

海洋政策における 宇宙利用

秋山演亮（和歌山大）

小畑俊裕（Synspective）

福代孝良（ArkedgeSpace）

宇宙を使う事で出来る事

～基礎知識編～

和歌山大学 共同利用・共同研究推進室

学長補佐 / 室長 / 教授

秋山 演亮

akiyama@wakayama-u.ac.jp

宇宙を使う事で出来る事

1. 基礎知識編（秋山）

- 出来る事 概要
- 宇宙からの視座の特徴
- 衛星サイズの影響
- 昨今の宇宙業界の金回り

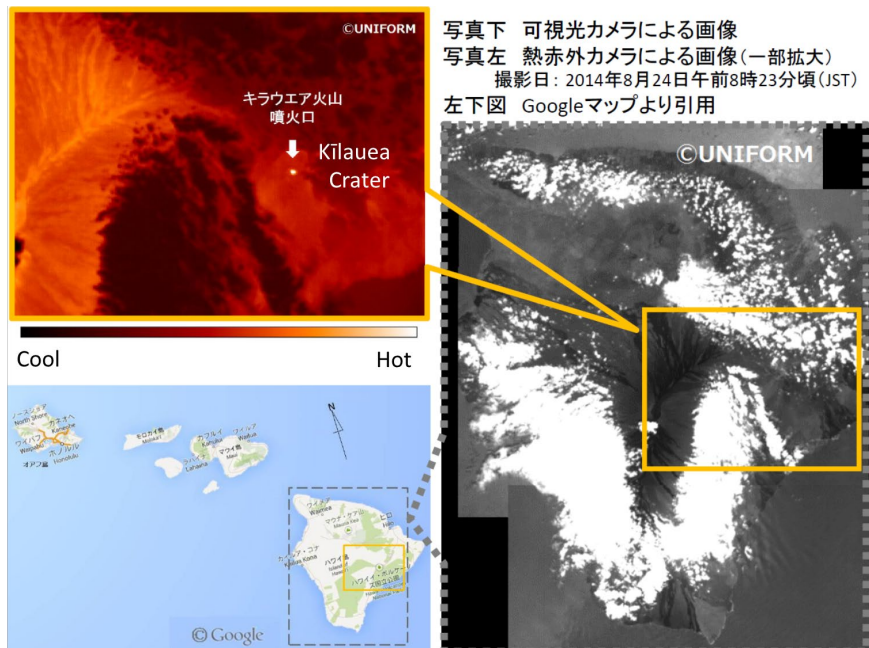
2. 電波観測編（Synspective社）

3. 光学観測 / 通信中継編（ArkEdgeSpace社）

出来る事 概要 (光学)

• 光で見る

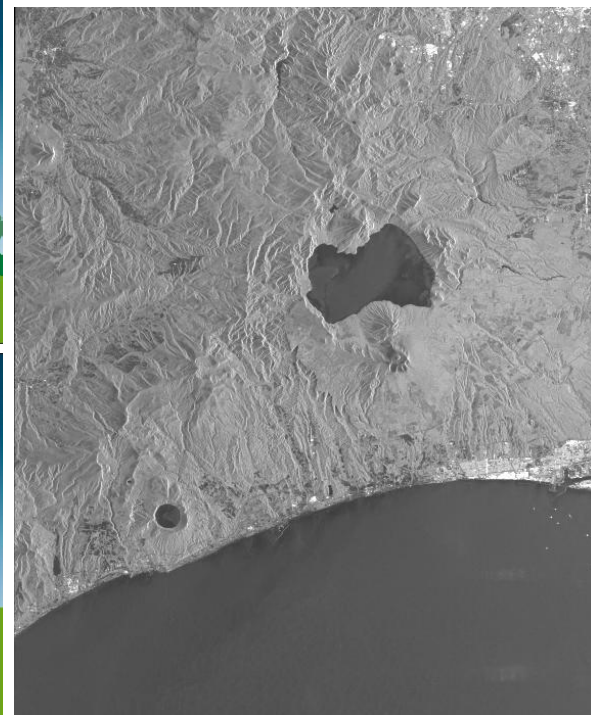
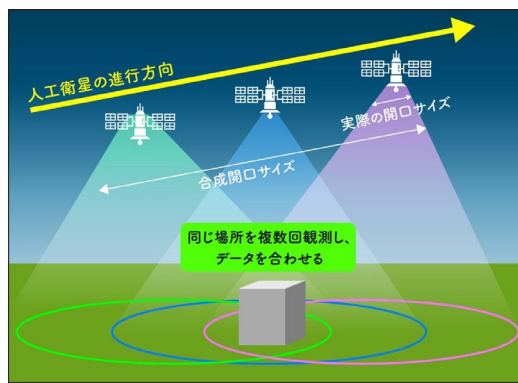
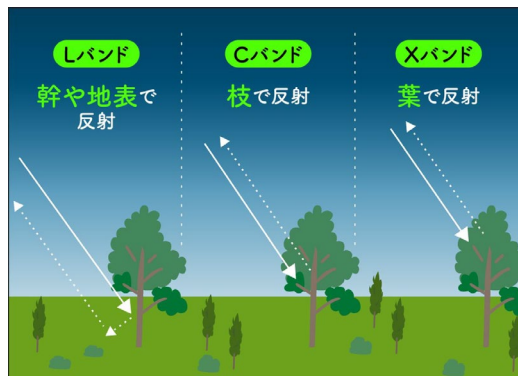
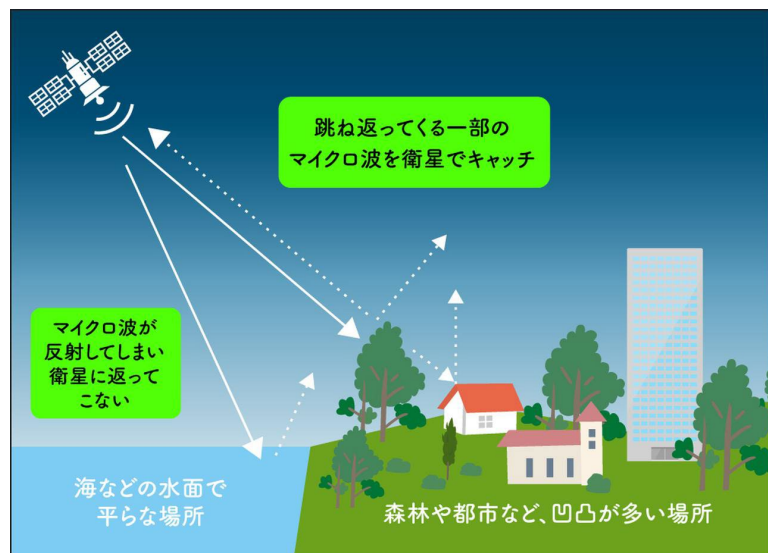
- ▶ 放出される光・熱を見る（いわゆる「写真」）。
- ▶ 熱も「熱赤外」として「見える」
- ▶ 雲があると下が見えない（透けて見えることはある）
- ▶ 海中も海が透明なら「見える」



