

メキシコ国

メキシコ宇宙庁 (Agencia Espacial Mexicana)

メキシコ国
宇宙開発・利用インフラ
普及促進事業
報告書 (先行公開版)

平成 30 年 2 月

(2018 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

日本電気株式会社

民連
JR (先)
18-001

目次

略 語.....	III
1. エグゼクティブサマリー.....	5
2. 事業概要.....	6
2.1 事業の背景・目的.....	6
2.2 事業内容.....	6
2.3 実施体制.....	7
2.4 普及対象とする技術の概要.....	8
2.5 実施日程.....	10
3. 当該事業におけるメキシコの現状.....	11
3.1 防災・災害管理システム／技術の状況.....	11
3.2 宇宙開発利用の状況.....	13
3.3 民間企業の概要.....	22
3.4 メキシコにおける本事業関連法制度.....	22
4. 実施結果及び活動報告.....	25
4.1 概要.....	25
4.2 衛星製造設備や衛星運用設備の配置場所の調査.....	26
4.3 衛星製造を担う機関への訪問・調査.....	27
4.4 衛星データ利用機関および民間企業への訪問・調査.....	30
4.5 AEM とのロードマップ作成および衛星データ利用インフラ構築のプロトタイプ案の提示.....	56
5. 本事業の総括（実施結果に対する評価）.....	66
5.1 本事業の成果（対象国・地域・都市への貢献）.....	66
5.2 本事業の成果（ビジネス面）、及び残課題とその解決方針.....	68
6. 本事業実施後のビジネス展開の計画.....	69
6.1 ビジネスの目的及び目標.....	69
6.2 ビジネス展開計画.....	69

略 語

略称	原語名称	日本語名称
AEM	Agencia Espacial Mexicana	メキシコ宇宙庁
CENAPRED	Centro Nacional de Prevención de Desastres	メキシコ国立気象警報センタ
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad	メキシコ生物多様性の利用および知識に関する国家委員会
CONACyT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	メキシコ国家科学技術審議会
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal	メキシコ国家森林委員会
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua	メキシコ国家水委員会
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas	メキシコ国家自然保護地区委員会
DLR	Deutsches Zentrum für Luft	ドイツ航空宇宙センタ
ECOSUR	El Colegio de la Frontera Sur	南部国境大学（メキシコ）
EOS	Earth Observing System	アメリカ航空宇宙局の地球観測システム
ERIS	Estación de Recepción de Imágenes de Satélite	メキシコ衛星情報受信局
ERMEX	Estación de Recepción México	SPOT コンステレーションのメキシコ受信局
EVISMAR	Estación Virtual de Imágenes Satelitales de Muy Alta Resolución	メキシコ高分解能衛星画像仮想受信局
FEMIA	Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial	メキシコ航空宇宙産業連盟
GIS	Geospacial Information System	地理空間情報システム
IAC	International Astronautical Congress	国際宇宙会議
ICT	Information and Communications Technology	情報通信技術
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía	メキシコ国家統計地理情報局
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias	メキシコ国立農牧林研究所
IPN	Instituto Politécnico Nacional	メキシコ国立工科大学
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency	独立行政法人宇宙航空研究開発機構
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	株式会社国際協力銀行
JETRO	Japan External Trade Organization	独立行政法人日本貿易振興機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JSS	Japan Space Systems	財団法人 宇宙システム開発利用推進機構
NASA	National Aeronautics and Space Administration	アメリカ航空宇宙局
NSDI	National Spatial Data Infrastructure	国家地理空間データインフラ
PEMEX	Petróleos Mexicanos	メキシコ石油公社

REDD	Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation	森林減少・劣化からの温室効果ガス排出削減
REDD+	REDD, plus the role of conservation, sustainable forest management and enhancement of forest carbon stocks	森林減少・劣化からの温室効果ガス排出削減並びに森林保全、持続可能な森林管理、森林炭素蓄積の増強
REDD+ MRV	REDD+ Measurement, Reporting and Verification	森林関連の排出量に関する測定・報告・検証
RESTEC	Remote Sensing Technology Center of Japan	一般財団法人リモート・センシング技術センタ
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación	メキシコ農牧村落開発・水産食糧省
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes	メキシコ通信運輸省
SEDENA	Secretaría de la Defensa Nacional	メキシコ国防省
SEMAR	Secretaría de Marina	メキシコ海軍省
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	メキシコ環境天然資源省
SENCO	National Commission of Outer Space	メキシコ国家宇宙委員会
SENER	Secretaría de Energía	メキシコエネルギー省
SGM	Servicio Geológico Mexicano	メキシコ地質調査所
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera	メキシコ農牧省農牧漁業情報局
SJAC	Society of Japanese Aerospace Companies	一般社団法人日本航空宇宙工業会
SMN	Servicio Meteorológico Nacional	メキシコ国立気象サービス
UAV	Unmanned Aerial Vehicle	無人航空機
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de Mexico	メキシコ国立自治大学

1. エグゼクティブサマリー

本事業は、NECが保有する小型標準衛星バス技術を活用し、衛星運用システムの移転、衛星製造技術・設備の提供等を通じて同国の宇宙開発・利用インフラ構築への貢献を目指すものである。

メキシコは多様な自然災害により大きな人的・経済的損失を蒙っているが、防災対策や災害警報等を提供する公的機関は地上に設置した観測機器等の情報を限定的に利用しているのみで、地球観測衛星を恒常的に活用した広域的かつ有効な観測や予測、情報提供には至っていない。

2011年に創設されたAEM（Agencia Espacial Mexicana：メキシコ宇宙庁）は、メキシコ独自の地球観測衛星を新たに所有し、その広域性、周期性を活かした衛星データの大規模自然災害対策への有効活用ならびに同国に宇宙機器産業・宇宙利用基盤の構築を目指している。

このAEMの意向を踏まえた事業遂行の成果概要は以下の通りである。

1) 現地活動等を通して

ーメキシコにおける宇宙利用インフラ状況（関係機関の衛星利用状況含む）ならびに大学／民間企業における将来のメキシコ自国開発衛星の衛星開発・製造／運用の役割分担可能性を把握することができた。

ー上記を踏まえ、メキシコの国家開発計画（PND）と整合する「メキシコの目指すべき宇宙利用インフラの姿」についてAEMと協議を重ね、2030年の「あるべき姿」としての“メキシコデータプラットフォーム”のコンセプトを共有し、同プラットフォームの実現に向けた「ロードマップ」を合意することができた。

2) AEMとの協議を通して、上記「ロードマップ」で設定した「メキシコ自国地球観測衛星整備」（2022年以降の打上げ）の実現に向けた具体的アプローチ（我が国における衛星開発実績を踏まえたシステム・エンジニアリング手法）について合意することができた。

2. 事業概要

2.1 事業の背景・目的

メキシコは多様な自然災害を受けている一方、防災対策や災害警報等を提供する公的機関は地上に設置した観測機器等の情報を限定的に利用しているのみで、地球観測衛星を恒常的に活用した広域的な観測や予測、情報提供には至っていない。そのような中、同国は 2011 年に AEM (Agencia Espacial Mexicana : メキシコ宇宙庁) を創設し、所有する地球観測衛星を災害対策のために有効活用することや、衛星バス開発技術を取得することを目指している。

本事業は、NEC が保有する小型標準衛星バス技術を活用し、衛星運用システムの移転、衛星製造技術・設備の提供等を通じて同国の宇宙開発・利用インフラ構築への貢献を目指すものである。中でも、衛星技術活用の一分野として、防災先進国としての日本の知見に基づく、同国での防災・災害管理システム/技術の向上に貢献することが期待できる。

2.2 事業内容

宇宙開発・利用インフラの構築には多大な費用と長期間の開発が必要であり、構築開始にあたって現時点での情報に基づく確実な基本計画が必要である。また、その実現に向けてのロードマップ作成を行う必要がある。本事業では、日墨の協力機関（日本側：JSS、宇宙航空研究開発機構 (JAXA)、国際協力銀行 (JBIC) 墨側：在墨日本大使館、在墨 JICA 事務所）とともに現地活動業務を実施、日本の技術の提示（日本への受入活動時に実施）などを行うことで、メキシコ側の要求や制限を具体化し、実現可能なロードマップ作成を行う。具体的には以下の作業を実施する。

- ・ 衛星製造設備、衛星運用設備の設置場所の調査（特記仕様書第 3 条(2)③エに対応）

将来の衛星製造設備、運用設備の設置場所を、完成時の実施者と想定される IPN のメンバーと調査を行い、候補案を提示する。

本作業の成果については 4.2 項「衛星製造設備や衛星運用設備の配置場所の調査」に示す。

- ・ 衛星データ利用機関及び衛星製造を担う機関への訪問・調査（特記仕様書第 3 条(2)③イ及びウに対応）

衛星製造技術の移転先に付き、衛星製造の技術的取り纏めを行うと想定される IPN（メキシコ国立工科大学）とメキシコ内の企業や大学、研究機関の調査を行い、その候補案を提示する。また多岐に渡る衛星データ利用機関を訪問し、データ利用の実態をまとめることで、衛星データ利用インフラ構築の提案精度向上を図る。

衛星製造関連機関への訪問成果については、4.3 項「衛星製造を担う機関への訪問・調査」に、衛星データ利用機関への訪問成果については、4.4 項「衛星データ利用機関および民間企業への訪問・調査」に、それぞれ示す。

- ・ インフラ構築に関わる法制度上の問題点の調査（特記仕様書第 3 条(2)③オに対応）

インフラ構築には種々のメキシコの問題が存在すると予想され、事業実施法人の現地法人を中心に、関連機関の支援を受けて調査を行う。

本作業の成果については3.4項「メキシコにおける本事業関連法制度」に示す。

- 衛星データ利用インフラ構築のプロトタイプ案の提示（特記仕様書第3条(2)③カに対応）

衛星データ利用インフラは GIS (Geographic Information System)/ NSDI (National Spatial Data Infrastructure)の構築提案を行う。具体的な使用例のプロトタイプとして防災・災害アプリケーションの組み込みを検討している。本業務では事業実施法人と CENAPRED が、事業実施法人の所有する防災・災害アプリケーションのメキシコへの適用の検討を行い、組み込みに必要なインタフェースの確認を行うことで、GIS/NSDI 構築に向けての具体的な組み込み案の提案を行う。

本作業の成果については4.5項「AEM とのロードマップ作成および衛星データ利用インフラ構築のプロトタイプ案の提示」に示す。

- AEM とのロードマップ作成（特記仕様書第3条(2)③アに対応）

メキシコにおける衛星開発・利用インフラ構築のための基礎調査（衛星データ利用ユーザーとその要求調査、衛星製造・運用に関わる設備開発の具体的な調査、技術移転先調査等）を行う。まとめとしてプロジェクトの実施機関であるメキシコ宇宙庁と実現に向けてのロードマップ案を作成する。

本作業の成果については4.5項「AEM とのロードマップ作成および衛星データ利用インフラ構築のプロトタイプ案の提示」に示す。

2.3 実施体制

プロジェクト実施体制を下記に示す。

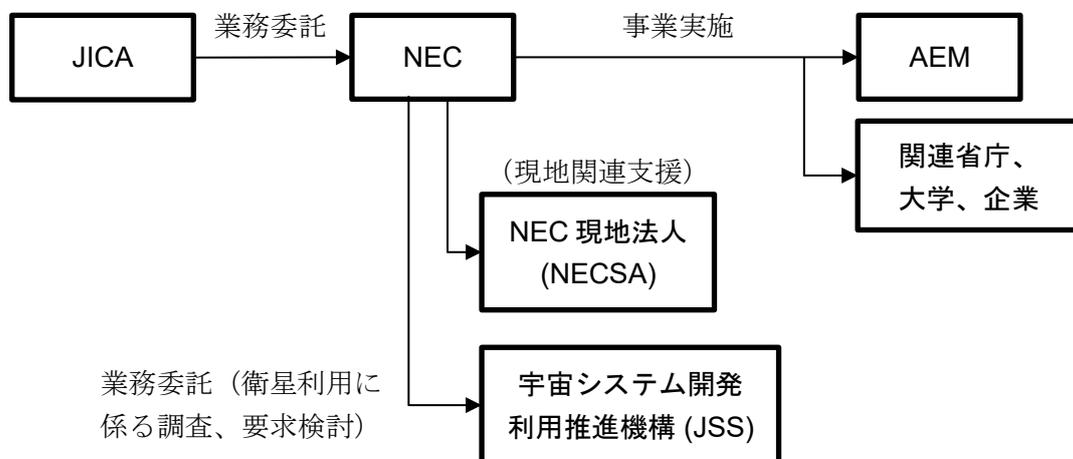


図 2.3-1 プロジェクト実施体制

NEC が主体となり、事業対象機関である AEM その他関係機関に対し事業を実施した。NEC 現地法人である、NECSA (NEC de Mexico S.A. de C.V. : NEC 中南米支社) が、事業対象機関との折衝における支援を行った。また、衛星データ利用の分野において専門的知識を有する JSS を

- ・ メキシコの衛星データ利用機関における衛星データ利用の状況の調査
- ・ 上記調査結果等を踏まえたメキシコにおける衛星データ利用状況の傾向に関する考察に関する業務委託先に選定した。

2.4 普及対象とする技術の概要

2.4.1 衛星システム技術

2.4.1.1 地球観測衛星

地表面で 50cm 級の分解能を有する高分解能光学センサ、同 1m 級の分解能を有する SAR (合成開口レーダ) センサ、又は数 10 バンドを有するハイパースペクトルセンサを搭載した小型地球観測衛星に係る技術が想定されるが、防災対策や災害監視などの運用には、状況の変化 (主に地形の状態や変動の確認が重要) を高精度で確認する必要があり、データ利用者の要求からは出来るだけ精細に、少なくとも 1m 以下の情報は欲しいとの要求がある。航空機による観測データの入手方法もあるが、広域の情報取得は難しい。例えば、上記のうち高分解能光学衛星は、500km の高度から 50cm 級の地表情報を 10km 以上の観測幅で取得可能であり、防災の見地では高精度のハザードマップなどの準備に、また災害運用では災害発生後の被災状況をデータ利用者の希望する高精度で提供でき、災害前のリスク管理や災害発生後の復旧対策、復旧後の防災対策に基本となる地表の観測データを提供することが出来る。

2.4.1.2 衛星地上システム

衛星の状態監視とミッション (地球観測データ取得) 遂行のための制御を行う衛星管制システム、及び、衛星の取得したミッションデータを受信し、データ処理を行うデータ処理システムなどから構成される。衛星管制システムは、衛星が正常にミッションを遂行できるよう衛星の状態をテレメトリにより監視するとともに、衛星の制御指令やミッション運用計画などをコマンドとして送信する衛星管制機能や、衛星の軌道を決定する軌道決定機能などを有する。データ処理システムは、ミッションデータ受信機能、及び、ミッションデータ (地球観測データ) に対して感度偏差や幾何学的な補正処理を行い、ユーザ又は衛星データ利用システムが利用可能なデータを生成するデータ処理機能を有する。

2.4.2 衛星利用技術

地球観測衛星で取得するデータは防災・災害以外に農・林・水産業や資源探査、国家安全など幅広い分野で利用可能である。これらの多様な分野で効率的なデータ利用を実現する手法として GIS (地理情報システム) がある。GIS は衛星以外の観測データも用いるが、重要な点は観測データが統一的な位置情報を持つことである。製品として提供する地球観測高分解能光学衛星はこの位置情報を 10m 級で提供でき、また 50cm 級の高分解能な観測データは GIS の基本であるベクタマップ作製に用いることが出来る。GIS では高精度化や広域化による情報増や利用分野の増加

に伴い、ビッグデータ化が予想される。この問題をクラウドシステムで実現することを、メキシコにおける衛星等データ利用の完成形とし、この実現性を本業務で確認する。

CENAPRED に対しては地上系のセンサを用いた防災・災害対策システムは事業実施法人からワークショップなどを行って提示してきているが、本業務では衛星データ利用や GIS 利用も含めた利用技術の提案を行い、効率的な防災・災害監視技術の提案を行う。CENAPRED と事業実施法人でメキシコへの適用方法の検討を進めることで、CENAPRED が保有する防災・災害監視技術と、新しく付加する衛星データ利用を含むデータインフラにより、更なる効率的な災害対策が可能になる。

2.4.3 メキシコ国内での衛星産業化

AEM は自国で衛星開発を行い、防災・災害管理を含め複数衛星で地球観測データを取得し、農・林・水産業や資源探査、国家安全などの各利用分野で用いたいと希望している。このメキシコ側の要求に対し、衛星製造技術の技術移転を行うことで将来の衛星製造の実現に供する。衛星製造技術はシステムの衛星製造の見地から、AIT（Assembly, Integration and Test：衛星組立・試験）技術の移転を行う。

2.5 実施日程

実施スケジュールを以下に示す。

表 2.5-1 実施日程

作業	2016							2017										
	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
現地活動		▽		▽	▽				▽			▽					▽	
本邦受入活動													▽					
衛星データ利用機関及び衛星製造を担う民間企業への訪問・調査		→																
宇宙庁との宇宙開発および利用インフラ構築に係る協議、ロードマップ作成		→																
国立工科大学に対する教育とパートナーシップの構築		→																
衛星製造設備や衛星運用設備の配置場所の選定		→																
Financing スキーム／ツールに関する調査・協議									→									

3. 当該事業におけるメキシコの現状

3.1 防災・災害管理システム／技術の状況

メキシコ合衆国は多様な自然災害を蒙っており、「雪害以外は全て影響を受けている国である。」と言われている。1985年のメキシコ大地震発生を受けて、1988年に設立されたCENAPRED（メキシコ国立防災センター）などの公的機関が防災対策や災害に対する警報等を提供する機能を担っている。また、3.1.1項に示すように大規模自然災害発生時を含む国家レベルの危機管理体制としてSINAPROC（国家市民保護制度）が制定されている。

一方、大規模自然災害対策における衛星データ利用に関しては、第1回現地活動でのCENAPRED調査で判明した「国際災害チャータを活用したALOS-1（だいち1号）データによる洪水被害状況把握」など限定的な範囲にとどまっている。

メキシコにおける大規模自然災害は、図3.1-1に示されるように

- ・ 経済的損失では暴風雨／洪水によるものが76%
- ・ 人的損失では地震：53%、暴風雨／洪水：36%の2つが支配的な状況となっている。

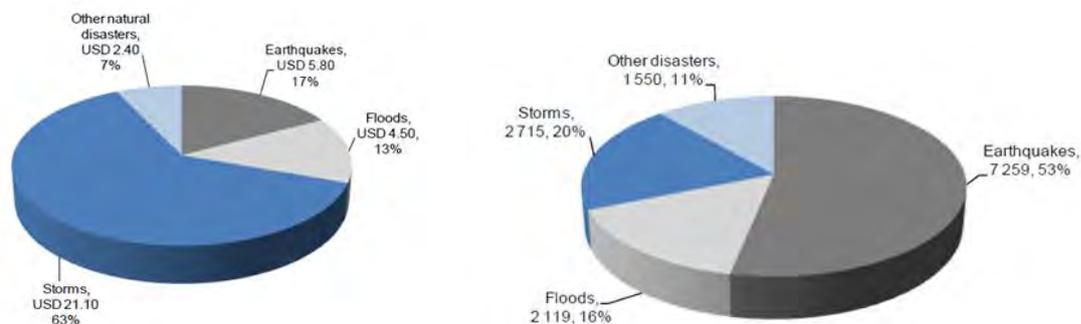


図 3.1-1 メキシコにおける大規模自然災害（左；経済的損失、右；人的損失）

3.1.1 大規模自然災害対応における行政の状況

メキシコにおける大規模自然災害対応を含む危機管理対策として、SINAPROC（国家市民保護制度）が制定されている。SINAPROCとは組織の名称ではなく、制度名である。この制度の設立目的は、「自然あるいは人的要因により引き起こされる災害に対し、人命を守り物的な破損や自然環境への損害、並びに社会の基本的機能が阻害されないよう、様々な活動を実施することにより国民と社会を保護すること」である。この制度の下メキシコでは、連邦・州・市の三層に亘る行政組織の防災、災害発生時、被災後の対応業務を調整し連携を取り、効果的かつ効率的に遂行することとなっている。制度を構成している機関の体制図を図3.1-2に示す¹。

¹ 弊社調べ

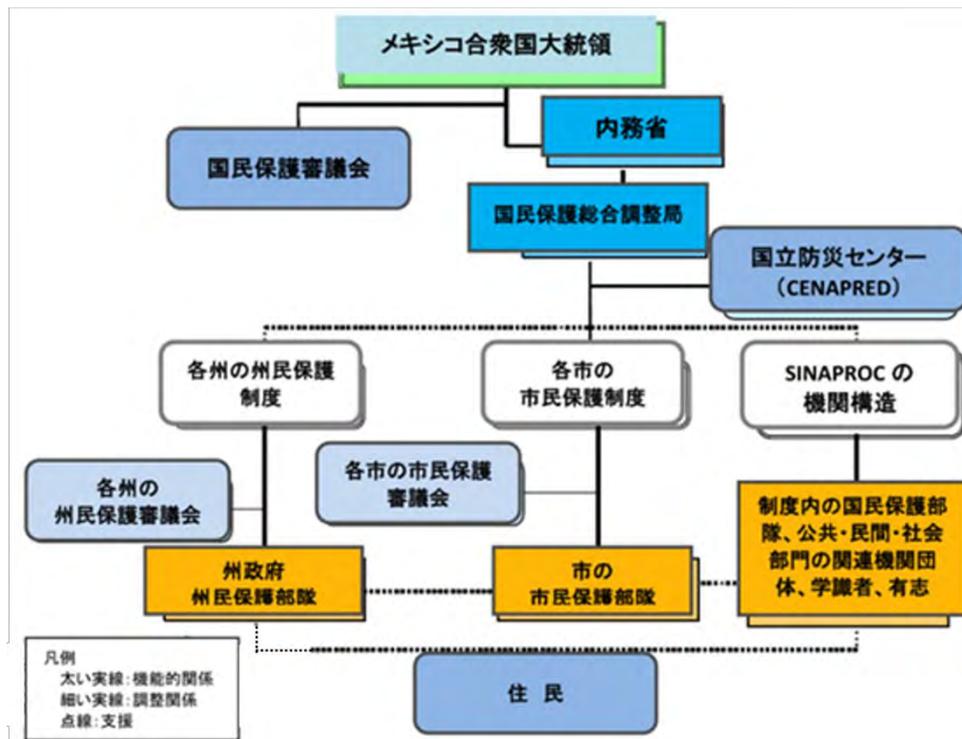


図 3.1-2 SINAPROC の体制図

内務省(SEGOB)は SINAPROC を通して、市民保護と DRR の規制と実行の責任を持つ政府機関である。国民保護総合調整局 (National Civil Protection Coordination) を通じた国内統括機能を有しており、以下の機能に分解される。

- 市民保護総局 (The General Civil Protection Directorate)
 - 州政府や地方自治体と共に SINAPROC の統合、調整、監督を行う
 - 国民保護通信センター (National Civil Protection Communication and Operation Centre) の上位機関。CENACOM は SINAPROC メンバー間の通信やアラート、情報収集、また災害に備えた準備や、緩和や復興などを行う組織。
- 市民保護の規制・イノベーション・関係性に関する部局 (The General Directorate of Relations, Innovation and Regulation of Civil Protection)
 - 市民保護についての社会規範 (Official Mexican Norms) の精査・発展・推進の責任を担う機関
 - 国家開発計画 (National Development Plan) と国民保護計画 (National Civil Protection Program) に沿って3層の政府レベルの調整を図る
 - 社会的、民間セクターとの合意の推進
- リスクマネジメント局 (The General Risk Management Directorate)
 - 以下のようなファンドから、National Civil Protection Coordination をサポートする。
 - ✧ Natural Disaster Fund(FONDEN)
 - ✧ Disaster Prevention Fund(FOPREDEN)

