

アサーマルアポクロマティック光学系



地上局



40m
GSD(赤外)



S-NETが拓く 新しい宇宙利用の期待

東京大学 中須賀真一



ほどよし3, 4号



ほどよし1号



6mGSD

現在の宇宙政策立案・遂行の体制



宇宙政策の目標

- 首相指令「新計画は、安倍政権の新たな安全保障政策を十分に反映するとともに、投資の「予見可能性」を高め、宇宙産業基盤を強化するため、10年の長期整備計画と致します。(2014.9.12)

基本計画の3本柱

- 宇宙安全保障の確保
- 民生分野における宇宙利用の推進
- 宇宙産業および科学技術基盤の維持・強化



(2) 安全保障・民生双方に資する施策

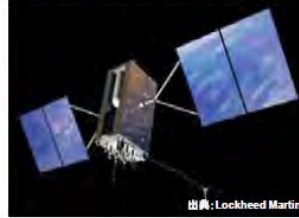
- 衛星測位分野
 - 準天頂衛星: 4機体制の確実な実現・利用と7機へ
- 衛星リモセン分野
 - 安全保障ニーズと公共・ビジネスニーズへの対応
- 通信放送分野
 - 利用主導の研究開発と企業の国際競争力強化
- 宇宙輸送分野
 - 新型基幹ロケット、イプシロン高度化の着実な進捗

測位衛星分野の国際動向と日本の位置付け

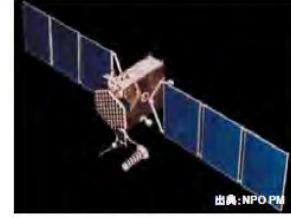
- 我が国は民生用として世界最大規模のGPS利用国。
- GPSの補強・補完を目的とした日本独自の準天頂衛星システムを開発し、初号機「みちびき」を2010年9月に打上げ。
- 「**実用準天頂衛星システム事業の推進の基本的な考え方**」(平成23年9月30日閣議決定)において、2010年代後半を目途にまずは4機体制を整備し、将来的には、持続測位が可能となる7機体制を目指すこととした。



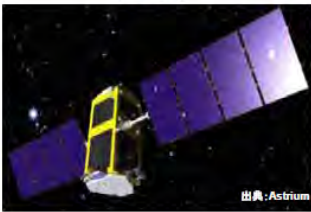
準天頂衛星
(日本)



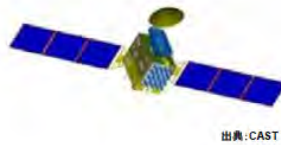
GPS衛星
(米国)



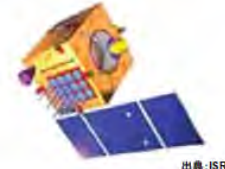
GLONASS衛星
(ロシア)



ガリレオ衛星
(欧州)



北斗衛星
(中国)



IRNSS衛星
(インド)

内閣府資料 基本政策部会(2014.7.18)³

準天頂衛星システムの機能と意義

【第1の機能】GPSの補完

○衛星測位の利用可能場所・時間の拡大

上空視界の限られた都市部を中心に改善が図られる。

【第2の機能】GPSの補強

○衛星測位の精度及び信頼性の向上

GPSのみ: 低精度(約10m)、信頼性の保証がない

→GPS+補強: 高精度(2m/数cm)、信頼性の確保

【第3の機能】安否確認・避難誘導等機能

○簡易メッセージ送信機能

○メッセージ通信機能

①高度な機器やサービスの市場の創出と我が国の幅広い産業の競争力強化に資する。(日本とアジア地域における2020年の経済効果: 約4兆円)

②測位、ナビゲーション及び時刻参照の分野における産業、生活、行政の高度化・効率化に寄与する。

③アジア・オセアニア地域にも上記の機能が展開可能であることから当該地域への貢献と我が国の国際プレゼンスの向上に寄与する。

④測位衛星分野における日米協力の強化。

⑤発災直後の安否確認・避難誘導、救援・被災地状況の把握、復旧・復興等の各段階において、我が国の災害対応能力の向上等広義の安全保障に資する。

内閣府資料 基本政策部会(2014.7.18)

