

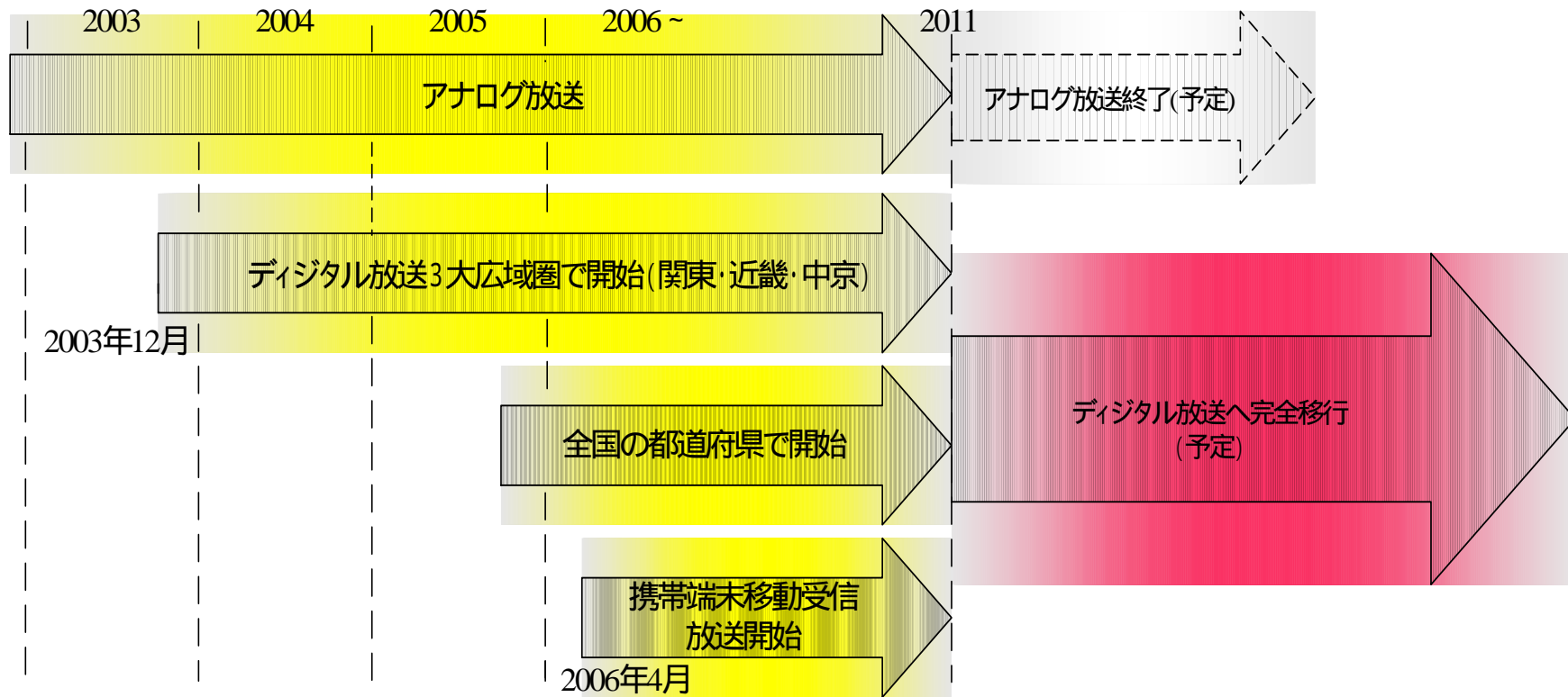
地上デジタル放送の実測結果 ～ 千葉工科大学内での諸特性～

千葉工業大学 工学部 電気電子情報工学科
小園 茂 熊倉 啓衆

あらまし：地上デジタル放送は、2003年12月より関東、近畿、中京の3大広域圏で放送が開始され、2006年末までに全国の県庁所在地等の主要都市で放送が開始される予定である。また、2006年4月より携帯端末移動受信放送が開始され、2011年7月までに現在放送されているアナログ放送は終了し、デジタル放送への完全移行が予定されている。

本資料は、地上デジタル放送の実態把握及び検討の一助として、千葉工大(津田沼校舎)における固定受信での受信レベルと受信状況、符号誤り率(BER)、遅延スプレッド等の実測結果の報告である。

地上デジタル放送の移行計画



目的および発表内容

目的

地上デジタル放送の千葉工大での実態調査(固定受信)を報告し、今後の地上デジタル放送の実態把握及び検討の一助

発表内容

- 1) 地上デジタル放送の概要
- 2) 測定系と測定方法
- 3) 屋外の測定と結果
受信レベル/受信状況/BER/遅延スプレッド
- 4) 屋内の測定と結果
受信レベル/受信状況/BER/遅延スプレッド
- 5) まとめ

地上デジタル放送の概要

ISDB-T方式の規格(抜粋)

| 伝送パラメータ | Mode 1 | Mode 2 | Mode 3 |
|-------------|-------------------------------------|-------------|--------------|
| OFDM セグメント数 | 13 | | |
| 帯域幅 | 5.575MHz | 5.573MHz | 5.572MHz |
| キャリア間隔 | 3.968kHz | 1.984kHz | 0.992kHz |
| キャリア数 | 1,405 | 2,809 | 5,617 |
| 変調方式 | QPSK, 16QAM, 64QAM, DQPSK | | |
| 有効シンボル数 | 252 μ s | 504 μ s | 1008 μ s |
| ガードインターバル長 | 有効シンボル長の 1/4, 1/8, 1/16, 1/32 | | |
| シンボル数/フレーム | 204 | | |
| 時間インターリーブ | 各設定の最大値 0, 約 0.13, 0.25, 0.5s の 4 種 | | |
| 内符号 | 畳み込み符号(1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8) | | |
| 外符号 | RS(204, 188) | | |
| 情報ビットレート | 3.65MHz ~ 23.23Mbit/s | | |

