

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）概要

「Ka帯を用いた移動体向けブロードバンド衛星通信システムの技術的条件」

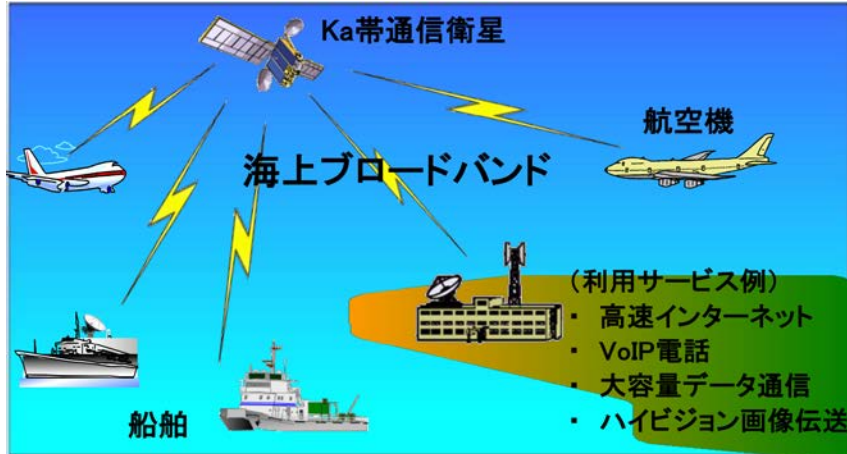
- 平成27年11月、国際電気通信連合 (ITU) 世界無線会議 (WRC-15) において、グローバルサービスを実現するため、ESIM (Earth stations in motion) が定義され、Ka帯の19.7-20.2GHz及び29.5-30.0GHz において移動体向け衛星通信システムを運用可能とすることに合意
- 平成28年6月、船舶・航空機等の移動体における数十Mbps程度的高速通信サービスが実現できることから、Ka帯を用いた移動体向けブロードバンド衛星通信システムの技術的条件の検討を開始

## 検討開始の概要

- 陸上における移動通信環境の高速大容量化に伴い、船舶や航空機等の移動通信環境においても社会・家族・友人とのコミュニケーションの円滑化等によるデジタル・ディバイド改善、船舶・航空機の運航システムのICT化に伴う陸上との高速大容量通信へのニーズが高まっている。
- 我が国においては、L帯(1.6GHz帯)、S帯(2GHz帯)、Ku帯(12/14GHz帯)等を用いた移動衛星通信サービスが提供されている。現在主流となっているこれらの周波数帯は逼迫しつつあり、近年ではKa帯(20/30GHz帯)が、次世代の高速衛星通信用の帯域として世界的に注目され、グローバルサービスの提供が計画されている。
- 2015年11月に開催された国際電気通信連合 (ITU) 世界無線会議 (WRC-15) では、グローバルサービスを実現するためのESIM (Earth station in motion) が定義され、Ka帯の19.7-20.2GHz及び29.5-30.0GHzにおいて移動体向け衛星通信システムが運用可能となった。
- Ka帯を用いたシステムの利用により、船舶・航空機等の移動体においても数十Mbps程度的高速通信サービスが実現でき、早期の国内導入が期待されることから、Ka帯を用いた移動体向けブロードバンド衛星通信システムの技術的条件について検討を行った。

- Ka帯を用いた移動体向けブロードバンド衛星通信システムは、静止軌道上に配置された固定衛星業務用の衛星を介し、船舶や航空機等の移動体との間でブロードバンド通信を提供
- 船舶や航空機等からの高速インターネット接続やハイビジョン画像伝送、VoIP電話等のサービスを実現

