

情報通信審議会 情報通信技術分科会
衛星通信システム委員会報告
(案)

諮問第 2032 号

「2GHz 帯等を用いた移動衛星通信システム等の在り方及び技術的条件」のうち

「2GHz 帯等を用いた移動衛星通信システム等の在り方」

情報通信審議会 情報通信技術分科会
衛星通信システム委員会 報告

目次（案）

| | | |
|-----|------------------------------|----|
| I | 検討事項 | 3 |
| II | 委員会及び作業班の構成 | 3 |
| III | 検討経過 | 3 |
| IV | 検討概要 | 5 |
| | はじめに | 5 |
| | 1. 移動衛星通信システム等の概要 | 6 |
| | 1.1 移動衛星通信システム等の概要 | |
| | 1.2 衛星測位システム等の概要 | |
| | 2. 移動衛星通信システムに求められるサービス | 22 |
| | 2.1 一般消費者のニーズ | |
| | 2.2 企業等のニーズ | |
| | 2.3 今後の需要予測 | |
| | 2.4 東日本大震災を受けた新たな衛星通信ニーズ | |
| | 3. 国際周波数調整 | 34 |
| | 3.1 周波数割当て（国際調整）の手続き | |
| | 3.2 L帯無線航行衛星業務に関する関連規定 | |
| | 3.3 L帯無線航行衛星業務の国際調整状況 | |
| | 3.4 2GHz帯移動衛星業務に関する関連規定 | |
| | 3.5 2GHz帯移動衛星業務の国際調整状況 | |
| | 4. L帯を用いた衛星測位システムの実現可能性 | 39 |
| | 4.1 L帯を用いた衛星測位システムの技術動向 | |
| | 4.2 L帯を用いた衛星測位システムの実現可能性 | |
| | 5. S帯を用いた移動衛星通信システムの実現可能性 | 54 |
| | 5.1 S帯を用いた移動衛星通信システムの技術動向 | |
| | 5.2 S帯を用いた移動衛星通信システムの標準化動向 | |
| | 5.3 S帯を用いた移動衛星通信システムの検討 | |
| | 6. 2GHz帯等を用いた移動衛星通信システム等の在り方 | 74 |
| | 6.1 L帯を用いた衛星測位システムの在り方 | |
| | 6.2 S帯を用いた移動衛星通信システムの在り方 | |
| | 7. おわりに | 76 |
| V | 検討結果 | 80 |

別紙1 情報通信技術分科会 衛星通信システム委員会 構成員

別紙2 衛星通信システム委員会作業班構成員名簿

I 検討事項

衛星通信システム委員会（以下「委員会」という。）は、情報通信審議会諮問第 2032 号「2GHz 帯等を用いた移動衛星通信システム等の在り方及び技術的条件」（平成 25 年 1 月 18 日諮問）のうち「2GHz 帯等を用いた移動衛星通信システム等の在り方」について検討を行った。

II 委員会及び作業班の構成

委員会の構成は別紙 1 のとおりである

なお、本件に関して検討の促進を図るため、作業班を設置して検討を行った。作業班の構成については、別紙 2 のとおりである。

III 検討経過

本報告は、「2GHz 帯等を用いた移動衛星通信システム等の在り方及び技術的条件」のうち「2GHz 帯等を用いた移動衛星通信システム等の在り方」について、委員会 5 回及び作業班 5 回の検討を行い、その結果についてとりまとめたものである。検討の経過は以下のとおりである。

(1) 委員会での検討

ア 第 19 回委員会（平成 25 年 3 月 29 日）

情報通信審議会への諮問、委員会運営方針、移動衛星通信システムの現状等、調査検討の進め方、移動衛星通信システム等の技術動向について検討を行った。また、検討の促進を図るため、委員会の下に作業班を設置した。

イ 第 20 回委員会（平成 25 年 4 月 16 日）

移動衛星通信システムの技術動向等、衛星測位システムの現状、技術動向等について検討を行った。

ウ 第 21 回委員会（平成 25 年 5 月 28 日）

平成 25 年 4 月 6 日から同年 4 月 26 日までの期間において、「2GHz 帯等を用いた移動衛星通信システム等の在り方及び技術的条件」に関する提案募集を行った結果、2GHz 帯については 6 者、L 帯については 2 者から提案書の提出があったため、提案内容について意見の聴取を行った。

エ 第 22 回委員会（平成 25 年 6 月 25 日）

2GHz 帯を用いた移動衛星通信システムについて検討を行った。

オ 第 23 回委員会（平成 25 年 12 月 5 日）

意見の募集を行う委員会報告（案）のとりまとめを行った。

(2) 作業班での検討

ア 第1回作業班（平成25年4月22日）

作業班での検討の進め方、作業班運営方針、作業班の検討体制及び今後のスケジュールについて検討を行った。

イ 第2回作業班（平成25年6月14日）

移動衛星通信システム等の提案内容聴取結果について検討を行った。また、S帯とL帯について個別に詳細検討を実施するため、アドホックグループを設置した。

ウ 第3回作業班（平成25年10月22日）

各アドホックグループから検討状況報告を受け、報告骨子（案）について検討を行った。

エ 第4回作業班（平成25年11月18日）

委員会報告（素案）、S帯及びL帯の検討状況について検討を行った。

オ 第5回作業班（平成25年12月2日）

委員会への報告を行う委員会報告（案）について検討を行った。

(3) アドホックグループでの検討

これまで、以下のアドホックグループを開催した。

- ・S帯アドホックグループ 計3回
- ・L帯アドホックグループ 計2回

IV 検討概要

はじめに

移動衛星通信システム等は、同報性、広域性、耐災害性等の衛星通信システム固有の特徴を有するほか、上空、海上、離島等での通信手段として、平時に加えて災害時において重要な役割を果たしている。

我が国においては、1.5/1.6GHz帯（L帯）、2.5/2.6GHz帯（S帯）、12/14GHz帯（Ku帯）を用いた移動衛星通信サービスが提供されており、海外では測位衛星サービス等も提供されている。

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、地震・津波による通信設備の物理的な破壊、電源喪失による機能の停止、さらには通信集中による輻輳と電気通信事業者による通信規制等、様々な形で地上網の通信機能が途絶した。

衛星通信システムは、地上インフラに依存しないことから、災害時等には地上通信システムよりも安定した活用が期待できることから、災害等の非常時に地上インフラが復旧するまでの補完システムとして有効である。

本報告は、東日本大震災等を受けた新たな移動衛星通信ニーズ、研究開発動向、諸外国の動向等を踏まえ、移動衛星業務等に周波数分配のある2GHz帯等を用いた移動衛星通信システム等の在り方についてとりまとめたものである。

1 移動衛星通信システムの概要

1.1 移動衛星通信システムの概要

衛星通信は、上空・海上・離島等での通信手段として、平時に加えて災害時において重要な役割を果たしている。世界的には、音声通信が主体のサービスとして、静止衛星を利用したインマルサットやスラヤ、非静止衛星を利用したイリジウム等のサービスが利用可能であり、低ビットレートによるメッセージ通信を行うシステムとして、オーブコムによる資産追跡や位置管理等、コスパス・サーサットによる救難用信号伝送等が利用可能である。我が国では、N-STAR、インマルサット、イリジウム、スラヤ等の移動衛星通信システムが利用可能である。

1.1.1 静止衛星を利用した移動衛星通信システム

1977年にマリサットシステムで始まり、1982年にインマルサットシステムに引き継がれた移動衛星通信サービスは、当初、移動体向けに地球の1/3程度を1つのビームでカバーするL帯のグローバルビームを利用して大型船舶を対象にしたFM方式のアナログ音声電話及びTDM/TDMA方式のテレックスサービスを提供することが主な役目であった。その後、1990年代からデジタル技術が導入され、通信回線数の増加とともに、サービス対象を船舶から航空機、陸上可搬設備、陸上移動体、小型衛星携帯端末へと拡大した。

1995年頃からは、特定のエリアに対するサービス提供を目的とした移動衛星通信システム（MSAT（北米周辺）、N-STAR（日本周辺）、OPTUS（豪州周辺）等）が登場した。これらのシステムは、国内及びその周辺をサービスエリアとする複数のスポットビームを使用しており、小型アンテナを用いた車載局やポータル端末による音声通信や、音声級の低速データ通信の利用を可能にした。

2000年代に入ってから、10m以上の直径を有する大型展開アンテナを搭載した静止衛星システムが登場し、Garuda-1衛星、Thuraya衛星等により、主に政府機関や民間企業向けに小型衛星携帯端末を用いた音声通信／低速データ通信サービスが提供されている。また、これらの一部のユーザ端末については、衛星回線と地上回線を切り替えて通信することが可能な端末となっている。

2000年代後半以降、小型衛星携帯端末向けの高速度データ通信サービスが開始された。第4世代インマルサット衛星システム（Inmarsat-4）では、最大492kbpsの高速度通信サービス（BGAN）を提供している。同様にThuraya衛星は、小型のデータ通信用モジュール向けに最大444kbpsのIPサービスを提供している。

欧米では、電波の届かない場所やイベントへの利用等、機動力のある衛星システムと使いやすい地上携帯端末を組み合わせた複合システムの検討と実験が行われ、米国ではAncillary Terrestrial Component（ATC）、欧州ではComplementary Ground Component（CGC）と呼ばれ、衛星通信回線と地上通信回線に同一の周波数帯を使用し、地上の周波数の使用

を衛星システム側が制御することを特徴としている。米国では、S帯を用いた IC0-G1、TerreStar-1、L帯を用いた SkyTerra-1 の3つの衛星が打ち上げられているが、本格的なサービス提供には至っていない。欧州では2009年5月、欧州全域に2GHz帯を用いた衛星移動通信サービスを提供する事業者として Inmarsat Ventures Ltd、Solaris Mobile Ltd が選定された。Solaris Mobile 社は、2009年4月に打ち上げられた EUTELSAT 10 (旧 W2A) 衛星を用いて、小型衛星携帯端末向けのモバイル放送サービス等の提供を検討している。同サービスは、衛星から端末に向けてテレビやラジオ等の情報を直接配信するだけでなく、衛星から地上の中継局を介して端末に配信することも行う。

衛星と地上通信回線網との接続には大型の地上局を経由したフィーダリンクが使用される。フィーダリンクは多数の移動端末との情報を疎通させるのに十分な帯域が必要であるため、一般的にC帯、Ku帯、あるいはKa帯の周波数が用いられている。

ユーザ端末についても小型軽量化が進んでおり、主な端末例として Thuraya 衛星の XT 端末、Inmarsat の IsatPhone Pro 端末等が挙げられる。また、スマートフォン型の端末として、AT&T 社が提供する TerreStar 衛星向けの GENUS 端末等が挙げられる。

表 1-1、表 1-2 に、移動体向けのサービスを提供している代表的な静止衛星システムの諸元を示す。

表 1-1 代表的な静止衛星システムの諸元

| | | | | |
|-------------|--|--|-----------------------------------|---------------------------------|
| 衛星 | Inmarsat I-4 | GARUDA-1 | Thuraya | ICO-G1 (Echostar-G1) |
| 国 | 英国 | インドネシア | UAE | 米国 |
| システム形態 | 移動衛星通信 | 衛星地上デュアルユー ス※1 | 衛星地上デュアルユ ース※1 | MSS/ATC システム |
| サービスエリア | グローバル | アジア全域 | ヨーロッパ、中央アジ ア、中東、北・中央ア フリカ | 米国、プエルトリコ |
| 周波数帯 | L | L | L | S |
| 打上げ/サービス開始年 | 2009年2月からグロ ーバルサービス開始 | 2000年9月から商用サ ービス開始 | 2001年6月から商用 サービス開始 | 2003年1月に打上げ |
| スポットビーム数 | 200(Narrow Spot)、 19(Wide Spot)、 1(Global) | 140 | 200 | 250(最大) |
| アンテナ口径 | 9m | 12m | 12.25m | 12m |
| 伝送速度 | 492kbps(最大) | — | 444kbps(最大) | — |
| 衛星バス重量・電力 | 3.3t 13kW | 2.6t 10.5W | 3.2t 11kW | 6.6t 15kW |
| 通信方式 | — | GSM900 デュアル※1 | GSM, GSM デュアル※1 | DVB-SH, GMR-1 |
| 中継機方式 | デジタルチャネライ ザ | デジタルチャネライザ | デジタルチャネライ ザ | ベントパイプ |
| アンテナ方式 | 展開型パラボラ反射 鏡アンテナ | 88 素子ダイポーフィ ールドアレイ Folding-Rib 型展開ア ンテナ | 128 素子ダイポーフィ ールドアレイ 展開型アンテナ | 46 素子給電アレイ +反射鏡 GBBF 方式※2 |

※1 一つの端末で衛星回線と地上携帯電話回線の双方と通信可能

※2 Ground-based beamforming: 衛星におけるビーム形成を地上の信号処理で実施する方式

表 1-2 代表的な静止衛星システムの諸元

| | | | | |
|---------------------|--|-----------------------------------|------------------------------|---|
| 衛星 | Eutelsat-W2A (EUTELSAT-10A) | TerreStar-1&2 (EchoStar-T1&T2) | SkyTerra-1, 2&SA | N-STAR c, d |
| 国 | フランス | 米国 | 米国 | 日本 |
| システム/ サービス | 衛星系(SDMB)と地上系 (3G/Beyond3G)携帯電話 を複合した移動体通信 | MSS/ATC システム | MSS/ATC システム | 移動衛星通信 |
| サービスエ リア | ヨーロッパ | 米国、カナダ、プエ ルトリコ | 北米、中米及び南米 | 日本本土及び概ね 200 海里 |
| 周波数帯 | S | S | L | S |
| 打上げ/サ ービス開始 年 | 2009年に打上げ | 初号機は2009年7 月に打上げ | 初号機は2010年に 打上げ | c号機は2002年7月に 打上げ、d号機は2006 年4月に打上げ |
| スポットビ ーム数 | 6 | 500 | 500 | 4 |
| アンテナ口 径 | 12m | 18m | 22m | 5.1m |
| 伝送速度 | — | — | — | 音声：8kbps パケット：上り最大 144kbps/下り最大 384kbps |
| 衛星バス重 量・電力 | 5.7t 11kW | 6.8t 11.5kW | 5.4t 14kW | 約1t、約2t/約2,400W、 約12,000W |
| 通信方式 | DVB-S, SH, E-SSA, ETSI S-MIM | GMR-1 3G | GMR-1 3G | 回線交換方式： FDMA(SCPC)、パケット交 換方式：リターンリンク FDMA(SCPC)/フォワード リンク TDM |
| 中継器方式 | — | — | デジタルチャネライ ザ | 回線交換方式、 パケット交換方式 |
| アンテナ方 式 | — | 78素子給電アレイ +反射鏡 GBBF方式※ | 82素子給電アレイ +反射鏡 GBBF方式※ | — |

※ Ground-based beamforming：衛星におけるビーム形成を地上の信号処理で実施する方式

1.1.2 非静止衛星を利用した移動衛星通信システム

非静止衛星の軌道は大きく分けて長楕円軌道 (HEO)、中高度軌道 (MEO)、低高度軌道 (LEO) がある。現在の非静止衛星を利用した商用の移動衛星通信サービスは、LEO の周回衛星システムを用いたサービスが主流であり、小型衛星携帯端末向けの音声通話やデータ通信に加え、機器の位置情報や制御情報等を低ビットレートで伝送する M2M (Machine to Machine) サービス等が提供されている。

HEO は、高度約 40,000km (遠地点) の軌道を周回するもので、連続したサービスを提供するための衛星機数は最低 2~3 機程度となる。1960 年代にロシア (旧ソビエト社会主義共和国連邦) が打ち上げたモルニア衛星が HEO を採用しており、2006 年以降、同じ軌道を用いた後継システムであるメリディアン衛星が打ち上げられている。

MEO は、高度数千から 2 万 km の軌道を周回するもので、連続したサービスを提供するための衛星機数は 8~10 機程度となる。米国 ICO 社は、10 機の衛星による移動衛星通信サービスの提供を目指し、一部の衛星は打ち上げたものの、計画は中断している。

LEO は、高度 5 百から数千 km の軌道を周回するもので、連続したサービスを提供するための衛星機数は数十機程度となる。主な衛星システムとしては、イリジウム、グローバルスター、オーブコムが挙げられる。

イリジウムは、66 機の衛星により、小型衛星携帯端末向けの音声通話、データ通信サービスを提供するとともに、船舶や車両等への設置型の小型アンテナを利用した高速通信サービスを提供している。グローバルスターも同様に 48 機の衛星により、小型衛星携帯端末向けの音声通話、データ通信サービスを提供する他、M2M 型の資産追跡サービス等を展開している。

近年、音声通信の他にも通信衛星を利用したデータ通信の市場拡大が見込まれる。その一例としては、低ビットレートで機器の制御情報等を伝送する M2M サービスがあり、主な用途としては、運搬車両や建設重機、船舶等の資産管理 (稼働状況、位置等)、個人の位置情報把握、環境計測データ伝送等の研究用途等における利用が挙げられる。2012 年における世界全体の移動衛星端末のうち M2M 用途の端末数は約 184 万台 (静止衛星用端末を含む)、全ての移動衛星端末約 291 万台の約 63%を占める¹。

低ビットレートの衛星通信システムの代表例であるオーブコムは、27 機の衛星による簡易なデータ通信のみを対象としたサービスであり、M2M 型の資産追跡、位置管理サービス、海洋等の環境計測データの伝送サービス等を提供している。

低ビットレートによるデータ通信サービスは、救難用信号の伝送にも用いられている。コスパス・サート・システムは、遭難した船舶、航空機又は陸上移動体に備え付けられた発信機 (ビーコン²) が発射する遭難警報の位置を人工衛星により検知し、関係する最

¹ 「Mobile Satellite Communications Markets Survey Prospects To 2022」 EUROCONSULT, 2013

² 406MHz の電波を利用し、ビーコン種類 (船舶用、航空機用、陸上移動用等) 国番号、ID 情報、位置情報 (ビーコンに GPS 等の測位システムが内蔵されている場合のみ) が含まれる。

寄りの国等の受信設備でこれを受信し、救助機関等に迅速に配信するための国際的なシステムである。1985年にサービスが開始され、当初は低軌道衛星システムで構成されたが、1996年より静止衛星、2005年より中軌道衛星によるシステム構築も進められている。現在、Galileo衛星により、衛星から地上への遭難警報の送信だけでなく、地上から衛星へのメッセージ送信機能の具備が検討されている。

また、測位衛星にメッセージ送信機能を具備する動きも出てきており、中国の測位衛星である北斗衛星では漢字120文字のショートメッセージサービスが計画されている。

表 1-3 に、移動体向けのサービスを提供している代表的な非静止衛星システムの諸元を示す。

表 1-3 代表的な非静止衛星システムの諸元

| | | | | |
|-------------|-----------------|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| 衛星 | イリジウム | グローバルスター | オーブコム | コスパス・サーサット |
| 国 | 米国 | 米国 | 米国 | 米国、ロシア、フランス、カナダ、日本等 |
| 軌道 | 低高度軌道 | 低高度軌道 | 低高度軌道 | 低高度軌道、中高度軌道、静止軌道 |
| 衛星数 | 66 | 48 | 27 | 低高度軌道：7 中高度軌道：75(予定) 静止軌道：5 |
| サービスエリア | グローバル | グローバル | グローバル | グローバル |
| 周波数帯 | L | 上り：L、下り：S | VHF | 406MHz |
| 打上げ/サービス開始年 | 1998年から商用サービス開始 | 2000年から商用サービス開始 | 1995年から商用サービス開始 | 1985年からサービス開始 |
| ビーム数 | 48 | 16 | 1 | — |
| 伝送速度 | 128kbps(最大) | 240kbps(最大) | 2.4/4.8kbps | — |
| 衛星バス重量・電力 | 680kg, 1400W | 450-700kg, 1500-1700W | 43kg, 200W | — |
| 通信方式 | TDMA/FDMA | CDMA | FDMA | ビーコン |
| 中継機方式 | 再生中継方式 | ベントパイプ方式 | ベントパイプ方式 | — |
| アンテナ方式 | — | 91素子 Active Phased Array Antenna | VHF/UHF アンテナ (3.28m) | — |

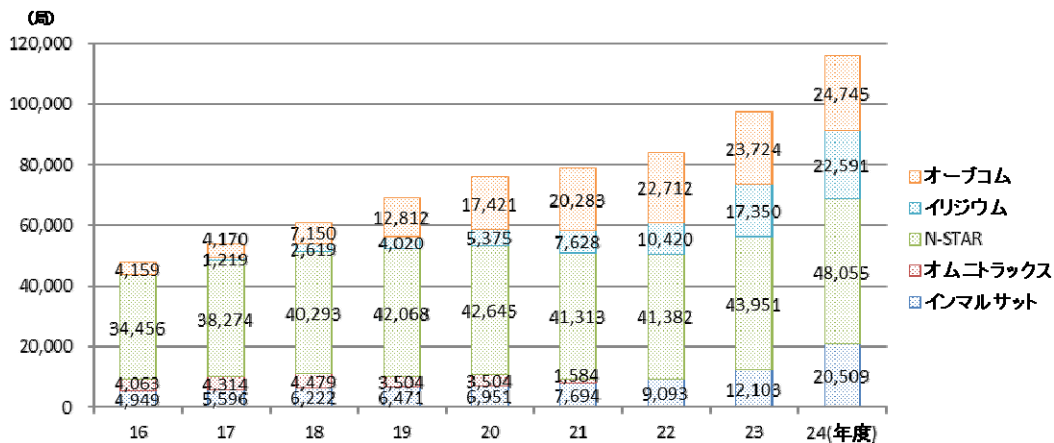
1.1.3 我が国の移動衛星通信システム等の導入状況

我が国における移動衛星通信システム等の国内導入経緯を図 1-1、移動衛星通信システムの無線局数の推移を図 1-2 に示す。1977 年にマリサットシステムを用いた大型船舶向けに全世界的な移動衛星通信サービスの開始と同時に国内においても同サービスが KDD(当時)により導入され、1982 年に英国に置かれた国際海事衛星機構 (INMARSAT:International Maritime Satellite Organization) にそのサービス提供が引き継がれた。1996 年に NTT ドコモが N-STAR を用いた国内向けサービスを開始し、1998 年には全世界的なサービスであるイリジウムが導入され、2000 年 3 月末まで DDI(当時)によりサービスが提供され、イリジウム本体の破たんまで、一旦サービスが停止されたが、2005 年からサービスが再度開始された。2011 年 3 月に発生した東日本大震災や、台風・大雪等の災害を受けて、災害に強い衛星通信の重要性が改めて指摘されており、企業や公共機関等での新たな災害対策用のニーズを見込まれる中、インマルサット衛星を用いた小型軽量の衛星携帯電話 (インマルサット GSPS 型) によるサービスが 2012 年 8 月に開始され、スラヤ衛星を用いた衛星携帯電話サービスが 2013 年 2 月より開始されている。このように、我が国の移動衛星通信の利用の選択肢は拡大し、利用者の利便性は向上していると言え、2011 年度 (平成 23 年度) 以降、移動衛星通信システムの無線局数の伸びも顕著となっている。

以下に、我が国で利用可能な主な移動衛星通信システムの概要を示す。

| | | 1980年代 | 1990年代 | 2000年代 | 2010年代 |
|-------------|-----------------|----------------|----------------------------------|--|--------------|
| 移動衛星通信システム等 | 1.5/1.6GHz帯(L帯) | △インマルサット('82~) | | ▲民営化('03~) | △GSPS型('12~) |
| | 2.5/2.6GHz帯(S帯) | | | △イリジウム('99~00, 05~) | △スラヤ('13~) |
| 主な災害 | | | ▲北海道南西沖地震('93) ▲阪神・淡路大震災('95) | ▲十勝沖地震('03) ▲新潟県中越地震('04) ▲新潟県中越沖地震('07) | ▲東日本大震災('11) |