4. (2)① i) 衛星測位

年度	平成 27年度 (2015年度)	平成 28年度 (2016年度)	平成 29年度 (2017年度)	平成 30年度 (2018年度)	平成 31年度 (2019年度)	平成 32年度 (2020年度)	平成 33年度 (2021年度)	平成 34年度 (2022年度)	平成 35年度 (2023年度)	平成 36年度 (2024年度)	平成 37年 度以降	
準天頂衛星システムの開発・整備・運用	1機体制の運用 (初号機「みちびき」の維持・運用) [内閣府、総務省、文部科学省]			4機体制の運用 (GPSと連携した測位サービス) [内閣府]				7機体制の運用(持続測位) [内閣府]				
	2-4号機体制の開発整備 [内閣府] ▲▲▲ 打ち上げ											
	初号機「みちびき」後継機の開発整備 [内閣府] ▲ 打ち上げ											
							7機体制に向けた追加3機の開発整備 [内閣府] ▲▲▲ 打ち上げ					

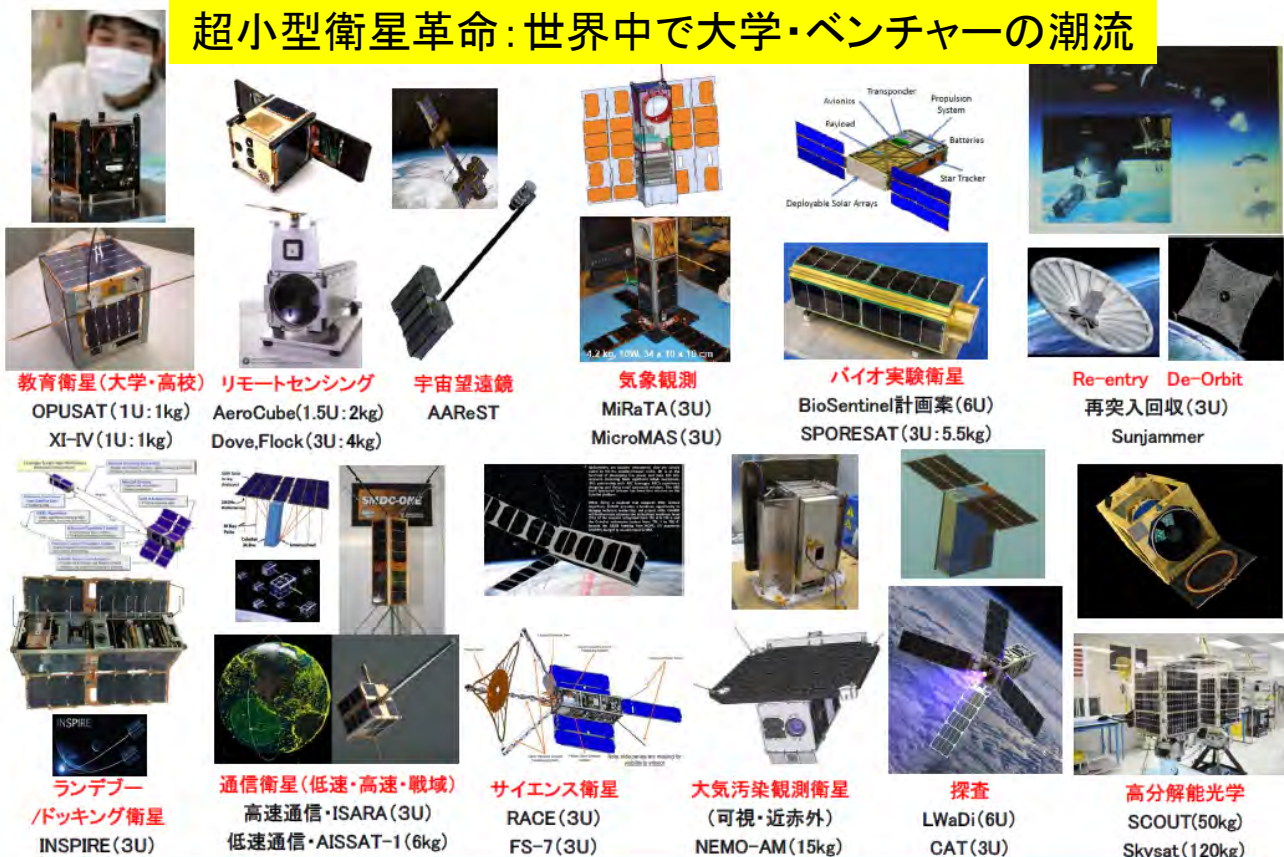
重要な考え方

- 「準天頂・GPSありき」ではなく、ある目的(社会ニーズ)を達するために利用するという視点
- GPSを超える機能をどう生かすか？
 - 高精度(cm測位)、サブm測位, 安否確認-----
 - 応用先: 自動走行、ITS、IT農業、課金、建設、---
- 海外への展開力の強化(インフラの弱い国へ)
 - 準天頂の基地局の設置戦略
 - 政府(トップダウン)からとボトムアップの両方で攻める
 - 連携大学・企業の開拓: コンテストなどが効果的
 - 留学生を日本に受け入れる制度
 - 連携の橋頭堡に。日本シンパをふやそう

他の(宇宙)アセットとの連携利用

- リモートセンシング分野
- (宇宙)通信・放送分野
- 地上ベースの航法支援システム
 - 室内・地下とのシームレスなナビ, etc
- その他、地上ベースのインフラとの連携
 - 携帯、WIFI等通信、交通、カメラ、防災システム----
- 従来の宇宙システムだけでなく、近年興ったベンチャー等の「小型宇宙システム」との連携

