

情報通信審議会 情報通信技術分科会

陸上無線通信委員会報告（案）

「業務用陸上無線通信の高度化等に関する技術的条件」のうち、
「60MHz帯デジタル同報系防災行政無線の低廉化」

平成26年7月3日

目 次

I	検討事項	1
II	委員会、作業班及びアドホックの構成	1
III	検討経過	1
IV	検討概要	3
1	検討の背景と現状	3
2	60MHz帯デジタル同報系防災行政無線の低廉化	5
2.1	低廉化に向けた検討の方針	5
2.2	同報系防災行政無線に必要な条件及び機能	6
2.3	音声符号化方式	9
2.4	変調方式	13
2.5	誤り訂正方式	15
2.6	所要受信機入力電圧	16
2.7	既存無線システムとの周波数共用条件の検討	19
2.8	低廉化の評価	22
2.9	その他	25
2.9.1	音源蓄積方式の検討(J-ALERT連動等)	25
2.9.2	変調方式のピークファクタの検討	27
3	新たな通信方式のデジタル同報系防災行政無線システムの技術的条件	29
3.1	概要	29
3.2	一般的条件	29
3.2.1	周波数帯	29
3.2.2	チャンネル間隔	29
3.2.3	通信方式	29
3.2.4	接続方式	29
3.2.5	変調方式	29
3.2.6	伝送速度	29
3.2.7	占有周波数帯幅	30
3.2.8	空中線電力	30
3.2.9	電波防護指針への適合	30
3.3	無線設備の技術的条件	31
3.3.1	送信装置	31

3.3.1.1	占有周波数帯幅の許容値	31
3.3.1.2	隣接チャネル漏えい電力	31
3.3.1.3	スプリアス発射強度の許容値	32
3.3.1.4	空中線電力の許容偏差	32
3.3.1.5	周波数の許容偏差	32
3.3.2	受信装置	32
3.3.2.1	基準感度	32
3.3.2.2	スプリアス・レスポンス	33
3.3.2.3	隣接チャネル選択度	33
3.3.2.4	相互変調特性	33
3.3.2.5	副次的に発する電波等の限度	33
3.4	周波数共用条件	34
3.4.1	アナログ方式及び追加方式の概要	34
3.4.2	回線設計の条件（所要受信機入力電圧の検討等）	34
3.4.3	周波数配置の検討	34
3.5	測定法	35
3.5.1	送信装置	35
3.5.2	受信装置	37
3.6	その他	38
V	検討結果	39
別添	一部答申	40
別紙		
別紙1	陸上無線通信委員会 構成員一覧	45
別紙2	業務用陸上無線システム作業班 構成員一覧	46
別紙3	デジタル同報低廉化アドホックグループ 構成員一覧	47
参考資料		48

I. 検討事項

情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会（以下「委員会」という。）は、情報通信審議会諮問第2033号「業務用陸上無線通信の高度化等に関する技術的条件」（平成25年5月17日諮問）のうち、「60MHz帯デジタル同報系防災行政無線の低廉化」について検討を行った。

II. 委員会及び作業班の構成

委員会の構成は別紙1のとおりである。

検討の効率化を図るため、委員会の下に「業務用陸上無線システム作業班」（以下「作業班」という。）、さらに、同報系防災行政無線に係る調査を行う「デジタル同報低廉化検討アドホックグループ（以下「アドホック」という。）を設置した。

作業班の構成は別紙2、アドホックの構成は別紙3のとおりである。

III. 検討経過

60MHz帯デジタル同報系防災行政無線の低廉化について、委員会、作業班及びアドホックでの検討経過は、以下のとおりである。

1. 委員会での検討

① 第1回委員会（平成25年6月6日）

調査項目、調査スケジュール等について検討を行った。また、作業班を設置することとし、運営方法等について検討を行った。

② 第3回委員会（平成25年8月8日）

60MHz帯デジタル同報系防災行政無線の低廉化に関する提案募集を行った結果について、その概要を報告した。

③ 第10回委員会（平成26年4月17日）

作業班から検討状況（検討方式の追加と検証、拡声音声試験の結果等）についての報告を受け、検討を行った。

④ 第13回委員会（平成26年7月3日）

（予定）

2. 作業班での検討

① 第1回作業班（平成25年6月18日）

調査項目及び調査スケジュール等について、検討した。また、アドホックの設置について、確認した。

② 第2回作業班（平成25年8月27日）

60MHz帯デジタル同報系防災行政無線の低廉化に関する提案募集を行った結果について、その概要を報告した。また、アドホックの調査項目及び構成等を確認した。

③ 第6回作業班（平成25年12月18日）

アドホック作業班から検討状況（スケジュール）について報告を受け、検討を行った。

④ 第10回作業班（平成26年4月16日）

アドホック作業班から検討状況（検討方式の追加と検証、拡声音声試験の結果等）について報告を受け、検討を行った。

⑤ 第11回作業班（平成26年6月3日）

アドホック作業班から検討状況（所要受信機入力電圧等）について報告を受け、検討を行った。

⑥ 第12回作業班（平成26年6月24日）

報告書（案）について、検討し、報告書を取りまとめた。

3. アドホックでの検討

① 第1回アドホック（平成25年9月19日）

調査項目、調査スケジュール及び提案募集の結果等について、検討した。

② 第2回アドホック（平成25年12月13日）

実証試験の概要、調査スケジュール等について、検討した。

③ 第3回アドホック（平成26年2月20日）

実証試験の結果（拡声音声試験）及び今後の試験等について、検討した。

④ 第4回アドホック（平成26年3月24日）

実証試験の結果（電波伝搬試験）及び技術的条件等について、検討した。

⑤ 第5回アドホック（平成26年5月29日）

実証試験、コスト低減の結果及び報告書（案）について、検討した。

⑥ 第6回アドホック（平成26年6月19日）

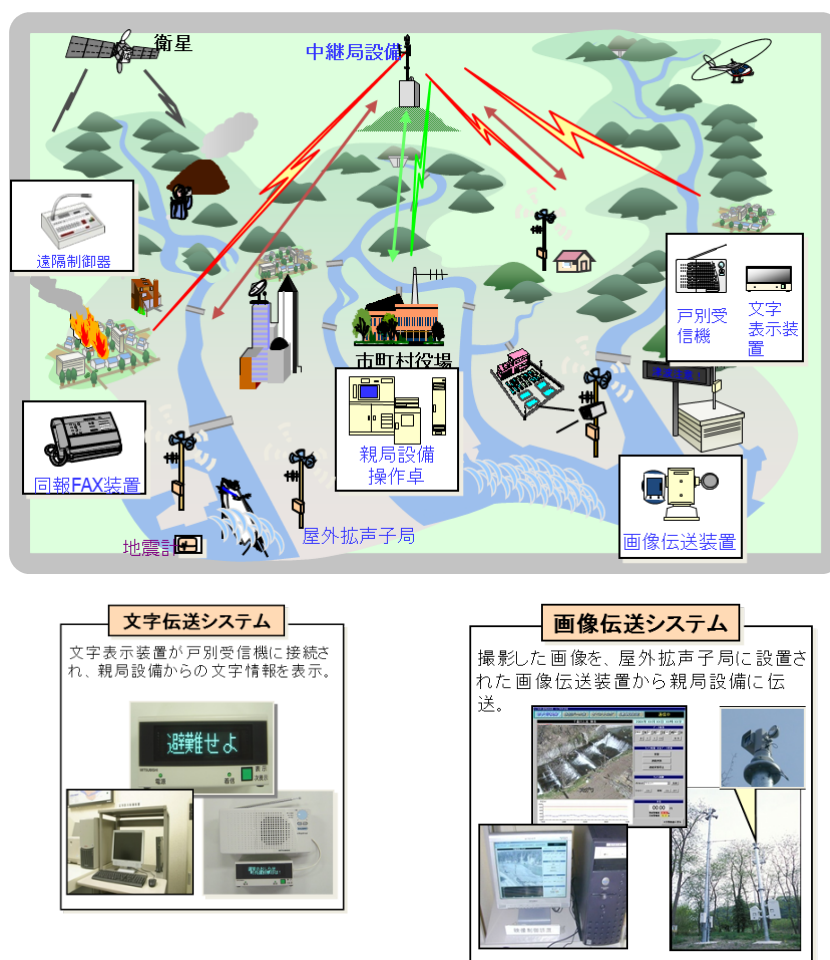
報告書（案）について、検討し、報告書を取りまとめた。

IV 検討概要

1 検討の背景と現状

同報系防災行政無線は、屋外スピーカーや戸別受信機を通じ、避難場所、防災拠点や各家庭において、地域住民が直接防災行政情報を取得するための重要な手段となっている。また、現在では、音声中心の情報伝達の他、画像情報の送信や文字表示板による防災行政情報の周知、双方向通信機能を使った行政への連絡手段など多様な情報伝達に対応可能なデジタル方式が導入されている。

デジタル方式については、平成12年、電気通信技術審議会において「防災行政用デジタル同報無線システムの技術的条件」が答申されており、「双方向通信」「データ通信」「複数チャンネル化」等の機能を実現し、画像による災害情報の収集、避難場所等との情報交換、文字表示板による防災行政情報の周知などを可能としたものである。

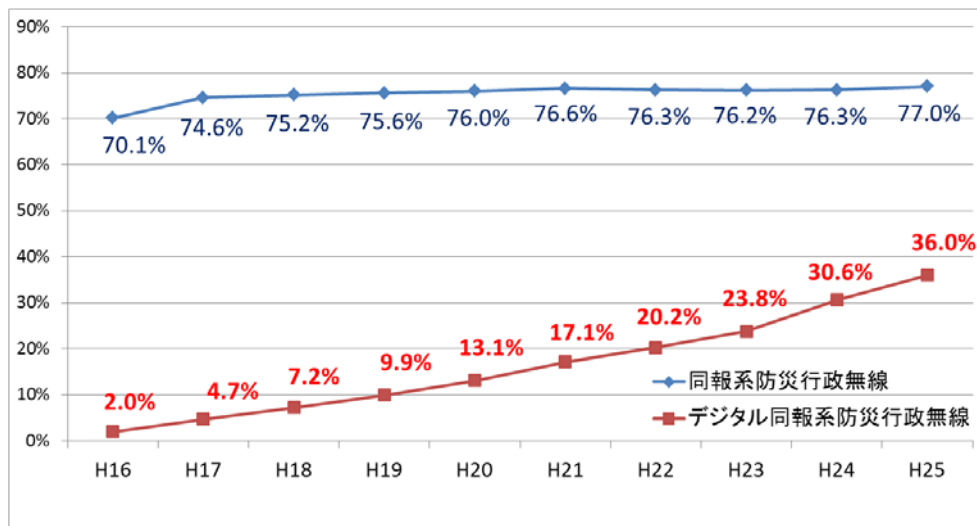


同報系防災行政無線のイメージ図

周波数帯	60MHz帯(54～70MHz)
チャンネル間隔	15kHz
空中線電力	10W以下
伝送速度	45kbps
変調方式	16QAM(Quadrature Amplitude Modulation)
通信方式	TDMA-TDD(Time Division Multiple Access-Time Division Duplex)

主な技術的条件

これら同報系防災行政無線は、現在、全市町村の80%弱まで普及している。一方、デジタル方式については、制度導入後、約10年が経過しているものの、その整備率は全体の36%に留まっているのが現状である。



これは、アナログ方式と比べてデジタル方式の整備費用が高額であることなどが要因に挙げられる。東日本大震災以後、地域において同報系防災行政無線に係る整備ニーズが高まっている中、地方公共団体において、より導入しやすい低廉な方式に対する要望に対し、デジタル方式のコスト低減と共に小規模な市町村にも導入されやすい防災無線システムの技術基準の見直しが必要となったものである。

- システム価格の低廉化要望
- 良好な受信環境の保護・改善要望
 - ・ 不感地帯・無線難聴の対策
 - ・ 屋内で良好な受信ができる環境（戸別受信機）の整備要望
 - ※ 台風の通過地帯、原発近隣の市町村やエコー現象、住宅の高層化等による音声到達障害への対策等
- 戸別受信機の導入コストの低廉化要望
 - ・ 戸別受信機のコスト低廉化
 - ・ 外部アンテナ設置工事（整備費）の低減化

具体的な要望事項等

2 60MHz帯デジタル同報系防災行政無線の低廉化

2.1 低廉化に向けた検討の方針

(1) 低廉化検討の着手経緯

前述の普及状況にあるように、情報通信分野全体におけるデジタル化の流れの中で、各地方公共団体等の防災無線システムもデジタル化を進めている段階ではあるが、アナログ方式の防災無線も未だ数多く存在し、デジタル方式の普及率が向上していない現状にある。

特に、昨今の厳しい財政状況下にあって、比較的小規模な市町村等では、防災上必要な無線施設であっても容易にその設備を更改・整備することができないという事例も見受けられる。震災等大規模災害への対応及び周波数の有効利用の観点から、防災無線のデジタル化が求められているが、そのためには、デジタル方式のコスト低減と共に、小規模な市町村にも導入されやすい、小規模な通信需要向けの簡素な機能で低廉な無線システムが必要であり、それを一定程度実現する防災無線システムの技術基準を早期に策定することが必要とされた。

(2) デジタル方式の現状

拡声通報のほか、デジタル方式のメリットを活用し、親局と子局間での双方向通信、データ通信機能を活用したネットワーク化等の高度利用が可能となるなどの特徴を有している。反面、高度な制御を必要とする高価な時分割多元接続が使用されているため、従来のアナログ方式に比べて機器コスト及び整備費が高額となっている。

(3) 普及促進に向けた取り組み

ア 検討課題

- (a) 現行方式とアナログ方式の中間メニュー（方式の選択肢）の整備
- (b) 戸別受信機の導入・環境整備の促進を容易とする施策検討

イ 想定されるシステム構成

想定されるデジタル同報系防災行政無線（固定系）の方向性（想定イメージ）を、図 2.1-1 に示す。現行方式（16QAM）を高機能型と位置付け、基本機能に限定及び最小限に機能する形で変調方式を追加する。そこで、60MHz 帯に適用が可能で、移動体通信に普及している変調方式として、QPSK 方式及び 4 値 FSK 方式を想定する。

- ・方向性①（普及型） : 4 値 FSK 方式
- ・方向性②（基本型） : QPSK 方式
- ・方向性③（高機能型） : 16QAM 方式（現行方式）

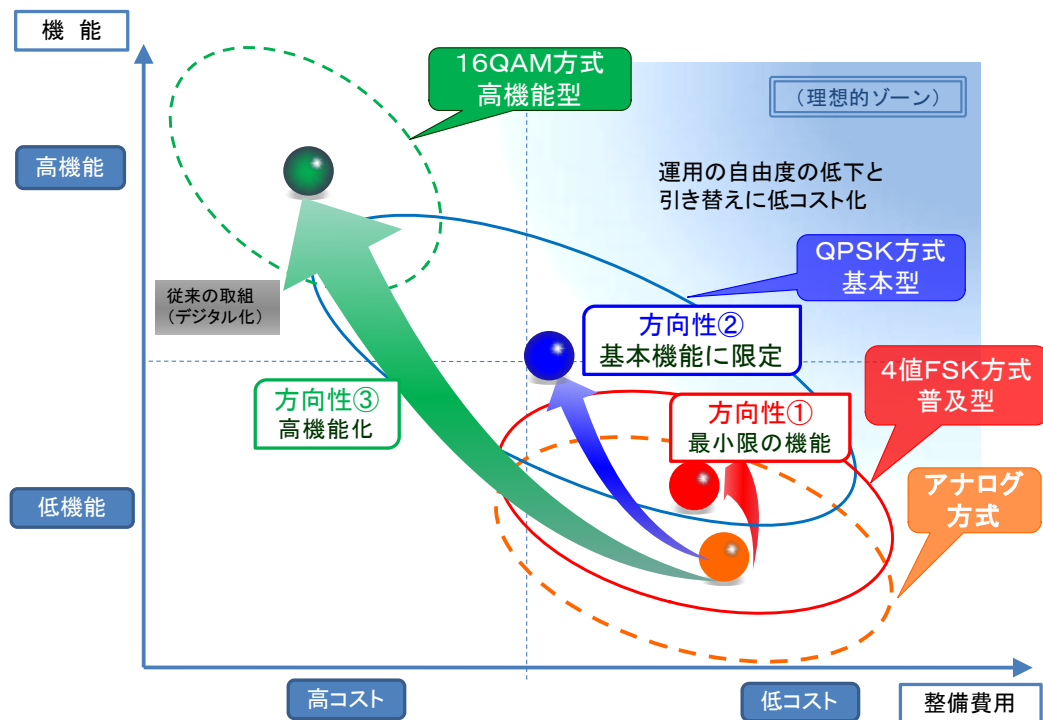


図 2.1-1 デジタル同報無線(固定系)の方向性(想定イメージ)

2.2 同報系防災行政無線に必要な条件及び機能

(1) システムの要求条件(普及促進に向けた課題等)

ア システム価格の低廉化

市町村の要望や条件(財政事情や地理的条件、戸別受信機の整備等)及び、小規模な利用にも対応した簡素な機能で低廉な費用の無線システムへの要望に対応することが可能であること。

イ アナログ方式と同等のサービスを提供

- (a) 同報(音声主体)及び統制(一括呼出、J-ALERT 連携機能等)の基本機能を提供
- (b) 同報(音声主体)に係る実時間(リアルタイム)の情報伝送を提供
(音声、サイレン・ミュージックチャイム、J-ALERT 放送への対応等)
- (c) アナログ方式と同等の音声品質を提供

ウ 良好な受信環境の保護・改善要望

- (a) アナログ方式と同程度のサービスエリアの確保
- (b) 情報伝達の迅速性、信頼性
(不感地・無線難聴の対策(地理的条件等)を含む)
- (c) 屋内で良好な受信ができる環境(戸別受信機)の整備要望
 - ・台風の通過が多い地域、原発近隣の市町村等
 - ・音声到達障害の対策(エコー現象、住宅等の高層化等)

エ 戸別受信機の導入コストの低廉化要望

- (a) 戸別受信機のコスト低廉化
- (b) 外部アンテナ設置工事(整備費)増加の低減化

(2) 想定される技術課題

移動体通信において普及している複数の方式から、60MHz 帯に適用が可能であり、アナログ方式からの移行を推進する観点で、以下のシステム要件に適する条件等を選定する。

- ① 現行方式(16QAM)と比較して、所要受信機入力電圧の低減が可能な方式
- ② アナログ方式と比較して周波数の有効利用が可能な方式
- ③ アナログ方式と比較して同等の拡声音質特性が得られる方式

ここで、所要受信機入力電圧の低減による導入効果については、以下が想定される。想定される導入効果(想定されるシステムイメージ)を図 2.1-1 に示す。

- ① 戸別受信機の外部アンテナ設置不要率向上による整備費低減
- ② 一般家庭において、建屋に同軸ケーブルを通す穴空け工事の不要化、設置場所の自由度向上

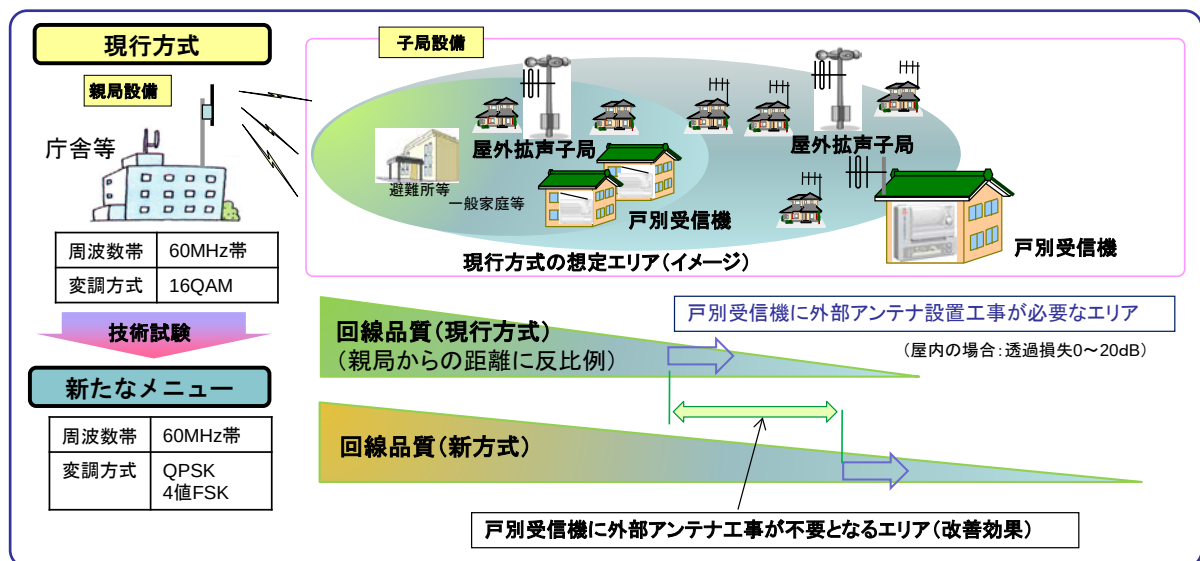


図 2.2-1 想定されるシステムイメージ(現行方式との比較)

(3) 同報系防災行政無線の機能

同報系防災行政無線における基本的な機能(通信／統制機能ほか)については、表 2.2-1 及び表 2.2-2 に示すものがある。これらの機能について、現行方式(アナログ、16QAM)と新たな方式における技術的な観点から見た各方式における実現性の関係について、凡例により示した。

ここで、簡素かつ低廉なデジタル同報系防災行政無線システム(新たな方式)の機能については、TDMA 方式を採用し複信通話や複数チャネル化に対応した現行方式(16QAM)に対比して、アナログ方式からの移行を推進する観点から、アナログ相当の機能に対応可とすることが適当である。

同報系防災行政無線の機能に関する調査検討については、参考資料12のとおりである。

表 2.2-1 同報系防災行政無線の機能①(通信機能)

機能	機能種別	内 容	現行方式		新たな方式
			アナログ	16QAM	
音声通信	一括拡声通報	親局からすべての子局を対象とした同報通信を行うもの。(片方向)	○	○	○
	個別拡声通報	親局と特定の屋外子局(1局)間の選択呼出を行うもの。(片方向)	○	○	○
	グループ拡声通報	親局から複数の子局で構成されるグループを対象とした選択呼出を行うもの。(片方向)	○	○	○
	連絡通話	屋外子局(アンサーバック付き)から親局又は、親局から屋外子局への通信を行うもの。	○ (単信)	○ (複信対応)	○ (単信)
非音声通信	データ通信	文字、画像、観測情報、制御情報等の非音声通信を行うもの。	○ (低速:MSK)	○ (高速)	○ (低・中速)
	FAX通信	親局と子局の間でFAXを伝送する非音声通信を行うもの。 (アナログ FAX 又は、データ FAX)	○ (アナログ)	○ (アナログ/データ)	○ (データ)
	アンサーバック	屋外子局(アンサーバック付き)から親局への片方向通信を行うもの。	○ (単信)	○ (複信対応)	○ (単信)
その他通信	音声＋データ同時通信	音声と同時にデータの伝送を行うもの。	×	○ (高速)	△ ※1

【凡例】 ○:可能、×:不可、△:制約有り

※1 追加方式は、SCPC、1スロットの構成によることから、通信スロットによる音声とデータの同時通信はできない。しかし、送信フレームの一部をデータ通信用に使用することで同時通信を実現することは可能である。

表 2.2-2 同報系防災行政無線の機能②(統制機能ほか)

機能	機能種別	内 容	現行方式		新たな方式
			アナログ	16QAM	
統制／緊急	緊急一括通報	親局からすべての子局に対して最大音量で通報する機能。	○	○	○
	J-ALERT 連動	J-ALERT 受信装置と連動して自動放送を行う機能	○	○	○(※1) △(※2)
	通信統制	親局と子局間の通信を必要に応じて発着信規制、通信時間制限等により、統括・規制する。	○	○	○
	緊急連絡通話	屋外子局(アンサーバック付き)から親局に緊急の連絡を行いたい旨を通知する。(親局が一斉通報中の場合も可)	×	○	×
秘匿	秘話／不正防止	通信の秘匿化(秘話、暗号化)や不正使用を防止する機能。	対策に制約あり	○	○

【凡例】 ○:可能、×:不可、△:制約有り

(※1) 現行方式と同様に、音声及び音楽(サイレンやチャイム等)の伝送が可能な音声符号化方式を採用するもの。

(※2) 狭帯域デジタル無線用の音声符号化方式(AMBE+2 等)を採用するもの。音声以外の波形伝送には適さないため、サイレンやチャイム等を拡声する場合、受信機に音源を蓄積し、親局側の操作で再生する必要がある。

2.3 音声符号化方式

(1) 主な音声符号化方式の概要

現在、移動体通信等において普及し、低速の符号化速度の条件に対応している主要な音声符号化方式について、概略を次に示す。

ア AMBE 方式

現在、狭帯域デジタル移動無線(4値FSK等)において、Digital Voice Systems, Inc.製のAMBE系方式(IMBE(Improved Multi-Band Excitation)、AMBE(Advanced Multi Band Excitation)、AMBE+)及び、その低ビットレート改良版のAMBE+2が普及しており、海外の業務用デジタル移動無線で多くの採用実績がある。

また、国内においても、ARIB STD-T98(デジタル簡易無線)やARIB STD-T102(公共業務用を含む業務用のデジタル移動通信システム)においてもAMBE+2(ソースレート: 2.45kbps、誤り訂正: 1.15kbps、合計3.6kbps)を推奨している。

イ コードブック方式

代表的なコードブック方式の開発・経緯としては、CELP(Code Excited Linear Prediction: 符号励振線形予測)に基づく音声符号化方式の一種で、第二世代携帯電話に採用されたVSELP(Vector Sum Excited Linear Prediction)やITU-T勧告のG.723.1、G.729が採用したACELP(Algebraic code excited linear prediction)がある。

また、ACELPについては、一般・業務用無線においてはTETRA(Terrestrial Trunked Radio)システムにおいて使用されている。

ウ AMR 系方式

ACELPを基に3GPP(3rd Generation Partnership Project)で標準化された

Adaptive Multi-Rate(AMR)をベースとするマルチレート of 広帯域音声符号化方式のシリーズが、携帯電話やVoIP(Voice over Internet Protocol)の音声通信用で普及し、3GPPで定義された各種マルチメディアサービス使用されている状況にある。

AMR-WB(Adaptive Multi-Rate Wideband)は、標準化団体の3GPPが策定した音声符号化方式(3GPP 26 series)で、ITU-T勧告G722.2が採用。通常の電話インタフェースの2倍の帯域幅を持つ50Hz～7kHz(標本化周波数16kHz)の音声信号を6.60kbps～23.85kbpsまでの9種類の固定ビットレートで符号化できる。現行のデジタル同報無線において採用されているS方式(ITU-T G722.1相当)に比べると同じ広帯域の音声をより低いビットレートで符号化できる特長がある。GSM(Global System for Mobile communications)やW-CDMA(Wideband Code Division Multiple Access)方式の第三代携帯電話で利用され、同じ仕様がITU-Tが勧告した広帯域音声符号化方式(G.722.2)で、国内ではARIB STD-T63 26.190他として同じ仕様が定義されている。

AMR-WB+(Extended Adaptive Multi-Rate Wideband)は、AMR-WBに対して音楽の音質を改良した方式で、AMR-WBの持つ全てのモードを含み、音楽を含む一般的な広帯域のオーディオ信号を符号化できるよう拡張された音声符号化方式(3GPP 26 series)。モノラル及びステレオの両方をサポートし、モノラルでは5.2～36 kbps、ステレオでは6.2～48 kbpsの符号化速度(ソースレート)に対応。国内ではARIB STD-T63-26.290他として同じ仕様が定義されている。

(2) 同報系無線の音声符号化方式に対する要件条件

防災無線(同報系)の円滑な運用・効率化を図るために、簡便かつ低廉なデジタル同報無線に望まれる音声符号化方式については、以下の条件を満足することが望ましい。

ア 実時間(リアルタイム)伝送

音声、サイレン・ミュージックチャイム等、J-ALERT放送の実時間(リアルタイム)の情報伝送が可能であること

イ 再生品質

- ・アナログ方式と同等以上の再生品質(拡声音声特性)を確保できること
- ・無線回線における伝送速度(現行方式(45kbps)→新たな方式(4.8kbps～22.5kbpsを想定))に対応可能な音声符号化方式で、低速度(ソースレート:数kbps～10kbps程度)をサポートした高効率符号化方式であること

ウ 標準化・普及性

国際標準化されている、あるいは広く普及している方式であって、実態上無償又は低廉な価格で公開されている、若しくは公開される見込みの公知の技術によるものであること。

(3) 音声符号化方式に対する考察

新たな方式に採用する音声符号化方式については、低ビットレートへの対応、音質及び普及面から、AMBE方式とAMR系方式が候補と想定される。各音声符号化方式（現行方式（S方式）、AMR-WB/WB+、AMBE+2）の概要を表2.3-1に示す。

表2.3-1 音声符号化方式

項目		S方式 (現行方式)	AMR-WB (3GPP)	AMR-WB+ (3GPP)	AMBE+2™ (DVS1)
標準化等	3GPP	—	3GPP 26 series 26.190/194/171	3GPP 26 series 26.290/304/273	—
	ITU-T	G.722.1 相当	G.722.2	—	—
	ARIB	STD-T86	STD-T63	STD-T63	STD-T98 STD-T102
符号化速度 (ソースレート)		16kbps	6.6～23.85kbps (9種のレート)	6.2～48kbps(ステレオ) 5.2～36kbps(モノラル)	2.45kbps
音声帯域		50Hz～7kHz	50Hz～7kHz	50Hz～7kHz (最大 19.2kHz)	200Hz～3.4kHz
備考 (用途等)		デジタル 同報無線	携帯電話、VoIP、マルチメディアサービスほか		狭帯域デジタル 移動無線ほか

ア AMBE 方式

4値FSK方式（7.5kHz間隔）に採用が想定される。ただし、音声以外の波形伝送には適さないため、音楽（サイレンやミュージックチャイム等）の音源の実時間伝送時の再生品質に課題がある。したがって、拡声放送（同報）時に、サイレンやミュージックチャイム等を吹鳴させる場合には、受信機（子局）側に音源を持たせて親局からの無線制御情報等で起動をかける方法が必要。また、J-ALERTの実時間伝送（即時性）への対応に課題がある。

イ AMR 系方式

QPSK方式（7.5kHz／15kHz間隔）及び4値FSK方式（15kHz間隔）への採用候補として、低ビットレートで音楽の伝送に対応・改良されたAMR-WB+方式が候補と考えられる。なお、採用の可否については低速度（ソースレート：6kbps～10kbps程度）における屋外拡声特性の検証が必要。

(4) 各方式の屋外音声拡声特性の考察

新たな方式に採用する音声符号化方式の採択の可否については、以下に示す防災無線の実際の使用の様態に則した想定される屋外拡声の条件において、各方式（変調方式と音声符号化方式の組み合わせ）に対する屋外音声拡声特性及び、アナログ方式と対比した屋外音声拡声特性の差異について評価し、拡声通報用としての使用可能性を判定するものとする。

ア 試験放送の内容、条件等

(a) 試験放送の内容

防災無線の実際の使用の様態を想定し、男性及び女性の読み上げ音声、サイレ

ン、ミュージックチャイム、防災行政情報、J-ALERT等の内容を考慮する。

(b) 試験機材

現行方式との音質を比較する上から、防災無線(同報系)の一般的な屋外拡声装置(事例)を考慮する。

(c) 各方式の回線基準(音源の品質・想定)

デジタル: BER=1×10⁻⁴(現行審査基準)

アナログ: 一般装置(事例): S/N=46dB程度(審査基準: 30dB標準)

(d) 音圧レベル等

防災無線の拡声システムに準じた音圧条件等を基準にて評価することを考慮する。

イ 評価方法の条件等

拡声通報に適するかの観点から、音声品質(品質、雑音の影響度)と情報認識(聞く努力、単語の理解度、言葉の明瞭度)の評価項目について、総合的に評価することを考慮する。(市役所職員等による実聴による。)

ウ 評価結果

各方式の屋外音声拡声特性に関する調査検討結果を以下の表2.3-2に示す。屋外拡声試験の結果より、AMR-WB+(6kbps)がアナログ方式と同程度の拡声品質の確保が可能と判定。したがって、ソースレート6kbps以上の音声符号化速度を前提とすることが可能な変調方式については、現行のアナログ方式と同等以上の音質を確保するものとして拡声通報用として適当であると考えられる。

音声符号化方式の屋外音声拡声特性に関する調査検討の詳細については、参考資料9のとおりである。

表2.3-2 音声符号化方式の屋外音声拡声特性

音声符号化方式 (ソースレート)	評価結果	判定
S方式(現行) (16kbps)	全評価内容で総合評価4以上、アナログに対比して優位。	◎
AMR-WB+ (10kbps)	全評価内容で総合評価4以上、アナログに対比して優位。	◎
AMR-WB+ (6kbps)	全評価内容で総合評価4以上、アナログに対比して同等。	○
AMBE+2 (2.45kbps)	アナウンスに関しては、総合評価4以上、アナログに対比して同程度。サイレン、ミュージックチャイム、Jアラートについては、評価値が低く音源蓄積対策が必要と想定される。	△

(凡例) ◎: 優位(アナログ方式より良好)、○: 普通～やや優位(アナログ方式と同程度)

△: 一部音源で拡声放送に適さない、×: 拡声放送に適さない

2.4 変調方式

(1) 変調方式に対する要件条件

現在、移動体通信において普及している複数の変調方式から、求められるシステム要件に適する新たな変調方式及びその条件を選定する。方式選定においては以下の点を考慮する。

- ① 60MHz 帯に適用が可能であること。
- ② 現行方式(16QAM)の周波数割当およびチャネル間隔(15kHz 又は、その 1/2 の 7.5kHz)を想定し、現行方式との親和性を有すること。
- ③ 低廉化の上から、現行方式に比べて、より所要受信機入力電圧が小さい(より長い通達距離確保が可能な)方式および、最適な変調パラメータ等を選択すること。
- ④ 現行方式に比べて、耐マルチパス(遅延)特性に優位な方式であること。
- ⑤ 各方式の変調パラメータ及び方式等は、特定の工業所有権によらない、実態上無償又は低廉な価格で公開されている、若しくは公開される見込みの公知の技術によるものであること。

上記に対応するデジタル変調方式としては、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)方式及び4値FSK(Frequency shift keying)方式の2つが想定される。これらの方式については、現行方式(16QAM)よりも伝送速度や多値化の点で周波数利用効率には劣るが、所要受信機入力電圧が低く、さらに、サービスエリアにおけるマルチパス(遅延波)等の干渉妨害に対する耐量に優位であることから、簡素かつ低廉なデジタル同報無線においては、音声主体の運用において適切である。

以下に、それぞれの方式及び海外の動向の概略について示す。

ア QPSK 方式

- ・衛星放送やPHS電話等のデジタル通信方式に広く採用され、一般に所要C/Nが優位な絶対同期検波方式が採用されている。一方、移動体通信では、QPSK方式の一種で、遅延検波が可能な差動符号化方式を採用した $\pi/4$ シフトQPSK方式が、平成10年6月電気通信技術審議会答申(諮問第94号「400MHz帯等を使用する業務用の陸上移動局等のデジタル・ナロー通信方式の技術的条件」(平成9年9月29日付け郵電移第48号に基づく諮問))以降、防災無線移動系、消防無線やタクシー無線などの狭帯域デジタル通信方式として広く採用されている。
- ・伝送する情報は、符号化音声とデジタル・データ伝送に適している。
- ・通信方式はSCPC(FDMA)にも適用できる。

イ 4 値 FSK 方式

- ・平成20年3月情報通信審議会答申(情報通信審議会諮問第2009号「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件」(平成14年9月30日諮問))のうち「小電力を用いる自営系移動通信の利活用・高度化方策(簡易無線局等に適したデジタル方式の技術的条件、無線操縦機器(ラジオコントロール)の高度化方策に関する技術的条件及び動物の位置把握・検知に必要な技術的条件)に係る技術的条件)」により、4値FSK方式が業務用無線を含め新たに認可され(無線設備規則第57条の3の2)、デジタル方式の簡易無線(無線設備規則第54条第2項)に採用されている(6.25kHz配置)。

- ・FM方式同様にC級増幅器(非線形増幅)を使用可能なため、送信機は他方式に比べ、低廉化(バックアップ電池の小型化等)に有利である。
- ・他方式に比べてチャンネル当たりの総伝送速度が低いため、音声通信を主体にデータ伝送(低速)を利用する比較的安価・簡便な高度化システムに適する。
- ・通信方式はSCPC(FDMA)にも適用できる。

ウ 海外の動向

- ・QPSK方式については、ETSI(European Telecommunications Standards Institute)で標準化された25kHz 4多重TDMA方式($\pi/4$ シフトQPSK)のTETRA(Terrestrial Trunked Radio)システムが、欧州及びアジア、アフリカ、中東、南米地域を中心とした多くの国で警察、消防・防災等の公共安全業務に用いられている。
- ・4値FSK方式については、APCO(The Association of Public-Safety Communications Officials International)－Project25(北米)、ETSI-DMR(Digital Mobile Radio)(欧州)、高度無線呼出システム(ARIB 標準規格RCR STD-T43:海外ではFLEX 方式)などに広く採用されている。

(2) 変調方式の諸条件について

現行方式(16QAM)の周波数割当及びチャンネル間隔(15kHz又は1/2の7.5kHz)の条件において、低廉化の観点から、現行方式に比べて所要受信機入力電圧が小さい(距離確保が可能な)、最適変調パラメータ等を実現し、採用することが望ましい。

QPSK方式においては、システムの運用形態(固定系)より、所要受信機入力電圧において優位な絶対同期検波によるものが適当である。

また、4値FSK方式においては、既存方式(6.25kHz配置)に対して、チャンネル間隔が7.5kHz又は15kHzに変更(狭帯域化条件が緩和)するため、チャンネル間隔に関するパラメータ等の最適化により所要受信機入力電圧の改善を行ったものが適当である。

各変調方式について、調査検討を行った結果(チャンネル間隔:15kHz及び7.5kHz)について、表2.4-1及び表2.4-2に示す。

変調方式に関する条件等の調査検討の詳細については、参考資料1のとおりである。

表 2.4-1 QPSK 方式の条件(チャンネル間隔:15kHz、7.5kHz)

変調方式	チャンネル間隔	伝送速度(kbps)	シンボル速度(kシンボル/s)	帯域制限特性	備考
QPSK	15kHz	22.5	11.25	送受:RRC($\alpha=0.2$)	絶対同期検波
QPSK	7.5kHz	11.25	5.625	送受:RRC($\alpha=0.2$)	絶対同期検波

(略語等) RRC:ルートロールオフ特性(α :ロールオフ率)

表 2.4-2 4 値 FSK 方式の条件(チャンネル間隔:15kHz、7.5kHz)

変調方式	チャンネル間隔	伝送速度(kbps)	シンボル速度(k シンボル/s)	帯域制限特性	周波数偏位	備考
4 値 FSK	15kHz	9.6	4.8	送受:RRC($\alpha=0.2$)	800Hz(fm) 2,400Hz(3fm)	周波数検波
4 値 FSK	7.5kHz	4.8	2.4	送受:RRC($\alpha=0.2$)	400Hz(fm) 1,200Hz(3fm)	周波数検波

(略語等) RRC: ルートロールオフ特性(α : ロールオフ率)

2.5 誤り訂正方式

(1) 誤り訂正方式の要求条件

デジタル同報系防災行政無線システムの拡声については、フィールド(戸別受信機においては屋内)における音声品質を維持する上で、高効率音声符号化方式に対して誤り訂正方式を組み合わせる必要がある。この特徴的な運用形態の円滑、効率化を図るために、簡便かつ低廉なデジタル同報系防災行政無線システムに望まれる音声符号化方式については、以下の条件を満足することが望ましい。

