



宇宙からの海洋監視

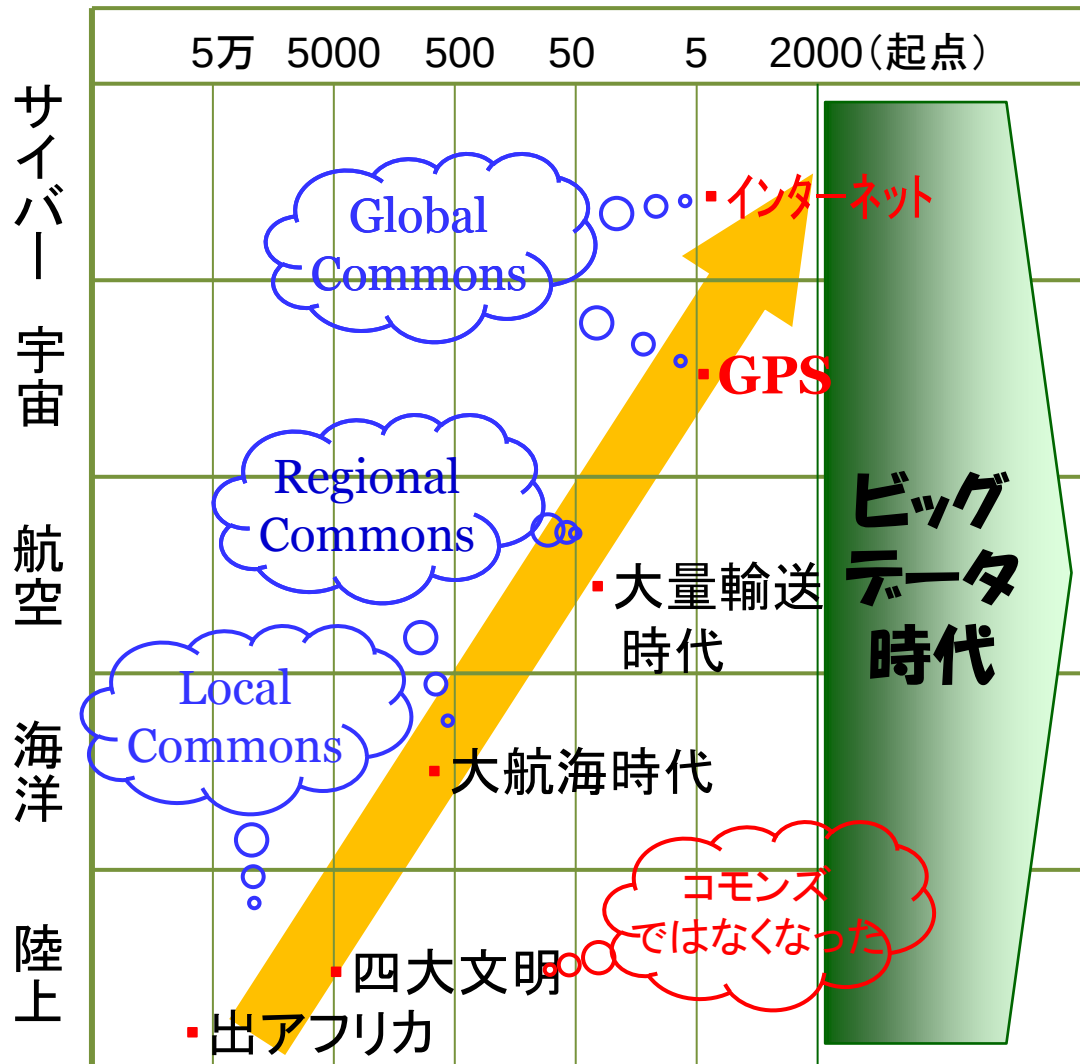
2014年9月18日

NPO宇宙利用を推進する会

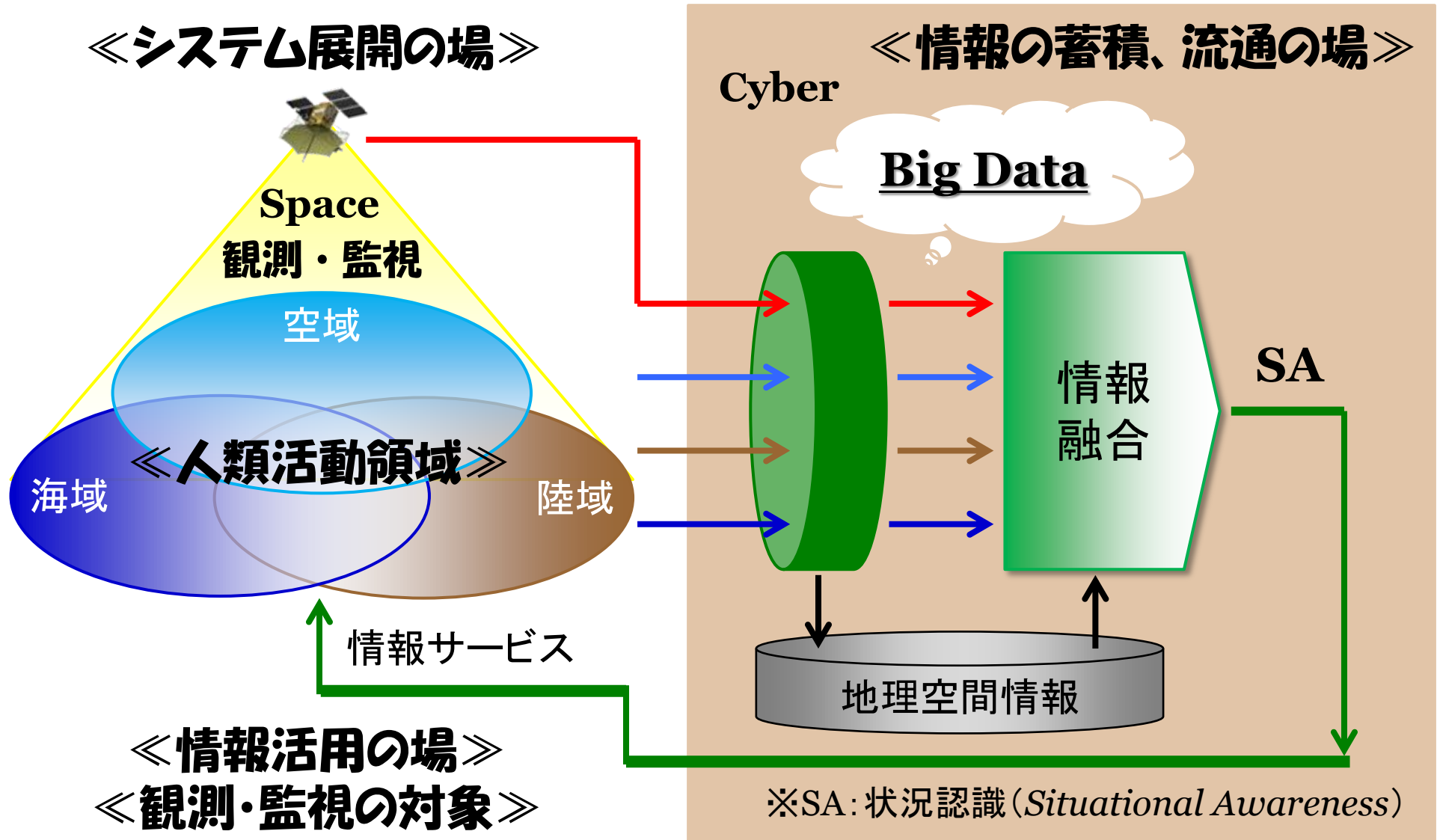
技術調査部長 木内 英一

- 1. 人類共有地からの俯瞰**
 - 2. 地政学、グローバルゼーション、DUT**
 - 3. なぜ、いま海洋監視か**
 - 4. 海洋のための宇宙利用の歴史**
 - 5. 人工衛星からの観測、現状と動向**
 - 6. 我が国の現状**
 - 7. 将来を展望する**
 - 8. 我が国の挑戦課題**
- 附録：リモセン衛星が捉えた船舶事例**

