

IMES ユーザインタフェース仕様書
(IS-IMES)

2016 年 10 月

宇宙航空研究開発機構

目次

1	はじめに	1
2	IMES 概要	2
3	関連文書	3
4	IMES の信号仕様	3
5	送信機の設置方法(送信機から受信機までの距離の目安)	16

1 はじめに

宇宙航空研究開発機構（以下、JAXA と呼称する）が制定し公開している IS-QZSS は、準天頂衛星「みちびき」内閣府への運用移管とともに、内閣府が制定したユーザインタフェース文書に基づく信号が提供されるために、失効する予定である。IMES については、IS-QZSS 失効後も、IMES の送信機管理を第三者機関に引き継ぐまでの間は JAXA が管理を継続するため、IS-QZSS の付録として管理していた IMES 部分については IS-QZSS Ver 1.8 から削除するとともに、独立したユーザインタフェース文書を制定することとなった。

本文書は、JAXA が公開している IS-QZSS Ver 1.7 の付録を、表 1-1 に示す事項を更新して別文書として制定したものである。

表 1-1 IS-QZSS Ver1.7 からの更新事項一覧

No.	IS-QZSS Ver1.7 付録 での項番号	IS-IMES (本文書) での項番号	更新事項
1	全体	全体	IMES の名称について、「地上補完信号(IMES)」から「IMES」へ変更
2	-	1	1 項 はじめに を追加
3	A1.3	-	L1C 信号への互換についての記述を削除
4	A1.4	5	設置方法について追記予定である旨の記述を削除

なお、本書の有効期間は、JAXA が IMES 送信機管理を第三者機関へ移管するまでとする。

免責事項

IS-IMES および IMES 信号の利用や当該利用に基づき開発された製品やサービス提供等に関して生じた直接又は間接の損害について、JAXA は一切の責任を負いません。

2 IMES 概要

IMES (Indoor Messaging System) 信号は、屋内で測位するために考案[1]された信号であり、衛星測位信号と類似した信号の特徴を持つ。一方で、IMES 信号受信による測位方式は通常の衛星測位による方式とは全く異なっており、単に重畳されている航法メッセージを復調、解読するだけで位置を特定できる極めて簡便な方式である。

この方式によれば、既存の GPS 受信機や、既存の GPS 受信機能を持つ各種端末にとって小さな改修規模で対応が可能であり、その意味で QZSS と同様の性質を持つことから、QZSS の普及促進のために研究が進められてきた。

QZSS は都市部や山間部における測位可能エリア・時間の増大を目指したものであり、また、IMES は衛星では困難な屋内測位を可能とするものである。両者は測位環境の悪い場所での利用効率の改善、つまり、屋内外における測位利用のシームレス化を目指すものである。

この文書は、GPS 及び QZSS の L1C/A 信号に準じた RF 特性を持つ IMES-L1C/A 信号について、信号仕様を規定し、且つ、IMES 信号の送信機の設置方法について示す。なお、IMES の運用コンセプトなどについては、IMES コンソーシアムが策定中の、『IMES 運用定義書』(2 節 参考文書(1))を参照のこと。

[1] JAXA 及び GNSS 並びに JAXA、GNSS 及びライトハウステクノロジー・アンド・コンサルティングで特許共同出願中 (位置情報提供システム等に関する特許 2 件(「特許 4296302」および「特許 4461235」)取得済み)。

3 関連文書

3.1 適用文書

- (1) Navstar GPS Space Segment / Navigation User Interface, Interface Specification, IS-GPS-200. Rev. H, Sept. 2013.

