

ロシアタンカー「ナホトカ号」重油流出事故に関する LANDSAT 衛星データ画像処理の試み

加 藤 芳 信*・中 原 茂 幸**

Image Processing of LANDSAT Satellite Data on the Oil Outflow Accident of Russian-flagged Tanker NAKHODKA

Yoshinobu Kato and Shigeyuki Nakahara

The Russian-flagged tanker NAKHODKA sank in the Sea of Japan off Okinoshima, Shimane Prefecture on January 2 1997. The oil spilled out of NAKHODKA and the head-part of NAKHODKA reached Anto, Mikuni-cho, Fukui Prefecture on January 7. The oil and the head-part were removed by the efforts of government, local people and volunteers by the end of April. In this paper, the results of image processing of LANDSAT satellite data centering on Mikuni-cho are presented. A processed image of LANDSAT data on January 13 showed that the oil slick existed off Komatsu City and the head-part of NAKHODKA was at Anto. A temporary road constructed for transportation of the oil remaining in the head-part was also recognized in the other processed images.

1. まえがき

平成9年(1997年)1月2日に島根県沖でおきたロシアタンカー「ナホトカ号」の重油流出事故では、船首部分(長さ約50m)が1月7日に福井県三国町安島(あんとう)地区に漂着・座礁し、大量の重油が海岸に漂着した[7-10]。国県市町村、住民、ボランティア等による重油回収・除去作業により3月末までに殆どの漂着重油は回収され、更に、波の物理的な力、太陽光・微生物による重油分解等により、海岸は綺麗になり、7月、8月の海水浴でも重油で水着が汚れる等の苦情は殆ど無かった様である。ナホトカ号船首部分は、2月25日までに残存油が抜き取られ、4月20日に座礁現場より撤去されている。仮設道路も11月4日に撤去完了している。現在(1998年12月)は、重油流出事故より約2年経過しており、重油の影響は殆ど完全に無くなっている。

筆者らは、この重油流出事故に関して、LANDSATなどの衛星データによる画像解析を行なっている[1,2]。本論文では、三国町付近を中心としたLANDSAT 5号衛星のCD-ROMデータ(TM, BSQ形式、約185km*170km) : ①1月13日、及び、5インチフロッピー・データ(TM, BIL形式、約14km*11km) : ②1月13日、③2月14日、④3月18日、⑤4月12日、による画像処理結果について述べる。尚、TMはThematic Mapper, BSQはBand Sequential, BILはBand Interleaved by Lineの略である。LANDSAT 5号のPath-Rowは①②③④が110-35、⑤が109-35であり、観測時間は何れも9時55分~10時である。CD-ROMデータの場合は自作のデータ読み込みソフトと汎用画像処理ソフトPhotoshop[13]を使用し、5インチフロッピー・データの場合はLANDSAT衛星データ画像処理ソフト[4]を使用した。

* 電気工学科 ** 電気工学専攻大学院生

2. LANDSAT衛星と衛星データ

2. 1 LANDSAT衛星 [4, 5]

人工衛星を用いた地球表面の定期的な観測は、米国が1972年7月23日に世界で初めて打ち上げた地球観測衛星LANDSAT 1号に始まる。その後、2号が1975年1月22日、3号が1978年3月5日、4号が1982年7月16日、5号が1984年3月1日に打ち上げられた。現在運用中のLANDSAT 4号、5号は、高度700kmで、赤道にほぼ直角に北極と南極を結ぶ軌道（準極軌道）を飛びながら、毎日地球を約15周し（1周約99分）、16日後に同じ地域の上空に戻ってくる（太陽同期準回帰軌道）。4号は機器が一部故障しているため、5号の観測データが通常利用される。

4号、5号は2種類の観測機器、即ちMSS (Multispectral Scanner, 多重スペクトル走査放射計) とTM (Thematic Mapper, セマティック・マップパー), を有する。