- ① 変調方式や音声符号化方式の特徴に適した方式であること。
- ② 誤り訂正方式によるビットエラーの改善により、実効的に所要受信機入力電圧を下げるため、符号化利得が大きい方式であること。
- ③ 特定の工業所有権によらない、実態上無償又は低廉な価格で公開されている、若しくは公開される見込みの公知の技術によるものであること。

(2) 各方式に対する誤り訂正方式の諸条件

現行方式に採用されているS方式(ARIB STD-T86)および、移動系等において採用されているAMBE+2方式については、それぞれの音声符号化方式に付随した誤り訂正符号方式が、チップ内蔵又はソフトウェアが付随した形で規定されている(S方式の場合: 畳込符号をベースにCRC符号とインタリーブを組み合わせたもの。AMBE+2方式の場合: ゴレイ符号をベースとしたもの)。

一方、AMR-WB+方式については、誤り訂正が付随していないため、誤り訂正方式を外部に追加する必要がある。移動体通信等においては、畳込符号やターボ符号(第三世代携帯電話等で採用)が普及している状況にあり、現行方式に用いられている畳込符号と比較し、符号化利得が大きいターボ符号をベースとした方式を採用することが適当である(現行方式と同様に、誤り訂正符号にCRC符号やインタリーブ等を組み合わせた形式が想定される)。

各変調方式に対する、誤り訂正方式の条件等を含む検討結果を表2.5-1に示す。ここで、QPSK方式及び4値FSK方式については、2つのチャンネル間隔(7.5kHz、15kHz)において、それぞれ想定される伝送速度等の条件を示し、現行方式(16QAM)の条件についても併記した。

各方式に対する誤り訂正方式の調査検討の詳細については、参考資料2のとおりである。

表 2.5-1 各変調方式の諸元の概要

	16QAM (現行方式)	QPSK		4 値 FSK	
チャンネル 間隔	15kHz	15kHz	7.5kHz	15kHz	7.5kHz
アクセス方式 ():多重数	TDM/TDMA (6)	SCPC (1)			
通信方式	単信、複信 半複信、同報	単信、同報			
伝送速度	45kbps	22.5kbps	11.25kbps	9.6kbps	4.8kbps
帯域制限 特性	送受:RRC ($\alpha=0.2$)	送受:RRC ($\alpha=0.2$)	送受:RRC ($\alpha=0.2$)	送受:RRC ($\alpha=0.2$)	送受:RRC ($\alpha=0.2$)
変調パラメータ (周波数偏位)				800Hz (fm) 2,400Hz (3fm)	400Hz (fm) 1,200Hz (3fm)
基本 フレーム長	80ms (6 スロット構成)	40ms	80ms	80ms	80ms
符号化 速度	25.6kbps (通報)	16kbps	9.6kbps	8.8kbps	3.6kbps
音声符号化 方式※1	S 方式(通報) ・音声符号:16kbps ・誤り訂正:9.6kbps	AMR-WB+ ・音声符号:10kbps ・誤り訂正:6.0kbps	AMR-WB+ ・音声符号:6kbps ・誤り訂正:3.6kbps	AMR-WB+ ・音声符号:6kbps ・誤り訂正:2.8kbps	AMBE+2 ・音声符号:2.45kbps ・誤り訂正:1.15kbps
誤り訂正 符号	畳込符号 (r: 約 1/2)	ターボ符号 (r: 5/8)	ターボ符号 (r: 5/8)	ターボ符号 (r: 3/4)	ゴレイ符号 (r: 約 1/2)
符号化利得 (1×10^{-4})※2	5.5dB	7.4dB	7.4dB	4.7dB ※3	4.8dB
備考	音声と音楽(サイレン・チャイム等)を実時間伝送				サイレン・チャイム等の 音源蓄積

(略語等) RRC:ルートロールオフ特性(α :ロールオフ率)、r: 符号化率(誤り訂正符号)

※1 誤り訂正には、誤り訂正符号のほか冗長符号及びインターリーブ等を含む

※2 想定条件によるシミュレーション等による(現行方式は、ARIB STD-T86(付録資料 2)による)

※3 4 フレーム/ブロック処理の場合

2.6 所要受信機入力電圧

(1) 所要受信機入力電圧の規定に係る基本的な考え方

ア 新たな変調方式における所要受信機入力電圧については、屋外拡声試験等における検証によって、同報(拡声)における音声品質を維持する上で高効率音声符号化方式(誤り訂正方式を含む)の採用が必須であることを踏まえ、誤り訂正の改善効果を加味した実効的な所要受信機入力電圧を想定する。

イ 所要受信機入力電圧は、想定される基準BER (回線基準:BER= 1×10^{-4} 、静特性)における各方式の所要C/Nに対して、以下の条件を考慮する。

① 機器固定劣化マージン

一般的な機器設計マージンの事例を計上(6dB)。

② 総合雑音(周囲雑音+熱雑音)

電波法関係審査基準の標準値(0.2dB μ V/11.25kHz(60MHz帯、16QAM))を基準として、新たな変調方式については16QAMとの等価受信帯域幅の帯域比率で換算する。

③ 干渉マージン

固定回線の許容干渉波レベルは、総合雑音のレベルと同一としてCIRマージンを計上(3dB)。

④ 音声符号化利得

音声符号に適用する誤り訂正方式について、基準BERにおける符号化利得を計上。

⑤ その他

電波法関係審査基準における受信機入力電圧の範囲の規定においては、外来要因として、フェージング損失以外の要素として、「M」を定義している(受信機入力電圧の範囲に対して、標準:+10dB(最大値:+20dB)のマージンの考慮を想定)。

そのため、インパルス性雑音やマルチパスなどの外来雑音等の影響によるBER劣化については、現行審査基準の範囲に含めて考慮するものと想定する。

なお、フィールドにおけるインパルス性雑音の影響については、誤り訂正による低減を見込むことが可能であり、遅延波等の影響については新たな方式(QPSK及び4値FSK方式)は、16QAMに対比して遅延波に強い傾向がある。

インパルス性雑音に対する誤り訂正による低減については、参考資料2、マルチパス特性(耐遅延特性)に関する検討については、参考資料3のとおりである。

(2) 所要受信機入力電圧の想定条件等

誤り訂正の改善効果を加味した実効的な所要受信機入力電圧(実効受信機入力電圧)の試算結果(想定条件等)を表2.6-1に示す。

ここで、項番10は符号化利得を含まない所要受信機入力電圧、項番12は符号化利得(項11)を加味した所要受信機入力電圧(実効受信機入力電圧)、項番13は16QAMの値を、現行の電波法関係審査基準値(25.1dB μ V)とおいた場合を示している。

所要受信機入力電圧の試算(想定条件)の詳細については、参考資料4のとおりである。

表2.6-1 所要受信機入力電圧(実効受信機入力電圧)の試算(想定条件)

項番	項目	単位	16QAM (現行)	QPSK (15kHz)	4 値 FSK (15kHz)	QPSK (7.5kHz)	4 値 FSK (7.5kHz)	備 考
1	伝送速度	kbps	45	22.5	9.6	11.25	4.8	
2	チャンネル間隔	kHz	15	15	15	7.5	7.5	
3	等価受信帯域幅	kHz	11.25	11.25	9.6	5.625	4.8	
4	BER 規定値	—	1×10^{-4}	1×10^{-4}	1×10^{-4}	1×10^{-4}	1×10^{-4}	静特性
5	理論 C/N	dB	18.2	11.4	10.8	11.4	10.8	
6	固定劣化機器マージン	dB	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	
7	所要 C/N	dB	24.2	17.4	16.8	17.4	16.8	
8	総合雑音電圧	dB μ V	0.2	0.2	-0.5	-2.8	-3.5	
9	干渉マージン	dB	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
10	所要受信機入力電圧 ():16QAM からの改善	dB μ V	27.4 (0)	20.6 (-6.8)	19.3 (-8.1)	17.6 (-9.8)	16.3 (-11.1)	
11	音声符号化利得	dB	5.5	7.4	4.7	7.4	4.8	1×10^{-4}
12	実効受信機入力電圧 ():16QAM からの改善	dB μ V	21.9 (0)	13.2 (-8.7)	14.6 (-7.3)	10.2 (-11.7)	11.5 (-10.4)	
13	所要受信機入力電圧 (実効受信機入力電圧) ():審査基準からの改善	dB μ V	25.1※1 (0)	13.2 (-11.9)	14.6 (-10.5)	10.2 (-14.9)	11.5 (-13.6)	審査基準: 25.1dB μ V

※1 16QAMにおいては外部条件に対するマージン(3.2dB相当)を加味した値。他のデジタル方式は現行の電波法関係審査基準の範囲(M)に含めて考慮するものと想定。

2.7 既存無線システムとの周波数共用条件の検討

(1) 周波数共用条件に係る基本的な考え方

同報系防災行政無線においては、将来、複数の変調方式とチャネル配置が並立することを考慮し、下の図に示すように複数のシステムを近接周波数内で配置しながら、個々のシステムが一定の通信品質を確保するための周波数共用条件を検討する必要がある。

ここで、検討する主たる検討課題は、各種デジタル方式相互間の周波数共用及び、デジタル方式とアナログ方式との周波数共用であり、下表に示す方式の組み合わせに対する周波数共用条件の基礎検討(基礎データの取得・分析等)について、参考資料8のとおり検討を行った。

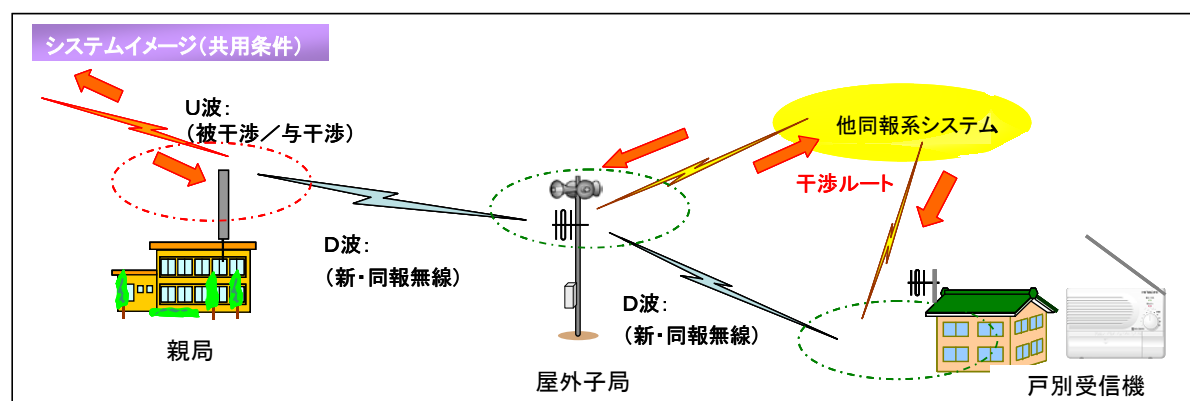


図2.7-1 周波数共用のイメージ

表2.7 周波数共用条件の検討対象(組合せ表)

妨害波(U) / 希望波(D)		16QAM	QPSK	4 値 FSK	QPSK	4 値 FSK	アナログ
		15kHz			7.5kHz		30kHz※1
16QAM(現行)	15kHz	○	○	○	○	○	○
QPSK		○	○	○	○	○	○
4 値 FSK		○	○	○	○	○	○
QPSK	7.5kHz	○	○	○	○	○	○
4 値 FSK		○	○	○	○	○	○
アナログ	30kHz※1	○	○	○	○	○	—

(凡例): ○: 検討対象、—: 対象外、数字はチャネル間隔を表す。

※1 30kHz間隔(インターフ配置有り)

(2) 試験装置の技術的条件等

新たな方式(QPSK 方式及び 4 値 FSK 方式)の試験装置に対する無線関係の主な技術的条件に関しては、現行方式(16QAM)の無線設備規則及び、変調方式に関連する他の事例等に従うものとした。また、占有周波数帯幅及び隣接チャネル漏えい電力に関する帯域幅の規定方法については、現行方式(16QAM)がチャネル間隔で規定していることに対して、新たな方式では、周波数の許容偏差を加味したチャネル間隔(以下の定義式)により規定する形式についても検討を行った。

(定義式): $\text{チャンネル間隔} - 2 \times \text{帯域上限値} \times \text{周波数の許容偏差}$

試験において使用した各方式の機器(現行方式(16QAM、アナログ)、新たな方式)の技術的条件等の詳細については、参考資料6、占有周波数帯域帯幅及び隣接チャンネル漏えい電力の検討の詳細については、参考資料5のとおりである。

(3) 周波数共用条件(オフセット周波数、所要 D/U)の評価方法について

周波数共用条件の評価については、以下に示す観点で、オフセット周波数及び所要D/Uの調査検討を行う。

ア オフセット特性、D/U特性の検証(シミュレーション、室内実証実験)を行い、所要の周波数共用条件(隣接周波数及び同一周波数干渉)を導出する。

イ 実験装置においては、不要な輻射、漏洩等のアイソレーションを避ける上からSG(U波)を用いて共用条件を評価し、さらに、実証試験装置における帯域外スプリアス領域以遠の雑音を付加した妨害波モデル(実力値モデルによるシミュレーション)を適用し、シミュレーション解析との総合評価手法により所要の周波数共用条件を導出する。(注1)

ウ アナログ方式の妨害波については、送信スペクトラムの広がり考慮した条件とする。

エ 想定条件(回線基準): デジタル:BER=1×10⁻⁴、アナログ:S/N= 30dB

(注1) 周波数共用条件の評価においては、送信機からの不要な輻射や漏えい等の影響を回避するため、信号源として信号発生器(SG)を用いる方法が想定されるが、SGから出力される信号は実際の送信機と比較して雑音電力が低く、共用条件検討の際にはその妥当性が懸念される場合も想定される。そこで、実証試験装置相当の雑音を考慮・付加した妨害波モデルをシミュレーション上で模擬・生成し、これを用いたシミュレーション解析手法(実力値モデルによるシミュレーション)を採用することとする。

(4) 周波数共用条件の調査検討結果

ア 周波数共用条件を満たすオフセット周波数

方式の組み合わせに対して、D/Uを固定(0dB、-20dB、-40dB)とした条件でオフセット周波数とBERとの関係について実力値モデルによるシミュレーションを行い、所望の回線条件を得るために必要なオフセット周波数(隣接周波数共用条件)を求めた。調査検討結果は、参考資料8表3.1-5～表3.1-7のとおりである。

なお、本結果については、各変調方式において、最小オフセット周波数(無線局のシンセサイザの基準周波数に関係する周波数の最小ステップ)の検討への利活用が想定される。また、例えば、D/U=-30dBの場合については、上記D/U=-20dBとD/U=-40dBの結果から近似して導出することが適当と想定される。

イ 周波数条件を満たす所要D/U(隣接周波数共用条件及び同一周波数共用条件)

方式の組み合わせに対して、各変調方式のチャンネル間隔と周波数配置の関係から、実際に相互干渉の関係にある方式の組み合わせとオフセット周波数の関係(図2.7-2に示す相互干渉の関係にあるオフセット周波数(同一周波数を含む6種類): $\Delta 0\text{Hz}$ 、 $\Delta 3.75\text{kHz}$ 、 $\Delta 7.5\text{kHz}$ 、 $\Delta 11.25\text{kHz}$ 、 $\Delta 15\text{kHz}$ 、 $\Delta 18.75\text{kHz}$)に着目し、所望の回線条件を得るために必要な所要D/U(隣接周波数共用条件及び同一周波数共用条件)を求めた。調査検討結果は、参考資料8表3.1-8～表3.1-13のとおりである。

さらに、無線局相互の周波数の変動分を加味した場合について、所望の回線条件を得るために必要なD/Uを求めた。調査検討結果は、参考資料8表3.1-25～表3.1-30(小数点以下を丸めた場合)のとおりである。

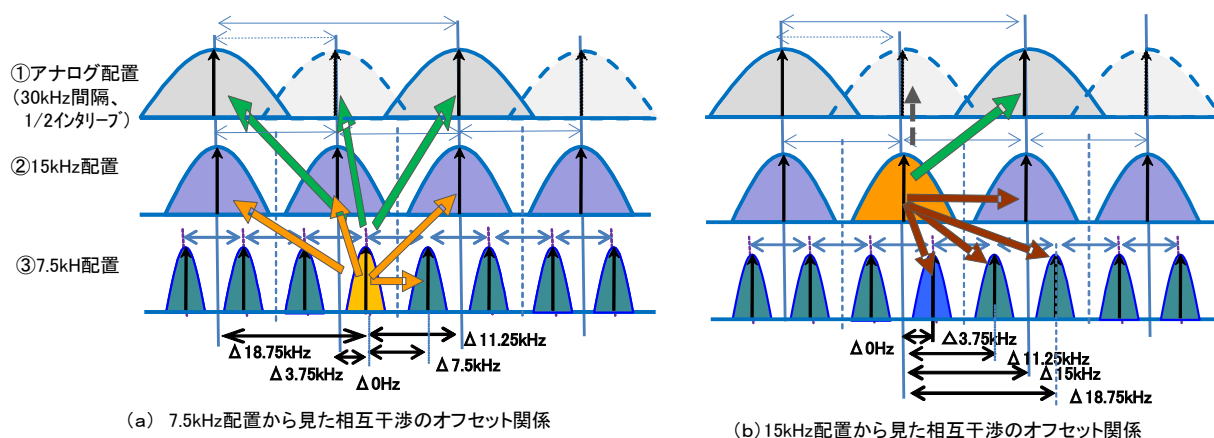


図2.7-2 相互干渉の関係にあるオフセット周波数

(5) 周波数の繰り返し条件について

周波数の繰り返し条件の検討においては、図2.7-3のイメージ図のように、妨害波の電界強度が自局のサービスエリア端における希望波の電界強度より所要CNR(D/U)だけ減衰する地点が、同一又は隣接周波数を利用する親局のサービスエリア端となるものと想定し、回線設計を行う方法が適当と想定される。(D:親局間の距離、R:サービスエリア半径)。

なお、実運用での回線設計においては、本調査検討にて得られた周波数共用条件の結果をベースに、現行の電波法審査基準において規定されている各種マージンや、各方式の周波数配置を考慮した一定のガードバンドを考慮することが望ましい。

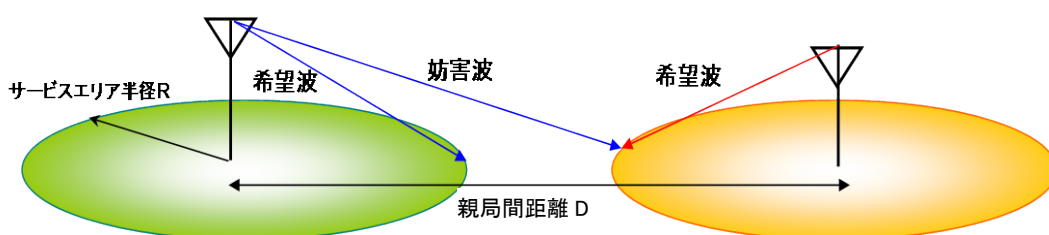


図2.7-3 隣接エリアと干渉の関係(イメージ)

2.8 低廉化の評価

(1) 低廉な方式の導入の考え方

現行方式(16QAM)に比した低廉化において、移動体通信技術で普及しているQPSK方式や4値FSK方式については、機器コストの低廉化要素のほかに、現行方式に比べて同一の回線条件(基準BER)における所要C/Nが低いことから、受信エリアを広くとることができるため、下図のように戸別受信機の受信機入力電圧に余裕が生まれる。その結果、戸別受信機の外部アンテナ不要箇所を広げることができ、受信宅での取付工事や調整業務を削減可能となる。

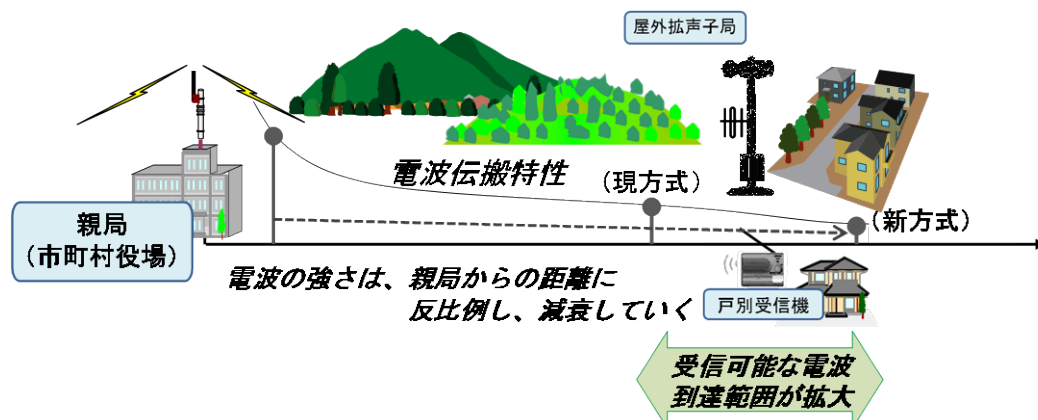


図2.8-1 低廉化のイメージ(現行方式との比較)

(2) 低廉化評価の手法

同報系防災行政無線システムは、各市町村の地勢状況等により、サービスエリア設計やシステム構成の考え方が様々であるため、各種統計情報等に基づいたモデル(各市町村の規模等)を想定し、戸別受信機の外部アンテナ設置工事費を含む導入コスト(システム整備費)を試算・比較する方法が適当である。

導入コストの比較検討については、以下の手順により結果を取りまとめる。

ア 同報系防災行政無線システムの試算モデルの調査検討

各種統計情報等に基づいて、比較的小規模の市町村(仮想モデル)を想定する。

イ 機器コストの調査検討

総務省の委託調査において行った製造業者に対する概算コスト算出のアンケート調査(機器)の結果を元に、機器・設備単位に導出する。

ウ 導入コストの調査検討

・導入コスト(戸別受信機の外部アンテナ設置工事費を含む)の試算においては、システムの想定モデル及び機器コストの調査結果をもとにシステム整備費及び戸別受信機の外部アンテナ設置工事費をそれぞれ導出する。

・戸別受信機の外部アンテナ設置工事費については、各方式の所要受信機入力電圧の検討値(電波の通達距離)をもとに費用を試算する。

エ 低廉化の考察

試算結果(システム整備費、戸別受信機の外部アンテナ設置工事費)について、現行方式と比較を行い、方式による低減効果の考察を行う。

(3) 導入コストの調査結果

ア 試算モデル

各種統計情報等に基づいて、表 2.8-1 に示す自治体の規模に関するモデル(町村モデル、市モデル)、表 2.8-2 に示すシステムの構成に関するモデル(戸別受信機主体モデル)を想定した。

表2.8-1 自治体の規模に関するモデル

自治体の規模	人口 (全国平均)	世帯数 (全国平均)	面積 (全国平均)
町村モデル	12,647 人	4,548 戸	167km ² (半径 7.3km の円)
市モデル	105,336 人	40,992 戸	266km ² (半径 9.2km の円)

表2.8-2 システムの構成に関するモデル

システムの構成	親局	屋外子局数	戸別受信機	非常用電源
戸別受信機主体 モデル	1 局	町村:11 局 市:48 局	町村:4,548 台(100%) 市 :20,496 台(50%)	24 時間 対応

イ 導入コスト

導入コスト(システム整備費)の試算結果を図2.8-2、図2.8-3に示す(15kHzチャンネル間隔のものを「ワイド」、7.5kHzチャンネル間隔のものを「ナロー」と略した。)

現行方式(16QAM)に比べて新たな方式は、町村モデルで約85～79%、市モデルで約84～77%に低減が想定される検討結果であった。

また、外部アンテナの工事費については、現行方式(16QAM)が導入コスト全体の約3割を占めているものに対して、新たな方式は、所要受信機入力電圧の低減により、現行方式に比べて外部アンテナの工事費が約60%～67%に低減が想定される検討結果であった。

導入コストの低廉に関する検討結果の詳細については、参考資料10のとおりである。

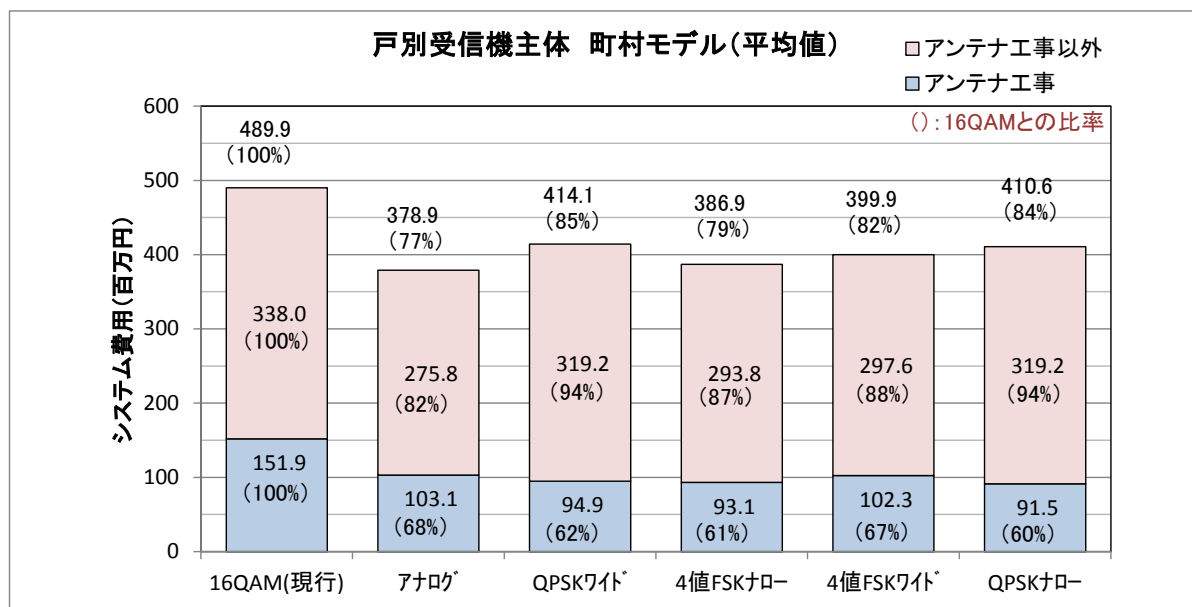


図 2.8-2 導入コストの試算結果(戸別受信機主体の構成:町村モデル)
(親局:1局、屋外拡声子局:11局、戸別受信機配備率:100%(対象:4,548世帯))

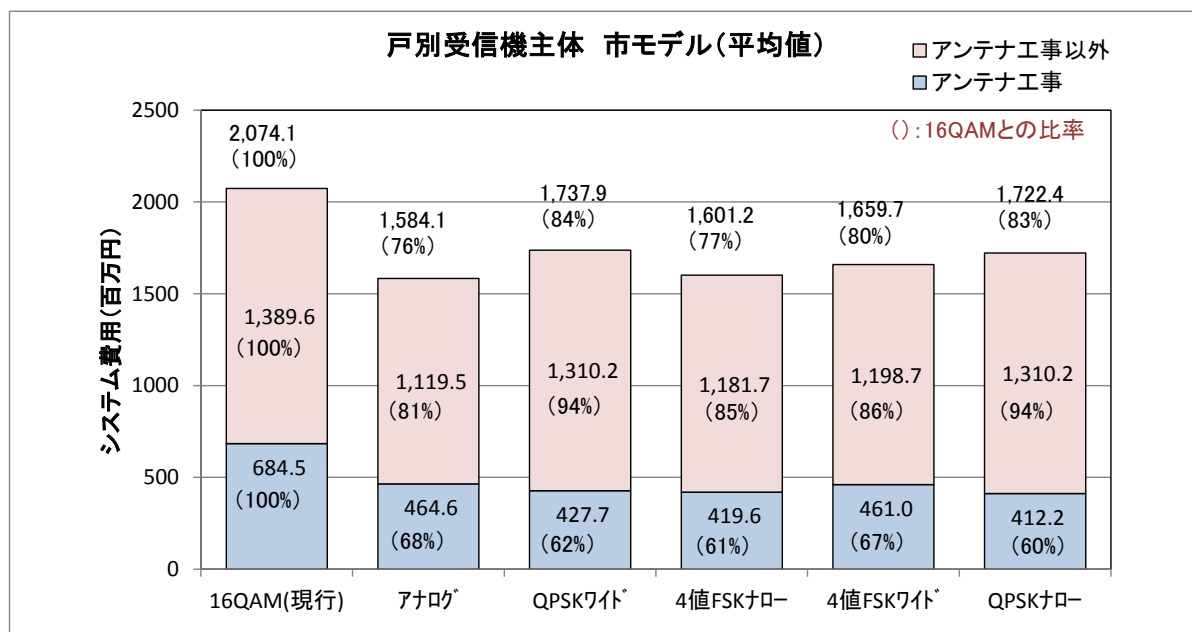


図 2.8-3 導入コストの試算結果(戸別受信機主体の構成:市モデル)
(親局:1局、屋外拡声子局:48局、戸別受信機配備率:50%(対象:20,496世帯))

2.9 その他

音声符号化方式に関しては、J-ALERTとの連動を念頭に、2.3音声符号化方式において、ソースレート6kbps以上の音声符号化速度を前提とすることが可能な変調方式について、現行のアナログ方式と同等以上の音質の確保が可能であることが確認されている。

本項では、4値FSK(7.5kHz)等低速度の音声符号化方式を組み合わせる場合の実現可能性について、さらに、考察する。

2.9.1 音源蓄積方式の検討(J-ALERT連動等)について

(1) デジタルナロー移動体技術による同報系防災行政無線システムの課題について

4値FSK方式(7.5kHz)等のデジタルナロー方式に採用される低速度の音声符号化方式(AMBE+2など)は、音声以外の波形の伝送には適さないため、同報系防災行政無線システムにおいては、拡声(同報)時にサイレン・チャイム等を吹鳴させる場合、あるいは、J-ALERT放送に連動してサイレン・チャイム等を吹鳴させる場合においては、受信機に音源を持たせて、親局から無線制御情報等で起動をかける方法が必要となる。

(2) 音源の供給方式について

音声符号化方式がサイレン・チャイム等の伝送ができない場合の音源の供給方式については、例えば以下の表に示すような3つの方式が想定される。音源供給方式による同報系防災行政無線システムのイメージを以下の図に示す。

表2.9-1 音源供給方式

項番	概要	説明
1	受信機に音源を内蔵しない方式	・音源を持たずリアルタイムの通信内容をそのまま伝送する。 ・サイレン等の伝送時には音質劣化(異音等)が起きるが、音声による情報伝達(連絡)のみができれば可とする。
2	受信機に音源を内蔵する方式	・あらかじめ音源を受信機に内蔵して、親局からの無線制御信号等でこれを起動・再生する。 ・無線による音源の更新は行わない。
3	小容量通信により受信機に音声等を伝送/蓄積する方式	あらかじめ音源を受信機に内蔵し、かつ、小容量通信(データ伝送)により各種音源等を伝送し、受信側に蓄積・再生する方式(音源の更新に対応した方式)。

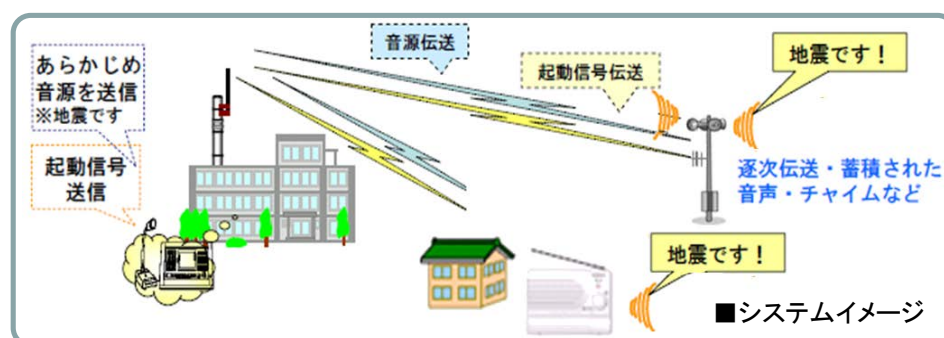


図2.9-1 音源供給方式による同報系防災行政無線システムのイメージ

(3) デジタルナロー方式におけるJ-ALERTへの対応について

J-ALERTの運用方式(登録音声方式、事前音声書換方式及び、即時音声合成方式)への対応については、上記音源供給方式により以下のような検討結果にある。

ア 登録音声方式への対応(所要メモリ容量(試算)等)

登録音声方式への対応については、表 2.9-1 の方式2(受信機に音源を内蔵する方式)による対応が想定される。

ここで、登録音声方式に対する所要メモリ容量(試算)については、表 2.9-2 に示す試算事例(計 140 分)より、所要メモリ容量は、1GB 以内のメモリに格納が可能と想定される(標本化(想定):22.05kHz(16bit)に対して2,826Mbit(353MB))。これをSDカード等の書き換え可能なメモリ(1GB)実装を想定すると、機器費用(材料費ベース)への影響は軽微な範囲と考えられる。

表 2.9-2 登録音声方式に対する所要の記録時間(試算例)

項番	分 類		メッセージ(件)	備 考
1	国民保護関係情報		16	ゲリラ攻撃・弾道ミサイル等
2	緊急地震速報		6	
3		将来用予約	4	予備4件
4		誤報キャンセル	1	
5	地震津波 情報	津波予報	3	
6		震度速報	7	
7		東海地震情報	3	
8	火山噴火警報		7	
9		将来用予約	4	予備4件
10	気象警報		1	
11	気象情報		4	
12		将来用予約	4	予備4件
	合 計		60	合計約 140 分(約 2 分/件)

イ 事前音声書換方式

事前音声書換方式への対応については、表 2.9-1 の方式3(小容量通信により受信機に音声等を伝送/蓄積する方式)による対応が想定される。また、蓄積データの更新(アップデート)においては、以下について留意する必要がある。

- ・低ビットレートでの大容量データ(音声ファイル)の伝送及びデータ書換操作の結果検証機能
- ・上り回線がない場合のアップデート時エラー対応

なお、一定の回線品質(固定系)の条件においては、大容量データ(音声ファイル)の分割伝送、誤り訂正方式、あるいは連送方式(同一情報を複数回・繰り返して送信)などを、単独又は複数方式の効果的な採択・組み合わせにより、技術的な実用化の可能性のあるものと想定される。

ウ 即時音声合成方式への対応について

AMBE+2 方式に対する屋外拡声試験の結果(参考資料9)より、アナウンス等の音声についてはアナログ方式と同程度の評価結果であったことから、即時音声合成方式への対応については、以下のような対応(案)が想定される。即時音声合成方式に対する 4 値 FSK 方式(7.5kHz 間隔)の動作概略(案)を図 2.9-2 に示す。

① 親局(操作卓等)における対応

同報無線自動起動機インタフェース(J-ALERT 受信装置における通報メッセージの構成情報(識別情報等)を受け渡す仕組み)を利用し、親局(操作卓等)において、放送の音声部分と音楽部分で以下のように対応する。(同報無線自動起動機インタフェースの構成情報から、親局側装置にて送信フレーム(音声/制御信号)を適宜構築して伝送:表 2.9-1 の方式 1 と 2 の組み合わせにより対応)

② 音声合成における放送メッセージ(音声)部分

J-ALERT 受信装置から出力される合成音声(アナログ信号)を、親局の AMBE+2 を通した音声をリアルタイムに放送する。(表 2.9-1 の方式 1 で対応)

③ 合成音声の前後に放送されるチャイム・サイレン等(音楽)の部分

親局の制御信号にて受信機の音源から再生する。(表 2.9-1 の方式 2 で対応)

なお、現状の J-ALERT 受信機と自動起動装置のインタフェースが、音声(アナログ)と外部接点を基本に構成されているため、上記構成情報(識別情報等)を授受するための外部インタフェースに対応する信号線を新たに装置に追加する必要がある。したがって、すでに整備済み機器との互換性維持への対応が難しく、J-ALERT 受信装置が更新されるタイミング等の中長期において技術的に実現の可能性があるものと想定される。

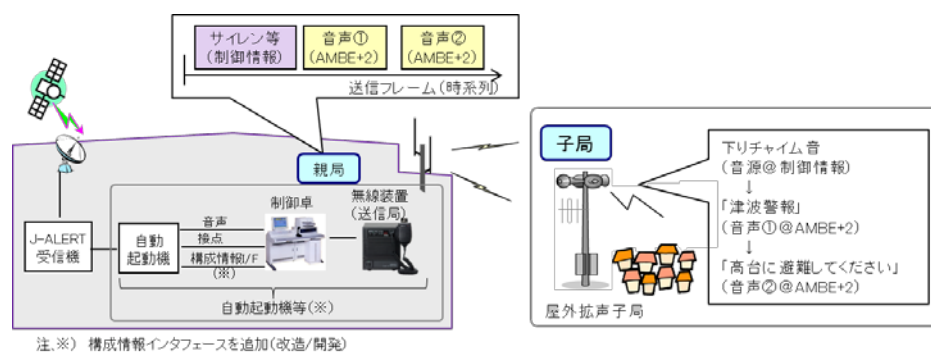


図2.9-2 即時音声合成方式に対する4値FSK方式
(7.5kHzチャンネル間隔)の動作概略(案)

2.9.2 変調方式のピークファクタの検討

各変調方式については、利用する電力増幅器により、システム導入コスト(バックアップ用電源の容量等)に影響を与えることから、各方式のピークファクタ(各方式が電力増幅器に要求する線形性の程度)を取り纏めることが有益である。

各変調方式のピークファクタを表2.9.2に示す。各変調方式のピークファクタの調査検討の詳細については、参考資料7のとおりである。

表2.9.2 各変調方式のピークファクタ

変調方式	線形変調 ／非線形変調	ロールオフ率 (α)	ピークファクタ
16QAM(現行方式)	線形変調	0.2	約 7.0dB(約 5 倍)
QPSK		0.2	5.6dB(約 3.6 倍)
4 値 FSK	非線形変調 (定包絡線)	0.2	0dB(1 倍)
アナログ(FM)		—	0dB(1 倍)

3 新たな通信方式のデジタル同報系防災行政無線システムの技術的条件

3.1 概要

2.1～2.9までの要求される条件等を満たすもの及び、実証実験の結果を踏まえて、一般的条件を定義付けした。

また、低廉化に資する60MHz帯デジタル同報系防災行政無線システムについては、表2.5-1各変調方式の諸元の概要にまとめられた通信方式のうち、2.9.1(3)音源供給方式によるJ-ALERTへの対応について、のとおりに、識別情報等を授受する外部インタフェースを新たに追加する必要がある4値FSK方式(7.5kHz)を除く、3方式を使用することが適当と考えられる。3.2以降にその技術的条件等を規定する。

3.2 一般的条件

3.2.1 周波数帯

60MHz帯(54MHz～70MHz)とする。

3.2.2 チャンネル間隔

15kHzおよび、7.5kHzとする。

60MHz帯における現行方式の周波数割当およびチャンネル間隔(15kHz)との整合性等を考慮し、チャンネル間隔は15kHz及び、その1/2の7.5kHzとすることが適当である。

なお、7.5kHzは、15kHzの中心周波数に対し、3.75kHz離れた左右に配置する形とする。

3.2.3 通信方式

SCPC(single-channel per carrier)方式を用いた単信方式、同報通信方式とする。

3.2.4 接続方式

SCPC方式とする。

1音声チャンネル当たり1搬送波を割り当てる方式で、音声主体の簡便かつ低廉な通信の形態であること等の特質を勘案し、SCPC方式とすることが適当である。

3.2.5 変調方式

四相位相変調(QPSK: 7.5kHz及び15kHz)及び、四値周波数偏位変調(4値FSK: 15kHz)とする。

移動体通信において普及し、現行方式(16QAM)に比べて所要受信機入力の低減が可能であり、マルチパス耐力及び装置化の容易さ等を勘案したとき、QPSK方式及び、4値FSK方式とすることが適当である。