- ◇ Preventive Trust(FIPREDEN)
- ◇ Emergency Fund

SEGOB 傘下の国立防災センター（CENAPRED）は、1988年に内務省とメキシコ国立自治大学（UNAM）との協力により設立された国家市民保護システムの技術部門の位置づけであり、災害予防についての調査研究、リスク発生の監視・予測、国家市民保護システム関係者のための研修活動、危機管理情報システムである「国家リスク地図」（Atlas Nacional de Riesgo）の開発・運営、一般向けの普及・啓発等を担当している。（CENAPREDの詳細、特に衛星データ利用の調査結果については、4.4.1項1)を参照）

災害発生時の行政側対応としては、まず対象地の行政区分を管轄する市が対応し、その能力を超える場合には州政府に支援を要請／州政府の対応能力をも超える場合は連邦政府の関連機関へ支援が要請され、大統領直下の連邦政府の閣僚、関連省庁のトップ、および州政府を代表する知事から構成される「国民保護審議会」が、大統領の諮問機関として防災・国民保護に係る計画立案や、省庁間の調整、全関係機関団体等の調整を担う。実質的には連邦政府内務省の国民保護総合調整局が統括機関として対応に当たる。また、場合によっては大統領が外務省や内務省を通じて、あるいは直接に協力条約などを結んでいる諸外国に国際支援を要請することもある。

SINAPROC 以外の具体的な危機管理対応策の例として、ベラクルス州には州民保護局が策定した防災計画書や行動計画書がある。メキシコで唯一の原子力発電所がある同州では、例えば2011年の熱帯性暴風雨防災、警戒、即時対応プログラム対外放射線緊急時計画、森林火災計画、などがある。防災の視点で全国リスクマップが国立防災センターを中心に作成されているが、その州版、市版の作成は各自治体の責任となっている。グアナフアト州は自然災害の種類ごとにリスクマップが作成されている。

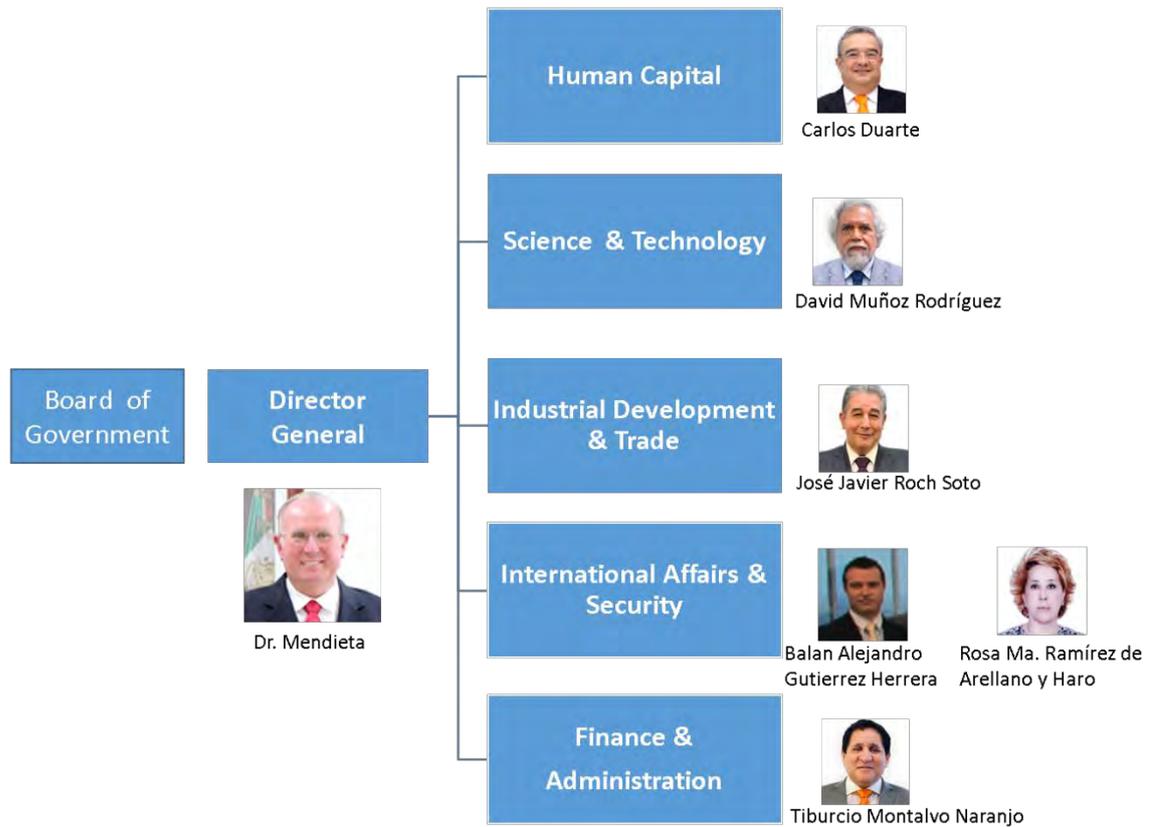
3.2 宇宙開発利用の状況

3.2.1 政府系機関の概要

宇宙技術はその利用が多岐に渡り、国により監督省庁や関係省庁が異なるため、省庁横断的に見た役割の把握が重要である。2007年頃からメキシコ国内の宇宙に関する機関の設立が望まれ、2010年に立法化後、2011年にAEMがSCT傘下に設置され、宇宙政策の策定、宇宙開発技術の普及などを担っている。AEM設立以前は、宇宙政策策定はSENCOの様な委員会で行われたこともあったが、メキシコ国内での宇宙利用が主に政府系企業による衛星通信と、海外地球観測衛星のデータ受信であったため、メキシコの宇宙政策はSCTを主導とする7省11機関の合議で決められていた。AEM設立後のメキシコにおける宇宙政策は、SCT-AEMが宇宙政策を決定、執行する体制となっている。

表 3.2-1 にメキシコにおける各機関の役割分担を示す。今後の宇宙開発・利用インフラ構築に向けた検討の中で、これらの役割がAEMに一本化され、メキシコ国内に体系的な宇宙利用に関する構造が見込まれる。これらの構築においてビジネスチャンスが生まれてくることが期待できる。

AEM のミッションは、宇宙政策の策定と執行、並びに宇宙開発支援である。内部には、科学技術、産業発展及び貿易、国際協力及び安全保障、人材育成、財務、となっている。AEM の組織図²を図 3.2-1 に示す。



<http://www.gob.mx/aem>

図 3.2-1 AEM 組織図

² 「Challenges and Opportunities of the Mexican Space Agency」
[https://solarsystem.nasa.gov/docs/1.11_Mendieta_Challenges%20and%20Opportunities%20of%20the%20Mexican%20Space%20Agency%20\(AEM\).pptx](https://solarsystem.nasa.gov/docs/1.11_Mendieta_Challenges%20and%20Opportunities%20of%20the%20Mexican%20Space%20Agency%20(AEM).pptx) より抜粋

表 3.2-1 メキシコ衛星利用における各機関の役割分担

	機関・組織名	宇宙関連での役割	用途	備考
監督業務	SCT	<ul style="list-style-type: none"> ・ AEM の監督 ・ 宇宙政策の決定 ・ 電波利用管理 		
	AEM	<ul style="list-style-type: none"> ・ 宇宙政策の策定と執行 ・ 宇宙開発支援 		
	CONACyT	<ul style="list-style-type: none"> ・ 技術・研究開発支援 		
	ProMEXICO	<ul style="list-style-type: none"> ・ 輸出入関連支援 		
衛星データ受信・管理	INEGI	<ul style="list-style-type: none"> ・ GIS 情報管理 	国家地理情報、地図情報管理、災害時の被害評価、都市計画、土地利用	WV-3 データの使用
	SEMAR	<ul style="list-style-type: none"> ・ 海防、安全保障 ・ EVISMAR 局運用 	港湾計画、航海地図、安全保障、船舶管理	EVISMAR 局運用 GeoEye-1 等の高分解能データ受信
	SEMARNAT		環境保全・管理	
	SEDENA	<ul style="list-style-type: none"> ・ 国防、安全保障 ・ ERMEX-NG 局共同管理 		Spot 衛星の受信、国内配布
	SIAP/SAGARPA	<ul style="list-style-type: none"> ・ 農・漁業解析情報管理 ・ ERMEX-NG 局共同管理 	農業生産管理、環境政策、森林管理、バイオマス、生育管理、災害時の被害推定	ERMEX-NG 局運用、Spot 衛星の受信、国内配布 CONABIO、SIAP、SEDENA 等のメキシコ国内機関は無償でデータ使用 RapidEye も利用している
	CONABIO	<ul style="list-style-type: none"> ・ 生態多様性管理 ・ ERIS 局管理支援 	生態多様性の調査、維持、管理	ERIS 局運用、NASA 衛星の MODIS データ受信 RapidEye 画像の購入。SIAP 等メキシコ国内機関は無償でデータ使用。
	CONAGUA	<ul style="list-style-type: none"> ・ 気象衛星データ受信、情報配信 	水理・気象情報	GOES 衛星データ受信、国内配布
	CONAFOR		森林環境調査、維持、管理	森林火災に関して fire spot の早期発見
	CENAPRED	<ul style="list-style-type: none"> ・ 災害関連情報管理・配布 	災害管理に関する衛星情報	SPOTS/6 データ利用に加え、RadarSat (カナダ MDA) 画像を利用している - 森林火災発生後の対策
その他	FEMIA	<ul style="list-style-type: none"> ・ 航空宇宙産業連盟 		
	各大学	<ul style="list-style-type: none"> ・ 研究開発 	宇宙に関する要素研究	UNAM、IPN、ECOSUR など

3.2.2 政府保有衛星地上局の概要

衛星の地上局は、衛星の管制をつかさどる管制局と、主として地球観測衛星等からデータをダウンリンクする衛星データ受信局に大別できる。

通信衛星の管制局としては、SCTがMEXSAT-3 (Bicentenario)およびMEXSAT-2 (Morelos III)の管制用に、メキシコシティ内のイスタパラパ地区、並びにメキシコ北東部のエルモシージョに1局ずつ管制局を保有している。

以降は地球観測衛星の管制局／衛星データ受信施設について述べる。メキシコは自国の地球観測衛星を保有しておらず、海外地球観測衛星の直接受信をすることにどまっている。また衛星データ受信施設も省庁ごとに縦割りに使用されている。本項にて局ごとの受信状況を記す。

- ERMEX-NG局 (SEDENA/SIAP 運用)

SPOT-2, SPOT-4, SPOT-5号の各衛星の受信を、海軍省 (SEMAR) 敷地内に設けた ERMEXS (Estación de Recepción México de la constelación Spot) 局で、SAGARPA (農畜水産農村開発食料省) 下の SIAP (農牧漁業情報局) と SEMAR が共同運用を 2007~2013 年に実施していた。この受信データは国家統計地理情報局 (INEGI) の他、すべてのメキシコ政府機関も利用していた。その後、2013 年にメヒコ州のラヨーン (Rayon) にある国防省 (SEDENA) に SPOT-5, SPOT-6, SPOT-7 号のための新しい受信局 ERMEX-NG (Estación de Recepción México Nueva Generación) 局として開設され、SEDENA と SIAP が共同運用を行っている。

また、ERMEX-NG局では、SPOT衛星データの他、Pleiades衛星やTerraSAR-XやTanDEM-X衛星のデータも受信可能である。

- EVISMAR局 (SEMAR 運用)

SEMARではGeoEye-1衛星用の受信局を新たに設置して高分解能の衛星データの受信を行うためEVISMAR (Estación de Recepción México Nueva Generación) 地上局を整備した。この局は物理的なデータ受信アンテナを持たず、Miamiに設置された民間受信設備経由で衛星データを受信している。

- ERIS局 (AEM 運用)

Chetumal (キンタナ・ロー州) の南部国境学術協会 (大学院大学) (ECOSUR : El Colegio de la Frontera Sur)にあるERIS (Estación de Recepción de Imágenes de Satélite) 局では、2007年から米国のLandsat-5衛星やTerraやAqua衛星のMODIS、欧州のERS-2衛星の画像を取得し、メキシコ国内での自然災害対策などの衛星データ利用とともに、中米の研究機関に無料でのデータ展開に利用していた。この局は、メキシコ (CONACyT、INEGI、CONABIO、ECOSUR) とDLRの技術協力に係るMOUによるもので、アンテナはDLRから寄付されたものであり、運用はAEMが行っている。現在受信している衛星はTerra及びAqua (MODISデータ) とLandsat-8である。また、イギリス (UKSA) はAEM (UAEMEX (メキシコ州立自治大学)、ECOSUR、INEGIと協力の下)

とイギリスの衛星（Surrey 社の小型衛星）と ERIS 局を使って、近辺の環境観測を行うプロジェクトを進めている。

また、CONAGUA（国家水委員会）では静止気象衛星（米国の GOES-E と-W）のデータを受信して、気象に関する情報を直接政府機関や HP などを通して一般に提供している。



図 3.2-2 メキシコの現用データ受信局（左；ERMEX-NG 局、右；ERIS 局）

3.2.3 衛星調達の概要

メキシコはこれまで、通信衛星をシリーズ化して調達・運用してきた。今までに 12 の国策の通信衛星が計画され、9 機が打ち上げられた（うち 1 機は打ち上げ失敗により代替衛星準備中である）。概要を表 3.2-2 に示す。

衛星は国際調達ですべて米国から輸入され、衛星運用は政府系企業である SATMEX 社と MEXSAT 社で実施されてきた。所轄省庁は SCT（メキシコ通信運輸省）である。すなわち現在、メキシコにおける衛星調達においては、SCT 及び MEXSAT が、実用レベルの静止軌道通信衛星の調達・運用に関するノウハウを有する。なおメキシコ国としての地球観測衛星の購入経験は無い。

表 3.2-2 メキシコが発注した人工衛星

打上げ年	名称	用途	発注者	メーカー	備考
1985	Morelos I	国内向け衛星 通信サービス	Telecomm	Hughes	
1985	Morelos II			Hughes	
1993	Solidaridad 1			Hughes	
1994	Solidaridad 2			Hughes	
2011	Quetzat		SES 傘下の QuetzSat	SSL	
2013	MEXSAT-3 (Bicentenario)		MEXSAT	BOEING	
2015	MEXSAT-1 (Centenario)		MEXSAT	BOEING	打ち上げ 失敗
2015	MEXSAT-2 (Morelos III)		MEXSAT	BOEING	
2015	Sky Mexico-1		DirecTV Latin America	Orbital	

メキシコで国内向け衛星通信サービスが開始されたのは、1970年のことである。この時点では自国で衛星を発注せず、打ち上げ済の衛星を利用していた。1980年代に入り、メキシコ政府は初めて Morelos-1/2 の 2 機の通信衛星システムを調達、最初の衛星が 1985 年に打ち上げられた。90 年代半ばには、2 機の Morelos 衛星は Solidaridad-1 および-2 にリプレースされた。これらの衛星の運用は民間の Telecomm 社（後に SATMEX 社と名前が変わる）によってなされた。

SATMEX 社以降のメキシコにおける民間での衛星放送・通信事業は、SATMEX 社から Eutelsat 社に売却された旧 SATMEX 衛星や、ルクセンブルグの SES 社の子会社による QuetzSat-1、DirecTV Latin America 社の Sky-Mexico 1（2015 年に運用開始）などが、メキシコおよび周辺国に通信・放送市場が見込めるとしてサービスを開始した。

SATMEX 以降の国営衛星通信事業として、SCT 管轄の国営企業 MEXSAT 社による 3 機体制（将来は 4 機体制も想定）の、デュアルコースも考慮したシステムが政府主導で計画された。1100 億円（1 billion USD）規模に及ぶこの計画は、3 機全てが米国 Boeing 社に発注された。そのうち Boeing 社から Orbital 社に再発注された Bicentenario（旧名 MEXSAT-3）は 2012 年から運用が開始され、Centenario（旧名 MEXSAT-1）と Morelos-3（旧名 MEXSAT-2）は 2015 年にそれぞれ打ち上げられた。ただし Centenario は打ち上げロケット（Proton-M）の失敗により失われており、現状 2 機が運用されている。この Centenario の代替機が打上げ保険を用いて調達開始されている。さらに 4 号機が計画されていたが、1~2 号機の打ち上げの遅れや、高額な調達費用故、具体化には至っていない。これらの MEXSAT 衛星は SCT 下の国策会社である MEXSAT 社が運用を行っている。

3.2.4 衛星開発の概要

メキシコの衛星開発は 1990 年代から始まっているが、未だ超小型衛星の開発に留まっている。今後、100kg 以上の大型衛星の国内製造に向けた計画は、衛星システムからコンポーネントに至るまで、産官学いずれの領域においても存在しない。

メキシコの宇宙開発は 1950 年代に始まり、ロケットの設計と衛星通信システム計画が最初のプロジェクトであった。1962 年には SENCO（国家宇宙委員会）が設立され、これらのロケットと通信衛星の開発検討が継続された。

UNAM（メキシコ国立自治大学）で 90 年代の初めにアマチュア無線用のマイクロ衛星 AMSAT 技術をもとに 17kg 級の小型衛星が 2 機開発（UNAMSAT-A、-B）された。1 機（UNAMSAT-A）は打ち上げロケットの事故で軌道に乗らなかったが、もう 1 機はアマチュア通信の領域で使用された。

UNAM は現在政府支援などを受けて小型衛星プロジェクトとして SATEX-1 計画を進めている。これは 50 キロ級の衛星で、メキシコ領土の写真画像取得、Ku バンドおよび光通信の研究・軌道上実証を行う目的で進められている。このプロジェクトには、メキシコ国科学研究・高等研究センター（CICESE）、IPN、国立工科大学先進研究センター（CINVESTAV）、メキシコ電力研究センター（IIE）、国立天文光学電気研究所（INAOE）、UNAM のエンジニアリング研究所、IPN の機械・電子工学部（ESIME）Zacatenco と Ticoman の分校、プエブラの自治大学（BUAP）など

が関与している。これらの機関は、独立していくつかのモジュール単位でプロジェクトの検討・開発を行っているが未だ完了していない。

UNAM は国際プロジェクトとして、SATEX-2 や CONDOR、QUETZAL プロジェクトも進めており、新しい衛星製造設備をメキシコ中央部のケタロ州に準備中である。

一方、大学レベルでは最近流行の CubeSat の開発も実施されており、AEM や CONACyT の支援を受けてプロジェクト化が進められており、実用的なアイデアとしては衛星地上間の小型通信アンテナの実験も計画されている。

3.2.5 AEM の宇宙政策

2.2.1 項から 2.2.4 項に示すように、メキシコにおける宇宙政策は所掌上は AEM が取り纏める位置づけとなっているものの、通信衛星プロジェクト：MEXSAT は実態として SCT 直轄で実施されており、AEM としてはメキシコ独自の地球観測衛星プロジェクト立上げに向けた活動に注力するという構図となっている。

AEM は宇宙政策立案にあたり、国家レベルの「開発計画」（National Development Plan:PND2013（2013～2018 年の範囲））で謳われている「5 つの柱」を上位機関である SCT の「セクターとしてのプログラム」に対応させ、そこから更に宇宙分野として「宇宙活動のための国家プログラム」（National Program of Space Activities: PNAE）に AEM として目指すべき 3 つの Directives を定義している（図 3.2-3）。

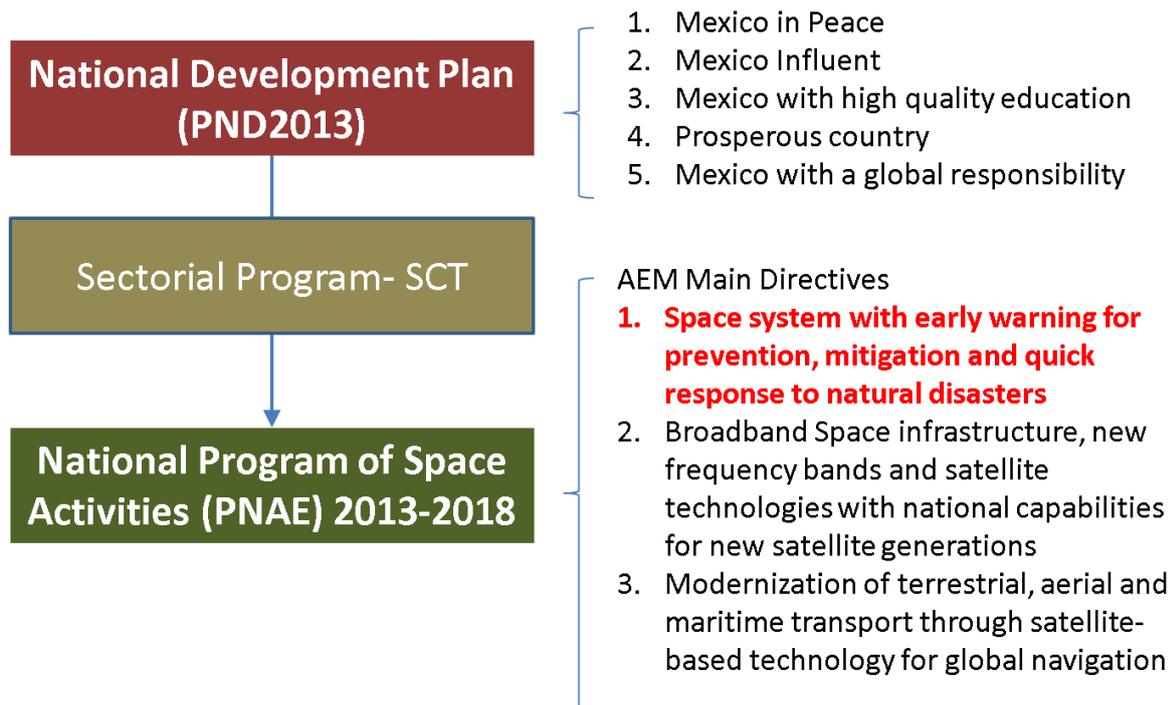


図 3.2-3 AEM として目指すべき 3 つの Directives

この中で、AEM は自国独自の地球観測衛星プロジェクト立上げのための RATIONALE として “Space system with early warning for prevention, mitigation and quick response to natural disasters” を掲げて政府関係機関の理解／予算獲得に推進している状況である。

また地球観測衛星の特性を活用して、先の COP21 でメキシコがコミットした野心的な目標を達成するために「気候変動のモニタリング」を実施して貢献するとの方向性もメンディエータ長官から言及されている。更にブラジル、チリ等が「自国地球観測衛星保有」という観点からはメキシコに先んじているものの、『メキシコは自国衛星開発にあたり技術移転（Technology Transfer）による Capacity Building を推進する』（メンディエータ長官）との意向である。

3.2.6 AEM の Early Warning System に貢献する衛星システム構想

PND2013 で言及されている自然災害監視の具体的アプリケーションとして、大規模自然災害発生後の早期の情報収集を目的とした早期警戒システムの概念図が、図 3.2-4 に示す通り、2014 年に発行された AEM 文書³において示されている（現状は概念検討レベルで、整備はしていない）。

