

論文の内容の要旨

論文題目 Linking Multi-temporal Remotely Sensed Data, Field Observations and GIS-based Crop Growth Model to Estimate Winter Wheat Yield in North China Plain

(和文: 収量推定のための分布型穀物生長モデルとリモートセンシング画像の統合:
華北平原におけるケーススタディ)

氏 名 楊 鵬

地域スケールでの穀物生産量の正確かつ適時な推定および予測は、食糧安全監視システムや農地管理、食料の貿易政策、炭素循環研究などの様々な分野で必要不可欠である。プロセスベースの穀物成長モデルは、環境変数と植物の生理的なプロセスの相互作用に基づき、圃場レベルでの生理的な成長や収穫量のシミュレーションに用いられてきた。これらのモデルは、収穫量の制限要因である気象条件や土壌の性質、管理手法、作物変数などの多くの入力データを必要とする。近年、リモートセンシングにより様々なスケールで地表面の時空間情報を取得することができ、この技術により作物の状態を表すパラメータの程度や変動を評価することが期待されている。したがって、リモートセンシングデータと作物成長モデルの統合化は精密農業のための重要な研究である。

本研究では、U. S. Department of Agriculture が開発した作物モデルである Erosion Productivity Impact Calculator (EPIC) に、Geographical Information System (GIS) と多時期 Landsat TM データを結合した。そして、North China Plain (NCP)における 2004 年の冬小麦の収穫量を結合モデルによりシミュレーションした。本論文は以下の5章で構成されている。

第1章では、本研究の背景について述べる。リモートセンシングを用いた穀物収穫量評価や穀物成長モデルに関する先行研究の文献調査を行い、当該分野の問題点について考察した上で、本論文の目的と構成を示す。

第2章では、NCPにおける冬小麦のLeaf Area Index (LAI)とLandsat TM により観測した植生指数の関係についての考察を行う。2003年9月から2004年6月にかけて、NCPの40の地域にある146の対象地域の冬小麦のLAIを直接刈取法 (direct harvest method) で計測した。晴天日に対象地域を観測

した3シーンのLandsat TMデータ(2004年の3月7日,4月8日,6月11日)に対して,6Sモデルを適用し,大気効果による減衰を補正した.TM Difference Vegetation Indexと地上計測によるLAIの指数関係は, Curve Estimation regression analysisにより求められ,最小二乗法によりadjusted $R^2=0.861$ でLAIの分布図を作成できた.異なる日に観測された衛星データの反射率は,観測対象と太陽の位置関係や太陽天頂角,大気効果,土壌の反射率の変動に大きく依存していることが確かめられた.

第3章では,NCPの耕作地におけるMODISの土地被覆分類図およびLAIプロダクトの精度を,地上計測やLandsat TMから作成した土地被覆分類図やLAI分布図と比較することにより検証した.MODIS LAIはNCPのフェノロジーや植物群落構造を正確に捉えることができています.しかし,2004年の冬小麦の耕作地帯においては,MODIS LAIはTM LAIよりかなり低い値(2-3 $m^2 m^{-2}$ の過少評価)であった.MODISの土地被覆分類図では,草や穀物地帯を広葉作物と誤分類しているところが見られた.したがって,NCPにおける2004年のMODISの土地被覆分類図とLAIプロダクトの精度が本研究には不十分であることが,この評価により示された.このMODIS LAIプロダクトの過少評価の主要因は,植物群落の誤分類と雲の影響であると考えられる.

第4章では,NCPの通常の下況下における冬小麦(*Triticum aestivum* L.)の収穫量を推定することにより,EPICモデルの補正および精度評価を行った.最初に,単一サイト(Luancheng station),複数年(1993年-2002年)においてEPICモデルの補正を行った.次に,複合サイト(16サンプルサイト),単一年(2003年10月~2004年6月)においてEPICモデルを適用した.その結果,NCPの圃場レベルにおいて,冬小麦の高いシミュレーション精度が得られることが示された.これは,地域特異的な入力データとモデルパラメータを利用できたためである.感度分析によって,入力データとモデルパラメータが,地域レベルにおけるEPICモデルのシミュレーション精度に顕著に影響することが確かめられた.地域研究において,EPICモデルによる収穫量のシミュレーション精度を向上させるためには,さらに地域特異的な入力データおよびモデルパラメータを取得する必要がある.

第5章では,NCPにおける冬小麦の収穫量をシミュレーションするための,調整を行ったEPICモデルとGIS,多時期Landsat TMデータの統合化について記述している.最初にEPICモデルをloose coupling approachによりGISと統合した.GISとEPICモデルの間では,ユーザーインターフェイスを介さずに,アスキーもしくはバイナリデータ形式でデータのやりとりをしている.次に,最大ポテンシャルLAI(DMLA)や,葉面積が減少し始めるまでの植物の成長時期の割合(DLAI)などのモデルのパラメータを調整し,Landsat TMから作成した多時期LAIマップをGISに基づいたEPICモデルに同化した.最後に,1km四方の空間分解能,1日のタイムステップで統合したシステムを実行し,21,470のグリッドにおける冬小麦の収穫量を推定した.点データや県単位でのセンサスデータとシミュレーションにより推定した2004年の冬小麦の収穫量を比較した.その結果,リモートセンシングデータから作成したLAI分布図とEPICモデルを同化することで,GISに基づいたEPICモデルによる収穫量のシミュレーション精度を地域レベルで著しく向上させることができた.

本研究では、作物収穫量を評価する生理学に基づいた圃場レベルでの作物成長モデルを GIS と統合することにより、地域レベルに拡張することを可能とした。従来、入力データとモデルのパラメータの空間分解能が低いことが原因で GIS を用いた作物成長モデルのシミュレーションの精度は低かったが、多時期衛星データと EPIC モデル同化することにより推定精度を向上させることができた。今後は、Landsat と比較すると高い時間分解能有し、かつ観測範囲の広い MODIS データを用いることや、衛星データと作物モデルを結合するための放射伝達モデルの導入を検討していく必要がある。