

Ku帯非静止衛星通信システムと 国内既存システムとの共用検討 追加検討事項について

2019年10月1日

ソフトバンク株式会社

 SoftBank

シナリオ	与干渉	被干渉	追加検討事項
a (技術試験 事務:1)	宇宙局 10.7-12.7GHz	電波天文 10.6-10.7GHz	<ul style="list-style-type: none"> ● <u>欧州におけるその他のアンテナ径の検討状況の確認</u> ● <u>電気通信業務(移動)との共用検討</u>
b (技術試験 事務:4)	電通業務(固定・移動) 10.7-11.7GHz	地球局 10.7-12.7GHz	
d (技術試験 事務:7)	地球局 14.0-14.5GHz	電通業務(固定・移動) 14.4-15.25GHz	
e (技術試験 事務:10)	電通業務(固定・移動) 14.4-14.5GHz	宇宙局 14.0-14.5GHz	

第16回作業班で課題とした上記事項について追加検討を実施

追加検討事項

- ECC Report 271では、最大アンテナ利得の81dBi(100mアンテナ@Effelsberg ドイツ)で検討をしているが、サイドローブにおいては最大利得が低い方がアンテナ利得が高くなることも想定される
 - 従って、本検討が最大利得の低いアンテナに適用できるか確認必要
-
- 電波天文の干渉基準を示したITU-R勧告RA.769におけるPFD閾値(-160dBW/m²:10.6-10.7GHz)は、アンテナ利得0dBiの値のため、非静止衛星との共用検討においては電波天文アンテナの最大利得を加味した値をEPFDの閾値にすることが定められている
 - アンテナ利得81dBi (100m級) → -241dBW/m²·100MHz
 - アンテナ利得69dBi (25m級) → -229dBW/m²·100MHz
 - またこの閾値は2000秒の観測を行った際の平均電力として定められており、これらに基づくアンテナ径による差分が過去のITU-R WP7Dにおいて検討されている (Document 7D/99)
 - 低軌道非静止衛星システムからの干渉を3つのアンテナ(95m, 55m, 25m)で分析
 - 電波天文のメインローブ方向に衛星が存在する場合の干渉が支配的であり、サイドローブ方向からの干渉影響は低い
ため、アンテナ径による結果の差分は非常に少なく、また2000秒観測のシミュレーション間隔を短くすることでその差分は更に小さくなる
 - 結論として、非静止衛星システムとの共用検討においては、典型的な最大アンテナ利得を定義し用いることを提案
 - 電波天文のアンテナパターンを示したITU-R勧告RA.1631、recommends 3において典型的な最大アンテナ利得が定義されている (10.6-10.7GHzでは81dBi)

以上を踏まえ、ECC Report 271では最大アンテナ利得81dBiで検討することで当該周波数を観測するその他の電波天文との共用検討も包含している

シナリオb. 電通業務(移動)→Ku帯非静止衛星通信システム (地球局)

シナリオ・パラメータ

■ 11GHz帯電通業務移動局パラメータ

	送信パラメータ	引用元
周波数	10.7-11.7GHz	
送信電力	28dBm	事業者様提供情報
送信帯域幅	40, 60MHz	
アンテナ径	30 ~ 90cm	事業者様提供情報
アンテナパターン	ITU-R 勧告F.699-7 recommends 2.1.1	
アンテナ高	5 ~ 20m	

■ 干渉モデル

- H30年度技術試験事務(シナリオ 4)の検討手法を踏襲
- 一対一干渉シナリオにより、電通業務(移動)からの干渉電力の所要改善量を計算
- ITU-R勧告P.452-16に基づき、所要改善量から離隔距離を計算

シナリオb. 電通業務(移動)→Ku帯非静止衛星通信システム (地球局)

結果および考察

電通業務移動局



送信電力：28dBm/40MHz
 アンテナ利得：-10dBi ($\theta=48^\circ$ の場合)
 e.i.r.p：-28dBW/MHz

Ku帯NGSO地球局



許容干渉レベル：-143dBW/200MHz
 (ITU-R 勧告SF.1006-0 Table 1)
 アンテナ利得：-5dBi
 (ETSI EN 303 980受信アンテナの軸外利得パターンより)

電通業務 (移動)	Ku帯NGSO地球局	所要改善量	離隔距離
アンテナ径:30&90cm/地上高:5m	固定地球局 地上高:20m	133dB	19km
アンテナ径:30&90cm/地上高:20m	固定地球局 地上高:20m	133dB	31km
アンテナ径:30&90cm/地上高:5m	移動地球局 地上高:5m	133dB	11km
アンテナ径:30&90cm/地上高:20m	移動地球局 地上高:5m	133dB	19km

- 離隔距離を確保しつつ地球局の運用をすることは困難なため、電気通信業務固定局同様、移動局からの干渉についても保護を要求しない運用が適切と考えられる。
- また、実際の運用に際して、電気通信業務の実際の周波数利用状況等を加味したKu帯非静止衛星通信システムの適切な周波数利用設計等の工夫により、通信サービスへ干渉の影響を与えないよう運用を行うことが可能と考えられる

