

リモートセンシング衛星観測データ 利用推進戦略

平成28年11月04日

東京大学

大学院工学系研究科

教授 六川 修一

(Rokugawa Shuichi)

- リモートセンシングとは
- リモートセンシングの本質的価値
- リモートセンシングデータによる価値創出事例
- 世界主要国のリモートセンシング戦略
- クロスSWOT分析
- わが国の衛星観測データ利用戦略
- まとめ
- (参考資料)

• リモートセンシング（衛星を用いた地球観測）

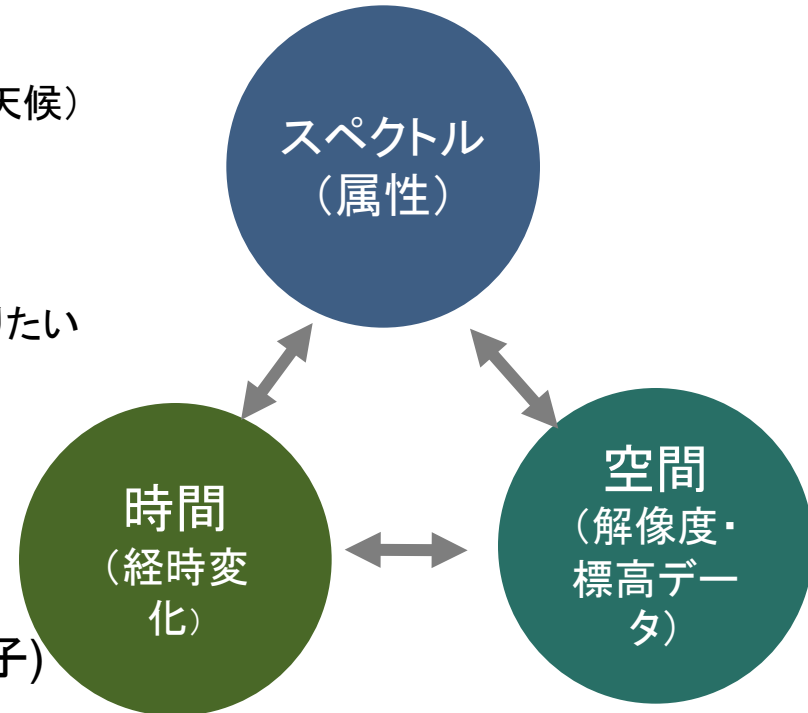
- 宇宙から地球を撮す超望遠光学カメラ、高性能電波画像撮像装置
- 観測対象：大気、地面、海面
- 観測長所：広域性、同時性、反復性
- 戦略価値：**国境なし撮像**、**不可視観測**（赤外、夜、悪天候）
『データ属性』
- 解像度：幅広く見たい～細かく見たい
- **スペクトル（属性）**：色、性質などから状態を知りたい
- **時間（経時変化）**：過去を知りたい、今昔の変化を知りたい
- **データ蓄積**：電子標高データ作成
- **レーダ画像**：**高度不可視情報取得**

• リモートセンシングの本質的価値

- 昨日を知り、今日を知れば、明日がわかる。
- 彼を知り我を知れば、百戦危うからずや（孫子）
- **三位一体戦略**：

高度利用を見据えた組織的データ蓄積（過去）
わが国の優位性を活かした戦略観測（現在）
人工知能技術駆使の未来予測解析（未来）

→→→「全世界をカバーできる未来予測の情報技術体系」



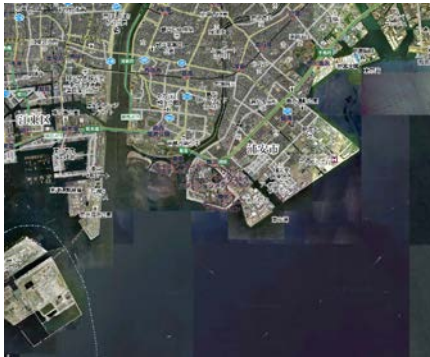
各データ利用分野毎に最適ポジショニングが異なる

光学リモートセンシングの生み出す価値

分解能(最大30cm)



東京ディズニーランド



浦安周辺

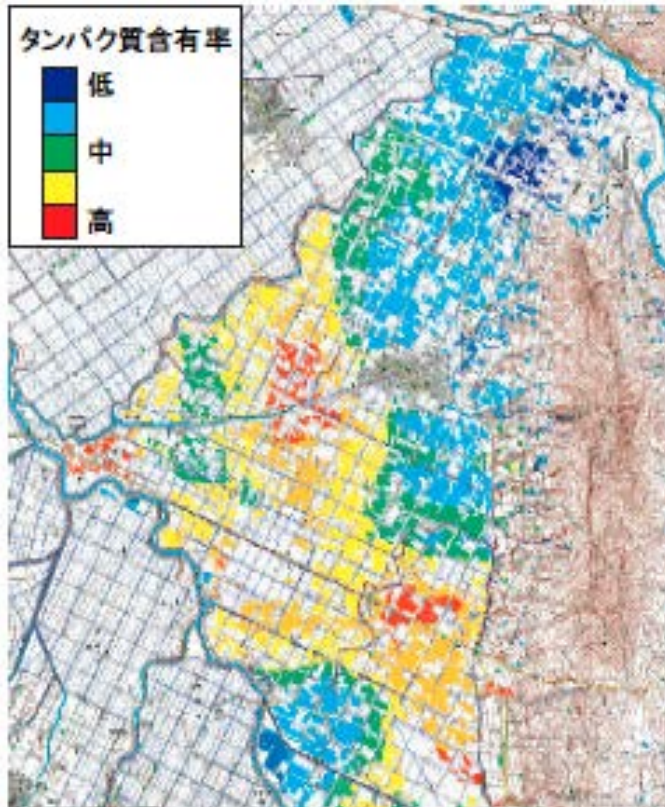


海洋状況把握(MSA)

広義の安全保障

画像出展: Google地図

スペクトル



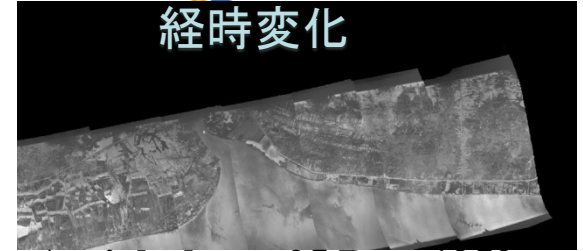
産業イノベーション

北海道中央農業試験場 志賀・安積より

・低タンパク質のコメは美味:
→ 田んぼの格付け、改良指針

環境、国土管理

経時変化



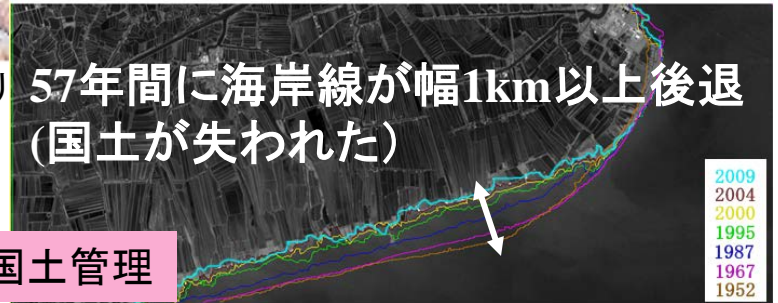
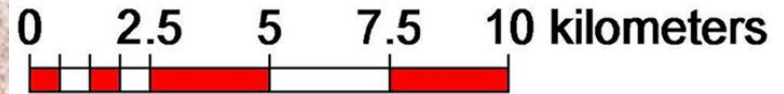
Aerial photo. 25 Dec. 1952



