

日本海データ同化が北西太平洋域の気象に及ぼす影響

山本勝¹, 大東忠保², 坪木和久², 広瀬直毅¹

¹ 九大応力研

² 名大水循環セ

Meteorological influences of the Japan Sea data assimilation on the northwestern Pacific area

Masaru Yamamoto¹, Tadayasu Ohigashi² and Kazuhisa Tsuboki² and Naoki Hirose¹

¹RIAM, Kyushu Univ.

²HyARC, Nagoya Univ

It is difficult to estimate high-resolution sea surface temperature (SST) distributions in wintertime cold marginal seas under cloudy and rainy weather conditions. High-resolution SST assimilated by using an eddy-resolving ocean model was applied to cloud-resolving and regional simulations over the northwestern Pacific. Mesoscale SST features resulting from ocean dynamics significantly influence the surface turbulent heat flux, water vapor, cloud water and precipitation in the cloud-resolving model. The dynamical ocean data assimilation might provide an improved surface boundary condition in the model. Furthermore, the large-scale meteorological impacts of the Japan Sea SST on the northwestern Pacific are also found in the regional simulation.

1. はじめに

冬季寒冷縁辺海域では、雲で覆われる領域の高解像度赤外観測が難しい。また、赤外と比較して解像度が低いマイクロ波では沿岸域のデータ欠損がある。このように、衛星データの時空間における内挿だけでは、冬季寒冷縁辺海全域の微細 SST 構造を連続的に得るのは困難である。冬季日本海は、寒冷域から吹き出す北西季節風に熱や水蒸気を供給し、沿岸域の気象システムに大きな影響を与えるにもかかわらず、海面高度(SSH)から推定される海洋中規模擾乱を反映した SST 構造は衛星観測最適内挿では表現できないことが多い。それを克服するために、衛星観測データと渦解像海洋モデルを用いたデータ同化手法に基づく統計的かつ力学的な SST 構造の推定がおこなわれている (e.g., Hirose et al. 2007)。

最近、我々は、このような SST データ同化の有無が日本海周辺域に与えるインパクトを調べている。SST フロントや沿岸域の暖水渦や冷水渦の盛衰が、熱・水蒸気収支を介して、日本海側のローカルな気象に影響を与えることが示唆されている。SST フロントに沿って移動・発達する日本海低気圧の実験では(Yamamoto and Hirose 2007)、衛星データ同化 SST を用いた実験 R で、海面気圧、地上風、雲水量で改善が見られた。寒気吹き出しの実験では(Yamamoto and Hirose 2008)、熱や水蒸気の供給量に違いを生み、下流の沿岸域の対流システムや季節風の鉛直構造に影響を与える。1ヶ月降水実験(Yamamoto and Hirose 2009; 2010)においても、日本海側の降水量や分布に影響を与えている。

しかしながら、これらの研究では、水平解像度が 10 km と粗く、筋状降水帯などが再現できなかった。そこで、本研究では 3 km 解像度の雲解像モデルを用いて、2005 年 12 月下旬の豪雪事例について数値実験をおこなった。また、日本海 SST 構造が北西太平洋縁辺海域に与える影響もまだ研究されていないので、解像度がやや大きい領域モデルを用いて調べた。

2. 雲解像度モデルによる研究

名大で開発された雲解像モデル CReSS (Tsuboki and Sakakibara 2001; 2002, Ohigashi and Tsuboki 2007) を用いて、日本海域に 3 km 解像度の計算領域を設定し、2005 年 12 月 21–30 日について数値実験をおこなった。初期値と境界値は気象庁 RSM を用いて作成した。海面に関しては、九大応力研海洋モデルに対馬海峡 ADCP 流量や衛星データ(SSH, SST)を結合した高解像度(1/12°) データ同化 SST を 1 日ごとに更新した(実験 R)。比較のため、気象庁の最適内挿 SST を用いた実験もおこなった(実験 J)。

期間平均(2005 年 12 月 21–30 日)の地上風ベクトルでは、北西の季節風が卓越し、日本海寒帯気団収束帯も明瞭に見られる。大和堆上の暖水塊域では水蒸気蒸発量が多く、冷水舌では北西からの冷水塊の侵入に伴い水蒸気蒸発量も小さくなる。このように海洋中規模擾乱が、水蒸気や熱の地表面 flux の分布の濃淡を生み出す。100 mm を越える積算降水量は日本海沿岸域で見られる。

