

第 1 章

標準実験

本章では, DCPAM5 がどの程度地球の気候を表現できるかを検討する. そのため, DCPAM5 に現在の地球のパラメータや境界条件を与えた実験を行い, その結果と National Centers for Environmental Prediction (NCEP) の再解析データとを比較する. ここで, DCPAM5 の実験においては, 海洋を 2 種類の方法で取り扱う. 1 つ目は海表面温度分布と海表面アルベド分布を外部データとして与える方法, 2 つ目は深さ 60 m の板海を考える方法である. 次章では, 板海を用いて海洋の温度の時間変化を考慮し, 氷アルベドフィードバックの効果を取り入れることで, 地球気候の多様性について調べる. そのため, ここでは板海を用いた場合の振る舞いを確認する. 以下では, 海表面温度分布と海表面アルベド分布を外部データとして与えて行う実験を [気候値実験], 深さ 60 m の板海を考える実験を [板海実験] と呼ぶ.

1.1 実験設定

実験の詳細な設定について以下に述べる.

1.1.1 系の設定

地形データは ETOPO1 (Amante and Eakins, 2009) を実験の解像度に合わせて平滑化したものを用いる (図 1.1). 陸面アルベド分布は Matthews (1983, 1984, 1985) によるものを使用する. ここで, 氷床におけるアルベドは極地ツンドラの値に変更している. これは, 次章で現在の地球とは異なる太陽定数を与えて実験する際に, 現在の地球で氷床が存在する領域に必ずしも氷床が存在するとは限らないためである. オゾン分布は CMIP5^{*1}設定の気候値の東西平均を使用する. 海の取り扱いは実験ごとに異なる (表 1.1.1). [気候値実験] では, 海表面温度分布 (SST) は AMIP II^{*2}境界値から気候値を生成して与える. また, 海表面アルベド分布は AMIP II 境界値の海氷密度分布 (SIC) から気候値を生成して与える. 一方 [板海実験] では, 深さ 60 m の板海を考える. また, 海表面アルベド分布は, 海表面温度が 271.15 K を下回ると 0.6, 上回ると 0.1 を与える. 惑星パラメータは現在の地球のパラメータを用いる (表 1.1.2). 本研究で用いた解像度は T21L26 であり, これは緯度方向, 経度方向の格子点間隔が約 5.6 度, 鉛直方向の大気層数が 26 層に対応する. 与えた太陽定数は 1366 W m^{-2} であり, 時間刻み, 積分時間は実験ごとに安定に積分できる値を選択する (表 1.1.1). 雲水の消滅時定数は 3240 秒, 雲氷の消滅時定数は 8400 秒とする.

表 1.1.1: 実験設定

実験名	時間ステップ	積分時間	海の取り扱い
[気候値実験]	32 分	12 年	SST と SIC を与えて計算
[板海実験]	32 分	84 年	深さ 60 m の板海で計算

*1 「CMIP5」は「Climate Model Intercomparison Project Phase 5」の略である. CMIP5 の詳細は Taylor et al. (2012) を参照されたい.

*2 「AMIP II」は「Atmosphere Model Intercomparison Project II」の略である. SST と SIC の値は Taylor et al. (2000) より引用している.