JERS-1/OPS 29 Dec. 1995



Terra/ASTER 13 Dec. 2009

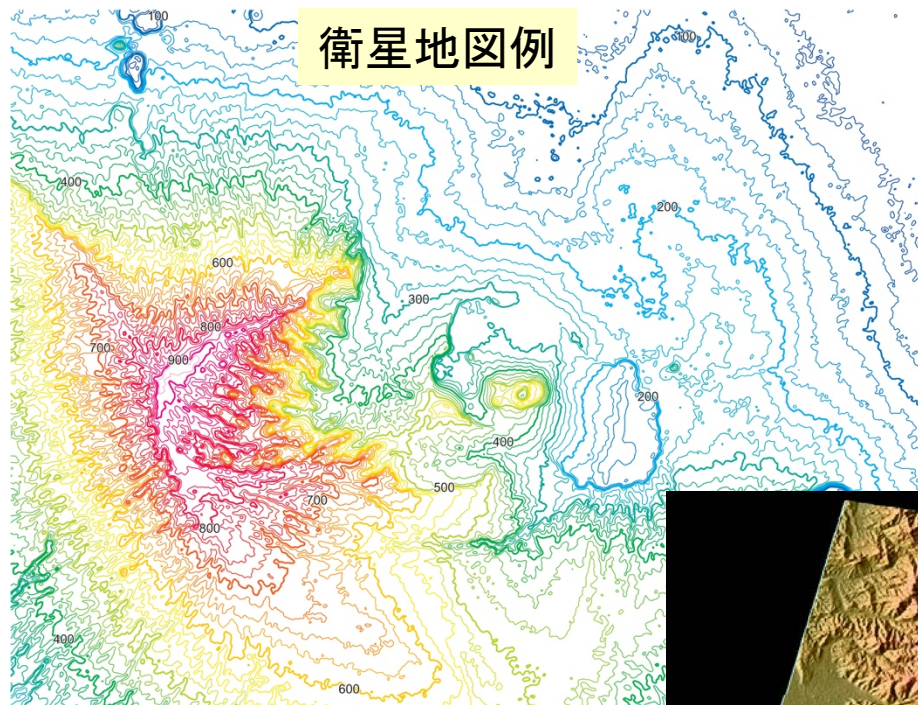


57年間に海岸線が幅1km以上後退
(国土が失われた)

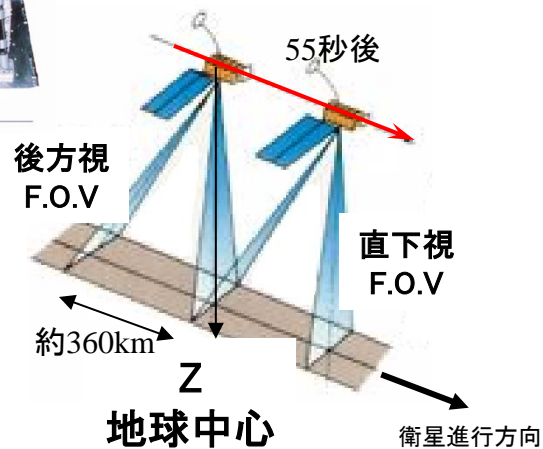
地球観測衛星からの導出価値：電子地図の作成

戦略国土基盤

衛星地図例

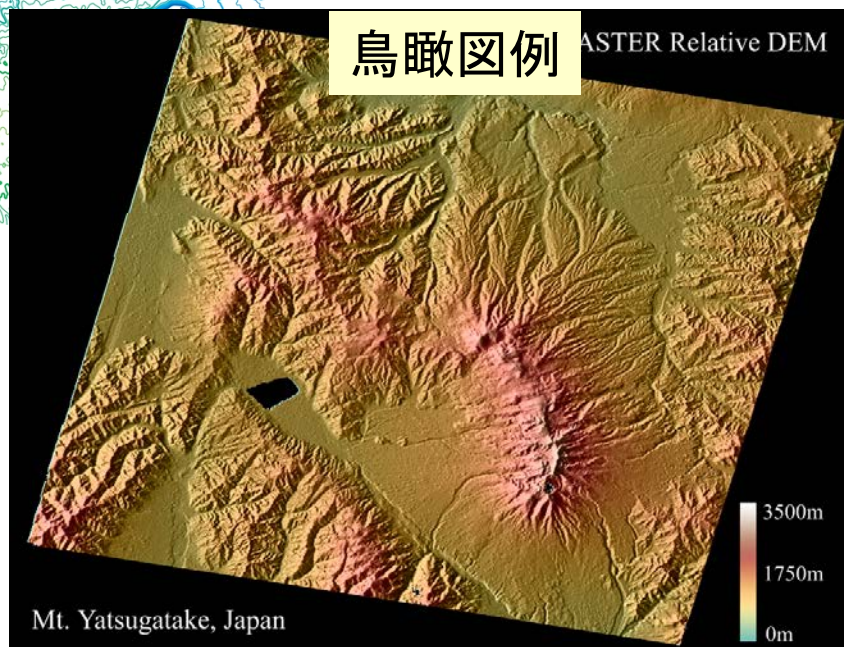


2本の望遠鏡






鳥瞰図例

ASTER Relative DEM



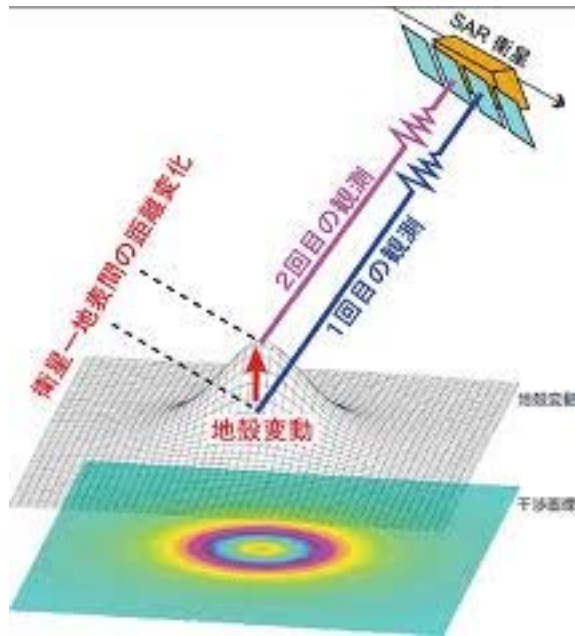
■ 立体視データから 数値標高データ作成(メッシュ)

