

共用検討に関する詳細報告 (技術試験事務以降の検討)

共用検討の対象周波数

- ✓ 総務省 周波数割当(10-275GHz)から、隣接として81-109.5GHzを抜粋、検討対象とした。
- ✓ 主な共用対象システムは、電波天文業務、地球探査衛星業務に関するもの。

| 国内分配 (GHz) (4) | | 国内分配 (GHz) (4) | | 国内分配 (GHz) (4) | |
|-------------------|---|----------------------|--|---------------------|------------------------------------|
| | アマチュア アマチュア衛星 電波天文 | 92-94 J36 | 固定 移動 | J107 | 宇宙研究 (受動) 電波天文 |
| 79-81 J36 | 無線標定 | 94-94.1 J284 J285 | 無線標定 地球探査衛星 (能動) 宇宙研究 (能動) 電波天文 | 102-105 J36 | 固定 移動 電波天文 |
| | 電波天文 宇宙研究 (宇宙から地球) | | | | |
| | アマチュア アマチュア衛星 | 94.1-95 J36 | 固定 移動 | 105-109.5 J36 | 固定 移動 宇宙研究 (受動) J286 電波天文 |
| 81-84 J36 J281 | 固定 移動 | | 無線標定 | | |
| | 固定衛星 (地球から宇宙) 移動衛星 (地球から宇宙) 電波天文 宇宙研究 (宇宙から地球) | 95-100 J36 J268 | 固定 移動 | 109.5-111.8 J107 | 地球探査衛星 (受動) 宇宙研究 (受動) 電波天文 |
| | アマチュア アマチュア衛星 | | 無線航行 無線航行衛星 無線標定 電波天文 | 111.8-114.25 J36 | 固定 移動 電波天文 宇宙研究 (受動) J286 |
| 84-86 J36 | 固定 移動 | 100-102 | 地球探査衛星 (受動) | | |
| | 固定衛星 (地球から宇宙) J283 電波天文 | | | 114.25-116 J107 | 地球探査衛星 (受動) 宇宙研究 (受動) 電波天文 |
| 86-92 J107 | 地球探査衛星 (受動) 宇宙研究 (受動) 電波天文 | | | | |

隣接

隣接

ITU-R WP5B1 DG92GHzの審議

・FODレーダーの技術仕様をITU-R WP5B1 DG_FOD92GHzで審議

- ✓ FODレーダーの技術仕様は**Report ITU-R M.2501-0**として2021/12発行済み
- ✓ 地球探査衛星との共用検討はM.[EESS_SHARE]で審議
- ✓ 電波天文のWP7Dには毎回Liaisonを発出し審議経過を共有
- ✓ 主要技術仕様は下表のとおり

| Parameters | Values |
|-------------------------|-------------------------------|
| Frequency range (GHz) | 92-100 |
| Channel plan | See Fig. 3 |
| Channel bandwidth (GHz) | 0.58-7.98 |
| Output power (mW) | 100-200 |
| Spectrum envelope | See Annex 2 |
| Sweep frequency (kHz) | 1.25 |
| Antenna type | Cassegrain |
| Antenna gain (dBi) | 44 |
| Antenna pattern | Recommendation ITU-R F.699 |
| Antenna height (m) | 4-8 |

| Parameters | Values |
|--|------------------------------|
| Full width at half maximum antenna gain (3 dB beamwidth) (degrees) | Elevation: 1.0, Azimuth: 1.0 |
| Antenna rotation speed (rpm) | 15 |
| Detection distance (m) | 200-500 |
| Antenna elevation angle (degrees) | -1.8 (see Annex 3) |
| Radiated rotation angle in azimuth (degrees) | ±60 |
| Radar cross section specification (dBsm) | -20 |
| Emission bandwidth (-3 dB) (MHz) | 1 (see Annex 2) |
| Emission bandwidth (-20 dB) (MHz) | 3.5 (see Annex 2) |
| Adjacent channel leakage ratio (dBc) | < -70 |
| Receiver noise figure (dB) | 10 |
| I/N protection criteria (dB) | -6 |

