

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 82 号

「非静止衛星を利用する移動衛星通信システムの技術的条件」のうち
「1.6GHz 帯/2.4GHz 帯を用いた移動衛星通信システムの技術的条件」

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

I	検討事項	2
II	委員会及び作業班の構成	2
III	検討経過	2
IV	検討概要	3
1	システム概要	3
1.1	1.6GHz帯/2.4GHz帯を用いた移動衛星通信システムの概要	3
1.1.1	提供されるサービス	5
1.1.2	利用形態	5
2	他の無線システムとの周波数共用について	8
2.1	周波数配置状況	8
2.2	他のシステムとの周波数共用	9
2.2.1	電波天文	9
2.2.2	無線LAN・小電力データ通信システムとの干渉	12
2.2.3	ロボット無線との干渉	15
2.2.4	検討結果のまとめ	18
3	無線設備の技術的条件	19
3.1	1.6GHz帯/2.4GHz帯を用いた移動衛星通信システム	19
3.1.1	一般的条件	19
3.1.2	移動局の条件	20
4	測定法	23
4.1	送信装置	23
4.1.1	周波数	23
4.1.2	空中線電力	23
4.1.3	不要発射の強度	23
4.1.4	占有周波数帯幅の許容値	23
4.1.5	キャリアオフ時漏洩電力	23
4.2	受信装置	23
4.2.1	副次的に発する電波等の限度	23
V	検討結果	24
別表1	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 構成員	25
別表2	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作業班 構成員	26

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、電気通信技術審議会諮問第 82 号「非静止衛星を利用する移動衛星通信システムの技術的条件」（平成 7 年 9 月 25 日）のうち、「1.6GHz 帯/2.4GHz 帯を用いた移動衛星通信システムの技術的条件」について検討を行った。

II 委員会及び作業班の構成

委員会の構成は別表 1 のとおりである。

委員会の調査検討を促進するため、衛星通信システム委員会作業班において技術的条件に関する調査を行った。作業班の構成は別表 2 のとおりである。

III 検討経過

本報告は、「非静止衛星を利用する移動衛星通信システムの技術的条件」のうち、「1.6GHz 帯/2.4GHz 帯を用いた移動衛星通信システムの技術的条件」について、委員会及び作業班での検討経過は以下のとおりである。

1 委員会

- (1) 第 29 回（平成 28 年 7 月 29 日）
- (2) 第 30 回（平成 28 年 12 月〇日）
- (3) 第 31 回（平成 29 年〇月〇日）

2 作業班

- (1) 第 6 回（平成 28 年 8 月 26 日）
- (2) 第 7 回（平成 28 年 10 月 25 日）
- (3) 第 8 回（平成 28 年 11 月 21 日）

IV 検討概要

1 システム概要

1.1 1.6GHz 帯/2.4GHz 帯を用いた移動衛星通信システムの概要

衛星移動通信システムは、同報性、広域性、耐災害性等の衛星移動通信システム固有の特徴を有するほか、陸上、海上、上空、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。平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災等においても、地震や津波の影響を受けにくい衛星移動通信システムは、被災地における通信確保に必要不可欠な状況となった。

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) を用いた衛星移動通信サービスが提供されているが、1.6GHz 帯/2.4GHz 帯を用いたサービスは未導入である。

1.6GHz 帯/2.4GHz 帯を用いた衛星移動通信システムの技術的条件については、電気通信技術審議会において一部答申 (平成 12 年 9 月 25 日) を行っているが、同周波数帯の電波使用状況が平成 12 年から大きく変化して、周波数共用検討の前提条件が変わったこと及び同システムの技術の進展が見られることから、同システムの高度化を図るため追加検討を行なった。

今回、検討を行った 1.6GHz 帯/2.4GHz 帯を用いた衛星移動通信システムは、米国グローバルスター社によって平成 12 年に商用サービスが開始されており、グローバルにサービスを提供している主要な衛星移動通信システムの一つである。

システムの概要を表 1.1 及び図 1.1、図 1.2 に示す。

表 1.1 グローバルスターサービスの概要

衛星移動通信システムの概要
グローバルにサービスを提供している主要な衛星移動通信システムの一つ。 ITU で衛星通信用に割り当てられた周波数を使用し、現在約 120 カ国で運用。 周波数帯域は 1600MHz 帯/2400MHz 帯を使用し、変調方式は CDMA 方式を採用。 中継はベントパイプ方式を採用。 世界中で約 75 万余の衛星携帯電話サービス、位置情報サービス、資産管理需要等 (IoT) で利用。 位置情報を利用した災害救助分野においては、サービス開始以来 4600 もの世界中のレスキュー活動に活用され、地上系携帯電話の届かないエリアに取り残された 1 万数千人以上の緊急救命要請に利用。

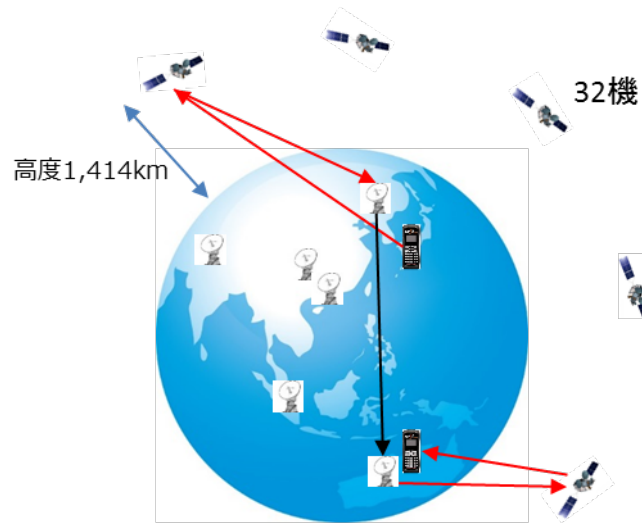


図 1.1 グローバルスター衛星の概要

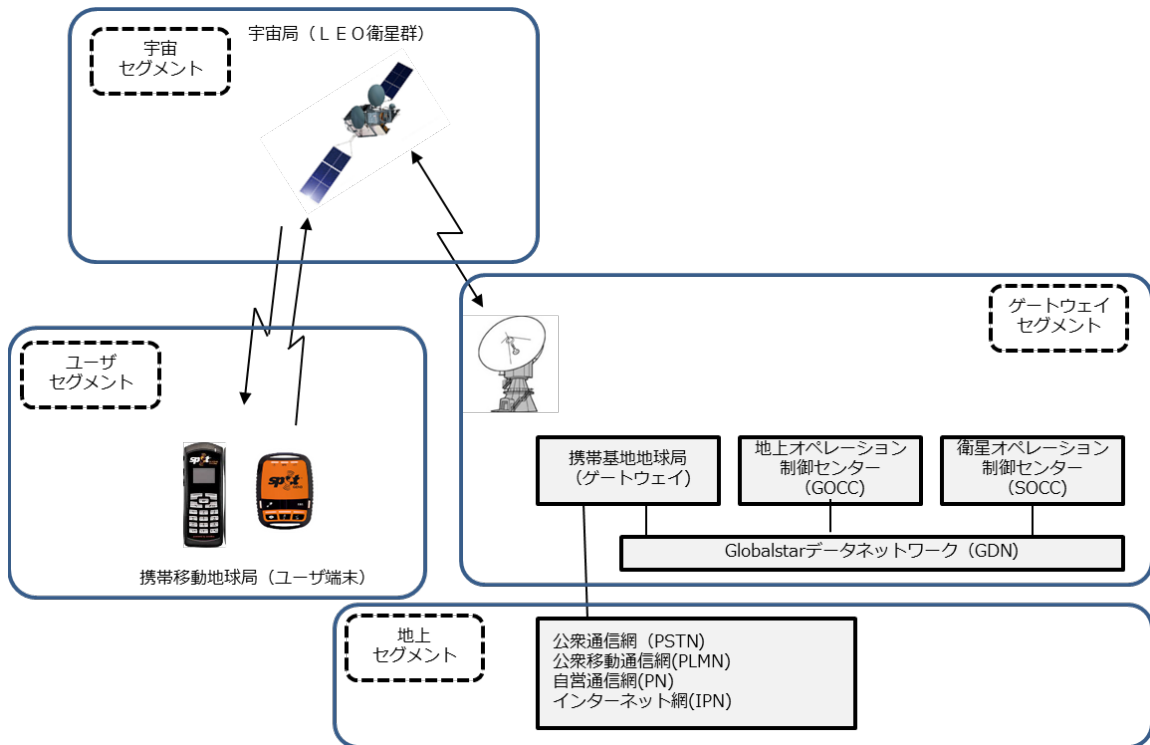


図 1.2 宇宙局と地球局のネットワーク構成の概要

1.1.1 提供されるサービス

グローバルスターでは以下のようなサービスが提供されている。

- 電話系サービス
IS-41 が提供する電話系サービス
- 非電話系サービス
 - データ通信
双方向端末 (2.4kbps、4.8kbps、9.6kbps)
シンプレックス端末 (100bps)
次世代端末 (256Kbps 予定)
 - G3FAX
 - DTMF サポート
 - ショートメッセージサポート

1.1.2 利用形態

現在、グローバルスターの衛星移動通信システムは、世界各国で以下のような場面で利用されている。

- 利用シーン[1] :
携帯電話不感地帯 (陸上、海上・洋上) 固定電話、携帯電話、Wi-Fi の電波が届かないエリア (陸上、海上・洋上) にて、衛星携帯電話で音声通話やデータ通信を利用する。

[詳細]

登山者や漁船、ヨット、ボートなどの利用者が携帯電話や Wi-Fi などの電波が届かない場所からの通信手段として衛星携帯電話を利用する。

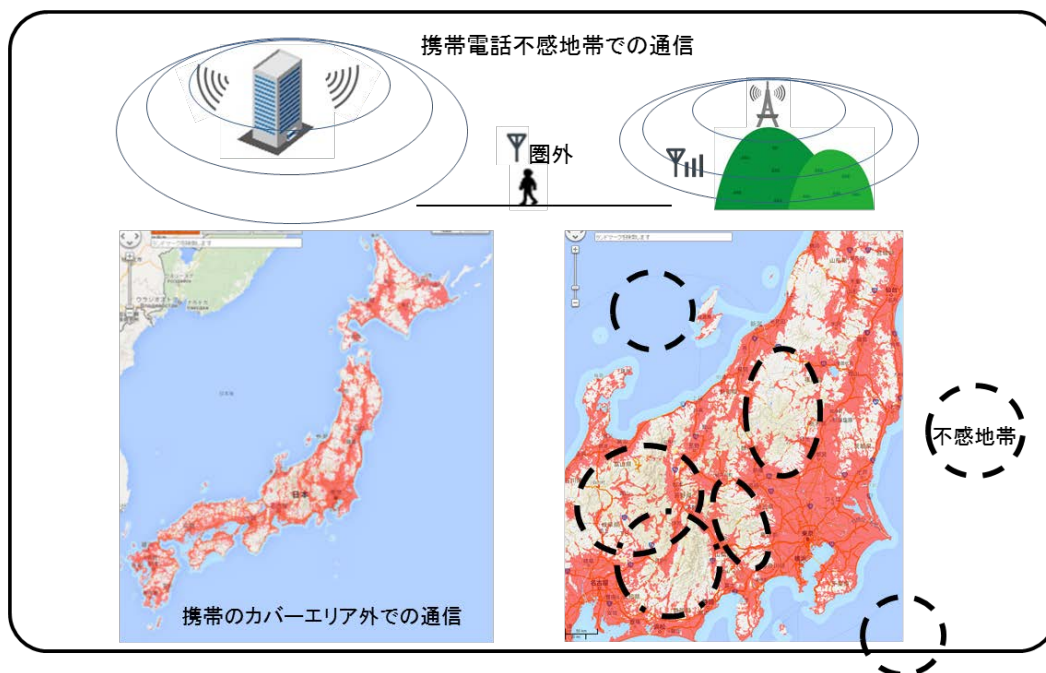


図 1.3 携帯電話不感地帯での通信

- 利用シーン[2] :
資産管理、位置情報の監視、トレーサビリティ管理対象物にデータ通信モジュールを装着し、物の動き（物流）を管理する。

[詳細]

物流やコンテナ等の資産価値の高額な物に衛星データ通信モジュールを装着し、物の動きやコンテナの現在位置を遠隔にて監視する（トレーサビリティ）。

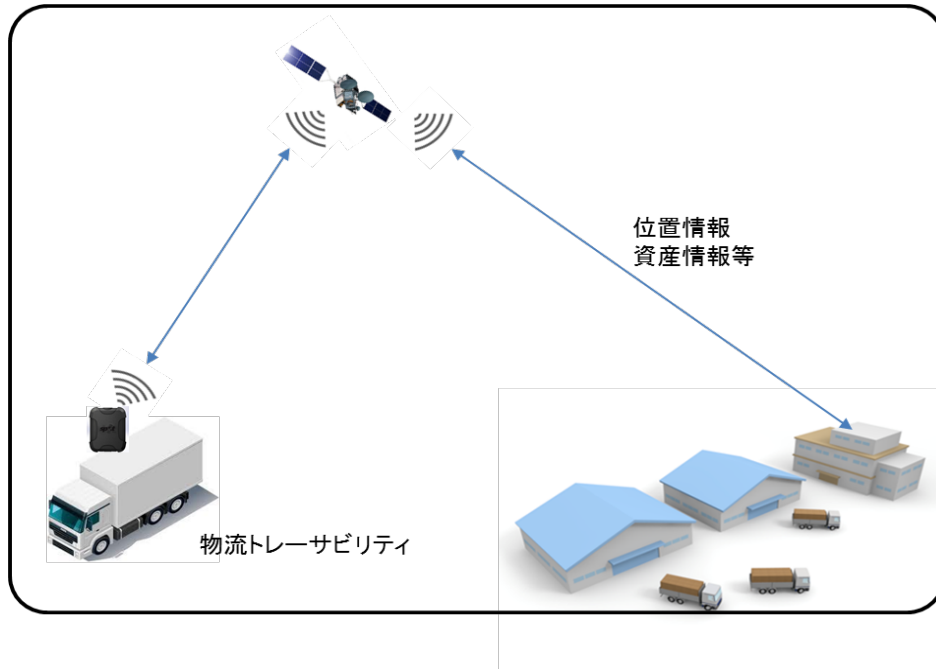


図 1.4 位置情報監視とトレーサビリティ

- 利用シーン[3] : 自動車、二輪車向け通信（IoT）
自動車メーカーが自社の販売する車両に衛星通信モジュールを装着し、携帯電話網の届かないエリアで衛星通信にて車両を管理する。

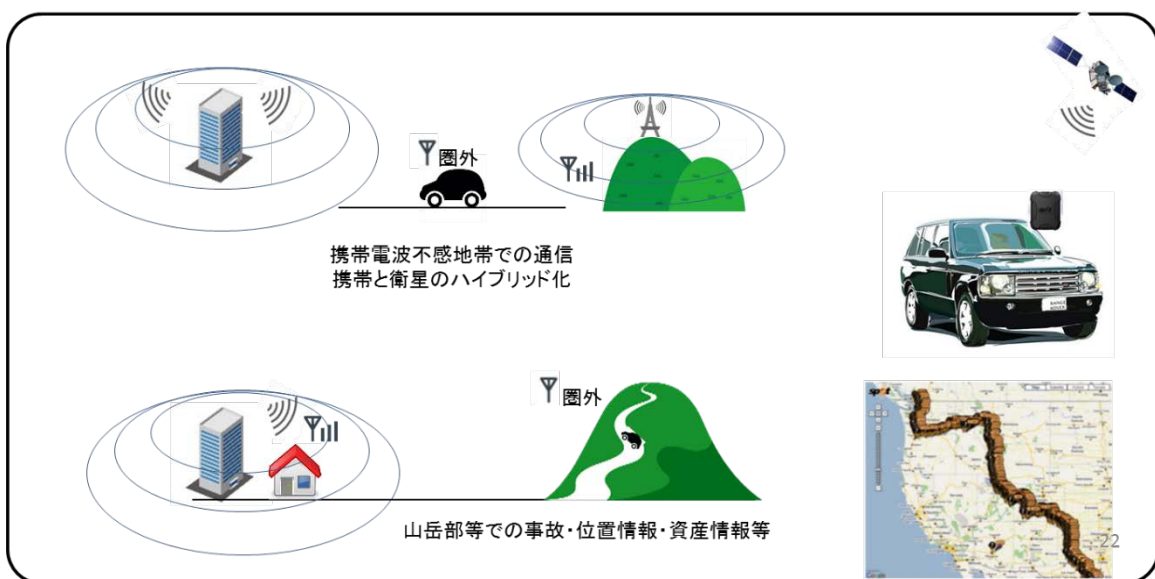


図 1.5 自動車、二輪車向け通信

- 利用シーン[4]：災害発生時（陸上）
携帯電話網や固定電話回線が不通となり、衛星携帯電話にて通話やデータ通信を利用する。



図 1.6 災害発生時（陸上）

- 利用シーン[5]：災害発生時（海上・洋上）
海難事故等の被災者、海難救助隊が衛星携帯電話を活用する。



図 1.7 災害発生時（海上・洋上）

2 他の無線システムとの周波数共用について

2.1 周波数配置状況

検討を行った 1.6GHz 帯/2.4GHz 帯を用いた衛星移動通信システムは、上りサービスリンク（L バンド、1610.0MHz～1,618.75MHz）及び下りサービスリンク（S バンド、2,483.5MHz～2,500MHz）を使用する。

1.6GHz 帯の周波数使用状況を図 2-1 に、また 2.4GHz 帯の周波数配置状況を図 2-2 に示す。

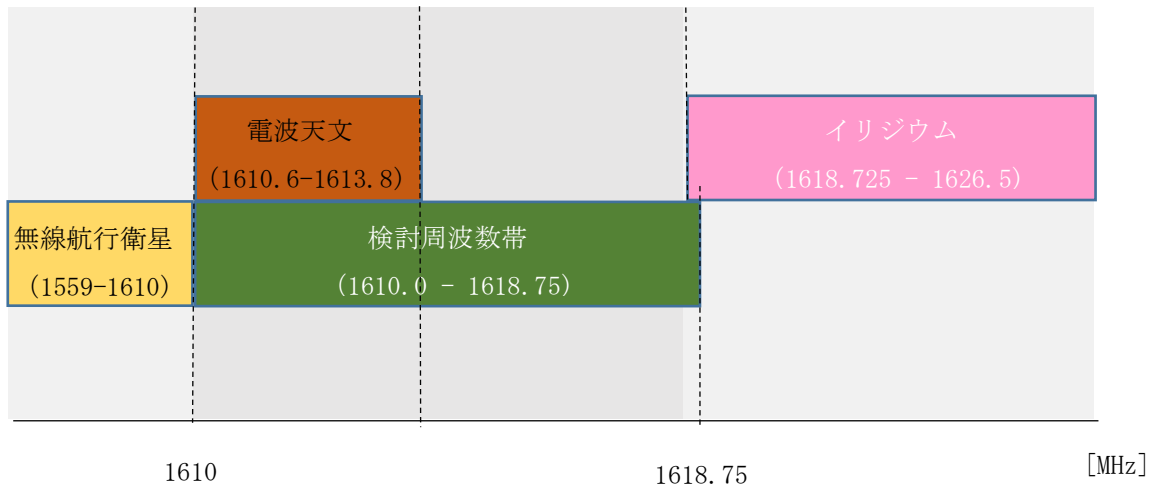


図 2.1 1.6GHz 帯の周波数使用状況

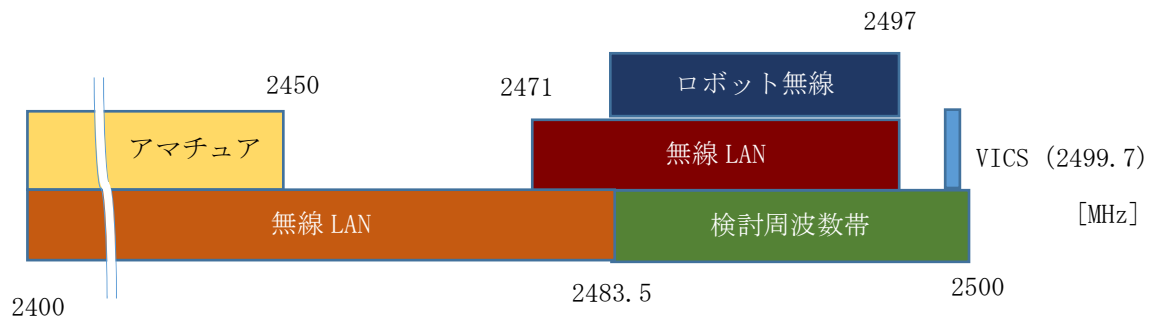


図 2.2 2.4GHz 帯の周波数使用状況

2.2 他のシステムとの周波数共用

検討を行った 1.6GHz 帯/2.4GHz 帯を用いた衛星移動通信システムについては、平成 12 年に一部答申が行われたが、電波使用状況が当時と比べ特に大きく変化した、以下の 3 点について干渉検討を行った。