3.2 参考文書

- (1) IMES コンソーシアム “IMES 運用定義書” (策定中)

4 IMES の信号仕様

4.1 IMES の信号仕様

IMES (以下「IMES-L1C/A」) は、GPS 及び QZSS の L1C/A に準じた RF 特性を持つ。

航法メッセージの構造は 30 ビットのワード単位では同一であるが、一方で早い TTRM (Time To Read Message) 時間を提供するために最短で 1 ワード単位での区切りのフレーム構造を持つ。

以下、RF 特性と、メッセージ特性に分けて、その仕様を規定する。

4.1.1 RF 特性

4.1.1.1 信号構造

4.1.1.1.1 搬送波公称中心周波数

搬送波公称中心周波数は 1575.4282[MHz] であること。また、公差は ±0.2[ppm] であること。なお 1575.4118[MHz] を将来の拡張用として利用する。

4.1.1.1.2 PRN 拡散周波数周波数

搬送波公称中心周波数の 154 分の 1 とすること。これにより、搬送波と PRN 符号はコヒーレント性を維持すること。

4.1.1.1.3 PRN 拡散変調方式

PRN コードと航法メッセージによるビット列 CIMES-L1C/A で搬送波が BPSK(1) 変調されていること。

4.1.1.1.4 周波数帯域

メインローブを含む 2.046[MHz]以上であること。

4.1.1.2 信号強度

4.1.1.2.1 受信端における最低信号強度

受信機の入力端において、0[dBi]の利得を持つ右旋円偏波受信アンテナで受信したときの最低受信電力は、-158.5[dBW]以上となるように設置・設定されること。

4.1.1.2.2 受信端における最高信号強度

受信機の入力端において、0[dBi]の利得を持つ右旋円偏波受信アンテナで GPS 信号を受信したときにその電力が-158.5[dBW]以上であることが予想される場所において、IMES 信号の最大受信電力は、-140[dBW]以下となるように設置・設定されること。

受信機の入力端において、0[dBi]の利得を持つ右旋円偏波受信アンテナで GPS 信号を受信したときにその電力が-158.5[dBW]未満であることが予想される場所において、IMES 信号の最大受信電力は-150[dBW]以下となるように設置・設定されること。

4.1.1.2.3 送信端における最高信号強度

IMES 信号の送信機の等価等方輻射電力(EIRP)が、-94.35[dBW]以下であること。

4.1.1.3 PRN コード

適用文書(1)の C/A 信号の PRN コードと同一のコード系列であり、適用文書(1)の 173~182 番であること。

注意：上記の PRN コードは、日本の国外での利用は認められていない。

4.1.1.4 航法メッセージ

適用文書(1)に記載のワード構造、変調方式と同一であること。

ビットレートは、高速ビットレート(250[bps])および、GPS 互換ビットレート(50[bps])とする。

4.1.1.5 搬送波特性

4.1.1.5.1 相関特性

送信電力と、逆拡散して受信したときの受信電力との比（差）を相関損失とし、それは 1.2[dB]以下であること。

4.1.1.5.2 搬送波位相雑音

PRN コード及び航法メッセージを重畳する前の変調されない搬送波の位相雑音は、その無変調信号を片側帯域 10[Hz]の PLL が 0.2[rad](RMS)で位相追尾できるレベルであること。

4.1.1.5.3 スプリアス

周波数帯域内において変調されないキャリアの強度に対するスプリアスの強度は、-40[dB]以下であること。

4.1.1.5.4 偏波特性

右旋円偏波または直線偏波であること。また、その軸比は、最低信号強度を満足する範囲内とする。

4.1.2 メッセージ特性

4.1.2.1 ワード構造

1 ワードが 30 ビットで構成される。各ワードには、ワードカウンタが設定される。また各ワードは 8 ビットのプリアンブルないしは 3 ビットのワードカウンタと、21 ビットまたは 16 ビットのデータビット、末尾には 6 ビットのパリティで構成される。

4.1.2.1.1 ワードカウンタ

各ワードには、ワードカウンタが設定される。このワードカウンタは、ワードカウンタが組み込まれないワードも含めて、ワードの送信毎に 1 ずつインクリメントする。

このワードカウンタにより、ワードやフレームの区切り識別を支援する。なお、区切り識別の支援の為に、この 3 ビットの値はプリアンブルの上位 3 ビット("100"(B))と同じ値はとらずに、スキップする。