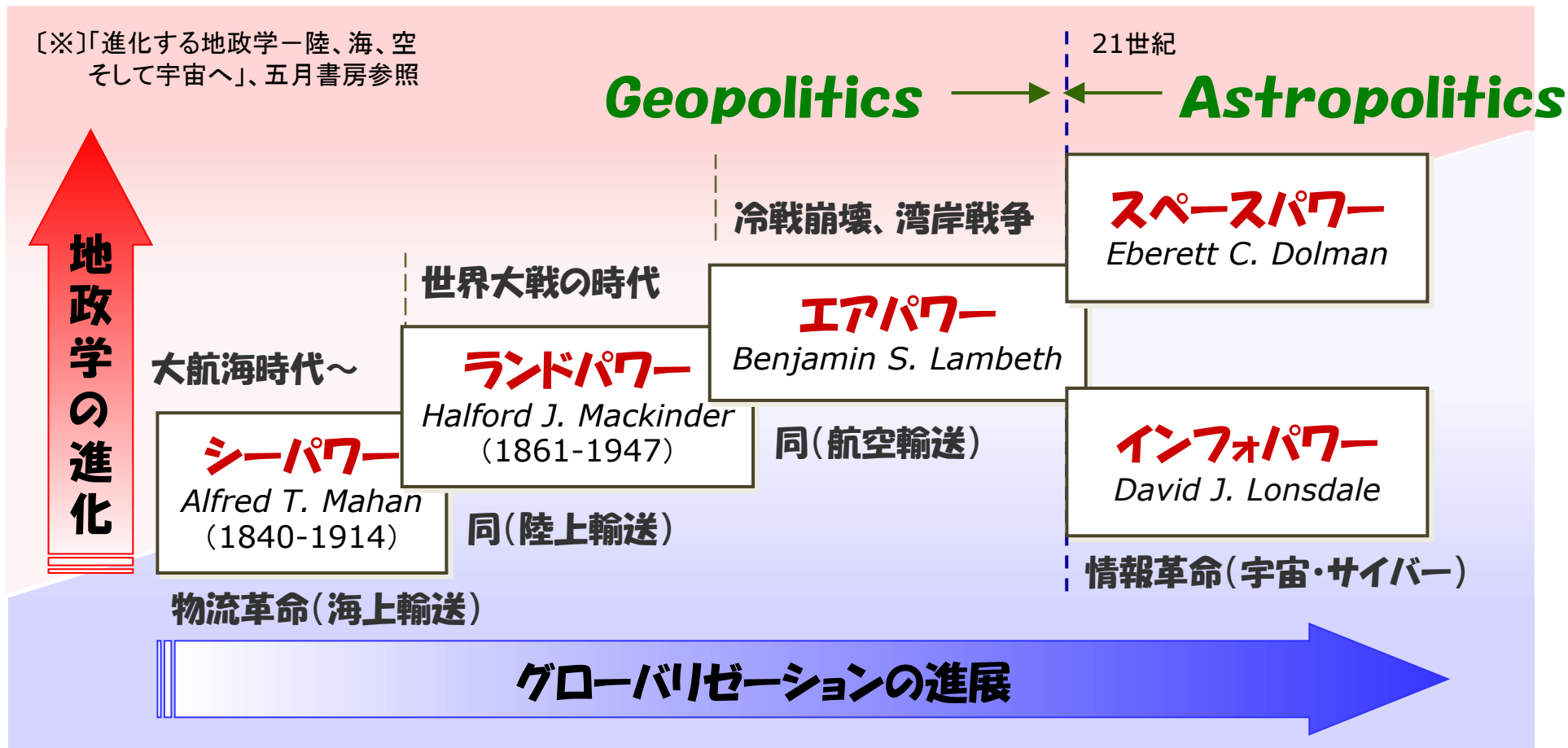
「人類共有地の拡大」という進化



海洋と宇宙、サイバーの関係



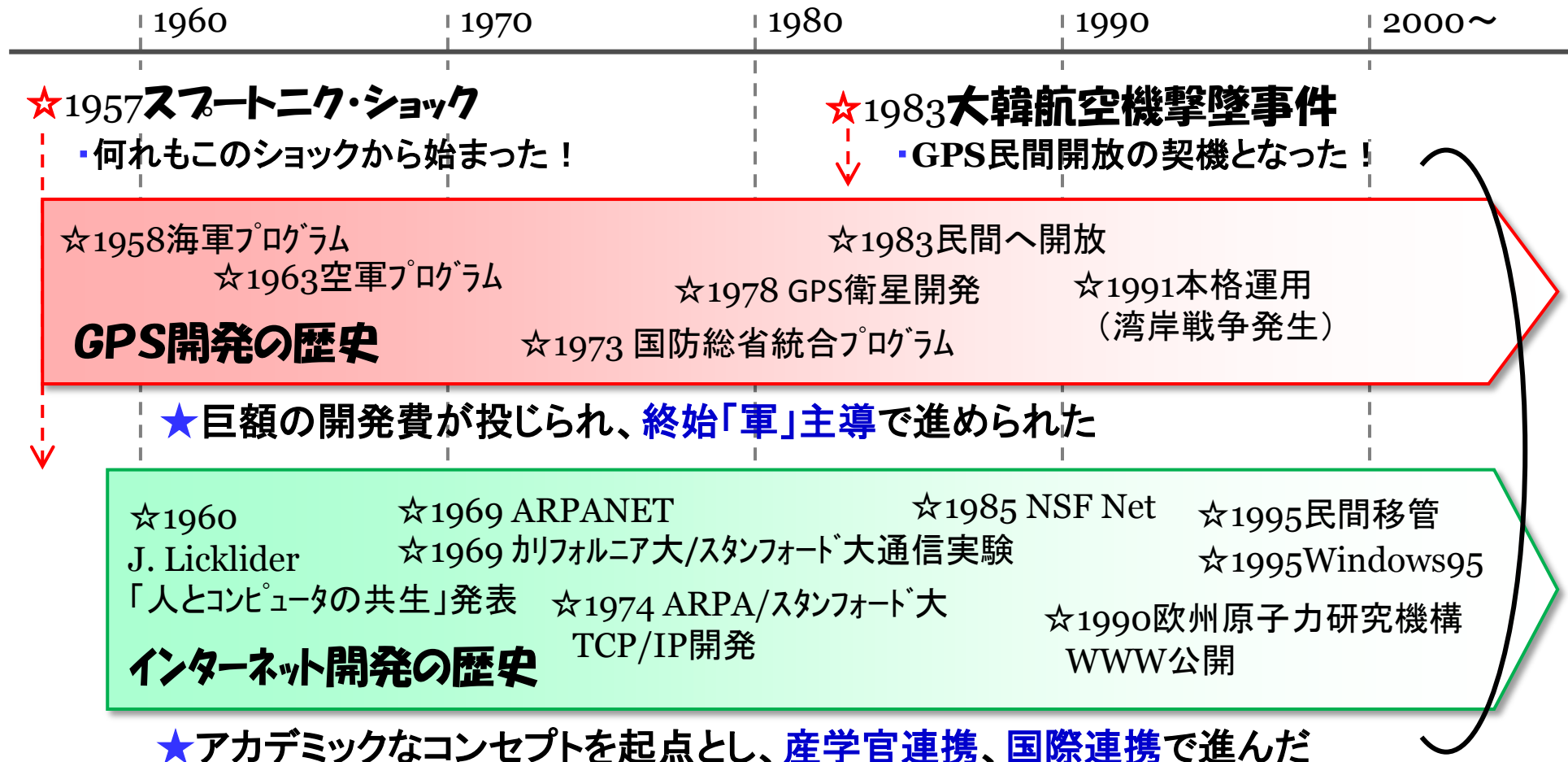
地政学の変遷



グローバリゼーションは物流革命と情報革命がもたらした！
宇宙は、経済活動及び安全保障における戦略的共有地となった！

宇宙 / サイバーを開拓したDUT

◇二つのDUTは、共通の起点を持ち、対極の開発経緯を辿った。



そして、何れも人類の公共財となった。

[注]DUT: デュアルユース技術、ARPA: DARPAの前身、NSF: National Science Foundation

海洋監視のグローバルな課題

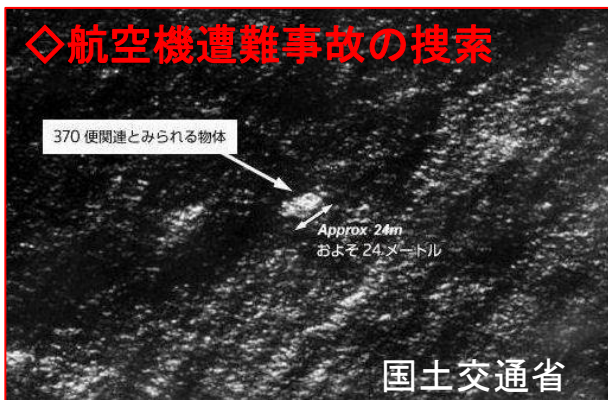
◇津波と流出物の監視



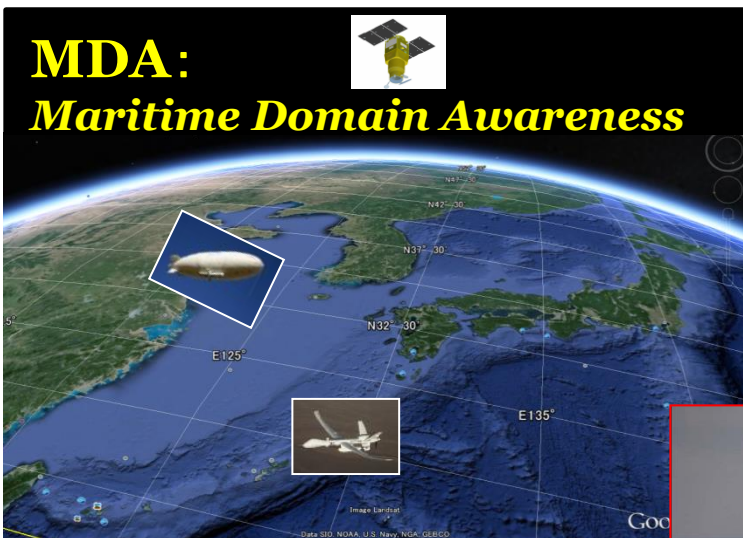
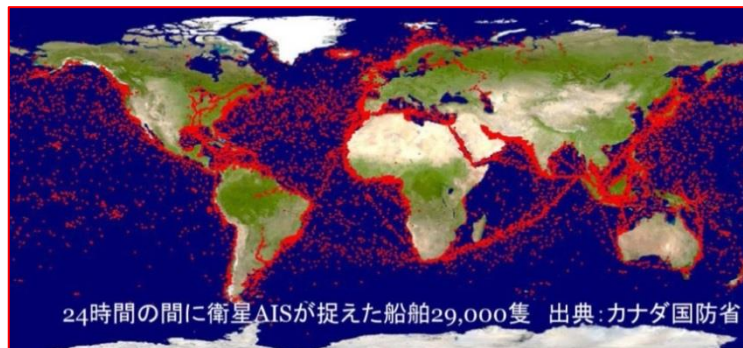
◇海賊の監視



◇航空機遭難事故の搜索

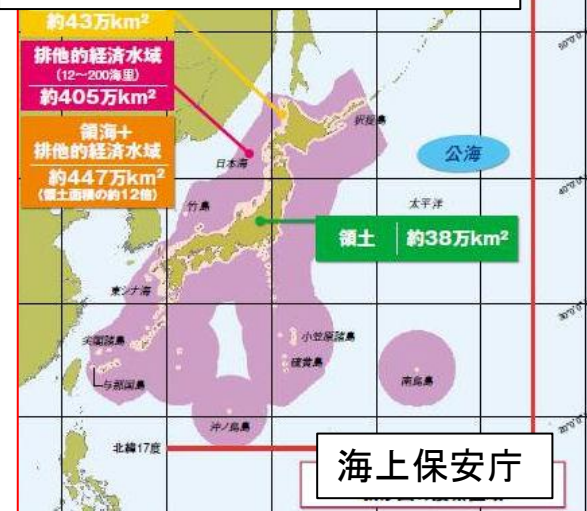


◇船舶の監視



◇海底油田事故と流出油監視

◇要衝海域の常続的監視



◇北極海 海水観測



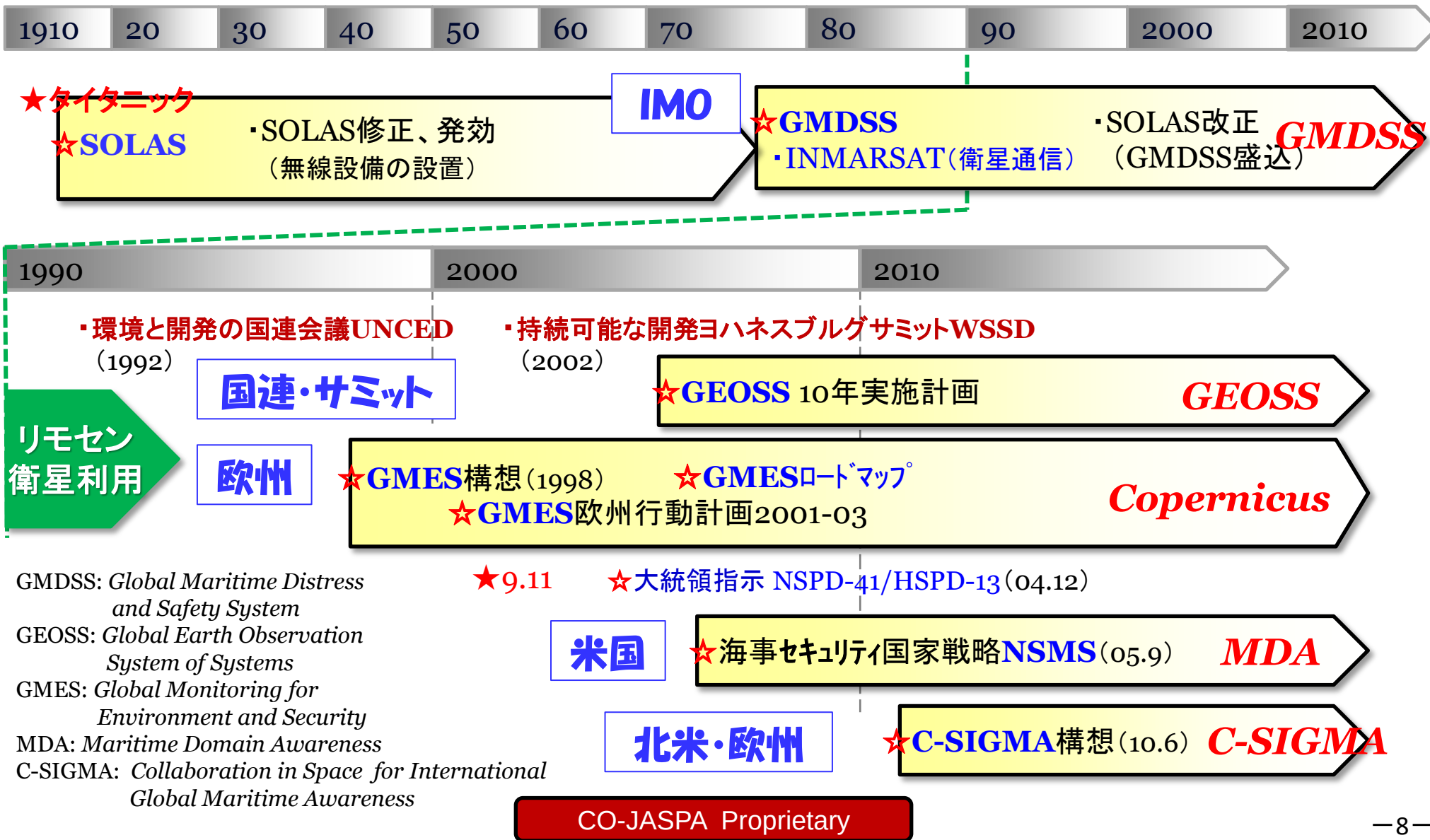
なぜ、いま海洋監視か

- ◇ 昨今、国際情勢は不安定化し、自然災害の激甚化が目立つ
- ◇ グローバルでリアルタイムの海洋状況認識ニーズが高まった

	《 課題 》	《 監視観測対象 》	《 主なセンサー 》
監 視	事件・事故 ・尖閣等 不測事態 ・不審船、三密 ・9.11 テロ ・アデン湾海賊 ・DWH海洋汚染	船舶 人工物 ・流出油 ・流出物	・合成開口レーダ (SAR) ・光学センサー (可視、赤外)
観 測	自然・環境 ・3.11 地震・津波 ・北極海航路 ・地球規模の海洋循環 ・地球温暖化 ・生物多様性	・海氷 ・潮流、海温等 ・温暖化ガス分布 ・プランクトン等	・マイクロ波高度計 ・マイクロ波散乱系 ・マイクロ波放射計 ・光学 (可視、赤外)

