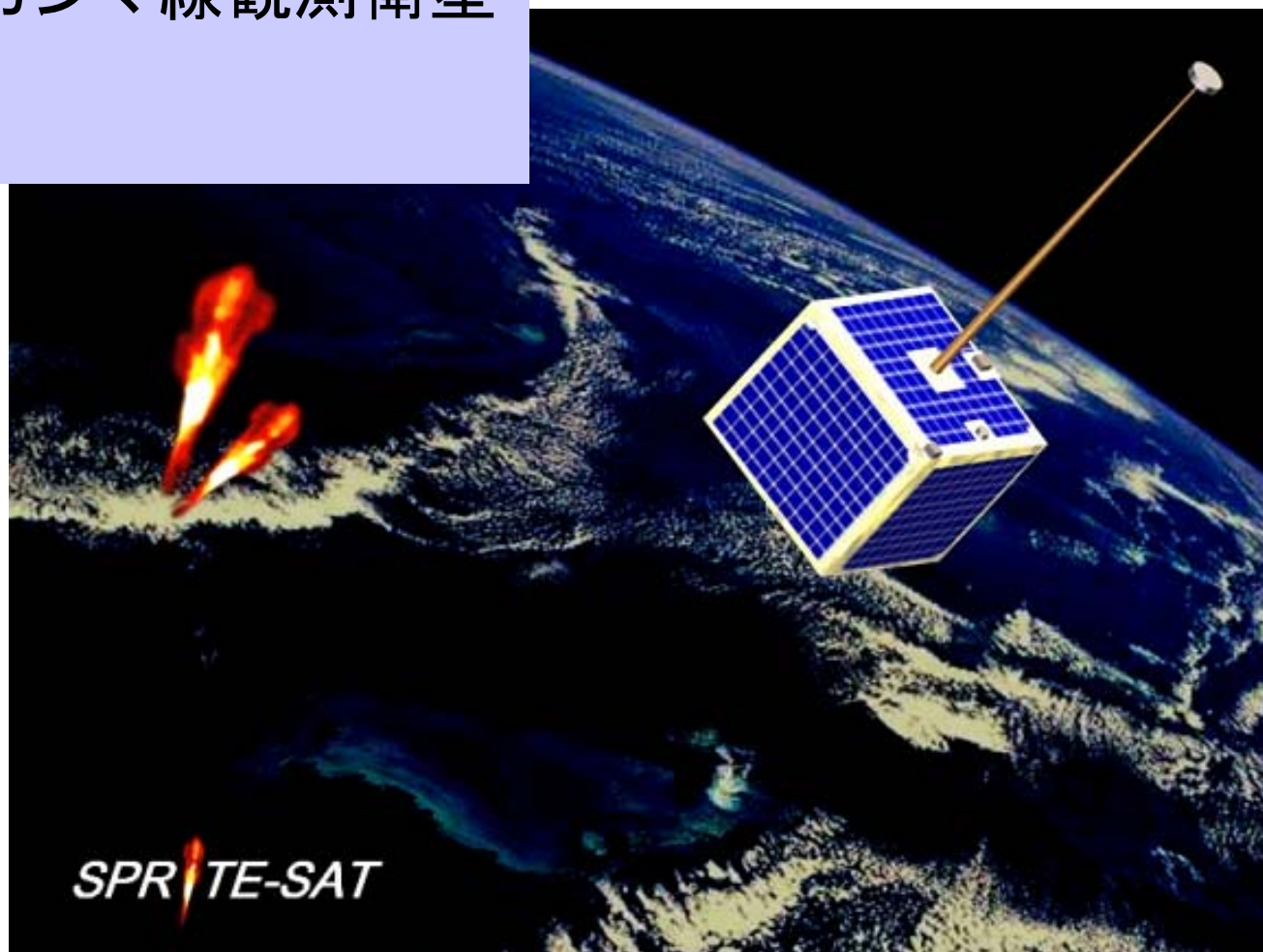


東北大学 スプライト/地球ガンマ線観測衛星 SPRITE-SAT

東北大学
スプライト観測衛星開発チーム



2007/7/23 小型副衛星合同ワークショップ

東北大・学内理工連携による小型衛星開発の背景

大学院理学研究科

- 宇宙空間における科学計測で、**飛翔体機器開発に卓抜した実績**。
Akebono/MGF, Nozomi/UVS, FORMOSAT-2/ISUAL-AP, Planet-C/LAC, etc...
特にインハウスに近い形で台湾衛星(FORMOSAT-2)に機器搭載
- スプライト・雷放電、オーロラなど、**超高層大気発光現象**の光学および電磁場計測に基づく研究で世界をリード。

