

# 2.5GHz帯 / 2.6GHz帯を用いた 国内移動衛星通信システムに関する 共用条件の追加検討結果

株式会社 NTTドコモ

2018年10月5日

**本資料では、8月27日に行われた情報通信審議会情報通信技術分科会衛星通信システム作業班(第13回)において説明した資料(資料13-4)について、その後の見直し及び関係者との個別調整を行った結果を示します。**

# 1. 共用に関する検討結果(続報)

前回作業班説明の結果から、その後見直した共用検討結果をまとめる。

2.5GHz帯	NSTAR端末 (被干渉となる場合)	NSTAR衛星 (与干渉となる場合)
BWA	検討済み(※1)	検討済み(※1)
VICS	共用可能	実際の運用を考慮し、許容可能
GlobalStar	国際調整結果に基づき、新たな共用検討は不要	
無線LAN	<b>共用可能</b>	実際の運用を考慮し、許容可能
ロボット	検討済み(※2)	(※2:再検討結果でも共用可能)

2.6GHz帯	NSTAR端末 (与干渉となる場合)	NSTAR衛星 (被干渉となる場合)
BWA	検討済み(※1)	検討済み(※1)
JCSAT-5A	検討済み(※1)	検討不要
電波天文	<b>共用可能</b>	検討不要

※1:2017年度実施技術試験事務、「2.6GHz帯地上系システムと移動衛星通信システムとの共用検討」において検討済み  
(別資料に概要記載)

※2:2015年度実施、2.4GHz帯ロボット用電波利用システムに関する情通審において同条件で検討済み  
ただし、衛星⇒ロボットは報告内に数値的な言及がないことから、今回改めて試算実施

## 2. 共用検討が必要な組み合わせに対する状況

共用関係	帯域外干渉	帯域内干渉
NSTAR衛星→ロボット	所要改善量=-13.0dB	所要改善量=-1.4dB
無線LAN(14ch)→NSTAR端末	NSTAR端末の帯域外干渉に対する許容干渉レベルは20MHz離調まで一定であり、現行機と同様に共用可能	NSTAR端末の能力上、2500～2505MHzに対する干渉量は2505～2510MHzと同等であり、現行機と同様に共用可能
NSTAR衛星→無線LAN(14ch)	所要改善量=-19.9dB	<b>帯域内干渉についてNRPとして4.9dB以上が見込まれる場合、所要改善量はマイナスとなり共用可能</b>
VICS送信機→NSTAR端末	自由空間伝搬損失では92m程度の所要離隔距離が必要となるが、干渉条件は現行システムの場合と変わらないことからNSTAR側の運用的対処により共用は可能。	周波数離調が小さくなるが、許容干渉条件は現行システムの場合と変わらない。 NSTAR側の運用的対処により共用は可能。
NSTAR衛星→VICS車載機	所要改善量=-6.6dB (衛星の地理的ビーム構成と電力配分を考慮)	所要改善量=-22.0dB
GlobalStar衛星→NSTAR端末 NSTAR衛星→GlobalStar端末	両衛星システムがすでに国際周波数調整の手続きを経てMIFR登録済みのファイリングであり、その過程における干渉調整結果に基づいて運用される衛星網であることを踏まえ、共用可能であると判断する。	
NSTAR端末→電波天文	<b>・地理的に限定的な範囲において干渉影響があることが確認されたが、運用面から影響回避する一策として、N-STAR端末をご利用になるお客様に対して注意喚起を行うといった対処を考慮することにより、地理的な運用制限を設けることなく、N-STAR端末と電波天文設備の共用は可能であると考えられる。</b>	

注：前ページにおいて検討済み、検討不要の組み合わせについては記載省略

### **3. 2.4GHzを利用する各無線システムとの 共用検討結果について**

# 3-1. N-STAR衛星→無線LAN (14ch) 再検討結果

前回作業班においては、NSTAR衛星から無線LANへの帯域内干渉について NPRを用いた共用検討を行ったが、今回は許容干渉電力値の適正化、所要改善量がマイナスとなるNPR値の明確化を図った。

