

データハンドリング(DH)技術の研究

Study of the Next Generation On-Board Data Handling (Network) System

総合技術研究本部 エレクトロニクス技術グループ

Institute of Space Technology and Aeronautics Spacecraft Electrical Engineering Group

高田 昇, 姉川 弘, 谷島 正信, 白倉 政志

N. Takata, H. Anegawa, M. Yajima, M. Shirakura

Abstract

This paper shows the future target images of on-board DH(Data Handling) system, and shows some subjects should be considered from now on.

1. はじめに

データハンドリング(DH; Data Handling)技術の研究は、宇宙機搭載C&DH系のうち特にデータ処理系(DH系)の次世代技術に関する研究である。本報告では今年度(FY15)に実施した①「運用性重視」DHの概念検討、②次世代データバスの研究の成果をとりまとめた形で報告する。

2. 研究の概要

平成15年度はデータハンドリング技術の研究として以下の項目について検討を行った。

(1) 「運用性重視」DHの概念検討

TT&C設計基準試案検討委員会の提言を契機として、今後DH系が目指すべき方向性について検討を実施したもので、TT&C設計基準試案検討委員会のメンバーを中心として、関係各メーカ専門家の意見の集約・合意を図る形でとりまとめた点を特長としている。

(2) 次世代データバスの研究

次世代搭載型データバス(ネットワーク)の候補技術(USB, 1394, CAN, イサネット等)について用途別の得失の整理等、今後の本格的な研究開発に備えてのいわばメニュー案作りを行う一方で、上記の運用性重視DHの成果を踏まえた今後実施すべき研究課題の抽出検討を行った。本報告では特にこの部分について、(1)項の検討成果に付け加える形で続けて述べることにする。

3. 成果の概要

3.1 次世代DH(データハンドリング)システムが目指すべき方向

(1) 「運用性重視」とは(⇒実用化時代へ向けて「ユーザにとって使い易い&開発し易い」DHへ)

「運用」とは抽象的な言葉であるが、地球観測衛星を例にとると次のように表現できる。「①観測機器を使い、いつ、何を実施するかを決め、②それに対して観測機器をどのように操作すれば良いかが記載されている操作説明書(マニュアル)を読み、③マニュアル通りに地上局から遠隔操作する」ことである。すなわち、運用することは目的(ミッション)を実行することであり、「運用性重視」しないことはミッションを重視しないということと等価である。上記を宇宙機開発を行う上で作成している文書に表現すると、①はSOE(Sequence Of Event; イベントを時系列に並べたもの)であり、②はSOOH(Spacecraft Orbital Operations Handbook; 宇宙機、搭載機器の操作説明書)であり、③はSOP(Space

craft Operation Procedures; イベントに対応した操作を時系列に並べたもの)に相当する。それでは、なぜ「運用性重視」のC&DH系を今ごろ目指すことを宣言する必要があるのかというと、宇宙機開発の歴史が「運用性重視」できない環境を作ってきたからである。

宇宙機開発の当初は、搭載機器の開発自体が難しい状況であった。部品選定、耐環境性設計、信頼性設計など、どのように設計・製造・試験すれば良いのか試行錯誤で実施してきた（開発・評価時代と呼ぶ）。この時代の目的は、「搭載機器が取得したデータを地上で利用すること」よりも「搭載機器がデータを取得できるか」を重要視してきた。現在では、搭載機器を開発することが当たり前となり、目的は「搭載機器の軌道上評価」から「搭載機器が取得したデータを地上で利用すること」（実用化時代と呼ぶ）へ変わってきている。

すなわち、開発・評価時代は運用性を考慮した設計は行わない（主体ではない）が、実用化時代では運用性を考慮した設計が必要である（目的が運用であるので、運用を考えないと目的を達成できなくなるからである）。

(2) CCSDS (宇宙データシステム諮問委員会) 勧告の採用とユーザ機器I/Fの簡素化

搭載機器が取得したデータを地上で利用する機関などをユーザと呼ぶ。ユーザは、地上においてはFig. 1に示すコンフィギュレーションでシステム成立性を確認し、機器は宇宙機に搭載されるのである。



