

DSSATモデルを用いた兵庫県における 気候変動に伴うコメ収量変化の推定

柳澤 和紀¹・合田 昌弘²・嶋寺 光³・松尾 智仁⁴・近藤 明⁵

¹非会員 大阪大学大学院 工学研究科 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2丁目1)

E-mail:yanagisawa@ea.see.eng.osaka-u.ac.jp

²非会員 大阪大学大学院 工学研究科

E-mail:goda@ea.see.eng.osaka-u.ac.jp

³非会員 大阪大学大学院 工学研究科

E-mail:shimadera@see.eng.osaka-u.ac.jp

⁴非会員 大阪大学大学院 工学研究科

E-mail:matsuo@see.eng.osaka-u.ac.jp

⁵正会員 大阪大学大学院 工学研究科

E-mail:kondo@see.eng.osaka-u.ac.jp

近年の気候変動は農作物収量への影響も懸念されており、その影響評価が必要である。本研究では西日本で上位のコメ生産量を誇る兵庫県において作物収量モデルに現況(1981~2000年)及び将来(2081~2100年)気候データを適用することで気候変動に伴うコメ収量の変化を推計した。

現況及び将来気候データは、Coupled Model International Project phase5 (CMIP5)に基づく全球気候モデル Community Climate System Model version 4 (CCSM4) の出力データセットを基に、メソスケール気象モデル Weather Research and Forecasting model (WRF) version 3.5.1で力学的ダウンスケーリングを行うことで作成した。作成したデータから、気温や降水量の増加、日射量の変化等、温暖化による気候の変化が認められた。

コメ収量計算にはThe Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT)を用いた。WRFの計算結果を入力値として計算を行い、現況及び将来のコメ収量を推計した。本研究では主に日射量の減少により、将来のコメ収量の減少が見られた。

Key Words : climate change, DSSAT, rice yield, crop system model, WRF, CCSM4

1. 背景

近年温暖化をはじめとする気候変動が問題となっている。図-1は日本の年平均気温の長期変化傾向を示したものである¹⁾。また、図-2は兵庫県の10a当たりコメ収量の経年変化である²⁾。長期的な気温上昇に対して10a当たりコメ収量が増加傾向であることが見て取れる。また、温暖化は極端な気象現象の発生頻度も大きくする³⁾。

兵庫県の平成27年度産のコメ収量は西日本では最も多い⁴⁾。コメは土地ごとの気候に合わせて栽培されているので、コメ収量への将来の気候変動の影響を考慮し、適当な適応策をとっていくことが重要であると考えられる。

