12 GHz 帯放送衛星の周波数割当計画 と関連基準

郵政省電波監理局 立 野 敏
NHK総合技術研究所 松 下 操

12 GHz 帯放送衛星業務に関する世界無線通信主管庁会議は 1977 年 1 月に開催され、12 GHz 帯の将来の利用に関する諸基準を採択した。この中から放送衛星業務に適用する技術基準、周波数、軌道位置、偏波の割当計画、衛星放送と地上業務の周波数共用に係る国際的な制約、および関連するわが国の地上 SHF 放送の基準について解説する。

1. ま え が き

人工衛星を放送目的に利用する国際的な技術検討は、1963 年開催の臨時無線通信主管庁会議 (EARC) で、“放送衛星業務”の概念が導入されて以来進められ、さらに、衛星技術開発などの進展に見合って開催された 1971 年の宇宙通信に関する世界無線通信主管庁会議 (WARC-ST) では、“放送衛星業務”の定義が確立するとともに、UHF, SHF, EHF 帯で 6 周波数帯がこの業務に分配された。

このうち 12 GHz 帯についていえば、地上業務と周波数を共用するが、放送衛星業務を保護する観点から、地上業務の局は、将来の周波数割当計画に従って運用する放送衛星業務の局に有害な干渉を与えてはならないと決議された。

この周波数計画作成の決議に端を発して、12 GHz 帯放送衛星業務の計画に関する世界無線通信主管庁会議 (WARC-BS) が 1977 年 1 月に開催されることとなった。この間、国際無線通信諮問委員会 (CCIR) は、1972 年以來、この課題に関する研究を重点的に行い、1976 年開催の中間会議および合同作業部会で報告書をまとめて、WARC-BS での審議用に提出した。

こうして WARC-BS では大筋においてこの CCIR 報告に準拠した 12 GHz 帯放送衛星業務の技術基準と管理規程が採択され、また最も関心がもたれた周波数割当計

画についても、国際電気通信連合 (I. T. U.) の第 1・第 3 地域 (日本を含む) を対象に作成された。これらは 1979 年 1 月 1 日から発効する。

なお、第 2 地域については、1972 年までに地域主管庁会議を開いて固定衛星・放送衛星業務の周波数計画を作ることになっている。

本文は、周波数計画の基礎的事項を顧慮しつつ、WARC-BS で採択された 12 GHz 帯放送衛星業務に適用される技術基準、周波数、軌道位置、偏波の割当計画、さらに、衛星放送と地上業務の周波数共用問題、また、わが国の 12 GHz 帯地上放送の技術基準などについて解説する。

なお、WARC-BS では、12 GHz 帯放送衛星は静止衛星とすべきことが決議されている。

2. 周波数計画の基礎

WARC-BS の技術決定事項を述べる前に、12 GHz 帯放送衛星業務の周波数計画の基礎として、関連する技術要素を概括しておく。

12 GHz 帯放送衛星業務の計画の作成とは、各国国内放送用に設定される各サービスエリアに所要チャンネル数を割当てるとき、同一チャンネル間、あるいは隣接チャンネル間で互いに干渉を生じないように各衛星の軌道位置、電波の偏波方向、およびチャンネルの配列と割当てなどを決定しようとするものである。

いま図 1 に示すように、静止衛星系で同一周波数 f_0 を用いる 2 つの静止衛星 S_1, S_2 と、地球上で対応するサービスエリア A_1, A_2 とを考える。ここで、サービスエリア A_2 内の一地点 P に設置する受信アンテナは希望衛

“Review on the Technical Provisions and Associated Plans for the Broadcasting-satellite Service in the 12 GHz Band” by Satoshi Tateno (Radio Regulatory Bureau, Ministry of Posts and Telecommunications, Tokyo) and Misao Matsushita (NHK Technical Research Laboratories, Tokyo)

図1 同一周波数 f_0 を使用する静止衛星(S_1, S_2)と、地球上の対応するサービスエリア(A_1, A_2)との配置関係

星 S_2 の方向を指向する。衛星 S_1 は A_1 に向けて電波を照射するが、 A_2 に対してはその漏洩電波が干渉波として作用することになる。この場合、地点 P における受信機入力での衛星電波の希望信号レベル対干渉信号レベル比(以下、干渉比(C/I)とする)は、

$$\left(\frac{C}{I}\right) = \frac{P_W}{P_U D_{S1}(\beta/\beta_0) D_R(\alpha/\alpha_0) (L_W/L_U)} \quad (1)$$

ただし、 P_W =希望衛星 S_2 から地点 P 方向の等価等方輻射電力(e. i. r. p.).

P_U =干渉衛星 S_1 の最大 e. i. r. p.