超小型衛星革命：世界中で大学・ベンチャーの潮流

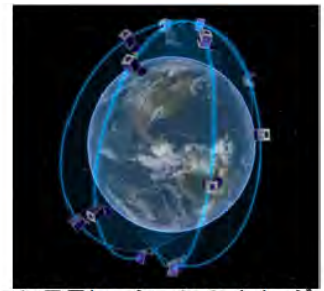


大学・ベンチャーの自由な発想・迅速性、民生品の積極的利用、国・民間からの投資により
 サイズ低下 (数t⇒100kg以下)、コスト低下 (200億⇒数億円)、多数化 (1機⇒数10～数100)

小型衛星ベンチャの参入: SKYBOX Imaging

■ システムの特徴

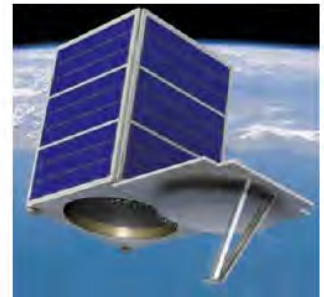
- 1m分解能の小型衛星のコンステレーションで、地上のあらゆる場所を、**1日3-4回観測可能**なシステムの構築を目指す新規ビジネス
- 衛星としては初めて、1m分解能・80秒間の**動画撮像**が可能
- 衛星製造・運用を担当するSkybox imaging社は2009年設立で、すでに約91億円を調達済み（政府支援・アンカーテナンシーは一切なく、すべて**シリコンバレーのベンチャーキャピタルから調達**）
- システム全体コストを抑えることにより、高頻度・高分解能画像を安価に提供し、新たなニーズを喚起することを企図



コンステレーションのイメージ

■ 衛星諸元

- 衛星数：20機以上（軌道面、衛星配置等 不明）
- 分解能：1m、4バンドマルチ、観測幅：不明
- 製造：自社製、9か月で製作完了
- 設計寿命：4年、質量：100kg
- 民生品グレードの部品と民生用エレクトロニクス機器の使用により、安価（打ち上げ費用込みで1機当たり約50億円）かつ軽量を実現
- 打ち上げ機は3号機以降、Virgin Galactic社LauncherOneとの情報あり



SkySat外観



衛星組立風景

-「100kg衛星で1m以上の高分解能」の時代到来
 -Google参入による、広い民生利用展開の可能性

宇宙政策委員会 調査分析部会資料(2013.5.17)

米ベンチャー企業等による超小型多数衛星計画

米プラネットラボ社(2010年設立)は、来年中に150機の超小型衛星を打ち上げ、1日100万枚以上の画像を配信するサービスを計画中。

応用事業例(計画中)

