２　伝送の質及び混信保護の検討

(1) 空中線電力1Wの回線設計例

【１Wでの回線設計例／OFDM：10ch、64QAM：50ch】

項番	項目	単位	OFDM	64QAM	FDM-SSB 全体	備考
1	伝搬距離	km	5.0	5.0	5.0	
2	1 分間雨量累積分布の 0.0075%値	mm/分	1.99	1.99	1.99	電波法関係審査基準 別図第 35 号より（高知県宿毛市の数値で試算）
3	中心周波数	GHz	23.42	23.42	23.42	
4	チャンネル帯域幅	MHz	5.6	5.3	321.0	FDM-SSB の場合、全チャンネルの占有帯域幅の合算値
5	空中線電力	dBm	12.0	12.0	29.8	チャンネル当たりの送信電力[dBm]。FDM-SSM の場合、全チャンネルのトータル電力。
6	給電線系損失（送信）	dB	1.5	1.5	1.5	送信局側における給電線損失、接続損失の合計値
7	送信空中線の絶対利得	dBi	40.4	40.4	40.4	アンテナ径：0.6[m]
8	自由空間損失	dB	133.8	133.8	133.8	Lp = 32.4 + 20ｌｏｇ(d) + 20log(f) d：伝搬距離[km]、f：周波数[MHz]
9	受信空中線の絶対利得	dBi	40.4	40.4	40.4	アンテナ径：0.6[m]
10	給電線系損失（受信）	dB	1.5	1.5	1.5	受信局側における給電線損失、接続損失の合計値
11	受信入力レベル	dBm	-44.0	-44.0	-26.2	Pr=Pt-(Lp+(Lft+Lfr))+（Gat+Gar）-ld
12	受信機雑音電力レベル	dBm	-99.5	-99.8	-81.9	Prni = 10ｌｏｇ(B) + NF - 114 B：受信機通過帯域幅[MHz], NF：受信機雑音指数[dB] = 7.0[dB]
13	算出された受信 C/N 比	dB	55.5	55.8	55.7	標準状態における受信 C/N 比[dB]
14	送信 C/N 比	dB	56.5	56.8	56.7	
15	無線リンクトータル C/N 比	dB	53.0	53.2	53.2	送信 C/N 比と受信 C/N 比の電力和。
16	降雨量の地域分布による係数	-	1.2	1.2	1.2	Xr。電波法関係審査基準 図 1 より
17	0.0075%1 分間降雨量 1.66mm/分の降雨減衰量	dB	20.0	20.0	20.0	Γt。電波法関係審査基準 図 2 より
18	当該区間の降雨減衰量	dB	24.0	24.0	24.0	回線稼動率が 99.95%となる時の降雨減衰量。 Γr = Xr×Γt
19	降雨時における受信 C/N 比	dB	31.5	31.8	31.7	
20	降雨時における無線リンクトータル C/N 比	dB	31.5	31.8	31.7	送信 C/N 比と降雨時の受信 C/N 比の電力和。
21	所要 C/N 比	dB	27.3	29.4	29.1	最小受信 C/N 比[dB]。本リンクにおける閾値。
22	システムマージン	dB	4.2	2.4	2.6	
23	降雨マージン	dB	28.2	26.4	26.6	標準状態の受信 C/N 比[dB]と最小受信 C/N 比[dB]の差分
24	年間回線稼動率	%	99.95 以上	99.95 以上	99.95 以上	
25	システム年間不稼動時間	hour	4.38	4.38	4.38	1 年当たり

(2) 256QAM無線伝送区間におけるC/N比(机上検討)

デジタル有線テレビジョン放送(256QAM)信号については、ロールオフ率(13%)及び伝送速度に関するシンボルレート(5.274MBaud)等が64QAM信号と同じであることから、デジタル有線テレビジョン放送(64QAM)と同様の性能配分を用いることで、無線伝送区間における所要C/N比を求められると推察される。

以下にデジタル有線テレビジョン放送(256QAM)信号の性能配分例を示す。

表:伝送路と各測定点におけるC/N比(256QAM)

項番	伝送路	C/N比注1		
		OFDM	64QAM	256QAM
1	受信点	34 dB	-	-
2	ヘッドエンド	45 dB	45 dB	51 dB
3	光伝送路(HFC幹線)	41 dB 注2	41 dB 注2	51 dB 注2
4	無線伝送路注3			
5	FTTH伝送路	32 dB	32 dB	39 dB 注4
6	棟内伝送路	33 dB	33 dB	39 dB
7	受信者端子	24 dB以上注5	26 dB以上注6	34 dB以上注7

注1:無線伝送路を除く各有線伝送路の性能(C/N比)は、日本CATV技術協会標準規格JCTEA-STD-018-1.0より値を採用(一部例外あり)。

注2:光伝送路(HFC幹線相当)のC/N比は、一般的な光伝送路の実性能C/N比51dB(アナログ74波伝送)から、一般的な相対信号レベルを考慮した値を採用。ただし、256QAMについては、より安定した有線系の伝送路に対して大きく性能を配分するため、4dB厳しい51dBとして条件を設定した。(日本CATV技術協会「23GHz無線利活用に関する調査研究報告書(その1)」(平成20年9月)参照)

注3:受信者端子における所要性能、並びに各伝送路の性能から電力減算法により算出。項番4=項番7-項番2-項番3-項番5-項番6(小数点以下切り上げ)

OFDM	64QAM	256QAM
27 dB	29 dB	39 dB

注4:FTTH伝送路の256QAMのC/N比は、JCTEA STD-018(光ネットワークの性能)のFTTH伝送条件では受信者端子における所要性能を満足出来ないため、1dB厳しい39dBとして条件を設定。(「23GHz無線利活用に関する調査研究報告書(その1)」(平成20年9月)参照)

注5:有線テレビジョン放送法施行規則 第二十六条の二十 第一項 表 区別六(一)標準デジタルテレビジョン放送方式(OFDM)の受信者端子におけるC/N比の条件。

注6:有線テレビジョン放送法施行規則 第二十六条の十七 第一項 表 区別六(一)デジタル有線テレビジョン放送方式(64QAM)の受信者端子におけるC/N比の条件。

注7:有線テレビジョン放送法施行規則 第二十六条の十七 第一項 表 区別六(一)デジタル有線テレビジョン放送方式(256QAM)の受信者端子におけるC/N比の条件。

無線伝送区間の C/N 比は以下の式により導ける。

$$C/N_4 = -10\log_{10}\left(10^{\left(-\frac{C/N_7}{10}\right)} - 10^{\left(-\frac{C/N_2}{10}\right)} - 10^{\left(-\frac{C/N_3}{10}\right)} - 10^{\left(-\frac{C/N_5}{10}\right)} - 10^{\left(-\frac{C/N_6}{10}\right)}\right)$$

本試験における受信者端子、並びに擬似伝送路の C/N 比の目標値を上記の式に当てはめ、デジタル有線テレビジョン放送(64QAM)信号を伝送する場合の、無線伝送区間における所要 C/N 比を求める。

$$C/N_4 = -10\log_{10}\left(10^{\left(-\frac{34.0\text{dB}}{10}\right)} - 10^{\left(-\frac{51.0\text{dB}}{10}\right)} - 10^{\left(-\frac{51.0\text{dB}}{10}\right)} - 10^{\left(-\frac{39.0\text{dB}}{10}\right)} - 10^{\left(-\frac{39.0\text{dB}}{10}\right)}\right) = 38.9\text{dB}$$

以上より、

・デジタル有線テレビジョン放送(256QAM)信号において 38.9dB 以上

の C/N 比を無線伝送区間において確保できれば、有線テレビジョン放送法施行規則に定められている受信者端子における C/N 比(34dB 以上)を満足すると推察できる。

(3) OFDM、64QAM、256QAM信号における$[C/N]_0$、C/Iの検討

ア　デジタル信号における$[C/N]_0$並びにC/I（案）の検討について

[目的]

- 23GHz帯有線テレビジョン放送事業用固定局でデジタル信号のみを伝送する場合の標準デジタルテレビジョン放送方式信号（OFDM）、デジタル有線テレビジョン放送方式信号（64QAM、並びに256QAM）の搬送波対雑音比（$[C/N]_0$）と搬送波対干渉雑音比（C/I）をそれぞれ検討する。
- OFDM信号、並びに64QAM信号については、室内試験結果を踏まえて検討することとし、256QAM信号については、64QAM信号の結果を踏まえて机上検討を行う。