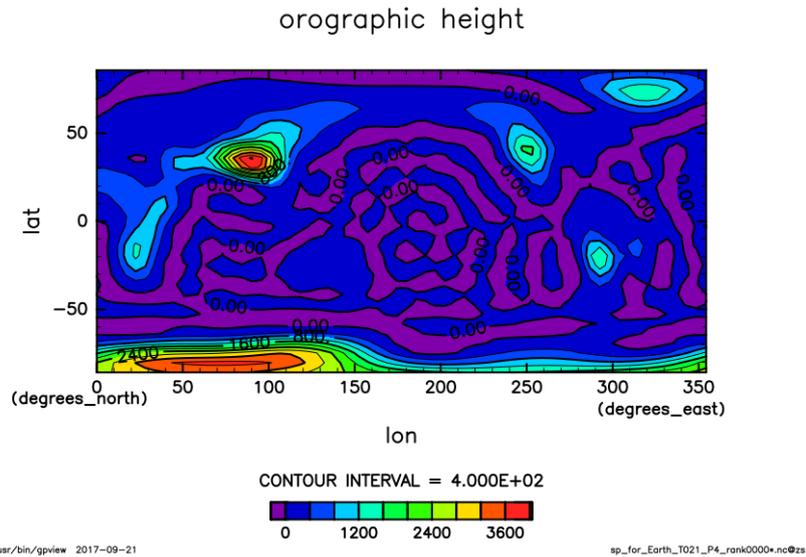


図 1.1: 使用した地形データ

表 1.1.2: 惑星パラメータ表

惑星パラメータ	値	惑星パラメータ	値
重力加速度	9.8 m s^{-2}	自転傾斜角	23.44 度
惑星半径	6371 km	軌道離心率	0.016713

初期条件として, 280 K の等温静止乾燥大気を与える.

図 1.2 は全エネルギー (運動エネルギー, ポテンシャルエネルギー, 内部エネルギー, 潜熱エネルギーの和) の全球平均値の時間変化を表す. [気候値実験] は 4380 日 (12 年), [板海実験] は 30660 日 (84 年) の積分で全エネルギーが経年変化しなくなっており, 統計的平衡状態に至ったと考える.

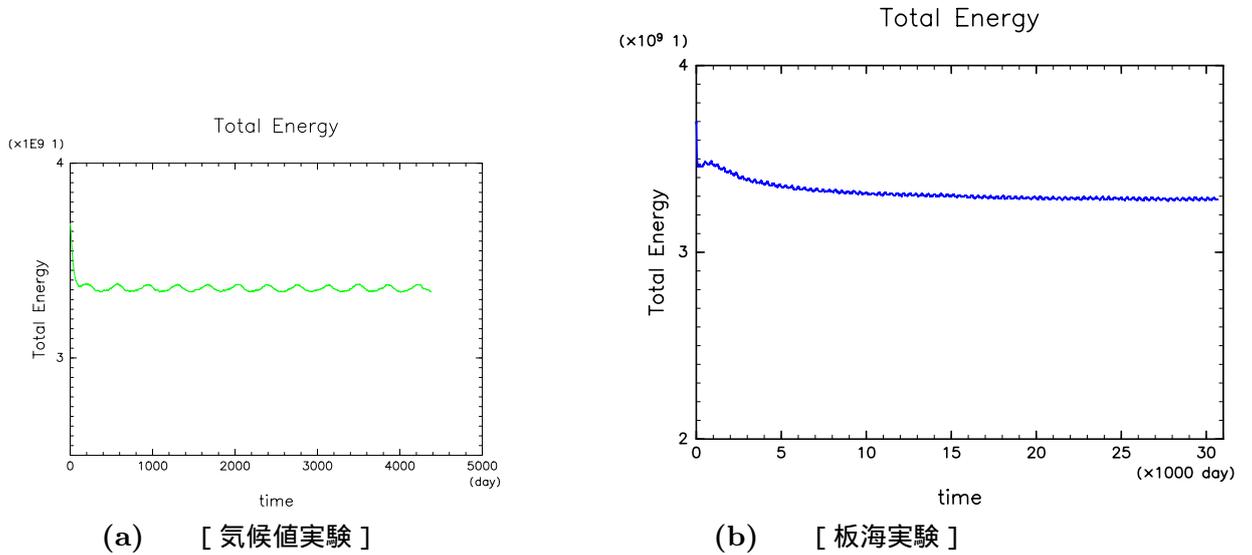


図 1.2: 全エネルギーの全球平均値の時間変化 (単位は J m^{-2}): (a) [気候値実験], (b) [板海実験]

1.2 実験結果

NCEP の再解析データは, 1948 年から現在まで 6 時間ごと, 日平均, 月平均データを提供している. 計算結果の比較には, その内の 1988 年から 2007 年までの月平均値を用いた. なお, この期間を選んだ理由は惑星表面条件およびオゾン分布に用いた CMIP5 のデータの期間と揃えるためである.

図 1.3, 1.4 はそれぞれ年平均した地表面温度と降水量の緯度経度分布, 図 1.5, 1.6 はそれぞれ年平均東西平均した地表面温度と降水量である. 図 1.7, 1.8, 1.9 はそれぞれ年平均した質量流れ関数, 東西風, 温度の子午面分布を示す.

