

3. 現存植生分布と潜在植生分布を用いた大気大循環数値実験の検討について

The study on the climatological numerical simulations with actual or potential distributions of vegetation.

熊倉俊郎*、原 仁志**

Toshiro KUMAKURA, Hitoshi Hara

ABSTRACT ; Two climatological AGCM (Atmospheric General Circulation Model) simulations are performed using with actual vegetation distribution (AVD) or potential vegetation distribution (PVD) as boundary conditions. The AVD data are obtained by the NOAA-AVHRR NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) datasets (Kajiwar, et.al.). And the PVD data are obtained with natural vegetation models and climatological atmospheric datasets (Box, et.al.). It is found that the moisture amount in the atmosphere simulated with PVD increases compared with the moisture amount simulated with the AVD. The soil wetness simulated with the PVD, which indicates the desert, is more moist than the soil wetness with AVD, which indicates the grassland, at the rim of the Sahara Desert region. On the other hand it is occurred as a problem that the moisture condition with PVD, which indicates the desert, near the surface becomes dry against the condition with AVD, which indicates the grassland at the Central Asia. They suggest following 2 possibilities. 1) The model resolution may not be enough to represent correct water transport by subgrid-scale baroclinic turbulence. 2) It seems necessary to include an interaction among the vegetation, atmosphere and ocean.

KEYWORDS ; climatological atmospheric numerical simulation, remote-sensing, vegetation distribution

1. はじめに

人間活動の急激な広がりにより地球上の自然環境は大きく変えられている。森林などに代表される地表面の植生分布も森林伐採や焼畑や大気汚染等の影響により大きく変化していると考えられる。近年は衛星計測技術の発展に伴い地表面の様々な量が計測されるようになり、極軌道衛星の利用により全球分布も得ることが可能となっており、NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)と呼ばれる植生を表す指標も全球に亘って得られる。また一方で、植生に対する理解も深まっている一方で、地表面近傍の大気気象要素の観測も長期に亘り蓄積され、気象要素の気候値からその場所に本来あるべき潜在的な植生種の選定が行われるようになってきた。これら、個別に導出された現存植生分布と潜在植生分布を比較して見ると、乾燥域の広さの違い、熱帯雨林の広さの違いが明瞭に現われており、人間活動が与えた植生への影響の大きさが伺える。本研究ではこれらの現存植生分布、潜在植生分布から地表面反射率（アルベド）と空気力学的粗度求め、それらを境界条件として適用した大気気候モデルの駆動を試みた。

2. 現存植生分布と潜在植生分布

2.1. 現存植生分布

*長岡技術科学大学環境・建設系 Dept of Civil and Environmental Engineering, Nagaoka University of Technology,

**アンダーセンコンサルティング Andersen Consulting

本研究で用いた現存植生分布は Kajikawa and Tateishi による。1987 年の週間集計 NOAA GVI(Global Vegetation Index)データから 12 ヶ月毎の月平均 NDVI データセットを作成し、年間の変動傾向を統計的にクラスター化することによって植生種として分類した。水域を除いて 13 種類に分類され、極域を除いた全球を緯度経度一定のグリッドで 2000×904 のピクセル数で求めている。分類種別は 0 から 13 までの数値で定義され、それぞれ、0:water; 1:tropical rain forest; 2:savanna; 3:cold deciduous forest without evergreen; 4:cold deciduous forest with evergreen; 5:monsoon forest; 6:savanna, grassland; 7:grassland; 8: Mediterranean scrub; 9:evergreen needle leaf forest; 10:cold deciduous woodland; 11:scrub, steppe, semi-desert; 12:未定義; 13:desert を示す。

2.2. 潜在植生分布

潜在植生分布は Box により作成された分布を用いる。Walter and Lieth(1960-1967)、Willmott et al. (1982)、NCDC(National Climatic Data Center)による長期に亘る 3000 地点の月別気温、降水量データと Walter and Lieth(1960-1967)、Muller(1982)による 900 地点の最低気温データに基づき、植生の包絡線モデルにより植生種を決定し、更に似た植生のグループ化などを経て地表面を 14 種に分類した。全球を緯度経度一定のグリッドで導出しており、720×360 の解像度を持っている。分類番号と分類種別名は、8:tropical rain forest; 3:raingreen/semi-evergreen forests/woodlands; 4: evergreen broad-leaved forests, summergreen broad-leaved forests and woods; 36:needle-leaved evergreen forests/woods; 14:summergreen needle-leaved (larch) forests/woods; 10:subhumid woodlands/scrub; 7:shrublands (seasonal/evergreen); 15:grasslands; 31: tropical alpine vegetation; 42:tundra and related krummholz/dwarf-scrub; 27:semi-desert scrub; 6:desert (extreme); 63:ice desert となっている。

