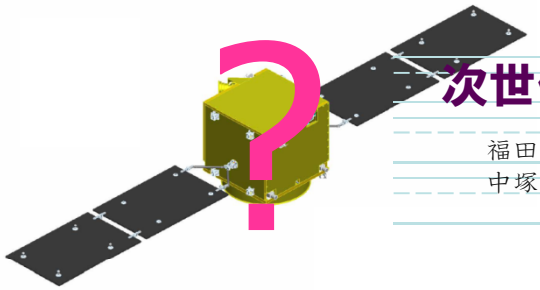


次世代小型標準バス技術WGの研究活動状況

福田盛介，小川博之，岩田直子，坂井真一郎，竹内伸介，中谷幸司，
中塚潤一，堀恵一，澤井秀次郎（ISAS/JAXA），次世代小型標準バス技術WG

次世代小型標準バス技術ワーキンググループ

小型科学衛星シリーズの次世代の標準バスに備えた、技術要素の蓄積を図るWGとしてH20年度から活動中

現行の小型科学衛星シリーズは、2013年度からの約5年で3機程度の打ち上げを行うシリーズとして整理されている。現シリーズで開発・使用される標準バスは、シリーズ終了後に、技術的な見直しが必要か否かを判断する（技術の陳腐化の回避）。

狙うべき技術 （キーワードは「ユーザビリティの一層の向上」

- 多様なミッションへの対応性に資する技術
- 低コスト化に資する技術
- 試験性・ハンドリング性向上に資する技術

次世代標準バスのイメージ

現在の小型科学衛星の次のシリーズで、即戦力的に入れ替え可能な、科学衛星にふさわしい柔軟な標準バスを構築

革新的な熱構造 現状の標準バスでは、典型的な軌道や質量特性・機器発熱などの条件をインプットとして、熱構造の成立性を確認している。そこでは、リソース（重量等）と交換に複数ミッションへの対応性が確保されており、各衛星への最適化は図られていない。したがって、標準バス完成後にこれを用いてミッションを検討するユーザは、不用意に重い衛星構体などの不都合が強いられる場合がある。そこで、次世代のバスでは**革新的な熱構造分野の技術を投入**し、究極的にはバス部・ミッション部の形態的な分離を前提としないようなシステム（荷重バスのみ分離）にまで発展させる。すなわち、「同じバス構体を使いまわす」というよりはむしろ、**「設計は入るが成立解を探索するためのイタレーションはない」**というコンセプトの転換を図る。

多彩なコンポーネントのプラグイン化 現状の小型科学衛星バスのデータ処理系は、衛星内のほぼすべてのコンポーネントを標準インタフェースSpaceWireで接続した世界初のアーキテクチャであり、次世代についてもこれを踏襲し、さらに発展させる。真のプラグイン化のため、データのみならず、電源・排熱・機器配置などに関してネットワーク的な視点で技術的昇華を図りつつ、プロトコル変換器やケーブル等まで含めて小型軽量化を突き詰め、**リソースの厳しい月惑星探査にも適用可能なアーキテクチャ**を構築する。また、コンポーネントについても、コストや重量を抑えたラインナップを拡充し、多様なユーザの要求に応える。

簡便で標準化された検証方法 「新規ユーザの開拓」という小型科学衛星の本来の趣旨を鑑み、主にミッションユーザに対して**簡便で標準化された検証手段**をバスとパッケージで提供する。すなわち、機能データベースに基づく自動試験システムや、低コストな模擬衝撃試験装置を提供し、**単体試験フェーズから試験・検証の省力化に寄与**する。これは、試験・検証の項目数は機能に比例して増大するため、小型衛星としては高機能なミッションを支える当バスについては、試験の省略化よりも自動化を追求する方が、全体としてロバスト性が向上する、という視点に基づいている。

