

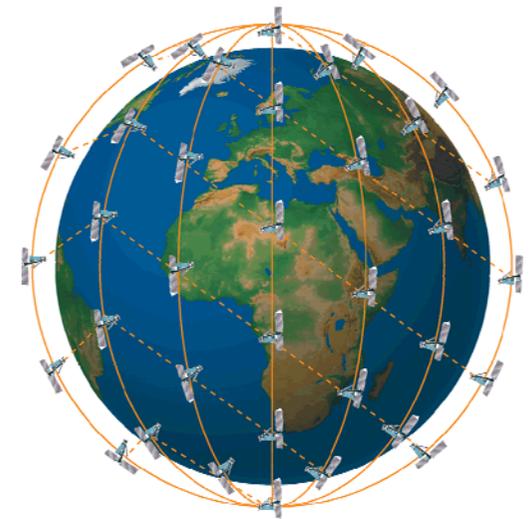
情報通信審議会情報通信技術分科会 衛星通信システム委員会報告 概要

「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
「L帯を用いた非静止衛星システムの高度化に係る技術的条件」

- 平成9年4月、「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、「1600MHz帯でTDMA/FDMA方式をサービスリンクに使用するシステムの技術的条件」として電気通信技術審議会より一部答申
- 平成29年5月、同システムの高度化が計画されていること及び同システムを船舶・航空機の遭難・安全通信等への活用が計画されていることを受け、同システムの高度化及び航空機地球局として運用するための技術的条件について検討を開始

検討開始の概要

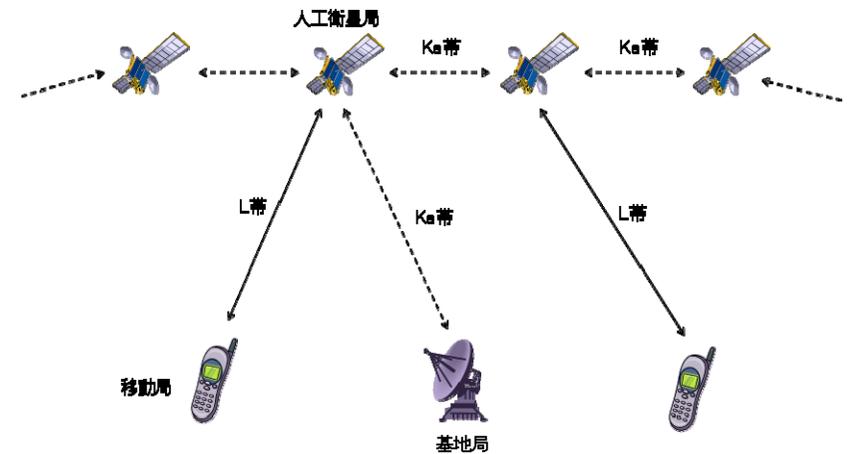
- 衛星搭載機器の小型軽量化や衛星打上げ費用の低廉化により、小型の人工衛星の実用化が比較的容易になった。
- 中・低軌道に打ち上げた多数の小型衛星を連携させて一体的に運用する「衛星コンステレーション」を構築し、極域を含めた世界全域を対象に、緊急時・平時を問わず、ビジネス用途の高信頼・高速大容量通信など多様なサービスを提供することが可能となった。
- 非静止衛星を利用する衛星コンステレーションによるL帯を用いた既存のシステムについては、平成9年に電気通信技術審議会が一部答申を行っているが、既存の衛星オペレータによる現行衛星の高度化が計画され、通信速度の高速化が期待されるとともに、船舶、航空機等の遭難・安全通信等への活用が計画されており、早期の国内導入が期待されることから、L帯を用いた非静止衛星システムの高度化に係る技術的条件について検討を行った。



衛星コンステレーションのイメージ
(出典:イリジウム社Webサイト)

現行システムの概要

- 現行システムは6つの低軌道(上空780km)上に66機の衛星を配置し、L帯での音声・データサービスを極域含む全世界に提供。
- サービスリンクでの利用周波数帯は1618.25MHz~1626.5MHzであるが、日本を含む一部の国においては、1621.35MHz~1626.5MHzで運用されている。
- 1衛星の中に48個のスポットビームを持ち、各スポットビームは直径約400 kmをカバーする。音声やデータをビーム間・衛星間でハンドオーバーを行って通信を行う。