## 【NSTAR衛星→無線LAN】

更新①

		帯域外干渉	帯域内干渉
NSTAR衛星	周波数	2500 MHz	2497MHz
	送信マスク減衰量		(0dB)
	衛星送信アンプNPR		4.9dB
	不要輻射EIRP	107 dBm	86.7 dBm/MHz
伝搬路	電波伝播距離	37183 km	37183 km
	自由空間伝播損失	191.81 dB (FSL)	191.81 dB (FSL)
	大気吸収+フェージング損失	3.2 dB	3.2 dB
無線LAN	アンテナ利得※	2.14 dBi	2.14 dBi
	指向減衰	0 dB	0 dB
	許容干渉電力	-68.1 dBm	-108.3 dBm/MHz
	干渉電力	-88.0 dBm	-108.3 dBm/MHz
	所要改善量	-19.9 dB	0 dB

前回作業班資料に対する主な更新箇所

①許容干渉電力値の適正化  
 前回作業班では、ロボット報告より許容干渉電力値を引用した。しかしその際、アンテナ利得と参照帯域幅を適正に盛り込んでいなかったため、適正化を実施。

許容干渉電力  
 (前回)-106.7dBm/MHz  
 ↓  
 (今回)-108.3dB/MHz

この前提で、所要改善量がゼロとなる際に必要となるNPR量を算出した。

②引用文献の明確化

※許容干渉電力に包含

- ・帯域外干渉は所要改善量が-19.9dBとなり、共用は可能
- ・帯域内干渉についてNPRとして4.9dB以上が見込まれる場合、所要改善量はマイナスとなり共用可能

### 更新②:引用文献の明確化

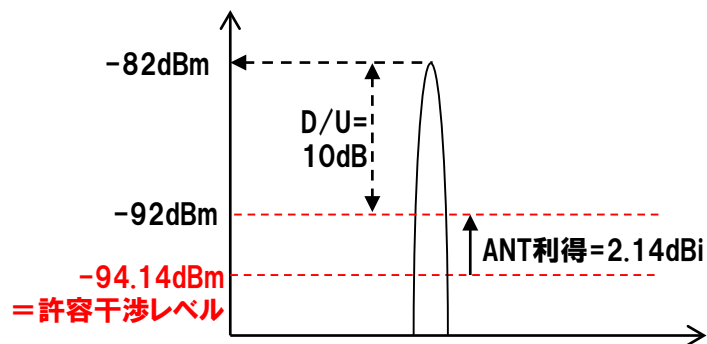
無線LANに関するアンテナ利得および許容干渉電力値は、陸上無線通信委員会報告(平成28年3月22日)参考資料1に記載の2.4GHz帯無線LANシステムの受信特性から引用及び算出

なお、S帯移動通信衛星では、NPRとして15dB程度を実現できることが分かっており、上記の所要改善量は満たせるものと考えられる。ただし次期衛星は開発中で具体的な数値を定めることは適切でないことから、「適切なNPRを確保することが望ましい」との技術的条件を、新たに盛り込むこととする。

# (参考1)無線LANへの帯域内干渉許容干渉レベルの導出

表参 1.6 2.4GHz 帯無線 LAN システムの受信特性

変調方式 (コーディングレート)	所要 D/U (dB)			受信感度 (dBm)	
	同一 チャンネル	隣接 チャンネル	次隣接 チャンネル	10MHz	20MHz
BPSK (1/2)	10	-16	-32	-85	-82
QPSK (1/2)	13	-13	-29	-82	-79
16QAM (1/2)	18	-8	-24	-77	-74
64QAM (2/3)	26	0	-16	-69	-66