イ　電波法関係審査基準における$[C/N]_0$とC/Iについて

$[C/N]_0$

電波法関係審査基準で規定される$[C/N]_0$は、受信機の熱雑音に配分されたC/N値である。

「伝送の質」に関する規定（電波法関係審査基準より）

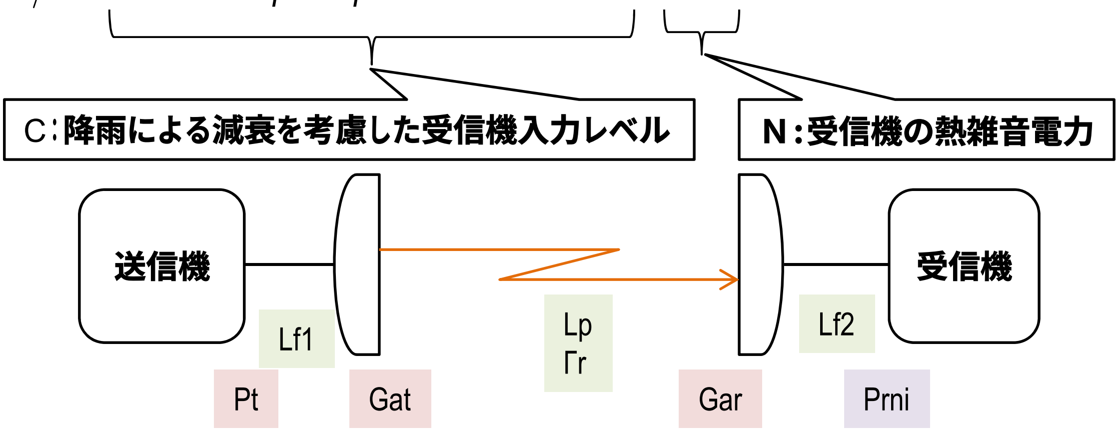
（ア）通信系の受信端における通信路の搬送波対雑音比（以下「C/N」という。）、回線の信頼度（回線が断となることなく通信できる時間率をいう。以下同じ。）等の伝送の質の審査は、次の基準により行う。

B　一区間当たりの回線のC/Nは、降雨（許容断時間率に対応した降雨）による減衰を考慮するものとして、[C/N]0 45dB以上であること。

C　FDM-SSB方式の場合の$[C/N]_0$が45dB（無評価値）以下となる時間率（以下、許容断時間率）は、5×10^{-4}/年以下であること。

一区間当たりのC/Nの値の計算式：

$$C/N = Pt - LP - Lf1 - Lf2 + Gat + Gar - \Gamma r - Prni$$



Pt：空中線電力　Lp；伝搬損失　Lf1, Lf2：給電線系損失
Gat：送信空中線の絶対利得　Gar：受信空中線の絶対利得
Γr：降雨減衰量　Prni：受信機の熱雑音電力

C/I

電波法関係審査基準で規定されるC/Iは、他の無線局に対して与える混信妨害又は他の無線局から受ける混信妨害の許容値のことである。

「混信保護」に関する規定（電波法関係審査基準より）

（ア）　他の無線局に対して当該無線局の与える混信妨害又は当該無線局が他の無線局から受ける混信妨害については、被混信局の搬送波対干渉雑音比(C/I)の審査は、次のとおり行う。

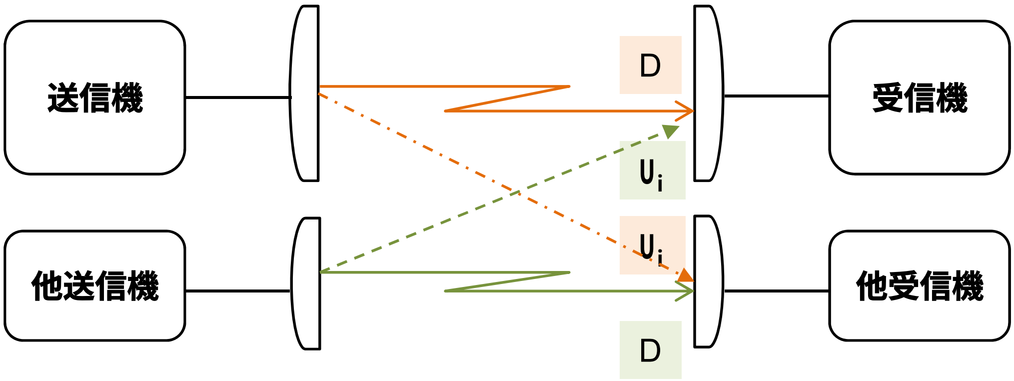
A　標準状態におけるFDM-SSB方式のC/Iは、55dB以上であること。

B　降雨による減衰を考慮したFDM-SSB方式のC/Iは、52dB以上であること。（ベースバンドチャンネルごとの値）

C／Ｉの値の計算式：

$$1/[C/I] = \sum_{i=1}^{m} 1/[C/I_i]$$

$$C/I_i = D/U_i + R$$



m：**妨害波の数**　C/Ii：**i番目の妨害波による搬送波対干渉雑音比**
D/Ui：**希望波対i番目の妨害波受信電力比**
R：**干渉軽減係数**
（**希望波と妨害波の方式又は周波数偏差によって干渉が軽減される度合いを示す係数**）

ウ　電波法関係審査基準におけるC/Iの計算方法

<u>被混信局の搬送波対干渉雑音比（C/I）の計算式</u>

$$\frac{1}{[C/I]} = \sum_{i=1}^{m} \frac{1}{[C/I_i]}$$

$$C/I_i = D/U_i + R$$

m：妨害波数

C/I_i：i 番目の妨害波による搬送波対干渉雑音比

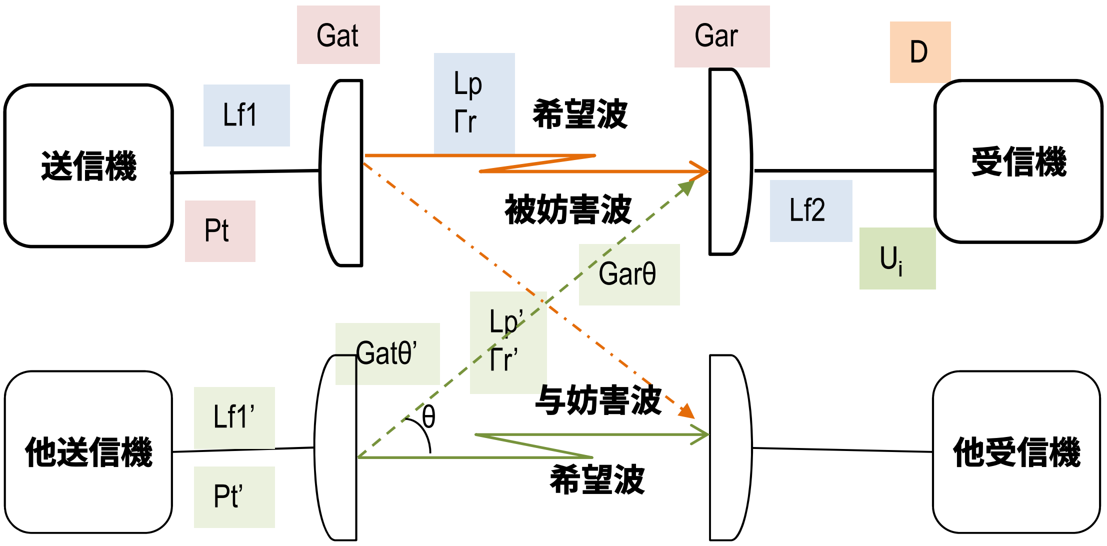
D/U_i：希望波対i 番目の妨害波受信電力比

R：希望波と妨害波の方式又は周波数差によって干渉が軽減される度合いを示す係数

FDM-SSB方式相互間及びFDM-SSB方式と他の方式との干渉軽減係数については、FDM-SSB方式が平坦なスペクトルと特性であること、FDM-SSB方式の熱雑音に対するS/N改善量が0dBであることを考慮し、各方式のフィルタ特性等に応じて適切と認められる値を設定することとする。

