

福岡工業大学 機関リポジトリ

FITREPO

Title	国際海洋法研究における衛星AIS データ等の利活用について
Author(s)	中川智治
Citation	福岡工業大学環境科学研究所所報 第11巻 P77-P89
Issue Date	2017-10
URI	http://hdl.handle.net/11478/787
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	publisher

Fukuoka Institute of Technology

国際海洋法研究における衛星 AIS データ等の利活用について

中川智治（社会環境学部 社会環境学科）

キーワード：衛星 AIS データ、衛星画像、国際海洋法

1. はじめに

国際海洋法において、「船舶(vessel)」は国家の管轄権を受け止める一つの単位である。国際海洋法上、「船舶」が一つの単位として表現できるのは、「船舶」が航行している沿岸国あるいは当該「船舶」の旗国の双方が、「船舶」であることを一つの単位として自国の管轄権を行使しているからである([水上 1994] 37 参照)。もちろん、旗国が自国「船舶」に対して行使する管轄権は、船籍（自国の「船舶」であること）を紐帯(*nexus*)とするものであるのに対して、当該「船舶」が航行する沿岸国が行使する管轄権は多分に空間的（面的）であり、自国の海域を航行する全ての「船舶」に対して行使する包括的な管轄権であるという違いはあるものの、その双方が「船舶」を管轄権の受容体として利用している。ただ一点注意が必要なのは、その「船舶」の定義については、国際法上、一致がないとされており([Walker 2012] 300)、あるのは、条約毎に定められた定義、各国国内法において定められた定義及び国際法学者の著作の中に現れる定義である([水上 1994] 2-13)。

一方、沿岸国から見て、自国の海域を航行する全ての「船舶」に対して行使する包括的な管轄権については、国際法上の一定の制約がある。例えば、国連海洋法条約（以下、UNCLOS）では、第 17 条以下において、領海における無害通航権についての規定を置き、UNCLOS 締約国間における無害通航のあり方と規制のあり方について一定の制約を設けている。しかしながら、規定の解釈という枠内において、各国は自国の行動を正当化し、

また、対処するための国内立法を行うことになる([坂元 2015] 13-16)。その際に問題となるのは、外国船舶の自国の海域における様々な行動であり、とりわけ領海内であれば、その行為や態様によって、無害であるのか、あるいは無害ではないのかが判断されることになる。その際、どのような通航であったのかは当然問題となる。

一方、漁業の分野では、「漁場のモニタリング、管理及び監視(Monitoring, control and surveillance: MCS)」を行うためのツールとして、既に人工衛星を用いた「船舶位置監視システム(Vessel Monitoring System: VMS)」が用いられるようになってきている([Rahman 2016] 365)。このような VMS が初めて実施されたのは 1988 年にポルトガル漁業当局が欧州共同体の援助を受けて行った MONICAP システムであった([FAO 2007] 39, [Portugal 1988] 2546-2547, [Portugal 1989] 2966-(2), [Commission of EC 1995] Report Annex I)¹。当該システムでは GPS とインマルサット C を用いて、船舶と陸上の基地局との間で通信し、情報を集めるものであった([Goncalves de Deus *et als.* 2012] 4)。その後、ポルトガルは、15m 以上の漁船につき 1995 年 10 月より当該システムによるモニタリングを義務化している([OECD 1997] 130, [Portugal 1993] 509, [Portugal 1995] 2275, [Portugal 1998] 6584)。さらに、欧州共同体は、当該システムでの経験を生かして、1997 年共同体規則 2847/93 を改正し、1998 年 6 月 30 日までに地中海を除く公海で操業する 24m 以上の欧州共同体加盟国の漁船につき VMS の搭載を義務付けることとなった([EC 686/97] Art.1, [EC 1489/97], [Jaap Molenaar

& Tsamenyi 2000b] 35)。そしてこのような VMS は、現在では MCS を行う漁業管理当局にとって重要なツールであるといわれるようになっていく([Rahman 2016] 365)。

従来、国際海洋法の研究では、船舶の海上における位置(船位)については、どの海域に位置しているかという点のみが重視され、その航跡に着目したような研究は行われてこなかった。その背景としては、個々の船舶の航跡は、航海日誌に記録されているものであり、研究資料としては利用できないばかりか、仮に特定の船舶の航海日誌が利用可能であったとしても、それは、当該特定船舶の航跡と国際海洋法規範との関係が問題となる場面だけであり、国際海洋法一般の研究資料としては限定的な意味しか持ち得なかったからに他ならない。

これに対して、本研究で取り上げる人工衛星を用いて収集された船舶自動識別装置(Automatic Identification System: AIS)のデータ(船位データ)は、特定期間の特定海域における広範囲の船位データであり、これまでの点あるいは線として特定船舶の航海日誌から辿られる航跡とは異なり、特定海域における船舶航行を広範囲に辿ることができるデータである。その意味で、衛星 AIS データを利活用することで、これまで見出すことができなかった国際海洋法上の新たな研究を開始することができるのではないかと考える。

そこで、本研究ではカナダの ExactEarth 社が販売する衛星 AIS のアーカイブデータを利用し、国際海洋法研究における衛星 AIS データの活用可能性について検討する。まず、衛星 AIS データが利用できるようになった背景について整理する。次に、国際海洋法研究における衛星 AIS データ利用について、実際のデータを用いながら説明を行う。そして、AIS データ以外の衛星データ、とりわけ衛星画像の利用可能性について検討を行うこととする。以上の検討から、衛星データが国際海洋法研究に有用であることを示したい。

2. 衛星 AIS データの利用

本研究において取り上げる衛星 AIS データとは、人工衛星を用いて収集された船舶自動識別装置のデータを意味する。このような人工衛星を用いての AIS データを収集するコンセプトは、2001 年にノルウェーが実施した NSAT-1 の実証実験においてはじめて報告された([Eriksen 2001] 167)。NSAT-1 は、低軌道(Low Earth Orbit: LEO)の小型衛星を用いたミッションで、排他的経済水域(EEZ)を含むノルウェー海域を一日に少なくとも 4 度観測するものであった([Høye 2003] 826-827)。

そもそも AIS の発展は、1980 年に国際航路標識協会(International Association of Maritime Aids to Navigation Lighthouse Authorities: IALA)が、船舶通航支援等業務(Vessel Traffic Services: VTS)の改善に積極的な役割を果たす委員会を設置し、「船舶の識別・追尾に関する調査研究」に着手したことに端を発する([沖 1997] 25; VTS について[Plant 1990]及び[飯島 1995])。その後 IALA は、国際海事機関(IMO)や国際電気通信連合(ITU)に働きかけを行い、1992 年に CCIR (現 ITU-R) 勧告 M.825 「デジタル選択呼出装置(DSC)技術を用いたトランスポンダシステム」が決定された([沖 1997] 25、[近藤 2000] 65)。