図 1-1 移動衛星通信システム等の国内導入経緯



※平成 25 年 3 月末時点での統計

※オムニトラックス、N-STAR、インマルサットは、静止衛星を利用した衛星移動通信サービス

※イリジウム及びオープンコムは、周回衛星を利用した衛星移動通信サービス

※オムニトラックスは平成 23 年 3 月でサービス停止

※スラヤは平成 25 年 2 月にサービス開始のため、未計上

図 1-2 我が国における移動衛星通信システムの無線局数の推移

(1) N-STAR

2. 5/2. 6GHz 帯を利用した移動衛星通信サービスとしては、平成 8 年 3 月末から NTT ドコモが静止衛星 N-STAR を利用して衛星電話サービスを提供している。同衛星は a 号機が平成 7 年（1995 年）8 月に、b 号機が平成 8 年（1996 年）2 月に打ち上げられた。その後、平成 14 年（2002 年）に b 号機の後継である c 号機、平成 18 年に a 号機の後継である d 号機が打ち上げられ、これら 2 機の静止衛星が照射する 4 つのビームにより、日本全国及び沿岸 200 海里をカバーしている。平成 22 年（2010 年）には、現行の第 2 世代である WIDESTAR2 サービスが開始されている。

(2) インマルサット

1. 5/1. 6GHz 帯を利用し、全世界的にサービスを提供している通信システムであるインマルサット衛星を利用したサービスが、昭和 57 年（1982 年）2 月の世界的サービス開始と同時に、既にマリサット衛星システムで 1977 年から大型船舶向けにサービスを提供していた KDD（当時、国際電信電話株式会社）が、引き続き、同じ通信方式により、我が国でのサービスを開始した。現在では、KDDI のほか、日本デジコム、JSAT モバイルコミュニケーションズ等全 8 社が国内免許人となり、サービス提供を行っている。

(3) イリジウム

1. 6GHz 帯を利用し、全世界的にサービスを提供しているイリジウム衛星を利用したサービスでは、日本イリジウム社がサービス提供を開始したが、1999 年 8 月、米国イリジウム社が米国の連邦倒産法第 11 条を申請し、サービスが一時中断された。その後、Iridium

Satellite LLC 社が事業を継承し、2001年3月にサービスが再開された。我が国では、2005年6月にKDDIの法人事業子会社「KDDI ネットワーク&ソリューションズ」により同通信サービスの提供を再開し、2008年7月1日からKDDIによりサービスが提供され、現在に至っている。

(4) スラヤ

1.5/1.6GHz帯を利用し、ヨーロッパ、アフリカ、中東、アジア、オセアニア地域を対象にサービスを提供しているスラヤ衛星を利用するサービスでは、2012年10月に技術基準が整備され、2013年2月よりソフトバンクモバイル及び日本デジコムによるサービスが開始された。

表 1-4 国内移動衛星通信システムのサービス概要（平成 25 年 10 月末時点）

| | N-STAR ^{※1} | インマルサット (BGAN) ^{※2} | インマルサット (GSPS 型) ^{※1} | イリジウム ^{※2} | スラヤ ^{※3} |
|-------------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| 月額基本 使用料 | 4,900～15,000円 | 5,000～380,000円 | 4,900円 | 5,000～6,000円 | 4,900～9,800円 |
| 通話料 | 45～90円/30秒 | 42.5円/15秒 | 40円/15秒 | 35～572円/20秒 | 160円/分 |
| データ通 信料 | 375円/30秒 (64Kデータ通信) | — | 70円/通 | 50～58円/通 | 70円/通、 2円/1Kbyte |
| パケット 通信料 | 0.1円/パケット | 4.3～8.5円 /10kbyte | — | — | — |
| 端末重量 | 約1.3kg | — | 約279g | 約247g | 約193g |
| 通信速度 | 上り最大144kbps/ 下り最大384kbps | 上下最大492kbps | 上下2.4kbps (音声通話) | 2.4kbps(音声) 最大128kbps (データ) | 上り最大15kbps、 下り最大60kbps |

※1：NTTドコモ資料による

※2：KDDI資料による

※3：ソフトバンク資料による

1.2 衛星測位システムの概要

1.2.1 衛星測位システム

衛星測位システムは、複数の衛星からの信号をもとに、地上の受信端末の 3 次元的な位置と時刻を取得可能なシステムである。全世界に対してグローバルにサービスを提供するグローバルシステムと特定の地域に対してサービスを提供するリージョナルシステムがある。

米国の GPS は、6 軌道面に各 4 機の計 24 機と、軌道上予備の衛星で構成されており、2013 年 4 月現在、31 機が運用されている。米空軍が運用し、軍及び民間が利用する衛星測位システムであり、民生用信号は世界に無料開放している。GPS は世代交代を行いながら新しい民生用信号の追加等の機能強化がなされている。現行は第 3 民生信号 (L5) が導入された Block IIF 衛星が打ち上げられつつあるとともに、その後継機となる Block III 衛星を開発中である。

ロシアの GLONASS は、3 軌道面に各 8 機の計 24 機の衛星で構成されており、2013 年 4 月現在、29 機が運用され、うち利用可能な衛星は 23 機となっている。ロシア軍が運用し、軍及び民間が利用する衛星測位システムで、次世代機である GLONASS-K シリーズへの移行を検討しており、従来の FDMA 信号に加え、GPS/Galileo 等と互換の CDMA 信号を導入することが予定されている。

欧州の Galileo は、3 軌道面に各 10 機の計 30 機の衛星で構成されている。2005 年 12 月に 1 機目、2008 年 4 月の 2 機目の試験衛星を打ち上げ、さらに 2011 年 10 月に 1/2 号機を打ち上げた。全体システムの整備完了は 2016~2019 年の予定である。Galileo は、欧州委員会 (European Commission : EC) が所有する民生システムであり、一般向けの位置情報を提供する無料サービス、高精度の位置情報を提供する有料サービス、運輸事業用の有料サービス、政府機関向けの暗号化サービス、人命捜査・救助の国際サービスを提供予定である。

中国の北斗は、静止衛星 5 機、地球同期軌道衛星 3 機、中高度軌道衛星 27 機 (3 軌道面に各 9 機) の計 35 機で構成される。2012 年 11 月現在で 16 機の衛星が運用され、中国及び太平洋地域へのサービスが開始されている。世界中をカバーする全体システムの完成は 2020 年の予定である。全世界向けには無料サービスと許可されたユーザ向けの高精度サービス、さらに地域限定サービスとして、軌道情報誤差や遅延等の補正情報を提供して測位精度を向上するサービスがある。特徴的なサービスとしては漢字 120 文字を上限とするショートメッセージサービスを提供する。

一方、リージョナルシステムとしては、我が国の実用準天頂衛星システム QZSS (Quasi-Zenith Satellite System) に加え、インドの IRNSS (Indian Regional Navigation Satellite System) の整備が計画されている。

インドの IRNSS は、静止衛星 3 機、地球同期軌道衛星 4 機の計 7 機で構成される。インド周辺の地域をカバーし、2014 年までに全体システムを整備予定である。GPS と同じ L5 帯

と独自の S 帯の測位信号の提供を予定している。さらに、GAGAN と呼ばれる航空用衛星航法補強システムを整備中である。

表 1-5 に代表的な衛星測位システムの諸元を示す。

表 1-5 代表的な衛星測位システムの諸元

| 衛星 | GPS | GLONASS | Galileo | 北斗 | IRNSS |
|-----------------------------|---|---|---|--|--|
| 運用主体 | 米国国防総省 | ロシア連邦宇宙局 | 欧州連合 (EU)、 欧州委員会 (EC) 企業・産業総局 | 中国国家航天局 (CSN:中国衛星航法 プロジェクトセンター) | インド宇宙 研究機関 |
| サービス 提供範囲 | グローバル | グローバル | グローバル | グローバル (現時点では特定地 域) | 特定地域 |
| 軌道 | 高度約 20,200km 円軌道軌道傾斜 角 56° | 高度約 19,100km 円軌道 軌道傾斜角 64.8° | 高度約 23,222km 円軌道 軌道傾斜角 56° | ME0 : 高度約 21,500km 円軌道、軌 道傾斜角 55° IGSO : 高度 36,000km 円軌道、軌道傾斜角 55° GS0 : 東経 60°、 84°、110.5°、 144.5°、160° | IGSO : 高度約 36,000km 円 軌道、軌道傾 斜角 29° GS0 : 東経 32.5°、 83°、 131.5° |
| コンステ レーション | 6 軌道面×4 衛星 の 24 機+軌道上 予備機 2011 年 6 月以降 27 機ノミナルに 移行 | 3 軌道面×8 衛星 の 24 機+軌道上 予備機 | 3 軌道面×9 衛星 の 27 機+軌道上 予備機 3 機 合計 30 機 | ME0 : 3 軌道面×9 衛 星の 27 機 GE0 : 5 衛星 IGSO : 3 衛星 合計 35 機 | GE0 : 3 衛星 IGSO : 地上軌 跡 2×2 衛星 の 4 機 合計 7 機 |
| サービス 目的 (目 標測位精 度) | 軍事用 民生一般 (精度 10m 以下) | 軍事用 民生一般 (現状 の精度 5~7m、衛 星更新に伴い更 に精度向上を目 指す) | 民生一般 (精度 4m 以下) (特に交通ナビ 、警察・消防、 遭難救助等を意 識) | 軍事用 民生一般 (精度 10m 以下、広域補強サー ビスとの併用により 1m を目標) | (精度 20m 以下を目標) |
| 測位信号 | 民生 : L1C/A、 L2C、L5、 L1C(Block III ~) 軍事 : L1P、L2P、 L1-M、L2-M | 民生 : L10F、 L20F、 L30C(GLONASS-K ~) 軍事 : L1SF、L2SF | 民生 : OS: E1、 E5a、E5b CS: E1、E5a/b、 E6 公共 : PRS: E1、 E6 | 民生 : B1-C、B2a、B2b 軍事 : B1、B3、B3-A | 民生/公共 : L5、S 帯 |
| 運用状況 | 2013 年 4 月現在 で 31 衛星が運用 中 | 2013 年 4 月現在 で 29 衛星が運用 中 (内利用可能 な衛星 23 機) | 2013 年 4 月現在 で 4 衛星が試験 運用中 | 2012 年 11 月現在 で 16 衛星が運用中 | 2013 年 4 月 現在、初号機 打上げのア ナウンスなし |

1.2.2 我が国の測位衛星システムの導入状況

(1) 実用準天頂衛星システム

準天頂衛星システムは、平成13年7月の日本経済団体連合会による準天頂衛星計画をもとに、平成15年度から総務省、文部科学省、経済産業省、国土交通省の各省による研究開発が開始され、平成22年9月に準天頂衛星の初号機である「みちびき」が打ち上げられた。同年12月より技術実証・利用実証が開始され、現在も、河川監視、バスの利便性向上、IT自動走行実証、鉄道車両位置管理といったアプリケーションに関する実証実験が行われている。

平成23年の宇宙開発戦略本部宇宙開発戦略専門調査会報告では、「測位衛星システムが宇宙政策全体の重点として位置づけられることを強く期待する」とされ、また、「我が国測位衛星システムが具備する機能」として「航法信号の提供機能（航法信号の秘匿・暗号化機能を含む）」、「補強機能」、「災害時の情報提供や安否確認等に係る機能（簡易メッセージ送信機能、双方向通信機能）」が挙げられている。

平成23年9月にはこれらを受けて「実用準天頂衛星システム事業の推進の基本的な考え方」が閣議決定され、「我が国として実用準天頂衛星システムの整備に可及的速やかに取り組むこととする。具体的には、2010年代後半を目途にまずは4機体制を整備する。将来的には、持続測位が可能となる7機体制を目指すこととする。」とされ、実用準天頂衛星システムの開発・整備・運用は内閣府が実施することとなった。

実用準天頂衛星システム事業の推進の基本的な考え方

〔平成23年9月30日〕
閣議決定

準天頂衛星システムは、産業の国際競争力強化、産業・生活・行政の高度化・効率化、アジア太平洋地域への貢献と我が国プレゼンスの向上、日米協力の強化及び災害対応能力の向上等広義の安全保障に資するものである。

諸外国が測位衛星システムの整備を進めていることを踏まえ、我が国として、実用準天頂衛星システムの整備に可及的速やかに取り組むこととする。

具体的には、2010年代後半を目途にまずは4機体制を整備する。将来的には、持続測位が可能となる7機体制を目指すこととする。

我が国として実用準天頂衛星システムの開発・整備・運用は、準天頂衛星初号機「みちびき」の成果を活用しつつ、内閣府が実施することとし、関連する予算要求を行うものとする。また、開発・整

備・運用から利用及び海外展開を含む本事業の推進に当たっては、関係省庁及び産業界との連携・協力を図ることとする。

内閣府がこうした役割を果たすために必要な法律改正を予算措置に合わせて行うこととする。

なお、内閣府に実施体制を整備するに当たっては、行政機関の肥大化につながらないように配慮するものとする。

平成 25 年 1 月に宇宙開発戦略本部で決定された新たな宇宙基本計画においては、「5 年間の開発利用計画」として「2010 年代後半を目途に 4 機体制を構築するため、準天頂衛星システムの開発、整備を着実に推進する」等とされ、宇宙開発利用に関し政府が総合的かつ計画的に実施すべき施策として掲げられている。

現在これらの決定等に従い、内閣府は平成 25 年 3 月に準天頂衛星システムの運用等事業及び衛星開発等事業の民間事業者を選定し、総合システム設計から基本設計へ移行する段階にある。

実用準天頂衛星システムのサービス概要を以下に示す。

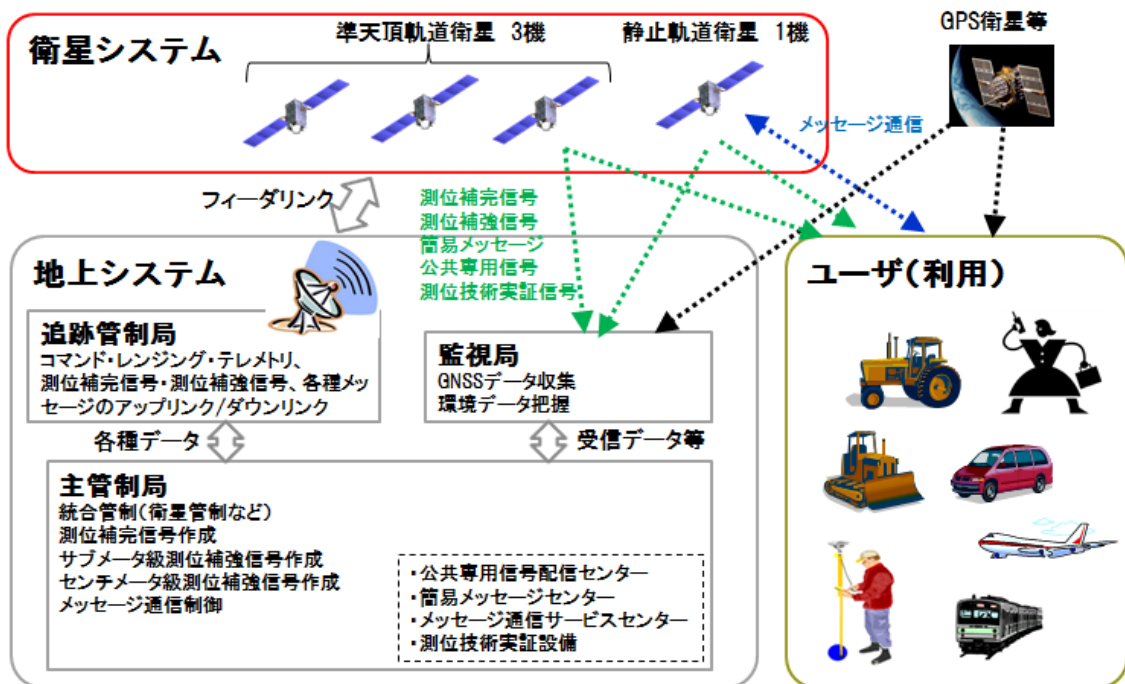


図 1-3 準天頂衛星システムの概要

① 測位補完サービス

GPS 衛星等による測位では、山陰やビル影の影響で測位に必要な衛星 4 機の視野を確保できないことが想定される。この時、準天頂衛星が天頂にあれば、残り 3 機が可視であれば測位可能となり、測位可能場所・時間率が大幅に向上する。同時に、測位に利用する衛星群の幾何学的配置がよくなり、測位精度向上に寄与する。特に垂直方向精度の向上には、高仰角と低仰角にそれぞれバランスよく配置された測位衛星が必要となる。天頂にある準天頂衛星と他の低仰角衛星との組合せ使用で、垂直方向精度が向上する。

② サブメータ級測位補強サービス

L1Sa 信号により、準天頂衛星及び GPS 衛星の補強情報を提供する。GPS の補強においては、GPS のみの場合には約 10m の測位精度であり、信頼性の保証はないが、GPS と補強情報を組み合わせることで、2m の測位精度と信頼性の確保が可能となる。

具体的な提供情報としては、まず、捕捉支援情報が挙げられ、利用可能な全ての衛星情報（軌道、健全性等）を配信することで、初期起動時の測位時間を数秒にまで短縮可能である。また、補正情報として、各衛星の時刻・軌道、各地域の電離層遅延等の誤差情報を配信することで、通常の測位値を補正し、サブメータ級にまで測位精度を向上できる。さらに、インテグリティ情報として利用衛星や補強システムの動作の健全性情報を配信することで、電離層異常やシステム不具合等による過大な測位誤りの利用を即座に防止できる。

③ センチメータ級測位補強サービス

電離層伝搬遅延補正、対流圏伝搬遅延や軌道時刻誤差に関する補正情報を提供する。補強の対象の信号は、L1-C/A・L5（準天頂衛星）、L1-C/A・L2P・L5（GPS）である。これにより、以下の測位精度を達成する。

- 静止水平精度：6cm 以下（95%）
- 静止垂直精度：12cm 以下（95%）
- 移動体水平精度：12cm 以下（95%）
- 移動体垂直精度：24cm 以下（95%）
- ※ 移動体の速度は、100km/h 以下

具体的な提供情報としては、まず補正情報が挙げられ、電子基準点でのモニタ情報、電離層遅延情報等を配信することにより、測定値を電子基準点でのモニタ値と比較することで、センチメータ級に至る相対位置精度がその場で得られる。また、サブメータ級測位補強サービスと同様にインテグリティ情報を提供する。

④ 公共専用信号配信サービス

政府あるいは政府が認めたユーザだけが使用できる信号を配信するものである。GPS 信号

を意図的に妨害するジャミングや偽の GPS 信号を送信するスプーフィングを回避することを目的とする。配信する情報として、測位補完機能、測位補強情報、その他の情報がある。

⑤ 簡易メッセージ配信サービス

災害発生時等の緊急時に、津波情報、避難情報、交通情報等のメッセージ（簡易メッセージ）を個人携帯端末等のユーザ端末に配信する。

簡易メッセージの配信には、サブメータ級測位補強サービスの信号である L1Saif のフォーマットの一部（メッセージタイプ 62 のフォーマット）を使用する。情報は 212bits で地域識別があり、15 秒毎に 1 メッセージ以上を配信可能である。

⑥ 測位技術実証プラットフォームサービス

次世代の高精度衛星測位技術として世界的にも注目されているため、L1 及び L5 信号を利用する測位技術実証プラットフォームを構築することで実証機会を提供するとともに、日本及びアジア太平洋地域における準天頂衛星システムの利用拡大を目的とした実証を行う。

2 移動衛星通信システムに求められるサービス

既存の移動衛星通信システムを想定して普及が推移した場合の利用者ニーズを把握することを目的にアンケート調査を実施した。衛星通信の利用が進んでいる企業等のユーザに対しては書面によるアンケートを、一般消費者に対してはインターネットによるアンケートを実施した。アンケート結果をもとに移動衛星通信システムの利用者ニーズを分析した。

2.1 一般消費者のニーズ

一般消費者のニーズを検討するため、20歳以上の男女を対象にインターネットによるWebアンケートを実施した。男女、地域（北海道・東北、関東、中部、近畿、中国・四国・九州・沖縄）、年代（20代、30代、40代、50代、60歳以上）の分布はほぼ同数であり、回答数は1050である。このアンケート結果から利用ニーズをまとめる。

まず、移動衛星通信システムの認知度及び利用割合について質問した。その結果、移動衛星通信システムの認知度は50%であり、移動衛星通信システムの利用割合は1%程度であった。

また、移動衛星通信システムの利用希望について質問した。その結果、移動衛星通信システムの利用希望は「利用料金が安ければ使ってみたい」と50%が回答している。移動衛星通信システムの認知度と利用希望をクロス集計した結果、認知度に依存せず「利用料金が安ければ使ってみたい」と約半数が回答している。条件が合えば移動衛星通信システムを利用してみたいという人が約半数いると推定できる。

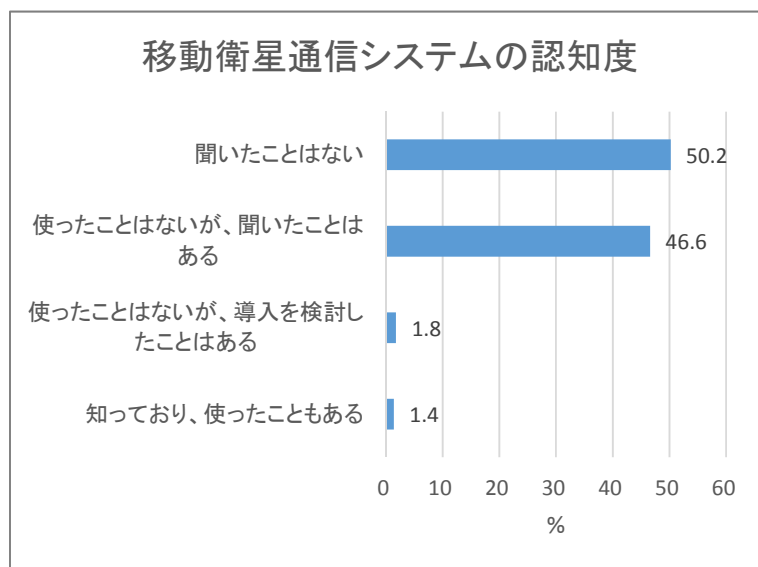


図 2-1 移動衛星通信システムの認知度

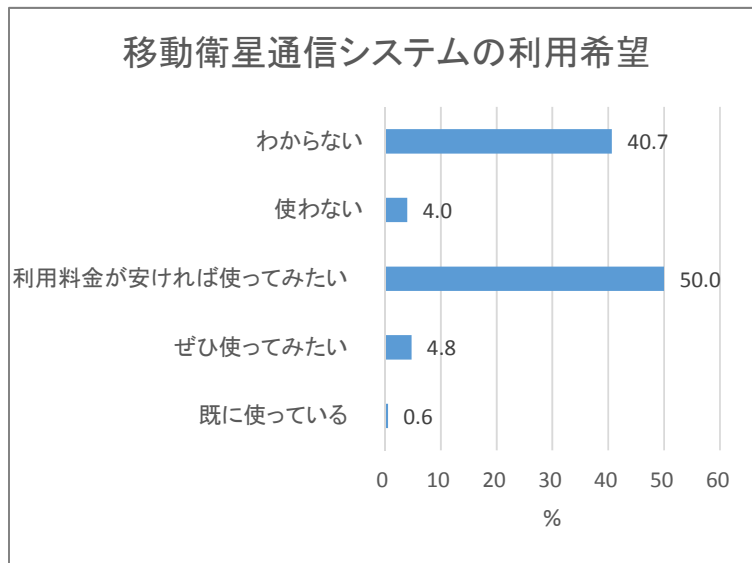


図 2-2 移動衛星通信システムの利用希望

また、一般消費者に対して、移動衛星通信システムの利用シーンについて質問したところ、図 2-3 のような回答が得られた（3 つまで選択し順位を付与）。1 位の回答としては「災害時、地上の通信網が利用できない場合に備えて保有」が 70% 近くを占めており、災害時の利用ニーズが非常に高いことがうかがえる。

