

宇宙産業への民生品適用の検討

石川 知良^{*1}

Ishikawa Tomoyoshi

これまで、宇宙開発利用は国主体で進められてきたが、近年はベンチャー企業などの新規プレーヤーの参入により、宇宙向け機器(以下、宇宙機)の低コスト化が進んでいる。このような状況を踏まえ、従来のように宇宙機を専用開発するのではなく、民生品を宇宙仕様に適用・採用することでコスト低減が求められている。本稿では、民生品の宇宙機への適用に必要な技術について紹介する。

キーワード：宇宙用電子機器、民生品適用

1. はじめに

当社では、国際宇宙ステーションの微小重力環境を利用した科学実験に用いる各種小規模実験装置を開発している。そこでは、開発費削減に向けて安価な民生品(一般産業向けの部品・製品)を積極的に採用することが求められている。

しかしながら、民生品はすべての設計・製造情報が開示されていないブラックボックスであるため、宇宙機搭載に必要な要件を評価(不適當な部品の有無、入手継続性、基板品質、基本機能、EMC 適正など)する必要がある。

実験装置は、その実験テーマに応じたセンサ／アクチュエータなどを搭載する必要があるが、電源や制御装置部分は共通化することができる。本稿では、共通で使用可能な電源、制御装置部分に対し、民生品を選定し宇宙機への適用評価を実施したのでその内容を紹介する。

2. 民生品の宇宙機への適用評価

民生品の宇宙機への適用評価は、下記の流れて

実施した。

(1) 実験装置 基本構成検討

各種実験装置に共通して利用できる制御装置の基本構成を検討し、民生品を適用する箇所を決定する。

(2) 採用民生品の選定

(1)で決定した民生品適用箇所に対し、採用する民生品を選定する。

(3) 内部基板品質評価

採用決定した民生品に使用されている部品を調査し、宇宙機への適用可否を評価する。

(4) 性能評価

評価用に簡易的な装置を試作し、機能および性能を評価する。

以降に、各実施内容の詳細を説明する。

2.1 実験装置 基本構成検討

実験装置の標準的な基本構成を決定する。国際宇宙ステーションで使用する実験装置は、実験装置に必要な電力、通信インタフェース、冷却などのリソースを供給する実験装置用ラックに組み込

*1：制御システム事業部 防衛・宇宙システム部 主幹

まれる。

図1に、実験装置の標準的な基本構成を示す。基本構成の赤枠部が、各種実験装置で共通化できる箇所であり、当該箇所に民生品を適用することでコスト低減の効果が最も高くなる。

民生品適用箇所は、下記のとおりとした。

- ①電源基板
- ②制御 CPU
- ③DIO ユニット
- ④A/D ユニット
- ⑤D/A ユニット

2.2 採用民生品の選定

民生品選定にあたり、これまでに開発した実験装置のデータおよび要求性能に基づき、各適用箇所の仕様を決定した。適用箇所ごとに必要とされる仕様を表1～表5に示す。

表1～表5を満たす民生品として、候補品を複数選定した。各候補品に対して価格、性能、品質など、複数の評価項目について比較検討し、機器を選定した。なお、電源基板については仕様を満たす民生品がなかったため、性能評価で実施するEMC試験（電磁適合性試験）を考慮し専用設計とした。

