

**令和5年度 地球観測技術等調査研究委託事業
将来衛星システムにかかる技術調査
中間報告書 概要版
(23-002-R-010)**

**2023年 9月
(財) 衛星システム技術推進機構**

2.2.2 強み・弱み分析

製品のライフサイクル全体に関わり、 各工程間の効率化に寄与する技術

特定工程を効率化する技術

MBSE技術

設計・生産データの一元管理、 及び、活用技術

設計自動化技術 (MBD-AC/AI活用等)

世界の 動向

- ✓ INCOSE:2025年には全てのSEがMBSEになると予測。
- ✓ 宇宙分野でもNASA/ESA等の宇宙機関、Boeing, Lockheed Martin, Airbus, TAS等主要メーカーが積極的に推進

- ✓ 民生少量多品種分野でのlighthouse認定工場ではデータ一元管理・活用を重視。
- ✓ ESA/Airbus/TASはIndustry 4.0を連携して開発を実施。

- ✓ MBD-ACに関しては、ESAでHandbook策定を進めるなど、普及と併せて、QA分野も進捗
- ✓ AI活用に関してはまだ新しい技術ではあるが、ツールベンダーによると、急速な普及が見込まれている。

強み

- ✓ JAXA DX研究会にて、宇宙業界としてMBSE推進を取り組み
- ✓ 国内で自動車、航空機等MBSE推進例がある。

- ✓ 設計各工程はMBDや3D CADの使用等のデジタル化は浸透
- ✓ 製造各工程は小集団活動等の改善活動の普及で効率化が図られている。

- ✓ MBDは普及している。
- ✓ MBD-ACに関しても、実衛星開発に適用し、設計効率向上を実現している例あり。

弱み

- ✓ 実PJにてMBSE本格採用し、効率化を果たした報告例はない。
- ✓ 衛星向けMBSEの開発フローやオントロジーの標準がない。
- ✓ 多数の部門間にまたがる技術開発は日本は不得意。

- ✓ 設計・生産データの一元管理、及び、活用技術により、大幅に生産性を向上させた報告例はない。
- ✓ 多数の部門間にまたがる技術開発は日本は不得意。

- ✓ 日本宇宙分野での開発標準では新しい技術に対応できておらず、特にQAは各社の裁量に依存。
- ✓ AI設計技術に関して、QA等への懸念から、採用が遅れる可能性あり。

世界の
動向

アプリケーション・サービス

- ✓ 通信・観測分野で一般的に普及
- ✓ PWSAではSDS化の恩恵も活用し、スパイラル開発によるアプリケーション開発スピードの加速化を実現
- ✓ 軌道上クラウドサービスの実証を進めている企業あり。

MW/OS/計算機

- ✓ 様々なプレイヤーが高性能で汎用的なMW/OS/計算機を開発中。
- ✓ その中にはUnibap社のiX5等、実証評価フェーズから実用フェーズに移行しつつあるものあり。

デバイス

- ✓ 高性能COTSデバイス採用が進む。
- ✓ 一定のSEUレートの許容が必要な超高性能宇宙用デバイス開発が民間ベンダー主導で進む。
- ✓ 高信頼・高性能な宇宙用デバイス開発が欧米にて官主導で進む。

強み

- ✓ PJ毎にアプリ・計算機垂直統合開発。用途特化計算機を用いた低リソース・高性能アプリケーションの実現
- ✓ JAXA刷新PJテーマB:“オンボードコンピューティング能力獲得”の取組
- ✓ SpaceCompassにて軌道上クラウド構想あり。

- ✓ ETS-9 DPP、QPS社 FLIP、革新3号機 SDRX等、用途に特化した計算機の開発は実施。
- ✓ 革新3号機にて汎用的で高性能な「民生GPU実証機」の開発例はあり。

- ✓ HR5000S等、高信頼性デバイスの開発経験あり。
- ✓ JAXAにてFinFET等の微細プロセスにも適用可能なRHBD技術を開発

弱み

- ✓ PJ毎にアプリ・計算機垂直統合開発により、用途特化計算機依存にしたアプリ開発例が多く、アプリ開発が高コスト・長期間化。
- ✓ 競争力のある国産軌道上クラウドを構築するための必要な技術が共有されていない。

- ✓ 多くの開発済み計算機が用途特化、垂直統合型の計算機であるため、汎用的な活用が困難。
- ✓ 汎用的で高性能なオンボード計算機の軌道上実証成果がない。

- ✓ 国内の放射線評価機会が少なく、COTSの評価技術の蓄積が少ない。
- ✓ 超高性能デバイス開発技術が民生含め国内にはない。
- ✓ 官主導の高信頼・高性能な宇宙用デバイスの明確な開発計画、開発体制がない。

2.3.2.1 調査状況まとめ

- ミッション高度化に伴い、ミッション実現を支える姿勢・軌道制御系においてもオンボードで判断すべき事柄・複雑な機能が増加しており、中大型衛星中心にV&Vが課題となっている。
- デジタル技術等によるV&Vの強化は高度なミッションの実現すなわち「衛星」競争力に直結するため、欧米の業界全体の取り組みを注視するとともに、積極的に日本も参画することが望ましいと考える。

