

フロンティア分野科学技術のアジア・海外展開方策に関する勉強会
報告書

平成23年3月

目次

1. はじめに	4
2. 概要	5
3. 勉強会での検討内容	6
3-1. 衛星分野における国際協力事例.....	6
3-2. 欧州の宇宙産業海外展開	7
3-3. フロンティア分野技術の利用可能性.....	8
3-4. 国際宇宙ステーション・宇宙輸送システムにおける海外展開.....	10
3-5. アジアの科学技術政策と科学技術外交.....	11
3-6. フロンティア分野科学技術海外展開のための人材育成・能力開発.....	12
3-7. 日本の地球環境変動観測衛星.....	13
3-8. タイ・ベトナムにおける現地調査.....	14
3-9. アジアの持続可能な開発に向けた GIS と宇宙技術の国際ワークショップ	16
4. フロンティア分野科学技術のアジア・海外展開方策	17
4-1. 宇宙技術・GIS技術のアジア展開の方向性	17
4-2. 我が国宇宙技術のアジア展開の枠組みと活動主体	20
4-3. 宇宙技術・GIS技術のアジア展開における優先分野と具体的プロジェクトの進め方.....	22
4-4. 協力の具体化－スキームと手順－	24
4-5. アジア展開の果実	26
5. アジア展開における重点分野	28
5-1. アジアの国際河川における連携強化プロジェクト	28

5-2. 水と災害管理.....	29
5-3. 農業.....	31
5-4. 都市	33
5-5. アジア連携安全安心 GIS 基盤.....	34
5-6. その他.....	37
6. 残された課題	38
略語集	39

表 1 「宇宙分野で日本の技術が海外で利用されている事例」 (p19)
表 2 「日本発宇宙技術・GIS 技術のグローバル化に向けて」 (p25)
表 3 「プロジェクトコンセプト一覧」 (別紙)
図 1 「ADB 協カロードマップ案」 (別紙)
図 2 「アジア連携安全安心 GIS 基盤 (適用前)」 (p35)
図 3 「アジア連携安全安心 GIS 基盤 (適用後)」 (p36)
図 4 「アジア連携安全安心 GIS 基盤 (適用後更に将来)」 (p36)

1. はじめに

科学・技術外交戦略タスクフォース報告書では国際戦略の基本方針及び5つの課題を提示し、その実現のため、アジア共通の課題の解決に資する研究開発の推進、研究協力にとまらないイノベーション協力の発展など課題別の具体的な取り組みを示している。今後はこれらの具体的な取り組みを現実の姿に変えていくことが課題となるが、こうした具体的な取り組みをそれぞれの分野において実現していくためには、科学技術がおかれた経済・社会・現地の状況を踏まえながら、分野や施策ごとにターゲットを明確化して行動を戦略化し、資金面やタイムフレームを含めた現実的なロードマップとベンチマークやその行動主体と協力者を定め、日々の行動に至るまで共通で明確なプログラムに置き換えていく必要がある。このためには分野ごとでの知識横断型で多面的な集中討議が必要となってくる。

フロンティア分野は今後様々なイノベーションが期待され、また我が国が強みを有する分野でもある。と同時に今後の展開や各国との協調・協働、国際社会との連携、海外マーケットへの参入なしには、技術開発や産業発展が考えられない、科学技術のボーダーレスが最も強く意識される分野であり、今後の分野発展のために上記に述べたような集中討議が不可欠である。

こうした状況を踏まえ、本勉強会はこの分野並びに関連分野の識見を広く糾合し、自由闊達な意見交換により本分野における科学・技術外交戦略タスクフォース報告書のフォローアップの方向性を議論し、総合科学技術会議における第4期科学技術基本計画を踏まえた施策の検討や推進に資するものである。

議論の効率化並びに具体性の向上を図るため、今回の勉強会では特に宇宙分野におけるアジア・海外への我が国の科学技術・人材などの具体的展開方策について焦点を当てて議論し、国際機関、地域開発機関、各国との連携や具体的協力の方向性、我が国科学技術に根ざした海外市場の形成と展開などについての論議を深めるものとする。

2. 概要

宇宙分野におけるアジア・海外への我が国の科学技術・人材などの具体的展開方策について、幅広い議論および現地での関係機関との調査、さらには「アジアの持続可能な開発に向けたGISと宇宙技術の国際ワークショップ」を開催し、技術とニーズの両方から検討を実施した。

3. 勉強会での検討内容

3-1. 衛星分野における国際協力事例

現在、JAXAを中心とした衛星分野における国際協力としては、アジア太平洋地域の災害管理のために、APRSAF（アジア太平洋地域宇宙機関会議）が先導する「センチネルアジア」、環境のための宇宙応用プロジェクトであるSAFE（宇宙技術による環境監視）、ADB（アジア開発銀行）による技術支援プロジェクトによる洪水警報システムの改善、JICA技術協力プロジェクトに対する宇宙技術の適用、などが挙げられる。

利用展開の段階を、能力開発、利用モデルの構築、利用実証、行政利用の4段階に区分すると、これまでの活動は能力開発から利用実証までの段階に位置付けられる。今後、行政利用を促進していくにあたっては、実施主体や国・JAXAの役割分担、活動資金を明確にしていくことが必要である。

<実施内容>

・センチネルアジア：

衛星保有国との連携による宇宙からの広域詳細観測、災害情報の伝達、災害情報の共有、高精度の時刻と位置の提供、能力開発と人材育成、防災機関と宇宙機関の連携（24ヶ国・地域62機関・10国際機関が参加）

・SAFE：

気候変動軽減と適応のための環境監視（土地利用、土地被覆、水資源、日射量、海面水温、海色等）に衛星データセットを利用、宇宙機関、利用機関及び技術支援機関間のパートナーシップを形成（7ヶ国において8プロジェクトを実施中）

・アジア開発銀行 技術支援プロジェクト：

必要な河川流域について衛星からの降雨、地形等の観測情報を提供し、洪水警報の早期かつ適切な発信に寄与（パングラディシュ、フィリピン、ベトナムの3ヶ国）

・JICA技術協力プロジェクト：

ブータンヒマラヤにおける氷河湖決壊洪水に関する研究、インドネシアの泥炭・森林における火災と炭素管理、インドネシアの衛星情報を活用した森林資源管理支援、アマゾン森林保全・違法伐採防止のためのALOS衛星画像の利用