$D_{S1}(\beta/\beta_0)$ =干渉衛星 S_1 送信アンテナの地点 P 方向における相対利得低下量

β =同上アンテナの地点 P 方向のビーム離角

β_0 =同上アンテナの半値電力ビーム幅

$D_R(\alpha/\alpha_0)$ =地点 P における受信アンテナの干渉衛星 S_1 方向の相対利得低下量

α =同上アンテナの衛星 S_1 方向のビーム離角

α_0 =同上アンテナの半値電力ビーム幅

L_W =希望衛星 S_2 と地点 P 間の伝搬損失

L_U =干渉衛星 S_1 と地点 P 間の伝搬損失

(1)式において α, β , および自由空間伝搬損失は、地球表面上任意の2地点と任意の2静止位置が与えられたときの幾何学的関係から求められる。

ここで、相互に干渉を生じないで同一チャンネルを使用できる条件は、

$$(C/I) > (P.R.)_{co} \quad (2)$$

また、干渉のため同一チャンネルは使用できないが、隣接チャンネルなら使用できる条件は、

$$(P.R.)_{co} > (C/I) > (P.R.)_{adj} \quad (3)$$

ただし、 $(P.R.)_{co}, (P.R.)_{adj}$ は、それぞれ同一チャンネル混信保護比、隣接チャンネル混信保護比を表わす。

(1)式の各項を考察することにより、希望システムと干渉システム間で周波数の再利用できる条件は、次の各要

素に影響されることがわかる。

- (1) 希望衛星、干渉衛星の最大 e. i. r. p., あるいは地上最大電力束密度(P. F. D.)
- (2) 衛星位置とサービスエリア位置および大きさの幾何学的相対関係
- (3) 衛星送信アンテナ、地球局受信アンテナのビーム幅と放射パターン(同一偏波、交差偏波成分), およびビーム指向精度
- (4) 衛星の位置保持精度
- (5) 変調方式(FM-TV変調諸元, エネルギー拡散, チャンネル間隔など混信保護比に関連)
- (6) 偏波弁別(干渉システムが2以上ある場合には、同一偏波の利用もある)
- (7) 降雨減衰、降雨による偏波識別度劣化など電波伝搬上の諸現象。

以上のほか、同一サービスエリアに複数の周波数チャンネルを割当てる場合には、チャンネル配列の形式(1チャンネルおき、あるいは3チャンネルおきの規則的な割当てなど)も考慮する必要がある。実際の周波数割当計画では、多数のサービスエリアに多数のチャンネルが含まれるので、もっともチャンネルの有効利用が図れるように上記要素に実地的な諸量と割当て手法を適用する。

このほか、12 GHz帯は他業務と周波数を共用するので、共存の図りやすい技術基準を考慮する反面、衛星放送の個別受信を考慮する必要もある。

3. WARC-BSにおける諸決定

3.1 12 GHz帯放送衛星業務の技術基準

(1) 用語の定義

放送衛星の照射区域とサービスエリアなどの関係について、次の定義を採択した。

“サービスエリア”とは、主管庁がサービスの確保に責任を有する地表面の区域であって(一国の領土内)、干渉をこうむらないよう要求することができる。“カバレッジエリア”とは、たとえば第1・第3地域を対象とする場合、最悪月99%の時間率で電力束密度 -103 dBW/m^2 の等高線で囲まれる区域であって、干渉のない場合所要の受信品質が確保される。一般に“サービスエリア”は“カバレッジエリア”の中に包含される。“ビームエリア”とは、衛星送信アンテナビームの -3 dB 値で囲まれる区域であって、微小面積国(衛星送信アンテナビーム幅換算で 0.6° 以下)の場合を除いて“カバレッジエリア”と一致する。

(2) 電波伝搬

宇宙から地球への伝搬損失は自由空間損失に降雨最悪

図2 降雨最悪月の時間率1% (年平均時間率 0.25%) を越さない減衰の推定値

月1%の時間率に相当する減衰(図2)を加えたものとする。なお、図2の適用にあたり、晴天時の減衰と1%時間率の減衰との差は、衛星仰角を適度に選定して最大2 dBに押えることとしている。

衛星電波を円偏波とした場合、上記時間率の降雨における交差偏波成分の発生レベルは、同一偏波成分のレベルと比較して、降雨気象区分帯*1, 2で -27 dB, また降雨気象区分帯*3, 4, 5で -30 dB である。