システム全体概要



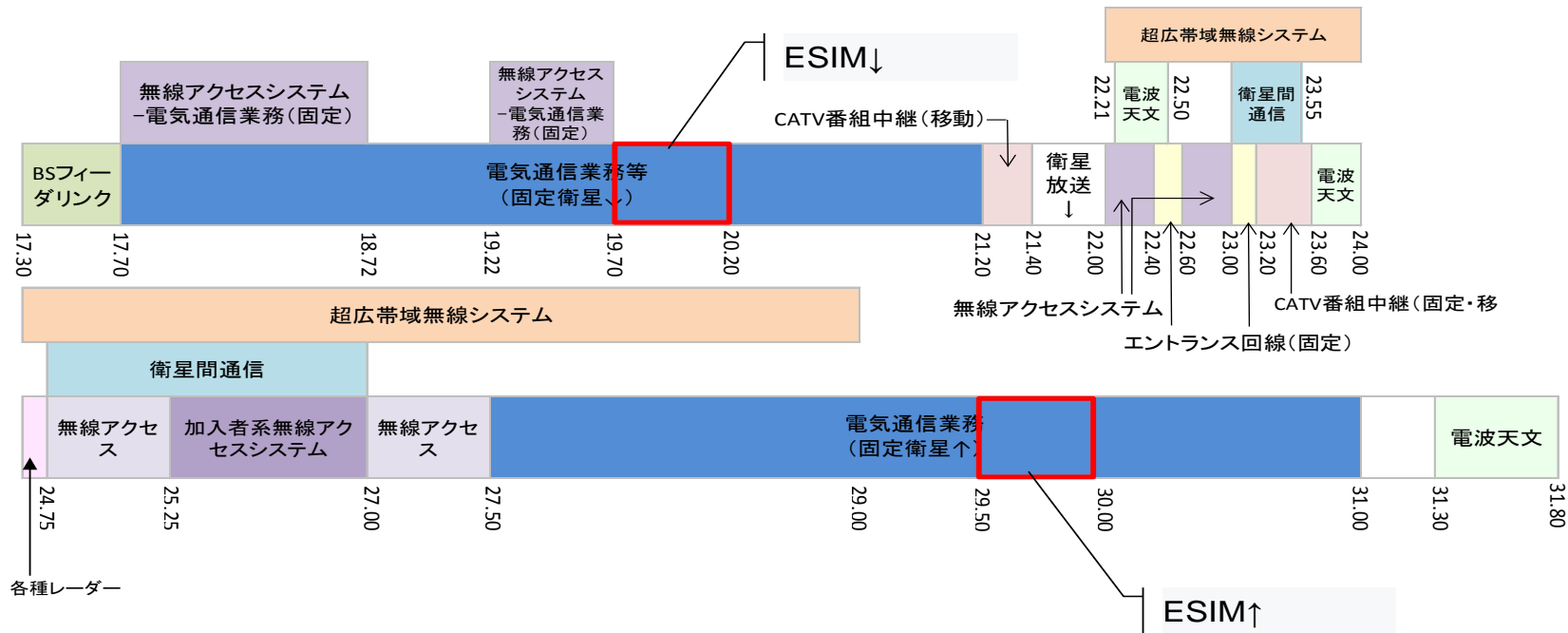
Ka帯を用いた主な移動体向け衛星通信サービス

オペレータ (国)	Inmarsat (英国)	Telenor (ノルウェー)	Viasat (米国)	Eutelsat (フランス)
主な使用衛星	Inmarsat-5	Thor-7	Viasat-1, Viasat-2	KA-SAT
サービス対象 (移動体)	船舶、航空機	船舶	航空機	航空機
サービス地域	全世界 (極地を除く)	欧州、地中海、北海周辺	北米、大西洋北部	欧州
通信速度	上り: 最大5Mbps 下り: 最大50Mbps	上り: 2-6Mbps 下り: 数10Mbps	上り: 2.5-20Mbps 下り: 70-100Mbps	最大100Mbps

