

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 10 月 6 日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K18118

研究課題名(和文) 世界の水需給バランスを動的に考慮した全球水循環モデルによる極端現象の予測可能性

研究課題名(英文) Global Hydrological Cycle in an Atmospheric General Circulation Model with Anthropogenic Modules

研究代表者

山田 朋人 (YAMADA, Tomohito)

北海道大学・工学研究院・准教授

研究者番号：10554959

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：地球水循環は灌漑、ダムによる水資源コントロール、地下水の汲み上げ、さらには家庭用水や工業用水の水需給等の影響を受けるものである。本研究では上記のいわゆる人間活動の影響を考慮した陸面過程モデルと大気モデルとの相互作用を全球規模で可能とした。

同モデルを用いた検討の結果、世界の灌漑要求水量は年間3133km³と推定され、これは観測データや既存の陸面過程モデルのみによるいわゆるオフライン計算と同等の値です。また、本モデルにおける人間活動による地表付近の気温への影響は妥当なものであった。

研究成果の概要(英文)：Global hydrological cycle is affected by human activities such as irrigation, dam reservoir operation, groundwater pumping and domestic and industrial water consumptions. This study incorporated the land surface model including the dynamic human impact modules such into an Atmospheric General Circulation Model. Results showed that amount of irrigation water demand was approximately 3133 km³/yr which is comparable to observation and previous approaches based on land surface offline simulations and statistical models. The incorporation of the human impact modules into the AGCM showed reasonable sensitivity for surface air temperature against an original AGCM without those modules, and this is comparable to a previous study which adopts the impact of irrigation activity by surface water and heat fluxes as lower boundary conditions for AGCM.

研究分野：水文学

キーワード：準季節予報 地球水循環 灌漑 地下水 予測可能性 全球気候モデル

1. 研究開始当初の背景

人類は農業の進歩と共に発展を遂げてきた。古くは河川の氾濫後の肥沃な沖積土を利用し、農業を行っていたが、計画的に農作物を作るため、河川から水を引き、灌漑農業を始めた。その結果として人類は安定的に食料を得られるようになり、豊かな暮らしを手に入れた。一方で、近年ではアムダリヤ川とシルダリヤ川流域における綿花栽培を目的とした灌漑農業により、アラブ海が縮小しており、人為的に河川から取水をすることが弊害を生むケースも存在する。また、技術進歩により帯水層からの取水が可能となり、地下水資源が豊富な地域においても灌漑農業を行えるようになった。アメリカ合衆国のグレートプレーンズではオガララ帯水層から取水し、大規模な灌漑農業を行っているが、地下水位が年々低下しており、年地下水不足量は20mm/yr程度と報告されている。以上のように、灌漑農業が地球規模の水循環に影響を与えていることは明白である。

2. 研究の目的

我々が地球水循環を議論する上で、灌漑農業は勿論、地下水の汲み上げ、河川水の工業利用、ダムによる河川流量の調整といった人間活動の影響を無視することはできない。近年の研究によって、涵養量を上回る地下水使用量が年々増加していることが指摘されている。一方、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検討が行われている。このモデルによるシミュレーションによって、海面水位上昇に非持続的な地下水利用が影響していることが定量的に示されている。本研究ではこのような人間による動的な水需給バランスを考慮した陸面過程モデルと大気過程との次々刻々の相互作用を可能とさせ、地球水循環システムを明らかにすることを研究目的とする。

3. 研究の方法

本研究で使用した全球気候モデルは、東京大学大気海洋研究所等が中心に開発を行っているMIROCである。大気過程の下部境界条件として必要となる陸面過程には、前述の人間による動的な水需給バランスを考慮した陸面過程モデルを採用し、大気過程との熱・水相互作用を可能とさせた。本研究では空間解像度は約2.8°、鉛直20層での検討を行った。得られた結果については陸面過程モデルに観測データを与えることによるいわゆるオフライン実験を実施し、比較対象とした。

4. 研究成果

灌漑用水や地下水汲み上げを含む動的な水需給バランスを考慮した陸面過程モデルと大気過程を結合させることによって人間活動が大気場を含む地球水循環にどのような影響を与えているのかについて検討した(図-1)。この結果、大気場を含めた地球水循

