

■5 群 (通信・放送)

7 編 衛星通信

Satellite Communication

(執筆者：樫木勘四郎) [2018年10月受領]

■概要■

衛星通信は、宇宙空間に設置した無線設備を介して情報のやり取りをするため、最も大きな長所は、ほぼ地球上のどこでも情報交換を確保できることである。特筆されるのは、災害発生時に、地上の通信回線が被害を受けても、衛星通信は被害を免れる可能性が高いという特徴である。一方、衛星軌道の高さが数 100 km 以上となるので、伝搬遅延が大きくなることは避けられない。

衛星通信は、主に以下の要素により特徴付けられる。

(1) 業務形態：ITU (国際電気通信連合) の定義に従うと、業務は以下に分類される。

・固定／移動 (航空含む) ／放送／無線航行

固定業務と移動業務は、ユーザ地球局が、固定であるか移動かの違いである。静止衛星を利用する移動業務では、通信品質確保のため、アンテナに衛星追尾機能が要求される。放送は、衛星の同報性を利用した業務であり、無線航行は GPSなどを指す。

(2) 衛星軌道：衛星軌道は、高さにより、以下のように一般に区分けされる。

・GEO (静止衛星軌道) ／MEO (中軌道：非静止) ／LEO (低軌道：非静止)

赤道上の高さ約 36000 km が GEO であり、その他は非静止軌道である。静止衛星の場合、ユーザ端末が固定の場合は衛星追尾が不要である。放送業務はその一つである。中・低軌道衛星の場合は、伝搬減衰が小さいが、反面カバーエリアを広くするには、多くの衛星が必要になるとともに、衛星追尾も必要となる。

(3) 周波数：現在使用されている主な周波数帯は以下である。

・L 帯 (1.6/1.5 GHz) ／S 帯 (2.6/2.5 GHz) ／C 帯 (6/4 GHz) ／Ku 帯 (14/12 GHz)
／Ka 帯 (30/20 GHz)

一般に、周波数が低い方が伝搬減衰は小さいが、広い帯域が確保できない。一方、高い周波数は帯域が広く取れるが、減衰が大きく、また降雨減衰が大きいう特徴がある。

本編で述べる衛星通信システムは、以上の組合せにより、ユーザに対して要求されるサービスを提供する。なお、固定衛星通信においては、ESV (1-1-5 節参照) などのように、移動体ユーザが利用することも見られる。

ここでは、以下の内容について概説する。

- 1 章 衛星通信サービス
- 2 章 衛星通信システム
- 3 章 通信衛星
- 4 章 地球局

1 章では、固定衛星通信サービスと移動体衛星通信サービスについて述べる。以下、固定衛星通信サービスに関する各節の概要を記す。

1-1-1 インフラ衛星通信サービス

固定衛星通信の代表例は、インフラ通信であり、地上無線や海底ケーブルが確保できない離島などとの通信に利用する。更に、災害対策用として、あらかじめバックアップ回線を保持する例もある。

1-1-2 コンシューマ向けサービス

コンシューマ向けの代表である、日本の放送サービスについて取り上げ、同サービスを提供している衛星本体の仕様（静止衛星軌道位置など）、衛星中継器の仕様（周波数、帯域幅など）、伝送システムの仕様（変調方式、誤り訂正方式など）について詳述している。更に、アナログ放送から 4K・8K への放送サービスの変遷についても、紹介している。

1-1-3 ビジネス向けサービス

ビジネス向けサービスの代表として、VSAT ならびに移動体向けのサービスを取り上げる。まず、VSAT 設備の構成、ネーとワークトポロジを示す。このサービスは、設備が小型であるので、災害時の地上の有線・携帯電話システムが不通になったときに利用できるという、ほかの通信システムには見られない優れた長所を有する。また、移動体向けには、船舶と地上との通信を提供する衛星通信システムについて、スカパーJSAT 社のサービスの例を紹介する。また、気象情報などを提供する同報サービスについても、同社のサービス例を述べる。

1-1-4 SNG

SNG は、衛星を介してニュース素材を放送局に伝送するシステムである。日本では、14 GHz 帯（Ku 帯）を用いて、ハイビジョン映像を送信している例がある。伝送システムの技術仕様（変調方式、画像圧縮方式など）、ならびに地球局設備の概要を述べる。

1-1-5 グローバルサービス

グローバルサービスとして、インテルサットやインマルサットに代表される国際衛星通信、ならびに ESV について説明している。ESV は、海上の船舶において、固定衛星通信サービスを使う形態で、C 帯や Ku 帯を用いて、海上での高速インターネットを利用できる。

移動体衛星通信サービスについては、国内とグローバル、更に測位について述べる。

1-2-1 国内サービス

国内サービスは、NTT ドコモ社がワイドスターサービスを提供している。N-STAR 衛星を利用し、サービスリンクに S 帯を用いて、日本全土と近海をカバーしている。ワイドスターには 2 つの世代があり、それぞれの伝送方式の仕様（変調方式、音声符号化方式など）について述べている。