- ・スペースシャトル  :90m
- ・ASTER GDEM  :30m
- ・ALOS DSM  :30,10,最小5m

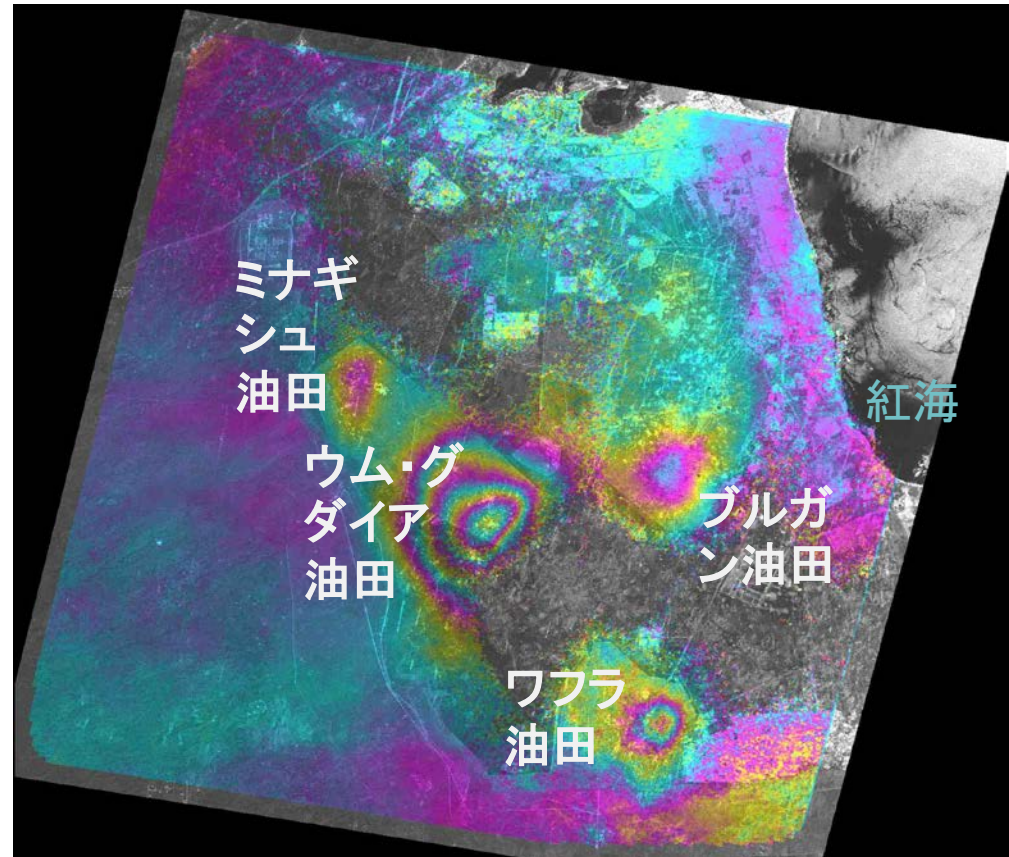
(図はERSDAC(現JSS)提供)

Mt. Yatsugatake, Japan

干渉型合成開口レーダ(InSAR)とその活用



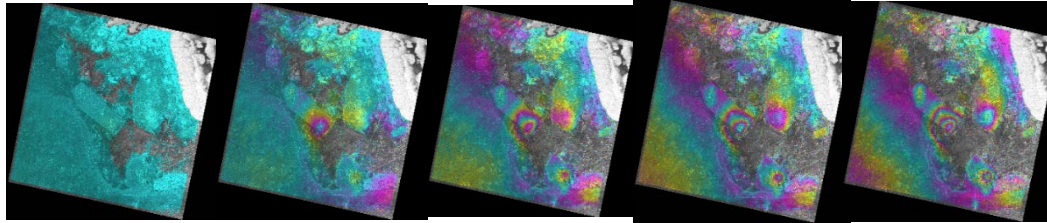
出典: 国土地理院Web



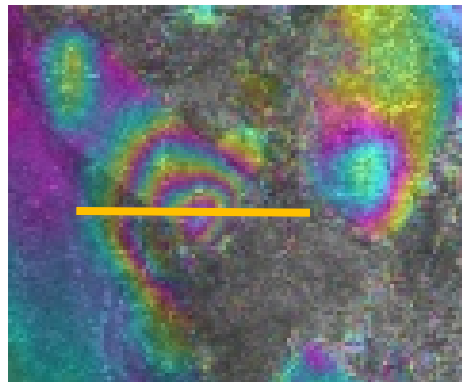
(中東クウェート
油田観測事例)

- ・前後2回の位相差計測 → 長さに変換
 - ・数センチからミリのオーダーの地表変位を計測できる技術
- 継続観測 → 変動量 → 防災指標、ビジネス指標

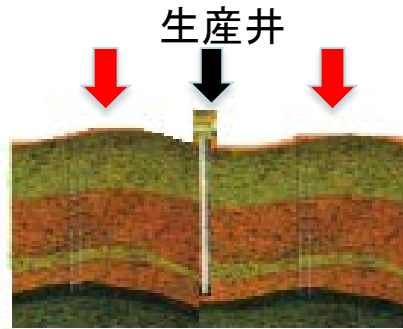
クウェート、ブルガン油田のモニタリング事例



・干渉型合成開口レーダ INSARによるクウェート南部における2003/9/29から2010/9/27までの時系列解析画像(丸いコンターは地表の微細沈下を表す)



油田直上の地盤変動拡大図



水圧入
左図の断面図

得られる知見

- ・累積沈下量(→):石油の累積生産量把握
- ・地表沈下速度(→):石油埋蔵量の大きさ
- ・生産井周辺の変動(→):過剰水圧入(油田を痛める過剰生産)

——>石油回収率(平均30%)向上策

産業イノベーション
エネルギー安全保障

経済効果試算

- ・現在世界の石油生産量 300億バーレル/年
- ・InSAR: 1%回収率向上効果が期待 → 3億バーレル増 → 300億ドル(約3兆円)/年の経済効果 (cf. 1バーレル=100ドル)
- (日本あるいは欧州のレーダ衛星データを使わないと得られない知見)

■ 論点 1 : データ利用戦略

- 欧州 : 「オープン&データフリー戦略」によるユーザ囲い込み
(5mレーダ画像+10m解像度光学 (高頻度) の脅威)
- 米国 : 標準 (デファクトスタンダード) の包括確保と全世界データへのアクセス権確保、やはりデータ無料。
- 中国 : 内外技術の物量作戦による実装自前主義。資源とのバーター取引技術外交。