3-2. 欧州の宇宙産業海外展開

欧州における宇宙政策の目的は、欧州の公共政策目的と市民・企業のニーズに対応した宇宙利用、安全保障や防衛へのニーズの対応、競争力のある強い宇宙産業、知識立脚型社会への貢献（科学、宇宙探査）、そして欧州の重要技術確保と自律である。

組織の役割分担として、EU は宇宙分野に関する政策、方針の決定、ESA はそれらをサポートし執行する機関となっている。

その EU のフレームワークプログラムの一つである GMES (Global Monitoring for Environment and Security) においては、軍事利用も含めた各国の観測衛星、欧州気象観測衛星機構などの国際機関が運用する衛星から得られるデータをベースに、船舶、航空機、地上施設から得られるデータも加え、総合的な地球観測データ利用システムを開発、運用する計画である。GMES においては、サービスコンポーネント（情報サービスの提供）については EC の主導、地球上コンポーネント（航空機、船舶、地上設備を通じた観測活動）については EEA（欧州環境機関）の主導、宇宙コンポーネント（人工衛星）については ESA の主導となっており、体制が整っている。既存のシステムを最大限生かし、新規開発、調達、運用費用を最小限に抑制する方針。（2014 年から本格運用開始予定。）

民間では、英国の SSTL (Surry Satellite Technology LTD) やその SSTL が進める DMC (Disaster Monitoring Constellation) によって現在 6 機の小型光学衛星のコンステレーションが生まれ、ほぼ 1 日 1 回の観測が可能となっている。広い観測域（～660 km）や中分解能（20m～30m）を有し、災害監視のほか、土地利用、環境監視、農業等に用いられている。また継続的なサービスを可能とするために衛星を次々に置き換えている。

他にもドイツの OHB-system AG では、Carbon-Sat (CO₂、メタンの全球観測により CO₂ 排出権取引に活用しようとしている) の計画や SAR-Lupe (デュアルユース) の利用が進んでおり、またドイツの Rapid Eye 社による Rapid Eye システムにおいては、5 機の衛星を同一軌道面に配置することにより 1 日 1 回、広範囲（約 400 万 km²）な観測により、農業、森林観測、災害監視、土地活用等に利用する予定である。

欧州の宇宙産業における共通点としては、サービスの継続性の重視、既存の衛星の活用等による低コストで安全な機器の開発、利用者のニーズ重視、利用者及び産業界を含む国際コンソーシアムの活用、コンステレーションによる高頻度観測、迅速なサービスの提供等が挙げられる。

3-3. フロンティア分野技術の利用可能性

(1) アジア地域における需要と活用・応用

東アジアにおいて、今後リモートセンシングの適用の可能性のある新しい需要として、以下のようなテーマが想定される。

・メコン川水域調査：メコン川流域の国、特にラオスやカンボジアを対象とし、水域での時系列的な経緯を人工衛星写真と地上データとを組み合わせる調査し、上流における貯水・発電システムによる下流水域地域への影響の調査を行う。

・アルボウイルスに関する研究：マレーシア（パハン、スランゴール）を中心に、森林縮小や都市部拡大状況の時系列的な経緯を人工衛星写真と地上データとを組み合わせる調査し、アルボウイルスの伝搬率とその対策を検討する。

・先住民の保護地域策定：マレーシア（サラワク）に対し、先住民の活動範囲について時系列的な経緯を人工衛星写真と地上データとを組み合わせる調査し、先住民の保護地域・林業地域の策定に寄与する。

・UNESCO 世界遺産保護：マレーシア（ペナン）等において、周辺の開発状況について時系列的な経緯を人工衛星写真と地上データとを組み合わせる調査し、世界遺産に指定された都市（ジョージタウン等）の保護、周辺地域の開発計画に寄与する。

・洪水による農作物への被害調査：マレーシア（クダ）やその他の東南アジアにおいて、洪水の農作物への被害予測を行う

他にも、作柄状況の情報や、麻薬栽培や不法伐採（タイ・インドネシア・マレーシア）、密猟、密輸入・輸出、不法移民の取り締まりといった犯罪監視、および群島の保全（フィリピン）、等に衛星データの利活用の可能性がある。また、被災者の救援やワクチン輸送に関しては、それぞれ衣食住のコンパクト化、温度管理技術という観点で宇宙要素技術のスピノフも期待される。いずれにおいても、宇宙技術適用のコストが負荷（活用においては受取側、応用においては提供側の負荷が高い）となる可能性が高いため、地上の観測データとのシステム化により、効率化することが必要である。

(2) 空間経済学

空間経済学においては、経済規模や市場による集積力と、輸送費や労働対価の格差に伴う分散力との相互作用から、都市や物流の経済的發展を予測する。実際に則した東アジアの経済地理モデルは完成しており、メコン-インド経済回廊（MIEC）による都市発展への影響評価等を実施している。課題として、十分なデータがないことが挙げられ、都市別の経済データや道路データに関し、衛星データを活用できる可能性がある。

(3) 地理空間情報の利用

地理空間情報については従来、地域計画や都市計画、交通計画などの計画支援によく利用されてきたが、近年衛星画像やセンサデータ、移動体データ（車両や人の動きデータ）などのリアルタイム情報を用いた迅速な意思決定の支援サービスが新しい利用として注目を集めている。さらに GPS 付きの携帯電話の増加も相まって、一般市民の投稿情報を統合したゲリラ雷雨の把握、AR（拡張現実感）を利用した情報の視覚化・検索、屋外・屋内ナビゲーション、自分の位置情報の投稿による来店ポイントの付与など、多様な利用が展開しつつあるが、いずれもリアルタイムな情報収集とそれを基にした迅速な意思決定支援という点では共通している。携帯電話は世界的にも爆発的に増えていることを考えると、今後も一層幅広い分野での利用が期待される。なお、これらは必ずしも人工衛星による画像や地球観測データを利用する必要はないが、屋外の幅広い領域において位置情報が要求されることがほとんどであり、GPSあるいは準天頂衛星による測位が不可欠である。

