

機関番号：31303

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2010

課題番号：19710002

研究課題名（和文） ロシア極東大規模森林火災の複合解析

研究課題名（英文） Forest Fire Complex Analysis for the Russian Far East

研究代表者

河野 公一（KAWANO KOICHI）

東北工業大学・工学部・准教授

研究者番号：70359553

研究成果の概要（和文）：

本研究では、ロシア極東地域で毎年発生している森林火災の状況を把握するため、衛星画像を用いて7年間分の解析を行った。その結果、焼け跡は4月と10月に多く、また、火災煙は5月に多く検出された。これらの結果の分析から、前年の10月の焼け跡がその後に雪で覆われ、翌年の4月に雪が融けて再び検出されることが分かった。さらに、5月に多く観測される火災煙の発生場所は、前年の10月の焼け跡の多くと一致していることも分かった。提案法ではこれらの情報を複合的に用いることにより、森林火災の発生メカニズムの一つを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：

In this work, we proposed smoke and scar detection methods, and analyzed seven-year data of the Russian Far East by using NOAA AVHRR images. As a result of the analysis, scars were detected in April and October, and smoke was detected in around May every year. In addition, occurrence of fires was affected by the scars which appear in October of the previous year. The spot of the scars burned again next spring because the vegetation recovers in May. Especially, we found that forest fires occur every year in the area of Khabarovsk and Zeya River.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
平成 19 年度	1,000,000	0	1,000,000
平成 20 年度	800,000	240,000	1,040,000
平成 21 年度	800,000	240,000	1,040,000
平成 22 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
総計	3,400,000	720,000	4,120,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：環境情報，森林火災

## 1. 研究開始当初の背景

## (1) ロシア極東森林火災の現状

ロシア極東は日本から地理的に近い割にそこで起こっている森林破壊の実態はほとんど知られていないのが現状である。1992年の京都地球環境会議以降、日本でも地球環境に関する関心が強まり、中でも二酸化炭素の

発生を抑制することは各国共通の緊急課題として取り上げられてきた。地球の森林全体の約1/4を占めるロシアは二酸化炭素の収支を考える上で極めて重要な地域である。二酸化炭素の発生源である森林火災を抑制するにはまず森林火災の現状を正確に把握し、そのメカニズムを解明することが必要である。

## (2) 国境を越える自然災害

ロシア極東地域の都市では、度々起きる森林火災の煙によって外出できなくなるなどの深刻な被害が発生している。2005年10月、ロシア極東地域で発生した火災煙が海を越えて日本にまで到達する事態が発生し、主に北海道を中心として煙霧による視界不良や悪臭騒ぎが起きた。近年、このような国境をも越える大規模な自然災害が社会的にも大きな問題となっている。

## (3) 衛星画像による長期解析

衛星画像を用いた環境動態解析はコンピュータが高速化・大容量化するとともに、近年盛んに行われるようになってきたが、コンピュータの進歩に比べて画像の解析方法の開発はまだまだ遅れている。地球環境の変化を調べる上では少なくとも数十年程度のデータを解析する必要があるが、このような長期の解析を行う方法はいまだ確立されていない。これは衛星データが研究レベルで利用され始めてから約20年程度であり、その初期からシステムを維持している機関でなければなかなか10年規模の長期解析を行えないからというのが理由である。しかし、一方で近年では、新しいセンサを搭載した衛星が多数打ち上げられ、これらのセンサによって地球を観測できるようになっている。近い将来、蓄積した衛星データの長期解析が至るところで行われるようになるのは必至であり、今の段階からその解析方法を確立しておくことが肝要である。

## (4) 観測体制

東北大学の東北アジア研究センター（以下、本センター）は、ノボシビルスク市に隣接するアカデムゴロドク（研究学園都市）のロシア科学アカデミーシベリア支部無機化学研究所内に研究事務所を開設しており、同研究所にロシア極東地域を含む北アジア地域の環境モニタリングのために米国気象衛星ノアの受信局を共同で設置した。米国気象衛星ノアは打ち上げ当初から、衛星が変わっても観測波長帯が同じセンサを継続して搭載しており、過去から現在まで同じ形式のデータを一貫して用いることができる。また、衛星の分解能は直下点で1.1kmであり、1回の受信で東西約2,000km、南北約5,000kmの範囲をカバーできるため、長期の地球観測に最適である。しかしながら、地球規模の大規模森林火災を定期的に観測し、それに対して警告を発するようなシステムは現状では存在していない。本センターはロシアノボシビルスクで受信した衛星データをリアルタイムで利用できる日本で唯一、世界でも数少ない研究機関の一つである。本センターでは、さらに東北大学のシナジーセンターで受信した

