

限定なし



テレコマンドデータリンクプロトコル  
設計標準

2019年5月30日 初版

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	はじめに .....	1
1.1	目的 .....	1
1.2	構成 .....	1
1.3	関連文書 .....	1
1.4	略語 .....	1
1.5	用語の定義 .....	2
2	プロトコルに適用する CCSDS 標準文書と標準の概要 .....	3
2.1	アーキテクチャ .....	3
2.2	適用標準規格 .....	4
2.3	パケット伝送の原理 .....	5
2.4	データリンクプロトコル副層 .....	7
2.5	同期・チャンネルコーディング副層 .....	7
2.6	プロトコルデータユニット .....	7
3	サービス・オプション規格の概要とその適用標準 .....	9
3.1	TC スペースリンクプロトコル .....	9
3.1.1	サービス .....	9
3.1.1.1	規格の概要 .....	9
3.1.1.2	標準 .....	10
3.1.1.3	理由 .....	10
3.1.1.4	注意事項 .....	11
3.1.1.5	補足説明 .....	11
3.1.1.5.1	VC Packet Service と MAP Packet Service の違い .....	11
3.1.1.5.2	MAP Packet Service .....	12
3.1.1.5.3	VC Packet Service .....	13
3.1.1.5.4	COP Management Service .....	14
3.1.2	TC トランスファフレーム .....	14
3.1.2.1	バイパスフラグと制御コマンドフラグ(タイプ) .....	14
3.1.2.1.1	規格の概要 .....	14
3.1.2.1.2	標準 .....	16
3.1.2.1.3	理由 .....	16
3.1.2.1.4	Type-BD 使用時の注意 .....	16
3.1.2.2	宇宙機識別子(SCID: Spacecraft ID) .....	16
3.1.2.2.1	規格の概要 .....	16
3.1.2.2.2	補足説明 .....	17
3.1.2.2.3	宇宙機識別子と宇宙機 .....	17
3.1.2.3	仮想チャンネル数 .....	18
3.1.2.3.1	規格の概要 .....	18
3.1.2.3.2	標準 .....	18
3.1.2.3.3	理由 .....	19
3.1.2.3.4	複数 VC 適用時の CLCW 伝送の注意事項 .....	19
3.1.2.4	フレームシーケンス番号 .....	19
3.1.2.4.1	規格の概要 .....	19
3.1.2.4.2	注意事項 .....	19
3.1.2.5	TC トランスファフレーム フレーム誤り制御 .....	20
3.1.2.5.1	規格の概要 .....	20
3.1.2.5.2	標準 .....	20

3.1.2.5.3 理由	20
3.1.2.6 パケット数/TC トランスファフレーム	20
3.1.2.6.1 規格の概要	20
3.1.2.6.2 標準	20
3.1.2.6.3 理由	20
3.1.2.6.4 複数パケット/TC トランスファフレーム適用時の注意事項	21
3.1.2.7 フィルビットの付加と除去	21
3.1.2.7.1 規格の概要	21
3.1.2.7.2 注意事項	21
3.1.3 通信運用手順(COP)-1 と CLCW	21
3.1.3.1 COP-1	21
3.1.3.1.1 規格の概要	21
3.1.3.1.2 標準	24
3.1.3.2 CLCW	25
3.1.3.2.1 規格の概要	25
3.1.3.2.2 標準	26
3.2 同期・チャネルコーディング副層	27
3.2.1 規格の概要	27
3.2.2 ランダムイズ(オプション)の適用	27
3.2.2.1 規格の概要	27
3.2.2.2 標準	27
3.2.2.3 理由	27
3.2.2.4 ランダムイズ適用時の注意	28
3.2.3 TC トランスファフレーム数/CLTU (Multiple Transfer Frames)	28
3.2.3.1 規格の概要	28
3.2.3.2 標準	28
3.2.3.3 理由	28
3.2.3.4 Multiple Transfer Frame 適用時の注意	29
3.2.4 伝送制御符号のモード等の選択	29
3.2.4.1 規格の概要	29
3.2.4.2 標準	29
3.2.4.3 理由	29
3.2.4.3.1 Start Sequence の検出	29
3.2.4.3.2 CLTU の廃棄率と見逃し誤り率*	31
3.2.5 PLOP の選択	33
3.2.5.1 規格の概要	33
3.2.5.2 標準	33
3.2.5.3 理由	33
3.2.5.4 PLOP-2 の注意事項	33
3.2.5.5 CMM-1 の注意事項	33
3.2.6 Acquisition Sequence Length	34
3.2.6.1 規格の概要	34
3.2.6.2 標準	34
3.2.6.3 理由	34
3.2.7 PLOP の Idle Sequence	34
3.2.7.1 規格の概要	34
3.2.7.2 注意事項	34
付録 1 : Virtual Channel Packet Service を使用する宇宙機の管理パラメータ	35
付録 2 : 同一フレーム繰り返し送信	36

## 1 はじめに

### 1.1 目的

本文書は、CCSDS のブルーブックを適用し、グリーンブックを含み JERG-2-400: 通信設計標準のもつ選択肢やオプションに対する利用上の標準である(通信の標準は JERG-2-400: 通信設計標準の規定による)。なお、スペースリンクサブネットワークにおけるテレコマンドのデータリンクプロトコルに適用する標準は JERG-2-400: 通信設計標準に規定してある。

### 1.2 構成

この文書の構成は次のとおりである。

2 章：テレコマンドデータリンクプロトコルに適用する CCSDS 標準文書と標準の概要を示す。

3 章：サービスなどの標準の選択方法、オプションの選定、注意事項などを示す。

### 1.3 関連文書

以下に参考文書を示す。版（バージョン）の指定の無い文書は最新版を適用すること。

- [1] JERG-2-400 : 通信設計標準
- [2] “Registries.” Space Assigned Number Authority(SANA). <http://sanaregistry.org/r/>
- [3] CCSDS 231.0-B-2-S : TC Synchronization and Channel Coding.
- [4] CCSDS 232.0-B-2-S : TC Space Data Link Protocol.
- [5] CCSDS 232.1-B-2 : Communications Operation Procedure-1
- [6] CCSDS 732.0-B-2-S : AOS Space Data Link Protocol.
- [7] CCSDS 130.0-G-3 : Overview of Space Communication Protocols.
- [8] CCSDS 130.2-G-2 : Space Data Link Protocols - Summary of Concept and Rationale.
- [9] CCSDS 200.0-G-6 : Telecommand Summary of Concept and Rationale.
- [10] CCSDS 230.1-G-2 : TC Synchronization and Channel Coding - Summary of Concept and Rationale.
- [11] ECSS-E-HB-50A : Communication Guidelines. 15 November 2008.
- [12] ECSS-E-ST-50-04C : Space Data Link - Telecommand Protocol, Synchronization and Channel Coding, 31 July 2008.
- [13] ESA-PSS-04-151 : Telecommand Decoder Specification, Issue 1, September 1993.

### 1.4 略語

以下に、この文書で使用する略語を示す。

AD	Acceptance Check (Bypass Flag=0) and Data (Control Command Flag =0)
AOS	Advanced Orbiting Systems
BC	Bypass of Acceptance Check (Bypass Flag=1) and Control (Command Flag=1)
BCH	Bose-Chaudhuri-Hocquenghem
BD	Bypass of Acceptance Check (Bypass Flag=1) and Data (Command Flag=0)
CCSDS	Consultative Committee for Space Data Systems

CLCW	Communications Link Control Word
CLTU	Communications Link Transmission Unit
CMM	Carrier Modulation Mode
COP	Communications Operation Procedure
CRC	Cyclic Redundancy Check
ECSS	European Cooperation for Space Standardization
FARM	Frame Acceptance and Reporting Mechanism
FDU	Frame Data Unit
FOP	Frame Operation Procedure
GVCID	Global Virtual Channel Identifier
K	FOP_Sliding Window_Width
MAP	Multiplexer Access Point
MAPP	MAP Packet
N(S)	The Frame Sequence Number in the Transfer Frame Primary Header
N(R)	The Next Expected Frame Sequence Number in a CLCW
NN(R)	Expected_Acknowledgment_Frame Sequence _Number (the value of N(R) from the previous CLCW on the same Virtual Channel)
NW	FARM_Negative_Window_Width
OSI	Open Systems Interconnection
PDU	Protocol Data Unit
PLOP	Physical Layer Operations Procedure
PW	FARM_Positive_Window_Width
SANA	Space Assigned Number Authority
SCID	Spacecraft Identifier
SS	Suspend_State
T1_Initial	The initial value to which the countdown Timer is set
TC	Telecommand
TT	Timeout_Type
USB	Unified S-Band
V(R)	Receiver_Frame_Sequence_Number (the value of N (S) expected to be seen by FARM-1 in the next Type-AD Transfer Frame on the Virtual Channel)
V(S)	Transmitter_Frame Sequence number (the value of the Frame_Sequence_Number, N (S), to be assigned by FOP-1 to the Next Type-AD Transfer Frame to be transmitted)
VC	Virtual Channel
VCID	Virtual Channel Identifier
VCP	Virtual Channel Packet
W	FARM_Sliding_Window_Width

## 1.5 用語の定義

この文書で使用する用語は、関連文書[1]で定義した用語と同じである。

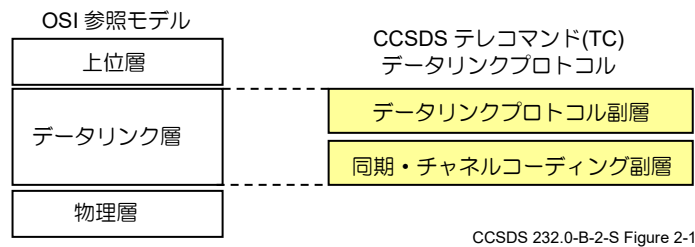
## 2 プロトコルに適用する CCSDS 標準文書と標準の概要

### 2.1 アーキテクチャ

テレコマンドデータリンクプロトコルは、宇宙機と地上局または宇宙機と宇宙機間のスペースリンクサブネットワークにおいて、コマンドを伝送する伝送路\*1に適用するプロトコルである。

テレコマンドデータリンクプロトコルは、OSI 参照モデルの第 2 層(データリンク層)に相当するプロトコルである。

テレコマンドデータリンクプロトコルは OSI 参照モデルの第 2 層をデータリンクプロトコル副層と同期・チャンネルコーディング副層の 2 つの副層で構成する(図 2.1-1)。



CCSDS 232.0-B-2-S Figure 2-1

図 2.1-1 OSI 参照モデルとテレコマンドデータリンクプロトコル

図 2.1-2 にスペースデータシステムにおけるテレコマンド(TC)のプロトコル構成を示す。JAXA 設計標準のエンドツーエンドプロトコル(ネットワーク層)は、スペースパケットプロトコルを適用する。

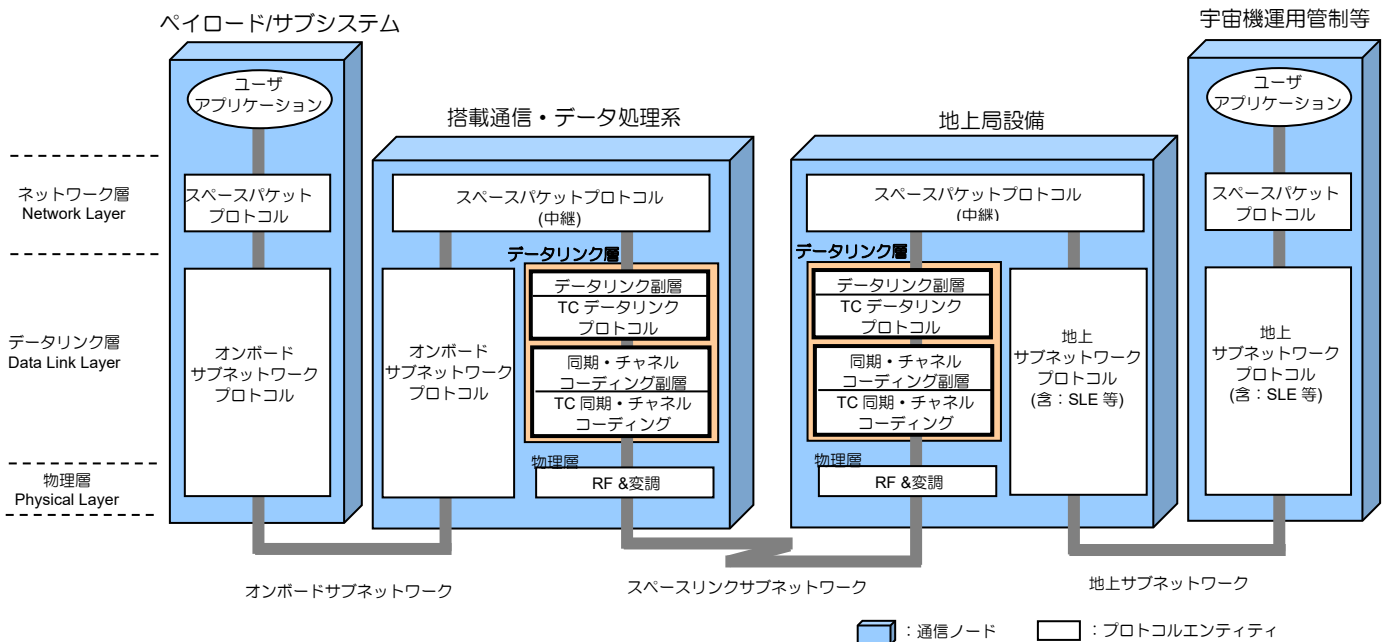


図 2.1-2 スペースデータシステムにおけるテレコマンド(TC)のプロトコル構成

\*1 伝送路はシンプレックスである。

## 2.2 適用標準規格

表 2.2-1 に TC スペースデータリンクに適用する標準規格を示す。

表 2.2-1 TC データリンク層に適用する標準規格

	標準適用規格	レポート(解説)書 (グリーンブック)
	CCSDS スタンダード(ブルーブック)	
データリンク副層の規格	CCSDS 232.0-B (関連文書 [4]) TC Space Data Link Protocol CCSDS 232.1-B (関連文書 [5]) Communications Operation Procedure-1	CCSDS 200.0-G (関連文書 [9]) Telecommand Summary of Concept and Rationale
同期・チャンネルコーディング 副層の規格	CCSDS 231.0-B (関連文書 [3]) TC Synchronization and Channel Coding	CCSDS 230.1-G (関連文書 [10]) TC Synchronization and Channel Coding - Summary of Concept and Rationale
使用する ID のサマリ	SANA(関連文書 [2]) Space Link Identifiers	---
Space Link Protocol の解説	---	CCSDS 130.0-G (関連文書 [7]) Overview of Space Communication Protocols
Space Data Link の解説	---	CCSDS 130.2-G (関連文書 [8]) Space Data Link Protocols- Summary of Concept and Rationale

(補足)

関連文書[2] “Registries.” Space Assigned Number Authority. <http://sanaregistry.org/r/>  
旧 CCSDS 135.0-B: Space Link Identifiers に変わるものであり、使用する各種の ID  
(Identifier) (関連文書[3]-[5]で使用する ID を含む)を登録した公式の URL である。  
なお、この URL は CCSDS Glossary 等も含んでいる。

関連文書[7] CCSDS130.0-G: Overview of Space Communication Protocols  
宇宙通信において CCSDS の各種プロトコルがどのような組合せで使用するかを示した文  
書(Report)である。

関連文書[8] Space Data Link Protocols  
スペースデータリンクに使用する TC(適用文書 [4])、TM、AOS の各スペースデータリンク  
プロトコルおよび COP-1(適用文書 [5])のコンセプトと原理を示した文書である。