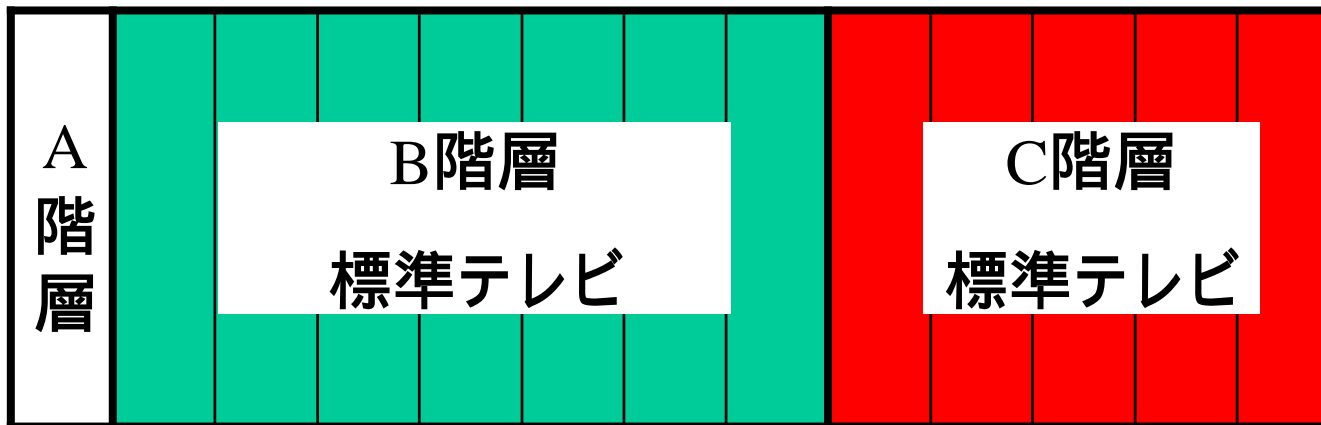
地上デジタル放送の階層伝送(セグメント構成の例)

(例1) 2 階層での例



変調方式と
伝送速度を
可変可能

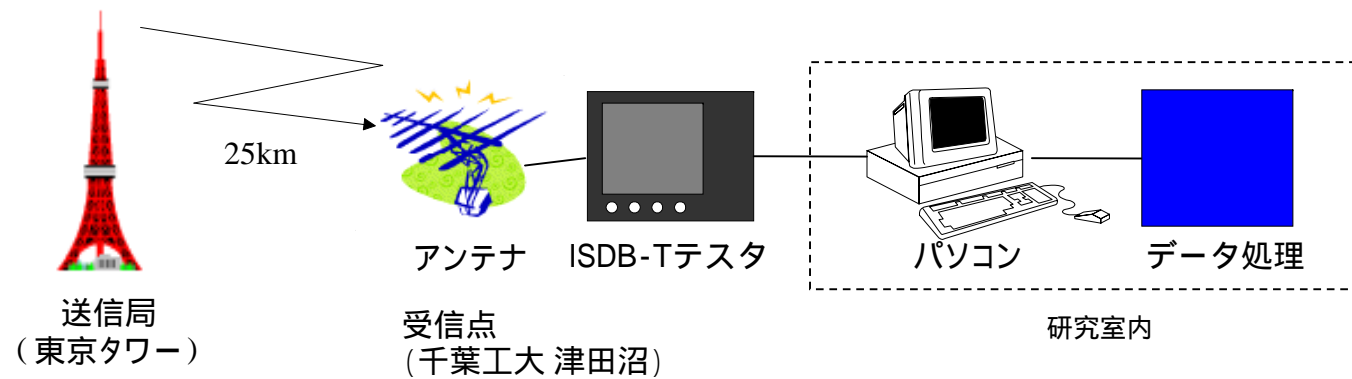
(例2) 3 階層での例



← 13セグメント →
← 約5.6MHz →

測定装置

測定系



測定系緒元

| | |
|----------|-------------------|
| 送信局 | 東京タワー 265m(地上高) |
| 周波数/送信電力 | 521 ~ 557MHz(6ch) |

ISDB-T受信装置仕様

| | | |
|----------|---------|--|
| 電界強度測定 | 測定帯域 | UHF帯 |
| | 測定範囲 | 0dBm ~ -100dBm |
| | 確度補償範囲 | -40dBm ~ -80dBm |
| 遅延プロファイル | DU測定範囲 | 0dB (基準波) ~ 40dB |
| | 遅延間測定範囲 | -84 μ s ~ 255 μ s Mode3 |
| 簡易C/N | 測定範囲 | 0dB ~ 40dB |
| | 測定角度 | \pm 4dB(0dB ~ 40dB) \pm 2dB(5dB ~ 35dB) |

| | |
|---------|--------------------------|
| アンテナの種類 | 八木・宇田アンテナ(5素子)、1.5m(地上高) |
| 利得 | 4 ~ 8.5dB (半値角 40 ~ 70°) |

測定・データ処理の方法

- 1) 測定は全て固定受信
- 2) 屋内外の測定点Pを予め定め、P点で各ch毎にアンテナを東西南北に向け測定し保存
- 3) データ保存方法 (ISDB-Tテスト)
 - ・画面をビットマップイメージで保存
 - ・データをExcelファイルに保存
- 4) データ処理
 - 保存データを研究室に持ち帰りパソコンでデータ処理

屋内・外の測定場所(千葉工大津田沼校舎)

測定場所高さ
6号館3階:8.6m
6号館5階:17.1m

測定場所高さ
7号館3階:13.7m
7号館9階:39.8m

送信局方向(東京タワー)



測定結果(屋外):受信レベル(最良受信CH)

| 測定場所 | アンテナ 方向 | 受信レベル | | 映像 |
|-------------|------------|-------|---------|-------------|
| | | dBm | C/N(dB) | |
| 6号館まろにえ通り側 | 西 | -71.3 | 11.0 | 映らない |
| 本館前 | 東 | -70.0 | 6.9 | |
| 図書館裏 | 西 | -71.3 | 11.0 | 1~3ch 映る |
| 西側校舎まろにえ通り側 | 南 | -68.8 | 10.3 | |
| 2,3号館 | 東 | -71.3 | 15.6 | |
| 4号館前 | 東 | -64.5 | 23.6 | |
| 電子実験室前 | 西 | -68.8 | 18.6 | |
| 化学実験室前 | 北 | -67.5 | 23.3 | |
| 8号館裏 | 北 | -68.8 | 18.3 | 4ch以上 映る |
| 正門 | 北 | -63.4 | 27.0 | |
| グランドダイエー | 北 | -64.5 | 24.8 | |
| グランド8号館 | 東 | -64.3 | 21.7 | |
| グランド中央 | 西 | -56.6 | 27.3 | |
| グランド6号館 | 東 | -60.6 | 24.2 | |
| グランド倉庫 | 西 | -64.8 | 23.0 | |
| 3号館脇通路 | 西 | -68.8 | 20.7 | |
| プラザ | 東 | -57.8 | 23.0 | |
| 通用門 | 北 | -56.1 | 26.1 | |
| 1号館前 | 北 | -61.1 | 28.0 | |
| 7号館前 | 北 | -64.8 | 20.7 | |