Fig. 1 ユーザシステム (user system)

ユーザが望むことは、搭載機器が宇宙機に搭載されてもFig. 1の系が変わらないことである。この概念を実現することを目的に、CCSDSが発足し、さまざまな勧告が発行され、委員会に所属している機関はこの勧告を遵守している。その結果、ユーザが開発した搭載機器は世界中の宇宙機に搭載される機会を持ち、ミッションの高度化、グローバル化が実現されてきている。JAXAにおいてもCCSDS勧告準拠の宇宙機（ETS-8、ALOS以降の宇宙機）が開発されてきており、地上局も新GN（グランドネットワーク）からCCSDS勧告準拠のシステムに生まれ変わろうとしている。宇宙機—地上局を含めたCCSDSの概念をFig. 2に示す。

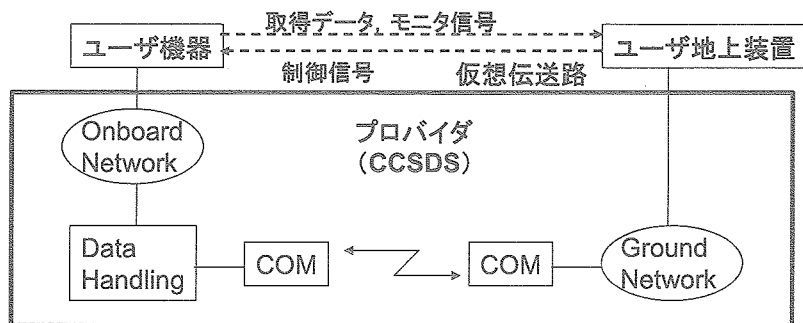


Fig. 2 CCSDSの概念 (Logical Data Path Data System Concept of CCSDS)

ユーザは、太線の四角で囲った通信システムを意識する必要は無く、かつ、他の宇宙機にも機器を搭載することになったとしても大きな変更がなく容易に実現可能であるということがわかる。

次にユーザが望むことは、ユーザが開発する搭載機器と宇宙機とのI/Fの簡素化である。CCSDS勧告に準拠したI/Fとすることにより、搭載機器にはCCSDS勧告対応の packets を生成/受信することが必要である。ユーザはCCSDS勧告対応の packets 生成/受信方法を理解することが求められるが、CCSDS勧告文書は packets 生成/受信方法のみ理解するための記載にはなっていないことから、ユーザには大きな負担になる。そこで、Fig. 3に示すように搭載機器と宇宙機との間に共通のI/F装置（CPU付きのボードレベル）を開発し、ユーザに提供することによって搭載機器には最低限の信号送受信プロトコルでI/Fする構成とすることが必要である。

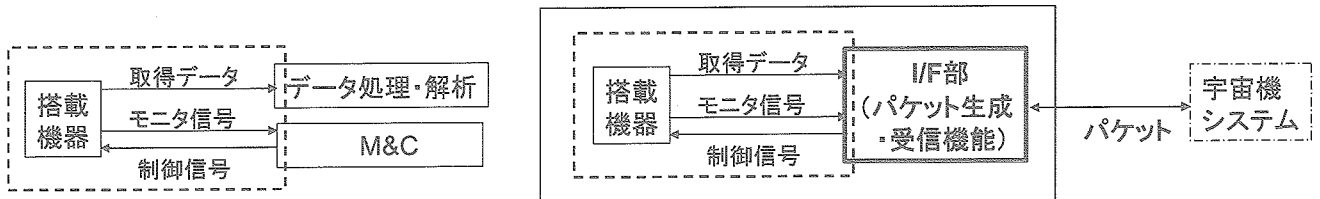


Fig. 3 搭載機器と宇宙機システム間の構成 (Monitor & Control concept of user equipment)

