

衛星データからのホットスポットの抽出

王 春永[†] 川島 英之[‡] 北川 博之[‡]

筑波大学大学院システム情報工学研究科〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

E-mail: [†] chunyong.wang@kde.cs.tsukuba.ac.jp, [‡] {kawasima, kitagawa}@cs.tsukuba.ac.jp

あらまし GEO Grid プロジェクトでは、グリッド技術を用いた地球観測データの大規模アーカイブシステムの開発を行っている。同プロジェクトが扱うデータには TIR(Thermal Infrared Radiometer)と呼ばれる地表面からの熱赤外線放射に関するデータがある。このデータの主たる使用目的は、鉱物資源の判別や、大気・地表面・海面の観測である。本研究では、TIR データから新たな知識を発見すべく、ホットスポットの検出を試みる。製鉄所や火災を起きている場所など周辺の領域より著しく温度が高いエリアをホットスポットとみなし、TIR データに基づきその検出を試みる。提案手法の実現に際しては、科学データ用データベース SciDB を導入した。

キーワード Hot Spot, SciDB, 科学データ管理

Detecting Hot Spots from Satellite Data

Chunyong WANG[†] Hideyuki KAWASHIMA[‡] and Hiroyuki KITAGAWA

Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

1-1-1 Tennodai, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken 305-8573, JAPAN

E-mail: [†] chunyong.wang@kde.cs.tsukuba.ac.jp, [‡] {kawasima, kitagawa}@cs.tsukuba.ac.jp

1. はじめに

近年、センシング技術の急速な発展により、大規模なデータが蓄積されている。特に、科学研究分野でデータの量が急速に増加している。天体望遠鏡 LSST からは毎晩 20TB、粒子加速器 LHC からは年間 15PB、地球観測衛星センサ ASTER からはこれまでに 170TB のデータが得られている。

我々が参加している GEO Grid プロジェクト[1]では、グリッド技術を用いた地球観測データの大規模アーカイブシステムの開発を行っている。GEO Grid には、衛星画像や地質データ等の各種地球観測データがアーカイブされている。その中に、「ASTER」と呼ばれるセンサがあり、2000 年から現在に至る間で、そのデータ量はおよそ 170TB である。このような大規模な科学データを活用して、新たなサービスを生み出すことが求められている。

GEO Grid がアーカイブしている地球観測データの中には TIR(Thermal Infrared Radiometer)と呼ばれる熱に関するデータがある。TIR データは熱放射特性を利用して鉱物資源の判別や大気、地表面、海面の状態を観測することを主な目的としている。一方、TIR データは製鉄所や火災が起きている場所など、周辺の領域より著しく温度が高い領域の検出に利用できると我々は考える。

そこで本研究ではそのような領域をホットスポットと定義する。そして、ホットスポットを TIR データから検出する手法を提案し、SciDB を用いて提案手法を実現する。

本論文の構成は以下の通りである。2 節では関連研究を述べる。3 節ではホットスポット検出手法を述べる。4 節では提案手法の設計と実装を述べる。5 節では評価を述べる。6 節では応用について述べる。最後に 7 節で本論文をまとめる。

2. 関連研究

情報技術の発展に伴い、従来扱うことが困難であった科学データの蓄積や配信が容易となってきた。この背景を受けて、E-Science に関する研究が活発化している。E-Science とは、高速ネットワーク上で、科学データの相互利用、統合利用、人的交流などを目指した基盤技術に関する学術領域である[2]。E-Science における研究として、天体望遠鏡を用いる天体観測データの利用基盤に関する研究[3][4] や、素粒子実験データの利用基盤に関する研究[5]などが挙げられる。本節ではいくつかの E-Science に関する研究に触れる。

北村らは衛星画像を用い、都市のヒートアイランド現象を解明する上で重要な地表面温度について、Landsat/TM 熱データと気象データから熱収支式により算出した地表面温度と比較解析することにより、衛

星観測輝度温度と地表面温度、大気の影響の関係を定量的に明らかにした[6].

藤谷匡らは ASTER 衛星データを用いて近年のつくば市における土地被覆分類と地表面輝度温度の算出を行い、つくばエクスプレスを中心とした急速な開発に伴う土地被覆変化と地表面輝度温度の変化を明らかにした[7].