同図の構想案は、AEM との協議（特にロードマップ作成における「目指すべきゴール」の議論）におけるベースラインとして活用した。

³ EO&National Security Space Program 2013-2018、AEM、2014 年 5 月

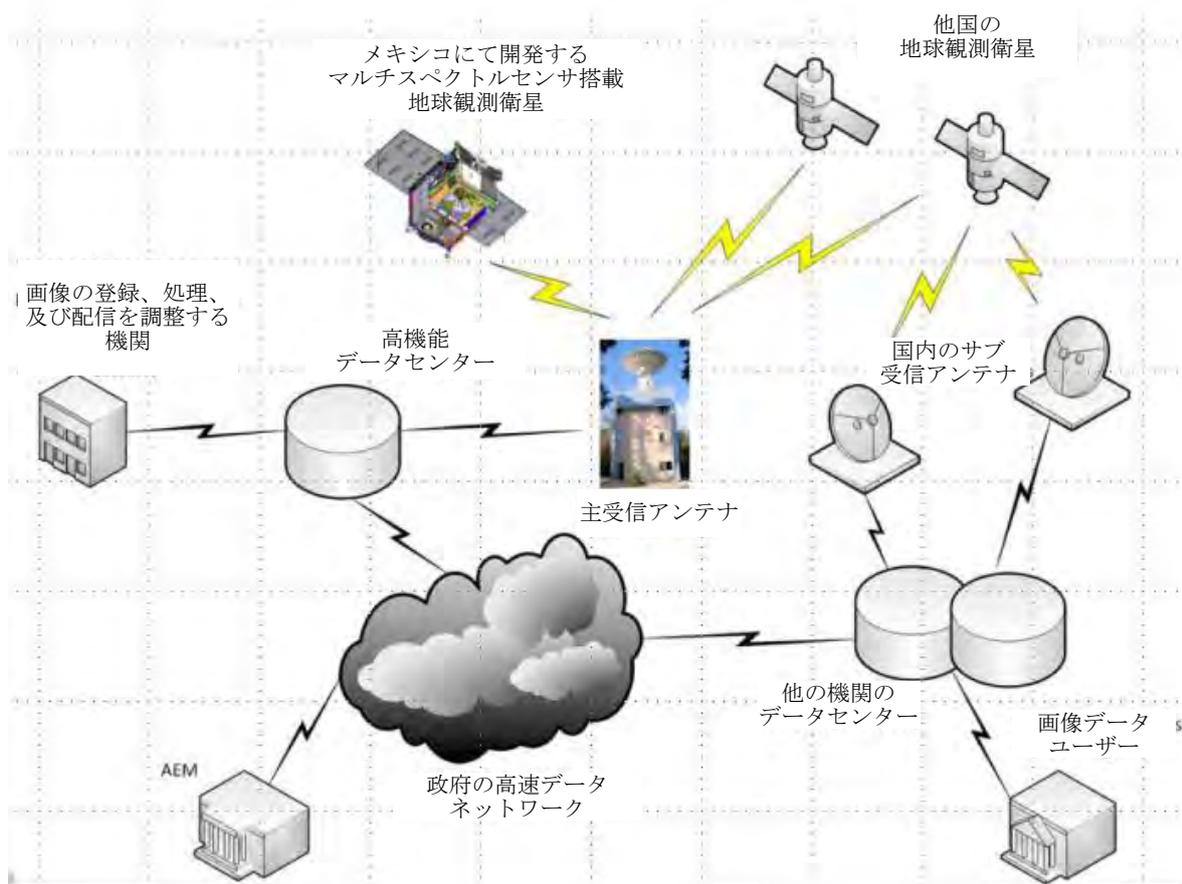


図 3.2-4 AEM の考える早期警戒システム概念図

3.3 民間企業の概要

メキシコにおける航空宇宙産業は、FEMIA（航空宇宙産業連盟）⁴に登録している 200 社程度が挙げられる。このうち宇宙関連企業は 6 社程度で、残りは外資系を中心とする、航空機製造関連企業が占める。宇宙関連企業の数の少ない要因としては、メキシコで宇宙に関わる計画、特に製造に関わる計画が見えないことが挙げられる。ただしこれは、今後宇宙関連の計画の増加に従って、かつての航空機産業、自動車産業における機器・部品供給産業、更には製造に関わる産業への傾斜に見られる動きが宇宙産業にも出てくる可能性はある。メキシコ内の宇宙産業企業は、MXSpace という持ち株会社を形成し、企業間のシナジー及び補完関係での協業を実現している。MXSpace に関する具体的調査結果は、4.2 項「衛星製造設備や衛星運用設備の配置場所の調査」に示す。

宇宙以外の航空関連産業は、メキシコにおいて次世代の主要産業として期待されている。メキシコは、航空機の構造部品などを主に北米に、またエンジン部品やワイヤハーネスの一部を欧州に、それぞれ輸出している。2012 年の航空産業の輸出額は約 6220 億円（54 億 2,800 万 USD）、従業員数は 34,000 人であり、この数字はそれ以前の 6 年間で 3 倍に伸びている⁵。特に北部の都市に、グッドリッチやハネウェルなど北米航空機関連企業の支社が進出し、メキシコに外貨と雇用をもたらしている。外資企業に対しては、メキシコは安価で有能なエンジニアを提供している。

宇宙産業も、航空産業同様、雇用と外貨をもたらす次世代産業としての期待がある。

3.4 メキシコにおける本事業関連法制度

メキシコにおける本事業関連法制度として、『宇宙利用関連法規及び規則』および『PPP（Public-Private Partnership）関連制度』に関する調査結果を以下に示す。

3.4.1 宇宙利用関連法規及び規則

メキシコは、宇宙法、すなわち、国連によって採用された以下の 5 つの宇宙関連条約及び協定（所謂「宇宙 5 条約」）に批准している（出典：SPACE2016 中のメキシコプレゼン Mexico Space Regulations）。従って、これら条約から発生し、享有し得る権利、課せられる責任への認識は備えている。

- 1) 「月その他の天体を含む宇宙空間の探査および利用における国家活動を律する原則に関する条約」（一般に宇宙条約として知られる：1967 年）
- 2) 「宇宙飛行士の救助及び送還並びに宇宙空間に打ち上げられた物体の返還に関する協定」（1968 年）
- 3) 「宇宙物体により引き起こされる損害についての国際的責任に関する条約」（1972 年）
- 4) 「宇宙空間に打ち上げられた物体の登録に関する条約」（1975 年）
- 5) 「月その他の天体における国家活動を律する協定」（1979 年）

⁴ <http://www.femia.com.mx/>

⁵ 「メキシコ経済の基礎知識 第 2 版」2014, 中畑貴雄著, JETRO 出版

一方メキシコにおいて、宇宙分野における民間事業を展開するために必要な制度インフラとして、「人工衛星等の打上げ及び人工衛星の管理に関する法律」（以下「宇宙活動法」）及び「衛星リモートセンシング記録の適正な取り扱いに関する法律」（以下「衛星リモセン法」）に該当する法律は制定されていない。この点について、今後メキシコ保有衛星の利活用状況に応じた法制度の整備検討が必要となると考えられる

これら2法の主な内容は、表 3.4-1 及び表 3.4-2 に示す通りである。

メキシコにおいては、衛星開発も緒についたばかりであり、これら制度インフラの整備は、今後の課題となる（日本においても、2016年に制定されたばかりである）。

表 3.4-1 宇宙活動法の主な内容

項目	内容
人工衛星等の打上げに係る許可制度	<ul style="list-style-type: none"> ・人工衛星等の打上げを許可制とし、飛行経路周辺の安全確保、宇宙諸条約の的確かつ円滑な実施などについて事前審査 ・ロケットの型式設計、打上げ施設の基準への適合性について事前認定制度を導入
人工衛星の管理に係る許可制度	人工衛星の管理を許可制とし、以下の事項等について事前審査 <ol style="list-style-type: none"> ① 宇宙諸条約の的確かつ円滑な実施 ② 宇宙空間の有害な汚染等の防止 ③ 再突入における着地点周辺の安全確保
第三者損害賠償制度	<ul style="list-style-type: none"> ・人工衛星等の打上げ及び管理に伴い地上で発生した第三者損害を無過失責任とし、打上げ実施者に責任を集中する。 ・打上げ実施者に第三者損害を賠償する保険の締結などを義務づけ ・上記損害場和尚担保措置でカバーできない損害について政府が保証契約を締結できる制度を導入

表 3.4-2 衛星リモセン法の主な内容

項目	内容
衛星リモセン装置の使用に係る許可制度	<ul style="list-style-type: none"> ・高分解能の衛星リモセン装置の使用を許可制とし、 ① 不正使用防止措置 ② 申請受信設備以外での使用禁止 ③ 申請軌道以外での停止 ④ 使用終了時の措置等の義務を課す
衛星リモセン記録保有者の義務	<ul style="list-style-type: none"> ・衛星リモセン記録保有者は、本法の認定を受けた者、特定取扱い機関に適正な方法により行う場合を除き、高分解の衛星リモセン記録を提供してはならない。
衛星リモセン記録を取り扱う者の認定	<ul style="list-style-type: none"> ・衛星リモセン記録を取り扱う者は、記録の区分に従い、衛星リモセン記録を適正に取り扱うことができる旨の認定を受けることができる。

3.4.2 PPP 関連制度

メキシコ国内においては、PPP に関する法規及び規則は、2012 年に発行された。その中では、以下のような項目が規定されている。

- 1) PPP プロジェクトに対する要求
- 2) 入札プロセス
 - ・入札プロセス参加可能者
 - ・入札プロセスの監査役及びソーシャルウイットネス
 - ・入札
 - ・質疑応答
 - ・入札の提出と開札
 - ・入札評価
 - ・選定決定
- 3) PPP 契約
 - ・PPP 契約の要素
 - ・期間
 - ・保証
 - ・保険
- 4) PPP 契約の履行
 - ・第三者パーティへの開発権のアサイン
 - ・契約の監督
 - ・延長
 - ・契約の修正
 - ・PPP 契約の完了
 - ・PPP 契約終結理由
 - ・紛争（仲裁など）

メキシコにおいては、高速道路、空港、環境、都市大量輸送、水資源及び旅行業などを主な対象としている。但し、宇宙事業（特に観測衛星）においては、通常の事業に比較してビジネスリスクが高いため、事業リスクの相当部分を政府が担う形としないと、VFM（Value for Money）が得られない。

その点、現状のメキシコ PPP 法規及び規則においては、官民のリスクシェア及び同調整に向けた考え方、プロセスが明確に規定されていないと思われ、実際の適用に向けては大きな課題となると考えられる。

4. 実施結果及び活動報告

4.1 概要

はじめに 2.2 項で示した本事業の実施計画段階では、本事業での作業内容は以下の項目であった。

- (ア) 衛星製造設備、衛星運用設備の設置場所の調査
- (イ) 衛星データ利用機関及び衛星製造を担う機関への訪問・調査
- (ウ) AEM とのロードマップ作成
- (エ) 衛星データ利用インフラ構築のプロトタイプ案の提示

しかし本章では活動結果の整合性から、作業内容を下記の通りに組み替えて報告する。

- 衛星製造設備や衛星運用設備の配置場所の調査（アのまま）
- 衛星製造を担う機関への訪問・調査（イを分割）
- 衛星データ利用機関および民間企業への訪問・調査（イを分割）
- AEM とのロードマップ作成および衛星データ利用インフラ構築のプロトタイプ案の提示（ウとエを統合）

ただし「インフラ構築に関わる法制度上の問題点の調査」は 3.4 項で既に説明しているため、本説明からは除いている。

本事業は 2016 年 6 月から 2017 年 11 月に実施した。この期間において、合計 6 回の現地活動、並びに 1 回の本邦受入活動を実施した。各回の現地活動概要を表 4.1-1 に、本邦受入活動の概要を表 4.1-2 に、それぞれ示す。

表 4.1-1 現地活動概要

	時期	訪問先	活動概要
第 1 回渡航	2016/7/4～8	IPN, SIAP, CENAPRED, CONABIO, AEM, JICA メキシコ事務所, 在メキシコ日本大使館	・ 国立工科大学に対する教育とパートナーシップの構築 ・ 衛星データ利用機関訪問・調査
第 2 回渡航	2016/9/26～30	-	・ IAC2016 出展
第 3 回渡航	2016/10/10～14	AEM, INECC, CONAFOR, CONABIO, CONAMP, SCT, JICA メキシコ事務所, 在メキシコ日本大使館	・ ロードマップに関する協議 ・ 衛星データ利用機関訪問・調査

第4回渡航	2017/2/17～24	-	<ul style="list-style-type: none"> ・ワークショップ開催。ただしこれは以下の活動を含む。 ・宇宙庁との宇宙開発・利用インフラ構築ロードマップ作成等に係る協議 ・衛星データ利用機関及び衛星製造を担う民間企業への啓蒙 ・防災・災害管理システム/技術の向上及びその他開発課題への活用可能性の検討・協議
第5回渡航	2017/5/8～12	AEM, 民間企業, SMN	<ul style="list-style-type: none"> ・衛星データ利用機関及び衛星製造を担う民間企業への訪問・調査・啓蒙
第6回渡航	2017/10/22～26	AEM, JICA メキシコ事務所, 在メキシコ日本大使館	<ul style="list-style-type: none"> ・ロードマップに関する協議

表 4.1-2 本邦受入活動概要

時期	訪問先	活動概要
2017/6/26～30	NEC イノベーションワールド 土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター (ICHARM) 防災科学研究所 有明の丘基幹的防災拠点 宇宙システム開発利用推進機構	<ul style="list-style-type: none"> ・日本における防災・災害管理システム/技術の視察
	宇宙航空研究開発機構 (JAXA) NEC 府中事業場	<ul style="list-style-type: none"> ・衛星設計及び製造プロセスの講義 ・製造ラインと試験設備の講義及び見学
訪問者	Mexican Space Agency ・ Mr. Gustavo Arriaga Mendez Manager of ground and air observation ・ Ms. Nahiely Flores Fajardo Manager of Education Strategy ・ Ms. Breniz Abril Castaneda Talavera Director of Innovation and Competitiveness	

以降では、事業内容ごとの実施結果を示す。

4.2 衛星製造設備や衛星運用設備の配置場所の調査

4.2.1 活動概要

本活動は、当初「将来の衛星製造設備、運用設備の設置場所を、完成時の実施者と想定される IPN のメンバーと調査を行い、候補案を提示する」ことを想定して開始された。

しかし、IPN は 50Kg 級の超小型衛星 SATEX-1 プロジェクトに参画し、同クラスの超小型衛星試験用のチャンバーは保有しているものの、

- ・ SATEX-1 プロジェクトは UNAM 主導で推進されていること
- ・ 現状 AEM が構想するメキシコ自国開発地球観測衛星プロジェクトの立ち上げが不確定な状況下、IPN が将来の衛星製造・運用におけるメインプレーヤとなるかどうかは未定であり、第 1 回現地活動での訪問時には IPN のメンバーとは『将来の衛星製造設備／運用設備の設置場所』に関する議論には至らなかった。

その後の AEM との協議においても、実用目的ではなく「デモンストレーション」的意味合いでの超小型衛星打ち上げに関しては大学を中心とした取組みを前提としているが、AEM が目指す「大規模自然災害の Early Warning System に貢献する」実用レベルの地球観測衛星／運用に関しては、将来的には既に産業基盤が構築されている航空機産業関連の民間企業、MXSpace のような新規宇宙関連企業などを巻き込んでメキシコに「宇宙産業基盤」を構築したい意向が表明されている。

従って、今後の AEM における自国地球観測衛星プロジェクト立上げに向けた具体的活動が開始される時点で、改めて IPN ならびに UNAM 等のアカデミアがどのような役割・責任分担を持って関与していくかについての調査・検討が必要となると思われる。

4.3 衛星製造を担う機関への訪問・調査

4.3.1 活動概要

メキシコ独自地球観測衛星の開発にあたり、AEM が強く要請している衛星製造技術等に関わる技術移転 (Technology Transfer) のメキシコにおける移転先 (受け皿) について、衛星製造の技術的取り纏めを行うと想定される IPN とメキシコ内の企業や大学、研究機関の調査を行い、その候補案を提示することを目的として、IPN および MXSpace を訪問した。

1) IPN (国立工科大)

IPN に対する教育とパートナーシップの構築は、第 1 回の現地調査において訪問・交渉を行った。調査の結果、IPN は小型衛星製造などの宇宙技術および衛星データ利用技術を保有していることを確認した。ただし実用レベルには至っていない。また、4.2.1 項に示したように

- ・ SATEX-1 プロジェクトは UNAM 主導で推進されていること
- ・ 現状 AEM が構想するメキシコ自国開発地球観測衛星プロジェクトの立ち上げが不確定な状況下、IPN が将来の衛星製造・運用におけるメインプレーヤとなるかどうかは未定

であることから、今後の AEM における自国地球観測衛星プロジェクト立上げに向けた具体的活動が開始される時点で、改めて IPN がどのような役割・責任分担を持って関与していくかについての調査・検討が必要となると思われる。

2) MXSpace

第5回訪問にて、メキシコ唯一の宇宙機器製造関連企業であるMXSpace社へ訪問し、その実態をヒアリングした。MXSpaceは、メキシコ国内の宇宙機器製造関連企業の持ち株会社であり、その参加企業は、simple complexity、Ketertech、AI Systems、Latitud 19:36、Daitotec Aerospacial、Thumbsatの6社がある。MXSpace社はまた、MXSpaceは、AEMとも緊密に連携している。同社の実績としては、スコットランドのClyde Space社に超小型衛星用構造部品の納入を行っている。

表 4.3-1 MXSpace 概要

NO	会社名	概要
1	simple complexity	マイクロ、ナノ及び Femto 衛星を製造するためプロトタイプ的设计、実験ライン等。
2	Ketertech	超小型衛星打上げ機の構体の開発、製造。
3	AI Systems	ナノ衛星コンポ及びコンステの開発。
4	Latitud 19:36	ナノ衛星のコントロールサービス提供。
5	Daitotec Aerospacial	小型ロケット開発。
6	Thumbsat	Femto プラットフォームによる宇宙実証機会を提供。



MXSpace との打合せ（2017年5月11日、LATITUD 19:36 が代表として面談）における主な確認及び入手情報は、以下の通りである。

2016年5月、Thumbsat社は、MXSpace、simple complexity及び地方自治体、連邦政府機関と連携して、ティファアナ技術大学のリサーチパーク内に生産施設を開設した。現在、衛星用の回路基板、RF送信基板、顧客要求に従ったペイロードなどの電気サブシステムの製造を実施している。施設には、製造及びアセンブリ用のクリーンルームハウジング、熱サイクル試験装置、振動試験装置、真空装置、電気性能試験装置などを具備している。施設は、ティファアナ近郊に住む意欲及び経験のある従業員によって運用されており、同雇用創出などを通じて同地区にも貢献している。加えて、同社は、材料調達などにおいて、バハカリフォルニアなどの地域業者とも連携している。

Thumbsat社、MXSpace社関連の入手情報は下記の通りである。

- 1) Thumbsat (注記-1) は、2018 年打上げ予定。既に衛星そのものは打上げ可能状態にあるが、打ち上げに関する政府承認待ちである。
 - ・衛星質量は、100g 以下。太陽電池パネル無し (軌道上寿命=数週間)。
 - ・ペイロード質量は、25g 程度。エンドユーザーに伴い、ペイロードが異なる。
 - ・打上げ機候補は、米国の Rocket Rack あるいは Space Labs (サブペイロードとして打ち上げ)。いずれは、メキシコのロケットで打ち上げたいと考えている。
- 2) Femto Sat などのアセンブリ工場は、米国との国境近くのティファアナにある (注記-2)。
- 3) 大学に対して、衛星製造のトレーニングを提供中。
- 4) AEM と IoT 衛星 (R&D ベース) を開発中である (各大学などが開発した部位をアセンブリ)。打上げは来年目標。

注記-1 : Thumbsat のペイロードとの I/F 構成及び軌道上イメージなど



図 4.3-1 軌道上イメージ

Thumbsat は、図 4.3-2 に示すようなユーザーの実験目的に適合する「ペイロード」(同図の “YOUR EXPERIMENT” 部分) に電源供給/機械的支持および地上とペイロード間のデータ交換 (ペイロードへの指令/実験データ収集等) を提供する構成を提案している。

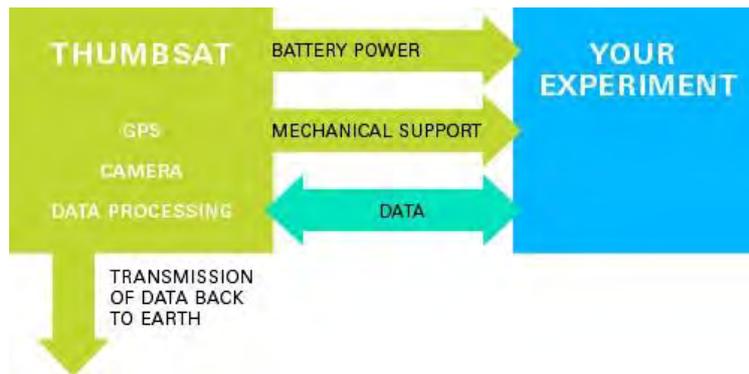


図 4.3-2 ペイロードとの I/F 構成

注記-2：Thumbsat 社は、小型衛星製造及び試験施設を米国との国境近くのティファナ (Tijuana) 市にオープンした (ティファナの位置は、図 4.3-3 参照)。

<http://www.marketwired.com/press-release/thumbsat-opens-a-small-satellite-manufacturing-facility-in-tijuana-2127338.htm>



図 4.3-3 ティファナ (Tijuana) 市位置

4.3.2 成果まとめ

メキシコにおける衛星製造は、MXSpace に代表される、超小型衛星のコンポーネントレベルであることを確認した。ただし一部の超小型衛星向けコンポーネントは輸出実績もあり、超小型衛星開発をメキシコの宇宙機器開発の戦略的一ステップと位置づけることは有効だと考えられる。

4.4 衛星データ利用機関および民間企業への訪問・調査

4.4.1 活動概要

メキシコの衛星データ利用機関・企業への調査は、第 1 回~第 5 回の現地活動において、政府機関・大学・民間企業に訪問しヒアリング調査を行ったほか、第 4 回の現地活動にて、AEM との共催による衛星利用ワークショップを開催し、衛星データ利用機関の実務者レベルが多く参加するなか、データ利用状況、利用における課題、自国衛星を保有した場合のデータ利用想定等について議論を行う場を設けたことで、宇宙に関する将来へのメキシコ国内の世論形成の第一歩を築いた。

本業務で訪問した衛星データ利用機関・民間企業を図 4.4-1 および表 4.4-1 に示す。

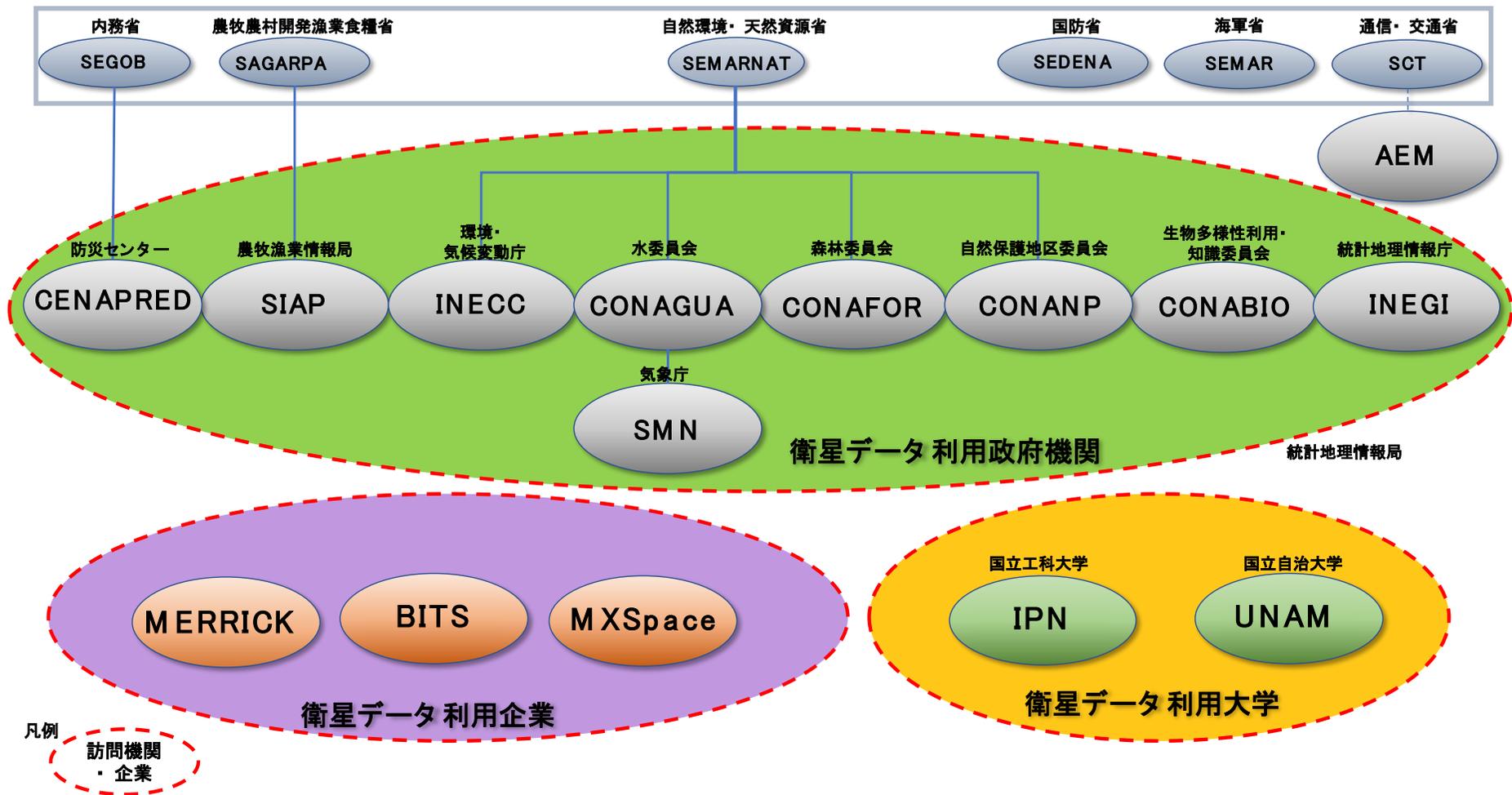


図 4.4-1 本活動で訪問した衛星データ利用政府機関、大学、企業

表 4.4-1 ヒアリング訪問先機関

カテゴリ	機関名	スペイン語表記（日本語表記）
政府機関	CENAPRED	Centro Nacional de Prevención de Desastres（国立防災センター）
	CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad（国家生物多様性利用・知識委員会）
	INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía（国家統計地理情報庁）
	INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático（国立環境・気候変動庁）
	CONAFOR & CONANP	Comisión Nacional Forestal（国家森林委員会） Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas（国立自然保護区委員会）
	SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera（農牧漁業情報局）
	CONAGUA & SMN	Comisión Nacional del Agua（国家水委員会） Servicio Meteorológico Nacional（気象庁）
大学	UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México（国立自治大学）
	IPN	Instituto Politécnico Nacional（国立工科大学）
利用企業	MERRICK	Merrick & Company（米）のメキシコ子会社
	BITS	Bufete de Ingeniería en Telecomunicaciones y Sistemas S.A. de C.V.