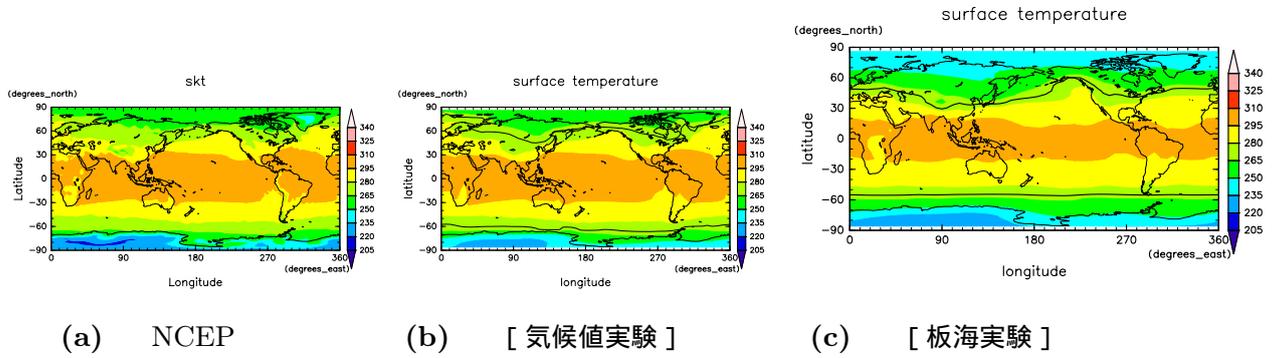


図 1.3: 年平均地表面温度の緯度経度分布 (図内の黒線は 271.15 K を示す): (a) NCEP, (b) [気候値実験], (c) [板海実験]

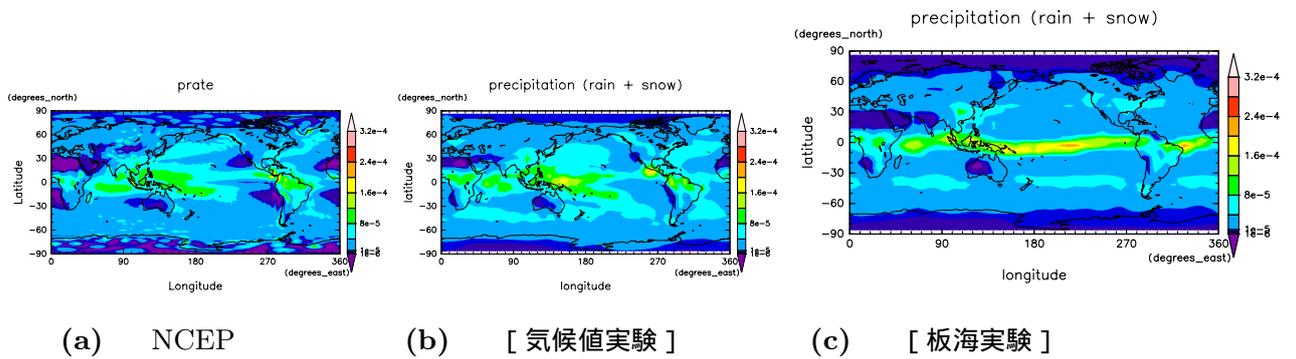


図 1.4: 年平均降水量の緯度経度分布: (a) NCEP, (b) [気候値実験], (c) [板海実験]

