

大容量平面アンテナ車載型地球局の開発

Development of High Communication Capacity Vehicle-Mounted Earth Station with Flat Panel Antenna

須藤 雄基 Yuki Sudo	夏原 啓一 Keiichi Natsuhara	辻 真佑子 Mayuko Tsuji	吉田 貴容美 Kiyomi Yoshida
関田 幸弘 Yukihiko Sekita	藤田 裕介 Yusuke Fujita	大賀 武志 Takeshi Oga	

要 旨

衛星通信は国内外問わず防災、放送、BCP、モバイルバックホール等で使用されている。これらの市場要求に幅広く対応するため、従来よりも大容量伝送が可能で、汎用性と機動性が高いKu帯平面アンテナ車載型地球局を開発した。平面アンテナの高利得化と水平／垂直両偏波対応化を図り、高出力アンプと衛星捕捉受信機を搭載するとともに、自社製モデムはもとより市販の他社製モデムも接続可能なインタフェースを具備した。さらに自動衛星捕捉、動揺補正、傾斜補正機能を強化することで利便性と機動性を向上させた。当社は、本装置の開発により従来機に比べ2倍以上の大容量データ伝送を実現し、4K/8K映像伝送や5Gモバイルバックホール等の幅広い市場への対応が可能となった。

Abstract

The satellite communications are used in disaster prevention, broadcasting, BCP, mobile backhaul, etc. regardless of domestic and foreign countries. In order to respond widely to the demands of these markets, JRC has developed a vehicle-mounted earth station with a Ku band flat panel antenna which is capable of high capacity transmission than ever and has high versatility and mobility. It has a high power amplifier and a satellite capture receiver, as well as an interface which can connect not only to a modem manufactured by oneself but also to a commercially available third-party modem. Furthermore, it has been improved convenience and mobility by strengthening automatic satellite capture, fluctuation correction, and inclination correction functions. Since JRC has realized a large capacity data transmission more than twice as much as the conventional model by developing this equipment, it has become to be able to respond to the demands of a wide range of markets such as 4K / 8K video transmission and 5G mobile backhaul.

1. まえがき

衛星通信は宇宙空間に配された人工衛星を使用して通信を実現するため、衛星方向が見通せるのであれば、地球局を設置することにより容易に回線を確認することができる。

公衆網や地上網を使わず、地震等の地上災害の影響も受けなため、防災通信やニュース素材収集用途で必要不可欠な通信手段となっている。

当社は、大容量通信と機動性を兼ね備え、災害現場等へ到着後迅速かつ容易に運用開始できるVSAT局免許／地球局免許とも可能で幅広い市場へ対応した車載型地球局を開発した。

本車載型地球局は大容量通信と幅広い市場への対応を実現するため、水平／垂直両偏波対応高利得アンテナと高出力アンプを備え、自社製モデムはもとより市販の他社製モデムへも対応した。さらに機動性向上のため普通自動車に搭載可能な小型軽量化と耐環境性の向上を行い、地磁気の乱れの影響を受けない自動衛星捕捉方式、動揺補正、傾斜補正機能を備えた。本稿では、大容量平面アンテナ車載型地球局の技術について報告する。

2. 構成

図1に本車載型地球局の構成図を示す。本車載型地球局は、アンテナ送受信装置、ACU、コンソールユニット、モデムより構成される。

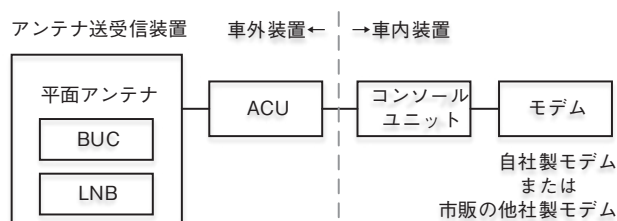


図1 大容量平面アンテナ車載型地球局の構成図

Fig.1 Configuration diagram of High Communication Capacity Vehicle-Mounted Earth Station with Flat Panel Antenna

アンテナ送受信装置は、BUCとLNBを搭載しKu帯信号の送受信を行っている。ACUは自動衛星捕捉や動揺補正を行っている。コンソールユニットはACU状態の表示器やACU操作ボタンを備えている。モデムは遠隔地のIPネットワークを衛星回線により接続する衛星ルータ機能を持ち、IPデー

タや画像信号を変復調処理しアンテナ送受信装置部と接続するためにIF信号へ変換している。図2に本車載型地球局の使用例を示す。



図2 使用例

Fig.2 Example of use

3. 本地球局の特長

3.1 両偏波平面アンテナ

(1) 平面アンテナ構成

図3に本平面アンテナの内部透過図を示す。従来平面アンテナと同じ送受別々のPC板を積層した送受共用（偏波共用）平面アンテナであるが、（送信垂直偏波／受信水平偏波）と（送信水平偏波／受信垂直偏波）の両偏波に対応するため、アンテナ形状と素子数を以下のとおり変更した。

