



通信設計標準

平成25年3月29日 A改訂
(平成20年9月3日 初版制定)

宇宙航空研究開発機構

免責条項

ここに含まれる情報は、一般的な情報提供のみを目的としています。JAXA は、かかる情報の正確性、有用性又は適時性を含め、明示又は黙示に何ら保証するものではありません。また、JAXA は、かかる情報の利用に関連する損害について、何ら責任を負いません。

Disclaimer

The information contained herein is for general informational purposes only. JAXA makes no warranty, express or implied, including as to the accuracy, usefulness or timeliness of any information herein. JAXA will not be liable for any losses relating to the use of the information.

発行

〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1

宇宙航空研究開発機構 安全・信頼性推進部

JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency)

目 次

1 適用範囲	1
2 関連文書	2
2.1 適用文書	2
2.1.1 CCSDS 勧告	2
2.1.2 JAXA 文書	3
2.2 参考文献	3
3 用語の定義及び略語	4
3.1 用語の定義	4
3.2 略語	8
4 通信概要	9
4.1 背景	9
4.2 アーキテクチャ	10
4.2.1 宇宙通信システム	10
4.2.2 地上サブネットワーク	12
4.2.3 スペースリンクサブネットワーク	12
4.2.4 オンボードサブネットワーク	13
4.2.5 プロトコルアーキテクチャ	13
5 要求事項	15
5.1 一般要求	15
5.2 標準プロトコル	15
5.3 地上サブネットワークプロトコル	16
5.4 スペースリンクサブネットワークプロトコル	16
5.4.1 物理層	17
5.4.2 テレコマンドの同期・チャンネルコーディング副層	17
5.4.3 テレコマンドのデータリンクプロトコル副層	18
5.4.4 テレメトリの同期・チャンネルコーディング副層	18
5.4.5 テレメトリのデータリンクプロトコル副層	18
5.5 オンボードサブネットワークプロトコル	19
5.5.1 プロトコルアーキテクチャ	19
5.5.2 データリンク	20

5.5.3 サービス	20
5.6 エンドツーエンドプロトコル	21
6 検証要求	22
6.1 検証の種類と目的	22
6.2 サブシステム/ペイロード適合性試験	22
6.3 RF 適合性試験	23
6.4 End-to-End 試験	24

1 適用範囲

この通信設計標準（以下「設計標準」という）は、エンドツーエンドの宇宙通信システムにおいて情報を遠隔伝送するための通信設計に関する基本的な要求を示すものである。

なお、情報に関する要求については他の標準（JERG-2-700 運用設計標準）において規定され、この標準では取り扱わない。

2 関連文書

2.1 適用文書

以下の文書は、この設計標準で呼び出した範囲で適用されるものであり、矛盾が生じた場合には特に規定のない限りこの設計標準が優先する。

2.1.1 CCSDS 勧告

- (1) CCSDS 131.0-B-2 (Issue 2. August 2011)
TM Synchronization and Channel Coding.
- (2) CCSDS 133.0-B-1 (Issue 1. September 2003)
Space Packet Protocol
- (3) CCSDS 135.0-B-4 (Issue 4. October 2009)
Space Link Identifiers.
- (4) CCSDS 231.0-B-2 (Issue 2. September 2010)
TC Synchronization and Channel Coding
- (5) CCSDS 232.0-B-2 (Issue 2. September 2010)
TC Space Data Link Protocol.
- (6) CCSDS 232.1-B-2 (Issue 2. September 2010)
Communications Operation Procedure-1
- (7) CCSDS 401.0-B-21 (Issue 21. July 2011)
Radio Frequency and Modulation Systems – Part 1: Earth Stations and Spacecraft.
- (8) CCSDS 732.0-B-2 (Issue 2. July 2006)
AOS Space Data Link Protocol.
- (9) CCSDS 910.4-B-2 (Issue 2. October 2005)
Cross Support Reference Model – Part 1: Space Link Extension Service.
- (10) CCSDS 911.1-B-3 (Issue 3. January 2010)
Space Link Extension – Return All Frames Service Specification
- (11) CCSDS 911.5-B-2 (Issue 2. January 2010)
Space Link Extension – Return Operational Control Fields Service Specification.
- (12) CCSDS 912.1-B-3 (Issue 3. July 2010)
Space Link Extension – Forward and CLTU Service Specification.

2.1.2 JAXA 文書

(1) JERG-2-410 NC

RF 通信系設計標準

(2) JERG-2-420 NC

RF 回線設計標準

(3) MAS-120001 NC

追跡管制システム テレメトリ・テレコマンド インタフェース条件書

(4) OSO 500-1.1

DIOSA インタフェース仕様：宇宙データ転送プロトコル (SDTP) (共通規定)

(5) OSO 501-3.1

DIOSA インタフェース仕様：宇宙データ転送プロトコル (SDTP) (個別規定)

2.2 参考文書

(1) JERG-2-700 NC

運用設計標準

3 用語の定義及び略語

3.1 用語の定義

この設計標準に関連する用語の定義を以下に示す。

(1) ARQ(Automatic Repeat reQuest; 自動再送要求)

受信側で伝送誤りを検出したときに、自動的に送信側へ再送を要求する仕組みのこと。

(2) HK(housekeeping)データ

搭載機器(ペイロード、サブシステム)の状態やステータスを示すデータのこと。

(3) アーキテクチャ

この設計標準で使用するアーキテクチャは、宇宙通信システムの設計思想や構成のこと。

(4) インターネットプロトコル

現在、地上において複数のネットワークを接続するプロトコルは TCP/IP プロトコル群がデファクトスタンダードなので、一般にインターネットプロトコルというと TCP/IP プロトコル群の IP のことをいう。

この設計標準において、インターネットプロトコルは TCP/IP プロトコル群の IP(Internet Protocol)のことである。

(5) エンドツーエンドプロトコル

宇宙通信において、宇宙機のネットワークを含む複数のネットワーク(Onboard Subnetwork-Space Link Subnetwork-Ground Subnetwork)を接続するプロトコルのことである。

Ground Subnetwork は、TCP/IP プロトコル群の IP の上位にエンドツーエンドプロトコルが存在する構成になる。

この設計標準においてエンドツーエンドプロトコルとして適用するプロトコルは、CCSDS Space Packet Protocol である。

(6) オクテット

データの長さの単位である。8 ビットで区切ったデータの塊をオクテットと呼ぶ(8 ビット×N データは N オクテットデータである)。この設計標準におけるデータ伝送の最小単位は 1 オクテットである。

(7) オンボードデータリンク

オンボードサブネットワークで使用する OSI 参照モデル下位 2 層機能に対応したインタフェース。MIL-STD-1553B、SpaceWire 等がある。

(8) コマンド

宇宙機に対する指令のこと。

(9) サービス

ある層(N層)とそれより下の層の能力であり、ある層(N層)とその上の層(N+1層)の境界において(N+1層)に提供されるもの。

(10) サブネットワーク

中継機能を持ち、ネットワーク接続を確立できる開放型システム。宇宙通信システムは、オンボードサブネットワーク、スペースリンクサブネットワーク、地上サブネットワークの3つのサブネットワークで構成される。

(11) シンプレックス

データソース(データ伝送元のこと)からデータディスティネーション(データ伝送先のこと)への一方向の通信のこと。

(12) タイムスタンプ

情報の発生時刻を示すために情報に時刻データを付加すること。テレメトリパケットは、セカンダリヘッダにパケット生成時刻を付加する。

(13) チャネルコーディング

伝送路の雑音から伝送するデータの品質を確保するために、データ送信側で情報に誤り検出符号や誤り訂正符号を付加し、受信側で伝送誤り検出や訂正を行うこと。

(14) テレコマンド

tele(遠隔通信)+command(コマンド)。コマンドの遠隔通信(地上から宇宙機)のこと。

(15) テレメトリ

tele(遠隔通信)+metry(計測)。メトリの遠隔通信(宇宙機から地上)のこと。メトリとは計測を意味し、HKデータおよびペイロードデータのこと。

(16) ネットワーク

コンピュータ・ネットワークのこと。

(17) ノード

ネットワークを構成する要素のこと。宇宙通信システムでは、ペイロード、サブシステム、搭載通信・データ処理系、地上局設備、地上ユーザがノードにあたる。

(18) パケット

この設計標準で使用するパケットは適用文書CCSDS勧告(2)で定義されたスペースパケットのことである。ISOのパケットではない。スペースパケットとは、宇宙通信システムを流れる伝送最小単位のデータユニットである(可変長)。この設計標準では、パケットとスペースパケットは同義語として使用している。

