

次世代宇宙システム技術開発

研究代表者 鳥居 祥二
(先進理工学部 物理学科 教授)

1. 研究課題 産業化を目的とする超小型衛星開発技術の研究

本研究は、最先端研究開発支援プログラム”日本発の「ほどよし信頼性工学」を導入した超小型衛星による新しい宇宙開発・利用パラダイムの構築超小型衛星”の中心研究者 東京大学 中須賀真一 教授の委託等を受けた次世代宇宙システム技術研究組合と早稲田大学理工学研究所が推進する共同研究であり、産業化を目的とする超小型衛星開発技術の研究を実施する。そのため、超小型衛星の要素技術の実用化のためのイノベーション能力（開発・製品化）の取得を目的として、

1) 大学・研究機関で開発された革新的要素技術の製品化研究の展開

2) 現在使われている民生最先端技術の宇宙部品への適用や、既存の宇宙技術のさらなる小型・軽量化、低コスト化、省電力化の研究促進を実施する。研究の実施に向けて、本研究に必要な、振動試験装置・熱真空試験装置・クリーンルーム等からなる装置を運用し、産業化へのさらなる技術開発を進める。

2. 主な研究成果

ものづくりにおけるほどよし信頼性の構築にむけて開発・設計・製造・試験のそれぞれのフェーズにおいての無駄の削減、民生品利用や新しい技術の利用実用化を促す特殊工程や設計手法の確立を実証すべく、フライトモデルの製造、試験への開発推進を行った。サプライチェーンを構成する搭載機器製造各社における理解と習熟度も深まったと考えられ、本研究をさらに深めることができたといえる。繰り返しの製造及び試験を行うことで、「ほどよし信頼性」としての品質プログラムでの低コスト化の達成は実証できたと考える。

開発された機器は、国際展示会での展示・営業を行い、世界市場での商品性（性能・コスト・品質）が十分あることが確認できた。特にリアクションホイールについては、国内小型衛星市場において、開発用・フライト用を含め述べ50台が納入され、一定の評価を得られた。

最大の課題である、産学連携としての宇宙機器開発・製造の課題に関しては、技術研究組合をハブとした企業のサプライチェーンの運用により、大学・研究機関と中小企業との連携がスムーズに進み、開発と実用化と産業化の「谷」を埋めることができたと考える。

1) 革新的要素技術の実用化研究

大学・研究機関で開発された革新的要素技術の実用化研究として、優れた技術シーズの研究成果を大学と連携し、性能・コスト・信頼性のニーズに合わせたものづくりの研究を実施した。

具体的な例としては、衛星フライト搭載機器としてイオンエンジンユニット、デオービット機構の製造、パドル展開機構、新方式の多層断熱材の開発製造・試験を研究機関・大

学と連携で実施した。また電子機器の発熱を一時的に蓄える蓄熱材料、多層光学膜コーティングの熱制御材料の要素技術実証を目標とし、ほどよし4号機に搭載した。

2) 民生最先端技術の実用化研究

現在使われている民生最先端技術の適用や、既存の宇宙技術のさらなる小型・軽量化、低コスト化の研究を行うため、試作・検討、評価試験を実施した。具体的には民生リチウムイオンバッテリーセルの利用実用化のための評価・寿命試験、民生マイコンボード、CMOSカメラユニット他の耐環境評価を実施するとともに、衛星搭載のための改造（部品交換、コーティング、排熱対策）を実施し、ほどよし4号機に搭載した。

三次元プリンタによる衛星部品製造を目的とした検討を行い専用の三次元プリンタを試作し、部品の試作を実施し将来の実用化のための課題の検討を実施した。

民生の薄膜太陽電池セル（化合物系）を用いた、フレキシブル太陽電池の試作を実施し、将来技術に向けての評価を実施した。

2) 低コスト化を実現するための研究

低コスト化を実現するための、衛星構造設計手法、耐環境試験方法、ハニカムパネル製造手法の確立、多層断熱材の新構造に製造プロセスの低コスト化、三次元プリンタによる衛星部品モックアップの活用、熱制御技術の低コスト化のための研究を実施した。

また宇宙利用や機器開発の加速を目標とした、オープンソース・ハードウェア手法によるものづくり化を進めるため、オープンソース・ハードウェアの民生マイコンボード及び、オープンソース・ソフトウェアである LINUX 及び Arduino を用いた、S&F ミッション用地上無線センサネットワーク端末及び、ほどよし4号機機器搭載スペース用機器の開発を実施した。