各変調方式の周波数帯域幅(等価受信帯域幅: $\pm R$)のR値の規定については、QPSK方式にあつては、変調信号の伝送速度の1/4の値(R: 5.625kHz(チャンネル間隔15kHz)、R: 2.8125kHz(チャンネル間隔7.5kHz)、4値FSK方式(チャンネル間隔15kHz)にあつては、R: 4.8kHz(6.25kHz間隔における規定(無線設備規則第57号第3の2の項3のイ(1): 2kHz)に対して、チャンネル間隔の比率で換算(15kHz/6.25kHz=2.4): 2kHz $\times$ 2.4=4.8kHz)、とするのが適当である。

3.2.6 伝送速度

ア QPSK方式

QPSK方式(チャンネル間隔:15kHz)にあつては22.5kbps以下、QPSK方式(チャンネル間隔:7.5kHz)にあつては11.25kbps以下とする。

現行方式(16QAM)と同様な線形変調方式の一種であるQPSK方式にあつては、装置化の容易さ等を勘案したとき、15kHz間隔においては現行方式(45kbps)の1/2(22.5kbps)、7.5kHz間隔においては現行方式の1/4(11.25kbps)とするのが適当である。

イ 4値FSK方式

4値FSK方式(チャンネル間隔:15kHz)にあつては9.6kbps以下とする。

現行方式(16QAM)と異なる非線形変調方式の一種である4値FSK方式にあつては、装置化の容易さ等を勘案したとき、4値FSK方式が導入されている簡易無線等においては4.8kbpsとなっていることから、それに比べて帯域が約2倍となる本方式では、9.6kbpsとするのが適当である。

3.2.7 占有周波数帯幅

15kHz間隔にあつては14.6kHz以下、7.5kHz間隔にあつては7.1kHz以下とする。

隣接する無線局相互にあつては、それぞれの周波数変動(周波数の許容偏差)により、最悪ケースではその2倍に接近することから、周波数の許容偏差を加味したチャンネル間隔(=チャンネル間隔-2×帯域上限値×周波数の許容偏差)により規定することが適当である。(帯域上限値:70MHz、周波数の許容偏差:3ppm(無線設備規則、別表第一号、注18の(3))

- ・15kHz間隔の場合 : $15\text{kHz} - 2 \times 70\text{MHz} \times 3\text{ppm} = 14.6\text{kHz} (14.58)$
- ・7.5kHz間隔の場合 : $7.5\text{kHz} - 2 \times 70\text{MHz} \times 3\text{ppm} = 7.1\text{kHz} (7.08)$

3.2.8 空中線電力

空中線電力は、10W以下とする。

3.2.9 電波防護指針への適合

(1) 60MHz帯デジタル同報系無線システムへの電波防護指針の適用

60MHz帯デジタル同報系無線システムについては、平成11年10月より施行された電波防護規制の対象となり、電波防護指針(平成2年電気通信技術審議会答申「電波利用における人体の防護指針」、平成9年電気通信技術審議会答申「電波利用における人体防護のあり方」)への適合確認が求められている。

実際の適合確認は申請・免許の際に免許人が行うこととなるが、今後使用が想定されるシステムについては予め電波防護指針への適合性の検討を行っていく必要があることから、簡便かつ低廉な60MHz帯デジタル同報系無線システムの電波防護指針への適合性について検討を行った。

(2) 60MHz帯デジタル同報系無線システム

〔基本的な諸元〕

- ・送信機出力(P) 10[W]
- ・空中線利得(G) 8.15[dBi] (高利得アンテナ(3素子八木)の場合)
- ・送信周波数(f) 60MHz (電波防護指針値 0.2mW/cm²)
- ・設置場所 屋外 (建物の屋上等)

当該システムの想定される諸元・設置条件から、体に非常に近接して使用されることは想定されず、体の一部に電波が集中することは考えにくいと、電波防護指針の電磁界強度指針について検討した。

想定されている無線局の諸元で、「電波防護のための基準への適合確認の手引き（総務省）」に基づく基本算出式($S = PG / 40 \pi R^2 \cdot K$)から逆算した電磁界強度指針値を満たす範囲は、反射を考慮すると約3.2m以上となる($K=4$)。

計算結果及び設置条件に関し、次のことを考慮すると、電波防護指針への適合については、特段問題ないものと考えられる。ただし、実際の免許に関して、個別に設置状況に応じた評価は必要である。

- ① 通常1.5dB程度の給電線損失等が見込まれるため基準値を超える範囲は約2.5m程度となること。
- ② 屋外設置のシステムであり、アンテナの設置場所は建物の屋上等の一般の人が立ち入り可能な場所から相当に離れることが想定されること。

3.3 無線設備の技術的条件

3.3.1 送信装置

3.3.1.1 占有周波数帯幅の許容値

周波数の許容偏差を加味したチャネル間隔にて規定するものとして、15kHz間隔にあつては14.6kHz以下、7.5kHz間隔にあつては7.1kHz以下とする。

ア QPSK方式(7.5kHz間隔)

占有周波数帯幅の許容値は、7.1kHzとする。

イ QPSK方式(15kHz間隔)

占有周波数帯幅の許容値は、14.6kHzとする。

ウ 4値FSK方式(15kHz間隔)

占有周波数帯幅の許容値は、14.6kHzとする。

3.3.1.2 隣接チャネル漏えい電力

QPSK方式は、現行方式と同様な形式に準拠することが適当である。4値FSK方式は、他の4値FSK方式と同様な形式に準拠することが適当である。

ア QPSK方式(7.5kHz間隔)

搬送波の周波数から7.5kHz離れた周波数の(±)「(伝送速度(kbps)／4)」kHzの帯域内に輻射される電力が搬送波電力より、1W以下の無線局の場合は45dB以上低い値、1Wを超える無線局の場合は32 μ W以下又は55dB以上低い値とする。

イ QPSK方式(15kHz間隔)

搬送波の周波数から15kHz離れた周波数の(±)「(伝送速度(kbps)／4)」kHzの帯域内に輻射される電力が搬送波電力より、1W以下の無線局の場合は45dB以上低い値、1Wを超える無線局の場合は32 μ W以下又は55dB以上低い値とする。

ウ 4値FSK方式(15kHz間隔)

搬送波の周波数から15kHz離れた周波数の(±)4.8kHzの帯域内に輻射される電力が搬送波電力より、1W以下の無線局の場合は45dB以上低い値、1Wを超える無線局の場合は32 μ W以下又は55dB以上低い値とする。

3.3.1.3 スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値

現行方式に対する規定(設備規則別表第3号19)に準拠するものとし、スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値は表3.3-1による。

表3.3-1 スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値

空中線電力	帯域外領域における スプリアス発射の強度の許容値	スプリアス領域における 不要発射の強度の許容値
1Wを超え 10W以下	2.5 μ W 以下、又は基本周波数の 平均電力より60dB 低い値	2.5 μ W 以下、又は基本周波数の 搬送波電力より60dB 低い値
1W以下	25 μ W 以下	25 μ W 以下

3.3.1.4 空中線電力の許容偏差

現行方式に対する規定(設備規則第14条18)に準拠するものとし、上限20%、下限50%とする。

ア QPSK方式(7.5kHz間隔)

空中線電力の許容偏差は、上限20%、下限50%とする。

イ QPSK方式(15kHz間隔)

空中線電力の許容偏差は、上限20%、下限50%とする。

ウ 4値FSK方式(15kHz間隔)

空中線電力の許容偏差は、上限20%、下限50%とする。

3.3.1.5 周波数の許容偏差

現行方式に対する規定(設備規則別表第1号18(3))に準拠し、 $\pm 3.0 \times 10^{-6}$ 以下とする。

ア QPSK方式(7.5kHz間隔)

周波数の許容偏差は、 $\pm 3.0 \times 10^{-6}$ 以下とする。

イ QPSK方式(15kHz間隔)

周波数の許容偏差は、 $\pm 3.0 \times 10^{-6}$ 以下とする。

ウ 4値FSK方式(15kHz間隔)

周波数の許容偏差は、 $\pm 3.0 \times 10^{-6}$ 以下とする。

ダイビット00 と10 に対するシンボル+1 と-1 に対応する周波数偏位は、それぞれ、+800Hz と800Hz、ダイビット01 と11 に対するシンボル+3 と-3 に対応する周波数偏位は、それぞれ、+2,400Hz と-2,400Hzとする。

3.3.2 受信装置

3.3.2.1 基準感度

受信装置の製造に係る受信性能の基準となる基準感度(規格感度)を以下のように定義する(無線回線における所要回線品質(BER= 1×10^{-4})とは異なるもの)。

基準感度は、符号長511ビット周期の2値擬似雑音系列で変調した信号をビット伝送し、ビット誤り率(BER)がスタティック時に 1×10^{-2} になる受信入力レベル(規格感度)として求め、その結果、基準感度は表3.3-2に示す値とする。

表3.3-2 各変調方式における受信感度

変調方式	チャンネル間隔	受信入力レベル(規格感度)	備 考
QPSK	15kHz	+1dB μ V以下	・BER=1 $\times$ 10 ⁻² ・スタティック (静特性)
	7.5kHz	-2dB μ V以下	
4値FSK	15kHz	0dB μ V以下	

3.3.2.2 スプリアス・レスポンス

15kHz間隔の方式にあつては、規格感度※より3dB高い希望波入力電圧を加えた状態の下で、希望波より ± 30 kHz 以上離調した無変調の妨害波によりビット誤り率が 1×10^{-2} となる妨害波レベルと「規格感度※+3dB」の比は、53dB以上の値とする。

7.5kHz間隔の方式にあつては、規格感度※より3dB高い希望波入力電圧を加えた状態の下で、希望波より ± 15 kHz 以上離調した無変調の妨害波によりビット誤り率が 1×10^{-2} となる妨害波レベルと「規格感度※+3dB」の比は、53dB以上の値とする。

※規格感度:表3.2 に記載。

3.3.2.3 隣接チャンネル選択度

15kHz間隔の方式にあつては、規格感度※より3dB高い希望波入力電圧を加えた状態の下で、デジタル信号(符号長32,767ビット周期の2値擬似雑音系列)で変調された妨害波(± 15 kHz離調)によりビット誤り率が 1×10^{-2} となる妨害波レベルと「規格感度※+3dB」の比は、42dB以上の値とする。

7.5kHz間隔の方式にあつては、規格感度※より3dB高い希望波入力電圧を加えた状態の下で、デジタル信号(符号長32,767ビット周期の2値擬似雑音系列)で変調された妨害波(± 7.5 kHz離調)によりビット誤り率が 1×10^{-2} となる妨害波レベルと「規格感度※+3dB」の比は、42dB以上の値とする。

※規格感度:表3.2 に記載。

3.3.2.4 相互変調特性

15kHz間隔の方式にあつては、規格感度※より3dB高い希望波入力電圧を加えた状態の下で、希望波より30kHz及び60kHz離調した無変調の2つの妨害波によりビット誤り率が 1×10^{-2} となる妨害波レベルと「規格感度※+3dB」の比は、53dB以上の値とする。

7.5kHz間隔の方式にあつては、規格感度※より3dB高い希望波入力電圧を加えた状態の下で、希望波より15kHz及び30kHz離調した無変調の2つの妨害波によりビット誤り率が 1×10^{-2} となる妨害波レベルと「規格感度※+3dB」の比は、53dB以上の値とする。

※規格感度:表3.2 に記載。

3.3.2.5 副次的に発する電波等の限度

4nW以下の値とする。

3.4 周波数共用条件

3.4.1 アナログ方式及び追加方式の概要

周波数の共用において、追加方式の諸元については、表3.4-1に示す値とする。
機器の技術的条件及びアナログ方式の概要については、参考資料6のとおりである。

表3.4-1 追加方式の諸元

	16QAM(現行方式)	QPSK	QPSK	4 値 FSK
チャンネル間隔	15kHz	15kHz	7.5kHz	15kHz
アクセス方式 ():多重数	TDD(TDM/TDMA) (6)	SCPC (1)	SCPC (1)	SCPC (1)
通信方式	単信、複信 半複信、同報	単信、同報	単信、同報	単信、同報
伝送速度 (シンボル速度)	45kbps (11.25k シンボル/s)	22.5kbps (11.25k シンボル/s)	11.25kbps (5.625k シンボル/s)	9.6kbps (4.8k シンボル/s)
基本フレーム長	80ms(6 スロット構成)	40ms	80ms	80ms
符号化速度	25.6kbps(通報)	16kbps	9.6kbps	8.8kbps
帯域制限特性	送受:RRC ($\alpha=0.2$)	送受:RRC ($\alpha=0.2$)	送受:RRC ($\alpha=0.2$)	送受:RRC ($\alpha=0.2$)
変調パラメータ (周波数偏位)				800Hz(fm) 2,400Hz(3fm)

(略語等)RRC:ルートオールオフ特性(α :ロールオフ率)

3.4.2 回線設計の条件(所要受信機入力電圧の検討等)

各変調方式における所要受信機入力電圧については、屋外拡声試験等における検証によって、拡声通報における音声品質を維持するための高効率音声符号化方式(誤り訂正方式を含む)の採用が必須であることを踏まえ、音声符号化利得を含めた実効的な値とする。

- (1) QPSK方式(チャンネル間隔15kHz)
13.2 dB μ V
- (2) QPSK方式(チャンネル間隔7.5kHz)
10.2 dB μ V
- (3) 4値FSK方式(チャンネル間隔15kHz)
14.6 dB μ V

3.4.3 周波数配置の検討

チャンネル間隔が15kHzと7.5kHzの周波数配置の関係については、図3.4-1に示すように7.5kHzを15kHzの中心周波数に対して、3.75kHz離れた左右に配置する形とする。

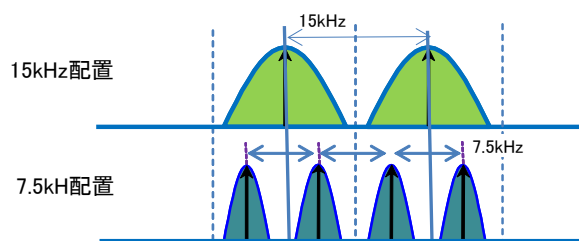


図3.4-1 周波数配置(15kHz、7.5kHz)の関係

その結果、各チャネル間隔と周波数配置の関係から、相互干渉の関係にあるオフセット周波数の関係(同一周波数及び隣接周波数)は順に、 $\Delta 0\text{Hz}$ 、 $\Delta 3.75\text{kHz}$ 、 $\Delta 7.5\text{kHz}$ 、 $\Delta 11.25\text{kHz}$ 、 $\Delta 15\text{kHz}$ 、 $\Delta 18.75\text{kHz}$ となる。同一周波数及び隣接周波数共用条件(所要D/U)に係る検討結果は、参考資料8のとおりである。。

3.5 測定法

他のSCPC方式の無線規格の測定法に準じて、測定法を定めた。

測定に使用する変調入力信号は特別の規定がない限り、データ端末から与えられた標準符号化試験信号(符号長511ビット2値疑似雑音系列)とするか又は装置内部で発生した標準符号化試験信号とする。また、専用の動作モード(テスト・モード)がある場合はそれによる。

3.5.1 送信装置

(1) 占有周波数帯幅の許容値

ア QPSK方式

標準符号化試験信号を入力信号として加えたときに得られるスペクトル分布の全電力を、スペクトルアナライザ等を用いて測定し、スペクトル分布の上限及び下限部分におけるそれぞれの電力和が、全電力の0.5%となる周波数幅を測定すること。

なお、標準符号化試験信号での変調が不可能な場合には通常運用される信号のうち占有周波数帯幅が最大となる信号で変調をかける。

イ 4値FSK方式

標準符号化試験信号を入力信号として加えたときに得られるスペクトル分布の全電力を、スペクトルアナライザ等を用いて測定し、スペクトル分布の上限及び下限部分におけるそれぞれの電力和が、全電力の0.5%となる周波数幅を測定すること。

なお、標準符号化試験信号での変調が不可能な場合には通常運用される信号のうち占有周波数帯幅が最大となる信号で変調をかける。

(2) 隣接チャネル漏えい電力

ア QPSK方式

占有周波数帯幅を測定する変調状態にしてスペクトルアナライザを用いて変調された搬送波の電力及び搬送波から隣接チャネル間隔離れた周波数において技術基準で定められる帯域内の電力を測定し、搬送波電力との比を測定すること。

なお、技術基準が絶対値で規定される場合は、空中線電力に減衰比を乗じて、測定値とすること。

イ 4値FSK方式

占有周波数帯幅を測定する変調状態にしてスペクトルアナライザを用いて変調された搬送波の電力及び搬送波から隣接チャネル間隔離れた周波数において技術基準で定められる帯域内の電力を測定し、搬送波電力との比を測定すること。

なお、技術基準が絶対値で規定される場合は、空中線電力に減衰比を乗じて、測定値とすること。

(3) スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値

ア スプリアス発射の強度

(ア) QPSK方式

変調はテスト・モードの設定で無変調搬送波を発生させ、スペクトルアナライザを用いて測定するものとする。ただし、運用状態において無変調とならない場合は、スプリアス発射の強度については試験を省略することができる。

(イ) 4値FSK方式

変調はテスト・モードの設定で無変調搬送波を発生させ、スペクトルアナライザを用いて測定するものとする。ただし、運用状態において無変調とならない場合は、スプリアス発射の強度については試験を省略することができる。

イ 不要発射の強度

(ア) QPSK方式

占有周波数帯幅を測定する変調状態にして、スペクトルアナライザを用いて平均電力(バースト波にあっては、バースト内の平均電力)を測定する。なお、スペクトルアナライザの分解能帯域幅は、技術的条件で定められた参照帯域幅に設定すること。ただし、精度を高めるため、分解能帯域幅を狭くして測定してもよく、この場合、不要発射の強度は、分解能帯域幅ごとの測定結果を参照帯域幅に渡り積分した値とする。

(イ) 4値FSK方式

占有周波数帯幅を測定する変調状態にして、スペクトルアナライザを用いて平均電力(バースト波にあってはバースト内の平均電力)を測定する。なお、スペクトルアナライザの分解能帯域幅は、技術的条件で定められた参照帯域幅に設定すること。

ただし、精度を高めるため、分解能帯域幅を狭くして測定してもよく、この場合、不要発射の強度は、分解能帯域幅ごとの測定結果を参照帯域幅に渡り積分した値とする。

(4) 空中線電力の許容偏差

ア QPSK方式

フレーム構造を含む変調された連続波とし、音声あるいはデータ伝送用に規定されるフレーム内領域について、標準符号化試験信号を入力して、平均電力(バースト波にあっては、バースト内の平均電力)を測定する。

イ 4値FSK方式

フレーム構造を含む変調された連続波とし、音声あるいはデータ伝送用に規定されるフレーム内領域について、標準符号化試験信号を入力して、平均電力(バースト波にあっては、バースト内の平均電力)を測定する。

(5) 周波数の許容偏差

ア QPSK方式

無変調波を送出してこれを周波数計で測定する。ただし、無変調にできない場合は、フレーム構造を含む変調された連続波として測定することができる。この場合、音声あるいはデータ伝送用に規定されるフレーム内領域について標準符号化試験信号を入力し、波形解析器等を用いて測定する。

イ 4値FSK方式

無変調波を送出してこれを周波数計で測定する。ただし、無変調にできない場合は、フレーム構造を含む変調された連続波又は、テスト・モードの設定でフレーム構造を含まない連続した特定の符号による連続波として測定することができる。

フレーム構造を含む変調された連続波として測定する場合は、音声あるいはデータ伝送用に規定されるフレーム内領域について標準符号化試験信号を入力し、波形解析器等を用いて測定する。

テスト・モードの設定でフレーム構造を含まない連続し特定の符号による連続波として測定する場合は、連続した変調状態として+3、+3、-3、-3、+3、+3、-3、-3の符号列(最も周波数が高くなる周波数偏位と最も周波数が低くなる周波数偏位を与える符号列)を変調信号として連続波を送出するか、又は、特定の符号による変調状態を連続送信して測定することができる。

なお、特定の符号による場合は規定された周波数偏位を用い中心周波数に換算すること。

3.5.2 受信装置

(1) 基準感度

ア QPSK方式

希望入力信号として標準符号化試験信号で変調した規格感度レベルの信号を加えたとき、2,556ビットの伝送に対するビット誤り率が 1×10^{-2} 以下となること。

イ 4値FSK方式

希望入力信号として標準符号化試験信号で変調した規格感度レベルの信号を加えたとき、2,556ビットの伝送に対するビット誤り率が 1×10^{-2} 以下となること。

(2) スプリアス・レスポンス

ア QPSK方式

標準符号化試験信号で変調した規格感度+3dBの希望波と、スプリアス・レスポンス規格値分の希望波より高いレベルの妨害波を加えたとき、2,556ビットの伝送に対してビット誤り率が 1×10^{-2} 以下となること。この場合、妨害波は無変調とする。

イ 4値FSK方式

標準符号化試験信号で変調した規格感度+3dBの希望波と、スプリアス・レスポンス規格値分の希望波より高いレベルの妨害波を加えたとき、2,556ビットの伝送に対してビット誤り率が 1×10^{-2} 以下となること。この場合、妨害波は無変調とする。

(3) 隣接チャネル選択度

ア QPSK方式

標準符号化試験信号で変調した規格感度+3dBの希望波を加え、デジタル信号(符号長32,767ビットの2値擬似雑音系列)で変調された隣接チャネル選択度規格値分の希望波より高いレベルの隣接妨害波を加えたとき、2,556ビットの伝送に対してビット誤り率が 1×10^{-2} 以下となること。

イ 4値FSK方式

標準符号化試験信号で変調した規格感度+3dBの希望波を加え、デジタル信号(符号長32,767ビットの2値擬似雑音系列)で変調された隣接チャネル選択度規格値分の希望波より高いレベルの隣接妨害波を加えたとき、2,556ビットの伝送に対してビット誤り率が 1×10^{-2} 以下となること。

(4) 相互変調特性

ア QPSK方式

標準符号化試験信号で変調した規格感度+3dBの希望波と、相互変調を生じる関係にある相互変調特性規格値分の希望波より高いレベルの妨害波2波($\pm \Delta f$ 、 $\pm 2 \Delta f$)を加えたとき、2,556ビットの伝送に対してビット誤り率が 1×10^{-2} 以下となること。

この場合、 $\pm \Delta f$ 、 $\pm 2 \Delta f$ の妨害波は無変調とし、15kHz間隔の場合にあっては $\Delta f = 30\text{kHz}$ 、7.5kHz間隔の場合にあっては $\Delta f = 15\text{kHz}$ とする。

イ 4値FSK方式

標準符号化試験信号で変調した規格感度+3dBの希望波と、相互変調を生じる関係にある相互変調特性規格値分の希望波より高いレベルの妨害波2波($\pm \Delta f$ 、 $\pm 2 \Delta f$)を加えたとき、2,556ビットの伝送に対してビット誤り率が 1×10^{-2} 以下となること。

この場合、 $\pm \Delta f$ 、 $\pm 2 \Delta f$ の妨害波は無変調とし、15kHz間隔の場合にあっては $\Delta f = 30\text{kHz}$ とする。

(5) 副次的に発する電波等の限度

ア QPSK方式

空中線端子に擬似負荷(インピーダンス整合回路又は減衰器等)を接続しスペクトルアナライザ等を用いて測定すること。

イ 4値FSK方式

空中線端子に擬似負荷(インピーダンス整合回路又は減衰器等)を接続しスペクトルアナライザ等を用いて測定すること。

3.6 その他

同報系防災行政無線は、避難場所、防災拠点や各家庭に防災行政情報を伝える重要な手段として使用されることから、より一層普及を図ることが重要であり、今回の答申をもとに、民間標準化機関等が中心となって、整備の低廉化および周波数有効利用に寄与することに配慮したプロトコルやコーデック等の標準規格の策定に向けた対策が望まれる。さらに、製造事業者においても今回の答申の趣旨に配慮し、より低廉な製品となるよう取り組んでいただくことが期待される。

また、「3.2 一般的条件」に記載される国の技術基準に関する部分の知的財産所有権(IPR)については無償を原則とし、民間標準化機関による標準規格の部分については、その機関によって定められた取り決めに従うことが望ましい。さらに、標準規格において必要な機能の検討にあたっては、同報系防災行政無線が広く一般住民を対象とする伝達手段であり、高齢者や聴覚障がい者など災害弱者に対する情報伝達の補完機能の充実などに対応できる通信制御方式の検討が望まれるものとする。

V 検討結果

「業務用陸上無線通信の高度化等に関する技術的条件」のうち、「60MHz帯デジタル同報系防災行政無線の低廉化」について審議を行い、報告書を取りまとめた。

諮問第2033号「業務用陸上無線通信の高度化等に関する技術的条件」のうち「60MHz帯デジタル同報系防災行政無線の低廉化」に対する一部答申

防災行政用デジタル同報無線システムの技術的条件については、次のとおり、新たに方式を追加することが適当である。

1 一般的条件

(1) 周波数帯

60MHz帯（54MHz～70MHz）

(2) チャンネル間隔

15kHzおよび、7.5kHz

なお、7.5kHzは、15kHzの中心周波数に対し、3.75kHz離れた左右に配置

(3) 通信方式

同報通信方式、単信方式

(4) 接続方式

SCPC(single-channel per carrier)方式

(5) 変調方式

四相位相変調（QPSK：15kHz及び7.5kHz）及び四値周波数偏位変調（4値FSK：15kHz）

(6) 伝送速度

ア QPSK方式

チャンネル間隔15kHzにあつては22.5kbps 以下、チャンネル間隔7.5kHzにあつては11.25kbps 以下

イ 4値FSK方式（15kHz）

9.6kbps 以下

(7) 占有周波数帯幅

チャンネル間隔15kHzにあつては14.6kHz以下、チャンネル間隔7.5kHzにあつては7.1kHz以下

(8) 空中線電力

10W 以下

2 無線設備の技術的条件

(1) 送信装置

ア 占有周波数帯幅の許容値

チャンネル間隔15kHzにあつては14.6kHz以下、チャンネル間隔7.5kHzにあつては7.1kHz 以下

イ 隣接チャンネル漏えい電力

（ア）QPSK方式

(イ) チャネル間隔15kHz

搬送波の周波数から15kHz離れた周波数の(±)「(伝送速度(kbps)／4)」kHzの帯域内に輻射される電力が搬送波電力より、1W以下の無線局の場合は45dB以上低い値、1Wを超える無線局の場合は $32\mu\text{W}$ 以下又は55dB以上低い値

(ロ) チャネル間隔7.5kHz

搬送波の周波数から7.5kHz離れた周波数の(±)「(伝送速度(kbps)／4)」kHzの帯域内に輻射される電力が搬送波電力より、1W以下の無線局の場合は45dB以上低い値、1Wを超える無線局の場合は $32\mu\text{W}$ 以下又は55dB以上低い値

(イ) 4値FSK方式(15kHz)

搬送波の周波数から15kHz離れた周波数の(±)4.8kHzの帯域内に輻射される電力が搬送波電力より、1W以下の無線局の場合は45dB以上低い値、1Wを超える無線局の場合は $32\mu\text{W}$ 以下又は55dB以上低い値

ウ スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値

表2-1に示す

表2-1 スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値

空中線電力	帯域外領域における スプリアス発射の強度の許容値	スプリアス領域における 不要発射の強度の許容値
1Wを超え 10W以下	$2.5\mu\text{W}$ 以下、又は基本周波数の 平均電力より60dB 低い値	$2.5\mu\text{W}$ 以下、又は基本周波数の 搬送波電力より60dB 低い値
1W以下	$25\mu\text{W}$ 以下	$25\mu\text{W}$ 以下

エ 空中線電力の許容偏差

上限+20%、下限-50%

オ 周波数の許容偏差

$\pm 3.0 \times 10^{-6}$ 以下

(2) 受信装置

ア 基準感度

表2-2に示す

表2-2 各変調方式における受信感度

変調方式	チャネル間隔	受信入力レベル(規格感度)	備 考
QPSK	15kHz	+1dB μV 以下	・ BER= 1×10^{-2} ・ スタティック (静特性)
	7.5kHz	-2dB μV 以下	
4値FSK	15kHz	0dB μV 以下	

イ スプリアス・レスポンス

53dB 以上

ウ 隣接チャネル選択度

42dB 以上

エ 相互変調特性

53dB 以上

オ 副次的に発する電波等の限度

4nW 以下

3 回線設計の条件（所要受信機入力電圧）

各変調方式における所要受信機入力電圧については、屋外拡声試験等における検証によって、拡声通報における音声品質を維持するための高効率音声符号化方式（誤り訂正方式を含む）の採用が必須であることを踏まえ、音声符号化利得を含めた実効的な値とする。

(1) QPSK方式（チャネル間隔15kHz）

13.2 dB μ V

(2) QPSK方式（チャネル間隔7.5kHz）

10.2 dB μ V

(3) 4値FSK方式（チャネル間隔15kHz）

14.6 dB μ V

4 測定法

測定に使用する変調入力信号は特別の規定がない限り、データ端末から与えられた標準符号化試験信号（符号長511ビット2値疑似雑音系列）とするか又は装置内部で発生した標準符号化試験信号とする。また、専用の動作モード（テスト・モード）がある場合はそれによる。

(1) 送信装置

ア 占有周波数帯幅

標準符号化試験信号を入力信号として加えたときに得られるスペクトル分布の全電力を、スペクトルアナライザ等を用いて測定し、スペクトル分布の上限及び下限部分におけるそれぞれの電力和が、全電力の0.5%となる周波数幅を測定すること。

なお、標準符号化試験信号での変調が不可能な場合には通常運用される信号のうち占有周波数帯幅が最大となる信号で変調をかける。

イ 隣接チャネル漏えい電力

占有周波数帯幅を測定する変調状態にしてスペクトルアナライザを用いて変調された搬送波の電力及び搬送波から隣接チャネル間隔離れた周波数において技術基準で定められる帯域内の電力を測定し、搬送波電力との比を測定すること。

なお、技術基準が絶対値で規定される場合は、空中線電力に減衰比を乗じて、測定値とすること。

ウ スプリアス発射又は不要発射の強度

(ア) スプリアス発射の強度

変調はテスト・モードの設定で無変調搬送波を発生させ、スペクトルアナライザを用いて測定するものとする。ただし、無変調にできない場合は、スプリアス発射の強度については試験を省略することができる。

(イ) 不要発射の強度

占有周波数帯幅を測定する変調状態にして、スペクトルアナライザを用いて平均電力（バースト波にあっては、バースト内の平均電力）を測定する。

なお、スペクトルアナライザの分解能帯域幅は、技術的条件で定められた参照帯域幅に設定すること。ただし、精度を高めるため、分解能帯域幅を狭くして測定してもよく、この場合、不要発射の強度は、分解能帯域幅ごとの測定結果を参照帯域幅に渡り積分した値とする。

エ 空中線電力の偏差

フレーム構造を含む変調された連続波とし、音声あるいはデータ伝送用に規定されるフレーム内領域について、標準符号化試験信号を入力して、平均電力（バースト波にあっては、バースト内の平均電力）を測定する。

オ 周波数の許容偏差

(ア) QPSK方式

無変調波を送出してこれを周波数計で測定する。

ただし、無変調にできない場合は、フレーム構造を含む変調された連続波として測定することができる。この場合、音声あるいはデータ伝送用に規定されるフレーム内領域について標準符号化試験信号を入力し、波形解析器等を用いて測定する。

(イ) 4値FSK方式

無変調波を送出してこれを周波数計で測定する。

ただし、無変調にできない場合は、フレーム構造を含む変調された連続波又はテスト・モードの設定でフレーム構造を含まない連続した特定の符号による連続波として測定することができる。

フレーム構造を含む変調された連続波として測定する場合は、音声あるいはデータ伝送用に規定されるフレーム内領域について標準符号化試験信号を入力し、波形解析器等を用いて測定する。

テスト・モードの設定でフレーム構造を含まない連続し特定の符号による連続波として測定する場合は、連続した変調状態として $+3$ 、 $+3$ 、 -3 、 -3 、 $+3$ 、 $+3$ 、 -3 、 -3 の符号列（最も周波数が高くなる周波数偏位と最も周波数が低くなる周波数偏位を与える符号列）を変調信号として連続波を送出するか、又は、特定の符号による変調状態を連続送信して測定することができる。なお、特定の符号による場合は規定された周波数偏位を用い中心周波数に換算すること。

(2) 受信装置

ア 基準感度

希望入力信号として標準符号化試験信号で変調した規格感度レベルの信号を加えたとき、2,556ビットの伝送に対するビット誤り率が 1×10^{-2} 以下となること。

イ スプリアス・レスポンス

標準符号化試験信号で変調した規格感度+3dBの希望波と、スプリアス・レスポンス規格値分の希望波より高いレベルの妨害波を加えたとき、2,556ビットの伝送に対してビット誤り率が 1×10^{-2} 以下となること。この場合、妨害波は無変調とする。

ウ 隣接チャネル選択度

標準符号化試験信号で変調した規格感度+3dBの希望波を加え、デジタル信号（符号長32,767ビットの2値擬似雑音系列）で変調された隣接チャネル選択度規格値分の希望波より高いレベルの隣接妨害波を加えたとき、2,556ビットの伝送に対してビット誤り率が 1×10^{-2} 以下となること。

エ 相互変調特性

（ア）QPSK方式

標準符号化試験信号で変調した規格感度+3dBの希望波と、相互変調を生じる関係にある相互変調特性規格値分の希望波より高いレベルの妨害波2波（ $\pm \Delta f$ 、 $\pm 2 \Delta f$ ）を加えたとき、2,556ビットの伝送に対してビット誤り率が 1×10^{-2} 以下となること。

この場合、 $\pm \Delta f$ 、 $\pm 2 \Delta f$ の妨害波は無変調とし、15kHz間隔の場合にあっては $\Delta f = 30\text{kHz}$ 、7.5kHz間隔の場合にあっては $\Delta f = 15\text{kHz}$ とする。

（イ）4値FSK方式

標準符号化試験信号で変調した規格感度+3dBの希望波と、相互変調を生じる関係にある相互変調特性規格値分の希望波より高いレベルの妨害波2波（ $\pm 15\text{kHz}$ 、 $\pm 30\text{kHz}$ ）を加えたとき、2,556ビットの伝送に対してビット誤り率が 1×10^{-2} 以下となること。

オ 副次的に発する電波等の限度

空中線端子に擬似負荷（インピーダンス整合回路又は減衰器等）を接続しスペクトルアナライザ等を用いて測定すること。

情 報 通 信 技 術 分 科 会
陸 上 無 線 通 信 委 員 会 構 成 員 一 覧

（平成26年7月3日現在 敬称略・五十音順）

氏 名		主 要 現 職
主査 専門委員	安藤 真	東京工業大学大学院 理工学研究科 教授
専門委員	飯塚 留美	(一財)マルチメディア振興センター 電波利用調査部 研究主幹
〃	池田 哲臣	日本放送協会 放送技術研究所 伝送システム部長
〃	伊藤 数子	(株)パステルラボ 代表取締役社長
〃	大寺 廣幸	(一社)日本民間放送連盟 顧問
〃	加治佐 俊一	日本マイクロソフト(株) 業務執行役員 最高技術責任者
〃	唐沢 好男	電気通信大学大学院 情報理工学研究科 教授
〃	川嶋 弘尚	慶應義塾大学 名誉教授
〃	菊井 勉	(一社)全国陸上無線協会 事務局長
〃	河野 隆二	横浜国立大学大学院 工学研究院 教授
〃	小林 久美子	日本無線(株) 研究所 ネットワークフロンティア チームリーダー
〃	藤原 功三	(一社)日本アマチュア無線連盟 参与
〃	本多 美雄	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会 委員長
〃	松尾 綾子	(株)東芝 研究開発センター ワイヤレスシステムラボラトリー 研究主務
〃	森川 博之	東京大学 先端科学技術研究センター 教授
〃	矢野 由紀子	日本電気(株) クラウドシステム研究所 シニアエキスパート
〃	矢野 博之	(独)情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク研究所 所長
〃	吉田 英邦	日本電信電話(株) 技術企画部門 電波室長
〃	若尾 正義	元 (一社)電波産業会 専務理事

情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会
業務用陸上無線システム作業班 構成員一覧

(平成26年7月3日現在 敬称略・五十音順)

氏 名	主 要 現 職
主任 三谷 政昭	東京電機大学 工学部 情報通信工学科 教授
副主任 守山 栄松	独立行政法人 情報通信研究機構 電磁波計測研究所企画室 参事
構成員 安達 行法	聖籠町 社会教育課
〃 荒川 智史	(株)JVCケンウッド プロフェッショナル&ヘルスケア事業部 無線システム営業部 シニアマネジャー
〃 石垣 悟	日本無線(株) 事業本部 事業統括部 副参与
〃 石川 恭輔	(一社)電波産業会 研究開発本部 固定通信グループ 担当部長
〃 石塚 淳	電気事業連合会 (第10回まで)
〃 立野 哲也	電気事業連合会 (第11回から)
〃 大越 秀治	東日本高速道路(株) 管理事業本部施設部施設計画課 課長代理
〃 岡崎 邦春	(一社)全国自動車無線連合会 専務理事
〃 加藤 数衛	(株)日立国際電気 映像・通信事業部 技師長
〃 重野 誉敬	警察庁 情報通信局 通信施設課 課長補佐
〃 豊島 肇	沖電気工業(株) 社会システム事業本部 交通・防災システム事業部 システム第二部 担当部長
〃 鳥枝 浩彰	消防庁 国民保護・防災部 防災課 防災情報室 課長補佐(第9回まで)
〃 齋藤 健一	消防庁 国民保護・防災部 防災課 防災情報室 課長補佐(第10回から)
〃 中川 永伸	(一財)テレコムエンジニアリングセンター 技術グループ 部長
〃 成澤 昭彦	パナソニックシステムネットワークス(株) インフラシステム事業部 ワイヤレスグループ グループマネージャー
〃 野村 一郎	国土交通省 大臣官房 技術調査課 電気通信室 課長補佐(第9回まで)
〃 平川 洋	国土交通省 大臣官房 技術調査課 電気通信室 課長補佐(第10回から)
〃 藤井 照男	南房総市 市民生活部長
〃 前川 忠	(株)富士通ゼネラル情報通信システム営業統括部営業推進部 部長
〃 宮崎 春男	静岡県 危機管理部 防災通信課 主幹
〃 柳内 洋一	日本電気(株) 消防・防災ソリューション事業部 シニアエキスパート
〃 山口 孝夫	(一社)全国陸上無線協会 企画調査部 部長
〃 山崎 潤	モトローラ・ソリューションズ(株) 渉外統括部長
〃 山崎 高日子	三菱電機(株) 通信システムエンジニアリングセンター 技術担当部長

情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会
業務用陸上無線システム作業班
デジタル同報低廉化アドホック 構成員一覧

(平成26年7月3日現在 敬称略・五十音順)

氏 名		主 要 現 職
リーダー	加藤 数衛	(株)日立国際電気 映像・通信事業部 技師長
サブリーダー	豊島 肇	沖電気工業(株) 社会システム事業本部 交通・防災システム事業部 システム第二部 担当部長
構成員	荒川 智史	(株)JVCケンウッド プロフェッショナル &ヘルスケア事業部 無線システム営業部 シニアマネジャー
"	石垣 悟	日本無線(株) 事業本部 事業統括部 副参与
"	成澤 昭彦	パナソニックシステムネットワークス(株) インフラシステム事業部 ワイヤレスグループ グループマネージャー
"	前川 忠	(株)富士通ゼネラル情報通信システム営業統括部営業推進部 部長
"	柳内 洋一	日本電気(株) 消防・防災ソリューション事業部 シニアエキスパート
"	山崎 高日子	三菱電機(株) 通信システムエンジニアリングセンター 技術担当部長

