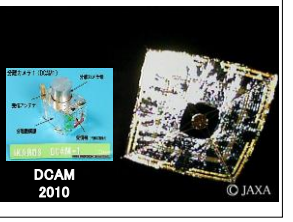
UNISEC Workshop 2018
静岡大学浜松キャンパス　平成30年12月2日

スマート宇宙システムの研究開発拠点構想

松永　三郎

東工大・工学院・機械系
教授

CUTE-I (2003~)　CUTE-1.7+APD (2006~2009)　CUTE-1.7+APD II (2008~)　TSUBAME (2014~2015)



背景と課題認識

世界ではNewSpaceが民間主導・革新的低コストな宇宙ビジネスを大展開中：1万機編隊、即時大量生産、超小型衛星用ロケット、、、
日本でも超小型衛星を利用したベンチャービジネスが展開され，他分野からの新規企業参入も増加．

課題：

① 新規参入の宇宙利用企業（特に，衛星データ利用企業）や研究者（以下，新規参入者）の，衛星の性能・機能への高い期待と，実際の超小型衛星の性能・機能とのギャップ，

② 衛星製造の低コスト化への高い期待と現実とのギャップ，

③ 衛星運用の設備・人員の確保やコストの見積もりが不十分

問題）日本で宇宙プロジェクトやビジネスが創出・展開しずらいのはなぜか？

回答）ユーザーに分かりやすい気の利いた宇宙機器・システム（＝スマート宇宙システム）ではなかったから！？

文部科学省の宇宙航空科学技術推進委託費

本構想は，文部科学省の宇宙航空科学技術推進委託費に採択

「新宇宙産業を創出するスマート宇宙機器・システムの研究開発拠点」

代　　表：　東工大・松永
実施期間：　平成30年8月31日から平成33年3月31日
実施体制：
主管実施機関　東京工業大学（松永三郎，古谷寛，谷津陽一，林崎規託）
共同参画機関　日本大学（宮崎康行），テクノソルバ（中村和行），
サカセ・アドテック（渡邊秋人），天の技（工藤 裕）

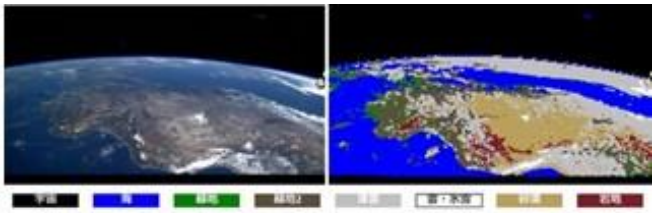
様々な大学、研究機関、企業からなる多くの研究協力者（随時参加募集）の協力の下，本事業を実施する

①スマート宇宙機器等の実用化研究等

スマート宇宙機器の重要な具体例として，様々な応用が見込まれている以下3つの機器に関して，商用を見込んだ基本仕様等の検討等を行う.

a)　機械学習利用姿勢・観測センサ
「AI技術による衛星画像解析とその応用方法の検討」
担当：　天の技・工藤、東工大・谷津

軌道上で瞬時に物体認識（スマート宇宙機器）



運用当番がいなくても、勝手に価値あるデータを取得
軌道上でのデブリ捕獲等にも応用可能

①スマート宇宙機器等の実用化研究等

b) 軽量高剛性伸展収納ブーム・アレイ,
担当： サカセ・渡邉、東工大・古谷

・靭性を有する熱可塑性樹脂母材の炭素繊維複合材料CFRTP
・波形閉断面を有する高展開力伸展収納ブーム
小さく畳んで大きく展開（スマート宇宙機器）

小型衛星のサイズ制約を超える高付加価値なプラットフォームを実現
高速通信アンテナ・大面積太陽電池アレイ ⇒ SARサービスへ

①スマート宇宙機器等の実用化研究等

c) 高速通信用展開アンテナ
「小型衛星用高精度展開アンテナの開発」
担当： テクノソルバ・中村、日大・宮崎

将来の小型SAR衛星用の高速大容量通信用や小型SAR衛星用の小型衛星に搭載する展開アンテナのターゲットとして、開口径φ1～2m (収納時長さ 0.5～1m) 程度を想定した研究開発を行う。ファセットサイズを小さくして高周波数化を試みつつ、質量や収納サイズなど必要なリソースをなるべく小さくする。

