



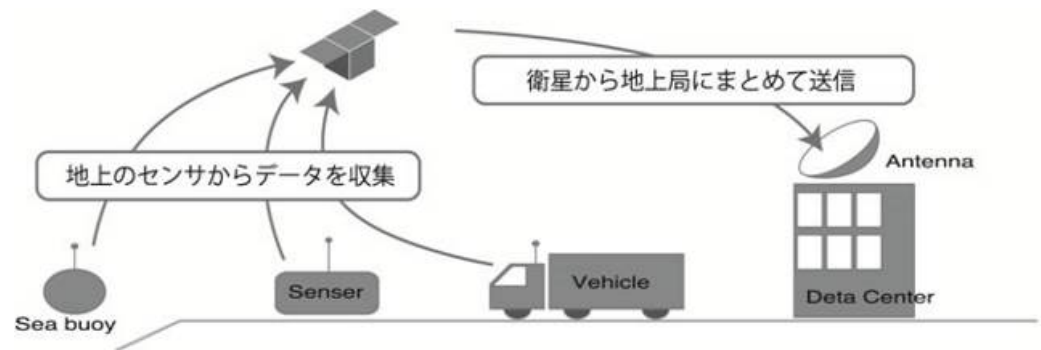
多数機CubesatによるIoTサービスと国際協力

2017年9月22日

福代孝良・松本健
東京大学 工学系研究科
航空宇宙工学専攻

Store and Forwardとは

- 海や地上に置かれた小型の送信機から衛星に向かって付属センサ等で取得したデータの送信を行い、地球を周回している衛星が、送信機から送られるデータを収集していくシステム
- インターネットや携帯電話の電波が無いところで、データ取得が可能になる。
- M2M、IoT・・・



Store and Forwardの期待されている分野

- 水位・水質調査

 - 洪水対策等

- 海洋生物・鳥調査

 - 海洋生物・鳥の行動調査研究

- 山岳地の情報モニタリング

 - 電気・ガスメータ、雪崩警告システム等

Area within the red boundary shows the tributaries distributed among the contributing countries



※UNISEC

SS-520-4号機搭載 TRICOM-1衛星

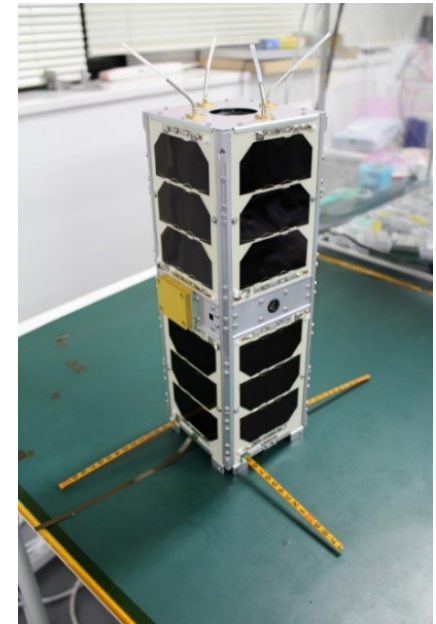
- 概要

観測ロケットであるSS-520を改良し、衛星を軌道投入するプロジェクト。民生品を活用する新たな設計手法や活用技術を開発するとともに、その実証のための超小型ナノ衛星を開発・製造・軌道上実証する。

上記の内容をロケット側とも検討した結果、

- 超小型ナノ衛星→3U級(10×10×30cm)サイズ
(重量3.2kg以下)
- 設計手法・活用技術→地上用高感度無線デバイスを複数利用したS&Fミッションの実証
- 軌道上実証→30日間の軌道上実証期間