竹内渉らは宇宙からの森林火災の監視について、森林火災監視の重要性和概要、森林火災検知の原理、MODIS データを用いた森林火災検知アルゴリズムの提案、森林火災検知結果の公開、国際的な森林火災観測ネットワークの構築について述べた[8].

衛星画像から時系列変化を検出する研究として[9][10][11]がある. 浦井らは、「ASTER データによるグローバル火山観測計画」を立案し、ASTER TIR 画像などから火山表面温度観測および火山から放出される SO_2 の空間分布観測を行っている[9][10]. 三浦らは、高分解能衛星画像と GIS データを用い、新築建物を検出する手法を提案している[11].

我々の研究グループは、本研究の先行研究において、衛星画像と Web 上のコンテンツとの統合を目的とし、時系列衛星画像から抽出した標高値変化を用い、建造物生成事象に関するコンテンツを Web 上から収集するシステムを提案した[12][13]. 提案システムを実現するため、システムで取り扱う衛星観測データ、ASTER DEM が有する誤差の補正手法、また、時系列 ASTER DEM を用いた標高変化事象の検出、および、標高変化事象をキーとした Web コンテンツの収集手法の提案を行った.

3. ホットスポット検出

3.1. ホットスポット

周辺のエリアと比較して温度が顕著に高いエリアを、本論文ではホットスポットと定義する. ホットスポットは現実世界においては、火災が起きている場所、噴火している火山、製鉄所、工場などに対応する.

3.2. 温度算出の方法

本研究では、まず地表温度を TIR データから算出する. TIR データから、温度を算出する流れを式 3.1 ~ 3.3 に示す.

$$\text{黒体の分光放射輝度: } B_{\lambda} = (DN - 1) * UCC \quad (3.1)$$

$$\text{輝度温度: } T^* = \frac{\frac{hc}{k\lambda}}{\ln\left(\frac{1}{B_{\lambda}} * \frac{2hc^2}{\lambda^5} + 1\right)} \quad (3.2)$$

$$\text{温度: } T = T^* - 273.15 \quad (3.3)$$

DN:TIR 画像データは五つのバンドのデータを含んで

いるため、衛星画像の各ピクセルにそれぞれのバンドの五つの値が保存されている. 衛星画像に保存している各バンドの値を DN 値と呼ぶ. Band13 が大気中に含まれる水蒸気や二酸化炭素などの影響が一番小さいため、本研究は Band13 の DN 値を利用する.

UCC ($W/m^2/str/\mu m$):DN 値から放射輝度へ変換するための変換係数. それぞれのバンドが違っている. Band13 の場合変換係数は 0.005693 である.

$B_{\lambda}(W/m^2/str/\mu m)$:黒体の分光放射輝度である.

$T^*(K)$:観測物体と等しい放射エネルギーを放射する黒体の温度、つまり、黒体の絶対温度である.

$h(J \cdot s)$:プランク定数であり、本研究では 6.626×10^{-34} を使う.

$c(m/s)$:光速度であり、本研究では 2.988×10^8 を使う.

$k(J/K)$:ボルツマン定数であり、本研究では 1.380×10^{-23} を使う.

$\lambda (\mu m)$:波長であり、バンド 13 の観測波長帯が 10.25 - 10.95 であり、本研究では中間波長帯 10.60 を使う.

$T(^{\circ}C)$:衛星から見る大気上端の温度である. 大気の影響を差し引き、実際の地上（地表面）の温度を算出することが出来る、本研究では大気の影響を無視した上で、算出された温度は地上温度とする.

3.3. ナイーブな検出手法

温度が高いほどホットスポットになる可能性が高い. そこでナイーブな手法として、閾値に基づく検出手法を提案する. この手法では特定の温度 T_h を閾値として設定し、TIR データのうち、算出された温度が閾値 T_h より大きいエリアをホットスポットとする.

まず検出対象の TIR データから各ピクセル P_i のバンド 13 の DN 値 D_{13i} を読み取り、DN 値から温度 T_{13i} を算出する. 算出された T_{13i} が閾値 T_h を超えたピクセル P_i をホットスポットとする. 検出アルゴリズムをアルゴリズム 1 に示す.