技術分野

姿勢・軌道制御系

トレンド

✓ 複雑化・低価格化

Autonomy/オンボード経路設計、画像航法に加え、AI/ML等の機能が付加されることで複雑度が高まっており、コスト低減が喫緊の課題
⇒ MBD*1、ビルディングブロック等による再利用性能向上

Verification & Validation (V&V)

✓ 問題発生 of 早期化

姿勢・軌道制御系の特性に加え、複雑化の影響もあり、設計とV&Vの負荷比率が2:8となっており、V&Vの改善が急務
⇒ 欧米がともに参加したV&V Seminarによる業界横断で対策検討

センサ/
アクチュエータ

✓ 機能拡張

小型軽量化等に加え、軌道上サービスのような複雑なシーケンスの実現をサポートする機能付加が見受けられる
⇒ LiDARの再プログラミング(FOV, スキャン機能のソフトウェア化)等

➤ 小型・軽量・低コストを目的に精力的な開発が進む。

技術分野

電源制御系

トレンド

- ✓ 次世代パワーデバイス GaN 実用段階への移行
- ✓ 電気推進用 高電圧・大電力電源の精力的な開発継続

バッテリー

- ✓ 液系リチウムイオンバッテリーセルに関しては仏SAFT社が開発をリード
- ✓ 次世代バッテリーセルとして有望な全固体セルは各国取り組みを進めており、日本としても追従が必要。

太陽電池
パドル

- ✓ パドル
ロケットへの複数衛星搭載を念頭とした高収納パドル開発が進む
- ✓ セル
欧米の高効率な3接合太陽電池が主流であるが、低効率でも安価、大量生産が可能な太陽電池への注目も集まっている。

➤ 通信衛星の大容量化・フルデジタル化に伴う発熱量増大への対応として熱制御系も急速に進化

技術分野

能動熱制御技術

受動熱制御技術

トレンド

- 各国でフルデジタル衛星の開発・実用化が開始されており、大容量の排熱システムについてももの研究開発段階から、実用化段階へと移行した。
- 二相流体ループの排熱システムを採用している衛星は、大容量の排熱に対応した大面積ラジエータ面を有しており、衛星サイズの大規模化に繋がっている。

下期調査予定

➤ AMの適用先が拡大。実用化フェーズに移行。

技術分野

新規材料技術

Additive
Manufacturing
(AM) 技術

トレンド

- 衛星主構造を構成する部材としてはスキン材とハニカムコア材を組み合わせたハニカムコアサンドイッチパネルが主体である点は従来と変化はない。
- 素材開発には長期スパンを要するため、製造方式の開発が進んでいる。必要な機能を新規素材で満足させるのではなく、AM等の形状に従来以上の自由度を持たせた製造方式によって課題解決を図る傾向がみられる

- AMを用いたRF機器、熱制御デバイス等の積極的な開発を確認
実証フェーズから実用フェーズに移行しつつある。

➤ 下記の通り調査中。

調査分野

多数機開発・
試験・
運用手法

セキュリティ

調査状況

- 大規模コンステレーションStarlink, Oneweb, Planet に着目し、打上履歴、製造工場、衛星の更新状況について調査中。
- 下期、上記調査結果から、多数機開発・試験・運用手法について、考察・検討を進める。

- 人工衛星のセキュリティに関わる下記2文書を調査中
 - ①経済産業省：民間宇宙システムにおけるサイバーセキュリティ対策ガイドライン
 - ・ リスクシナリオ例はいずれもOA系システムへの侵入を契機として想定している。
 - ・ インターネット経由の攻撃、平文による通信、野良端末、DoS
 - ②Aerospace Corp：SPARTA
 - ・ 主に地上局～衛星そのものをターゲットにした攻撃手法一覧。
 - ・ 暗黙の前提として、地上局へのアクセスまたは近接する宇宙船が攻撃者に侵害された状態であるという事が挙げられる。
- 進む地上局のクラウド化に対応して、AWS Ground Station/Azure Orbital Ground Stationのセキュリティーについて調査中

【上期調査概要】

① 上期重点調査項目とした以下の二項目について、技術動向調査、日本の弱み・強み分析、開発計画の検討を実施。有識者検討会にて、調査方向の妥当性の確認、及び、分析・開発計画検討状況に関する議論を実施した。

2.2 衛星開発のライフサイクルにおけるデジタル開発技術調査分析

2.3.1 オンボード基盤技術

② 下記項目について技術動向調査を実施した

2.3.2 誘導制御系技術

2.3.3 電源系技術

2.4 衛星機械システム基盤技術の調査分析

2.4.1 熱制御系技術

2.4.2 構造系技術

2.5 コンステレーション構築等に必要技術の調査分析

【下期調査計画】

②の項目に関して、継続した調査の上、日本の弱み・強み分析、開発計画の検討を行い、有識者会議を実施する。併せて、①の項目に関して有識者会議でのコメントを受け、調査・分析・検討の深堀を行う。



(財)衛星システム技術推進機構