

## 衛星メッセージ通信サービス用携帯型移動端末 (インマルサット Mini-C 端末) の開発

石川 博康<sup>†</sup> 小林英雄<sup>†</sup> 原 一央<sup>††</sup> 本多輝彦<sup>††</sup> 篠原 正<sup>†††</sup>

KDD <sup>†</sup>研究所 〒356 上福岡市大原 2-1-15

<sup>††</sup>伝送技術部 <sup>†††</sup>移動通信事業部 〒163-03 新宿区西新宿 2-3-2

現在、インマルサットでは種々の国際移動体衛星通信サービスを提供しており、その中でインマルサットCシステムは低速度の双方向蓄積型メッセージ通信を提供するシステムとして知られている。インマルサットCシステム用の移動端末としては、大きさがアタッシュケースサイズの可搬型端末については既に実現されているが、更に小型な携帯端末についてはいまだ実現されていない。

本稿では、インマルサットCシステムの仕様に基づき開発された小型軽量な携帯端末（インマルサット Mini-C 端末）について紹介するとともに、その外部仕様、運用形態例、サービス項目等について説明を行う。また、インマルサット Mini-C 端末を用いたフィールド実験結果についても併せて報告する。

## Development of Inmarsat Mini-C Terminal for Personal Satellite Message Communications Services

Hiroyasu Ishikawa, Hideo Kobayashi, Kazuo Hara, Teruhiko Honda and Tadashi Shinohara

KDD <sup>†</sup>R&D Laboratories 2-1-15, Ohara, Kamifukuoka-shi, Saitama, 356 Japan

<sup>††</sup> Transmission Systems Engineering Department 2-3-2, Nishishinjyuku, Shinjyuku-ku, Tokyo, 163-03 Japan

<sup>†††</sup> Mobile Communications Business Department

This paper presents a newly developed portable satellite communications terminal for Inmarsat-C services. This portable terminal is developed so as to allow the users to enjoy personal satellite message communications services by using a portable terminal. We named this terminal "Inmarsat Mini-C Terminal", because the size of the developed terminal is much smaller than the current commercialized Inmarsat C terminals in the world.

This paper introduces the feature of Inmarsat Mini-C terminal and proposes the operation methods with its original service concepts. The results of field experiments in urban area using a portable patch antenna and in semi-urban area using a car mounted omnidirectional antenna are also presented in this paper.

## 1. はじめに

国際的機関であるインマルサットは、現在、音声による電話サービス、データ伝送サービスといった種々の国際移動体衛星通信サービスを提供している。その中でインマルサットCシステムは、情報伝送速度600bit/s以下の低速度の双方向蓄積型メッセージ通信サービスを提供するシステムとして知られている。しかしながら、これまでの通信端末は、独立したアンテナ部、通信装置および入出力用データ端末から構成され、移動端末として利用するためには大きめのアタッシュケースに収める必要があり、持ち運びが容易であるとは言えなかった。

本稿では、パーソナルユーザが容易に利用可能なポータブルタイプの通信端末として、インマルサットCシステムの仕様（SDM：System Definition Manual）に準拠し開発された小型軽量の携帯端末（インマルサットMini-C端末）について紹介するとともに、その外部仕様、運用形態例、サービス項目等について説明を行う。また、インマルサットMini-C端末を用い、インマルサット太平洋衛星を介して行ったフィールド実験、自動車による走行実験の結果についても併せて報告する。

## 2. インマルサットCシステム

インマルサットCシステムは、小型漁船やレジャーボートなどの小型船舶および長距離トラック等への搭載を狙って、小型、軽量、低価格化を目指して開発された移動体衛星通信システムである。移動局のアンテナとしては、衛星追尾機能を持たない無指向性アンテナが一般に用いられている。提供サービスとしては、情報伝送速度600bit/s以下の双方向の蓄積型メッセージ通信、ならびに安全情報やニュースなどの情報を陸側から移動地球局へ送信する同報型情報伝送サービス（EGC：Enhance Group Call）を主としており、1991年から海上、陸上移動体通信用として世界各国で導入が開始されている。またインマルサットCシステム

