

大気大循環モデルを用いた北極圏大気循環の研究

Research on Arctic Atmosphere Circulation using atmospheric global circulation models

1. 研究目的

本プロジェクトの目的は、これまでに筑波大学 CCS の計算機資源を用いて行った全球非静力大気大循環モデル NICAM、および、現業全球数値予報モデル OpenIFS の経験を生かして、これらの低解像モデルから高解像モデルまでの一連の解像度で北極圏大気循環の研究を行うことである。

研究の背景としては、近年の地球温暖化に伴い北極海の海氷が融けだしており、夏季には北極海航路が開けて、アジアとヨーロッパを結ぶ低コスト運輸が可能になってきた。また、北極海海底の自然資源にも注目が集まっている。そのため安全な航海上、北極低気圧などの激しい擾乱の予測が重要となっている。しかし、これまで北極低気圧を対象とした研究は少なく、予測も困難とされる。そこで本研究では、これまでに CCS で実施してきた NICAM や OpenIFS を用いた研究成果を北極圏に応用し、北極低気圧などの顕著現象の成因解明と予測精度の向上を目的とした研究を行う。

今年度は、北極圏大気循環研究の一環で、大学院生の萩原、五木田との共同研究により、高緯度大気上層で発生した重力波の伝播特性を 3D ノーマルモード関数展開の手法で理論的に調べた。

2. 研究成果の内容

気候変動研究では、1000 年前の中世の温暖期や 200 年前の小氷期の原因として太陽活動の長期的変化が候補にあげられている。太陽活動の強化は電離層のオーロラオーバルを活性化し、ジュール熱により大気を加熱する。Prikrýl (2016;2018) では、大気重力波の下方伝播により、その影響が微弱ながら対流圏の天候の変化に現れるという。本研究では、気候変動研究の一環として、熱圏から対流圏に伝播する重力波の理論解について研究を行った。球座標系のプリミティブ方程式を解析的鉛直構造関数と Hough 関数で 3D スペクトル化し、静止大気中の微小振幅擾乱の 3D ノーマルモード線形解として解析的に時間変化を求めた。

はじめに、初期値として北緯 30 度、高度 0km を中心に、幅 20 度と高さ 7.5km の \cos 波として軸対称なジオポテンシャルを置き、地衡風調節による重力波の鉛直伝播を図 1 左に再現した。群速度の上方伝播と位相速度の下方伝播が確認できた。次に、オーロラオーバルを想定して下部熱圏の北緯 60 度にジオポテンシャルの初期値を置くと、群速度は下方に伝播し、位相速度が上方に伝播する重力波の構造が見られた(図

1 右)。下端境界条件により、高度 10km 付近に節構造が見られることから、重力波伝播により、静的安定度に微弱ながらも変化が生じ、対流圏の対流活動に影響を及ぼし得ることが確認された。