測定結果(屋外): サービスエリア



測定結果(屋外):測定ポイントのアンテナ方向



6号館まろにえ通り側(受信不可)



本館前(受信不可)



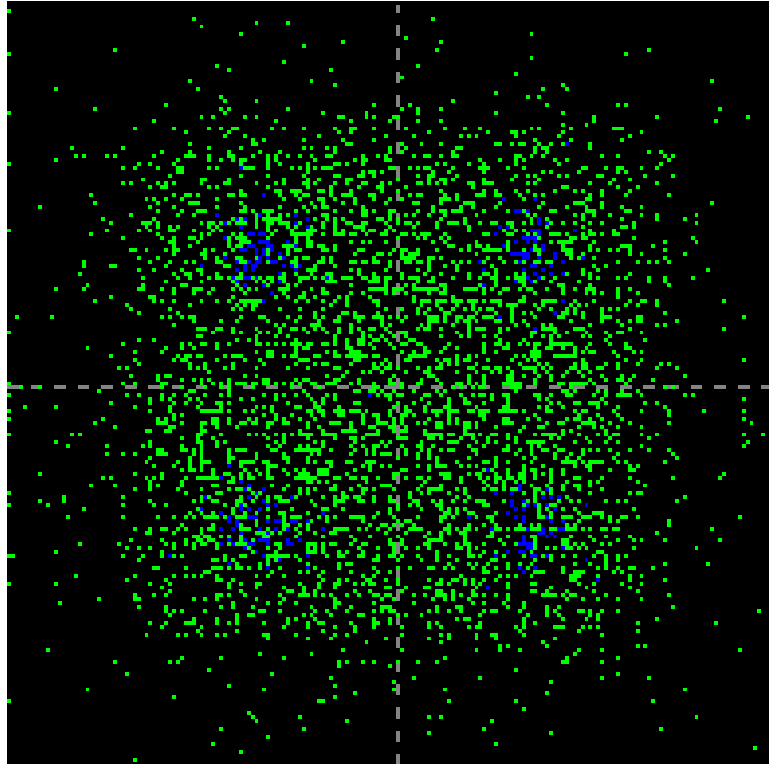
通用門(4CH以上受信)



1号館前(4CH以上受信)

測定結果(屋外):コンスタレーション

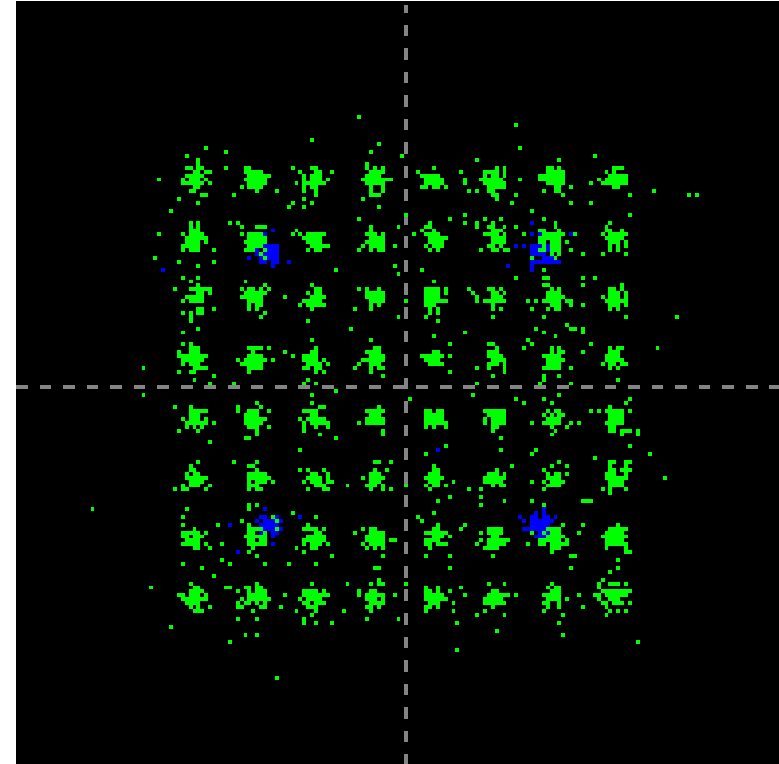
本館前 (アンテナ方向:東)



:A階層BER(QPSK) 復調後:3.81E-04
誤り訂正後:0.00E+00

:B階層BER(64QAM) 復調後:7.57E-02
誤り訂正後:4.90E-03

1号館前 (アンテナ方向:西)