## 2.3 パケット伝送の原理

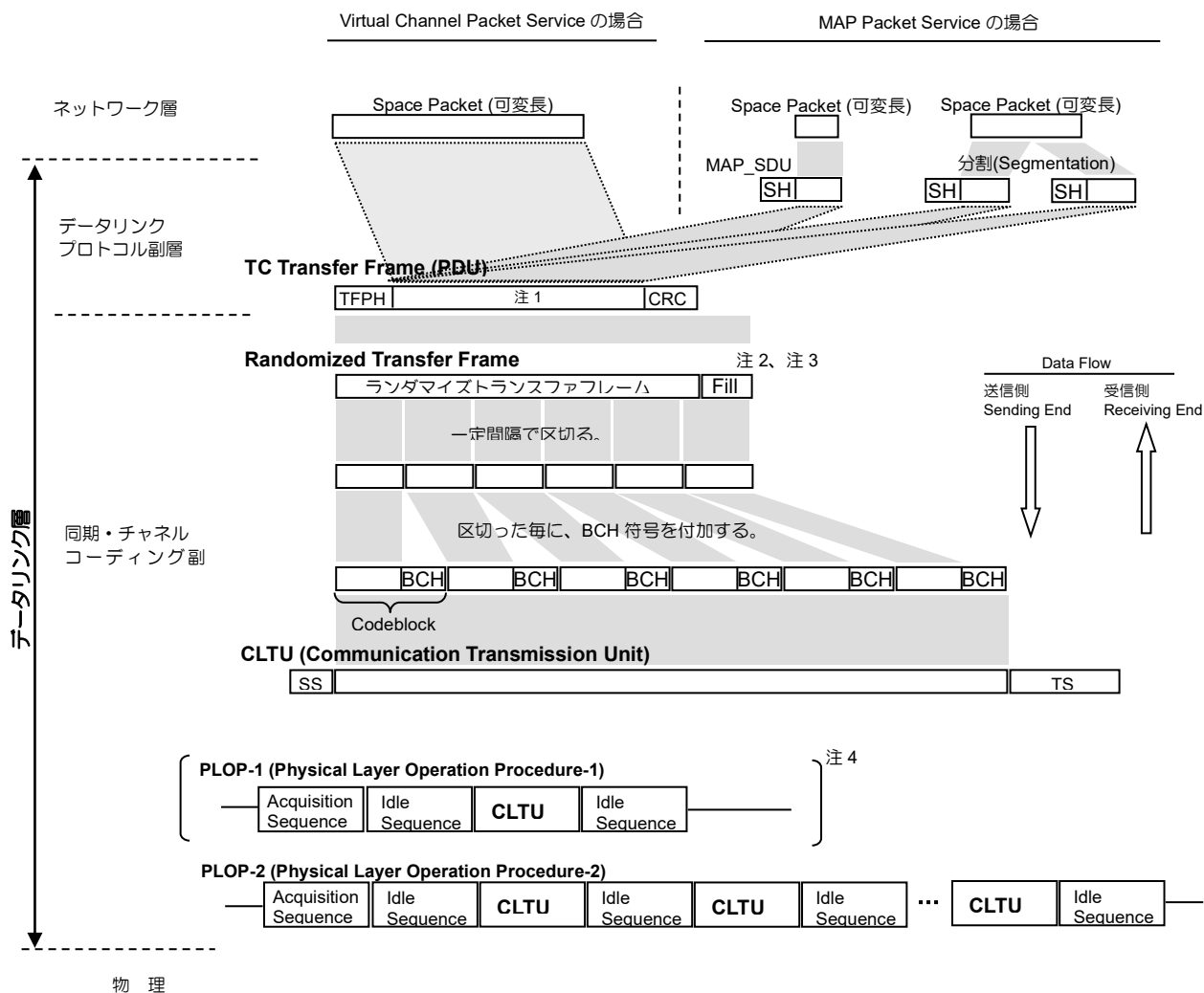
図 2.3-1 にパケット伝送の原理を示した図\*2を示す。

伝送の最小単位は Space Packet(以下、パケットと言うこともある)であり、パケットの伝送が基本である。

- (1) Virtual Channel Packet Service の場合は、可変長のパケットをそのまま TC トランスファフレームの Transfer Frame Data Field に入れる。MAP Packet Service の場合は可変長のパケットを分割した MAP\_SDU を TC トランスファフレームの Transfer Frame Data Field に入れる。
- (2) TC トランスファフレームは Transfer Frame Primary Header(5 octets)、Transfer Frame Data Field(可変長)と CRC(2 octets)で構成する。
- (3) TC トランスファフレームをランダム化する。
- (4) TC トランスファフレーム長が 56 ビット\*3の整数倍でない場合は、TC トランスファフレームの後尾に Fill('0'から始まる'0'と'1'の繰り返し)を挿入し、(TC トランスファフレーム+ Fill) 長を 56 ビットの整数倍にする。Fill はランダム化してもしなくても良い。ランダム化された TC トランスファフレーム+ Fill Bit(s)を Randomized Transfer Frame と呼ぶ。
- (5) Randomized Transfer Frame を 56 ビット毎に区切り、区切った毎に BCH 符号を付加する(56 bits Data + BCH を BCH Codeblock と呼ぶ)。
- (6) BCH Codeblocks の先頭を示す Start Sequence(16 bits)、後尾を示す Tail sequence(64 bits)を付加する。このデータユニットを CLTU(Communication Link Transmission Unit) と呼ぶ。
- (7) CLTU は PLOP(Physical Layer Operation Procedure)-2 と呼ぶ伝送制御手順で伝送する。PLOP-2 は、宇宙機のコマンド受信機のビット同期捕捉ように Acquisition Sequence('1'と'0'の繰り返し)を伝送し、その後 CLTU を伝送する。Acquisition Sequence と CLTU および CLTU と CLTU の間は、コマンド受信機のビット同期を保持するために Idle Sequence('1'と'0'の繰り返し)を伝送する。

\*2 送信側(Sending End)で記載してある。受信側(Receiving End)はこの図と矢印の方向が逆になる。

\*3 BCH Codeblock の Information 長である。



注 1 : Space Packet or MAP\_SDUs  
 注 2 : 送信側は同期・チャンネルコーディング副層で Fill を付加する。受信側はデータリンクプロトコル副層で Fill を除去する。  
 注 3 : Fill の付加は、ランダム化する前でも後でも良い。  
 注 4 : 新規開発する宇宙機は PLOP-2 を適用すること(3.2.5 節参照)。

MAP: Multiplexer Access Point                      SS: Start Sequence  
 SH: Segment Header                                TS: Tail Sequence  
 TFPH: Transfer Frame Primary Header

図 2.3-1 テレコマンド スペースパケット伝送の原理図

## 2.4 データリンクプロトコル副層

データリンクプロトコル副層の特徴的な事項を以下に示す。

- (1) 生成するデータ単位は、TC トランスファフレーム(TC Transfer Frame) (送信側)と CLCW (Communications Link Control Word) (受信側)である。
- (2) パケットを分割して伝送するサービスがある(MAP Packet Service という)。このサービスはテレメトリにはなく、テレコマンド固有のサービスである。
- (3) TC トランスファフレーム長は可変長である。コマンドのスループットを高めるために、可変長のパケットを可変長のフレームで伝送する。
- (4) 受信側における TC トランスファフレームの伝送順番を保証するために COP-1(Communications Operation Procedure-1)と言う伝送手順を用いる。
- (5) COP-1 を実行するために、受信側から送信側へ、TC トランスファフレーム受理状況などの情報を CLCW というデータワードで地上へ通知する。CLCW はテレメトリで伝送される。
- (6) COP-1 は仮想チャネル(Virtual Channel)ごとに行う。従って、一般の宇宙機で使用する仮想チャネルは一つである。これは複数の仮想チャネルを使用すると TC トランスファフレームの伝送順番を保証できない場合が生じるためである。
- (7) TC トランスファフレームの伝送は、Type-A(COP-1 適用)と Type-B(COP-1 非適用)と言う2つのサービスタイプがある。Type-B は COP-1 の宇宙機側機能(FARM という)の制御コマンド伝送に使用する。なお、Type-B はテレメトリ回線が不成立時のリカバリ運用(Blind Commanding)にも使用できる(ただし、TC トランスファフレーム(すなわちコマンド)の伝送順番は保証されない)。

## 2.5 同期・チャネルコーディング副層

同期・チャネルコーディング副層の特徴的な事項を以下に示す。

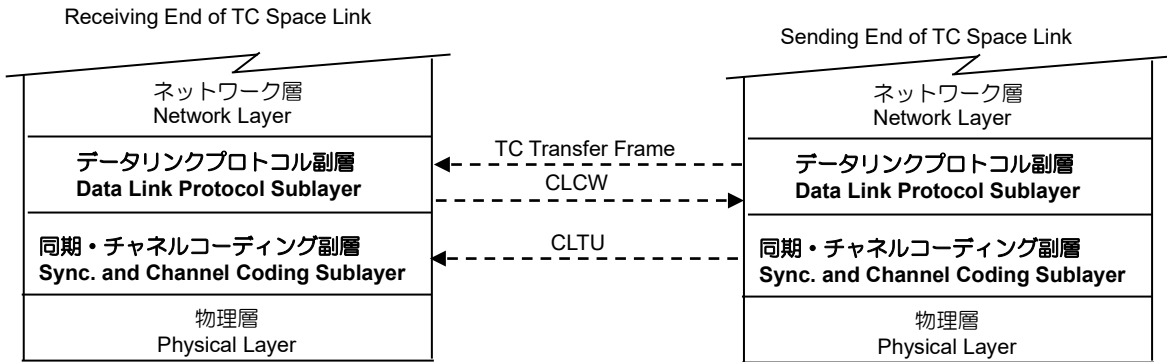
- (1) 生成するデータ単位は、CLTU(Communication Transmission Unit) (送信側)である。
- (2) CLTU の送信は PLOP(Physical Layer Operation Procedure)-2 という手順で行なう。
- (3) 受信側は CLTU の先頭を Start Sequence で検出し、CLTU の後尾は BCH 復号エラーで検出する。Tail Sequence は BCH 復号エラーを発生するビットパターンである。
- (4) RF 回線ビットエラーレート BER= $10^{-6}$  の場合、BCH を Error Correcting Mode、CRC 付加として PLOP-2 で運用すると、廃棄率= $7.43 \times 10^{-8}$ (CLTU 長:37 Codeblock 数時)<sup>\*4</sup>、見逃し誤り率= $2.02 \times 10^{-29}$ (CLTU 長 40 Codeblock 時)<sup>\*5</sup>が得られる。廃棄率は再送率、見逃し誤りは誤りコマンド実行率に等しい。

## 2.6 プロトコルデータユニット

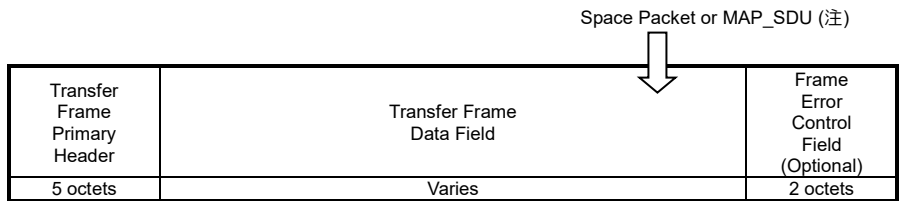
図 2.6-1 に TC Data Link Layer(TC Data Link Protocol Sublayer と TC Sync. and Channel Coding Sublayer)の PDU(Protocol Data Unit)を示す。

\*4 関連文書[10] Table 9-9。

\*5 関連文書[10] Table 9-16。



(a) 層と PDU



Transfer Frame Primary Header							
Transfer Frame Version Number (TFVN)	Bypass Flag	Control Command Flag	Reserved Spare	Spacecraft ID (SCID)	Virtual Channel ID (VCID)	Frame Length	Frame Sequence Number
'00'			'00'				
2 bits	1 bit	1 bit	2 bits	10 bits	6 bits	10 bits	8 bits

CCSDS 232.0-B-2-S Figure

(注) この MAP\_SDU は、Space Packet をセグメント化したデータである。Transfer Frame Data は他のものもあるが、Virtual Channel Packet Service と MAP Packet Service を標準とするので Space Packet が MAP\_SDU である。

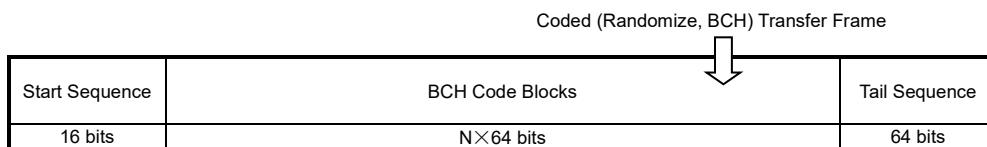
なお、一つの宇宙機(一つの SCID: Spacecraft ID) で Space Packet と MAP\_SDU は混在できない(一つの宇宙機では一つの仮想チャネル(Virtual Channel)を使用するため)。

(b) TC Transfer Frame

Control Word Type	CLCW Version Number	Status Field	Cop in Effect	Virtual Channel ID (VCID)	Reserved Spare	Flags					FARM Counter	Reserved Spare	Report Value
						No RF Available	No Bit Lock	Lock Out	Wait	Retransmit			
'0'	'00'				'00'	1	1	1	1	1		'0'	
1 bits	2 bits	3 bits	2 bits	6 bits	2 bits						2 bits	1 bit	8 bits

(c) CLCW

CCSDS 232.0-B-2-S Figure 1.4



Start Sequence : EB90  
Tail Sequence : C5 C5 C5 C5 C5 C5 C5 79

CCSDS 231.0-B-2-S Figure

(d) CLTU

CLCW: Communications Link Control Word  
CLTU: Communication s Link Transmission Unit

図 2.6-1 Protocol Data Unit(PDU)

### 3 サービス・オプション規格の概要とその適用標準

#### 3.1 TC スペースリンクプロトコル

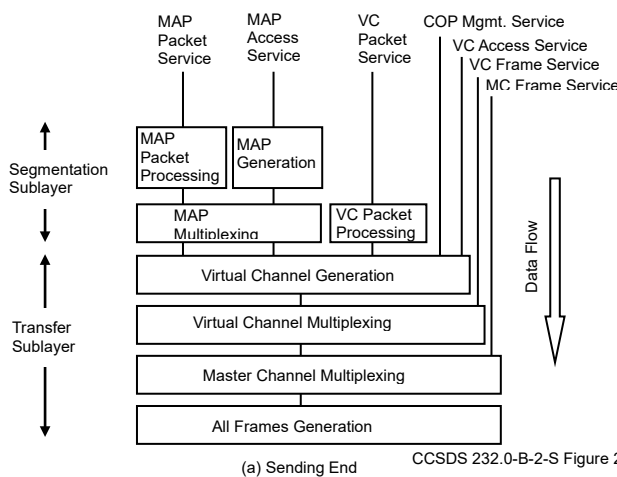
##### 3.1.1 サービス

##### 3.1.1.1 規格の概要

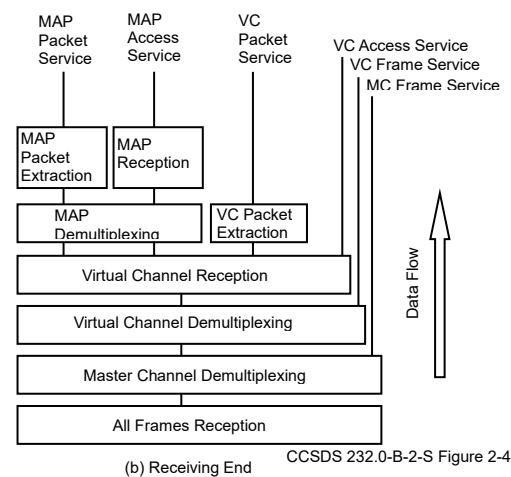
関連文書[4]に定義されたサービスの種類を表 3.1.1.1-1 に、副層内プロトコル構成を図 3.1.1.1-1 に示す。なお、図 3.1.1.1-1 はハードウェアやソフトウェアの実装を規定するものではない。