Ka帯を用いた主な移動体向け衛星通信サービスの利用イメージ



- Ka帯を用いた移動体向け衛星通信システム(以下ではESIMと記す)は、WRC-15決議に基づき、上りサービスリンク(29.5 - 30.0GHz)及び下りサービスリンク(19.7 - 20.2GHz)を使用。
- ESIMに関して同一周波数帯を使用する他のシステムは存在しないが、隣接周波数帯を使用する無線システムとの共用について、以下の無線通信業務を対象に干渉検討を実施。



ケース	干渉種類	与干渉システム	被干渉システム
1	隣接周波数	ESIM宇宙局	電波天文(22GHz帯及び23GHz帯)
2	隣接周波数	ESIM地球局	電波天文(31GHz帯)
3	隣接周波数	無線アクセスシステム-電気通信業務(固定)	ESIM地球局

電波天文との共用検討(ケース1及び2)(1/4)

電波天文業務の概要

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。

使用周波数帯

- (1) 22GHz帯及び23GHz帯 : 22.21-22.5GHz及び23.6-24.0GHz
- (2) 31GHz帯 : 31.3-31.8GHz

共用検討

(ケース1) 電波天文(22GHz帯及び23GHz帯)

電波天文業務のうち、22.21-22.5GHz及び23.6-24.0GHzを受信する保護対象設備(申請予定を含む)に対して、ITU-R勧告RA.769に規定された干渉制限値に基づき干渉検討を行った結果、共用は可能。

電波天文業務の受信設備の概要



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

No.	設置場所	東経	北緯	マージン[dB] *1	
				東経63度衛星 *2	東経180度衛星 *2
1	長野県南佐久郡南牧村野辺山	138° 28' 21"	35° 56' 40"	3.9	3.3
2	岩手県奥州市水沢区星ガ丘町	141° 07' 57"	39° 08' 01"	4.0	3.3
3	東京都小笠原村父島宇旭山	142° 13' 00"	27° 05' 31"	4.0	3.2
4	鹿児島県薩摩川内市入来町浦之名	130° 26' 24"	31° 44' 52"	3.8	3.4
5	沖縄県石垣市字登野城嵩田	124° 10' 16"	24° 24' 44'	3.6	3.5
6	鹿児島県鹿児島市平川町字狐迫	130° 30' 26"	31° 27' 51"	3.8	3.4
7	岩手県奥州市水沢区星ガ丘町	141° 07' 57"	39° 08' 00"	4.0	3.3
8	茨城県高萩市	140° 41' 41"	36° 41' 55"	4.0	3.3
9	茨城県日立市	140° 41' 32"	36° 41' 51"	4.0	3.3
10	岐阜県岐阜市	136° 46' 12"	35° 28' 47"	3.9	3.4

\*1: マージンとは、ITU-R勧告RA.769-2で規定されている当該周波数帯での電力束密度の閾値(-231 dB(W/(m<sup>2</sup>Hz)))からInmarsat F1(63E)及びF3(180E)の地表面での電力束密度を引いた値。

\*2: 共用検討においては、現時点で具体的な情報が得られるInmarsat GXサービスのInmarsat-5衛星を想定。次頁以降の検討でも同様。

## 電波天文との共用検討(ケース1及び2)(2/4)

### 共用検討

#### (ケース2)電波天文 (31GHz帯)

電波天文業務のうち、31.3-31.8GHzを受信する保護対象設備は長野県の国立天文台・野辺山宇宙電波観測所のみ。電波天文業務における干渉制限値を定めたITU-R勧告RA.769に基づく共用検討を実施。

