

衛星画像による流出油と変色水の検出

中村 啓美：海洋研究室

The detection of oil spills and discoloration water according to the satellite image.

Hiromi NAKAMURA: Ocean Research Laboratory

1 はじめに

海上における流出油の漂流拡散状況や、海底火山に伴う変色水の状況を、衛星画像で把握できれば、航空機・船舶による効率的な対応が可能となる。土出・井本・陰山(2000)は、平成元年～10年の海上災害の事例について、第1表に示す9衛星、7センサの衛星データを検索し検証を行った。その結果、油が確認できたのは SAR 画像による1例のみであったと報告している。また、土出・大谷・陰山(2000)は、火山性変色水が激しく噴出すれば、海表面の波の状態が変化してこれを検出でき、海底火山の活動状況を知ることができるのではないかと、SAR 画像について調べている。その結果、火山島周囲に見られる変色水を、SAR 画像から検出するのは極めて困難であったとし、更に事例検証が必要であると報告している。

これらの報告以降、Aqua(2002年5月4日打上げ) ADEOS- (2002年12月14日打上げ～2003年10月25日運用停止)などの地球観測衛星が打

第1表 過去に検索された衛星とセンサ

Table 1 Satellites and their sensors searched by Tsuchide, Imoto and Kageyama (2000).

| 衛星の名称 | センサの名称 |
|-----------|---------|
| ERS-1 | AMI |
| ERS-2 | AMI |
| JERS-1 | SAR |
| ADEOS | AVNIR |
| SPOT-1 | HRV |
| SPOT-2 | HRV |
| MOS-1 | MES |
| MOS-1b | MES |
| LANDSAT-5 | MSS, TM |

上げられ、流出油や変色水の状況把握への利用も期待されるが、本報告では、2004年夏期に打上げが予定されている陸域観測技術衛星(以下ALOSと言う)画像の利用に向け、ALOSに搭載される合成開口レーダー(PULSAR)、可視近赤外放射計(AVNIR-2)、パナクロマチック立体視センサー(PRISM)の3つのセンサ仕様と同様な観測センサを持った衛星で、主として、土出ら(2000)が報告した後の事例について、現在運用中のランドサット衛星(LANDSAT-7, 1999年4月15日打上げ)及びスポット衛星(SPOT-4, 1998年3月24日打上げ)の各画像を含めて検索し、検出を試みた結果を報告する。

2 流出油災害及び変色水の実例

第2表に流出油を含めた海上災害事例を示す。これは、「海上保安白書」、「海上保安レポート」および日本海難防止協会発行の「海と安全」を参照して、1995(平成5年)～2002(平成14年)の10年間からとった。表中、
、
、
、
及び
は土出ら(2000)が検索した事例である。本報告では、重質油等欄の番号～の流出油事例を対象とした。なお、概位欄の斜字は各資料では不明であったので、検索するために概位を著者が海図から出したものである。

また、第3表の変色水の視認表は、「火山噴火予知連絡会報」掲載の「海底火山の最近の活動について」を参照し、1996年(平成6年)10月2日～2003年(平成15年)5月9日の約8年間から、伊豆諸島方面と南方諸島方面の変色水の視認記述欄のみ抽出して編集し、それぞれに検索のための番号を付した。

第2表 1995年(平成7年)~2002年(平成14年)の海上災害事例

Table 2 Maritime disaster case in 1995~2002.

