CO-JASPA/ss
Committee Of Japan Space Activities For Safety and Security
特定非営利活動法人「宇宙利用を推進する会」

安全保障のためのMDA
(Maritime Domain Awareness)

平成２９年１月

特定非営利活動法人
宇宙利用を推進する会

まえがき

NPO 宇宙利用を推進する会は、平成 21 年～平成 23 年に内閣官房宇宙開発戦略本部（当時）に、「我が国が整備すべきリモートセンシング衛星」に関する政策提言を提出して以来、安全保障を含む我が国の国家戦略のために宇宙利用を推進することを目標に掲げて活動を進めてまいりました。

平成 23 年度には、我が国周辺海域を宇宙から常続的に監視するシステムの構築が必要との認識に立って、海洋政策研究財団（当時）に対し「宇宙を利用した海洋監視」に関わる共同研究を提案しました。平成 24 年度に同財団と NPO 宇宙利用を推進する会は協力して調査研究活動を行い、「宇宙を利用した海洋監視」に関し我が国初となる『海洋への衛星利用に関する調査研究報告書』を発刊しました。それ以降当 NPO は、様々な機会を利用して「宇宙と海洋の連携」に関する提言活動を行ってきました。

昨今の中国による挑発的な海洋進出と、朝鮮半島における緊張の高まりと混乱は、今や我が国に対する重大な地政学的脅威となりました。この周辺情勢を踏まえて、海洋状況把握（MDA）に係る関係府省等連絡調整会議が 2015 年 10 月に「我が国の海洋状況把握」、いわゆる「MDA コンセプト」を発表しました。2016 年 7 月には総合海洋政策本部会合は 2017 年度から「海洋状況表示システム」整備の着手と、宇宙情報を含む海洋情報を一元的に集約・共有・提供する体制の強化を決定しました。

世界では、EU が「各国から EU へ」宇宙利用プログラムを統合して、多目的の地球観測プログラムとしてコペルニクスを、カナダは「各省から政府横断へ」統合して北極海を含む MDA としてポーラーイプシロンを、何れも 2006 年頃から開発に着手し現在運用を開始しています。また最近では、欧米を中心に「世界中どこでもブロードバンド」の実現をめざす多数のインターネット衛星と、高頻度で地球観測を行う小型軽量のリモートセンシング衛星の開発が加速しており、「本格的な宇宙利用の時代」の幕開けを告げるものとして注目されています。

このような情勢を踏まえて、当 NPO では 2016 年 5 月から会員企業の参加を得て MDA システムに関する自主的な研究活動に取り組み、このたび研究成果を資料にまとめました。第Ⅰ章では世界の取り組みに対する分析を踏まえて MDA の概念と我が国が目指すべき MDA について論点を整理し、第Ⅱ章では安全保障に係る MDA にフォーカスして運用面から分析を行い、第Ⅲ章では SAR 衛星と衛星 AIS を中心に MDA のシステムイメージについて検討しました。

欧米の先行事例に学ぶまでもなく、MDA は政府横断プログラムとして、関係府省におかれても産学官連携においても、Win-Win の関係で協力して取り組む推進態勢の確立が不可欠となります。MDA に関わる関係者に認識の共有をしていただくために、本書がその一助となることを祈念いたします。

平成 29 年 1 月

NPO 宇宙利用を推進する会
理事長　増田好平

目次

Ⅰ．MDA 概観 1
１．MDA 概念の整理 1
２．階層構造の MDA 2
３．歴史からの俯瞰 5
（１）国際社会の取り組み 5
（２）米国の取り組み 6
（３）EU の取り組み 6
（４）カナダの取り組み 7
４．欧州・カナダの取り組みに対する考察 8
（１）コペルニクスとポーラーイプシロン、共通点と相違点 8
１）共通点（政府横断の長期戦略プログラム） 8
２）相違点（大きな構想としての地球観測と MDA） 8
（２）教訓 9
１）長期の戦略プログラム 9
２）政府によるアンカーテナンシー 9
３）新たな産官連携 10
５．我が国が目指すべき MDA システム 11
（１）段階的整備 11
（２）用途とセンサー開発 12
（３）経済効果予測を踏まえた投資 13
（４）衛星利用によるオペレーションの効率性と費用対効果 14
（５）EU/北米との三極体制 14
（６）国家としての全体最適 14
（７）データポリシー 15
（８）Win-Win の産官学連携 15

Ⅱ．安全保障に係る MDA 17
１．安全保障に係る MDA の重要性 17
（１）我が国の平和と安全の維持のための MDA 17
（２）日米同盟の強化、国際協力による安全保障環境の改善 18
（３）抑止効果 19
２．MDA において対象とする目標
（１）安全保障に係る目標（主として自衛隊に必要な情報） 20
１）平時に取得する情報 20
２）有事に取得する情報（平時の情報に加えて） 20
（２）海洋安全、秩序維持に係る目標
（主として海上保安庁、他省庁に必要な情報） 20
１）海上の安全確保、秩序維持に関する情報 20
２）海洋環境保護、海洋資源保護に係る情報 20
３）民間への情報提供 20

３．MDA システムの基本的要件 21
（１）MDA の現状と基本的要件 22
（２）MDA に必要なアセット 22
（３）MDA 確立で期待される効果 24
（４）MDA は作戦に直結するシステム 24
（５）デュアルユース性 25
（６）システムの保全 25
（７）システムの抗堪性 26
４．運用イメージ 27
（１）運用イメージ 27
１）対象海域 27
２）衛星による MDA のイメージ 29
（２）運用シーケンス 31
１）情報の流れ 31
２）処理シーケンス 32
５．システムに対する要求事項 34

Ⅲ．MDA システム 35
１．SAR 衛星 35
（１）SAR 衛星のコンステレーション 35
１）SAR 衛星の動作から捉えた MDA のシーケンス 35
２）SAR 衛星、周波数帯と特性 36
３）MDA シーケンスに適した SAR 衛星の組み合わせ 36
４）コンステレーション 37
５）捜索/追尾に必要な L バンド SAR 衛星数 38
６）追尾/識別に必要な X バンド SAR 衛星数 39
７）MDA システムに必要な SAR 衛星コンステレーション（まとめ） 40
（２）考慮事項 42
（３）SAR 衛星が捉えた船舶画像の例 44
２．衛星 AIS 47
（１）AIS とは 47
（２）AIS（船舶搭載）の種類 48
（３）AIS を活用した航行支援システム 49
（４）AIS の課題 50
１）AIS の一般的な課題 50
２）衛星 AIS の課題 50
（５）AIS 衛星の現状・予定 50
１）歴史 50
２）我が国の状況 51
３）世界の動向 51

（６）AIS データの利用方法 52
１）一般的な利用の現状 52
２）MDA 分野での利用 53
a）AIS データの検出率の向上 53
b）AIS 情報の信頼性の確保 53
c）衛星画像情報と AIS 情報の融合処理 53
３．地上システム 54
（１）地上全体システムイメージ 54
１）追跡管制システム 54
２）画像処理システム 55
３）AIS 情報処理システム 56
４）データ保管システム 57
５）判読・分析システム 57
６）通信ネットワーク 58
７）統合運用管制システム 58
a）観測計画立案 58
b）地上システムの省力化の為の自動運用機能 58
c）衛星シミュレータ、運用シミュレータ 58
まとめ 59

附録１．米国の取り組み 60
附録２．欧州のコペルニクス 63
附録３．カナダのポーラーイプシロン 67
附録４．欧州とカナダの取り組みが物語る教訓 71
（１）大きな構想 71
（２）戦略思考の政治決定 71
（３）目的志向のアプローチ 72
（４）プログラムの成果予測 73
（５）政府と産業界の連携 73
用語 74
略語集 75

Ⅰ章　MDA 概観

MDA の起源は、2001 年 9 月 11 日に起こった同時多発テロにある。米国は 2002 年に関係する政府機関を統合して国土安全保障省（DHS）を発足させ、短期間に巨額の連邦政府資金を投じてありとあらゆるテロ対策を講じていった。米国が特に重点を置いたのは大量破壊兵器（WMD）の拡散阻止であり、米国への持ち込み阻止だった。

2004 年 12 月に発令された大統領指示書 NSPD-41/HSPD-13 は、MDA 及び海事領域（Maritime Domain）を以下のように定義している。（原文は附録１参照）

> MDA とは、米国の安全保障、航行の安全、経済及び環境に影響を与え得るグローバルな海事領域に関係するあらゆる事項に関し効果的に理解すること
>
> ここで海事領域とは、海、大洋、その他航行可能な水路と何らかの係わりをもつ全ての領域や事物で、あらゆる活動、インフラ、人々、荷物、船舶や輸送を含むもの

我が国では、海洋状況把握に係る関係府省等連絡調整会議が 2015 年 10 月に、いわゆる「MDA コンセプト」を発表し、MDA を次のように定義している。

> MDA は、我が国の海洋安全保障、海上安全、自然災害対策、海洋環境保全、海洋産業振興・科学技術の発展等に資する海洋に関連する多様な情報を、取扱等に留意しつつ効果的な集約・共有を図り、海洋に関連する状況を効率的に把握すること

日米ともに、MDA を「海事に係わるあらゆる目的を包含するもの」と捉えている点が注目される。

１．MDA 概念の整理

この定義に従えば、MDA には複数の目的が包含されることから、「何のために、何を対象として情報を取得し状況把握するのか」を〔表１－１〕に整理する。

〔表１－１〕MDA 概念の整理：目的と観測・監視対象の関係

観測・監視対象 目的	船舶	漂流物	人工構造物	積載物	海象
安全保障	◎	○	◎	○	○
安全航行、船舶航行管理、捜索救難	◎	◎			○
海洋権益・資源の保全 密漁・密輸・密航の取締	◎	◎	◎	◎	○
海象・海洋汚染の観測		◎			◎
自然災害の監視と被害局限化		◎			◎

〔注１〕◎：中心となる対象、○：準ずる対象

２．階層構造の MDA

MDA の全体像を把握するには表１－１だけでは十分ではない。後述するように、本格的な宇宙利用が始まることによって新たな「海洋ビジネス」の出現が予想されるだけでなく、観測手段が充実することによって科学目的での海洋全体の動的な観測が活発になることが予測されることから、これらを加えて MDA のマクロな全体像を以下のように整理する。

〔表１－２〕MDA の階層構造と段階的整備

用途	目的	段階的整備
政府	安全保障	Step1A:安全保障目的の MDA を速やかに整備する ↓ Step1B：デュアルユースで他目的の MDA に段階的に進化させる
	安全航行、船舶航行管理 捜索救難	
	海洋権益・資源の保全 密漁・密輸・密航の取締	
	海象・海洋汚染の観測	
	自然災害の監視と被害局限化	
ビジネス	従来ビジネスにおける新サービス 次世代海洋ビジネス	Step2：海洋ブロードバンドの実現を踏まえ、ビジネスを興す
科学	地球環境保全・生物多様性の保護 （G7 伊勢志摩サミットで言及）	Step3：我が国がリーダーシップをとって整備する

表１－２で描いた用途と目的は同時に進行する訳ではなく、優先度と技術の成熟度、宇宙インフラの整備状況などに従って段階的に進むことが予測される。また表１－２は、「宇宙という手段を利用して海洋を観測・監視する」用途と目的を整理したものであり、何処までを MDA と呼ぶのかは、今後の議論に委ねる必要がある。

ここで重要なことは、政府用途とビジネス及び科学をワンセットの政策として体系化し、長期的な経済効果をも視野に入れた戦略プログラムとして、段階的に整備することである。

まず初めに政府用途を政府主導のもとに動かし、同時に産業界に対し次世代海洋ビジネスの創出を促し、アカデミアに対し地球規模で海象と気象を一体化した地球環境全体の状況把握（Situational Awareness）を実現する研究を促す政策が求められる。

幸いなことに、最近次世代海洋ビジネスを促進する技術動向が顕在化しつつある。図１－１は、低軌道周回衛星の開発動向を図示したものである。

図１－１は衛星の質量を横軸に、衛星の数量を縦軸に対数表現でとってリモセン衛星と通信衛星の現状と開発動向を描いたものである。図は二つの歴史的な動向を示している。一つは衛星通信からインターネット衛星への進化であり、他一つはリモートセンシング衛星が 1000kg 級から 100kg 級へ、さらには 10kg 以下へと小型・軽量化、多数機化する進化である。衛星の小型化はスマホに代表される COTS 技術の活用から始まっており、光学衛

星が先行してきたが、最近では SAR 衛星の小型化についても国内外の取り組みが顕在化しつつある。

前者の動向は一言で表現すれば「地球上、いつでもどこでもブロードバンド」を実現しようとする変化であり、今までブロードバンドから取り残されていた洋上でインターネット環境を整備するものである。いわゆる「海洋ブロードバンド」の実現は、以下に示すように、次世代海洋ビジネスを興す大きな促進力となるだろう。

- 第一に、単に船舶通信のみならず、乗船する乗組員が携帯電話やタブレット端末を使ってインターネットに参加できるという意味で革命をもたらす。
- 第二に、船舶はさまざまなセンサーを搭載したプラットフォームであり、船舶が捉えた周辺海域及び海中の画像データ等の情報が GPS 情報を付与されてインターネットに提供できる。
- 第三には、船舶に限らず洋上のブイやアルゴフロート、海底油田基地、さらには海底ケーブルなどが、「GPS＋センサー＋ブロードバンド端末」として IoT を形成してネットワークに接続される。

ソフトバンクの孫正義氏は、今年の２月に「次世代低軌道衛星通信会社の OneWeb に１千数百億円の投資をする。700-800 個の小型衛星を高度 1,200km に配置する。これによって宇宙からブロードバンドになり、飛行機も船も離れたところが全部つながる。我々は OneWeb で通信革命をもう一度起こす。」という方針を発表している。

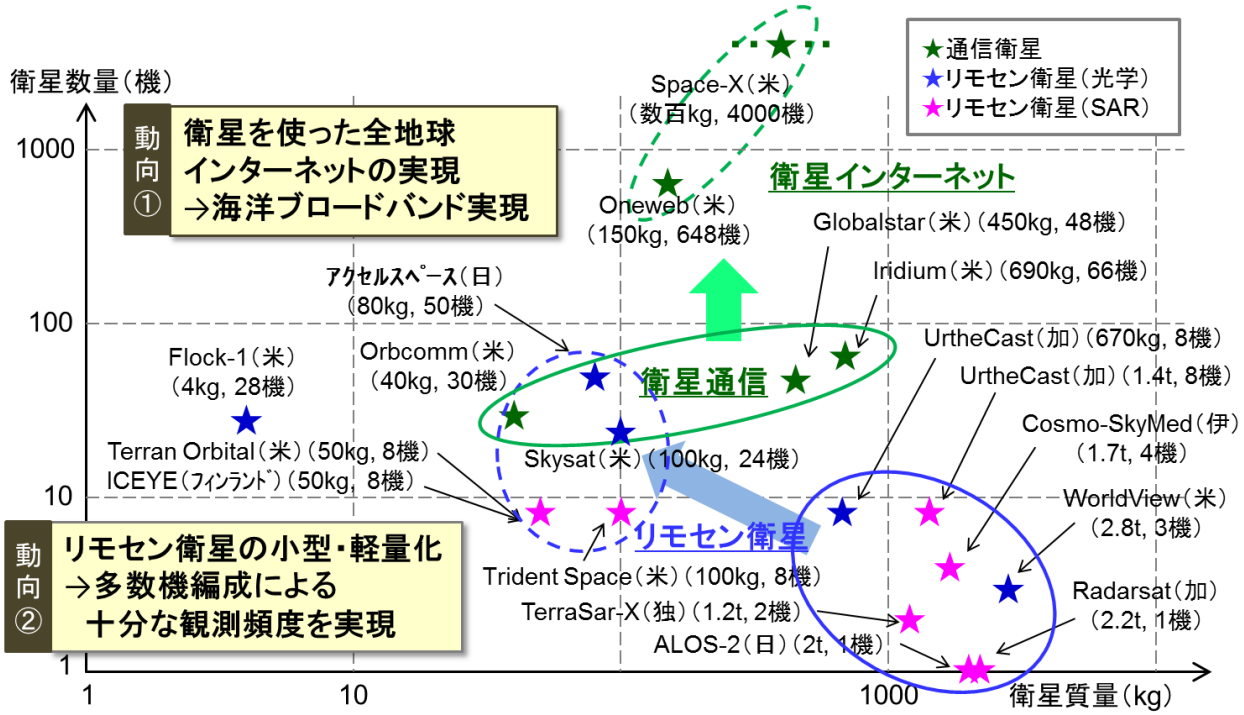


図１－１　リモセン衛星と通信衛星の現状と開発動向

後者の動向はリモセン衛星による観測頻度と画像価格に革命的な変化を起こすことが予測される。リモセン衛星は今まで大きく重いために、打上げ費用を含めた価格が高価となり、政府用途ですら衛星数は限定的であった。商用の画像もまた同じ理由で高価となり、ユーザは防衛省などに限定されていた。衛星の小型・軽量化が進めば、衛星の価格、打上げ費用ともに安価となり、多数機によるコンステレーションを促進する結果、観測頻度が高くなり船舶などの移動体を監視する能力が飛躍的に高まる。

さらに図１−１の動向の背後には、グーグルなどのインターネット大手企業の存在があり、「インターネットが宇宙を取り組む」時代の到来を予感させる。インターネットが他の情報に加えて衛星画像を扱うようになれば、画像コストは大幅に低減することが予想され、従来衛星画像ユーザが政府限定に留まっていた市場環境が一変し、産業界や一般民需市場に浸透してゆくことが期待される。

３．歴史からの俯瞰

MDA システムに対する各国の取り組みは、二つの流れが重なり合う形で進められた。その一つは、1992 年 6 月に開催された「環境と開発に関する国連会議 UNCED（UN Conference on Environment and Development）」を起点とする、環境と開発の両立を模索する世界の潮流であり、他一つは 9.11 同時多発テロを受けてのテロ対策の流れである。図１－２にその動きをプロットした。

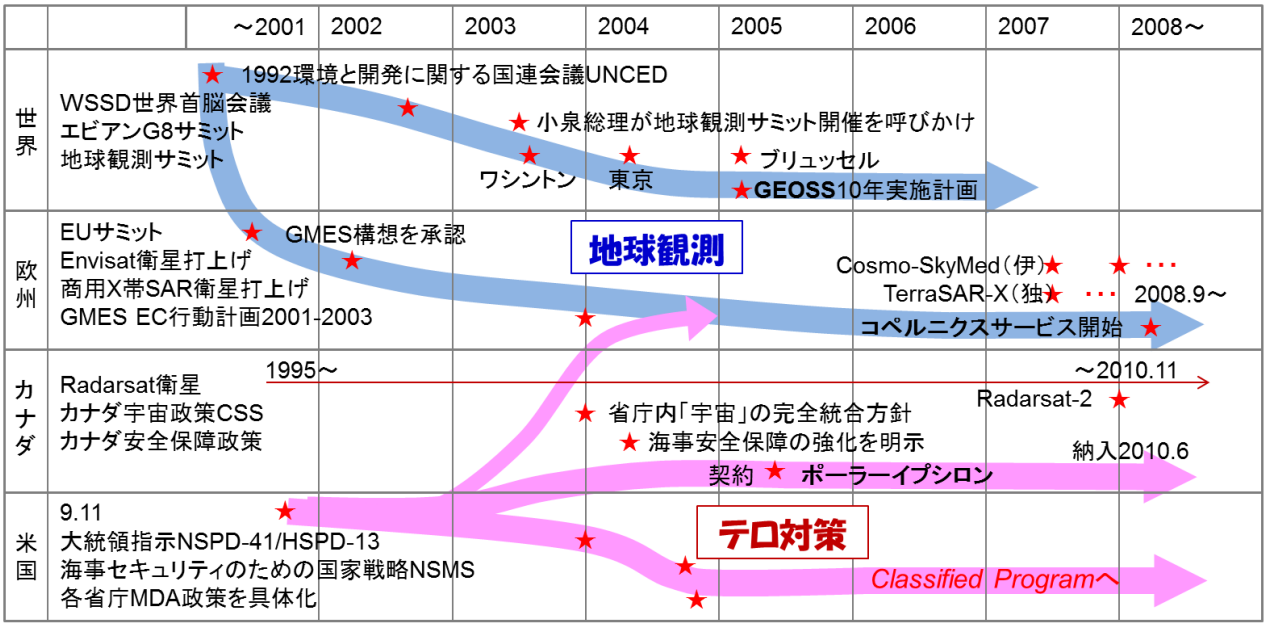


図１－２　MDA 開発の歴史（概観）

（１）国際社会の取り組み

人工衛星を活用した本格的な地球観測プログラムの起点となったのは、2002 年 8 月に南アフリカ共和国ヨハネスブルグで開催された「持続可能な開発に関する世界首脳会議（WSSD）」である。2003 年 6 月にフランスのエビアンで開催された G8 サミットにおいて、小泉総理大臣が提唱した閣僚級の「地球観測サミット」開催が合意され、2003 年 7 月から 2005 年 2 月の間にワシントン、東京、ブリュッセルで相次いで開催された。東京会議には 43 カ国、EC 及び 25 の国際機関が参加して GEOSS（Global Earth Observation System of Systems）構想について討議が行われ、ブリュッセル会議で「GEOSS の 10 年実施計画」が採択された。これは、世界全体を対象とする既存及び将来の人工衛星や地上の多様な観測システムを連携した包括的なシステムを 10 年間で構築するという内容であった。〔1〕

（２）米国の取り組み

9.11 同時多発テロを受けて、ブッシュ大統領が発令した安全保障政策に関する一連の大統領指示書（National Security Presidential Directive and/or Homeland Security Presidential Directive）の中で 2004 年 12 月に発令された NSPD-41/HSPD-13 が MDA を明確に定義している。〔2〕NSPD-41/HSPD-13 を受けて、政府は「海事セキュリティのための国家戦略（NSMS)」を 2005 年 9 月に作成し、NSMS を具現化する８つの計画文書を関連政府組織が相次いで策定して、MDA 政策を体系化かつ具体化していった。〔3〕

一方米海軍は国家戦略 NSMS を受けて、独自の MDA 構想（Navy Maritime Domain Awareness Concept）を 2007 年 5 月に発表した。〔4〕それによると MDA は観測及び掌握が可能で既知の海事状況（Situational Awareness）と、その中から脅威として危惧または疑義のある情報（Threat Awareness）とに分類され、この二つが揃うことによって、オペレーショナルな情報、インテリジェンス情報、環境情報を提供できるとしている。

2009 年に海事安全保障に関するインテリジェンスの統合を目的として、政府横断及び国際社会連携、産官学連携を推進する NMIO（National Maritime Intelligence-Integration Office）という組織が設立され、MDA についても政府機関の連携を促進している。〔5〕

詳細は、附録１を参照のこと。

（３）EU の取り組み

欧州は GEOSS よりも一足早く、独自の地球観測システムである GMES（Global Monitoring for Environment and Security）構想について検討を進めていた。GMES 構想は 2001 年に EU 及び欧州宇宙庁（ESA）の理事会で承認され、これを受けて欧州委員会 EC と ESA は「GMES 欧州行動計画（GMES EC Action Plan）2001-2003」の実現に向けて共同で取り組んだ。2003 年の欧州宇宙政策（European Space Policy）白書と環境政策レビュー（Environmental Policy Review）は、GMES の重要性に言及している。〔6〕GMES の６つのサービスの内、2008 年 9 月から３つがサービスを、２つが試験的サービスを開始した。

2015 年に EC が発刊した小冊子「Copernicus Europe’s eyes on Earth」がコペルニクスについて包括的な概説を整理している。〔7〕

当時の主力衛星は、2002 年 3 月に打ち上げられた ENVISAT（C バンド SAR 他）であり、2007 年から 2010 年にかけてイタリアの Cosmo-SkyMed 衛星４機（X バンド SAR）とドイツの TerraSAR-X 衛星（X バンド SAR)、TanDEM-X 衛星（X バンド SAR）が相次いで打ち上げられ、GMES にも利用されている。独自の衛星であるセンティネル（Sentinel）衛星は、2014 年以降１号機～３号機がすでに打ち上げられ、今後 2020 年までに４号機～６号機が打ち上げられる計画である。〔8〕