L帯非静止衛星システムの構成

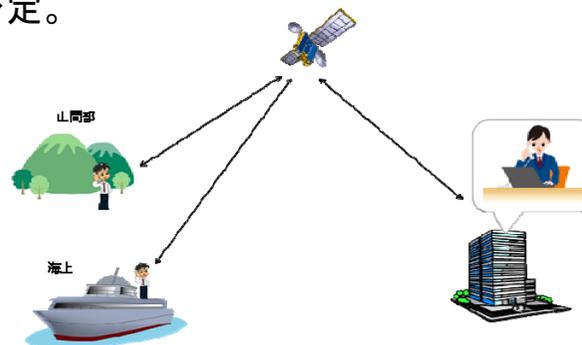
高度化システムの概要

- 75機(主衛星66機、軌道上予備衛星9機)の次世代低軌道衛星を2018年までに打上げが完了。
- 通信品質及び通信速度が現行システムに比べ向上し、高品質の音声通話のほか低遅延のデータ収集サービス、及び通信速度最大1.4Mbpsのブロードバンドサービス等を提供予定。
- ADS-B(航空機の位置情報発信システム)を用いた衛星による航空機のグローバルな航路追跡サービスについても提供予定。
- 高度化に伴い、国内での利用周波数を世界的に使用されている周波数(1618.25~1626.5MHz)に合わせて拡張予定。

現行システムと高度化システムの比較

	現行システム	高度化システム
音声通話	2.4kbps	最大4.8kbps
パケット通信 (イリジウムLBT)	2.4kbps	最大88kbps
ブロードバンド通信	最大134kbps	最大512kbps(Up) 最大1.4Mbps(Down)
端末設備	従来端末	従来端末及び 高度化システム用端末の双方をサポート

高度化システムの利用イメージ(例)

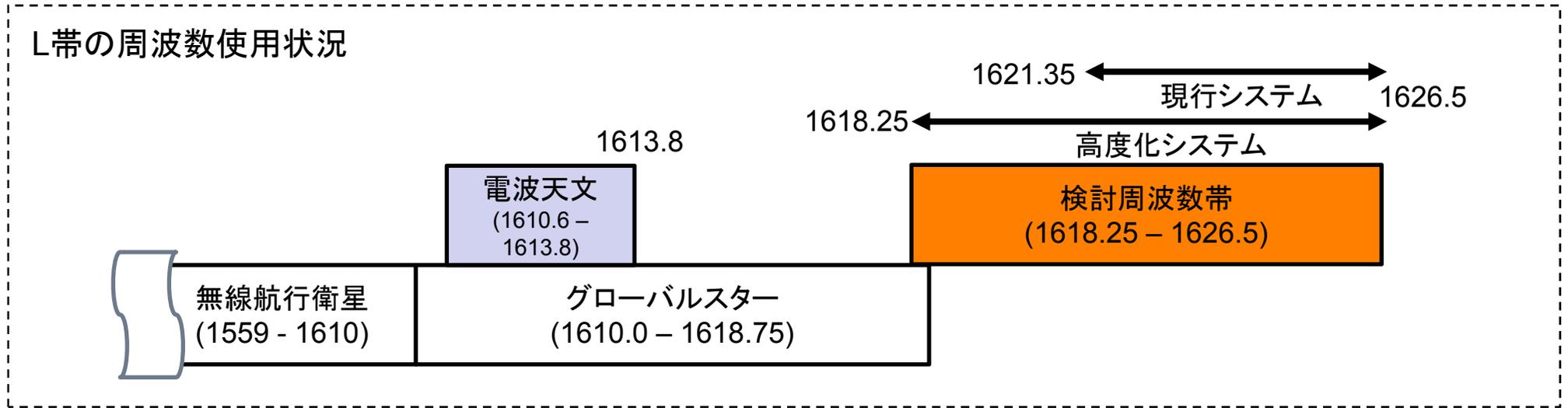


携帯電話不感地帯での通信



航空利用

L帯を用いた非静止衛星システムの高度化に伴い、使用周波数帯が3.1MHz拡張され、1,618.25MHz～1,626.5MHzを使用する。そこで、周辺の周波数帯を使用する既存システムとして、電波天文との共用検討を実施。



