

山間部における超短波放送の難聴解消のための
周波数有効利用技術に関する調査検討

報 告 書

平成27年3月

山間部における超短波放送の難聴解消のための
周波数有効利用技術に関する調査検討会

まえがき

放送は、今日、国民生活に密着した情報提供手段となっており、とりわけ、ラジオ放送は、東日本大震災などの大きな災害時に「第一情報提供者」として、いち早く災害情報を地域住民に提供し、地域住民の方々の安全・安心を確保する重要な役割を果たしています。

しかしながら、ラジオ放送の電波は、地表波が山岳等を越える際に減衰するため、受信に必要な電界強度が確保できず、良好な受信が困難となるため、山間部や離島等の地理的・地形的な要因による難聴が課題となっているほか、災害時のバックアップ回線の確保など、ラジオ放送のネットワークの強靱化が必要となっています。

中でもコミュニティ放送においては、平時には地域の生活情報、災害発生時には被災情報や避難情報といった地域住民が必要とする情報の提供が行われていることから、市町村合併等により拡大した地域においても良好に受信できることが求められており、このような地域や難聴地域においては、放送区域の拡大や受信状況の改善に対する期待が高まっています。

このような状況から、山間部に集落が点在する地域において、76MHz から 90MHz までの周波数帯を使用する超短波放送(以下、「FM 放送」という。)の放送区域の確保と受信改善を図るため、FM 放送局における送信所までの番組伝送等を実線で行う技術(STL 技術)に関して、伝搬特性などの調査検討を行うことで、地域の難聴解消とともに放送事業者等の負担軽減を図り、周波数を有効利用するための方策や技術的条件の策定に資することを目的に、平成 26 年 6 月から調査検討会を開催し、次の主要項目について調査検討を行いました。

- (1) STL 技術を用いた無線方式による伝送の有用性
- (2) 電波有効利用の観点から伝送帯域を抑える技術の検討
- (3) 同一の周波数帯を共用する他のシステムとの共用条件
- (4) 改正すべき技術基準の検討

なお、調査検討を行うに当たっては、実験データの取得が必要とされたことから、このための実験試験局を開設し、室内実験を経た後、実環境下でのフィールド実験を長野県内(茅野市及び原村)で実施しました。

ここで得られた実験結果を踏まえ、また、関係者から多くのご助言ご協力を頂きながら、本調査検討会において上記項目について検討を行い、本報告書においてその成果をとりまとめました。

今後、技術基準の策定に向けて、本報告書がその一助となることを祈念する次第です。

また、これにより、送信所までの番組伝送に対して、より安価での実現が期待でき、全国の FM 放送事業者をはじめ、これまで難聴となっていた地域の方々への朗報になるものと考えられることから、一日も早く制度整備が行われることを期待しています。

最後に、本調査検討会にご参加頂いた委員各位をはじめ、各実験等にご参加、ご協力頂いた全ての皆様方に、心から御礼を申し上げます。

平成 27 年 3 月

山間部における超短波放送の難聴解消のための周波数有効利用技術に関する調査検討会

座長 不破 泰

山間部における超短波放送の難聴解消のための周波数有効利用技術に関する調査検討報告書

目 次

はじめに

第1章	調査検討会の概要	1
1.1	調査検討の目的	1
1.2	調査検討項目	1
1.3	調査検討会の組織および開催期間	1
1.3.1	調査検討会の組織	1
1.3.2	調査検討会の開催期間、開催状況	1
第2章	背景・現状	2
2.1	検討の背景	2
2.2	60MHz帯および160MHz帯の利用状況(割り当て状況)	3
2.3	現状と課題	3
2.3.1	現状と課題	3
2.3.2	動向	4
2.4	規格化動向	4
第3章	検討事項	5
3.1	検討事項	5
第4章	技術試験の概要	6
4.1	技術要件の整理	6
4.1.1	技術要件	6
4.2	技術試験項目	8
4.2.1	伝送容量の確認	8
4.2.2	伝送遅延などによる課題の解決	8
4.2.3	伝送の質を維持する条件	9
4.2.4	隣接システムとの共用条件、同一周波数繰り返し利用のための条件	9
第5章	技術試験	10
5.1	STL伝送装置の概要	10
5.1.1	STL送信装置とSTL受信装置	10
5.1.1.1	今回の実験試験局の仕様	10
5.1.1.2	STL送信装置の構成	11
5.1.1.3	STL受信装置の構成	12
5.1.2	フレーム構成	13
5.2	STL送信装置とSTL受信装置	15
5.2.1	検証項目	15
5.2.2	室内実験における構成と使用する測定機器	15
5.2.2.1	基本構成	15
5.2.2.2	使用する測定機器	16
5.2.3	STL送信装置の性能確認	16
5.2.3.1	送信電力	16
5.2.3.2	周波数偏差	17
5.2.3.3	スプリアス	17
5.2.3.4	占有周波数帯幅	19
5.2.3.5	スペクトラムマスク	19
5.2.3.6	消費電流(消費電力)	21

5. 2. 4	STL受信装置の性能確認	2 1
5. 2. 4. 1	IF 周波数偏差	2 1
5. 2. 4. 2	消費電流 (消費電力)	2 2
5. 3	STL 送受総合特性試験 (室内実験)	2 4
5. 3. 1	検証項目	2 4
5. 3. 2	送受総合特性	2 5
5. 3. 2. 1	アナログ音声諸特性	2 5
5. 3. 2. 2	システム遅延時間	2 8
5. 3. 2. 3	ガウス雑音対ビット誤り率	2 9
5. 3. 2. 4	受信入力電力対ビット誤り率 (BER)	3 1
5. 3. 2. 5	受信入力電力対アナログ電圧	3 2
5. 3. 3	送受信間における伝搬特性	3 4
5. 3. 3. 1	マルチパス特性 (遅延プロファイル)	3 4
5. 3. 3. 2	デジタル伝送 STL 中継回線同士の干渉条件	3 6
5. 3. 3. 3	既存アナログ方式のモノラル伝送回線へのデジタル伝送 STL 中継回線の干渉条件	3 8
5. 4	フィールド実験	4 5
5. 4. 1	検証項目	4 5
5. 4. 2	基本構成	4 5
5. 4. 3	フィールド試験における基本構成と使用する測定機器	4 9
5. 4. 3. 1	基本構成	4 9
5. 4. 3. 2	使用する測定機器	4 9
5. 4. 3. 3	使用する機材	5 0
5. 4. 4	フィールド試験における検証項目	5 1
5. 4. 5	固定点受信 (送受信点間 8km) における伝搬特性	5 1
5. 4. 5. 1	基本性能試験 (受信入力電力対ビット誤り率、コンスタレーション)	5 1
5. 4. 5. 2	信号再生確認および遅延量測定 (10MHz 信号、1PPS 信号および音声信号)	5 4
5. 4. 5. 3	マルチパス特性 (遅延プロファイル)	5 7
5. 4. 5. 4	長期変動試験	5 9
5. 4. 6	伝搬距離を変えた場合の伝搬特性 (見通し区間・見通し外区間)	6 4
5. 4. 6. 1	伝搬特性(1) (5km、10km、15km および 20km の見通し区間)	6 7
5. 4. 6. 2	伝搬特性(2) (20km の見通し外区間)	7 3
第 6 章	技術試験のまとめ	7 7
6. 1	伝送容量の確認	7 7
6. 2	伝送遅延などによる課題の解決の検討	7 9
6. 3	伝送の質を維持する条件の検討	8 0
6. 4	隣接周波数帯のシステムとの共用条件、並びに、同一周波数繰り返し使用のための条件の検討	8 1
6. 5	検討すべき技術基準(案)	8 2
第 7 章	応用例 (STL 実験試験局を活用した FM 実験試験局による試聴)	8 3
7. 1	目的	8 3
7. 1. 1	FM 同期放送への活用	8 3
7. 1. 2	STL 実験試験局を活用した FM 実験試験局による試聴	8 3
7. 2	STL 実験試験局を活用した FM 同期放送システムの構成	8 4
7. 2. 1	FM 同期放送のシステム構成	8 4
7. 2. 2	STL 伝送遅延などを考慮した遅延調整	8 5
7. 2. 3	試聴場所の設定 (伝送シミュレーション)	8 6
7. 3	試験結果	8 7
7. 3. 1	フィールドにおける試聴および波形による確認	8 7

7. 3. 1. 1	基本構成.....	8 7
7. 3. 1. 2	試験結果.....	8 9
第8章	まとめと展望.....	9 0
8. 1	技術試験の結果.....	9 0
8. 2	規格化に向けた検討課題.....	9 2
あしがき		
資料編	9 9

第1章 調査検討会の概要

1.1 調査検討の目的

山間部に集落が点在する地域において、76MHz から 90MHz の周波数帯を使用する超短波放送(以下「FM」という。)の放送区域の確保と改善を図るため、FM の放送局の送信所までの放送番組伝送等を無線で行う技術(当該技術を以下「STL 技術」という。)を検討することで、難聴解消とともに放送事業者等の負担軽減を図り、周波数を有効利用するための方策や技術的条件の策定に資するものとする。

FM の放送局の放送番組中継回線として、60MHz 帯及び 160MHz 帯を活用したステレオ放送番組の伝送を実現するため、次項以降に示す検討および実証実験を行うものとする。

1.2 調査検討項目

今回実施する具体的な技術試験および検討内容は以下の4項目である。

- (1) STL 技術を用いた無線方式による伝送の有用性
- (2) 電波有効利用の観点から伝送帯域を抑える技術の検討
- (3) 同一の周波数帯を共用する他のシステムとの共用条件
- (4) 改正すべき技術基準の検討

1.3 調査検討会の組織および開催期間

本調査検討を行うにあたり、「山間部における超短波放送の難聴解消のための周波数有効利用技術に関する調査検討会」を設置し、検討することとした。設置要綱を資料 1.1 に示す。

1.3.1 調査検討会の組織

本調査検討会は、有識者、放送事業者および放送機器メーカーなどから 11 名が構成員として参画した。

座長には信州大学の不破教授が選出され、座長代理には同じく信州大学の笹森准教授が座長から指名された。

調査検討会の委員について資料 1.2 に、オブザーバーおよび事務局について資料 1.3 に示す。

1.3.2 調査検討会の開催期間、開催状況

総務省信越総合通信局より「山間部における超短波放送の難聴解消のための周波数有効利用技術に関する調査検討を開始」に関する報道発表を平成 26 年 6 月 10 日に実施し、第 1 回調査検討会を同年 6 月 20 日に開催した。以降、第 2 回調査検討会を 10 月 3 日に、最終会合となる第 3 回調査検討会を平成 27 年 3 月 12 日に開催した。

その間、同調査研究会の事務局となる総務省信越総合通信局無線通信部企画調整課、および技術試験を実施する社(株式会社 NHK アイテックおよび株式会社日立国際電気)で構成される実務者会議を合計 7 回開催した。

調査検討会および実務者会議の開催結果を資料 1.4 に示す。

また、技術試験の実施に際してご協力頂いた方々について資料 1.5 に示す。

第2章 背景・現状

2.1 検討の背景

コミュニティ放送において、放送を行おうとする地域内の不感地域解消のために中継局を開設する場合、1地域1波の制約があるため、親局と同一の周波数を使用することが原則となる。言い換えれば、周波数変換して送信する放送波中継方式に代わる手段として、演奏所と送信所間の中継回線(STL¹)や送信所と送信所間の中継回線(TTL²)が必要となる。

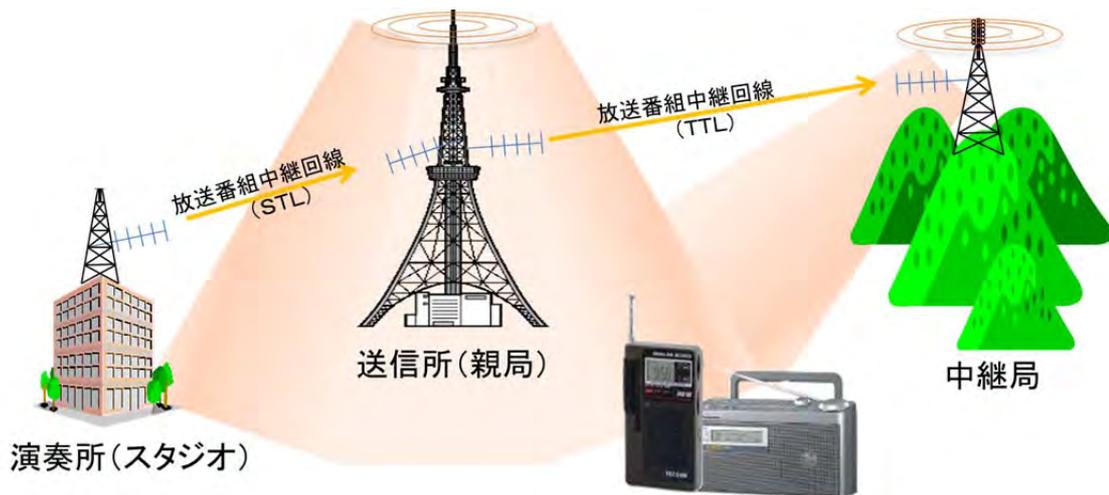


図 2.1-1 放送番組の無線中継回線システム(STL/TTL)のシステム構成

現行規格では、マイクロ波帯(放送事業用として 6GHz 帯・7GHz 帯)の無線回線が活用できるが、機器設備やアンテナ設備等の無線設備および設置工事などに必要な費用が高額となり、利用者にとっては整備コストが大きな負担となる。一方、60MHz 帯及び 150MHz 帯(放送事業用)の無線回線を活用する無線設備もあるが、中波放送用の中継回線としての使用が前提であるため、ステレオ信号を伝送することは困難な状況にある。

コミュニティ放送では、有線系中継回線の使用例が多いものの、放送事業者にとっては回線使用料が大きな負担となる。

また、災害等に起因し有線系中継回線が寸断されることによって、災害情報等の放送が中断することも想定されるため、安価で安定した伝送が可能な無線回線によるシステムの導入に期待が寄せられている。

上記状況を踏まえ、60MHz 帯及び 160MHz 帯を用いたステレオ伝送が可能な無線中継回線システム(STL/TTL)の実用化可能性について、調査検討を行うこととした。

¹ STL(Studio to Transmitter Link) : 放送局スタジオから送信所(親局)までを結び、放送番組を伝送する中継回線

² TTL(Transmitter to Transmitter Link) : 送信所(親局等)から送信所・中継局までを結び、放送番組を伝送する中継回線

2.2 60MHz 帯および 160MHz 帯の利用状況（割り当て状況）

60MHz 帯および 160MHz 帯の VHF 周波数については、遠方通信や見通し外通信が可能となる電波伝搬特性があるため、移動通信や固定通信など多くの無線通信の用途として使用されている。放送業務用無線としては、固定通信利用として 60MHz 帯は 55～68MHz の中から 14 波が、また 160MHz 帯は 162～169MHz の中から 6 波が占有周波数帯幅を 100kHz とするラジオ番組中継回線として割り当てられている。

2.3 現状と課題

2.3.1 現状と課題

放送事業用のラジオ放送番組中継回線としての STL 回線や TTL 回線（以下「STL/TTL 回線」という。）の周波数割当については、マイクロ波帯の M バンド(6.57GHz～6.87GHz)と N バンド(7.425GHz～7.75GHz) が割り当てられている。このほか S バンド(3.4GHz～3.456GHz)についても現時点では割当があるが「周波数再編アクションプラン³」において、最長でも平成 34 年 11 月 30 日までに M バンドもしくは N バンドに周波数移行することが決められており、平成 27 年度に第 4 世代移動通信システムの導入に向けて現在は移行期限の前倒しについても検討されている。

上述した STL/TTL 回線を整備する場合、業務専用の無線回線となるため他の通信事業者等に依存することなく安定した回線が確保できる利点があるが、一方、マイクロ波帯の回線構築に必要なパラボラアンテナ等の設置工事や高価な無線機器が必要となるため、経営基盤が脆弱なコミュニティ放送事業者にとっては費用面から導入が難しいという課題がある。

その他の番組中継方法としては有線通信回線で伝送する方法や 5GHz 帯 FWA⁴による無線中継方式がある。有線通信回線については、ISDN 回線やデジタル専用回線が整備されており利用可能であるが、これらを利用する場合、設備整備費に加えてランニングコストとなる通信回線費がかかるため安価なものとはならない。一方、5GHz 帯 FWA については、一部のコミュニティ放送事業者で予備回線の目的で利用されている事例があるが、本来は、インターネット等の通信用回線として利用されているため、放送事業用としては安価ではあるものの回線の安定性や混信による影響が懸念される。

また、現行の 60MHz 帯や 160MHz 帯の VHF 帯番組中継回線による無線伝送は、中波ラジオ放送仕様のモノラル伝送となっていることからステレオ番組を伝送することができない。

そのほか、コミュニティ放送については“一地域に一周波数の割り当て”という送信周波数の割り当て制限もあるため、コミュニティ放送事業者において難聴対策のための中継局を整備する場合は、同期放送により放送エリアを確保する必要があるという技術的な課題があり、STL/TTL を用いた場合においてもその課題を解決できることが望ましい。

³ 周波数再編アクションプラン：平成 26 年 10 月 15 日公表の「周波数再編アクションプラン（平成 26 年 10 月改定版）」の概要の 5 ページを参照 http://www.soumu.go.jp/main_content/000318205.pdf

⁴ FWA：固定無線アクセスシステム(FWA: Fixed Wireless Access)のこと。22GHz 帯、26GHz 帯、38GHz 帯においては、2 地点間(距離 4km 程度)で最大 156Mbps、マルチポイント(距離 1km 程度)で最大 46Mbps 程度の伝送速度が得られる。

2.3.2 動向

総務省において、平成 25 年 2 月 27 日から開催している「放送ネットワーク強靱化に関する検討会」の第 4 回会合⁵で、一般社団法人日本コミュニティ放送協会(JCBA)から、“160MHz 帯の放送事業用無線回線がコミュニティ放送でも使用できるようになれば、ネットワークを構築する際の負担も軽くなるため、検討をお願いしたい。”と要請した。それに対して、同研究会において“現在 AM 放送が使用している無線回線(60MHz 帯又は 160MHz 帯)は比較的安価な機材で対応可能と見込まれることから、コミュニティ放送でも使用可能とするための制度及び技術上の課題等について必要な検討を進めること、平成 26 年度中をめどに課題の解決策等を取りまとめる予定”とすることが示された。

2.4 規格化動向

総務省情報通信審議会情報通信技術分科会放送システム委員会は、第 47 回会合⁶において「放送システムに関する技術的条件」⁷のうち「ラジオネットワークの強靱化に関する技術的条件」の検討について審議し、傘下に以下に示す 2 つの作業班を設置して必要な技術的条件の検討を開始することとした。

(1) STL/TTL 作業班

[背景] 従来、AM ラジオの番組中継回線として利用されてきた VHF 帯 STL/TTL の周波数(60MHz、160MHz)を一層活用することとし、コミュニティ放送などの FM ラジオ放送の番組中継回線としてステレオ放送の中継を可能にすること。

[課題] 60MHz・160MHz 帯放送用 STL/TTL 回線の高度化

(2) ギャップフィルター作業班

[背景] リアス式海岸地域や山間地等において FM ラジオ放送(FM 補完中継局を含む)の放送区域に発生する極小規模な難聴地域を解消するため、その対策として FM ラジオ放送用周波数を利用したラジオのギャップフィルターの導入を進めること。

[課題] ラジオのギャップフィルターの整備

⁵ 放送ネットワーク強靱化に関する検討会(第 4 回会合)： 第 5 回会合資料「放送ネットワークの強靱化に関する検討会」第 4 回会合における指摘事項について」の 2 ページを参照。

http://www.soumu.go.jp/main_content/000229154.pdf

⁶ 総務省情報通信審議会情報通信技術分科会放送システム委員会第 47 回会合： 放送システム委員会の主査は伊東晋 東京理科大学理工学部教授。第 47 回会合は平成 26 年 12 月 3 日に開催された。

⁷ 放送システムに関する技術的条件： 平成 18 年 9 月 28 日付け諮問第 2023 号。

第3章 検討事項

3.1 検討事項

現在使用されている占有周波数帯幅(100kHz)では、アナログ方式によるモノラル伝送を行うことしかできなかった。同じ占有周波数帯幅にてステレオ伝送を行うためには、新たにステレオ伝送が可能なデジタル方式を導入する必要がある。そのために、デジタル 64QAM⁸方式の送受信機器を試作し、課題解決が可能か否かについて実証試験を行うこととした。

今回、以下の項目について検討を行うことにした。

- (1) 伝送容量の確認
- (2) 伝送遅延などによる課題の解決
- (3) 伝送の質を維持する条件
- (4) 隣接システムとの共用条件、同一周波数繰り返し使用のための条件
- (5) 検討すべき技術基準(案)の検討

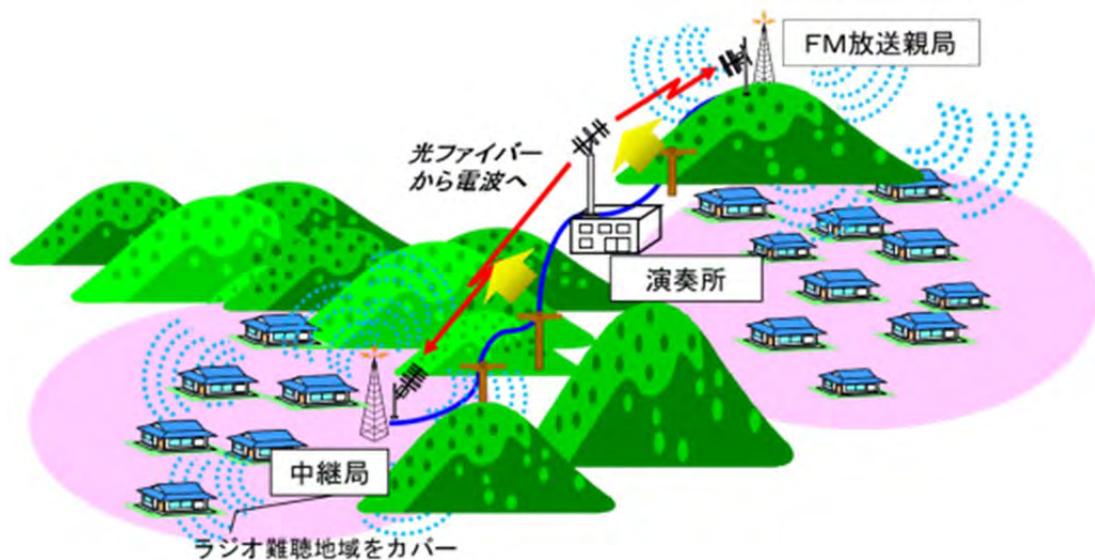


図 3.1-1 検討を行うステレオ放送番組の無線中継回線(赤矢印で示す)

⁸ QAM： 直角位相振幅変調(Quadrature Amplitude Modulation)のこと。互いに独立な2つの搬送波の振幅及び位相を調整しデータを伝送する。

第4章 技術試験の概要

4.1 技術要件の整理

現在使用されているアナログ周波数変調方式を用いた60MHz帯および160MHz帯のラジオ放送番組中継回線については、「無線設備規則」において一般則が適用されており、その他の技術的条件については「電波法関係審査基準」において定められている。

今回検討している無線方式は、放送番組中継を行う固定局において60MHz帯及び160MHz帯を用いたデジタル変調方式を検討していることから、現行の無線設備規則等では定められていない技術方式であるため、この方式を導入するためには新たな制度整備が必要となる。

今回検討したデジタル変調方式を用いた実験試験局の諸元を、現行のアナログ変調方式ラジオ音声STL規格およびデジタル変調方式音声STL規格と比較して、表4.1-1にまとめた。

表 4.1-1 デジタル変調方式を用いた実験試験局の諸元

主な技術的条件	今回の実験試験局	アナログ変調方式 ラジオ音声 STL 規格	デジタル変調方式 音声 STL 規格
周波数帯	160MHz帯 (167.93MHz)	60MHz帯、160MHz帯	6.5GHz帯、7.5GHz帯
電波の型式	D7W	F3E、F8E、F9W	D7W、G7W
占有周波数帯(最大)	100kHz	100kHz	405kHz
変調方式	64QAM	周波数変調	基本 64QAM その他 32QAM、 16QAM、4PSK
伝送信号	ステレオ音声 同期信号	モノラル音声	ステレオ音声 同期・制御等の多重
伝送容量	404kbps	—	2,250kbps 以下
空中線電力の最大値	5W	50W	2W
音声帯域圧縮方式	サブバンド ADPCM ⁹ 方式	—	非圧縮 サブバンド ADPCM 方式

4.1.1 技術要件

以下の技術要件について整理が必要である。

- (1) 使用形態(使用モデル)
- (2) 周波数帯
- (3) 占有周波数帯幅
- (4) 変調方式
- (5) 空中線電力
- (6) 電波型式
- (7) 伝送信号
- (8) 伝送容量
- (9) 回線設計(回線品質)
- (10) フェージングマージン
- (11) 混信保護値

⁹ サブバンド ADPCM 符号化方式： Sub-band ADPCM Coding は、フィルタなどを用いて複数の周波数領域に分解し、それぞれを ADPCM 符号化する方式。なお、ADPCM 方式とは、適応差分 PCM(Adaptive Differential Pulse Code Modulation, ADPCM) のことであり、音声信号の隣り合ったサンプル間の相関を利用し両者の差分をコード化(差分 PCM: Differential pulse Code Modulation) する方式において、量子化幅を適応的に変化させた方式。

- (12) 周波数偏差
- (13) 送信電力スペクトラム特性
- (14) スプリアス
- (15) 音声信号周波数帯域特性
- (16) 送受信空中線
- (17) 送信・受信偏波

今回、上記した技術要件のうち重要な事項について検討することとした。

4.2 技術試験項目

今回、技術試験にて実施する項目を以下に示す。

(1) 伝送容量の確認

- ・ 現行の占有周波数帯幅(100kHz 幅)内でステレオ伝送が可能であること
- ・ 親局と中継局との間で周波数同期を可能にするための信号など、ステレオ音声だけでなく制御情報や付加情報についても同時に伝送できること

(2) 伝送遅延などによる課題の解決の検討

- ・ 伝送によって生じる遅延を把握し、親局と中継局との間で生じる遅延差が放送システムに大きな影響が生じないこと

(3) 伝送の質を維持する条件の検討

- ・ 伝送によってステレオ音声の品質劣化が生じないこと

(4) 隣接周波数帯のシステムとの共用条件、並びに、同一周波数繰り返し使用のための条件の検討

- ・ 現存する周波数帯域で使用されているアナログ方式のモノラル伝送への影響、および新たなステレオ伝送が可能なデジタル方式同士の干渉などの確認

上記試験を実施するために、デジタル変調方式として 64QAM 方式を採用した STL 送信機器と STL 受信機器を試作し、STL 実験試験局として実際に電波を発射して実証試験を行うこととした。

4.2.1 伝送容量の確認

現行の占有周波数帯幅(100kHz 幅)内でステレオ伝送が可能であること、および親局と中継局との間で周波数同期を可能にするための信号など、ステレオ音声だけでなく制御情報や付加情報についても同時に伝送できること、が求められる。そのため、FM 放送のステレオ音声品質を確保しつつデジタル圧縮された音声データ(約 390kbps)と制御情報や付加情報などの補助データ(約 20kbps)が伝送可能であることを室内実験およびフィールド実験にて確認する。

4.2.2 伝送遅延などによる課題の解決

伝送されるステレオ音声および補助データ(同期信号など)は、STL 送信装置にて、デジタル化処理、音声帯域圧縮方式としてサブバンド ADPCM 方式を用いた帯域圧縮処理、帯域圧縮された音声データ(約 390kbps)と補助データ(約 20kbps)の伝送フレーム化処理、誤り訂正符号の付加処理などの処理を施されたのち、64QAM 方式で変調後、高周波増幅を介してアンテナより送信される。STL 受信装置では、64QAM 復調後、誤り訂正処理、伝送フレームから音声データ(約 390kbps)と補助データ(約 20kbps)とに分離処理、さらに音声データを帯域圧縮の復号処理などの処理を施したのち、ステレオ音声を得られる。これら一連の処理および伝送を行うことによって、数 msec から十数 msec の遅延が生じるものと推察される。

発生する遅延を把握するとともに、親局と中継局との間で生じる遅延差が放送システムに大きな影響が生じないことを確認することが求められる。

室内実験では、ステレオ音声の伝送遅延を測定するとともに、補助データで伝送される制御情

報として今回伝送する同期信号(10MHz 信号¹⁰、1PPS 信号¹¹)を確認し、同信号の伝送遅延を測定する。

フィールド実験では、室内実験で実施する測定に加えて、同期信号(10MHz 信号、1PPS 信号)を用いて FM 同期放送が成立するかどうか、について基本機能を確認する。

4. 2. 3 伝送の質を維持する条件

STL 伝送によってステレオ音声の品質劣化が生じないことを確認するためには、回線設計の基準とすべき数値を確認(64QAM 方式を維持できる受信機入力電圧の測定など)する必要がある。

室内実験では、基本性能試験として BER¹²、C/N¹³、コンスタレーション¹⁴およびマルチパス特性を測定する。

フィールド実験では、室内実験で実施する測定に加えて、基本性能試験として受信入力電圧を測定する。さらに、伝搬距離特性(見通し内、見通し外)を測定し、長期変動試験を実施する。

4. 2. 4 隣接システムとの共用条件、同一周波数繰り返し利用のための条件

60MHz 帯および 160MHz 帯におけるラジオ放送番組中継回線は、現在、アナログ方式のモノラル伝送のために使用されている。この帯域にて、今回検討する 64QAM 方式を採用したデジタル方式のステレオ伝送を行う STL 中継回線に使用する場合、以下の確認を行う必要がある。

(1) デジタル伝送 STL 中継回線同士の干渉条件

- ・ 同一チャンネル D/U¹⁵
- ・ 隣接、次隣接チャンネル D/U

(2) 既存アナログ方式のモノラル伝送回線へのデジタル伝送 STL 中継回線の干渉条件

- ・ 同一チャンネル D/U
- ・ 隣接、次隣接チャンネル D/U

上記した確認は、室内実験にて行う。

¹⁰ 10MHz 信号： 放送・通信システムの周波数基準となる 10MHz の信号。下記、1PPS 信号に対してコヒーレントなクロックである。

¹¹ 1PPS 信号： UTC(協定世界時)に同期した高精度のタイムパルスで、1秒に1回のパルスで構成される信号(PPS: Pulse Per Second)。1PPS 信号の立ち上がりは UTC に対して $\pm 1\mu\text{s}$ 以内が保証されている。

¹² BER： 符号誤り率(Bit Error Rate)のこと。送出された符号(ビット)の総数に対する誤って受信した符号の数の比率を示す。

¹³ C/N： 搬送波と雑音の比率(Carrier to Noise Ratio)のこと。

¹⁴ コンスタレーション： ビット列の信号を、振幅と位相とで表したものの。情報を表すデジタル信号のビット列について、搬送波の位相と振幅との関係を図にしたもの。変調手法や変調時の不具合を直感的に図示することができる。通常、I 軸で復調した信号(同相成分)をオシロスコープの x 軸入力に、I 軸に直交する Q 軸で復調した信号(直交成分)をオシロスコープの y 軸入力に接続し、x-y 表示を行うことで観測することができる。

¹⁵ D/U： 希望波(D=Desire)と妨害波(U=Undesire)の比率(Desire to Undesire Ratio)のこと。

第5章 技術試験

5.1 STL 伝送装置の概要

5.1.1 STL 送信装置と STL 受信装置

今回の技術試験に使用した STL 送信装置および STL 受信装置は MN 帯¹⁶音声 STL として設計され製品化された機材をベースに、デジタル変復調処理の狭帯域化、および高周波互換処理を 160MHz 帯対応とする改修を施した。

複数の送信所から FM 同期放送を実現する場合には、各送信所の放送周波数を極力合わせることで、受信地域における信号到達の時間タイミングを極力一致させることが、より良い FM 放送を提供できる。そこで、放送周波数を極力合わせるために各所に同期した 10MHz 信号、また信号到達の時間タイミングを調整するための基準として 1PPS 信号を、各送信所へ供給できることが望まれる。このような背景のもと、主に伝送される情報としてはステレオ音声であるが、補助情報を送る仕組みを搭載し、今回の技術試験ではその補助情報として FM 同期放送を実現するために必要な 10MHz 信号と 1PPS 信号を伝送するように構成した。

5.1.1.1 今回の実験試験局の仕様

実験試験局として免許された周波数 167.93MHz にて機器を構成し調整した。また、ステレオ音声に補助情報(同期情報)を加えて合計 404kbps の情報を最大 100kHz の占有帯域幅にて伝送するために、ロールオフ率 0.2、シンボルレート 77k symbol/sec での 64QAM 変調方式を採用した。

音声帯域圧縮方式としてサブバンド ADPCM 方式を採用し、ステレオ音声を 16 ビット/サンプルで 48kHz/サンプルでサンプリングした 1,536kbps の情報を、384kbps の情報に圧縮した。なお、サブバンド ADPCM 方式は FM 放送として十分な性能(音声品質)を持ち、スタジオと FM 送信所を結ぶ M/N 帯音声 STL で使用されている。

今回の実験試験局の仕様を表 5.1-1 に示す。

表 5.1-1 今回の実験試験局の仕様

主な技術的条件	仕様
周波数帯	160MHz 帯(167.93MHz)
電波の型式	D7W
占有周波数帯幅(最大)	100kHz
変調方式	64QAM(デジタル)
ロールオフ率	0.2 送受ルート配分
シンボルレート	77k symbol/sec
伝送信号	ステレオ音声 制御情報(同期信号)
伝送容量	404kbps (誤り訂正符号を除く)
空中線電力の最大値	5W
音声帯域圧縮方式	サブバンド ADPCM 方式

¹⁶ MN 帯： 音声 STL として使用される M 帯は 6.700375GHz～6.719875GHz および 6.860375GHz～6.867875GHz であり、6.5GHz 帯とも呼称される。同じく N 帯は、7.571375GHz～7.584875GHz および 7.731375GHz～7.742375GHz であり、7.5GHz 帯とも呼称される。

5. 1. 1. 2 STL 送信装置の構成

今回の STL 送信装置の送信系統図を図 5. 1-1 に示す。

L チャンネル音声と R チャンネル音声は、音声 L/R 信号として、多重化処理を行う MUX 部に入力される。また 10MHz 信号と 1PPS 信号は、レベル変換部にてレベル変換されたのち補助情報(同期情報)として、同じく MUX 部に入力される。図 5. 1-1 の左上部に配置した信号発生 SG 部は、1PPS 信号に応じて一定期間 1kHz のトーン(サイン波)を生成する測定用の信号発生器で構成した。

MUX 部は、入力された音声 L/R 信号をそれぞれ 16 ビット/サンプル、48kHz/サンプルに AD 変換したのち、サブバンド ADPCM 方式で符号化処理を行い 384kbps の情報に、また補助情報(同期情報)を 20kbps に変換し、それぞれを時分割多重し DATA 信号として出力する。

変調部は、MUX 部が出力する DATA 信号、CLK 信号(クロック)および Fsync 信号(フレーム同期信号)を基準として、伝送時のエラー混入に対して耐性を向上させるため誤り訂正符号としてリードソロモン符号を付加したのち、フレーム構造化し、ロールオフ率 0.2 にて、シングルキャリア 64QAM に変調した信号を出力する。

IF 部は、周波数変換を行い 130MHz の IF 信号として出力する。

ミキサ部には、130MHz の IF 信号と、周波数変換用ローカル SG が出力する 37.93MHz が入力され、130MHz の IF 信号を 167.93MHz に周波数変換して出力する。

BPF 部は前段ミキサ部における周波数変換で生じた高調波成分を除去し、プリアンプ部と 50W パワーアンプ部は、その入力レベルを加減して電力増幅を行い、5W、167.93MHz の 64QAM 変調信号を出力する。最終の TX フィルタ部は、パワーアンプで増幅した際に生じる 2 倍波や 3 倍波を除去する。

従来のアナログ FM 用の RF 系は、飽和処理を前提とした設計であるが、デジタル用の RF 系は増幅時の歪発生を避ける必要があるため、今回の技術試験装置では汎用品を利用してリニア動作する 160MHz 帯の RF を構成した。また実験試験用において、RF の出力周波数を任意に変換できるように周波数変換用ローカル SG は、信号発生器を使用した。

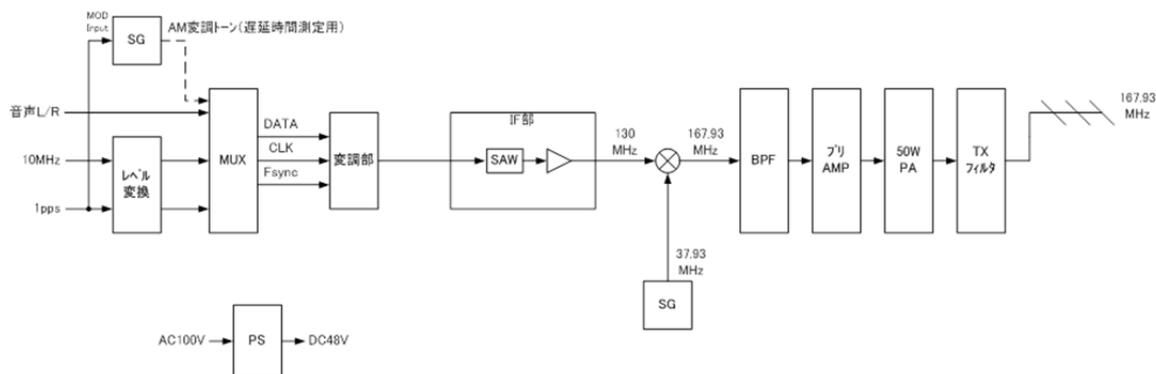


図 5.1-1 STL 送信装置の送信系統図

STL 送信装置の外観写真を図 5. 1-2 に示す。

デジタル系は、MUX 部と 64QAM 変調部で構成され、左下端に記載した電源部から DC 電源供給される。機器外観は、M/N 帯音声 STL 用の MUX 部と変調部と同じ外観であり、機器サイズの小型化等を行っていない。レベル変換部、1kHz のトーンを生成する測定用の信号発生 SG 部は、MUX 部に組込んだ。

RF系は、汎用品を利用して160MHz帯RFを構成しており、上述したデジタル系と同じく、機器サイズの小型化は行っていない。

また、今回のSTL装置では室内実験等においてRF周波数を任意に変更する場合も配慮し、ローカルSGは周波数変換できる測定器用のSGを選択し外置き構成とした。構成要素の最適化を図れば装置の小型化が可能と考える。



図 5.1-2 STL 送信装置の外観写真

5.1.1.3 STL 受信装置の構成

STL 受信装置の受信系統図を図 5.1-3 に示す。

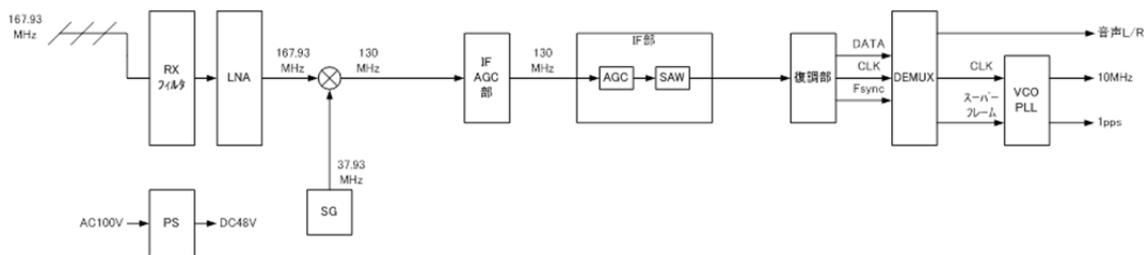


図 5.1-3 STL 受信装置の受信系統図

受信した 167.93MHz の RF 信号は、RX フィルタに入力され、近隣周波数帯の不要電波を低減する LNA (Low Noise Amplifier) は、受信した微小な信号を増幅する。

ミキサには、167.93MHz の受信信号と、周波数変換用ローカル SG からの 37.93MHz が入力され、周波数変換を行い 130MHz の受信 IF 信号として出力する。

IF-AGC 部は受信 IF 信号の入力レベルに応じて、ゲインを調整し出力する。

IF 部は、さらに AGC 処理と近隣周波数帯の不要成分を低減した信号を出力する。

復調部は、入力された信号から、フレーム構成の開始点を検知し、ロールオフ率 0.2 を前提として、伝送時に生じた波形劣化を自動等化処理にて補正し、64QAM 復調を行う。さらにリードソロモン符号に基づきエラー訂正を行った後、DATA 信号、CLK 信号および Fsync 信号を出力する。

DEMUX 部は、DATA 信号、CLK 信号および Fsync 信号を基準として、時分割多重された 384kbps の音声情報と 20kbps の補助情報 (同期情報) とに分離する。384kbps の音声情報は、サブバンド ADPCM 方式で復号化され、16 ビット/サンプルで 48k/サンプルにサンプリングされた音声信号に復号された後、D/A 変換されてアナログの音声 L/R 信号として出力される。

VCO-PLL 部は、DEMUX 部からの補助情報(同期情報)を元に、10MHz と 1PPS を再生し、レベル変換して 10MHz 信号と 1PPS 信号を出力する。

STL 受信装置の外観写真を図 5.1-4 に示す。

デジタル系は、STL 送信装置と逆の処理を行う、64QAM 復調部と DEMUX 部で構成され、左下端の電源部から DC 電源が供給される。機器外観は、M/N 帯音声 STL 用と同じ外観である。VCO-PLL 部は、DEMUX 部に組込んである。

RF 系は、同じく汎用品を利用して 160MHz 帯 RF を構成しており、デジタル系と同じく、機器サイズの小型化は行っていない。

また、送信側 STL 装置と同様に、構成要素の最適化を図れば装置の小型化が可能と考える。

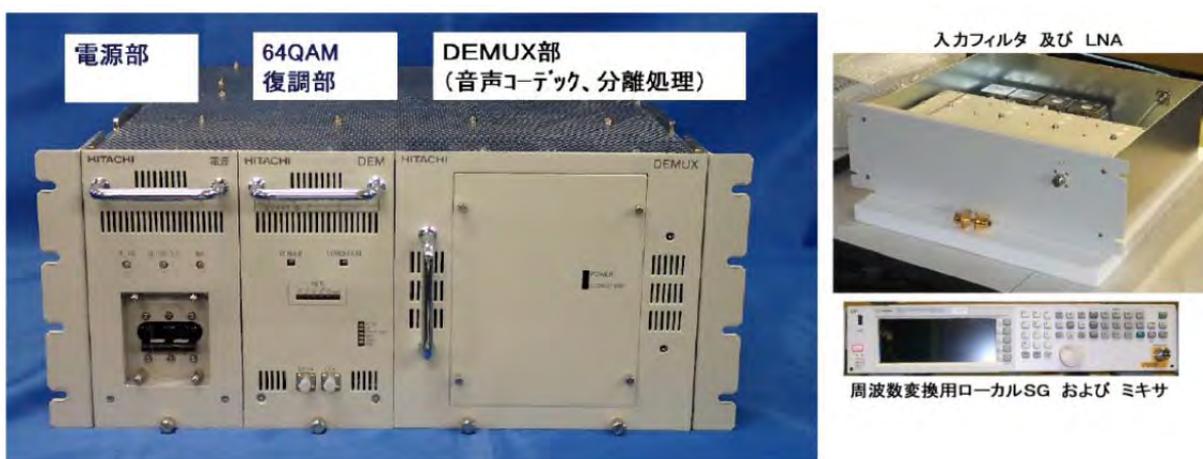


図 5.1-4 STL 受信装置の外観写真

5.1.2 フレーム構成

STL 装置の伝送信号のフレーム構成を図 5.1-5 に示す。

処理の単位である全体フレームは、約 15.3msec の時間長を持ち、0.8msec の同期用シンボルと、14.5msec の伝送データシンボルから構成される。

同期用シンボルは、変調点を 2ヶ所に限定したヘッダと称する一定パターンのシンボル(約 0.8msec)であり、UW(Unique Word)と呼ぶ 43 シンボルなどからなる。

同期用シンボルの後に配置される伝送データシンボルは、正味情報である音声情報と補助情報は予め定めた順番と長さで時分割多重処理が行なわれ、さらにエラー訂正用としてリードソロモン符号パリティが付加された信号を 64QAM にマッピングされたシンボルである。この約 3.6msec 期間の時間長をもつ伝送データシンボルを 4つ単位とし約 14.5msec 期間に配置する。

復調時は、①変調点を 2ヶ所に限定したヘッダと称する一定パターンを探してフレームの開始点を見定め、②ヘッダのパターンが変調側で限定した 2ヶ所に戻るように波形等化を行い、③リードソロモン符号パリティから混入したエラーの有無およびエラー訂正を行う。

正味情報である音声情報と補助情報は、予め定めた順番と長さで時分割多重処理されているため、音声情報と補助情報に多重分離処理できる。

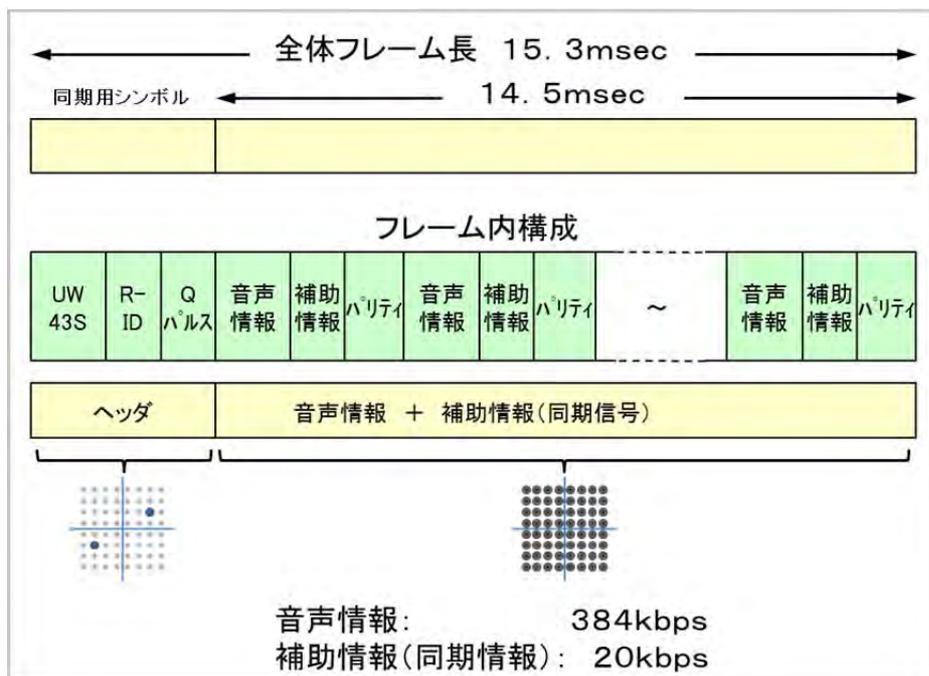


図 5.1-5 STL 装置のフレーム構成

5.2 STL 送信装置と STL 受信装置

5.2.1 検証項目

STL 送信装置と STL 受信装置の基本性能を確認するため、室内試験にて以下の検証を行う。

1. STL 送信装置の性能確認
 - (1) 送信電力
 - (2) 周波数偏差
 - (3) スプリアス
 - (4) 占有周波数帯幅
 - (5) スペクトラムマスク
 - (6) 消費電流(消費電力)
2. STL 受信装置の性能確認
 - (1) IF 周波数偏差
 - (2) 消費電流(消費電力)

なお、無線設備規則¹⁷に規定されている許容値もしくは許容偏差は以下の通りである。

- ・送信電力 上限 20% 下限 50% (第 14 条 18 に該当)
- ・周波数偏差 20×10^{-6} (第 5 条別表第 1 号注 18)
- ・スプリアス 1mW 以下、かつ基本周波数の搬送波電力より 60dB 低い値 (第 7 条別表第 3 号 2)

また、無線設備規則に規定されていない項目については以下の値を装置の仕様とした。

- ・占有周波数帯幅 100kHz
- ・スペクトラムマスク 表 5.2-11(後述)の仕様値欄に記載
- ・STL 送信装置の消費電流(消費電力) 10A
- ・STL 受信装置の IF 周波数偏差 5×10^{-6}
- ・STL 受信装置の消費電流(消費電力) 4A

5.2.2 室内実験における構成と使用する測定機器

5.2.2.1 基本構成

STL 送信装置と STL 受信装置の基本性能を確認するため、室内試験における構成について図 5.2-1 に示す。

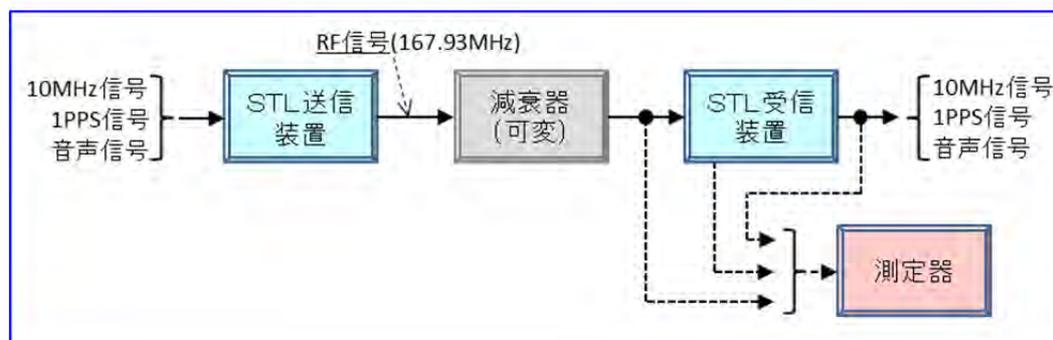


図 5.2-1 室内実験における構成

¹⁷ 無線設備規則：無線設備規則(昭和 25 年 11 月 30 日電波監理委員会規則第 18 号)から抽出。
<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S25/S25F30901000018.html>

5.2.2.2 使用する測定機器

STL 試験装置の基本性能を確認するため、室内試験にて検証に使用する測定機器について表 5.2-1 に示す。

表 5.2-1 室内実験に使用する測定機器

計測機器	品番等	主要機能/特性
高周波電力計	アジレント U2000A FUJISOKU DGP-1500A	
周波数カウンタ	アンリツ MF2412C	
スペクトルアナライザ	アジレント E4407B	
クランプメータ	HIOKI 3284	
電圧計	HIOKI 3804-50	
減衰器	アジレント 8494B+8496B (可変) ワインシユル 53-40-43 (固定)	
オーディオアナライザ	オーディオブレンドン P1DD	
雑音付加装置	HP 3708A	
BER 測定装置	HP 37717B	
フェージングシミュレータ	當電 4408A-012	

5.2.3 STL 送信装置の性能確認

5.2.3.1 送信電力

STL 送信装置の基本性能として、まず送信電力を測定する。送信電力として、実験試験局として届出している送信電力は 5W であるため、許容範囲は 5W に対して上限 20%、下限 50%にすることが求められる。

【機器構成】 送信電力を測定するための測定系統図を図 5.2-2 に示す。また、使用する機材を表 5.2-2 に示す。

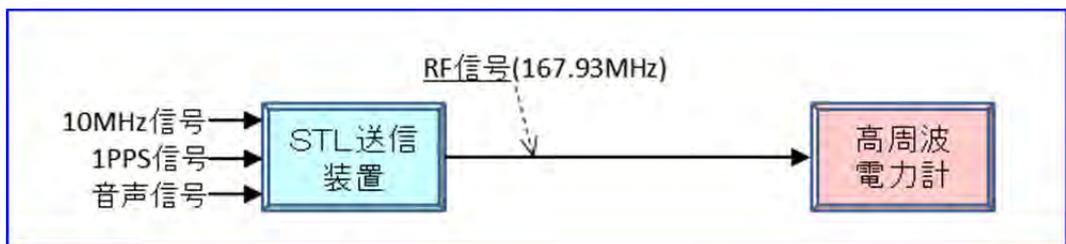


図 5.2-2 送信電力の測定における機器構成

表 5.2-2 使用する機材

機材	主要機能/特性	備考
送信装置	STL 送信装置	今回試作
高周波電力計	FUJISOKU DGP-1500A	

【測定項目】 STL 送信装置の出力である RF 信号の電力について測定を行う。

【測定方法】 STL 送信装置の出力である RF 信号を減衰器(固定)を経由して、高周波電力計に入力し、高周波電力計の表示値を読む。

【測定結果】 測定結果を表 5.2-3 に示す。送信電力は、高周波電力計を用いて 5.2W(37.2dBm)であった。

表 5.2-3 送信電力測定結果

高周波電力計の表示値	備考
5.2 W	

【考察】 測定された送信電力は 5.2W であり、届出値である 5W に対して差異が+4%となったが、無線設備規則の規格内であることを確認できた。

5.2.3.2 周波数偏差

実験試験局として届出している使用する周波数は 167.93MHz であるため、許容偏差は 167.93MHz に対して $20 \times 10^{-6} (\pm 3, 358\text{Hz})$ 以下にすることが求められる。

【機器構成】 周波数偏差を測定するための測定系統図を図 5.2-3 に示す。なお、使用する機材は表 5.2-2 と同じ。

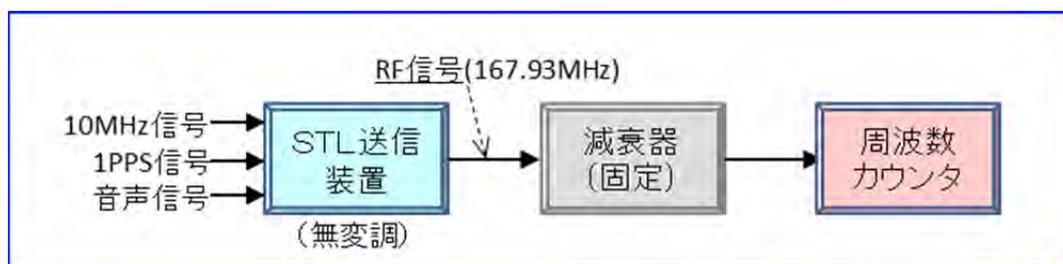


図 5.2-3 周波数偏差の測定における機器構成

【測定項目】 STL 送信装置の出力である RF 信号の周波数について測定を行う。

【測定方法】 STL 送信装置出力である RF 信号を減衰器(固定)を経由して、周波数カウンタに入力し、周波数カウンタの表示値を読む。

【測定結果】 表 5.2-4 に示す通り、指定周波数 167.93MHz に対して、測定値は 167.9299615MHz であり、差異(偏差)は-38.5Hz であった。

表 5.2-4 周波数偏差測定結果

指定周波数	測定値	偏差
167.93MHz	167.9299615MHz	-38.5Hz (偏差 -0.229×10^{-6})

