

気候モデル MIROC における北極海の海氷減少と雲量の変化傾向の関係

阿部 学^{1,2}、野沢 徹²、小倉知夫²、高田久美子^{1,2,3}

¹ 国立極地研究所・北極観測センター

² 国立環境研究所・地球環境研究センター

³ 海洋研究開発機構・地球環境変動領域

Relationship between retreating sea ice and trend of cloud cover over the Arctic Ocean in Coupled GCM, MIROC

Manabu Abe^{1,2}, Toru Nozawa², Tomoo Ogura², and Kumiko Takata^{1,2,3}

¹National Institute of Polar Research, Arctic Research Center

²National Institute for Environmental Studies, Center for Global Environmental Research

³Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Research Institute for Global Change

In this study, we investigated a relationship between retreating sea ice and cloud cover change during recent global warming period in simulations with coupled atmosphere-ocean general circulation model (GCM), MIROC5.

In the simulation during 1976-2005, as the Arctic sea ice decreases with global warming, decreasing trends of sea ice concentration over the Arctic Ocean are found in all months. The maximum reduction of sea ice area occurs in September. On the other hand, the low-level cloud cover averaged over the Arctic Ocean increases during autumn-winter. The maximum occurs in October. In August, although the reduction in sea ice appears to be similar to that in September, significant increasing trend in cloud cover is not found. From September, increasing trend of low-level cloud appears over grids with reduced sea ice. During autumn (September-November), as surface air temperature increases due to the reduced sea ice, the stability of low-level atmosphere are weakened. Therefore, low-level cloud cover increases. Surface water vapor also increases with expanding open water surface. This can contribute to the increased low-level cloud cover.

地球温暖化予測では、北極域の昇温が全球平均に比べると数倍大きい北極域温暖化増幅 (Arctic Amplification : AA) が予測されている。この AA の原因として、海氷や積雪の減少に伴うアイスーアルベドフィードバックの効果がよく知られている。その他に、北極域で太陽入射量の少ない、秋季から春季において、温暖化に伴い北極域の雲が増加することで下向き長波放射の増加することも AA の要因として考えられている。その雲の増加において、海氷の減少が寄与することが観測研究やモデル研究から示唆されている。

観測によれば、近年の北極域の海氷減少により秋から冬の低層雲が増加している(Liu, *et al.* 2012 など)。一方で、気候モデルの結果から、北極海の海氷減少と雲量増加が同時期に顕著に起こることが確認されている(Vavrus, *et al.* 2011)。また、モデルの北極域の雲に関する、20 世紀の再現性と将来変化の関係が調べられている(Vavrus, *et al.* 2009)。しかし、気候モデルが再現した 20 世紀や近年の海氷変化と雲変化の関係を調べた研究はみられない。本研究では、気候モデルの実験における海氷-雲のフィードバック効果の検証のためにまず、気候モデルの 20 世紀再現実験で起こっている、海氷減少と雲量の変化傾向の関係を明らかにする。

本研究では、MIROC5 (Watanabe, *et al.* 2010)による AR5 用の 20 世紀再現実験のデータを用いる。実験では、1850 年から 2005 年までの自然の外的要因 (太陽活動の変動や火山噴火)、温室効果ガスやエアロゾルの人為的な気候変動要因を条件として与えている。モデルの実験には、初期値の異なる 5 本のアンサンブルメンバーがある。20 世紀後半から 21 世紀初めまでの 1976-2005 年の月平均データの解析を行った。

1976 年から 2005 年の期間、全球平均気温の上昇とともに、北極海の海氷面積は減少している。特に、8 月から 10 月の減少傾向が顕著であり、9 月に最大の減少を示す。9 月は季節変化として海氷面積が小さくなる時期にあたり、10 月は海氷が改めて広がり始める時期にあたる。一方、雲量は秋から冬にかけて増加傾向がみられる。その最大は 10 月にみられる。海氷の減少傾向と雲の増加傾向に関して、9・10 月の海氷減少傾向が顕著な時期に雲の顕著な増加傾向がみられるのに対し、海氷減少が顕著な 8 月には雲量の顕著な増加傾向はみられない (図 1)。