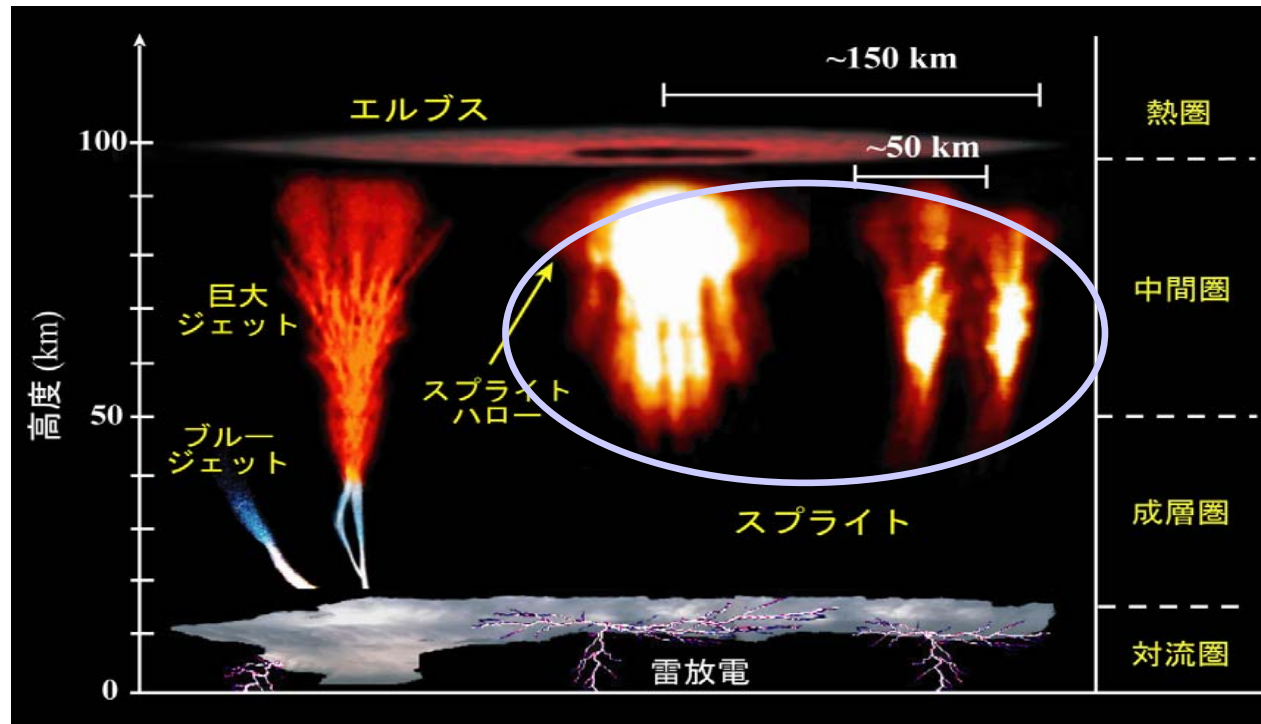
大学院工学研究科

- JAXAの「**ETS-VII**」や「**はやぶさ**」など技術試験衛星での重要な貢献に加え、
月・惑星探査ロボット(**ローバー**)研究で成果。
- **衛星設計コンテスト**で設計対象をはじめとした上位入賞の常連。流星観測衛星
(LEOLEO) の検討経験。

2000年から小型衛星、ロケット観測、大気球実験など、飛翔体プロジェクトを共同で推進、学内体制を整備

TLE/TGF 研究の背景と東北大学の貢献

スプライト: 雷放電に伴う中層・超高層大気 **過渡発光現象(TLE)** のひとつ。最初(1989年)に発見された、最もポピュラーな現象



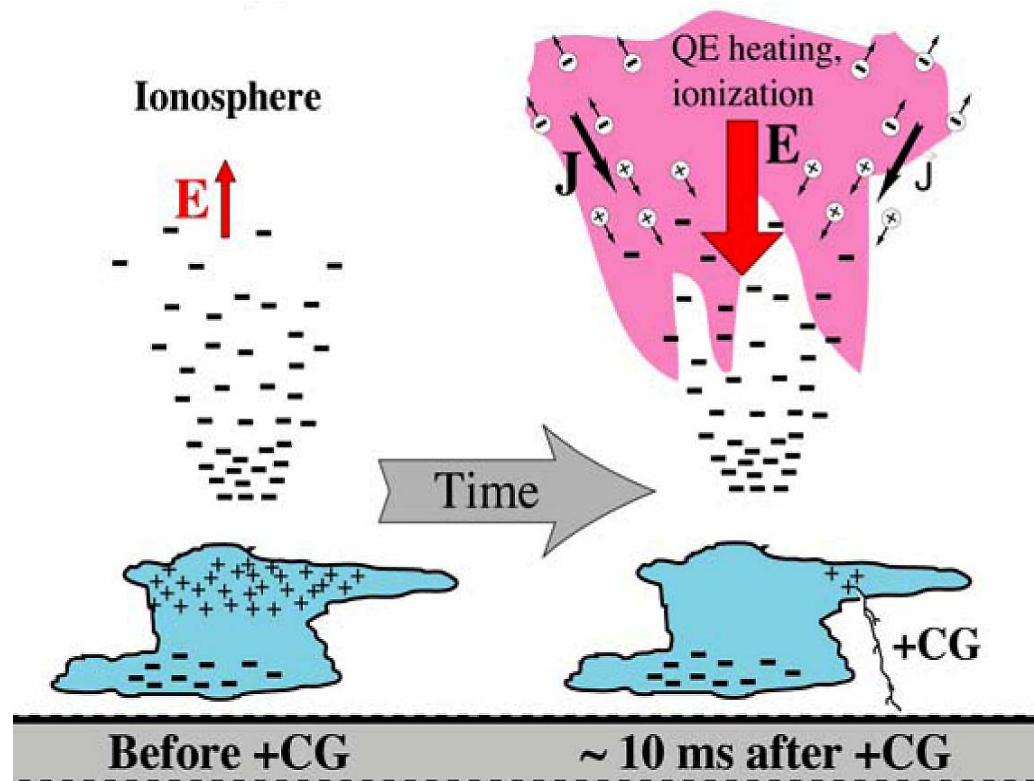
- 高度40-90kmで、雷放電直後に数ms - 数10ms発光
- 肉眼で確認できるほど明るく、はっきりした構造を持つ
- 類似発光現象(TLE)の発見がまだまだ続いている
- 膨大な発生数 地上観測で100-300個/日、**全球では数1000 - 1万個/日**か
- **水平構造・メカニズムがまだまだ未解明**
- 大気組成への影響も示唆される
- 恒常的衛星観測は台湾FORMOSAT-2のみ

TLE研究における東北大学グループの貢献

- 1995-1999年に米国での大規模地上観測キャンペーンに参加
 - 類似現象の**エルブスを発見** (1995年)
 - 鉛直伝搬をとらえる多チャンネル高速測光器を開発、観測に成功
 - 現在では世界的な標準観測機器に
 - **冬季の小規模・低高度の雷雲**でも発生することを発見(1998年)
 - 雷放電エネルギーを推定できる、常時稼動**磁場観測(ELF)世界ネットワーク**を構築
 - 台湾**FORMOSAT-2衛星**に、高速測光器を搭載(2004年打上)
 - 世界分布の把握
 - 鉛直構造を決定する物理要因を特定
 - 大気組成への影響を見積もる数値実験を実施 **NOxの6-7桁増大**を示唆
- 数多くの大規模国際学会・ワークショップで招待講演
- 文部科学省・科学研究費等の競争的研究資金採択
 - 科研費・基盤A(2005-(2008)年度)、科研費・基盤B(2006-(2008)年度)
 - 公募地上研究(2005-2006年度)、科研費・特別推進(2007-2010年度)