(3) 基本技術特性

(a) 変調形式 12 GHz 帯放送衛星業務の周波数計画の基礎とする変調形式は、テレビ・音声をサブキャリア FM 変調として付加した映像信号により 12 GHz 搬送波を FM 変調するものである。この場合、CCIR 勧告 405 に合致するプリエンファシスと、4 kHz 帯域幅で測定して信号スペクトラムの電力束密度が 22 dB 低下するようなエネルギー拡散技術 (600 kHz の p-p 周波数偏移到相当) とが適用される。

なお、このような周波数計画に基づく他の放送衛星システムに有害な干渉を与えないことを条件に、テレビチャンネルの無線帯域にわたる周波数多重音声チャンネルによる変調や、音声・テレビ信号のデジタル変調、あるいは他のプリエンファシス特性の利用など、上記特性と異なる変調信号を用いることもできる。

(b) 所要帯域幅 上記変調形式に対応する所要帯域幅は、625 本テレビ標準方式、および第3地域の525本テレビ標準方式(日本を含む)に対して 27 MHz、また第2地域の525本システムM標準方式に対して 18 MHz、および 23 MHz と定められた。

(c) チャンネル中心周波数、チャンネル間隔、ガードバンド 12 GHz 帯放送衛星業務に割当てたチャンネル

表1 12 GHz 帯の放送衛星業務に割当てられたチャンネルと周波数 (第3地域)

チャンネル番号	中心周波数 (MHz)	チャンネル番号	中心周波数 (MHz)	チャンネル番号	中心周波数 (MHz)
1	11,727.48	9	11,880.92	17	12,034.36
2	11,746.66	10	11,900.10	18	12,053.54
3	11,765.84	11	11,919.28	19	12,072.72
4	11,785.02	12	11,938.46	20	12,091.90
5	11,804.20	13	11,957.64	21	12,110.08
6	11,823.38	14	11,976.82	22	12,130.26
7	11,842.56	15	11,996.00	23	12,149.44
8	11,861.74	16	12,015.18	24	12,186.62

ネルとその中心周波数の一覧を表1に示す。また隣接チャンネル間の周波数間隔は等しく 19.18 MHz である。

なお、第1地域の計画では、受信機構造を簡単にするため、1つの衛星アンテナから送信する全チャンネルの帯域幅を 400 MHz 以下としている。また、衛星アンテナを共用する送信機の周波数間隔としては、共用回路の特性を考慮して 40 MHz 以上離す必要があるとしている。ガードバンドは 11.7 GHz 以下、および 12.2 (12.5) GHz 以上の隣接周波数帯を用いる固定衛星業務などを、放送衛星の高出力送信の干渉から保護するために 12 GHz 帯の両端に設けられた。

なお、このガードバンドは放送衛星の運用業務 (トラッキング、テレメトリー、コマンド、レンジング) に利用できる。

(d) 搬送波電力対雑音電力比 (CN 比) 周波数計画のための下り回線・上り回線総合の CN 比は、降雨最悪月の 99% 時間率で 14 dB とする。なお、下り回線単独の CN 比は 14.5 dB である。

(e) 2つの FM-TV 信号間の混信保護比 第1・第3地域の周波数計画のための混信保護比は、送信機出力の経年劣化など 1 dB のマージンを見込んで同一チャンネル信号間で 31 dB、隣接チャンネル信号間で 15 dB である。

また、指定チャンネルに干渉を生じることがあるかを評価する混信保護マージンは次式で規定される。

等価混信保護マージン M (dB) について：

$$M = -10 \log (10^{-M_1/10} + 10^{-M_2/10} + 10^{-M_3/10}) \quad (4)$$

ただし、同式で同一チャンネル混信保護マージン M_1 (dB) は次式で表わされる。

$$M_1 = \left[\frac{\text{希望波電力}}{\text{同一チャンネルの干渉波電力和}} (\text{dB}) \right] - (\text{同一チャンネル混信保護比 (dB)}) \quad (5)$$

M_2, M_3 はそれぞれ上・下隣接チャンネル混信保護マージンで、 M_1 と同様な方法で規定されるが、(5)式で

* 世界を5降雨気象区分帯に分けた。1が最多雨帯、日本は2に属する。

図3 衛星送信アンテナの標準パターン

“同一チャンネル”の表現を“上側隣接チャンネル”，あるいは“下側隣接チャンネル”と置換する必要がある。

(f) 衛星電波の偏波 円偏波とする。周波数計画の作成にあたっては，右旋円偏波と左旋円偏波を用いて偏波識別による周波数の有効利用を図る。なお，同一エリアを異なるビームで照射する場合，できるだけ同じ偏波を用いることとする。

