

ファンビームに関する技術検討

令和6年1月24日

日立国際電気

ご質問：ファンビームの使用に関して共用検討結果への影響の有無

✓ ITU-R RS.1813-1よりファンビームアンテナの特性を算出

■ITU-R RS.1813-1

•average antenna pattern

$$G(\varphi) = G_{max} - 1.8 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda}\right)^2 \quad \text{for } 0^\circ \leq \varphi \leq \varphi_m$$

$$G(\varphi) = \max \left(G_{max} - 1.8 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda}\right)^2, 33 - 5 \log\left(\frac{D}{\lambda}\right) - 25 \log(\varphi) \right) \quad \text{for } \varphi_m < \varphi \leq 69^\circ$$

$$G(\varphi) = -13 - 5 \log\left(\frac{D}{\lambda}\right) \quad \text{for } 69^\circ < \varphi \leq 180^\circ$$

•peak antenna pattern

$$G(\varphi) = G_{max} - 1.8 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda}\right)^2 \quad \text{for } 0^\circ \leq \varphi \leq \varphi_m$$

$$G(\varphi) = \max \left(G_{max} - 1.8 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda}\right)^2, 40 - 5 \log\left(\frac{D}{\lambda}\right) - 25 \log(\varphi) \right) \quad \text{for } \varphi_m < \varphi \leq 69^\circ$$

$$G(\varphi) = -6 - 5 \log\left(\frac{D}{\lambda}\right) \quad \text{for } 69^\circ < \varphi \leq 180^\circ$$

G_{max} : maximum antenna gain (dBi)

$G(\varphi)$: gain (dBi) relative to an isotropic antenna

φ : off-axis angle (degrees)

D : antenna diameter (m)

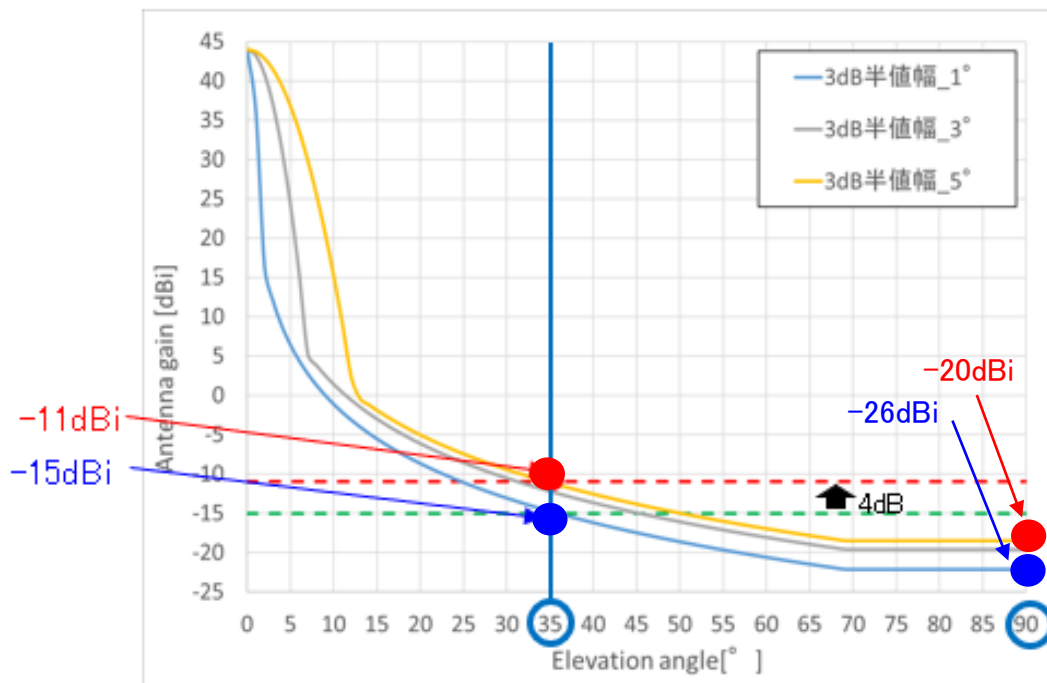
λ : wavelength (m)

η : antenna efficiency (if η is unknown, 60% can be assumed as a representative value);

$$G_{max} = 10 \log \left(\eta \pi^2 \frac{D^2}{\lambda^2} \right)$$

$$\varphi_m = \frac{22\lambda}{D} \sqrt{5.5 + 5 \log\left(\frac{D}{\lambda}\right) \eta^2}$$

■ITU-R RS.1813-1によるアンテナ利得と3dB半値幅の関係



アンテナビーム幅	アンテナ仰角	アンテナ利得 (dBi)	共用検討対象
1.0° (ペンシルビーム)	35°	-15	地球探査衛星業務 (受動)
1.0° (ペンシルビーム)	90°	-26	地球探査衛星業務 (能動)
5.0° (ファンビーム)	35°	-11	地球探査衛星業務 (受動)
5.0° (ファンビーム)	90°	-20	地球探査衛星業務 (能動)