【考察】 無線設備規則に規定されている周波数の許容偏差 $\pm 20 \times 10^{-6}$ に対して測定結果 -38.5Hz は偏差 -0.229×10^{-6} であり、無線設備規則の規格内であることを確認した。

5.2.3.3 スプリアス

実験試験局として届出している使用する周波数は 167.93MHz で、送信電力は 5W であるため、許容値は 1mW 以下であり、かつ基本周波数の平均電力より 60dB 低い値にすることが求められる。

【機器構成】 周波数偏差を測定するための測定系統図を図 5.2-4 に示す。なお、使用する機材は表 5.2-2 と同じ。

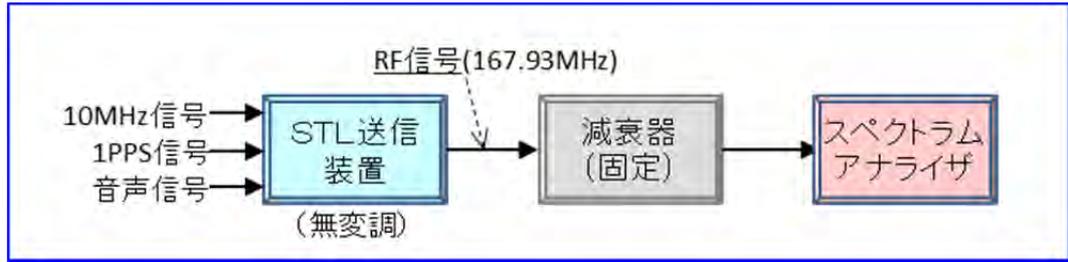


図 5.2-4 スプリアスの測定における機器構成

- 【測定項目】 STL 送信装置の出力である RF 信号のスプリアスについて測定を行う。
- 【測定方法】 STL 送信装置の出力を減衰器を介してスペクトラムアナライザに接続する。無変調の状態にして、CW のピークを Ref Level に合わせたのち、スペクトラムアナライザを表 5.2-5 に示す設定で帯域外領域を測定する。

表 5.2-5 スペクトラムアナライザの設定(帯域外領域)

周波数帯域	RBW ¹⁸	VBW ¹⁹	検波モード
Center : 仕様帯域中心 (span : 500kHz)	1kHz	1kHz	サンプル検波

次に、STL 送信装置に定格レベルの音声信号を入力する(変調波にする)。(Ref Level は変更せず)
STL 送信装置の出力に減衰器を介してスペクトラムアナライザに接続し、表 5.2-6 に示す設定でスプリアス領域を測定する。

表 5.2-6 スペクトラムアナライザの設定(スプリアス領域)

周波数帯域	RBW	VBW	検波モード
0Hz~2,000MHz	10kHz	300kHz	ポジティブピーク検波

スプリアスの値は以下の式で求めることができる。

$$\text{スプリアス (dB)} = P_s - P_c$$

P_c : 定格出力設定時の基本波レベル (dBm)

P_s : スプリアスレベル (dBm)

- 【測定結果】 表 5.2-7 に示す通り、スプリアスは-63dB であった。

表 5.2-7 スプリアス測定結果

項目	仕様	測定周波数	測定結果
帯域外領域	-60dB 以下	-193kHz	-63dB
スプリアス領域	-60dB 以下	—	-70dB 以下

- 【考察】 無線設備規則に規定されているスプリアスの許容値は 1mW 以下、かつ基本周波数の搬送波電力より 60dB 低い値に対して、測定結果である-63dB は無線設備規則の規格内であることを確認できた。

¹⁸ RBW : 分解能帯域幅 (RBW: Resolution Band Width) のこと。スペクトラムアナライザの IF フィルタの帯域幅を指す。

¹⁹ VBW : ビデオ帯域幅 (VBW: Video Band Width) のこと。スペクトラムアナライザの検波回路の後ろにあるフィルタの帯域幅を指す。

5.2.3.4 占有周波数帯幅

占有帯域幅について、実験試験局として 100kHz を仕様として定めているため、100kHz 以下であることを確認する。

【機器構成】 占有周波数帯幅を測定するための測定系統図は図 5.2-4 と同じ。また、使用する機材も表 5.2-2 と同じ。

【測定項目】 STL 送信装置の出力である RF 信号の占有周波数帯幅について測定を行う。

【測定条件】 測定条件を表 5.2-8 に示す。

表 5.2-8 測定条件

周波数帯域	RBW	VBW	検波モード	備考
スパン：500kHz	10kHz	100kHz	ポジティブピーク検波	20 回平均値

【測定方法】 STL 送信装置の出力を減衰器を通して上記条件を設定したスペクトラムアナライザで測定する。

【測定結果】 表 5.2-9 に示す通り、占有周波数帯幅は 90.3kHz であることを確認した。

表 5.2-9 占有帯域幅測定結果

測定値
90.3kHz

【考察】 占有帯域幅は 100kHz 以下であり、測定結果である 90.3kHz は仕様の範囲内であることを確認できた。

5.2.3.5 スペクトラムマスク

【機器構成】 スペクトラムマスクを測定するための測定系統図は図 5.2-4 と同じ。また、使用する機材も表 5.2-2 と同じ。

【測定項目】 STL 送信装置の出力である RF 信号のスペクトラムマスクについて測定を行う。

【測定条件】 測定条件を表 5.2-10 に示す。

表 5.2-10 測定条件

周波数帯域	RBW	VBW	検波モード	備考
スパン：500kHz	3kHz	300Hz	ポジティブピーク検波	20 回平均値

【測定方法】 送信装置出力を減衰器を通して上記条件を設定したスペクトラムアナライザで測定する。

【測定結果】 測定結果を表 5.2-11 および図 5.2-5 に示す。なお、図 5.2-5 の図中のカギ印は仕様値の位置を示す。

表 5.2-11 スペクトラムマスク測定結果

中心周波数からの偏差(kHz)	相対減衰量(dB)	
	仕様値	測定値
-100.0 kHz	-48.0 dB	-56.6 dB
-51.0 kHz	-37.0 dB	-38.7 dB
-50.0 kHz		-35.3 dB
0.0 kHz	0.0 dB	0.0 dB
50.0 kHz		-34.0 dB
51.0 kHz	-37.0 dB	-37.1 dB
100.0 kHz	-48.0 dB	-55.8 dB

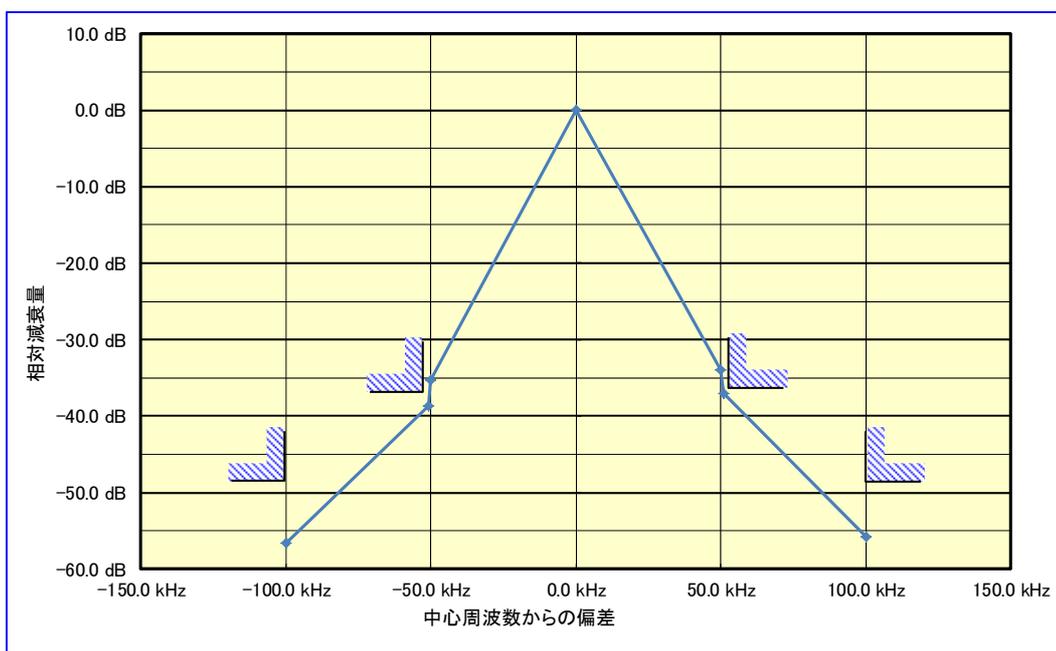


図 5.2-5 スペクトラムマスク測定結果

【考察】 図 5.2-5 より仕様範囲内であることを確認した。
 なお、64QAM のロールオフ率の変更により減衰量の改善が見込まれる。

5.2.3.6 消費電流（消費電力）

【機器構成】 消費電流を測定するための測定系統図を図 5.2-6 に示す。また、使用する機材を表 5.2-12 に示す。

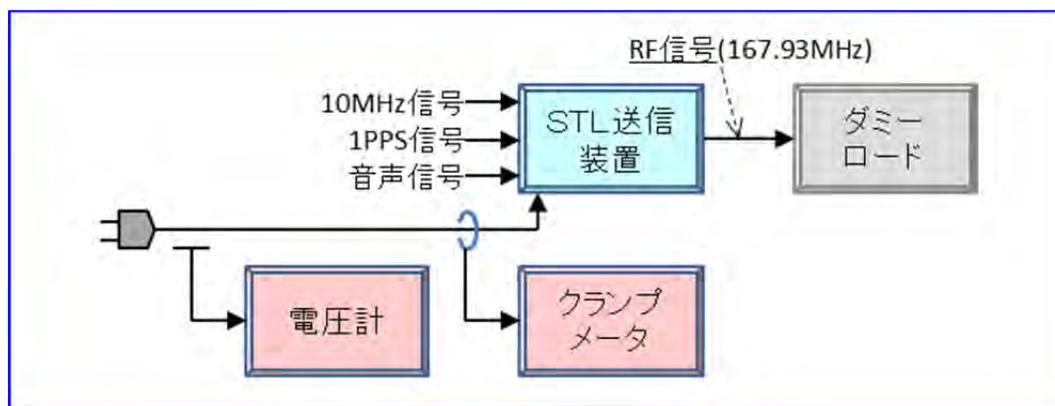


図 5.2-6 消費電流の測定における機器構成

表 5.2-12 使用する機材

機材	主要機能/特性	備考
送信装置	STL 送信装置	今回試作
減衰器	ワインシエル 53-40-43	
電圧計	HIOKI 3804-50	
クランプメータ	HIOKI 3284	

【測定項目】 送信装置全体の消費電流について測定を行う。

【測定方法】 電圧計およびクランプメータにより AC 電圧と消費電流を測定する。

【測定結果】 測定結果を表 5.2-13 に示す。

表 5.2-13 消費電流の測定結果

仕様	測定値
AC 100V 10A	7.4A

【考察】 今回は、周波数変換用ローカル発振器などについては外付け測定器などを使用した。装置本体に組み込むことにより消費電流を低減することが可能と考える。

5.2.4 STL受信装置の性能確認

5.2.4.1 IF 周波数偏差

【機器構成】 IF 周波数偏差を測定するための測定系統図を図 5.2-7 に示す。また、使用する機材を表 5.2-14 に示す。

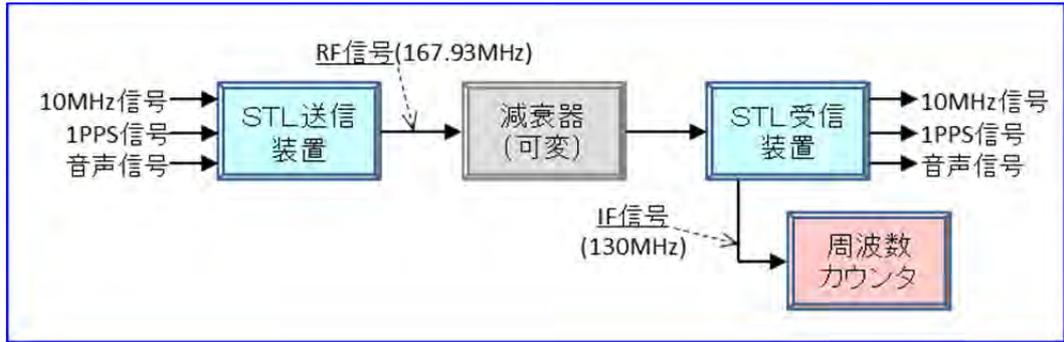


図 5.2-7 IF 周波数偏差の測定における機器構成

表 5.2-14 使用する機材

機材	主要機能/特性	備考
受信装置	STL 受信装置	今回試作
送信装置	STL 送信装置	今回試作
減衰器	アジレント 8494B+8496B	
周波数カウンタ	アイテック殿のカウンタ	

【測定項目】 STL 受信装置の IF 周波数について測定を行う。

【測定方法】 STL 受信装置の IF 信号(中間出力)を取り出し、周波数カウンタに接続することで、IF 周波数の測定を行う。

【測定結果】 表 5.2-15 に示す通り、129.9999620MHz であることを確認した。

表 5.2-15 IF 周波数偏差測定結果

指定周波数	測定値	偏差
130.0MHz $\pm 5 \times 10^{-6}$ 以内	129.9999620MHz	-38.0Hz (-0.292×10^{-6})

【考察】 仕様として IF 周波数である 130.0MHz に対して $\pm 5 \times 10^{-6}$ 以内を許容範囲としたが、測定結果である偏差 -38Hz は -0.292×10^{-6} であり、これは仕様の範囲内であることを確認できた。

5.2.4.2 消費電流(消費電力)

【機器構成】 消費電流を測定するための測定系統図を図 5.2-8 に示す。また、使用する機材を表 5.2-16 に示す。

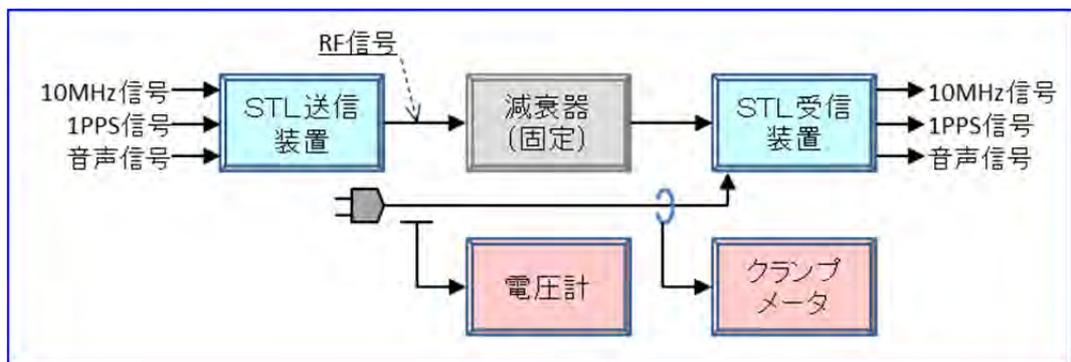


図 5.2-8 消費電流の測定における機器構成

表 5.2-16 使用する機材

機材	主要機能/特性	備考
受信装置	STL 受信装置	今回試作
送信装置	STL 送信装置	今回試作
減衰器	ワインシエル 53-40-43	
電圧計	HIOKI 3804-50	
クランプメータ	HIOKI 3284	

【測定項目】 受信装置全体の消費電流について測定を行う。

【測定方法】 電圧計およびクランプメータにより AC 電圧と消費電流を測定する。

【測定結果】 受信装置全体の消費電流を表 5.2-17 に示す。

表 5.2-17 消費電流の測定結果

仕様	測定値
AC 100V 4A	3.8A

※消費電流に、ルビジウム発振器の消費電流を含む。

【考察】 今回は、周波数変換用ローカル発振器などについては外付け測定器などを使用したが装置本体に組み込むことにより消費電流を低減することが可能と考える。

5.3 STL 送受総合特性試験（室内実験）

5.3.1 検証項目

STL 試験装置の送受総合特性を確認するため、室内試験にて以下の検証を行う。

1. 送受総合特性
 - (1) アナログ音声諸特性
 - (2) システム遅延時間
 - (3) ガウス雑音対ビット誤り率
 - (4) 受信入力電力対ビット誤り率
 - (5) 干渉妨害特性(DU比)
 - (6) 受信入力電力対アナログ電圧
2. 送受信間における伝搬特性
 - (1) マルチパス特性(遅延プロファイル)
 - (2) 同一チャンネル・隣接チャンネルにおける干渉条件

なお、アナログ音声諸特性およびガウス雑音対ビット誤り率については、以下の値を仕様として規定した。

- ・アナログ音声諸特性 50Hz～15kHz でフラット特性、S/N=70dB 以上
 - ・ガウス雑音対ビット誤り率 C/N=27.5dB にて BER は 1×10^{-4} 以下
- ※電波法関係審査基準に記載されている雑音配分の条件を踏襲

また、上記した(2)システム遅延時間に関しては、以下に示す各部の処理時間から 15msec 以内を仕様とした。各部の主たる処理の合計時間は、以下の①から⑤までの合計値である 15msec とする。

- | | |
|---------------------------------|---------|
| ① 音声圧縮サブバンド ADPCM の実処理時間 | 約 5msec |
| ② 伝送フレーム構成に挿入するヘッダ期間確保のデータ遅延時間 | 約 1msec |
| ③ エラー訂正の単位 3.6msec に対するシンドローム演算 | 約 4msec |
| ④ 同エラー訂正演算処理実時間 | 約 4msec |
| ⑤ その他処理時間 | 約 1msec |

5.3.2 送受総合特性

5.3.2.1 アナログ音声諸特性

【機器構成】 アナログ音声諸特性を測定するための測定系統図を図 5.3-1 に示す。また、使用する機材を表 5.3-1 に示す。

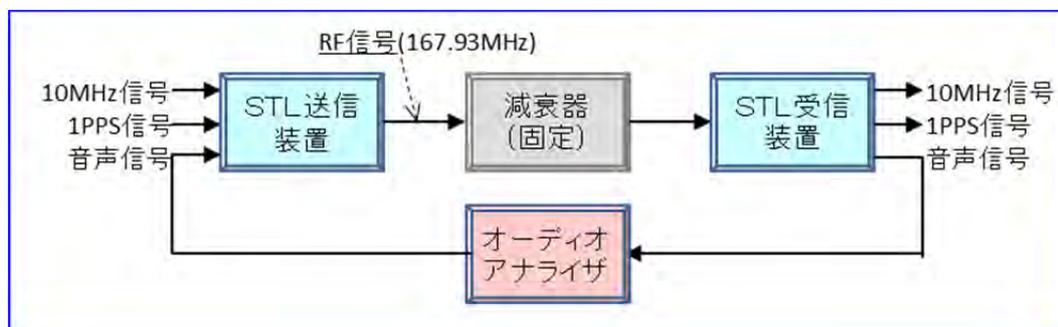


図 5.3-1 アナログ音声諸特性データ測定における機器構成

表 5.3-1 使用する機材

機材	主要機能/特性	備考
受信装置	STL 受信装置	今回試作
送信装置	STL 送信装置	今回試作
減衰器	ワインシエル 53-40-43	
オーディオアナライザ	オーディオプレジジョン P1DD	

【測定項目】 STL 送受信装置を通しての音声諸特性について測定を行う。

【測定方法】 オーディオアナライザから STL 送信装置へ音声信号を入力し、STL 受信装置で復調された音声信号をオーディオアナライザへ入力する。
オーディオアナライザに表示される諸特性値を読みこむ。

【測定結果】 表 5.3-2 から表 5.3-6 までに示すように仕様を満たしており、放送に十分使用可能なことを確認した。

(1) アナログ音声(L-ch) 特性：0.05～20kHz

①音声出力レベルと音声対信号比(S/N) (L-ch)

表 5.3-2 音声出力レベルと音声対信号比の測定結果(L-ch)

項目	仕様	結果
音声出力レベル	-6.0dBm入力時	+10dBm±1.0dB以内
信号対雑音比	-6.0dBm入力時	70dB以上

②出力偏差(L-ch)

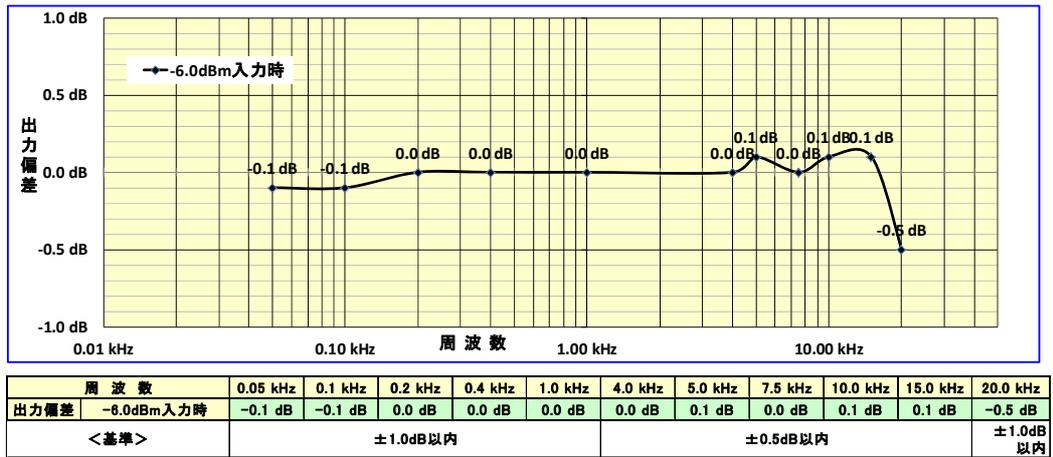


図 5.3-2 出力偏差の測定結果(L-ch)

③歪率(L-ch)

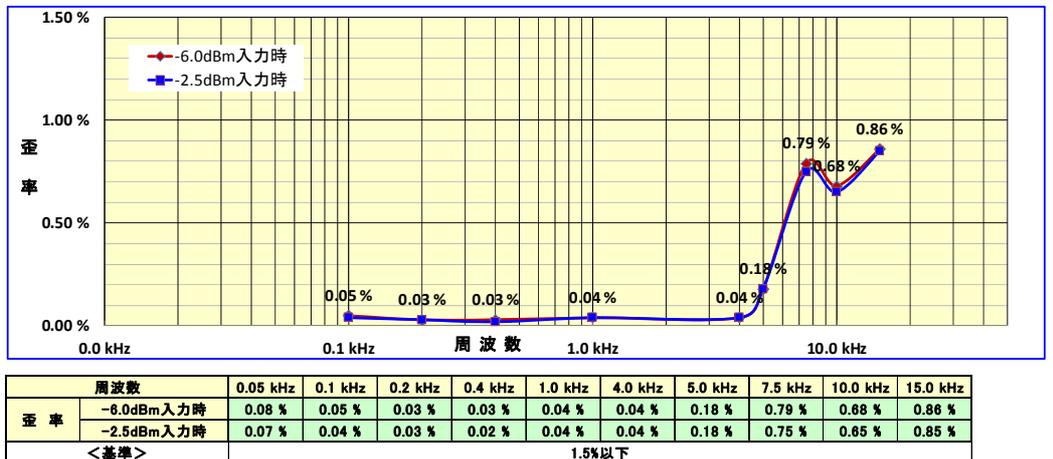


図 5.3-3 歪率の測定結果(L-ch)

(2) アナログ音声(R-ch) 特性：0.05～20kHz

①音声出力レベルと音声対信号比(S/N) (R-ch)

表 5.3-3 音声出力レベルと音声対信号比の測定結果(R-ch)

項目	仕様	結果
音声出力レベル	-6.0dBm入力時	+10dBm±1.0dB以内
信号対雑音比	-6.0dBm入力時	70dB以上

②出力偏差(R-ch)

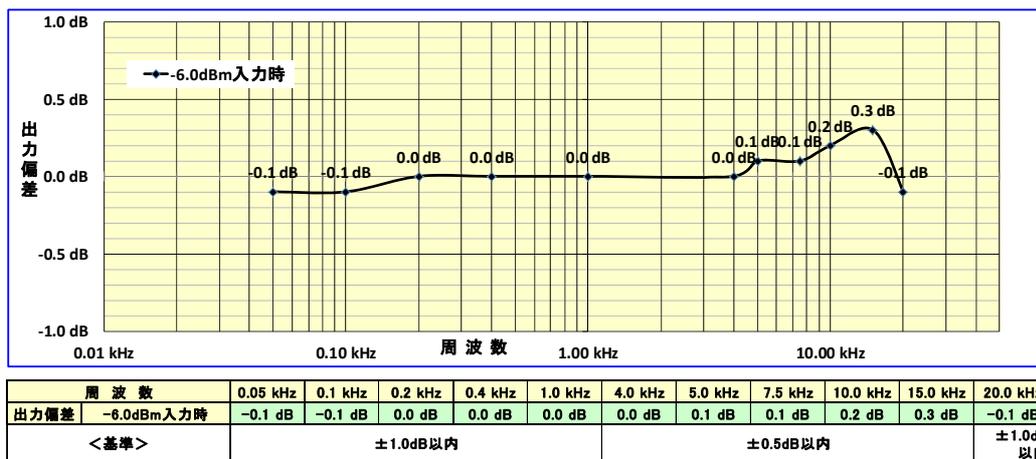


図 5.3-4 出力偏差の測定結果(R-ch)

③歪率(R-ch)

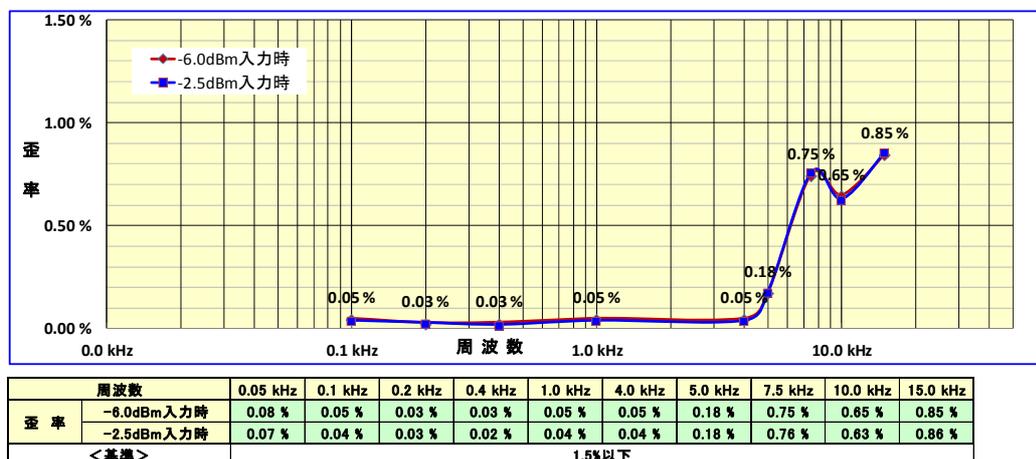


図 5.3-5 歪率の測定結果(R-ch)

(3) アナログ音声(L-ch~R-ch間) 特性: 0.05~10kHz

①左右音声出力のレベル差 (L-ch~R-ch間)

表 5.3-4 左右音声出力レベル差の測定結果(L-ch~R-ch間)

周波数	0.05 kHz	0.1 kHz	0.2 kHz	0.4 kHz	1.0 kHz	4.0 kHz	5.0 kHz	7.5 kHz	10.0 kHz	
レベル差	-6.0dBm入力時	0.05 dB	0.03 dB	0.01 dB	-0.05 dB	-0.10 dB				
<基準>	±0.5dB以内									

②左右音声出力の位相差 (L-ch~R-ch間)

表 5.3-5 左右音声出力位相差の測定結果(L-ch~R-ch間)

周波数	0.05 kHz	0.1 kHz	0.2 kHz	0.4 kHz	1.0 kHz	4.0 kHz	5.0 kHz	7.5 kHz	10.0 kHz	
位相差	-6.0dBm入力時	-0.3°	-0.2°	-0.2°	-0.1°	0.0°	0.9°	1.2°	1.9°	2.5°
<基準>	±3.0°以内									

③左右音声出力のクロストーク (L-ch~R-ch間)

表 5.3-6 左右音声出力クロストークの測定結果(L-ch~R-ch間)

周波数		0.05 kHz	0.4 kHz	1.0 kHz	5.0 kHz	10.0 kHz	
クロストーク	-6.0dBm入力時	L → R	71.5 dB	72.3 dB	72.2 dB	72.4 dB	72.6 dB
		R → L	71.7 dB	72.3 dB	72.5 dB	72.6 dB	72.6 dB
<基準>		L→R、R→L 60dB以上					

【考察】 歪率における高域のうねりは、サブバンド ADPCM 方式に使用している音声コーデックの特性が支配的であることが確認されている。

5.3.2.2 システム遅延時間

【機器構成】 システム遅延時間を測定するための測定系統図を図 5.3-6 に示す。また、使用する機材を表 5.3-7 に示す。

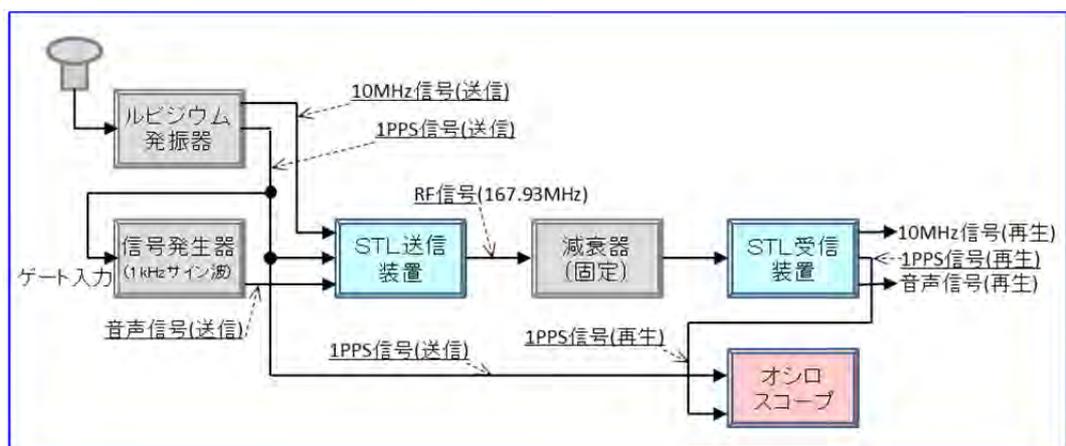


図 5.3-6 システム遅延時間の測定系統

表 5.3-7 使用する機材

機材	主要機能/特性	備考
受信装置	STL 受信装置	今回試作
送信装置	STL 送信装置	今回試作
減衰器	ワインシエル 53-40-43	
オシロスコープ	アジレント DS05032A	

【測定項目】 STL 送受信装置を通しての遅延時間について測定を行う。

【測定方法】 ルビジウム発振器から 1PPS 信号(送信)をデジタルオシロスコープのチャンネル 1 に、STL 受信装置から出力される 1 PPS 信号(再生)をデジタルオシロスコープのチャンネル 2 に入力する。
1PPS 信号(送信)と 1PPS(再生)の立ち上がり波形の時間差を測定する。

【測定結果】 表 5.3-8 に示すように遅延時間は 14.4msec であることが判った。

表 5.3-8 遅延時間の測定結果

測定値
14.4 msec

【考察】 デジタル処理部の最適化を図れば、遅延時間を短縮することが可能な値と考える。

5.3.2.3 ガウス雑音対ビット誤り率

【機器構成】 ガウス雑音対ビット誤り率を測定するための測定系統図を図 5.3-7 に示す。また、使用する機材を表 5.3-9 に示す。

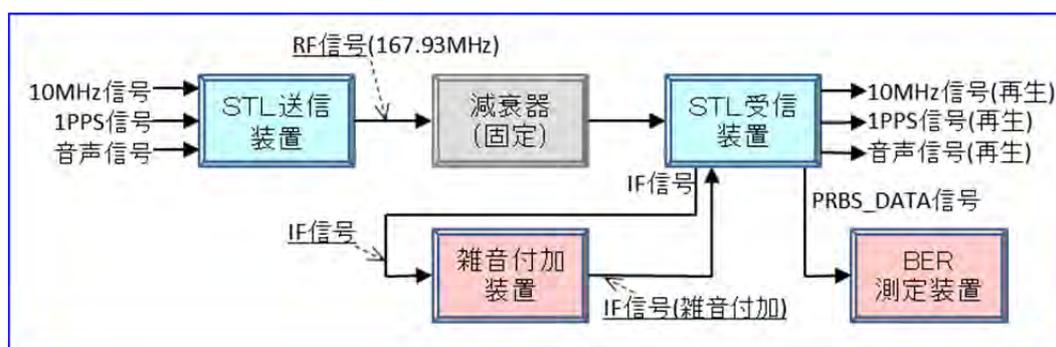


図 5.3-7 ガウス雑音対ビット誤り率測定 of 構成図

表 5.3-9 使用する機材

機材	主要機能/特性	備考
受信装置	STL 受信装置	今回試作
送信装置	STL 送信装置	今回試作
減衰器	ワインシエル 53-40-43	
雑音付加装置	HP 3708A	
BER 測定装置	HP 37717B	

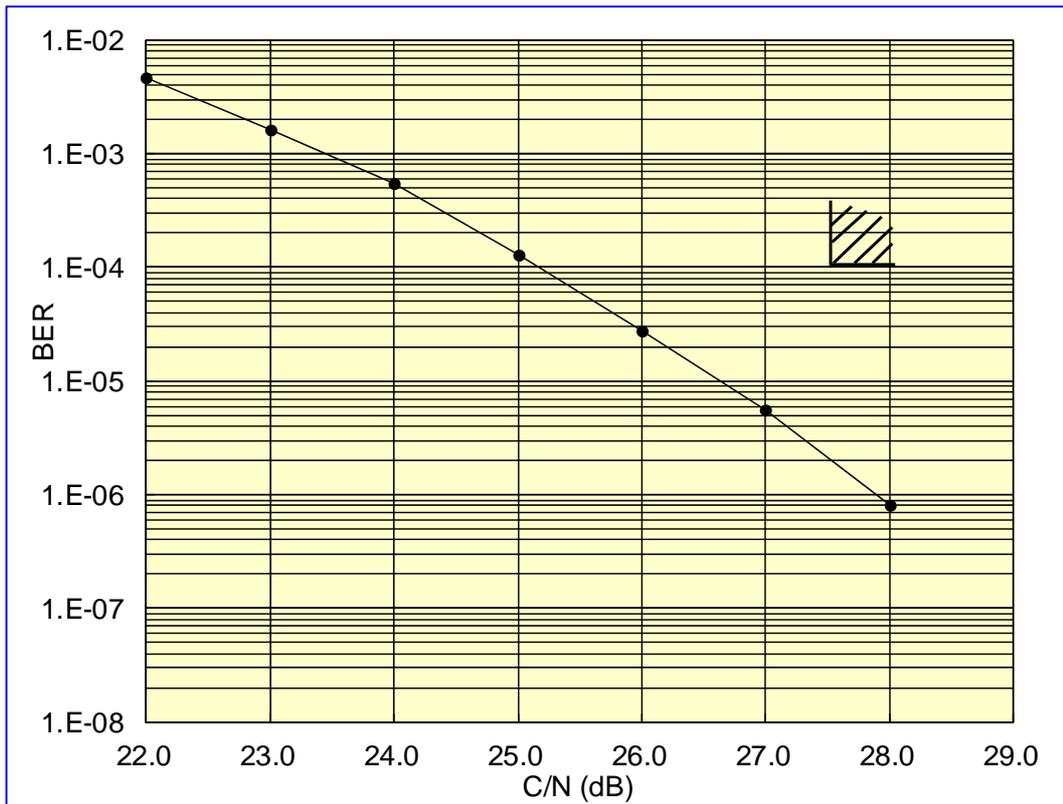
【測定項目】 ガウス雑音対ビット誤り率について測定を行う。

【測定方法】 STL 受信装置の IF 信号を中間出力として装置から出力し雑音付加装置に入力し雑音付加装置の出力を STL 受信装置に戻す。復調された PRBS_DATA 信号(中間出力)を BER 測定装置へ入力し、雑音付加装置の C/N を変化させながら BER 測定を行う。

【測定結果】 表 5.3-10 に示すように、C/N=27.5dB における BER は 2.0E-06 であった。

表 5.3-10 ガウス雑音対ビット誤り率の測定結果

条件	測定値
C/N = 27.5dB	BER = 2.0E-06



C/N	22 dB	23 dB	24 dB	25 dB	26 dB	27 dB	28 dB
BER	4.7E-03	1.6E-03	5.4E-04	1.3E-04	2.8E-05	5.6E-06	8.0E-07

図 5.3-8 ガウス雑音対ビット誤り率の測定結果

【考察】 C/N=27.5dB にて BER=2.0E-06 という結果より、誤り訂正限界である BER=1.0E-04 における C/N をグラフから読み取ると約 25.2dB であり、2.3dB 程度のマージンがあることが判った。

5.3.2.4 受信入力電力対ビット誤り率 (BER)

【機器構成】 受信入力電力対ビット誤り率を測定するための測定系統図を図 5.3-9 に示す。
また、使用する機材を表 5.3-11 に示す。

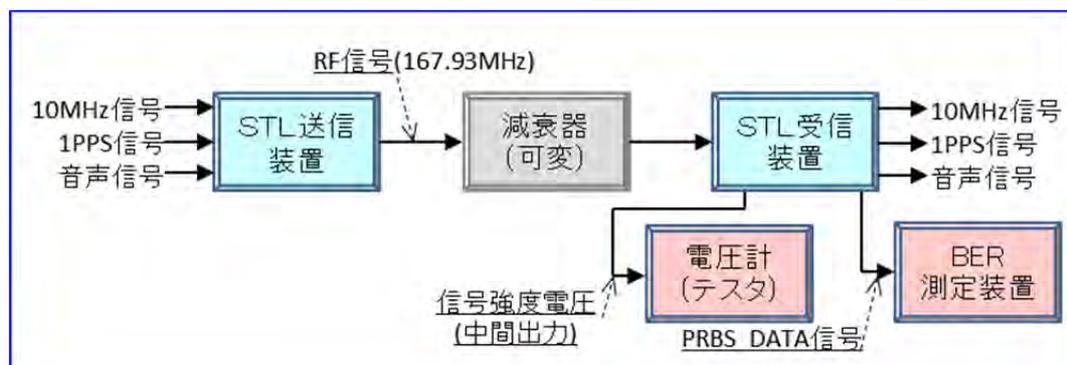


図 5.3-9 受信入力電力対ビット誤り率測定の構成図

表 5.3-11 使用する機材

機材	主要機能/特性	備考
受信装置	STL 受信装置	今回試作
送信装置	STL 送信装置	今回試作
減衰器	アジレント 8494B+8496B	
BER 測定装置	HP 37717B	

【測定項目】 受信入力電力対ビット誤り率について測定を行う。

【測定方法】 STL 受信装置の RF 入力を変化させながら復調された PRBS_DATA 信号を BER 測定装置へ入力し BER 測定を行う。

【測定結果】 図 5.3-10 に受信入力電力対ビット誤り率の関係を示す。

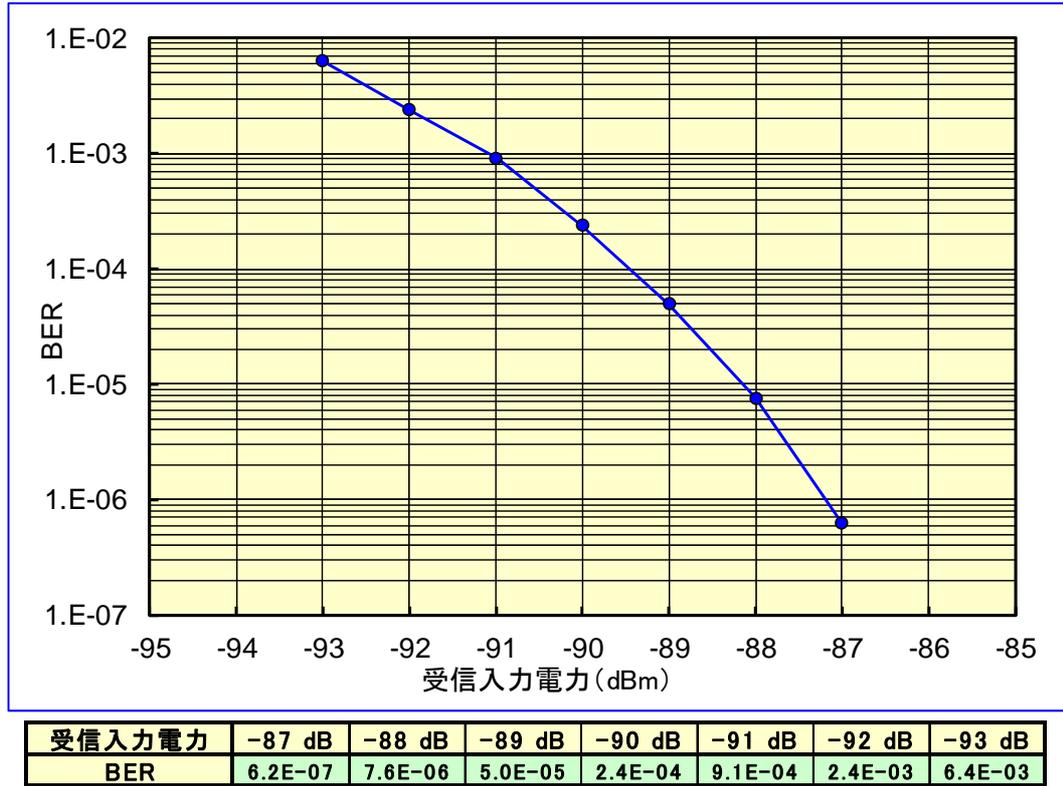


図 5.3-10 受信入力電力対ビット誤り率

【考察】 図 5.3-10 より、受信入力電力-89.5dBm 程度が誤り訂正限界である 1.0E-04 であることが判った。

5.3.2.5 受信入力電力対アナログ電圧

受信入力電力を測定するとき、STL 受信装置からの受信入力電力と一定の相関を持つ信号強度電圧(中間出力であるアナログ電圧)を測定することで、間接的に受信入力電力を得るように構成する。

【機器構成】 受信入力電力対アナログ電圧(信号強度電圧)を測定するための測定系統図を図 5.3-11 に示す。また、使用する機材を表 5.3-12 に示す。

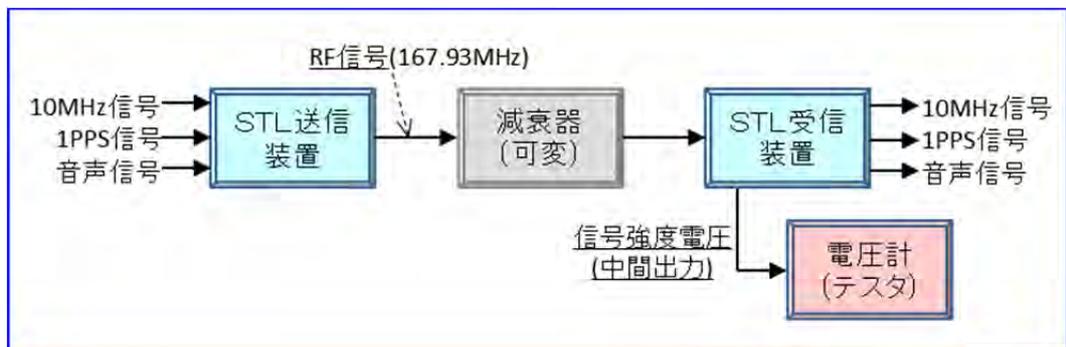


図 5.3-11 受信入力電力対アナログ電圧測定系統

表 5.3-12 使用する機材

機材	主要機能/特性	備考
受信装置	STL 受信装置	今回試作
送信装置	STL 送信装置	今回試作
減衰器	アジレント 8494B+8496B	
電圧計	HIOKI 3804-50	

【測定項目】 受信入力電力対アナログ電圧(信号強度電圧)について測定を行う。

【測定方法】 可変減衰器で受信変換部への入力レベルを-30dBm から-110dBm まで 5dB ステップで変化させ、RF レベルを示す信号強度電圧(中間出力)に電圧計を接続して電圧を測定する。

【測定結果】 図 5.3-12 に受信入力電力対アナログ電圧(信号強度電圧)の関係を示す。

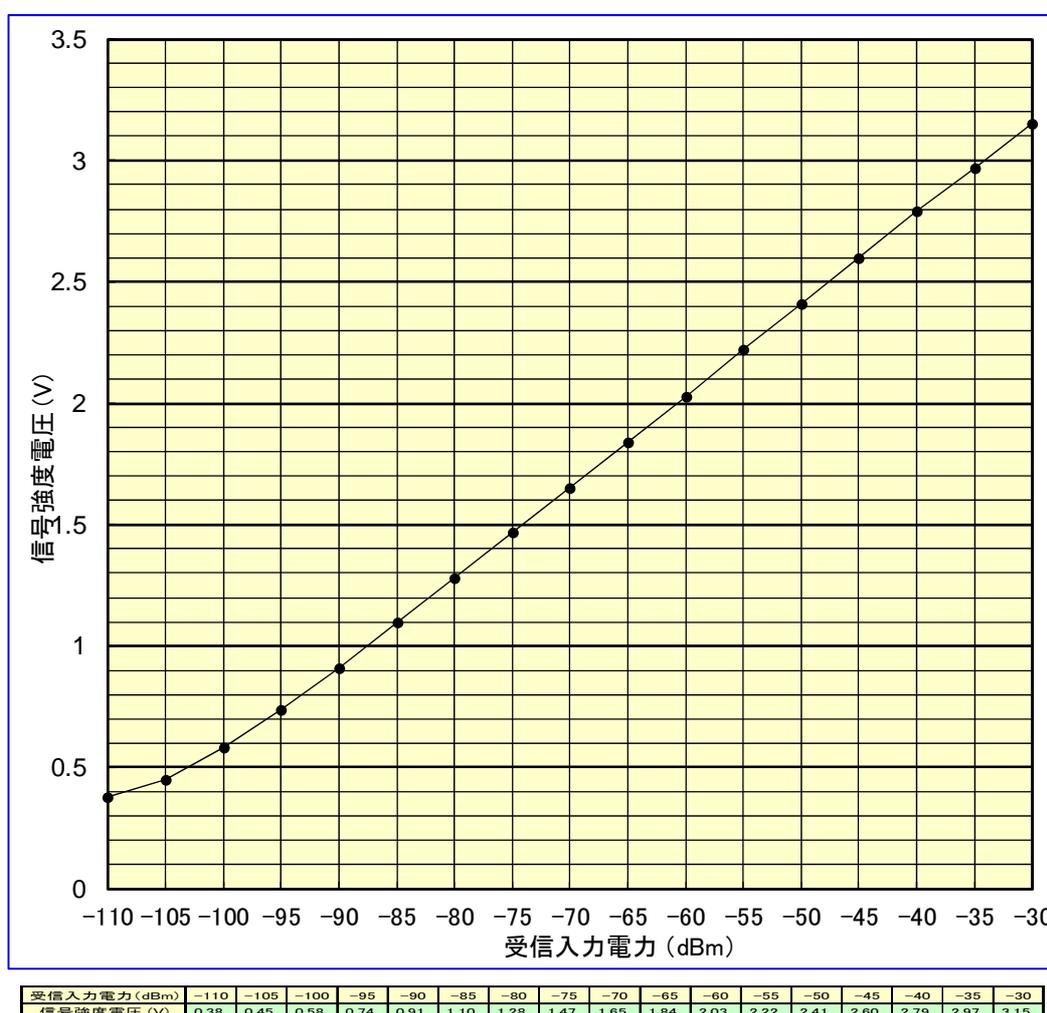


図 5.3-12 受信入力電力対アナログ電圧

【考察】 表 5.3-12 に示されるように、直線性の良い電圧カーブが得られた。これにより、アナログ電圧を測定することで、フィールド実験における受信入力電力を算出することが可能となった。
今回、測定されるアナログ電圧 V_{in} に対する受信入力電力 P_{in} は以下の近似式を用いることとした。

$$Pin = -0.5574 \times Vin^6 + 6.7222 \times Vin^5 - 32.347 \times Vin^4 + 79.368 \times Vin^3 - 104.92 \times Vin^2 + 97.977 \times Vin - 133.84$$

5.3.3 送受信間における伝搬特性

STL 送受信装置間における伝搬特性として以下の2点について測定を行う。

- (1) マルチパス特性(遅延プロファイル)
- (2) 隣接システムとの共用条件、同一周波数繰り返し利用のための条件

5.3.3.1 マルチパス特性(遅延プロファイル)

STL 伝搬において、電波の受信状態(受信入力電力やマルチパス信号レベルなど)の変動による回線品質を確認するために、室内試験にて検証を行う。

マルチパス特性を測定する場合、主波に対してマルチパス波(遅延波、前遅延波)を生成し主波と合成することで特性を調べることができる。しかしながら、この機能を実現するフェージングシミュレータが 160MHz 帯域で動作できないため、今回の試験では、一旦信号波(167.93MHz)を 40.0MHz に周波数変換(ダウンコンバート)したのち、フェージングシミュレータでマルチパス波を発生し主波と合成した上で、再度、167.93MHz に周波数変換することで測定することとした。

測定する項目は、受信入力電力、マルチパス波(フェージングシミュレータによる遅延時間、D/U、位相)および BER とした。

【機器構成】 マルチパス特性を測定するための測定系統図を図 5.3-13 に示す。
また、使用する機材を表 5.3-13 に示す。

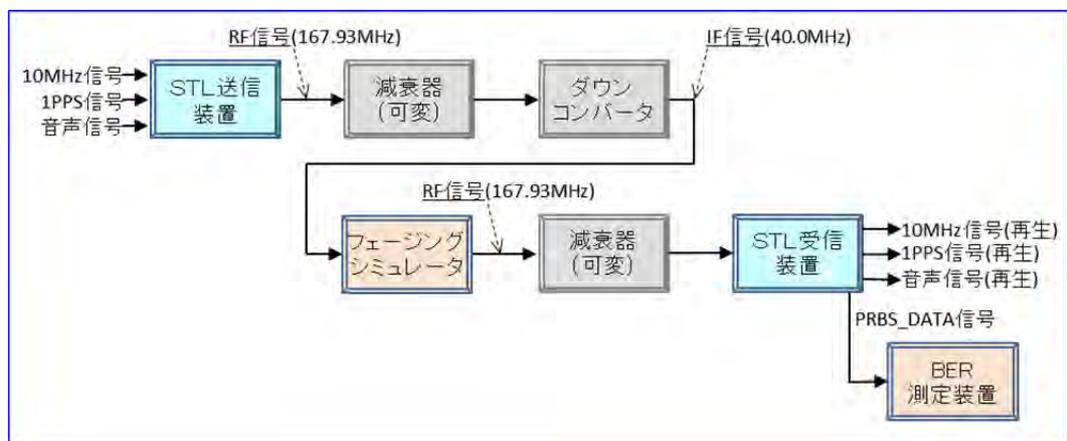


図 5.3-13 マルチパス特性の測定系統図

表 5.3-13 使用する機材

機材	主要機能/特性	備考
受信装置	STL 受信装置	今回試作
送信装置	STL 送信装置	今回試作
減衰器	アジレント 8494B+8496B	
BER 測定装置	HP 37717B	
フェージングシミュレータ	菅電 4408A-012	

【測定項目】 マルチパス特性について測定を行う。

【測定方法】 STL 送信装置の出力である RF 信号(167.93MHz)を 40MHz 帯に変換し、フェージン

グシミュレータに入力しフェージングを付加したのち、フェージングシミュレータの出力を再度 167.93MHz に変換し、STL 受信装置に入力する。
フェージングシミュレータでマルチパスの遅延時間および受信入力電力を変化させながら、誤り訂正限界である BER=1.0E-04 となる D/U 比を測定する。

【測定結果】 表 5.3-14 にマルチパス特性を示す。

表 5.3-14 マルチパス特性

遅延時間(us)	受信入力電力			
	-50 dBm	-60 dBm	-70 dBm	-80 dBm
0.1 usec (※)	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB
10 usec	9 dB	8 dB	9 dB	8 dB
20 usec	13 dB	15 dB	14 dB	14 dB
30 usec	14 dB	15 dB	14 dB	13 dB
40 usec	13 dB	14 dB	13 dB	13 dB
50 usec	14 dB	13 dB	14 dB	14 dB
60 usec	16 dB	14 dB	15 dB	15 dB
70 usec	15 dB	15 dB	15 dB	16 dB
80 usec	14 dB	14 dB	14 dB	14 dB
90 usec	13 dB	14 dB	14 dB	15 dB
100 usec	16 dB	16 dB	17 dB	17 dB
200 usec	25 dB	25 dB	25 dB	25 dB
300 usec	24 dB	24 dB	24 dB	25 dB

※ 遅延時間0.1 μsecでは、シミュレータの限界であるD/U=0dBにおいてもエラーフリーであった

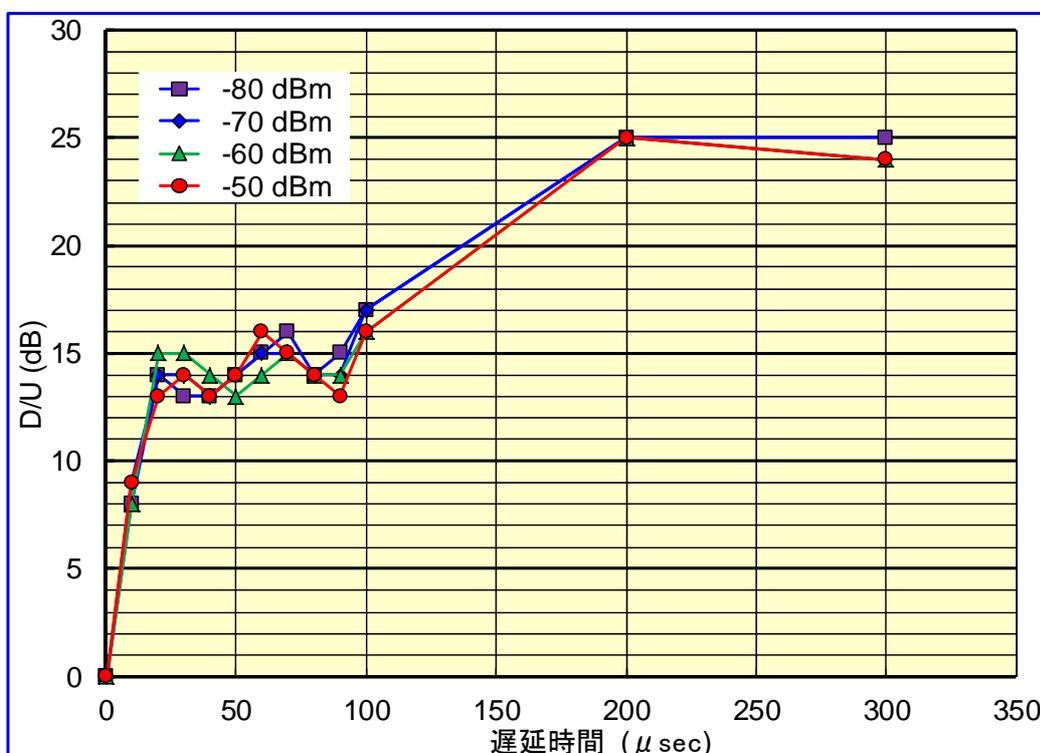


図 5.3-14 マルチパス特性

【考察】 試作装置の等化器は、約 100 μsec 程度までの波形劣化改善を行っている。

100 μ sec 以上の遅延波に対しては波形等化处理を行なえず雑音として扱われるため、100 μ sec 以上の遅延波は雑音となり、25dB 程度以下で誤り訂正限界である BER=1.0E-04 を得られた。