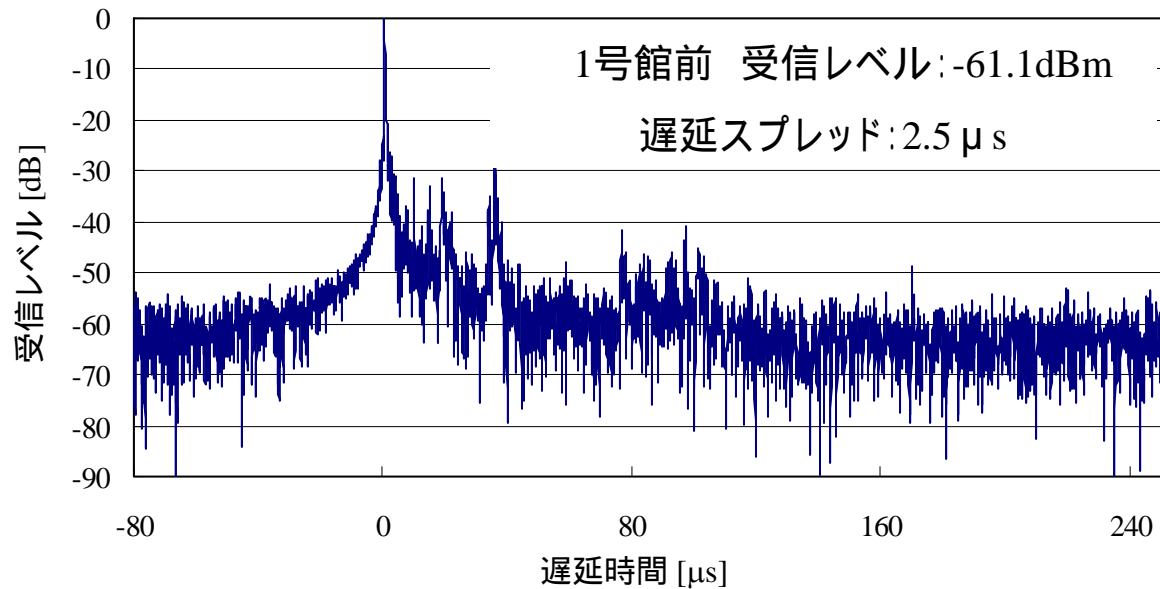
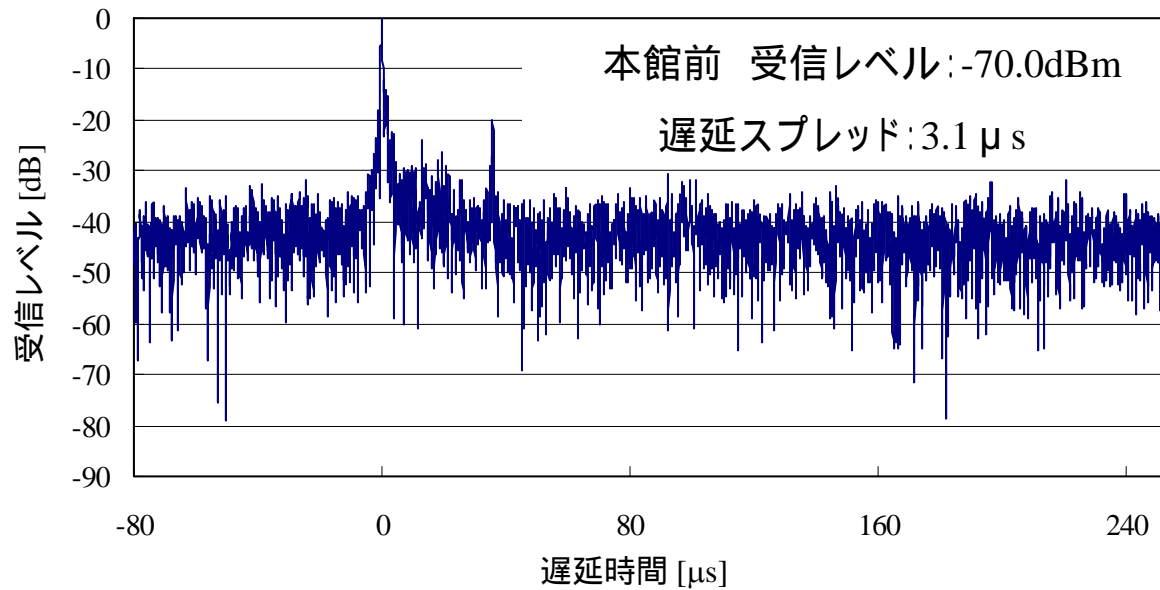
:A階層BER(QPSK) 復調後:0.00E+00
誤り訂正後:0.00E+00

:B階層BER(64QAM) 復調後:3.82E-03
誤り訂正後:0.00E+00

測定結果(屋外): A及びB階層のBER(最良受信CH)

| 測定場所 | アンテナ 方向 | BER (A階層: QPSK) | | BER (B階層: 64QAM) | | 映像 |
|-------------|------------|-----------------|----------|------------------|----------|-------------|
| | | 復調後 | 誤り訂正後 | 復調後 | 誤り訂正後 | |
| 6号館まろにえ通り側 | 西 | 7.21E-04 | 0.00E+00 | 5.81E-02 | 4.90E-03 | 映らない |
| 本館前 | 東 | 3.81E-06 | 0.00E+00 | 7.57E-02 | 4.90E-03 | |
| 図書館裏 | 西 | 3.75E-03 | 0.00E+00 | 5.89E-02 | 4.90E-03 | 1~3ch 映る |
| 西側校舎まろにえ通り側 | 南 | 3.81E-06 | 0.00E+00 | 6.69E-02 | 4.90E-03 | |
| 2,3号館 | 東 | 1.89E-03 | 2.86E-06 | 6.14E-02 | 4.90E-03 | |
| 4号館前 | 東 | 4.74E-04 | 0.00E+00 | 9.25E-03 | 3.12E-05 | |
| 電子実験室前 | 西 | 2.24E-03 | 0.00E+00 | 3.76E-02 | 8.39E-03 | |
| 化学実験室前 | 北 | 2.05E-03 | 0.00E+00 | 1.08E-02 | 3.77E-05 | |
| 8号館裏 | 北 | 3.64E-03 | 0.00E+00 | 3.26E-02 | 8.61E-03 | |
| 正門 | 北 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 1.60E+00 | 0.00E+00 | 4ch以上 映る |
| グランドダイエー | 北 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 5.32E-03 | 1.19E-06 | |
| グランド8号館 | 東 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 2.53E-02 | 3.00E-03 | |
| グランド中央 | 西 | 6.71E-04 | 0.00E+00 | 1.08E-03 | 0.00E+00 | |
| グランド6号館 | 東 | 1.91E-06 | 0.00E+00 | 8.01E-03 | 2.05E-05 | |
| グランド倉庫 | 西 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 1.45E-02 | 6.65E-05 | |
| 3号館脇通路 | 西 | 2.24E-03 | 0.00E+00 | 2.32E-02 | 9.31E-04 | |
| プラザ | 東 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 6.38E-03 | 2.24E-05 | |
| 通用門 | 北 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 1.38E-03 | 0.00E+00 | |
| 1号館前 | 北 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 3.82E-03 | 0.00E+00 | |
| 7号館前 | 北 | 1.05E-03 | 0.00E+00 | 1.91E-02 | 3.12E-04 | |

