

審査の結果の要旨

氏名 桑田 賢太郎

近年、全球規模での深刻な気候災害が頻発している。ケニアでの干ばつ、フィリピンの巨大台風やパキスタンの大洪水など、経済的な損失はもちろん農業セクターに対して巨額な損害をもたらしている。安定的な農業生産を確立していくためには、大規模な気候災害によって発生した農家の損失を補償する必要がある、農業保険が注目を集めている。農業保険の世界市場は、保険料ベースでおよそ3兆円とされており、その半分以上をアメリカとカナダが占めているが、今後、中国をはじめとする国々で農業保険市場はますます拡大することが期待されている。農業保険は、査定によって保険金支払いが決定される「従来型」と、気象観測ステーションで取得される気象データをインデックスとして自動的に保険金支払いが実行される「インデックス型」に大きく分けられる。従来型は、モラルハザードや逆選択、査定に要する高コストが大きな課題として挙げられている。インデックス型は、従来型が抱える課題を改善することが期待されているが、ベースリスクという支払われた補償金と実際の損失額が乖離するリスクが重大な課題として考えられている。適正な保険金支払いに関わる重大な問題であるため、ベースリスクが途上国での農業保険普及を阻害する大きな原因としていわれている。

本論文では、ベースリスクを改善するため、単収推定モデルを適用した農業保険を提案している。本論文は全10章からなっている。

第1章は序章であり、研究の背景と目的を述べている。

第2章は「気象データと単収の相関分析」であり、空間分解能などが異なる二つの気象データを利用し、トウモロコシ単収との相関分析を行った。なお、トウモロコシ単収は、品種改良や栽培技術の発展の恩恵を受け、長期間において上昇のトレンドにあるため、5カ年移動平均を基準として毎年の作柄を示す作況指数に単収を簡易的に変換した。

第3章は「天候インデックス保険の開発」であり、前章の結果を利用して天候インデックスの作成可能性を定量的に検討した。これにより天候インデックス保険のベースリスクを定量的に明らかにしている。

第4章は、「衛星データと深層学習による単収推定モデルの開発」であり、2008年から2013年の1kmメッシュ気象データ Daymet と MODIS から推定した植生指数 EVI を

入力データとし、アメリカ農務省による郡レベルのトウモロコシ単収を推定するモデルを深層学習により構築した。全米のトウモロコシ単収を単一の推定モデルで高精度に推定することが可能となった。また、サポートベクターマシンやオートエンコーダなど複数の機械学習アルゴリズムでも単収推定を行い、推定精度を比較することで、深層学習の次元圧縮能力の有効性やより高精度な推定に向けた特徴量の投入の必要性を確認した。

第5章は「深層学習による単収推定モデルの性能評価」であり、「適用範囲の限定」、「汎化性の評価」、「衛星データの有効性」の3つの観点で深層学習のモデル学習の性能を検証した。第4章では、全米のトウモロコシ単収を一括で推定したが、Heartland 地方というトウモロコシ栽培の主要地域でモデルを深層学習で学習させた。結果、推定精度が全米の場合よりも向上した。しかし、範囲を限定しすぎると学習データの十分なサンプル数が得られず、推定モデルの学習が不十分となる可能性がある。一方、時間軸方向での汎用性については、leave-one-out cross validation (LOOCV) の方法を用いて評価した。2008年から2013年までの6年間のデータのうち、各年を学習用データセットから取り除き、5年分のデータで学習させた単収推定モデルを、検証年のデータで評価したが、結果、有意な推定精度は得られなかった。汎化性を向上させるためには、より長期間のデータ利用が必要と考えられる。

第6章は「トウモロコシ単収のダウンスケーリング手法の開発」である。

トウモロコシの主要産地であるコーンベルト周辺の郡の大きさは、およそ35kmとなっており、郡内のトウモロコシ生産は不均一であるため、ベースリスクが依然として内在することが考えられる。そこで、郡レベルから1km分解能へのトウモロコシ単収のダウンスケーリングを行った。

第7章は「単収推定モデルによる単収推定保険の開発」である。本研究で行ったダウンスケーリング単収を用いて、新たに単収推定保険を開発した。保険金は、アメリカで広く取り入れられている収入保険を参考に算出した。

第8章は「天候インデックス保険と単収推定保険の比較」である。衛星データと深層学習による単収推定モデルを適用した単収推定保険は、天候インデックス保険に比較して損害に対応した正確な保険金支払いが可能となっていることが示された。

第9章は「途上国及び新興国への農業保険導入のための考察」であり、日本やアメリカの保険制度について取りまとめ、また、アジア各国における農業保険の導入状況を文献調査し、将来打ち上げが計画されている衛星や、気象観測ステーションが十分に配備されていない地域のための衛星プロダクトなどが重要であることを考察した。

第10章は「まとめと今後の展望」であり、結論と今後の展望をまとめている。

以上をまとめると、衛星データと深層学習による単収推定モデルを農業保険に適用した研究は他に例がなく、新規性が非常に高い。単収推定保険は、気候災害だけではなく、価格リスクによる損失をカバーできるため、将来高まる多様な保険ニーズに対応できると考えられる。本論文は科学的、社会的有用性に富む独創的な研究成果であり、空間情報工学の発展に資する研究である。よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格を認める。