D = Pt – Lp – Lf1 – Lf2 + Gat + Gar – Γr

U_i = Pt' – Lp' – Lf1' – Lf2 + Gatθ' + Garθ – Γr' + DR



D:：希望波受信電力　Pt：空中線電力　Lp；伝搬損失　Lf1, Lf2：給電線系損失

Gat：送信空中線の絶対利得　Gar：受信空中線の絶対利得Γr：降雨減衰量

Ui：i番目の妨害波受信電力　Pt'：妨害波送信空中線電力

Lp'：妨害送信点と当該受信機間の伝搬損失

Lf1'：妨害送信点の給電線系損失　　Γr'：降雨減衰量

Gatθ'：妨害波送信空中線の当該受信点方向に対する絶対利得

Garθ：当該受信空中線の妨害波送信点方向に対する絶対利得

DR：降雨減衰差

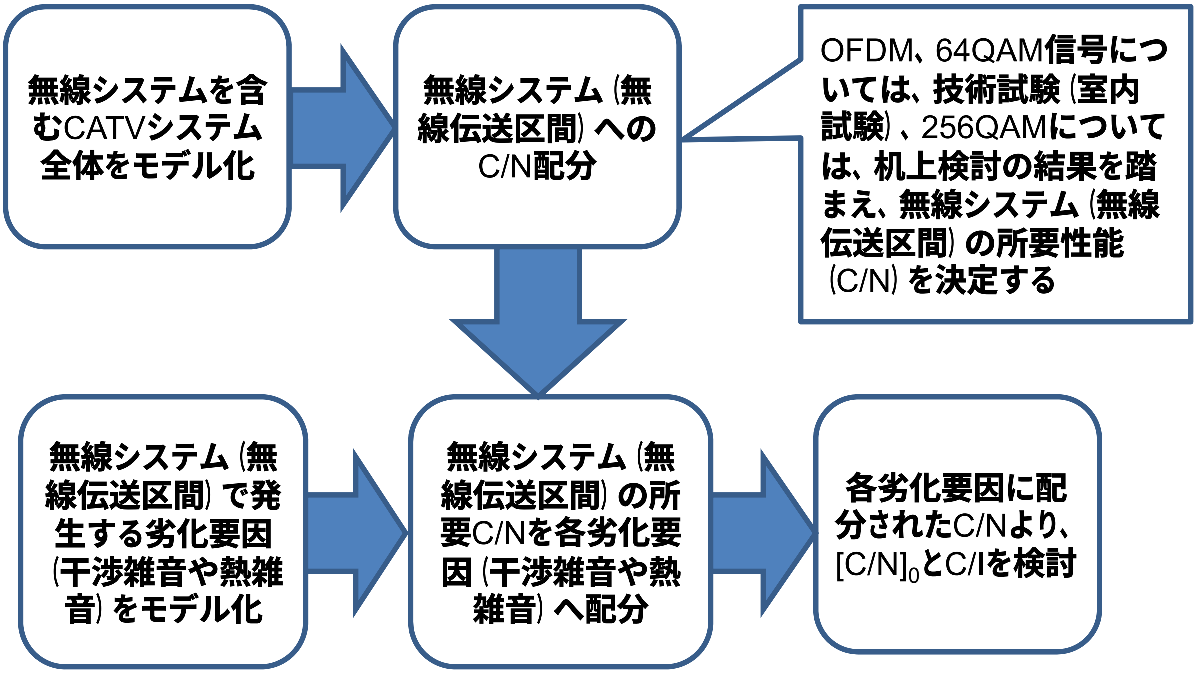
DR = Γr・(θ / 270)　(0°≦θ≦ 90°)

DR = Γr / 3　(90°≦θ≦ 180°)

エ　検討方法について

【検討方法】

平成10年度　電気通信技術審議会答申（諮問102号「有線テレビジョン放送事業用無線局の技術的条件」のうち「23GHz帯を使用する有線テレビジョン放送事業に用いる固定局の技術的条件」）でなされた検討方法に基づき行う。



オ　CATVシステム全体での性能配分

<table>
<tr><th rowspan="2"></th><th rowspan="2">伝送路</th><th colspan="3">伝送性能（C/N比）</th><th rowspan="2">備考</th></tr>
<tr><th>OFD
M</th><th>64
QAM</th><th>256
QAM</th></tr>
<tr><td>1</td><td>受信点</td><td>31dB</td><td>-</td><td>-</td><td>実際の放送波を受信するOFDMのみ規定することとし、放送波中継時の3段目の中継局からの受信を想定。</td></tr>
<tr><td>2</td><td>ヘッドエンド</td><td>45dB</td><td>45dB</td><td>51dB</td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>光伝送路
（HFC幹線）</td><td>41dB</td><td>41dB</td><td>51dB</td><td>一般的な光伝送路の実性能C/N比51dB（アナログ74波伝送）から、一般的な相対信号レベルを考慮した値を採用。また、256QAMについては、より安定した有線系の伝送路に対して大きく性能を配分するため、4dB厳しい51dBとして条件を設定。</td></tr>
<tr><td>4</td><td>無線伝送路</td><td></td><td></td><td></td><td>降雨減衰を考慮した最悪時の性能。
受信者端子におけるC/N比を総合性能とし、各伝送路の性能から電力減算により算出。<table><tr><td>OFDM</td><td>64QAM</td><td>256QAM</td></tr><tr><td>27.1dB</td><td>29dB</td><td>39dB</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>5</td><td>FTTH伝送路</td><td>32dB</td><td>32dB</td><td>39dB</td><td>FTTH伝送路の256QAMのC/N比は38dBであるが、受信者端子における性能を満足出来ないため、1dB厳しい条件を設定。</td></tr>
<tr><td>6</td><td>棟内伝送路</td><td>33dB</td><td>33dB</td><td>39dB</td><td></td></tr>
<tr><td>7</td><td>受信者端子</td><td>24dB
以上</td><td>26dB
以上</td><td>34dB
以上</td><td>有線テレビジョン放送法施行規則より。
CATVシステム全体の総合性能（1～6までの電力和）</td></tr>
</table>

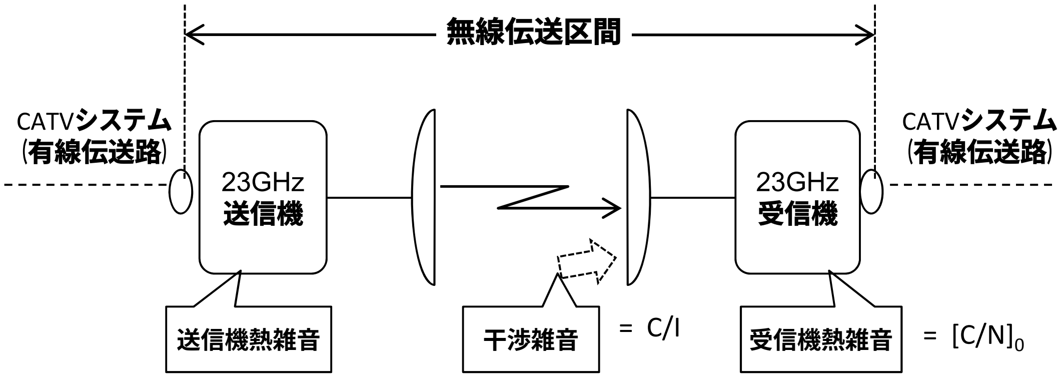
- 各有線伝送路の性能(C/N比)は、日本CATV技術協会 標準規格JCTEA-STD-018より値を採用。(一部例外あり)
- 光伝送路(HFC幹線相当)のC/N比に関しては、一般的な光伝送路の実性能C/N比51dB（アナログ74波伝送）から、一般的な相対信号レベルを考慮した値を採用。（日本CATV技術協会「23GHz無線利活用に関する調査研究報告書(その1)」（平成20年9月）より）
- OFDM信号の受信点C/N比は、放送波中継時の3段目の中継局からの受信を想定し、31dBとした。（ARIB STD-B31 より）
  室内試験では受信点C/N比を34dBとしており、無線伝送区間におけるC/N比の実測値を補正する必要がる。

カ 雑音配分

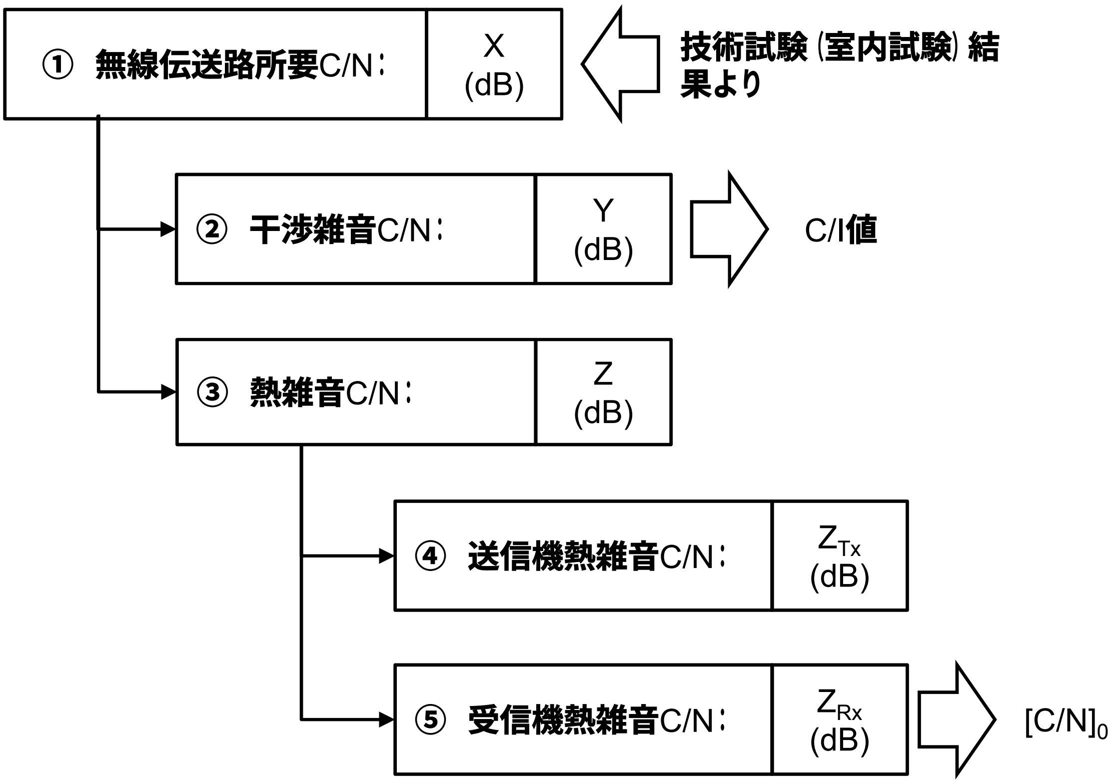
- 技術試験（室内試験）及び机上検討の結果より、 無線伝送区間におけるOFDM、64QAM及び256ＱＡＭ信号の所要性能（C/N比）は、下記表のようになる。