(g) 衛星送信アンテナの特性 周波数計画では，送信アンテナのビーム断面を楕円または円とする。なお送信アンテナの最大利得 (G_m) とビーム半値幅の関係は次式で表わされる。

$$G_m = 27,843 / (a \cdot b) \quad (6)$$

$$\text{または, } G_m (\text{dB}) = 44.44 - 10 \log(a \cdot b) \quad (7)$$

ここで， a, b は楕円ビームの長軸・短軸のビーム半値幅，またアンテナ効率として 55% を仮定。

衛星送信アンテナの最小可能ビーム半値幅は 0.6° ，また同一偏波成分，交差偏波成分に関する標準パターンは図3のように定められた。

衛星アンテナの指向精度としては，どの方向に対しても 0.1° 以下，またビーム軸まわりの回転精度は $\pm 2^\circ$ 以下。もし，衛星電波に直線偏波が用いられると，衛星姿勢制御のヨー誤差に基づく直交偏波成分が発生するため，他への干渉を増やす結果となる。

(h) 衛星送信機の出力制限 衛星送信機の出力は寿命期間中，公称出力と比較して 0.25 dB 以上上昇しないこと。

(i) カバレッジエリア端における電力束密度 標記値は，降雨最悪月の 99% 時間率で，個別受信の場合， -103 dBW/m^2 (第1・第3地域)，および -105 dBW/m^2 (第2地域)，また共同受信の場合 -110 dBW/m^2 。

(j) 受信アンテナの特性 周波数計画では，個別受信アンテナの最小直径としてビーム半値幅 2° の 90 cm 相当を選定した (第1・第3地域)。なお，第2地域は 1.8° の 1 m 直径である。また共同受信アンテナのビーム半値幅は 1° ，1.8 m 直径 (参考) とした (全地域)。受信アンテナの標準パターンについては，同一偏波成

図4 受信アンテナの標準パターン (第1・第3地域)

分，交差偏波成分で表して図4 (第1・第3地域) とする。

(k) 受信機の良さ (G/T) G/T の値として，個別受信用には 6 dB/K，共同受信用には 14 dB/K とする。ここで用いる G/T は，アンテナの指向誤差，偏波面のずれ，経年劣化を含めて次式で定義される。

$$G/T = \frac{\alpha \cdot \beta \cdot G_r}{\alpha T_a + (1 - \alpha) T_e + (n - 1) T_e} \quad (8)$$

ただし， α = アンテナから受信機入力に至る全給電系損失

β = アンテナの指向誤差，偏波面のずれ，経年劣化に原因する損失

G_r = 受信アンテナ利得

T_a = アンテナ雑音温度

T_e = 地球標準雑音温度 (290 K)

n = 受信機の雑音指数

(l) 衛星位置の選定条件 衛星の軌道位置を選定するにあたり，サービスエリア内での衛星仰角の最小値を考慮し，原則として仰角 20° 以上，しかし山岳国では 30° 以上，熱帯多雨地域では 40° 以上の制約を設けた。また衛星仰角の最大値に係る制約として，衛星の食 (この期間，太陽電池は発電せず) ができるだけそのサービスエリアの午前 1 時以降に生じるように考慮された。

(m) 衛星軌道間隔 第1・第3地域の計画に関する軌道間隔は，原則として 6° の等間隔である。しかし，第1地域のヨーロッパ・アフリカ諸国対象の衛星位置は，西経 1° を起点とした 6° 間隔 (西経 37° から東経 29° まで)，またソ連のシベリアや第3地域を対象とした衛星位置は，東経 2° を起点とした 6° 間隔 (東経 38° ～西経 160° ，ただしイランは東経 34°) になったため，両者の隣接部でくい違いを生じた。

(n) 衛星軌道位置の保持 放送衛星宇宙局の位置保持精度は，東西方向，南北方向とも $\pm 0.1^\circ$ 以下とすべきことが規定された (衛星の公称位置からの最大のずれは $\pm 0.14^\circ$ に相当)。

3.2 12 GHz 帯放送衛星業務と他業務との周波数共

用基準

(1) 地上業務を保護するための基準

第1・第3地域を対象に、WARC-BS で採択された周波数・軌道位置・偏波の計画、およびその技術基準に従って運用する 12 GHz 帯放送衛星宇宙局は、無線通信規則 428A に従って他国への電波漏洩を最小限に押える技術手段によったものであり、地上業務への干渉問題も解決したものとして扱われる。

また第2地域の放送衛星宇宙局の干渉から、第1・第3地域の地上業務を保護するために許容できる衛星電波の電力束密度は、

- 1) 両地域の主管庁のどの領土においても、衛星電波の到来角のいかんにかかわらず、
 - −125 dBW/m²/4 kHz (衛星電波が円偏波の場合)
 - −128 dBW/m²/4 kHz (衛星電波が直線偏波の場合)
- 2) 第3地域の主管庁の領土および東経 30° 以西の第1地域西方の主管庁の領土において
 - −132 dBW/m²/5 MHz (到来角 0°~10°)
 - −132+4.2(γ−10) dBW/m²/5 MHz (到来角 γ が 10°~15°)
 - −111 dBW/m²/5 MHz (到来角 15°~90°)