【補足】 遅延時間 0.1 μ s では、D/U=0dB(シミュレータの限界値)でも誤り訂正後ではエラーフリーであった。

5.3.3.2 デジタル伝送 STL 中継回線同士の干渉条件

60MHz 帯および 160MHz 帯におけるラジオ放送番組中継回線は、現在、アナログ方式のモノラル伝送のために使用されているが、この帯域を使用して、今回検討する 64QAM 方式を採用したデジタル方式のステレオ伝送を行う STL 中継回線に使用する場合、(1)デジタル伝送 STL 中継回線同士の干渉、および(2)既存アナログ方式のモノラル伝送回線へのデジタル伝送 STL 中継回線の干渉、について混信保護比を確認するために、室内試験にて測定する。

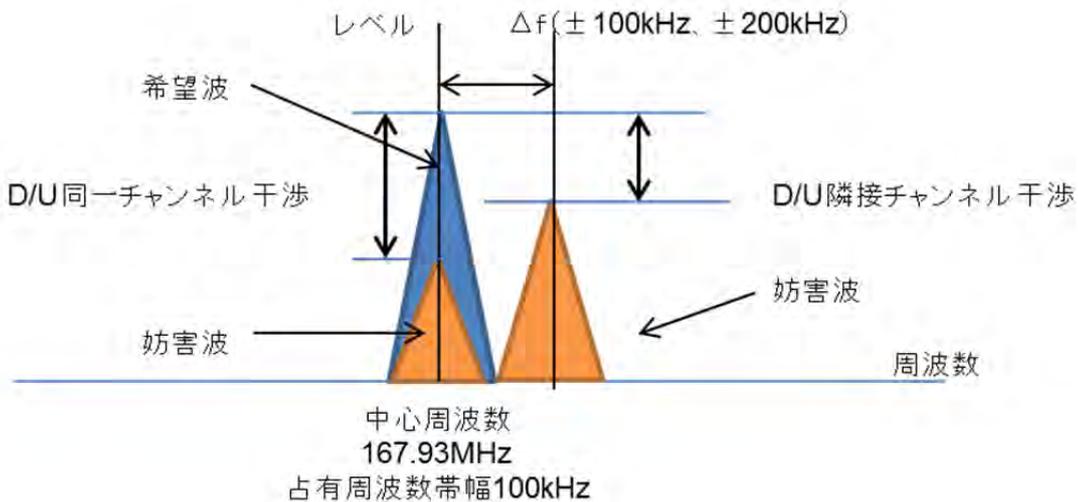


図 5.3-15 中心周波数(167.93MHz)の希望波と妨害波との関係

測定する項目は、同一チャンネル干渉、隣接チャンネル干渉および隣々接チャンネル干渉とした。測定方法は、希望波及び妨害波の D/U を可変して、所要の BER を満たすところの D/U 値を測定した。

【機器構成】 干渉妨害特性を測定するための測定系統図を図 5.3-16 に示す。また、使用する機材を表 5.3-15 に示す。

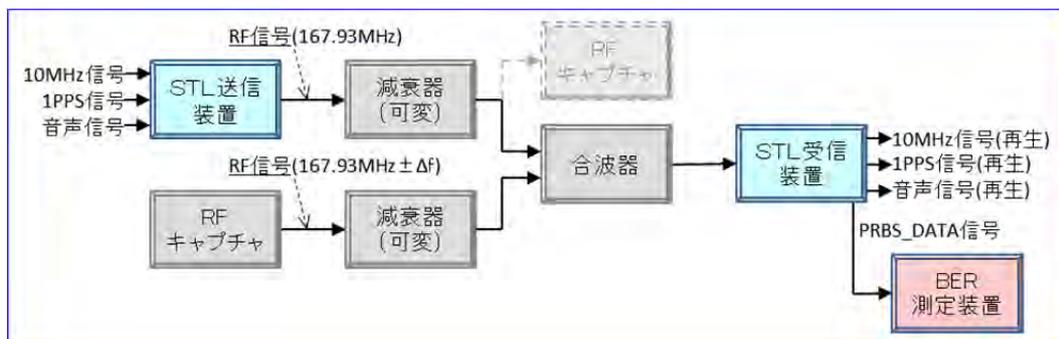


図 5.3-16 同一システム間における干渉測定の構成

表 5.3-15 使用する機材

機材	主要機能/特性	備考
送信装置	STL 送信装置	今回試作
受信装置	STL 受信装置	今回試作
減衰器	アジレント 8494B+8496B	
BER 測定装置	HP 37717B	

【測定項目】 干渉妨害特性について測定を行う。

【測定方法】 まず、STL 送信装置の出力を RF キャプチャで信号を蓄積する(点線矢印で示す)。次に、RF キャプチャを繋ぎ換え(実線矢印で示す)、STL 送信装置の出力を希望波(以下、D 波という)とし、RF キャプチャの出力を妨害波(以下、U 波という)とする。この2波を合成器で合成し、STL 受信装置に入力し U 波の周波数および信号レベルを変化させながら、誤り訂正限界である $1.0E-04$ となる D/U 比を測定する。

【測定結果】 表 5.3-16 に干渉妨害特性を示す。

表 5.3-16 干渉妨害特性(D/U 比)

Δf	希望波の信号レベル			
	-50dBm	-60dBm	-70dBm	-80dBm
-400 kHz	-17 dB	-25 dB	-26 dB	-26 dB
-300 kHz	-16 dB	-25 dB	-26 dB	-26 dB
-200 kHz	-17 dB	-24 dB	-24 dB	-24 dB
-100 kHz	-8 dB	-8 dB	-9 dB	-8 dB
0 kHz	24 dB	24 dB	24 dB	25 dB
100 kHz	-8 dB	-7 dB	-8 dB	-8 dB
200 kHz	-16 dB	-24 dB	-25 dB	-25 dB
300 kHz	-17 dB	-25 dB	-26 dB	-26 dB
400 kHz	-18 dB	-25 dB	-26 dB	-26 dB

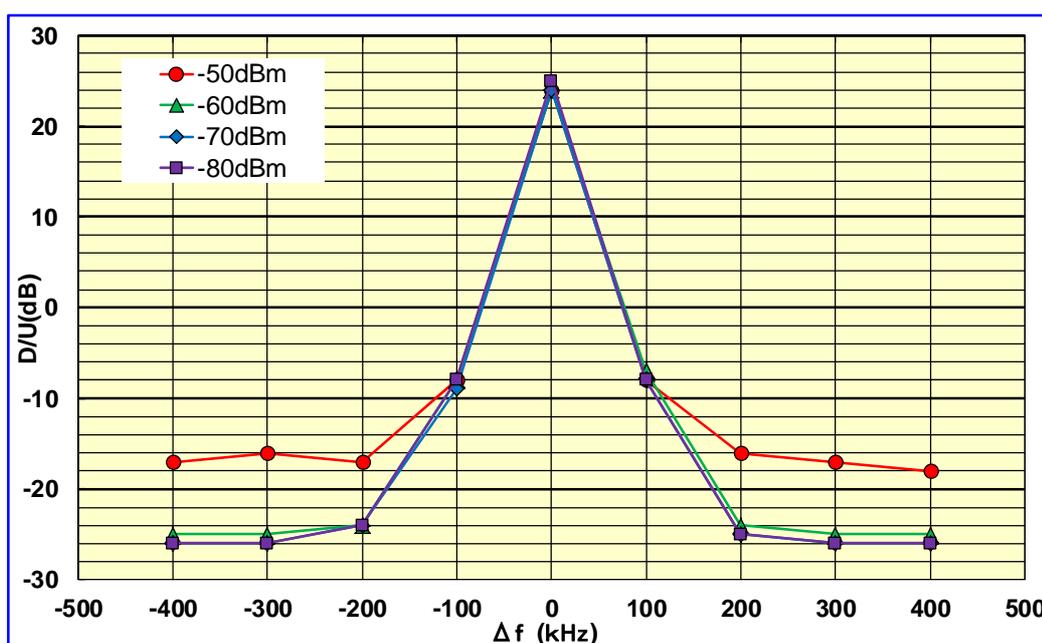


図 5.3-17 干渉妨害特性(D/U 比)

【考察】 表 5.3-16 に示す通り、隣接周波数(±100kHz)においては D/U=-8dB という結果が得られた。

5.3.3.3 既存アナログ方式のモノラル伝送回線へのデジタル伝送 STL 中継回線の干渉条件

【機器構成】 デジタル伝送 STL から既存アナログ無線設備への与干渉を測定するための測定システム図を図 5.3-18 に示す。また、使用する機材を表 5.3-17 に示す。

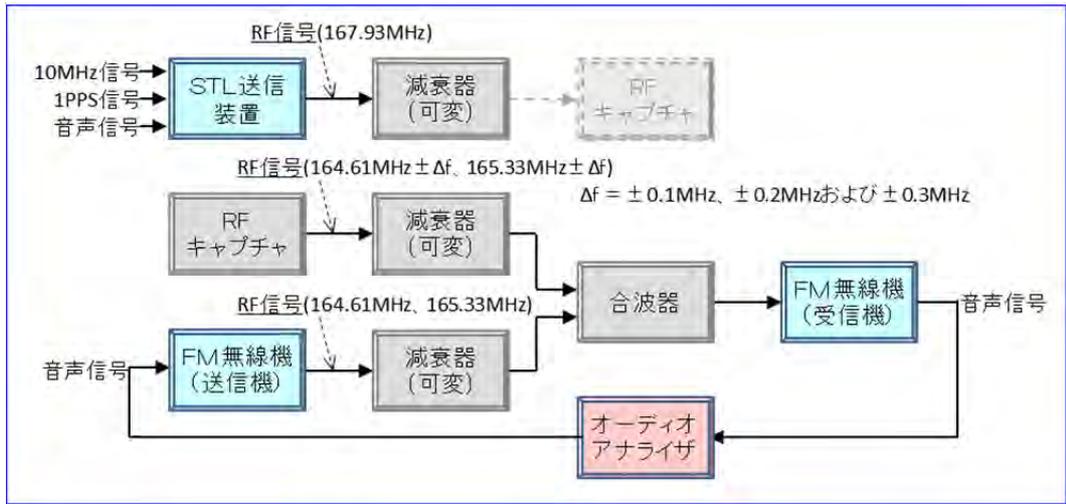


図 5.3-18 アナログ FM 無線機への干渉測定の構成

表 5.3-17 使用する機材

機材	主要機能/特性	備考
送信装置	STL 送信装置	今回試作
受信装置	STL 受信装置	今回試作
減衰器	アジレント 8494B+8496B	
FM 無線機 (送信機)	ソーワ S-1352	
FM 無線機 (受信機)	ソーワ S-1299D	



図 5.3-19 実験状況写真

【測定項目】 FM 無線機の受信音声信号の S/N について測定を行う。

【測定方法】 FM 無線機の送信信号(希望波)にデジタル STL 信号(妨害波)を加え、受信機に信号を入力し、FM 受信機の復調した音声信号の S/N をオーディオアナライザで測定する。

FM 受信機の受信入力電圧を $60\text{dB}\mu\text{V}$ 、 $50\text{dB}\mu\text{V}$ および $40\text{dB}\mu\text{V}$ とした場合について、S/N が 60dB、50dB および 40dB となる希望波対妨害波の信号比(D/U)を測定する。

一方、希望波と妨害波の関係は、同一周波数および隣接周波数($\pm 100\text{kHz}$ 、 $\pm 200\text{kHz}$ および $\pm 300\text{kHz}$ 離れ)の関係について測定する。

また、希望波の周波数は 164.61MHz および 165.33MHz について測定を行う。

【測定結果】 D/U 値について、周波数と測定した S/N との関係について表 5.3-18 から表 5.3-23 までに示す。また、同内容を周波数と D/U 値との関係について図 5.3-20 から図 5.3-25 に示す。

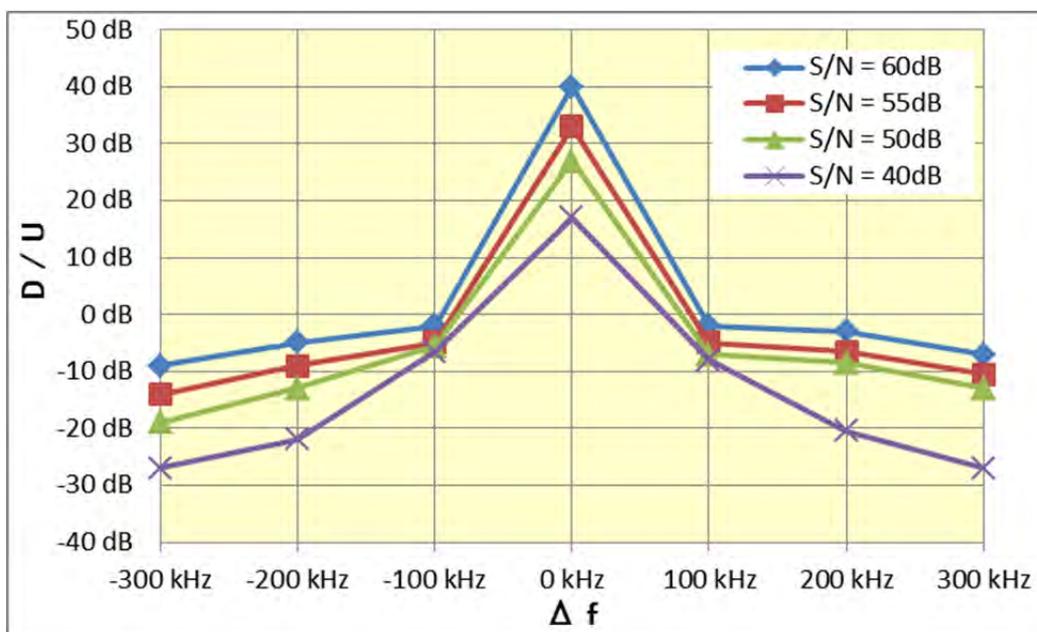


図 5.3-20 周波数と D/U 値との関係 (受信入力電圧 $60\text{dB}\mu\text{V}$ 、周波数 164.61MHz)

表 5.3-18 周波数と D/U 値の関係 (受信入力電圧 $60\text{dB}\mu\text{V}$ 、周波数 164.61MHz)

周波数差 Δf	S/N = 60dB	S/N = 55dB	S/N = 50dB	S/N = 40dB
-300 kHz	-9 dB	-14 dB	-19 dB	-27 dB
-200 kHz	-5 dB	-9 dB	-13 dB	-22 dB
-100 kHz	-2 dB	-5 dB	-6 dB	-7 dB
0 kHz	40 dB	33 dB	27 dB	17 dB
100 kHz	-2 dB	-5 dB	-7 dB	-8 dB
200 kHz	-3 dB	-7 dB	-9 dB	-21 dB
300 kHz	-7 dB	-11 dB	-13 dB	-27 dB

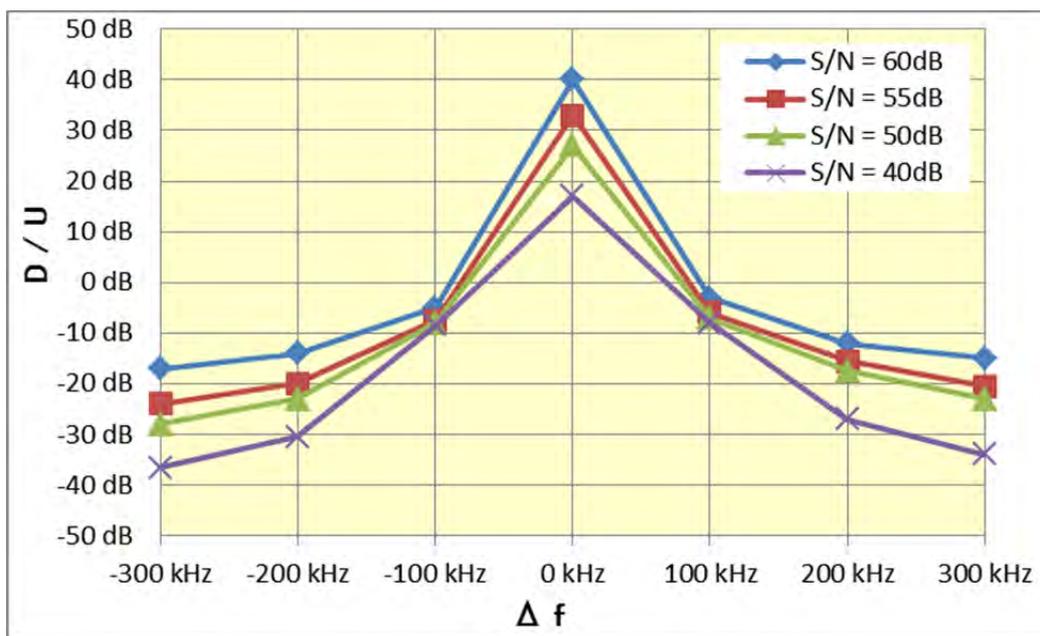


図 5.3-21 周波数と D/U 値の関係 (受信入力電圧 50dB μV、周波数 164.61MHz)

表 5.3-19 周波数と D/U 値の関係 (受信入力電圧 50dB μV、周波数 164.61MHz)

周波数差 Δf	S/N = 60dB	S/N = 55dB	S/N = 50dB	S/N = 40dB
-300 kHz	-17 dB	-24 dB	-28 dB	-37 dB
-200 kHz	-14 dB	-20 dB	-23 dB	-31 dB
-100 kHz	-5 dB	-8 dB	-8 dB	-9 dB
0 kHz	40 dB	33 dB	27 dB	17 dB
100 kHz	-3 dB	-6 dB	-7 dB	-8 dB
200 kHz	-12 dB	-16 dB	-18 dB	-27 dB
300 kHz	-15 dB	-21 dB	-23 dB	-34 dB

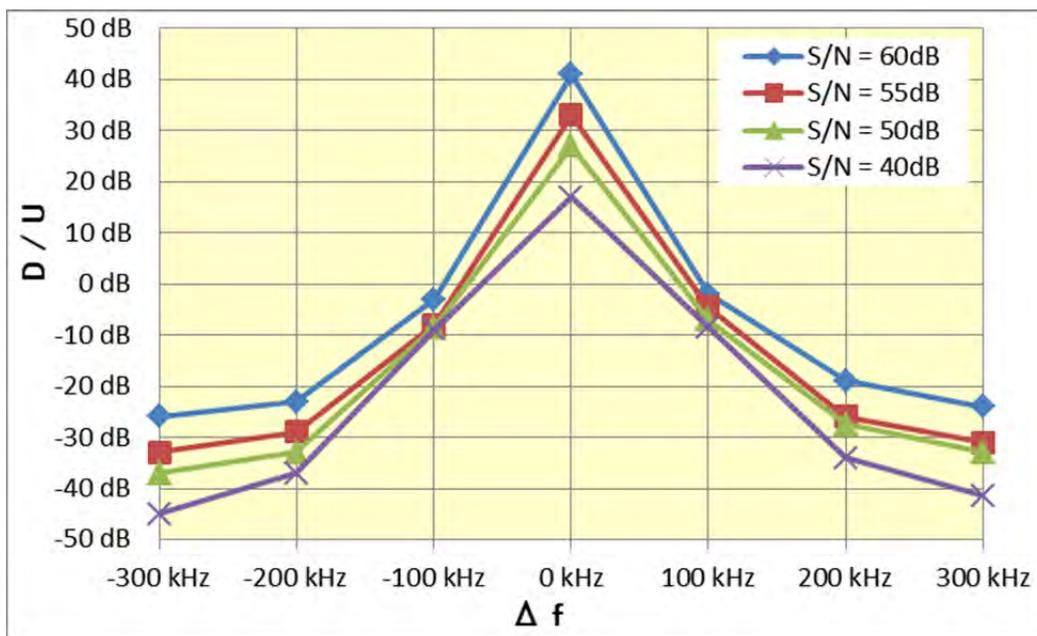


図 5.3-22 周波数と D/U 値の関係 (受信入力電圧 40dB μV、周波数 164.61MHz)

表 5.3-20 周波数と D/U 値の関係 (受信入力電圧 40dB μV、周波数 164.61MHz)

周波数差 Δf	S/N = 60dB	S/N = 55dB	S/N = 50dB	S/N = 40dB
-300 kHz	-26 dB	-33 dB	-37 dB	-45 dB
-200 kHz	-23 dB	-29 dB	-33 dB	-37 dB
-100 kHz	-3 dB	-8 dB	-9 dB	-9 dB
0 kHz	41 dB	33 dB	27 dB	17 dB
100 kHz	-2 dB	-5 dB	-7 dB	-9 dB
200 kHz	-19 dB	-26 dB	-28 dB	-34 dB
300 kHz	-24 dB	-31 dB	-33 dB	-42 dB

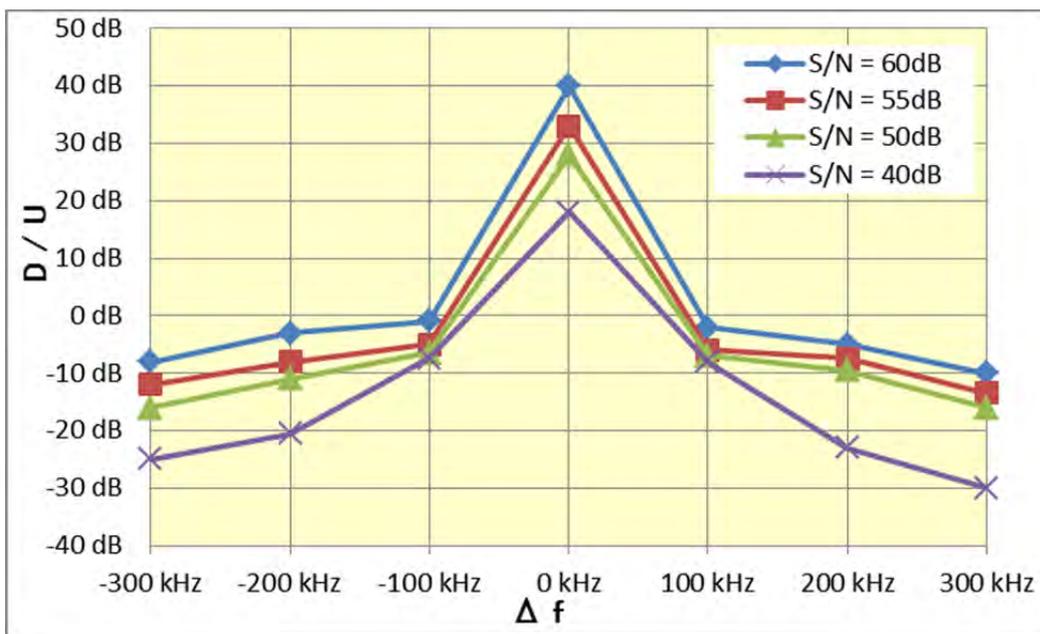


図 5.3-23 周波数と D/U 値の関係 (受信入力電圧 60dB μ V、周波数 165.33MHz)

表 5.3-21 周波数と D/U 値の関係 (受信入力電圧 60dB μ V、周波数 165.33MHz)

周波数差 Δf	S/N = 60dB	S/N = 55dB	S/N = 50dB	S/N = 40dB
-300 kHz	-8 dB	-12 dB	-16 dB	-25 dB
-200 kHz	-3 dB	-8 dB	-11 dB	-21 dB
-100 kHz	-1 dB	-5 dB	-7 dB	-8 dB
0 kHz	40 dB	33 dB	28 dB	18 dB
100 kHz	-2 dB	-6 dB	-7 dB	-8 dB
200 kHz	-5 dB	-8 dB	-10 dB	-23 dB
300 kHz	-10 dB	-14 dB	-16 dB	-30 dB

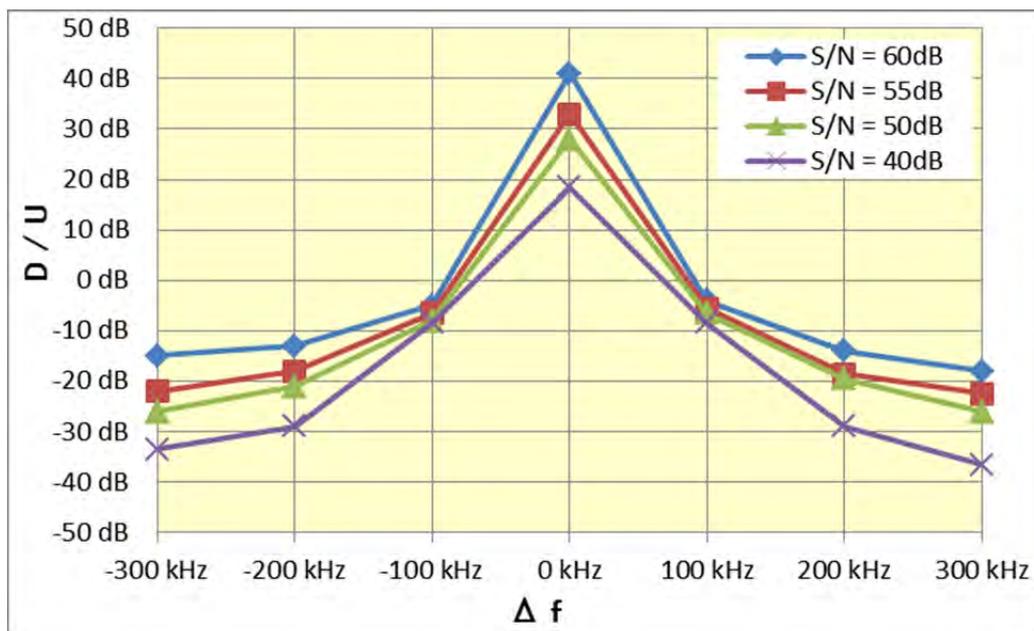


図 5.3-24 周波数と D/U 値の関係 (受信入力電圧 50dB μ V、周波数 165.33MHz)

表 5.3-22 周波数と D/U 値の関係 (受信入力電圧 50dB μ V、周波数 165.33MHz)

周波数差 Δf	S/N = 60dB	S/N = 55dB	S/N = 50dB	S/N = 40dB
-300 kHz	-15 dB	-22 dB	-26 dB	-34 dB
-200 kHz	-13 dB	-18 dB	-21 dB	-29 dB
-100 kHz	-5 dB	-7 dB	-8 dB	-9 dB
0 kHz	41 dB	33 dB	28 dB	19 dB
100 kHz	-4 dB	-6 dB	-7 dB	-9 dB
200 kHz	-14 dB	-19 dB	-20 dB	-29 dB
300 kHz	-18 dB	-23 dB	-26 dB	-37 dB

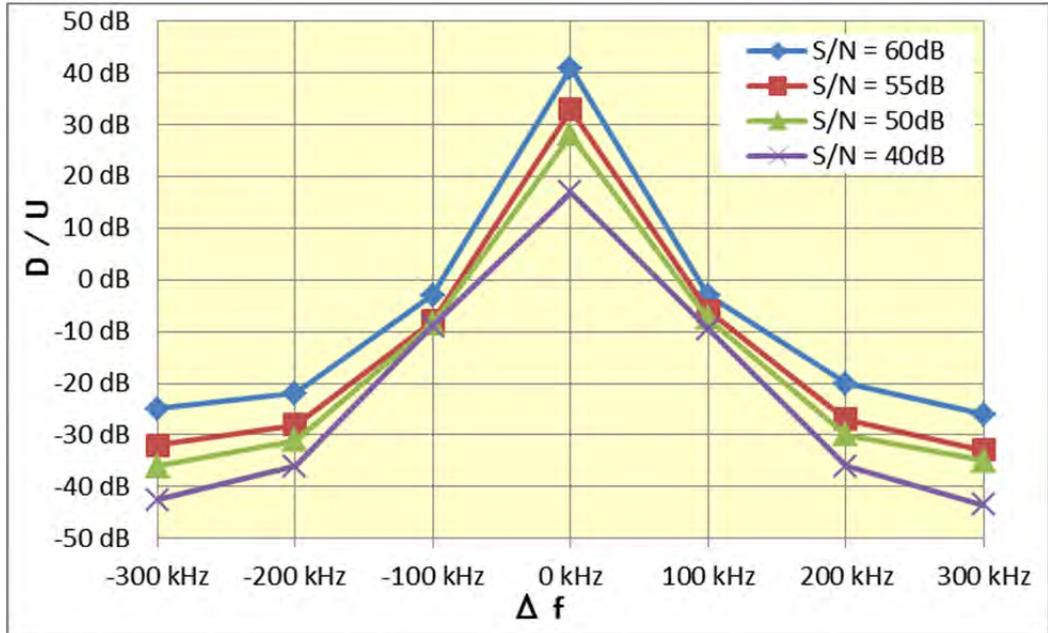


図 5.3-25 周波数と D/U 値の関係 (受信入力電圧 40dB μV、周波数 165.33MHz)

表 5.3-23 周波数と D/U 値の関係 (受信入力電圧 40dB μV、周波数 165.33MHz)

周波数差 Δf	S/N = 60dB	S/N = 55dB	S/N = 50dB	S/N = 40dB
-300 kHz	-25 dB	-32 dB	-36 dB	-43 dB
-200 kHz	-22 dB	-28 dB	-31 dB	-36 dB
-100 kHz	-3 dB	-8 dB	-9 dB	-9 dB
0 kHz	41 dB	33 dB	28 dB	17 dB
100 kHz	-3 dB	-6 dB	-8 dB	-10 dB
200 kHz	-20 dB	-27 dB	-30 dB	-36 dB
300 kHz	-26 dB	-33 dB	-35 dB	-44 dB

【考察】

希望波周波数について、2周波数で確認したが、結果の差異は見られなかった。受信入力電圧 40dB μV、50dB μV および 60dB μV における S/N=60dB を確保するための所要 D/U は、同一チャネルで 41dB、100 kHz 離れで -1dB、200kHz 離れで -3dB、および 300kHz 離れで -7dB であった。
 受信入力電圧 40dB μV、50dB μV および 60dB μV における S/N=40dB を確保するための所要 D/U は、同一チャネルで 19dB、100 kHz 離れで -7dB、200kHz 離れで -21dB、および 300kHz 離れで -25dB であった。

5.4 フィールド実験

5.4.1 検証項目

STL 試験装置の基本性能および受信特性を確認するため、フィールド試験にて以下の検証を行う。

- (1) 送受信間における総合特性試験、受信入力電力が変動した際の試験
 - ・基本性能(受信入力電力、BER)
 - ・10MHz 信号/1PPS 信号再生確認
 - ・コンスタレーション確認
- (2) 伝送遅延
 - ・伝送遅延時間
- (3) 長期変動試験(約1週間程度)
 - ・基本性能(受信入力電力、BER)

今回のフィールド実験について、10月22日より11月13日まで期間に実施した。年月日、調査場所、天候、気温、調査内容について表5.4-1にまとめる。

表 5.4-1 フィールド実験の実施内容

月 日	調査場所	天候	気温	調査内容
10月22日(水)	茅野市、原村	曇りのち雨	9.2℃	フィールド測定(固定点)
10月23日(木)	茅野市、原村	曇りのち雨	7.1℃	フィールド測定(固定点)
10月24日(金)	茅野市、原村	晴れ	10.1℃	フィールド測定(固定点) FM実験局エリア確認
10月27日(月)	茅野市、原村	晴れ	11.1℃	フィールド測定(移動)
10月28日(火)	茅野市、原村	晴れ	5.5℃	フィールド測定(移動)
10月29日(水)	茅野市、原村	晴れ	4.4℃	FM実験局調査
10月30日(木)	茅野市、原村	晴れ	7.8℃	フィールド試験(固定点) FM実験局エリア確認
11月01日(土)	茅野市、原村	曇り	10.1℃	長期伝搬調査
11月02日(日)	茅野市、原村	曇り	12.9℃	長期伝搬調査
11月03日(月)	茅野市、原村	晴れ	8.4℃	長期伝搬調査
11月04日(火)	茅野市、原村	晴れ	4.8℃	長期伝搬調査
11月05日(水)	茅野市、原村	晴れ	7.4℃	長期伝搬調査
11月06日(木)	茅野市、原村	晴れ	11.7℃	長期伝搬調査
11月07日(金)	茅野市、原村	晴れ	6.8℃	長期伝搬調査
11月08日(土)	茅野市、原村	晴れ	7.1℃	長期伝搬調査
11月09日(日)	茅野市、原村	曇り	10.0℃	長期伝搬調査
11月10日(月)	茅野市、原村	晴れ	8.2℃	長期伝搬調査
11月11日(火)	茅野市、原村	晴れ	7.2℃	フィールド測定(固定点) FM実験局エリア確認
11月12日(水)	茅野市、原村	晴れ	8.9℃	フィールド測定(固定点) FM実験局エリア確認
11月13日(木)	茅野市、原村	晴れ	4.7℃	公開実験

5.4.2 基本構成

STL 送信装置は、茅野市と伊那市高遠とを結ぶ杖突街道(国道152号線)沿いの頂上付近の杖突峠にある「峠の茶屋」(茅野市役所観光課が管理)のそばに簡易設置場所(以下「杖突峠送信所」という。)を建設し、設置した。STL 送信アンテナは、地元コミュニティ FM 局の協力を得て、同じく「峠の茶屋」のそばに設置されている同局の送信所の送信マストの中ほどに設置した。

一方、STL 受信装置は、杖突峠送信所から105度の方向で約8kmはなれた、諏訪郡原村にある原村役場の近くにある、同じく地元コミュニティ FM 局の施設のそばに簡易設置場所(以下「原村受信所」という。)を建設し、設置した。STL 送信アンテナは、同局の協力を得て同局の受信マストに STL 受信アンテナを設置した。



図 5.4-1 杖突峠送信所と原村受信所との位置関係



図 5.4-2 杖突峠送信所から見た北東の風景
(原村受信所は図中の右端の方向に位置する)

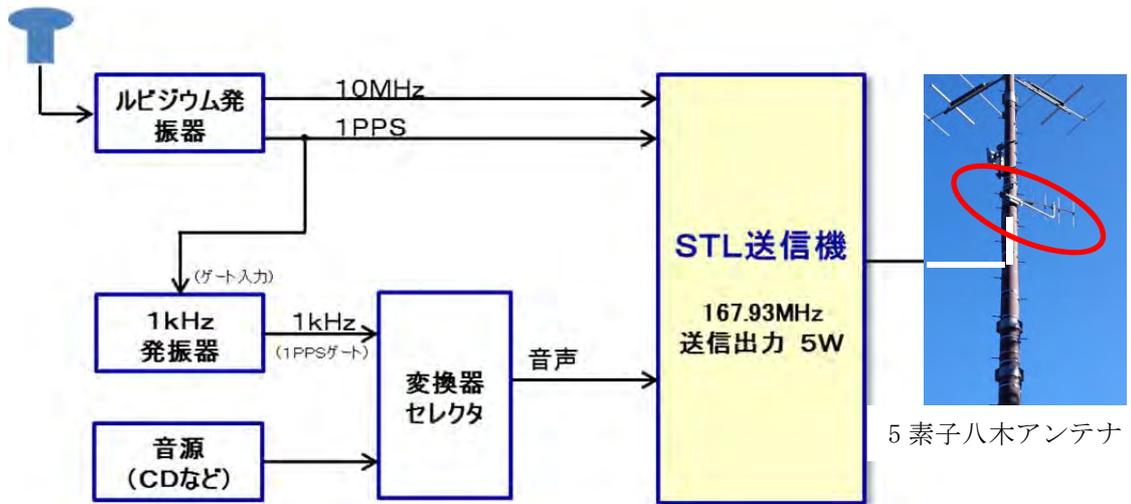


図 5.4-3 杖突峠送信所の構成図



図 5.4-4 杖突峠送信所設置場所 (左図: アンテナ、右図: 設置設備)

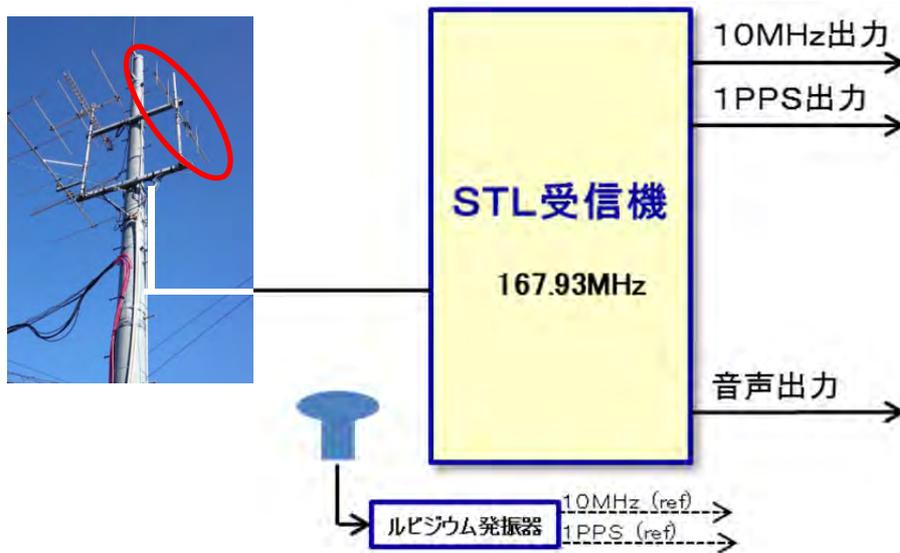


図 5.4-5 原村受信所の構成図



図 5.4-6 原村受信所設置場所 (左図: アンテナ、右図: 設置設備)

5.4.3 フィールド試験における基本構成と使用する測定機器

5.4.3.1 基本構成

STL 送信装置と STL 受信装置の基本機能および伝送特性を確認するための、フィールド試験における構成について図 5.4-7 に示す。

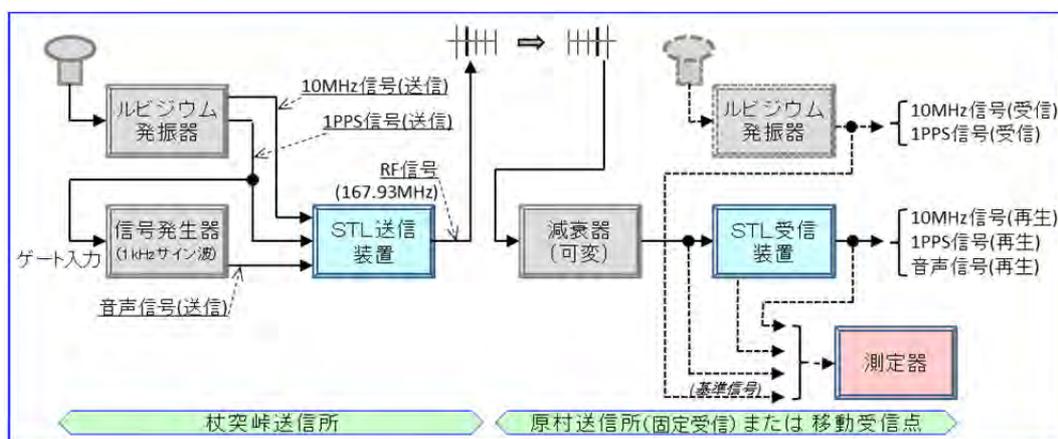


図 5.4-7 フィールド実験における基本構成

5.4.3.2 使用する測定機器

STL 試験装置の基本性能を確認するため、フィールド試験にて検証に使用する測定機器について表 5.4-2 に示す。

表 5.4-2 フィールド実験に使用する測定機器

計測機器	品番等	主要機能/特性
スペクトルアナライザ	アンリツ MS8911B	
オシロスコープ	Tectronix 2445 岩崎通信機 DS-5110	コンスタレーション用 波形確認用
BER 測定装置	HP 37717B	
周波数カウンタ	アンリツ MF2412A	
データロガー	HIOKI 8430	
RF キャプチャー	エイデン 4416A	
電力計	フジソク DGP-1500A	
低周波特性測定器(送信)	シバソク AM50B	
低周波特性測定器(受信)	シバソク AM50B シバソク AM50C	
直線検波器(受信)	安藤電気 RDA-203	
ステレオ復調器	安藤電気 HSD-508	
ロジックアナライザ (マルチパス解析用)	アジレント 1680AD	

5.4.3.3 使用する機材

STL 試験装置の基本性能を確認するため、フィールド試験にて検証に使用する機材について表 5.4-3 に示す。

表 5.4-3 使用する機材

機材	主要機能/特性	備考
STL 送信装置	160MHz 帯デジタル STL 送信装置 DS-160M37-LFW1	今回試作 (杖突峠送信所)
STL 受信装置	160MHz 帯デジタル STL 受信装置 DS-160M-LFW1	今回試作 (原村受信所)
減衰器(可変)	アジレント 8494B+8496B	
STL 送信アンテナ	日本アンテナ 5DV-150 (5 素子八木アンテナ)	(杖突峠送信所)
STL 送信アンテナ 同軸ケーブル	5D-2W 30m	(杖突峠送信所)
STL 受信アンテナ	日本アンテナ 5DV-150 (5 素子八木アンテナ)	(原村受信所)
STL 受信アンテナ 同軸ケーブル	5D-2W 50m	(原村受信所)
ルビジウム発振器(送信)	日通機 RB20S0	GPS 校正型 (杖突峠送信所)
ルビジウム発振器(受信)	日通機 RB20S0	GPS 校正型 (原村受信所)
信号発生器 (ファンクションジェネレータ)	HP 8116A	1kHz サイン波 (1PPS でゲート)

実験で使用する、160MHz 帯送受信用アンテナの仕様を以下に示す。

- ・タイプ： 5 素子八木アンテナ
- ・周波数： 167.93MHz
- ・利得： 9dBd

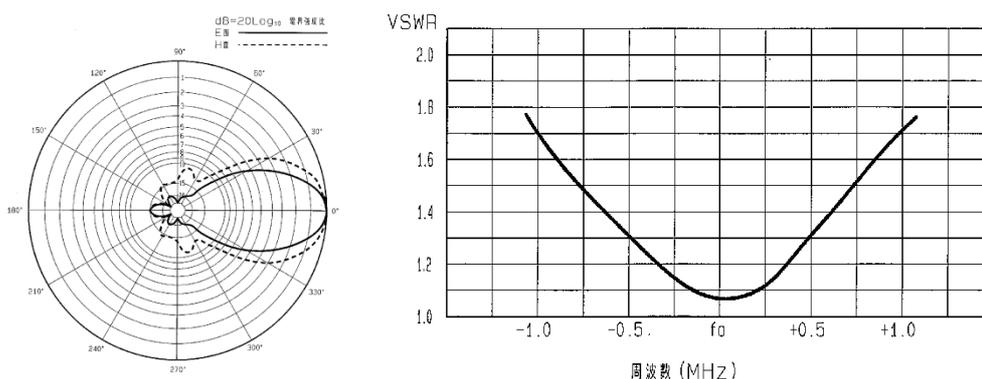


図 5.4-8 指向特性及び VSWR 特性

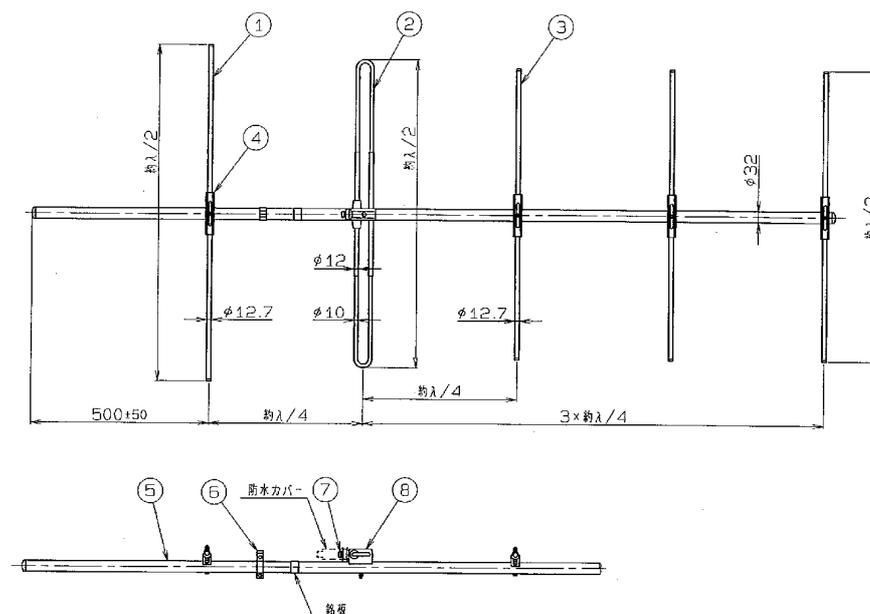


図 5.4-9 アンテナ外形図

5.4.4 フィールド試験における検証項目

STL 試験装置の伝搬特性などを確認するために、フィールド試験にて以下の検証を行う。

1. 固定点受信 (送受信点間 8km) における伝搬特性
 - (1) 基本性能試験 (受信入力電力対ビット誤り率、コンスタレーション)
 - (2) 信号再生確認 (10MHz 信号、1PPS 信号)
 - (3) 遅延時間 (10MHz 信号、1PPS 信号、音声信号)
 - (4) マルチパス特性
 - (5) 長期変動試験
2. 伝搬距離を変えた場合の伝搬特性 (見通し区間・見通し外区間)
 - (1) 基本性能試験 (受信入力電力対ビット誤り率、コンスタレーション)
 - (2) 信号再生確認 (10MHz 信号、1PPS 信号)
 - (3) 遅延時間 (10MHz 信号、1PPS 信号、音声信号)
 - (4) マルチパス特性

5.4.5 固定点受信 (送受信点間 8km) における伝搬特性

送受信点間を 8km とした時の伝搬特性について、フィールドにて検証を行う。

5.4.5.1 基本性能試験 (受信入力電力対ビット誤り率、コンスタレーション)

【機器構成】 基本性能試験を行うための測定系統図を図 5.4-10 に示す。また、使用する機材を表 5.4-4 に示す。

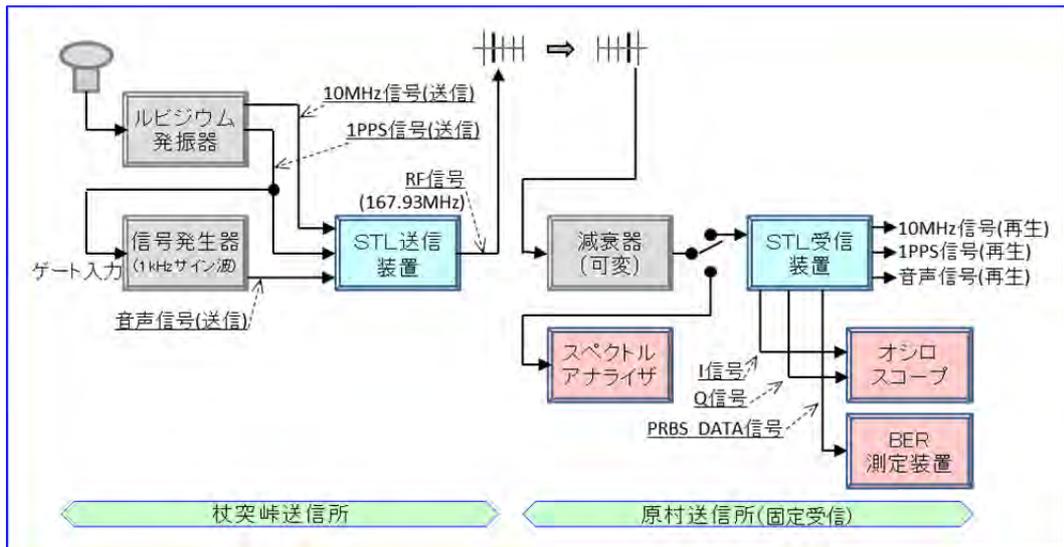


図 5.4-10 基本性能試験における機器構成

表 5.4-4 使用する機材

機材	主要機能/特性	備考
STL 送信装置	160MHz 帯デジタル STL 送信装置 DS-160M37-LFW1	今回試作 (杖突峠送信所)
STL 受信装置	160MHz 帯デジタル STL 受信装置 DS-160M-LFW1	今回試作 (原村受信所)
減衰器(可変)	アジレント 8494B+8496B	
STL 送信アンテナ	日本アンテナ 5DV-150 (5 素子八木アンテナ)	(杖突峠送信所)
STL 送信アンテナ 同軸ケーブル	5D-2W 30m	(杖突峠送信所)
STL 受信アンテナ	日本アンテナ 5DV-150 (5 素子八木アンテナ)	(原村受信所)
STL 受信アンテナ 同軸ケーブル	5D-2W 50m	(原村受信所)
ルビジウム発振器(送信)	日通機 RB-20S	GPS 自動校正 (杖突峠送信所)
ルビジウム発振器(受信)	日通機 RB-20S	GPS 自動校正 (原村受信所)
信号発生器 (ファンクションジェネレータ)	HP 8116A	1kHz サイン波 (1PPS でゲート)

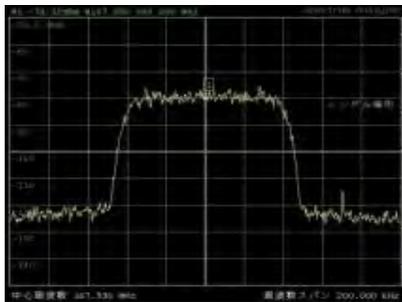
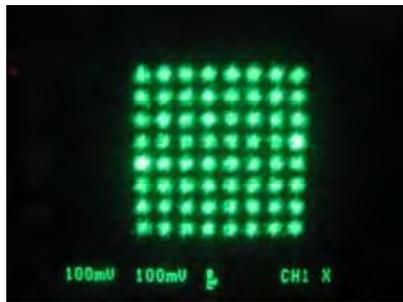
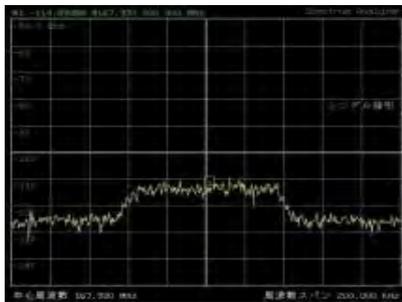
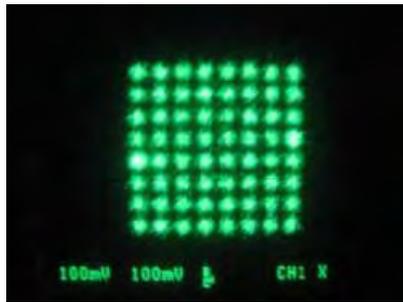
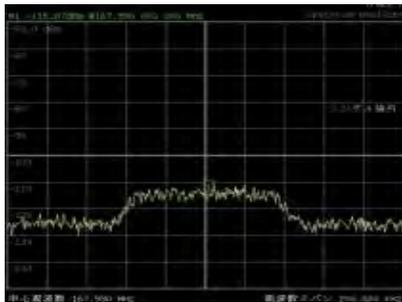
- 【測定項目】 原村受信所にて測定した以下の点について測定を行う。
- ・基本性能試験(受信入力電力対ビット誤り率、コンスタレーション)
 - ・信号再生確認(10MHz 信号、1PPS 信号、音声信号)
 - ・マルチパス特性(遅延プロファイル)
- 【測定方法】 受信入力電力について、減衰器にて入力レベルを変動させそのときの BER、音声復調状況、コンスタレーション、およびスペクトル波形の記録を行う。また、マルチパス特性の解析のため、RF キャプチャーにてそれぞれレベル変動した状況における RF 信号をデータとして記録する。
- 【測定結果】 受信入力電力対ビット誤り率について表 5.4-5 に示す。また、観測されたコンスタレーションおよび同時に観測したスペクトル波形を表 5.4-6 に示す。

なお、受信入力電力が-90dBm 以上では音声を再生されることを確認した。ただし、受信入力電力が-91dBm 以下では I および Q は再生されるものの音声は再生されないことを確認した。これは、今回試作した受信装置の性能に依存するものと推察される。

表 5.4-5 受信入力電力対ビット誤り率

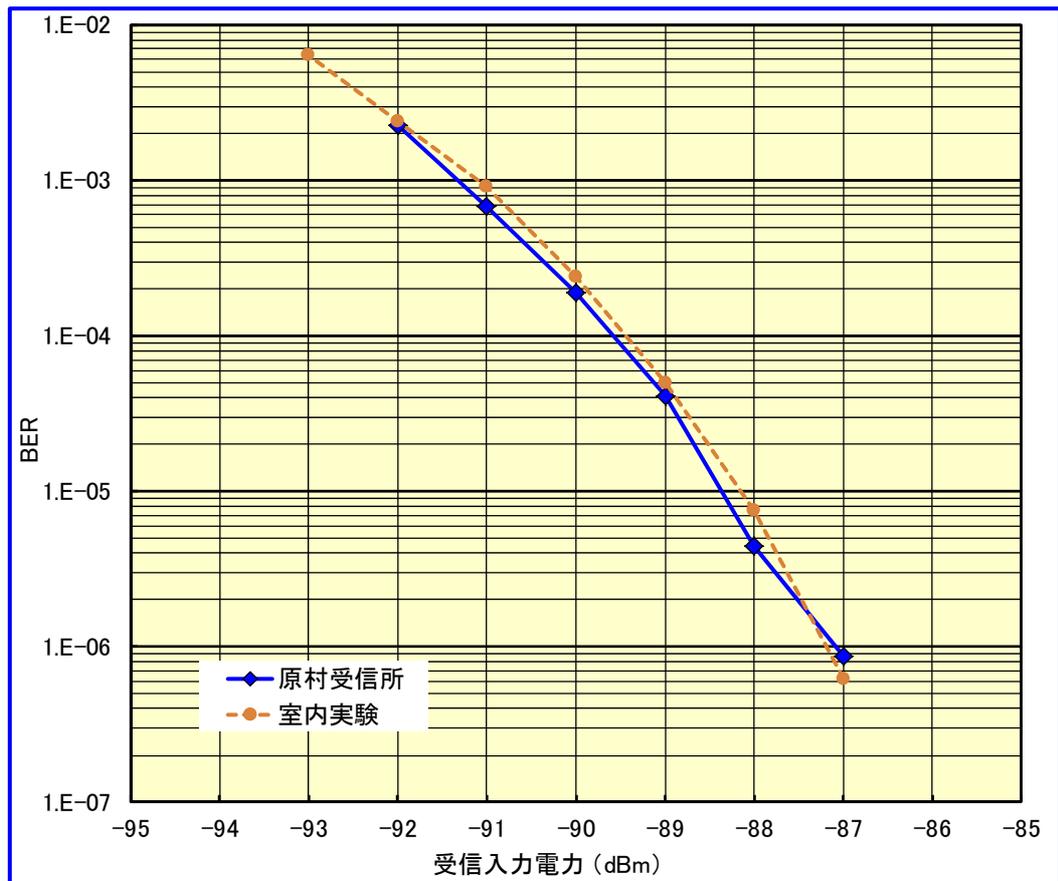
受信入力電力	ビット誤り率 (BER)	音声復調
-55dBm	エラーフリー	復調
-90dBm	1.8 E-04	復調
-91dBm	2.2 E-03	復調不可