出来る事 概要 (電波)

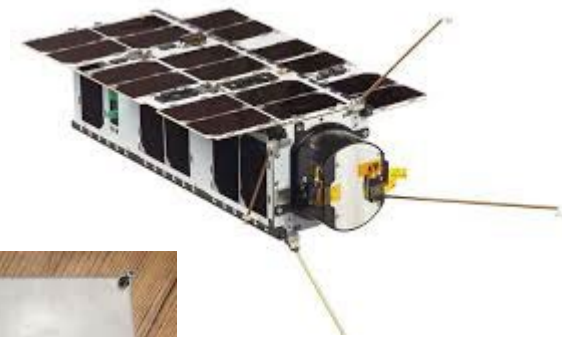
● 電波で見る

- 衛星が出す「マイクロ波」の反射を見ている。
- 表面の「粗さ」を見分けるので、陸域と水域や、高さを見分けるのが得意。
- 衛星の出す「マイクロ波」は雲を透過する。

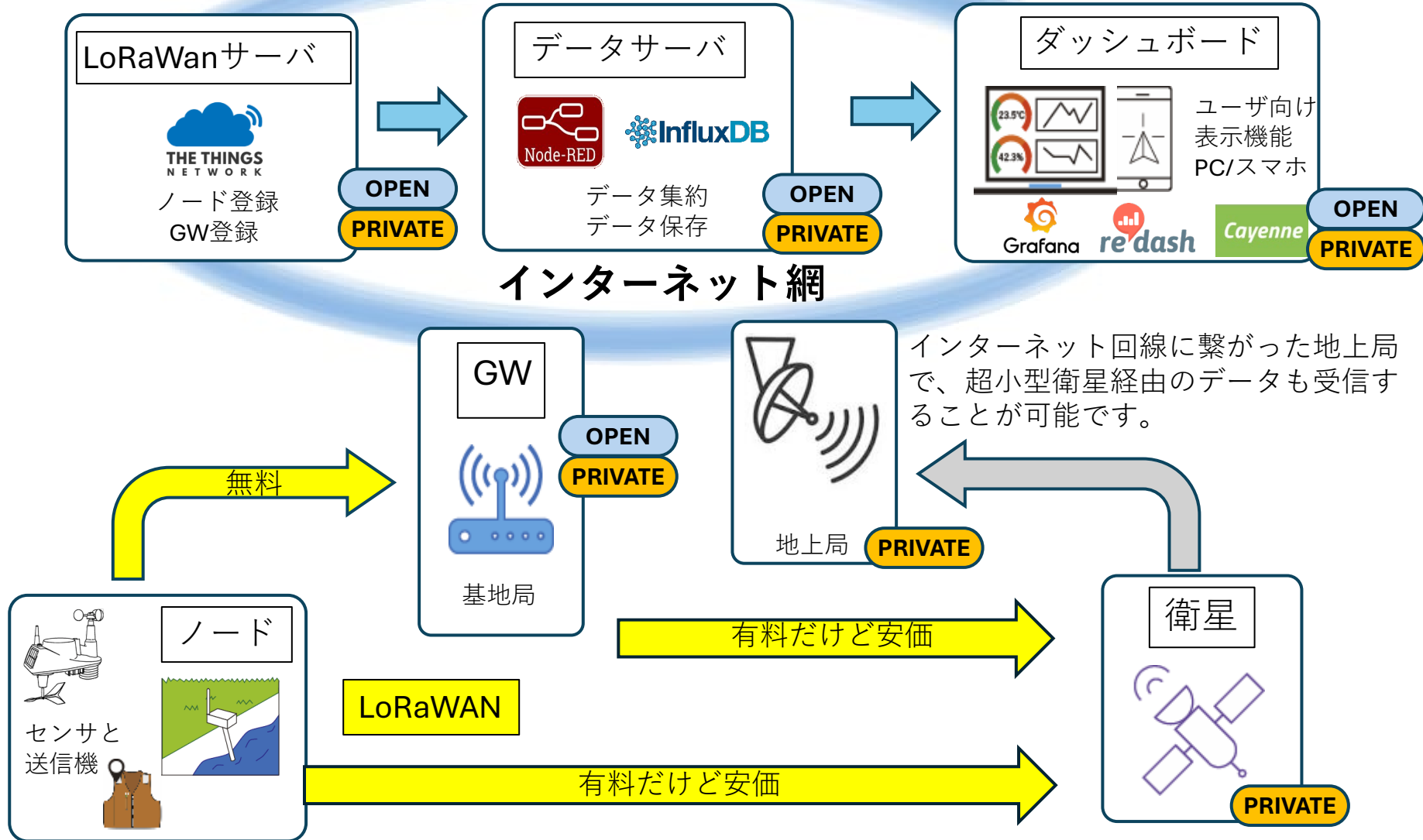


出来る事 概要 (通信中継)

- 地上からの電波通信を中継する
 - 従来は「静止軌道」(高度3万6千km)を廻る衛星との24時間通信中継が主。
 - アンテナが巨大 / 通信電力が大きい
 - 昨今は「低軌道」(高度数百km)を廻る複数衛星(コンステレーション)により24時間通信中継が可能に。
 - アンテナが小さい / 通信電力も単三電池程度と低電力

