

2015.12.24 地域道路経済戦略研究会

# 宇宙の交通への利用に関して

東京大学教授

中須賀真一

# 目次

---

- 準天頂衛星（別紙で説明）
- リモートセンシング衛星
- S&F(ストア & フォワード)機能の活用

# リモセン衛星の世界情勢(概要)

---

- 政府専用の超高分解能衛星:性能向上競争
  - 空間分解能10cm程度(不明)までできている?
- デュアルユースの高分解能衛星(30cm-数m)
  - 民間の活力を利用(政府はサービスを一定額購入)
- オープン&フリー戦略(数m~)
  - 政府が画像を無償開放。民間利用産業拡大目指す。
- 小型・超小型衛星による民間・大学の参入
  - Skyboxレベルの小型高分解能(80cm~,コスト1/10)
  - 超多数衛星で時間分解能向上(5m程度~<1/300)
  - 日本も大学発の超小型衛星が進展(2.5m~ <1/100)

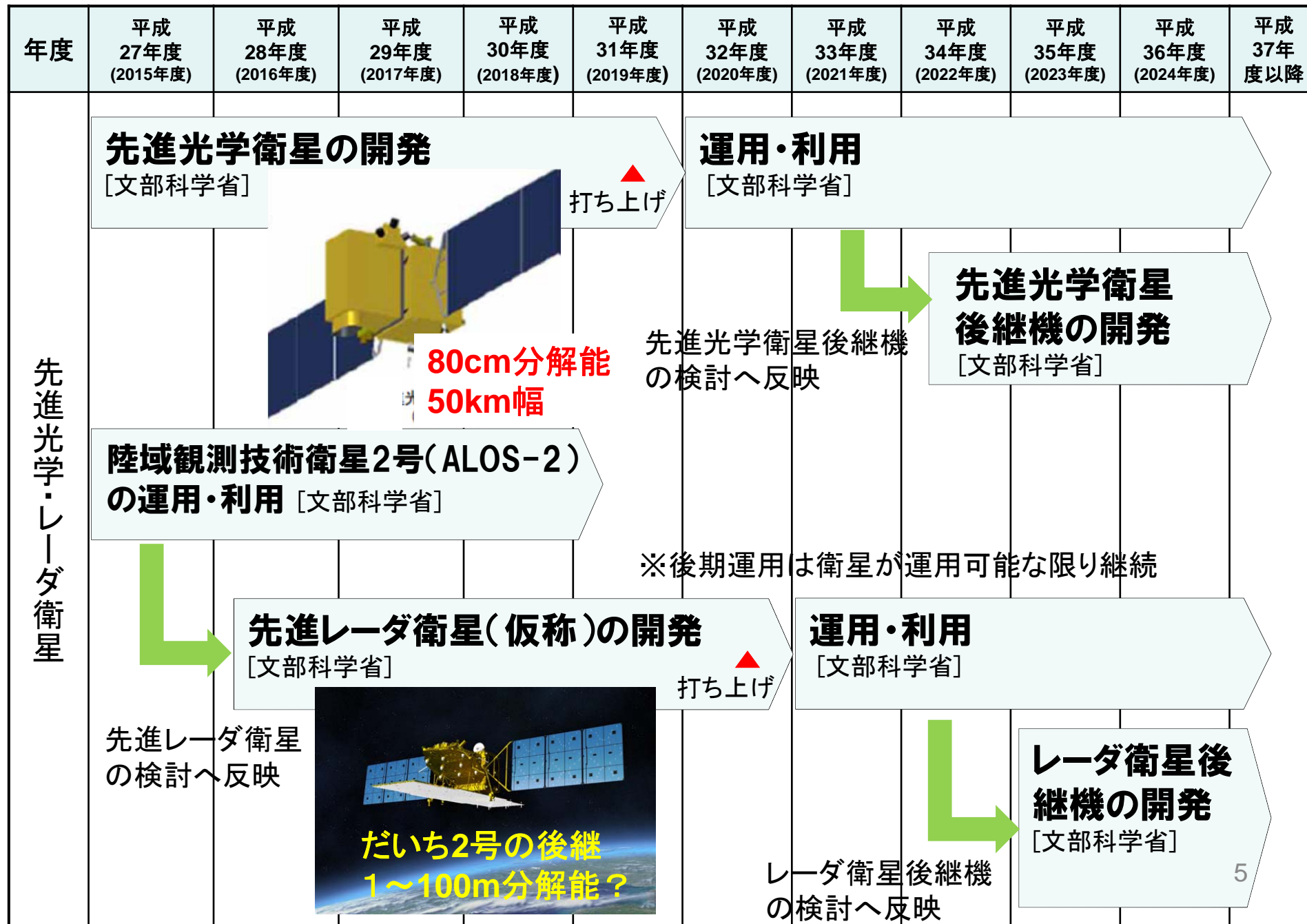
# 世界の安全保障、デュアルユース衛星分野

	アメリカ	フランス	ドイツ	イタリア	イスラエル	日本
安全保障 利用を中心とした 政府専用 衛星	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KeyHole (光学)</li> <li>• Lacrosse (レーダー)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Helios (光学)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SAR-Lupe (レーダー)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ofeq (光学)</li> <li>• TecSAR (レーダー)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IGS (光学、レーダー)</li> </ul>
安全保障 と民生両 用の商業 衛星	DigitalGlobe社 <ul style="list-style-type: none"> <li>• GeoEye-1 (光学)</li> <li>• IKONOS (光学)</li> <li>• WorldView-1,-2 (光学)</li> <li>• QuickBird (光学)</li> </ul>	SPOT Imarge社 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pleiades-HR (光学)</li> <li>• SPOT (光学)</li> </ul>	Infoterra社 <ul style="list-style-type: none"> <li>• TerraSAR-X (レーダー)</li> <li>• TanDEM-X (レーダー)</li> </ul>	e-geos社 <ul style="list-style-type: none"> <li>• COSMO-SkyMed (レーダー)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EROS (光学)</li> </ul>	先進光学・ レーダ衛星  経産省 ASNARO 衛星

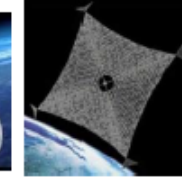
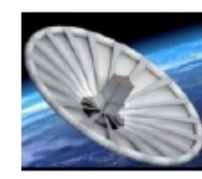
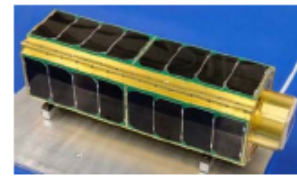
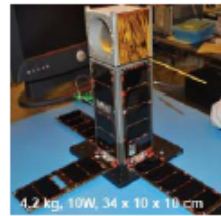
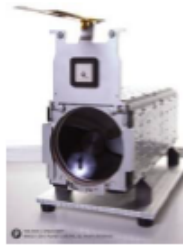
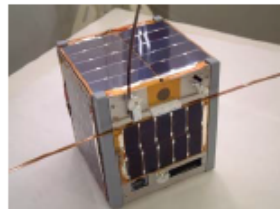
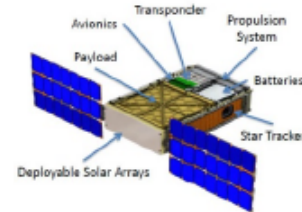
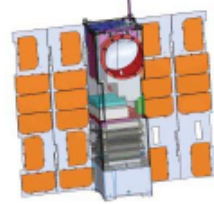
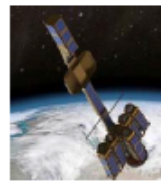
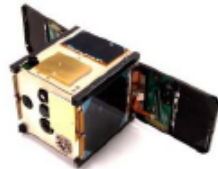
出典：世界の宇宙インフラデータブック2013衛星編(2013年3月一般社団法人日本航空宇宙工業会)

内閣府資料 宇宙産業部会(2013.5.17)

4. (2)① ii) 衛星リモートセンシング



# 超小型衛星革命：世界中で大学・ベンチャーの潮流



**教育衛星(大学・高校)**  
OPUSAT (1U: 1kg)  
XI-IV (1U: 1kg)

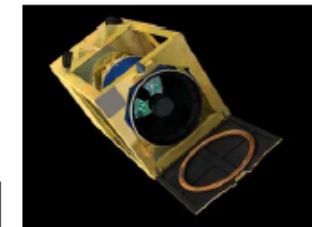
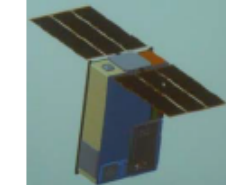
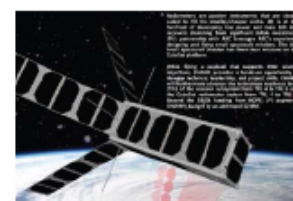
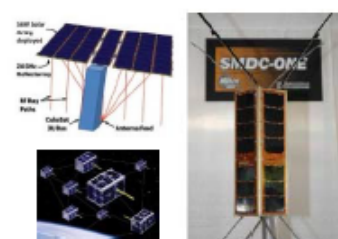
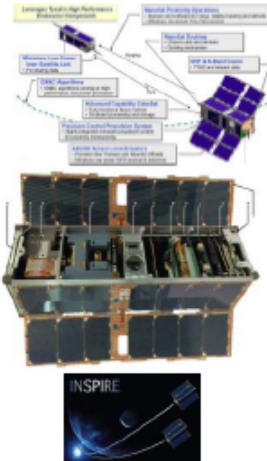
**リモートセンシング**  
AeroCube(1.5U: 2kg)  
Dove, Flock (3U: 4kg)

