

南北1次元エネルギーバランスモデルを用いた全球凍結条件の研究

05422510 鈴木遼子

1. はじめに

昨今の地質学的な研究を通して、地球の表層環境が全球凍結を始めとした大きな気候変動を幾度と無く経験してきたらしいことが明らかになってきた。大変動の実態とそれらを引き起こすメカニズムの全貌は未だ明らかにされていないが、要因のひとつとして大気中の二酸化炭素濃度の変化があったと考えられている。また、惑星アルベドに大きな影響を及ぼし、強力な正のフィードバックとして機能する表層の安定的な雪氷の存在も、気候に対し重要な役割を担っているとされている。

本研究では南北1次元エネルギーバランスモデルを用いた数値計算プログラムを作成し、二酸化炭素分圧、太陽定数、熱拡散係数、自転軸傾斜角の数値を変えて計算を行い、全球凍結が発生する条件について考察した。

2. 南北1次元エネルギーバランスモデル

以下の式で表される南北1次元エネルギーバランスモデルを時間積分し、定常状態の地表面温度分布を求めた。

$$\frac{\partial T}{\partial t} = SF_s(x)(1 - A(T)) - F_e(pCO_2, T(x)) + \frac{\partial}{\partial x} D(1 - x^2) \frac{\partial T(x)}{\partial x}$$

右辺第一項は太陽放射による加熱、第二項は地球放射による冷却、第三項は大気による南北熱輸送をそれぞれあらわしている。 x は緯度の正弦、 $T(x)$ は緯度ごとに平均した地表面温度、 D は南北熱輸送の熱拡散係数であり大気圧に依存している。 S は全球平均した太陽入射フラックス、 $A(T(x))$ はアルベド、 $F_s(x)$ は規格化された年平均の太陽放射係数である。 $F_e(pCO_2, T(x))$ は大気上端から出て行く惑星放射フラックスで二酸化炭素分圧 pCO_2 と温度に依存する。

3. 結果と考察

図は、(a) 氷がまったく無い状態、(b) 全面が凍りついている状態をそれぞれ初期値として与え、定常状態となるまで時間積分を行った後の氷線である。(a) では全球凍結していない惑星が凍結

する条件を、(b) では全球凍結状態から抜け出すための条件を見ることができる。(a) と (b) が異なるのはアイスアルベドフィードバック効果によって多重平衡解があらわれた為である。つまり一旦全球凍結状態に陥ると容易には抜け出すことができなくなり、二酸化炭素等に代表される温室効果気体や太陽放射が大きく変化する必要がある。

また、二酸化炭素分圧や太陽定数が変わらない場合でも、自転軸傾斜角の変化に伴って太陽放射の緯度分布が変化することにより気候状態が変わることもわかる。全球凍結状態では、傾斜角が50度付近の時が最も抜け出し難く、0度や90度の方の方が氷が融けやすくなっている。

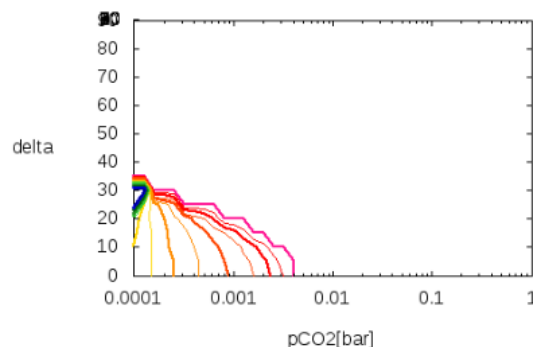


図 1: (a) 二酸化炭素分圧と自転軸傾斜角(delta)を変化させた時の氷が張り出す緯度の変化

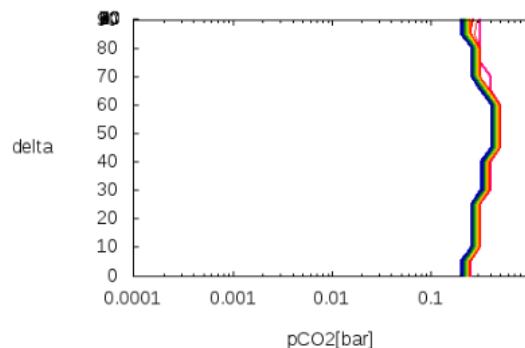


図 2: (b) 二酸化炭素分圧と自転軸傾斜角を変化させた時の氷が張り出す緯度の変化

参考文献

Ikeda and Tajika (1999) GRL, 26,349-352.