参 考 資 料

参考資料 1 : 変調方式に関する検討	49
参考資料 2 : 誤り訂正方式についての検討	53
参考資料 3 : マルチパス特性（耐遅延特性）に関する検討	61
参考資料 4 : 所要受信機入力電圧と回線設計（例）について	67
参考資料 5 : 占有周波数帯幅及び隣接チャネル漏えい電力についての検討 ..	71
参考資料 6 : 機器の技術的条件について	79
参考資料 7 : 送信特性（ピークファクタ）に関する検討	112
参考資料 8 : 周波数共用特性に関する検討	114
参考資料 9 : 音声符号化方式の屋外音声拡声特性に関する検討	135
参考資料 10 : 導入コストの低減に関する検討	142
参考資料 11 : 同報系防災行政無線による情報伝達の補完機能について.....	150
参考資料 12 : 同報系防災行政無線の機能について.....	152

変調方式に関する検討

1. 目的

現在、移動体通信において普及している複数の変調方式から、以下の要件に適する変調方式及びその技術的条件等を検討する。

- ・60MHz 帯に適用が可能であること
- ・現行方式(16QAM)に比べて、より所要受信機入力電圧が小さいこと
- ・現行方式(16QAM)に比べて、耐マルチパス(遅延)特性に優位であること
- ・特定の工業所有権によらない、実態上 無償又は低廉な価格で公開されている、若しくは公開される見込みの公知の技術によるものであること

2. 変調方式の選定

2.1 変調方式の選定候補

上記に対応するデジタル変調方式としては、QPSK 方式及び、4 値 FSK 方式の 2 つが想定される。これらの方式については、現行方式(16QAM)よりも多値化の点で周波数利用効率には劣るが、所要 C/N が 16QAM よりも小さく、サービスエリアにおけるマルチパス(遅延波)等の干渉妨害に対する耐量に優位であること、さらに、ピークファクタが 16QAM に比べて低く(4 値 FSK においては C 級電力増幅器が使用可能であること)から消費電力の点でも優位であるため、簡素かつ低廉なデジタル同報無線の候補と考えられる。以下、QPSK 方式及び、4 値 FSK 方式についてそれぞれ検討する。

2.2 QPSK 方式の検討

(1)変調方式の分類

QPSK 方式について、検波方式に着目した分類を以下の表に示す。

下表の方式1は、QPSK において一般的な場合(所要 C/N において優位な絶対同期検波方式を採用した方式)、方式2は、QPSK 方式の一種で、移動体通信において採用されている、遅延検波が可能な差動符号化方式を採用した $\pi/4$ シフト QPSK 方式の場合である。その他、方式上の参考として方式3及び方式4(ただし、実用化の事例なし)も併記した。

表 2.1-1 QPSK 方式の分類

方式	変調方式	検波方式	備考
方式1	QPSK	絶対同期検波	
方式2	$\pi/4$ シフト QPSK	遅延検波(差動符号化)	移動体通信で採用
方式3(参考)	$\pi/4$ シフト QPSK	絶対同期検波	
方式4(参考)		差動同期検波(差動符号化)	

(2)シミュレーションによる方式の比較

上記の 4 方式と現行方式(16QAM)の所要受信機入力電圧を比較するため、表 2.1 に示す条件(チャンネル間隔:15kHz を想定)について、AWGN(Additive White Gaussian Noise)環

境下における受信入力電圧－BER 特性シミュレーション(誤り訂正を除く)を行った。結果を図 2.1 に示す。なお、CNR を以下の条件により受信入力電圧に換算した。

- ・総合雑音：熱雑音(NF=8dB)と都市雑音(0dB μ V/11.25kHz)の和
- ・固定劣化マージン：6dB、干渉マージン：3dB
- ・等価受信帯域幅：11.25kHz

表 2.1-2 シミュレーション条件(QPSK 方式)

方式	変調方式	検波方式	伝送速度(kbps)	シンボル速度(k シンボル/s)	帯域制限特性
方式 1	QPSK	絶対同期検波	22.5	11.25	送受：RRC ($\alpha=0.2$)
方式 2	$\pi/4$ シフト QPSK	遅延検波			
方式 3(参考)		絶対同期検波			
方式 4(参考)		差動同期検波			
現行方式 ※ ¹	16QAM	同期検波	45	11.25	送受：RRC ($\alpha=0.2$)

(略語等) RRC：ルートロールオフ特性(α ：ロールオフ率)

※¹ 参照パラメータ：ARIB STD-T86

(注)ここでは現行 16QAM の規定値に準ずる値とした

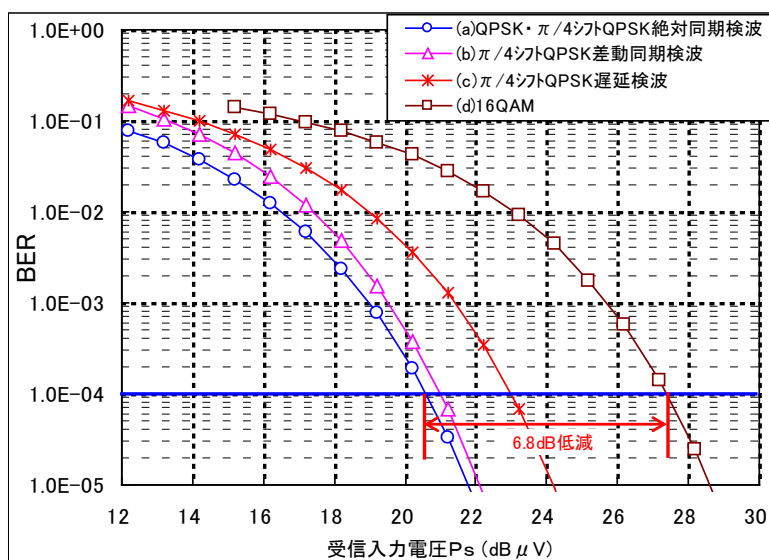


図 2.1 受信入力－BER 特性(QPSK 方式、誤り訂正を除く)

図 2.1 において、 $BER=1 \times 10^{-4}$ における所要受信機入力電圧を、方式1、方式2及び現行方式で比較すると、方式1(図中の(a)) < 方式2(図中の(c)) < 現行方式(図中の(d))、の関係にある(方式1は現行方式に比べて 6.8dB の改善が得られる)ことから、所要受信機入力電圧の観点から、方式1(QPSK 方式：絶対同期検波)が最良である。(なお、今回参考として挙げた方式3と方式4については、前述の通り実用性の点において比較から除いた。)

(3) チャンネル間隔による変調方式の考察

チャンネル間隔が 7.5kHz の場合については、前述の方式1(表 2.1-2)の値に対して、伝送速度及びシンボル速度をチャンネル間隔の比率(7.5kHz/15kHz=0.5 倍)だけ換算することが適当である。

QPSK 方式に関する変調方式の条件(チャンネル間隔:15kHz 及び 7.5kHz)について、表 2.1-3 にまとめる。なお、両者の所要 C/N については同一であり、所要受信機入力電圧については、7.5kHz 間隔(狭帯域)の方が優位である。

表 2.1-3 QPSK 方式の条件(チャンネル間隔:15kHz、7.5kHz)

変調方式	チャンネル間隔	伝送速度(kbps)	シンボル速度(kシンボル/s)	帯域制限特性	備考
QPSK	15kHz	22.5	11.25	送受:RRC($\alpha=0.2$)	絶対同期検波
QPSK	7.5kHz	11.25	5.625	送受:RRC($\alpha=0.2$)	絶対同期検波

(略語等) RRC:ルートロールオフ特性(α :ロールオフ率)

2.3 4 値 FSK 方式の検討(パラメータ等の選定)

(1) 変調パラメータ等の条件

4 値 FSK 方式の変調パラメータ仕様について、本目的に適する条件を選定した。

4 値 FSK に関する既存方式(6.25kHz 配置)に対して、検討方式ではチャンネル間隔が 7.5kHz となるため、7.5kHz 間隔におけるパラメータ等の最適化を行うことで、所要受信機入力電圧の改善が期待できる。具体的には以下の条件変更を行った。

- ① 帯域制限特性の変更: 既存方式におけるナロー化フィルタ[※]による固定劣化を改善するため、ロールオフフィルタのみを採用する。

(※) 既存方式(ARIB STD-T98、STD-T102)においては、ロールオフ特性に SINC 又はガウス関数を追加して狭帯域化(チャンネル間隔:6.25kHz)を図っている。

- ② 周波数偏位(fm)の変更: 所要 CNR が最小となる条件を採用(fm=400Hz)

(2) シミュレーションによる方式の比較

上記の検討方式(7.5kHz 間隔に条件を最適化した 4 値 FSK)について、既存方式(4 値 FSK)及び現行方式(16QAM)に対する所要受信機入力電圧の優位性を比較するため、表 2.2-1 に示す条件(チャンネル間隔:7.5kHz を想定)について、AWGN 環境下における受信入力電圧-BER 特性シミュレーション(誤り訂正を除く)を行った。結果を図 2.2 に示す。なお、横軸の受信入力電力は、以下の条件により CNR から換算した。

- ・総合雑音:熱雑音(NF=8dB)と都市雑音(0dB μ V/11.25kHz)の和
- ・固定劣化マージン:6dB、干渉マージン:3dB
- ・等価受信帯域幅:4.8kHz(検討方式)、4.0kHz(既存方式)

図 2.2 において、BER= 1×10^{-4} における所要受信機入力電圧を、検討方式、既存方式及び現行方式で比較すると、検討方式(図中の(a))<既存方式(図中の(b))<現行方式(図中の(c))、の関係にある(検討方式は現行方式に比べて 10.9dB の改善が得られる)ことから、所要受信機入力電圧の観点から、検討方式が最良である。

表 2.2-1 シミュレーション条件(4 値 FSK 方式)

方式	変調方式	検波方式	伝送速度 (kbps)	シンボル速度 (k シンボル/s)	帯域制限 特性	周波数 偏位(fm)
検討方式	4 値 FSK	周波数検波	4.8	2.4	RRC($\alpha=0.2$)	400Hz(fm) 1,200Hz(3fm)
既存方式※ ¹	4 値 FSK	周波数検波			RRC($\alpha=0.2$) +SINC	315Hz(fm) 945Hz(3fm)
現行方式※ ²	16QAM	同期検波	45	11.25	RRC($\alpha=0.2$)	

(略語等) RRC: ルートロールオフ特性(α : ロールオフ率)、SINC: SINC 関数

※¹ 参照パラメータ: ARIB STD-T98、STD-T102(2 編)

※² 参照パラメータ: ARIB STD-T86

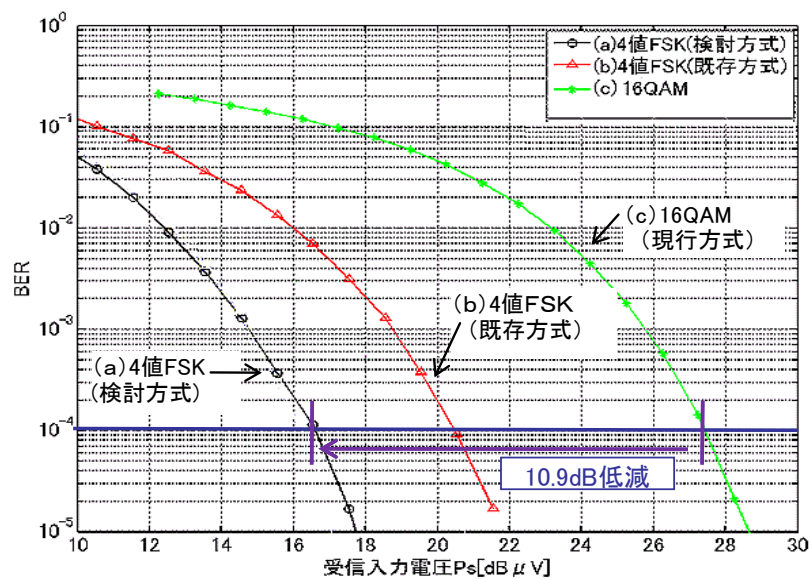


図 2.2 受信入力-BER 特性(4 値 FSK 方式、誤り訂正を除く)

(3) チャンネル間隔による変調方式の考察

チャンネル間隔が 15kHz の場合については、前述の検討方式(表 2.2-1)の値に対して、伝送速度、シンボル速度及び周波数偏位をチャンネル間隔の比率(15kHz/7.5kHz=2 倍)だけ換算することが適当である。

4 値 FSK 方式に関する変調方式の条件(チャンネル間隔: 15kHz 及び 7.5kHz)について、表 2.2-2 にまとめる。なお、両者の所要 C/N については同一であり、所要受信機入力電圧については、7.5kHz 間隔(狭帯域)の方が優位である。

表 2.1-3 4 値 FSK 方式の条件(チャンネル間隔: 15kHz、7.5kHz)

変調方式	チャンネル 間隔	伝送速度 (kbps)	シンボル速度 (k シンボル/s)	帯域制限特性	周波数偏位	備考
4 値 FSK	15kHz	9.6	4.8	送受: RRC ($\alpha=0.2$)	800Hz(fm) 2,400Hz(3fm)	周波数検波
4 値 FSK	7.5kHz	4.8	2.4	送受: RRC ($\alpha=0.2$)	400Hz(fm) 1,200Hz(3fm)	周波数検波

(略語等) RRC: ルートロールオフ特性(α : ロールオフ率)

誤り訂正方式についての検討

1. 目的

デジタル変調方式による同報無線システムについては、同報(拡声)における音声品質を維持する上で、高効率音声符号化方式に対して誤り訂正方式の採用が必須であり、さらに、誤り訂正の改善効果を加味した実効的な所要受信入力電圧を確保する上で、新たな変調方式において符号化利得の大きい誤り訂正方式の採用が有効である。

そこで、新たな変調方式に対して、所要受信入力電圧を下げるために符号化利得が大きく、かつ広く普及している最適な誤り訂正方式について検討する。さらに、インパルス性雑音がある環境における誤り訂正方式の有効性(BERの改善)について考察する。

2. 誤り訂正方式の検討

現行方式(16QAM)に採用されている音声符号化方式(S方式)や、移動系等において採用されている音声符号化方式(AMBE+2)については、各々の方式に付随した誤り訂正符号方式が規定され、チップ内蔵又はソフトウェアが付随している。一方、その他の音声符号化方式(例えば、第三世代携帯電話に採用されているAMR-WB等)については、誤り訂正が付随していないため、誤り訂正を外部に追加する必要がある。

(1) QPSKワイド方式(15kHz間隔)の場合

現行方式(16QAM)に用いられている畳込符号・ビタビ復号方式(CC:Convolutional Code)と比較し、符号化利得が大きい誤り訂正方式として、ターボ符号(CTC:Convolutional Turbo Code)とLDPC 符号(Low Density Parity Check:低密度パリティ検査)が存在する。

ここでは、畳込符号・ビタビ復号方式とターボ符号との BER 特性について、類似事例として WiMAX における AWGN 環境下でのシミュレーション結果および、本 QPSK 方式についてターボ符号(3GPP TS25.212)を用いた場合の AWGN 環境下でのBERシミュレーション結果を以下に示す(符号化率:5/8、符号長:800 ビット)。BER= 1×10^{-4} において約 7.4dB の符号化利得の結果を得た(誤り訂正なし時の BER=約 5%程度まで所要品質を確保)。

表 2.1 特性比較におけるシミュレーション条件(WiMAX における類似事例)

符号化方式	符号化率	符号長
低密度パリティ検査(LDPC)	1/2	576 ビット
畳込符号・ビタビ復号(CC)		
ターボ符号(CTC)		

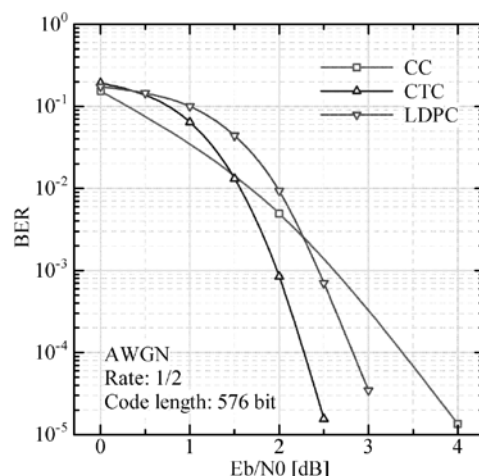


図 2.1 BER 特性シミュレーション結果 (WiMAX における類似事例)

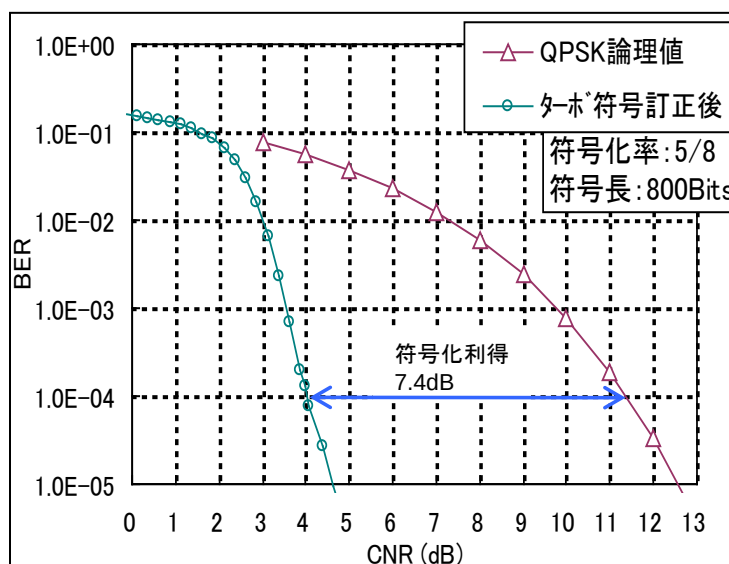


図 2.2 BER特性シミュレーション(符号化率:5/8、符号長:800 ビット)
(QPSK ワイド方式、AWGNシミュレーション)

(2) QPSKナロー方式(7.5kHz間隔)の場合

QPSK ワイド方式と同様にターボ符号(3GPP TS25.212)を想定し、さらに、QPSK ワイド方式と同等の符号長 804bit 及び符号化率 5/8 の条件を確保するためにフレーム長を 2 倍の 80ms とする方式を検討した。シミュレーション条件及び、AWGN 環境下でのBERシミュレーション結果を以下に示す。BER= 1×10^{-4} において符号化利得 7.4dB の結果を得た(誤り訂正なし時の BER=約 5%程度まで所要品質を確保)。

表 2.2 QPSK ナロー方式 誤り訂正特性シミュレーション条件

符号化率(R)	0.637(5/8)	参考:0.75(=3/4)	参考:0.775
情報長 [bit]	512	480	496
符号長 [bit]	804	640	
符号化方式	Turbo 符号		
変調方式	QPSK		
伝搬路	1 path Static AWGN		
復号方式	Max Log MAP 復号		

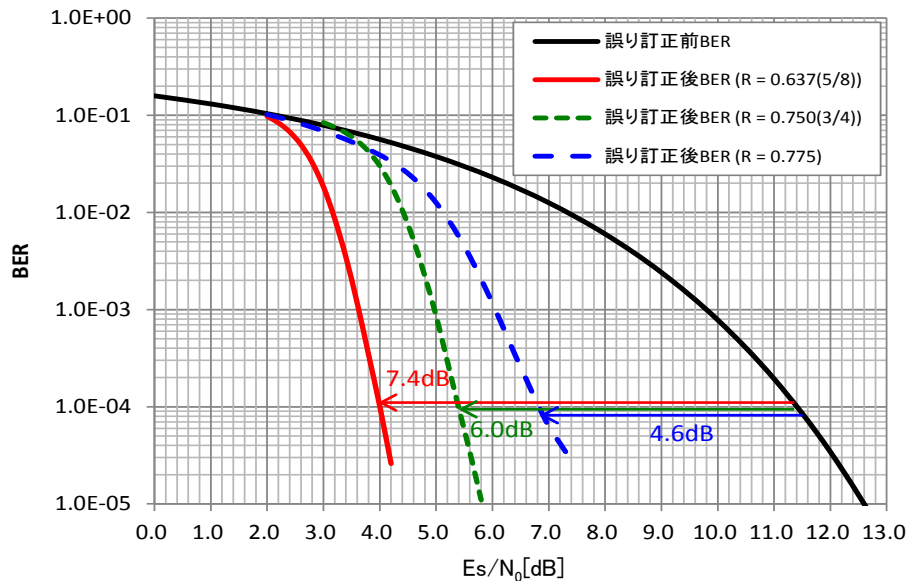


図 2.3 BER特性シミュレーション
(QPSKナロー方式、AWGNシミュレーション)

(3) 4値FSKワイド方式(15kHz間隔)の場合

QPSK 方式において検討したターボ符号と現行方式で採用されている畳み込み符号について検討を行った。ただし、伝送速度とフレーム長の条件から符号化率を 3/4 とし、ターボ符号については符号化利得を大きくするために、符号長を長くする対策として、4 フレームを1ブロックとして誤り訂正(FEC)処理を行う方法を検討した。ターボ符号(符号化率 3/4)と畳込符号(符号化率 3/4)の AWGN 環境下でのBERシミュレーション結果を以下に示す(いずれもインタリーブを併用)。

4 値 FSK 方式については、変復調器に非線形特性を有するため、ガウス雑音(AWGN)環境においてバースト誤りが生じやすい傾向にあり、符号化率 3/4 の条件において、畳込符号よりもターボ符号が符号化利得の点で有利で、インタリーブの併用が有効である結果であった。ターボ符号により BER=1 × 10⁻⁴点において約 4.7dB の符号化利得の結果を得た(誤り訂正なし時の BER=約 2%程度まで所要品質を確保)。

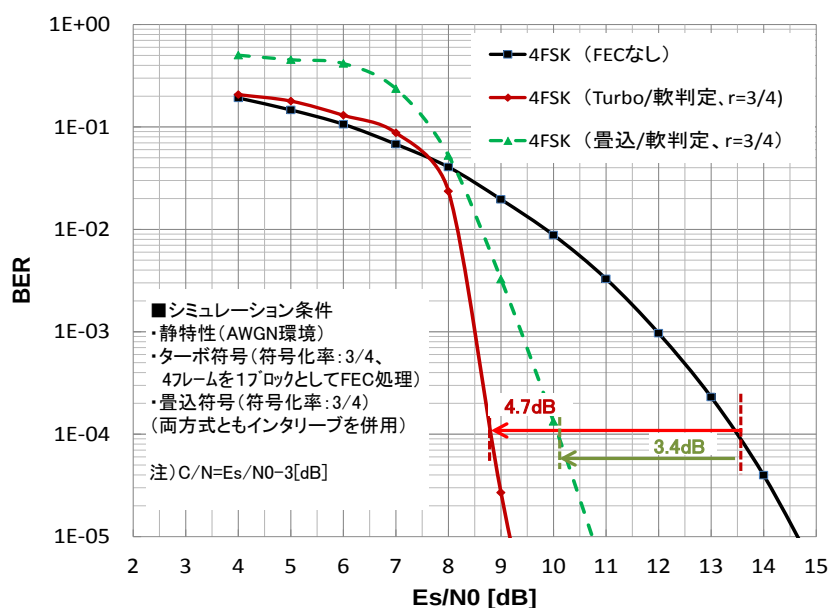


図 2.4 AWGN 環境下での符号化利得
(4値FSKワイド方式、AWGNシミュレーション)

(4) 4値FSKナロー方式(7.5kHz間隔)の場合

伝送速度(4.8kbps)が低いため、音声符号化方式として AMBE+2 方式の採用が想定される。AMBE+2 方式には、誤り訂正機能(ゴレイ符号)が付随しており、この機能の利用の他、現行方式と同様に誤り訂正にインタリーブを追加することとし、伝送路誤りの改善を図るものとした(S方式の採用事例:畳込符号+インタリーブの組み合わせ)。

AWGN 環境下でのBERシミュレーション結果(例)を以下に示す。AMBE+2 の内部処理の詳細が不明のため、一般の音声コーデック処理の事例を想定しているものの、 $BER=1 \times 10^{-4}$ において、約 4.8dB の符号化利得が得られた。

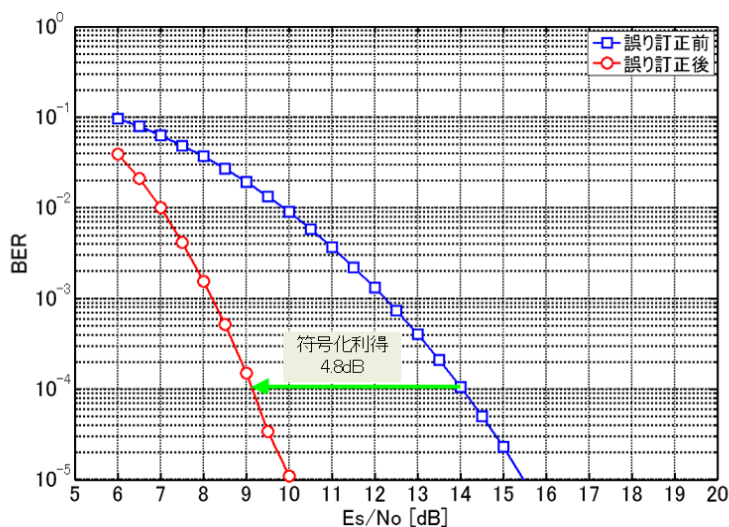


図 2.5 AWGN 環境下での符号化利得(ゴレイ符号+インタリーブ)
(4 値 FSK ナロー方式、AWGNシミュレーション)

以上より、各変調方式に対する誤り訂正符号の検討結果を、以下の諸元表にまとめる。

表 2.3 各変調方式の主要諸元

	16QAM (現行方式)	QPSKワイド (検討方式)	QPSKナロー (検討方式)	4値FSKワイド (検討方式)	4値FSKナロー (検討方式)
チャンネル間隔	15kHz	15kHz	7.5kHz	15kHz	7.5kHz
アクセス方式 ()チャンネル数	TDD (TDM/TDMA) (6)	SCPC (1)	SCPC (1)	SCPC (1)	SCPC (1)
通信方式	単信、複信、半複信 同報	単信、同報	単信、同報	単信、同報	単信、同報
伝送速度 (シンボル速度)	45kbps (11.25kシンボル/sec)	22.5kbps (11.25kシンボル/sec)	11.25kbps (5.625kシンボル/sec)	9.6kbps (4.8kシンボル/sec)	4.8kbps (2.4kシンボル/sec)
基本フレーム長	80ms(6スロット構成)	40ms(想定)	80ms(想定)	80ms(想定)	80ms(想定)
符号化速度	25.6kbps(通報)	16kbps(想定)	9.6kbps(想定)	8.8kbps(想定)	3.6kbps(想定)
帯域制限	送信・受信:RRC ($\alpha=0.2$)	送信・受信:RRC ($\alpha=0.2$)	送信・受信:RRC ($\alpha=0.2$)	送信・受信:RRC ($\alpha=0.2$)	送信・受信:RRC ($\alpha=0.2$)
変調パラメータ (周波数偏位)				800Hz(fm) 2,400Hz(fm×3)	400Hz(fm) 1,200Hz(fm×3)
音声符号化方式 (レート) ※1	S方式(通報) ・音声符号:16kbps ・誤り訂正:9.6kbps	AMR-WB+方式 ・音声符号:10kbps ・誤り訂正:6.0kbps	AMR-WB+方式 音声符号:6kbps 誤り訂正:3.6kbps	AMR-WB+方式 音声符号:6kbps 誤り訂正:2.8kbps	AMBE+2方式 ・音声符号:2.45kbps ・誤り訂正:1.15kbps
誤り訂正符号	畳込符号 (符号化率:約1/2)	ターボ符号 (符号化率:5/8)	ターボ符号 (符号化率:5/8)	ターボ符号 (符号化率:3/4)	ゴレイ符号 (符号化率:約1/2)
符号化利得 (1×10^{-4})	5.5dB ※2	7.4dB	7.4dB	4.7dB ※3	4.8dB

(略語等)RRC:ロールオフ特性(α :ロールオフ率)

※1 誤り訂正方式には誤り訂正符号のほか冗長符号及びインターリーブ等を含む

※2 ARIB STD-T86(付録資料2)による

※3 4フレーム/ブロック処理

3. インパルス性雑音に対する誤り訂正の効果に関する考察

(1) インパルス性雑音に対する考察の考え方

フィールドにおいては、インパルス性雑音によるBER劣化が認められる事例がある(以下:参考図)。インパルス性雑音によるビット誤りは、バースト的に1~2シンボル(QPSK及び4値FSKでは最大で2~4bit誤り)のエラーが発生すると想定されるが、これらについては、誤り訂正方式(誤り訂正符号及びやインタリーブ等)により低減されるものと考えられる。そのため、インパルス性雑音のある条件(模擬)において、誤り訂正の有効性をシミュレーションにより考察した。

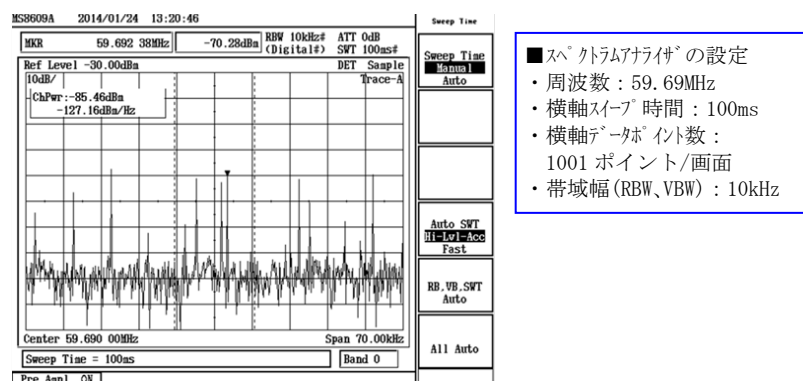


図 3.1 インパルス性雑音の観測事例(参考)

(2) インパルス性雑音のモデル化の考え方等

インパルス性雑音とガウス雑音が同時に加わったときの誤り率特性を考察するため、参考文献[1]により、雑音重畳モデルの考え方(それぞれの雑音による誤り率を個々独立に求め、両者の誤り率を重畳することで与えられる解析モデル)により取り扱うものとした。本モデルの概略イメージ(ガウス雑音にインパルス性雑音を重畳したモデル)を以下に示す(図中の $n2\cdots$ は場所により複数の値をとる場合があるという意味)。

参考文献[1]: 岩波 池田: “PSK-FM信号のインパルス雑音とガウス雑音に対する誤り率の計算”、電子通信学会論文誌. A, J60-A(6):505-512(1977/06)

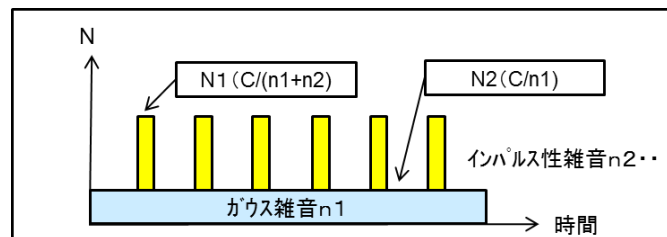


図3.2 インパルス性雑音の重畳モデル

(3) シミュレーション系統図

ターボ符号の採用を想定した4値ワイド方式、QPSKワイド方式及びQPSKナロー方式を考察の対象として、各方式についてシミュレーション系を作成し、誤り訂正方式の有無によるBER特性を分析した(同期・タイミング等は理想条件)。また、模擬するインパルス性雑音モデルについては、方式ごとにフィールド(伝搬試験)においてビデオカメラで記録したインパルス性雑音の画像データ(サンプル)をもとに、雑音波形を近似・モデル化してシミュレーション系に組み込んだ。

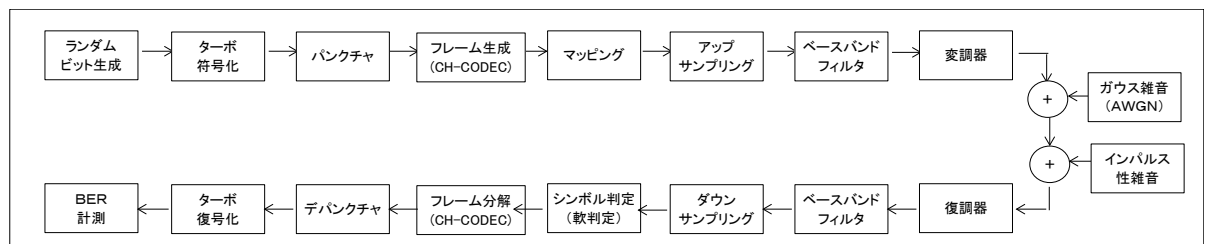


図3.3 シミュレーション系統図

(4) シミュレーション結果

ア 4値FSKワイド方式の場合

① 雑音モデル(BER= 1×10^{-4} となるガウス雑音に以下のインパルス性雑音を重畳):

- ・インパルス性雑音の周期: ランダム
- ・インパルス性雑音の頻度: 21 回/100ms
- ・インパルス性雑音のレベル: ガウス雑音(AWGN)+25dB

② シミュレーション結果(下図):

- ・誤り訂正(FEC)により、BER= 2×10^{-2} の値が 1×10^{-5} 以下に改善
- ・BER= 1×10^{-4} における誤り訂正(FEC)の改善量は約 11dB(11.2)となり、ガウス雑音のみ(FEC 有り)の BER 特性に近接(誤差: 約 2dB)する結果を得た。

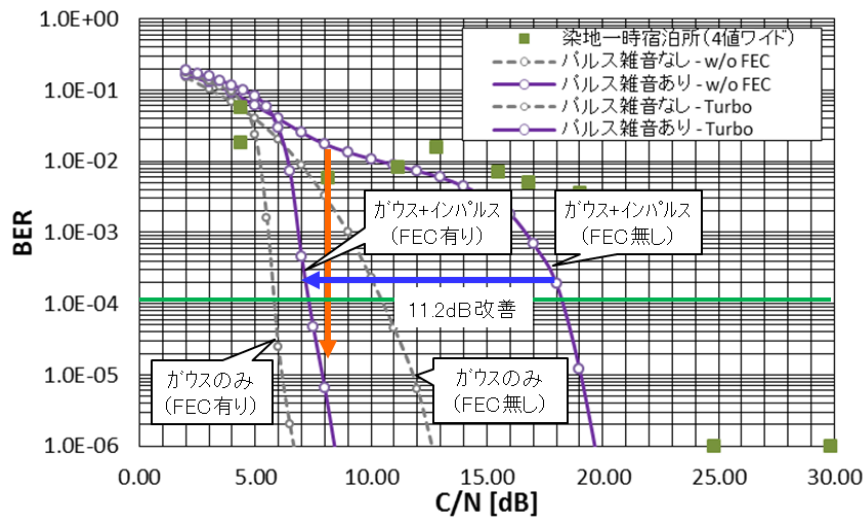


図 3.4 シミュレーション結果(4 値ワイド方式)

イ QPSKワイド方式の場合

①雑音モデル(BER= 1×10^{-4} となるガウス雑音に以下のインパルス性雑音を重畳):

- ・インパルス性雑音の周期:ランダム
- ・インパルス性雑音の頻度:20 回/100ms
- ・インパルス性雑音のレベル:ガウス雑音(AWGN)+13dB

②シミュレーション結果(下図):

- ・誤り訂正(FEC)により、BER= 1.4×10^{-2} の値が 1.4×10^{-5} 以下に改善
- ・BER= 1×10^{-4} における誤り訂正(FEC)の改善量は約 11dB(10.5)となり、ガウス雑音のみ(FEC 有り)の BER 特性に近接(誤差:約 3dB)する結果を得た。

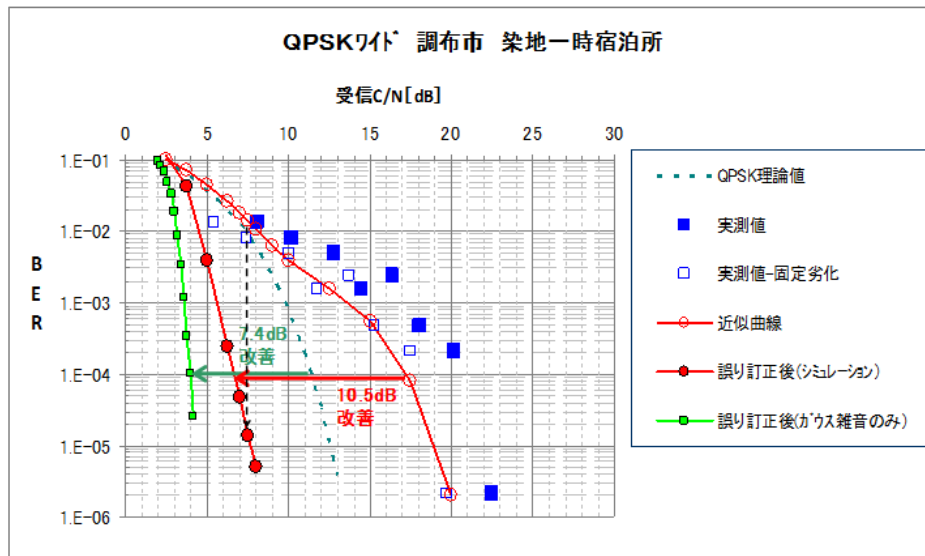


図 3.5 シミュレーション結果(QPSK ワイド方式)

ウ QPSKナロー方式の場合

①雑音モデル(BER= 1×10^{-4} となるガウス雑音に以下のインパルス性雑音を重畳):

- ・インパルス性雑音の周期:ランダム
- ・インパルス性雑音の頻度:10 回/100ms
- ・インパルス性雑音のレベル:ガウス雑音(AWGN)+11dB

②シミュレーション結果(下図):

- ・誤り訂正(FEC)により、BER= 1.3×10^{-2} の値が 4×10^{-6} 以下に改善
- ・BER= 1×10^{-4} における誤り訂正(FEC)の改善量は約 11dB(11.3)となり、ガウス雑音のみ(FEC 有り)の BER 特性に近接(誤差:約 2dB)する結果を得た。

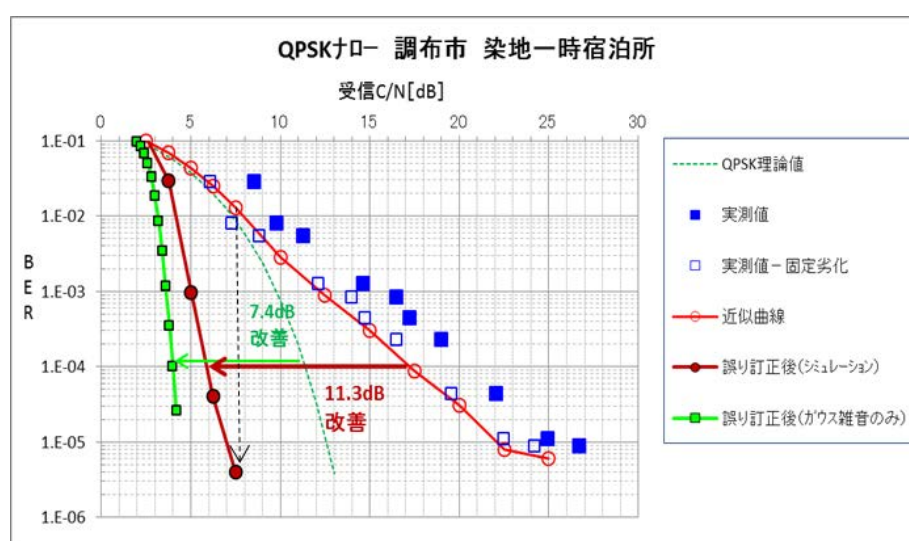


図 3.6 シミュレーション結果(QPSK ナロー方式)

(5) 考察

ガウス雑音にインパルス性雑音を重畳したモデルに対して、各変調方式と組み合わせた誤り訂正方式によりインパルス性雑音の影響を低減し、ガウス雑音のみのBERに近い特性(1～3dB程度の差)を得た。