■ 論点 2 : ビジネスモデル

- 欧州、米国 : 衛星データの標準化、規格化を端緒とするバリューチェーン化による利益回収。
- 中国 : 途上国への衛星データ・情報は、地下にある資源とのバーターで回収。

クロスSWOT分析

強み: Strengths

- ・顧客への誠実さ
- ・応用に富む高い民度
(知的蓄積、サービス力)
- ・汎用型シリーズ衛星
- ・標高データ作成

弱み: Weaknesses

- ・総合戦略、社会実装力
- ・技術&人材枯渇化
- ・産官学の単調連携
(研究中心)

機会: Opportunities

- ・アジアのインフラ整備の増大
- ・衛星データのビッグデータ活用意欲

強み×機会

- ・アジア各国のデータインフラ整備に照準
- ・コンサル機能強化
(アプリ x AI機械学習)

弱み×機会

- ・産官学連携拡大(教育、研究、社会貢献、国際化)
- ・衛星データの社会実装化研究開発強化(応用→衛星データへの逆俯瞰)

脅威: Threats

- ・欧米オープン・フリー戦略
- ・中国の物量・資源バーター戦略

強み×脅威

- ・強みのあるレーダ技術をバーターに主体的観測機会の確保(中国、欧米との技術外交)

弱み×脅威

- ・対応に難
- ・中国の一人っ子政策の影響見守る
- ・欧米の難民政策の推移次第

戦略が導かれる

- 日本の大局戦略
 - 日本、米国、欧州の3極構造の再構築
 - 日本、中国、インドの均衡によるアジアの安定
- 戦略1：日米欧3極の観測による未来予測
- 戦略2：日本アジア衛星観測データ社会実装推進機構の設置
 - 衛星観測データ社会実装基幹センターの設立
 - 利用分野別地域社会実装拠点の設立
- 戦略3：人口減少下の技術復権総合人材育成プラン

- ソフトウェア産業の優位点を生かす
 - ハードウェア産業：利益率約5% cf. A重工業
 - ソフトウェア産業：利益率約50% cf. B気象会社
 - ➔➔➔ 同じ資金で10倍の雇用が生まれる



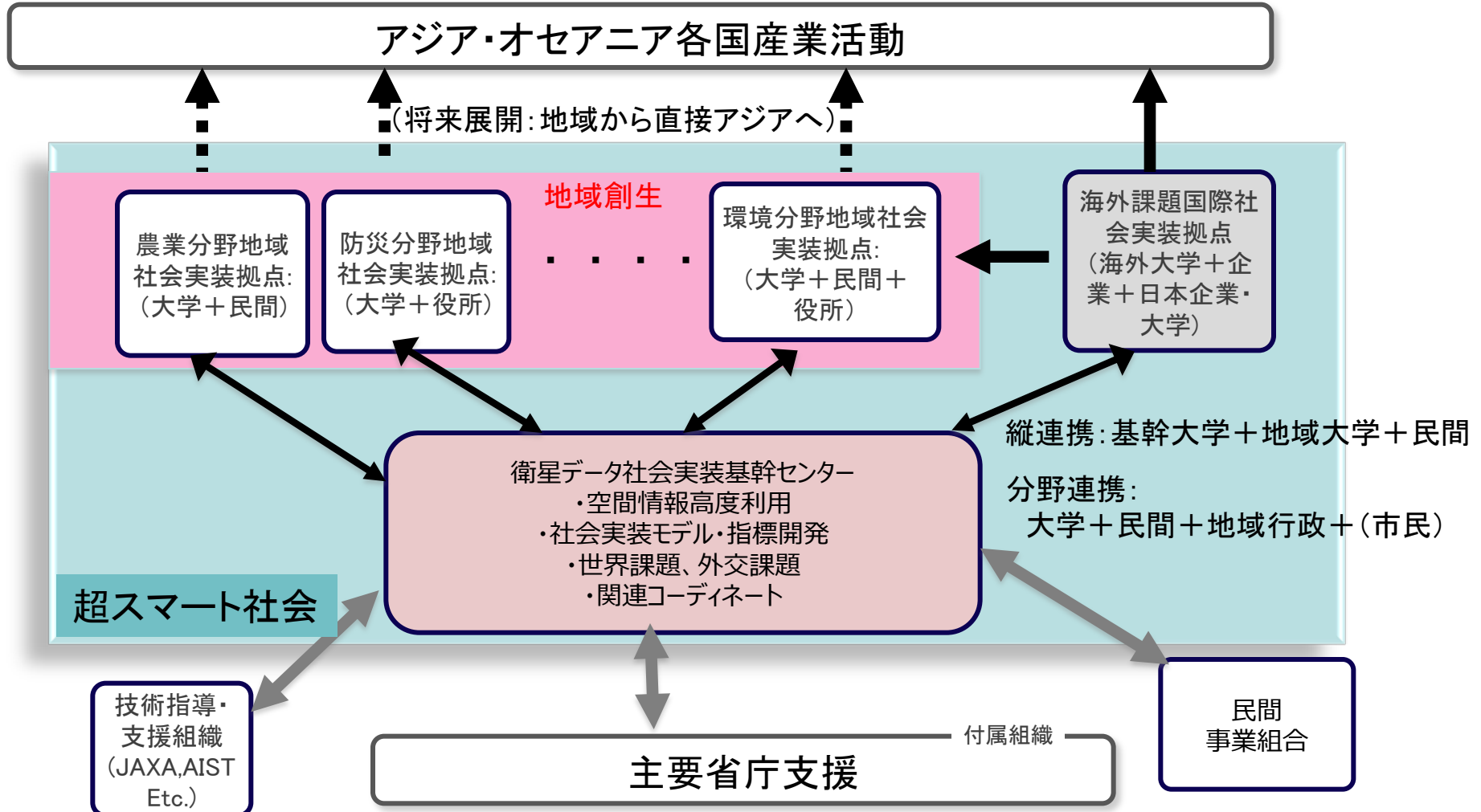
- リモートセンシングの核心的利益
 - 日本の**観測枠**の確保

- 方策 1
 - 自国衛星計画のシリーズ化の担保（データ継続性）
 - 自国衛星観測枠の最適配分
 - 各国衛星データとの相互供与

- 方策 2
 - 衛星観測枠の相互供与による主体的観測枠（コードシェア）の確保
 - 他国衛星観測枠とわが国の優位性活動やデータ等とのバータ取引（電子標高データ作成、人材育成）

戦略2:「日本アジア衛星観測データ社会実装推進機構」の設置

Social Innovation by Japan Asia Globally United Alliance in Remote sensing: si-JAGUAR



プレイヤー | ←-----社会実装センター-----> | ←-地域実装拠点-> | 個別産業 |
 社会実装: 衛星データ → 植生指標 → タンパク含有量 → 食味指標 → コメ価格