[注]DWH: メキシコ湾海上石油基地爆発事故 (Deep Water Horizon)

海洋のための宇宙利用 歴史と動向



◇ 欧州はEUの枠組みの中で、タフな調整を重ねてGMES構想を練り上げ、長期戦略として計画的に推進してきた

◆ 6つのサービス

1. 観測情報提供

海域監視

陸域監視

大気監視

2. 領域横断プログラム

緊急事態管理

セキュリティ

気候変動活動

◆ 2014から完全運用開始

◇ 戦略プログラム

- ① インフラはEU共有資産、運用は多目的、情報は共用
- ② 単なる研究プログラムでなく、経済プログラムである
 - 投資: 23億€ (EUが28%、EU諸国が72%負担)
 - 経済効果: 1300億€ (2006-2030) を目論む
- ③ 政治的戦略性をめざす
- ④ 長期運用と計画的な新技術開発を同時促進
- ⑤ 情報共有化による欧州全体の経済成長を刺激

◇ 産学官連携によるスパイラルな推進

・ 実証研究 → 成果公開 → 評価 → 計画に反映 → …

★2001.9.11同時多発テロ

- 2001.10 [NSPD-9](#) (*Combating Terrorism*)

★対テロ戦争**GWOT** (*Global War on Terrorism*) を宣言
→2001.10 アフガン戦争・・・

- 2002.11 国土安全保障省DHS設立 18万人

- 2003.2 [HSPD-5](#) (*Management of Domestic Incidents*)

★CBRNEテロ攻撃に対する 国土防護体制構築を指示

- **CBRNE**: *Chemical, Biological, Radiological, Nuclear, Explosive*

- 2004.12 [NSPD-41/HSPD-13](#) (*Maritime Security Policy*) ←

- 2005.9 **NSMS** (*National Strategy for Maritime Security*)

★海からの脅威に対し、**MDA** (*Maritime Domain Awareness*) の構築を指示

補足: NSPD/HSPDは
G. W. Bush大統領が
発行した指示書
NSPD: 国家安全保障
HSPD: 国土防護

◇MDAは、「米国の安全保障、安全、経済、環境にインパクトを与えるグローバルな
海事領域に関連する全ての事柄を効果的に理解すること」である。

国際連携の枠組：C-SIGMA

Collaboration in Space for International Global Maritime Awareness
(グローバルな海洋状況認識のための宇宙における国際協力)

◇目的

- ・海洋航行の安全と安全保障

◇実現手段(画期的着眼)

- ・各国が運用する沿岸域の監視システム
衛星AIS、非軍事監視衛星の連携と
国際的なデータ相互利用

◇C-SIGMAとは

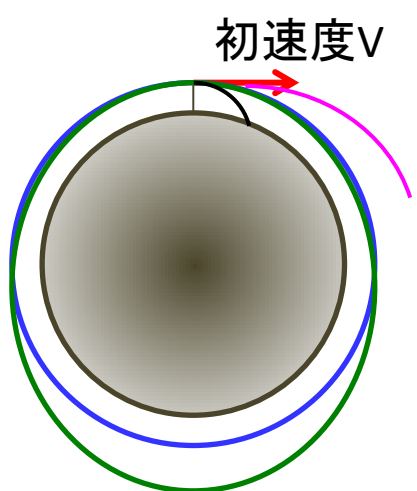
- ・海事監視情報の相互利用とアクセスを
実現するための国際的な枠組み作り

◇C-SIGMA開催経緯

- ・2011年早期に、欧州委員会/米国間で推進について合意
- ・2011.6ESA、2012.5NATO、同.11カナダ大使館(W.DC)、2013.6アイルランド
→**2014.12.8-9に、第5回の東京開催(霞が関ビル)が決定**



人工衛星の基本知識



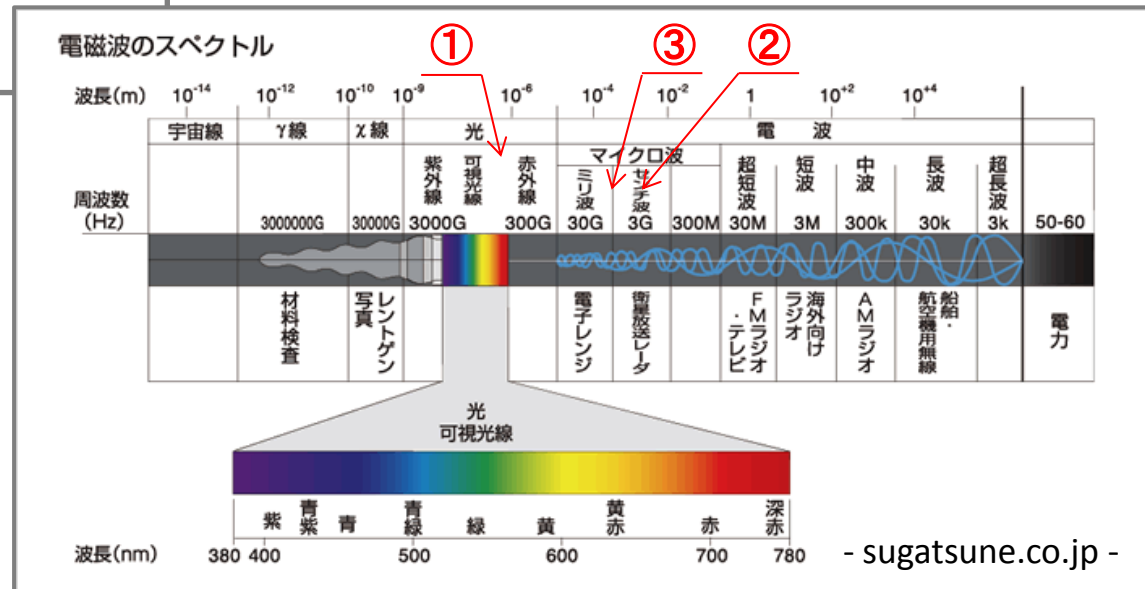
- ・if $V < V_1 \rightarrow$ 弾道落下
- ・if $V_1 \leq V < V_2 \rightarrow$ 人工衛星
- ・if $V > V_2 \rightarrow$ 重力脱出
- ・ V_1 : 第1宇宙速度
= 約7.9km/s
- ・ V_2 : 第2宇宙速度
= 約11.2km/s

◇人工衛星の軌道

- ・地球の重力で落下しないよう
低軌道程、高速で周回
- ・赤道上、高度35,786kmで、
回転速度＝地球の自転
(静止軌道)

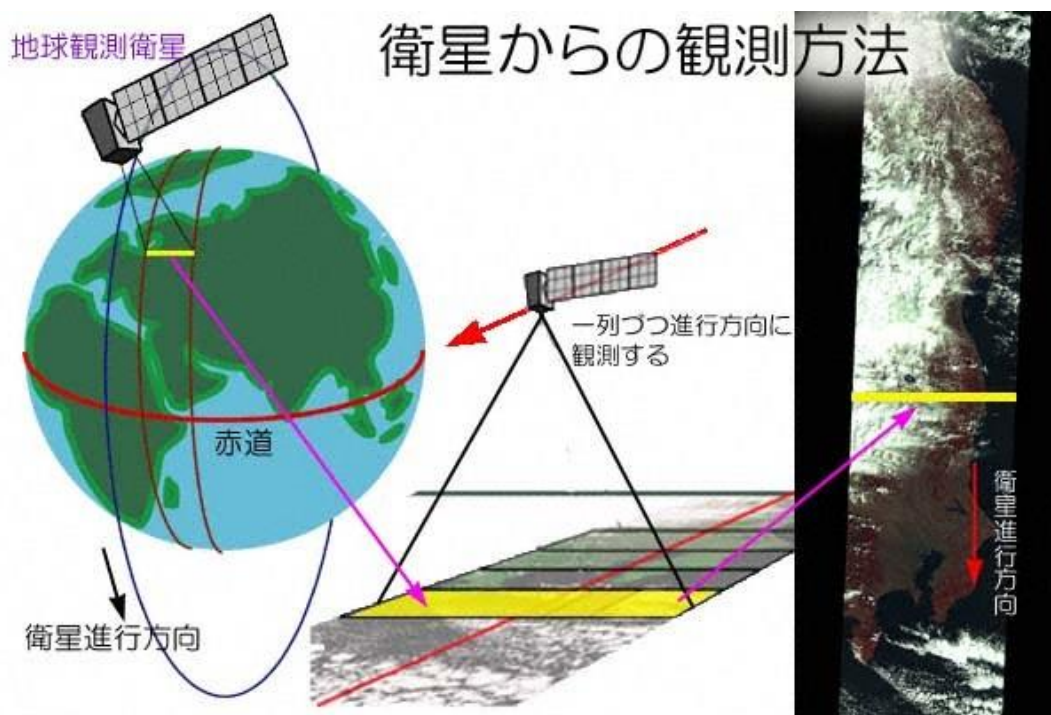
◇リモートセンシングのスペクトル

- ①光学系: 可視～赤外
(陸域・海域からの輻射を観測)
- ②レーダ(SAR)系: L帯、C帯、X帯
- ③マイクロ波放射計: マイクロ波
～ミリ波帯の複数スペクトル

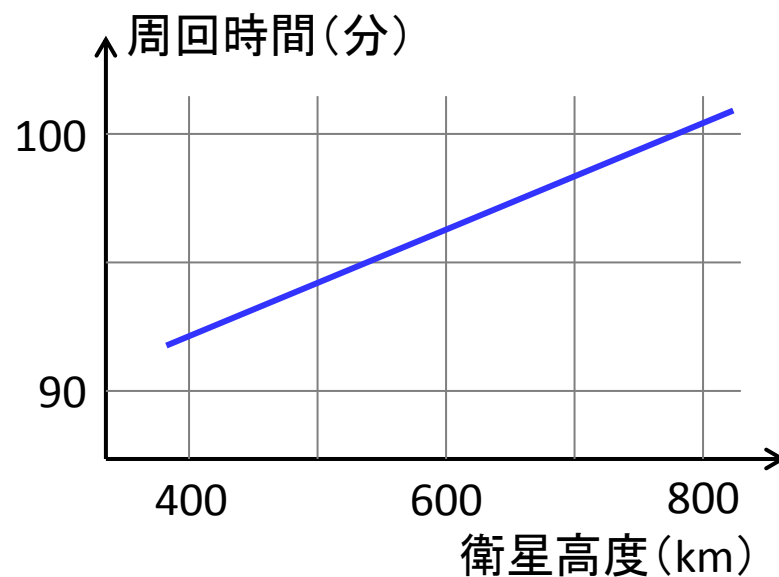


地球観測の仕組み

- ◇衛星は南北に周回、地球は東西に自転
→地球観測は自ずからグローバルかつ地理空間情報形式
- ◇リモセン衛星の大半が「太陽同期の極軌道」
→太陽と衛星軌道面の関係は年間を通じて不変、常に同じ時刻に撮像可能