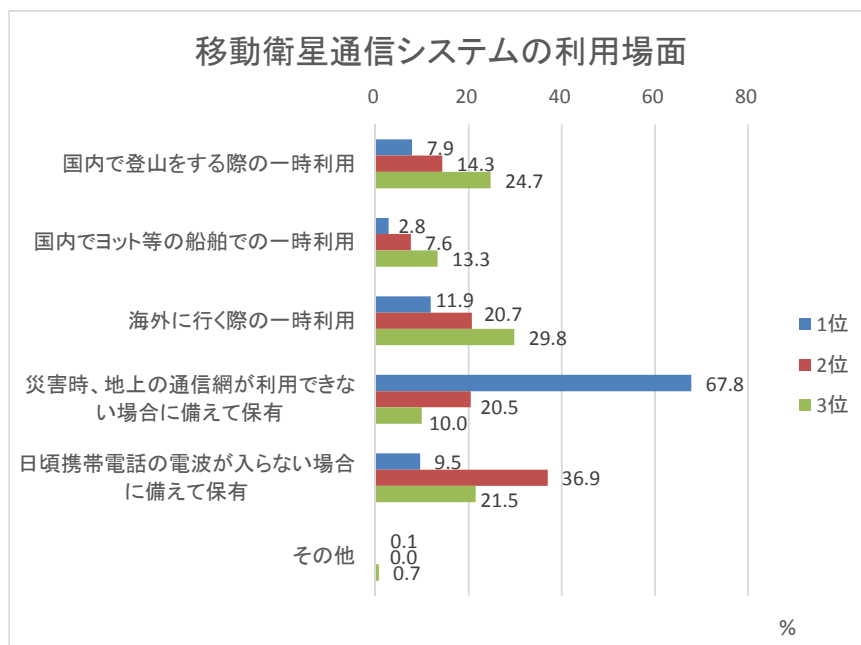


図 2-3 移動衛星通信システムの利用シーン

2.2 企業等のニーズ

企業等のニーズを調査するために、書面によるアンケートを実施したが、その際のアンケートの送付先の選定は以下のとおりとした。

- 衛星通信の利用が多い業種、事業継続計画導入率が高い業種等、8業種を対象に抽出
- 民間企業に関しては、一定の従業員数以上の企業を対象に抽出
- 地域的にはランダムに抽出

表 2-1 選定業種

| 対象業種 | 業種詳細 | 従業員数 |
|-------------|---|---------|
| 金融・保険 | 銀行・信託業、保険業、投資業、証券業、農林水産金融業、中小商工・庶民・住民等金融業 等 | 1000人以上 |
| 電力・ガス・通信・放送 | 国内・国際電気通信業、有線放送電話業、放送業、電気業、ガス業 等* | 300人以上 |
| 陸上・航空運輸 | 鉄道業、道路旅客運送業、道路貨物運送業、航空運輸業 等 | 1000人以上 |
| 水運 | 外航海運業、内陸水運業、船舶貸渡業 等 | 300人以上 |
| 建設 | 職別工事業、一般工事業、設備工事業 等 | 1000人以上 |
| 製造 | 食品・飼料・飲料製造業、たばこ製造業、綿・化学繊維製造業、木材・木製品製造業、化粧品製造業、ゴム製品製造業、窯業・土石製品製造業、鉄鋼業、金属製品業、一般機械器具製造業、電気機械器具製造業、輸送用機械器具製造業、精密機械器具製造業 等 | 1000人以上 |
| 小売・卸売 | 卸売業、小売業 | 1000人以上 |
| 自治体 | 地方公務 | 指定なし |

※ 民間企業のうち、衛星通信サービス提供事業者は対象外

アンケートは637通送付し、123通の回答があった。これらのアンケート結果から企業等のニーズを分析すると、以下のとおりとなる。

移動衛星通信システムの利用の有無について質問したところ、回答者の56%が、移動衛星通信システムを既に利用していると回答した。さらに、移動衛星通信システムの利用者に対して、利用している衛星通信システムを質問したところ、N-STAR、Iridium、Inmarsatを利用しているとの回答が多かった。

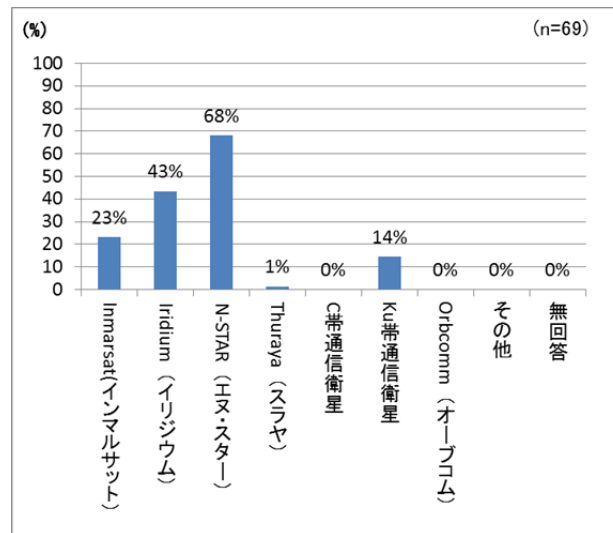


図 2-4 利用している移動衛星通信システム

移動衛星通信システムの利用者に対して、使用頻度を質問した。その結果、「災害発生時のみ利用する」との回答が過半数を占める一方、平時から利用するとの回答も約 42%を占め、ほとんど利用しないとの回答は 5%未満であった。

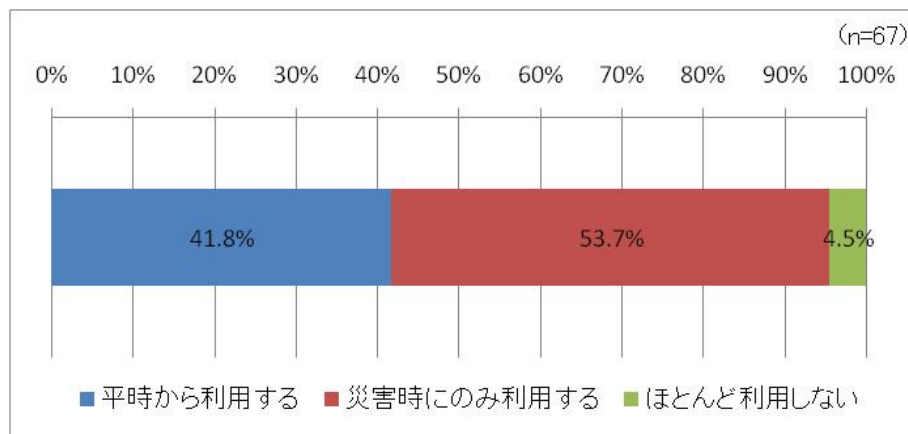


図 2-5 移動通信システムの利用頻度

今後 5 年程度の間には移動衛星通信システムを導入する計画があるかについて質問した。その結果、新たな移動衛星通信サービスの導入、もしくは利用中のサービスの端末数の増加について前向きな企業・自治体は 32%であり、導入予定台数は、10 台以下が半分以上を占めた。なお、「導入予定はない」と答えた企業・自治体 (41%) のうち、46%の企業・自治体は既に移動衛星通信システムを導入済みであった。

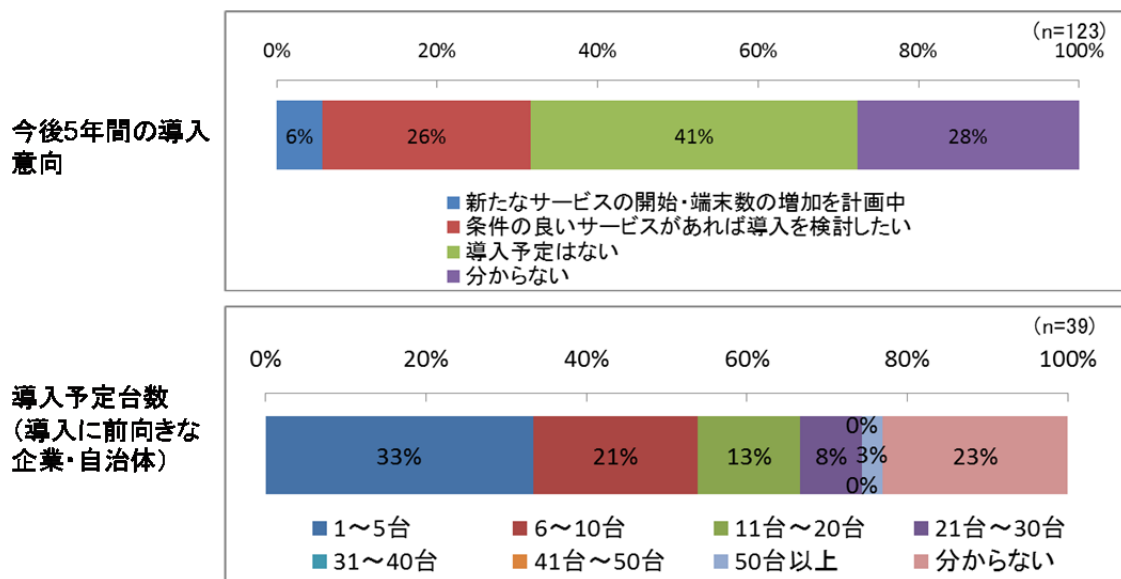


図 2-6 移動衛星通信サービスの導入予定 (新規需要・追加需要)

2.3 今後の需要予測

前述のアンケート結果を受け、今後も企業等における衛星移動通信システムの導入が進むと考えられることから、その需要予測を行った。

算出手法としては、2007年から2012年までの5年間における年平均成長率³が2020年まで継続するものと仮定した。その結果、既存の移動衛星通信システムを想定して今後も普及が進めば、2020年にはおよそ22万台の端末需要があると試算された。

³ 2007年～2012年の年平均成長率は、 $([2012年の端末台数] / [2007年の端末台数])$ の5乗根により算出した



※ 2007年～2012年の端末数は、イリジウム、N-STAR、インマルサットの端末数の合計

図 2-7 2020年までの移動衛星通信システムの需要予測

2.4 東日本大震災を受けた新たな衛星通信ニーズ

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、地震・津波による通信設備の物理的な破壊、電源喪失による機能の停止、さらには通信集中による輻輳と電気通信事業者による通信規制等、様々な形で通信機能が途絶した。図2-8に、東日本大震災における通信の被災・輻輳状況の概要を示す。固定通信については、ピーク時で190万回線が被災するとともに、固定電話の通信要求に対し、最大で80～90%の規制が行われた。移動通信については、ピーク時で合計15,000局の基地局（NTTドコモ、KDDI、ソフトバンクモバイル、イー・モバイルの4社合計）が停波するとともに、音声通信の要求に対し、最大で70～95%の通信規制が行われた。固定通信に対する規制は3月22日、移動通信に対する規制は3月17日までに解除されている。

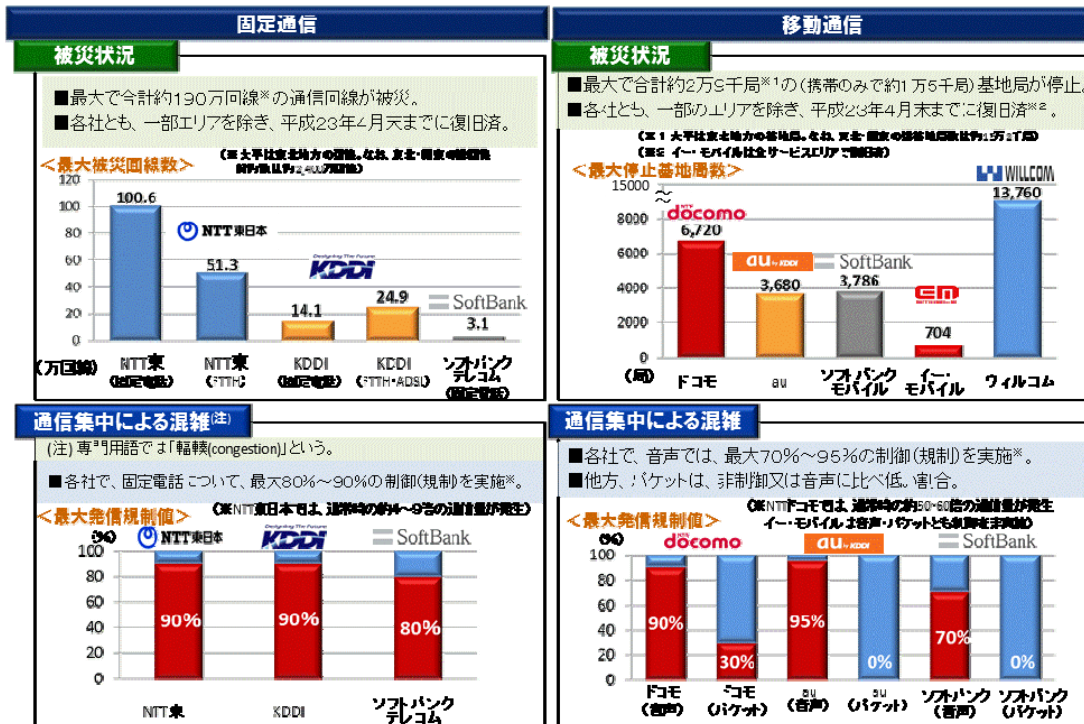


図2-8 東日本大震災における通信の被災・輻輳状況の概要

(出典：大規模災害等緊急事態における通信確保の在り方に関する検討会資料より)

東日本大震災での被災状況をもとに、衛星通信システムの潜在的な回線数の需要を試算する。本検討での想定を以下に示す。

[衛星通信に求められる災害時の最大通信需要]

= [停波した基地局が担うと想定される通信量]

- ・ 停波した基地局が担うと想定される音声通話 → 音声通話の需要と仮定
- ・ 停波した基地局が担うと想定される発信パケット → メッセージ通信の需要と仮定

東日本大震災での規制後の最大通信倍率、最大通信規制率は各社より図 2-9～図 2-11 のとおり報告されている。

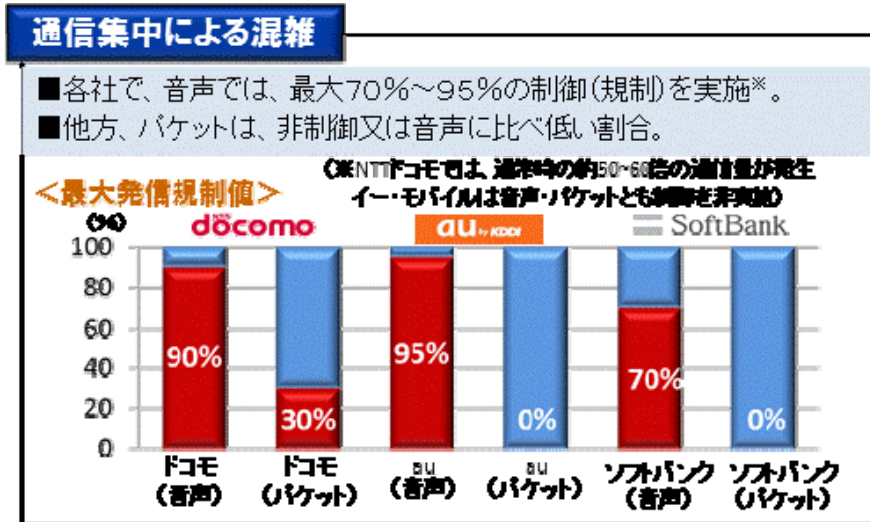


図 2-9 震災時の通信規制状況

(出典：大規模災害等緊急事態における通信確保の在り方に関する検討会資料より)

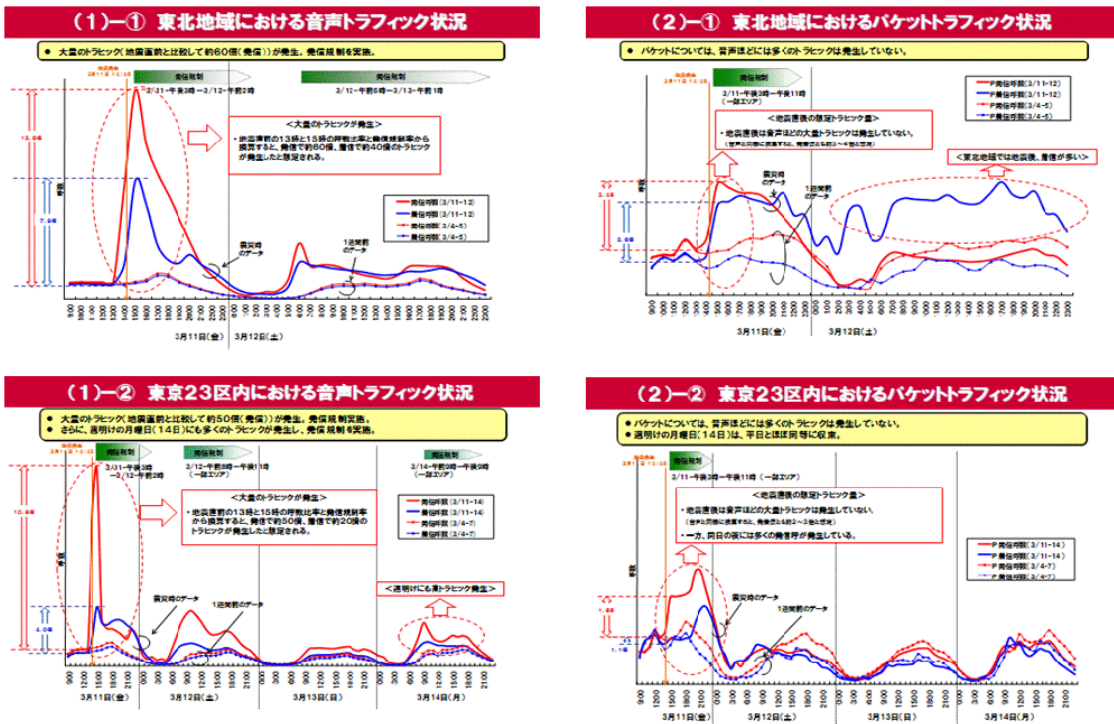


図 2-10 輻輳状況 (NTT ドコモ)

(出典：大規模災害等緊急事態における通信確保の在り方に関する検討会資料より)

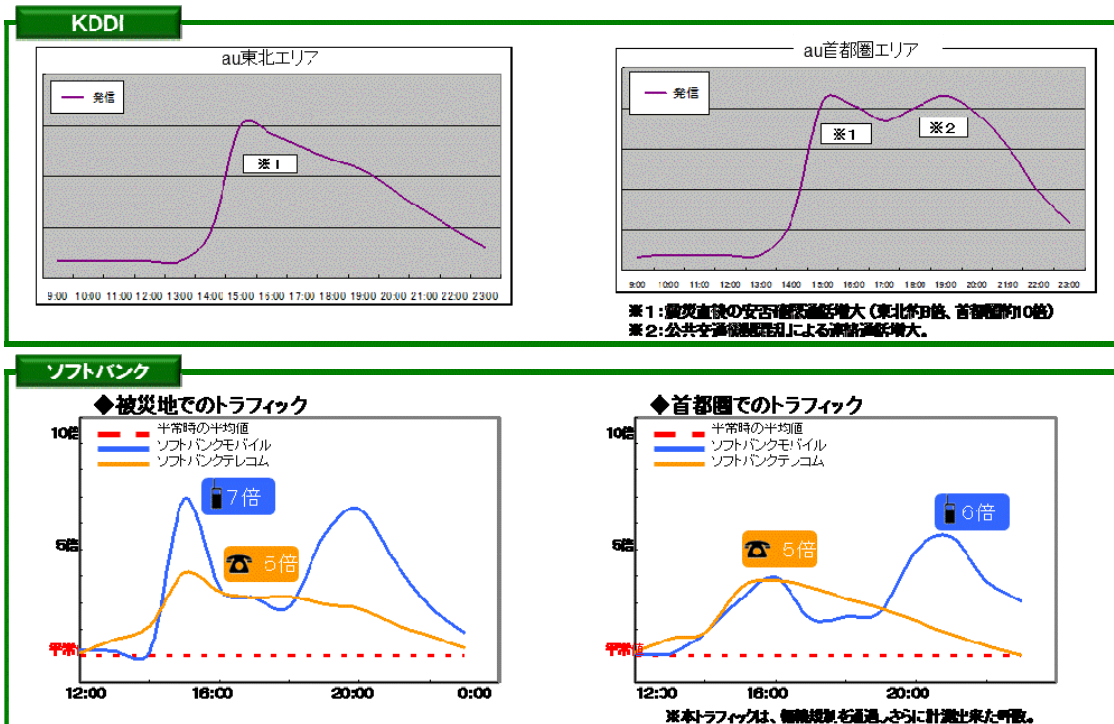


図 2-11 輻輳状況 (KDDI、ソフトバンク)

(出典：大規模災害等緊急事態における通信確保の在り方に関する検討会資料より)

震災時の音声通話回線の需要を試算する。

震災時に発生した通信規制実施前の最大の音声通話の発信数を次式で定義する。

$$[\text{規制前の最大発信数}] = [\text{平時の発信数}] \times [\text{通信規制前の最大発信倍率}]$$

図 2-10～図 2-11 及び携帯電話事業者の契約数割合をもとに、震災直後の音声通話の最大発信倍率は、平時と比べ、東北地域で 80 倍、首都圏で 86 倍と試算される。

平時の携帯電話による音声通話の発信数は、総務省の統計⁴によると、東北地域で 38 億 8,300 万回/年、関東地域で 210 億 6,000 万回/年である。東日本大震災が発生した時間帯である 14 時～15 時の発信回数率 6.5%¹を用いると、当該時間帯の平時の音声通話の発信数は、東北地域で 69 万回/時間、関東地域で 375 万回/時間と試算される。

これらの値から、最大音声発信数は東北地域で 5,520 万回/時間、関東地域で 32,250 万回/時間となり、合計すると 37,770 万回/時間となる。

⁴ 通信量からみた我が国の通信利用状況【平成 23 年度】、総務省総合通信盤局

この発信数を満たすための回線数を、携帯電話の呼損率をパラメータとしてアランB式で試算する。平均の通話時間を138秒¹、通常の携帯電話の呼損率3%⁵では、規制された通話をすべて収納するための回線数は東北・関東地域で1,404万回線と試算される。

東北・関東地域での基地局は137,500(5社合計)局であり、東日本大震災で被災したのは29,000局であった⁶。その結果、被災した地域のトラヒックをすべて衛星通信で対応すると仮定した場合、必要な回線数は、東北・関東地域での被災した基地局の割合(21%)を上記回線数に乗ずることで、東北・関東地域では295万回線と試算される。

次にメッセージ通信の需要量を試算する。

震災発生時に発生した、通信規制前の最大メール送信数を以下の式で試算する。

[規制前の最大メール送信数]

$$=[\text{携帯電話台数}] \times [\text{平時のメール平均送信数}] \times [\text{通信量の最大増加率}]$$

図2-9よりパケット通信で規制を行ったNTTドコモを対象に試算する。

一般社団法人電気通信事業者協会によると、NTTドコモの携帯契約数は、東北地域で383万、関東地域で2,436万であった。

東日本大震災によるパケット通信量の最大増加率は、図2-10より、東北地域で4倍、関東地域で3倍であった。

メールの平均送信数は、ネオマーケティング社のアンケートによると図2-12に示す結果が得られている。このアンケート結果をもとに一日の平均メール送信数を6.74通と想定した。

⁵ 情報通信審議会 情報通信技術分科会 2.5/2.6GHz帯移動体衛星通信システム委員会報告書、平成13年

⁶ 平成23年度 通信情報白書

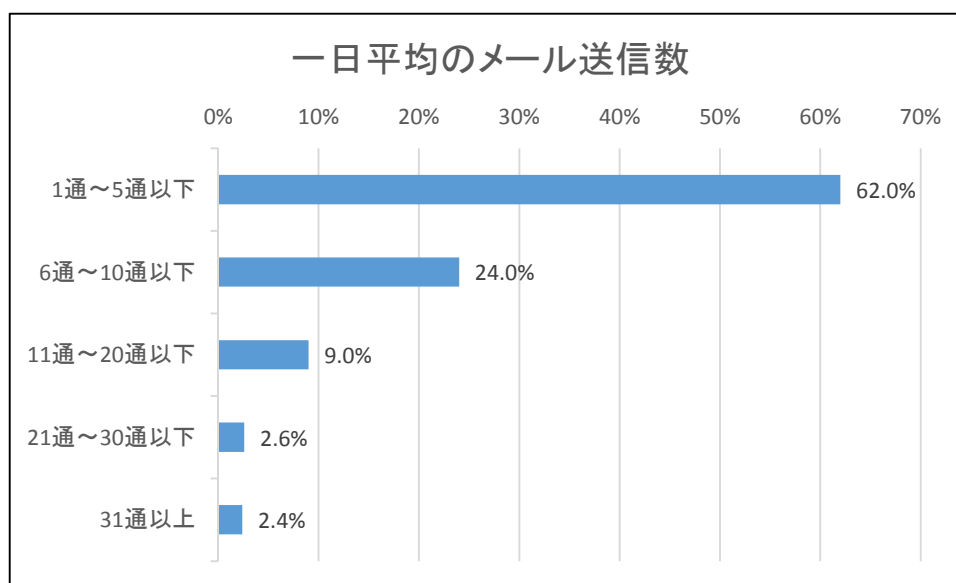


図 2-12 一日平均のメール送信数

(出典：「電子メールに関する調査（ネオマーケティング）」)