メキシコ政府機関で利用している衛星データは主として光学データであり、SEMAR（海軍省）、SEDENA（国防省）など安全保障関連分野（本活動では対象外の分野）の機関では、高空間分解能のデータが利用されている。民生分野の機関では光学データ（マルチスペクトルデータおよびパナクロマティックデータ）を主として利用している。また、CENAPRED（国立防災センター）では洪水等の監視のため、晴天に恵まれない日でも地表の情報が得られる SAR データも活用している。

以下、1)～7)は政府系機関での、8)～9)は大学での、10)～11)は民間企業でのヒアリング調査の結果を、それぞれ示す。

1) CENAPRED（Centro Nacional de Prevención de Desastres：国立防災センター）

CENAPREDは、SEGOB（内務省）の下位組織で、1986年にSINAPROCが設置された際、その技術部門として同システムを構成する機関の一つである。1988年の日墨修好条約締結百周年記念事業にて、SEGOBとUNAMとの協力の下で設立された。この際、無償資金協力により施設建設、機材の供与等が行われた。

CENAPREDのミッションは、『より弾力のある社会を実現するための市民保護の教育訓練と文化の普及、および災害等の事象の研究とモニタリングを通じて災害リスクの防止・軽減のための公共政策の継続的な管理を行うことで、メキシコ国民の生命、財産、インフラを常に護ること』

としている⁶。具体的には、災害予防についての調査研究、リスク発生の監視・予測、国家市民保護システム関係者のための研修活動、危機管理情報システムである「国家リスク地図: Atlas Nacional de Riesgo」の開発・運営、一般向け普及・啓発等を行っている⁷。また、CENAPREDは、地理学、水文気象学、化学災害、保健衛生、社会的組織という5つの主要防災分野における国の諮問委員会間の調整も行っている。

なお、CENAPREDはSEGOBの下部機関として日本からの無償資金協力により設立されたが、その用地はUNAMが提供した大学の敷地の一部約15,000 m²が充てられた。また、CENAPREDの研究部門の人事権はUNAMが握っており、研究部門の管理者はUNAMの教授を兼務しているため、大学的な研究思考があるといわれている⁸。

CENAPREDの主業務は、1985年のメキシコ大震災支援がきっかけという設立の背景から、まず地震防災（耐震構造、強震観測、地質災害、技術の研修普及）が挙げられ、次いでポポカテペテル火山（メキシコ市内から60km）などの火山活動監視（噴煙（図4.4-2）、火山性微動・地震、警報発令、火山噴出物による周辺地域の危険度マップ作成・評価（図4.4-3）などである⁹。また、洪水域評価（集中豪雨やハリケーンなどによる洪水域解析）をSARデータにより行っている（図4.4-4）。なお、現在最も優先すべき災害は「Land Slide」とのことであり、その予測システムに非常に興味を持っている。



図 4.4-2 ポポカテペテル火山の様子（2017年6月20日、CENAPREDのHPより）

⁶ <http://www.gob.mx/cenapred>

⁷ メキシコの行政、平成22年3月、総務省

⁸ メキシコ地震防災プロジェクト、2005年8月、住宅、（一財）日本住宅協会

⁹ Uso de la Información geoespacial en la prevención de desastres, Cosponsored Workshop on Space Technology and its Applications, 16 February 2015, CENAPRED

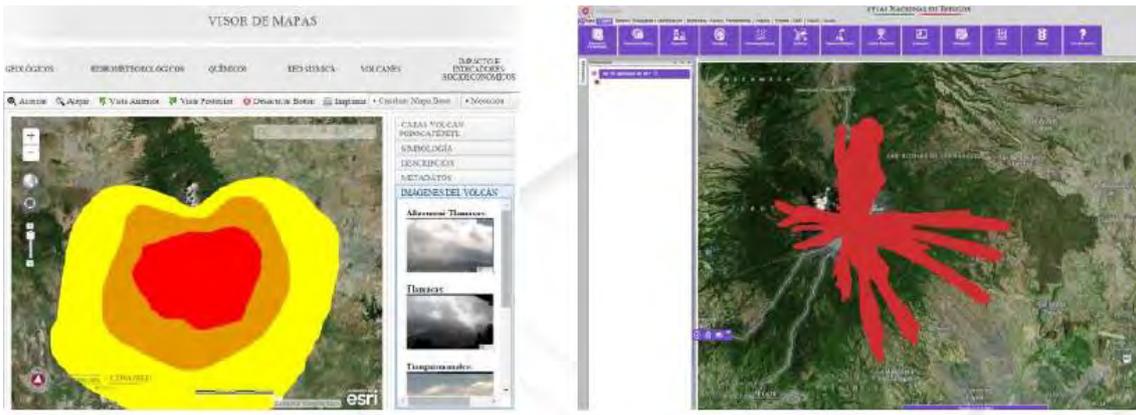


図 4.4-3 火山噴出物による危険領域図



図 4.4-4 2009年タバスコ州の SAR データによる洪水域

CENAPRED では、過去の洪水監視などの緊急対応時の経験から、迅速な画像の入手を望んでいる。地域や季節によっては対象地域に雲がかかっており光学衛星データでは地表が観測できないこともあることから、雲があっても地表面の情報が取得可能な SAR データに期待を寄せている。また、空間分解能については光学または SAR データを問わず高空間分解能データを希望している。一方で、衛星データの解析・処理については、CENAPRED にはリモートセンシング技術者の人数は少なく、自らは解析・処理はほとんど行っていないのが現状で、INEGI や CONABIO が作成する図面を活用している。

2) CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad : 国家生物多様性利用・知識委員会)

CONABIO は、1992 年に設立された省庁横断委員会 (SEMARNAT (環境天然資源省)、SAGARPA (農牧農村開発漁業食糧省)、SEDESOL (社会開発省)、SE (経済省)、SEP (公立教育省)、SENER (エネルギー省)、SHCP (財務省)、SRE (外務省)、SSA (健康省)、

SECTUR（観光省）の10省庁で、委員長は大統領。）で、技術面での生物多様性の知識と社会の利益のための生物多様性の保全と持続可能な利用を目指した活動を促進、調整、支援し、実行することをミッションとしている。

CONABIO の役割は、生物多様性に関する国家情報システム（SNIB：英語表記 National Biodiversity Information System）を作成・更新し、そのシステムを精密に構築する上で必要とされる研究活動をサポートし、生物多様性に関する問題について公共、民間および社会部門に助言を行うことである。また、国家レベルで集約した知識を地方レベルで応用し、地方の活動をベースとして生物多様性を保全管理する目的のため、政府と学界、社会との橋渡し役としての機能も担っている^{10,11}。

この SNIB に蓄積されている情報は、生物多様性に関連するものを包括しており、その中に衛星画像データ、デジタル地図、植生データ、気候データ、インフラや人口などの情報も記録されている（図 4.4-5）。そのため、CONABIO の職員は現地調査によるデータ収集や衛星データの解析・処理を自ら行っている。使用している衛星データは SIAP が提供している SPOT データや Landsat データ（空間分解能 30m）のみならず、衛星 5 機による運用で高頻度に同一地点の撮影が可能な空間分解能の細かな RapidEye データ（空間分解能 5m）や空間分解能は粗いものの毎日観測している MODIS データ（空間分解能 500m）などがある。

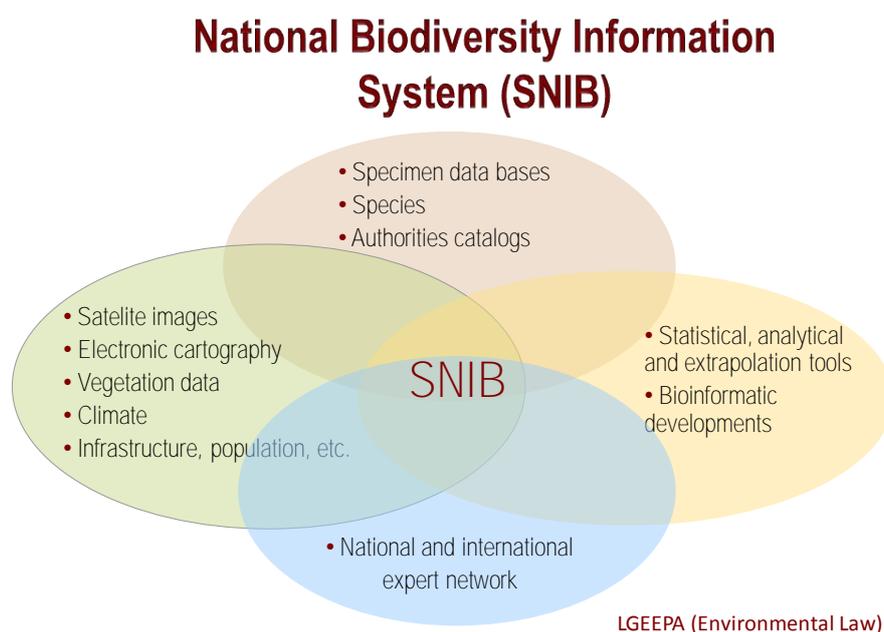


図 4.4-5 生物多様性に関する国家情報システム（SNIB）に含まれている情報

CONABIO が衛星データを解析して作成している主な図面には以下のものがある。

- メキシコ全土のマングローブ分布図（5年ごと）
- メキシコ全土の土地被覆分布図（1/100,000）

¹⁰ メキシコの環境に対する市民意識と環境関連政策、2011年3月、日本貿易振興会

¹¹ Geomatics and Biodiversity Status and Perspectives in Mexico, February 2015, CONABIO

- ・メキシコ全土の山火事・野火 (Wildfire) 分布図
(衛星ベースのリアルタイム Wildfire 監視システムの構築・運用の一環)

●メキシコ全土のマングローブ分布図 (MANGLARES DE MÉXICO)

CONABIO では、SPOT 衛星データを用いて、メキシコのマングローブ林マップを整備しており、5年毎の変化を把握している。最新のマップは 2016 年に刊行された^{12,13}。2010 年から 2015 年の5年間のマングローブ林の変化は、州によって増減はあるもののメキシコ全体ではほぼ横ばいである (図 4.4-6、図 4.4-7)。マングローブ林の抽出、変化の把握には短波長バンド (SWIR) が必要で、CONABIO ではこれまで SPOT-5 データを使用してきたが、2016 年 5 月に運用停止となった。SPOT-6/7 や RapidEye データには短波長バンドが無いため、解析に際して非常に困っているとことである。(Landsat8 の短波長バンドは空間分解能が粗いため使用していない。)

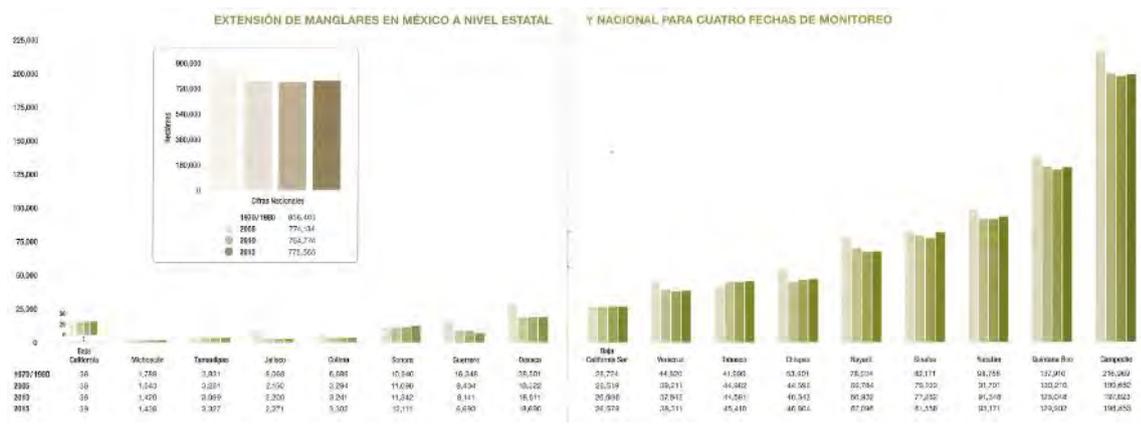


図 4.4-6 メキシコのマングローブ林の変化

¹² MANGLARES DE MÉXICO – EXTENSIÓN, DISTRIBUCIÓN Y MONITOREO (1970/1980-2015), April 2016, CONABIO

¹³ MANGLARES DE MÉXICO – ACTUALIZACIÓN, Y EXPLORACIÓN DE LOS DATOS DEL SISTEMA DE MONITOREO 1970/1980-2015, February 2017, CONABIO

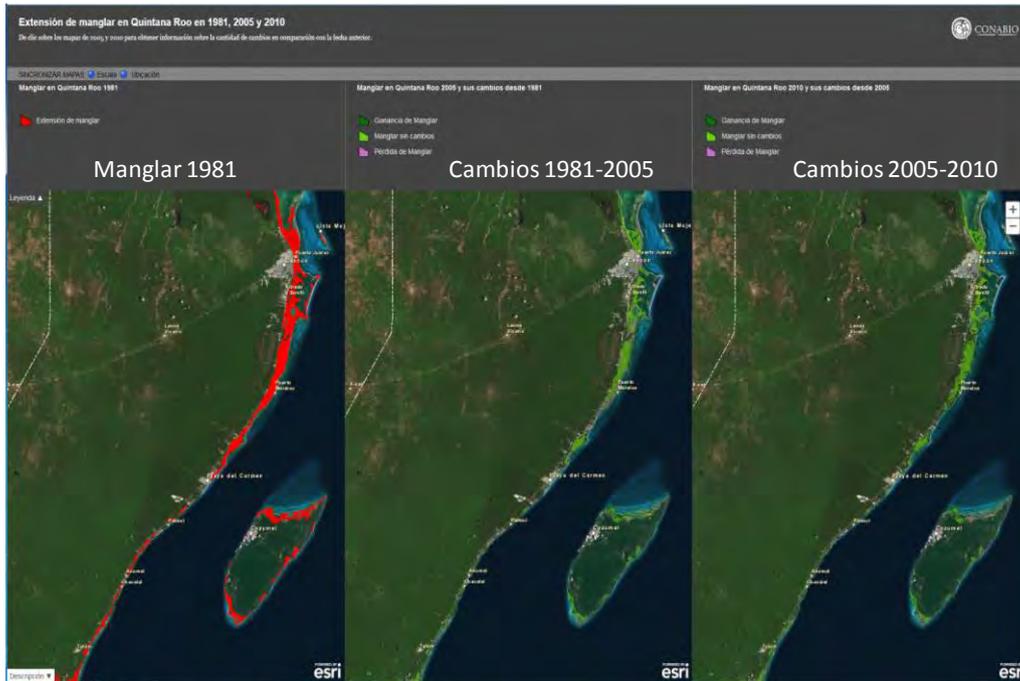


図 4.4-7 マングローブの変化

●メキシコ全土の土地被覆分布図（1/100,000）

2010年にメキシコのカンクンで開催された国連気候変動枠組条約（UNFCCC）の第16回締約国会合（COP16）で、メキシコはREDD+のための想定戦略を発表した。その内容は、「土地被覆の状態と変化」が現状を監視するための重要な役割を果たす、というMRVについて、汎用的なシステム開発のために、全国の森林と土壌のインベントリおよび衛星データによるリモートセンシング技術を活用するというものであった。

それまでINEGIによる1/250,000の縮尺の全国植生タイプ（約70分類）の図面などがあったものの、それらは必ずしも同じ品質のデータから作成されている訳ではないため、森林の変化を把握するMRVシステムには利用できなかった。そこで、Landsat/TMとLandsat/ETM+のデータをベースラインとして土地被覆分類図を自動的に作成可能なMAD-MEX（Monitoring Activity Data for the Mexican REDD+ Program）システムを試作し、それまで取得されたメキシコのすべてのLandsatデータを同じ手法で解析し、1993、1995、1997、2000、2002、2005、2008年の図面を作成した（図4.4-8）。さらに、Landsatデータの空間分解能は30m（バンド数は7）に対してより詳細な図面が欲しいという要求から空間分解能5m（バンド数は5）のRapidEyeデータを使えるように解析手法の改修を行っている（図4.4-9）。これまでのところ、100%自動化による図面ではMRVシステムとして使うためには、精度的にやや課題があり、判読による補正または自動化のための解析手法の改良が期待されている。

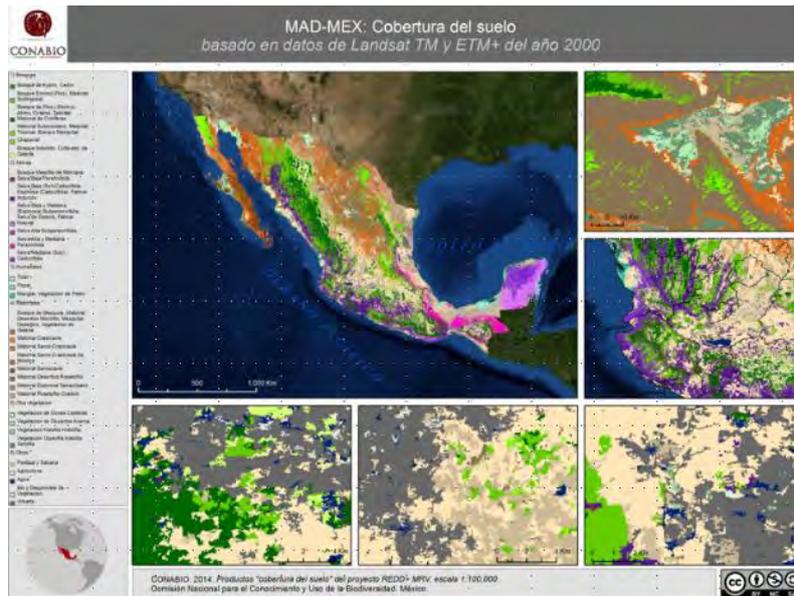


図 4.4-8 Landsat データによる土地被覆分布図 (2000 年)

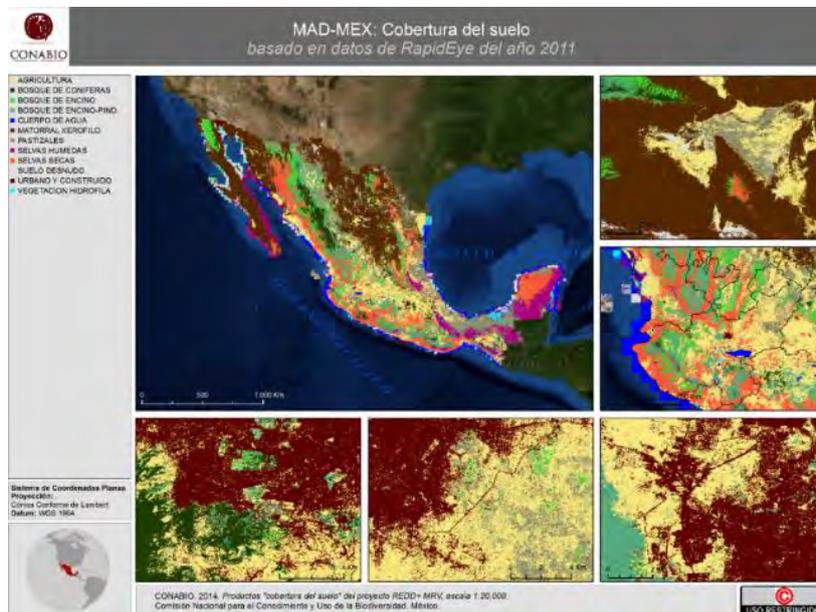


図 4.4-9 RapidEye データによる土地被覆分布図 (2011 年)

●メキシコ全土の山火事・野火 (Wildfire) 分布図

1999 年より、CONABIO ではメキシコ及び中米 (ホンジュラス、ニカラグア、グアテマラ、コスタリカ) の山火事対策として、山火事となるかもしれない火災箇所を検出するために 1 日に 6 ~12 回の Terra/Aqua-MODIS データ、VIIRS-SuomiNPP データおよび NOAA データを使う「山火事の早期警戒、監視、影響システム」を構築し運用している。このシステムでは、衛星データから植生指数マップ、温度マップ、相対湿度マップ等を生成し (図 4.4-10)、火災箇所を抽出する

