

食料生産変動予測のための全球作物・気象データセット Global Datasets for Prediction of Variations in Global Food Production

飯泉仁之直*

Toshichika Iizumi

1. はじめに

近年、気候変化に伴い、我が国を含む世界各地で低温日の出現頻度が減少する一方、高温日の出現頻度が増加している (Frich et al., 2002)。また、例えば我が国では、年降水量に占める強い雨 (単位時間あたりに降る量が多い雨) の割合が増加傾向にある (Fujibe et al., 2005)。しかしながら、こうした極端な気象の出現頻度の変化と並行して、施肥効果をもたらす大気中の二酸化炭素濃度が上昇し、また、栽培技術の変化や品種改良が進んでいるため、観測された気候変化が作物の生育や収量に及ぼした影響は今のところ限定的にしか理解されていない (Iizumi et al., 2014b ; Sakurai et al., 2014)。

また、穀物の主要な生産地域は少数の国に集中している。加えて、人口増加と食料貿易のグローバル化により、多くの国が食料輸入への依存度を増す傾向にある。したがって、一度、干ばつなどにより輸出国において不作が起きると、供給に対する懸念から食料価格が上昇し、開発途上国の低所得層の栄養状態を悪化させるなどの問題が生じる。現在、国連食糧農業機関 (FAO) などが世界の食料需給の動向を、国単位、年単位で監視しているが、頻発する異常気象の影響を捉えるためには不十分である。例えば、気象予測情報を利用した、作付け前あるいは収穫前の収量変動予測システムは未だ確立していない。

こうした背景を踏まえて、(独) 農業環境技術研究所の食料生産変動予測リサーチプロジェクト (以下、食料 RP) では、我が国およびアジア地域を中心として、主要作物を対象に、気候変動に対する食料生産の脆弱性を評価する手法を開発している。開発された手法は、長期的な気候変化の収量影響評価に加えて、短期的な異常気象の影響評価にも適用可能であるため、季節スケールで短期気候変動予測 (季節予測) を用いた収量変動予測 (Iizumi et al., 2013a) にも適用が始まっている。本稿では、食料 RP における脆弱性評価や収量変動予測を支える基盤情報である全球作物・気象データベースについて、その概要を述べる。

2. 公開済みのデータベース

2.1. 全球作物収量データベース

これまで、世界を対象とする時系列の作物収量データは FAO の国別統計値に限られ、国レベルの過去の収量の時間変化を解析することはできても、国の中の収量の詳細な地理分布につい

*大気環境研究領域

Agro-Meteorology Division

インベントリー, 第12号, p11-14 (2014)

では情報がなかった。一方、収量の詳細な地理分布を記述したデータ (Monfreda et al.,2008) は 2000 年頃の平均値に限られ、時系列解析には使用できなかった。しかしながら、高解像度メッシュ化が進む気象データと対応させて過去の気候変化の収量影響を理解し、将来の食料生産の脆弱性を評価するためには、メッシュ化された収量データを過去数十年間について整備することが必要である。そこで、FAO の国別収量統計値と衛星観測から得られた作物別の植生指数、2000 年頃の収穫面積分布と栽培暦の情報を組み合わせて(図 1)、約 120km のメッシュごとに、主要 4 作物 (トウモロコシ、ダイズ、コメ、コムギ) について過去 25 年間 (1982—2006 年) の推定収量データを食料 RP で整備した (Iizumi et al., 2013b; (独) 農業環境技術研究所, 2014a)。

この全球作物収量データベースには、生育期間 (播種日から収穫日) の差異に由来する推定収量のばらつきについての情報が含まれている (図 2)。また、郡や県といった地方レベルでの統計収量値が得られている場合はその値も含まれている。これにより、利用者は推定収量データの信頼性を自身で評価し、推定収量データが行おうとする解析に妥当かどうかを自身で判断できる。

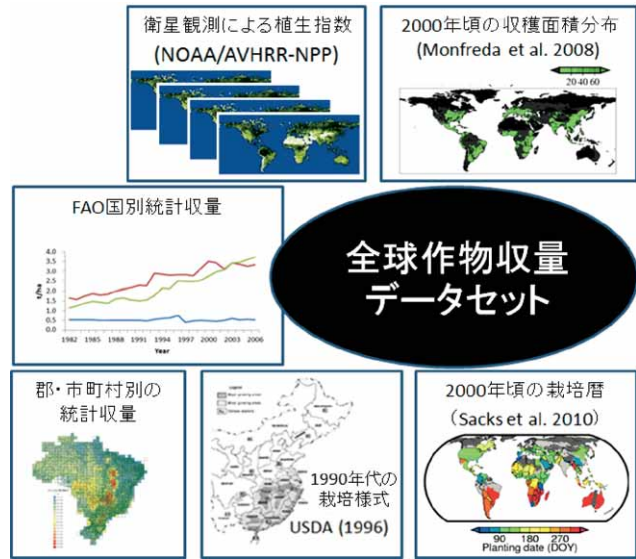


図 1：全球作物収量データセットの構築手法の概念図

2.2. 全球日別気象データベース

全球の陸域を対象とするメッシュ化された観測気象データベースは今のところ月別値に限られる。しかしながら、極端な気象とその収量影響を解析するためには、より時間解像度の高い日別値が必要である。気象庁・電力中央研究所などが公表している JRA-25