スプライト発生のメカニズム

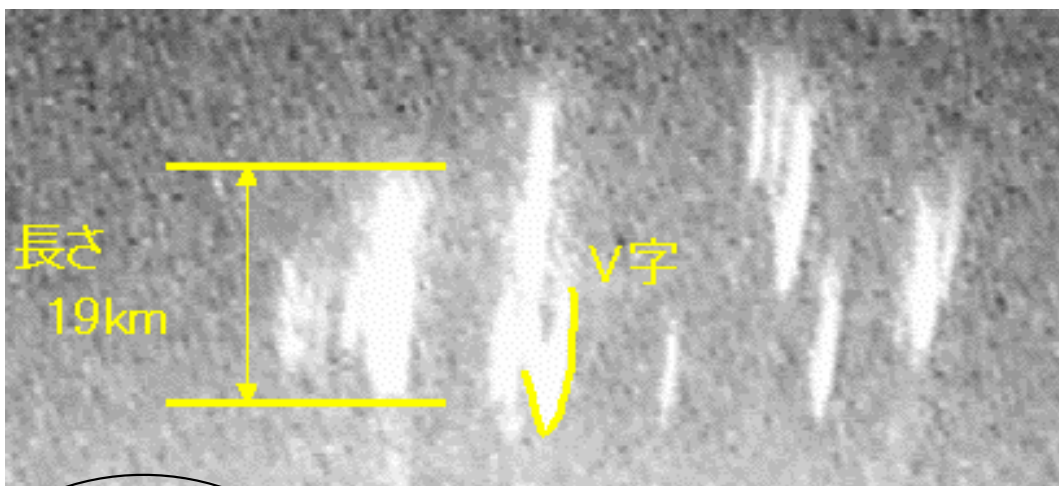
スプライト発生のメカニズム



従来の準静電場モデル

これだけでは形状やタイミング、発生条件を説明できない

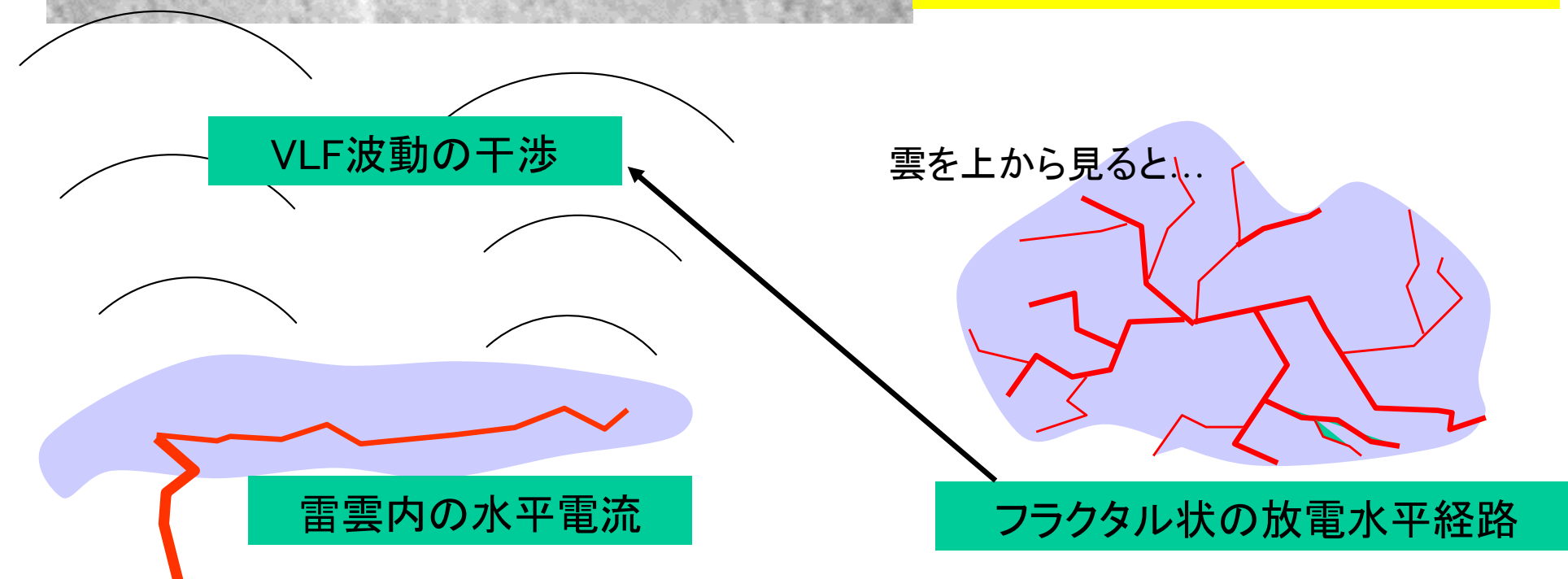
スプライト現象



円柱構造の分布の原因

TLEの落雷位置からのずれ

落雷からTLE 発生までの時間差

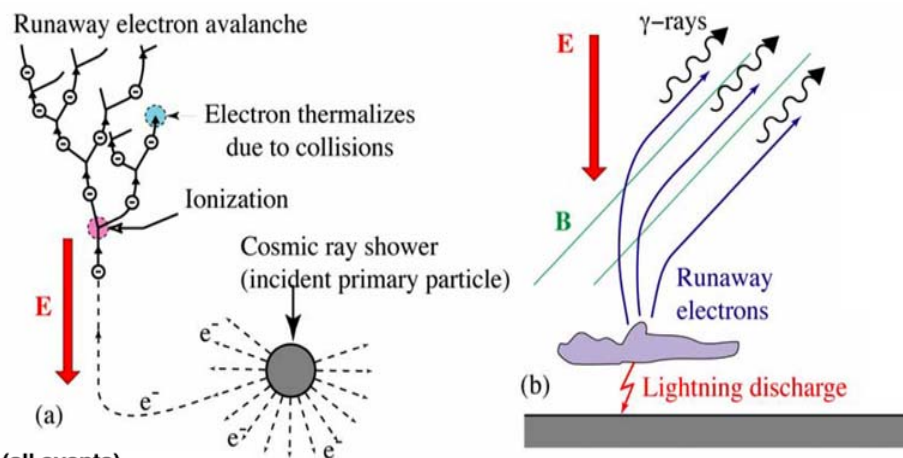


→ スプライト・雷放電の水平構造の撮像が不可欠

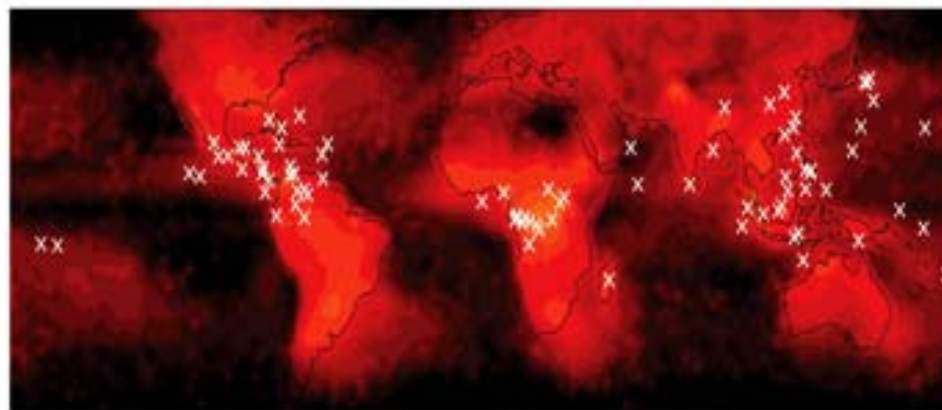