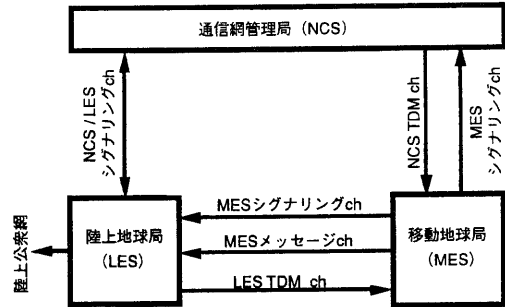


図1 インマルサットCシステムの通信網構成

表1 インマルサットCシステムの通信方式諸元

チャンネル種別	用途	変調方式 (伝送速度)	誤り訂正	アクセス方式
MES メッセージch	メッセージ (600bit/s)	BPSK (1.2kbit/s)	レイト1/2 ビタビ符号	バケットモード TDMA
MES シグナリングch	リクエスト等 シグナリング	BPSK (1.2kbit/s)	レイト1/2 ビタビ符号	Slotted ALOHA
LES TDM ch	メッセージ (600bit/s) シグナリング	BPSK (1.2kbit/s)	レイト1/2 ビタビ符号	TDM
NCS TDM ch	EGCメッセージ シグナリング	BPSK (1.2kbit/s)	レイト1/2 ビタビ符号	TDM
NCS/LES シグナリングch	EGCメッセージ シグナリング	差動BPSK (1.2kbit/s)	なし	SCPC/FDMA

は、1992年よりスタートした全世界規模の海上遭難安全通信システム（GMDSS：Global Maritime Distress and Safety System）における義務設備として認められている。図1にインマルサットCシステムを構成する通信網構成を、表1に信号チャンネルの通信方式諸元を各々簡単に示す。図1において、移動地球局（MES：Mobile Earth Station）と地上網との間で行われる通信は、陸上地球局（LES：Land Earth Station）を介して行われるが、通信チャンネルの割り当てや地上網からのMESの呼び出しについては通信網管理局（NCS：Network Coordination Station）において実施される。

## 3. インマルサットMini-C 端末の開発

### 3.1 開発の背景

近年、パーソナルコンピュータの普及、コンピュータ間を接続する地上ネットワークの拡大に伴い、インターネット等を利用する蓄積伝送型の電子メールサービスの需要が急速に高まっている。しかしながら、これら地上網を介した電子メール

サービスについては、通信インフラが整備された地域以外ではサービスを受けることができず、かつ、移動ユーザに対するサービスの柔軟性も有していない。

一方、インマルサットCシステムは、電子メールサービスに適した双方向の蓄積伝送型低速メッセージ通信を行うことが可能であり、持ち運びの容易な携帯端末が利用できれば、グローバルエリアでのメッセージ通信サービスを提供することができる。しかしながら、前記で説明したように、インマルサットCシステムでは、主として通信端末を自動車、船舶、建物等に半固定的に設置して利用することを目的としており、持ち運びの容易なポータブルタイプの移動端末の利用はまだまだ広く普及されるに至っていない。

以上の理由により、筆者らは既存のインマルサットCシステムの仕様をベースに考え、移動端末の小型化を目指した携帯端末（インマルサットMini-C端末）の開発を実施した。以下、本Mini-C端末の開発仕様、利用方法、および運用形態について各々記述する。

### 3.2 Mini-C 端末の利用形態

図2にMini-C端末を用いたサービスの提供形態例を示す。図において、Mini-C端末からの発呼は、従来のインマルサットCシステムと同様にLESから地上網を利用し直接相手先に送信されるか、LESのデータベースに一旦蓄積され、陸側からの要求により送信されるかのいずれかの形態をとる。一方、Mini-C端末への着呼についても同様に従来のインマルサットCシステムに準拠した形態で提供可能である。なお、Mini-C端末からは地上網に接続されているテレックス端末、パケット端末（X.25準拠）、ファクシミリ端

