

## 審査の結果の要旨

氏 名 楊 鵬

穀物の生産は社会の食糧基盤にとって大変重要であり、これまでも品種改良や灌漑の推進など多くの努力がなされてきた。しかし、水資源の逼迫や過剰に投入された農薬や肥料による環境汚染など、穀物生産の拡大に対する制約条件も厳しくなっている。さらに、地球温暖化による気候変動は穀物生長に大きな影響を与えることが予想されている。そのため気候変動や水資源の逼迫などが穀物生産（単収）に与える影響をモニタリングすることの重要性が高まっている。

しかしながら、従来の穀物単収のモニタリングや推定方法は、精度や手法の適用可能性に大きな課題があった。たとえば、衛星画像にもとづく経験的な推定方法では、精度が必ずしも十分でない以外に他の地域への適用可能性に課題がある。また、植物生理過程にもとづく詳細な穀物生長モデルによる収量予測方法は精度がよく、また気候変動などの影響をシミュレーションすることができるものの、モデルのキャリブレーションに膨大な定点観測データを必要とするため、広い地域に面的に適用することは困難であった。本研究は穀物生長モデルのキャリブレーションを、衛星画像を利用して面的に行う方法を開発し、穀物生長モデルを用いた広域の収量推定を可能にし、北部中国（黄河流域）を対象に実証している。

本研究は 6 章からなっている。第 1 章はイントロダクションであり、研究の背景と目的を整理している。

第 2 章は穀物生長モデルと衛星画像データをつなぐキーとなる LAI（葉面積指数）をランドサット TM 画像から推定する方法を開発し、現地観測データを使って検証している。

第 3 章は MODIS データから作成された LAI プロダクトの評価とランドサット TM 画像から作成された LAI プロダクトとの比較である。その結果、NASA により提供された MODIS の LAI プロダクトはランドサット衛星画像から第 2 章の方法に基づいて作成された LAI プロダクトに比べ精度がかなり低く、使えないことが明らかにされた。また、その原因が LAI 算出アルゴリズムの基礎となるバイオームの分類ミスにあると推定された。

第 4 章は穀物生長モデルとして EPIC（Erosion Productivity Impact Calculator）を選定し、北部中国のテストサイトを対象にパラメータのキャリブレーションと推定精度の検証を行った。その結果、個別のテストサイトごとに時系列観測データを利用してキャリブレーションを行うと、収量の推定誤差は数パーセントであり、かなり高い推定精度が得られること、しかしパラメータとして地域平均値などを与えると順次精度は低下すること、特に灌漑水量や肥料投入量などのマネジメントデータに地域平均値などの概略値を与えると精度が低下することなどが明らかとなった。

第5章は衛星画像から得られた LAI データを利用し、穀物生長モデルの LAI 関連パラメータを再キャリブレーションすることで、穀物生長モデルを広域に適用して穀物単収の推定を行う手法を開発している。穀物生長モデルを広域に適用しつつ、単収の推定精度を維持するためには、モデルのパラメータを地点特性に応じてキャリブレーションし、各地点での施肥量などのマネジメントデータを入力することが重要であるが、これらは大変困難である。そこで、衛星画像から得られる LAI を用いて各地上グリッドごとに穀物生長モデルの LAI 関連パラメータをキャリブレーションし、そのパラメータの値を利用して単収推定を行うというものである。検証の結果、衛星画像を利用することで、単収推定精度(相関係数)が 0.1 強から、0.5 程度に改善されることが確認された。この結果は、検証地点ごとの詳細キャリブレーションデータを用いた感度解析でも裏付けられている。より精度を向上させるためには各地区の施肥量などのデータ必要で、それを用いれば相関係数で 0.8 程度に精度を改善できると予想される。なお、同時に今回キャリブレーションされた穀物生長モデルに収量を与えて逆に灌漑水投入量などを推定できる可能性も示された。

以上をまとめると、本研究は衛星画像と穀物生長モデルを組み合わせた収量手法を開発し、詳細な地上観測データを利用してその精度を確認し、同時にどのようなデータが精度向上に有効であるかを明らかにしており、衛星画像からの広域の穀物生産モニタリングの精度を向上しただけでなく、気候変動などの影響予測にも適用できる可能性を開拓している。よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。