3. 共同研究者

山口 耕司 （次世代宇宙システム技術研究組合 代表理事・早稲田大学招聘研究員）
 中須賀 真一（東京大学工学研究科 教授）
 長谷部 信行（理工学研究所 教授）
 宮下 朋之 （創造理工学部 教授）
 小澤 俊介 （先進理工学部 次席研究員）
 浅岡 陽一 （理工学研究所 次席研究員）

4. 研究業績

4.1 学術論文

- Y.Asaka, S.Torii, S.Ozawa et al., "Development of the Waseda CALET Operations Center (WCOC) for Scientific Operations, Proc. of Science(ICRC2015) ID#603.
- 長谷部信行、草野広樹、長岡央、"惑星淡彩における蛍光 X 線分光"、X 線分光の進歩、47 (2016) 59-77
- 荒木友太、宮崎康行、山口耕司、"超小型衛星用パネル展開デバイスの開発" 宇宙科学技術連合講演会講演集 56 (2012): 6p.

- ・ 鶴田佳宏, 中須賀真一, 松井正安. "ほどよし 3・4 号機のシステム設計と運用成果." 宇宙科学技術連合講演会講演集 58 (2014): 6p.
- ・ 伊藤美樹, 間瀬一郎, 山口耕司. "共通衛星バスを用いた 3 機の超小型衛星の熱制御系および軌道上初期性能結果." 宇宙科学技術連合講演会講演集 58 (2014): 4p.
- ・ KOIZUMI, H., KOMURASAKI, K., AOYAMA, J., YAMAGUCHI, K. (2014). Engineering Model of the Miniature Ion Propulsion System for the Nano-satellite: HODOYOSHI-4. Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan, 12(ists29), Tb_19-Tb_24..
- ・ 井上勇, 奥山圭一, 山口耕司. "炭素繊維強化熱可塑樹脂を用いた高信頼既構造の実現." 宇宙科学技術連合講演会講演集 57 (2013): 4p.
- ・ 山口耕司, 宮林裕二郎, 芝山有三. "衛星利用センサネットワークのオープンソース・ハードウェア化による利用活性化." 宇宙科学技術連合講演会講演集 58 (2014): 4p.
- ・ 秋山演亮, 山口耕司. "防災現場における S&F の現場実証." 和歌山大学宇宙教育研究所紀要=Wakayama University bulletin of Institute for Education on Space 4 (2015): 31-35.

4.2 総説・著書

なし

4.3 招待講演

- ・ 2015/10/03「超小型衛星を用いた宇宙ビジネスの創出と現状」【山口 耕司】中小企業基盤整備機構・東工大横浜ベンチャープラザ
- ・ 2015/02/19「超小型衛星の製作秘話」【山口 耕司】神奈川大学工学部宇宙エレベータープロジェクト講演会
- ・ 2015/03/19「超小型衛星開発により拓かれる宇宙産業の行方&パネルディスカッション」マルチメディア推進フォーラム
- ・ 2015/10/03「超小型衛星が開く新しい宇宙利用と産業」【山口 耕司】連続講演会 暮らしの中のサイエンス 暮らしを変える宇宙開発 神奈川大学

4.4 受賞・表彰

なし

4.5 学会および社会的活動

公開セミナー「最先端観測機器開発による宇宙科学観測」2015 年 3 月 15 日

主催 宇宙科学観測研究所

共催 理工学研究所、次世代宇宙システム技術研究組合

5. 研究活動の課題と展望

政府が方針として進める「宇宙の産業化」のためには、宇宙機器産業の基盤となる多くのデバイスや機器の開発とそれを支える環境が重要となる。

宇宙用技術の要素技術、民生技術利用、低コスト化のための開発において、宇宙特有である熱真空環境を模擬できる熱真空試験チェンバやクリーンブースを利用可能とした本プロジ

ェクトの開発環境は、他の大学や企業にない産学連携の場として非常に有用であり、本プロジェクトで培われた技術や人材が、今日の日本の宇宙ベンチャーの出現や育成のベースとなっていることは大きな成果と言える。

望むべき方向として、開発設備や教育人材の充実を行い、より産学連携を進めることで、国際的な宇宙産業化の流れの中での日本の技術の優位性を確立していくことに貢献できると考えている。