という手法を用いており¹⁴、現在は Web ページで中南米の火災状況がほぼリアルタイムで表示可能なシステムとなっている（図 4.4-11）。

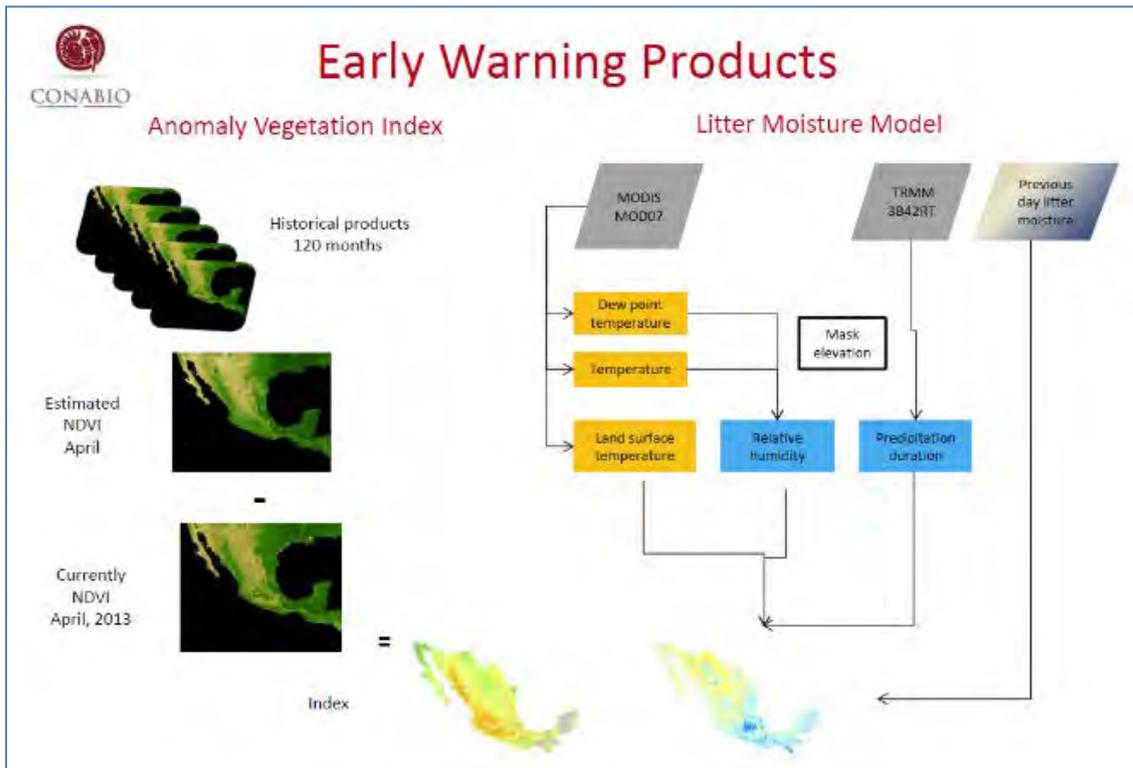


図 4.4-10 山火事早期警戒、監視、影響システムの出力図

¹⁴ Fire Monitoring Activities in Mexico, July 2014, CONABIO

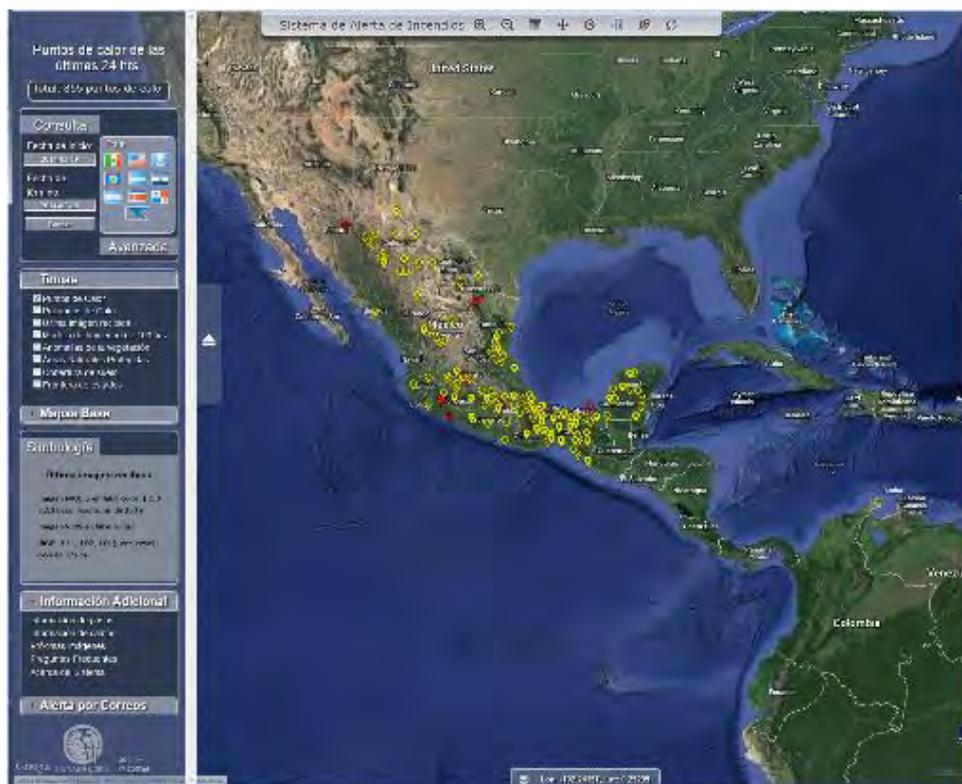


図 4.4-11 山火事早期警戒、監視、影響システムの Web ページ

このような業務内容から、CONABIO が期待する衛星データの仕様は以下の通りである。

- ・時間分解能：6～10 機のコンステレーションにより 3～5 時間ごとの観測
- ・空間分解能：5m (マルチスペクトル) (2.5m あれば理想的)
(中間赤外バンドは、15～20m でもよい)
- ・波長分解能：最低 6 バンドに短波長バンドと中間赤外バンドが有効

3) INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía : 国家統計地理情報庁)

INEGI は、1983 年の大統領令により統計総局 (商務・工業振興省に 1882 年に設置された部局) と地理総局 (大統領府に 1968 年に設置された部局) を含む連邦政府の省庁の 4 つの部局を整理統合し、国家の統計業務と国土の測地や地図作成などの国土地理業務を実施する機関として発足した。その後、2008 年の連邦政府の国家統計地理情報システム (SNIEG) 法により、他の政府機関から自律的な立場 (独立行政法人) として国家統計地理情報システム全体の調整・統括を行うことが定められ、その結果メキシコでの統計情報の一元管理が進み始めた。

INEGI では、各種統計データ・センサス (環境、人口・世帯・住居、医療、文化、雇用・産業、社会・政府等)、経済情報データベース (家計調査、事業所統計、国民経済計算システム等) など、あらゆる統計情報を整備している他、異なる縮尺の図も整備しており、それらの大部分は

Web サイト上で公開かつダウンロードが可能となっている¹⁵。また、地図作成のために衛星データを利用し、地形図、天然資源（気象、地質、水文、土地利用、植生等）図、インフラ図、都市図、ハザードマップ、土地利用変化図、砂漠化マップなどを作成している。

INEGIが2014年に取得した衛星データの種類とシーン数は非常に多い。取得した衛星データの特徴は、大縮尺の地図作成のため高空間分解能の衛星データが含まれていることである。この中で、GeoEye-1の衛星データについては、2012年からSEMARとINEGIが共同運用しているSEMARの施設内にある仮想受信局EVISMARからデータ入手し、データの hochu 処理（オルソ画像やDEMの作成）、データの保存およびデータの配布等を行っている。また、SPOTデータはERMEXS局、LandsatデータはERIS局で受信したもの、RapidEyeデータはCONABIOなどから、ZY-3は中国宇宙庁から入手している。

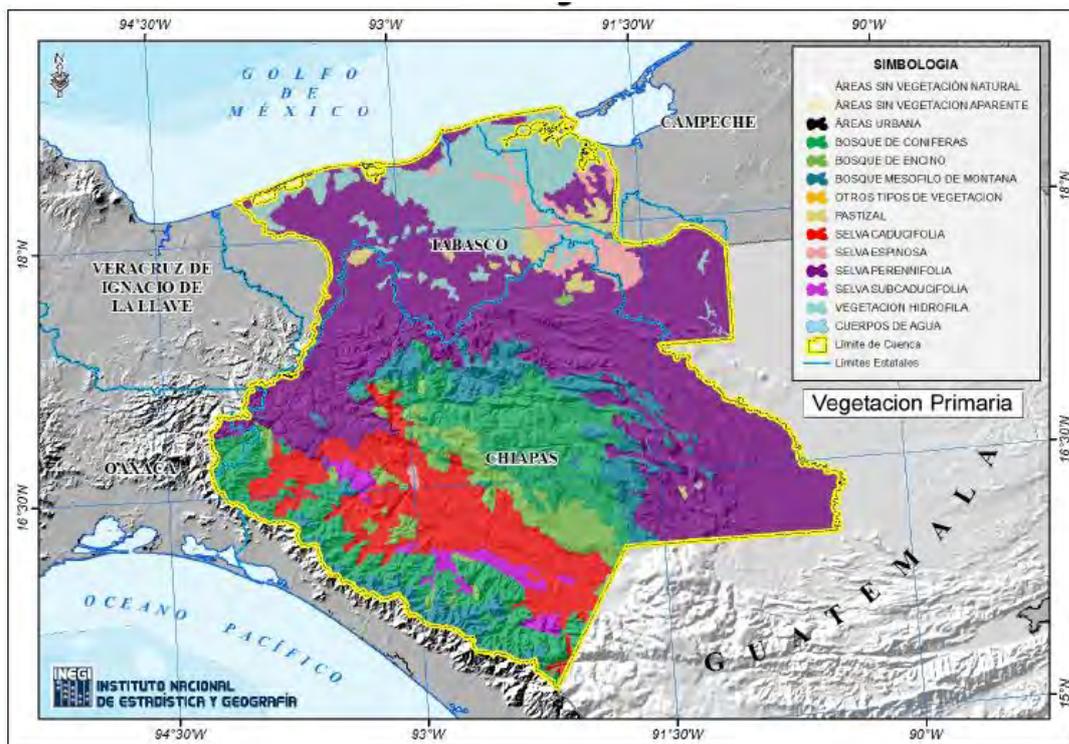


図 4.4-12 主要な植生マップの例

¹⁵ <http://www.inegi.org.mx/> または <http://en.www.inegi.org.mx/>

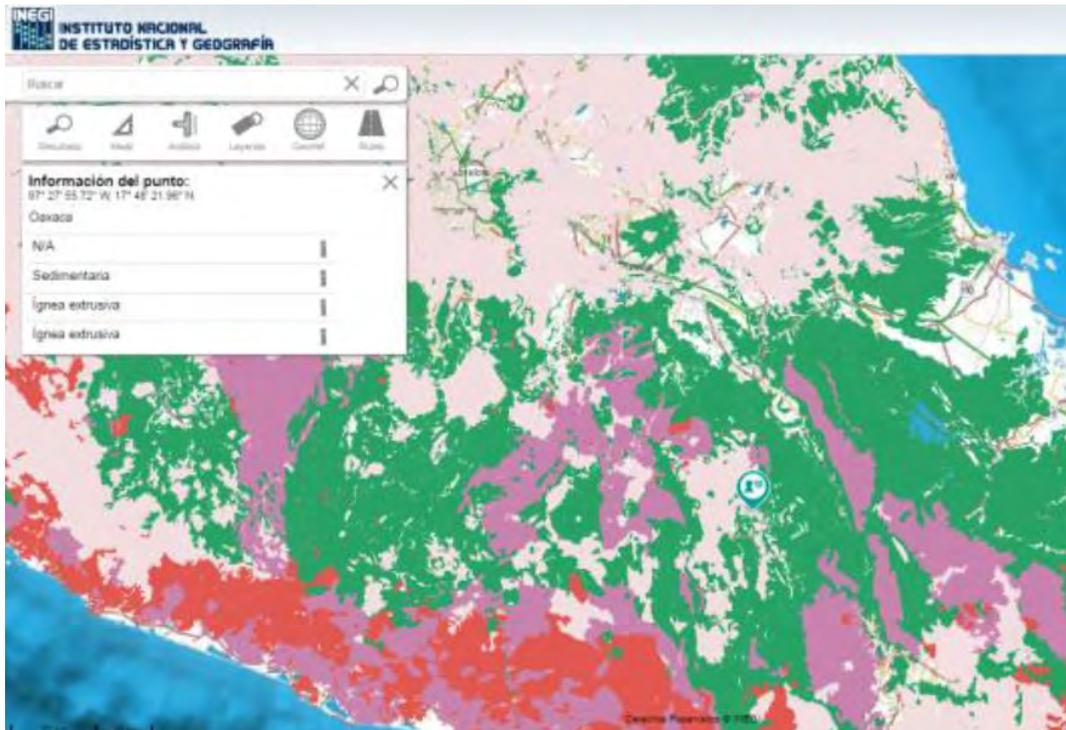


図 4.4-13 森林マップの例

4) INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático : 国立環境・気候変動庁)

INECC は、それまでの INE (環境庁) に新たに地球環境問題を加え 2012 年に発足した SEMARNAT (環境天然資源省) 傘下の機関である。

INECC の役割は、気候変動、環境保護、環境バランスの保全と修復に関する科学研究プロジェクトの調整や、気候変動に係る法律によって起因する一連の活動および環境秩序に影響を与える政策の評価・企画に関する技術支援やアドバイスを SEMARNAT に提供することである。

INECC では、現在および将来のメキシコの脆弱性評価という視点から、災害の被害評価を行うため、CENAPRED と協力して洪水や火災等の発生後の衛星画像を高頻度に必要としている。しかし、実際には衛星データでは高頻度に撮影機会がないという点が課題となっている。さらに、INECC では気候変動の観点からの評価を行っている。具体的には INECC では、次の3つ項目を基本としてメキシコの脆弱性評価を行う特定のアプローチを進めている。

- ①社会面：教育および人口
- ②経済面：農業、森林、漁業、畜産
- ③生物物理面：水資源、土壌資源、自然保護区域

5) CONAFOR (Comisión Nacional Forestal : 国家森林委員会) 及び CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas : 国立自然保護区委員会)

CONAFOR および CONANP は、SEMARNAT (環境天然資源省) の下位組織である。CONAFOR はメキシコの森林資源の保管理及び再生、森林活動の促進を目的とした計画策定と

持続的な森林開発の実施に取り組んでいる。この内、自然保護区内の森林に関しては、2000年5月に設置された CONANP が管轄している。なお CONANP は、森林のみならず鉱物資源など自然保護区全体を管轄している。メキシコの自然保護区は、核地区と緩和地区に区分けされており、核地区ではいかなる開発も許可されないが、緩和地区内では CONANP と協定を結ぶことで開発が認められる。

CONAFOR では、2007年からプロアルボルプログラムを通じて森林の所有者と直接係わり、森林所有者の所得向上と森林資源の持続的な生産管理、その保全に取り組んでいる。また、国内の NGO と協力し、国内炭素ボランタリーマーケットの構築や吸収源である森林の認証などの活動も行っている。国家森林調査や植生図の作成、REDD+実施に向けた取り組みにも関わっている¹⁶。

CONAFOR では、INEGI と協力して森林被覆図を作成している（図 4.4-14）。植生図の作成では、従来は Landsat データや SPOT データを利用していたが、画像に雲がある地点は情報が得られないため、5機の運用で頻度多く撮影機会を得られる RapidEye 衛星データを 2011年から多く使用している。



図 4.4-14 メキシコ森林被覆図

¹⁶ <http://www.rinya.maff.go.jp/j/kaigai/cdm/mexico.html>

6) SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera : 農牧漁業情報局)

SIAP は、SAGARPA (農牧農村開発漁業食糧省) の下位組織であり、持続可能な農村開発のための農業及び漁業生産者、食料・農業チェーンの経済主体に対して信頼できる情報を提供することをミッションとしている。提供している情報の一つにフランスの SPOT 衛星データやそのデータを利用した (他に RapidEye データも利用して) 農業ユーザー機関向けに作成した複数の図面があり、衛星データも利用するプロジェクトを進めている。

2003 年から SEMAR および SIAP の共同管理による ERMEXS 局にて、主として穀物監視のために SPOT-2、4、5 号のデータを直接受信し配布していたが、2013 年に新しい ERMEX-NG 局として、施設管理は SEDENA、運用は SIAP が担当し SPOT-5、6、7 号の受信とデータ配布を行っている。受信したデータは、メキシコ国内の登録機関 (100 以上の機関) に SIAP が提供している。

SIAP が衛星データを利用して作成している図の例としては以下のようなものがある¹⁷。

- ・ SPOT データによるメキシコモザイク画像 (図 4.4-15)
毎年、11 月から翌年 5 月までのドライシーズン期間のモザイク画像 (822 シーンの合成)
- ・ 穀物種別作付分布 (図 4.4-16)
- ・ 農地変化解析 (図 4.4-17)

参考までに、SPOT データの利用例には、農業分野も含め以下のようなものがある。

- ・ 穀物種別作付分布
- ・ 自然災害の被害評価
- ・ リスク解析
- ・ 安全保障、国境監視
- ・ センサス
- ・ 時系列変化解析



図 4.4-15 SPOT データによるモザイク画像例

¹⁷ Ten years providing information for government projects in Mexico, 10 December 2014, SIAP

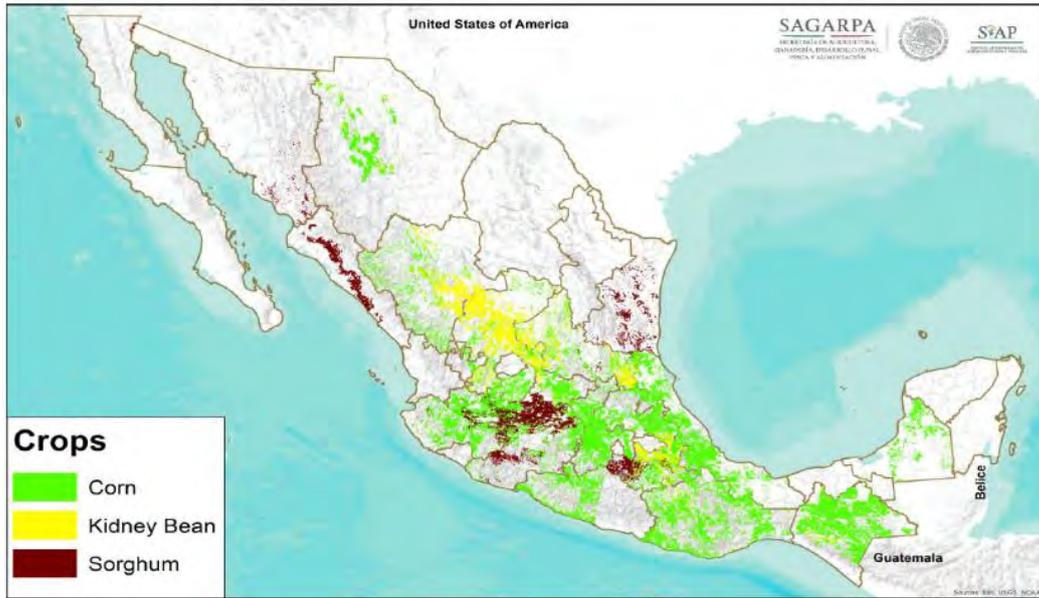
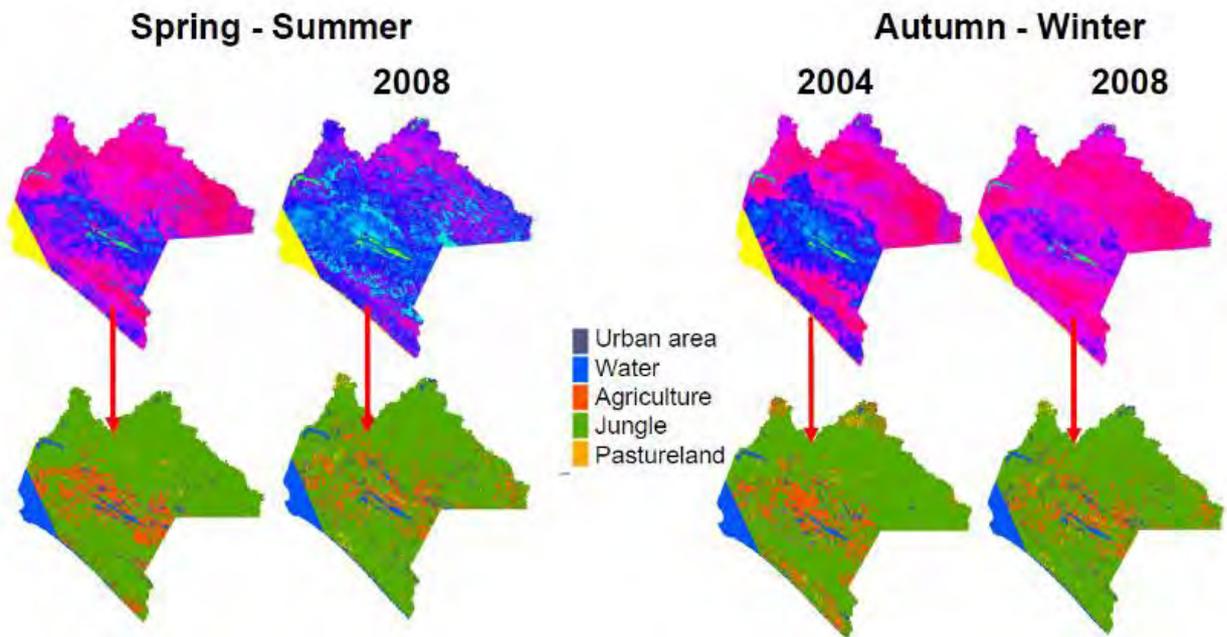


図 4.4-16 穀物種別作付分布



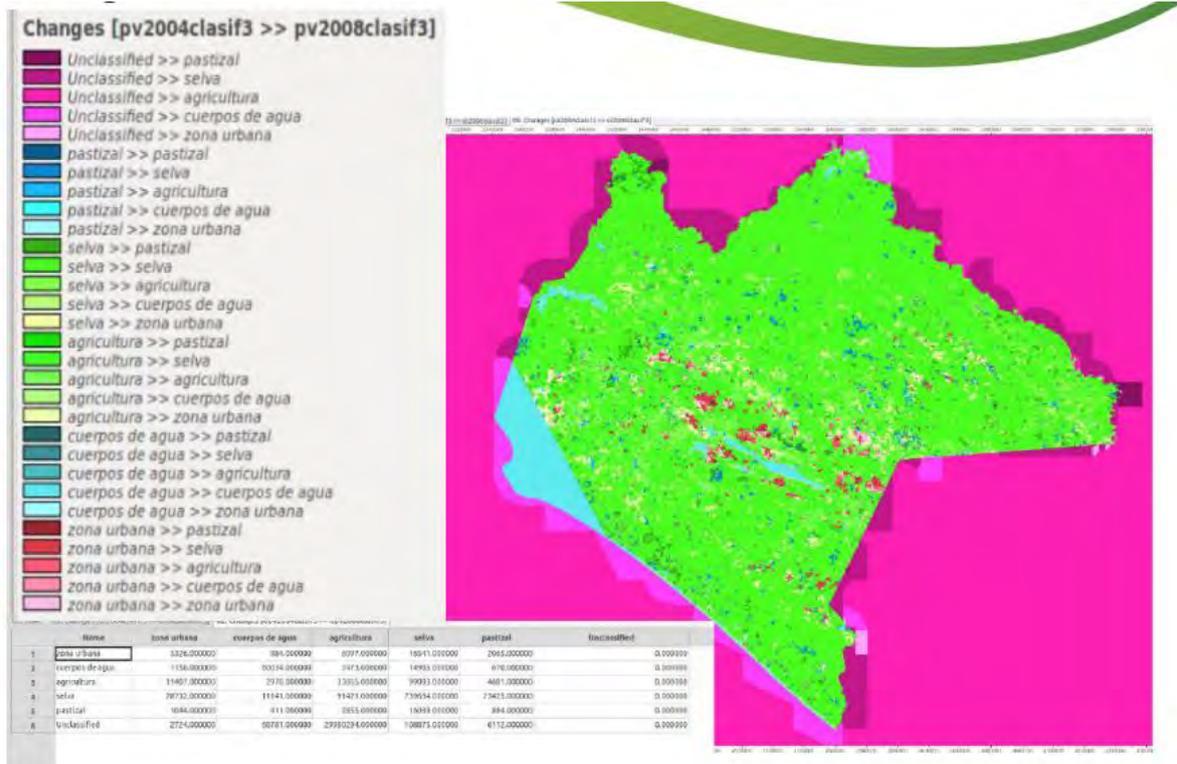


図 4.4-17 穀物種別作付分布

なお、SIAP の他、SAGARPA 傘下の他の機関や SAGARPA 自身でも SPOT 衛星データを利用しており、SAGARPA に関わる下記機関による SPOT データ利用割合は、2003 年の開始から 2014 年まで全体では配布総数の約 33% を占める¹⁸。