アルゴリズム 1 閾値に基づく検出手法

```

1: 入力：検出対象の TIR 画像データ
2:   Input_Image_TIR : {(Pi(lat, lon), D13i)}, 閾値 Th
3: 出力：ホットスポット集合
4:   HotSpot_Set : {(Pi(lat,lon))}
5: for all (Pi(lat, lon), D13i) ∈ Input_Image_TIR do
6:   D13i から T13i を算出し, Input_Image_TIR に保存
7: end for
8: for all (Pi(lat, lon), D13i, T13i) ∈ Input_Image_TIR do
9:   if T13i > Th then
10:    HotSpot_Set ← Pi (lat, lon)
11:   end if
12: end for
13: return HotSpot_Set

```

3.4. 統計的な検出手法

閾値に基づく手法を用いるには、閾値を適切に設定する必要がある。残念なことに閾値の設定は煩雑である。なぜなら放射輝度は季節や天候により大きく変動するからである（5.5.2 節を参照）。そこで本節では統計的な手法を提案する。この手法には上述した適切閾値設定問題が存在しない。

提案手法は正規分布に基づく。正規分布の確率密度関数を式 3.4 に示す。ただし、 μ は平均値であり、 σ は標準偏差である。

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (3.4)$$

正規分布に従うデータが、 $\mu \pm 3\sigma$ に入る確率は 99.7% であり、 $\mu \pm 4\sigma$ に入る確率は 99.994% である。正規分布が有するこの特性は、異常値の検出や品質管理の手法に利用されている。例えば、SPC(Statistical Process Control) という工程管理法では、 3σ 法で管理限界線を計算し、製品の設計や製造工程管理を実施する。

標本の平均値 $\pm 3\sigma$ あるいは $\pm 4\sigma$ の範囲外となるデータが、統計的には極めて稀なことに着目し、本論文では、 $\pm 3\sigma$ あるいは $\pm 4\sigma$ の範囲外となるデータを異常点として検出する。そして、本研究は陸上の温度分布を正規分布と想定し、 $\mu + 3\sigma$ ($+4\sigma$) 以上のポイントをホットスポットとして検出する。

$\mu + 3\sigma$ 以上のポイントをホットスポットとして検出するアルゴリズムを、アルゴリズム 2 に示す。 P_i が陸上か判断するために、同時刻における地表面高度データ (DEM) を用いる。DEM 中の標高値は海拔高度を表すため、あるピクセルの値が「0」である場合、そのピクセル海とみなし、さもなくてば、陸上とみなす。

アルゴリズム 2 統計的なホットスポット検出手法

```

1: 入力：検出対象の一枚の TIR 画像データ
2:   Input_Image_TIR : {(Pi(lat, lon), D13i) }
3:   同時点同じ精度の DEM 画像データ
4:   Input_Image_DEM : {(Pi(lat, lon), Hi) }
5: 出力：ホットスポット集合
6:   HotSpot_Set : {(Pi(lat, lon))}
7: Input_Land_Set ←  $\phi$ 
8: for all (Pi(lat, lon), D13i) ∈ Input_Image_TIR,
9:   (Pi(lat, lon), Hi) ∈ Input_Image_DEM do
10:    D13i から T13i を算出し, Input_Image_TIR に保存
11:    if Hi ≠ 0 and D13i > 0 then
12:      Input_Land_Set ← T13i
13:    end if
14: end for
15: Input_Land_Set の平均  $\mu$  と標準偏差  $\sigma$  を算出
16: for all (Pi(lat, lon), D13i, T13i) ∈ Input_Image_TIR do

```

```

17:   if T13i >  $\mu + 3\sigma$  then
18:     HotSpot_Set ← Pi(lat, lon)
19:   end if
20: end for
21: return HotSpot_Set

```

4. ホットスポット検出システム

4.1. ホットスポット検出の流れ



図 4-1 ホットスポット検出システム

ホットスポット検出の流れを図 4-1 に示す。

まず GEO Grid から衛星データを取得する。次に取得したデータを変換し、SciDB に格納する。これと同時に画像のメタデータを PostgreSQL に格納する。そして、SciDB の上でホットスポットの検出を行い、検出結果を PostgreSQL に格納する。検出された高温領域に対し、検索エンジンを用いて関連する情報を取得する。最後に、ユーザの要求によりホットスポットの検出結果を提供する。