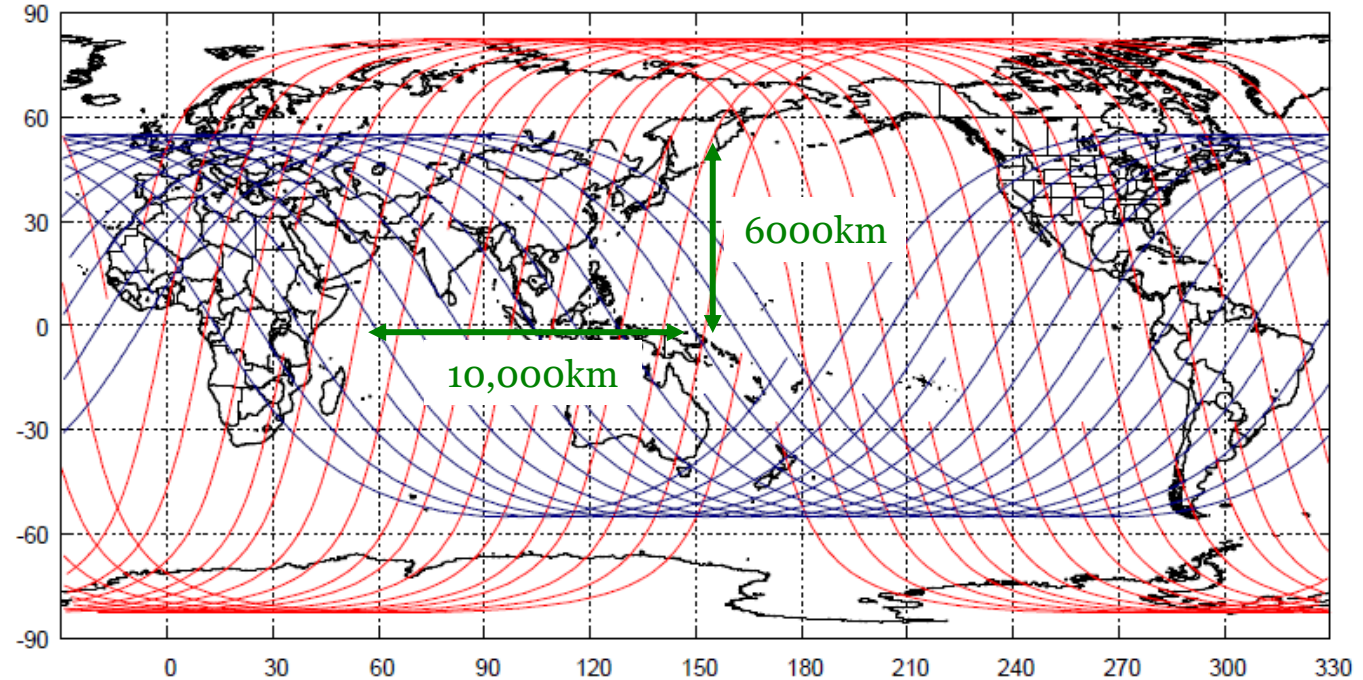
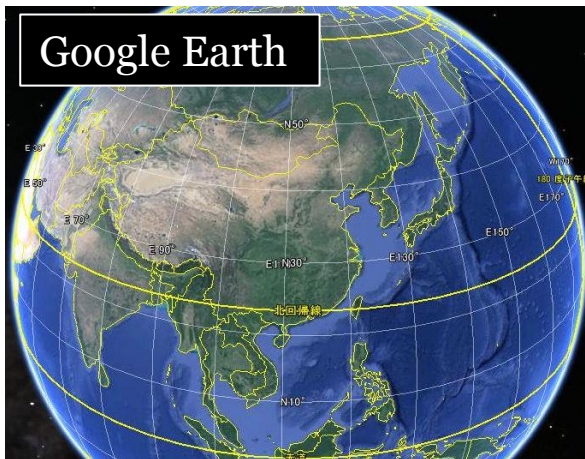
- ・衛星高度は400-800km、地球を南北に約90-100分で周回する。



出典(独)情報処理推進機構

海洋監視イメージ

- ◇我が国領海～EEZ～中東からのシーレーン、更には北極海に至る
広大な海域を**常続的に監視**する手段はリモセン衛星にない！
- ◇ただし、**船舶等の動態監視**には、少なくとも3時間程度の観測頻度が必要

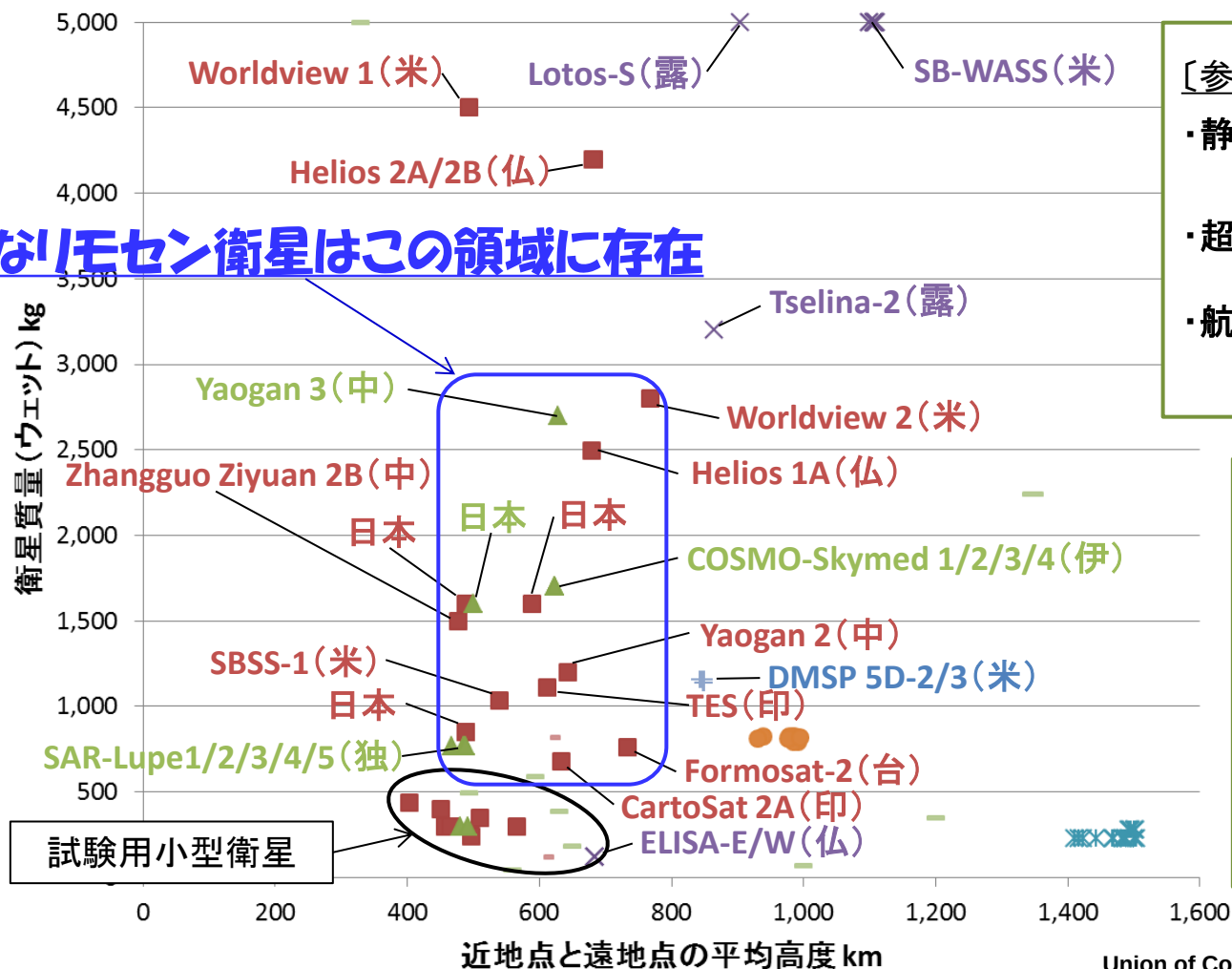


※右図は、光学衛星(赤)、SAR衛星(青、軌道傾斜角 55°)各8機(2軌道に4機配置)が3時間の間に飛来する概念図

世界の軍事衛星

静止衛星、超大型偵察衛星等、特殊衛星を除く、世界の軍事衛星(2011年12月時点)

主要なリモセン衛星はこの領域に存在



[参考]本図枠外の特殊衛星

- ・静止衛星: 高度約36,000km
質量1-6トン
- ・超大型偵察衛星: 質量14-18トン
高度約600-800km
- ・航法衛星: 高度約20,000km
質量約1-3トン

- ◆ Early Warning
- Imagery Intelligence / Optical
- ▲ Imagery Intelligence / SAR
- × Signals Intelligence
- ✱ Communications
- Navigation
- + Meteorology
- Earth Observation
- Technology Development

Union of Concerned Scientists, <http://www.ucsusa.org>
UCS Satellite Database, Includes launches through 1/1/2012

リモセン衛星の方向性

◇宇宙開発の時代 → ◇利用促進の時代

国	打上	能力保有
ソ連	1957	○※
アメリカ	1958	○
フランス	1965	→ESA
日本	1970.2	○
中国	1970.4	○
イギリス	1971	インド
インド	1980	イスラエル
イスラエル	1988	イラン
イラン	2009	ESA

↓ ・衛星は各省の「虎の子」資産
 →政府全体で共有・共用へ

◇さらに、国際連携へ

- ・欧州ESA、GMESは地域連携
- ・北米、MDAはカナダが開発・運用
 米国と連携
- ・欧州とカナダは、次世代リモセン
 衛星 (*Sentinel* ⇔ RCM) で連携
- ・欧米で、C-SIGMAで非軍事衛星
 の相互利用について協議

[注]衛星開発・打上能力保有国
 ※ロシア、ウクライナ

我が国の現状1

◇民間の動き(2009-2014)

- 2009-10: 当NPO自主研究
「海洋監視衛星システムの研究」
- 2011-12: JAXA「海洋・宇宙連携」委員会
活動、2012.3に報告書を発刊
- 2012-13: OPRF「海洋への衛星利用に
関する調査研究」委員会活動、2013.3
に報告書を発刊(当NPO支援)
- 2014.1: 神戸大学で、「海洋と宇宙に
関する産学連携セミナー」、第1回開催
- 2014.8: 横浜国立大学で、同セミナー
第2回開催



我が国の現状2

◇行政の動き(2014)

- ・自民党の宇宙と海洋の二つの小委員会においてMDAを取り上げて討議
- ・5月に開催された日米包括的宇宙協議において、連携してMDAに取り組むことで合意し、5/9に共同声明を公表
- ・5/22に、総合海洋政策本部 参与会議が意見書をまとめ山本大臣に提出しMDAの定義と、我が国が取り組むべきMDAを明示
- ・8/20に、宇宙政策委員会が基本政策部会がまとめた中間取りまとめを了承
- ・8/26に、自民党「宇宙・海洋開発特別委員会」が、「国家戦略の遂行に向けた宇宙総合戦略」の提言を発表
- ・8/28に、防衛省が「宇宙開発利用に関する基本方針」を5年ぶりに改定
- ・9/12に、宇宙開発戦略本部会合で安倍総理が宇宙基本計画の見直しを指示

◇◇◇一斉に動き出した感あり、ただし欧米に対し10年の遅れ！

(参考) 参与会議意見書要点

2. 海洋調査・海洋情報の一元化・公開について

(2) MDA(海洋状況把握／海洋領域認識)の実現

- ・**MDAの定義**: グローバルな海洋情報をリアルタイムで共有する取組であり、海からの様々な人為的・自然的脅威へ対応するために重要である。
- ・**日本が目指すMDA**: 国際法に基づくグローバル・コモンズの一つとして、海洋の自由の確保に貢献するため、海洋安全保障、海上安全、海洋産業振興、海洋環境保全にとって脅威となりうる海洋に関連するすべての事象・現象・活動について、国際協力のもと、グローバルな規模で効果的に把握する方策及びそのための体制として、基本コンセプトをまとめることが妥当である。
- ・**今後の取組**: リアルタイム性とグローバル性の要求から、宇宙も利用した海洋調査と海洋情報一元化・公開の取組となるため、内閣官房国家安全保障局、内閣官房総合海洋政策本部事務局、内閣府宇宙戦略室等、関係組織が連携した体制の下で検討を深める必要がある。

(参考)中間取りまとめ(抜粋)

1. 現状認識

- ・現行「宇宙基本計画」策定後、安全保障政策を中心に、我が国宇宙政策を取り巻く環境は大きく変化しており、これらの環境変化を受け「安全保障政策と連携した宇宙政策の在り方（日本版NSSS）」及び「宇宙開発利用及び基盤整備に関する中長期ビジョン」策定の必要性が指摘されている。

〔注〕NSSS: National Security Space Strategy

2. 我が国宇宙政策が直面する変化

- ・国家安全保障の基本方針として、宇宙、海洋、サイバー等の関連政策の指針となる「国家安全保障戦略」が平成25年12月に策定された。

3. 検討すべき項目－(2)②宇宙利用ニーズに関する施策

- ・**MDAへの宇宙の活用**について、内閣府、国家安全保障局、総合海洋政策本部事務局、内閣衛星情報センター、防衛省、海上保安庁等の関係府省が連携し、人工衛星・航空機・船舶等の各種プラットフォームから得られる情報の政府内における動的な統合・処理・共有・活用等を含めた総合的な強化策の一環として、検討を行う。

(参考)宇宙開発利用の基本方針(要点)