ワードカウンタの付与例を図 4.1-1 に示す。

Word count			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
			<i>Preamble</i>																															
0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	Data																		Parity					
			<i>CNT</i>																															
0	0	1	0	0	1	Data																		Parity										
			<i>Preamble</i>																															
0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	Data																		Parity					
			<i>CNT</i>																															
0	1	1	0	1	1	Data																		Parity										
			<i>CNT</i>																															
1	0	1	1	0	1	Data																		Parity										
			<i>Preamble</i>																															
1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	Data																		Parity					
			<i>CNT</i>																															
1	1	1	1	1	1	Data																		Parity										
			<i>CNT</i>																															
0	0	0	0	0	0	Data																		Parity										
			<i>CNT</i>																															
0	0	1	0	0	1	Data																		Parity										

図 4.1-1 ワードカウンタの付与例

4.1.2.1.2 パリティ

30 ビットのワードの後方に付与されている 6 ビットのパリティ符号は、適用文書(1)の 20.3.5.1 項と同一の(32,26)ハミング符号である。

このパリティにより、ワードの区切り識別を支援する。

(1) パリティアルゴリズム

30 ビットのワードの後方に付与されている 6 ビットのパリティ符号は、適用文書(1)の 20.3.5.1 項と同一の(32,26)ハミング符号である。

(2) パリティチェックアルゴリズム

適用文書(1)の 20.3.5.2 項と同一である。

4.1.2.2 フレーム構造

1 フレームが 1 ワードの整数倍で構成され、図 4.1-2 に図示される以下の形式を持つ。なお、図は、3 ワードまでの例示であるが、4 ワードを越えるフレームについてはワードカウンタ付きのワードが必要な回数だけ繰り返される。

すなわち、第一のワードに 8 ビットのプリアンブルがあり、それに 3 ビットのメッセージタイプ ID(MID)が続く。残りのビットは、上述の 3 ビットのワードカウンタと、6 ビットのパリティを除いて全てデータビットである。

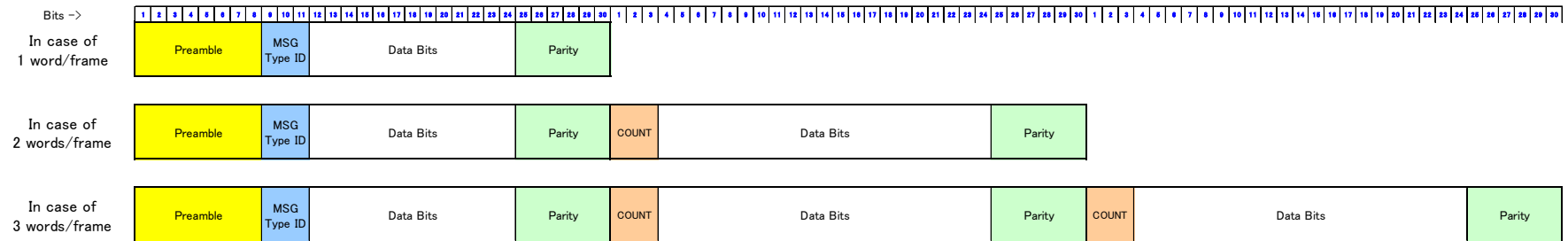


図 4.1-2 IMES L1C/A のフレーム構造

4.1.2.2.1 プリアンブル

各フレームの第一ワード先頭に付与されている 8 ビットのプリアンブルは、9E(H)である。

このプリアンブルにより、フレームの区切り識別を支援する。

この値は、適用文書(1)の 20.3.3.1 項と異なり、GPS や QZSS の衛星測位信号との識別が可能となっている。

4.1.2.2.2 メッセージタイプ ID (MID)

各フレームの第一ワードのプリアンブルに続いて付与されている 3 ビットのメッセージタイプ ID (MID) は、そのフレーム長及びその内容を示している。MID の値と、フレーム長、内容及び最長繰り返し周期 (Maximum Repetition Period) との対比は表 4.1-1 による。なお、最長繰り返し周期は、ID タイプのメッセージだけでなく、非常時の防災利用などで、サーバを介さずにユーザが絶対位置情報を得ることができるように、当該周期ごとに MID= "000"(B)または"001"(B)のいずれかの絶対位置情報が IMES 送信機から送信されるよう規定するものである。