末に対してデータメッセージを伝送することができる。また、図3に示すようにMini-C端末双方向でのMES-to-MESメッセージ通信についても2ホップの衛星回線を介して提供可能である。ただし、Mini-C端末（1）とMini-C端末（2）が同じ海域内に存在する場合には、インマルサット衛星（1）と（2）、ならびにLES（1）と（2）は各々同一衛星、同一陸上地球局となる。以上のように、携帯端末を用いた衛星メッセージ通信システムは、利用者に対してこれまでにない様々なタイプのデータ通信サービスを提供できるものと考えられる。

ここで、Mini-C端末の運用形態としては次の2通りを想定している。

- (1) 外部電源が確保されている状態での運用（室内、車内での運用）；通常のインマルサットC端末の運用形態と同一であり、自動着呼機能、最大送信パケット数の制限も既存のインマルサット

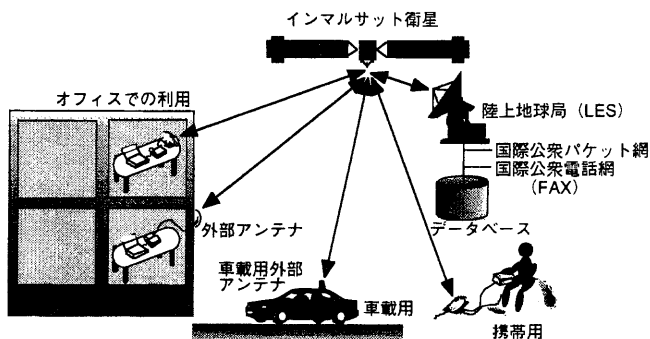


図2 インマルサットMini-C端末の運用形態例

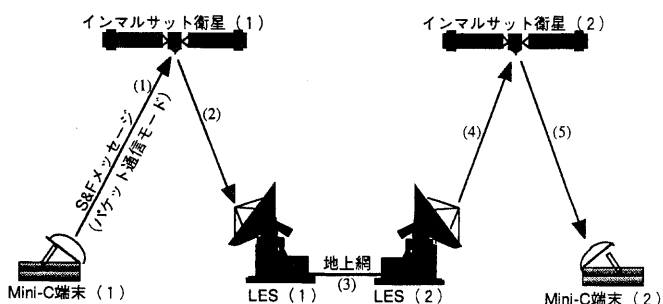


図3 Mini-C 端末双方向でのMES-to-MESメッセージ通信の網構成

トCシステムで規定されている255パケット(128bytes/パケット)まで送信可能である。

- (2) 端末付属のバッテリー電源による運用(屋外での運用): 端末付属のバッテリーサイズおよび通信持続時間の観点から、基本的に利用者が情報を送受信したいときにMini-C端末の電源をONとする利用形態である。この場合、地上網側の開門局であるLESではMini-C端末を対象として地上網側から伝送されるメッセージをデータベースに蓄積する運用形態が考えられる。

また、Mini-C端末を用いた通信サービスメニューとしては以下のものが想定される。

(i) 電子メール(E-Mail)サービス

陸側から端末宛てのメッセージは全てLESのデータベースに一旦保管され、端末からのリクエストによりフォワード回線で送信される。フォワード回線の通信は、ARQで誤り制御され信頼性の高い通信が保証される。

(ii) 情報同報サービス

フォワード回線を利用し同報モードで気象情報、ニュース等の情報を提供するSimplexタイプのサービス。提供形態としては、限定したグループへの定時同報型のサービス形態が考えられる。

(iii) データレポートサービス

移動端末から陸側へのメッセージ通信サービス。インマルサットCシステムが提供しているノン予約型のデータレポートサービスをそのまま利用できる。即ち、1パケット目はスロットドアロハで送信し、1パケット目に残り何個の送信すべきパケットがあるか陸上地球局に通知し、2パケット目以降は、LESによって指定されたスロットに送信することにより情報伝送が実施される。