従来のパターン

- ・ 顧客要求によるオンデマンド画像撮影
- ・ 要求からデリバリーまで1週間~1ヶ月
- ・ 解像度：50cm~2.5m



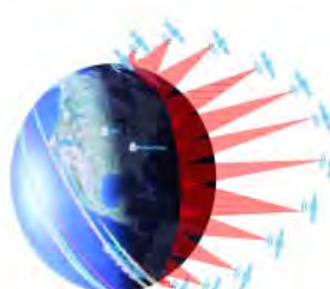
概念
現場の報道写真撮影



Pleiades
(Airbus社)

新たなパターン

- ・ 全地球を常時撮影
- ・ 撮影後8H~24Hで入手可
- ・ 解像度：3m~5m



概念
監視カメラ・ドライブレコーダー



Planet Labs

衛星ネットワーク社
公表資料より



精密農業

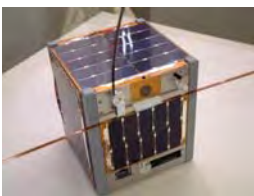


ゴミの不法投棄監視

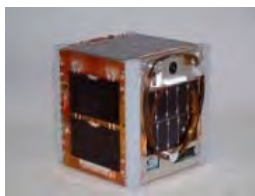
宇宙産業化のフェーズシフト

- 第1期: 国のお金で国家機関がやる宇宙開発
~1960's (in USA)
- 第2期: 国のお金で国の機関が一部民間の手を借りて実施
~1980's
- 第3期: 国のお金で民間がロケット・衛星を開発・運用
- 第4期: 民間が民間の投資で衛星・ロケットを開発・運用し、政府はそのサービスを購入

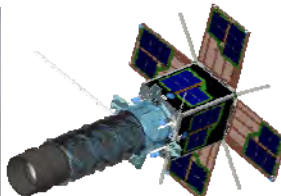
東京大学の超小型衛星プログラム(8機開発、7機打ち上げ)



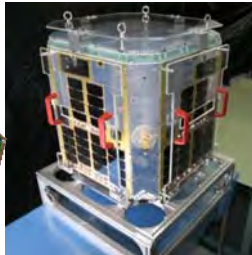
世界初の1kg衛星
成功 XI-IV(2003)



新規技術の宇宙
実証XI-V(2005)



8kgで30m分解能
PRISM(2009)



最先端の宇宙科学
Nano-JASMINE
(打上げ待ち)



世界初の超小型
深宇宙探査機
PROCYON(2014)

超低コスト・短期開発の超小型衛星

- ・宇宙工学・プロジェクトマネジメント教育題材
- ・従来にない新しい宇宙利用・ユーザの開拓
 - 地球観測・宇宙科学
 - 教育・エンタメ
 - 多数の衛星の連携運用
 - 実験・実証

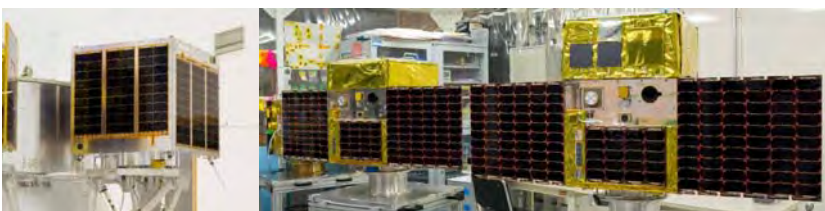


- ・宇宙科学探査の低コスト実現
- ・外国の最初の衛星の教育支援
- ・企業・県・個人等の「マイ衛星」
- ・安全・安心への貢献(インフラ)

60kg級の6m分解能リモセン衛星(3億円、2年で開発)
ほどよし1号 ほどよし3号および4号(2014年打上げ)

6m分解能画像
(千葉)

広域画像
(スリランカ)



