

船上での高速ブロードバンド通信を可能にする 船上地球局“Ku-Mate SX-5300”

佐藤裕之*
白井 忠*
加川義久*

Satellite Communication System on Board Vessel "Ku-Mate SX-5300"

Hiroyuki Sato, Tadashi Shirai, Yoshihisa Kagawa

要 旨

近年、航空機や船舶などの移動体を対象としたブロードバンド通信サービスの要求が高まっている。特に海上分野における高速かつ大容量のデータ通信に対する世界的な需要の高まりを踏まえ、2003年の世界無線通信会議“WRC-03”で、船上地球局(Earth Stations on board Vessels: ESV)が審議され、Kuバンドの人工衛星を利用したESVシステムが導入されている。

Kuバンドを利用するESVには、隣接した人工衛星局や地上の固定局への干渉抑圧要求(周波数共用条件)を満足しつつ高利得、高出力を実現することが要求される。また、Kuバンドでは多くの衛星が直線偏波で運用されているため、移動体であるESVの位置や姿勢変動時には、衛星追尾だけでなく、偏波面を高精度に追尾する必要もあるなど、他の周波数に比べ制約が多い。

これまで三菱電機は、各種移動体衛星通信向けの機器を開発・提供してきたが、その実績とノウハウを集結して新機種“Ku-Mate SX-5300”を製品化した。

Ku-Mate SX-5300では、当社の培ってきた移動体衛星通信技術によって1mアンテナのESVとして、各国の技術基準への適合と公的認証の取得を達成するとともに、より高速な伝送を実現することを可能とした。また、ESV艙装(ぎそう)時・運用/保守時の現場作業の簡略化を図り、既存機種と比較し、利便性を向上させている。今後、この製品によって、現在の船舶ブロードバンド通信市場がより活性化することを期待するものである。

本稿では、船上通信の現状と要求される技術課題及びKu-Mate SX-5300について述べる。



ADU



レドーム



ACU

“Ku-Mate SX-5300”システム

今回製品化したKu-Mate SX-5300衛星通信装置を示す。主鏡直径1mの船外装置ADU (Above Deck Unit) とレドーム及び船内装置ACU (Antenna Control Unit) から構成される。

1. ま え が き

近年、光ファイバやADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)、無線LAN (Local Area Network) 等の活用による利便性に富んだインターネット利用環境の整備が急激に進められている。海上分野でも、運航中の船舶内における旅客や乗務員を対象に、海上・陸上間の高速かつ大容量のデータ通信に対するニーズが世界的に高まってきている。

船舶ブロードバンド通信は、このようなニーズに対応し、ストレスを感じさせない通信業務環境を実現することで、旅客サービスとともに、乗務員の家族との連絡、福利厚生の上にも大きく寄与するものと期待されている。

本稿では、2章で船上通信の現状と要求される技術課題について述べ、3章で今回製品化したKu-Mate SX-5300について述べる。

2. Kuバンドを利用したESVの技術的課題

2.1 ESVを用いた船上通信

ESVは海上で高速・大容量の通信を行うことができる“船上地球局 (Earth Stations on board Vessels)”の略語であり、船上地球局はCバンド (6/4GHz) 又はKuバンド (14/12GHz) の固定衛星業務の人工衛星局と通信することを可能にする。

図1にESVを用いた船上通信システムの構成例を示す。

現在、実用化されているESVでは、船陸間通信で乗務員の福利厚生、運航管理や旅客へのインターネットサービスとしてフォワードリンク (基地局→人工衛星局→ESV)、リターンリンク (ESV→人工衛星局→基地局) とともに500Kbps～数Mbpsのサービスを行っている。