詳細は、附録２を参照のこと。

（4）カナダの取り組み

一方のカナダは、2003 年 12 月にカナダ宇宙戦略（CSS）を策定し、2004 年 4 月にカナダ安全保障政策（Canada's National Security Policy）を策定した。安全保障政策の中で、海洋安全保障を強化するために 2004 年予算とは別枠で 308M$を用意し、海洋安全保障オペレーションセンター（MSOC）の設置等 6 項目の強化策を打ち出した。

カナダの MDA システムの構成は、RADARSAT-2 と RCM（Radarsat Constellation Mission）という合計で 4 機の SAR 衛星と、オペレーショナルシステムであるポーラーイプシロンが中核となっている。ポーラーイプシロンは 2005 年 5 月に約 64.5M$で承認され、2010 年 6 月に納入された。

1995 年 11 月に打ち上げられた RADARSAT 衛星（C バンド SAR）の後継機として、RADARSAT-2 は 2007 年 12 月に打ち上げられた。RCM は RADARSAT-2 衛星をコンステレーション化するもので 3 機が 2018 年に打ち上げられる予定である。

カナダの MDA 政策については、カナダの安全と安全保障プログラム（Canadian Safety and Security Program）が包括的に概説している。〔9〕

詳細は、附録 3 を参照のこと。

3 節の参考文献：

〔1〕Global Earth Observation System of Systems GEOSS, 10-Year Implementation Plan Reference Document, by Group on Earth Observations

〔2〕National Security Presidential Directive NSPD-41, Homeland Security Presidential Directive HSPD-13 ,December, 2004

〔3〕The National Strategy for Maritime Security, September 2005

〔4〕Navy Maritime Domain Awareness Concept, US Navy, May 2007

〔5〕http://nmio.ise.gov/

〔6〕Communication from the Commission to the European Parliament and the Council, Global Monitoring for Environment and Security (GMES): Establishing a GMES Capacity by 2008 – Action Plan (2004-2008), February 2004

〔7〕Copernicus Europe's eyes on Earth, 欧州委員会, 2015

〔8〕Copernicus the EU's Earth Observation Programme, October 2016, 「海洋・宇宙連携の今後の在り方」に関する特別セミナー、東京大学

〔9〕Canadian Safety and Security Program, Government of Canada, December 2013

４．欧州・カナダの取り組みに対する考察

現在 MDA システムに相当するものには、欧州のコペルニクスとカナダのポーラーイプシロンがある。何れも 2006 年前後からシステム開発が始まり、既に運用されている。但し、欧州の取り組みとカナダの取り組みには共通点と同時に明確な相違点がある。我が国が整備すべき MDA システムを具体化する上で、欧州とカナダの取り組みには学ぶべき点が多い。

（１）コペルニクスとポーラーイプシロン、共通点と相違点

１）共通点（政府横断の長期戦略プログラム）

EU は、宇宙を利用した地球観測を各国がバラバラに推進するのは無駄と考えて、EU のプログラムとして推進することを 2001 年に欧州委員会で決定した。一方、カナダは 2003 年にまとめた宇宙戦略 CSS において、宇宙プログラムを省庁毎に推進する従来形態を改め、政府横断（WOG : Whole-of-Government）で推進することを決定した。EU もカナダも新方針を受けて、それまでのステークホルダー間で恐らくは気の遠くなるような交渉を重ねて WOG の推進体制を作り上げたものと思われる。

EU もカナダもシステム開発に着手してから既に 10 年余が経過している。EU はコペルニクスの専用衛星としてセンティネル衛星 6 機の打上げを 2014 年から始めており、6 号機が打上げられるのは 2020 年以降とされている。カナダも RADARSAT-2 に続く RCM 打上げを 2018 年に予定しており、いずれも長期プログラムとして計画されている。

２）相違点（大きな構想としての地球観測と MDA）

EU は多目的の地球観測プログラムとして GMES を推進した。六つのサービスは以下のとおりであり、MDA を包含する大きな構想として位置付けている。

表１－３　GMES のサービス

区分	６つのサービス
観測情報提供サービス	①海域監視、②陸域監視、③大気監視
領域横断的サービス	④緊急事態管理、⑤セキュリティ、⑥気候変動

これに対してカナダは、海洋監視に関わる省庁に対し従来手法を転換する広域監視プログラムとしてポーラーイプシロンの開発に着手した。カナダが重点をおいて開発した能力は以下の三つである。

①カナダ北極域の大地の監視（変化分の検出）
②船舶検出
③環境センシングと海洋インテリジェンス

このように、EU とカナダではプログラムの目的に明確な相違があるが、その背景には個別の事情があるように思われる。EU では、冷戦構造崩壊、ロシアの軍事的脅威が低下したのと相まって経済協力関係が改善したことから、海洋における脅威が減少したことが背景にある。一方のカナダは海洋面積で日本を上回る世界第５位にあり、温暖化により北極海の安全保障上の重要性が増していることから、広域の海洋監視能力を強化する狙いが背景にある。

（２）教訓

我が国が整備すべき MDA システムを具体化する上で、欧州とカナダの取り組みには学ぶべき点が多い。詳細は附録を参照いただくとして、本項では欧州とカナダのシステムについて、①誰が、②如何なるビジョンと戦略に基づいて、③何を目的（用途）として、④経済面等どういう効果を見据えて開発したのか、⑤システム開発は誰が担い、⑥誰が運用し、⑦誰がコストを負担しているのか、⑧政府と産業界の連携、更には⑨国際連携をどう活用しようとしたのか等を中心に概観する。

１）長期の戦略プログラム

EU・カナダ共に、地球環境や生態系に関わるグローバルな課題が国際社会において今後重要なテーマとなり、宇宙からの地球観測という手段が国際社会における外交の有力なカードとなることを見据え、かつそれが次世代の経済成長に貢献するとの見通しを踏まえて政治主導で推進してきた。

現在、日本経済にとって最重要事項は GDP600 兆円に向けた産業振興であり、そのためには EU やカナダの「宇宙を利用した地球観測」プログラムに込められた長期的戦略性に基づく投資が不可欠である。政府がインフラ整備の資金を投じ、企業に次世代ビジネスに向けた R&D 投資を促進し、政府と産業界が連携して大きなビジネスを興し、世界に対する産業界の競争力と同時に日本国としてのソフトパワーの向上を同時に推進する、そういう戦略性のある構想と指導力を政府には期待したい。

２）政府によるアンカーテナンシー

一般民需と異なり、宇宙利用は政府がアンカーテナンシーを担う以外に大きく動き出さない。企業にとって市場が小さい反面、投資リスクが大きいからである。現在世界では、開発から利用へと宇宙のパラダイムがシフトしつつあり、小型化に代表されるシーズ開発が動き出している。この結果、宇宙利用ビジネスは本来の産学官連携のエンジンを回転させれば経済効果をもたらすことが期待できる分野となった。課題は企業が保有する 360 兆円に上る巨大な内部留保の一部を出動させる施策にある。

最近では小型・超小型衛星開発において大学やベンチャーの宇宙への参画が目立つようになってきたが、我が国の現状は未だニーズが顕在化しているとは言い難い。大学やベンチャーの動きは、将来技術として環境を整備して大切に育ててゆくべきであるが、もっと大事なことは宇宙利用を大きなビジネスの潮流とすることにある。

そのためには、欧州やカナダが取り組んでいるように政府がアンカーを担ってビジネスを起こすことが何よりも重要であり、その派生効果として商用ビジネスや超小型ニーズが徐々に顕在化してゆくことはあっても、その逆は期待できない。我が国では費用負担をどうするかというところで躓きがちだが、短期的な投資と長期的費用負担・戦略的な投資回収は分けて考える必要がある。

政府と産業界が連携して大きなプログラムを立ち上げてビジネスを起こす産官連携の再構築が不可欠である。産学官連携が叫ばれて久しいが、これまでは「相手が先に動いてくれる」ことを期待する、いわば「ババ抜き」ゲームとしての産学官連携ではなかっただろうか。それを改め、GDP600 兆円に向けた産業振興を力強く推進するエンジンとして、「Win-Win」ゲームとしての産学官連携のスキームを新たに創る必要がある。

EU とカナダは 10 年以上前にシステム開発に着手済みであり、既に運用段階に入っていて、現在は衛星のコンステレーション整備の段階にある。欧米から 10 年以上後れを取っており、産業界と政府が共に相手が先に動いてくれるのを待っている余裕は、我が国には残されていないことを肝に銘じなければならない。

3）新たな産官連携

もう一つ注目すべき点がある。それはカナダの MDA 社が担っている役割である。民間企業である MDA 社が、カナダ国防省を含む多数の政府機関に対し安全保障用途を含む衛星情報提供を行っている。衛星開発もシステム開発もシステム運用も情報配信も MDA 社が担っている。この事実をどう理解すべきだろうか。

一つ明確なことは、政府横断プログラムの場合、縦割り組織の既存部門に新たなミッションを付与するという実施形態は、「インフラの政府共有、情報の共用」という性格と相容れない一面があるように思われる。カナダの海洋安全保障オペレーションセンター（MSOC）のように、新たな運用機関を既存の体制の外に設置するという選択肢とともに、システムの運用を民間に委ねるという選択肢も政府横断プログラムを速やかに推進するための有力かつ効果的なオプションとして検討すべきだろう。

5．我が国が目指すべき MDA システム

（1）段階的整備

近代化に伴い 20 世紀までに国家の物流インフラが鉄道、港、高速道路、空港へと拡大していったように、宇宙インフラは本来政府の共有資産であり、関連する省庁が共用すべき多目的の情報収集手段である。誰が資金提供して運用するかはシステムの性格によって異なるものの、人工衛星とその打上げ・運用に関わる地上システムは、現代社会の基幹インフラである。またサイバーと異なり、宇宙インフラは政府が最大のユーザとなり複数の政府機関が共用することから、鉄道・港・高速道路・空港などと同様に国家が整備し、必要な要件が整った時点で民間に移管することが基本である。

リモートセンシング衛星を使った地球観測の用途は多様化している。ERTS-1（後に LANDSAT と改称）が 1970 年初期に陸域観測を開始して以来、現在までに利用が定着した分野が幾つかある。正確ではないことをお断りした上で、今後の利用分野の拡大を予測して図示すると図１－３のように俯瞰できる。

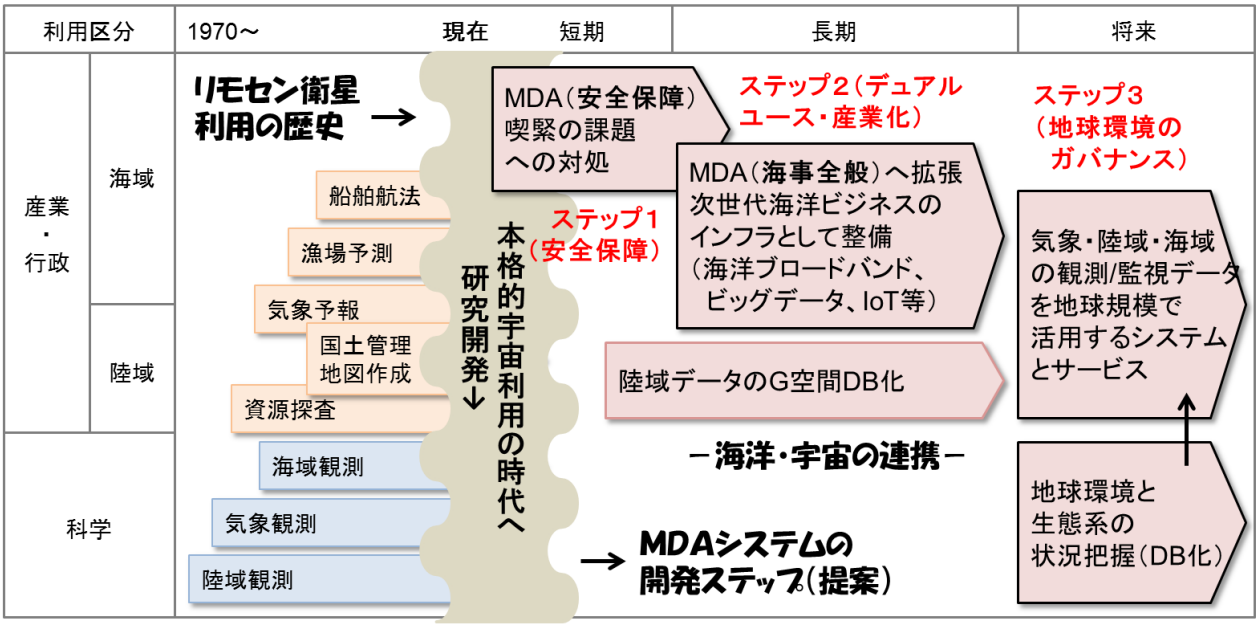


図１－３ 地球観測プログラムの段階的整備

従来は科学目的で地球観測が行われてきたが、現在は「研究開発から本格的な利用」へと宇宙を巡るパラダイムが大きく変化する過渡期にある。内閣府宇宙戦略推進事務局がまとめた『我が国及び海外のリモートセンシングの現状と動向』は、我が国における利用の現状について次のように要約している。

1）研究利用については、国内外の研究者に広く利用されている。
2）公的利用としては、様々な利用分野において利用研究・実証が進められているものの、まだ緒についたばかりである。
3）民間利用としては、広く利用されているとは言い難い。

4）各機関が衛星を保有・運用しており、衛星データも各機関が独自に処理・保存・配信されている。
5）衛星データは国民生活、行政、産業、科学技術、宇宙外交などの面で大きな便益をもたらすことが期待されるが、一方で機関毎に別々に管理され、専門家によって個別に利用されている。衛星データの有機的な利活用を促進するため、「衛星データ利用促進プラットフォーム」の整備を推進している。

内閣府資料が指摘するように、「国民生活、行政、産業、科学技術、宇宙外交などの面で大きな便益をもたらす」衛星利用を促進するためには、以下の要件を満たしながら着々と環境を整備してゆく現実的で段階的なアプローチが必要となる。

1）衛星がもたらす情報の内、少なくとも科学目的の観測データを地理空間データとして集積し、アーカイブデータを含めてオープンなデータベースとして広く無償で開放する。
2）本格的な利用を促進するため、EU のコペルニクスのように地球観測プログラムを統合かつ体系化して、省庁毎・機関毎の現状を排して、政府横断の長期的プログラムとして計画を作り直して、インフラは国が戦略的に整備する。
3）EU やカナダと異なり、我が国にとって海洋安全保障は喫緊の課題であることから、MDA（安全保障）を可及的速やかに整備する。衛星は ALOS-2 及び ASNARO を最大活用することとし、現在利用可能な衛星を活用する形で速やかにシステムを立ち上げて早急に仮運用を開始すると同時に、取得したデータ及び評価結果をもとに本格的システム稼働に向けてシステム及び衛星等の仕様検討に着手する。
4）MDA（安全保障）システム整備を核とし、かつデュアルユースとして整備した後に、次のステップとして「MDA コンセプト」に合致する MDA（海事全般）に拡張を図る。
5）コペルニクスと同様に、統合し体系化した地球観測プログラムの実現に必要なコンステレーション衛星整備計画を作り、段階的にシステム全体の拡充、多目的化、衛星コンステレーションの充実を推進する。

（2）用途とセンサー開発

観測対象により観測に適したセンサーは異なるので、何のために、どのセンサーを使って、如何なる性能と観測頻度で、どの領域の観測を行うべきか、その中核となるセンサー開発を今後どう推進してゆくべきかについて、構想を練り直す必要がある。敢えて言えば、従来のように研究者の意向に基づいてセンサーを開発し衛星を打上げるという手段思考を改めて、表１−４に示すように国際社会に対する優位性を睨んで目的志向に立ったセンサー開発を推進してゆくべきである。

特に安全保障目的では、昼夜天候に左右されずに観測できる SAR が中核センサーとなり、高分解能の画像センサーが SAR を補完するセンサーとなる。現在、世界では衛星の

小型化が進みつつあるが、大半はCOTS利用の光学センサーである。これに対して表１－４から演繹される要点は次のとおりである。

表１－４　代表的な衛星搭載センサーの種類と用途

センサー			陸域	海域	大気	補足
光学	P	画像センサー（可視・近赤外）	○	○		光学画像
	P	同（熱赤外）	○	○		温度計測
	P	スペクロトロメーター			○	温室効果ガスを高度別に測定
電波	P	マイクロ波放射計	○	○	○	積雪、土壌、水分等物理的特性を測定
電波	A	合成開口レーダー（SAR）	○	○		レーダー画像
	A	マイクロ波散乱計		○		波浪、海洋風
	A	マイクロ波高度計	○	○		地表・海氷面高度

〔注〕P：パッシブ（対象物が放射する電磁波を探知する手段）、A：アクティブ（電磁波を放射して、その反射波を探知する手段）

１）今後観測頻度を上げることが重要になる。そのためには観測衛星の数を増やす必要があり、SAR衛星の小型軽量化、安価の実現がカギとなる。

２）国土開発への利活用、農林水産業への利用、海洋への利活用、「海洋ブロードバンド」が拓く新規海洋ビジネスに必要なセンサー開発（例えばハイパースペクトルセンサー）への投資を促進する必要がある。

３）地球の健康度を網羅的に観測できるセンサーとして、マイクロ波放射計等の分野で世界最高水準の技術を保有し続ける戦略的な投資が重要である。

（３）経済効果予測を踏まえた投資

EU並びにカナダは、安全保障を含む多面的な国益の保全に加えて、国際社会におけるソフトパワーとする狙いをもってコペルニクスとポーラーイプシロンを推進してきた。さらにEUは、新しい成長とビジネス機会の創出を促進し、財政及び雇用創出の両面において欧州経済にポジティブな影響を及ぼすという確信に基づいてコペルニクスの開発を政治決定した。コペルニクスに投じた資金及び2020年までに投じる資金の総額が67億ユーロであるのに対して、2030年までに期待される経済効果を300億ユーロと見積もっている。〔1〕この取り組み姿勢には長期的戦略性がある。

2014年にOECDがまとめた報告書は、「宇宙セクターは衛星技術が新しい応用・用途・市場をもたらしており、近代社会の機能と経済開発において年々増大する重要な役割を

果たしていて、グローバルな宇宙経済規模約 2,560 億$に占める消費者サービス及びダウンストリーム活動に占める割合は 58%に達している。」と述べている。〔2〕

欧州のように投資に対する経済効果をきちんと評価した上で、産業振興の有力なオプションとして費用対効果、投資対経済成果を明確に示した上で、経済成長のために国の資金を効果的に使うべきである。

一方、カナダ政府は戦略的な宇宙技術に投資することによって、R&D 成果の実用化を促進して産業振興につなげる政策をとってきた。世界で唯一の C バンド SAR 衛星の伝統を守り、RADARSAT 衛星から RADARSAT-2 号機へと性能向上させ、さらには 2018 年に打ち上げ予定の RCM では３機体制へ拡充し、小規模ながらコンステレーションを実現して観測頻度を向上させようとしている。

（４）衛星利用によるオペレーションの効率性と費用対効果

カナダ軍がオペレーションにおける効率性と費用対効果の点から、宇宙を利用した新システム導入の評価を客観的に評価している。それによると、従来の航空機による海域捜索では、特定の海域のしかも狭い範囲を一筆書きで捜索する方法しか取れないのに対して、衛星を利用すれば監視幅 100-500km 程度で観測することができ、しかも衛星は約 1 時間半で地球を周回できる効果は歴然である。従来手法と衛星を利用した新手法を費用対効果として定量的に比較評価すべきである。

（５）EU/北米との三極体制

我が国には世界で唯一の L バンド SAR 衛星である ALOS-2 がある。表１－４に示す地球観測では、物体の大きさと波長との関係から、L バンド（波長 30cm）と C バンド（波長 10cm）によるデュアルバンドでの観測が有効であることが知られている。カナダが RCM を整備するのと同じ理由から、L バンド SAR のコンステレーションを早期に実現して、陸域及び海域に対する主として広域の観測体制を整備して、表１－４の分野で EU 及びカナダと世界三極観測体制を実現することが我が国の国益に合致したものとなることは明白である。

GEOSS は欧州、北米に加えて日本を加えた世界三極体制で推進すべきテーマである。「地球環境と生物多様性との共存」というテーマは、縄文の太古から自然と共生しながら生きてきた日本の使命と捉える取り組みが求められる。今からでも欧州と北米と肩を並べる道を取るべきである。

（６）国家としての全体最適

欧州はそれまでの各国によるバラバラの宇宙開発を一新して、EU としてプログラムを統合して体系的な観測を可能とし、高品質の情報をステークホルダーに提供する方向に舵を切った。カナダも、MDA に関してはどの単一の官庁も責任を負い切れない一方で、関連省庁間協力が不可欠であることから、カナダ宇宙戦略で「政府内宇宙の完全統合」

方針を明確にし、宇宙アセットは省毎ではなく国家共有のシステムであることを明確にし、「衛星がもたらす付加価値情報の共用」体制を推進した。

EU もカナダも個別に部分最適を求める従来の形態を一掃して、国家としての全体最適を目指す体制を整えた。そのために手順を踏みタフな調整を重ねて合意を形成した。カナダはMDAの推進にあたって関係省庁を集めたワーキンググループを2001年に設置しており、着実な調整手順を踏まえて現在の運用体制に至っている点を重視すべきである。

小泉総理大臣の発案から始まった地球環境サミットは、国際的な観測ツールとしての「GEOSS10 年実施計画」を 2005 年に採択した。EU とカナダはサミットと同時並行で独自のプログラムを政治主導で着手したのに対して、残念ながら我が国では具体的進展が見られない。

宇宙利用も MDA も初めから政府横断の体制なくしては実現し得ないテーマである。国益という戦略視点に立って、目的志向で推進の障害となる時代遅れの制度を改める必要があったにも拘らず、我が国はその努力を怠ってきたことが欧米に 10 年余の遅れを招いた大きな原因ではなかっただろうか。

EU やカナダの「宇宙を利用した地球観測」プログラムにみられる長期戦略性から生まれる投資こそが産業振興のための有力なオプションである筈だ。政府がインフラ整備の資金を投じ、企業に次世代の戦略技術に対する R&D 投資を促進し、政府と産業界が連携して大きなビジネスを動かし、世界に対する産業界の競争力と同時に日本国としてのソフトパワーの向上を同時に推進する、そういう戦略性のある政府のイニシアティブを求めたい。

（7）データポリシー

EU は戦略目標を達成するために、「自由に無料で好きなだけ (a full, free and open)」のデータ政策をとり、ステークホルダーに自由に使わせ、地球を洞察する世界」を提供する道を選択した。さらに各国が保有する監視衛星に参加を呼びかけ、欧州のアセットを統合して大きなビジネスを作り出すことを企画した。

長期の戦略プログラムを成功させ、経済効果を実現し、外交のソフトパワーとするためには、多くの観客を動員して好きなだけ研究させ、多くの付加価値を創出させる仕掛けが必要である。その仕掛けを提供できるのは政府をおいて他にない。

（8）Win-Win の産官学連携

宇宙と海洋に係わる次世代のプログラムは、多数の省庁に跨るテーマを扱うことから初めから政府横断（WOG）で推進すべきであり、無理やり既存のスキームに当てはめて推進しようとすれば、既存のスキーム自体が拒否する反応を示す傾向が強い。

（2）項で述べたように、WOG プログラムを推進するためには、相互に役割分担する Win-Win の新しい産官学連携スキームの構築が必須要件となる。財政事情から政府が全

ての財源を用意できないとしても、産業界には巨額の内部留保がある。一方、産業界には先の見えない戦略投資を忌避する風土があるために、政府が制度面等の環境整備を行い、アンカーテナンシーを保証する代わりに、産業界が政府の後押しを踏まえて戦略的な投資を行うというスキームの構築が求められる。

５節の参考文献：

〔1〕Earth observation: first Copernicus satellite Sentinel 1A, European Commission Press Release, April 3, 2014