1-2-2 グローバルサービス

代表的なサービスとして、インマルサットとイリジウムについて述べる。インマルサットは、4 つの世代があり、衛星本体の高機能化（例えば、マルチビームによる周波数有効利用）に伴いユーザに提供するサービスも高度化されている。L 帯をサービスリンクに利用し、船舶、航空機、自動車などの陸上移動局に加えて、可搬端末（半固定ともいう）など、種々のユーザに対応している。イリジウムは、インマルサットと同様に、L 帯を用いて船舶などにサービスを提供するが、その特徴は、インマルサットが静止衛星であるのに対し、イリジウムは非静止（低軌道：約 780 km）である点と、衛星間リンクも有する点である。低軌道故に、伝搬減衰が小さいが、反面多くの衛星が必要になる。

1-3 測位サービス

アメリカの GPS や、欧州の Galileo に代表される衛星測位システムは、ユーザが衛星からの信号を受信することによりその端末の位置を知るサービスである。衛星測位の手法や各国の衛星測位システムの運用状況や整備計画を述べる。測位データは、衛星軌道誤差や、マルチパスによる干渉に起因するなど、様々な要因により誤差が生じるが、その誤差を少なくする手法についても述べる。また、日本が打ち上げた準天頂衛星「みちびき」のシステム構成や特徴についても述べている。

2 章では、衛星通信システムの構成要素である多元接続方式、ならびにシステムの基本仕様に関係する回線設計方法について述べる。

2-1 多元接続方式

衛星通信システムでは、通信衛星の中継器を用いて多数の地球局に同時に通信回線を設定するため、多元接続方式が用いられる。TDMA (時分割多元接続)、FDMA (周波数分割多元接続) が代表的な方式である。

2-2 回線設計

衛星回線の伝搬路は、基本的には見通し内の伝送であるが、要求される通信品質が確保できるか、回線設計により試算が必要である。パラメータに含まれるのは、伝搬距離や降雨減衰などの物理的要素、送信増幅器の出力電力や受信器の雑音指数ならびにアンテナ直径などの装置仕様、帯域幅を含む変復調方式の仕様などである。

3 章では、通信衛星本体に関連して、衛星打ち上げと軌道、中継器や搭載アンテナについて述べる。

3-1 衛星と軌道

衛星本体の構造について JCSAT 衛星を例にとり説明し、また打ち上げから軌道投入までの手順、静止軌道や中・低軌道について述べる。また、インマルサットの Global-Xpress に代表される HTS のトレンドについても述べる。

3-2 衛星中継器

衛星搭載の中継器は、地上からの信号を単純に増幅して地上に送り返す非再生中継 (バントパイプ型) と、衛星内で復調して再度変調して送り返す再生中継型がある。更には、地上の送受信のチャンネルをスイッチングする機能も備えることもある。衛星通信システムの初期段階はアナログ装置のみであったが、次第にデジタル化・高機能化されており、これらの技術について述べる。

3-3 衛星搭載アンテナ

衛星搭載アンテナについて、BFN (ビーム形成回路) ならびに大型展開アンテナを主に説明する。これらの技術を用いることにより、マルチビームのフレキシブル化 (ビーム再形成、周波数帯域可変など) が可能となり、L 帯や S 帯のハンドヘルド型端末を用いる移動体通信では有効な技術である。特に災害時には、ビーム再形成などにより、地域による通信負荷の平準化が可能となる。

4 章は、地上に設置される地球局を構成するアンテナや送受信装置、代表的な地球局である

VSAT について述べる。

4-1 アンテナ

衛星通信では、ユーザ端末が固定あるいは移動かにより、また使用する周波数によりアンテナ方式が変わる。固定の場合は一般に反射鏡方式が多く、移動の場合は衛星追尾が必要となり、追尾精度を満足するように、平面アンテナあるいは反射鏡アンテナが用いられる。本節では、これらの種々のアンテナの概要を述べる。

4-2 送受信装置

地球局は、送信部と受信部より構成される。送信部は変調器、周波数変換部、送信アンプなどにより構成され、受信部は低雑音増幅器、周波数変換器、復調器などである。それぞれの装置の構成や性能指数を述べる。

4-3 VSAT

VSAT は、直径 3 m 程度以下の小径反射鏡アンテナを用いる小型地球局を指し、固定あるいは移動で利用されている。ここでは、設備の構成例について述べる。

【5 群 7 編 知識ベース委員会】

編主任：上羽正純（室蘭工業大学）

編幹事：小林 聖（株式会社 国際電気通信基礎技術研究所）

高山佳久（国立研究開発法人 情報通信研究機構）

執筆委員：榎木勘四郎（KDDI 株式会社）

山下史洋（日本電信電話株式会社）

名古屋翼（スカパーJSAT 株式会社）

亀井 雅（日本放送協会）

山本和良（KDDI 株式会社）

中須賀好典（株式会社 NTT ドコモ）

木村佳史（KDDI 株式会社）

村上滋希（国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構）

岸本統久（国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構）

中平勝也（日本電信電話株式会社）

高橋 卓（国立研究開発法人 情報通信研究機構）

片桐秀樹（日本電気株式会社）

大嶺裕幸（三菱電機株式会社）

富士 剛（三菱電機株式会社）

土谷牧夫（三菱電機株式会社）

水野友宏（三菱電機株式会社）

渡邊栄司（三菱電機株式会社）

池松 寛（三菱電機株式会社）