- ・ ASERCA (農業市場商業開発サービス庁)
- ・ COLPOS (大学院大学)
- ・ INIFAP (国立森林農業研究所)
- ・ CONAPESCA (国立漁業委員会)

また、SIAP では衛星データの新たな利用として、ハイパースペクトルデータによる作物の健康状態の把握に大いに興味を持っている。

7) CONAGUA (Comisión Nacional del Agua : 国家水委員会) 及び SMN (Servicio Meteorológico Nacional : 気象庁)

CONAGUA は、水資源の有効な運用、保全を一元的に行う組織として 1989 年に SEMARNAT の傘下に設立され、ダム建設等のインフラ整備、公共水域に排出される排水の監視、水質モニタリングから節水教育まで幅広い水関連の事業を行っている。

¹⁸ AGRICULTURA, PESCA Y DESARROLLO RURAL, TALLER CONJUNTO MÉXICO-JAPÓN SOBRE TECHNOLOGÍA ESPACIAL, Mexico City, 16 February 2015, SIAP

SMN は、各州 31 のセクションと 18 の独立した観測所からなる気象局として 1901 年に形成された。1980 年までには観測所は 72 まで増え、そのうち 8 か所では天気バルーンやラジオゾンデを飛ばし、5 か所ではレーダ観測を行うようになった。1989 年、CONAGUA が設立されたのを機にその外局となり、1999 年からは国家気象サービス全般を担当している。SMN のミッションは、メキシコの天気予報、気象警報および天気情報や、戦略的かつ有益な情報を提供することで意思決定をサポートすることであり、優秀な人材による技術革新と最新の科学を適用することで、十分な予防および意思決定に貢献する気象や気候の信頼性の高い有益な情報をタイムリに提供することである¹⁹。

衛星データに関しては、米国大気局（NOAA）の静止気象衛星 GOES-EAST（GOES13 号：西経 75°）と GOES-WEST（GOES15 号：西経 135°）のデータを利用して、ハリケーンや寒冷前線のような激しい気象現象の検出、識別、追跡や降水強度の推定に用いている。

¹⁹ <http://smn.cna.gob.mx/es/smn/mision-y-vision>

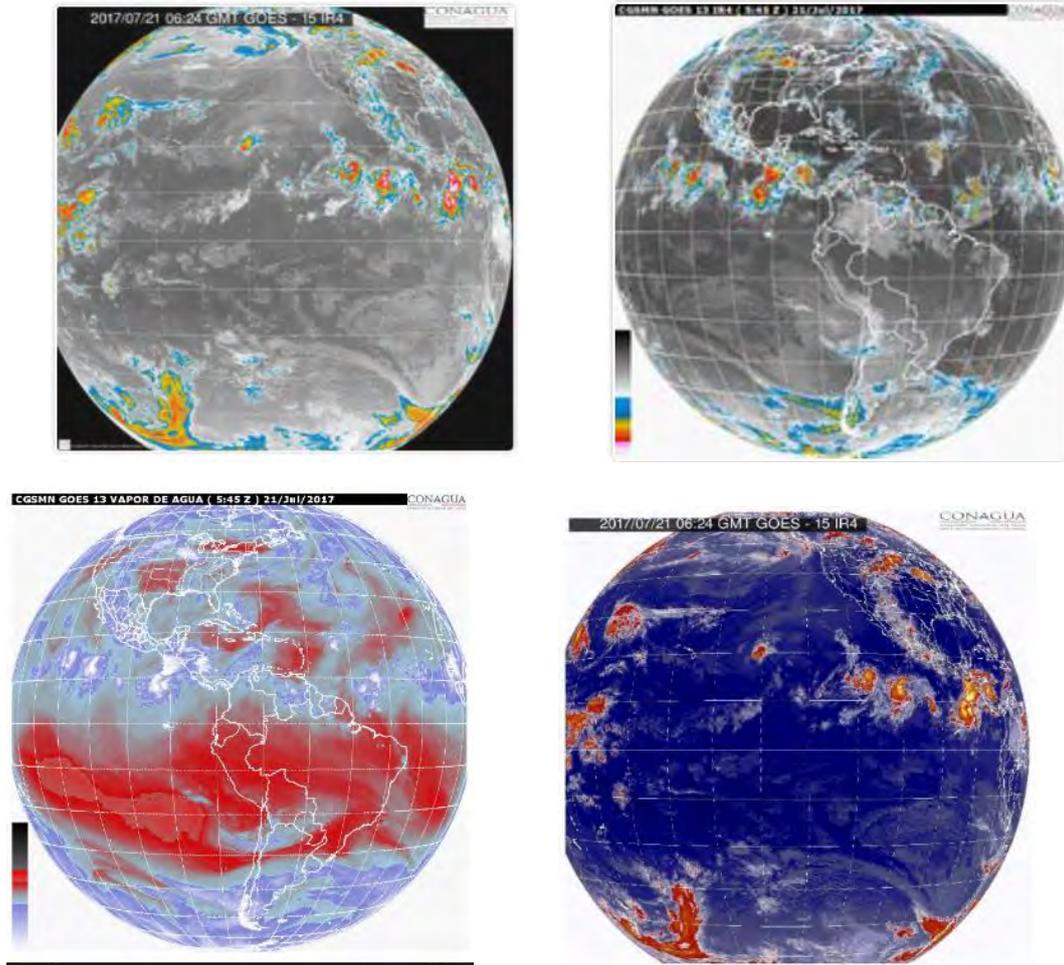


図 4.4-18 静止気象衛星 GOES の赤外画像（上）と水蒸気量（下）
（左：GOES-EAST、右：GOES:WEST）

8) UNAM (Universidad Nacional Autonoma de Mexico : メキシコ国立自治大学)

UNAMは、1551年に王立メキシコ大学として創立した460年以上の歴史を有するアメリカ大陸で2番目に古い大学で学生数は30万人にも達する大学である。UNAMでは国際プロジェクトとして、SATEX-2やCONDOR、QUETZALといった衛星開発プロジェクトも進めている。

本業務では、衛星データを利活用している部署の一つであるメキシコシティにある地球物理研究所を訪問し、ヒアリングを行った。

大学では予算の関係から利用可能な衛星データは無償のデータが中心とならざるを得ず、地球物理研究所ではSPOT衛星データを基本として利用している。プロジェクトによっては、地盤変動を把握する必要がありTerraSAR-XとTandem-Xのデータによりインタフェログラム解析を行うが、予算的に1～2データしか購入できないのが実情である。SPOTデータの提供依頼先はSIAPではなくSEDENAに依頼しているとのことであり、申込から配送まで約6か月かかるのが課題である。

一般論として、地球観測衛星センサに対する要求は、ユカタン地方などは雲が多いため SAR が望まれる。なお、SAR の利用例としては

例：Deforestation

Forest Fire

Ships Detection by SEDENA

Detect Crop type (偏波データを利用)

土壌マップ、塩害マップ (メキシコ北部)

が考えられる。地球物理研究所の立場として必要となる衛星センサへの要求は、分解能 1~3m のマルチスペクトルセンサで、波長帯は VNIR、観測幅は 60km 程度、ステレオ撮影機能を有して撮影頻度が多い衛星が希望とのことであった。

その他、UNAM には CIGA (環境地理研究センター) があり、衛星データ、GIS の研究を行っている部署がモレリア市にある。CIGA では、LANDSAT、SPOT、Sentinel-2、RapidEye 衛星データによる森林減少に係る地理空間解析、複数年に亘る SPOT データによる土地被覆/土地利用変化解析を行っている研究などがある²⁰。

9) IPN (Instituto Politécnico Nacional : メキシコ国立工科大学)

IPN は、1936 年に設立された宇宙工学などの研究部門を有する学生数約 20 万人の工科大学で、超小型衛星の開発では九工大とも交流がある。

本業務では、IPN の中で衛星データを利活用している部署の一つであるメキシコシティにあるコンピュータ技術革新・開発センターを訪問し、ヒアリングを行った。

このセンターでは、UNAM と同様に基本的に無償データを使用している。具体的には、Sentinel、SPOT、LANDSAT の他、2011 年に CONABIO が調達した RapidEye データを使い (RapidEye データは大学などのアカデミアは無償で利用できるとのこと)、衛星データと DEM を使って特定オブジェクト (例えば、地すべりパターンの抽出) を認識・抽出するアルゴリズム開発²¹などを行っている。

10) MERRICK

MERRICK メキシコ社は、米国の Merrick & Company 社の子会社で、2002 年設立の国土の情報管理企業で、地図作成、地理データベースの改善や地理幾何学のコンサルテーションに関して、LIDAR 技術、衛星画像や各データの合成結果の利用におけるパイオニア的な会社である。

具体的には高圧線やパイプラインの監視、PEMEX の石油タンクのメンテナンス、各種地図作成などのビジネスを行っている。

²⁰ <http://www.ciga.unam.mx/index.php/investigacion/proyectos/vigentes>

²¹

https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=ja&user=tJE_82MAAAAJ&citation_for_view=tJE_82MAAAAJ:9yKSN-GCB0IC

例えば、INEGI による特別な技術仕様に基づいて、建物、舗道、街路、緑地、プールなどの輪郭データを作成している。



図 4.4-19 道路や建物等のベクトルデータの抽出結果例

MERRICK 社では、LIDAR による鉱物資源探査、高空間分解能衛星データと UAV データの組み合わせによる都市計画への利用、SAR のインターフェロメトリ技術による地盤沈下観測なども今後のメキシコでの衛星データ利用ビジネスとして捉えている。

1 1) BITS (Bufete de Ingeniería en Telecomunicaciones y Sistemas S.A. de C.V.)

BITS は、2009 年設立の Geo ソリューションズの企業で、メキシコにおける総代理店として衛星データの販売を行っている他、政府機関に対してデータ解析サービスを提供している。

総代理店として扱っている衛星データは、以下のとおり。

- Planet 社の RapidEye と Dove 衛星データ
- UrtheCast 社の ISS 搭載カメラデータ
- ELEC NOR DEIMOS 社の Deimos-1,2 データ

その他、以下のデータも扱っている。

- CSA の RADARSAT-1,2
- 21AT (21 century Aerospace Technology) 社のデータ (Beijing-1, Triple Sat)
- EIAST (Emirates Institute for Advanced Science and Technology) の Dubaisat-1,2
- DMC-ii 社の DMC データ

BITS 社の主な顧客は、SAGRAP、CONAFOR、SEMAR、SEDENA 等である。

また、衛星データや航空写真を利用して内陸水監視や農作物の病虫害被害状況などの解析などのサービスやプロジェクトの実施なども行っている。

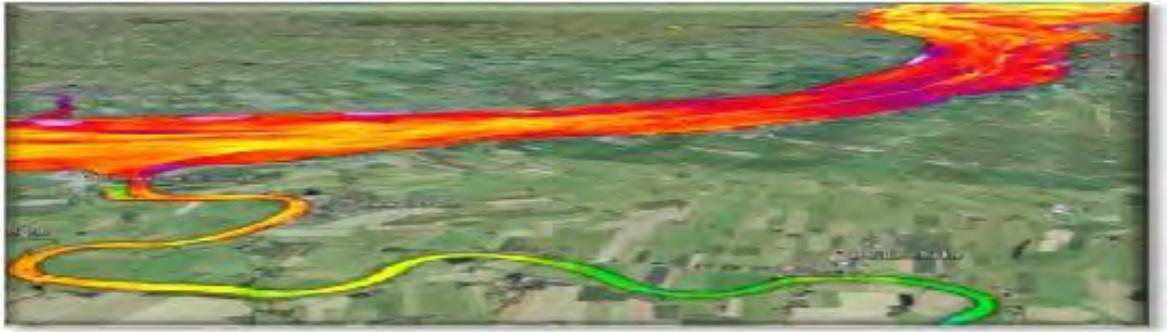


図 4.4-20 河川の植物プランクトン分布の可視化例¹⁷

BITS 社は、メキシコが自国の地球観測衛星を将来保有する場合には、空間分解能（1-10m）、時間分解能（週に 1-2 回/1 衛星）を期待している。メキシコの場合、観測対象地域によって、分解能要求も異なってくる。例えば、北部メキシコ（広い地域対象）では高時間分解能が望まれる一方、中央メキシコ（狭い地域対象）では高空間分解能データが望まれる。

また、メキシコは雲が多い（特に 5-10 月の間）ので、光学+レーダデータの使い方（両データの組合せなど）が有用と考えている。特に、農業分野で複数の農作物を対象にデータを利用する場合には、ハイパースペクトルデータに期待を寄せている。

4.4.2 成果まとめ

4.4.2.1 衛星データ利用機関の状況把握

衛星データを利用しているメキシコ政府機関は、SIAP による 2003 年から 2014 年までの ERMEX 局受信データ配布一覧から分かるように、SAGARPA、SEMAR、SEMARNAT の 3 機関でその大半を占めている（図 4.4-21）。また、ヒアリングを行った企業では、サービス提供先は、PEMEX、SAGRAPA、CONAFOR、SEMAR、SEDENA など国営企業や政府機関であること、CONABIO などでは衛星データの解析を自ら行っていること、さらには 2013 年にメキシコ市で開催された国際トウモロコシ小麦改良センター主催“Remote Sensing – Beyond Images”シンポジウムにメキシコから参加した衛星データ利用企業は BITS のみ（メキシコからの参加は官民合わせて 10 機関、51 名）であった²²ことなどから、メキシコにおける主な衛星データ利用機関は、国営企業または政府機関が占めており、自らがエンドユーザーとなる民間企業はほとんどない。

²² Remote Sensing – Beyond Images, Mexico City, 14-15 December 2013, CIMMYT

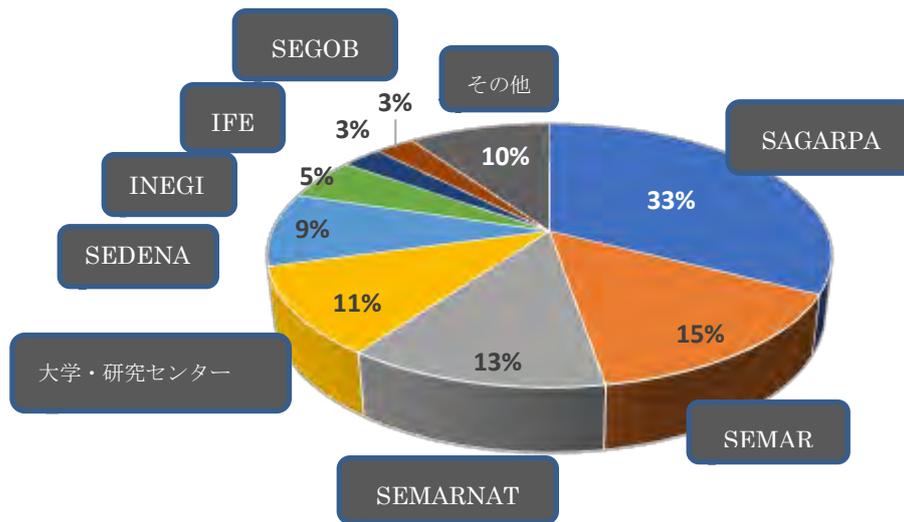


図 4.4-21 ERMEX 局の受信データの配布先機関 (2003-2014) ²³

4.4.2.2 利用衛星データとデータ利用のための支払額

メキシコでは、政府が直接受信している SPOT 衛星データ（政府系機関・大学では無償で利用が可能。）が主として利用されているほか、無償のデータである Landsat や Terra および Aqua の MODIS データが使われている。近年は利用用途からのニーズに基づき、有料ではあるものの高空間分解能の衛星データ（主として Digital Globe 社のデータ）や 5 機体制による高時間分解能を実現している RapidEye 衛星データ、あるいは RADARSAT などの SAR データを購入し利用し始めているものの、データ購入予算の制約を受けている。

4.4.2.3 利用分野

メキシコにおける衛星データの利用分野は、国土管理、農業、森林、防災、安全保障などの分野で利用されており、主な利用例を表 4.4-2 および図 4.4-22 に示す。

²³ Cosponsored Workshop on Space Technology and its Applications, Mexico City, 16 February 2015, SIAP

表 4.4-2 メキシコでの衛星データ利用分野と事例

分野	利用目的		利用手法・技術	主な衛星データ
国土管理	基本図作成	国土基本情報の整備 (例、地形図、土地利用図、標高マップなど)	土地被覆分類等	Landsat、SPOT、RapidEye
			DEM	SPOT、ASTER
気象		気象情報基本図、サイクロン監視		NOAA、GOES-E、GOES-W
防災	災害予防	気象予報提供、気象警報発令		
		ハザードマップ	3次元表示、ジオテクニクス	Landsat, Digital Globe 社衛星データ、SPOT
		Wild Fire 発生監視 (オンライン配信)	温度異常検知	NOAA、MODIS、Suomi NPP
	災害監視	被害状況把握、洪水域監視	画像判読 浸水域抽出、津波遡上域	Digital Globe 社衛星データ、SPOT
		流出油監視	SAR データ解析	ALOS、LiDAR、Sentinel-1
	地盤沈下監視	インターフェロ技術	ALOS-2、TerraSAR-X / TANDEM-X	
農業	生産管理	収量予測	分類手法	SPOT、Landsat、RapidEye
		窒素含有量推定	NDVI	
	生育監視	バイオマス推定、NDVI		
	農地管理	穀物種別作付分布、農地変化	分類、変化抽出	
森林	森林劣化抑制	REDD+、MRV、森林分布、	土地被覆分類、森林抽出	SPOT、Landsat、RapidEye
環境	生物多様性の保全、生態系管理	マングローブ林監視、海岸線浸食	NDVI、判読技術	航空写真、SPOT、Landsat、Sentinel
		サンゴ白化早期検知	海水温、クロロフィル a	NOAA、MODIS、Suomi NPP
	ブルーカーボン評価	マングローブ、湿地分布	バイオマス推定	WorldView
資源	石油探査	オイルスリック検出	SAR 解析	SAR データ
	設備監視	パイプライン漏洩検出	判読技術	航空写真、Digital Globe 社衛星データ
	鉱物探査	地質図、鉱物分布図、賦存量評価	地質解析、鉱物分類	Landsat、ASTER、SPOT、ハイパースペクトルデータ

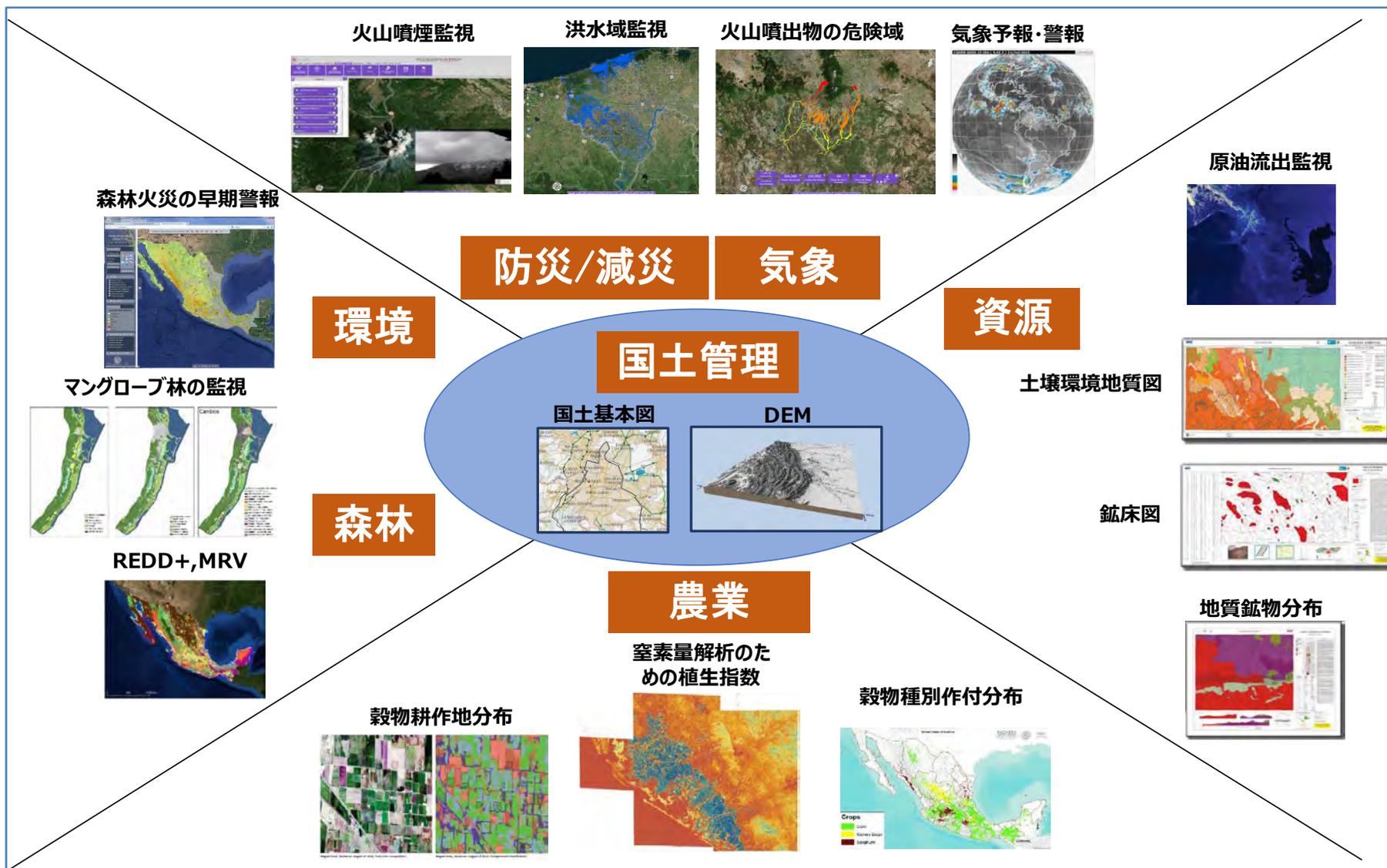


図 4.4-22 メキシコでの衛星データ利用分野と事例

4.4.2.4 地球観測衛星に対する要望のまとめ

本業務におけるヒアリング活動にて得られた宇宙利用における課題は以下の項目である。

【衛星の機能・性能に関わるもの】

表 4.4-3 主要機関のセンサタイプに係る要望

機関名	希望センサタイプ
SIAP	光学センサ
CONABIO	光学センサ
CENAPRED	レーダセンサ

表 4.4-4 主要機関の各種分解能に関する要望

機関名	周波数分解能	時間分解能	空間分解能
SIAP	高	中	低
CONABIO	高(*1)	高(*1)	中(*1)
CENAPRED(*2)	低	高	高

(*1) 優先度はアプリケーション次第

(*2) 洪水、土砂災害等の災害監視においては、ターゲットエリアが雲に覆われていることが多い
ため、SAR > Optical

(その他コメント)