3. 全球気候数値実験

3.1. 境界条件

それぞれの分布図と数値実験に使われるモデルグリッドには相違がある。数値実験に使われる解像度に合わせるために、モデルグリッド中に含まれるそれぞれの植生種の中で最も卓越している植生を選ぶことによってリサンプリングを行った。数値実験の境界条件となる物理量のうち植生の相違から生まれる量を、地表面アルベドと空気力学的粗度と考え、それらの物理量の分布を作成しなければならないが、両植生分布では特に植生種とそれらの物理量の対応に関する規定はない。そこで、Matthews により分類された植生分類に対してはアルベドや粗度に関する対応がついているので、その対応表を使用することとする。それぞれの現存、潜在の両植生分布の植生種分類と Matthews による分類は一致していないため、それぞれの分類種に近い分類を Matthews の分類に対応させた。それにより分類種を表す植生インデックスの分布を作り直し、そこから月毎のアルベド分布と年間の代表的粗度分布を作成し、大気数値モデルへの境界値とした。リサンプリングとインデックスの変更を行った後のそれぞれの分布図を図 1 に示す。

3.2. 大気数値モデルと数値実験の概要

東京大学気候システム研究センター(CCSR)と国立環境研究所(NIES)が共同作成したCCSR/NIES AGCMを使用した。基本的な枠組みは Numaguti, et al. (1993)、物理過程の詳細は Numaguti, et al. (1995)、放射過程の詳細は Nakajima, et al. (1995)による。地表面過程の流出過程は Kondo (1993)の新バケツモデルを採用しており、バケツの深さは植生状態に関係なく 0.2m としている。また、降雪、融雪は考慮されている。湿潤対流調節には Arakawa-Schubert スキームを使用している。本実験では T21(全休を 64×32 のグリッドに分割することに相当)の水平解像度、20 層の鉛直解像度により実験を行った。初期条件には等温静止大気を用い、境界条件にはアルベド、粗度として前述の植生分布毎の分布を、他に海面温度と海水分布の気候値を与えた。また、土壌水分量は予報変数とした。気候実験として結果を得るために長期のモデル

時間の積分が要求されるが、現存植生分布の計算を 16 モデル年間行い、最初の 1 年を除いた 5 年間の月毎の平均値と 15 年間の月毎の平均値を求め、ほぼ同じ挙動であることを確認した上で、他の数値実験を 6(または 7)モデル年間とし、同様に最初の 1 年(または 2 年)を除いて 5 年間の月毎の平均値を求めて計算結果とした。数値実験は次の 5 つの実験を行った。RUN1 (ACT): 現存植生分布を用いて導出した境界条件を使った実験。RUN2 (POT): 潜在植生分布を用いて導出した境界条件を使った実験。RUN3 (POT1): 潜在植生分布で中央アジア域の草地のアルベドをできるだけ大きくした実験。RUN4 (POT2): 潜在植生分布を使った実験で地表面からの蒸発効率を蒸発しやすい方向に変化させた実験。RUN5 (POT3): 潜在植生からの境界条件を用い、バケツモデルのバケツの深さを初期状態で 1.0m にし 2 年間かけて徐々に 0.2m に深さを浅くしていった実験。それぞれの実験の目的と結果については次の 4 章で示す。