MSSは、地表面からの太陽反射光を可視域から近赤外域まで4つのバンド（波長帯）に分けて観測する光学センサであり、走査鏡による左右の振動と衛星の進行により面的に地表を約80mの分解能で観測する。TMは、MSSを高度化した観測装置で、地表面を可視域から熱赤外域までの7つのバンドで観測する。分解能は熱赤外域のバンドが120m、それ以外のバンドが30mである。表1にTMとMSSの観測波長帯を示す。また、[3]の図3も参照されたい。

表1. TMとMSSの観測波長帯と応用分野

電磁波帯域	TM バンド	TM の波長	MSS バンド	MSS の波長	応用分野
可視域(青緑)	1	0.45~0.52 μm			落葉樹と針葉樹の区別
可視域(緑)	2	0.52~0.60 μm	4	0.495~0.605 μm	植物の活力度
可視域(赤)	3	0.63~0.69 μm	5	0.603~0.698 μm	植物の識別
近赤外域	4	0.76~0.90 μm	6 7	0.701~0.813 μm 0.808~1.023 μm	海域と陸域の区別, 植物量の確認
中間赤外域	5 7	1.55~1.75 μm 2.08~2.35 μm			地表の水分含有量の推定, 水陸の境界
熱赤外域	6	10.4~12.5 μm			地表や海面の温度分布の推定

2. 2 衛星データ [5, 6]

本研究で用いる衛星データはLANDSAT 5号のTMである。TMのバンドは表1に示すように7つある。歪補正後のTM画像フルシーンは、6920ピクセル（ダミーピクセル、即ち左右斜めの黒の部分、も含む）*5965ライン、即ち、地表面で約横185km*縦170kmである。1画素（ピクセル）の大きさは地表面で28.5m*28.5mである。明度（濃度または輝度）レベルは8ビット（256階調）である。

LANDSAT衛星データは財団法人リモート・センシング技術センター（略称RESTEC、レステック）から購入できる。TMデータの提供媒体には、フルシーン及びサブシーン（フルシーンの1/4の大きさ）に対して、CCT（計算機適合テープ6250BPI）、8mmテープ、DAT、CD-ROM（540MB）、MOがあり、簡易版（512ピクセル*400ライン、約横14.5km*縦11.4km）としてフロッピー（5インチIBMフォーマット、3.5インチMS-DOSフォーマット）がある。画像データの格納順序によって、BSQ（Band Sequential）形式とBIL（Band Interleaved by Line）形式がある。本研究では、自作ソフト及び使用ソフトの利便性のためにCD-ROMのBSQと5インチフロッピーのBILを用いる。

2. 3 CD-ROMデータ読み込みソフト（自作）

RESTECより購入したCD-ROM（TM、フルシーン、BSQ形式、バルク補正済み）の画像データを読み込み、ビットマップ形式にしてPhotoshop[13]に引き渡すためのソフトをC++言語で自作した。

[6]のⅡ編「CEOSフォーマット」の図1-5、表3-4-2及び図4.2-6より、CD-ROMのファイル・レコード並びは（1）ボリュームディレクトリファイル、（2）バンド1,2,3,4,5,6,7、（3）サブリメンタルボリュームディレクトリファイル、（4）NULLボリュームディレクトリファイルである。（2）の各バンドは、①リーダーファイル、②イメージファイル、③トレイラファイルから成る。②のイメージファイルは、ファイルディスクリプタ、イメージライン1、イメージライン2、---、イメージ

ライン 5965, で構成され, それぞれレコード長 7020Byte である。各イメージラインの第 33Byte から第 6952Byte までの計 6920Byte が画像データの 1 ライン分である。

このことと, Windows パソコンの解像度 1024*768 ドットを考慮して, 2 つの CD-ROM データ読み込みソフト (Soft1, Soft2) を自作した。Soft1 は, 指定した 1 つまたは 3 つのバンドの画像を 1/17 に間引いて読み込み, フルシーン全体を 407*350 のビットマップファイルとして保存・表示し, 更に, 表示画像上に置いたマウスカーソルの位置により, 元の画像データ (6920 ピクセル*5965 ライン) の (X, Y) 座標を表示する機能を持つ。Soft2 は, 切り出したい (X, Y) 座標値を入力することにより, そこから 675 ピクセル*675 ライン分のデータを読み込み, 675*675 のビットマップデータとして保存・表示する機能を持つ。