(3) テレメトリ/コマンドの階層化

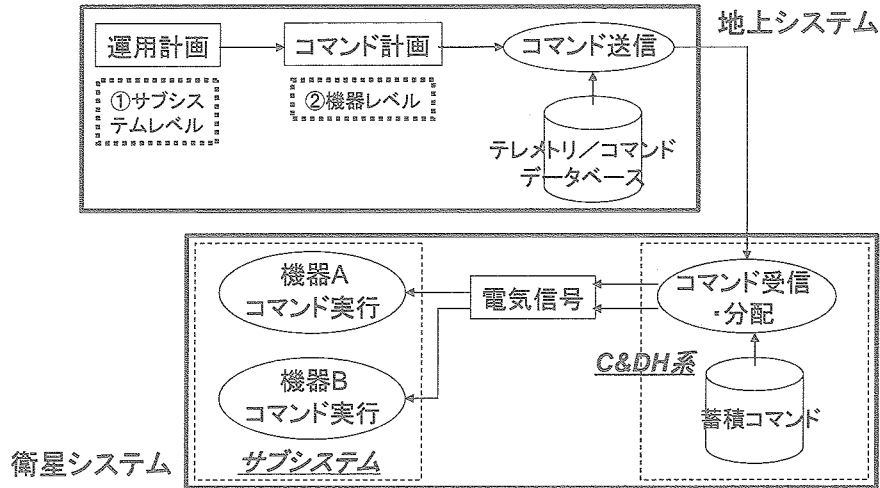
ユーザ機器を操作する際に、宇宙機システムのリソース(消費電力等)を変化させることが多々ある。そのため、Fig. 1のユーザ機器のM&Cは宇宙機システムの運用者が実施し、データ処理・解析をユーザが行う場合が多い。宇宙機システムの運用者は、SOOHにより宇宙機の操作内容を知り、SOPに基づき運用を行うことになるが、現状のテレメトリ/コマンドは機器のON/OFFから動作モードの変更というように多種多様に渡っており、全ての意味を知らなければ運用ができない状況である。しかし、家庭にあるテレビ、パソコンといったOA機器は最低限の機能/性能を知っているだけで何不自由なく操作することが可能であり、OA機器の各回路のON/OFF、動作モードを知っている必要は無い。

これを宇宙機で実現するために、テレメトリ/コマンドの階層化の概念が必要である。階層化の概念をTable-1に示す。階層化の対象は動作モード遷移(機器のON/OFFも含む)に関するものであるが、温度や電圧等の状態を示すテレメトリは重要度にも依るが今回は対象から外している。また、階層化の概念を理解するうえでこれまでのコマンド体系と階層化によるコマンド体系の比較をFig. 4に示す。

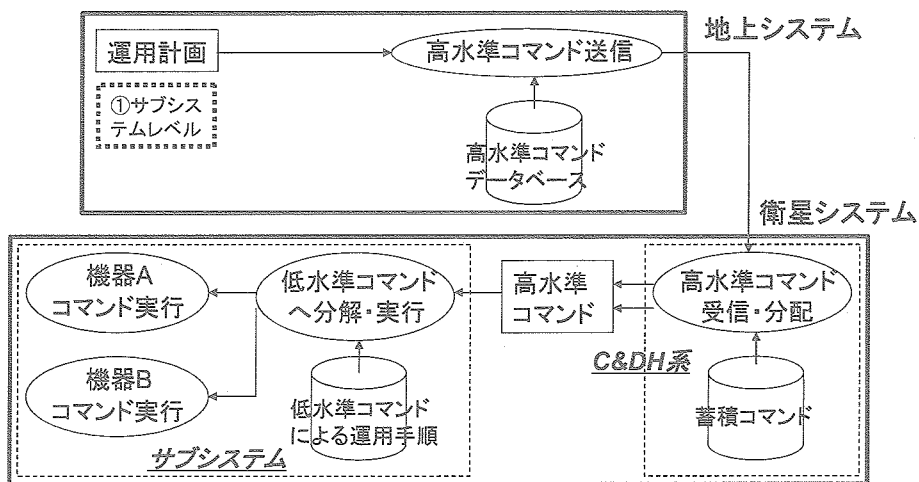
高水準コマンドとは、その操作が意図する目的に対応したコマンドのことであり、低水準コマンドとは高水準コマンドを実際に実行する際に実行される具体的な内部回路やソフトウェアに対する指令である。宇宙機システム運用者は、高水準コマンドの知識があれば良く、不具合が発生した場合には低水準コマンドの知識を有している機器開発者の支援があれば良いこととなる。機器開発者は低水準コマンドを用いて機器動作の確認を行うことから、低水準コマンドの知識を有していれば良い。宇宙機システムのシステム試験時には、試験担当者は基本的に高水準コマンドの知識を有していれば良いが、EMレベル及びPFMでもEMから改修された機能を有している場合には低水準コマンドの知識が必要になってくる可能性があるが、これまでのコマンド体系と比較して負担は大幅に減る。

