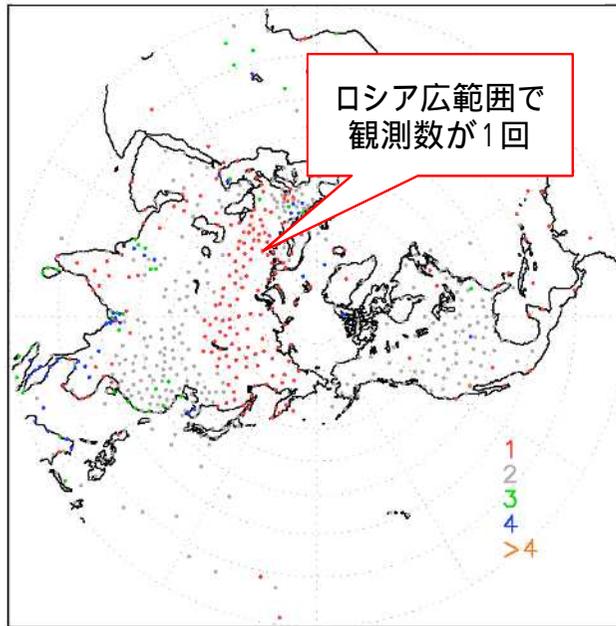
- ・ 上空のトラフが再現できていない
 - 低気圧の発達過程の予報精度に影響
 - アメリカの東海岸への寒気移流が弱まる

北極圏での追加観測が中緯度の寒波の予報精度を向上

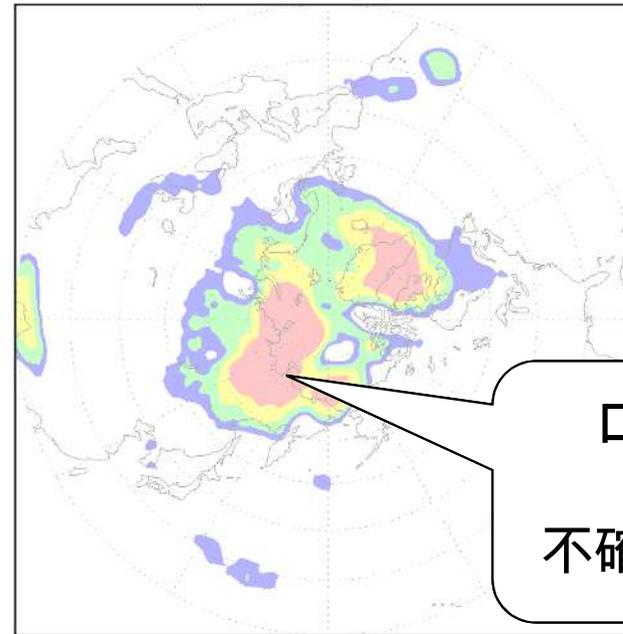
- 追加観測の継続 中緯度での**寒波による被害の抑制**

ロシア観測所でのゾンデ観測数の減少問題

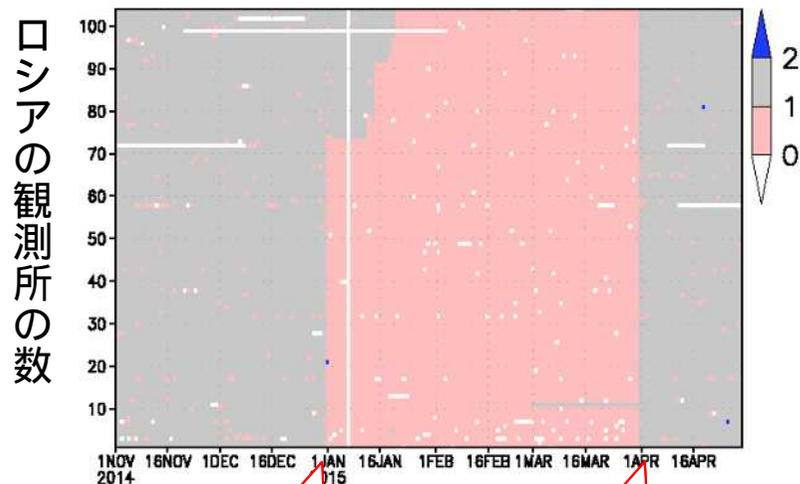
1日のラジオゾンデ観測数



Z250スプレッドの差
1-2月平均 (2014-2015)