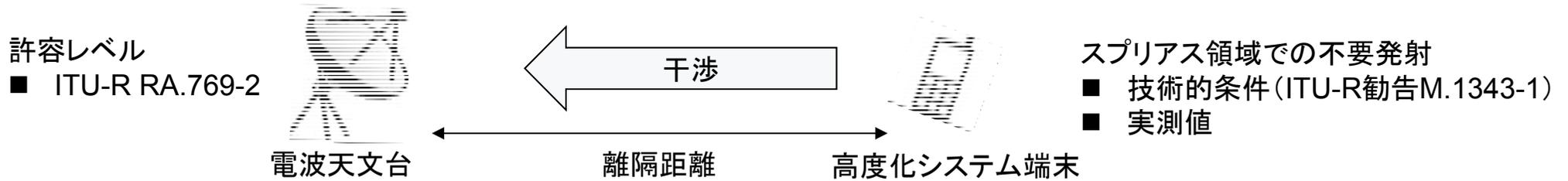
※グローバルスターについては、実際の運用にあたり、双方にとって影響がないように当事者間で混信回避の調整が図られることにより共用可能。

共用検討の対象とする電波天文台は以下の通り。

電波天文台	アンテナΦ[m]	アンテナ高*[m]	位置
JAXA臼田宇宙空間観測所	64	35	138° 21'54", 36° 07'44"
NICT鹿島宇宙技術センター	34	20	140° 39'36", 35° 57'21"
国立天文台野辺山宇宙電波観測所	45	25	138° 28'21", 35° 56'40"

※シミュレーションでの想定

高度化システムと電波天文台との共用検討の前提条件は以下の通り。



- 電波伝搬モデル
- 自由空間モデル
 - ITU-R勧告P.452-16(地形無)
 - ITU-R勧告P.452-16(地形有)

周波数 (MHz)	周波数帯幅 (kHz)	許容値
1612	20	-220 dBW (-263 dBW/Hz)

ITU-R勧告RA.769-2, Table 2より
観測時間として2000秒を想定

基準	スプリアス領域での不要発射	備考
技術的条件*	-56dBW/30kHz(-101dBW/Hz) -77dBW/100kHz(-127dBW/Hz) (Carrier off)	ITU-R勧告M.1343-1 Annex 1, Table 2
実測値	-87.9 dBW/100kHz(-138dBW/Hz)	TRACにて測定

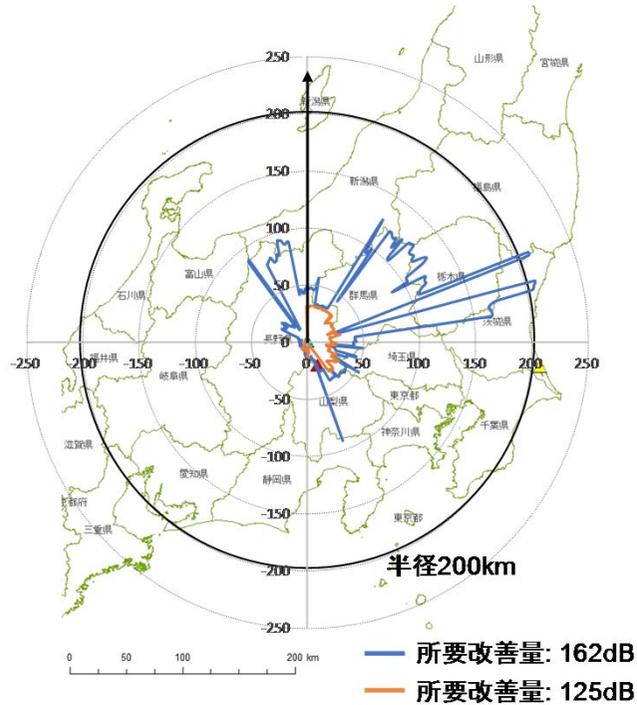
*: 平成9年度電気通信技術審議会答申より

基準	所要改善量 [dB]	離隔距離	
		自由空間モデル	ITU-R勧告P.452-16(地形無)**
技術的条件	162	1,864 km	56 km (海上194km)
技術的条件(Carrier off)	136	93 km	20 km (海上 64km)
実測値	125	26 km	12 km (海上30 km)