- 電波天文：与干渉
- 無線 LAN・小電力データ通信システム：被干渉
- ロボット無線：被干渉

2.2.1 電波天文

2.2.1.1 電波天文業務の概要

本システムの上りサービスリンク(Lバンド、1,610.0MHz~1,618.75MHz)の一部(1,610.6MHz~1,613.8MHz)は、電波天文業務と周波数を共用することになる。電波天文業務は、電波送信は行わず、受信のみを行う業務であり、微弱な信号を扱っている。

電波天文のシステムの一例として、国立天文台野辺山の概要について、図 2.3 に示す



図 2.3 国立天文台野辺山の概要

出典 <http://www.nro.nao.ac.jp/public/about.html>

2.2.1.2 電波天文との干渉の検討

本システムと、電波天文との共用については、平成12年の一部答申において、以下の共用条件が示されている。

本システムが電波天文業務に支障を与えないよう、当該施設から一定の距離以内では常時または観測時のみ端末の電波を停止するなどの措置を講じることについて、電波天文各機関とシステム運用者との間で合意を得て、これを着実に実施することが必要である。

これを踏まえ、本システムの導入検討に際して、米国 FCC 規定 § 25.213 での規制や従前の干渉検討を基に、表 2.1 に示した条件で運用協定が関係者間で結ばれている。

表 2.1 平成12年度答申後に締結された運用条件

観測施設	運用条件	例外条件 運用指針
国立天文台 野辺山宇宙電波観測所	0～50km 全周波数使用禁止 50km～160km Ch. 4, 5, 6, 7 (1,613.805MHz～1,618.725MHz) 使用可能 160km～ 全周波数使用可能	自然災害時、防災 訓練時は制限を 解除 (解除時は連絡)
JAXA 臼田宇宙区間観測所	0～100km 全周波数使用禁止 100km～160km Ch. 4, 5, 6, 7 (1,613.805MHz～1,618.725MHz) 使用可能 160km～ 全周波数使用可能	サービス利用者 への周知
NICT 鹿島宇宙技術センター	0～30km 全周波数使用禁止 30km～160km Ch. 4, 5, 6, 7 (1,613.805MHz～1,618.725MHz) 使用可能 160km～ 全周波数使用可能	

しかしながら、表 2.1 に示した運用協定では、本州の中央部分において半径 100km 圏での運用ができず、またこの地域は、現在、地上系の携帯電話サービスの圏外となっているために、実際にサービスが導入された際に利用の需要が高いと見られることから、隣接周波数帯となる、Ch. 4、5、6、7 (1,613.805MHz～1,618.725MHz) の運用条件の緩和について検討を行った。

ITU-R 勧告 RA.769 に規定された干渉制限値を用いて、各天文台における干渉を検討した結果、Ch. 4 を使用した際の電波天文領域へのスプリアス輻射は、干渉制限値を超えるため、これを使用しないことが適当であると判明した。

Ch. 5 以上の使用については、自由空間損失の予測値では、電波天文領域へのスプリアス輻射が、干渉制限値を超えるものの、地形等を考慮した結果、地上においては、30Km の離隔をとることで、観測に影響は生じないものと考えられる。

一方、太平洋に面している鹿島宇宙技術センターについては、海上において携帯衛星端末が使用された場合には、有効な遮蔽が期待できないことから、球面形状を考慮した追加損失の計算により、50Km の離隔を取る事によって観測に影響は生じないものと考えられる。

2.2.1.3 電波天文との共用条件の検討

電波天文との干渉の検討を行った結果、表 2.2 に示す運用条件を適切に実施することにより、1.6GHz 帯における、電波天文と本システムとの周波数共用は可能であると考えられる。

表 2.2 干渉検討結果に基づく新たな運用条件案

観測施設	運用条件	例外条件 運用指針
国立天文台 野辺山宇宙電波観測所 JAXA 臼田宇宙区間観測所	0～30km 全周波数使用禁止 30km～160km Ch. 1, 2, 3, 4 (1, 610. 115MHz～1, 615. 035MHz) 使用禁止 Ch. 5, 6, 7 (1, 615. 035MHz～1, 618. 725MHz) 使用可能 160km～ 全周波数使用可能	自然災害時、防災 訓練時は制限を 解除 (解除時は連絡) サービス利用者 への周知
NICT 鹿島宇宙技術センター	陸 0～30km 全周波数使用禁止 30km～160km Ch. 1, 2, 3, 4 (1, 610. 115MHz～1, 615. 035MHz) 使用禁止 Ch. 5, 6, 7 (1, 615. 035MHz～1, 618. 725MHz) 使用可能 160km～ 全周波数使用可能	
	海 0～50km 全周波数使用禁止 50km～160km Ch. 1, 2, 3, 4 (1, 610. 115MHz～1, 615. 035MHz) 使用禁止 Ch. 5, 6, 7 (1, 615. 035MHz～1, 618. 725MHz) 使用可能 160km～ 全周波数使用可能	

2.2.2 無線 LAN・小電力データ通信システムとの干渉

2.2.2.1 無線 LAN・小電力データ通信システムの概要

2,400MHz～2,497MHz において、2.4GHz 帯無線 LAN (LAN : Local Area Network) が利用されている。無線 LAN の規格としては、米国電気電子学会 (IEEE : The Institute of Electrical and Electronics Engineers) により標準化された規格が広く利用されている。

IEEE802.11b における 20MHz システムのチャンネル配置を図 2.4 に示す。

2,412MHz から 2,472MHz までの 5MHz 間隔の計 13 チャンネル (Ch1～Ch13) と、2,484MHz の Ch14 (我が国においてのみ使用可能) の計 14 チャンネルから構成される。

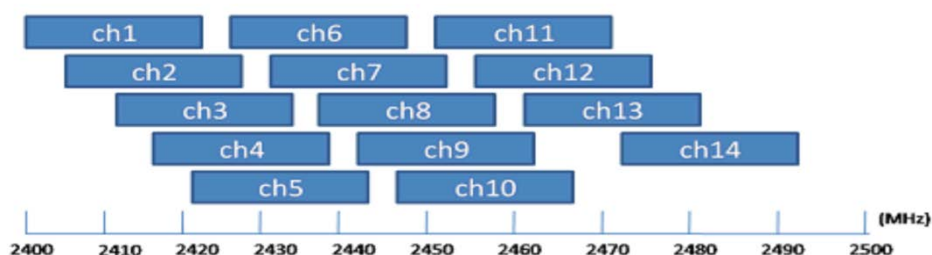


図 2.4 2.4GHz 帯無線 LAN (IEEE802.11b : 20MHz システム) のチャンネル配置

2.2.2.2 無線 LAN・小電力データ通信システムとの干渉の検討

表 2.3 及び表 2.4 に示した諸元、並びに、図 2.5 に示した伝搬モデルを基に、本システムと無線 LAN・小電力データ通信システムとの干渉の検討を行った。

表 2.3 隣接検討諸元

「第二世代小電力データ通信システム (STD-T66)」

項目	単位	屋外使用モデル	屋内使用モデル
周波数	MHz	2,472	
空中線利得	dBi	2.14	
壁等による減衰	dB	—	17
壁までの距離	m	—	5
受信空中線利得 (衛星携帯電話端末)	dBi	0.51	
不要輻射	mW/MHz	0.025	
	dBm/MHz	-16.02	

表 2.4 共用検討諸元
「小電力データ通信システム (STD-33)」

項目	単位	屋外使用モデル	屋内使用モデル
周波数	MHz	2,484	
空中線利得	dBi	2.14	
壁等による減衰	dB	—	17
壁までの距離	m	—	5
受信空中線利得 (衛星携帯電話端末)	dBi	0.51	
干渉波	mW/MHz	10	
	dBm/MHz	10	

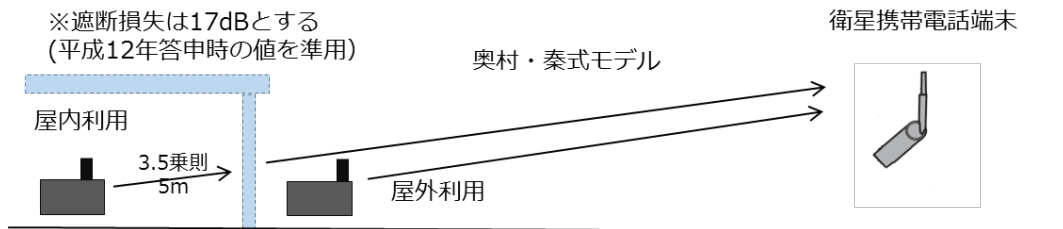


図 2.5 伝搬モデル

表 2.5 所用離隔計算の結果

許容干渉電力		所要離隔距離	
隣接干渉	-119.4 (dBm/MHz)	屋内利用	0.9 m
		屋外利用	71.5 m
共用干渉		屋内利用	3.7 m
		屋外利用	288.9 m

※ 参考資料「無線 LAN・小電力データ通信システムとの所用離隔距離計算」に詳細を示す。

Wi-Fi に代表される、Ch1~Ch13 までの無線 LAN 機器から、衛星携帯電話端末への隣接干渉に対する所要離隔距離は、干渉元が屋内使用では、約 1m であり影響は非常に少ないと考えられる。

一方で、屋外使用においては計算された所要離隔距離が約 72m であり、一定の距離において、衛星携帯電話の通信が困難になる事も考えられる。

周波数を共用する、Ch14 を使用した無線 LAN から、衛星携帯電話への干渉については、屋内使用では、約 3.7m であり、隣接干渉に比較すると必要な離隔距離は大きいものの、その影響は限定的であると考えられる。また屋外使用においては計算された所要離隔距離が約 290m であり、より広い範囲で、衛星携帯電話の通信が困難になる事も考えられる。

2.2.2.3 実際の環境での試験運用

Wi-Fi 利用機器が高度に普及した現在の状況で、本システムが実用に耐え得るかを実証するために、幾つかの代表的な環境を選び、実験試験局の免許を受けた端末を用いて、試験運用を行った。

表 2.6 試験運用の状況

運用環境	利用想定	結果
Wi-Fi 機器との同時使用	衛星携帯電話の利用者が、Wi-Fi ルータも携帯して同時に利用。 Wi-Fi ルータやスマートフォンのテザリング機能が多用される公園等での利用。	利用可能であった。
公衆無線 LAN サービスエリア内での使用	繁華街等での衛星携帯電話の利用。	建物等により衛星が遮蔽されない場合には利用可能であった。
事業用無線 LAN との同時使用	使用チャンネルを Ch14 に固定した Wi-Fi 機器を対向で設置し、相互に通信を行なわせて、その周辺での衛星携帯電話の利用。	直線見通しで 50m 離れた地点では、利用可能であった。 距離が概ね 10m 以内近付いた場合に、衛星からの電波が掴みにくい場合があり、通話が途切れる場合もあった。

2.2.2.4 無線 LAN・小電力データ通信システムとの周波数共用

所要離隔計算、及び実環境での試験運用から、無線 LAN・小電力データ通信システムの内、特に広く普及している、Ch1～Ch13 までを使用した機器からの、有害な干渉を受け可能性は低く、周波数の共用は可能であると考えられる。

無線 LAN・小電力データ通信システムの内、Ch14 の帯域を使用する機器の周辺に於いては、一定の距離内で、衛星携帯端末が、衛星からのダウンリンク信号を受信する事ができない場合が考えられるが、その場合でも干渉を受ける範囲は限定的であり、本システムの利用者がこのように、他システムからの干渉を受ける可能性を理解し、運用場所を適切に選択することで、利用可能な場면을拡大することができると考えられる。

衛星携帯電話は、固定電話、携帯電話、Wi-Fi の電波が届かないエリア（陸上、海上・洋上）にて、より利用されることが想定され、多くの場合、必要な離隔は得られるものと考えられる。

これらの考察から、本システムと、無線 LAN・小電力データ通信システムとの周波数共用は可能であると考えられる。

2.2.3 ロボット無線との干渉

2.2.3.1 ロボット無線の概要

ロボット無線については、「ロボットにおける電波利用システムの技術的条件」として、平成28年3月に情報通信審議会から答申を受け、同年8月に制度化が行われており、今後、高精細画像の伝送等の高度利用が見込まれている。

ロボット無線の2.4GHz帯での周波数配置を図2.6及び表2.7に示す。

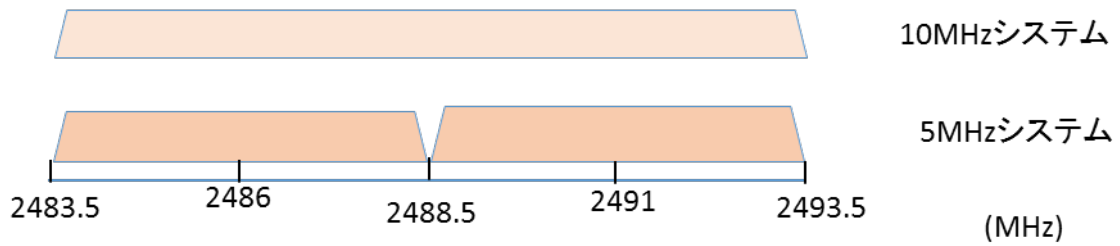


図 2.6 2.4GHz帯ロボット用無線システムのチャンネル配置

表 2.7 2.4GHz帯ロボット用無線システムのチャンネル配置

システム	中心周波数
5MHz システム	2,486MHz、2,491MHz
10MHz システム	2,488.5MHz

2.2.3.2 ロボット無線との干渉の検討

図2.7に示した伝搬モデル及び、表2.8に示した諸元を基に、本システムとロボット無線との干渉の検討を行った。

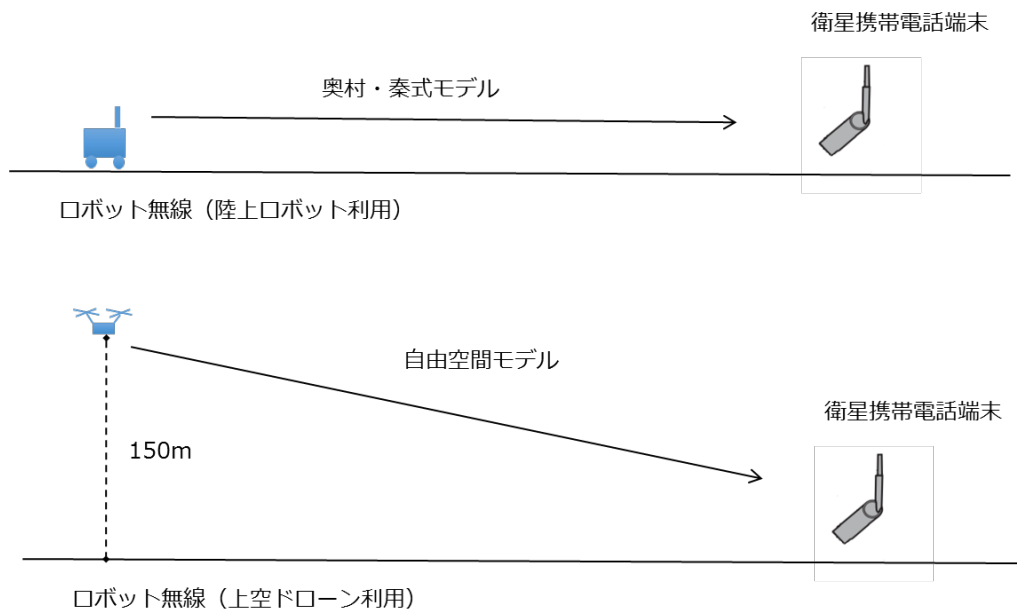


図 2.7 伝搬モデル

表 2.8 共用検討諸元

項目	単位	陸上利用	上空利用
周波数	MHz	2,485.5	
空中線電力 (e. i. r. p.)	W	4	
ロボット高度	m	1.5	150
受信空中線利得 (衛星携帯電話端末)	dBi	0.51	

表 2.9 に所要離隔計算の結果を示す。

ロボット無線から衛星携帯電話への干渉については、陸上利用では、10MHz システムの場合で約 560m、5MHz システムの場合で約 656m であり、比較的広い範囲で、衛星携帯電話の通信が困難になる事が考えられる。

また上空利用の場合には、離隔距離が、等価地球半径を考慮した可視範囲を超える事から、見通し範囲内でロボット無線が使用された場合には、衛星携帯電話の通信が困難になると考えられる。

表 2.9 所用離隔計算の結果

許容干渉電力		所要離隔距離	
隣接干渉	-119.4 (dBm/MHz)	屋内利用	0.9 m
		屋外利用	71.5 m
共用干渉		屋内利用	3.7 m
		屋外利用	288.9 m

※ 等価地球半径での見通し距離は、約 50.5km。

2.2.3.3 ロボット無線の想定される利用シーンでの干渉の検討

現時点では、2.4GHz 帯におけるロボット無線の活用は、まだ導入段階ではあるが、今後想定される代表的な利用シーンにおいて、それぞれ干渉が生じる状況の可能性について検討を行った。

(1) 平常時 (陸上)

ドローンやロボットの想定利用状況：

高層ビルやお城の外観、大規模な橋梁、送電線を支える鉄塔、大規模ソーラーパネルなど人間が容易に近づけない場所へ、ドローンやロボットを利用して画像情報を取得するために利用する。

① 都心部など人口が密集しているエリアでは航空法の定めるルール(*)により、事前

に国土交通大臣の許可を受けた場合を除き、ドローンを利用する許可が降りず、衛星携帯電話との干渉は考えにくい。また、地上の携帯電話が利用出来る都心部では衛星携帯電話の利用ニーズがないと想定される。

- ② 城郭や大規模な橋梁の外観を撮影するなどの利用では、ドローンの飛行中は衛星携帯電話との電波干渉が考えられるが、万が一衛星携帯電話が利用できない場合、利用者は周囲にドローンが飛行しているか確認し、しばらく間を空けてから再度利用してみる。ドローンの連続飛行時間（10分程度）を考えれば、干渉により衛星携帯電話が長時間に渡って利用できないケースは少ないと想定される。
- ③ 送電線を支える鉄塔、大規模ソーラーパネルのチェックのためにドローンを利用する場合、同じタイミングで衛星携帯電話を利用した場合は電波干渉が考えられるが、万が一衛星携帯電話が利用できない場合、利用者は周囲にドローンが飛行しているか確認し、しばらく間を空けてから再度利用を試みる事が想定される。

※ ドローンとの電波干渉：

平時における衛星携帯電話の利用時にドローンやロボットと遭遇した場合は、電波干渉により利用できない場合が考えられるが、しばらく間を空けてから再度利用することで衛星携帯電話が利用できる想定される。

(*) 航空法の定めるルール：

(A)～(C)の空域のように、航空機の航行の安全に影響を及ぼすおそれのある空域や、落下した場合に地上の人などに危害を及ぼすおそれが高い空域において、無人航空機を飛行させる場合には、あらかじめ、国土交通大臣の許可を受ける必要があります。