IMO は 1998 年 5 月に開催された第 69 会期の海上安全委員会(Maritime Safety Committee: MSC)にて決議 74 の中で「ユニバーサル AIS の性能基準勧告」を採択した([Harre 2000] 530; IMO MSC 69/21/Add.1 Annex 12 Resolution MSC.74(69), 13-16)。同年、ITU は、勧告 M.1371 「ユニバーサル AIS の技術的特長」を決定し、翌年、国際電気標準会議(International Electrotechnical Commission: IEC)は国際標準化仕様 61993-1 を公表した([Creech 2003] 32; [ITU-R M.1371]; [IEC 61993-1])。さらに IMO は、2000 年 12 月に開催された第 73 会期 MSC にて決議 99 を採択し、1974 年海上人命安全条約(International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974: SOLAS)を改正した(IMO MSC

73/21/Add.2 Annex 7 Resolution MSC.99(73), 135-139)。これにより、国際航海に従事する従事する総トン数 300 トン以上のすべての船舶、国際航海に従事しない総トン数 500 トン以上の貨物船及び全ての旅客船について、AIS の搭載が義務づけられることになった。これら搭載義務船は AIS 上 Class A と区分され、一方、搭載義務のない船舶については、簡易型 AIS の搭載が推奨され AIS 上 Class B と区分されることになった。なお、IEC は翌 2001 年にクラス A の AIS 規格を定めた国際標準化仕様 61993-2 を公表している([Creech 2003] 32; [IEC 61993-2])。ただし AIS は、基地局との通信に無線を利用していることもあり、水平方向に対しては、地球が丸いことの影響を受け、沿岸から 20 海里から 30 海里程度までの範囲でしか行えないという制約があった([ITU-R M.2084] 1)。

このような船舶に搭載される無線設備については、SOLAS において定められていたが、船舶間無線を中心としており、船舶陸地間での無線通信については、海上における船舶位置によっては陸上への通信が不可能となる場合もあった。AIS が無線通信を利用している背景は、初期の AIS が GMDSS(Global Maritime Distress and safety System: 全世界的な海上遭難安全システム)で導入された無線通信チャンネル CH70(VHF 帯)を共用する形でスタートした点にある([三宅 1998]12)²。

このように、AIS は、VTS 及び GMDSS との関連で発展してきたが、ノルウェーの NSAT-1 によって示されたアイデアを初めて商業サービスとして開始したのは米国の ORBCOMM 社であった。ORBCOMM 社は、2004 年に米国の沿岸警備隊と AIS 受信機を装備した衛星 (AIS 受信衛星) コンセプトについて協議し、2008 年に AIS 受信衛星を 6 機打ち上げ、サービスを開始した([Best 2011] 15)。同様のサービスを米国の SpaceQuest 社 (<http://www.spacequest.com/>) 及びカナダの ExactEarth 社 (<http://www.exactearth.com/>) が行っており、アーカイブデータの販売も行っている。

日本においては、海上技術安全研究所 (現、(国研) 海上・港湾・航空技術研究所) や国土技術政策総合研究所において 2012 年 8 月より衛星 AIS を活用した北極海航路の航行実態の分析に取り組み、その研究成果を継続的に発表している (例えば[瀬田 2012]及び[安部 2013]、[谷本 2014]、[安部 2016])。しかしながら、国際海洋法研究という限定をつけると、地理情報システム(GIS)との関連で利用されている研究があるだけである([中川 2015])。

3. 国際海洋法研究における衛星 AIS データ利用

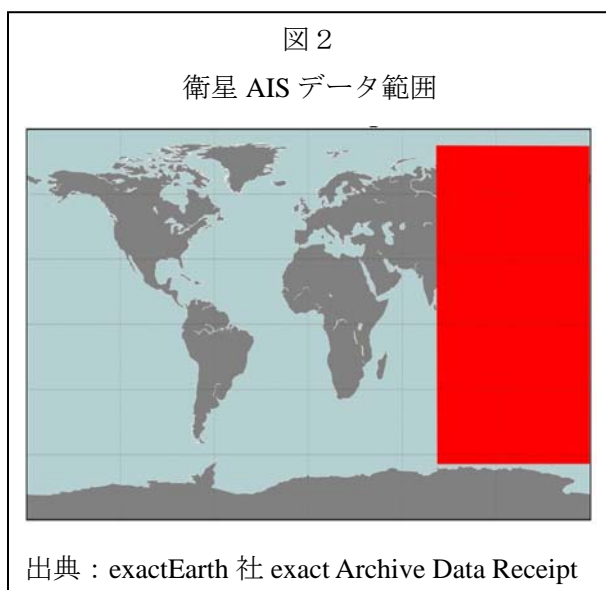
衛星 AIS データのこれまでの利用については、災害対応、海難救助、環境保護及びリスク・モデリングなどの分野において利用されている ([Carson-Jackson 2012])。これに対して、国際海洋法分野においては、AIS 利用について紹介されるだけであり、衛星 AIS データの利用にまでは踏み込んでいない ([Kraska 2013])。

衛星 AIS データの利点は、従来の陸上無線基地を用いて収集された AIS データと異なり、沿岸から遠く離れた海域における船舶の位置データを保持している点及び同一の船舶の航跡について長距離での追跡が可能である点である。

一方、衛星 AIS データを利用する上での問題は、対象とする海域の時間的空間的な広さによっては、対象データが膨大な量となり、通常の手作業で扱える分量ではなくなる点である。そのため、データを視覚化するためには、まず何らかの方法でデータを検討に必要な範囲分だけ選び出す下準備が必要となる。そして、その選び出したデータを、GIS ソフト等で視覚化しなければならないという点がある。

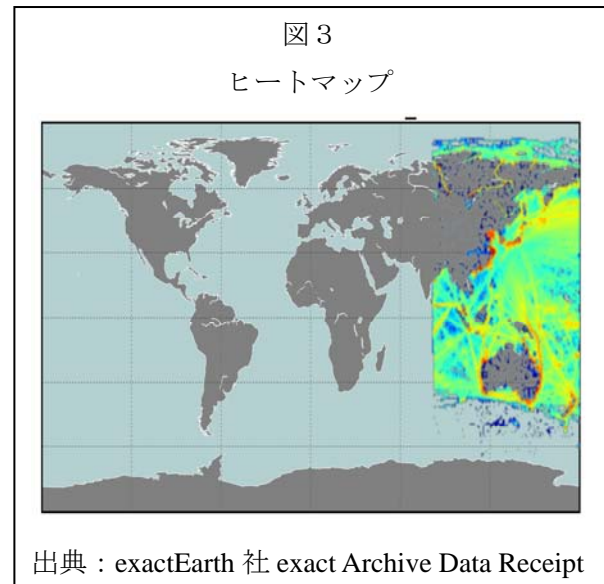
たとえば、本研究で利用した東経 90 度から東経 180 度範囲の衛星 AIS データ範囲 (図 2) において、2014 年 9 月に Exact Earth 社の人工衛星によって取得された AIS メッセージ総数は、6878 万 7980 メッセージである。2014 年 11 月になると、