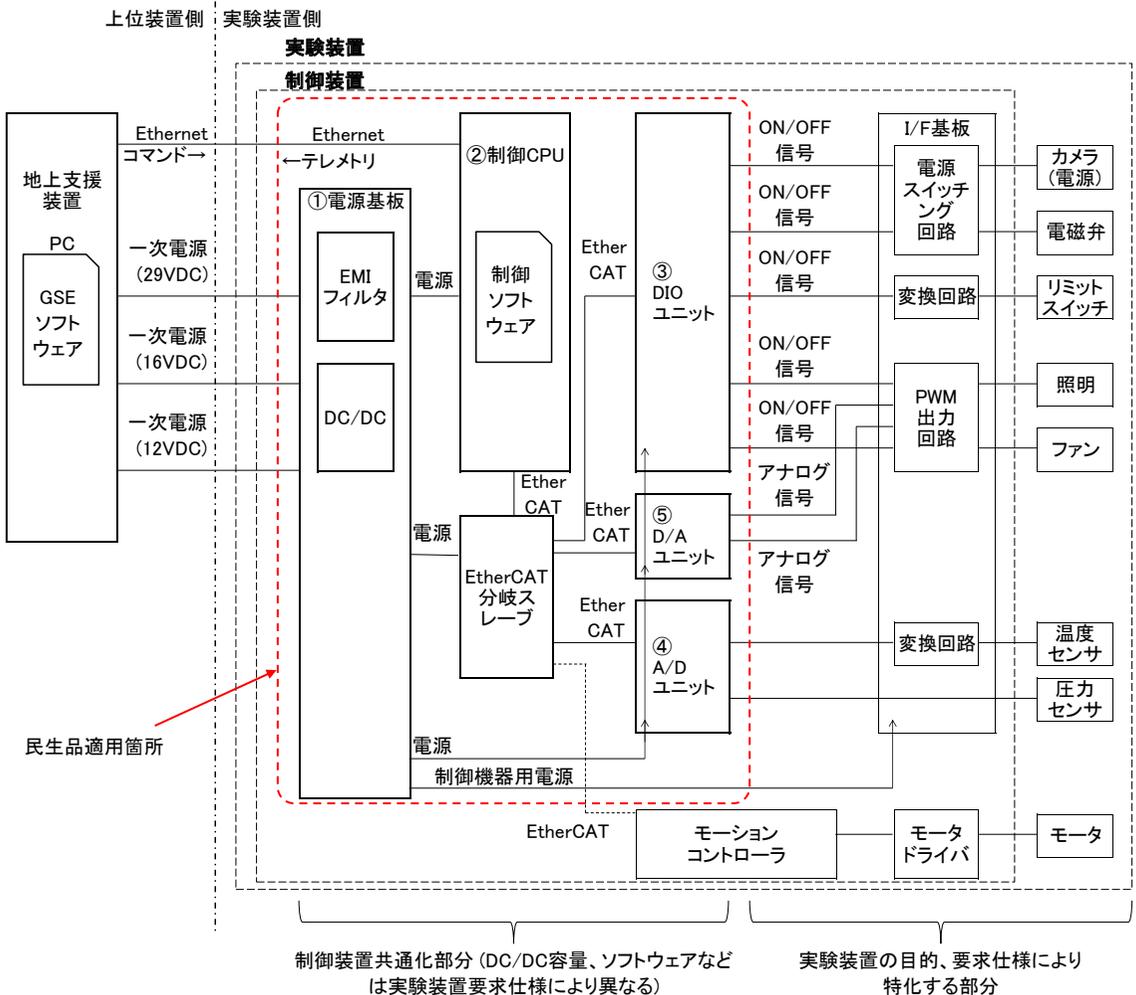


図1 実験装置基本構成図

表 1 電源基板仕様

No.	項目	仕様	備考
1	入力電圧	29V	
2	出力電圧	選定機器による	
3	保護機能	コンポーネントの短絡時に、供給電力を遮断する機能を有すること。	

表 2 制御 CPU 仕様

No.	項目	仕様	備考
1	CPU Clock	1.6GHz 以上	
2	冷却	自然空冷または熱伝導	
3	OS	Windows10 IOT	
4	起動デバイス	SSD 32GB 以上	
5	補助ストレージ	追加可能なこと	
6	LAN	2Port 以上 1000/100/10 Base-T	外部接続、および内部接続を想定し、2Port 以上
7	USB3.0/2.0	計 4Port 以上	各種センサ、USB カメラを想定
8	ウォッチドックタイマ	対応	
9	ハードウェアモニタ	CPU/ ボード / 電源温度	
10	動作電圧	DC29V 以下	