小さく畳んで大きく展開、しかも高精度（スマート宇宙機器）

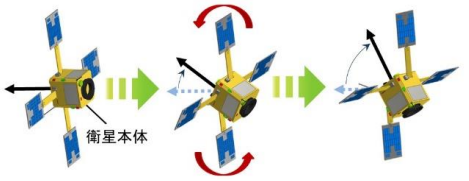
②可変形状機能超小型衛星システム等のスマート宇宙システムの設計・開発・評価等

展開型太陽電池などを可変駆動させる可変形状機能は，迅速変更と高指向安定の両立を図る姿勢制御，大気抵抗や太陽輻射圧などを利用する軌道制御が実現でき，編隊地球観測・リモセン・深宇宙探査等に応用が期待.

本機能を有する超小型衛星システム「ひばり」を対象に，商用を見込んだ基本仕様を検討する.

担当： 東工大・松永

展開機構のスマートな応用



可変形状姿勢制御VSAC

③試験運用設備の利用サービスの提供等

a) 放射線実験施設等

耐放射線技術に関して，東京工業大学のC60照射室と連携し，大学，民間企業等のユーザーによる照射試験の実施機会を確保して試験実施を容易にする仕組みを作るとともに，今後のサービス向上を図るための検討を進める.

b) 海外地上管制運用局等

通信技術に関して，マサチューセッツ工科大学が管理するシンガポール局（Sバンド）等のリモート運用のための検討を進める.

c) スパコン等を用いた軌道上観測データ・処理技術等の知見共有サービス等

取得した大量データをスパコン等の高性能計算機で解析し，有益な情報を引き出す手法等の検討を行う.

宇宙ビジネスの出入り口を確保

④新規宇宙プロジェクト創出支援と産学ネットワーク形成等

1) ユーザーとの将来利用要求・設計仕様の検討，国際情勢調査・将来動向検討等
2) 新規宇宙プロジェクト支援のためのセミナーの実施による産学連携モデルの創出検討や課題等の外部発信
3) 国内外学術会議における研究成果の発表等

真剣に宇宙プロジェクトを興そうとするユーザーの開拓・育成

⑤若手研究者等の育成等

1) 学生や若手研究者等を対象として，スマート宇宙システムの検討等に関する技術的な検討を行う定期会議等を開催
2) 学生や若手研究者等による主体的研究開発や協力企業等でのインターンを通した実践的育成のための基盤整備を行う

宇宙工学に貢献するという真剣な実践により、真に有望な若手研究者や技術者が育つ。

特に，年に少なくとも1回は，スマート宇宙機器システムシンポジウムなどとして，研究協力者や一般参加者も含めた全体会議を行う．
平成30年度は，H31年1月22日（火）に東工大にて開催予定．

第1回スマート宇宙機器システムシンポジウム（研究会）

日時：H31年1月22日（火）午後1時～午後6時半
場所：東工大・大岡山キャンパス・石川台3号館304号室

13:00-13:05　主催者挨拶　松永

セッション1．　スマート宇宙機器システム事業の計画概要

13:05-13:20　東工大・松永三郎 「全体概要とひばり衛星プロジェクト 」
13:20-13:30　天の技・工藤　裕、東工大・谷津陽一 「 AI技術による衛星画像解析とその応用方法の検討」
13:30-13:40　サカセ・渡邊秋人、東工大・古谷　寛 「軽量高剛性伸展収納ブーム・アレイ」
13:40-13:50　テクノソルバ・中村和行、日大・宮崎康行：「小型衛星用高精度展開アンテナの開発」
13:50-14:00　東工大・林崎規託、谷津陽一 「放射線試験サービス」
14:00-14:10　質疑応答
14:10-14:20　休　憩