を仕様として開発・製造を行った。

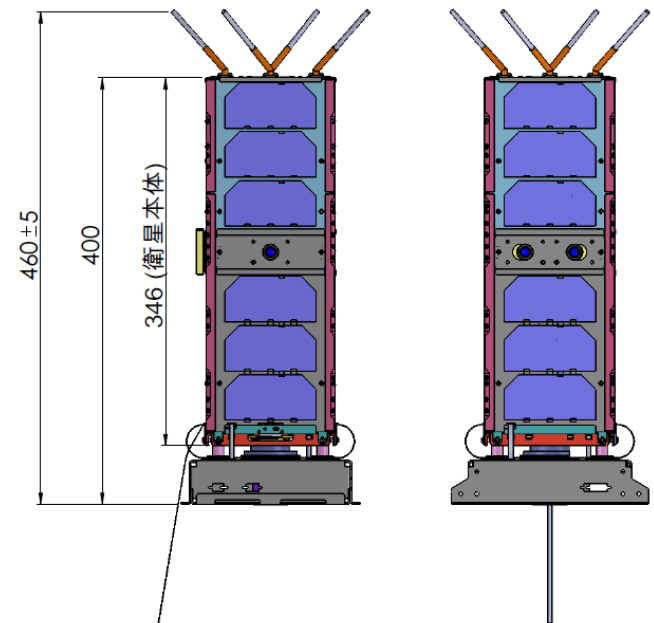
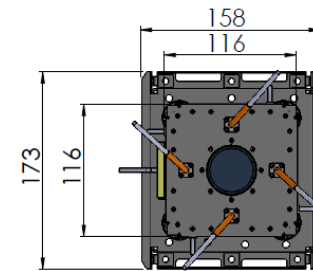


TRICOM-1

TRICOM-1設計&結果

表1 衛星主要仕様

寸法	116 mm×116 mm×H346 mm
	(ミッションアンテナ込みで高さ406mm)
ミッション	カメラミッション
	Store and forward ミッション(S&F)
重量	< 3.2kg (衛星本体)
通信	通信周波数: UHF帯
	通信速度: コマンド: 1.2 kbps (GFSK), テレメトリ: 1.2kbps – 38.4kbps(GFSK)
	アンテナ: コマンド: モノポール, テレメトリ: ターンスタイル
CDH	ほどよしSDK + 再利用性の高いアプリケーションソフト(C2A)



TRICOM-1 S&F

[TRICOM-1 S&F目標]

1. 通信回線

過去の実証衛星では、地上と衛星とのやり取りが、同地点で1回線であり、対応ユーザー数が少ないことが問題となっていた。

→ 同時受信が可能な送受信機の開発

2. 使用周波数

他国に干渉することが過去に問題となり、限定した地域でのみの送信が許可された。

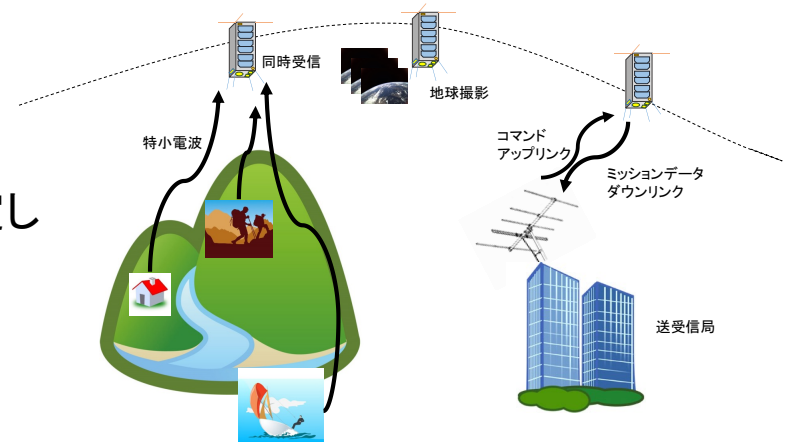
→ 全国で送信可能な送信機の開発

3. サイズ

世界共通の衛星サイズ(1U:10×10×10cm)
の衛星に入る受信機

4. 既存システム例:アルゴス、オーブコム

→ それに比べ低価格での実現を目標とする



S & Fの例

TRICOM S&F システム詳細

- 周波数帯 920MHz、送信出力 20mW(特定小電力)
- 920MHz帯の特小 38ch(200kHz間隔)
- 受信できるのは伝送大域幅の約1割
- スペクトラム拡散(携帯電話や無線LANに使われる技術)
- **本モジュールの宇宙実証は初**



実効伝送速度 (bps)	受信感度 (dBm)
49	-145
146	-139
293	-136

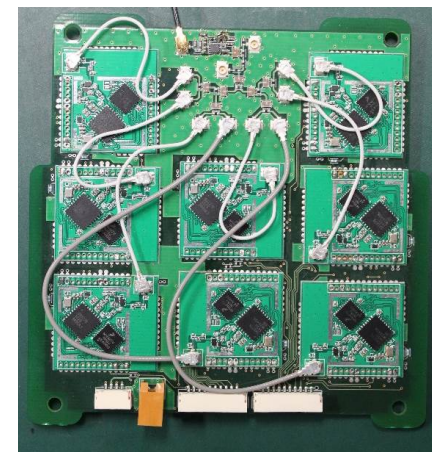
TRICOM-1 ミッション機器:Store & Foward

衛星側受信機

項目	仕様
周波数	920MHz帯
無線免許	特定小電力無線局(技術適合証明)受信機なので適用外
電源	5V,500mA以下
受信感度	-132~-145dBm(ビットレートにより可変)
複数同時受信	8波
ビットレート	45,146,293bps
変調方式	LoRa

