

気候モデルに用いられる陸面過程スキームの精度比較

岐阜大学 学生会員 ○安達 浩次朗
岐阜大学 正会員 吉野 純
岐阜大学 正会員 小林 智尚

1. はじめに

気候変動や気象予報に関する最新の研究では、「気候モデル (climate model)」と呼ばれる大気の3次元シミュレーション技術が用いられている。気候モデルには、大気の運動を表現する「力学過程」に加えて、陸面過程、大気境界層過程、雲微物理過程、積雲対流過程、放射過程などといった「物理過程」が組み込まれており、これらのモデル化が予測精度に大きく影響を与えている。その中でも陸面過程は、大気と地表面との間の熱収支や水蒸気収支だけでなく、場合によっては、植生に覆われた地表面での炭素収支までもが表現される物理過程である。つまり、あらゆる気象変動の駆動源である入射する太陽エネルギーがどのように分配されるかを決定し、気候モデル全体の精度を左右する極めて重要な物理過程であると言える。

そこで本研究では、高山フラックス観測サイト (図1) を対象として、一般的な気候モデルで用いられている2種類の陸面過程モデルについての精度比較を行うことで、陸面過程における素過程の高度化が計算精度に与える影響について評価することを目的としている。尚、高山フラックス観測サイトには、2つのフラックスタワーがあり、1つは落葉広葉樹サイト (TKY)、もう一つは常緑針葉樹サイト (TKC) であり、これらの観測データとの精度比較を行う。



図1: 高山フラックス観測サイトの位置図

2. 使用した陸面過程モデル

本研究では、2種類の陸面過程モデルについての精度比較を行う。

1つは、単純な素過程のみを考慮している5層土壌モデル (5LSM: Dudhia, 1993) である。5LSMは、領域気候モデルMM5に標準実装されている陸面過程スキームであり、鉛直熱伝導方程式を用いて、温度一定の固定基板層を含む-1, -2, -4, -8, -16cmの地表面温度と土壌温度の分布を予測している。土壌水分量には単純なバケツモデルが採用されており、積雪

過程を含んでいない。5LSMは、植生キャノピーの存在を考慮しない極めて簡略化されたモデルであり、計算コストが低いため短期間の高分解能な気象予報には適しているが、長期の気候変動予測には適していない。

もう1つは、より高度な素過程を考慮しているイギリス気象局 (Met Office) により開発された陸面過程モデルJoint UK Land Environment Simulator (JULES: Best, 2011; Clark, 2011) である。JULESは、領域気候モデルUnified Modelの陸面過程モデルMOSESを基礎として開発され、植生キャノピーの存在を考慮しているため、地表面における熱収支・水蒸気収支のみならず炭素収支をも計算できる。全球気候モデルHiGEMとの結合を意識しており、サブグリッドスケールにおける土地利用の非一様性を面積率として考慮できるだけでなく、動的植生モデルTRIFFIDにより、植生の生存競争による面積率の変化をも考慮できる。

本研究では、気候モデルの計算精度に極めて大きな影響を与える顕熱フラックスおよび潜熱フラックスの日平均値に着目して、2つの陸面過程モデルの精度比較の結果について議論する。観測データは、TKC・TKYの2地点のデータを用い、TKCは2006年1月～2007年12月の2年間のデータ、TKYは2003年1月～2004年12月の2年間のデータを使用する。JULESや5LSMには、60分毎の地表面における気象条件 (気温、気圧、比湿、風速、降水量、および下向き放射量) を入力し、出力された顕熱フラックス、潜熱フラックスに対して精度比較を行う。

3. 結果と考察

図1および図2は、TKY2003年の顕熱および潜熱フラックスの日平均値の時系列を示す。また、図3および図4は、TKC2006年の顕熱および潜熱フラックスの日平均値の時系列を示す。5LSMもJULESも、全体的に見れば、おおよその季節変化を捉えることができているが、JULESの方がいずれの地点でもより正確にその変化を再現することができている。図5および図6は、TKY2003年の潜熱フラックスおよびTKC2006年の顕熱フラックスの観測値と推定値との散布図を示す。いずれの地点においても、5LSMに比べてJULESはより精度が高いことが見て取れる。

例えば、図2および図4に関して、観測された潜熱フラックスは、特にTKYにおいて、5月頃の展葉に伴い増加し始め、日射と気温の大きな8月頃の夏季に最大となり、11月頃の落葉に伴い減少しているが、JULESではそのような季節変化を精度よく表現できている。一方で、5LSMでは、3~5月頃に最大に達しており、特に春季の誤差が大きい。このような精度差は、JULESで表現でき、5LSMでは表現できていない2つの素過程、すなわち、1) 葉面積指数 (LAI) の季節変化と2) 積雪過程によるものと考えられる。JULESでは、気温の季節変化に応じてLAIの季節変化（フェノロジー）を考慮できるため、陸面からの蒸発散量を適切に表現できると考えられる。また、積雪過程を考慮していない5LSMでは、降雪量の多い冬季から春季にかけての雪面からの蒸発量を過剰に表現しているものと考えられる。

また、図1および図3に関して、顕熱フラックスは、気温と積雪面との間の温度差の大きな3~5月頃の春季にピークとなるが、JULESにおいては若干の過大評価傾向はあるものの、その季節変化を適切に捉えることができている。一方で、5LSMでは、ばらつきはあるものの年間を通じてほぼ一定に近い値を示しており、明瞭には季節変化を再現することができていない。このような精度差も、また、JULESでは含まれているが、5LSMでは含まれていない積雪過程によるものと考えられる。積雪面においては、気温の上昇する春季であっても0℃に保たれるだけでなく、日射のアルベド（反射率）がより大きくなる。そのため、春季における熱収支を高精度に表現するためには積雪過程を適切に組み込むが必須であると言える。