2.2 製品化への技術課題

Kuバンドを利用するESVに要求される課題を次に示す。

- (1) 他システムへの干渉抑圧によって周波数共用条件を満たしつつ、高利得、高出力を実現できること

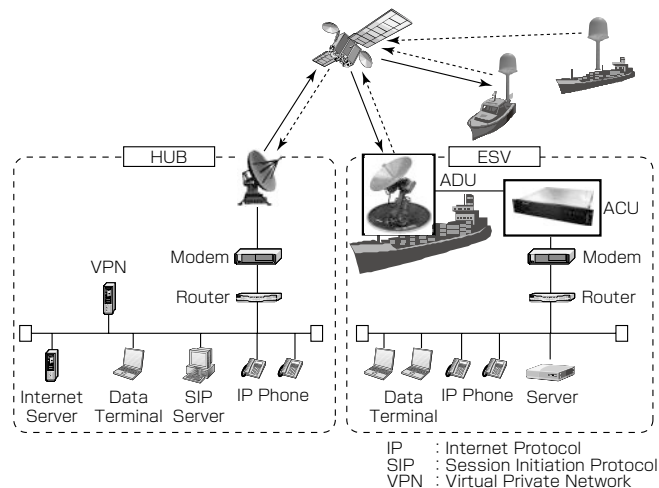


図1. ESVを用いた船上通信システムの構成例

- (2) 移動体の位置の変動、姿勢の変動に伴い、衛星を高精度に追尾すること
- (3) 高速なブロードバンド通信環境を簡易に構築・保守できること

特にKuバンドは他の周波数帯に比べ他システムへの干渉を厳しく抑える必要があり、周波数共用条件を満たしつつ高速化を図るには、システム全体としての工夫が必要である。

今回製品化したKu-Mate SX-5300は、これらを踏まえ次の点を実現している。

- (1) アンテナの低サイドロープ化
- (2) 高精度の衛星追尾
- (3) 艙装・保守時等における現地作業の容易性向上

3. Ku-Mate SX-5300

Ku-Mate SX-5300 (以下“Ku-Mate”という。) は、次の特長を持った、1 mアンテナ / 8 W送信機のESV機材である。

- (1) Eutelsat STANDARD Mを認証取得した優れた低サイドロープ放射特性
- (2) 過酷な船舶動揺条件下での高精度衛星追尾
- (3) 4軸制御マウントによる動揺条件下での広カバレッジ追尾
- (4) ADU-ACU間2本ケーブル (同軸、電源) による艙装の容易化
- (5) 運用 / 保守・交換性の向上

次に、システム構成と主要な機能・性能について述べる。

3.1 システム構成

Ku-Mate のシステム構成を図2に、主要性能を表1に示す。このシステムは、船外装置であるADU及び船内装置であるACUから構成される。ADUは方位角軸 (Azimuth axis : AZ)、仰角軸 (Elevation axis : EL)、仰角補助軸 (Cross Elevation axis : xEL)、偏波軸 (Polarization axis : POL) の4軸制御によって衛星の捕捉 (ほそく)・追尾を実現する。

3.2 機能と主要性能

ESVは、送信周波数を共用する固定業務及び隣接衛星への影響を考慮し運用する必要があるため、無線設備規則 (第四十九条の二十四の二) で規定されているように、特に送信特性に要求される放射パターンの制限が厳しい。

Ku-Mateの製品化に当たっては、これらを十分考慮した設計を行った。ここでは、隣接衛星及び既存固定業務地球局への干渉に影響を与える軸外輻射 (ふくしゃ) 特性と追尾特性について述べる。

- (1) 優れた放射特性 (低サイドロープ化)

他システムへの干渉を低減しつつ高速化を図るためには、送信電力を単に大きくするだけでは不十分であり、アンテ

ナから放射される主ビーム以外の方向(軸外方向)への送信電力を可能な限り低減すること、すなわち送信放射パターンの低サイドローブ化が必要である。Ku-Mateでは、超小型衛星通信地球局(Very Small Aperture Terminal: VSAT)やESVの無線設備規則で規定される軸外輻射電力密度よりもさらに2 dB厳しいEutelsat STANDARD Mの要求事項をターゲットに低サイドローブ化を行った。

これを実現するために、アンテナ方式は、鏡面修整リングフォーカスグレゴリアン方式を採用した。その結果、1mクラスのESVとしては極めて高い電力密度(最大EIRP(Equivalent Isotropical Radiated Power)密度39.7dBW/40kHz)の送信が可能な設備としてEutelsat STANDARD Mの認証を取得した。図3、図4に送信放射パターンを示す。