日本アジア衛星観測データ社会実装推進機構

衛星観測データ社会実装連携

- ① 宇宙データ利用全国連携大学院等の構想推進
⇒ダブルデGREE、デュアルデGREE方式
⇒基幹大学、地域拠点大学連携調整
⇒民間一大学、社会連携(教育、研究、社会貢献)
- ② 衛星観測データ社会連携推進
⇒地域課題(産業分野毎)開発産学連携
- ③ 関連支援組織との連携調整
⇒JAXA, AIST,その他との協力推進
- ④ アドバイザリーボードの設置
⇒拠点の各活動を踏まえた、助言、評価委員会の設置

社会実装基幹センター

- ① 最終価値創成からの遡求による
付加価値体系の明確化
⇒最終バリューチェーンの確立
- ② 衛星観測データの社会実装化モデル開発と
社会実装指標への変換
⇒直接役立つ、儲かる社会実装指標の開発
⇒社会実装からサービス展開さらには技術文化創造
- ③ 応用アプリ開発:各アプリケーション x
AI(深層学習などの機械学習)の組み合わせ
⇒機械学習機能の導入
- ④ クラウド型データ管理スキーム構築

分野別地域 社会実装拠点

- ① 産業分野毎の衛星地球観測
データおよび社会実装指標
の適用
⇒地域民間企業との共同作業
⇒異業種への衛星データ利用啓蒙
⇒SGH(国際高校事業)との連携
- ② 社会実装モデルの基幹セン
ターへの実証フィードバック
- ③ 関連分野のクラウド型データ
ベースの管理
⇒機構からの管理費、マニュアル
⇒学内留学生コミュニティの参画

国際社会実装拠点

- ① JAXAの協力による自前
観測リソース(機会)の戦略確保
- ② 外国観測リソースのコードシェア
的戦略確保
- ③ アジアビジネス展開をめざす組織
(JSS)等との連携
- ④ アジア諸国の大学・企業との
連携によるローカル課題解決事例
の積み上げ

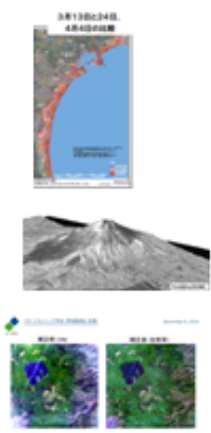
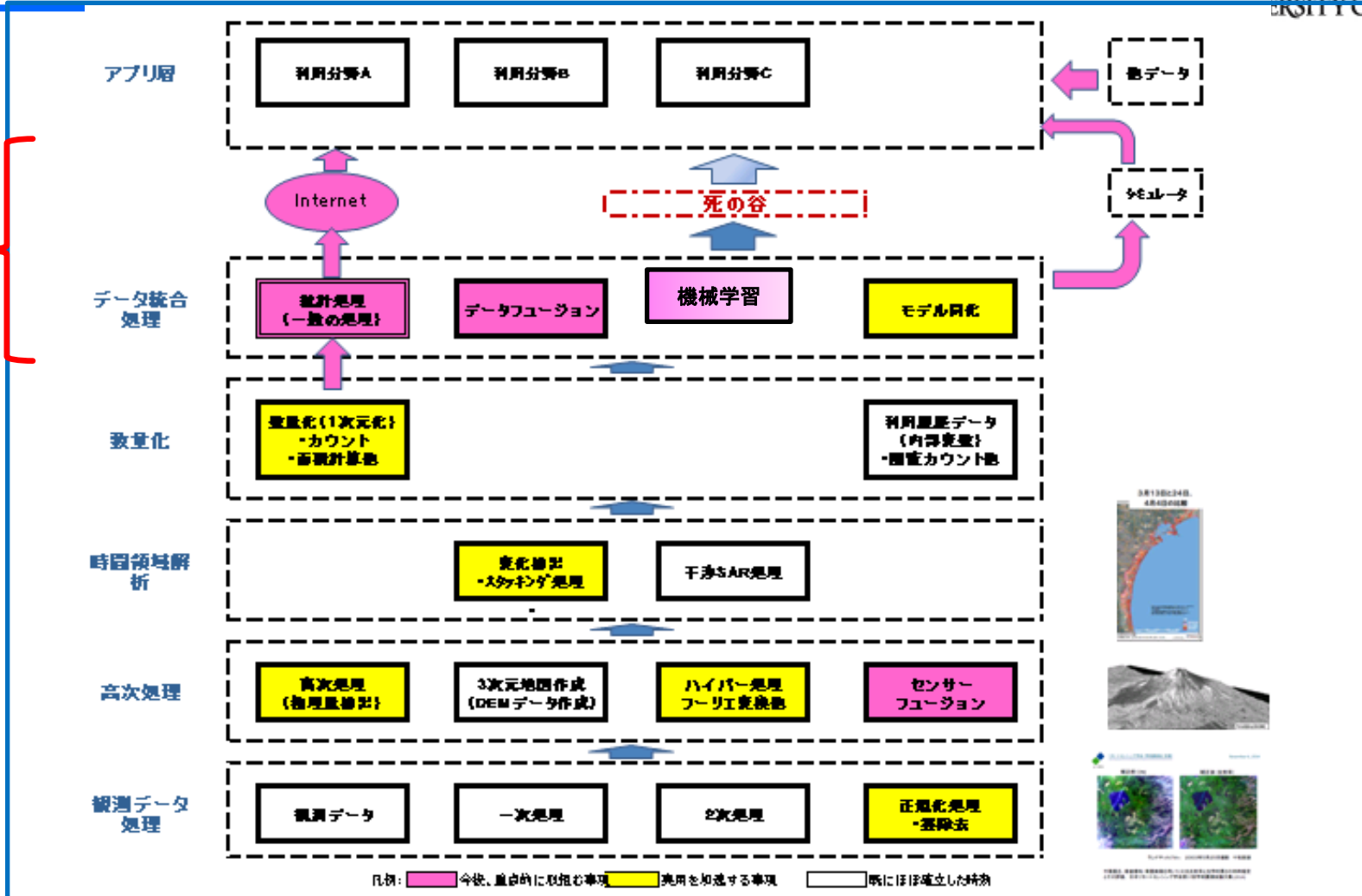
●リモートセンシングデータの特徴と利用促進策のフロー

リモートセンシングデータビッグデータ処理の階層モデル(案)

TFリモセン分科会実利用WG提供

UNIVERSITY OF TOKYO

この部分の整備が重要



解決策:

- ①「加工・流通」を強化すべく、「データ商社」を整備する。AI (深層学習等の機械学習)を活用する。
『生産 => 加工 => 流通 => 調達 => 付加価値付加 => サービス提供』
- ②リモセンデータ処理結果を、Internetと接続させる「情報収集ロボット」の整備を行う。
- ③「重点的に取り組む事項」(上述)の開発整備を加速する。=>「社会実装推進機構」
ダウンストリーム戦略を推進(API整備、橋渡し機能整備だけでは不十分)