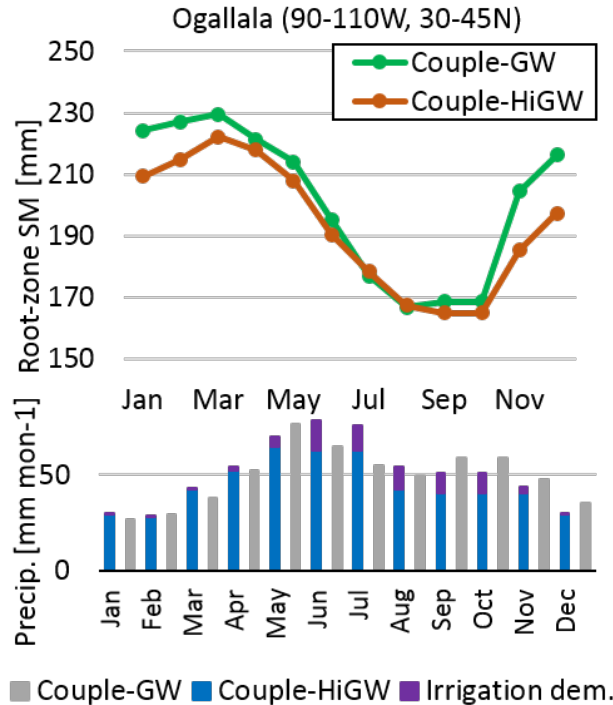


図-1 オガララ帯水層(90-110°W, 30-45°N)における1998-2010年の夏季根域(0-2m)土壌水分量[mm]と降水量[mm mon⁻¹]及び灌漑用水要求量[mm mon⁻¹]の月変化。

環シミュレーションにおいても地下水位の低下が再現された。灌漑用水要求量が大きいパキスタン・インドにおいて蒸発散量が増加し、その東側の地域において降水量の増加が見られた。また、同モデルを用いた河川流量の影響や水文諸量の予測可能性に関する検討を行った。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 16 件)

竹内大輝、山田朋人、Yadu N. Pokhrel、全球気候モデルを用いた灌漑農業が大気場および流域水収支に与える影響の評価、土木学会論文集G(環境) 71(5) I-189-I-196

小林彩佳、山田朋人、竹内大輝、広域界面水温の年平均偏差に起因した東南アジア地域における降水および台風特性、土木学会論文集G(環境) 71(5) I-263-I-268

Intan SUPRABA, Tomohito J.YAMADA, UNCERTAINTY OF PERK RUNOFF HEIGHT ASSOCIATED WITH UNCERTANITY OF WATER HOLODING CAPACITY AND RANIFALL PATTERN, J.JSCE, Ser.G,71(5),I-17-I-22

北野慈和、山田朋人、北日本を通過する爆弾低気圧と太平洋ブロッキングとの関係、土木学会水工学論文集、60、121-126

Yoshikazu Kitano, Tomohito J. Yamada: The comparison between explosive cyclone and typhoon over northern Japan in the current and future climate, Procedia Engineering, 12th International Conference on Hydroinformatics, HIC 2016, 154, 726-732, 2016.

Tomohito J. Yamada, Daiki Takeuchi, M. A. Farukh and Yoshikazu Kitano: Climatological characteristics of heavy rainfall in northern Pakistan and atmospheric blocking over western Russia, Journal of Climate, 29, 7743-7754, 2016.

Yoshikazu Kitano, Tomohito J. Yamada: Relationship between atmospheric blocking and cold day extremes in current and RCP8.5 future climate conditions over Japan and the surrounding area, Atmospheric Science Letters, 17, 616-622, 2016.

北野慈和、山田朋人：現在気候及び将来気候における爆弾低気圧の強度とブロッキング発生位置との関係、土木学会論文集 G 特別号 (地球環境研究論文集)、72(5)、I_233-I_239, 2016.

北野慈和、山田朋人：開水路流れとの類似点に着目したジェット気流が有するエネルギーの解析、土木学会論文集 B1(水工学)、61(4)、I_439-I_444, 2017.

北野慈和、山本太郎、小林彩佳、山田朋人：2016年8月を含む1961年以降に北海道

周辺を通過・上陸した台風の統計的解析、土木学会論文集 B1(水工学)、61(4)、I_1231-I_1236, 2017.

Dzung NGUYEN-LE, Tomohito J. YAMADA: Simulation of tropical cyclone 201610 (Lionrock) and its remote effect on heavy rainfall in Hokkaido, 土木学会論文集 B1(水工学)、61(4)、I_199-I_204, 2017.