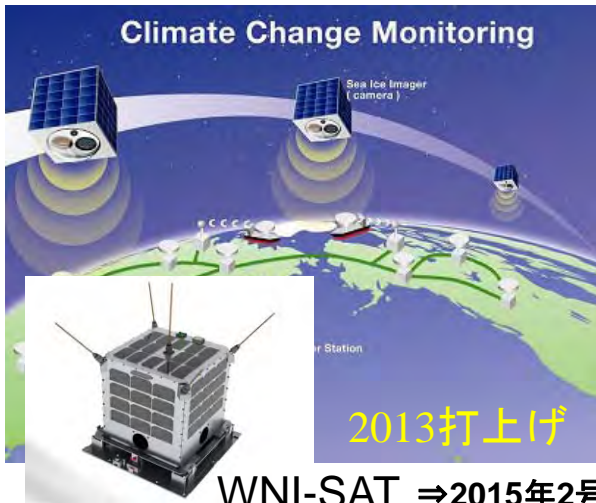
ビジネス利用開始 ベンチャー会社設立

- 種々のミッションに対応可能な汎用標準バス開発完了
- ウェザーニューズ社の大気観測・氷山観測衛星開発中

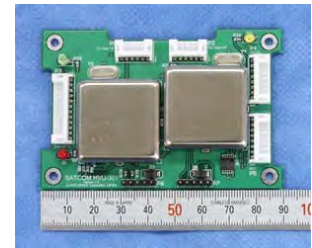
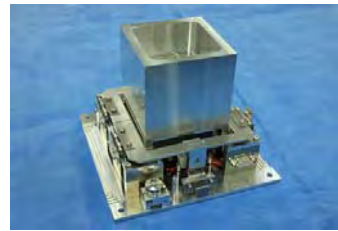
2008.8.8 卒業生がベンチャー会社立上げ「AXELSPACE」



ほどよし1号
(2014年11月
打上げ成功)



WNI-SAT ⇒2015年2号機予定



通信機モジュール、
スターセンサー、サ
ンセンサー等
機器販売も開始

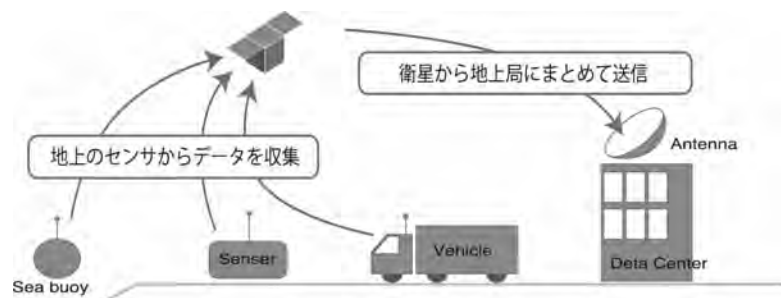
<http://axelspace.com>



完成したほどよし3号(左)および4号のフライトモデル(FM)

