

氷床サイクルに伴う極移動：670km 密度不連続面とリソスフェアの粘性率の役割

Role of the 670 km density discontinuity and the lithospheric viscosity on polar wander speed of ice age cycles

中田 正夫[1]

Masao Nakada[1]

[1] 九大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ

第四紀の氷床サイクルに伴う極移動の従来の研究は、リソスフェアは弾性体として扱い、地球マンツルの粘性率がほぼ一様の時は、670 km 密度不連続面に伴う緩和モード (M1) により、観測値 (1度/Ma) を説明可能であるとしている。しかし、リソスフェアの粘性率が $\sim 10^{24}$ Pa s の時は、M1 モードとリソスフェアのマックスウェル緩和時間が氷床サイクルのタイムスケールとほぼ同じ (1 Myr) になり、かつこれらのモードは慣性モーメントの変化に関しては逆の効果をもたらす。つまり、リソスフェアの粘性率として妥当な値を採用すると、氷床サイクルによる極移動は、主に、下部マンツルの粘性に敏感であることが明らかになった。

第四紀の氷床サイクルに伴う表層荷重の再分配、及びそれに伴う固体地球の変形は、極移動および地球回転の速度の変化を引き起こす。これまで、この現象に関する研究は数多く行われてきているが、ここではリソスフェアの粘性率と 670 km 密度不連続面のレスポンスに注目してモデル計算を行った。従来、リソスフェアはこの現象においては弾性体として扱われている。しかし、リソスフェアの粘性率が極移動に重要な役割をはたし、これらは現象の時間スケールと各々モードの緩和時間に依存することを定量的に指摘したのはこの研究がはじめてである。

密度分布と弾性定数に関しては PREM モデルに基づく、第四紀の氷床サイクルに伴う極移動を評価した。氷床サイクルに伴う極移動のスピードは下部マンツルの粘性率、670km 密度不連続面の密度ジャンプ (M1 モード) 及びリソスフェアの厚さ及び粘性率に敏感であることが判明した。又、670km の密度ジャンプ及びリソスフェアの粘性率依存性は、下部マンツルの粘性率が 10^{21} Pa s の時に顕著である。下部マンツルの粘性率が 10^{21} Pa s に対する M1 モードの緩和時間はほぼ 1 Myr で、リソスフェアの粘性率が 10^{23} ~ 10^{24} Pa s に関するリソスフェアのマックスウェルの緩和時間は 100~1000 kyr で第四紀の氷床サイクルのタイムスケールとほぼ同じである。

氷床サイクルに対する極移動の永年変化は 2 つのタ - ムで規定される。1 つは表層荷重、及びそれに対する固体地球の変形による慣性モーメントの変化 (荷重タ - ム)、もう 1 つのタ - ムは、地球回転の変動による慣性モーメントの変化 (回転タ - ム) である。荷重タ - ムによる極移動は氷床サイクルの最近 (過去 100kyr) の表層荷重に敏感である。しかし、回転タ - ムは極移動と潮汐ラブ数の convolution の形で表現され、極移動の過去の履歴に敏感である。つまり、下部マンツルの粘性率が 10^{21} Pa s の時は、M1 モードの緩和時間が 1Myr 程度であり、氷床サイクルのタイムスケールと同じ程度になり、670km 密度不連続面の変形に敏感になる。また、リソスフェアの粘性率が 10^{23} ~ 10^{24} Pa s に対するリソスフェアのマックスウェル緩和時間も 1Myr 程度になり、回転タ - ムをどうして、リソスフェアの粘性率は極移動に影響を与えることになる。これらの効果は、慣性モーメントに関しては反対の効果を生み出す。つまり、従来、弾性リソスフェアで主張されてきた下部マンツルが 10^{21} Pa s の時、極移動のスピードは 1 deg/Ma より大きくなるという結果は、リソスフェアの粘性率を考慮すると支持されないことになる。

一方、下部マンツルの粘性率が 10^{22} Pa s の時は、M1 モードの緩和時間は 3Myr 程度になり、この緩和時間は氷床サイクルの時間スケールに比べ十分長く、この時の極移動は荷重タ - ムにより支配されることになる。

以上を考慮すると、極移動のスピードはリソスフェアが 10^{23} ~ 10^{24} Pa s の粘弾性体として扱えるなら、下部マンツルの粘性の関数としては、近似的には inverted parabola の形をとる。M1 モードとリソスフェアの粘性率の trade-off を考えると、氷床サイクルに伴う極移動は下部マンツルに主に敏感となるが、リソスフェアのレオロジカル性質の水平不均質が重要になる可能性がある。