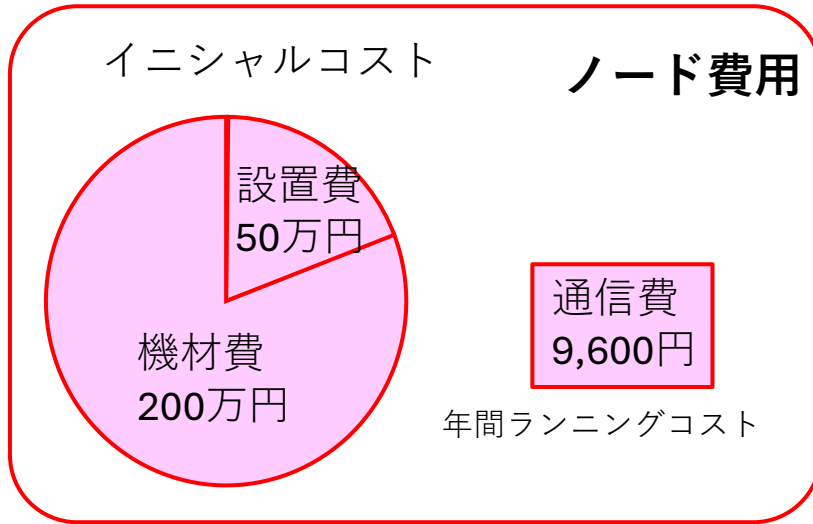


省電力・長距離通信が可能LPWA通信（衛星利用も可能） 光学・電波で見えない海中等も、地上観測データで見える？



費用対効果 / 産業創出予測

大手キャリア利用 / 域外IoT製品利用の場合

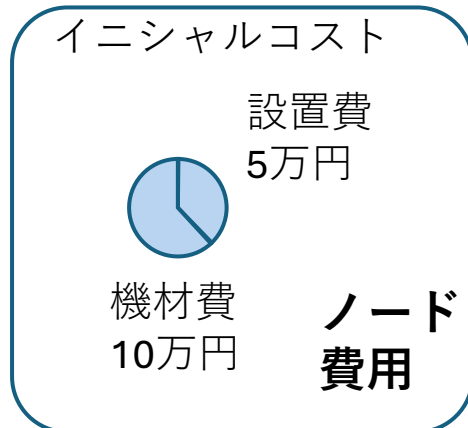


100台分だと・・・

イニシャルコスト2億5千万円
ランニングコスト960万円が
地域外へ流出

※通信機機のイニシャルコストは
大手キャリアが負担、
通信費ランニングコストに反映されている

地域キャリア利用 / 地産地消IoT製品利用の場合



100台分だと・・・

イニシャルコスト1千5百万円
ノードを1,000台に増やしても
1億5千万円と安価。
しかも地域経済として流通。
共有可能なGWは
300万円程度で設置可能。

イニシャルコスト
一般の市レベルだと約10万
円×20～30箇所にGW
(ゲートウェイ)を設置。
ただしGWはノード種類を問
わず共有可能

**通信
費用**

※ローカル通信キャリア運用初期において、GWの共用利用は効率的
将来的にはデータの秘匿性を高めるため、個別運用GWの設置も可能

山間部 IoT器機導入例（通信コスト）

※携帯電話通信可能距離から約4.5km離れた山間部での通信コスト比較

方式1：携帯電話通信可能 / 商業電源エリアまで4.5km 有線を引いた場合

- 有線設置 **イニシャルコスト：約1,300万円**
- 携帯電話通信費用：**年間30万円**

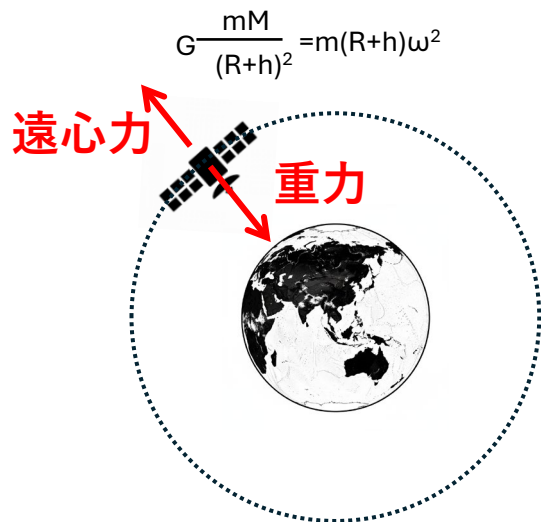
方式2：山間部より直接衛星通信機を利用した場合

- 衛星携帯電話 / 発電機 **イニシャルコスト：30万円**
- 衛星携帯通信費用：**年間100万円**
- 発電機運用：**年間150万円**