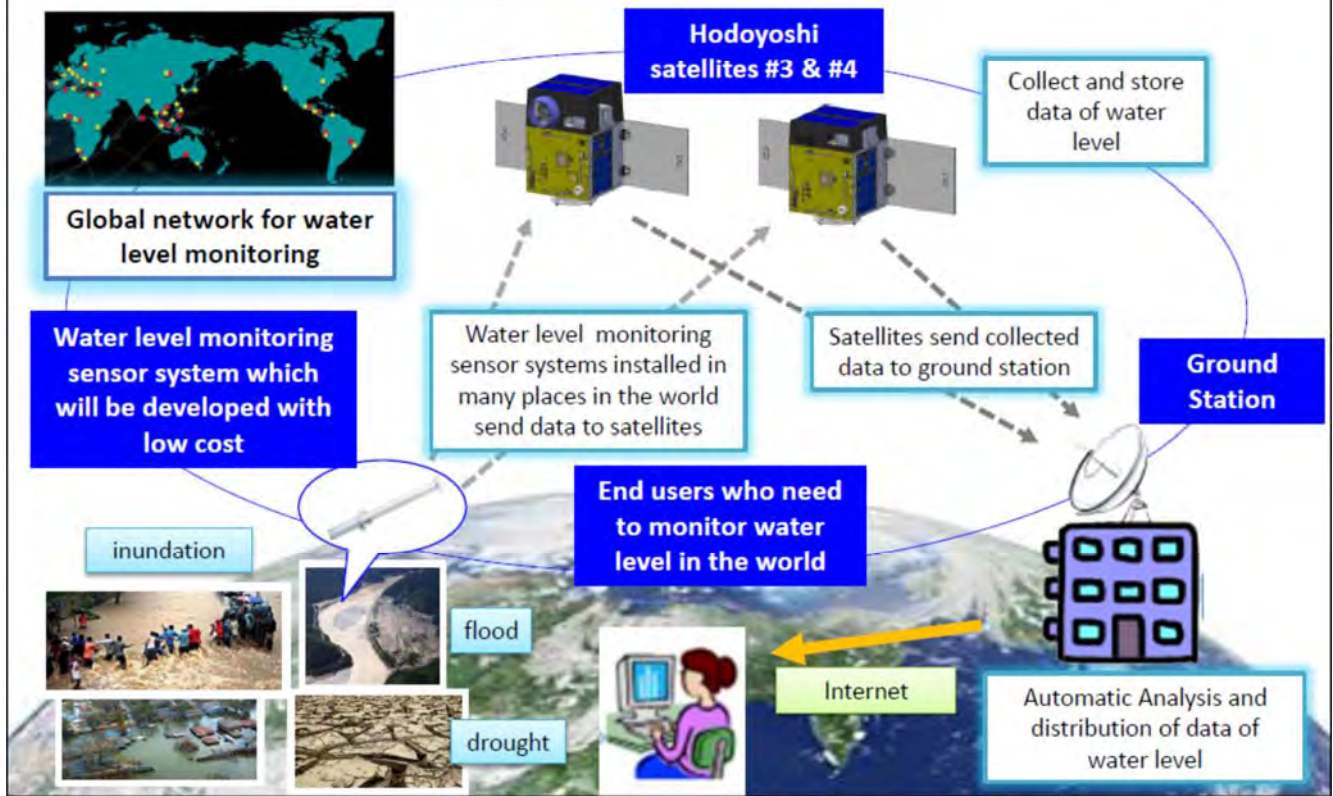


S&F: 地上からの情報を集める耳



- 地上や海上、車などに置いたセンサーが地上で何らかのものを計測し、そのデータを衛星が集めて、地上局にダウンリンクする方式
- 「地上で何を計測するか」がカギ
 - 水質、水位、土壌、環境(CO₂、ガス等)、車の移動履歴(渋滞が分かる)、船の航路(海流がわかる)、地面の移動(地震予知)、など
 - 携帯電話の通らないところ、危険地域など優位性高い

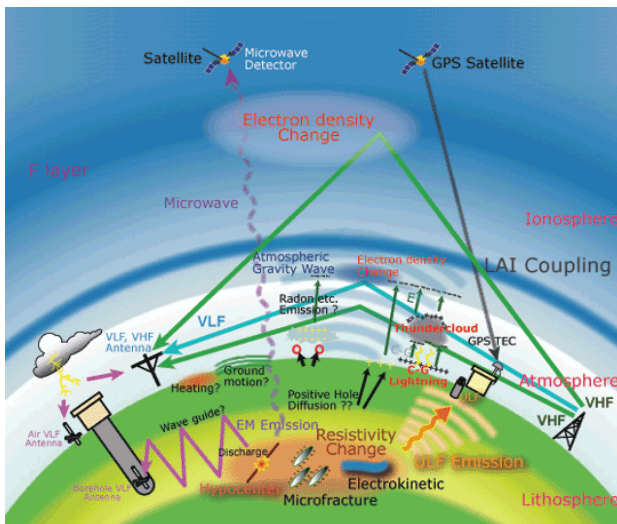
Concept on Global Network for Water Level Monitoring with nano/micro satellites



S&Fと高精度測位の連携

- 地上で計測した「センサー位置の数cm精度の位置情報」を衛星S&Fで集める
 - 河川・湖沼等の水位の把握
 - ダムの形状変化のモニター
 - 山中の地すべり情報
 - 火山の形状の変化(噴火予知などへつなげる)
 - 津波計測ブイ・システム
 - etc.