### 3.3 Mini-C 端末の基本仕様

図4にMini-C端末の外部仕様を示す。図において、Mini-C端末はパッチアンテナ、ユーザーとの

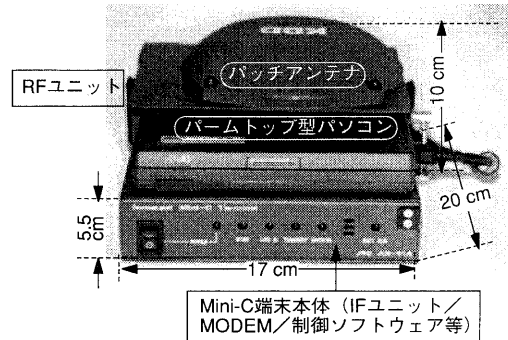


図4 インマルサット Mini-C 端末

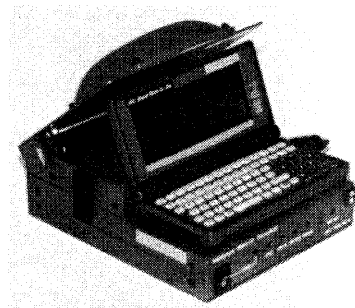


図5 (a) Mini-C 端末の利用方法 (1)

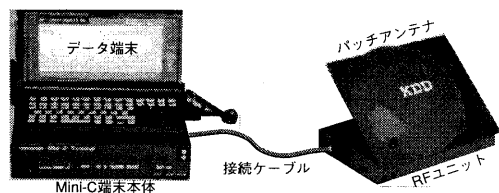


図5 (b) Mini-C 端末の利用方法 (2)

インタフェースとなるデータ端末(HP社製パームトップ型パソコン HP200LX)、RFユニット、Mini-C端末の本体から構成され、1つのパッケージとして持ち運びが自由な形態を有する。なお、本パッケージは図5(a)のように単体として運用する場合と、図5(b)のように分離後各ユニット間をケーブルにより接続して運用する場合の2通りの利用方法が可能である。その他の基本パラメータは以下の通りである。

●伝送パラメータ諸元

- (1) フォワード回線伝送速度/変調方式: 1200bit/s

／BPSK（連続モード）

(2) リターン回線伝送速度／変調方式：1200bit/s／BPSK（スロットドアロハ）

(3) FEC：1/2（畳み込み符号／ビタビ軟判定復号法）

(4) 使用衛星：インマルサット第2世代以降の衛星

#### ●Mini-C 端末主要諸元

(1) 受信 G/T = -23 dB/K（グローバルビーム）

(2) アンテナ形状 = パッチアンテナ1素子、励振器付き。

(3) 送信アンテナ最大利得 = 8.7dBi程度（天頂方向）

(4) アンテナサイドローブ特性 = 指向性アンテナ／半幅幅 = 60°程度（衛星トラッキングはマニュアルを想定）

(5) 送信ピーク電力 = 約4.0 dBW

#### ●端末サイズ

本体サイズ：20cm × 17cm × 10cm（B5サイズ程度）、重量2.5kg [本体、専用パソコンを含む]

#### ●通信モード

(1) インマルサットCモード：通常のインマルサットC端末として動作する。

(2) EGCモード：EGC（Enhanced Group Call）受信専用機として動作する。

(3) Mini-C専用モード：インマルサットCシステムの標準機能に加えて、電子メール獲得シーケンスを有するMini-C端末として動作する。

### 3.4 電子メール機能

陸上の地上網からある特定のユーザが利用するMini-C 端末宛に送られてきた電子メールは、一旦LESのデータベースに保存される。一方、Mini-C 端末から自分宛に送られてきた電子メールについては、既存サービスの1つであるデータレポーティングサービスを利用するプロトコルにより現在のインマルサットCシステムの仕様規格を変更することなく獲得することができる。なお、既存のSDMに準拠する手法（以後、“手法1”と呼ぶ）とは別に、SDMの変更が必要ではあるが簡易な通