-課題: 日本から技術の精兵が消える-

- 企業戦士の不在 (少子高齢化の影響)
 - 地域社会持続を背負った長男しかいない。(特殊合計出生率 1.42 (2015年)、0.21の次男坊は長女に捕まる。すべて”長男”で次男以降の遊軍不在。)
 - 国際的活動に投入する人材枯渇
- 高度技術を学ぼうという人が日本から消滅
 - 博士課程への進学者が激減。しかも外国人(中国)のみ。
 - 衛星観測データを扱う大学人が消滅寸前。講座維持不可能に。
- 間接部門で働く人、短期利益追う人ばかりの“技術立国”日本。
 - 饅頭の「皮」はきれいで厚くなった。しかし、あんこは小さくなりしかも腐りつつある。
 - 水道の蛇口を握りたい人ばかりで“植林”をする人はいない。
- 留学生政策の転換点
 - 母国教育支援から労働補填に(理念の後退)
 - 技術者の生涯キャリアの不透明さ→優秀な留学生は来なくなった。

抜本的見直し-対策編-

- 企業戦士の不在
 - ・ 「長子」の世代に応じた地域拠点での働き方提案。ICTと高速交通網活用。
東京学生修行→金帰月来企業戦士→ICT管理職→退職専業農家
 - ・ 時差プラスマイナス2時間（アジア、オセアニア）事業展開
 - ・ ソフト産業化で長子も女性も参画可能にする。
- 高度技術を学ぼうという人が日本から消滅
 - ・ 邦人：博士課程を企業の「早期社会人研修」に組み込む。
 - ・ 外国人留学生：手厚い奨学金、日本への定着教育
 - ・ 教育機会の時空撤廃：宇宙データ利用全国連携大学院創設。首都圏一地域大学連携。18-19歳層の宇宙分野への誘導。
 - ・ 高度科学技術人材生涯キャリアデザインセンターの設置(幅広いケア施策)
- 間接部門で働く人、短期利益追う人ばかりの“技術立国”日本。
 - ・ 技術経営人材の強化：技術が生み出す利益の最適配分研究
 - ・ 「生涯一人一芸運動」：**一億総活躍社会**、技術遺産のライブ継承運動
- 留学生政策の転換点
 - ・ 留学生教育の出口明確化→日本への定住をめざす留学生増を受けた定着促進施策（かのローマ帝国の同化主義の現代的実装）

- リモートセンシングの本質的価値の明確化
 - 「全世界をカバーできる未来予測の情報技術体系」
- 三位一体データ利用戦略
 - 組織的データ蓄積、戦略観測、未来予測解析
 - わが国の大局：「米国、欧州、日本」3 枢軸の再構築
- クロスSWOT分析からの日本の戦略
 - 戦略1：日米欧3極の観測による未来予測
 - 戦略2：日本アジア衛星観測データ社会実装推進機構の設置
 - 衛星観測データ社会実装基幹センターの設立
 - 利用分野別地域社会実装拠点の設立
 - 戦略3：人口減少下の技術人材（技術の精兵）育成の抜本的見直し



- 「リモートセンシングを触媒とする第4次産業革命（知識産業）」の実現
- わが国のあり方「努力が報われる国づくり、誠実にまさる戦略はなし」

以下参考資料



Q1. リモートセンシングはなぜ儲からないのか。

A1. 調査型技術であるので最終利益から遠いため、貢献価値をうまく主張できず、お金をかける相場観が形成されていなかった。結果として「戦略情報利用者」へ訴求できていなかった(利用方法を知らない)。

Q2. JAXAや産総研があるのになぜ新しい機構が必要なのか。

A2. これらは研究開発法人であるので産業利益を組織価値に考える思想はない。また、社会実装をめざした組織ではない。世界的な「第4次産業革命」へ対応を加速すべく「衛星データ社会実装基幹センター」整備の提言を実施。

Q3. 外国とのアライアンスはどうすすめるのか。

A3. データの物々交換、あるいは観測機会の相互融通(コードシェア)。

(情報はギブアンドテイクがルール。知的財産を押さえ、クロスライセンスで対応できる国を目指す)

Q4. 中国とはどう対抗するのか。

A3. 日本への信頼、誠実さを武器にビジネスサイクルの後段で食い込み、遅延丘陵型の累積利益で勝負。例えば、我が国はEEZ第6位の国(中国は第15位)であり、海洋分野と連携した戦略も有効ではないか。)

Q5. 社会実装推進機構の費用負担はどう考えるのか。

A5. 国から一定の交付金をお願いし、民間出資の技術研究組合を作り、期間限定の優遇措置で資金を募る。

また、大学改革との連携による一部運転資金の確保もありうる。

Q6. 今回の提案は概算でいくらかかるのか。

A6. ラフな概算で初期費用約50億円程度、運営費/年が5億円/年程度の規模と予測しています。

尚、地域拠点を何か所設置するかも予算規模が変動してきます。

Q7. 地域社会へのメリットは何か



A7. 地域毎に課題を抽出し、衛星観測データ利用を端緒として新情報産業を地元で育てることで、地域付加価値を高める第4次産業革命を地域で起こせる。地域拠点に18,19歳(大学入学直後の新有権者)育成機能を組み込み、彼らをインキュベートできる。宇宙行政のシンパにもなってもらえる。

- 六川修一 (Rokugawa Shuichi)
 - 長野県立長野高等学校卒業
 - 東京大学工学部、大学院博士課程修了
 - 日本アイ・ビー・エムを経て東京大学大学院工学系研究科 助教授、教授 (技術経営戦略学専攻)
 - 宇宙利用産業政策論
 - リモートセンシング学
 - 物理探査工学 (石油・ガス、地熱、土木)
 - TFリモートセンシング分科会 代表幹事 (20以上の学産で構成)
 - 一社) 日本リモートセンシング学会 元会長
 - 衛星データの学術振興および実利用を推進する学術団体
 - 公社) 物理探査学会 元会長
 - 資源探査、土木探査、環境計測等の関連学術の実利用を推進する団体
 - 衛星データ利用ビジネスコミュニティ 前会長
 - 衛星データ利用産業の育成、振興をめざす産業界ユーザコミュニティ
 - 宇宙戦略本部 リモートセンシング政策検討WG 主査
 - 宇宙基本法/宇宙基本計画に基づき、わが国の衛星地球観測の今後の政策や技術戦略の立案を行う組織

オープン&フリー戦略






- 国土・環境モニタ衛星の中分解能(>数m)画像を無償開放(オープン&フリー)
- 自国製センサデータを利用するユーザの育成と囲い込み
- 米:光学/欧:合成開口レーダ(SAR)の棲み分けで
利用者の成長に伴って高分解能画像を有償販売するスキームの確立