以上の結果、震災時に発生した最大メール送信数は、東北地域で 430 万通/時間、関東地域で 2,052 万通/時間、合計すると 2,482 万通/時間と試算される。

音声通話と同様の仮定に基づき衛星通信で対応する必要があるメール送信数を試算すると、最大メール送信数に東北・関東地域での停波した基地局の割合（21%）を乗ずることで、東北・関東地域で 521 万通/時間と試算される。

以上の試算は、東日本大震災時の状況をもとに試算したものであるが、その後、各通信事業者は震災を踏まえた様々な対策を講じている。「大規模災害等緊急事態における通信確保の在り方に関する検討会」での報告⁷によると、基地局停波の要因として、85%が停電によるもの、15%が津波や基地局設備故障、伝送路故障等によるものであり、伝送路故障については東北地域のみにおいて発生している。これを受け、基地局の停電による停波の対策として無停電化、バッテリー24時間化が推進されており、人口の約 65%をカバーすることが示されている⁸。

無停電化、バッテリー24時間化が推進されることにより、震災時に停波する基地局数は減少するものと考えられる。停波するであろう基地局の割合を、無停電化及びバッテリー24時間化の対策がカバーされない 35%と仮定した場合、衛星通信で対応する音声通信回線

⁷ 大規模災害等緊急事態における通信確保の在り方最終取りまとめ

http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban02_02000043.html

⁸ 大規模災害等緊急事態における通信確保の在り方に関する検討会ネットワークインフラワーキンググループ(NTT ドコモ)資料（2011年6月）

数は、東北・関東地域では 103 万回線、メール送信数に関しては東北・関東地域で 182 万通/時間と試算される。

以上のように、東日本大震災後の携帯電話事業者等の災害対策を踏まえても、なお、移動衛星通信システムによる通信の疎通が求められると考えられる。この際、平時の利用を前提とした事業者による提供形態では、非常時のニーズをすべてまかなうことは難しい場合も考えられるため、国民生活の安心・安全を確保するためには、国の役割は重要となり、このような移動衛星通信システムの在り方について官民一体となって検討する必要がある。

今後、国内に新たな移動衛星通信システムが実現されれば、大規模災害時等の際に地上系システムを補完する手段として衛星通信を活用することが可能になると見込まれるため、早急な整備が期待される。

3 国際周波数調整

3.1 周波数割当て（国際調整）の手続き

衛星網又は衛星システムのための周波数割当て（新規又は既存割当ての変更）は、国際電気通信連合（ITU）の無線通信規則（Radio Regulations; RR）第 9 条「他主管庁との調整又は同意を得る手続き」及び第 11 条「周波数割当て及び登録」が適用される。すなわち、衛星網又は衛星システムの使用開始日の 7 年前から遅くともなるべく 2 年前までに、RR 第 9 条第 I 節における事前公表資料を ITU へ送付する必要がある。さらに、使用を計画する周波数が RR 第 9 条第 II 節に規定される調整要件に該当する場合には、事前公表に引き続き必要となる調整手続きを行い、調整対象となる周波数割当てを有する他国の主管庁との間で調整を実施し、合意を得る必要がある。

周波数割当て（国際調整）の流れは図 3-1 に示すとおりである。

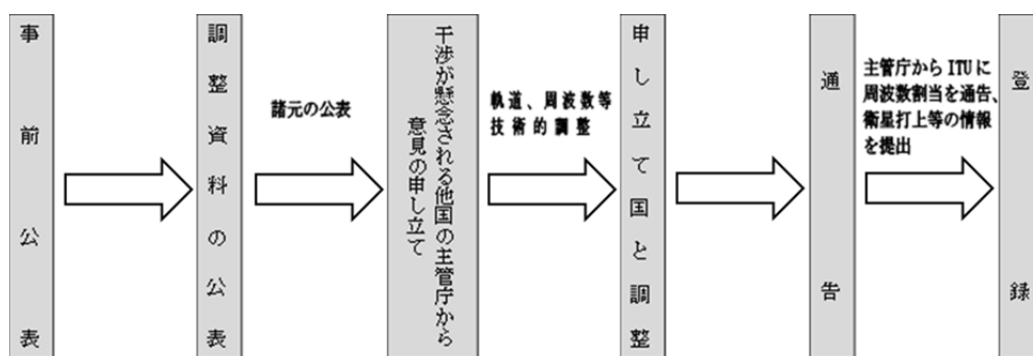


図 3-1 周波数割当て（国際調整）の手続きの流れ

3.2 L 帯の無線航行衛星業務に関する関連規定

L 帯の測位衛星システムに対応する国際周波数分配は図 3-2 の無線航行衛星業務として分配がなされている。1164-1215MHz の周波数帯においては、世界無線通信会議（WRC）決議第 609（WRC-07、改）の規定に従い、960-1215MHz の周波数帯における航空無線航行業務の無線局からの保護を要求してはならないことになっている（RR 第 5.328A 号）。また、1215-1300MHz の周波数帯は、RR 第 5.331 号で承認された無線航行業務に対して有害な混信を生じさせず、また、当該業務からの保護を要求しないことを条件として使用することができる（RR 第 5.329 号）。さらに、1215-1300MHz の周波数帯を使用する無線航行衛星業務は、無線標定業務に対して有害な混信を生じさせてはならないことになっている（RR 第 5.329 号）。

| | | |
|-----------|--|--|
| 1164-1215 | 航空無線航行 無線航行衛星 (宇宙から地球) (宇宙から宇宙) | 5. 328 5. 328B |
| | | 5. 328A |
| 1215-1240 | 地球探査衛星 (能動) 無線標定 無線航行衛星 (宇宙から地球) (宇宙から宇宙) 宇宙研究 (能動) | 5. 328B 5. 329 5. 329A |
| | | 5. 330 5. 331 5. 332 |
| 1240-1300 | 地球探査衛星 (能動) 無線標定 無線航行衛星 (宇宙から地球) (宇宙から宇宙) 宇宙研究 (能動) <u>アマチュア</u> | 5. 328B 5. 329 5. 329A |
| | | 5. 282 5. 330 5. 331 5. 332 5. 335 5. 335A |
| 1559-1610 | 航空無線航行 無線航行衛星 (宇宙から地球) (宇宙から宇宙) | 5. 208B 5. 328B 5. 329A |
| | | 5. 341 5. 362B 5. 362C |

図 3-2 L 帯における国際周波数分配

3.3 L 帯の無線航行衛星業務の国際調整状況

平成 25 年 11 月現在において、我が国の L 帯を用いた衛星測位システムのため、以下の国際調整手続きが行われている。

ア QZSS-1

準天頂衛星初号機「みちびき」に使用されている非静止衛星網であり、平成 24 年 7 月に国際周波数登録原簿への登録が完了している。

なお、この「みちびき」は実用準天頂衛星システムの一部を構成するものである。

イ QZSS-GS シリーズ及び QZSS

実用準天頂衛星システムを想定し、次に示す 6 衛星網の国際調整手続きが行われている。

| 衛星網名 | 軌道位置 |
|----------|---------|
| QZSS-GS1 | 東経90.5度 |
| QZSS-GS3 | 東経123度 |
| QZSS-GS4 | 東経127度 |
| QZSS-GS5 | 東経137度 |
| QZSS-GS8 | 東経168度 |
| QZSS | 非静止 |

これらの衛星網は、事前公表資料が平成 24 年 4 月に ITU へ送付され、平成 24 年 6 月に公表されている。調整資料は、平成 24 年 12 月に ITU へ送付され、平成 25 年 4 月に公表されている。

調整資料公表後、調整対象である 16 主管庁等のうち、平成 25 年 11 月現在、3 主管庁から同意が得られている。

また、L 帯の無線航行衛星業務については、二国間での国際調整に加えて、WRC 決議第 609 に基づく無線航行衛星システムに関するコンサルテーション会合等の多国間の場においても調整が行われている。

3.4 2GHz 帯の移動衛星業務に関する関連規定

2GHz 帯の移動衛星業務に対する国際周波数分配は図 3-3 のとおりとなっている。この周波数帯は、RR 第 9.11A 号が適用され、非静止衛星網に対しても静止衛星網と同等に調整手続きが課されることになっている (RR 第 5.389A 号)。また、IMT を行おうとする主管庁による使用が見込まれているが (WRC 決議第 212 (WRC-07 改))、これにより、この周波数帯に分配されている他業務の使用が排除されるわけではない (RR 第 5.388 号)。

【アップリンク】

| | | |
|-----------|--------------|--------------------------------|
| 1980-2010 | 固定 | |
| | 移動 | |
| | 移動衛星（地球から宇宙） | 5. 351A |
| | | 5. 388 5. 389A 5. 389B 5. 389F |

【ダウンリンク】

| | | |
|-----------|--------------|------------------------|
| 2170-2200 | 固定 | |
| | 移動 | |
| | 移動衛星（宇宙から地球） | 5. 351A |
| | | 5. 388 5. 389A 5. 389F |

図 3-3 2GHz 帯における国際周波数分配

3.5 2GHz 帯の移動衛星業務の国際調整状況

ア 世界的な動向

1980-2010MHz、2170-2200MHz の周波数帯について、我が国との調整が必要と考えられる東経 80 度～東経 180 度における、平成 25 年 9 月 9 日現在の各国の ITU への調整資料（CR/C）の提出状況は表 3-1 のとおりである。この表の静止衛星のうち、中国の 4 衛星網及びロシアの 3 衛星網は国際周波数登録原簿に登録済である。

表 3-1 各国の調整資料提出状況

| 静止衛星 | | 非静止衛星 | | |
|----------|------|--|------|---|
| 国名 | 衛星網数 | 国名 | 衛星網数 | |
| 中国 | 15 | オーストラリア | 2 | |
| キプロス | 5 | スペイン | 1 | |
| フランス | 14 | ノルウェー | 1 | |
| イギリス | 1 | (注) 衛星網については、 1980-2010MHz 又は 2170-2200MHz のどちらかのみ を含む場合も 1 つとして計 上。 | | |
| オランダ | 3 | | | |
| インドネシア | 2 | | | |
| イスラエル | 1 | | | |
| 日本 | 4 | | | |
| 韓国 | 3 | | | |
| ルクセンブルク | 4 | | | |
| マレーシア | 3 | | | |
| カタール | 1 | | | |
| ロシア | 6 | | | |
| タイ | 1 | | | |
| アラブ首長国連邦 | 7 | | | |
| 合計 | 70 | | 合計 | 4 |

イ 我が国の国際調整手続き

平成 25 年 11 月現在において、メッセージ通信を行う移動衛星通信システムを想定した、次に示す 5 衛星網の RR に基づく国際調整手続きが行われている。

| 衛星網名 | 軌道位置 |
|----------|---------|
| QZSS-GS1 | 東経90.5度 |
| QZSS-GS3 | 東経123度 |
| QZSS-GS4 | 東経127度 |
| QZSS-GS5 | 東経137度 |
| QZSS-GS8 | 東経168度 |

これらの衛星網は、事前公表資料が平成 24 年 12 月に ITU へ送付され、平成 25 年 4 月に公表されている。調整資料は、平成 25 年 4 月に ITU へ送付されているが、RR 第 9.1 号により、調整資料の ITU による受領日は、事前公表資料の受領日の 6 ヶ月以降とされているため、受領日は平成 25 年 6 月とされた。調整資料は、平成 25 年 11 月に公表されている。

なお、表 3-1 に日本の静止衛星が含まれているが、これは過去に、将来の権益確保を目的として、我が国が調整資料を提出したものであるが、RR に規定される調整期限 7 年を迎える平成 26～27 年までに使用開始は見込まれていない。このため、新たに事前公表資料を ITU へ送付しており、平成 25 年 10 月に公表されている。

4 L帯を用いた衛星測位システムの実現可能性

4.1 L帯を用いた衛星測位システムの技術動向

衛星測位システムは、カーナビに代表されるように人工衛星からの測位信号を受信し、各利用者が位置情報と時刻を算出するものである。位置、時刻の算出に当たっては、同時に4衛星以上を受信することを必要とするが、衛星の幾何学的配置等により、位置誤差が10数mになる場合がある。

これまで、衛星測位システムは米国が整備したGPS衛星やロシアのGLONASS衛星の利用が中心であったが、世界的に見ると、近年ではそれ以外に、欧州(Galileo)、中国(北斗)、インド(IRNSS)等がそれぞれ衛星測位システムの構築を進めており、今後、L帯の衛星測位システムの重要性は更に高まることが推測される。

衛星測位の原理について概説する。衛星測位は、以下に示す既知の情報から未知の情報(利用者が知りたい位置と時刻)を計算する。

- 既知の情報：衛星の位置と時刻
- 未知の情報：利用者(受信機)の位置と時刻

衛星の位置(3次元)と時刻を $(X_{sat}, Y_{sat}, Z_{sat}, t_{sat})$ とし、受信機の位置(3次元)と時刻を (X, Y, Z, t) とすると、衛星と受信機の距離は次式で表される。

$$\sqrt{(X - X_{sat})^2 + (Y - Y_{sat})^2 + (Z - Z_{sat})^2} = c \cdot (t - t_{sat})$$

但し、 c :光速

$(X_{sat}, Y_{sat}, Z_{sat}, t_{sat})$ は衛星からの測位信号の中に存在する。従って、4つの未知数を解く、つまり衛星測位を可能とするためには、4つの測位衛星が同時に可視となることが必要である。結果として受信機が得られる情報は、「位置」と「時刻」となる。

図4-1に、各国の衛星測位システムの送信信号の周波数分布を示す。縦方向に破線で行く信号は、相互運用性を有する信号群、つまり複数システムからの信号を同一受信機で受信可能な信号群である。

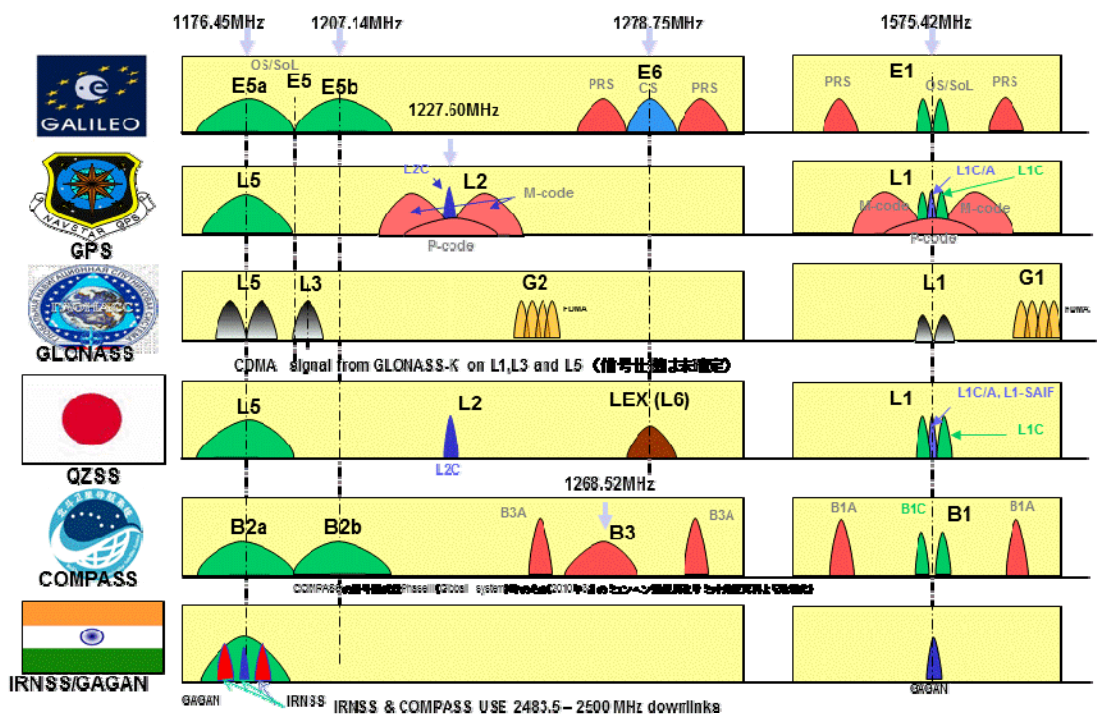


図 4-1 各衛星測位システムの送信信号の周波数分布

衛星測位システムの技術動向として、我が国の「みちびき」による実験結果の概要を示す。実験の結果としては、都市部や山間部等における測位可能な場所の大幅な改善等に加え、誤差情報の提供等の高精度化により、目標を上回る測位性能が確認される等、良好な結果が得られている。具体的には、「みちびき」の信号に含まれる測距精度として 0.4m が得られており、現行の GPS の 0.9m を上回るとともに、最新型の GPS と比較しても同等の精度が得られる等、世界トップレベルを達成している。また、電離層に関連する誤差情報等の提供について、日本周辺地域に適した誤差情報の作成手法を開発している。これにより、GPS のみによる測位に対して「みちびき」を加えた場合、測位誤差が水平方向で約 2/3、垂直方向で約 1/2 に低減され、大幅な測位精度の向上が確認されている。



図 4-2 GPS のみによる測位とみちびきを加えた場合の測位精度の比較

衛星測位システムが使用する周波数帯には、他の無線システムが多く存在することから、我が国への衛星測位システムの導入に当たっては、他の無線システムとの共用条件の検討が必要である。以下に挙げる ITU-R の各決議及び勧告等を活用しつつ、衛星測位システムと他の無線システムとの共用条件の検討が必要となる。

① WRC 決議第 609⁹

本決議は、ARNS (aeronautical radionavigation service) を保護する目的で、RNSS (radionavigation-satellite service) システムの全ての宇宙局から発生する epfd のレベルが、1164-1215MHz 帯のあらゆる 1MHz 帯域において一定のレベルを超過しないことを保証するものである。

② ITU-R 勧告 M.1831¹⁰

本勧告は、1164-1215MHz、1215-1300MHz、1559-1610MHz、5010-5030MHz 帯域において有効な勧告であり、RNSS のシステム間並びにネットワーク間の調整において使われる、干渉予測の手法について述べられている。

② ITU-R 勧告 M.1902¹¹

本勧告は、1215-1300MHz 帯の測位衛星によるサービスを受信する地上の受信局に対して、その特性と保護基準を示す勧告である。この勧告で提供される情報は、1215-1300MHz 帯で稼働する RNSS 受信機に対して、RNSS 以外の電波源からの周波数干渉の影響分析にて使われることを意図している。

⁹ Protection of aeronautical radionavigation service system from the equivalent power flux-density produced by radionavigation-satellite service networks and systems in the 1164-1215 MHz frequency band (Resolution 609)

¹⁰ A coordination methodology for RNSS inter-system interference estimation (Recommendation ITU-R M.1831)

¹¹ Characteristics and protection criteria for receiving earth stations in the radionavigation-satellite service (space-to-Earth) operating in the band 1215-1300 MHz (Recommendation ITU-R M.1902)

③ ITU-R 勧告 M.1903¹²

本勧告は、M.1902 と同様に、1559-1610 MHz 帯の測位衛星によるサービスを受信する地上の受信局に対して、その特性と保護基準を示す勧告である。

④ ITU-R 勧告 M.1905¹³

本勧告は、M.1902 と同様に、1164-1215 MHz 帯の測位衛星によるサービス (RNSS) を受信する地上の受信局に対して、その特性と保護基準を示す勧告である。

4.2 L帯を用いた衛星測位システムの実現可能性

4.2.1 実用準天頂衛星システム

実用準天頂衛星システムを利用した測位システムサービスについて概説する。図 4-3 にシステム構成を示す。衛星システムは、4機の測位衛星で構成され、3機は準天頂軌道衛星、1機は静止軌道衛星である。これに加え、地上システムと外部システムで構成される。

準天頂衛星システムから送信する L 帯信号の概要を表 4-1 に示す。

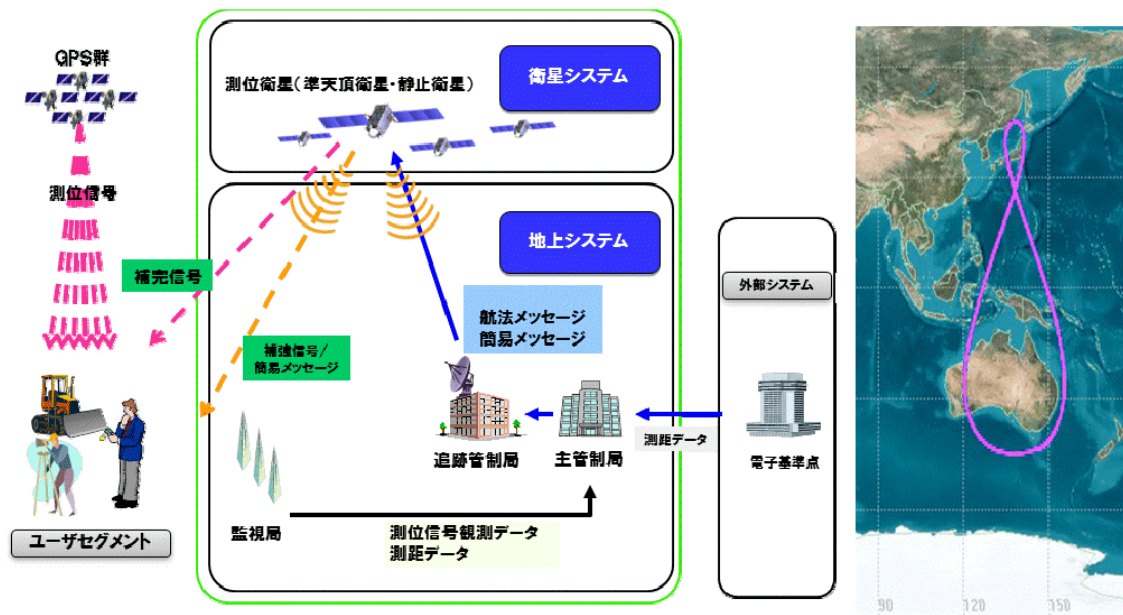


図 4-3 システム構成

¹² Characteristics and protection criteria for receiving earth stations in the radionavigation-satellite service (space-to-Earth) and receivers in the aeronautical radionavigation service operating in the band 1559-1610 MHz (Recommendation ITU-R M.1903)

¹³ Characteristics and protection criteria for receiving earth stations in the radionavigation-satellite service (space-to-Earth) operating in the band 1164-1215 MHz (Recommendation ITU-R M.1905)

表 4-1 準天頂衛星システムから送信する L 帯信号の概要

| サービス用途 | 信号名称 | 中心周波数 | チャンネル | コード周波数 | 特記事項 |
|-----------|-------------------------|------------|----------|----------|------------------|
| 測位補完 | L1C/A | 1575.42MHz | — | 1.023MHz | GPS L1C/A と同等 |
| | L1C | 1575.42MHz | パイロット | 1.023MHz | GPS L1C と同等 |
| | | | データ | 1.023MHz | |
| | L2C | 1227.60MHz | — | 1.023MHz | GPS L2C と同等 |
| | L5 | 1176.45MHz | I チャンネル | 10.23MHz | GPS L5 と同等 |
| Q チャンネル | | | 10.23MHz | | |
| サブメータ級補強 | L1Sa | 1575.42MHz | — | 1.023MHz | みちびき L1-SAIF と同等 |
| センチメータ級補強 | L6b | 1278.75MHz | — | 5.115MHz | みちびき LEX と同等 |
| 簡易メッセージ | サブメータ級補強信号 L1Sa に重畳して配信 | | | | |
| 公共専用信号 | L6a | 1278.75MHz | — | 5.115MHz | |
| 測位技術実証 | L5Sa | 1176.45MHz | — | 10.23MHz | 準天頂軌道衛星のみ |
| プラットフォーム | L1Sb | 1575.42MHz | — | 1.023MHz | 静止軌道衛星のみ |
| サービス | L5Sb | 1176.45MHz | — | 10.23MHz | 静止軌道衛星のみ |

4.2.2 共用システムの概要と共用検討状況

実用準天頂衛星システムとの共用検討が必要な無線システムについて概説する。

(1) 放送事業用無線局(FPU : Field Pickup Unit)