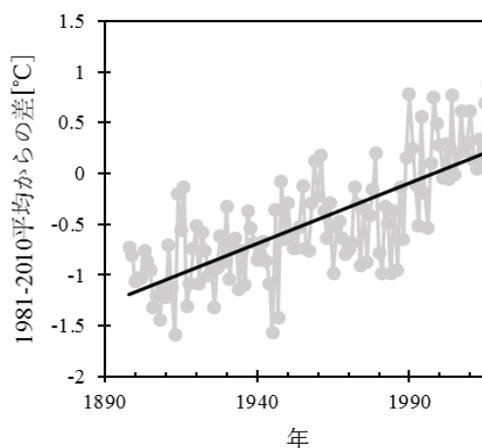


図-1 日本の年平均気温偏差¹⁾

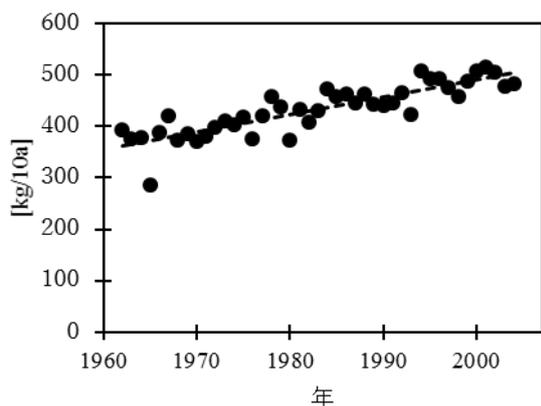


図-2 兵庫県の10a当たりコメ収量の経年変化²⁾

2. 目的

コメの収量は、近年の気候の変化、品種改良などの技術の進歩により傾向としては増加している。技術要因による収量増加は、その技術の進歩状況である程度予測が可能であるが、気候要因に関しては単純に気温が上がり収量が増えるというだけでなく、極端な気象現象などにより大きく収量が増減してしまう年もあると考えられ、予測が困難である。そこで本研究では、Weather Research and Forecasting model (WRF) version 3.5.1⁹⁾ 及び The Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT)⁶⁾ を用い、将来の気候変動によりコメ収量がどのように変化するかを推計することを目的とする。

3. 手法

本研究ではDSSATを用いてコメの収穫量を算出した。DSSATの入力値として用いた気象データはCommunity Climate System Model version 4 (CCSM4)⁷⁾ の出力データセットを基に、WRFを用いてダウンスケーリングしたものである。

(1) コメ収量モデル

DSSATは気象データ、土壌データ、作物データ、マネジメントデータを入力値として作物の収穫量を推計することができる。田植え日や施肥量の変更など、マネジメントデータを変更することで、気候変動に伴う適応策の効果も検証することができる。気象データについては、日別日射量、日最高気温、日最低気温、日降水量の4つのデータセットにより収量計算が可能となる。本研究ではこの4つのデータセットに加え、日平均風速データを用いてコメの収量を求めた。

DSSATを兵庫県に適用するために、まず兵庫県における1981~2000年の気象観測値⁸⁾ とコメ収量実績値²⁾ を用いてキャリブレーションを行い、モデル内の変数を決定した。その後、WRFの計算結果である現況及び将来の気象データを入力した。

図-3に変数決定のためのキャリブレーション結果を示す。コメ収量実績値の期間平均が460.9kg/ha、DSSATによる収量計算結果が496.1kg/haとなった。また、表-1に決定した入力データを示す。

(2) 気象データ

DSSATに入力するための気象データの作成には、地域気象モデルWRFを用いた。全球気候モデルCCSM4による1981~2000年の現在気候及びRCP4.5シナリオ下の2081~2100年の将来気候の計算結果を基に、WRFによりダウンスケーリングを行った。

WRFの計算領域は図-4及に示す通りである。計算領域の中心経緯度は北緯35.0度、東経135.9度である。D1は格子数48×48 (80km格子)、D2は格子数48×48 (20km格子)、D3は格子数72×48 (5km格子) であり、鉛直層は地表から100hPaまでの30層に分割した。

D3の兵庫県における日別日射量、日最高気温、日最低気温、日降水量及び日平均風速をDSSATの入力値とした。

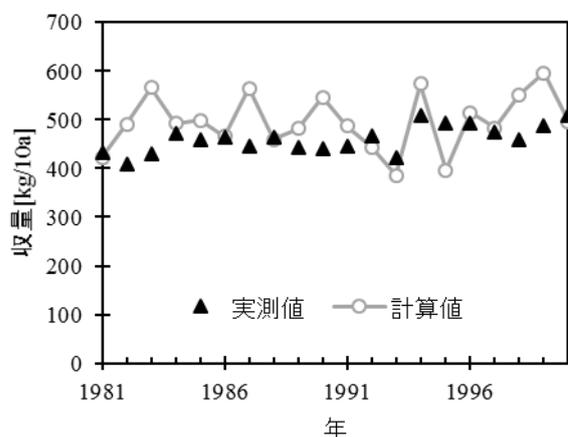


図-3 DSSAT変数決定のキャリブレーション結果

表-1 DSSAT入力データ

Crop	Rice
Weather	Hyogo prefecture Observed value (1981~2000) Calculated value from WRF Current : 1981~2000 Future : 2081~2100
Soil	DEFAULT – SHALLOW SILTY CLAY
Cultiver	JAPANESE
Planting Date	05/10
Planting Method	Transplants
Row Spacing [cm]	18
Plant Population[plants/m ²]	88 (22株/m ² ・4本/株)
Planting Depth [cm]	5
Irrigation	Automatic on required
Fertilizer [kg/10a]	N : 40, P : 40, K : 48
Tillage	Not considered
Harvest	When matured
Chemical Applications	Not considered

