

学位論文題名

A Study on Wildfire Management in Terms of  
Project Management of Sentinel Asia

(センチネルアジア・プロジェクトマネジメントによる  
森林火災管理に関する研究)

学位論文内容の要旨

近年世界中で大規模な森林火災が多発しており、それにより、火災被害のみならず煙害による健康被害、社会生活への影響が深刻化している。更に、地球温暖化の要因となると考えられている二酸化炭素が森林火災により多量に放出される。気候変動に関する政府間パネル (IPCC)2007 年版レポートによると人間活動により放出される二酸化炭素 271 億トンに対して森林火災によるものは 60-150 億トンとされている。また、森林火災は本来二酸化炭素の吸収源である森林を放出源に変えてしまう。森林火災の低減、制御(森林火災管理と呼ぶ)は地球規模での急務となっている。

宇宙航空研究開発機構(JAXA)がリモートセンシング技術を応用したアジア太平洋地域の災害管理を目的として推進している“センチネルアジア”の取り組みにおいても、森林火災制御もテーマの一つとして取り組まれている。この取り組みでは、衛星による火災の検知、検知した火災の延焼予測などによるリスク分析、その結果をアジアの現地消防隊へ情報提供し火災の抑制・消火活動に活用することを考えている。これらの研究を北海道大学をはじめとするアジアの研究機関・研究者の協力を得て実施している。筆者はセンチネルアジアのプロジェクトマネジメントを担当している。本研究は、センチネルアジア・プロジェクトマネジメントの立場から森林火災管理に関する以下の課題に取り組んだものである。

(1)火災検知アルゴリズムの評価

衛星による火災検知が本取り組みの核心部分となるが、そのアルゴリズムの開発・改良が研究者により研究されている。それらのアルゴリズムについて公平に評価し、プロジェクトとしてどれを採用するかを決めることが必要であり、その評価方法について研究した。

(2)MTSAT による火災検知

衛星による火災検知は、NASA の二つの衛星 Aqua と Terra に搭載されたセンサー MODIS の赤外データが世界的に利用されている。プロジェクトマネジメントの観点からは更に多くの検知手段を準備しておくことが有用であり、MTSAT(ひまわり)の赤外データを用いた火災検知の研究を行った。MTSAT は静止衛星であり、そのデータ分解能 4km は MODIS の 1km に比して低いが、1 時間毎の高頻度観測に利点がある。

(3)地球温暖化低減のためのプロジェクト

地球温暖化低減という観点からは、火災の制御・消火のみならず森林の保全、住民の教育など総合的な取り組みが必要となる。これらの活動を総合したプロジェクトについて検討し、各活動の優先度の評価を行った。

研究方法およびその結果は以下の通りである。

(1)については、Web-GIS を用いた評価方法を提案した。種々のアルゴリズムで検出された結果(ホットスポットと呼ばれる)と衛星の高分解画像による森林火災情報および地上での火災情報を GIS 上で比較することにより、アルゴリズムで検出されたホットスポットの真偽を判別した。GIS のズームイン機能により詳細な比較が可能となった。また、Web 機能により、本システムはインターネットによりアルゴリズムの開発者本人を含めて誰でもアクセスし追検証することが可能である。この意味でこの方法は公正な評価方法を提供するものである。

タイを対象とした評価システムを構築し、5つのアルゴリズムを対象に評価を実施した。

MODIS 用のアルゴリズムとしては NASA が開発した MOD14 が標準的に広く用いられているが、JAXA がこれを改良したアルゴリズムが MOD14 より多少良い検出結果を与えたことがわかった。

(評価システム [http://arrs.adrc.or.jp/adrc/MyMap/wildfire\\_0703/index.jsp](http://arrs.adrc.or.jp/adrc/MyMap/wildfire_0703/index.jsp))

