

## 宇宙測地データに見られる北極振動がもたらす積雪量異常のシグナル The signals of anomalous snow accumulation brought about by the Arctic Oscillation as seen with space geodetic data

松尾 功二<sup>1\*</sup>, 日置 幸介<sup>1</sup>  
Koji Matsuo<sup>1\*</sup>, Kosuke Heki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 北大院理自然史

<sup>1</sup> Natural History Sciences, Hokkaido Univ.

北極振動とは、北極域と中緯度地域との間で北緯 60 度を挟み海面更正気圧がシーソー的に変動する現象を言い、冬季の北半球で最も卓越する大気循環の変動パターンである。北極振動の傾向と規模は北極振動指数によって指標化されている。これは、北緯 20 度以北の冬季 (11 月から 4 月) における海面更正気圧を第一次経験的直交解析することで求められる [Thompson and Wallace, 1998]。北極域における海面更正気圧が例年よりも低くなったとき、北極振動指数は正の値を示す。このとき、極の寒波は高緯度地域に留まるため、高緯度地域で寒冷化、中緯度地域で温暖化する傾向になる。また、偏西風が北側で強まり、高緯度地域で降雨・降雪量の異常が生じやすい [Bamzai, 2003]。一方、北極域における海面更正気圧が例年よりも高くなったとき、北極振動指数は負の値を示す。このとき、先ほどの正の場合とは逆の気候変動が生じる。極の寒波が中緯度地域へと活発に流出するため、高緯度地域で温暖化、中緯度地域で寒冷化する傾向になる。また、偏西風が大きく南に蛇行するために、中緯度地域に降雨・降雪量の異常をもたらす。北極振動はとりわけ冬の気候に強い影響を及ぼす [Thompson and Wallace, 2000]。昨年 (2010 年) の冬季には、過去 60 年間の観測史上最も大きい負の北極振動 [L'Heureux et al., 2010] が発生しており、北半球の中緯度地域の各地に記録的な寒波と大雪をもたらされた。

本研究では、このような北極振動によってもたらされた冬季の積雪量異常が、重力変化、地表変位、地球の極移動という、測地学の三大領域で検出されているか解析を行ってみた。データは、重力衛星 GRACE による重力変化、IGS の GPS 連続観測局による地表変位、パリ国立天文台が提供している励起極の時系列を使用した。ただし、これらの時系列データは全て、最小二乗法により経年成分と季節成分を差引いておく。まず、重力変化について議論する。冬の 3ヶ月間 (1 月から 3 月) で平均した重力変化と北極振動指数の相関係数を北半球の全地域にわたって計算したところ、北緯 55 度付近を境に、高緯度側で正の相関、中緯度側で負の相関が見られた。これは、高緯度地域では正の北極振動は正の重力変化を、負の北極振動は負の重力変化をもたらし、中緯度地域ではその逆となることを意味している。特に高い相関を示した地域は、西シベリア地方 (+0.94)、黒海周辺 (-0.88)、パミール高原 (-0.78)、アメリカ東南海岸 (-0.77) であった。また、重力変化から積雪量を算出し、高緯度地域 (北緯 55 度から 80 度) と中緯度地域 (北緯 30 度から 55 度) における総積雪量と北極振動指数との相関係数を導いたところ、高緯度地域で +0.73、中緯度地域で -0.79 となり、北極振動の正負によって積雪分布がダイポールの的に変動していることが確認された。続いて、地表変位を見てみる。中緯度地域に位置するパミール高原に近い GPS 点の上下変位データと北極振動指数の冬の 3 カ月平均は、強い正の相関を示した。つまり、正の北極振動は地表面を隆起させ、負の北極振動は地表面を沈降させた。このような上下変位は、北極振動に伴う積雪量異常を地表面の弾性変形として捉えたシグナルであると推測される。そこで、重力変化から地表面の荷重変形を計算し [Farrel, 1972]、GPS の上下変位と比較した。すると、両者は位相・振幅ともに非常に良い一致を示し、北極振動が地表変位としても検出されることが分かった。最後に、地球の極移動について議論する。北極振動は、高緯度地域と中緯度地域間で大規模な質量の再分布を生じさせる。その二領域間の質量移動量は最大で 1000Gt に達する。これほどの質量変動が生じれば、地球の極は励起させられるはずである。そこで、重力変化から求めた総積雪量を用いて極の励起を導き、パリ国立天文台が提供する VLBI、GPS 等で導かれた極の励起と比較してみた。すると、両者の位相は非常に良い一致を示したが、振幅は半分ほどの大きさとなった。振幅の差異の原因については、これからさらなる検証が必要であるが、北極振動による大規模な質量移動は極の励起を部分的に占めていることは間違いなさであろう。

### [参考文献]

- Bamzai, A.S., (2003), *Int. J. Climatol.*, 23, 131-142, doi: 10.1002/joc.854.
- Farrell, W. E., (1972), *Review of Geophysics and Space Physics*, Vol. 10, No. 3, pp.761-797.
- Thompson D.W.J. and J.M. Wallace, (1998), *Geophys. Res. Lett.*, 25, 1297-1300.
- Thompson D.W.J. and J.M. Wallace, (2000), *J. Climate*, 13, 1000-1016.
- L'Heureux, M., et al., (2010), *Geophys. Res. Lett.*, 37, L10704, doi:10.1029/2010GL043338.

キーワード: 北極振動, 積雪, 宇宙測地学, 重力変化, 地表変位, 極移動

Keywords: Arctic Oscillation, snow accumulation, space geodesy, gravity change, surface displacement, polar motion