データのオープン&フリー戦略

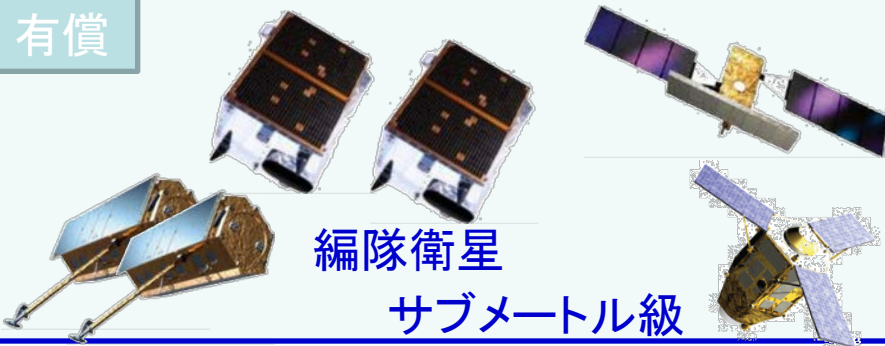
- レーダ衛星⇒北極海監視(2機)
- 光学衛星 ⇒多目的観測(2機)
- 環境観測衛星2機
- EUの意思決定ツールとして利用

Landsat衛星データをすべてフリー

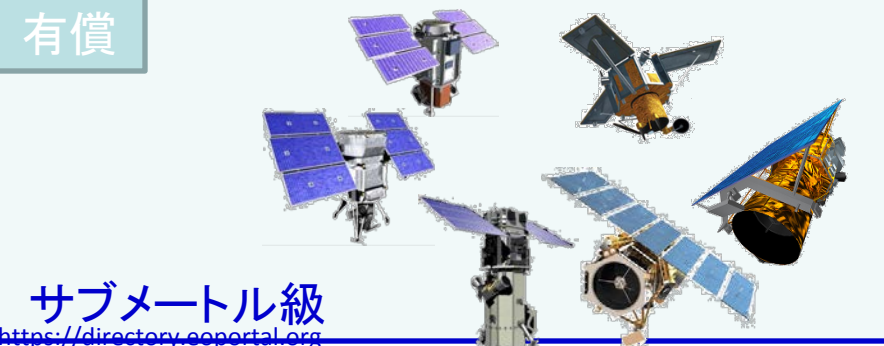
- 16日毎に全球陸地観測(光学)
- 1972年以降のデータを保存
- 環境観測衛星と標準化をリード
- 希望国に受信設備設置を許可

有償



編隊衛星
サブメートル級

有償



サブメートル級
<https://directory.eoportal.org>

着眼1 : 中国の宇宙活動

(1) 量

- 中国の飛行中の衛星、約140基で世界2位に
2015年11月17日

http://www.spc.jst.go.jp/news/151103/topic_2_06.html

表 2015年11月までの打上げ実績

区分	ミッション	Mission	主な用途	2015年11月26日までの累計	
				衛星数	うち静止(GEO)
官需	通信放送衛星	Civil Comms.	データ通信・電話・TV	15	13
	地球観測衛星	EO	農業・災害・海洋	22	0
	気象衛星	Meteorological	気象	15	8
	航行測位衛星	Navigation	測位	24	15
	月・惑星探査機	Lunar	他天体探査	3	0
	科学衛星	Scientific	地球近傍観測	14	0
	有人宇宙船	Manned	有人宇宙活動	5	0
	微小重力実験衛星	μ G	生物・材料実験	1	0
	技術試験衛星他	Engineering	各種の宇宙技術開発	58	0
民需	通信放送衛星	Commercial Comms	商業衛星通信	27	22
	大学衛星	Universities	技術開発・教育	21	0
軍需	偵察衛星	Reconnaissance	偵察	60	0
	軍事通信衛星	Mil Comms	情報伝達・情報収集	11	8
	軍事技術試験衛星	Mil Engineering	新技術の開発	3	0
計(Total)				279	66

1. 石油開発プロセスの理解(回収率増加法)

自噴生産 → 水圧入による地層圧維持(1次回収)
→ CO₂、ポリマー圧入などの2次回収 → 終了

2. 現在の石油回収率は約30%(70%は回収できていない)

3. 干渉SARによる地表の微細変化に基づく生産井と圧入井の高精度コントロール → 回収率向上が可能

→ 干渉SARによる回収率1-3%向上

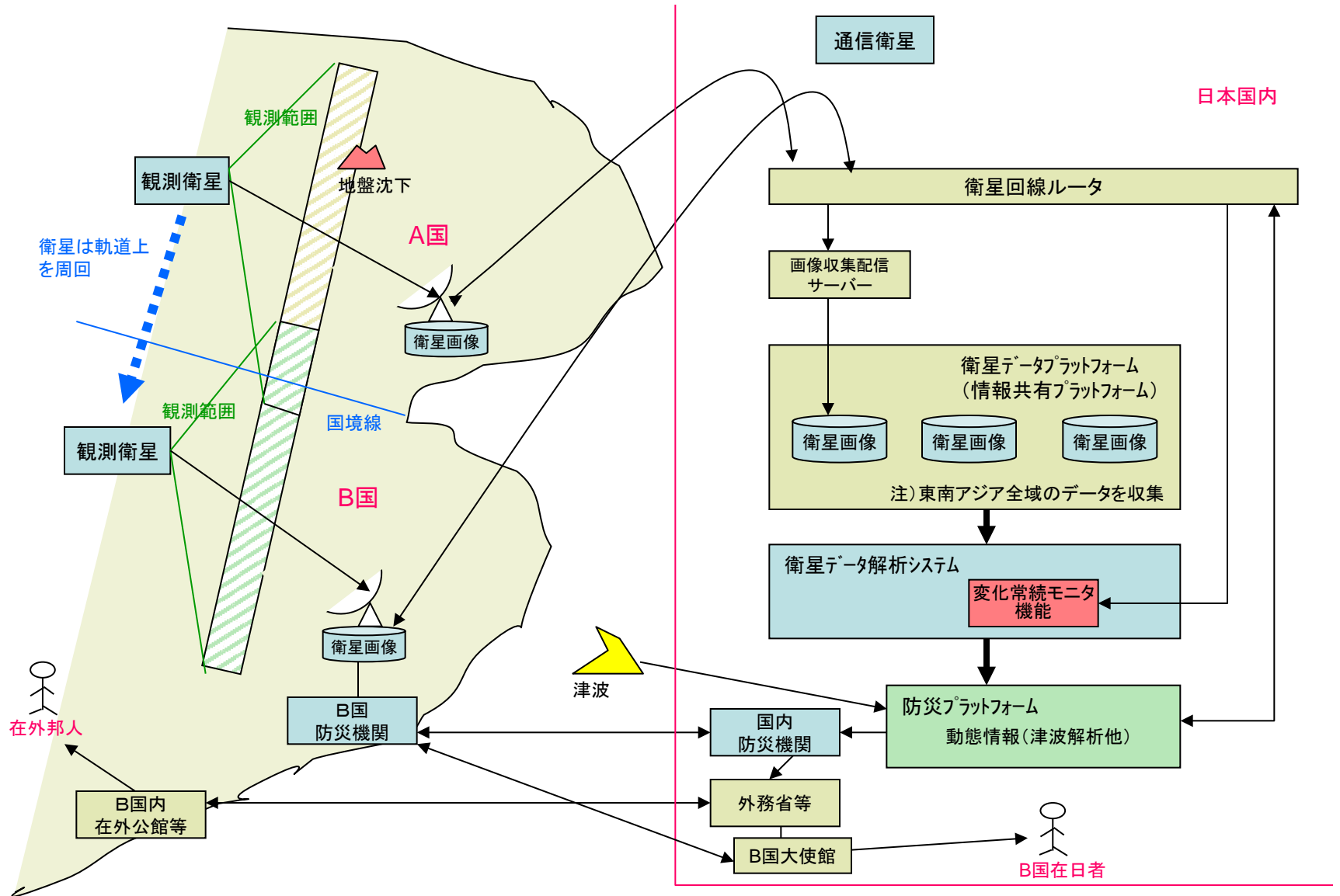
4. 経済効果試算1 (1バーレル: 100ドル、1ドル=100円)