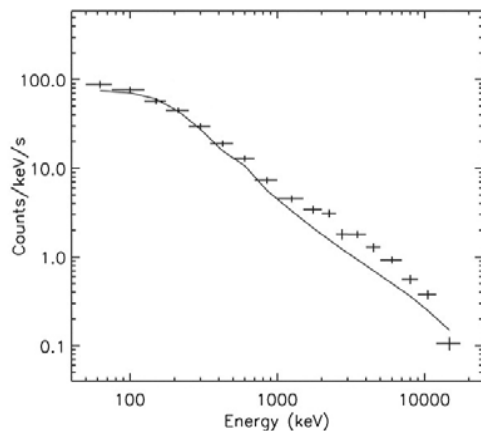
地球ガンマ線(TGFs)の観測

地球ガンマ線 : TGFs

2004年にガンマ線天文衛星によって大量に検出された
宇宙最高クラス(up to 30 MeV) のエネルギーを持つガンマ線現象。絶縁破壊による逃走電子が原因か。



Spectrum (all events)



→ 地球ガンマ線と雷放電(イメージ、VLF放射)の同時観測が求められている

衛星搭載観測機器

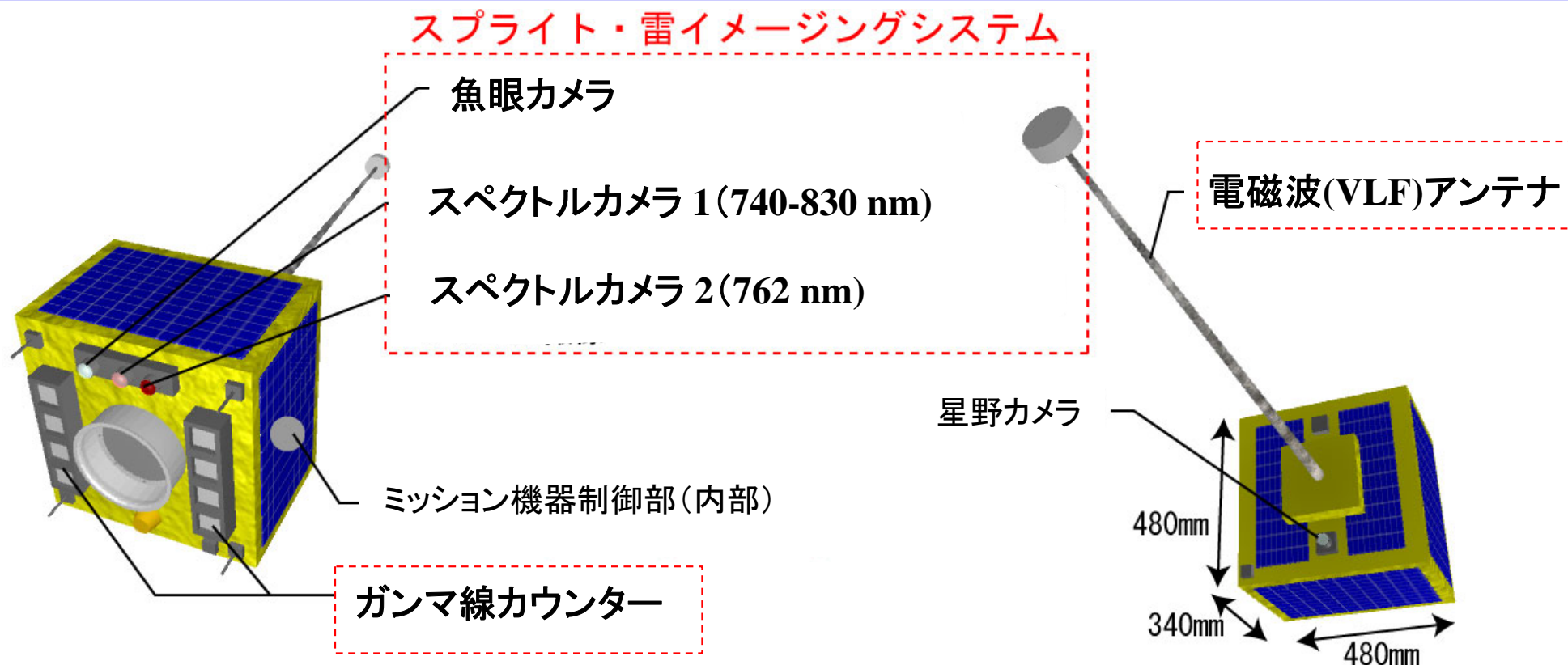
搭載科学計測器:

スペクトルカメラ(2台)