3-4. 国際宇宙ステーション・宇宙輸送システムにおける海外展開

日本はアジアで唯一の ISS 計画参加国であり、「アジア諸国に開かれた ISS へのゲートウェイ」としての立場を活かし、ISS・「きぼう」の利用機会を、アジアにおける科学技術外交・宇宙外交に戦略的に活用することができる。

一方で、人工衛星利用の分野と比較して、宇宙環境利用（微小重力環境利用）の分野は、研究基盤や利用技術などの面で、アジア地域は未成熟であり、本格的な宇宙実験の実現には、日本側の技術的なサポート体制の整備、アジア各国における自国の研究者等の支援体制（資金、技術）の構築が必要である。

アジア利用の目的としては、アジア地域での宇宙環境利用の推進による協力関係の構築、協力活動を通じた利用成果獲得機会の拡大と多様化を図ることである。基本的には、アジア地域の国ごとに状況や要望・ニーズが異なることから、2 国間での調整・協力を基本としつつ、APRSAF（アジア環太平洋地域宇宙機関会議）の場等を用いて多国間での情報共有・協議を行う。前者の 2 国間協力については、イコールパートナーシップを原則として、両国の義務や利益のバランスがとれた応分の負担と役割分担を設定し、相互に有益な協力の実現を図る。後者については APRSAF 等を通じて、人材育成も含めたキャパシティビルディングを中心とした協力推進を行う。

なお、現在「きぼう」のアジア利用として実施中あるいは実施予定の案件は以下の通り。

- ・ 学生、若手研究者向け航空機による微小重力実験（タイ、マレーシア等）
- ・ 植物種子教育利用ミッション（インドネシア・マレーシア・タイ・ベトナム）
- ・ 宇宙飛行士による教育利用イベント（APRSAF）
- ・ WEB 会議、セミナーを通じた技術指導（マレーシア）
- ・ 「きぼう」タンパク質結晶生成実験（マレーシア）
- ・ 「きぼう」船内実験室利用実験のフィジビリティスタディ（韓国、インドネシア）

宇宙輸送システムについては、高い信頼性と打上げ能力を有する基幹ロケット（H-IIA/H-IIB）について、今後の商業衛星打上げ市場に合致した打上げ能力の確保及び相乗り打上げ能力の強化を行う基幹ロケット高度化開発により、海外からの衛星受注を狙っていく。また今後アジア新興国での需要が見込まれる小型地球観測衛星等に対しては、開発中の小型固体ロケットであるイプシロンロケットによる対応が可能である。長期的には、基幹ロケット及びイプシロンロケットの 2 系統のロケットについて、これまで選択と集中により獲得してきた輸送系先進技術をさらに進化させて、小型から大型まで国内外の利用ニーズに格段の効率性をもって対応可能なラインアップを構築することにより、海外展開につながる国際競争力の強化などを図る。

3-5. アジアの科学技術政策と科学技術外交

科学の研究開発においては既にアジアの時代が幕を開けており、日本においては、科学技術の発展の在り方を含め、多元的な科学技術外交の展開が求められている。特に今は日本の経済成長時の日本留学組が最後の世代として各国に残っている時期で、早々に次世代のヒューマンネットワークの構築が必要である。

各国の科学政策の状況については以下の通り。

・中国：産業の高度化と生産性の向上を図っており、特に農村の近代化を重視している。(農業技術開発への集中投資、アグリ・バイオマスの開発・利用促進) 戦略的新興産業分野としては省エネルギー・環境技術、ICT、バイオ、製造技術、新エネルギー・資源開発、新素材、次世代自動車、の重点7項目が挙げられており、ICT等コア技術を基にした産業競争力の確保や、生産技術等でも自前の知財の開発を目指している。

・インド：ソフトからハードへの移行が進みつつあり、ICT産業からバイオ、自動車といった産業に移行しつつある。最近では特に薬剤への投資が大きい。

・韓国：大統領をトップとした科学技術政策会議が復活し、「緑色成長」等トップダウンによる戦略を強化した。一方、基礎研究への投資などが長期的視野での科学技術・イノベーション政策に未だ繋がっていない。

・ASEAN：米国、EU、日本の3拠点のいずれかに組み込む形で、人材育成、投資、技術移転メカニズムが展開している。また一部の国を除いて、イノベーションへの関心が集まり、国家発展戦略として科学技術の重要性が高まっている。これに関し、共同研究や科学技術への海外からの支援を受け入れる環境を整え始めている。2015年までにアセアン経済共同体(AEC:ASEAN Economic Community)の確立を目指している。課題としては、先発ASEANと後発ASEANのサイエンス・イノベーションギャップが存在や、産業育成が遅れる一方で技術導入による高度化が行われていること(技術が使いこなせない可能性)、研究機関と産業界との連携がうまく機能していない、先進国への依存体質等が挙げられる。

3-6. フロンティア分野科学技術海外展開のための人材育成・能力開発

現在、JAXA や RESTEC による宇宙開発利用実績を活かし、地球規模問題への対応や経済発展のため、地球観測データを利用した二国間協力による研究開発プロジェクトを、大学、公的機関、ファンディング機関、援助機関等と協力して実施している。(STAR プログラム、UNIFORM、超小型衛星を用いた協力活動等) これらは宇宙を利用した科学技術協力を通じた人材育成・研究開発力向上による国・人づくりへ貢献している。

一方、宇宙機器産業においては海外の関連企業での売上が年々増加しているのに対し、我が国の関連企業の売上高は 90 年代をピークに頭打ちであり、従事する人員の数は過去 15 年間で約 40%減少している。大型案件の受注の有無による受注額の波が市場に対し相対的に大きいことから、長期的な事業計画立案が難しく、安定した人材の確保や継続的な教育の実施を困難にしている。この問題を解決するためには、企業が優秀な人材を定常的に投入し、先端科学技術力を維持・発揮できるような事業を行っていくことが重要であり、国内における日本独自の先端技術の活用と先回り開発による継続的な事業の創出と、アジア地域に対する事業の展開とその長期的な継続が重要である。