#### (ア)ー1 ESIM地球局(航空機)ー検討手法1

##### <検討条件>

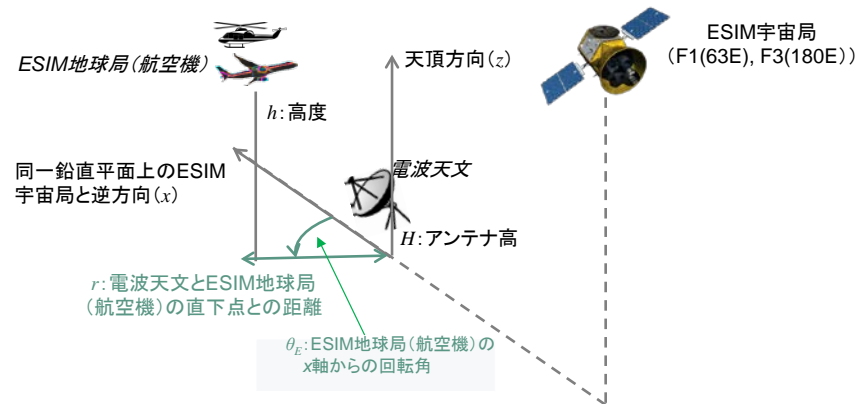
- ESIM地球局の高度:1,000m、10,000m
- スプリアス抑圧フィルター\*1: 60dBc、80dBc
- 衛星軌道位置: 東経63度、180度

##### <検討結果>

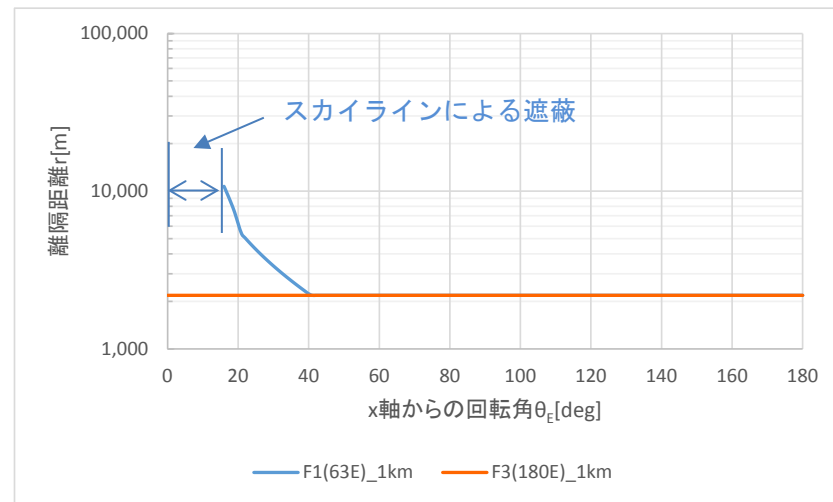
- 80dBcのスプリアス抑圧フィルターを挿入すると、どちらの高度、どちらの衛星であっても、場所によらず共用可能。
- 60dBcのスプリアス抑圧フィルターを挿入すると、高度10,000mの場合は共用可能。また高度1,000mの場合、63度衛星では角度 $\theta_E$ が $-16^\circ \sim -41^\circ$  及び  $16^\circ \sim 41^\circ$  の範囲を避ければ、約2.2km以遠で共用可能であり、180度衛星では角度 $\theta_E$ によらず約2.2km以遠で共用可能。

(\* ESIM地球局が用いる周波数と電波天文で受信する周波数との間には十分な周波数離調があるため、数十dBを減衰させるフィルターは十分に実現可能

共用検討モデル (ESIM地球局 (航空機))



60dBcのスプリアス抑圧フィルターを挿入した場合の離隔距離 (ESIM地球局 (航空機))



## 電波天文との共用検討(ケース1及び2)(3/4)

### (ア)ー2 ESIM地球局(航空機)ー検討手法2

#### <検討条件>

- 航空路：受信設備の真上を通過  
(干渉量が最も大きくなるケース)
- 巡航高度8500m、巡航速度720km/h
- 最大送信電力密度：現在製造されている端末実諸元
- 干渉積分時間：2000秒  
(ITU-R勧告RA769-2脚注で示される1パラメータ)
- スプリアス抑圧フィルター：無し
- 衛星軌道位置：東経180度