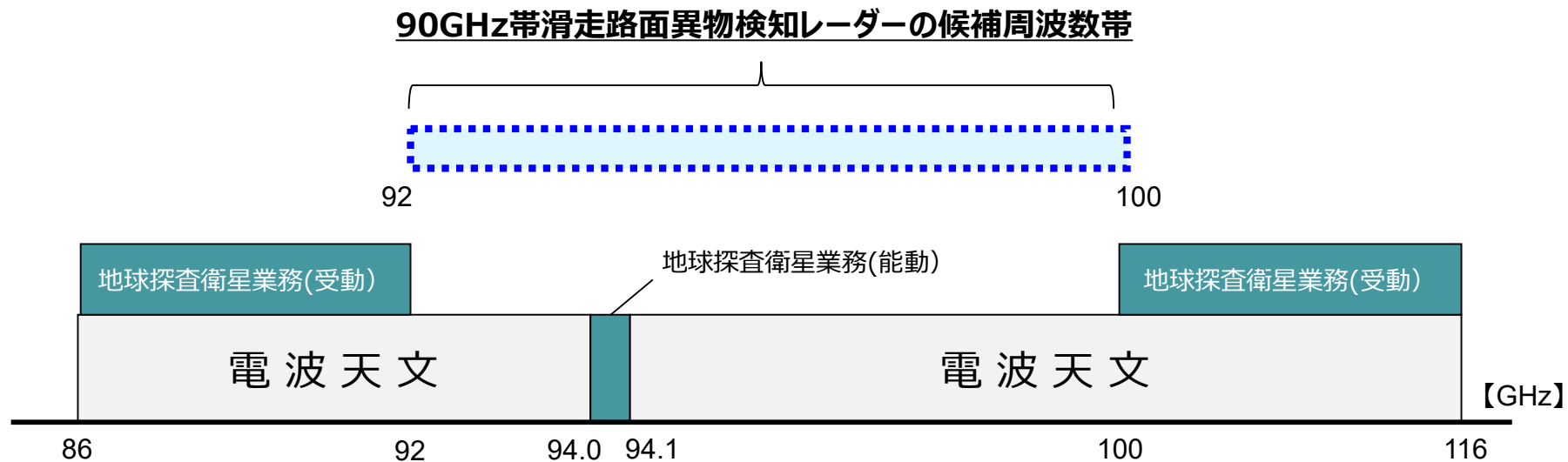
FODレーダーの主要技術仕様（ Report ITU-R M.2501-0 より引用）

周辺周波数帯の周波数割り当て

・FODレーダーは無線標定に割り当てられている92-100GHzを使用予定

- ✓ 電波天文は86-116GHzに割り当て
- ✓ 地球探査衛星（受動）は86-92GHz、100-116GHzの隣接帯域に割り当て
- ✓ 地球探査衛星（能動）は94-94.1GHzに割り当てがありFODレーダーとインバンドが重なる