方式3：LoRaWAN（中継機2箇所利用、携帯圏内GWから携帯SIM利用）した場合

- **イニシャルコスト：50万円、通信sim登録料5千円**
- 通信費：**年間2,760円**

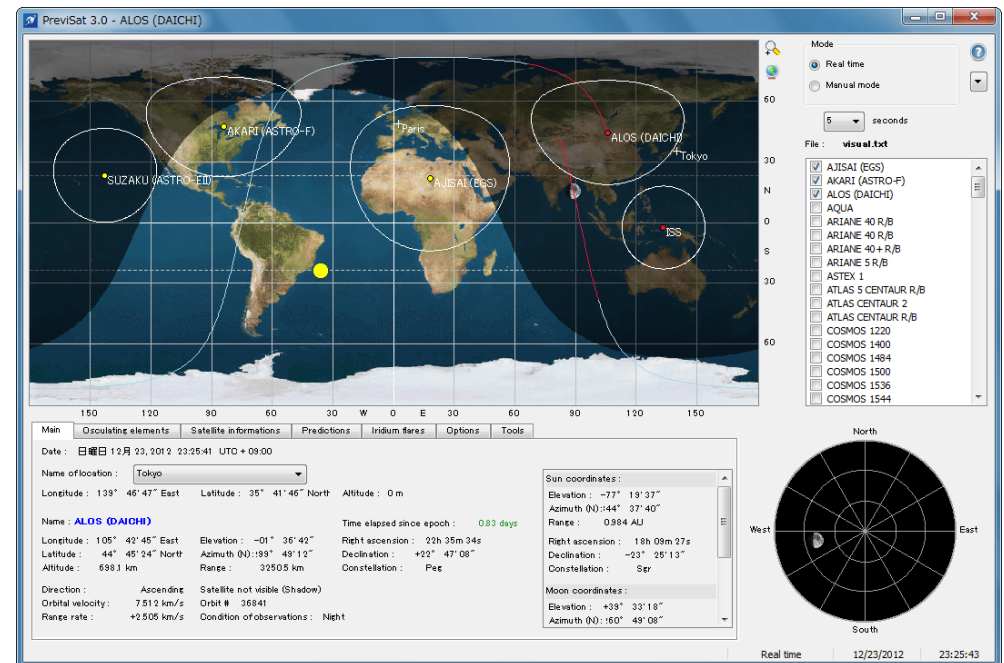
宇宙からの視座の特徴



- 衛星は重力と遠心力が釣り合う位置で廻ります。
- 高度300km以下では大気摩擦により衛星の回転速度が低下、重力に負けて地球に落下します。
- 一般的に、衛星が安定して廻れる高度は500km以上です。（地球の半径は約6300km）
- 高度数百kmを廻る衛星の周回時間は約90分です。

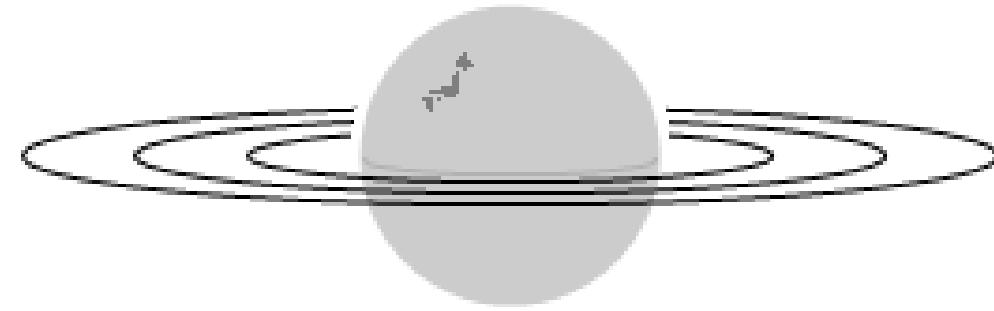


高度500kmを廻る衛星の軌道

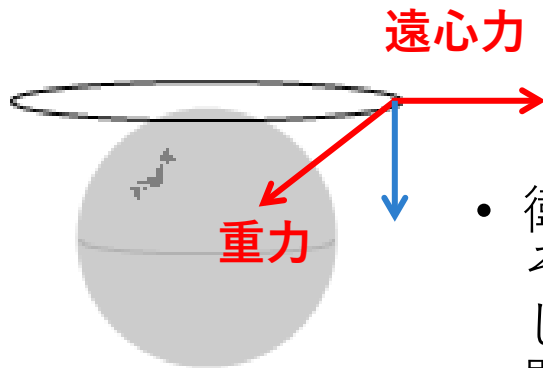


高度数百kmを廻る衛星の視野

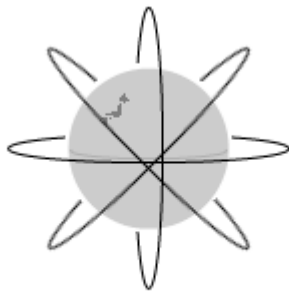
$$G \frac{mM}{(R+h)^2} = m(R+h)\omega^2$$



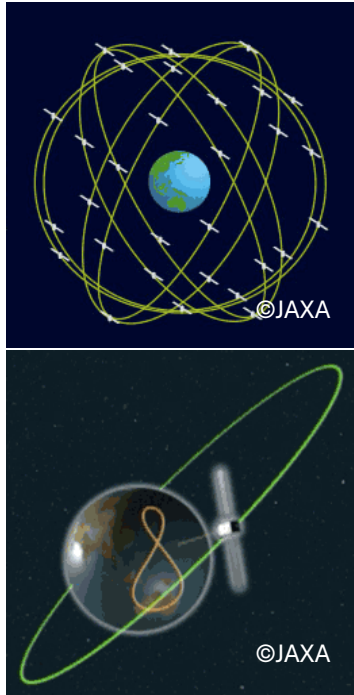
- 衛星が高い位置を廻れば廻るほど、衛星が地球を周回するのに要する時間は長くなっていきます。
- 衛星高度が約**36,000km**程度の時、衛星は**24時間**で地球を1周します。
- 赤道上空**36,000km**を廻る衛星は、常に地球から見て同じ位置にあります → 静止衛星



- 衛星は常に、地球の中心の周りを廻ります。そのため、同緯度帯を周回する衛星は赤道上空でしかあり得ません（静止衛星は必ず赤道上空に位置します）。
- 低軌道かつ極軌道（地球の北極・南極を通過する）を廻る衛星は、地球自身の自転により、周回毎に通過する経度が変わります。
- 太陽同期極軌道を廻る衛星は、**12時間**で地球全体を観測することができます。