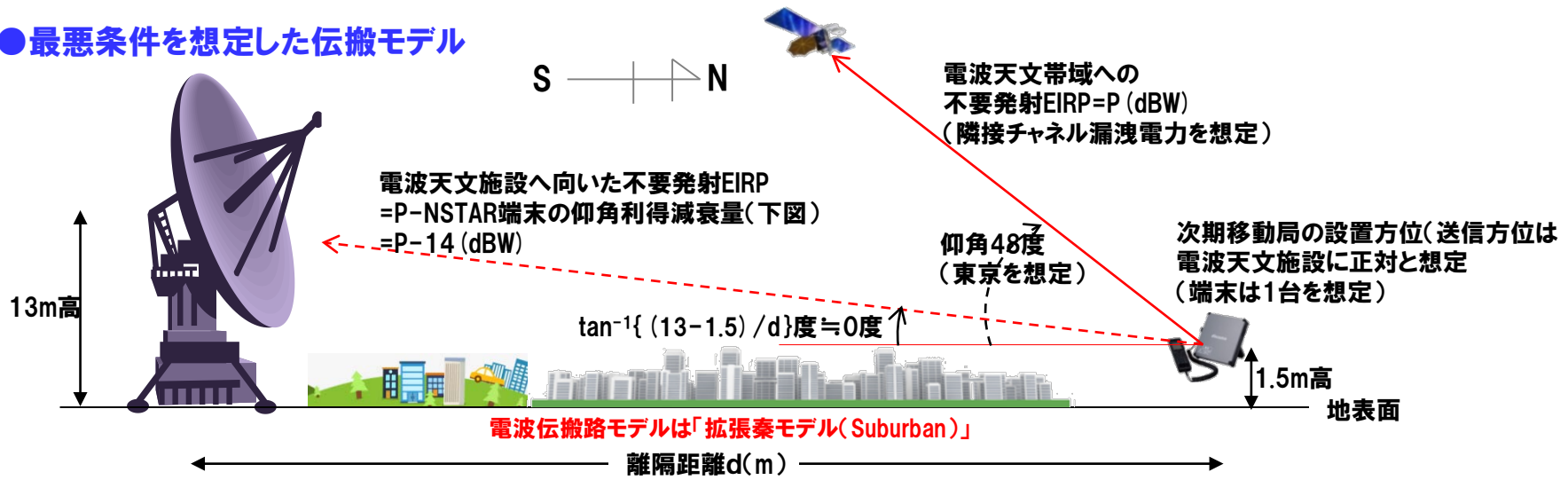
受信感度(-82dBm)に対し、D/U比10dBを確保し、かつアンテナ利得として2.14dBを付加することで、アンテナ入力前における許容干渉電力を-94.14dBmと設定

さらに、この-94.14dBmが**26MHz幅**であることから、1MHzあたりの電力に帯域換算。  
許容干渉電力は、 $-94.14 - 10\log(26) = -108.3 \text{ dBm/MHz}$ となる。

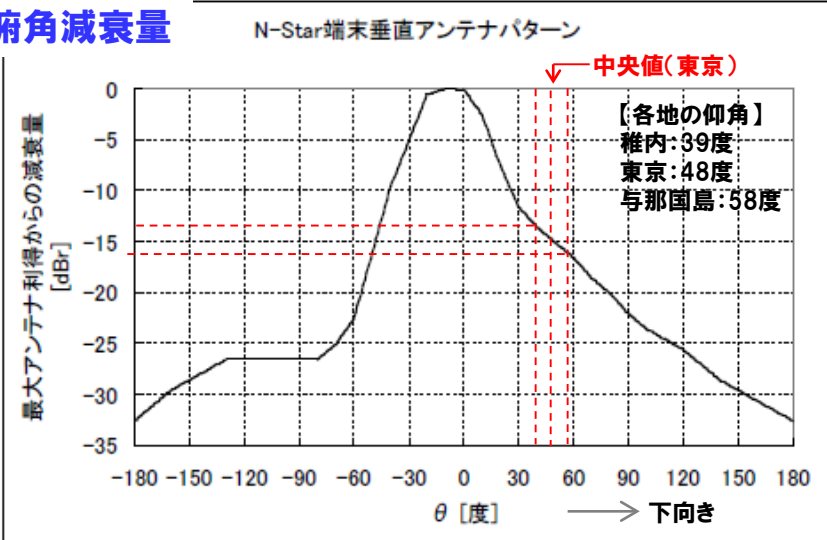
# 3-2. 電波天文業務との共用検討(1)