AIS メッセージを取得する人工衛星が増えたためか AIS メッセージ総数は、8290 万 5641 メッセージに増加している³。なお、1 メッセージには、項目数が 139 あるので、その項目数にメッセージ総数を乗じた数がデータの総数（たとえば、2014 年 11 月であれば、115 億 2388 万 4099 件）となる⁴。ちなみに、今回使用した範囲における衛星 AIS データは、CSV 形式で、それぞれ 32.7GB (2014 年 9 月、メッセージ総数は 6878 万 7980 メッセージ)、32.6GB (2014 年 10 月、メッセージ総数は 6855 万 1034 メッセージ) 及び、39.6GB (2014 年 11 月、メッセージ総数は 8290 万 5641 メッセージ) であった。図 2 の範囲における当該メッセージの分布状況を示した図を右に示す (図 3)。日本、中国、オーストラリア近海などが輻輳海域であることが見て取れる図となっている。



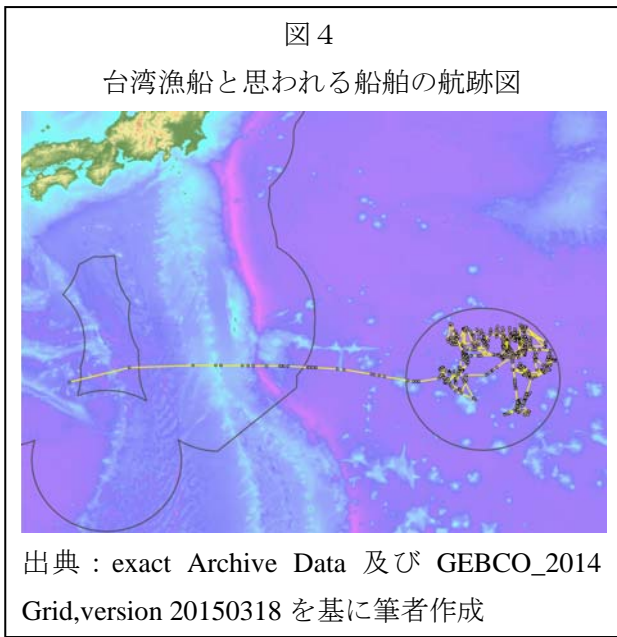
このメッセージの中から、データの視覚化を行う範囲のデータを選び出す下準備を行う必要がある。データの選び出しに際しては、Exact Earth 社が提供する衛星 AIS データ (データ形式は CSV 形式) を GIS ソフト (本研究では ESRI 社の ArcGIS Desktop 10.5 を使用) で利用できるよう下準備を行う必要がある。データのファイルサイズが大きすぎる場合、利用しているパソコン等の作業環境によっては作業を継続できない場合がある。その

ため、下準備に際しては、作業環境に応じたデータサイズまで、必要となるメッセージだけを選び出すことになる。



データの選び出しには、検討対象とする海域の座標範囲を指定して用いるが、それだけでなく船舶無線の呼出し番号として利用されている 9 桁の海上移動業務識別番号 (Maritime Mobile Service Identity: MMSI) も用いることができる⁵。この MMSI は、国ごとに割り振られた 3 桁の海上識別数字 (Maritime Identification Digits、以下 MID とする) と 6 桁の船舶局識別からなり、この MMSI に含まれている MID を利用することで特定の国の船舶だけを抽出することも可能となる⁶。さらに、また、AIS メッセージの中に含まれる情報 (Message ID) を利用することで、Class A 船舶 (Message ID: 1, 2, 3 and 5) 及び Class B 船舶 (Message ID: 18, 19 and 24) を区別することが可能となる。

例えば、ある特定の MMSI の船舶データだけを選び出して航跡図を作成してみると以下の示す図のようになる (図 4)。図 4 では、9 桁の MMSI が 416 で始まる船舶を選び出しているため、当該船舶が台湾で登録された船舶であろうと推察できる。また、メッセージ ID が 18 であるので、Class B 船舶であることもわかる。おそらくは漁船



である可能性が高い。そして、当該船舶が南鳥島周辺の排他的経済水域(EEZ)内を徘徊している様子がはっきりと見て取れる。

今回使用した衛星AISメッセージのアーカイブデータ（2014年9月から11月）の使い方として、個々の船舶に注目するのではなく、船位の集合体として視覚的に把握できるという点がある。次に示す図5は、小笠原諸島周辺海域において中国船によるサンゴ密漁が問題となった時期に、中国漁船と思われる船舶（MIDが412,413及び414、メッセージIDが18）の位置データがどこにあったかを示した図である⁷。一方、次のページに示す図6は、同じ時期の台湾漁船と思われる船舶（MIDが416、メッセージIDが18）の位置データがどこにあったかを示した図である。