	OFDM	64 QAM	256 QAM	備考
無線伝送区間に配分できるCNR（検討値）	27.1dB	29dB	39dB	性能配分による結果。
無線伝送区間におけるC/N比（試験結果）	26.3dB *	29.0dB	38.9dB **	*OFDM信号の試験結果については、受信点C/N比を34dBとした結果である。 **256QAMについては机上検討値。
無線伝送区間におけるC/N比（補正値）	27.1dB	-	-	受信点C/N比を31dBとして補正したOFDM信号のC/N比。

- 無線伝送区間におけるC/N比を降雨による減衰を考慮した時の値とし、無線伝送区間で発生する劣化要因である熱雑音（送信機熱雑音と受信機熱雑音）と干渉雑音に配分し、受信機熱雑音を受信C/Nの閾値（$[C/N]_0$）とする。

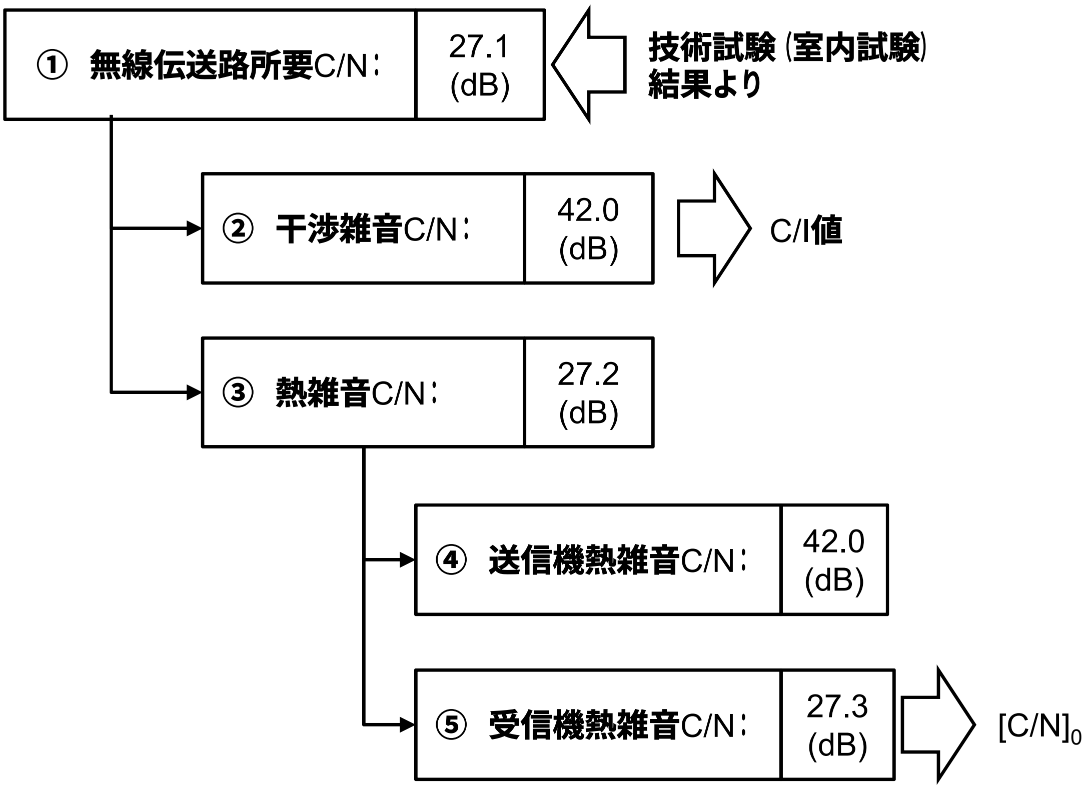


キ　雑音配分モデル



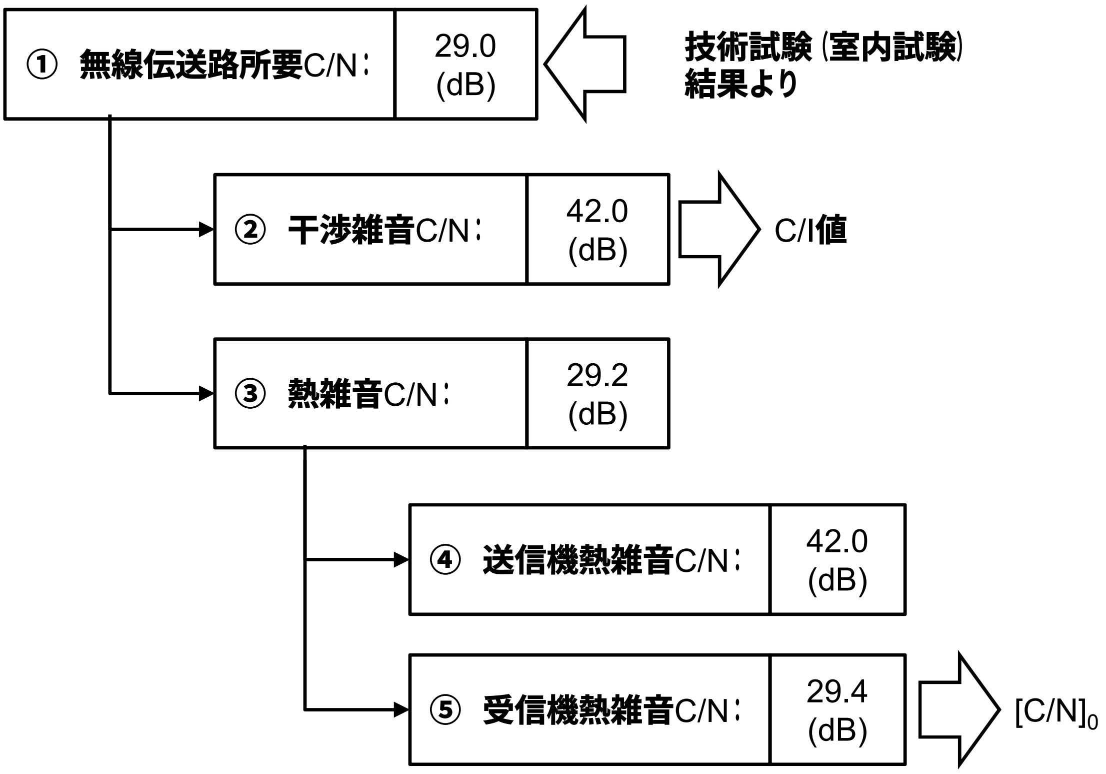
	雑音配分系	備考
①	無線伝送路所要C/N[dB]	CATVシステム全体で有線系と無線系に性能配分した値。 技術試験（室内試験）結果を参照。
②	干渉雑音C/N[dB]	無線区間で発生する干渉雑音。C/I の規定値となる。 FDM-SSB方式の既設局（アナログTV信号伝送）間との干渉を考慮すると、より厳しい現行基準が優先されるため、C/I = 52dBを踏襲することとし、運用レベル差を考慮した値をデジタルTV信号に対する干渉雑音に設定する。
③	熱雑音C/N[dB]	無線伝送区間で発生する熱雑音は、送信機熱雑音と受信機熱雑音とする。
④	送信機熱雑音C/N[dB]	
⑤	受信機熱雑音C/N[dB]	回線設計上の閾値$[C/N]_0$となる。

ク　OFDM信号における雑音配分例



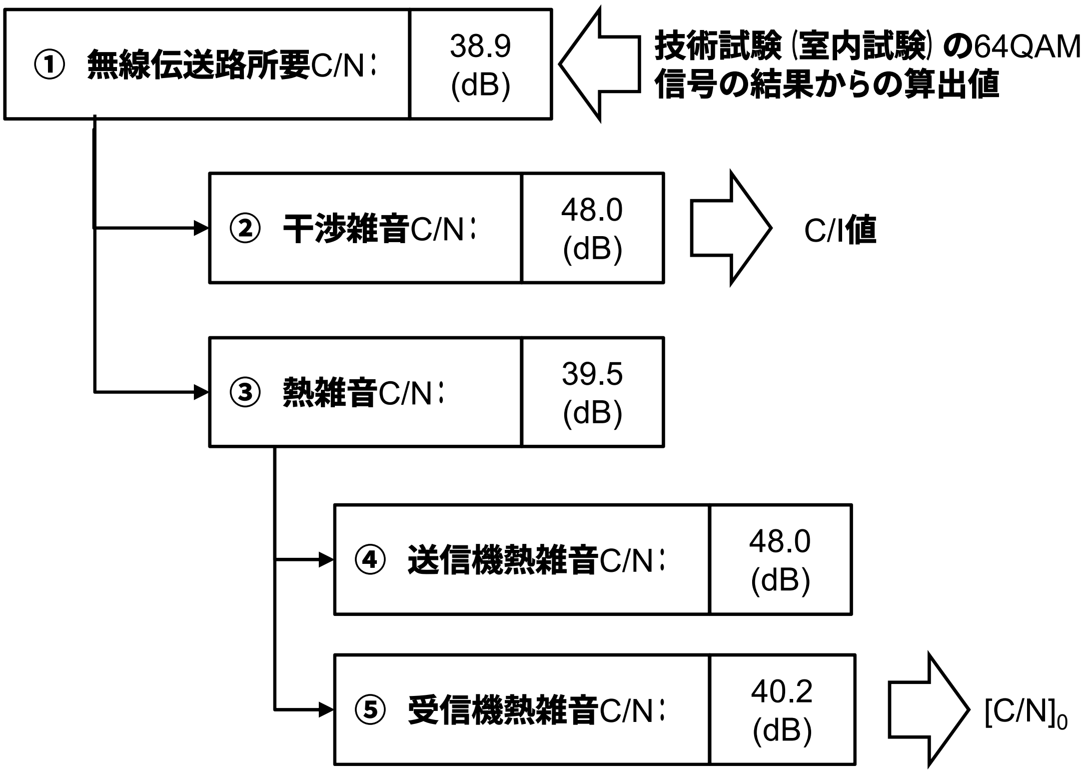
	雑音配分系	備考
①	無線伝送路所要C/N[dB]	受信点C/N比を31dBとしたときの、無線伝送路に配分される所要性能：27.1dBとした。 技術試験（室内試験）結果：26.3dB
②	干渉雑音C/N[dB]	現行基準C/I = 52dBに対して、標準テレビジョン放送信号（NTSC-VSB-AM）との伝送レベル比-10dBを適用し、C/I = 42 dBとした。
③	熱雑音C/N[dB]	
④	送信機熱雑音C/N[dB]	干渉雑音と同程度に設定。（一例）
⑤	受信機熱雑音C/N[dB]	熱雑音C/Nより送信機熱雑音C/Nを電力減算。