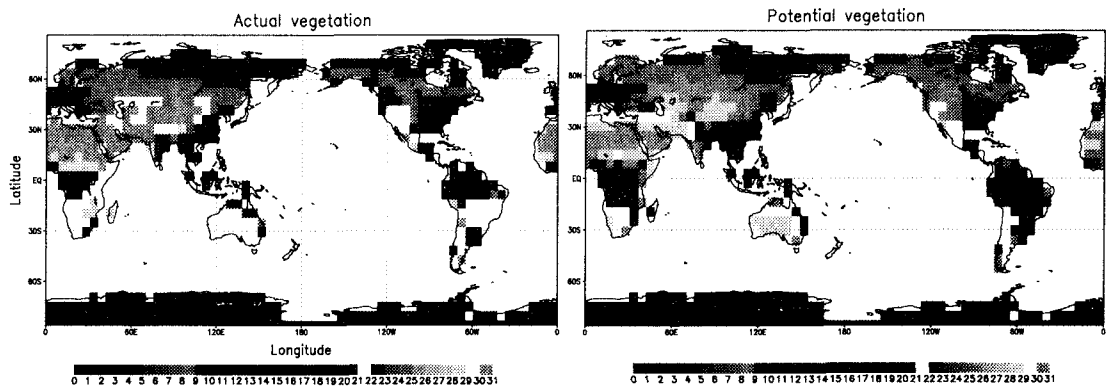


図1 (左) 現存植生分布、(右) 潜在植生分布。インデックスの数値は Matthews の分類に従い付与されている。

4. 結果

4.1. 現存植生分布を用いた実験と潜在植生分布を用いた実験の結果の比較

RUN1 (ACT) と RUN2 (POT) の比較を行った。この比較実験では、サハラ砂漠の南端のように砂漠から草地に変更したことにより降水量が増加した地域がある一方で、意外な変化傾向が現われた地域もある。その一つとして、夏季のインドアジアモンスーンが潜在植生にしたことにより強まっており、それは、中央アジアから南アジアにかけて地表面近傍の気温が RUN2 (POT) より高くなっていることに起因している。RUN1 (ACT) と RUN2 (POT) の 7 月の平均地表面温度差を図 2 (左) に示す。また、図 2 (右) に 7 月の RUN1 (ACT) と RUN2 (POT) のアルベド差分布を示すが、中央アジアに関しては、このアルベド差に対する応答として地表気温の増大が現われている。図 3 に同地域の月平均の潜熱フラックス、顕熱フラックス、地表面温度、土壌水分量、降水量、土壌水分量を示すが、これによると現存植生から潜在植生にしたこと(ここでは砂漠から草地にしたこと)によって、春季から夏季にかけて土壌水分量が少なく、さらにそれを維持できなくなっており、より乾いた気候になっている。よってこの領域では、実験条件に不備があるか、本実験に用いた気候モデルと潜在植生種算定モデルの間に不整合があると考えられる。植生モデルの妥当性についてはここでは触れないこととし、本実験に用いた気候モデルの特性を考え、それに従って状況がどのように変化するかを確かめた。

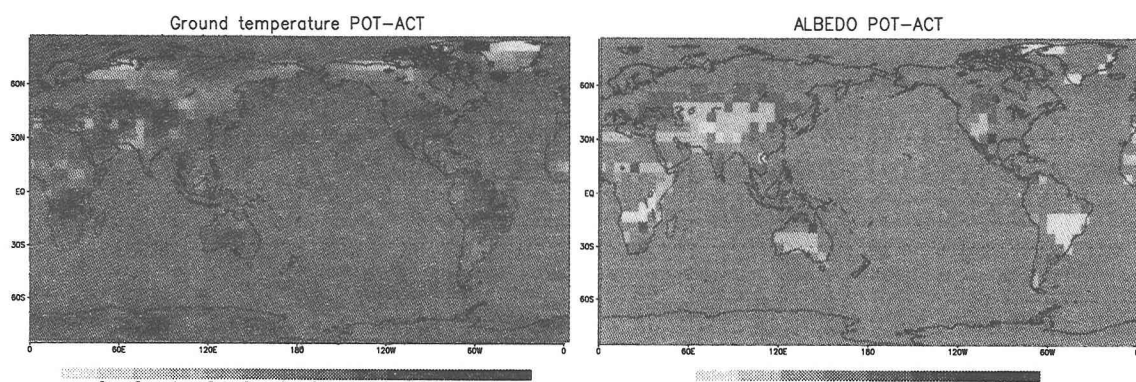


図2 (左) RUN2(POT)とRUN1(ACT)の7月平均の地表面温度差、単位はK。(右) RUN2(POT)とRUN1(ACT)の7月の地表面アルベド差。網がけの値は図中に示した。