表 4.1-1 IMES L1C/A メッセージタイプ ID 定義

MID	Frame Length (words)	Contents	Maximum Repetition Period (seconds) (暫定)
0(="000"(B))	3	Position 1 (Floor number, Latitude, Longitude)	12
1(="001"(B))	4	Position 2 (Floor number, Latitude, Longitude, Height, IMES Accuracy Index)	
2(="010"(B))	–	Reserved	–
3(="011"(B))	1	Short ID	–
4(="100"(B))	2	Medium ID	–
5(="101"(B))	–	Reserved	–
6(="110"(B))	–	Reserved	–
7(="111"(B))	–	Reserved	–

4.1.2.3 メッセージの内容

4.1.2.3.1 メッセージタイプ ID "000"(B) 位置情報1(Position1)

メッセージタイプ ID が、"000"(B)の時、そのフレーム長は3ワードであり、その内容は"位置情報 1"(階数、緯度、経度)である。なお、これら位置情報は、利用想定領域の位置情報であり、IMES 送信機自身の位置情報とは異なる場合がある。IMES 送信機自身の位置情報については、IMES 管理者がデータベース等に登録し、管理する予定である。運用上、IMES 送信機の位置情報と国土地理院が定義、管理する Ucode を用いた場所情報コードとは、内容に矛盾がないよう整合性を持つ予定である。詳細は、IMES 運用定義書(3.2 節 参考文書(1))参照。

ビットの並びは図 4.1-3 に示すようになっており、その Scale Factor (LSB)やレンジなどは表 4.1-2 による。

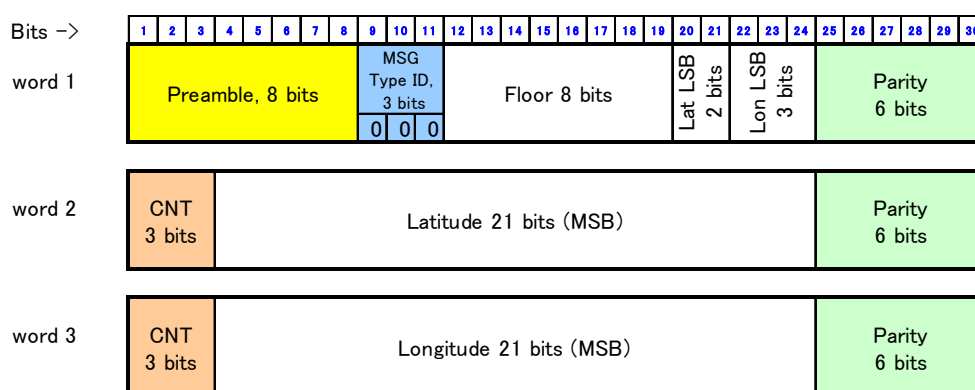


図 4.1-3 IMES-L1C/A MID="000"(B) « Position 1 » Frame Structure

表 4.1-2 IMES-L1C/A MID="000"(B) « Position 1 » Contents

#	Content	Bit Length	Scale Factor (LSB)	Effective Range			Unit
				Minimum	-	Maximum	
1	Floor	8	1	-50	-	204	FL
2	Latitude	23 ^{*1}	90./2 ²²	※2			deg.
3	Longitude	24 ^{*1}	180./2 ²³	※2			deg.

