

エルニーニョ現象およびラニーニャ現象と世界の作物収量変動

農研機構 農業環境変動研究センター

飯泉 仁之直 (いづみ としちか)

はじめに

昨年末をピークとするエルニーニョ現象が、世界各地で深刻な異常気象をもたらし、農業生産に大きな影響を与えている。そこで、エルニーニョ現象とラニーニャ現象が作物収量に与える影響を世界規模で、かつ複数の作物について調べた初めての研究である IZUMI et al. (2014) とその波及効果について紹介し、今後の研究の方向性について述べる。

I エルニーニョ現象・ラニーニャ現象

エルニーニョ現象とは、太平洋東部の赤道付近の海面水温が平年より高い状態が1年程度続く現象である。逆に、ラニーニャ現象は、平年より海面水温が低い状態が続く現象を指す。エルニーニョ現象やラニーニャ現象が発生すると、世界各地の気温や降水量、ひいては作物の収量(単位面積当たりの生産量)に影響を与えることが知られている。例えば、オーストラリアでは、エルニーニョ現象が発生すると、降水量が平年を下回ることによりコムギ収量が顕著に低下することが知られており、干ばつをもたらす機構を解明する研究に加えて、早期警戒に向けた研究も行われている。また、エルニーニョ現象が発生するとインドネシアのコメ主要生産地域であるジャワ島でも降水量が平年を下回る傾向があり、天水に依存する雨期作のコメの播種面積が減少し、生産量が減少することが報告されている。

II 世界・複数作物を対象とするエルニーニョ・ラニーニャ収量影響研究の意義

こうした世界の特定地域とその地域の主要作物を対象としたエルニーニョ収量影響の研究例は多い。しかしながら、エルニーニョ現象とラニーニャ現象が作物収量に及ぼす影響を、全世界を対象に複数の作物について調べた研究は、2014年5月に執筆者らの成果(IZUMI et al., 2014)が『Nature Communications』誌に発表されるまでなかった。

世界を対象とする研究がこれまでになかった理由は、おそらく、作物収量についての統計データが各国で個別に整備され、全世界を一度に解析可能な全球作物収量データベースが最近まで開発されなかったためだろう。それにしても、なぜ、世界の複数の地域および複数の作物について影響を調べることが重要なのか?理由の一つは、近年、発展途上国を含む多くの国で穀物の輸入量が増加しており、自国の作物生産変動だけでなく、主要輸出国における作物生産変動によっても社会的な影響が生じるようになったためである。新興国の経済発展やバイオ燃料需要の増加に伴い、世界の穀物需給は逼迫傾向にあり、2000年代の半ば以降、国際市場の穀物価格は大きく上昇した。2012年以降、穀物価格は低下し始めたが、2016年2月現在、なお2000年代前半より高い状態にある。この価格高騰は、発展途上国の農村部で農業収入が増えるなどプラスの影響も若干あったが、都市部の貧困層の栄養状態の悪化や市民の暴動を引き起こすなどマイナスの影響をもたらした。もう一つの理由は、作物によってエルニーニョ現象やラニーニャ現象の収量への影響が異なるためである。例えば、世界的にはトウモロコシとダイズはいずれも飼料に使用される。このため、エルニーニョ現象の発生時に、飼料の実需者はトウモロコシ

からダイズに飼料の切替えを検討できる可能性がある。

III エルニーニョ現象・ラニーニャ現象が作物収量に与える影響

1 解析手法の概要

主要作物（トウモロコシ、コメ、コムギ、ダイズ）について、約 120 km メッシュごとにほぼ全世界の収量が把握できる農業環境技術研究所（4月1日より、農研機構 農業環境変動研究センターに改組・改称）の全球作物収量データベース（飯泉, 2014）と米国立海洋大気庁が公開しているエルニーニョ指標データを用いて、過去 25 年間（1982～2006 年）に発生したエルニーニョ現象とラニーニャ現象のそれぞれの平均的な収量影響を推計した。収穫前 3 か月平均のエルニーニョ監視海域の海面水温が平年より 0.5℃ 以上高い年をエルニーニョ年、平年より 0.5℃ 以上低い年をラニーニャ年、いずれでもない年を通常年とし、メッシュ別、作物別に対象期間中の各年を上記のいずれかに区分した。エルニーニョ年に該当した 7 年の平均収量と通常年に該当した 8 年の平均収量との差を、その統計的な有意性を考慮してマップに示した。ラニーニャ年に該当した 6 年と通常年との差についても同様である。なお、平年収量の計算に 5 年移動平均を用いたため、任意のメッシュ、作物における収量データの標本数は 25 ではなく、21 となる。