〔2〕The Space Economy at a Glance 2014, OECD

Ⅱ章　安全保障に係る MDA

さて、前章で明らかにしたように一口に MDA と言ってもそのカバーする範囲は非常に広範囲にわたる。この章では、本小冊子のメインテーマである安全保障に係る MDA に的を絞って考察する。

１．安全保障に係る MDA の重要性

平成 25 年 12 月に決定された「国家安全保障戦略」によると、国益を守るための国家安全保障の目標として、以下の３点が述べられている。

①我が国の平和と安全を維持し、その存立を全うするために、必要な抑止力を強化し、我が国に直接脅威が及びことを防止するとともに、万が一脅威が及ぶ場合には、これを排除し、かつ被害を最小化すること

②日米同盟の強化、域内外のパートナーとの信頼・協力関係の強化、実際的な安全保障協力の推進により、アジア太平洋地域の安全保障環境を改善し、わが国に対する直接的な脅威の発生を予防し、削減すること

③普遍的価値やルールに基づく国際秩序の強化や紛争の解決に主体的な役割を果たし、グローバルな安全保障環境を改善し、平和で安定し、繁栄する国際社会を構築すること。

また防衛計画の大綱においては、我が国の防衛の基本方針として、①我が国の自助努力、②日米同盟の強化、③安全保障協力の積極的な推進（アジア太平洋地域及び国際社会との協力）を挙げている。

安全保障に係る MDA の構築は、まさに国家安全保障戦略で言う３つの目標、防衛計画の大綱で言う３つの基本方針を具現化できる極めて有効ツールである。以下、これらに沿って述べる。

（１）我が国の平和と安全の維持のための MDA

我が国はいわゆる島国である。すなわち、四方を海上に囲まれており、そのため我が国の輸出入取扱貨物量の海上輸送依存度は 99%を超える。

また、万が一我が国が直接的な侵略を蒙ることがあるとすれば、侵略する敵は海（及びその上空）からやってくる。

さらに、我が国の国土は約 38 万 km^2 で世界第 61 位と極めて狭い陸地面積であるが、領海及び排他的経済水域を併せた面積では約 446 万 km^2 で世界第６位となる。近年、我が国の排他的経済水域内でメタンハイドレートの鉱脈が次々と発見され、技術が進歩すれば我が国はこれを利用した資源大国になる可能性がある。

このような我が国の特性を踏まえると、我が国の安全保障に関しては、①我が国の生命線である海上交通路の安全を確保すること、②我が国を侵略しようとする敵を海上で阻止すること及び③広大な排他的経済水域（領海を含む）を管理（権益を保護）することが必要となる。

これらの事を実行するためには、海上において脅威が存在しているか否か、すなわち、①海上において、どのような艦船、船舶が航行しているのか？　②それは、敵性艦船か味方艦船か？　又は一般商船か漁船か？　③敵性艦船であった場合、その行動は我が国の安全保障に影響を及ぼすものか否か？ということを常時把握することが必要である。まさに、これが安全保障に係る MDA である。（ここで言う敵性艦船とは、我が国の安全保障を脅かす可能性のある国の艦船である。）

なお、このようなことを実行することによって副次的に国際法や我が国の法律を犯す船舶（違法行為船舶）及び遭難している船舶や航空機を発見することも可能となる。

近年、中国海軍艦艇の東シナ海や太平洋での活動の活発化、尖閣諸島（魚釣島）での中国公船の相次ぐ領海侵入、また、2014 年の小笠原諸島及び伊豆諸島近海での中国漁船によるサンゴの密漁、南シナ海における中国の岩礁埋立て、軍事基地化等我が国周辺海域の情勢は増々不安定化している。

さらに、大量破壊兵器を運搬する船舶の特定、追尾や昨年の平和安全法制成立で自衛隊に新たに任務付与される重要影響事態、存立危機事態などにおける船舶検査のための対象船舶情報の入手等、我が国の国益を守るためには海上における多くの情報が必要となる。

具体的に言えば、一つのパソコン画面或いはスクリーン上に、敵性艦船を含め、様々な船舶の位置を表示し、それらがどのような船舶で、どこに向かっているのかを表示するということでもある。

このように表示されたものを通常、COP（共通状況図：Common Operational Picture ）といい、軍などにおいて各種の情勢を表示して作成される図面であり、MDA はその海上版を作成することとも言える。

なお、安全保障に係る MDA をこの章では、便宜上単に MDA と呼称する。

（２）日米同盟の強化、国際協力による安全保障環境の改善

日米同盟は、我が国の安全保障上の根本をなす重要な同盟である。平成 27 年 4 月に行われた「日米安全保障協議委員会（2+2）」において「日米防衛協力のための指針」（いわゆるガイドライン）を新たに策定した。この中の「海洋安全保障」の項では「日米両政府は、平時から海洋監視情報の共有をさらに構築し及び強化しつつ・・中略・・海洋安全保障について協力する。」こととされている。海洋監視情報の共有という意味では、MDA はそのもっとも有効なツールである。

グローバル化した国際社会において、海洋情報は自国の沿岸にとどまらず、極めて広範囲な情報を必要とする。米国といえども、全世界の海洋情報を把握することは困難であり、同盟国の情報が極めて重要になる。特に、時間とともに刻々と変化する水上目標の把握は、同盟国及び友好国等の国際的な協力が不可欠となる。

MDA は日米同盟の強化及び同盟による安全保障の強化という意味では日本独自の情報を提供できる極めて効果的なツールであると考える。

また、我が国周辺海域や国際的な安全保障に係る重要な地域の情報を我が国が提供することで、グローバルな安全保障環境の改善に大きく寄与できる。

（３）抑止効果

我が国が MDA において海洋を常に監視しているということにより、大きな抑止効果が期待できる。例えば、安全保障面においては、対象国は、我が国の MDA により自国（対象国）艦船の動向が常に把握されているので国際法を無視した行為や攻撃等を仕掛ける等の紛争の抑止効果が期待できる。

また、密漁漁船や違法行為船舶なども監視されていれば違法行為はできにくくなる。

従って、MDA 体制を構築することにより、安全保障や海洋安全秩序に大きく貢献することができる。

２．MDA において対象とする目標

MDA において対象とする目標は、以下のとおりである。前述のとおり、基本的には安全保障上重要な目標（対象国艦艇）の入手が最優先であるが、識別の過程で工作船等の不審船な船舶や違法行為船舶等も確認できることから、これらの目標については関係政府機関に情報提供する。

また、米国やその他の友好国に対して、必要に応じ情報を提供する。

（１）安全保障に係る目標（主として自衛隊に必要な情報）

１）平時に取得する情報

・対象国艦艇の出港情報、位置情報
・工作船等の不審な船舶の出港情報、位置情報
・友軍（米軍等）の艦艇の位置情報
・輸出入規制品運搬船舶の航行情報

２）有事に取得する情報（平時の情報に加えて）

・対象国艦艇のリアルタイムな位置情報

（２）海洋安全、秩序維持に係る目標（主として海上保安庁、他省庁に必要な情報）

１）海上の安全確保、秩序維持に関する情報

・海上にあるほぼ全ての船舶の安全航行の確認
・対象国公船の出港情報、位置情報
・工作船等の不審な船舶の出港情報、位置情報
・漁船の操業状況
・違法行為船舶
・密輸船舶

２）海洋環境保護、海洋資源保護に係る情報

・密漁漁船
・海洋汚染（油の垂れ流し等）船舶

３）民間への情報提供

・民間船舶の航行状況
・危険海域（戦闘海域、海賊等の出没海域）の把握（通報）、台風等の状況

３．MDA システムの基本的要件

（１）MDA の現状と基本的要件

現在、MDA という名のもとに行っている活動はないが、それに類似する活動として自衛隊が行っている監視がある。現在、海上自衛隊の哨戒機が我が国周辺海域を監視しているほか、特別な目標、例えば中国艦艇などが我が国周辺海域に現れた場合に特別な監視を艦船又は哨戒機により実施する。

一方、海上保安庁が AIS（船舶自動識別装置：Automatic Identification System、第Ⅲ章第２節で詳述）による我が国沿岸の監視及び航空機による監視を行っているが、海自・海保の監視を併せても、我が国周辺海域にある水上船舶等を常時把握している状況にはない。

例えば東シナ海の哨戒機の監視を例にとれば、哨戒機は、広大な東シナ海にある膨大な数の水上目標を飛行しながら確認していく。東シナ海全般を俯瞰しているわけではないため、これらの水上目標をニア・リアルタイムで把握しているわけではない。哨戒機の飛行経路と水上目標の航行経路との関係によっては、目標を確認できない場合がある。

また、東シナ海中国沿岸部については、（飛行しないと見込まれるため）情報を得ることは困難である。従って、中国の艦艇や公船がどこにいて何をしているのかは、一部の海域でしか把握できない。

更に、有事において十分な制空権が確保できない状況にあっては、哨戒機の行動は大きく制限され、欲しい情報がタイムリーに入手できない。すなわち、敵がどこにいるのかが分からず、これを攻撃することが出来ないばかりか、逆に敵からの奇襲を受け、大きなダメージを蒙る恐れがある。

このようなことを考慮すると、MDA を確立するためには、①平時・有事を問わず情報が入手できること、②必要とされる海域の情報を入手できること（地理的制約を受けないこと）及び③情報をタイムリーに（ニア・リアルタイムに）取得できることという３つの要件が必須となる。

既にお気づきのことと思うが、MDA を確立することは、敵（艦艇等）に関する情報を敵よりも早く確実に入手するという「情報優越」を確立することにほかならず、この「情報優越」は、過去の戦史が示すとおり、勝利の絶対条件である。

従って、MDA を確立することは、安全保障にとって、必要不可欠のものということができる。

（２）MDA に必要なアセット

さて、前述の３つの要件を満足するためのアセットとは何であろうか？現在使用されている或いは近い将来に使用されると予想されるアセットとしては、哨戒機、UAV、衛星及び AIS がある。（図２－１参照）

※１　UAVについては、海上捜索用として米海軍が開発しているMQ-4 C Tritonを記載したもので、我が国への導入予定のグローバルホーク（GH）とは異なる。
※２　衛星については、MDAに適用できる可能性のある、現在活動或いは活動予定の衛星を示した。

図２－１　MDA に必要なアセット

哨戒機については、前述のとおり、ニア・リアルタイムな監視が出来ないこと、監視海域に制限があること及び有事にはその行動が大きく制限されることから、MDA 確立のための主アセットにはなりえない。（もちろん、哨戒機の情報も極めて有効であり、MDA 体制を構築する重要な柱であることに変わりはない。）

また、この外、MDA のアセットとして考えられるものに無人航空機（UAV：Unmanned Air Vehicle）があるが、これも飛行範囲には限界があり、また有事には哨戒機と同様に飛行が大きく制限される。

一方、AIS については、その情報の取得が沿岸に限られるほか、安全保障上最重要である戦闘艦艇は基本的には AIS を発信しないため、その位置を特定することはできない。

すなわち、現在の監視アセットである哨戒機、UAV や沿岸 AIS などでは MDA の構築には限界がある。

前章で述べたように、リモセン衛星技術の発達によって、宇宙からの海上監視が現実のものとなってきた。衛星の特徴は、短時間で広範囲な監視が可能で且つ地理的制約も

受けにくいことが上げられ、有事にも十分情報の取得が可能である。

従って、MDA を確立するためには、地理的な制約を受けない監視衛星（以後、MDA 衛星）を主体的に活用することが不可欠となる。

この MDA 衛星に搭載する機器、すなわち衛星の目としては、SAR（Synthetic Aperture Radar：合成開口レーダー）及び AIS が必要である。

なお、衛星の目としての光学は、SAR 画像よりもはるかに鮮明な画像を提供できるが、雲等の天候に左右されること及び夜間の撮影ができないこと等の特性から MDA のような海上の目標情報をニア・リアルタイムに取得する主要なアセットには向かず、MDA アセットの補用として活用することが適当である。特に商用衛星においては、前章で述べた通り、今後、小型多数の光学衛星を打ち上げる計画もあり、これらのサービスは積極的に利用し、MDA を補完することが必要と考える。

また、衛星を主体とした MDA 体制の確立は、哨戒機を水上監視任務から解放し、哨戒機の最も得意とする対潜戦に専従させることが出来、アセットの効率的な運用が可能となることも安全保障上大きなメリットである。

一方、最近重視しなければならない海域として、北極海や南シナ海の監視が叫ばれつつあるが、これらの海域に自衛隊の航空機や艦艇を常時派遣して状況を把握することは、兵力数の観点から極めて困難であり、また効率的でない。

しかしながら、地理的制限を受けない MDA 衛星を活用すれば極めて効率的に情報を常に入手することができる。

衛星と航空機、UAV の比較を表２－１に示す。

表２－１　衛星と航空機、UAV の比較

	MDA 衛星	UAV、哨戒機
捜索範囲	広範囲の海域を一度に捜索することが可能（高度約 500km を約 27,000km/h で通過）	見通し距離内の目標情報を取得しつつ、広範囲な海域を飛行しながら捜索
捜索領域	我が国周辺海域の捜索が基本であるが、必要であれば全世界の海上及び陸上の情報収集も可能	我が国周辺海域
捜索間隔	ニア・リアルタイムな目標の取得が可能（衛星数に依存）	ニア・リアルタイムな目標取得が困難
有事における運用性	平時・有事を問わず目標の取得が可能（衛星妨害に対する対処が必要）	有事においては、撃墜される可能性があり、捜索海域が著しく制限される。

〔注 1〕数値は典型値

〔注 2〕UAV は、海洋監視型 UAV を想定

（３）MDA 確立で期待される効果

MDA を確立することによって期待される効果を以下に示す。

MDA 体制が確立されれば､我が国の安全保障に係る重要な情報を常時把握できることのほか、現在、監視活動を行っている哨戒機、艦艇を他の重要な任務に充当でき、少ない兵力で効率的な作戦が可能となる。

また、前述のとおり、自衛隊の活動が及ばない海域の情報を即座に入手することが出来、更には我が国の MDA で得られた情報と友好国が取得した情報をギブ・アンド・テイクの形で交換することによる情報共有と同盟の強化といった大きな効果が期待できる。

１）我が国周辺海域の水上目標の状況が常に把握可能となる。
ａ）監視の効率化（対象国艦艇）
・監視兵力の削減
・抜けのない監視
ｂ）対象国公船情報の早期入手
ｃ）有事における作戦への反映
ｄ）海自艦艇、海保巡視船、友軍艦艇等の状況把握
ｅ）工作船等不審な船舶の情報の早期取得
ｆ）違法行為船舶の発見
ｇ）輸出入規制品運搬船舶等の追尾
ｈ）遭難船舶・航空機の早期発見
ｉ）漁船の操業状況の把握、密漁漁船等の発見

２）我が国周辺海域以外の我が国にとって重要な海域の状況把握が可能である。
ａ）南シナ海の状況の把握（主として中国艦船の行動の把握）
ｂ）インド洋からソマリア沖までの状況の把握
ｃ）北極海の海洋状況と航行船舶の状況把握

３）国際協力において以下の効果が期待される。
ａ）米国その他の国との情報共有を行うことによる海洋安全の強化
ｂ）安全保障に係る情報の共有による同盟の強化
ｃ）グローバルな安全保障環境の改善

４）抑止効果
ａ）紛争の抑止効果
ｂ）違法行為に対する抑止効果

（４）MDA は作戦に直結するシステム

本 MDA は、安全保障のための MDA であるため基本的には防衛省が優先して使用すべきシステムである。

そして、MDA で得られた情報は、作戦或いは戦術の成否に直結するという意味からも防衛省・自衛隊が自由に使えるシステムでなければならない。

よく MDA 衛星との対比において、IGS（Information Gathering Satellite：内閣衛星情報センターが運用する情報収集衛星）等政府衛星や商用衛星を使用すればよいという意見も聞かれるが、IGS 等政府衛星は内閣衛星情報センターが一義的に運用・管理しており、撮像する地域も主として陸上である。

MDA 体制を構築するには常時海上を監視できるかなりの数の衛星が必要であり、IGS のみで MDA 体制を構築することは困難である。また、IGS は本来の任務（陸上目標等）があるため、これを割いて MDA に常時投入することが困難になる可能性がある。従って、IGS のような高性能なリモセン衛星は大いに活用すべきであるが、海洋監視に関しては、MDA 衛星を補完する役割が適当と考える。

また、MDA には商用衛星も大いに活用すべきであるが、有事の際、作戦、戦術に運用するとなれば、いざという時に使用できない恐れのある商用衛星を主用とすることはできない。

従って、MDA 体制構築には、MDA 衛星を主用とし、IGS 等の政府衛星及び商用衛星を補用として効率的に運用することが基本である。

なお、ここでいう MDA 衛星は、SAR 及び AIS 搭載の衛星であり、光学については、IGS や他の政府衛星及び商用衛星のサービスを利用する。

（5）デュアルユース性

さて、安全保障に係る MDA は防衛省が運用すべきシステムであると述べたが、実はこの体制を構築することで他省庁への貴重な情報提供を行うことができる。

すなわち、本 MDA においてその分析過程で判明した、不審船、油の垂れ流しなどの違法行為船舶、遭難船舶・航空機など海上保安庁等他の政府機関が必要な情報を提供することができる。

また、海上を航行する全ての船舶の把握が可能であり、必要に応じて、民間船舶会社等にも必要な情報を提供することができる。

（6）システムの保全

安全保障に係る MDA では当然の如く、情報の保全が優先される。すなわち、防衛省で一義的に運用し、重要な情報、秘匿性の高い情報は防衛省のみで活用する。一方、違法行為船舶や遭難船舶等他省庁に関わる情報については積極的に通報するような枠組みを構築することが必要である。

（7）システムの抗堪性

作戦、戦術にも応用できる MDA システムは、当然のことながら強い抗堪性を有していなければならない。

特に有事の際、敵の立場から見れば自己の艦艇等の位置が暴露される MDA 衛星の活動は作戦遂行上極めて不利になるため、撮影を妨害するような行為が考えられ、その妨害に耐える抗堪性を MDA 衛星に付加することが必要となる。

4　運用イメージ

（1）運用イメージ

我々が提唱するMDAは、MDA衛星を主用とし、現在あるアセットである哨戒機、IGS等の政府衛星及び商用衛星或いは将来装備される可能性のある UAV を補用とするものである。MDA衛星には、SARとAISを搭載し、SARで得られた画像とAIS情報を整合することによって確実な水上目標の識別を行う。

なお、前述のとおり、光学衛星については、MDA衛星を補完する目的で使用する。

1）対象海域

MDA衛星は、衛星の軌道にもよるが、基本的には全世界の海上を撮影できる。しかし、全世界の水上目標を全て解析するには膨大な労力が必要であり、現実的ではない。

従って、我が国の安全保障上重要な海域に優先順位をつけて特定し、それらの海域についてのMDAを確立する。

また、この場合、米軍等友好国との情報交換も積極的に行い、効率的な MDA 体制を構築する。対象海域について一例を図２−２及び図２−３に示す。

我が国の国益上重要な海域を全世界的及び我が国周辺海域の２段階に分け、それぞれについて、優先度をつけて情報を収集する。

まず、全世界的な観点からは、我が国の国益が及ぶ海域及び我が国が可能な国際貢献実施上必要な海域を重点に置き、日本〜中東・アデン湾までの海域を４つに分け、優先順位をつけ情報を入手する。

①我が国周辺海域（東シナ海、日本海、オホーツク海、太平洋の我が国周辺海域）を最重要地域として常に監視する。すなわち、MDA 衛星、哨戒機等の情報を総合してCOPを確立する。

②南シナ海〜マラッカ海峡に至る海域について、米国と連携して中国艦艇等の状況を確認するとともに、状況に応じてMDA衛星による情報収集を実施する。

③インド洋においては、沿岸国及び米国と情報を共有し必要な情報を入手する。

④中東、アデン湾においては、必要時、MDA衛星による情報収集を実施し、海賊対処活動派遣水上部隊及び航空隊に情報をタイムリーに配布する。

他の海域（太平洋、北極海等）は、必要時に MDA 衛星により情報を取得し、更に国際協力により必要な情報を交換、取得する。

図２－２　対象海域１（YAHOO 地図）

次に最重要海域である我が国周辺海域を４つに区分し、優先順位をつけて情報を入手する。

①－ａ：東シナ海においては、SAR による監視を常時実施、全ての目標について AIS と整合しニア・リアルタイムな情報補取得を実施する。

①－ｂ、①－ｃ：日本海、太平洋及びオホーツク海においては、AIS により常時監視するほか、必要時（対象艦船等が存在する場合）に SAR により追尾を実施する。

※振り向けられる MDA 衛星の衛星数が足りない場合は、ALOS2 等他機関の SAR 又は RADARSAT 等の商用衛星で補完

①－ｄ：我が国沿岸海域においては、現在運用している海上保安庁の AIS 等の沿岸の監視システムにより実施する。

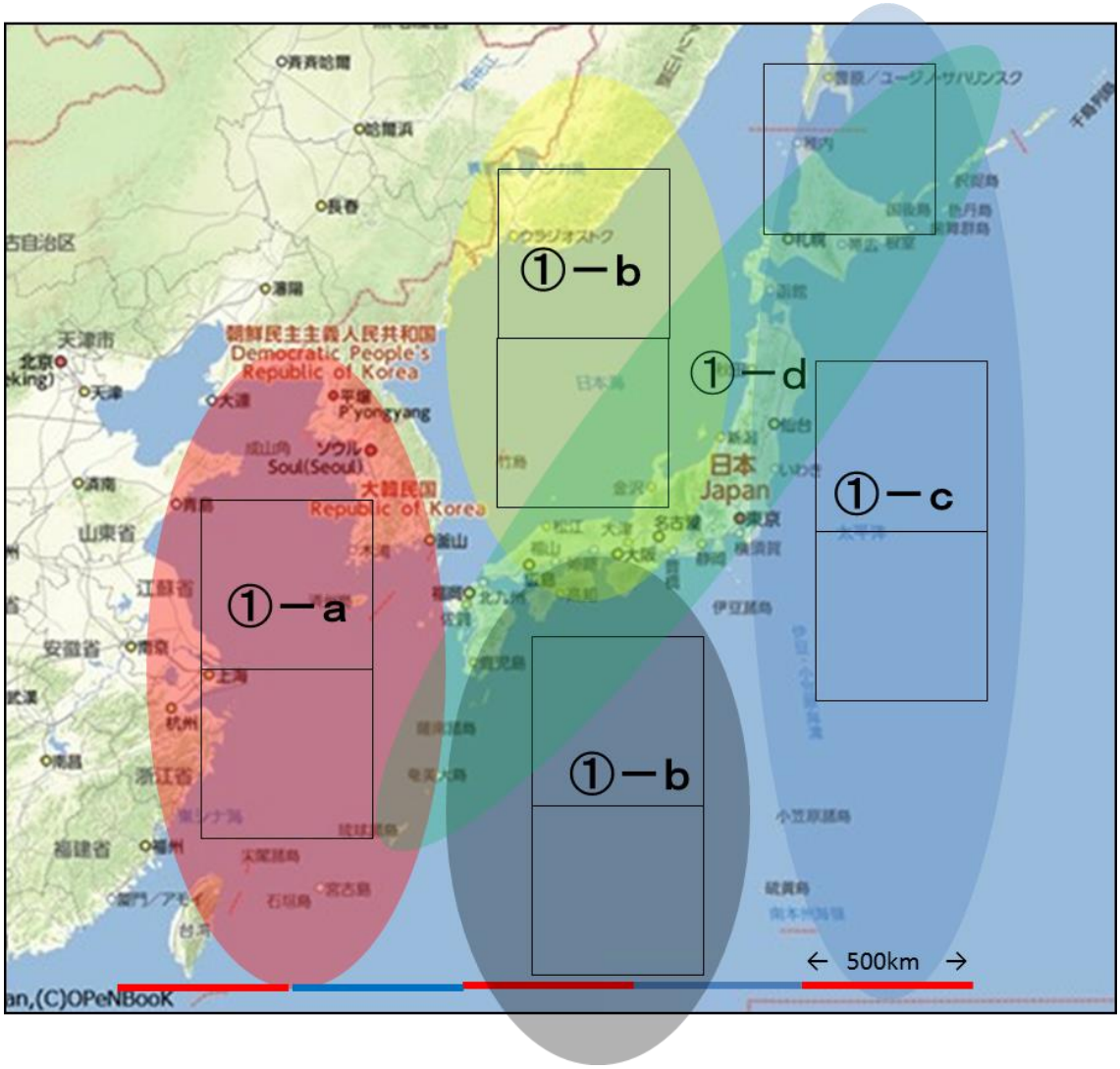


図２－３　対象海域２（YAHOO 地図）

〔注〕図の矩形は、SAR の観測幅が 500km の場合を一例として示したもので、
この幅であれば概ね我が国周辺海域をカバーできる。

なお、先にも述べたが、これらの海域の分け方や優先順位については、あくまでも一例を示したものであり、対象海域の選定コンセプトについては防衛省・自衛隊において決定することとなる。