防衛省・自衛隊では、多様な任務を効果的かつ効率的に遂行していくため、「活動、基盤、対処空間」の3つの視点から宇宙開発利用を推進するとともに、宇宙空間の安定を確保

今後の重点的取組:

「活動空間」 の視点	多様な人工衛星を活用して衛星画像を重層的に取得し、継続的かつ広範囲の情報収集効果を得る
「基盤空間」 の視点	人工衛星は、指揮統制・情報通信機能、測位機能を確保する上で代替困難な重要インフラであり、重要性は一層高まる見込み
「対処空間」 の視点	北朝鮮のミサイル能力向上を踏まえ、弾道ミサイル防衛能力を強化
宇宙空間の 安定確保	増加する宇宙ゴミとの衝突の蓋然性が高まる他、ASAT兵器の開発進展を踏まえると、人工衛星は高価値の攻撃目標となる恐れ

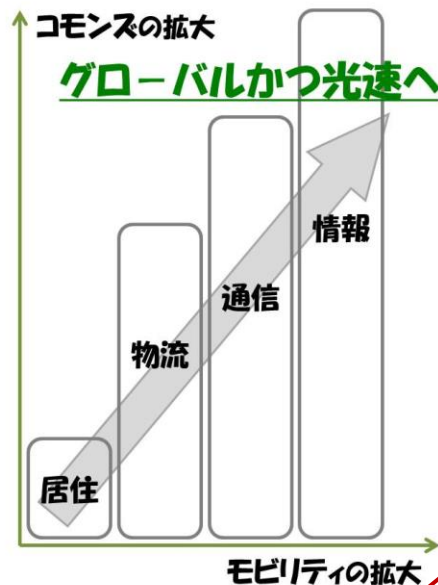
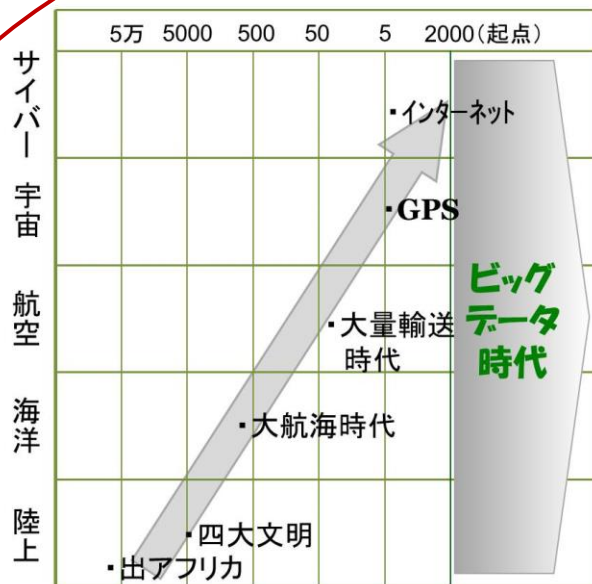
人類史上最大の転換点

①「拡大の時代」
が終焉

複雑性ギャップの限界

⑤システムの複雑性
はやがて臨界点に

物理空間の限界



移動速度の限界

②「官頼みの時代」
が終焉

国家予算の限界

④ビッグデータ
は更に増大

③一方、テクノロジー
の革新は更に加速

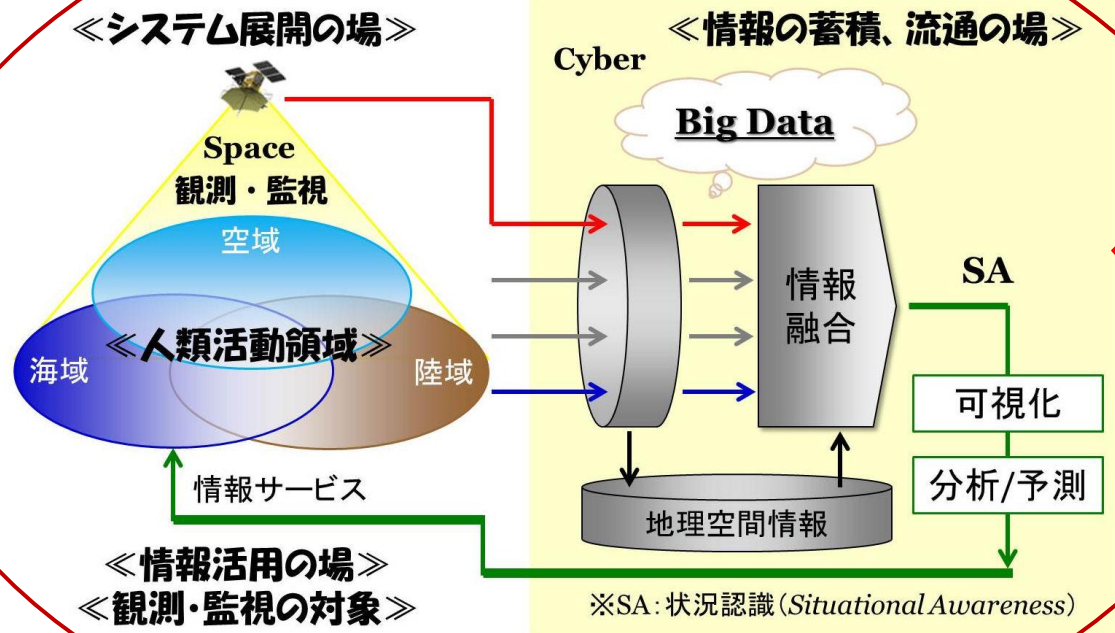
日本のビッグテーマ

◇役割:「人類共通の課題」のイノベータ

◇対象:
・地球環境
・資源
・生態系
・人類活動
・脅威

◇着眼:
宇宙利用と
サイバー活用
による
付加価値創造

舞台は海



◇テクノロジー:
・GEOINT

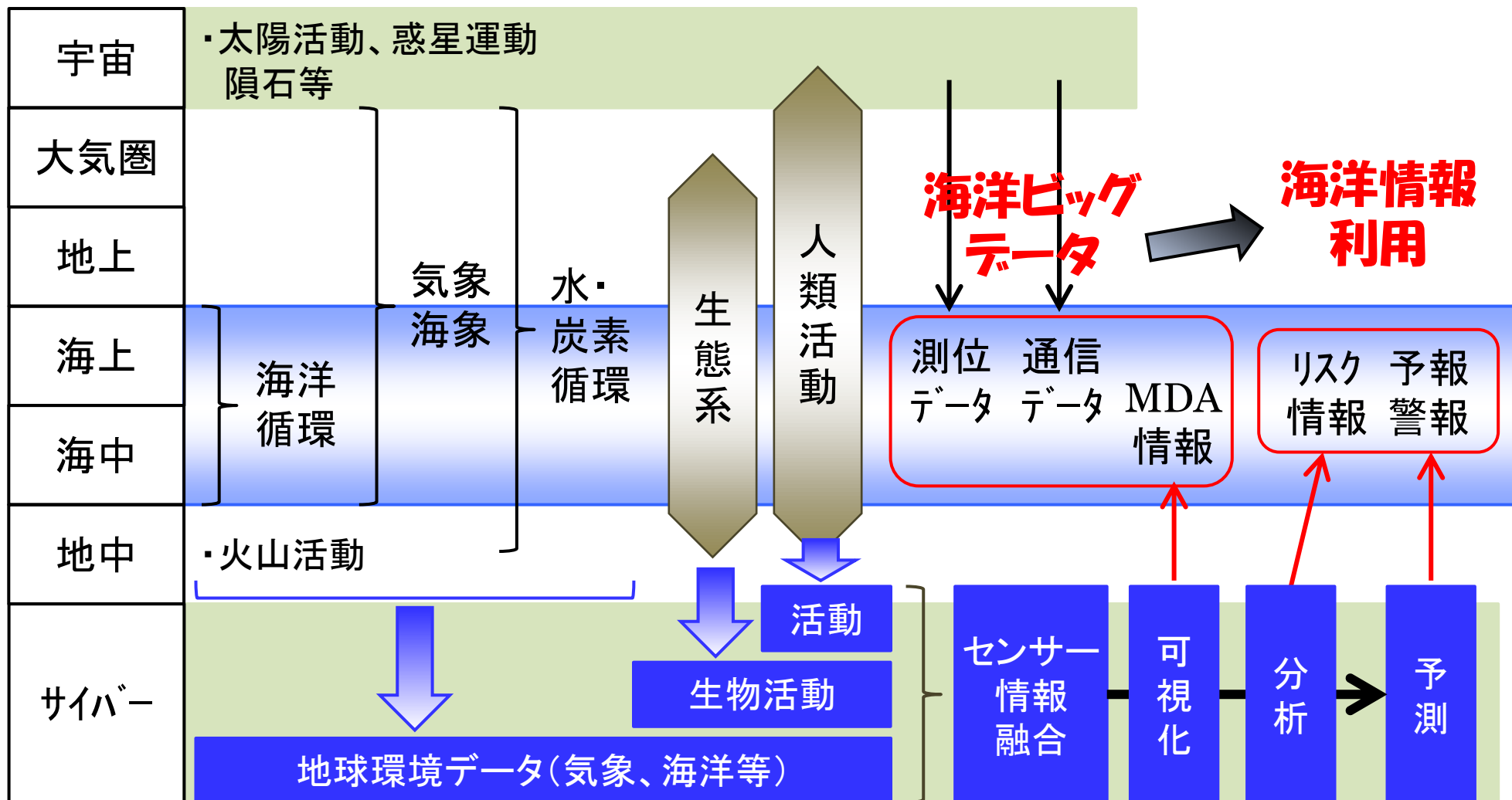
◇目標:
多様なサービスの提供、
ビジネス創造、
国際的主導権

めざすは、海洋情報利用大国

GEOINT: Geospatial Intelligence = 地理空間情報 + インテリジェンス

海洋ビッグデータの可能性

<自然現象>



我が国の挑戦課題

◇「課題先進国」としての使命と、「地の利」の最大活用

- ・人類共通の困難な課題ほど、その先に大きな未来がある
- ・課題解決と、その先の「利用ビジネス開拓」にこそ日本の役割がある

◇政治的戦略性

- ・経済戦略性に加え、国際社会に対する政治的戦略性
- シンクタンクの戦力化（国家戦略に係るデザインを分担）

◇ビッグテーマを推進するスキーム

- ・汎省庁での、「インフラ共有、情報共用、ビジネス共創」を推進
- 官を先頭にした「雁のV字編隊」に代わる、新たな産学連携スキーム

◇ビッグデータ時代のマインド

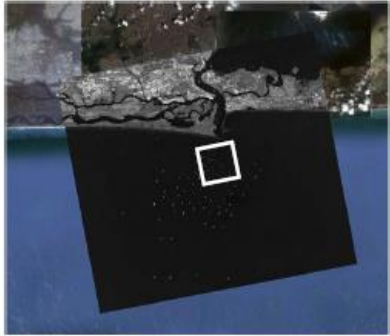
- ・「官：現状維持、産：官頼み、学：安全保障忌避」からの脱却
- 課題先進国として、人類共通の課題解決のフロントランナーを担う意思

衛星を利用した海洋監視の事例

- 欧州における開発・運用事例
- 本NPOにおける研究事例

船舶監視(監視衛星 + AIS)