(2) 高精度な衛星追尾特性

電波法施行規則(第三十二条の八の二)では“人工衛星局の方向に対して○・二度の範囲内に維持すること”と追尾精度が規定されている。ESVとしての衛星追尾では追尾誤差による回線劣化を防止するだけでなく、隣接衛星局に配慮する必要があるため、0.2°という厳しい追尾精度が要求される。

Ku-Mateでは、移動体衛星通信用アンテナ向けに当社の実績豊富なコニカルスキャン方式を採用している。この方式は、アンテナを衛星方向を中心に微小角ずらして円を描くようにスキャンし、受信電力が最大になる方向を検出することによって追尾を実現するものである。

洋上における過酷な船舶動揺下でも通信回線を保持・確立するためのKu-Mateでは、実運用で想定される以上の船舶動揺下での動作確認を実施している。

図5に当社設備である動揺試験台で実施した、衛星追尾

確認試験の試験風景を示す。動揺状態での追尾精度実測結果は0.2°以内であることを確認している。

3.3 艙装、運用/保守・交換性の向上

(1) 艙装の簡素化

送受信と制御信号の3種類の情報を1本の同軸ケーブルに重畳させることによって、2本(電源・同軸)の配線でACU-ADU間を接続する。これによって、ケーブル配線時間の短縮が可能となり、設置工事の工期短縮に貢献できる。

(2) 運用/保守・交換性の向上

専用ソフトウェア“Ku-Mate Navigator”でKu-Mateの動作状態をパソコン画面に表示させ、容易に状況の確認が可能である。図6、図7に画面例を示す。

表1. 主要性能

項目	主要性能	
アンテナ	鏡面サイズ	1 m
	レドームサイズ	1.60m (D) × 1.75m (H)
	質量	175kg
	マウント	3 軸 サーボ制御
RF/IF	送信	14.00~14.50GHz / 950~1,450MHz
	受信	10.95~12.75GHz / 950~1,700MHz
偏波	送信	直線
	受信	直線
交差偏波識別度	送信	>30dB
	受信	>30dB
システムEIRP	49.0dBW typ. @14.25GHz with 8W BUC	
システムG/T	18.4dB/K typ. @12.50GHz	
追尾	方式	コニカルスキャン+レートセンサ
	精度	±0.2°
駆動範囲	Az	540°
	EI	-25~+115°
風荷重	平均	40m/秒
	最大	60m/秒
船舶動揺	Roll	±30° / 7 秒
	Pitch	±10° / 5 秒
	Yaw	±4° / 20秒
	旋回速度	±6° / 秒
船舶インタフェース	航行情報	ジャイロコンパス(NMEA0183)
環境条件(注1)	温度	-25~+55°C
	湿度	+40°C 93% 1サイクル
電源	100/240VAC 50/60Hz ±5%	

(注1) IEC60945準拠

BUC : Block Up Converter
 GPS : Global Positioning System
 LNA : Low Noise Amplifier
 NMEA : National Marine Electronics Association
 UPS : Uninterruptible Power System

