

Weather generator を用いた GCM 予測値の時間ダウンスケーリングと  
農地土壌水分状態予測への適用  
Predicting soil moisture in agricultural land with GCM projection downscaled  
by using weather generator

○加藤千尋・西村拓

Chihiro KATO and Taku NISHIMURA

## 1. はじめに

土壌は作物生産の基盤であり、気候変動下で作物の収量や品質を維持するための適応策の検討には、気候変動下の農地土壌水分や地温などの物理的環境の予測が有用と考えられる。

世界各国で気候モデル(General Circulation Model / Global Climate Model; GCM)の開発が進み、ポイントスケールの気候変動影響予測に利用されている。農地土壌中の水、熱移動現象は通常、平面では数十～数百 m の空間スケール、時間スケールは日単位よりも細かく、数値計算に用いる気象データも可能な限り同程度であることが望ましい。一般に GCM の分解能は、空間は 100km 以上、時間は月単位であるため、農地土壌に適用するには時空間のダウンスケーリングが必要である。現在、文部科学省気候変動適応研究推進プログラムでは、日単位の 1km 四方程度の高空間分解能気象データの生成が試みられている。気象要素のうち、気温や日射量は日内変動を再現するモデルが複数提案され、ある程度の精度で時間ダウンスケーリングが可能である。他方、降水はイベント中の強度分布のばらつきが大きく、モデル化が難しい。

Weather generator は、参照となる降水量データに対し、確率論に基づき、統計的に起こり得る局所的な降雨の特性を再現するモデルである。Weather generator の一つである CLIGEN<sup>1)</sup> は、一降雨イベントの継続時間、ピーク強度、ピーク発生時間のように、一つのイベント内の特性を再現するモデルを含む。主に、米国の土壌侵食量の推定に用いられてきたが、近年、様々な気

候帯への適用可能性が検討されている<sup>2),3)</sup>。以上を踏まえ本研究では、CLIGEN を用いて時間ダウンスケーリングを施した降雨データを用いて、気候変動下の農地土壌水分予測を行う際に考慮すべき点を検討した。

## 2. 研究方法

### (1) 対象地

本研究では、富山市吉岡の富山県農林水産総合技術センター農業研究所内の圃場を対象とした。本圃場は砂質ローム土が分布する水田転換畑であり、2010 年秋～2011 年 5 月末まではオオムギ、同年 6 月中旬～10 月初旬まではダイズが栽培されていた。本圃場においては、個別要素試験によって決定した土壌の水移動特性関数及び、時間降水量を含む富山市 AMeDAS の気象データを用いることによって、土中水移動モデル HYDRUS-1D<sup>4)</sup>の適用可能性が確認されている<sup>5)</sup>。

### (2) 降雨データの時間ダウンスケーリング

本研究では、GCM 予測値の代替として富山市 AMeDAS の 1981～2000 年の日降水量データを参照データとした。CLIGEN は、参照データを基に、各月の、降水日と晴天日それぞれの次の日に降水が生じる確率や、日降水量の平均、分散、歪度などを計算する。本研究では、これらの統計値と、別途、富山市 AMeDAS データを用いて推定した「最大 30 分降水強度」の月平均値、及び CLIGEN が有すデータベース上の、「降り始めからピークまでの相対的な時間」のデータを入力値とし、CLIGEN によって、日単位よりも細かい時間分解能の一年分の降雨パターンを、20 通り発生させた。各降雨パターンは、1981～

2000年に統計的に生じ得たシナリオとみなせる。ただし CLIGEN では、降雨は1日1回以下で日をまたがず、一つのイベント内の強度分布は二重指数関数型をとると仮定する。

### (3) 土壌中水移動シミュレーション

(2)で得た降雨データを境界条件として、HYDRUS-1D モデル<sup>4)</sup>を用い、土壌中水移動予測計算を行った。例として、20通りのシナリオのうち、ダイズ栽培に関わる6月から10月の降水量が平均的な場合と少ない場合を選択した。水移動計算の支配方程式(リチャーズ式)を数値的に解くために必要な、各土壌の水分移動パラメータは、モデル検証時と同じものを用いた。