Integration of AIS Data



TSX1 SM

Date: 2010-07-15

TS-X detections

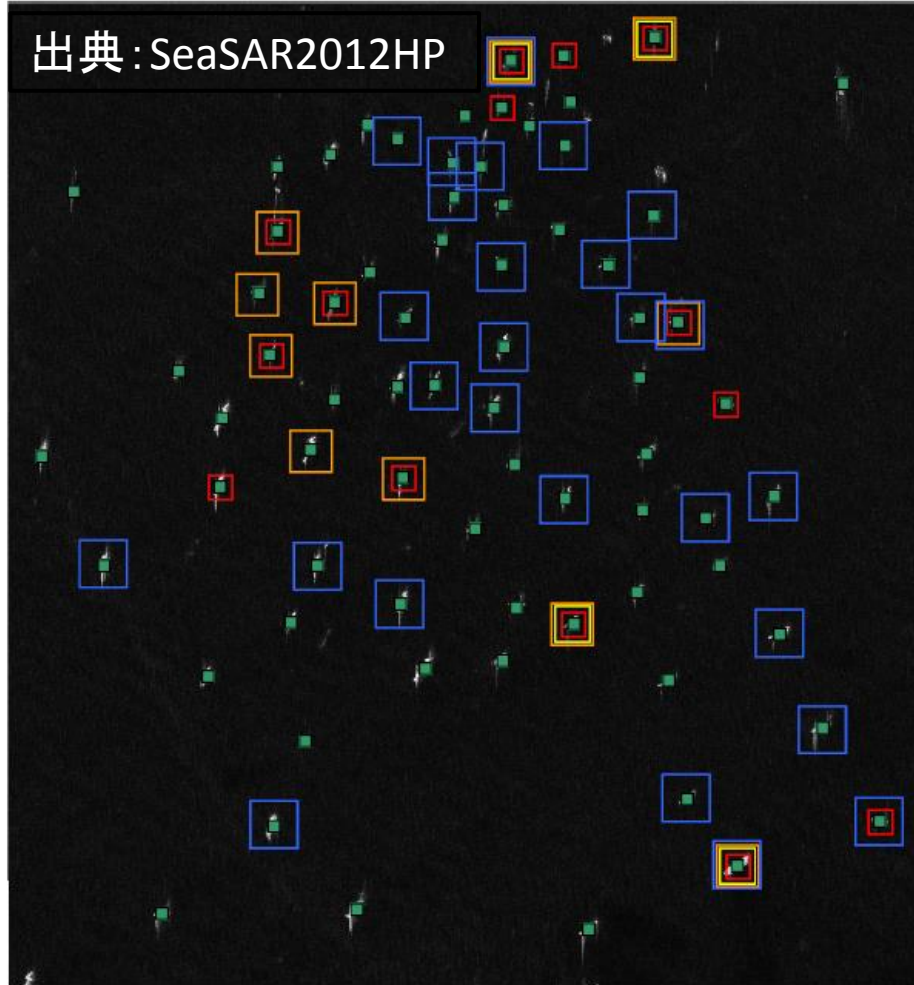
FFI Satellite AIS

ORBCOMM Satellite AIS
at TSX overpass (OHB)

ORBCOMM Satellite AIS
whole day (OHB)

Terrestrial AIS (AIS Live)

出典: SeaSAR2012HP



緑シンボル:

独TerraSAR-X衛星が
捉えた船舶

□ 陸上AIS局が受信した
船舶

□ □ □ : 衛星AISが受信
した船舶

[説明] AIS報告は総トン
数300t超の船舶に義務
づけられている。

□ SAR画像とAISデータを融合・相関することで、意図的に報告しない船舶の判別が可能

船舶の追跡(衛星AIS)

□AISデータと船舶データベースを照合することで、船舶の経歴情報等が得られる。

Tracking of Vladimir Tikhonov – 24/11-10 to 18/6-12



〔説明〕

・衛星AISで船舶の航跡を追跡すると、何時、何処に停泊し経由したかを知ることができる。

出典: SeaSAR2012HP

流出油監視



出典: SeaSAR2012HP

EUROPEAN MARITIME SAFETY AGENCY
QUALITY SHIPPING, SAFER SEAS, CLEANER OCEANS

CleanSeaNet detections: 16/04/2007 - 31/01/2011

CleanSeaNet

All Europe

16 April 2007 - 31 January 2011

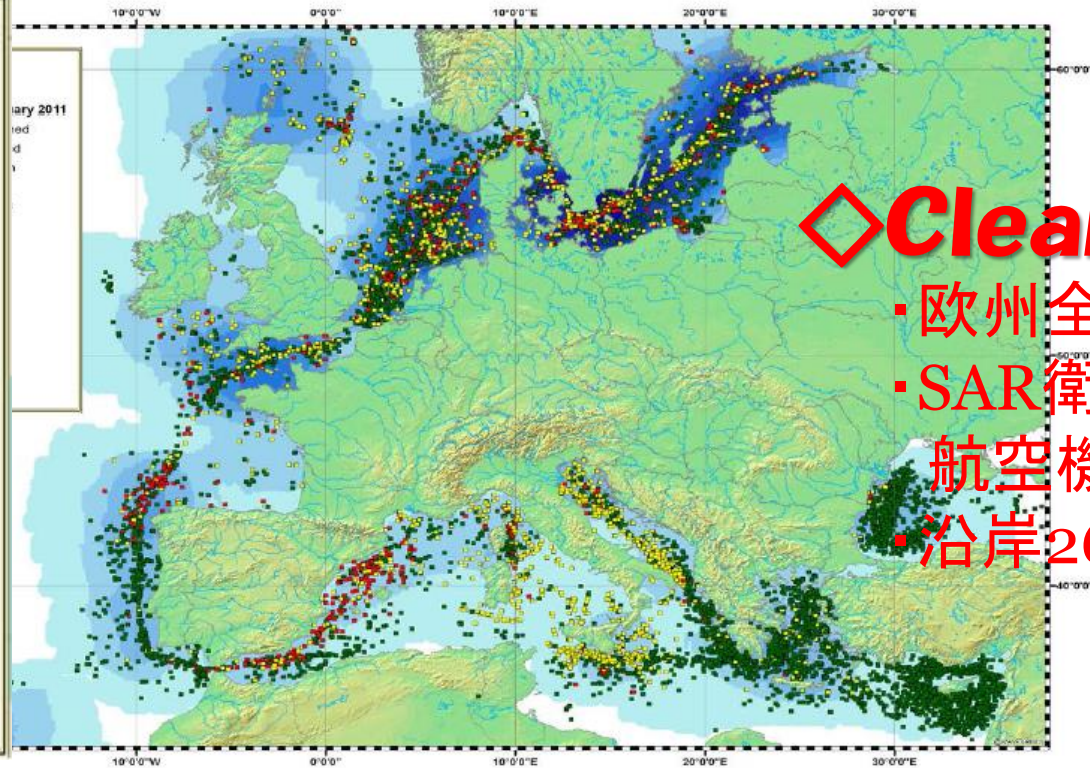
- Detection Confirmed
- Detection Checked
- Satellite Detection

Satellite coverage

of images per month

- 1 - 2
- 2 - 4
- 4 - 6
- 6 - 8
- 8 - 10
- 10 - 12
- 12 - 14
- 14 - 16
- 16 - 20
- > 20

衛星による
観測回数/月



◇CleanSeaNet:

- ・欧州全海域
- ・SAR衛星で監視し
航空機を急派
- ・沿岸26カ国が参加

8,866 detections – 2,828 checked – 745 confirmed (80% mineral oil)

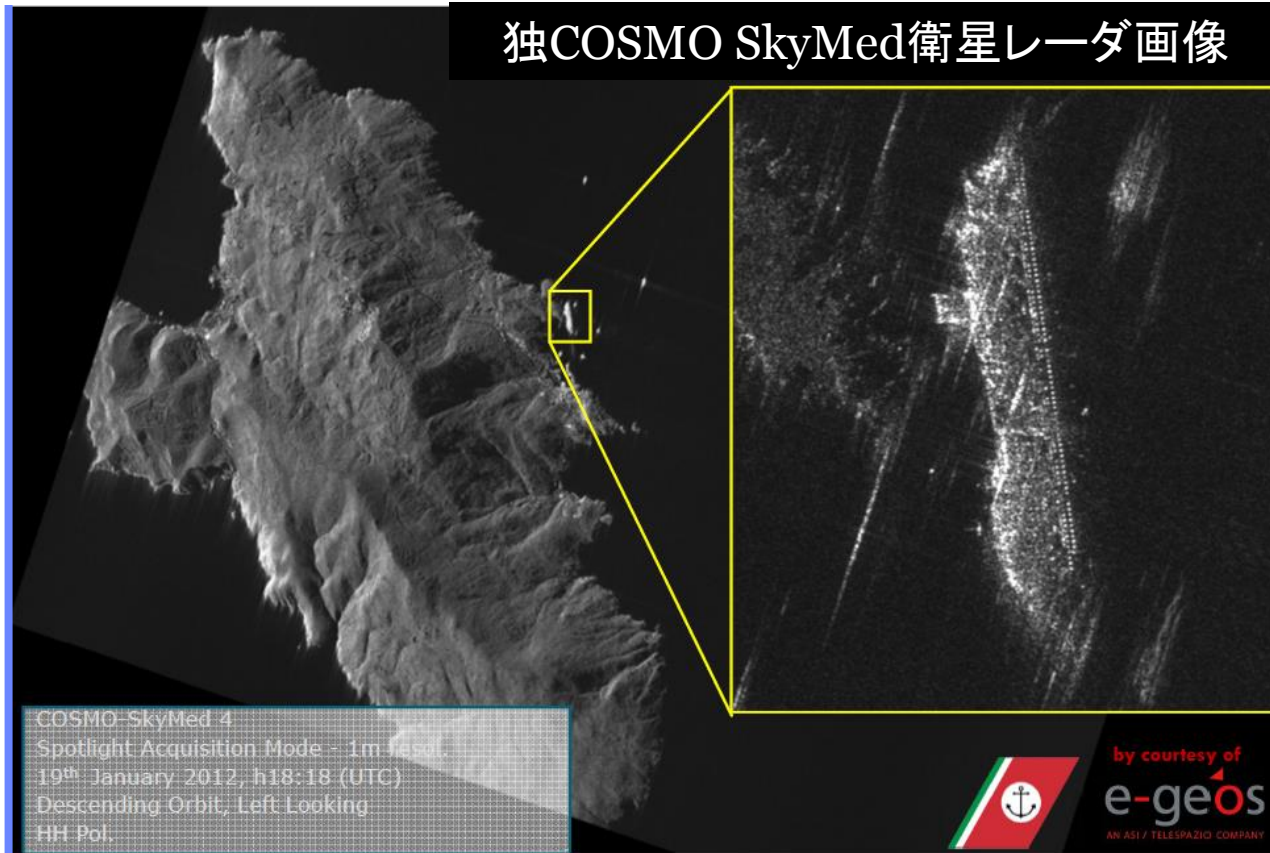
4年弱の間
の検出数

SEASAR 2012 – The 4th International Workshop on Advances in SAR Oceanography – 18-22 June – Tromsø, Norway

豪華客船(SAR⇔光学画像比較)

Costa Concordia Emergency

出典: SeaSAR2012HP

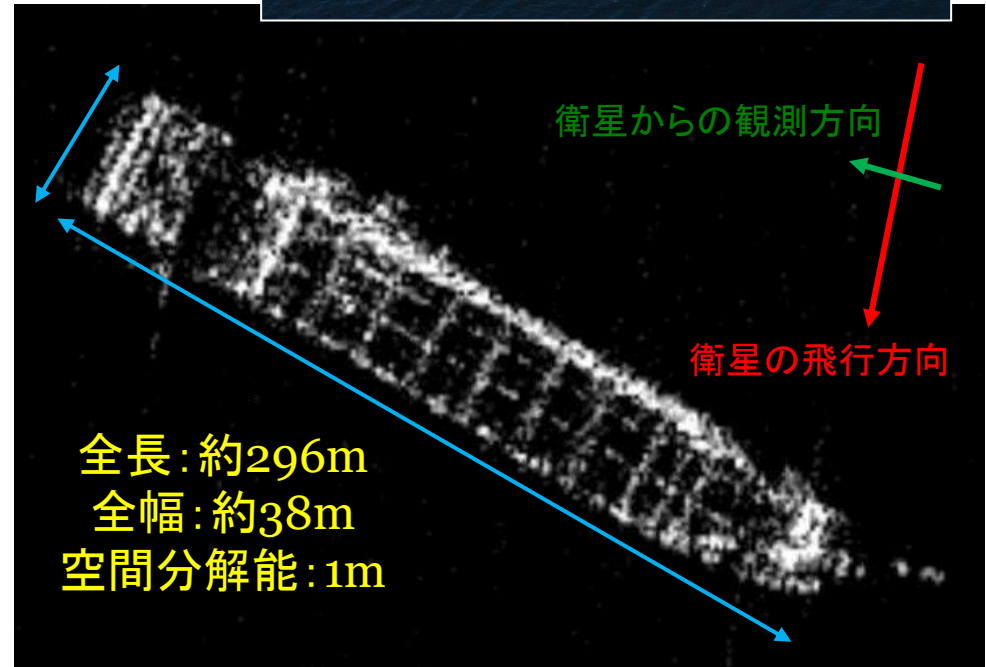
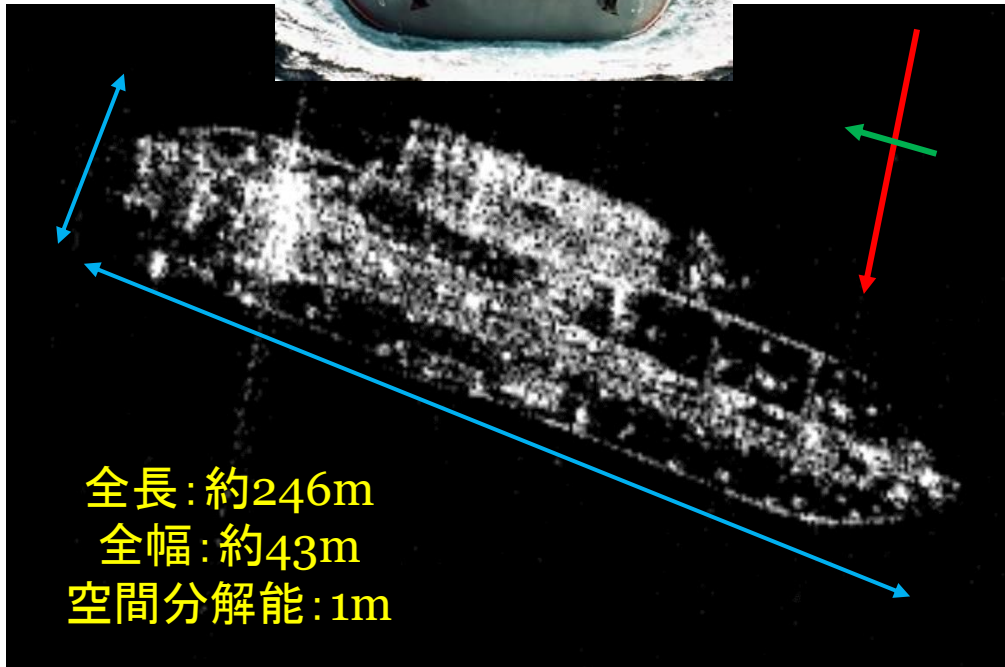