(25-year Japanese Reanalysis) と呼ばれる再解析値 (過去の大気や海洋の循環場・気温場などを、

GridCode	Long(deg.)	Lat(deg.)	Elev(m)	Harv(%)	SubNra(StatYld(T/ha))	ModelYld02_50(T/ha)	ModelYld05_02(T/ha)	ModelYld25_02(T/ha)	ModelYld50_02(T/ha)	ModelYld75_02(T/ha)	ModelYld85_02(T/ha)	ModelYld97_52(T/ha)
262-080	293.825	-22.991	2639.	0.001	-999.000	0.200	1.992	1.032	1.042	1.047	1.052	1.064
263-080	294.750	-22.991	2639.	0.047	-999.000	1.207	1.210	1.225	1.237	1.251	1.269	1.274
264-080	295.675	-22.991	1159.	0.014	-999.000	1.209	1.261	1.276	1.289	1.299	1.315	1.324
265-080	296.600	-22.991	725.	0.001	-999.000	1.213	1.225	1.236	1.245	1.255	1.265	1.244
266-080	296.125	-22.991	725.	0.003	-999.000	1.584	1.605	1.645	1.678	1.692	1.695	1.694
267-080	295.250	-22.991	115.	0.003	-999.000	1.599	1.910	1.943	1.951	1.962	1.999	1.999
268-080	300.375	-22.991	102.	0.001	-999.000	1.594	1.904	1.928	1.950	1.965	2.002	2.002
269-080	301.300	-22.991	92.	0.263	-999.000	1.530	1.636	1.650	1.657	1.672	1.695	1.704
270-080	302.625	-22.991	103.	1.697	-999.000	1.315	1.328	1.359	1.381	1.410	1.427	1.430
271-080	303.750	-22.991	263.	4.639	-999.000	2.031	1.808	1.823	1.890	1.895	1.912	2.009
272-080	304.675	-22.991	322.	2.774	-999.000	1.977	1.792	1.768	1.870	1.900	1.917	1.934
273-080	308.600	-22.991	840.	4.626	-999.000	1.676	1.702	1.793	1.812	1.828	1.842	1.842
274-080	307.125	-22.991	369.	16.733	-999.000	1.497	2.051	2.063	2.212	2.220	2.252	2.273
275-080	306.250	-22.991	447.	29.961	-999.000	1.892	2.428	2.465	2.540	2.565	2.579	2.609
276-080	309.375	-22.991	448.	12.308	-999.000	1.726	2.003	2.065	2.178	2.212	2.232	2.482
277-080	310.300	-22.991	609.	5.286	-999.000	1.624	2.437	2.477	2.581	2.600	2.535	2.518
278-080	311.825	-22.991	637.	3.547	-999.000	1.987	2.051	2.062	2.114	2.168	2.223	2.243
279-080	312.750	-22.991	679.	1.148	-999.000	1.942	1.534	1.568	1.583	1.598	1.619	1.622
280-080	315.675	-22.991	666.	0.839	-999.000	1.966	1.261	1.266	1.290	1.295	1.349	1.354
281-080	315.600	-22.991	612.	0.052	-999.000	1.427	0.721	0.799	0.834	0.855	0.902	0.920
282-080	316.125	-22.991	420.	0.013	-999.000	1.104	0.602	0.661	0.709	0.716	0.728	0.782

図 2：全球作物収量データベースのサンプル。列は左から、120km メッシュのグリッドコード、経度、緯度、標高、グリッドセルに占める収穫面積割合、地域レベルの収量統計値、推定収量 (2.5、5、25、50、75、95、97.5 パーセンタイル値) を示す。なお、-999.000 は欠測値である。

当時の観測データと最新の数値予報モデルを使ってコンピュータで再現したもの)は全球の日別気象データだが、数値予報モデルによる系統的な誤差があり、そのままでは作物モデルの入力値などに利用できない。そこで、再解析値を月別観測値で補正して誤差を除去(バイアス補正)した日別値を、食料 RP で作成した(Iizumi et al., 2014a; (独)農業環境技術研究所, 2014b)。

世界の陸域について、過去 50 年間(1961—2010 年)の日別気象データベースを約 120km のメッシュごとに整備した。作物の生長と収量をシミュレートする作物モデルの入力値として必要な日最高・最低・平均気温、降水量、日射量、相対湿度、水蒸気圧、風速の 8 気象要素をそれぞれのメッシュで収録している。なお、メッシュの大きさと位置は全球作物収量データベースと完全に一致しており、作物収量と気象条件の関係について時系列解析しやすいように配慮されている。

表 1：GRASP 全球日別気象データベースの特徴

データが利用可能な地域	全球の陸域グリッド
空間解像度	1.125° (約 120km)
データが利用可能な期間	1961—2010 年
時間解像度	日別
気象要素 (単位)	日最高・最低・平均気温 (°C) 降水量 (mm d ⁻¹) 日射量 (MJ m ⁻² d ⁻¹) 相対湿度 (%) 水蒸気圧 (hPa) 地上風速 (m s ⁻¹)