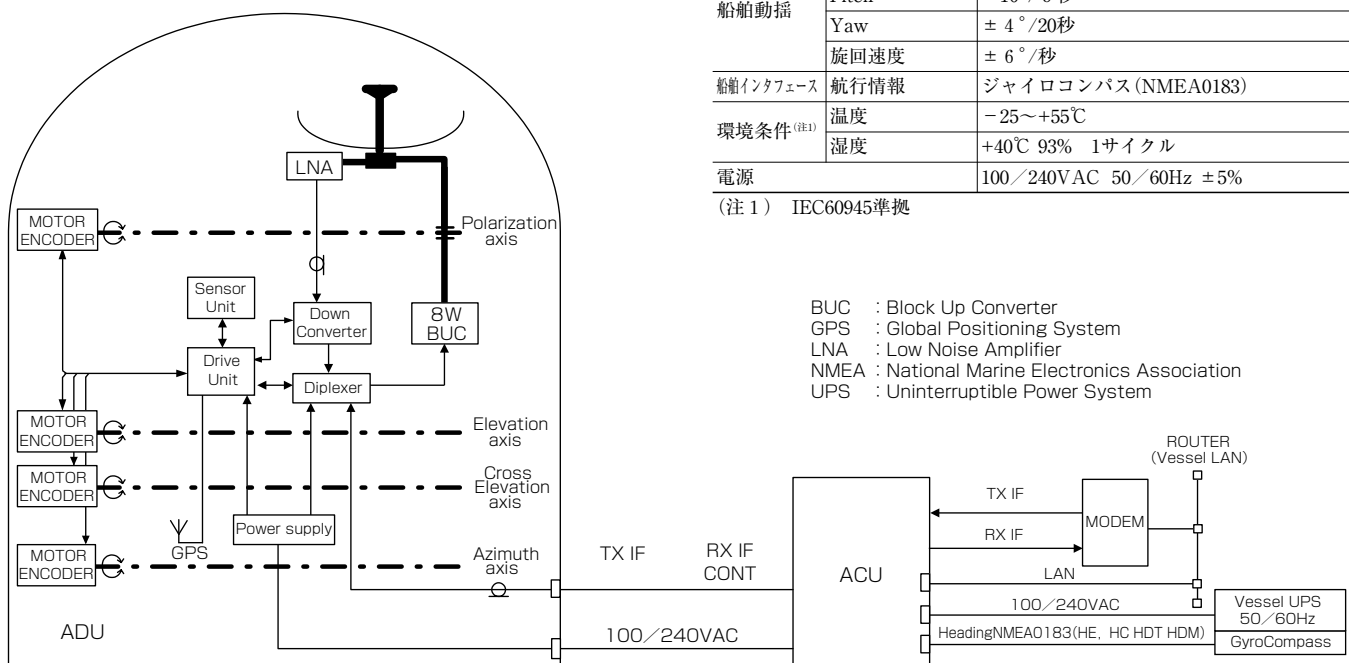


図2. システム構成

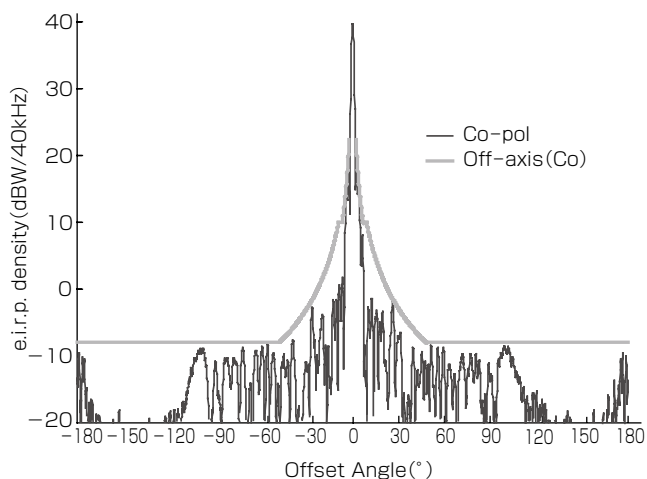


図3. 放射パターン(送信 E面 14.25GHz)

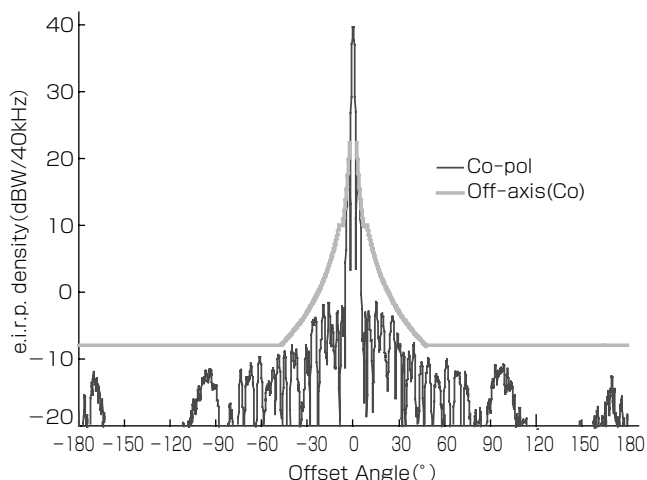


図4. 放射パターン(送信 H面 14.25GHz)