4.2. SciDB

SciDB は科学データ用データベースであり、Array データモデルを導入している。多くのデータベースはリレーショナルモデルや XML 等のデータモデルを用いているが、SciDB は科学者からの要望に基づき、Array を基礎としたデータモデルを提供している [14][15][16][17][18][19]。図 4-2 は一つの Array の例を示す、Array の各セルのデータは複数の属性の値の組み合わせで構成されている。

i \ j	0	1	2
0	(1.1,a)	(2.1,b)	(3.1,c)
1	(4.2,d)	(5.2,e)	(6.2,f)
2	(7.3,g)	(8.3,h)	(9.3,i)

図 4-2 Array Sample

ASTER 衛星画像データは Array で表現しやすいフォーマットで提供されている。各センサのデータは規則的な Array で構成されていると考えられる。例えば、TIR データは [band10, band11, band12, band13, band14]

の形で、一つのピクセルに五つのバンドのデータがある。これらのデータはセンサから時系列で収集される。このような Array データはリレーショナルデータモデルより、Array データモデルに向いている。また、ホットスポットを検出するために、特別なデータ処理を行う必要がある。SciDB はユーザ定義型 (User-Defined Type UDT) とユーザ定義関数 (User-Defined Function UDF) 機能を提供しているため、高い拡張性がある。そこで、本研究では SciDB を導入する。

SciDB は AQL と AFL の 2 種類のインターフェースを提供している。AQL は SQL と似ている Array クエリ言語である。AFL は AQL と同じ機能を提供しており、関数の形で記述される。また、Array のメタデータに対するクエリも提供されている。これから本研究で用いる主な演算子を説明していく。

create は新しい Array を作成する演算子である。以下のように記述する。

```
create [array_type] array
array_name<attribute_name : type_name [...]>
[dimension_name=start:end]*,
chunk_interval, chunk_overlap [...]]
```

Array を作成する時、名前、タイプ、属性リスト、次元リストの四つの要素で定義する。タイプ (array_type) は array が更新可能かどうかを定義し、デフォルトは更新可能となっている。属性リストは Array の各セルに保存するデータの型について定義する。次元リストは Array の各次元のインデックス (start : end)、チャンクサイズ (chunk_interval)、オーバーラップのサイズ (chunk_overlap) などの次元構成を定義する。チャンクは Array を扱う時の最小単位であり、オーバーラップはチャンクに冗長化されたデータである。

例えば、図 4-2 に示した Array Sample を以下のコマンドで作成できる。

```
create array Sample<A:double, B:string> [i=0:2,3,0,
j=0:2,3,0]
```

この例の場合、Array のデータは更新できる。Array の名前を Sample とする。Sample は double 型の A と string 型の B の二つの属性がある。Sample は i と j の二つ次元があり、それぞれの次元のインデックスは 0 から 2 までとなる。各次元のチャンクの長さは 3 であり、3×3 のサイズでチャンクを定義する。オーバーラップは 0 である。

以下では、SciDB が提供するオペレータを説明する。ここでは、次の三つの Array を用いる点に注意されたい。

```
create Array A <A1:double, A2:double, A3: int32>
[i=0:2,3,0, j=0:2,3,0]
create Array B<B1:string> [k=0:1,2,0]
```

```
create Array C<C1:string> [i=0:2,3,0, j=0:2,3,0]
```

load はデータファイルから Array にデータをロードする演算子である。データはチャンクに分割されている。データファイルに各チャンクのデータは「[]」で囲まれ、コンマで区切られる。以下のコマンドは data.dat データファイルを Array Sample にロードするコマンドである。

```
load(Sample, '/data.dat')
```

project は Array が持つ属性のうち、指定した属性だけを残し他を削除する単項演算である。

apply は Array が持つ属性あるいはインデックスを利用し、新しい属性を算出し、Array に追加する。例えば、Array A に対する apply(A, A4, A1-A2) を実行すると、Array A の属性 A1 と A2 の差を取って、新しい属性 A4 を算出する。結果のスキーマは Array A <A1:double, A2:double, A3: int32 , A4: double> [i=0:2,3,0, j=0:2,3,0] となる。