以上の結果より、インパルス性雑音に対して、誤り訂正方式の優位性があるものと想定される。

マルチパス特性(耐遅延特性)に関する検討

1. 目的

伝搬環境にマルチパス(遅延波)がある場合について、変調方式による遅延特性を机上ミュレーションし、現行方式(16QAM)との差異(マルチパス耐力)について検証する。

2. シミュレーション条件等

(1) マルチパス(遅延波)の概要

伝搬路にのけるマルチパス(遅延波)のイメージを以下に示す。マルチパスに関連した伝搬特性(遅延広がり)の調査事例については、以下がある。

○ 伝搬特性(遅延広がり)の調査事例[1]:

- ・市街地(都内:新宿):約 2μ 秒rms (等レベルの2波モデルで約 4μ s相当)
 - ・開放地(甲府):約 4.5μ 秒rms (等レベルの2波モデルで約 9μ s相当)
- (伝搬距離差3km=遅延時間 10μ 秒 (電波の速さ:30万km/秒))

参考文献[1] NTT docomo テクニカル・ジャーナル、vol7,No.4. (Jan.2000)

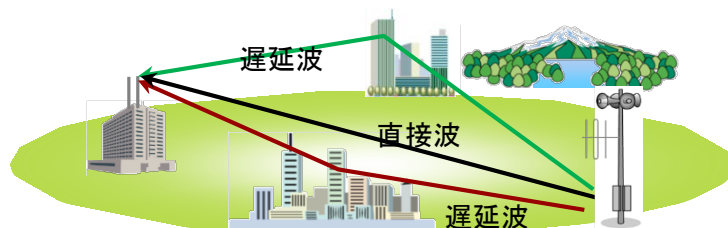


図2.1マルチパス(遅延波)のイメージ

(2) シミュレーション条件

回線品質基準値(BER= 1×10^{-4} 、静特性)における遅延波の影響について、参考資料(ARIB STD-T86、付属資料編)の16QAM方式に関するシミュレーション結果を参考として、他の変調方式についても同様な条件(2波モデル)についてシミュレーションを実施し、比較した。

ア 遅延時間の条件

先行波に対する遅延波の遅延時間については、参考資料におけるパラメータ(5.55μ s、 16.7μ s、 22.2μ s、 27.8μ s)の中から、次の2つを選定した。

- ① 11.11μ s(16QAM方式のシンボル長(88.88μ s)の1/8)
- ② 16.7μ s(16QAM方式のシンボル長(88.88μ s)の3/16)

ここで、前述した伝搬特性(遅延広がり)の調査事例の値との関係については、①の条件にあっては、市街地(新宿)～開放地(甲府市)のケースが包含される遅延時間(16QAMの1/8シンボル(11.11μ s))に)を最大値として考えた条件に、②の条件にあっては、さらに大きな遅延時間を想定した条件に相当する。

イ ノッチの条件

マルチパス干渉による周波数上のノッチの条件については、参考資料における条件（帯域の外側、帯域の端、帯域の中央）と同じ、3つの条件とした。

3. シミュレーション結果

(1) ノッチが帯域外の場合

16QAM方式及びその他の変調方式(4値FSK方式(ワイド・ナロー)、QPSK方式(ワイド・ナロー))のシミュレーション結果を以下に示す。

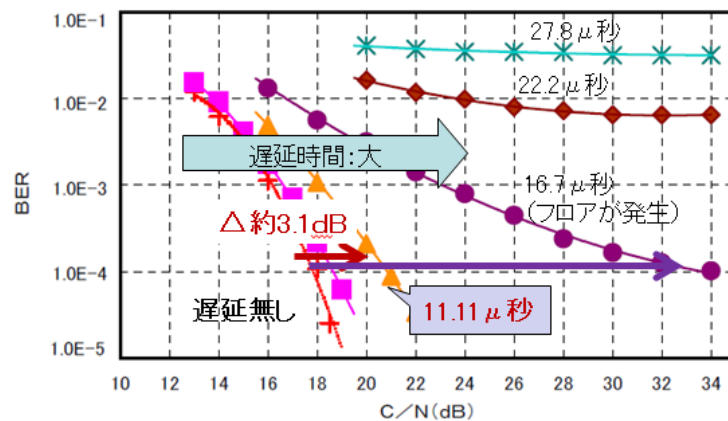
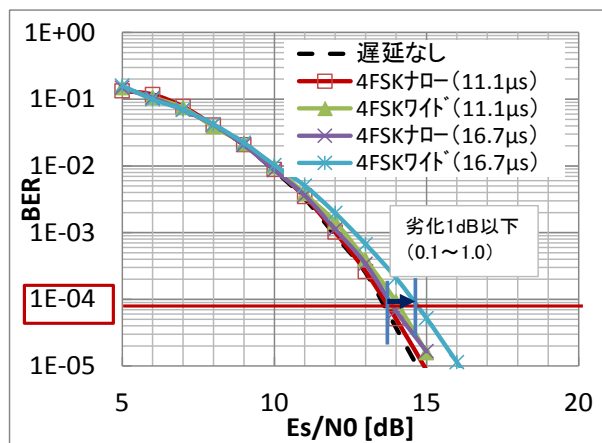


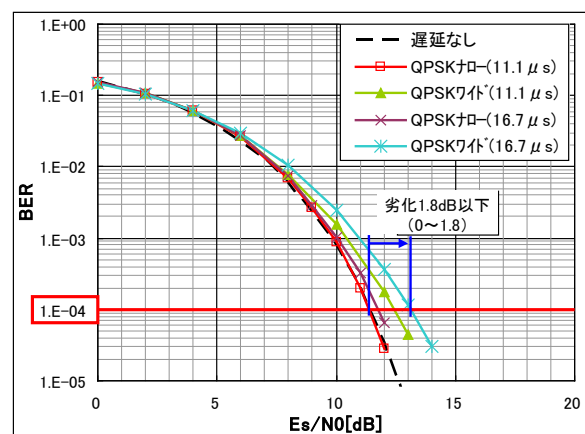
図3.1-1 16QAM方式の遅延特性(ノッチが帯域外の場合)

(静特性、等レベル($D=U=1$)、同位相、先行波に同期)

(出展: ARIB STD-T86、付録資料、付図4.2-2、抜粋・追記)



(a) 4値FSK方式



(b) QPSK方式

図3.1-2 他の変調方式の遅延特性(ノッチが帯域外の場合)

(静特性、等レベル($D=U=1$)、同位相、先行波に同期)

(2) ノッチが帯域端の場合

16QAM方式及びその他の変調方式(4値FSK方式、QPSK方式)のシミュレーション結果を以下に示す。

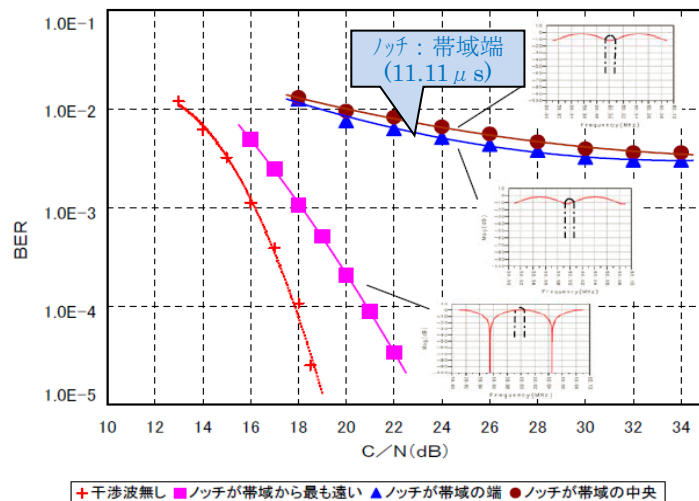
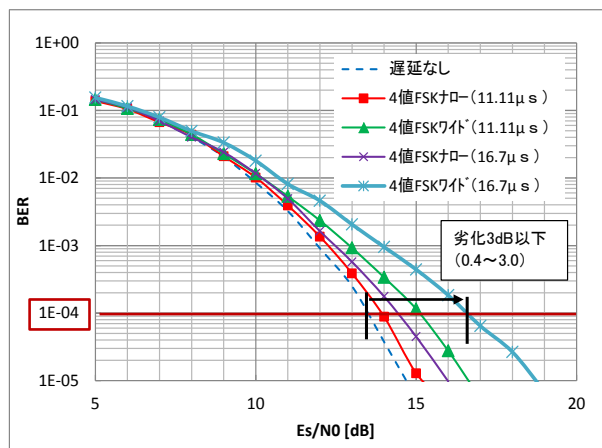
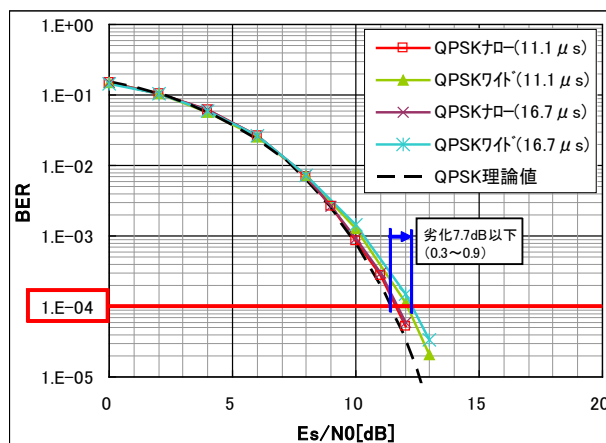


図3.2-1 16QAM方式の遅延特性(ノッチが帯域端の場合)
(静特性、6dB差(D=1、U=0.5)、位相可変、先行波に同期)
(出展: ARIB STD-T86、付録資料、付図4.2-5)



(a) 4値FSK方式



(b) QPSK方式

図3.2-2 他の変調方式の遅延特性(ノッチが帯域端の場合)
(静特性、6dB差(D=1、U=0.5)、位相可変、先行波に同期)

(3) ノッチが帯域の中央の場合

16QAM方式及びその他の変調方式(4値FSK方式、QPSK方式)のシミュレーション結果を以下に示す。

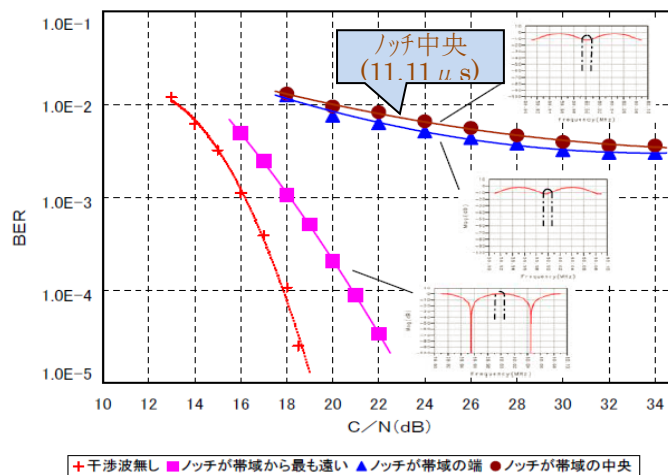
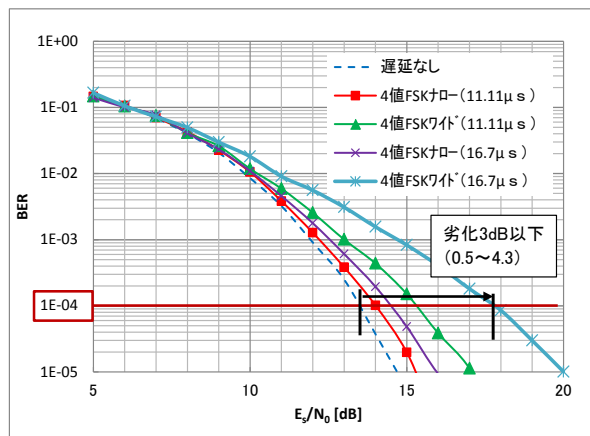


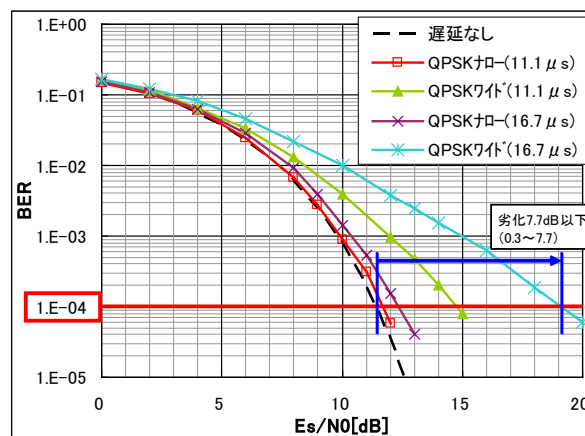
図3.3-1 16QAM方式の遅延特性(ノッチが帯域中央の場合)

(静特性、6dB差(D=1、U=0.5)、逆位相、先行波に同期)

(出展: ARIB STD-T86、付録資料、付図4.2-5)



(a) 4値FSK方式



(b) QPSK方式

図3.3-2 他の変調方式の遅延特性(ノッチが帯域中央の場合)

(静特性、6dB差(D=1、U=0.5)、逆位相、先行波に同期)

4. 考察

(1) 現行方式(16QAM)に対比した遅延特性の比較

以上の遅延特性のシミュレーション結果について、各方式のBER=1×10⁻⁴点におけるC/N劣化量を以下の表に整理してまとめた。

表4.1 遅延波によるC/N劣化量(BER=1×10⁻⁴点)(ノッチが帯域外の場合)

変調方式	C/N劣化量(①11.11 μs)		C/N劣化量(②16.7 μs)	
16QAM(現行)	3.1dB	相対比較(0dB)	16dB	相対比較(0dB)
4FSKワイド	0.3dB	-2.8dB	1.0dB	-15.0dB
4FSKナロー	0.1dB	-3.0dB	0.2dB	-15.8dB
QPSKワイド	1.1dB	-2.0dB	1.8dB	-14.2dB
QPSKナロー	0dB	-3.1dB	0.2dB	-15.8dB

表4.2 遅延波によるC/N劣化量(BER=1×10⁻⁴点)(ノッチが帯域端の場合)

変調方式	C/N劣化量(①11.11 μs)		C/N劣化量(②16.7 μs)	
16QAM(現行)	∞(フロア)		∞(フロア)	
4FSKワイド	1.6dB		3.0dB	
4FSKナロー	0.4dB		0.9dB	
QPSKワイド	0.7dB		0.9dB	
QPSKナロー	0.3dB		0.3dB	

表4.3 遅延波によるC/N劣化量(BER=1×10⁻⁴点)(ノッチが帯域中央の場合)

変調方式	C/N劣化量(①11.11 μs)		C/N劣化量(②16.7 μs)	
16QAM(現行)	∞(フロア)		∞(フロア)	
4FSKワイド	1.8dB		4.3dB	
4FSKナロー	0.5dB		1.0dB	
QPSKワイド	3.3dB		7.7dB	
QPSKナロー	0.3dB		1.2dB	

ア ノッチが帯域外の場合

条件①(11.11 μs)では、16QAMのC/N劣化量(約3dB)に比べて他の方式のC/N劣化量は小さく(約0～1dB程度)、16QAMの劣化量に比べて相対的に約2～3dBの耐性がある。さらに遅延の大きな条件②(16.7 μs)では、16QAMはBERカーブにフロアが発生して大きなC/N劣化(約16dB)が発生するが、他の方式ではフロアは発生せず(約0～2dBのC/N劣化)、16QAMの劣化量に比べて相対的に約14～16dBの耐性がある。

イ ノッチが帯域端の場合

条件①(11.11 μs)では、16QAMではBERカーブにおいて1×10⁻³よりも大きなフロアが発生するが、他の方式ではフロアは発生しない(約0～2dB程度のC/N劣化)。さらに他の方式は、条件②(16.7 μs)においてもフロアは発生しない(約0～3dB程度のC/N劣化)。

ウ ノッチが帯域の中央の場合

条件①(11.11 μ s)では、16QAMではBERカーブに 1×10^{-3} よりも大きなフロアが発生するが、他の方式ではフロアは生じず、約0～3dB程度のC/N劣化である。さらに他方式は、②の条件でもフロアは生じず、約1～8dBのC/N劣化となっている。

以上のことから、4値FSK方式及びQPSK方式については、現行方式(16QAM)に比べて耐遅延特性(マルチパス耐力)が優位であると判断できる。

なお、上記のように遅延波の影響によりBERにフロアが生じる現状の状況においては、オプション機能として、16QAM方式にあつては、適応等化器(イコライザ)の採用等による回線品質の改善が図られている(事例)。また、非線形変調方式(FSK系)に関するイコライザの研究等については、例えば文献[1]がある。

- ・参考文献[1]: 牧、赤岩: “FSK周波数検波における適応等化”、電子情報通信学会研究報告書、RCS、無線通信システム 93(255)、23-28(1993-09)。

(2) 電波法関係審査基準の規定に対する考察

電波法関係審査基準における受信機入力電圧の範囲の規定においては、以下のように、外来要因として、フェージング損失以外の要素として、「M」を定義している(受信入力電圧の範囲に対して、標準:+10dB(最大値:+20dB)のマージンの考慮を想定)。

<電波法関係審査基準 別紙2 無線局の目的別審査基準 第2 陸上関係>

4 その他

(14) 狭帯域デジタル方式を使用する固定局

エ 伝送の質

(イ) 一区間あたりの年間の年間の回線信頼度は95%以上とし、受信入力電圧Prが次式の範囲内にあること。ただし、所要C/Nを満足する場合は、この限りでない。

B $\pi/4$ QPSK(SCPC及びTDMA)及び16QAM(防災)の場合

$$V_{th} + L_{pf} + M > Pr > V_{th} + L_{pf}$$

V_{th} : 所要受信機入力電圧(dB μ V)

L_{pf} : フェージング損失(dB)(1km当たり0.1dBとする)

M: 通常10dBとする。特に受信入力レベルの選定上必要のある場合は、20dBとする。

Pr: 受信機入力電圧(dB μ V)

$$Pr = Pt - (L_p + L_f) + (G_{At} + G_{Ar})$$

Pt: 空中線電力(dB μ V)(0dBm=113dB μ V)

L_p : 伝搬損失(dB)、 L_f : 給電線損失(dB)

G_{At} : 送信空中線の絶対利得(dB)、 G_{Ar} : 受信空中線の絶対利得(dB)

現行方式(16QAM)については、遅延波の影響により10dB～20dBを超過するような大きなC/N劣化量や、BERのフロアが生じる状況に至る場合においては、適応等化器の採用等による回線品質の改善が必要と想定される。

一方、4値FSK方式及びQPSK方式については、今回のシミュレーション条件によるところではあるが(最大で約8dB程度以下の劣化量)、現行審査基準の範囲内のものと評価される。

所要受信機入力電圧と回線設計(例)について

1. 回線設計の条件

(1) 所要受信機入力電圧の規定に係る基本的な考え方

ア 新たな変調方式における所要受信機入力電圧については、屋外拡声試験における検証によって、同報(拡声)における音声品質を維持する上で高効率音声符号化方式(誤り訂正方式を含む)の採用が必須であることを踏まえ、誤り訂正の改善効果を加味した実効的な所要受信機入力電圧を想定する。

イ 所要受信機入力電圧は、想定される基準 BER (回線基準: $BER=1 \times 10^{-4}$ 、静特性)における各方式の所要 C/N に対して、以下の条件を考慮する。

① 機器固定劣化マージン

一般的な機器設計マージンの事例より、6dB を計上。

② 総合雑音(周囲雑音+熱雑音)

16QAM 方式は現行の審査基準の標準値($0.2\text{dB } \mu\text{V}/11.25\text{kHz}$)とし、新たな変調方式については、16QAM との等価受信帯域幅の帯域比率で換算。

ここで、16QAM 方式の総合雑音電圧(外部雑音と熱雑音(KTBF)の和)は、

・外部雑音(16QAM): $0\text{dB } \mu\text{V}$ (60MHz 帯 16QAM (11.25kHz 幅)の標準値、※1)

注、※1)電波保関係審査基準による

・熱雑音(16QAM): $-12.3\text{dB } \mu\text{V}$ ($-30.8 + 10 \times \log(B) + NF$)

B(受信機の帯域幅): 11.25 (kHz)、NF(雑音指数): 8dB

・総合雑音電力(16QAM) = $0.2\text{dB } \mu\text{V}$

16QAM との等化受信帯域幅の帯域比率で換算して導出した各変調方式の総合雑音を、以下の表に示す。

表 1.1 総合雑音(60MHz 帯)

項番	変調方式	仕様	備考
1	16QAM	$0.2\text{dB } \mu\text{V}$	11.25kHz 幅(熱雑音: $-12.3\text{dB } \mu\text{V}$)
2	QPSK ワイド	$0.2\text{dB } \mu\text{V}$	11.25kHz 幅(熱雑音: $-12.3\text{dB } \mu\text{V}$)
3	4 値 FSK ワイド	$-0.5\text{dB } \mu\text{V}$	9.6kHz 幅(熱雑音: $-13.0\text{dB } \mu\text{V}$)
4	QPSK ナロー	$-2.8\text{dB } \mu\text{V}$	5.625kHz 幅(熱雑音: $-15.3\text{dB } \mu\text{V}$)
5	4 値 FSK ナロー	$-3.5\text{dB } \mu\text{V}$	4.8kHz 幅(熱雑音: $-16.0\text{dB } \mu\text{V}$)

③ 干渉マージン

固定回線の許容干渉波レベルは、総合雑音のレベルと同一として CIR マージン 3dB を計上。

④ 音声符号化利得

音声符号に適用する誤り訂正方式について、基準 BER における符号化利得を計上。(16QAM は 5.5dB (ARIB STD-T86)、新たな方式は誤り訂正方式のシミュレーション結果による)

⑤ その他

現行の電波法関係審査基準における受信機入力電圧の範囲の規定においては、外来要因として、フェージング損失以外の要素として、「M」を定義している(受信入力電圧の範囲に対して、標準: +10dB(最大値: +20dB)のマーzinの考慮を想定)。そのため、外来雑音等の影響による BER 劣化については、現行審査基準の範囲に含めて考慮するものと想定する。

(2) 所要受信機入力電圧の試算(想定条件)(案)

誤り訂正の改善効果を加味した実効的な所要受信機入力電圧(実効受信機入力電圧)の試算結果(想定条件)を以下の表に示す。ここで、項番 10 は符号化利得を含まない所要受信機入力電圧、項番 12 は符号化利得(項 11)を加味した所要受信機入力電圧(実効受信機入力電圧)、項番 13 は 16QAM の値を、現行の電波法関係審査基準値(25.1dB μ V)とおいた場合を示している。

表 1.2 所要受信機入力電圧(実効受信機入力電圧)の試算(想定条件)

項番	項目	単位	16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	備考
1	伝送速度	kbps	45	22.5	9.6	11.25	4.8	
2	チャンネル間隔	kHz	15	15	15	7.5	7.5	
3	等価受信帯域幅	kHz	11.25	11.25	9.6	5.625	4.8	
4	BER 規定値	—	1×10^{-4}	1×10^{-4}	1×10^{-4}	1×10^{-4}	1×10^{-4}	静特性
5	理論 C/N	dB	18.2	11.4	10.8	11.4	10.8	
6	固定劣化機器マージン	dB	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	
7	所要 C/N	dB	24.2	17.4	16.8	17.4	16.8	
8	総合雑音電圧	dB μ V	0.2	0.2	-0.5	-2.8	-3.5	
9	干渉マージン	dB	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	
10	所要受信機入力電圧 (():16QAM からの改善	dB μ V	27.4 (0)	20.6 (-6.8)	19.3 (-8.1)	17.6 (-9.8)	16.3 (-11.1)	
11	音声符号化利得	dB	5.5	7.4	4.7	7.4	4.8	1×10^{-4}
12	実効受信機入力電圧 (():16QAM からの改善	dB μ V	21.9 (0)	13.2 (-8.7)	14.6 (-7.3)	10.2 (-11.7)	11.5 (-10.4)	
13	所要受信機入力電圧 (実効受信機入力電圧) (():審査基準からの改善	dB μ V	25.1※1 (0)	13.2 (-11.9)	14.6 (-10.5)	10.2 (-14.9)	11.5 (-13.6)	審査基準: 25.1dB μ V

※1 16QAMにおいては外部条件に対するマージン(3.2dB相当)を加味した値。他のデジタル方式は現行電波法関係審査基準の範囲(M)に含めて考慮するものと想定。

2. 回線設計の方法

簡便・低廉なデジタル固定系防災無線システムに関する回線設計について、想定される諸元をもとに、条件を次のように設定した。

(1) 回線設計の条件と通達距離の試算

回線設計を行う上で前提となる親局及び子局(屋外子局、戸別受信機)に関する想定される諸元を次のように設定した。親局から同報(拡声)を行う下り回線の構成とし、受信機側は、屋外子局と戸別受信機の2装置を想定した。ここで、戸別受信機については、電波法関係審

査基準における回線設計の対象となっていないが、参考として検討対象に含めた。所要回線品質(BER規定値)は、現行の電波法関係審査基準(BER=1×10⁻⁴)とした。

ア 回線設計(子局)の場合

① 回線設計の条件

回線設計の試算条件(試算条件及び、回線イメージ)を以下に示す。

(平面大地伝搬に対して、土地係数 10dB を計上)

表 2.1 回線設計の試算条件(子局)

項番	項目		単位	仕様
1	送信	送信出力	W	10
2			dB μ V	153.0
3		フィルタ、アイソレータ、共用器／結合器損失等	dB	2.0
4		給電線損失	dB	1.5
5		空中線利得	dB _i	2.15
6		等価等方輻射電力	dB μ V	151.65
7	受信	空中線利得(dB _i)	dB _i	8.15
8		給電線損失等	dB	1.5
9	その他	土地係数(dB)	dB	10

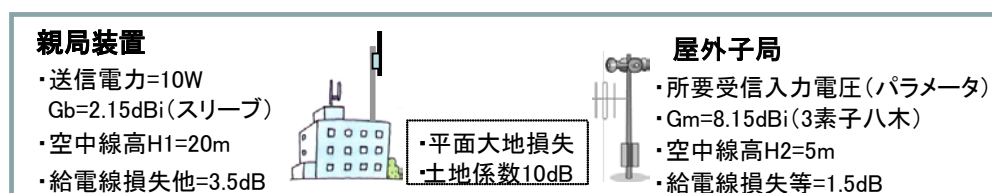


図 2.1 回線のイメージ(子局)

② 通達距離、距離比／エリア比の試算

各変調方式の所要受信機入力電圧については、表 1.2 の項番 13 の値を用いて通達距離等を試算した。結果を以下の表に示す。また、参考としてアナログの場合(条件等は参考値)を併記した。

表 2.2 通達距離、距離比／エリア比の試算結果(子局)

項番	項目	単位	16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (参考)
1	所要受信機入力電圧	dB μ V	25.1	13.2	14.6	10.2	11.5	14.7(参考)
2	許容伝搬損失	dB	123.2	135.1	133.7	138.1	136.8	133.6
3	平面大地・通達距離	km	12.02	23.85	22.00	28.35	26.30	21.88
4	距離比(=項 3/基準)	倍	1.0(基準)	2.0	1.8	2.4	2.2	1.8
5	面積比(=項 4 の二乗)	倍	1.0(基準)	3.9	3.3	5.6	4.8	3.3

イ 回線設計(戸別受信機)の場合

① 回線設計の条件

回線設計の試算条件(試算条件及び、回線イメージ)を以下に示す。

(平面大地伝搬に対して、土地係数 10dB と家屋透過損失 20dB、計 30dB を計上)

表 2.3 回線設計の試算条件(戸別受信機)

項番	項目		単位	仕様
1	送信	送信出力	W	10
2			dB μ V	153.0
3		フィルタ、アイソレータ、共用器／結合器損失等	dB	2.0
4		給電線損失	dB	1.5
5		空中線利得	dB _i	2.15
6		等価等方輻射電力	dB μ V	151.65
7	受信	空中線利得(dB _i)	dB _i	-7.85
8		給電線損失等	dB	0
9	その他	土地係数(dB)	dB	10
10		家屋透過損失(dB)	dB	20

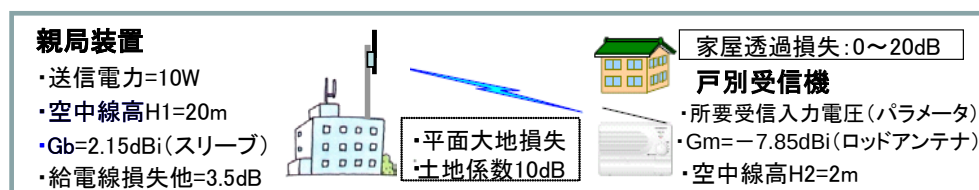


図 2.2 回線のイメージ(戸別受信機)

② 通達距離、距離比／エリア比の試算

各変調方式の所要受信機入力電圧については、表 1.2 の項番 13 の値を用いて通達距離等を試算した。結果を以下の表に示す。また、参考としてアナログの場合(条件等は参考値)を併記した。

表 2.4 通達距離、距離比／エリア比の試算結果(戸別受信機)

項番	項目	単位	16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (参考)
1	所要受信機入力電圧	dB μ V	25.1	13.2	14.6	10.2	11.5	14.7(参考)
2	許容伝搬損失	dB	88.7	100.6	99.2	103.6	102.3	99.1
3	平面大地・通達距離	km	1.04	2.07	1.91	2.46	2.28	1.90
4	距離比(=項 3/基準)	倍	1.0(基準)	2.0	1.8	2.4	2.2	1.8
5	面積比(=項 4 の二乗)	倍	1.0(基準)	4.0	3.4	5.6	4.8	3.3

占有周波数帯幅及び隣接チャネル漏えい電力についての検討

1. 目的

無線設備規則に係る「占有周波数帯幅」と「隣接チャネル漏えい電力」において、周波数の変動を加味したチャネル間隔により帯域幅を規定する形式(考え方)による評価について、その結果を整理する。

2. 占有周波数帯幅の許容値について

占有周波数帯幅の許容値の規定については、現行方式(16QAM)の規定(=チャネル間隔)に対して、隣接する無線局相互にあっては、それぞれの周波数変動(周波数の許容偏差)により、最悪ケースではその2倍に接近することから、周波数の許容偏差を加味したチャネル間隔「周波数の許容偏差を加味したチャネル間隔」(=チャネル間隔－2×帯域上限値×周波数の許容偏差)により規定する形式を新たに想定する。

60MHz帯同報系無線のチャネル間隔が15kHzと7.5kHzの場合については、以下の値となる(帯域上限値:70MHz、周波数の許容偏差:3ppm(無線設備規則、別表第一号、注18の(3))。

・15kHz間隔の場合: $15\text{kHz} - 2 \times 70\text{MHz} \times 3\text{ppm} = 14.6\text{kHz} (14.58)$

・7.5kHz間隔の場合: $7.5\text{kHz} - 2 \times 70\text{MHz} \times 3\text{ppm} = 7.1\text{kHz} (7.08)$

各変調方式に対する占有周波数帯幅の許容値の仕様(現行方式の規定によるもの、新たな形式による規定によるもの)を以下の表に示す。

表2.1-1 占有周波数帯幅の許容値の仕様①(現行方式の規定形式による)

変調方式	チャネル間隔	仕様(占有周波数帯幅の許容値)		備考
16QAM (現行方式)	15kHz	チャネル間隔による	15.0kHz	無線設備規則 別表第二号第 45
QPSK	15kHz	チャネル間隔による	15.0kHz	
	7.5kHz		7.5kHz	
4 値 FSK	15kHz		15.0kHz	
	7.5kHz		7.5kHz	

表2.1-2 占有周波数帯幅の許容値の仕様②(新たな形式による)

変調方式	チャネル間隔	仕様(占有周波数帯幅の許容値)		備考
QPSK	15kHz	周波数の許容偏差 を加味したチャネル 間隔による	14.6kHz(14.58)	
	7.5kHz		7.1kHz(7.08)	
4 値 FSK	15kHz		14.6kHz(14.58)	
	7.5kHz		7.1kHz(7.08)	

3. 隣接チャネル漏えい電力について

隣接チャネル漏えい電力に関わる規定帯域幅については、現行方式と同様に受信機の等価的な帯域幅により規定する形式のほかに、上記の占有周波数帯幅の許容値(周波数の許容偏差を加味したチャネル間隔)により規定する形式がさらに考えられる。なお、後者の形式による規定については、現行方式の送信性能の帯域幅を増やした条件で測定した値であり、等価的に現行方式と同じ性能を満足することを表す(すなわち、各方式は現行の等価受信帯域幅による規定(-55dB以下@10W)を満足する)。

なお、現行方式(16QAM)は、 $\pm R$ (ここで、 R は変調信号の伝送速度(bps)の八分の一の値($R=45\text{kbps}/8=5.625\text{kHz}$)であり、16QAMにおいては、受信機の等価受信帯域幅($\pm 5.625\text{kHz}$ (11.25kHz 幅))に等価な値)で規定している(無線設備規則第58条2の12の3)。

隣接チャネル漏えい電力に関する規定帯域幅の形式(現行の規定あるいは変調方式に関連する他の事例等によるもの、占有周波数帯幅の許容値にて規定するもの)について以下の表にまとめる。

表3.1-1 隣接チャネル漏えい電力の規定帯域幅の仕様①
(現行の規定あるいは変調方式に関連する他の事例等による規定)

変調方式	チャネル間隔	仕様(規定帯域幅)		備考
16QAM (現行方式)	15kHz	現行規定による	11.25kHz ($\pm 5.625\text{kHz}$)	無線設備規則第 58 条 2 の 12 の 3
QPSK	15kHz	変調方式に関連 する他の事例等 による	11.25kHz ($\pm 5.625\text{kHz}$)	等価受信帯域幅を想 定
	7.5kHz		5.625kHz ($\pm 2.8125\text{kHz}$)	
4 値 FSK	15kHz		9.6kHz	6.25kHz 間隔の事例 (4kHz)の帯域換算を 想定(※1)
	7.5kHz		4.8kHz	

※1 6.25kHz間隔の事例(無線設備規則第57条第3の2の項3のイ(1):規定帯域幅4kHz($\pm 2\text{kHz}$))に
対して、チャネル間隔の比率($7.5\text{kHz}/6.25\text{kHz}=1.2$ 倍、 $15\text{kHz}/6.25\text{kHz}=2.4$ 倍)により換算。

表3.1-2 隣接チャネル漏えい電力の規定帯域幅の仕様②
(占有周波数帯幅の許容値による規定)

変調方式	チャネル間隔	仕様(規定帯域幅)		備考
QPSK	15kHz	占有周波数帯幅 の許容値による	14.6kHz	占有帯域幅の条件は 上記による(周波数の 許容偏差を加味した チャネル間隔)
	7.5kHz		7.1kHz	
4 値 FSK	15kHz		14.6kHz	
	7.5kHz		7.1kHz	

4. 試験装置による測定結果

現行方式(16QAM)及びその他の方式(QPSK方式、4値FSK方式)について、試験装置(10W)により送信特性を測定した結果を以下に示す。

(1) 現行方式(16QAM方式、15kHz間隔)

ア 占有周波数帯幅

16QAM方式(15kHz間隔)の占有周波数帯幅の測定結果を以下に示す。

表4.1-1 占有周波数帯幅の測定結果(16QAM方式)

項 目	規定値	測定結果	備考
占有周波数帯幅	15kHz 以下	12.0kHz	シミュレーション値:12.08kHz

イ 隣接チャネル漏えい電力

16QAM方式(15kHz間隔)試験装置の送信波形(10W)を以下に示す。

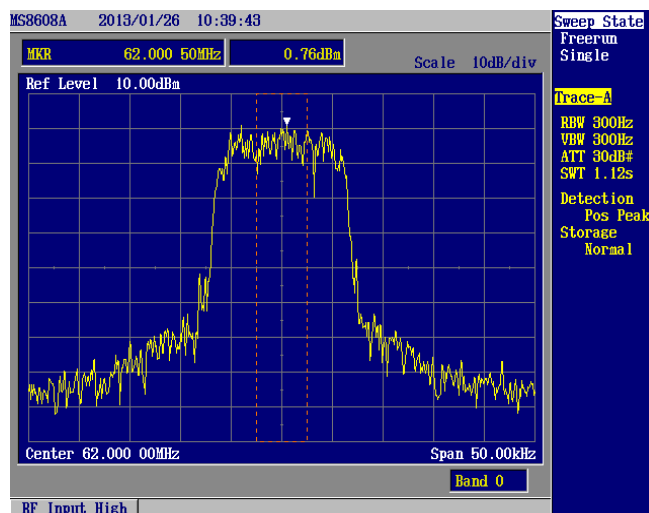


図4.1-1 16QAM方式送信波形(10W)

2つの規定帯域幅の条件(11.25kHz、14.6kHz(参考条件))で隣接チャネル漏えい電力を測定した結果を以下の表に示す。測定結果より、等価受信帯域幅による規定においては、現状方式の規格(無線設備規則第58条2の12の3)の仕様(-55dB以下@10W)を満たすことを確認した。

表4.1-2 隣接チャネル漏えい電力の測定結果
(16QAM方式、オフセット:15kHz)

項番	規定帯域幅の条件	仕様	測定結果
1	11.25kHz (等価受信帯域幅)	-55dB 以下	U: 61.5dB L: -60.3 dB
2	14.6kHz (占有周波数帯幅: 参考条件)		U: -57.0 dB L: -55.8dB

(2) QPSKワイド方式(15kHz間隔)

ア 占有周波数帯幅

QPSKワイド方式(15kHz間隔)の占有周波数帯幅の測定結果を以下に示す。

表4.2-1 占有周波数帯幅の測定結果(QPSKワイド方式)

項 目	規定値	測定結果	備考
占有周波数帯幅	14.6kHz 以下	12.7kHz	シミュレーション値:12.13kHz

イ 隣接チャネル漏えい電力

QPSKワイド方式(15kHz間隔)試験装置の送信波形(10W)を以下に示す。

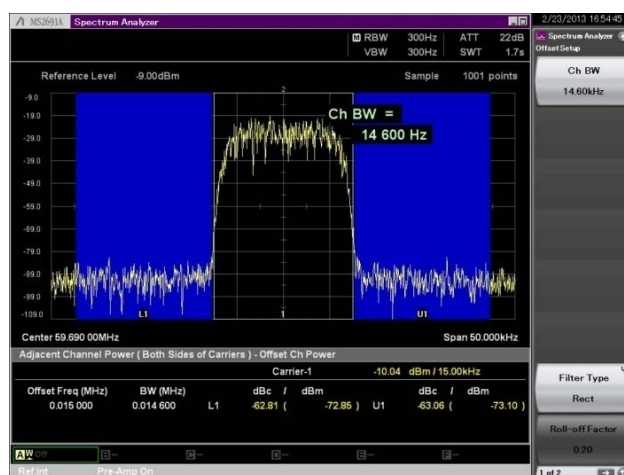


図4.2-1 QPSKワイド方式 送信波形(10W)

2つの規定帯域幅の条件(11.25kHz、14.6kHz)で隣接チャネル漏えい電力を測定した結果を以下の表に示す。測定結果より、等価受信帯域幅による規定においては、現状方式の規格(無線設備規則第58条2の12の3)の仕様(-55dB以下@10W)を満たすことを確認した。

表4.2-2 隣接チャネル漏えい電力の測定結果
(QPSKワイド方式、オフセット:15kHz)

項番	規定帯域幅の条件	仕様	測定結果
1	11.25kHz (等価受信帯域幅)	-55dB 以下	U: 64.4dB L: -64.7 dB
2	14.6kHz (占有周波数帯幅)		U: -63.1 dB L: -62.8dB

(3) QPSKナロー方式(7.5kHz間隔)

ア 占有周波数帯幅

QPSKナロー方式(7.5kHz間隔)の占有周波数帯幅の測定結果を以下に示す。

表4.3-1 占有周波数帯幅の測定結果(QPSKナロー方式)