表 3.1.1.1-1 TC スペースリンクのサービス

サービス	Service Data Unit	概要
MAP Packet (MAPP)	Packet	• スペースパケットを分割(Segmentation)して伝送するサービスである。
MAP Access (MAPA)	MAP_SDU	• スペースパケットではない 8 ビットの整数倍のデータ(Privately Formatted)を分割(Segmentation)して伝送するサービスである。
Virtual Channel Packet (VCP)	Packet	• スペースパケットを伝送するサービスである。
Virtual Channel Access (VCA)	VCA_SDU	• スペースパケットではない 8 ビットの整数倍のデータ(Privately Formatted)を伝送するサービスである。
COP Management	N/A	• COP 制御コマンドを送信するサービスである。 • COP を使用する場合に適用する。
Virtual Channel Frame (VCF)	Transfer Frame	• 別途生成された TC トランスファフレームを伝送するサービスである。
Master Channel Frame (MCF)	Transfer Frame	• 別途生成されたマスタチャネルの TC トランスファフレームを伝送するサービスである。



CCSDS 232.0-B-2-S Figure 2-3

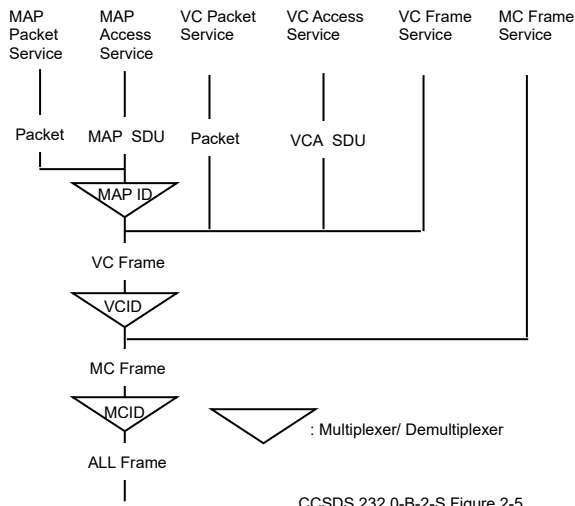


CCSDS 232.0-B-2-S Figure 2-4

図 3.1.1.1-1 Internal Organization of Protocol Entity

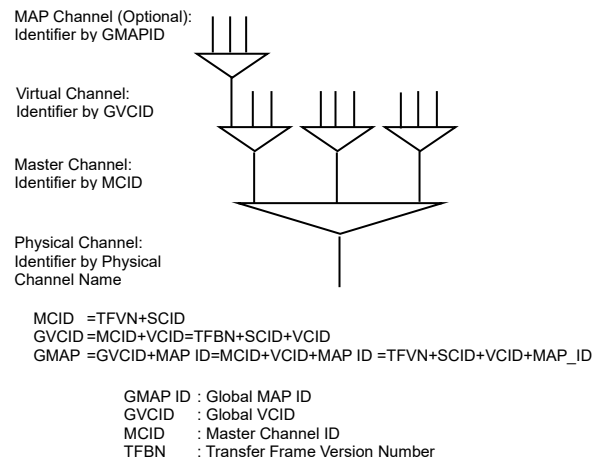
図 3.1.1.1-2 はプロトコルチャンネルツリーを示す。

図 3.1.1.1-3 はアドレッシング(チャンネル間の ID の関係)を示す。MCID(Master Channel ID)は TFCN(Transfer Frame Version Number)と SCID(Spacecraft ID)であらわす。TC の MCID は、2 ビットの TFCN(値は'00')と 10 ビットの SCID であらわされる(表 3.1.1.1-2)。



CCSDS 232.0-B-2-S Figure 2-5

図 3.1.1.1-2 TC Space Data Link Protocol Channel Tree



CCSDS 232.0-B-2-S Figure 2-2

図 3.1.1.1-3 Addressing (Relationships between Channels)

表 3.1.1.1-2 SLDP の MCID

SLDP	MCID	
	TFCN	SCID
TC	Number 1 ('00')	10 bits
TM	Number 1 ('00')	10 bits
AOS	Number 2 ('01')	8 bits

SLDP: Space Data Link Protocol  
 MCID: Master Channel ID  
 TFCN: Transfer Frame Version Number  
 SCID: Spacecraft ID

### 3.1.1.2 標準

通常の衛星で適用するサービスは、

- VC Packet Service と COP Management Service

または、

- MAP Packet Service と COP Management Service

を標準とする。

### 3.1.1.3 理由

TC スペースリンクプロトコルの上位プロトコルはスペースパケットプロトコルである。

スペースパケットを伝送するサービスは、VC Packet Service と MAP Packet Service であるので、この2つのサービスを標準とする。VC Packet Service と MAP Packet Service の違いは 3.1.1.5.1 節に示す。

COP Management Service は伝送制御手順であり、適用することが必須である。

### 3.1.1.4 注意事項

VC Packet Service と MAP Packet Service を一つの衛星(一つの Spacecraft ID:SCID)で併用することは出来ない。

#### 【理由】

MAP を適用する/しないは Virtual Channel ごとに定義する。

一般の宇宙機はコマンドの伝送順番を保証するために Virtual Channel は 1 チャンネルのみを使用する(3.1.2.3.2 節参照)。

したがって、一般の宇宙機で MAP Packet Service と VC Packet Service の双方を適用することはできない。

### 3.1.1.5 補足説明

#### 3.1.1.5.1 VC Packet Service と MAP Packet Service の違い

VC Packet Service と MAP Packet Service の大きな違いは、長いデータの伝送方法の違いである。

パケットの長さは可変長である(最小：7octets、最大：5542octets)。コマンドデータの長さは任意であるので、長いパケットや短いパケットができる。

パケット が長い場合(例：プログラムやテーブルのアップロード)、次のような理由で短く分割して伝送したい場合がある。

- パケット長が TC トランスファフレーム長より長い。
- 長いパケット伝送中に、他の短いパケット(例：ある機器の ON/OFF コマンド) を伝送したい。
- その他、implementation 上の制約がある。

長いコマンドを分割して伝送する方法は、次の 2 つの方法がある。

#### ■MAP Packet Service ; 図 3.1.1.5.1-1(a)

- 長いコマンドは長いパケットを生成する。
- 長いパケットは分割(Segmentation)する<sup>注</sup>。分割したデータは MAP\_SDU という。
- この MAP\_SDU を TC Transfer Frame に入れて伝送する。

#### ■VC Packet Service ; 図 3.1.1.5.1-1(b)

- 長いコマンドデータは複数のパケットで構成する。
- 各パケットを TC Transfer Frame に入れて伝送する。

注：ISO の Segmentation 機能とは異なる。ISO の Segmentation は N+1 層のデータ長を N 層のデータ長に合わせる機能である。

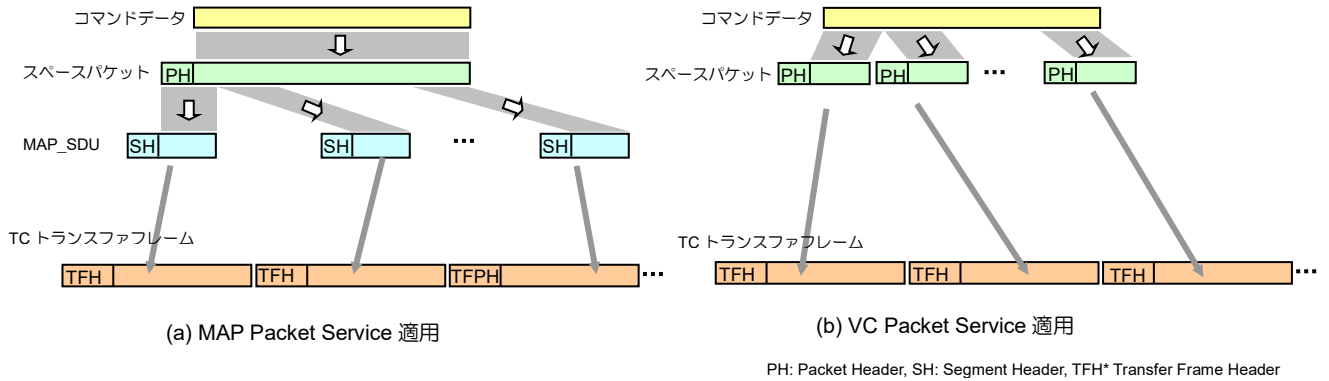


図 3.1.1.5.1-1 長いコマンドの伝送方法

### 3.1.1.5.2 MAP Packet Service

MAP(Multiplexer Access Point) Packet Service は、パケットから MAP\_SDU を生成して、この MAP\_SDU が TC トランスファフレームの Data Unit になる。

パケットから MAP\_SDU を生成する方法を図 3.1.1.5.2-1 に示す。

同図の左が、長いパケットを複数のセグメントに分割(Segmentation)する方法である。

中央と右端が分割しない場合である。分割しない場合においては、複数の短いパケットを結合(Blocking)する方法を含む。なお、Blocking はスループットが低下することがあるので、一般に使用しない。

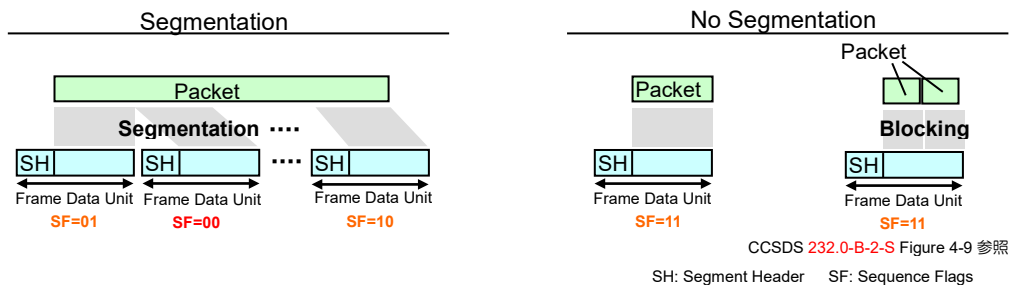


図 3.1.1.5.2-1 MAP\_SDU の生成方法

図 3.1.1.5.2-1 に MAP\_SDU のデータ構造を示す。

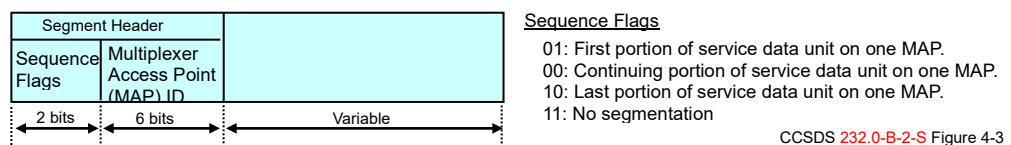


図 3.1.1.5.2-2 MAP\_SDU の構造

MAP\_SDU のヘッダは Segment Header という。この Segment Header は Segment Flag と MAP ID(Multiplexer Access Point)で構成する。



Sequence Flag は、分割した Segment が先頭か中間か後尾か、または分割していないかを示す(図 3.1.1.5.2-2 参照)。

MAP ID の使い方の標準は無いが、次の観点から MAP ID を割り付けることが適当である。

- データ発生源を単位として割り当てる。
- データの種別(長さ、性格等)を単位として付与する。

例えば、長いスペースパケット(大容量データ等)と短いスペースパケット(通常の制御コマンド等)を伝送する場合、長いスペースパケットをセグメント化してその間に短いスペースパケットを伝送することがある。

その場合、図 3.1.1.5.2-3 に示すように、MAP ID はデータ制御コマンド(図中の X)と大容量データ(図中の Y)に各々割り当てる。

なお、MAP Packet Service を適用しても、No Segmentation (1 Packet=1 MAP Packet)のみを使用する場合が多い。

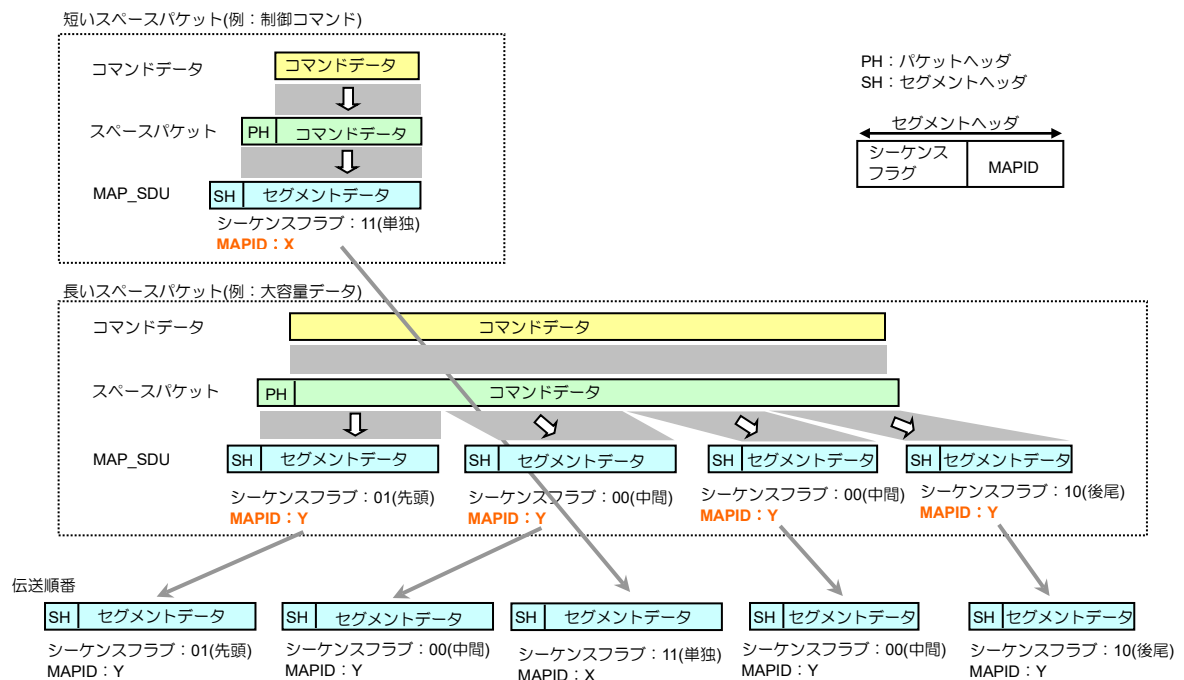


図 3.1.1.5.2-3 MAP ID の割当例

### 3.1.1.5.3 VC Packet Service

VC Packet Service は、パケットがそのまま TC トランスファフレームの Data Unit になる。VC Packet Service によるパケットの伝送例を図 3.1.1.5.3-1 に示す。