① FPU のシステム概要

FPU は、テレビ局の番組制作において、事件／事故等の報道現場や、番組の中継現場から、本社まで映像・音声の番組素材の伝送等を行う際に用いられる。800MHz 帯を用いた FPU は、見通し外での映像伝送や移動しながらの中継を可能とする唯一の伝送手段であった。報道中継用途では全国で設備が使用され、各地方の拠点局に設備する他、エリアの取材体制を系列ごとに構築しており、受信系の運用は 24 時間連続、送信系の運用は不定期である。一般番組中継は全国で使用されるが、ロードレースやゴルフ等のスポーツ中継はその大会の開催場所に特定される。

800MHz 帯 FPU は、周波数割当計画に従い、2019 年 3 月 31 日までに、1.2GHz 帯と 2.3GHz 帯に移行することが決まっており、特に従来 800MHz 帯で行っている移動体伝送、見通し外伝送等は 1.2GHz 帯でないと対応できないことから、当該周波数帯が用いられることが予定されている。表 4-2 に、1.2GHz 帯 FPU の諸元を示す。

表 4-2 FPU の諸元

| | |
|------------|---|
| 使用周波数 | 1240-1300MHz、チャンネル間隔 1MHz |
| 通信方式 | 単向通信方式 |
| 変調方式 | OFDM（直交周波数分割多重変調）方式 各キャリアの変調方式は、64QAM、32QAM、16QAM、8PSK、QPSK、BPSK、DBPSK |
| 電波の型式 | X7W |
| 占有周波数帯幅 | フルモード 17.5MHz 以下、ハーフモード 8.5MHz 以下 |
| 送信周波数の許容偏差 | 7×10^{-6} 以下 |
| 送信空中線電力 | SISO フルモード 25W ハーフモード 12.5W MIMO 各送信機の高周波増幅部出力の総和 |

② FPU との共用検討状況

● 共用する測位衛星信号

L2C(測位補完)、L6b(センチメートル級補強)、L6a(公共専用信号)

● 与干渉の検討状況

机上検討により、受信感度点付近のワースト条件においても D/U が 42.2dB 程度となる結果が得られている。また、受信機の熱雑音から、衛星信号の電力密度はノイズフロア以下であり、問題は発生しないことが確認されている。

なお、現在、準天頂衛星「みちびき」が運用中であるが、FPU 側の運用において特に支障となる混信が発生しているという報告はされていない。

● 被干渉の検討状況

FPU 信号の電力に関する屋内実測結果をもとに、平面大地モデルで離隔距離を算出したところ、約 4000m との結果が得られている。また、FPU 送信機を搭載した中継車を用いて屋外実測を実施し、実態に則した離隔距離を算出したところ、都市環境においては 400m~800m、郊外環境では 700m~1200m との結果が得られている。

さらにこれら屋内及び屋外の実測結果をもとに、FPU から L6 信号への干渉について次の計算を行い、具体的な影響度について検討を行った。

$$[\text{FPU による最大影響度}] = [\text{離隔面積}] / [\text{携帯電話のカバーエリア面積}] \times [\text{FPU の使用時間}] / 365 (\text{日}) \times 24 (\text{時間})$$

その結果、FPU から L6 信号への最大影響度の総和は 0.0052% であり、準天頂衛星システムで許容されているサービスの未達成確率に比べても非常に小さい値であることから、許

容範囲内であると考えられる。

FPUについては、情報・報道番組中継等に利用されており、基本的には最大出力を出さなければならぬ報道番組中継等を除き、省電力機器の導入等が行われる予定であり、その影響度合いは更に小さくなることが見込まれる。さらに、今後決定される実用準天頂衛星システムサービスの内容等に応じて、準天頂システム運用者による受信機利用者への周知等の運用面における干渉軽減策を検討する。以上から、共用可能であると考えられる。

(2) アマチュア無線

① アマチュア無線のシステム概要

アマチュア無線には様々な利用形態が挙げられ、レピータ、高速データ、データ、アマチュアテレビジョン、モールス符号を使用した電信、狭帯域通信、ビーコン、VoIP、広帯域通信、月面反射通信（EME）等の用途により、周波数の使用区分が決められている。

移動しない局の無線局数は、空中線電力 10W 以下が約 4 千局（レピータ局約 5 百局を含む）、空中線電力 500W 以下が約 30 局（EME の通信に限る）となっている。また、移動する局の無線局数は、空中線電力 1W 以下が約 12 万局（1W 以下のレピータ局を含む）、空中線電力 50W 以下が約 20 局（EME の通信に限る）となっている。

表 4-3 に、1.2GHz 帯の一般的なレピータ局の諸元を示す。

表 4-3 アマチュア無線（レピータ局）の諸元

| | |
|---------|--|
| 使用周波数 | 1270-1273MHz、1290MHz-1293MHz の内の任意の周波数 |
| 通信方式 | 2 波複信方式（FM、DV） 1 波単信方式（DD） |
| 電波の型式 | F3E（OBW 16kHz）、F7W（OBW 6kHz）、F1D（OBW 150kHz） |
| 受信通過帯域幅 | F3E 16kHz、F7W 12kHz、F1D 220kHz |
| 送信電力 | 10W 以下 |
| 空中線利得 | 無指向性アンテナ 10dBi（平均的な使用アンテナ利得） 給電線損失 3dB（10DFB 10m:1.5dB、アンテナ共用器:1.5dB） |

② アマチュア無線との共用検討状況

● 共用する測位衛星信号

L6b（センチメートル級補強）、L6a（公共専用信号）

● 与干渉の検討状況

机上検討により、感度点付近のワースト条件においても D/U がそれぞれ SSB/CW : 27dB、FM : 23.9dB、DV : 30.7dB 程度となる結果が得られている。また、レピーター局の許容干渉レベルに対して 14.7dB のマージンがあることが確認されている。

なお、現在、準天頂衛星「みちびき」が運用されているが、アマチュア局側の運用において特に支障となる混信が発生しているという報告はされていない。

- 被干渉の検討状況

机上検討の結果、準天頂衛星受信機にフィルターを挿入するとともにアマチュア局の空中線電力を制限することによって、干渉を軽減することが可能と考えられることから、更に実測によってこれらを検証することとしている。

(3) 航空無線航行（航空用 DME）

① 航空用 DME のシステム概要

航空用 DME は、運航中の航空機に対して方位及び距離の情報を同時に提供するシステムである。民間航空機が使用する航空路等には、ICAO 標準の VOR/DME を整備し、民間機及び軍用機の双方が使用する航空路等には、双方が共用できるように VORTAC (VOR と TACAN) が整備されている。

航空用 DME の概要を表 4-4 に示す。

表 4-4 VOR/DME 等の概要

| 施設名 | 提供機能 | 使用周波数帯 | 使用航空機 | 備考 |
|-----|------|-------------------|-------|---------|
| VOR | 方位情報 | VHF (108-118MHz) | 民間機 | ICAO 標準 |
| DME | 距離情報 | UHF (960-1215MHz) | 民間機 | ICAO 標準 |

注) VOR : VHF Omnidirectional Radio Range

DME : Distance Measuring Equipment

② 航空用 DME との共用検討状況

- 共用する測位衛星信号

L5 (測位補完)、L5Sa (測位技術実証プラットフォームサービス)、L5Sb (測位技術実証プラットフォームサービス)、L2C (測位補完)

- 与干渉の検討状況

L5 に関する WRC 決議 609 に基づく Res609 ミーティングにおいて、準天頂衛星初号機「みちびき」を含む aepfd の合計は上限値を超えていないと結論付けされている。

- 被干渉の検討状況

航空機が L5 を使用する場合において、米国 RTCA 規格 D0-292 に基づき米国のワーストケースにおいて問題なく、日本では最も配置密度の高い関東周辺においても米国の配置密度より低いことから問題ないと考えられるが、今後確認が必要とされている。

(4) MTSAT

① MTSAT のシステム概要

MTSAT は、気象ミッション、航空移動体衛星通信サービス及び運輸多目的衛星用衛星航法補強システム (MSAS) を提供する衛星システムであり、MSAS については L1 の周波数を使用している。

MSAS L1 信号は、GPS を航空機の航法に利用する場合に、GPS のみでは不足している要件 (利用可能性、継続性、完全性、精度) を SBAS (Satellite Based Augmentation System) メッセージとして航空機に伝え、GPS 航法を補強するものである。

MSAS は、8 局の地上局 (モニター局) にて、MSAS 及び GPS の L1 信号をモニターし、その情報をリアルタイムで衛星センターに送り、SBAS メッセージを生成する。それを Ku 帯のアップリンクを使用して送信し、衛星側で L1 (1575.42MHz) にダウンコンバートして、同報送信している。

MSAS (L1) の諸元を表 4-5 に示す。

表 4-5 MSAS (L1) の諸元

| | |
|-----------|------------|
| 中心周波数 | 1575.42MHz |
| 送信帯域 | 2.2MHz |
| シンボルレート | 500sps |
| チップレート | 1.023Mcps |
| PRN コード番号 | 129 / 137 |

② MTSAT との共用検討状況

● 共用する測位衛星信号

L5 (測位補完)、L5Sa (測位技術実証)、L5Sb (測位技術実証)、L1C/A (測位補完)、L1C (測位技術実証)、L1Sa (サブメータ級補強、簡易メッセージ)、L1Sb (測位技術実証プラットフォームサービス)

● 与干渉の検討状況

干渉計算に使用するパラメータ等の妥当性を検証の上、検討中。今後、成立性について詳細な検討が必要である。

● 被干渉の検討状況

解析手法として ITU-R M.1831 を適用し、前提条件として、QZSS、GPS、Galileo、COMPASS、SBAS (MTSAT) の信号を考慮して解析を行った。その結果、L1-C/A、L1S、L1C のそれぞれの C/N0 (eff) を算出し、基準値を満足することが確認されている。

(5) 移動（1.2GHz 帯特定ラジオマイク）

① 1.2GHz 帯特定ラジオマイクのシステム概要

特定ラジオマイクは、全国の報道、TV 番組制作、野外コンサート等の現場で運用される。FPU 同様に 800MHz 帯からの移行が決まっており、デジタル TV 放送が使用している周波数帯において、二次業務（ホワイトスペース利用）としてデジタル TV 放送に影響を与えない範囲内で運用されるほか、1.2GHz 帯において一次業務として運用される予定である。

アナログ、デジタルともに ARIB STD-T112 において空中線電力は 50mW 以下と定められているが、今後の運用においても従来からの 10mW 程度での運用が多くなるものと考えられる。

表 4-6 に、1.2GHz 帯特定ラジオマイクの諸元を示す。

表 4-6 1.2GHz 帯 特定ラジオマイクの諸元

| | |
|---------|----------------------------|
| 使用周波数 | 1240-1252MHz, 1253-1260MHz |
| 代表的受信感度 | 20dBu 以下 |
| 空中線電力 | 50mW 以下 |

② 1.2GHz 帯特定ラジオマイクとの共用検討状況

● 共用する測位衛星信号

L2C（測位補完）、L6（センチメートル級補強）、L6a（公共専用信号）

● 与干渉の検討状況

机上検討により、感度点付近のワースト条件においても D/U が 69dB 程度となる結果が得られている。

● 被干渉の検討状況

全国一円、24 時間の運用を条件とし、公開されている信号諸元の情報をもとに一次解析として離隔距離を検討したところ、例えば都市部では 800m、郊外では 1.6km という結果が得られている。実際の特定ラジオマイクの運用については、屋内と屋外での運用があり、屋内においては建物の遮蔽損が見込め、屋外については運用実績の記録を確認することにより運用場所や使用時間等を踏まえて、共用条件の策定に向けて、引き続き詳細な検討を行う必要がある。

(6) 移動（1.2GHz 帯画像伝送用携帯局）

① 1.2GHz 帯画像伝送用携帯局のシステム概要

1.2GHz 帯画像伝送用携帯局は、無人ヘリコプター等のモニターとして搭載し、撮影した画像をリアルタイムに伝送することを目的とした無線システムである。平成 25 年現在の登録会員数は全国に 30 団体である。1 団体の使用頻度は、1 回 10～15 分で 1 日 2～3 回程度

である。全国で複数の業者がフライトし、同時に無線局を運用する場合、干渉の影響について相互の話し合いによる運用調整が行われている。

移動（画像伝送）ヘリテレの諸元を表 4-7 に示す。

表 4-7 1.2GHz 帯画像伝送用携帯局の諸元

| | |
|---------|-----------------------|
| 使用周波数 | 1281.50MHz 1波 |
| 出力 | 1W 以下 |
| 占有帯域幅 | 6MHz |
| アンテナゲイン | 2.14dBi（ホイップアンテナ） |
| 電波形式 | F3F「FM方式アナログ変調（映像のみ）」 |
| 映像方式 | NTSC に準拠 |

② 1.2GHz 帯画像伝送用携帯局との共用検討状況

● 共用する測位衛星信号

L6b（センチメートル級補強）、L6a（公共専用信号）

● 与干渉の検討状況

机上検討により、感度点付近のワースト条件においても D/U が 54dB 程度と、アナログテレビのカラー復調を行う上で問題がないという結果が得られている。

なお、現在、準天頂衛星「みちびき」が運用されているが、画像伝送用携帯局側の運用において特に支障となる混信が発生しているという報告はされていない。

● 被干渉の検討状況

高度 100～200m にて帯域 6MHz、出力 1W（実運用 0.5W）にて通常運用するとの情報に基づいて一次解析として離隔距離を検討したところ、例えば郊外では 4.2km、オープンスペースでは 18.4km という結果が得られている。実際の影響度合いや頻度の見積りのため、画像伝送側からの運用状況等の情報提供を踏まえて、共用の検討を行う必要がある。

(7) 移動（特定小電力無線局、構内無線局）

① 特定小電力無線局及び構内無線局のシステム概要

特定小電力無線とは、総務省で定める一定の条件を満たした無線設備であれば無線従事者資格も無線局免許も不要である無線システムである。利用形態としては、テレメータ、データ伝送、無線電話、ラジオマイク等が挙げられる。

1.2GHz 帯のテレメータ用、テレコントロール用及びデータ伝送用無線設備の諸元を表 4-8 に示す。

表 4-8 1.2GHz 帯特定小電力無線局の諸元

| | |
|----------------------|--|
| 使用周波数 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 1216.0125MHz以上1216.9875MHz以下の周波数であって、1216.0125MHz及び1216.0125MHzに25kHzの整数倍を加えたもの、並びにこれらの周波数に36MHzを加えたもの。 ・ 1216MHz 以上 1217MHz 以下の周波数であって、1216MHz 及び 1216MHz に 50kHz の整数倍を加えたもの、並びにこれらの周波数に 36MHz を加えたもの。 |
| 空中線電力 | 0.01W 以下 |
| 空中線電力の許容範囲 | +50%、-50% |
| 周波数の許容偏差 | $\pm 4 \times 10^{-6}$ 、 $\pm 3 \times 10^{-6}$ (チャンネル間隔が 25kHz のもの) |
| 占有周波数帯幅の許容値 | 32kHz (チャンネル間隔が 50kHz のもの) 16kHz (チャンネル間隔が 25kHz のもの) |
| スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値 | 2.5 μ W 以下 |

構内無線局とは、一つの構内で RFID (Radio Frequency Identification) 等をはじめとする移動体識別用の無線設備を利用した無線局である。識別装置を荷物や商品に取り付けることによって、物流の効率化や、商品管理等を行うことが可能である。

1.2GHz 帯テレメータ用、テレコントロール用及びデータ伝送用無線設備の諸元を表 4-9 に示す。

表 4-9 1.2GHz 帯構内無線局の諸元

| | |
|----------------------|--|
| 使用周波数 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 1216.0125MHz以上1216.9875MHz以下の周波数であって、1216.0125MHz及び1216.0125MHzに25kHzの整数倍を加えたもの、並びにこれらの周波数に36MHzを加えたもの。 ・ 1216MHz 以上 1217MHz 以下の周波数であって、1216MHz 及び 1216MHz に 50kHz の整数倍を加えたもの、並びにこれらの周波数に 36MHz を加えたもの。 |
| 空中線電力 | 0.1W 以下 |
| 空中線電力の許容範囲 | +50%、-50% |
| 周波数の許容偏差 | $\pm 4 \times 10^{-6}$ 、 $\pm 3 \times 10^{-6}$ (チャンネル間隔が 25kHz のもの) |
| 占有周波数帯幅の許容値 | 32kHz (チャンネル間隔が 50kHz のもの) 16kHz (チャンネル間隔が 25kHz のもの) |
| スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値 | 2.5 μ W 以下 |

② 特定小電力無線局及び構内無線局との共用検討状況

● 共用する測位衛星信号

L2C (測位補完)、L6b (センチメートル級補強)、L6a (公共専用信号)

● 与干渉の検討状況

机上検討により、感度点付近のワースト条件においても D/U が 67dB 程度となる結果が得られている。また、受信機の熱雑音から、衛星信号の電力密度はノイズフロア以下であることが確認されている。

なお、現在、準天頂衛星「みちびき」が運用されているが、特定小電力無線局側の運用において特に支障となる混信が発生しているという報告はされていない。

● 被干渉の検討状況

公開されている特定小電力無線局の信号諸元をもとに、一次解析として離隔距離を検討したところ、例えば、都市部では 2.8km、郊外では 5.7km という結果が得られている。引き続き、干渉量の低減を見越して帯域を加味した詳細検討を実施することとされている。

4.2.3 L帯を用いた衛星測位システムの共用検討結果

L帯を用いた衛星測位システムの共用検討を実施した結果をまとめると、以下のとおりである。

(1) 放送事業用無線局(FPU : Field Pickup Unit)

与干渉については、共用可能と考えられる。

被干渉については、以下の結果から、共用可能であると考えられる。

- ・ 準天頂衛星が FPU から干渉を受ける影響が十分に小さいものと考えられること。
- ・ FPU については、情報番組中継、報道番組中継等に利用されている中で、基本的には最大出力を出さなければならない報道番組中継等を除き、省電力機器の導入等が行われる予定であり、その影響度合いは更に小さくなるが見込まれること。
- ・ さらに、今後決定される実用準天頂衛星システムのサービス内容等に応じて、準天頂衛星システム運用者による受信機利用者への周知等の運用面における干渉軽減策を検討すること。

(2) アマチュア無線

与干渉については、共用可能と考えられる。

被干渉については、準天頂衛星受信機にフィルタを挿入するとともにアマチュア局の空中線電力を制限することによって、干渉を軽減することが可能と考えられることから、共用条件の策定に向けて、実測等によって詳細な検証を行う必要がある。

(3) 航空無線航行（航空用 DME）

与干渉については、共用可能と考えられる。

被干渉については、共用可能と考えられるが、将来、航空機が L5 を使用した場合の被干渉への検討については、将来の日本の状況を考慮しつつ詳細な検討を行う必要がある。

(4) 無線航行衛星（MTSAT）

与干渉については、今後、成立性について詳細な検討が必要である。

被干渉については、共用可能と考えられる。

(5) 移動（1.2GHz 帯特定ラジオマイク）

与干渉については、共用可能と考えられるが、今後、特定ラジオマイクの試作検証、運用の開始に伴い、疑義が発生した場合には準天頂衛星からの影響について実測等を行い、共用のための調整を行う必要がある。

被干渉については、一次解析の結果を踏まえて、共用条件の策定に向けて、引き続き詳細な検討を行う必要がある。

(6) 移動（1.2GHz 帯画像伝送用携帯局）

与干渉については、共用可能と考えられる。

被干渉については、一次解析の結果を踏まえて、共用条件の策定に向けて、引き続き詳細な検討を行う必要がある。

(7) 移動（特定小電力無線局、構内無線局）

与干渉については、共用可能と考えられる。

被干渉については、一次解析の結果を踏まえて、共用条件の策定に向けて、引き続き詳細な検討を行う必要がある。

以上を総括すると、概ね共用の実現可能性はあると考えられる。被干渉については、引き続き詳細な検討を行う必要がある。

5 S帯を用いた移動衛星通信システムの実現可能性

5.1 S帯における移動衛星通信システムの技術動向

(1) マルチスポットビーム技術

大規模災害時における通信需要の増大に対応するため、通信回線の収容数を増加するためには、周波数の利用効率を向上し、衛星トータルの通信容量を増大する必要がある。マルチスポットビーム技術により多ビーム化し、周波数を繰り返し利用することで、周波数利用効率を向上することが可能である。

図 5-1 にスポットビーム数の動向を示す。世界のスポットビーム数の動向としては、2000 年台以降、Garuda-1 衛星や Thuraya-1 衛星等 100 を超えるスポットビームを生成する衛星が出現し、さらに 2000 年台後半になると、TerreStar-1 衛星や SkyTerra-1 衛星等、500 を超えるスポットビームを生成する衛星が出現している。

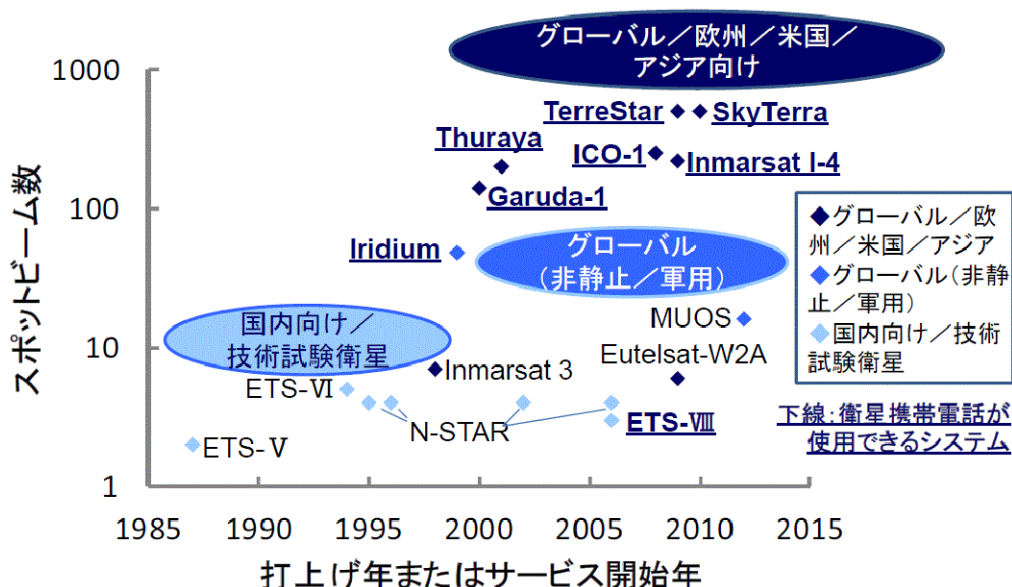


図 5-1 スポットビーム数の動向

(2) デジタルチャネライザ技術

大規模災害時等においては、通信需要の急激な増大や平時とは異なる一部の地域へのトラヒックの集中等が想定される。デジタルチャネライザは、ビーム毎の周波数配分を変更する技術であり、これにより被災地等に対して衛星の周波数リソースを集中させることが可能である。図 5-2 にデジタルチャネライザによる周波数リソースの集中のイメージを示す。

デジタルチャネライザを搭載している衛星としては、Thuraya 衛星、Inmarsat-4 衛星、SkyTerra-1 衛星、Alphasat 1-XL 衛星等があげられる。我が国では、ユーザリンク帯域