セッション2．　超小型衛星の国際動向調査報告

14:20-15:10　CSP・金岡充晃 「超小型衛星の最新国際動向」
15:10-15:25　質疑応答
15:25-15:35　休　憩

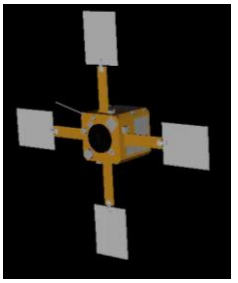
セッション3．　宇宙利用ビジネスの展開

15:35-16:05　三菱電機・関根功治 「通信・測位・観測衛星のマーケットとビジネス展開」
16:05-16:35　アクセルスペース・宮下直己 「超小型衛星群による新しい地球観測インフラの構築」
16:35-17:05　ウミトロン・藤原　謙 「宇宙技術の社会実装に向けて考えたこと」
17:05-17:20　質疑応答
17:20-17:30　休　憩

セッション4．　討論会（登壇者＋参加者）

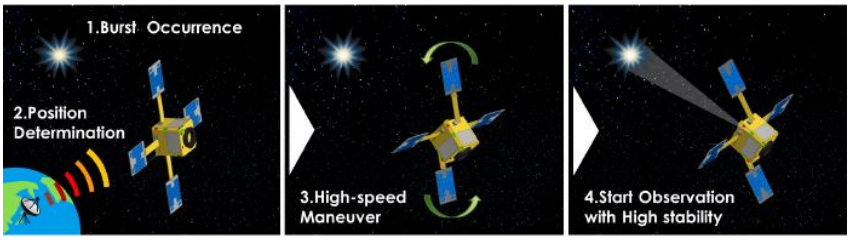
17:30-18:30　新宇宙産業（＝ビジネス、宇宙工学・理学の研究開発も含む）の芽を創出して育成する場を形成するには？
18:30-18:40　休　憩
18:40-20:30　**懇親会**

次世代超小型衛星「ひばり」



- ✓ 可変形状機能（パドル駆動）を利用することで、**迅速姿勢変更と高安定指向制御の両方を実現**
- ✓ 極紫外線センサーを用いた重力波対応天体の高精度位置決定サーベイ観測
- ✓ 第24回衛星設計コンテスト（2016）設計大賞を受賞
- ✓ **大気抵抗・太陽輻射圧の制御にも利用可能**
- ✓ **リモセン、深宇宙探査、編隊制御などへの応用**

挑戦的理工学連携ミッション –前号機「TSUBAME」の発展形

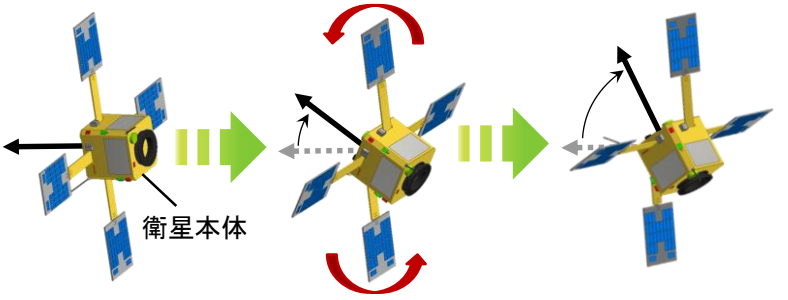


Application of Variable Shape Attitude Control

可変形状姿勢制御

- 可変形状機能による姿勢変更

例：太陽電池パドルが回転駆動することにより、全系の慣性テンソル分布が変わり、本体の姿勢が変更される。ノンホロノミック制御と深い関係あり。



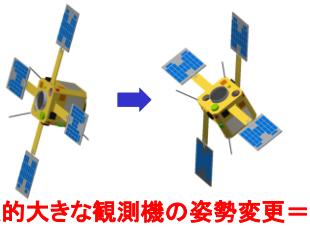
- 効率的な姿勢変更が可能
- 迅速姿勢制御と高指向安定姿勢制御との両立が期待
- 迅速高頻度リモートセンシング、高精度高安定天体観測などへの応用

可変形状姿勢制御(VSAC)の特徴

1）大型衛星に搭載された小さな望遠鏡の姿勢を変更するならばジンバル機構を用いればよいし，
2）超小型衛星に搭載された比較的大きい望遠鏡であれば，衛星全体を姿勢変更した方がよいだろうが，
3）その中間の質量相対比の構成であれば，VSACのような姿勢制御が有利であることが期待できる．