| 重質油等 | 発生年月日 | 船種 | 船名 | 総トン数 | 発生場所 | 概位 | 事故原因 | 流出量他 |
|------|----------|--------|-----------------|---------|------------------|-----------------------|-------|---------------------|
| | 7.04.01 | 貨物船 | MARQUESA | 36,559 | 大分県津久見市沖 | 33-06N 131-54E | 乗揚げ | 重油約140kl流出 |
| | 7.06.22 | 貨物船 | MINERAL DAMPIER | 87,709 | 鹿児島県屋久島西方沖210海里 | 30-32 N 126-15 E | 衝突・沈没 | 重油約107kl流出 |
| | 7.09.03 | タンカー | 宜洋丸 | 895 | 大分県西国東群香々地町沖 | 33-43N 131-32E | 衝突 | 重油約94kl流出 |
| | 8.04.20 | 貨物船 | SOUTHER VENTURE | 25,725 | 沖ノ島島 | 20-01 N 136-10 E | 乗揚げ | 重油約700kl流出 |
| | 9.01.02 | タンカー | NAKHODKA | 13,157 | 島根県隠岐島沖 | 37-14 N 134-25 E | 折損・沈没 | 重油約6,240kl流出 |
| | 9.04.03 | タンカー | OSUNG No.3 | 19,684 | 対馬西方沖約65km、韓国領海内 | 34N - 35N 129E - 130E | 座礁・沈没 | 186kl流出、対馬西海岸漂着 |
| | 9.07.02 | タンカー | DIAMOND GRACE | 147,012 | 東京湾、中ノ瀬航路 | 35-23 N 139-42 E | 底触 | 原油約1,550kl流出 |
| | 11.09.24 | 貨物船 | SEA HOPE | 1,698 | 徳山市下松港沖 | 33-55N 131-52E | 乗揚げ | 重油約110kl流出 |
| | 11.11.23 | タンカー | 豊晴丸 | 199 | 徳山築港沖 | 34-02N 131-48E | 衝突 | 重油約90kl流出 |
| | 14.03.31 | 貨物船 | AIGE | 2,847 | 島根県隠岐島沖 | 36-00N 133-32E | 衝突・沈没 | 搭載油約120kl、流出量不明 |
| | 14.07.25 | 貨物船 | CO-OP VENTURE | 36,080 | 鹿児島県志布志湾 | 31-26N 131-01E | 乗揚げ | 搭載油約910kl、流出量不明 |
| | 14.10.01 | 自動車運搬船 | HUAL EUROPE | 56,835 | 伊豆大島 波浮港沖 | 34-39N 139-28E | 乗揚げ | 搭載油約260kl、流出量不明 |
| 軽質油 | 5.07.23 | タンカー | 遠洋丸 | 699 | 静岡県爪木崎沖 | 34-35 N 140-00 E | 衝突 | 重質軽油約267kl流出 |
| | 5.12.23 | タンカー | 第1内海丸 | 1,583 | 今治市小島東灯標沖 | | 衝突 | 灯油約94kl流出 |
| | 10.09.04 | タンカー | 第8大寿丸 | 998 | 北海道奥尻沖 | | 衝突 | 軽油約260kl流出 |
| ケミカル | 6.02.14 | タンカー | 大翔丸 | 328 | 大阪府大阪港外 | 34-30 N 135-20 E | 衝突 | 酢酸エチル約116kl流出 |
| | 12.05.09 | タンカー | SUN SAPPHIRE | 22,620 | 神戸港 | | | キシリ約10tを含むバラスト水約40t |
| 海上災害 | 5.01.13 | タンカー | 英晴丸 | 551 | 室蘭港 | 42-20 N 140-55 E | 爆発 | 炎上3名死亡 |
| | 5.09.15 | タンカー | KISOGAWA | 11,637 | 和歌山県市江崎沖 | | 火災 | 火災、1名死亡 |
| | 8.02.09 | タンカー | SUNNY BREEZE | 2,635 | 長崎県五島沖 | | 爆発・炎上 | 1名行方不明 |

第3表 1992年(平成4年)10月2日~2003年(平成15年)5月9日の変色水の視認表

Table 3 Recognized discolored water from Oct.2, 1992 to May 9, 2003.