(19) プロトコル

ネットワーク上でデータを伝送するための手順、規約等の集合のこと。

(20) ペイロード

宇宙機に搭載する特定の目的のために必要な機器(観測機器、宇宙実験機器、通信機器等)

のこと。

(21) ペイロードデータ

ペイロードが取得した観測データ、実験データ等のこと。

(22) ポイントツーポイント

送信と受信が1対1の通信のこと。

(23) ポイントツーマルチポイント

送信と受信が1対Nの通信のこと。

(24) ランダマイズ

データの受信側でビット同期の捕捉・維持を確実にを行うために、データを PN(Pseudo Noise:擬似雑音)符号(雑音状の性質を持つスペクトラム拡散符号)で変調して、必要なビット遷移率(Bit Transition Density;'1'と'0'の繰り返しが最も遷移率が大きい)を確保すること。

(25) 宇宙機運用管制

宇宙機をモニタ(監視)および制御(Spacecraft Monitor & Control)する機能のこと。

(26) 宇宙通信システム

宇宙機のエンドユーザと地上のエンドユーザ間に存在する複数のサブネットワークを接続したネットワークのこと(見かけ上、一つのネットワークである)。

(27) 誤り検出

送信側で情報に誤り検出符号を付加し、受信側で伝送路において発生した伝送誤りを検出すること。伝送誤りを検出した場合は送信側へ再送を要求する。テレコマンドに使用する。

(28) 誤り訂正

送信側で情報に誤り訂正符号を付加し、受信側で伝送路において発生した伝送誤りを訂正すること。テレメトリに使用する。

(29) 相互支援 (クロスサポート)

異なった宇宙機関間を相互接続すること。適用文書 CCSDS(9)参照。

(30) 地上ノード

標準通信プロトコルで相互接続された、地上側に存在する計算機・ハードウェアの実体のこと。

(31) 通信

この設計標準で使用する通信は、テレメトリとテレコマンドを伝送する仕組みこと。

(32) 搭載ノード

標準通信プロトコルで相互接続された、宇宙機内に存在する計算機・ハードウェアの実体のこと。

(33) 論理データパス

一つのアプリケーションソースから、一つまたは複数のサブネットワークを経由し、一つまたは複数のアプリケーションディステーションへのスペースパケットの論理的パス(Path)のこと。適用文書 CCSDS 勧告 (2)参照。

3.2 略語

この設計標準に関連する略語を以下に示す。

AOS	Advanced Orbiting Systems	将来型宇宙機システム
ARQ	Automatic Repeat Request	自動再送要求
CCSDS	Consultative Committee for Space Data Systems	宇宙データ諮問委員会
CLCW	Communications Link Control Word	通信回線制御語
CLTU	Communications Link Transmission Unit	通信回線伝送単位
COP	Communications Operation Procedure	通信運用手順
CPU	Central Processing Unit	中央処理装置
CRC	Cyclic Redundancy Check	巡回冗長検査
DIOSA	Distributed Operations System Architecture	
EMC	Electro-Magnetic Compatibility	電磁適合性
HK	House Keeping	ハウスキーピング
ID	Identification	識別子
IETF	Internet Engineering Task Force	(TCP/IP 等の技術標準化組織名)
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency	宇宙航空研究開発機構
LAN	Local Area Network	構内通信網
LDPC	Low Density Parity Check	低密度パリティチェック
MOD	Moduration	変調
OCF	Operationnal Control Field	運用制御領域
OSI	Open System Interconnection	開放型システム間相互接続
PLOP	Physical Layer Operations Procedure	物理層運用手順
RAF	Return All Frames	
RF	Radio Frequency	無線周波数
RFC	Request for Comment	(IETF の技術資料)
SDTP	Space Data Transfer Protocol	
SDU	Service Data Unit	
SEC	Single Error Correction	
SLE	Space Link Extension	
SM&C	Spacecraft Monitor and Control Protocol	衛星運用管制 (監視と制御)
SOIS	Spacecraft Onboard Interface Services	
TC	Telecommand	テレコマンド
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol	
TED	Triple Error Detection	
TM	Telemetry	テレメトリ
VCID	Virtual Channel Identification	仮想チャンネル識別子
WAN	Wide Area Network	広域通信網

4 通信概要

4.1 背景

通信とは、地上のエンドユーザと宇宙機のエンドユーザ間(エンドツーエンド)で伝送する情報を遠隔伝送することである。

情報とは、宇宙機運用管制のためのコマンドと HK データ、およびペイロードが取得したペイロードデータである。コマンドの遠隔伝送をテレコマンドと呼び、HK データやペイロードデータの遠隔伝送をテレメトリと呼ぶ。

その他、地上側が宇宙機の時刻を正確に知るための宇宙機時刻校正情報なども伝送するが、伝送の観点からはテレコマンドやテレメトリに分類される。

テレコマンドとテレメトリは要求が異なる。

テレコマンドは、コマンドを伝送する性格上、伝送誤りは基本的に許容されない。そのため、受信側(宇宙機)は誤り検出を行い、誤り検出時は送信側(地上側)へ再送要求を行うことが一般的である。また、伝送順番を確実に維持することも要求される。

テレメトリは、HK データやペイロードデータの伝送なので、より多くのデータを伝送することが優先される。そのため、受信側(地上側)で誤り訂正のみを行うことが一般的である。

テレコマンドおよびテレメトリは古くは TDM(時分割多重)という多重化方式であったが、技術的限界や開発、運用、維持等の費用や時間の増加等が世界の宇宙機関の共通的な課題になり、現在は 1982 年に発足した CCSDS(Consultative Committee for Space Data Systems; 宇宙データ諮問委員会)が勧告したパケット方式が世界の宇宙機関等で使用されている。CCSDS の勧告はすべて ISO(International Organization for Standardization)規格に制定された国際標準規格である。

CCSDS 勧告の宇宙通信は、1977 年に ISO により制定された複数のネットワークを接続するためのプロトコルの基本である OSI(Open System Interconnection)参照モデルを宇宙へ拡張したものである。図 4.1-1 に OSI 参照モデルの階層と CCSDS 宇宙通信の階層を示す。JAXA は、エンドツーエンドの通信にスペースパケットのみを使用するので、アプリケーション層とトランスポート層は使用しない。勧告は各層のサービスを定義してプロトコルを規定したものである。

CCSDS 宇宙通信勧告は、地上-宇宙機間の 3 つのサブネットワーク(オンボードサブネットワーク、スペースリンクサブネットワーク、地上サブネットワーク)とそれらを相互に接続するエンドツーエンドプロトコルで構成する。

OSI 参照モデルの階層		CCSDS の階層	
第 7 層	アプリケーション層 Application Layer	アプリケーション層 Application Layer	
第 6 層	プレゼンテーション層 Presentation Layer		
第 5 層	セッション層 Session Layer		
第 4 層	トランスポート層 Transport Layer	トランスポート層 Transport Layer	
第 3 層	ネットワーク層 Network Layer	ネットワーク層 Network Layer	
第 2 層	データリンク層 Data Link Layer	データリンク層 Data Link Layer	データリンクプロトコル副層 Data Link Protocol Sublayer
			同期・チャネルコーディング副層 Sync. and Channel Coding Sublayer
第 1 層	物理層 Physical Layer	物理層 Physical Layer	

図 4.1-1 OSI 参照モデルと CCSDS 宇宙通信勧告の階層

その他、地上の機関間を相互支援接続するための SLE(Space Link Extension)勧告、オンボースサブネットワークのサービスを規定する SOIS(Spacecraft Onboard Interface Services)がある。