地上側送信機

項目	仕様
周波数	920MHz帯
無線免許	特定小電力無線局(技術適合証明)送信機であり, TELEC通過済み
電源	5V,100mA以下(USB給電)
ビットレート	45,146,293bps
変調方式	LoRa



衛星側受信機



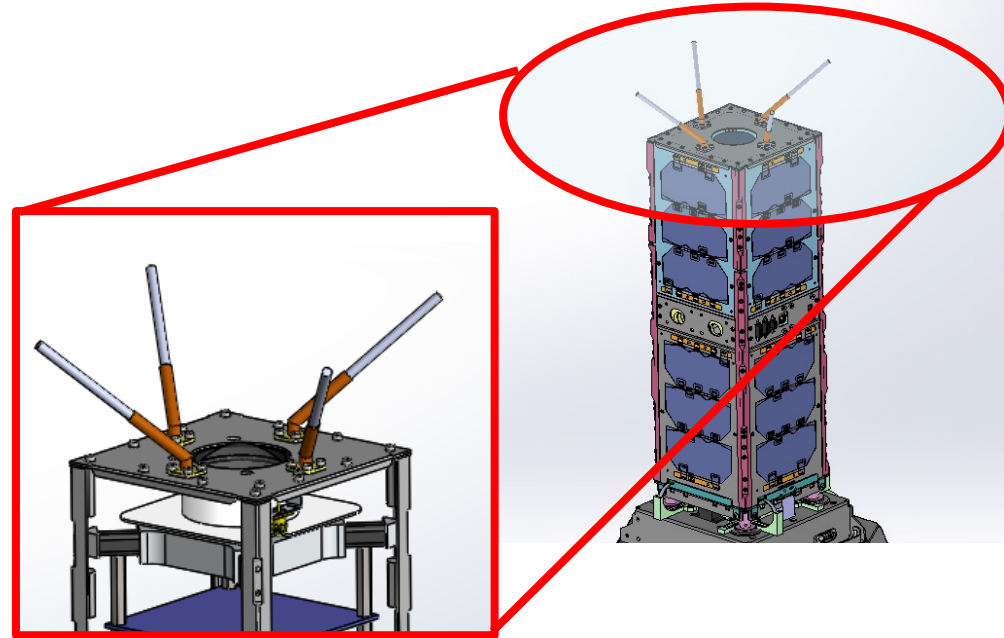
地上側送信機

TRICOM-1 S&F搭載アンテナ

- 衛星の姿勢が乱れるため、全方位に利得が必要
- 円偏波
- ロケットの振動・衝撃に耐えられる

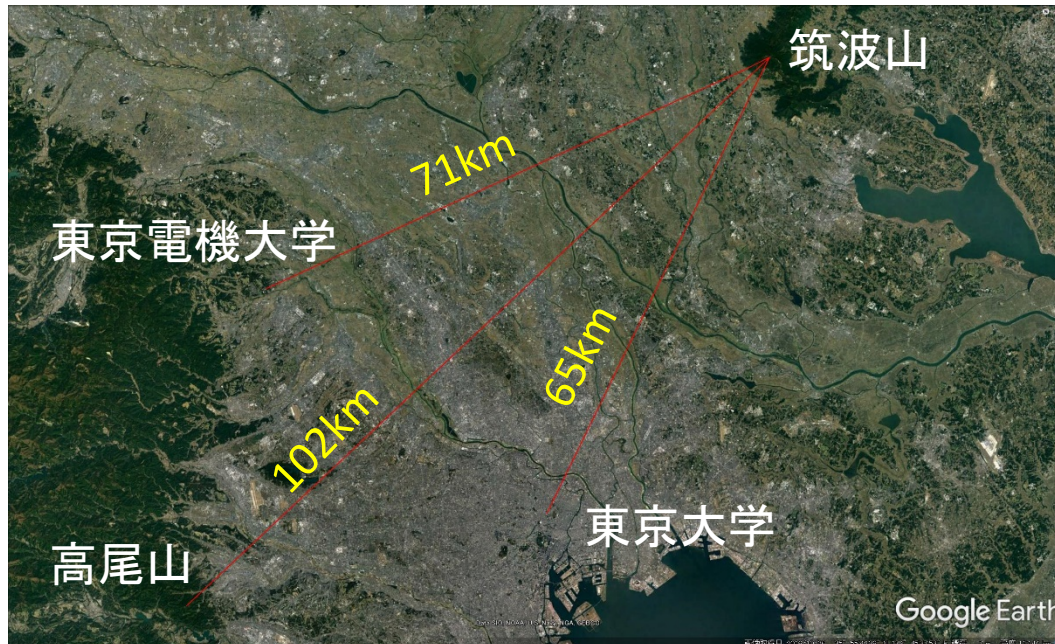


- 天井面にターンスタイルアンテナを採用することで、円偏波・全方位利得
- 最大利得: 6.6dBi



TRICOM-1 ミッションS&Fフィールド実験～筑波山～

- TRICOM-1搭載受信機の性能試験として、筑波山-東大・東京電機大・高尾山間での通信実験を実施した。
- 送受信機は衛星搭載機と同じモジュールをそれぞれ1つ使用した。
- 通信速度は49bpsで実施。
- 計算上49bpsで2000km, 293bpsで600kmまで通信可能な条件。
- 筑波山-高尾山間の通信が確立された後、293bpsでATTを入れて受信感度を調べた。