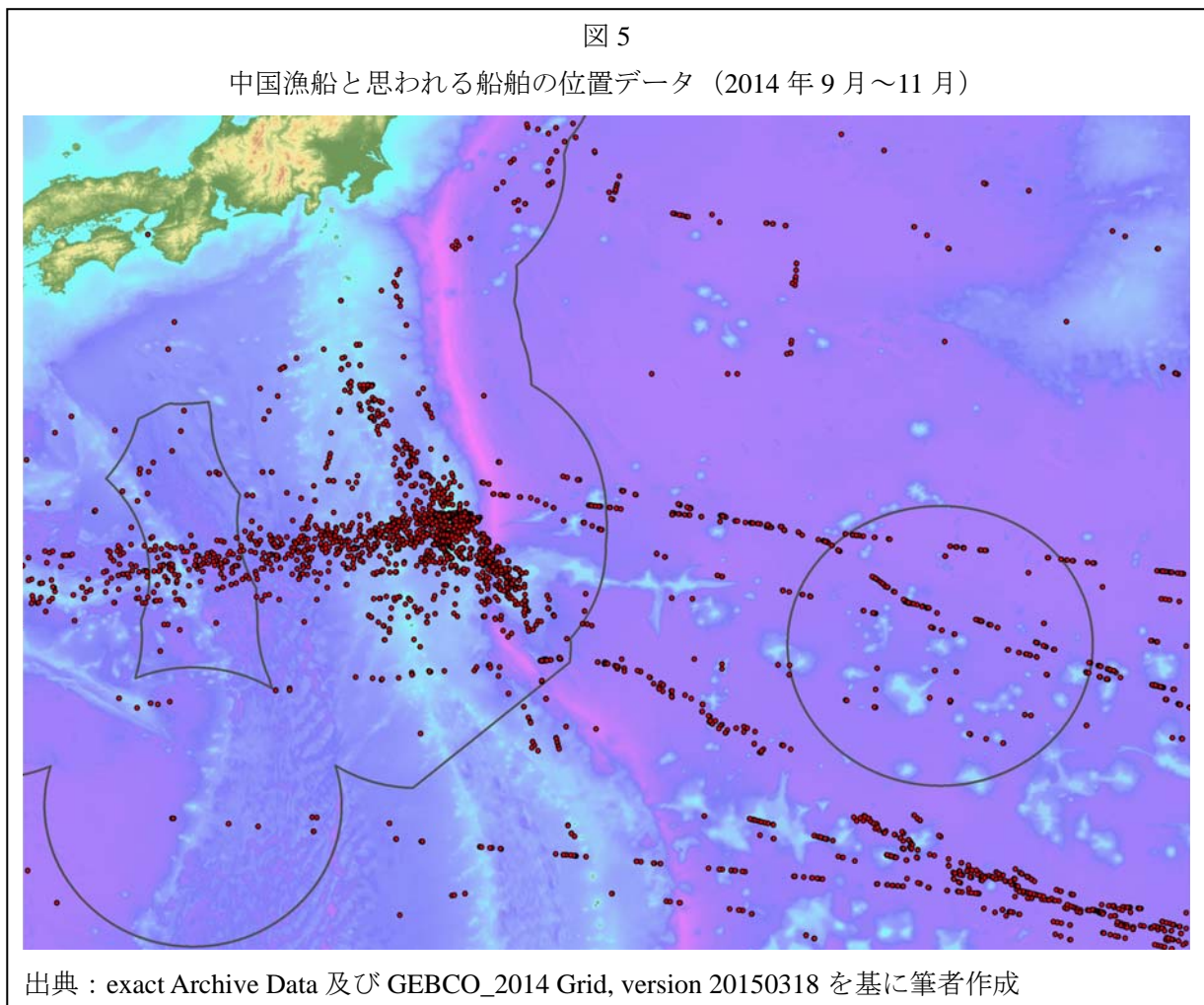
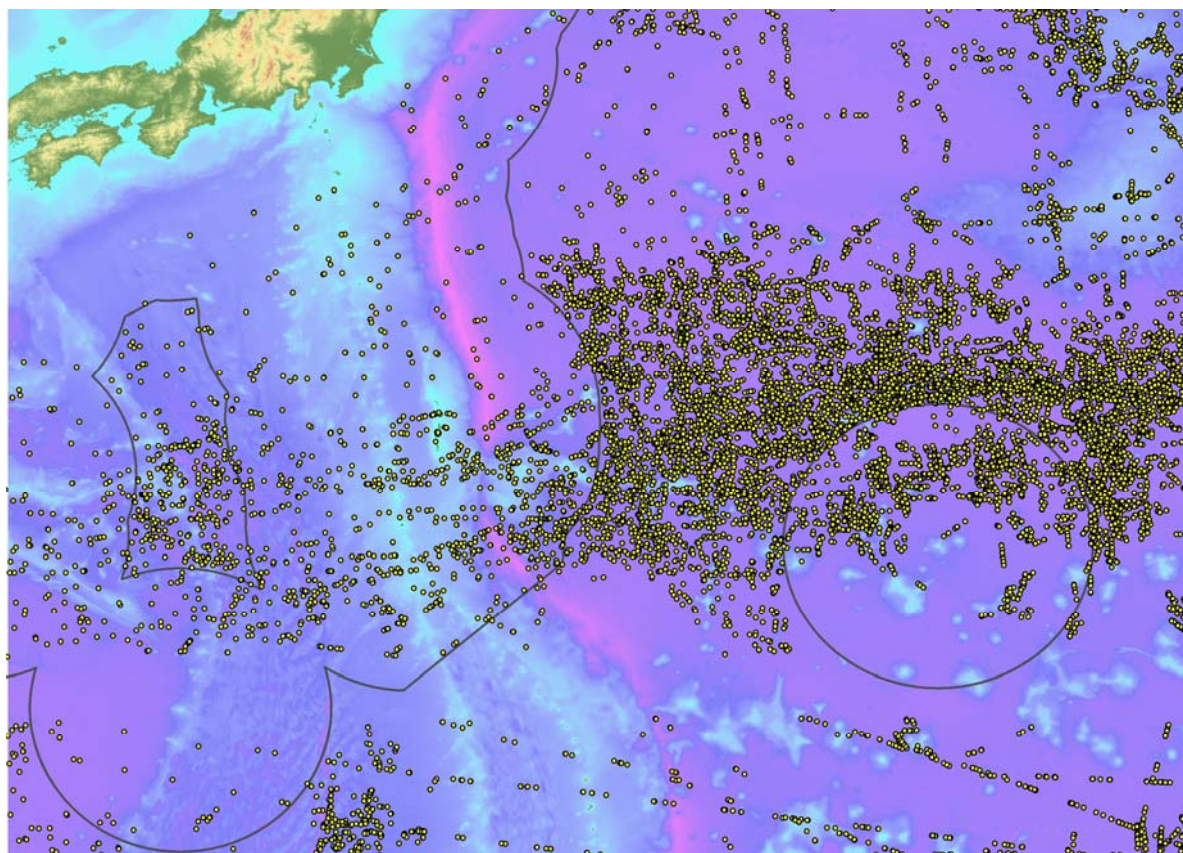


図6

台湾漁船と思われる船舶の位置データ (2014年9月～11月)



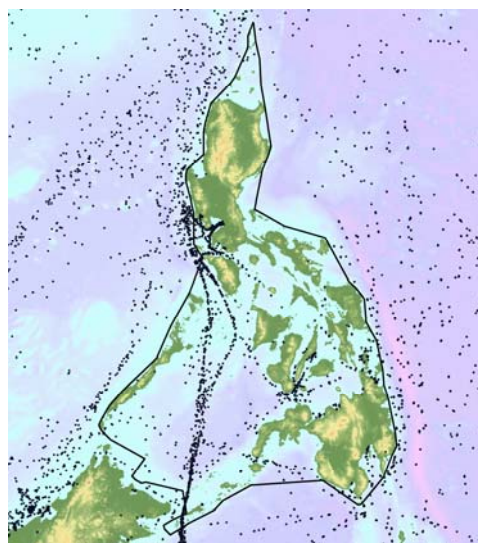
出典 exact Archive Data 及び GEBCO_2014 Grid, version 20150318 を基に筆者作成

図5及び図6を比較することで、当該時期における中国漁船と思われる船舶に対して日本の海洋法政策上検討すべき課題と台湾漁船と思われる船舶に対して日本の海洋法政策上検討すべき課題が異なっていることを視覚的に把握することが可能となる。

このような衛星 AIS メッセージにある船位データの集合を視覚化した図は次のような法的論点を検討する際には更に役立つと思われる。右に示す図7は、2014年9月1日のフィリピン周辺海域における船舶の位置データの中からフィリピン船と思われる船舶を除外したものである。図7のフィリピン周辺にはフィリピンが設定している群島基線を記入している。群島基線内の点は、群島基線内を外国船舶が航行したことを示す点である。