これらの保存したビットマップデータを Photoshop で読み込み, Photoshop の機能 (ヒストグラム, レベル補正, 演算, グレー表示, 擬似カラー表示, フルカラー表示等) を用いて画像処理を実行する。

3. ロシアタンカー「ナホトカ号」重油流出事故の経緯

本章では, 画像処理 (本研究の今後の分も含めて) に関係する事項について, [7-10] 及び新聞記事等を整理して, ロシアタンカー「ナホトカ号」重油流出事故の経緯を述べる。

3. 1 ナホトカ号沈没から船首及び重油漂着まで (1997 年 1 月 2 日~1 月 21 日)

ロシア船籍タンカー「ナホトカ号」(総トン数 13,157 t, 全長 177.25m, 幅 22.4m, 建造年国 1970 年ポーランド, 船主 PRISCO TRAFFIC 社) は, 中国上海にて C 重油 19,000kl を積載し, ロシア国カムチャッカ州ペトロパブロフスク向け航行中の 1997 年 1 月 2 日午前 2 時 40 分頃島根県隠岐島北北東約 106km の日本海 (北緯 37 度 10 分, 東経 133 度 52 分) において, 強い冬型の気圧配置になりつつある厳しい (但し異常ではない) 気象状況 (西の風 22m/s, 有義波高 8m, 平均波周期 9s) の下で, 右舷前部に向波の直撃を受け, 約 11 万 t・m の船を縦に曲げる荷重が作用して, 激しい衝撃とともに船体前部が破断し, 船首部が脱落し, 約 6,240kl の重油を流出した。船尾部 (約 130m) は船内に重油約 9,900kl を残存したまま, 8 時 20 分頃島根県隠岐島北東約 140km, 水深約 2,500m の海底 (北緯 37 度 14.4 分, 東経 134 度 24.9 分) に沈没した。船首部 (約 50m) は船内に約 2,800kl の重油を抱えつつ漂流を続けた。乗組員 32 人のうち船長を除く 31 人は 13 時 10 分に救助された。船長は 1 月 26 日に越前町白浜海岸にて遺体で発見された。船首部は巡視船により 1 月 3 日 11 時 5 分に隠岐島東北東約 156km で船底を上にして海面上約 5m ほど露出して漂流しているところを発見された。

1 月 7 日午前より福井県坂井郡三国町安島地区に重油が漂着し始め, 14 時 30 分に船首が安島の沖合い約 200m (北緯 36 度 15 分 01 秒, 東経 136 度 07 分 57 秒) に着底し, 大量の重油が沿岸に漂着した。流出重油は 1 月 7 日に三国町, 9 日に福井市, 芦原町, 越前町, 10 日に越前町, 15 日に大飯町, 高浜町, 16 日に小浜市, 美浜町, 19 日に敦賀市, 20 日に三方町, 21 日に河野村に漂着し, 福井県内沿岸 12 市町村全てに漂着した (最終的に西は島根県から東は秋田県まで漂着した)。

尚, 海上流出重油は時間の経過とともに海水を含んで体積が膨張し固くなっていく性質がある。

3. 2 対策開始~重油回収・ナホトカ号船首撤去~仮設道路撤去まで (1 月 3 日~11 月 4 日)

福井県では, 1 月 3 日の第八管区海上保安本部 (舞鶴市) からのナホトカ号流出油についての注意喚起通報により対策を取り始め, 1 月 7 日の安島への船首及び重油漂着により災害対策基本法に基づく「福井県災害対策本部」(本部長は知事) を設置した (4 月 30 日廃止)。

政府は 1 月 10 日に「ナホトカ号海難・流出油災害対策本部」(本部長は運輸大臣) を設置した。同対策本部会合は 1 月 10 日, 14 日, 20 日, 23 日, 29 日に開催された。

三国町は 1 月 7 日に役場内に「ロシアタンカー油流出事故三国町災害対策本部」を設置し (4 月 30 日廃止), 安島の子供の広場に「災害対策現地本部」を設置した。ボランティア活動では, 7 日に「神戸元気村」の 2 名が現地入りし, 8 日に日本災害救援ボランティアネットワーク, 日本青年会議所 (福井ブロック等) が加わり, 9 日に (民間の) ボランティアセンターを設置し, 10 日よりボラン