1） アンテナ
と
駆動機構

2） 超小型衛星に搭載された大きな観測機の姿勢変更



3） 比較的大きな観測機の姿勢変更＝＞VSAC

可変形状姿勢制御(VSAC)の長所

VSACの実証とは，新しい姿勢アクチュエータの開発，国産化，軌道上実証を意味する．

長所を下記に示す：
1．系の一部分の相対位置を変えるため，RWやCMGと比較して要するエネルギー効率が非常に高い．
2．姿勢の迅速変更制御やその後の指向安定制御を高度に両立できる可能性あり．
3．駆動アクチュエータとして産業界で発展が著しい高性能な電動モータ技術を応用できる．
4．RWやCMGと併用することで，さらなる迅速性や安定制御が可能
5．大気抵抗、太陽輻射圧を併用して、RWやCMGの非飽和化（アンローディング）に使用可能
6．等価断面積を変えられるので，大気抵抗や太陽輻射圧を利用した軌道制御への応用が可能

ひばり衛星が目指す技術

1) 高速姿勢変更と高指向安定の両立を実現する可変形状姿勢制御(VSAC)の実証　新しい姿勢アクチュエータの提案

全系の一部分の形状可変機能により，全系の質量・モーメントなどの慣性量分布を変え，内部的には反作用トルクにより，全系の他の部分（センサやカメラ）の姿勢を制御

衛星Hibariでは，太陽電池パドルを駆動する．

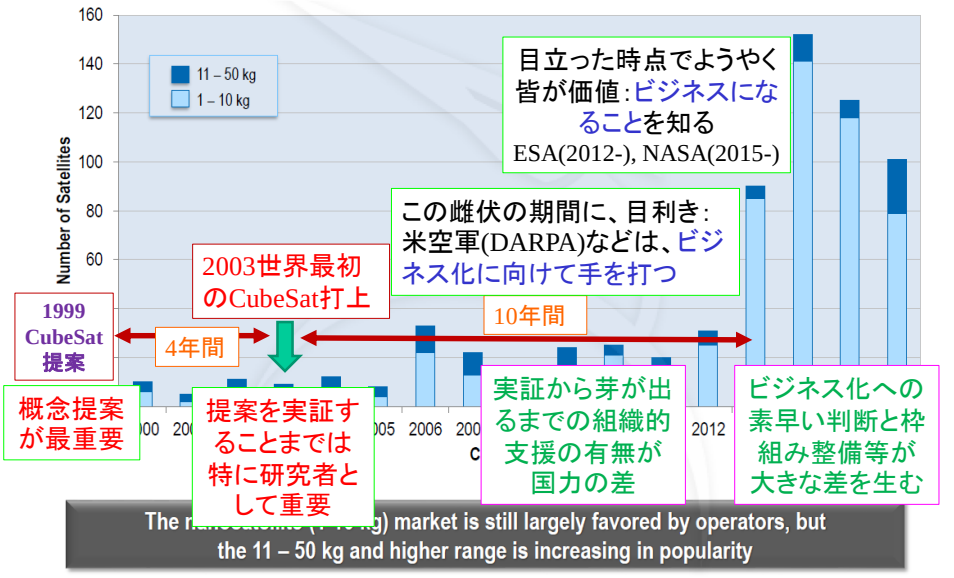
2) 地球センサを用いた高精度姿勢変動計測の実証

特に，高精度姿勢変動計測を安価で小型な地球センサを用い，既存のSTTやFOG等を利用して性能評価する．

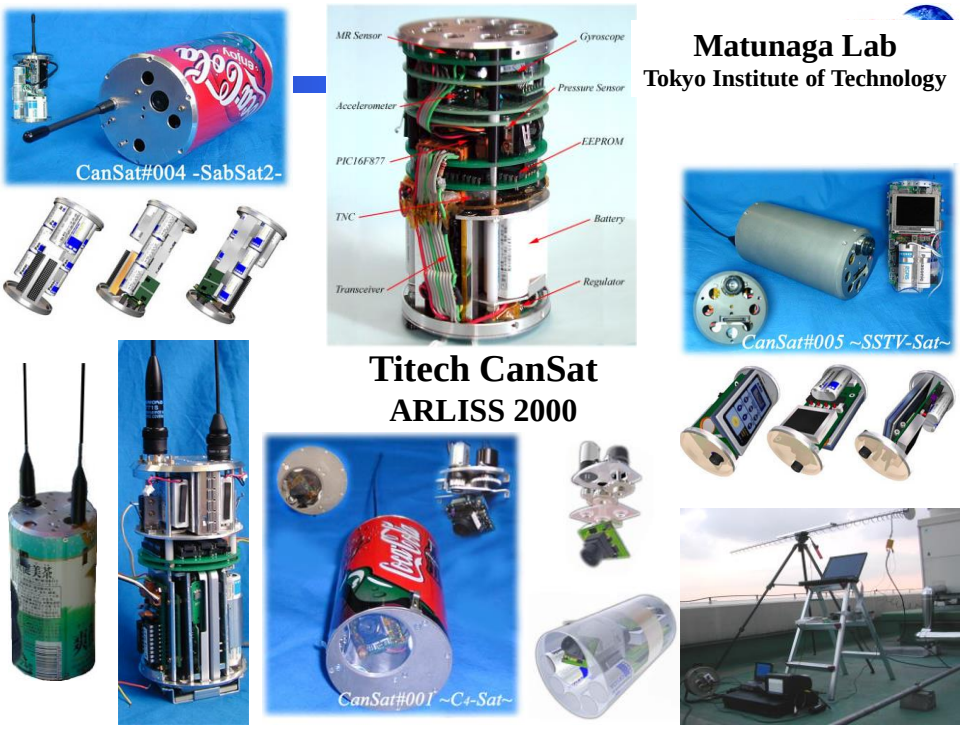
3) CubeSat規格にも対応する超小型衛星標準バスの開発と運用実証

バス系の基本モジュールをCubeSat規格にすることで，大きさ，機能や性能において，CubeSatから50kg級まで汎用的に使えるバス系を開発