**宇宙望遠鏡**  
AAReST

**気象観測**  
MiRaTA (3U)  
MicroMAS (3U)

**バイオ実験衛星**  
BioSentinel計画案(6U)  
SPORESAT (3U: 5.5kg)

**Re-entry De-Orbit**  
再突入回収 (3U)  
Sunjammer



**ランデブー**  
**ドッキング衛星**  
INSPIRE (3U)

**通信衛星(低速・高速・戦域)**  
高速通信・ISARA (3U)  
低速通信・AISSAT-1 (6kg)

**サイエンス衛星**  
RACE (3U)  
FS-7 (3U)

**大気汚染観測衛星**  
(可視・近赤外)  
NEMO-AM (15kg)

**探査**  
LWaDi (6U)  
CAT (3U)

**高分解能光学**  
SCOUT (50kg)  
Skysat (120kg)

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

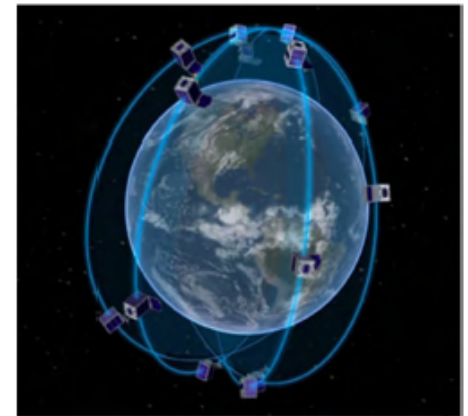
## ■ システムの特徴

- 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

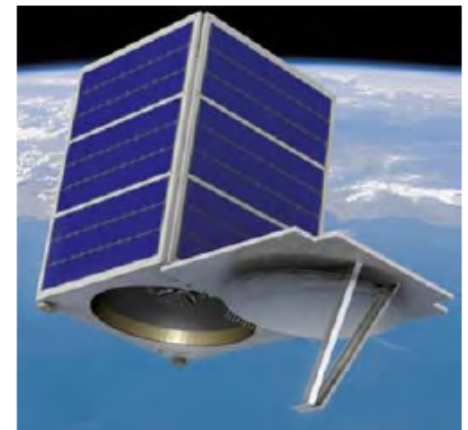
## ■ 衛星諸元

- 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

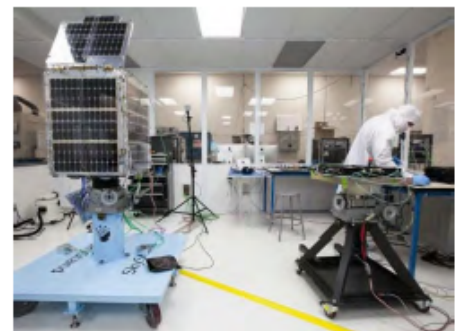
-「100kg衛星で1m以上の高分解能」の時代到来  
-Google参入による、広い民生利用展開の可能性



コンステレーションのイメージ

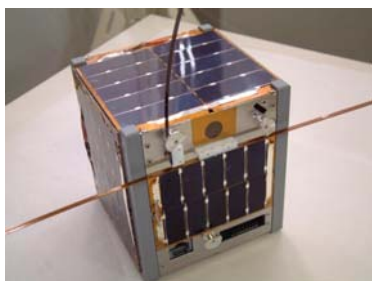


SkySat外観

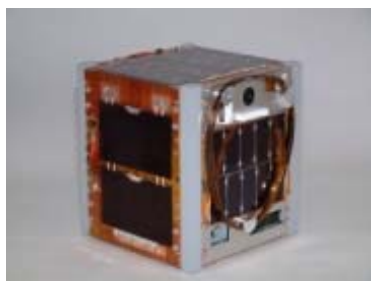


衛星組立風景

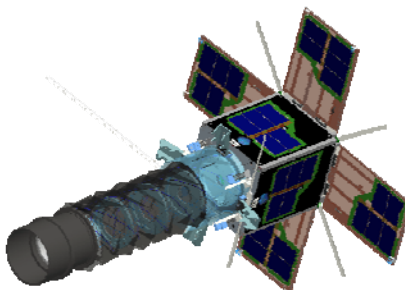
# 東京大学の超小型衛星プログラム(8機開発、7機打ち上げ)