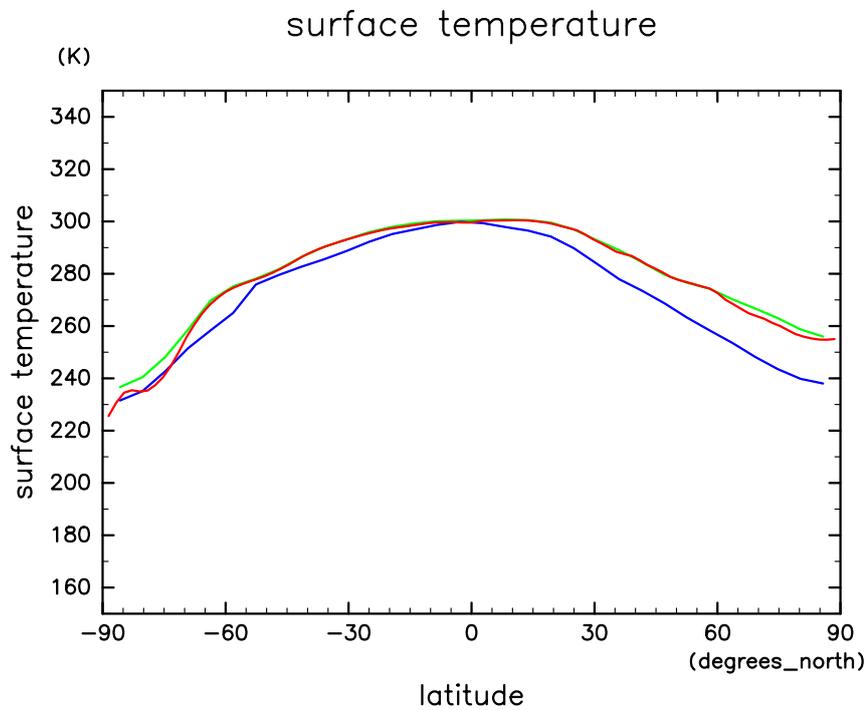


図 1.5: 年平均東西平均地表面温度の緯度分布. 赤線は NCEP, 緑線は [気候値実験], 青線は [板海実験] を示す.

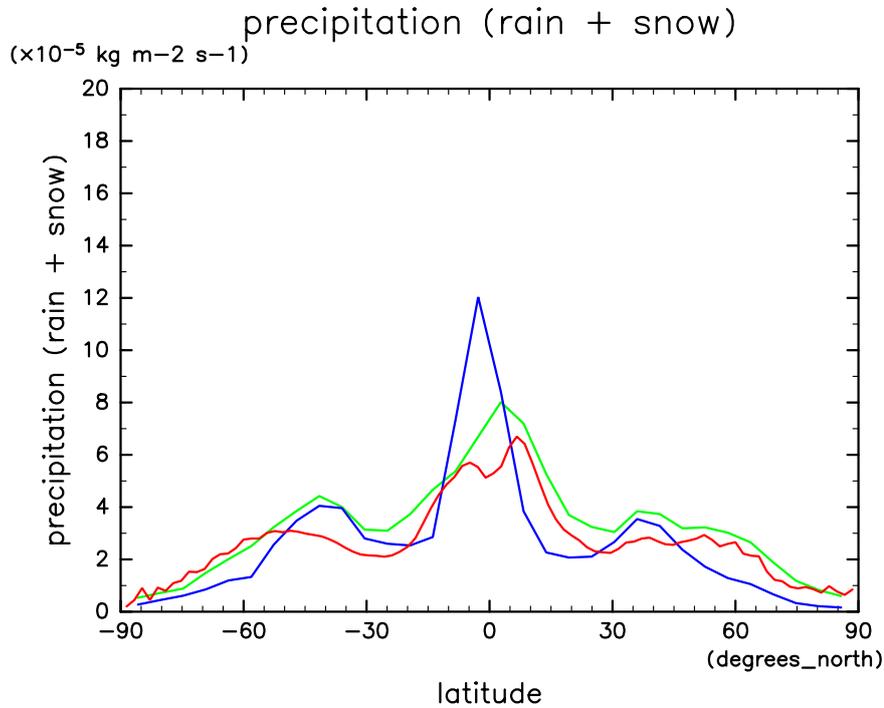


図 1.6: 年平均東西平均降水量の緯度分布. 赤線は NCEP, 緑線は [気候値実験], 青線は [板海実験] を示す.