filter は Array が持つ属性の中で、値が指定された条件を満たすデータを抽出する演算子である。条件を満たさないセルは EMPTY とする。例えば、Array A に対し、filter(A, A1>4) を実行すると、属性 A1 が 4 より大きいデータを返す。

cross は二つの Array のクロス積を計算する。例えば、Array A と Array B に対し、cross(A, B) を実行すると、cross の結果のスキーマは <A1:double, A2:double, A3: int32, B1:string> [i=0:2,3,0, j=0:2,3,0, k=0:1,2,0] となる。

join は二つの Array の各次元にマッチングされた属性を結合する処理である。join 処理の二つの Array は同じ次元構成でなければならない。例えば、Array A と Array C に対し、join(A,C) を実行すると、join の結果のスキーマは <A1:double, A2:double, A3: int32, C1:string> [i=0:2,3,0, j=0:2,3,0] となる。

avg は Array の指定された属性の平均を算出する。

stdev は Array の指定された属性の標準偏差を算出する。

4.3. データ変換

ASTER 衛星データは TIFF 形式の画像として GEO Grid から発信される。SciDB を用いてデータ管理と検出処理を行うために、本研究では MATLAB を用いて、ASTER TIR および DEM (解像度: 90m) 衛星データを SciDB に格納できるデータファイルに変換する。例えば、衛星画像 AST000814022536.T.RAD.tif におけるバンド 13 のデータの一部分を図 4-3 に示す。これを変換したデータは図 4-4 のようになる。

図 4-3 変換前の TIR データ

図 4-4 変換後の TIR データ

ARRAYTD と陸上温度情報を結合：

```
cross(ARRAYTD,ARRAYAS)
結果：
ARRAYF<lat, lon, band13, radiance, val, avg, sd>[i,j,k]
ホットスポット検出（3σの場合）：
filter(apply(ARRAYF, hotspot_flg,
gethotspot(radiance, avg+3*sd)), hotspot_flg = true)
```

5. 評価実験

提案するホットスポット検出手法の有効性を検出するために、評価実験を行う。

5.1. 実験環境

開発環境を表 5-1 に示す。データを SciDB に導入可能に変換するプログラムは MATLAB を使い、ホットスポット検出用 UDF 作成には C++ を用いた。また、ホットスポットに関する Web コンテンツを収集する実験を行うプログラムは Java を用いた。

表 5-1 実験環境

CPU	IntelXeon2.67GHz
OS	Ubuntu 10.04
RAM	48GB
SciDB	SciDB11.06
ツール	MATLAB, C++(gcc 4.4.3), Java6.26

5.2. データセット

提案手法の有効性を検証するために、本研究では日本の代表的な製鉄所を八つ選び、評価対象エリアとする。それぞれの評価対象エリアに対し、時系列の衛星データを取得する。各エリアの画像は 7～13 枚である。水平解像度 90m の DEM と TIR 画像を利用して、実験を行う。評価対象エリアを表 5-2 に示す。

表 5-2 評価対象エリア

評価対象エリア	データ	観測期間
鹿島製鉄所	9 枚	2002/03/12～2011/11/16
住友八幡製鉄所	9 枚	2000/08/14～2011/11/26
住友金属工業和歌山製鉄所	7 枚	2002/03/31～2011/10/27
新日本製鉄名古屋製鉄所	9 枚	2000/07/10～2011/07/14
神戸製鉄所	8 枚	2002/03/31～2011/10/27
JFE 東日本製鉄所	13 枚	2000/12/26～2011/01/07
JFE 西日本製鉄所	10 枚	2001/06/09～2009/11/06
日新製鋼呉製鉄所	8 枚	2002/09/23～2011/04/09

5.3. 実験内容

ホットスポットの検出手法を評価するために、対象

データセットの各 TIR 衛星画像データに対し、閾値に基づく手法と統計的な手法を用いて、ホットスポット検出実験を行う。ナイーブな手法の閾値には、60, 45, 30 の三つを用い、統計的な手法では平均値+3σ と平均値+4σ の二つの基準を用いて検出実験を行う。

5.4. 実験結果

検出されたホットスポットが正しいかどうかを評価するために、Google Map API を用いた。検出されたホットスポットの経度、緯度を用いて Google Map に該当位置にマーカーを作った。それからホットスポットの位置を調査し、結果の判断を行った。