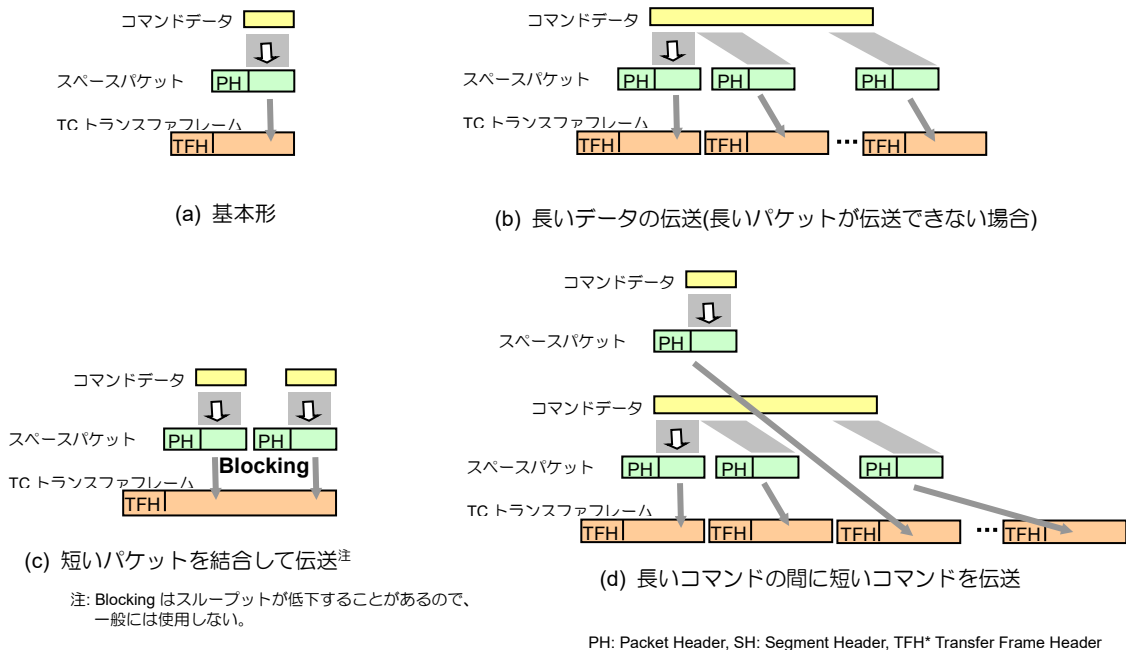


図 3.1.1.5.3-1 VC Packet Service によるパケットの伝送例

### 3.1.1.5.4 COP Management Service

COP(Communications Operation Procedure) Management Service は COP-1(3.1.3 節参照)を制御するコマンド(Control Commands)を送信するサービスである。

Control Commands は、関連文書[4]の 4.1.3.3 節で規定されている。コマンドは Unlock と Set V(R)の 2 つであり、次の値である。

Unlock : '00000000'  
 Set V(R) : '100000010 00000000 xxxxxxxx' ; xxxxxxxx=Set する V(R)の値。

このコマンドは、Transfer Frame の Transfer Frame Data Field で伝送する。一つの Transfer Frame に 2 つのコマンドを入れることは出来ない。

このコマンドは Type-BC(3.1.2.1 節参照)で伝送する。

## 3.1.2 TC トランスファフレーム

### 3.1.2.1 バイパスフラグと制御コマンドフラグ(タイプ)

#### 3.1.2.1.1 規格の概要

バイパスフラグ(Bypass Flag)と制御コマンドフラグ(Control Command Flag)の組み合わせを TC トランスファフレームのタイプ(Type)という。Type は、Type-AD、Type-BD、Type-BC の 3 種類がある。

この 3 種類の Type は宇宙機ごとに選択するものではない。伝送するコマンドの種類により使

い分けるものである。

以下、フラグの意味を示す。

TC スペースデータリンクプロトコルは、順序制御サービス(Sequence Controlled Service)と優先サービス(Expedited Service)という2つのサービスがある(表 3.1.2.1.1-1)。

表 3.1.2.1.1-1 Type-A と Type-B の違い

伝送フレーム	サービス	COP-1	TC トランスファフレーム伝送順番
Type-A	順序制御サービス Sequence Controlled Service	適用する	保証する。
Type-B	優先サービス Expedited Service	適用しない。	保証しない。

順序制御サービスを適用した TC トランスファフレームをタイプ A(Acceptance)トランスファフレームと呼び、優先サービスを適用した TC トランスファフレームをタイプ B(Bypass)トランスファフレームと呼ぶ。

バイパスフラグ(1 ビット)は、伝送する TC トランスファフレームがタイプ A フレームかあるいはタイプ B フレームかを識別するフラグである。

制御コマンドフラグ(1 ビット)は、伝送する TC トランスファフレームがコマンド(C)かデータ(D)かの識別フラグである。

ここで言うコマンドとは、順序制御サービスに使用する COP-1 を制御するコマンドである。データとは上位層とインタフェースするデータ(衛星へのコマンド)である。

一般に、バイパスフラグと制御コマンドフラグは対で使用する。表 3.1.2.1.1-2 に対する意味と用途を示す。

VC Packet Service または MAP Packet Service で衛星へコマンドを伝送するフレームは Type-AD か、または Type-BD である。Type-AD と Type-BD の使い方は 3.1.2.1.2 節に示す。

COP Management Service で COP を制御するコマンドを伝送するフレームは Type-BC である。

表 3.1.2.1.1-2 バイパスフラグ(1 ビット)と制御コマンドフラグ(1 ビット)

Bypass Flag	Control Command Flag	Type	意味と用途	備考 (Service の適用)
0	0	Type-AD	<ul style="list-style-type: none"> <li>COP を適用する。</li> <li>Transfer Frame Data =Frame Data Unit(FDU) (すなわち宇宙機へのコマンド用)</li> </ul>	VC Packet Service or MAP Packet Service
0	1	---	CCSDS Reserved	
1	0	Type-BD	<ul style="list-style-type: none"> <li>COP を適用しない。</li> <li>Transfer Frame Data =Frame Data Unit(FDU) (すなわち宇宙機へのコマンド用)</li> </ul>	VC Packet Service or MAP Packet Service
1	1	Type-BC	<ul style="list-style-type: none"> <li>COP を適用しない。</li> <li>Transfer Frame Data =COP Control Command. (すなわち COP 制御コマンド用)</li> </ul>	COP Management Service

Bypass Flag

'0': Transfer Frame is a Type-A,  
'1': Transfer Frame is a Type-B.

Control Command Flag:

'0': Transfer Frame Data contains a Frame Data Unit (FDU),  
'1': Transfer Frame Data Contains Control Information.

### 3.1.2.1.2 標準

多くの宇宙機へコマンドを伝送するときに適用する TC トランスファフレームの Type を表 3.1.2.1.2-1 に示す。

表 3.1.2.1.2-1 TC トランスファフレームに適用する Type の使い方

伝送するコマンド	フレームに適用する Type	条件
コマンド	Type-AD	COP-1 制御コマンド以外のコマンド、テレメトリ回線あり。
コマンド(Blind Command)	Type-BD	COP-1 制御コマンド以外のコマンド、テレメトリ回線なし。
COP-1 制御コマンド	Type-BC	テレメトリ回線あり/なしによらない。

### 3.1.2.1.3 理由

- (1) 順序制御サービス(Sequence Controlled Service)(Type-AD)は、COP により、伝送誤りが発生したコマンドから再送を行う (go-back-N) 伝送方式である。伝送誤りが発生した場合、伝送遅延は発生するが、TC トランスファフレーム(コマンド)の伝送順番は保証される。
- (2) 一方、優先サービス(Expedited Service)(Type-BD)は通信運用手順を持たない。伝送誤りが発生した場合、その TC トランスファフレームは廃棄されるのみであると共に TC トランスファフレーム(コマンド)の伝送順番は保証しない。
- (3) 通常のコマンドは、Type-AD でも Type-BD でも伝送できる。しかし、コマンドの順番が保証されなくても良い、欠落が生じてても良いと言うことはないので、すべて順序制御サービスで伝送する(Type-AD で伝送)。そもそも、コマンド伝送の要求は、コマンドの順番を保証することである。
- (4) この順序制御サービスはテレメトリで伝送される CLCW(Communication Link Control Word)を必要とする。すなわち、テレメトリ回線が成立していないとコマンドを送信できない。
- (5) テレメトリ回線が成立していない場合でもコマンドの伝送が必要な場合がある。この場合に優先サービス(Expedited Service)で伝送する(Type-BD で伝送)。
- (6) COP-1 制御コマンドは、COP-1 を制御するので、Type-BC のみである。

#### 3.1.2.1.4 Type-BD 使用時の注意

- 受信側は TC トランスファフレーム(コマンド)の伝送順番を保証しない。  
(COP-1 を使用していないためである)
- 受信側は TC トランスファフレーム(コマンド)が抜ける場合がある。  
(伝送誤りを検出した TC トランスファフレーム(コマンド)は廃棄される。  
COP-1 を使用していないので、後続の TC トランスファフレーム(コマンド)に伝送誤りがなければ受理する)

### 3.1.2.2 宇宙機識別子(SCID: Spacecraft ID)

#### 3.1.2.2.1 規格の概要

宇宙機識別子 (SCID; Spacecraft Identifier) は宇宙機を識別する識別子である。ビット長は 10 ビットであり、1024 通りの宇宙機を識別できる (AOS 勧告の SCID は 8 ビットである)。

### 3.1.2.2.2 補足説明

#### 3.1.2.2.3 宇宙機識別子と宇宙機

宇宙機の数<sup>1</sup>が 1024 以内であれば、SCID は重複しないように CCSDS 事務局で管理される。しかし、宇宙機の数<sup>1</sup>が 1024 以上になると同じ SCID を持った宇宙機も存在する。

SCID は重複しても物理チャンネル ID が異なれば問題は無い。

一般に、一つの宇宙機は一つの SCID を持つ。

なお、一つの宇宙機に複数の SCID を割り付ける場合もある。例えば、一つの宇宙機に複数の独立したモジュールがあるような場合である(例：宇宙ステーション、周回衛星+ランダー+ルーバが結合した宇宙機)。

#### 3.1.2.2.3.1 宇宙機識別子と物理チャンネルID

物理チャンネル ID(Physical Channel Identifier; Physical Channel Name で定義される)は、物理回線を識別する識別子である。SCID とは 1 対 1 には対応しない。

物理チャンネル ID は、一つの物理回線に一つのリンク ID が割り当てられる。例えば、一つの宇宙機が S 帯回線と X 帯を持つ場合、SCID は一つであるが物理チャンネル ID は二つである。

物理チャンネル ID はコマンド回線伝送単位 (CLTU) を識別するために使用する識別子であり、プロトコル以外の管理情報である。

### 3.1.2.3 仮想チャネル数

#### 3.1.2.3.1 規格の概要

TC スペースデータリンクプロトコルは、送信側のデータリンクプロトコル副層と受信側のデータリンクプロトコル副層の間に、TC Transfer Frame を伝送する仮想の伝送路を複数作ることができる。この仮想伝送のことを仮想チャネル(Virtual Channel : VC)という。図 3.1.2.3.1-1 参照。

複数の仮想チャネルを識別する識別子(ID)が仮想チャネル識別子(VCID: Virtual Channel ID)である。

仮称チャネルは最大 64 チャネル(VCID=0~63)まで使用できる。

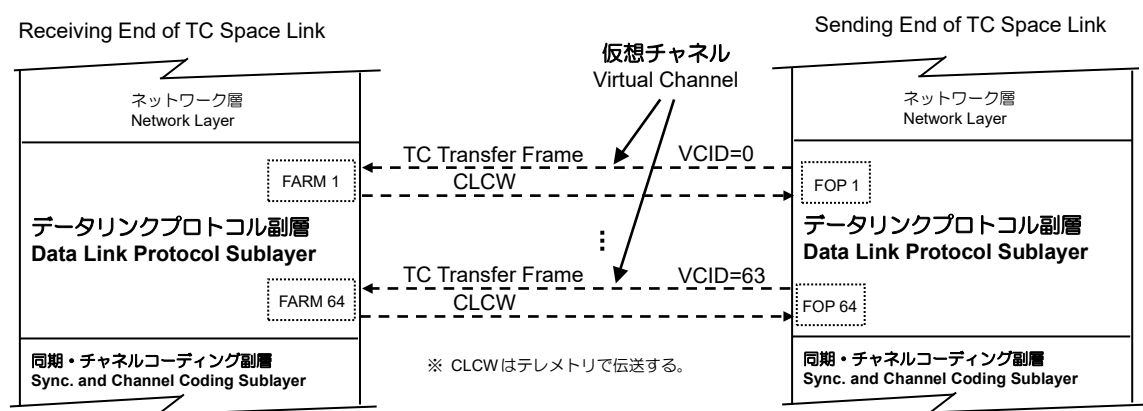


図 3.1.2.3.1-1 仮想チャネル(Virtual Channel)

TC Transfer Frame の通信運用手順(COP: Communications Operation Procedure)(3.1.3 節参照)は、仮想チャネル毎に独立である。

仮想チャネル(VC)は、宇宙機に独立したシステムが複数存在する場合(例：宇宙ステーションのモジュール)、独立した各々のシステムに割り当てる。

COP が VC ごとに独立であることから、ある一つの仮想チャネルに再送又はロックアウトが発生しても、他の VC はコマンドを伝送できる(全システムが停止することはない)。

仮想チャネルはこのようなシステムに適用する。

#### 3.1.2.3.2 標準

多くの宇宙機で使用する仮想チャネルは 1 つが基本である。

なお、例外的な使い方として待機冗長構成の TC Decode の主系/従系選択に仮想チャネルを使うことがある。図 3.1.2.3.2-1 に例を示す。図 3.1.2.3.2-1 において、TC Decode A は VCID=0 のみを受理し、TC Decode B は VCID=1 のみを受理する。通常は VCID=0 のみでコマンドを伝送し、TC Decode A が故障した場合は VCID=1 で伝送する。この方式は、ESA 標準である(関連文書[13])。

複数 VC を使用すると通信リンク制御語(CLCW)の伝送に工夫が必要になる。ESA は 2 つの標準がある。一つはコマンドにより“A”の CLCW または“B”の CLCW が選択されて一つのみが伝送される。もう一つは、“A”の CLCW または“B”の CLCW が交互に伝送される(“A”の CLCW は奇数フレーム、“B”の CLCW は偶数フレーム)。

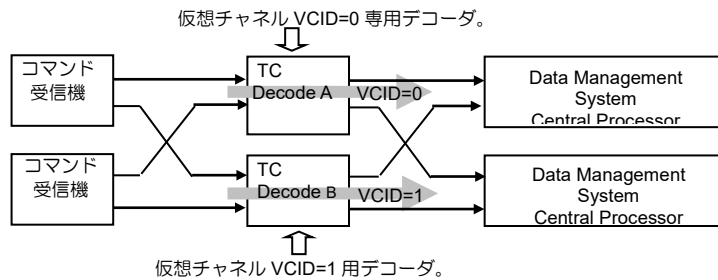


図 3.1.2.3.2-1 複数仮想チャンネル使用例(主系従系切換え)

### 3.1.2.3.3 理由

一つの宇宙機に複数の VC を使用すると、ある一つの仮想チャンネルに再送又はロックアウトが発生しても、他の VC はコマンドを伝送できる。そのため、その宇宙機に対するコマンドの伝送順番が保証されないことになる。

### 3.1.2.3.4 複数 VC 適用時の CLCW 伝送の注意事項

一つの宇宙機(一つの Spacecraft(SCID))で複数の仮想チャンネル(VC)を使用することはないが、もし、複数 VC を使用する場合は次の注意が必要である。