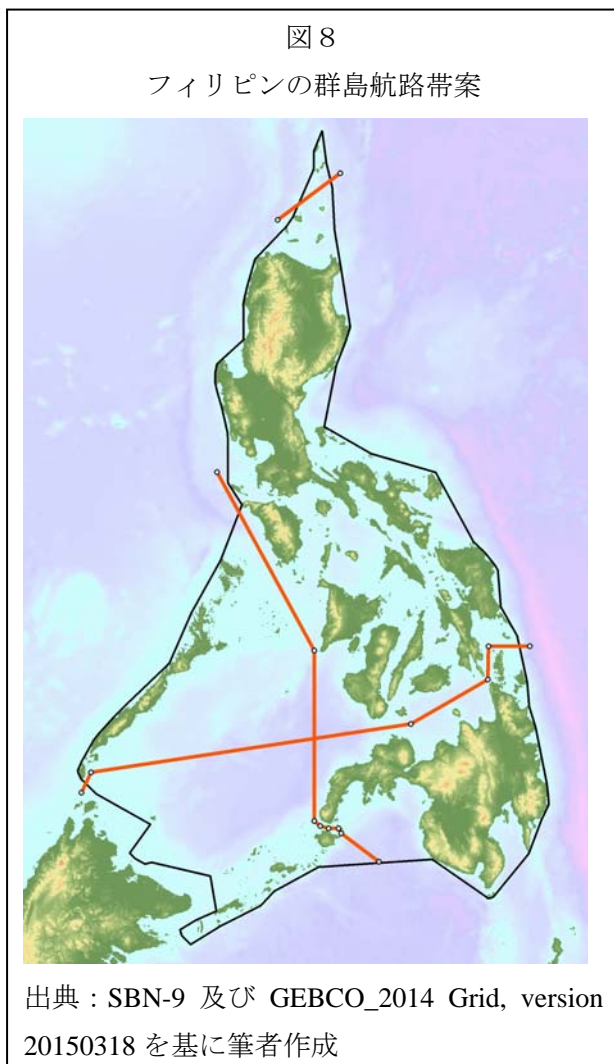
図7

群島水域内を航行する船舶の位置データ



出典 : exact Archive Data 及び GEBCO_2014 Grid, version 20150318 を基に筆者作成

これに対してフィリピンは、現在、群島航路帯を設定する法律案(SBN-92)を審議中である⁸。当該法律案において示されている群島航路帯は三つある。一つ目は、東側のフィリピン海からバリンタン海峡を通過して南シナ海に通じる北部を東西に横断するルート、二つ目は、同じくフィリピン海から、スリガオ海峡、ボホール海、スル海及びバラバク海峡を通過して南シナ海に通じる中央部を東西に横断するルート、三つ目は、南部のセレベス海から、バシラン海峡、スル海及びミンダナオ海峡を通過して南シナ海に通じる南北を縦断するルートである。この三本の群島航路帯を图示すると以下ようになる(図8)。



この図8で示した法律案に示されている群島航路帯と図7で示した実際の航路を比較すると

南北を縦断するルートが特に異なっていることがわかる。また、中央部を東西に横断するルートについても、実際の航路は法律案で示した群島航路帯よりも南に寄っており異なっている。こちらについても、実際の船舶航行に対する影響が大きな法律案であることが見て取れる。このように、衛星 AIS データを用いることで、実際の船舶航行と国際海洋法の関係を視覚的に理解することができる。

4. 衛星画像の利用可能性

さて、衛星 AIS データを視覚化することで、一定の範囲において、これまで明らかではなかった国際海洋法に関連する論点の存在を明らかにできる場合があることについては確認できた。

これまで国際法学者が利用する資料には、国内外の論文等の著作、国内裁判及び国際裁判の判決文、国際機関の決議や報告書等の国際文書、あるいは各国の外交文書など、文書を中心とするものであった。今回使用した衛星 AIS データは、これら文書の形で存在する研究資料ではない。科学的なデータとして存在するものであり、その意味では、国際法学者がこれまで取り上げてこなかった種類の資料であるといえる。

しかしながら、このような文書ではない資料は実際の国際裁判では既に使われている。たとえば、常設仲裁裁判所(Permanent Court of Arbitration: PCA)の南シナ海仲裁(フィリピン対中国)では、ドイツの EOMAP 社の衛星画像推定水深(Satellite Derived Bathymetry: SDB)技術が利用され、裁判資料として提出されている[PCA 2015 Annex807]⁹。また同じく、裁判資料では、島の形状の地理学的特徴に関して Schofield 教授らによってまとめられた資料が提出され、判決文の中においても利用されている[PCA 2015 Annex513]。また、判決文自体においても衛星画像の証拠能力について検討が行われている[PCA 2016, paras.322-326]。

判決において、PCA は、衛星画像が撮影された

時点と潮位の関係について問題にした。フィリピン側が提出した EOMAP 社作成の裁判資料では、天文最低低潮面(Lowest Astronomical Tide: LAT)の場合と天文最高高潮面(Highest Astronomical Tide: HAT)の場合のそれぞれの礁(reef)の海図が提出された¹⁰。LAT は国際水路機関(IHO)が海図の基準面として採用することを決議している基準である。一方、PCA は、UNCLOS 第 13 条及び第 121 条にある低潮高地及び島の地形学的基準である「高潮時に海面上にある」という部分の「高潮」について、IHO が推奨する HAT ではない高潮面を利用することを、UNCLOS は認めていると述べている [PCA 2016, paras.310-311]。また、南シナ海をカバーする異なった海図において用いられている潮位面が異なっていることも踏まえ、必要のない限り特定の高潮時を用いないという結論を導き出している。

さらに、PCA は、衛星画像についても検討を行っている¹¹。フィリピン側は、裁判資料としてクアテロン礁、ファイアリークロス礁、ガベン礁、ジョンソン礁、ヒューズ礁、ミスチーフ礁、スカポロー礁、セカンドトーマル礁、スビ礁の衛星画像を提出している [PCA 2015 Annexes787-795]。また、Schofield 教授らによってまとめられた島の形状の地理学的特徴に関して資料では、Landsat 4 号（地上分解能は 30.0m）、Landsat 5 号（地上分解能は 28.5m）、Landsat 7 号（地上分解能は 14.25m）、Landsat 8 号（地上分解能は 14.25m）そして Digital Globe 社の所有する衛星画像（地上分解能は 0.5m から 3.0m）が利用されていた [PCA 2015 Annex513, 12-13]。

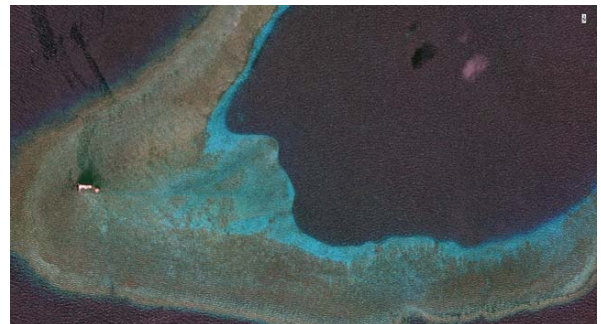
これに対して PCA は、パンクロマチック（白黒）画像の地上分解能が 15m しかない Landsat 7 号や Landsat 8 号といった衛星の画像については、問題となっている礁の細かな形状が判別できる物ではないため不十分であることを指摘している。さらに、Landsat 衛星よりも高い地上分解能をもつ Digital Globe 社の所有する衛星画像につい

