

氷床融解に伴う地球回転変動

奥野淳一

(情報・システム研究機構 国立極地研究所)

1. はじめに

過去約 100 万年間の地球表層では、数万～十数万年周期で氷期と間氷期を繰り返す氷期—間氷期サイクルが発生していた。この氷期—間氷期サイクルは、地球軌道の変化と自転軸の歳差によって生じる日射量変動が主たる要因である。このような氷床変動やそれに伴う海水量変動は、地球表面での質量分布を変化させ、これが地球表面での荷重変化として作用し固体地球そのものを変形させる。直近の氷期である更新世後期の約 2 万年前は、最終氷期最盛期 (Last Glacial Maximum; LGM) と呼ばれ、この LGM 以降には、ローレンタイド氷床、スカンジナビア氷床、バレンツ氷床などの北半球氷床、南極氷床などの両極域に発達した大陸氷床が融解した。この氷床融解は、グローバルな海水準にして約 130m の海面上昇に相当し、概ね完新世中期 (約 7 千年前) までに融解した。この間、北米のハドソン湾や、スカンジナビア半島では、厚さ 3000m を超える氷床が消失し、この氷床の消失によって、地殻が約 1000m 隆起したことが地形学的な証拠より明らかになっている。このような現象は、地球表層および内部の質量再分配に伴う地球内部のアイソスタシーを回復しようとする変動であり、Glacial Isostatic Adjustment (氷河性地殻均衡調整: GIA) と呼ばれている。さらに、この変動は現在も継続しており、これは地球を構成する物質が、粘弾性的な性質を持っていることを示す。スカンジナビア半島における現在の GIA 変動は、広域的な GPS 観測により検出されており、特にスカンジナビア氷床の中心であったボスニア湾沿岸域では、地殻の隆起速度が約 10mm/年を超えていることが確認されている (Lidberg et al., 2010)。

氷床—海水といった地球表層での質量再分配や、GIA そのものは、結果的に地球全体の慣性モーメントの変化を引き起こす。これは地球の自転に影響を与え、それに関連したシグナル (例えば、地球の扁平率に関係する係数である J_2 項など) として、さまざまな手法により観測可能である。代表的な観測手法として、人工衛星の軌道解析による重力場決定が挙げられる。1958 年 3 月にアメリカで打ち上げられたバンガード 1 号の軌道解析より始まり、 J_2 項の精密決定や、

古在由秀による J_3 項の決定から地球が西洋梨型を示していることが発見されるなど、人工衛星打ち上げ初期からその成果が得られている。その後、1980 年代になると軌道決定に衛星レーザー測距 (Satellite Laser Ranging: SLR) が用いられ、高精度の重力場決定とその時間変化の検出が可能になった。これにより、重力でみた地球の扁平率 J_2 項の永年的な減少が検出され (Yoder et al., 1983), また 1997 年頃に J_2 項の永年減少が鈍ったこと等が明らかになった (Cox and Chao, 2002, Cheng et al., 2013)。地球の自転に関する観測値は、氷床変動や地球内部粘性構造の規定に大きく寄与しており、現在においても活発に議論されている現象である (例えば, Nakada and Okuno, 2017)。

2. J_2 項の変化率と LGM 以降の氷床変動史

近年の SLR の解析 (Cheng et al., 2013) は、1997 年頃の J_2 項の永年減少の鈍化と、その後の約 15 年間で J_2 項の変化率が一定であることを明らかにした。この解析結果に基づき、Nakada et al. (2015) では、近年の温暖化による山岳氷河やグリーンランド、南極の各氷床の変動を考慮し、GIA による J_2 項の変化率について、数値モデリングより解析した。得られた結果は、LGM 以降の氷床変動量、特に南極の氷床融解量が、 J_2 項の変化率に対し顕著な影響を及ぼすことを示す。これは、質量の変動 (氷床量+固体地球の変形) が、北半球氷床が存在した場所より南極のほうが、より地球の自転軸に近いところで生じていることによる。つまり、南極地域の GIA 変動が、 J_2 項をより効率よく変動させられると理解できる。このように現在の J_2 項の詳細な解析は、LGM 以降の南極氷床融解量を規定できることを示唆する。この LGM 以降の南極氷床の融解量は、古気候学などにおいて重要な研究テーマとなっており、その見積もりは、グローバルな海面上昇量に換算して約 8m から 30m と大変幅広いため、その規定如何によっては、LGM 以降の氷床融解のシナリオが大きく書き換わる可能性がある。このように、伝統的な測地学的観測値である J_2 項の変化が、現在、古気候学等の重要な拘束条件としてとらえられている。

3. おわりに

近年の測地学的な観測は、氷床変動や地球の変形を規定する上で重要な拘束条件となっている。さらに地球の自転に関する変動も、GIA のモデリング研究を通じて、古気候学等においてその重要性が高くなっている。今後、分野を超え

た地球の自転に関するさまざまなデータの解析結果が、GIA や氷床変動を規定する拘束条件として適用できる可能性があり、そのようなデータと比較検討できるような GIA モデリング研究の展開も見込まれる。新しい形の共同研究の実現のためには、まずは、さまざまな分野との接点を模索することが必要不可欠であると考えられる。

4. 文献

Cheng et al., 2013: *Journal of Geophysical Research*, 118, 740-747.

Cox and Chao, 2002: *Science*, 297, 831-833.

Lidberg, M. et al., 2010: *Journal of Geodynamics*, 50, 8-18.

Nakada et al., 2015: *Geophysical Journal International*, 202, 976-992.

Nakada and Okuno, 2017: *Geophysical Journal International*, 209, 1660-1676.

Yoder et al., 1983: *Nature*, 303, 757-762.