※1 負数は2の補数で表現される。

※2 有効範囲は Bit Length と Scale Factor で表現可能な範囲とする。

(1) 階数

第1ワードのビット12~19は、その送信機が設置されている建物の階数を意味しており、その単位は階である。

ビット長は8ビットであり、符号無しであって、Scale Factorは1階である。下の式に示すように、-50階のオフセットを設定して、-50階~+204階を表現するものとする。なお、階数"11111111"(B)は屋外を意味する。

$$FloorNumber = 2^{FloorNumberBits} - 50[FL]$$

(2) 緯度

第2ワードのビット4を符号ビットとし、ビット5~24をMSBとし、第1ワードのビット20,21を付加した合計22ビットは、その送信機の緯度を意味しており、その単位は[deg]である。

Scale Factorは90./222 [deg]であり、符号ビットと合わせて-90 [deg]以上、+90 [deg]未満の範囲を表現するものとする。

(3) 経度

第3ワードのビット4を符号ビットとし、ビット5~24をMSBとし、第1ワードのビット22~24を付加した合計23ビットは、その送信機の経度を意味しており、その単位は[deg]である。

Scale Factorは180./223 [deg]であり、符号ビットと合わせて-180 [deg]以上、+180 [deg]未満の範囲を表現するものとする。

4.1.2.3.2 メッセージタイプ ID "001"(B) 位置情報2

メッセージタイプ ID が、"001"(B)の時、そのフレーム長は4ワードであり、その内容は"位置情報2"(階数、緯度、経度、高度、IMES精度指標)である。

ビットの並びは図4.1-4に示すようになっており、そのScale Factor (LSB)やレンジなどは表4.1-3による。

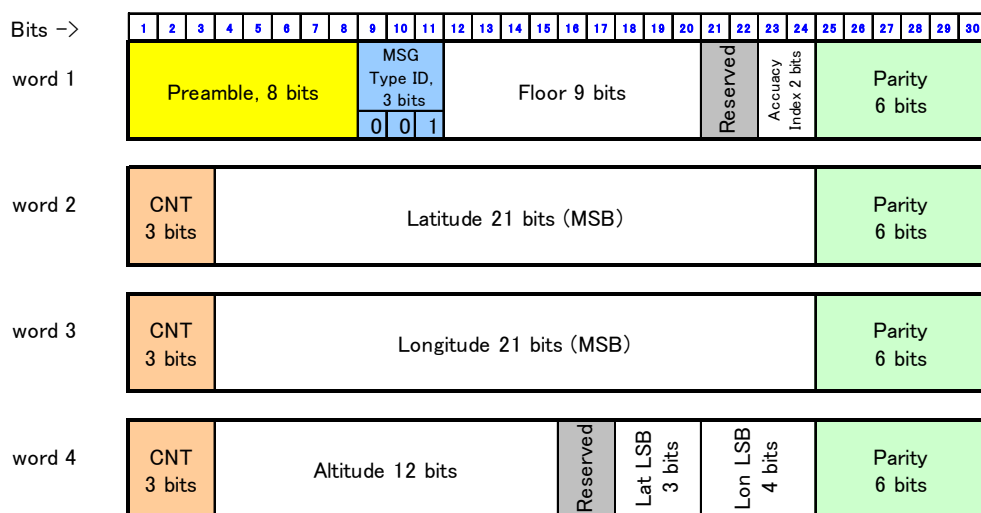


図 4.1-4 IMES-L1C/A MID="001"(B) « Position 2 » Frame Structure

表 4.1-3 IMES-L1C/A MID="001" « Position 2 » Contents

#	Content	Bit Length	Scale Factor (LSB)	Effective Range			Unit
				Minimum	-	Maximum	
1	Floor	9	0.5	-50	-	205	FL
2	Latitude	24 ^{※1}	90./2 ²³	※2			deg.
3	Longitude	25 ^{※1}	180./2 ²⁴	※2			deg.
4	Altitude	12	1	-94	-	4000	M
5	Accuracy Index	2	Enumerated Value (表 4.1-4 参照)	0	-	3	-

※1 負数は2の補数で表現される。

※2 有効範囲は Bit Length と Scale Factor で表現可能な範囲とする。

(1) 階数

第1ワードのビット12~20は、その送信機が設置されている建物の階数を意味しており、その単位は階である。

ビット長は9ビットであり、符号無しであって、LSBは0.5階である。下の式に示すように、

-50階のオフセットを設定して、-50階~+205階を表現するものとする。なお、階数"11111111"(B)は屋外を意味する。

$$FloorNumber = 0.5 \times 2^{FloorNumberBits} - 50[FL]$$

(2) 緯度

第2ワードのビット4を符号ビットとし、ビット5～24をMSBとし、第4ワードのビット18～20を付加した合計23ビットは、その送信機の緯度を意味しており、その単位は[deg]である。