表 5.4-6 観測されたコンスタレーションとスペクトル波形

受信入力電力	コンスタレーション	スペクトル波形
-55dBm (BER : エラーフリー)		
-90dBm (BER : 1.8 E-04)		
-91dBm (BER : 2.2 E-03) (音声復調不可)		

フィールド測定における受信入力電力に対する BER との関係と室内試験との結果について、図 5.4-11 に示す。

各ポイントでの測定値の差はほとんど見られず、 10^1 以内に収まっていることが確認された。



受信入力電力	-86 dBm	-87 dBm	-88 dBm	-89 dBm	-90 dBm	-91 dBm	-92 dBm	-93 dBm	-94 dBm
室内実験		6.2E-07	7.6E-06	5.0E-05	2.4E-04	9.1E-04	2.4E-03	6.4E-03	
原村受信所		8.65E-07	4.43E-06	4.10E-05	1.89E-04	6.75E-04	2.25E-03		

図 5.4-11 受信入力電力と BER (室内測定とフィールド測定の対比)

5. 4. 5. 2 信号再生確認および遅延量測定 (10MHz 信号、1PPS 信号および音声信号)

STL 送受信装置を用いて伝搬される情報のうち補助情報として今回 10MHz 信号と 1PPS 信号を伝送している。ここでは、10MHz 信号と 1PPS 信号について以下の 2 点について確認を行った。

- (1) 信号再生確認(10MHz 信号、1PPS 信号)
- (2) 遅延時間(10MHz 信号、1PPS 信号、音声信号)

【基準となる信号と対象とする信号】について

- (1) 10MHz 信号と 1PPS 信号

STL 送信装置に入力される 10MHz 信号と 1PPS 信号は、STL 送信所に設置され GPS からの信号を受信して自らの装置を校正する機能を有するルビジウム発振器が出力する 10MHz 信号(送信所 10MHz 信号という。)および 1PPS 信号(送信所 1PPS 信号という。)を信号源とする。

STL 受信装置が出力する 10MHz 信号(STL 再生 10MHz 信号という。)と 1PPS 信号(STL 再生 1PPS 信号という。)の遅延時間を測定するために、STL 受信所に設置され GPS からの信号を受信して自らの装置を校正する機能を有するルビジウム発振器が出力する 10MHz 信

号(受信所 10MHz 信号)および 1PPS 信号(受信所 1PPS 信号)を参照信号(基準信号)源を使用する。

なお、厳密に言えば、送信所 10MHz 信号と受信所 10MHz 信号、および送信所 1PPS 信号と受信所 1PPS 信号には衛星からの伝送距離による遅延やルビジウム発振器での処理遅延などの累積遅延に数 10nsec の差異が存在するが、今回、この差異の時間的揺らぎは無視できるものとした。

(2) 音声信号

STL 送信所に設置され GPS からの信号を受信して自らの装置を校正する機能を有するルビジウム発振器が出力する送信所 1PPS 信号をゲート信号として信号発生器に接続し、同信号発生器は同送信所 1PPS 信号が Low レベルの時のみ 1kHz のサイン波が出力するよう構成した。(信号発生器が出力するこの信号を“ゲート 1kHz 信号”という。)

これにより、STL 送信装置に入力されるゲート 1kHz 信号は同じく STL 送信装置に入力される送信所 1PPS 信号に同期した信号であるため、STL 受信所においては、STL 受信装置に入力される受信所 1PPS 信号と STL が再生する音声信号(STL 再生音声信号という。)との差異を遅延時間として測定することができる。

【機器構成】 信号再生確認を行うための測定系統図を図 5.4-12 に示す。なお、使用する機材は表 5.4-4 と同様である。

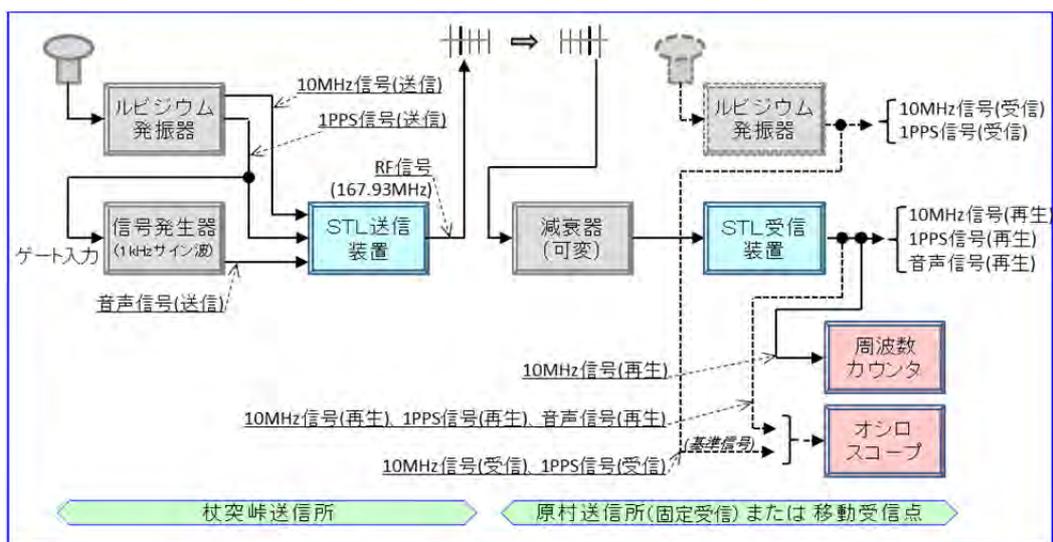


図 5.4-12 信号再生確認における機器構成

【測定項目】

- ・杖突峠送信所より STL 送信装置から伝送され、原村受信所にて受信した信号から 10MHz 信号および 1PPS 信号が再生されること
- ・再生された 10MHz 信号、1PPS 信号および音声信号が、原村受信所で受信した GPS からの信号で校正されるルビジウム発振器が出力する 1PPS 信号を参照信号とした時の遅延量

【測定方法】 杖突峠送信所で受信した GPS からの信号で校正されるルビジウム発振器が出力する 10MHz 信号および 1PPS 信号を信号源として、STL 送受信装置で伝送・再生された 10MHz 信号と 1PPS 信号が、原村受信所で受信した GPS からの信号で校正されるルビジウム発振器が出力する 10MHz 信号および 1PPS 信号を基準とした場合の周波数、位相ずれ若しくは遅延量を測定する。

音声については、杖突峠送信所で受信した GPS からの信号で校正されるルビジウム発振器が出力する 1PPS 信号でゲートされる(1PPS 信号が 0 レベルの時のみ

出力される)1kHz のサイン波を音源として、STL 送受装置で伝送・再生された音声信号が、原村受信所で受信した GPS からの信号で校正されるルビジウム発振器が出力する 1PPS 信号を基準とした場合の遅延量を測定する。

【測定結果】 原村受信点で受信した GPS からの信号で校正されるルビジウム発振器が出力する 10MHz 信号を基準として、再生された 10MHz 信号は数 10nsec の揺らぎが観測されるものの、10MHz に対して 0.1Hz 以下の精度であることを確認した。

表 5.4-7 信号再生確認:10MHz 信号

測定の基準	再生された信号	測定結果
原村受信所のルビジウム発振器が出力する 10MHz 信号	STL 受信装置が出力する 10MHz 信号	10,000,000.0Hz

① 再生された 10MHz 信号

図 5.4-13 に観測された波形を示す。図中の上段の波形は基準となる(原村受信所の)ルビジウム発振器の 10MHz 信号であり、下段の波形は再生された 10MHz 信号である(X 軸：20nsec/DIV)。再生された 10MHz 信号は数 10nsec の揺らぎが観測された。

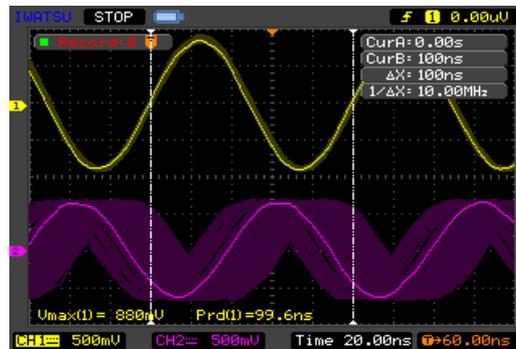


図 5.4-13 ルビジウム発振器の 10MHz 信号(上段)に対する再生された 10MHz 信号(下段)

② 再生された 1PPS 信号

図 5.4-14 に観測された波形を示す。図中の上段の波形は基準となる(原村受信所の)ルビジウム発振器の 1PPS 信号であり、下段の波形は再生された 1PPS 信号である(X 軸：2msec/DIV)。

基準となるルビジウム発振器の 1PPS 信号に対して、再生された 1PPS 信号は 14.4msec の遅延があることを確認した。

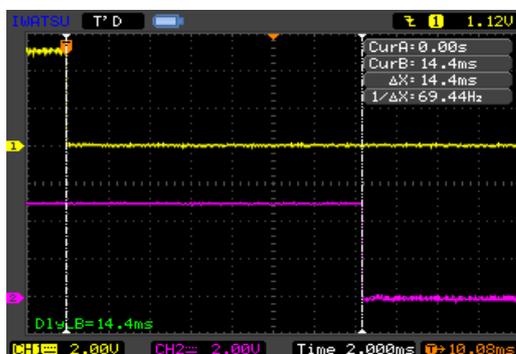


図 5.4-14 ルビジウム発振器の 1PPS 信号(上段)に対する再生された 1PPS 信号(下段)

③ 再生された音声信号

図 5.4-15 に観測された波形を示す。図中の上段の波形は基準となる(原村受信所の)ルビジウム発振器の 1PPS 信号であり、下段の波形は再生された音声信号である(X軸: 2msec/DIV)。

杖突峠送信所のルビジウム発振器の 1PPS 信号でゲートされる 1kHz のサイン波を音声信号として STL 送信装置が送信する信号を、原村受信所で STL 受信装置が受信し再生された音声信号は、ルビジウム発振器から出力される 1PPS 信号を基準として、再生された 1kHz のサイン波(音声信号)は(再生された 1PPS 信号の遅延と同様に)14.4msec 遅れて再生されることを確認した。

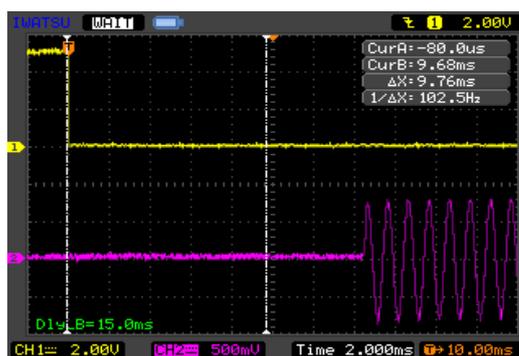


図 5.4-15 ルビジウム発振器の 1PPS 信号(上段)に対する再生された音声信号(下段)

5.4.5.3 マルチパス特性(遅延プロファイル)

マルチパス特性を測定するにあたり次の点に留意する必要がある。

フィールド試験において、今回試作した STL 受信装置はフィールド試験にて直接マルチパス特性を測定することができない仕様となっている。従って、フィールド試験にて STL 受信信号を一旦 RF キャプチャーを用いて保存し、別途、実験室にて STL 受信装置からマルチパス測定用信号が出力されるよう改造した上で、マルチパス特性を測定することとなる。

また、STL 送信装置はシンボルレートを約 77k symbol/sec として設計・試作しているため、STL 受信装置においてはシンボル間隔(約 13 μ sec)単位で波形等化処理を行う。従って、マルチパス特性はシンボル間隔単位で測定することができる。

【機器構成】 マルチパス特性を測定するための測定系統図を図 5.4-16 に示す。なお、使用する機材は表 5.4-4 と同じである。

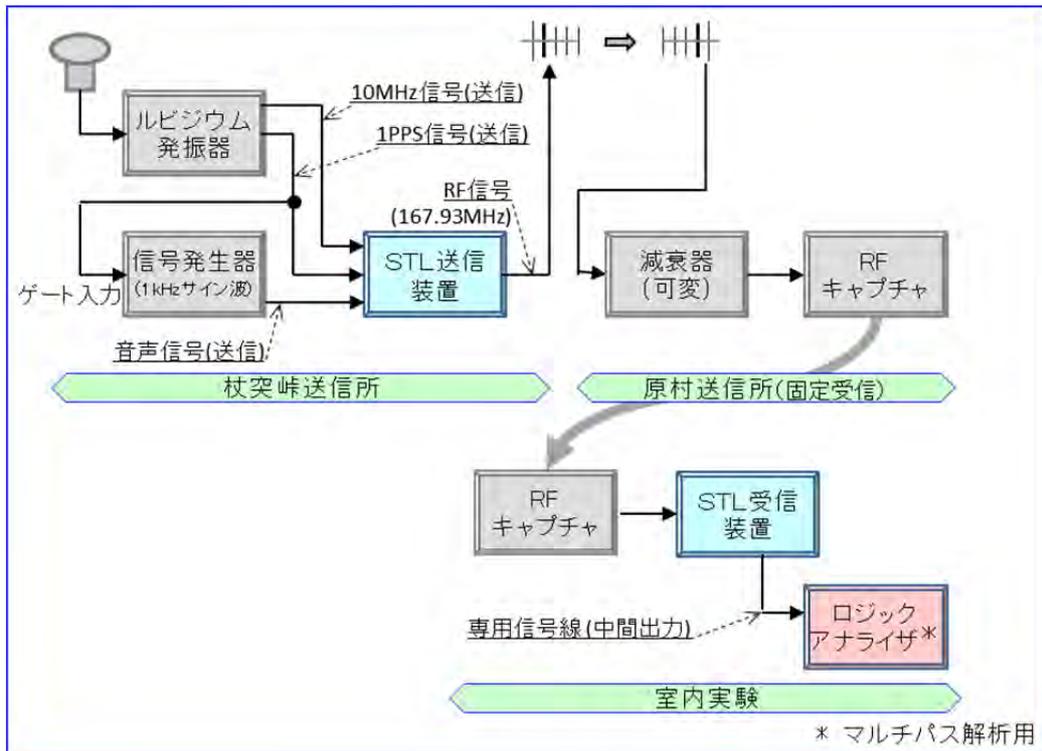


図 5.4-16 マルチパス特性測定における機器構成

【測定項目】 原村受信所にて測定した以下の点について測定を行う。

- ・マルチパス特性(遅延プロファイル)

【測定方法】 測定方法は以下の通りとする。

- ・マルチパス特性(遅延プロファイル)については、現地でリアルタイムに測定できる測定器がないため、RF 信号を記録する RF キャプチャにて、RF 信号を記録し、記録した信号に対して STL 受信装置を介してマルチパス解析用ロジックアナライザにて解析を行った。

【測定結果】 マルチパス解析用ロジックアナライザにて解析した結果を図 5.4-17 に示す。

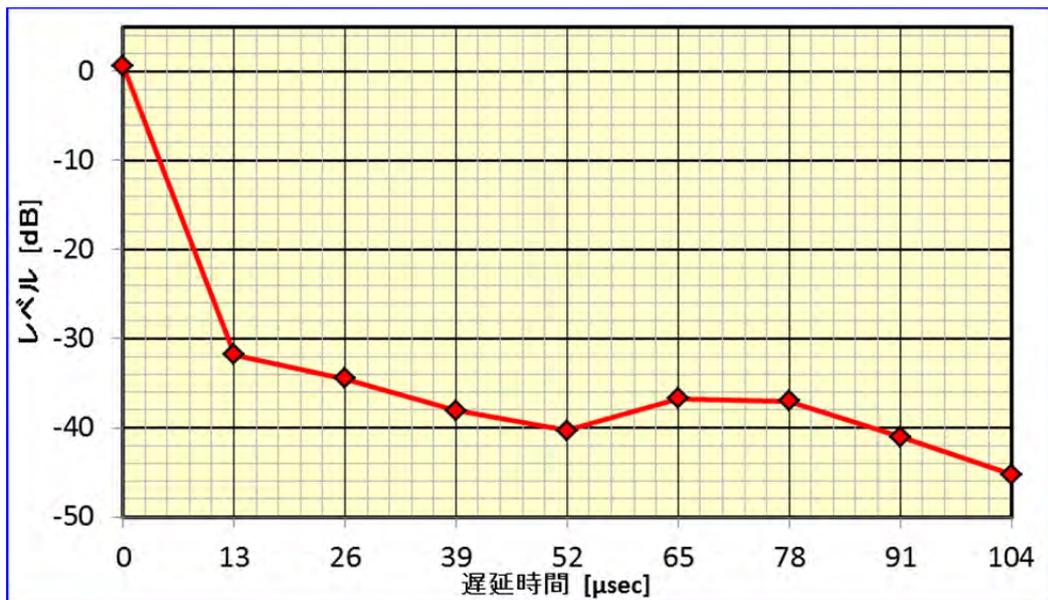


図 5.4-17 マルチパス特性 (原村受信所にて、受信入力電力は-55dBm)

- 【考察】 図 5.4-17 より以下のことが判った。
- ・室内実験で行ったマルチパス特性と比較すると、伝送品質には影響しない許容できる範囲の特性であることが判った。
 - ・ $65\mu\text{sec}$ から $78\mu\text{sec}$ に遅延成分が見られたが、遅延成分としては -38dB 程度であり、マルチパス特性上問題ないと考えられる。

5.4.5.4 長期変動試験

STL 送受信装置を用いた伝送において、季節、昼夜、気候変動に対して測定を行うべきであるが、伝送試験期間が限られているため、受信入力電力が比較的大きな場合(概ね -51dBm)と比較的小さい場合(概ね -82dBm)の2つの場合について、それぞれ4日間(345,600秒)のデータ(受信入力電力とBER)を測定した。

結果分析については、杖突峠送信所(茅野市)と原村受信所(諏訪郡原村)に近い気象データとして、気象庁データベース²⁰から気温、降水量および風速については原村の気象データを使用し、それ以外の相対湿度、蒸気圧、現地気圧については原村に近い近郊都市である諏訪市の気象データを使用した。

- 【機器構成】 長期変動試験を行うための測定系統図を図 5.4-18 に示す。なお、使用する機材は表 5.4-4 と同じである。

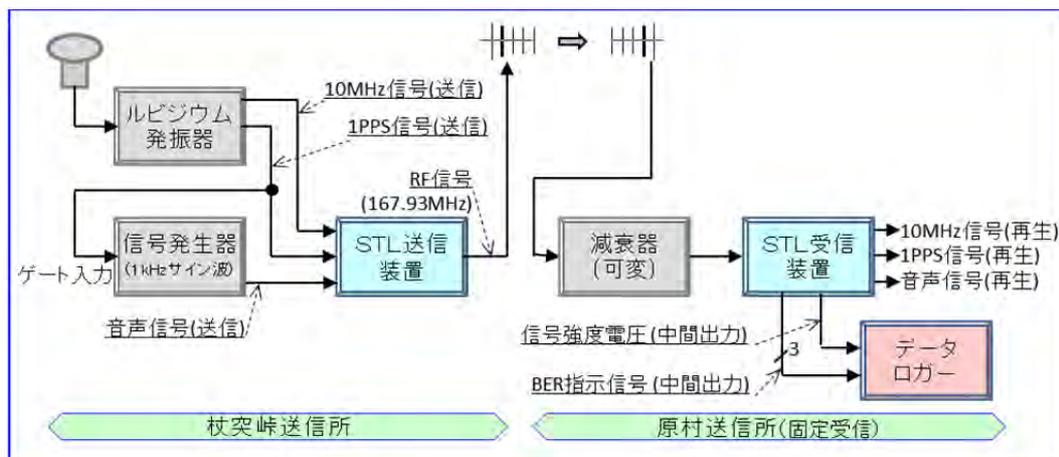


図 5.4-18 長期変動試験における機器構成

- 【測定項目】 原村受信所にて、STL 受信装置が出力する受信入力電力と BER を測定する。
- 【測定方法】 原村受信所における STL 受信装置が出力する受信入力信号および BER 信号をデータロガーに接続し、同信号を 30 秒に 1 回記録する(受信入力電力が小さい場合は 1 秒に 1 回記録する)。
 なお、気象データとの相関を考察するにあたり、気温、降水量などの気象データの更新頻度が 10 分毎であるため、収録されたデータを 10 分間単位で最大値、最小値および中央値を算出する。
- 【測定結果】 測定には 1 週間程度を要したが、11 月 1 日 0:00 から 11 月 5 日 0:00 までの 4 日間については受信入力電力が大きい場合(概ね -51dBm)について各種信号を 30

²⁰ 気象庁データベース： 気象庁のホームページ(<http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>)に掲載されているデータベースを使用。

秒に1回記録し、11月7日0:00から11月11日0:00までの4日間については受信入力電力が小さい場合(概ね-82dBm)について各種信号を1秒に1回記録し、それぞれデータ分析を行った。

測定結果を図5.4-19および図5.4-20に示す。

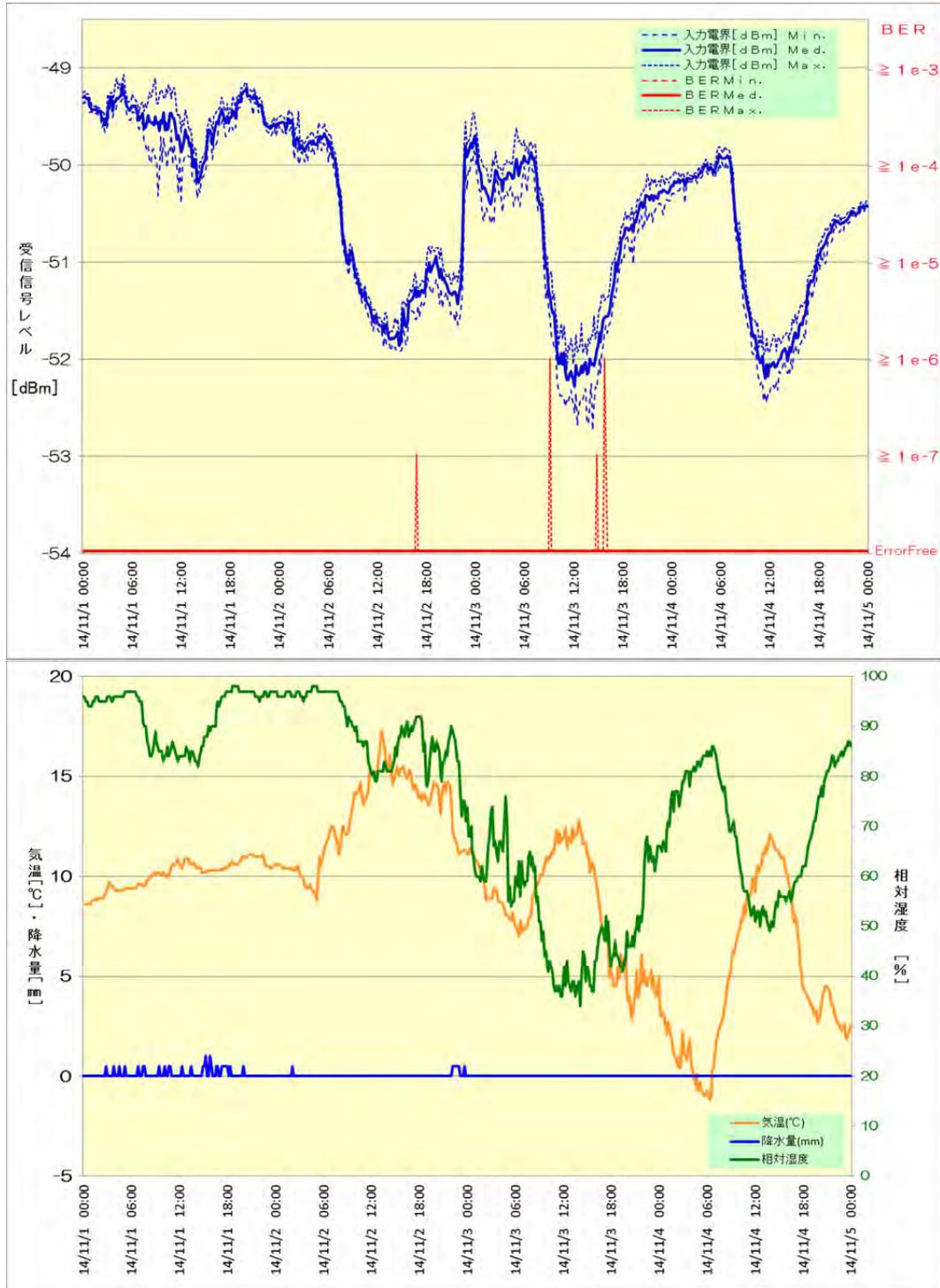


図 5.4-19 受信入力電力の長期変動(上段)と同一期間の気象変動(下段)
(受信入力電力が大きい場合(概ね-51dBm))

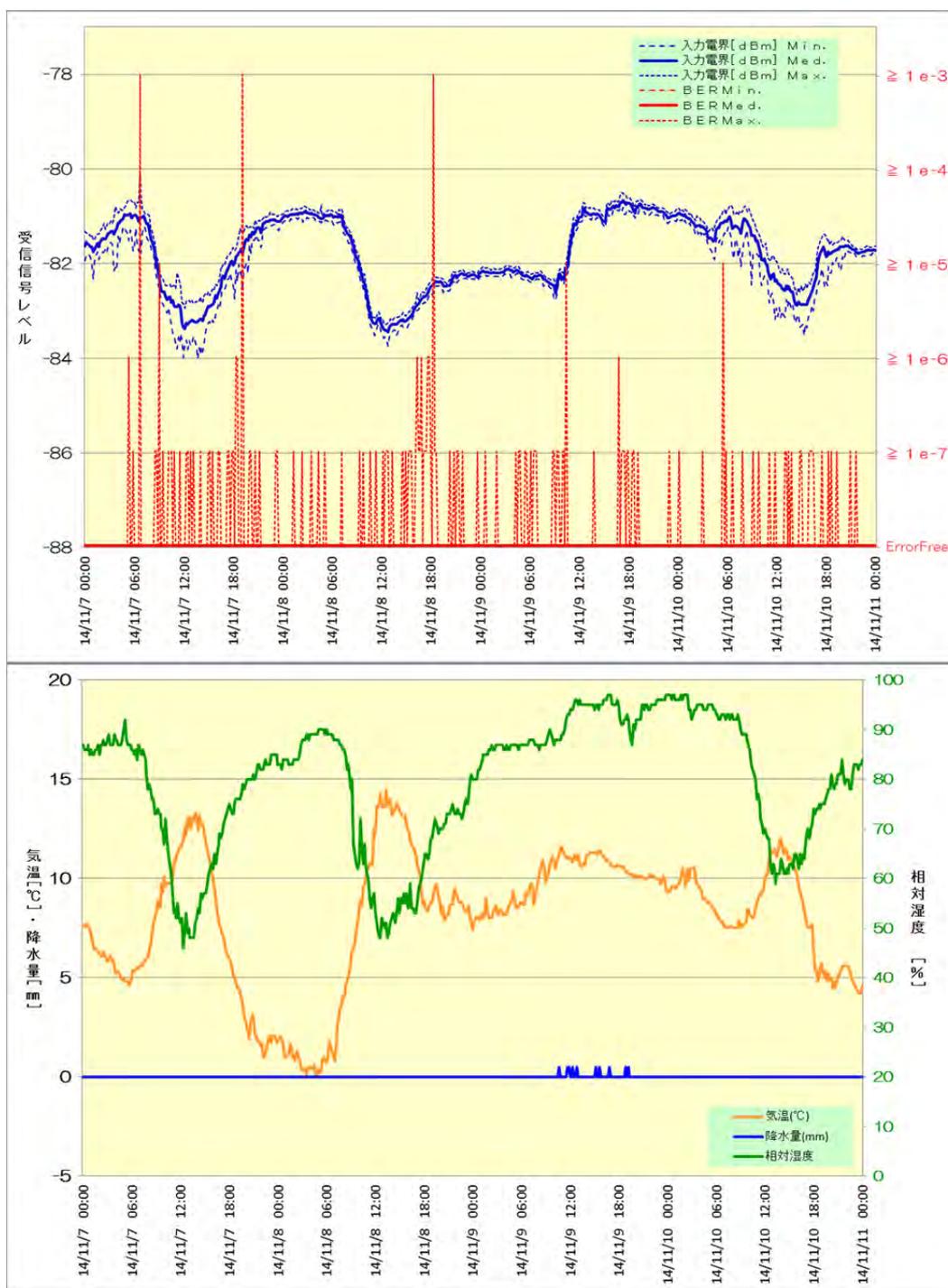


図 5.4-20 受信入力電力の長期変動(上段)と同一期間の気象変動(下段)
(受信入力電力が小さい場合(概ね-82dBm))

【考察】

図 5.4-19 および図 5.4-20 より以下のことが判った。

- ・ 受信入力電力の長期変動は±2dB 程度である
- ・ 受信入力電力と気候変動との相関は以下の通り
 - ・ 気温に対して中程度の負の相関が、相対湿度に対して強い正の相関がある

- ・降水量に対して、測定した期間では降水量との相関は見られないが、測定期間中の降水量が少ないため相関の有無を正しく判断できない
- ・その他の気象変動(現地気圧、風速、蒸気圧)との相関は見られない

上述した受信入力電力に対する気温および相対湿度との相関についてそれぞれ相関係数を求めると表 5.4-8 のような結果が得られた。

表 5.4-8 受信入力電力に対する気温および相対湿度との相関係数

	受信入力電力と気温の相関係数	受信入力電力と相対湿度の相関係数
受信入力電力が大きい場合 (測定期間：11/1～11/4)	-0.28	0.64
受信入力電力が小さい場合 (測定期間：11/7～11/10)	-0.53	0.87

表 5.4-8 より、受信入力電力は気温に対しては中程度の負の相関があり、相対湿度に対しては高い正の相関があることがわかった。ただし、測定したデータが気温については 0～15℃の範囲、また相対湿度については 40～100%の範囲であるが、その範囲において受信入力電力の変動は 3dB 程度であり、気温および相対湿度の影響は限定的であることがわかった。

【補足説明】

(1) BER の最大値について

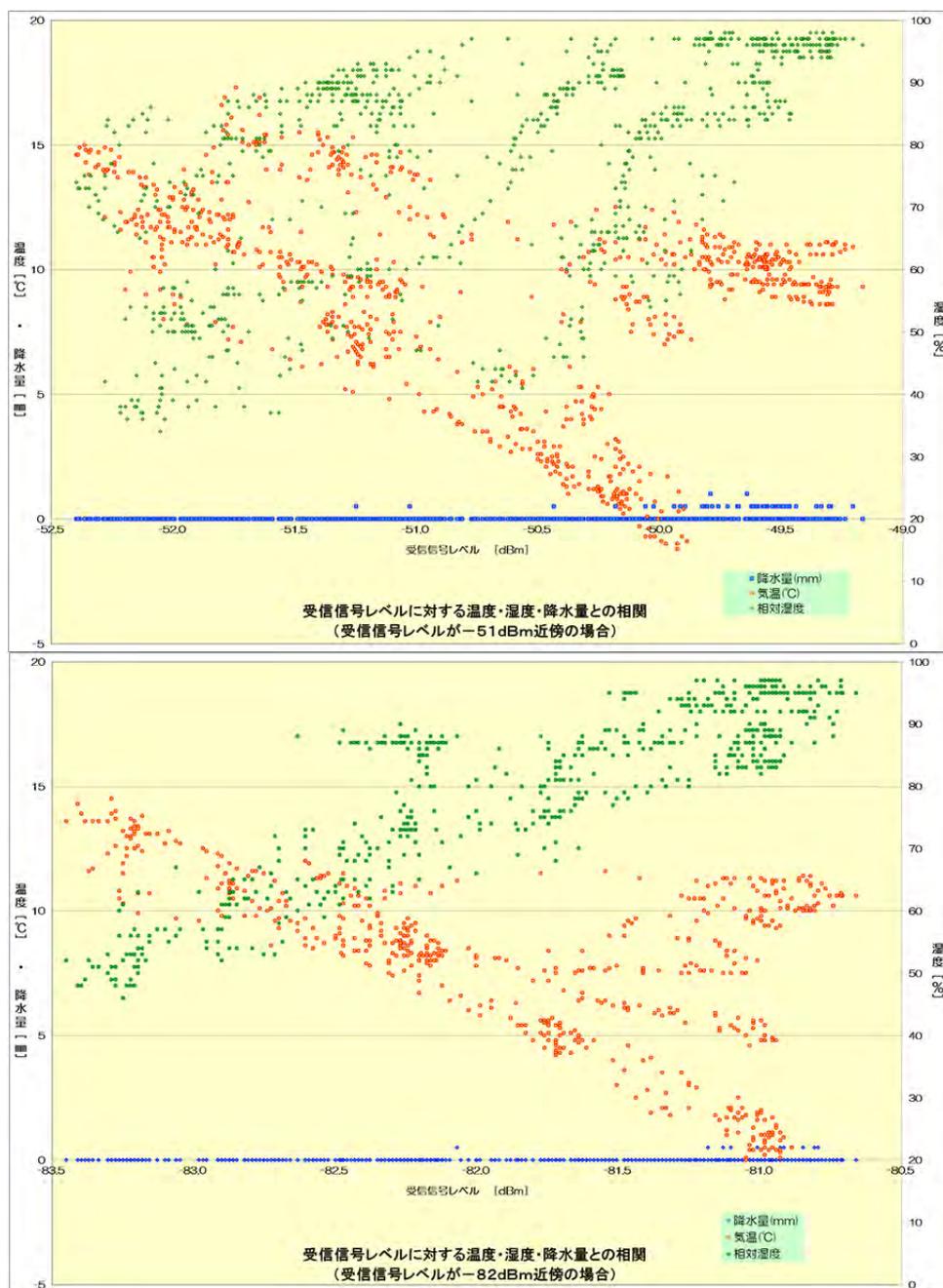
図 5.4-19 の上段における BER のグラフ、および図 5.4-20 の上段における BER のグラフについて、それぞれ BER の最大値のグラフはエラーフリーではなく、 $1e-3$ ～ $1e-7$ を示している。

図 5.4-19 は、受信入力電力が大きい場合であって BER 信号については 30 秒に 1 回記録した値から 10 分間単位で最大値、最小値および中央値を算出しグラフ化したものである。従って、BER の最大値は 10 分間のうち 1 回でもエラーフリーでないならその間の BER の最大値を用いることとなる。実際には 11 月 1 日 0:00 から 11 月 5 日 0:00 までの 4 日間に 6 回ほどエラーフリーではなく、うち $1e-6$ が 2 回、 $1e-7$ が 4 回観測された。ただし観測された時刻は連続しておらず、1 回観測された場合に仮に 30 秒その状態が続いたと仮定しても全体(4 日間)の 0.05%しか占めないため、実質的には全区間でエラーフリーである、と判断した。

また、同様に、図 5.4-20 は、受信入力電力が小さい場合であって BER 信号については 1 秒に 1 回記録した値から 10 分間単位で最大値、最小値および中央値を算出しグラフ化したものである。従って、BER の最大値は 10 分間のうち 1 回でもエラーフリーでないならその間の BER の最大値を用いることとなる。実際には 11 月 7 日 0:00 から 11 月 11 日 0:00 までの 4 日間に、14 秒間ほど BER が $1e-3$ ～ $1e-7$ になったのが 1 回、12 秒間ほど BER が $1e-3$ ～ $1e-4$ になったのが 1 回、10 秒間ほど BER が $1e-5$ ～ $1e-7$ になったのが 1 回、4 秒間ないし 7 秒間ほど BER が $1e-3$ ～ $1e-7$ になったのが 4 回、2 秒間ほど BER が $1e-5$ になったのが 4 回、2 秒間ほど BER が $1e-6$ になったのが 9 回、2 秒間ほど BER が $1e-7$ になったのが 126 回、1 秒間ほど BER が $1e-5$ になったのが 19 回観測された。ただし観測された時刻はそれぞれ連続しておらず、延べ時間 348 秒は全体(4 日間)の 0.1%しか占めないため、実質的には全区間でエラーフリーである、と判断した。

(2) 受信入力電力と気候変動のうち気温・湿度との相関について

図 5.4-19、図 5.4-20 および表 5.4-8 から、受信入力電力は気温に対しては中程度の負の相関があり、相対湿度に対しては高い正の相関があることがわかったが、参考のため、横軸に受信入力電力を、縦軸に気温、湿度および降水量とした分布図を図 5.4-21 に示す。



(3) 受信入力電力と気候変動のうち気温・湿度以外については、ほとんど相関がないことがわかった。

5.4.6 伝搬距離を変えた場合の伝搬特性（見通し区間・見通し外区間）

伝搬距離特性を確認するため、見通し区間および見通し外区間においてフィールドにて検証を行う。

1. 見通し内区間における伝搬距離特性

受信点を杖突送信所から 5km、10km、15km および 20km 離れた地点での見通し区間における伝搬品質(受信入力電力、BER、コンスタレーション)について確認する。併せて、伝送される音声信号、10MHz 信号および 1PPS 信号の再生確認を行う。

2. 見通し外区間における伝搬特性

送信～受信地点間が見通し外とした場合(受信点を杖突送信所から約 20km 離れた地点での見通し外区間)における伝搬品質(受信入力電力、BER、コンスタレーション)について確認する。併せて、伝送される音声信号、10MHz 信号および 1PPS 信号の再生確認を行う。



図 5.4-22 杖突送信所と移動受信点との位置関係
(見通し区間における測定地点 5 か所と見通し外区間における測定地点 1 か所)

杖突峠に設置した STL 送信所と受信地点における高低差プロフィールを図 5.4-23 から図 5.4-28 までに示す。



図 5.4-23 杖突峠～5km 地点

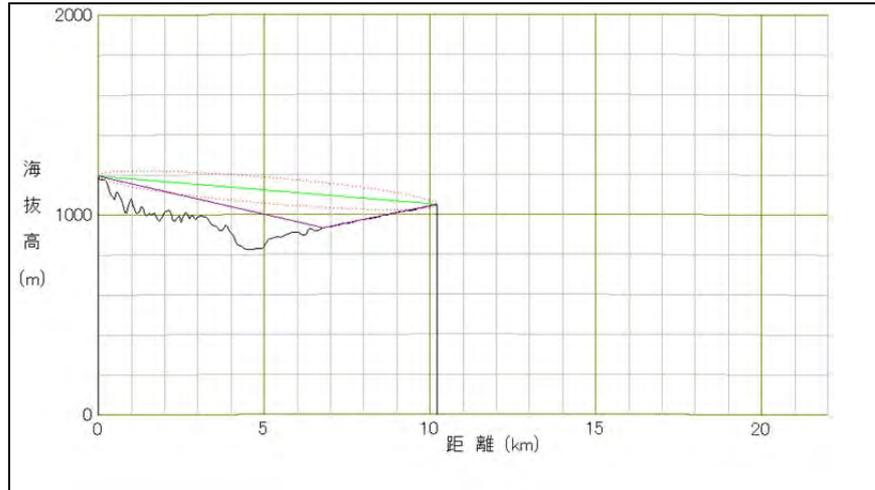


図 5.4-24 杖突峠～10km 地点

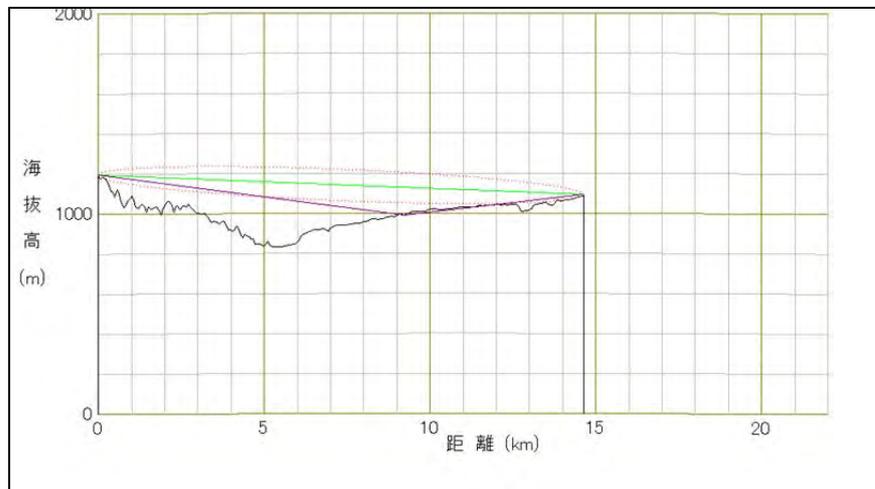


図 5.4-25 杖突峠～15km 地点

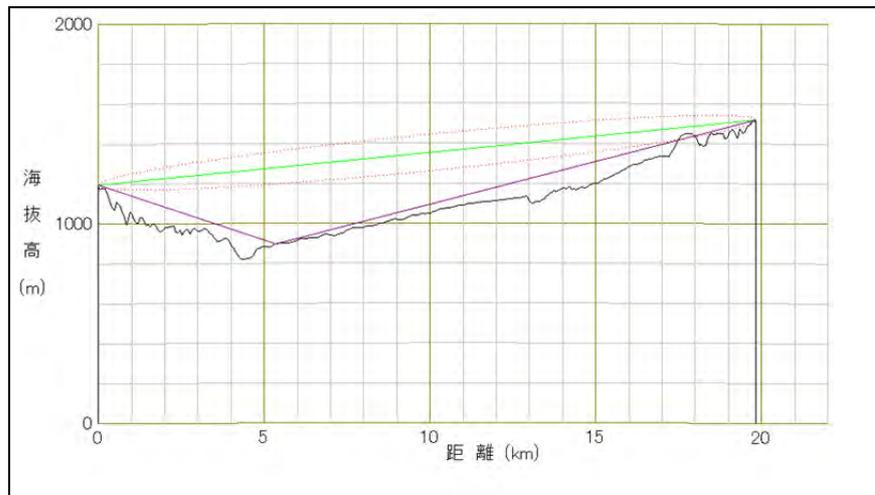


図 5.4-26 杖突峠～20km 地点①

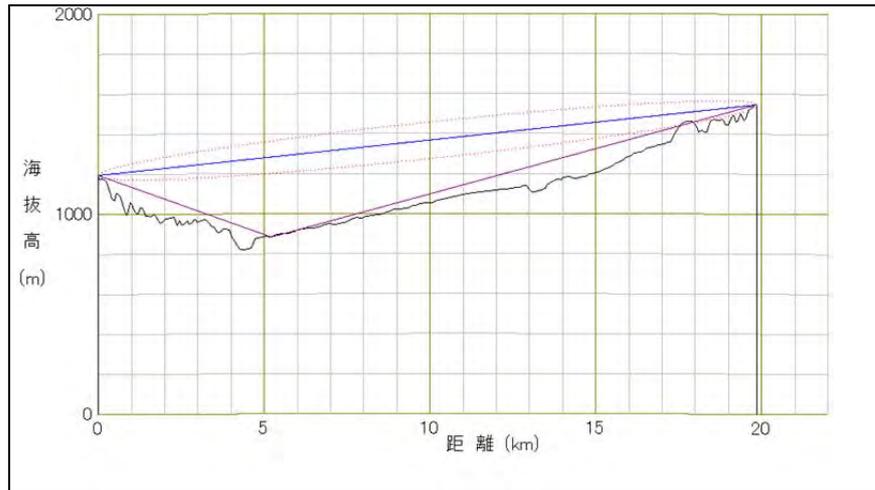


図 5.4-27 杖突峠～20km 地点②

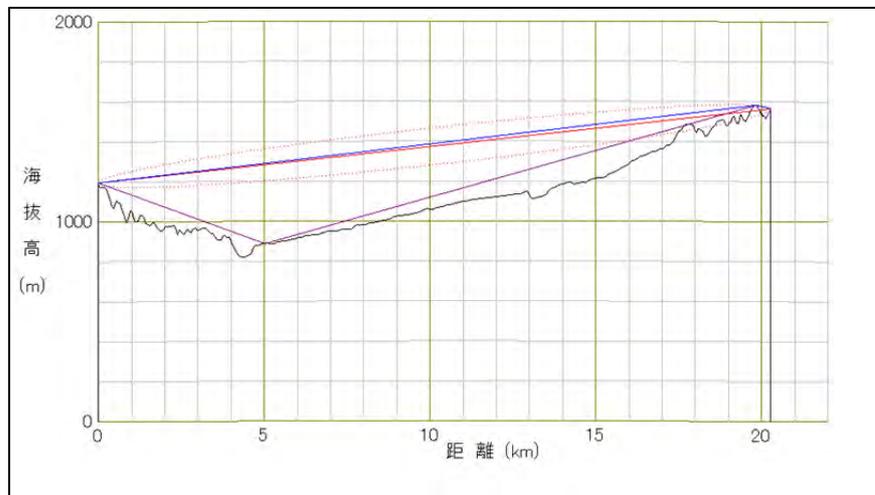


図 5.4-28 杖突峠～20km 地点(見通し外)

5. 4. 6. 1 伝搬特性(1) (5km、10km、15km および 20km の見通し区間)

【機器構成】 伝搬特性を測定するための測定系統図を図 5. 4-29 に示す。また、使用する機材を表 5. 4-9 に示す。

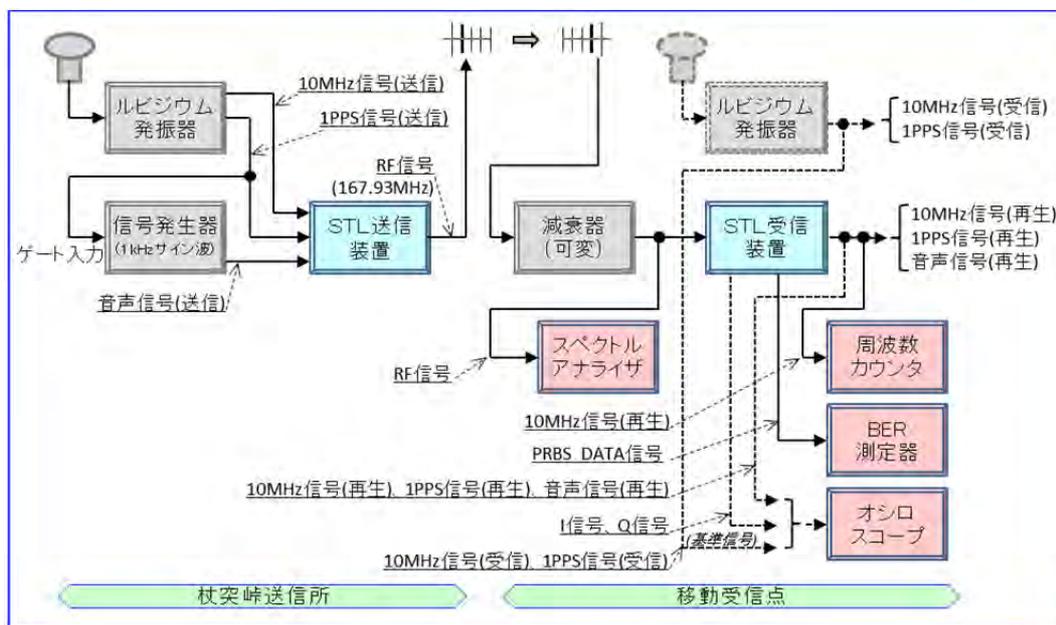


図 5.4-29 基本性能試験における機器構成

表 5.4-9 使用する機材

機材	主要機能/特性	備考
STL 送信装置	160MHz 帯デジタル STL 送信装置 DS-160M37-LFW1	今回試作 (杖突峠送信所)
STL 受信装置	160MHz 帯デジタル STL 受信装置 DS-160M-LFW1	今回試作 (原村受信所)
減衰器(可変)	アジレント 8494B+8496B	
STL 送信アンテナ	日本アンテナ 5DV-150 (5 素子八木アンテナ)	(杖突峠送信所)
STL 送信アンテナ用 同軸ケーブル	5D-2W 30m	(杖突峠送信所)
STL 受信アンテナ	日本アンテナ 5DV-150 (5 素子八木アンテナ)	(原村受信所)
STL 受信アンテナ用 同軸ケーブル	5D-2W 50m	(原村受信所)
ルビジウム発振器(送信)	日通機 RB20S0	GPS 校正型 (杖突峠送信所)
ルビジウム発振器(受信)	日通機 RB20S0	GPS 校正型 (原村受信所)
信号発生器 (ファンクションジェネレータ)	HP 8116A	1kHz サイン波 (1PPS でゲート)

【測定項目】 原村受信所にて測定した以下の点について測定を行う。

- ・基本性能試験(受信入力電力対ビット誤り率、コンスタレーション)
- ・信号再生確認(10MHz 信号、1PPS 信号、音声信号)
- ・マルチパス特性(遅延プロファイル)

【測定方法】 測定地点として杖突峠送信所から概ね 5km 地点、10km 地点 15km 地点および 20km 地点 (2 か所) で測定を行う。

【測定地点の情報】

- ・送信～受信地点間が 4.7km
 - ・標高：879.4m 受信地上高：5m
 - ・場所：緯度 35 度 58 分 2.83 秒 経度 138 度 10 分 50 秒
- ・送信～受信地点間が 10.2km
 - ・標高：1043m 受信地上高：5m
 - ・場所：緯度 35 度 56 分 29.31 秒 経度 138 度 14 分 2.57 秒
- ・送信～受信地点間が 14.6km
 - ・標高：1088m 受信地上高：5m
 - ・場所：緯度 35 度 55 分 1.58 秒 経度 138 度 16 分 28.26 秒
- ・送信～受信地点間が 19.8km(地点 1)
 - ・標高：1514.2m 受信地上高：5m
 - ・場所：緯度 35 度 54 分 54.83 秒 経度 138 度 20 分 9.55 秒
- ・送信～受信地点間が 19.8km(地点 2)
 - ・標高：1539.4m 受信地上高：5m
 - ・場所：緯度 35 度 54 分 57.58 秒 経度 138 度 20 分 12.02 秒

【測定項目】

原村受信所にて測定した以下の点について測定を行う。

- ・基本性能試験(受信入力電力対ビット誤り率、コンスタレーション)
- ・信号再生確認(10MHz 信号、1PPS 信号、音声信号)
- ・マルチパス

【測定結果】 受信入力電力対ビット誤り率および再生された 10MHz 信号について表 5.4-10 に示す。また、観測されたコンスタレーション、スペクトル波形および再生された音声信号と 1PPS 信号について表 5.4-11 に示す。
また、マルチパスに対する測定結果を表 5.4-12 に示す。

表 5.4-10 受信入力電力対ビット誤り率と再生された 10MHz 信号

送受間距離	受信入力電力	ビット誤り率	再生された 10MHz 信号
5km	-52.7dBm	エラーフリー	10,000,000.0Hz
10km	-54.1dBm	エラーフリー	10,000,000.0Hz
15km	-60.3dBm	エラーフリー	10,000,000.0Hz
20km (地点 1)	-72.0dBm	エラーフリー	10,000,000.0Hz
20km (地点 2)	-75.3dBm	2.09 E-07	10,000,000.0Hz

表 5.4-11 コンスタレーション、スペクトル波形および音声信号と 1PPS 信号

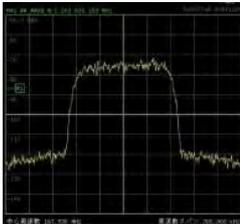
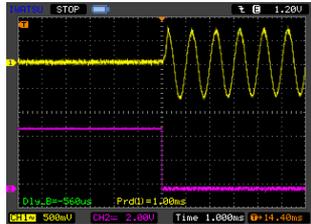
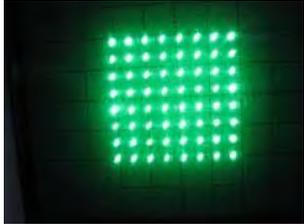
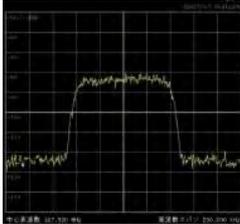
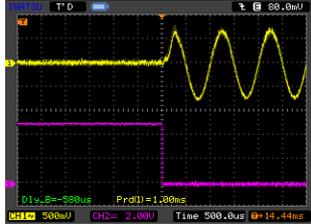
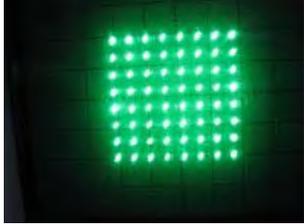
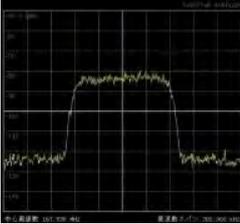
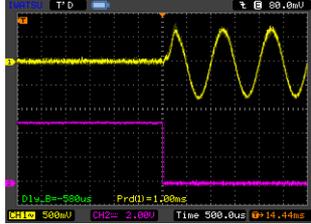
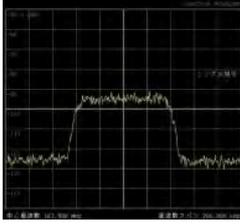
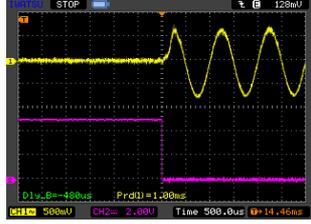
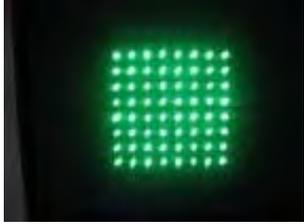
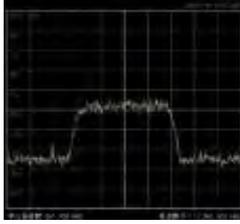
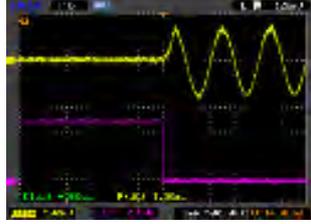
送受間距離	コンスタレーション	スペクトル波形	再生された音声信号と 1PPS 信号
5km			
10km			
15km			
20km (地点 1)			
20km (地点 2)			