魚眼カメラ

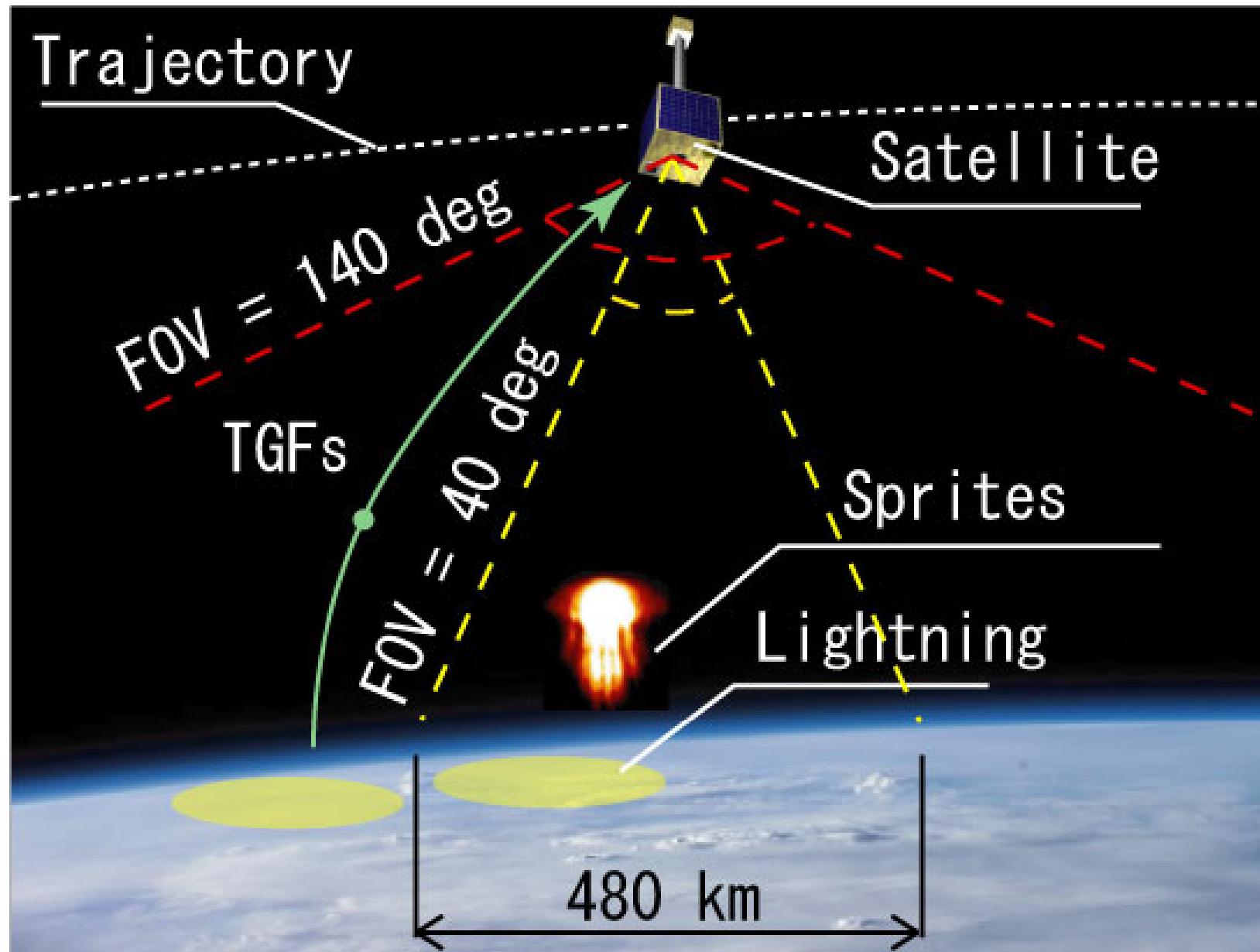
ガンマ線・高エネルギー電子カウンター (カリフォルニア大学サンタクルツ校の協力)

電磁波計測器(VLF) (スタンフォード大学が提供)



総重量 : 50 kg以下 (科学観測機器 : 約5 kg)