項 目	規定値	測定結果	備考
占有周波数帯幅	7.1kHz 以下	6.12kHz	シミュレーション値: 6.04kHz

イ 隣接チャネル漏えい電力

QPSKナロー方式(7.5kHz間隔)試験装置の送信波形(10W)を以下に示す。

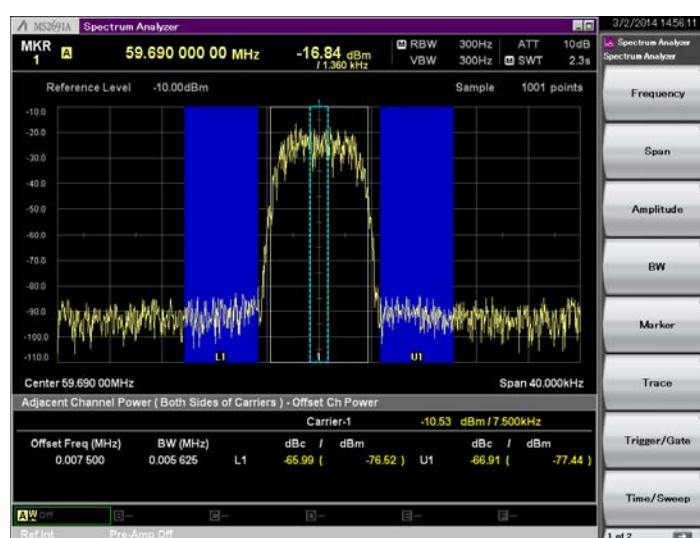


図4.3-1 QPSKナロー方式 送信波形(10W)

2つの規定帯域幅の条件(5.625kHz、7.1kHz)で隣接チャネル漏えい電力を測定した結果を以下の表に示す。測定結果より、等価受信帯域幅による規定においては、現状方式の規格(無線設備規則第58条2の12の3)の仕様(-55dB以下@10W)を満たすことを確認した。

表4.3-2 隣接チャネル漏えい電力の測定結果
(QPSKナロー方式、オフセット: 7.5kHz)

項番	規定帯域幅の条件	仕様	測定結果
1	5.625kHz (等価受信帯域幅)	-55dB 以下	U: -66.3 dB L: -67.9 dB
2	7.1kHz (占有周波数帯幅)		U: -61.9 dB L: -59.6 dB

(4) 4値FSKワイド方式(15kHz間隔)

ア 占有周波数帯幅

4値FSKワイド方式(15kHz間隔)の占有周波数帯幅の測定結果を以下に示す。

表4.4-1 占有周波数帯幅の測定結果(4値FSKワイド方式)

項 目	規定値	測定結果	備考
占有周波数帯幅	14.6kHz 以下	8.9kHz	シミュレーション値:8.68kHz

イ 隣接チャネル漏えい電力

4値FSKワイド方式(15kHz間隔)試験装置の送信波形(10W)を以下に示す。

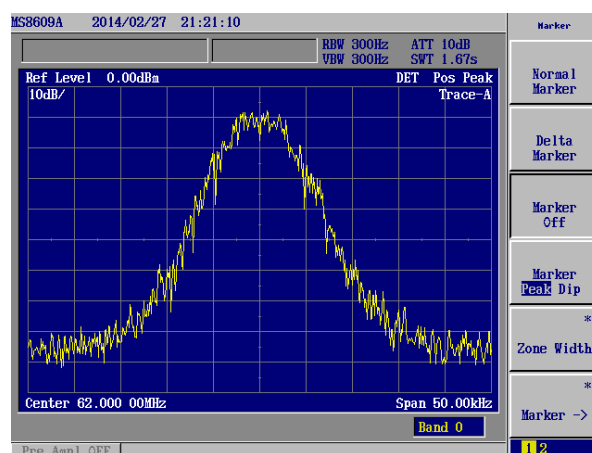


図4.4-1 4値FSKワイド方式 送信波形(10W)

2つの規定帯域幅の条件(9.6kHz、14.6kHz)で隣接チャネル漏えい電力を測定した結果を以下の表に示す。測定結果より、等価受信帯域幅による規定においては、現状方式の規格(無線設備規則第58条2の12の3)の仕様(-55dB以下@10W)を満たすことを確認した。

表4.4-2 隣接チャネル漏えい電力の測定結果
(4値FSKワイド方式、オフセット:15kHz)

項番	規定帯域幅の条件	仕様	測定結果
1	9.6kHz (等価受信帯域幅)	-55dB 以下	U:-59.5 dB L:-60.2 dB
2	14.6kHz (占有周波数帯幅)		U:-45.5 dB L:-46.0 dB

(5) 4値FSKナロー方式(7.5kHz間隔)

ア 占有周波数帯幅

4値FSKナロー方式(7.5kHz間隔)の占有周波数帯幅の測定結果を以下に示す。

表4.5-1 占有周波数帯幅の測定結果(4値FSKナロー方式)

項 目	規定値	測定結果	備考
占有周波数帯幅	7.1kHz 以下	4.4kHz	シミュレーション値: 4.3kHz

イ 隣接チャネル漏えい電力

4値FSKナロー方式(7.5kHz間隔)試験装置の送信波形(10W)を以下に示す。

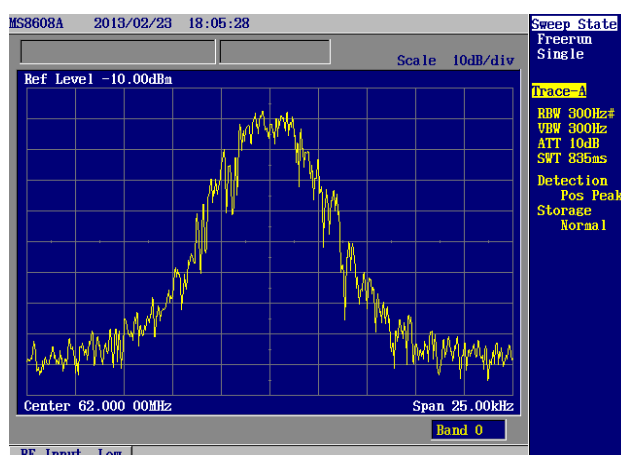


図4.5-1 4値FSKナロー方式 送信波形(10W)

2つの規定帯域幅の条件(4.8kHz、7.1kHz)で隣接チャネル漏えい電力を測定した結果を以下の表に示す。測定結果より、等価受信帯域幅による規定においては、現状方式の規格(無線設備規則第58条2の12の3)の仕様(-55dB以下@10W)を満たすことを確認した。

表4.5-2 隣接チャネル漏えい電力の測定結果
(4値FSKナロー方式、オフセット: 7.5kHz)

項番	規定帯域幅の条件	仕様	測定結果
1	4.8kHz (等価受信帯域幅)	-55dB 以下	U: -60.4 dB L: -60.0 dB
2	7.1kHz (占有周波数帯幅)		U: -47.8 dB L: -46.8 dB

5. 考察

(1) 占有周波数帯幅について

周波数の変動を加味した形式により占有周波数帯幅を規定し、試験装置にて本条件を満足することを確認した。新たな変調方式にあつては本形式による規定が適当と想定される。

(2) 隣接チャネル漏えい電力について

各変調方式において、2つの規定帯域幅の条件(等価受信帯域幅による規定、占有周波数帯幅による規定)に対して隣接チャネル漏えい電力を測定した。測定結果より、QPSK方式及び4値FSKについては、以下のような隣接チャネル漏えい電力の規定が考えられる。

ア 等価受信帯域幅で規定した測定結果

測定結果より、現状方式の規格(無線設備規則第58条2の12の3)の仕様(-55dB以下@10W)を満たすことを確認した。本規定による場合には、以下の表のように現行方式の規定値(-55dB@10W)を踏襲することが適当であると想定される。

表5.1 隣接チャネル漏えい電力の規定(等価受信帯域幅で規定する場合)

変調方式	チャンネル間隔	仕様			備考
		オフセット	規定帯域幅	規定値(10W)	
16QAM (現行方式)	15kHz	15kHz	11.25kHz	-55dB 以下	無線設備規則 第 58 条 2 の 12
QPSK	15kHz	15kHz	11.25kHz		
	7.5kHz	7.5kHz	5.625kHz		
4 値 FSK	15kHz	15kHz	9.6kHz		
	7.5kHz	7.5kHz	4.8kHz		

イ 占有周波数帯幅で規定した測定結果

測定結果より、QPSK方式と4値FSKについては、以下のような条件にて隣接チャネル漏えい電力を規定することが想定される。

① QPSK方式(10W)の場合

16QAM試験装置(10W)の実測値(約-56dB)を基準に、固定マージン6dBを加味した値(-50dB)とする。

② 4値FSK方式(10W)の場合

4値FSK試験装置(10W)の実測値(約-48dB(7.5kHz)、約-46dB(15kHz))を基準に、固定マージン6dBを加味した値(-42dB(7.5kHz)、-40dB(15kHz))とする。

表5.2 隣接チャネル漏えい電力の規定(占有周波数帯幅にて規定する場合)

変調方式	チャンネル間隔	仕様			備考
		オフセット	規定帯域幅(※)	規定値(10W)	
QPSK	15kHz	15kHz	14.6kHz	-50dB 以下 (100 μ W 以下)	注、※) 周波数の許容 偏差を加味し たチャンネル間 隔
	7.5kHz	7.5kHz	7.1kHz		
4 値 FSK	15kHz	15kHz	14.6kHz	-40dB 以下 (1mW 以下)	
	7.5kHz	7.5kHz	7.1kHz	-42dB 以下 (631 μ W 以下)	

機器の技術的条件について

1. 目的

移動体通信技術の導入による60MHz帯デジタル同報系無線システムの検討において、検討方式の主要諸元を示し、机上シミュレーション及び試験装置による室内実証試験にて、各変調方式の基礎的な技術的条件を明示する。また、周波数共用条件を検討するにあたり、現行のアナログ方式の諸元等について概要を示す。

2. 試験装置の主要諸元(新たに追加を検討する方式)

現行方式及び検討方式に係る主要諸元を以下の表に示す。検討方式において、変調方式については4値FSK方式及びQPSK方式の2種類、チャンネル間隔については15kHzと7.5kHzの2種類、合計4種類の組み合わせの方式を検討した。(以下、15kHz間隔のものをワイド方式、7.5kHz間隔のものをナロー方式と呼ぶ)。

表1.1 主要諸元

	16QAM (現行方式)	QPSKワイド (検討方式)	QPSKナロー (検討方式)	4値FSKワイド (検討方式)	4値FSKナロー (検討方式)
チャンネル間隔	15kHz	15kHz	7.5kHz	15kHz	7.5kHz
アクセス方式 ():多重数	TDD(TDM/TDMA) (6)	SCPC (1)	SCPC (1)	SCPC (1)	SCPC (1)
通信方式	単信、複信、 半複信、同報	単信、同報	単信、同報	単信、同報	単信、同報
伝送速度 (シンボル速度)	45kbps (11.25kシンボル/sec)	22.5kbps (11.25kシンボル/sec)	11.25kbps (5.625kシンボル/sec)	9.6kbps (4.8kbpsシンボル/sec)	4.8kbps (2.4kシンボル/sec)
基本フレーム長	80ms(6スロット構成)	40ms(想定)	80ms(想定)	80ms(想定)	80ms(想定)
符号化速度	25.6kbps(通報)	16kbps(想定)	9.6kbps(想定)	8.8kbps(想定)	3.6kbps(想定)
帯域制限	送信・受信:RRC ($\alpha=0.2$)	送信・受信:RRC ($\alpha=0.2$)	送信・受信:RRC ($\alpha=0.2$)	送信・受信:RRC ($\alpha=0.2$)	送信・受信:RRC ($\alpha=0.2$)
変調パラメータ (周波数偏位)				800Hz(fm) 2,400Hz(3fm)	400Hz(fm) 1,200Hz(3fm)

(略語等)RRC:ロールオフ特性(α :ロールオフ率)

2. 個別仕様

2.1 QPSKワイド方式(15kHz間隔)

(1)無線仕様

QPSKワイド方式の無線仕様(試験装置)を以下の表に示す。

表2.1-1 無線仕様(QPSKワイド方式)

項目		仕様	備考
周波数		60MHz 帯(54~70MHz)	無線設備規則第 58 条の 2 の 12
送信出力		最大 10W	ARIB STD-T86 3.2 (4)
キャリア周波数間隔		15kHz	無線設備規則第 58 条の 2 の 12
伝送速度		22.5kbps(11.25k シンボル/s)	
帯域制限特性 (送信、受信)		ルータイキスト自乗余弦特性 (ロールオフ率: $\alpha = 0.2$)	ARIB STD-T86 3.3(3)
周波数の許容偏差		$\pm 3\text{ppm}$ 以内	16QAM の条件を踏襲: 無線設備規則別表第一号 周波 数帯 5 注 18(3)(多重通信路)
空中線電力の許容値		上限+20%、下限-50%	無線設備規則第 14 条表中 18
占有周波数帯幅の許容値		参考資料による	
隣接チャネル漏えい電力		参考資料による	
スプリアス 発射又は 不要発射 の強度の 許容値	帯域外領域におけ るスプリアス発射	1W 超: $2.5\mu\text{W}$ 以下又は基本周波数の 平均電力より 60dB 低い値 1W 以下: $25\mu\text{W}$ 以下	16QAM の条件を踏襲:無線設備 規則別表第三号 19
	スプリアス領域に おける不要発射	1W 超: $2.5\mu\text{W}$ 以下又は基本周波数の 搬送波電力より 60dB 低い値 1W 以下: $25\mu\text{W}$ 以下	
伝送速度の許容偏差		$\pm 5\text{ppm}$	ARIB STD-T86 3.4.1(7)
変調精度		15%以下、原点オフセット-20dB 以下	ARIB STD-T86 3.4.1(8)
基準感度		$1.0\text{dB}\mu\text{V}$ 以下 (BER=1%、静特性)	-12.3dB μV (熱雑音 + NF8dB)+6dB(固定劣化) +7.3dB(BER=1%の CNR) 受信機帯域幅=11.25kHz
隣接チャネル選択度		42dB 以上	ARIB STD-T86 3.4.2(4)
スプリアス・レスポンス		53dB 以上	ARIB STD-T86 3.4.2(3)
相互変調特性		53dB 以上	ARIB STD-T86 3.4.2 (5)
副次的に発する電波等の強度		4nW 以下	無線設備規則第 24 条

(2) 変調器の仕様

QPSKワイド方式の変調器の仕様の概略を以下に示す。

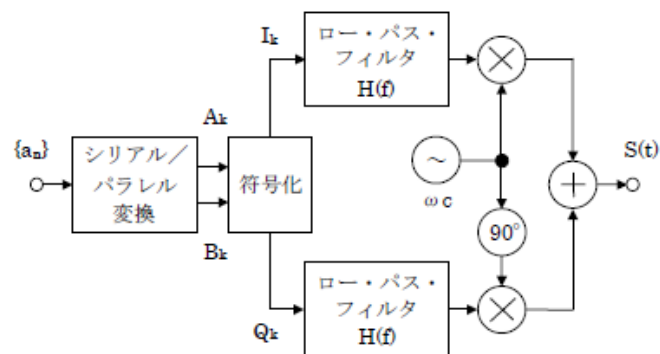


図2.1-1 QPSKワイド方式 変調概念図

送信フィルタ $H(f)$ 及び受信フィルタ $H(f)$ は、ルートナイキスト自乗余弦スペクトルを使用する。これらフィルタは、

$$|H(f)| = \begin{cases} 1 & 0 \leq |f| < (1-\alpha)/2T \\ \cos[(T/4\alpha)(2\pi|f| - \pi(1-\alpha)/T)] & (1-\alpha)/2T \leq |f| \leq (1+\alpha)/2T \\ 0 & 0 < (1+\alpha)/2T < |f| \end{cases}$$

ここで、 $T=88.9 \mu s$ (11.25k シンボル/s)、ロールオフ率 $\alpha=0.2$ 、 $H(f)$ の位相特性は直線とする。QPSK ワイド方式のマッピング則を以下の表に示す。

表 2.1-2 QPSK方式のマッピング則

A _k	B _k	I _k	Q _k
0	0	+1	+1
0	1	+1	-1
1	0	-1	+1
1	1	-1	-1

2.2 QPSKナロー方式(7.5kHz間隔)

(1)無線仕様

QPSKナロー方式の無線仕様(試験装置)を以下の表に示す。

表2.2-1 無線仕様(QPSKナロー方式)

項目		仕様	備考(関連する技術基準等)
周波数		60MHz 帯(54~70MHz)	無線設備規則第 58 条の 2 の 12
送信出力		最大 10W	ARIB STD-T86 3.2 (4)
キャリア周波数間隔		7.5kHz	16QAM 規定(無線設備規則第 58 条の 2 の 12)の 1/2
伝送速度		11.25kbps (5.625k シンボル/s)	
帯域制限特性 (送信、受信)		ルートナイキスト自乗余弦特性 (ロールオフ率: $\alpha = 0.2$)	ARIB STD-T86 3.3(3)
周波数の許容偏差		$\pm 3\text{ppm}$ 以内	16QAM の条件を踏襲: 無線設備規則別表第一号 周波数 帯 5 注 18(3)(多重通信路)
空中線電力の許容値		上限+20%、下限-50%	無線設備規則第 14 条表中 18
占有周波数帯幅の許容値		参考資料による	
隣接チャンネル漏えい電力		参考資料による	
スプリアス発射 又は不要発射の 強度の許容値	帯域外領域におけ るスプリアス発射	1W 超: $2.5\mu\text{W}$ 以下又は基本周波数 の平均電力より 60dB 低い値 1W 以下: $25\mu\text{W}$ 以下	16QAM の条件を踏襲: 無線設備 規則別表第三号 19
	スプリアス領域にお ける不要発射	1W 超: $2.5\mu\text{W}$ 以下又は基本周波数 の搬送波電力より 60dB 低い値 1W 以下: $25\mu\text{W}$ 以下	
伝送速度の許容偏差		$\pm 5\text{ppm}$	ARIB STD-T86 3.4.1(7)
変調精度		15%以下 原点オフセット-20dB 以下	ARIB STD-T86 3.4.1(8)
基準感度		-2dB μV 以下 (BER=1%、静特性)	-15.3dB μV (熱雑音 + NF8dB) +6dB(固定劣化) +7.3dB(BER=1%の CNR) 受信機帯域幅=5.625kHz
隣接チャンネル選択度		42dB 以上	ARIB STD-T86 3.4.2(4)
スプリアス・レスポンス		53dB 以上	ARIB STD-T86 3.4.2(3)
相互変調特性		53dB 以上	ARIB STD-T86 3.4.2 (5)
副次的に発する電波等の強度		4nW 以下	無線設備規則第 24 条

(2)変調器の仕様

QPSKナロー方式の変調器の仕様の概略を以下に示す。

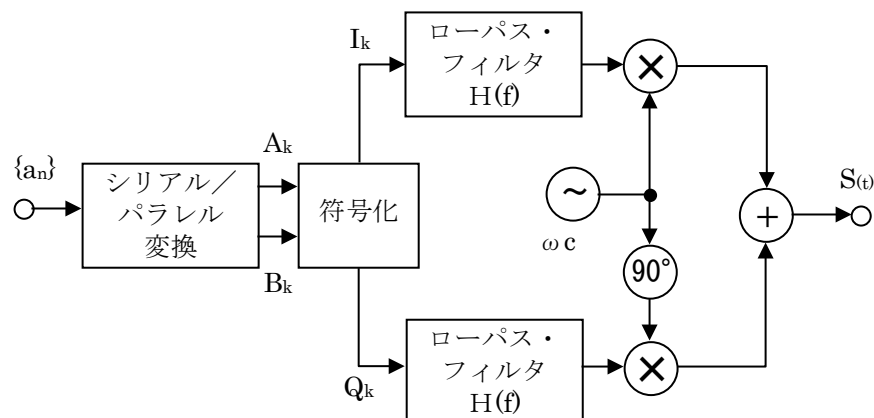


図2.2-1 QPSKナロー方式 変調概要図

上記において、送信フィルタ $H(f)$ 及び受信フィルタ $H(f)$ は、ルートナイキスト自乗余弦スペクトルを使用する。これらフィルタは、

$$|H(f)| = \begin{cases} 1 & 0 \leq |f| < (1-\alpha)/2T \\ \cos[(T/4\alpha)(2\pi|f| - \pi(1-\alpha)/T)] & (1-\alpha)/2T \leq |f| \leq (1+\alpha)/2T \\ 0 & 0 < (1+\alpha)/2T < |f| \end{cases}$$

ここで、 $T=177.8 \mu s$ (5.625k シンボル/s)、ロールオフ率 $\alpha=0.2$ 、 $H(f)$ の位相特性は直線とする。QPSK ナロー方式のマッピング則を以下の表に示す

表2.2-2 QPSKナロー方式 マッピング則

A _k	B _k	I _k	Q _k
0	0	+1	+1
0	1	+1	-1
1	0	-1	+1
1	1	-1	-1

2.3 4値FSKワイド方式(15kHz間隔)

(1)無線仕様

4値FSKワイド方式の無線仕様(試験装置)を以下の表に示す。

表2.3-1 無線仕様(4値FSKワイド方式)

項目		仕様	備考(関連する技術基準等)
周波数		60MHz 帯(54~70MHz)	無線設備規則第 58 条の 2 の 12
送信出力		最大 10W	ARIB STD-T86 3.2(4)
キャリア周波数間隔		15.0kHz	16QAM 規定(無線設備規則第 58 条 2 の 12)
伝送速度		9.6kbps (4.8k シンボル/s)	
帯域制限特性 (送信、受信)		ルートナイキスト自乗余弦特性 (ロールオフ率: $\alpha = 0.2$) (変調パラメータを備考に示す)	周波数偏位: $f_m = 800\text{Hz}$ ($f_m \times 3 = 2,400\text{Hz}$)
周波数の許容偏差		$\pm 3\text{ppm}$ 以内	16QAM の条件を踏襲: 無線設備規則別表第一号 周波数帯 5 注 18(3)(多重通信路)
空中線電力の許容値		上限+20%、下限-50%	無線設備規則第 14 条表中 18
占有周波数帯幅の許容値		参考資料による	
隣接チャネル漏えい電力		参考資料による	
スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値	帯域外領域におけるスプリアス発射	1W 超: $2.5\mu\text{W}$ 以下又は基本周波数の平均電力より 60dB 低い値 1W 以下: $25\mu\text{W}$ 以下	16QAM の条件を踏襲: 無線設備規則別表第三号 19
	スプリアス領域における不要発射	1W 超: $2.5\mu\text{W}$ 以下又は基本周波数の搬送波電力より 60dB 低い値 1W 以下: $25\mu\text{W}$ 以下	
伝送速度の許容偏差		$\pm 5\text{ppm}$	ARIB STD-T86 3.4.1 (7)
変調精度(FSK エラー)		5%以下	
基準感度		0dB μV 以下 (BER=1%、静特性)	-13.0dB μV (熱雑音+NF8dB) +6dB(固定劣化) +7dB(BER=1%の CNR) 受信機帯域幅=9.6kHz※
隣接チャネル選択度		42dB 以上	ARIB STD-T86 3.4.2 (4)
スプリアス・レスポンス		53dB 以上	ARIB STD-T86 3.4.2 (3)
相互変調特性		53dB 以上	ARIB STD-T86 3.4.2 (5)
副次的に発する電波等の強度		4nW 以下	無線設備規則第 24 条

※ 6.25kHz(既存方式)規定値 4kHz の 2.4 倍(チャネル間隔比: $15\text{kHz}/6.25\text{kHz}$)=9.6kHz

(2)変調器の仕様

4値FSKワイド方式の変調器の仕様の概略を以下に示す。

送信フィルタ $H(f)$ 及び受信フィルタ $H(f)$ は、ルートナイキスト自乗余弦スペクトルを使用する。
これらフィルタは、

$$|H(f)| = \begin{cases} 1 & \cos[(T/4\alpha)(2\pi|f| - \pi(1-\alpha)/T)] \\ 0 & \end{cases}$$
$$0 \leq |f| < (1-\alpha)/2T$$
$$(1-\alpha)/2T \leq |f| \leq (1+\alpha)/2T$$
$$0 < (1+\alpha)/2T < |f|$$

ここで、 $T=208.3 \mu s$ (4.8k シンボル/s)、ロールオフ率 $\alpha=0.2$ 、 $H(f)$ の位相特性は直線とする。
4 値 FSK ワイド方式のマッピング則を以下の表に示す。

表 2.3-2 4 値 FSK ワイド方式のマッピング則

ダイビット	シンボル	周波数偏位
01	+3	+2,400Hz (+3fm)
00	+1	+800Hz (+fm)
10	-1	-800Hz (-fm)
11	-3	-2,400Hz (-3fm)

2.4 4値FSKナロー方式(7.5kHz間隔)

(1)無線仕様

4値FSKナロー方式の無線仕様(試験装置)を以下の表に示す。

表2.4-1 無線仕様(4値FSKナロー方式)

項目		仕様	備考
周波数		60MHz 帯(54~70MHz)	無線設備規則第 58 条の 2 の 12
送信出力		最大 10W	ARIB STD-T86 3.2(4)
キャリア周波数間隔		7.5kHz	16QAM 規定(無線設備規則第 58 条 2 の 12)の 1/2
伝送速度		4.8kbps(2.4k シンボル/s)	
帯域制限特性 (送信、受信)		ルートナイキスト自乗余弦特性 (ロールオフ率: $\alpha = 0.2$) (変調パラメータを備考に示す)	周波数偏位: $f_m = 400\text{Hz}$ ($f_m \times 3 = 1,200\text{Hz}$)
周波数の許容偏差		$\pm 3\text{ppm}$ 以内	16QAM の条件を踏襲: 無線設備規則別表第一号 周波数帯 5 注 18(3)(多重通信路)
空中線電力の許容値		上限+20%、下限-50%	無線設備規則第 14 条表中 18
占有周波数帯幅の許容値		参考資料による	
隣接チャンネル漏えい電力		参考資料による	
スプリアス 発射又は不要 発射の強度の許容値	帯域外領域における スプリアス発射	1W 超: $2.5\mu\text{W}$ 以下又は基本周波数の 平均電力より 60dB 低い値 1W 以下: $25\mu\text{W}$ 以下	16QAM の条件を踏襲: 無線設備規則別表第三号 19
	スプリアス領域における 不要発射	1W 超: $2.5\mu\text{W}$ 以下又は基本周波数の 搬送波電力より 60dB 低い値 1W 以下: $25\mu\text{W}$ 以下	
伝送速度の許容偏差		$\pm 5\text{ppm}$	ARIB STD-T86 3.4.1 (7)
変調精度(FSK エラー)		5%以下	
基準感度		$-3\text{dB}\mu\text{V}$ 以下(BER=1%、静特性)	-16dB μV (熱雑音+NF8dB) +6dB(固定劣化) +7dB(BER=1%の CNR) 受信機帯域幅=4.8kHz※
隣接チャンネル選択度		42dB 以上	ARIB STD-T86 3.4.2 (4)
スプリアス・レスポンス		53dB 以上	ARIB STD-T86 3.4.2 (3)
相互変調特性		53dB 以上	ARIB STD-T86 3.4.2 (5)
副次的に発する電波等の強度		4nW 以下	無線設備規則第 24 条

※ 6.25kHz(既存方式)規定値 4kHz の 1.2 倍(チャンネル間隔比: $7.5\text{kHz}/6.25\text{kHz}=4.8\text{kHz}$)

(2)変調器の仕様

4値FSKナロー方式の変調器の仕様の概略を以下に示す。

送信フィルタ $H(f)$ 及び受信フィルタ $H(f)$ は、ルートナイキスト自乗余弦スペクトルを使用する。
これらフィルタは、

$$|H(f)| = \begin{cases} 1 & \cos[(T/4\alpha)(2\pi|f| - \pi(1-\alpha)/T)] \\ 0 & \end{cases}$$
$$0 \leq |f| < (1-\alpha)/2T$$
$$(1-\alpha)/2T \leq |f| \leq (1+\alpha)/2T$$
$$0 < (1+\alpha)/2T < |f|$$

ここで、 $T=416.7 \mu s$ (2.4k シンボル/s)、ロールオフ率 $\alpha=0.2$ 、 $H(f)$ の位相特性は直線とする。
4 値 FSK ナロー方式のマッピング則を以下の表に示す。

表2.4-2 4値FSKナロー方式のマッピング則

ダイビット	シンボル	周波数偏位
01	+3	+1,200Hz (+3fm)
00	+1	+400Hz (+fm)
10	-1	-400Hz (-fm)
11	-3	-1,200Hz (-3fm)

3. 机上検討・シミュレーション結果

各変調方式の机上検討又はシミュレーション結果を以下に示す。シミュレーションにおける検討条件は、試験装置仕様との整合性を図るため、前述の各変調方式の試験装置の個別仕様にしたがって規定し、理論解析を行った。

3.1 QPSKワイド方式(15kHz間隔)

(1) 送信性能特性

シミュレーションによる理想送信信号のスペクトラム波形及び、占有周波数帯幅のシミュレーション結果を以下に示す。

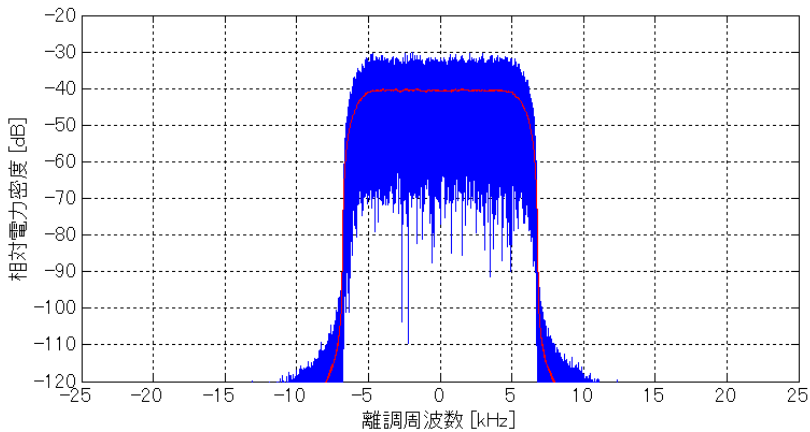


図3.1-1 QPSKワイド方式 理想送信信号〈シミュレーション値〉

表3.1-1 QPSKワイド方式 占有周波数帯幅シミュレーション結果

項目	規定値	結果
占有周波数帯幅	14.6 kHz 以下	12.13 kHz

(2) 受信性能特性

静特性シミュレーションの結果を以下に示す。

表3.1-2 QPSKワイド方式 受信シミュレーション結果

項番	項目		規定値	結果
1	所要 CNR※	基準感度 (BER=1 × 10 ⁻²)	—	7.30 dB
2		BER 規定値 (BER=1 × 10 ⁻⁴)	—	11.40 dB
3	等価受信帯域幅		11.25 kHz	11.25 kHz

※ CNR=Es/N₀

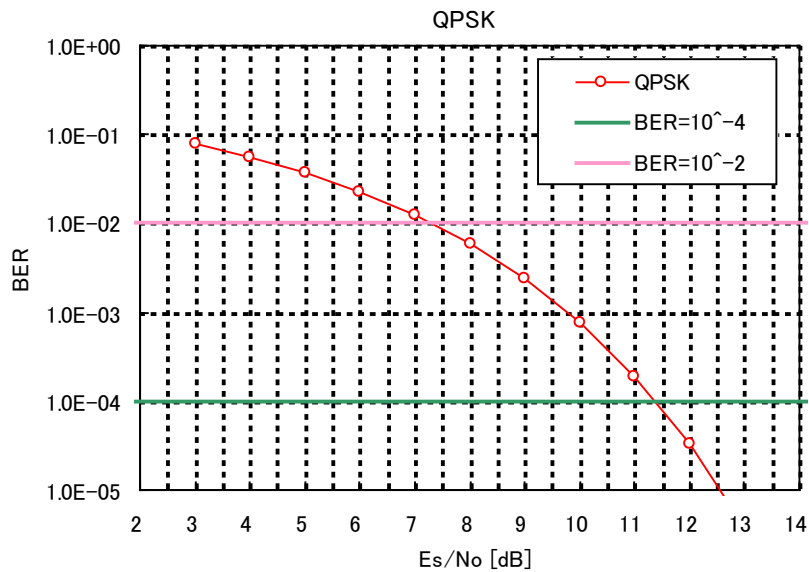


図3.1-2 QPSKワイド方式 静特性 <シミュレーション値>
(CNR変換式: $CNR = E_s/N_0$)

3.2 QPSKナロー方式 (7.5kHz間隔)

(1) 送信性能特性

シミュレーションによる理想送信信号のスペクトラム波形及び、占有周波数帯幅のシミュレーション結果を以下に示す。

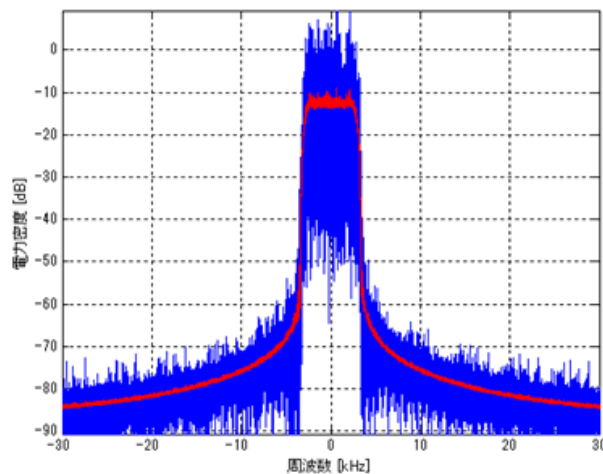


図3.2-1 QPSKナロー方式理想送信信号 <シミュレーション値>

表3.2-1 QPSKナロー方式 占有周波数帯幅シミュレーション結果

項目	規定値	結果
占有周波数帯幅	7.1kHz 以下	6.04kHz

(2) 受信性能特性

静特性シミュレーションの結果を以下に示す。

表3.2-2 QPSKナロー方式 受信シミュレーション結果

項番	項目		規定値	結果
1	所要 CNR※	基準感度 (BER=1 × 10 ⁻²)	—	7.30 dB
2		BER 規定値 (BER=1 × 10 ⁻⁴)	—	11.40 dB
3	等価受信帯域幅		5.625 kHz	5.625 kHz

※ CNR=Es/N₀

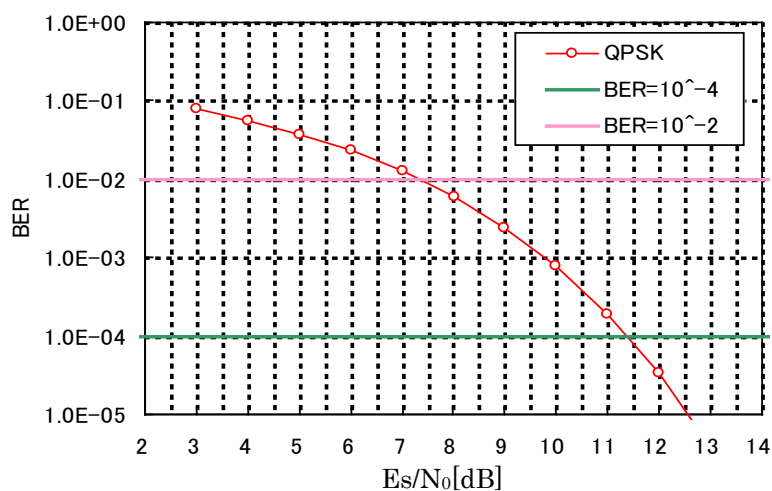


図3.2-2 QPSKナロー方式 静特性 〈シミュレーション値〉
(CNR変換式: CNR= Es/N₀)

3.3 4値FSKワイド方式(15kHz間隔)

(1) 送信性能特性

シミュレーションによる理想送信信号のスペクトラム波形及び、占有周波数帯幅のシミュレーション結果を以下に示す。

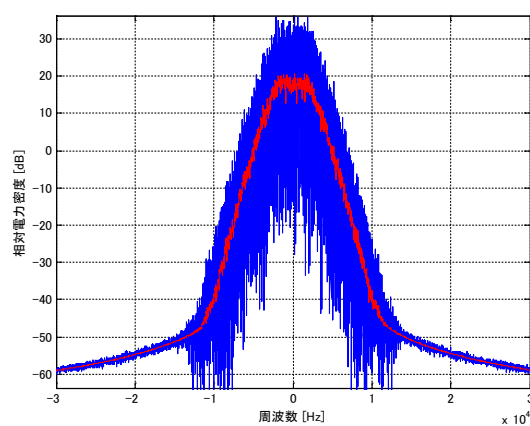


図3.3-1 4値FSKワイド方式 理想送信信号 〈シミュレーション値〉

表3.3-1 4値FSKワイド方式 占有周波数帯幅シミュレーション結果

項目	規定値	結果
占有周波数帯幅	14.6kHz 以下	8.68kHz

(2) 受信性能特性

静特性シミュレーションの結果を以下に示す。

表3.3-2 4値FSKワイド方式 受信シミュレーション結果

項番	項目		規定値	結果
1	所要 CNR ^{※1}	基準感度 (BER=1 × 10 ⁻²)	—	6.8dB
2		BER 規定値 (BER=1 × 10 ⁻⁴)	—	10.8dB
3	等価受信帯域幅		—	9.6kHz ^{※2}

※1 $\text{CNR} = E_s/N_0 - 3\text{dB}$

※2 6.25kHz 間隔の規定値 (4kHz) の 2.4 倍 (=15kHz/6.25kHz) とした

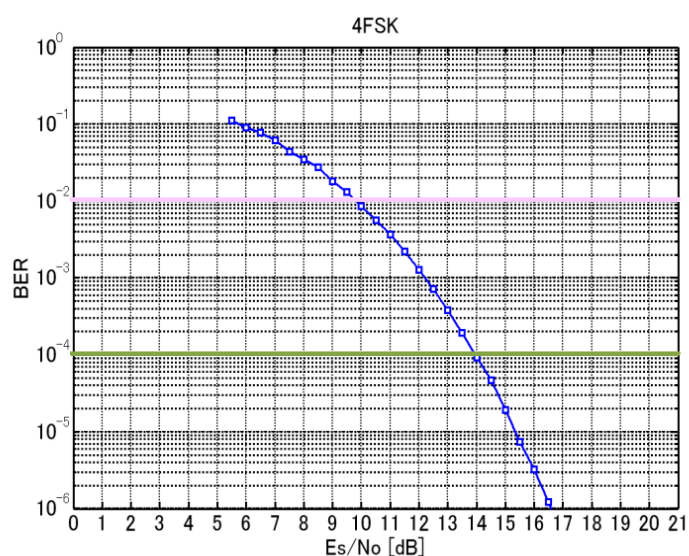


図3.3-2 4値FSKワイド方式 静特性 <シミュレーション値>

(CNR変換式: $\text{CNR} = E_s/N_0 - 3\text{dB}$)

3.4 4値FSKナロー方式 (7.5kHz間隔)