受信機(筑波山)



送信機(高尾山)

TRICOM-1 ミッションS&Fフィールド実験結果

49bpsにおける通信結果

場所	受信確認
筑波山-東大	9/10 受信成功 1パケットは文字化け
筑波山-東京電機大学	10/10 受信成功
筑波山-高尾山	10/10 受信成功

293bpsにおける通信結果

場所	受信確認
筑波山-高尾山	10/10 受信成功

- ✓ ATTを入れた実験では、**受信電力-129dBm**でエラー無しの受信に成功。
- ✓ ATTを更にいれ、-132dBmでは、4/10回受信に成功。

受信電力から293bpsで300kmまで通信可能であることを確認
TRICOM-1衛星搭載システムであれば、アンテナの感度が上がるため、550kmまで通信可能

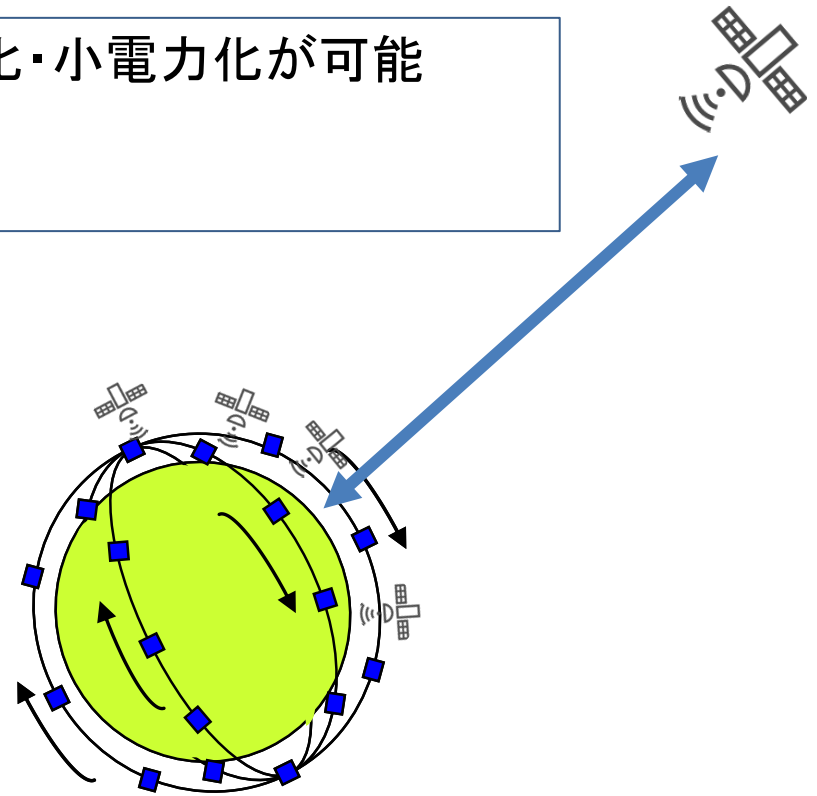
低軌道周回衛星による通信ネットワークのメリット

- 衛星・地上の両側の通信機器の小型化・小電力化が可能
- 高頻度の打上げ・更新が可能
(最新技術の導入スピードが早い)



新たな通信ビジネスとして
大型投資計画・新規参入が進む

O3B OneWeb Orbcomm
Iridium etc..