ても、衛星画像が撮像された時点での潮位が高潮なのか低潮なのかはわからなければならないと指摘している [PCA 2016, paras.322-323]。

たしかに図 9 に示すように Digital Globe 社の所有する World View 衛星を利用すれば、埋め立てが行われたのかどうかについては時系列を追って判別することができる。

図 9

光学衛星画像を利用した比較（スビ礁）



出典：DigitalGlobe 社, WV3, 13 May 2014 撮影、パンシャープン画像は ENVI を用いて筆者作成



出典：DigitalGlobe 社, WV3, 21 July 2015 撮影、パンシャープン画像は ENVI を用いて筆者作成

もちろん、PCA が指摘するように、図 9 で示したような画像には潮位データは含まれておらず、他の観測方法による補完が必要である。この点に関して PCA は、高潮時に近い時期に撮影された超高解像度なステレオ画像と近隣海域における人の手による潮位調査があれば、小さな砂州や岩についても存在及び不存在が明らかにできるのではないかと指摘している。 [PCA 2016, para.326]。

これは Schofield 教授らによってまとめられた島の形状の地理学的特徴に関して資料において用いられていた Landsat 8 号の画像から作成され

たデジタル標高モデル(Digital Elevation Model: DEM)が 25,000 分の 1 や 30,000 分の 1 程度でしか示されなかったことを受けての指摘ではないかと推察される[PCA 2015 Annex513, p.16 figure 4.1 p.42 figure 5.1.10a and p.52 figure 5.1.15a 参照]。

5. おわりに

今回、取り上げた衛星 AIS や衛星画像は購入さえすれば一般に利用可能な情報である。ただ、これまで国際法学者はこのような衛星データを研究資料として利用することはなかった。それは、このような衛星データは、国際海洋法研究において、法的論点の検討自体と言うよりも、法的論点の検討の重要性を裏付ける（傍証する）材料に過ぎないからに他ならない。

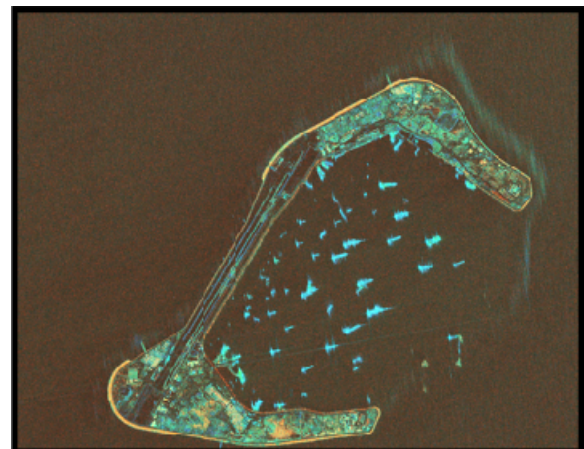
しかしながら、実際の裁判資料に目を転じると、傍証材料に過ぎないと思われる衛星画像も、その証拠能力について検討されるようになってきている。今後、今回 PCA が示した条件をクリアする前提が整えば衛星画像が裁判資料として重要な位置を占める日がやってくるかもしれない。もしそうなのであれば、GIS を使った衛星データの視覚化や、衛星リモートセンシング分野の分析手法についても国際法学者は慣れ親しむ必要が出てくるのかもしれない。

たとえば、今回の南シナ海仲裁の裁判資料としては用いられてはいなかったが、細かな地表面の変化量だけを見るのであれば、地震、火山活動等の地殻変動を検出するために用いられる干渉 SAR(inSAR)という方法がある¹²。干渉 SAR は合成開口レーダ (SAR) 衛星で撮影された一組の画像間にある画像情報 (位相情報) の差を利用した計測技術である。SAR 衛星は、レーダ衛星であるため、光学衛星とは異なり、昼夜及び雲の有無を問わず撮影が可能である¹³。そのため、特定の地点を定点観測する目的に適している。さらに、適切な組み合わせの画像セットを用いることで、その組み合わせた画像中においてどれだけの変位

量があったのか SAR 衛星が用いているレーダの波長の位相差によって計測が可能である¹⁴。次に示す図 10 は、Terra SAR-X 衛星が撮像した 2015 年 11 月 11 日と 2015 年 11 月 22 日のスピ礁の画像を干渉させて作成した干渉 SAR 画像である。堤防付近が黄色く浮き出ており、2015 年 11 月 11 日から 2015 年 11 月 22 日の間に微細ながらも変位があったこと確認することができる。

図 10

スピ礁の干渉 SAR 画像



出典：AirBus 社, Terra SAR-X, 11 & 22 Nov. 2015 撮影; NTT Data 社, AW3D®高精細版地形データ; 干渉 SAR 画像は SAR Scape を用いて筆者作成。

実際の南シナ海仲裁事件の裁判資料では、フィリピン空軍が撮影した写真が裁判資料として提出された[PCA 2015 Annexes783-786]。このような資料は、通常、表に出てくることはなく、そのような資料の存在自体が一般に知られることはない。その意味で、関連する資料にアクセスすることが難しいような研究テーマであればあるほど、周辺的であったとしても、一般に開示されている他のデータや資料の利用価値は高くなるということができよう。その意味で、衛星 AIS や衛星画像というようなデータは、困難を回避するための一手法として評価することができよう¹⁵。