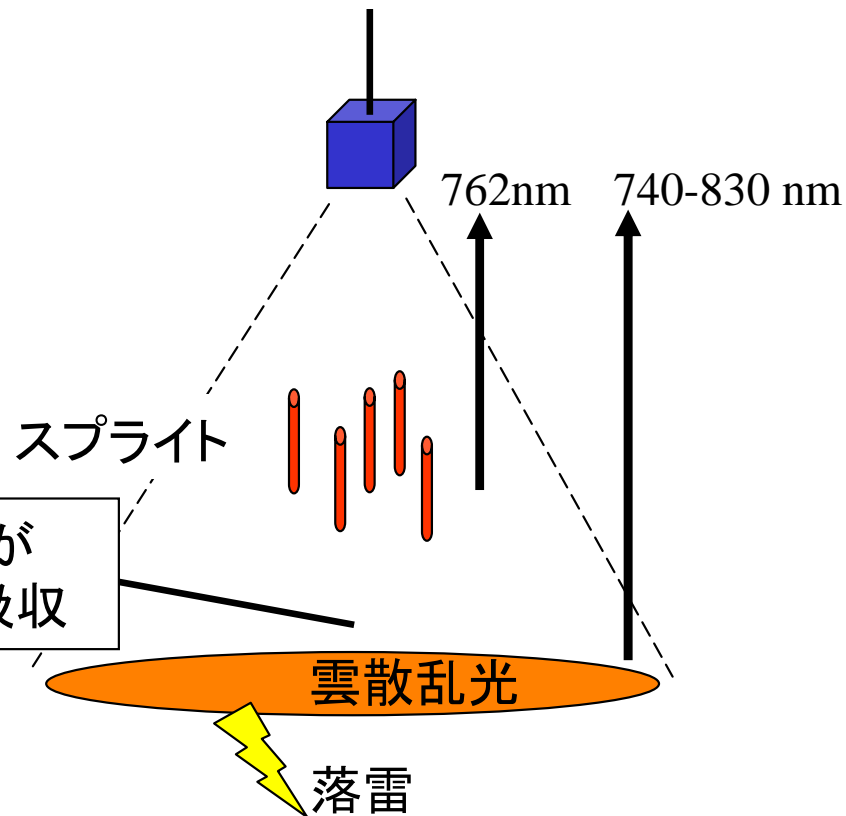
総電力 : 18 W at maximum



観測モード

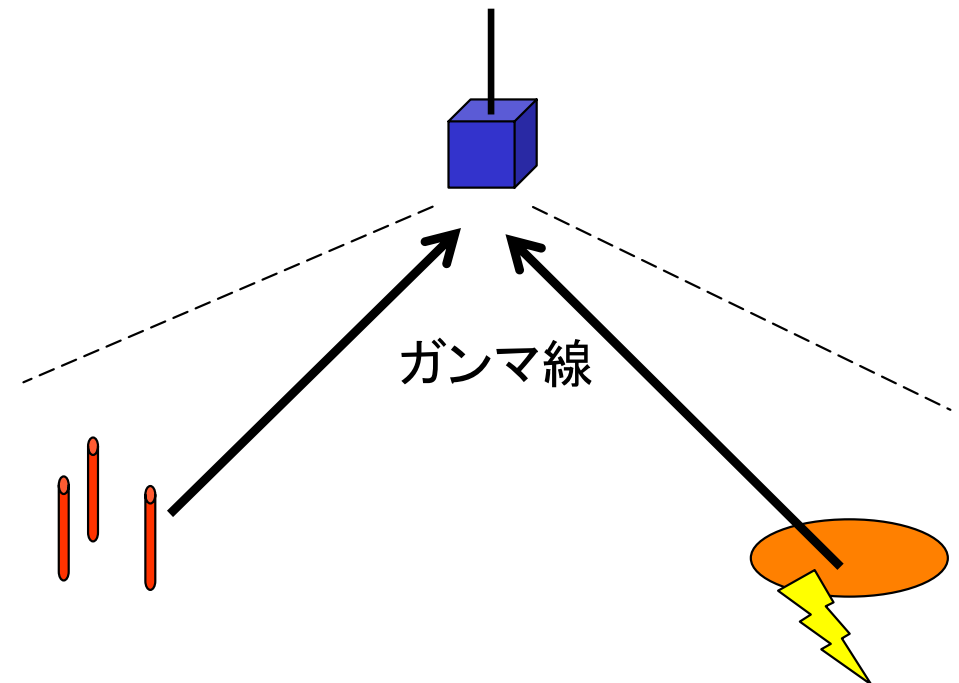
スプライト観測モード

スペクトルカメラ(740-830 nm, 762nm)を使ってスプライトの水平分布を撮像。



TGF観測モード

ガンマ線カウンターと魚眼カメラを用いて、地球ガンマ線と雷放電の関係を明らかにする。



小型衛星ならではの柔軟性・短期開発

最新のトピックスへ挑戦とサイエンス動向への柔軟な対応

- 立案から打上げまで3-4年 ←中・大型衛星は～10年
- 大量の地球ガンマ線の発見が公表(2004年12月)
 - 迅速な仕様変更(ガンマ線計測の改良、VLFセンサー追加)

高い国際競争力と国際協力の実現

2008 SPRITE-SAT



2011 TARANIS (CNES) 日本チームのセンサーも搭載

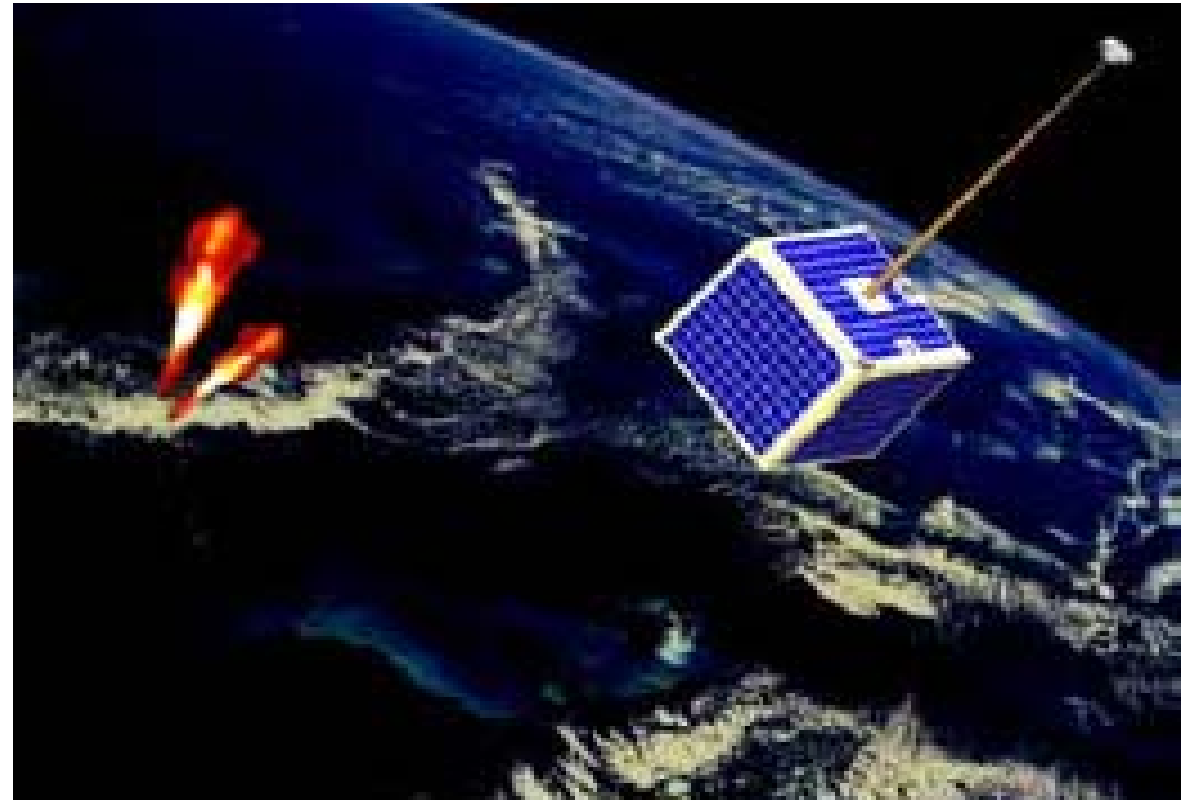
2011 ASIM/ISS (ESA) + JEMミッションを提案中

→ 世界に先駆けた新しい科学方法論の提示

小型衛星による先端研究＋中・大型ミッションへの展開

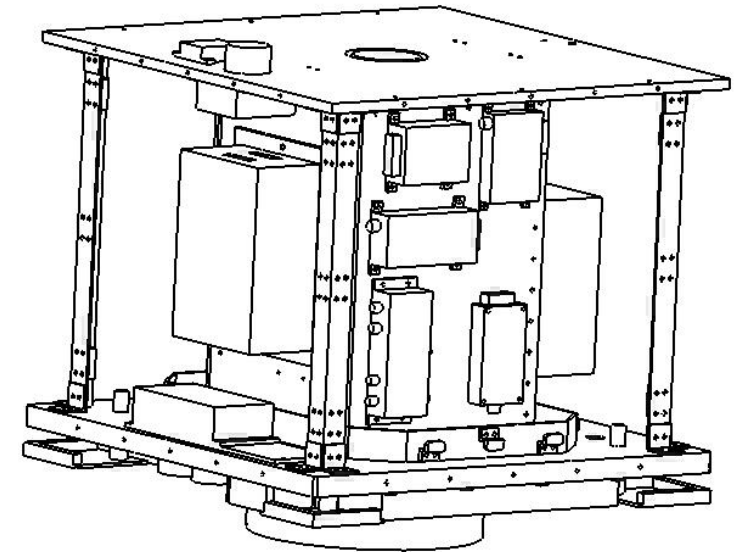
主な設計仕様

- 寸法 490 x 490 x 440
+ Φ 225 x 50 mm
- 重量 46.77 kg
- ミッション機器
 - CMOSカメラ 2台 (雷・スプライト撮像)
 - CCDカメラ 2台 (雷・恒星撮像)
 - ガンマ線カウンタ、VLFアンテナ
 - SHU (Science Handling Unit)
- 姿勢・位置
 - 重力傾斜安定方式
(1mブーム, 3kg先端質量)
 - センサ: 地磁気センサ, 太陽センサ, GPS
 - アクチュエータ: 磁気トルカ (2軸), 伸展ブーム
- 電力
 - 太陽電池セル NiMHバッテリー
 - 消費電力: 最大 16.91W,
最小 10.81W
- 通信(通信局: 東北大学)
 - Uplink: UHF, 1200bps
 - Downlink: S, 0.1W, 1200bps or 9600bps
- 想定軌道
 - 太陽同期起動, 高度660km, 周期98min
 - 傾斜角98deg, 地方時13時