信手順で電子メールの獲得が実現できる手法（以後、“手法2”と呼ぶ）についても対応できるように制御ソフトウェアを開発している。すなわち、MESがデータレポーティングを行った後にNCSコモンチャンネルに移行せず、そのままLES TDMチャンネルに留まる手法を採用している。本手法により、電子メール獲得のための通信時間を短縮することが可能となる。

また、Mini-C 端末のデータ端末装置（DTE）であるHP200LXのエディタ機能で日本語ファイルを作成し、日本語の2バイトコードをバイナリーコードと見なしてパケット通信モードで送信することにより、受信側でも同じ日本語エディタを用いることによりその通信メッセージを日本語として受信することができる。また、逆に陸上のパケット端末、あるいは他のインマルサットC 端末において同様に作成された日本語ファイルは、Mini-C 端末においても日本語データとして受信することができる。

### 4. 実験による Mini-C 端末の性能評価

#### 4.1 フェージング回線における受信性能評価

インマルサットでは、インマルサットシステムの技術仕様規格を定義するSDMの中で、インマルサットCシステムを海事用通信システムとして利用する際のマルチパスフェージング回線における伝送特性、ならびに同システムを陸上移動通信端末として利用する際のシャドウイング（ビル等の建築物により衛星からの信号がある連続する時間長に亘り遮断され留状態と衛星からの信号が受

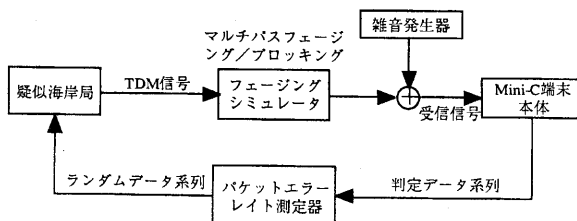


図6 室内実験系

信できる状態を繰り返す現象)の影響を受けた回線における伝送特性を規定しており、インマルサットCシステム用の全ての通信端末はこの条件を満足する必要がある。

フェージングシミュレータを用いた室内実験(図6参照)の結果、今回開発したインマルサットMini-C端末は、これら通信路モデルにおける伝送特性の最低条件を問題なくクリアしていることを確認した。参考のため、その実験結果を表2に示す。表より、全ての伝搬路条件において、通信回線品質の指標の一つであるパケットエラーレイトが規定値よりも下回っていることが確認できる。

#### 4.2 インマルサット衛星を介した衛星通信実験

平成7年12月よりMini-C端末を用いた衛星通信実験を開始した。なお、実験のネットワーク構成としては、NCSによるチャネル割り当ての後、Mini-C端末から送信されたメッセージがインマルサット太平洋衛星を介してKDD衛星通信所(LES)で受信され、国際公衆電話網に接続されているKDD研究所内のファクシミリ端末、あるいは国際公衆パケット網に接続されているパケット端末(X.25端末)にメッセージが伝送される形態となっている(図7参照)。また、ポータブルタイプのアンテナを用いた衛星実験は新宿高層ビル街、大手町皇居周辺、ビル内において各々実施した。実験の結果、衛星方向がほぼ空間的に開けている状態であれば新宿高層ビル街

表2 Mini-C 端末の受信特性 (室内実験結果)