２）衛星による MDA のイメージ

衛星による MDA をわかりやすく説明するためのイメージを図２－４に示す。

MDA 衛星は、SAR により広域を捜索する「広域捜索衛星」とその結果から、さらに解析が必要な目標を高解像度 SAR により識別する「高解像度衛星」の２種類の衛星で構成し、正確な目標情報を得る。（次項「処理シーケンス」参照）

MDA 体制では、多くの事が実行可能であるが、主として以下の項目を実行することが可能である。

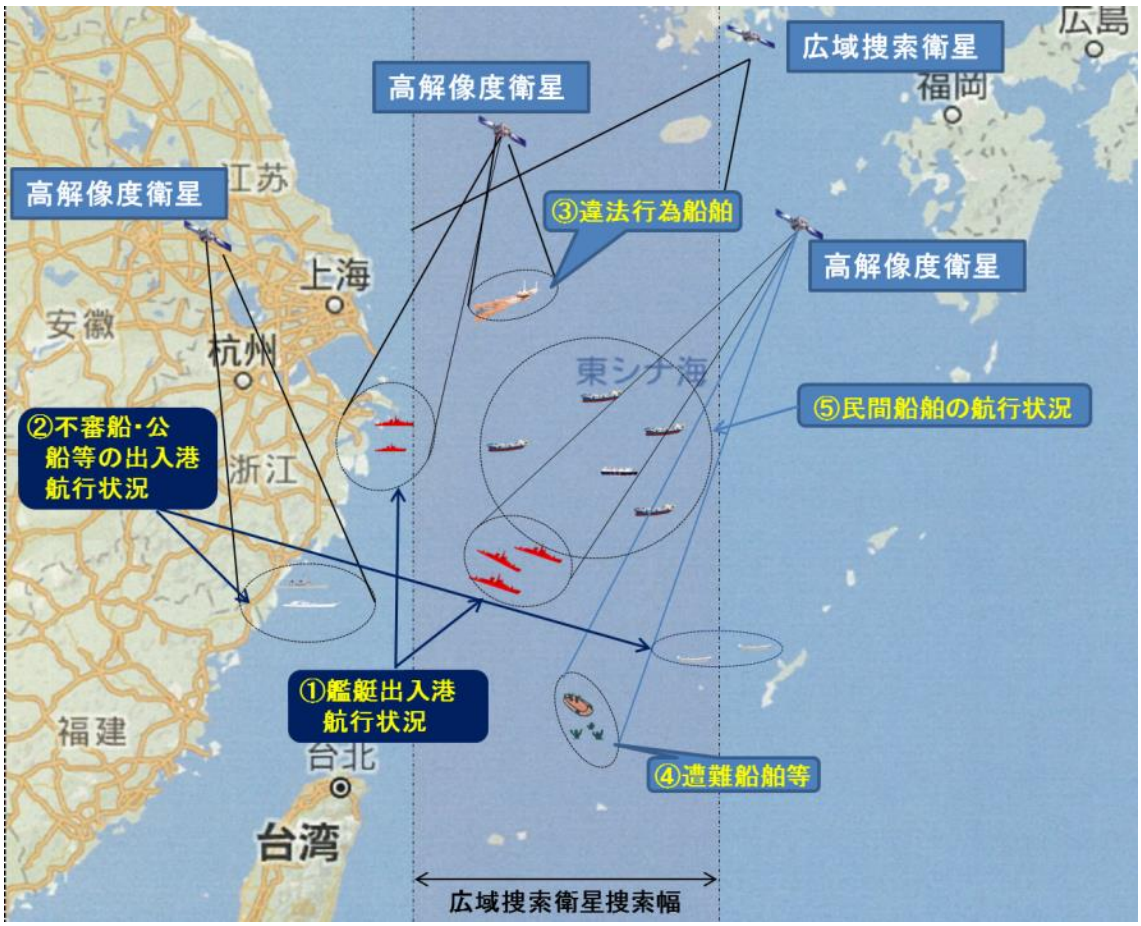


図２－４：衛星による MDA のイメージ（Google 地図）

①対象国の港湾を監視し、艦艇等の出入港状況を把握し、出港した艦艇については、その航行状況を把握、我が国周辺海域への侵入予測、行動の把握などを行い、不測の事態に備える。

②不審船、公船等事前に把握している船舶の出入港を把握し、出港した船舶についての航行状況を把握、我が国周辺海域への侵入予測、行動の把握などを行い、不測の事態に備える。

③違法行為船舶（違法操業、油の垂れ流し等）を発見し海上保安庁等関係機関に通報する。

④遭難船舶・航空機を発見し、海上保安庁へ通報する。この場合、周辺海域を航行している船舶への情報提供・救助要請を容易にできるようにする。

⑤民間の航行船舶の航行状況を必要とする船会社等に提供できる。

また、重要影響事態においては、上記に加え、輸出入規制品運搬船舶の特定・追尾を行うことができるほか、存立危機事態・武力攻撃事態等の有事においては、敵艦船の攻撃等作戦に必要な情報を提供することができる。

（２）運用シーケンス

１）情報の流れ

MDA 体制における情報の流れについて、図２－５に示す。

情報を収集するアセットは、MDA 衛星、IGS 等の政府衛星、商用衛星、哨戒機、UAV（海上監視用の UAV が導入された場合）及び米軍等からの情報である。

なお、AIS 情報は MDA 衛星に装備されたもの、商用衛星からのもの及び沿岸に設置された AIS 局から得られたもの等を活用して SAR 画像と照合し分析を行う。(次項、「処理シーケンス」参照」)

また、安全保障に係る MDA においては、MDA 衛星、哨戒機、UAV から得た情報さらには友軍情報等が防衛省 MDA センター（仮称）にのみ入力され、解析される。本情報は防衛省が一義的に活用する。一方、軍事的秘匿性は高くないが他省庁（民間も含む）にとって重要な情報は、海上保安庁の海上状況表示システムに表示されることとなる。

なお、IGS 等政府衛星や商用衛星などの情報も防衛省の MDA 解析部に入力され、MDA 衛星の情報を解析するための補用として入力される。

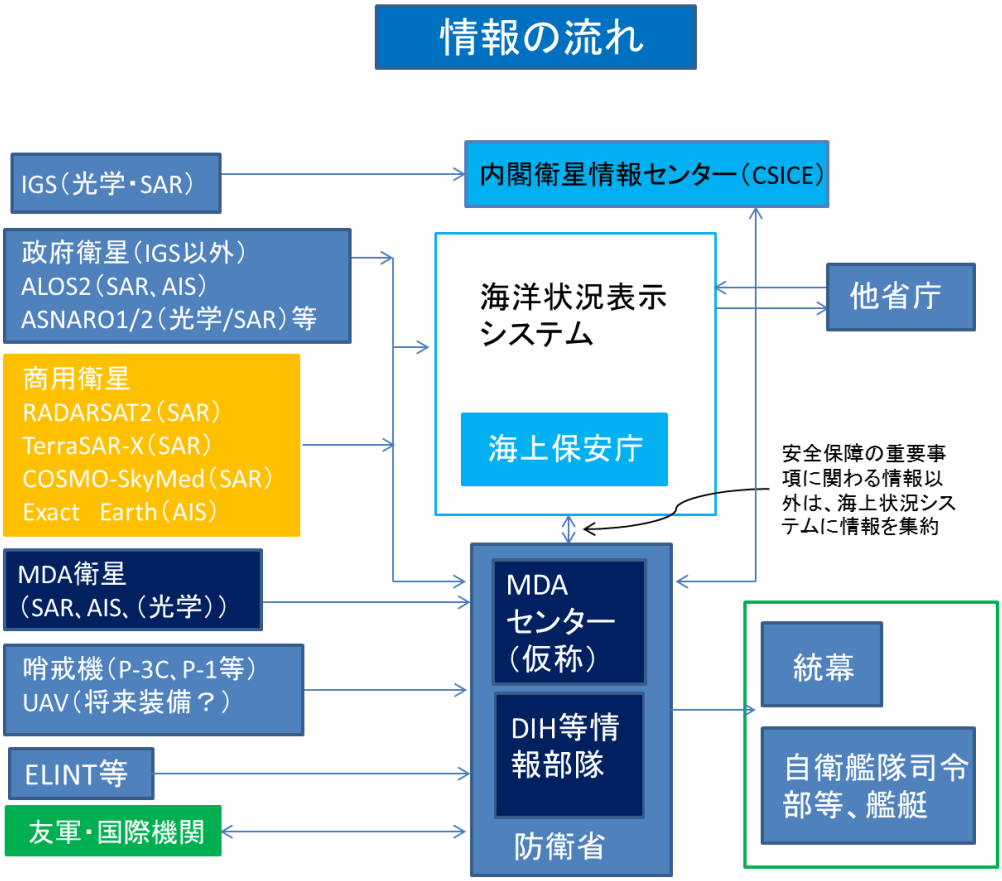


図２－５　情報の流れ

2）処理シーケンス

取得した情報の処理シーケンスすなわち解析の方法について図２−６に示す。

主要とする情報源は、前述のとおり、SAR と AIS 情報である。

SAR については、広域を捜索する MDA 衛星と解像度の高い MDA 衛星の２種類の衛星を組み合わせて効率的な監視体制を構築する。

AIS については、この衛星で構成される MDA 衛星に備え付けるもの、商用衛星から得られるもの等、広範囲な情報を入手し、SAR 画像との整合を容易にできるようにする。

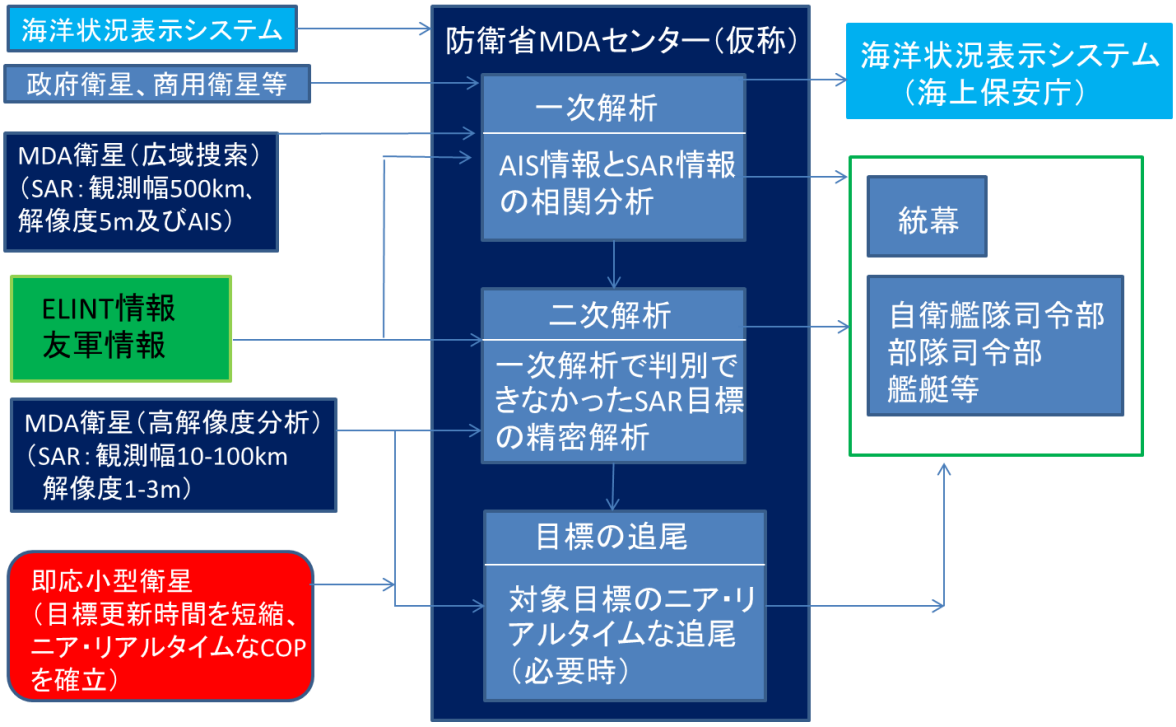


図２−６ ：処理シーケンス

解析は、一次解析、二次解析及び追尾の３ステップから成る。

まず、一次解析として、広範囲の海域を撮影した MDA 衛星（広域捜索）の SAR 画像と AIS 情報との相関分析を行い、SAR 画像に捉えられた船舶を特定する。AIS 信号を発していないか、もしくは、受信できなかった目標については SAR 画像から目標の類別を行う。この一次解析により重要と判断され、更に詳細な分析が必要と判断された目標及び識別（類別）が出来なかった目標については二次解析に回す。

二次解析においては、上述の目標を、撮影範囲を狭め、分解能を上げた MDA 衛星（高分解能）の SAR 画像により撮影し、詳細な識別を行う。（第Ⅲ章第１節参照）

更に、有事等において連続して追尾する必要のある重要目標については、広域捜索衛星或いは高解像度衛星を効率的に活用し追尾するほか、衛星に余裕がない場合或い

は有事等重要目標が広範囲多数にわたる場合には、即応小型衛星を打ち上げ、追尾を補完する。

なお、これらの処理において、画像判別が容易にできるよう、画像鮮明化技術が不可欠である。

５．システムに対する要求事項

今まで述べてきたMDAシステム構築にあたっての要求事項は以下のとおりである。

MDAシステムの要求事項に対する説明は、第Ⅲ章「MDAシステム」で論ずる。

○我が国周辺海域（最重要海域）において常時、対象国艦艇の位置を把握できること

○必要に応じ、不審船等の識別、追尾ができること

○情報のアップデートは少なくとも3-4時間以内であること
- ・MDA衛星（SAR、広域捜索）：観測幅、分解能、機数
- ・MDA衛星（SAR、高分解能）：観測幅、分解能、機数
- ・AISデータの活用（AIS欺瞞船舶発見システムの確立、データベースの構築）
- ・画像鮮明化技術、対象船舶自動認証技術の確立
- ・撮影から情報配布までのタイムレートの短縮
- ・政府衛星・商用衛星等の情報（SAR､AIS）の活用、融合
- ・中継衛星の検討

○必要に応じ、即応小型衛星によりニア・リアルタイムな目標追尾が可能なこと
- ・即応小型衛星の研究、射場の確保（含、抗堪性の確保）、運搬手段の検討
- ・対象船舶の進路、速力、推定任務などを加味した未来位置予測システムの確立

○平時～有事のあらゆる事態において情報収集が可能なこと
- ・衛星に対する妨害（電子的、物理的）への対応

Ⅲ章　MDA システム

１．SAR 衛星

（１）SAR 衛星のコンステレーション

ここからは MDA の宇宙システムについて具体的に記述する。第Ⅰ章において、三段階での MDA システム整備を図１－３に示した。一方、表１－４には観測・監視用途に適した多様なセンサーについて整理した。用途別に別個の衛星システムを打ち上げるのは現実的でないため、欧州のコペルニクスが志向したように、はじめに図１－３に示した地球観測プログラムの全体像を描いて長期計画的に衛星を整備してゆくべきである。

ここでは図１－３の MDA（安全保障）を想定して、システムの構成と方式を具体的に検討してゆく。安全保障目的で監視の対象となるのは船舶であり、船舶を探知するための中核センサーは SAR 衛星である。

１）SAR 衛星の動作から捉えた MDA シーケンス

船舶を対象とした MDA システムの基本的シーケンスは､海域の捜索（Surveillance）、探知（Detection）、判別（Classification）、識別（Identification）、追尾（Tracking）である。ここで「探知」は船舶をフォールス（海面反射等の偽目標）と区別して検出することをいい、「判別」は SAR 画像から船舶の大きさや形状を判定して大型・小型などを判定し、更には AIS 情報と相関して一般商船または軍用艦船、不審船等を判定することをいう。これに対し「識別」は高分解能の SAR 画像から船種（軍用艦船、貨物船等）を判定し、不審船（候補）を特定し、更には船舶データベースと照合して△△丸と判定することをいう。表３－１に説明を付して基本的シーケンスを整理する。

表３－１　MDA の基本的シーケンス

	撮像モード	機能	補足説明
捜索	広域捜索	所定の海域を捜索	－
探知	（同上）	目標探知 AIS 情報と相関	－
判別	広域捜索と高分解能の中間	AIS 相関なし	軍用艦船、不審船、AIS 未使用艦船
		AIS 相関あり	一般商船、漁船等
		船体等判定	船体長計測、大型/小型等
識別	－	船舶データベースと照合	（AIS 情報あり）船名、船籍、経由地 目的地等
	高分解能	船種の判定	（AIS 情報なし）軍用艦船、公船、不審船等
追尾	追尾	航跡追尾	進路、速度等

２）SAR 衛星、周波数帯と特性

現在実用化されている SAR 衛星は、周波数の低い順に L バンド、C バンド、X バンドの三つである。MDA に要求される基本的な機能他特徴と周波数帯の関係を整理すると表３－２のようになる。L バンドは日本（ALOS-2）、C バンドはカナダ、X バンドはドイツ・イタリアの商用衛星が運用されていて、日本は X バンドの ASNARO を開発中である。

表３－２　SAR 衛星の特性

	L バンド	C バンド	X バンド
波長	約 24cm	約 5.6cm	約 3cm
広域捜索	◎適（～500km）	（L と X の中間）	●不適（～100km）
高分解能	●不適（5m～）	（L と X の中間）	◎適（1m～）
特徴	波の影響を受けにくい 熱帯雨林の透過観測可	波の影響を受けやすい 海氷観測に適	波の影響を受けやすい 人口構造物の観測に適

［注］捜索幅は広域捜索モードの、分解能は高分解能モードの商用衛星の現状値

船舶を探知する場合、捜索フェーズではできるだけ広い海域の画像取得が望ましく、識別フェーズではできるだけ高い分解能での画像取得が望ましい。一方 SAR 衛星の原理上、広い捜索幅と高い分解能の同時実現ができないため、どの国の SAR 衛星も複数の撮像モードを用意してシーンに応じて最適なものを使い分けるようデザインされている。

リモートセンシング衛星の場合、グローバルな地球観測という目的から高度 500km 程度の低軌道かつ両極付近を通る極軌道が最も適している。この場合衛星は地球を南北に約 95 分で周回するが、その間に地球は東に自転するので、リモートセンシング衛星ははじめから地球の全表面を撮像する能力を備えていることになる。

３）MDA シーケンスに適した SAR 衛星の組み合わせ

表３－１に示すように、捜索から識別・追尾に至る一連のシーケンスを行うためには、衛星が周回する度に予め定めた海域を繰り返し「捜索」することに加えて、探知した対象船舶の予測位置に、再びエネルギーを照射して連続して船舶情報を取得することが不可欠な要件となる。

この場合、捜索モードよりも高い分解能で画像を取得することがシーケンスとして効果的であり、捜索範囲を抑制的なものとせざるを得ない。結論から言えば、捜索→探知→判別→識別→追尾のシーケンスにおいて、表３－１の機能に適した捜索幅と分解能の撮像モードを選択してゆく必要がある。

基本的に捜索は「海域対応」の機能であり、追尾/識別は「目標対応」の機能であることを考慮すると、捜索には広域性に優れた L バンド SAR を、追尾/識別には高分解能に優れた X バンド SAR を使い分けることが最も目的に適った組み合わせとなる。目的志向で MDA システムをデザインする場合、最適なオプションは表３－３に示すものとなる。

表３－３　MDA に適したオプション（一例）

機能		捜索	追尾	識別
撮像モード		広域捜索	広域性と分解能の折合い	高分解能
適性	L バンド SAR	◎	○	－
	X バンド SAR	－	○	◎
撮像幅		500km	50km	10km
分解能		10m	3m	1m

〔注〕数値は現用 SAR 衛星を踏まえて丸めた参考値（レンジ/アジマス共）。

４）コンステレーション

コンステレーション（constellation）は元々の意味である「星座、星の配置」になぞらえて、複数の衛星を連動させて一つのシステムとして運用するために、予めデザインされた軌道上の位置に衛星を投入して形成する複数の衛星の配置形態をいう。

さてここで MDA を実現するために衛星は何機必要となるのかを試算する。前提条件として以下を想定する。

・衛星の高度　　500km
・周回時間　　約 95 分
・捜索幅　　500km（L バンドの広域捜索モード）

衛星は地球を南北に飛行するので、撮像幅は地球の東西方向の撮像可能範囲を意味する。また衛星は SAR/光学何れの場合にも、衛星の左右何れか一方向を撮像するのが一般的である。アンテナを二つ搭載すれば左右を同時に撮像できるが、そうすると衛星が大型になり重くなることから、アンテナの首を振ることによってシーン毎に左右の何れか一方を撮像する方式を採用している。

図３－１に衛星の周回と撮像可能範囲の関係を示す。

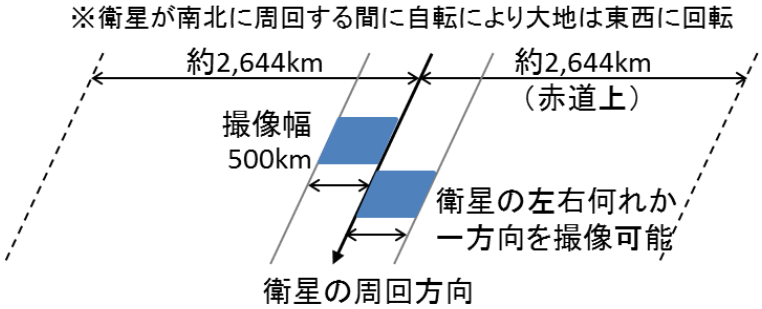


図３－１　衛星の周回と撮像可能範囲の関係

リモートセンシング衛星の数はコンステレーションによって決まる。コンステレーションは、複数の軌道面（軌道面の数 M）と軌道面上に等間隔に配置される複数の衛星（衛星の数 N）によって構成され、衛星総数は M×N 機となる。以下、コンステレーションの構成を（軌道面の数、衛星数／軌道面）＝（M, N）で表現することとする。

５）捜索/追尾に必要な L バンド SAR 衛星数

地球は 24 時間で自転し赤道半径は 6,378km であるから、衛星が 95 分で地球を一周する間に赤道上で地表面は約 2,644km ずつ東に移動してゆく。（図 3-5 参照）

〔注〕(6,378×2π)/24×(95/60)＝2,644

通常衛星は左右何れか１方向の 500km 範囲を撮像できるから、軌道上に一つの衛星（N=1）がある場合、次の周回時に撮像できる場所は 2,644km（赤道上）西に離れた場所となる。このため地球表面を隙間なく撮像するためには軌道面上に３機（N=3）の衛星を配置する必要がある。（図 3-5 参照）

衛星数／軌道面 ＝N ≧〔2,644/(500×2)=2.6〕＝3 (1)

〔注〕数値は赤道上での値であり、緯度が高くなると値は小さくなる。

次に、静止した陸域の観測と異なり船舶を監視する場合（動体監視）には、目標を連続して探知できなければ見失うリスクが生じる。動体を見失わずに監視するためには、MDA システムにおける船舶探知のシーケンスに合致した衛星の配置が必要となる。

任意の方向に任意の速度で移動が可能な船舶を連続して探知するためには、捜索モードの捜索範囲内に船舶が引き続き存在するようにシステムをデザインしなければならない。そのために必要な衛星数を試算する。

