

安全保障を 考える

ここに掲載された意見等は、執筆者個人のもので、本会の統一の見解ではありません。

安全保障に係る海洋状況把握：

MDA (Maritime Domain Awareness)

—宇宙利用の観点から—

会員 畑 中 裕 生

はじめに

我が国は、周りを海に囲まれており、国土面積では世界61位(38万k㎡)であるが領海及び排他的経済水域合わせた面積では世界第6位(447万k㎡)となる。近年、我が国の排他的経済水域内で膨大なメタンハイドレートの存在が確認され、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。また、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、船舶が航行する海上交通路は我が国の生命線である。海洋は時として外敵の侵略を防ぐ大きな楯となり、我が国が貿易を行う通路となり、また多くの資源をもたらしてくれる。このように我が国は、国家の存続と繁栄を海洋に大きく依存しており、海洋の状況を知ることは安全保障上極めて重要である。しかしながら、その「海洋」の状況を常続的に掴むことは極めて困難であり、我が国経済水域内の状況さえ、断片的にしか把握できていない。

一方、リモートセンシング衛星の発達により、宇宙からの地球監視が大きくクローズアップされてきた。光学、レーダーの技術が発達し、大型衛星による広範囲の監視や高性能な衛星の小型化など、衛星による広大な海域をカバーする海洋監視の可能性

が現実のものとなってきた。また、近年の AI（人工知能：artificial intelligence）の発達が目覚ましく、宇宙からの膨大な画像データを AI によって処理することが可能となってきた。

本稿では、このような情勢を踏まえ、安全保障の見地から海洋の状況をつかむこと、海洋状況把握（MDA：Maritime Domain Awareness、以下「MDA」という。）について、宇宙利用を中心に考察していきたい。なお、MDA に特化した衛星（複数）を打ち上げるには膨大な予算が必要である。本来であれば、安全保障に係る MDA のための衛星全てを防衛省独自で打ち上げ、所有することが望ましいが、防衛予算を大きく圧迫する。このことが、衛星による MDA 体制構築を阻んでいる原因の一つであり、本稿では、民間衛星を使用する等、より現実的な方策を模索していくこととする。

1 MDA とは

MDA は、2001 年 9 月 11 日の米国同時多発テロを契機に、海洋に関する状況をより効果的に知るためには情報の統合化が死活的に重要であるという考えから生まれた。米国の輸出入の 90%が海上輸送であり、また海洋はテロリスト、海賊、密輸業者などが麻薬や武器、大量破壊兵器などの密輸や攻撃を行うもつとも広大な無政府エリアでもある。2013 年にホワイトハウスが「the National Maritime Domain Awareness Plan for the National Strategy for Maritime Security：NMDAP」をリリースし、MDA 体制のアップデートが図られた。これによると、「MDA とは、米国の安全保障、経済及び環境に影響を与える海洋領域に関する状況を効果的に知ること。MDA（の対象）は、海、大洋、航行可能な水路に隣接或いは関係する全てのエリア及び物を指し、海洋関連活動、インフラ、人、貨物、船舶その他の運搬物を含む。」と定義されている。

一方、我が国においては「海洋状況把握に係る関係府省等連絡調整会議（平成 27 年 10 月）」において、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」と定義されている。

どちらも海洋に関連するほぼ全ての物、事象を対象としていることがわかる。これらをカテゴリー別に分けると、次のとおり広義の MDA と狭義の MDA に分けることが出来る。

- ① 狭義の MDA : 安全保障に係る MDA であり、我が国の安全保障上重要な海域における艦艇、公船、不審船等の情報の取得や船舶の積み荷の把握、違法行為船舶の発見、遭難船舶・航空機の発見等
- ② 広義の MDA : 上記狭義の MDA の項目に加え、海洋資源、生態系の把握、海洋環境保全上必要な情報、海象の把握等

MDA のカバーする範囲はこのように広範囲に及ぶが、本稿においては特に対象を安全保障に絞った MDA について考察する。なお、海中の状況把握についても MDA の対象となるが、海中の状況把握だけで膨大な検討と議論を要するため今回は水上に絞って考察していく。

2 MDA に関する我が国の状況

(1) 政府の状況

我が国においては、平成 28 年 7 月に総合海洋政策本部において、「我が国の海洋状況把握すなわち MDA の能力強化に向けた『我が国の MDA 能力強化に向けた取り組み』を決定、関係府省・機関が連携して、海洋観測を強化するとともに、衛星情報を含め、広範囲な海洋情報を集約し提供する『海洋状況表示システム』を新たに整備する。」(安倍総理発言 (28.7.26)) との方針を策定した。この方針策定は MDA にとって大きな前進とみられたものの、海洋情報を集約する「海洋状況表示システム」の整備・運用は海上保安庁が行うこととされ、安全保障に係るセンシティブな情報、すなわち防衛省が扱う秘密以上の軍事情報については言及がなされなかった。また、平成 30 年 5 月 15 日に第 3 期の「海洋基本計画」が策定され、初めて「海洋状況把握 (MDA) の能力強化」が独立した項目として記載され、MDA 重視の施策を打ち出した。