4. 結語

本研究では、素過程の複雑さの異なる2種類の陸面過程モデル5LSMとJULESの精度比較を行った。その結果、より詳細な素過程を考慮できるJULESの方がより高精度であることが確認できた。より高精度な気候変動予測には、積雪や植物動的变化を考慮できるより詳細な陸面過程モデルを用いる必要があると結論づけられる。

5. 参考文献

- 1) Dudhia, J. 1993: A nonhydrostatic version of the Penn State/NCAR mesoscale model: Validation tests and simulation of an Atlantic cyclone and cold front, Mon. Wea. Rev., 121, 1493-1513.
- 2) Best et al. 2011: The Joint UK Land Environment Simulator (JULES), model description – Part 1: Energy and water fluxes, Geosci. Model Dev., 4, 677–699.
- 3) Clark et al. 2011: The Joint UK Land Environment Simulator (JULES), model description – Part 2: Carbon fluxes and vegetation dynamics, Geosci. Model Dev., 4, 701–722.

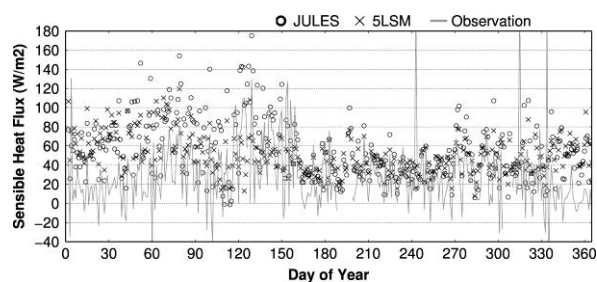


図1：TKY2003年の顕熱フラックスの時系列

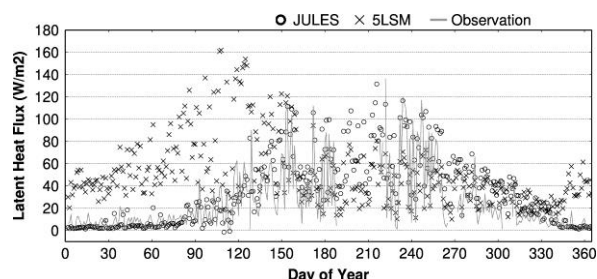


図2：TKY2003年の潜熱フラックスの時系列

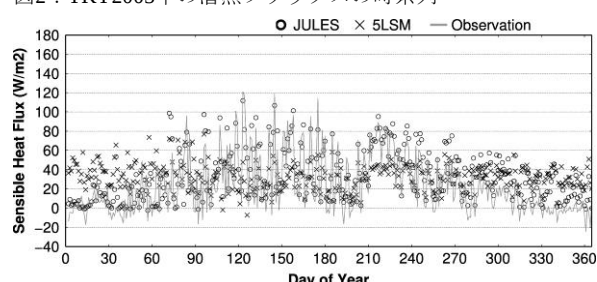


図3：TKC2006年の顕熱フラックスの時系列

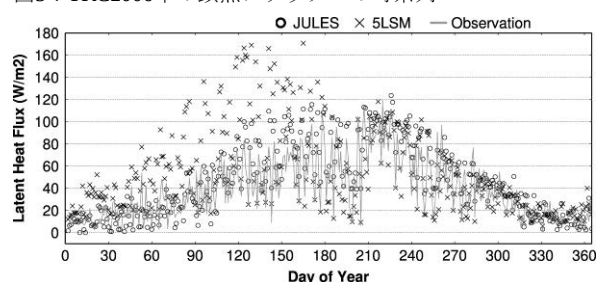


図4：TKC2006年の潜熱フラックスの時系列

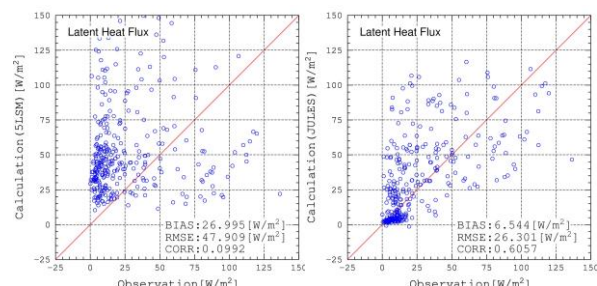


図5：TKY2003年の潜熱フラックスの予測値（縦軸）と観測値（横軸）の散布図（左：5LSM、右：JULES）

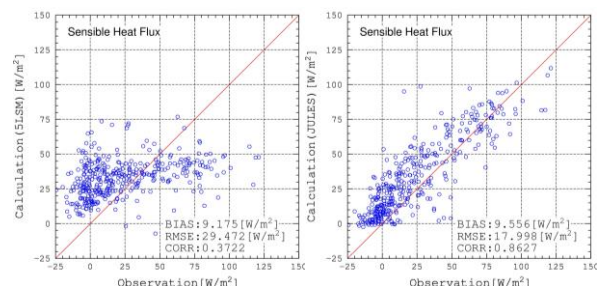


図6：TKC2006年の顕熱フラックスの予測値（縦軸）と観測値（横軸）の散布図（左：5LSM、右：JULES）