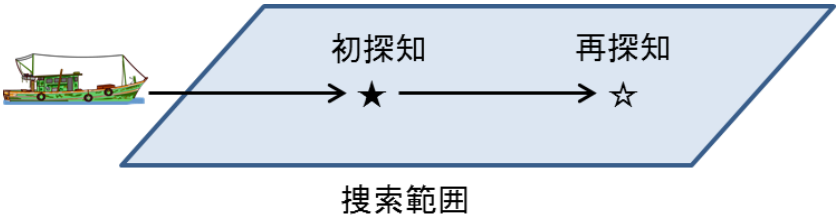


図３－２　捜索モードでの連続探知

以下の二つの要点を押さえておく必要がある。

・一般に速力 v（ノット）の船舶は、１時間後には 1.852v（km）移動する。

・衛星が一つ（M=N=１）の場合、衛星は北極から南極に向かうときと南極から北極に向かうとき（12 時間後）の２回、同一海域周辺上空を通過する。一般に軌道面の数 M の場合（但し N=１）には、衛星は 12/M 時間毎に同一海域周辺上空を飛来する。

捜索モードの捜索幅を 500km と仮定したので、二回連続で探知するための条件は次のように表現される。

次に衛星が飛来する間に船舶が移動する距離＝1.852v×(12/M) ≦ 500/2　　(2)

〔注〕追尾するために、船舶が等速直線航行すると仮定して（12/M）時間後の予測位置を中心に捜索ビームを照射するが、船舶は自由な方向に航行できるから、連続して探知できる条件は、移動距離≦捜索幅の 1/2 となる。

対象船舶の巡航速度を最大 30 ノットと仮定すれば、（２）式から v=30 として M=2.7 となる。すなわち軌道面は３となる。

以上の試算から、捜索用の L バンド衛星のコンステレーションは軌道面の数 M=3、衛星数/軌道面 N=3 となり、合計で９機の衛星を配置すればいいことが分かる。但しこれは飽くまでもいくつかの想定を置いた試算であり、実際には要求条件を踏まえた設計が必要となることをお断りしておく。

６）追尾/識別に必要な X バンド SAR 衛星数

表３－１に述べたように、L バンド SAR 衛星は広域捜索に適する一方で、船舶の識別に必要な高い分解能を実現できないため、MDA シーケンスは最終的に 1m 級の高い分解能を実現できる X バンド SAR に引き継ぐ運用形態が必要となる。

X バンド SAR の場合にも、L バンド SAR と同じ理由からコンステレーション(M, N)形成が必要となる。但し L バンド SAR が海域対応の捜索中心のミッションであるのに対して、X バンド SAR は目標対応の追尾/識別中心のミッションとなる点が異なる。目標対応であるため、アンテナの首振り範囲から衛星数/軌道面が決まり、首振り範囲として垂直方向から最大で 55 度（専門用語でオフナディア角）を想定すると N=2 となる。

〔注〕衛星高度 500km、オフナディア角 55 度の場合、撮像可能範囲は最大約 780km となり、式(1)で撮像幅＝500→780km として、衛星数／軌道面≧1.7 が得られる。

X バンド SAR 衛星の軌道面の数 M は、所要の観測頻度から決定される。船舶は巡航速度に応じ時間経過とともに図３－３に示すように移動するから、観測頻度は高いほど望ましい。

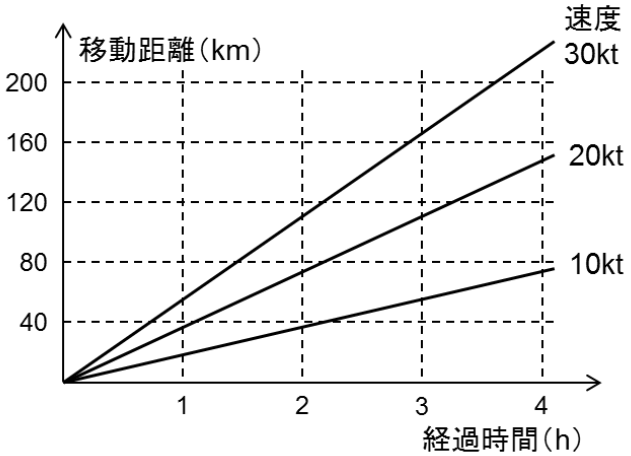


図３－３　船舶の速度と移動距離

前述したように、コンステレーションの軌道面の数 M の場合、観測頻度は（12/M）時間毎となり、表３−４にその関係を示す。

表３−４　軌道面の数と観測頻度の関係

軌道面数 M	1	2	3	4	6	12	24
観測間隔（h）	12	6	4	3	2	1	0.5

高速で移動する船舶を探知するためには、観測頻度は高いほど好ましい。一般に追尾システムでは、目標の運動（速度、針路等）から計算される予測位置を中心にビームを照射するが、目標が加速度運動（旋回、停止等）を行うと予測位置と実際の位置が乖離し、経過時間が長いほど目標を見失うリスクが高まるからである。

一方表３−４に示すように、観測頻度を高めるには衛星数（正確には軌道面の数）の増大が必要なため、システム設計に際しては費用対効果の点から現実的な最適解を追求する必要がある。参考までに、考慮すべき事項は以下のとおりである。

a）前述したように、MDA システムとしては L バンド SAR（捜索）と X バンド SAR（追尾/識別）を組み合わせることが効果的であり、その場合、表３-２に示したように L バンドと X バンドの双方の衛星を利用して追尾を行うことができるため、観測頻度は L バンドと X バンドの総数で決まる。

b）我が国領海または EEZ に直線的に侵入してくる船舶の場合、予測位置と現実位置の差が小さくなるため、必ずしも高い観測頻度は必要ない。

c）実際の運用では、船舶毎に脅威度が異なることが予想され、高い脅威度の船舶に対しては優先的にビーム走査を割り当てる運用が可能となり、保有する衛星資産のトータルで対応することになる。

７）MDA システムに必要な SAR 衛星コンステレーション（まとめ）

既に述べてきたように、MDA システムは捜索～追尾～識別というシーケンスを１種類の SAR で実現することは現時点では不可能である。捜索は広い海域を監視する必要があり、追尾/識別は船舶の構造を高分解能画像として捉える必要があるからである。

また、船舶という動体を監視するためには、従来の地形等の観測と異なり高い観測頻度を必要とする。以上から想定される要求条件をできるだけコンパクトなシステムとして実現するために、L バンドと X バンドの SAR を相補的に組み合わせるオプションを提示した。ALOS は世界で我が国が最も実績を積んできた L バンド SAR 衛星であり、ASNARO は昨今の小型化動向を先取りする形で我が国が開発中の X バンド SAR である。

以上から、ここでは飽くまでも参考として、X バンド SAR 単独による観測頻度を３時間毎と仮定する。L バンド SAR との連係動作を考慮すると、優先度の高い脅威目標に対しては実質的にその２倍程度の高い観測頻度を実現することが可能である。

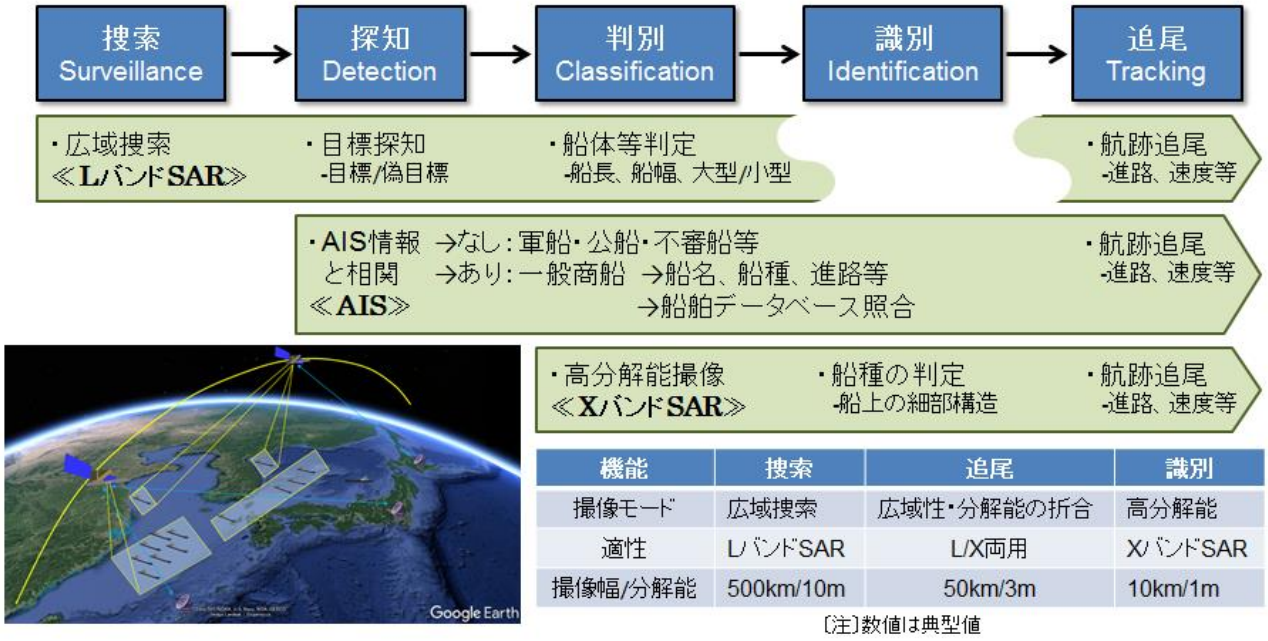
以上の検討結果を表３−５に要約する。

表の数値は飽くまでも試算であり、MDA のシーケンスに関する要求性能及び、それに基づいて設計される L バンドおよび X バンドの MDA に適した撮像モードの諸元、特に捜索モード、追尾モード、識別モードの撮像幅と分解能の設定によって変化することをお断りしておきたい。

表３−５　MDA システムに必要な SAR 衛星コンステレーション（試算）

構成	L バンド SAR	X バンド SAR
主機能	捜索・追尾	追尾・識別
特徴	広域捜索	高分解能画像取得
軌道面の数	3	4
衛星数/軌道面	3	2
衛星総数	9	8

図３−４に、MDA の基本的シーケンスに対応させて、二つの SAR 衛星（広域捜索と高分解能撮像）及び衛星 AIS の機能を図示した。



機能	捜索	追尾	識別
撮像モード	広域捜索	広域性・分解能の折合	高分解能
適性	LバンドSAR	L/X両用	XバンドSAR
撮像幅/分解能	500km/10m	50km/3m	10km/1m

図３−４　MDA の基本的シーケンスと SAR 衛星及び衛星 AIS の機能

図３−５には、軌道面の数 M=３、衛星数/軌道面 N=３の L バンド SAR 衛星コンステレーションが飛来する様子を図解して示した。

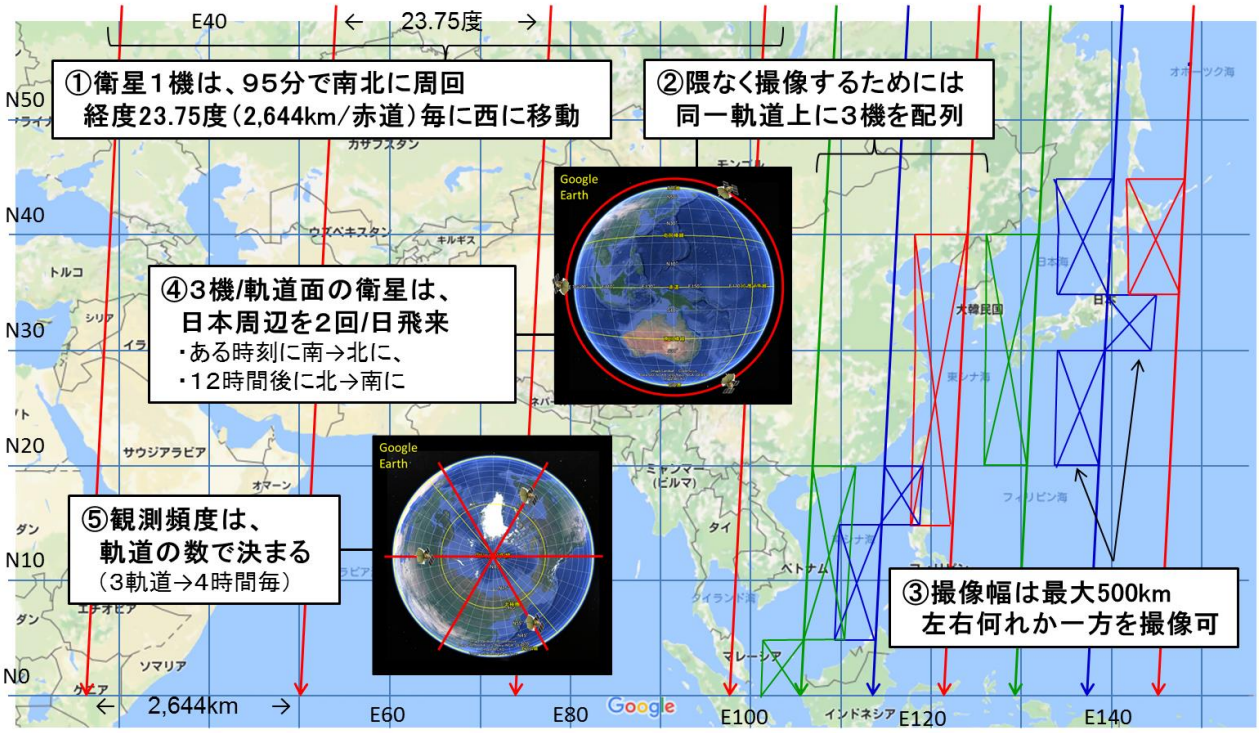


図３－５　Ｌバンド SAR 衛星（広域捜索）が飛来する様子（地図：Google）

（２）考慮事項

表３-５に示したように、MDA システムに必要な SAR 衛星数は決して少なくない。これを実現するためには、以下の点について十分考慮する必要がある。

１）Ｉ章で述べたように、宇宙インフラは MDA の単目的ではなく、①安全保障、②次世代の産業振興、③人類社会への貢献と国際社会におけるソフトパワーという階層的で多目的なシステムとして長期的に整備すべきである。国家の基幹インフラとして整備し、かつての鉄道や高速道路などがそうであったように、産業振興を促進する戦略的な基盤とすべきである。

２）一般に、ニーズの顕在化はそれを実現するシーズの進化を促進するため、常に最新テクノロジーの開発に取り組み、それを順次活用しながら長期的にシステム全体を進化させてゆくべきである。

３）宇宙開発の歴史から俯瞰すると、MDA システムの整備はリモートセンシング衛星に関する「従来の開発から本格的な利用へ」というパラダイムシフトを起こすことになる。衛星の小型・軽量化はロケットを含めた宇宙インフラコストを大幅に低減する効果があることから、特に SAR 衛星の小型・軽量化を段階的かつ着実に同時に促進することが重要である。

４）衛星の小型・軽量化は、宇宙利用コストを引き下げる結果、本格的な宇宙利用としての商用ニーズを増大させることが予想される。デュアルユースの促進と共に、商用衛星の利用を促進しながら市場の拡大と産業振興を図るべきである。

5）小型・軽量化の一環として、即応型小型衛星のオプションを含めて検討すべきである。

（3）SAR 衛星が捉えた船舶画像の例

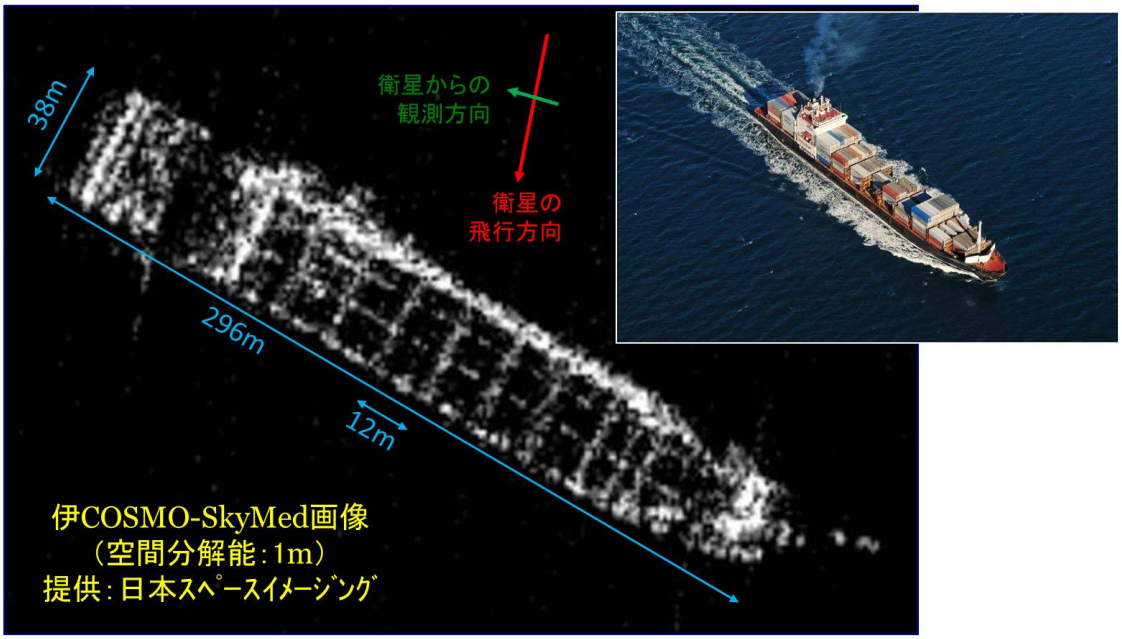
NPO 宇宙利用を推進する会は、平成 23 年度～25 年度に経済産業省から「石油資源遠隔探知技術の研究開発」に関する研究を受託し、日本の ALOS-1 衛星（L バンド）、ドイツの TerraSAR-X 衛星（X バンド）、イタリアの Cosmo-SkyMed 衛星（X バンド）が捉えた船舶画像を抽出して研究を行った。

ALOS-1 衛星は陸域観測衛星として開発されたもので、東日本大震災が起こった直後に運用を停止した。船舶の監視は用途に含まれていなかったが、ALOS-1 衛星が撮像した膨大なアーカイブデータが蓄積されており、当 NPO が沿岸域を撮像したファイルの中から船舶を捉えた画像を探し出して画像処理を加えたものである。一世代前の L バンド SAR 衛星であり空間分解能は最良で 10m であった。

一方の TerraSAR-X 衛星、Cosmo-SkyMed は、何れも 2007 年に打ち上げられ、当時商用の SAR 衛星として世界最高水準の運用モード（空間分解能 1m）を備えていた。我が国で画像販売を行っている NPO 会員企業の協力を得て、船舶を捉えた画像を抽出した。

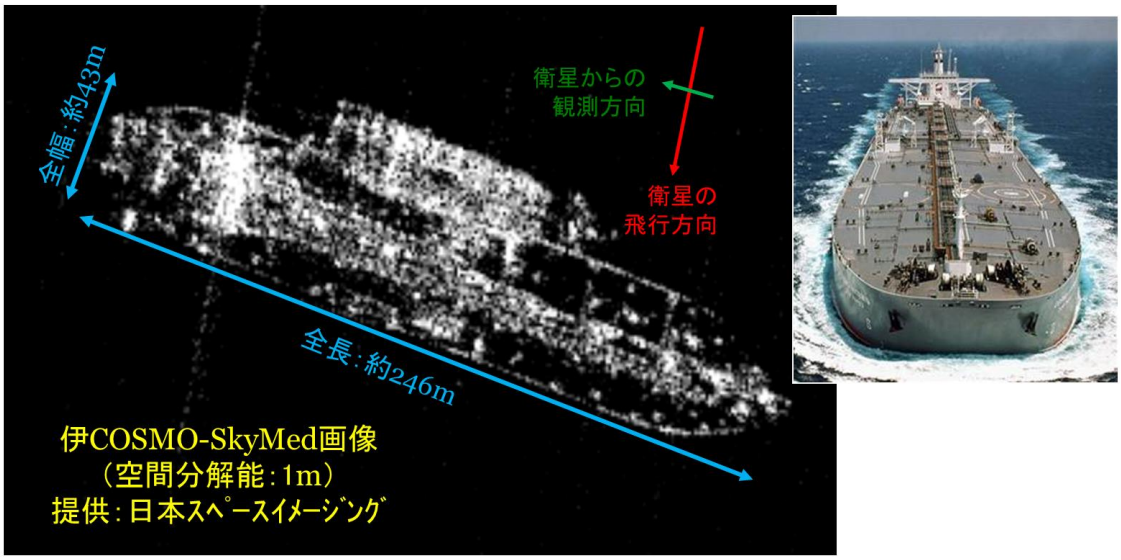
現在日本では ALOS-2 が運用され、カナダでは MDA に適した撮像モードを搭載した RADARSAT-2 が運用されている。世界でも MDA の運用が本格化したのは近年のことであり、今後運用評価に基づいて衛星に対する要求仕様とデザインが共に改善を重ねて MDA システムが進化してゆく余地が十分大きいことをお断りの上、代表的な事例を紹介したい。

図３－６は船長約 300m のコンテナ船、図３－７は船長約 250m のオイルタンカー、図３－８は横浜海上保安部に係留中の巡視船をそれぞれ捉えた SAR 画像の例である。また図３－９はお台場の水路を航行する船舶のウェーキを捉えた ALOS-1 の画像例である。



平成23年度　経済産業省からの受託研究「石油資源遠隔探知技術の研究開発」、NPO宇宙利用を推進する会

図３－６　コンテナ船を捉えた SAR 画像（X バンド）



平成23年度　経済産業省からの受託研究「石油資源遠隔探知技術の研究開発」、NPO宇宙利用を推進する会

図３－７　オイルタンカーを捉えた SAR 画像（X バンド）

図３－８　様々な大きさの船舶を捉えた SAR 画像（X バンド）

図３－９　船舶のウェーキを捉えた SAR 画像（L バンド）

SAR 衛星による船舶画像について上記事例が物語る特徴的なことを以下に整理する。

１）SAR の場合、衛星が飛行しながらマイクロ波を放射し、船舶の構造各部から反射された信号を衛星が受信して、合成開口処理及び様々な画像処理を施して画像化するものであり、カメラが捉えた光学画像とは自ずから異なる。一方マイクロ波を使うため、昼夜天候に拘らず画像を取得することができる。

２）図３－６及び図３－７が示すように、大型船舶の甲板の細部構造が見事に捉えられている。画像から船長、船舶を計測することが可能であるばかりでなく、甲板の構造を判別することができる。また鏡に当たった光がピカッと鏡面反射するように、

船舶の構造と材質及び衛星との位置関係から周囲よりも強く反射する部分があることが分かる。

3）一方図３−８が示すように、中小の船舶の場合には大型船舶のように甲板の微細構造を綺麗に捉えてはいない。また、専門的になるが、衛星から見てアジマス方向（衛星の飛行方向）に比べてレンジ方向（衛星の飛行方向と直角方向）の方が、船舶の構造をより良く捉えている様子が見て取れる。もう一つ特徴的なことは、桟橋は画像として映っていない。これは平面構造の物体はマイクロ波を反射せずに前方に散乱してしまうからである。

4）図３−９では空間分解能よりもウェーキの検出に注目する必要がある。一般にＬバンドの場合ウェーキ検出に有効であると言われている。ウェーキは長時間残るため、海難事故等で船舶が沈没した場合にも、その場所を推定する手段として有効である。

２．衛星 AIS

（１）AIS とは

AIS は船舶自動識別装置（Automatic Identification System）の略であり、主な目的は、船舶同士が「自分はここに居る」等のデータを交換し衝突を防止するものである。

この目的のために、船舶に AIS 装置を搭載し、船舶の識別符号、種類、位置、針路、速力、航行状態及びその他の安全に関する情報を自動的に VHF バンド電波で送受信し、船舶局相互間及び船舶局と陸上局の航行援助施設等との間で情報の交換を行う。図３－１０に AIS 説明図を、図３－１１に AIS 船舶搭載機器の外観を示す。