この中で「主として防衛省・自衛隊、海上保安庁及び内閣官房 (内閣情報調査室) 等が保有する艦艇、巡視船艇、測量船、航空機、情報収集衛星等や沿岸部設置のレーダー等の効率的な運用と着実な増強に加え、JAXA の ALOS - 3、ALOS-4、SLAT S 等の各種衛星及び民間等の小型衛星 (光学衛星・SAR 衛星) 等の活用も視野に入れ、また、同盟国、友好国等と連携し、情報収集体制強化を通じて、MDA 能力を強化する」と防衛省・自衛隊や海保のアセットと ALOS などの衛星を組み合わせた防衛省・自衛隊の役割にかなり踏み込んだ内容となった。

一方、防衛省は、2014 年 8 月に「宇宙開発利用に関する基本方針について (改訂版)」を公表し、この中では「(前略)・・・なお、人工衛星を利用した海洋の監視 (MDA) に

については安全保障のみならず、経済・環境など様々な海洋に係る活動等を効率的に監視することを目的とした取り組みであることから、そのあり方については引き続き同盟国などと議論を重ねつつ政府全体における検討に寄与する。」としている。この表現からわかることは MDA については政府全体として議論すべきであり、防衛省はその達成に寄与（補佐）するという消極的な表現にとどめている。25 大綱においても「宇宙空間及びサイバー空間における対応」という項目を掲げているが内容的には SSA（Space Situational Awareness）が中心であり、警戒監視の強化については言及があるが海洋の状況を総合的に把握する MDA については言及されていない。

前述の第 3 期「海洋基本計画」は、決定されたばかりであり、これに基づく防衛省・自衛隊の具体的な方策もこれから策定されることと思われ、今後、MDA 体制をどのように構築するか注目される。

（2）MDA 活動の現状

現在、安全保障に係る MDA（以下、「MDA」という。）に類似する活動としては、主として海上自衛隊及び海上保安庁が行っている活動がある。（このほか、陸・海自衛隊による沿岸監視や水産庁による漁業監視等がある。）海上自衛隊では、現在、哨戒機が我が国周辺海域を監視しているほか、必要に応じ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している。

一方、海上保安庁は、AIS による我が国沿岸の監視及び衛星搭載 AIS、SAR 画像（ALOS-2 や外国の民間衛星）による海上の状況把握、航空機・巡視船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の常時把握については限定的である。例えば哨戒機の監視を例にとれば、哨戒機は、広大な海域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。一つの目標を確認したなら次の目標へと移動していくため、最初に飛行した海域のその後の状況は把握できない。

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。即ち、敵がどこに居るのかが分からず、これに対処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。このように我が国においてはその周辺海域全ての状況を常に把握しているわけではなく、平時のみならず有事に至るまでの海洋状況の把握、即ち、MDA の確立が必要である。

（3）MDA 体制構築の必要性

MDA 即ち、海洋の状況を把握することにはどのような効果があるのだろうか？ 第 1

章で述べた MDA の定義から「安全保障に係る MDA」の対象とするもの、即ち、狭義の MDA は我が国の安全保障上重要な海域における艦艇、公船、不審船等の情報の取得や船舶の積み荷の把握、違法行為船舶の発見、遭難船舶・航空機の発見等である。具体的な例で示すと、平時においては対象国艦艇等の安全保障上注目する艦船を出港から入港まで行動を監視することにより、どのような海域でどのような艦艇が、どのような行動（又は訓練）を行っていたのかを把握する貴重な情報となり、有事の作戦に役立てることが出来る。また、注目すべき船舶の港における物資の積載状況などから大量破壊兵器などを積んだ船舶を特定、行動を把握、関係国に通報することも可能である。更に遭難船舶、航空機の発見、位置情報の把握や海上保安庁関連ではあるが、油の垂れ流し等の違法行為船舶などの発見にも寄与することが出来る。

有事においては、敵艦船のニア・リアルタイムな情報の取得は海上作戦においては作戦の成否を決するバイタルな情報であり、敵の行動を常に把握し、適時適切な対処が可能となる。また、海上作戦のみならず、敵艦船情報は、陸上自衛隊の部隊の展開や国民保護等、時間がかかる作戦等にも極めて有効に活用できる。更に、島嶼防衛においては、敵の輸送船団の積み荷の状況すなわち、どのような装備をどのくらい積載するのかを把握することは、その後の我が国の作戦の成否に大きく影響する。

これは、MDA 効果のほんの一例であり、このほかにも様々な活用方法や効果が期待できる。MDA を確立することは「海洋の状況を把握する。」ということであり、安全保障の立場から言えば、

- ① 様々な脅威をいち早く認識する「海洋脅威認識 (MTA: Maritime Threat Awareness)」
- ② 有事の際に敵（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「海洋情報優越 (MIS: Maritime Intelligence Superiority)」

を確立することにほかならず、「情報優越」については過去の戦史が示すとおり勝利の絶対条件である。

3 MDA に使用されるセンサー

MDA に使用されるアセットは、衛星、哨戒機、艦艇、UAV が上げられ、これらは MDA 体制の確立上、極めて重要なビークルであるが、紙面の都合上、本稿では宇宙利用すなわち衛星を利用した MDA について述べる。衛星に搭載され、MDA に使用されるセンサーは、光学/IR、AIS、SAR 及び ELINT が上げられる。

(1) 光学/IR

光学/IRについては、SARに比べ、高分解能であり、詳細な分析が可能である。しかし光学は夜間には観測できず、光学/IRとも雲等気象状況に左右され、タイムリーな情報収集ができない。また撮像範囲もSARに比べ狭い。近年は夜間においても撮影可能な光学センサーの開発や広範囲・高解像度の衛星、或いは多数の光学小型衛星が打ち上げられる予定であり、SARには及ばないもののMDAのセンサーとして有効活用が期待できる。また我が国においては先進光学衛星ALOS-3（観測幅70km、分解能0.8m、以下「ALOS-3」）がH32年度打ち上げ予定である。