電波天文業務との共用検討について、実力値をベースとした1対1正対モデルによる最悪条件での検討、及び干渉影響が想定される地理的範囲について検討を実施した。

## ●最悪条件を想定した伝搬モデル



## ●俯角減衰量



・電波天文の干渉許容レベルは、勧告ITU-R RA.769-2に従い-207dBWとし、適用伝搬式としては、周波数帯域、装置の設置条件、過去の共用検討への適用実績等を考慮し、Seamcatにおいて利用されている「拡張秦式(Suburban)」を用いる。

・N-STAR端末は衛星方向(仰角48度を想定)を向くため、仰角利得減衰量として14dBを考慮する(左図参照)

緯度による俯角減衰量の差異は±1dB程度  
 → 俯角減衰の中央値(15dB)にマージン1dBを考慮し、14dBと想定



### 3-3. 電波天文業務との共用検討(2)

#### ●NSTAR端末から電波天文帯域への不要発射レベルについて

メーカーからの試作機実測データにより、電波天文帯域に対する不要発射レベルの値は概ね-50dBm/4kHzとの結果が得られており、5dBの安全マージンを加えて不要発射レベルの最悪値を-45dBm/4kHzで一様分布すると仮定。  
⇒この不要発射電力が電波天文施設に対する帯域内干渉電力となるとして評価した。

#### ●【NSTAR端末→電波天文設備】 共用検討結果

	(スプリアス領域電力の考え方)	1.2MHzモード
		実力値を考慮
帯域外領域	dBm/4kHz	-45
スプリアス領域	dBm/4kHz	-45
不要発射電力	dBW/天文帯域(10MHz)	-41.0
NSTARアンテナ利得	dBi	12.6
俯角減衰量	dB	14
電波天文方向EIRP	dBW	-42.4
許容入力干渉電力	dBW	-207
所要離隔距離	m	7376
伝搬減衰量※	dB	164.6
所要改善量	dB	0