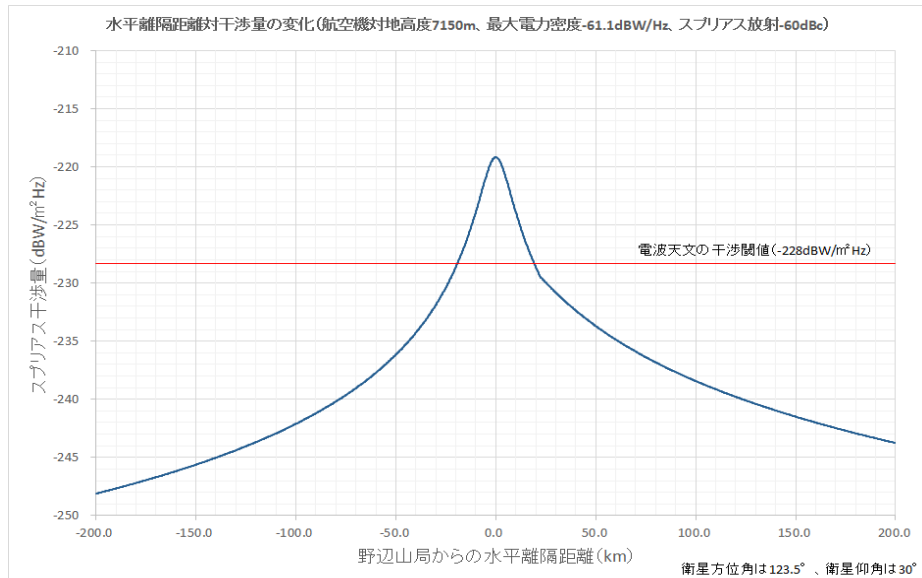
#### <検討結果>

- 干渉閾値を超過するのは、受信設備から水平距離で18.4km以内の領域。ただし前記は瞬時値であり、水平離隔距離が-200kmから+200kmまでの瞬時の干渉量を平均した値で評価すると、共用可能

#### <ESIM地球局(航空機)との検討結果まとめ>

ESIMシステムが異なる場合には結果が異なる場合もあるが、いずれの場合においても、実機でのスプリアス輻射強度を元に、ITU-R勧告RA.769に規定された干渉制限値を満足する離隔距離を保ち、必要に応じて関係者間で運用協定を締結して、それを適切に実施することで、共用は可能である。

航空路に沿った移動を考慮した場合の干渉量プロファイル  
(積分時間：2000秒、スプリアス抑制フィルター無し)