一方、SLATSのように超低高度（200-300km）の軌道で打ち上げられた衛星は小型でも、光学での高分解能の実現が期待される。海外においてはBLACK SKY（米）が2020年までに60個の小型衛星（分解能1m）を打ち上げる予定である。

今後、光学機器の発達に伴ってMDAへの貢献度は増すとみられるが、雲等の気象条件に大きく左右されるという欠点があることから、常時広範囲の海域をモニターするというMDAの主センサーとしてではなく、重要船舶の詳細な情報（積み荷や行動態様など）の取得という特定の目的に限った使用が望ましい。また、港湾における船舶等の積み荷の状況（何を積んでいるのか、特に武器弾薬、大量破壊兵器等）の監視は極めて重要で、これには光学/IRによる情報収集が適している。

（2）AIS（船舶自動識別装置：Automatic Identification System）

AISは船舶同士が互いの位置や針路、速力等をデータ交換して、衝突を防止するための装置である。AISは①国際航海に従事する300総トン以上の全ての船舶、②国際航海に従事する全ての旅客船、③国際航海に従事しない500総トン以上の全ての船舶に装備が義務付けられているが、これに該当しない、例えば300総トン未満の漁船などは装備の義務はない。

海上保安庁は、沿岸部にアンテナを設置して沿岸部の船舶の航行を把握しているほか、民間会社と契約して衛星からのAIS情報を入手している。

AISの利点は船舶の名称、種別、一針路等多くの情報を入手することが出来るという点であるが、欠点としてAIS装備を義務付けられていない小型船舶（これがかなり多い。）はAISを発信せず、全ての船舶を識別できるわけではないこと、VHF波を利用しているため見通し線以遠の船舶情報を入手することが出来ないこと及び故意にAIS情報を遮断したり、偽の情報を送信することが出来ることである。見通し線以遠の船舶情報を得るため、前述のとおり衛星にAIS受信機を搭載し船舶情報を得るという海外のサービスが始まっている。但し、衛星によるAISの受信については同時に多くの

船舶の電波が受信されるため混信し、殆どの船舶情報が得られない欠点がある。

衛星 AIS 情報のサービスについてはカナダの Exact Earth 社やアメリカの Orbcom 社が配信サービスを行っている。Exact Earth 社ではアメリカの Harris 社と協力し、通信衛星である Iridium 衛星の新たな更新計画 Iridium Next において、衛星 60 機に AIS 受信機の搭載し、2018 年から逐次運用を開始している。これは通信衛星である Iridium 衛星によってデータ転送を行うため、AIS 信号を受信してから、使用者の画面に表示されるまでのタイムレートを 1 分以内に抑えることが出来、また 60 機の衛星によりほぼ全世界を同時にカバーするとともに、多数機を使うことによる混信の防止等の対策も取られている。

我が国では、ALOS-2 において初めて SAR と AIS を搭載して試験が始まっている。AIS 衛星による船舶情報の入手は、非常に効果的と考えられるが、前述したとおり、多くの目標からの混信の問題は未だに解決されておらず、船舶集中海域においては多くの船舶の情報が受信できない状態となっている。

(3) SAR (Synthetic Aperture Radar : 合成開口レーダー)

SAR は MDA における最も効果的なセンサーである。これは衛星が軌道上を移動中にレーダー波の送受信を繰り返し、仮想的な大口径アンテナを作り出すことによってこれを合成して分解能を向上させ、目標の形を映し出すレーダーである。現在、我が国でも P-1 哨戒機などに装備されているほか、IGS (Information Gathering Satellite : CSICE が運用する情報収集衛星)、ALOS2 などの衛星にも搭載されている。SAR はレーダーであるので昼夜間を問わず、また雲等の気象に左右されることなく観測が可能である。

SAR 搭載の衛星は短時間で長距離を移動できるため、MDA に必要な広範囲な海域を短時間で探索することが可能である。欠点はレーダー波を送信するための大電力（光学衛星に比して）が必要であり大型となることである。また撮影範囲を広げると解像度は低くなり、範囲を狭めると解像度は高くなる。

我が国では、ALOS 2、IGS 及び ASNARO 2 (Advanced Satellite with New system Architecture for Observation) が代表的な SAR 衛星であり、世界に目を向けてみると RADARSAT 2 (加)、Terra SAR-X (独)、Cosmo-Sky Med (伊) などがある。

現在、運用中の国内外の衛星は狭い範囲では船舶の識別は可能であるが、我が国周辺海域全般をカバーするような広範囲では船の存在はわかっても、目標の識別は困難である。平成 32 年度打ち上げ予定の ALOS-4 は観測幅 200 km、解像度 3m を達成する計

画で、今後の MDA の主センサーとなり得る衛星である。

カナダ MDA 社 (RADARSAT 2 を運用する会社) は 2018 年新たに RCM (RADARSAT Constellation Mission) という MDA に適した衛星 3 機を打ち上げる予定である。