また、フロンティア分野の科学技術を海外に展開していく上では、展開先となる現地のニーズに則してサービスやシステムを構築し、運用していく必要があるが、利用者視点に立ったサービスデザインやシステムデザインは欧米諸国と比較し、今後日本が注力していくべき技術分野である。この課題を解決するためには、宇宙工学、流体力学、宇宙物理学といった単一の学問分野の高度な教育に加え、複数の学問分野にまたがる問題を解決するための教育が必要である。つまり、高度な先端科学技術に関する人材教育とともに、利用者や顧客などの利害関係者からの需要を把握し、サービスやシステムの構想から開発、運用、廃棄までを考慮しながら課題解決を図ることのできる専門家の育成や人材教育が必要である。企業における継続的な教育を実施する環境を整備するためにも産業界と大学との更なる連携が重要である。

3-7 日本の地球環境変動観測衛星

気候変動の対処、自然災害への対処、生物多様性の維持、健康問題、食糧問題、エネルギー問題といった人類共通の課題に対応するためには、地域も含め、将来の地球環境の予測が必要である。しかし、大気エアロゾルによる日傘効果や陸域・海域生態系による二酸化炭素の吸収能力等、モデルの精度が不十分な要因により予測にばらつきが生じる。これを解決するため、衛星観測(GCOM)によって放射収支や炭素循環を調査し、モデル予測との比較を行うことにより、モデルの精度向上やメカニズムの解明に貢献する。

GCOMはちょうど世界のTERRA, AQUA/MODIS等のユーザを引き継ぐタイミングで運用することができ、また61ものプロダクトを含み、中には日本の地球観測における経験と知識を活かした日本の独自性の高いプロダクトもある。(3次元情報を利用したバイオマス、土地被覆、葉面積指数、植生の安定度を示すカゲ指数や水ストレス傾向指数等) また検証方法においても、大気の影響が考慮でき、二方向性反射測定ができるRCヘリによる反射率ベースの検証や地上観測ネットワークや生態系モデル、生態系・気候統合モデルを利用した地上サイトとモデルによる検証など、日本独自の技術が成熟しつつある。

このような日本の地球環境変動観測の独自性を活かし、従来ユーザを取り込みつつ、人類共通課題への情報提供をめざし、セカンドトラック外交を進めていくことが有効であると考えられる。

3-8. タイ・ベトナムにおける現地調査

(1) 水管理

タイ国の水管理においては、人工衛星データと地上の水分布データ、数値標高モデル (DEM) から水の表面積と量の把握を目指した研究が実施されている。ただし実用には至っておらず、今後ステークホルダーを含めた詳細な検討が必要。

ベトナムにおいては既に JAXA, ADB の TA (テクニカルアシスタンス) によって洪水警報システムの改善が行われつつあるところであるが、同様の水分野に関しては、農業用水の確保および洪水・干ばつ後の被害把握に対するニーズがある。また洪水警報システムにおいても、現状地上の雨量計によるほぼリアルタイムのデータを用いており、特に flash flood については、より時間遅れの少ない情報が有用である。(現状の GSMaP (全球衛星降水マップ) を用いたシステムでは4時間の時間遅れが生じる。ただし、時間遅れがあっても雨量計に対する面的な補完データとしては有効である。なお地域の特性として、ベトナム北部では flash flood が、ベトナム南部では slow flood (緩やかな洪水) が、ベトナム中部では flash flood と slow flood の両方が中心である。)

(2) 農業管理

タイ国においては、MODIS (NASA の Terra/Aqua 衛星に搭載されている光学センサ)、THEOS, LANDSAT 等の衛星を用いて、地形のクラス分けと正規化植生モデルとを用いて、年単位での収穫量を導出しているが、これはまだ研究段階である。

同じくタイの農業を管轄する農業省においては、食糧の価格保証制度のために米、トウモロコシ、キャッサバの作付面積および収穫量の見積もりが必要であるという明確な要求を持っていた。これに対し現状の方策は、例えば米に関しては、各県からの 60000 世帯におよぶサンプリング調査を年に2回 (乾季・雨季) 実施しており、これによってその province 単位の収穫量の見積もりを行っている。現在の収量の見積もり誤差は 15%程度であるが、これを 5%程度まで減らしたいという要求がある。また調査のための経費については、年間に約 1500 万バーツ (約 4500 万円) を支払っており、衛星を利用するにあたってはこれが一つのコストターゲットになると考えられる。

ベトナム国に関しては、やはり収穫予測が求められるが、稲をはじめ非常に多くの作物が対象となっている。またまずは稲を対象とするとしても、特に北部においては田圃の一筆が小さく、また作付穀物が混合 (地理的な混合、時期的な混合) しているため、収穫量を予測する上ではより詳細な (地上のデータとの整合をとった) 解析が必要となる。ベトナムではタイのように価格保証制度はないものの、主要作物としてのマーケット価格への影響や海外への輸出規制への影響があるため、収穫量を把握することは非常に重要である。

(3) 都市分野

バンコク都庁では、市内での活動の活発なエリアを特定したいというニーズがある。これは、①人口増加過剰により都市サービスを受けられない人が出ている、②地区の消費活動量が把握できていないため、それに対応したゴミの再利用やリサイクル処置に十分対応できない、③治安維持などに困難を来すケースがある、といった理由によるものである。携帯電話の通話記録情報や GPS ログ情報の集計値から当該エリアの居住人口や活動の度合いが分かるため、都市サービスの向上をさせるために、集計化された通話記録の利用、特に準天頂衛星の利用による高精度測位データの利用等が考えられる。

ベトナム国においては、交通問題に対処するべくGISの適用等が学術的に研究されているが、同様に携帯電話の通話記録集計データや、GPS ログデータの利用などの可能性が検討されている。

3-9. アジアの持続可能な開発に向けた GIS と宇宙技術の国際ワークショップ

2011年2月21日・22日にアジア開発銀行（ADB）本部（フィリピン国マニラ市）において「アジアの持続可能な開発に向けた GIS と宇宙技術の国際ワークショップ」を開催し、アジアの各国の政策決定者のニーズに基づき、以下のような協力プロジェクト案が提案された。

- (1) 水・災害管理分野の協力プロジェクト案
 - ・ フラッシュフラッドにおける洪水時の氾濫地域特定（GPM 衛星コンステレーション等で対応）
 - ・ 詳細な河川プロフィールの把握
 - ・ ハザードマップの作成
 - ・ 降水データの共有