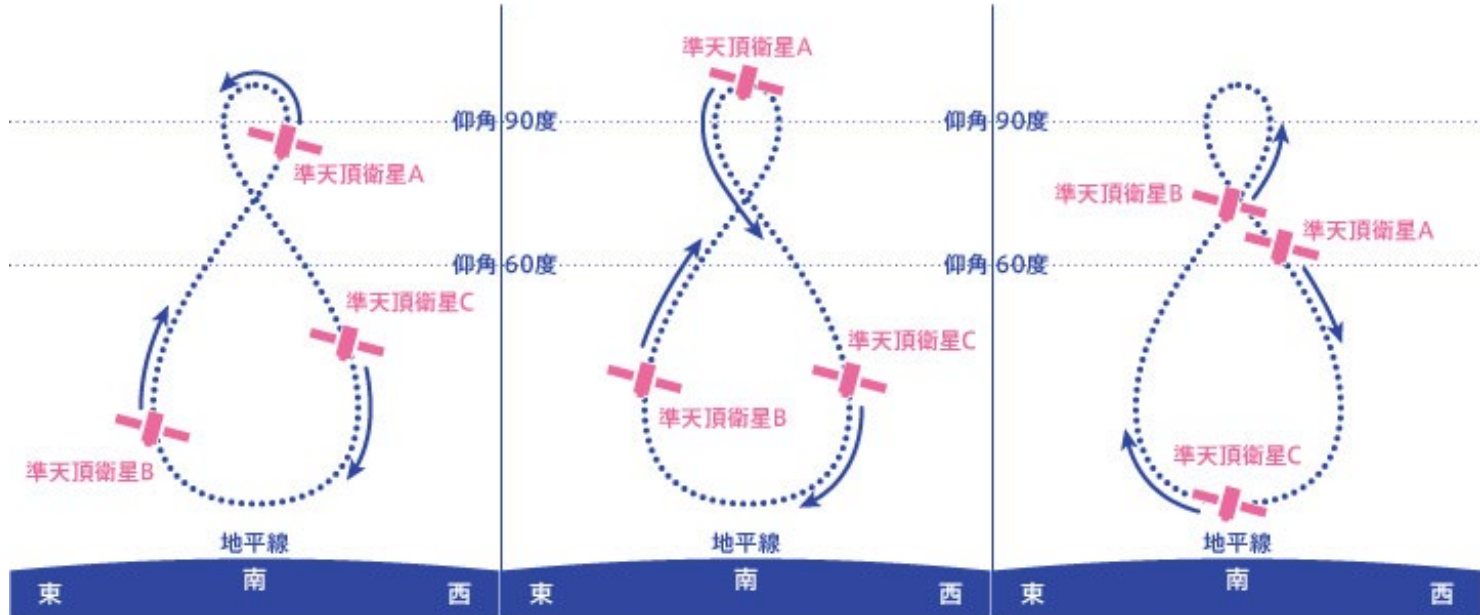


参考：準天頂衛星軌道(QZSS)

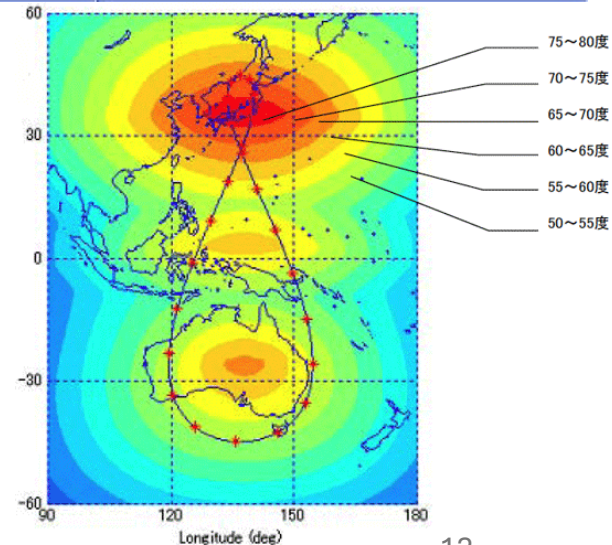


東京付近から観察した準天頂衛星の動き

出展： <http://blogs.yahoo.co.jp/ogw2ogw2/37405534.html>



- 地球の周りをくまなく回るGPS衛星と比較し、準天頂衛星は日本を中心とした経度帯に特化した軌道をとっている
- 3機の衛星が順番に高仰角位置に位置するように軌道を設計している



準天頂衛星の最低仰角(3機構成)

宇宙からの視座のまとめ

- 地上のある一点で常に衛星を使った観測・通信を行うためには主に以下の2つの方法がある
 - 静止軌道の1つの衛星を使う。
 - 衛星までの距離が遠いので、
 - ✓ 解像度が悪くなる / 視野が広い
 - ✓ 衛星からのアクティブ放射が必要な観測には不向き
 - ✓ 通信に大アンテナ・大電力が必要
 - 衛星は赤道上空にしか滞在できないので、高緯度地域では使いづらい
 - 低軌道上に配置された複数の衛星を使う。
 - 衛星までの距離が近いので、
 - ✓ 高解像度で撮影できる / 視野が狭い
 - ✓ 通信は小アンテナ / 低電力でok
 - 多くの衛星が必要