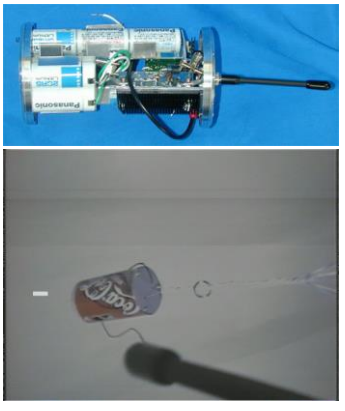
1～50kg超小型衛星の打上実績



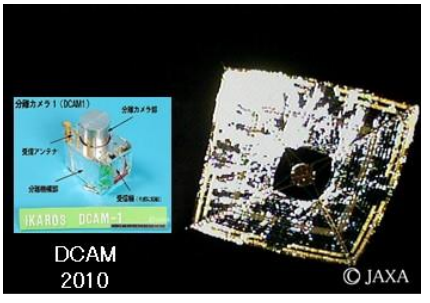
Doncaster, et al, “ 2017 Nano/Microsatellite Market Forecast,” Space Works, 2017.



CanSatミッションの実応用例



2000年7月、200mlの超小型CanSat
CanSat撮影＋ビデオ送信（4km）
PM：森　（横目参加：澤田）



2010年6月、ほぼ同サイズのDCAM
（世界最小の深宇宙探査機：ギネス認定）
IKAROS撮影＋ビデオ送信（100m）
（PM：森）　設計：澤田＋松永研

DCAMは、
はやぶさ2にも搭載
設計：澤田

まとめ

1）高機能・高性能でユーザーにとって使い勝手のよい宇宙機器・システムであるスマート宇宙システムの研究開発を行うとともに，ユーザーへのプロジェクト支援サービスを提供する拠点を形成する計画について概要と、産業創出に関する私見を述べた.

2）宇宙産業とは，大学研究者や企業人の新しい発想に基づく研究開発活動から，製品や利用サービスを提供するビジネスなどを含む幅広い宇宙活動と理解しており，この拠点により，新しい宇宙産業が創出されるようにして，社会に貢献したい.

3）そのためには，大学，企業，政府組織など多くの関係者のご助言，ご協力が不可欠である.
　S/Wの共通化、応用先、などUNISECの活動に大きな期待あり
＝＞　ビジネス展開による自活化

なお，本事業は，文部科学省の宇宙航空科学技術推進委託費の支援を受けて実施する. ここに記して謝意を表する.

スマート宇宙システム　URL:　lss.mes.titech.ac.jp/smartspace/
連絡先：　smartspace_info@lss.titech.ac.jp