- (2) 農業(食料安全保障)の 協力プロジェクト案
 - ・ 月毎の土地被覆情報の作成
 - ・ 月毎の穀物収穫量マップ作成
 - ・ 季節毎の降雨パターンの作成
 - ・ 水害等に対する農業被害の早期警報システムのリードタイムの向上

- 注) 食料安全保障への宇宙技術・GIS 適用に関する ADB Knowledge Hub(国際ネットワーク)の設立等が提案された。

- (3) 気候変動分野の協力プロジェクト案
 - ・ SAR と光学センサデータを活用した森林炭素・バイオマス評価手法の確立(対象地域:ミンダナオ島)
 - ・ 地盤沈下モニタ、台風や津波等による高潮に伴う沿岸脆弱性の評価

- (4) 都市分野の協力プロジェクト案
 - ・ リスクマップ・衛星通信・GPS を統合することによる災害リスク管理の向上
 - ・ 固定資産税マップ作成・不法開発監視・汚染監視のための土地利用監視、
 - ・ SAR による建築物の密度のモニタリング、ヒートアイランド現象把握のための赤外線監視、降雨・温度・風速等の気候変動の監視等を組み合わせた都市域でのエネルギー消費量推定

4. フロンティア分野科学技術のアジア・海外展開方策

第3章に述べた勉強会での議論と活動を踏まえ、宇宙技術のアジア展開の方向性と具体的進め方について、提言を含めて述べることとする。

4-1. 宇宙技術・GIS技術のアジア展開の方向性

今後の我が国宇宙技術の展開について、JAXAが中心となって実施している技術開発と利用促進の方向性を中心に述べていく。

アジアに限らず衛星データなどの宇宙技術を現場に根付かせるためには宇宙技術やそれを支援するGIS技術を開発運用する部局だけでなく、それを利用する側(省庁や行政体など)に受け入れ条件が備わっている必要がある。この受け入れ条件には大きく3つあり：①導入するシステムが実務上役に立つ「システムの実用性」、②データを使いこなす能力と経験のある「人材力」、③持続的に維持運用する資金や組織が整った「持続可能な組織体制」である。受け入れ側にこれらが整っていないうちに宇宙技術・GIS技術を導入しても、それらは単発の試みに終わる可能性が強く、導入に協力する側も受け入れ側も「協力疲れ」をおこしてプロジェクトが尻すぼみに終わる可能性が高い。

アジアにおける宇宙技術・GIS技術の展開を図るうえで受け入れ国や行政組織にこれらの“3条件”が整っているかをあらかじめ把握しておくことは、有効な技術を効率的に広めていくうえで極めて重要である。このためには受け入れ側の担当部局と具体的な問題解決のためのプロジェクトを題材に突っ込んだ話し合いを行うことが欠かせない。宇宙機関間の連携や共同研究プロジェクトに受け入れ側の担当部局を加えていくほか、潜在的な協力対象国に実務ミッションの専門家を派遣したり、国際ワークショップで各国の実務者と協議を重ねることは迂遠に見えても有効な協力関係の足掛かりを築く最短コースと考えられる。また、日本の大学と現地の大学との共同研究を通じ、各国の実務組織と日本の関連組織とのつながりを生み大きな協力に発展させていくことも重要である。こうした宇宙技術・GIS技術のアジア展開において基本的には上記の3条件を踏まえて、相手側の技術や体制レベルに即した段階的な協力内容の高度化を図ることが協力の基本であると考えられる。すなわち、協力のフェーズを概ね3段階に大別し、受け入れ側の能力を高めながらGISをベースとする地上の活用システムを整備していく技術協力(TA)に重点を置く第1期、相手方のニーズを踏まえて既存の衛星技術を活用したアジア向け衛星開発を進め、同時に衛星観測データなどをより効果的に利用するために地上活用システムの強化、高度化を進める第2期、イコールパートナーとして共同で先端的な技術開発を進める第3期と段階的に協力の歩を進めていくのが現実的であろう。また、こうした歩を進める中で培われる人的ネットワークは我が国技術を永続的に展開

する強固な土台となる。アジアの多様なニーズと現地の事情に精通した専門家を日本の宇宙開発・利用セクターに育成することも重要である。

アジア諸国における受け入れ側のレベルはどの程度まで上がっているだろうか。中国・インドは別格としても、東南アジアを中心とした多くの国では利用側機関(開発担当省庁など)でリモートセンシングや宇宙技術の専門家を雇用しており、衛星データを活用したパイロットプロジェクトを実施した実績もある。従って我が国技術を導入するにあたって人材育成などを一から始める必要はなく、具体的なプロジェクトの提案・協議を始めることができる。また国によっては既に衛星を保有し利用を始めつつあるところもあり、いわば第1期の中期から第2期の初期の間のレベルにあるといえる。一方で開発セクターの意思決定者を含めて受け入れ組織全体が宇宙技術・GIS技術への理解や、すでにある行政システムへの宇宙技術・GIS技術の組み込み意欲といった点ではレベルにばらつきがあり、プロジェクトで宇宙技術・GIS技術の具体的成果を示しつつ組織全体での認知度が上がっていくよう担当部局などの後押しをしていく必要がある。そのためにも、アジア諸国の担当部局の担当者をプロジェクトの初期の段階から継続的に関与させ、問題解決のための宇宙技術の利用が当該国において自立できるよう促すべきである。

また、宇宙機関側においても、受け入れ組織が必要なサービスに宇宙部分だけで答えようとするのではなく、日本のそのサービスの専門家・専門組織等と有機的に連携し必要とするサービスを提供するための産学官の連携が重要である。特に、サービスに関する日本のICT技術の研究開発戦略やサービスを提供することになる民間の情報サービス産業のビジネス構想まで含めた、国内のコンセンサスの下で、アジア各国への問題解決に取り組むことが理想となる。

さらに、アジア諸国へ日本の宇宙技術・GIS技術が展開され活用されるに至った後には、関連技術を有する民間セクターがビジネスとして現地に展開していくことも期待される。この段階への移行をスムーズに行うため、初期段階からこのような民間セクターも交えて相手国との話し合いを進めることが重要である。

