

## 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リゼーションにより、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。

## 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、

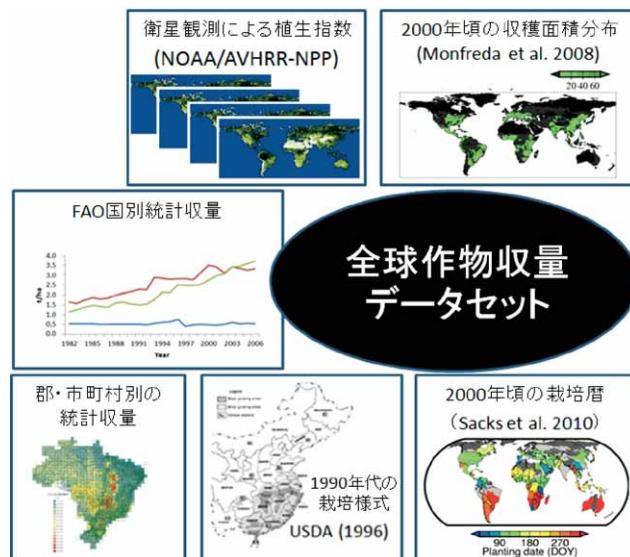


図1：全球作物収量データセットの構築手法の概念図

GridCode	Longitude	Latitude	Elev(m)	Prec(%)	SUMRainfall(mm)	SumTemp(°C)	ModYield2.5(%)	ModYield5(%)	ModYield25(%)	ModYield50(%)	ModYield75(%)	ModYield95(%)	ModYield2.5(%)	ModYield5(%)	ModYield25(%)	ModYield50(%)	ModYield75(%)	ModYield95(%)
262-069	233.625	-22.391	3912.	0.001	-999.000	0.390	0.982	1.037	1.042	1.047	1.052	1.052	1.052	1.052	1.052	1.052	1.052	
263-069	234.125	-22.391	2058.	0.017	-999.000	0.407	1.247	1.256	1.259	1.261	1.261	1.261	1.261	1.261	1.261	1.261	1.261	
264-069	234.625	-22.391	1105.	0.014	-999.000	1.209	1.222	1.231	1.231	1.231	1.236	1.236	1.236	1.236	1.236	1.236	1.236	
265-069	237.125	-22.391	275.	0.001	-999.000	1.213	1.228	1.276	1.295	1.309	1.335	1.335	1.335	1.335	1.335	1.335	1.335	
266-069	238.125	-22.391	173.	0.008	-999.000	1.284	1.307	1.848	1.862	1.878	1.898	1.898	1.898	1.898	1.898	1.898	1.898	
267-069	238.625	-22.391	115.	0.003	-999.000	1.269	1.270	1.310	1.313	1.316	1.329	1.329	1.329	1.329	1.329	1.329	1.329	
268-069	300.375	-22.391	102.	0.001	-999.000	1.894	1.904	1.928	1.950	1.965	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	1.989	
269-069	301.500	-22.391	92.	0.383	-999.000	1.839	1.838	1.860	1.867	1.873	1.885	1.885	1.885	1.885	1.885	1.885	1.885	
270-069	302.625	-22.391	108.	1.007	-999.000	1.115	1.123	1.130	1.141	1.146	1.151	1.151	1.151	1.151	1.151	1.151	1.151	
271-069	303.750	-22.391	283.	4.808	2.031	1.808	1.823	1.880	1.885	1.890	1.912	1.912	1.912	1.912	1.912	1.912	1.912	
272-069	304.875	-22.391	322.	2.774	1.977	1.792	1.799	1.870	1.900	1.917	1.931	1.931	1.931	1.931	1.931	1.931	1.931	
273-069	305.000	-22.391	368.	4.006	1.076	1.076	1.076	1.127	1.133	1.137	1.138	1.138	1.138	1.138	1.138	1.138	1.138	
274-069	307.125	-22.391	168.	18.733	1.497	2.051	2.063	2.172	2.212	2.233	2.262	2.262	2.262	2.262	2.262	2.262	2.262	
275-069	308.250	-22.391	447.	23.081	1.852	2.429	2.455	2.540	2.565	2.579	2.630	2.630	2.630	2.630	2.630	2.630	2.630	
276-069	309.375	-22.391	148.	14.308	1.736	2.038	2.057	2.178	2.227	2.232	2.232	2.232	2.232	2.232	2.232	2.232	2.232	
277-069	310.500	-22.391	608.	5.968	1.924	2.431	2.477	2.531	2.600	2.653	2.755	2.755	2.755	2.755	2.755	2.755	2.755	
278-069	311.625	-22.391	3.347	1.897	2.051	2.062	2.114	2.144	2.168	2.188	2.223	2.223	2.223	2.223	2.223	2.223	2.223	
279-069	312.750	-22.391	679.	1.146	1.942	1.534	1.538	1.556	1.583	1.588	1.619	1.619	1.619	1.619	1.619	1.619	1.619	
280-069	313.875	-22.391	893.	0.058	1.396	1.253	1.255	1.269	1.275	1.288	1.304	1.304	1.304	1.304	1.304	1.304	1.304	
281-069	315.000	-22.391	612.	0.052	1.427	0.721	0.769	0.834	0.844	0.855	0.902	0.902	0.902	0.902	0.902	0.902	0.902	
282-069	316.125	-22.391	420.	0.013	1.104	0.602	0.661	0.709	0.716	0.723	0.760	0.760	0.760	0.760	0.760	0.760	0.760	

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。

### 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 CO<sub>2</sub> 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