幅 30MHz、フィーダリンク帯域幅 200MHz を扱えるデジタルチャネライザ技術の研究開発が行われており、部分試作による地上での技術実証が行われた。¹⁴

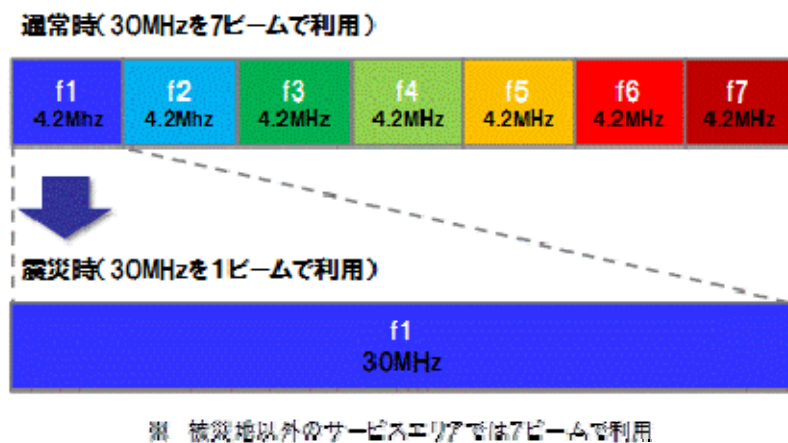


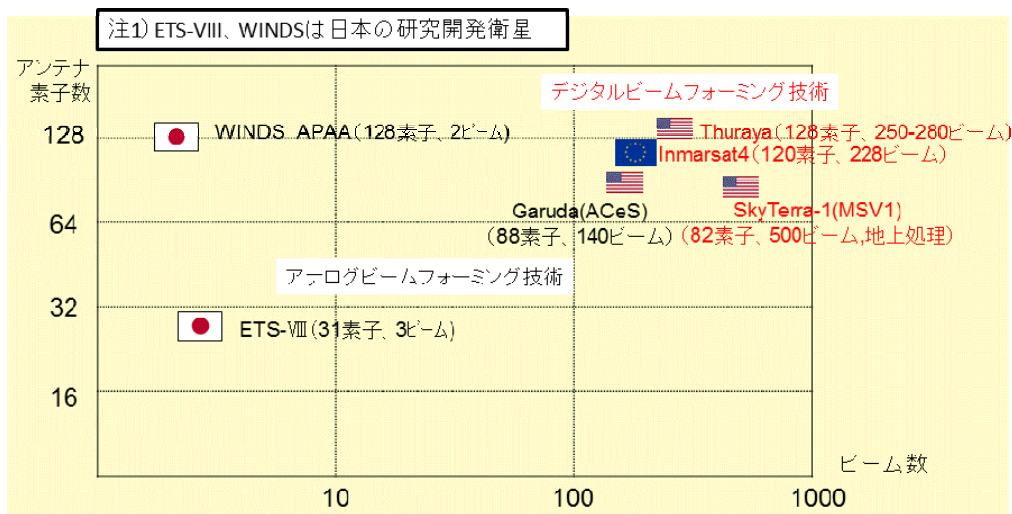
図 5-2 デジタルチャネライザによる周波数リソースの集中のイメージ

(3) デジタルビームフォーミング技術

デジタルビームフォーミングは、衛星の電力リソース配分を変更する技術であり、これにより被災地等に対して衛星送信電力を集中させて回線収容数を増加することができる。ビームフォーミング技術には、衛星にビーム形成装置を搭載するオンボードビームフォーミング (OBBF: On-board beamforming) と衛星におけるビーム形成を地上の信号処理で実施する地上ビームフォーミング (GBBF: Ground-based beamforming) がある。OBBF は、フィーダリンクの役割が限定的であり、GBBF と比べて狭帯域で実現できるほか、1 ホップ通信が可能であるという利点があるが、衛星重量が増大するため、衛星の大容量化が必要となる。一方、GBBF は地上システムにおいて処理を行うため、OBBF と比べて生成可能なビーム数が多く、より広帯域処理も可能であるが、2 ホップ通信となる。

図 5-3 にアンテナ素子数とビーム数、採用されているビームフォーミング技術の関係を示す。我が国では、100 素子 100 ビーム級のデジタルビームフォーミング技術の研究開発が行われており、16 素子 16 ビームの部分試作による地上での技術実証が行われた。¹⁴

¹⁴ 「電波資源拡大のための研究開発」の「地上／衛星共用携帯電話システム技術の研究開発」において実施



注2) サービス内容やサービスエリアによって設計が異なる

図 5-3 アンテナ素子数とビーム数の関係とビームフォーミング技術

(4) 大型展開アンテナ技術

小型衛星携帯端末は、アンテナも小型で利得が小さくなり、送信出力や受信感度も小さくなる。これを補うため、衛星搭載アンテナの反射鏡を大型化して高利得を得ることが必要である。衛星搭載の大型反射鏡を実現する技術として、大型展開アンテナ技術が重要である。

アンテナ口径とビーム幅は反比例することから、アンテナ口径を大きくすると、スポットビーム径を小さくすることができ、カバーエリアを限定しやすくなる。このため、大型展開アンテナ技術は、他地域への干渉低減等の観点からも有効である。

大型展開アンテナの製造メーカーは、米国 Harris 社と Northrop Grumman 社の 2 社の寡占状態である。我が国では、平成 18 年 12 月に技術実証衛星「きく 8 号」が打ち上げられ、13m 径の大型展開アンテナの実証を行った。図 5-4 に主な大型展開アンテナの種類を、図 5-5 に大型アンテナの動向を示す。現在のところ、2010 年に打ち上げられた SkyTerra-1 衛星が 22m 径のアンテナの実証に成功している。

なお、我が国では、JAXA「きく 8 号」により、19m×17m アンテナの軌道上実証が行われ所定の性能を發揮した。災害時の通信の確保というニーズに応えるための「次世代情報通信衛星の技術検証」の一環として、JAXA が中心となってさらなる高性能化（軽量化・コンパクト化）を目指した 30m 級のほぼ 1/2 スケールモデルによる地上実証が行われた。

| アンテナタイプ | モジュラーメッシュ | AstroMesh | Folding Rib | Perimeter Truss |
|---------|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---|
| 衛星例 | きく8号 LDREX-2 | Thuraya-1 MBSat | ICO-G1 TerreStar-1 | SkyTerra-1 Eutelsat W2A |
| 製造業者 | NEC/NTSpace | Northrup Grumman | Harris | Harris |
| 適用開口径 | 6.5m~13m | 9m~12.25m | 12m~18m | (12m~22m) |
| 適用周波数 | S帯 | L~S帯 | L~S帯 | S帯 |
| 備考 | きく8号の機械径は 19m×17m。 日本の研究開発衛星。 | 12.25mより大きいアン テナは製造されていない。 | | Eutelsat W2Aは展開未 達。SkyTerra-1は初期展 開失敗、その後展開成 功とアナウンスされてい る。 |

図 5-4 主な大型展開アンテナの種類

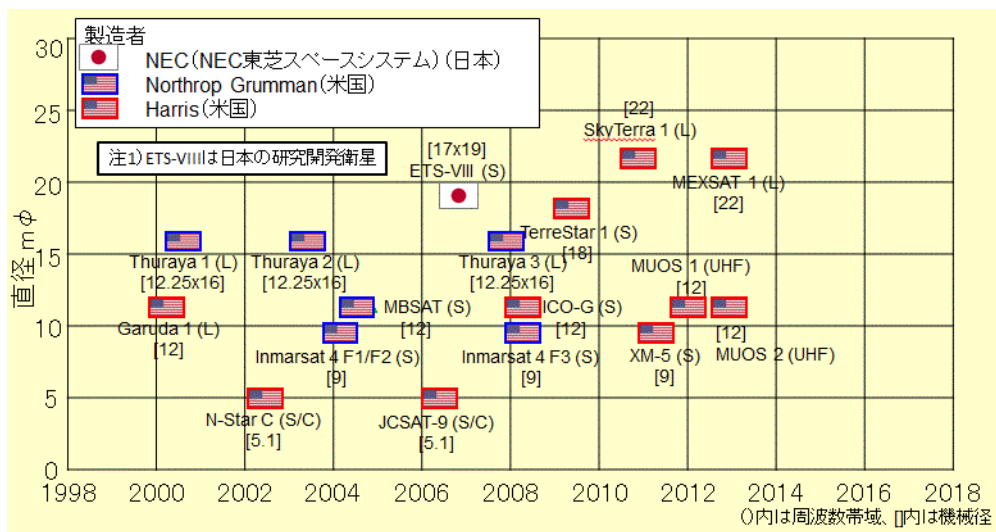


図 5-5 大型展開アンテナの動向

5.2 S 帯¹⁵における移動衛星通信システムに関する ITU の動向

ITU においては、IMT 衛星コンポーネントとして7種類の無線インタフェースが、2010年に勧告 M.1850 として取りまとめられている。また、最近では、ITU において IMT-Advanced 衛星系インタフェースを規定する標準化の検討が行われている。2010年7月には、韓国からの提案により、衛星通信に対応する IMT-Advanced¹⁶のビジョン構築、無線インタフェース、サービス、技術的要求条件等の検討を目的とした報告¹⁷が取りまとめられた。以降、衛星通信に対応する IMT-Advanced 方式の無線インタフェース技術の勧告化に向けた承認手続きが進められている。

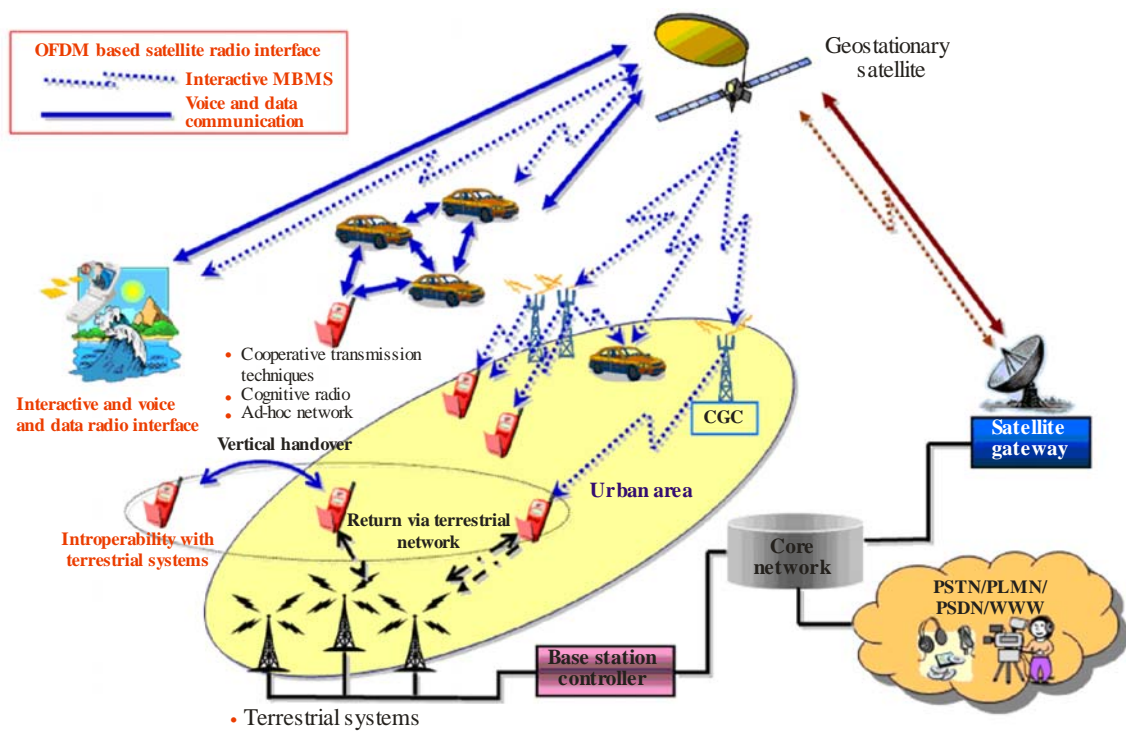
図 5-6 に IMT-Advanced 衛星コンポーネントのシステムアーキテクチャを示す。この勧告に記載する方式として、韓国からは GPP で開発された LTE 規格と高い共通性を有する SAT-OFDM 方式が、中国からは 3GPP で開発された LTE-Advanced 規格をもとに衛星通信の仕様を追加した BMSat 方式が提案されている。

¹⁵ 最近の移動衛星通信システム標準化の議論では、衛星系と地上系を統合したシステムアーキテクチャを前提とした検討が進められていることが多い。例えば、3GPP においては、

1) Study on 2GHz FDD for UTRA and LTE in Region 1 (1980 2010 MHz and 2170 2200 MHz Bands)で、移動衛星通信システムの CGC (Complementary Ground Component)としての地上系システムの検討が、3GPP2 においては、高遅延、リンクバジェットに制限のあるリンク (衛星回線、M2M) を対象とした C.S0098-0 v1.0 が 2011年1月に仕様が完成し、北米向けの周波数配置ではあるが、S 帯の Band Class が C.S0057-E に規定されている。

¹⁶ International Mobile Telecommunications-Advanced : ITU が定める第4世代移動通信システムの規格

¹⁷ Report ITU-R M.2176 「Vision and requirements for the satellite radio interface(s) of IMT-Advanced」



Report M.2176-02

図 5-6 衛星通信対応の IMT-Advanced に関するシステムアーキテクチャ
 (出典 : Report ITU-R M.2176 「Vision and requirements for the satellite radio interface(s) of IMT-Advanced」)

5.3 S帯を用いた移動衛星通信システムの検討

5.3.1 システム提案の概要

平成25年4月6日から平成25年4月26日までの間、「2GHz帯を用いた移動衛星通信システムの在り方及び技術的条件」について提案募集を実施した結果、6件の提案の提出があった。提案の概要を表5-1に示す。

表 5-1 S帯を用いた移動衛星通信システムに関する意見概要

| 提出者 | 意見の概要 |
|-----------------------|--|
| 内閣府/準天頂衛星システムサービス株式会社 | <ul style="list-style-type: none"> ● 準天頂衛星システムを用いたメッセージ通信サービスに関する提案 |
| ソフトバンクモバイル株式会社 | <ul style="list-style-type: none"> ● 2GHz帯次世代移動衛星通信システムに関する提案 |
| クアルコムジャパン株式会社 | <ul style="list-style-type: none"> ● 衛星系のシステムにEGAL¹⁸を用いた地上系システム(3G/LTE)とのハイブリッドシステムの提案 |
| KDDI株式会社 | <ul style="list-style-type: none"> ● 日本では経済性や市場規模の観点で地上系の通信システムと比べ不利な点があり、通信事業の拡大には限界 ● 衛星通信システムは、平時よりも災害時等においてその特長を一層活かすことができ、バックアップ手段としての役割が高く評価 ● 非常時の通信手段という観点では、事業者によるサービスのみでは必ずしも十分とは言えない面があり、国民生活における安全・安心確保を実現するための通信縦断の確保は、国主導で推進すべき ● 特に非常時の通信手段を一層強靱なものとするために導入するシステムであれば、特定の事業者のみに帯域を割り当てる従前の仕組みを見直すことも必要 ● 非常時の利便性を広く国民が享受できるようにするためには、グローバル標準を視野に入れた衛星通信端末の技術開発や早期普及施策について国が積極的に支援していくことが重要 |
| スカパーJSAT株式会社 | <ul style="list-style-type: none"> ● 災害時においては地上と衛星とで周波数帯を共用する携帯電話により通信を確保することが、国民の安心・安全確保の観点から非常に有用であり、地上/衛星共用携帯電話システムの実現に向けた検討を行うべき ● 2GHz帯を利用するシステムに関しては、将来の国際利用を考慮し、世界的標準化を考慮した技術基準を作成し、相互接続性を確保すべき ● サービスリンクにS帯、フィードリンクにC帯、Ku帯、Ka帯などの周波数を使用することが一般的であることから、既存衛星回線との調整は検討すべき課題 |
| エリクソン・ジャパン株式会社 | <ul style="list-style-type: none"> ● 3GPPでは、地上系移動無線システムによる2GHz帯の将来利用に関する検討作業が進められていることから、3GPPでの国際的なIMTシステムの標準化動向を十分考慮すべき |

その後、更に具体的なシステム提案を求めたところ、4つの移動衛星通信システムが提案

¹⁸ Enhanced Geostationary Air Link

された。それらの概要を以下に示す。

(1) 提案 1 移動衛星通信システム（メッセージ通信）

① 提案システムの概要

本システムは、大規模災害時及び平常時におけるメッセージ通信サービスの機能を有している。大規模災害時機能として、ユーザ端末から位置・安否等を含む 100bit 相当の安否情報を、衛星を経由して地上施設に送信し、あらかじめ登録した近親者に対し、地上既設通信ネットワークを経由して通知する。また、地上施設からユーザ端末へ衛星経由で送達確認メッセージを送信する。さらに、地上の伝言サービスが災害時にダウンした際には、安否確認情報を移動衛星通信システム（メッセージ通信）により衛星を介して送信することができ、地上システムの補完機能を有する。

平常時の機能としては、ユーザ端末から衛星を経由して地上施設／平常時通信サービス事業者にメッセージを送信する。また、平常時事業者が行うサービス内容に従い、送付されたメッセージを平常時利用ユーザに衛星経由で送信可能である。

図 5-7 に、提案 1 のシステム構成を示す。

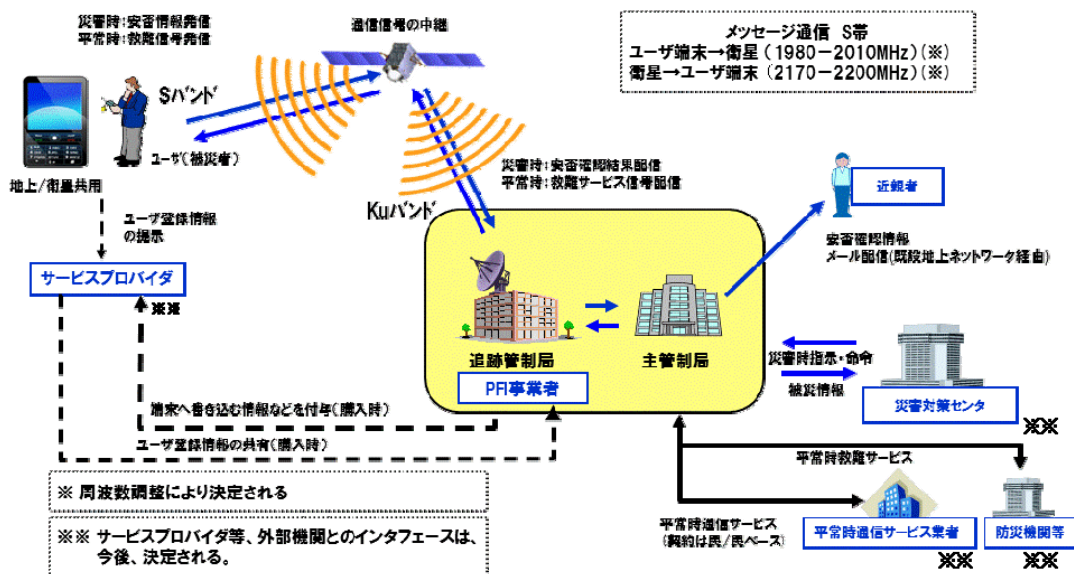


図 5-7 提案 1 のシステム構成

② 提案技術

ユーザ端末からのアップリンクは、位置情報及び安否情報の伝送が基本となる。災害時には、送信情報をユーザ ID、位置情報、安否情報等の 100bit として、1 メッセージあたり 1.6 秒で伝送することを想定している。平常時には、災害時伝送フォーマットの内容にメッセージ等の情報を追加した 750bit として、1 メッセージあたり 8 秒で伝送することを想定している。平常時伝送フォーマットのメッセージには、10bit のメッセージ種別（位置情報

更新、救難信号、送達確認、その他)と608bitの遭難捕捉情報(19文字相当、同行者の有無、氏名、遭難の状況)で構成される。

主管制局からの情報をユーザ端末に送信するダウンリンクについては、災害通知、送達確認、平常時・救難の3つのモードが検討されている。各モードとも、1秒での伝送を想定し、計28,544ビットの情報となっている。

(2) 提案2 移動衛星通信システム(音声通信、データ通信)

① 提案システムの概要

本システムは、日常利用している携帯端末で衛星通信を利用することが可能な音声通信・データ通信システムであり、大規模災害時には、被災エリアに対して通信リソースを集中配分する。

提案2のシステム構成イメージを図5-8に示す。ユーザ端末は状況に応じて衛星通信又は地上通信を利用し、双方向の通信を行う。災害発生時に基地局が断となった場合は、衛星通信を使用して通信回線を確保する。

なお、将来的には、衛星/地上共用通信システムに移行し、同一周波数帯を衛星/地上で同時運用することを想定している。

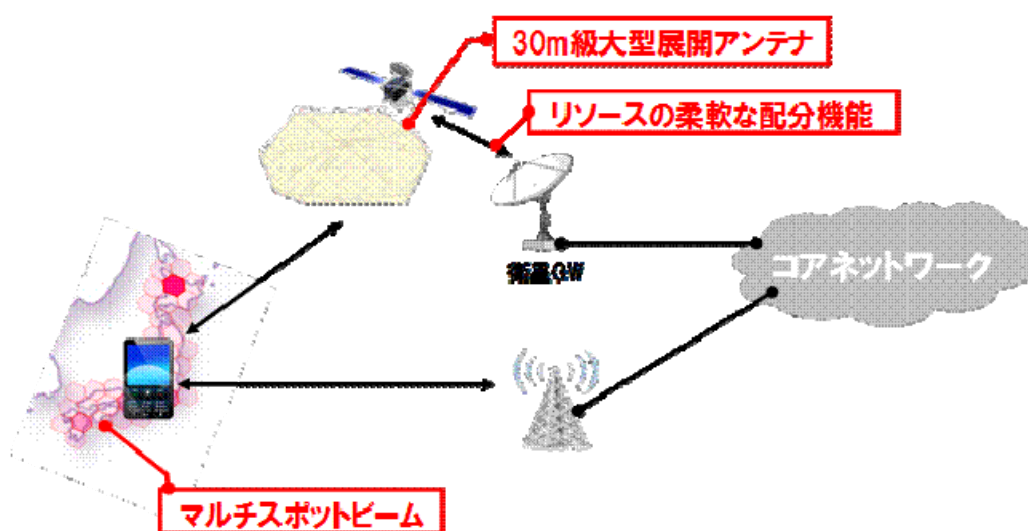


図 5-8 提案2のシステム構成

② 提案技術

提案2で利用する技術を表5-2に示す。本システムで利用される技術は、周波数有効利用技術(マルチスポットビームアンテナ)、端末小型化のための大型反射鏡技術(大型展開アンテナ)、軌道上機器の柔軟性技術(デジタルチャネライザ、デジタルビームフォーマ)に大別される。

端末については、小型化により、日常利用している携帯端末やモバイルルータへ衛星通信機能を搭載することも想定され、従来提供されている衛星通信専用端末に比べ、使い勝

手の良い端末の提供を目指す。

無線インタフェースについては、ITU-R や ETSI 等で推奨される方式や、新たな技術の採用を含め、その時の通信トレンド及び技術に応じた方式を採用する。

周波数有効利用については、電波資源拡大のための研究開発の一環として実証されてきた周波数共用技術の利用等が考えられている。本技術を運用するためには、地上網と衛星網の状況を同時に監視しつつ、両網に最適な周波数配分を行う必要がある。

表 5-2 提案 2 で利用する技術

| | | | | |
|------------------|---------------------------|--|---|-------------------------|
| 必要となる要件 (大項目) | 周波数の利用効率向上 | 端末小型化の実現 | 軌道上柔軟性 | |
| 必要となる要件 (中項目) | 衛星マルチスポットビームによる周波数有効利用 | | 災害発生時の対応 | 平時(通信需要の変化に対応) |
| 実現のための技術 | マルチスポットビームアンテナ | 大型展開アンテナ | デジタルビームフォーマ及びデジタルチャネライザ | デジタルビームフォーマ及びデジタルチャネライザ |
| 実現による効果 | 同一周波数を繰返しによる、周波数利用効率が向上する | 大型展開アンテナ使用により、端末アンテナの小型化、低送信電力化が可能となり、利便性のよい小型端末を提供できる | 災害時に所望の該当ビームに周波数リソース及び電力リソースを集中することができる | さまざまな通信需要変化に対応できる |

(3) 提案 3 衛星・地上共用通信システム

① 提案システムの概要

本システムは、直径 30m 程度の超大型展開アンテナを衛星に搭載し、日本及びその排他的経済水域を 100 個程度の高利得かつ小径スポットのマルチビームで覆うことで地上システムと周波数を共有し、地上系携帯電話と同程度の大きさの地上／衛星共用端末により通信を行う。同一周波数帯で衛星回線と地上回線を同時運用して周波数有効利用を図る。また、災害時に被災エリアに通信リソースを重点的に配分し、重要通信を中心に被災エリアの通信を確保する。なお、本システムは研究開発段階のシステムであり、地上における基盤技術の開発が完了している。衛星を含めた具体的なシステム構成については事業者が決定することとされている¹⁹