- ・小型衛星群による電磁気学的地震先行現象事例収集
観測項目：電子密度、電子温度、VLF帯電波強度等
- ・地表観測との連携
ULF、VLF、LF、VHF帯およびGPS地上観測網との連携
→ **テストフィールドの構築(東海、北海道、近畿さらには台湾など)**
- ・地震先行現象に関する地圏・大気圏・電離圏結合仮説の実証



上位目標

短期・直前予知に資する地震電磁気現象の解明(地震前大気圏・電離圏変動の立証)ならびに地球科学における新たなパラダイムの確立

宇宙基本計画策定に際しての考慮事項

- **宇宙利用の拡大が鍵!**
 - 地上インフラを宇宙ベースに変えてもらう努力を(省庁)
 - 民間が宇宙でビジネスできる土壌がまだ十分でない
 - 継続性のなさが利用を生んでいない(衛星データなど)
- **国の1のお金で産業が1.5興るような「しかけ」を**
 - 予見可能性を高める計画を作った。企業の努力に期待
- **企画に予算がついただけではだめ。企画を如何に効率的・継続的に実施できるかを今後検討の必要**
 - 「プログラム化」の必要性(先進光学衛星などで実現)
- **国際協力の強化が必要**
 - 宇宙は一国でできない:国際人材育成・体制強化が鍵
 - 世界を市場にする仕組みづくり(官、民、学の連携で)

政府の政策の中で:宇宙産業・科学技術基盤強化

- **新規参入による宇宙利用の拡大**
 - 新規参入を後押しする制度的枠組や法制度の整備
- **ビッグデータ、IoT、情報産業との連携などの活性化**
- **安定的部品確保・軌道上実証戦略**
 - 部品枯渇、国産化等の部品戦略立案
 - 軌道上実証計画:超小型衛星、H-IIA/IIIB相乗り、ISS、イプシロンなどによる軌道上実証(29年度)等の環境整備
- **将来の宇宙利用の拡大を見据えた取り組み**
 - **32年の東京オリパラ**の活用(宇宙技術の社会実装)
 - 31年度に先導的な社会実証実験(IT等関連政策との連携)
 - LNG、再使用型輸送系等の研究開発の推進・着手
 - 地球規模課題への解決に向けての宇宙の利用
 - エネルギー、気候変動、環境(地上、宇宙)等

宇宙開発全体を支える体制・制度等の強化

- 内閣府を中心とした宇宙政策の推進体制強化
- **調査分析・戦略立案機能の強化(27年度末めど)**
 - 情報の集約、調査だけでなく戦略立案機能まで
 - 継続的に実施し、そこに知見がたまっていく組織作り(シンクタンク、大学の政策研究所等の育成・強化)
- **人材の確保・育成、国民の理解の増進**
 - 技術だけでなく、関連分野・政策立案、国際人材も
 - 海外人的交流・ネットワーク強化、キャリアパス、青少年
- **法制度等整備(28年度国会提出を目標に)**
 - 宇宙活動法:第三者損害賠償、国の許可・監督制度
 - 衛星リモセン法:民間事業の推進を目指して
 - 準天頂衛星信号の妨害への対策

国際社会との宇宙における連携・協力

- 宇宙空間における法の支配の実現・強化
 - ICOC(International Code of Conduct)遵守への役割
 - 新興国へのリーダーシップ発揮(「兄貴分」へ)
- 国際宇宙協力の強化
 - 米、EU、豪等との定期的対話＋他国との対話促進
 - 地球規模課題解決での国際連携強化
 - ミッション器材の相乗り、共同開発、データ共同利用、等
 - GEOSS、ISEF、APRSAF、ERIA等での貢献・リーダーシップ
 - 科学技術連携によるソフトパワー発揮、外交力強化
- 「宇宙システム海外展開タスクフォース」開始
 - 宇宙利用国数の爆発的増大は大商業市場の可能性

S-NETに期待すること

- まずは「知って」ください
 - 何ができるのか(何が見えるか、どんな頻度で)
 - 何ができないのか
 - 何をやろうとしたらどの程度のお金がかかるか
- 「つながって」ください
 - データ利用をやりたい人は上流・中流の人と
- そして「動いて」ください
 - 小さいところからでもできることはある。
 - 必要なお金は小さくても、やれることはある。
- S-NETはそれらの活動をつなぐ組織に。