参考：必要な機数

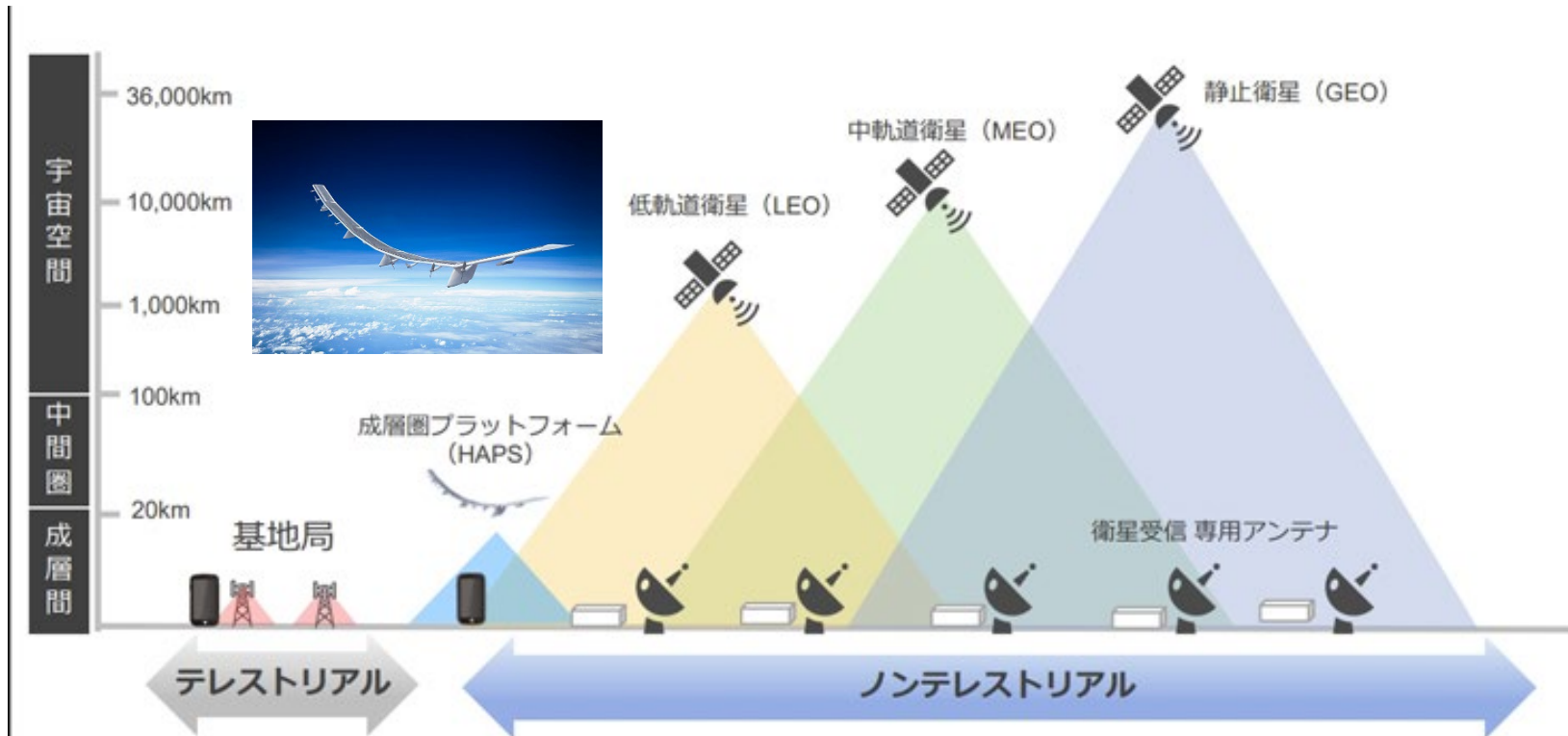
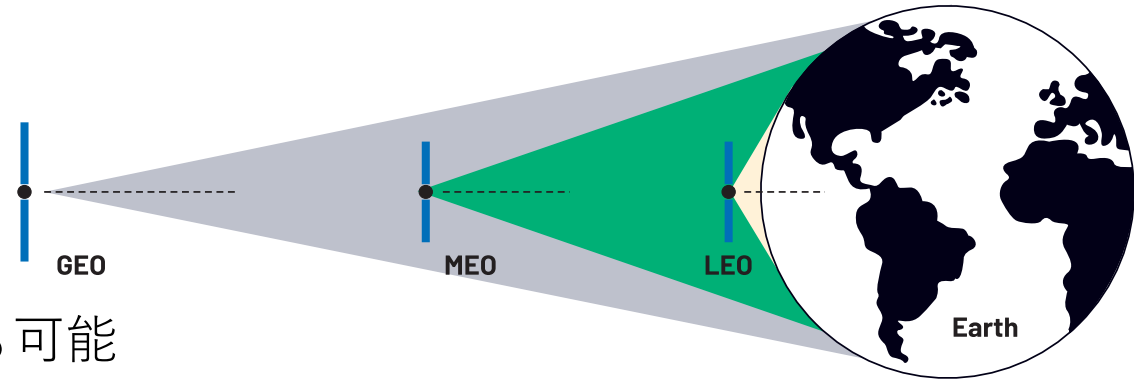
静止軌道 (GEO)
高度 35,786km前後
遅延 約500ms~600ms

中軌道 (MEO)
高度 2,000~36,000km前後
遅延 約27ms~500ms

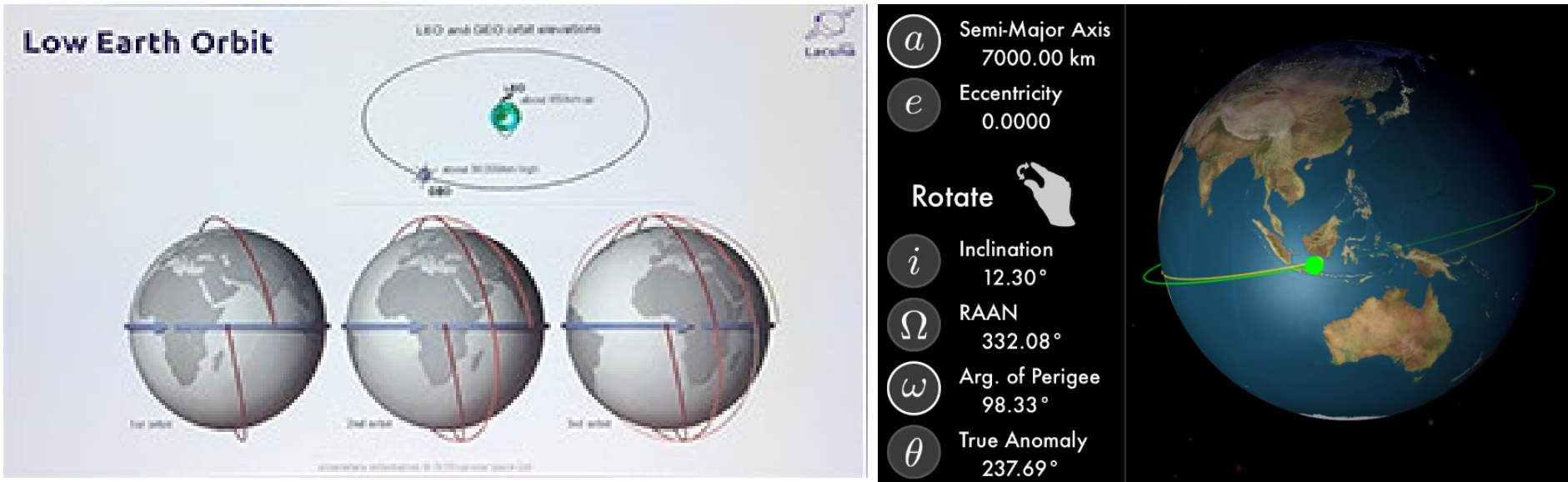
低軌道 (LEO)
高度 160~2,000km前後
遅延 約2ms~27ms

GEOなら2機
MEOなら24機
LEOなら数千機
HAPSなら数万機

・・・だがHAPSは地域限定も可能



参考：赤道周回低軌道衛星網



- 太陽同期極軌道の場合、1機の衛星だと12時間毎に地上の特定点と十数分通信可能。24機の衛星網であれば、赤道付近では1日約80回(18分おき)、日本付近では約110回通信可能。
- 軌道傾斜角を12度程度まで傾け、赤道上空軌道をとる低軌道（高度700kmを想定）を周回させた場合、1機の衛星でも90分おきにジャワ島上空を通過。10機でほぼ連続した衛星通信が可能。