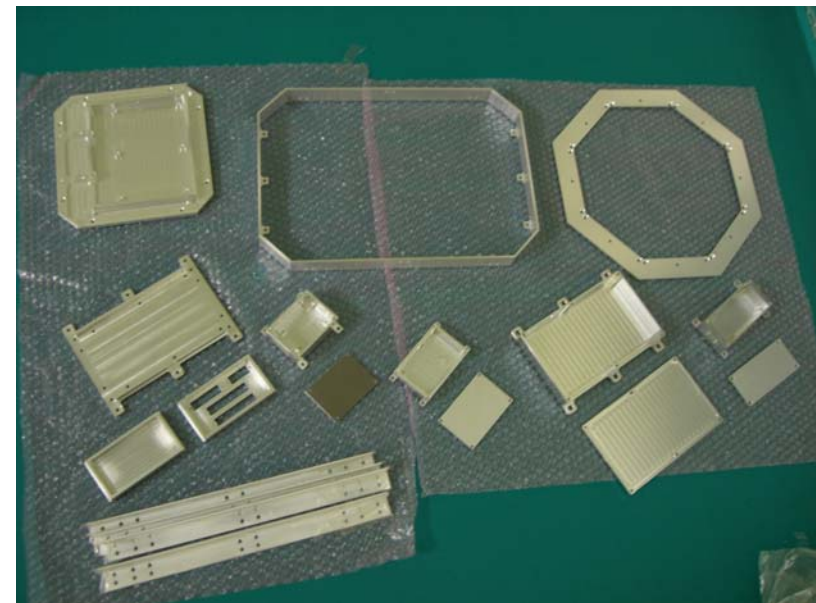


構造

- 上面・下面・側面パネルはハニカムサンドイッチパネルを使用
- 太陽電池はボディマウント方式
上面・側面の5面に搭載
- 中央支柱構造であり、支柱はアルミ合金で製作
- 分離機構: PAF239M



SpriteSAT FM (イメージ図)

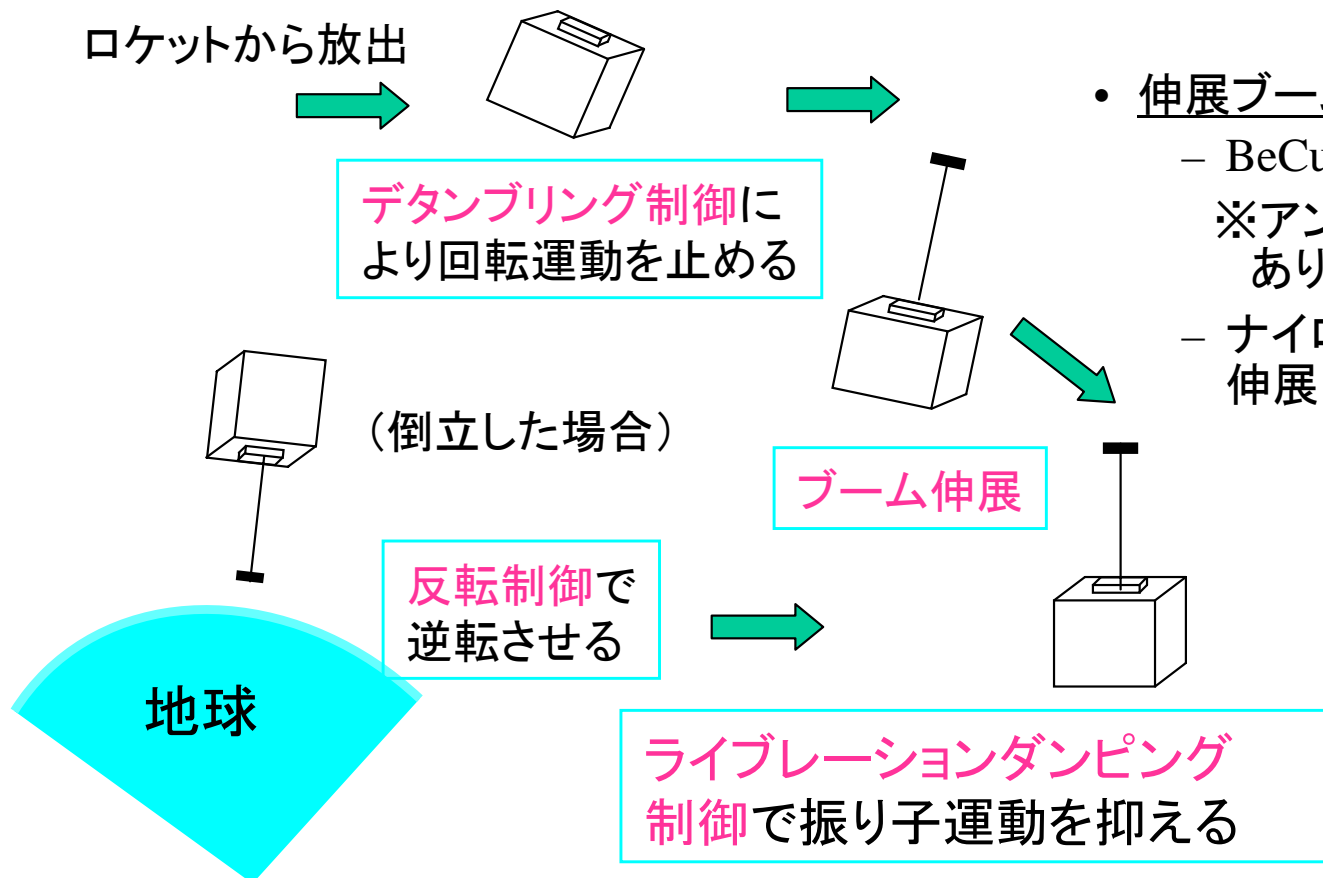


FM機器ケース

姿勢制御方式

重力傾斜方式により, ミッション機器搭載面
パネルを地球方向に指向 (目標精度3度)