- (A) 空港等の周辺（進入表面等）の上空の空域
- (B) 150m以上の高さの空域
- (C) 人口集中地区の上空

(2) 災害発生時直後（陸上）

想定状況：

発災直後からの通信状況（*参考資料：放送メディア研究 No. 112014 年：ケータイから見た3.11東日本大震災）

- ① 発災直後、固定電話・携帯電話網が不通となる。
（*東日本大震災では、東北・関東全域では震災当日、実質的に携帯電話が使えなかった人が42.8%（アンテナ表示の「圏外」・「0本」の合計））
- ② 発災から3日間程度は、衛星携帯電話を活用し関係機関との連絡や救急活動や応急活動、情報の収集や伝達に利用される。
（*震災から3日目以降は携帯電話が徐々に改善を見せ、実質的に使えなかった人の割合が16.1%（アンテナ表示の「圏外」・「0本」の合計）にまで大幅に減少する）
- ③ 災害対策本部等の設置後は、被災・被害状況の把握、情報収集（今後はドローン

やロボットの活用が見込まれる)、関係機関との連絡などが一元管理され、衛星携帯電話の利用もこれに含まれる。

※ ドローンとの電波干渉：

災害対策本部等などが設置された以降は、ドローンやロボットなどの情報収集用機器、非常用通信伝達手段である衛星携帯電話等の利用について利用場所や利用時間が一元管理され、円滑な利用が想定される。

2.2.3.4 ロボット無線との周波数共用

所要離隔計算の結果から、ロボット無線が、特に上空で使用された場合には、広範囲で衛星携帯端末が、衛星からのダウンリンク信号を受信する事ができない場合が考えられる。

ロボットによる、2.4GHz 帯の電波利用は、その導入が始まりつつあるところではあるが、想定される利用シーンを検討すると、多くの場合衛星携帯電話の利用は可能であると考えられる。

また、災害時等においては、衛星携帯電話の利用と、ロボットの無線利用とでは、利用ニーズが高まる時期・期間に差異が生じると考えられる。さらに、ロボットの無線利用が活発に行われるような大規模災害時には、現地対策本部などの主導により、各種通信システムが、その緊急度、重要度に対応して適切に活用されるよう、運用調整が実施されると考えられる。

これらの考察から、ロボット無線が導入された場合においても衛星携帯電話の利用は可能であると考えられる。

2.2.4 検討結果のまとめ

本報告における干渉検討の結果を以下に示す。

2.2.4.1 電波天文台との干渉

保護が必要な天文台の周辺で、離隔距離や使用可能な周波数等の運用条件を設定、これを適切に実施することにより、1.6GHz 帯における、電波天文と本システムとの周波数共用は可能であると考えられる。

2.2.4.2 無線 LAN・小電力データ通信システムとの干渉

無線 LAN・小電力データ通信システムから受ける干渉は非常に限定的であり、特定の状況で干渉を受ける可能性を利用者が理解することで、周波数共用は可能と考えられる。

2.2.4.3 ロボット無線との干渉

ロボットが近傍で使われている状況では、干渉を受けることが考えられるが、平時の衛星携帯電話の利用シーンを考えると、利用する時間を考慮することによって衛星携帯電話の利用は可能と考えられる。また災害時などには災害対策本部等による適切な運用調整が行われることで衛星携帯電話の利用は可能と考えられる。

3 無線設備の技術的条件

3.1 1.6GHz帯/2.4GHz帯を用いた移動衛星通信システム

1.6GHz帯/2.4GHz帯を用いた移動衛星通信の無線設備の技術的条件については、国際的な電波に関する条約等及び国内の電波法令に適合することが必要である。具体的には以下のとおりとすることが適当である。

3.1.1 一般的条件

3.1.1.1 必要な機能

- (1) 人工衛星局を介して基地局（地球局）と通信を行う個々の移動局の送信装置が自動的に識別されるものであること。
- (2) 双方向通信を行う移動局が使用する周波数、送信スロット、符号は、基地局からの制御信号により自動的に選択されるものであること。
- (3) シンプレックス通信を行う移動局が使用する周波数は、予め設定されたものであり、位置情報によって、適切に選択されるものであること。

3.1.1.2 適用周波数帯

適用周波数帯は、1,610.0MHz～1,626.5MHz（上り）／2,483.5MHz～2,500MHz（下り）の周波数を使用することが適当である。なお、運用に当たっては、無線通信規則による国際調整結果を遵守すること。

3.1.1.3 多元接続方式

周波数分割多元接続方式と時分割多元接続方式と符号分割多元接続方式を組み合わせた接続方式とし、周波数分割多元接続方式におけるチャンネルは1.25MHz間隔、時分割多元接続方式におけるフレーム長は20m秒、符号分割多元接続方式における一の搬送波及び一のフレーム当たりのチャンネルの数は128とすることが望ましいが、将来の技術進展等による変更可能性を見据えて柔軟性を持たせるため、特定の方式に限定しないことが適当である。

3.1.1.4 通信方式

複信方式であることが望ましいが、それ以外の利用形態も考えられることから、特定の方式に限定しないことが適当である。

3.1.1.5 変調方式

CDMA方式とすることが望ましいが、将来の技術進展等による変更可能性を見据えて柔軟性を持たせるため、特に限定しないことが適当である。

3.1.1.6 通信速度

音声、低速データ通信モードの場合は、9,600bps、4,800bps、2,400bps、高速データ通信モードの場合は、256kbps とすることが望ましいが、将来の技術進展等による変更可能性を見据えて柔軟性を持たせるため、特に限定しないことが適当である。

3.1.1.7 フレーム長／フレーム周期

将来の技術進展等による変更可能性を見据えて柔軟性を持たせるため、特に限定しないことが適当である。

3.1.1.8 その他

(1) セキュリティ対策

不正使用を防止するため、移動局装置固有の番号の付与など、適切な措置を講ずることが望ましい。

(2) 人体への影響対策

移動局の端末は、利用者が手で保持して使用することが想定されることから、電波防護指針を満足するとともに、無線設備規則第14条の2の対象として本システムを追記し、人体（頭部・両手以外）の比吸収率を2W/kg、四肢は4W/kg以下とすることが適当である。なお、海外ですでに実用化されている本システムを利用する衛星携帯電話端末については、この基準を満足することを確認している。

3.1.2 移動局の条件

3.1.2.1 送信装置

(1) 周波数の許容偏差

無線設備規則第5条に基づき、20ppm以下とすることが適当である。

(2) 空中線電力の許容偏差

無線設備規則第14条に基づき、上限50%、下限50%とすることが適当である。

(3) 不要発射の強度の許容値

ITU-R 勧告 M.1343 を考慮し、次のとおりとすることが適当である。

- 1,610.0MHz 未満または1,628.5MHz を超える周波数帯における不要発射の強度の許容値は、図 3.1 に示す規定値を超えないこと。
- 1,610.0MHz～1,628.5MHz の周波数帯における不要発射の強度の許容値は、図 3.2 に示す規定値を超えないこと。

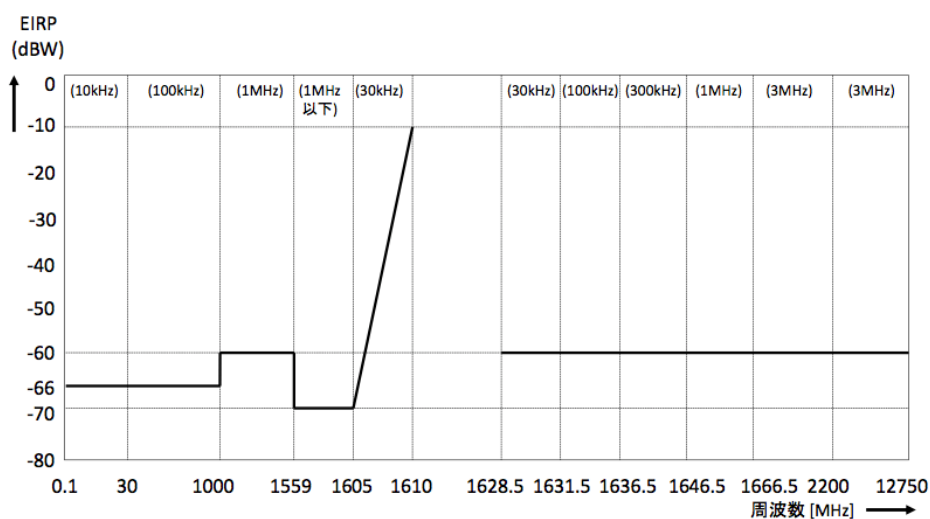


図 3.1 1,610.0MHz 未満または 1,628.5MHz を超える周波数帯における不要発射の強度の許容値

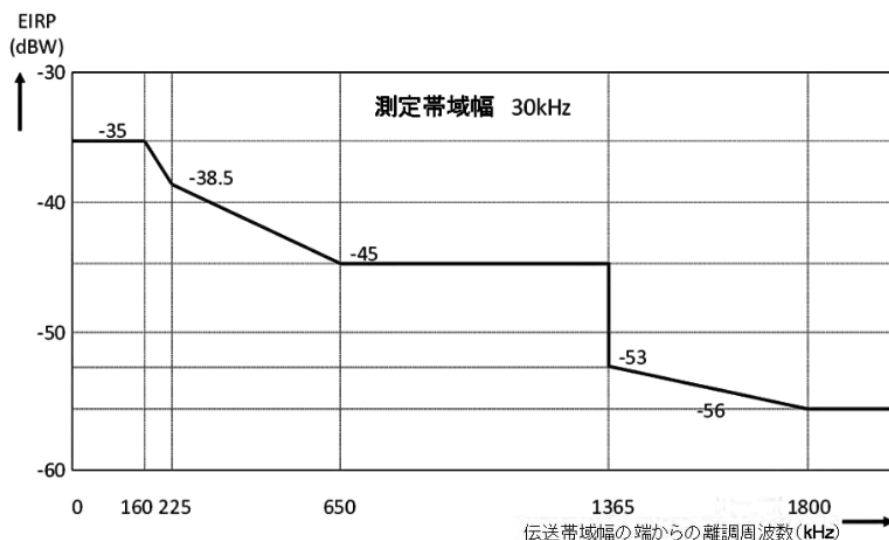


図 3.2 1,610.0MHz～1628.5MHz 周波数帯における不要発射の強度の許容値

(4) 占有周波数帯幅の許容値

双方向通信を行う端末では 1.48MHz、また、シンプレックス通信を行う端末では 2.5MHz とすることが望ましいが、将来の技術進展等による変更可能性を見据えて柔軟性を持たせるため、特に限定しないことが適当である。また、周波数の有効利用等の観点から、可能な限りスプリアス発射の強度が低減されるよう、技術開発動向や国際標準化動向を踏まえつつ、今後、適宜技術的条件の見直しを図ることが望ましい。

(5) 隣接チャネル漏洩電力

スプリアス発射の強度の許容値の範囲以内であること。

(6) キャリアオフ時の漏洩電力

送信機能を停止した場合の携帯移動地球局の等価等方輻射電力の許容値は、ITU-R 勧告 M.1343 を考慮し、次のとおりすることが適当である。

- 0.1MHz～30MHz -87dBW/10kHz
- 30MHz～1,000MHz -87dBW/100kHz
- 1,000MHz～12,750MHz -77dBW/100kHz

3.1.2.2 受信装置

- (1) 副次的に発する電波等の限度は、無線設備規則第24条に基づき、4nW以下とすることが適当である。

3.1.2.3 空中線

- (1) 等価等方輻射電力(EIRP)

他システムとの干渉防止、回線成立性の確保の観点から、双方向通信を行う端末においては30dBm以下、また、シンプレックス通信を行う端末においては、23.5dBm以下とすることが望ましいが、将来の技術進展等による変更の可能性を見据えて柔軟性を持たせるため、特に限定をせず、他のシステムへの影響に十分配慮しつつ、適切に設定されることが望ましい。

- (2) 偏波

偏波は、左旋円偏波または直線偏波とすることが適当である。

4 測定法

4.1 送信装置

1.6GHz 帯/2.4GHz 帯を用いた移動衛星通信の無線設備の技術的条件については、国際的な電波に関する条約等及び国内の電波法令に適合することが必要である。具体的には以下のとおりとすることが適当である。

4.1.1 周波数

外部試験装置により呼を設定し、波形解析装置により測定する。

4.1.2 空中線電力

被試験器の移動局を定格出力で送信するよう設定し、電力計により送信電力を測定する。

4.1.3 不要発射の強度

被試験器の移動局を定格出力で送信するよう設定し、無線出力端子に接続されたスペクトルアナライザでスプリアス領域における不要発射の強度を測定する。

4.1.4 占有周波数帯幅の許容値

外部試験装置により呼を設定し、スペクトルアナライザにてその電力分布を測定し、全電力の 0.5%となる上下の限界周波数点を求め、その差を占有周波数帯幅とする。

4.1.5 キャリアオフ時漏洩電力

被試験器の移動局を搬送波の送信停止状態とし、送信周波数帯域内の規定の周波数幅の電力をスペクトルアナライザまたは電力計で測定する。

4.2 受信装置

4.2.1 副次的に発する電波等の限度

被試験器の移動局を待受状態、または受信状態（送信機無線出力停止）とし、副次的に発する電波等の限度をスペクトルアナライザで測定する。

V 検討結果

電気通信技術審議会諮問第 82 号「非静止衛星を利用する移動衛星通信システムの技術的条件」のうち、「1.6GHz 帯/2.4GHz 帯を用いた移動衛星通信システムの技術的条件」について、別添のとおり一部答申をとりまとめた。

別表1 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 構成員

氏名	主要現職
主査委員 あんどう まこと 安藤 真	東京工業大学 理事・副学長（研究担当） 産学連携推進本部長
委員 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
専門委員 ありき せつじ 有木 節二	一般社団法人 電気通信事業者協会 専務理事
" いけがみ 井家上	明治大学 理工学部 教授
" てつし 哲史	
" うすい てるこ 碓井 照子	奈良大学 名誉教授
" うめ ひら まさ 梅 比良 正	茨城大学 教授・副工学部長
" ひろ 弘	
" かたやま やすよし 片山 泰祥	一般社団法人 情報通信ネットワーク産業協会 専務理事
" かとう ねい 加藤 寧	東北大学 電気通信研究機構 機構長
" かどわき なおと 門脇 直人	国立研究開発法人 情報通信研究機構 執行役 ワイヤレスネットワーク総合研究センター長 オープンイノベーション推進本部長
" しょうじ るり 庄司 るり	東京海洋大学 海洋工学系 教授
" 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
" みうら よしこ 三浦 佳子	消費生活コンサルタント
" みかみ いずみ 三神 泉	一般財団法人 衛星測位利用推進センター 専務理事
" やまもと しずお 山本 静夫	国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 理事

別表2 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作業班 構成員

氏名	主要現職
主任 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 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 姉齒 章	双葉電子工業株式会社 企画開発部 主幹技師
〃 伊藤 達郎	全日本空輸株式会社 整備センター技術部 客室技術チーム 主席部員
〃 伊藤 信幸	日本無線株式会社 海上機器事業部 マリンエンジニアリング部 船用ネットワークグループ 課長
〃 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
〃 小竹 信幸	一般財団法人 テレコムエンジニアリングセンター 技術部 部長
〃 城戸 克也	日本航空株式会社 IT 企画本部 IT 運営企画部 海外 IT・ネットワーク戦略グループ
〃 小出 孝治	国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 周波数管理室 室長
〃 小山 仁明	一般社団法人 日本船主協会 海務部 副部長
〃 齋藤 正雄	大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 国立天文台 電波研究部 野辺山宇宙観測所 所長
〃 城田 雅一	クアルコムジャパン株式会社 標準化担当部長
〃 菅田 明則	KDDI 株式会社 技術企画本部 電波部 企画・制度 G 担当部長
〃 土谷 牧夫	三菱電機株式会社 通信機製作所 通信情報システム部 衛星通信プロジェクト部長
〃 菱倉 仁	株式会社テレキュート ICT 事業部 モバイルソリューショングループ テクニカルアドバイザー
〃 福本 史郎	ソフトバンク株式会社 渉外本部 標準化推進部 国際規格課 課長
〃 古川 憲志	株式会社 NTT ドコモ 電波部 電波企画担当部長
〃 本多 美雄	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会 委員長
〃 三浦 周	国立研究開発法人 情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク 総合研究センター 宇宙通信研究室 主任研究員
〃 森 正幸	古野電気株式会社 船用機器事業部 営業企画部 担当部長

参考資料

参考資料 1	移動衛星通信システムの動向	1
参考資料 2	グローバルスターの概要	12
参考資料 3	「1.6GHz 帯/2.4GHz 帯を用いた移動衛星通信システムの技術的条件」の 検討について干渉検討に関する報告	24
参考資料 4	グローバルスターシステム 諸元	49
参考資料 5	減衰モデル	50
参考資料 6	所要離隔距離計算	51

参考資料1 移動衛星通信システムの動向

本参考資料は、従前の検討を基に実施しているため以下の資料を抜粋、引用している。

引用資料一覧

- 平成7年9月25日に諮問された「非静止衛星を利用する移動衛星通信システムの技術的条件」(諮問第82号)に対する平成12年9月25日の電気通信技術審議会への答申資料
- 平成25年1月18日に諮問された「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」(諮問第2032号)のうち、平成25年12月5日に取りまとめられた2GHz帯等を用いた移動衛星通信システム等の在り方」の答申資料
- 平成27年ICT総研公衆無線LANサービス利用者動向調査

1 新移動衛星通信システム導入の背景

日本では、度重なる大規模震災や災害の発生時に、地上系通信インフラに甚大な被害が発生した場合、救援、復旧活動等の分野で被災地における通信確保の手段として、移動衛星通信システムの利用が必要不可欠となる。また、海外からの救援活動者は衛星携帯電話を国内に持ち込むケースが想定される。

東日本大震災では、地上系通信インフラが大きく被災したが、地震の影響を受けにくい、衛星通信は衛星携帯電話による通信、可搬・車載地球局による被災地からの映像伝送、船上地球局による救援・復旧活動の分野で活躍し、被災地における通信確保に必要な状況となった。

また海外では地上系通信インフラの電波が届かないところで、位置情報を利用した救難活動に移動衛星通信システムの利用が普及しており、日本国内においても地上系通信インフラの面積カバー率は国土の約 60%であるため、その他の約 40%の地域での移動衛星通信システムによる救難活動等の通信確保が求められている。

一方日本国内には、大手携帯電話系通信事業者が提供する移動衛星通信サービスが存在しているが、提供されているサービスの機能、内容、価格等、災害時の利用という側面で見ただけでも必ずしも利用者の満足度を得ているものが少なく、国内に十分普及している状況とは言えない。衛星携帯電話については現在、可搬型端末が比較的普及しているが、災害時の使用をより容易にするため、小型軽量かつ周波数の利用効率の高い携帯型端末の導入が期待されている。

グローバルスターは既に世界 120 か国以上で必要な主管庁の許可、認可、免許を取得して移動衛星通信サービスの提供を行っている。移動衛星通信サービスはその衛星通信の有する特質から、山間地、洋上等、通信基盤の無い場所、あるいは紛争、動乱、災害等に因り、既存の地上通信基盤の利用が困難、あるいは同基盤の喪失の事態が発生した場合にも、必要な通信連絡システムを迅速かつ能率的な確保を可能ならしめる特質を有することは言及するまでもない。

グローバルスターのサービスも主としてこの用に供しており、平成 27 年 11 月現在、世界中で約 70 万余の衛星携帯電話、シンプレックス端末、SPOT 位置情報サービスが利用されている。グローバルスターの子会社の SPOT（位置情報提供会社）は、2007 年のサービス開始以来、4600 もの世界中のレスキュー部隊に位置情報端末を提供し、地上系携帯電話の届かないエリアに取り残された 1 万数千人以上の緊急救命要請に使われ、現在も 1 日あたり平均 2 件の割合で利用されている。

グローバルスター移動衛星通信サービスの国内導入に向けた調査検討および導入は、災害時における通信網の確保並びに現在地上で携帯電話網がカバーされていないエリアでの通信確保のための移動衛星通信システムの高度化に寄与する。