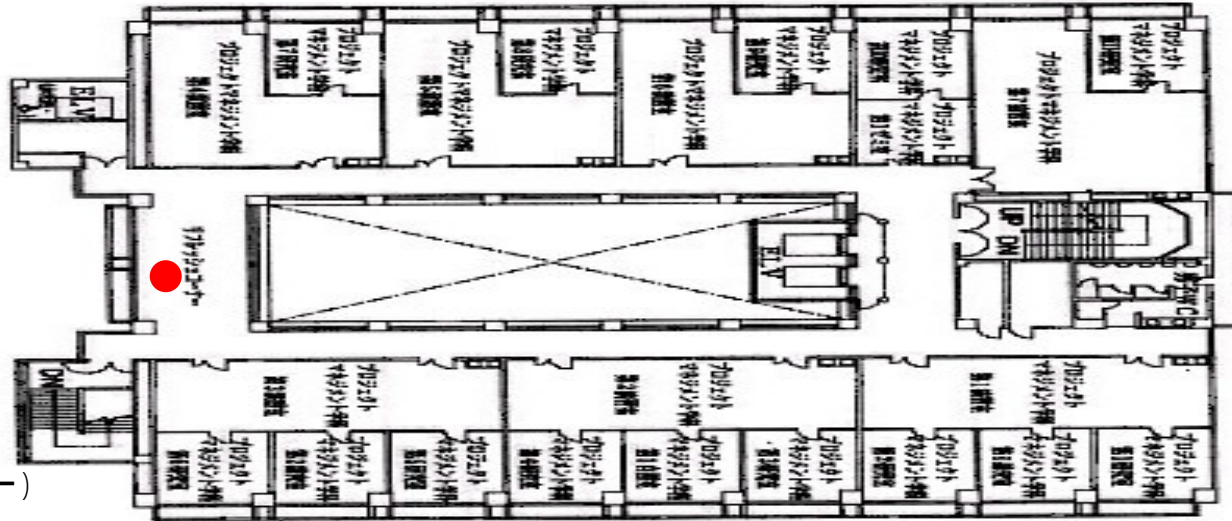
測定結果(屋外):遅延プロファイル



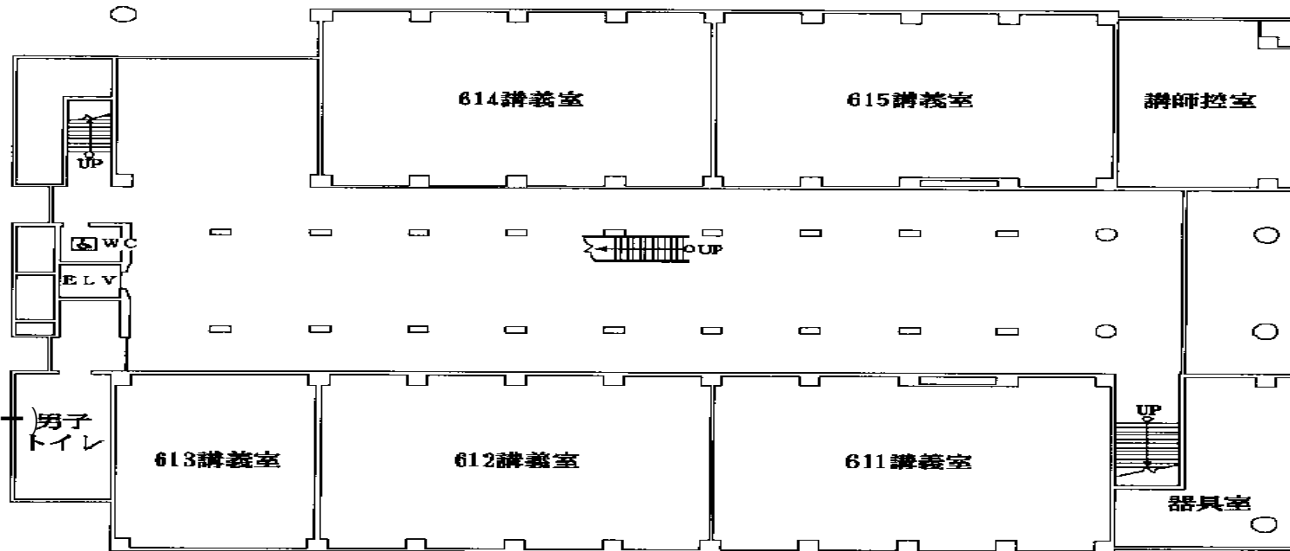
測定結果(屋外):遅延スプレッド(最良受信CH)

| 測定場所 | アンテナ 方向 | 遅延スプレッド [μs] | 映像 |
|-------------|------------|-----------------|-------------|
| 6号館まろにえ通り側 | 西 | 7.323839 | 映らない |
| 本館前 | 東 | 3.100954 | |
| 図書館裏 | 西 | 11.018002 | 1~3ch 映る |
| 西側校舎まろにえ通り側 | 南 | 8.143184 | |
| 2,3号館 | 東 | 8.493054 | |
| 4号館前 | 東 | 6.015312 | |
| 電子実験室前 | 西 | 5.366641 | |
| 化学実験室前 | 北 | 8.73107 | |
| 8号館裏 | 北 | 7.275656 | |
| 正門 | 北 | 0.227245 | 4ch以上 映る |
| グランドダイエー | 北 | 5.238548 | |
| グランド8号館 | 東 | 6.625124 | |
| グランド中央 | 西 | 2.34216 | |
| グランド6号館 | 東 | 2.384168 | |
| グランド倉庫 | 西 | 4.104611 | |
| 3号館脇通路 | 西 | 9.204129 | |
| プラザ | 東 | 0.1535 | |
| 通用門 | 北 | 0.153193 | |
| 1号館前 | 北 | 2.463316 | |
| 7号館前 | 北 | 3.830197 | |