### (イ) ESIM地球局(船舶)

国立天文台野辺山から海上は100km以上離れており、また山岳遮蔽による見通し外のため共用可能。

## 電波天文との共用検討(ケース1及び2)(4/4)

### 共用検討

#### (ウ)ESIM地球局(陸上移動)

##### <検討条件>

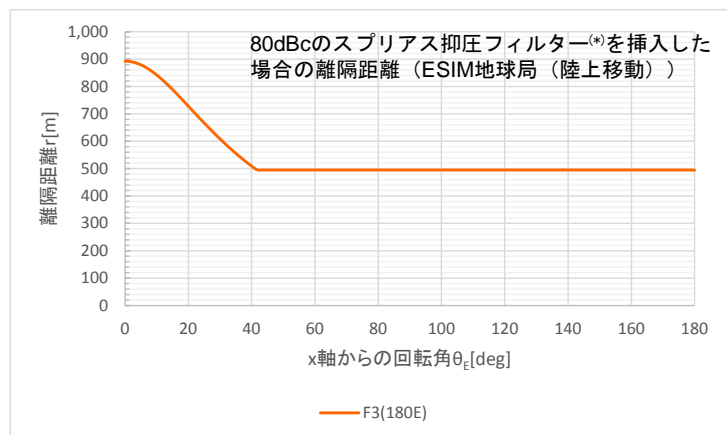
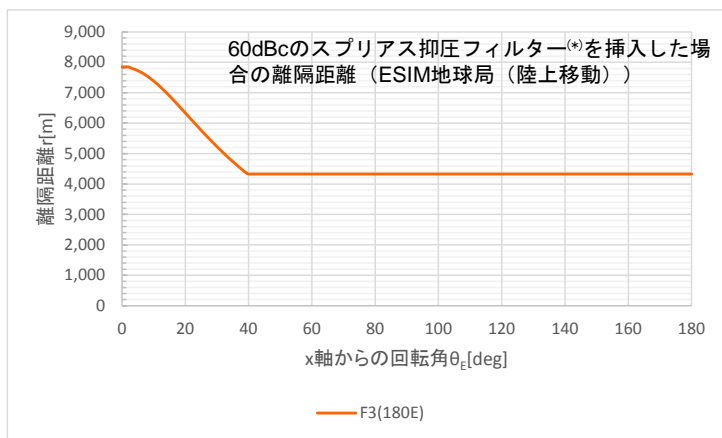
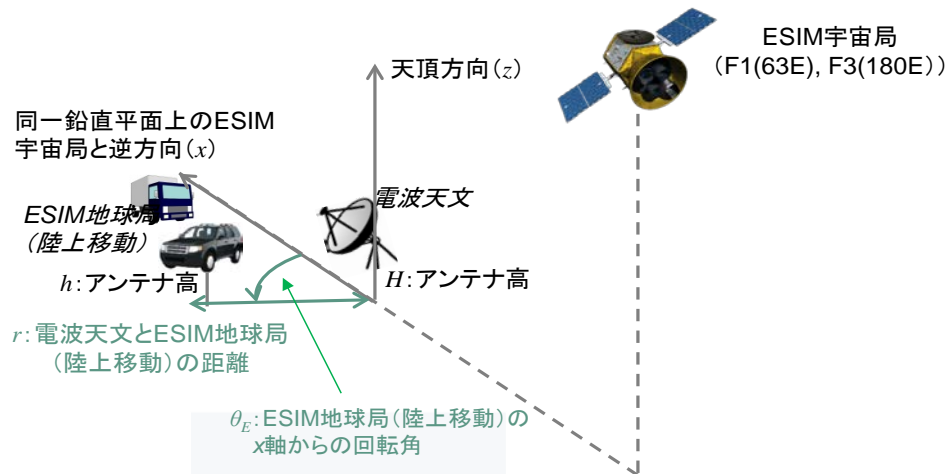
- スプリアス抑圧フィルター：60dBc、80dBc
- 衛星軌道位置：東経63度、180度  
(東経63度は山岳等遮蔽のため見通し外のため除外)

##### <検討結果>

- 60dBcのスプリアス抑圧フィルターの場合、約7.8km以遠で角度 $\theta_E$ によらず共用可能。
- 80dBcのスプリアス抑圧フィルターの場合、約900m以遠で角度 $\theta_E$ によらず共用可能。

ESIMシステムが異なる場合には結果が異なる場合もあるが、いずれの場合においても、実機でのスプリアス輻射強度を元に、ITU-R勧告RA.769に規定された干渉制限値を満足する離隔距離を保ち、必要に応じて関係者間で運用協定を締結して、それを適切に実施することで、共用は可能。

共用検討モデル (ESIM地球局 (陸上移動))





## 無線アクセスシステム－電気通信業務(固定)との共用検討(ケース3)

### 無線アクセスシステム－電気通信業務(固定)の概要

無線アクセスシステム－電気通信業務(固定)(以下、FWA: Fixed Wireless Access)は、従来の固定無線通信システムで必須であった大規模な鉄塔を不要とし、小規模な建物にも設置可能な大容量通信システムであり、比較的短期間に低コストで地域内のネットワークの構築等が可能。

### 使用周波数帯

19.22-19.70GHz

### 共用検討

WRC-15決議156の規定により、ESIM地球局は保護を求めることができないが、FWAの周辺で運用する際の運用可能距離について検討。

#### (ア)ESIM地球局(陸上移動)

180度衛星の場合は、角度 $\theta_E$ が $17^\circ$ 以上なら1km以遠において、63度衛星の場合は、角度 $\theta_E$ が $23^\circ$ 以上において1km以遠で運用可能。また、建物等の遮蔽により干渉を避けることも可能なため、実用上の運用は問題ない。

