

氏 名	さか もと とし ひろ 坂 本 利 弘
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学 位 記 番 号	論 農 博 第 2664 号
学位授与の日付	平 成 20 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	Spatio-temporal analysis of agriculture in the Vietnamese Mekong Delta using MODIS imagery (MODIS 画像を用いたベトナムメコンデルタ農業の時空間解析)

論文調査委員	(主 査) 教 授 梅 田 幹 雄	教 授 近 藤 直	教 授 川 島 茂 人
--------	----------------------	-----------	-------------

論 文 内 容 の 要 旨

ベトナムメコンデルタは、国内のコメの約半数を産出する水稻栽培地帯であり、輸出米（2003年時、世界第2位）の約90%を生産している。この地域は、1980年代後半以降、基盤整備、栽培技術及び栽培品種の改良によって、水稻生産量を着実に増加させている。また、近年先進国への輸出を目的とした養殖エビの生産量が急増している。このように変化する食料生産地帯をモニタリングし、農業と環境の時空間的な関係を理解することは、気候変動や将来の食料需給に与える影響を評価するうえで重要である。

本論文は時系列MODISデータから、メコンデルタにおける水稻フェノロジー、作付けパターン及び洪水の時空間分布を把握するためのリモートセンシング解析技術を確認すること、及びこれにより年次変動する洪水規模と水稻栽培時期・作付けパターンの時空間的な関係を明らかにすることを目的としている。論文内容は以下のように要約される。

第1章では、研究の背景と目的について述べている。

第2章では、時系列MODISデータから水稻フェノロジー（生育ステージ）を把握する時系列解析手法（Wavelet based Filter for detecting Crop Phenology; WFCP）を構築し、作付け時期などがわかっている日本のデータを用いて推定精度の検証を行っている。WFCPは、MODISの分光反射率プロダクトから算出された時系列EVI（植生指数）データのノイズ成分の除去にウェーブレット変換を用いて、平滑化されたEVI季節変化曲線の特徴点から、田植日、出穂日、刈取日を推定することを可能にしている。日本の水稻生産地帯（30ヶ所、2002年）のデータを用いた検証を行った結果、ウェーブレット波形にCoiflet（order=4）を適用した場合が最も精度良く（RMSE: 9～12日）推定できることを明らかにした。

第3章では、WFCPを改良することによって、水稻多期作を把握することができる時系列解析手法（WFCS; Wavelet based Filter for evaluating Cropping System）を開発し、水稻フェノロジーと水稻作付けパターンの時空間分布について解析している。その結果、上流部は、雨季の洪水が制約となり、乾季を中心とした二期作が行われていること、沿岸部は、乾季の塩水遡上による灌漑水の不足が制約となり、雨季を中心とした二期作が行われていること、中流部では、洪水・塩水遡上の影響を受けにくく三期作が広く行われていることを明らかにした。さらに、2002年と2003年の比較により、上流部・沿岸部では二期作から三期作に変化している地域があること、また、上流部において、2003年乾季の水稻出穂日は、2002年の同時期のそれよりも数十日早かったこと、さらに、前年の洪水規模の違いが、翌年乾季の水稻作付け時期に影響を及ぼしていることなどを明らかにした。その結果、メコン川の水資源の量的（洪水）及び質的（塩水遡上）な季節変化によってメコンデルタの時空間分布が特徴づけられていることを明らかにした。

第4章では、カンボジア及びメコンデルタにおいて、毎年雨季に発生する洪水の時系列変化を面的に捉えるために、時系列解析手法（WFFI; Wavelet based Filter for detecting spatio-temporal changes in Flood Inundation）を開発し、RADARSATデータ及びLANDSATデータから推定された湛水分布図と比較した。その結果、MODISデータを用いた本手法の推定精度（RMSE, R^2 ）は、県スケールで364～443km², 0.89～0.92, 10kmグリッドスケールで6.8～15.2km², 0.77～

