HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Evaluation of Biomass Burning in China Using Satellite Remote Sensing Data [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	伊, 坤朋
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第11499号
Issue Date	2014-06-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/56696
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Yi_Kunpeng_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称　博 士 (農学)　　氏名 伊　坤 朋

学 位 論 文 題 名

Evaluation of Biomass Burning in China Using Satellite Remote Sensing Data
(衛星リモートセンシングによる中国におけるバイオマス火災の評価に関する研究)

森林や草地，農地における火災，すなわちバイオマスの燃焼は，多様な生態系においては攪乱として，人間社会に対しては災害を引き起こす現象として発生し，また，土壌状態，生物多様性，地球温暖化や森林・土地資源等に関係している。林野火災の多くは主として人間活動に起因するが，落雷による自然着火も北方林では重要な原因になっており，その発生メカニズムやパターンの特徴，事後の環境への影響を捉えることが重要になっている。広大な国土を有する中国における林野火災に関する既往の研究では，気候変化への影響，火災危険度の評価，火災燃焼域拡大のシミュレーション等が，リモートセンシングデータを利用して実施されてきたが，それらの研究は地域が限定され，特定の火災に関する事例研究が多かった。中国全土における火災発生や事後の植生回復状況の空間的・時間的な分布パターンに関する報告はない。

そこで本研究では広域の解析に優れる人工衛星リモートセンシグ技術を用いて，中国全土における林野火災の時空間変動特性の解析を行い，火災発生の地域性や季節性を明らかにすることを目的に調査研究を行った。また，火災発生時において燃焼により放出される各種物質量の見積もり，火災発生後における森林攪乱の定量化，植生回復の評価も行った。

1. 衛星データを用いた林野火災の時空間変動特性の解析

中国全土の林野火災記録と衛星で検出した火災データを結合することにより，中国における焼失領域の時空間パターンの分析を行った。中国全体を多様な生態系を含む 9 つの区域に分割し，火災の発生状況を考慮して火災の空間パターンと時系列的な分析を行うことは初めての試みである。衛星データによる火災プロダクトの分析により，2001～2012 年の期間に年平均 3.2×10^6 ha（32,000km^2）の林野火災が中国国内で発生していた。 これらの火災の大部分は，中国の北東部と南西部で発生した。南西部では，小規模な火災が多数発生し，多くの犠牲者が出たことで特徴づけられる。一方，北東部では火災件数は少ないが，甚大な被害をもたらした。9 つの区域について気象データと共に解析することにより，火災発生の年々変動や年内変動が明らかとなった。さらに，中国全土に渡り 130 気象観測所における 50 年間（1952～2013 年）の月別データと共に解析した。その結果，各々の区域の毎月の火災発生は明瞭な季節変動を示し，空気が乾燥する春と秋は，中国全体で火災発生頻度のピークとなった。中国北東部，南西部及び内モンゴル地域では，各々の気候変動の特性と密接に関係している。中国南東部と北部，特に長江の中・下流域や東北平原では，作物残渣の燃焼が重要な役割を演じており，気象変動の影響より人間による農業活動との関連の方が強いことが判明した。

2. 衛星データを用いた中国北東部における火災による森林攪乱の解析

火災による森林攪乱の程度を量的に表す手法として，本研究では衛星データに適用するための火災攪乱指数（Fire Disturbance Index ; FDI）を考案し，中国北東部においてその地域分布を調査した。この指数は，衛星画像の各ピクセルに対して，植生指数の一種である Enhanced Vegetation Index（EVI）と地表面温度（LST）の比として定義される。 2003 年に発生した火災事例では LST と EVI の関係には火災前後で劇的な差が生じており，FDI の有効性が示唆された。本指数を Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer（MODIS）の衛星データによる火災プロダクトに対して適用すると，森林火災による攪乱の時空間的パターンの解析を可能にすることが示された。また，攪乱の時空間パターンを気象のパラメータと共に解析した結果，攪乱の地域的な分布パターンが気象データ，特に降水量や湿度に関する値と関連しており，北朝鮮国境の長白山から中国北東部に位置する大興安嶺にかけて降水量が減少するに伴って火災撹乱が増加することが明瞭に示された。また，FDI が火災域ピクセルの検出に有効であることも示された。ただし，ノイズのために火災ピクセルが過大推定されることも認められた。

3. 中国大興安嶺におけるバイオマス燃焼による各種放出物質量の推定

バイオマスの燃焼により各種の微量ガスや微粒子が放出されるが，これらの量的な見積りは対流圏の物質収支にとって，また，地球環境問題としても重要である。本研究では衛星データとこれらの放出に関するパラメータを用いた放出物質量推定モデルを開発し，中国でも火災が多発する中国北東部に位置する大興安嶺を対象地域として適用した。本研究では，放出物質量として CO_2, CH_4, CO, PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_2, BC 及び NOx を対象とした。衛星データに基づいて火災域の時空間的な分布を求めたところ，1986～2010 年の間に 9998 箇所，総面積 46,096 km^2 の火災が発生しており，そのうち 1987 年と 2003 年の面積は，それぞれ 25 年間全体の 33.2%と 22.9%に相当する。常緑・落葉針葉樹と落葉広葉樹が主要な放出源であり，対象地の総放出量に対する割合は，放出物質により 74～89%に相当した。灌木林，草地，農地からの放出物質量は少なく，4～11%であった。他の研究成果とも類似した結果が得られ，この比較的単純な形式の本モデルの妥当性が認められた。

4. 衛星データによる森林火災跡地における植生回復の長期変動検出

火災による森林攪乱に対して自然がどのように反応するか，植生の回復状況は長期間にわたりどのような地域変動や時間変動を示すかを見ることは，長期的な森林保全計画を立てる上で重要な意味を持つ。本研究では典型的な火災イベントとして 1987 年に大興安嶺で発生した大火災を対象にして，長期間の時系列衛星画像を用いて解析した。解析に使用した衛星データは NOAA 衛星の AVHRR GIMMS データセットであり，15 日間コンポジットの正規化植生指数（Normalized Difference Vegetation Indes; NDVI）の時系列データである。1984～2006 年の間の同データを用いて，自然に回復した地点及び植林により回復した地点について時空間的な分布の特徴を分析した。火災前と後の NDVI 値を用いて回帰分析することにより，植生域の中における焼失域ピクセルの同定が可能になった。森林ピクセルは火災による被害程度によって 5 段階に分類し，この段階の時系列データを用いて定義した相対再生長指数（Relative Regrowth Index; RRI）を火災域全体について求めた。本解析の結果，NDVI を用いて火災前後の植生状態を比較するには 10 月のデータが最も良好な結果を得られることが判明した。この原因は，この時期には健全な樹木は緑葉を付けているが，草本類は枯葉となっており，葉の健全度に関係する NDVI が樹木のみに反応する時期が 10 月に対応するためであると結論づけられる。本研究では解像度の粗いデータを使用したが，今後は高解像度のデータを用いることで，より詳細な結果が期待される。

本研究では，火災発生時から鎮火し植生が再生長する過程までを対象にして，中国全土における林野火災の時空間変動特性の解明，火災による森林撹乱の実態の把握，バイオマス燃焼による各種放出物質量の推定，火災後の植生回復の長期追跡を，主として人工衛星データを用い，気象データや火災記録データを援用して解析を行った。これらの成果は，地球環境問題の解決のための基礎資料として，また，森林や農地の土地保全計画の策定に貢献すると期待される。