Scale Factor は $90./223[\text{deg}]$ であり、符号ビットと合わせて $-90[\text{deg}]$ 以上、 $+90[\text{deg}]$ 未満の範囲を表現するものとする。

(3) 経度

第3ワードのビット4を符号ビットとし、ビット5～24をMSBとし、第4ワードのビット21～24を付加した合計24ビットは、その送信機の経度を意味しており、その単位は[deg]である。

Scale Factor は $180./224[\text{deg}]$ であり、符号ビットと合わせて $-180[\text{deg}]$ 以上、 $+180[\text{deg}]$ 未満の範囲を表現するものとする。

(4) 高度

第4ワードのビット4～15ビットは、その送信機の高度を意味しており、その単位はm（メートル）である。

これは符号無しであって、Scale Factor は $1[\text{m}]$ である。下の式に示すように、 $-95[\text{m}]$ のオフセットを設定して、 $-94[\text{m}] \sim +4000[\text{m}]$ を表現するものとする。なお、高度”000000000000” (B)は、有効な高度情報が設定されていないこと(高度情報なし)を意味する。

$$\text{Altitude} = 2^{\text{AltitudeBis}} - 95[\text{m}]$$

(5) IMES 精度指標

IMES 精度指標は、送信機が送信するメッセージを受信できる概略範囲(受信可能範囲)を示すもので、受信機において受信した位置情報に含まれる最大誤差を推定するために用いることを想定している。

第1ワードの23～24ビットは、その送信機が送信する電波を、受信電力 $-160[\text{dBW}]$ (EIRP) 以上で受信できる範囲を0～3の指標で表す。指標と精度との関係を表4.1-4に示す。

表 4.1-4 IMES 精度指標と精度の関係

IMES Accuracy Index (N)	IMES Accuracy [m]		
0 ("00" _(B))	定義不可: 可動式送信機、下方向以外の放射等		
1 ("01" _(B))		IMES Accuracy	< 7.0 (T.B.D.)
2 ("10" _(B))	7.0 (T.B.D.) ≤	IMES Accuracy	< 15.0 (T.B.D.)
3 ("11" _(B))	15.0 (T.B.D.) ≤	IMES Accuracy	

IMES の精度は以下の式によって算出し、上記表に従い IMES 精度指標の値を該当ビットに格納するものとする。

$$r = \sqrt{\left(\frac{\lambda}{4\pi} \times 10^{\frac{P_t - P_r}{20}} \right)^2 - (H_t - H_r)^2}$$

ここで、r が IMES の精度[m]、λ は送信信号の波長(約 0.19[m])、H_t は送信アンテナの設置高さ[m]、H_r は受信アンテナの高さ(=1[m]とする)、P_t は送信電力(EIRP)[dBW]、P_r は受信電力(EIRP)(= -160[dBW])とする。

本計算式による精度の算出例を図 4.1-5 に示す。

		送信アンテナ設置高[m]															
		2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0
送信電力(EIRP) [dBW]	-94.4				29	29	29	29	28	28	28	28	27	26	25	24	22
	-95.0				27	27	27	26	26	26	26	25	25	24	22	21	19
	-96.0			24	24	24	24	23	23	23	23	22	21	20	19	17	15
	-97.0			21	21	21	21	21	21	20	20	19	18	17	15	13	
	-98.0		19	19	19	19	19	18	18	18	17	17	16	14	12		
	-99.0		17	17	17	17	17	16	16	15	15	14	13	11			
	-100.0		15	15	15	15	15	14	14	13	13	12	10				
	-101.0	13	13	13	13	13	13	13	12	12	11	10	8				
	-102.0	12	12	12	12	12	11	11	10	10	9	8					
	-103.0	11	11	10	10	10	10	9	9	8	7	6					
	-104.0	9	9	9	9	9	9	8	7	7	5						
	-105.0	8	8	8	8	8	8	7	6	5							
	-106.0	7	7	7	7	7	6	6	5								
	-107.0	7	6	6	6	6	5	5									
	-108.0	6	6	5	5	5	5	3									
	-109.0	5	5	5	4	4	4										
	-110.0	5	4	4	4	3	3										
-111.0	4	4	3	3	2												
-112.0	3	3	3	2													
-113.0	3	3	2														
-114.0	3	2	2														