課題：多数の衛星が必要

資本力では太刀打ちできないが、オープン・イノベーション、
参加型、シェアリングによって対応

国際協力方針①

- ◆ 衛星製造教育と一体となった通信機能シェアリング
- ◆ 超格安小型2U、3U、低速・低容量通信に特化
- 自治体・途上国・大学・中小企業に超小型衛星の製造を指導・コンサルティング
- 共有されたオープン通信網を活用したビジネス・プラットフォームを構築

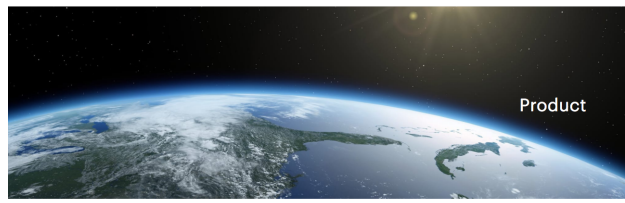
- 既にアフリカ・東南アジア各国、自治体、中小企業からの要望多数あり。
- 東京大学、九州工大、慶應義塾大学との連携により展開予定






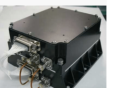
CONGRATULATIONS!

YOU COMPLETED THE LECTURE.

LECTURE DESCRIPTION

This lecture is an overview of thermal design of satellite. Topics included in this lecture are "Why thermal design is needed?", "How the temperature of each part of a satellite is determined?", "Calculation of solar heat input depending on orbit-sun/light relationships", "Design freedom for thermal design" and "Thermal design sequence".



<p>Home / Products</p> <ul style="list-style-type: none"> Smallsat Cubesat AOCs/Propulsion Power Onboard Computers Structures Actuators & Sensors Communication Thermal Control Satellite Kits Ground Station Testing Launch Services Materials Others 	 <p>S-band Telemetry Transmitter</p> <p>Address Corp. ¥1,800,000</p>	 <p>S-band Command Receiver</p> <p>Address Corp. ¥2,400,000</p>	 <p>Address Bus Unit for Nanosatellite</p> <p>Address Corp. ¥4,800,000</p>
	 <p>UHF Transmitter</p> <p>Address Corp. ¥400,000</p>	 <p>Command Signal Generator</p> <p>Address Corp. ¥3,300,000</p>	 <p>X-band Telemetry Transmitter</p> <p>Address Corp. ¥9,000,000</p>