表 5.4-12 マルチパス特性

送受間距離	マルチパス特性																				
5km	<table border="1"> <caption>Data for 5km Multipath Characteristics</caption> <thead> <tr> <th>遅延時間 [μsec]</th> <th>レベル [dB]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>13</td><td>-25</td></tr> <tr><td>26</td><td>-28</td></tr> <tr><td>39</td><td>-32</td></tr> <tr><td>52</td><td>-38</td></tr> <tr><td>65</td><td>-40</td></tr> <tr><td>78</td><td>-42</td></tr> <tr><td>91</td><td>-45</td></tr> <tr><td>104</td><td>-48</td></tr> </tbody> </table>	遅延時間 [μsec]	レベル [dB]	0	0	13	-25	26	-28	39	-32	52	-38	65	-40	78	-42	91	-45	104	-48
遅延時間 [μsec]	レベル [dB]																				
0	0																				
13	-25																				
26	-28																				
39	-32																				
52	-38																				
65	-40																				
78	-42																				
91	-45																				
104	-48																				
10km	<table border="1"> <caption>Data for 10km Multipath Characteristics</caption> <thead> <tr> <th>遅延時間 [μsec]</th> <th>レベル [dB]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>13</td><td>-28</td></tr> <tr><td>26</td><td>-35</td></tr> <tr><td>39</td><td>-32</td></tr> <tr><td>52</td><td>-38</td></tr> <tr><td>65</td><td>-42</td></tr> <tr><td>78</td><td>-40</td></tr> <tr><td>91</td><td>-42</td></tr> <tr><td>104</td><td>-45</td></tr> </tbody> </table>	遅延時間 [μsec]	レベル [dB]	0	0	13	-28	26	-35	39	-32	52	-38	65	-42	78	-40	91	-42	104	-45
遅延時間 [μsec]	レベル [dB]																				
0	0																				
13	-28																				
26	-35																				
39	-32																				
52	-38																				
65	-42																				
78	-40																				
91	-42																				
104	-45																				
15km	<table border="1"> <caption>Data for 15km Multipath Characteristics</caption> <thead> <tr> <th>遅延時間 [μsec]</th> <th>レベル [dB]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>13</td><td>-25</td></tr> <tr><td>26</td><td>-30</td></tr> <tr><td>39</td><td>-38</td></tr> <tr><td>52</td><td>-40</td></tr> <tr><td>65</td><td>-38</td></tr> <tr><td>78</td><td>-38</td></tr> <tr><td>91</td><td>-38</td></tr> <tr><td>104</td><td>-45</td></tr> </tbody> </table>	遅延時間 [μsec]	レベル [dB]	0	0	13	-25	26	-30	39	-38	52	-40	65	-38	78	-38	91	-38	104	-45
遅延時間 [μsec]	レベル [dB]																				
0	0																				
13	-25																				
26	-30																				
39	-38																				
52	-40																				
65	-38																				
78	-38																				
91	-38																				
104	-45																				
20km (地点 1)	<table border="1"> <caption>Data for 20km (Location 1) Multipath Characteristics</caption> <thead> <tr> <th>遅延時間 [μsec]</th> <th>レベル [dB]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>13</td><td>-28</td></tr> <tr><td>26</td><td>-30</td></tr> <tr><td>39</td><td>-35</td></tr> <tr><td>52</td><td>-32</td></tr> <tr><td>65</td><td>-32</td></tr> <tr><td>78</td><td>-40</td></tr> <tr><td>91</td><td>-38</td></tr> <tr><td>104</td><td>-45</td></tr> </tbody> </table>	遅延時間 [μsec]	レベル [dB]	0	0	13	-28	26	-30	39	-35	52	-32	65	-32	78	-40	91	-38	104	-45
遅延時間 [μsec]	レベル [dB]																				
0	0																				
13	-28																				
26	-30																				
39	-35																				
52	-32																				
65	-32																				
78	-40																				
91	-38																				
104	-45																				
20km (地点 2)	<table border="1"> <caption>Data for 20km (Location 2) Multipath Characteristics</caption> <thead> <tr> <th>遅延時間 [μsec]</th> <th>レベル [dB]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>13</td><td>-28</td></tr> <tr><td>26</td><td>-32</td></tr> <tr><td>39</td><td>-35</td></tr> <tr><td>52</td><td>-35</td></tr> <tr><td>65</td><td>-40</td></tr> <tr><td>78</td><td>-42</td></tr> <tr><td>91</td><td>-42</td></tr> <tr><td>104</td><td>-45</td></tr> </tbody> </table>	遅延時間 [μsec]	レベル [dB]	0	0	13	-28	26	-32	39	-35	52	-35	65	-40	78	-42	91	-42	104	-45
遅延時間 [μsec]	レベル [dB]																				
0	0																				
13	-28																				
26	-32																				
39	-35																				
52	-35																				
65	-40																				
78	-42																				
91	-42																				
104	-45																				

併せて、各測定地点を受信点とした場合の回線設計値を以下にまとめた。
 (受信入力にはフィルター入力端における値としている。土地係数については10dBを考慮した。)

表 5.4-13 回線設計値(距離別)

地点		5km地点	原受信所	10km地点	15km地点	20km地点②
距離	km	4.7	7.9	10.2	14.8	19.8
送信点海拔高	m	1196	1196	1196	1196	1196
受信点海拔高	m	884	1010	1048	1088	1544
反射点海拔高	m	-	898	931	1000	882
h1	m	-	298	265	196	314
h2	m	-	112	117	88	662
周波数	MHz	167.93	167.93	167.93	167.93	167.93
波長	m	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
送信系の特性	送信出力 Pt Pt	W	5	5	5	5
		dBm	37.0	37.0	37.0	37.0
	フィルタ損、アイソレータ損 共用器／結合器損	dB	1	1	1	1
	給電線損失 Lft	dB	4.34	4.34	4.34	4.34
	空中線利得 Gat	dB	11.15	11.15	11.15	11.15
	空中線角度損失	dB	0	0	0	0
	等価等方輻射電力 Eirp	dBm	42.8	42.8	42.8	42.8
の受信系	給電線損失 Lfr	dB	7.14	7.14	7.14	7.14
	空中線利得 Gar	dB	11.15	11.15	11.15	11.15
	空中線角度損失	dB	0	0	0	0
	総合空中線系利得 Gr	dB	4.01	4.01	4.01	4.01
伝搬特性	自由空間損失	dB	90.3	94.9	97.1	100.3
	遮蔽損失	dB	0	0	0	0
	平面大地損失	dB	0	0	0	0
	合計伝搬損失 TI	dB	90.3	94.9	97.1	100.3
その他	位相損失	dB	0.0	-4.6	-1.4	-0.1
	土地係数 Fc	dB	10	10	10	10
受信入力電力 (フィルター入力端) Eirp-TI+Gr-Fc		dBm	-53.55	-62.66	-61.71	-63.64
※土地係数を考慮しない場合 ※		dBm	-43.55	-52.66	-51.71	-53.64
		dBm	-50.02			

なお、伝搬特性(自由空間損失のみ、土地係数考慮のみ)及び計算値(位相損のみ考慮)とフィールド実測値(受信高5m)との関係を図 5.4-30 に示す。

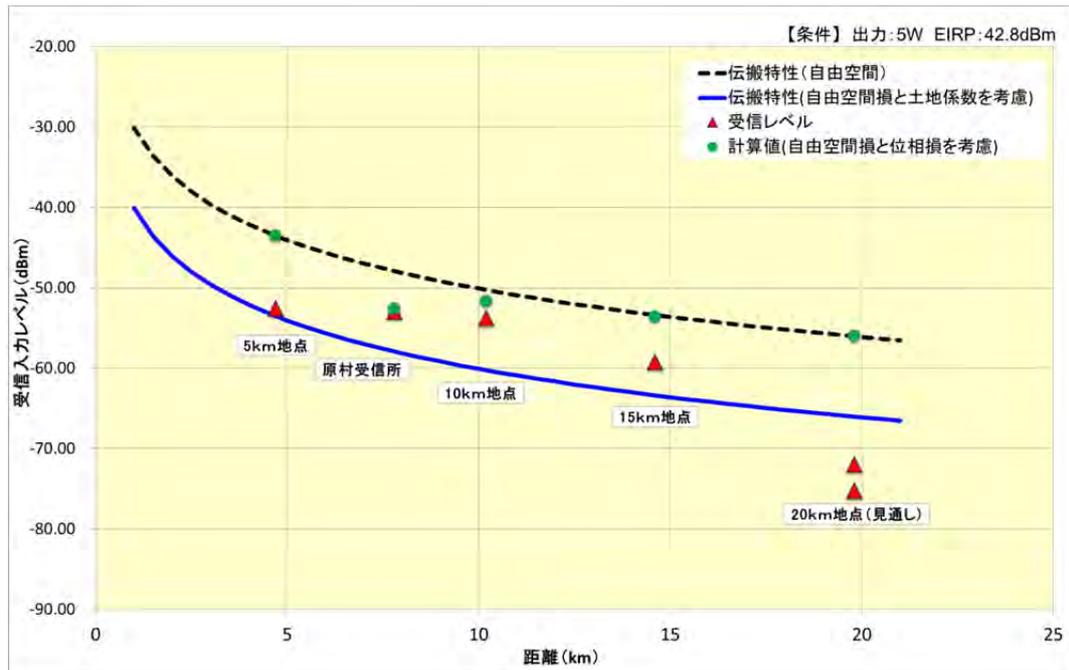


図 5.4-30 回線設計値とフィールド測定値の関係

【考察】

表 5.4-10 から表 5.4-13 まで、および図 5.4-30 より以下のことが判った。

- 測定したすべての地点(5km、10km、15km、20km(地点1)および20km(地点2))においては、受信入力電力が-75dBm 以上のレベルであり、STL 受信装置の性能として十分な受信レベルであることが確認された(STL 受信装置の復調限界は-90dBm 以上)。各地点を受信点とした場合の回線設計の計算値(自由空間損、位相損を考慮)と比較すると、計算値より概ね 5~15dB 低い傾向が見られた。これは、見通し区間ではあるものの受信点高が低いことによる影響や送信点方向の樹木の影響(20km(地点1)および20km(地点2))などによるものと推察される。各測定地点の中では、10km 地点での受信レベルが一番計算値に近い値となったが、この地点は受信点方向の障害物が少ないロケーションであったことで周囲環境の影響が少なかったものと推察される。
- 各測定地点で、20km(2)以外の地点では、BER はエラーフリーとなり音声復調および補助情報の再生を確認することができた。一方、20km(2)地点においても BER は $1e^{-7}$ のオーダであったが、 $1e^{-4}$ 以下であるため、音声復調および補助情報の再生を確認することができた。総じて、受信レベルが STL 受信機器として十分なレベルであるため、問題なく信号が伝送できていることが確認できた。
- マルチパス特性については、全体として、伝送品質が大きく影響するものではないが、各地点において遅延波成分があることが確認された。5km 地点では、遅延 $13 \mu \text{sec}$ 付近で-22dB の遅延波があることが確認できた。10km 地点では、 $39 \mu \text{sec}$ 付近で-36dB 程度の遅延波があることが確認できた。15km 地点では $13 \mu \text{sec}$ 付近で-24dB 程度の遅延波があることが確認できた。

5. 4. 6. 2 伝搬特性(2) (20km の見通し外区間)

【機器構成】 伝搬特性を測定するための測定系統図は図 5. 4-29 と同様であり、使用する機材も表 5. 4-9 と同じである。

【測定項目】 原村受信所にて測定した以下の点について測定を行う。

- ・基本性能試験(受信入力電力対ビット誤り率、コンスタレーション)
- ・信号再生確認(10MHz 信号、1PPS 信号、音声信号)
- ・マルチパス特性 (遅延プロファイル)

【測定方法】 測定地点として杖突峠送信所から概ね 20km 地点の見通し外区間で測定を行う。

【測定地点の情報】

- ・送信～受信地点間が 20km
- ・標高：1557. 3m 受信地上高：7m
- ・場所：緯度 35 度 54 分 55. 08 秒 経度 138 度 20 分 29. 57 秒

【測定項目】

原村受信所にて測定した以下の点について測定を行う。

- ・基本性能試験(受信入力電力対ビット誤り率、コンスタレーション)
- ・信号再生確認(10MHz 信号、1PPS 信号、音声信号)
- ・マルチパス

【測定結果】 受信入力電力対ビット誤り率および再生された 10MHz 信号について表 5. 4-14 に示す。また、観測されたコンスタレーション、スペクトル波形および再生された音声信号と 1PPS 信号について表 5. 4-15 に示す。
また、マルチパスに対する測定結果を表 5. 4-16 に示す。

表 5.4-14 受信入力電力対ビット誤り率と再生された 10MHz 信号

送受間距離	受信入力電力	ビット誤り率	再生された 10MHz 信号
20km	-85. 3dBm	1. 00 E-05	10, 000, 000. 0Hz

表 5.4-15 コンスタレーション、スペクトル波形および音声信号と 1PPS 信号

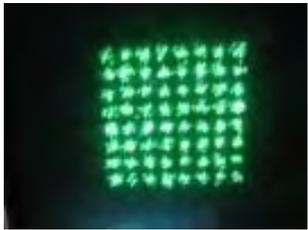
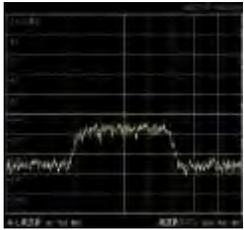
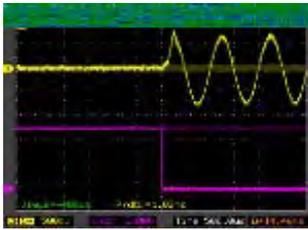
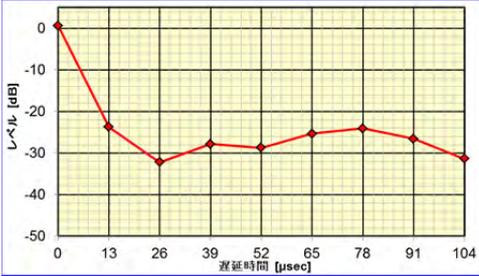
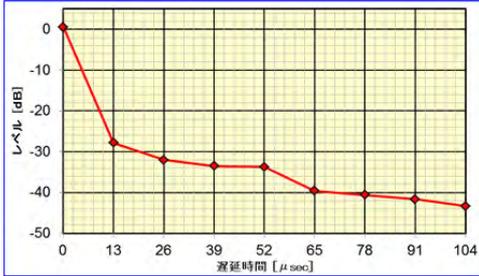
送受間距離	コンスタレーション	スペクトル波形	再生された音声信号と 1PPS 信号
20km			

表 5.4-16 マルチパス特性

送受間距離	マルチパス特性
20km (見通し外区間)	
<参考> 見通し地点 20km (地点 2)	

【考察】

表 5.4-14 から表 5.4-16 までから以下のことが判った。

- ・受信入力電力は-85dBm 程度であり、STL 受信機の性能として十分な受信レベルであることが確認された。しかし、計算値に対して、30dB 以下のレベルであることから、今回の見通し外による遮蔽損は 30dB 相当と見込まれる。
- ・BER は $1e^{-4}$ 以下であるため、音声復調および補助情報の再生を確認できた。受信レベルが STL 受信装置として問題なく信号が伝送できるレベルであったことが確認できた。
- ・見通し外伝搬においても、音声復調と補助情報の再生が確認されたが、実際に運用する場合において、受信点での見通し条件として見通し外である場合は、受信高と高くするなど受信入力レベルを高くする工夫を行うなど考慮する必要がある。
- ・マルチパスによる影響については遅延時間 78 μ sec のポイントで-24dB の遅延波が確認された。20km での見通し地点と比べるとマルチパスによる影響が強いことが確認された。

【補足説明】

(1) 測定環境について

伝搬距離を変えた場合の伝搬特性(見通し区間・見通し外区間)を測定するため、原村受信所に設置した STL 受信装置を含む STL 受信環境を電波測定車内に構築し測定を行うこととした。

電波測定車に実装・構築した STL 受信環境の写真を図 5.4-31 に示す。



図 5.4-31 電波測定車に実装した STL 受信装置

(2) 測定場所について

今回、杖突峠送信所から概ね 5km、10km、15km および 20km(2 か所)の見通し地点、および 20km の見通し外地点で測定した。測定地点における写真を表 5.4-17 に示す。

表 5.4-17 見通し区間および見通し外区間での電波測定車による測定状況

 <p>送信～受信地点間が 5km(見通し区間)</p>	 <p>送信～受信地点間が 10km(見通し区間)</p>
 <p>送信～受信地点間が 15km(見通し区間)</p>	 <p>送信～受信地点間が 20km(地点 1) (見通し区間)</p>
 <p>送信～受信地点間が 20km(地点 2) (見通し区間)</p>	 <p>送信～受信地点間が 20km (見通し外区間)</p>

第6章 技術試験のまとめ

本技術試験は、現在使用されている占有周波数帯幅(100kHz)では、アナログ方式によるモノラル伝送を行うことしかできなかったが、同じ占有周波数帯幅にてステレオ伝送を行うためには、新たにステレオ伝送が可能なデジタル方式を導入する必要があることから実施したものである。

そのために、デジタル 64QAM 方式の送受信機器を試作し、課題解決が可能か否かについて実証試験を実施した。

検討会で議論し、検討した以下の項目について、実験結果から整理することとする。

- (1) 伝送容量の確認
- (2) 伝送遅延などによる課題の解決
- (3) 伝送の質を維持する条件
- (4) 隣接システムとの共用条件、同一周波数繰り返し使用のための条件
- (5) 検討すべき技術基準(案)の検討

6.1 伝送容量の確認

伝送容量については、5.1.2 フレーム構成 の項にて説明したが、処理の単位である全体フレームは、約 15.3msec の時間長を持ち、0.8msec の同期用シンボルと、14.5msec の伝送データシンボルから構成される。

同期用シンボルの後に配置される伝送データシンボルは、正味情報である音声情報と補助情報は予め定めた順番と長さで時分割多重処理が行なわれ、さらにエラー訂正用としてリードソロモン符号パリティが付加された信号を 64QAM にマッピングされたシンボルである。この約 3.6msec 期間の時間長をもつ伝送データシンボルを 4 つ単位とし約 14.5msec 期間に配置する。

正味情報である音声情報と補助情報は、予め定めた順番と長さで時分割多重処理されているため、音声情報と補助情報に多重分離処理できる。

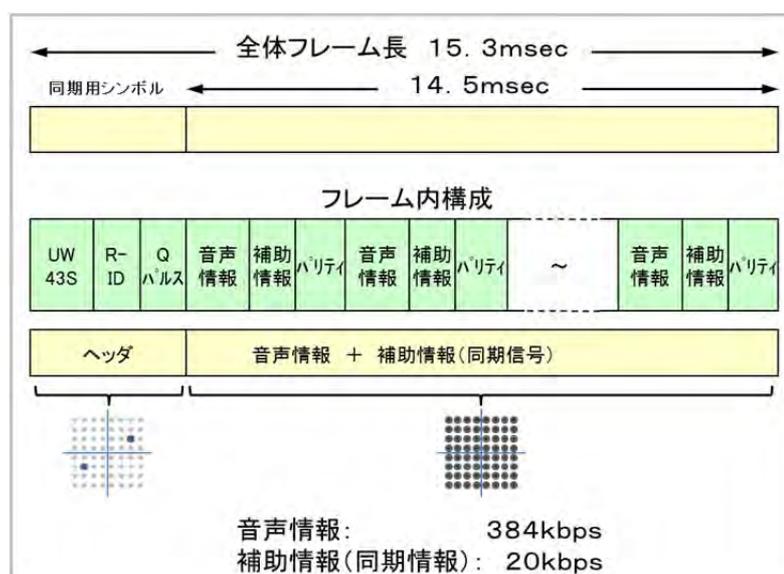


図 6.1-1 STL 装置のフレーム構成 (図 5.1-5 再掲)

総伝送容量は、シンボル周波数と変調ビット数で、定義される。シンボル周波数 77k symbol/sec とロールオフ率 0.2 となることから、スペクトル帯域は以下の通りで定義される。

$$\text{スペクトル帯域幅} = \text{シンボル周波数} \times (1 + \text{ロールオフ率}) = 77 \times (1 + 0.2) = 92.4 \text{ kHz}$$

占有周波数帯幅は 100kHz 以内となり、今回の STL 装置出力の占有周波数帯幅の確認からも 100kHz 以内の結果となったことより、シンボル周波数とロールオフ率の関係が満たされていることが確認された。

6.2 伝送遅延などによる課題の解決の検討

伝送遅延を確認するために、室内実験およびフィールド実験において、GPS からの信号を受信して得られる 1pps 信号を基準とし、STL 伝送前後の時間差を比較したシステム伝送遅延測定を実施した。

伝送遅延については、5.3.2.2 システム遅延時間 の項および 5.4.5.2 信号再生確認および遅延量測定(10MHz 信号、1PPS 信号および音声信号) の項に示すように、STL 伝送によるシステム遅延時間が約 14.4msec であることが判った。この結果は、室内実験でもフィールド実験でも同様の伝送遅延結果を得ることができた。

今回の STL 伝送システムを利用して STL 送信所と STL 受信所の 2 地点で FM 同期放送を行う場合、2 地点間では上述した伝送遅延による時間差が発生する。そのため、2 局の FM 送信機への音声入力信号のタイミングを同じにするためには、STL 送信所側の FM 送信機に対して上述した伝送遅延時間分だけ遅延させた音声信号を FM 送信機に入力すれば良いことが判った。もし、FM 送信機内で遅延調整が可能であれば、FM 送信機本体で上述した遅延時間差に対する遅延調整を行えば良いこととなる。

今回試作した STL 送信装置と STL 受信装置を用いた伝送遅延は、約 14.4msec のシステム遅延時間があった。その内訳は、5.3.1 検証項目 の項に示したように以下の内容となる。

- | | |
|---|---------|
| ① 音声圧縮サブバンド ADPCM の実処理時間 | 約 5msec |
| ② 伝送フレーム構成に挿入するヘッダ期間確保のデータ遅延時間 | 約 1msec |
| ③ エラー訂正の単位 3.6msec ²¹ に対するシンドローム演算 | 約 4msec |
| ④ 同エラー訂正演算処理実時間 | 約 4msec |
| ⑤ その他処理時間 | 約 1msec |

今回の試作機では、上記した③および④について伝送ビットレートが 460kbps の受信データをバイト単位で速度(17.3 μ sec/バイト)で演算処理²²を行った。この速度を速めるデジタル処理部の最適化などを図れば上記した③および④の時間を短縮でき、システム遅延時間をより短くする余地があると推察される。

デジタル変調方式を用いた伝送であるため、システム上で避けることができない遅延時間が発生することから、ネットワーク設計を行う場合や、FM 同期放送を行うように構成する場合には、この遅延時間を考慮してシステム設計する必要がある。

また、周波数同期が有効に機能しているか、という確認事項に対しては、補助情報として伝送される情報から 10MHz 信号と 1PPS 信号が正しく再生できたこと、および第 7 章 応用例(STL 実験試験局を活用した FM 実験試験局による試聴)にて後述するように、FM 同期放送が実現できたこと、より確認することができた。

²¹ エラー訂正の単位 3.6msec： リードソロモン訂正は、194 バイトのデータに 16 バイトのパリティを付与する符号構成(210,194)とした。エラー訂正処理のシンドローム演算に 194 バイトの 1 バイト目データから 210 バイト目が届く時間 17.3 μ sec \times 210=3.6ms が必要となる。

²² 演算処理： 流用した既存回路は、エラー訂正に符号構成相当の 210 ステップ数を要するため、演算処理時間はバイト単位速度(17.3 μ sec) \times 210=3.6msec $+$ α となる。

6.3 伝送の質を維持する条件の検討

伝送の質を確認するために、室内実験において以下の実験を実施した。

1. 送受総合特性
 - (1) アナログ音声諸特性
 - (2) システム遅延時間
 - (3) ガウス雑音対ビット誤り率
 - (4) 受信入力電力対ビット誤り率
 - (5) 干渉妨害特性(DU比)
 - (6) 受信入力電力対アナログ電圧
2. 送受信間における伝搬特性
 - (1) マルチパス特性(遅延プロファイル)
 - (2) 同一チャンネル・隣接チャンネルにおける干渉条件

フィールド試験においては、固定点および移動点にて以下の試験を実施した。

- ・受信入力電力
- ・BER
- ・コンスタレーション
- ・マルチパス特性(遅延プロファイル)
- ・音声信号と補助情報の再生確認

また、伝送の質については、以下の点について確認できた。

- ・音声伝送特性として、50Hz～15kHz までフラットな特性であること
- ・ガウス雑音対ビット誤り率について、所要 C/N が 27.5dB において BER が $1e^{-4}$ 以下の特性であること
- ・入力電力対ビット誤り率について、受信入力電力が -89.5dBm において BER が $1e^{-4}$ となる特性であること
- ・マルチパス特性について、マルチパス波に対する許容値として、遅延時間が $2\mu\text{sec}$ 以内では 10dB 程度、 $3\sim 10\mu\text{sec}$ では 13～15dB 程度、さらに $12\sim 13\mu\text{sec}$ では 25dB 程度の特性であること

また、フィールド試験においても、受信入力電力と BER の特性については室内実験と同様の結果を得ることができた。

フィールド試験において受信点を移動させた測定では、送受信点間距離として最長 20km の伝送確認を実施しており、見通し内区間では、受信品質を確保できる受信入力電圧と BER を確認できた。送受信点間距離が 20km の見通し外区間でも受信品質を確保できる受信入力電圧と BER を確認できたが、実際のネットワーク設計においては適切なマージンを見込んでおく必要があると考える。

今回は、デジタル変調方式を用いた伝送であるため、伝送品質としては BER が基本的な評価指標となる。受信入力電力と BER の関係については、先にも述べているが、最低で -89.5dB の受信入力電力でも十分な BER 特性が得られた。マルチパス特性(室内実験)として、 $10\mu\text{sec}$ 以内であればマルチパス波に対して最悪で 15dB の差が必要となるため、伝送品質としてこの値もマージンとするか考慮する必要があると考える。

6.4 隣接周波数帯のシステムとの共用条件、並びに、同一周波数繰り返し使用のための条件の検討

60MHz 帯および 160MHz 帯におけるラジオ放送番組中継回線は、現在、アナログ方式のモノラル伝送のために使用されているが、この帯域を使用して、今回検討する 64QAM 方式を採用したデジタル方式のステレオ伝送を行う STL 中継回線に使用する場合、(1)デジタル伝送 STL 中継回線同士の干渉、および(2)既存アナログ方式のモノラル伝送回線へのデジタル伝送 STL 中継回線の干渉、について混信保護比を確認するために、室内試験にて測定を行った。

- ・干渉妨害特性(DU 比)について、デジタル伝送 STL 中継回線同士(同一システム)において、同一チャンネル間で 25dB、隣接チャンネル間で-7dB、隣々接チャンネル間で-16dB、300kHz 離れでも-16dB である特性を得ることができた。
- ・干渉妨害特性(DU 比)について、既存アナログ方式のモノラル伝送回線へのデジタル伝送 STL 中継回線の干渉において、受信入力電圧 40dB μ V、50dB μ V および 60dB μ V における S/N=60dB を確保するための所要 D/U は、同一チャンネルで 41dB、100 kHz 離れで-1dB、200kHz 離れで-3dB、300kHz 離れで-7dB となった。また、S/N=40dB を確保するための所要 D/U は、同一チャンネルで 19dB、100 kHz 離れで-7dB、200kHz 離れで-21dB、300kHz 離れで-25dB となった。

表 6.4-1 混信保護比に関する結果

希望波	妨害波	所要 D/U 値(dB)			
		同一周波数	100kHz 離れ	200kHz 離れ	300kHz 離れ
デジタル STL	デジタル STL	25 dB	-7 dB	-16 dB	-16 dB
アナログ (S/N=60dB)	デジタル STL	41 dB	-1 dB	- 3 dB	- 7 dB
アナログ (S/N=40dB)	デジタル STL	19 dB	-7 dB	-21 dB	-25 dB

上述した 160MHz 帯における干渉妨害特性の結果を踏まえると、60MHz 帯についても 160MHz の場合と同様の条件で周波数を使用することが可能と考えることができる。

6.5 検討すべき技術基準(案)

現在使用されているアナログ周波数変調方式を用いた 60MHz 帯および 160MHz 帯のラジオ放送番組中継回線については、「無線設備規則」において一般則が適用されており、その他の技術的条件については「電波法関係審査基準」において定められている。

今回検討している無線方式は、放送番組中継を行う固定局において 60MHz 帯及び 160MHz 帯を用いたデジタル変調方式を検討していることから、現行の無線設備規則等では定められていない技術方式であるため、この方式を導入するためには新たな制度整備が必要となる。

今回行った技術試験により、既存の方式に則して技術基準(案)を整理すると次のようになる。

表 6.5-1 技術基準(案)の整理

主な技術的条件	技術基準(案)	コメント
周波数帯	60MHz 帯および 160MHz 帯 (167.93MHz)	放送事業用のラジオ向け STL/TTL 回線で使用している周波数帯とする。
電波の型式	D7W	ステレオ音声信号の伝送かつデジタル変調方式となるため D7W とする。
占有周波数帯(最大)	100kHz	既存の割り当て占有周波数帯幅が 100kHz であるため、その範囲内が望ましい。 占有周波数帯幅は、クロック周波数とロールオフ係数から求められる。実験試験局では、変調方式、伝送容量と関連するが、100kHz の占有周波数帯幅でステレオ信号及び補助情報(同期信号)を問題なく伝送することが確認できた。
変調方式	64QAM	伝送レートの高い変調方式である 64QAM を採用した。 実験でも本方式でステレオ信号及び補助情報(同期信号)を問題なく伝送することが確認できた。
伝送信号	ステレオ音声 補助情報	FM 放送向け STL であるため、ステレオ音声信号に加え、補助情報を含めることが望ましい。今回の実験では補助情報として同期信号を伝送している。
伝送容量	音声信号および補助情報で最大 404kbps	音声圧縮方式サブバンド ADPCM の場合、1 チャンネルが 192kbps であるため 2 チャンネルでは 384kbps となる。音声信号を 384kbps、補助情報を 20kbps とすると合計で 404kbps となり、64QAM 変調でも伝送が可能となる。これに誤り訂正符号およびヘッダ情報を含む必要がある。
空中線電力の 最大値	50W 以下	送受信間距離が 5km、10km、15km および 20km においては、計算上も十分マージンが見込まれる結果を得た。装置の所要 C/N や所要受信電力等を踏まえた回線設計を行い、必要な空中線電力を定めることが望ましい。
音声帯域圧縮方式	サブバンド ADPCM 方式	マイクロ波帯のデジタル音声 STL で利用されているサブバンド ADPCM 方式を基本と考えるが、更に高圧縮の方式や既存の方式(MPEG2-AAC など)も使用可能であるため、サブバンド ADPCM 方式に限定する必要はないと考える。

第7章 応用例（STL 実験試験局を活用した FM 実験試験局による試聴）

7.1 目的

7.1.1 FM 同期放送への活用

FM 同期放送とは、同一周波数を利用した FM 放送サービスを行う上で、2 局以上の送信所から放送を行う場合に、お互いの干渉を避けるため、これらの送信所の同一性(受信する 2 波の周波数偏差が少ないこと、および遅延時間差が少ないこと)が保てるようにするものである。

今回、STL 伝送実験システムにおいて、同期放送を行うための補助情報として 10MHz 信号と 1PPS 信号の情報を音声信号とともに伝送している。これらの信号を伝送することにより、FM 送信機への基準信号となる 10MHz、1PPS 信号を利用した従属同期システムを構築することが可能となる。

10MHz 信号と 1PPS 信号を複数の送信所で同時に基準信号として活用することにより、FM 同期放送の同一性を確立する一助となることが想定される。

7.1.2 STL 実験試験局を活用した FM 実験試験局による試聴

今回試作した STL 送信装置と STL 受信装置を活用して、杖突峠送信所から原村受信所に音声信号及び補助情報(10MHz 信号および 1pps 信号)を伝送するとともに、杖突峠送信所および原村受信所に設置した FM 実験試験局から同一周波数にて電波を発射し、2 つの FM 実験試験局の通信区域の境界が重なる箇所付近(D/U=0)にて、音声の試聴及び音声波形の確認を実施する。

7.2 STL 実験試験局を活用した FM 同期放送システムの構成

7.2.1 FM 同期放送のシステム構成

STL 実験試験局を利用した FM 同期放送のシステム構成を図 7.2-1 に示す。

杖突送信所に STL 送信装置とならび FM 送信機を設置する。各機器への入力音声信号および同期信号は同一のものとする。

一方、原村受信所には、STL 受信装置とならび FM 送信機を設置する。FM 送信装置へ入力する音声信号および同期信号は、STL 受信装置が出力した信号を使用する。

FM 送信機を設置した杖突送信所および原村受信所における設置場所、FM 送信機および FM 送信アンテナの諸元を表 7.2-1 に示す。

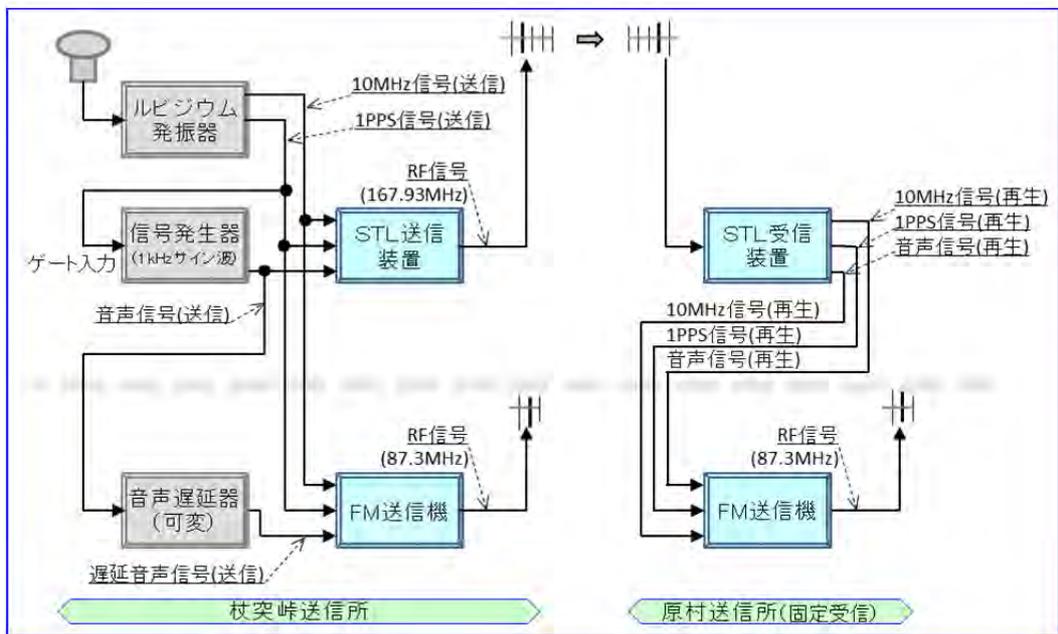


図 7.2-1 STL 実験試験局を利用した FM 同期放送のシステム構成

表 7.2-1 FM 送信所における各緒元

送信箇所	杖突送信所	原村送信所
緯度、経度	35 度 58 分 36 秒、138 度 7 分 47 秒	35 度 37 分 46 秒、138 度 13 分 0 秒
送信海拔高	1183.5m	1011m
周波数	87.3MHz	87.3MHz
送信アンテナ	3 素子八木アンテナ 1 基 (方位: TN60 度)	3 素子八木アンテナ 1 基 (方位: TN0 度)
空中線電力	1W	5W
ERP	1.7W	8.7W

杖突送信所に設置した FM 送信機および FM 送信アンテナを図 7.2-2 に示す。また、原村受信所に設置した FM 送信機および FM 送信アンテナを図 7.2-3 に示す。

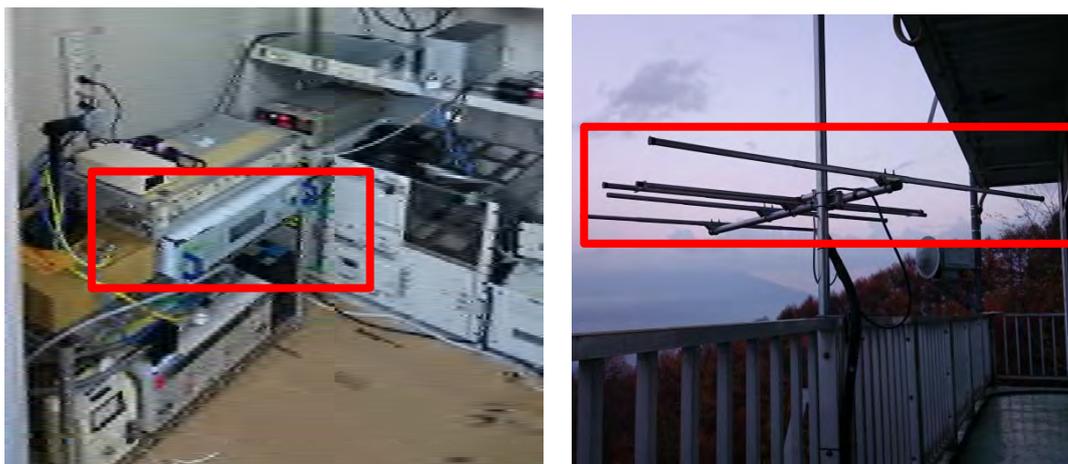


図 7.2-2 杖突峠送信所の FM 送信機(左図の赤枠内)と FM 送信アンテナ(右図の枠内)



図 7.2-3 原村受信所の FM 送信機(左図の赤枠内)と FM 送信アンテナ(右図の枠内)

7.2.2 STL 伝送遅延などを考慮した遅延調整

杖突送信所の STL 送信装置から原村受信所の STL 受信装置の間には、システム上の遅延時間差が発生する。この遅延時間差により、原村受信所に設置された FM 送信機には、STL 伝送によるシステム上の遅延時間と FM 放送の伝搬路上の遅延時間差分を考慮して遅延させた音声信号を入力する必要がある。(杖突峠送信所と原村受信所に設置された双方の FM 送信機に遅延を考慮しない音声信号を入力すると、原村受信所に設置された FM 送信機には STL 伝送によって遅延した音声信号が入力されることとなり、2 局間の FM 放送の同一性が保たれなくなる。

そのため、杖突峠送信所側の FM 送信機に対して、原村受信所にある FM 送信機とのタイミングを合わせるために、杖突峠側の FM 送信機の音声入力に対して上述した遅延量だけ音声が遅延することができる音声遅延器を挿入した。なお、今回利用した FM 送信機については、遅延時間調整機能を搭載しており、数 μ sec の遅延時間調整は FM 送信機本体で行った。

図 7.2-4 に FM 受信機間における出力信号の遅延量の調整の概念図を示す。

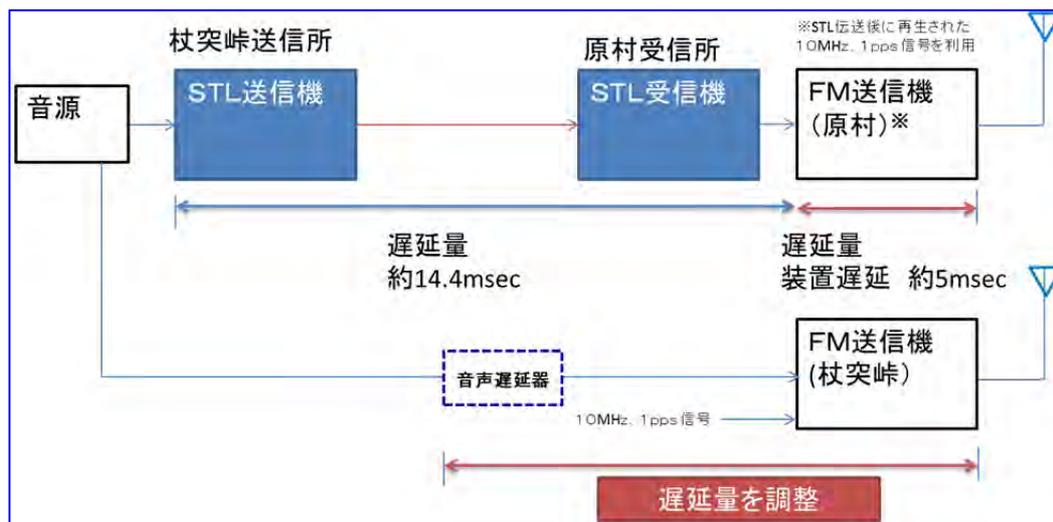


図 7.2-4 FM 受信機間における出力信号の遅延量の調整

7.2.3 試験場所の設定 (伝送シミュレーション)

7.2.1 項の諸条件に基づき、それぞれの送信所からの電界強度エリアをシミュレーションより求めた。同エリアの図を図 7.2-5 に示す。図中の太線は電界強度 $48\text{dB } \mu\text{V/m}$ の等電界線を示す。

今回、実聴箇所として 2 局の電界強度がほぼ等電界となる箇所(図中に×で示す)を選定した。



図 7.2-5 2 局の FM 実験試験局のエリア図($48\text{dB } \mu\text{V/m}$)と実験箇所

7.3 試験結果

7.3.1 フィールドにおける試験および波形による確認

7.3.1.1 基本構成

今回試作した STL 送信装置と STL 受信装置を用いて、杖突峠送信所から原村受信所に音声信号及び補助情報(10MHz 信号および 1pps 信号)を伝送するとともに、杖突峠送信所および原村受信所に設置した FM 実験試験局から同一周波数にて電波を発射し、2つの FM 実験試験局の通信区域の境界が重なる箇所付近(D/U=0)にて、電波測定車および車載ラジオなどで移動受信し、音声の試験及び音声波形を確認する。

実験の全体構成について図 7.2-4(前述)に、波形確認における構成については図 7.3-1 に示す。また、使用する機材について表 7.3-1 および表 7.3-2 に示す。

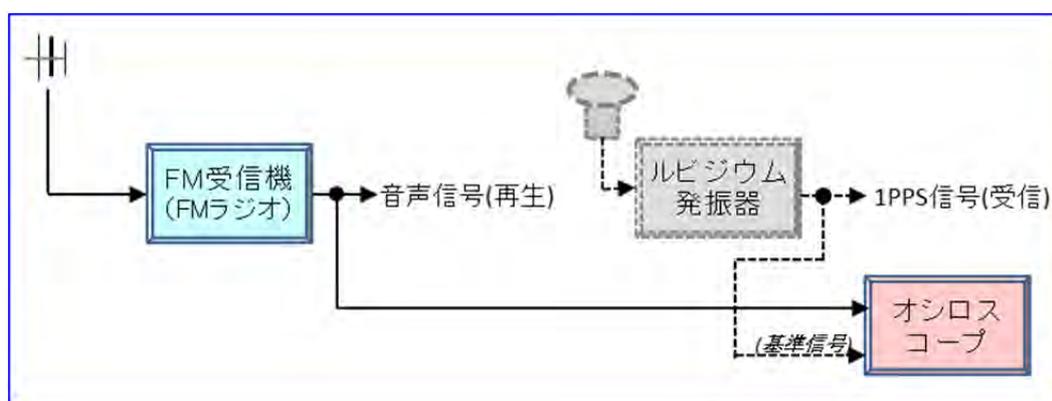


図 7.3-1 FM 受信機における音声出力信号の音声波形測定

表 7.3-1 使用する機材 (FM 送受信系)

機材	主要機能/特性	備考
FM 送信装置	R. V. R. ELETTRONICA	同期放送対応 (杖突峠送信所)
FM 送信装置	R. V. R. ELETTRONICA	同期放送対応 (原村受信所)
FM 送信アンテナ	日本アンテナ 5DV-150 (3 素子八木アンテナ)	(杖突峠送信所)
FM 送信アンテナ 同軸ケーブル	5D-2W 30m	(杖突峠送信所)
FM 送信アンテナ	日本アンテナ 5DV-150 (3 素子八木アンテナ)	(原村受信所)
FM 送信アンテナ 同軸ケーブル	5D-2W 30m	(原村受信所)
減衰器	フジック FAT-515A	(杖突峠送信所)
減衰器	フジック FAT-515A	(原村受信所)
音声遅延器	IMAGENICS ADL-40	(杖突峠送信所)
FM 受信機/FM ラジオ (メジャリングレシーバ)	アンリツ ML524B	
VHF ダイポールアンテナ	アンリツ MP534B	
ルビジウム発振器 (移動)	日通機 7657A	

表 7.3-2 使用する機材 (STL 送受信系)

機材	主要機能/特性	備考
STL 送信装置	160MHz 帯デジタル STL 送信装置 DS-160M37-LFW1	今回試作 (杖突峠送信所)
STL 受信装置	160MHz 帯デジタル STL 受信装置 DS-160M-LFW1	今回試作 (原村受信所)
減衰器(可変)	アジレント 8496B+8494B	
STL 送信アンテナ	日本アンテナ 5DV-150 (5 素子八木アンテナ)	(杖突峠送信所)
STL 送信アンテナ 同軸ケーブル	5D-2W 30m	(杖突峠送信所)
STL 受信アンテナ	日本アンテナ 5DV-150 (5 素子八木アンテナ)	(原村受信所)
STL 受信アンテナ 同軸ケーブル	5D-2W 50m	(原村受信所)
ルビジウム発振器(送信)	日通機 RB20S0	GPS 校正型 (杖突峠送信所)
ルビジウム発振器(受信)	日通機 RB20S0	GPS 校正型 (原村受信所)
信号発生器	HP 8116A	1kHz サイン波 (1PPS でゲート)

また、音声波形確認に使用する測定機器について表 7.3-3 に示す。

表 7.3-3 音声波形確認に使用する測定機器

計測機器	品番等	主要機能/特性
オシロスコープ	岩崎通信機 DS-5110	
スペクトルアナライザ	アンリツ MS8911B	
終端電力計	フジソク TP-9531A-01	(杖突峠送信所)
終端電力計	フジソク DGP-1500A	(原村受信所)
減衰器	フジソク FAT-515A	(杖突峠送信所)
減衰器	フジソク FAT-515A	(原村受信所)

図 7.3-2 に、電波測定車内に設置した機材(赤枠が FM 受信機)を示す。併せて、電波測定車での測定風景を示す。



図 7.3-2 電波測定車内の機材(赤枠が FM 受信機)と、電波測定車での測定風景

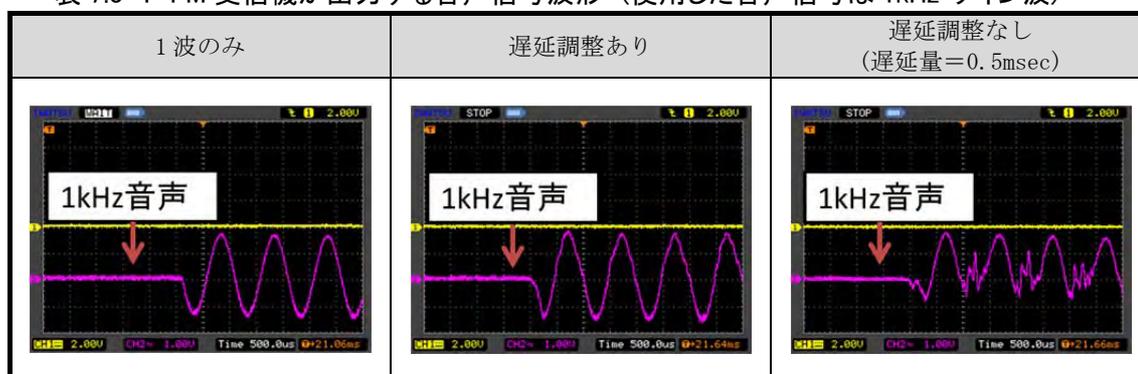
7.3.1.2 試験結果

測定ポイントにて、FM 受信機からの音声および FM 受信機から出力される音声波形の確認を行った。

測定ポイントにて、FM 受信アンテナの方向調整を行い、FM2 局の電界が同一となるように調整を行ったのちに測定を行った。FM 受信機が出力する音声信号波形を表 7.3-4 に示す。

音源として、1PPS 信号に同期した 1kHz のサイン波を音声信号として使用した。FM 波 1 波のみを受信した場合の音声波形は、表 7.3-4 の“1 波のみ”に示す波形となった。FM2 局間の遅延時間を調整したのちに FM 波 2 波を同時に発射した時の波形を表 7.3-4 の“遅延調整あり”に示すように、遅延時間を調整することによって波形の乱れが見られないことを確認できた。遅延量を調整した状態から疑似的に 0.5msec ほど遅延量の差を加えた場合の波形を表 7.3-4 の“遅延調整なし”に示す。表 7.3-4 に示すように、1kHz の音声波形(サイン波)に乱れが生じており、同一性が保たれていないことを確認することができた。

表 7.3-4 FM 受信機が出力する音声信号波形（使用した音声信号は 1kHz サイン波）



D/U が 0 の状態における実聴では、音声に歪が生じることが確認されたが、FM 受信アンテナの方向を変え、杖突峠もしくは原村の受信レベルを高くする(D/U を改善することにより、FM 受信機は受信レベルの高い局を受信することとなり音声がクリアに聴こえることを確認した。また、受信状況については、FM 受信機のアンテナ特性や FM チューナ特性に依存するため、ハンディタイプの FM 受信機(FM ラジオ)などを用いて受信レベルや受信アンテナ方向を調整することで、D/U が 0 の地点でも音質の影響を軽減できることを確認することができた。

今回、STL 実験試験局の一応用例として、FM 同期放送を想定した FM 実験試験局を用いた試験を行ったが、本実験が FM 同期放送の聴取条件やメカニズムを調査するという位置付けにはないため、FM 同期放送に関する詳細な実験までは執り行っていない。

第8章 まとめと展望

8.1 技術試験の結果

- (1) 160MHz 帯(占有周波数帯幅 100kHz)を用いたデジタル伝送回線を実現できた
 - ・シングルキャリア、64QAM 方式
 - ・ステレオ音声信号および補助情報を伝送
(音声回線：384kbps、補助情報：20kbps)
 - ・伝送品質は放送業務向け品質を確保
(50Hz～15kHz でフラット特性、S/N=70dB 以上など)
 - ・デジタル変復調による伝送遅延は 14.4msec
- (2) 空中線電力 5W における電波伝搬特性については、見通し区間であれば 20km 離れていても十分な信号強度を確認した
 - ・送受信間距離 8km の固定点、および 5km、10km、15km および 20km の移動点について電波伝搬特性を確認した。
 - ・デジタル STL の所要受信入力電力は、所要 C/N を 28.3dB、雑音指数を 5.0dB とした場合は-85.0dBm となる。

表 8.1-1 受信機の所要受信入力電力

等価受信帯域幅	B	100 kHz
雑音指数	NF	5.0 dB
熱雑音	Prni	-118.9 dBm
外部雑音	Prne	-114.7 dBm
雑音合計	Prn	-113.3 dBm
所要 C/N	Cn	28.3 dB
所要受信入力電力 Prn+Cn	Er	-85.0 dBm

- ・今回の STL 装置では、入力フィルタの減衰量 4dB とプリアンプゲイン 10dB を含めると、フィルター入力端での所要入力電力は-91dBm と見込まれる。
 - ・見通し区間(8km)では所要入力電力を満たす十分な信号強度が確認された。
 - ・受信点を移動した見通し区間(5km、10km、15km および 20km)においても所要入力電力を満たす十分な信号強度が確認された。
- (3) 見通し区間におけるマルチパスによる影響は軽微であった
 - ・試験においてマルチパス環境での所要 D/U を確認したところ、マルチパス遅延波の遅延時間 10 μ sec で 9dB、20～100 μ sec では 13～17dB、200～300 μ sec で 25dB であった。今回、フィールドで調査した結果、マルチパス遅延波は確認されたが、BER に影響するようなマルチパス特性は見られなかった。
 - (4) 見通し区間(8km)の長期変動による影響については軽微であった
 - ・受信入力電力の長期変動は±2dB 程度であることが確認できた。
 - (5) 補助情報を用いて FM 同期放送の実現性を確認した
 - ・STL 実験試験局を用いて親局～子局間を伝送し、再生された音声信号と補助情報(同期信号として 10MHz 信号および 1PPS 信号)を利用した 2 局の FM 実験局を用いた FM 同期放送の試験を行った。従属同期の構成とすることで、周波数精度

を高くでき、1PPS 信号を基準とすることで遅延時間の調整を行うことができた。
これにより FM 同期放送を実現できる可能性が高いことが確認できた。

8.2 規格化に向けた検討課題

規格化に向けた検討課題は以下の通りである。

(1) 周波数割り当て

使用可能な周波数として、60MHz 帯で 14 波が、160MHz 帯で 6 波が割り当て可能である。しかしながら、特に 160MHz 帯は地域毎によってほとんどの波が使用されており、現時点でデジタル STL 伝送用に割り当て可能な周波数の空きが少ない状況にある。この VHF 帯 STL/TTL 技術については、コミュニティ事業者ばかりでなく FM 事業者や AM 事業者においても導入を検討しており、制度整備を行うと同時に、これらの需要に対応できるよう既存の割り当て可能な周波数を有効に使用することが求められる。

(2) 60MHz 帯の特性

今回の試験では、160MHz 帯において伝送試験を実施した。電波伝搬特性の良い 60MHz 帯においても同様に STL/TTL 中継回線に使用可能と考える。

(3) 試験装置の特性

今回の試験では、現時点で準備できる無線機器を活用して設備試作を行ったが、技術基準などを検討する中で、作り込み等により特性面や機能面で実力向上することができるか、についても確認が必要となる。(特に、隣接チャンネルの干渉条件、など)

(4) 同期放送のための補助情報

今回の試験で行った同期放送のための補助情報の伝送については、1つの方式についてのみ実施したが、他の手法も考えられるのでメーカー等からの意見や提案を求めることが必要である。

(5) その他

今回の技術試験で行われなかった項目の有無についての確認

(例えば)

- ・他の無線設備との干渉検討 (防災無線や他の陸上移動無線 (特に移動する無線局))
- ・異なる占有周波数帯幅を用いた無線局 ・・・・など

今回行った技術試験から、主要な技術基準(案)については 6.5 検討すべき技術基準(案)に記載したとおりである。

なお、参考までに、60MHz 帯、160MHz 帯における STL/TTL 技術に関して、今回の技術試験を踏まえ実用化に向けた技術要件を整理すると以下ようになる。

(1) 使用形態(使用モデル)

放送番組中継用として使用する。

品質を確保しつつ放送番組を伝送する。

ア 放送局のスタジオと送信所を結び番組を伝送する固定無線回線

(STL: Studio to Transmitter Link)

イ 送信所と送信所を結び番組を伝送する固定無線回線

(TTL: Transmitter to Transmitter Link)

