

統計的ダウンスケーリング手法による GCM 予測値の土壌水分・熱動態予測への適用 Predicting soil moisture and temperature profile with statistically downscaled GCM projections

○加藤千尋・西村拓・井本博美・宮崎毅

KATO Chihiro, NISHIMURA Taku, IMOTO Hiromi and MIYAZAKI Tsuyoshi

1. はじめに

気候変動は自然生態系や農林水産業に深刻な影響を及ぼすと予測される¹⁾。土壌は自然生態系や作物生産の基盤であり、気候変動が土壌中の水や熱の動態に及ぼす影響の検討は重要である。

世界各国で気候モデル(General Circulation Model 又は Global Climate Model; GCM)が開発され、IPCC の第 4 次評価報告書では 24 種類の GCM が紹介された²⁾。これらの気候予測結果を影響評価に使用するには、空間解像度の違いからダウンスケーリングが必要とされる³⁾。

本研究では、GCM の出力結果に対して統計的ダウンスケーリングを行い、気候変動が農地土壌の土壌水分・熱動態に及ぼす影響の予測を試みることを目的とした。

2. 研究方法

西東京市田無の東京大学生態調和農学機構内の圃場を対象地とした。現場は耕作履歴のある裸地で、本研究では、現場上層に分布するクロボク土の、深さ 100cm の均一土層を仮定した。

(1)気候シナリオ

気候モデルは、東京大学気候システム研究センター(CCSR)、国立環境研究所(NIES)、海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センター(FRCGC)が共同開発している MIROC (Model for Interdisciplinary Research On Climate) ver.3.2 の温暖化実験結果(IPCC SRES A1B シナリオ¹⁾)を用いた。これは格子間隔約 150km の日別データで、本研究では最高最低気温、日降水量、日最大降水強度、湿度、風速、日射量のデータを用いた。

MIROC データを、本研究対象地に適用するため累積分布関数(Cumulative Distribution Function;

CDF)法によりスケールダウン³⁾した。

まず、MIROC データの、1971 年から 30 年間の対象地に最も近い格子点データ(x_t, y_t)を切り出し、日別平年値(モデル現在値)を求めた。モデル現在値と観測値をそれぞれ昇順で並べ替え、それぞれの経験的な CDF を構築した。ただし、観測値には気象庁アメダスの府中や大手町の平年値を用いた。そして観測値から同じ順位のモデル値を差し引いて、差分(モデル誤差)を得た。同様に、MIROC データの 2071 年から 30 年間のデータに対しても、地点(x_t, y_t)における日別平年値(モデル将来値)を求め、昇順に並び替えて CDF を構築した。モデル将来値の順位と同じ順位のモデル誤差をモデル将来値に加えてモデル将来補正值とし、日付順に並べ替えて使用した。

気温、湿度、風速、日射量は HYDRUS(後述)の気象サブモデル⁴⁾により日別データを特別データに変換できる。降雨量は、田無農場の降雨特性を用いて特別データにスケールダウンした。すなわち、1 年を通した降雨イベントの、「一降雨イベント総降水量とイベント継続時間の関係」や「一年間の時間降水強度の頻度分布」を日別の MIROC 降雨データに適用し、特別にした。

(2)土壌中の水・熱動態予測シミュレーション

不飽和土壌中の水・熱移動シミュレーションには汎用ソフト HYDRUS-1D ver4.09 以降⁴⁾を用いた。このバージョンでは、気象データを入力し地表面の熱収支を考えることで、水・熱移動の地表面境界条件を生成できる。現場土壌の水分・熱移動パラメータは既往の研究⁵⁾に従った。

3. 結果と考察

GCM のダウンスケーリングの結果の例とし

*: 東京大学大学院農学生命科学研究科(University of Tokyo)

キーワード: 統計的ダウンスケーリング、SRES A1B シナリオ、不飽和土壌中水・熱移動シミュレーション

て、Fig1 に対象地の、現在(1971~2000)と将来(2071~2100)の気温を比較した。また、月降水量の将来/現在比は、12~2月で1.42、3~5月で1.46、6~8月で1.26、9~11月で1.04となり、以下では将来/現在比が1.60の6月と、同じく0.80の9月について検討する。

Fig.2(a), (b)には、それぞれ6月、9月の晴天日中での土壌水分・地温の鉛直分布の変化を、また、Fig.3(a), (b)に、現在・将来の累積地表蒸発フラックス、深さ100cmにおける累積下方浸透フラックスの比較を示した。本研究の条件では、地表流出量は、無視できる程度であった。