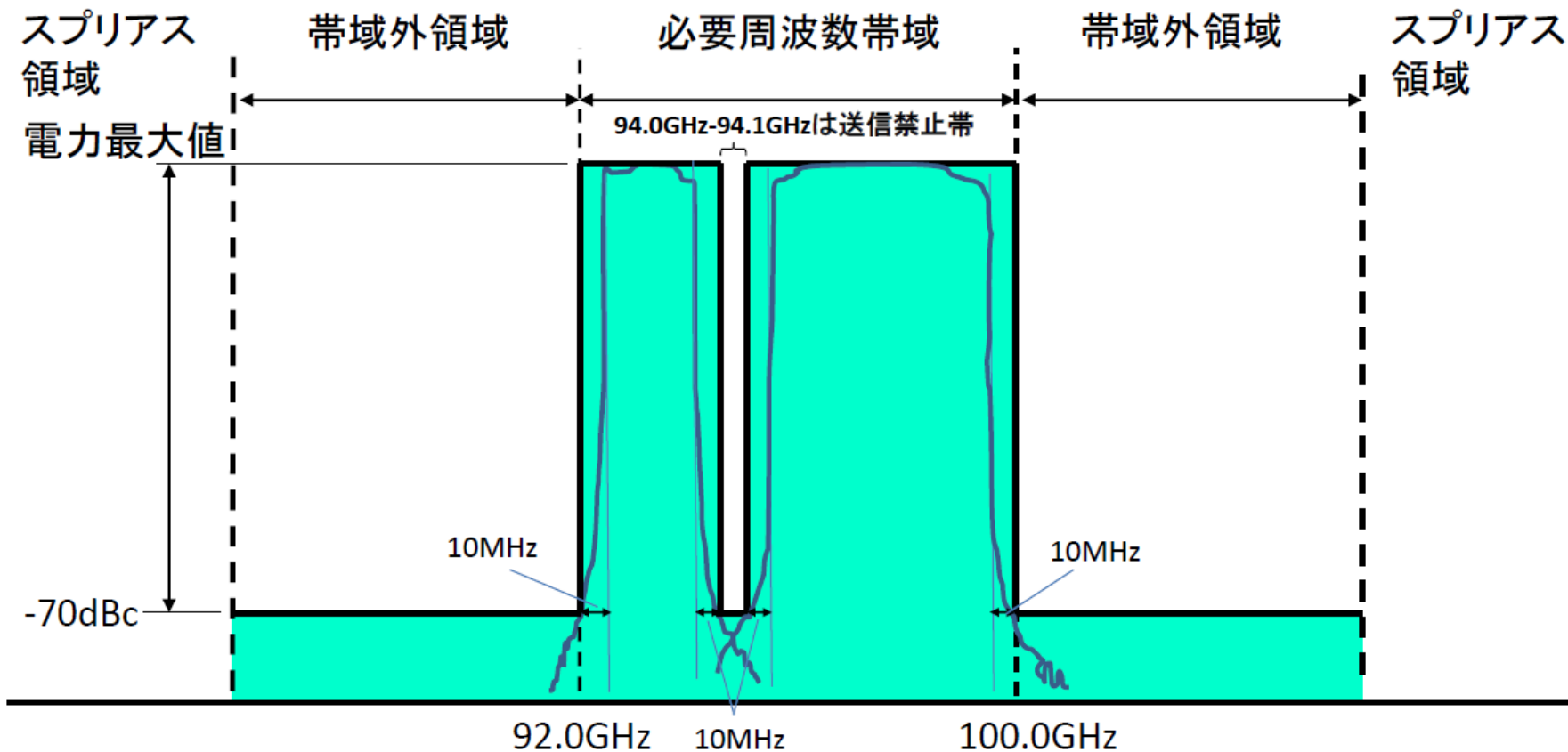
周辺周波数帯の周波数割り当て



FODレーダーと他業務の共用検討（技術試験事務）

- ・技術試験事務ではITU-Rでの静的解析をベースにした共用検討を実施

- ✓ 電波天文とは共用可能
- ✓ 地球探査衛星（受動）とは共用可能
- ✓ 地球探査衛星（能動）とはFODレーダーが94-94.1GHzを発射禁止帯とすることで共用可能



地球探査衛星とFODレーダーの干渉検討 (ITU-R)

・2019年4月のITU-RでUSAより動的干渉検討の入力文書

✓ Annex 18 to Document 5B/646

UPDATE TO WORKING DOCUMENT TOWARDS A PRELIMINARY DRAFT NEW REPORT ITU-R M.[FOD_ EESS_SHARE]