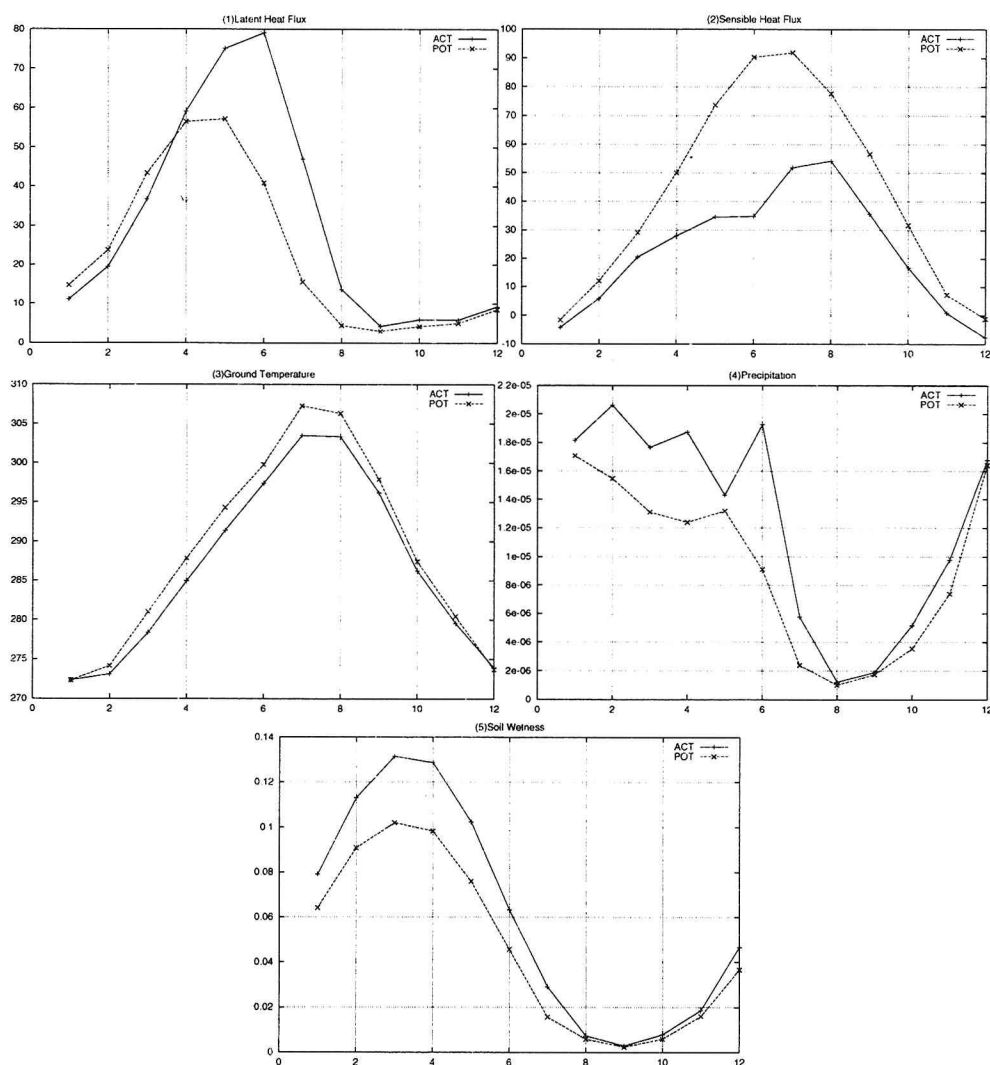


図3 北緯4.5度、東経6.0度近傍の(1)潜熱フラックス(W/m²)、(2)顕熱フラックス(W/m²)、(3)地表面温度(K)、(4)降水量(kg/m/s)、(5)土壌水分量(m)。実践はRUN1(ACT)、破線はRUN2(POT)の結果を示す。

4.2. 潜在植生分布を用いた植生と大気状態の不整合性に関する実験

RUN3(POT1)、RUN4(POT2)、RUN5(POT3)の実験は、RUN1(ACT)とRUN2(POT)の比較実験でアルベドに問題がありそうであること、水循環が不充分である可能性があることに対する考察のために実施した。本来はRUN4(POT2)で実情に見合うバケツの深さを植生種毎に与えた実験とすべきであるが、全球に分布する植生種毎のバケツ深さの資料がないために代りとしてRUN5(POT3)を行い水循環の活発化を図った。

図4にそれぞれの実験での潜熱フラックス、顕熱フラックス、地表面温度、土壌水分量、降水量を示す。RUN3(POT1)はACTと同レベルの地表面温度、水循環となっただけであった。RUN4(POT2)では局地的な蒸発量を増やすことにより、大気中の可降水量との連携によって降水量の増加が見込まれたが、それに反して相変わらず砂漠の状態である RUN1 (ACT) よりも乾く傾向にある。RUN5(POT3)では初期の土壌水分量が潤沢であるために、局地的に土壌に水が保持されやすいと考えられるが、冬季の土壌水分量が若干増えた月があるにも関わらず、春からの蒸発が相変わらず卓越しており、夏季に土壌水はほぼ皆無となる。RUN3 からRUN5 までの実験は夏季の最小土壌水分量はいずれの場合も RUN1 (ACT) よりも小さく、草地になったことを肯定的に示すことはできなかった。しかし、いずれの場合にも夏の乾燥化は進行することから、バケツの深さを変えたり流出に伴う流入を考慮したとしても現状の季節変化はあまり変わらないことが予想される。