シナリオd. Ku帯非静止衛星通信システム（陸上地球局）→電通業務(移動)

シナリオ・パラメータ

■ 15GHz帯電通業務移動局パラメータ

	受信パラメータ	引用元
周波数	14.4-15.25GHz	
受信帯域幅	40, 60MHz	
アンテナ径	30 ~ 90cm	事業者様提供情報
アンテナパターン	ITU-R 勧告F.699-7 recommends 2.1.1	
アンテナ高	5 ~ 20m	
許容干渉レベル	I/N=-10dB(共用CH)	ITU-R勧告F.758-6
雑音電力	-136dBW/MHz	ITU-R勧告F.758-6
長時間許容干渉電力	-146dBW/MHz	

■ 干渉モデル

- H30年度技術試験事務(シナリオ 7-1)の検討手法を踏襲
- 一対一干渉シナリオにより、電通業務(移動)からの干渉電力の所要改善量を計算
- ITU-R勧告P.452-16に基づき、所要改善量から離隔距離を計算

シナリオd. Ku帯非静止衛星通信システム（陸上地球局）→電通業務(移動)

結果

Ku帯NGSO地球局



水平方向におけるe.i.r.p
 固定地球局：-20dBW/40kHz
 移動地球局：-33dBW/40kHz



電通業務移動局



アンテナ利得
 30cmアンテナ:20dBi($\theta=4.6^\circ$)、-10dBi($\theta=48^\circ$)
 90cmアンテナ:26dBi($\theta=1.8^\circ$)、-10dBi($\theta=48^\circ$)
 長時間許容干渉電力：-146dBW/MHz

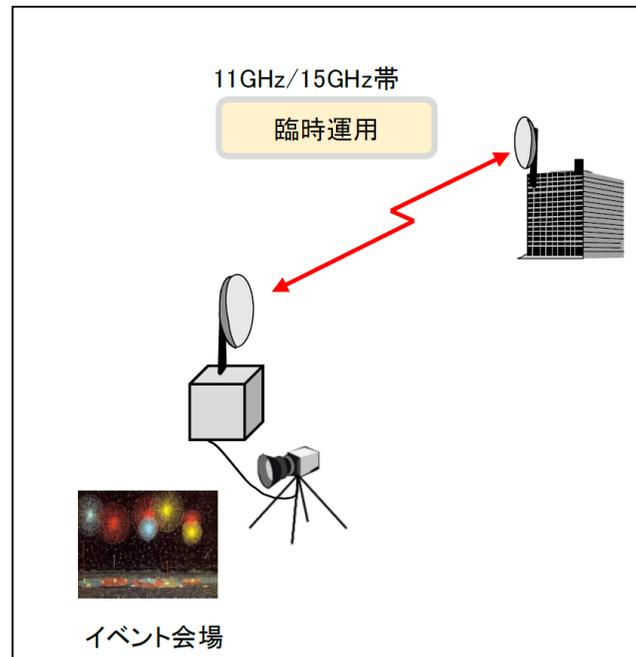
Ku帯NGSO地球局	電通業務移動局	所要改善量	離隔距離
固定地球局 地上高:20m	アンテナ径:30cm/地上高:5m	160dB($\theta=4.6^\circ$) 130dB($\theta=48^\circ$)	32km($\theta=4.6^\circ$) 5km($\theta=48^\circ$)
固定地球局 地上高:20m	アンテナ径:30cm/地上高:20m	160dB($\theta=4.6^\circ$) 130dB($\theta=48^\circ$)	42km($\theta=4.6^\circ$) 5km($\theta=48^\circ$)
固定地球局 地上高:20m	アンテナ径:90cm/地上高:5m	166dB($\theta=1.8^\circ$) 130dB($\theta=48^\circ$)	38km($\theta=1.8^\circ$) 5km($\theta=48^\circ$)
固定地球局 地上高:20m	アンテナ径:90cm/地上高:20m	166dB($\theta=1.8^\circ$) 130dB($\theta=48^\circ$)	45km($\theta=1.8^\circ$) 5km($\theta=48^\circ$)
移動地球局 地上高:5m	アンテナ径:30cm/地上高:5m	147dB($\theta=4.6^\circ$) 117dB($\theta=48^\circ$)	19km($\theta=4.6^\circ$) 1km未満($\theta=48^\circ$)
移動地球局 地上高:5m	アンテナ径:30cm/地上高:20m	147dB($\theta=4.6^\circ$) 117dB($\theta=48^\circ$)	31km($\theta=4.6^\circ$) 1km未満($\theta=48^\circ$)
移動地球局 地上高:5m	アンテナ径:90cm/地上高:5m	153dB($\theta=1.8^\circ$) 117dB($\theta=48^\circ$)	26km($\theta=1.8^\circ$) 1km未満($\theta=48^\circ$)
移動地球局 地上高:5m	アンテナ径:90cm/地上高:20m	153dB($\theta=1.8^\circ$) 117dB($\theta=48^\circ$)	39km($\theta=1.8^\circ$) 1km($\theta=48^\circ$)