- VC を一つ使用する場合に比べて、各 VC に対応した通信リンク制御語(CLCW)の取得頻度は当然低下する。
- CLCW の取得頻度低下が支障を来す場合は、各 VC にオープン/クローズの機能を持たせることにより CLCW 取得頻度を向上させることができる(CCSDS 勧告では直接言及していない)。この方法は、運用していない VC を地上からコマンドでクローズに設定する。コマンドデコーダは、クローズされた VC の CLCW を伝送しないことにより、地上側は CLCW の取得頻度が向上する。

### 3.1.2.4 フレームシーケンス番号

#### 3.1.2.4.1 規格の概要

仮想チャンネルごとに順序制御サービス(Sequence Controlled Service)(Type-A)で伝送する TC トランスファフレームの伝送順番を示すカウンタデータである。

#### 3.1.2.4.2 注意事項

フレームシーケンス番号(Frame Sequence Number)の値は、TC トランスファフレームが Type-A サービスか Type-B により異なる。

(1)Type-A サービスのフレームシーケンス番号\*6

- TC トランスファフレームの送信順番を示す 8 ビットのカウンタ値 N(S) (3.1.3 節参照)である。
- カウンタ値は、0 から 255 (10 進) まで一つずつカウントする。255 の次は 0 である。
- このカウンタは、仮想チャンネル(VC)\*7ごとに独立である。

\*6 COP-1 機能により、受信側はこのフレームシーケンス番号を使用して TC トランスファフレームの伝送の連続性を検証する(3.1.3 節参照)。

(2)Type-B サービスのフレームシーケンス番号

- '0' ('00000000')固定である。

### 3.1.2.5 TCトランスファフレーム フレーム誤り制御

#### 3.1.2.5.1 規格の概要

フレーム誤り制御（CRC）はオプションである。

#### 3.1.2.5.2 標準

フレーム誤り制御の適用を標準とする。

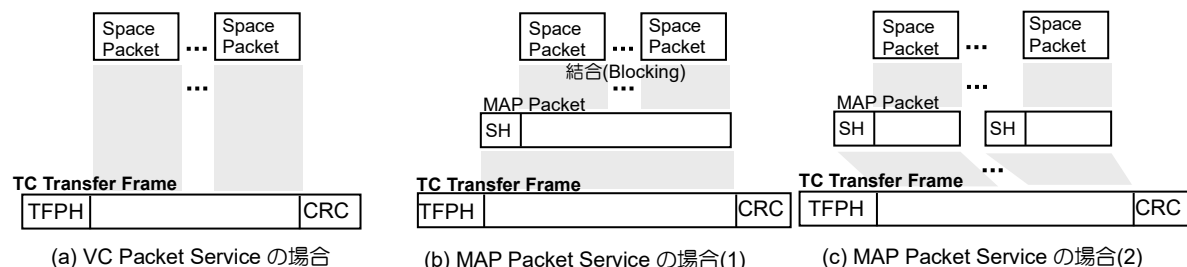
#### 3.1.2.5.3 理由

Start Sequence の検出できない確率を少なくするために、Start Sequence 検出時に 1 ビットの誤り検出を許容する。そのため、BCH Decoding Mode は SEC(Single Error Correction)で使用する。SEC を使用するため、CLTU の見逃し誤りが劣化する。この劣化を CRC 適用により向上させる。詳細は 3.2.4 節に示す。

### 3.1.2.6 パケット数/TCトランスファフレーム

#### 3.1.2.6.1 規格の概要

一つの TC トランスファフレームは、複数のパケットを挿入できる(図 3.1.2.6.1-1)。



MAP: Multiplexer Access Point, SH: Segment Header, TFPH: Transfer Frame Primary Header

図 3.1.2.6.1-1 複数パケット/TC フレームの伝送

#### 3.1.2.6.2 標準

1パケット/TC トランスファフレームを標準とする。

#### 3.1.2.6.3 理由

伝送するパケットが短い、あるいは伝送速度が遅い回線の場合、コマンドデータの伝送効率を上げるために有効に見えるが、伝送誤りが発生した場合に回線品質（廃棄率、見逃し誤り率、ス

\*7 多くの宇宙機(一つの SCID)で使用する VC は一つである。



ループット)が劣化する。

### 3.1.2.6.4 複数パケット/TCトランスファフレーム適用時の注意事項

標準は、1パケット/TCトランスファフレームであるが、複数パケット/TCトランスファフレームを適用する場合は次の注意を要する。

- TCトランスファフレームが長くなれば、TCトランスファフレーム廃棄率は大きくなると共に、伝送誤りが発生した場合に一度に複数のスペースパケットが廃棄されてしまう。
- したがって、一つのTCトランスファフレームを構成するスペースパケット数の選択は、テレコマンドの回線品質(テレコマンドフレーム廃棄率、見逃し誤り率、スループット等)を考慮することが必要がある。伝送性能の計算は関連文書[10]を参照すること。

### 3.1.2.7 フィルビットの付加と除去

#### 3.1.2.7.1 規格の概要

TCトランスファフレーム長がBCHCodeblockのInformation長(56bits)の整数倍でない場合、TCトランスファフレーム後尾にフィルデータを付加して(TCトランスファフレーム長+フィルデータ長)を56ビットの整数倍にする。

フィルデータは'0'から始まる'1'と'0'の繰り返しである。

#### 3.1.2.7.2 注意事項

- (1) フィルデータの付加(送信側)
  - 同期・チャンネルコーディング副層で行う。
  - TCトランスファフレームのヘッダ中のフレーム長(Frame Length)を見ることによりフィルデータがあることが分かるからである
- (2) フィルデータの除去(受信側)
  - データリンクプロトコル副層で行う。
  - TCトランスファフレームのヘッダ中のフレーム長(Frame Length)を見ることによりフィルデータがあることが分かるからである。
- (3) ランダムイズ
  - フィルデータはランダムイズしてもしなくても良い。

### 3.1.3 通信運用手順(COP)-1とCLCW

#### 3.1.3.1 COP-1

##### 3.1.3.1.1 規格の概要

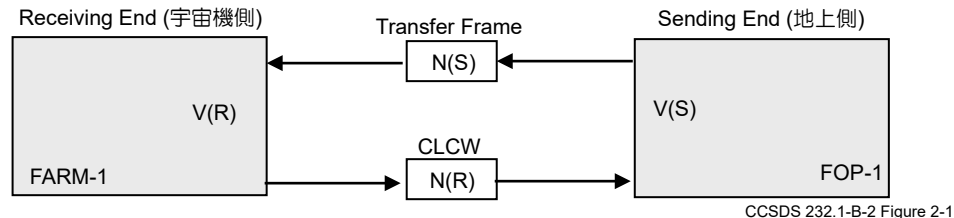
COP-1(Communications Operation Procedure-1)は、順序制御サービス(Sequence Controlled Service)において、TCトランスファフレームの伝送順序を保持するための伝送制御手順である。

このCOP-1は、HDLC(High Level Data Link Control)というプロトコルとほとんど同じものであるが、同一のTCトランスファフレームを複数回送信した場合に重複して受信されたTCトランスファフレームを自動的に除去できるような拡張が施されている。

COP-1の方式は、'go back N'である。受信側(宇宙機側)はTCトランスファフレームの伝送順

番号連続検出時に送信側へ再送要求通知し、送信側(地上側)から再送されるまで TC トランスファフレームの受理を停止する。

COP-1 に使用する変数を図 3.1.3.1.1-1 に示す。COP-1 は受信側の機能を FARM(Frame Acceptance and Report Mechanism)、送信側の機能を FOP(Frame Operation Procedure)という。



CLCW : Communication Link Control Word  
 V(R) : Receiver\_Frame\_Sequence\_Number (the value of N(S) expected to be seen by FARM-1 in the next Type-AD Transfer Frame on the Virtual Channel)  
 N(R) : The Next Expected Frame Sequence Number in a CLCW  
 V(S) : Transmitter\_Frame\_Sequence\_Number (the value of the Frame\_Sequence\_Number, N(S), to assigned by FOP-1 to the Next Type-AD Transfer Frame to be transmitted)  
 N(S) : The Frame Sequence Number in the Transfer Frame Primary Header  
 NN(R) : Expected\_Acknowledgment\_Frame\_Sequence\_Number (the value of N(R) from the previous CLCW on the same Virtual Channel)

図 3.1.3.1.1-1 COP-1, Frame and Report Values

COP-1 の原理を図 3.1.3.1.1-2 に示す。

地上から宇宙機へ伝送する TC トランスファフレーム(PDU)には連番がついている(TC トランスファフレームヘッダ内のフレームシーケンス番号。COP-1 では N(S)と呼ぶ)。

宇宙機から地上へはテレメトリで CLCW(Communications Link Control Word)(PDU)を伝送する(3.1.3.2.2 節)。この CLCW は、次に宇宙機が受信する N(S)期待値 (N(R)と言う) \*<sup>8</sup>や再送要求フラグ\*<sup>9</sup>などが伝送される。

なお、地上-宇宙機間は遠距離であり、テレコマンドおよびテレメトリとも伝播遅延がある。また伝送速度が遅い場合は伝送遅延も無視できない。

以下、図 3.1.3.1.1-2 を使用して COP-1 の原理を説明する。

- (1) 受信側は次に受信する TC トランスファフレーム番号 N(S)(=N(R))を CLCW で送信側へ通知する(図の例は N(R)=1)。
- (2) 送信側は TC トランスファフレームを N(S)=1 から送信する(図の例は N(S)=1、N(S)=2、・・・として 11 個の TC トランスファフレームを受信側へ送信した)。
- (3) 送信した TC トランスファフレームのうち N(S)=3 で伝送誤りが発生した(衛星へ届かなかったか衛星が廃棄したかである)。宇宙機が CLCW で地上へ通知する N(R)は 3 のままである。
- (4) 受信側は TC トランスファフレーム N(S)=4 を受信する。N(S)=3 を期待しているときに N(S)=4 を受信したので、CLCW で N(S)=3 から再送しろ(=N(R)=3)ということを送信側へ通知する。
- (5) 送信側は N(S)=11 まで送信した。受信側は N(S)=5、N(S)=6・・・を受信するが期待値は N(S)=3 である。N(S)=3 の TC トランスファフレーム以外の TC トランスファフレームを廃棄するとともに、CLCW で N(S)=3 から再送しろ(=N(R)=3)を通知し続ける。

\*<sup>8</sup> 図 2.6-1 (c)の Report Value。

\*<sup>9</sup> 図 2.6-1 (c)の Retransmit Flag。

- (6) 送信側は N(S)=11 の次に N(S)=12 を送る予定であるが、CLCW で N(S)=3 から (=N(R)=3) 再送しよの通知を受けている。従って、N(S)=3 から再送する。
- (7) 受信側は、再送 N(S)=3 を受信した時、期待値 N(S)=(N(R))=3 と一致するのでそのトランスファフレームを受理し、CLCW は再送要求を解除して次の TC トランスファフレーム番号 N(S)=4 (=N(R)=4) を送信側へ通知する。
- (8) 送信側は再送後も、CLCW で N(S)=3 から (=N(R)=3) 再送の通知を受けるが実行済みなので無視する。以降、新たな再送要求が CLCW で通知されるまで、TC トランスファフレームを連続送信する。

以上のような仕組みでコマンド(TC トランスファフレーム)の伝送順番が保証される。

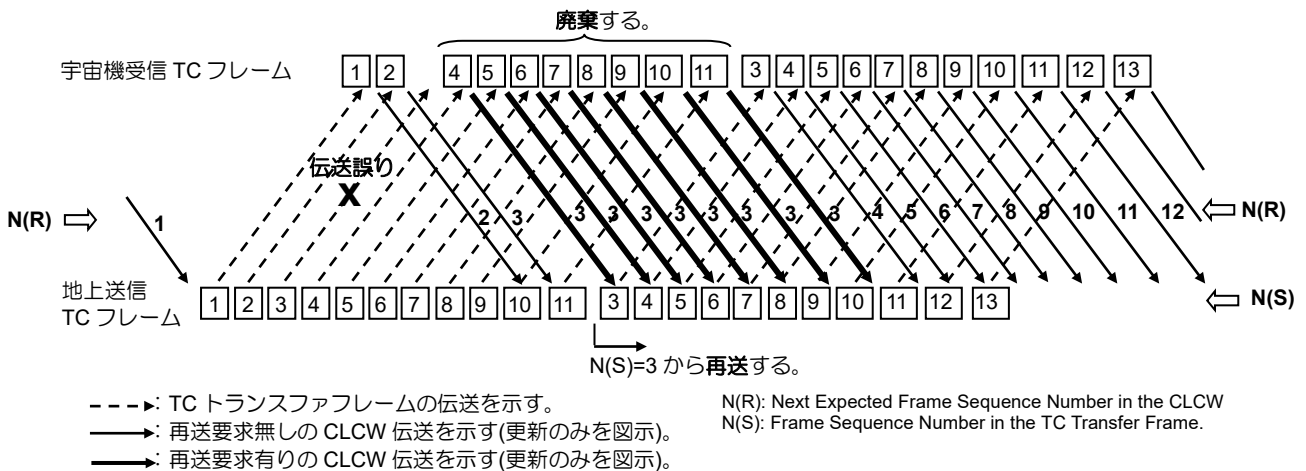


図 3.1.3.1.1-2 COP-1 の原理

FARM-1 および FOP-1 には、それぞれウィンドウ(Window)がある。

FARM(受信側)のウィンドウは W という。W に関する関係式を次に示す。

$$2 \leq W \leq 254$$

and

$$PW = NW = W/2$$

なお、PW は FARM\_Positive\_Window\_Width、NW は FARM\_Negative\_Window\_Width である。

FARM は、TC トランスファフレームに付加されたフレーム番号 N(S)と期待値 V(R)により、次の動作を行う。

- N(S) = V(R)**  
 (図 3.1.3.1.1-3 の①領域)
  - TC トランスファフレームを受理する。
  - 期待値 V(R)を+1 する。
- N(S)が V(R) より小**  
 (図 3.1.3.1.1-3 の②領域)
  - TC トランスファフレームを廃棄する。
- N(S)が V(R) より大**  
 (図 3.1.3.1.1-3 の③領域)
  - TC トランスファフレームを

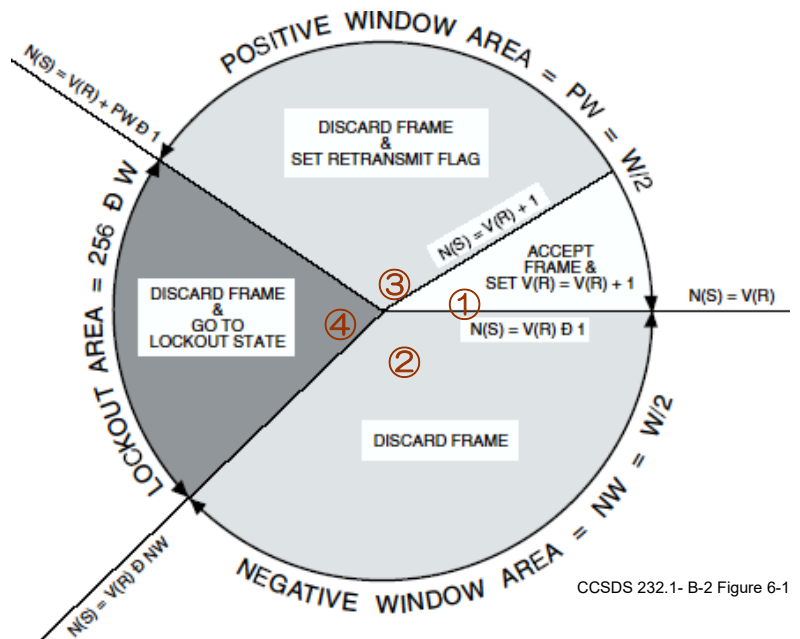


図 3.1.3.1.1-3 FARM Sliding ウィンドウ

- 廃棄する。
- CLCW で再送要求、V(R)値 を通知する。

**N(S)がウィンドウの外**  
(図 3.1.3.1.1-3 の④領域)

- TC トランスファフレームを廃棄する。
  - ロックアウトする(TC トランスファフレーム受信停止)。
  - CLCW でロックアウトを通知する。
- \* ロックアウト解除(受信再開)は、コマンド Unlock(3.1.1.6 節)で行う。