ティア受付を開始した。11日に三国町社会福祉協議会（社協）との話し合いにより、ボランティア組織は「三国ボランティア本部」（3月31日解散式）に一本化され、行政・社協・ボランティアが連携運営する、いわゆる「三国方式」が出来上がった。

漂着重油の回収作業は1月8日より開始され、3月31日に一応終了した。作業には国（自衛隊含む）・県市町村（消防団含む）・漁協・住民・ボランティア等が参加した。岩場では、重油をひしゃく・バケツ等で汲み取り、バケツリレーでドラム缶まで運んだり、バキュームカーやコンクリートポンプ車等による回収が行われ、更に、竹べら・古タオルによる岩の隙間や玉石の重油の拭き取り作業等が行われた。砂浜では、油は土嚢袋やドラム缶等に集められ、砂に埋もれた油は重機等で掘り起こし、砂に混じっている油はふるいにかけて分離し、回収された。4月以降は重機により砂を海に押し出し、海上で吸着マット等により回収された。海上では、沿岸への漂着を未然に防ぐために、運輸省の「清龍丸」（1月9日～2月19日）、福井石油備蓄(株)の「あすわ」（1月9日～2月25日）、青森県のむつ小川原石油備蓄(株)の「第三たかほ丸」（1月20日～2月10日）、福岡県の白島石油備蓄(株)の「はくりゅう」（1月27日～2月10日）等の油回収船による回収や、漁船等によるひしゃく・たも等を用いての回収が行われた。尚、回収した油が廃棄物処理法上の一般廃棄物（市町村が処理責任を負い、基本的に市町村のごみ処理施設で処理し、費用も市町村が負担する）か産業廃棄物（事業者が処理責任を負い、自らまたは産業廃棄物処理業者に委託して処理する）のどちらになるかは、厚生省の1月23日付事務連絡文書（福井県などの廃棄物担当部局宛）により、船舶所有者が運送活動に伴い排出した産業廃棄物として取り扱うこととされた。

1月14日に、政府対策本部は強制権を以って対応を決定し、海上保安庁長官が海上災害防止センター（「海洋汚染及び海上災害防止に関する法律」に基づき設置された認可法人）に船首部の残油抜き取り等を1号業務として指示した。海上災害防止センターは海上からと仮設道路からの重油回収を並行して実施した。海上からの回収では、ナホトカ号の底板に開口し、そこから残油を作業母船「第2三国丸」を使用してポンプで吸引しタンカーに回収した。これは2つのサルベージ会社の連合体により実施され、1月16、17日、2月6、8、9、10日に油水混じりで約2,800klを回収した。

仮設道路は、海象に関係なく道路上から油を回収する目的で建設された。但し、本地域は越前加賀国定公園区域内であるため現状復旧が条件として付された。1月15日に進入路（100m）工事に着手し、20日に海上部（仮設道路）に着手し、2月10日に概成した。仮設道路は長さ175m、上面幅10～12mであり、25t型・16t型・10t型の消波ブロック計733個、1個10～1,000kgの捨て石等58,125³（このうち、荒天により建設中に4,695³流出）を使用した。仮設道路からの油回収作業では、2月14日に大型クレーン車のブーム先端部を船首部に接続し、14～25日に重油381klを回収した。

仮設道路の撤去に関しては、4月8～29日に調査が行われ、6月7日の海上保安庁からの仮設道路撤去作業開始の指示により作業に着手した。消波ブロック・捨て石は海側からガット船、陸側から重機を用いて撤去し、海底面近くの捨て石は潜水夫により撤去し、11月4日に撤去完了した。進入路は、地元の要望により遊歩道として整備し直し（1998年1月31日完成）、三国町に移管した。

