



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	衛星リモートセンシングを利用した土地利用変化および森林火災による二酸化炭素放出量の推定手法の開発 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	白石, 知弘
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	乙第7152号
Issue Date	2022-03-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/85605
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Shiraishi_Tomohiro_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博士（農学）	氏名	白石 知弘
審査担当者	主査 教授 平野 高司		
	副査 教授 鮫島 良次		
	副査 准教授 加藤 知道（本学国際食資源学院）		
	副査 主任研究員 平田 竜一（国立環境研究所）		

学位論文題名

衛星リモートセンシングを利用した土地利用変化および森林火災による二酸化炭素放出量の推定手法の開発

本論文は和文 140 頁，図 49，表 37，7 章からなり，参考論文 3 編が付されている。

森林は大気中の二酸化炭素（CO₂）を吸収して固定するため，全球の炭素循環において重要な役割を担っている。しかし，地球規模の炭素循環を理解するためには，森林生態系の炭素収支における不確実性が大きいことが問題である。そのため，年々変化する森林域と森林の炭素収支を理解するための広域観測システムおよび定量評価手法の開発が急務である。本研究では，広域を周期的に観測できる衛星リモートセンシングのデータを活用し，また，大量のデータを長期間にわたって繰り返し処理する必要があるため，自動処理が可能なアルゴリズムを構築することで，土地利用変化および森林火災による CO₂ 放出量の推定手法を開発することを目的とし，以下に述べる課題に取り組んでいる。

まず，2007～2009 年に観測された L バンド合成開口レーダデータを用いてインドネシア・スマトラ島中央域の土地利用図を作成した。用いられた手法は，合成開口レーダ特有のスペクトルノイズの影響を抑制するためのオブジェクト分類法，単バンドデータから最大限の情報を得るための特徴量の生成，機械学習に適した特徴量を選別する処理などで構成されている。また，5 種類の機械学習アルゴリズムの性能を比較した結果，分類精度と処理速度の両面でランダムフォレストが最も適していることが明らかになった。

次に，光学センサである MODIS のデータを使用して 2000～2016 年のスマトラ島の年ごとの土地利用図を作成し，土地利用変化を評価した。光学データの短所である被雲域を補完するための MODIS の日別データによるコンポジット処理，多バンドデータの長所を活用するための特徴量の生成，成熟した農園を森林と区別するための処理などが用いられている。2000～2016 年の土地利用図の平均精度は 92.0%，森林/非森林図が 94.5%であった。この期間の森林減少率は 1 年あたり 0.6%であり，先行研究と比較して最も低い減少率であった。

また，2000～2020 年における森林火災による全球 CO₂ 放出量の推定手法を開発した。従来

の燃焼領域法を基にし、これまで不確実性要因の1つであったバイオマス密度を最新の地上バイオマスプロダクトを使用することにより改善し、火災発生ごとに燃焼したバイオマスを評価する処理を追加した。また、入力データがCO₂放出量の推定結果に与える影響を評価した。20年間の年ごとのCO₂放出量は8.40±0.70 Pgであり、入力データによる不確実性が大きいことを明らかにした。

さらに、上記の推定手法を適用して2019～2020年にオーストラリアで発生した大規模火災によるCO₂放出量を推定し、火災が大規模化した理由を考察した。入力データの偏りを低減するために、CO₂放出量の推定値は入力データの組み合わせによる8種類の推定結果の平均値とした。2019年のオーストラリア全域の年間CO₂放出量は674±57.6 Tgであり、2001～2018年のCO₂放出量の2.4倍であった。CO₂放出量と降水量は有意な負の相関を示し、少ない降水量が火災の大規模化の一因であることを明らかにした。

最後に、2001～2016年のボルネオ島における土地利用変化、森林火災、泥炭火災、泥炭の酸化分解によるCO₂放出量の推定を行い、結果を先行研究と比較した。用いられた手法は、上述した土地利用変化によるCO₂放出量推定の手法、森林火災によるCO₂放出量推定の手法に加え、泥炭の火災と分解によるCO₂放出量の推定手法を加えたものである。従来の研究で考慮されていなかった自然林のバイオマス成長、非森林域のCO₂収支、入力データの偏りを低減するために複数データを使用した点に特徴を持つ。土地利用変化による正味のCO₂放出量は0.03±0.39 Pg、森林火災による放出量は0.22±0.17 Pg、泥炭分解による放出量は0.19±0.01 Pgであった。これらの結果は、土地利用変化による放出量が従来の推定よりも小さく、森林火災や泥炭火災による放出量が従来の推定よりも大きい可能性を示している。

本論文で開発された手法は、高精度な土地利用図、森林火災からのCO₂放出量インベントリ、熱帯泥炭域の土地利用変化および森林火災によるCO₂放出量インベントリの作成を可能にした。本論文は主に熱帯泥炭域を対象としているが、これらの手法は森林火災からのCO₂放出量インベントリと同様に全球規模に拡張することが可能であり、大気CO₂濃度の将来予測における精度向上に大きく貢献すると期待できる。よって、審査員一同は白石知弘が博士(農学)の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。