(2)については、MTSAT による自動火災検出システムを構築した。オーストラリア・ビクトリア州での 2009 年 2 月の大火災、タイでの 2007 年 3 月の火災、および 2009 年 8 月のインドネシア・カリマンタンでの泥炭火災を対象にホットスポットの検出をおこなった。これら 3 ケースに対して MODIS のデータから MOD14 により検出したホットスポットと MTSAT によるホットスポットの比較を行った。特に、インドネシアの事例では、MODIS と MTSAT でほぼ同時刻の観測であり、良い条件で比較が行えた。この結果、MTSAT のホットスポットと MODIS のホットスポットは、MTSAT の 1 ピクセル (データの分解能で 4km) 程度の精度で一致していることがわかり、MTSAT のホットスポットは MODIS のホットスポットを補完するものとして利用できることがわかった。(ホットスポット表示システム [http://arrs.adrc.asia/adrc/MyMap/HotSpot\\_MTSAT/index.jsp](http://arrs.adrc.asia/adrc/MyMap/HotSpot_MTSAT/index.jsp))

(3)については、インドネシアなどのアジア地域を対象にした森林・泥炭地の管理サイクルを構築した。管理サイクルは、政治的な対策(A1)、住民の啓発・教育(A2)、森林管理・保全(A3)、火災検知・制御(A4)、燃え跡の同定と森林復興(A5)からなる。管理サイクルの各活動の優先度を定量的に評価するため、AHP(Analytic Hierarchy Process : 階層分析法)およびそれを発展させた ANP(Analytic Network Process)を適用した。AHP/ANP は意思決定手法として T. Saaty により開発されたもので、2 つの要素の比較(ペアー比較)を積み上げることにより全体の評価を与える手法である。ペアー比較においては評価者の感覚的評価を取り扱うことが可能であり、感覚的な評価をもとに定量的な評価結果を得ることができる。試行的に ANP を適用した結果、A4 と A3 の優先度が高く、A1 と A5 が次に高く、A2 が低いという結果が得られた。

最後に、これらの結果によりセンチネルアジアの森林火災に対する取り組みを推進することができた。実際、JST/JICA の枠組みによる研究プログラムに北海道大学を中心としたインドネシア・カリマンタンの火災、炭素管理プロジェクトが採択された。これは、(3)の管理サイクル全体を対象とした学際的な総合プロジェクトであり、A4 の部分にセンチネルアジアも参画している。

# 学位論文審査の要旨

主査 教授 本間利久

副査 教授 金子俊一

副査 教授 小野里雅彦

副査 教授 福田正己(アラスカ大学)

国際北極圏研究センタ)

## 学位論文題名

### A Study on Wildfire Management in Terms of Project Management of Sentinel Asia

(センチネルアジア・プロジェクトマネジメントによる  
森林火災管理に関する研究)

近年世界中で大規模な森林火災が多発しており、それにより、火災被害のみならず煙害による健康被害、社会生活への影響が深刻化している。更に、地球温暖化の要因となると考えられている二酸化炭素が森林火災により多量に放出される。気候変動に関する政府間パネル(IPCC)2007年版レポートによると人間活動により放出される二酸化炭素271億トンに対して森林火災によるものは60-150億トンとされている。また、森林火災は本来二酸化炭素の吸収源である森林を放出源に変えてしまう。森林火災の低減、制御(森林火災管理と呼ぶ)は地球規模での急務となっている。

宇宙航空研究開発機構(JAXA)がリモートセンシング技術を応用したアジア太平洋地域の災害管理を目的として推進している“センチネルアジア”的取り組みにおいても、森林火災制御もテーマの一つとして取り組まれている。この取り組みでは、衛星による火災の検知、検知した火災の延焼予測などによるリスク分析、その結果をアジアの現地消防隊へ情報提供し火災の抑制・消火活動に活用することを考えている。これらの研究を北海道大学をはじめとするアジアの研究機関・研究者の協力を得て実施している。筆者はセンチネルアジアのプロジェクトマネジメントを担当している。

本論文は、センチネルアジア・プロジェクトマネジメントの立場から森林火災管理に関する課題について取り組んだものである。

第1章では、研究の背景としてセンチネルアジアにおける森林火災管理の問題を概観し、本研究の位置付けと目的を明らかにしている。

第2章では、本論文の核心部分のひとつである衛星による火災検知について述べ、そのアルゴリズムの開発・改良に関する研究状況をまとめている。それらのアルゴリズムについて公平に評価し、プロジェクトとしてどれを採用するかを決めることが必要性から、その評価方法について研究している。