特に我が国の積極的な情報公開姿勢に基づく共同災害対策活動の実績や、国内外での研究開発活動で培ってきた相手のニーズに対するカスタマイズ能力は、アジア・海外展開における日本の強みとなる可能性があり、これらを活かしたサービスの構築が期待される。(表1参照)

表 1 宇宙分野で日本の技術が海外で利用されている事例

- ・洪水対応（広域の降水量計測による洪水予警報、洪水による浸水域の推定）
- ・森林管理（レーダによる森林面積の把握・違法伐採の監視、光学センサによる森林火災の監視）
- ・気候変動（氷河湖の変化監視、土壌水分観測による干ばつエリアの推定、レーダ等による沿岸浸食の監視）
- ・農業分野（降水等の気象条件把握と穀物生産量への影響評価）
- ・海洋分野（海面水温や海色の観測による漁場予測、漁場管理、沿岸域のマングローブ林の監視）

4-2. 我が国宇宙技術のアジア展開の枠組みと活動主体

こうした協力を進めるうえで常に考慮を迫られるのは、展開可能な人材や資金など、協力する側の有限な資源をどのように効率的に活用していくかである。アジアだけでも全部で50か国ある現状から考えれば対象国の選択と集中はもとより、例えば JAXA 単独で全ての協力を行おうとするより JICA といった国内のパートナーや国連機関・世銀・地域開発銀行といった国際パートナーと共同してアジアへの技術導入・展開を図ることが不可欠である。特にアジアにおけるアジア開発銀行などの地域開発銀行は、各国に投下する資金力の大きさだけでなく長年の協力によって培ったネットワークと相手国との信頼関係など、JAXA が単独で保持することが難しい国際的組織力と国際的影響力を有している。一方で金融機関としては強力だがインハウスの先端エンジニア力に乏しい国際開発援助組織の側から見ると、先端技術を開発し応用する組織力・人材が豊富な JAXA は大変魅力的なパートナーである。今まで緊密な協力のもと数々の実績を上げてきた JICA や大学などの国内パートナーに加えて、こうした国際パートナーと協力関係を深めることが特に第1期における我が国宇宙技術のアジア展開に決定的に重要な意味を持つと考えられる。

なお、宇宙技術・GIS 技術を有効利用するための地上活用システムの強化・高度化については内容に応じてコンサルタント、メーカーなど国内外の様々な主体が関わることになる。日本発の宇宙技術を活用するというメリットを一層大きな実りのあるものとするためには、地上活用に関する日本の知見・ノウハウなどが十分反映・活用される必要がある。今後、中国、ヨーロッパ、米国などからも衛星データやサービスの市場進出が一層激しくなると考えられることから、我が国の宇宙技術がその中で埋没しないためにも、宇宙技術と緊密に連携した地上活用システムの強化・高度化についても、中核となる GIS 技術の開発やデータ等の共通利用基盤の確立を目的として産学官の総合的な取り組みを強化することが不可欠である。

一方、宇宙技術・GIS 技術の国際的な協力の推進に当たっては、日本から対象国へと一方的に発信や働きかけをするだけではなく、マルチラテラルな枠組み（例：ASEAN+3, 国際連合）の中で複数の国が相互に協力し合うことも重要である。そうした取り組みによって各国の負担は少なく済む一方、協力国家間では補完的に確実なデータの蓄積が成され、また協力の枠組みが大きくなることで利用するシステムが地域標準から世界標準と育っていくなど、協力の枠外に技術やシステムが広がっていくことが期待される。

こうした中でアジアにおけるそれ以外の国際組織、例えば ESCAP などの国連機関や ASEAN などの地域多国間機関との連携をどう考えて行けばよいだろうか。国連は今でも国際社会の合意形成を図る上で欠かせない枠組みであり、いくつ

かの側面において重要なパートナーとなり得る。一方で国連万能や至上といった考え方は必ずしも現実的ではなく、そうした機能の補完のように G20 や ASEAN + 3 といった協力連携機構の存在感が増している。こうした枠組みや組織の長短を踏まえて、こうした国際組織や枠組みと実のあるパートナー協力関係を作り上げることが効果的な取り組みといえる。例えば「アジアの持続可能な発展のための宇宙技術と GIS の活用に関するワークショップ」(2011 年 2 月、アジア開発銀行・内閣府・JAXA 主催)議長総括で提言された「アジア太平洋宇宙技術と GIS 技術活用のための国際 5 年(2012-2016)」の創設は、宇宙技術を各国や関係機関が自発的に推進しようというもので、ESCAP など国連枠組みの議決を経て宇宙技術のアジア展開にとり極めて有効な促進手段となり得る。またこうした一連の国際議論と関心の高まりの中で APRSAF のような地域ネットワークに国際社会のより広い認知や支持を取り付けることも可能となろう。また、2016 年の実現を目指す GEOSS(全球地球観測システム)の構築の後押しともなる。

このように見るとアジアを中心とした我が国宇宙技術の展開は、①国連や APRSAF、GEOSS、国際宇宙年といった宇宙技術の利用意識高揚と推進の環境づくり、②受け入れ国・機関のレベルアップや宇宙技術の実用可能な行政システム作りを見据えた、JICA や大学等の国内パートナーや ADB などの国際パートナーとパイロットプロジェクト等の共同実施、③上記の進展を図りながらパッケージ戦略で行う民間による宇宙技術・GIS 技術の海外進出(衛星や宇宙技術・GIS 技術を活用したシステムの輸出など)の 3 つを柱として行うことが基本となる。この実施主体としては：①は JAXA など宇宙開発機関の技術・ネットワークを受けつつ各省庁が主体となり、②は地上活用システムの強化・高度化、GIS 技術の開発など政府の後押しを受けつつ、JAXA が中心となって技術アドバイザーとなる日本の大学及び民間コンサル・民間サービス業と連携して活動する、③は政府の後押しや JAXA の技術協力を受けながら民間が主体的に活動することが基本であろう。