3. 今後の課題

作物収量データベースについては継続的に更新することが求められる。詳細な地理分布とその時間変化を解析することができる全球作物収量データベースは今のところ世界で 2 例しかない。一つは米国・ミネソタ大学の研究グループが開発したデータベースだが、これは各国の地方レベルの統計収量値にのみ基づいている (Ray et al. 2012)。一方、本データベースは FAO の国別統計収量と衛星由来の植生指数に基づく推定収量である。このため、収量推定の不確実性はあるものの、Ray et al (2012) に比べて、更新に要する負担が相対的に少ないという利点がある。この利点を活かし、定期的に更新することで、本データベースの価値をさらに高めることができると期待される。

また、作物データベースの収録変数を増やすことが重要である。播種日(コメなどの場合は移植日)と収穫日、それらから決まる生育期間といった栽培暦は気象条件と作物収量との関係を解析するうえで鍵となる情報である。全球の栽培暦データベースは今のところ 2000 年頃の平均値しかない (Sacks et al. 2010)。しかしながら、過去数十年の間に世界のいくつかの地域では播種日や生育期間が変化したことが報告されており (Kucharik., 2006)、既存のデータベースでは不十分である。脆弱性評価や収量変動予測をさらに高度化するうえで、将来的には、さらに灌漑と肥料の投入量や投入時期、栽培様式などについてもデータベースの整備が必要となろう。

引用文献

- 1) Frich, P., L.V. Alexander, P. Della-Marta, B. Gleason, M. Haylock, A.M.G. Klein Tank and T. Peterson (2002) Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climate Research*, 19, 193–212.
- 2) Fujibe, F., N. Yamazaki, M. Katsuyama and K. Kobayashi (2005) The increasing trend of intense precipitation in Japan based on four-hourly data for a hundred years. *SOLA*, 1, 41-44.

- 3) Iizumi, T., H. Sakuma, M. Yokozawa, J.-J. Luo, A. J. Challinor, M. E. Brown, G. Sakurai, and T. Yamagata (2013a) Prediction of seasonal climate-induced variations in global food production. *Nature Climate Change*, 3, 904–908.
- 4) Iizumi, T., M. Yokozawa, G. Sakurai, M.I. Travasso, V. Romanenkov, P. Oettli, T. Newby, Y. Ishigooka and J. Furuya (2013b) Historical changes in global yields: major cereal and legume crops from 1982 to 2006. *Global Ecology and Biogeography*, 23, 346–357.
- 5) Iizumi, T., M. Okada and M. Yokozawa (2014a) A meteorological forcing data set for global crop modeling: Development, evaluation, and intercomparison. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119, 363–384.
- 6) Iizumi, T. G. Sakurai and M. Yokozawa (2014b) Contributions of historical changes in sowing date and climate to U.S. maize yield trend: An evaluation using large-area crop modeling and data assimilation. *Journal of Agricultural Meteorology*, 70, 73-90.
- 7) Kucharik, C.J. (2006) A multidecadal trend of earlier corn planting in the central USA. *Agronomy Journal*, 98, 1544-1550.
- 8) Monfreda, C., N. Ramankutty and J.A. Foley (2008) Farming the planet: 2. Geographic distribution of crop areas, yields, physiological types, and net primary production in the year 2000. *Global Biogeochemical Cycles*, 22, GB1022, doi:10.1029/2007GB002947.
- 9) Ray, D.K., N. Ramankutty, N.D. Mueller, P.C West and J.A. Foley (2012) Recent patterns of crop yield growth and stagnation. *Nature Communications*, 3, Article number: 1293, doi: 10.1038/ncomms2296.
- 10) Sacks, W.J., D. Deryng, J.A. Foley, and N. Ramankutty (2010). Crop planting dates: an analysis of global patterns. *Global Ecology and Biogeography*, 19, 607-620.
- 11) Sakurai, G., T. Iizumi, M. Nishimori and M. Yokozawa (2014) How much has the increase in atmospheric CO₂ directly affected past soybean production? *Scientific Reports*, 4, Article number: 4978, doi:10.1038/srep04978.
- 12) 独立行政法人農業環境技術研究所 (2014a) 「世界の主要生産地域における過去 25 年間の主要作物の推定収量データベース (全球作物収量データベース)」、『平成 25 年度研究成果情報 (第 30 集)』, 30-31.
- 13) 独立行政法人農業環境技術研究所 (2014b) 「世界の食料生産予測に利用できる過去 50 年間の全球日別気象データベース (GRASP)」、『平成 25 年度研究成果情報 (第 30 集)』, 32-33.

全球作物収量データベースおよび全球日別気象データベースの一部は、環境省地球環境研究総合推進費「気候変動リスク管理に向けた土地・水・生態系の最適利用戦略」による成果です。

問い合わせ先

大気環境研究領域 飯泉 仁之直

電話 : 029-838-8236, e-mail : iizumit@affrc.go.jp