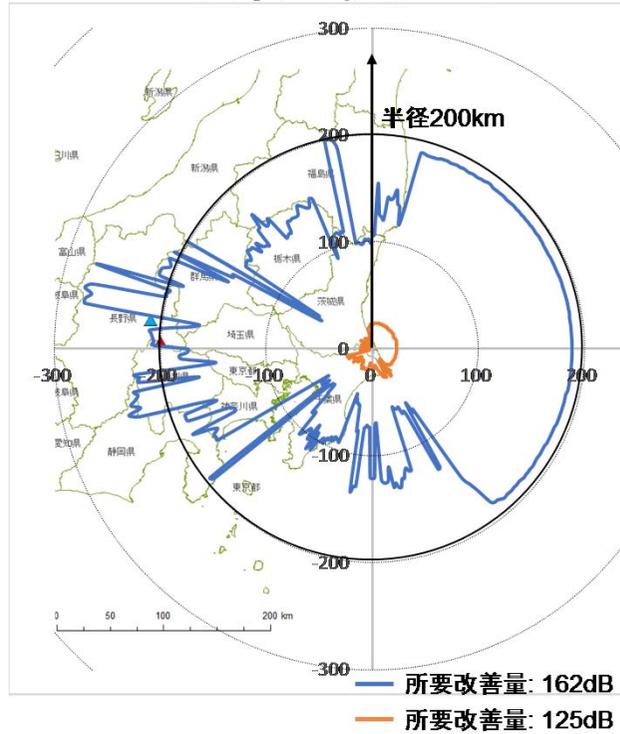
**：電波天文台アンテナ高35m、高度化システム端末のアンテナ高1.5mを想定

陸上及び船舶搭載用地球局に関する共用検討結果は以下の通り。

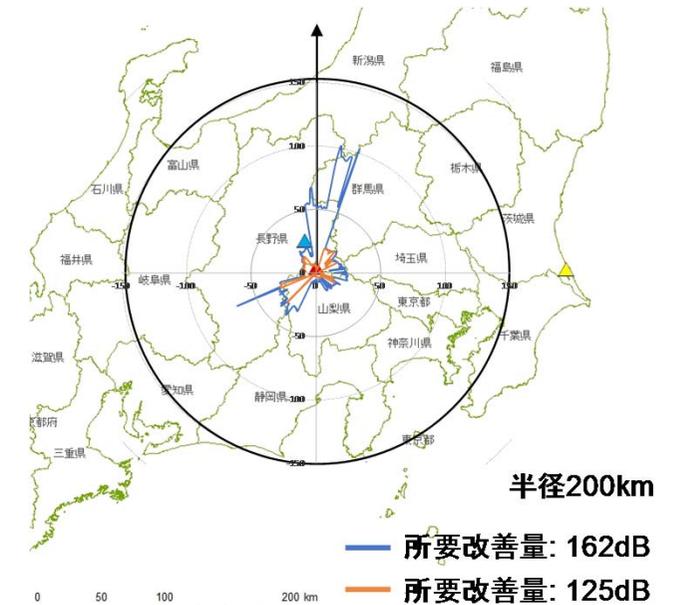
JAXA臼田宇宙空間観測所



NICT鹿島宇宙技術センター



国立天文台野辺山宇宙電波観測所



出所: 国土地理院発行の数値地図(国土基本情報)、ESRIジャパンの全国市区町村界データより

時間率を考慮しない場合の離隔距離

観測時間: 2000秒

電波天文台	離隔距離(技術的条件) [km]		離隔距離(実測値) [km]	
	地形無	地形有	地形無	地形有
JAXA臼田宇宙空間観測所	56	5.5 - 212.0	12	1.5 - 32.0
NICT鹿島宇宙技術センター	194	44.0 - 277.5	30	2.5 - 31.0
国立天文台野辺山宇宙電波観測所	56	5.0 - 102.5	12	2.0 - 32.0

時間率を考慮した場合の離隔距離

- ITU-R勧告RA.1513-2では、2%以下のデータ損失を許容
- 現行システムの臼田及び鹿島周辺での通信時間は、ピークにおいても、2%以下
- よって、天文台周辺において大幅な機器の増加がなく、2%以下のデータ損失が担保される場合には、離隔距離を設定する必要はない