過去約20年に及ぶ衛星データを蓄積している。これら2つの受信局で受信した衛星データを利用することによって、ロシア全土を空間的にカバーするばかりでなく、過去から現在までの時系列解析も行える環境を既に構築している。

報告者は研究期間の間に東北大学から東北工業大学に異動になっているが、構築した上記の環境とデータについては、引き続き利用できる状態になっている。

## 2. 研究の目的

### (1) 火災情報の提供

ロシアでは大規模な森林火災が発生しても、地域が広大で発生場所をなかなか特定できず、また特定できても経済的な理由などから消火活動が行えないのが現状である。地球規模の災害を把握するためには衛星に頼るしかないが、一般の人々が衛星データを適切に扱うのは容易ではない。衛星データを研究者の側で適切に処理し、結果を分かりやすく提供することで現状を改善することが、本研究の一つの目的である。

### (2) 火災予防への貢献

本研究で得られる情報は火災が起こった後の過去の情報であるため、このままでは今後起こる火災への対応はできない。しかし、過去に大規模な火災が何度も起きた場所を調査することによって、再び同種の火災が起きるのを予防するのに役立てることができ

### (3) 森林火災の現状調査

衛星データを利用してロシア極東地域の森林火災の状況（焼失面積や発生条件など）を調査することを目的とする。

## 3. 研究の方法

### (1) 森林火災検出方法の開発

本研究ではまず、ノア衛星画像を用いてロシア極東地域の森林火災を検出する方法を開発した。開発した火災検出方法は後述する複数の方法から構成される。

#### ① ホットスポット

ホットスポットは地表面の高温部分である。本研究では、衛星データの温度チャネルを利用して検出する。各温度チャネルのしきい値を調整し、ロシア極東地域に適した値を求める。

#### ② 焼け跡

焼け跡は他の地点よりも正規化植生指数の値が低く、また、温度は周辺よりも高いため、これらの特徴を利用した検出方法を開発する。

#### ③ 火災煙

火災煙については地表面の特性が強く影

響するため、その影響がほぼ均一であるとみなせる海域と、それ以外の陸域に分けて条件を設定する。

#### (2) 長期解析システムの開発

衛星画像を用いて長期解析を行う場合に必要となる、全受信データから特定のデータを絞り込むシステムの開発を行う。

#### (3) 森林火災の解析

森林火災の解析では、まず、上記(1)と(2)の開発方法を用いて、森林火災の検出(ホットスポット、焼け跡、火災煙)を行い、それぞれの検出結果を作成する。次に、検出した火災データをヶ月単位で地図上に重ね合わせて各月ごとの火災の発生場所や焼失面積を調べる。また、これらの解析を行うため、受信したノアデータから本研究に必要なデータを選び、現在から過去にさかのぼってロシア極東地域のデータの切り出し、幾何補正、輝度温度補正などの基本的な画像処理を行う。

#### (4) 対象地域と対象データ

提案方法では火災の検出にチャンネル 3A を使用するため、チャンネル 3A のセンサが搭載されているノア 17 号の受信データを使用した。対象地域はロシア極東地域のハバロフスク地方であり、北緯 50.0 度、東経 130.0 度を投影中心、画像サイズを 1024×1024 画素(約 1,100km 四方)とした。対象期間は、2003 年 1 月から 2009 年 12 月までとした。用いた衛星画像の枚数は 4805 シーンで、そこからさらに、ノイズのある画像や対象地域に設定した領域が映っていない、もしくは切れている画像を除外して、最終的に 1839 シーンの画像を使用した。提案方法の開発および提案法の有効性の確認には、その都度、他の衛星や他の地域の画像も使用した。

### 4. 研究成果

#### (1) 森林火災検出方法の開発

##### ① ホットスポット

本研究で開発したホットスポットの検出方法は、従来法での温度だけを用いた検出に正規化植生指数を検出条件に加えることにより、従来法と比較して湿地帯での誤検出を大幅に減らすことに成功した。