ケ　64QAM信号における雑音配分例



	雑音配分系	備考
①	無線伝送路所要C/N[dB]	技術試験（室内試験）結果：29.0dB
②	干渉雑音C/N[dB]	現行基準C/I = 52dBに対して、標準テレビジョン放送信号（NTSC-VSB-AM）との伝送レベル比-10dBを適用し、C/I = 42 dBとした。
③	熱雑音C/N[dB]	
④	送信機熱雑音C/N[dB]	干渉雑音と同程度に設定。（一例）
⑤	受信機熱雑音C/N[dB]	熱雑音C/Nより送信機熱雑音C/Nを電力減算。

コ　256QAM信号における雑音配分例



	雑音配分系	備考
①	無線伝送路所要C/N[dB]	技術試験（室内試験）における64QAM信号の結果から算出した値：38.9dB（計算値）
②	干渉雑音C/N[dB]	現行基準C/I = 52dBに対して、標準テレビジョン放送信号（NTSC-VSB-AM）との伝送レベル比-4dBを適用し、C/I = 48 dBとした。
③	熱雑音C/N[dB]	
④	送信機熱雑音C/N[dB]	干渉雑音と同程度に設定。（一例）
⑤	受信機熱雑音C/N[dB]	熱雑音C/Nより送信機熱雑音C/Nを電力減算。

サ　【参考】混信保護規定に関する審議概要
平成10年度　電気通信技術審議会答申資料より

- 既存の再送信伝送用固定局の混信保護比は、周波数変調にあっては、通信路の標準状態における被混信局の信号対雑音比（以下「S/I」という。）を50dB、降雨による減衰を考慮したS/Iを18dB、また、4相位相偏移変調方式にあっては、降雨による減衰を考慮し、符号誤り率が1×10^{-4}となる搬送波対雑音比（以下「C/I」という。）に3dBを加えた値の19dBとしていた。
- この度、16値直交振幅変調方式及び振幅変調方式（FDM-SSB）の検討を行った結果、16値直交振幅変調方式にあっては、4相位相偏移変調方式と同様、降雨による減衰を考慮し、符号誤り率が1×10^{-4}となるC/Iに3dBを加えた値の26dBとすることが適当である。
- 振幅変調方式（FDM-SSB）にあっては、無線系における妨害波は、受信装置出力においては有線系の相互変調によるビート妨害と同様となることから、有線テレビジョン放送法施行規則第26条の4に規定する搬送波等の条件のうち映像信号搬送波のレベルと相互変調比52dBを確保する必要がある。
- この有線系及び無線系の妨害波は、同一周波数で発生する可能性は少なく、有線系及び無線系の干渉雑音に分配する必要がないことから、加入者系無線分配システムである無線伝送区間において降雨による減衰時でも、C/Iを52dBとすることが適当である。
- また通信路の標準状態にあっても、上記無線系における妨害波は、受信装置出力においては有線系の相互変調によるビート妨害と同様となり、かつ、有線系及び無線系の妨害波は、同一周波数で発生する可能性は少なく、有線系及び無線系の干渉雑音に分配する必要がないことから、標準時におけるC/Iは、ビート妨害に対する望ましい性能55dB（電気通信技術審議会「多チャンネル化等に伴う有線テレビジョン放送施設に関する技術的条件（諮問第30号）」に参考として引用されている「望ましい性能」）を適用することが適当である。

シ ［参考］現行法における混信保護に関する規定方法
平成10年度 電気通信技術審議会答申資料より

・ 無線伝搬上での混信の保護は、ケーブルテレビ信号のVSB-AM方式に対する混信保護の所要性能が最悪値と想定されるため、VSB-AM方式に対する混信保護について検討した。

⑴ 他局からの干渉妨害

無線伝搬路で発生する干渉妨害は線スペクトルであるため受信装置でケーブルテレビ信号に変換されるとビート妨害と同様の妨害となる。この周波数は有線系で発生するビート妨害と異なることから相加の可能性はないので無線系のみ検討する。

したがって、有線テレビジョン放送法施行規則第26条の4の相互変調の規格を適用する。

ア 標準状態におけるD/U

－ VSB-AM方式を使用する搬送波と妨害波とのD/Uは付図-1、別図-2に示す望ましい性能（新しいCATV技術 情報通信審議会二編）55dB以上とする。

イ 最悪時におけるD/U

－ 最悪時は無線区間を含むトータルシステムの性能が有線テレビジョン放送法施行規則第26条の4の値の52dB以上とする。

⑶ 他局への干渉妨害

他の無線局に対して与える混信妨害は有線テレビジョン放送事業用無線局が想定され、被混信局の搬送波対干渉雑音比（C/I）又は信号対干渉雑音比（S/I）の技術基準を満足するように当該無線局の置局設計をするのが妥当である。

ア 標準状態におけるC/I、S/Iは次の基準を満足すること。

－ FDM-SSB方式の場合（C/I）55dB

－ FM方式の場合（S/I）50dB（無評価値）

イ 降雨による減衰を考慮したC/IおよびS/Iは、次表に示す基準値を満足すること。

被混信局の変調方式	標準値
FDM-SSB方式	52dB（C/I）
FM方式	18dB（S/I）
4相PSK方式	19dB（C/I）
16QAM	26dB（C/I）

ス 〔参考〕妨害波等に関する情報

搬送のレベルと雑音レベルとの差（有線テレビジョン放送法施行規則より）

	OFDM	64QAM	256QAM
単一周波数による妨害波	-35dB以下	-26dB以下	-34dB以下

- OFDMにおける「搬送波のレベルと雑音レベルとの差」を規定した理由は次の通り
  - 単一周波数妨害にあっては、実験の結果から、短縮化リードソロモン（204, 188）符号の誤り訂正前での誤り率1×10^{-4}に対する値である-35dBと規定した。

放送波における混信保護比（電波法関係審査基準より）

希望波	妨害波		混信保護比（dB）
アナログ	デジタル	妨害波と希望波が同一チャンネルの場合	45
		妨害波が希望波の上隣接チャンネルの場合	10
		妨害波が希望波の下隣接チャンネルの場合	0
デジタル	アナログ	妨害波と希望波が同一チャンネルの場合	20
		妨害波が希望波の上隣接チャンネルの場合	-24
		妨害波が希望波の下隣接チャンネルの場合	-21
	デジタル	妨害波と希望波が同一チャンネルの場合	28
		妨害波が希望波の上隣接チャンネルの場合	-29
		妨害波が希望波の下隣接チャンネルの場合	-26

(4) 伝送の質(C/N)に関する検討

ア　伝送の質(C/N)の規定イメージ(案)

伝送の質の適切な基準値は、サブキャリアの変調方式、チャンネル数で異なるため、数式により規定する。

(審査基準の規定イメージ)

第5 放送関係、8 有線テレビジョン放送事業用、(1) 放送中継用 (固定局に限る。)

シ　伝送の質

(ア)　通信系の受信端における通信路の信号対雑音比 (以下「S／N」という。)、搬送波対雑音比 (以下「C／N」という。)、回線の信頼度 (回線が断となることなく通信できる時間率をいう。以下同じ。) 等伝送の質の審査は、次の基準により行う。

A　通信路の標準状態におけるS／N (無評価値) は、周波数変調方式の場合、50dB以上であること。

B　一区間当りの回線のS／N及びC／Nは、降雨 (注1) による減衰を考慮するものとして、次表に示す[S／N]$_{0}$及び[C／N]$_{0}$の値以上であること (注2)。