JAXA は、これまで CCSDS 勧告に沿って宇宙機を開発してきた。

以上を含み、通信は、次に示すようなことを実現するために標準化を行う。

- 通信の利用者に対して、搭載機器、試験装置、各種手順書、地上設備等は宇宙機が異なっても再利用できる(費用と時間の節約)。
- 地上のエンドユーザと宇宙機のエンドユーザ間に論理データパスを形成し、通信の利用者は他の利用者の影響を受けずにデータを伝送したいときに伝送できる。
- 相互支援(クロスサポート)ができる(ネットワークの拡大、宇宙機等緊急時の支援、調整作業の費用と時間の節約)。
- アベイラビリティを確保すること、信頼性および安全性を確保すること、およびコストエフェクティブを考慮すること。

4.2 アーキテクチャ

4.2.1 宇宙通信システム

宇宙通信システムの一般的な構成(主要通信ノードと接続)を図 4.2.1-1 と図 4.2.1-2 に示す。図 4.2.1-1 は物理的構成に着目した構成図であり、図 4.2.1-2 はネットワークに着目した構成図である。

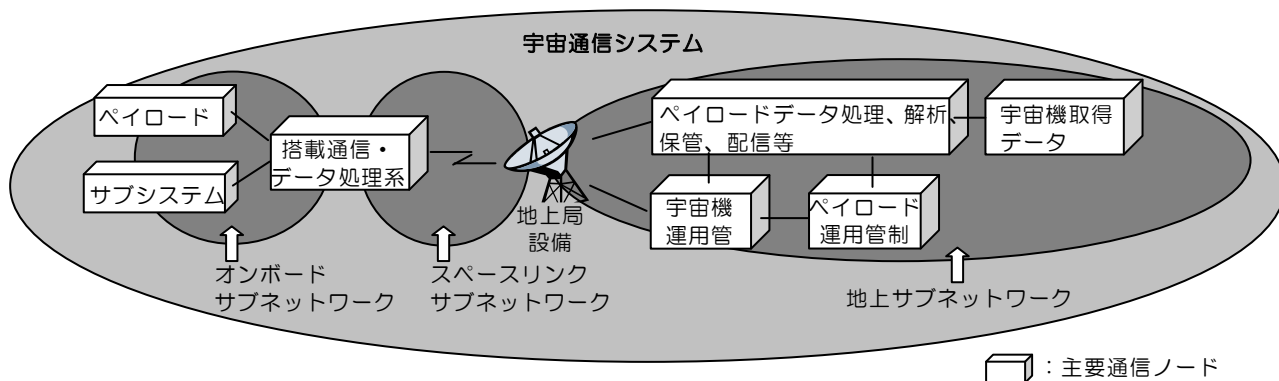
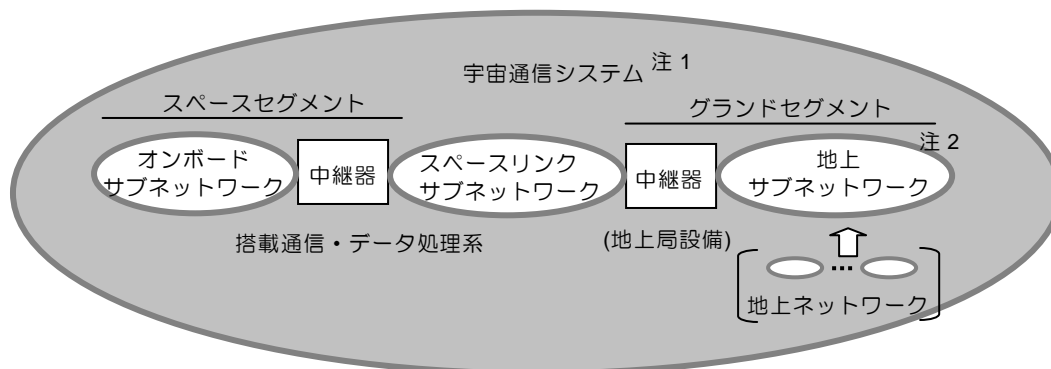


図 4.2.1-1 物理的構成に着目した宇宙通信システムの一般的な構成



注 1：複数のサブネットワークをエンドツーエンドプロトコルで接続して形成された一つのネットワーク。
 注 2：地上サブネットワークは、地上の複数のネットワークをインターネットプロトコルで接続して形成されたインターネットである。

図 4.2.1-2 ネットワークに着目した宇宙通信システムの一般的な構成

宇宙通信は多数の異なったネットワークで構成されるが、図 4.2.1-1 に示したように、地上のネットワーク、地上・宇宙機のネットワークおよび宇宙機のネットワークに分類できる。分類した各々のネットワークはサブネットワークである。

- (1) 地上サブネットワーク : 地上局設備、宇宙機運用管制、ペイロード運用管制、ペイロードデータ処理、利用機関等の地上ノード間接続。
- (2) スペースリンクサブネットワーク : 地上ノードと宇宙機ノードの接続。
- (3) オンボードサブネットワーク : 搭載通信・データ処理系、ペイロード、サブシステムの搭載ノード間の接続。

この 3 つの異なったサブネットワークは、エンドツーエンドプロトコルで接続して、一つのネットワークになる。このネットワークを宇宙通信システムと呼ぶ。

4.2.2 地上サブネットワーク

地上サブネットワークは、宇宙機の運用管制、ペイロードの運用管制、ペイロードが取得したデータの処理(データ処理、解析、アーカイブ、配信等)およびその利用機関を通信のノードとするネットワークである。このネットワーク上の一つのノードが地上局(中継器)である。

地上サブネットワークは、一般に、複数の異なったネットワークで構成されている。この複数の異なったネットワークは、一般に TCP/IP プロトコル群の IP で接続している。

この地上サブネットワークの上にエンドツーエンドプロトコルがのる。

さらに、地上サブネットワークは、地上サブネットワーク内のノード間でパケット等を効率よく送受する標準プロトコル(SLE 等)が必要である。

4.2.3 スペースリンクサブネットワーク

地上サブネットワークの中継器(地上局設備)とオンボードサブネットワークのノード中継器(搭載通信・データ処理系)を接続する回線である。

この回線は2つのシンプレックス(宇宙機から地上側への伝送、地上側から宇宙機への伝送)で構成する無線回線である。宇宙機から地上側への無線回線をダウンリンク(またはリターンリンク)と呼び、地上側から宇宙機への無線回線をアップリンク(またはフォワードリンク)と呼ぶ。ダウンリンクはテレメトリを伝送し、アップリンクはテレコマンドを伝送する。シンプレックスである理由は、アップリンクがなくても衛星の状態をモニタする必要があることと、ダウンリンクが無くてもコマンドを伝送する必要があるからである。

テレコマンドの伝送はデータの完全性(integrity)を保つための ARQ(automatic repeat request)等のメカニズムを持つが、再送要求は他のシンプレックス(ダウンリンク)で伝送する。なお、宇宙機や回線の異常に備えて、テレコマンドの伝送はダウンリンクが無くても(ARQ無し)伝送できることが要求である。

接続は、ポイントツーポイントまたはポイントツーマルチポイントである。

なお、地上局設備と搭載通信・データ処理系の間の中継衛星が介在する場合があるが、中継衛星の機能はリピータ(物理層のみに対応した信号の再生や中継)である。

スペースリンクサブネットワークは遠距離の無線回線のため、地上サブネットワークやオンボードサブネットワークよりも回線品質は悪い。そのため、特別なチャンネルコーディングや伝送手順を必要とする。

4.2.4 オンボードサブネットワーク

オンボードサブネットワークは、サブシステムやペイロードを通信のノードとする宇宙機内のネットワークである。このネットワーク上の一つのノードが搭載通信・データ処理系(中継器)である。

オンボードサブネットワークも一つとは限らない、更に複数のサブネットワークで構成する場合もある。複数のサブネットワークがある場合、これらのサブネットワークは、中継器で接続される。