測定場所(屋内)



7号館9階測定地点



6号館1階測定地点

測定結果(屋内)

受信レベルの確認



7号館9階
(送信アンテナ方向)

受信レベル P_r [dBm]

$$P_r = P_t + G_t + G_r - L - L_r - L_t$$

実効放射電力 $e.r.p = P_t + G_t - L_t$

アンテナ利得 $G_r = 5\text{dB}$

受信給電系損失 $L_r = 1\text{dB}$

自由空間損失 $L = 20\log\frac{4\pi df}{c}$

但し, $d = 25\text{km}$ (東京タワー ~ 千葉工大)

$$c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$$

| | | |
|-----|----------|---------|
| 計算値 | -34.7dBm | -1.3dBm |
| 実測値 | -36.0dBm | |

測定結果(屋内):受信レベル(最良受信CH)

7号館 (受信レベル)

| 測定場所 | アンテナ 方向 | 受信レベル | | 受信 c h の数 |
|------|------------|-------|----------|-----------|
| | | dBm | C/N (dB) | |
| 1階 | 北 | -65.0 | 20.0 | 2 |
| 3階 | 北 | -67.5 | 15.6 | 5 |
| 9階 | 西 | -36.0 | 33.6 | 7 |

6号館 (受信レベル)

| 測定場所 | アンテナ 方向 | 受信レベル | | 受信 c h の数 |
|----------|------------|-------|----------|-----------|
| | | dBm | C/N (dB) | |
| 1階エントランス | 東 | -66.3 | 22.7 | 3 |
| 3階エントランス | 東 | -64.2 | 22.2 | 7 |
| 5階エントランス | 東 | -55.0 | 24.5 | 7 |
| 1階611教室 | 西 | -64.6 | 12.3 | 2 |
| 3階631教室 | 南 | -55.8 | 23.2 | 6 |
| 5階652教室 | 南 | -52.8 | 20.5 | 7 |
| 1階613教室 | 西 | -67.5 | 19.5 | 1 |
| 3階633教室 | 南 | -54.0 | 24.2 | 7 |
| 5階654教室 | 南 | -46.8 | 24.8 | 7 |
| 1階614教室 | 北 | -72.5 | 2.0 | 0 |
| 3階634教室 | 北 | -65.0 | 16.2 | 2 |
| 5階655教室 | 北 | -55.2 | 26.0 | 7 |
| 1階615教室 | 北 | -76.3 | 2.0 | 0 |
| 3階636教室 | 北 | -70.0 | 9.8 | 0 |
| 5階656教室 | 東 | -56.0 | 23.7 | 7 |

測定結果(屋内):BER(最良受信CH)

7号館実 (BER)

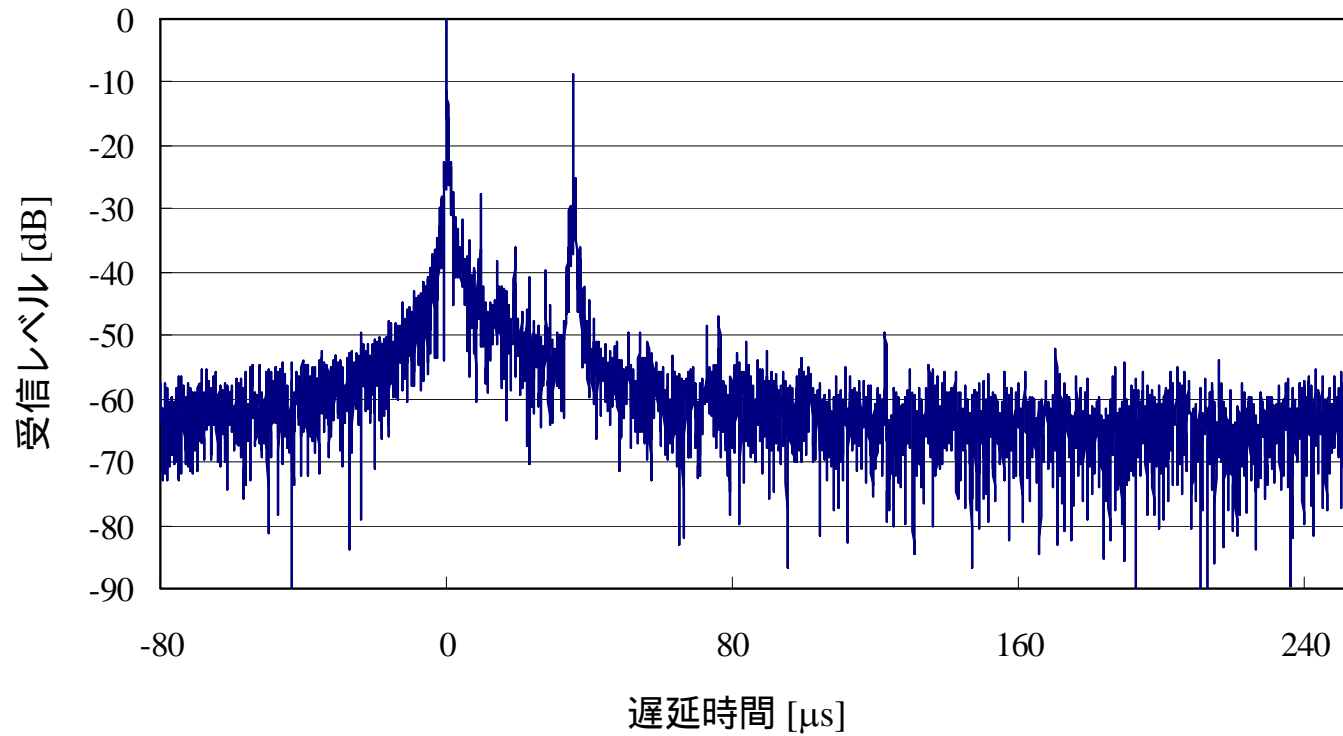
| 測定場所 | アンテナ 方向 | BER(A階層:QPSK) | | BER(B階層:64QAM) | |
|------|------------|---------------|----------|----------------|----------|
| | | 復調後 | 誤り訂正後 | 復調後 | 誤り訂正後 |
| 1階 | 北 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 3.24E-02 | 6.29E-03 |
| 3階 | 北 | 4.77E-06 | 0.00E+00 | 6.28E-02 | 4.90E-03 |
| 9階 | 西 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 1.64E-04 | 0.00E+00 |