参考文献

- [Best 2011] George Best, Satellite-Based AIS System Provides Continuous Tracking at Sea, *Sea Technology*, Vol.52 No.3(2011 March) pp.15-17.
- [Burrough et als. 2014] Peter A. Burrough, Rachael A. McDonnell & Chiristoper D. Lloyd, *Principles of geographical Information Systems*, 3rd e. (Oxford University press, 2014).
- [Carson-Jackson 2012] Jillian Carson-Jackson, “Satellite AIS – developing technology or existing capability?”, *Journal of Navigation*, 65 (2012) pp.303-321.
- [Commission of EC 1995] Commission of the EC, *Proposal for a Council Decision on a Community financial contribution towards certain expenditures incurred by Member States in implementing the monitoring and control system applicable to Common Fisheries policy*, 6 June 1995, COM (95) 243 final (1995).
- [Creech 2003] Captain Jay A. Creech and Captain Joseph F. Ryan, “AIS The Cornerstone of Navigation Security?”, *Journal of Navigation*, Vol.56 (2003) pp.31-44.
- [EC 686/97] EC, *Council Regulation (EC) No 686/97 of 14 April 1997 amending regulation (EEC) No 2847/93 establishing a control system applicable to the common fisheries policy*, EC, *Official Journal*, L. 102, 19.4.1997 (1997) pp.1-3.
- [EC 1489/97] EC, *Council Regulation (EC) No 1489/97 of 29 July 1997 laying down detailed rules for the application of Council Regulation (EEC) No 2847/93 as regards satellite-based vessel monitoring systems*, EC, *Official Journal*, L. 202, 30.7.1997 (1997) pp.18-23.
- [Eriksen 2001] Torkld Eriksen, Bjørn Narheim, Gudrun Høye, and Terje Wahl, “New micro-satellite based concept for monitoring of maritime traffic by navigation radar detection”, *Proceedings of SPIE*, Vol.4540 (2001), pp.166-175.
- [FAO 1998] FAO, *Fishing Operations 1. Vessel Monitoring Systems*, FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries, No. 1 Suppl. 1 (FAO, 1998).
- [FAO 2007] FAO, *Report of the Expert Consultation on the Use of Vessel Monitoring Systems and Satellites for Fisheries Monitoring, Control and Surveillance: Rome, 24-26 October 2006*, FAO Fisheries Report, No. 815, FIEL/R815(En) (FAO, 2007).
- [Gonçalves de Deus et als. 2012] R.P. Gonçalves de Deus, R.M. Correia Guerreiro & R.M. Alves Francisco, “Maritime Situational Awareness Indicators Based on AIS and MONICAP information”, C. Guedes Soares, Y. Garbatov, S. Sutulo and T.A. Santos [eds.] *Maritime Engineering and Technology* (CRC Press, 2012) pp.3-7.
- [Harre 2000] Ingo Harre, “AIS Adding New Quality to VTS Systems”, *Journal of Navigation*, Vol.53 (2000) pp.527-539.
- [Hettling 2008] Jana Kristin Hettling, *Satellite Imagery for Verification and Enforcement of Public International Law* (Carl Heymanns Verlag, 2008).
- [Høye 2003] Gudrun K. Høye, Torkld Eriksen, Bjørn Narheim, Terje Wahl, “Global Fishing Monitoring from Small Satellite”, *Acta Astronautica*, Vol.52 (2003), pp.825-828.
- [IEC 61993-1] IEC, *Maritime Navigation and Radiocommunication Equipment and Systems, Part 1: Shipborne Automatic Transponder System Installation using VHF digital selective calling(DSC)techniques – operational and performance requirements, methods of testing and required results*, International Standard IEC 61993-1 (1998).
- [IEC 61993-2] IEC, *Maritime Navigation and Radiocommunication Equipment and Systems- Automatic Identification Systems (AIS) - Part 2: Class A Shipborne Equipment of Universal Automatic*

Identification System (AIS) - operational and performance requirements, methods of testing and required results, International Standard IEC 61993-2 (2001).

[ITU-R M.1371] ITU, *Technical Characteristics for a Universal Shipborne Automatic Identification System Using Time Division Multiple Access in the VHF Maritime Mobile Band*, Recommendation ITU-R M.1371 (1998).

[ITU-R M.2084] ITU, *Satellite Detection of Automatic Identification System Message*, REPORT ITU-R M.2084 (2006).

[Jaap Molenaar & Tsamenyi 2000a] Erick Jaap Molenaar and Martin Tsamenyi, "Satellite-Based Vessel Monitoring Systems for Fisheries Management: International Legal Aspects", *International Journal of Marine and Coastal Law*, Vol.15 No.1 (2000) pp.65-109.

[Jaap Molenaar & Tsamenyi 2000b] Erick Jaap Molenaar and Martin Tsamenyi, "Satellite-Based Vessel Monitoring Systems (VMSs) for Fisheries Management: International Legal Aspects and Developments in State Practice", *FAO Legal Papers Online*, No. 7 (2000) pp.1-44.

[Jasani *et als.* 2009] Bhupendra Jasani, Stefan Schneiderbauer, Martino Pesaresi and Gunter Zeug [eds.], *Remote Sensing from Space: Supporting International Peace and Security* (Springer, 2009).

[Konecny 2014] Gottfried Konecny, *Geoinformation: Remote Sensing, Photogrammetry, and Geographic Information Systems*, 2nd ed. (CRC Press, 2014).

[Kraska 2013] James Kraska *et al.*, *International Maritime Security Law* (Kluwer, 2013).

[Nussbaum 2010] Sven Nussbaum and Gunter Menz, *Object-Based Image Analysis and Treaty Verification: New Approaches in Remote Sensing - Applied to Nuclear Facilities in Iran* (Springer,

2010).

[Özçayir 2006] Z Oya Özçayir, "International Maritime Organisation: The International Convention on Maritime Search and Rescue (SAR)", *Journal of International Maritime Law*, Vol.12 (2006) pp.282-288.

[Plant 1990] G. Plant, "International Legal Aspects of Vessel Traffic Services", *Marine Policy*, Vol.14 No.1 (1990) pp.71-81.

[PCA 2015] PCA, *The Matter of the South China Sea Arbitration*, Supplemental Documents of the Philippines, Vol. IV: Annexes (2015).

[PCA 2015 Annex513] C. Schofield *et als.*, "An Appraisal of the Geographical Characteristics and Status of Certain Insular Features in the South China Sea", PCA, *The Matter of the South China Sea Arbitration*, Supplemental Written Submission of the Philippines, Vol. IX: Annexes, Annex 513 (2015).

[PCA 2015 Annex807] EOMAP GmbH & Co, *Satellite Derived Bathymetry for Selected Features ub the South China Sea*, PCA, *The Matter of the South China Sea Arbitration*, Supplemental Documents of the Philippines, Vol. V: Annexes, Annex 807 (2015).

[PCA 2016] PCA, *The Matter of the South China Sea Arbitration*, Award, PCA Case No 2013-19 (2016).

[Portugal 1988] Portugal, *Resolução do Conselho de Ministro n.º 27/88*, Portugal, *Diário da República*, 1 Série, N.º 142, 22-6-1988 (1988) pp.2546-2547.

[Portugal 1989] Portugal, *Resolução do Conselho de Ministro n.º 26-A/89*, Portugal, *Diário da República*, 1 Série, N.º 172, 28-7-1989 (1989) p.2966-(2).

[Portugal 1993] Portugal, *Decreto Regulamentar n.º 3/93*, Portugal, *Diário da República*, 1 Série-B, N.º 32, 8-2-1993 (1993) pp.509-510.

[Portugal 1995] Portugal, *Decreto Regulamentar n.º 7/95*, Portugal, *Diário da República*, 1 Série-B,

N.º 93, 20-4-1995 (1995) p.2275.

[Portugal 1998] Portugal, *Decreto-Lei n.º 383/98*, Portugal, *Diário da República*, 1 Série-A, N.º 275, 27-11-1998 (1998) pp.6583-6601.

[Rahman 2016] Chris Rahman, “Use of Technology in Maritime regulation and Enforcement”, Robin Warner and Stuart Kaye [eds.] *Routledge handbook of Maritime Regulation and Enforcement* (Routledge, 2016) pp.363-377.

[Smith 2010] Andrew R. Smith, “Vessel Monitoring Systems”, M.H. Nordquist and J.N. Moore [eds.] *Current Fisheries Issues and the Food and Agriculture organization of the United Nations* (Kluwer Law International, 2010) pp.437-450.

[Walker 2012] George K. Walker [Gen. ed.] *Definitions for the Law of the Sea: Terms Not Defined by the 1982 Convention* (Martinus Nijhoff, 2012).

