

日付：2004 年 8 月 19 日、20 日

提出元：住友電気工業株式会社

題名：ビル設置 VDSL への干渉軽減のための、VDSL 上り帯域を用いる局設置方式の上り PSD マスクの一検討

1 はじめに

SMS-15-SEI-05 では、局設置方式からビル内 VDSL への干渉軽減を目的として、

- ビル内 VDSL への干渉を軽減させるために局設置の DSL システムに PSD マスクを設ける
- ビル設置の VDSL への干渉の許容基準の議論を開始する

の 2 点を提案した。

本寄書では上記提案を基に、検討の一例として、ビル設置の VDSL への干渉の許容基準を「線路長 100m 以遠のビル内 VDSL ユーザを自己漏話以下の影響に抑える」としたときの PSD マスクの算出を行う。

まず、種々の形に PSD 低減を行ったときのビル内 VDSL への漏話の影響をシミュレーションする(2～7 節)。このシミュレーション結果を基に、上記許容基準を満足する PSD マスクを求める(8 節)。

本寄書は、課題表 7.3 節「ビル設置の VDSL への干渉軽減を目的としたスペクトル管理を行うべきか？」に関連し、情報提供を目的とした寄書である。

2 シミュレーション条件

- ・ シミュレーションモデル：

図 1 に示す漏話モデルを用いる。実際には局設置 VDSL 下りからの近端漏話も存在するが、US1 帯域では下りは帯域外であること、局舎～ビル入口までの線路長で信号が減衰されることから、モデルの簡略化のため遠端漏話のみ考慮する。

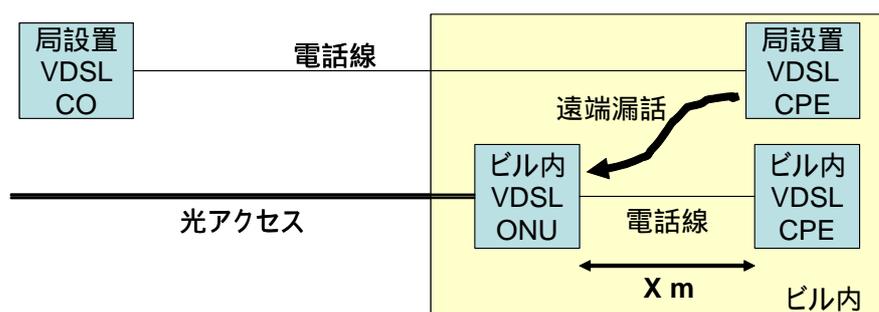


図 1 漏話モデル

- ・ ケーブル特性：

G.993.1 Annex F で規定されている 0.4mm CCP ケーブル特性を用いる。

計算対象の線路長(図 1 の X m に相当する線路長)は、50m から 500m まで 50m ステップとする。

- ・ 収容条件：
 - 同一カッドを含む 5 回線 99%累積値 (FPSL=51.5) (JJ100.01 条件)

- ・ ビル内 VDSL の上り送信 PSD：
 - G.993.1 Annex F で規定されている PSD および PBO を適用する。

- ・ 局設置 VDSL の上り送信 PSD：
 - SMS-14-07 同様 T1.424 で規定されている PSD 2 種類(M1, M2)及び低減 PSD 12 種類の合計 14 種類を想定する。
 - PSD の低減方法は線路長に依存しない固定値の PSD を想定する。
 - ◇ 上り第 1 バンド、第 2 バンドとも一律に PSD を低減 (4 節)
 - M1 PSD から 5dB 低減、10dB 低減、15dB 低減、20dB 低減
 - ◇ 上り第 1 バンドに重みをつけて PSD 低減 (SMS-14-07 と同じ) (5 節)
 - 低減 PSD(A): Annex F 線路長 200m に該当する PSD
 - 低減 PSD(B): Annex F 線路長 100m に該当する PSD
 - 低減 PSD(C): Annex F 線路長 0m に該当する PSD
 - ◇ どちらかのバンドを不使用 (6 節)
 - 第 2 バンド不使用 (第 1 バンドは M1 PSD)
 - 第 1 バンド不使用 (第 2 バンドは M1 PSD)
 - 第 1 バンド不使用 + 第 2 バンド M1 PSD から 5dB 低減
 - 第 1 バンド不使用 + 第 2 バンド M1 PSD から 10dB 低減
 - 第 1 バンド不使用 + 第 2 バンド M1 PSD から 15dB 低減
 - ◇ 上り第1バンドの一部を不使用にし、使用帯域で一律に PSD 低減 (7 節)
 - 今後検討

- ・ RFI ノッチ：
 - すべての条件で適用する。

- ・ ビットローディング：
 - 最大ビット 8bit で計算する。

- ・ その他の条件は JJ100.01 第 2 版に従う。

3 PSD 低減をしない場合

まず、PSD 低減を行わず、T1.424 で規定されている M1, M2 それぞれを使用したとき(図 2)の、ビル内 VDSL への影響を図 3、図 4、図 5 に示す。この計算結果は、SMS-14-07 掲載のものと同じである。

この結果から、局設置方式がフルパワーの場合、ビル内 VDSL に非常に大きな干渉を与えることが読み取れ、ビル内 VDSL への影響を軽減するために、上り電力を抑える必要があることがわかる。