各ステーションの日観測数



2015年
1月1日

日付

2015年
4月1日

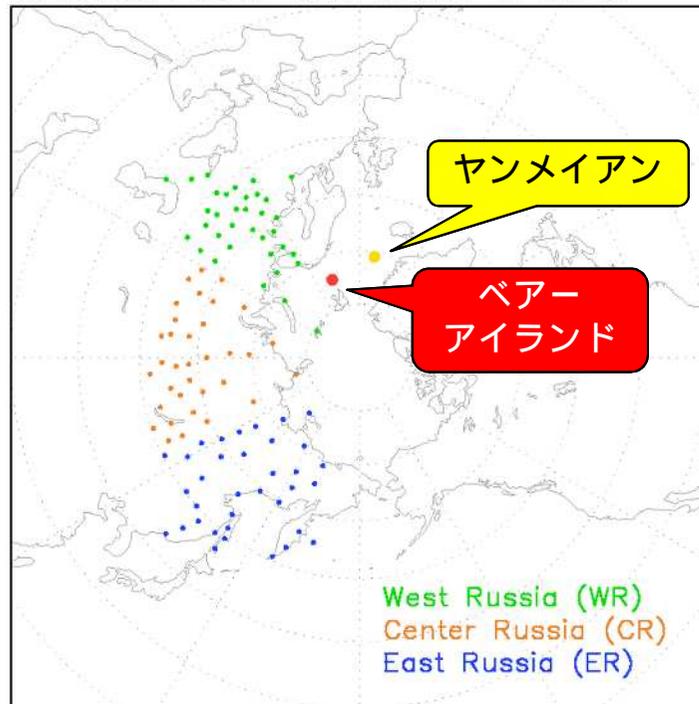
2015年のロシアの経済危機

- ・ロシア観測所のラジオゾンデ観測数が減少
 - 通常1日2回が1日1回のみ
 - この状況が2015年1月~3月まで持続
 - 再解析データの再現性や予報精度に影響
- ▶ロシアの観測数減少が予報精度を悪化？

ロシア問題の実験概要

ラジオゾンデ観測減少の影響を調べる

Radiosonde Observation station in Russia



- 2015年と同様の状況を作成
 - 2014年(通常観測時)で仮想状況を作成
 - 2014年1~3月に着目・
- 北極海での観測の影響を調べる
 - 日本の低気圧の事例(2014年1月31日)に着目
 - ロシアの観測数の減少をどれほど補完できるか
 - 次回金融危機時への対応策
- ロシアの領域毎の影響
 - ロシアを西・中央・東に分類

実験設定

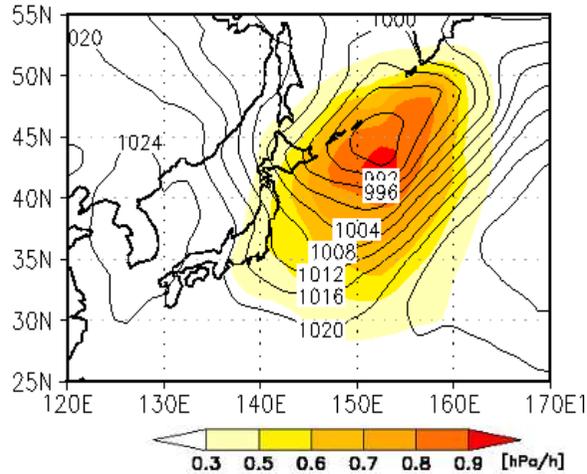
- OSE_R : 2015年と同様にロシア観測数を削減
 - 2015年に減らされた各地点の同時刻の観測を削除
 - 2014年のロシア観測点で1日1回の仮想状況
- OSE_JB : 北極観測点のみ減少
 - ロシアはそのまま北極の臨時観測のみ削減
- OSE_JBR : ロシア + 北極観測点
 - ロシアの観測と北極圏の追加観測を削除