姿勢制御の流れ



姿勢検出／制御機器

- 三軸磁気センサ (Honeywell社)
- 太陽センサ (太陽電池セル出力)
- 磁気トルカ2軸、伸展ブーム
- 宇宙用GPS (スペースリンク(株)製)

伸展ブーム

- BeCuブーム ((株)システム計測製)
※アンテナプローブとして宇宙で使用実績あり
- ナイロンテグスの焼き切りでラッチを開放し伸展開始 (火工品は使用しない)

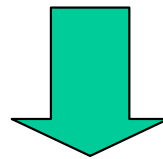


BeCu (ベリリウム銅)

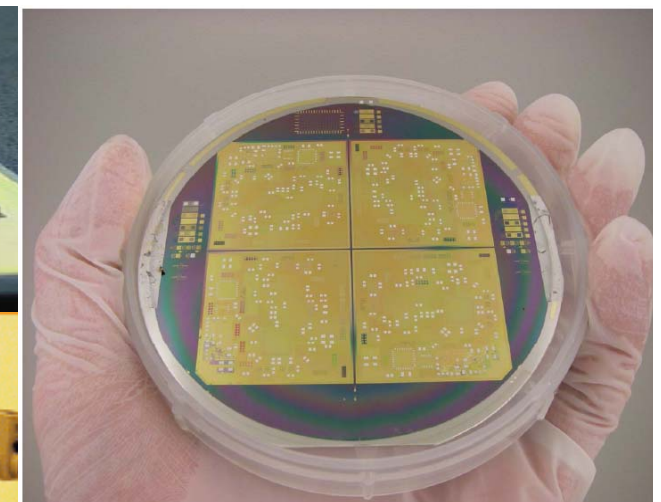
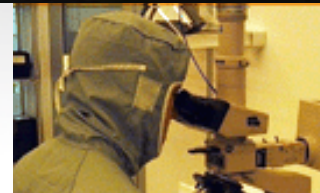
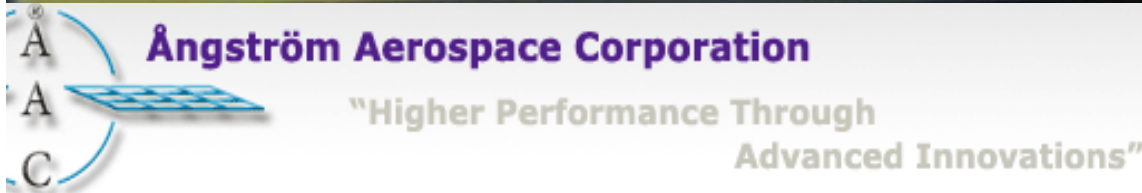
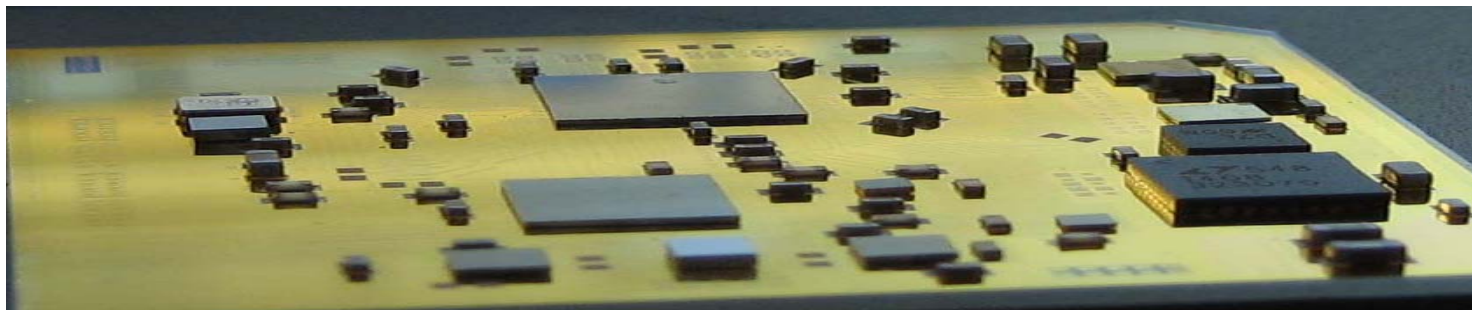
工学ミッションとしての新規チャレンジ

TAMU (Tohoku AAC MEMS Unit)

- 宇宙環境におけるMEMSチップの使用可能性の検証試験
- スウェーデン・ウプサラ大学(東北大学との学術協定校)および
オングストローム・エアロスペース・コーポレーション社からの技術支援



宇宙MEMS:新しい宇宙ビジネスに向けて道を拓く！！

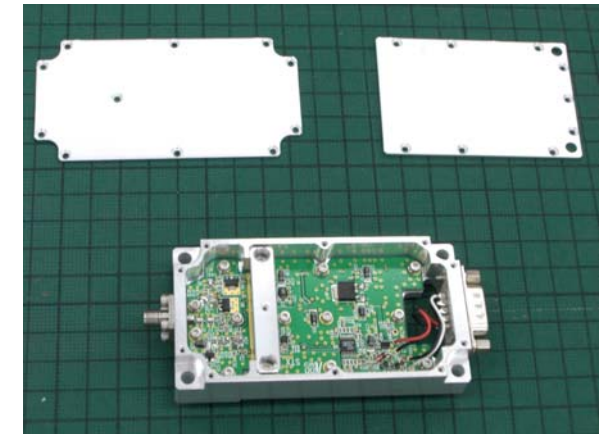


衛星開発・運用環境

• バス機器開発

宇宙機器の開発実績を持つ信頼のあるメーカーに設計・製作を依頼

- 送信機・受信機: (株)アドニクス、三協特殊無線(株)
- アンテナ: 三河兵司氏(アンテン(株)出身)
- 搭載計算機: (有)ナノテクス、(株)エーディー
- 電源系機器: (株)日本エレクトロニクス



SpriteSAT STX
(Sバンドテレメトリ送信機)



SpriteSat専用 3m級 衛星追跡用アンテナ
(東北大学)



SpriteSat専用クリーンブース
(東北大学)



PM噛み合い試験の様子