航空機搭載用地球局に関する共用検討結果は以下の通り。

<検討方法>

- 航空機用地球局のアンテナゲインを0dBi、電波伝搬モデルとして自由空間モデルとする。
- 航空機用地球局のアンテナは航空機の機体上部に取り付けられており、飛行中アンテナと電波天文台とを結ぶ直線上に機体の一部が重なる。この遮蔽効果は、17dB(B747相当)と25dB(B787相当)とする。なお、これらの値はアンテナが航空機内に設置された場合である。機体素材であるアルミニウム材、カーボン繊維複合材の遮蔽効果は60dB程度あるが、最悪条件として17dB、25dBの値を想定する。
- 航空機地球局からのスプリアス領域での不要発射は、技術的条件の値である-101dBW/Hzと、実測値である-138dBW/Hzで検討を行う。

<検討結果>

スプリアス領域での不要発射①	電波天文台の閾値②	航空機の機体による遮蔽効果③	所要改善量(①-②-③)	離隔距離
(技術的条件) -101dBW/Hz	-263dBW/Hz	(B747相当) 17dB	145dB	263km
		(B787相当) 25dB	137dB	105km
(実測値) -138dBW/Hz		(B747相当) 17dB	108dB	3.7km
		(B787相当) 25dB	100dB	1.5km

- 高度化システム端末のスプリアスの実測値を用いると、NICT鹿島宇宙技術センター付近を飛行する航空機は直線距離で3.9km程度離れているため、離隔距離3.7kmを満たしている。
- 国立天文台野辺山宇宙電波観測所及びJAXA臼田宇宙空間観測所付近の航空路では巡航高度(約10km)で飛行しているため、離隔距離を満たしている。



高度化システム端末のスプリアス領域での不要発射強度の実測値では、機体による遮蔽効果を加味すれば電波天文台と共用可能。

他システムとの共用検討結果を考慮し、次のとおりとすることが適当。

L帯を用いた非静止衛星システムの高度化等に係る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。

なお、国際的な電波に関する条約等が変更される等により本技術的条件がこれに適合しなくなった場合には、技術的条件を再度検討することが望ましい。

1) 一般的条件

	技術的条件
必要な機能	<p>携帯基地地球局の無線設備は、電気通信回線設備と接続ができるものであること。</p> <p>携帯移動地球局が通話のために使用する周波数は、携帯基地地球局の制御信号により自動的に選択されるものであること。</p>
無線周波数帯	サービスリンク用周波数帯は、1,618.25MHz～1,626.5MHzの周波数を使用することが適当。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。
通信方式	複信方式とすることが適当。
セキュリティ対策	不正使用を防止するための携帯移動地球局装置固有の番号の付与、認証手順の適用並びに通信情報に対する秘匿を必要に応じて講ずることが望ましい。
人体への影響対策	<p>電波防護指針を満足することが適当。</p> <p>人が手で保持して使用する端末については、以下の条件が適当。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 人体(頭部・両手以外)の比吸収率は2W/kg以下、四肢は4W/kg以下。 • 人体頭部の吸収比率は2W/kg以下。 <p>(無線設備規則第14条の2)</p>

※ 変調方式については、最新の技術動向等を踏まえ、柔軟なシステム設計・運用が行われるべきであるため、特定の方式に限定しないことが適当。

2) 携帯移動地球局の条件

	項目	技術的条件
送信装置	周波数の許容偏差	30×10^{-6} (無線設備規則第5条別表第一号注43(1))
	空中線電力の許容偏差	上限50%、下限50% (無線設備規則第14条)
	不要発射の強度の許容値	次項参照
	搬送波を送信していないときの電力レベル	下表参照
	電波の自動発射停止機能	故障を検出する機能を有し、故障を検出した場合は検出後1秒未満の間に自動的に電波の送信を停止する機能を有することが適当。 (平成9年告示659号/ITU-R勧告M.1343)
受信装置	副次的に発する電波等の限度	キャリアオフ時の漏洩電力の規定値に同じ。(平成9年告示659号)
空中線	偏波	右旋円偏波

※ 等価等方輻射電力、占有周波数帯幅の許容値、送信速度については、最新の技術動向等を踏まえ、柔軟なシステム設計・運用が行われるべきであるため、特に限定しないことが適当。

<搬送波を送信していないときの電力レベル>

携帯移動地球局の条件			主として航空機に搭載する携帯移動地球局の条件			
周波数(MHz)	EIRP(dBW)	測定帯域幅(kHz)	周波数(MHz)	EIRP(dBW)	送信電力*(dBW)	測定帯域幅(kHz)
0.1~30	-87以下	10	0.01~30	-87以下	—	10
30~1,000	-87以下	100	30~1,000	-87以下	—	100
1,000~12,750	-77以下	100	1,000~1,559	-77以下	—	100
			1,559~1,605	—	-118	500
			1,605~18,000	-77以下	—	100