適合率

ホットスポットが正しく検出された割合である。データセット内の各 TIR 衛星画像から検出されたすべてのホットスポットのうち、正しく検出されたホットスポットの割合を算出する。検出された結果の中で、製鉄所、製鋼所、油田工場のような明らかな熱源の以外に、発電工場、セメント工場などが存在する。これらも熱源となる可能性がある。本研究ではこれらの熱源を 2 種類に分けて、適合率 A と適合率 B を算出する。

適合率 A の場合は、検出されたホットスポットの中、製鉄所、製鋼所、油田工場に入っているポイントを正解とする。それ以外のポイント不正解とする。

適合率 B の場合は、検出されたホットスポットの中、製鉄所、製鋼所、油田工場だけではなく、他の高温である可能性がある工場が含まれているポイントも正解とする。

再現率

実際に存在するホットスポットの検出率である。本研究では 73 枚の評価対象 TIR 衛星画像に対して、正しく検出された TIR 衛星画像の枚数の割合である。

正しい検出の判断基準：

検出されたホットスポットの中に評価対象エリアの該当製鉄所に入っているポイントがある場合を正解とし、それ以外の場合は不正解とする。

検出結果の比較を表 5-3 に示す。実験結果により、統計的手法が優れた再現率を示していることが観察される。

表 5-3 ホットスポット検出手法比較

検出手法	閾値に基づく手法			統計的な手法	
	閾値 60	閾値 45	閾値 30	3σ	4σ
適合率 A	1.00	0.45	0.02	0.44	0.63
適合率 B	1.00	0.67	0.04	0.55	0.78
再現率	0.05	0.16	0.63	0.99	0.92

5.5. 考察

検出結果を以下の観点から考察を行う。

5.5.1. 統計的な手法の有効性

ホットスポット検出実験の比較結果から見ると、ナイーブな手法を用いて検出する時、閾値を高く設定すると、検出の適合率が高くなるが、再現率は非常に低くなってしまふ。逆に、閾値を低く設定すると、再現率は少し上がるが、適合率は大幅に下がってしまう。一方、統計的な手法はより高い適合率と再現率でホットスポットを検出できる。

たとえば、住友八幡製鉄所がある AST100429020443.T.RAD.tif から統計的手法で該当製鉄所を検出できたが、ナイーブな手法では閾値 30 でも同製鉄所を検出できなかった。検出結果を図 5-1 に示す。一方、AST100606012715.T.RAD.tif からナイーブな手法と統計的な手法両方とも該当製鉄所を検出できたが、ナイーブな手法の誤検出は多い。検出の結果を図 5-2 に示す。ナイーブな手法の閾値 30 の場合、適合率が著しく低下している。この理由は、ある場合に誤検出が非常に多く存在しているからである。AST100606012715.T.RAD.tif の場合には 7100 件、AST000710015506.T.RAD.tif の場合には 53700 件、AST010704015353.T.RAD.tif の場合には 91100 件の誤検出が存在していた。

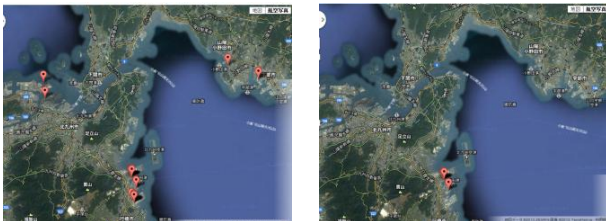


図 5-1 AST100429020443.T.RAD.tif 検出結果

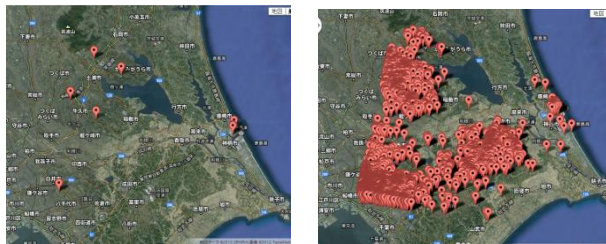


図 5-2 AST100606012715.T.RAD.tif 検出結果

5.5.2. ナイーブな手法の問題点

ナイーブな手法がホットスポットをうまく検出が出来なかった原因を究明するために、JFE 東日本製鉄所を含んでいる約 3km² 範囲のエリアの時系列の温度分布を分析した。その結果、同じ領域であっても、違う時期の温度が最大 20 度程度の差があることが判明した。例えば、2004 年 6 月 5 日の温度分布と 2006 年 12 月 27 日の同じエリアの温度分布を図 5-3 に示す。

