

南北 1次元エネルギーバランスモデルを用いた 惑星気候の多様性に関する数値実験

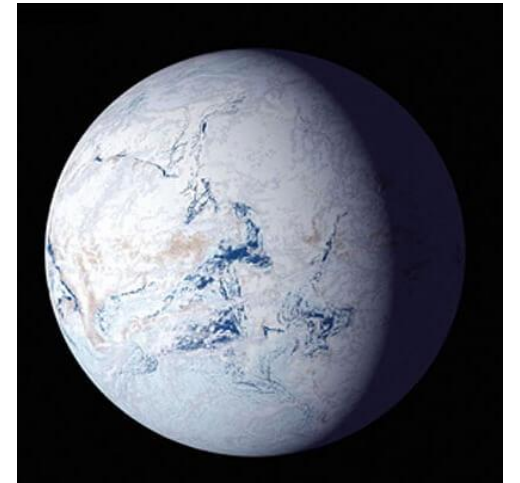
神戸大学理学部惑星学科
流体地球物理学教育研究分野
2173435s 米倉裕亮

はじめに

- 太陽定数などの様々な条件によって、惑星には様々な気候が存在しうる。
 - 地球全土が氷床でおおわれる全球凍結状態
 - 現在の地球のような氷床でおおわれている地域と氷床がない地域がある部分凍結状態
 - 極にも氷床が存在しない無凍結状態
- など (Budyko, 1969).



地球の観測画像 (NASA)



全球凍結状態の地球 (sorae)

はじめに

- 研究の目標

南北 1 次元エネルギーバランスモデル
(Energy Balance Model (EBM)) (Sellers, 1969) を用いて,
太陽定数を変化させた際の氷線緯度を求め、
惑星気候がどのような状態をとるかを考察する。

1 次元エネルギーバランスモデル

$$C \frac{\partial T(x, t)}{\partial t} = F_S - F_{OLR} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ D(1 - x^2) \frac{\partial T(x, t)}{\partial x} \right\}$$

$$F_S = Qs(x)(1 - \alpha(x))$$

$$F_{OLR} = A + BT(x, t)$$

x : sin(緯度) (南北対称)

t : 時間[s]

T : 地表面温度[K]

C : 熱容量[J/K] (= 1.0[J/K/m²])

D : 拡散係数[W/m²/K] (= 0.2[W/m²/K])

F_S : 太陽放射[W/m²]

F_{OLR} : 惑星放射[W/m²]

Q : 全球平均太陽放射フラックス

$s(x)$: 年平均太陽放射フラックスの子午面分布

$$s(x) = 1 + s_2 p_2(x) = 1 - 0.482(3x^2 - 1)/2$$

$\alpha(x)$: アルベド

A : 定数 (= -212.05[W/m²])

B : 定数 (= 1.55[W/m²/K])

(A, B, C, D, s_2 は Lindzen, 1990 の値を参照)

境界条件

$$\left(\frac{\partial T}{\partial x} \right) = 0 \quad (x = 0)$$

$$\left(\frac{\partial T}{\partial x} \right) = 0 \quad (x = 1)$$

1 次元エネルギーバランスモデル

この方程式を空間に対して離散化し、
二種類の方法を用いて、氷線緯度の太陽定数依存性を計算する。

1. 地表面温度の時間発展を計算し、安定解を求める
2. 地表面温度の時間微分項をゼロとし、
部分的に凍結した安定解/不安定解を求める

実験結果

左：時間発展を計算し求めた安定解の図.