- ◆ 陸・海・空のどこでも、平時・災害時を問わず使用可能
 - ・ 船舶や航空機での利用 (地上系通信システムでは提供が困難な場所)
 - ・ 陸上での利用 (地上系通信サービスの補完及び災害対策(企業BCP緊急臨時回線等))
- ◆ 陸上系通信システムに比して伝送容量が小さく高価 (概ね1Mbps以下、陸上系の約1/100程度)

陸海空での利用	船舶・陸上	Ocean BB ＜静止衛星＞ (海→陸)最大512kbps (陸→海)最大1Mbps	インマルサットFleet Broadband ＜静止衛星＞ (海→陸)最大432kbps (陸→海)最大432kbps	ワイドスター ＜静止衛星＞ (海→陸)最大144kbps (陸→海)最大384kbps							
	航空機	ANA WiFi サービス ＜静止衛星＞ ＜1機あたりの伝送速度＞ 上り/下り:最大864kbps	人工衛星 基地 地球局 インターネット接続等	JAL SKY WiFi ＜静止衛星＞ ＜1機あたりの伝送速度＞ 下り:2Mbps～50Mbps程度 上り:500kbps～1Mbps程度 (使用される衛星、1衛星あたりの航空機数等により異なる)							
	携帯	ワイドスターII ＜静止衛星＞ ＜データ通信速度＞ (パケット通信) 上り:144kbps 下り:384kbps	インマルサットBGAN ＜静止衛星＞ ＜データ通信速度＞ 上り/下り:492kbps	イリジウム ＜非静止衛星＞ ＜データ通信速度＞ (SMS) 上り/下り:2.4kbps							
平時時・災害時の利用	平時時：地上通信サービスの補完		災害時：緊急の臨時回線								
	<ul style="list-style-type: none"> ・地上ネットワークが利用できない地域の通信回線 ・地上ネットワークのバックアップ回線・臨時回線 (例)SNG(Satellite News Gathering) 放送事業者が番組中継等に使用する衛星通信回線設備 ・航空機・船舶への通信 		<ul style="list-style-type: none"> ・災害時において、通常使用する通信回線の代替として臨時に使用する通信回線 <table border="1"> <tr> <td colspan="2">東日本大震災における衛星携帯電話貸与状況(計1167台)</td> </tr> <tr> <td>電気通信事業者</td> <td>940台</td> </tr> <tr> <td>総務省</td> <td>157台</td> </tr> <tr> <td>国際電気通信連合</td> <td>70台</td> </tr> </table> <p>(平成23年4月19日時点)</p>		東日本大震災における衛星携帯電話貸与状況(計1167台)		電気通信事業者	940台	総務省	157台	国際電気通信連合
東日本大震災における衛星携帯電話貸与状況(計1167台)											
電気通信事業者	940台										
総務省	157台										
国際電気通信連合	70台										

図参 1-1-1 我が国の衛星通信の利用の現状

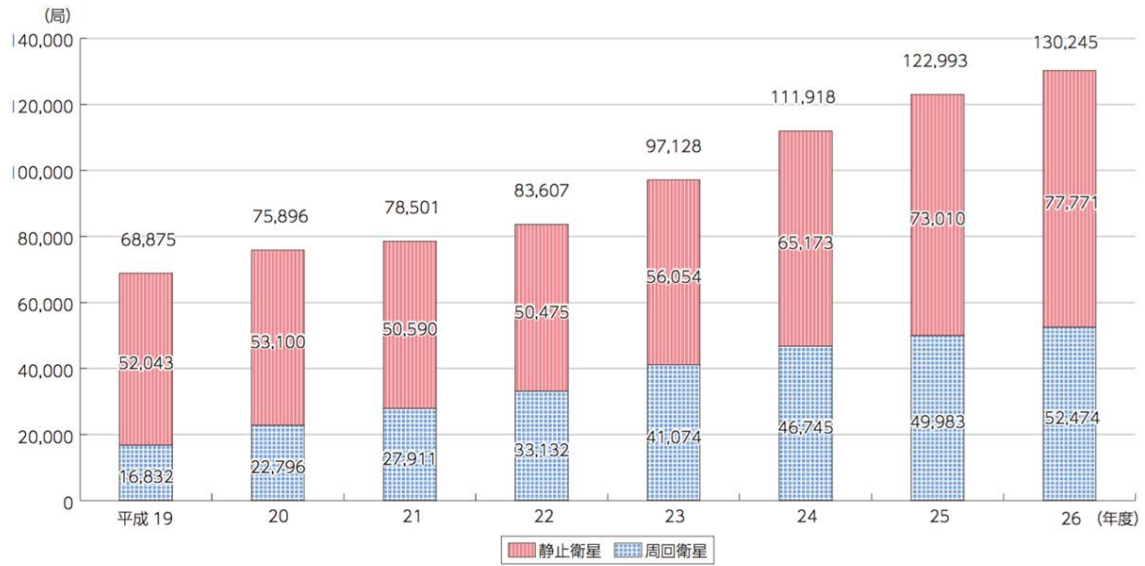
出典：次期技術試験衛星について（総務省・文部科学省・経済産業省）

周波数帯	1.5/1.6GHz帯 (L帯)			2.5/2.6GHz帯 (S帯)	4/6GHz帯 (C帯)	12/14GHz帯 (Ku帯)
主な国内分配	移動衛星			移動衛星	固定衛星	固定衛星、移動衛星
システム名(事業者)	インマルサット (英インマルサット社)	イリジウム (米イリジウム社)	スラヤ (UAEスラヤ社)	N-STAR (日本NTTドコモ)	ESV (各種衛星通信事業者)	VSAT、移動体SNG、ヘリサット、ESV、航空機用 (各種衛星通信事業者)
国内免許人	グローブワイヤレス、KDDI、Satcom Global、SatComms Japan、JSATモバイルコミュニケーションズ、SKY-FIX COM JAPAN、日本テレコム(7社)	KDDI	ソフトバンクモバイル、日本テレコム	NTTドコモ	インテルサットインターナショナルシステムズ、シカゴ・モバイルシステム、Maritime TelecommunicationsNetwork	IPSTAR Company、インテルサットインターナショナルシステムズ、NTT西日本、NTT東日本、KDDI、シカゴ・モバイルシステム、スカパーJSAT、ハラソックアビオニクス、マウピック、LASCOM (10社)
衛星の軌道	静止衛星(143.5E等)	非静止衛星	静止衛星(98.5E等)	静止衛星(132E,136E)	静止衛星(183E等)	静止衛星(162E,132E,119.5E等)
サービス提供地域	全世界	全世界	欧州、アジア、北アフリカ、オセアニア地域	日本全国・日本近海(200海里)	アジア、全世界	日本全国、日本近海(200海里)、全世界
サービス提供開始時期	1982年以降逐次	1999年～2000年 2001年再開(日本は2005年再開)	2013年2月～	1996年～	2006年以降逐次	1989年以降逐次
運用局数 (H25.3末現在)	携帯移動地球局:19,414 船舶地球局:908 航空機地球局:187	22,591	-	48,055	3	11,002
端末例	陸上				- (現行サービスなし)	 VSAT 移動体SNG
	海上				 ESV	 ESV
	上空	- (現行サービスなし)	- (現行サービスなし)	- (現行サービスなし)	- (現行サービスなし)	 航空機用 ヘリサット

※150MHz帯はオーブコム、20/30GHz帯(Ka帯)はVSATの各技術基準が整備済。1.6GHz/2.4GHz帯はグローバルスターについてH24技術試験事務で検討。

図参 1-1-2 移動衛星通信システム等の国内導入状況

出典：移動衛星通信システムの現状等



※静止衛星については、オムニトラックス、N-STAR、インマルサット及びスラヤの衛星移動通信サービスの契約数の合計。
 ※周回衛星については、イリジウム及びオープンコム等の衛星移動通信サービス契約数の合計。

図参 1-1-3 移動衛星通信システムの国内無線局数の推移

2 国内移動衛星通信システムの概要

2.1 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（1996 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、日本全国および沿岸 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。

2.2 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昭和 52 年（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。

2.3 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、平成 11 年（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、平成 13 年（2001 年）3 月にサービスが再開された。

我が国では、平成 17 年（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、平成 20 年（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。

2.4 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、平成 24 年（2012 年）10 月に技術基準が整備され、平成 25 年（2013 年）2 月よりソフトバンクモバイルおよび日本デジコムによるサービスが開始された。

表参 1-1-1 国内移動衛星通信システムのサービス概要

出典：移動衛星通信システムの現状等

	N-STAR ^{※1}	インマルサット (BGAN) ^{※2}	インマルサット (GPS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

3 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。

3.1 一般消費者のニーズ

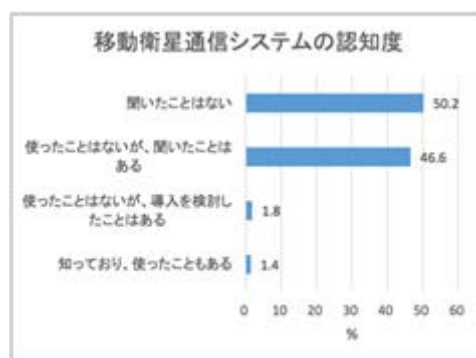
一般消費者のニーズを検討するため、20歳以上の男女を対象にインターネットによるWebアンケートを実施した。男女、地域（北海道・東北、関東、中部、近畿、中国・四国・九州・沖縄）、年代（20代、30代、40代、50代、60歳以上）の分布はほぼ同数であり、回答数は1050である。

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。

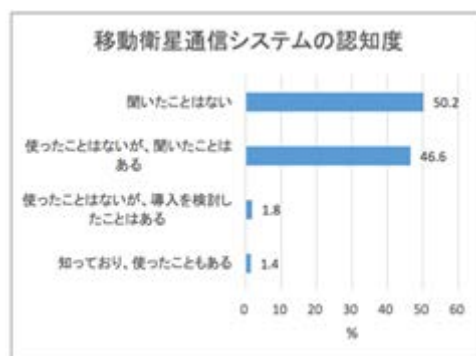
また、移動衛星通信システムの利用希望について質問した。その結果、移動衛星通信システムの利用希望は「利用料金が安ければ使ってみたい」と50%が回答している。

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。



図参 1-3-1 移動衛星通信システムの認知度

出典：移動衛星通信システムの現状等

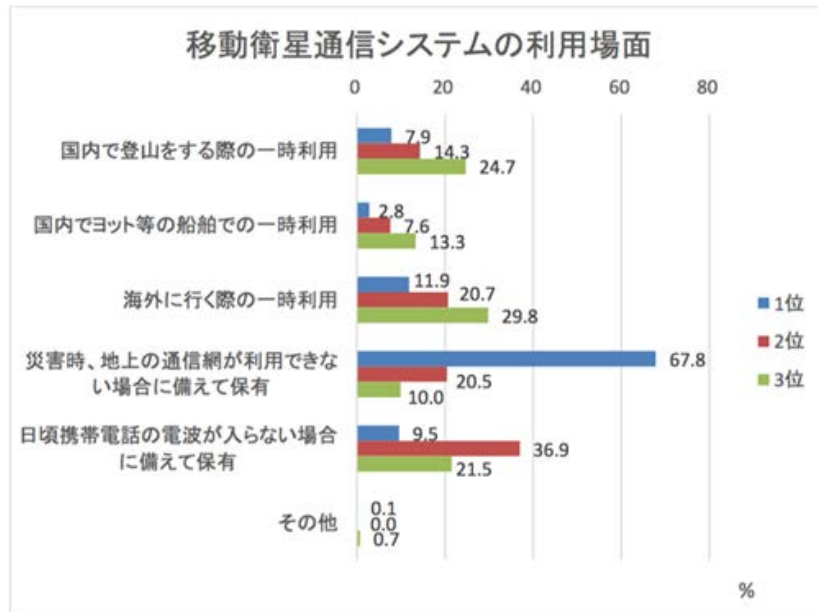


図参 1-3-2 移動衛星通信システムの利用希望

出典：移動衛星通信システムの現状等

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、図参 1-3-3 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。



図参 1-3-3 移動衛星通信システムの利用シーン

出典：移動衛星通信システムの現状等

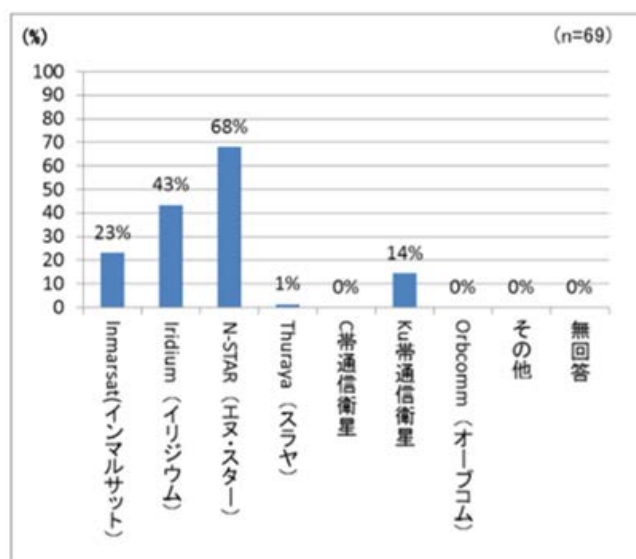
3.2 企業等のニーズ

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した。

表参 1-1-2 アンケート対象
出典：移動衛星通信システムの現状等

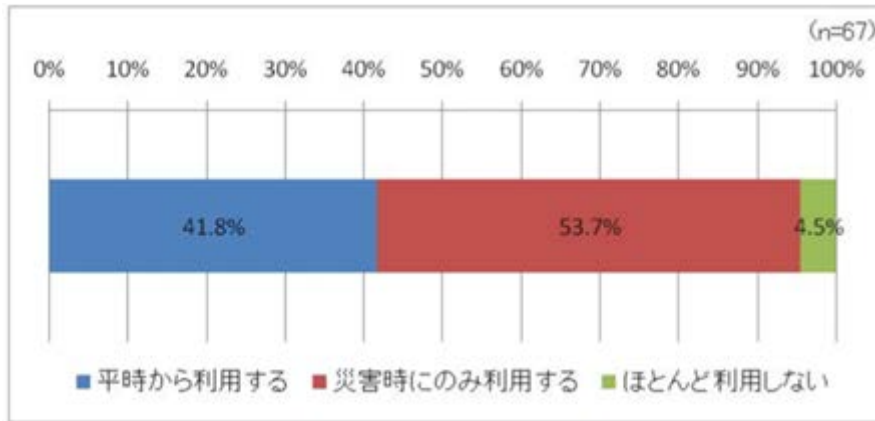
対象企業	業種詳細	従業員数
金融・保険	銀行・信託業、保険業、投資業、証券業、農林水産金融業、中小商工・庶民・住民等金融業 等	1000人以上
電力・ガス・通信・放送	国内・国際電気通信業、有線放送電話業、放送業、電気業、ガス業 等※	300人以上
陸上・航空運輸	鉄道業、道路旅客運送業、道路貨物運送業、航空運輸業 等	1000人以上
水運	外航海運業、内陸水運業、船舶貸渡業 等	300人以上
建設	職別工事業、一般工事業、設備工事業 等	1000人以上
製造	食品・飼料・飲料製造業、たばこ製造業、綿・化学繊維製造業、木材・木製品製造業、化粧品製造業、ゴム製品製造業、窯業・土石製品製造業、鉄鋼業、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



図参 1-3-4 利用している移動衛星通信システム
出典：移動衛星通信システムの現状等

3.3 使用頻度と導入計画の利用者等の反応

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。

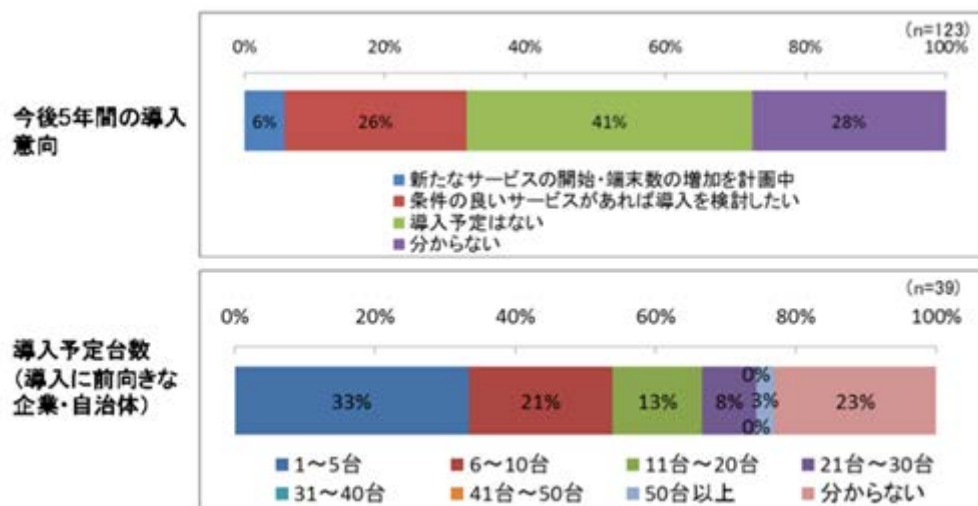


図参 1-3-5 移動通信システムの利用頻度

出典：移動衛星通信システムの現状等

今後 5 年程度の間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。



図参 1-3-6 移動衛星通信サービスの導入予定（新規需要・追加需要）

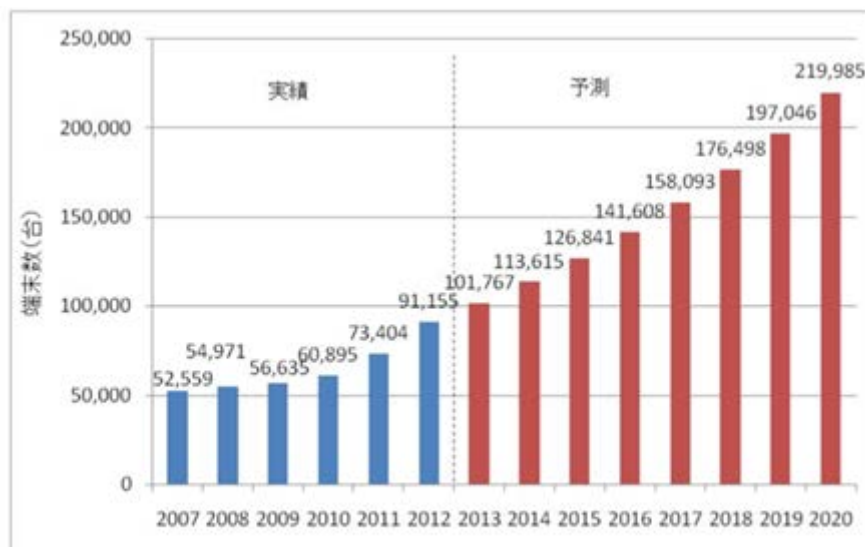
出典：移動衛星通信システムの現状等

3.4 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。



※ 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

図参 1-3-7 2020年までの移動衛星通信システムの需要予測

出典：移動衛星通信システムの現状等

参考資料2 グローバルスターの概要

1 グローバルスター社の概要

グローバルスター (Globalstar) は 2000 年 4 月から商用サービスを開始したが、2002 年 2 月 15 日、グローバルスターとその子会社 3 社を含めた計 4 社が Chapter11 を申請した。その後 2004 年に再建が完了し、衛星移動通信システムのサービスを再開、2006 年にニューヨーク証券取引所に上場を果たした。

通信衛星を高度 1,414 キロメートルの 8 つの軌道上に各 4 機、合計 32 機の周回衛星群を配置している。

グローバルスターは宇宙部分での交換接続は行わず、各国もしくは数カ国に 1 箇所配置されるゲートウェイ (携帯基地地球局) に信号をおろして処理している。

移動衛星通信システムは陸上・海上・上空・離島等での通信手段として平時に加え災害時においても重要な役割を果たしている。

国内でも災害時の通信手段の多様化・高度化、また救難要請や IoT 分野における衛星通信システムへの位置情報追跡等の需要が高まっており、海外で既にグローバルスターを利用しているローミングユーザーに加え、日本国内におけるグローバルスターを利用できる環境整備の要望がある。