この二枚の図の中央のエリアは同じ JFE 東日本製鉄所だが、2004 年 6 月 5 日の温度は 50 度以上であり、2006 年 12 月 27 日は 23 度程だった。このような場合、閾値に基づく手法の精度は悪くなってしまふ。

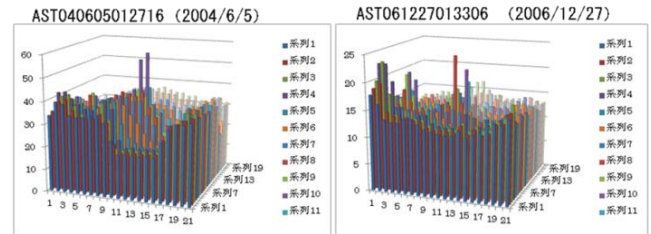


図 5-3 同領域・別時期の温度分布比較

5.5.3. 製鉄所以外のホットスポットの考察

検出結果により、ホットスポットは製鉄所だけではなく、他にもいろいろな工場が該当することがわかった。例えば、セメントを生産する時、大量の熱が発生する。実際、宇部興産セメント工場を含む五つの画像からすべてこの工場を検出することができた。その一つの検出結果を図 5-4 に示す。

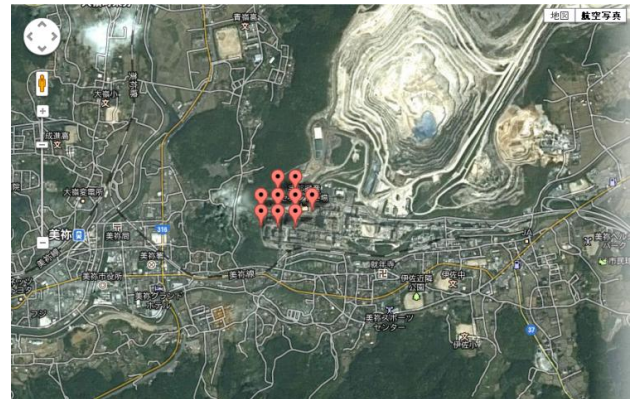


図 5-4 セメント工場検出

6. 森林火災検出への応用

ホットスポットの存在時間により 2 種類に分けられる。同じエリアを含むに時系列 TIR 画像データの検出結果から見ると、複数回に検出されるエリアは製鉄所などの固定的なホットスポットと考えられる。一方、たまに検出されたホットスポットは火災が起きている領域である可能性が高い。これまでは、製鉄所のような場合について検出できることを示した。本節では、森林火災を検出する可能性を検証するために、本研究ではアメリカカリフォルニア州を覆っている 15 枚の衛星画像を利用して、統計的な手法を用いて 3 σ でホットスポット検出実験を行う、その中 2007 年 10 月 21 日の衛星画像 AST071021183927.T.RAD.tif からの検出結果を図 5-5 に示す。



図 5-5 森林火災の検出

図 5-5 の検出結果は同時期の MODIS 画像から得られる検出結果とほぼ一致している。これより、提案手法は森林火災検出にも適用できることがわかった。

7. まとめ

本研究では ASTER データからホットスポットを検出するシステムの開発に取り組んだ。

ASTER TIR データを用いて、ホットスポット検出する手法を提案した。製鉄所を検出のターゲットとして、閾値に基づく手法と統計的な手法を比較する実験を行った。検出結果を検証した上で、統計的な手法の有効性を示した。検出の結果を考察し、製鉄所をはじめ、油田、工場、森林火災などさまざまなホットスポットを検出できることを明らかにした。

ホットスポット検出の精度向上を重要課題だと考えている。ホットスポットという用語の定義の厳密化も課題である。森林火災などの災害に関するホットスポットは、被害の拡大化を防ぐために、検出が即時的であるべきである。それゆえストリームデータ処理を用いたリアルタイム検出手法の開発が重要だと考える。

