

研究課題名：高度な陸域要素モデルの開発とそれを用いた全球スケールの気候変動研究

課題代表者：国立環境研究所地球環境研究センター 伊藤昭彦
共同研究者：国立環境研究所地球環境研究センター 花崎直太・横畠徳太・加藤悦史
国立環境研究所地域環境研究センター 仁科一哉
茨城大学農学部 増富祐司
北海道大学大学院工学研究院 山田朋人
北海道大学大学院工学院 竹内大輝
Department of Civil and Environmental Engineering, Michigan State University
Yadu N. Pokhrel
Department of Environmental Resources Engineering, The State University of New York
College of Environmental Science and Forestry Craig R. Ferguson

実施年度：平成 26 年度～平成 27 年度

1. 研究目的

大気は海洋、陸域と水・熱のやり取りを時々刻々行っている。大気海洋相互作用に関してはこれまで多くの議論がなされてきている。一方、大気陸面相互作用に関しては複数の全球気候モデルによる数値実験結果として、半乾燥地域である北アメリカのグレートプレーンズ、インド、中国東部、アフリカサヘルにおいて夏季の土壌水分は降水量に影響を及ぼすことが指摘されている (Koster et al. 2004)。Ferguson et al. (2012) は再解析データ及び衛星観測情報を用いた分析を行ったところ、Koster et al. (2004) と同様の地域において夏季土壌水分量の年偏差は降水量に影響を与えることを示唆した。また、現実的な土壌水分量の地域分布は西サヘル地域におけるモンスーンの再現性を向上させるとの結果も指摘されている (Yamada et al. 2012)。

一方、我々人類が生活する陸域に存在する水は灌漑農業や地下水の汲み上げ、河川水の商工業利用、ダムによる河川流量の調節といった人間活動に大きな影響を受けている。これに対して Hanasaki et al. (2008a,b) はこれら人間活動の影響を全球スケールの陸面過程モデルに導入した。また Hanasaki et al. (2008a,b) による人間活動の影響を陸面過程モデルのひとつである MATSIRO (Minimal Advanced Treatment of the Surface interaction and Runoff; Takata et al. 2003) に反映させた Pokhrel et al. (2012a) では、地下水利用が海面水位上昇に寄与することを定量的に説明した (Pokhrel et al. 2012b)。本研究の目的は全球気候モデル (MIROC; Model for Interdisciplinary Research on Climate) に Pokhrel et al. (2012a) の陸面過程モデルを組み込み、世界の複数流域においてその妥当性を検証することである。

2 章に研究計画を記し、研究の進捗状況を 3 章で述

べ、今後の研究計画について 4 章に記載する。

2. 研究計画

本研究において使用した全球気候モデルの MIROC AGCM は東京大学大気海洋研究所、国立環境研究所、海洋開発研究機構によって共同開発されたものである (Hasumi and Emori 2004)。陸面過程モデルに関しては、Pokhrel et al. (2012a) を用い、大気過程との水・熱相互作用を可能とさせる。Pokhrel et al. (2012a) は、河道網モジュール (Oki and Sud 1998)、Hanasaki et al. (2008a,b) による灌漑用水モジュール、環境用水モジュール、ダム貯留モジュールを組み合わせたもの (MAT-HI) を考慮している。この人間活動モジュールに加え、深層地下水の汲み上げ効果としては、Koirala et al. (2014) が作成した不圧帯水層モデルを組み込んだもの (MAT-HIGW) を使用する。この不圧帯水層モデルにおける土壌は 13 層 (上から 3 層が 5cm, 20cm, 75cm, 次の 9 層が 1m, 最下層は 30m) であるが、本研究では最下層を 90m とし、13 層で計 100m の土壌層を表現したモデル (Pokhrel et al. submitted) を採用する。図-1 に示す上記の人間活動の影響を考慮した全球気候モデル (以降、カップリングモデル) と、観測データを陸面過程モデルに与えるいわゆるオフラインモデルによる数値実験を行い、双方の結果を比較する。

3. 進捗状況

現在は予備実験として MAT-HI を用い、カップリングモデルとオフラインモデルによる流域水循環の再現性を比較しているところである。人間活動モジュールを含むカップリングモデル及びオフラインモデルによる計算で得られた陸域貯水量 (TWS) の平均値からの偏差 (TWSA)、さらには重力回復気候実験衛星

(GRACE)による測定値を図-2, 図-3 に示す. TWSは土壌水分, 雪, 自然の湖や人工貯水池に貯えられた水の総和である. 双方のモデル計算で得られた土壌水分の季節変化はアマゾン川, 長江, インダス川, ザンベジ川流域において概ね一致しているが, その傾向が明瞭ではない流域も存在することがわかる.

4. 今後の計画

人間活動による水の需給効果を含む全球気候モデルの妥当性に関して複数の河川において流量及びTWSA等の検討を行う. 特に, 表層水に加え地下水の汲み上げに依存した灌漑農業が行われている米国ミシシッピ一川流域において中心的に議論を行う予定である.

5. 今年度計算機資源の利用状況 (2014年4月1日~11月30日)

現在, 図-1 に示すモデルを国立環境研究所のスーパーコンピュータで本格的に使用するための試行実験を行っている段階であり, 今後本格的に利用させて頂きたいと考えている状況である.