国際協力方針②

◆ 通信インフラを活用したラストワンマイルのソリューションを提供・推進

➤ 持続可能な開発目標(SDGs)への貢献

地上ネットワーク未整備地域等に雨量計網整備・水モニタリングルワンダを中心としスマートアフリカと提携、アフリカ全体へ拡大

* UNDPイノベーションファンド事業としてルワンダにて実証開始

**スマートアフリカは既に約18カ国、アフリカ連合、ITU、世界銀行、アフリカ開発銀行等の国際機関、民間企業によるイニシアチブ

スマートアフリカ Member States

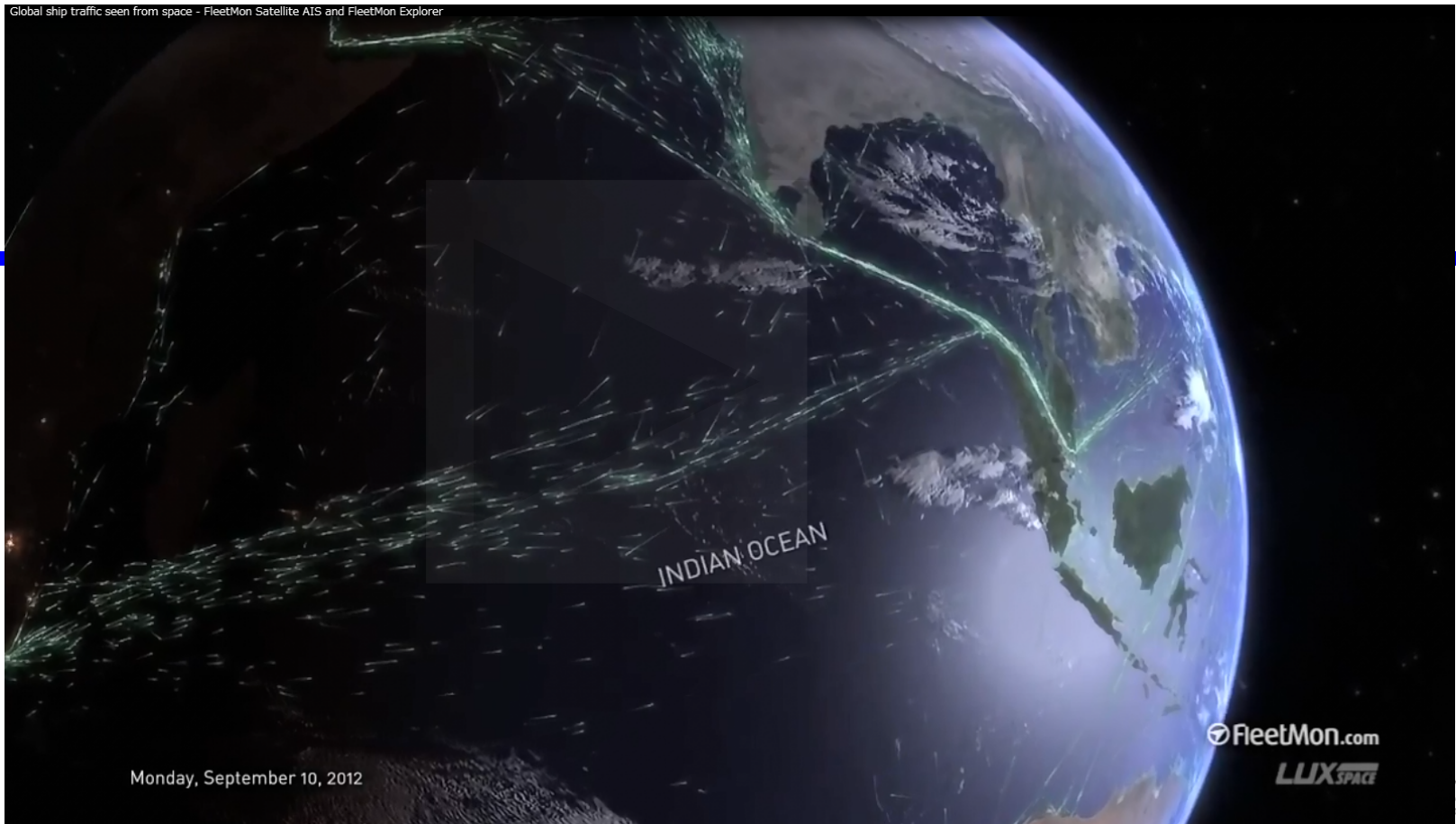
1. Republic of Rwanda
2. Republic of Uganda
3. Republique du Gabon
4. Republic of South Sudan
5. Republic of Kenya
6. Republique du Senegal
7. Republique du Mali
8. Republique du Chad
9. Republic of Angola
10. Republic of Burkina Faso
11. Republic of Djibouti
12. Republic of Côte d'Ivoire
13. Republique de Guinée
14. Republic of Egypt
15. Republique du Benin
16. République Togolaise
17. Republic of Niger
18. REPUBLIC OF TUNISIA

➤ 海洋プラットフォーム構築

インドネシア漁船管理・漁場監視に向けた通信網構築



- * 現在のAIS・VMSは初期費用10万円程度、通信費用も年数万円。
超小型衛星と小電力送信機のシステム活用により、9割のコスト削減可能。
大型船舶のみならず、世界の430万隻の漁船へ搭載が可能となる。
- **海洋ブイ、津波波浪計にも応用可能。



発展可能性・社会的意義

宇宙技術によって世界中のヒト、モノを繋げる

- ◆ 地球上の大半を占める海洋全体、また、インフラ未整備なアフリカ低開発地域、山岳・自然地域へIoT-M2M通信網を提供
- ◆ 地上インフラに依存しない、全球ネットワークのオープンなプラットフォームを構築する。

リスク要因・課題からチャンスへ

アセット・技術リスクを抱えず、オープンイノベーションにより、
新技術を柔軟に導入・最速での技術更新を実現)

- ◆ 現在は約300bpsの限られた通信であるものの、急速な技術革新が進む
- ◆ キューブ衛星にはカメラやセンサーも搭載可能。世界的な低軌道超小型プラットフォームを有することで、軌道上への新技術の実装を実現し、新たな低軌道利用ビジネスサービスへの発展可能性もあり。