

(論文内容の要旨)

メキシコ農業はこの約 10 年間で支援サービスの民営化、土地改革、国際競争といった問題に直面することになった。国の政策は地方における農業への投資や技能訓練、組織化といったプログラムが含まれており、農業市場の自由化、価格維持、補助の削減、農業組合の推進、技能訓練に向けられ、競争力や生産性を向上させた。このような施策にもかかわらず、農家は農業機械の高い価格、資金不足、低い収益率、資金借り入れの困難さ、輸入農産物の増加といった問題により、農業の機械化が困難な状況に陥っている。また、現代における農業では生産の増加とともに、輸送や圃場作業に使用する燃料や化学肥料に依存するようになっている。トラクタを使用する農家は機械だけでなく化学肥料や薬剤でも化石燃料に依存しており、地域における農業技術の導入を効果的に行なうためには利用可能な資源や農業生産の多様性といった特徴をまず知ることが必要となっている。さらに持続可能性や競争力といった観点から地域の生産力を向上させることも重要な課題であり、機械利用技術や省エネルギー化を推進するためには考慮しなければならない問題がある。本論文では、機械化指標 (MI) と機械エネルギー比 (MER) を導入し、これらの値を予測する人工ニューラルネットワークを作成し、農業の持続可能性を評価するための潜在的な生産力という指標とともに、機械化という観点を考慮した対象地域における最も高い潜在的な生産力を持つ作物を示すための GIS システムを構築した。これを用いてメキシコの農業における機械化の合理的な計画立案を支援する意思決定システムを提案した。

その主な内容は以下の通りである。

1. メキシコの対象地域における農業近代化戦略の一部として、農業における機械化の程度を推定するために、その指標として機械化指標 (MI) と機械エネルギー比 (MER) を導入した。機械化指標 (MI) は地域における機械に使用したエネルギーの平均に対する割合を各作物の寄与率を考慮して計算したものであり、また機械エネルギー比 (MER) は機械に使用したエネルギーの全投入エネルギーに対する割合を各作物の寄与率を考慮して計算したものである。MI と MER を計算により直接求めることは、入手データに制限があることから困難であるため、農地面積や所有トラクタの台数といった間接的な 11 個のデータから上記の 2 つの指標を得ることができる人工ニューラルネットワークモデル (ANN) を構築した。

2. 構築した ANN モデルの出力と実データに基づいた MI および MER の計算値は高い相関

を示し（決定係数は0.93および0.90）、対象地域における農業機械化の指標を十分な精度で予測可能であることが判明した。また入力データの値をある範囲で変化させ、ANNモデルの感度解析も行なった。さらに、対象地域の農業システムにおける機械化指標および機械エネルギー比は、それぞれMI：0.078～3.83、MER：0.483～0.726と広い範囲であるので、類似の条件を持った他の地方にもこのANNモデルが適用可能であることが示唆された。

3. MI と MER をもとにした機械化カテゴリを評価するマトリックスを作成した。MI と MER をそれぞれ3段階に分け、それらの9個の組み合わせを6種類の機械化カテゴリに分類した。6種類のカテゴリは、「機械化の程度が低い地域」、「機械利用に最適化の余地がある地域」、「標準的機械化地域」、「機械化推進に有望な地域」、「過剰に機械化された地域」である。これら6種類の機械化カテゴリに分類される計算結果を、GISを用いてグアナファト州の337の地域にマッピングを行なった。最初に計算結果をその地域のトラクタ利用の適性度を示した地図にマッピングし、それを元にトラクタ利用に適した地域、不適な地域それぞれにおいて今後機械化をどのように推進していくべきかを、機械化カテゴリごとに分析した。また機械化カテゴリの値と灌漑施設の準備状況と非常に高い相関があり、機械化カテゴリの低い地域は雨水を利用した農業体系を有していることが明らかとなった。さらにトウモロコシおよび小麦栽培を対象として、トラクタ利用の適性度、灌漑施設の準備状況、機械化カテゴリをマッピングし、それぞれの状況ごとに機械化推進の方策を提言した。

4. ANNモデルから計算される地域ごとの営農組織の機械化の達成度をほぼ完全に査定することが可能であり、これを用いて機械化指標（MI）をモニタすることにより長期間にわたる農業近代化の傾向を把握することができた。また、直接・間接の入力に必要な情報の多くは、この研究の中で定義したものも含めて定期的な農場モニタリング活動によって収集することができ、この手法を利用して機械化の程度および適応性を計画するための意思決定支援に寄与することが期待された。

(論文審査の結果の要旨)

メキシコにおける農業は、高価格の農業機械、資金不足、低い収益率、資金借り入れの困難さ、輸入農産物の増加といった問題により、農業の機械化が容易に実行できない状況になっており、また、現代における農業では生産の増加とともに、輸送や圃場作業に使用する燃料や化学肥料に依存する状況である。農業技術の導入を効果的に行なうためには利用可能な資源や農業生産の多様性といった地域ごとの特徴を調査し把握することが重要であり、さらに持続可能性や競争力といった観点から地域の生産力を向上させることや、機械利用技術や省エネルギー化にも考慮しなければならない。本論文は、人工ニューラルネットワークによるメキシコ農業における機械化の合理的な計画立案を支援する意思決定システムを開発し、その有効性について明らかにしたものであり、評価すべき点は以下のとおりである。

1. メキシコ農業における機械化の程度を推定するための指標として機械化指標(MI)と機械エネルギー比(MER)を導入し、11個の間接的なデータからこれら2つの指標を得ることができる人工ニューラルネットワークモデル(ANN)を構築し、定量的な比較検証を行なった。
2. 構築した ANN モデルを用いて、対象地域における農業機械化の指標を行なったところ、十分な精度で予測することが可能であることが判明し、また MI および MER の値が広範囲に渡っていることから、類似の条件を持った他の地方にもこのモデルを適用することが可能であることを示した。
3. MI と MER をもとに 6 種類の機械化カテゴリに分類し、トラクタ利用に適した地域、不適な地域それぞれにおいて今後機械化をどのように推進していくべきかを機械化カテゴリごとに分析し、地域ごとの状況に応じた機械化推進の方策を示した。
4. 構築したモデルの出力値を利用することで地域ごとの営農組織の機械化の達成度を査定でき、これにより機械化指標 (MI) をモニタすることで長期間にわたる農業近代化の傾向を把握することができるようになり、機械化の程度および適応性を計画するための意思決定支援を提案した。

以上のように本論文は、メキシコ農業における機械化の合理的な計画立案を支援する意思決定システムを構築するため、機械化指標と機械エネルギー比を予測するニューラルネットワークモデルを作成し、これらの出力値をもとに 6 種類の機械化カテゴリに分類したのち、地域ごとの状況に応じた機械化推進方策を提言し、対象地域から得た膨大なデータで検証することによりその有効性を明らかにしており、この研究から得られた知

見は、農業システム工学、フィールドロボティクス、農産加工学などの分野に大きく寄与するものである。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成21年7月10日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。