一方、小型 SAR 衛星の開発は驚異的な速度で進行している。フィンランドの Iceye (約 70kg) は小型ながら解像度 3m 観測範囲 50 km×100 km を実現する計画で 2019 年までに 6 機、以後、最大 30 機以上を打ち上げる予定である。この他、Capella Space (米) (50kg 級) や Terran Orbital (米) (50kg 級) など今年中に初号機を打ち上げる予定であり、このような外国ベンチャー企業による SAR 衛星の開発が急速に進んでいる。

我が国では QPS 研究所小型レーダー衛星 (100kg 以下)、革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) などがある。小型衛星に関してはベンチャー企業が多く参入しており、外国勢がかなり進んでいるように見受けられる。表-1 に SAR 衛星の性能を示す。

表-1 SAR 衛星の性能 (分解能/観測幅)

	衛星	解像度/観測幅
日 本	ALOS-2 (約 2t)	60m/490km、3・6・10m/50・50・70km、3m/25km
	ASRAR02 (450kg)	16m 以下/50km、2m 以下/12km 以下、1m 以下/10km
	ALOS-4	3m/200km 平成 32 年度打ち上げ予定
	SLATS(380kg)	超低高度 (200-300km) 小型衛星 (光学) 2017 年 12 月打ち上げ
	QPS 研究所小型レーダー衛星(100kg 以下) 1m/・・	
	ImPACT (100kg 級) 1m/・・	
独	TerraSAR-X	3.3-40m/270km、1.2-3.3/30km、0.6-1.1/10km
加	RADARSAT-2	約 5m・125km (Extra-Fine)、1.6/20 km (Ultra-Fine)
加	RCM	不明
伊	Cosmo-Sky Med	10-200km 1-100m
芬	Iceye (70kg)	3m/50km×100km (2019 年 6 機)
米	Capella Space (50kg 級)	1m/・ 2018 年に初号機打ち上げ 3 年間で 36 機
米	Terran Orbital (50kg 級)	20m/200km 7m/30km この他、SIGINT 衛星、AIS 衛星、光学衛星。 2018 年に初号機打ち上げ

(4) ELINT 衛星

ELINT 衛星は主に艦艇等の発射する電波、ミサイルから発射されるテレメトリー信号等を宇宙空間でとらえ、その位置を把握するものである。通常、2-3 機の衛星でコンステレーションを組み、敵或いは対象国艦艇から発出された電波の到達時間差等により艦艇位置を特定する。ELINT 衛星はピンポイントの位置がわからないものの、探知範囲は広大で 初探知センサーとして非常に有効である（電波の指向性や強弱により探知範囲は異なる。）なお既に中国は 2010 年に ELINT 衛星初号機（Yaogan9A）を打ち上げ、現在まで 3 機 3 個編隊計 9 機を打ち上げている⁽³⁾。また ELINT 衛星は対象国の艦艇のみならず陸上（内陸部も可）の軍事施設の電波情報を取得することが出来る。

我が国においては ELINT 衛星の開発は現在のところ計画されていないが、自民党政務調査会宇宙・海洋開発特別委員会は、新大綱、中期防衛力整備計画に向けての提言「宇宙領域での防衛に関する基本的考え方について（2018 年 4 月 25 日）」の中で「電波情報収集衛星による電波発信源の追跡と小型光学衛星、SAR 衛星を活用した高時間分解能を実現」と ELINT 衛星の保持について初めて言及した。このような動きに合わせて、MDA 体制の一要素としてのみならず、様々な情報収集のツールとして ELINT 衛星を早急に整備する必要がある。なお、本稿では MDA を水上目標に限るとしているが、潜水艦による基地との通信において、これ（潜水艦と本国司令部との通信）を傍受することで潜水艦探知の機会は大幅に増加することになり、その効果は大きい。

4 MDA 体制の構築

第 2、3 章で述べたことを踏まえ、次に MDA の構築について述べる。前述のとおり、衛星に搭載されるセンサーとしては SAR、AIS、光学/IR、ELINT が考えられ、これらを組み合わせることになる。MDA 体制構築におけるキーワードは、

- ①近い将来を見据えた MDA 体制の構築。そのためには、
- ②大型衛星と小型衛星の組み合わせ、及び
- ③政府衛星と民間衛星の組み合わせ、
- ④AI を使用した MDA システムの構築、
- ⑤マルチユース、
- ⑥抗堪性の保持
- ⑦将来に向けて－即応型小型衛星、ELINT 衛星、である。

(1) 近い将来（現在を含め）を見据えた MDA 体制の構築

「安全保障に係る MDA」はとりもなおさず作戦に深く関与することから、あるべき姿としては MDA に特化した衛星を防衛省が打ち上げ、運用するのが望ましい。しかし、前述のとおり、MDA に特化した、且つ防衛省独自の衛星を多数打ち上げようとする、莫大な予算が必要であり、その実現はかなりハードルが高く、これに拘ってはいは、いつまで経っても MDA 体制は構築できない。

従ってまずは現在、或いは近い将来に利用可能な政府衛星や商用衛星等を利用して、限定的ではあっても構築可能な MDA 体制を確立し、徐々にあるべき姿に近づけるといふやり方が最も現実的と考える。以下、これについて説明する。

(2) 大型衛星と小型衛星の組み合わせ

MDA においては先に述べたように広大な海域を「識別ができる」程度の解像度で撮影できる SAR 衛星が必要であり、これは ALOS-4 のようにやはり大型にならざるを得ない。(将来の技術の発達により、更に小型化すると思われる。) また目標となる船舶が動いているため、これを追尾することが必要である。従って広域監視についてはある程度の解像度で撮影できる大型の SAR 衛星で、詳細な識別及び追尾については詳細に監視できる小型衛星で、という組み合わせが最も効率的であると考えられる。