(1) 送信性能特性

シミュレーションによる理想送信信号のスペクトラム波形及び、占有周波数帯幅のシミュレーション結果を以下に示す。

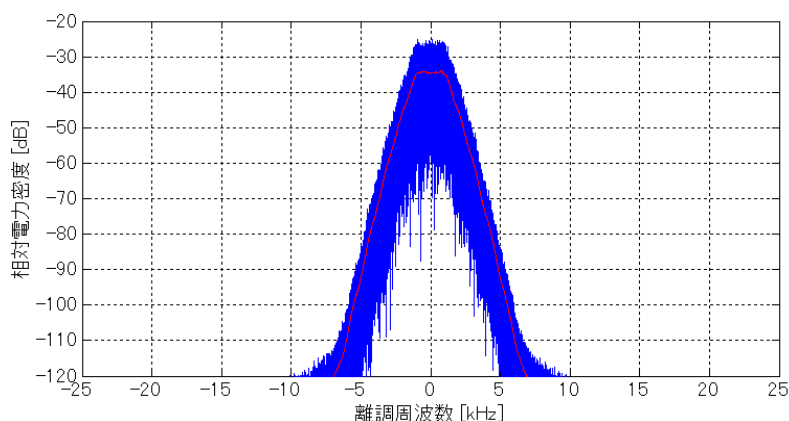


図3.4-1 4値FSKナロー方式 理想送信信号 <シミュレーション値>

表3.4-1 4値FSKナロー方式 占有周波数帯幅シミュレーション結果

項目	規定値	結果
占有周波数帯幅	7.1kHz 以下	4.3kHz

(2) 受信性能特性

静特性シミュレーションの結果を以下に示す。

表3.4-2 4値FSKナロー方式 受信シミュレーション結果

項番	項目		規定値	結果
1	所要 CNR ^{※1}	基準感度 (BER=1 × 10 ⁻²)	—	6.8dB
2		BER 規定値 (BER=1 × 10 ⁻⁴)	—	10.8dB
3	等価受信帯域幅		—	4.8kHz ^{※2}

※1 $CNR = E_s/N_0 - 3\text{dB}$

※2 6.25kHz 間隔の規定値 (4kHz) の 1.2 倍 (=7.5kHz/6.25kHz) とした

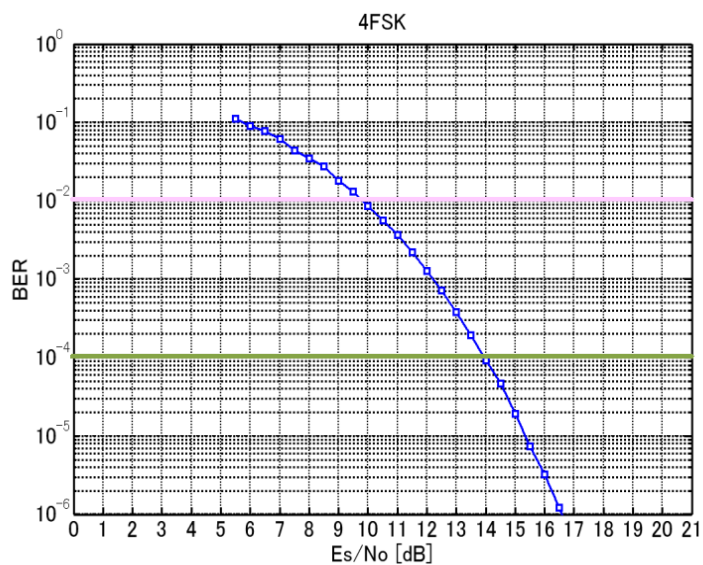


図3.4-2 4値FSKナロー方式 静特性 <シミュレーション値>

(CNR変換式: $CNR = E_s/N_0$)

4. 装置による室内試験

4.1 QPSKワイド方式(15kHz間隔)

(1) 一般性能(送信、受信)

測定結果を以下の表に示す。全て仕様の範囲内であることを確認した。

表4.1-1 送信一般性能試験結果(QPSKワイド方式)

項番	項目	仕様	試験結果	備考
1	送信出力	10W(+20%、-50%以内)	10.6W	
2	占有周波数帯幅	14.6kHz 以下 ※1	12.7kHz	
3	変調精度	15%以下 原点オフセット-20dB 以下	3.36% -20dB 以下	
4	隣接チャネル漏えい電力	(後述の送信機特性の結果で記載)		
5	スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値	帯域外領域	-60dB 以下	-70.5dB (注)
		スプリアス領域	-60dB 以下	-69.0dB
6	周波数の許容偏差	±3ppm 以内	+0.4ppm	

※1 周波数の許容偏差を加味したチャンネル間隔

(注) 無変調状態とならないため、隣接チャネルを除く変調波により測定

表4.1-2 受信一般性能試験結果(QPSKワイド方式)

項番	項目	仕様	試験結果	備考
1	基準感度(静特性、BER=1%)	+1dB μ V 以下	-1.74dB μ V	
2	隣接チャネル選択度	42 dB 以上	U: 52.5dB L: 43.9dB	U: 上側 L: 下側
3	スプリアス・レスポンス	53 dB 以上	64.4dB	
4	相互変調特性	53 dB 以上	U: 63.6 dB L: 61.3 dB	U: 上側 L: 下側
5	副次的に発する電波等の強度	4nW(-54dBm) 以下	-94.9dBm	

(2) 送信機特性

QPSK ワイド方式試験装置の隣接チャネル漏えい電力の測定結果を以下に示す。2 つの規定帯域幅(11.25kHz、14.6kHz)の条件で隣接チャネル漏えい電力を測定し、等価受信帯域幅による規定による測定においては、現状方式の規格(無線設備規則第 58 条 2 の 12 の 3)の仕様(-55dB 以下@10W)を満たすことを確認した。

表 4.1-3 QPSKワイド方式 隣接チャネル漏えい電力の測定結果(オフセット:15kHz)

項番	規定帯域幅の条件	仕様	測定結果
1	11.25kHz (等価受信帯域幅)	-55dB 以下	U:-64.4dB L:-64.7dB
2	14.6kHz ※1 (占有周波数帯幅)		U:-63.1dB L:-62.8dB

※1 周波数の許容偏差を加味したチャンネル間隔

(3) 受信機特性

QPSK ワイド方式試験装置の受信機特性(静特性、選択度特性、相互変調特性、感度抑圧特性)の測定結果を以下に示す。

① BER 特性(静特性)

測定結果を以下に示す。

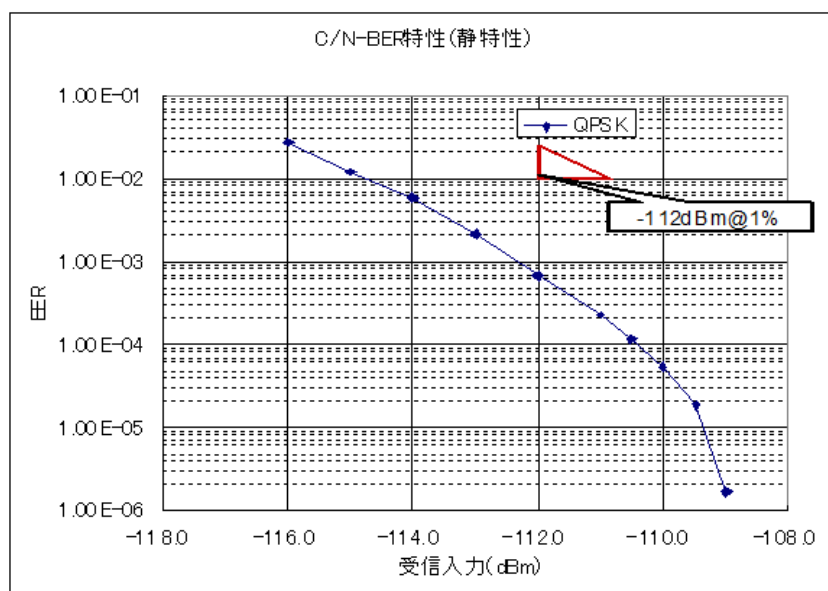


図 4.1-1 QPSK ワイド方式 受信入力—BER 特性(静特性)

② 選択度特性

測定結果を図以下に示す。隣接の妨害波($\pm 15\text{kHz}$ 離調)に対して、選択度(42dB 以上)の仕様を満足していることを確認した。

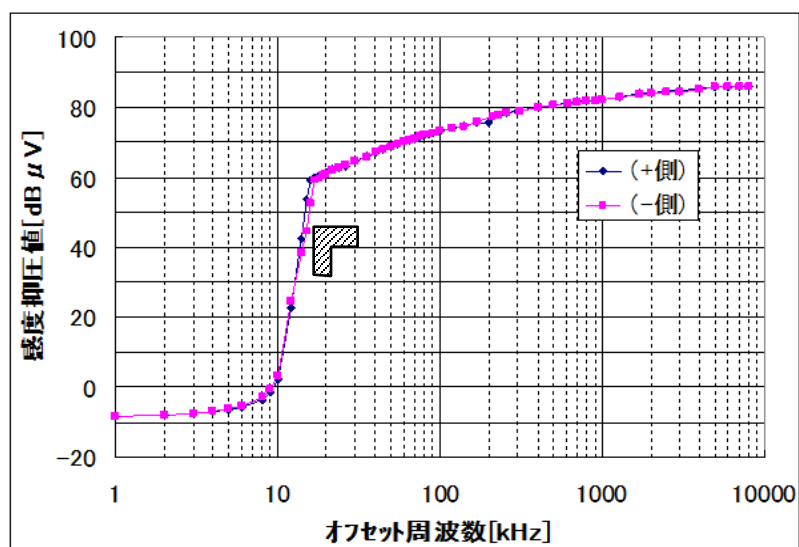
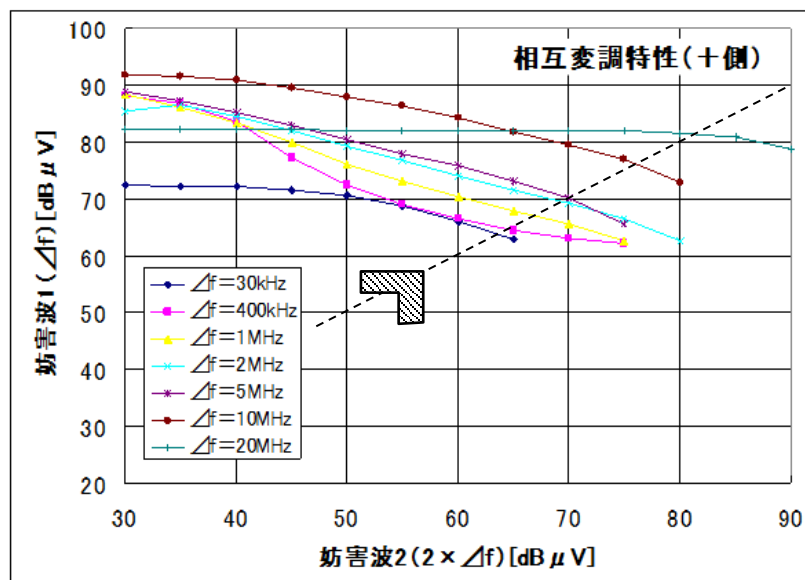


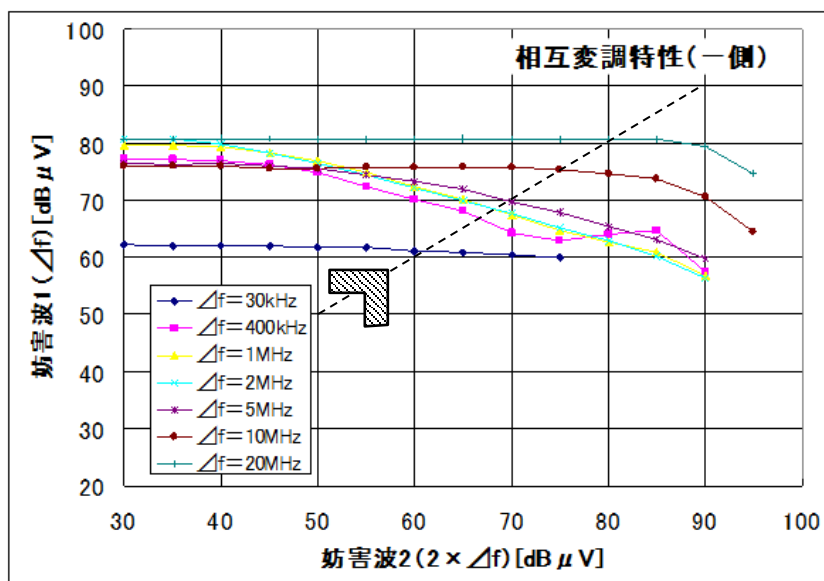
図 4.1-2 QPSK ワイド方式 選択度特性

③ 相互変調特性

測定結果を図以下に示す。希望波より 30kHz 及び 60kHz 離調した無変調の 2 つの妨害波により、相互変調特性の仕様(53dB 以上)であることを確認した。



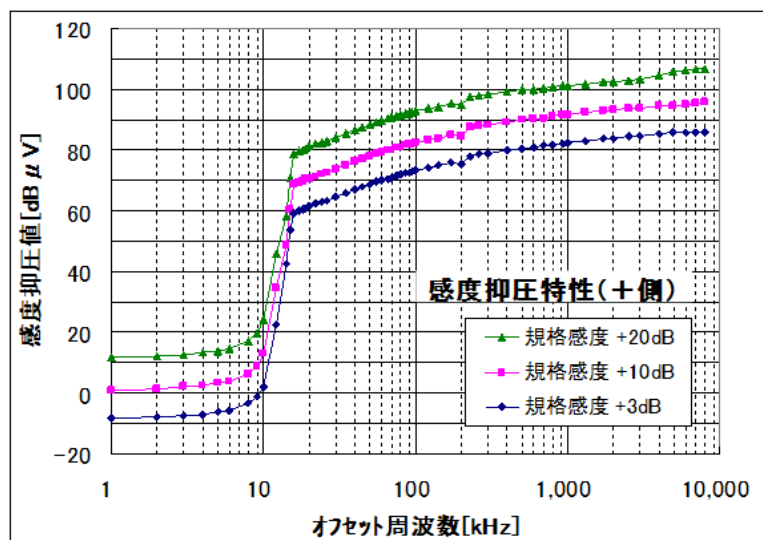
(a) (+側)特性



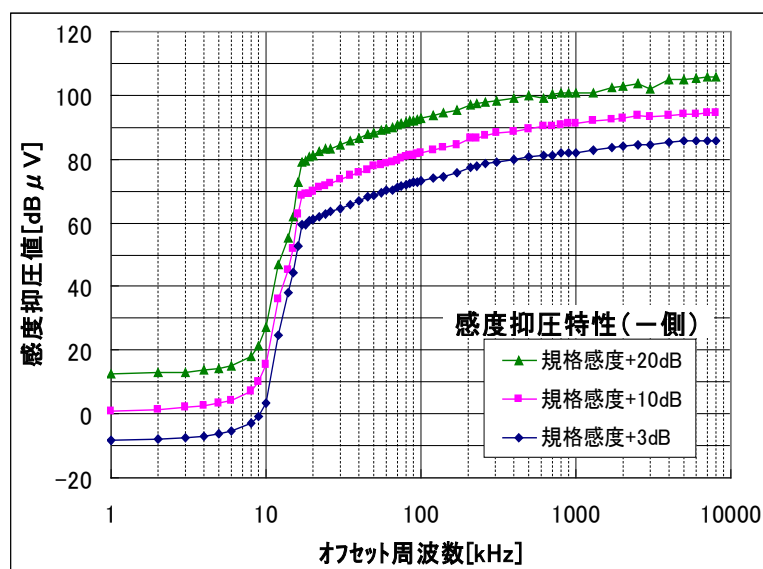
(b) (-側)特性

図 4.1-3 QPSK ワイド方式 相互変調特性

④ 感度抑圧特性
測定結果を図に示す



(a) (+側)特性



(b) (一側)特性

図 4.1-4 QPSK ワイド方式 感度抑圧特性

4.2 QPSKナロー方式(7.5kHz間隔)

(1) 一般性能(送信、受信)

測定結果を以下の表に示す。全て仕様の範囲内であることを確認した。

表4.2-1 送信一般性能試験結果(QPSKナロー方式)

項番	項目		仕様	試験結果	備考
1	送信出力		10W(+20%、-50%以内)	0.97 W(-3%)	
2	占有周波数帯幅		7.1kHz 以内 ※1	6.12 kHz	
3	周波数の許容偏差		±3ppm 以内	-0.21 ppm	
4	変調精度		15%以下 原点オフセット-20dBc 以下	3.0 % -56.7dBc	
5	隣接チャネル漏えい電力		(後述の送信機特性の結果で記載)		
6	スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値	帯域外領域	-60dB 以下	-63.4 dB	(注)
		スプリアス領域	-60dB 以下	-67.8 dB	
7	伝送速度の許容偏差		±5ppm	-0.2 ppm	

※1 周波数の許容偏差を加味したチャンネル間隔

(注) 無変調状態とならないため、隣接チャネルを除く変調波により測定

表4.2-2 受信一般性能試験結果(QPSKナロー方式)

項番	項目	仕様	試験結果	備考
1	基準感度(静特性、BER=1%)	-2dB μ V 以下	-8.5 dB μ V	
2	隣接チャネル選択度	42dB 以上	U: 49.4 dB L: 43.2 dB	U: 上側 L: 下側
3	スプリアス・レスポンス	53dB 以上	64.1 dB	
4	相互変調特性	53dB 以上	U: 62.8 dB L: 61.2 dB	U: 上側 L: 下側
5	副次的に発する電波等の強度	4nW(-54dBm) 以下	4nW 以下	

(2) 送信機特性

QPSK ナロー方式試験装置の隣接チャネル漏えい電力の測定結果を以下に示す。2 つの規定帯域幅(5.625kHz、7.1kHz)の条件で隣接チャネル漏えい電力を測定し、等価受信帯域幅による規定による測定においては、現状方式の規格(無線設備規則第 58 条 2 の 12 の 3)の仕様(-55dB 以下@10W)を満たすことを確認した。

表4.2-3 QPSKナロー方式 隣接チャネル漏えい電力の測定結果(オフセット: 7.5kHz)

項番	規定帯域幅の条件	仕様	測定結果
1	5.625kHz (等価受信帯域幅)	-55dB 以下	U: -66.3 dB L: -67.9 dB
2	7.1kHz ※1 (占有周波数帯幅)		U: -61.9 dB L: -59.6 dB

※1 周波数の許容偏差を加味したチャンネル間隔

(3) 受信機特性

QPSK ナロー方式試験装置の受信機特性(静特性、選択度特性、相互変調特性、感度抑圧特性)の測定結果を以下に示す。

① BER 特性(静特性)

測定結果を以下に示す。

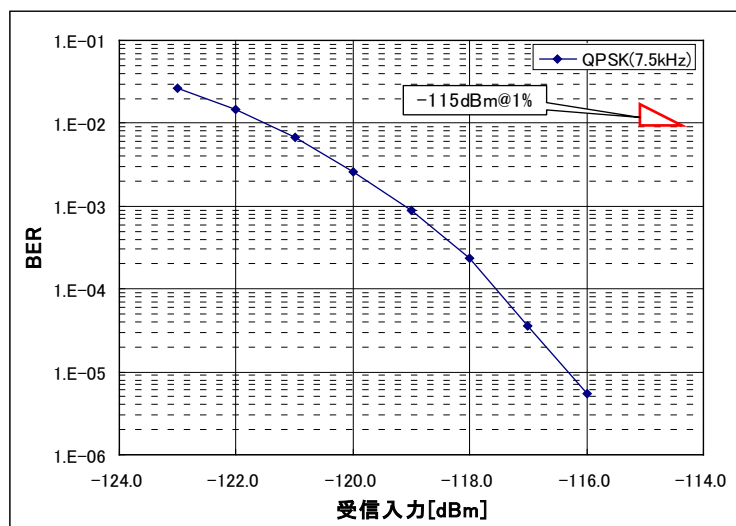


図4.2-1 QPSKナロー方式 受信入力－BER特性(静特性)

② 選択度特性

測定結果を以下に示す。隣接の妨害波($\pm 7.5\text{kHz}$ 離調)に対して、選択度(42dB 以上)の仕様を満足していることを確認した。

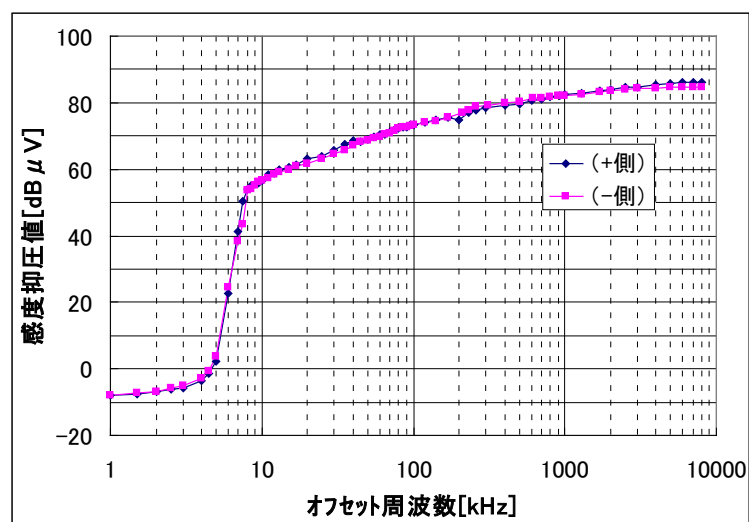
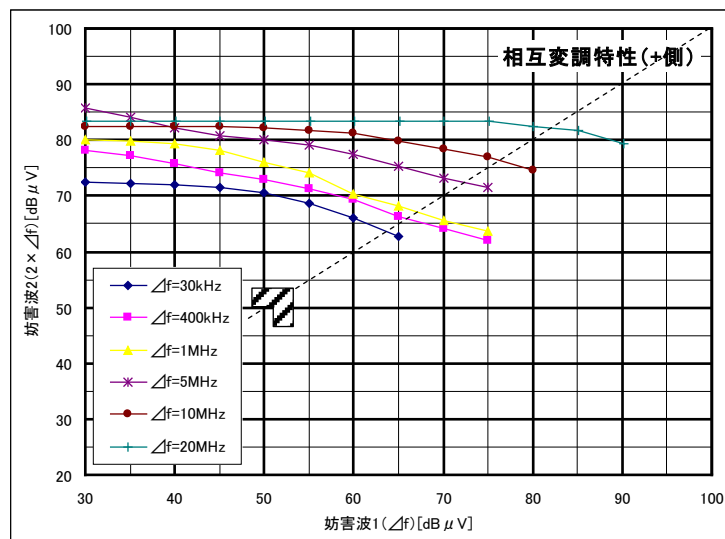


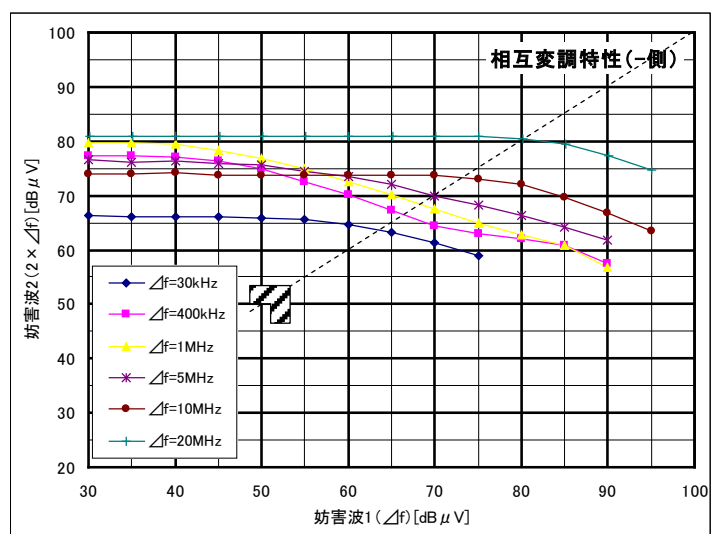
図4.2-2 QPSKナロー方式 選択度特性

③ 相互変調特性

測定結果を以下に示す。希望波より 15kHz 及び 30kHz 離調した無変調の 2 つの妨害波により、相互変調特性の仕様(53dB 以上)であることを確認した。



(a) (+側)特性

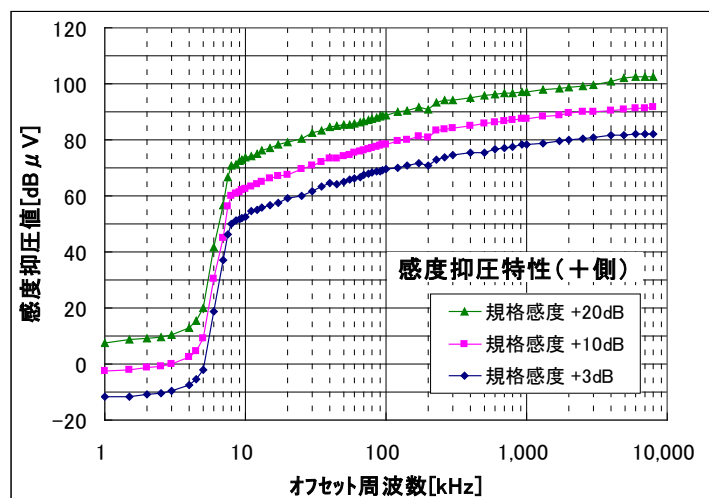


(b) (-側)特性

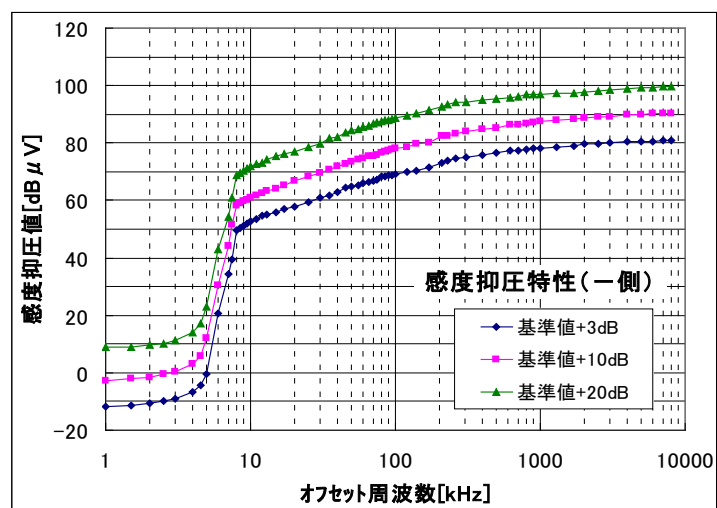
図4.2-3 QPSKナロー方式 相互変調特性

④ 感度抑圧特性

測定結果を以下に示す。



(a)(+側)特性



(b)(-側)特性

図4.2-4 QPSKナロー方式 感度抑圧特性

4.3 4値FSKワイド方式(15kHz間隔)

(1) 一般性能(送信、受信)

測定結果を以下の表に示す。全て仕様の範囲内であることを確認した。

表4.3-1 送信一般性能試験結果(4値FSKワイド方式)

項番	項目	仕様	試験結果	備考
1	送信出力	10W(+20%、-50%以内)	10.2 W	
2	占有周波数帯幅	14.6kHz 以内 ※1	8.9 kHz	
3	周波数の許容偏差	±3ppm 以内	+0.25 ppm	
4	変調精度	5%以下	1.8 %	
5	隣接チャネル漏えい電力	(後述の送信機特性の結果で記載)		
6	スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値	帯域外領域	-60dB 以下	-76.9 dB (注)
		スプリアス領域	-60dB 以下	-77.5 dB
7	伝送速度の許容偏差	±5ppm	-0.5 ppm	

※1 周波数の許容偏差を加味したチャンネル間隔

(注)無変調状態とならないため、隣接チャネルを除く変調波により測定

表4.3-2 受信一般性能試験結果(4値FSKワイド方式)

項番	項目	仕様	試験結果	備考
1	基準感度(静特性、BER=1%)	0dB μ V 以下	-9.1 dB μ V	
2	隣接チャネル選択度	42dB 以上	U: 60.3 dB L: 57.3 dB	U: 上側 L: 下側
3	スプリアス・レスポンス	53dB 以上	68.2 dB	
4	相互変調特性	53dB 以上	U: 67.4 dB L: 68.1 dB	U: 上側 L: 下側
5	副次的に発する電波等の強度	4nW(-54dBm) 以下	-71.5 dBm	

(2) 送信機特性

4 値 FSK ワイド方式試験装置の隣接チャネル漏えい電力の測定結果を以下に示す。2 つの規定帯域幅(9.6kHz、14.6kHz)の条件で隣接チャネル漏えい電力を測定し、等価受信帯域幅による規定による測定においては、現状方式の規格(無線設備規則第 58 条 2 の 12 の 3)の仕様(-55dB 以下@10W)を満たすことを確認した。

表4.3-3 4値FSKワイド方式 隣接チャネル漏えい電力の測定結果(オフセット:15kHz)

項番	規定帯域幅の条件	仕様	測定結果
1	9.6kHz (等価受信帯域幅)	-55dB 以下	U: -59.5 dB L: -60.2 dB
2	14.6kHz ※1 (占有周波数帯幅)		U: -45.5 dB L: -46.0 dB

※1 周波数の許容偏差を加味したチャンネル間隔

(3) 受信機特性

4 値 FSK ワイド方式試験装置の受信機特性(静特性、選択度特性、相互変調特性、感度抑圧特性)の測定結果を以下に示す。

① BER 特性(静特性)

測定結果を以下に示す。

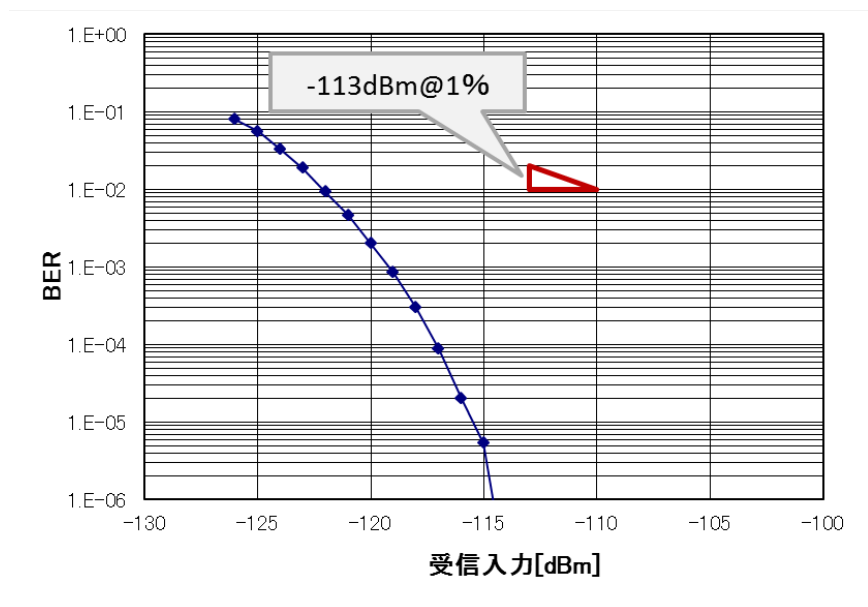


図 4.3-1 4 値 FSK ワイド方式 受信入力ーBER 特性(静特性)

② 選択度特性

測定結果を以下に示す。隣接の妨害波($\pm 15\text{kHz}$ 離調)に対して、選択度 (42dB 以上)の仕様を満足していることを確認した。

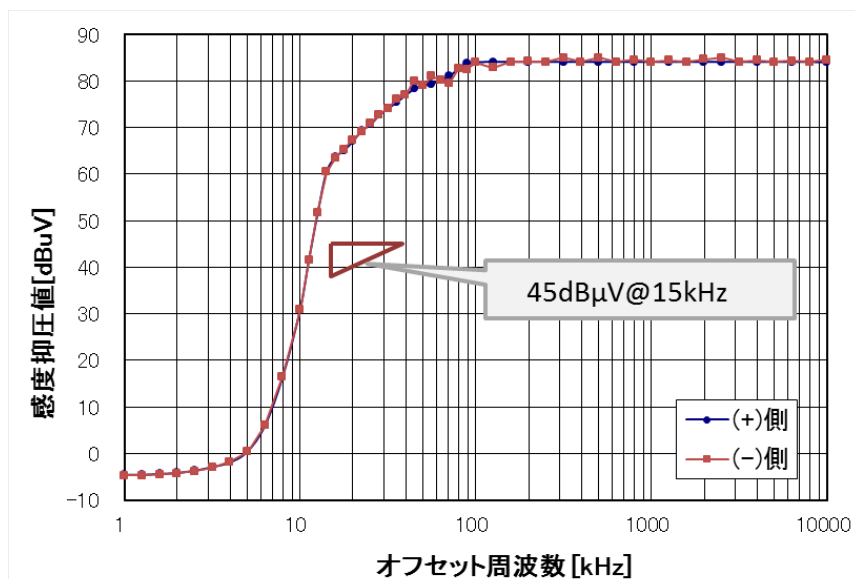
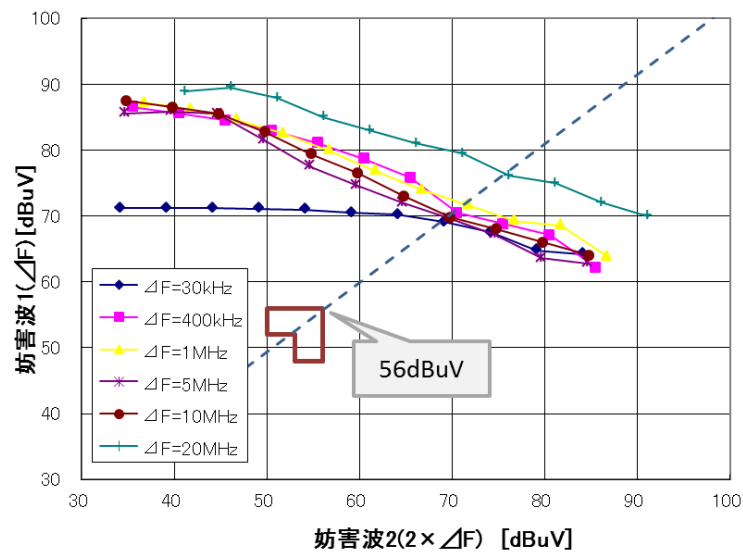


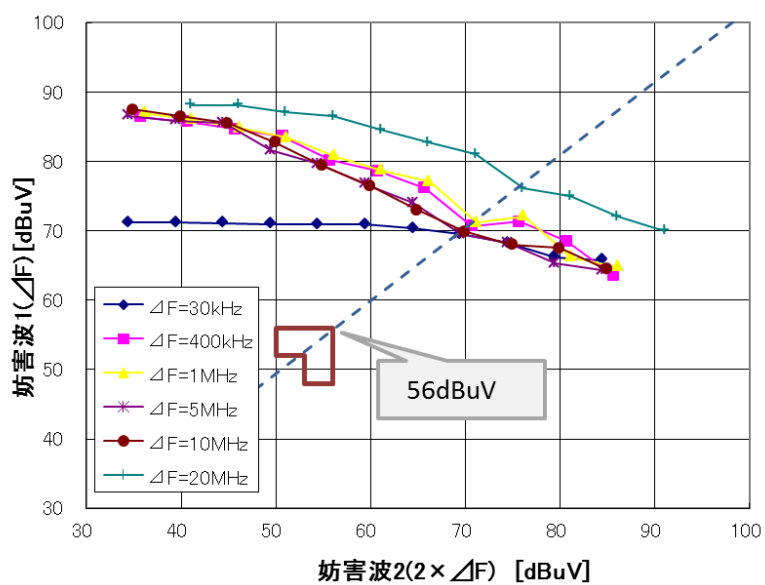
図 4.3-2 4 値 FSK ワイド方式 選択度特性

③ 相互変調特性

測定結果を以下に示す。希望波より 30kHz 及び 60kHz 離調した無変調の 2 つの妨害波により、相互変調特性の仕様(53dB 以上)であることを確認した。



(a) (+側)特性

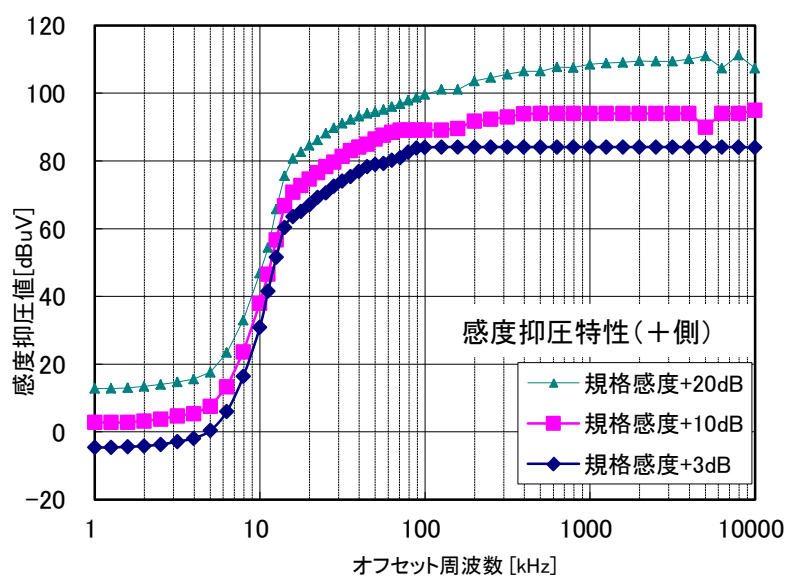


(b) (-側)特性

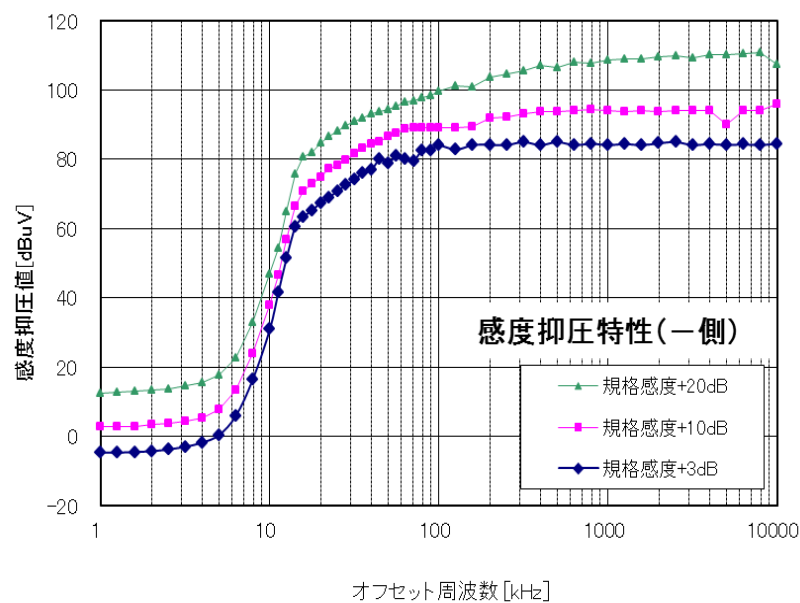
図 4.3-3 4 値 FSK ワイド方式 相互変調特性

④ 感度抑圧特性

測定結果を以下に示す。



(a)(+側)特性



(b)(-側)特性

図 4.3-4 4 値 FSK ワイド方式 感度抑圧特性

4.4 4値FSKナロー方式(7.5kHz間隔)

(1) 一般性能(送信、受信)

測定結果を以下の表に示す。全て仕様の範囲内であることを確認した。

表 4.4-1 送信一般性能試験結果(4 値 FSKナロー方式)

項番	項目	仕様	試験結果	備考
1	送信出力	10W(+20%、-50%以内)	10.5W	
2	占有周波数帯幅	7.1kHz 以下 ※1	4.4kHz	
3	変調精度	5%以下	4.3%	
4	隣接チャネル漏えい電力	(後述の送信機特性の結果で記載)		
5	スプリアス発射 又は不要発射の 強度の許容値	帯域外領域	-60dB 以下	-70.5dB (注)
		スプリアス領域	-60dB 以下	-69.0dB
6	周波数の許容偏差	±3ppm 以内	+0.4ppm	

※1 周波数の許容偏差を加味したチャネル間隔

(注) 無変調状態とならないため、隣接チャネルを除く変調波により測定

表 4.4-2 受信一般性能試験結果(4 値 FSKナロー方式)