FOP (送信側) のウィンドウは K という。K に関する関係式を次に示す。

$$1 \leq K \leq PW$$

and

$$K < 256$$

K の値は、CLCW を見ないで連続送信する TC トランスファフレーム数を意味する。

**3.1.3.1.2 標準**

以下に、COP-1 で使用するパラメータの設定指針を示す。

(1) 設定すべきパラメータ

COP を使用する際に設定すべきパラメータの一覧を表 3.1.3.1.2-1 に示す。同表に示した以外の変数・パラメータ値の扱いは、勧告による。

表 3.1.3.1.2-1 設定する COP パラメータ

設定するパラメータ		設定範囲	備考
FOP	タイマ初期値 Timer Initial Value または T1 Initial	---	
	送信限界 Transmission Limit	---	
	タイムアウトタイプ(TT) Timeout Type	TT=0 : 警告を発生する。 TT=1 : AD サービスを中断する。 "AD サービス開始"制御で再開する。	
	FOP スライディングウィンドウ幅(K) FOP Sliding Window Width	$1 \leq K \leq PW$ $K < 256$	PW: FARM Positive Window Width $PW=W/2$
FARM	FARM スライディングウィンドウ幅(W) FARM Sliding Window Width	$2 \leq W \leq 254$	

(2) 設計指針

表 3.1.3.1.2-2 に COP-1 パラメータの設計指針を示す。

表 3.1.3.1.2-2 COP-1 パラメータの設計指針

設定するパラメータ	設計指針
タイマ初期値 Timer Initial Value または T1 Initial	(1) 宇宙機毎に決定する。 (2) タイムアウト時間の最小値は、CCSDS 232.1-B-2 の 5.1.9 項に示された遅延時間の和である。 (3) 通常、ラウンドトリップタイム+ $\alpha$ とする。
送信限界 Transmission Limit	(1) 宇宙機毎に決定する。 (2) 通常、2 または 3 程度とするが、そのときの運用により決定してよい。
タイムアウトタイプ(TT) Timeout Type	(1) 宇宙機毎に決定する。 (2) 標準は、TT=1(SS)とする。 即ち、AD サービスを中断し、「AD サービス再開」制御により再開する。
FOP スライディングウィンドウ幅(K) FOP Sliding Window Width	(1) 宇宙機毎に決定する。 (2) 標準は、確認なしに連続送信する最大 TC トランスファフレーム数を K とする(下記(4)FOP スライディングウィンドウ(K)の補足参照)。
FARM スライディングウィンドウ幅(W) FARM Sliding Window Width	(1)宇宙機毎に決定する。 (2)通常 2K の値より大きくする。K の値は大きい方がスループットが向上する。 (3)一般に、PW=NW=最大値 127 であっても、特に問題はない。

(3) FARM スライディングウィンドウ(W)

一般宇宙機では、FARM スライディングウィンドウは  $PW=NW=127$ (Lockout は生じない)と設定しても、特に問題は無い。

(4) FOP スライディングウィンドウ(K)

K の値=(T1 Initial 内で送信できる TC トランスファフレーム数)とするとスループットが一番良い。先頭の TC トランスファフレームで再送が発生しても伝送回線にアイドルが生じない(図 3.1.3.1.2-1(a))。

K の値<(T1 Initial 内で送信できる TC トランスファフレーム数)とすると次の TC トランスファフレーム伝送までの間にアイドルが生じてスループットが悪い(図 3.1.3.1.2-1(b))。

K の値>(T1 Initial 内で送信できる TC トランスファフレーム数)とすると再送待ちが生じてスループットが劣化する(図 3.1.3.1.2-1(c))。

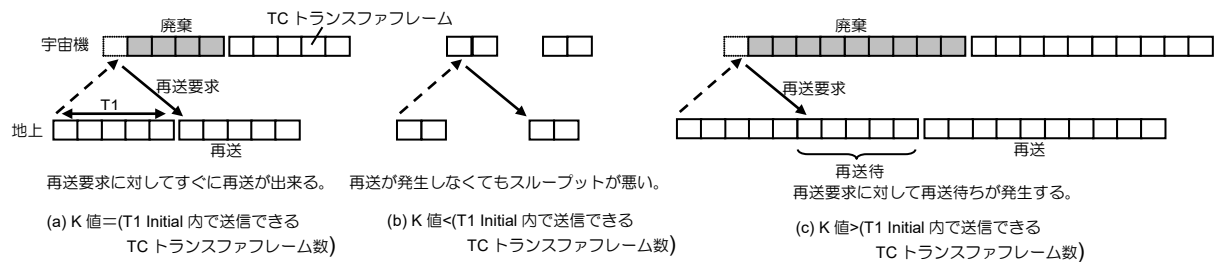


図 3.1.3.1.2-1 FOP スライディングウィンドウ幅(K)設定の捕捉

(5) 制御コマンドアンロックと V (R)

COP-1 手順において、宇宙機側がロックアウト状態になった場合に使用する制御コマンド「アンロック(Unlock)」と「V(R)設定(SET V(R))」の使い方を示す。

ロックアウト状態になった場合は、制御コマンド「アンロック」を送信してロックアウトを解除する。ロックアウト解除時の V(R)の値は規定がない。が、以下に示す処理を行うこと。

- FOP のカウンタを V(R)の値に合わせる。
- 地上側が制御コマンド「V(R)設定」を送信して、FARM のカウンタを合わせる。

3.1.3.2 CLCW

3.1.3.2.1 規格の概要

CLCW(Communications Link Control Word) は、COP-1 に必要なトランスファフレームの受

信状況を FARM-1(受信側：宇宙機側) から FOP-1(送信側：地上側) へ伝送する PDU(Protocol Data Unit) である。

この CLCW 中の無線信号使用不可 ( NO RF Available ) フラグとビットロック外れ フラグ および状態フィールドのデータ についての設計指針を以下に示す。なお、この両フラグと状態フィールドのデータは、COP-1 に必要なデータではない。

### 3.1.3.2.2 標準

#### 3.1.3.2.2.1 NO RF Available、NO Bit LockフラグとStatus Field

- (1) 無線信号使用不可フラグ(1ビット)とビットロック外れフラグ(1ビット)

CLCW フラグ領域の無線信号使用不可 (No RF Available) フラグとビットロック外れ(No Bit Lock)フラグは使用しない。値は、両フラグとも'0'とする。

【理由】 CCSDS 勧告の定義は不明確であるとともに両フラグの領域は少ない(各 1 ビット)。両フラグに該当する情報は通常の HK Data に含まれているので、CLCW で伝送する必要がない。

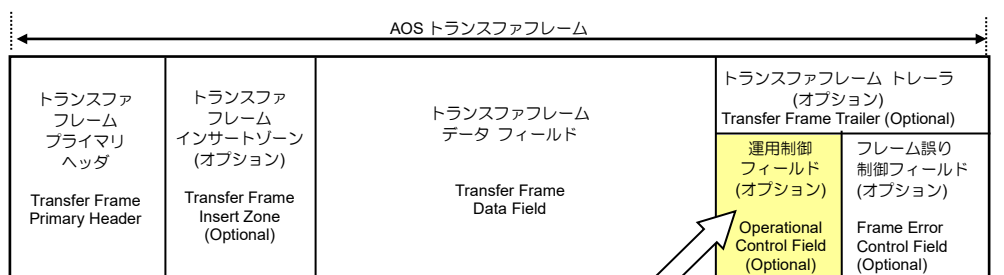
- (2) 状態フィールド(3ビット)

状態領域 (Status Field) は使用しない。値は、'000'とする。

【理由】 CLCW 内の状態フィールド (Status Field) は宇宙機毎に定義するフィールドである (CCSDS 勧告の定義はない)。状態フィールドには、受信機の主系/従系の選択状況や AGC 等の無線信号使用不可フラグ補足情報のような情報を入れることもできる。しかし、領域が少ない(3 ビット) とともに、これらの情報は通常の HK Data に含まれているので、CLCW 伝送する必要がない。

#### 3.1.3.2.2.2 CLCWの伝送方法

CLCW は、AOS トランスファフレーム[9]の運用制御フィールド(Operational Control Field)で伝送する(図 3.1.3.2.2.2-1)。



ここに CLCW を入れて伝送する。

CCSDS 732.0-B-2-S Figure 4.1

図 3.1.3.2.2.2-1 CLCW の伝送

## 3.2 同期・チャンネルコーディング副層

### 3.2.1 規格の概要

同期・チャンネルコーディング副層が生成するデータ単位は CLTU(Communications Link Transmission Unit)である。CLTUは PLOP(Physical Layer Operations Procedure)という手順で伝送する。図 3.2.1-1 に同期・チャンネルコーディング副層の構造を示す。

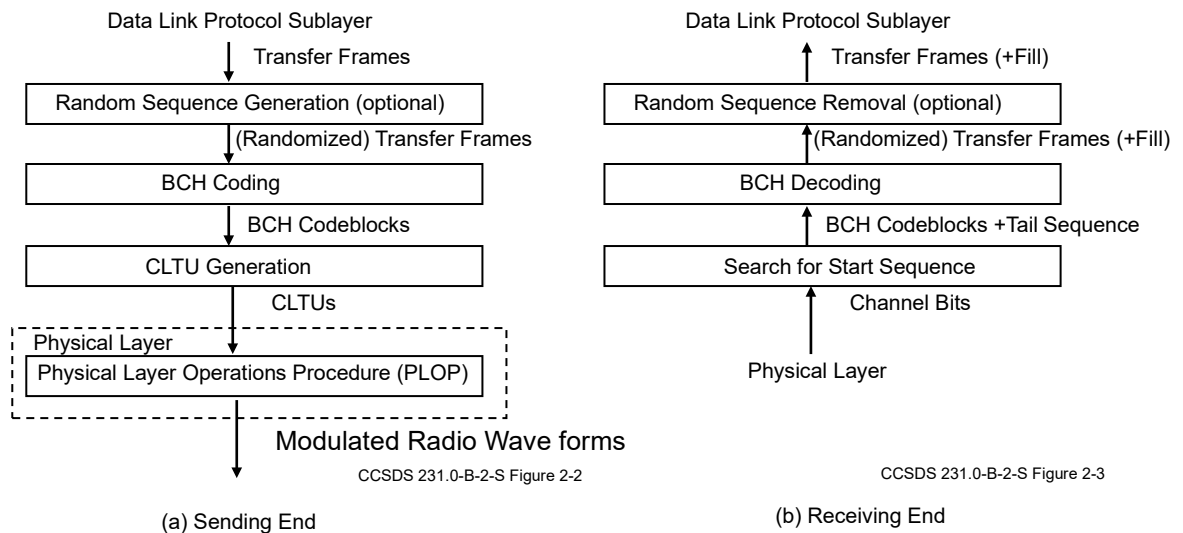


図 3.2.1-1 同期・チャンネルコーディング副層の構造

### 3.2.2 ランダムイズ(オプション)の適用

#### 3.2.2.1 規格の概要

ランダムイズの目的は、コマンド受信機のビット同期保持に必要なビット遷移を確保することである。

コマンド受信機のビット同期保持には、ビット遷移の多い符号(例えば  $Bi\phi-L$  等)を使用しても実現できる。しかし、これらの符号は伝送帯域が増加する。伝送帯域増加はビットエラーレートを劣化させる。

ランダムイズは伝送帯域を広げないで必要なビット遷移を得ることができるので、コマンド受信機のビット同期保持に有効な手段である。

#### 3.2.2.2 標準

ランダムイズを適用することを標準とする。

#### 3.2.2.3 理由

ランダムイズの目的はコマンド受信機のビット同期保持のため、コマンド受信機の特性によってはランダムイズを必要としない場合もある。

しかし、ランダムイズを適用することで、コマンド受信機の特性に依存しない設計ができるとともに、コマンド受信機には何の影響も与えない。従って、ランダムイズを適用することを標準とする。

### 3.2.2.4 ランダムイズ適用時の注意

- TC トランスファフレームの Fill Bits(注)はランダムイズしてもしなくても良い。
- 受信側は Fill Bits 部もデランダムイズする(デランダムイズ部は、Fill Bits を認識できない。Fill Bits はデランダムイズの上位の機能で認識される)。

注：Fill Bits とは、TC トランスファフレーム長がコードブロック長の整数倍でないときに、TC トランスファフレーム長をコードブロック長の整数倍にするために TC トランスファフレーム後尾に付加するビットである。

### 3.2.3 TC トランスファフレーム数/CLTU (Multiple Transfer Frames)

#### 3.2.3.1 規格の概要

符号化された TC トランスファフレーム(複数の BCH コードブロック)は CLTU に入れる(図 3.2.3.1-1 参照)。CCSDS 勧告は一つの CLTU に複数の符号化された TC トランスファフレームも許容している。

複数挿入した場合のことを Multiple Transfer Frames と言う。

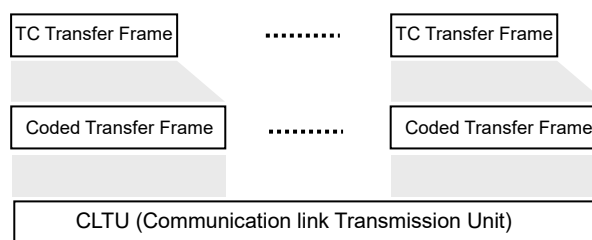


図 3.2.3.1-1 Multiple Transfer Frames

#### 3.2.3.2 標準

一つの TC トランスファフレーム/CLTU(Multiple Transfer Frames 禁止)を標準とする。

#### 3.2.3.3 理由

- (1) 一つの CLTU は複数の BCH コードブロックで構成された TC トランスファフレームに入る。Multiple Transfer Frames にすると、一つの CLTU は長くなる。CLTU が長くなると(BCH コードブロック数が大きくなると)、伝送品質(廃棄率、見逃し誤り率、スループット)が劣化する。
- (2) 一つの CLTU 中で伝送誤りが検出されると、複数の TC トランスファフレームが失われる。再送量が増加するため、スループットが低下する(特に、先頭の BCH コードブロックで伝送誤りが発生すると、一つの CLTU 中の全 TC トランスファフレームが失われ、再送となる)。
- (3) 一つの CLTU に入れた符号化された TC フレームが一つでも複数でも、CLTU の中身は BCH コードブロックのみである。TC フレームを区切るデルミタのようなものはない。CCSDS 勧告は一つの CLTU に複数の符号化された TC トランスファフレームも許容しているが、CCSDS 勧告の基本は一つである。



### 3.2.3.4 Multiple Transfer Frame 適用時の注意

もし、Multiple Transfer Frames を使用する場合は、次の点に注意すること。

- テレコマンドの伝送性能（テレコマンドフレーム廃棄率、見逃し誤り率、スループット等）を関連文書[10]を参照して計算し、要求を満足した伝送品質であるかを確認すること。