[Wei 2017] Meng Wei, “Location and Source characteristics of the 2016 January 6 North Korean nuclear test constarined by in SAR”, *Geophysical Journal International*, Vol. 209-2 (2017) pp.762-769.

[安部 2013] 安部智久、押村康一、谷本 剛、西川綾乃「衛星 AIS を活用した北極海航路航行実態分析手法に関する検討」『国土技術政策総合研究書資料』No.768(2013年)。

[安部 2016] 安部智久、石澤淳一郎、早川哲也、千葉雄文、清水収司、木下真吾、岸田正也「衛星 AIS を用いた北極海航路航行実態に関する研究：2015年の航路実態を中心に」『国土技術政策総合研究書資料』No.923(2016年)。

[荒谷 2015] 荒谷太郎、松倉洋史、瀬田剛広、田村兼吉「衛星 AIS データの特性及び利用法に関する検討」『日本船舶海洋工学会講演会論文集』20巻(2015年)453-455頁。

[飯島 1995] 飯島幸人、「V T S -過去・現在・将来」『電子情報通信学会論文誌』Vol.J78-B-II No.5 (1995) 280-287頁。

[大内 2009] 大内和夫『リモートセンシングた

めの合成開口レーダの基礎』第2版（東京電機大学出版社、2009年）。

[沖 1997] 沖 伊佐美「船舶通航業務(VTS)船舶自動識別システム(AIS)」『Navigation:日本航海学会誌』134号(1997年)25-32頁。

[海上保安庁 2015]海上保安庁 [編]『海上保安レポート 2015』(日経印刷、2015年)。

[唐木 2014] 唐木 敦「衛星 AIS について」『Navigation:日本航海学会誌』188号(2014年)55-60頁。

[小荒井 2014] 小荒井 衛「3次元 GIS の動向と現状の課題-3次元 GIS 特集号によせて-」『地図』第52巻3号(2014年)1-4頁。

[近藤 2000] 近藤信竹「AIS (自動識別通報装置)」『Techno Marine:日本造船学会誌』851号(2000年)297-301頁。

[坂元 2015] 坂元茂樹 [編著]『国際海峡』(東信堂、2015年)。

[佐藤 2017] 佐藤 敏、熊谷 武「日本沿岸の Lowest Astronomical Tide について」『海洋情報部研究報告』第54号(2017年)84-94頁。

[庄司 1996] 庄司和民、飯島幸人『GMDSS 実務マニュアルー全世界的な海上遭難・安全システムー』(成山堂書店、1996年)。

[瀬田 2012] 瀬田剛広、松倉洋史、川辺有恒、柴田勝規「2-B-11 衛星 AIS を用いた船舶の運行状況の分析」『日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集 2012』(2012年)158-159頁。

[谷本 2014] 谷本 剛、安部智久「衛星 AIS を活用した北極海航路航行実態に関する詳細分析」『国土技術政策総合研究書資料』No.799(2014年)。

[中川 2015] 中川智治「国際海洋法分野における GIS の利用について」『福岡工業大学環境科学研究所所報』9巻(2015)49-57頁。

[日本リモートセンシング学会 2011] 日本リモートセンシング学会編『基礎からわかるリモートセンシング』(理工図書、2011年)。

[藤原 1997] 藤原 智、飛田幹男、村上真幸「干渉 SAR による地殻変動検出と DEM の作成」へ」『写真測量とリモートセンシング』第 36 巻 3 号 (1997 年) 71-76 頁。

[松本 2016] 松本良浩「衛星画像による水深の推定—海洋情報業務への利用に向けて—」『海洋情報部研究報告』第 53 号(2016 年)16-28 頁。

[水上 1994] 水上千之『船舶の国籍と便宜置籍』(有信堂、1994 年)。

[三宅 1998] 三宅幸彦「自動船舶識別システム (AIS) について」『Navigation: 日本航海学会誌』137 号(1998 年)12-18 頁。

¹ これに対して、Andrew R. Smith は VMS が始めて国内システムとして整備されたのは 1993 年頃にオーストラリア及びニュージーランドにおいてであるとす。[Smith 2000] 440.

² GMDSS は、1979 年に「海上における捜索及び救助に関する国際条約(International Convention on Maritime Search and Rescue, 1979: SAR 条約)」が採択された後に、全世界的な海上における捜索救難(Search and Rescue: SAR)について、IMO の無線通信小委員会(COM)において検討されたことにさかのぼる([庄司 1996] 1-35、SAR 条約について [Özçayir 2006])。

³ exactEarth 社からデータを購入した際に添付される exact Archive Data Receipt 参照。

⁴ データの項目によっては空欄となっているものもあるため、データ件数の理論上の上限をメッセージ数(行)にメッセージ項目数(列)を乗じた数とした。

⁵ MMSI のほか、選び出した船舶を特定する方法としては無線の国際呼出符号(International Radio Call Sign: IRCS)も広く利用されている。

⁶ MID の割り当て状況は、ITU のホームページにおいて確認することが出来る。

http://www.itu.int/online/mms/glad/cga_mids.sh?lang=en (最終確認、平成 29 年 8 月 28 日)。

⁷ 小笠原諸島周辺海域等における中国サンゴ密漁船については[海上保安庁 2015]を参照のこと。

⁸ Senate of the Philippines, 17th Congress, Senate Bill No.92: Philippine Archipelagic Sea Lanes Act; Faked on June 30, 2016 by Trillanes, Antonio “Sonny” F., https://www.senate.gov.ph/lis/bill_res.aspx?congress=17&q=SBN-92.

⁹ 衛星画像推定水深技術については、[松本 2016]を参照のこと。

¹⁰ 天文最低低潮面(LAT)の計測方法については、[佐

藤 2017]を参照のこと。

¹¹ 衛星画像一般については[日本リモートセンシング学会 2011]を参照のこと。国際法学における衛星画像利用については[Hettling 2008]を参照のこと。また、核査察における衛星画像利用については、[Jasani et als. 2009]及び[Nussbaum 2010]を参照のこと。

¹² 干渉 SAR による地殻変動検出については、[藤原 1997]を参照のこと。さらに環境省は、平成 29 年 5 月 25 日に『地盤沈下観測等における衛星活用マニュアル』を取りまとめ発表している

(<http://www.env.go.jp/press/104084.html>、最終確認、平成 29 年 9 月 7 日)。干渉 SAR の原理については、国土地理院干渉 SAR ホームページ

(<http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/sar/>、最終確認、平成 29 年 9 月 7 日)を参照のこと。

¹³ SAR 衛星の原理については[大内 2009]を参照のこと。

¹⁴ この技術を用いれば地下核実験などにより地盤に変化があった場合確認することができる。たとえば、2016 年 1 月 6 日に実施された北朝鮮による地下核実験についての検証した論文として[Wei 2017]を参照。

¹⁵ 衛星 AIS や衛星画像など一般の利用については[Burrough et als. 2014]及び[Konecny 2014]を参照のこと。

(平成 29 年 9 月 7 日受付)