| 場所 | 概位 | 画像検索番号 | 変色水の視認年月日と状況 | 場所 | 概位 | 画像検索番号 | 変色水の視認年月日と状況 |
|---------------|----------------|--------|---|--------|----------------|--------|---|
| 伊豆諸島方面 | | | | (続)硫黄島 | | | |
| 須美寿島(白根) | 31-26N 140-02E | 1 | 1997/11/21 島の北側に緑色の変色水 | | | | 南岸から約200mの噴出点では、海面上約0.5~1mの盛り上がりながら数分~10分毎に熱水を噴出し、高さ数十mの水蒸気の白色噴気を伴う |
| 伊豆島島 | 30-28N 140-18E | 2 | 1997/3/10 島の西岸に薄い緑色の変色水 南岸に薄い白色に変色水 | | | | 南岸から約100mの所に、長さ約20m幅約10mの南北に伸びる楕円形の堆積物が海面上に露出 |
| | | 3 | 1997/11/19-2 島の南岸に黄緑色の変色水 | | | | 噴出点付近を中心とする幅約500m長さ2,000mで南岸から沿って変色水、色は噴出点で灰黒色、噴出点から以外では灰色 |
| | | 4 | 1998/2/26-27 島に北岸及び東岸に薄い黄緑色 | | | | 灰色の変色水域の外側に幅約1,000m長さ約7,000mの緑色 |
| | | 5 | 1998/10/27-28 南岸の山が石付近で乳白色 | | | | |
| | | 6 | 1999/1/12-13 島の北岸に薄白色 | | | | |
| | | 7 | 2001/10/31 島の南岸に長さ約800m幅約400mの緑色で岸側を底辺とする三角形の変色水域 | | | 29 | 2001/9/22 硫黄島南岸に沿って西南西方向に伸びる幅約300m長さ約1,700mの灰色 |
| 孺婦岩 | 29-46N 140-23E | 8 | 1996/10/2~2002/5/21まで変色水認めず | | | | 上記外側には幅約1,000m長さ約6,000mで硫黄島南岸に沿って西南西方向に伸び、孺婦島の南岸で北西方向へ扇形に拡散する幅約3,000m長さ約 |
| 水曜海山 | 28-35N 140-52E | | 同上 | | | | |
| 西之島 | 27-15N 140-53E | 9 | 1997/3/10 島の東岸及び北西岸に薄い黄緑色 | | | | |
| | | 10 | 1997/11/19-2 島の北東岸に緑色(一部褐色) 島の北西岸に黄緑色 | | | 30 | 2002/1/11 北東岸において長さ約900m、幅約600mの扇型でごく薄い茶色 |
| | | 11 | 1998/2/26-27 島の東岸に薄い黄緑色 | | | 31 | 2002/4/15 北東・南西・西・北側にエメラルドグリーン |
| | | 12 | 1998/10/28 南東岸と南西岸より薄乳白色 | | | 32 | N24-26.6E141-22.7を中心とした幅約500m長さ約1,000mで東西方向に伸びる扇状のごく薄い黄緑色 |
| | | 13 | 1999/1/12-13 南東岸から東へ延びる長さ約500mの薄乳白色 | 北福徳堆 | 24-26N 141-24E | | |
| | | 14 | 2000/1/25-26 島の北西岸に薄い黄緑色 | 福徳岡ノ場 | 24-17N 141-30E | 33 | 1996/12/9 黄緑色(200m x 50m) |
| | | 15 | 2002/2/28 島の西岸から北西岸の海岸線に北東方向に幅約200m長さ約2,000mの薄黄緑色 上記変色水の北東に北東方向に幅約200m長さ約1,000mのごく薄い緑色 | | | 34 | 1996/12/16 黄緑色(300m x 50m) |
| | | 16 | 2003/3/10 海岸線から茶褐色の変色水が東岸から南岸に至る海域、その先500m沖合いには薄い黄緑色の変色水 | | | 35 | 1997/11/27 薄い緑色(2000m x 100m) |
| 海徳海山 | 26-40N 140-57E | 17 | 2001/7/20 N26-07. E141-06で海底からの気泡の湧出、変色水なし | | | 36 | 1997/12/17 黄緑色(5,000m x 560m) |
| 噴火浅根 | 25-32N 141-15E | 18 | 1997/3/10 小規模の薄い緑色 | | | 37 | 1997/3/10 乳白色の湧出 |
| | | 19 | 1998/5/21 緑色の変色水域 | | | 38 | 1997/3/26 緑色(半径460m) |
| | | 20 | 1999/9/7 25-27.3N、141-13.4E付近2カ所に直径約50mに広がる斑点状の黄緑色 | | | 39 | 1997/4/14 緑色(3,700m x 900m) |
| | | 21 | 1999/9/16 薄黄緑色の半径約20mの変色水 | | | 40 | 1997/4/16 緑色(3,000m x 80m) |
| | | 22 | 2000/1/25-26 1カ所に固まった3点の斑点状の青白色 上記の北東方向に幅0.5km、長さ1.5kmの赤潮が、軽石らしきもの浮流 26日2点に減る、これより北北西方向に長さ0.2kmの薄い乳白色 | | | 41 | 1997/4/18 白濁(500m x 80m) |
| | | 23 | 2001/10/29 直径約100mの扇状の青白色 北硫黄島の西約2,000m付近に円形で直径約500mのごく薄い黄緑色 | | | 42 | 1997/4/23 薄い青緑色(1,600m x 300m)の中に濃い土色した箇所あり |
| | | 24 | 2002/2/28 直径約200mの円形で青白色を2カ所 | | | 43 | 1997/4/26 黄土色(200m x 100m) |
| 硫黄島 | 24-47N 141-20E | 25 | 1997/3/10 島の海岸線全域に黄緑色及び黄色 | | | 44 | 1997/5/1 小さな湧出点付近に半径100m程度の乳白色及び白濁した薄緑色 |
| | | 26 | 1998/2/27 島の西側、釜若から千鳥ヶ浜、飛石鼻にかけて黄土色の比較濃い 北の鼻から日出浜にかけて黄緑色 南硫黄島西岸より南西方向へひる幅約100m長さ約1,000mの黄緑色 | | | 45 | 湧出点から長さ1,800mのしおり帯状の泡もしくは軽石の変色水 |
| | | 28 | 2001/9/21 南岸釜浜のN24-45-44.7、E141-19-03.1付近の海域2ヶ所で噴出活動 各噴出点は海岸から約200mと約150mの海域で、2ヶ所の噴出点間の距離は約50~70m | | | 46 | 1997/10/9 半径約500mの薄い黄緑色 |
| | | | | | | 47 | 1998/2/16 長さ約1.9km、幅約370mの薄い黄緑色 |
| | | | | | | 48 | 1998/2/27 N24-17.4E141-29.2の地点から西方向にN24-17.2E141-27.9の地点まで約1.2rの、黄緑色 湧出点は3箇所あり、それぞれ青白い海底らしき箇所から間欠的に湧出 |
| | | | | | | 49 | 1998/5/21 東1rに半径約1rの青色 |
| | | | | | | 50 | 1998/10/16 南硫黄島より60度1rに1rにおいて、半径500ヤードの薄い緑色 |
| | | | | | | 51 | 1998/10/28 N24-17.1E141-29.7の付近の3ヶ所を起点とし、南西に伸びる幅約100m、長さ約500mの薄い黄緑色 同変色水は湾曲し円弧を描きながら幅約30mで西側に延びていた。円弧の大きさは南硫黄島とほぼ同じ大きさ |
| | | | | | | 52 | 1998/12/14 N24-15.3E141-24.6を起点とし、15度方向に延びる幅約50m長さ約2rの薄緑色 |
| | | | | | | 53 | 1998/12/16 南硫黄島北方のN24-16.9E141-29.5を起点とし、30度方向へ幅30~50m長さ約1rのかなり薄い緑色 |
| | | | | | | 54 | 1999/9/8 24-16.5N141-29.5Eを湧出点とする幅約1,000m長さ約4,000mで北東方向へ扇状にのびる黄緑色 |
| | | | | | | 55 | 1999/11/22 N24-17.09E141-28.49を中心に半径約650mの白色及び緑色の変色水が点在 |