現在、図３－１０に記載のように、国際航海の客船や大型船舶に AIS 搭載が義務つけられている。一方、我が国の漁船には搭載義務は課せられていない。

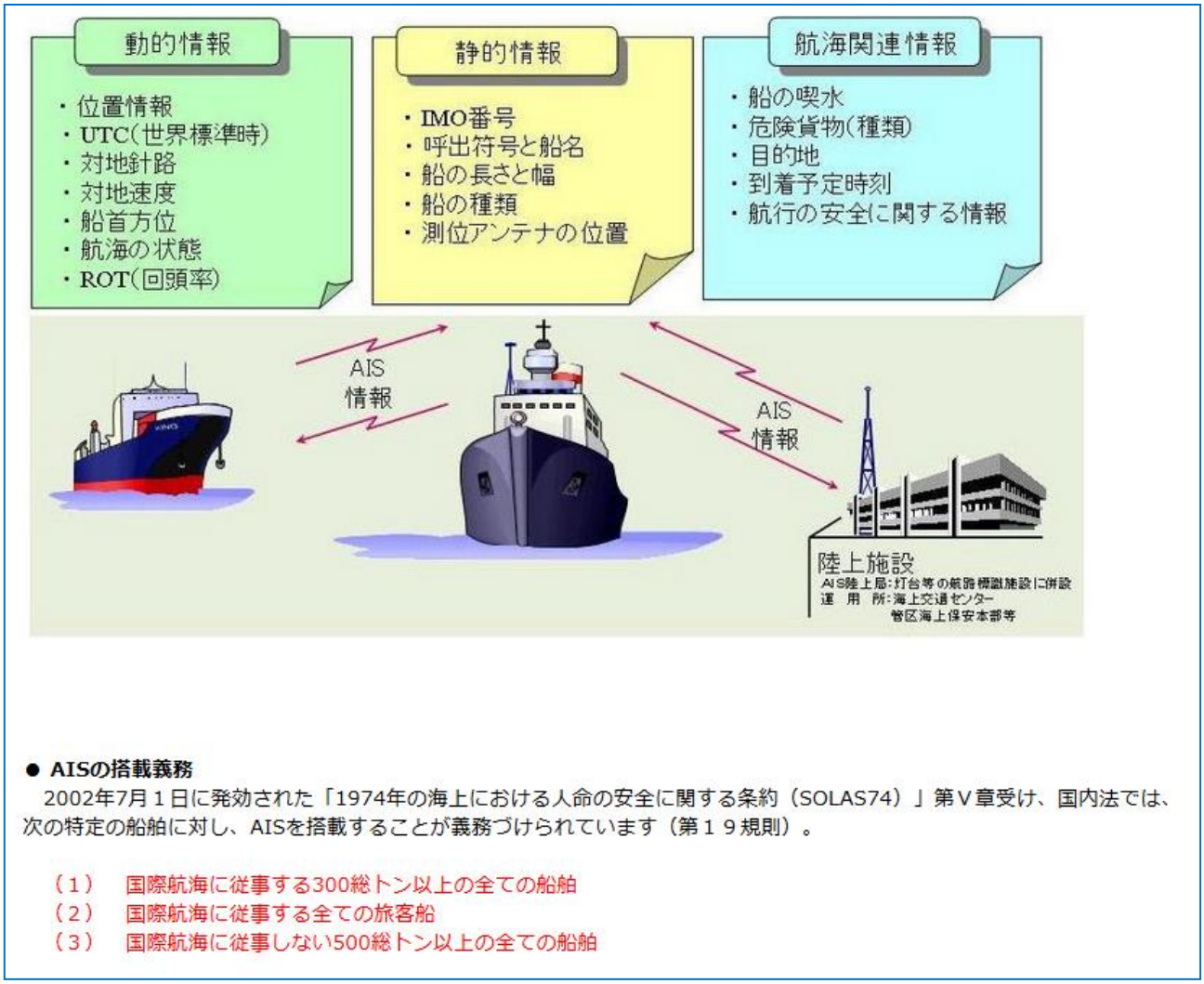


図３－１０　AIS 説明図

（出典：海上保安庁 HP（http://www.kaiho.mlit.go.jp/soshiki/koutsuu/AIS-info.html）より転載）

衛星 AIS とは、この船舶間で交信している AIS 信号を衛星の受信機で傍受し、地上に送

信することで、広範囲な船舶動向情報を収集するものである。（船舶間は概ね 20 海里（37km）範囲の通信が可能に対し、衛星は半径 1,000～2,000km の範囲で受信可能）

尚、陸上に設置したアンテナは、近海の AIS 情報を傍受すると同時に、航路障害情報の送信等に利用されている。

図３－１１　AIS 外観図（写真出典：日本無線（左）、古野電気（右）カタログ）

（２）AIS（船舶搭載）の種類

船舶に搭載する AIS には、搭載義務船（前項参照）に装備するフルスペックの AIS（タイプ A）と簡易型 AIS（タイプ B）がある。簡易型 AIS は、小型船舶ユーザ向けに開発されたものであり、送信出力、送信内容等が限定され低価格となっている。尚、簡易型 AIS は、自船の近くに大型船が近づいた場合に警報を発する機能等の利便性が理解され、漁船等の小型船舶でも AIS 装備が高まっている。

両者の比較を表３－６に示す。

項目	AIS （A-AIS、タイプA）	簡易型AIS （B-AIS、タイプB）
搭載義務・用途	国際海事機関（IMO）で設定	義務は無い小型船舶が搭載。 衝突を避ける為、周囲の船舶動静を把握
送信出力	12.5W	2W
大きさ	約40cm×25cm×9cm	AISの約1/4程度
本体価格（参考）	約150万円	AISの1/3～1/5程度
無線免許	必要	無線従事者免許不要, 特定船舶局免許必要
主な伝送情報 ①位置情報等 （緯度経度、対地進路、対地速度）	○	○
②船名等 （船名、船の種類、呼出符号）	○	○
③目的地等 （目的地、到着予定時刻、喫水等航路情報）	○	×
情報送信間隔	2秒（旋回中）～3分（停泊中）	同左。但し、AISが送信中は送信を控える。

表３－６　AIS 種類と比較

（３）AIS を活用した航行支援システム

我が国では、海上保安庁が海難事故を予防するためのレーダーによる管制に加えて、AIS 情報を受信すると同時に AIS 電波を使用して、航行支援情報提供等を実施している。図３－１２に記載の通り、航行支援内容には、航路障害物情報、気象情報、停泊中に流されて座礁する危険を通報する等がある。

尚、情報提供海域は、地上受信局から通信可能な範囲となっている。

AISを活用した航行支援システム

● **システム概要**

海上保安庁が整備し、運用するＡＩＳを活用した航行支援システムとは、沿岸陸上部にＡＩＳ関連施設（ＡＩＳ送受信所、運用所）を整備することにより、ＡＩＳ搭載船舶の船名、船の長さ等の静的情報、位置、速力等の動的情報及び仕向港、到着予定時刻等の航海関連情報をリアルタイムに把握し、東京湾、伊勢湾、瀬戸内海など航路等が設定され船舶交通がふくそうする海域においては、主として航路及びその付近を航行する船舶に対する円滑な航行管制と効果的な情報提供を行い、また、沿岸海域においては、乗揚げの恐れのある船舶や荒天時に走錨の恐れのある船舶に対し注意喚起するとともに、ＡＩＳ搭載船舶に海難情報や気象海象情報等の各種航行安全情報を提供することにより、海難の未然防止を図ることを可能とするシステムです。

海上交通センターにおいては、平成16年7月の東京湾海上交通センターを皮切りに、既存の高性能レーダーシステムと融合させた航行支援システムの運用を順次開始し、平成19年12月の大阪湾海上交通センターの運用開始をもって、全ての海上交通センターで運用が行われています。

また、海上交通センターのあるふくそう海域での運用開始に引き続き、それ以外の一部の離島を除く我が国の沿岸海域についてもＡＩＳ網でカバーすべく整備を進め、平成20年7月に、第一、二、八及び九管区海上保安本部、平成21年7月に第十及び第十一管区海上保安本部において運用を開始しました。

東京湾海上交通センター

第十管区海上保安本部

● **ＡＩＳ陸上局のカバーエリアと航行支援システムによる情報提供の例**

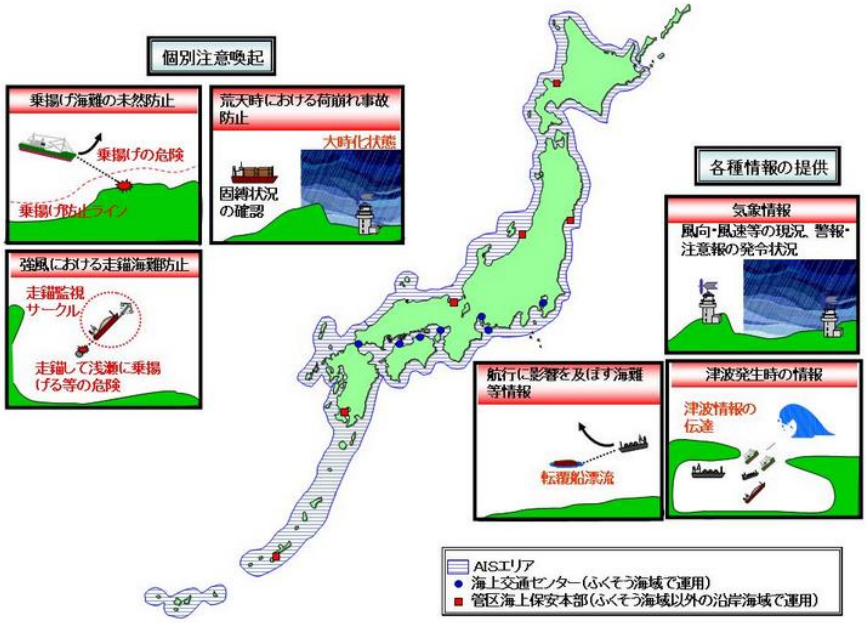


図３－１２　AIS を活用した航行支援システム（海上保安庁）

（4）AIS の課題

AIS は大変便利で有効なシステムであるが、以下のような課題もある。システム特性を良く理解した上で利用することで、一層の利便性の向上が期待できる。

1）AIS の一般的な課題

●AIS は全船舶に搭載義務化されていないため、全ての船を識別できない。
漁船・プレジャーボート等の小型船舶は搭載義務となっていないため、AIS では識別できない。

●AIS 搭載義務船であっても、自船の判断で送信断にすることができるため、AIS 信号を受信できない場合がある。また、データ信頼性に欠けるケースがある。
（「船舶識別符号設定ミス」、「GPS ケーブル抜け」、「自船の位置を知られたくない場合」、「海賊海域」、「公務中」等の場合）

●AIS 電波は回線容量の関係より、電波が輻輳する場合がある。

2）衛星 AIS の課題

●衛星からは広範囲の船舶を同時に見えるため、受信電波の干渉が発生する。このため、データ受信率は、約 50～10%となっている（受信漏れが発生）
特に東シナ海等の交通量が多い海域は電波干渉が多発している。

●現在は、衛星で AIS 信号を受信した後、衛星が地球を周回し、地上にある受信局にデータを下し、処理するため、データ遅延が発生する。
欧米中心に 2018 年度目途にリアルタイムデータ配信サービス開始の計画があり、本課題は今後解消の方向が期待されている。

●現状では、総務省は AIS 電波の傍受は、盗聴行為との認識であり、受信データは商用配布できない。（電波法改正が検討されている）
海外からの AIS 情報購入は経済産業省で認められている。

（5）AIS 衛星の現状・予定

1）歴史

船舶に搭載された AIS トランスポンダーからの電波は、水平方向に約 74km しか届かないが垂直方向であれば、高度数百キロメータまで届く。これを実験するべく、アメリカの ORBCOMM 社は、2008 年 6 月に、AIS 搭載衛星を打ち上げて実証を行い、広範囲（半径約 1,000～2,000km）の AIS データを受信できることが確認された。この成功を受けて、以降、欧米がこぞって AIS 衛星を打ち上げている。

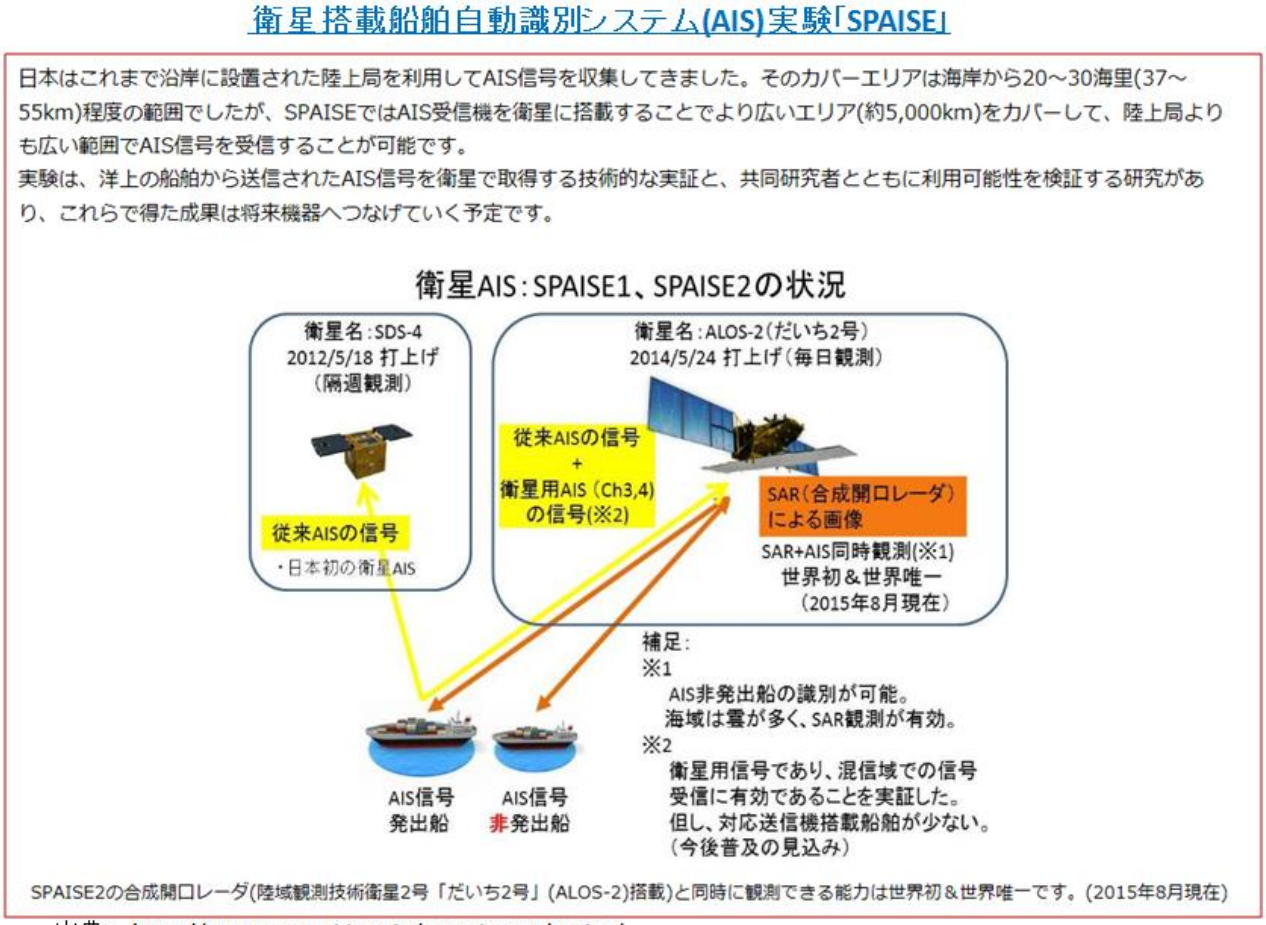
また、衛星 AIS で発生する電波干渉の課題を解決すべく、国際海事機関（IMO）ではこれまでの２チャネルから、衛星向けに２チャンネル追加の決定を行っており、今

後、衛星 AIS による世界的な船舶動静把握の発展が期待されている。

2）我が国の状況

JAXA が 2012 年に AIS 専用の SDS-4 衛星を打ち上げた。また、地球観測衛星「だいち２号（ALOS-2）」衛星に AIS 受信機を搭載し、「SAR（合成開口レーダー）と AIS の同時受信」を世界で唯一行っている。また、衛星向けに追加された AIS２チャンネル（衛星 AIS）信号の受信も試験的に実施している。（図３－１３参照）

民間では、IHI 社が、JAXA の革新的衛星技術実証１号機へ AIS 受信機を搭載し、2017 年度に打ち上げる事が決まっており、今後のサービス展開が期待されている。



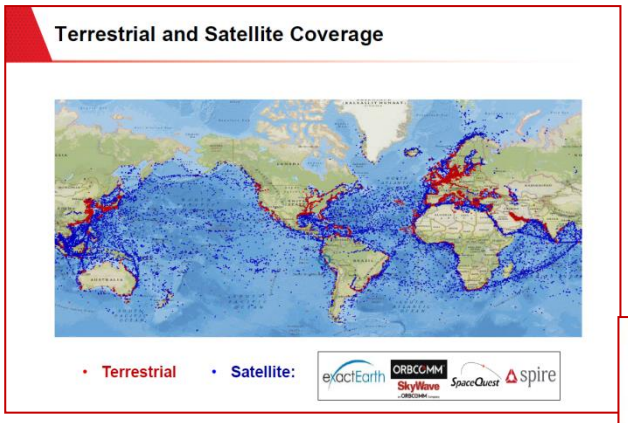
出典： http://www.satnavi.jaxa.jp/experiment/spaise/

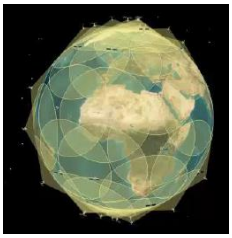
図３－１３　JAXA の AIS 状況

3）世界の動向

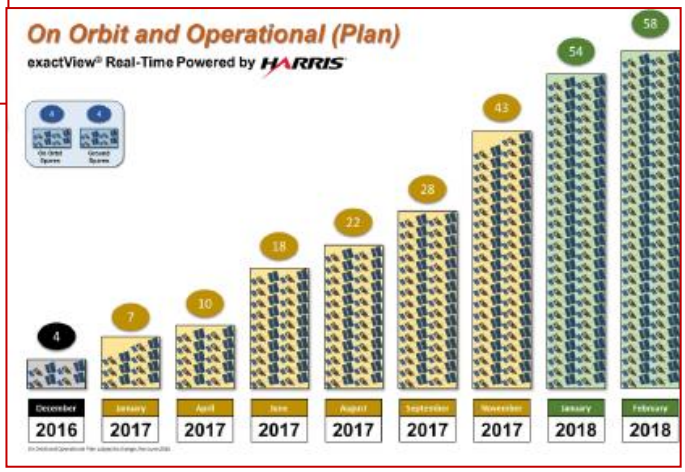
衛星 AIS は 2008 年に ORBCOMM 社が実証試験を行い、初めてサービスを開始した。その後、地上アンテナで受信した AIS データも加味して、世界的なリアルタイムサービスに向けた準備を展開している。また、exactEarth 社は 58 機の衛星を打ち上げて、2018 年頃には、衛星による AIS 情報リアルタイム配信を開始する予定になっている。（図３－１４、図３－１５参照）

尚、欧州では、ノルウエー、フランスがビジネス検討を熱心に実施している。





軌道上 58 基体制へ



出典：MTS ジャパン HP
「海洋と宇宙の連携特別セミナー」
（2016 年 10 月 4 日）、Donna Kocak 氏講演資料より引用

図３－１４　衛星 AIS 打上げ計画

出典：http://www.exactearth.com/company/profile

図３－１５　exactEarth 社の運用例

（６）AIS データの利用方法

１）一般的な利用の現状

AIS に関しては、上述の通り、安全保障関係・海上保安関係・海運関係等で既に実利用されている。

特に海運関係では、貨物輸送のスポット契約において、他船舶の動向を見ながら運送価格調整等が行われる等、ビジネス面でも利用が進んでおり、より広範囲に衛星 AIS で情報を入手したいとのニーズが高い。

従って、今後「より広範に」、「より正確な情報」を「リアルタイムに」入手したいとのニーズに基づいたサービスが提供され、一層利用が加速することが推察される。

2）MDA 分野での利用

MDA 分野での利用を考える場合、下記項目の検討が必要である。

a）AIS データの検出率の向上

電波干渉のために検出率が 50%～10%になっている。衛星アンテナの改良等による改善に加えて、複数衛星（複数ソース）を使用して検出率を高める処理を並行して実施する。

また、時刻の異なるデータを統一的に利用できるようにデータ同化の処理も行う必要がある。

b）AIS 情報の信頼性の確保

船舶側の故意・過失による設定誤りの場合、送信情報に漏れや精度劣化が発生するケースがある。

また、AIS 情報配信サービス機関に於ける情報フィルタリング（改竄等）の可能性もある。

この場合の情報信頼性を向上させる対策が必要である、

例えば、AIS 電波のドップラー情報を元に、送信電波の発信場所を推定し、AIS データで得られた「緯度」「経度」情報の信頼性確認や、データ補間を行う等が可能である。（但し、サービス提供会社に依頼する場合は、別費用が発生する）

c）衛星画像情報と AIS 情報の融合処理

MDA 運用を考えた場合、監視対象船舶が AIS 電波を発信していない場合も想定される。これを了解した上で AIS 情報を利用することが重要である。

・他情報に基づき特定船舶の画像撮影要求を行い、常続的に撮影した画像と AIS 情報を併用して監視する。

・定常的には、衛星画像から抽出・識別された船舶の船長・船幅・速力等のデータと、AIS 情報の比較・統合を行う。（ブラック船（要警戒船）リストとの比較、高速船・長時間停泊等の抽出、他）

また、この結果よりグレー船（要監視船）の抽出を行い、詳細な監視計画にフィードバックしていく。

３．地上システム

（１）地上システムイメージ

MDA の運用を行うために必要な MDA 地上システムのイメージ図を、図３－１６に示す。MDA 地上システムは、下記の各システムから構成される。

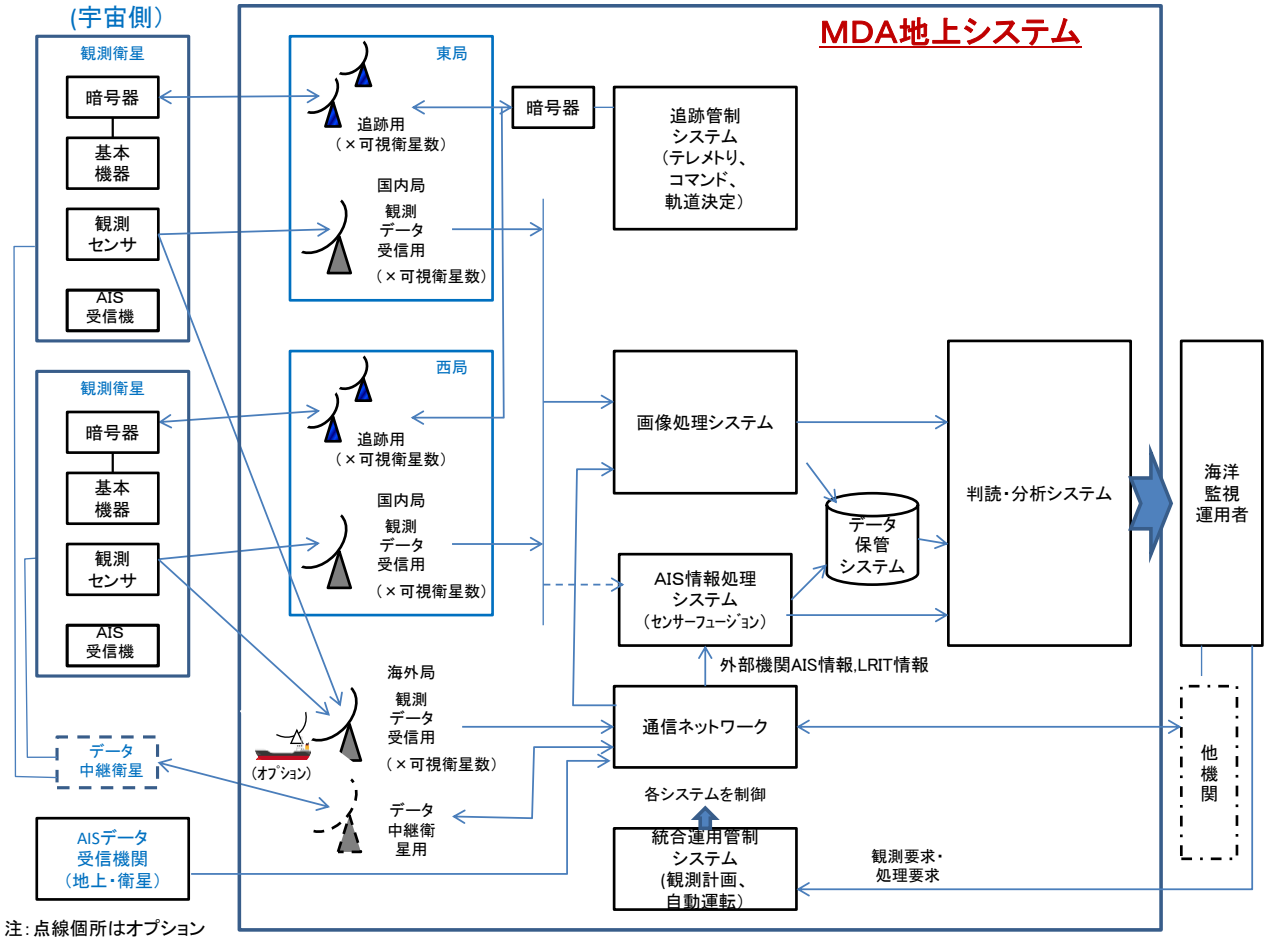


図３－１６　MDA 地上システムのイメージ図

１）追跡管制システム

軌道上の衛星の軌道並びに基本機器（衛星バス）の管理（電源・温度管理他）を行うシステム。また、観測センサーのオン/オフや、観測方向制御も、地上からのコマンド（指令）で行う機能も持つ。