謝辞

本研究は経済産業省が所有する ASTER データより、産総研 GEO Grid で処理された ASTER データ β を用いたものである。本研究の一部は、科学研究費補助金 (#20240010)、基盤科学研究費 (#21240005) による。

参考文献

- [1] GEO Grid, <http://www.geogrid.org>.
- [2] 「e-Science:Wikipedia」, <http://en.wikipedia.org/wiki/E-Science>
- [3] 河野元聡, 大石雅寿, 白崎裕治, 他, 天文学連携データベースシステム(ヴァーチャル天文台)の開発, DEWS2006 4A-o5
- [4] 山本直孝, 建部修見, 関口智嗣, Grid Datafarm における天文学データ解析ツールの性能評価, 情報処理学会研究報告, 2003-HPC-95, SWoPP2003, pp.185-190, 2003 年 8 月
- [5] 建部修見, 森田洋平, 松岡聡, 関口智嗣, 曾田哲之, 「広域大規模データ解析のための Grid Datafarm アーキテクチャ」, 情報処理学会研究報告, 2001-HPC-87, SWoPP2001, pp.177-182, 2001 年 7 月
- [6] 北村ほか, 地表面熱収支から推定した地表面温度及び地上気温観測値と衛星ランドサットの観測輝度温度の関係, 地学雑誌, Vol.113, No.4, pp.495-511, 2004
- [7] 藤谷匡, 松永恒雄, ASTER データを用いたつくば市の土地被覆変化と熱環境の関係解析, 日本リモートセンシング学会学術講演会論文集, 巻:39th, 頁:199-200, 2010
- [8] 竹内渉, 宇宙からの森林火災の監視 計測と制御 第 47 巻第 12 号 2008 年 12 月号.
- [9] 浦井稔, 福井敬一, ASTER によるグローバル火山観測計画と火山画像データベース, 日本リモートセンシング学会第 32 回学術講演会論文集, P.75-76, 2002.
- [10] 浦井稔, 福井敬一, ASTER による火山観測の可能性とグローバル火山観測計画, 火山第 2 集, 第 44 号, P.131-141, 1999.
- [11] 三浦弘之, 翠川三郎, 建物 GIS データの更新を目的とした高分解能衛星画像からの建物の自動検出手法, 地域安全学会論文集 No.5, 2003.11n
- [12] T. Takagi, H. Kawashima, T. Amagasa and H. Kitagawa, "Providing Constructed Buildings Information by ASTER Satellite DEM Images and Web Contents", Proc. DIEW, 2010.
- [13] 王春永, 川島英之, 北川博之, "地球観測衛星データと Web コンテンツの統合による新築建造物および地形変化の検出" 情報処理学会第 73 回全国大会, 2011 年 3 月 2 日~4 日.
- [14] SciDB, <http://www.scidb.org>
- [15] J. Becla, K.-T. Lim, Report from the SciDB Workshop, Data Science Journal, Vol. 7, (2008), pages 88-95
- [16] M. Stonebraker, J. Becla, D. DeWitt, K-T. Lim, D. Maier, O. Ratzesberger, S. Zdonik, Requirements for Science Data Bases and SciDB, CIDR 2009 Conference, Asilomar, CA, USA, January 2009
- [17] The SciDB Development team, Overview of SciDB, Large Scale Array Storage, Processing and Analysis, SIGMOD'10, June 6-11, 2010, Indianapolis, Indiana, USA
- [18] P. Cudre-Mauroux, H. Kimura, K.-T. Lim, J. Rogers, R. Simakov, E. Soroush, P. Velikhov, D.L. Wang, M. Balazinska, J. Becla, D. DeWitt, B. Heath, D. Maier, S. Madden, J. Patel, M. Stonebraker, S. Zdonik, A Demonstration of SciDB: A Science-Oriented DBMS, VLDB'09 Volume 2, Number 1, 1534-1537, Lyon, France, August 2009
- [19] Emad Soroush, Magdalena Balazinska, and Daniel Wang. ArrayStore: A Storage Manager for Complex Parallel Array Processing, SIGMOD'11, June 12-16, 2011, Athens, Greece
- [20] <http://www.envinfo.uee.kyoto-u.ac.jp/user/susaki/grass/grass3.html>