表 3 DIO ユニット仕様

No.	項目	仕様	備考
1	入力	フォトカプラ (絶縁)	
2	入力 CH 数	12CH 以上	
3	入力仕様	電圧 : DC5V ~ DC36V	
4	出力	トランジスタ出力など	
5	出力 CH 数	12CH 以上	
6	出力仕様	電圧 : DC5V ~ DC36V	
7	通信インタフェース	LAN(1000/100/10Base-T) または USB3.0/2.0	
8	電源	DC29V 以下	

表 4 A/D ユニット仕様

No.	項目	仕様	備考
1	入力	電圧 / 電流入力	
2	入力 CH 数	8CH 以上	
3	入力仕様	電圧 : $\pm 10V$ 電流 : $\pm 20mA$	
4	分解能	16bit 以上	
5	通信インタフェース	LAN(1000/100/10Base-T) または USB3.0/2.0	
6	電源	DC29V 以下	

表5 D/Aユニット仕様

No.	項目	仕様	備考
1	出力	電圧出力	
2	出力 CH 数	4CH 以上	
3	出力仕様	電圧：±10V	
4	分解能	16bit 以上	
5	通信インタフェース	LAN(1000/100/10Base-T) または USB3.0/2.0	
6	電源	DC29V 以下	

2.3 内部基板品質評価

電源基板を除く制御 CPU、DIO ユニット、A/D ユニットおよび D/A ユニットを入手し、内部基板の品質を評価した。結論として、品質に大きな問題はなかったが、宇宙機として使用するために若干の修正が必要との結果であった。

表 6 に、各機器の評価結果を示す。

2.4 性能評価

選定した民生品の性能を評価するため、図 2 に示す評価用装置を試作した。実際の実験装置では、各機器を金属製筐体きょうたいに収納するが、試作品は構造に関わる性能評価は対象外としたためアルミプレートへの平置き構成とした。

性能評価は、下記の項目にて実施した。

- ①機能試験
- ②EMC 試験
- ③バーンイン試験

(1) 機能試験

評価用装置に対し、下記の項目について機能確認を実施し、要求仕様を満足することを確認した。

- ①絶縁・接地確認
- ②電源基板機能確認
- ③入出力ユニット IO 機能確認
- ④電気的特性計測

(2) EMC 試験

EMC 試験とは、電磁波によって電気・電子機

表 6 各装置の評価結果

品質評価対象機器名	使用不可部品の有無	信頼性の低い部品の有無	半田付けの品質など
制御 CPU	使用不可部品があり、当該部品機能は今回の構成では不要なので取り外す。	使用あり。信頼性の高い部品への換装が非常に困難であるため、必要な処置を行う。	半田付け品質は問題ないが、フラックスが残留しているので洗浄が必要。
DIO ユニット	使用不可部品は搭載されていない。	使用あり。信頼性の高い部品への換装が非常に困難であるため、必要な処置を行う。	半田付け品質は問題ないが、フラックスが残留しているので洗浄が必要。
A/D ユニット	使用不可部品は搭載されていない。	使用あり。信頼性の高い部品への換装が非常に困難であるため、必要な処置を行う。	半田付け品質は問題ないが、フラックスが残留しているので洗浄が必要。
D/A ユニット	使用不可部品は搭載されていない。	使用あり。信頼性の高い部品への換装が非常に困難であるため、必要な処置を行う。	半田付け品質は問題ないが、フラックスが残留しているので洗浄が必要。