- ・アンテナ形状：長方形→正方形
- ・素子数：24×32素子→32×32素子

(2) 平面アンテナ電気特性

利得は、従来平面アンテナに対し送受信共1.5dB程度アップした。送信指向性は、両偏波共、衛星軌道面内において無線設備規則54条の3を満足した。従来アンテナは偏波を切り替えるために偏波軸を90°回転した場合、本規則を満たせていなかった。本アンテナは偏波軸を90°回転することで水平／垂直両偏波の通信へ一台で対応可能である。本アンテナの指向性を図4に示す。

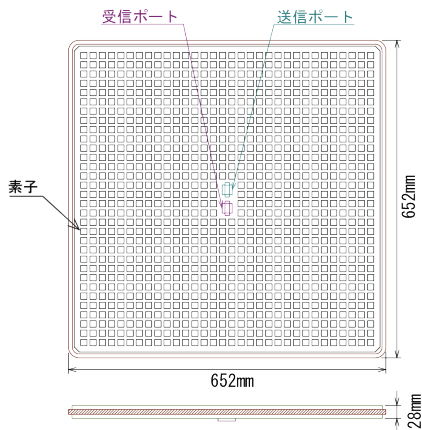


図3 平面アンテナ内部透過図

Fig.3 Inside View of Flat Panel Antenna

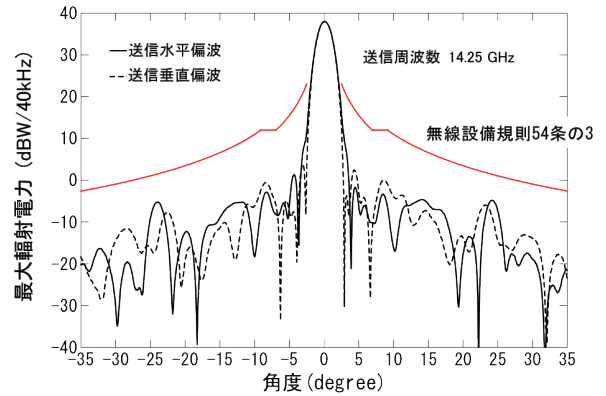


図4 衛星軌道面内送信指向性

(送信電力密度-47 dBW/Hz時)

Fig.4 TX Antenna Radiation Pattern in Satellite Orbit Plane

(TX power density: -47 dBW/Hz)

3.2 ACU

ACUは自動で衛星捕捉する機能、傾斜地での衛星捕捉を可能とする傾斜補正機能、及び乗員の乗降等により車両が揺れてもアンテナ指向方向を安定化する動揺補正機能を有する。ACUの制御系統図を図5に示す。

(1) ACU構成

ACUはコントローラ、GPS受信機、3軸姿勢センサ、アンテナ駆動部から構成される。コントローラは自動衛星捕捉制御部、傾斜補正／動揺補正制御部、電波追尾制御部から構成される。

自動衛星捕捉制御部はGPS受信機で測位した緯度・経度より衛星の仰角と偏波角を計算し、衛星捕捉時のアンテナ方向制御を行う。本機は方位センサを使用しない独自アルゴリズムにより地磁気の乱れによる方位検出ずれの影響を受けずに衛星捕捉が可能である。

傾斜補正／動揺補正制御部は、姿勢センサで計測したACUの傾きから動揺補正值を計算する。

電波追尾制御部は、アンテナ方向を微小に回転した時の受信レベルの変化をもとに、受信レベルが高い方向へアンテナを向ける制御を行う。

アンテナ駆動部は、コントローラからの指令により、方位角／仰角／偏波角の各軸を駆動しアンテナを衛星へ向ける。

(2) 従来からの変更点

姿勢センサを2軸から3軸へ変更したことで、従来のロール／ピッチに加えてヨー方向の動揺補正にも対応した。

傾斜補正／動揺補正計算の高精度化と独自アルゴリズムによる電波追尾により、動揺に対する安定性を向上した。

耐環境部品の使用と低温時にモータを低速回転し過電流防止することで、使用温度範囲を拡大した。

ACUを含む車外装置は走行中に人と衝突した際に人が負傷する危険性を減らすことを目的とする国土交通省の外部突起規制に対応したデザインとした。図6に車外装置の外形図を示す。