(平成9年告示659号/ITU-R勧告M.1343)

※ アンテナ接続端子での出力 (ETSI EN 301 473)

<不要発射の強度の許容値>

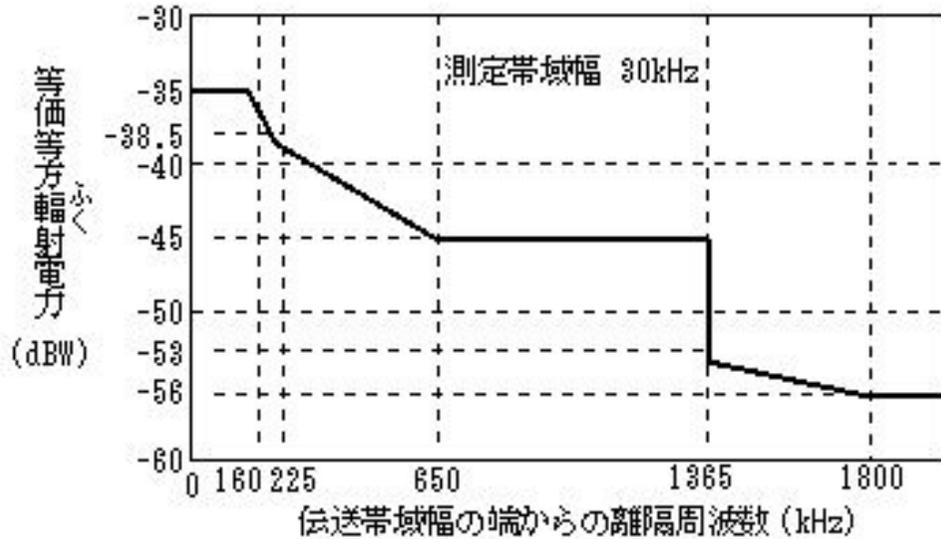
携帯移動地球局の条件

ア スプリアス領域の不要発射の強度の許容値

50 μ W以下、又は基本周波数の平均電力より60dB低い値であること。(4kHzの周波数帯域幅における電力)

イ 帯域外領域のスプリアス発射の強度の許容値

下図の通り。



(平成17年告示1228号)

主として航空機に搭載する携帯移動地球局の条件

1,610~1,628.5MHzの帯域外の不要発射は、下表の通り。

周波数 (MHz)	EIRP (dBW)	送信電力 ^{※2} (dBW)	測定帯域幅 (kHz)
0.01~30	-66	—	10
30~1,000	-66	—	100
1,000~1,559	-60	—	1000
1,559~1,605	—	-118	500
1,605~1,610	-70~-10以下 ^{※1}	—	1000
1,610~1,628.5	—	—	—
1,628.5~1,631.5	-60	—	30
1,631.5~1,636.5	-60	—	100
1,636.5~1,646.5	-60	—	300
1,646.5~1,666.5	-60	—	1000
1,660.5~2,200	-60	—	3000
2,200~18,000	-60	—	3000

※3 -70から-10までの間で線形補間して得られる値以下。

※4 アンテナ接続端子での出力。

(ETSI EN 301 473)