表2　信号対雑音比、搬送波対雑音比の基準値

	変調方式		基準値
アナログ方式			
[C／N]$_{0}$	FDM－SSB方式	NTSC	45dB (無評価値)
		デジタルTV	[C／N]$_{01}$　注3
		NTSC＆デジタルTV	[C／N]$_{02}$　注3
[S／N]$_{0}$	周波数変調方式		18dB (無評価値)
デジタル方式			
[C／N]$_{0}$	4PSK方式		19dB
	16QAM方式		26dB

注1　許容瞬断率に対応した降雨とする。

注2　[C／N]$_{0}$の値は、符号誤り率が1×10^{-4}となるとき熱雑音に配分されたC／Nの値である。

注3　別記1により求める

C　FDM－SSB方式の場合の[C／N]$_{0}$が表2の基準値以下又は周波数変調方式の場合の[S／N]$_{0}$が18dB (無評価値) 以下となる時間率、4PSK方式又は16QAM方式の場合、符号誤り率が1×10^{-4}を超える時間率 (以下「許容断時間率」という。) は、5×10^{-4}／年以下であること。

D　周波数変調方式の場合、標準状態における受信入力は、原則として－40dBmであること。

別記1

1　デジタルTVを伝送する場合の[C／N]$_{01}$は、次式により算出する。

サブキャリア」における各変調方式の[C／N]$_0$相当値は次表のとおり。（以下、別記1内で同様とする。）

変調方式	C／N	数値（dB）
NTSC	[C／N]$_{0NT}$	45
OFDM	[C／N]$_{0OF}$	27．3
256QAM	[C／N]$_{025}$	40．2
64QAM	[C／N]$_{064}$	29．4

（[C／N]$_{0OF}$等、搬送波のレベル差、変調方式毎のチャンネル数により算出式イ-（ｵ）を規定）

2　NTSC及びデジタルTVを伝送する場合の[C／N]$_{02}$は、次式により算出する。

（[C／N]$_{0NT}$等、搬送波のレベル差、変調方式毎のチャンネル数により算出式イ-（ｷ）を規定）

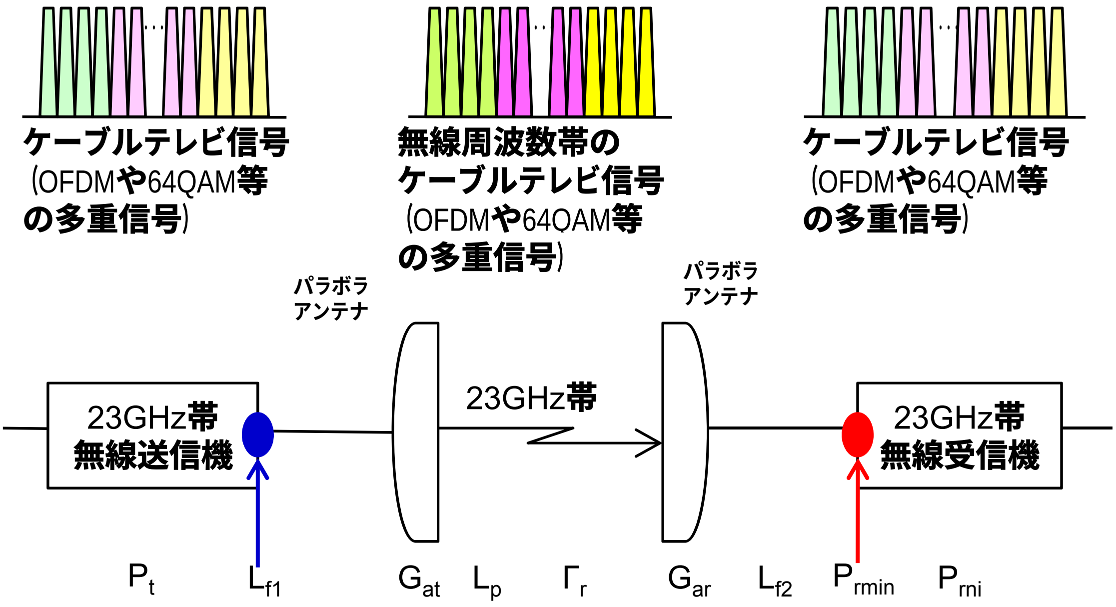
※　8PSK、QPSKについて

23GHz帯固定局のバンド幅からも、衛星系の放送を伝送することは想定できないため、規定の必要がない

イ　算出の考え方及び算出式

(ｱ)　FDM-SSB方式における「伝送の質」について

- 変調方式がFDM-SSBである無線システムは、有線伝送路上で伝送されているケーブルテレビ信号（標準テジタルテレビジョン放送方式やデジタル有線テレビジョン放送方式等を多重化した信号）の周波数配列を並び変えることなく、無線周波数帯（23GHz帯）に周波数変換して一括伝送することができる。
- FDM-SSB方式の搬送波は、変調方式が異なる複数の信号のサブキャリアで構成されており、FDM-SSB方式の搬送波電力は、各サブキャリアの電力の和で表わされる。
- 電波法関係審査基準で規定されているFDM-SSB方式における「伝送の質」は、通信系の受信端における通信路の搬送波対雑音比（以下、「C/N」という。）$[C/N]_0$が、45dB以下となる時間率が5×10^{-4}/年以下であることとなっており、$[C/N]_0$の基準値は、降雨減衰を考慮した受信機への入力レベル（最小受信機入力）と、受信機の熱雑音電力の比で表わされる。



$$[C/N]_0 = P_t - L_p - L_{f1} - L_{f2} + G_{at} + G_{ar} - \Gamma_r - P_{rni}$$

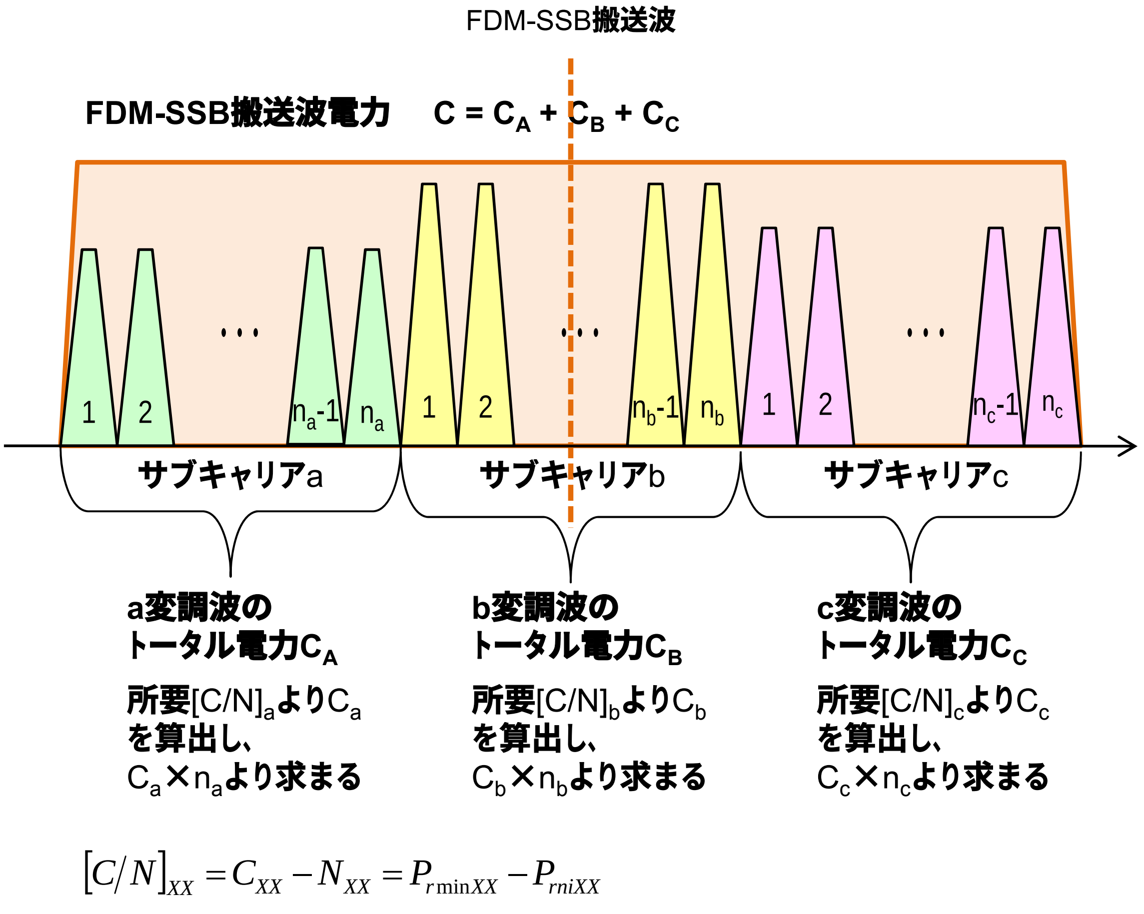
FDM-SSB搬送波の最小受信機入力レベル：C（$=P_{rmin}$）

受信機の熱雑音電力：N（$=P_{rni}$）

P_t：空中線電力　G_{at}：送信空中線の絶対利得　G_{ar}：受信空中線の絶対利得
L_{f1}, L_{f2}：給電線系損失　L_p：自由空間伝搬損失
Γ_r：許容断時間率に対応した降雨減衰量
P_{rni}：受信機の熱雑音電力　P_{rmin}：最小受信機入力