図 4.1-5 計算式による IMES 精度の算出例

(緑、黄、赤の丸印はそれぞれ、IMES 精度指標の 0,1,2 に対応)

なお、受信機では本精度指標および実際の受信電力(-160[dBW]との差分)から、より正確な精度情報を算出することが望ましい。

4.1.2.3.3 メッセージタイプ ID "011"(B) ショート ID

メッセージタイプ ID が、"011"(B)の時、そのフレーム長は1ワードであり、その内容はショート ID (IDS) である。

ビットの並びは図 4.1-6 に示すようになっており、12 ビットの IDS と、1 ビットの境界検出(BD(=Boundary Detection))フラグが送信される。

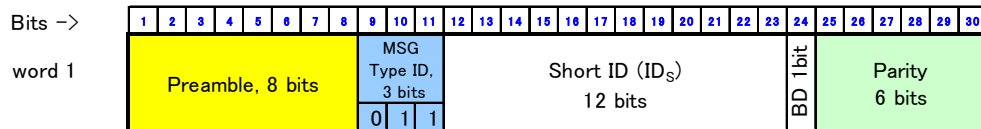


図 4.1-6 IMES-L1C/A MID=011 « Short ID » Frame Structure

(1) ショート ID

第1ワードのビット12~23の12ビットがID_sである。内容は、ユーザが自由に定義できる。なお、IDS = "111111100000"(B) ~ "111111111111"(B)は、安心安全の為にリザーブしているビットパターンであり一般では使用してはならない。

(2) 境界検出フラグ

第1ワードのビット24がBDフラグであり、このフラグが"1"の時、GPS信号とIMES信号が混在する受信環境であることを意味している。従って、例えば屋内から屋外に移動する時、このフラグが"1"になればGPSの信号をサーチする、あるいは逆に屋外から屋内に移動する時、このフラグが"0"になればGPS信号のサーチを行わないようにする等の利用を想定している。

4.1.2.3.4 メッセージタイプ ID "100"(B) ミディアム ID

メッセージタイプ ID が、"100"(B)の時、そのフレーム長は2ワードであり、その内容はミディアム ID (IDM) である。

ビットの並びは図 4.1-7 に示すようになっており、33 ビットの IDM と、1 ビットの BD フラグが送信される。

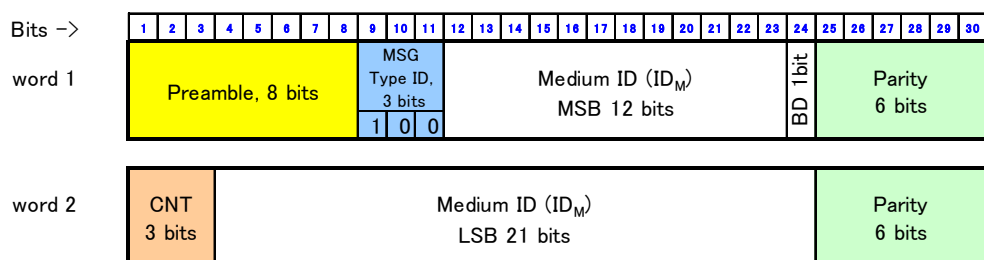


図 4.1-7 IMES-L1C/A MID="100"(B) « Medium ID » Frame Structure

(1) ミディアム ID

第 1 ワードのビット 12~23 を MSB とし、第 2 ワードのビット 4~24 を LSB として付加した合計 33 ビットが、IDM である。内容はユーザが自由に定義できる。