単向通信方式とする。

ベースバンド信号としては、音声信号と補助情報を伝送する。

今回は同期放送を実現するために、補助情報として同期信号情報を加えた伝送を実現した。同期信号については、あくまで補助情報の一部と位置づけるもの、とする

ことが望ましいのではないか。

- (2) 周波数帯
今回の試験では、160MHz 帯で実施した。
- (3) 占有周波数帯幅
今回の試験では、100kHz で実施した。
占有周波数帯幅は、クロック周波数とロールオフ係数から求められる。
実験試験局では、変調方式、伝送容量と関連するが、100kHz の帯域幅でステレオ信号及び補助情報(同期信号)を問題なく伝送することが確認できた。
- (4) 変調方式
今回の試験では、64QAM で実施した。
既存のマイクロ波帯のデジタル STL でも用いられている変調方式を検討したが、ステレオ信号及び補助情報(同期信号)を問題なく伝送することが確認できた。
- (5) 空中線電力
今回の試験では、5W で実施した。
調査より伝搬距離 20km での伝送について、送受間を見通し区間とし、障害物がない環境とすれば 5W で十分であることが確認できた。しかしながら、より長距離(例えば 50km)となる場合については、増力(例えば、既存の AM ラジオ向け STL の上限である 50W までの範囲で)して使用することが可能か、について検討することが望ましいのではないか。
- (6) 電波型式
今回の試験では、D7W で実施した。
今回、ステレオ音声信号の伝送かつデジタル変調方式となるため D7W となる。
- (7) 伝送信号
今回の試験では、ステレオ音声信号および補助情報を伝送した。
なお、補助情報については同期信号情報に限定する必要はないのではないか。
- (8) 伝送容量
今回の試験では、変調方式として 64QAM を用いることで伝送容量を 420kbps 以上を実現できた。今回の調査より、384kbps のステレオ音声信号及び補助情報(同期信号)を伝送するためには伝送容量は 420kbps 以上あることが望ましいことが判った。
ただし、変調方式として 16QAM や QPSK を用いる場合はこの限りではない。
- (9) 回線設計(回線品質)
今回の実験試験局の STL 受信機における所要入力電力は-85.0dBm となる。回線設計についてもこれを満たす条件が必要となるのではないか。

表 8.2-1 受信機の所要受信入力電力 (表 8.1-1 再掲)

等価受信帯域幅	B	100 kHz
雑音指数	NF	5.0 dB
熱雑音	Prni	-118.9 dBm
外部雑音	Prne	-114.7 dBm
雑音合計	Prn	-113.3 dBm
所要 C/N	Cn	28.3 dB
所要受信入力電力 Prn+Cn	Er	-85.0 dBm

(10) フェージングマージン

実験では長期伝搬調査では±2dB 程度の変動が確認されたが、実際には、伝搬路の距離や地形状況により様々であるため、既存の考え方を参考にすることが望ましい。フェージングマージンについては、60MHz および 160MHz 帯における回線信頼度の計算については電波法関係審査基準(固定局)を踏襲することが望ましいのではないかと。

(11) 混信保護値

同一システム間の混信保護比は、室内試験より 25dB の試験結果を得ているため、この値を用いることが望ましいのではないかと。
また、隣接チャンネル間で-8dB、隣々接チャンネル間で-16dB の値を得ており、この値を用いることが望ましいのではないかと。

表 8.2-2 混信保護値(所要 D/U)

希望波	妨害波	所要 D/U			
		同一周波数	100kHz 離れ	200kHz 離れ	300kHz 離れ
デジタル STL	デジタル STL	25 dB	-7 dB	-16 dB	-16 dB
アナログ (S/N=60dB)	デジタル STL	41 dB	-1 dB	-3 dB	-7 dB

なお、アナログシステムとの混信保護値については、上記測定結果と電波法関連審査基準を参照したものとすることが望ましい。

[参考] 電波法関連審査基準より、同一周波数の場合(固定局)以下の式で表される。

$$\text{所要 D/U} = \text{標準 S/N} - I + 3 \quad (I : \text{S/N 改善係数 (dB)})$$

ここで S/N 改善係数について、アナログ STL で使用されているアナログ FM 固定局(中波放送用)の改善係数を用いる。S/N 改善係数を 19.5dB とした場合、所要 D/U は上式より 43.5dB となり、今回の実測値と 2.5dB の差があることが確認された。

(12) 周波数偏差

実験試験局では周波数偏差±5×10⁻⁶で実証実験を行い、伝送品質への影響に問題ないことを確認した。

(13) 送信電力スペクトラム特性

既存のマイクロ波音声 STL と同等とすることが望ましいのではないかと。

(14) スプリアス

スプリアス発射の強度の許容値は、無線設備規則第7条(スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値)で規定されており、実験試験局は許容内であることを確認した。

(15) 音声信号周波数帯域特性

実験試験局にて、50Hz～15kHz で±1dB 以内の条件で S/N70dB 以上の良好な特性が確認できた。現行の無線設備規則及び電波法審査基準を十分満足しているため現行の基準を適用することが望ましいのではないかと。

- ・総合周波数特性： 50Hz～15kHz で±1dB 以内
- ・S/N： 1kHz の変調周波数に対して主搬送波に±75kHz の周波数偏移を与えた時に 55dB 以上

- (16) 送受信空中線
今回の試験では5素子八木空中線で問題なく伝送が可能であった。機器設置での容易性を踏まえて、60MHz帯及び160MHz帯のVHF帯での固定回線としては、八木空中線相当の利得を持つ空中線を利用することが望ましいのではないかと。
- (17) 送信・受信偏波
今回の試験では垂直偏波で実施した。直線偏波方式として垂直もしくは水平偏波を用いることが望ましいのではないかと。

あしがき

本調査検討会においては、平成 26 年 6 月から検討会及び実務者会議での議論を踏まえ、実験試験局を手配し、室内試験、フィールド試験により、実際の運用状況を想定した環境で、技術試験を実施した。

第 6 章掲記のとおり、種々の項目について検証を行い、取得した技術試験のデータを基にとりまとめることができた。

また、第 7 章では、応用例として「STL 実験試験局を活用した FM 実験試験局による試聴」について、さらに第 8 章では、実験結果を踏まえ実用化を念頭に置いて規格化に向けた検討案を示すことができた。

今後、本報告書が技術基準の検討および技術的条件の策定に利用されることを期待する。

最後に、本調査検討会にご参加を賜り、貴重なご意見ならびに検討、審議を頂いた委員および実験等にご協力頂いた全ての方々に深甚なる感謝の意を表します。

資 料 編

資料番号	資 料 名	ページ
資料 1	「山間部における超短波放送の難聴解消のための周波数有効利用技術に関する調査検討会」 資料 1.1 設置要綱 資料 1.2 委員名簿 資料 1.3 オブザーバー及び事務局 資料 1.4 調査検討会の開催状況 資料 1.5 技術試験の実施に際してご協力頂いた方々	101
資料 2	測定データ（フィールド実験） 資料 2.1 長期変動試験における測定データと気象データ	107

資料1 山間部における超短波放送の難聴解消のための周波数有効利用技術に関する調査検討会

資料 1.1

「山間部における超短波放送の難聴解消のための周波数有効利用技術に関する調査検討会」 設置要綱

1 目的

山間部に集落が点在する地域において、76MHzから90MHzの周波数帯を使用する超短波放送（以下「FM」という。）の放送区域の確保と改善を図るため、FMの放送局の送信所までの番組伝送等を無線で行う技術（当該技術を以下「STL技術」という。）に関して、調査検討を行うことで、難聴解消とともに放送事業者等の負担軽減を図り、周波数を有効利用するための方策、技術的条件の策定に資するものとする。

2 名称

本調査検討会は、「山間部における超短波放送の難聴解消のための周波数有効利用技術に関する調査検討会（以下「調査検討会」という。）」と称する。

3 調査検討事項

本調査検討会では以下の事項等について、技術試験等を実施し、その結果を分析、検討する。
FMの放送局の番組伝送連絡回線として、60MHz帯及び160MHz帯を活用したステレオ放送番組の伝送を実現するため、以下の検討・技術試験を行うものとする。

- (1) STL技術を用いた無線方式による伝送の有用性
- (2) 電波有効利用の観点から伝送帯域を抑える技術の検討
- (3) 同一の周波数帯を共用する他のシステムとの共用条件
- (4) 改正すべき技術基準の検討

4 構成

調査検討会の構成は以下のとおりとする。

- (1) 調査検討会は、信越総合通信局長の委嘱した委員をもって構成する。
- (2) 調査検討会に座長及び座長代理を置く。
座長は委員の互選によって選出し、座長代理は委員の中から座長が指名する。

5 運営

- (1) 調査検討会は、座長が召集し主宰する。座長不在時は座長代理がこれを行う。
- (2) 調査検討会は、委員以外の者から意見を徴することが必要であると認めるときは、これを行うことができる。
- (3) その他調査検討会の運営に必要な事項は座長が定める。

6 開催期間

平成26年6月から平成27年3月までとする。

7 事務局

調査検討会の事務局は、信越総合通信局無線通信部企画調整課が担当する。

資料 1.2

「山間部における超短波放送の難聴解消のための周波数有効利用技術に関する調査検討会」
委員名簿

(委員氏名五十音順)

氏 名	団 体 名	役 職
【座長】 不破 泰	信州大学 総合情報センター	センター長 教授
【座長代理】 笹森 文仁	信州大学 工学部	准教授
熊田 唯志	一般社団法人 日本コミュニティ放送協会	信越地区理事 エフエム上越(株) 取締役局長
河野 健一	日本無線株式会社	ソリューション事業部ソリューション技術部 情報システムグループ 放送機チーム課長
佐藤 俊宏	株式会社MT S&プランニング	メディア事業部技術課 部長
佐藤 智英	長野エフエム放送株式会社	放送部長
野路 幸男	池上通信機株式会社	開発本部 製品戦略部 技監
丸山 活輝	信越放送株式会社	技術局 技術部 部長
宮下 敦	株式会社日立国際電気	映像・通信事業部 製品設計統括本部 主管技師長
吉澤 君弘	エルシーブイ株式会社	常務取締役
脇屋 雄介	長岡移動電話システム株式会社 (FMながおか)	代表取締役社長

以上 11 名

資料 1.3

「山間部における超短波放送の難聴解消のための周波数有効利用技術に関する調査検討会」
オブザーバーおよび事務局

- 1 オブザーバー
 - ・日本放送協会（長野放送局）
- 2 総務省
 - ・総務省 情報流通行政局 放送技術課
 - ・総務省 情報流通行政局 衛星・地域放送課地域放送推進室
- 3 事務局
 - ・総務省 信越総合通信局 無線通信部 企画調整課
 - ・株式会社NHKアイテック
- 4 実務者会議メンバー
 - ・総務省 信越総合通信局 無線通信部 企画調整課
 - ・株式会社NHKアイテック
 - ・株式会社日立国際電気

資料 1.4

「山間部における超短波放送の難聴解消のための周波数有効利用技術に関する調査検討会」
調査検討会の開催結果

「山間部における超短波放送の難聴解消のための周波数有効利用技術に関する調査検討会」の開催状況は、以下のとおりである。

(1) 調査検討会

開催日	会合名	主な内容
平成 26 年 6 月 20 日	第 1 回調査検討会 (長野市)	<ul style="list-style-type: none"> 調査検討会の設置について 調査検討会の検討内容等について 講演 「最近の放送技術政策について」 「コミュニティ放送の現況について」
平成 26 年 10 月 3 日	第 2 回調査検討会 (長野市)	<ul style="list-style-type: none"> 技術試験概要の説明、確認 講演「地域とコミュニティ放送」
平成 26 年 11 月 13 日	技術試験の公開： (茅野市、原村)	<ul style="list-style-type: none"> STL 送信所(茅野市)～STL 受信所(諏訪郡原村)の実験状況の確認 技術試験の説明 (エルシーブイ株式会社社会議室)
平成 27 年 3 月 12 日	第 3 回調査検討会 (長野市)	<ul style="list-style-type: none"> 技術試験結果について 報告書(案)について

(2) 実務者会議

調査検討会を円滑に推進するため、実務者会議により具体的な検討作業を行うこととした。

構成は、事務局である総務省信越総合通信局、株式会社NHKアイテック及び株式会社日立国際電気とし、その開催状況は、以下のとおりである。

開催日	会合名	主な内容
平成 26 年 6 月 20 日	第 1 回実務者会議 (長野市内)	<ul style="list-style-type: none"> 第 1 回調査検討会の事後フォロー 実験試験局の開設について 今後の進め方
平成 26 年 8 月 6 日	第 2 回実務者会議 (東京都内)	<ul style="list-style-type: none"> 技術試験の進め方 実験試験局の準備 スケジュール確認
平成 26 年 9 月 10 日	第 3 回実務者会議 (東京都内)	<ul style="list-style-type: none"> 技術試験の実施方法、項目の確認 実験試験局の準備 技術試験の公開について
平成 26 年 10 月 7 日	第 4 回実務者会議 (東京都内)	<ul style="list-style-type: none"> 技術試験の試験方法、項目の確認 室内試験の確認 フィールド試験について
平成 26 年 11 月 14 日	第 5 回実務者会議 (諏訪市内)	<ul style="list-style-type: none"> 報告書(案)骨子の検討・確認、分担等
平成 26 年 12 月 10 日	第 6 回実務者会議 (東京都内)	<ul style="list-style-type: none"> 報告書(案)の進捗確認

平成 27 年 1 月 28 日	第 7 回実務者会議 (東京都内)	・ 報告書(案)の確認
------------------	----------------------	-------------

資料 1.5

「山間部における超短波放送の難聴解消のための周波数有効利用技術に関する調査検討会」
技術試験の実施に際してご協力頂いた方々

- ・株式会社 MTS&プランニング
- ・エルシーブイ株式会社
- ・株式会社日立国際電気

資料2 測定データ(フィールド実験)

資料 2.1 長期変動試験における測定データと気象データ

長期変動試験における測定データと気象データについて、表 2-1 に受信入力電力が大きい場合について、表 2-2 に受信入力電力が小さい場合について記載する。

補注 1 : “測定データ”のうち“受信入力電力”について
受信入力電力について、各時刻から 10 分間に測定されたデータから最小値、最大値および中央値を求めて測定データとした。

補注 2 : “測定データ”のうち“BER”については、記載数値は次のように読み替えること。

表中に記載した値	読み替える言葉	備考 (指示範囲)
-8	エラーフリー	1e-7以下 (～エラーフリー)
-7	$\geq 1e-7$	1e-6 ~ 1e-7
-6	$\geq 1e-6$	1e-5 ~ 1e-6
-5	$\geq 1e-5$	1e-4 ~ 1e-5
-4	$\geq 1e-4$	1e-3 ~ 1e-4
-3	$\geq 1e-3$	1e-3 以上 (エラー)

補注 3 : “気象データ”について
・“気温”、“降水量” および“風速”については長野県諏訪郡原村の気象データを、また、それ以外は長野県諏訪市の気象データを用いた。
(<http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php> 掲載のデータを使用。)

表 2-1 測定データと気象データ (受信入力電力が大きい場合)

日時	測定データ						気象データ						
	受信入力電力 [dBm]			BER			原村				諏訪		
	最小値	中央値	最大値	最小値	中央値	最大値	気温 [°C]	降水量 [mm]	風速 [m/s]	日照時間 [時間]	相対湿度 [%]	現地気圧 [hPa]	蒸気圧 [hPa]
2014/11/1 00:00	-49.4	-49.3	-49.2	-8	-8	-8	8.6	0	0.5	0	96	934.6	12.5
2014/11/1 00:10	-49.3	-49.3	-49.2	-8	-8	-8	8.6	0	0.4	0	96	934.6	
2014/11/1 00:20	-49.4	-49.3	-49.3	-8	-8	-8	8.6	0	0.5	0	95	934.6	
2014/11/1 00:30	-49.3	-49.3	-49.3	-8	-8	-8	8.6	0	0.0	0	95	934.3	
2014/11/1 00:40	-49.3	-49.3	-49.3	-8	-8	-8	8.6	0	0.2	0	94	934.3	
2014/11/1 00:50	-49.5	-49.4	-49.3	-8	-8	-8	8.6	0	0.6	0	94	934.1	
2014/11/1 01:00	-49.4	-49.4	-49.4	-8	-8	-8	8.7	0	1.3	0	94	934.1	12.4
2014/11/1 01:10	-49.5	-49.4	-49.4	-8	-8	-8	8.8	0	0.8	0	95	934.0	
2014/11/1 01:20	-49.5	-49.4	-49.4	-8	-8	-8	8.8	0	0.3	0	95	934.0	
2014/11/1 01:30	-49.5	-49.4	-49.4	-8	-8	-8	8.8	0	0.2	0	96	933.9	
2014/11/1 01:40	-49.5	-49.4	-49.4	-8	-8	-8	8.9	0	0.0	0	96	933.8	
2014/11/1 01:50	-49.5	-49.5	-49.4	-8	-8	-8	8.8	0	0.7	0	96	933.5	
2014/11/1 02:00	-49.5	-49.4	-49.4	-8	-8	-8	8.9	0	1.1	0	95	933.5	12.3
2014/11/1 02:10	-49.5	-49.5	-49.4	-8	-8	-8	8.9	0	1.0	0	95	933.4	
2014/11/1 02:20	-49.6	-49.5	-49.5	-8	-8	-8	8.9	0	1.3	0	95	933.3	
2014/11/1 02:30	-49.6	-49.5	-49.4	-8	-8	-8	8.9	0	1.2	0	95	933.3	
2014/11/1 02:40	-49.7	-49.6	-49.5	-8	-8	-8	9.1	0	0.9	0	95	933.4	
2014/11/1 02:50	-49.6	-49.6	-49.5	-8	-8	-8	9.2	0.5	1.3	0	95	933.2	
2014/11/1 03:00	-49.6	-49.5	-49.3	-8	-8	-8	9.4	0	1.9	0	96	933.3	12.3
2014/11/1 03:10	-49.4	-49.4	-49.3	-8	-8	-8	9.7	0	3.8	0	96	933.2	
2014/11/1 03:20	-49.4	-49.3	-49.2	-8	-8	-8	9.6	0	3.4	0	96	933.2	
2014/11/1 03:30	-49.4	-49.3	-49.2	-8	-8	-8	9.5	0	1.6	0	95	933.0	
2014/11/1 03:40	-49.5	-49.4	-49.4	-8	-8	-8	9.5	0	1.9	0	95	933.0	
2014/11/1 03:50	-49.4	-49.4	-49.3	-8	-8	-8	9.4	0.5	1.7	0	96	933.0	
2014/11/1 04:00	-49.4	-49.3	-49.1	-8	-8	-8	9.3	0	2.1	0	96	932.9	12.3
2014/11/1 04:10	-49.4	-49.3	-49.1	-8	-8	-8	9.3	0	1.1	0	96	932.9	
2014/11/1 04:20	-49.4	-49.3	-49.2	-8	-8	-8	9.3	0	1.3	0	96	932.7	
2014/11/1 04:30	-49.3	-49.3	-49.2	-8	-8	-8	9.3	0.5	1.1	0	96	932.7	
2014/11/1 04:40	-49.3	-49.3	-49.2	-8	-8	-8	9.3	0	1.3	0	96	932.6	
2014/11/1 04:50	-49.3	-49.2	-49.1	-8	-8	-8	9.3	0	1.8	0	96	932.4	
2014/11/1 05:00	-49.3	-49.3	-49.1	-8	-8	-8	9.3	0	1.0	0	96	932.4	12.3
2014/11/1 05:10	-49.3	-49.3	-49.2	-8	-8	-8	9.4	0.5	1.5	0	97	932.3	
2014/11/1 05:20	-49.5	-49.4	-49.3	-8	-8	-8	9.4	0	1.2	0	97	932.2	
2014/11/1 05:30	-49.5	-49.4	-49.4	-8	-8	-8	9.4	0	2.0	0	97	932.2	
2014/11/1 05:40	-49.5	-49.4	-49.3	-8	-8	-8	9.4	0	3.2	0	97	932.2	
2014/11/1 05:50	-49.5	-49.4	-49.3	-8	-8	-8	9.4	0	3.5	0	97	932.2	
2014/11/1 06:00	-49.4	-49.4	-49.3	-8	-8	-8	9.4	0	4.0	0	97	932.1	12.4
2014/11/1 06:10	-49.5	-49.4	-49.3	-8	-8	-8	9.4	0	3.2	0	97	932.1	
2014/11/1 06:20	-49.5	-49.4	-49.3	-8	-8	-8	9.4	0	3.6	0	97	931.9	
2014/11/1 06:30	-49.5	-49.4	-49.3	-8	-8	-8	9.4	0	3.6	0	97	931.8	
2014/11/1 06:40	-49.6	-49.5	-49.4	-8	-8	-8	9.5	0	2.8	0	96	931.9	
2014/11/1 06:50	-49.6	-49.5	-49.5	-8	-8	-8	9.6	0.5	3.8	0	96	932.0	

表 2-1 測定データと気象データ (受信入力電力が大きい場合) 続き

日時	測定データ						気象データ						
	受信入力電力 [dBm]			BER			原村				麗紡		
	最小値	中央値	最大値	最小値	中央値	最大値	気温 [°C]	降水量 [mm]	風速 [m/s]	日照時間 [時間]	相対湿度 [%]	現地気圧 [hPa]	蒸気圧 [hPa]
2014/11/1 07:00	-49.6	-49.5	-49.4	-8	-8	-8	9.6	0	4.5	0	95	932.0	12.6
2014/11/1 07:10	-49.6	-49.5	-49.4	-8	-8	-8	9.6	0	3.5	0	95	932.1	
2014/11/1 07:20	-49.5	-49.5	-49.4	-8	-8	-8	9.6	0	4.2	0	95	932.0	
2014/11/1 07:30	-49.8	-49.6	-49.4	-8	-8	-8	9.5	0.5	3.2	0	91	931.8	
2014/11/1 07:40	-49.8	-49.6	-49.4	-8	-8	-8	9.5	0.5	3.0	0	90	931.8	
2014/11/1 07:50	-49.8	-49.6	-49.4	-8	-8	-8	9.6	0	3.0	0	90	931.7	
2014/11/1 08:00	-49.8	-49.5	-49.3	-8	-8	-8	9.8	0	3.2	0	87	931.5	12.2
2014/11/1 08:10	-50.0	-49.5	-49.2	-8	-8	-8	9.8	0	4.0	0	86	931.5	
2014/11/1 08:20	-50.0	-49.6	-49.3	-8	-8	-8	10.0	0	4.8	0	84	931.4	
2014/11/1 08:30	-49.8	-49.6	-49.2	-8	-8	-8	10.0	0	4.5	0	84	931.3	
2014/11/1 08:40	-49.8	-49.6	-49.2	-8	-8	-8	10.1	0	4.9	0	85	931.1	
2014/11/1 08:50	-49.9	-49.5	-49.1	-8	-8	-8	10.2	0	5.5	0	87	931.3	
2014/11/1 09:00	-49.9	-49.6	-49.4	-8	-8	-8	10.1	0	5.5	0	89	931.4	12.5
2014/11/1 09:10	-50.3	-49.6	-49.4	-8	-8	-8	10.1	0	5.4	0	87	931.2	
2014/11/1 09:20	-50.1	-49.6	-49.3	-8	-8	-8	10.2	0	4.9	0	86	931.2	
2014/11/1 09:30	-49.7	-49.5	-49.2	-8	-8	-8	10.2	0.5	5.2	0	85	931.1	
2014/11/1 09:40	-50.0	-49.6	-49.2	-8	-8	-8	10.1	0	4.5	0	85	931.0	
2014/11/1 09:50	-49.7	-49.5	-49.3	-8	-8	-8	10.1	0	4.1	0	85	930.9	
2014/11/1 10:00	-49.8	-49.6	-49.3	-8	-8	-8	10.2	0	4.3	0	83	930.9	11.9
2014/11/1 10:10	-49.9	-49.6	-49.2	-8	-8	-8	10.1	0.5	4.9	0	84	930.9	
2014/11/1 10:20	-50.0	-49.6	-49.3	-8	-8	-8	10.0	0	5.6	0	84	931.0	
2014/11/1 10:30	-49.8	-49.6	-49.2	-8	-8	-8	10.1	0	5.1	0	86	931.0	
2014/11/1 10:40	-49.8	-49.5	-49.2	-8	-8	-8	10.0	0.5	4.8	0	84	930.9	
2014/11/1 10:50	-49.6	-49.5	-49.3	-8	-8	-8	10.3	0.5	5.9	0	85	930.8	
2014/11/1 11:00	-50.0	-49.5	-49.2	-8	-8	-8	10.5	0	5.5	0	86	930.5	12.3
2014/11/1 11:10	-49.8	-49.5	-49.2	-8	-8	-8	10.6	0	5.5	0	87	930.4	
2014/11/1 11:20	-49.9	-49.6	-49.3	-8	-8	-8	10.6	0	5.4	0	86	930.2	
2014/11/1 11:30	-50.0	-49.7	-49.5	-8	-8	-8	10.6	0	5.5	0	85	930.1	
2014/11/1 11:40	-50.3	-49.7	-49.5	-8	-8	-8	10.7	0	5.9	0	84	930.0	
2014/11/1 11:50	-49.9	-49.8	-49.5	-8	-8	-8	10.9	0	5.5	0	83	930.1	
2014/11/1 12:00	-50.4	-49.9	-49.7	-8	-8	-8	10.6	0	5.4	0	84	930.1	12.4
2014/11/1 12:10	-50.0	-49.8	-49.5	-8	-8	-8	10.5	0	5.2	0	84	929.9	
2014/11/1 12:20	-49.9	-49.8	-49.6	-8	-8	-8	10.4	0.5	5.0	0	84	929.6	
2014/11/1 12:30	-49.9	-49.6	-49.4	-8	-8	-8	10.6	0	4.9	0	84	929.3	
2014/11/1 12:40	-49.9	-49.7	-49.5	-8	-8	-8	10.9	0	4.3	0	84	929.2	
2014/11/1 12:50	-49.9	-49.7	-49.6	-8	-8	-8	10.9	0	4.3	0	86	929.2	
2014/11/1 13:00	-49.9	-49.8	-49.7	-8	-8	-8	10.9	0	5.3	0	85	928.8	12.7
2014/11/1 13:10	-49.9	-49.8	-49.6	-8	-8	-8	10.9	0	5.0	0	85	928.7	
2014/11/1 13:20	-50.1	-49.9	-49.8	-8	-8	-8	10.6	0	4.6	0	83	928.7	
2014/11/1 13:30	-50.1	-50.0	-49.9	-8	-8	-8	10.6	0.5	4.8	0	85	928.6	
2014/11/1 13:40	-50.2	-49.9	-49.8	-8	-8	-8	10.6	0	5.2	0	85	928.5	
2014/11/1 13:50	-50.1	-50.0	-49.8	-8	-8	-8	10.7	0	5.3	0	84	928.3	
2014/11/1 14:00	-50.3	-50.2	-50.0	-8	-8	-8	10.5	0	5.5	0	83	928.1	12.8
2014/11/1 14:10	-50.2	-50.2	-50.1	-8	-8	-8	10.4	0	4.6	0	83	928.0	
2014/11/1 14:20	-50.3	-50.1	-50.0	-8	-8	-8	10.5	0	5.0	0	82	927.9	
2014/11/1 14:30	-50.1	-50.1	-50.0	-8	-8	-8	10.4	0	5.6	0	84	928.0	
2014/11/1 14:40	-50.1	-50.0	-49.9	-8	-8	-8	10.4	0	4.6	0	85	928.0	
2014/11/1 14:50	-50.1	-50.0	-49.9	-8	-8	-8	10.2	0	5.9	0	86	927.9	
2014/11/1 15:00	-50.1	-49.9	-49.9	-8	-8	-8	10.2	0.5	4.9	0	86	927.9	12.8
2014/11/1 15:10	-50.0	-49.8	-49.6	-8	-8	-8	10.2	0.5	4.2	0	88	928.0	
2014/11/1 15:20	-49.7	-49.6	-49.6	-8	-8	-8	10.2	1	3.4	0	88	927.8	
2014/11/1 15:30	-49.7	-49.6	-49.5	-8	-8	-8	10.3	0	2.6	0	88	927.9	
2014/11/1 15:40	-49.8	-49.7	-49.6	-8	-8	-8	10.3	0	1.5	0	90	927.7	
2014/11/1 15:50	-49.9	-49.8	-49.6	-8	-8	-8	10.3	1	1.5	0	89	927.3	
2014/11/1 16:00	-49.8	-49.7	-49.5	-8	-8	-8	10.3	0.5	1.8	0	90	927.3	13.0
2014/11/1 16:10	-49.8	-49.6	-49.5	-8	-8	-8	10.3	0	1.8	0	90	927.2	
2014/11/1 16:20	-49.8	-49.5	-49.4	-8	-8	-8	10.3	0	1.8	0	90	927.2	
2014/11/1 16:30	-49.7	-49.6	-49.4	-8	-8	-8	10.3	0	2.0	0	90	927.1	
2014/11/1 16:40	-49.5	-49.5	-49.4	-8	-8	-8	10.3	0.5	2.9	0	93	926.9	
2014/11/1 16:50	-49.6	-49.5	-49.4	-8	-8	-8	10.3	0.5	3.2	0	95	927.2	
2014/11/1 17:00	-49.6	-49.4	-49.3	-8	-8	-8	10.3	0	2.6	0	94	927.3	13.5
2014/11/1 17:10	-49.5	-49.5	-49.3	-8	-8	-8	10.3	0	1.4	0	95	927.2	
2014/11/1 17:20	-49.6	-49.5	-49.4	-8	-8	-8	10.4	0.5	1.2	0	96	927.1	
2014/11/1 17:30	-49.7	-49.6	-49.4	-8	-8	-8	10.3	0.5	1.8	0	96	927.1	
2014/11/1 17:40	-49.7	-49.5	-49.4	-8	-8	-8	10.4	0.5	1.1	0	96	927.2	
2014/11/1 17:50	-49.7	-49.6	-49.5	-8	-8	-8	10.4	0.5	1.2	0	97	927.2	
2014/11/1 18:00	-49.6	-49.5	-49.4	-8	-8	-8	10.5	0.5	1.7	0	97	927.1	13.5
2014/11/1 18:10	-49.6	-49.5	-49.5	-8	-8	-8	10.5	0	1.3	0	97	927.0	
2014/11/1 18:20	-49.6	-49.4	-49.3	-8	-8	-8	10.6	0.5	1.3	0	97	927.0	
2014/11/1 18:30	-49.6	-49.5	-49.3	-8	-8	-8	10.7	0	2.0	0	97	926.9	
2014/11/1 18:40	-49.6	-49.5	-49.4	-8	-8	-8	10.7	0	1.9	0	98	926.8	
2014/11/1 18:50	-49.5	-49.4	-49.3	-8	-8	-8	10.6	0	0.9	0	98	926.9	
2014/11/1 19:00	-49.4	-49.3	-49.3	-8	-8	-8	10.6	0	0.7	0	98	926.8	13.7
2014/11/1 19:10	-49.4	-49.4	-49.3	-8	-8	-8	10.6	0	1.2	0	98	926.9	
2014/11/1 19:20	-49.4	-49.3	-49.2	-8	-8	-8	10.6	0	1.8	0	98	926.7	
2014/11/1 19:30	-49.3	-49.3	-49.2	-8	-8	-8	10.7	0	1.3	0	97	926.6	
2014/11/1 19:40	-49.3	-49.2	-49.2	-8	-8	-8	10.8	0	1.1	0	97	926.6	
2014/11/1 19:50	-49.3	-49.2	-49.1	-8	-8	-8	11.0	0	1.5	0	97	926.4	
2014/11/1 20:00	-49.3	-49.2	-49.2	-8	-8	-8	10.9	0.5	1.0	0	97	926.5	13.6
2014/11/1 20:10	-49.3	-49.3	-49.2	-8	-8	-8	11.0	0	1.4	0	97	926.5	
2014/11/1 20:20	-49.3	-49.3	-49.2	-8	-8	-8	11.0	0	1.2	0	97	926.4	
2014/11/1 20:30	-49.3	-49.3	-49.2	-8	-8	-8	11.0	0	0.7	0	97	926.3	
2014/11/1 20:40	-49.4	-49.3	-49.2	-8	-8	-8	11.1	0	0.9	0	97	926.5	
2014/11/1 20:50	-49.5	-49.3	-49.2	-8	-8	-8	11.1	0	1.1	0	97	926.4	
2014/11/1 21:00	-49.4	-49.3	-49.2	-8	-8	-8	11.1	0	0.8	0	97	926.3	13.8
2014/11/1 21:10	-49.4	-49.3	-49.3	-8	-8	-8	11.1	0	1.1	0	97	926.2	
2014/11/1 21:20	-49.4	-49.3	-49.3	-8	-8	-8	11.0	0	0.6	0	97	926.2	
2014/11/1 21:30	-49.5	-49.4	-49.3	-8	-8	-8	11.0	0	0.7	0	96	926.3	
2014/11/1 21:40	-49.4	-49.4	-49.3	-8	-8	-8	11.0	0	0.4	0	96	926.3	
2014/11/1 21:50	-49.4	-49.4	-49.3	-8	-8	-8	11.0	0	0.4	0	96	926.1	
2014/11/1 22:00	-49.5	-49.5	-49.4	-8	-8	-8	11.0	0	0.5	0	95	925.9	13.6
2014/11/1 22:10	-49.6	-49.5	-49.5	-8	-8	-8	11.0	0	1.0	0	96	925.8	
2014/11/1 22:20	-49.6	-49.6	-49.5	-8	-8	-8	11.0	0	1.4	0	96	925.6	
2014/11/1 22:30	-49.7	-49.6	-49.6	-8	-8	-8	11.1	0	0.8	0	96	925.5	
2014/11/1 22:40	-49.7	-49.6	-49.6	-8	-8	-8	10.8	0	0.6	0	97	925.5	
2014/11/1 22:50	-49.7	-49.6	-49.6	-8	-8	-8	10.5	0	1.2	0	97	925.5	

表 2-1 測定データと気象データ (受信入力電力が大きい場合) 続き

日時	測定データ						気象データ						
	受信入力電力 [dBm]			BER			原村			霧訪			
	最小値	中央値	最大値	最小値	中央値	最大値	気温 [°C]	降水量 [mm]	風速 [m/s]	日照時間 [時間]	相対湿度 [%]	現地気圧 [hPa]	蒸気圧 [hPa]
2014/11/1 23:00	-49.7	-49.6	-49.6	-8	-8	-8	10.5	0	1.2	0	96	925.2	13.7
2014/11/1 23:10	-49.7	-49.6	-49.5	-8	-8	-8	10.5	0	0.8	0	96	925.1	
2014/11/1 23:20	-49.6	-49.6	-49.5	-8	-8	-8	10.4	0	0.5	0	97	925.1	
2014/11/1 23:30	-49.6	-49.6	-49.5	-8	-8	-8	10.4	0	0.7	0	97	925.0	
2014/11/1 23:40	-49.7	-49.6	-49.5	-8	-8	-8	10.5	0	0.8	0	97	924.9	
2014/11/1 23:50	-49.6	-49.6	-49.5	-8	-8	-8	10.5	0	0.9	0	97	924.7	
2014/11/2 00:00	-49.6	-49.6	-49.5	-8	-8	-8	10.6	0	1.1	0	97	924.7	13.8
2014/11/2 00:10	-49.7	-49.6	-49.5	-8	-8	-8	10.6	0	1.2	0	97	924.7	
2014/11/2 00:20	-49.6	-49.6	-49.5	-8	-8	-8	10.6	0	1.1	0	96	924.6	
2014/11/2 00:30	-49.7	-49.6	-49.5	-8	-8	-8	10.6	0	0.2	0	96	924.5	
2014/11/2 00:40	-49.6	-49.6	-49.5	-8	-8	-8	10.5	0	0.4	0	96	924.5	
2014/11/2 00:50	-49.7	-49.6	-49.6	-8	-8	-8	10.5	0	0.5	0	96	924.4	
2014/11/2 01:00	-49.7	-49.6	-49.5	-8	-8	-8	10.4	0	0.3	0	96	924.3	13.8
2014/11/2 01:10	-49.7	-49.5	-49.4	-8	-8	-8	10.4	0	0.4	0	96	924.5	
2014/11/2 01:20	-49.6	-49.6	-49.5	-8	-8	-8	10.4	0	0.7	0	97	924.4	
2014/11/2 01:30	-49.6	-49.5	-49.5	-8	-8	-8	10.4	0	0.8	0	97	924.3	
2014/11/2 01:40	-49.8	-49.6	-49.5	-8	-8	-8	10.4	0	1.1	0	97	924.1	
2014/11/2 01:50	-49.9	-49.8	-49.7	-8	-8	-8	10.4	0	1.2	0	97	924.0	
2014/11/2 02:00	-49.8	-49.8	-49.6	-8	-8	-8	10.4	0	0.6	0	96	923.8	13.7
2014/11/2 02:10	-49.8	-49.7	-49.6	-8	-8	-8	10.3	0.5	0.8	0	96	923.7	
2014/11/2 02:20	-50.0	-49.7	-49.4	-8	-8	-8	10.3	0	1.2	0	96	923.9	
2014/11/2 02:30	-50.0	-49.8	-49.8	-8	-8	-8	10.3	0	1.3	0	96	923.7	
2014/11/2 02:40	-49.9	-49.8	-49.7	-8	-8	-8	10.5	0	1.4	0	97	923.5	
2014/11/2 02:50	-49.9	-49.8	-49.7	-8	-8	-8	10.5	0	1.8	0	97	923.6	
2014/11/2 03:00	-49.9	-49.8	-49.8	-8	-8	-8	10.2	0	1.7	0	97	923.6	13.7
2014/11/2 03:10	-50.0	-49.9	-49.8	-8	-8	-8	10.0	0	1.4	0	96	923.4	
2014/11/2 03:20	-49.9	-49.8	-49.7	-8	-8	-8	10.0	0	1.1	0	96	923.1	
2014/11/2 03:30	-50.0	-49.8	-49.7	-8	-8	-8	9.9	0	0.8	0	95	923.2	
2014/11/2 03:40	-49.8	-49.8	-49.7	-8	-8	-8	9.5	0	0.8	0	96	923.3	
2014/11/2 03:50	-49.9	-49.8	-49.7	-8	-8	-8	9.5	0	0.5	0	96	923.1	
2014/11/2 04:00	-49.9	-49.8	-49.7	-8	-8	-8	9.4	0	0.4	0	97	923.0	13.5
2014/11/2 04:10	-49.8	-49.7	-49.7	-8	-8	-8	9.4	0	0.7	0	97	923.1	
2014/11/2 04:20	-49.9	-49.8	-49.7	-8	-8	-8	9.6	0	0.7	0	97	923.0	
2014/11/2 04:30	-49.9	-49.8	-49.7	-8	-8	-8	9.4	0	0.7	0	97	923.0	
2014/11/2 04:40	-49.8	-49.8	-49.7	-8	-8	-8	9.3	0	0.7	0	98	922.9	
2014/11/2 04:50	-49.7	-49.7	-49.6	-8	-8	-8	9.2	0	1.6	0	98	923.0	
2014/11/2 05:00	-49.7	-49.7	-49.6	-8	-8	-8	9.2	0	0.5	0	98	922.8	13.6
2014/11/2 05:10	-49.8	-49.7	-49.6	-8	-8	-8	8.8	0	0.6	0	98	922.8	
2014/11/2 05:20	-49.8	-49.7	-49.6	-8	-8	-8	9.8	0	1.3	0	97	922.8	
2014/11/2 05:30	-49.8	-49.7	-49.6	-8	-8	-8	11.0	0	1.5	0	97	923.0	
2014/11/2 05:40	-49.8	-49.7	-49.6	-8	-8	-8	10.5	0	1.0	0	97	923.4	
2014/11/2 05:50	-49.8	-49.7	-49.7	-8	-8	-8	10.8	0	1.4	0	97	923.3	
2014/11/2 06:00	-50.0	-49.8	-49.7	-8	-8	-8	11.0	0	0.9	0	97	923.0	13.7
2014/11/2 06:10	-49.9	-49.8	-49.7	-8	-8	-8	11.4	0	3.0	0	97	923.0	
2014/11/2 06:20	-49.8	-49.8	-49.7	-8	-8	-8	11.6	0	2.0	0	97	922.9	
2014/11/2 06:30	-49.9	-49.8	-49.8	-8	-8	-8	11.8	0	2.3	0	97	923.3	
2014/11/2 06:40	-50.0	-49.9	-49.8	-8	-8	-8	11.9	0	1.8	0	97	922.9	
2014/11/2 06:50	-50.1	-49.9	-49.9	-8	-8	-8	12.3	0	0.9	9	97	922.9	
2014/11/2 07:00	-50.2	-50.0	-50.0	-8	-8	-8	12.4	0	0.8	5	97	923.1	13.8
2014/11/2 07:10	-50.3	-50.2	-50.0	-8	-8	-8	12.5	0	1.5	5	97	923.1	
2014/11/2 07:20	-50.4	-50.3	-50.2	-8	-8	-8	12.4	0	1.2	3	97	922.9	
2014/11/2 07:30	-50.5	-50.4	-50.2	-8	-8	-8	11.9	0	1.0	10	97	922.8	
2014/11/2 07:40	-50.8	-50.6	-50.4	-8	-8	-8	11.9	0	0.9	10	97	922.5	
2014/11/2 07:50	-50.9	-50.8	-50.7	-8	-8	-8	11.4	0	1.5	4	97	922.5	
2014/11/2 08:00	-50.9	-50.8	-50.7	-8	-8	-8	11.1	0	1.4	0	96	922.7	14.2
2014/11/2 08:10	-51.0	-50.9	-50.9	-8	-8	-8	11.4	0	0.9	0	95	922.5	
2014/11/2 08:20	-51.1	-51.0	-50.9	-8	-8	-8	12.2	0	1.0	3	95	922.4	
2014/11/2 08:30	-51.1	-51.0	-50.9	-8	-8	-8	12.5	0	1.3	10	94	922.5	
2014/11/2 08:40	-51.0	-50.9	-50.8	-8	-8	-8	12.2	0	1.7	6	94	922.4	
2014/11/2 08:50	-51.0	-50.9	-50.8	-8	-8	-8	12.1	0	1.2	2	92	922.4	
2014/11/2 09:00	-51.0	-51.0	-50.9	-8	-8	-8	12.1	0	0.3	8	90	922.1	14.5
2014/11/2 09:10	-51.2	-51.1	-51.0	-8	-8	-8	12.3	0	0.8	6	92	922.1	
2014/11/2 09:20	-51.2	-51.1	-51.1	-8	-8	-8	12.9	0	0.8	4	91	921.9	
2014/11/2 09:30	-51.2	-51.2	-51.1	-8	-8	-8	13.2	0	0.2	6	91	921.8	
2014/11/2 09:40	-51.2	-51.2	-51.1	-8	-8	-8	13.4	0	1.1	10	90	921.5	
2014/11/2 09:50	-51.3	-51.3	-51.2	-8	-8	-8	13.8	0	0.9	7	90	921.4	
2014/11/2 10:00	-51.3	-51.3	-51.2	-8	-8	-8	14.2	0	1.3	5	89	921.4	14.9
2014/11/2 10:10	-51.4	-51.4	-51.3	-8	-8	-8	14.1	0	1.3	0	90	921.2	
2014/11/2 10:20	-51.4	-51.3	-51.3	-8	-8	-8	14.2	0	1.6	1	87	921.1	
2014/11/2 10:30	-51.4	-51.3	-51.2	-8	-8	-8	14.4	0	1.3	6	87	921.0	
2014/11/2 10:40	-51.5	-51.4	-51.3	-8	-8	-8	14.7	0	2.0	3	87	920.9	
2014/11/2 10:50	-51.5	-51.4	-51.3	-8	-8	-8	14.0	0	2.2	0	87	920.7	
2014/11/2 11:00	-51.6	-51.4	-51.4	-8	-8	-8	13.6	0	1.2	2	86	920.5	14.9
2014/11/2 11:10	-51.6	-51.5	-51.4	-8	-8	-8	13.7	0	0.8	1	87	920.2	
2014/11/2 11:20	-51.6	-51.6	-51.5	-8	-8	-8	14.0	0	1.0	0	87	920.0	
2014/11/2 11:30	-51.7	-51.6	-51.5	-8	-8	-8	14.0	0	0.7	0	87	919.9	
2014/11/2 11:40	-51.6	-51.6	-51.5	-8	-8	-8	14.2	0	0.7	0	83	919.4	
2014/11/2 11:50	-51.7	-51.6	-51.5	-8	-8	-8	15.3	0	0.9	3	82	919.4	
2014/11/2 12:00	-51.7	-51.6	-51.6	-8	-8	-8	15.1	0	1.5	1	81	919.1	14.8
2014/11/2 12:10	-51.7	-51.6	-51.6	-8	-8	-8	15.1	0	1.6	0	80	918.8	
2014/11/2 12:20	-51.7	-51.7	-51.6	-8	-8	-8	15.1	0	1.4	3	81	918.6	
2014/11/2 12:30	-51.7	-51.7	-51.6	-8	-8	-8	15.0	0	1.1	0	79	918.2	
2014/11/2 12:40	-51.8	-51.7	-51.6	-8	-8	-8	15.1	0	1.8	0	79	917.9	
2014/11/2 12:50	-51.9	-51.7	-51.7	-8	-8	-8	15.6	0	1.2	3	81	917.8	
2014/11/2 13:00	-51.7	-51.6	-51.5	-8	-8	-8	16.2	0	0.4	0	81	917.7	14.9
2014/11/2 13:10	-51.9	-51.6	-51.5	-8	-8	-8	16.9	0	0.9	1	81	917.6	
2014/11/2 13:20	-51.9	-51.7	-51.7	-8	-8	-8	17.3	0	0.6	1	81	917.6	
2014/11/2 13:30	-51.8	-51.8	-51.7	-8	-8	-8	16.9	0	1.6	0	81	917.3	
2014/11/2 13:40	-51.9	-51.8	-51.7	-8	-8	-8	16.6	0	1.2	1	83	917.4	
2014/11/2 13:50	-51.9	-51.8	-51.7	-8	-8	-8	15.8	0	1.4	0	82	917.7	
2014/11/2 14:00	-51.9	-51.8	-51.7	-8	-8	-8	15.6	0	1.8	0	81	917.8	15.1
2014/11/2 14:10	-51.9	-51.8	-51.6	-8	-8	-8	15.4	0	1.7	0	81	917.5	
2014/11/2 14:20	-51.9	-51.8	-51.6	-8	-8	-8	16.1	0	1.5	0	81	917.2	
2014/11/2 14:30	-51.9	-51.7	-51.6	-8	-8	-8	15.6	0	1.8	0	81	917.2	
2014/11/2 14:40	-51.9	-51.9	-51.7	-8	-8	-8	14.6	0	2.1	0	82	917.2	
2014/11/2 14:50	-51.9	-51.8	-51.7	-8	-8	-8	14.9	0	1.1	0	83	917.2	

表 2-1 測定データと気象データ (受信入力電力が大きい場合) 続き

日時	測定データ						気象データ						
	受信入力電力 [dBm]			BER			原村				麗紡		
	最小値	中央値	最大値	最小値	中央値	最大値	気温 [°C]	降水量 [mm]	風速 [m/s]	日照時間 [時間]	相対湿度 [%]	現地気圧 [hPa]	蒸気圧 [hPa]
2014/11/2 15:00	-51.9	-51.7	-51.4	-8	-8	-8	15.0	0	1.6	0	86	916.9	15.9
2014/11/2 15:10	-51.6	-51.5	-51.4	-8	-8	-8	15.5	0	1.7	0	84	916.9	
2014/11/2 15:20	-51.8	-51.6	-51.4	-8	-8	-8	15.4	0	3.2	0	86	916.9	
2014/11/2 15:30	-51.9	-51.7	-51.5	-8	-8	-8	15.1	0	0.8	0	88	916.8	
2014/11/2 15:40	-51.8	-51.6	-51.4	-8	-8	-8	15.4	0	1.3	0	88	916.8	
2014/11/2 15:50	-51.5	-51.4	-51.3	-8	-8	-8	15.4	0	1.8	0	90	916.7	
2014/11/2 16:00	-51.5	-51.4	-51.3	-8	-8	-8	15.5	0	1.1	0	89	916.8	16.1
2014/11/2 16:10	-51.5	-51.4	-51.3	-8	-8	-8	15.2	0	1.4	0	88	916.9	
2014/11/2 16:20	-51.5	-51.4	-51.3	-8	-8	-8	15.0	0	1.1	0	90	916.8	
2014/11/2 16:30	-51.5	-51.3	-51.2	-8	-8	-8	14.9	0	0.9	0	91	916.7	
2014/11/2 16:40	-51.6	-51.3	-51.1	-8	-8	-8	15.3	0	2.2	0	88	916.5	
2014/11/2 16:50	-51.6	-51.4	-51.2	-8	-8	-7	15.3	0	2.4	0	89	916.6	
2014/11/2 17:00	-51.4	-51.3	-51.3	-8	-8	-8	14.9	0	2.3	0	90	916.6	16.1
2014/11/2 17:10	-51.6	-51.4	-51.3	-8	-8	-8	14.6	0	2.0	0	89	916.5	
2014/11/2 17:20	-51.4	-51.3	-51.2	-8	-8	-8	14.3	0	0.6	0	90	916.6	
2014/11/2 17:30	-51.4	-51.3	-51.2	-8	-8	-8	14.6	0	0.7	0	91	916.6	
2014/11/2 17:40	-51.4	-51.3	-51.2	-8	-8	-8	14.5	0	0.6	0	92	916.7	
2014/11/2 17:50	-51.4	-51.3	-51.2	-8	-8	-8	14.1	0	1.2	0	92	916.6	
2014/11/2 18:00	-51.3	-51.1	-51.0	-8	-8	-8	13.9	0	1.3	0	92	916.6	16.0
2014/11/2 18:10	-51.2	-51.1	-50.9	-8	-8	-8	14.1	0	2.5	0	92	916.5	
2014/11/2 18:20	-51.2	-51.0	-50.8	-8	-8	-8	13.8	0	1.9	0	91	916.4	
2014/11/2 18:30	-51.3	-51.1	-50.9	-8	-8	-8	14.1	0	2.9	0	85	916.4	
2014/11/2 18:40	-51.3	-51.1	-50.8	-8	-8	-8	14.1	0	4.4	0	87	916.4	
2014/11/2 18:50	-51.3	-51.0	-50.9	-8	-8	-8	13.9	0	2.8	0	79	916.3	
2014/11/2 19:00	-51.3	-51.0	-50.9	-8	-8	-8	13.8	0	1.3	0	78	916.4	14.4
2014/11/2 19:10	-51.2	-50.9	-50.9	-8	-8	-8	13.6	0	1.2	0	79	916.5	
2014/11/2 19:20	-51.2	-51.0	-50.9	-8	-8	-8	13.6	0	1.6	0	83	916.0	
2014/11/2 19:30	-51.3	-51.1	-50.9	-8	-8	-8	14.0	0	2.5	0	86	916.1	
2014/11/2 19:40	-51.4	-51.2	-51.0	-8	-8	-8	14.3	0	2.6	0	88	916.2	
2014/11/2 19:50	-51.3	-51.1	-50.9	-8	-8	-8	14.7	0	3.9	0	85	915.9	
2014/11/2 20:00	-51.5	-51.2	-51.0	-8	-8	-8	14.6	0	3.5	0	85	915.9	14.6
2014/11/2 20:10	-51.4	-51.2	-51.1	-8	-8	-8	14.6	0	3.6	0	87	915.8	
2014/11/2 20:20	-51.3	-51.2	-51.1	-8	-8	-8	14.5	0	1.0	0	86	915.5	
2014/11/2 20:30	-51.3	-51.2	-51.1	-8	-8	-8	13.7	0	1.5	0	85	915.6	
2014/11/2 20:40	-51.4	-51.3	-51.2	-8	-8	-8	13.1	0	1.2	0	80	915.7	
2014/11/2 20:50	-51.4	-51.3	-51.1	-8	-8	-8	14.0	0	0.9	0	79	915.4	
2014/11/2 21:00	-51.5	-51.3	-51.2	-8	-8	-8	14.4	0	2.1	0	83	915.4	14.1
2014/11/2 21:10	-51.5	-51.3	-51.2	-8	-8	-8	14.7	0	4.4	0	83	915.2	
2014/11/2 21:20	-51.5	-51.3	-51.1	-8	-8	-8	14.2	0	3.0	0	85	915.3	
2014/11/2 21:30	-51.6	-51.3	-51.2	-8	-8	-8	14.7	0	5.6	0	84	915.2	
2014/11/2 21:40	-51.5	-51.3	-51.1	-8	-8	-8	14.7	0	6.3	0	87	915.3	
2014/11/2 21:50	-51.6	-51.4	-51.2	-8	-8	-8	14.6	0	6.9	0	89	915.5	
2014/11/2 22:00	-51.6	-51.3	-51.1	-8	-8	-8	13.8	0	5.8	0	90	915.5	14.5
2014/11/2 22:10	-51.5	-51.2	-51.0	-8	-8	-8	12.3	0.5	4.7	0	89	915.5	
2014/11/2 22:20	-51.4	-51.0	-50.7	-8	-8	-8	12.0	0.5	3.5	0	88	915.6	
2014/11/2 22:30	-51.0	-50.4	-50.1	-8	-8	-8	11.8	0.5	3.9	0	87	915.7	
2014/11/2 22:40	-50.6	-50.1	-49.8	-8	-8	-8	11.7	0.5	3.7	0	84	915.5	
2014/11/2 22:50	-50.0	-49.8	-49.5	-8	-8	-8	11.4	0.5	2.5	0	83	915.7	
2014/11/2 23:00	-50.3	-49.9	-49.8	-8	-8	-8	11.1	0.5	1.4	0	83	915.6	13.4
2014/11/2 23:10	-50.0	-49.9	-49.8	-8	-8	-8	11.2	0	2.2	0	77	915.7	
2014/11/2 23:20	-50.1	-49.8	-49.7	-8	-8	-8	11.2	0	1.0	0	72	915.6	
2014/11/2 23:30	-49.9	-49.8	-49.6	-8	-8	-8	11.3	0	0.6	0	75	915.5	
2014/11/2 23:40	-50.0	-49.8	-49.5	-8	-8	-8	11.3	0.5	0.7	0	75	915.5	
2014/11/2 23:50	-49.8	-49.7	-49.5	-8	-8	-8	11.3	0	2.8	0	71	915.6	
2014/11/3 00:00	-49.9	-49.7	-49.6	-8	-8	-8	11.1	0	2.7	0	74	915.8	12.0
2014/11/3 00:10	-50.1	-49.8	-49.7	-8	-8	-8	11.1	0	3.6	0	68	915.8	
2014/11/3 00:20	-50.2	-50.0	-49.8	-8	-8	-8	11.4	0	4.8	0	68	915.9	
2014/11/3 00:30	-50.3	-50.1	-49.9	-8	-8	-8	11.2	0	5.0	0	70	916.2	
2014/11/3 00:40	-50.3	-50.1	-49.9	-8	-8	-8	11.2	0	6.4	0	65	916.2	
2014/11/3 00:50	-50.5	-50.2	-50.0	-8	-8	-8	11.2	0	5.7	0	64	916.5	
2014/11/3 01:00	-50.6	-50.2	-50.0	-8	-8	-8	10.7	0	4.9	0	61	916.6	9.7
2014/11/3 01:10	-50.5	-50.2	-50.0	-8	-8	-8	10.8	0	5.5	0	60	916.5	
2014/11/3 01:20	-50.4	-50.3	-50.0	-8	-8	-8	10.7	0	5.4	0	60	916.5	
2014/11/3 01:30	-50.5	-50.3	-50.1	-8	-8	-8	10.5	0	4.4	0	60	916.7	
2014/11/3 01:40	-50.5	-50.4	-50.2	-8	-8	-8	10.2	0	4.4	0	59	916.8	
2014/11/3 01:50	-50.6	-50.4	-50.2	-8	-8	-8	10.0	0	3.8	0	62	916.6	
2014/11/3 02:00	-50.6	-50.4	-50.1	-8	-8	-8	9.9	0	4.7	0	60	916.7	9.0
2014/11/3 02:10	-50.5	-50.3	-50.0	-8	-8	-8	9.5	0	4.5	0	59	917.0	
2014/11/3 02:20	-50.6	-50.2	-50.0	-8	-8	-8	8.8	0	3.9	0	59	916.8	
2014/11/3 02:30	-50.2	-50.1	-49.9	-8	-8	-8	8.9	0	2.0	0	61	916.7	
2014/11/3 02:40	-50.1	-50.1	-50.0	-8	-8	-8	8.9	0	1.7	0	66	917.3	
2014/11/3 02:50	-50.2	-50.1	-50.0	-8	-8	-8	9.0	0	1.2	0	68	917.3	
2014/11/3 03:00	-50.3	-50.1	-50.0	-8	-8	-8	8.9	0	1.1	0	73	917.3	10.0
2014/11/3 03:10	-50.3	-50.2	-50.0	-8	-8	-8	8.9	0	1.2	0	74	917.0	
2014/11/3 03:20	-50.5	-50.3	-50.1	-8	-8	-8	9.4	0	2.0	0	66	917.5	
2014/11/3 03:30	-50.3	-50.1	-50.0	-8	-8	-8	9.3	0	2.8	0	67	917.2	
2014/11/3 03:40	-50.3	-50.1	-50.0	-8	-8	-8	9.3	0	2.2	0	65	917.4	
2014/11/3 03:50	-50.3	-50.1	-50.0	-8	-8	-8	8.8	0	1.1	0	63	917.1	
2014/11/3 04:00	-50.3	-50.1	-50.0	-8	-8	-8	8.7	0	1.2	0	67	917.3	9.2
2014/11/3 04:10	-50.3	-50.1	-50.0	-8	-8	-8	8.7	0	1.1	0	67	917.3	
2014/11/3 04:20	-50.2	-50.1	-50.0	-8	-8	-8	8.7	0	0.6	0	66	917.5	
2014/11/3 04:30	-50.3	-50.1	-50.0	-8	-8	-8	8.6	0	0.9	0	65	917.5	
2014/11/3 04:40	-50.4	-50.1	-49.9	-8	-8	-8	8.4	0	1.6	0	70	917.7	
2014/11/3 04:50	-50.3	-50.0	-49.7	-8	-8	-8	8.1	0	2.1	0	76	917.7	
2014/11/3 05:00	-50.3	-49.9	-49.6	-8	-8	-8	8.1	0	2.6	0	71	918.0	9.3
2014/11/3 05:10	-50.3	-50.0	-49.7	-8	-8	-8	8.0	0	3.0	0	55	918.1	
2014/11/3 05:20	-50.4	-50.1	-49.8	-8	-8	-8	7.8	0	2.4	0	58	918.1	
2014/11/3 05:30	-50.4	-50.0	-49.7	-8	-8	-8	7.8	0	1.6	0	54	918.3	
2014/11/3 05:40	-50.3	-50.0	-49.8	-8	-8	-8	8.2	0	1.0	0	55	918.1	
2014/11/3 05:50	-50.1	-50.0	-49.8	-8	-8	-8	7.8	0	0.5	0	55	918.1	
2014/11/3 06:00	-50.0	-49.9	-49.7	-8	-8	-8	7.5	0	1.5	0	60	918.0	7.5
2014/11/3 06:10	-50.1	-50.0	-49.8	-8	-8	-8	7.4	0	2.0	0	59	918.2	
2014/11/3 06:20	-50.3	-50.0	-49.8	-8	-8	-8	7.2	0	1.3	0	58	918.2	
2014/11/3 06:30	-50.1	-50.0	-49.9	-8	-8	-8	7.0	0	0.5	0	63	918.2	
2014/11/3 06:40	-50.0	-49.9	-49.8	-8	-8	-8	7.8	0	1.6	0	56	918.4	
2014/11/3 06:50	-50.0	-49.9	-49.8	-8	-8	-8	7.2	0	0.8	10	63	918.5	