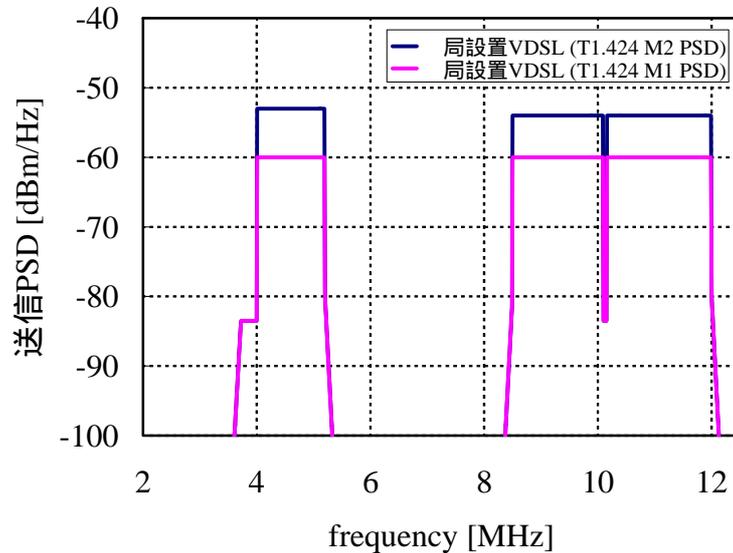


図 2 PSD 低減をしない場合(T1.424 に規定の M1, M2 を用いた場合)の送信 PSD

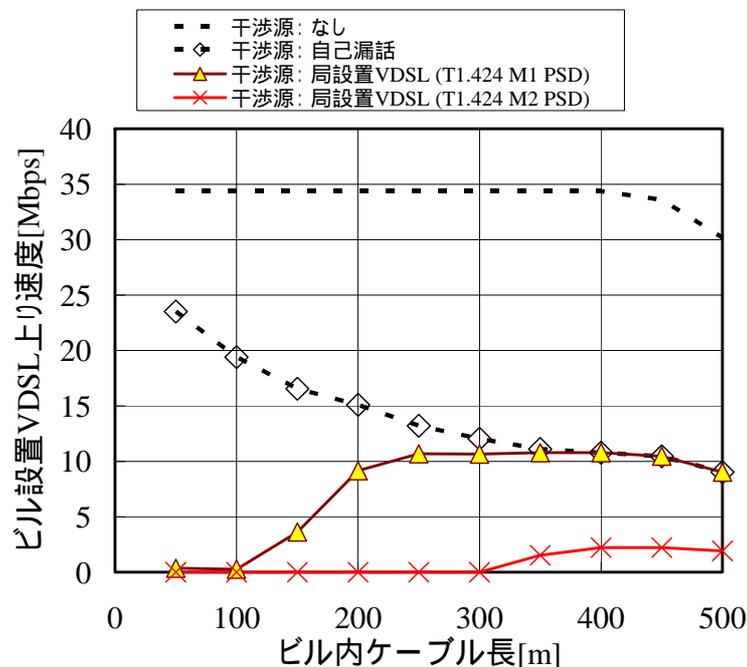


図 3 局設置 VDSL 漏話下でのビル内 VDSL の上り伝送速度計算結果 (PSD 低減をしない場合、第 1 バンド+第 2 バンド)

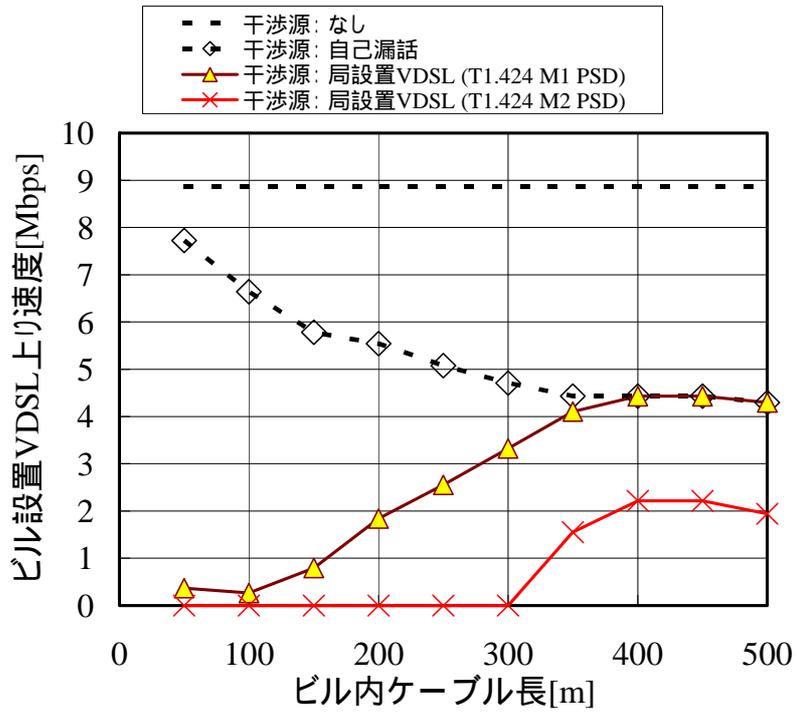


図 4 局設置 VDSL 漏話下でのビル内 VDSL の上り伝送速度計算結果 (PSD 低減をしない場合、第 1 バンド)