SST の違いが風や降水に与える影響を調べるために、実験 R と J で比較をおこなった。日本列島と朝鮮半島沿岸域では実験 R の水温が低く、北部ロシア沿岸域では高い。この SST 差の分布に対応して、実験 R と J の地表面熱フラックス差も同様な分布が得られる。高 SST 域で熱フラックスが 20–60 W m⁻²ほど大きくなる。実験 R と J の海上風差の分布もおおむね SST 差の分布に対応し、高 SST 域が 0.1–0.5 m s⁻¹程度の風速増加域となる。

実験 R と J の積算降水量差は、筋状雲に対応して、北西－南東向きの筋状の分布となる。沿岸域の低 SST に対応して実験 R で降水量は 30 mm ほど低い。観測との比較では、日本海側（秋田から島根）の AMeDAS 積算降水量の RMS 誤差は、実験 J で 69.4 mm、実験 R で 64.6 mm となり、実験 R の方が 7%ほど小さい。

さらに海洋中規模擾乱に対する大気境界層の応答を詳しく調べた。大和堆の北の暖水域では、渦解像海洋データ同化で生じる正の SST anomaly は、熱・水蒸気フラックスを介して、乱流混合、風速、温位、水蒸気量、雲水量、雪水量を増大させる。他方、朝鮮半島の東沿岸の冷水域では、負の SST anomaly が、乱流混合、風速、温位、水蒸気量、雲水量、雪水量を減らす。佐渡沖の冷水舌では、乱流混合と風速は局所的な SST の影響を素早く受けるが、温度や水蒸気・雲水量は北西季節風の移流を介して上流側の SST anomaly の影響も受ける。このように、日本海中央域の海洋中規模擾乱に対する大気応答は複雑である。

3. 北西太平洋領域モデルによる研究

北西太平洋域の outer domain (30 km 解像度)と日本海域の two-way nested inner domain (10 km 解像度)を設定し、2005 年 1 月について実験をおこなった。メソ気象領域モデル MM5V3 を用いて、日本海域に 2005 年 1 月の渦解像度海洋データ同化 SST を用いた実験を実験 W とし、流量が小さく低温な 2003 年 1 月の SST を用いた実験を実験 C とした。実験 W と比較して実験 C では北西太平洋域で 500hPa のジオポテンシャルの低下（低圧部の強化）が見られ、それに伴い日本とシベリア間で温度コントラストが生じる。このような月平均の低圧部の強化は、北西太平洋縁辺海域での南北温度勾配を弱める方向に働く。

4. まとめ

今回、海洋中規模擾乱を反映したデータ同化 SST を用いて、気象シミュレーションを 3 km 解像度でおこなった。海洋中規模擾乱は、それよりも小さなスケールの降水分布にも影響を与え、ローカルな気象システムへの影響も無視できない。海洋中規模擾乱は、数百 km を超える気象現象のみならず、メソ β や γ スケールの気象現象においても重要であることが示唆される。また、10 km と 30 km の解像度の領域モデルでは、日本海 SST が極域を含む北西太平洋縁辺海域に影響を与えることも示唆される。

References

- Hirose, N., H. Kawanura, H. Lee, J. and J.-H. Yoon, Sequential forecasting of the surface and subsurface conditions in the Japan Sea, *J. Oceanogr.* 63, 467-481, 2007.
- Ohigashi T. and K. Tsuboki, Shift and intensification processes of the Japan-Sea Polar-Airmass Convergence Zone associated with the passage of a mid-tropospheric cold core. *J. Meteor. Soc. Japan*, 85, 633-662, 2007.
- Tsuboki K. and A. Sakakibara, Large-scale parallel computing of Cloud Resolving Storm Simulator. *High Performance Computing*, Springer, H. P. Zima, K. Joe, M. Sato, Y. Seo and M. Shimasaki (Eds), 243-259, 2002.
- Tsuboki K. and A. Sakakibara, *Cloud Resolving Storm Simulator, User's Guide, Second Edition*. 210p, 2001.
- Yamamoto, M. and N. Hirose, Impact of SST reanalyzed using OGCM on weather simulation: A case of a developing cyclone in the Japan-Sea area, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L05808, doi:10.1029/2006GL028386, 2007.
- Yamamoto, M. and N. Hirose, Influence of assimilated SST on regional atmospheric simulation: A case of a cold-air outbreak over the Japan Sea, *Atmos. Sci. Lett.*, 9, 13-17, 2008.
- Yamamoto, M. and N. Hirose, Regional atmospheric simulation of monthly precipitation using high-resolution OGCM-assimilated SST: Application to the wintertime Japan Sea, *Mon. Wea. Rev.*, 137, 2164-2174, 2009.
- Yamamoto, M. and N. Hirose, Atmospheric simulations using OGCM-assimilation SST: Influence of the wintertime Japan Sea on monthly precipitation, *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, 21, 113-122. 2010.