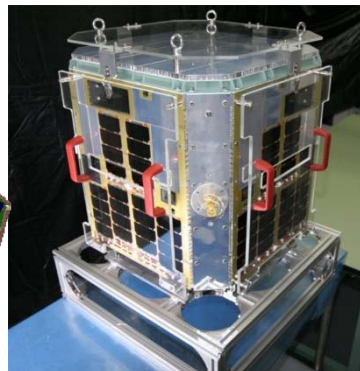
世界初の1kg衛星  
成功 XI-IV(2003)



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

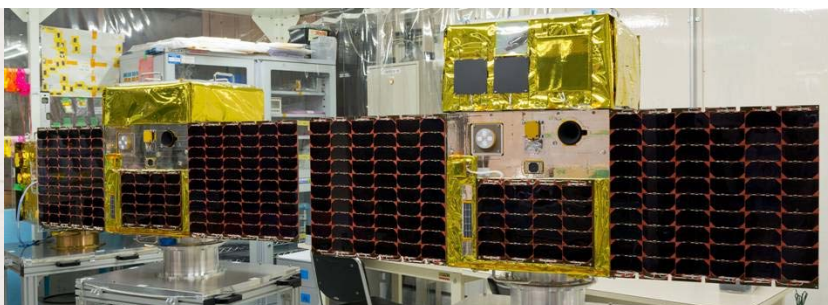


- ・宇宙科学探査の低コスト実現
- ・外国の最初の衛星の教育支援
- ・企業・県・個人等の「マイ衛星」
- ・安全・安心への貢献(インフラ)

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)







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)



千葉  
(6m GSD)

Dubai (6.7mGSD)



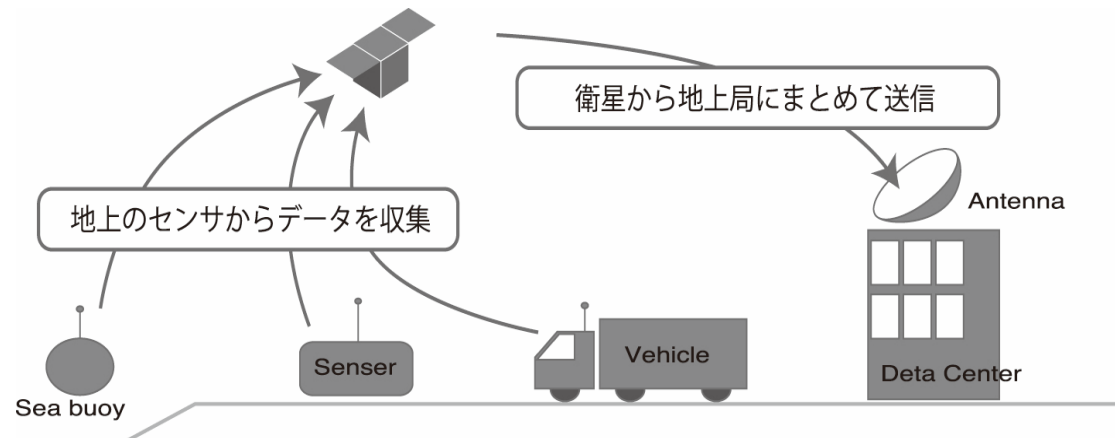
AXELSPACE提供

# スエズ運河(エジプト)



AXELSPACE提供

# 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
- 何が計測できるか
  - 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)、準天頂とくみあわせて地面の移動(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

# 超小型衛星で何ができるか？

- コスト(<3億)、開発期間(<2年)の爆発的な低下により、「しきい」を根本的に下げる。
  - ①地球規模で衛星を分散配置し頻繁に見る(コンステレーション)
  - ②そばを飛ぶ複数機による共同ミッション(フォーメーションフライト)
  - ③パーソナル衛星、マイ衛星の概念(パソコンと同様の革命)
  - ④本格的ミッションの前の試行実験・実証がしやすい
  - ⑤海外新興国への衛星開発支援に適切なサイズ