最低気温はすべての月で増加しており温暖化の影響が見られる。図-8の平均風速は、4月以外増加している。

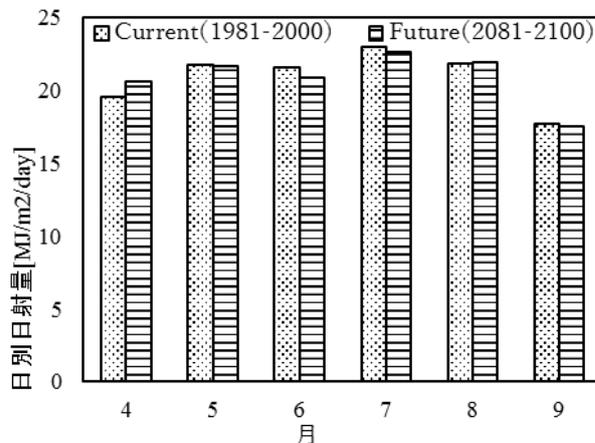


図-5 現況及び将来気候計算期間中の月平均日別日射量

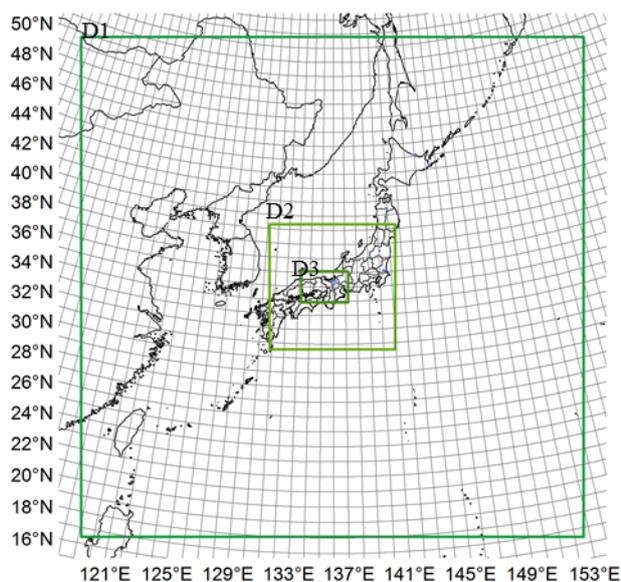


図-4 WRF計算領域 (小格子はCCSM4の格子線)