Yadu N. Pokhrel, Farshid Felfelani, Sanghoon Shin, Tomohito J. Yamada and Yusuke Satoh: Modeling large-scale human alteration of land surface hydrology and climate. Geoscience Letters Official Journal of the Asia Oceania Geosciences Society (AOGS)20174:10
DOI: 10.1186/s40562-017-0076-5

北野慈和、山田朋人：北西太平洋を通過する爆弾低気圧と台風の比較、応用力学会アブストラクト、2016.

北野慈和、山田朋人：開水路流れとの類似点に着目したジェット気流のエネルギー解析、日本気象学会 2016 年度秋季大会講演要項集、110、166、2016.

一瀬輪子、北野慈和、山田朋人：水惑星条件下における海面水温変化に対する極端現象の応答、平成 28 年度土木学会北海道支部論文報告集、73、B-03、2017.

一瀬輪子、北野慈和、山田朋人：水惑星条件下における海表面温度変化に対する極端現象の応答、第 24 回地球環境シンポジウム講演集、巻号無し、141-143、2017.

[学会発表](計 10 件)

北野慈和、山田朋人：開水路流れとの類

似点に着眼したジェット気流のエネルギー解析, 日本気象学会 2016 年度秋季大会, 名古屋大学東山キャンパス(愛知県・名古屋市), 2016 年 10 月 26 日(水)-28 日(金).

北野慈和, 山田朋人: 北西太平洋を通過する爆弾低気圧と台風の比較, 土木学会応用力学シンポジウム, 北海道大学工学部(北海道・札幌市), 2016 年 5 月 21(土)-22 日(日).

北野慈和, 山田朋人: 現在気候及び将来気候における爆弾低気圧の強度とブロッキング発生位置との関係, 第 24 回地球環境シンポジウム, A-29, 首都大学東京南大沢キャンパス国際交流会館(東京都・八王子市), 2016 年 8 月 31 日(水)-9 月 2 日(金).

北野慈和, 山田朋人: 開水路流れとの類似点に着目したジェット気流が有するエネルギーの解析, 水工学講演会, 発表確定, 九州大学伊都キャンパス(福岡県・福岡市), 2017 年 3 月 15 日(水)-17 日(金).

北野慈和, 山本太郎, 小林彩佳, 山田朋人: 2016 年 8 月を含む 1961 年以降に北海道周辺を通過・上陸した台風の統計的解析, 水工学講演会, 発表確定, 九州大学伊都キャンパス(福岡県・福岡市), 2017 年 3 月 15 日(水)-17 日(金).

Intan Supraba, Tomohito J. YAMADA, UNCERTAINTY OF DIRECT RUNOFF ESTIMATION FOR FLOOD PREDICTION BASED ON TOTAL RAINFALL-TOTAL RAINFALL LOSS RELATIONSHIP, Japan Geoscience Union Meeting 2015, 2015 年 5 月 24 日, 幕張メッセ(千葉市)

Yoshikazu KITANO, Tomohito J. YAMADA, Relationship between atmospheric blocking and cold weather over Japan in CMIP5 models, International WS Issues in downscaling change projection(招待講演), エポカルつくば(つくば市) 2015 年 10 月 1 日,

Takeuchi, D and T.J. Yamada, The International Science Conference on

MAHASRI, MAHASRI(Monsoon Asian Hydro-Atmosphere Scientific Research and Prediction Initiative) 2016, 首都大学東京(東京都八王子市), 2016 年 3 月 4 日

Yamada, T.J, Global Hydrological Cycle Associated with Human Impact Modules in a Global Climate Model, GEWEX GLASS Panel Meeting(招待講演), フランス気象局(トゥールーズ、フランス), 2015 年 5 月 18 日 - 19 日.

Ayaka Kobayashi, Daiki Takeuchi, Tomohito J. Yamada, Characteristics of air temperature in Southeast Asia associated with large-scale sea surface, MAHASRI(Monsoon Asian Hydro-Atmosphere Scientific Research and Prediction Initiative) 2016, 首都大学東京(東京都八王子市), 2016 年 3 月 4 日

〔図書〕(計 1 件)
山田朋人、「水理公式集」土木学会、2016

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織
(1) 研究代表者
山田朋人(YAMADA, Tomohito)
北海道大学・工学研究院・准教授
研究者番号: 10554959

(2) 研究分担者
なし

(3) 連携研究者
なし

(4) 研究協力者
Assistant Professor, Dr. Yadu Pokhrel
(Michigan State University)