2 エルニーニョ収量影響

図-1 に示すように、エルニーニョ年には、通常年と比べて統計的に有意な（危険率 10% の t 検定）収量の低下と増加が広範な地域で見られた。トウモロコシ収量は米国やメキシコ、中国などで低下し、ブラジルやアルゼンチンで増加した。ただし、米国のコーンベルトでは、いずれも有意でないものの、収量の増加と低下の両方が見られた。ダイズ収量は米国とブラジル、アルゼンチンで増加し、インドで低下した。中国ではダイズ収量が増加する地域と低下する地域の両方が見られた。コメは中国南部で収量が低下した。コムギはオーストラリアやメキシコ等で収量が低下し、ロシアやウクライナで増加した。

3 ラニーニャ収量影響

一方、図-2 に示すように、ラニーニャ年に収量がありに低下または増加する地域はエルニーニョ年よりも限定的だが、トウモロコシとコムギでは世界の収穫面積の 10% 以上の地域、コメについては世界の収穫面積の 7% の地域で有意な収量低下が見られた。トウモロコシは特に米国やアルゼンチン、メキシコで収量が低下し、コメは中国南部で収量が低下した。ただし、エルニーニョ影響と同様に、米国のコーンベルトではトウモロコシ収量の低下は有意ではなかった。コムギはオーストラリアの北東部や中央アジア、メキシコで収量が低下した。ダイ

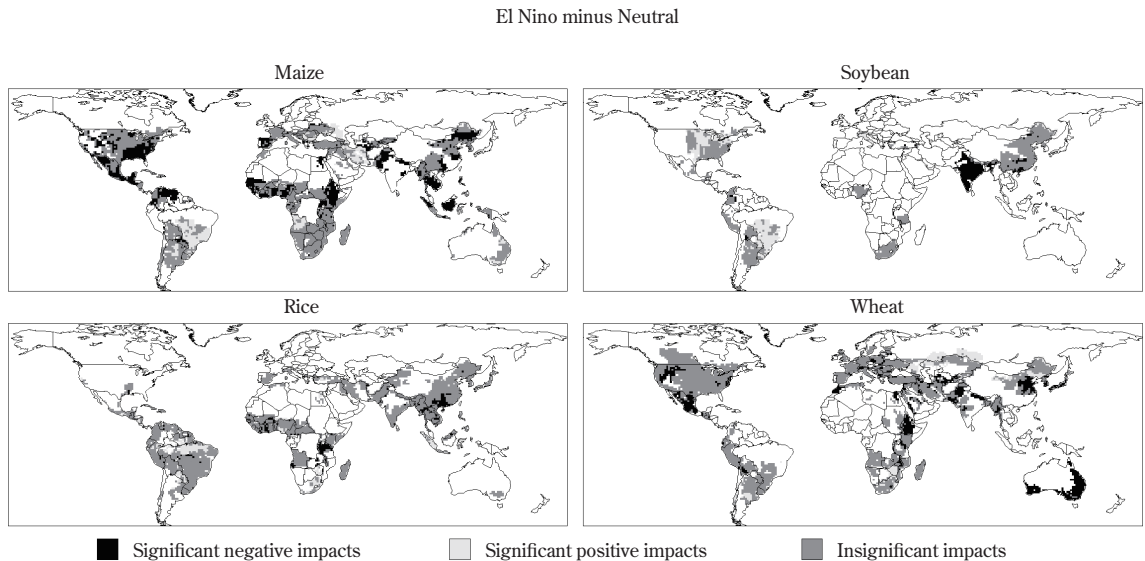


図-1 通常年と比較した場合のエルニーニョ年の平均の作物収量の変動

エルニーニョ年と通常年の収量データを比較して、黒はエルニーニョ年の収量が統計的に有意に（10%危険率での t 検定に基づく）低下した地域。薄い灰色はエルニーニョ年の収量が有意に増加した地域。濃い灰色は通常年よりエルニーニョ年の収量が高い、あるいは低い傾向があるが、有意な差ではない地域。白は非栽培地域か、データがない地域。