ナホトカ号船首撤去に関しては、2月13日に船主側が深田サルベージ建設(株)と日本サルベージ(株)の連合体と契約し、3月4～13日に潜水調査、14～28日に潜水作業・残油処理作業等、29日～4月19日に吊揚げのための準備作業（補強材取付、チェーンを通す穴あけ、チェーン取付等）が行われた。4月13日に台船「菱洋」（積載荷重量16,000t）、18日に起重機船「金剛」（吊揚げ能力2,050t）が福井港に入港した。4月20日7時より「金剛」が船首（約1,200t）をクレーンと16本のチェーンで吊揚げ開始し、11時2分に「菱洋」に積込終了し、1時30分頃両船は福井港に向かった。即ち、ナホトカ号の船首部は1月7日の漂着から103日ぶりに現場から撤去されたのである。5月2日に「菱洋」は船首を載せて広島県の呉港に向け福井港を出港した。船首は呉港で運輸省のナホトカ号事故原因調査委員会（1月24日設置、7月31日最終報告）の調査を受けた後、江田島で解体された。

福井県内で回収された油は19,020klで、産業廃棄物処理施設への搬出は7月末に終了した。

4. LANDSAT衛星データの画像処理結果

4. 1 1月13日のCD-ROMデータ(図1, 2参照)

図1は、110-35フルシーン(ロウシフト=-2, 約185km*170km)のデータを、第2.3節のSoft1で読み込み、Photoshopの画像処理機能を用いてフルカラー(ナチュラルカラー)表示(R,G,B=バンド3,4,2と指定し、レベル補正して陸域と海域を区別しやすく表示)したものである。雲量は80%であるが、三国町(図の左から7/10, 上から1/2の少し出っ張った所)付近から能登半島(図の右上の所)までは雲が余り無い。[11]の1月12日6時頃のRADARSAT(カナダの地球観測衛星)の合成開口レーダによる画像(モザイク)では、三国町から能登半島にかけて重油が漂流している。また、[11]の1月13日のLANDSAT(9時57分)とSPOT(10時41分)の画像では、小松市(こまつし)沖で重油が確認されている(但し、使用したバンド及び処理方法は書かれていなく、LANDSATの画像では重油が見にくい)。そこで、筆者らも小松市沖の重油を検出しようと試みたところ、重油はバンド5と7(両方とも中間赤外域)でのみ確認でき、バンド5の方がよく見えた。

図2は、第2.3節のSoft2を利用して、バンド5の画像データから小松市沖付近を中心にして切り出した675*675のビットマップデータを、Photoshopに縦横3個ずつ並べて2025*2025のビットマップデータ(約57.7km*57.7km)として読み込ませ、画像処理したものである。画像処理の方法は、

(Low, High)を(3, 13)としてレベル補正した画像と、重油のある海域の所でレベル8を強調(レベル4と12を0値に、レベル8を255値にする山形補正)した画像を加算した。尚、図2の画像範囲のレベル値を調べると、海はレベル2~8の範囲にあり特に3~6に集中し、重油はレベル6~12の範囲にあり特に8に集中し、雲はレベル8~241の範囲にあり60~100位が多い。これらのレベル値の分布の差(即ち、バンド5における海と重油と雲の反射特性の違い)を利用して重油を検出できたのである。図2で重油は、左から5/10~7/10(即ち、横約11.5km)、上から1/10~4/10(即ち、縦約17.3km)の位置で帯状に見えるものである。図2の左側の白い部分は雲である。陸域では、下

(南)側より、三国港、九頭竜川、三国町及びその先端の雄島、北潟湖、柴山潟、木場潟(小松市)、手取川、金石港(金沢港より約2km南西にある)が見える。小松市沖で重油を検出できたので、同様の画像処理を三国町付近に適用したが、重油は検出できなかった。

4. 2 1月13日のFDデータ(図3, 4, 5参照)