と規定された。

(2) 放送衛星業務を保護するための基準

地上業務は WARC-BS で採択された割当て計画に従って運用する 12 GHz 帯放送衛星業務の局に干渉を与えてはならないとし、放送衛星業務を保護するため、地上業務干渉波の許容電力束密度などの計算方法と調整・管理の手続きが定められた。

(a) 放送衛星サービスエリア端で許容される地上業務干渉波の最大電力束密度の計算法

標記については次式を適用する。

$$F = F_0 - R + D + P \quad (9)$$

ただし、 F = 放送衛星所要帯域幅における地上業務干渉波の最大許容電力束密度 (dBW/m²)

F_0 = 放送衛星サービスエリア端での希望波電力束密度 (第1・第3地域では −105 dBW/m², 第2地域では −103 dBW/m²)

R = 希望波と干渉波間の混信保護比 (dB) (地上業務電波の形式にかかわらず図5を適用、ただしマルチチャンネル AM-TV システムに対しては、所要キャリア周波数差にかかわらず 35 dB 一定)

D = 衛星放送受信アンテナの放射パターンに基づく角度識別 (dB) (第1・第3地域においては、図4の曲線 A で $\phi=2^\circ$ を代入したものに等しい)

図5 地上業務の単一干渉波に対する放送衛星信号の混信保護比 (R)

P = 希望波と干渉波間の偏波識別 (dB) (地上業務が直線偏波、放送衛星業務が円偏波、あるいはその逆なら 3 dB. 両業務がともに直線偏波、あるいは円偏波なら 0 dB)

(b) 他主管庁の地上業務の局により放送衛星サービスエリア端に生じる電力束密度の計算法

標記については次式を適用する。

$$F_P = E - A + 43 \quad (10)$$

ただし、 F_P = 地上業務の局により放送衛星サービスエリア端の任意の地点で生じる電力束密度 (dBW/m²)

E = 上記地点方向における地上業務の局の e. i. r. p. (dBW)

A = 全伝搬路損失 (dB)

なお、伝搬路長が 100 km 以上の場合、 A は次になる。

$$A = 137.6 + 0.2324d_i + 0.0814d_m \quad (11)$$

ただし、 d_i , d_m はそれぞれ陸上および海上の通路長 (km)。

また、伝搬路長が 100 km 以下の場合、(11)式あるいは(12)式を計算し、小さい方を A として(10)式に代入する。

$$A = 109.5 + 20 \log(d_i + d_m) \quad (12)$$

なお、地上業務の局と放送衛星サービスエリアとの距離が、(i)全陸上路で 400 km 以上の場合、(ii)全海上路、あるいは陸上・海上の混合路で 1,200 km 以上の場合には、上記計算と調整は不要である。

ここで、特に指摘すべきことは、(12)式で計算した F_P が(9)式の F (最大許容電力束密度)を上まわる場合でも、計算は最悪条件を仮定するので、これがただちに地上業務開設の禁止を意味するものではないことである。

(c) 第2地域の固定衛星業務、放送衛星業務の宇宙局の干渉から、第1・第3地域の放送衛星業務の保護

標記に関し、第2地域の固定衛星・放送衛星宇宙局の電力束密度が第1・第3地域の主管庁の領土で下記値を越える場合には、当該宇宙局に調整が要求される。 θ を

表 2 異種業務間の混信保護条件

希望業務 ⁽¹⁾	希望信号	干 渉 業 務 ⁽¹⁾	干 渉 信 号	保 護 基 準 ⁽²⁾	
				総 合 許 容 値 ⁽³⁾	単 一 干 渉 値
BSS	TV/FM	BSS, FSS, FS, BS	TV/FM	$C/I=30\text{ dB}^{(4)(7)}$	$C/I=35\text{ dB}^{(4)}$
FSS	FDM/FM	BSS	TV/FM	$N=500\text{ pWOp}^{(8)}$	$N=300\text{ pWOp}$
FSS	TV/FM	BSS, FSS	TV/FM	$C/I=32\text{ dB}^{(5)}$	$C/I=37\text{ dB}^{(5)}$
FSS	4φ-PSK	BSS, FSS	TV/FM	$C/I=30\text{ dB}$	$C/I=35\text{ dB}$
FSS	FDM/FM	FSS	FDM/FM	$N=1000\text{ pWOp}$	$N=400\text{ pWOp}$
FS	FDM/FM	BSS	TV/FM	$N=1000\text{ pWOp}$	$-125\text{ dBW/m}^2/4\text{ kHz}^{(6)}$
BS	TV/VSB	BSS	TV/FM	$C/I=50\text{ dB}$	適用せず ^a