Table-1 テレメトリ／コマンドの階層化の概念

階層	対象者	テレメトリ／コマンド内容
高水準	宇宙機システム運用者 システム試験担当者	サブシステムレベルの動作モード遷移
低水準	機器開発者	機器装置レベルの動作モード遷移



(a) これまでのコマンド体系



(b) 階層化によるコマンド体系

Fig. 4 これまでのコマンド体系と階層化によるコマンド体系の比較

コマンドの階層化によるメリットは次のとおりである。

- ・宇宙機システム運用者は、高水準コマンドの知識があれば運用できるため、負担の軽減と共に運用ミスを少なくできる。
- ・運用計画を立案してから、コマンド計画に変換する処理や変換後のコマンド計画が衛星コマンド実行能力を逸脱していないかを確認する処理 (Fig. 4の②) が不要になり、計画を立てやすく即座に実行できる。
- ・地上システムから宇宙機システムへ送信されるコマンドの絶対数が減少し、周回衛星等の短いコマンド伝送可能時間でもより多くの計画を実行できる。

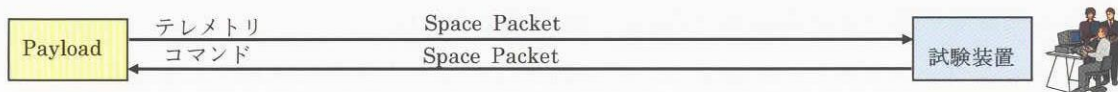
(4) 開発のしやすさ&再利用性 (⇒信頼性も向上)

標準 DH アーキテクチャとは、テレメトリ・コマンド伝送システム(DH システム)を、ユーザに対して“プロバイダ”にすることであると言える。

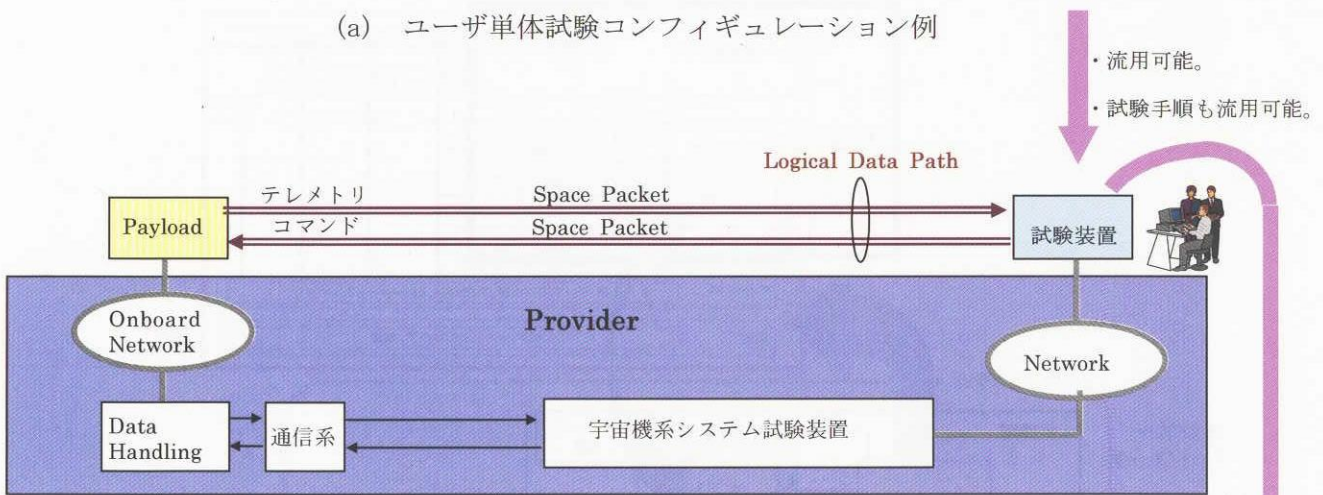
ユーザは標準 DH アーキテクチャ用に設計しておけば、ユーザシステム単体試験、宇宙機システム試験、Flight Operation とコンフィギュレーションが変化しても影響を受けなくなる。コンフィギュレーションの変化はプロバイダとなる DH システムが請け負う。