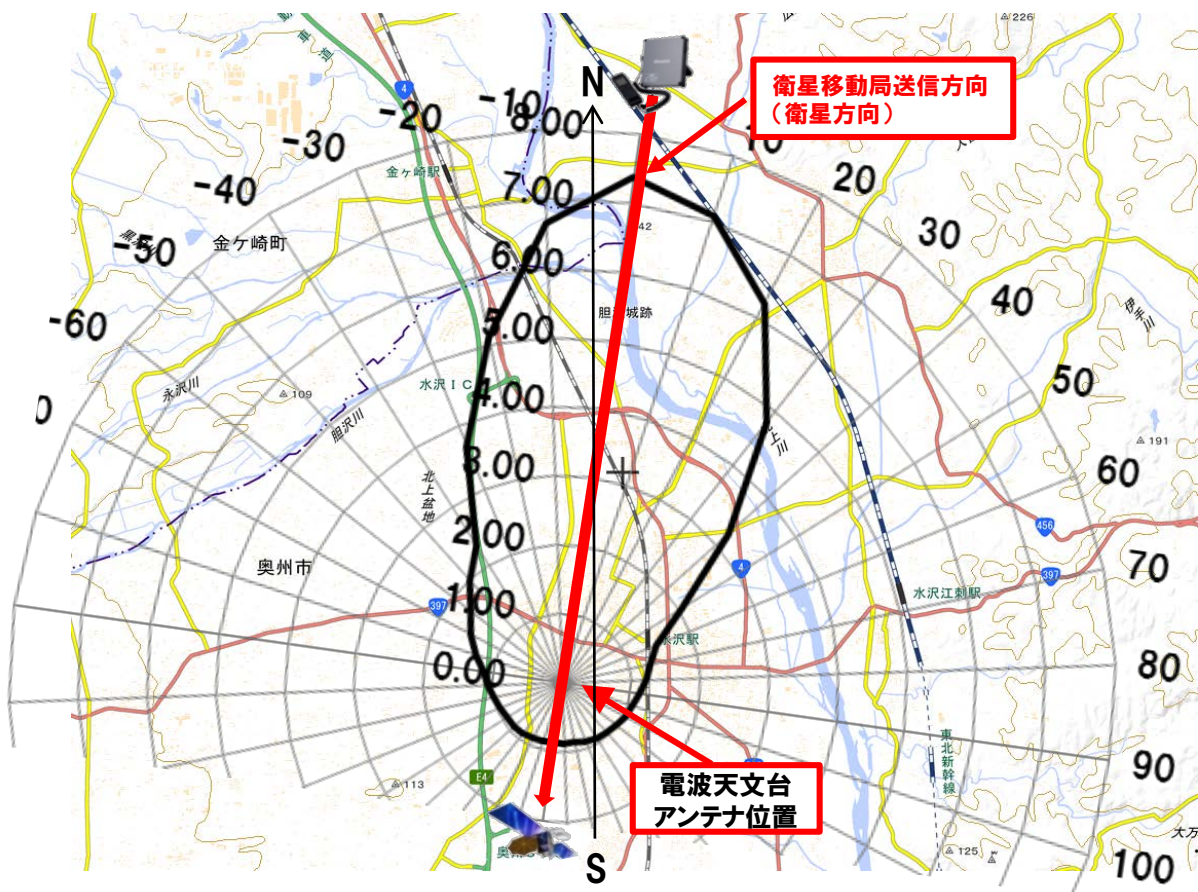
※伝搬減衰量はSEAMCATにおける拡張乗式(郊外モデル)による

⇒最悪条件では約 7.4kmの離隔距離が必要

# 3-4. 水平面内アンテナ指向特性を考慮した場合の干渉影響範囲

最悪条件での検討結果に加え、次期NSTARが指向性アンテナ運用であることを考慮し、水沢天文台を例に実際の影響範囲を推定した。

衛星移動局と天文アンテナ 正対位置からの角度差	水平面利得減 (dB)	所要改善量 (dB)	所要離隔距離 (Km)
0	0	164.58	7.38
10	-0.6	163.98	7.09
20	-2.6	161.98	6.22
30	-6.6	157.98	4.79
40	-12.6	151.98	3.24
50	-19.6	144.98	2.05
60	-24.6	139.98	1.48
70	-26.6	137.98	1.30
80	-27.6	136.98	1.21
90	-28.6	135.98	1.14
100	-29.6	134.98	1.07
110	-30.1	134.48	1.03
120	-30.6	133.98	1.00
130	-31.1	133.48	0.97
140	-31.6	132.98	0.93
150	-32.1	132.48	0.90
160	-32.6	131.98	0.88
170	-32.6	131.98	0.88
-180	-32.6	131.98	0.88
-170	-32.4	132.18	0.89
-160	-32.2	132.38	0.90
-150	-32	132.58	0.91
-140	-31.8	132.78	0.92
-130	-31.6	132.98	0.93
-120	-31.1	133.48	0.97
-110	-30.6	133.98	1.00
-100	-29.6	134.98	1.07
-90	-28.6	135.98	1.14
-80	-26.6	137.98	1.30
-70	-24.6	139.98	1.48
-60	-22.6	141.98	1.68
-50	-20.1	144.48	1.98
-40	-17.6	146.98	2.33
-30	-10.6	153.98	3.69
-20	-5.6	158.98	5.12
-10	-1.6	162.98	6.64



※水平面利得減は、衛星移動局アンテナの最大利得方向を0とした相対利得

水沢天文台を例とした、具体的な所要離隔距離(黒色実線の範囲)の様子

## 3-5. 電波天文との共用検討結果まとめ

- N-STAR端末から電波天文への干渉については、地理的に限定的な範囲において影響があることが確認された。
- 電波天文業務への影響を運用面から回避する一案として、N-STAR端末をご利用になるお客様に対して注意喚起を行うことが挙げられる。
- 具体的には、5GHz帯無線LAN製品と同じく、製品に対して考慮すべき電波天文設備を列記し、電波天文設備周辺での運用時には、アンテナ方位が電波天文施設に向かないようにとの注意喚起を紙面で同梱するなどの方法が考えられる。
- 上記のような運用面での対処を考慮することにより、地理的な運用制限を設けることなく、N-STAR端末と電波天文設備の共用は可能であると考えられる。