1.1 衛星通信システムの概要

低軌道周回衛星を利用した高品質・高効率・低価格なグローバル衛星通信ネットワーク

グローバルにサービスを提供している主要な衛星通信システムの一つである。

ITU で衛星通信用に割り当てられた周波数を使用し、現在約 120 カ国で運用されている。

周波数帯域は 1600MHz 帯/2400MHz 帯を使用し、変調方式は CDMA 方式を採用している。

中継はベントパイプ方式を採用している。

世界中で約 75 万余の衛星携帯電話サービス、位置情報サービス、資産管理需要等 (IoT) で利用されている。

位置情報を利用した災害救助分野においては、サービス開始以来 4600 もの世界中のレスキュー活動に活用され、地上系携帯電話の届かないエリアに取り残された 1 万数千人以上の緊急救命要請に利用された。

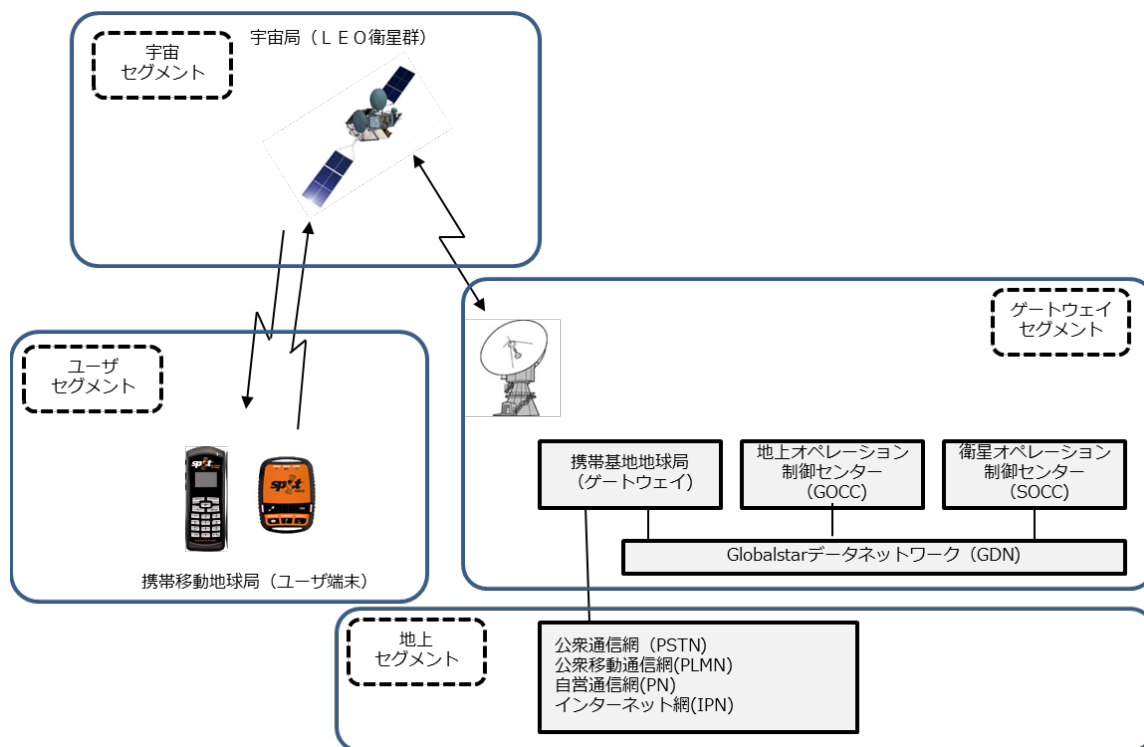
表参 2-2-1 グローバルスターの衛星携帯電話サービス提供国 (120 か国以上)

Afghanistan	Grenada	Peru
Albania	Guadeloupe	Philippines
Algeria	Guyana	Poland
Andorra	Haiti	Portugal
Antigua and Barbuda	Hungary	Puerto Rico
Argentina	Iceland	Qatar
Armenia	Indonesia	Romania
Aruba	Iraq	Russia
Australia	Ireland	Saint Eustatius
Austria	Israel	Saint Kitts and Nevis
Azerbaijan	Italy	Saint Lucia
Bahamas	Jamaica	Saint Vincent
Bahrain	Jordan	Saudi Arabia
Barbados	Kazakhstan	Serbia
Belarus	Kosovo	Slovakia
Belgium	Kuwait	Slovenia
Bermuda	Kyrgyzstan	Solomon Islands
Bolivia	Latvia	South Korea
Bosnia and Herzegovina	Lebanon	Spain
Brazil	Libya	Suriname
Bulgaria	Liechtenstein	Svalbard
Canada	Lithuania	Sweden
Chile	Luxembourg	Switzerland
Columbia	Macedonia	Syria
Croatia	Malta	Taiwan
Curacao	Martinique	Tajikistan
Cyprus	Mauritania	Trinidad and Tobago
Czech Republic	Mexico	Tunisia
Denmark	Moldova	Turkey
Dominica	Mongolia	Turkmenistan
Dominican Republic	Montenegro	Ukraine
East Timor	Montserrat	United Arab Emirates
Ecuador	Morocco	United Kingdom
Egypt	Netherlands	United States
Estonia	Netherlands Antilles	United States Virgin Islands
Finland	New Zealand	Uruguay
France	Norway	Uzbekistan
Georgia	Palestine	Vanuatu
Germany	Papua New Guinea	Venezuela
Greece	Paraguay	Western Sahara

1.2 グローバルスター衛星通信システムの仕組み



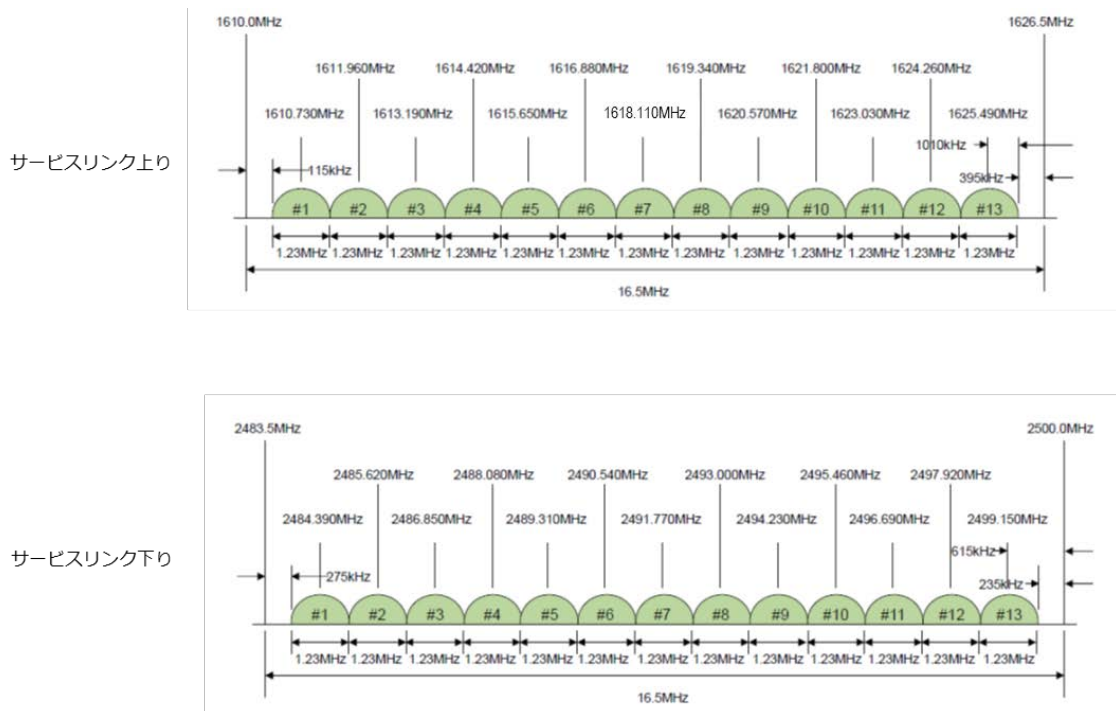
図参 2-1-1 グローバルスター衛星の概要



図参 2-1-2 宇宙局と地球局のネットワーク構成の概要

1.2.1 サービスリンク周波数配置

グローバルスター衛星通信システムのサービスリンク周波数配置は、次の通りとなっている。



図参 2-1-3 サービスリンク周波数配置

1.2.2 基地地球局・ゲートウェイ

グローバルスターの携帯基地地球局・ゲートウェイは、次の通りとなっている。世界6大陸上の携帯基地地球局を有している。



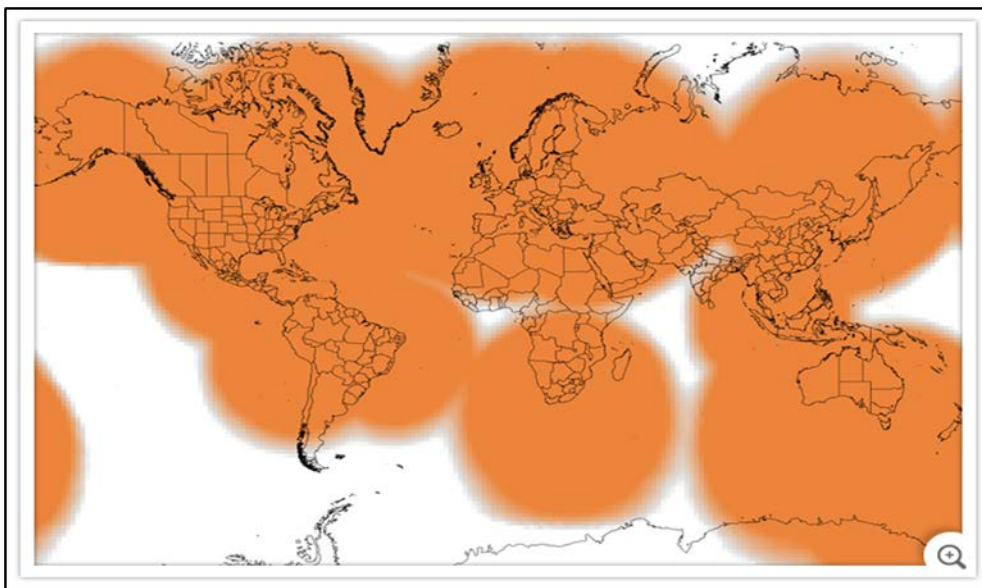
図参 2-1-4 基地地球局の状況



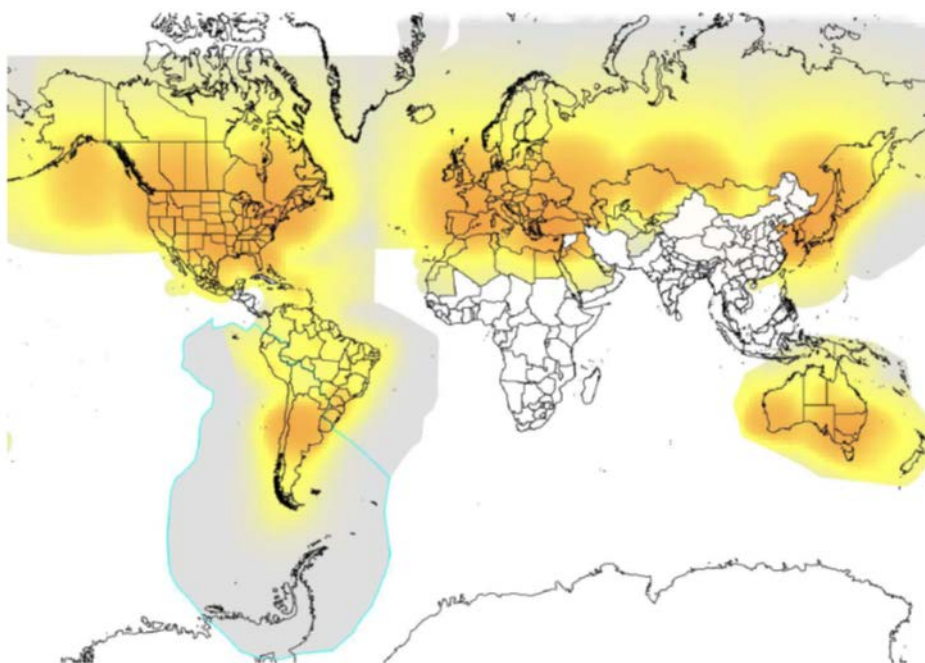
図参 2-1-5 基地地球局の様子

1.2.3 サービスエリア

グローバルスターのサービスエリアは、次の通りとなっている。



図参 2-1-6 1.610-1.6265 GHz Simplex Service and Duplex Coverage Areas



図参 2-1-7 2.4 GHz/1.6 GHz Duplex Data and Voice Service

1.3 グローバルスター衛星通信ネットワークについて

低軌道周回衛星を利用した高品質・高効率・低価格なグローバル衛星通信ネットワーク

Globalstar衛星通信の概要

- グローバルにサービスを提供している主要な衛星通信システムの一つです。
- ITUで衛星通信用に割り当てられた周波数を使用し、現在約120カ国で運用されている。
- 1600MHz帯/2400MHz帯でCDMA方式を採用。
- ベントパイプ方式により、衛星ではデータを地球局に中継し、処理は全て地上の地球局で行っている。
- 世界中で約75万余の衛星携帯電話、位置情報サービス、資産管理需要等(IoT)で利用されています。
- 2007年のサービス開始以来4600もの世界中のレスキュー活動に位置情報端末を提供し、地上系携帯電話の届かないエリアに取り残された1万数千人以上の緊急救命要請に利用された

Globalstar(周回衛星) 衛星：24機、高度1414km

Globalstarの衛星携帯端末

B2C市場

- 衛星携帯電話
- SPOT 位置情報端末
- 資産管理

B2B市場

- 資産管理 モニタリング
- VAR/OEM 提供

ベントパイプ方式

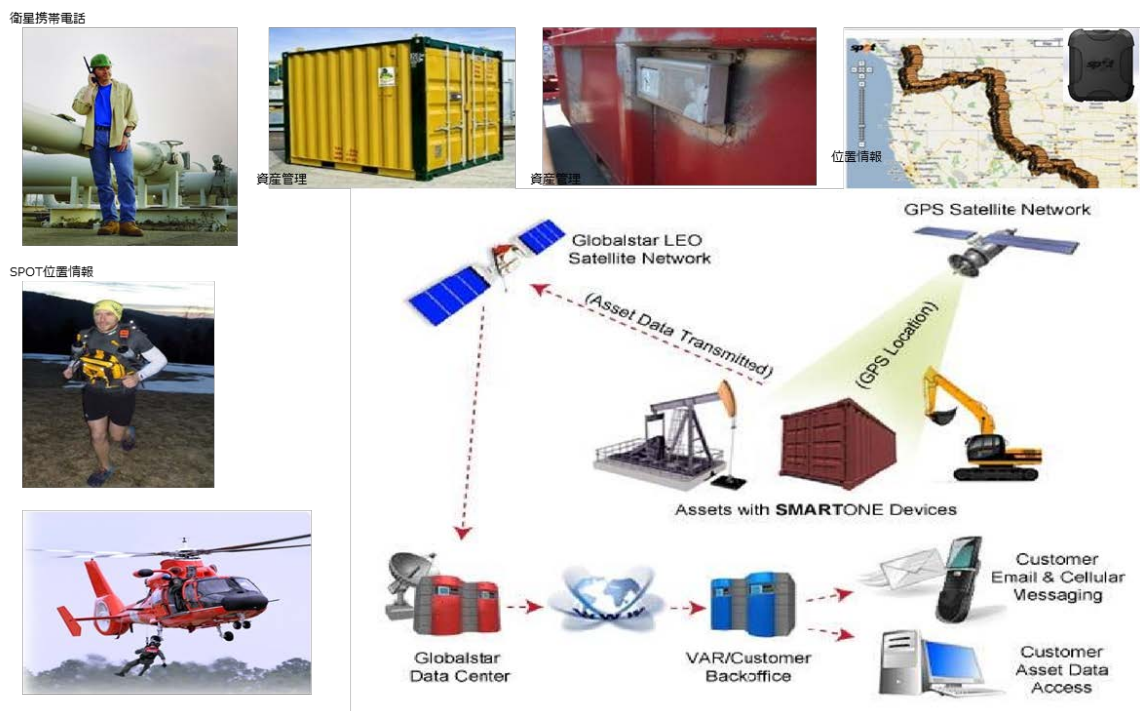
Globalstar衛星通信の地球局マップ

日本は、韓国とロシアの地球局によってカバーされる

Globalstarの活用事例

図参 2-1-8 グローバルスター衛星通信ネットワークについて

1.4 グローバルスターの世界での利用形態



図参 2-1-9 衛星通信システムの活用事例

1.4.1 利用シーン1：災害発生時（陸上）



概要：

携帯電話網や固定電話回線が不通となり、衛星携帯電話にて通話やデータ通信を利用する。

詳細：

東日本大震災や阪神淡路大震災などの広域災害が発生した際、携帯電話網や固定電話回線が被害を受け、多くの地域で通信網が遮断されるため、日本国内に地球局を持たない衛星携帯電話を利用して通信手段を確保する。

想定利用者：

各地方自治体、自衛隊、警察、消防、災害救助隊、海外からの災害救助隊、米軍

想定利用場所：

都市部、人口集中地域



図参 2-1-10 利用シーン1：災害発生時（陸上）のイメージ

1.4.2 利用シーン2：災害発生時（海上・洋上）



概要：

海難事故等の被災者、海難救助隊が衛星携帯電話を活用する。

詳細：

海上での船による海難事故（客船、フェリー、漁船など）発生時に被害を受けた乗組員や乗客、また救助に駆けつける救助隊が衛星携帯電話を利用する。

想定利用者：

船員、乗客、救助隊

想定利用場所：

携帯電話の届かない海上・洋上



図参 2-1-11 利用シーン2：災害発生時（海上・洋上）のイメージ

1.4.3 利用シーン3：携帯電話不感地帯（陸上、海上・洋上）



概要：

固定電話、携帯電話、Wi-Fi の電波が届かないエリア（陸上、海上・洋上）にて、衛星携帯電話で音声通話やデータ通信を利用する。

詳細：

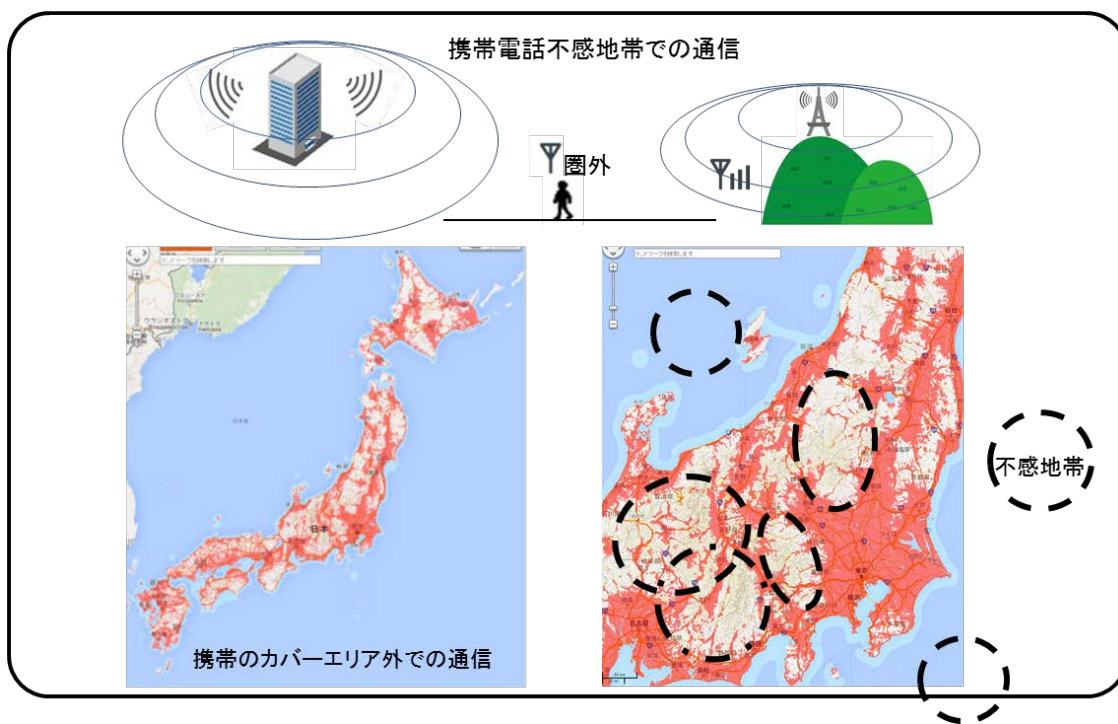
登山者や漁船、ヨット、ボートなどの利用者が携帯電話や Wi-Fi などの電波が届かない場所からの通信手段として衛星携帯電話を利用する。