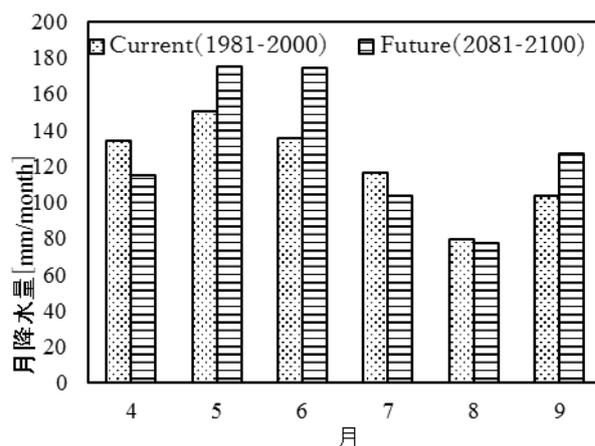


図-6 現況及び将来気候計算期間中の月降水量

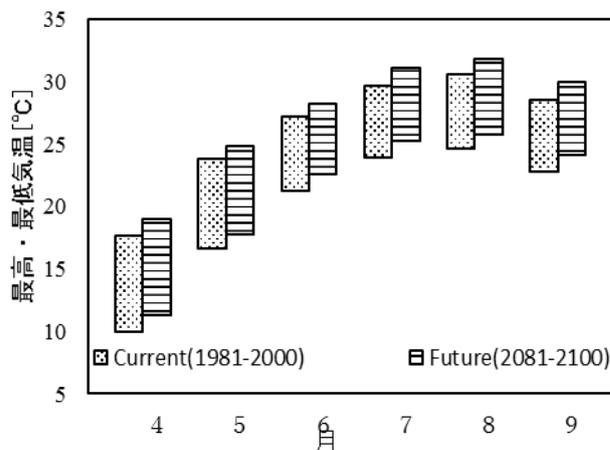


図-7 現況及び将来気候計算期間中の月平均日別均最高・最低気温

4. 結果

(1) 現況および将来の気象計算結果

WRFによる現況 (1981~2000年) 及び将来 (2081~2100年) の気候計算期間中の月平均日別日射量, 月降水量, 月平均日別最高・最低気温, 月平均風速をそれぞれ図-5, 図-6, 図-7, 図-8に示す。

将来気候は現況と比較して, 図-5の日別日射量において4月と8月以外でわずかに減少している。これは雲に覆われる時間が増えたことによるものである。図-6の月降水量では5月, 6月, 9月で増加している。図-7の最高・

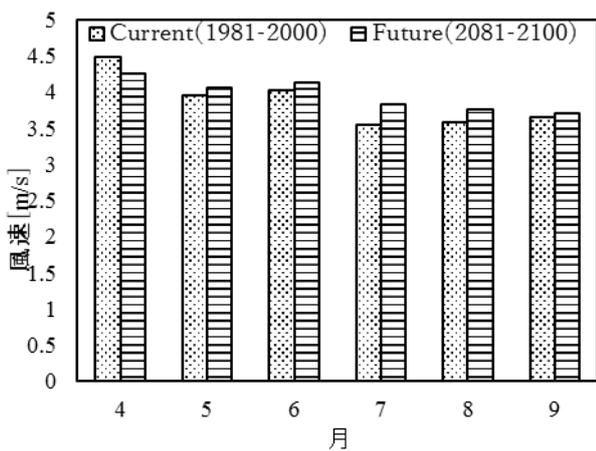


図-8 現況及び将来気候計算期間中の月平均風速

(2) コメ収量の計算結果

気象計算の結果を基にDSSATによって計算された現況及び将来のコメ収量を、図-9に示す。収量は、20年の期間平均で現況が676.6kg/10a、将来が631.3kg/10aとなり、将来の期間平均の方が45.3kg/10aの減少が見られた。考えられる原因として、日射量が減少していることが成長を抑制しているということが主に考えられる。

(3) 適応策の検討

DSSATでは作物マネジメントデータを変更させることができるため、将来の気候変動に対する人為的な適応策の効果を推計することも期待できる。本研究では気象データの計算結果を受け、田植え時期を前倒しすることができるのではないかと考え、シミュレーションを行った。田植え日以外の条件は変えていない。またこのマネジメントが将来の気候条件で有効であるかどうかを確認するために現況においても田植え日を早めてシミュレーションを行った。その結果を表-2に示す。

温暖化を受け、将来の田植え日を1ヶ月早めることで、収量が増加し、現況よりも減少するはずだった収量が現況よりも増加する結果となった。

なお、現況の田植え日を1ヶ月早めたところ、収量は減少した。このことより、田植え日を早めることは気候変動後において適応策として有効であるということもわかった。

5. 結論

本研究では長期的な気候変動とコメ収量の変動を受け、今後も続くであろうと考えられる気候変動に対して、コメ収量がどのような影響を受けるかを推計することを目的とし、DSSATを用いWRFによる現況及び将来の気象

データを入力することでコメ収量のシミュレーションを行い、その変化と要因を考察した。またマネジメントの変更により適応策の効果を推計できる可能性を見出すことができた。

本研究では気候変動による影響を見ることはできるが、本研究は将来の正確なコメ収量の推定ではないため、複数の気候変動シナリオに基づくコメ収量変化の推定を行い、各気象要因に対する考察が必要である。