## 3.2.4 伝送制御符号のモード等の選択

### 3.2.4.1 規格の概要

コマンド受信側は、復調された伝送誤りの可能性があるビット列の中から CLTU を抽出する。

CLTU の抽出は、スタートシーケンス(16 ビット長の固定パターン)検出で CLTU 先頭を認識し、BCH 復号エラーで後尾を検出する(テールシーケンスは BCH 復号エラーを発生するコードブロック長の固定パターンである)。

同期・チャンネルコーディングには、デコーディングに関して次に示すモードがある。

#### Start Sequence(16 ビット)検出

全ビット一致モード：16 ビットすべてが一致したとき Start Sequence 検出とする。

1 ビット誤り許容モード：15 ビットが一致したとき Start Sequence 検出とする。

#### BCH 復号

TED<sup>\*10</sup>モード：3 ビットまでの誤り検出を行う。

SEC<sup>\*11</sup>モード：1 ビットの誤り訂正と 2 ビットまでの誤り検出を行う。

#### CRC(オプション)<sup>\*12</sup>

見逃し誤りの性能向上用。

### 3.2.4.2 標準

以下を標準とする。なお、一般に、テレコマンド物理層 (RF 変調) の伝送品質を示す BER(Bit Error Rate) は  $1 \times 10^{-6}$  が標準とされているので、この値を基準にして符号を選定する。

#### BCH 復号

SEC モード：1 ビットの誤り訂正と 2 ビットまでの誤り検出を行う。

#### CRC(オプション)

適用する。

### 3.2.4.3 理由

#### 3.2.4.3.1 Start Sequence の検出

ランダムなビット列の中から同期ビットパターンを検出する場合、伝送誤りが生じていて検出できない場合と同期ビットパターン以外のビットパターンと弁別ができないため誤認するという場合がある。

\*10 Triple Error Detection

\*11 Single Error Correction

\*12 CRC は TC スペースリンクプロトコル副層の機能である。

前者の検出できない確率を不検出確率(P1)と後者の誤認する確率を誤検出確率(P2)とすると、P1 と P2 は次の式(1)および式(2)であらわされる。

$$P_1 = 1 - \sum_{i=0}^k \binom{m}{i} \cdot P_e^i \cdot (1-P_e)^{m-i} \quad (1)$$

$$P_2 = \sum_{i=0}^k \binom{m}{i} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^m \quad (2)$$

Pe : 伝送路のビットエラーレート、Pe ≪ 1  
 m : 同期パターン長  
 k : 同期パターン検出時の同期パターン許容誤りビット数

ここで、k=0(同期パターン検出：全ビット一致)とすると、

$$P_1 \Big|_{k=0} = 1 - (1-P_e)^m \quad (3)$$

$$\approx 1 - (1-mP_e) = mP_e \quad (4)$$

$$P_2 \Big|_{k=0} = \left(\frac{1}{2}\right)^m \quad (6)$$

となり、k=1(同期パターン検出：1ビット誤り許容)とすると、

$$P_1 \Big|_{k=1} = \frac{1}{2} m(m-1) P_e^2 \quad (7)$$

$$P_2 \Big|_{k=1} = (1+m) \left(\frac{1}{2}\right)^m \quad (8)$$

となる。

式(3)と式(7)および式(6)と式(8)より、1ビットの誤りを許容(k=1)すると、不検出確率 P1 は Pe の二乗に比例して向上するが、誤検出確率の劣化は(1+m)倍である(図 3.2.4.3.1-1 参照)。

すなわち、1ビットの誤りを許容(k=1)すると誤検出確率(P2)は若干劣化するが不検出確率(P1)は極端に向上する。

CLTU の同期パターンは Start Sequence と呼び、長さは 16 ビット(m=16)である。Start Sequence の検出確率を表 3.2.4.3.1-1 に示す。

表 3.2.4.3.1-1 Start Sequence 検出確率

	不検出確率 P1	誤検出確率 P2
k=0	1.60 × 10 <sup>-5</sup>	1.53 × 10 <sup>-5</sup>
k=1	1.20 × 10 <sup>-10</sup>	2.59 × 10 <sup>-4</sup>

(m=16, BER=10<sup>-6</sup>)

CCSDS の勧告は K=0 または K=1 であるが、JAXA 設計標準は K=1 を標準とする。誤検出確率(P2)は若干劣化するが不検出確率(P1)は極端に向上する。誤検出があった場合は、次処理の BCH 復号や CRC チェックで検出される。

なお、TC Synchronization and Channel Coding – Summary of Concept and Rational :CCSDS 230.1-G では、K=0 の P1 を PSX、K=1 の P1 を PSY と表記している。

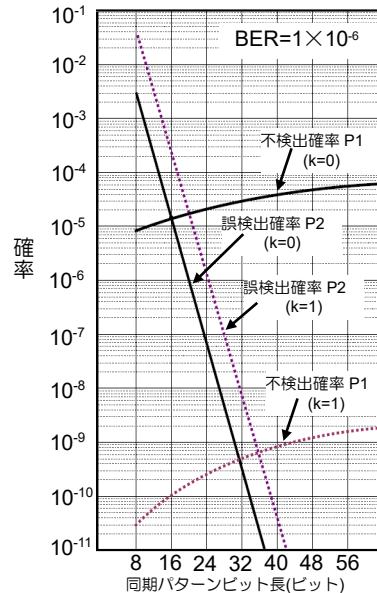


図 3.2.4.3.1-1 同期パターン検出確率 (不検出確率と誤検出確率)

### 3.2.4.3.2 CLTU の廃棄率と見逃し誤り率\*13

テレコマンドの伝送品質は廃棄率と見逃し誤り率で評価される。

廃棄率は、テレコマンド受信側で伝送誤りを検出して廃棄する確率である。この確率は、再送発生確率に等しい。

見逃し誤り率は、誤り訂正・誤り検出能力以上の誤りがあったためテレコマンド受信側で見逃した確率である。この確率は誤りコマンド実行確率に等しい。一般に誤りが無い状態とは、 $1 \times 10^{-20}$ 以上をいう。

BCH の復号モードは、3ビット誤り検出(TED: Triple Error Detection)モードと1ビット訂正(SED: Single Error Correction)モードの2モードがある。

TEDは1つの符号ブロックで3ビットまでの誤り検出能力がある。SECは1つの符号ブロックで1ビットの誤り訂正能力と2または3ビットまでの検出能力がある。

CLTU 廃棄率を TED モードと SEC モードで示した図を図 3.2.4.3.2-1 に示す。図 3.2.4.3.2-1 の横軸は BCH コードブロック数である。TC トランスファフレーム長に比例する。縦軸は廃棄率である。

図 3.1.4.3.2-1 に示すように、SEC は、1ビットの誤り訂正を行うので、TED より廃棄率は小さく、テレコマンドの再送確率は小さくなる。

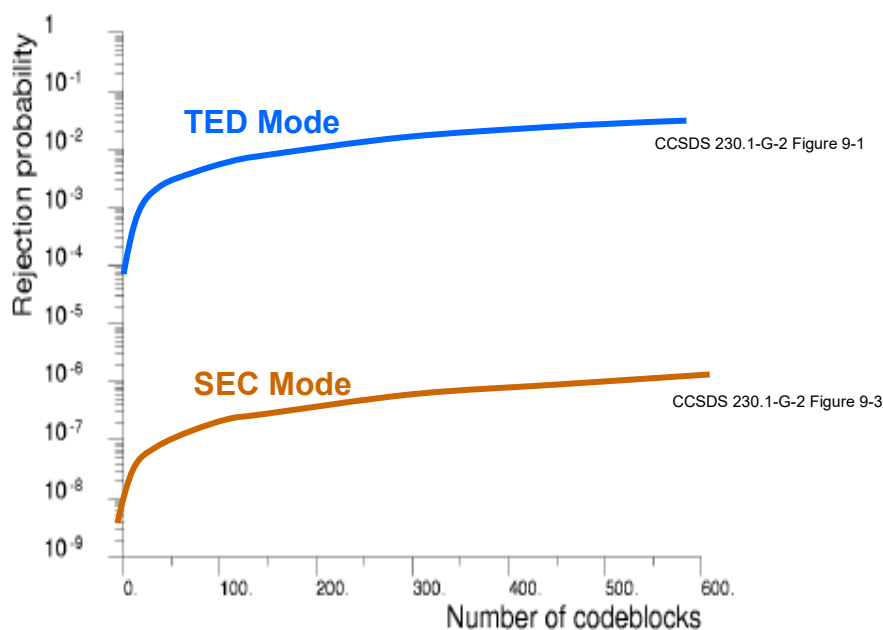


図 3.2.4.3.2-1 CLTU の廃棄率(Rejection Probability) BER=10<sup>-6</sup>、PLOP-2

次に、CLTU 見逃し誤り率を TED モードと SEC モードで示した図を図 3.2.4.3.2-2 に示す。図 3.2.4.3.2-2 の横軸は BCH コードブロック数であり、縦軸は見逃し誤り率である。

図 3.2.4.3.2-2 に示すように、SEC は、1ビットの誤り訂正を行うので、TED より見逃し誤りは大きい。

SEC の見逃し誤り率は  $1 \times 10^{-20}$  までいかないのが一般には適用できない。

\*13 詳細は、関連文書 [10]に記載されている。この節では概要を示す。

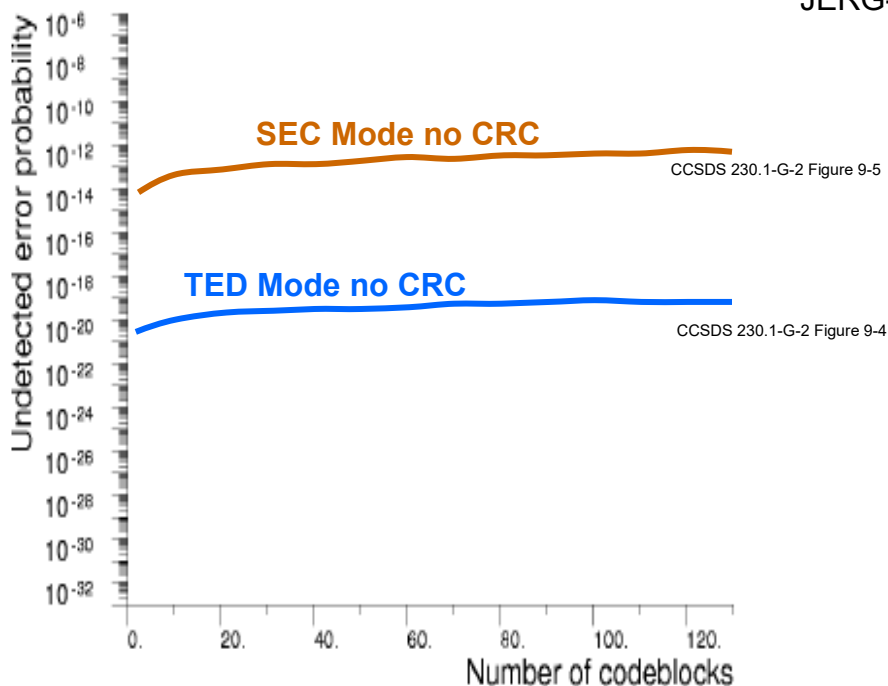


図 3.2.4.3.2-2 CLTU の見逃し誤り率(Probability of Undetected Error) no CRC  
BER=10<sup>-6</sup>、PLOP-2

廃棄率は SEC が優位であったが、見逃し誤りの観点からは使用できないことになる。この見逃し誤りの劣化を補うものが CRC である。

CRC を付加したときの CLTU 見逃し誤り率を TED モードと SEC モードで示した図を図 3.2.4.3.2-3 に示す。CRC を付加した SEC モードの見逃し誤り率は 10<sup>-30</sup> 程度になり、一般的に誤りが無いといわれる 10<sup>-20</sup> を十分に満足する。

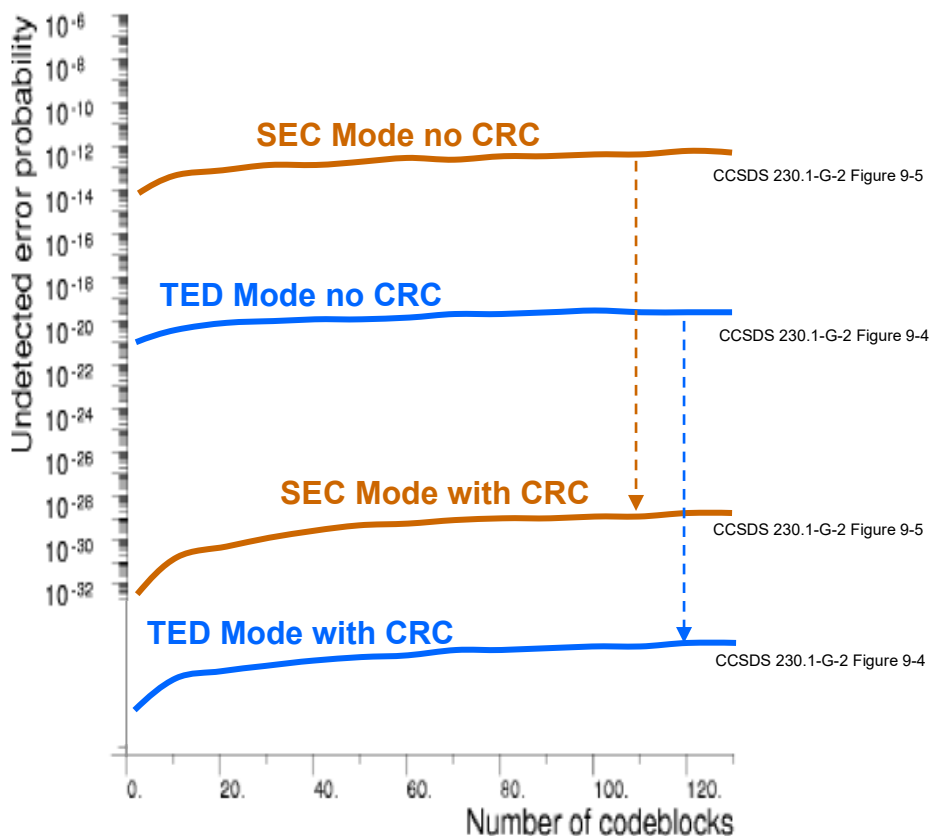


図 3.2.4.3.2-3 CLTU の見逃し誤り率(Probability of Undetected Error) with CRC  
BER=10<sup>-6</sup>、PLOP-2

以上述べたことを次にまとめて示す。

- BCH デコードモードは SEC と TED があるが、廃棄率(再送確率に等しい)が少ない SEC を標準とする(図 3.2.4.3.2-1 参照)。
- SEC を適用すると見逃し誤り率が多くなる(図 3.2.4.3.2-2 参照)。そのため、CRC(オプション)を適用して見逃し誤り率を  $10^{-20}$  以上にする(図 3.2.4.3.2-3 参照)。

## 3.2.5 PLOP の選択

### 3.2.5.1 規格の概要

PLOP(Physical Layer Operations Procedures)は、PLOP-1 と PLOP-2 の 2 つがあったが、現在は PLOP-2 が標準である\*14。

PLOP-1 は CLTU を伝送する前に必ず Acquisition Sequence を伝送してコマンド受信機のビット同期を確立する方式である。

PLOP-2 は先頭の CLTU 伝送前に Acquisition Sequence を伝送してコマンド受信機のビット同期を確立した後、CLTU 間は Idle Sequence を挿入しコマンド受信機のビット同期を保持させる。詳細な解説は、関連文書[10]の section 6 を参照のこと。

