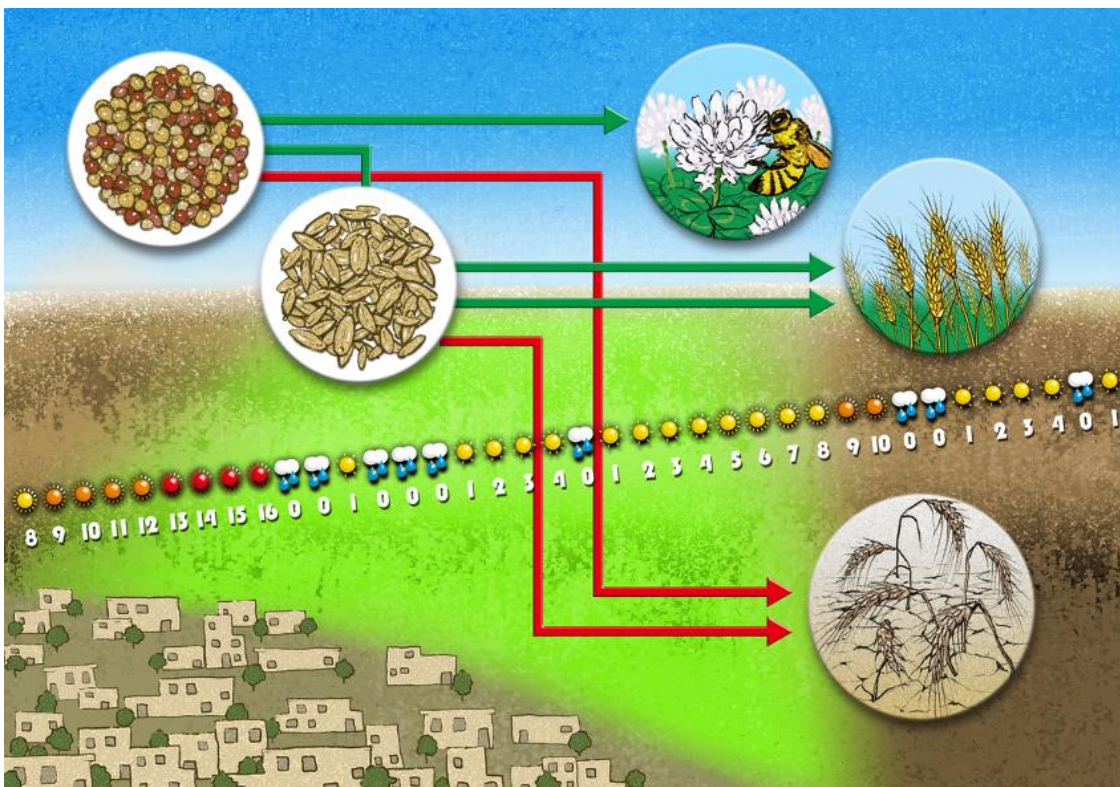


連続干天日数に関する数学モデルを構築し 旱魃の回避に役立つ方法論を提案 —イラク北部のニネベ平原における事例研究—

概要

京都大学農学研究科宇波耕一准教授とモスル大学（イラク）Rasha M. Fadhil 講師の国際研究グループは、連続干天日数（雨の降らない日が続いているか）に関する数学モデルを構築して詳細に調べ、天水農業の盛んなイラクのニネベ平原における旱魃（かんばつ）の回避に役立つ方法論を提案しました。世界気象機関（WMO）が旱魃の評価に資するものとして推奨する標準化降水指数（SPI）は、時間とともに増大していく情報を含んでいないという欠陥があり、天水農家がリアルタイムでの意思決定に用いる指標としては不適合なものでした。今回の提案では、このような欠陥のない連続干天日数を指標とし、また、金融理論における先物取引の概念を援用することにより、旱魃に備えてニネベ平原の天水農家がとるべき行動に関する合理的な指針を提供することに成功しました。一方、係数退化型特異拡散方程式と称する偏微分方程式が、連続干天日数の確率論的挙動を過去の限られた降雨データから推定するために利用できることも示しました。

本研究成果は、2021年03月04日に国際学術誌「Stochastic Environmental Research and Risk Assessment」にオンライン掲載されました。