4.2.5 プロトコルアーキテクチャ

宇宙通信システムは、図 4.2.6-1 に示すように、ノードを標準プロトコルで接続することによって構成される。

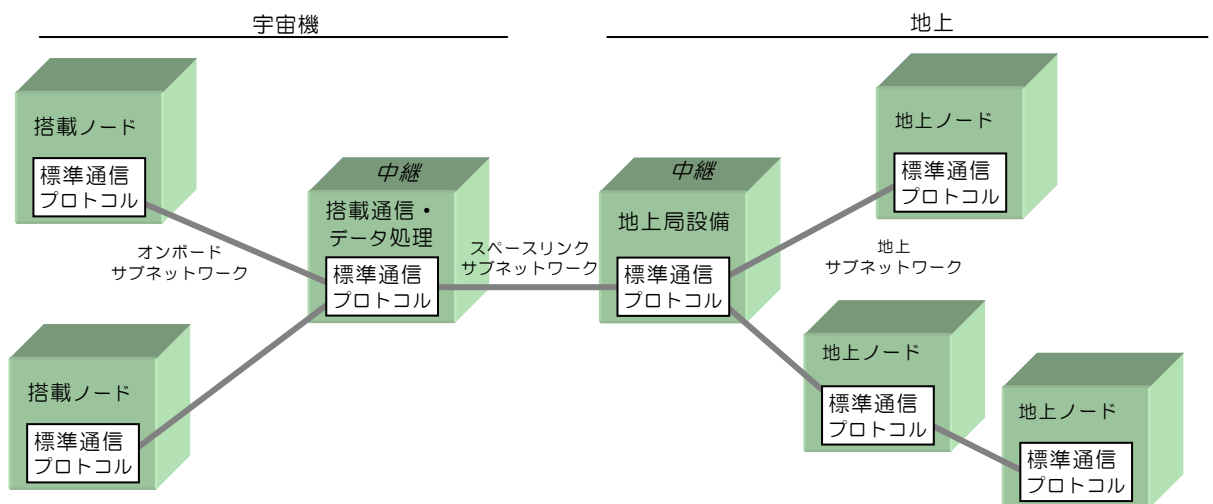


図 4.2.6-1 宇宙通信システムアーキテクチャ

図 4.2.6-1 をモデル化すると、図 4.2.6-2 のように 4 つのノードで表すことができる。

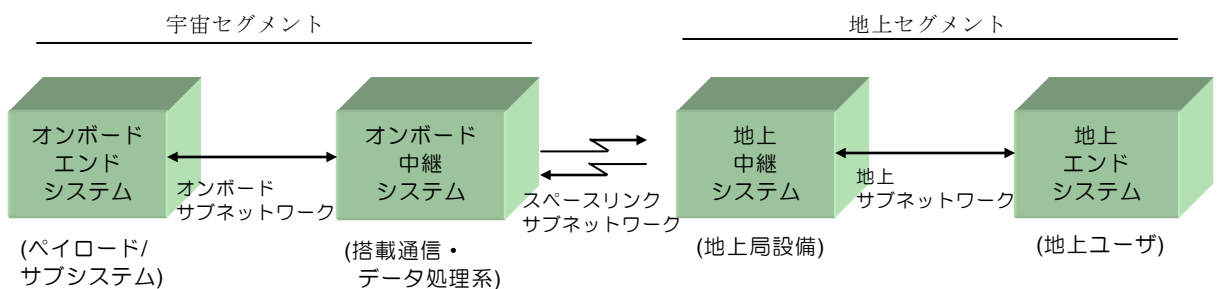


図 4.2.6-2 宇宙通信システムのモデル

図 4.2.6-2 を OSI 参照モデルに従い通信プロトコルで記載した図を図 4.2.6-3 に示す。

図 4.2.6-3 において、上位プロトコルは運用(Spacecraft Monitor and Control Protocol: SM&C)であり、参考文書(1)で規定する。

この通信設計標準は、図 4.2.6-3 に示すように、以下に示す 4 つの標準プロトコルを定めるものである。

- 地上サブネットワークプロトコル
- スペースリンクサブネットワークプロトコル
- オンボードサブネットワークプロトコル
- エンドツーエンドプロトコル

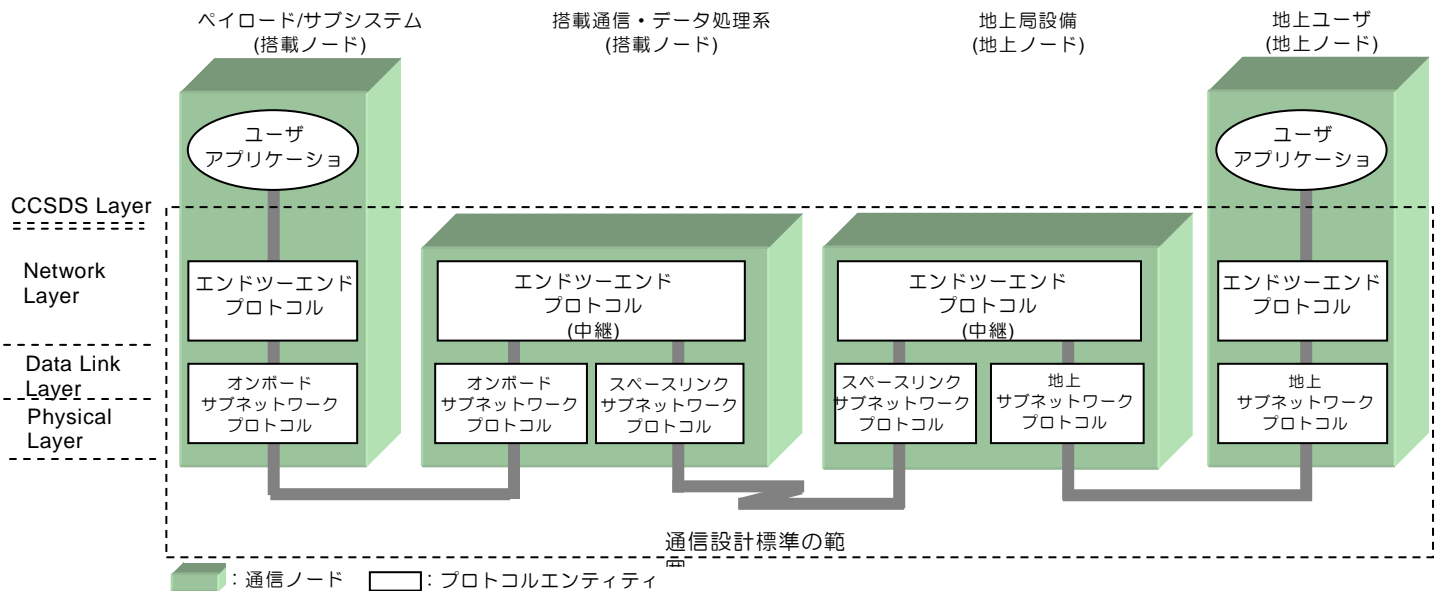


図 4.2.6-3 宇宙通信システムの通信プロトコルアーキテクチャ

5 要求事項

5.1 一般要求

- (1) 宇宙機姿勢異常等の異常を考慮し、テレメトリ、テレコマンドの伝送は、必要とされる伝送回線品質を保証すること。
- (2) 伝送データはイベントトリガ型(コマンド、アップロード/ダウンロードデータ等)とタイムトリガ型(HK データ等)がある。これらのデータを効率よく伝送すること。
- (3) 宇宙機で生成したテレメトリパケットにはデータ取得時のタイムスタンプがあること。
- (4) テレメトリ回線とコマンド回線は常時成立しているとは限らない。宇宙機異常発生等の場合、片方の回線のみでも成立すること。
- (5) 要求がある場合、運用モードや通信回線の状態に応じて伝送するテレメトリの種類や発生頻度を切替えたり、蓄積して後から伝送できること。

5.2 標準プロトコル

通信設計標準で適用するプロトコルを表 5.2-1 に示す。

表 5.2-1 標準プロトコル

プロトコル	規格名		規格番号
地上 サブネットワーク プロトコル	TCP/IP プロトコル群		IETF の RFC。
	H-II Protocol		MAS-120001 注1
	Space Data Transfer Protocol (SDTP)		DIOSA OSO500-1.1 注2 DIOSA OSO501-3.1 注3
	Space Link Extension (SLE)		CCSDS910.4-B CCSDS 911.1-B CCSDS 911.5-B CCSDS 912.1-B
スペースリンク サブネットワーク プロトコル	TC	TC Space Data Link Protocol	CCSDS 232.0-B
		Communication Operation Procedure-1 (COP-1)	CCSDS 232.1-B
		TC Sync. and Channel Coding	CCSDS 231.0-B
	TM	AOS Space Data Link Protocol	CCSDS 732.0-B
		TM Sync. and Channel Coding	CCSDS 131.0-B
	RF	RF and Modulation	CCSDS 401.0-B
		RF 通信系設計標準	JERG-2-410
RF 回線設計標準		JERG-2-420	
オンボード サブネットワーク プロトコル	TBD		JERG-2-430 番台
エンドツーエンド	Space Packet Protocol		CCSDS 133.0-B