- OSE_WR : 西ロシアのみ減少(12UTC)
 - 緑色の地点
- OSE_CR : 中央ロシアのみ減少(12UTC)
 - 橙色の地点
- OSE_ER : 東ロシアのみ減少(12UTC)
 - 青色の地点

2014年1月31日の気圧配置とLDR24P0

4日後の予報（初期時刻：2014年1月27日）

再解析データ



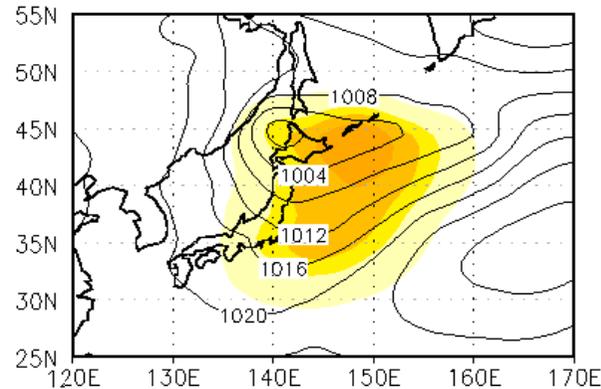
西高東低型の気圧配置

- ・日本の東側に低気圧
 - 日本海で強い気圧勾配
 - 日本へ寒気流入
- ・この日は低気圧が発達
 - LDR24で正の値

$$LDR_{24} = -\frac{p(t+12h) - p(t-12h)}{24} \left| \frac{\sin 60^\circ}{\sin \theta} \right|$$

Kuwano-Yoshida 2014より

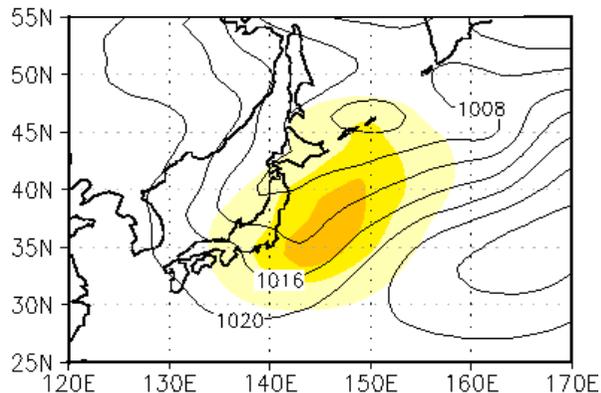
CTL



追加観測あり（CTL）

- ・低気圧が予報できている
 - 中心位置は概ね再現
- ・LDRの正の値
 - 低気圧の発達も再現

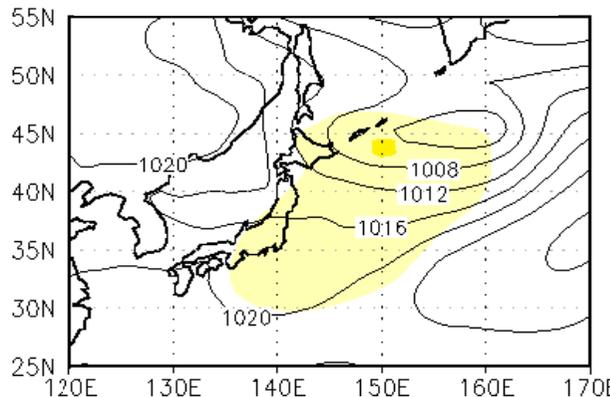
OSE_R



ロシアで半減（OSE_R）

- ・弱い低気圧が見える
 - 中心位置は同じ
- ・LDRの値が少し小さい
 - 少し発達が弱くなる
- ▶ ロシアの影響はある

OSE_JBR



ロシアで半 + 北極追加観測無

- ・低気圧が見える
 - 中心位置が異なる
- ・LDRの値は小さい
 - ほとんど発達していない
- ・北極の追加観測も重要

ロシア観測数減少問題

ロシアや北極圏の観測所での追加観測の影響を定量化

- ・ロシアの観測半減は予報精度の悪化に多少影響している
- ・北極の観測点の影響もかなり大きい
 - ロシアで観測数が減少しても、北極圏の観測で予報精度が向上

今後の方針

- ・日本の他の事例にも着目
- ・アメリカの事例にも着目する
- ・他機関の予報データも交えた議論を行う