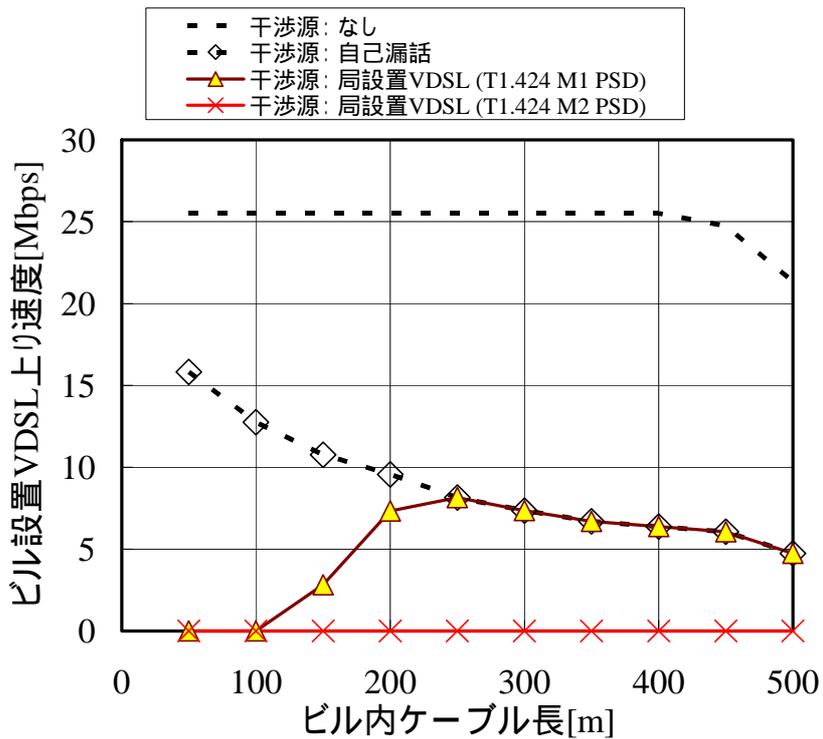


図 5 局設置 VDSL 漏話下でのビル内 VDSL の上り伝送速度計算結果 (PSD 低減をしない場合、第 2 バンド)

4 上り第1バンド、第2バンドとも一律に PSD を低減

局設置方式の上り第1バンド、第2バンドを一律の PSD 低減したときのビル内 VDSL への影響を検討する。局設置方式の PSD は図 6 のように、一律 5dB、10dB、15dB、20dB 低減させる。この計算結果を図 7、図 8、図 9 に示す。

線路長 100m 以遠のビル内 VDSL ユーザを自己漏話以下の影響に抑えようとする、局設置方式の上り電力を M1 PSD から約 13dB 低減する必要がある(図 7 より)。ただし、上り第1バンドしか使用しないシステムへの保護を考慮した場合は、約 16dB 低減しなければならない(図 8 より)。