表 2-1 測定データと気象データ (受信入力電力が大きい場合) 続き

日時	測定データ						気象データ						
	受信入力電力 [dBm]			BER			原村				麗紡		
	最小値	中央値	最大値	最小値	中央値	最大値	気温 [°C]	降水量 [mm]	風速 [m/s]	日照時間 [時間]	相対湿度 [%]	現地気圧 [hPa]	蒸気圧 [hPa]
2014/11/3 07:00	-50.1	-49.9	-49.8	-8	-8	-8	7.3	0	1.2	1	59	918.7	7.3
2014/11/3 07:10	-50.1	-49.9	-49.8	-8	-8	-8	7.5	0	1.7	7	58	918.8	
2014/11/3 07:20	-50.3	-50.0	-49.8	-8	-8	-8	7.4	0	3.6	10	59	919.0	
2014/11/3 07:30	-50.3	-50.1	-50.0	-8	-8	-8	7.5	0	2.7	10	59	919.2	
2014/11/3 07:40	-50.5	-50.3	-50.2	-8	-8	-8	7.9	0	3.0	10	64	919.3	
2014/11/3 07:50	-50.5	-50.4	-50.2	-8	-8	-8	7.9	0	3.7	10	65	919.6	
2014/11/3 08:00	-50.4	-50.4	-50.3	-8	-8	-8	8.2	0	2.1	9	62	919.7	7.2
2014/11/3 08:10	-50.7	-50.5	-50.3	-8	-8	-8	8.9	0	1.5	10	64	919.8	
2014/11/3 08:20	-51.0	-50.8	-50.5	-8	-8	-8	9.1	0	3.2	10	61	919.9	
2014/11/3 08:30	-51.2	-51.0	-50.8	-8	-8	-8	9.3	0	3.8	10	62	920.0	
2014/11/3 08:40	-51.4	-51.1	-50.9	-8	-8	-8	9.5	0	4.4	10	55	920.1	
2014/11/3 08:50	-51.3	-51.1	-50.9	-8	-8	-8	9.6	0	3.7	10	56	920.0	
2014/11/3 09:00	-51.5	-51.3	-51.2	-8	-8	-8	9.8	0	3.3	10	51	920.0	6.5
2014/11/3 09:10	-51.6	-51.4	-51.1	-8	-8	-8	10.1	0	3.1	10	51	919.9	
2014/11/3 09:20	-51.8	-51.5	-51.1	-8	-8	-8	10.1	0	4.2	10	47	919.9	
2014/11/3 09:30	-51.8	-51.5	-51.4	-8	-8	-8	10.2	0	4.4	10	49	919.9	
2014/11/3 09:40	-51.9	-51.5	-51.3	-8	-8	-8	10.6	0	4.2	10	44	919.9	
2014/11/3 09:50	-51.9	-51.7	-51.5	-8	-8	-8	10.9	0	4.0	10	45	919.9	
2014/11/3 10:00	-52.2	-51.9	-51.8	-8	-8	-8	11.0	0	4.2	10	43	919.8	6.3
2014/11/3 10:10	-52.3	-52.0	-51.9	-8	-8	-8	10.8	0	3.0	8	41	919.8	
2014/11/3 10:20	-52.4	-52.0	-51.7	-8	-8	-8	11.0	0	4.0	8	43	919.7	
2014/11/3 10:30	-52.4	-51.9	-51.6	-8	-8	-8	11.0	0	4.1	10	42	919.7	
2014/11/3 10:40	-52.4	-52.1	-51.8	-8	-8	-8	11.3	0	3.9	10	41	919.7	
2014/11/3 10:50	-52.4	-51.9	-51.7	-8	-8	-8	11.2	0	4.1	9	38	919.7	
2014/11/3 11:00	-52.5	-52.1	-51.8	-8	-8	-8	11.7	0	3.9	10	37	919.6	5.8
2014/11/3 11:10	-52.4	-52.2	-52.1	-8	-8	-8	12.3	0	4.1	10	38	919.6	
2014/11/3 11:20	-52.4	-52.2	-51.9	-8	-8	-8	11.6	0	4.5	10	37	919.5	
2014/11/3 11:30	-52.4	-52.2	-51.9	-8	-8	-8	12.2	0	5.0	8	38	919.5	
2014/11/3 11:40	-52.3	-52.1	-51.8	-8	-8	-8	11.7	0	4.6	10	36	919.4	
2014/11/3 11:50	-52.4	-52.2	-51.9	-8	-8	-8	11.9	0	5.0	10	36	919.3	
2014/11/3 12:00	-52.4	-52.2	-52.0	-8	-8	-8	11.9	0	4.5	10	38	919.3	5.9
2014/11/3 12:10	-52.6	-52.3	-52.0	-8	-8	-8	12.1	0	3.9	10	42	919.1	
2014/11/3 12:20	-52.3	-52.1	-51.7	-8	-8	-8	12.4	0	4.2	10	38	918.9	
2014/11/3 12:30	-52.7	-52.1	-51.9	-8	-8	-8	11.4	0	4.4	8	43	919.0	
2014/11/3 12:40	-52.5	-52.2	-51.9	-8	-8	-8	12.0	0	4.5	10	39	918.8	
2014/11/3 12:50	-52.4	-52.1	-51.9	-8	-8	-8	11.8	0	4.3	10	38	918.9	
2014/11/3 13:00	-52.4	-52.1	-51.8	-8	-8	-8	11.7	0	3.9	9	37	918.9	5.9
2014/11/3 13:10	-52.4	-52.1	-51.9	-8	-8	-8	12.4	0	3.7	10	39	918.8	
2014/11/3 13:20	-52.3	-52.1	-51.9	-8	-8	-8	11.9	0	4.3	10	39	918.8	
2014/11/3 13:30	-52.3	-52.0	-51.8	-8	-8	-8	12.2	0	3.7	10	36	918.9	
2014/11/3 13:40	-52.7	-52.2	-52.0	-8	-8	-8	12.1	0	3.5	10	38	918.9	
2014/11/3 13:50	-52.7	-52.1	-51.8	-8	-8	-8	12.1	0	4.7	10	37	918.9	
2014/11/3 14:00	-52.4	-52.0	-51.8	-8	-8	-8	12.8	0	3.9	10	39	919.0	5.9
2014/11/3 14:10	-52.3	-52.1	-51.7	-8	-8	-8	12.4	0	4.4	10	34	919.1	
2014/11/3 14:20	-52.7	-52.0	-51.8	-8	-8	-8	12.2	0	4.2	10	40	919.3	
2014/11/3 14:30	-52.5	-52.1	-51.6	-8	-8	-8	11.6	0	4.6	9	45	919.5	
2014/11/3 14:40	-52.3	-52.0	-51.8	-8	-8	-8	11.6	0	4.4	9	44	919.7	
2014/11/3 14:50	-52.3	-51.9	-51.7	-8	-8	-7	11.7	0	4.6	10	39	919.8	
2014/11/3 15:00	-52.1	-51.9	-51.8	-8	-8	-8	11.0	0	4.2	9	42	919.9	6.1
2014/11/3 15:10	-52.0	-51.7	-51.5	-8	-8	-8	11.1	0	4.0	9	41	920.1	
2014/11/3 15:20	-52.1	-51.8	-51.5	-8	-8	-8	10.2	0	4.3	4	38	920.2	
2014/11/3 15:30	-51.9	-51.7	-51.3	-8	-8	-8	10.6	0	3.9	8	38	920.5	
2014/11/3 15:40	-51.9	-51.6	-51.3	-8	-8	-8	10.7	0	4.4	10	37	920.6	
2014/11/3 15:50	-51.7	-51.6	-51.4	-8	-8	-6	10.5	0	3.4	10	37	920.8	
2014/11/3 16:00	-51.7	-51.6	-51.4	-8	-8	-7	10.1	0	3.7	9	43	921.1	6.0
2014/11/3 16:10	-51.7	-51.6	-51.4	-8	-8	-8	9.7	0	4.6	10	43	921.3	
2014/11/3 16:20	-51.6	-51.5	-51.3	-8	-8	-8	9.2	0	4.2	10	46	921.6	
2014/11/3 16:30	-51.6	-51.5	-51.2	-8	-8	-8	8.7	0	3.2	10	48	921.7	
2014/11/3 16:40	-51.6	-51.3	-51.0	-8	-8	-8	8.1	0	3.8	2	49	921.8	
2014/11/3 16:50	-51.4	-51.3	-51.0	-8	-8	-8	7.4	0	2.0	0	50	921.9	
2014/11/3 17:00	-51.3	-51.2	-51.0	-8	-8	-8	7.4	0	2.9	0	49	922.1	6.0
2014/11/3 17:10	-51.4	-51.0	-50.9	-8	-8	-8	7.3	0	4.1	0	47	922.3	
2014/11/3 17:20	-51.2	-51.1	-50.9	-8	-8	-8	7.2	0	3.6	0	52	922.6	
2014/11/3 17:30	-51.1	-51.0	-50.8	-8	-8	-8	6.9	0	2.5	0	47	922.9	
2014/11/3 17:40	-51.1	-50.9	-50.7	-8	-8	-8	6.4	0	1.4	0	51	923.1	
2014/11/3 17:50	-51.0	-50.8	-50.6	-8	-8	-8	4.9	0	1.0	0	45	923.2	
2014/11/3 18:00	-50.9	-50.7	-50.6	-8	-8	-8	5.3	0	0.8	0	42	923.5	4.9
2014/11/3 18:10	-51.0	-50.7	-50.6	-8	-8	-8	5.0	0	1.3	0	44	923.6	
2014/11/3 18:20	-50.8	-50.6	-50.5	-8	-8	-8	4.5	0	1.9	0	44	923.7	
2014/11/3 18:30	-50.7	-50.7	-50.6	-8	-8	-8	4.5	0	1.3	0	47	923.7	
2014/11/3 18:40	-50.7	-50.6	-50.5	-8	-8	-8	4.5	0	0.6	0	44	923.9	
2014/11/3 18:50	-50.8	-50.7	-50.5	-8	-8	-8	5.5	0	1.1	0	44	924.1	
2014/11/3 19:00	-50.9	-50.8	-50.6	-8	-8	-8	4.9	0	1.1	0	43	924.2	4.8
2014/11/3 19:10	-50.8	-50.6	-50.4	-8	-8	-8	6.1	0	1.0	0	42	924.3	
2014/11/3 19:20	-51.0	-50.7	-50.6	-8	-8	-8	5.2	0	0.6	0	42	924.4	
2014/11/3 19:30	-50.7	-50.6	-50.5	-8	-8	-8	5.4	0	1.9	0	41	924.7	
2014/11/3 19:40	-50.7	-50.6	-50.5	-8	-8	-8	5.9	0	1.9	0	43	924.7	
2014/11/3 19:50	-50.7	-50.5	-50.3	-8	-8	-8	6.0	0	2.0	0	43	924.9	
2014/11/3 20:00	-50.6	-50.5	-50.4	-8	-8	-8	4.3	0	0.9	0	49	925.0	5.4
2014/11/3 20:10	-50.5	-50.4	-50.3	-8	-8	-8	3.7	0	1.5	0	46	925.3	
2014/11/3 20:20	-50.5	-50.4	-50.3	-8	-8	-8	4.0	0	1.0	0	46	925.5	
2014/11/3 20:30	-50.7	-50.4	-50.3	-8	-8	-8	2.9	0	0.5	0	46	925.6	
2014/11/3 20:40	-50.6	-50.4	-50.2	-8	-8	-8	2.9	0	1.5	0	48	925.6	
2014/11/3 20:50	-50.4	-50.3	-50.2	-8	-8	-8	3.8	0	1.4	0	46	925.5	
2014/11/3 21:00	-50.6	-50.3	-50.1	-8	-8	-8	4.2	0	2.0	0	49	925.7	5.2
2014/11/3 21:10	-50.5	-50.3	-50.1	-8	-8	-8	5.3	0	2.2	0	50	925.7	
2014/11/3 21:20	-50.5	-50.4	-50.3	-8	-8	-8	4.0	0	1.7	0	52	925.7	
2014/11/3 21:30	-50.5	-50.3	-50.1	-8	-8	-8	4.0	0	1.8	0	49	9	

表 2-1 測定データと気象データ (受信入力電力が大きい場合) 続き

日時	測定データ						気象データ						
	受信入力電力 [dBm]			BER			原村				霧防		
	最小値	中央値	最大値	最小値	中央値	最大値	気温 [°C]	降水量 [mm]	風速 [m/s]	日照時間 [時間]	相対湿度 [%]	現地気圧 [hPa]	蒸気圧 [hPa]
2014/11/3 23:00	-50.5	-50.3	-50.1	-8	-8	-8	5.3	0	2.2	0	64	926.4	5.9
2014/11/3 23:10	-50.4	-50.3	-50.2	-8	-8	-8	4.4	0	2.4	0	63	926.5	
2014/11/3 23:20	-50.4	-50.3	-50.1	-8	-8	-8	5.0	0	2.3	0	64	926.6	
2014/11/3 23:30	-50.4	-50.3	-50.1	-8	-8	-8	4.1	0	1.4	0	61	926.6	
2014/11/3 23:40	-50.4	-50.3	-50.2	-8	-8	-8	4.0	0	1.6	0	63	926.6	
2014/11/3 23:50	-50.4	-50.2	-50.1	-8	-8	-8	4.4	0	2.2	0	66	926.7	
2014/11/4 00:00	-50.3	-50.2	-50.1	-8	-8	-8	5.0	0	1.4	0	66	926.7	5.8
2014/11/4 00:10	-50.3	-50.2	-50.1	-8	-8	-8	3.0	0	0.9	0	66	926.8	
2014/11/4 00:20	-50.3	-50.2	-50.1	-8	-8	-8	3.1	0	2.2	0	65	926.9	
2014/11/4 00:30	-50.3	-50.2	-50.1	-8	-8	-8	3.2	0	1.6	0	67	927.1	
2014/11/4 00:40	-50.3	-50.2	-50.1	-8	-8	-8	2.8	0	2.0	0	66	927.1	
2014/11/4 00:50	-50.3	-50.1	-50.1	-8	-8	-8	2.5	0	1.8	0	65	927.3	
2014/11/4 01:00	-50.3	-50.2	-50.1	-8	-8	-8	2.1	0	1.7	0	69	927.4	5.8
2014/11/4 01:10	-50.2	-50.2	-50.1	-8	-8	-8	2.7	0	1.7	0	71	927.4	
2014/11/4 01:20	-50.2	-50.2	-50.1	-8	-8	-8	2.4	0	1.1	0	70	927.5	
2014/11/4 01:30	-50.2	-50.1	-50.1	-8	-8	-8	2.0	0	1.2	0	75	927.6	
2014/11/4 01:40	-50.4	-50.2	-50.1	-8	-8	-8	1.7	0	1.6	0	77	927.6	
2014/11/4 01:50	-50.2	-50.2	-50.1	-8	-8	-8	1.1	0	1.3	0	73	927.6	
2014/11/4 02:00	-50.2	-50.1	-50.1	-8	-8	-8	1.0	0	0.4	0	77	927.6	6.0
2014/11/4 02:10	-50.2	-50.1	-50.1	-8	-8	-8	0.8	0	1.5	0	77	927.7	
2014/11/4 02:20	-50.2	-50.1	-50.1	-8	-8	-8	0.5	0	0.5	0	77	927.6	
2014/11/4 02:30	-50.2	-50.1	-50.1	-8	-8	-8	1.0	0	0.9	0	74	927.7	
2014/11/4 02:40	-50.2	-50.1	-50.1	-8	-8	-8	0.4	0	1.4	0	76	927.7	
2014/11/4 02:50	-50.1	-50.1	-50.1	-8	-8	-8	1.9	0	1.9	0	78	927.8	
2014/11/4 03:00	-50.2	-50.1	-50.1	-8	-8	-8	2.2	0	1.9	0	79	927.9	6.0
2014/11/4 03:10	-50.2	-50.1	-50.1	-8	-8	-8	1.2	0	0.8	0	79	928.1	
2014/11/4 03:20	-50.2	-50.1	-50.0	-8	-8	-8	1.0	0	0.9	0	81	928.2	
2014/11/4 03:30	-50.1	-50.1	-50.1	-8	-8	-8	0.8	0	1.4	0	81	928.3	
2014/11/4 03:40	-50.1	-50.1	-50.0	-8	-8	-8	1.5	0	1.5	0	81	928.4	
2014/11/4 03:50	-50.1	-50.0	-50.0	-8	-8	-8	1.8	0	1.6	0	78	928.5	
2014/11/4 04:00	-50.1	-50.0	-50.0	-8	-8	-8	0.7	0	1.0	0	81	928.7	6.0
2014/11/4 04:10	-50.1	-50.0	-49.9	-8	-8	-8	0.3	0	1.2	0	81	928.9	
2014/11/4 04:20	-50.1	-50.0	-50.0	-8	-8	-8	0.0	0	0.8	0	82	929.0	
2014/11/4 04:30	-50.1	-50.0	-50.0	-8	-8	-8	-0.4	0	1.2	0	81	929.1	
2014/11/4 04:40	-50.1	-50.1	-50.0	-8	-8	-8	0.1	0	1.4	0	82	929.2	
2014/11/4 04:50	-50.1	-50.0	-50.0	-8	-8	-8	-0.7	0	0.5	0	83	929.2	
2014/11/4 05:00	-50.1	-50.0	-50.0	-8	-8	-8	-0.7	0	0.4	0	83	929.4	6.0
2014/11/4 05:10	-50.1	-50.1	-50.0	-8	-8	-8	-0.3	0	0.7	0	82	929.4	
2014/11/4 05:20	-50.1	-50.1	-50.0	-8	-8	-8	-0.7	0	1.0	0	83	929.4	
2014/11/4 05:30	-50.1	-50.0	-49.9	-8	-8	-8	-0.9	0	0.5	0	84	929.5	
2014/11/4 05:40	-50.1	-50.0	-49.8	-8	-8	-8	-1.0	0	0.9	0	84	929.7	
2014/11/4 05:50	-50.0	-49.9	-49.8	-8	-8	-8	-0.9	0	1.1	0	84	929.8	
2014/11/4 06:00	-50.0	-49.9	-49.8	-8	-8	-8	-0.7	0	1.6	0	85	929.9	6.2
2014/11/4 06:10	-50.0	-49.9	-49.9	-8	-8	-8	-1.0	0	0.9	0	84	930.0	
2014/11/4 06:20	-50.0	-49.9	-49.9	-8	-8	-8	-1.2	0	0.9	0	85	930.0	
2014/11/4 06:30	-50.0	-49.9	-49.8	-8	-8	-8	-1.0	0	1.0	0	84	930.2	
2014/11/4 06:40	-50.0	-49.9	-49.8	-8	-8	-8	0.3	0	1.1	0	86	930.5	
2014/11/4 06:50	-50.0	-49.9	-49.8	-8	-8	-8	0.4	0	1.0	9	86	930.7	
2014/11/4 07:00	-50.0	-49.9	-49.8	-8	-8	-8	1.1	0	1.0	1	85	930.9	6.0
2014/11/4 07:10	-50.0	-50.0	-49.9	-8	-8	-8	1.7	0	1.3	8	84	931.1	
2014/11/4 07:20	-50.2	-50.1	-50.0	-8	-8	-8	2.1	0	1.1	10	82	931.4	
2014/11/4 07:30	-50.4	-50.2	-50.1	-8	-8	-8	2.4	0	1.0	10	80	931.6	
2014/11/4 07:40	-50.6	-50.4	-50.3	-8	-8	-8	2.5	0	1.5	10	79	931.8	
2014/11/4 07:50	-50.7	-50.5	-50.4	-8	-8	-8	2.8	0	1.1	10	78	931.9	
2014/11/4 08:00	-50.8	-50.7	-50.6	-8	-8	-8	2.9	0	1.2	10	77	932.2	6.6
2014/11/4 08:10	-50.8	-50.7	-50.6	-8	-8	-8	3.5	0	1.3	10	78	932.2	
2014/11/4 08:20	-50.9	-50.8	-50.6	-8	-8	-8	3.8	0	1.5	10	75	932.3	
2014/11/4 08:30	-51.1	-51.0	-50.8	-8	-8	-8	4.3	0	1.8	10	73	932.4	
2014/11/4 08:40	-51.3	-51.1	-51.0	-8	-8	-8	4.8	0	2.2	10	72	932.6	
2014/11/4 08:50	-51.4	-51.3	-51.1	-8	-8	-8	5.1	0	2.2	10	69	932.5	
2014/11/4 09:00	-51.5	-51.3	-51.1	-8	-8	-8	5.2	0	1.6	10	69	932.6	6.9
2014/11/4 09:10	-51.6	-51.4	-51.3	-8	-8	-8	6.2	0	2.5	10	70	932.6	
2014/11/4 09:20	-51.7	-51.5	-51.4	-8	-8	-8	6.1	0	2.6	10	71	932.6	
2014/11/4 09:30	-51.7	-51.5	-51.4	-8	-8	-8	6.4	0	3.1	10	69	932.7	
2014/11/4 09:40	-51.7	-51.6	-51.5	-8	-8	-8	6.8	0	3.2	10	68	932.6	
2014/11/4 09:50	-51.9	-51.7	-51.6	-8	-8	-8	7.1	0	3.3	10	65	932.6	
2014/11/4 10:00	-52.0	-51.8	-51.6	-8	-8	-8	7.2	0	3.1	10	63	932.6	7.1
2014/11/4 10:10	-51.9	-51.8	-51.6	-8	-8	-8	7.7	0	2.4	10	61	932.5	
2014/11/4 10:20	-52.0	-51.8	-51.7	-8	-8	-8	7.9	0	2.7	10	60	932.6	
2014/11/4 10:30	-52.1	-51.9	-51.6	-8	-8	-8	7.8	0	2.5	10	58	932.5	
2014/11/4 10:40	-52.2	-52.0	-51.9	-8	-8	-8	8.6	0	2.7	10	57	932.6	
2014/11/4 10:50	-52.3	-52.0	-51.8	-8	-8	-8	8.0	0	2.1	10	57	932.6	
2014/11/4 11:00	-52.2	-52.0	-51.9	-8	-8	-8	9.0	0	1.9	10	57	932.6	7.0
2014/11/4 11:10	-52.2	-52.0	-51.7	-8	-8	-8	8.9	0	2.1	10	56	932.4	
2014/11/4 11:20	-52.4	-52.1	-52.0	-8	-8	-8	9.0	0	1.8	10	54	932.3	
2014/11/4 11:30	-52.3	-52.2	-51.9	-8	-8	-8	9.2	0	2.3	10	52	932.2	
2014/11/4 11:40	-52.4	-52.1	-51.8	-8	-8	-8	9.9	0	2.4	10	53	932.2	
2014/11/4 11:50	-52.4	-52.2	-51.9	-8	-8	-8	9.9	0	2.7	10	54	932.0	
2014/11/4 12:00	-52.4	-52.1	-51.9	-8	-8	-8	9.2	0	3.0	10	51	931.9	6.6
2014/11/4 12:10	-52.3	-52.1	-51.9	-8	-8	-8	10.1	0	2.6	10	52	931.7	
2014/11/4 12:20	-52.3	-52.0	-51.8	-8	-8	-8	10.5	0	2.7	10	53	931.5	
2014/11/4 12:30	-52.3	-52.0	-51.7	-8	-8	-8	10.2	0	2.7	10	53	931.4	
2014/11/4 12:40	-52.3	-52.1	-51.8	-8	-8	-8	10.5	0	2.8	10	50	931.4	
2014/11/4 12:50	-52.2	-52.1	-51.9	-8	-8	-8	10.5	0	2.8	10	53	931.4	
2014/11/4 13:00	-52.3	-52.0	-51.8	-8	-8	-8	11.2	0	2.8	10	54	931.4	7.4
2014/11/4 13:10	-52.1	-52.0	-51.8	-8	-8	-8	11.1	0	3.1	10	52	931.3	
2014/11/4 13:20	-52.1	-52.0	-51.8	-8	-8	-8	11.5	0	2.5	10	53	931.3	
2014/11/4 13:30	-52.1	-51.9	-51.8	-8	-8	-8	11.2	0	2.4	10	51	931.4	
2014/11/4 13:40	-52.0	-51.9	-51.8	-8	-8	-8	11.7	0	2.0	10	50	931.2	
2014/11/4 13:50	-52.0	-51.9	-51.8	-8	-8	-8	12.1	0	2.4	10	49	931.2	
2014/11/4 14:00	-52.1	-51.9	-51.7	-8	-8	-8	11.9	0	2.2	10	51	931.1	7.0
2014/11/4 14:10	-52.1	-52.0	-51.7	-8	-8	-8	11.9	0	2.9	10	50	931.0	
2014/11/4 14:20	-52.1	-51.9	-51.8	-8	-8	-8	11.7	0	3.5	10	50	931.0	
2014/11/4 14:30	-52.1	-51.9	-51.7	-8	-8	-8	11.4	0	3.7	10	53	931.1	
2014/11/4 14:40	-52.0	-51.9	-51.7	-8	-8	-8	11.3	0	3.4	10	55	931.0	
2014/11/4 14:50	-52.1	-51.8	-51.6	-8	-8	-8	11.3	0	3.0	10	54	931.0	

表 2-1 測定データと気象データ (受信入力電力が大きい場合) 続き

日時	測定データ						気象データ						
	受信入力電力 [dBm]			BER			原村				霧防		
	最小値	中央値	最大値	最小値	中央値	最大値	気温 [°C]	降水量 [mm]	風速 [m/s]	日照時間 [時間]	相対湿度 [%]	現地気圧 [hPa]	蒸気圧 [hPa]
2014/11/4 15:00	-51.9	-51.8	-51.6	-8	-8	-8	11.2	0	3.0	10	57	931.0	7.9
2014/11/4 15:10	-51.9	-51.7	-51.5	-8	-8	-8	11.0	0	3.8	10	56	931.0	
2014/11/4 15:20	-51.9	-51.8	-51.6	-8	-8	-8	10.9	0	2.8	10	56	931.1	
2014/11/4 15:30	-52.0	-51.8	-51.5	-8	-8	-8	11.0	0	3.0	10	56	931.1	
2014/11/4 15:40	-51.9	-51.6	-51.5	-8	-8	-8	10.7	0	2.5	10	56	931.2	
2014/11/4 15:50	-51.8	-51.6	-51.4	-8	-8	-8	10.2	0	3.2	10	55	931.2	
2014/11/4 16:00	-51.8	-51.8	-51.5	-8	-8	-8	10.1	0	2.6	10	56	931.3	7.7
2014/11/4 16:10	-51.7	-51.6	-51.4	-8	-8	-8	9.8	0	3.0	10	56	931.6	
2014/11/4 16:20	-51.8	-51.5	-51.4	-8	-8	-8	9.5	0	2.0	10	57	931.7	
2014/11/4 16:30	-51.6	-51.5	-51.4	-8	-8	-8	9.3	0	1.8	10	55	931.8	
2014/11/4 16:40	-51.5	-51.3	-51.2	-8	-8	-8	8.6	0	1.2	1	56	932.0	
2014/11/4 16:50	-51.3	-51.2	-51.1	-8	-8	-8	7.7	0	0.6	0	58	932.1	
2014/11/4 17:00	-51.3	-51.2	-51.1	-8	-8	-8	8.1	0	1.2	0	59	932.2	7.6
2014/11/4 17:10	-51.4	-51.2	-51.1	-8	-8	-8	7.8	0	1.7	0	59	932.4	
2014/11/4 17:20	-51.3	-51.2	-51.1	-8	-8	-8	7.1	0	0.9	0	60	932.4	
2014/11/4 17:30	-51.2	-51.1	-51.0	-8	-8	-8	6.5	0	0.7	0	60	932.7	
2014/11/4 17:40	-51.2	-51.0	-50.9	-8	-8	-8	5.4	0	0.5	0	60	932.9	
2014/11/4 17:50	-51.1	-51.0	-50.9	-8	-8	-8	5.0	0	0.6	0	61	933.0	
2014/11/4 18:00	-51.0	-50.9	-50.8	-8	-8	-8	4.4	0	0.9	0	62	933.0	7.4
2014/11/4 18:10	-51.1	-50.9	-50.8	-8	-8	-8	4.3	0	1.0	0	62	933.2	
2014/11/4 18:20	-50.9	-50.9	-50.8	-8	-8	-8	4.2	0	1.1	0	62	933.3	
2014/11/4 18:30	-51.0	-50.9	-50.7	-8	-8	-8	4.1	0	1.2	0	64	933.6	
2014/11/4 18:40	-50.9	-50.8	-50.7	-8	-8	-8	3.9	0	1.3	0	66	933.5	
2014/11/4 18:50	-51.0	-50.8	-50.7	-8	-8	-8	3.8	0	1.2	0	67	933.6	
2014/11/4 19:00	-51.0	-50.8	-50.7	-8	-8	-8	3.5	0	0.9	0	68	933.7	7.4
2014/11/4 19:10	-50.8	-50.7	-50.7	-8	-8	-8	3.5	0	1.0	0	69	933.9	
2014/11/4 19:20	-50.8	-50.7	-50.6	-8	-8	-8	3.1	0	1.0	0	71	933.9	
2014/11/4 19:30	-50.8	-50.7	-50.6	-8	-8	-8	3.2	0	1.3	0	71	934.0	
2014/11/4 19:40	-50.8	-50.6	-50.6	-8	-8	-8	3.3	0	1.1	0	73	934.1	
2014/11/4 19:50	-50.7	-50.6	-50.6	-8	-8	-8	2.7	0	1.4	0	74	934.2	
2014/11/4 20:00	-50.6	-50.6	-50.5	-8	-8	-8	2.8	0	1.4	0	76	934.4	7.6
2014/11/4 20:10	-50.6	-50.6	-50.5	-8	-8	-8	3.0	0	1.2	0	76	934.5	
2014/11/4 20:20	-50.6	-50.6	-50.5	-8	-8	-8	3.6	0	1.0	0	78	934.4	
2014/11/4 20:30	-50.7	-50.6	-50.5	-8	-8	-8	4.1	0	0.4	0	76	934.4	
2014/11/4 20:40	-50.7	-50.6	-50.6	-8	-8	-8	4.3	0	1.1	0	79	934.6	
2014/11/4 20:50	-50.7	-50.6	-50.5	-8	-8	-8	4.5	0	1.0	0	80	934.8	
2014/11/4 21:00	-50.7	-50.6	-50.6	-8	-8	-8	4.5	0	0.8	0	81	934.8	7.6
2014/11/4 21:10	-50.6	-50.6	-50.5	-8	-8	-8	4.4	0	0.7	0	81	934.8	
2014/11/4 21:20	-50.6	-50.6	-50.5	-8	-8	-8	4.2	0	1.0	0	82	935.0	
2014/11/4 21:30	-50.6	-50.6	-50.5	-8	-8	-8	3.6	0	1.0	0	83	935.2	
2014/11/4 21:40	-50.6	-50.5	-50.5	-8	-8	-8	3.6	0	1.0	0	84	935.1	
2014/11/4 21:50	-50.6	-50.5	-50.5	-8	-8	-8	3.5	0	1.1	0	84	935.2	
2014/11/4 22:00	-50.5	-50.5	-50.5	-8	-8	-8	3.1	0	1.0	0	82	935.2	7.4
2014/11/4 22:10	-50.5	-50.5	-50.4	-8	-8	-8	2.9	0	0.9	0	83	935.1	
2014/11/4 22:20	-50.6	-50.5	-50.4	-8	-8	-8	2.6	0	1.2	0	83	935.1	
2014/11/4 22:30	-50.5	-50.5	-50.4	-8	-8	-8	2.6	0	1.9	0	84	934.9	
2014/11/4 22:40	-50.5	-50.5	-50.4	-8	-8	-8	2.4	0	1.8	0	84	935.1	
2014/11/4 22:50	-50.5	-50.5	-50.4	-8	-8	-8	2.3	0	1.4	0	85	935.0	
2014/11/4 23:00	-50.5	-50.5	-50.4	-8	-8	-8	2.4	0	1.7	0	84	935.1	7.3
2014/11/4 23:10	-50.5	-50.4	-50.4	-8	-8	-8	2.6	0	1.0	0	85	935.1	
2014/11/4 23:20	-50.5	-50.4	-50.4	-8	-8	-8	1.9	0	0.5	0	86	935.1	
2014/11/4 23:30	-50.5	-50.4	-50.4	-8	-8	-8	1.8	0	0.9	0	86	935.1	
2014/11/4 23:40	-50.4	-50.4	-50.4	-8	-8	-8	2.1	0	1.2	0	87	935.1	
2014/11/4 23:50	-50.5	-50.4	-50.4	-8	-8	-8	2.3	0	1.3	0	87	935.1	
2014/11/5 00:00	-50.5	-50.4	-50.4	-8	-8	-8	2.5	0	0.6	0	86	935.1	7.4

表 2-2 測定データと気象データ (受信入力電力が小さい場合)

日時	測定データ						気象データ						
	受信入力電力 [dBm]			BER			原村				麗紡		
	最小値	中央値	最大値	最小値	中央値	最大値	気温 [°C]	降水量 [mm]	風速 [m/s]	日照時間 [時間]	相対湿度 [%]	現地気圧 [hPa]	蒸気圧 [hPa]
2014/11/7 00:00	-81.9	-81.6	-81.3	-8	-8	-8	7.6	0	3.1	0	87	925.6	10.8
2014/11/7 00:10	-81.8	-81.5	-81.3	-8	-8	-8	7.6	0	2.7	0	86	925.7	
2014/11/7 00:20	-81.8	-81.6	-81.4	-8	-8	-8	7.7	0	2.6	0	86	925.8	
2014/11/7 00:30	-81.8	-81.6	-81.4	-8	-8	-8	7.7	0	2.1	0	86	925.8	
2014/11/7 00:40	-81.9	-81.6	-81.4	-8	-8	-8	7.6	0	1.9	0	87	926.0	
2014/11/7 00:50	-82.0	-81.7	-81.4	-8	-8	-8	7.5	0	2.2	0	85	925.9	
2014/11/7 01:00	-82.3	-81.7	-81.5	-8	-8	-8	7.2	0	2.1	0	86	926.0	10.5
2014/11/7 01:10	-81.9	-81.7	-81.5	-8	-8	-8	6.8	0	1.8	0	85	926.0	
2014/11/7 01:20	-81.8	-81.6	-81.4	-8	-8	-8	6.5	0	1.8	0	85	926.2	
2014/11/7 01:30	-81.7	-81.6	-81.4	-8	-8	-8	6.4	0	2.0	0	86	926.2	
2014/11/7 01:40	-81.9	-81.6	-81.4	-8	-8	-8	6.4	0	2.1	0	86	926.2	
2014/11/7 01:50	-81.8	-81.6	-81.3	-8	-8	-8	6.3	0	2.0	0	87	926.2	
2014/11/7 02:00	-81.8	-81.5	-81.3	-8	-8	-8	6.2	0	1.8	0	85	926.2	9.9
2014/11/7 02:10	-81.8	-81.5	-81.3	-8	-8	-8	6.1	0	1.2	0	87	926.4	
2014/11/7 02:20	-81.7	-81.5	-81.2	-8	-8	-8	6.1	0	1.4	0	87	926.3	
2014/11/7 02:30	-81.7	-81.5	-81.3	-8	-8	-8	6.3	0	1.9	0	88	926.5	
2014/11/7 02:40	-81.8	-81.4	-81.2	-8	-8	-8	6.2	0	2.5	0	87	926.5	
2014/11/7 02:50	-81.6	-81.4	-81.1	-8	-8	-8	6.0	0	1.6	0	87	926.6	
2014/11/7 03:00	-81.6	-81.3	-81.2	-8	-8	-8	5.8	0	1.5	0	88	926.5	9.6
2014/11/7 03:10	-81.6	-81.3	-81.1	-8	-8	-8	5.9	0	1.6	0	89	926.8	
2014/11/7 03:20	-81.6	-81.3	-81.1	-8	-8	-8	6.1	0	2.2	0	87	926.9	
2014/11/7 03:30	-82.1	-81.4	-81.0	-8	-8	-8	5.9	0	2.3	0	87	927.0	
2014/11/7 03:40	-82.1	-81.3	-80.8	-8	-8	-8	5.9	0	2.5	0	87	927.1	
2014/11/7 03:50	-82.1	-81.3	-80.9	-8	-8	-8	5.5	0	1.3	0	89	927.4	
2014/11/7 04:00	-81.4	-81.1	-80.9	-8	-8	-8	5.2	0	0.7	0	88	927.4	9.3
2014/11/7 04:10	-81.6	-81.1	-80.9	-8	-8	-8	5.3	0	1.0	0	88	927.6	
2014/11/7 04:20	-81.5	-81.1	-80.8	-8	-8	-8	5.3	0	1.1	0	87	927.6	
2014/11/7 04:30	-81.4	-81.1	-80.9	-8	-8	-8	5.2	0	1.1	0	87	927.7	
2014/11/7 04:40	-81.2	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	5.0	0	0.3	0	87	927.9	
2014/11/7 04:50	-81.3	-81.0	-80.8	-8	-8	-8	4.9	0	0.6	0	88	928.2	
2014/11/7 05:00	-81.3	-81.0	-80.8	-8	-8	-8	5.0	0	0.9	0	90	928.2	9.0
2014/11/7 05:10	-81.4	-81.0	-80.7	-8	-8	-8	4.8	0	0.9	0	92	928.3	
2014/11/7 05:20	-81.5	-81.0	-80.7	-8	-8	-8	4.8	0	1.1	0	88	928.5	
2014/11/7 05:30	-81.3	-80.9	-80.6	-8	-8	-8	4.8	0	1.0	0	87	928.7	
2014/11/7 05:40	-81.4	-81.0	-80.7	-8	-8	-8	4.6	0	0.6	0	87	929.0	
2014/11/7 05:50	-81.7	-81.0	-80.7	-8	-8	-7	4.8	0	0.9	0	87	929.1	
2014/11/7 06:00	-81.7	-81.0	-80.7	-8	-8	-8	5.0	0	1.1	0	86	929.3	9.0
2014/11/7 06:10	-81.3	-81.0	-80.8	-8	-8	-8	5.4	0	1.3	0	86	929.5	
2014/11/7 06:20	-81.6	-81.0	-80.7	-8	-8	-8	5.3	0	1.5	0	85	929.5	
2014/11/7 06:30	-81.7	-81.1	-80.7	-8	-8	-8	5.4	0	1.6	0	86	929.5	
2014/11/7 06:40	-81.6	-81.0	-80.1	-8	-8	-3	5.5	0	1.3	0	84	929.7	
2014/11/7 06:50	-81.8	-81.0	-80.5	-8	-8	-8	5.5	0	1.2	0	87	929.8	
2014/11/7 07:00	-81.3	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	5.6	0	0.9	0	86	930.0	9.0
2014/11/7 07:10	-81.2	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	5.6	0	1.3	0	85	930.2	
2014/11/7 07:20	-81.2	-81.1	-80.9	-8	-8	-8	5.7	0	1.4	0	86	930.2	
2014/11/7 07:30	-81.4	-81.2	-80.9	-8	-8	-8	5.8	0	0.9	0	85	930.2	
2014/11/7 07:40	-81.5	-81.2	-81.0	-8	-8	-8	5.9	0	0.7	0	84	930.6	
2014/11/7 07:50	-81.5	-81.3	-81.0	-8	-8	-8	6.0	0	1.7	0	81	930.8	
2014/11/7 08:00	-81.7	-81.5	-81.3	-8	-8	-8	6.0	0	1.4	0	78	930.9	8.8
2014/11/7 08:10	-81.8	-81.5	-81.3	-8	-8	-8	6.4	0	1.6	7	79	930.8	
2014/11/7 08:20	-81.8	-81.6	-81.5	-8	-8	-8	6.7	0	1.8	10	78	931.0	
2014/11/7 08:30	-82.1	-81.8	-81.6	-8	-8	-8	7.2	0	1.8	10	76	931.1	
2014/11/7 08:40	-82.3	-82.0	-81.8	-8	-8	-7	7.8	0	2.1	10	76	931.2	
2014/11/7 08:50	-82.4	-82.1	-81.9	-8	-8	-8	8.0	0	2.3	10	73	931.1	
2014/11/7 09:00	-82.6	-82.3	-82.0	-8	-8	-5	8.3	0	2.1	10	73	931.2	9.0
2014/11/7 09:10	-82.7	-82.4	-82.2	-8	-8	-8	8.9	0	2.3	10	74	931.4	
2014/11/7 09:20	-82.8	-82.6	-82.3	-8	-8	-8	8.5	0	3.2	9	73	931.4	
2014/11/7 09:30	-82.8	-82.6	-82.3	-8	-8	-7	8.6	0	3.0	9	73	931.6	
2014/11/7 09:40	-82.9	-82.6	-82.4	-8	-8	-8	9.7	0	2.4	8	70	931.5	
2014/11/7 09:50	-83.0	-82.7	-82.5	-8	-8	-8	9.3	0	3.0	10	70	931.6	
2014/11/7 10:00	-83.0	-82.8	-82.5	-8	-8	-8	10.1	0	2.6	10	67	931.6	9.1
2014/11/7 10:10	-82.9	-82.7	-82.4	-8	-8	-7	9.6	0	2.7	7	72	931.7	
2014/11/7 10:20	-83.1	-82.7	-82.4	-8	-8	-7	9.7	0	2.5	3	68	931.9	
2014/11/7 10:30	-83.3	-82.8	-82.5	-8	-8	-7	9.8	0	2.8	3	65	931.7	
2014/11/7 10:40	-83.5	-82.8	-82.5	-8	-8	-8	9.8	0	2.6	5	63	931.8	
2014/11/7 10:50	-83.6	-82.9	-82.5	-8	-8	-7	9.8	0	2.7	1	61	932.0	
2014/11/7 11:00	-83.7	-82.9	-82.5	-8	-8	-6	10.0	0	2.9	1	57	932.0	8.2
2014/11/7 11:10	-83.8	-82.9	-82.2	-8	-8	-8	10.9	0	2.8	6	53	932.1	
2014/11/7 11:20	-83.5	-82.9	-82.3	-8	-8	-8	10.8	0	4.1	9	54	931.9	
2014/11/7 11:30	-83.7	-82.9	-82.4	-8	-8	-7	11.1	0	5.0	10	52	931.9	
2014/11/7 11:40	-83.5	-83.0	-82.5	-8	-8	-8	11.3	0	4.2	10	55	931.9	
2014/11/7 11:50	-83.6	-83.2	-82.8	-8	-8	-8	11.5	0	4.2	10	52	931.8	
2014/11/7 12:00	-84.0	-83.4	-82.8	-8	-8	-8	11.7	0	3.7	10	51	931.6	7.6
2014/11/7 12:10	-83.7	-83.4	-82.9	-8	-8	-8	11.6	0	3.0	10	52	931.4	
2014/11/7 12:20	-83.6	-83.2	-82.8	-8	-8	-8	11.9	0	3.0	10	46	931.2	
2014/11/7 12:30	-83.8	-83.3	-82.8	-8	-8	-7	12.6	0	2.4	10	49	931.2	
2014/11/7 12:40	-83.6	-83.2	-82.8	-8	-8	-8	12.2	0	2.5	10	53	931.1	
2014/11/7 12:50	-83.7	-83.2	-82.8	-8	-8	-7	13.0	0	2.4	10	49	930.9	
2014/11/7 13:00	-83.7	-83.2	-82.8	-8	-8	-8	12.6	0	2.5	10	50	930.9	7.7
2014/11/7 13:10	-83.5	-83.2	-82.8	-8	-8	-7	13.1	0	3.1	10	48	930.8	
2014/11/7 13:20	-83.6	-83.2	-82.8	-8	-8	-8	12.5	0	3.3	10	48	930.9	
2014/11/7 13:30	-83.7	-83.2	-82.8	-8	-8	-8	13.0	0	3.8	10	48	930.9	
2014/11/7 13:40	-84.0	-83.2	-82.8	-8	-8	-8	12.9	0	3.4	1			

表 2-2 測定データと気象データ (受信入力電力が小さい場合) 続き

日時	測定データ						気象データ						
	受信入力電力 [dBm]			BER			原村				麗紡		
	最小値	中央値	最大値	最小値	中央値	最大値	気温 [°C]	降水量 [mm]	風速 [m/s]	日照時間 [時間]	相対湿度 [%]	現地気圧 [hPa]	蒸気圧 [hPa]
2014/11/7 16:00	-83.0	-82.7	-82.5	-8	-8	-8	10.0	0	3.1	10	62	932.2	8.2
2014/11/7 16:10	-82.9	-82.6	-82.4	-8	-8	-7	9.5	0	3.0	10	65	932.3	
2014/11/7 16:20	-82.9	-82.6	-82.3	-8	-8	-7	8.9	0	2.7	10	63	932.5	
2014/11/7 16:30	-82.8	-82.5	-82.1	-8	-8	-8	8.3	0	2.2	5	65	932.6	
2014/11/7 16:40	-82.6	-82.3	-82.1	-8	-8	-8	7.9	0	2.0	0	67	932.9	
2014/11/7 16:50	-82.6	-82.3	-82.0	-8	-8	-8	7.6	0	2.9	0	69	933.2	
2014/11/7 17:00	-82.6	-82.3	-82.0	-8	-8	-8	7.5	0	3.0	0	68	933.3	8.2
2014/11/7 17:10	-82.4	-82.2	-81.9	-8	-8	-8	7.2	0	2.6	0	69	933.5	
2014/11/7 17:20	-82.3	-82.1	-81.8	-8	-8	-7	7.0	0	2.5	0	71	933.6	
2014/11/7 17:30	-82.3	-82.1	-81.8	-8	-8	-7	6.6	0	1.7	0	72	933.8	
2014/11/7 17:40	-82.2	-82.0	-81.8	-8	-8	-8	6.2	0	1.8	0	73	934.0	
2014/11/7 17:50	-82.4	-81.9	-81.7	-8	-8	-7	6.1	0	2.0	0	74	934.4	
2014/11/7 18:00	-82.5	-82.0	-81.7	-8	-8	-7	6.0	0	2.3	0	75	934.7	8.2
2014/11/7 18:10	-82.8	-82.0	-81.7	-8	-8	-8	5.8	0	2.1	0	74	935.0	
2014/11/7 18:20	-82.1	-81.9	-81.7	-8	-8	-6	5.4	0	2.0	0	73	935.1	
2014/11/7 18:30	-82.4	-81.8	-81.6	-8	-8	-6	5.1	0	1.3	0	73	935.1	
2014/11/7 18:40	-82.0	-81.8	-81.4	-8	-8	-8	5.0	0	1.6	0	75	935.3	
2014/11/7 18:50	-82.2	-81.7	-81.3	-8	-8	-8	4.8	0	1.9	0	76	935.4	
2014/11/7 19:00	-82.2	-81.7	-81.3	-8	-8	-8	4.5	0	2.2	0	76	935.7	7.8
2014/11/7 19:10	-82.5	-81.8	-81.3	-8	-8	-8	4.5	0	2.6	0	76	935.8	
2014/11/7 19:20	-82.1	-81.7	-81.3	-8	-8	-6	4.3	0	1.8	0	76	936.0	
2014/11/7 19:30	-82.1	-81.5	-81.2	-8	-8	-6	4.0	0	1.2	0	77	936.0	
2014/11/7 19:40	-82.0	-81.5	-81.2	-8	-8	-6	3.6	0	1.2	0	79	936.1	
2014/11/7 19:50	-82.2	-81.5	-81.3	-8	-8	-8	3.0	0	0.6	0	78	936.2	
2014/11/7 20:00	-81.6	-81.4	-81.2	-8	-8	-7	2.8	0	0.5	0	79	936.2	7.8
2014/11/7 20:10	-81.8	-81.4	-81.2	-8	-8	-7	2.5	0	0.2	0	80	936.3	
2014/11/7 20:20	-81.5	-81.3	-81.2	-8	-8	-8	2.1	0	0.1	0	80	936.4	
2014/11/7 20:30	-81.5	-81.4	-81.3	-8	-8	-8	1.9	0	0.6	0	80	936.6	
2014/11/7 20:40	-81.5	-81.3	-81.1	-8	-8	-7	2.7	0	0.6	0	80	936.8	
2014/11/7 20:50	-81.4	-81.3	-81.2	-8	-8	-8	3.1	0	1.4	0	80	937.0	
2014/11/7 21:00	-81.5	-81.3	-81.1	-8	-8	-8	3.0	0	1.2	0	81	937.1	7.8
2014/11/7 21:10	-81.5	-81.3	-81.1	-8	-8	-7	2.1	0	0.8	0	80	937.2	
2014/11/7 21:20	-81.7	-81.3	-81.1	-8	-8	-8	2.1	0	0.5	0	81	937.2	
2014/11/7 21:30	-81.6	-81.3	-81.1	-8	-8	-8	1.8	0	0.9	0	83	937.2	
2014/11/7 21:40	-81.3	-81.2	-81.0	-8	-8	-8	1.8	0	0.9	0	83	937.2	
2014/11/7 21:50	-81.3	-81.1	-81.0	-8	-8	-8	1.6	0	0.6	0	82	937.3	
2014/11/7 22:00	-81.3	-81.1	-81.0	-8	-8	-8	1.7	0	0.8	0	82	937.6	7.5
2014/11/7 22:10	-81.3	-81.1	-81.0	-8	-8	-8	1.0	0	0.8	0	82	937.6	
2014/11/7 22:20	-81.2	-81.1	-81.0	-8	-8	-8	1.2	0	1.1	0	83	937.6	
2014/11/7 22:30	-81.2	-81.1	-80.9	-8	-8	-8	1.1	0	1.4	0	84	937.8	
2014/11/7 22:40	-81.2	-81.1	-81.0	-8	-8	-8	1.6	0	1.5	0	83	937.7	
2014/11/7 22:50	-81.2	-81.1	-81.0	-8	-8	-8	1.9	0	1.5	0	83	937.7	
2014/11/7 23:00	-81.2	-81.1	-81.0	-8	-8	-8	2.1	0	1.2	0	83	937.8	7.5
2014/11/7 23:10	-81.2	-81.1	-81.0	-8	-8	-7	1.7	0	0.9	0	85	938.0	
2014/11/7 23:20	-81.3	-81.1	-81.0	-8	-8	-7	2.1	0	0.7	0	85	937.9	
2014/11/7 23:30	-81.3	-81.1	-81.0	-8	-8	-8	2.1	0	0.8	0	85	938.0	
2014/11/7 23:40	-81.2	-81.1	-81.0	-8	-8	-8	2.0	0	0.9	0	85	938.1	
2014/11/7 23:50	-81.2	-81.1	-81.0	-8	-8	-8	1.7	0	0.8	0	85	938.2	
2014/11/8 00:00	-81.2	-81.0	-81.0	-8	-8	-8	1.8	0	1.4	0	83	938.2	7.6
2014/11/8 00:10	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	1.9	0	1.1	0	83	938.1	
2014/11/8 00:20	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	2.0	0	1.0	0	83	938.3	
2014/11/8 00:30	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	1.9	0	1.0	0	82	938.4	
2014/11/8 00:40	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	1.6	0	0.9	0	84	938.6	
2014/11/8 00:50	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	1.0	0	1.1	0	84	938.6	
2014/11/8 01:00	-81.0	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	1.1	0	0.9	0	84	938.6	7.5
2014/11/8 01:10	-81.0	-81.0	-80.8	-8	-8	-8	1.1	0	1.2	0	84	938.6	
2014/11/8 01:20	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-7	1.1	0	1.2	0	83	938.7	
2014/11/8 01:30	-81.0	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	1.7	0	1.0	0	83	938.8	
2014/11/8 01:40	-81.0	-80.9	-80.8	-8	-8	-8	1.4	0	1.3	0	83	938.8	
2014/11/8 01:50	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	1.0	0	1.1	0	83	938.8	
2014/11/8 02:00	-81.0	-80.9	-80.8	-8	-8	-8	1.1	0	1.2	0	84	938.8	7.5
2014/11/8 02:10	-81.0	-80.9	-80.8	-8	-8	-8	0.8	0	1.4	0	84	938.8	
2014/11/8 02:20	-81.1	-80.9	-80.8	-8	-8	-7	1.3	0	1.5	0	84	938.6	
2014/11/8 02:30	-81.1	-80.9	-80.8	-8	-8	-8	1.1	0	1.0	0	84	938.5	
2014/11/8 02:40	-81.0	-80.9	-80.8	-8	-8	-8	0.9	0	0.8	0	85	938.6	
2014/11/8 02:50	-81.1	-80.9	-80.8	-8	-8	-8	0.5	0	0.6	0	87	938.3	
2014/11/8 03:00	-81.0	-80.9	-80.8	-8	-8	-8	0.3	0	0.8	0	88	938.4	7.3
2014/11/8 03:10	-81.0	-80.9	-80.8	-8	-8	-8	0.4	0	1.0	0	88	938.4	
2014/11/8 03:20	-81.0	-80.9	-80.8	-8	-8	-8	0.4	0	1.0	0	88	938.3	
2014/11/8 03:30	-81.0	-80.9	-80.8	-8	-8	-7	0.1	0	1.0	0	89	938.4	
2014/11/8 03:40	-81.0	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	0.5	0	0.7	0	89	938.4	
2014/11/8 03:50	-81.0	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	0.4	0	0.6	0	88	938.4	
2014/11/8 04:00	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	0.5	0	0.4	0	89	938.5	7.0
2014/11/8 04:10	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	0.5	0	0.4	0	89	938.4	
2014/11/8 04:20	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-7	0.4	0	0.0	0	89	938.4	
2014/11/8 04:30	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	0.6	0	0.5	0	89	938.5	
2014/11/8 04:40	-81.1	-81.0	-80.8	-8	-8	-8	0.1	0	0.2	0	89	938.6	
2014/11/8 04:50	-81.1	-81.0	-81.0	-8	-8	-8	0.0	0	0.9	0	89	938.7	
2014/11/8 05:00	-81.2	-81.0	-81.0	-8	-8	-8	0.4	0	0.8	0	90	938.7	7.0
2014/11/8 05:10	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-7	0.2	0	1.0	0	90	938.8	
2014/11/8 05:20	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	0.4	0	1.3	0	90	938.9	
2014/11/8 05:30	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	0.8	0	1.4	0	90	938.9	
2014/11/8 05:40	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	1.0	0	1.2	0	90	939.0	
2014/11/8 05:50	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	0.9	0	1.0	0	89	939.0	
2014/11/8 06:00	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	0.7	0	1.5	0	90	939.1	7.1
2014/11/8 06:10	-81.2	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	0.9	0	1.4	0	89	939.0	
2014/11/8 06:20	-81.2	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	1.8	0	1.4	0	89	939.2	
2014/11/8 06:30	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	1.6	0	1.0	0	89	939.2	
2014/11/8 06:40	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	1.3	0	1.1	0	89	939.2	
2014/11/8 06:50	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	1.0	0	0.5	0	88	939.4	
2014/11/8 07:00	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	0.8	0	1.3	0	88	939.4	7.1
2014/11/8 07:10	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-7	1.6	0	0.7	1	88	939.7	
2014/11/8 07:20	-81.3	-81.1	-80.9	-8	-8	-8	2.5	0	1.1	7	88	939.7	
2014/11/8 07:30	-81.4	-81.2	-81.1	-8	-8	-8	2.9	0	1.3	10	88	940.0	
2014/11/8 07:40	-81.4	-81.3	-81.2	-8	-8	-8	3.5	0	0.9	10	87	939.7	
2014/11/8 07:50	-81.5	-81.3	-81.3	-8	-8	-8	3.5	0	1.3	7	87	940.1	