大型衛星と小型衛星の観測頻度と衛星数の関係は表-2のとおりとなる。但し、これは約 500 km×1,000 kmの海域（東シナ海がこれに相当する。）をカバーすることを念頭において、衛星の性能を将来的に大型衛星：観測幅 500 km、解像度 10m、小型衛星：同 50 km、3m と仮定した試算であり、例えば ALOS-4 の期待性能（同 200 km、3m）とは尺度が異なること、また衛星数は極軌道衛星として算出しているが、実際には異なった軌道を組み合わせることにより、更に効率的（衛星数の減）となることを断っておきたい。

表-2 MDA に必要な衛星数と観測頻度

観測頻度	大型 SAR 衛星数 (広域搜索、識別、追尾)	(超) 小型 SAR 衛星 (追尾、詳細識別)	衛星総数
4 時間	9	6	15
3 時間	12	8	20
2 時間	18	12	30
1 時間	36	24	60

※1 大型衛星は、観測幅 500 km、小型衛星は 100 km、「安全保障のための MDA」（宇宙利

用を推進する会 H29.1) を参考として算出

※2 算出における衛星の軌道は極軌道（赤道に対して 90 度の傾き）であり、軌道の傾き（赤道に対して 90 度未満）により観測頻度が同じ場合でも衛星数は少なくなる。

一方、光学/IR による監視は情報の入手、港湾における監視が効果的と考える。前述のとおり夜間や気象条件に大きく左右されることから目標の追尾には向いていないが、港湾等の狭いエリアの詳細な監視ができるため、港で停泊中の船舶を監視し、どのようなものを積むのかを確認し、当該船舶が出港した後はこれを SAR 衛星で追尾する。また、漁船と判別しにくい工作船等の不審船を出港時光学/IR 衛星で確認しておき、出港後は SAR 衛星で追尾する。

IR は光学で確認できない熱源を探知できることから、光学との組み合わせにより識別の確度が向上する。なお積み荷が大量破壊兵器である場合は、その移転を阻止するための貴重な情報となる。また、有事の際は輸送船等に搭載される武器（SSM や SAM 等）や弾薬（機雷を含む）などの情報は以後の陸上、海上及び航空作戦に大きく影響することから、その確認は非常に重要である。

光学衛星においては前述のとおり光学/IR 衛星では ALOS-3 が 32 年度に打ち上がる予定であり、これは大型 SAR 衛星を補完するアセットとして期待できる。

以上、述べたセンサーの特徴を考慮して目標の種類や情報要求の形態を考慮して効果的な MDA を考えると、①広範囲に存在する目標の識別は大型 SAR 衛星、目標が艦艇の場合はこれに加え ELINT 衛星、②狭い範囲で詳細に識別が必要な目標は小型 SAR 衛星、光学/IR 衛星、③常時監視する必要がある目標は主として艦艇、哨戒機、UAV で行うことが効率的である。目標の種類や情報要求の形態に応ずる具体的なセンサー等は次のとおりとなる。

①海上に存在する船舶の発見・識別

大型 SAR 衛星と AIS 衛星を主用、光学/IR 衛星補用（将来的に ELINT 衛星も活用）

②艦艇・船舶の追尾

小型 SAR 衛星を主用、高頻度の追尾では必要に応じ即応型小型衛星

③船舶等の詳細な確認（積荷等）

小型衛星（SAR、光学/IR）、要すれば哨戒機、UAV

④船舶等の常続的監視

哨戒機、艦艇、要に応じ即応型小型衛星

⑤対象国港湾監視（艦艇・不審船（工作船等）出港状況、艦船・船舶の積み荷（武器、弾薬、大量破壊兵器等））

SAR 衛星（大型、小型）、光学/IR 衛星（IGS と連携）

（3）政府衛星と民間衛星の組み合わせ

表-2 のとおり MDA に使用される衛星（以下、「MDA 衛星」という。）数は、観測頻度は短くなるほど増加する。観測頻度 3 時間では大小の衛星併せて 20 機程度であるが、1 時間にすると大型衛星でも 36 機、小型衛星を含め計 60 機の衛星が必要となり、多額の費用が必要となる。従って、先ずはより現実的な方法を考えることにする。観測頻度を 4 時間（大型衛星 9 機）或いは 3 時間（大型衛星 12 機）とし、追尾頻度を 1 時間（小型衛星 24 機）とすれば重要な目標を 1 時間の頻度で、また対象海域全般の水上目標の情報を 3~4 時間ごとに取得できる。大型衛星 9 機~12 機は政府衛星で、それに加えて IGS 及び民間の小型衛星を組み合わせることによって、非現実的ではなくなると考える。

近い将来の状況を見ると、大型衛星では先に述べた ALOS-4 や 2018 年から打ち上げられるカナダ MDA 社の RCM（3 機）が利用可能となると思われる。（なお、現在稼働中の ALOS-2、TerraSAR-X、Cosmo-Sky Med 及び RADARSAT-2 も使用可能である。）

将来、ALOS-4 に代表される我が国の衛星に加え、RCM のような MDA に特化した衛星 3 機を利用すると計 4 機となり、これに IGS を加えると利用可能衛星数は 8 機となる。