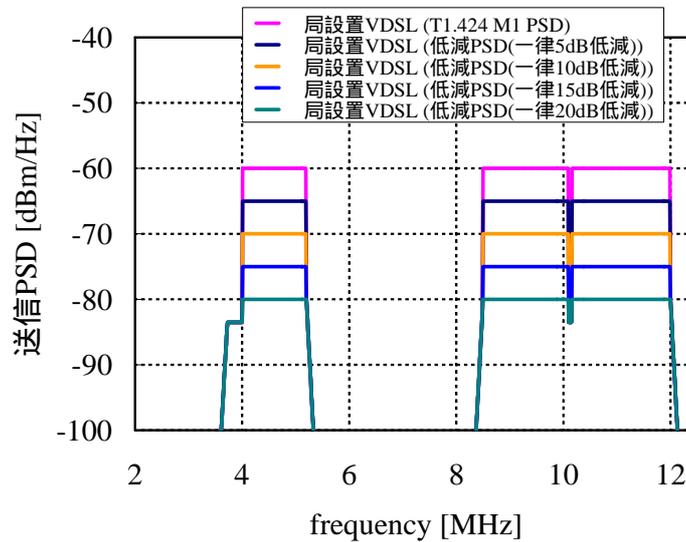


図 6 一律に PSD 低減した場合の上り PSD

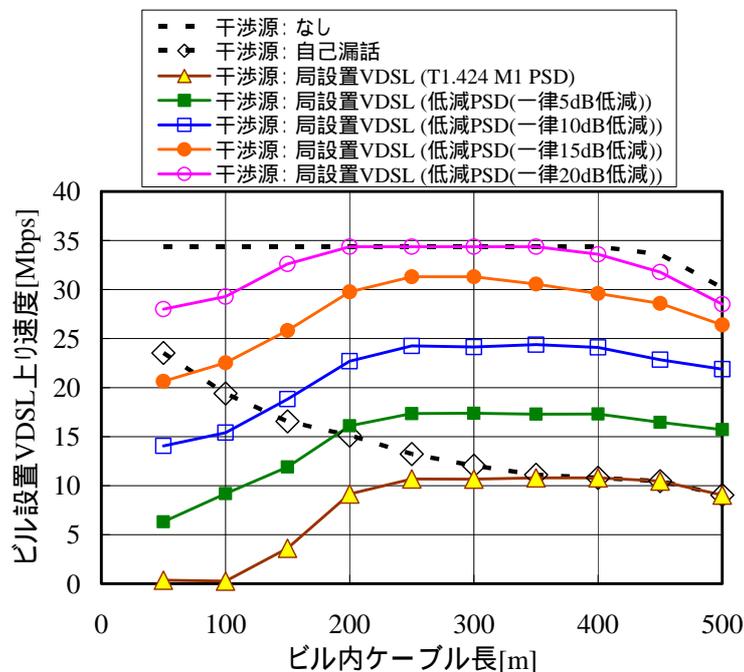


図 7 局設置 VDSL 漏話下でのビル内 VDSL の上り伝送速度計算結果 (局設置 VDSL を一律に PSD 低減した場合、第1バンド+第2バンド)

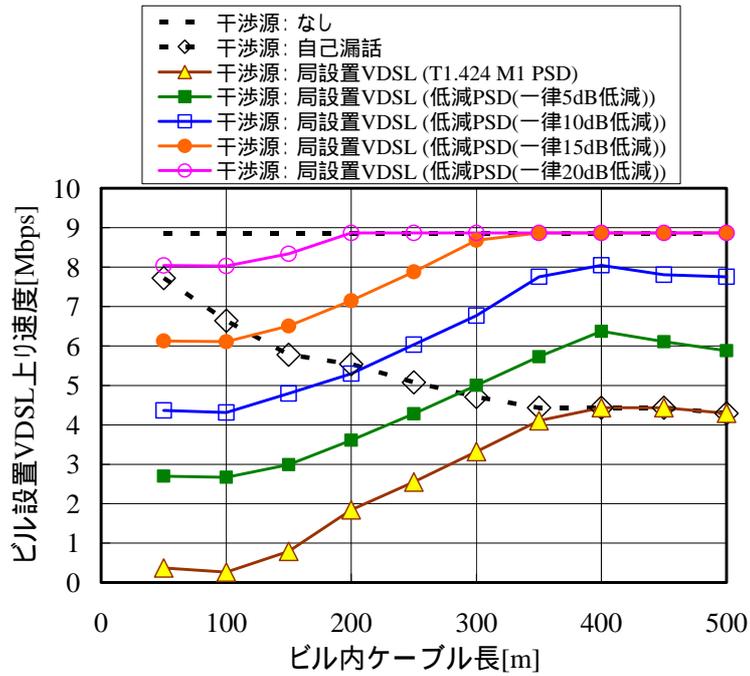


図 8 局設置 VDSL 漏話下でのビル内 VDSL の上り伝送速度計算結果 (局設置 VDSL を一律に PSD 低減した場合、第 1 バンド)

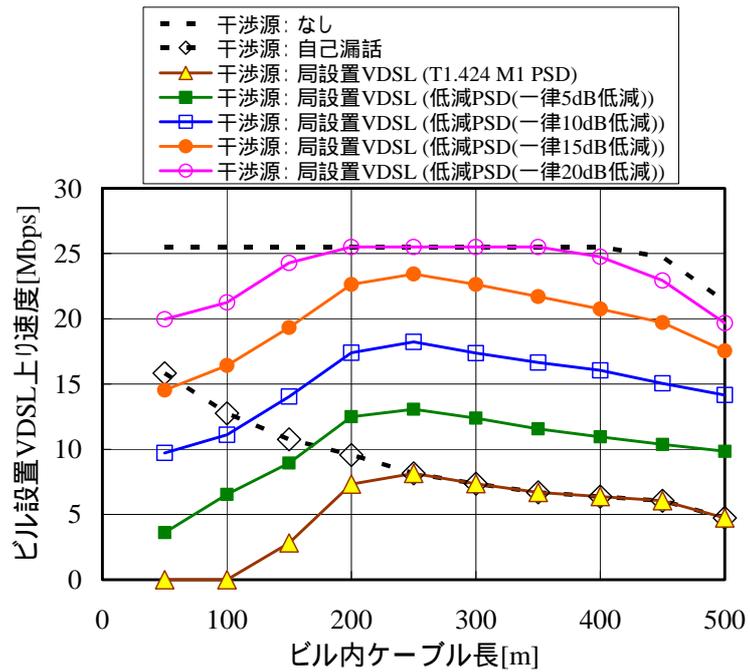


図 9 局設置 VDSL 漏話下でのビル内 VDSL の上り伝送速度計算結果 (局設置 VDSL を一律に PSD 低減した場合、第 2 バンド)

5 上り第1バンドに重みをつけて PSD 低減

局設置方式の上り第1バンドに重みをつけて PSD 低減したときのビル内 VDSL への影響を検討する。局設置方式の PSD は図 10 のように、(A),(B),(C)3 種類の低減 PSD を用いる(この低減(A),(B),(C)は SMS-14-07 掲載のものと同じ PSD)。この計算結果を図 11、図 12、図 13 に示す。

線路長 100m 以遠のビル内 VDSL ユーザを自己漏話以下の影響に抑えようとする局設置方式の PSD を低減 PSD(B)にする必要がある。また、上り第1バンドしか使用しないシステムへの保護を考慮した場合でも同様に低減 PSD(B)でよい。