注: (1) BSS: 放送衛星業務, FSS: 固定衛星業務, BS: 放送業務, FS: 固定業務。

(2) 上り, 下り回線の両方を含む総合値。

(3) すべての干渉和に対する混信保護比を示す。pWOp 値は, 最悪電話チャンネルの干渉雑音を示す。

(4) 第1/第3地域と第2地域のインタフェース部分に位置する放送衛星については, C/I は 1 dB 高くする。

(5) CCIR Rec. 483 参照。

(6) 熱帯地域に対しては降雨減衰を考慮して修正することがある。偏波識別も考慮される。

(7) C/I =干渉比 (FSS に対しては降雨最悪月の 20% 時間率, BS, BSS に対しては 1% 時間率)

(8) N =雑音電力 (降雨最悪月の 20% 時間率)

第2地域の干渉放送衛星あるいは固定衛星の経度位置と第1・第3地域の被干渉放送衛星の経度位置の差とするとき,

$0 \leq \theta < 0.44^\circ$ に対して, $-147\text{ dBW/m}^2/27\text{ MHz}$ 。

$0.44 \leq \theta < 19.1^\circ$ に対して,
 $-138 + 25 \log \theta\text{ dBW/m}^2/27\text{ MHz}$ 。

$19.1^\circ \leq \theta$ に対して, $-106\text{ dBW/m}^2/27\text{ MHz}$ 。

(3) 異種業務間での混信保護条件

12 GHz 帯を用いる異種業務間の周波数共用基準は,

表2の混信保護条件に基づき算出する。同表の保護基準欄で“総合許容値”とは, 希望波の保護に必要な値であり, すべての干渉波を考慮する必要がある。これに対し, “単一干渉値”は共用基準決定の目安に用いる。希望波として放送衛星の FM-TV 電波を考える場合, 混信保護比を求める標準条件は次とする。

希望波の周波数偏移 (12 MHz_{p-p})

干渉に原因する受信画質グレード (5段階品質グレードの 4.5)

同一チャンネルのキャリア (周波数差 0)

しかし, 周波数偏移 ($D_V\text{ (MHz)}$), および画質グレード (Q) が上の標準条件と異なるときは次式により混信保護比 (R) を算出する。

$$R = 12.5 - 20 \log(D_V/12) - Q + 1.1Q^2 \text{ (dB)} \quad (13)$$

希望波と干渉波の2つの周波数がずれている場合の隣接チャンネル混信保護比は図6で示される (総合許容値に相当)。同図から, 2波とも FM-TV で周波数差が 20 MHz ある場合の混信保護比は 13 dB である。

(4) 周波数計画の変更提案に伴う影響有無の限度

標記については, 放送衛星業務の計画の変更提案によって, 他主管庁のサービスエリア内で放送衛星電波の希

図 6 混信保護比 (総合許容値)

望波対干渉波比 (C/I) が 30 dB, あるいは周波数計画表の干渉比記載値のいずれか低い方を下まわる場合には, その主管庁は影響を受けたと認められる。

また, 第1・第3地域で他主管庁の地上業務を保護するために課する, 放送衛星電波の電力束密度の変動制限としては, その主管庁の領土内で, 周波数計画表より 0.25 dB 以上電力束密度の増加があれば, 影響ありとする。ただし, 電力束密度が(1)項記載値以下の場合にはこの限りでない。

3.3 12 GHz 帯の周波数割当計画

WARC-BS では, 第1・第3地域各国の約 260 サービスエリアを対象に, 12 GHz 帯の周波数チャンネル, 軌道位置および偏波を割当てる計画を採択した。この割当計画の技術的基礎をなす考え方は, すでに2章で述べたとおりである。また, 使用した技術基準も3.1節で述べた。第1地域と第3地域に対するチャンネル配列の状況を図7に示す。WARC-BS の割当計画表には次の各事項が記載されている。(i) 国の記号および IFRB (国際周波数登録委員会) の一連番号, (ii) 公称軌道位置 (経度),

図 7 12 GHz 帯放送衛星業務のチャンネル配列 (第 1・第 3 地域)

(iii) チャンネル番号 (中心周波数については表 1 参照),
(iv) 衛星送信アンテナビーム中心地点 (経度, 緯度),
(v) 衛星送信アンテナビーム幅 (楕円ビームとしてその長軸と短軸で表示), (vi) 衛星送信アンテナの楕円ビーム長軸の傾き角 (赤道面から反時計方向に測り), (vii) 偏波 (1=右旋円偏波, 2=左旋円偏波), (viii) 最大放射方向の e. i. r. p. (dBW), (ix) その他.