##### ② 焼け跡

ノア衛星のチャンネル 3A から計算できる正規化水指数は、海や湖、雲などでは比較的高い値をとるが、焼け跡の地点では正規化水指数が低い値をとる。本研究ではこの特徴を活かした焼け跡の検出方法を開発した。その結果、従来法で誤検出のあった植生が低い地点での誤検出をなくすことに成功した。

##### ③ 火災煙

ロシア極東地域では数平方キロメートル程度(衛星画像上では数点に対応する)のホットスポットが多く観測されるが、これらのホットスポットから発生する火災煙は数 100km もの広範囲に分布する。提案方法では、陸上の煙と海上の煙のそれぞれに対して、別々のしきい値を用いることにより火災煙の検出を行えるようにした。ただし、火災煙は他の検出方法とは異なり、設定するしきい値がわずかに異なるだけで検出結果が大きく変化するため、対象地域に応じて調整が必要なことも分かった。

##### ④ 可視化ツールの開発

森林火災の火災煙は、薄い場合は地表面の状態を強く受けるが、濃い場合は地表面の影響をあまり受けない。そのため、火災煙はノア画像からの検出が、比較的困難な部類に含まれる。検出方法を開発するに当たっては、まず、検出対象としてどのチャンネルあるいは指数が適しているのかを探す必要があり、この目安をつけるために画像の可視化ツールを開発した。通常、衛星画像を可視化する場合は、可視チャンネルと近赤外チャンネルを用いて植生を表す画像を作成することが多い。本研究ではこれら 2 つのチャンネルにさらに 1.58 $\mu\text{m}$  帯のチャンネルを加えることにより、植生以外に土壌や水に関する指数を求め、さらにこれらをカラー画像に合成することによって、火災煙や焼け跡などをそれらの周囲と異なる色で着色可能な可視化方法を提案した。本提案法では海域部分については、あまり情報が得られないため、海域部分を温度の情報に置き換えるようにした。その結果、通常、画像中のカテゴリの特徴を調べる際はノアの 5 つのチャンネルを見比べて、画像中に映り込むカテゴリを判別する必要があるが、本研究では植生、土壌、水、そして温度に関する情報を 1 枚のカラー画像で可視化することに成功した(図 1)。

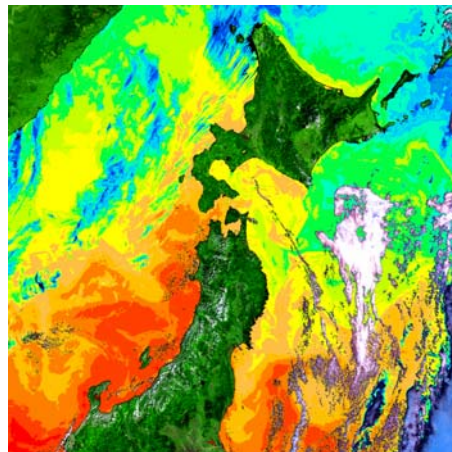


図 1 作成した合成カラー画像の一例

⑤ 衛星画像の自動位置合わせ方法の開発

本研究で開発した方法は、地図画像からのテンプレート作成部分と未知画像とのパターンマッチング部分から構成される。各テンプレートはロシア極東地域の地図画像に対して適当にウィンドウサイズを与え、そのフラクタル次元が高いテンプレートとして重要なテンプレートとして用いるようにした。パターンマッチングは作成したテンプレートと未知画像に対して行い、誤差が1画素程度となるようにした。これにより、海岸線や川など陸水の境界がみられる画像同士については、日時の異なる複数の衛星画像を同一の地図に重ね合わせるができるようになった。また、位置合わせ処理の前処理として用いられる海岸線検出方法を開発した。従来法では海岸線検出の前処理として、検出に不要な領域を削除するために雲域除去を用いていたが、この方法はノア衛星のチャンネル3B, 4, 5を使用するため、本研究のようにチャンネル3Aを使用するような場合には適用できない問題があった。提案法ではこの問題を解決するため、正規化植生指数を用いて、予め海岸線の検出に用いない部分を除去するようにした。その結果、海岸線の検出に必要なチャンネル数を従来の計5チャンネルから2チャンネルに減らすことに成功した。海岸線の検出に必要なチャンネル数を減少できたことで、チャンネル3Aを含む、より多くのデータに対して海岸線の検出を行えるようになった。