✓ 地球探査衛星保護基準と動的干渉検討

地球探査衛星の保護基準

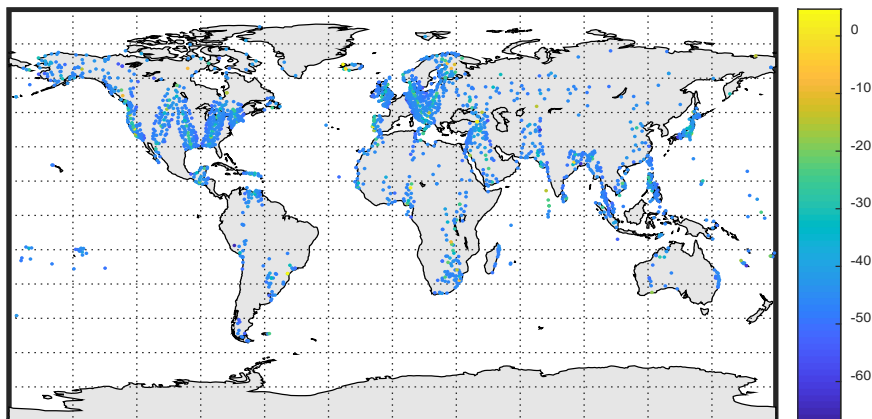
| | 参照勧告 | 静的 許容条件 (電力) | 動的 許容条件 (時間率) |
|----|--------------------------------|-------------------------|---------------------|
| 受動 | Recommendation ITU-R RS.2017 | -169 dBW | 0.01% |
| 能動 | Recommendation ITU-R RS.1166-4 | -155 dBW over 300kHz | 1% |

地球探査衛星とFODレーダーの干渉検討 (ITU-R)

・2019年4月のITU-RでUSAより動的干渉検討の入力文書

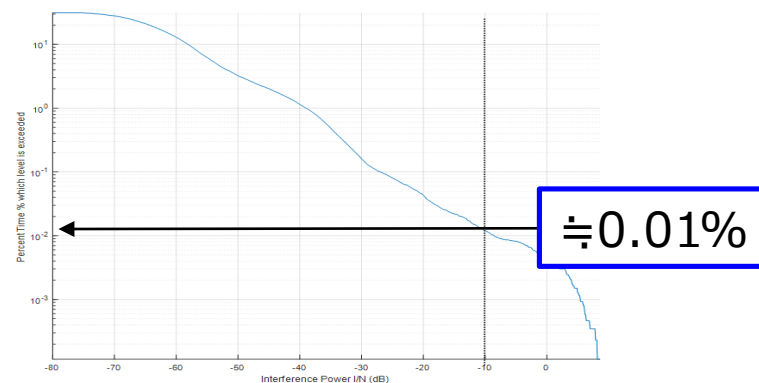
- ✓ 地球探査衛星（能動）とFODレーダーの動的干渉検討
- ✓ シナリオ1：衛星メインローブ <> FODサイドローブ
- ✓ シナリオ2：衛星サイドローブ <> FODサイドローブ
- ✓ シナリオ3：衛星サイドローブ <> FODメインローブ
- ✓ 上記シナリオにおける検討で、いずれのシナリオでも累積分布関数（CCDF）は干渉雑音比（ $I/N = -10\text{dB}$ ）に対して1%以下

インパクトマップの一例



干渉源（FODレーダー）の配置からインパクトマップを計算（NASA）

時間率の累積分布関数（CCDF）の一例

Complementary cumulative distribution function (CCDF) curves of aggregated RFI (I/N dB) Scenario 1^e

時間率（衛星のデータ欠損率）の累積分布関数を計算（NASA）

地球探査衛星とFODレーダーの共用検討 (ITU-R)

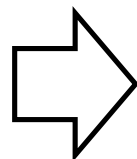
・ITU-Rでの議論を参考にした地球探査衛星とFODレーダーの共用検討

- ✓ 地球探査衛星（受動）とFODレーダーは技術試験事務で実施した静的干渉検討で共用可能
- ✓ 地球探査衛星（能動）とFODレーダーはITU-Rにおける動的干渉検討結果から共用可能