三国町付近の様子を詳細に、また簡易に調べるために、フロピィデータ(約14.5km*11.4km)を用いて画像処理(ソフトは[4]を使用)を行なった。図3はトゥルーカラー表示(R,G,B=バンド3,2,1)したものである。前節で述べたように三国町付近は雲が余り無い。[9]のp.11の1月12日三国町安島上空から撮影した写真では、座礁したナホトカ号船首とオイルフェンスである程度囲まれた重油の帯が写っている。[12]の1月14日正午頃の航空宇宙技術研究所の実験用航空機「ドルニエ」で撮影した福井県雄島付近の航空写真では、帯状の油膜が多数見られ、着底したナホトカ号の船首が写っている。これらのことにより、図3の海域に重油が有ることは間違いないのであるが、図3だけでは海の黒っぽい部分が重油なのか、単に薄い雲がないだけなのかが判別できない。更にバンド1~7の各バンドで画像処理を試みたが、重油を判別できなかった(図4, 5参照)。図3には、ナホトカ号の船首部分(及びその周囲にオイルフェンスを張る船も含むと思われる)が小さく見える。尚、LANDSATの分解能(30m)では、海岸に打ち上げた重油(黒色と茶色がある)は判別できない。

4. 3 2月14日のFDデータ(図6参照)

110-35フルシーンでは雲量が80%であるが、図6の様に三国町付近は雲が余り無い。安島の海岸から船首部までの仮設道路(175m)は2月10日に概成している。2月14日は、大型クレーン車のブーム先端部を船首部に接続し、仮設道路から船首部の重油を抜き取る作業が開始された日である。図6には仮設道路が見え、その先端に点(船首部)が見える。

4. 4 3月18日のFDデータ(図7参照)

110-35フルシーンの雲量は20%であり、図7の様に三国町付近は雲が無い。この日は、船首部撤

去の準備として、9 時 30 分より船底部に隔壁表示作業が行われた。また、運輸省により船首部の潜水調査（超音波による鉄板厚さ計測など）が行われ、材料試験のための鉄板が採取された。図 7 では仮設道路の先端に、2 月 14 日より大きな点（船首部と作業船・調査船関係）が見える。

4. 5 4 月 12 日の FD データ（図 8 参照）

109-35 フルシーンの雲量は 10%であり、図 8 の様に三国町付近は雲が無い。この日はサルベージ船による船首部撤去のために、右舷側外板水中開口作業等が行われた。図 8 では、仮設道路の先端に点（船首部と作業船）が見える。

5. 現地調査

1997 年 4 月 20 日にナホトカ号船首部が撤去され、30 日に福井県及び三国町の対策本部が廃止されたが、それ以後の現地の様子は新聞・テレビ等であまり報道されていない。そこで、筆者（加藤）が現地へ行き、調査した結果について述べる。

6 月 5 日の視察では、3 月末まで三国ボランティア本部があった安島の子供の広場は、綺麗に整地されていた〔写真 1 参照〕。仮設道路上では撤去開始前の調査が行なわれていた〔写真 2 参照〕。

8 月 17 日（お盆で仮設道路撤去作業は休止中）に、仮設道路から約 200m 東側の砂利状の浜〔写真 3 参照〕から泳ぎ始めて、現場を潜って調査〔写真 4-6 参照〕した。仮設道路撤去跡の岩には海藻が付き始めそれを魚が食べていたり、仮設道路撤去跡から少し離れた岩にはサザエやアワビがいたりして、重油の影響は海中では感じられなかった。しかし、海から上がり、頭髮が乾いてから少し粘つく感じがしたので、頭髮を石鹸で洗ったところ泡が白ではなく茶色になった。泳いでいたときには気づかなかったが、海上を漂う藻くずに油が付着しており、それが頭髮に付着したものと推測される。また、写真 3 の浜には砂利を 30cm ほど掘った穴があり、重油が残っていた〔写真 7 参照〕。

10 月 26 日の視察では、仮設道路は殆ど撤去され、進入路だけ残っていた〔写真 8 参照〕。

最近の調査（1998 年 11 月 12 日）では、写真 3 の浜で砂利を掘っても重油は残っていない。仮設道路等は完全に撤去され、昔の海岸に戻っている。進入路は綺麗な遊歩道になっている〔写真 9 参照〕。