表 2-2 測定データと気象データ (受信入力電力が小さい場合) 続き

日時	測定データ						気象データ						
	受信入力電力 [dBm]			BER			原村				麓筋		
	最小値	中央値	最大値	最小値	中央値	最大値	気温 [°C]	降水量 [mm]	風速 [m/s]	日照時間 [時間]	相対湿度 [%]	現地気圧 [hPa]	蒸気圧 [hPa]
2014/11/8 08:00	-81.6	-81.4	-81.2	-8	-8	-8	4.1	0	1.3	10	86	940.0	7.5
2014/11/8 08:10	-81.6	-81.4	-81.3	-8	-8	-8	4.0	0	1.9	6	86	939.8	
2014/11/8 08:20	-81.7	-81.5	-81.4	-8	-8	-8	4.6	0	1.0	7	85	939.8	
2014/11/8 08:30	-81.7	-81.6	-81.5	-8	-8	-8	4.8	0	1.0	7	82	939.8	
2014/11/8 08:40	-81.9	-81.7	-81.5	-8	-8	-8	5.1	0	1.7	10	83	939.7	
2014/11/8 08:50	-82.0	-81.8	-81.7	-8	-8	-8	5.4	0	1.2	10	80	939.8	
2014/11/8 09:00	-82.0	-81.9	-81.7	-8	-8	-8	5.7	0	1.3	10	78	939.8	7.6
2014/11/8 09:10	-82.1	-81.9	-81.8	-8	-8	-8	6.4	0	1.1	10	80	939.6	
2014/11/8 09:20	-82.3	-82.1	-82.0	-8	-8	-7	6.4	0	1.4	10	67	939.3	
2014/11/8 09:30	-82.4	-82.2	-82.0	-8	-8	-8	6.7	0	1.6	10	65	939.0	
2014/11/8 09:40	-82.4	-82.3	-82.2	-8	-8	-8	7.4	0	1.2	10	63	939.0	
2014/11/8 09:50	-82.5	-82.4	-82.3	-8	-8	-7	7.8	0	1.4	10	62	939.0	
2014/11/8 10:00	-82.6	-82.4	-82.2	-8	-8	-8	8.4	0	1.4	10	63	938.9	7.3
2014/11/8 10:10	-82.8	-82.6	-82.4	-8	-8	-8	8.9	0	1.7	10	72	938.9	
2014/11/8 10:20	-82.9	-82.7	-82.6	-8	-8	-8	8.6	0	1.6	10	66	939.0	
2014/11/8 10:30	-83.1	-83.0	-82.8	-8	-8	-8	9.6	0	1.1	10	63	938.6	
2014/11/8 10:40	-83.3	-83.1	-82.9	-8	-8	-7	9.7	0	1.2	10	67	938.5	
2014/11/8 10:50	-83.4	-83.2	-83.1	-8	-8	-8	9.9	0	1.9	10	63	938.4	
2014/11/8 11:00	-83.4	-83.2	-83.1	-8	-8	-8	10.3	0	1.5	10	61	938.3	7.4
2014/11/8 11:10	-83.5	-83.3	-83.1	-8	-8	-8	10.5	0	1.2	10	60	938.1	
2014/11/8 11:20	-83.5	-83.3	-83.2	-8	-8	-7	10.8	0	0.7	9	56	937.9	
2014/11/8 11:30	-83.3	-83.2	-83.1	-8	-8	-8	10.7	0	1.1	6	54	937.8	
2014/11/8 11:40	-83.3	-83.2	-83.0	-8	-8	-8	10.7	0	1.1	10	56	937.5	
2014/11/8 11:50	-83.3	-83.2	-83.1	-8	-8	-8	12.5	0	0.8	10	57	937.5	
2014/11/8 12:00	-83.5	-83.3	-83.2	-8	-8	-8	12.3	0	1.1	10	53	937.2	7.3
2014/11/8 12:10	-83.5	-83.4	-83.2	-8	-8	-7	13.6	0	0.5	10	51	937.0	
2014/11/8 12:20	-83.6	-83.4	-83.3	-8	-8	-8	13.6	0	1.2	9	49	937.0	
2014/11/8 12:30	-83.5	-83.4	-83.3	-8	-8	-7	13.9	0	1.5	10	48	936.8	
2014/11/8 12:40	-83.6	-83.4	-83.3	-8	-8	-7	14.3	0	1.4	10	48	936.7	
2014/11/8 12:50	-83.7	-83.5	-83.2	-8	-8	-7	13.6	0	1.4	3	52	936.5	
2014/11/8 13:00	-83.5	-83.3	-83.2	-8	-8	-8	13.6	0	1.6	0	51	936.4	7.6
2014/11/8 13:10	-83.5	-83.3	-83.2	-8	-8	-8	13.6	0	1.0	1	50	936.3	
2014/11/8 13:20	-83.5	-83.3	-83.2	-8	-8	-7	14.5	0	1.9	0	51	936.3	
2014/11/8 13:30	-83.4	-83.3	-83.2	-8	-8	-8	13.7	0	2.6	1	48	936.2	
2014/11/8 13:40	-83.4	-83.3	-83.1	-8	-8	-8	13.9	0	1.4	0	49	936.3	
2014/11/8 13:50	-83.5	-83.3	-83.1	-8	-8	-8	14.0	0	1.8	0	51	936.4	
2014/11/8 14:00	-83.5	-83.2	-83.1	-8	-8	-8	13.2	0	2.0	0	52	936.5	8.4
2014/11/8 14:10	-83.4	-83.2	-83.1	-8	-8	-8	13.3	0	2.0	0	53	936.4	
2014/11/8 14:20	-83.3	-83.2	-83.1	-8	-8	-8	13.4	0	1.4	0	52	936.3	
2014/11/8 14:30	-83.3	-83.2	-83.1	-8	-8	-7	13.6	0	1.2	0	51	936.3	
2014/11/8 14:40	-83.3	-83.2	-83.0	-8	-8	-7	13.8	0	1.0	0	53	936.4	
2014/11/8 14:50	-83.4	-83.2	-83.1	-8	-8	-8	13.7	0	2.0	0	56	936.3	
2014/11/8 15:00	-83.3	-83.2	-83.1	-8	-8	-7	13.4	0	2.2	0	53	936.3	8.8
2014/11/8 15:10	-83.4	-83.2	-83.1	-8	-8	-8	13.3	0	2.7	0	56	936.3	
2014/11/8 15:20	-83.3	-83.2	-83.0	-8	-8	-7	13.1	0	2.7	0	55	936.2	
2014/11/8 15:30	-83.2	-83.1	-83.0	-8	-8	-7	13.1	0	2.9	0	57	936.1	
2014/11/8 15:40	-83.2	-83.1	-83.0	-8	-8	-7	13.2	0	2.5	1	55	936.3	
2014/11/8 15:50	-83.1	-83.0	-82.9	-8	-8	-8	12.7	0	2.6	0	57	936.1	
2014/11/8 16:00	-83.1	-83.0	-82.8	-8	-8	-8	12.4	0	2.7	0	54	936.2	8.1
2014/11/8 16:10	-83.0	-82.9	-82.8	-8	-8	-8	12.3	0	2.4	0	55	936.2	
2014/11/8 16:20	-83.0	-82.9	-82.6	-8	-8	-6	11.9	0	2.7	0	59	936.3	
2014/11/8 16:30	-83.0	-82.8	-82.8	-8	-8	-7	11.7	0	2.7	0	54	936.5	
2014/11/8 16:40	-82.9	-82.8	-82.7	-8	-8	-7	11.6	0	3.0	0	54	936.5	
2014/11/8 16:50	-82.9	-82.8	-82.6	-8	-8	-6	11.5	0	3.4	0	53	936.6	
2014/11/8 17:00	-82.8	-82.7	-82.6	-8	-8	-8	11.2	0	2.3	0	53	936.5	7.5
2014/11/8 17:10	-82.8	-82.7	-82.6	-8	-8	-7	10.7	0	1.7	0	55	936.5	
2014/11/8 17:20	-82.8	-82.7	-82.6	-8	-8	-7	10.4	0	0.9	0	58	936.6	
2014/11/8 17:30	-82.8	-82.7	-82.5	-8	-8	-7	10.2	0	0.7	0	59	936.8	
2014/11/8 17:40	-82.8	-82.6	-82.5	-8	-8	-6	9.2	0	0.3	0	60	936.7	
2014/11/8 17:50	-82.7	-82.5	-82.4	-8	-8	-6	8.7	0	0.8	0	62	936.6	
2014/11/8 18:00	-82.6	-82.5	-82.4	-8	-8	-7	8.9	0	1.2	0	64	936.7	8.9
2014/11/8 18:10	-82.7	-82.5	-82.4	-8	-8	-8	8.6	0	1.1	0	65	936.9	
2014/11/8 18:20	-82.6	-82.4	-82.2	-8	-8	-3	8.4	0	1.1	0	65	936.9	
2014/11/8 18:30	-82.5	-82.4	-82.3	-8	-8	-7	8.4	0	1.1	0	64	937.0	
2014/11/8 18:40	-82.5	-82.4	-82.3	-8	-8	-7	8.6	0	1.0	0	65	937.1	
2014/11/8 18:50	-82.5	-82.4	-82.3	-8	-8	-8	8.8	0	1.1	0	68	937.5	
2014/11/8 19:00	-82.5	-82.4	-82.3	-8	-8	-8	8.8	0	1.0	0	68	937.8	9.1
2014/11/8 19:10	-82.5	-82.4	-82.3	-8	-8	-8	9.3	0	1.5	0	70	937.5	
2014/11/8 19:20	-82.5	-82.4	-82.3	-8	-8	-8	9.6	0	1.3	0	72	937.5	
2014/11/8 19:30	-82.6	-82.5	-82.3	-8	-8	-8	9.7	0	1.6	0	71	937.6	
2014/11/8 19:40	-82.6	-82.5	-82.4	-8	-8	-8	9.3	0	1.2	0	70	937.8	
2014/11/8 19:50	-82.6	-82.5	-82.4	-8	-8	-8	9.1	0	0.5	0	69	937.7	
2014/11/8 20:00	-82.6	-82.5	-82.4	-8	-8	-8	8.8	0	0.2	0	70	937.8	9.3
2014/11/8 20:10	-82.6	-82.5	-82.4	-8	-8	-8	8.2	0	0.7	0	70	937.9	
2014/11/8 20:20	-82.6	-82.5	-82.4	-8	-8	-7	8.6	0	0.8	0	70	937.7	
2014/11/8 20:30	-82.5	-82.4	-82.3	-8	-8	-8	7.9	0	1.1	0	71	937.7	
2014/11/8 20:40	-82.4	-82.3	-82.2	-8	-8	-8	8.0	0	1.0	0	71	937.5	
2014/11/8 20:50	-82.4	-82.3	-82.2	-8	-8	-7	8.2	0	0.7	0	73	937.7	
2014/11/8 21:00	-82.3	-82.2	-82.2	-8	-8	-8	8.2	0	0.4	0	73	937.9	9.5
2014/11/8 21:10	-82.4	-82.3	-82.2	-8	-8	-7	8.7	0	0.9	0	73	937.8	
2014/11/8 21:20	-82.4	-82.3	-82.2	-8	-8	-7	8.7	0	1.0	0	74	937.8	
2014/11/8 21:30	-82.3	-82.2	-82.1	-8	-8	-8	8.7	0	1.2	0	75	937.8	
2014/11/8 21:40	-82.3	-82.2	-82.1	-8	-8	-8	9.2	0	1.5	0	74	937.7	
2014/11/8 21:50	-82.3	-82.2	-82.1	-8	-8	-7	9.5	0	1.5	0	73	937.6	
2014/11/8 22:00	-82.3	-82.2	-82.1	-8	-8	-8	9.2	0	0.9	0	73	937.9	9.6
2014/11/8 22:10	-82.3	-82.2	-82.2	-8	-8	-8	9.0	0	1.0	0	74	937.7	
2014/11/8 22:20	-82.3	-82.2	-82.2	-8	-8	-8	8.8	0	1.1	0	73	937.8	
2014/11/8 22:30	-82.4	-82.3	-82.2	-8	-8	-8	8.8	0	1.1	0	73	937.8	
2014/11/8 22:40	-82.3	-82.3	-82.2	-8	-8	-8	8.8	0	1.1	0	72	937.7	
2014/11/8 22:50	-82.4	-82.2	-82.2	-8	-8	-8	8.6	0	0.9	0	73	937.7	
2014/11/8 23:00	-82.3	-82.2	-82.1	-8	-8	-8	8.4	0	0.1	0	75	937.5	9.7
2014/11/8 23:10	-82.3	-82.2	-82.2	-8	-8	-8	8.3	0	0.6	0	76	937.3	
2014/11/8 23:20	-82.3	-82.2	-82.2	-8	-8	-8	8.4	0	0.9	0	75	937.3	
2014/11/8 23:30	-82.4	-82.3	-82.2	-8	-8	-8	8.6	0	1.3	0	76	937.3	
2014/11/8 23:40	-82.4	-82.3	-82.2	-8	-8	-7	8.2	0	0.8	0	79	937.3	
2014/11/8 23:50	-82.3	-82.2	-82.1	-8	-8	-8	7.8	0	0.3	0	81	937.1	

表 2-2 測定データと気象データ (受信入力電力が小さい場合) 続き

日時	測定データ						気象データ						
	受信入力電力 [dBm]			BER			原村				麗紡		
	最小値	中央値	最大値	最小値	中央値	最大値	気温 [°C]	降水量 [mm]	風速 [m/s]	日照時間 [時間]	相対湿度 [%]	現地気圧 [hPa]	蒸気圧 [hPa]
2014/11/9 00:00	-82.3	-82.2	-82.1	-8	-8	-8	7.4	0	0.3	0	80	937.1	10.2
2014/11/9 00:10	-82.3	-82.2	-82.1	-8	-8	-8	7.8	0	1.3	0	80	937.1	
2014/11/9 00:20	-82.2	-82.1	-82.1	-8	-8	-8	8.0	0	1.2	0	80	937.2	
2014/11/9 00:30	-82.2	-82.2	-82.1	-8	-8	-8	8.0	0	1.3	0	80	937.0	
2014/11/9 00:40	-82.2	-82.2	-82.1	-8	-8	-7	8.0	0	1.0	0	82	937.1	
2014/11/9 00:50	-82.3	-82.2	-82.1	-8	-8	-8	7.9	0	1.3	0	82	936.8	
2014/11/9 01:00	-82.3	-82.2	-82.1	-8	-8	-8	8.2	0	1.7	0	83	936.7	10.4
2014/11/9 01:10	-82.3	-82.2	-82.1	-8	-8	-8	8.2	0	1.2	0	84	936.8	
2014/11/9 01:20	-82.3	-82.2	-82.1	-8	-8	-8	8.0	0	1.4	0	85	936.9	
2014/11/9 01:30	-82.3	-82.2	-82.1	-8	-8	-8	8.2	0	2.0	0	85	936.8	
2014/11/9 01:40	-82.3	-82.2	-82.1	-8	-8	-8	9.0	0	1.8	0	85	936.6	
2014/11/9 01:50	-82.3	-82.2	-82.1	-8	-8	-8	8.3	0	1.8	0	85	936.5	
2014/11/9 02:00	-82.3	-82.2	-82.1	-8	-8	-7	8.0	0	1.7	0	86	936.4	10.6
2014/11/9 02:10	-82.3	-82.2	-82.1	-8	-8	-8	8.0	0	1.3	0	86	936.5	
2014/11/9 02:20	-82.3	-82.2	-82.1	-8	-8	-8	8.0	0	1.6	0	87	936.3	
2014/11/9 02:30	-82.2	-82.2	-82.1	-8	-8	-8	8.3	0	2.3	0	86	936.1	
2014/11/9 02:40	-82.3	-82.2	-82.1	-8	-8	-8	8.5	0	2.4	0	86	936.1	
2014/11/9 02:50	-82.2	-82.2	-82.1	-8	-8	-8	8.6	0	1.8	0	87	935.7	
2014/11/9 03:00	-82.2	-82.1	-82.1	-8	-8	-8	8.3	0	2.2	0	87	935.7	10.5
2014/11/9 03:10	-82.2	-82.1	-82.0	-8	-8	-8	8.2	0	2.4	0	87	935.7	
2014/11/9 03:20	-82.2	-82.1	-82.1	-8	-8	-8	8.4	0	2.0	0	87	935.7	
2014/11/9 03:30	-82.2	-82.1	-82.0	-8	-8	-8	8.4	0	1.4	0	87	935.6	
2014/11/9 03:40	-82.2	-82.1	-82.1	-8	-8	-8	8.2	0	1.2	0	87	935.5	
2014/11/9 03:50	-82.3	-82.1	-82.1	-8	-8	-8	8.3	0	1.3	0	86	935.4	
2014/11/9 04:00	-82.3	-82.2	-82.1	-8	-8	-8	8.2	0	1.0	0	86	935.5	10.6
2014/11/9 04:10	-82.2	-82.2	-82.1	-8	-8	-8	8.2	0	1.5	0	87	935.4	
2014/11/9 04:20	-82.2	-82.1	-82.1	-8	-8	-7	8.5	0	1.4	0	86	935.4	
2014/11/9 04:30	-82.2	-82.1	-82.1	-8	-8	-8	8.7	0	1.4	0	86	935.4	
2014/11/9 04:40	-82.2	-82.2	-82.1	-8	-8	-7	8.8	0	1.4	0	87	935.4	
2014/11/9 04:50	-82.2	-82.2	-82.1	-8	-8	-7	9.0	0	1.6	0	87	935.4	
2014/11/9 05:00	-82.3	-82.2	-82.1	-8	-8	-8	9.4	0	1.9	0	87	935.3	10.6
2014/11/9 05:10	-82.3	-82.3	-82.2	-8	-8	-8	9.0	0	0.9	0	87	935.6	
2014/11/9 05:20	-82.4	-82.3	-82.2	-8	-8	-8	8.5	0	1.5	0	87	935.5	
2014/11/9 05:30	-82.4	-82.3	-82.2	-8	-8	-7	8.5	0	0.4	0	87	935.5	
2014/11/9 05:40	-82.3	-82.2	-82.2	-8	-8	-7	8.6	0	0.4	0	86	935.4	
2014/11/9 05:50	-82.4	-82.3	-82.2	-8	-8	-8	8.8	0	1.3	0	87	935.2	
2014/11/9 06:00	-82.4	-82.3	-82.2	-8	-8	-8	8.8	0	0.5	0	87	935.2	10.5
2014/11/9 06:10	-82.4	-82.3	-82.2	-8	-8	-7	8.7	0	0.4	0	87	935.1	
2014/11/9 06:20	-82.4	-82.3	-82.2	-8	-8	-8	8.7	0	0.8	0	87	935.3	
2014/11/9 06:30	-82.4	-82.3	-82.2	-8	-8	-7	9.3	0	1.6	0	87	935.4	
2014/11/9 06:40	-82.4	-82.3	-82.2	-8	-8	-7	9.3	0	0.8	0	87	935.3	
2014/11/9 06:50	-82.3	-82.3	-82.2	-8	-8	-7	9.1	0	1.2	0	87	935.2	
2014/11/9 07:00	-82.3	-82.3	-82.2	-8	-8	-8	9.5	0	1.0	0	88	935.1	11.2
2014/11/9 07:10	-82.3	-82.2	-82.2	-8	-8	-8	9.7	0	0.8	0	88	935.0	
2014/11/9 07:20	-82.4	-82.2	-82.1	-8	-8	-8	9.7	0	1.5	0	88	935.0	
2014/11/9 07:30	-82.4	-82.3	-82.2	-8	-8	-8	8.7	0	1.0	0	88	935.0	
2014/11/9 07:40	-82.5	-82.3	-82.2	-8	-8	-8	9.0	0	0.5	0	87	934.8	
2014/11/9 07:50	-82.4	-82.3	-82.3	-8	-8	-8	9.5	0	0.8	0	87	934.8	
2014/11/9 08:00	-82.4	-82.4	-82.3	-8	-8	-8	9.8	0	1.0	0	87	935.3	11.1
2014/11/9 08:10	-82.4	-82.4	-82.3	-8	-8	-8	10.2	0	1.2	0	86	935.1	
2014/11/9 08:20	-82.5	-82.4	-82.3	-8	-8	-8	10.5	0	1.0	0	87	935.1	
2014/11/9 08:30	-82.5	-82.4	-82.3	-8	-8	-8	10.6	0	1.3	0	87	934.9	
2014/11/9 08:40	-82.5	-82.4	-82.4	-8	-8	-8	10.9	0	0.7	0	87	934.7	
2014/11/9 08:50	-82.6	-82.4	-82.4	-8	-8	-7	10.6	0	0.9	0	87	934.9	
2014/11/9 09:00	-82.8	-82.5	-82.3	-8	-8	-7	9.8	0	1.4	0	87	934.9	11.3
2014/11/9 09:10	-82.8	-82.6	-82.5	-8	-8	-8	10.0	0	1.1	0	88	934.9	
2014/11/9 09:20	-82.6	-82.5	-82.3	-8	-8	-7	10.3	0	0.9	0	89	934.9	
2014/11/9 09:30	-82.4	-82.3	-82.2	-8	-8	-7	10.7	0	0.5	0	90	934.7	
2014/11/9 09:40	-82.3	-82.2	-82.1	-8	-8	-8	11.0	0	0.7	0	89	934.4	
2014/11/9 09:50	-82.4	-82.3	-82.1	-8	-8	-8	11.1	0	0.6	0	88	934.4	
2014/11/9 10:00	-82.4	-82.3	-82.2	-8	-8	-7	10.8	0	2.1	0	87	934.5	11.6
2014/11/9 10:10	-82.4	-82.3	-82.2	-8	-8	-7	10.5	0	0.8	0	88	934.4	
2014/11/9 10:20	-82.3	-82.2	-82.0	-8	-8	-8	10.7	0	0.2	0	88	934.2	
2014/11/9 10:30	-82.2	-82.1	-82.0	-8	-8	-8	11.0	0	0.9	0	88	934.2	
2014/11/9 10:40	-82.2	-82.1	-81.8	-8	-8	-8	11.2	0.5	1.0	0	88	934.1	
2014/11/9 10:50	-82.0	-81.8	-81.6	-8	-8	-8	11.5	0	0.4	0	88	933.9	
2014/11/9 11:00	-81.7	-81.5	-81.3	-8	-8	-8	11.6	0	1.5	0	89	933.7	12.5
2014/11/9 11:10	-81.6	-81.4	-81.3	-8	-8	-8	11.3	0	2.1	0	89	933.7	
2014/11/9 11:20	-81.5	-81.2	-81.0	-8	-8	-8	11.2	0	1.6	0	90	933.6	
2014/11/9 11:30	-81.3	-81.2	-81.0	-8	-8	-8	11.1	0	1.6	0	92	933.5	
2014/11/9 11:40	-81.3	-81.2	-81.1	-8	-8	-8	11.0	0.5	2.5	0	93	933.3	
2014/11/9 11:50	-81.2	-81.1	-80.9	-8	-8	-8	11.1	0.5	2.2	0	93	933.2	
2014/11/9 12:00	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	11.0	0	3.3	0	94	933.2	12.8
2014/11/9 12:10	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	11.0	0	3.2	0	94	933.2	
2014/11/9 12:20	-81.1	-81.0	-80.8	-8	-8	-8	10.8	0.5	3.3	0	94	933.0	
2014/11/9 12:30	-81.1	-80.8	-80.7	-8	-8	-8	11.1	0	1.7	0	95	932.8	
2014/11/9 12:40	-81.0	-80.9	-80.7	-8	-8	-8	11.2	0	1.5	0	96	932.5	
2014/11/9 12:50	-81.0	-80.9	-80.8	-8	-8	-8	10.9	0.5	1.9	0	96	932.3	
2014/11/9 13:00	-81.0	-80.9	-80.8	-8	-8	-8	11.2	0	0.7	0	95	932.2	13.2
2014/11/9 13:10	-81.1	-80.9	-80.8	-8	-8	-8	10.7	0	1.5	0	96	932.0	
2014/11/9 13:20	-81.0	-81.0	-80.8	-8	-8	-8	10.6	0	1.3	0	95	932.0	
2014/11/9 13:30	-81.1	-81.0	-80.8	-8	-8	-8	10.6	0	0.6	0	95	931.9	
2014/11/9 13:40	-81.0	-80.9	-80.8	-8	-8	-8	10.8	0	0.7	0	95	932.1	
2014/11/9 13:50	-81.1	-80.9	-80.8	-8	-8	-7	10.7	0	0.3	0	95	932.0	
2014/11/9 14:00	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	11.1	0	0.3	0	95	931.8	13.3
2014/11/9 14:10	-81.0	-80.9	-80.9	-8	-8	-8	11.2	0	0.4	0	95	931.7	
2014/11/9 14:20	-81.0	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	11.2	0	0.8	0	95	931.5	
2014/11/9 14:30	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	11.3	0	0.9	0	95	931.5	

表 2-2 測定データと気象データ (受信入力電力が小さい場合) 続き

日時	測定データ						気象データ						
	受信入力電力 [dBm]			BER			原村				麗紡		
	最小値	中央値	最大値	最小値	中央値	最大値	気温 [°C]	降水量 [mm]	風速 [m/s]	日照時間 [時間]	相対湿度 [%]	現地気圧 [hPa]	蒸気圧 [hPa]
2014/11/9 16:00	-81.0	-80.8	-80.7	-8	-8	-8	11.2	0	1.3	0	95	931.1	13.8
2014/11/9 16:10	-80.9	-80.8	-80.7	-8	-8	-8	11.1	0	1.8	0	96	931.2	
2014/11/9 16:20	-80.9	-80.8	-80.7	-8	-8	-8	11.0	0	2.7	0	96	931.4	
2014/11/9 16:30	-80.9	-80.8	-80.6	-8	-8	-8	10.9	0	3.0	0	96	931.4	
2014/11/9 16:40	-80.9	-80.8	-80.7	-8	-8	-8	10.8	0	2.9	0	97	931.2	
2014/11/9 16:50	-80.9	-80.8	-80.7	-8	-8	-8	10.8	0.5	3.4	0	97	930.1	
2014/11/9 17:00	-80.8	-80.7	-80.6	-8	-8	-8	10.7	0	2.9	0	97	929.5	13.8
2014/11/9 17:10	-80.9	-80.7	-80.5	-8	-8	-7	10.6	0	3.3	0	95	930.5	
2014/11/9 17:20	-80.8	-80.7	-80.5	-8	-8	-7	10.6	0	3.2	0	95	930.5	
2014/11/9 17:30	-81.0	-80.7	-80.6	-8	-8	-7	10.6	0	4.4	0	95	931.0	
2014/11/9 17:40	-80.9	-80.8	-80.6	-8	-8	-8	10.6	0	4.8	0	95	930.8	
2014/11/9 17:50	-80.9	-80.7	-80.6	-8	-8	-7	10.7	0	4.3	0	96	930.4	
2014/11/9 18:00	-80.8	-80.7	-80.6	-8	-8	-7	10.6	0	4.6	0	95	930.7	13.8
2014/11/9 18:10	-80.9	-80.7	-80.6	-8	-8	-8	10.6	0	4.1	0	92	930.4	
2014/11/9 18:20	-80.9	-80.8	-80.6	-8	-8	-8	10.6	0	2.8	0	91	930.6	
2014/11/9 18:30	-80.9	-80.8	-80.7	-8	-8	-7	10.6	0	3.5	0	91	930.6	
2014/11/9 18:40	-81.0	-80.9	-80.8	-8	-8	-7	10.5	0	3.2	0	92	930.9	
2014/11/9 18:50	-81.0	-80.9	-80.8	-8	-8	-8	10.4	0.5	2.4	0	92	930.7	
2014/11/9 19:00	-80.9	-80.8	-80.7	-8	-8	-8	10.3	0	1.5	0	93	930.4	13.5
2014/11/9 19:10	-81.0	-80.8	-80.7	-8	-8	-7	10.2	0.5	2.2	0	92	930.5	
2014/11/9 19:20	-80.9	-80.7	-80.6	-8	-8	-8	10.2	0	2.7	0	90	930.6	
2014/11/9 19:30	-80.9	-80.7	-80.6	-8	-8	-8	10.2	0	1.6	0	88	930.5	
2014/11/9 19:40	-80.9	-80.8	-80.7	-8	-8	-8	10.2	0	0.5	0	87	930.3	
2014/11/9 19:50	-80.9	-80.8	-80.7	-8	-8	-8	10.1	0	0.6	0	91	930.2	
2014/11/9 20:00	-81.0	-80.8	-80.8	-8	-8	-8	10.2	0	0.2	0	90	930.4	13.1
2014/11/9 20:10	-80.9	-80.8	-80.7	-8	-8	-8	10.0	0	0.8	0	92	930.2	
2014/11/9 20:20	-80.9	-80.8	-80.7	-8	-8	-8	10.1	0	1.0	0	92	930.3	
2014/11/9 20:30	-81.0	-80.9	-80.8	-8	-8	-8	10.1	0	0.8	0	92	930.2	
2014/11/9 20:40	-81.0	-80.8	-80.8	-8	-8	-8	10.1	0	0.1	0	92	930.2	
2014/11/9 20:50	-80.9	-80.8	-80.8	-8	-8	-8	10.1	0	0.3	0	95	930.1	
2014/11/9 21:00	-80.9	-80.8	-80.7	-8	-8	-8	10.0	0	0.2	0	95	930.1	13.4
2014/11/9 21:10	-80.9	-80.8	-80.8	-8	-8	-8	10.0	0	0.4	0	94	930.1	
2014/11/9 21:20	-81.0	-80.8	-80.8	-8	-8	-8	10.0	0	0.5	0	95	930.1	
2014/11/9 21:30	-81.0	-80.9	-80.8	-8	-8	-8	10.0	0	0.4	0	95	929.9	
2014/11/9 21:40	-81.0	-80.9	-80.8	-8	-8	-8	10.1	0	0.7	0	94	929.9	
2014/11/9 21:50	-81.0	-80.9	-80.8	-8	-8	-8	10.1	0	1.3	0	94	930.0	
2014/11/9 22:00	-81.0	-80.9	-80.8	-8	-8	-8	10.2	0	0.9	0	95	930.1	13.3
2014/11/9 22:10	-81.0	-80.9	-80.8	-8	-8	-8	10.1	0	0.6	0	95	930.1	
2014/11/9 22:20	-81.1	-80.9	-80.8	-8	-8	-8	10.1	0	1.4	0	95	930.0	
2014/11/9 22:30	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	10.0	0	2.0	0	95	929.9	
2014/11/9 22:40	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	10.0	0	2.4	0	96	929.8	
2014/11/9 22:50	-81.2	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	10.0	0	2.5	0	96	929.9	
2014/11/9 23:00	-81.1	-81.0	-81.0	-8	-8	-7	10.0	0	1.6	0	96	929.8	13.2
2014/11/9 23:10	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	9.7	0	0.5	0	96	929.7	
2014/11/9 23:20	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	9.8	0	0.5	0	96	929.6	
2014/11/9 23:30	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	10.1	0	0.7	0	96	929.6	
2014/11/9 23:40	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	10.0	0	1.4	0	96	929.7	
2014/11/9 23:50	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	9.4	0	0.7	0	97	929.7	
2014/11/10 00:00	-81.0	-80.9	-80.8	-8	-8	-8	9.3	0	1.0	0	97	929.6	13.0
2014/11/10 00:10	-81.1	-80.9	-80.8	-8	-8	-7	9.4	0	1.4	0	97	929.6	
2014/11/10 00:20	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	9.4	0	0.6	0	97	929.6	
2014/11/10 00:30	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	9.6	0	0.6	0	96	929.5	
2014/11/10 00:40	-81.2	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	9.6	0	0.5	0	97	929.4	
2014/11/10 00:50	-81.1	-81.0	-80.8	-8	-8	-8	9.6	0	0.3	0	97	929.4	
2014/11/10 01:00	-81.2	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	9.5	0	0.6	0	96	929.4	12.9
2014/11/10 01:10	-81.1	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	9.6	0	1.3	0	96	929.3	
2014/11/10 01:20	-81.2	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	9.7	0	1.7	0	96	929.2	
2014/11/10 01:30	-81.1	-81.0	-81.0	-8	-8	-8	9.8	0	2.0	0	96	929.3	
2014/11/10 01:40	-81.2	-81.1	-80.9	-8	-8	-8	10.1	0	1.3	0	97	929.3	
2014/11/10 01:50	-81.3	-81.1	-81.0	-8	-8	-8	10.5	0	1.3	0	96	929.3	
2014/11/10 02:00	-81.3	-81.1	-81.0	-8	-8	-8	10.2	0	1.1	0	97	929.2	12.8
2014/11/10 02:10	-81.4	-81.2	-81.1	-8	-8	-8	9.6	0	0.8	0	97	929.3	
2014/11/10 02:20	-81.3	-81.2	-81.0	-8	-8	-8	10.0	0	0.8	0	97	929.2	
2014/11/10 02:30	-81.4	-81.2	-81.0	-8	-8	-8	10.5	0	1.0	0	97	929.2	
2014/11/10 02:40	-81.3	-81.2	-81.0	-8	-8	-8	9.9	0	1.3	0	94	929.1	
2014/11/10 02:50	-81.4	-81.2	-81.1	-8	-8	-8	10.5	0	1.6	0	94	929.1	
2014/11/10 03:00	-81.3	-81.2	-81.1	-8	-8	-7	10.5	0	1.9	0	92	929.1	12.8
2014/11/10 03:10	-81.4	-81.3	-81.1	-8	-8	-8	10.5	0	1.5	0	93	929.1	
2014/11/10 03:20	-81.4	-81.3	-81.2	-8	-8	-8	10.6	0	1.5	0	94	929.0	
2014/11/10 03:30	-81.5	-81.3	-81.2	-8	-8	-8	9.8	0	1.6	0	94	929.0	
2014/11/10 03:40	-81.6	-81.4	-81.3	-8	-8	-8	9.7	0	1.7	0	95	928.9	
2014/11/10 03:50	-81.6	-81.5	-81.3	-8	-8	-8	9.6	0	1.5	0	95	929.1	
2014/11/10 04:00	-81.7	-81.5	-81.3	-8	-8	-8	9.5	0	1.4	0	95	929.1	12.1
2014/11/10 04:10	-81.7	-81.5	-81.3	-8	-8	-8	9.4	0	1.8	0	95	929.2	
2014/11/10 04:20	-81.9	-81.5	-81.3	-8	-8	-8	9.0	0	2.5	0	95	929.2	
2014/11/10 04:30	-81.9	-81.5	-81.2	-8	-8	-8	9.0	0	2.4	0	94	929.3	
2014/11/10 04:40	-81.5	-81.3	-81.1	-8	-8	-8	8.9	0	2.2	0	94	929.3	
2014/11/10 04:50	-81.4	-81.3	-81.1	-8	-8	-8	8.9	0	1.8	0	94	929.4	
2014/11/10 05:00	-81.6	-81.3	-81.1	-8	-8	-8	8.8	0	2.2	0	95	929.4	11.7
2014/11/10 05:10	-81.5	-81.2	-81.0	-8	-8	-8	8.8	0	2.1	0	95	929.6	
2014/11/10 05:20	-81.6	-81.1	-81.0	-8	-8	-8	8.7	0	2.7	0	95	929.6	
2014/11/10 05:30	-81.4	-81.1	-80.9	-8	-8	-5	8.6	0	2.2	0	95	929.6	
2014/11/10 05:40	-81.3	-81.1	-80.9	-8	-8	-8	8.4	0	2.8	0	94	929.6	
2014/11/10 05:50	-81.4	-81.1	-81.0	-8	-8	-7	8.4	0	2.1	0	94	929.6	
2014/11/10 06:00	-81.3	-81.1	-80.9	-8	-8	-8	8.2	0	2.9	0	93	929.8	11.4
2014/11/10 06:10	-81.2	-81.0	-80.9	-8	-8	-8	8.1	0	2.6	0	93	929.8	
2014/11/10 06:20	-81.3	-81.0	-80.8	-8	-8	-8	8.0	0	3.2	0	92	929.9	
2014/11/10 06:30	-81.4	-81.1	-80.8	-8	-8	-8	7.9	0	3.7	0	92	929.9	
2014/11/10 06:40	-81.7	-81.3	-80.8	-8	-8	-7	7.8	0	4.1	0	93	929.9	
2014/11/10 06:50	-81.9	-81.2	-81.0	-8	-8	-8	7.8	0	3.7	0	93	930.2	
2014/11/10 07:00	-81.5	-81.2	-81.0	-8	-8	-8	7.6	0	3.8	0	93	930.4	11.1
2014/11/10 07:10	-81.5	-81.2	-80.9	-8	-8	-8	7.6	0	4.1	0	92	930.4	
2014/11/10 07:20	-81.9	-81.3	-81.0	-8	-8	-8	7.5	0	3.4	0	93	930.5	
2014/11/10 07:30	-81.7	-81.3	-80.9	-8	-8	-8	7.5	0	2.7	0	93	930.6	
2014/11/10 07:40	-82.1	-81.4	-80.9	-8	-8	-8	7.6	0	2.4	0	92	930.8	
2014/11/10 07:50	-81.8	-81.2	-80.9	-8	-8	-7	7.6	0	2.2	0	93	931.0	

表 2-2 測定データと気象データ (受信入力電力が小さい場合) 続き

日時	測定データ						気象データ						
	受信入力電力 [dBm]			BER			原付				露筋		
	最小値	中央値	最大値	最小値	中央値	最大値	気温 [°C]	降水量 [mm]	風速 [m/s]	日照時間 [時間]	相対湿度 [%]	現地気圧 [hPa]	蒸気圧 [hPa]
2014/11/10 08:00	-81.5	-81.0	-80.8	-8	-8	-8	7.5	0	1.7	0	83	931.1	10.9
2014/11/10 08:10	-81.4	-81.1	-80.8	-8	-8	-8	7.5	0	1.9	0	92	931.1	
2014/11/10 08:20	-81.3	-81.1	-80.9	-8	-8	-8	7.5	0	2.0	0	92	931.2	
2014/11/10 08:30	-81.4	-81.1	-80.9	-8	-8	-8	7.5	0	2.6	0	92	931.2	
2014/11/10 08:40	-81.6	-81.2	-80.8	-8	-8	-8	7.6	0	2.8	0	93	931.2	
2014/11/10 08:50	-81.8	-81.2	-80.9	-8	-8	-8	7.9	0	2.8	0	92	931.3	
2014/11/10 09:00	-82.4	-81.4	-81.0	-8	-8	-8	7.5	0	3.7	0	90	931.4	10.6
2014/11/10 09:10	-81.8	-81.4	-81.1	-8	-8	-7	7.6	0	3.8	0	89	931.3	
2014/11/10 09:20	-81.8	-81.4	-81.1	-8	-8	-8	7.7	0	2.8	0	89	931.5	
2014/11/10 09:30	-81.8	-81.5	-81.3	-8	-8	-8	7.7	0	2.3	0	89	931.4	
2014/11/10 09:40	-81.8	-81.5	-81.3	-8	-8	-8	7.8	0	2.6	0	89	931.3	
2014/11/10 09:50	-81.8	-81.6	-81.4	-8	-8	-7	8.4	0	2.7	0	88	931.2	
2014/11/10 10:00	-82.3	-81.7	-81.4	-8	-8	-8	8.4	0	3.0	1	87	931.0	10.3
2014/11/10 10:10	-82.5	-81.9	-81.6	-8	-8	-8	8.1	0	3.4	0	86	930.9	
2014/11/10 10:20	-82.4	-81.9	-81.6	-8	-8	-8	8.1	0	3.2	0	83	931.0	
2014/11/10 10:30	-82.3	-81.9	-81.7	-8	-8	-8	8.0	0	3.6	0	82	930.9	
2014/11/10 10:40	-82.3	-82.0	-81.6	-8	-8	-8	8.1	0	3.3	0	81	930.8	
2014/11/10 10:50	-82.3	-82.0	-81.8	-8	-8	-8	8.5	0	3.2	0	80	930.6	
2014/11/10 11:00	-82.4	-82.1	-81.9	-8	-8	-8	8.8	0	3.5	0	78	930.6	9.7
2014/11/10 11:10	-82.8	-82.3	-81.9	-8	-8	-7	9.0	0	3.2	0	77	930.5	
2014/11/10 11:20	-82.7	-82.3	-81.9	-8	-8	-8	9.2	0	3.9	0	75	930.4	
2014/11/10 11:30	-82.6	-82.2	-81.8	-8	-8	-8	9.3	0	4.0	0	72	930.3	
2014/11/10 11:40	-82.8	-82.2	-81.9	-8	-8	-8	9.2	0	3.4	0	71	930.1	
2014/11/10 11:50	-83.2	-82.4	-81.9	-8	-8	-7	9.4	0	3.8	0	69	930.0	
2014/11/10 12:00	-82.9	-82.4	-81.9	-8	-8	-8	9.9	0	3.3	0	70	929.8	9.9
2014/11/10 12:10	-83.1	-82.4	-82.0	-8	-8	-8	10.2	0	3.9	0	69	929.8	
2014/11/10 12:20	-82.9	-82.4	-82.1	-8	-8	-8	10.2	0	3.5	1	68	929.8	
2014/11/10 12:30	-83.1	-82.5	-82.2	-8	-8	-8	11.0	0	3.0	5	68	929.7	
2014/11/10 12:40	-83.0	-82.5	-82.1	-8	-8	-8	11.5	0	4.1	10	63	929.5	
2014/11/10 12:50	-83.1	-82.6	-82.2	-8	-8	-8	11.3	0	3.6	10	61	929.4	
2014/11/10 13:00	-83.1	-82.6	-82.2	-8	-8	-7	11.3	0	4.2	10	63	929.2	9.1
2014/11/10 13:10	-82.8	-82.5	-82.2	-8	-8	-7	11.5	0	3.7	10	62	929.3	
2014/11/10 13:20	-82.9	-82.5	-82.1	-8	-8	-8	11.4	0	4.2	10	59	929.2	
2014/11/10 13:30	-82.8	-82.5	-82.2	-8	-8	-7	11.1	0	4.0	10	61	929.2	
2014/11/10 13:40	-82.8	-82.6	-82.3	-8	-8	-8	11.4	0	3.6	10	61	929.2	
2014/11/10 13:50	-82.9	-82.6	-82.3	-8	-8	-7	11.9	0	3.4	10	61	929.2	
2014/11/10 14:00	-82.9	-82.6	-82.3	-8	-8	-8	12.0	0	3.6	10	64	929.0	9.5
2014/11/10 14:10	-83.1	-82.8	-82.5	-8	-8	-8	11.6	0	3.8	10	63	929.0	
2014/11/10 14:20	-83.2	-82.9	-82.6	-8	-8	-8	11.2	0	3.4	7	61	929.0	
2014/11/10 14:30	-83.1	-82.9	-82.7	-8	-8	-8	11.5	0	3.0	8	61	929.1	
2014/11/10 14:40	-83.1	-82.8	-82.5	-8	-8	-8	11.4	0	3.4	10	62	929.1	
2014/11/10 14:50	-83.3	-82.8	-82.6	-8	-8	-7	10.9	0	3.3	3	61	929.2	
2014/11/10 15:00	-83.3	-82.9	-82.5	-8	-8	-7	11.1	0	3.3	6	63	929.2	9.1
2014/11/10 15:10	-83.3	-82.9	-82.6	-8	-8	-8	11.1	0	3.6	10	63	929.2	
2014/11/10 15:20	-83.5	-82.9	-82.5	-8	-8	-8	10.9	0	3.5	10	63	929.2	
2014/11/10 15:30	-83.3	-82.9	-82.4	-8	-8	-8	10.7	0	3.2	10	62	929.3	
2014/11/10 15:40	-83.4	-82.9	-82.5	-8	-8	-8	10.5	0	3.7	10	65	929.3	
2014/11/10 15:50	-83.2	-82.8	-82.5	-8	-8	-8	10.4	0	3.0	9	65	929.2	
2014/11/10 16:00	-83.1	-82.7	-82.4	-8	-8	-7	10.1	0	3.0	10	64	929.2	9.1
2014/11/10 16:10	-83.1	-82.7	-82.4	-8	-8	-7	9.6	0	2.5	3	62	929.0	
2014/11/10 16:20	-82.9	-82.6	-82.3	-8	-8	-7	9.3	0	2.4	0	65	928.9	
2014/11/10 16:30	-83.0	-82.5	-82.2	-8	-8	-7	9.0	0	2.2	0	63	929.0	
2014/11/10 16:40	-82.7	-82.4	-82.2	-8	-8	-8	8.8	0	1.9	0	65	929.0	
2014/11/10 16:50	-82.6	-82.3	-82.0	-8	-8	-8	8.3	0	0.7	0	64	929.2	
2014/11/10 17:00	-82.4	-82.0	-81.7	-8	-8	-8	8.2	0	1.1	0	66	929.2	8.9
2014/11/10 17:10	-82.4	-81.9	-81.6	-8	-8	-8	7.7	0	0.7	0	69	929.5	
2014/11/10 17:20	-82.3	-81.8	-81.5	-8	-8	-8	7.6	0	0.8	0	70	929.6	
2014/11/10 17:30	-82.1	-81.7	-81.5	-8	-8	-7	7.5	0	1.0	0	68	929.8	
2014/11/10 17:40	-82.3	-81.6	-81.4	-8	-8	-8	7.6	0	1.1	0	70	930.0	
2014/11/10 17:50	-82.5	-81.7	-81.4	-8	-8	-8	7.7	0	1.2	0	71	930.1	
2014/11/10 18:00	-82.4	-81.9	-81.4	-8	-8	-8	6.3	0	0.6	0	74	930.3	9.2
2014/11/10 18:10	-82.5	-81.8	-81.5	-8	-8	-8	5.4	0	0.8	0	73	930.3	
2014/11/10 18:20	-82.1	-81.7	-81.5	-8	-8	-7	5.4	0	1.1	0	74	930.4	
2014/11/10 18:30	-82.2	-81.8	-81.6	-8	-8	-8	4.9	0	0.5	0	74	930.5	
2014/11/10 18:40	-82.2	-81.8	-81.5	-8	-8	-7	5.1	0	0.8	0	75	930.5	
2014/11/10 18:50	-82.0	-81.7	-81.6	-8	-8	-8	5.5	0	0.4	0	74	930.5	
2014/11/10 19:00	-82.0	-81.7	-81.6	-8	-8	-8	5.7	0	0.6	0	75	930.6	8.7
2014/11/10 19:10	-82.0	-81.7	-81.5	-8	-8	-8	5.4	0	0.6	0	75	930.6	
2014/11/10 19:20	-81.9	-81.7	-81.6	-8	-8	-7	5.0	0	0.6	0	75	930.7	
2014/11/10 19:30	-82.0	-81.7	-81.5	-8	-8	-8	5.3	0	0.6	0	76	930.9	
2014/11/10 19:40	-82.1	-81.7	-81.5	-8	-8	-8	4.8	0	0.8	0	77	931.0	
2014/11/10 19:50	-82.1	-81.7	-81.5	-8	-8	-8	5.2	0	0.8	0	78	930.9	
2014/11/10 20:00	-81.9	-81.6	-81.4	-8	-8	-8	4.9	0	1.2	0	78	931.0	8.6
2014/11/10 20:10	-81.9	-81.6	-81.5	-8	-8	-8	5.0	0	1.0	0	81	931.1	
2014/11/10 20:20	-81.8	-81.6	-81.5	-8	-8	-8	4.5	0	0.5	0	79	931.0	
2014/11/10 20:30	-81.8	-81.6	-81.5	-8	-8	-8	4.8	0	0.8	0	78	931.0	
2014/11/10 20:40	-81.7	-81.6	-81.5	-8	-8	-8	4.5	0	0.4	0	79	931.1	
2014/11/10 20:50	-81.7	-81.6	-81.5	-8	-8	-8	4.7	0	0.7	0	79	931.0	
2014/11/10 21:00	-81.8	-81.7	-81.6	-8	-8	-7	5.1	0	0.8	0	81	930.9	8.9
2014/11/10 21:10	-81.8	-81.7	-81.6	-8	-8	-8	5.1	0	0.4	0	81	930.8	
2014/11/10 21:20	-81.8	-81.7	-81.6	-8	-8	-8	5.4	0	0.1	0	81	930.8	
2014/11/10 21:30	-81.8	-81.7	-81.6	-8	-8	-8	5.5	0	0.1	0	84	930.8	
2014/11/10 21:40	-81.9	-81.7	-81.7	-8	-8	-7	5.6	0	0.3	0	81	930.6	
2014/11/10 21:50	-81.9	-81.8	-81.7	-8	-8	-8	5.6	0	0.2	0	79	930.5	
2014/11/10 22:00	-81.9	-81.8	-81.7	-8	-8	-8	5.6	0	0.5	0	80	930.6	8.6
2014/11/10 22:10	-81.9	-81.8	-81.7	-8	-8	-8	5.6	0	0.5	0	80	930.5	
2014/11/10 22:20	-81.9	-81.8	-81.7	-8	-8	-8	5.5	0	0.2	0	80	930.4	
2014/11/10 22:30	-81.8	-81.7	-81.7	-8									

山間部における超短波放送の難聴解消のための周波数有効利用技術に関する調査検討報告書

平成 27 年 3 月

山間部における超短波放送の難聴解消のための周波数有効利用技術に関する調査検討会

発行 総務省 信越総合通信局