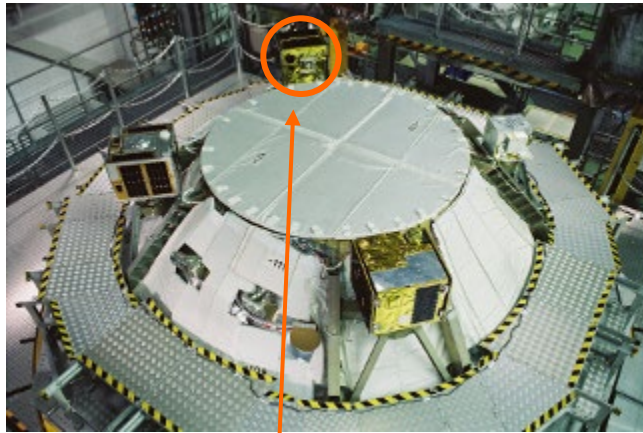
衛星サイズの影響

大型衛星→超小型衛星

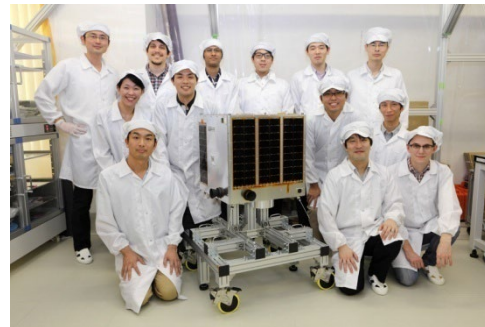


2t級 地球観測衛星 だいち2号

4~5t級 通信衛星 Turksat-4A



50kg級超小型衛星
UNIFORM-1



同サイズのほどよし1号機

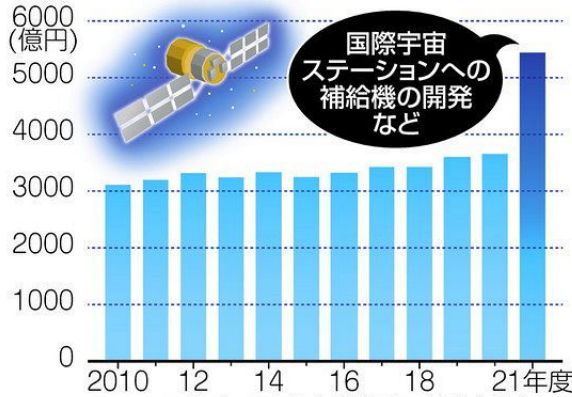
超小型衛星は、
コンパクト
(そこそこ) 高性能
低価格
ただし発生電力は小

昨今の宇宙業界の金回

国内宇宙関連市場の拡大を目指す日本（1兆円→4～8兆円）

コロナ便乗と揶揄

「コロナ便乗」と指摘される
宇宙関係予算



※10～20年度は予算額（補正予算を含む）。
21年度は要求額

政府関係者

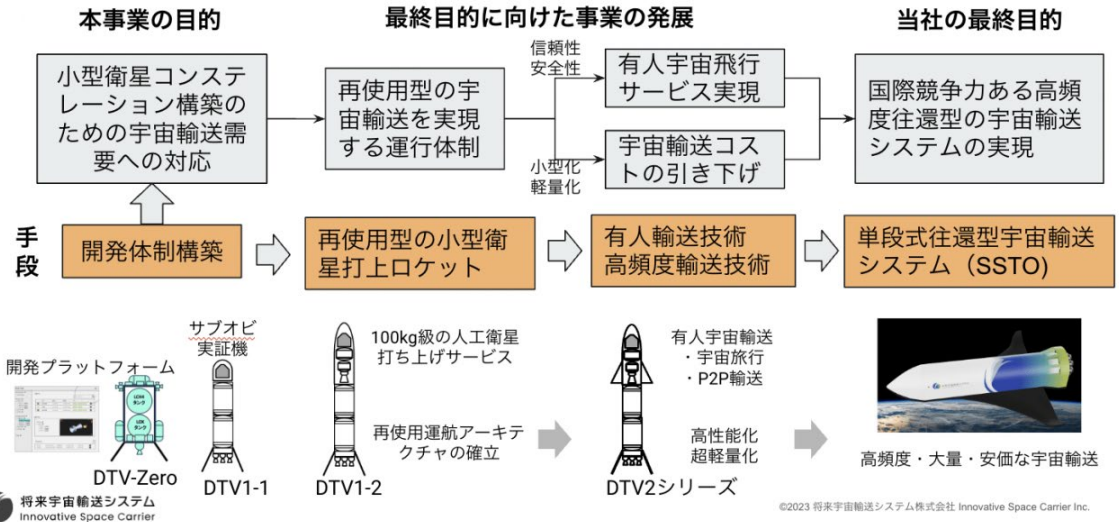
コロナ対策との関連性が薄い。緊急性に乏しいのでは