IETF: Internet Engineering Task Force. RFC: Request for Comment

注1: 適用文書 2.1.2(3)。

注2: 適用文書 2.1.2(4)。

注3: 適用文書 2.1.2(5)。

5.3 地上サブネットワークプロトコル

- (1) 地上サブネットワークで使用する標準プロトコルを図 5.3-1 に示す。地上内のネットワークは地上間のネットワークを接続するインターネットプロトコル(TCP/IP プロトコル群)の上で地上-宇宙機のエンドツーエンドを接続するエンドツーエンドプロトコルを適用する。この 2 つのプロトコルの他に、地上機関間でパケットやフレームを授受する時の相互支援(クロスサポート)用のプロトコルとして CCSDS の SLE(Space Link Extension)勧告(適用文書 CCSDS 勧告(9)~(12))を適用する。
- (2) SLE 勧告の適用について: JAXA は同勧告が制定される以前に JAXA 固有の H-II プロトコル(適用文書 JAXA 文書(3))および SDTP (Space Data Transfer Protocol) (適用文書 JAXA 文書(4)および(5))を開発して使用している。他機関との接続は SLE 勧告の適用を標準とするが、JAXA 内に置ける装置間は H-II プロトコルと SDTP も JAXA 標準とする。
- (3) CCSDS の SLE 勧告を適用する場合は、テレメトリ転送サービスに RAF サービスを、テレコマンド転送サービスに CLTU サービスを適用する。

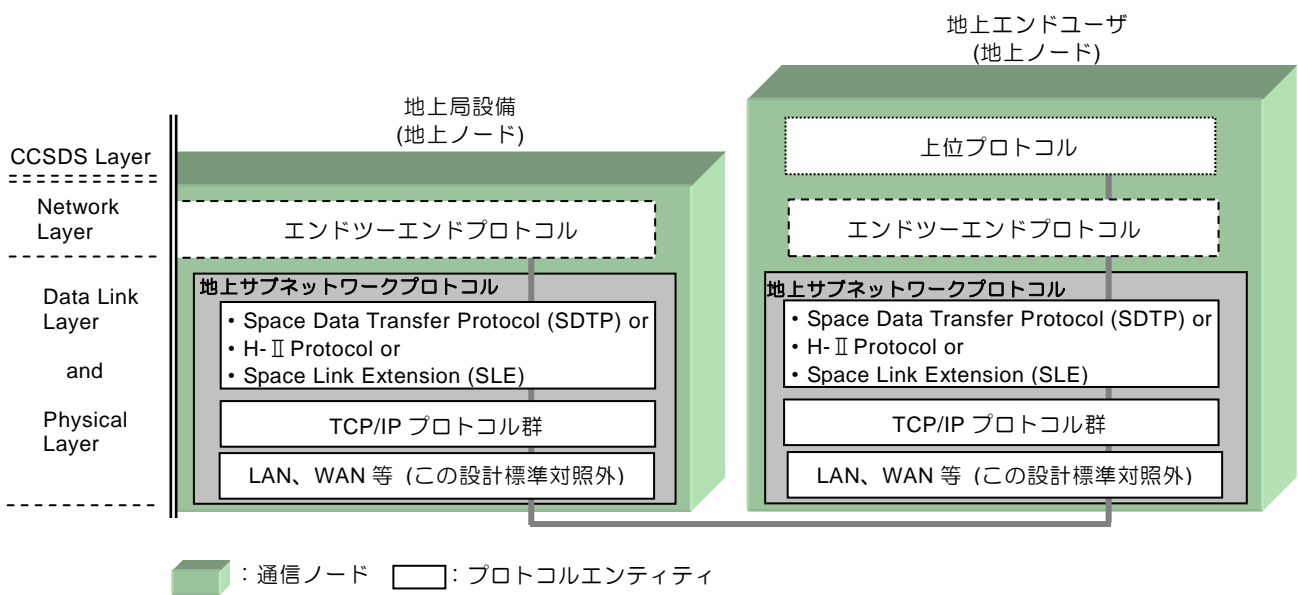


図 5.3-1 地上サブネットワークのアーキテクチャと標準プロトコル

5.4 スペースリンクサブネットワークプロトコル

スペースリンクサブネットワークで使用する標準プロトコルを図 5.4-1 に示す。

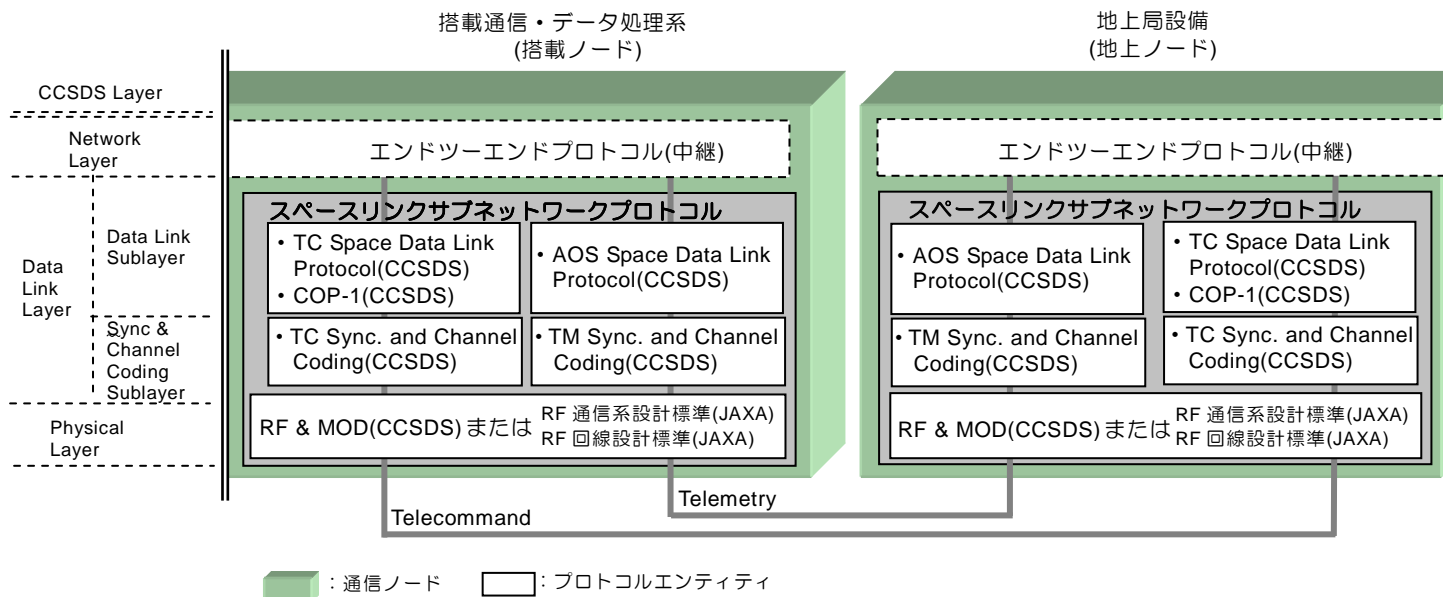


図 5.4-1 スペースリンクサブネットワークのアーキテクチャと標準プロトコル

5.4.1 物理層

- (1) CCSDS の RF & Modulation(適用文書 CCSDS 勧告(7))、RF 通信系設計標準(適用文書 JAXA 文書(1))および RF 回線設計標準(適用文書 JAXA 文書(2))を適用する。