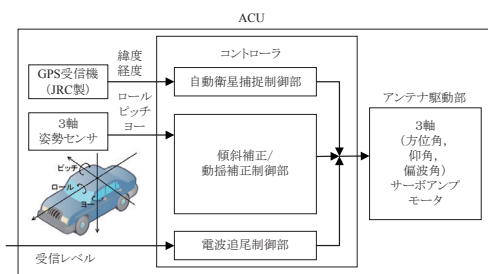


図5 ACUの制御系統図
Fig.5 Control system diagram of ACU

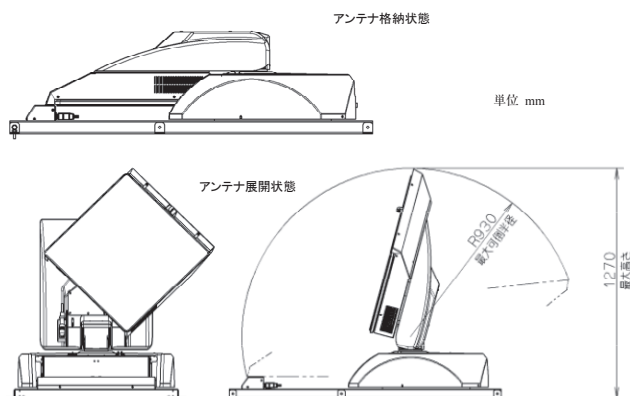
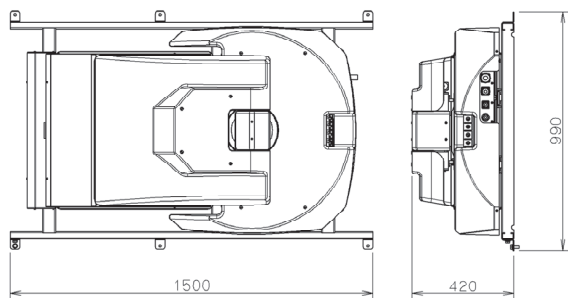


図6 車外装置の外形図
Fig.6 Outline drawing of Outdoor unit

3.3 コンソールユニット

コンソールユニットはACU状態の表示器及び、自動衛星捕捉、格納、緊急停止のボタンを有し基本操作を可能とした。コンソールユニットの外観図を図7に示す。



図7 コンソールユニットの外観図
Fig.7 Appearance of console unit

3.4 BUC

(1) BUC構成

BUCはU/C, 40W HPA, BPFから成る送信部, 衛星捕捉受信機の受信部, 及び制御基板から構成される。制御基板はBUC内の各モジュールの監視制御を行う。図8にBUCの構成図を示す。

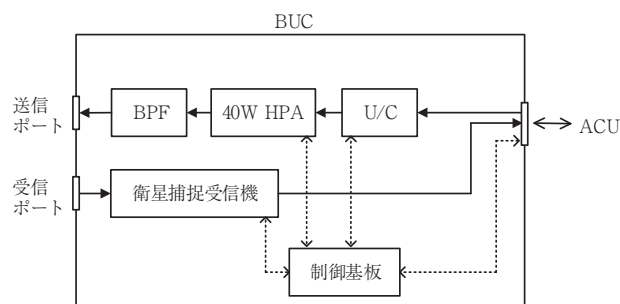


図8 BUCの構成図
Fig.8 Configuration diagram of BUC

(2) 従来からの変更点

(a) 40W HPA搭載

HPAを、最大飽和出力電力25Wから40Wへ変更したことで、従来機の約2倍の伝送容量大容量化を実現した。

HPAには最新のGaNデバイスを使用するなど、熱効率の良い部品を採用することにより発熱を抑え、また、機械構造を最適化したことにより、高出力でありながら小型・軽量のBUCを実現した。

(b) 衛星捕捉受信機搭載

衛星捕捉機能、動揺補正機能を実現するために、従来は衛星ネットワーク運用者が送信する回線制御信号を衛星捕捉信号として利用し、それらを受信/復調する専用受信機を車内に設置する必要があった。

今回、新たに無変調波や狭帯域信号を検出できる衛星捕捉受信機を開発しBUC内に搭載したことにより、車内のモデムを使わずに衛星捕捉機能、動揺補正機能を使用することが可能になった。

(c) モデムの選択肢拡大

従来はBUCは、主に自社製モデムでの運用を想定して設計されていた。今回は他社製モデムと接続可能なインタフェースを具備する。特に一部の海外製国際規格モデムとの接続にあっては通信インタフェースを設け、BUCからモデムの状態監視を行えるようにした。さらに、海外市場に対応した送受信周波数の拡張を行った。