第 3 表 1992 年 (平成 4 年) 10 月 2 日 ~ 2003 年 (平成 15 年) 5 月 9 日の変色水の視認表 (続き)

Table 3 Recognized discolored water from Oct.2, 1992 to May 9, 2003. (continued)

| 場所 | 概位 | 画像検索番号 | 変色水の視認年月日と状況 |
|----------|----------------|--------|--|
| (続) 福岡/場 | | 56 | 2000/1/25-26・25日幅約0.3km、長さ約2kmの薄黄緑色 ・26日噴出点より湧出した変色水は青白色で北北西方向に延びながら海面に浮上し、海面上を黄緑色から薄黄緑色に変化しながら海面に浮上し、海面上を黄緑色から薄黄緑色に変化しながら幅約0.7km、長さ約3kmに延びていた また、噴出点西方に潮流の変化により取り残された薄黄緑色の変色水、湧出点付近に乳白色の長さ0.5kmの帯状浮遊物 |
| | | 57 | 2000/4/13・幅約90m長さ約270mの楕円形でごく薄い青色 |
| | | 58 | 2000/2/17・やや薄い変色し |
| | | 59 | 2001/3/6・N24-17.3E141-29.1の位置にある青白色の湧出点を起点とする南東方向へ延びる幅約50m長さ約2,000mの黄緑色 |
| | | 60 | 2001/3/5・薄青白色の21箇所の湧出点を中心に幅約200m長さ約200mの濃黄緑色 ・その変色水の西南西に、幅約200m長さ約800mで西南西方向に広がる薄黄緑色 |
| | | 61 | 2001/2/26・N24-18.0E141-28.5付近から南西方向に伸びる小規模の薄緑色 |
| | | 62 | 2001/2/16・N24-16.5E141-30.1に南北に伸びる幅約20m、長さ約90mの帯状で薄い黄緑色 |
| | | 62' | 2000/12/25・青色から薄緑色に変化する東西方向に長さ約1km |
| | | 63 | 2000/10/31・N24-17.0E141-29.0付近から幅約100m長さ約500mで北西方向へ帯状にのびる青白色及び黄緑 その北西側に、扇状に拡散する幅約800m長さ約2,000mのごく薄い変色水 |
| | | 64 | 2000/10/13・N24-17.2E141-29.2の海域に北西から南東にのびる幅150m、長さ1,800mの帯状で緑色 |
| | | 65 | 2000/7/26・南硫黄島から北方向へ3海里の地点を中心として長さ約900mの青白色 |
| | | 66 | 2001/6/13・福岡/場で半径約450mの青色の変色水 |
| | | 67 | 2001/10/30・東西方向に並んだ3点からそれぞれ長さ約3,000m幅約50mで南西に伸びる3本の帯状の変色水 |
| | | 68 | 2001/12/6・100度方向に長さ約7,600mの深い11x5ドットクレーン |
| | | 69 | 2002/2/10・長さ1.5海里幅約1000ドット深さ175度の薄い11x5ドットクレーン |
| | | 70 | 2002/3/1・福岡/場から湧出し、東方向に幅約200m長さ約1,500mでのびる濃い黄緑色の変色水 ・その変色水から南に焼(500mの海域に幅約50m長さ約1,500mで東方向にのびる線状で青白色 ・さらに線状変色水領域の南東約1,500mの海域に幅約200m長さ約400mで東西方向が長径をなす楕円 これら3ヶ所の変色水域付近一帯に薄い黄緑色 |
| | | 71 | 2002/3/13・半径約50mの緑色の変色水 |
| | | 72 | 2002/12/19・N24-20.E141-26に存在した。 |
| | | 73 | 2003/3/11・湧出点から南方に伸びる筋上の長さ1kmの青白色とそれに続く南側に南東方向に長さ約3km幅約1kmの薄い黄緑色 |
| 南日吉海山 | 23-32N 141-55E | | 1996/10/2 - 2003/5/9まで変色水認めず |
| 日光海山 | 23-06N 142-17E | | 1996/10/2 - 2003/5/10まで変色水認めず |
| 福神海山 | 21-55N 143-28E | | 1996/10/2 - 2003/5/9まで変色水認めず |