5.4.2 テレコマンドの同期・チャンネルコーディング副層

- (1) CCSDS TC Sync. and Channel Coding (適用文書 CCSDS 勧告(4))を適用する。
- (2) 一つの CLTU には複数のパケットを伝送できるが、複数パケット/CLTU とした場合はスループットが低下することがあるので注意すること。
- (3) デコーディングモードは表 5.4.2-1 に示すような 2 モードが可能である。この 2 モードは伝送品質(CLTU 廃棄率、見逃し誤り率、スループット)が異なる。宇宙機毎に要求される伝送品質から選択すること。

表 5.4.2-1 デコーディングモード

デコーディングモード	Start Sequence 検出モード		BCH 復号モード		フレームエラー制御 (CRC)
	全ビット一致	1ビット誤り許容	TED	SEC	
Error-Detecting	○	---	○	---	なし
Error Correcting	---	○	---	○	あり

TED: Triple Error Detection. SEC: Single Error Correction

- (4) ランダムイズの適用はコマンド受信機のビット同期特性によるが、一般的に適用することが好ましい。
- (5) PLOP(物理層運用手順 ; Physical Layer Operations Procedure)は PLOP1 と PLOP2 があるが、PLOP2 を使用すること。

5.4.3 テレコマンドのデータリンクプロトコル副層

- (1) TC Space Data Link Protocol (適用文書 CCSDS 勧告(5)) 適用する。
- (2) 7つのサービスがある。用途を理解して適用すること。通常よく使用するサービスは Virtual Channel Packet(VCP)サービス、COP Management サービスである。
- (3) Error Correcting モード(表 5.4.2.2-1)を使用する場合はフレームエラー制御(CRC)を使用する(使用しないと見逃し誤りが増加する)。
- (4) VCID は 0 または 0 と 1(主系従系を VC で切替える場合)のみを使用する。
- (5) 運用手順は CCSDS Communication Operation Procedure-1(COP-1) (適用文書 CCSDS 勧告(6))を適用する。

5.4.4 テレメトリの同期・チャネルコーディング副層

- (1) TM Sync. and Channel Coding (適用文書 CCSDS 勧告(1)) を適用する。
- (2) 伝送制御符号は、図 5.4.4-1 に示す組み合わせで使用することが一般的である。各組み合わせは符号化利得が異なる。宇宙機毎に要求される符号化利得から選択すること。
- (3) ランダマイズの適用はテレメトリ受信機のビット同期特性によるが、一般的に適用することが好ましい。

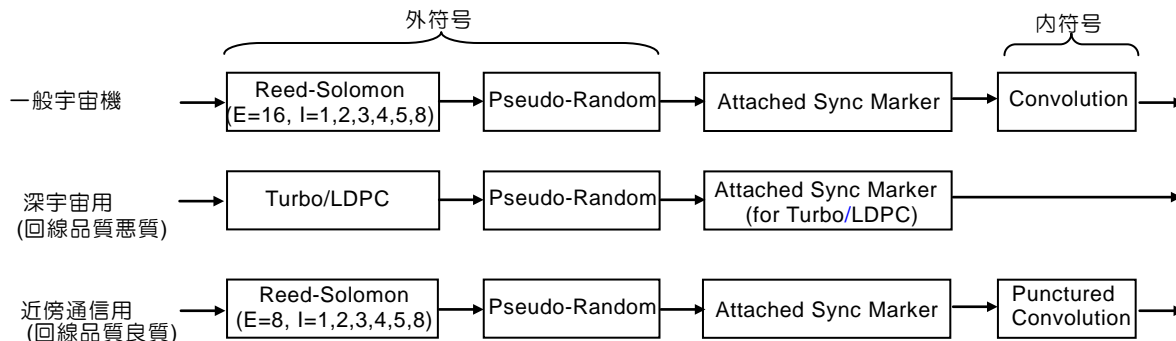


図 5.4.4-1 一般的な符号の使い方

5.4.5 テレメトリのデータリンクプロトコル副層

- (1) AOS Space Data Link Protocol (適用文書 CCSDS 勧告(8)) を適用する。
- (2) 7つのサービスがある。用途を理解して適用すること。通常よく使用するサービスは Packet サービス、Virtual Channel Operational Control Field(VC_OCF)サービスである。
- (3) CLCW を伝送する場合、CLCW は VC_OCF(Presence of Operational Control Field)で伝送する。

5.5 オンボードサブネットワークプロトコル

5.5.1 プロトコルアーキテクチャ

オンボードサブネットワークのプロトコルアーキテクチャおよび使用するプロトコルを図 5.5-1 に示す。

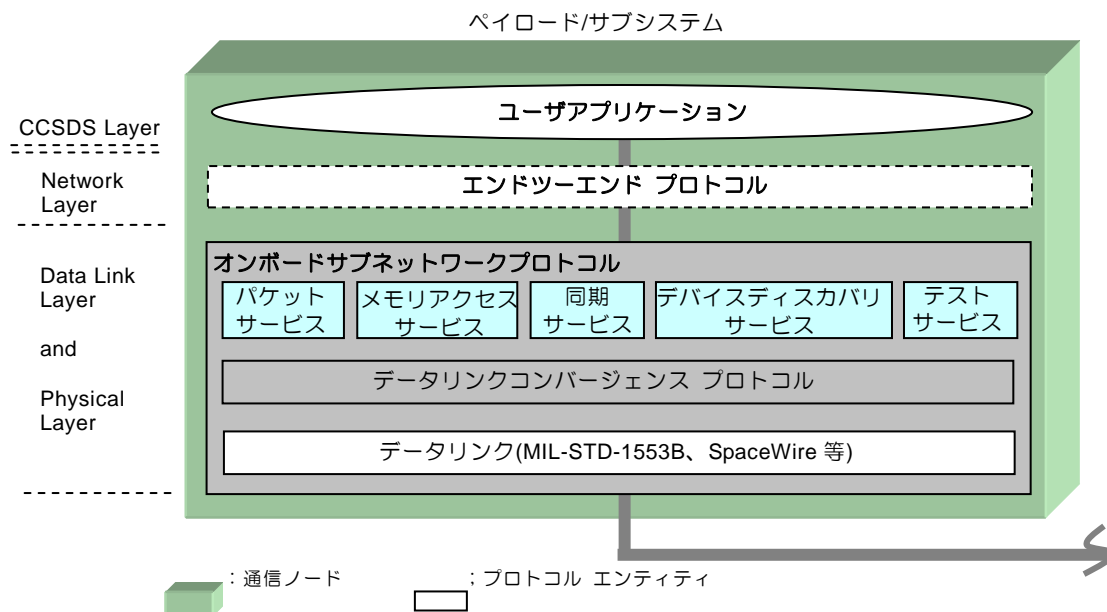


図 5.5-1 オンボードサブネットワークのアーキテクチャ

オンボードサブネットワークのデータリンクは、OSI 参照モデル下位 2 層に相当する機能のプロトコル(例えば MIL-STD-1883B や SpaceWire 等)を使用する。

オンボードサブネットワークと上位アプリケーションとは標準化した 5 つのサービスでインタフェースする(注 1)。

オンボードサブネットワークのデータコンバージョンプロトコルは、様々なデータリンクに対して、サービスを標準化するための機能である。データリンクは 5.5.2 節に示す 6 機能が要求されるが、データリンクに使用するすべてのプロトコルがこの 6 機能を備えているとは限らない。使用するプロトコルが機能不足の場合は、その機能をデータコンバージョンプロトコルで補う(注 2)。

注 1：上位アプリケーションは、データリンクがインタフェースするとデータリンクで使用するプロトコルの影響を受ける。そのために、データリンクで使用するプロトコルに異存しない標準サービスを設ける。

注 2：インプレメンテーションする場合、一般に独立した 3 つの標準プロトコル(サービス、コンバージョン、データリンク)を組み合わせるのではない。データリンクに対応してサービスのプロトコル(コンバージョン機能を含む)が存在する。上位アプリケーションとのインタフェースは、データリンクが異なっても同じである。