4-3. 宇宙技術・GIS技術のアジア展開における優先分野と具体的プロジェクトの進め方

上記を踏まえ、現状の我が国宇宙技術(例えば衛星観測の範囲・精度・頻度)に照らして、それらのアジア展開において重点となる分野及びその具体的プロジェクトの姿とその現実的な進め方を考えたい。衛星を例にとると、地上系の監視、モニタリングに比べて衛星監視の良さはその広域性、アクセシビリティ、多元的な情報把握、周期性などである。一方で今後改善を期待するものとしてはデータ精度(例えば高さ方向の精度向上)や頻度向上などである。また、こうした衛星データを地上データと組み合わせ、さらにモデルによる予測等を加えて、「何に活用するか」「どう活用するか」が衛星利用の発展の鍵を握っていることは論を待たない。

データ供給の側から見れば、森林の不法伐採監視など衛星の画像を使った協力は既に有効に機能しており、災害監視の分野ではセンチネルアジアなどの協力枠組みも整ってきている。画像を使った協力は効果が確実でその応用範囲が広い。今後は今までの地図、災害、環境監視といった利用の進んだ分野からスラムや乱開発の監視といった都市計画、海洋の安全確保など幅広い分野での利用が期待される。一方 GCOM-C、GCOM-W、ALOS-2 といった他の手段では観測しえないモニタリングデータをどう活用して行くかが今後の課題である。

一方データ需要の側から見れば、発展途上国などの開発セクターなどが欲しいデータの精度や頻度と実際に供給しうるデータとの間にギャップがあり、データの活用にあたっては提供されるデータの精度と頻度と使用目的に応じたデータ要求をマッチングさせることが不可欠である。洪水監視を例にとると大流域で洪水到達時間が長い河川ほど衛星データの有効性は高い。これは、地上の観測計では困難な広い範囲でデータを一度に把握できる衛星の長所をフルに発揮できるからであるが、小河川では衛星データの精度や頻度から見て地上系の観測網を整備したほうが効率的である(但し衛星系で地上系のデータを補正・精度向上させることは小河川でも有効である)。現況でどの程度の規模の河川まで衛星データの活用が洪水監視・予測に有効かということ、衛星データの精度や頻度は向上してきていることから、概ね流域面積が1万平方キロメートル超、流路延長が5百キロメートルを超えるぐらいの河川、衛星データを洪水観測・予測に有効に使っていくことができると考えられる。その上で洪水観測・予報から避難誘導等にいたる一連の災害対応を効果的に実施するために不可欠な地形や社会基盤インフラ、土地利用活動、人口分布など多面的データを、意思決定に必要な情報へとダイナミックに変換しつつ俯瞰的かつタイムリーに提供するGIS技術が必要となる。中でも国際河川等、流域の社会・政治状況が入り組んでいる河川において特に衛星データは有効である。

また、データの精度向上によって飛躍的に応用が広がる可能性もある。例えば水平方向の精度向上もさることながら高さ方向の精度がデータの有用性の鍵を握っている。例えば高さ方向の計測で誤差が0.5mを下回れば、航空測量に近いデータの提供が可能になり、地形図の作成、開発プロジェクトの適地選定や災害監視などデータの活用分野は飛躍的に広がる。また、高頻度の監視を要する事柄には雲の存在に左右されづらい SAR 系の観測データが極めて有効であるので、この方面での精度や頻度向上が強く望まれている。

宇宙技術の活用の可能性は衛星データの利用だけではない。爆発的に利用が広がる携帯電話やインターネットの利用エリア拡大のための情報通信衛星利用や、ITS(高度交通情報システム)、ロボット農業などへの測位衛星の活用も既に実用が見えてきている分野である。また、ISS での無重力下タンパク質結晶生成実験、HDTV(ハイビジョンカメラ)などによる地球観測などは、アジア内の新興諸国での関心も高い。特に測位についてはスマートフォンを中心とした携帯電話の爆発的な普及に伴い、携帯電話の位置情報、移動情報を通じて国土全体の交通の状況、人々の動きなどをリアルタイムに把握できる社会基盤システムとしてのポテンシャルを有しており、大きな飛躍が期待できる。

ロケット技術は衛星や有人技術の基礎となるもので、H-IIA や H-IIB の高い成功率が我が国宇宙技術のアジア展開や進出に極めて有効に働いている。こうした高い打ち上げ能力の維持発展に我が国宇宙技術のアジア展開の可否がかかっているといっても過言ではない。

本勉強会と関連して、内閣府、JAXA、ADB は共同で「アジアの持続可能な発展のための宇宙技術と GIS の活用に関するワークショップ」を開催し、アジアの宇宙機関と開発機関の実務者の対話により衛星データの活用優先分野や、データの需要供給ギャップ(データ精度の協議など)について話し合い、具体的なプロジェクトコンセプトとして取りまとめる作業を行った。この中では、災害監視、水資源管理、環境監視、農業、都市計画管理の分野が優先分野として合意され、現状の受け入れ技術レベルなど受け入れ側の実情とアジアで供給可能な技術やデータレベルをマッチング、具体的なプロジェクト案を作成した。本報告書の第5章は、その中で直近に実行可能な案件を抽出・整理したものである。

4-4. 協力の具体化—スキームと手順—

2010年7月、JAXAはアジア開発銀行と宇宙技術のアジア活用に関する協力協定を締結した。これに基づき、ADBの資金供与に基づく最初の技術協力(TA)がバングラデシュ、ベトナム、フィリピンを対象に開始される予定であり、東京大学もアドバイザーとして参加予定である。APRSAFやセンチネルアジアを通じた協力実績を積み重ねるなど、国内外のパートナーと連携し、宇宙技術・GIS技術の積極的なアジア展開を図る舞台装置は整ってきたといえる。