想定利用者：

登山者、漁業従事者、ヨット、ボート等の船舶利用者

想定利用場所：

山岳地帯、海上・洋上



図参 2-1-12 利用シーン3：携帯電話不感地帯（陸上、海上・洋上）のイメージ

1.4.4 利用シーン4：資産管理、位置情報の監視、トレーサビリティ

平常時

データ

概要：

管理対象物にデータ通信モジュールを装着し、物の動き（物流）を管理する。

詳細：

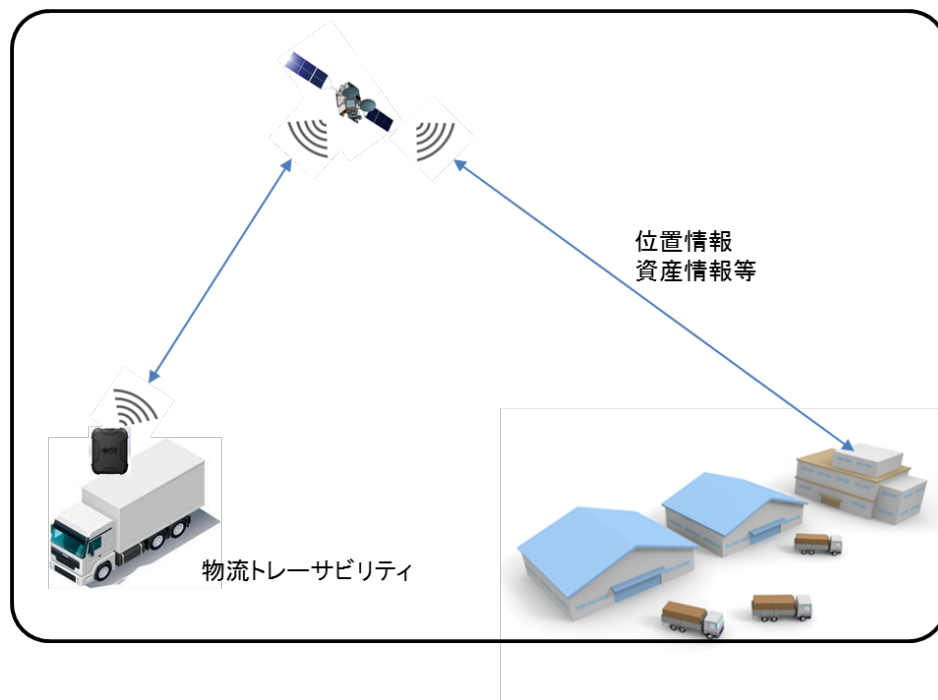
物流やコンテナ等の資産価値の高額な物に衛星データ通信モジュールを装着し、物の動きやコンテナの現在位置を遠隔にて監視する（トレーサビリティ）。

想定利用者：

物流管理者、コンテナの所有者・管理者

想定利用場所：

物流現場、建設現場



図参 2-1-13 利用シーン4：資産管理、位置情報の監視、トレーサビリティのイメージ

1.4.5 利用シーン5：自動車、二輪車向け通信（IoT）

平常時

データ

概要：

自動車メーカーが自社の販売する車両に衛星通信モジュールを装着し、携帯電話網の届かないエリアで衛星通信にて車両を管理。

詳細：

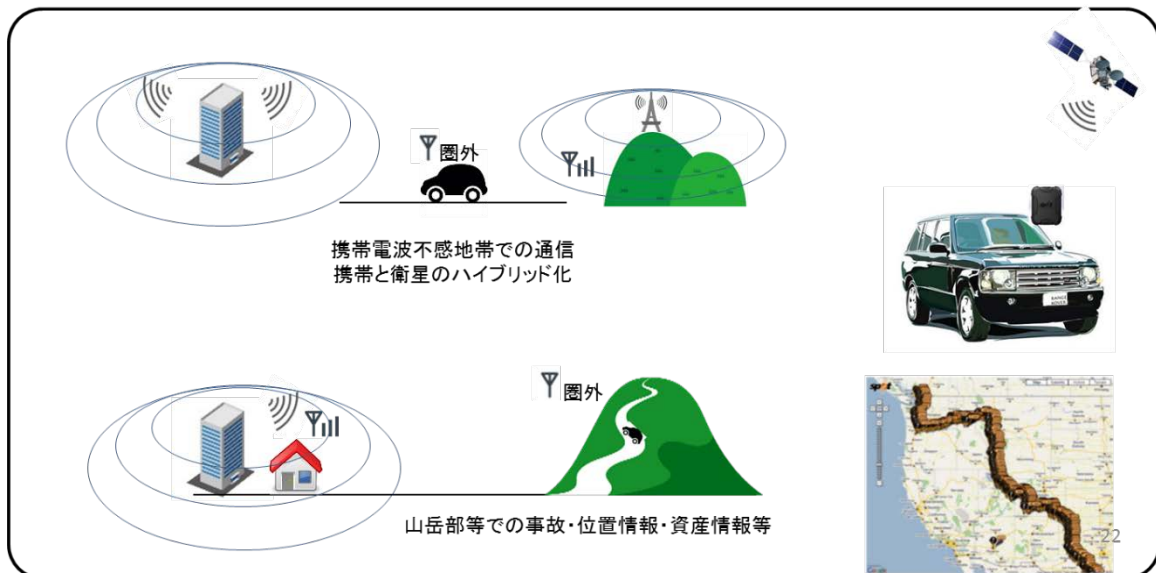
対象の車両の管理や盗難防止に衛星携帯データ通信モジュールを利用する。

想定利用者：

自動車、二輪車の所有者、管理者

想定利用場所：

日本全国



図参 2-1-14 利用シーン5：自動車、二輪車向け通信（IoT）のイメージ

参考資料3 「1.6GHz帯/2.4GHz帯を用いた移動衛星通信システムの技術的条件」の検討について 干渉検討に関する報告

1 概要

「1.6GHz帯/2.4GHz帯を用いた移動衛星通信システムの技術的条件」の検討としては、平成12年9月に電気通信技術審議会が一部答申を行っているが、電波使用状況が当時と比べ大きく変化し、周波数共用検討の前提条件が変わったことと、及び同システムの技術の進展があったことから、同システムの高度化を図るための追加検討を行う必要がある。

現在の電波使用状況から主に以下の3点について干渉検討をする必要がある。

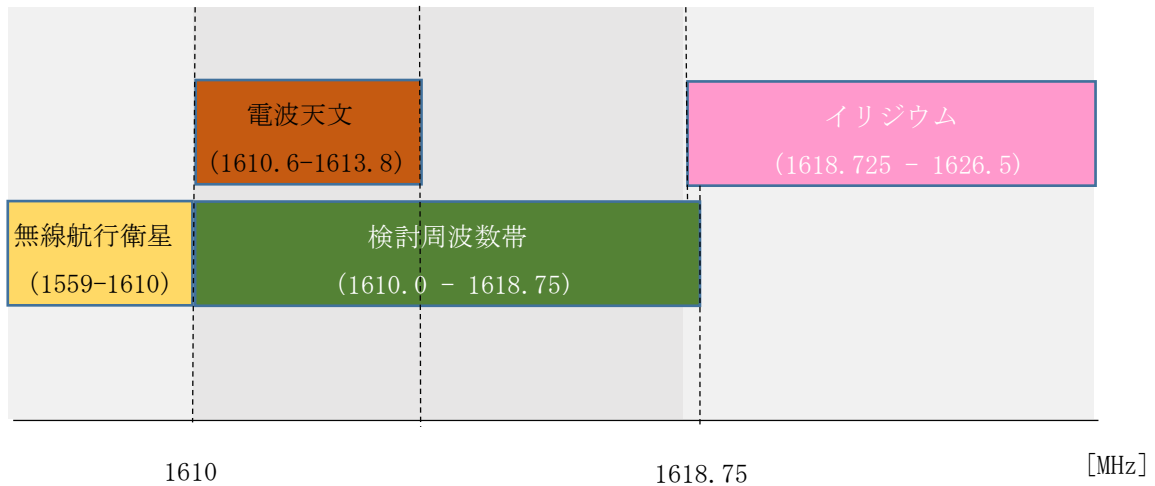
- 電波天文：与干渉
- 無線LAN・小電力データ通信システム：被干渉
- ロボット無線：被干渉

2 電波電文との干渉

2.1 電波天文業務の概要

図参 3-2-1 に示すように、本システムの上りサービスリンク(Lバンド、1,610.0MHz~1,626.5MHz)の一部(1,610.6MHz~1,613.8MHz)は、電波天文業務と周波数を共用することになる。電波天文業務は、電波送信は行わず、受信のみを行う業務であり、微弱な信号を扱っている。

電波天文のシステムの一例として、国立天文台野辺山の概要について、図参 3-2-2 に示す。



図参 3-2-1 1.6GHz 帯の状況



図参 3-2-2 国立天文台野辺山の概要

出典 <http://www.nro.nao.ac.jp/public/about.html>

2.2 電波天文との干渉の検討

本システムと、電波天文との共用については、平成 12 年の一部答申において、以下の共用条件が示されている。

本システムが電波天文業務に支障を与えないよう、当該施設から一定の距離以内では常時または観測時のみ端末の電波を停止するなどの措置を講じることについて、電波天文各機関とシステム運用者との間で合意を得て、これを着実に実施することが必要である。

これを踏まえ、本システムの導入検討に際して、米国 FCC 規定 § 25.213 での規制や従前の干渉検討を基に、表参 3-3-1 に示した条件で運用協定が関係者間で結ばれている。

表参 3-3-1 平成 12 年度答申後に締結された運用条件

観測施設	運用条件	例外条件 運用指針
国立天文台 野辺山宇宙電波観測所	0～50km 全周波数使用禁止 50km～160km Ch. 4, 5, 6, 7 (1, 613. 805MHz～1, 618. 725MHz) 使用可能 160km～ 全周波数使用可能	自然災害時、防災 訓練時は制限を 解除 (解除時は連絡)
JAXA 臼田宇宙区間観測所	0～100km 全周波数使用禁止 100km～160km Ch. 4, 5, 6, 7 (1, 613. 805MHz～1, 618. 725MHz) 使用可能 160km～ 全周波数使用可能	サービス利用者 への周知
NICT 鹿島宇宙技術センター	0～30km 全周波数使用禁止 30km～160km Ch. 4, 5, 6, 7 (1, 613. 805MHz～1, 618. 725MHz) 使用可能 160km～ 全周波数使用可能	

しかしながら、表参 3-3-1 に示した運用協定では、本州の中央部分において半径 100km 圏での運用ができず、またこの地域は、現在、地上系の携帯電話サービスの圏外となっているために、実際にサービスが導入された際に利用の需要が高いと見られることから、隣接周波数帯となる、Ch. 4、5、6、7 (1613. 805MHz～1618. 725MHz) の運用条件の緩和について検討を行った。

検討に際し、グローバルスターの端末実機を用い、当該の隣接周波数のチャンネルで最大出力 (30dbm/1. 23MHz) を出した場合の電波天文領域でのスプリアス電力値を測定した結果を表参 3-3-2 に示す。

表参 3-3-2 実機でのスプリアス測定結果

Ch (中心周波数)	電波天文領域 (1,613.8MHz) での電力値	参考 ITU-R M1343-1 での許容値
Ch4 (1614.42MHz)	-60dBw/30KHz	-44.5dBw/30KHz (オフセット: 225~650KHz/-38.5~-45dBw)
Ch5 (1615.65MHz)	-75dBw/30KHz	-56dBw/30KHz (オフセット: 1.8MHz 以上)
Ch6 (1616.88MHz)	-89dBw/30KHz	-56dBw/30KHz (オフセット: 1.8MHz 以上)

ITU-R RA.769 に規定された干渉制限値を用いて、各天文台における干渉を検討した結果、Ch.4 を使用した際の電波天文領域へのスプリアス輻射は、干渉制限値を超えるため、これを使用しないことが適当であると判明した。

Ch.5 以上の使用については、自由空間損失の予測値では、電波天文領域へのスプリアス輻射が、干渉制限値を超えるものの、地形等を考慮した結果、地上においては、30Km の離隔をとることで、観測に影響は生じないものと考えられる。

一方、太平洋に面している鹿島宇宙技術センターについては、海上において携帯衛星端末が使用された場合には、有効な遮蔽が期待できないことから、球面形状を考慮した追加損失の計算により、50Km の離隔を取る事によって観測に影響は生じないものと考えられる。

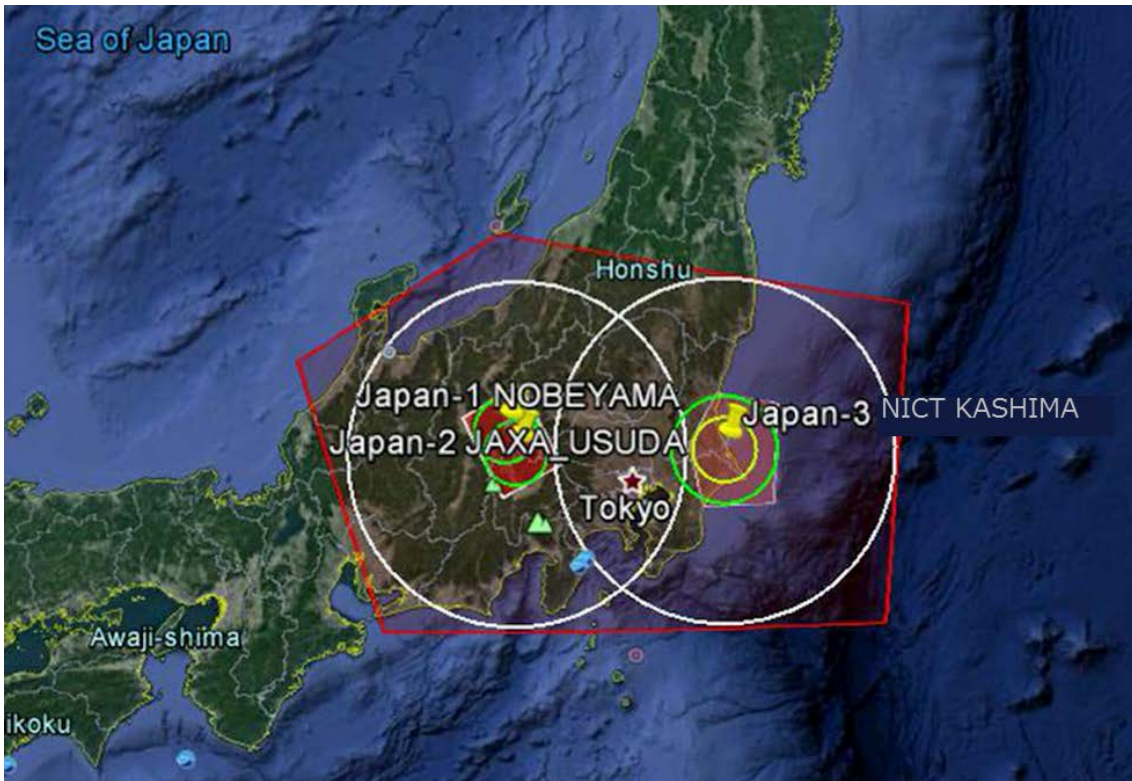
2.3 電波天文との共用条件の検討

電波天文との干渉の検討を行った結果、表参 3-3-3 に示す運用条件を適切に実施することにより、1.6GHz 帯における、電波天文と本システムとの周波数共用は可能であると考えられる。

表参 3-3-3 干渉検討結果に基づく新たな運用条件案

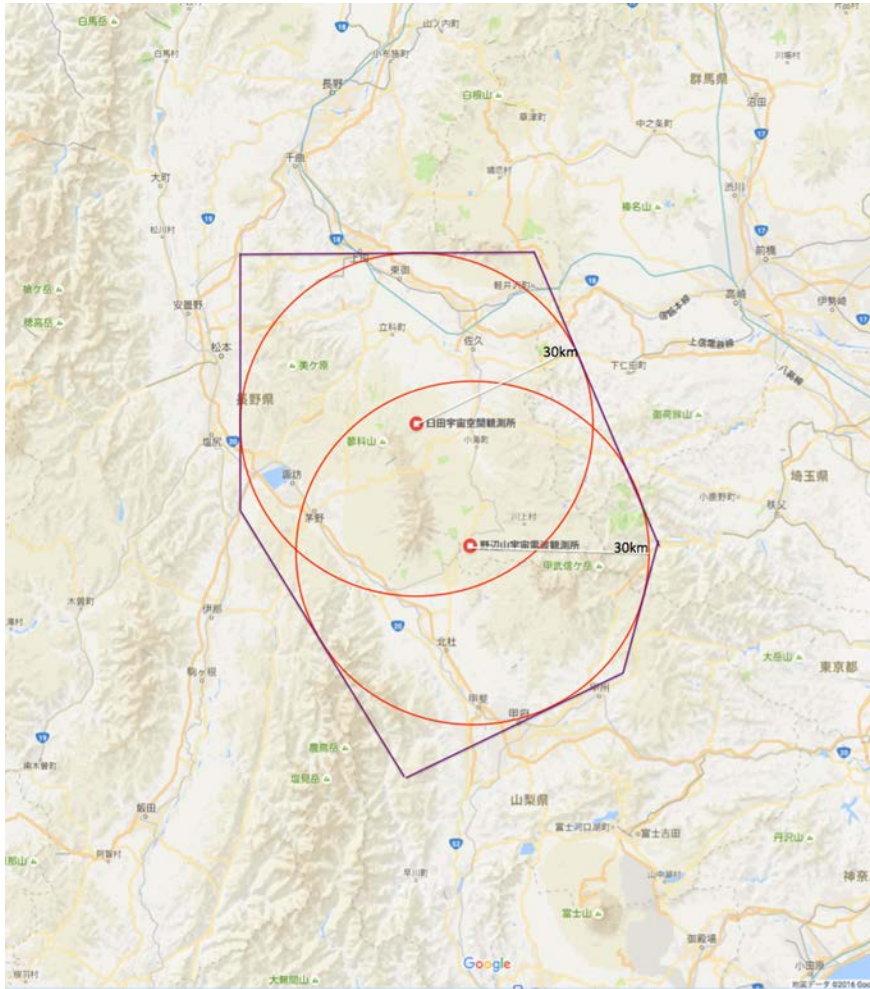
観測施設	運用条件	例外条件 運用指針
国立天文台 野辺山宇宙電波観測所 JAXA 臼田宇宙区間観測所	0～30km 全周波数使用禁止 30km～160km Ch. 1, 2, 3, 4 (1, 610. 115MHz～1, 615. 035MHz) 使用禁止 Ch. 5, 6, 7 (1, 615. 035MHz～1, 618. 725MHz) 使用可能 160km～ 全周波数使用可能	自然災害時、防災 訓練時は制限を 解除 (解除時は連絡) サービス利用者 への周知
NICT 鹿島宇宙技術センター	陸 上 0～30km 全周波数使用禁止 30km～160km Ch. 1, 2, 3, 4 (1, 610. 115MHz～1, 615. 035MHz) 使用禁止 Ch. 5, 6, 7 (1, 615. 035MHz～1, 618. 725MHz) 使用可能 160km～ 全周波数使用可能	
	海 上 0～50km 全周波数使用禁止 50km～160km Ch. 1, 2, 3, 4 (1, 610. 115MHz～1, 615. 035MHz) 使用禁止 Ch. 5, 6, 7 (1, 615. 035MHz～1, 618. 725MHz) 使用可能 160km～ 全周波数使用可能	