- ・高分解能データは欲しいものの、価格が高い。(UNAM、INEGI)
- ・洪水やハリケーン等による災害時は雲が多く光学センサは利用できない。(CENAPRED)
- ・ユカタン地方等は雲が多いので SAR が望まれる。(UNAM)
- ・SPOT データの配送が遅い。アーカイブデータでも配送まで 6 か月ほどかかる。(UNAM)
- ・洪水や山火事の場合、要求される撮影頻度で画像が取得できない。(INECC)
- ・SPOT-5 の運用が終了し、SWIR のデータがなくなり困っている。(CONABIO)
- ・Landsat-8 には SWIR があるが、波長分解能が悪いため使用していない。(CONABIO)
- ・どのくらいの降水量があるか、土壌水分情報が欲しい。(複数機関)

【データ利用のポリシーに関わるもの】

- ・順次増加している衛星データの格納に際して、データ容量が大規模となる。(CONAGUA、SMN)
- ・他機関で作成した土地利用マップが無償で利用できない(CENAPRED)
- ・作成した主題図を他機関で共有できないか。(複数機関)

【教育に関わるもの】

- ・ハイパースペクトルデータは、技術力が追いついておらず十分理解できていない。
(CENAPRED)
- ・技術者への教育が必要。(CENAPRED)

第4回現地活動(2017年2月)で開催したワークショップは、複数の衛星データ利用機関が一堂に会すディスカッションの場であった。このような機会はこれまでメキシコではほとんどなかった。どのようなデータを使ってどのようなアウトプットを作成しているのか、各機関で保有しているデータにはどのようなものがあるのか、などの情報を初めて知った参加者もいた。

このワークショップでは、

- ・メキシコ国内でのユーザー機関が会するコミュニティの必要性
- ・衛星データのみならず様々な現地の取得データがどこに保存されているのか
- ・衛星データのみならず、作成した主題図の共有化の必要性

など、衛星データおよび現地計測データなどを蓄積しておく「メキシコ衛星データセンタ」や「メキシコデータプラットフォーム」のような、情報の仮想集約と共有化が可能な設備の必要性が明らかになった。

4.5 AEM とのロードマップ作成および衛星データ利用インフラ構築のプロトタイプ案の提示

4.5.1 ロードマップ作成のアプローチ

3.2.5 項に示したように、AEM は PND2013 からフローダウンさせた PNAE において政策の方向性を示し、3.2.6 項のような「大規模自然災害の Early Warning System に貢献する宇宙システム」の構築を軸に、宇宙機器産業だけではなく、現状の限定的な SPOT 衛星データ等の利用拡大を含めた新たな宇宙利用産業の創出：エコシステムの創生を志向している。

しかしながら、上記構想実現に向けた実効的な「ロードマップ」が存在していないことから、現地活動を通して

- ・AEM の意向に沿った目指すべき姿：ゴールのイメージの共有
- ・AEM 内部検討状況の把握とそれを踏まえた実効的なロードマップ案の提案

を基本的な方針として議論・協議を行った。

AEM の内部検討状況把握にあたっては、現地活動における AEM との協議の場で AEM から何度か言及があった“Plan de Orbita 2.0” (Plan of Orbit 2.0) を参考とした。同文書は、AEM の意向を受けてメキシコ貿易投資促進機関：PRO MEXICO が取り纏めた形態となっている。実質的な策定は 2016 年に行われ、最終的に 2017 年 6 月に公開された。

同文書では、表 4.5-1 に示す 5 つの大きなマイルストーンに従い、実行するプロジェクトを設定している。ただし 3.2.4 項および 4.3 項で言及した通り、現在メキシコ製の衛星搭載機器は、超小型衛星向けの一部の部品に過ぎないことを鑑みると、マイルストーン No.1、3 で宣言されている、ある時点で世界の宇宙産業の数%を占める、という非常に挑戦的な目標を設定している。

(参考までに、2016年度の全世界の宇宙関連機器市場の市場規模は、30兆円弱²⁴だと言われている)

AEMは3.2.5項に示した現状予算額から、衛星プロジェクト遂行にあたってはメキシコ連邦予算のみではなく、PPPのスキームを志向しており、同文書がPRO MEXICOによる取り纏めとなっているのも民間資金の投資を睨んだものと推測される。

表 4.5-1 Plan of Orbit 2.0 掲載のマイルストーン

No.	マイルストーン	具体的プロジェクト
1	2035年に宇宙産業の世界市場の35%を占める	<ul style="list-style-type: none"> 国内産業の棚卸 イノベーション人材のネットワークを強める 産業横断的な宇宙 IOT プロジェクトの早期立ち上げ INEGI 中心に、衛星データマネジメントの確立 現実的な市場分析 戦略立案 (小型衛星製造や特許保護体制を含む)
2	2036年まで、静止軌道上の通信衛星を維持し続ける	<ul style="list-style-type: none"> 既存衛星の終了タイミングを適切に見極め、次を絶やさぬプログラムの打ち込みをする 上記のための計画立案 小型相乗り衛星による技術実証
3	2026年に、機器産業の売り上げの1%を占める(約3,000百万USD=3,000億円オーダー)	<ul style="list-style-type: none"> ハード・ソフト両面の将来戦略 小型衛星打ち上げの戦略
4	2026年までに、現在より25%増加すると言われているラテンアメリカの通信量をまかなう宇宙インフラを用意する	
5	メキシコの宇宙関連機関が一体となって活動する	

上記のように Plan de Orbita 2.0 では、投資に対する経済的効果のアピールを主眼にいかにか段階的な経済的指標を発展させるかに重点が置かれており、メキシコの将来の宇宙利用のあるべき姿、またその実現に向けてどのようなアプローチが必要となるかについては検討が深化されていない。

メキシコが目指すべき宇宙利用インフラストラクチャーのコンセプトとしては、

- －現状の SPOT 衛星データ利用システム等を段階的／発展的に取り込む
- －衛星データのみならず UAV／様々な地上センサーデータ等との融合による新規事業創出を可能とできるプラットフォーム

をベースとして AEM と協議を重ね、図 4.5-1 に示すような “メキシコデータプラットフォーム” をゴールとして、そこに至るためのロードマップを作成するアプローチとした。

²⁴ BRYCE Space and Technology “State of the Satellite Industry Report” <http://www.sia.org/wp-content/uploads/2017/07/SIA-SSIR-2017.pdf>

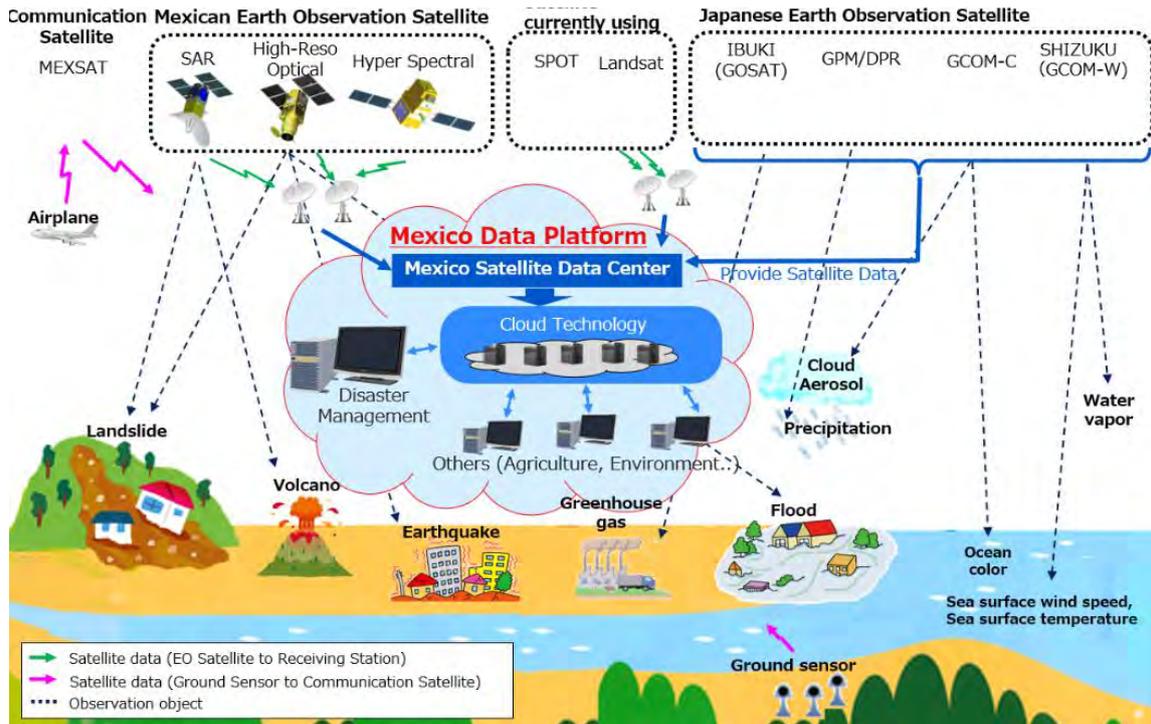


図 4.5-1 メキシコデータプラットフォームの概念図

4.5.2 NEC が提案するロードマップの概要

NEC から AEM に対しては、AEM の現状を踏まえ、10 年オーダーの長期的なロードマップの提案と、その実現に向け 1~5 年オーダーで着手すべきステップの、大小 2 つの提案を実施した。ロードマップについては本項に、直近で着手すべきステップに関する手法については次項に、それぞれ示す。

AEM に提案したロードマップは、4.5.1 項に示したアプローチで図 4.5-1 を 2030 年時点でのメキシコ地球観測システムの理想形（ゴール）として設定し、この理想形を実現するためのロードマップとして、メキシコ独自地球観測衛星開発を軸としたものと、地上ベースの利用システム構築の 2 分野に分割したものである。（図 4.5-2 から図 4.5-6 参照）

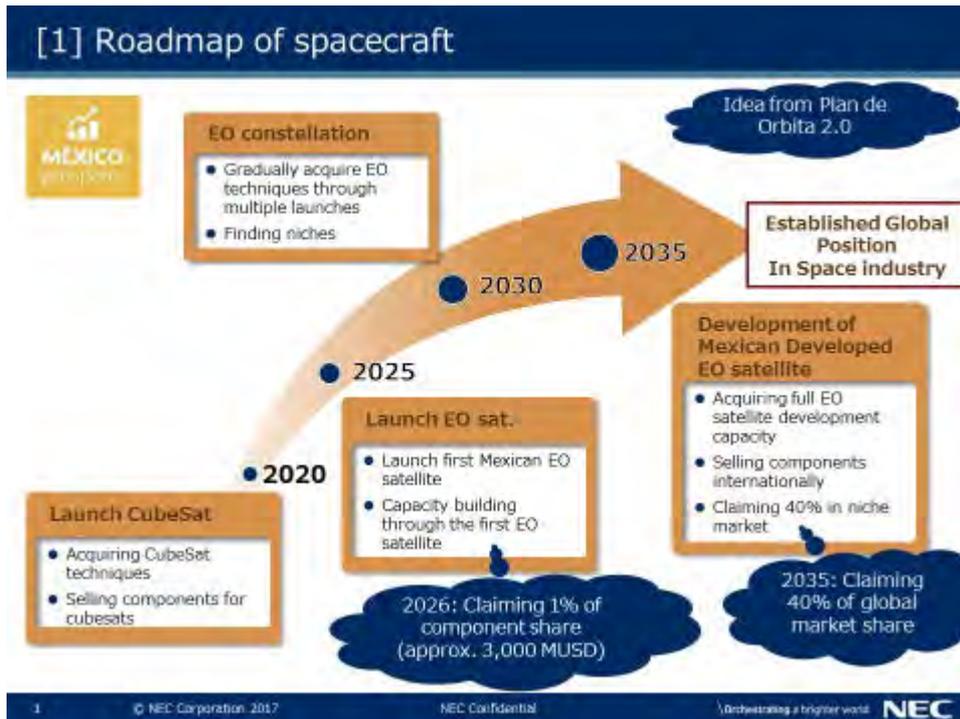


図 4.5-2 ロードマップ (衛星システム)

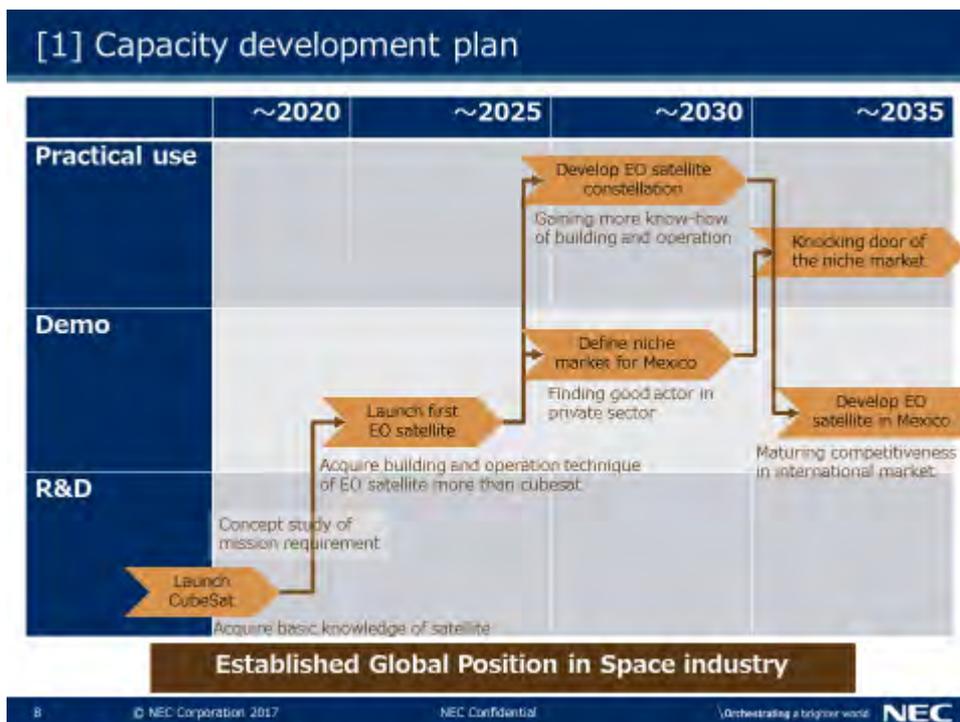


図 4.5-3 キャパシティビルディングプラン (衛星システム)

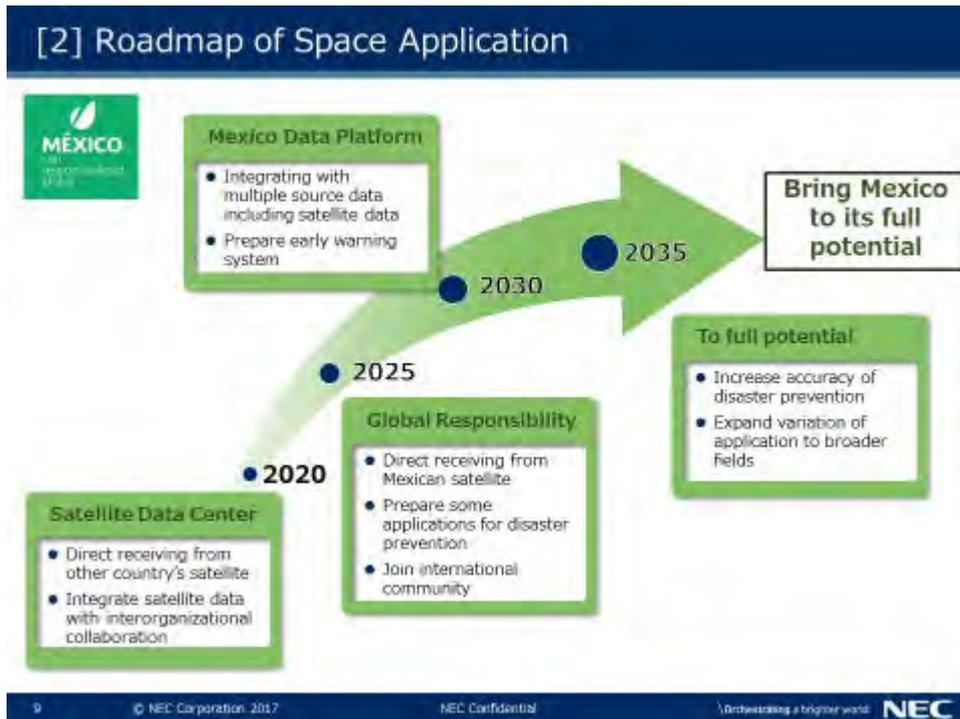


図 4.5-4 ロードマップ (メキシコデータプラットフォーム)



図 4.5-5 キャパシティビルディングプラン (メキシコデータプラットフォーム)

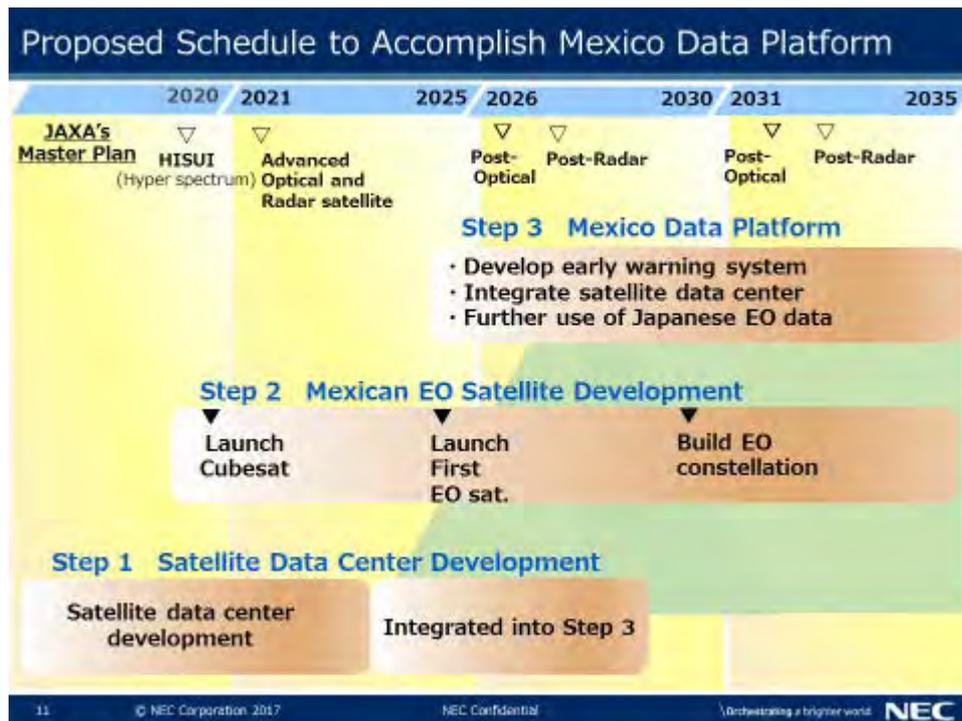


図 4.5-6 ロードマップ（統合スケジュール）

提案するロードマップは、AEM 自身の目指す姿と、周囲のユーザー機関の考える課題との両面を考慮して制定している。上記提案の背景となった考え方を表 4.5-2 および表 4.5-3 に示す。

表 4.5-2 AEM の要望と提案内容での達成方針

AEM の要望	対応するマイルストーン
2026 年に、機器産業の売り上げの 1%を占める 2035 年に宇宙産業の世界市場の 35%を占める (Plan of Orbit 2.0 より)	<ul style="list-style-type: none"> 超小型衛星から開発を開始し、2025 年に最初のメキシコ地球観測衛星を打ち上げる 2025 年に向け、メキシコデータプラットフォーム構築に向けた研究開発を推進する 上記合わせて、2025 年を目途に、ステップバイステップの研究開発成果を基に、早期警戒システム関連でメキシコが注力すべきニッチな市場を定義する その後衛星コンステレーション構築・運用等のキャパシティビルディングを通じて知見を深め、2030 年以降を目途に完全自国開発の地球観測衛星を開発・運用する
緊急事態や自然災害の予防、軽減、対応のための早期警戒宇宙システム構築 (PND2013 より)	<ul style="list-style-type: none"> 2020 年を目途に、まず国内の既存の衛星データをカタログ化または統合した、衛星データセンターを設立する 2030 年を目途に、衛星以外の GIS データも取り込んだ、NSDI としての早期警戒システム”メキシコデータプラットフォーム”を確立する その後防災以外の用途へも活用できるよう、徐々にシステムを刷新してゆく

表 4.5-3 メキシコ地球観測システムの課題と目指す姿

	ヒアリング結果より抽出した現状の課題	2030年のあるべき姿
地球観測衛星システム	各組織レベルでの、地球観測システムに対する要望はあるが、メキシコとしての同システムに対する要求定義を取りまとめる組織が存在しない。	AEM 率いる衛星データユーザーのコミッティが存在し、データ共有や、次期システムの構想をけん引している。
メキシコデータプラットフォーム	衛星データの保存容量がひっ迫している。 衛星データ共有、ないしは衛星データから作成された主題図が、機関間で共有されておらず、意思決定の遅延やコスト増加などの弊害をもたらしている。	メキシコとしての衛星データを含めた GIS データを一元管理できる「メキシコデータプラットフォーム」を保有し、衛星データおよびその成果物の機関間の共有が円滑に行えている
システム全体	衛星データ購入に高額が必要になっている。 衛星データユーザーが様々な機関に分散しているにもかかわらず、ユーザーコミュニティは存在せず、誰がどのデータを保有しているか、国として把握している人がいない。これにより様々な無駄が生じている。	メキシコが自国で地球観測衛星を保有しており、データ取得にかかるランニングコストが削減されている AEM 率いる衛星データユーザーのコミッティが存在し、データ共有や、次期システムの構想をけん引している。

ロードマップのタイムラインは、Plan of Orbit 2.0における「2026年に全世界の宇宙機器市場の1%（約3000億円）を占め、2036年には40%を占める」という挑戦的な目標を実現することを考慮して、2025年を目途に初の実用レベルの地球観測衛星を打ち上げる目標とした。

地球観測衛星システムのロードマップの前提として、4.3項でまとめた通り、メキシコには現在、超小型衛星搭載コンポーネント程度しか軌道上での動作実績がある機器が存在しないことを置いている。このため、いきなり実用レベルの地球観測衛星を製造するのではなく、超小型衛星により実績を積むことを第一ステップとしている。超小型衛星は、低コスト・低性能ではあるが、その製造・運用を通して得られるスキルは実用レベルの衛星に直結するものであり、キャパシティビルディングの手段として最適である。また、技術的知見蓄積と並行して、実用レベルの地球観測衛星のミッション定義の議論も進める。

第二ステップの実用レベル地球観測衛星は、いきなり完全メキシコ製とするにはハードルが高すぎると考えられる。そのため、100%外国からの購入品か、一部メキシコ製のコンポーネントの搭載を目標とする。このようにして段階的に蓄積された知見を基に、2030年以降を目途に純メキシコ製の地球観測衛星を開発することを目指す。

データプラットフォームは、コストのかかる大規模施設の敷設よりも、既存のシステムの連携が第一ステップとして有効である。4.4項にまとめた通り、各ユーザー機関からもデータ共有に対する課題が挙げられており、ここを解決することで、入手できるデータの選択肢の拡大と共に、国全体としてのデータ購入にかかる費用の削減も期待できる。

最終的にはメキシコ国内外すべての必要なデータを集約する”メキシコデータプラットフォーム”の敷設を目的とする。その間のステップとして、早期警戒システムの精度向上や、その他データ解析を利用したアプリケーションの開発など、ソフトウェア的な研究開発を継続的に推進することが必要である。また、それらのアプリケーションにより貢献できる領域が広がった結果、周辺のアテネアメリカ各国への貢献に資することで、メキシコのプレゼンスが向上し、結果として地球観測システムの予算確保にもつながる好循環が生まれることが期待できる。