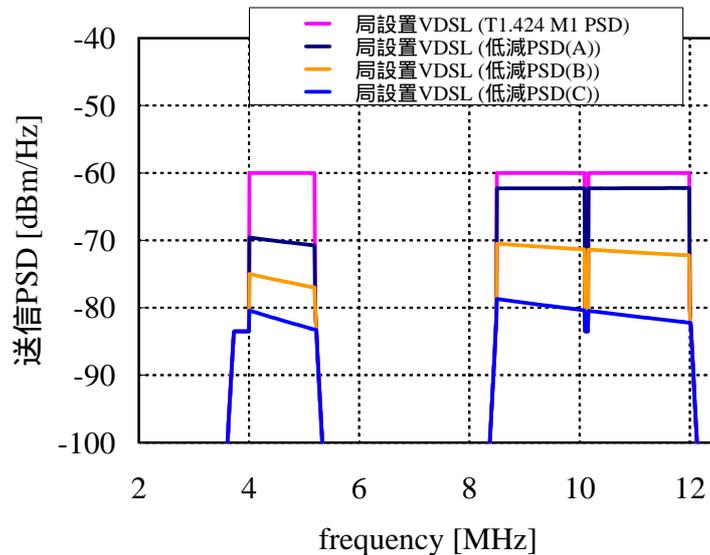


図 10 上り第1バンドに重みをつけて PSD 低減した場合の上り PSD

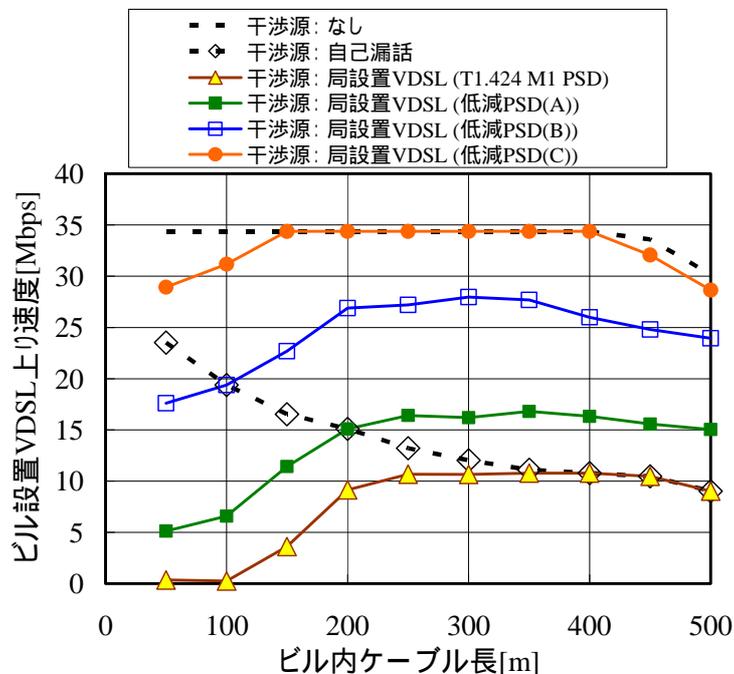


図 11 局設置 VDSL 漏話下でのビル内 VDSL の上り伝送速度計算結果
(局設置 VDSL の上り第1バンドに重みをつけて PSD 低減した場合、第1バンド+第2バンド)

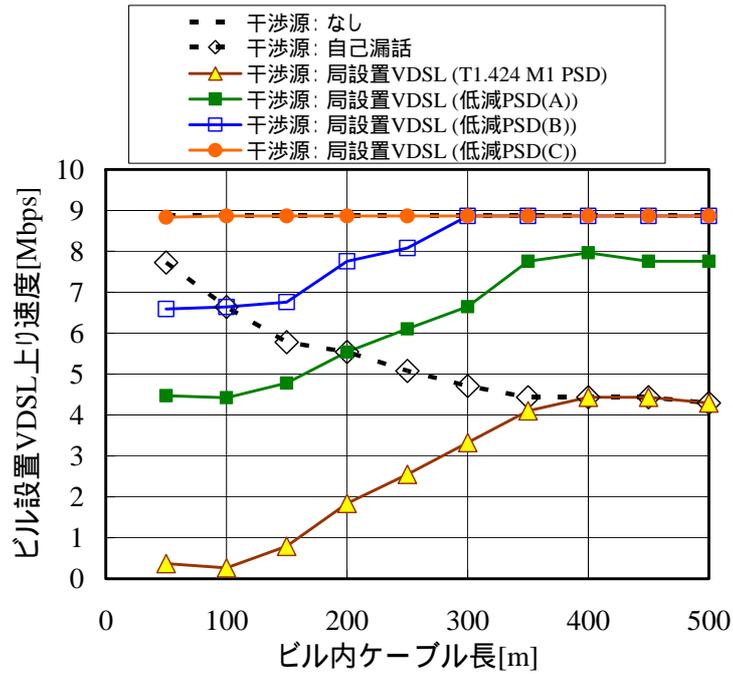


図 12 局設置 VDSL 漏話下でのビル内 VDSL の上り伝送速度計算結果
(局設置 VDSL の上り第 1 バンドに重みをつけて PSD 低減した場合、第 1 バンド)