この為に、衛星状態を把握するためにテレメトリ（遠隔データ収集）並びにコマンドの送受信を行うためのアンテナ他が必要となる。また、軌道決定のためのレンジング・軌道決定ソフトも含まれる。

この為に使用する電波周波数は、S バンドであり、同時視野内に衛星が複数ある場合は、一対一でその基数分を装備する必要がある。また、設備メンテナンス、バックアップを考慮し、且つ、衛星とのコンタクト時間が長くなるように、衛星通過時刻が異

なる東西に２局設置するのが通例である。

また、米国の LANDSAT が第三者にハッキングされて運用された経験もあり、特に衛星を直接制御するコマンド系に関しては、衛星・地上の一対で、暗号器を設置することが必須となる。

２）画像処理システム

衛星で観測したデータを地上で受信した後に、SAR 画像への復元、画像の歪みの補正等を行い、以降の「判読・分析システム」で利用しやすく処理を行うシステムである。

観測データを地上で受信するために、観測データ受信用アンテナ他が必要である。

このために使用する電波周波数は X バンドであり、同時視野内に衛星が複数ある場合は、一対一でその基数分を装備する必要がある。衛星とのコンタクト時間（観測時間）が長くなるように、衛星通過時刻が異なる東西に２局設置するのが通例である。

尚、国内近海は直接、国内局で観測データを受信できる。遠方・海外の観測画像を受信するためには、衛星直下の直接受信可能な海外受信局を利用するか、衛星内部の蓄積データを海外受信局で受信することで可能となる。（船舶可搬局はオプション）また、データ中継衛星を保有することにより、広範囲・リアルタイムで観測画像を受信する事が可能となるが、この場合は、データ中継衛星の監視設備を構築する必要がある。

典型例として、JAXA の事例を図３-１７に示す。

図３－１７　画像処理システム例（JAXA 殿配布パンフレットより引用）

３）AIS 情報処理システム

現在、船舶動静情報は、能動的なシステムである「LRIT（船舶長距離識別追跡システム）」を海上保安庁が運用し、6 時間毎に国際航海船舶の位置情報を収集・海外との交換を行っている。

このデータに加えて、受動的なシステムとして、船舶が送信する AIS 電波を、地上アンテナおよび衛星 AIS で傍受可能であり、データ更新周期は最短で 2 秒と高頻度である。

本地上システムでは、AIS データ（地上、衛星経由）を外部から入手すると同時に、自前の AIS 衛星情報で、外部データの精度検証等を行う事を基本として設定して説明する。

衛星 AIS に関しては、2018 年度頃には世界中の船舶 AIS 情報がリアルタイムに入手可能となる予定であるが、データ受信率が 50～10%であること、外部機関がデータ改ざんも可能であるため、下記機能を装備することが期待される。

a）衛星 AIS 情報は、複数ソースで入手することを基本とする。

b）複数ソースの AIS 情報は受信時刻が異なるため、時刻同期を取る処理を行う。
c）自前の衛星 AIS を持ち、運用するために、データ改ざんの確認、精度検証を行う。

〔注〕LRIT(Long-Range Identification and Tracking of Ships：船舶長距離識別追跡)の略。

主として海上セキュリティの強化を目的とした国際的なシステムで、国際航海に従事するすべての旅客船及び総トン数 300 トン以上の貨物船等が、船上に搭載した通信機器によって 6 時間毎に自国籍のデータセンターに位置情報等を通報し、それら位置情報等をデータセンター間で国際的に交換するもの。

4）データ保管システム

観測衛星データ容量は膨大であり、過去の取得データとの比較も判読のために重要である。

船舶動向把握の目的を達成するため、下記のようなデータ並びにデータベースを保有し、いつでも利用できる形で保管して置くことが重要となる。

① 観測衛星画像（生）データ
② 観測衛星画像処理済み画像
③ AIS 取得情報
④ 船舶特性データベース（IMO 管理番号毎の船舶特性、対象国公船の特性他）
⑤ レーダー画像判読用データベース
⑥ 過去の監視対象履歴
⑦ その他

5）判読・分析システム

観測衛星データ（SAR）からは、「船舶存在」、「船舶位置」、「船舶の大きさ」、「船幅／船長比」、「針路」、「船速」、「レーダー画像」等の情報が得られる。また、AIS からは、「船舶識別符号」、「船舶位置」、「針路」、「船速」、「目的地」他が得られ、そして受信した船舶識別符号をキーワードに、船舶データベースを検索することにより、間接的に船舶大きさ他の情報が入手できる。

2018 年頃には、AIS 情報がリアルタイムに数分間隔で入手できるようになると仮定した場合、AIS 情報の検出率も考慮しながら、衛星画像データとの照合を行い、画像情報はあるが AIS 信号がない船舶をピックアップし、「グレー船（要監視船）」として登録する。

尚、AIS 信号があっても、欺瞞データの可能性もあり注意が必要である。

尚、運用に際しては、下記の運用モードに従った、判読・分析が可能なソフトウエア構成が求められる。

① 情報に基づく監視
② 外国港湾からの船舶出港情報
③ 定常的なパトロール
④ グレー船の追尾
⑤ その他特別な要求時

6）通信ネットワーク

システムを運用するための通信インフラの運用管理を行う。通信ネットワークは、階層毎に下記から構成される。

① 海外地上局とのデータネットワーク
② 中継衛星ネットワーク（オプション）
③ AIS データ入手ネットワーク
④ 他機関との情報送受信ネットワーク
⑤ 本地上システム内の運用ネットワーク

7）統合運用管制システム

宇宙系（衛星・センサー）及び地上系（アンテナ、処理設備他）を、統合管理するシステムであり、下記の機能を装備する。

a）観測計画立案

観測要求時刻・ポイントを受けて、効率的・効果的な衛星・センサー・地上の観測計画を策定する機能。

尚、「観測場所」は秘匿性が高い情報であるため、一定の保全管理を行うと同時に、複数指定して場所をあいまいにする運用、並びに、センサー角度をなるべく固定としてデータストリームで入手し、判読時に必要な個所のみピックアップする等の運用が通常実施されている。

b）地上システムの省力化の為の自動運用機能

運用は 24 時間勤務となるため、省人化運転を行うシステムを導入することが有効である。

c）衛星シミュレータ、運用シミュレータ

観測計画の結果、衛星・センサー等の故障にならないことを事前に確認するために装備する必要がある。また、訓練時にも利用可能となる。

まとめ

NPO 宇宙利用を推進する会では 2016 年 5 月～12 月の間、会員企業の参加を得て MDA システムに関する自主研究活動に取り組んだ。本資料はその成果をまとめたものである。

MDA については欧州と北米においても捉え方に差があるため、第 I 章では MDA 概念を体系的に整理し、歴史的な流れを踏まえて各国の取り組みを概観した。特に MDA を包含する地球観測プログラムとしてコペルニクスを開発した EU と、北極海を含む MDA プログラムとしてポーラーイプシロンを開発したカナダの事例について、共通点と相違点を中心に分析を加え、我が国が MDA システムを整備する上での教訓を抽出した。最後に我が国が目指すべき MDA システムの構築に必要な要点を整理した。

第Ⅱ章からは「安全保障のための MDA」にフォーカスして具体的に検討を進めた。第Ⅱ章では、はじめに MDA システムが国家安全保障戦略の 3 つの目標、防衛計画の大綱の 3 つの基本方針を具現化するための有効なツールであることを示した。続いて MDA の対象となる目標、MDA システムの基本的要件、MDA の対象海域、運用イメージ、運用シーケンスについて具体的に検討を加え、具体化した運用イメージを描いて MDA システムに対する要求事項を整理した。

第Ⅲ章では SAR 衛星と衛星 AIS 及び地上システムについて具体的かつ定量的に検討した。最初に船舶の捜索から識別に至るシーケンスを想定し、SAR 衛星の周波数帯と船舶検出の適性を整理して、SAR 衛星のコンステレーションについて数値検討を行った。次に衛星 AIS について、世界の現状と我が国の運用状況を概観し、MDA として利用する場合の課題と対策について検討を加えた。最後に地上システムの全体イメージを紹介し、運用事例を踏まえた紹介を行った。

MDA システムは、捜索/追尾中心の L バンド SAR 衛星と追尾/識別中心の X バンド SAR 衛星、それに衛星 AIS を中核センサーとし、それに既存システム情報を融合して構成される。欧州・北米と比較して我が国ではシステム整備が遅れているが、L バンドの ALOS-2 は既に十分な実績があり、X バンドの ASNARO は現在開発中でこれから打上げられる予定であり、衛星 AIS の実証試験も既に始まっている。MDA システムは全て自国で製造できるものであることを断言しておきたい。

最後に如何なるシステムも、実運用評価を踏まえてデザインに対する要求事項が導出されるものであり、開発→製造→運用・評価→要求→デザイン→製造→・・・のループを稼働させながらシステムの実用性を高め、進化させてゆく必要があることを申し添えたい。またⅢ章では宇宙アセットの規模を把握するために仮定をおいて衛星数を試算したが、実際には運用要求に基づいてシステムデザインされることをお断りしておきたい。

附録１　米国の取り組み

当時のブッシュ大統領は9.11同時多発テロを受けて安全保障政策に関する大統領指示書（National Security Presidential Directive and/or Homeland Security Presidential Directive）を矢継ぎ早に発令している。一連の指示書NSPD/HSPDの中で、MDAに関するものは2004年12月21日に発令されたNSPD-41/HSPD-13であり、この文書の中で初めてMDAという用語を定義している。〔1〕

はじめに海事領域（Maritime Domain）を「海、大洋、その他航行可能な水路と何らかの係わりをもつ全ての領域や事物で、あらゆる活動、インフラ、人々、荷物、船舶や輸送を含むもの」と以下のように定義した。（原文は下記）

“Maritime Domain” means all areas and things of, on, under, relating to, adjacent to, or bordering on a sea, ocean, or other navigable waterway, including all maritime-related activities, infrastructure, people, cargo, and vessels and other conveyances.

続いてMDAを「米国の安全保障、航行の安全、経済及び環境に影響を与え得るグローバルな海事領域に関係するあらゆる事項に関し効果的に理解すること」と定義した。（原文は下記）

Maritime Domain Awareness is the effective understanding of anything associated with the global Maritime Domain that could impact the security, safety, economy, or environment of the United States. It is critical that the United States develop an enhanced capability to identify threats to the Maritime Domain as early and as distant from our shores as possible by integrating intelligence, surveillance, observation, and navigation systems into a common operating picture accessible throughout the United States Government.

NSPD-41/HSPD-13を受けて、政府は「海事セキュリティのための国家戦略（NSMS）」を2005年9月に作成し、国家戦略NSMSを具現化する8つの計画文書を関連政府組織が相次いで半年の間に策定して、MDA政策を体系的に具体化していった。〔2〕

National Plan to Achieve Maritime Domain Awareness		2005.10
	アメリカの安全保障、安全、経済、環境に影響を与え得る海事領域に関する全ての事象を効果的に理解し、脅威を沿岸からできるだけ遠方かつ早期に特定するための基盤を作る	
Global Maritime Intelligence Integration Plan		2005.10
	海事領域おけるアメリカの国益に対する脅威に対し、動員可能な全てのインテリジェンスを統合するために現在ある能力を使う	

Maritime Operational Threat Response Plan		2005.10
	海事領域におけるアメリカの国益に対する脅威に対し、政府が迅速かつ断固としてかつ連携して対処するための役割と責任を構築する	
International Outreach and Coordination Strategy		2005.11
	外国政府や国際機関とともに実行する全ての計画を連携し、海事セキュリティを強化するために必要な国際的支援を要請する枠組みを作る	
Maritime Transportation System Security Plan		2005.10
	海事領域に関する国家及び国際社会の規制の枠組みを改善する大統領からの要請に応える	
Maritime Commerce Security Plan		2005.10
	海事のサプライチェーンを保全するための包括的な計画を構築する	
Domestic Outreach Plan		2005.10
	海事セキュリティの政策を開発と構築を支援する連邦政府以外の投入を促進する	
Maritime Infrastructure Recovery Plan		2006.4
	攻撃や破壊活動を受けた直後に、海事インフラを復旧させるための手順と基準を推奨する	

この対応に関し注目すべきことは、国家戦略 NSMS が公開されてから 1 か月以内に、主要な政府機関の行動と連携に係る計画が一気呵成に作成されたことであり、それから半年後にはインシデントが発生した場合に、如何に短期間で復旧するかについても計画が策定されたという事実である。

さらに米海軍は国家戦略 NSMS を受けて、独自の MDA 構想（Navy Maritime Domain Awareness Concept）を 2007 年 5 月に発表した。それによると MDA は観測及び掌握が可能で既知の海事状況（Situational Awareness）と、その中から脅威として危惧または疑義のある情報（Threat Awareness）とからなり、この二つが揃うことによって、オペレーショナルな情報、インテリジェンス情報、環境情報を提供できるとしている。米海軍は MDA の概念を以下のように整理している。〔3〕

MDA＝GMSA（Global Maritime Situational Awareness）
＋MTA（Maritime Threat Awareness）
：グローバルな海事状況認識＋海事脅威認識

ここで GMSA が基本的に秘ではない情報の集合体であるのに対して、MTA は GMSA に地域的文化的な規範についての専門知識を背景にしたインテリジェンス情報を融合して導き出される情報である点に注目する必要がある。

国土安全保障省の一機関である沿岸警備隊にとって、脅威は基本的にテロであり、監視対象はテロに使用され得る船舶であり、対象となる海域は米国沿岸域に限定されるのに対して、米海軍の場合にはあらゆる脅威（海上、海中、経空脅威、電磁波、サイバー他）が対象となり、対象海域は地球規模となることから、海軍と沿岸警備隊にとっての MDA は別物となることが容易に想像できる。言い換えれば、GMSA 情報は関係機関の共有情報となり得るが MTA 情報は海軍固有の情報として秘匿されることになる。

NMIO（National Maritime Intelligence-Integration Office）は 9.11 同時多発テロの発生を受けて、海事に関するインテリジェンス情報を政府機関（連邦政府、地方政府を含む）の間で統合し連携作戦を支援することを目的として作られた組織である。最近では GMF（Global Maritime Forum）と呼ばれるワークショップを NASA と共同で開催しており、2015 年 6 月のレポートが公開されている。〔4〕

附録 1 の参考文献：

〔1〕National Security Presidential Directive NSPD-41, Homeland Security Presidential Directive HSPD-13 ,December, 2004

〔2〕The National Strategy for Maritime Security, September 2005

〔3〕Navy Maritime Domain Awareness Concept, US Navy, May 2007

〔4〕Global Maritime Forum Workshop Report, “Leveraging Dat to Achieve Effective Understanding”, June 2015, http://nmio.ise.gov/gmf/

附録２．欧州のコペルニクス

「グローバル地球観測システム（GEOSS、Global Earth Observation System of Systems）10 年実施計画」が採択されたのは、2005 年 2 月であり、欧州が「環境とセキュリティのための地球観測システム（GMES、Global Monitoring for Environment and Security）システムの整備計画をまとめたのは 2004 年のことである。〔1〕〔2〕

現在 GMES はコペルニクス（Copernicus）と改称されている。2015 年に EC が発刊した「Copernicus Europe's eyes on Earth」という小冊子がコペルニクスについて包括的な概説を整理しているので、以下に要点を紹介したい。〔3〕

小冊子によれば、GMES は欧州が以下の三つの問いに向かい合って、「地球環境の状態と健康度を連続的に把握して、得られた情報を効果的な意思決定に変換する仕組みが必要だ」という結論に辿り着いた結果生まれたものであるという。

1）地球資源は有限である一方で人口は増大し続けている。どうすれば地球資源の消費と利用を管理し、将来世代のために環境を保全できるか。
2）安全、安全保障、生活の質を保証し、災害や危機に効果的に対処するにはどうすればいいのか。
3）気候変動の原因と結果について、どう理解すればいいのか。

欧州が GMES 構想を具現化するにあたり描いたビジョンは次のようなものである。

1）コペルニクスは EU の革命的な地球観測プログラムであり、様々な技術によって、人工衛星から地上・海上・空中の計測システムへ、広範な応用領域に及ぶオペレーショナルなデータと情報をオープンかつ無料で提供する。
2）コペルニクスは、「市民、政府当局、政策立案者、科学者、起業家、産業界が自由に無料で好きなだけで使える、地球を洞察する世界（a world of insight）」を提供する。
3）人類が直面するさまざまな脅威への対応を手助けし、再生可能エネルギーや食糧安全保障、災害のリスク低減、気候変動の緩和と適応を支援する。
4）「自由に無料で好きなだけ（a full, free and open）」のデータ政策は、気候や環境、生物多様性などに関する国際社会での交渉において EU のソフトパワーを強化することから、EU の宇宙における役割を強化する。
5）コペルニクスは、欧州企業が新しい成長、ビジネス機会を開発することを刺激し、財政と雇用創出両面において欧州経済にポジティブな影響を及ぼす。

一方、コペルニクス構想が生まれた背景には以下の欧州事情があった。

コペルニクスが、欧州が長年取り組んできた R&D やノウハウを継承するものであることはもちろんだが、それまで各国が独自に進めてきた地球観測活動では観測がバラバラとなるだけでなくコスト高となることが明白となり、それを EU として統合するこ

とで体系的な観測を可能として高品質の情報を継続して提供し、参加組織間の経済効果をもたらす。

GMES がもたらす経済的効果については、構想の最初から検討されており、当初年間約 69 億ユーロ、EU の DGP 比 0.2%の経済効果を見込み、2006-2030 年の期間におよそ 1,300 億ユーロの情報サービス市場におけるビジネス創出を見込んでいた。〔4〕2014 年に OECD がまとめた報告書は、「宇宙セクターは衛星技術が新しい応用・用途・市場をもたらしており、近代社会の機能と経済開発において年々増大する重要な役割を果たしていて、グローバルな宇宙経済規模約 2,560 億＄に占める消費者サービス及びダウンストリーム活動に占める割合は 58%に達している。」と述べている。〔5〕

GMES は何を目的として開発されたのか。現在コペルニクスの用途は以下の 6 つであり、この構成は当初から変わっていない。

1）陸域監視（Land Monitoring）
2）大気監視（Atmosphere Monitoring）
3）海域監視（Maritime Environment Monitoring）
4）気候変動（Climate Change）
5）緊急事態管理（Emergency Management）
6）セキュリティ（Security）

コペルニクスの資金は EU が全額拠出している。また欧州議会、欧州評議会とともに欧州委員会がコペルニクスプログラムの長期の財政責任を保証している。

コペルニクスのオペレーショナルな実現・運用は欧州委員会統合研究センター（EC-JRC）か、表 1 に示すように専門性に応じて欧州政府機関に委ねられている。

表 1　コペルニクスの用途と運用機関

用途	区分	主管の運用機関
陸域監視	汎欧州、ローカル	欧州経済領域（EEA）
	グローバル、システマティック及びホットスポット	欧州委員会-共同研究センター（EC-JRS）
大気監視	－	欧州中期予報センター（ECMWF）
海域監視	－	MERCATOR OCEAN
気候変動	－	ECMWF
緊急事態管理	マッピング、早期警戒システム	EC-JRS
セキュリティ	国境監視	欧州対外国境管理機関（FRONTEX）
	海事監視	欧州海上保安機関（EMSA）
	外部アクション	未定

〔注〕組織名の略称は附録参照のこと。

表１から明らかなことが二つある。

１）コペルニクスは衛星による観測・監視を手段とし、海事事象に係わるあらゆるテーマを用途として「海洋と宇宙の連携」を実現している。
２）一つの宇宙インフラを多目的に利用していて、衛星がもたらす情報を複数の欧州政府機関が共用する運用体制が構築されている。

コペルニクスの中核となる衛星は、専用のセンティネル（Sentinels）と呼ばれる 6 機からなるリモートセンシング衛星である。同時に数十に及ぶサードパーティ衛星が「生の（in situ）情報」を提供する形でコペルニクスの運用に貢献している。これら衛星にはドイツの TerraSAR-X と Tandem-X（共に X バンド）、イタリアの COSMO-SkyMed（X バンド）4 機、カナダの Rardarsat（C バンド）という世界有数の商用 SAR 衛星が名を連ねている。SAR 衛星以外にも、多数の光学衛星、気象観測衛星、電波高度計衛星が参加している。

センティネル衛星の構成は以下のとおりであり、何れもコペルニクスのサービスとユーザ要求に基づいて専用にデザインされている。〔6〕

表２　センティネル衛星のミッション・打上げ実績と計画

	ミッション	打上げ状況・予定	開発	打上げ
S1	レーダー（SAR）	1A：2014.4 打上げ済 1B：2016.4 打上げ済	欧州宇宙機関（ESA）	
S2	光学（高分解能）	2A：2015.6 打上げ済 2B：2017 打上げ	ESA	
S3	イメージング（中分解能）及び高度計	3A：2016.2 打上げ済 3B：2017 打上げ	ESA	
S4	大気化学（静止軌道）	2022 以降	ESA	欧州気象衛星開発機構（EUMETSAT）
S5	大気化学（低周回軌道）	先駆衛星：2017 打上げ 2021 以降	ESA	ESA EUMETSAT
S6	高度計	2020 以降	ESA	米国

コペルニクスの宇宙コンポーネント開発は、センティネルの打上げを含めて ESA に委嘱されており、ESA は宇宙コンポーネント全体システムの設計を担当している。またセンティネル衛星は EU が所有しており、センティネルの運用は欧州宇宙庁（ESA）と欧州気象衛星機関（EUMETSAT）に信託されている。

附録２の参考文献：

〔1〕Global Earth Observation System of Systems GEOSS, 10-Year Implementation Plan Reference Document, by Group on Earth Observations

〔2〕Communication from the Commission to the European Parliament and the Council, Global Monitoring for Environment and Security (GMES): Establishing a GMES Capacity by 2008 – Action Plan (2004-2008), February 2004

〔3〕Copernicus Europe's eyes on Earth, 欧州委員会, 2015

〔4〕Money where it matters – how the EU budget delivers value to you, EC staff working paper Memo/11/469