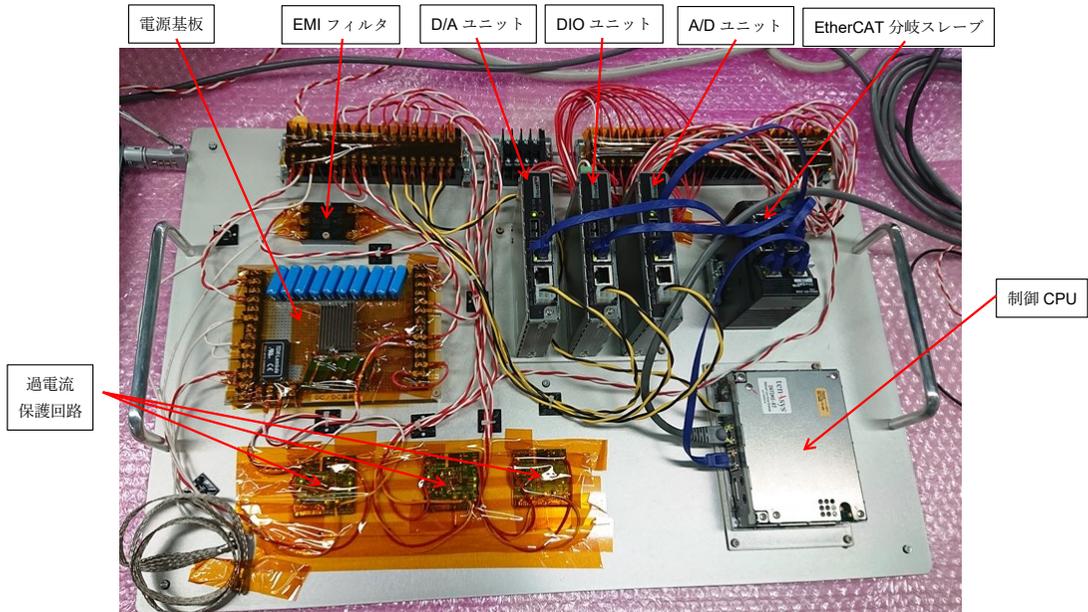


図2 性能評価用装置

器が誤動作しないかを確認する試験であり、試験対象が出す電氣的ノイズを計測するエミッション試験と、外部からの規定の電気ノイズにより試験対象が誤動作しないことを確認する感受性試験がある。さらに電気ノイズの伝わり方により、ケーブルやハーネスを經由して伝搬する「伝導 (Conducted)」と装置間の空間を伝わる「放射 (Radiated)」の2つに分類される。

選定した民生品の多くは、EMC 試験データを開示していないため EMC に対してどの程度の性能があるのか不明である。実験装置を実験装置用ラックに搭載するにあたり、周辺機器に影響を及ぼさないことを確認するため下記の2つを目的として EMC 試験を実施した。

- ①伝導および放射のエミッションのデータを取得し、EMC 試験データを得ること。
- ②要求される CE01、RE02 の規格を満足する見通しを得ること (29V 電源供給系に対する評価)。

試験要求としては国際宇宙ステーションの

EMC 試験規格である SSP30237⁽¹⁾ の CE01、CE03、CE07、RE02 を適用した。

EMC 試験の結果、上記要求を満足できることを確認した。

(3) バーンイン試験

国際宇宙ステーション搭載の民生品に対する要求事項である、初期故障スクリーニングのための 240Hr 常温連続動作を実施した。常温連続動作後、制御 CPU、DIO ユニット、A/D ユニットおよび D/A ユニットの動作確認を実施し、初期故障がないことを確認した。

3. まとめ

本稿では、宇宙機に民生品を適用する際の実施項目を紹介した。今回の事例では、採用した民生品が問題なく宇宙機として使用できるレベルであることが確認できた。

本稿では評価ポイントの概略を示すにとどまったが、実際にはさらに詳細な評価項目があり、当社はこれに精通している。また今回は実験装置の

共通的に使用できる部分を対象としたが、要求仕様に応じて搭載するセンサ・アクチュエータのような装置に対しても同様に適切な民生品の選定、評価により宇宙機に搭載可能な装置とすることができる。

宇宙分野での民生品の活用は、内閣府が掲げる宇宙産業ビジョン2030⁽²⁾でも重点ポイントとして挙げられているように、今後一層進むものと考えられる。今後も民生品適用を積極的に進め、宇宙実験に貢献していく所存である。

参考文献

- (1) EMC 試験規格 SSP30237：マサチューセッツ工科大学ホームページ (<https://snebulos.mit.edu/projects/reference/International-Space-Station/SSP30237RF.pdf>)
- (2) 内閣府ホームページ（宇宙産業ビジョン2030について）：<https://www8.cao.go.jp/space/vision/vision.html>



制御システム事業部
防衛・宇宙システム部
主幹

石川 知良

TEL. 045-759-2488
FAX. 045-759-2491