これらの結果から、次のように推察される。大気循環モデルでは、解像度を上げることで傾圧性の擾乱の表現が現実に近いことは知られており、気候モデルの解像度の不充分さに起因する擾乱の地域的な強い伝わりが少ないために正しく水蒸気が土壌に到達していない可能性がある。また、植生分布の他は本実験では現在の気候を基にした境界条件（例えば海面温度）を使っている。大気海洋の相互作用がないために、潜在植生分布に見合う状況を作りきれていない。同じように植生選定モデルと大気大循環モデルの間にも相互作用がない。互いに相互作用させて駆動しないと正しい算定ができない可能性がある。

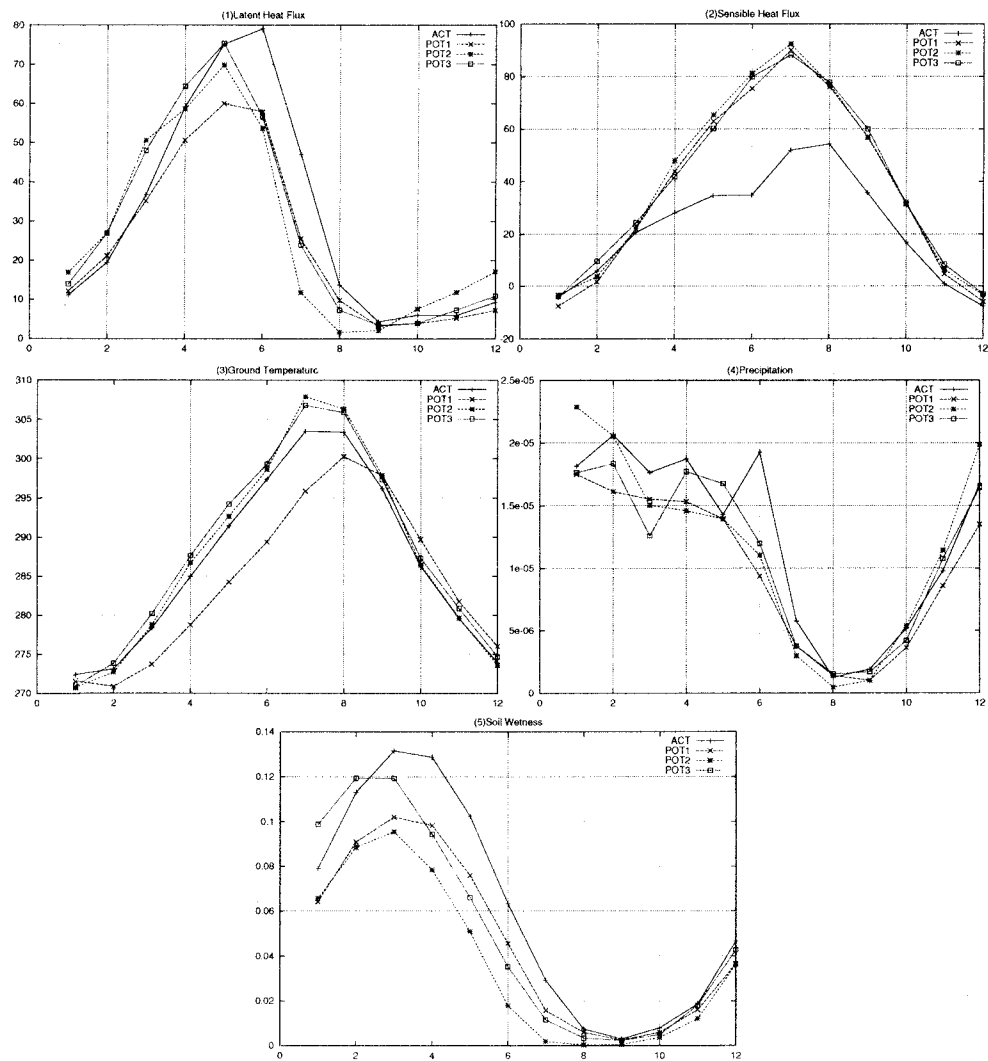


図4 北緯45度、東経60度近傍の(1)潜熱フラックス(W/m)、(2)顕熱フラックス(W/m)、(3)地表面温度(K)、(4)降水量(kg/m/s)、(5)土壌水分量(m)。それぞれ、ACTとPOT1,POT2,POT3の実験結果を示している。