宇宙で必要となる遠隔操作の技術が、感染防止策に役立つ

文部科学省

SBIR（スタートアップ育成）を使った予算獲得！ 事業の全体像

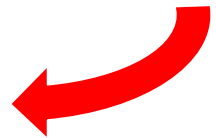
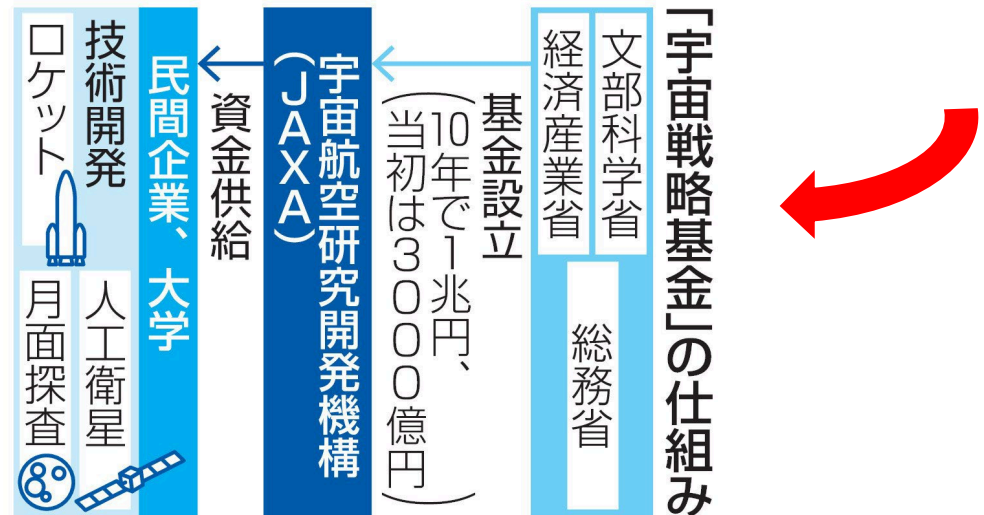
補助事業を通じて再使用型の宇宙輸送実現を目指す。その後、有人輸送等に挑戦。

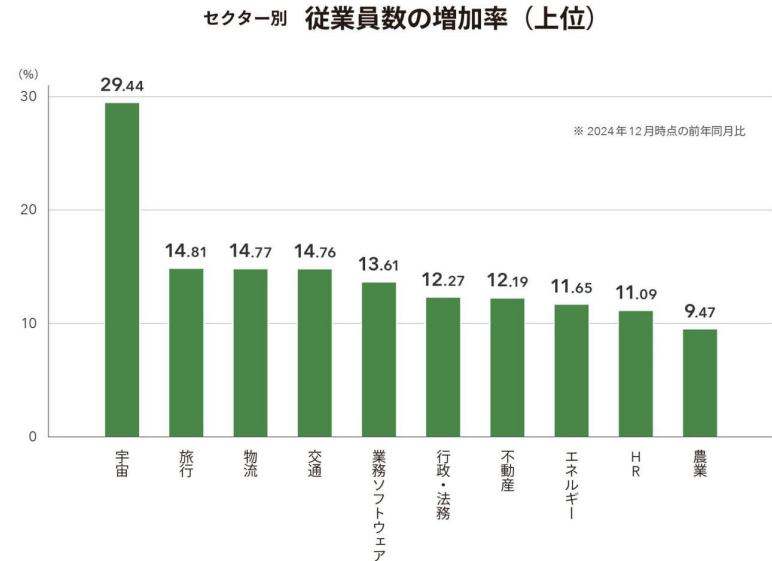
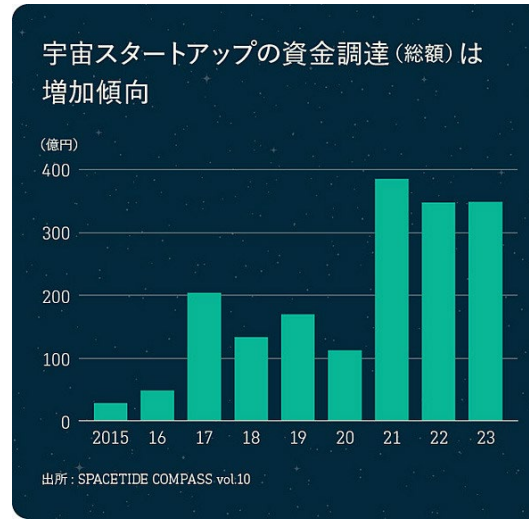
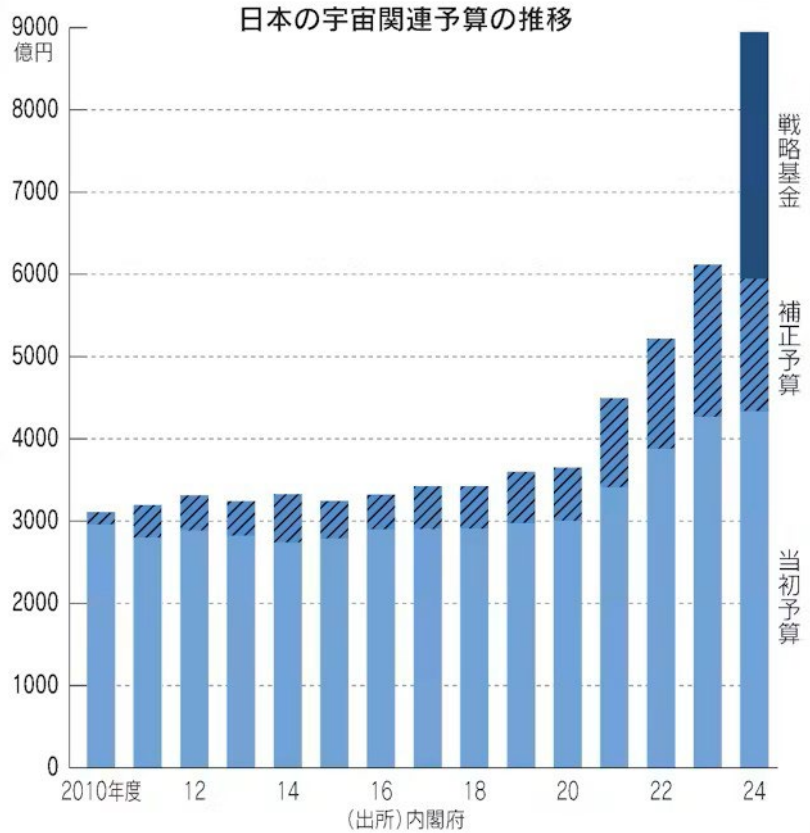


成長産業・安全保障への投資として
10年で1兆円の戦略基金設立！



宇宙分野は超絶バブル！





- 法改正もあり、防衛省からの宇宙関連分野への直接発注も増加傾向にあり
(日本の防衛費は現在約9兆円 (GDPの1.5%))
- 宇宙関連予算はニーズ(顧客)を求め、防衛関連予算での宇宙もDual useを求めている