割当てられた衛星軌道位置は第 1 地域のヨーロッパ, アフリカ諸国を対象とした地域では, 西経 37° から 6° 間隔で東経 29° までの 12 位置である. この範囲に約 120 のサービスエリアが存在するので, 1 軌道位置当たり平均 10 個の衛星が各サービスエリアを照射する. この場合, 各サービスエリアに割当てられたチャンネル数は, 原則として, 平等に 5 チャンネルである. なお, この 5 チャンネルの隣接間隔は A B C D A B C D 配列といわれる 3 波おきの間隔となっている (衛星送信機のアンテナ共用を容易とするため (3.1, (3), (c) 項参照)).

これに対して, 第 3 地域とソ連のシベリア, モンゴルを対象とした軌道位置は, イランに東経 34° を割当てたほか東経 38° から 6° 間隔の原則で西経 160° に及ぶ 23 位置である. この範囲に約 140 のサービスエリアが含まれるが, チャンネル数の割当は規則的ではなく, サービスエリア毎に異なっている. また, 一国に割当てられたチャンネルの隣接間隔も 3 波おき, あるいは 1 波おきのように不規則である. わが国は, 東経 110° の軌道位置で 8 チャンネル, 右旋円偏波の割当てを受けた.

表 3 に, 東経 110° に軌道位置を割当てられた国のチ

表 3 東経 110° における周波数チャンネルと偏波面の割当 (チャンネル番号については表 1 参照)

国名	偏波面	チャンネル番号
日本	右旋	1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15
韓国	左	2, 4, 6, 8, 10, 12
北朝鮮	左	14, 16, 18, 20, 22
ソ連 A	右	19, 23, 27, 31, 35, 39
ソ連 B	右	25
パプアニューギニア	右	2, 6, 10, 14

表 4 日本の近隣諸国の割当状況

国名	割当状況
日本	8 波 (110°E×1 エリア)
韓国	6 波 (110°E×1 エリア)
北朝鮮	5 波 (110°E×1 エリア)
フィリピン	5 波 (98°E×1 エリア)
インドネシア	延べ 21 波 (9 波 104°E×2 エリア, 12 波 80°E×3 エリア)
オーストラリア	延べ 36 波 (18 波 128°E×3 エリア, 18 波 98°E×3 エリア)
中国	延べ 55 波 (21 波 92°E×15 エリア, 15 波 80°E×11 エリア, 19 波 62°E×9 エリア)
ソ連	延べ 70 波 (11 波 140°E×3 エリア, 7 波 110°E×2 エリア, 6 波 74°E×3 エリア, 20 波 44°E×8 エリア, 26 波 23°E×7 エリア)

チャンネル番号と偏波面を示す. 同表で同一チャンネルおよび隣接チャンネル間の混信がないことは当然であるが, また, 各国が自国の偏波およびチャンネルだけを受信するような受信装置を用いれば, 国が近接していて電波の洩れがあっても自国以外の番組は受信できない.

表 4 に, 日本の近隣諸国の割当状況を示す. 中国, インド, インドネシア, オーストラリア, ソ連など国土の広い国は, 全国を幾つものサービスエリアに分割し, 各エリアごとにチャンネルの割当てを受けた. しかし, 1 受信者が受信できるチャンネル数は, 第 3 地域の他の国の場合とほとんど同じく, 4~5 である.

なお, 周波数割当計画の作成に当たっては, 各国のチャンネル要求はすべて満たされる結果となった.

4. わが国における 12 GHz 帯地上放送業務の技術基準

わが国において 12 GHz 帯の電波を使用してテレビ放送を行う放送局 (SHF 帯放送局) は, 高層建築物等によるテレビ放送の受信障害の解消を目的としている.

SHF 帯放送局に割当てられる周波数は, 前述のようにわが国の放送衛星業務用周波数が 12 GHz 帯 (11.2~12.2 GHz) の下半域, 11.7~12.01 GHz に割当てられた結果, これを避けて, 上域の 108 MHz 幅 (12.092~12.2 GHz) に 18 チャンネルが割当てられた. テレビ放送用のチャンネル番号と周波数の一覧を表 5 に示す.

放送方式としては, 現行のテレビ放送を行う放送局の電波 (VHF 帯または UHF 帯) を受信し, SHF 帯に変換して再発射する. したがって変調方式は 6 MHz 帯域幅の残留側波帯 AM 変調である.