シナリオd. Ku帯非静止衛星通信システム（陸上地球局）→電通業務(移動)

考察

- 共用検討の結果、以下の所要離隔距離を算出した
 - 固定地球局で5km～45km
 - 移動地球局で1km未満～39km
- 移動局は運用場所を特定出来ないことから、上記の離隔距離を確保しつつKu帯非静止衛星通信システム地球局を運用することは困難である
- 一方で、15GHz帯電気通信業務(移動)は、災害発生時やイベント等の発生時の臨時回線を目的として利用されていることから、移動局の利用時には、周辺のKu帯非静止衛星システム地球局から干渉を与えないような措置(対象周波数の利用禁止等、具体的には関係する事業者間で予め調整)を行うことにより共用は可能と考えられる
- 実際の運用に際しては、事業者間の連絡体制を構築の上、移動局の利用計画に基づいて干渉対策を都度検討することにより、周波数共用が可能と考えられる
- なお、隣接周波数共用は電気通信業務固定局と同様、Ku帯非静止衛星通信システム地球局の不要発射強度がETSI規格に準拠することで保護が可能と考えられる

- 15GHz帯電気通信業務(移動)は臨時運用を目的とした回線であり、固定通信システムと同様な技術特性となっている
- 従って、航空機地球局および海上地球局からの保護については、電気通信業務(固定)との共用検討に包含することが可能であり、欧州のPFD規定および個別の運用調整により共用は可能と考えられる



電気通信業務(移動)システムの構成イメージ
(電波の利用状況調査より抜粋)

共用検討分析 衛星通信システム委員会作業班第15回 資料15-1「平成30年度結果報告 (Ku/Ka帯周波数共用検討)」の手法を適用

■宇宙局の干渉基準

- RR Article 5 Table 5-1 9)より $\Delta T/T$ は6%を超えない

■増加雑音温度 $\Delta T = 10^{I/10}/kB$

- $I = \text{移動局送信EIRP}(14\text{dBm}^{*1}) - \text{自由空間伝搬損失}(1,200\text{km}@14.4\text{GHz} = 177.2\text{dB})$
+ 宇宙局アンテナ利得(30.6dBi)-偏波損失(1.7dB^{*2}) = -164.3dBW
- $k = \text{ボルツマン定数}(1.38\text{E}-23\text{W/K/Hz})$
- $B = \text{送信帯域幅}(40\text{MHz})$
→ Ku帯非静止衛星通信システムの雑音温度を600K^{*3}とすると、1台あたり0.01%の干渉雑音増加率となる

■干渉に寄与する電気通信業務 (移動局) の数

- 14.4~15.25GHz帯を使用する電気通信業務 (移動局) の無線局数は、平成30年度電波の利用状況調査結果から全国で72台
- これらの無線局が14.4~15.25GHz帯に均等に周波数を利用していると仮定し、周波数の重複割合 (100MHz/850MHz)、Ku帯非静止衛星通信システムの上り周波数繰り返し回数4 (1ビーム当たり125MHz幅を割当、16ビーム中4ビームが14.4-14.5GHzを利用) を勘案すると、宇宙局受信と同一周波数を送信する移動局は2.1台と算定できる

■以上を踏まえた干渉雑音増加率は0.02%となり、宇宙局の干渉基準を満たす

*1移動局パラメータより *2ITU-R勧告F.1245 *3ITUファイリング情報より

シナリオ	与干渉	被干渉	周波数共用
a (技術試験 事務:1)	宇宙局 10.7-12.7GHz	電波天文 10.6-10.7GHz	<ul style="list-style-type: none"> ● 欧州の電波天文保護のための不要発射を満たすことで、国内の電波天文の保護は可能と考えられる
b (技術試験 事務:4)	電通業務(固定・移動) 10.7-11.7GHz	地球局 10.7-12.7GHz	<ul style="list-style-type: none"> ● 既存システムの干渉から保護を要求しない ● Ku帯非静止衛星通信システム側の対処により、運用は可能と考えられる
c (技術試験 事務:5)	公共・一般業務(固定) 12.2-12.5GHz	地球局 10.7-12.7GHz	
d (技術試験 事務:7)	地球局 14.0-14.5GHz	電通業務(固定・移動) 14.4-15.25GHz	<ul style="list-style-type: none"> ● 陸上地球局：事業者間調整により共用可能 ● 航空機・海上地球局：欧州のPFD規定を満たすこと、及び事業者間調整により共用は可能と考えられる
e (技術試験 事務:10)	電通業務(固定・移動) 14.4-14.5GHz	宇宙局 14.0-14.5GHz	<ul style="list-style-type: none"> ● 共用可能