3 ALOS と検索した衛星センサの概要

2004 年夏期に打上げが予定されている ALOS に搭載される 3 つのセンサの特徴は、次のとおりとなっている。

フェーズドアレイ方式 L バンド合成開口レーダー (PULSAR)

観測する区域の天候、昼夜に関係なくデータが取得できる。観測波長は L バンドを利用し、観測幅が 70km の高分解能モードでは、地上分解能 10m の詳細な観測が可能である。また、ScanSAR による広域観測モードでは約 250 ~ 350km の幅で観測を行うことができるものである。

高性能可視近赤外放射計 2 型 (AVNIR-2)
可視 近赤外域のマルチバンド波長を用いて、観測幅は 70km、地上分解能は 10m で観測し、衛星進行直方向に観測域を変更するポイントング可能角度は 44 度である。

パンクロマチック立体視センサ (PRISM)
地表を 2.5m の分解能で観測できる。3 組の光学系を持ち、衛星の進行方向に対して前方、直下、後方の 3 方向の画像を同時に取得できるので、高精度の地形データを高頻度に取得できる。

第 4 表 ALOS センサと検索対象衛星のセンサ
Table 4 Sensors of ALOS and the satellites to be searched in this article.

| ALOS 衛星 センサの名称 | 検索対象の衛星 | |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 衛星の名称 | センサの名称 |
| PULSAR (フェーズドアレイ方式 L バンド合成開口レーダー) | JERS-1 (地球資源衛星 1 号) | SAR (合成開口レーダー) |
| AVNIR-2 (高性能可視近赤外放射計 2 型) | ADEOS (地球観測プラットフォーム技術衛星) | AVNIR (高性能可視近赤外放射計) |
| | LANDSAT-5 (地球観測衛星) | TM (新型多波長可視赤外画像放射計) |
| | LANDSAT-7 (地球観測衛星) | ETM+ (改良型新型多波長可視近赤外放射計) |
| PRISM (パンクロマチック立体視センサ) | SPOT-2 (スポット衛星) | HRV (高分解能可視近赤外放射計) |
| | SPOT-4 (スポット衛星) | HRVIR (高分解能可視近赤外中間赤外放射計) |

第 5 表 センサの概要
Table 5 The outline of the sensors.

| | センサ名 | 観測幅 | 分解能 | おナーイ角等 | 観測波長帯等 |
|------------------|---------|-----------|-----------|---------------------|---------------------------|
| 検索した衛星 | SAR | 75km | 18m x 24m | 35° (オフナディア角) | 1.275MHz (L バンド) |
| | AVNIR | 80km | 16m 及び 8m | ± 40° (ポインティング角) | 可視、近赤外、パンクロマチック |
| | TM | 185km | 30m、120m | | 可視、近・中間赤外、赤外 |
| | ETM+ | 185km | 30m | | 可視、近・中間・熱・赤外、パンクロマチック |
| | HRV | 60km | 10m、20m | ± 26° (ポインティング角) | 可視、近赤外、パンクロマチック |
| A L O S | HRVIR | 60km | 10m、20m | " | HRV に短波長赤外がバンド 4 に追加 |
| | PRISM | 最大 70km | 2.5m | 約 ± 1.5° (ポインティング角) | 立体視 (0.52-0.77 μm) |
| | AVNIR-2 | 70km | 10m | ± 44° (ポインティング角) | 可視近赤外 (0.42-0.89 μm のバンド) |
| | PALSAR | 40-70km | 10m | 10° - 51° (可変おナーイ角) | |
| | | 250-350km | 100m | | 1.27 GHz (L バンド) |

以上のALOSの3センサと、検索した6衛星6センサの電磁波上の分類を第4表に示し、第5表に各センサについての概要を示した。

4 画像検索の方法

画像検索は、宇宙開発事業団(NASDA)・地球観測センター(EOC)(現在は宇宙航空研究開発機構)のホームページの「画像検索・注文」で行った。

検索に必要な「観測領域」の東西南北の緯度経度は、対象地点がほぼ中心となるように30分~60分の幅を事例に合わせて適宜とった。「観測期間」については、開始を流出油発生日と変色水視認日、あるいはその前日とし、終了は概ね1週間後とした。なお、「雲量」指定は行わず、「ブラウザ画像」のあるシーンのみを検索した。

なお、運用中の熱帯降雨観測衛星(TRMM,1997年11月28日打上げ)の可視熱赤外観測装置(VIRS)については、同センターではブラウザ画像は検索はできなかったので行なわなかった。