タンカー及びコンテナ船

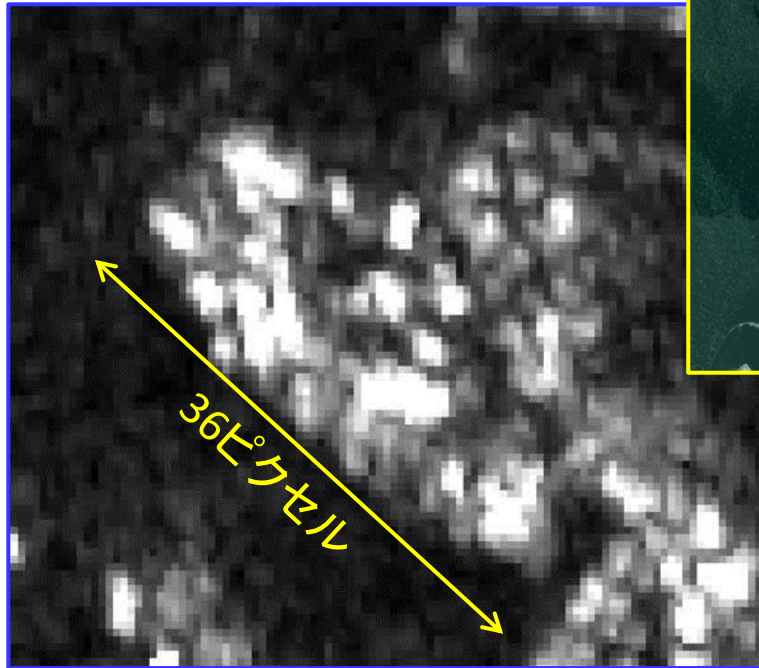


SAR画像

COSMO-SkyMed画像
提供: 日本スペースイメージング



横須賀港に停泊する空母ジョージワシントン(全長330m)
空母の場合、レーダ波を全反射し易い構造をしており、強いゴーストが発生し
細部構造の掌握が困難

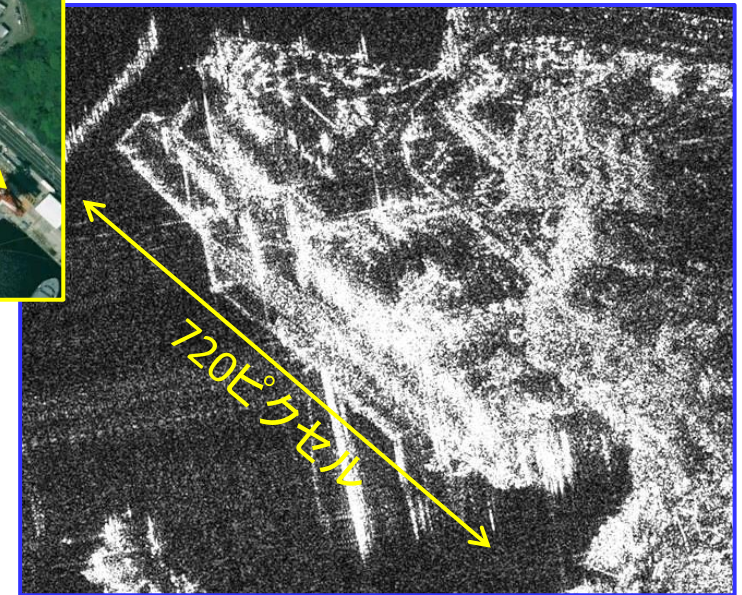


PALSAR(L帯,分解能10m)



Google earth

SAR画像



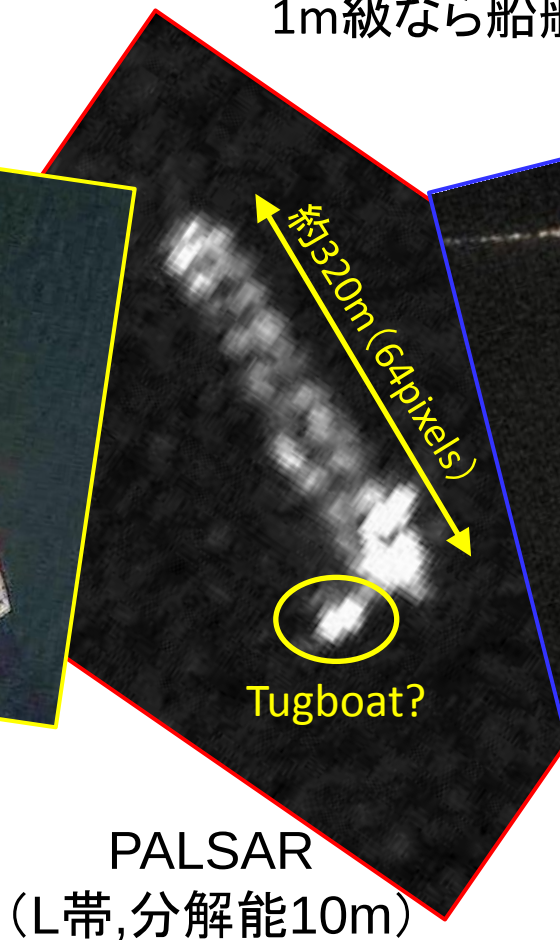
COSMO-SkyMed(X帯,分解能1m)

空間分解能10m級でも船舶の特定、船長の測定は可能。
1m級なら船舶構造の認識も可能

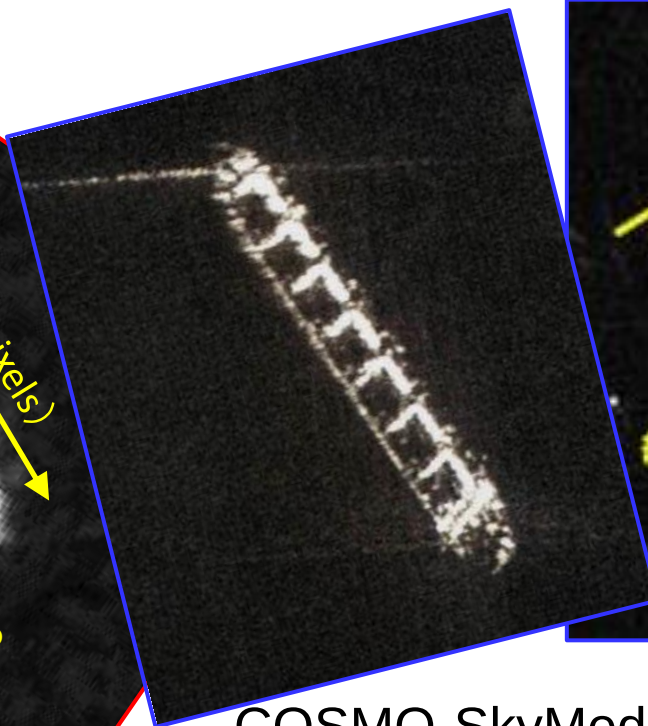
SAR画像



Google earth

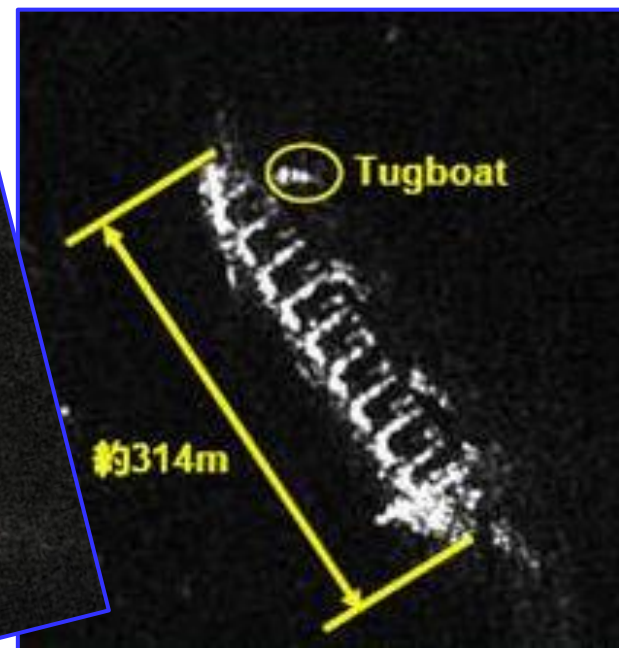


PALSAR
(L帯, 分解能10m)



COSMO-SkyMed
(X帯, 分解能1m)

COSMO-SkyMed画像
提供: 日本スペースイメージング



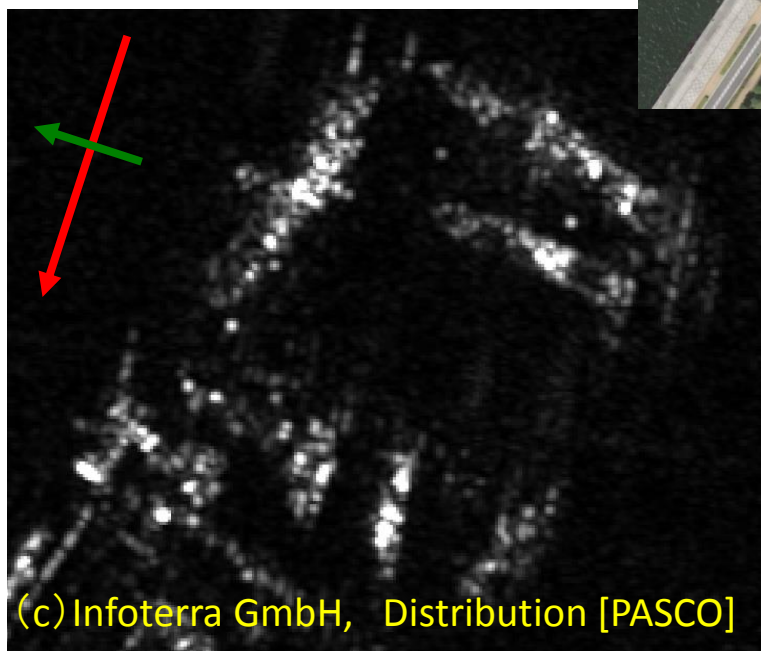
TerraSAR-X
(X帯, 分解能1m)

TerraSAR-X画像
提供(株)PASCO

■ 横浜海上保安部に
停泊中の船舶を
分解能の異なるSAR
モードで撮像した事例
(PASCO提供)