4.5.3 衛星データ利用インフラの構築に向けたアプローチ

当初の活動計画では、早期にロードマップを策定し、そのロードマップに基づく衛星データ利用インフラ構築のプロトタイプ提案までを視野に入れていたが、

- －現状の衛星利用インフラが多くの課題を抱えていること（第4回現地活動におけるAEM主催ワークショップで顕在化）
- －上記課題解決に向けた検討作業提案（第5回現地活動時）を行ったが、現行の衛星データ利用インフラは多くのステークホルダーが複雑に関与しており検討実施が困難なこと
- －AEMとしてはこれまで進展のない「メキシコ独自地球観測衛星」に関するミッション要求定義検討を最優先したい意向であること

から、上記のロードマップを実現するための第一歩として、システムエンジニアリングに基づいた、Phased Approachの提案に切り替えた活動とした。提案概要を

図4.5-7に示す。

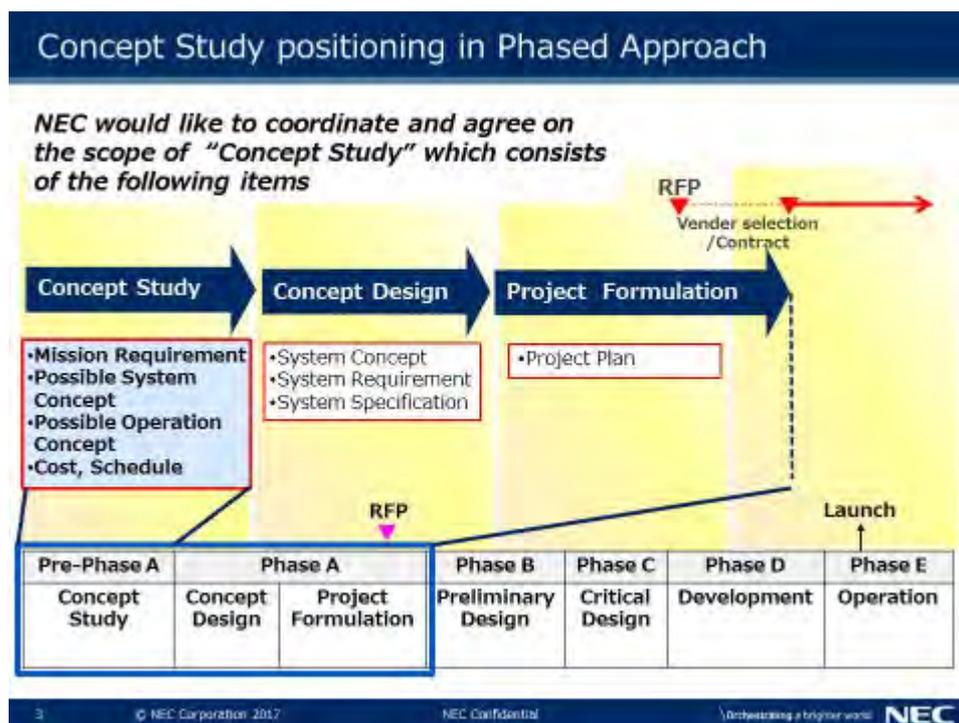


図 4.5-7 フェーズごとの支援作業内容

提案は、

図 4.5-7 に示すようにコンセプトスタディから、敷設されたシステムの運用までのプロセスを Pre-Phase A から Phase E までの 6 つのフェーズに分割し、フェーズごとの活動を個別の契約として支援するものである。

AEM が本検討作業で獲得できる知見は、システムの自主開発のみならず、外部から購入する場合でも有用である。なぜなら、システム開発/購入如何に関わらず、システムに対する要求定義は必須であり、これを自分たちで審査する力を持っていないと、受注者側の提案に踊らされ、所望のシステムを購入できないリスクがあるためである。

また、特に Pre-Phase A Study は、ステークホルダーが多数存在するメキシコ地球観測衛星システムにおいて、技術的内容のみならず、各組織の目的や、ファイナンスプランを統合的に検討して定義する必要があり、避けては通れないプロセスであることから、AEM は Pre-Phase A Study を本業務実施後に取組むべき作業として推進することを合意した。

このシステムエンジニアリングに基づく検討提案に関しては、第 3 回現地活動（2016/10）、第 4 回現地活動（ワークショップ、2017/2）、第 5 回現地活動（2017/5）、そして第 6 回現地活動（2017/10）にて AEM と協議を実施した。NEC の提案概要と、それに対する AEM の反応を表 4.5-4 にまとめる。

表 4.5-4 利用インフラ構築提案の経緯

	NEC からの提案概要	AEM からの反応概要
第 3 回 現地活動	<ul style="list-style-type: none"> システムエンジニアリング的アプローチ (Pre-Phase A study) の提案 多岐に渡る地球観測システムのステークホルダー横断的なユーザーコミュニティ設立の提案 	<ul style="list-style-type: none"> Pre-Phase A study に興味を示した。 ユーザーコミュニティ設立は、NEC と共催するワークショップを第一歩としたい
第 4 回 現地活動	<ul style="list-style-type: none"> メキシコ地球観測システムステークホルダーを招集したワークショップ実施 	優先されるべき衛星仕様の議論には至らず、「AEM は、今後とも各衛星データ利用機関との対話を継続する」旨の表明に留まった。
第 5 回 現地活動	<ul style="list-style-type: none"> ロードマップの目指す姿：メキシコ EO システム完成形提示 Pre-Phase A study 含め、ロードマップ実現に向けステップバイステップでの進め方の提案 	<ul style="list-style-type: none"> ロードマップの目指す方向は良いと思うが予算獲得が難しい。 特にデータプラットフォームの仕様定義について、省庁間調整のハードルが高い。
第 6 回 現地活動	<ul style="list-style-type: none"> ロードマップ提案 主として衛星システムに主眼を置いた、Pre-Phase A study のシステムエンジニアリング的アプローチ (ミッション要求定義検討：MRD) の提案 (本事業終了後の契約ベース前提) 	<ul style="list-style-type: none"> ロードマップの方向性は我々と意識があっている。

表 4.5-5 MRD 検討作業提案の概要

R: Responsible, S: Support

ID	Contents	Output	Detail	Work share			
				AEM	Contractor		
					Min.	Med.	Full
1	To establish Pre-Phase A Study execution plan	Pre-Phase A Study execution plan	Purpose, goal, policy, scope, outcome, organization with responsibility and authority, process, WBS, schedule, resource, review, etc. for Pre-Phase A Study are defined.	R		S	S
2	To identify all end customers and stakeholders	End customer list and stakeholder list	Prior to gathering and analyzing wants and needs for the system, all end customers and stakeholders should be identified since it is not always true that end customers and stakeholders are definitely clear from the beginning.	R		S	S
3	To gather, digest and analyze end customers' and stakeholders' issues, challenges, wants and needs	Objective needs for the system	Issues, challenges, (subjective) wants and (objective) needs for current early warning system of Mexico are gathered from end customers and stakeholders followed by digesting and analyzing them with interpretation into engineering words	R		S	S
4	To conduct concept study on the early warning satellite system for Mexico	Concept study report	Concept of the early warning satellite system for Mexico is studied based on the analyzed needs with best compromise that seems possible (Item 3 and 4 can be iterated when needed)	R	S (only rough sketch)	S	S
5	To create the draft of Mission Requirement Definition (MRD) document	The draft of MRD document	MRD is drafted based on the concept of the system	R			S
6	To conduct MRD review meeting	Minutes of review meeting	Draft of MRD document is reviewed and commented by AEM, end customers and stakeholders	R			S
7	To finalize the MRD document	The finalized MRD document	MRD document is finalized reflecting AEM's, end customers' and stakeholders' comments	R			S

5. 本事業の総括（実施結果に対する評価）

5.1 本事業の成果（対象国・地域・都市への貢献）

現地活動による衛星利用機関への訪問・調査を通じて、メキシコにおける衛星データ利用状況ならびに宇宙利用インフラの整備状況が図 5.1-1 に示す概要であることを把握し、AEM との宇宙開発および利用インフラ構築に係る協議を通して、『洪水、地すべり等の大規模自然災害対策／気候変動対応といったメキシコの社会・経済的課題の解決に資する宇宙利用インフラ：メキシコデータプラットフォーム』の構築をメキシコとして目指すべき宇宙利用インフラのターゲットとすることでメンディエータ長官の理解を得ることができた。

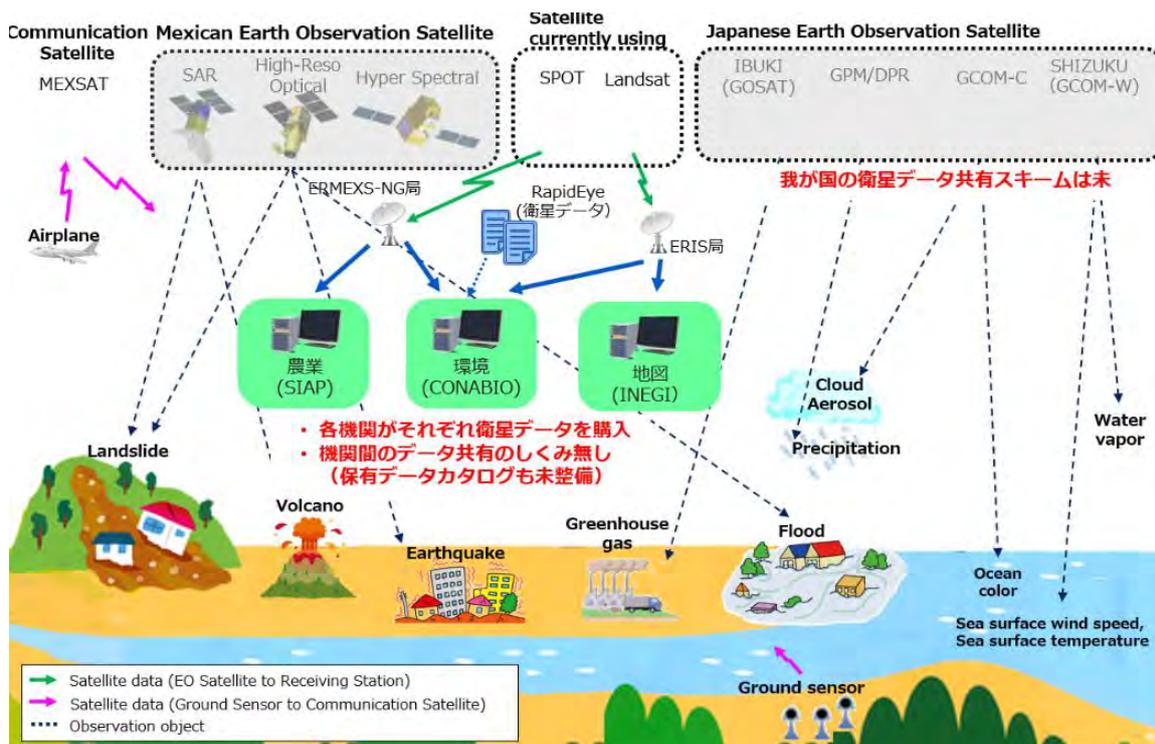


図 5.1-1 メキシコにおける衛星データ利用/宇宙インフラ整備の現状

更に、そのゴールに向けたロードマップとして「自国地球観測（EO）衛星開発」、「利用インフラ構築」を 2 本柱として Capacity Building を含めて提案し合意を得た。

このメキシコデータプラットフォーム構築に向けては、段階的なアプローチとして

- Step 1：衛星データセンター整備（既存衛星利用システムの利便性向上および自国地球観測衛星対応を含めたデータセンター整備）
- Step 2：メキシコ地球観測衛星・データネットワーク整備
- Step 3：メキシコデータプラットフォーム整備

のステップで中長期的視点に立って推進していくことを確認できた。

図 5.1-2 にメキシコとして目指すべきデータプラットフォームの概念図、図 5.1-3 にプラットフォーム整備に向けたマスタースケジュール案を示す。

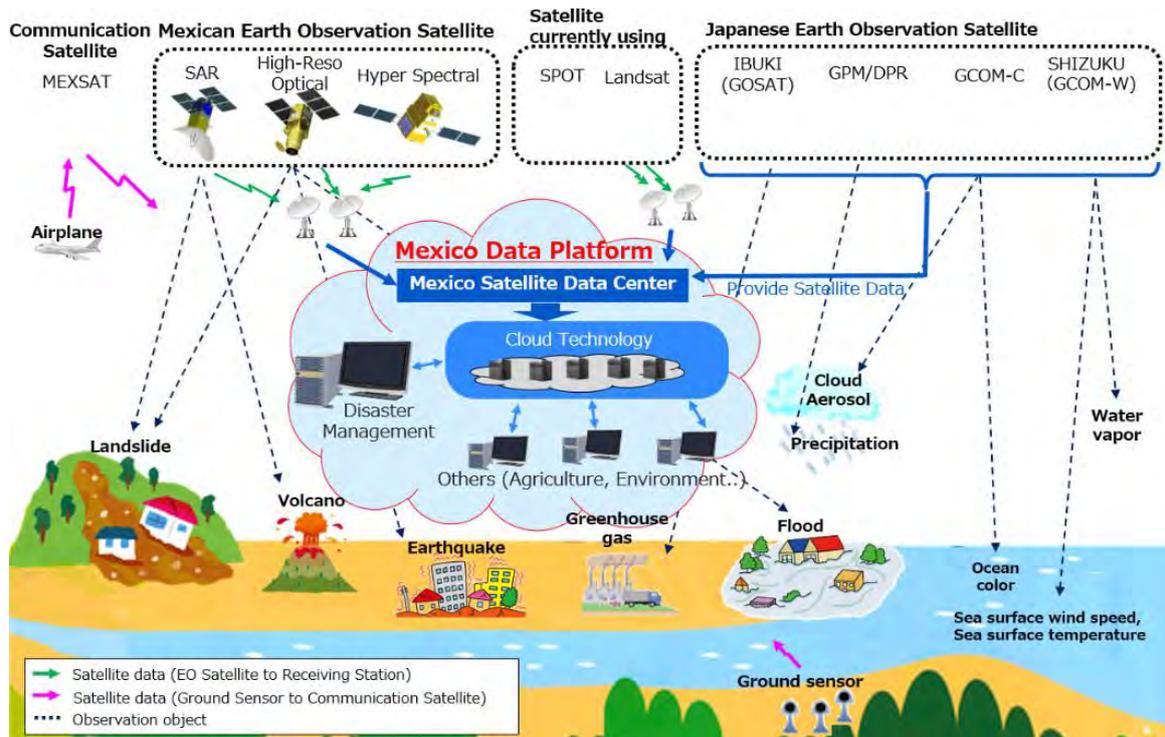


図 5.1-2 メキシコとして目指すべきデータプラットフォーム

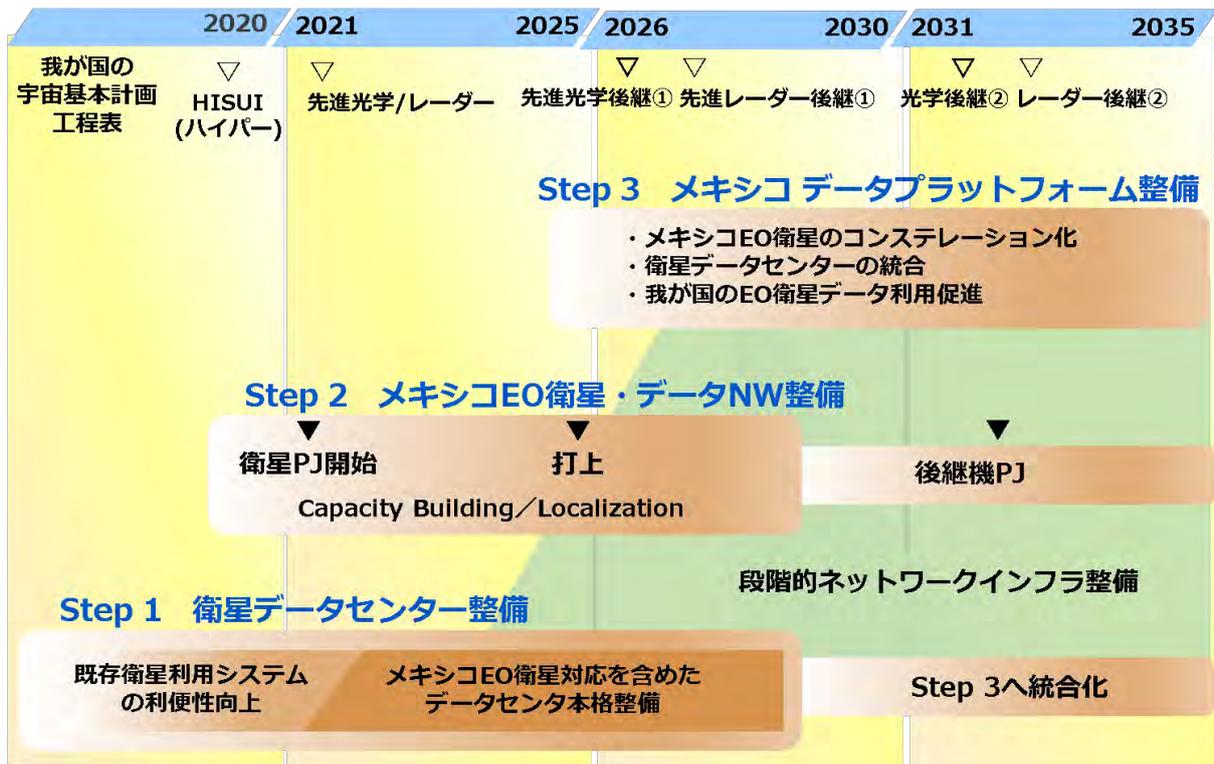


図 5.1-3 メキシコデータプラットフォーム整備に向けたマスタースケジュール案

5.2 本事業の成果（ビジネス面）、及び残課題とその解決方針

5.2.2 本事業の成果（ビジネス面）

5.1 項に示した「メキシコデータプラットフォーム」構築に向けた具体的な整備プロセスに関して AEM と合意できたことから、本事業実施後の各ステップにおけるビジネスターゲットを策定することが出来た。

また、Step1 から Step 3 の段階的アプローチにあたっての具体的な推進方策として、AEM の意向を踏まえ Step 2 の「メキシコ地球観測衛星」に関する概念検討（ミッション要求定義（MRD）検討作業）に着手するために契約ベースでの業務実施に必要な資金を AEM が検討することで合意した。

6. 本事業実施後のビジネス展開の計画

6.1 ビジネスの目的及び目標

6.1.1 ビジネスを通じて期待される成果（対象国・地域・都市の社会・経済開発への貢献）

メキシコは多様な自然災害により大きな人的・経済的損失を蒙っているが、防災対策や災害警報等を提供する公的機関は地上に設置した観測機器等の情報を限定的に利用しているのみで、地球観測衛星を恒常的に活用した広域的かつ有効な観測や予測、情報提供には至っていない。

ビジネスのターゲットとしている図 5.1-2 に示すような『洪水、地すべり等の大規模自然災害対策／気候変動対応といったメキシコの社会・経済的課題の解決に資する宇宙利用インフラ：メキシコデータプラットフォーム』の構築により、同国での防災・災害管理システム/技術の向上に貢献するとともに、航空機産業基盤を踏まえた自国地球観測衛星の開発を通じた宇宙機器産業基盤形成ならびに農業、環境分野等における新たな宇宙利用産業の創出による同国経済発展に資することが期待される。

6.1.2 ビジネスを通じて期待される成果（ビジネス面）

ビジネス面に関しては、図 5.1-2 に示す「メキシコデータプラットフォーム」構築に向けて、

- ・衛星データセンター整備
- ・メキシコ地球観測衛星システム開発
- ・上記システムを統合したメキシコデータプラットフォーム整備

という宇宙システムインフラ輸出を含む継続的な大型プロジェクトの受注が期待できる。

また、衛星データを利用したさまざまな分野における新たな付加価値サービス事業を現地企業とのパートナーリングにより展開することも期待できる。

6.2 ビジネス展開計画

6.2.1 ビジネスの概要

Step 1 から Step 3 の各ステップにおける実施プロセスを下記に示す。

< Step 1 : 衛星データセンター整備の実施プロセス >

- 1) 既存衛星利用システムの利便性向上
 - ー現利用機関のデータ利用状況（取得データ種類・頻度、データ蓄積量等）および問題点の把握／今後のデータ利用構想（拡張性要求）の把握
 - * 「自国地球観測衛星」の利用システムへの拡張性考慮
(Step 2 における利用システム概念検討) 成果取り込み
 - ー上記を踏まえた利用システム改修計画/改修仕様検討
⇒プロジェクト予算化⇒実施
- 2) 自国地球観測衛星対応を含めたデータセンタ本格整備

Step 2 の「衛星プロジェクト開始」をトリガーとして、1) で改修整備された利用システムに自国地球観測衛星のデータを統合し、“メキシコ衛星データセンター”として整備する

<Step 2：メキシコ EO 衛星・データネットワーク整備の実施プロセス>

我が国の衛星開発プロジェクトで実施してきたシステムエンジニアリングに基づく「フェーズド・アプローチ」による以下のプロセスで実施

- 1) 概念検討[Concept Study](pre-Phase A)
プロジェクトのミッション定義／要求の検討を実施しプロジェクトの開発方針を策定
(Mission Requirement Definition (MRD) 検討作業)
- 2) 概念設計・計画策定(Phase A)
システム要求・プロジェクト計画を策定 (このフェーズで RFP 発出/メーカー選定)
- 3) 設計・開発(Phase B～D)
基本設計(Phase B)、詳細設計(Phase C)を経て開発(Phase D)を実施／各フェーズ毎に次フェーズへの移行可否を判断する審査を実施
- 4) 運用(Phase E)
衛星の打上げ／軌道上での動作確認・データ校正検証を経て実運用へ移行し、衛星運用・データ処理配布を実施

<Step 3：メキシコデータプラットフォーム整備の実施プロセス>

Step 2 の Phase E (運用フェーズ) における自国衛星データの利用状況を踏まえ、「メキシコデータプラットフォーム」の実現に向けた必要事項の具体化を実施

6.2.2 ビジネスの実施体制

前項に示したように、今後 Step1 から Step3 に展開していく各ビジネスのステップにおいて想定される顧客は AEM だけではなく、既存の衛星データ利用機関あるいはこれまで衛星データを利用していなかった政府機関／民間企業へ拡大するものと考えられる。

各ビジネスにおける実施体制は、以下を想定している。

< Step 1：衛星データセンター整備 >

- 1) 既存衛星利用システムの利便性向上
 - ・現在運用中の衛星受信地上局換装または改修
AEM⇒NEC のプロジェクト受注 (整備にあたっては現地企業と協業)
 - ・現利用機関の衛星データ処理設備 (含むネットワーク) アップグレードおよび利用機関間のデータ共有サービス基盤構築

CONABIO,SAGARPA 等の各利用機関⇒NEC のプロジェクト受注（整備・構築にあたっては現地企業と協業）

- 2) 自国地球観測衛星対応を含めたデータセンタ本格整備
 - ・上記1) を統合する”メキシコ衛星データセンター”整備AEM⇒NEC のプロジェクト受注（整備にあたっては現地企業と協業）

<Step 2 : メキシコ EO 衛星・データネットワーク整備>

- 1) メキシコ EO 衛星システム開発受注
AEM⇒NEC の宇宙システムインフラ輸出プロジェクト受注（衛星の軌道上引渡し[打上げ/初期チェックアウト完了までのフルターンキー]）
- 2) Step 1 の”メキシコ衛星データセンター”機能拡充/新規利用機関へのデータ共有基盤拡充
AEM⇒NEC のプロジェクト受注（整備にあたっては現地企業と協業）

<Step 3 : メキシコデータプラットフォーム整備>

政府横断的なデータプラットフォーム運営機関⇒NEC のプロジェクト受注（整備にあたっては現地企業と協業）