秋季、北極海で平均した気温は下層全体で上昇傾向にある。地表の近くで最大の上昇傾向を示すとともに、海氷減少と同期するように地表気温が上昇傾向を示している。そのため、地表面上での大気鉛直安定度は弱まり、雲が発生しやすい環境場に変化している。そのことによって下層雲量が増加していると考えられる。さらに、海氷減少にともない北極海平均の蒸発量と大気下層の水蒸気量に増加傾向がみられる。この水蒸気の増加は雲形成に効果的であると考えられる。一方、夏季、北極海で平均した気温は下層全体で上昇傾向を示すけれど、地表気温の昇温傾向はその上層に比べると小さい。このため、境界層での大気の安定度が強まる傾向にあり、下層雲量が抑えられていると考えられる。ただし、この地表面上の昇温の抑制と海氷減少

に有意な関連性がみられなかった。以上のように、気候モデルによって再現された近年の温暖化期において、北極海の海水減少は、秋季の下層雲量の増加に作用していることが分かった。

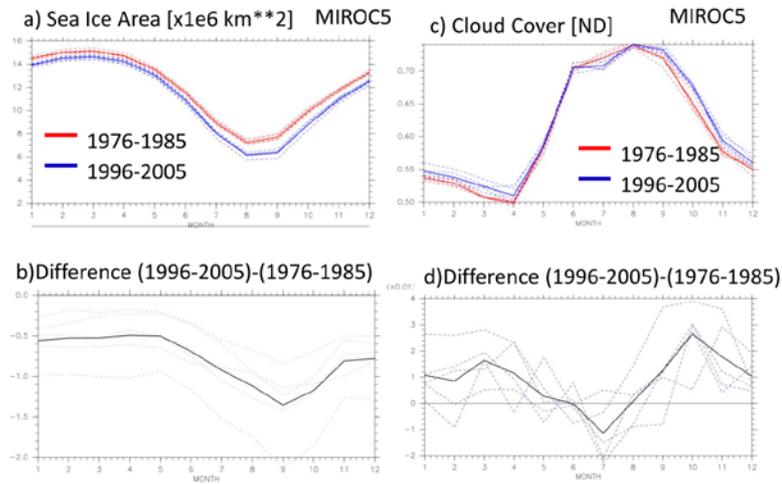


図 1 a)北極海の海水面積の季節変化、c) 北極海の雲量の季節変化。赤線：1976－1985 年平均値、青線：1996－2005 年平均値。b) 北極海の海水面積の1996－2005 年平均値と1976－1985 年平均値の差、d) 北極海の雲量の1996－2005 年平均値と1976－1985 年平均値の差。点線は各アンサンブルメンバーの値、実線はアンサンブル平均値を示す。

References

Liu, Y., J. R. Key, Z. Liu, X. Wang and S. J. Vavrus, A cloudier Arctic expected with diminishing sea ice, *Geophysical Research Letters*, 39(5), L05705, 2012

Vavrus, S., M. Holland and D. Bailey, Changes in Arctic clouds during intervals of rapid sea ice loss, *Climate Dynamics*, 36(7), 1475-1489, 2011

Vavrus, S., D. Waliser, A. Schweiger and J. Francis, Simulations of 20th and 21st century Arctic cloud amount in the global climate models assessed in the IPCC AR4, *Climate Dynamics*, 33(7), 1099-1115, 2009

Watanabe, M., T. Suzuki, R. O'ishi, Y. Komuro, S. Watanabe, S. Emori, T. Takemura, M. Chikira, T. Ogura, M. Sekiguchi, K. Takata, D. Yamazaki, T. Yokohata, T. Nozawa, H. Hasumi, H. Tatebe and M. Kimoto, Improved Climate Simulation by MIROC5: Mean States, Variability, and Climate Sensitivity, *Journal of Climate*, 23(23), 6312-6335, 2010