### 3.2.5.2 標準

PLOP-2 を標準とする。

### 3.2.5.3 理由

一般に、PLOP-2 の方が PLOP-1 よりスループットが良い。

### 3.2.5.4 PLOP-2 の注意事項

- CLTU 間の Idle Sequence は地上局で挿入する。
- Idle Sequence を挿入できない地上局もあるので、注意すること(事前に確認すること)。

### 3.2.5.5 CMM-1 の注意事項

CMM-1(Unmodulated Carrier Only)の定義は、テレコマンドで変調されていない搬送波のみの状態である。

変調されていない搬送波のみの状態の意味を次に示す。

#### (1)副搬送波を使用する場合

- USB 回線のように副搬送波を用いてコマンド伝送を行う場合の CMM-1 は、副搬送波による主搬送波の変調が行われていない状態であると定義する。
- 副搬送波はコマンド伝送時に唯一その目的のために用いられるものである。
- したがって、副搬送波による主搬送波の変調はベースバンド信号による変調と一体のものとして捉え、テレコマンド変調の要素の一つであると考えるのが妥当である。

#### (2)スペクトル拡散変調の場合

- データ中継衛星を用いたテレコマンド伝送のように、スペクトル拡散変調を行う場合の CMM-1 は拡散符号による搬送波の変調が行われている状態である、と定義する。
- 拡散符号による変調の目的の一つは、PFD(電力束密度)の低減である。上述の副搬送波の場合とは異なり、拡散符号による変調は搬送波と一体のものとしてとらえる必

\*14 関連文書[10]の Issue 2 で、『2010 年 9 月以降に計画されているミッションは PLOP-2 のみを使用すること、地上設備はレガシーミッションのために PLOP-1 をサポート(optional specification)すること』となった。

要がある。

### 3.2.6 Acquisition Sequence Length

#### 3.2.6.1 規格の概要

Acquisition Sequence は、テレコマンド送信側(地上)が CLTU 送信前に宇宙機のコマンド受信機のビット同期を捕捉・確立させるために送信する'1'と'0'の繰り返しのビットパターンである。

勧告は最小 128 ビットである(コマンド受信は 128 ビット以内にビット同期捕捉・確立されることを前提にしている)。

#### 3.2.6.2 標準

128 ビット以上を標準とする。

#### 3.2.6.3 理由

コマンド受信機がビット同期捕捉・確立に必要な Acquisition Sequence 長は、コマンド受信機の性能による。

Acquisition Sequence と Idle Sequence はどちらも'1'と'0'の繰り返しのビットパターンである。Acquisition Sequence と CLTU 間の Idle Sequence はコマンド受信機ビット同期保持であるが、ビット同期捕捉・確立にも使用できる。したがって、128 ビット以上のある値に設定された Acquisition Sequence 長では不足するコマンド受信機にたいしては、Acquisition Sequence につづく Idle Sequence を長くすればよい。

### 3.2.7 PLOP の Idle Sequence

#### 3.2.7.1 規格の概要

PLOP-2 の Idle Sequence の目的はコマンド受信機のビット同期保持であり、長さは可変長である。

#### 3.2.7.2 注意事項

- (1) Idle Sequence は次の CLTU 送信要求が発生するまで連続出力すること。
- (2) なお、Idle Sequence は CLTU 間隔(すなわちコマンド間隔)を確保するために使用することもできる。

## 付録 1 : Virtual Channel Packet Service を使用する宇宙機の管理パラメータ

付表 1-1 に Virtual Channel Packet Service を使用する宇宙機の管理パラメータ値 (Managed Parameter) を示す。

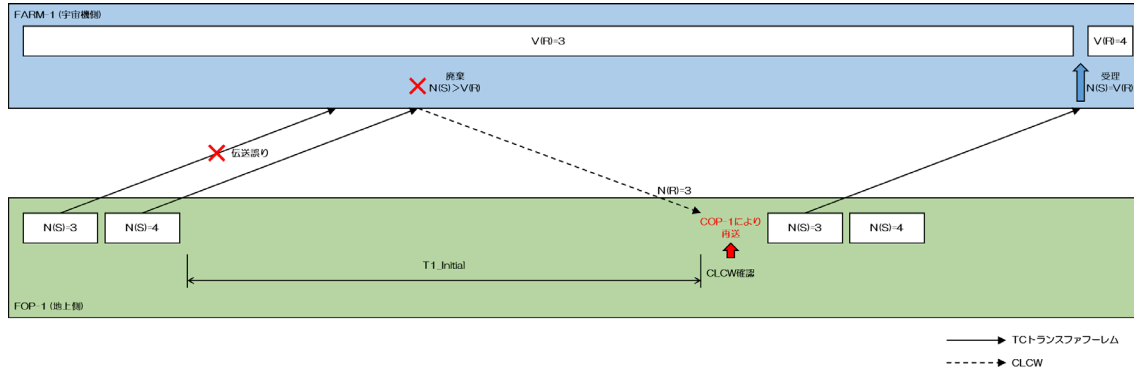
付表 1-1 Virtual Channel Packet Service を使用する宇宙機の管理パラメータ値

Layer	管理パラメータ	値	備考
Data Link Sublayer	Physical Channel 数/宇宙機	1 つまたは複数	
	MTFL (Maximum Transfer Frame Length)	1024 octets	
	TFVN (Transfer Frame Version Number)	Number 1 ( '00' )	
	SCID 数/宇宙機	1 つ	
	SCID	Integer	
	VCID 数/Physical Channel	1 つまたは 2 つ	注 1
	VCID	0 : (VCID 数が 1 の場合) 0 と 1 : (VCID 数が 2 の場合)	
	Data Field Content	Space Packet	
	Packet Version Number	Number 1 ( '000' )	
	Packet Length	7 octets to 65542 octets	
	GLCW Version Number	Number 1 ( '00' )	
	COP in Effect	COP-1 ( '01' )	
Sync & Channel Coding Sublayer	Randomizer	Used	
	Decoding Mode	SEC	
	Allowed Number of Errors in Start Sequence	1	
	Physical Layer Operations Procedure	PLOP-2	

注 1 : TC Decode が待機冗長構成の場合は 2 つとしても良い。

## 付録 2 : 同一フレーム繰り返し送信

回線状態が悪い状況での運用、タイムクリティカルコマンド運用、Roundtrip Time が非常に長い深宇宙探査ミッションの運用等におけるコマンド送信において伝送誤りが生じた場合、付図 2-1 に示すようにコマンドのスループットが低下する。



付図 2-1 同一 TC トランスファフレームの繰り返し送信を行わない場合

同一のフレーム番号 N(s) をもつ TC トランスファフレーム (「同一 TC フレーム」と呼ぶ) を繰り返し送信することでコマンドのスループットを向上することが可能である。繰り返し送信を規定する方法として下記の 2 つが存在する。

- 改訂 CCSDS 勧告に同期・チャネルコーディングのオプションとして追加されたサービスを適用する方法 (「方法 1」と呼ぶ)
- CCSDS 勧告に明示的に規定されていないが、従来の CCSDS 勧告に矛盾することなく繰り返し送信を実現する方法 (「方法 2」と呼ぶ)

「方法 1」と「方法 2」は機能実現上本質的な差はない。

同一 TC フレームの繰り返し送信を運用で使用するプロジェクトにおいては、適用する CCSDS 勧告の版と方法 1, 2 の何れを採用するかを決定し、プロジェクトのインタフェース管理仕様書および設計文書に明記すること。

以下、各方法の詳細を述べる。

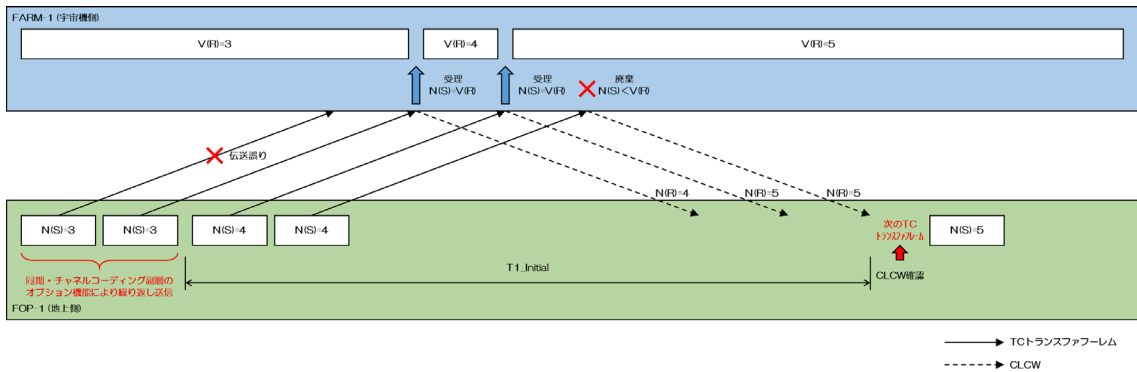


【方法 1】

方法 1 は、以下に示す改訂 CCSDS 勧告を適用し、改訂 CCSDS 勧告で同期・チャネルコーディングのサービスにオプションとして追加された繰り返し送信機能により、同一 TC フレームの繰り返し送信を行う方法である。

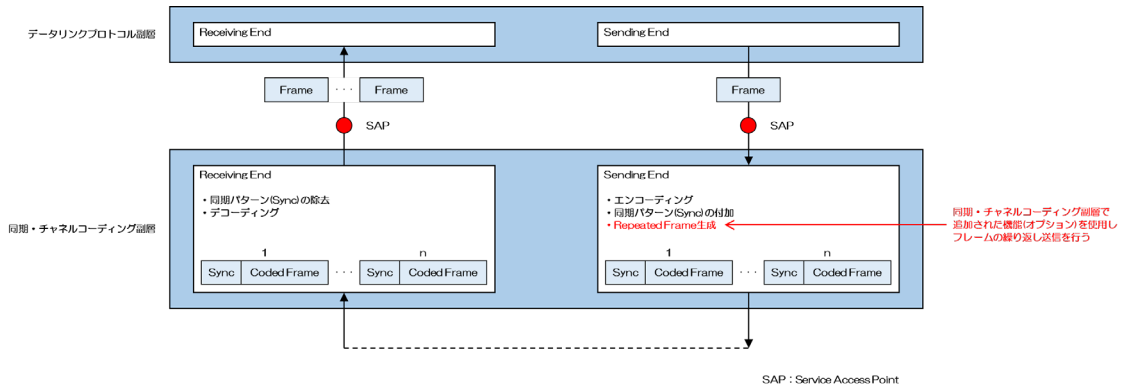
- ・ CCSDS 232.0-B-2 : TC Space Data Link Protocol
- ・ CCSDS 231.0-B-2 : TC Sync and Channel Coding
- ・ CCSDS 231.1-B-2 : Communications Operation Procedure-1

付図 2-2 に方法 1 による同一 TC フレーム繰り返し送信の動作を示す。



付図 2-2 方法 1 による同一 TC フレーム繰り返し送信

付図 2-3 に方法 1 における同一 TC フレームの繰り返し送信サービスを示す。方法 1 は、同期・チャネルコーディング副層の送信端に追加された、上位のデータリンクプロトコル副層から転送された TC フレームの繰り返し送信機能を使用することで実現する。



付図 2-3 方法 1 における同一 TC フレームの繰り返し送信サービス

なお、方法 1 を適用する場合には、以下に示す点で OSI 参照モデルを基調とした従来の CCSDS 勧告と異なることに注意すること。

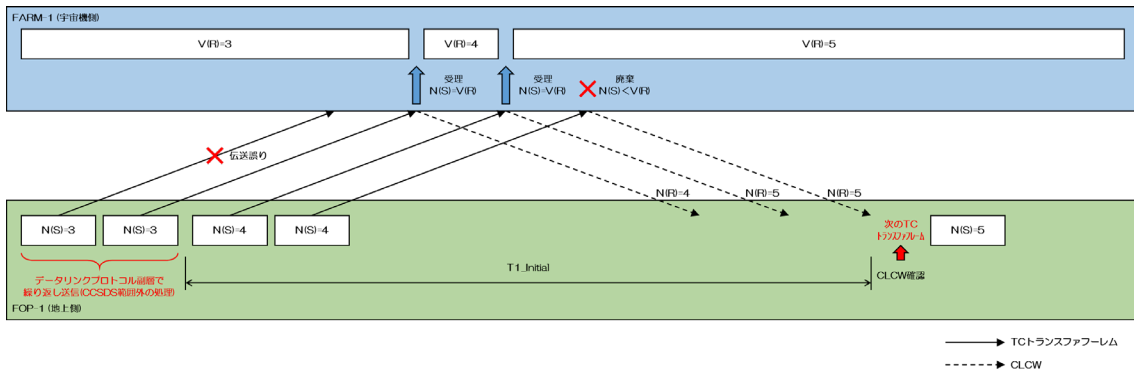
- 送信端 SAP と受信端 SAP のデータが異なる。
- 同期・チャネルコーディング副層の機能は同期パターンの付加／除去、コーディング／デコーディングであるが、送信端のみフレームの繰り返し送信機能が追加されるため、送信端と受信端で機能が異なる。

【方法 2】

方法 2 は、CCSDS 勧告には記載されていない方法ではあるが、以下に示す従来の CCSDS 勧告を適用する場合に、CCSDS 勧告が規定する範囲外の処理を追加補完することにより、同一 TC フレームの繰り返し送信を実現する方法である。

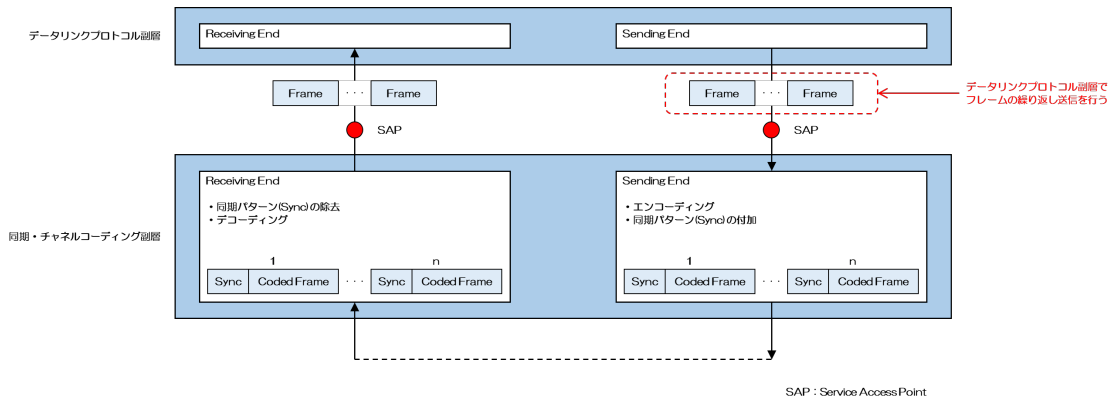
- ・ CCSDS 232.0-B-1 : TC Space Data Link Protocol
- ・ CCSDS 231.0-B-1 : TC Sync and Channel Coding
- ・ CCSDS 231.1-B-1 : Communications Operation Procedure-1

付図 2-5 に方法 2 による同一 TC フレーム繰り返し送信の動作を示す。



付図 2-5 方法 2 による同一 TC フレーム繰り返し送信

方法 2 は、データリンクプロトコル副層の送信端で同一 TC フレームの繰り返し送信を行うことで実現する。付図 2-6 に方法 2 における同一フレームの繰り返し送信サービスを示す。



付図 2-6 方法 2 における同一フレームの繰り返し送信サービス