航空写真

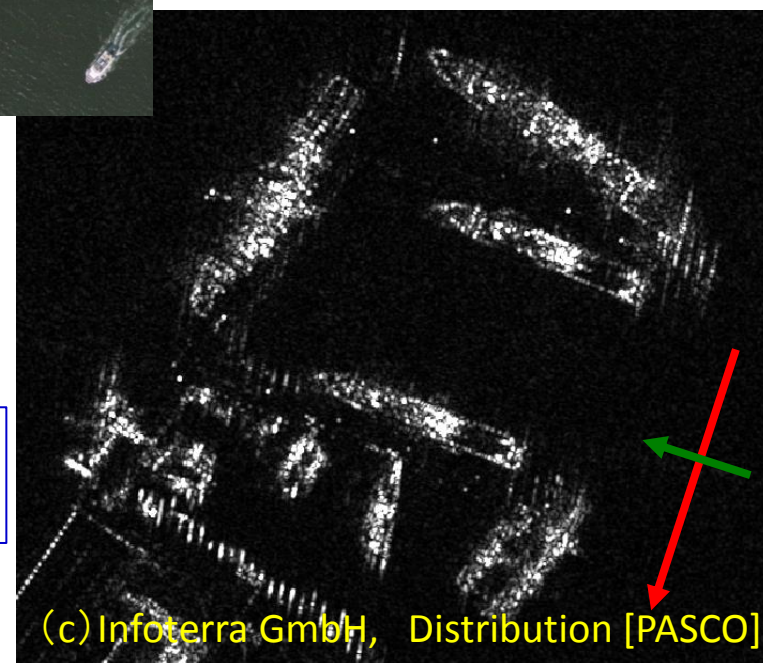


SAR画像

Stripmapモード
空間分解能3m

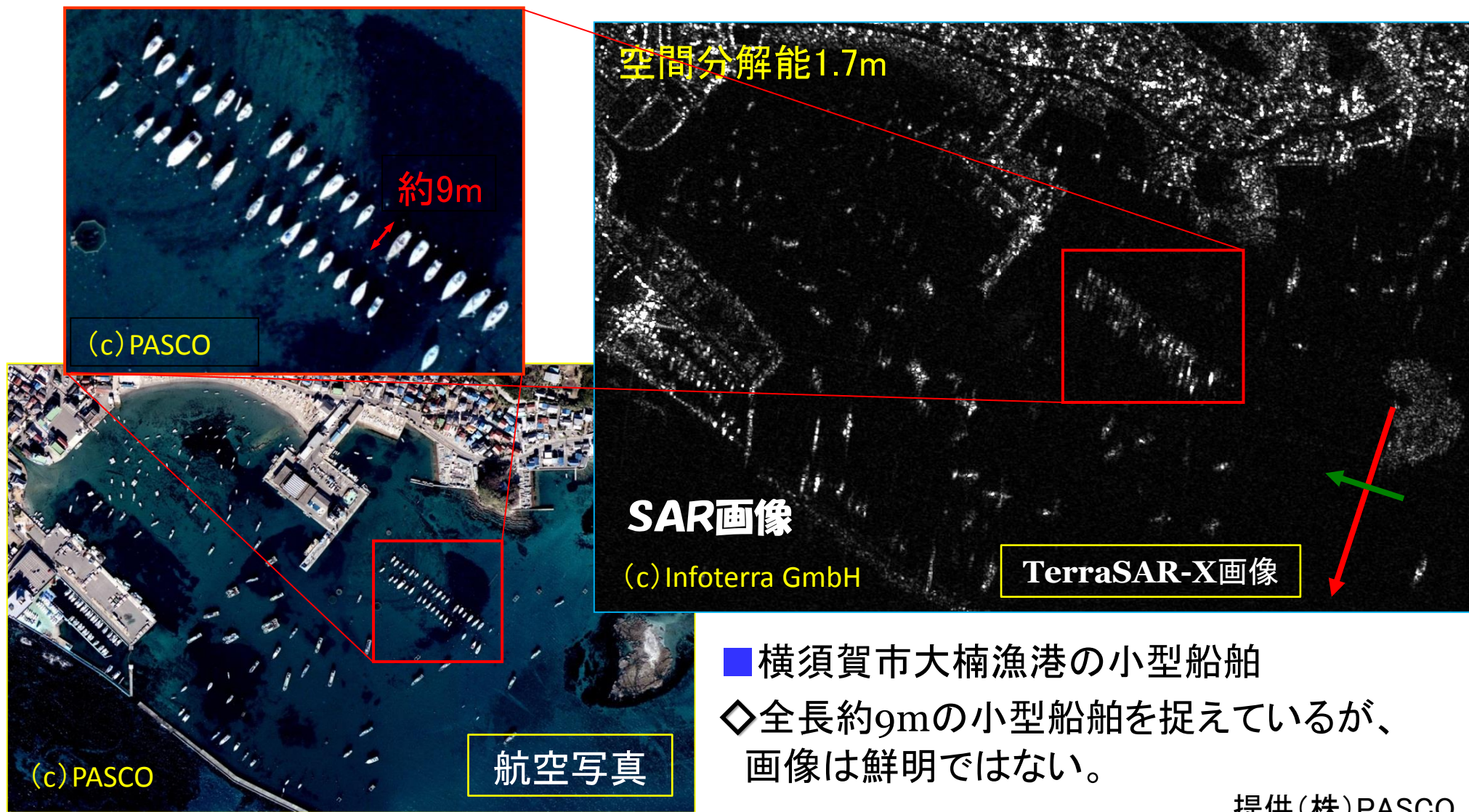
Spotlightモード
空間分解能1m

TerraSAR-X画像



漁港の小型船舶

NPO研究事例



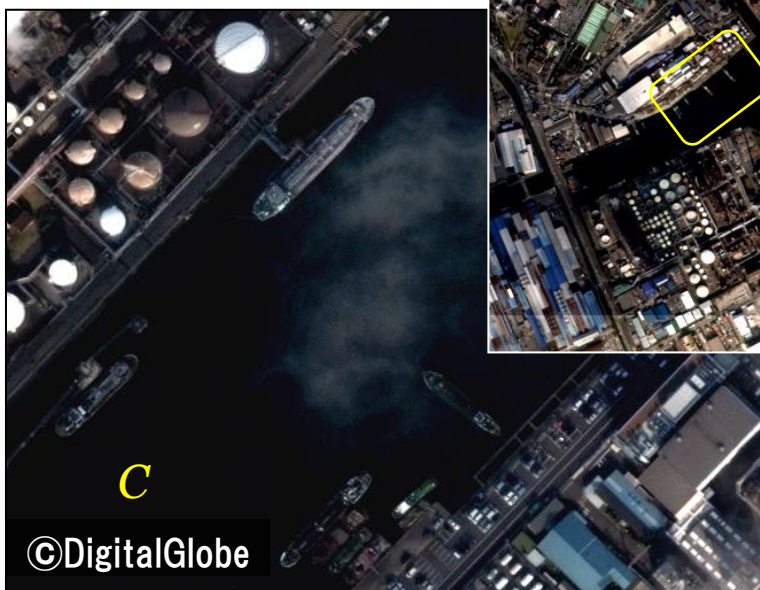
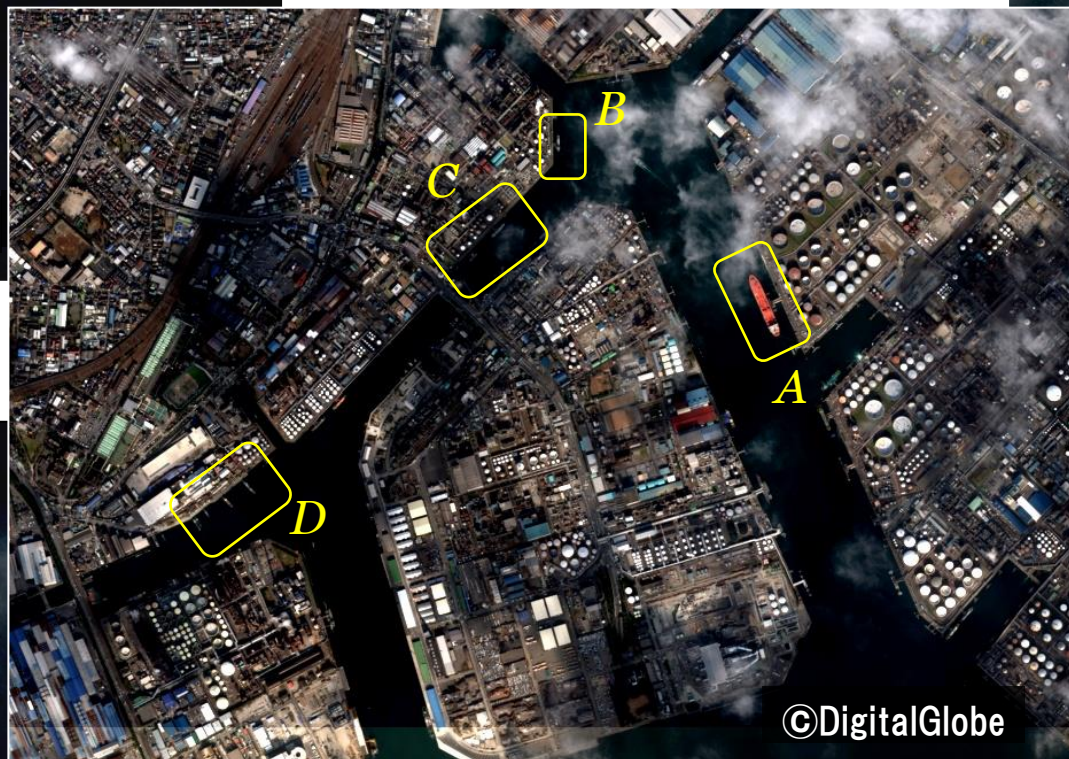
提供(株)PASCO

光学衛星画像

NPO研究事例



■ 昼間の晴天時なら、
船舶の識別も十分可能



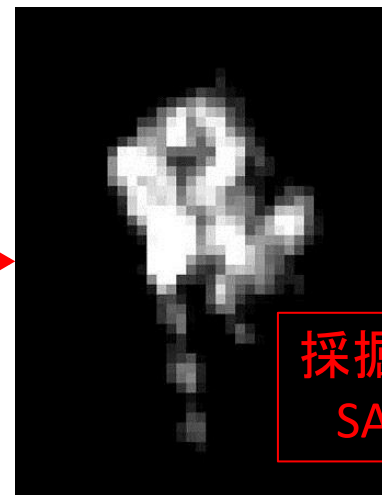
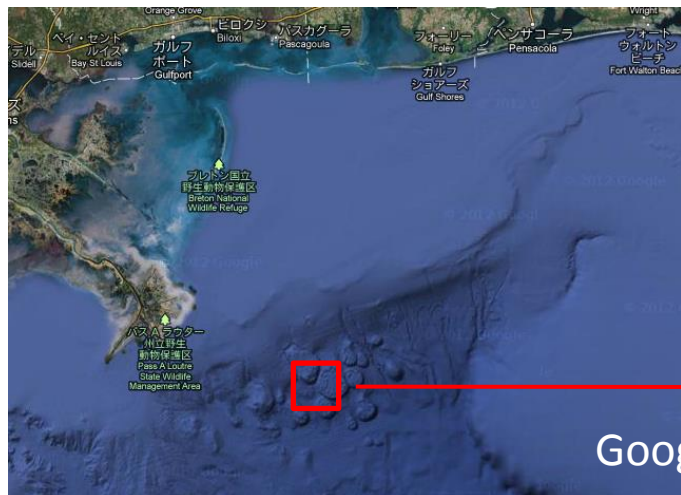
■ 東京湾川崎港 WorldView-2衛星で撮影
(株)日立製作所提供





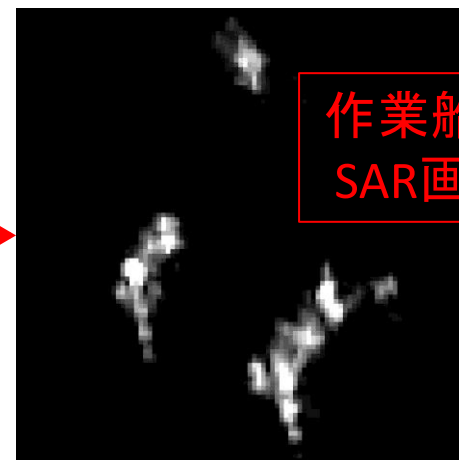
◇ウェーキ観測により、船舶
検出及び追尾が容易に

■ 事故(2010.4.20)の8日前に、我が国のSAR衛星「だいち」PALSAR撮像



採掘基地の
SAR画像

■ 事故(2010.4.20)の9日後に、再びPALSAR撮像



作業船の
SAR画像