(2) 長期解析システムの開発

① ウェブベースの画像検索システム開発

衛星画像の長期解析を行う場合には、蓄積された全オリジナルデータから解析に必要な時間帯、特定の衛星名のデータを抽出し、その後、対象地域の切り出しを行う必要がある。データの抽出作業はこれまで手作業で行われていたが、対象期間が長い場合は作業の効率が悪くなる。そこで本研究では、衛星画像解析の際に必要なこの作業の効率化を図るため、ウェブベースの画像検索システムを開発した(図4)。

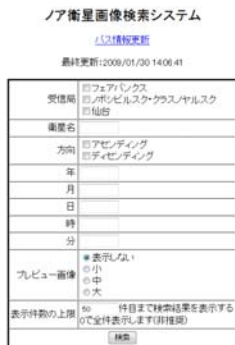


図2 画像検索システムの画面

(3) 森林火災の複合解析結果

ロシア極東地域で発生する森林火災の複合解析を行った。図3, 4より、焼け跡は毎年4月と10月に多く、火災煙は5月に多いことが分かった。この理由は、10月の火災で発生した焼け跡がそのまますぐに冬場を迎えることにより、焼け跡の植生が回復しないままの状態に保存され、翌年4月に雪が融けて前年の焼け跡がそのまま現れるからである。また火災煙の解析結果から、ハバロフスク周辺やゼヤ川周辺では5月になって植生が回復するとすぐに、前年とほぼ同じ地域で火災が発生していることも分かった。前年10月に焼け跡として検出された地域は再度火災が起きやすい地域であり、特に翌年の5月に警戒すべきであるという知見が得られた。

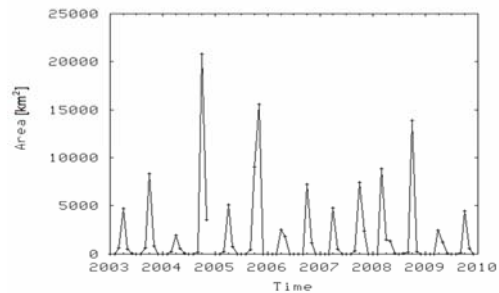


図3 焼け跡の解析結果

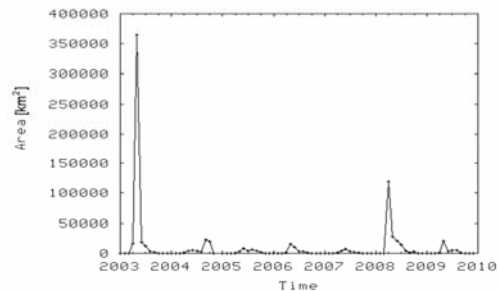


図4 火災煙の解析結果

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計5件)

- ① 小松直之, 河野公一, ノア衛星画像を用いた焼け跡と火災煙の時系列解析, 平成23年東北地区若手研究者研究発表会, 2011年3月12日, 仙台高等専門学校(仙台)
- ② 母良田祐貴, 河野公一, ノア画像を用いた位置合わせ処理のための海岸線検出方法の開発, 平成23年東北地区若手研究者研究発表会, 2011年3月12日, 仙台高等専門学校(仙台)
- ③ 小松直之, 河野公一, ノア衛星の1.58μm帯チャンネルを用いた焼け跡検出方法の提

案，電子情報通信学会 2010 年総合大会，  
2010 年 3 月 17 日，東北大学（仙台）

- ④ 佐藤慧斗，河野公一，ノア衛星画像を用いた森林火災のホットスポット検出方法の開発，平成 22 年東北地区若手研究者研究発表会，2010 年 2 月 26 日，東北学院大学（仙台）
- ⑤ 諏訪内智美，河野公一，土・植生・水指数を用いたノアデータの可視化法の開発，平成 22 年東北地区若手研究者研究発表会，2010 年 2 月 26 日，東北学院大学（仙台）

〔その他〕

東日本大震災により，当初本研究のために準備を進めていたデータ解析用サーバならびにデータ公開用のサーバが損傷したため，予定していたデータの公開は中止する。

また，本研究で衛星データの受信ならびに蓄積を行っている研究設備は東北大学にあり，今回の震災とその後の停電等の影響で現在もまだ復旧の目途が立っていない状況である。

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

河野 公一 (KAWANO KOICHI)  
東北工業大学・工学部・准教授  
研究者番号：70359553