モデムを選択できることで、よりユーザの運用形態に合わせたシステムを提供することができる。

BUCの外観図を図9に示す。

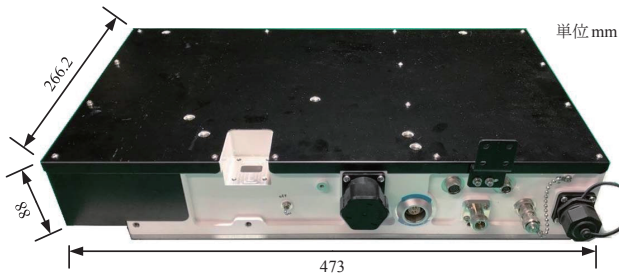


図9 BUCの外観図
Fig.9 Appearance of BUC

4. 運用例

本車載型地球局はシステムに応じたモデムを接続し、電話、電子メール、イントラネット接続、映像伝送など、多彩なアプリケーションが利用可能である。本車載型地球局の運用例を図10に示す。

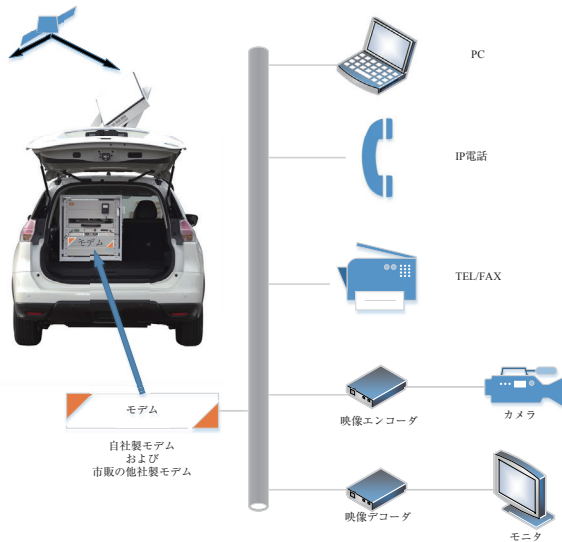


図10 運用例
Fig.10 Operation example

5. 大容量平面アンテナ車載型地球局の仕様

本車載型地球局の仕様および比較のため従来の弊社製車載型地球局の仕様を表1に示す。

表1 仕様
Table 1 specification

項目	従来の弊社製車載型地球局	本車載型地球局
アンテナ	送受共用平面アレイアンテナ	
アンテナ送信利得	35.9 dBi以上 (効率50%以上)	37.5 dBi以上 (効率52%以上)
アンテナ受信利得	34.8 dBi以上 (効率50%以上)	36.5 dBi以上 (効率53%以上)
送信周波数	14.00~14.5 GHz	13.75~14.5 GHz

項目	従来の弊社製車載型地球局	本車載型地球局
受信周波数	12.25~12.75 GHz	10.7~12.75 GHz
送信電力増幅器	固体電力増幅器	
	25 W	40 W
温度範囲		
車外装置	-5~40 °C	-20~55 °C
車内装置	0~40 °C	0~50 °C
防塵防滴	防滴 IPX4相当	IP65
アンテナ駆動範囲	仰角+20~+80° 以上, 偏波角±90° 以上 方位角0° ~+360° 以上 (国内全域対応)	
傾斜範囲	車両前後左右傾斜 ±7° 以内	
捕捉時間	自動衛星捕捉時間 50~180 秒	
動揺補正	2軸 ロール, ピッチ	3軸 ヨー, ロール, ピッチ
	捕捉完了後のみ有効	自動捕捉中および捕捉完了後に有効
ユーザインタフェース	専用リモコン	タブレット端末 (100BASE-TX)
車外装置質量	60 kg以下	70 kg以下
電源電圧	AC100 V (車種に依存するがハイブリッド車からの供給も可能)	
消費電力	800 W以下	
耐風速	運用可能風速	瞬間最大 20 m/s
	非破壊 (展開時)	瞬間最大 30 m/s
	非破壊 (収納時)	瞬間最大 50 m/s

6. あとがき

今回開発した大容量平面アンテナ車載型地球局は、アンテナの高利得化と高出力アンプにより4K/8K映像伝送を実現する大容量通信能力を持ちながら、普通車に搭載可能な小型軽量化と高い機動性を実現した。

本車載型地球局は自社製モデムはもとより市販の他社製モデムも接続可能であり、幅広くユーザの期待に応えられると考えている。

今後も更なる満足を提供できるよう、大容量通信可能な車載型地球局の開発を行っていく。

用語一覧

- ACU: Antenna Control Unit (アンテナ制御ユニット)
 - BCP: Business Continuity Plan (事業継続計画)
 - BPF: Band Pass Filter
 - BUC: Block Upconverter (送信周波数変換器 + 電力増幅器)
 - HPA: High Power Amplifier (大電力増幅器)
 - LNB: Low Noise Block downconverter (低雑音受信周波数変換器)
 - U/C: Up Converter (送信周波数変換器)
 - VSAT: Very Small Aperture Terminal
- 外部突起規制：道路運送車両の保安基準 第18条 細目告示別添20