地球探査衛星とFODレーダーの共用検討

技術試験事務
(2020年3月報告)

| | 静的 許容条件 (電力) |
|----|--|
| 受動 | -169 dBW 共用可能 |
| 能動 | -155 dBW over 300kHz FODレーダーが 禁止帯 (94-94.1GHz)を 採用し共用可能 |



本委員会での提案

| | 静的 許容条件 (電力) | 動的 許容条件 (時間率) |
|----|--|---------------------|
| 受動 | -169 dBW 共用可能 | 0.01% |
| 能動 | -155 dBW over 300kHz 静的検討では 共用不可能 | 1% 共用可能 |

地球探査衛星とFODレーダーの共用検討 (ITU-R)

・ITU-Rで地球探査衛星とFODレーダーの共用検討レポートの成立に向けた取り組み

- ✓ 2023年7月会合 (WP5B) にてWP7CにLiaison Back
- ✓ 最新の地球探査衛星側パラメータを使用した干渉検討をWP5Bで実施
- ✓ 次回2024年5月会合で審議予定

最新のLiaison文書 (WP5B→WP7C、Copy to WP7D)

- **Reply liaison statement to Working Party 7C↓
(Copy to Working Party 7D for information)←**
- **Working documents towards preliminary draft new Reports ITU-R
M.[FOD_EESS_SHARE]←**

- ✓ 改訂された勧告 ITU-R RS 1861-1 及び ITU-R RS 2105-1に基づく共用検討
- ✓ 次回のM.[EESS_SHARE]の改訂時に受動センサーL12及びL17も共用検討に含める

先回2023年7月のWP 5 B会合において上記のLiaisonをWP7C (Copy to WP7D) に発出。
WP 7 Cから要請された追加の共用検討依頼に対して対応する旨を伝達済み

提言(技術的条件)における変更点（提案）

- ✓ 周波数は、92-100GHz。~~ただし、94-94.1GHzは出力しないことが望ましい。~~

←ITU-Rにおける動的干渉検討により発射禁止帯は設けないことを提案

- ✓ 変調方式は、FM-CW(周波数連続変調)。
- ✓ 空中線利得は44dBi以下。
- ✓ 直線偏波(垂直又は水平)及び**円偏波**とすること。

←技術検討の結果、円偏波による検知性能の可能性があり円偏波も含めて提案

- ✓ 空港FODレーダー出力による他の共用システムに対する干渉回避のため、輻射を停止する機能を設けること。
- ✓ 同一空港内の複数滑走路においては、空港内全てのFODレーダーは回転同期させること。
- ✓ 空港FODレーダーは、そのビーム正面の放射方向が水平面より1°以上下方になるように設置すること。
- ✓送信スペクトラムマスク

~~送信禁止帯：94.0～94.1GHz~~

帯域外領域、スプリアス領域：-70dBc以下

(動的な干渉回避等で共用可能な場合はこの限りではない)

←ITU-Rにおける動的干渉検討により発射禁止帯は設けないことを提案

まとめ

・技術試験報告と変更のない部分

- ✓ FODレーダーの主要技術仕様はITU-R文書と変更点はない
- ✓ 電波天文との調整内容は技術試験事務と変更なし、ITU-Rでは常にLiaison文書で情報共有

・地球探査衛星との共用検討に関する提案（動的干渉検討）

- ✓ ITU-Rに入力された動的干渉検討を反映させて国内関係機関と事前調整
- ✓ 技術試験事務では94.0-94.1GHzをFODレーダーの発射禁止帯として共用可能としていた部分をITU-Rの動的干渉検討を採用し発射禁止帯を設けず共用可能とすることを提案

・今後のITU-Rでの取り組み（地球探査衛星との共用）

- ✓ WP7Cから要請されている最新の地球探査衛星のパラメータを使用してWP5Bにおいて共用検討を推進する
- ✓ 次回2024年5月会合にて共用検討レポートのアップデートを実施予定