6月は、クロボク土の透水性が降雨強度に比べて大きいので、土壌水分が増加する一方、領域外に流出するフラックス、すなわち蒸発・下方浸透フラックスも増加する。9月は、降水量の減少に加え、蒸発速度も微増し、特に表層近傍の土壌水分量の減少が著しいと考えられる。

地温(Fig.2)について、6月、9月は、日平均気温にそれぞれ約4℃、約5℃の上昇があると予測される。6月は、100cmまでの深さ全てで3.9℃の上昇、他方9月は、深さ3cmでは5.6℃、100cmでは3.8℃の上昇が予測された。このように、土壌水分量が減少する9月は6月に比べ、熱伝導率の低下や顕熱輸送量の減少により将来の地温上昇が浅い位置で緩和されると予測された。

4. まとめ

GCMの温暖化実験結果を東京郊外の農地土壌を対象に統計的ダウンスケーリングし、将来の土壌水分・熱動態予測に適用した。将来降水量が増加する6月は、土壌水分量が増加する一方、領域外への流出量も増加すること、降水量が減少する9月は、蒸発フラックスの微増で上層の乾燥が促進され、また、気温上昇に伴う地温上昇は比較的浅い位置で緩和されることが予測された。GCM予測値を用い、詳細な将来の土壌水分・熱動態の検討が可能であるといえる。

GCMの性質上、本研究では現在値・将来値ともに平年値を用いた。異常気象⁹⁾や年々変動の大きな現象に対する影響評価は今後の課題である。

謝辞：本研究は科学研究費補助金(基盤研究(A),20248025, 代表:宮崎毅)、日本学術振興会特別研究員科学研究費によって実施された。MIROCデータの利用に際し、東京大学気候システム研究センターの木本昌秀氏、大石龍太氏にご協力いただいた。また、東大生態調和農学機構の米川智司氏、佐々木治人氏、久保田浩史氏には、圃場や気象データの利用に関してご協力いただいた。ここに謝意を表します。

参考文献:1) IPCC (2007), 第4次評価報告書, 2)木本(2008), 「気候変動将来推計情報の水文分野での利用促進シンポジウム」講演要旨集 3)飯泉ら(2010), 農業気象,66(2):131-143 (4) Saito, et al. (2006), Vadose Zone J, 5, 784-800, 5)Kato et al. (2011), Vadose Zone J, (in press), 6)気象庁(2005)地球温暖化予測情報第6巻

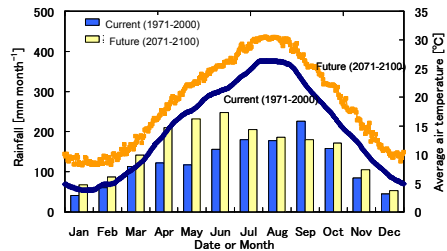


Fig.1 Comparison of average daily air temperature and monthly rainfall intensity between “Current(1971-2000)” and “Future(2071-2100)”

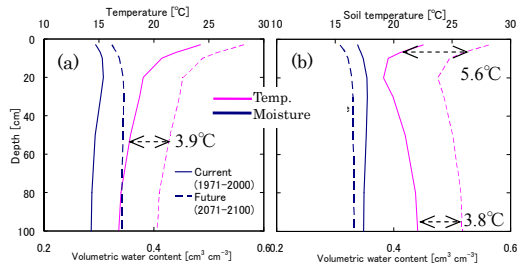


Fig.2 Comparison of “current(1971-2000)” and “future(2071-2100)” soil temperature & moisture profile in the daytime on (a) June 20th, (b) September 25th

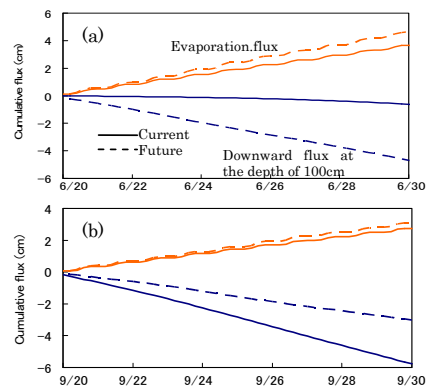


Fig.3 Comparison of “Current(1971-2000)” and “future(2071-2100)” cumulative outflow flux from 20th to 30th in (a) June (b) September