図6は、船舶の進行方向とアンテナの指向方向を視覚的に確認できる画面であり、ノースアップ、ヘディングアップ双方の表示が可能となっている。また、図7に示す画面は、アンテナ主要構成要素別にアラームの有無とステータスを表示している。

このソフトウェアには、別画面で保守の機能も備えており、設定ファイルのアップ・ダウンロード、モータユニットの機械調整、制御ユニットのパラメータ設定を容易に行うことが可能であり、現場作業時間の大幅な短縮と確実な設定作業が期待できる。

3.4 各種認証

先に述べたEutelsat Type Approvalの取得のほか、CEマーキング(R&TTE(Radio and Telecommunications Terminal Equipment), EN (European Norm), IEC(International Electrotechnical Commission)安全規格)に適合している。主な適合規格を次に示す。

- (1) R&TTE Directive 1999/5/EC
- (2) EN60950-1 : 2006 - 安全性
- (3) EN60945 : 2002

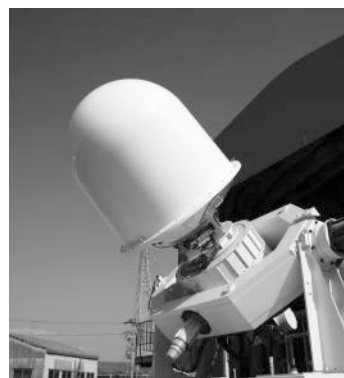


図5. 試験風景

Roll : ±30°/7秒
Pitch : ±10°/5秒
Yaw : ±4°/20秒
の動揺例

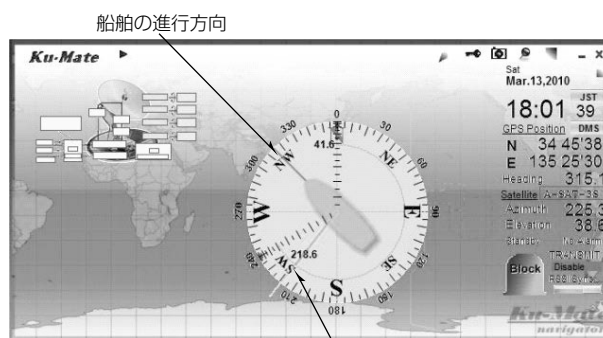
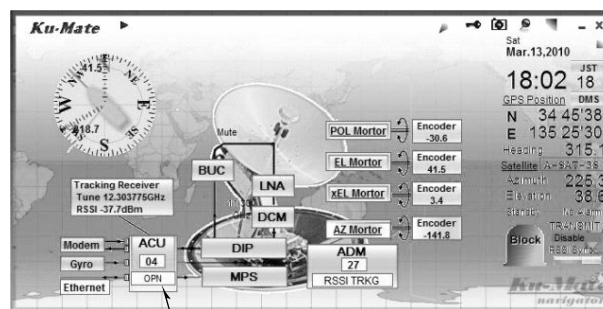


図6. Ku-Mate Navigatorの画面例1



各ユニットの状態表示(例: ACU)

図7. Ku-Mate Navigatorの画面例2

4. む す び

船陸間通信の高速ブロードバンド化を可能にする船上地球局 Ku-Mate SX-5300について述べた。この製品は、他システムへの干渉抑制特性に優れているため、既存製品より高速伝送を実現することが可能である。今後この製品によって、現在の船舶ブロードバンド通信市場がより活性化することを期待するものである。

参考文献

- (1) 土谷牧夫：ブロードバンド移動体衛星通信用アンテナ技術，三菱電機技報，83, No.3, 187~190 (2009)