5 検索結果と検証

5.1 流出油の検索

第2表の検索番号 ~ の重質油の事例について検索した結果、第6表が検索にかかった画像数である。表中、[-]は衛星の稼働期間外、[0]は検索にかからなかったもの、[*]は土出ら(2000)が調べたものを示している。

結果、LANDSAT-5とLANDSAT-7のみが検索にかかった。そのうちLANDSAT-5(TM)の ~ ,LANDSAT-7(ETM+)のは、いずれも雲に覆われて海上を視認することが不可能な状況であり、またLANDSAT-7の ~ については雲がなく状況は最良であったが、流出油地点が画像の領域に含まれず、結局LANDSAT-7(ETM+)画像の1例のみが検証できる状況であったので、この検証を試みた。

第6表 重質油流出事例における検索結果

Table 6 Retrieved heavy oil runoff case.

| 重質油等 | 発生日月 | 検索衛星の名称とセンサ名称 | | | | | |
|------|----------|-----------------|------------------|-------------------|--------------------|-----------------|---------------|
| | | JERS-1 (SAR) | ADEOS (AVNIR) | LANDSAT-5 (TM) | LANDSAT-7 (ETM) | SPOT-2 (HRV) | SPOT (HRV) |
| | 7.04.01 | | | 1 | | | |
| | 7.06.22 | 0 | - | 0 | - | - | - |
| | 7.09.03 | | | 2 | | | |
| | 8.04.20 | * | * | * | - | * | - |
| | 9.01.02 | * | * | * | - | * | - |
| | 9.04.03 | | 0 | 2 | - | 0 | - |
| | 9.07.02 | * | * | * | - | * | - |
| | 11.09.24 | - | - | 0 | - | 0 | 0 |
| | 11.11.23 | - | - | 0 | - | 0 | 0 |
| | 14.03.31 | - | - | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 14.07.25 | - | - | 0 | 9 | 0 | 0 |
| | 14.10.01 | - | - | 0 | 1 | 0 | 0 |

*は土出・井本・陰山(2000)が検索済み
-は衛星の稼働期間外

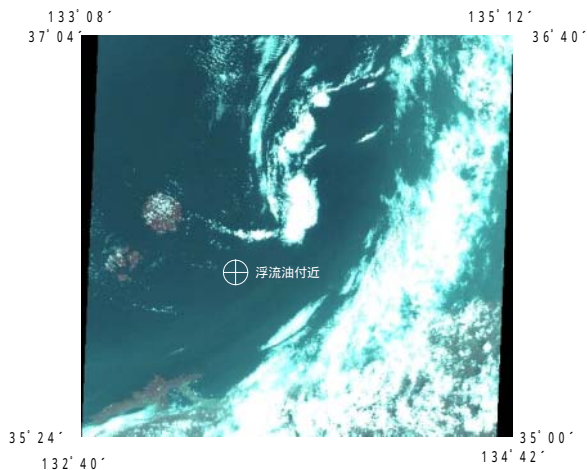
5.2 流出油の検証

5.2.1 流出油事故の概要

検索番号 ~ の流出油事故は、第八管区海上保安本部海洋情報部の漂流予測結果第1報によれば、平成14年3月31日03時30分頃、隠岐諸島南東約20海里において、第3更賜丸(総トン数78t、底引き網漁船)とAIGE号(IGA-、貨物船2,847t、積荷鋼材、燃料油c重油160t)が衝突し、AIGE号から油が流出したもので、油の湧出点36-00.3N,133-31.7Eから120度方向に長さ1,200m、幅500mで浮流しているというものであった。

5.2.2 ブラウズ画像の検証

上記流出油事例に対する各衛星の検索期間は、事故発生の3月31日から4月8日までの9日間とし、第1図が検索にかかった。これは、LANDSAT-7(ETM+)が2002年(平成14年)3月31日01時30分頃(UTC)撮影した画像である。日本時間では10時30分頃で、衝突事故発生の約7時間後となる。図の右(東)側は雲に覆われているが、左中央部に隠岐諸島、その下に島根半島を識別できる。流出油の海域は画像の真ん中やや左下付近にあり、ETM+の分解能が30mと高いことと、4倍まで画像の拡大ができるが、このブラウザ画像からの流出油の検出はできなかった。LANDSAT-7(ETM+)データの波長帯、バンド別処理を行えば流出油の検出可能ではないかと推察されるので、ALOSでは、同様な観測波長を持ち、分解能も10mのAVNIR-2のデータ、特にバンド1~バンド3の画像に期待できると思われる。



第 1 図 LANDSAT-7 (ETM+) のブラウザ画像
Fig. 1 LANDSAT-7(ETM+) image.