（IGS のレーダー衛星は将来的に 4 機となる計画である。）IGS については、陸域の情報収集が主であるため海域の画像をフルに収集出来るとは限らないが、協力して効率的な情報収集が可能と考える。また、RCM をはじめ民間の大型衛星も他の顧客との競合で撮影できない場合も出てくるのが考えられる。

従ってこの不確定さを補完するため、MDA のための大型衛星を最低でも 2~3 機程度は政府が打ち上げる必要があると考える。例えば先ほどから名前が挙がっている ALOS（Advanced Land Observing Satellite）は陸域観測技術衛星として運用されているが、更に海域監視衛星として、AMOS-1,2,3? (Advanced Maritime Observing Satellite)を打ち上げ、MDA に利用したらどうであろうか？

一方、大型衛星 1 機分を小型衛星 25-30 機で代替するというオプションも考えられる。その小型衛星についてみると、追尾 1 時間で必要数 24 機と、将来的には十分に可能と考える。表-2 のとおり、Iceye 社は最終的に小型衛星を 30 機以上、Capella Space 社においても 36 機の小型衛星を打ち上げる予定である。まさにこれからは小型衛星の時

代と言われるが、小型の SAR 衛星が数百機上がってもおかしくはないと考える。

(通信衛星においては、Oneweb が 648 機の衛星 (150kg) を打ち上げ、衛星インターネット網を構築する計画であり、Space-X に至っては、4,425 個の通信衛星 (386kg) を打ち上げる計画である。)

但し、海外の商用衛星は大型小型に限らず、他の顧客との競合で撮影できない場合も出てくること、50~100kg 級の小型衛星では、(電力系の関係から) 撮影頻度が著しく限られ、指定海域上空を通過しても電力の関係から撮影できないケースもあることを念頭に置かなければならない。商用衛星や小型衛星の限界を理解して MDA 体制を構築すべきである

(4) マルチユース (MDA (我が国及び友好国)、陸上偵察、民間、科学的)

MDA 衛星を例えば防衛省が独自で打ち上げるとすると膨大な予算が必要となり、現実的ではない。従って MDA 衛星については政府全体の予算で打ち上げること及び民間衛星を活用すること、安価な超小型衛星を活用すること、IGS と連携して情報を収集すること等、あらゆる情報ソースから情報を取ることが必要である。また MDA に特化した衛星を持つにしても、それは秘密のベールに包まれたものではなく、MDA から得られた情報を、必要とする全ての組織等 (民間を含む) に広く活用できるものとするべきである。この場合、政府全体の予算で打ち上げる衛星を主として大型衛星 (もちろん海外の民間衛星も利用) とし、様々な用途に対応できる衛星或いはシステムを構築する。

先ほど言及した陸域監視の ALOS に加えて、マルチユースな海域監視衛星 AMOS (Advanced Maritime Observing Satellite) の打ち上げも一案である。SAR 画像は MDA に活用するほか、気象海象データの取得や IR を搭載することによって海面温度調査等科学技術や漁業調査等、様々な方面に活用する。また災害時の被害状況や遭難者の発見等、用途は極めて広い。なお MDA 衛星により得られたデータはそのままでは役に立たない。幾度かの画像処理及び AI による目標の識別等の分析を経て、初めて重要な情報となる。

従って MDA のデータは全て防衛省が入手、分析し、軍事的に機微な情報は防衛省・自衛隊のみが取得・使用し、秘密に属さない一般の情報は民間等にオープンするというフィルターを設け、情報を広く利用できるようにすることが重要である。

防衛省が利用する情報については自国で利用するほか、同盟国、準同盟国に提供し、我が国周辺の安全保障の強化に貢献するとともに友好国との関係強化も図ることが出

来る。

更に状況が許せば、MDA 衛星で陸域の情報収集も行うことが出来、IGS を補完することが出来る一方、民間に対しては船舶の航行状況はもとより、漁船群の活動状況から、当該年度の漁場（よく獲れる海域）の情報や年別の漁場の推移から魚の移動状況、これに海水温度を合せることによって科学的な魚の行動等を分析することが出来る。

このように MDA 衛星は政府民間に開かれた衛星、すなわち誰でもが使える衛星とし、分析過程においてユーザーを選別するという方策を構築することが必要である。

このようなことから MDA 衛星そのものを防衛省が独自で所有・運用する必要はなく（あるべき姿は防衛省独自の衛星が望ましいが）、防衛省は情報要求を発し、入手したデータを AI 等により分析、評価する機能を持つことを目指すべきである。（ELINT 衛星、即応型小型衛星については、今後検討が必要である。）重要なことは、防衛省が MDA に関する目標惜別、分析、評価機能を持つことであり、これが「安全保障に係る MDA」の根幹である。

（5）AI を活用した識別

最近の AI の発達はめざましく、急速に発展してきている。前述の如く、MDA 衛星で撮影した SAR 画像を識別するためには膨大な人力を必要とし、事実上不可能である。しかし、これを AI で代替させることにより、膨大な目標の識別が可能となり、大幅な人員・時間の節約ができる。

AI が実際に効果を上げるためには膨大なビッグデータが必要である。ここで重要なのが AIS である。先に紹介した Exact earth 社の AIS であればタイムレート 1 分以内で AIS データの取得が可能であり、この AIS データと SAR データの照合から SAR 画像の識別を学ばせる。また AIS を出していない艦艇等はカタログ等で学ばせるのである。AI が急速に発達した背景にはディープラーニングの手法が編み出されたことに加え、画像認識や音声認識の技術が発達したことが大きな要因であると言われているが、AIS やカタログデータの画像と SAR 画像照合（ディープラーニング）から、船舶識別を行うことは、AI が最も得意とするところである。