6. むすび

1997 年 1 月 13 日の LANDSAT 衛星データ（CD-ROM）の画像処理では、TM バンド 5、7 で小松市沖の海上に重油の帯を検出できた。しかし、三国町付近の海上では重油を判別できないという結果を得た。小松市沖では重油の帯が大きく、かつ海水と明確に分離しているため、バンド 5（中間赤外域）での反射特性が重油（レベル 8 に集中）と海水（レベル 3～6 に集中）でわずかではあるが違うことを利用して、重油を検出できたのである。三国町付近の海上では実際に重油が有っても、薄い雲の影響と、LANDSAT の解像度（30m）では重油と海水が分離しないことにより、重油を判別できなかったと推測する。1 月 13 日のフロピィ・データでは、三国町安島に着底しているナホトカ号の船首部分を確認できた。2 月 14 日、3 月 18 日、4 月 12 日のデータでは仮設道路等を確認できた。

今後、LANDSAT よりも高精度・高解像度の SPOT（フランスの地球観測衛星）、JERS-1（日本の地球資源衛星：ふよう 1 号）、ADEOS（日本の地球観測プラットフォーム技術衛星：みどり）等の衛星データを用いて、より詳しい画像解析を行なう予定である。また、C++言語等を用いて、使い易い衛星データ画像処理ソフトを開発したい。

謝辞 本研究で使用した LANDSAT 衛星データは宇宙開発事業団からの研究目的配布によるものであることを記し、謝意を表す。研究名称：ロシアタンカー重油流出事故の福井県地方における影響調査、衛星データ所有：米国政府、衛星データ提供：EOSAT/宇宙開発事業団。また、貴重な記録誌[8]及び[10]を御提供頂いた三国町社会福祉協議会及び福井県県民生活部消防防災課に感謝する。

参考文献

- [1]加藤芳信：“ロシアタンカー重油流出事故に関する LANDSAT 衛星データ画像処理の試み”，平成 9 年度電気関係学会北陸支部連合大会講演論文集，F-30（1997-11）
- [2]中原茂幸，加藤芳信：“C 言語による衛星データ解析プログラムの開発”，電気関係学会北陸支部学生会主催平成 9 年度北陸地区学生による研究発表会講演論文集，A-12（1998-03）
- [3]加藤芳信，平野忠男：“福井工業大学における C G システムと C G 教育”，福井工業大学研究紀要，第 26 号，第 1 部，pp. 57-66（1996-03）
- [4]坪根治広：“パソコンによる人工衛星データの画像処理”，森北出版（1991-12）
- [5]宇宙開発事業団 地球観測センター：“地球観測データ利用ハンドブックーランドサット編・改訂版ー”，（財）リモート・センシング技術センター（1990-10）
- [6]財団法人 リモート・センシング技術センター：“LANDSAT TM データフォーマット説明書”（1996-11）
- [7]福井新聞社：“ナホトカ号事故から船首回収まで：重油汚染：1997 年 1. 2～4. 20 記録集”（1997-06）
- [8]三国ボランティア本部事務局，社会福祉法人三国町社会福祉協議会：“重油災害とボランティア〈三国ボランティア本部の記録〉”（1997-07）
- [9]福井県社会問題調査研究所：“写真が語る重油流出事故報告”（1997）
- [10]福井県県民生活部消防防災課：“ロシアタンカー油流出事故 災害の記録と教訓”（1998-03）
- [11]リモート・センシング技術センターWWW サーバー：“ナホトカ号重油流出海域の人工衛星からの観測画像について（http://www.restec.or.jp/JAPANESE/PAST/WTOPIC_NH/WTOPIC_NH.HTM）”，人工衛星から観測された画像のうち，油が確認された物をリストし，画像を公開している。
- [12]科学技術庁 WWW サーバー：“ナホトカ号流出油災害に対する科学技術庁の取り組み（<http://www.sta.go.jp/info/STA/RADARSAT/index.html>）”
- [13]アドビシステムズ株式会社：“Adobe Photoshop 4.0J Windows/Macintosh 版ユーザガイド”（1997-02）