提案 3 のシステム構成イメージを図 5-9 に示す。

¹⁹ 「電波資源拡大のための研究開発」の「地上／衛星共用携帯電話システム技術の研究開発」において実施

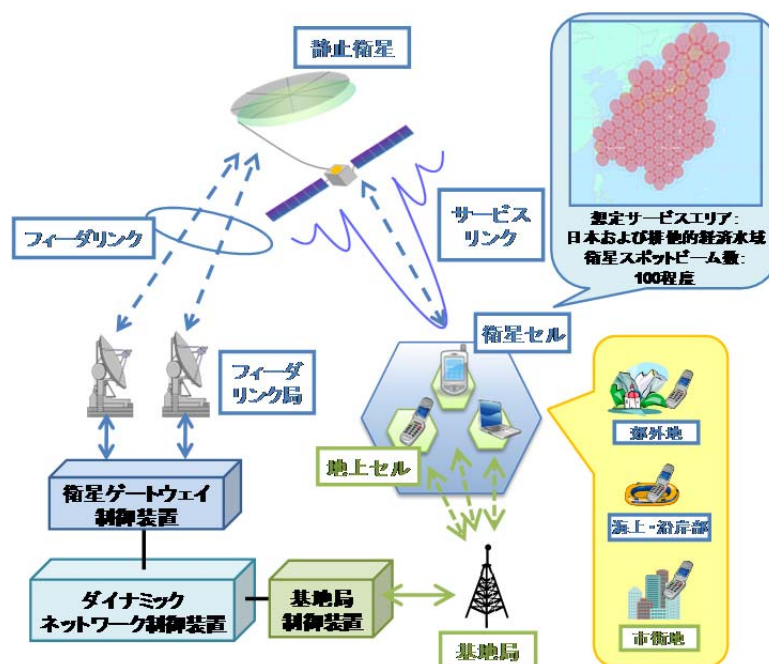


図 5-9 提案 3 のシステム構成

② 提案技術

本システムでは、主に衛星システムの技術である周波数共用技術、ダイナミックネットワーク制御技術、主に衛星搭載通信機の技術である耐飽和増幅器技術、超マルチビーム形成技術、低サイドローブ化技術、リソース割当再構成技術を採用する。なお本システムは研究開発段階であり、提案技術については部分試作を含む実現性検証によって地上での基盤技術の開発を完了している。提案技術の採用については事業者が決定することとしている。

- 周波数共用技術

地上回線と衛星回線が同一周波数帯を共用するための技術である。割当周波数帯全体をサブバンドに分割し、各衛星ビームの衛星回線とそのエリアで使用される地上回線に異なるサブバンドを割り当てることで割当周波数帯全体として共用を行う。地上／衛星回線間の同一周波数干渉を考慮した許容干渉レベルや干渉回避技術の最適設計によって実現する。

- ダイナミックネットワーク制御技術

地上回線及び衛星回線のトラフィック量に応じて柔軟にチャンネルを割り当てるための技術である。ユーザトラフィック使用率、利用チャンネルの変化率、異常検出等の指標をベースとしたダイナミック制御アルゴリズムによって実現する。

- 耐飽和増幅器技術

衛星搭載増幅器の技術である。GaN 等の大電力デバイスを使用した送信用大電力固体増幅器、多数の信号の総和に対しても動作可能な受信用高線形性低雑音増幅器によって実現する。

- 超マルチビーム形成技術
100 ビーム程度の非常に多数の衛星スポットビーム形成を行う技術である。デジタルビームフォーマ (DBF) 及び 100 素子級のアレーアンテナを有する給電部によって実現する。
- 低サイドローブ化技術
干渉波抑圧のために衛星アンテナビームの低サイドローブ化を行う技術である。デジタルビームフォーマ (DBF) 及び 100 素子級のアレーアンテナを有する給電部によって実現する。
- リソース割当再構成技術
災害時に被災エリアで急激に増加するトラフィック要求を可能な限り衛星回線で収容するため、通信リソース配分を衛星上でダイナミックに変更する技術である。デジタル信号処理によって各衛星ビームに割り当てるチャンネルを周波数軸上で柔軟に再構成することで衛星-地上局間の効率良い信号伝送を可能にする、デジタルチャネライザ技術によって実現する。

(4) 提案 4 衛星・地上共用通信システム

① 提案システムの概要

本提案は、衛星系のインタフェースとして EGAL (Enhanced Geostationary AirLink) を用いる提案であり、通常利用している携帯端末で衛星通信を利用可能とする携帯電話システムへの適用を想定している。EGAL は同一周波数における衛星回線と地上回線の同時運用を前提に設計されており、本提案は、EGAL と地上系システム (3G/LTE) とのハイブリッドシステムとしての提案である。なお、無線インタフェース提案であり、通信ネットワーク全体の運用、設計等は含まれていない。

本システムは、衛星系のシステムに EGAL (Enhanced Geostationary Air Link) を用いた地上系システム (3G/LTE) とのハイブリッドシステムである。

② 提案技術

EGAL は既に標準化されている無線インタフェース²⁰であり、北米においてハイブリッド運用の衛星系の技術として、同チップを使用した地上系携帯電話プロトタイプ端末で衛星との通信の実証を行う等の検討が行われている。欧州では継続的に MSS/ATC 事業者との共同検討が行われており、既存端末を流用できるハイブリッドシステムのリファレンスソリューションとして認知されている。

静止衛星の大きな伝搬ロス及び遅延に対する通信環境に最適化したシステムとして、3G/LTE と同じ周波数帯での同時運用が可能な設計となっている。また、出来る限り既存の地上系携帯電話無線インタフェースを流用し、地上系携帯電話通信チップへのインテグレ

²⁰ TIA-1185 (3GPP2: C.S0098-0 v1.0)

ーションが容易となっている。具体的な特徴として以下が挙げられる。

- 地上系携帯電話端末と同じ Form factor（アンテナ、フィルタ、アンプ等）で動作できるように設計しており、専用端末を必要としないため、商用化されている 3G/LTE 端末と同等の実装でサポートが可能
- 音声通信（2kbps の Vocoder）及び SMS を含むデータ通信が可能
- 衛星への上りリンクは地上系携帯電話端末と同じ送信電力で静止衛星との通信を可能とするため Narrow band FDM の専用設計（6.4kHz 又は 12.8kHz）
- 衛星からの下りリンクは 1.25MHz の 3G（1xEV-DO）を流用

また、地上サービスとの連携方策として、次の提案がなされている。3G/LTE のカバレッジ内では、3G/LTE を使用し、カバレッジ外では EGAL を使用する。3G/LTE のカバレッジエリア内では、3G/LTE の信号が支配的になり、衛星からの信号が検出できなくなるため、端末は 3G/LTE を使用する。一方、3G/LTE のカバレッジエリア外では、衛星からの信号が検出できるようになり、端末は EGAL の無線インタフェースを使用する。これにより、どちらかの無線インタフェースに接続するため、連続したカバレッジを構築することが可能となる。なお、通信中のハンドオーバーはサポートされていない。

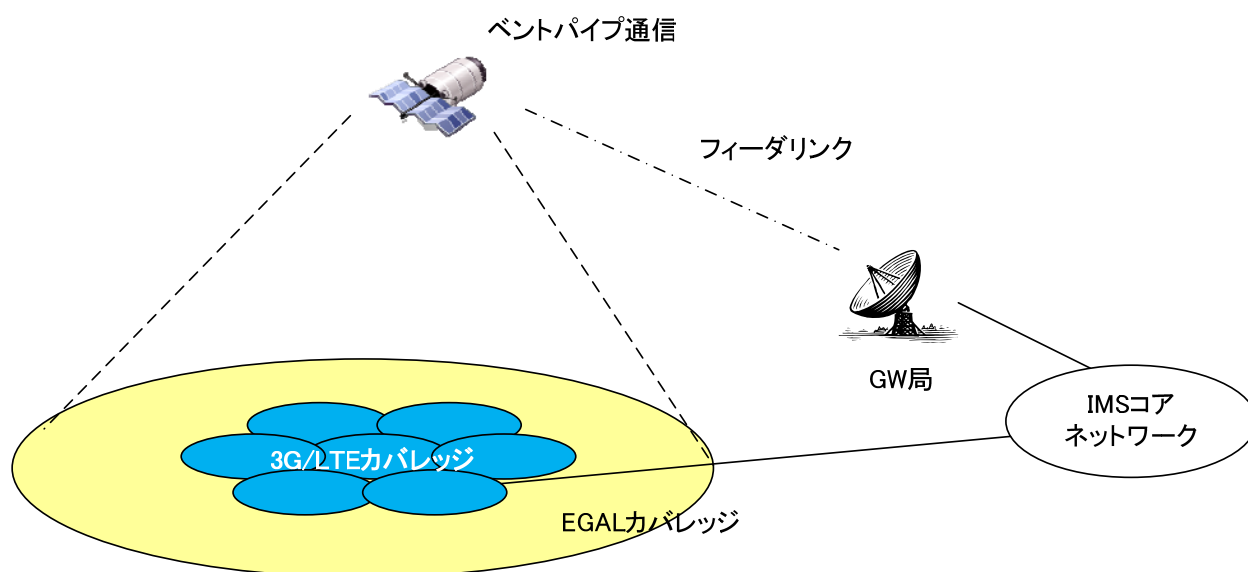


図 5-10 ハイブリッドシステムネットワーク構成例

5.3.2 S帯を用いた移動衛星通信システムの検討結果

2GHz帯を用いた移動衛星通信システムの在り方についての検討に当たっては、提案募集の結果を踏まえ、移動衛星通信システム（メッセージ通信）、移動衛星通信システム（音声通信、データ通信）、衛星・地上共用通信システムの3つの分類に整理する。また、それぞれの提案システムについて、(1)運用主体・開発段階、(2)技術的成立性、(3)公共性の観点からの検討を行うこととし、提案のあった4つのシステムについて、検討に必要なサービス要求条件等を整理した表5-3に示す。

なお、表5-3については、各提案主体からの提案をもとに記載しており、各システムの比較検討を行う目的のために作成したものである。

表 5-3 S帯を用いた移動衛星通信システムの検討結果

| システム例 | 提案1 移動衛星通信システム (メッセージ通信) | 提案2 移動衛星通信システム (音声通信、データ通信) (将来的に衛星・ 地上共用通信システムに移行) | 提案3 衛星・地上共用通信システム (衛星を含めた具体的なシステム構成につ いては事業者が決定する) | 提案4 衛星・地上共用通信システム (衛星を含めた 具体的なシステム構成については事業者が決定する) |
|-----------------|--|--|--|---|
| 業務分類 | 公共業務 | 電気通信業務 | 電気通信業務 | 電気通信業務 |
| 特徴 | メッセージ通信は、大規模災害時に被災者が衛星を介して100bit相当のデータで近親者と安否確認等を行う。また、平常時には山岳遭難等の際の救難要請や情報提供等にも利用可能 | ・通常利用している携帯端末で衛星通信を利用可能とする携帯電話システム ・災害時は災害エリアに通信リソースを集中配分することが可能 | ・携帯端末で衛星回線と地上回線への接続を可能とする携帯通話システム。同一周波数帯で衛星回線と地上回線を同時運用して周波数有効利用を図る。 ・災害時に被災エリアに通信リソースを重点的に配分し、重要通信を中心に被災エリアの通信を確保。 | ・無線インタフェースのみの提案 通常利用している携帯端末で衛星通信を利用可能とする携帯電話システム (同一周波数で衛星回線と地上回線の同時利用を前提に設計) |
| 打上げ計画年 | 2010年代後半 | 2010年代後半 (移動衛星通信システム) | — | — |
| 開発段階 | 総合システム設計～基本設計 | 要求水準書作成段階 | 研究開発 | 無線インタフェースは、北米において衛星実証済み (チップセット、GW局の実装実績、無線インタフェース標準化済み) |
| 国際調整資料の提出状況 | 提出済み | 未提出 (2013年度中に事前公表資料の公表を目指しITU提出準備中) | 未提出 | 未提出 |
| 衛星機数 (予備機を含まない) | 1機 | 2機 | 1機 | 事業者の運用方針により決定 |
| アンテナ口径 | S帯: 3.2m (鏡面修正パラボラアンテナ) フィーダリンク: 1.0m (Ku帯) | S帯: 30m級 (開発時の技術に応じた最大の口径を選択) フィーダリンク: 2m程度 (Ku又はKa帯) | S帯: 20～30m (研究開発段階)程度 フィーダリンク: — | S帯: 20m程度 フィーダリンク: — |
| ビーム数 | 1ビーム | 約30～40ビーム | 約100ビーム程度 | 事業者の運用方針により決定 |
| 端末のサイズ | 携帯電話端末クラス又は携帯電話端末に装着可能な付属品 | 携帯電話端末クラス | 携帯電話端末クラス又は携帯電話と外付けユニットを組合せた可搬型端末クラス | 携帯電話端末クラス |
| サービス内容 | 災害時 | メッセージ通信 (大規模災害時に被災者が近親者との間で安否確認等を行うとともに、被災情報を災害対策のために関係の行政機関等に提供) | 音声通信、SMS、データ通信 (災害エリアにリソースを配分して少しでも多くの通信を提供) | 音声通信、SMS、データ通信 (災害エリアにリソースを配分して少しでも多くの通信を提供) |
| | 平時 | メッセージ通信 | 音声通信、SMS、データ通信 | 音声通信、SMS、データ通信 |
| 衛星の収容能力 | 衛星回線の能力 | 最大メッセージ同時接続数: 1400回線 前提条件: ・5MHzで運用 ・衛星最大電力:160w ・単位chの帯域幅: 上り300kHz、下り5MHz ・単位chのデータレート: 上り100bps、下り28.544kbps ・単位チャンネルあたりの最大同時接続数:上り100、下り1 | 1ビームあたりの最大音声同時接続数: 1097回線 ^{*1*2} 前提条件: ・最大の30MHzで運用する場合の試算 ・衛星最大電力:3kw ・周波数繰り返し数: 7 ・単位ch帯域幅:上り、下り31.25kHz ・単位chデータレート:上り、下り23.4kbps ・単位chの最大同時接続数:上り、下り8 ・音声コーデックレート:2.4kbps ・交換方式:回線交換 ・制御chは回線数算出には考慮されている | 1ビームあたりの最大音声同時接続数: 428回線 ^{*1*2} 前提条件 (研究開発段階の設計値): ・最大の30MHzで運用する場合の試算 ^{*1} ・衛星最大電力:2kw ・周波数繰り返し数:7 ・単位ch帯域幅:上り、下り10kHz ・単位chデータレート:上り、下り10kbps ・単位chの最大同時接続数:上り、下り1 ・音声コーデックレート:9.6kbps ・交換方式:回線交換 ・制御chは回線数算出には考慮されていない |
| | | 最大メッセージ同時接続数: 約592回線 (パケット交換方式における同時接続数をシミュレーションにより求めた) ^{*1} 前提条件: ・最大の30MHzで運用する場合の試算 ^{*1} ・衛星最大電力:衛星の能力による ・周波数繰り返し数:3 ・単位ch帯域幅:上り6.4kHz、下り1.25MHz ・単位chデータレート:上り2.4kbps、下り307.2kbps ・単位chの最大同時接続数:上り1、下り74 ・音声コーデックレート:2kbps ・交換方式:パケット交換 ・制御chは回線数算出には考慮されている ・VoIP最適化技術 (ヘッダー圧縮、パケットバンドリング、スマートプランキング) を適用 | | |

| | | | | | |
|--------------|--|---|--|---|--|
| サービスエリア全体 | 【アップリンク】 63万メッセージ/時間 ・0.3kHz幅の信号(CDMAで100多重)を14波送信する(計4.2MHz)ことで同時回線数が1400回線 ・1メッセージを8秒で送るため、1時間では450メッセージ ・1400×450=65万/時間 【ダウンリンク】 1chのみの信号を送信。但し電力密度低減のため、スペクトラム拡散を実施(帯域5MHz) | ・衛星搭載デジタルチャネライザの機能により、全ビーム合計で約28,000回線(=衛星出力3kw÷1chあたりに必要な出力0.21w×衛星台数2台)を上限として、最大約7,000音声回線/ビームのリソースを集中させることが可能 ・衛星回線の能力の範囲内で、衛星搭載デジタルチャネライザの機能により、トラフィックの時間的・地理的变化に応じて運用 | ・衛星搭載デジタルチャネライザの機能により、全ビーム合計で約10,000回線(=衛星出力2kw÷1chあたりに必要な出力0.2w×衛星台数1台)を上限として、最大約3,000音声回線/ビームのリソースを集中させることが可能 ・衛星回線の能力の範囲内で、衛星搭載デジタルチャネライザの機能により、トラフィックの時間的・地理的变化に応じて運用 | ・事業者の運用方針により決定 | |
| | 【アップリンク】 315万メッセージ/時間 ・0.3kHz幅の信号(CDMAで100多重)を14波送信する(計4.2MHz)ことで同時回線数が1400回線 ・1メッセージを1.6秒で送るため、1時間では2250メッセージ ・1400×2250=315万/時間 【ダウンリンク】 1chのみの信号を送信。但し電力密度低減のため、スペクトラム拡散を実施(帯域5MHz) | ・衛星搭載デジタルチャネライザの機能により、全ビーム合計で約28,000回線(=衛星出力3kw÷1chあたりに必要な出力0.21w×衛星台数2台)を上限として、最大約7,000音声回線/ビームのリソースを集中させることが可能 ・衛星回線の能力の範囲内で、衛星搭載デジタルチャネライザの機能により、災害地域をカバーするビームに、リソースを集中させることが可能 | ・衛星搭載デジタルチャネライザの機能により、全ビーム合計で約10,000回線(=衛星出力2kw÷1chあたりに必要な出力0.2w×衛星台数1台)を上限として、最大約3,000音声回線/ビームのリソースを集中させることが可能(より低レートの音声コーデックを採用して、最大回線数を増加させることは技術的に可能) ・衛星回線の能力の範囲内で、衛星搭載デジタルチャネライザの機能により、災害地域をカバーするビームに、リソースを集中させることが可能 | ・事業者の災害時の運用方針により決定(下りのデータレートを変更して、単位チャネルあたりの容量を増加させることは技術的に可能) | |
| サービスエリア | 日本国内 | 日本国内及び排他的経済水域 | 日本国内及び排他的経済水域 | 日本国内及び排他的経済水域 (具体的なサービスエリアは事業者が決定) | |
| 必要な周波数帯域 | 5MHz | 30MHz※1 | — | — | |
| 必要なガードバンド幅 | アップリンク 下側：最大3MHz 上側：最大5MHz ダウンリンク 下側：最大20MHz※ 上側：最大5MHz (TBD) ※最悪値で検討 | アップリンク 下側：0MHz 上側：0MHz ダウンリンク 下側：最大5MHz※ 上側：最大5MHz (TBD) ※確率計算(モンテカルロシミュレーション)で検討。端末の性能向上により、0MHzの可能性あり | — | — | |
| 周波数再利用 | 使用帯域幅5MHzという限られた帯域の中で、FDMA14多重、CDMA100多重、TDMA2250多重(1時間あたり)の多重化を行い、周波数を有効利用 | 7ビーム毎に周波数を繰り返し利用 | 一例として7ビーム毎に周波数を繰り返し利用 | ビーム間の周波数繰り返し K = 3 (原理的には K = 1 の運用も可能) | |
| 伝送方式 | 多重化方式 | CDMA/FDMA/TDMA | FDMA/TDMA※2 | FDMA(研究開発段階の想定。通信トレンドに合わせて適切な方式を採用)※2 | 上り：FDMA、下り TDM/CDM |
| | 変調方式 | BPSK(畳み込み符号化) | BPSK, QPSK, 16APSK, 32APSK※2 | QPSK等※2 | 【データ変調】上り：BPSK, QPSK, 8PSK, 16QAM, 64QAM、下り：QPSK, 8PSK, 16QAM 【2次変調】上り：QPSK、下り：QPSK |
| 地上サービスとの連携方策 | 地上の伝言サービスが災害時にダウンした際に、安否確認情報を移動衛星通信システム(メッセージ通信)により衛星を介して送信することができ、地上システムの補完機能を有する。 | 将来的に衛星・地上共用通信システムに移行した際には、同一周波数帯を衛星/地上で同時運用する。その方策としては、周波数分割、時間分割、空間分割等が考えられる。※3 | 同一周波数帯で衛星系と地上系を同時運用(バンド全体をサブバンドに分割し、衛星ビーム毎に衛星系、地上系でサブバンドが重ならないように割当) | 3G/LTEのカバレッジ内では3G/LTE、カバレッジ外ではEGALを使用する。同一周波数で衛星回線と地上回線の同時運用を前提に設計されている。同じ周波数帯におけるEGALと3G/LTEとのハイブリッドシステムでは、システム間で周波数共用に関する調整は原則不要。 | |

※1 ガードバンド検討の結果により見直しが必要、※2 設計思想や誤り訂正方式、回線成立性等を考慮した再検討が必要、※3 今後詳細な検討が必要

(1) 運用主体、開発段階についての検討

運用主体、開発段階については、打上計画年、開発段階、国際調整資料の提出状況等の項目内容を勘案して検討する。なお、一般の商用衛星システムの開発段階は次のとおりである。

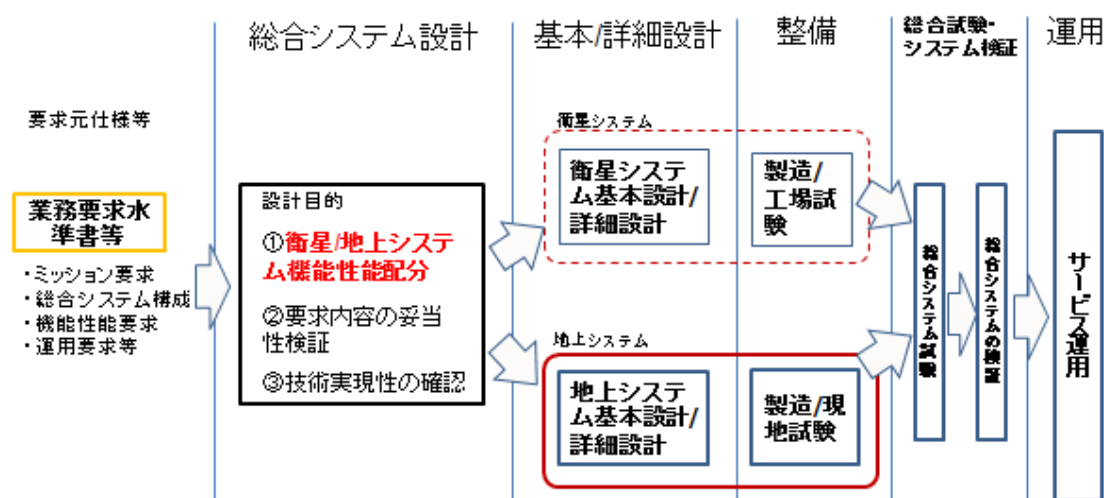


図 5-11 一般の商用衛星システムの開発段階

提案 1 のシステムは、平成 23 年 9 月の閣議決定に基づき 2010 年代後半の 4 機体制の整備を目指して、現在、衛星調達段階に入っており、総合システム設計から基本設計へ移行する段階である。国際周波数調整についても、事前公表資料及び調整資料が公表されている。

提案 2 では、提案されている 2 つの方式のうち、移動衛星通信システムについては 2010 年代後半の打上げを目指しているが、現在は要求水準書作成の段階にある。また、将来的には衛星・地上共用通信システムに移行し、同一周波数帯を衛星/地上で同時運用するとしており、今後その具体的な方策を検討する必要がある。

提案 3 の衛星・地上共用システムは、現在、研究開発段階であり、運用者は決まっていない。また、提案 4 の衛星・地上共用システムは、海外で実証が行われ、チップセットへの実装及び無線インタフェースの標準化が終了している。我が国における商用衛星の運用者及び打上げ計画年は決まっていない。

(2) 公共性の観点

2GHz 帯において、移動衛星通信システムを用いた利用方法を検討するに当たり、公共性の観点から以下のとおり無線局の目的（電気通信業務用又は公共業務用等）の明確化を図った。

提案 1 については、政府が自ら開発・整備・運用を推進するとして平成 23 年 9 月に閣議決定した公共業務を行うシステムである。

また、提案 2 から 4 については、平時及び災害時を想定した電気通信業務を行うシス

テムである。

なお、提案 1 については、災害対応能力の向上等広義の安全保障に資するものとして政府の方針に則り取り組むことにも留意する必要がある。

(3) 技術的成立性についての検討

提案された移動衛星通信システムの技術面での実現可能性について、アンテナ口径等の諸元の妥当性を検討するとともに、隣接国の同一周波数帯で利用の可能性がある地上系システム等の普及も想定し、ガードバンド幅等の概算を行う等の検討を行った。