このように考えると、AI は MDA を最も発展させるに適したツールであると考えられる。なお平成 29 年度に防衛装備庁は、「人工知能による ISR 能力の向上に係る調査」について入札を行う等、防衛省内においても AI を使った ISR（MDA だけでなく ISR 全般）処理についての研究が始まろうとしている。

（6）抗堪性の保持

宇宙利用が急速に進む中で、宇宙における脅威も増している。衛星に対する脅威としては、①ASAT、②ロボットアームでの捕獲、③衛星に衝突する衛星、④デブリ、⑤地上から妨害電波等を衛星に発射してジャミングする方法等、多くの脅威が存在する。詳細は省略するが、これらの脅威に対して MDA 衛星を守らなくてはならない。

これに対しては SSA による宇宙監視を充実させること、キラー衛星やデブリに対して回避機能を持たせること（大型衛星）、小型衛星を多数打ち上げることによって、リスク軽減を行うこと、同じく政府衛星、民間衛星、大型衛星、小型衛星等使用する衛星にバリエーションを持たせ、リスク軽減を行うこと、地上からのジャミングに対する回避機能を持たせること（大型衛星）等様々な処置が考えられ、これらを総合的に組み合わせて MDA 衛星の抗堪性を高めることが必要である。

（7）将来に向けて 我が国独自の MDA 衛星—即応型小型衛星、ELINT 衛星

MDA を有事には作戦に反映させるため、商用衛星に頼っていては有事の場合に大事な場面で情報を逃す可能性もある。即ち、海外の商用衛星は他の顧客との競合で撮影できない場合が出てくるし、撮影画像を購入する予算上の制約もあるため、いざという時に情報が取れない可能性がある。将来的には大型衛星については我が国独自の衛星、小型衛星もなるべく我が国の衛星でカバーすることが重要である。また、有事の場合には、作戦海域のニア・リアルタイムの情報が必要になる。

従って、（衛星による）撮影頻度を上げる必要があり、このような場合に即応型小型衛星を上げるという体制を構築すべきである。（即応型小型衛星については、これだけで一つの論文となるほどの多くの検討が必要であり、ここでは省略する。）

一方、将来に向けての MDA 体制の一翼を担う ELINT 衛星については、極めて秘区分の高い情報を扱うため防衛省独自で打ち上げ、保有しなければならない。十分な衛星の能力と解析のノウハウを確立できれば、敵艦艇や潜水艦の探知に大いに寄与できるものとする。

5 MDA システム

MDA 情報の流れを下図に示す。なお、下図は、あくまでも「近い将来（現在を含め）を見据えた MDA 体制における情報の流れ」であり、実現可能と思われる範囲で検討したものである。