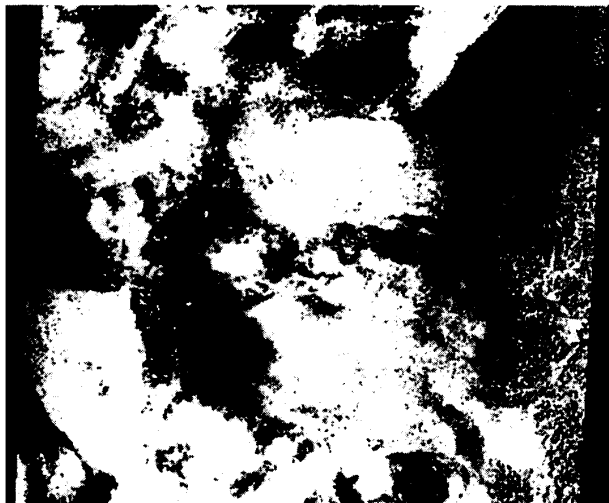


図 1. 1997 年 1 月 13 日のフルシーン（185km*170km）のナチュラルカラー表示（RGB＝バンド 342）



図 2. 1 月 13 日のバンド 5 のグレイ表示（57.7km*57.7km）：小松市沖に重油の帯が見える。



図 3. 1 月 13 日のトゥルーカラー表示（RGB＝バンド 321）



図 4. 1 月 13 日のバンド 5 の擬似カラー（8 色）表示



図 5. 1 月 13 日のバンド 6 の擬似カラー（8 色）表示

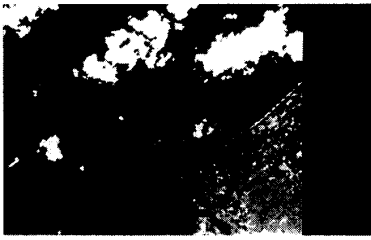


図6. 2月14日のトゥルーカラー表示 (RGB=バンド321)

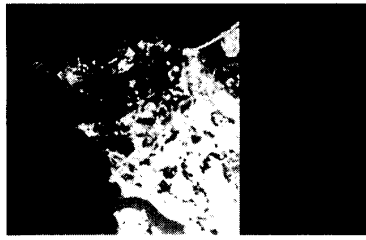


図7. 3月18日の拡大トゥルーカラー表示 (RGB=バンド321, 拡大率2倍)

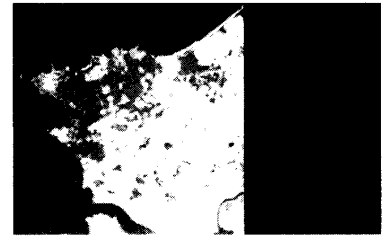


図8. 4月12日の拡大赤外カラー表示 (RGB=バンド432, 拡大率2倍)



写真1 1997年6月5日
子供の広場（ボランティア本部があった所）から見る仮設道路



写真2 6月5日
仮設道路と撤去開始前の調査の様子



写真3 1997年8月17日
仮設道路から約200m 東側にある砂利状の浜

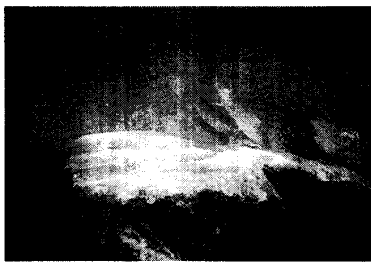


写真4 8月17日
海中の仮設道路撤去跡の岩に付き始めた藻を魚が食べている。

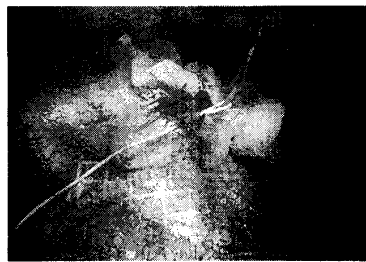


写真5 8月17日
お盆のため撤去作業休止中の海中の捨て石とネットとワイヤ



写真6 8月17日
海側から見た撤去途中の仮設道路と進入路



写真7 8月17日
写真3の浜では30cm位掘った穴に重油が残っている。上側はカメラのケース（約15cm*10cm, 大きさ比較用）



写真8 1997年10月26日
進入路の様子（仮設道路海上部は撤去済み）



写真9 1998年11月12日
進入路跡に整備された遊歩道の様子（海岸は昔の状態に戻っている）

(平成10年12月18日受理)