我が国がアジアへの技術展開を図る上で、JICAやADBなどの開発援助機関の協力学スキームを活用していくことは、資金面だけでなくネットワークや信頼感の醸成といった様々な側面でメリットがある。またいわゆる技術協力や開発調査、無償・有償資金協力から、ソフトローンといった協力目的に合わせたスキームの選択肢も豊富であり、相手方の実情を踏まえた協力形態を選択できる。こうしたJICAやADBなどのパートナーとの継続的な協力関係は、前段でも述べたとおり今後のアジア展開の主要な柱の一つである。中でもADBとの協力では協力協定に基づいて相手側の技術・体制の発展段階に合わせた連携協力を行うことが戦略的にも求められており、中長期のスパンで活動内容を考えていく必要がある。前述ワークショップの成果を踏まえたADBとの協力ロードマップ(素案)を図1に示す。この図にあるように今まで技術的にも実績的にも最も経験の深い水災害監視分野での協力を皮切りに、優先分野である都市計画や農業に範囲を広げ受け入れ国の発展レベルに合わせた技術導入・展開を図っていくことが重要である。これはADBだけでなく国内外のパートナーとの協力活動を行う上での基本形と考えられ、今後全体戦略のもとパートナーごとの協力ロードマップを議論、作成することは大きな意義がある。

その際、個別協力・個別プロジェクトの成果や経験が効果的に蓄積される仕組みを構築し、それを通じて日本のコア技術を一層効果的に磨き、標準化活動等と合わせて世界標準とする努力を続けることが重要になる。(表2参照)

表2 日本発宇宙技術・GIS技術のグローバル化に向けて

ICT技術の発達と輸送インフラの充実による世界経済のグローバル化は、画一の商品（サービス・製品）を巨大な市場に展開させることを可能とした。その結果、現在世界で最も成功しているビジネスモデルは、汎用性と発展性を持ち合わせた「コアとなる技術・サービス・製品」（＝プラットフォーム）を保有し、それを世界標準として利用者あるいは利用者に近い事業者を提供するものである。（例：google, i-phone 等）こうして構築されたプラットフォームは、従来の二国間での技術協力・技術展開に比べ、多くの国に対して広範かつ迅速な展開が可能となるため、日本発の技術を真に世界に展開させるためには、このようなビジネスモデルを目指すことが必要である。

宇宙技術・GIS技術において、このプラットフォームを構築するためには、3つの課題がある。一つ目は如何に有効なコンテンツ（衛星データ・GIS付与データ）を蓄積していくか、二つ目は如何にそのコンテンツを発信するためのシステムを世界標準として広めていけるか、つまり様々な事業者をプラットフォームに参加させていくことができるか。三つ目は、特に衛星で必要となる大きな投資額に対し如何に採算をとるかである。

一つ目の有効なコンテンツの蓄積については、4-1項で述べたように潜在的な協力対象国の担当部署との協議や国際ワークショップによる議論により、実効的なニーズを把握して行くことが重要である。

二つ目のシステムの世界標準の構築に関しては、事業者となり得る民間セクターに早い段階から参加してもらうこと、そして場合によっては、日本だけでなく海外の民間セクターと協働することも視野に入れる必要がある。

三つ目の採算性については、より十分な議論を必要とする。宇宙技術・GIS技術に限らずプラットフォームの構築に当たっては展開初期に投資に見合った収入が得られない「死の谷」を経験するが、宇宙技術においては人工衛星やその打ち上げ費用、地上設備等の投資額が大きいいため、特にこれが顕著である。対策としては、既存の衛星による観測データを最大限活用するとともに、地上システムとの棲み分けの整理や、小型衛星の活用等が考えられ、今後の検討が必要である。

今後の宇宙技術・GIS技術の世界展開においては、これらの課題と対策を踏まえ、従来の二国間での技術協力に加えて、宇宙技術・GIS技術のプラットフォームの構築を目指すことが考えられる。

4-5. アジア展開の果実

こうした海外での協力は我が国の宇宙・GIS 技術開発・利用の将来に何をもたらすだろうか。この手がかりとして、今まで述べた我が国の宇宙技術のアジア展開活動が順調に推移した将来の姿を考えてみたい。

我が国で開発された技術がアジア諸国で使われ半ば標準化していくことは、宇宙技術・GIS 技術関連の民間セクターの海外展開が極めて容易になることは想像がつくが、こうした直接の経済利益だけではない良い広い効用が発現する。

例えば ODA が財政的な制約で縮小したとしても、国家の開発や安全に直接寄与する我が国技術が広くアジアの国民に使われ認識されることで、外交上のプレゼンスへの貢献も可能になってくる。比較的制度の縛りの少ないアジアで試され・成果を収めた技術や応用方策がその有用性を海外で認められ、国内に逆輸入され、我が国国民を直接裨益することも考えられる。アジアで実証されたシステムが他の地域に展開されることもあり得る。

また、APRSAF や APSCO といったネットワーク活動の顕在化に日本として対応して行くためにも、本報告に記述した様な活動を継続・拡大実施して行き、日本のアジア地域におけるプレゼンスの維持・向上に努めて行く必要がある。

例えば、1992 年の国際宇宙年のフォローアップ決議として、宇宙技術協力に関する地域のネットワークや活動などを COPOUS (国連宇宙空間平和利用委員会) のリージョナルプロセスなどとして位置付ける。決議提案のタイミングとしては、ESCAP 主導の「アジアの宇宙技術と GIS (地理情報システム) 利用の国際 5 年」が提案されるタイミングがふさわしいと考えられる。また 2012 年は 1992 年の国際宇宙年からちょうど 20 周年でもある。

少子高齢化を踏まえて国内の経済や社会が様々な課題に直面する中で、宇宙分野に向けられる視線も変動しよう。その際にアジア諸国の声や、こうした技術がアジア全体の繁栄を支えているという事実が国民の宇宙技術に対する変わらない支持を促すこととなろう。

我が国が有形無形にリードする国際連携ネットワークでは、技術の利用・応用面での新たな協力や共同技術開発といった、今後の技術開発に欠かせないパートナーの供給・保持に力を発揮しよう。真の協働関係が実現することが期待される。サーベイランス技術を用いた海洋安全の確保など域内の安全保障での協調活動をリードすることも可能となろう。海洋技術と連携し、資源の開発や確保にも培われた技術が有効に機能しよう。

こうした宇宙技術・GIS 技術の展開による国内外での活動がもたらす我が国の将来像は、資源や防衛、外交など様々な課題を抱える我が国が、先進技術の主導と共有など、科学技術によりアジアと日本の繁栄と安定に貢献していく我が国の国家安全保障の姿と符合する。

フロンティア分野技術のアジア展開が我が国とアジアの繁栄と安定の礎となる将来像を目指し、地道な活動が継続発展することを期待したい。