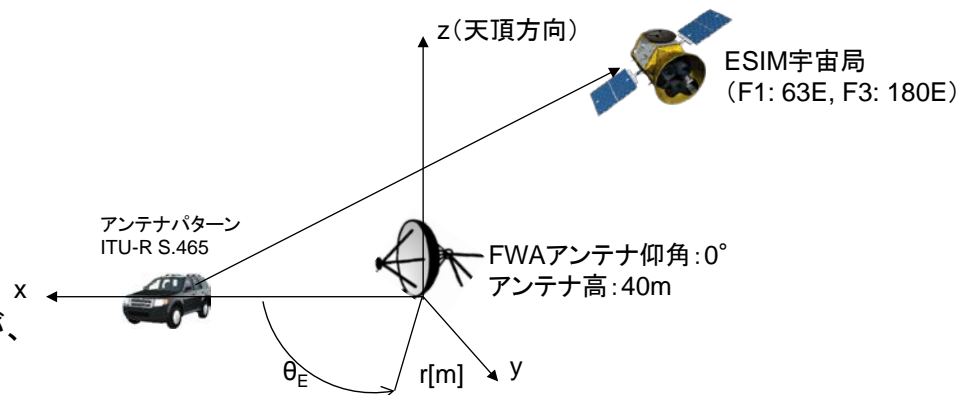
#### (イ)ESIM地球局(航空機)

FWAは陸上用途の仰角が低いPoint-to-Pointシステムであること、ESIM地球局(航空機)は一定のアンテナ仰角を有するほか、航空機高度は順次変化することより、航空機の移動に伴って当該干渉を避けることが可能であり、実用上の運用は問題ない。

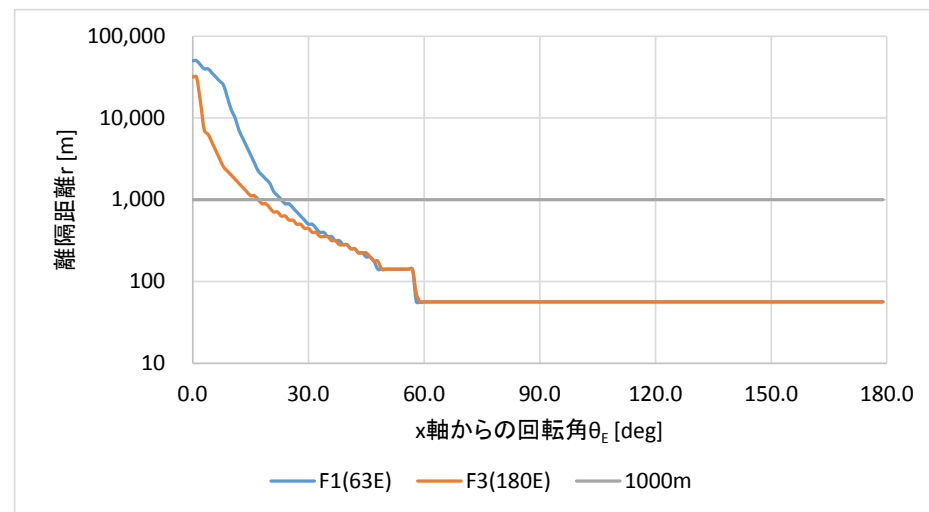
#### (ウ)ESIM地球局(船舶)

FWAは陸上用途の仰角が低いPoint-to-Pointシステムであること、ESIM地球局(船舶)は一定のアンテナ仰角を有するほか、船舶位置は順次変化することより、船舶の移動に伴って当該干渉を避けることが可能であり、実用上の運用は問題ない。