実行ユーザ数: 7

CPU 時間 v_deb: 0 hours, v_cpu: 513.29 hours, v_8cpu: 0 hours, v_16cpu: 0 hours, 計: 513.29 hours

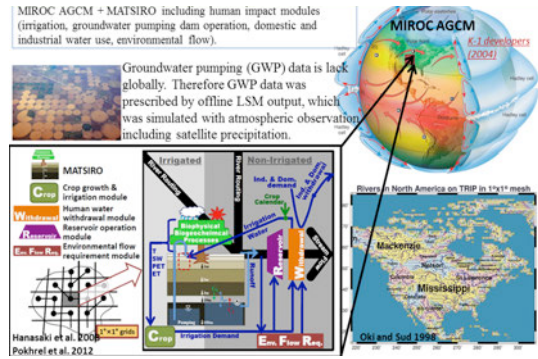


図 1. 人間活動の影響を考慮した全球気候モデルの

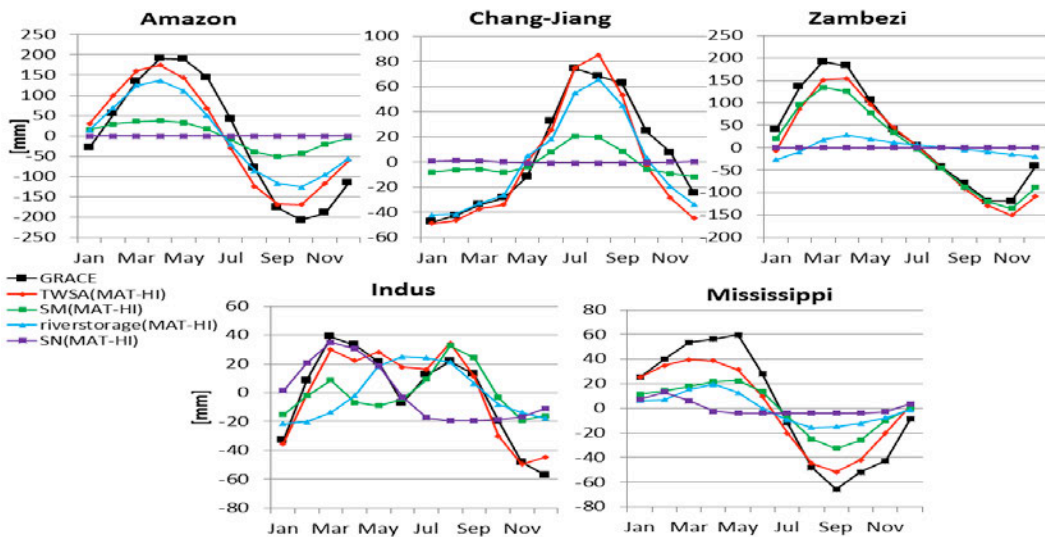


図 2. MAT-HIによるオフラインモデル結果から算出した陸域貯水量(TWS)の平均値からの偏差(TWSA)と重力回復気候実験衛星(GRACE)による測定値. TWSは土壌水分(SM)、雪(SN)、自然の湖や人工貯水池に貯えられた水及び河川水の総和である. オフラインモデルは2002-2007年, GRACEは2003~2010年のデータからそれぞれTWSAを算出した.

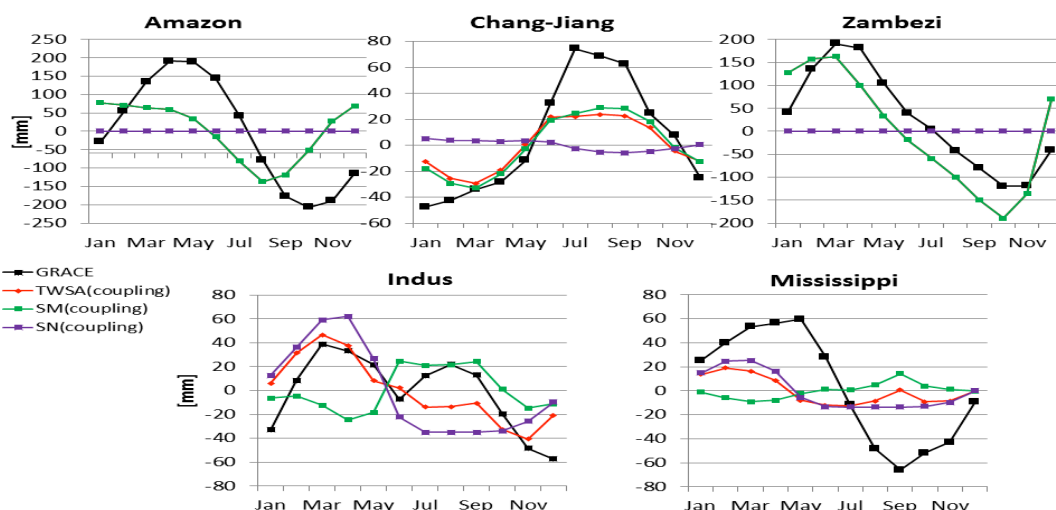


図 3. カップリングモデルの計算結果から得られた陸域貯水量(TWS)の平均値からの偏差(TWSA)と重力回復気候実験衛星(GRACE)による測定値. TWSは土壌水分(SM)、雪(SN)、自然の湖や人工貯水池に貯えられた水及び河川水の総和である. カップリングモデルの計算は2002-2007年, GRACEは2003~2010年のデータからそれぞれTWSAを算出した.