

氷期気候系における局所エネルギー相互作用

* 村上茂教¹・大垣内るみ²・阿部彩子^{2,3} (1:気象研, 2:海洋機構, 3:東大 AORI)

Atmospheric Local Energy Interactions in Glacial Climate

Shigenori Murakami¹ Rumi Ohgaito² and Ayako Abe-Ouchi^{2,3}

(1: MRI, 2: JAMSTEC, 3: AORI/University of Tokyo)

The winter-time climatology of the Last Glacial Maximum (LGM) climate simulated with an AOGCM is analyzed, using a new diagnostic scheme based on the interaction energy flux that correctly represents the local energy interactions between mean and eddy fields. The analysis clearly shows a significant intensification of the barotropic energy conversion over the Atlantic sector at LGM, which can be related to the existence of the large ice-sheet on the North American continent at that period.

地球の大気や海洋の大規模な流れ（大循環）を駆動する根源的なエネルギー源は太陽放射である。太陽が大気を加熱・冷却する際の地域・季節的な不均一から生じる自由エネルギーは有効位置エネルギーの形で大気に蓄えられ、その一部が運動エネルギーに転化されることで大気の大循環は維持されている。大気内部におけるこのエネルギー変換の様相は、しばしばローレンツエネルギーサイクルと呼ばれる図式によって表現される。それによれば、対流圏における有効位置エネルギーの平均的な流れは、平均場から擾乱へと向かい、また運動エネルギーの平均的な流れは擾乱から平均場へと向かうことが知られている。しかしながら、ローレンツエネルギーサイクルは本来全球平均量に対して定義されるもので、そこから平均場と擾乱の間のエネルギーのやりとり（相互作用）に関する局所的な情報を読み取ることは出来ない。

E. N. Lorenz (1955) における元々の定義では、場は帯状平均とそれからの偏差（擾乱）に分割されているため、諸量は必然的に帯状平均となる。しかし、場を時間平均と偏差（非定常擾乱）に分割すれば、エネルギー変換項の時間平均によって、エネルギー相互作用の3次元的な空間分布の情報が得られるのではないかと考えられる。実際、E. O. Holopainen (1978) は運動エネルギーに関するそのような解析を行ったが、その方法で平均場と擾乱の間の局所エネルギー変換を定式化しようとする、同じ量の量に対して二通りの異なる数学的表現が得られ、その解釈に混乱が生じる事になる。実は同様の困難は、場を帯状平均と擾乱に分割した場合にも起こるのであって、そのことから R. A. Plumb (1983) はエネルギーサイクルという考え方自体に対する懐疑論を展開している。

一方、1970年代の後半から1980年代にかけて主に研究された波活動度フラックスとその3次元への拡張は、擾乱と平均場の相互作用に関する新しい見方を提供し、従来のエネルギー論的解析にとって代わって盛んに用いられるようになった。このような流れに対し Murakami (in revision) は、従来のエネルギー論の枠組みを若干修正する事で、エネルギー論の枠組みの中でも、平均場と擾乱の局所的なエネルギー相互作用を曖昧さなく表現出来る事を示した。

ここでは、Murakami (in revision) で導入されたエネルギーフラックスを用いて解析された MIROC モデルによる最終氷期極大期 (LGM) 実験の結果について紹介する。特に今回は北半球冬期における解析の結果を示す。氷期の大西洋セクターでは、北米氷床の南縁を廻って大西洋から欧州方面に向かうジェットの集中的な強化が見られるが、そのジェットに沿う形で、平均場の運動エネルギーをジェットの上流から下流に運ぶ順圧的なエネルギー変換の強化が明瞭に解析される。

References

- Lorenz, E. N.; Available potential energy of the maintenance of the general circulation, *Tellus*, **7**, 157-167, (1955).
- Holopainen, E. O.; A diagnostic study on the kinetic energy balance of the long-term mean flow and the associated transient fluctuation in the atmosphere, *Geophysica*, **15**, 125-145, (1978).
- Plumb, R. A.; A new look at the energy cycle, *J. Atmos. Sci.*, **40**, 1669-1688, (1983).
- Murakami, S.; Atmospheric Local Energetics and Energy Interactions between Mean and Eddy Fields. Part I: Theory, *J. Atmos. Sci.* (in revision)
- Murakami, S., R. Ohgaito, A. Abe-Ouchi; Atmospheric Local Energetics and Energy Interactions between Mean and Eddy Fields. Part II: An example for Last Glacial Maximum Climate, *J. Atmos. Sci.* (in revision)