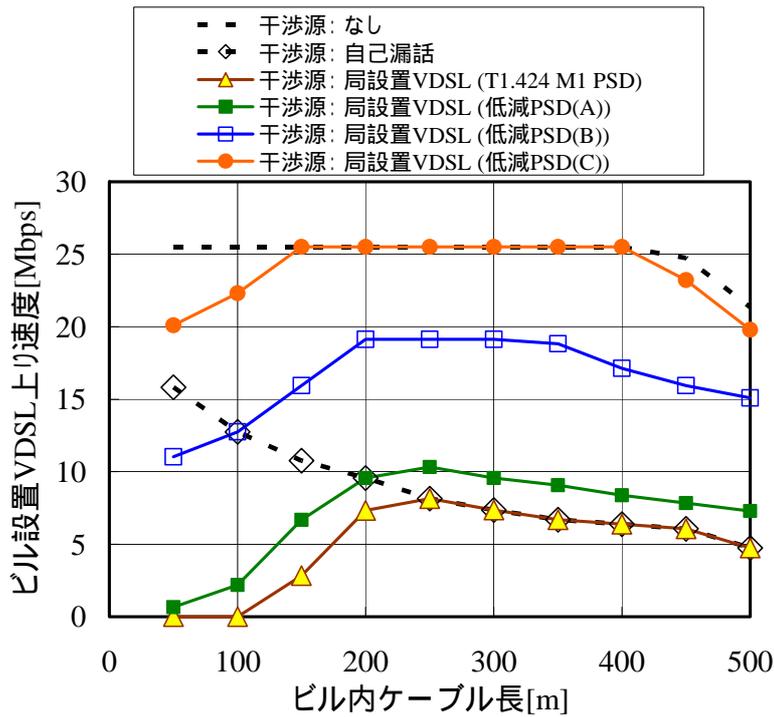


図 13 局設置 VDSL 漏話下でのビル内 VDSL の上り伝送速度計算結果
(局設置 VDSL の上り第 1 バンドに重みをつけて PSD 低減した場合、第 2 バンド)

6 どちらかのバンドを不使用

局設置方式の上り第1バンドまたは第2バンドを不使用にしたときのビル内VDSLへの影響を検討する。局設置方式のPSDは図14のとおりである。この計算結果を図15、図16、図17に示す。

局設置方式の上り第2バンドを不使用にした場合、ビル内VDSLの第2バンドの速度は大きく向上するが、ハンドシェイクのやり取りをする第1バンドでの環境が壊滅的なため、ビル内VDSLが接続しない可能性もある。また、上り第1バンドしか使用しないシステムへの保護を考えると局設置方式の第2バンドを不使用にするよりも、第1バンドを不使用にするほうが良策である。

上り第1バンドを不使用にした場合に、線路長100m以上のビル内VDSLユーザを自己漏話以下の影響に抑えようとすると、上り第2バンドの電力を約10dB低減する必要がある。

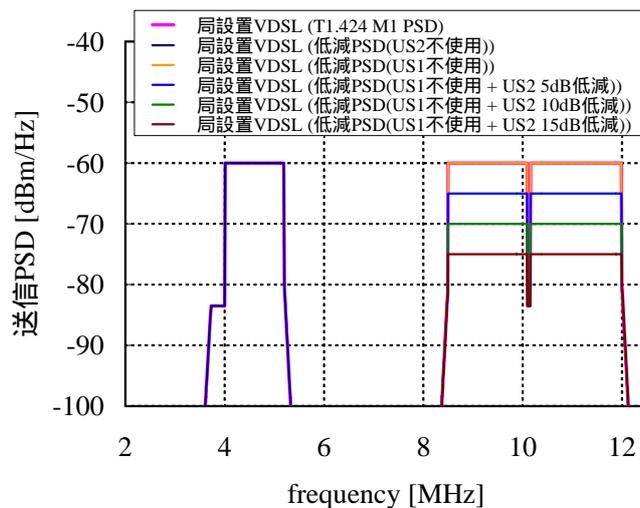


図14 どちらかのバンドを不使用にした場合の上りPSD

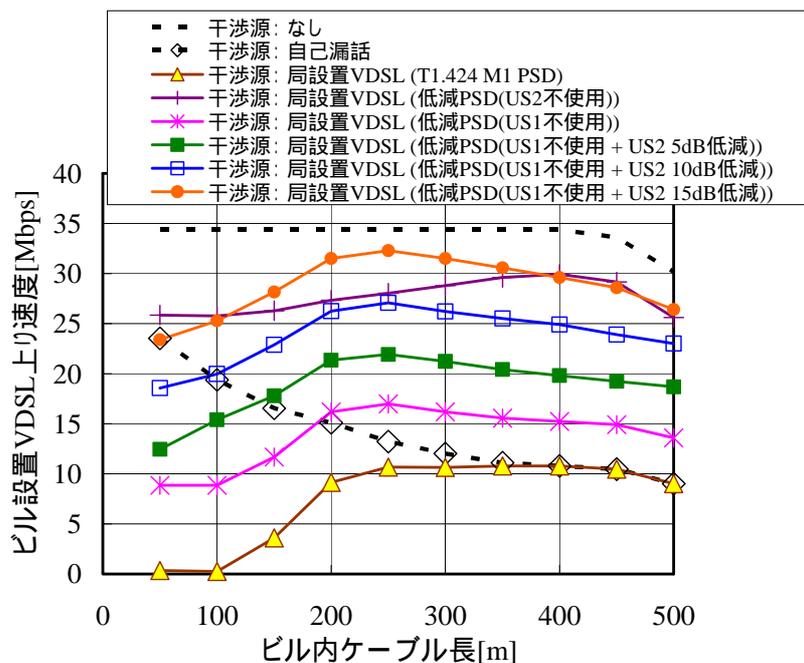


図15 局設置VDSL漏話下でのビル内VDSLの上り伝送速度計算結果
(局設置VDSLのどちらかのバンドを不使用にした場合、第1バンド+第2バンド)