なお，LANDSAT-7 の ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) は，マルチ (可視域 ~ 熱赤外域 7 バンド) とパンクロ 1 バンドを持つ光学センサで，分解能は可視・近赤外域で 30m，観測幅は 183km すなわち約 100 海里 × 100 海里が 1 画枠である．一方，ALOS の AVNIR-2 は分解能が 10m，マルチバンドを持ち，観測幅 70km でポインティング角 ± 44 度 (± 約 410 海里) の観測ができる．いずれも雲がある時や夜は観測できない．

また，土出ら (2000) が調べた以降に発生した検索番号 ~ の事例は，SAR を搭載した JERS-1 の運用が 1998 年 (平成 10 年) 10 月 12 日に終了したため，SAR 画像による検索はできなかった．SAR は夜間や天候に影響されず観測が可能であるため，PULSAR に向けた検証ができなかったのは残念であった．

5.3 変色水の検索とブラウザ画像の検証

第 7 表は，第 3 表の検索番号 1 ~ 73 事例のうち，検索した衛星と検索結果を示す．表中，[-] は衛星の稼働期間外，[0] は画像が無かったことを示している．LANDSAT-5，LANDSAT-7，ADEOS 及び SPOT-2 がかったが，ADEOS の検索番号 33 ~ 38 はほぼ全域が雲に覆われたり，変色水域の区域から外れた画像であった．SPOT-2 の検索番号 33 ~ 46 は，期間を通した検索で 12 枚かかったが，

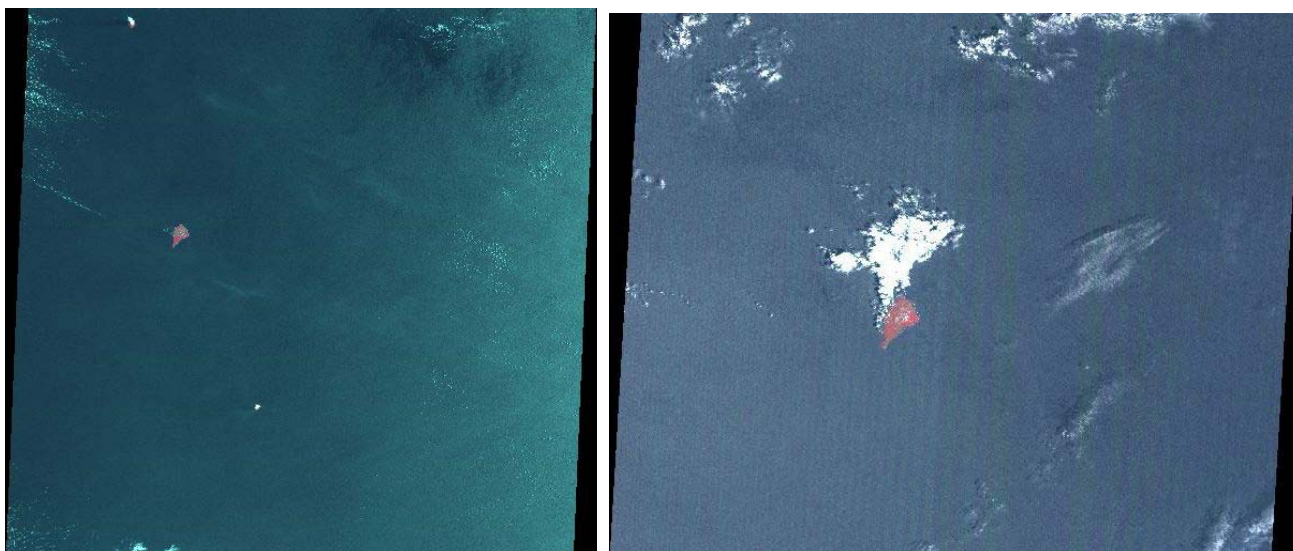
第 7 表 変色水の検索結果

Table 7 Retrieved discolored water case.