La Nina minus Neutral

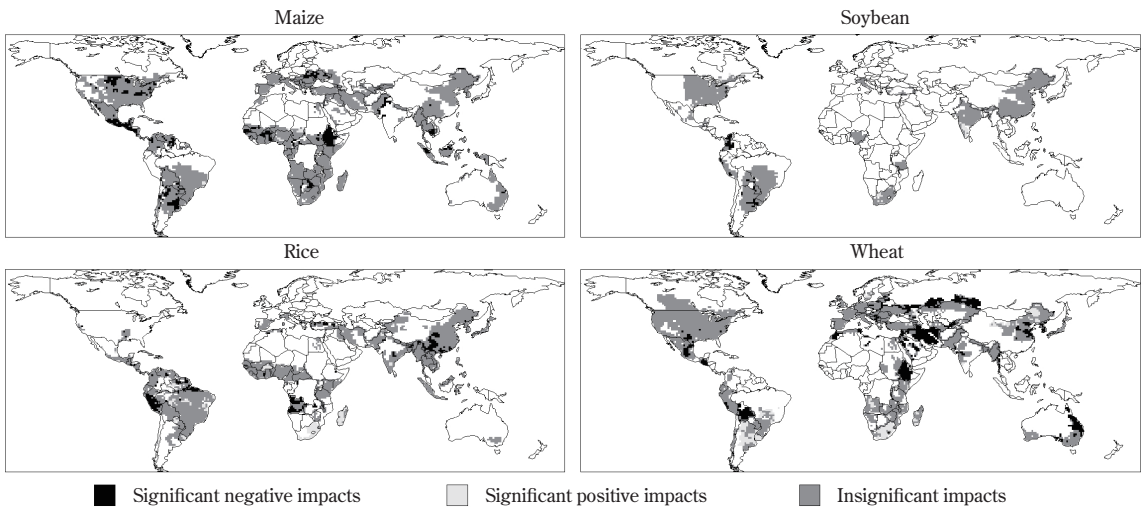


図-2 通常年と比較した場合のラニーニャ年の平均の作物収量の変動

ラニーニャ年と通常年の収量データを比較して、黒はラニーニャ年の収量が統計的に有意に（10%危険率でのt検定に基づく）低下した地域。薄い灰色はラニーニャ年の収量が有意に増加した地域。濃い灰色は通常年よりラニーニャ年の収量が高い、あるいは低い傾向があるが、有意な差ではない地域。白は非栽培地域か、データがない地域。

ズについては顕著なラニーニャ影響がある地域はほとんど見られなかった。

4 収量影響のエルニーニョ現象・ラニーニャ現象間の差異および作物間の差異

オーストラリア北東部ではエルニーニョ年とラニーニャ年のいずれでもコムギ収量が低下したが、インドのダイズはエルニーニョ年には収量が低下したのに対してラニーニャ年には有意な影響は見られなかった。このように、特定の地域・作物に対するエルニーニョ影響とラニーニャ影響は必ずしも対称ではない。加えて、エルニーニョ年には米国の広範な地域でトウモロコシ収量は低下したが、ダイズ収量は有意に増加した。すなわち、同じ地域であっても作物によってエルニーニョ影響（やラニーニャ影響）が異なる場合があった。栽培時期や栽培技術の違いなどによると考えられているが、理由はまだよくわかっていない。