この検討で論点となった主な項目は、アンテナ口径、端末のサイズ、衛星の収容能力、必要な周波数帯域、ガードバンド幅であり、以下にそれらの検討結果についてまとめる。

① アンテナ口径・フィーダリンク

提案 1 については、サービスリンクには 3.2m の鏡面修正パラボラアンテナを利用し、フィーダリンクには Ku 帯の利用を想定した 1m のアンテナを用いることとして提案がなされているが、これらは既存技術を使用するものであり、その実現可能性はあると考えられる。

提案 2 については、サービスリンクに 30m 級のアンテナを使用するものであるが、商用技術としては未だ宇宙実証されておらず、研究開発段階にあると考えられる。また、アンテナサイズの決定は開発時の技術に応じた最大の口径を選択すると提案されており、衛星システムの総合システム設計が固まった段階になって、アンテナ口径も含めたシステムとしての実現可能性等について検討されるべきである。なお、フィーダリンクには、Ku 帯又は Ka 帯を想定した 2m のアンテナを用いる。

提案 3 については、サービスリンクに 20～30m 級のアンテナを利用するとされているが、30m 級アンテナについては前述のとおりである。なお、本件は、研究開発段階の設計値として提案されているものであり、フィーダリンクのアンテナ口径等については提案されていない。

提案 4 では、サービスリンクに 20m 程度のアンテナの利用を想定している。20m 級のアンテナは、海外では一部の衛星で商用化されている。これは既存技術を想定しているものであり実現可能性はあると考えられる。一方、本提案は、無線インタフェースの提案であり、実際の全体システムの設計等は別の運用主体が決定するため、フィーダリンク等についての提案はなされていない。

② 端末のサイズ

端末サイズについては、提案 1 及び 3 は携帯電話端末クラスのサイズ又は携帯電話着脱可能な端末等、小型端末、提案 2 及び 4 は携帯電話端末クラスを想定した提案がなされている。

③ 衛星の収容能力

各提案の衛星回線の能力（使用する周波数帯幅、単位チャンネル帯域幅、単位チャンネルデータレート等）や、伝送方式（多重化方式、変調方式）等から、衛星の収容能力について検討した。

提案 1 の、開発段階としては、既に総合システム設計から基本設計へ移行する段階であり、別紙のとおり詳細な諸元が提案されている。また、サービスイメージとしては、ショートメッセージを用いたシステムとして、災害時の安否確認等を想定した設計となっており、315 万メッセージ/時間を収容可能である。

提案 2 及び提案 3 については、今後諸元を検討していく予定であり、回線の成立性等については、まだその実現可能性等が示されていない。また、サービスイメージとしては、音声通信やショートメッセージとして、全ビーム合計で提案 2 については 2 万 8 千回線、提案 3 は 1 万回線を上限としつつ、災害地域に対してはリソースを配分することで、提案 2 は最大 7000 音声回線が、提案 3 については最大 3000 音声回線を収容可能としている。

提案 4 のサービスイメージとしては、音声通信やショートメッセージ、データ通信等を用いたもので、収容数は、1 ビームあたり音声換算で約 592 回線である。

なお、提案 2 から 4 の衛星の収容能力は、必要な周波数帯幅を割当て可能な最大の 30MHz で運用する場合の試算を行っているため、詳細な諸元が確定した後のガードバンド等の検討を踏まえ、見直す必要がある。

④ 必要な周波数帯域及びガードバンド幅

必要な周波数帯幅は、提案 1 では 5MHz、提案 2 では 30MHz とされている。それぞれの提案について、インバンド・アウトバンド及びガードバンドの検討を実施した。この検討については、いくつかの課題等が指摘されており、今後の検討に当たっては、これらの課題等を解決する必要がある。以下に指摘のあった課題等について記載する。

〈今後検討すべき課題等〉

- 提案 2 の 30m 級のアンテナは我が国では更なる技術実証等が必要である。
- 提案 2 及び提案 3 について、「衛星回線の能力」や「伝送方式」等の値はリンクバジェットにも関連してくる内容であり、具体的にどのような考え方に立ってその値を設定しているのか、設計思想、回線成立性の根拠等について、引き続き検討が必要である。
- 移動衛星通信システムの目的等を踏まえつつ、各システムの周波数利用効率の向上に向けた検討が必要である。
- 提案 1 及び提案 2 のガードバンド検討について、宇宙運用（電波天文を含む）との検討について、引き続き、運用調整等の対策を講じる必要がある。また、提案 1 のガードバンドの更に効率的な利用についても可能な範囲で検討すべきである。

- 提案2のガードバンド検討について、フィルタ特性の適用の仕方については通過帯域を考慮した見直しが必要であり、引き続き検討が必要である。
- 提案2のガードバンド検討について、実力値・端末の製造マージン・フィルタの追加により最大 50dB の改善といった表現については、具体的な根拠を踏まえて、引き続き検討が必要である。
- 提案2について、ガードバンドが 10MHz 必要であれば、使える帯域は 20MHz となる。サービスイメージもそれを前提に考えるべきである。

6 2GHz 帯等を用いた移動衛星通信システム等の在り方

6.1 L 帯を用いた衛星測位システムの在り方

L 帯を用いた衛星測位システムと他の無線局との周波数共用検討の結果、周波数共用の実現可能性はあると考えられることから、必要な技術的条件を策定することが適当である。なお、それぞれ他の無線局との周波数共用の検討過程は以下のとおりである。

(1) 放送事業用無線局(FPU : Field Pickup Unit)

与干渉については、共用可能と考えられる。

被干渉については、①準天頂衛星が FPU から干渉を受ける影響が十分に小さいものと考えられること、②FPU については、情報番組中継、報道番組中継等に利用されている中で、基本的には最大出力を出さなければならない報道番組中継等を除き、省電力機器の導入等が行われる予定であり、その影響度合いは更に小さくなることが見込まれること、③今後決定される実用準天頂衛星システムのサービス内容等に応じて、準天頂衛星システム運用者による受信機利用者への周知等の運用面における干渉軽減策を検討することから、共用可能であると考えられる。

(2) アマチュア無線

与干渉については、共用可能と考えられる。

被干渉については、準天頂衛星受信機にフィルタを挿入するとともにアマチュア局の空中線電力を制限することによって、干渉を軽減することが可能と考えられることから、実測等によって詳細な検証を行う必要がある。

(3) 航空無線航行（航空用 DME）

与干渉については、共用可能と考えられる。

被干渉については、共用可能と考えられるが、将来、航空機が L5 を使用した場合の被干渉への検討については、将来の日本の状況について、詳細な確認を行う必要がある。

(4) 無線航行衛星（MTSAT）

与干渉については、今後、干渉計算に使用するパラメータ等の妥当性を検証の上、成立性について詳細な検討が必要である。

被干渉については、共用可能と考えられる。

(5) 移動（1.2GHz 帯特定ラジオマイク）

与干渉については、共用可能と考えられる。ただし、今後特定ラジオマイクの試作検

証、運用の開始に伴い、疑義が発生した場合には準天頂衛星からの影響について実測等を行い、共用の調整を行う必要がある。

被干渉については、一次解析の結果を踏まえると、実環境・実運用での検討で干渉が低減されることが見込まれるため、共用条件の策定に向けて、引き続き詳細な検討を行う必要がある。

(6) 移動（1.2GHz帯画像伝送用携帯局）

与干渉については、共用可能と考えられる。

被干渉については、一次解析の結果を踏まえると、実環境・実運用での検討で干渉が低減されることが見込まれるため、共用条件の策定に向けて、引き続き詳細な検討を行う必要がある。

(7) 移動（特定小電力無線局、構内無線局）

与干渉については、共用可能と考えられる。

被干渉については、一次解析の結果を踏まえると、実環境・実運用での検討で干渉が低減されることが見込まれるため、共用条件の策定に向けて、引き続き詳細な検討を行う必要がある。

6.2 S帯を用いた移動衛星通信システムの在り方

東日本大震災を契機とした新たな移動衛星通信システムのニーズ等を勘案すれば、災害対策は喫緊の課題であり、実現性の高いシステムにより早急に整備を進める必要がある。このため、提案1（実用準天頂衛星システム）については、閣議決定に基づき、わが国の災害対応能力の向上等広義の安全保障の確保を目指し、準天頂初号機「みちびき」の成果及び民間の資金、知恵を活用して、国自らが開発・整備・運用する公共性の高いシステムであること、提案の中では最も実現可能性が高いこと等から、まずは、当該システムに係る技術的条件を策定することが適当である。この際、当該システムの必要帯域幅である5MHz幅を収容するよう、引き続き既存業務との詳細な共用検討を行うべきである。

なお、技術的条件の策定に当たっては、国際周波数調整の進捗を踏まえることとし、別紙の諸元をもとに、周波数配置、通信変調方式、共用条件等の一般的条件の他、携帯移動地球局の技術的条件等の詳細について、具体化していくことが適当である。

また、提案2～4及び今後新たに提案されるシステムについては、今後の移動衛星通信システムの発展に大きく資することが期待されるため、前述の「今後検討すべき課題等」として挙げられた点についての検討結果、マルチビームや大型展開アンテナ等の研究開発、あるいは実証の動向等を踏まえ、衛星通信を基本とするシステムについて更に詳細に継続検討すべきである。その際には、実用準天頂衛星システムとの周波数共用の見通しを得て検討を進める必要がある。

7 おわりに

本委員会は、東日本大震災等を契機とした新たな衛星通信ニーズ、研究開発動向、諸外国の動向等を踏まえ、「2GHz 帯等を用いた移動衛星通信システム等の在り方及び技術的条件について」検討を行った。

L 帯を用いた衛星測位システムについては、実測や机上検討等の具体的なデータに基づき、他の無線局との周波数共用の検討を行った結果、放送事業用無線局とは共用可能であり、その他のシステムについても引き続き詳細な共用検討を進めることにより周波数共用の実現可能性はあるとの見通しが得られた。

S 帯を用いた移動衛星通信システムの在り方については、東日本大震災を契機とした新たな衛星通信ニーズ等を勘案すれば、災害対策は喫緊の課題であり、実現性の高いシステムにより早急に対策を講ずることが必要との方向でコンセンサスが得られた。

一方、移動衛星通信システムについては、同報性、広域性、耐災害性等の固有の特徴を有し、平時に加え、災害時において重要な役割を果たしているところであり、マルチビーム、大型展開アンテナ、地上・衛星共用技術等の新しい技術を導入し、災害時等においても一層の周波数の有効利用を図り、高速、高品質、高信頼なサービスを提供することにより、国民生活に必要なライフラインとしての役割を一層発揮する可能性があると考えられる。

今後、衛星回線能力の考え方や必要となるガードバンド幅等の技術的成立性に関する課題、運用主体等に係る整理等の課題が残されているものの、今後の移動衛星通信システムの発展に大きく資することが期待されるため、新たな提案も含め、将来の移動衛星通信システムの在り方を引き続き検討すべきである。なお、その際は、研究開発動向や技術的実証データに基づき、詳細な技術的検討を踏まえる必要がある。

本委員会では、「2GHz 帯等を用いた移動衛星通信システム等の在り方について」一部答申を行ったところであり、当該答申を踏まえ、今後より詳細な技術的条件を策定することにより、災害対策を含め、国民一人一人に的確な情報が提供され、国民生活を支えるインフラとして衛星測位及び移動衛星通信システムの役割が発揮されることが期待される。

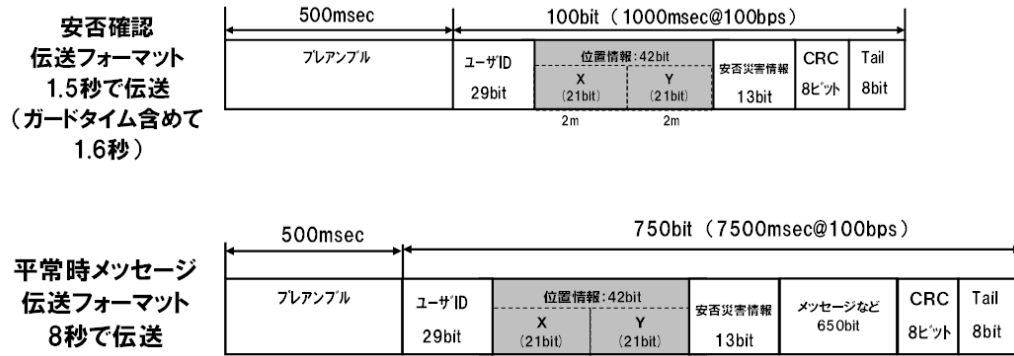
提案 1 の諸元

メッセージ通信諸元

| | |
|-------------------------|---|
| 1. システムの概要 | メッセージ通信サービスは、災害時等の通信料が多く通信が困難な場合や、山岳等の電波が届かない場所等において双方向のメッセージ通信を可能にするものである。 |
| 2. 必要な機能 | |
| (1) 携帯移動地球局からの情報収集 | 携帯移動地球局から安否情報を衛星経由で地上管制局にて収集 |
| (2) 携帯移動地球局への情報送信 | 地上管制局から携帯移動地球局に送達確認等のメッセージを送信 |
| (3) 近親者への通知 | 予め登録した近親者に対し、安否情報を通知 |
| 3. 無線周波数帯 | |
| アップリンク信号 (携帯移動地球局から宇宙局) | 1980MHz から 2010MHz の周波数帯の 5MHz 帯域を使用 |
| ダウンリンク信号 (宇宙局から携帯移動地球局) | 2170MHz から 2200MHz の周波数帯の 5MHz 帯域を使用 |
| フィーダリンク信号 | アップリンク 13.75~14.5GHz のうちの 5MHz、ダウンリンク 12.2~12.75GHz のうちの 5MHz を使用 |
| 4. 通信方式 | |
| フォワードリンク回線 | 宇宙局が地上管制局からの Ku 帯アップリンク信号を受け、S 帯に周波数変換し、ダウンリンクとして携帯移動地球局に送信する中継方式 |
| リターンリンク回線 | 宇宙局が携帯移動地球局からの S 帯アップリンク信号を受け、Ku 帯に周波数変換し、ダウンリンクとして地上管制局に送信する中継方式 |
| 5. 変調方式 | |
| フォワードリンク | BPSK/SS 方式 (PN 符号速度 3.56Mcps で拡散) |
| リターンリンク | BPSK/CDMA 方式 (PN 符号速度 204.6kcps で拡散) |
| 6. 伝送速度/符号化方式 | |
| フォワードリンク | 28.544kbps/ターボ符号化 |
| リターンリンク | 100bps/畳み込み符号化 |
| 7. 多重化方式 | |
| リターンリンク | CDMA : 100CH FDMA : 14CH (0.3MHz×14CH) TDMA : 1.6 秒 (1.5 秒+0.1 秒 (ガードタイム)) /メッセージ→2250 メッセージ/時間) |

| | |
|------------|---|
| 8. 宇宙局 | |
| アンテナ径 | Sバンド：3.2mφ（鏡面修正パラボラ） Kuバンド：1mφ（鏡面修正パラボラ） |
| 偏波 | 右旋円偏波または左旋円偏波 |
| EIRP | 42.8dBW 以上（*） |
| G/T | 32.0dB/K 以上（*） |
| 9. 携帯移動地球局 | |
| 送信出力 | 1W |

メッセージ通信諸元 アップリンク伝送フォーマット



メッセージ通信諸元 ダウンリンク伝送フォーマット

送達確認フォーマット案
(計7136ビット/フレーム×4)

第1フレーム

| | | | | |
|-------------------|------------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| プリアンブル (32ビット) | 同期コード (32ビット) | 連番番号 (32ビット) | システム情報 (1000ビット) | 送達確認情報 (6040ビット) |
|-------------------|------------------|-----------------|---------------------|---------------------|

第2, 3フレーム

| | | | |
|-------------------|------------------|-----------------|---------------------|
| プリアンブル (32ビット) | 同期コード (32ビット) | 連番番号 (32ビット) | 送達確認情報 (7040ビット) |
|-------------------|------------------|-----------------|---------------------|

第4フレーム

| | | | | |
|-------------------|------------------|-----------------|---------------------|----------------|
| プリアンブル (32ビット) | 同期コード (32ビット) | 連番番号 (32ビット) | 送達確認情報 (7005ビット) | その他 (35ビット) |
|-------------------|------------------|-----------------|---------------------|----------------|

災害通知放送フォーマット案
(計7136ビット/フレーム×4)

第1フレーム

| | | | | |
|-------------------|------------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| プリアンブル (32ビット) | 同期コード (32ビット) | 連番番号 (32ビット) | システム情報 (1000ビット) | 通知メッセージ (6040ビット) |
|-------------------|------------------|-----------------|---------------------|----------------------|

第2～3フレーム

| | | | |
|-------------------|------------------|-----------------|----------------------|
| プリアンブル (32ビット) | 同期コード (32ビット) | 連番番号 (32ビット) | 通知メッセージ (7040ビット) |
|-------------------|------------------|-----------------|----------------------|

第4フレーム

| | | | | |
|-------------------|------------------|-----------------|----------------------|------------------|
| プリアンブル (32ビット) | 同期コード (32ビット) | 連番番号 (32ビット) | 通知メッセージ (5480ビット) | その他 (1560ビット) |
|-------------------|------------------|-----------------|----------------------|------------------|

平常時メッセージ放送フォーマット案
(計7136ビット/フレーム×4)

第1フレーム

| | | | | |
|-------------------|------------------|-----------------|---------------------|-----------------------|
| プリアンブル (32ビット) | 同期コード (32ビット) | 連番番号 (32ビット) | システム情報 (1000ビット) | 位置情報更新応答 (6040ビット) |
|-------------------|------------------|-----------------|---------------------|-----------------------|

第2フレーム

| | | | | |
|-------------------|------------------|-----------------|--------------------------|--------------------|
| プリアンブル (32ビット) | 同期コード (32ビット) | 連番番号 (32ビット) | 位置情報 更新応答 (160ビット) | メッセージ (6880ビット) |
|-------------------|------------------|-----------------|--------------------------|--------------------|

第3フレーム

| | | | |
|-------------------|------------------|-----------------|--------------------|
| プリアンブル (32ビット) | 同期コード (32ビット) | 連番番号 (32ビット) | メッセージ (7040ビット) |
|-------------------|------------------|-----------------|--------------------|

第4フレーム

| | | | | |
|-------------------|------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| プリアンブル (32ビット) | 同期コード (32ビット) | 連番番号 (32ビット) | メッセージ (6890ビット) | その他 (150ビット) |
|-------------------|------------------|-----------------|--------------------|-----------------|

V 検討結果

「2GHz 帯等を用いた移動衛星通信システム等の在り方及び技術的条件」のうち「2GHz 帯等を用いた移動衛星通信システム等の在り方」について、別添のとおり一部答申（案）を取りまとめた。

情報通信技術分科会 衛星通信システム委員会 構成員

(敬称略、専門委員は五十音順)

| 氏 名 | 主 要 現 職 |
|-------------------|----------------------------|
| 主査委員 服部 武 | 上智大学 理工学部 客員教授 |
| 委員 青木 節子 | 慶應義塾大学 総合政策学部 教授 |
| 専門委員 碓井 照子 | 奈良大学 名誉教授 |
| 〃 梅比良 政弘 | 国立大学法人 茨城大学 教授 |
| 〃 大木 一夫 | 一般社団法人 情報通信ネットワーク産業協会 専務理事 |
| 〃 奥山 八州夫 | 一般社団法人 電気通信事業者協会 専務理事 |
| 〃 加藤 寧 | 東北大学大学院 情報科学研究科 教授 |
| 〃 かどわき 門脇 直人 | 独立行政法人 情報通信研究機構 経営企画部長 |
| 〃 しょうじ 庄司 るり | 東京海洋大学 科学技術研究科 教授 |
| 〃 なかじま 中島 つとむ 務 | 一般財団法人 衛星測位利用推進センター 専務理事 |
| 〃 ほんま 本間 まさのり 正修 | 独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 技術参与 |
| 〃 まつい 松井 ふさき 房樹 | 一般社団法人 電波産業会 専務理事 事務局長 |
| 〃 みうら 三浦 よしこ 佳子 | 消費生活コンサルタント |
| 〃 もりかわ 森川 ひろゆき 博之 | 東京大学 先端科学技術研究センター 教授 |

衛星通信システム委員会作業班構成員名簿

(敬称略、五十音順)

| 氏名 | 主 要 現 職 |
|--------------------------|--|
| 主任 もりかわ ひろゆき 森川 博之 | 東京大学 先端科学技術研究センター 教授 |
| 主任代理 まつい ふさき 松井 房樹 | 一般社団法人 電波産業会 専務理事 事務局長 |
| 構成員 あけやま あきら 明山 哲 | 日本アマチュア無線連盟 マイクロ波委員長 |
| 〃 いあい なおひこ 居相 直彦 | 日本放送協会 放送技術研究所 伝送システム研究部 主任研究員 (第2回から) |
| 〃 いけだ てつおみ 池田 哲臣 | 日本放送協会 放送技術研究所 放送ネットワーク研究部 主任研究員 (第1回) |
| 〃 いとう のぶゆき 伊藤 信幸 | 日本無線株式会社 技術本部 商品設計部デジタルG |
| 〃 おおはた こうへい 大幡 浩平 | スカパーJSAT 株式会社 技術運用本部 技術担当主幹 |
| 〃 かみむら おさむ 上村 治 | ソフトバンクモバイル株式会社 電波制度室 標準化推進部 部長 |
| 〃 こいし よういち 小石 洋一 | 日本電気株式会社 航空宇宙・防衛事業本部 宇宙事業開発戦略 室 シニアエキスパート |
| 〃 さとう ひろゆき 佐藤 裕之 | 三菱電機株式会社 電子システム事業本部 通信機製作所インフ ラ情報システム部 プロジェクト部長 |
| 〃 しろた まさかず 城田 雅一 | クアルコムジャパン株式会社 標準化担当部長 (第2回から) |
| 〃 すがた あきのり 菅田 明則 | KDDI 株式会社 技術統括本部 技術企画本部 電波部 企画・制 度G マネージャー |
| 〃 すぎもと あきら 杉本 明 | 株式会社トプコン スマートインフラ・カンパニーグローバル事 業企画部事業企画グループ プロスタッフ (第2回から) |
| 〃 たしろ ひであき 田代 英明 | 国土交通省 航空局 交通管制部管制技術課 航空管制技術調査 官 |
| 〃 なかがわ えいしん 中川 永伸 | 一般財団法人テレコムエンジニアリングセンター |

| | | | |
|---|------------|------------|--|
| 〃 | なかじま 中島 | むつはる 睦晴 | 独立行政法人宇宙航空研究開発機構 周波数管理室 室長（第 4 回から） |
| 〃 | にしぐち 西口 | ひろし 浩 | 衛星測位システム協議会（JGPSC） 事務局長 |
| 〃 | のうみ 能見 | ただし 正 | 独立行政法人宇宙航空研究開発機構 周波数管理室 室長（第 3 回まで） |
| 〃 | のだ 野田 | ひろゆき 浩幸 | 内閣府 宇宙戦略室 企画官 |
| 〃 | のむら 野村 | やすお 靖夫 | 株式会社トプコンスマートインフラ・カンパニー 営業統括部 国内部 部長（第 1 回） |
| 〃 | ふくざき 福崎 | よしひろ 順洋 | 国土交通省国土地理院測地部宇宙測地課 技術専門員 |
| 〃 | ふるかわ 古川 | けんじ 憲志 | 株式会社 NTT ドコモ 電波部 電波企画担当部長 |
| 〃 | ほんだ 本多 | よしお 美雄 | 欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会 委員長 |
| 〃 | まきの 牧野 | てつお 鉄雄 | 一般社団法人日本民間放送連盟 （日本テレビ放送網（株）技術統括局技術戦略部次長） |
| 〃 | みうら 三浦 | あまね 周 | 独立行政法人 情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク研究所宇宙通信システム研究室 主任研究員 |
| 〃 | みとめ 三留 | たかひろ 隆宏 | 株式会社日立製作所 社会イノベーション・プロジェクト本部ソリューション推進本部 公共・社会システム本部 位置情報ビジネスセンタ 主任技師 |
| 〃 | やまかわ 山川 | ひでお 秀雄 | 準天頂衛星システムサービス株式会社 取締役 |