5.5.2 データリンク

データリンクへの要求は次の 6 つの機能である。すべてのデータリンクは、この 6 つの要求を満たすことが好ましい。

- (1) 冗長機能：一つのサブネットワーク内の **Source End Point** から **Destination End Point** へ冗長伝送路でデータを伝送する機能。主系の伝送路と従系の伝送路は独立していること。
- (2) 再送機能：伝送データが喪失や伝送誤りで **Destination** へ伝送できなかった場合、再度送信する機能。
- (3) セグメンテーション機能：送信側で上位アプリケーションからのデータを分割して伝送し、受信側で分割されたデータを結合して上位アプリケーションへ伝送する機能。この機能は次の場合に使用する。(a)上位アプリケーションのデータ長がデータリンクで伝送できる最大データ長を超える場合、(b)上位アプリケーションの長いデータ伝送により他の上位アプリケーションの短いデータ伝送に不要な遅延が発生する場合。
- (4) トラフィック管理：一般に、次のいずれかである。(a)伝送帯域割り当て無しで再送機能有り、(b) 伝送帯域割り当て無しで再送機能無し、(c) 伝送帯域割り当て有りで再送機能無し、(d) 伝送帯域割り当て有りで再送機能有り。
- (5) 優先度制御：優先度の高いデータを優先して伝送する機能。
- (6) プロトコル多重化機能：サブネットワークに特有のプロトコル識別能力により、マルチプルネットワークまたは上位層がサブネットワーク層のサービルにアクセスする機能。

5.5.3 サービス

上位アプリケーションとインタフェースするサービスを以下に示す。

- (1) パケットサービス：オンボードサブネットワークのパケットサービスは、パケット(オクテットデータ(8 ビットの整数倍の可変長データ)を、オンボードサブネットワークのエンドポイントから同じオンボードサブネットワークのエンドポイントへ転送する
- (2) メモリアクセスサービス：オンボードサブネットワークのメモリアクセスサービスは、オンボードサブネットワークのノード内のメモリに対してデータの読み出しや書き込みを行う。
- (3) 同期サービス：オンボードサブネットワークの同期サービスは、サブネットワークで共通に使用する時刻の同期を行う。
- (4) デバイスサービス：オンボードサブネットワークのデバイスサービスは、オンボードサブネットワーク内におけるユーザにデバイスの存在を通知する。

- (5) テストサービス：オンボードサブネットワークのテストサービスは、サブネットワークの機能性や接続性に関する試験を行う。

5.6 エンドツーエンドプロトコル

- (1) Space Packet Protocol (適用文書 CCSDS 勧告 (2))を適用する。
- (2) テレメトリパケットのセカンダリヘッダには、データ取得時刻を示すタイムスタンプを必ず入れること。

【参考】 スペースパケットサービスの概要

スペースパケットプロトコルは、一つの送信元ユーザアプリケーション(Source User Application)から一つまたは複数の宛先ユーザアプリケーション(Destination User Application)へ、一つまたは複数のサブネットワークを介して単方向データ伝送でスペースパケットを伝送する。この伝送のパス(Path)を論理データパス(Logical Data Path : LDP)とよび、このパスの識別子(Path ID)を APID(Application Process Identifier)という(図 5.6-1)。

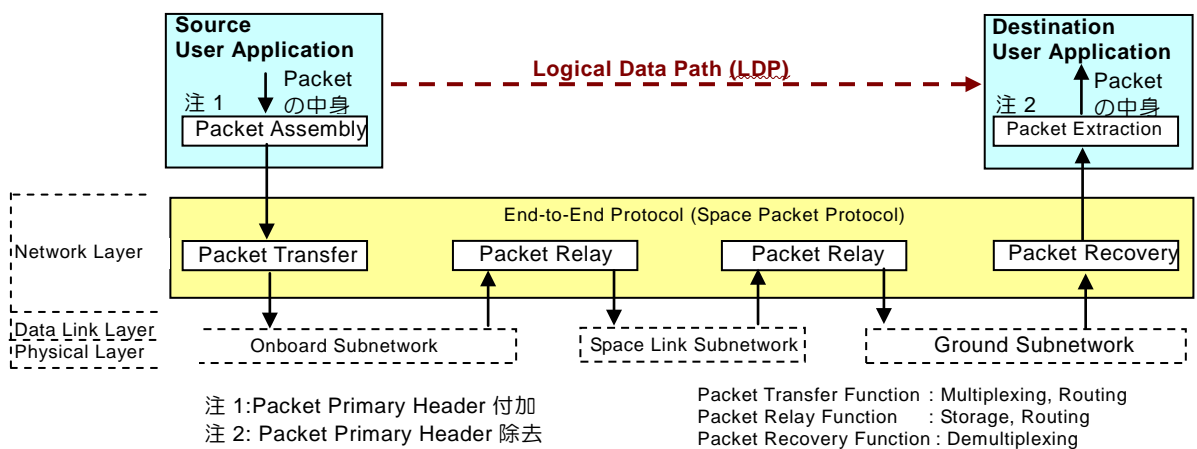


図 5.6-1 スペースパケットサービス

6 検証要求

6.1 検証の種類と目的

製造した製品が要求仕様に合致していることを確認する(品質確認)ことは当然であるが、ここでは通信システムとして検証すべき適合性試験を示す。

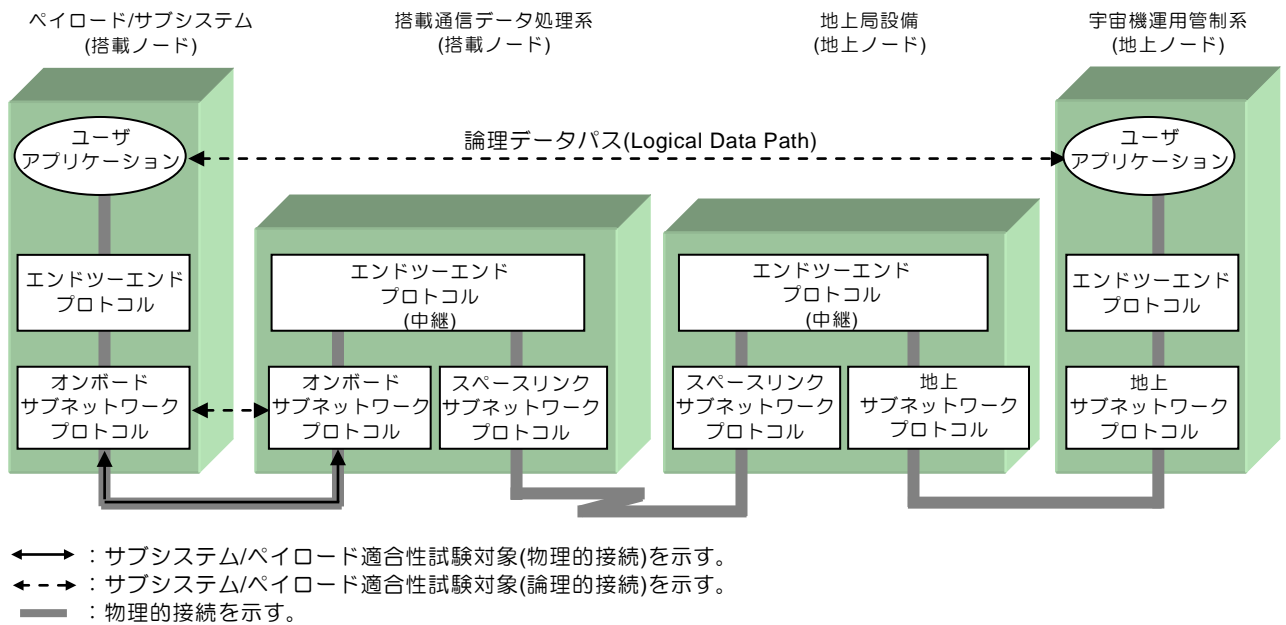
適合性試験は、表 6.1-1 に示すように、3 種類ある。

表 6.1-1 通信システムの検証

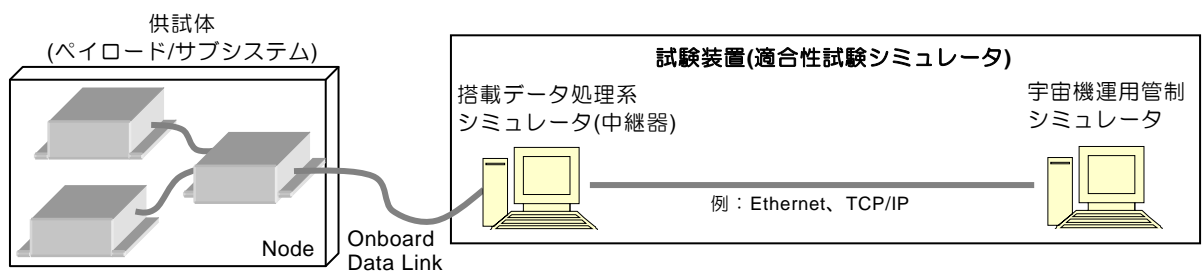
試験名	目的	備考
サブシステム/ペイロード適合性試験	オンボードデータバスプロトコルの確認の他に、サブシステム/ペイロードと運用管制系の各種データベースとの適合性確認。	
RF 適合性試験	地上-宇宙機の物理的インタフェースの適合性確認。	
End-to-End 試験	疎通確認試験。	