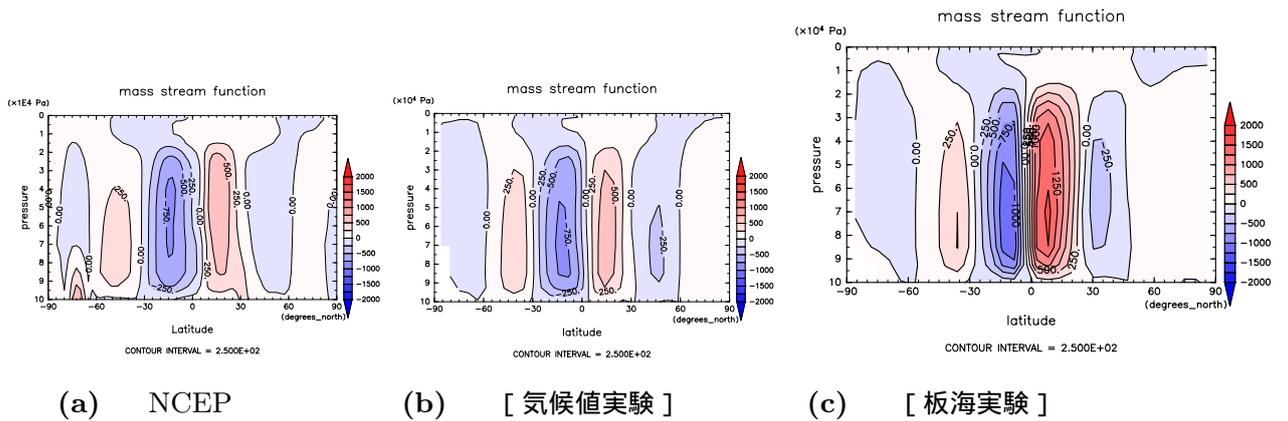


図 1.7: 年平均質量流れ関数の子午面分布: (a) NCEP, (b) [気候値実験], (c) [板海実験]

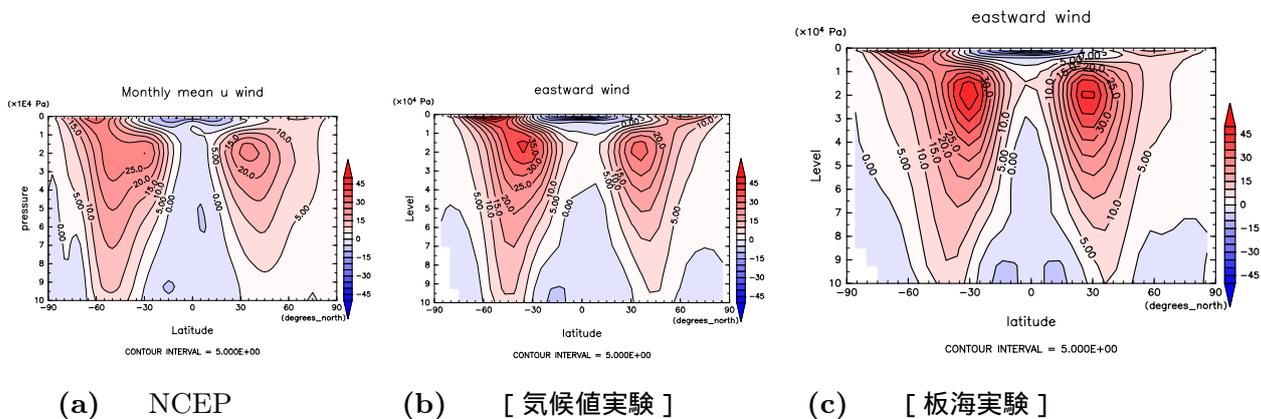


図 1.8: 年平均東西風の子午面分布: (a) NCEP, (b) [気候値実験], (c) [板海実験]