すなわち、Fig.5 に示すように、ユーザはユーザシステム単体試験、宇宙機システム試験において同一の試験装置の使用が可能(大きな改修無し)であり、同一の試験手順書の使用が可能になる。

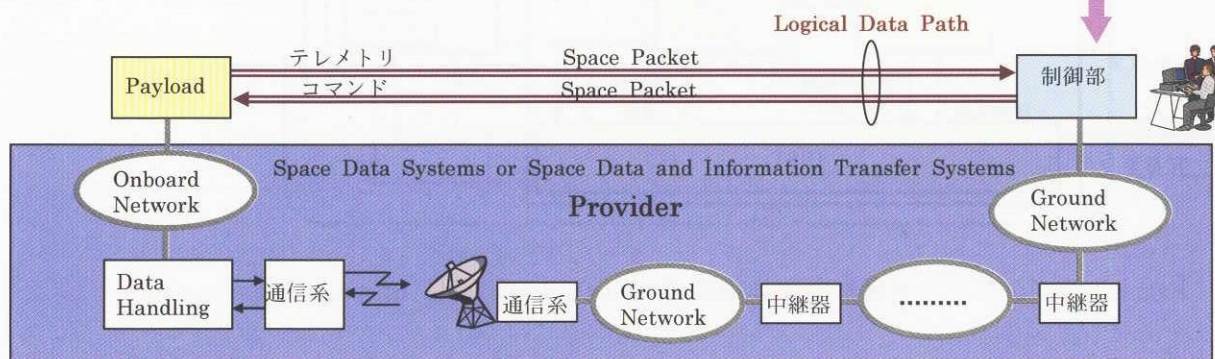
また、試験装置をそのまま又は改修して Flight Operation で使用することも可能となる。さらに、搭載する宇宙機が代わっても大きな改修無しで再利用が可能になる。



(a) ユーザ単体試験コンフィギュレーション例



(b) 宇宙機システム試験コンフィギュレーション例



(c) フライトコンフィギュレーション例

Fig.5 Space Link Protocol採用によるユーザシステムの再利用性の向上

3. 2 次世代DHの今後の研究課題

目指すべきDH実現のための研究課題を、やや羅列的にはなるが以下に挙げてみる。

- (1) データシステム・アーキテクチャ方向からの検討；地上～搭載ユーザ間のネットワーク階層モデルレベルの全体構造、I/F ポイント、全体システム設計検討、標準DHアーキテクチャ検討、等
- (2) ユーザ・インタフェース方向からの研究；ユーザにデータシステムの詳しい知識がなくとも煩わされずにインターネット感覚で使えるようなユーザフレンドリな I/F とするための研究、またテレメトリ/コマンドの階層化(例；高水準コマンド)は今後具体的な検討が必要で地上系との連携も必要。
- (3) ソフトウェアに関する研究；テレコマ伝送宇宙特殊要求に親和的なOSの検討、個別通信 S/W 等。
- (4) データバス伝送メディア（オンボードネットワーク）の研究開発

また、現状のDH系と理想とのギャップという観点から抽出してみると課題は次の通りである。

- ① システム構成やテレメトリ/コマンド設計に関する設計プロセスの見直し、
- ② サブシステム制御部の標準化/部品化 (Fig.6 に構成案を示す)、
- ③ IP (インターネットプロトコル) への対応、 ④ 分散オブジェクト技術の標準化/部品化、