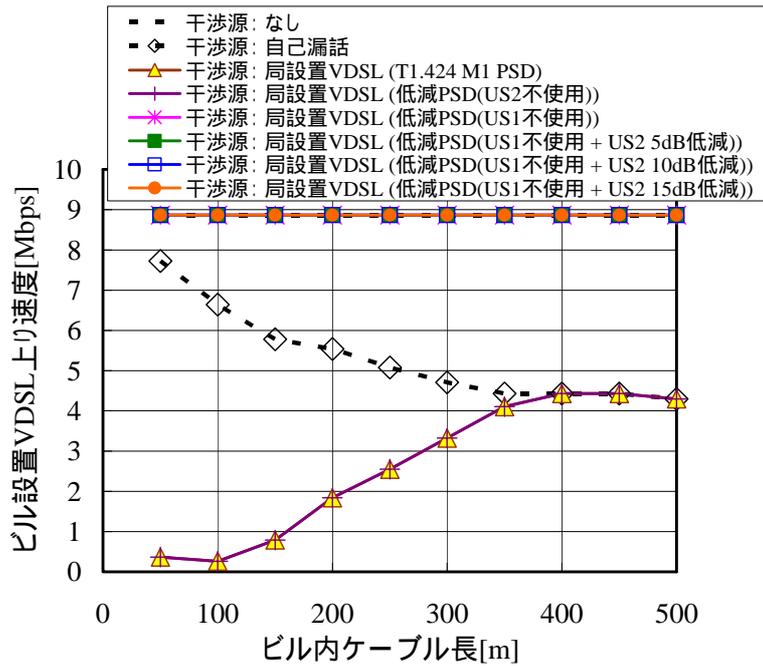


図 16 局設置 VDSL 漏話下でのビル内 VDSL の上り伝送速度計算結果 (局設置 VDSL のどちらかのバンドを不使用にした場合、第 1 バンド)

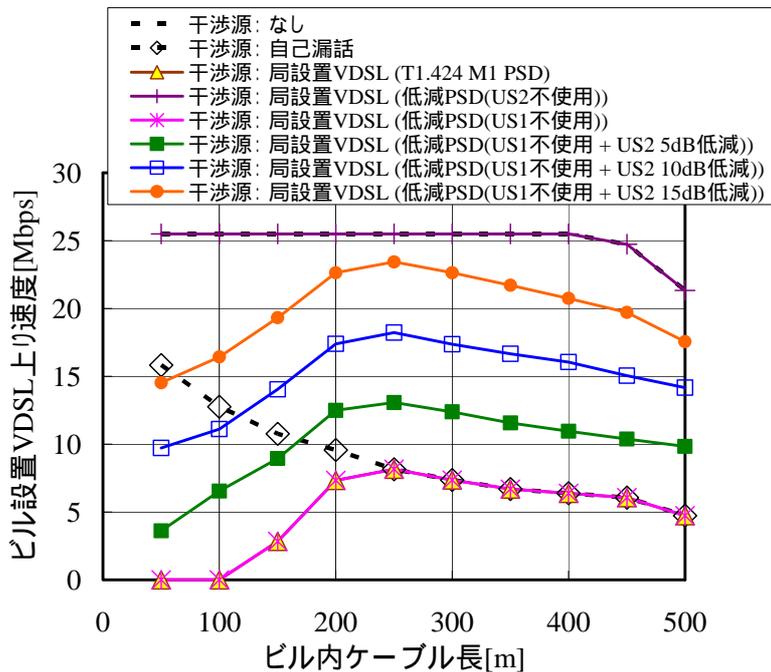


図 17 局設置 VDSL 漏話下でのビル内 VDSL の上り伝送速度計算結果 (局設置 VDSL のどちらかのバンドを不使用にした場合、第 2 バンド)

7 上り第1バンドの一部を不使用にし、使用帯域を一律に PSD 低減

局設置方式の上り第1バンドの一部を不使用にし、使用帯域を一律に PSD 低減したときのビル内 VDSL への影響を検討する。例えば、上り第1バンドで、ビル内 VDSL がハンドシェイクに使用する帯域を不使用にし、残りの帯域を PSD 低減するという手法である。この手法は今後検討する。

8 PSD マスク

本寄書では、局設置方式の PSD を種々の形に低減したときのビル設置 VDSL への影響をシミュレーションにより検討した。この検討結果から、与える影響の許容基準を「線路長 100m 以遠のビル内 VDSL ユーザを自己漏話以下の影響に抑える」とした場合、表 1 に示すだけの PSD 低減が必要である。