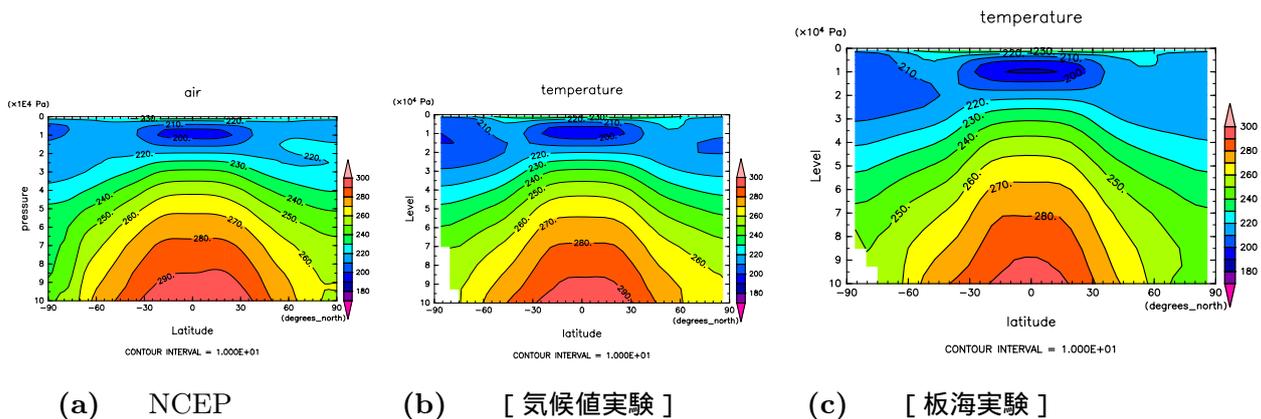


図 1.9: 年平均東西平均温度の子午面分布: (a) NCEP, (b) [気候値実験], (c) [板海実験]

1.2.1 [気候値実験] と NCEP の再解析データとの比較

まず, [気候値実験] の結果と NCEP の再解析データを比較する. 図 1.3 や図 1.5 を見ると, 地表面温度は赤道が最も高く, 極へ向かってなだらかに低くなるような特徴や量はおおよそ一致する. 図 1.4 や図 1.6 を見ると, 降水量は赤道と中緯度でピークを持つという特徴はおおよそ一致する. しかし, 赤道と中緯度において, 量は $1 \times 10^{-5} \text{ kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 程度異なり, また赤道域を見ると, [気候値実験] では, ピークは 1 つであるのに対し NCEP

の再解析データではピークは 2 つであるという違いも見える。図 1.7 を見ると、質量流れ関数は 3 つの循環セルがあるという特徴はおおよそ一致する。しかし、フェレル循環は [気候値実験] の方が NCEP の再解析データよりも強い。図 1.8 を見ると、対流圏上層には中緯度にコアをもつ西風ジェットが存在すること、地上付近では赤道から極へ向けて東風、西風、東風の分布になっているという特徴はおおよそ一致している。図 1.9 を見ると、対流圏界面高度、両半球とも中緯度において水平温度勾配が急であること、また対流圏では赤道から極へ向けて温度が単調減少するという特徴はおおよそ一致している。また、水平温度勾配が中緯度において急であることは、温度風平衡のために、図 1.8 において対流圏上層には中緯度にコアをもつ西風ジェットが存在することに対応していることもわかる。

1.2.2 [気候値実験] と [板海実験] との比較

次に、[気候値実験] の結果と [板海実験] の結果を比較する。図 1.5 を見ると、地表面温度は赤道が最も高く、極へ向かってなだらかに低くなる特徴はおおよそ一致する。図 1.6 を見ると、降水量は赤道と中緯度でピークを持つ特徴はおおよそ一致する。しかし、赤道において、量は $8 \times 10^{-5} \text{ kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 程度 [板海実験] の方が大きい。特に、太平洋西の熱帯において降水量により大きな差が見える。図 1.7 を見ると、質量流れ関数は 3 つの循環セルがある特徴はおおよそ一致する。しかし、ハドレー循環の強さは両半球ともに [板海実験] の方が [気候値実験] よりも強い。図 1.8 を見ると、対流圏上層には中緯度にコアをもつ西風ジェットが存在すること、地上付近では赤道から極へ向けて東風、西風、東風の分布になっている特徴はおおよそ一致している。ただし、西風ジェットの最大値は [板海実験] の方が [気候値実験] よりも約 2 倍大きい。図 1.9 を見ると、対流圏界面高度、両半球とも中緯度において水平温度勾配が急であり、また対流圏では赤道から極へ向けて温度が単調減少する特徴はおおよそ一致している。しかし、中緯度における水平温度勾配は両半球ともに [板海実験] の方が [気候値実験] よりも大きい。その結果、上記の西風ジェットの最大値の差が現れると考えられる。

1.3 まとめ

前節より, [板海実験]では雲水, 雲氷の消滅時定数を正しく設定した場合に比べて地表温度は大きくなり, それに伴い大気場も変化すると考えられる. しかし, [板海実験]を [気候値実験]と比較した結果, 特徴はおおむね再現していると考え, 地球気候の特徴を見る上では, [板海実験]の設定でも可能であると考え. 次章では, [板海実験]と同様の設定で太陽定数増減実験を行う.