地球探査衛星業務(受動)との共用検討結果 (空港FODレーダー → 地球探査衛星(受動))

- ✓ 隣接チャンネル電力密度20dBm-70dBc=-50dBm/MHz。
- ✓ 直接波と滑走路面反射波の合計は-172.15dBm/MHz (①+②)。
- ✓ この結果、干渉許容電力密度-159dBm/MHzを下回り、共用可能となる。

(注4) ITU-R RS.2017-0
による。JAXAより情報提供。
→ -169dBW/100MHz
→ -139dBm/100MHz
→ -159dBm/MHz

項目	直接波	滑走路面反射波
隣接チャンネル送信電力密度	-50dBm/MHz	-136dBm/MHz (-50-22-64)
検討対象台数	192台 (22.83dB)	192台 (22.83dB)
アンテナ利得 (注1)	-15dBi ⇒ -11dB	44dBi
帯域外輻射電力密度	-42.17dBm/MHz ⇒ -38.17 dBm/MHz	-69.17dBm/MHz
Radar - 人工衛星距離 (注2)	1066km (-192.39dB)	1066km (-192.39dB)
人工衛星アンテナ利得 (注3)	62.4dBi	62.4dBi
受信電力密度	① -172.16dBm/MHz ⇒ -168.16dBm/MHz	② -197.16dBm/MHz
干渉許容電力密度 (注4)	-159dBm/MHz	-159dBm/MHz

青字: 半値幅1度
赤字: 半値幅5度

直接波と反射波の合算値
-172.15dBm/MHz

-168.15dBm/MHz

マージン
13.15dB
9.15dB

(注1) ITU-R RS.1813-1による。-15dBiは35°方向の利得。

(注2) ITU-R P.525-3による。

(注3) ITU-R RS.1861-0 Table19, JAXAによる検討及び情報提供。

地球探査衛星業務(能動)との共用検討 (空港FODレーダー → 地球探査衛星(能動))

- ✓ 空港FODレーダー帯域内では、受信電力が~~-87.74~~-97.74dBm(①)で共用不可。
- ✓ チャンネル回避(94-94.1GHzを使用しない)を行い、空港FODレーダー帯域外では、受信電力密度が~~-157.74~~-167.74 dBm /MHz(②)となり共用可能。

項目	帯域内 (チャンネル内)	項目	帯域外 (チャンネル回避)
送信電力密度	20dBm	送信電力密度	-50dBm/MHz
検討対象台数	128台 (21.07dB)	検討対象台数	128台 (21.07dB)
アンテナ利得 (注1)	-10dBi -26dBi ⇒ -20dBi	アンテナ利得 (注1)	-10dBi -26dBi ⇒ -20dBi
帯域内電力	31.07 dBm 15.07 dBm ⇒ 21.07 dBm	帯域外輻射電力密度	-38.93 dBm/MHz -54.93 dBm/MHz ⇒ -48.93dBm/MHz
Radar - 人工衛星距離 (注2)	393km (-184.02dB)	Radar - 人工衛星距離 (注2)	393km (-184.02dB)
人工衛星アンテナ利得	65.2dBi	人工衛星アンテナ利得	65.2dBi
受信電力 (注3)	① -87.74dBm -103.74dBm ⇒ -97.74dBm	受信電力密度 (注3)	② -157.74 -dBm/MHz -173.74 dBm/MHz ⇒ -167.74dBm/MHz
干渉許容電力 (注4)	-128dBm マージン -24.26dB -30.26dB	干渉許容電力密度(注4)	-122.77dBm/MHz マージン 50.97dB 44.97dB

青字: 半値幅1度
赤字: 半値幅5度

(注1)ITU-R RS.1813-1による。 (注2)ITU-R P.525-3による。 (注3)JAXAによる情報提供。 (注4)ITU-R RS.1166-4をもとにJAXAにて積分によるSN比向上を考慮し、算出、情報提供。電力密度は0.3MHzを考慮。

電波天文業務との共用検討に対して

技術試験事務の前提条件

- ✓ 空中線の半値幅は1度以下
- ✓ 主輻射方向は、水平面より1度以上下方に向けること

本検討での前提条件

- ✓ 空中線の半値幅は5度以下
- ✓ 主輻射方向は、水平面より主輻射の角度の幅以上下方に向けること

作業班報告書には以下のとおり記載

空中線について、90GHz帯滑走路路面異物検知レーダー技術調査報告書では、最大空中線利得は44dBi、空中線の半値幅は1度以下の想定した検討を実施したが、90GHz帯滑走路路面異物検知レーダーの覆域を向上させることを想定し、最大空中線利得は変更せず、空中線の垂直面又は水平面の半値幅が5度以下の空中線を想定することとした。このため、90GHz帯滑走路路面異物検知レーダー技術調査報告書では送信波を滑走路路面に向ける前提の運用であるため、主輻射方向は1度以上下方に向けることを想定していたが、1度より広い半値幅に対応するため、主輻射方向は、水平面より主輻射の角度の幅以上下方とすることとした。