共用検討モデル (ESIM地球局 (陸上移動))



離隔距離 (ESIM地球局 (陸上移動))



○ 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。

Ka帯を用いた移動体向けブロードバンド衛星通信システム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。

## 1) 一般的条件

	技術的条件
必要な機能	移動局は、自局の通信の相手方である人工衛星局のみを自動的に捕捉・追尾する機能を、隣接衛星等の他の人工衛星局の捕捉・追尾を阻止するような手順を含めて備え、通信の相手方である人工衛星局を自動的に捕捉・追尾ができなくなった場合には、直ちに送信を停止するものであること。
	移動局は、基地局が人工衛星局を経由して送信する制御信号を受信した場合のみ、人工衛星局への送信が可能であること。
	移動局は、自局の障害を検出する機能を持ち、障害を検出した場合及び人工衛星局を経由した基地局からの信号を正常に受信できなくなった場合には、送信を自動的に停止するものであること。
	移動局が送信する周波数及び輻射する電力は、基地局が送信する制御信号による指令値に自動的に設定されたものであること。
	基地局の制御により、移動局の電波の発射を停止する機能を有すること。
	移動局は、権利を有する領域内でのみ電波を発射し、領域を超えたときに直ちに電波を停止する機能を有すること。
適用周波数帯	サービスリンク用周波数帯として、移動局から人工衛星方向(アップリンク)には29.5-30.0GHz帯(Ka帯)、人工衛星から移動局方向(ダウンリンク)には、19.7-20.2GHz帯(Ka帯)を使用することが適当。
電磁環境対策	移動局は、過度な強度の電波から人体を保護するための必要条件を満たすよう、電波防護指針で定められた要求条件を満たすことが必要。また、移動局は航空機や船舶、車両等に搭載して使用することが想定され、それぞれ準拠すべき指針及び規定に従うことが適切。

2) 移動局の条件

項目		技術的条件
送信装置	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）
	周波数の許容偏差	20ppm（無線設備規則第5条）
	不要発射の強度	以下のとおり（無線設備規則第7条・平成17年総務省告示第1228号） ア スプリアス領域の不要発射の強度の許容値 ・50 $\mu$ W 以下、又は基本周波数の平均電力より60dB低い値 イ 帯域外領域の不要発射の許容値 ・40log(2F/BN+1)dB/4kHzまたはスプリアス発射の強度の許容値のうち、小さい方の値以下。なお、15GHz以上の周波数の電波を使用する送信設備にあっては、4kHzの代わりに1MHzの周波数帯域幅を用いることができる。
受信装置	副次的に発射する電波等の強度	4nW以下（無線設備規則第24条）
空中線	等価等方輻射電力(EIRP)	以下のとおり（無線通信規則 Article 21.8） $0^\circ < \theta \leq 5^\circ$ : 64+3 $\theta$ dB(W/1MHz) $\theta \leq 0^\circ$ : 64dB(W/1MHz) ※ $\theta$ は地球局の送信空中線の輻射の中心からみた地表線の仰角
	軸外輻射電力	下表ア、イのとおり（WRC-15決議156）
	送信空中線の最小仰角	3° 以上（電波法施行規則32条）

ア 軸外輻射電力

当該衛星方向からの離角 [ $\theta$ ]	最大EIRP[dBW/40kHz]
$2^\circ \leq \theta \leq 7^\circ$	19-25log <sub>10</sub> $\theta$ 以下
$7^\circ < \theta \leq 9.2^\circ$	-2以下
$9.2^\circ < \theta \leq 48^\circ$	22-25log <sub>10</sub> $\theta$ 以下
$48^\circ < \theta$	-10以下

イ 低仰角時の条件

静止衛星軌道に対する仰角[ $\varepsilon$ ]	EIRP密度の増加量[dB]
$\varepsilon \leq 5^\circ$	2.5
$5^\circ < \varepsilon \leq 30^\circ$	3-0.1 $\varepsilon$