伝搬路モデル	海事衛星通信路モデル				陸上移動通信路モデル			
パケット長(BYTE)	48	48	128	128	128	128	128	128
受信周波数(Hz)	1541.45	1541.45	1541.45	1541.45	1541.45	1541.45	1541.45	1541.45
搬送波周波数オフセット(Hz)	+850	-850	+850	-850	+850	-850	+850	-850
クロック周波数オフセット(Hz)	+0.06	-0.06	+0.06	-0.06	+0.06	-0.06	+0.06	-0.06
C/N <sub>0</sub> (dBHz)	34.5	34.5	34.5	34.5	35.5	35.5	36.5	36.5
マルチパスフェージング(C/M)	7 dB	7 dB	7 dB	7 dB	OFF	OFF	OFF	OFF
短周期プロセッシング(秒)	OFF	OFF	OFF	OFF	2.0	2.0	2.7	2.7
テストパケット数	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
パケット誤り特性規格	0.027	0.027	0.080	0.080	0.1	0.1	0.1	0.1
パケット誤り特性実験結果	0.024	0.020	0.071	0.074	0.056	0.042	0.085	0.091

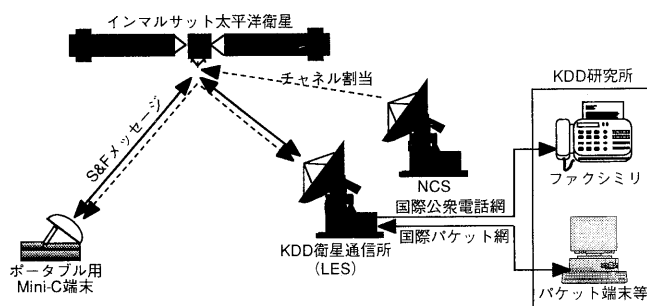


図7 ポータブル用Mini-C端末による衛星通信実験構成

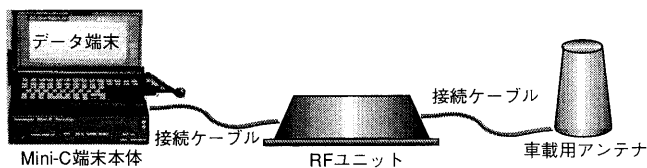


図8 車載用Mini-C端末の構成

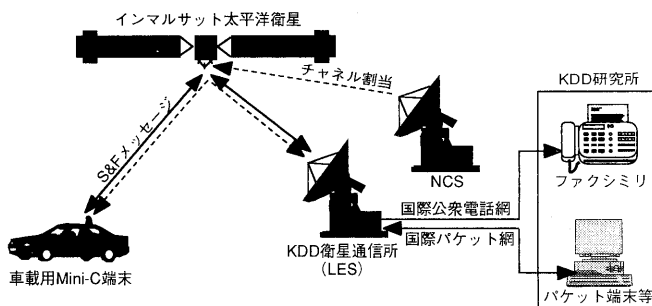


図9 車載用Mini-C端末による衛星通信実験構成

やビルの室内からも通信が可能であることを確認した。

次に、無指向性の車載用アンテナ（図8参照）を用いた自動車による走行実験（図9参照）では、衛星方向に建物等によるブロッキングの影響を受けなければ40km/h～60km/hの走行速度時でも問題なくメッセージ通信を行うことができることを確認した。なお、走行実験は埼玉県内の上福岡市、富士見市、大宮市の南北に走る複数の一般道において行った。

## 5. むすび

現在、グローバルエリアで提供されているインマルサットCシステムに準拠する小型軽量の衛星メッセージ通信用携帯端末（インマルサットMini-C端末）を開発し、その特徴を述べるとともに、本通信端末を用いた衛星通信実験結果についても報告した。その結果、衛星方向の視野がある程度開けていれば、本Mini-C端末を用いることによりグローバルなメッセージ通信サービスを問題無く受けることができることを確認した。

現在、Mini-C端末へのインターネットの接続を可能とする装置開発を実施している。今後は、さらに衛星を介した実験を進め、パーソナル衛星通信システムに適した端末の利用方法、サービス項目等の検討を進める予定である。最後に、日頃ご指導いただくKDD研究所村上所長、鈴木シニアグループリーダー、堺シニアグループリーダー、羽鳥シニアグループリーダーに深謝する。