第3章では、衛星による火災検知は、NASAの二つの衛星AquaとTerraに搭載されたセンサーMODISの赤外データが世界的に利用されている問題点を述べ、プロジェクトマネジメントの観点からは更に多くの検知手段を準備しておくことの有用性から、MTSAT(ひまわり)の赤外データを用いた火災検知の研究を行っている。MTSATは静止衛星であり、そのデータ分解能4kmはMODISの1kmに比して低いが、1時間毎の高頻度観測に利点がある。

第4章では、地球温暖化低減という観点から、火災の制御・消火のみならず森林の保全、住民の教育など総合的な取り組みの必要性について述べ、これらの活動を総合したプロジェクトについて検討し、各活動の優先度の評価を行っている。

第5章は本論文の結論となっている。

第1章では、センチネルアジアで取組む自然災害の中で森林火災の低減化の重要性を地球規模的環境保全および経済的側面から指摘している。

第2章では、Web-GISを用いた評価方法を提案した。種々のアルゴリズムで検出された結果(ホットスポットと呼ばれる)と衛星の高分解画像による森林火災情報および地上での火災情報をGIS上で比較することにより、アルゴリズムで検出されたホットスポットの真偽を判別した。GISのズームイン機能により詳細な比較が可能となった。また、Web機能により、本システムはインターネットによりアルゴリズムの開発者本人を含めて誰でもアクセスし追検証することが可能である。この意味でこの方法は公正な評価方法を提供するものである。

タイを対象とした評価システムを構築し、5つのアルゴリズムを対象に評価を実施した。MODIS用のアルゴリズムとしてはNASAが開発したMOD14が標準的に広く用いられているが、JAXAがこれを改良したアルゴリズムがMOD14より多少良い検出結果を与えたことがわかった。(評価システム [http://arrs.adrc.or.jp/adrc/MyMap/wildfire\\_0703/index.jsp](http://arrs.adrc.or.jp/adrc/MyMap/wildfire_0703/index.jsp))

第3章では、MTSATによる自動火災検出システムを構築した。オーストラリア・ビクトリア州での2009年2月の大火灾、タイでの2007年3月の火災、および2009年8月のインドネシア・カリマンタンでの泥炭火災を対象にホットスポットの検出をおこなった。これら3ケースに対してMODISのデータからMOD14により検出したホットスポットとMTSATによるホットスポットの比較を行った。特に、インドネシアの事例では、MODISとMTSATでほぼ同時刻の観測であり、良い条件で比較が行えた。この結果、MTSATのホットスポットとMODISのホットスポットは、MTSATの1ピクセル(データの分解能で4km)程度の精度で一致していることがわかり、MTSATのホットスポットはMODISのホットスポットを補完するものとして利用できることがわかった。(ホットスポット表示システム [http://arrs.adrc.asia/adrc/MyMap/HotSpot\\_MTSAT/index.jsp](http://arrs.adrc.asia/adrc/MyMap/HotSpot_MTSAT/index.jsp))

第4章では、インドネシアなどのアジア地域を対象にした森林・泥炭地の管理サイクルを構築した。管理サイクルは、政治的な対策(A1)、住民の啓発・教育(A2)、森林管理・保全(A3)、火災検知・制御(A4)、燃え跡の同定と森林復興(A5)からなる。管理サイクルの各活動の優先度を定量的に評価するため、AHP(Analytic Hierarchy Process:階層分析法)およびそれを発展させたANP(Analytic Network Process)を適用した。その結果、A4の優先度が高く、A1、A3とA2の順に高く、A5が低いという結果が得られ、A4に対応するセンチネルアジアプロジェクトの重要性が確認できた。

以上を要するに、著者は、森林火災検知アルゴリズムを公正に評価するためのWeb-GIS評価方法を開発し、その有用性を明らかにした。また、従来の火災検知頻度を高めるために静止衛星による火災検知システムを開発し、従来の検知精度を保証した高頻度火災検知システムを実現した。また、森林管理・保全および火災検知・制御の重要性をプロジェクトマネジメントの観点から明らかにした。本研究の成果は、リモートセンシング分野ならびにプロジェクトマネジメント分野の発展に寄与するところ大なるものがある。よって、著者は北海道大学博士(情報科学)の学位を授与される資格あるものと認める。