(2) 境界検出フラグ

第 1 ワードのビット 24 が BD フラグであり、このフラグが"1"の時、GPS 信号と IMES 信号が混在していることを意味している。

従って、例えば屋内から屋外に移動する時、このフラグが"1"になれば GPS の信号をサーチする、あるいは逆に屋外から屋内に移動する時、このフラグが"0"になれば GPS 信号のサーチを行わないようにする等の利用を想定している。

5 送信機の設置方法(送信機から受信機までの距離の目安)

IMES 信号について、前述の信号強度規定に基づいて計算された送受信機間の距離の目安は、図 5-1 の通りである。

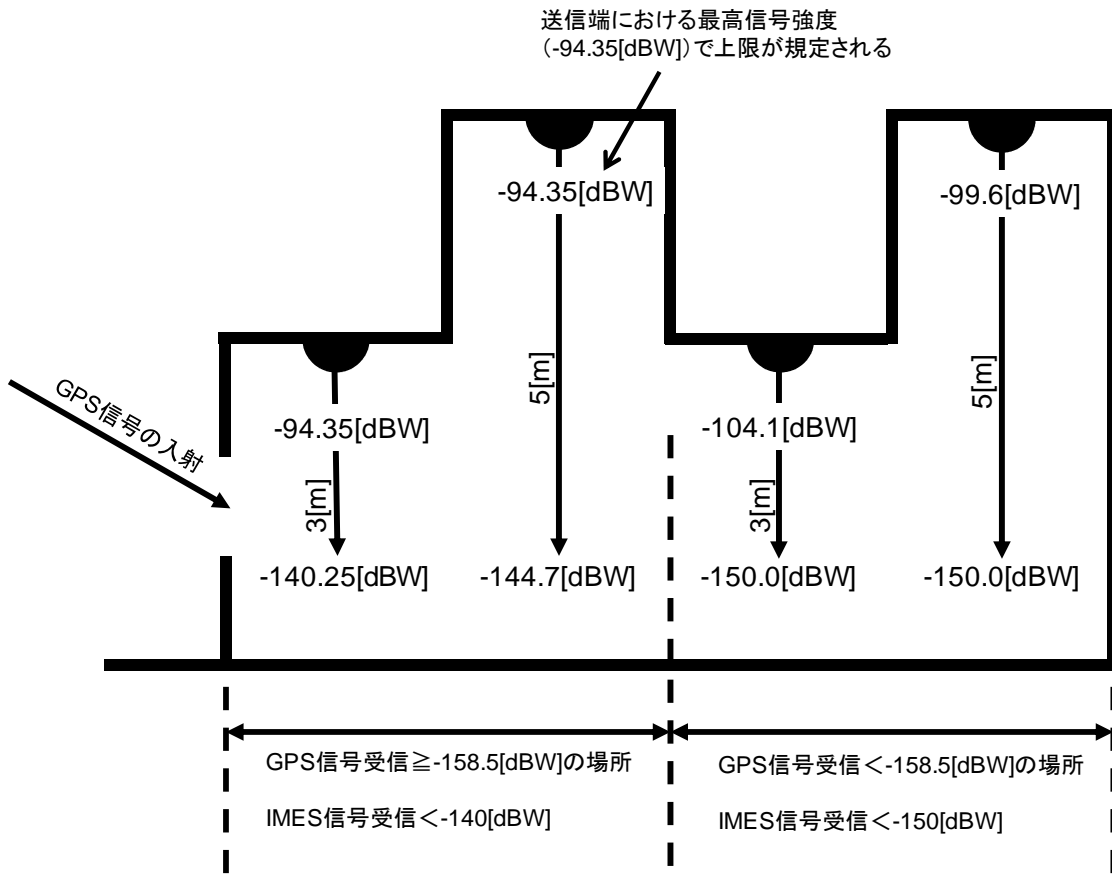


図 5-1 IMES 信号における信号強度規定に基づく送受信機間の距離の目安

6 運用コンセプト

運用コンセプトについては、参考文書(1)を参照のこと。