放送区域としては, SHF 帯電波の電力束密度 (放送局の送信空中線を見通せる高さにおける同期信号波形の尖頭値による) が 0.1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ($-70 \text{ dBW}/\text{m}^2$) 以上である区域をいう.

空中線電力は目的とする受信障害を効率的に解消する

表 5 地上 SHF 放送用チャンネル番号と周波数
(テレビジョン)

チャンネル 番 号	周 波 数	備 考
1 ⋮ 12	90 MHz ~ 96 MHz ⋮ 216 ~ 222	VHF 帯
13 ⋮ 62	470 ~ 476 ⋮ 764 ~ 770	UHF 帯
63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80	12.092 GHz ~ 12.098 GHz 12.098 ~ 12.104 12.104 ~ 12.110 12.110 ~ 12.116 12.116 ~ 12.122 12.122 ~ 12.128 12.128 ~ 12.134 12.134 ~ 12.140 12.140 ~ 12.146 12.146 ~ 12.152 12.152 ~ 12.158 12.158 ~ 12.164 12.164 ~ 12.170 12.170 ~ 12.176 12.176 ~ 12.182 12.182 ~ 12.188 12.188 ~ 12.194 12.194 ~ 12.200	SHF 帯

ために必要な値が指定される。なお、音声送信設備の等価等方輻射電力 (e. i. r. p.) は、映像送信設備の e. i. r. p. の 7 % 以上 35 % 以下となった (VHF 帯, UHF 帯では 15 % 以上 35 % 以下)。

電波の偏波面は現行規則どおり原則として水平偏波とされるが、混信除去その他必要と認める場合には垂直偏波も使用される。また、指向性空中線も考慮される。

以上で、周波数割当ては、1 放送区域における SHF 帯放送が 9 チャンネルを使用できるように考慮されている。

なお、放送区域を規定した最小所要電力束密度 ($\Phi_{\min}$) の値、 -70 dBW/m^2 は、次式の条件で算出された。

$$\Phi_{\min} = F + 10 \log kTB + S/N(R.F.) - 10 \log A + L \quad (14)$$

ただし、 F = 受信コンバーターの雑音指数 (10 dB)

$S/N(R.F.)$ = R. F. 信号対雑音比 (42 dB)

$10 \log kTB$ = 雑音電力 (-136.2 dB)

($T = 290^\circ \text{K}$, $B = 6 \text{ MHz}$)

$10 \log A$ = 受信空中線の実効開口面積 (-12 dB/m^2) (直径 40 cm のパラボラ相当)

L = 受信空中線の指向誤差による損失等 (2 dB)

また、受信電力束密度 (Φ , dBW/m^2) の算定は、式で行う。

$$\Phi = 10 \log P - 20 \log d - 71 - R - C \quad (15)$$

ただし、 P = e. i. r. p. (W)

d = 到達距離 (km)

R = 降雨減衰量 (dB), ($d = 2.9 \text{ km}$ で $R = 1 \text{ dB}$, 5.8 km で 2 dB の点を結ぶ直線で表示, 強雨 3 ヶ月の 1 % 値)

C = 都市減衰量 (6 dB)

これら放送の受信設備として所要の性能をもつ SHF 受信コンバーターおよび SHF 受信空中線の技術検討もすでになされている。

5. む す び

以上、12 GHz 帯の放送への利用に関連して、昨年 1 月の WARC-BS で採択された放送衛星業務のための周波数計画、およびその技術基準、ならびに放送衛星業務と地上業務など他業務との共用基準を重点に述べた。また、この関連において、わが国で決定をみた地上 SHF 帯放送のための周波数割当ておよび技術基準について解説した。

WARC-BS は、12 GHz 帯を用いる地上業務および放送衛星業務の将来の円滑な利用を図る目的で開催され、その役割を成功裡に果たした。同時に、関連する将来の研究課題として、上りリンクの利用法、スプリアス放射の抑圧、衛星アンテナや受信機の特性などに関し、いっそうの研究を求める勧告を採択した。これらの課題は近い将来、国際的な検討の中で進められると思われるが、これまでの成果を高く評価されている技術先進国としての日本の貢献も、また広く期待されている。

最後に、本文をまとめるにあたり、WARC-BS などに関連して御指導をいただいていた郵政省、NHK、民放連、電子機械工業会、宇宙開発事業団の関係の方々、および地上 SHF 放送の技術検討にたずさわってこれられた多くの方々に感謝する次第である。

(昭和 52 年 8 月 24 日受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) Final Acts of the World Administrative Radio Conference for the Planning of the Broadcasting-Satellite Service in Frequency Band 11.7-12.2 GHz (in Regions 2 and 3) and 11.7-12.5 GHz (in Region 1), Geneva, 1977, I. T. U.