6号館 (BER)

| 測定場所 | アンテナ 方向 | BER(A階層:QPSK) | | BER(B階層:64QAM) | |
|----------|------------|---------------|----------|----------------|----------|
| | | 復調後 | 誤り訂正後 | 復調後 | 誤り訂正後 |
| 1階エントランス | 東 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 1.07E-02 | 4.58E-05 |
| 3階エントランス | 東 | 9.54E-07 | 0.00E+00 | 1.77E-02 | 1.39E-03 |
| 5階エントランス | 東 | 4.85E-03 | 0.00E+00 | 6.38E-03 | 1.19E-06 |
| 1階611教室 | 西 | 1.94E-04 | 0.00E+00 | 5.42E-02 | 4.90E-03 |
| 3階631教室 | 南 | 8.11E-05 | 0.00E+00 | 2.22E-02 | 7.73E-04 |
| 5階652教室 | 南 | 1.66E-02 | 0.00E+00 | 1.40E-02 | 1.69E-04 |
| 1階613教室 | 西 | 2.99E-04 | 0.00E+00 | 4.30E-02 | 5.13E-03 |
| 3階633教室 | 南 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 9.30E-03 | 4.51E-04 |
| 5階654教室 | 南 | 3.14E-03 | 0.00E+00 | 6.21E-03 | 3.10E-06 |
| 1階614教室 | 北 | 5.32E-02 | 2.13E-04 | 7.63E-02 | 4.90E-03 |
| 3階634教室 | 北 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 4.30E-02 | 5.47E-03 |
| 5階655教室 | 北 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 3.42E-03 | 0.00E+00 |
| 1階615教室 | 北 | 2.50E-02 | 3.15E-05 | 7.65E-02 | 4.90E-03 |
| 3階636教室 | 北 | 9.80E-03 | 7.63E-06 | 7.60E-02 | 4.90E-03 |
| 5階656教室 | 東 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 2.03E-02 | 2.63E-04 |

測定結果(屋内) : 遅延プロファイル

7号館9階



受信レベル: -36.0 dBm

遅延スプレッド: 12.3 μ s

測定結果(屋内):遅延スプレッド(最良受信CH)

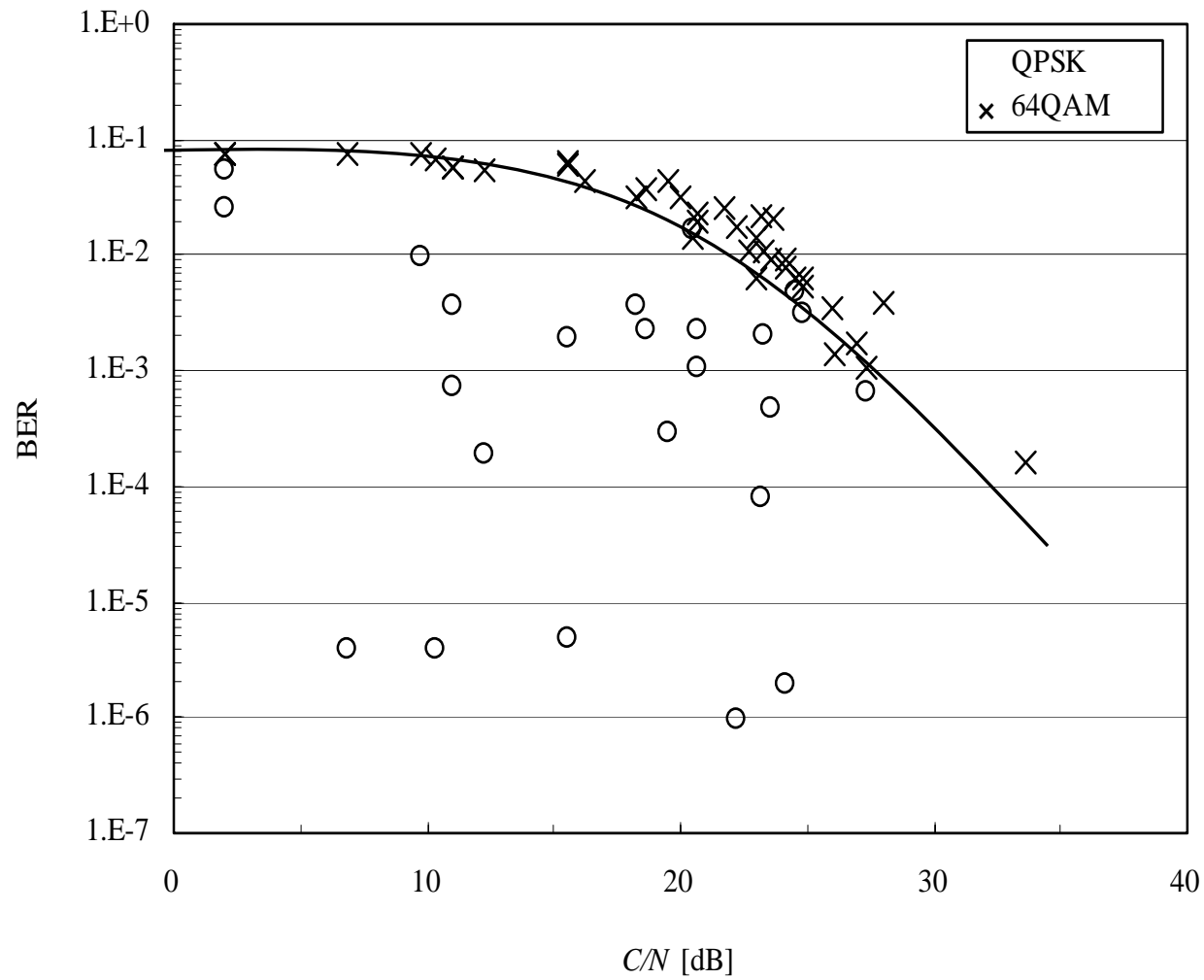
7号館(遅延スプレッド)

| 測定場所 | アンテナ方向 | 遅延スプレッド [μ s] |
|------|--------|--------------------|
| 1階 | 北 | 0.10 |
| 3階 | 北 | 4.64 |
| 9階 | 西 | 12.33 |

