

山崎 大

東京大学生産技術研究所

陸域水循環プロセスのほとんどは地形と関連があり、各プロセスを理解して数値モデルを構築するには地形・地質・表面流向などの「水文地理データ」が必要となる。とりわけ斜面水文過程や河川氾濫原の水動態などは比較的小さなスケールの地形に規定され、高精度かつ高解像度の水文地理データが求められる。プロセスを適切に記述できる数式が提案されても、その数式中の地形や地質といったパラメータを同定できなければ、現実世界の水循環を数値モデルで再現できない。例えば著者が開発した全球河川モデルでも、格子サイズ(10~100km)より小さなサブグリッドスケールの河道や氾濫原を表現するため、解像度3秒(約90m)の標高・表面流向・水域データを使用している。

欧米諸国や日本などの一部地域では航空機測量や密な現地調査に基づいた高精細な水文地形データが整備されている一方で、地球上のほとんどの地域では衛星観測に基づく水文地形データが唯一の情報源である場合が多い。我が国の場合は「基盤地図情報」や「国土数値情報」が整備され、国内の事例研究では地形や地理データが制約となることは多くない。しかし、多くの国では最も基礎的な地理情報といえる標高データですら十分に整備されていないことが多々ある。衛星観測による水文地形データは地球全体をカバーすることから現地機関による地理データが整備されていない地域で特に有用だが、一方で多種多様の誤差や制約が含まれており陸域水循環研究に適用するには精度が不十分である場合が多い。

陸域水循環研究の基盤情報となる地形データの誤差は、データ分析やモデル実験に影響を及ぼし、そのため解析結果に不確実性を与えることになる。近年、気候変動研究などでは、不確実性を考慮した影響評価や政策提言手法などが盛んに議論されている。しかし、データ解析やモデル実験に含まれる不確実性を低減できる可能性があるならば、そこに研究エフォートを割いてより正確な情報を提供するように努めることも、科学者らが行うべき重要な仕事である。

幸いにも、計算機能力が大幅に進歩し、またオープンデータの流れが加速したことで、ここ数年で高精度かつ高解像度の水文地理データを全球規模で整備する環境が整ってきた。以下では、著者が取組んできた標高データ・水域データ・河道網データの開発状況を中心に、近年の水文地理データの研究開発およびその応用について説明する。

世界の穀物生産の異常天候対応と気候変動適応に資するデータとモデル

飯泉 仁之直 (いいずみ としちか)

農研機構 農業環境変動研究センター

人口増加と新興国の経済発展により、世界の食料需要は 2050 年には 2016 年の約 1.6 倍に達すると見込まれる。一方、温室効果ガスの排出削減などを考えると栽培面積の大幅な拡大は難しく、主に収量（単位面積あたり生産量）の増加を通じて、増大する食料需要に対応することが求められる。また、異常天候への対応と気候変動（温暖化）への適応を進めることにより、短・長期の食料供給の変化に対処する社会の能力を高めることが重要である。農業研究はこうした課題の解決に資することが求められている。本講演では、農研機構が近年、公表したいくつかの研究成果とその基盤となったデータとモデルについて紹介する。

1) 食料生産の将来予測：世界の穀物収量の将来変化について、温暖化の影響に加えて、経済発展に伴う既存の増収技術の開発途上国への普及や、播種期の移動などの簡易な対策技術の導入を考慮した、新たな予測を行った。この予測を可能にするために、作物の生理・生態的な生育過程に加えて、技術の開発・普及に関わる社会経済変数を陽に組み込んだ全球作物モデル CYGMA を新たに開発した。モデルによる予測の結果、トウモロコシとダイズは今世紀末までの気温上昇が 1.8°C 未満でも、また、コメとコムギは気温上昇が 3.2°C を超えると収量増加が停滞し始めると示唆された (Iizumi et al., 2017)。

2) 温暖化によるこれまでの生産被害額の推定：将来、温暖化が進行しても穀物収量を継続的に増加させていくためには、温暖化に適応する技術の開発・普及が重要である。多くの開発途上国は人口増加が著しく、温暖化の悪影響が大きいと予測される低緯度地域に位置するため、開発途上国での適応技術の普及は急務である。そのため、実際に技術導入に必要な資金を先進国や国際機関が開発途上国などに提供する際には、これまでの温暖化影響や将来見通しについて科学的な根拠が必要となる。そこで、温暖化が主要穀物の過去 30 年間（1981～2010 年）の平均収量に与えた影響を、世界全体について評価した。この評価には、全球作物モデル CYGMA への入力気象データとして、地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース (d4PDF) の過去実験と非温暖化実験結果をバイアス補正したものを利用した。その結果、温暖化によりトウモロコシ、コムギ、ダイズの世界平均収量がそれぞれ 4.1%、1.8%、4.5% 低下し、温暖化による被害額は 3 つの穀物の合計で年間 424 億ドルに上ると見積もられた (Iizumi et al., 2018a)。

3) 全球収量変動予測サービス：近年、多くの国で穀物の輸入量が増加しており、輸出国での不作や、それに伴う国際市場価格の上昇が、食糧輸入国、特に開発途上地域で食糧を確保する上で大きなリスクとなっている。異常天候に起因する食糧状況の悪化に対し、国内の備蓄量の積み増しなどの対応を迅速に行うためには、自国のみならず関係諸国の穀物収量を事前に予測することが重要である。こうした予測情報は、異常天候への対応だけでなく、温暖化に適応するうえでも有用である。農研機構では、全球グリッド作物収量データ (Iizumi et al., 2014, 2018b) と複数の気象機関が作成する季節予報データを利用することにより、トウモロコシ、ダイズ、コメ、コムギの収量を、前年からの変動という形で、世界の収穫面積の約 1/3 で収穫 3 ヶ月前に予測できることを示した。また、オーストラリア (コムギ) など日本の輸入先を含む世界の生産国の約 1/4 で、国平均収量の変動予測も可能になった (Iizumi et al., 2018c)。現在、農研機構では APEC Climate Center での実運用を目的に、この手法を用いた全球収量変動予測サービスの試験運用のための準備を進めている。

引用文献

- Iizumi, T., Yokozawa, M., Sakurai, G., Travasso, M. I., Romanenkov, V., Oettli, P., Newby, T., Ishigooka, Y., Furuya, J. (2014) Historical changes in global yields. *Global Ecology and Biogeography*, 23, 346-357, doi:10.1111/geb.12120.
- Iizumi, T., Furuya, J., Shen, Z., Kim, W., Okada, M., Fujimori, S., Hasegawa, T., Nishimori, M. (2017) Responses of crop yield growth to global temperature and socioeconomic changes. *Scientific Reports*, 7, 7800, <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08214-4>.
- Iizumi, T., Shiogama, H., Imada, Y., Hanasaki, N., Takikawa, H., Nishimori, M. (2018a) Crop production losses associated with anthropogenic climate change for 1981–2010 compared with preindustrial levels. *International Journal of Climatology*, 38, 5405–5417, <https://doi.org/10.1002/joc.5818>.
- Iizumi, T., Kotoku, M., Kim, W., West, P. C., Gerber, J. S., Brown, M. E. (2018b) Uncertainties of potentials and recent changes in global yields of major crops resulting from census- and satellite-based yield datasets at multiple resolutions. *PLoS ONE* 13(9), e0203809, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203809>.
- Iizumi, T., Shin, Y., Kim, W., Kim, M., Choi, J. (2018c) Global crop yield forecasting using seasonal climate information from a multi-model ensemble. *Climate Services*, 11, 13-23, <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2018.06.003>.