| 検索番号 | 検索した衛星名称(センサー) 検索にかかった画像数 | | | | | |
|------|------------------------------|-------------------|---------------------|------------------|-----------------|-------------------|
| | JERS-1 (SAR) | LANDSAT-5 (TM) | LANDSAT-7 (ETM+) | ADEOS (AVNIR) | SPOT-2 (HRV) | SPOT-4 (HRVIR) |
| 1 | 0 | | 2 | - | 0 | - |
| 5 | - | 1 | - | - | 0 | 0 |
| 7 | - | - | 2 | - | - | - |
| 9 | 0 | 1 | - | 0 | 0 | - |
| 10 | 0 | 1 | - | 0 | 0 | - |
| 11 | 0 | 1 | - | - | 0 | - |
| 12 | 0 | 1 | - | - | - | 0 |
| 13 | - | 1 | - | - | - | 0 |
| 14 | - | 1 | - | - | - | 0 |
| 17 | - | - | 2 | - | - | 0 |
| 19 | 0 | 1 | - | - | - | 0 |
| 20 | - | 1 | - | - | - | 0 |
| 22 | - | 2 | - | - | - | 0 |
| 23 | - | - | 1 | - | - | 0 |
| 24 | - | - | 1 | - | - | 0 |
| 25 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | - |
| 26 | 0 | 0 | 1 | - | 0 | - |
| 27 | - | 2 | 2 | - | - | 0 |
| 31 | - | - | 2 | - | - | 0 |
| 33 | 0 | 1 | - | 3 | | - |
| 34 | 0 | 2 | - | 2 | | - |
| 35 | 0 | 1 | - | 4 | | - |
| 36 | 0 | 2 | - | 0 | | - |
| 37 | 0 | 2 | - | 0 | | - |
| 38 | 0 | 2 | - | 5 | | - |
| 39 | 0 | 1 | - | 0 | 12 | - |
| 40 | 0 | 1 | - | 0 | | - |
| 41 | 0 | 0 | - | 0 | | - |
| 42 | 0 | 2 | - | 0 | | - |
| 43 | 0 | 2 | - | 0 | | - |
| 44 | 0 | 1 | - | 0 | | - |
| 45 | 0 | 1 | - | 0 | | - |
| 46 | 0 | 1 | - | - | | - |
| 47 | 0 | 2 | - | - | 0 | - |
| 48 | 0 | 1 | - | - | 0 | 0 |
| 49 | 0 | 1 | - | - | - | 0 |
| 51 | - | 2 | - | - | - | 0 |
| 56 | - | 2 | - | - | - | 0 |
| 59 | - | 2 | 0 | - | - | 0 |
| 60 | - | 2 | 0 | - | - | 0 |
| 62 | - | 2 | 0 | - | - | 0 |
| 63 | - | 1 | 0 | - | - | 0 |
| 64 | - | 2 | - | - | - | 0 |
| 65 | - | 0 | 1 | - | - | 0 |
| 66 | - | 2 | 1 | - | - | 0 |

どれも全域が雲に覆われ検証不可能であった．なお，JERS-1，ADEOS，SPOT-1 各衛星画像は検索にかからなかった．

検索にかかった LANDSAT-7 (ETM+) 画像に比べ，ADEOS (AVNIR) 画像は大尺度であったが，検証できるような画像がなく，あっても変色水域が極小であった時の画像であり，確認に至らなかった．土出ら (2000) は，ADEOS (AVNIR) が変色水を捉えた例を報告しており，ALOS では，AVNIR-2 データに期待できると思われる．参考までに，第 2 図は，今回検索で得た LANDSAT-7 (ETM+) と ADEOS (AVNIR) の硫黄島付近のブラウザ画像である．



第2図 硫黄島付近のブラウザ画像（左：LANDSAT-7 右：ADEOS）

Fig. 2 The image near Ioshima (left : LANDSAT-7 right : ADEOS).

6 結論

宇宙開発事業団・地球観測センター（現在は宇宙航空研究開発機構）のホームページの画像検索によるブラウザ画像から，海上災害については1995年～2002年の重質油流出12件，変色水については1996年10月～2003年5月の伊豆諸島方面73件の各事例について検出を試みた．検索を行った6衛星（JERS-1 ,ADEOS ,LANDSAT-5 ,LANDSAT-7 ,SPOT-2 ,SPOT-4）の6センサ（SAR ,AVNIR ,TM ,ETM+ ,HRV ,HRVIR）にかかった画像は大変少なく，また雲域が多いもの，対象海域が画像の領域の外側であったもの等が多く，いずれのセンサ画像からも流出油や変色水を認める知見は得られなかった．しかし，ADEOSの可視近赤外放射計（AVNIR）の画像の検出報告（土出，2000）もあり，陸域観測技術衛星（ALOS）のAVNIR-2のデータから海上災害，変色水の状況把握が可能ではないかと推察されるが，曇りや夜間でも有効な合成開口レーダーPULSARに向け，JERS-1のSARによる1999年以後の事例検証ができなかったのは残念であった．

海上における流出油や変色水の状況は，リアルタイムな入手が必要であるので，ALOSの観測領域が変更可能なポイントング機能を駆使し，海上災害の監視に向けた実用化を期待したい．

最後に，人工衛星による観測，その観測センサの空間分解能，観測波長及び観測頻度が増加し，海洋分野の様々な計測が実用化されることを期待したい．

参考文献

- 地球観測センターホームページ：
<http://www.eoc.nasda.go.jp/>
 長谷川均：リモートセンシングデータ解析の基礎，古今書院，(2001)
 NASDA：ALOS シミュレーション画像データセットリーフレット
 NASDA：陸域観測技術衛星（ALOS）リーフレット
 リモートセンシング研究会編：リモートセンシング・ノート - 原理と応用 - ，技報堂出版株式会社（昭55）
 坂田俊文：地球を観測する，日本放送出版協会，(1990)
 土出昌一・井本泰司・蔭山邦幸：人工衛星データによる油汚染の検出，水路部技報，**18**，47-65，(2000)
 土出昌一・大谷康夫・蔭山邦幸：人工衛星 SAR による火山性変色水の検出可能性についての検討，水路部技報，**18**，66-73，(2000)