0.97であった。上流部2省における洪水面積の時間変化は、河川水位の時間変化と良く一致しており、2000～2002年の大規模洪水、2003～2004年の中小規模洪水の特徴を捉えることに成功した。本手法の開発によりMODIS時系列データから、メコン川洪水の湛水開始日と終了日の面的分布を明らかにした。また、推定湛水期間が250日以上地域が沿岸部において年次拡大しており、2000年以降、本地域におけるエビ養殖池の急速な拡大要因になっていることを明らかにした。

第5章では、WFCSとWFFIを2000～2006年のMODISデータに適用することにより、水稻作付け時期及びパターンと、洪水規模との関係を多年次で解析した。その結果、メコンデルタ上流域における水稻冬春作の作付け時期の早晚は、洪水規模によって変化する湛水終了日に依存していることを面的に明らかにした。またAn Giang省において、堤防建設等の整備により三期作地域が2000年以降拡大しつつあることを明らかにした。一方、2006年には政府がトビイロウンカ対策のため、三作目の制限を奨励した結果、この地域で、三期作が急減していることについても分析している。

最後の第6章では、2001年～2005年の水稻作付けパターンの推定結果を示すとともに、農業統計データを用いて、近年のメコンデルタにおける農業生産環境と土地利用形態の変化について総合討議を行っている。

論文審査の結果の要旨

メコンデルタは、ベトナムにとって外貨獲得のための重要な農業地帯である。特に水稻生産は、生育期間の短い高収量品種の導入と灌漑設備の整備によって、年2～3回の多期作が可能になっている。また、1980年代後半から始まった市場経済開放政策に沿って、農業生産に市場経済原理が導入されたことによって、高収量・高収益を追求した集約的な農業が拡大しつつある。農業の土地利用変化を広域モニタリングし、農業と環境の時空間的な関係を明らかにすることは、気候変動や食料需給を評価するうえで必要とされている。

本論文は、メコンデルタの水稻フェノロジー、作付けパターン、洪水の時空間分布を把握するための時系列MODISデータ解析手法を開発し、洪水の年次変動と水稻作付けパターンの相互関係について分析したものである。評価される主な点は以下の通りである。

1. MODISデータから算出した時系列EVIデータにウェーブレット変換を用いて、EVI季節変化曲線から水稻生育ステージ（田植日、出穂日、刈取日）を精度良く推定する手法（WFCP）を開発した。
2. WFCPを改良した時系列解析手法（WFCS）をベトナムメコンデルタに適用することによって、水稻作付けパターン及び水稻フェノロジーの時空間分布を明らかにした。また、メコンデルタにおける水稻作付けパターンの空間分布が、メコン・パッサク川水資源の量的（雨季洪水）及び質的（乾季塩水遡上）な季節変化によって特徴づけられることを明らかにした。
3. 短波長赤外域の反射率を用いる水指数と植生指数から、メコンデルタ上流部での雨季の水稻栽培を制限する洪水の時空間変化を捉えられる手法（WFFI）を開発した。本手法の推定精度（RMSE, R^2 ）は、県スケールで364～443km², 0.89～0.92, 10kmグリッドスケールで6.8～15.2km², 0.77～0.97であり、2000～2004年の洪水規模を時空間で定性的に把握する上で十分な精度であること、及び、湛水日数が250以上の地域が拡大しており、エビ養殖池の増加の要因となっていることを明らかにした。
4. 上流部において、洪水規模（湛水終了日・湛水期間）の年次変動と水稻冬春作の出穂日を面的に比較したところ、両者の間に明確な相関関係があること、及び水稻冬春作の作付け時期の早晚が前年に発生した洪水規模に依存することを明らかにした。AnGiang省の作付けパターンを2000～2006年の7年間にわたって解析したところ、洪水浸入を防ぐための堤防（輪中）・水路建設による三期作地域が拡大していることを明らかにした。しかし、2006年はトビイロウンカの大発生により政府が三作目の作付け中止を奨励したため、三期作面積が急減したことを明らかにした。

以上のように、本論文は、MODISデータを用いた新たな時系列解析手法を提案するとともに、変遷するメコンデルタの農業的土地利用を明らかにした。さらに、水稻作付けパターンと水資源との時空間的な関係を明らかにしたものであって、フィールドロボティクス、農産加工学、及び水環境工学分野の発展に寄与するところが大きい。

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19年11月19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。