図は割愛するが、地上気温と土壌水分量について同様の解析を行った結果、エルニーニョ年やラニーニャ年に、収穫前3か月平均の土壌水分量と気温が平年より乾燥・温暖になった場合に収量が低下する傾向があることがわかった。ただし、その場合でも、灌漑面積割合が高い地域では、有意な収量低下はあまり見られなかった。また、研究例が見つかった世界10か国について上記の結果を先行研究と比較した結果、エルニーニョ年やラニ

ニーニャ年に収量が低下するか、増加するかといった変化傾向についてはおおむね一致した。結果に齟齬が見られた場合でも、解析期間や収量データの空間解像度（本解析は約120 kmメッシュだが、先行研究は例えば、郡別や県別）の違いが主な理由と考えられた。

IV 今後の課題

課題もある。例えば、「強い」エルニーニョ現象の方が「弱い」エルニーニョ現象よりも収量への影響が大きいかというと、それはまだよくわかっていない。エルニーニョ現象やラニーニャ現象の強弱は、一般にはNINO.3領域などのエルニーニョ監視海域における海面水温の平年からのずれ（偏差）の大ききで定義される。例えば、気象庁によれば、2014年夏に発生したエルニーニョ現象は、監視海域の海面水温偏差が2015年12月に+3.0℃となり、1997年11月の+3.6℃と1982年12月の+3.3℃に次ぐ強いエルニーニョ現象となった*。一方、強いラニーニャ現象については、例えば、1988年6月に海面水温偏差が-2℃となった事例が挙げられる。複数あるエルニーニョ指標のどれを用いるかにもよるが、米国立海洋大気庁のデータを用いた場合、全球作

* <http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/data/elnino/houdou/pdf/elnino201601.pdf>

物収量データベースが利用できる過去 25 年間に発生したエルニーニョ現象は 7 回であり、この限られた標本数から強いエルニーニョ現象と弱いエルニーニョ現象の収量影響の差異を検出することは今のところ困難である。

また、人為起源の気候変動により、1950 年以降、エルニーニョ監視海域では海面水温の顕著な上昇が観測されている。しかしながら、こうした海洋の長期変化がエルニーニョ現象やラニーニャ現象の作物収量への影響をどのように変調させるかは不明である。将来を予測するためには過去を理解する必要がある、エルニーニョ現象およびラニーニャ現象に伴う収量変動を予測するためには、今後、過去の事例について理解を深めることが必要である。

おわりに—食料生産変動予測に向けて

エルニーニョ現象とラニーニャ現象の発生・終息を数か月前に精度よく予測することは既に可能であり、気象庁を含め、世界の多くの気象機関からエルニーニョ予報が提供されている。今回、紹介した知見とこうした予報を組合せて食料生産変動の予測に役立てたいと考える人は多い。事実、2015 年のエルニーニョ現象が世界の食

料生産に及ぼす影響の見通しについて国連世界食糧計画や世界銀行、国際通貨基金等がそれぞれ報告書を刊行したが、それらの中では今回の知見が利用されている。また、これらに先駆けて、「<寄稿> 2014 年のエルニーニョ発生による世界の穀物収量への影響の見通し」が農林水産省の『海外食料需給レポート (Monthly Report) 2014 年 7 月**』の中で報告された。これは、筆者の知る限り、食料機関の公式報告書の中にエルニーニョ予報に基づく収量変動予測情報が用いられた初めての例である。今回の知見は、過去 25 年間におけるエルニーニョ現象やラニーニャ現象の平均的な収量影響についてのものであったが、食糧機関や市場関係者に相当の波及効果があった。収量変動についてより定量的な予測情報を定期的に提供できれば、憶測による穀物価格の乱高下を抑制することに寄与すると期待される。収量変動予測システムの開発など、今後、そのための研究・開発が重要である。

引用文献

- 1) IZUMI, T. et al. (2014) : Nature Commun. 5 : 3712.
- 2) 飯泉仁之直 (2014) : インベントリー 12 : 11 ~ 14.

** http://www.maff.go.jp/j/zyukyu/jki/j_rep/monthly/201407/201407.html (2016 年 2 月 8 日確認)