(ｲ)　「伝送の質」を検討する上での基本的な考え方

- ケーブルテレビ信号は、変調方式ごとに受信者端子における所要性能（C/N比）が有線テレビジョン放送法施行規則で規定されており、この基準値をCATVシステムのトータル性能として、各システムへ性能を配分することにより、無線システムにおける変調方式ごとの所要性能を求めることができる。
- FDM-SSB方式の無線システムを利用して、変調方式が異なる信号を多重化したケーブルテレビ信号を伝送する場合、変調方式ごとに無線区間に求められる所要受信C/N比が異なるため、FDM-SSB方式の搬送波の所要性能$[C/N]_0$は、伝送信号の変調方式、信号数により変化する。
- 所要性能が異なる複数の信号をFDM-SSB方式により無線伝送する時の、降雨減衰を考慮したFDM-SSB搬送波の最小受信機入力レベル（$C=P_{rmin}$）は、FDM-SSB方式の搬送波電力が全サブキャリアの電力和となることより、変調方式ごとの所要C/N比から算出できる各サブキャリアの最小受信機入力レベルと、信号数（サブキャリア数）から求めることができる。



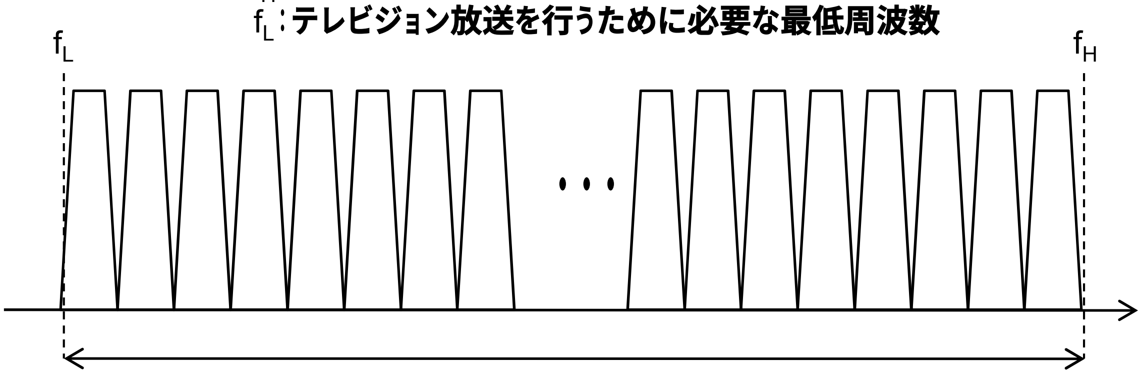
$$[C/N]_{XX} = C_{XX} - N_{XX} = P_{r\min XX} - P_{rniXX}$$

$[C/N]_{XX}$：変調方式ごとの所要受信C/N比　C_{xx}、P_{rminXX}：最小受信機入力レベル
N_{xx}、P_{rniXX}：変調方式ごとの受信機熱雑音電力（= 10log(BW) + NF -114）
BW：変調方式ごとの雑音帯域幅(MHz)　　NF：受信機の雑音指数

(ｳ)　FDM-SSB方式における雑音帯域幅の考え方

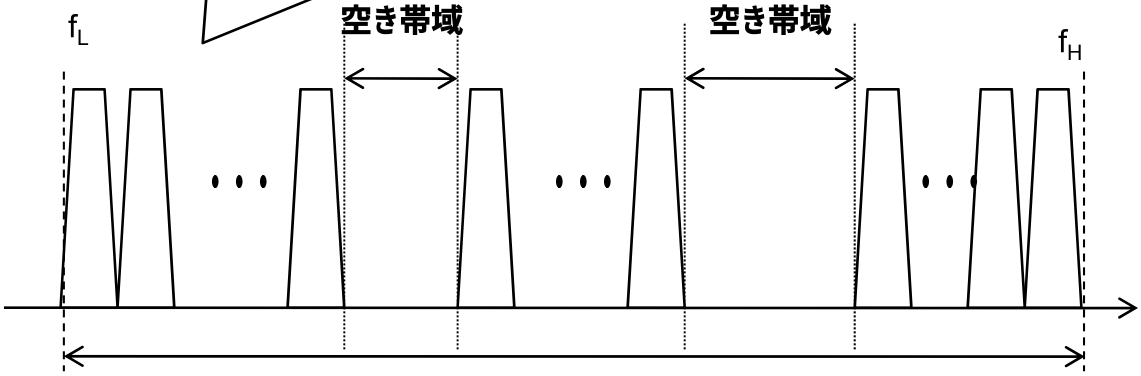
審査基準上の定義

f_H：テレビジョン放送を行うために必要な最高周波数
f_L：テレビジョン放送を行うために必要な最低周波数



FDM-SSB方式における占有周波数帯域幅の許容値：B = f_H - f_L (MHz)
= FDM-SSB方式における受信機の通過帯域幅：B (MHz)

下記のように空き帯域があった場合でも、伝送するチャンネルの最高周波数と最低周波数の差分により雑音帯域幅が決まることになり、算出されるC/N比は、実際の値よりも低くなる。
⇒　所要C/N比45dBに対してはマージンを持つことになり、若干の回線稼動率の向上につながるが、距離によっては導入可能地域への免許が認めらないケースが出てくる。



FDM-SSB方式における占有周波数帯域幅の許容値：B = f_H - f_L (MHz)
= FDM-SSB方式における受信機の通過帯域幅：B (MHz)

$[C/N]_0$の計算式検討に当たっては、使用している帯域のみを考慮する。

(Ⅰ) デジタルTV信号のみの場合の$[C/N]_{01}$式の検討方法

- FDM-SSB搬送波をサブキャリアに分割し、変調方式ごとの所要受信$[C/N]_{0XX}$と、雑音帯域幅B_{XX}より、サブキャリアごとの最小受信機入力レベルP_{rminXX}を求める一般式を検討する。
- FDM-SSB搬送波における最小受信機入力レベルP_{rmin01}は、サブキャリアごとの最小受信機入力レベルと伝送信号数により求まり、その時の全雑音帯域幅BWにおける熱雑音電力P_{rni01}との比より、$[C/N]_{01}$を一般式化する。

STEP1:

変調方式ごとの最小受信機入力P_{rminXX}の算出式を検討

$$[C/N]_{0XX} = P_{rminXX} - P_{rniXX}$$

$[C/N]_{0XX}$ ：変調方式XXの所要受信C/N比

P_{rminXX} ：変調方式XXの最小受信機入力レベル

P_{rniXX} ：変調方式XXにおける熱雑音電力

↓

STEP2：

FDM-SSB搬送波における最小受信機入力P_{rmin01}の算出式を検討

$$P_{rmin01} = \Sigma(P_{rminXX} \times NXX)$$

P_{rmin01} ：FDM-SSB搬送波の最小受信機入力

P_{rminXX} ：変調方式XXの最小受信機入力レベル

NXX：変調方式XXの伝送信号数

↓

STEP3:

FDM-SSB搬送波の熱雑音電力P_{rni01}の算出式を検討

$$P_{rni01} = 10\log(B)+F-114$$

P_{rni01} ：FDM-SSB搬送波の熱雑音電力

$B=\Sigma(B_{xx} \times NXX)$

B_{xx}：変調方式XXの雑音帯域幅

NXX：変調方式XXの伝送信号数

F：受信機の雑音指数

↓

STEP4：

$$[C/N]_{01} = P_{rmin01} - P_{rni01}$$

(ｵ)　デジタルTV信号のみの場合の$[C/N]_{01}$算出式

$$[C/N]_{01} = P_{r\min 01} - P_{rni01}$$

P_{rmin01}：FDM-SSB搬送波における最小受信機入力 (dBm)

$$P_{r\min 01} = 10\log\left[\sum\left(10^{\frac{P_{rniXX}+[C/N]_{0XX}}{10}} \times NXX\right)\right]$$

P_{rniXX}：変調方式ごとの帯域内熱雑音電力 (dBm)

$$P_{rniXX} = 10\log(B_{XX}) + F - 114$$

B_{XX}：変調方式ごとの雑音帯域幅 (MHz)

F：受信機の熱雑音指数 (dB)。 以下同じ。

$[C/N]_{0XX}$：変調方式ごとの所要受信C/N比 (dB)