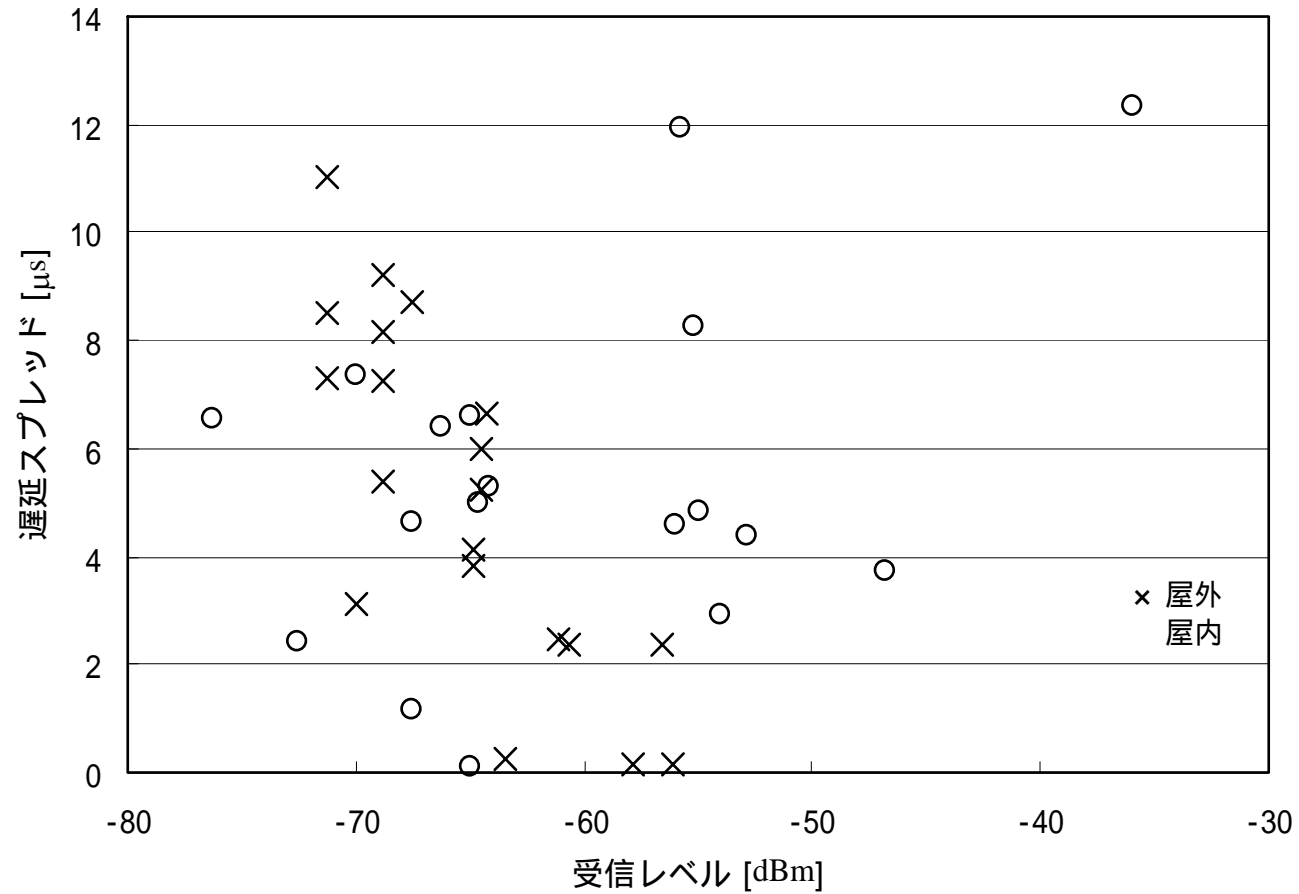
6号館(遅延スプレッド)

| 測定場所 | アンテナ方向 | 遅延スプレッド [μ s] |
|----------|--------|--------------------|
| 1階エントランス | 東 | 6.41 |
| 3階エントランス | 東 | 4.36 |
| 5階エントランス | 東 | 6.61 |
| 1階611教室 | 西 | 5.28 |
| 3階631教室 | 南 | 1.17 |
| 5階652教室 | 南 | 8.26 |
| 1階613教室 | 西 | 4.83 |
| 3階633教室 | 南 | 2.90 |
| 5階654教室 | 南 | 6.54 |
| 1階614教室 | 北 | 4.97 |
| 3階634教室 | 北 | 3.71 |
| 5階655教室 | 北 | 7.35 |
| 1階615教室 | 北 | 11.91 |
| 3階636教室 | 北 | 2.42 |
| 5階656教室 | 東 | 4.59 |

まとめ(1) BER特性(屋内外、誤り訂正前)



まとめ(2) 遅延スプレッド



まとめ(3)

1.千葉工大内(津田沼校舎)のサービスエリア(約-65dBm以上)

a)屋外(校舎間及びグラウンド);

全7ch受信可能な場所7/20ヵ所(35%)、1ch以上受信可能な場所18/20ヵ所(90%)

b) 屋内(6及び7号館)で1ch以上受信可能;

| | 1階 | 3階 | 5階 | 9階 |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 6号館 | 60%(3/5) | 80%(4/5) | 100%(5/5) | - |
| 7号館 | 100%(1/1) | 100%(1/1) | - | 100%(1/1) |

2.遅延スプレッド

a)屋外の最大遅延スプレッド11.0 μ s(図書館裏)

b)屋内の最大遅延スプレッド12.3 μ s(7号館9階)

遅延スプレッドがガードインターバル126 μ sより十分に小さいため遅延波の過剰時間による伝送品質劣化はない

謝辞:本報告作成にあたり実測及びデータ処理等にご協力頂いた澁谷篤史、根本寛之、山崎剛の各氏に感謝します