3) 航空機地球局の条件

航空機地球局は、携帯移動地球局の条件に加え、以下の条件を満足すること。

	項目	技術的条件
送信装置	パワーハンドリング性能	20W CWのハンドリング性能を有すること。AES3の場合、最大の送信キャリア数に応じ設計すること。
	アンテナ電圧定在波比	1.8:1
	等価等方輻射電力	1キャリアのEIRPの上限9dBW、下限-4dBW 送信バースト時間内の平均EIRPは、15dBWからアンテナ利得を減じた値を超えないこと。
	不要発射の強度の許容値	次項参照
	搬送波を送信していないときの電力レベル	次項参照
	電力制御	バックオフレンジ8dB内、ステップサイズ1dB以下で、放射電力レベルを制御する能力を有すること(AES2、AES3のみに適用(※))。
	送信性能	800ノット(1480 km/h)以下の飛行速度において運用可能であること
受信装置	受信感度	許容可能なノイズレベルを以下とすること。 <ul style="list-style-type: none"> • ワイドバンド:-124dBm@200kHz(所望信号レベル:-106dBm@35kHz) • ナローバンド:-121dBm@CW(同一ch)、-106dBm@CW(隣接ch)、-66dBm@CW(10ch離隔)
	パケット誤り率	1×10^{-6}
	干渉排除	<ul style="list-style-type: none"> • $0.95 \times 1616\text{MHz} \sim 1.05 \times 1626.5\text{MHz}$の帯域を除く、$470 \sim 18,000\text{MHz}$の帯域において、-10dBmの干渉信号下においても、衛星のダウンリンク信号を受信・追跡できること。 • $0.95 \times 1616\text{MHz}$から$0.99938 \times 1616\text{MHz}$の間においては-50dBmから-72dBmまで線形補間して得られる値、$1.00062 \times 1626.5\text{MHz}$から$1.05 \times 1626.5\text{MHz}$の間においては-72dBmから-10dBmまで線形補間して得られる値に、干渉信号を低減できること。 • 同じ機内に他のAMS(R)S装置が無い場合は、$1626.5 \sim 1660.5\text{MHz}$の帯域において、-96dBmのCW干渉信号下においても、衛星のダウンリンク信号を受信・追跡できること。 • 同じ機内に他のAMS(R)S装置がある場合は、$1626.5 \sim 1660.5\text{MHz}$の帯域において、-2dBmのCW干渉信号下においても、衛星のダウンリンク信号を受信・追跡できること。
	受信性能	800ノット(1480 km/h)以下の飛行速度において運用可能であること

(※)航空機地球局の種類 AES1: Short Burst Data(SBD)トランシーバ1つと、Passive Low Gain Antenna (LGA) 1つで構成
AES2: L帯トランシーバ1、2つと、Passive LGA 1つで構成
AES3: SBDおよび/またはL帯トランシーバ2つ以上と、Passive LGA 1つで構成

	項目	技術的条件
空中線	送信空中線の最小仰角	最小仰角8° から仰角90° の範囲において、アンテナの偏波、アンテナ利得、軸比の要件を満たすこと。
	アンテナ利得	最小利得:-2 Weighted dBic、最大利得:3 Weighted dBic
	軸比	2.5dB以下
	キャリア-マルチパス差分	規定の最小仰角における最小アンテナ利得と地平線から同仰角分下がったところにおける最大アンテナ利得間のデシベル差は、最小キャリア-マルチパス差よりも大きいこと。最小キャリア-マルチパス差は、3dBよりも大きいこと。

＜不要発射の強度の許容値＞

周波数 (MHz)	EIRP (dBW)	1キャリアの送信電力※1 (dBW)	測定帯域幅 (kHz)
0.01~1,525	—	-118以下	10
1,525~1,559	—	-146以下	10
1,559~1,585	—	-118以下	1000
1,585~1,610	—	-118~-27.5以下※2	1000
		-125~-34.5以下※3	1
1,610~1,614	—	-78以下	10
1,614~1,616	-46以下	—	1000
1,616~1,626.5	—	—	—
1,626.5~1,650	—	-55以下	100
1,650~1,660	—	-49.5以下まで増加	1000
1,660~1,670	—	-56以下	10
		-39.5以下	1000
1,670~1,680	-60	—	30
1,680~1,685	-60	—	300
1,685~1,705	-60	—	1000
1,705~18,000	-49	—	3000

＜搬送波を送信していないときの電力レベル＞

周波数 (MHz)	EIRP (dBW)	測定帯域幅 (kHz)
0.01~30	-87以下	10
30~1,000	-87以下	100
1,000~1,559	-77以下	100
1,559~1,605	-103以下	500
1,605~1,610	-88以下	500
1,610~1,613.8	-77以下	20
1,613.8~1,660	-77以下	100
1,660~1,670	-77以下	20
1,670~18,000	-77以下	100

※1 アンテナ接続端子での出力。 ※2 -118から-27.5までの間で線形補間して得られる値以下。

※3 -125から-34.5までの間で線形補間して得られる値以下。

注)マルチキャリア運用の場合、2変調波のいずれか1つが最大出力、もしくは、送信機の出力が最大値の1/2の場合の内、いずれか小さい方の不要発射の強度は、上表の値を4dB超過しないこと。また、2信号の相互変調積は、-38dBcを超過しないこと。