- ・世界第2位のクウェートブルガン油田: 究極可採埋蔵量 約700億バーレル
 - ・干渉SAR: 1%回収率向上 → 7億バーレル増 → 700億ドル(7兆円)資産増加
 - ・日産150万バーレル/日 → 4867億円増/5年 → 5年毎にSAR50機程打上可
- cf. 世界最大サウジアラビアガワール油田の可採埋蔵量 約1000億バーレル

5. 経済効果試算2

- ・現在世界の石油生産量300億バーレル/年
- ・干渉SAR: 1%回収率向上 → 3億バーレル増 → 300億ドル(3兆円)/年

「東南アジア防災情報統制監視システム(仮称)」説明図



10倍

NASA Budget (M\$)



THE UNIVERSITY OF TOKYO

Notional

	FY 2014 Op Plan*	FY 2015 Enacted**	FY2016	FY2017	FY2018	FY2019	FY2020
Science	\$5,148.2	\$5,244.7	\$5,288.6	\$5,367.9	\$5,448.4	\$5,530.2	\$5,613.1
Earth Science	\$1,824.9		\$1,947.3	\$1,966.7	\$1,988.0	\$2,009.3	\$2,027.4
Planetary Science	\$1,345.7		\$1,361.2	\$1,420.2	\$1,458.1	\$1,502.4	\$1,527.8
Astrophysics	\$678.3		\$709.1	\$726.5	\$769.5	\$1,005.5	\$1,138.3
James Webb Space Telescope	\$658.2		\$620.0	\$569.4	\$534.9	\$305.0	\$197.5
Heliophysics	\$641.0		\$651.0	\$685.2	\$697.9	\$708.1	\$722.1
Aeronautics	\$566.0	\$651.0	\$571.4	\$580.0	\$588.7	\$597.5	\$606.4
Space Technology	\$576.0	\$596.0	\$724.8	\$735.7	\$746.7	\$757.9	\$769.3
Exploration	\$4,113.2	\$4,356.7	\$4,505.9	\$4,482.2	\$4,298.7	\$4,264.7	\$4,205.4
Exploration Systems Development	\$3,115.2	\$3,245.3	\$2,862.9	\$2,895.7	\$2,971.7	\$3,096.2	\$3,127.1
Commercial Spaceflight	\$696.0	\$805.0	\$1,243.8	\$1,184.8	\$731.9	\$173.1	\$1.1
Exploration Research and Development	\$302.0	\$306.4	\$399.2	\$401.7	\$595.1	\$995.4	\$1,077.2
Space Operations	\$3,774.0	\$3,827.8	\$4,003.7	\$4,191.2	\$4,504.9	\$4,670.8	\$4,864.3
International Space Station	\$2,964.1		\$3,105.6	\$3,273.9	\$3,641.0	\$3,826.0	\$4,038.3
Space and Flight Support (SFS)	\$809.9		\$898.1	\$917.3	\$863.8	\$844.8	\$826.1
Education	\$116.6	\$119.0	\$88.9	\$90.2	\$91.6	\$93.0	\$94.4
Safety, Security, & Mission Services	\$2,793.0	\$2,758.9	\$2,843.1	\$2,885.7	\$2,929.1	\$2,973.0	\$3,017.5
Center Management and Operations	\$2,041.5		\$2,075.2	\$2,105.0	\$2,136.6	\$2,168.6	\$2,201.0
Agency Management and Operations	\$751.5		\$767.9	\$780.7	\$792.5	\$804.4	\$816.5
Construction & Envmtl Compl Restoration	\$522.0	\$419.1	\$465.3	\$436.1	\$442.6	\$449.3	\$456.0
Construction of Facilities	\$455.9		\$374.8	\$344.3	\$349.3	\$354.6	\$359.9
Environmental Compliance and Restoration	\$66.1		\$90.5	\$91.8	\$93.3	\$94.7	\$96.1
Inspector General	\$37.5	\$37.0	\$37.4	\$38.0	\$38.5	\$39.1	\$39.7
Grand Total	\$17,646.5	\$18,010.2	\$18,529.1	\$18,807.0	\$19,089.2	\$19,375.5	\$19,666.1

Activity: Climate and Land Use Change

Subactivity: Land Use Change

Program Element: Land Remote Sensing Program

2014 Actual: \$ 67.9 million (141 FTE)

2015 Enacted: \$ 67.9 million (141 FTE)

2016 Request: \$ 97.5 million (143 FTE)

Overview https://www2.usgs.gov/budget/2016/greenbook/2016_greenbook.pdf

The Land Remote Sensing (LRS) Program (remotesensing.usgs.gov) collects, interprets, and provides the Nation land-surface information using data acquired by satellite and airborne instruments. These data are provided under a free and open access policy via the Internet (<http://eros.usgs.gov/find-data>). The LRS Program data help scientists understand the dynamics of land use change and climate change and support efficient water resource management, agricultural crop monitoring and forecasting, forest health and wildfire recovery monitoring, and disaster management. The LRS Program provides a comprehensive, permanent, and impartial record of the planet's land surface through the National Satellite Land Remote Sensing Data Archive and aerial photography archives at the U.S. Geological Survey (USGS) Earth Resources Observation and Science (EROS) Center in Sioux Falls, SD. These archives currently contain more than 12,000 terabytes of information. The LRS Program is also developing a capability to systematically collect and analyze users' needs for Earth observation data. This analysis will help the LRS Program prioritize its product and service offerings and inform planning for future satellite designs and investments.

The LRS Program also supports research and applications that use remotely sensed data to detect, characterize and monitor changes to the Earth's land surface, land cover, and inland and coastal waters. In addition, the LRS Program provides Federal civil agencies with access to classified Earth observation