# (参考2) 勧告ITU-R RA.769-2の規定値の適用と検証条件

電波天文施設に対する次期NSTAR端末からの与干渉は、地上間の電波伝搬路となる。そのため、自由空間伝搬損失を前提としてpfdで評価を行うのではなく、地上システム間で一般的な伝搬式を伝搬損失量として適用し、電波天文施設に対する入力電力量で評価することとした。

TABLE 1  
Threshold levels of interference detrimental to radio astronomy continuum observations

Centre frequency <sup>(1)</sup> $f_c$ (MHz)	Assumed bandwidth $\Delta f$ (MHz)	Minimum antenna noise temperature $T_A$ (K)	Receiver noise temperature $T_R$ (K)	System sensitivity <sup>(2)</sup> (noise fluctuations)		Threshold interference levels <sup>(2) (3)</sup>		
				Temperature $\Delta T$ (K)	Power spectral density $\Delta P_H$ (dBW/Hz)	Input power $\Delta P_H$ (dBW)	pfd $S_H \Delta f$ (dB(W/m <sup>2</sup> ))	Spectral pfd $S_H$ (dB(W/(m <sup>2</sup> · Hz)))
(1)	(2)	(3)	(4)			(7)	(8)	(9)
13.385	0.05	50 000	60			-185	-201	-248
25.610	0.12	15 000	60			-188	-199	-249
73.8	1.6	750				-195	-196	-258
151.525	2.95	150				-199	-194	-259
325.3	6.6	40				-201	-189	-258
408.05	3.9	25				-203	-189	-255
611	6.0	20				-202	-185	-253
1 413.5	27	12	10	0.095	-269	-205	-180	-255
1 665	10	12	10	0.16	-267	-207	-181	-251
2 695	10	12	10	0.16	-267	-207	-177	-247
4 995	10	12	10	0.16	-267	-207	-171	-241
10 650	100	12	10	0.049	-272	-202	-160	-240
15 375	50	15	15	0.095	-269	-202	-156	-233
22 355	290	35	30	0.085	-269	-195	-146	-231
23 800	400	15	30	0.050	-271	-195	-147	-233
31 550	500	18	65	0.083	-269	-192	-141	-228
43 000	1 000	25	65	0.064	-271	-191	-137	-227
89 000	8 000	12	30	0.011	-278	-189	-129	-228
150 000	8 000	14	30	0.011	-278	-189	-124	-223
224 000	8 000	20	43	0.016	-277	-188	-119	-218
270 000	8 000	25	50	0.019	-276	-187	-117	-216

電力束密度での表現。  
離隔距離に応じて球面  
減衰した結果で規定

干渉許容電力量。  
電波天文帯域  
(10MHz)全体の総和

- <sup>(1)</sup> Calculation of interference levels is based on the centre frequency shown in this column although not all regions have the same allocations.
- <sup>(2)</sup> An integration time of 2 000 s has been assumed; if integration times of 15 min, 1 h, 2 h, 5 h or 10 h are used, the relevant values in the Table should be adjusted by +1.7, -1.3, -2.8, -4.8 or -6.3 dB respectively.
- <sup>(3)</sup> The interference levels given are those which apply for measurements of the total power received by a single antenna. Less stringent levels may be appropriate for other types of measurements, as discussed in § 2.2. For transmitters in the GSO, it is desirable that the levels be adjusted by -15 dB, as explained in § 2.1.

Rec. ITU-R RA.769-2

適用伝搬式としては、周波数帯域、装置の設置条件、過去の共用検討への適用実績等を考慮し、Seamcatにおいて利用されている「拡張秦式(Suburban)」を用いることとした。

いつか、あたりまえになることを

**NTT**  
**docomo**