また、DSSATモデルにおいてもまだ考慮できていないパラメータが存在し、今後正確な推計のために精度の向上が必要である。

DSSATは気候変動の影響のみではなく、様々なマネジメントを考慮することができるので、様々な気候変動の影響を推計し、それぞれに最適な適応策を提案するなど、多局面での使用が見込まれるため、さらなる検討が必要である。

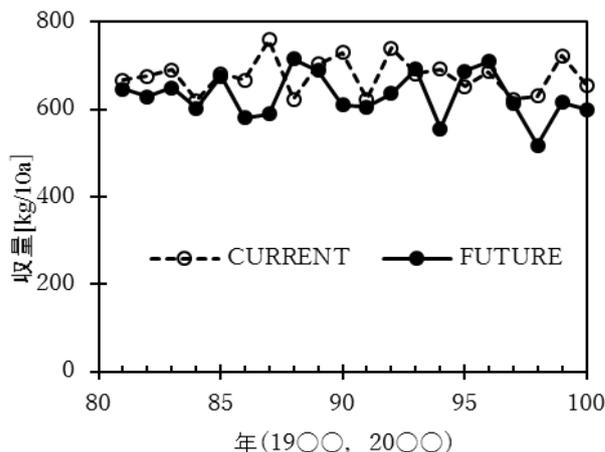


図-9 現況及び将来のコメ収量推移

表-2 田植え日と収量の関係

田植え日	5/10	→	4/10
収量[kg/10a] (20年平均)			
現況	676.6	→	552.2
将来	631.3	→	704.4

参考文献

- 1) 気象庁：日本の年平均気温・各種データ・資料（オンライン）。
http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn.html
- 2) 農林水産省：作況調査長期累年統計表一覧（オンライン）。
http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_kome/
- 3) IPCC, 第5次報告書第1作業部会報告書政策決定者向け要約, 2013.

- 4) 農林水産省, 平成 27 年産水陸稲の収穫量 (pdf)
- 5) William C. Skamarock, Joseph B. Klemp, Jimmy Dudhia, David O. Gill, Dale M. Barker, Michael G. Duda, Xiang-Yu Huang, Wei Wang, Jordan G. Powers : A Description of the Advanced Research WRF Version 3, NCAR Technical Note, NCAR/TN-475+STR., 2009.
- 6) J.W. Jones, G. Hoogenboom, C.H. Porter, K.J. Boote, W.D. Batchelor, L.A. Hunt, P.W. Wilkens, U. Singh, A.J. Gijssman, J.T. Ritchie : The DSSAT cropping system model, European Journal of Agronomy, pp.235-265, 2003.
- 7) Peter R. Gent¹, Gokhan Danabasoglu¹, Leo J. Donner², Marika M. Holland, Elizabeth C. Hunke, Steve R. Jayne, David M. Lawrence, Richard B. Neale¹, Philip J. Rasch, Mariana Vertenstein, Patrick H. Worley, Zong-Liang Yang, and Minghua Zhang : The Community Climate System Model Version 4, Journal of Climate, Vol.24, pp.4973-4991, 2011.
- 8) 気象庁観測部観測課統計室 : 地上気象観測統計値

(2017.8.25 受付)

ESTIMATING CLIMATE CHANGE IMPACTS ON RICE YIELD BY USING DSSAT MODEL IN HYOGO PREFECTURE

Kazuki YANAGISAWA, Masahiro GODA, Hikari SHIMADERA, Tomohito
MATSUO and Akira KONDO

There is increasing concern about the inverse effect of climate change on the yield of agricultural crops. In this study, we estimated the changes in rice yield due to climate change by applying climate data to the crop yield model in Hyogo prefecture that has one of the largest rice yields in western Japan.

Current (1981 - 2000) and future (2081 - 2100) climate data were produced by using the Weather Research and Forecasting model (WRF) version3.5.1 with the output data of the Community Climate System Model version 4 (CCSM4). We used the Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) model to calculate the rice yield with the climate data. The future rice yield was decreased because of the decrease in solar radiation during the growing period.