研究テーマ

現行の標準バスの課題や問題点から研究課題の抽出

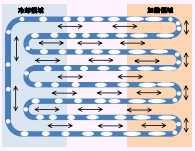
研究を実施中
H21年度までに研究を実施

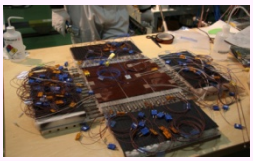
サブシステム・分野	小型科学衛星標準バスの現状	課題や問題点	対策・本WGでの研究
熱制御系	受動型熱制御素子と放熱面を組み合わせたコンベンショナルな熱制御系	熱制御が成立するか否かは軌道・姿勢・搭載機器・運用モードなどにより、号機ごとの確認が必要。しかも、熱的成立性の確認は、システム設計の最後半で実施されるため、不成立の場合、設計の後戻りの影響が甚大	先進的熱制御デバイス（自励振動ヒートパイプやループヒートパイプなど）を採用した熱制御システムの検討と搭載性評価 ⇒「熱設計フリー」の熱制御システムの実現
構造系	箱形パネルを採用（上部にミッション部を搭載）	ミッション部の荷重がバスパネルに流れる。最大200kgのミッション部をパネルで支えるため、構造質量比が増大	スラストチューブと汎用機器モジュールによる新たな構造様式の検討
	バス機器の機械環境がミッションによって変化（平均値的にもかなり厳しい）		研究内容検討中（制振シート等のブレイクスルーなど）
	バス構造の標準化	工学実験衛星の多くが、標準バスの構造系では、重量リソース的に不成立	研究内容検討中（標準構体とカスタム構体の中間的なアーキテクチャなど）
通信系	JAXA標準のマルチモードトランスポンダ	重量・電力リソースの厳しいミッションから、代替機器の要望が存在	低リソースミッションのための通信系の検討 ⇒ 高機能な民生部品等を用いて部品点数を削減
	ダウンリンクレートの上限が2Msps	数10～数100Mbpsのダウンリークレートが必要なミッション（小型地球観測衛星など）には対応不能。付加的に大型衛星用のシステムを搭載するには、電力・重量リソースが不足	小型衛星に適した高速通信方式の開発 ⇒ 搭載機器を小型・小電力化し、地上復調系を高機能化する発想の転換により、<数100Mbps, 50Wのシステムを実現（別の戦略経費で活動している研究チームと連携）
電源系	Li-ionバッテリを搭載	厳しい温度管理要求	Li-ionキャパシタの搭載化検討 ⇒ 広い動作温度範囲で柔軟な電源系を構成 （定電力充電方法を研究）
データ処理系	SpaceWire及び周辺技術を全面的に採用	（機器コストが目標レベルまで下がるか懸念有り）	—
姿勢制御系	コンポーネントを、中型科学衛星・利用衛星と同一のラインナップから採用	重量・コストともに小型科学衛星のリソースに不向きで、代替機器の選択肢の拡充が必要	ジャイロ： H20年度に低コストなFOGの仕様検討を実施 ⇒ 担当メーカと相談の上、今後別予算で開発
			リアクションホイール： H21年度に海外小型衛星用の低コストな固体潤滑方式ホイールの特性を評価 ⇒ 使用に目途
			スタートラッカ： 戦略多検討中
	AOCPとコンポのI/FにSpaceWireを採用	重量バジェットが厳しいミッションでは、プロトコル変換器（ACIM）の重量リソースが負担	次世代ACIMの検討（小型化・一部統合化など）
	号機ごとに開発・試験する部分が少なくない	複数衛星の開発時期が重なると、ソフトウェア開発や試験において、マンパワー不足が発生	姿勢制御系開発・試験の短工期化の検討 （状態遷移表を用いた試験自動化研究と連携）
推進系	標準としては不搭載。ミッションにより必要な場合は、1液式を搭載	ヒドラジンの有毒性による、ハンドリング性の低下	HAN系推進薬の運用性評価 ⇒ 低毒性を国際ガイドラインで検証（終了） ：着火機構の検討
衝撃試験	2号機以降はミッション部が独自で実施	火工品の価格が高くコスト負担大	マルマンバンド衝撃模擬装置の製作 ⇒ 低コストで繰返し容易な代替試験方法の確立
電気試験	SIB2を採用	電気試験に対するSIB2のメリット活用が不十分	状態遷移表を用いた試験自動化の検討
部品	中型科学衛星並みの部品レベル	低コストなコンポーネントを採用時にネック	戦略を検討中（小型科学衛星本来の狙いにあった部品プログラムの制定など）

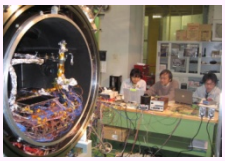
各研究項目の進捗状況

先進的熱制御デバイスを採用した熱制御システムの検討と搭載性評価

- 自励振動ヒートパイプ(OHP)やループヒートパイプ(LHP)といった先進的デバイスの研究成果を次世代小型標準バスに応用し、革新的な熱制御システムを構築
- 実際の搭載環境・実装性を勘案して評価試験を実施

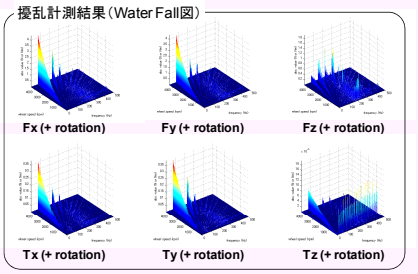






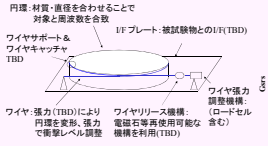
固体潤滑方式を用いる低コストなリアクションホイールの擾乱特性評価

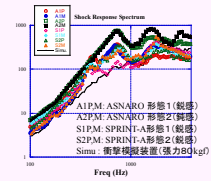
- 小型衛星で有名な英国SSTL社の小型リアクションホイール(RW)を評価
- 固体潤滑方式ということで想像していたよりも、低い擾乱レベルを確認
- 従来の科学衛星で仕様してきたホイールと比較し、回転数に対応する周波数の擾乱が卓越。一方で、ロッキングモードと呼ばれる振動モードが現れていない
- 固体潤滑方式を出発点に、低回転域での使用（ゼロモーメンタム衛星）を強く意識して設計



マルマンバンド衝撃模擬装置の製作

- 実際のマルマンバンドや火工品なしでコンポやミッション部の衝撃試験を実施可能
- 高周波特性の計測・把握と装置運用性の向上を図り、実試験への投入に目途
- 小型科学衛星の分離試験データ（2種の火工品使用）との照合確認

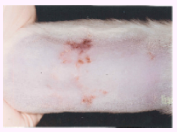




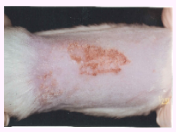
HAN系推進薬の運用性評価

- OECD勧告に従った動物実験の結果は、LD50が2000[mg/kg]以上（十分な低毒性）
- HAN系推進薬を投与した部位には発赤などが観察されたが、最大でも投与後14日目までには消失

500mg/kg投与群の例（3日後）



1000mg/kg投与群の例（3日後）



2000mg/kg投与群の例（3日後）

その他 ・・・

スラストチューブと汎用機器モジュールによる新たな構造様式の検討

次世代ACIM（姿勢制御系インタフェースモジュール）の検討

状態遷移表CASEツールを用いたソフトウェアの自動生成・試験の検討（特に姿勢制御系への適用）

小型・低コストなSバンドトランスポンダの試作（別研究グループと連携）

などを実施中

Questions & Comments:
Please mail to fukuda@isas.jaxa.jp