〔5〕The Space Economy at a Glance 2014, OECD

〔6〕Copernicus the EU's Earth Observation Programme, 2016.10, Space & Ocean Policies Seminar, Tokyo University

〔7〕Copernicus the EU's Earth Observation Programme, October 2016, 「海洋・宇宙連携の今後の在り方」に関する特別セミナー、東京大学

附録３．カナダのポーラーイプシロン

カナダ宇宙戦略（CSS）は 2003 年 12 月にカナダ宇宙庁（CSA）の了承を得て発行された。CSS は冒頭で、「カナダ政府各省庁内の『宇宙』を十分かつ完全に統合する（integrate space fully and completely）ことによって各省庁に付与された使命を達成し、カナダ国民に対する政府の目標を実現する」と規定している。〔1〕

カナダ安全保障政策（Canada's National Security Policy）は 2004 年 4 月に発刊された。安全保障政策の中で、海事安全保障を強化するために 2004 年予算とは別枠で 308M$を用意し 6 項目の強化策を打ち出した。その中で、海洋安全保障オペレーションセンター（MSOC）を新たに設置し、沿岸警備隊の船舶交通通信システム及び政府のオペレーションセンターとネットワークすることと、米国との連携を強化することを明記している。〔2〕

さらにカナダは 2012 年に、「防衛 R&D カナダ（DRDC）」の一部門である「セキュリティ科学センター（CSS）」の管轄のもと、「カナダ安全・安全保障プログラム（CSSP）」に着手している。

以下の取り組みは、現在のポーラーイプシロン（Polar Epsilon）に結実していく訳だが、宇宙からの地球観測に関しカナダ政府が構想したビジョン及び戦略を窺い知る部分を以下に紹介する。

カナダ宇宙戦略の地球観測に関する記述には、環境・資源と土地利用管理、安全保障と外交政策の三項目があり、安全保障と外交政策に関して、以下の三つのビジョンを明記している。

１）カナダの陸域及び沿岸域の主権と国家安全保障問題を支援する
２）カナダ及び外国の災害管理と危機対処、重要拠点防護を支援する
３）平和維持活動や人道支援、国境を越えた問題（汚染や漁業等）などの外交政策に由来する取り組みにおいて、カナダがアクティブで目に見えるかつカギとなる役割を演じる努力を支援する

また、カナダ宇宙戦略の中に「地球観測応用開発プログラム（EOADP）」があり、環境監視、資源、国土利用管理、セキュリティと国家主権、技術とイノベーションの分野で R&D プロジェクトの成果をオペレーショナルな利用に移行させる R&D プログラムに資金提供することが記述されている。その中核となるのは RADARSAT-2 と将来の「RADARSAT コンステレーションミッション（RCM）」を使った MDA 応用の開発に対する CSA からの資金提供である。さらに CSA は SAR 分野でアクティブに活動しており、情報共有を目的としたワークショップを隔年で主催しているという記述もある。〔3〕

CSSP は全額をカナダ連邦政府予算で運営するプログラムであり、科学技術への投資を通じてカナダの安全及び安全保障を強化することを目的としている。特に、政策やオペレーション及びインテリジェンスとともに科学技術に集中することによって、自然災害や重大な事故、犯罪やテロの予測、予防、軽減、対策、対処及び復興の能力を強化することを

目指す。

上記 EOADP も CSSP も、カナダの宇宙戦略の一環として国が資金を拠出して中核的な技術開発を推進して、単に地球観測分野に留まらない国益向上の効果を見据えた戦略性を垣間見ることができる。

次にカナダが MDA システムを整備する上で、目的と狙いをどう考えたかについて紹介する。

政府が MDA システムに求める総合的な要求は、船舶の検出、判別、識別、追尾、意図の究明にある。この要求を単一のセンサーで実現することはできないため、最強のアーキテクチャは動員可能なセンサーの強みを相互補完的に組み合わせることにある。ポーラーイプシロンでは衛星データを地上局で受信して処理した後、情報処理を行い自動的にフォーマット化して所要のメッセージとし、統合して RMP（the Recognized Maritime Picture、要するに COP）とするまでを 15 分以内に行う。この情報は RMP 内でのフュージョン処理や、哨戒機や UAV、船舶などの他の捜索センサーや偵察アセットに対するキューイングに使われる。そのために RADARSAT-2 では SAR データ受信と情報処理を同時並行で実行している。〔4〕

この記述は技術的になるが、MDA システムに対する極めて的確かつ現実的な見方をしている点が注目される。特に船舶検出においてはリアクションタイム（応答時間）が何よりも重要との認識に立って、RADARSAT-2 衛星が船舶の画像を捉えてから、COP をユーザに提供するまでの時間を 15 分以内とし、それを実現するために RADARSAT-2 衛星、ポーラーイプシロンの地上局、情報処理に対する要求事項を明確にしたことが予測される。

但し船舶のように動体を監視するためには、観測頻度を向上させることが同時に不可欠な要件であり、そのためにカナダは RCM 衛星を追加してコンステレーションを形成し、更に EU のコペルニクスと相互連携の動きを進めている。

カナダ軍は従来システムに対するポーラーイプシロンの優位性を次のように評価している。即ち、衛星以外のセンサーには観測限界や運用の困難さがあるのに対して、ポーラーイプシロンは昼夜天候に左右されないため、カナダ軍の状況把握（Situational Awareness）能力を強化する。衛星画像は精密なキューイングや精密な地点での行動に使うことができる。これは哨戒機や艦船など、カナダ軍の装備の一層効率的で費用対効果の高い使い方に貢献する。〔5〕

また、MDA 社は「海事の潜在脅威を探知し識別し追尾を、航空機を使った従来の捜索に要する費用の一部で賄うことができる」と主張する。〔6〕

カナダ軍の評価は極めて現実的かつ目的志向に立ったものである。衛星を利用した新システム（ポーラーイプシロン）を導入するときに、従来装備との間でのいわゆる「ゼロサム議論」に陥っていない点は特筆すべきと思われる。

カナダの MDA システムの構成は、RADARSAT-2 と RCM という合計で４機の SAR 衛星と、オペレーショナルシステムであるポーラーイプシロンが中核となっている。ポーラーイプシロンは 2005 年 5 月に約 64.5M$で承認されたカナダ軍のプロジェクトで 2010 年 6 月に納入された。カナダの東西に二つの地上局を設置して RADARSAT-2 衛星からのデータを準リアルタイムで受信している。〔7〕

RADARSAT-2 は 1995 年に打ち上げられた RADARSAT 衛星（C バンド SAR）の後継機として 2007 年 12 月に打ち上げられた。連邦政府予算で CSA が 445M$を拠出し MDA 社に発注した。現在 RADARSAT-2 衛星は MDA 社が所有して運用している。RCM は RADARSAT-2 衛星をさらに発展させたもので、３機の SAR 衛星（C バンド）からなり、高度 600km の低周回軌道の同一軌道面上に等間隔で３機が並ぶコンステレーションを形成する。2018 年に打ち上げられる予定である。

ポーラーイプシロンは軍事オペレーションを支援すると同時に、他省庁からのデータアクセスも可能なデュアルユースで、システムはカナダ国防省（DND）が所有し運用している。

ポーラーイプシロン２（PE-2）は、衛星 AIS データを取り込むための機能付加プログラムで、約 48M$（カナダドル）で MDA 社に発注された。これにより SAR 衛星情報と AIS 情報とが融合され、船舶の識別が可能となり準リアルタイムでの MDA 能力が実現されることになる。

PE-2 に RCM が加わることによって、以下の用途が期待されている。〔8〕

１）海域の監視（海氷、油汚染、船舶監視）
２）災害管理（軽減、警報、対処、復旧）
３）生態系の監視（森林、農業、湿原、海岸変化）

準リアルタイムでの船舶検出能力は、海事安全保障センター（MSOC）が担っている。またポーラーイプシロンは RADARSAT-2 が捉えた環境データと米国 NOAA の MODIS センサー情報を MSOC へ送っている。

ここで政府と産業界の連携の視点から、MDA 社の役割について言及しておきたい。MDA 社は RADARSAT-2 及び RCM の開発、MDA の処理システム（商品名は BlueHawk）、ポーラーイプシロンの開発を担い、処理した情報を、海軍、沿岸警備隊、税関、その他法執行機関、水産庁などに提供している。BlueHawk の入力情報は RADARSAT-2 衛星データ他のレーダー、光学衛星、船舶情報（AIS、LRIT、VMS）、船舶登録データベース、船舶の写真、過去の航海履歴、気象海象データなどであり、出力は包括的な海事ピクチャ情報である。〔6〕

次にカナダが推進している国際連携の動きを紹介しておきたい。MDA に係わるカナダと外国との関係には、ファイブアイズコミュニティでの連携と米国との連携、EU との連携がある。ファイブアイズ５カ国（カナダを含む）とは、技術協力プログラムを通じて、

センサー、データフュージョン、海域状況把握、海域におけるリスク評価などのトピックスで協力している。〔3〕また米国とは米国国土安全保障省（DHS）科学技術局（S&T）に「国境と海事セキュリティ（Boarder and Maritime Security）」部門と、カナダ DRDC のカナダ宇宙戦略（CSS）との間に MOU が締結されて連携プログラムを共有している。

さらに MDA 社と欧州海事安全庁（EMSA）との間では、MDA 社が EMSA に対して航行の安全、法の執行、国境安全保障、漁業管理、海洋汚染監視の分野で RADARSAT-2 情報を提供する契約を締結している。契約金額は 4 年間で 3,100 万ユーロである。〔6〕

附録３引用文献：

１）The Canadian Space Strategy, 2003

２）Securing an Open Society: Canada's National Security Policy, 2004.4

３）Maritime Domain Awareness in the Canadian Safety and Security Program, December 2013, Government of Canada

４）Project Polar Epsilon: Joint Space-based Wide Area Surveillance and Support Capability, Directorate of Space Development, National Defense Headquarters

５）Polar Epsilon Project, National Defense and the Canadian Armed Forces, Backgrounder, 2010.6

６）MDA 社、HP

７）Polar Epsilon Project, Backgrounder, June 29, 2010

８）Canadian Space Agency、HP

附録４．欧州とカナダの取り組みが物語る教訓

はじめに附録２及び３を踏まえて、欧州とカナダの取り組みが物語る教訓を整理しておきたい。五つの切り口から総括する。①大きな構想、②戦略思考の政治決定、③目的志向のアプローチ、④プログラムの成果予測、⑤政府と産業界の新たな連携の五つである。以下に要点を列挙する。

（１）大きな構想

欧州はコペルニクス構想（当時は GMES）を描く過程で、人類が直面する大きな課題に向かい合い、欧州として何をすべきなのかを考えた結果、地球を観測し健康度を把握する手段として「環境と安全保障のための全地球観測（GMES）」というコンセプトに辿り着いた。初めから宇宙から地球を観測するあらゆるテーマ（MDA を包含）をめざした。観測スペクトルと観測頻度を向上させるため、2014 年から専用のセンティネル衛星を順次打ち上げており 2020 年以降までに６機のコンステレーションを形成する計画である。

カナダは 1995 年に打ち上げられた RADARSAT 衛星を使って、我が国の ALOS-1 衛星を使った取り組みと同じように陸域観測から始めた。能力アップした後継機である RADARSAT-2 衛星を 2007 年に打上げ、さらに 2018 年には RCM 衛星３機を打上げてコンステレーションへと進化させようとしている。2010 年にはポーラーイプシロンを完成させてシステムとし、第二弾として衛星 AIS を取り込んで MDA 能力を強化するポーラーイプシロン 2 へとシステムを進化させている。

ポーラーイプシロンも安全保障目的の船舶監視に留まらず、海氷監視、油汚染監視を含む広義の MDA を包含し、さらに災害対策、陸域を含む生態系の監視までを包含する多目的なプログラムとなっている。

EU とカナダの取り組みは、一言でいえば 2005 年 2 月にブリュッセルで開催された「地球環境サミット」第三回会議で採択された「GEOSS10 年実施計画」を着実に推進してきたことになる。当時は虎の子の政府資産だったリモセン衛星を拡充し、センサーの観測スペクトルの多様化と高性能化、及びリモセン衛星数のコンステレーション化を進め、システム全体を強化しているのが現在の段階である。

（２）戦略思考の政治決定

EU は、新しい成長とビジネス機会の創出を促進し、財政と雇用創出両面において欧州経済にポジティブな影響を及ぼすという狙いと、国際社会における EU のソフトパワーを強化する狙いから、「自由に無料で好きなだけ（a full, free and open）」のデータ政策をとり、ステークホルダーに自由に使わせ、地球を洞察する世界（a world of insight）」を提供することを考えて EU としての政治判断としてコペルニクスプログラムを推進してきた。〔1〕

コペルニクス資金の全額を EU が負担していて、欧州議会と欧州評議会、欧州委員会がプログラムの長期財政責任を保証している。EU はなぜそこまでやるのかという問いに対しては、それだけ EU 域内及び国際社会に対する戦略性を重要視しているからと答える他ない。しかも始めから「Whole of Government」プログラムとして、かつデュアルユースとして計画された政治主導の戦略プログラムである。各国が保有する監視衛星に参加を呼びかけ、欧州のアセットを統合して大きなビジネスを作り出すことを想定したプログラムなのである。さらにカナダとの連携等、初めから国際連携を推進してきた。〔1〕

カナダの場合にも、2003 年に制定されたカナダ宇宙戦略（CSS）で、政治判断として「政府内宇宙の完全統合」を明記している。初めから宇宙アセットを省毎のツールではなく国家で共有するシステムと捉えており、多目的用途とすることでそれが外交を有利に展開するカードとなることを視野に入れている。また、政府が戦略的に技術に投資することによって、R&D 成果のオペレーショナルな利用への転換を促進し、政府が資金を出し先端技術の R&D を促進し、成果をビジネスに展開して産業振興につなげるというシナリオを描いている。〔2〕

EU もカナダもともに、それが安全保障や災害監視、農林水産業、MDA 等の国益増大に留まらず、地球環境と生物多様性の保全という人類共通の課題に挑戦するための不可欠な手段と政治決定した上で、国際社会におけるソフトパワーになることも計算に含めた政治判断に基づいて推進されている点に注目すべきである。

それにしても 2003 年の G8 サミットで閣僚級の「地球観測サミット」の開催を呼びかけたのが当時の小泉総理大臣であり、地球環境サミットにおいて採択された GEOSS10 年実施計画に名を連ねていたにも拘わらず、我が国においては今日まで具体的な進展が見られないことは誠に残念と言わざるを得ない。

（３）目的志向のアプローチ

EU 独自の事情がコペルニクスの背景にあったことも事実である。それまで欧州主要国はバラバラに宇宙開発を推進してきたが、それでは費用対効果の点で問題が大きいことが明白となり、EU としてプログラムを統合することで体系的な観測を可能とし高品質の情報をステークホルダーに提供することをめざした結果、GMES が誕生したと解釈できる。個々の国が部分最適を求めることを止めて力を合わせることで全体最適を目指すことで費用対効果を高める、各国間での相当な交渉を重ねた上で辿り着いた高みの境地であることが想像されるが、そういう合理的な判断が実現してゆく点は、大いに学ぶべきではないだろうか。

カナダの場合には、宇宙利用を巡る省庁間で同じようなプロセスが実行されている。MDA に関してはどの単一の官庁も責任を負い切れない一方で、関連省庁間での協力（a multi-agency approach）が不可欠であることから、カナダの海洋安全保障を高める連邦政府としての構想を作ることを目的として、カナダ政府は１７の政府機関を集めて

省庁横断のワーキンググループ（Marine Security WG）を 2001 年に設立している。〔3〕

カナダは MDA を運用するにあたり、運用組織として、既存の組織へのミッション付与ではなく MSOC を新設したこと、沿岸警備隊が運用する既存のシステム及び政府のオペレーションセンターとのネットワーク運用を明確にしただけでなく、米国との連携を明記した点が注目される。宇宙戦略 CSS の「政府内宇宙の完全統合」方針を踏まえて、利用に関しても「衛星がもたらす付加価値情報の共用」体制を推進している点に注目すべきである。

（4）プログラムの成果予測

１項で記述したように、GMES については計画段階から経済効果について予測を立てており、EU の DGP 比 0.2%の経済効果、2006-2030 年の期間で 1,300 億ユーロの情報サービス市場におけるビジネス創出を見込んでいたことが公開されている。

欧州委員会の最近のレポートによれば、EU と ESA が 2013 年までにコペルニクスに投じた R&D 及び運用資金の総額は 24 億ユーロであり、2014 年～2020 年の間に投じる予定の資金は 43 億ユーロであるのに対して、2030 年までに期待される経済効果は 300 億ユーロと見積もられている。〔4〕

プログラムの成果に関してもう一つ注目すべきは、カナダ軍がオペレーションにおける効率性と費用対効果の点から、宇宙を利用した新システム導入の評価を肯定的かつ客観的に判断している点である。宇宙からの監視能力が付加されることによって、カナダ軍の状況把握（Situational Awareness）能力を強化し、衛星情報により精密なキューイングや精密な地点での行動が可能となる結果、哨戒機や艦船など、カナダ軍装備の一層効率的で費用対効果の高い使い方に貢献すると評価している。さらに MDA 社カタログは、「海事の潜在脅威を、航空機を使った従来の捜索に要する費用の一部（at a fraction of the cost of traditional airborne surveillance）で、探知し識別し追尾することができる」と記している。

航空機による海域捜索の場合には、あくまでも狭い海域を一筆書きで捜索する方法しか取れないのに対して、衛星を利用する場合には監視幅 100-500km 程度で観測でき、しかも衛星は約 1 時間半で地球を周回することから、単純なコスト比較をするのは無理がある。しかしながら、従来手法と衛星を利用した新手法を費用対効果として比較評価することは極めて重要であり、カナダ軍の評価は合理的である。

（5）政府と産業界の連携

既に説明したように、コペルニクスもポーラーイプシロンも、政治決定による多目的でデュアルユースのプログラムである。政府が資金を用意して基本的なインフラを整備して、産業界の情報サービスを中心とする経済活動を活性化する意思を明確に打ち出している。

用途を安全保障、災害対策、国土管理、自然環境及び生物多様性の観測と多目的とし、監視対象を海域・陸域、更にはグローバルとすることによって、「宇宙からの地球観測」プログラムの推進が長期的な経済効果を生み出すと確信しての政治決定である。この意思決定の妥当性は、2014 年の欧州委員会のレポート〔4〕だけでなく、同年に OECD がまとめた報告書〔5〕によって裏付けられている。

附録４の参考文献：

〔1〕Copernicus Europe's eyes on Earth, 欧州委員会, 2015

〔2〕The Canadian Space Strategy, 2003

〔3〕Maritime Domain Awareness in the Canadian Safety and Security Program, December 2013, Government of Canada

〔4〕Earth observation: first Copernicus satellite Sentinel 1A, European Commission Press Release, April 3, 2014

〔5〕The Space Economy at a Glance 2014, OECD

＜用語＞

第十管区海上保安本部 交通部

サブメニューが表示されない場合は セキュリティを「中」にして見てね

AISをもっと活用しよう

一般用語

用　語	解　　説
AIS	船舶自動識別装置(Automatic Identification System) 船舶の識別符号、船名、位置、針路、速力、目的地などの船舶情報をVHF帯電波で自動的に送受信し、船舶局相互間、船舶局と陸上局間で情報の交換を行うシステム。
Call Sign (コールサイン)	呼出符号(信号符字) 符号(文字、数字)の羅列であり、個々の無線局に割り当てられた識別信号。 冒頭符字列で国籍を意味する。
DSC	デジタル選択呼出(Digital Selective Calling) 遭難警報等を送受信する船舶用の通信装置で、中波、短波及び超短波を介して陸上の海岸局あるいは船舶局に設置される。ボタンを押すことにより、遭難メッセージを送信できる警報装置。
GPS	全地球測位システム(Global Positioning System) 衛星を使って現在位置を調べるための測位システム。
IMO	国際海事機関(International Maritime Organization) 国際連合の専門機関のひとつで、本部はロンドンに置かれている。 海上航行の安全性及び海運技術の向上、タンカー事故などによる海洋汚染の防止、諸国間の差別措置の撤廃などを目指している。
IMO番号	IMO船舶識別番号(IMO Ship identification number) 海事上の安全、汚染防止、詐欺行為の防止を促進させるため、個々の船にその船の識別のため恒久の番号を指定したもの。船舶の国籍が変わっても、廃船になるまでこの番号は変わらない。
MICS	沿岸域情報提供システム(Maritime Information and Communication System) 海上保安庁が、プレジャーボート、漁船などの船舶運航者や磯釣り、マリンスポーツなどのマリンレジャー愛好者などに対して、リアルタイムにインターネットなどを通じて「海の安全に関する情報」を提供しているシステム。 「海の安全に関する情報」には海上工事・作業や航行警報などがある。
MMSI番号	海上移動業務識別コード(Maritime Mobile Service Identity) DSC通信装置を搭載した船舶・地上局に認識番号として交付される番号。 9桁の数字から構成され、最初の3桁は国籍を示す。
SOLAS条約	海上における人命の安全のための国際条約(The International Convention for the Safety of Life at Sea) 船舶の安全性確保のための規則を定める多国間条約の名称。1912年のタイタニック号海難事故を契機として、1914年に船舶の安全確保のため救命艇や無線装置の装備等の規則を定める条約が締結された。これが初のSOLAS条約である。
国際VHF	船舶が沿岸海域や見通し内相互間で入出港の連絡、船位通報、航行の安全、遭難通信に使用する無線通信システム。全世界的に使われているため「国際」を冠する。 150MHz帯の周波数にはチャンネル番号が付与されていて、呼出周波数の16チャンネル(156.8MHz)で相手局を呼び出し、種別に従ったチャンネルに移動して通信を行う。 なお、VHF(Very High Frequency)は30～300MHzの周波数の電波(超短波)。
ノット	船舶の速度の単位。1ノットは1時間に1海里(約1,852メートル)を進む速度。 1海里は陸上での1マイル(約1,609メートル)とは異なる。 ノットという言葉の由来は、かつて船の速さを測るのに、等間隔に結んだ紐を水中に投下し、砂時計が落ちきるまでに流した紐の結び目(knot)を数えたことによる。

BACK

略語集

AIS	Automatic Identification System
COP	Common Operating Picture
CSA	Canadian Space Agency
CSS	1) Canadian Space Strategy　2) Centre of Security Science
CSSP	Canadian Safety and Security Program
DHS	Department of Homeland Security
DRDC	Defence Research and Development Canada
EEA	European Environment Agency
ECMWF	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
EEZ	Exclusive Economic Zones
EMSA	European Maritime Safety Agency
EOADP	Earth Observation Application Development Program
EUMETSAT	European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites
FRONTEX	European Agency for the Management of Operational Cooperation at the External Boarders of the Member States of the European Union
GC	Global Commons
GEOSS	Global Earth Observation System of Systems
GMES	Global Monitoring for Environment and Security
GMSA	Global Situational Awareness
GPS	Global Positioning System
HSPD	Homeland Security Presidential Directive
IoT	Internet of Things
JRC	Joint Research Center
LRIT	Long-Range Identification and Tracking
MDA	1) Maritime Domain Awareness　2) MacDonald Dettwiler and Associates
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
MSOC	Marine Security Operations Centres
NMIO	National Maritime Intelligence-Integration Office
NSMS	National Strategy for Maritime Security
NSPD	National Security Presidential Directive
RCM	Radarsat Constellation Mission
RMP	Recognized Maritime Picture
SAR	Synthetic Aperture Radar
VMS	Vessel Monitoring System
WMD	Weapons of Mass Destruction
WSSD	World Summit on Sustainable Development

安全保障のための MDA

発行者：特定非営利活動法人　宇宙利用を推進する会
〒100-0014
東京都千代田区永田町二丁目 9 番 6 号
TEL (03) 6205-7957　FAX (03) 6205-7958
URL：http://www.co-jaspa.or.jp
e-Mail：info@co-jaspa.or.jp
発行日：平成 29 年 1 月 31 日（第 1 刷）
平成 29 年 3 月 23 日（第 2 刷）

本稿の無断転載はお断りいたします。