NXX：変調方式ごとの伝送信号数。 以下同じ。

P_{rni01}：受信機の熱雑音電力 (dBm)

$$P_{rni01} = 10\log(B) + F - 114$$

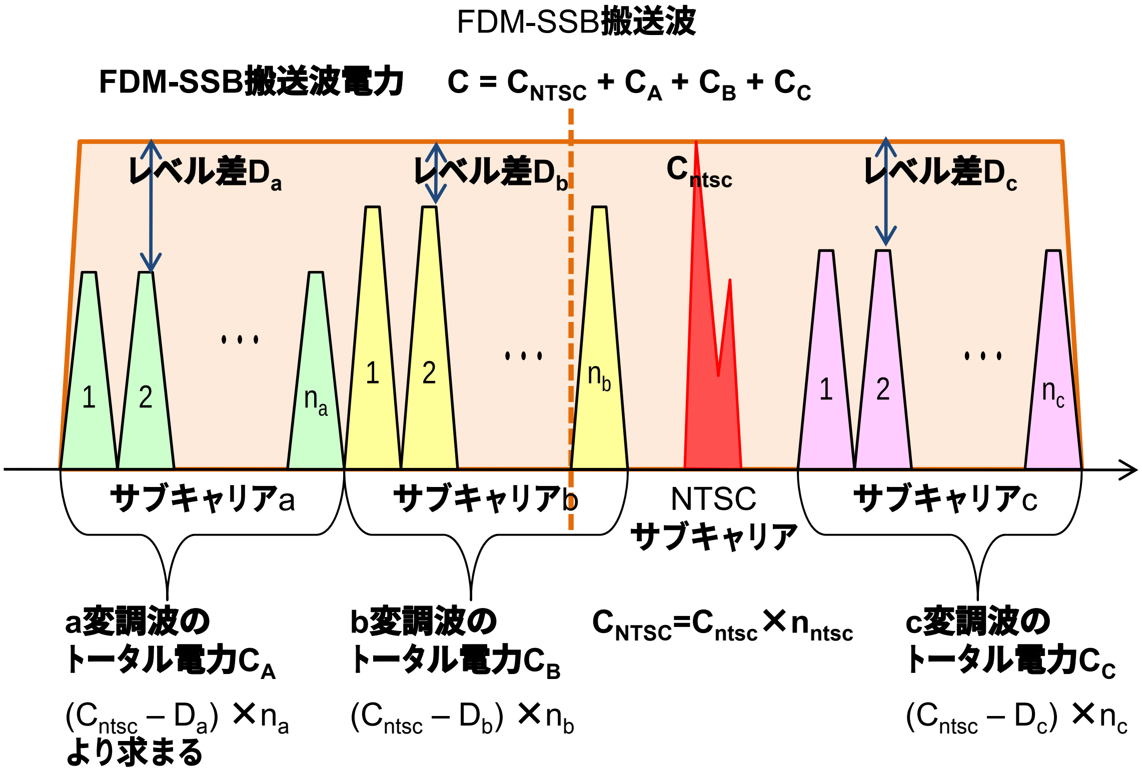
B：受信機の通過帯域幅 (MHz)

$$B = \sum(B_{XX} \times NXX)$$

XX	変調方式	$[C/N]_{0XX}$	雑音帯域幅[MHz]
OF	OFDM	27.3	5.6
25	256QAM	40.2	5.3
64	64QAM	29.4	5.3

(カ) デジタル・アナログ信号混在時の $[C/N]_{02}$ 式の検討

- デジタルテレビ信号（OFDMや64QAM等）とアナログテレビ信号（NTSC-VSB-AM）を多重化したケーブルテレビ信号では、相互の信号品質に影響を与えないように、レベル差伝送を実施しており、一般的には、アナログテレビ信号レベルに対してデジタルテレビ信号を-10dBとしている（※注：伝送路やシステムの状況により異なる）。
- FDM-SSB方式の無線システムでは、有線伝送路上で伝送されているケーブルテレビ信号の周波数配列を並び変えることなく、無線周波数帯（23GHz帯）に周波数変換して一括伝送するという特性上、有線系で設定されたレベル差は、無線伝送路上でも保持される。
- アナログテレビ信号（NTSC-VSB-AM）を伝送するときのFDM-SSB方式における「伝送の質」は、電波法関係審査基準において$[C/N]_0$=45dBと規定されており、デジタルテレビ信号（OFDMや64QAM等）を混在して伝送させる場合、デジタルテレビ信号の所要性能は、$[C/N]_0$と有線系で設定されたレベル差により決まることになる。
- デジタルテレビ信号とアナログテレビ信号混在時のFDM-SSB搬送波の所要受信C/N比（$[C/N]_{02}$）の算出式を検討するに当たり、$[C/N]_0$からアナログテレビ信号（NTSC-VSB-AM）のサブキャリアにおける最小受信機入力P_{rminNT}を求める一般式を検討し、その数式にデジタル信号における運用レベル差D_{XX}を適用することにより、デジタル変調方式ごとの受信機入力レベル$P_{rminDXX}$を求める。
- FDM-SSB搬送波における最小受信機入力レベルP_{rmin02}は、サブキャリアごとの最小受信機入力レベルと伝送信号数により求まり、その時の全雑音帯域幅BWにおける熱雑音電力P_{rni02}との比より、$[C/N]_{02}$を一般式化する。



(ｷ) デジタル・アナログ信号混在時の [C/N]$_{02}$算出式

$$[C/N]_{02} = P_{r\min 02} - P_{rni02}$$

P_{rmin02}：FDM-SSB搬送波におけるデジタル・アナログ信号混在時の最小受信機入力 (dBm)

$$P_{r\min 02} = 10\log\left[\left(10^{\frac{P_{rniNT}+45}{10}} \times NNT\right) + \sum\left(10^{\frac{P_{rniNT}+45-D_{XX}}{10}} \times NXX\right)\right]$$

P_{rniNT}：NTSC-VSB-AMの帯域内熱雑音電力 (dBm)

$$P_{rniNT} = 10\log(4.0) + F - 114$$

F：受信機の熱雑音指数 (dB)。 以下同じ。

NNT：NTSC-VSB-AM信号の伝送信号数。

NXX：変調方式ごとの伝送信号数。 以下同じ。

D_{XX}：変調方式ごとの運用レベル差 (dB)

P_{rni02}：受信機の熱雑音電力 (dBm)

$$P_{rni02} = 10\log(B) + F - 114$$

B：受信機の通過帯域幅 (MHz)

$$B = \sum (B_{XX} \times NXX)$$

※ 伝送する全ての変調信号について合算すること。

XX	変調方式	雑音帯域幅[MHz]
NT	NTSC-VSB-AM	4.0
OF	OFDM	5.6
25	256QAM	5.3
64	64QAM	5.3

(ｸ) 【$[C/N]_{01}$参考】

A 【$[C/N]_{01}$参考】変調方式ごとの最小受信機入力算出式

- 変調方式ごとの所要受信$[C/N]_{0XX}$より、変調方式ごとの最小受信入力レベルP_{rminXX}を算出する一般式は次の通り

P_{rminxx} = $[C/N]_{0XX}$ + P_{rniXX}

$[C/N]_{0XX}$：変調方式ごとの所要受信C/N比

$[C/N]_{0OF}$：OFDM信号1チャンネルにおける所要受信C/N比

$[C/N]_{025}$：256QAM信号1チャンネルにおける所要受信C/N比

$[C/N]_{064}$：64QAM信号1チャンネルにおける所要受信C/N比

P_{rniXX}：変調方式ごとの帯域内熱雑音電力 = 10log(B_{XX}) + F – 114

F：受信機の雑音指数

B_{OF}：OFDM信号1チャンネルにおける通過帯域幅 (5.6MHz)

B_{25}：256QAM信号1チャンネルにおける通過帯域幅 (5.3MHz)

B_{64}：64QAM信号1チャンネルにおける通過帯域幅 (5.3MHz)

B 【$[C/N]_{01}$参考】FDM-SSB搬送波における最小受信機入力算出式

- 変調方式ごとの最小受信入力レベルP_{rXX}と伝送信号数NXXより 、FDM-SSB搬送波の最小受信機入力レベルP_{rmin01}を算出する。

P_{rmin01} =10log(C_r)

C_r = 10^(P_{rminOF}/10) ×NOF + 10^(P_{rmin25}/10) ×N25 + 10^(P_{rmin64}/10) ×N64

C_r：FDM-SSB搬送波の最小受信機入力 (mW)

NOF：OFDM信号の伝送信号数

N25：256QAM信号の伝送信号数

N64：64QAM信号の伝送信号数

$$P_{r\min 01} = 10\log\left[\left(10^{\frac{P_{rniOF}+[C/N]_{0OF}}{10}}\times NOF\right)+\left(10^{\frac{P_{rni25}+[C/N]_{025}}{10}}\times N25\right)+\left(10^{\frac{P_{rni64}+[C/N]_{064}}{10}}\times N64\right)\right]$$

C 【$[C/N]_{01}$参考】FDM-SSB搬送波の熱雑音電力算出式

- **変調方式ごとの伝送信号数**（NXX）**と受信機の雑音指数より、**FDM-SSB**搬送波の熱雑音電力**P_{rni01}**を算出する。**

$P_{rni\ 01}$=10log(B) + F – 114 (dBm)

B：**受信機の通過帯域幅**(MHz)

B = B_{OF}×NOF + B_{25}×N25 + B_{64}×N64

B_{OF}：OFDM**信号**1**チャンネルにおける通過帯域幅**（5.6MHz）

B_{25}：256QAM**信号**1**チャンネルにおける通過帯域幅**（5.3MHz）

B_{64}：64QAM**信号**1**チャンネルにおける通過帯域幅**（5.3MHz）

NOF：OFDM**信号の伝送信号数**

N25：256QAM**信号の伝送信号数**

N64：64QAM**信号の伝送信号数**