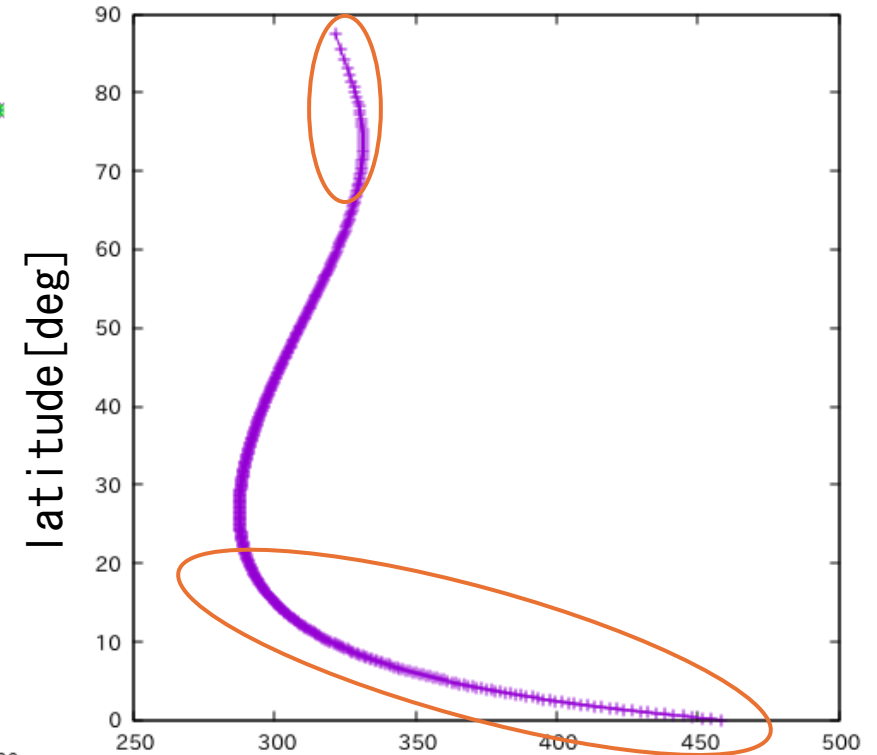
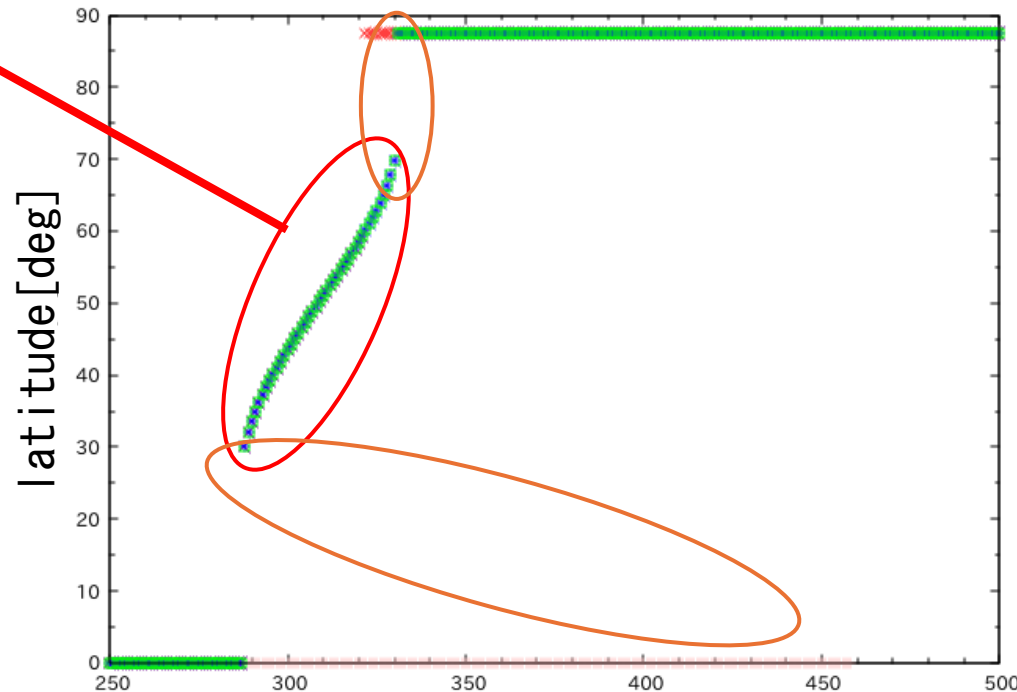
右：行列を用いて求めた安定解/不安定解の図.

※安定解は部分凍結解のみ

この部分が部分凍結解（安定解）であり，30 度から 70 度までの緯度で部分凍結解が見られる.

○ 橙色の枠で囲まれた部分が不安定解であり，30 度までの低緯度帯と 70 度以上の高緯度帯に見られる.

詳細は
個別発表で説明



Global mean solar radiative flux [W/m²]