1. 背景

灌漑施設や農業保険のような旱魃リスク回避の手段を持たない天水農業地域においては、雨の降らない日が長く続くことと、雨が降ってもその量が少ないことが、旱魃に至る2つの主要な要因となっています。本研究の対象であるイラクのニネベ平原は、紛争や気候変動の影響もあり、旱魃リスクが近年急速に高まっている地域であると考えられます。しかしながら、WMO や多くの土木工学者が推奨する SPI のような従来型の旱魃指標は、意思決定の根拠となる指標が備えるべき数理的構造を欠いており、天水農業における旱魃リスク評価に利用できるものではありませんでした。一方、2011 年以降、シカゴマーカンタイル取引所（CME）では降雨量を指標とした天候デリバティブが取引されるようになり、降雨量が少ないことに関しては、厳密な確率過程論にもとづく研究が徐々に進んできています。

本研究は、以上のような土木工学と金融工学の現状を踏まえ、旱魃リスク評価に関する新たな方法論を展開することを目的としています。とくに、従来型の旱魃指標に代わる、意思決定の根拠となりうるより良い指標を見つけることを第一の目標としました。また、雨の降らない日が長く続くことは、降雨量が少ないこととは独立な旱魃の要因であることにも着目しました。

2. 研究手法・成果

まず、現在時刻までの連続干天日数が、意思決定の根拠となる指標として適格であることを示しました。このことは、30 年近く前に京都大学のある先生方が気づいておられたのですが、長い間、顧みられることがありませんでした。一方、現在時刻以降の連続干天日数や降雨量を、金融理論における先物取引から類推し、「ハザード先物」として取り扱うことを提案しました。そして、これらを互いに関連づける数学モデルとして、「多状態マルコフ連鎖モデル」を構築しました。モデルの構築には、連続干天日数の確率論的挙動を過去の限られた気象データから推定することが必要になりますが、そのために、特異拡散方程式を利用した新しいデータ処理技術を開発しました。

ニネベ平原における天水農業を対象として、実際に数値計算を行ったところ、近年、旱魃に至る気象要因が有意に増加している一方、干天が何日続いたかを数えることによって旱魃を回避できる場合があることを明らかにしました。現実のニネベ平原では、灌漑施設が未整備であるため、実行可能な旱魃回避手法が栽培作物・品種を選択することにほぼ限られており、天水農業の崩壊が危惧されます。

以上の研究成果は、従来の土木工学における旱魃の取り扱いに致命的な欠陥があることを明らかにし、旱魃リスク評価に関する基礎的な方法論を再構築したところに学術的意義があります。また、応用数学における重要な研究課題である特異拡散方程式に関しても、新たな問題を提起しています。

3. 波及効果、今後の予定

本研究の結果は、ニネベ平原において、旱魃リスク回避の手段として補給灌漑のための施設を整備すべきであることを示唆しています。ニネベ平原における灌漑用水路の歴史は紀元前のアッシリア帝国期まで遡りますが、現在十分に機能しているものはありません。チグリス川本流のモスルダムを水源とする灌漑プロジェクトは、右岸側地区のみが稼働しており、左岸側に位置するニネベ平原は受益地となっていません。そこで本国際研究グループでは、本研究の継続課題として、渓流水の地下貯留による自律分散型灌漑水源開発の可能性を検討しています。いずれにしても、いくつもの民兵組織が割拠し、水利権を含むさまざまな利害関係の調整が極めて難しくなっているこんにちのニネベ平原において、治安と多文化共生社会をいかにして実現していくか、倫理的、社会的議論が必要です。

4. 研究プロジェクトについて

本研究の内容は、2018年度九州大学 IMI 共同利用研究・研究集会(II)「数理農学における時系列データのモデル化と解析」における議論を元にしてしています。使用したデータは、イラク共和国の省庁より提供されたものです。研究の実施に際しては、日本学術振興会(JSPS)より科学研究費 No.16KT0018「偏微分方程式の粘性解にもとづく灌漑スキームの最適運用」と No.19KK0167「肥沃な三日月地帯の脆弱性を克服する雨水ハーベスティング」、ならびに、2020年度京都大学リサーチ・ディベロップメントプログラム「いしずえ」の助成を受けました。

<研究者のコメント>

本研究の主要な成果は、イラク北部で観測された数十年間の日雨量データのみを用い、標準的な確率過程論の枠組みの中で、早魃リスク評価に関する方法論の刷新に成功した点にあります。データや理論に特別な新奇性はありませんが、土木工学、地域環境科学、応用数学、生産農学、金融工学の分野横断的研究であり、新たな異分野協働につながることも期待しています。

<論文タイトルと著者>

タイトル A multi-state Markov chain model to assess drought risks in rainfed agriculture: a case study in the Nineveh Plains of Northern Iraq (天水農業における早魃リスク評価のための多状態マルコフ連鎖モデル：イラク北部のニネベ平原における事例研究)

著者 Rasha M. Fadhil, Koichi Unami

掲載誌 Stochastic Environmental Research and Risk Assessment

DOI 10.1007/s00477-021-01991-5