図参 3-2-3、図参 3-2-4 および図参 3-2-5 は、表参 3-3-3 に示した運用条件地域案を図示したものである。



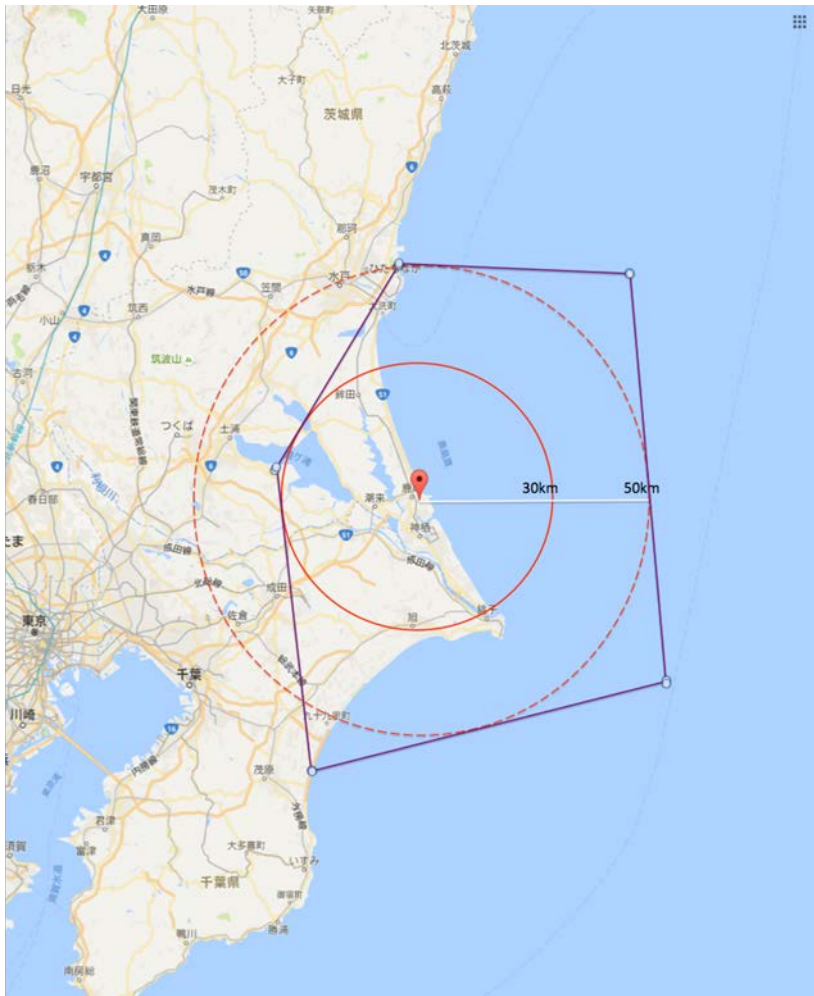
図参 3-2-3 運用条件地域案

- 小多角形内： 全周波数使用不可
- 小多角形外から大多角形内： Ch1～4 使用不可
- 大多角形外： 全周波数使用可能



図参 3-2-4 運用条件地域案（詳細） [Map data ©2016 Google]
 JAXA 白田宇宙空間観測所（上側）／国立天文台野辺山宇宙電波観測所（下側）

- 小多角形内： 全周波数使用不可



図参 3-2-5 運用条件地域案（詳細） [Map data ©2016 Google]
NICT 鹿島宇宙技術センター

- 小多角形内： 全周波数使用不可

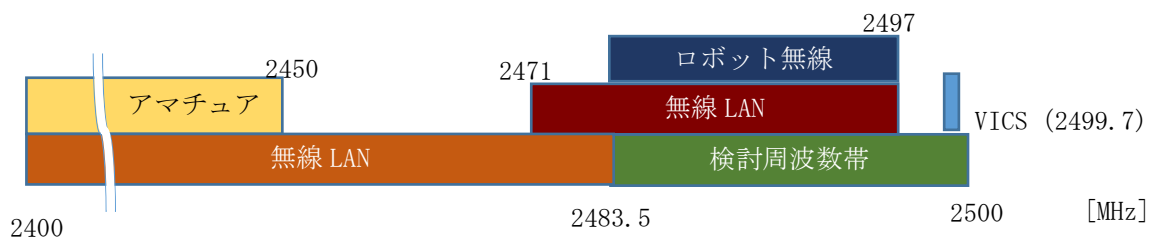
3 無線 LAN・小電力データ通信システムとの干渉

3.1 無線 LAN・小電力データ通信システムの概要

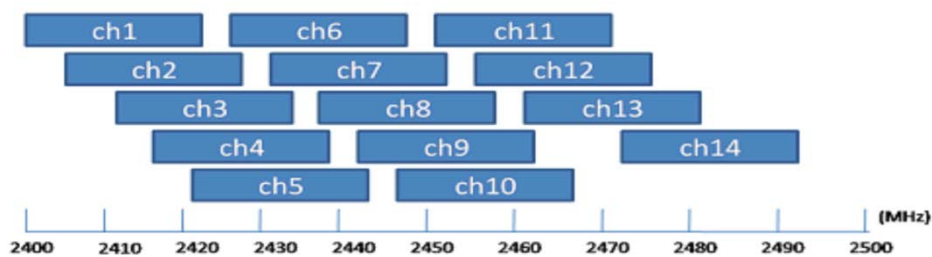
2,400MHz～2,497MHz において、2.4GHz 帯無線 LAN (LAN: Local Area Network) が利用されている。無線 LAN の規格としては、米国電気電子学会 (IEEE: The Institute of Electrical and Electronics Engineers) により標準化された規格が広く利用されている。

IEEE802.11b における 20MHz システムのチャンネル配置を図参 3-3-1 に示す。

2,412MHz から 2,472MHz までの 5MHz 間隔の計 13 チャンネル (Ch1～Ch13) と、2,484MHz の Ch14 (我が国においてのみ使用可能) の計 14 チャンネルから構成される。



図参 3-3-1 2.4GHz 帯の周波数配置状況



図参 3-3-2 2.4GHz 帯無線 LAN (IEEE802.11b: 20MHz システム) のチャンネル配置

3.2 無線 LAN・小電力データ通信システムとの干渉の検討

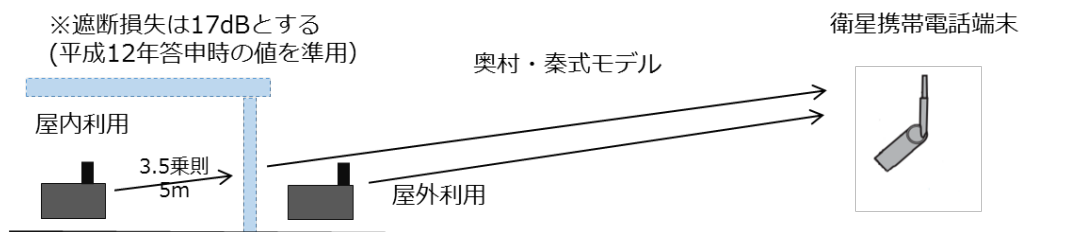
表参 3-3-4 及び表参 3-3-5 に示した諸元、並びに、図参 3-3-3 に示した伝搬モデルを基に、本システムと無線 LAN・小電力データ通信システムとの干渉の検討を行った。

表参 3-3-4 隣接検討諸元
「第二世代小電力データ通信システム (STD-T66)」

項目	単位	屋外使用モデル	屋内使用モデル
周波数	MHz	2,472	
空中線利得	dBi	2.14	
壁等による減衰	dB	—	17
壁までの距離	m	—	5
受信空中線利得 (衛星携帯電話端末)	dBi	0.51	
不要輻射	mW/MHz	0.025	
	dBm/MHz	-16.02	

表参 3-3-5 共用検討諸元
「小電力データ通信システム (STD-33)」

項目	単位	屋外使用モデル	屋内使用モデル
周波数	MHz	2,484	
空中線利得	dBi	2.14	
壁等による減衰	dB	—	17
壁までの距離	m	—	5
受信空中線利得 (衛星携帯電話端末)	dBi	0.51	
干渉波	mW/MHz	10	
	dBm/MHz	10	



図参 3-3-3 伝搬モデル

表参 3-3-6 所用離隔計算の結果

許容干渉電力		所要離隔距離	
隣接干渉	-119.4 (dBm/MHz)	屋内利用	0.9 m
		屋外利用	71.5 m
屋内利用		3.7 m	
屋外利用		288.9 m	
共用干渉			

※ 参考資料 6 に、「無線 LAN・小電力データ通信システムとの所用離隔距離計算」詳細を示す。

Wi-Fi に代表される、Ch1～Ch13 までの無線 LAN 機器から、衛星携帯電話端末への隣接干渉に対する所要離隔距離は、干渉元が屋内使用では、約 1 m であり影響は非常に少ないと考えられる。

一方で、屋外使用においては計算された所要離隔距離が約 72m であり、一定の距離において、衛星携帯電話の通信が困難になる事も考えられる。

周波数を共用する、Ch14 を使用した無線 LAN から、衛星携帯電話への干渉については、屋内使用では、約 3.7m であり、隣接干渉に比較すると必要な離隔距離は大きいものの、その影響は限定的であると考えられる。また屋外使用においては計算された所要離隔距離が約 290m であり、より広い範囲で、衛星携帯電話の通信が困難になる事も考えられる。

3.3 実際の環境での試験運用

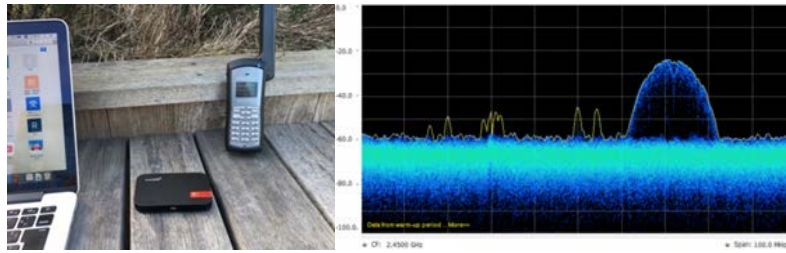
Wi-Fi 利用機器が高度に普及した現在の状況で、本システムが実用に耐え得るかを実証するために、幾つかの代表的な環境を選び、実験試験局の免許を受けた端末を用いて、試験運用を行った。

表参 3-3-7 試験運用の状況（一覧）

運用環境	利用想定	結果
Wi-Fi 機器との同時使用	衛星携帯電話の利用者が、Wi-Fi ルータも携帯して同時に利用。 Wi-Fi ルータやスマートフォンのテザリング機能が多用される公園等での利用。	利用可能であった。
公衆無線 LAN サービスエリア内での使用	繁華街等での衛星携帯電話の利用。	建物等により衛星が遮蔽されない場合には利用可能であった。
事業用無線 LAN との同時使用	使用チャンネルを Ch14 に固定した Wi-Fi 機器を対向で設置し、相互に通信を行なわせて、その周辺での衛星携帯電話の利用。	直線見通しで 50m 離れた地点では、利用可能であった。 距離が概ね 10m 以内近付いた場合に、衛星からの電波が掴みにくい場合があり、通話が途切れる場合もあった。

3.3.1 Wi-Fi 機器との同時使用

衛星携帯電話の利用者が、Wi-Fi ルータも携帯して使用する場合を想定し、Wi-Fi ルータを Ch13 に設定した状態で、実際に、衛星携帯電話の使用を試みたところ通話は可能であった。

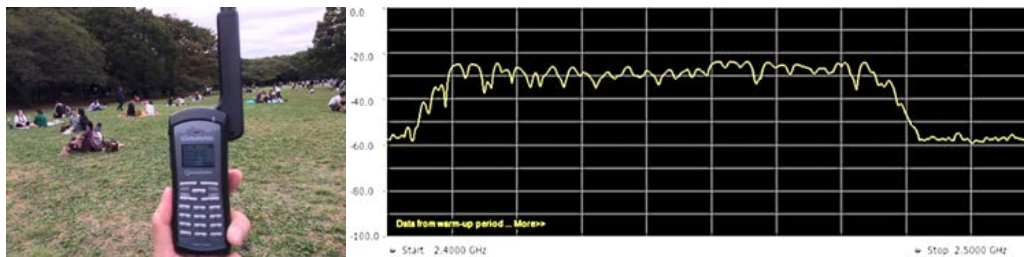


図参 3-3-4 Wi-Fi 機器との同時使用の様子①

また、今日では、複数の携帯端末を効率的に利用するために、多くの利用者が、日常の通信手段として Wi-Fi ルータを使用、また、スマートフォンのテザリング機能を活用している。

このため、公園のように多くの人が集まる場所では、多くの Wi-Fi 電波が送信されている状況が想定され、実際にパソコンやスマートフォンの Wi-Fi 検索機能によって、複数の Wi-Fi 機器が存在することが確認できる。

このような状況において、実際に衛星携帯電話の使用を試みたところ、通話は可能であった。



図参 3-3-5 Wi-Fi 機器との同時使用の様子②

これらは一例に過ぎず、隣接する Wi-Fi 機器の種類や台数によって、影響の度合いは変化することが考えられるが、利用者が Wi-Fi 機器からの影響を受ける場合があり得ることを理解し、運用場所を適切に選択することで、多くの場合、衛星携帯電話の利用は可能であると考えられる。

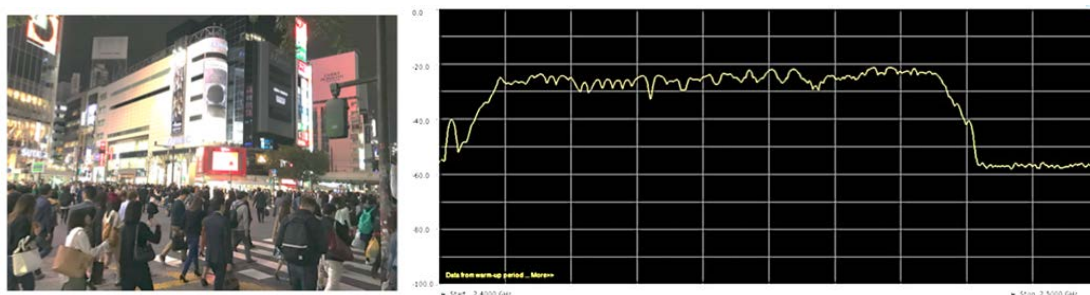
3.3.2 公衆無線 LAN サービスエリア内での使用

今日では、主要な鉄道駅や繁華街等において、通信事業者、地方公共団体、施設の運用会社などによって、公衆無線 LAN アクセスポイントが設置され、一般の利用者にインターネット接続サービスが提供されている。

都市部においては、周辺の建物の遮蔽によって、衛星までの伝搬路が確保できず、本システムの衛星携帯電話を安定して使用することは、通常は困難である場合が多い。しかしながら衛星の通過軌道によっては、短時間利用可能になる場合もある。

このような状況において、実際に衛星携帯電話の使用を試みた。その結果一時的に衛星からの電波を受信することはでき、その際の通話は可能であった。

これは非常に極端な例ではあるが、本システムの利用者がこのような衛星携帯電話の特性を理解し、運用場所を適切に選択することで利用可能な場面を拡大することができると考えられる。



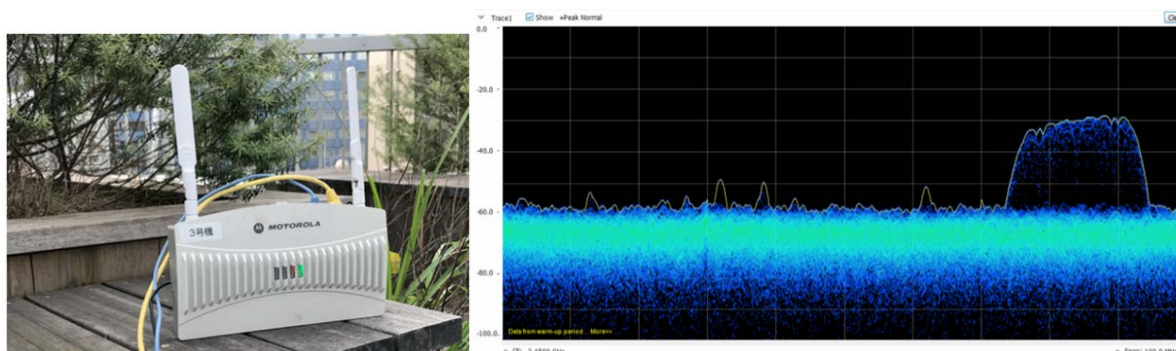
図参 3-3-6 公衆無線 LAN サービスエリア内での使用の様子

3.3.3 事業用無線 LAN との同時使用

工場などで、無線 LAN を、特に Wi-Fi の Ch14 で使用した場合を想定し、使用チャンネルを Ch14 に固定した Wi-Fi 機器を対向で設置し、相互に通信を行なわせて、その周辺で衛星携帯電話の使用を試みた。

無線 LAN 機器から、直線見通しで 50m 離れた地点では、特段の支障はなく通話が出来た。距離が概ね 10m 以内近付いた場合に、衛星からの電波が掴みにくい場合があり、通話が途切れる場合もあった。

これは一例に過ぎないが、Wi-Fi の Ch14 が使用されている事業の周辺等でも、一定の距離が確保できれば、衛星携帯電話を使用することは可能であると考えられる。



図参 3-3-7 事業用無線 LAN との同時使用の様子

3.4 災害発生時の利用シーン

本システムが導入の目的として関心の高い、災害時の利用シーンについても検討を行った。

3.4.1 利用シーン1：災害発生時（陸上）

想定状況：

広域災害が発生し、停電などで固定電話回線が利用できず、また携帯電話網は基地局の被災、利用者急増による輻輳が発生し、回線がつながりにくい状況となる。

衛星携帯電話の利用：

衛星携帯電話網を利用し、災害を受けた場所近くにある避難場所（学校、避難場所に指定された公園などの広場）から音声回線を通じて避難状況の報告や救助を求める。

想定利用者：

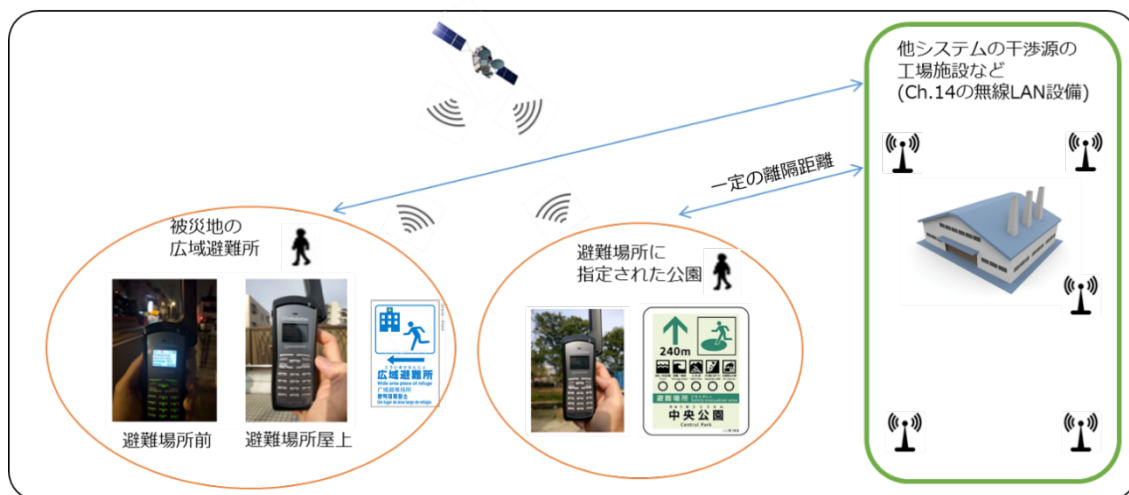
避難所に避難している地域住民をはじめ、各地方自治体、自衛隊、警察、消防、災害救助隊、海外からの災害救助隊、米軍関係者