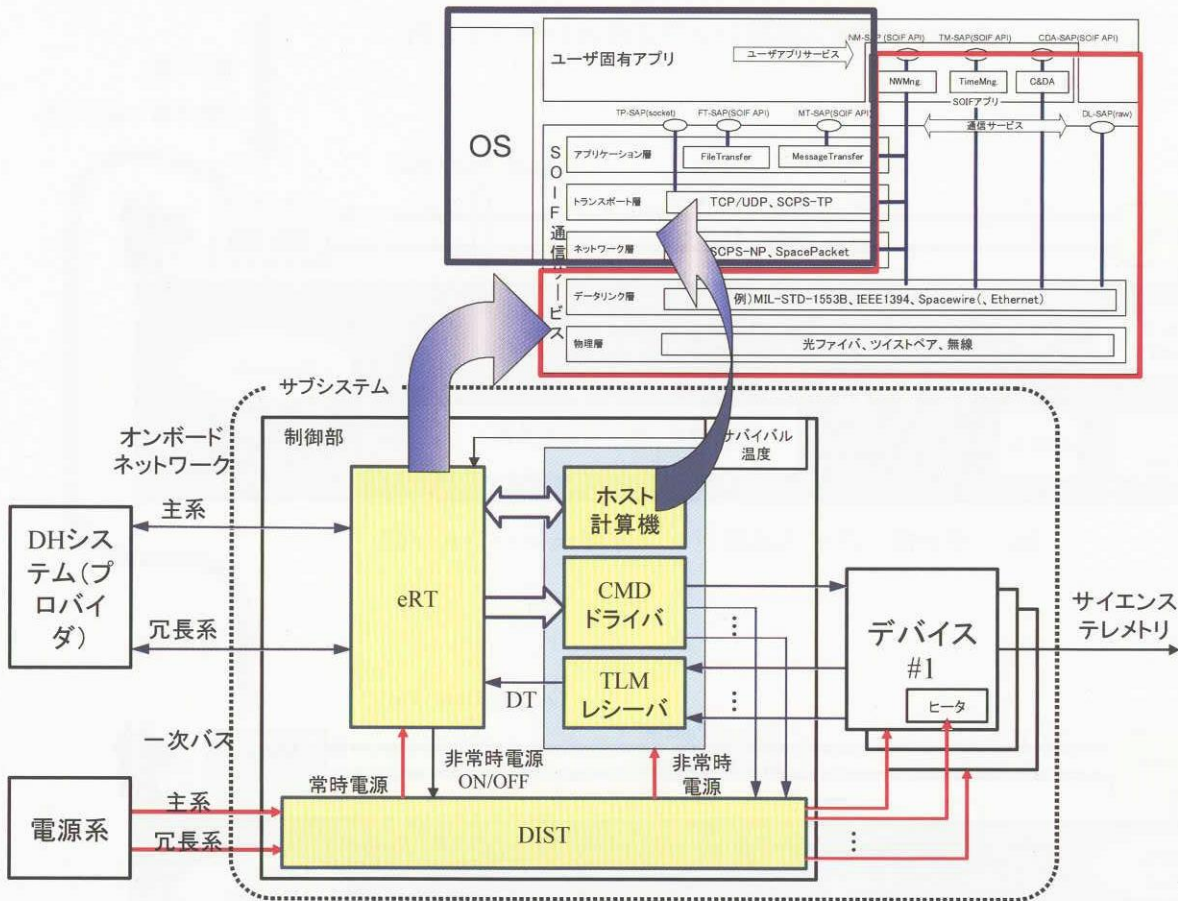


Fig.6 サブシステム制御部内部詳細構成 (DH Control Unit of user subsystem)

4. まとめ

現状の宇宙機設計の専門家でないと運用できないシステムでは民間 or 商業利用の本格実用は不可能であり、先ず JAXA で使い易く開発もし易いDH技術の開発・実証が必要である。これらは実績と信頼性の向上にも直結する。今年度は、そのようなDH系のアウトラインを描くことを試みた。