

(続紙 1)

京都大学	博士 (地球環境学)	氏名	Ian Estacio
論文題目	Simulating the future of the Ifugao rice terraces through observations of the past (過去の観測を踏まえたイフガオ棚田の将米予測)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、ユネスコの世界遺産にも登録されているフィリピンのイフガオ棚田を対象に土地利用・被覆変化のメカニズムを解明し、耕作放棄の拡大防止策について検討したものである。具体的には、対象地域における1990年から2020年までの土地利用・被覆変化の実態を明らかにし、変化をもたらす要因 (ドライバー) を解明した上で、エージェント・ベースド・モデルを開発し、それを用いて耕作放棄の緩和施策の効果推定を試みている。論文は6章から構成されており、各章の内容は以下の通りである。</p> <p>第1章は序章である。土地利用・被覆のグローバルな変化が急速に進みつつあるが、特に山間部の農業衰退が顕著であることを指摘し、対象地域であるイフガオ棚田の概要、研究の背景と目的を整理している。</p> <p>第2章では、本論文における研究の枠組みに先立ち、空間データを処理するジオマティクスを環境資源管理に有用な情報を提供するためのフレームワークとして再提示している。これは、データ取得、空間解析、ジオシミュレーションという 3つの主要なタスクで構成される空間分析の方法論である。本論文はこのフレームに従い、過去の土地被覆の推移を丹念に観察し (第3章)、農業放棄の空間的および非空間的要因を特定し (第4章)、政策が農業景観の将来の状況に与える影響をシミュレーションしている (第5章)。</p> <p>第3章では、対象地域における1990年以降、5年毎に7時点の土地利用被覆のデータから土地利用・被覆の推移を明らかにした。水田が森林に変わる際には、一旦、低植生に遷移してから森林に移行すること、その過程で水田から低植生、森林に至る可逆的な推移と不可逆的な推移の両方がみられたこと、前者は伐採や焼畑農業などの地元の人々の伝統的な慣行に起因し、後者は担い手の不足と水源の不足によるものであることが推察された。2000年から2010年にかけて水田の再耕作が観察されたが、これは同時期の施策 (水田畦畔の修復) による効果であった。また、植林による水不足が水田の放棄を助長していたが、これは先行研究と一致していた。</p> <p>第4章では、耕作放棄地の空間的要因および非空間的要因を特定するために、空間統計モデルが開発された。本モデルは、ロジスティックモデルと線形モデルを単一のモデリングフレームワークに統合した土地利用モデルである。ロジスティックモデルでは空間的説明変数を用いて確率マップを生成する。他方、線形モデルでは、遺伝的アルゴリズムを用いてグローバル確率閾値 (ロジスティックモデルから得られた確率マップを土地利用に変換するもの) が現実の土地利用をうまく再現するように非空間的説明変数のパラメータを同定する。このような操作により、前者のモデルでは、傾斜、傾斜余弦、溪流までの距離、町の中心までの距離、道路までの距離、世界遺産の認定、森林密度、低植生密度、水田密度が有意な空間的説明変数として選ばれ、後者のモデルでは、総森林面積、5年間平均降水量、日平均最高気温が有力な非空間的説明変数として選ばれた。</p> <p>第5章では、エージェント・ベースド・モデルを開発し、それを用いていくつかの主要な施策とその組み合わせが耕作放棄地の空間分布に与える影響がシミュレーションされた。パラメータの決定には、複雑な相互依存関係が見られ、かつエージェントベースのシステムのボトムアップの複雑なシステム分析の方法論であるパターン指向モデリングと遺伝的アルゴリズムが用いられた。モデルを用いた政策評価により、崩壊した水田畦畔の修復が耕作放棄面積を半分に縮小させること、棚田の価値を高く評価する若者を増やしたり、農家に補助金を支給したりしても、耕作放棄の削減にはあまり貢献しないことなどを明らかにした。</p> <p>第6章では、本論文の研究成果を総括している。</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

フィリピンのイフガオ棚田は山岳民族によって2000年にわたり維持されてきた。しかし、近年、耕作放棄が進み、特有の社会生態学的生産ランドスケープが大きく変化しつつある。かかるランドスケープは、長年にわたる人間と自然との共生によって生み出されたものであるから、その保全にあたっては、過去からの変化の実態の把握、変化を引き起こす要因の解明、予測モデルによる政策効果の評価などを踏まえて丁寧に対応する必要がある。

本論文は、イフガオ棚田地域の土地利用・被覆の変化、特に耕作放棄地発生ダイナミクスを明らかにし、当該地域の環境・資源管理のための政策の立案を支援することを目的としている。本論文において学術的に評価できる点として、以下の4点が挙げられる。

1. ジオマティクスのフレームワーク（土地利用・被覆等、観測された空間データから未来の変化をシミュレーションするための一般的な解析手順）を提案するとともに、それを本事例に適用し、環境管理の意思決定のために必要な情報提供が可能であることを実証することにより、ジオマティクスの環境・資源管理への応用可能性を広げた。
2. 1990年から2020年まで、5年間隔の土地利用・被覆の変化を追跡することにより、水田、低植生、森林の間には伝統的利用による双方向性の遷移メカニズムと転出・後継者の不足と水資源の不足による不可逆的な遷移メカニズムが重層的に作用していること、後者においては水田放棄による森林の増加が水資源の減少をもたらし、さらなる水田放棄を誘発することを明らかにした。
3. 土地利用・被覆の局所確率を表す確率マップを生成する空間モデルと確率マップを土地利用・被覆マップに転換するパラメータ（グローバル閾値）を生成する非空間モデルとを統合し、新たな耕作放棄地モデルを開発するとともに、それが十分な精度で現実の耕作放棄地分布を再現しうることを実証した。
4. パターン指向モデリングに遺伝的アルゴリズムを組み入れた方法論を適用して、政策の影響と環境の変化が土地利用・被覆に及ぼす影響（マクロ）を明らかにし、その空間分布（ミクロ）を十分な精度でシミュレーションできるエージェント・ベースド・モデルを構築した。複雑なエコシステムを内包する空間モデル開発に幅広く応用できる方法論を確立した。

以上のように、本論文は、過去の土地利用・被覆の観察、推進要因の特定、および将来のシミュレーションを通じて、イフガオ棚田の土地利用・被覆の遷移メカニズムの解明や保全方策の提言を試みたものである。かかる分析により、対象地域にとって有益な知見を得ているが、本論文のもう一つの貢献は、ジオマティクスのフレームワークの提案、空間モデルと非空間モデルの統合、パターン指向モデリングの援用など、複雑なエコシステムを取り扱う先駆的な方法論の実装にある。

様々な社会的・自然的な影響により、農山村地域における環境・資源管理は今後、ますます重要になってくるが、そのためには空間的な次元で展開される複雑なエコシステムを分析するための方法論が強く求められている。本論文はそれに応える先駆的な研究成果であり、地球環境学、持続的農村開発論、農村計画学の学術的発展に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士（地球環境学）の学位論文として価値あるものと認める。なお、令和5年8月12日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、博士（地球環境学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

要旨公開可能日： 年 月 日以降