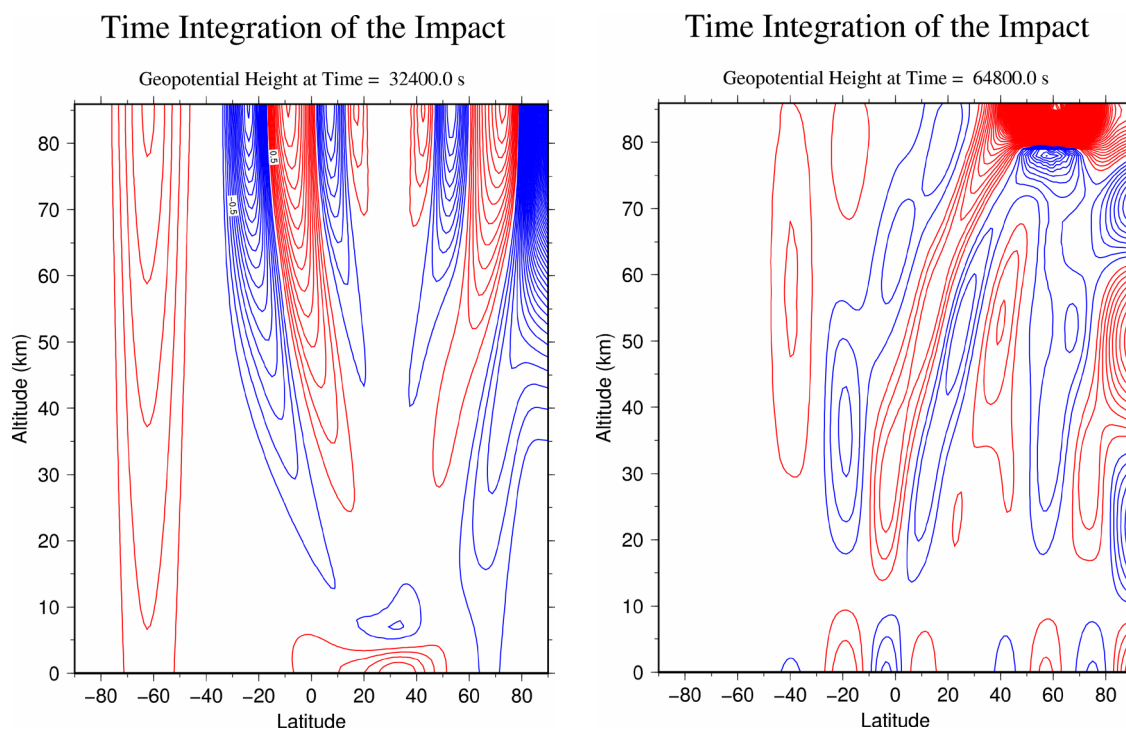


図 1 熱圏と対流圏を繋ぐ重力波の鉛直伝播の線形理論解

3. 学際共同利用が果たした役割と意義

高解像度のNICAMによる実験は計算コストが高く、OFPのような大規模計算機でのみ実行可能である。通常のワークステーションでは、g108以上の解像度を用いた計算は実行不可能であった。g108以上の解像度のモデル実験を実施できたこと、またg109の雲解像モデルにより、北極低気圧の再現実験を実施できたことは、学際共同利用としてOFPを利用できたためである。ただし、今年度は重力波伝播の理論計算のため、OFPの利用は小規模であった。

4. 今後の展望

高解像度 NICAM での実験を行う 2 名の大学院生が、シカゴ大学 (米国) とカールスルーエ工科大学 (KIT ドイツ) に留学したことから、NICAM を用いた研究の推進を実際に担当する研究員の戦力が減った。今後は残っている人材で可能な範囲で実施する予定である。

5. 成果発表

(1) 学術論文・著書

1. Tanaka, H.L., Nakamichi, H., and Iguchi, M. 2020: PUFF Model Prediction of Volcanic Ash Plume Dispersal for Sakurajima Using MP Radar Observation, Atmosphere, MDPI, 2020, 11(11), 1240
<https://doi.org/10.3390/atmos11111240>
2. Hagiwara, M. and H. L. Tanaka, 2020: A Theoretical Analysis of the Atmospheric Gravity Wave that Connects the Thermosphere and the Troposphere, TGS, 16, 1-14, <http://doi.org/10.15068/00162379>
3. Tanaka, H.L. and Žagar, N. 2020: 3D Modal Variability and Energy Transformations on the Sphere. In: Žagar N., Tribbia J. (eds) Modal View of Atmospheric Variability. Mathematics of Planet Earth, vol 8. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60963-4_4.
4. Tanaka, H.L. 2020a: Generalization of Baroclinic Instability and Rossby Wave Saturation Theory. In: Žagar N., Tribbia J. (eds) Modal View of Atmospheric Variability. Mathematics of Planet Earth, vol 8. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60963-4_5.
5. Tanaka, H.L. 2020b: Applications to Predictions and Climate Studies. In: Žagar N., Tribbia J. (eds) Modal View of Atmospheric Variability. Mathematics of Planet Earth, vol 8. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60963-4_6.

使用計算機	使用計算機 に○	配分リソース*	
		当初配分	追加配分
Cygnus	○	2700	0
Oakforest-PACS	○	45000	0
※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。			