想定利用場所：

住宅地に点在する学校、公民館、避難場所に指定された公園など

他システムとの電波干渉：

衛星携帯電話が工場施設などでの利用が残る Ch. 14 の無線 LAN 設備等からの被干渉を受けるが、被災地で指定された避難所や避難場所に指定された公園は、工場からの一定の離隔距離が保たれるので、影響が極めて小さく、利用に支障がない。



図参 3-3-8 利用シーン1：災害発生時（陸上）イメージ

3.5 無線 LAN・小電力データ通信システムとの周波数共用

所要離隔計算、及び実環境での試験運用から、無線 LAN・小電力データ通信システムの内、特に広く普及している、Ch1～Ch13 までを使用した機器からの、有害な干渉を受け可能性は低く、周波数の共用は可能であると考えられる。

無線 LAN・小電力データ通信システムの内、Ch14 の帯域を使用する機器の周辺に於いては、一定の距離内で、衛星携帯端末が、衛星からのダウンリンク信号を受信する事ができない場合が考えられるが、その場合でも干渉を受ける範囲は限定的であり、本システムの利用者がこのように、他システムからの干渉を受ける可能性を理解し、運用場所を適切に選択することで、利用可能な場면을拡大することができると考えられる。

衛星携帯電話は、固定電話、携帯電話、Wi-Fi の電波が届かないエリア（陸上、海上・洋上）にて、より利用されることが想定され、多くの場合、必要な離隔は得られるものと考えられる。

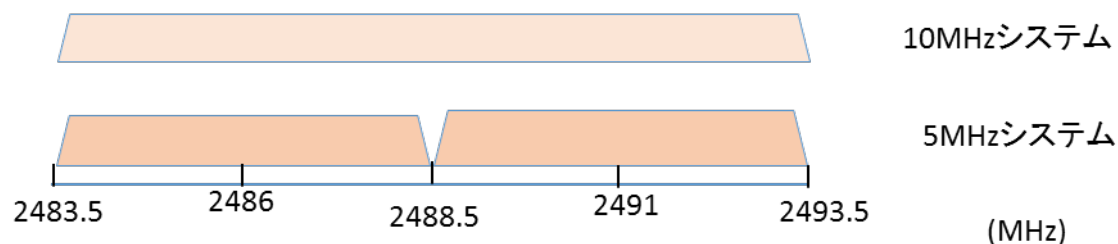
これらの考察から、本システムと、無線 LAN・小電力データ通信システムとの周波数共用は可能であると考えられる。

4 ロボット無線との干渉

4.1 ロボット無線の概要

ロボット無線については、「ロボットにおける電波利用システムの技術的条件」として、平成28年3月に情報通信審議会から答申を受け、同年8月に制度化が行われており、今後、高精細画像の伝送等の高度利用が見込まれている。

ロボット無線の2.4GHz帯での周波数配置を図参 3-4-1 及び表参 3-3-8 に示す。



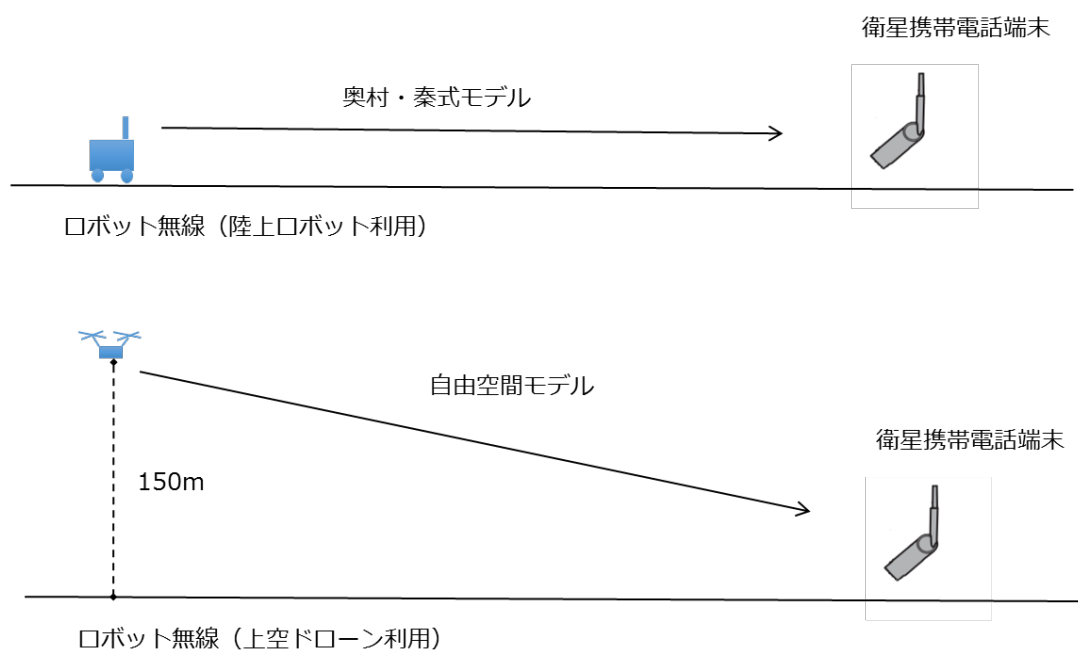
図参 3-4-1 2.4GHz帯ロボット用無線システムのチャネル配置

表参 3-3-8 2.4GHz帯ロボット用無線システムのチャネル配置

システム	中心周波数
5MHz システム	2,486MHz、2,491MHz
10MHz システム	2,488.5MHz

4.2 ロボット無線との干渉の検討

図参 3-4-2 に示した伝搬モデル及び、表参 3-3-9 に示した諸元を基に、本システムとロボット無線との干渉の検討を行った。



図参 3-4-2 伝搬モデル

表参 3-3-9 共用検討諸元

項目	単位	陸上利用	上空利用
周波数	MHz	2,485.5	
空中線電力 (e. i. r. p.)	W	4	
ロボット高度	m	1.5	150
受信空中線利得 (衛星携帯電話端末)	dBi	0.51	

表参 3-3-10 に所要離隔計算の結果を示す。

ロボット無線から衛星携帯電話への干渉については、陸上利用では、10MHz システムの場合で約 560m、5MHz システムの場合で約 656m であり、比較的広い範囲で、衛星携帯電話の通信が困難になる事が考えられる。

また上空利用の場合には、離隔距離が、等価地球半径を考慮した可視範囲を超える事から、見通し範囲内でロボット無線が使用された場合には、衛星携帯電話の通信が困難になると考えられる。

表参 3-3-10 所要離隔計算の結果

許容干渉電力		所要離隔距離	10MHz システム	5MHz システム
共用干渉	-119.4 (dBm/MHz)	地上利用 (1.5m 高)	560m	656m
		上空利用 (150m 高)	169Km(*)	238Km(*)

(*) 等価地球半径での見通し距離は、約 50.5km。

※ 参考資料 6 に、「ロボット無線との所要離隔距離計算」詳細を示す。

4.3 ロボット無線の想定される利用シーンでの干渉の検討

現時点では、2.4GHz帯におけるロボット無線の活用は、まだ導入段階ではあるが、今後想定される代表的な利用シーンにおいて、それぞれ干渉が生じる状況の可能性について検討を行った。

(1) 平常時（陸上）

ドローンやロボットの想定利用状況：

高層ビルや城郭の外観、大規模な橋梁、送電線を支える鉄塔、大規模ソーラーパネルなど人間が容易に近づけない場所へ、ドローンやロボットを利用して画像情報を取得するために利用する。

- ① 都心部など人口が密集しているエリアでは航空法の定めるルール(*)により、事前に国土交通大臣の許可を受けた場合を除き、ドローンを利用する許可が降りず、衛星携帯電話との干渉は考えにくい。また、地上の携帯電話が利用出来る都心部では衛星携帯電話の利用ニーズがないと想定される。
- ② 城郭や大規模な橋梁の外観を撮影するなどの利用では、ドローンの飛行中は衛星携帯電話との電波干渉が考えられるが、万が一衛星携帯電話が利用できない場合、利用者は周囲にドローンが飛行しているか確認し、しばらく間を空けてから再度利用してみる。ドローンの連続飛行時間（10分程度）を考えれば、干渉により衛星携帯電話が長時間に渡って利用できないケースは少ないと想定される。
- ③ 送電線を支える鉄塔、大規模ソーラーパネルのチェックのためにドローンを利用する場合、同じタイミングで衛星携帯電話を利用した場合は電波干渉が考えられるが、万が一衛星携帯電話が利用できない場合、利用者は周囲にドローンが飛行しているか確認し、しばらく間を空けてから再度利用を試みる事が想定される。

※ ドローンとの電波干渉：

平時における衛星携帯電話の利用時にドローンやロボットと遭遇した場合は、電波干渉により利用できない場合が考えられるが、しばらく間を空けてから再度利用することで衛星携帯電話が利用できると想定される。

(*)航空法の定めるルール：

(A)～(C)の空域のように、航空機の航行の安全に影響を及ぼすおそれのある空域や、落下した場合に地上の人などに危害を及ぼすおそれが高い空域において、無人航空機を飛行させる場合には、あらかじめ、国土交通大臣の許可を受ける必要があります。

- (A) 空港等の周辺（進入表面等）の上空の空域
- (B) 150m以上の高さの空域
- (C) 人口集中地区の上空



図参 3-4-3 利用シーン・平常時（陸上）のイメージ

(2) 災害発生時直後（陸上）

想定状況：

発災直後からの通信状況（*参考資料：放送メディア研究 No. 11 2014 年：ケータイから見た 3.11 東日本大震災）

- ① 発災直後、固定電話・携帯電話網が不通となる。
（*東日本大震災では、東北・関東全域では震災当日、実質的に携帯電話が使えなかった人が 42.8%（アンテナ表示の「圏外」・「0 本」の合計））
- ② 発災から 3 日間程度は、衛星携帯電話を活用し関係機関との連絡や救急活動や応急活動、情報の収集や伝達に利用される。
（*震災から 3 日目以降は携帯電話が徐々に改善を見せ、実質的に使えなかった人の割合が 16.1%（アンテナ表示の「圏外」・「0 本」の合計）にまで大幅に減少する）
- ③ 災害対策本部等の設置後は、被災・被害状況の把握、情報収集（今後はドローンやロボットの活用が見込まれる）、関係機関との連絡などが一元管理され、衛星携帯電話の利用もこれに含まれる。

※ ドローンとの電波干渉：

災害対策本部等などが設置された以降は、ドローンやロボットなどの情報収集用機器、非常用通信伝達手段である衛星携帯電話等の利用について利用場所や利用時間が一元管理され、円滑な利用が想定される。



図参 3-4-4 利用シーン・災害発生時（陸上）のイメージ

4.4 ロボット無線との周波数共用

所要離隔計算の結果から、ロボット無線が、特に上空で使用された場合には、広範囲で衛星携帯端末が、衛星からのダウンリンク信号を受信する事ができない場合が考えられる。

ロボットによる、2.4GHz帯の電波利用は、その導入が始まりつつあるところではあるが、想定される利用シーンを検討すると、多くの場合衛星携帯電話の利用は可能であると考えられる。

また、災害時等においては、衛星携帯電話の利用と、ロボットの無線利用とでは、利用ニーズが高まる時期・期間に差異が生じると考えられる。さらに、ロボットの無線利用が活発に行われるような大規模災害時には、現地対策本部などの主導により、各種通信システムが、その緊急度、重要度に対応して適切に活用されるよう、運用調整が実施されることが考えられる。

これらの考察から、ロボット無線が導入された場合においても衛星携帯電話の利用は可能であると考えられる。

5 検討結果のまとめ

本報告における干渉検討の結果を以下に示す。

5.1 電波天文台との干渉

保護が必要な天文台の周辺で、離隔距離や使用可能な周波数等の運用条件を設定、これを適切に実施することにより、1.6GHz 帯における、電波天文と本システムとの周波数共用は可能であると考えられる。

5.2 無線 LAN・小電力データ通信システムとの干渉

無線 LAN・小電力データ通信システムから受ける干渉は非常に限定的であり、特定の状況で干渉を受ける可能性を利用者が理解することで、周波数共用は可能と考えられる。

5.3 ロボット無線(2.4GHz 帯 高度利用)との干渉

ロボットが近傍で使われている状況では、干渉を受けることが考えられるが、平時の衛星携帯電話の利用シーンを考えると、利用する時間を考慮することによって衛星携帯電話の利用は可能と考えられる。また災害時などには災害対策本部等による適切な運用調整が行われることで衛星携帯電話の利用は可能と考えられる。

参考資料4 グローバルスターシステム 諸元

表参 4-1-1 ダウンリンク (衛星→端末)

構成	単位	衛星局 (Inner)	衛星局 (Middle)	衛星局 (Outer)
周波数	MHz	2,483.5 ~ 2,500		
EIRP/ユーザ	dBW	-3.7	-2.1	1.4
衛星高度	Km	1,414		
仰角	deg	70	50	25
地球半径	Km	6,378.13		
帯域幅	MHz	1.23		
自由区間損失	dB	163.83	165.20	168.44
偏波/追跡損失	dB	-1		
受信信号電力	dBm	-138.53	-138.30	-138.04
受信信号入力 (アンテナ出力)	dBm	-138.02	-137.97	-138.4
所用 Eb/No	dB	3.5		
許容干渉電力	dBm/MHz	-119.4		

表参 4-1-2 アップリンク (端末→衛星) 双方向端末

構成	単位	数値
周波数	MHz	1,610.0 ~ 1,618.75
帯域幅	MHz	1.23
EIRP	dBm	30

表参 4-1-3 アップリンク (端末→衛星) シンプレックス端末

構成	単位	数値
周波数	MHz	1,611.25、1,613.75、1616.25、1,618.75
帯域幅	MHz	2.5
EIRP	dBm	23.5

参考資料5 減衰モデル

奥村・秦式モデル

$$\text{減衰量[dB]} = 69.55 + 26.16\log_{10}F - 13.82\log_{10}h_b - \alpha(h_m) + (44.9 - 6.55\log_{10}h_b)\log_{10}D$$

$$\alpha(h_m) = (1.1\log_{10}f - 0.7)h_m - (1.56\log_{10}f - 0.8) \quad [\text{中小都市}]$$

$$\alpha(h_m) = 3.2(\log_{10}11.75hm)^2 - 4.97 \quad [\text{大都市}]$$

F : 周波数(MHz)

D : 距離(Km)

h_b : 基地局空中線高(m)

h_m : 移動局空中線高(m)

3.5 乗則

$$\text{減衰量[dB]} = 40 + 10n\log_{10}d$$

$$n = 3.5$$

d : 距離(m)

自由区間モデル

$$\text{減衰量[dB]} = 20\log_{10}(4\pi/0.3) + 20\log_{10}F + 20\log_{10}d$$

F : 周波数(MHz)

d : 距離(Km)

参考資料6 所要離隔距離計算

表参 6-1-1 無線 LAN・小電力データ通信システムとの所要離隔距離計算

構成	単位	第二世代小電力データ通信システム		小電力データ通信システム		計算式	
		屋外	屋内	屋外	屋内		
衛星携帯端末 受信電力	[1] 周波数	MHz	2472	2472	2484	2484	
	[2] 送信アンテナ利得	dBi	2.14	2.14	2.14	2.14	
	[3]						
	[4] 壁等の減衰	dB		17		17	
	[5] 受信アンテナ利得	dBi	0.51	0.51	0.51	0.51	
	[6] 偏波/追跡損失	dB	-1	-1	-1	-1	
	[7] 総合損失	dB	-1.65	15.35	-1.65	15.35	= [3] - [2] - [5] + [4]
干渉量	[8] 干渉出力/ 不要輻射	mW/MHz dBm/MHz	0.025 -16.0	0.025 -16.0	10 10	10 10	
	[9]					= 10 * log ₁₀ ([8])	
	[10] 耐干渉入力	dBm/MHz	-119.4	-119.4	-119.4	-119.4	
	[11] 壁からの距離	m		5		5	
	[12] 屋内伝搬損失	dB		64.5		64.5	= 40 + 10 * 3.5 * log ₁₀ ([11])
	[13] 所用結合損	dB	103.4	103.4	129.4	129.4	= [9] - [10]
	[14] 所用改善量	dB	105.0	23.6	131.1	49.6	屋外 = [13] - [7] 屋内 = [13] - [7] - [12]
所用離隔距離	[15] 周波数	MHz	2495	2495	2495	2495	
	[16]						
	[17] 奥村奏モデル	m	71.5	0.9	288.9	3.7	= 10 ^{0.5} * (([14] - 69.55 - 26.16 * log ₁₀ ([15]) + 13.82 * log ₁₀ ([18]) + [21]) / (44.9 - 6.55 * log ₁₀ ([18]))) * 1000
奥村・秦 パラメータ	[18] 基地局空中線高	m	2	2	2	2	
	[19] 移動局空中線高	m	1.5	1.5	1.5	1.5	
	[20] a (hm) : 大都市	dB	-0.00092	-0.00092	-0.00092	-0.00092	= 3.2 * (log ₁₀ (11.75 * [19])) ² - 4.97
	[21] a (hm) : 中小都市	dB	-0.05574	-0.05574	-0.05574	-0.05574	= (1.1 * log ₁₀ ([15]) - 0.7) * [19] - (1.56 * log ₁₀ ([10]) - 0.8)

表参 6-1-2 ロボット無線との所要離隔距離計算

構成	単位	上空ドローン		陸上ドローン		計算式	
		屋外 (10MHz)	屋内 (5MHz)	屋外 (10MHz)	屋内 (5MHz)		
衛星携帯端末 受信電力	[1] 周波数	MHz	2488.5	2491	2488.5	2491	
	[2] 送信アンテナ利得	dBi	0	0	0	0	
	[3]						
	[4]						
	[5] 受信アンテナ利得	dBi	0.51	0.51	0.51	0.51	
	[6] 偏波/追跡損失	dB	-1	-1	-1	-1	
	[7] 総合損失	dB	0.49	0.49	0.49	0.49	= [3] - [2] - [5] + [4]
干渉量	[8] 干渉出力/ 不要輻射	mW/MHz dBm/MHz	400 26	800 29	400 26	800 29	
	[9]					= 10 * log ₁₀ ([8])	
	[10] 耐干渉入力	dBm/MHz	-119.4	-119.4	-119.4	-119.4	
	[11]						
	[12]						
	[13] 所用結合損	dB	145.4	148.4	145.4	148.4	= [9] - [10]
	[14] 所用改善量	dB	144.9	147.9	144.9	147.9	= [13] - [7]
所用離隔距離	[15] 周波数	MHz	2488.5	2491	2495	2495	
	[16] 自由空間減衰	m	168,859	238,281			= 10 ^{0.5} * (([14] - (20 * log ₁₀ (4 * PI * (0.3) + 20 * log ₁₀ ([15]) + 20 * log ₁₀ (1/1000))) / (10 * 2))
	[17] 奥村奏モデル	m			560	656	= 10 ^{0.5} * (([14] - 69.55 - 26.16 * log ₁₀ ([15]) + 13.82 * log ₁₀ ([18]) + [21]) / (44.9 - 6.55 * log ₁₀ ([18]))) * 1000
奥村・秦 パラメータ	[18] 基地局空中線高	m	150	150	2	2	
	[19] 移動局空中線高	m	2	2	2	2	
	[20] a (hm) : 大都市	dB	-0.000919047	-0.000919047	-0.000919047	-0.000919047	= 3.2 * (log ₁₀ (11.75 * [19])) ² - 4.97
	[21] a (hm) : 中小都市	dB	0.055634388	0.055673635	0.055736349	0.055736349	= (1.1 * log ₁₀ ([15]) - 0.7) * [19] - (1.56 * log ₁₀ ([10]) - 0.8)