6.2 サブシステム/ペイロード適合性試験

- (1) 試験系を図 6.2-1 に示す。
- (2) ペイロード/サブシステムがオンボードサブネットワークプロトコルおよび宇宙機運用管制系との上位プロトコル(運用)との適合性(図 6.2-1(a)の矢印部)を、図 6.2-1(b)の試験コンフィギュレーション例に従って、確認する。
- (3) 原則として、サブシステムやペイロードを宇宙機へ搭載する前に実施すること。



(a) プロトコルコンフィギュレーションとサブシステム/ペイロード適合性試験対象



(b) 試験コンフィギュレーション例

図 6.2-1 サブシステム/ペイロード適合性試験

6.3 RF 適合性試験

- (1) 試験系を図 6.3-1 に示す。
- (2) 試験対象は、スペースリンクサブネットワークプロトコルの物理層(図 6.3-1 の実線矢印)である。必要によりデータリンク層(図 6.3-1 の破線矢印)も含める。
- (3) 試験方法および試験実施時期は使用する局と調整すること。

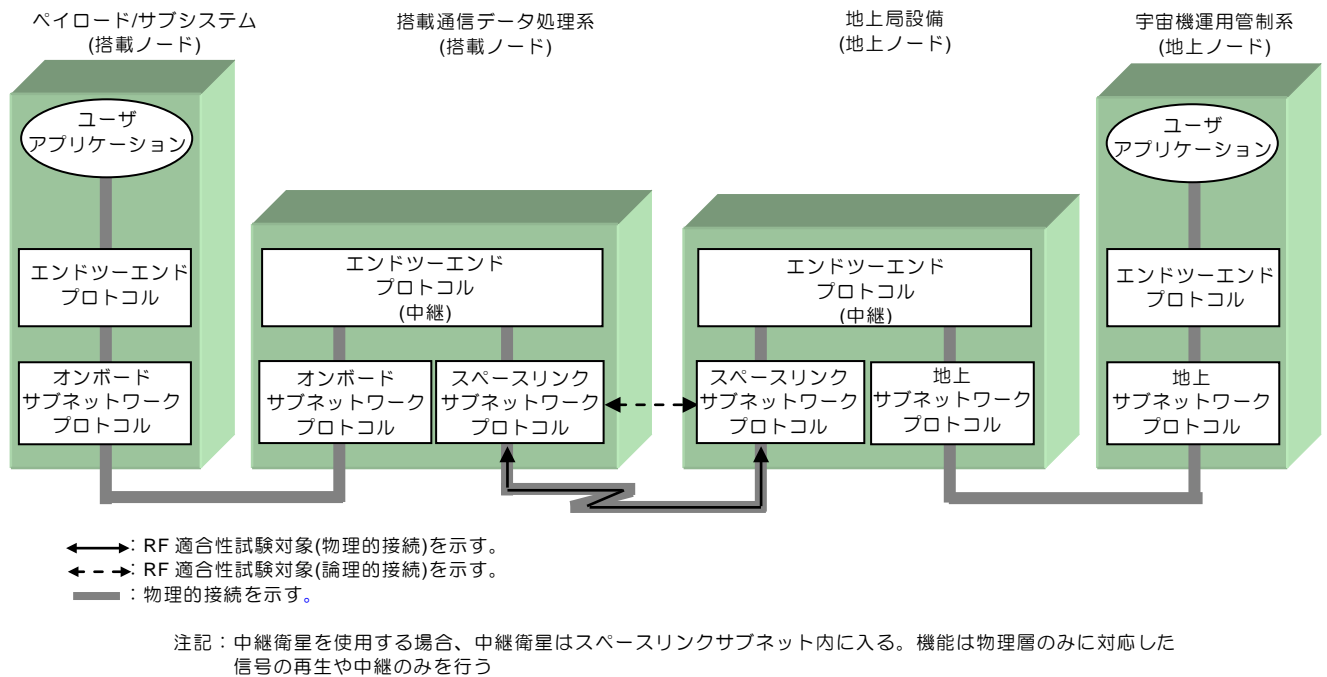


図 6.3-1 プロトコルコンフィギュレーションと RF 適合性試験の対象

6.4 End-to-End 試験

- (1) 試験系を図 6.4-1 に示す。
- (2) 宇宙機と宇宙機運用管制系間の疎通試験(物理的接続の確認試験)である(図 6.4-1)。
- (3) 宇宙機打上前に実施すること。

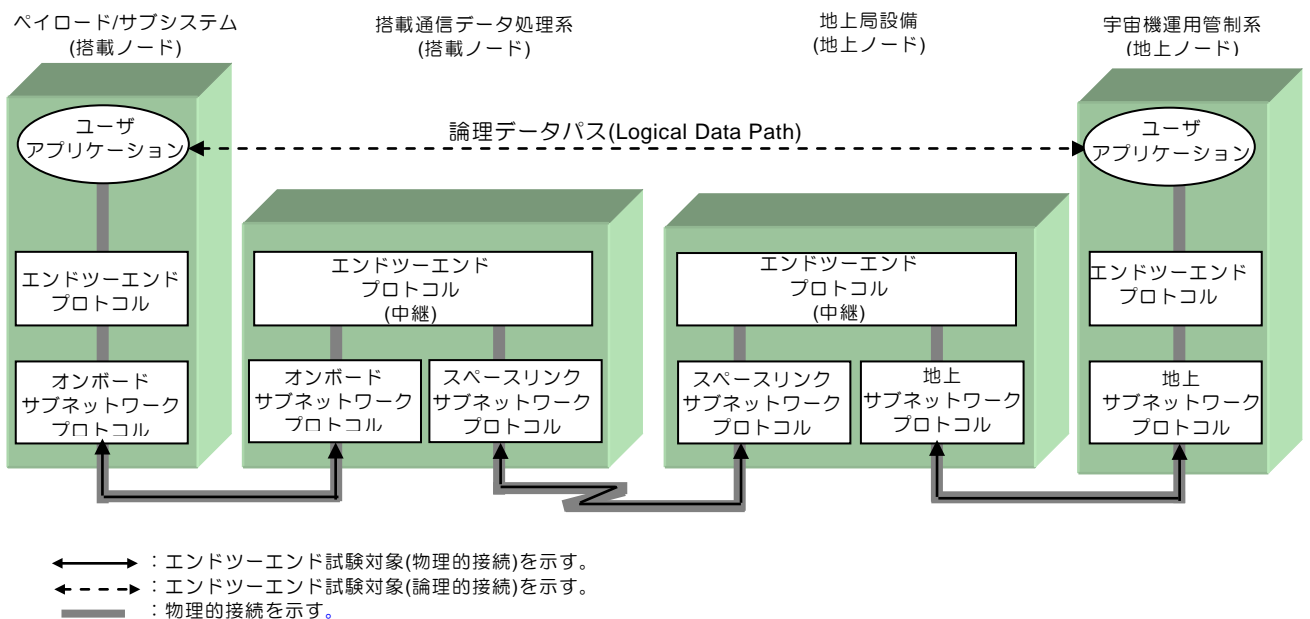


図 6.4-1 プロトコルコンフィギュレーションとエンドツーエンド試験