表 1 線路長 100m 以遠のビル内 VDSL ユーザを自己漏話以下の影響に抑える場合に、局設置方式に必要な PSD 低減量 (M1 PSD から低減すべき量)

	フラットに PSD 低減	US1 に重みをつけて PSD 低減	US1 を不使用
US1,US2 を使用するビル内 VDSL の保護	約 13dB 低減	US1:約 16dB, US2:約 11dB 低減 (低減 PSD(B))	US2 を 10dB 低減
US1 のみ使用するビル内 VDSL の保護	約 16dB 低減	約 16dB 低減 (低減 PSD(B))	US2 低減の必要なし

これをもとに、PSD マスクを規定すると、以下のようになる。

A. US1, US2 を使用するビル内 VDSL の保護

(案 A-1) 一律 13dB PSD 低減する場合の PSD マスク

周波数 f [kHz]	PSD マスク式 [dBm/Hz]
(US1)	
$3750 < f < 4000$	-80
$4000 < f < 5200$	-69.5 (= -60-13+3.5)
(US2)	
$8500 < f < 10100$	-69.5 (= -60-13+3.5)
$10100 < f < 10150$	-80
$10150 < f < 12000$	-69.5 (= -60-13+3.5)

(案 A-2) US1 に重みをつけて PSD 低減する場合の PSD マスク

周波数 f [kHz]	PSD マスク式 [dBm/Hz]
(US1)	
$3750 < f < 4000$	-80
$4000 < f < 5200$	$PSDREF(f) + loss(f)$
(US2)	

8500 < f < 10100	$PSDREF(f) + loss(f)$
10100 < f < 10150	-80
10150 < f < 12000	$PSDREF(f) + loss(f)$

ただし、

$$PSDREF(f) = \begin{cases} \text{Band US1: } -56.5 - 10.20 * 10^{-3} \sqrt{f} : 3.75 * 10^6 < f < 5.2 * 10^6 \\ \text{Band US2: } -56.5 - 6.419 * 10^{-3} \sqrt{f} : 8.5 * 10^6 < f < 12 * 10^6 \end{cases} \text{ [dBm/Hz]}$$

where f in Hz.

loss(f): 0.4mm CCP ケーブルの線路長 100m での損失を dB で表した値

(別案) 上記式が複雑なため、各バンドの中心周波数が一致するよう近似すると、次のようになる。

別案 PSD マスク

周波数 f [kHz]	PSD マスク式 [dBm/Hz]
(US1)	
3750 < f < 4000	-80
4000 < f < 5200	-72.5 (= -60-16+3.5)
(US2)	
8500 < f < 10100	-67.5 (= -60-11+3.5)
10100 < f < 10150	-80
10150 < f < 12000	-67.5 (= -60-11+3.5)

(案 A-3) US1 を不使用、US2 を 10dB 低減したときの PSD マスク

周波数 f [kHz]	PSD マスク式 [dBm/Hz]
(US1)	
3750 < f < 5200	-100
(US2)	
8500 < f < 10100	-66.5 (= -60-10+3.5)
10100 < f < 10150	-80
10150 < f < 12000	-66.5 (= -60-10+3.5)

B. US1 のみ使用するビル内 VDSL の保護

(案 B-1) 一律 16dB PSD 低減する場合の PSD マスク

周波数 f [kHz]	PSD マスク式 [dBm/Hz]
(US1)	
3750 < f < 4000	-80
4000 < f < 5200	-72.5 (= -60-16+3.5)

(案 B-2) US1 に重みをつけて PSD 低減する場合の PSD マスク

周波数 f [kHz]	PSD マスク式 [dBm/Hz]
(US1)	
$3750 < f < 4000$	-80
$4000 < f < 5200$	$PSDREF(f) + loss(f)$

ただし、

$$PSDREF(f) = -56.5 - 10.20 * 10^{-3} \sqrt{f} \quad [\text{dBm/Hz}]$$

where f in Hz.

loss(f): 0.4mm CCP ケーブルの線路長 100m での損失を dB で表した値

(別案) 上記式が複雑なため、各バンドの中心周波数が一致するよう近似すると、次のようになる。

別案 PSD マスク

周波数 f [kHz]	PSD マスク式 [dBm/Hz]
(US1)	
$3750 < f < 4000$	-80
$4000 < f < 5200$	-72.5 (= -60 - 16 + 3.5)

(案 B-3) US1 を不使用にしたときの PSD マスク

周波数 f [kHz]	PSD マスク式 [dBm/Hz]
(US1)	
$3750 < f < 5200$	-100

9 まとめ

本寄書では、課題表 7.3 節「ビル設置の VDSL への干渉軽減を目的としたスペクトル管理を行うべきか？」に関して、「線路長 100m 以遠のビル内 VDSL ユーザを自己漏話以下の影響に抑える」という許容基準例を設けたときに満たすべき具体的な PSD マスク値をシミュレーションにより求めた。

参考文献

- [1] SMS-13-11: US1 バンドを使用する ADSL への PBO 適用に関する一考察, 富士通アクセス
- [2] SMS-14-07: VDSL 上り帯域を用いた局設置方式が既存のビル内 VDSL に与える影響の検討, 住友電気工業

以上