上端境界条件は、降水量と、気温や日射量などの要素を用いて算出するポテンシャル蒸発量・蒸散量とした。ただし降水量は、CLIGENで発生させた連続データを30分ごとに分割して入力データとした。その他の気象要素は、モデル検証に用いた2011年6月~10月のAMeDASデータを用いた。ダイズ根の吸水モデルや根の分布関数もモデル検証と同じとした。

### 3. 結果と考察

Fig.1に、CLIGENによって時間ダウンスケーリングを施して予測した、一降水イベント内の強度分布の例を示す。ただし、降り始めの時刻を0とする。Fig.2にCLIGENによって得た20通りの降雨シナリオと本研究で用いた20年分の参照データそれぞれの平均月降水量の比較を示す。CLIGENで発生させた降雨パターンは、同じ月であってもシナリオごとにばらつきが大きい(データ示さず)が、その平均値は、参照データの平均値とほぼ等しいことが確認できた。

Fig.3に、CLIGENを用いて得たシナリオのうち、ダイズ栽培期の降水量が平均的及び少ないシナリオを土中水移動計算に適用した際の、深さ10cmにおける土中水圧の予測結果を示す。少雨の場合は、作物の生長阻害水分点(pF3前後)を頻繁に下回ることが予測された。このように、対象とする年代ごとに、統計的に生じ得る複数通りの土壌水分状態予測ができる可能性が示された。

### 4. まとめ

20年分の日降水量実測データを基に、Weather generator CLIGENを用いて、30分以下の時間分解能の降雨シナリオを複数パターン得た。この複数のシナリオを土中水移動予測計算に適用することによって、統計的に生じ得る土壌水分状態を予測できると考えられる。さらに参照データとしてGCM予測値を用いることによって将来の土壌水分予測が可能になると期待される。ただし、CLIGENの、各地域への適用可能性についてはさらに検討が必要である。

**謝辞:** 本研究は文部科学省気候変動適応研究推進プログラム(代表:二宮正士)の補助で実施されました。富山県農業研究所には、圃場の利用、土壌採取などについてご協力いただきました。ここに記し謝意を表します。

**参考文献:**1) Nicks et al. (1995), NSERL Report No.10, 2.1~2.11, 2) Yu (2000) Trans. ASAE, 43(2), 301-307, 3) Fan et al. (2011), Paddy Water Environ. 11:161-173, 4) Simunek et al. (2008) Vadose Zone J. 7:587-600, 5) 加藤ら (2012) H24 不飽和土研究会研究発表論文集, 36-41

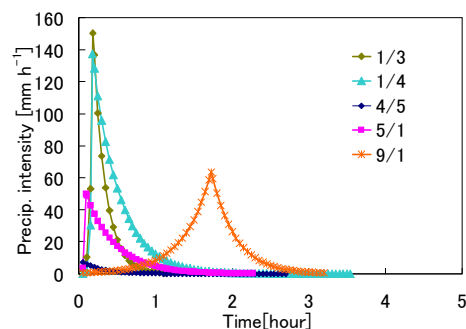


Fig.1 Examples of downscaled precipitation pattern

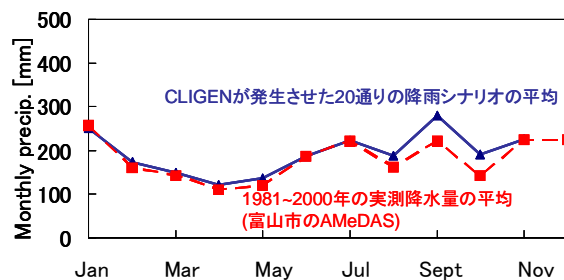


Fig.2 Comparison between observed and predicted average monthly precipitation depth.

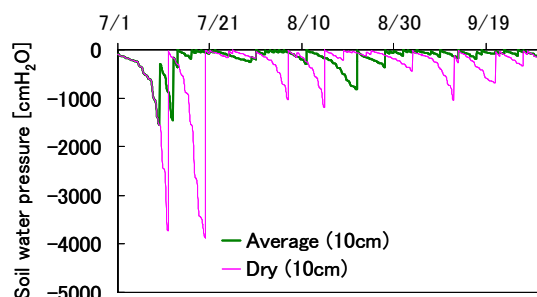


Fig.3 Comparison of simulated soil water pressure between "average" and "dry" scenario obtained by CLIGEN