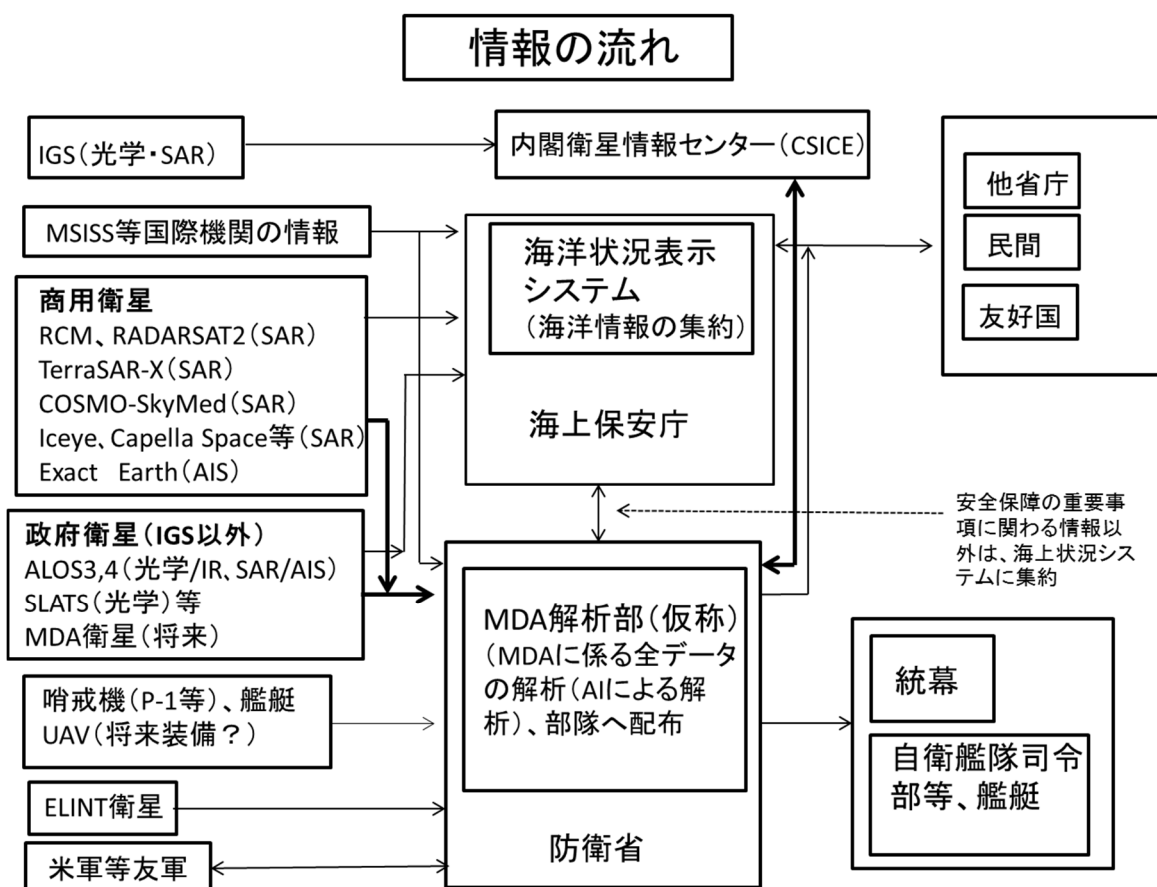


図 MDA システムの情報の流れ

情報ソースは図の左のとおりであり、MDA の主体となる政府衛星及び商用衛星の情報は防衛省のみならず、海洋状況表示システムにも配布される。防衛省においては、政府衛星及び商用衛星の情報その他の膨大な情報を AI 等のツールを使って解析し、必要な情報を得る。必要な情報とは、第 2 章で述べたような情報であるが、状況により、その優先度は異なる。

この場合、防衛省内では情報本部が解析を行うのか、統幕や海上自衛隊が行うのかについては、防衛省内部の組織の所掌に関わることであり、ここでは言及しない。

ここで解析された情報は統幕を通じて必要な部隊に配布されると同時に、安全保障に関わらない情報や安全保障に係る情報でも、海上保安庁などが必要な情報は海洋状況システムを通じて所要の組織、機関に伝達される。また米軍等の同盟国、その他の友好国にも必要な情報が配布される。

この体制において重要なのは、得られた膨大なデータの分析は防衛省で行い、安全保障上重要な事象や目標を部隊に配布することである。

おわりに

以上、安全保障に関する MDA について私見を述べてみた。本文中に何度か言及しているが、MDA について今年 5 月の第 3 期「海洋基本計画」の策定において、初めて「海洋状況把握（MDA）の能力強化」が項目として立ち上がり、MSA 重視の姿勢を示したものの、MDA の確立には多額の経費が必要であり、また、今すぐに活用できる衛星がないことから「安全保障に関する MDA」については中々、具体的な議論にまで至らなかった。

しかし、近年の衛星技術の発達（大型 SAR 衛星の高性能化、ベンチャー企業による小型 SAR 衛星の開発等）や AI による画像分析技術の発達により、近い将来に MDA の確立、即ち、海洋における COP（Common Operational Picture）の確立が可能となってきた。

MDA 体制構築においては、ニア・リアルタイムに対象海域の情報を把握できるということを最終目標にして、まずは現在及び近い将来に利用可能な衛星等を念頭に置き、AI 等を使ったシステムを構築することが重要である。

安全保障に係る MDA は

- ①様々な脅威をいち早く認識する「海洋脅威認識（MTA: Maritime Threat Awareness）」
- ②有事の際に敵（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「海洋情報優越（MIS: Maritime Intelligence Superiority）」である。MDA 体制の構築は、作戦の成否を決定づける重要な機能の一つである。防衛省の今後の動きに期待したい。

脚注

(1) ALOS（Advanced Land Observing Satellite：陸域観測技術衛星）

2006 年 1 月に宇宙航空研究開発機構（JAXA）が打ち上げた地球観測衛星「陸域観測技術衛星（Advanced Land Observing Satellite）」で、日本語名は「だいち」、世界最大級の地球観測衛星、地図作成、地域観測、災害状況把握、資源調査などへの貢献を目的としている。ALOS は 2011 年に運用を停止し、2014 年に後継機である ALOS-2 が打ち上げられ、現在運用中である。後継機として、先進光学衛星 ALOS3（2020 年度打ち上げ予定）、先進レーダー衛星 ALOS4（2020 年度打ち上げ予定）されている。（JAXA ホームページより編集）

(2) SLATS (Super Low Altitude Test Satellite : 超低高度衛星技術試験機)

JAXA が 2017 年 1 2 月に打ち上げた超低高度衛星技術試験機。日本名は「つばめ」。ガスジェットに比べ燃料の使用効率が 10 倍良いイオンエンジンを採用し、また、大気の抵抗が小さくて済む小型の衛星を開発し、超低高度でも長期間にわたって軌道を維持するための技術を実証する。超低高度での飛行を可能にすることで、地上により近くなるため、光学画像の高分解能化、観測センサ送信電力の低減、衛星の製造・打ち上げコストの低減などが期待される。小型高分解能光学センサーを搭載。

(3) UCS Satellite Data Base2014、Jane's Space Systems and Industry
2013-14

[筆者プロフィール]



畑中裕生 (はたなか ひろお)

1955 年生れ

防衛大 (22 期 航空工学)

筑波大学修士 (経営政策科学)

15 年 7 月海将補 大湊地方総監部幕僚長

第 2 航空群司令 (八戸)

海幕指揮通信防衛部長

統幕防衛計画部長

21 年 7 月海将 海上自衛隊幹部学校長

航空集団司令官

24 年 12 月退職

現在 IHI 顧問

NPO「宇宙利用を推進する会」研究員