項番	項目	仕様	試験結果	備考
1	基準感度(静特性、BER=1%)	-3dB μ V 以下	-8.4dB μ V	
2	隣接チャネル選択度	42dB 以上	U: 53.2dB L: 54.2dB	U: 上側 L: 下側
3	スプリアス・レスポンス	53dB 以上	73.9dB	
4	相互変調特性	53dB 以上	U: 60.1dB L: 61.1dB	U: 上側 L: 下側
5	副次的に発する電波等の強度	4nW(-54dBm) 以下	-73.5dBm	

(2) 送信機特性

4 値 FSK ナロー方式試験装置の隣接チャネル漏えい電力の測定結果を以下に示す。2 つの規定帯域幅(4.8kHz、7.1kHz)の条件で隣接チャネル漏えい電力を測定し、等価受信帯域幅による規定による測定においては、現状方式の規格(無線設備規則第 58 条 2 の 12 の 3)の仕様(-55dB 以下@10W)を満たすことを確認した。

表 4.4-3 4 値 FSK ナロー方式 隣接チャネル漏えい電力の測定結果(オフセット:7.5kHz)

項番	規定帯域幅の条件	仕様	測定結果
1	4.8kHz (等価受信帯域幅)	-55dB 以下	U: -60.4dB L: -60.0dB
2	7.1kHz ※1 (占有周波数帯幅)		U: -47.8dB L: -46.8dB

※1 周波数の許容偏差を加味したチャネル間隔

(3) 受信機特性

4 値 FSK ナロー方式試験装置の受信機特性(静特性、選択度特性、相互変調特性、感度抑圧特性)の測定結果を以下に示す。

① BER 特性(静特性)

測定結果を以下に示す。

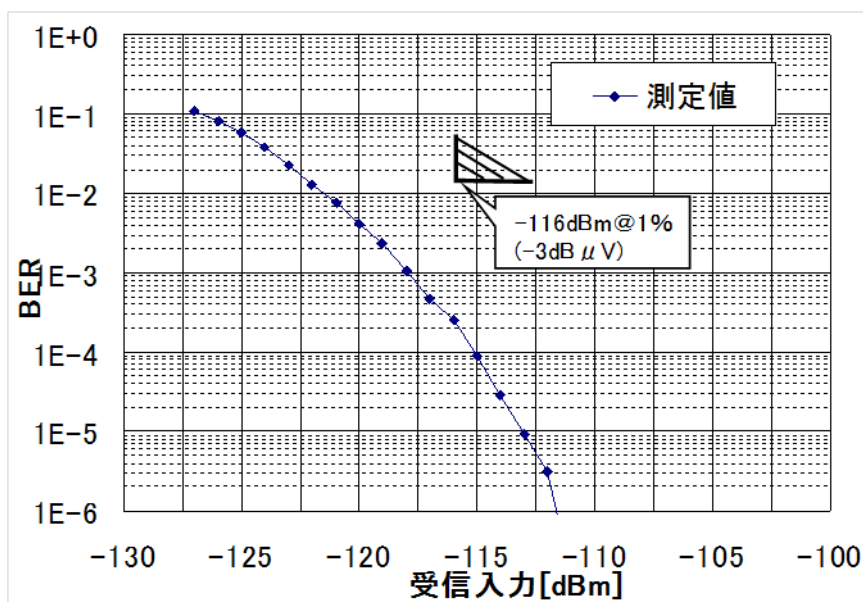


図 4.4-1 4 値 FSK ナロー方式 受信入力-BER(静特性)

② 選択度特性

測定結果を以下に示す。隣接の妨害波($\pm 7.5\text{kHz}$ 離調)に対して、選択度(42dB 以上)の仕様を満足していることを確認した。

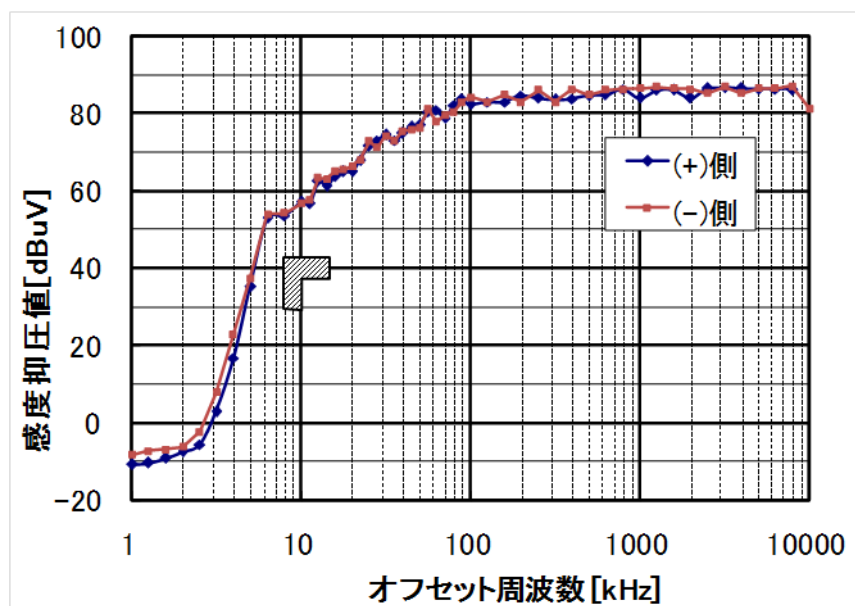
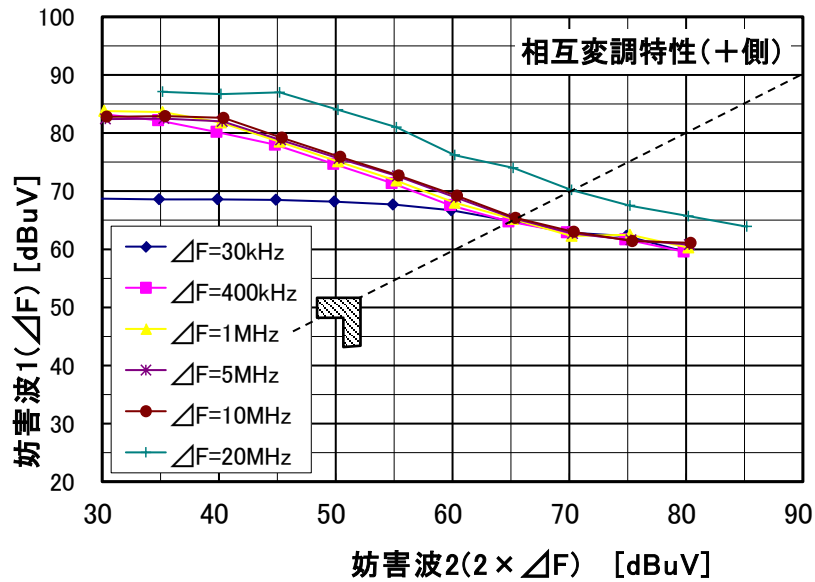


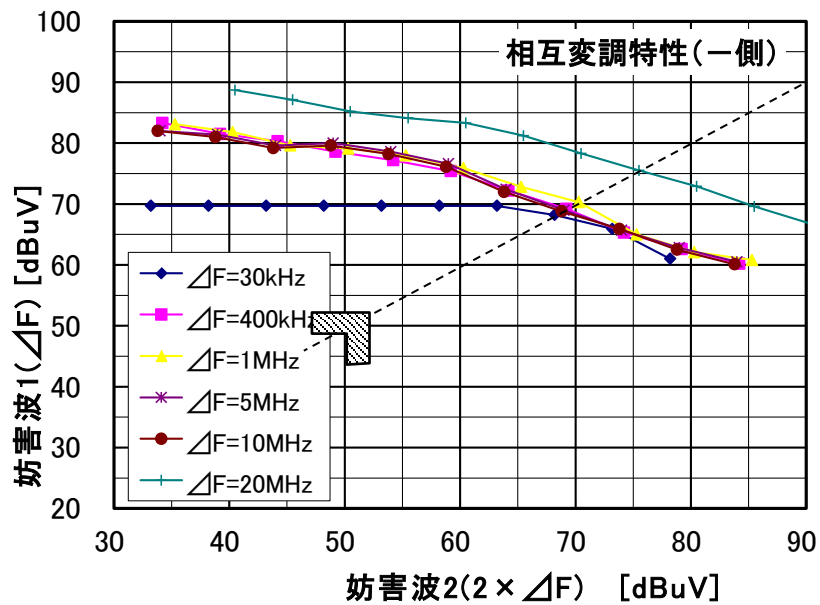
図 4.4-2 4 値 FSK 方式 選択度特性

③ 相互変調特性

測定結果を以下に示す。希望波より 15kHz 及び 30kHz 離調した無変調の 2 つの妨害波により、相互変調特性の仕様(53dB 以上)であることを確認した。



(a) (+側)特性

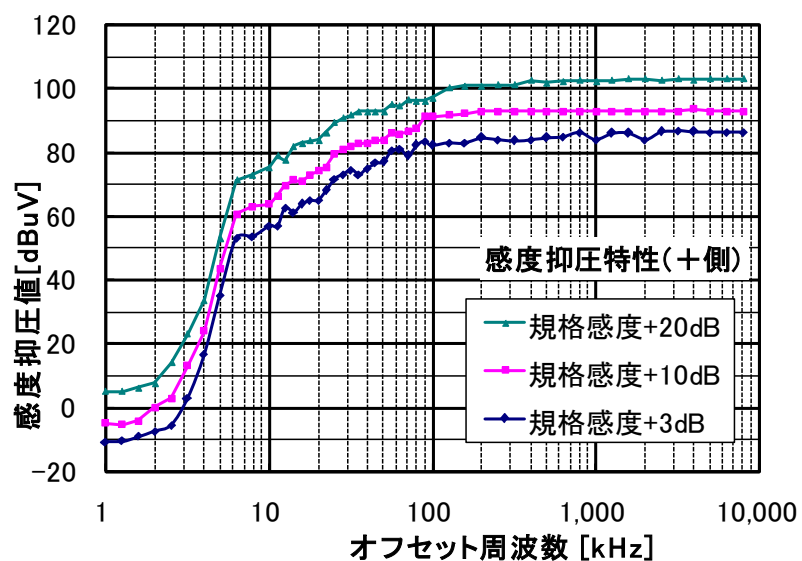


(b) (-側)特性

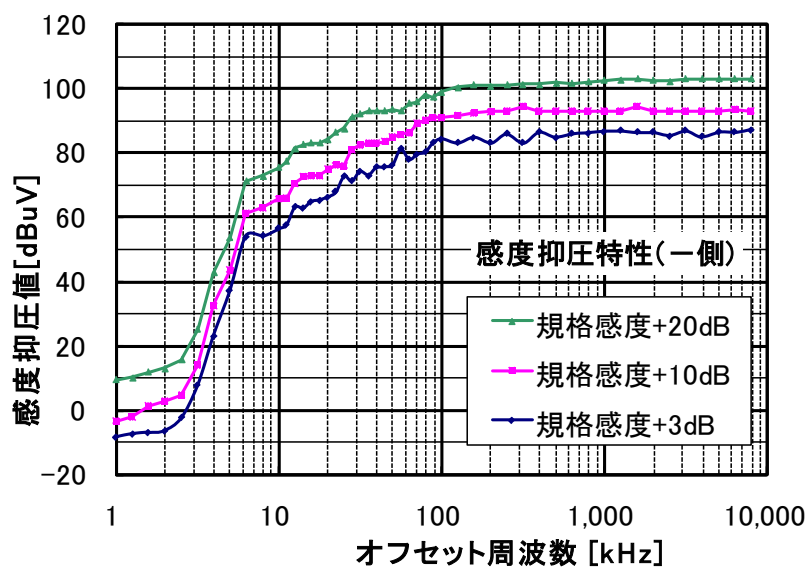
図 4.4-3 4 値 FSK ナロー方式 相互変調特性

④ 感度抑圧特性

測定結果を以下に示す。



(a)(+側)特性



(b)(-側)特性

図 4.4-4 4 値 FSK ナロー方式 感度抑圧特性

5. アナログ方式の概要

60MHz 帯アナログ装置(チャンネル間隔: 30kHz)の室内における、一般性能の試験結果に関し、送信系を表 5.1、受信系を表 5.2 に示す。周波数共用条件に関する基本特性、NQ 特性、選択度特性、感度抑圧特性を、図 5.1～図 5.3 に示す。

表 5.1 アナログ装置の送信一般性能の試験結果

項番	項目	仕様	試験結果	備考
1	送信出力	10W(+20%、-50%以内)	10.1 W	
2	占有周波数帯幅	16kHz 以内	12.1 kHz	擬 似 音 声 入 力
3	周波数の許容偏差	±10ppm 以内	+0.16 ppm	
4	最大周波数偏移	±5kHz 以下	4.3 kHz	
5	総合歪及び雑音	20dB 以上	56.0 dB	
6	スプリアス発 射又は不要 発射の強度 の許容値	帯域外領域	-80dB 以下	-82.3 dB
		スプリアス領域	-60dB 以下	-81.2 dB

表 5.2 アナログ装置の受信一般性能の試験結果

項番	項目	仕様	試験結果	備考
1	受信感度(NQ 法)	2 μ V 以下(107dBm 以下)	-113.0 dBm	NQ 法 (20QS)
2	総合歪及び雑音	20dB 以上	51.0 dB	
3	通過帯域幅及び減衰量	通過帯域幅(6dB 低下): 12kHz 減衰量(70dB 低下): 25kHz	12.9 kHz 21.5 kHz	通過帯域幅 減衰量
4	スプリアス・レスポンス	80dB 以上	86.0 dB	
5	相互変調特性	1.78mV 以上(65dB 以上)	69.5 dB 68.2 dB	U:上側 L:下側
6	感度抑圧効果	10mV 以上(80dB 以上)	82.3 dB 82.5 dB	U:上側 L:下側
7	副次的に発する 電波等の強度	4nW(-54dBm) 以下	0.06 nW (-72.3 dBm)	

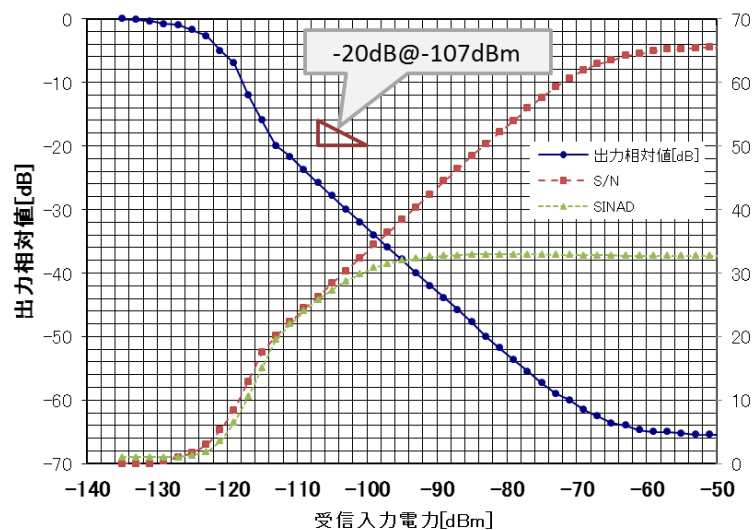


図 5.1 NQ 特性の測定データ

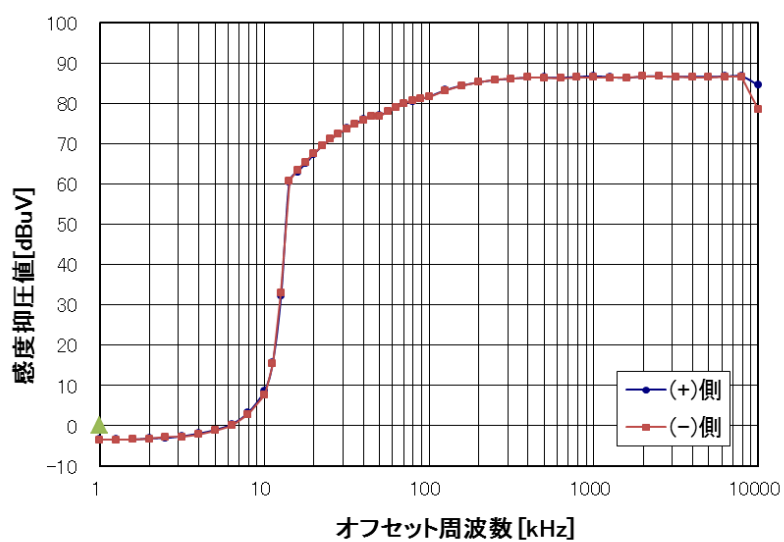
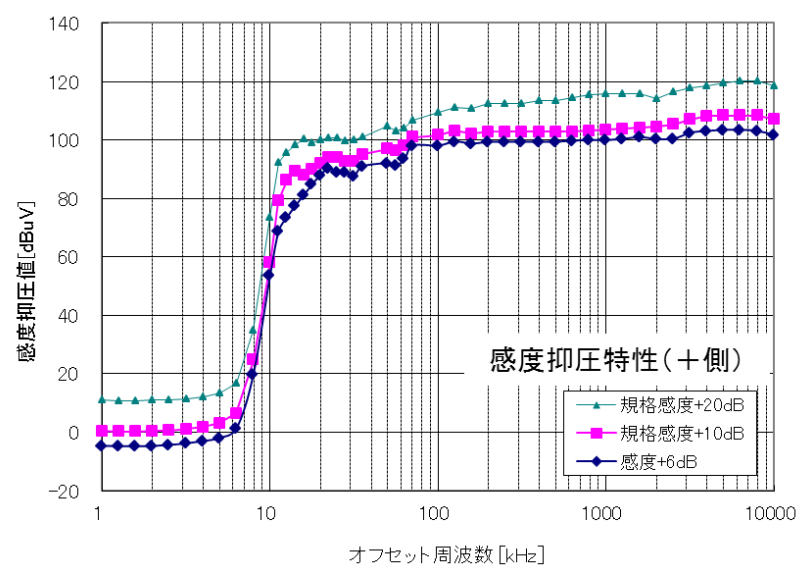
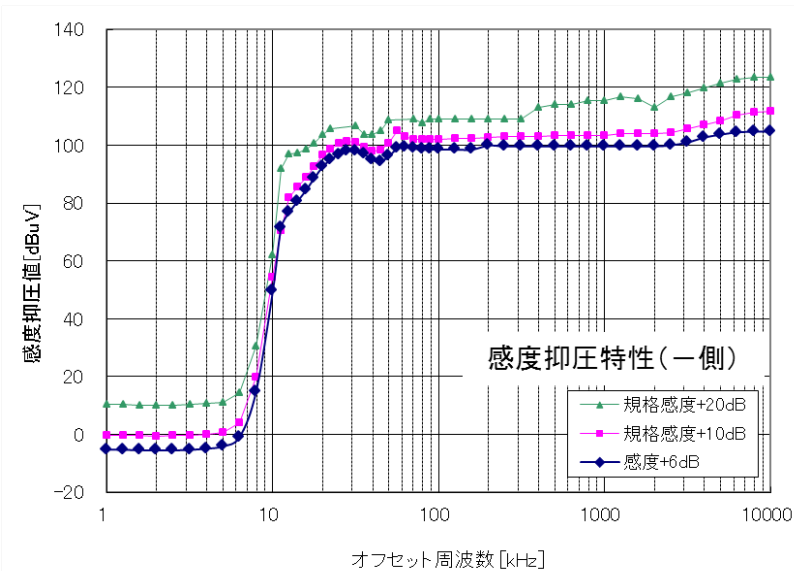


図 5.2 選択度特性の測定データ



(a) 感度抑圧特性(+側)



(b) 感度抑圧特性(-側)

図 5.3 感度抑圧特性の測定データ

送信特性(ピークファクタ)に関する検討

簡便かつ低廉なデジタル同報系無線の変調方式として、所要受信入力電圧の低減が可能な方式を検討し、現行方式(16QAM)に対比して導入コストの低減が得られるとの結果を得た。さらに、各変調方式については、利用する電力増幅器により、システム導入コスト(バックアップ用電源の容量等)に影響を与えることから、各方式のピークファクタ(各方式が電力増幅器に要求する線形性の程度)を取り纏めた。

これは、線形増幅器が非線形増幅器よりも電力の利用効率が悪く、低消費電力化が困難なことから、例えば、庁舎が被災した際のバックアップとなる可搬型基地局(参考イメージ:図1.1)の設営の容易性について検討する際に、ピークファクタが重要な要因になるためである。

なお、線形変調方式のピークファクタは、16QAM方式とQPSK方式で異なり、さらに帯域制限の基本的なパラメータ(ロールオフ率 α)に依存する事項として、送信機の特性議論における重要要素と考えられる。各変調方式のピークファクタを表1.1に示す。

参考として、親局の給電線損失等を3.5dBと仮定した場合の、電力増幅器に対する所要ピーク電力(定格出力10Wに対して、ピークファクタと給電線損失等を加味したときの試算値)を併記した。

表1.1 各変調方式のピークファクタ

変調方式	線形変調 ／非線形変調	ロールオフ率 α	ピークファクタ	所要ピーク電力 (参考試算例※1)
16QAM (現行方式)	線形変調	0.2	約 7.0dB(※2) (約 5 倍)	約 112W
QPSK		0.2	5.6dB (※3) (約 3.6 倍)	約 81W
4 値 FSK	非線形変調 (定包絡線)	0.2	0dB (1倍)	約 22W
アナログ(FM) (参考)		—	0dB (1倍)	約 22W

※1 定格10Wに対して、ピークファクタと給電損失等(3.5dB想定)を計上した場合の電力増幅器に対する所要ピーク電力値の試算事例。

※2 例えば、文献 Hiroshi Kaiho他、“Novel scheme of Oversampling Spread Spectrum Roll-off OFDM for PAPR reduction”(VTC Spring 2009)のFig.3及びFig.4より、QPSKと16QAMのピークの比率(ロールオフ率=0.2、出現確率 10^{-4} の場合)は、約6:8の関係。

※3 参考文献: 斉藤洋一“デジタル無線通信の変復調”(電子情報通信学会、コナ社)、p.146、表4.3。

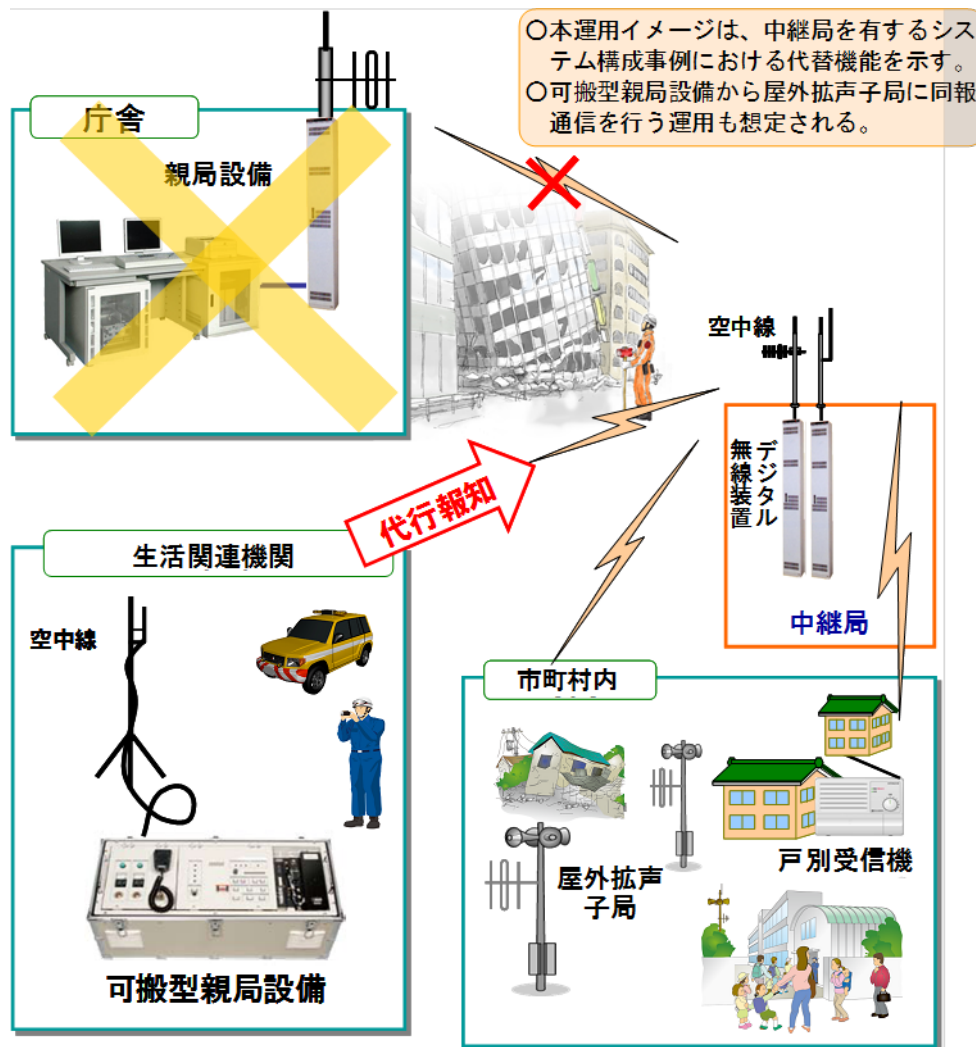


図1.1 バックアップ用可搬型基地局のイメージ

周波数共用特性に関する検討

1. 目的

60MHz帯同報系システムにおける周波数配置及び、周波数共用条件について検討する。

2. 周波数の配置条件について

(1) 周波数の配置条件について

チャンネル間隔(15kHz 及び 7.5kHz)と周波数配置の関係については、次の 2 通りが考えられる(下図:概略イメージ図)

(方法 1):15kHz と 7.5kHz の中心周波数を一致させる配置

(方法 2):15kHz と 7.5kHz の中心周波数を一致させない配置

ここで、方法 1 については、周波数再配置等免許基準が煩雑(一義的に基準値を規定する)となることから、方法 2 が望ましいとの検討結果にある。

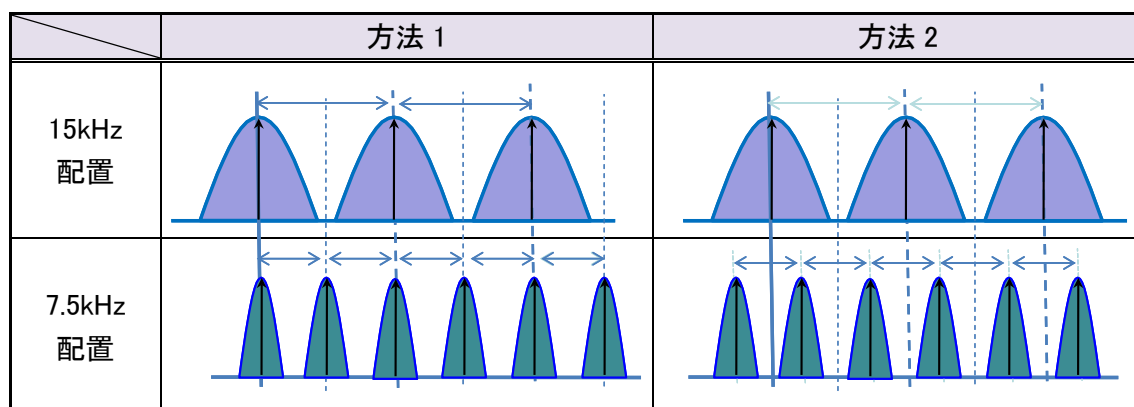


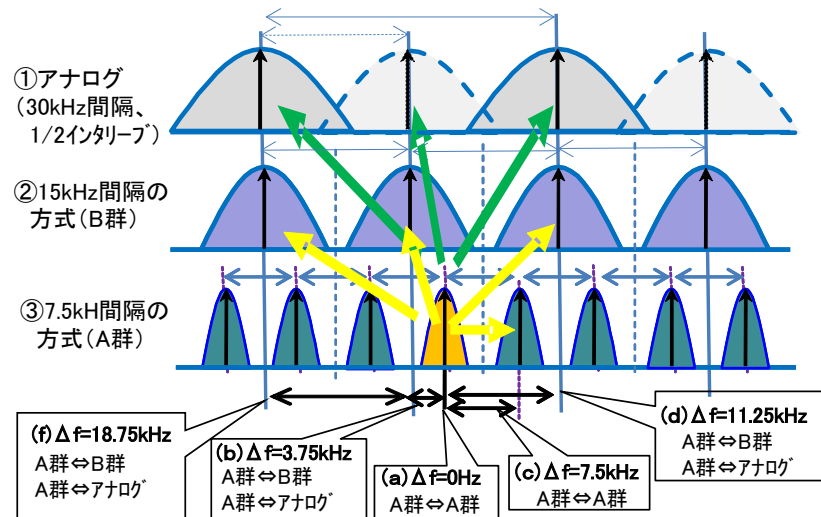
図 2.1 チャンネル間隔と周波数配置の考え方(概略イメージ)

(2) 隣接周波数配置の条件等

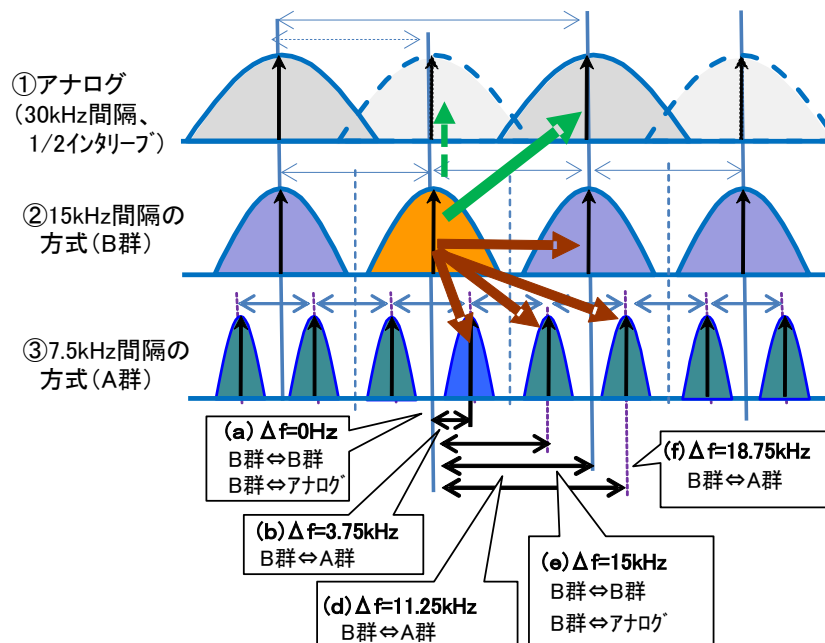
各チャンネル間隔(15kHz 及び 7.5kHz)と周波数配置の関係については、15kHz 幅で配置の互換性を持たせるため 15kHz の中心周波数に、左右に 7.5kHz を配置する条件(上記の方法 2 の周波数配置)を前提とする。

各変調方式のチャンネル間隔と配置にアナログ(FM)を加えた場合の、各変調方式が相互に干渉するオフセットは隣接関係の 5 つ(項b～項f)と同一(項a)の合計 6 つが想定される。

以下の図(図a、図 b)にイメージ図を示す。(説明の便宜上、7.5kHz 間隔の方式を「A 群」、15kHz 間隔の方式を「B 群」と称する。)



図a. 7.5kHz間隔の方式(A群)から見た相互干渉の隣接周波数配置の関係



図b. 15kHz間隔の方式(B群)から見た相互干渉の隣接周波数配置の関係

● 周波数配置を考慮した場合に、相互干渉の関係にあるオフセット周波数の関係：

- (a) $\Delta 0\text{Hz}$ (A群 $\leftrightarrow$ A群、B群 $\leftrightarrow$ B群、B群 $\leftrightarrow$ FM)
- (b) $\Delta 3.75\text{kHz}$ (A群 $\leftrightarrow$ B群、A群 $\leftrightarrow$ FM)
- (c) $\Delta 7.5\text{kHz}$ (A群 $\leftrightarrow$ A群)
- (d) $\Delta 11.25\text{kHz}$ (A群 $\leftrightarrow$ B群、A群 $\leftrightarrow$ FM)
- (e) $\Delta 15\text{kHz}$ (B群 $\leftrightarrow$ B群、B群 $\leftrightarrow$ FM)
- (f) $\Delta 18.75\text{kHz}$ (A群 $\leftrightarrow$ B群、A群 $\leftrightarrow$ FM)

上記のオフセット周波数に対する周波数共用条件については、周波数共用条件の調査検討において、隣接周波数共用条件及び同一周波数共用条件(所要 D/U)を別途表に整理する。

3. 周波数共用特性の検討

3.1 はじめに

同報系防災無線システムにおいては、将来、複数の変調方式とチャネル配置が並立することを考慮し、下図に示すように複数のシステムを近接周波数内で配置しながら、個々のシステムが一定の通信品質を確保するための周波数共用条件を検討する必要がある。

表に示すようにデジタル方式と他の方式(アナログ方式)の組み合わせ(アナログ方式同士を除く)に対する周波数共用条件の基礎検討(基礎データの取得・分析等)を行い、オフセット周波数と所要 D/U の関係を明らかにすることにより共用条件の基準を明らかにする。図 3.1-1 に、周波数共用の一例(概略イメージ)を示す。

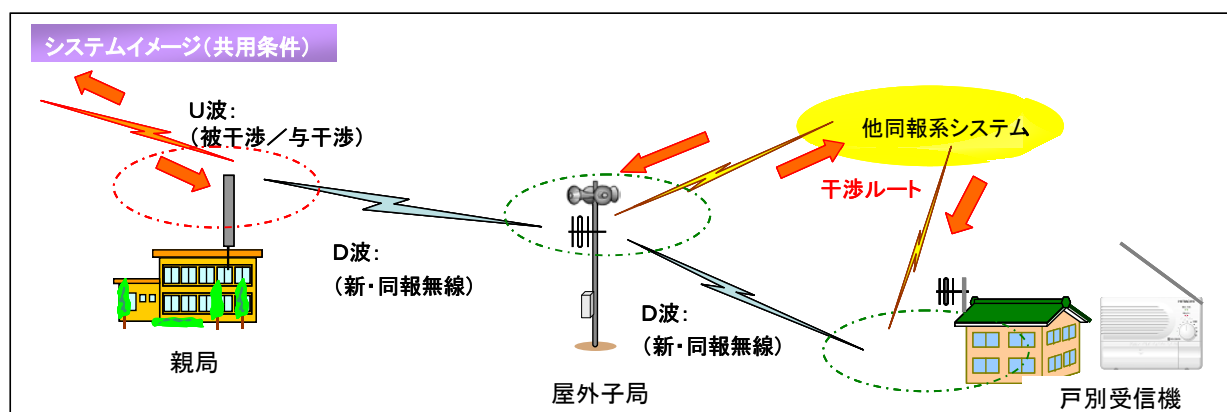


図 3.1-1 周波数共用のイメージ

表 3.1 周波数共用条件の検討対象(組合せ表)

妨害波(U) 希望波(D)		16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (FM)
		15kHz			7.5kHz		30kHz
16QAM(現行)	15kHz	○	○	○	○	○	○
QPSK ワイド		○	○	○	○	○	○
4 値 FSK ワイド		○	○	○	○	○	○
QPSK ナロー	7.5kHz	○	○	○	○	○	○
4 値 FSK ナロー		○	○	○	○	○	○
アナログ(FM)	30kHz	○	○	○	○	○	—

(凡例)○:データの取得、—:対象外、数字(kHz)はチャネル間隔を表す。

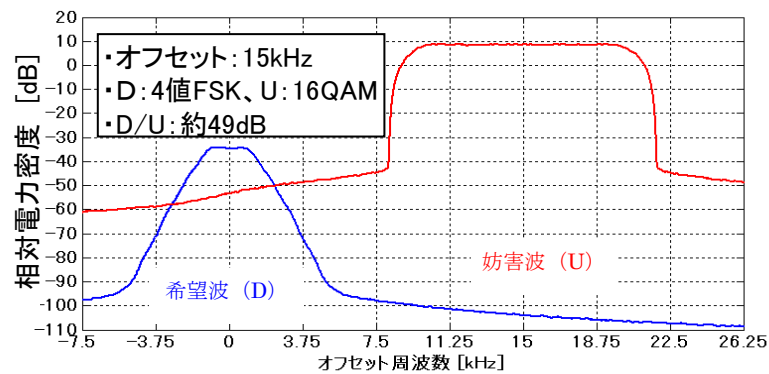


図 3.1-2 周波数共用の一例(イメージ)

3.1.1 試験・評価項目

室内実験の評価系統図を図 3.1-3 に示す。共用条件の評価においては送信機からの不要な輻射や漏えい等の影響を回避するため、信号源として信号発生器(SG)を用いる。二つの SG によって所定の変調信号を生成し、これらを合成して受信機に入力する。デジタル方式の受信機からは希望波に対する復号ビット系列(アナログ方式の場合は復調信号)が出力され、これを BER 計測器に入力して BER を測定する(アナログ方式の場合は復調信号を S/N 測定器にて S/N を測定する)。デジタル方式とアナログ方式における希望波と妨害波の信号源の条件を表 3-1-2 に示す。

なお、SG から出力される信号は実際の送信機と比較して雑音電力が低く、共用条件検討の際にはその妥当性が懸念される場合も想定される。そこで、実証試験装置相当の雑音を考慮・付加した妨害波モデルをシミュレーション上で模擬・生成し、これを用いたシミュレーション解析を並行して行うものとする。表 3.1-3 に使用した SG 出力及び生成した妨害波モデル(モデル 2:実力値モデル)の隣接チャネル漏えい電力の比較を、図 3.1-4～図 3.1-9 に妨害波モデル(モデル 2:実力値モデル)の周波数スペクトラムを示す。

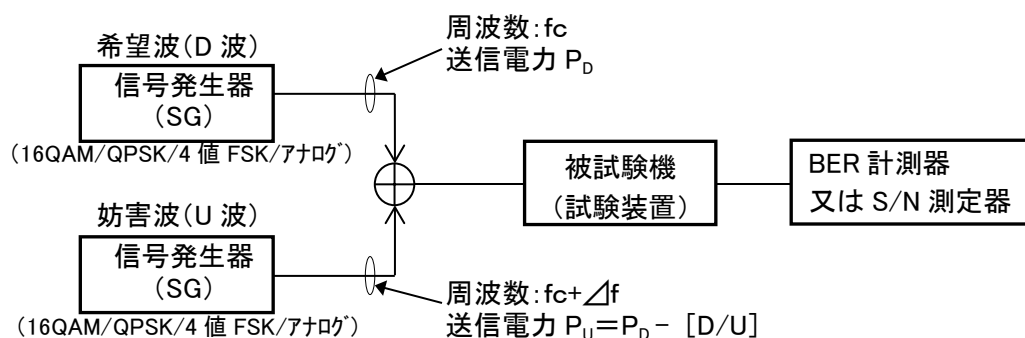


図 3.1-3 評価系統図(周波数共用)

表 3.1-2 希望波と妨害波の信号源の条件

項番	方式	希望波(D)の信号源 (基準感度+20dB)※1	妨害波(U)の信号源 (同一／隣接周波数干渉)	評価尺度
1	アナログ(FM)	1kHz トーン (標準変調)	擬似音声信号 ※2 (標準変調+10dB)※3	S/N=30dB (静特性)
2	デジタル	PN9 段符号系列 ※4	PN15 段符号系列 ※5	BER=1×10 ⁻⁴ (静特性)

※1 希望波の受信入力レベルは、BER 規定値の条件(基準感度に対する想定される審査基準レベルの相対値)を想定。

※2 白色雑音を ITU-T 勧告 G.227 規定のフィルタで帯域制限したもの。

※3 送信スペクトラムの広がり方を考慮して、FM の妨害波は送信性能の占有周波数帯幅(擬似音声、標準変調+10dB)の測定条件(注)を用い、妨害波の発生は、プログラム可能な SG による再現波形(実機模擬)を適用した。

※4 PN9 パターン: 符号長 511 ビットの 2 値擬似雑音系列

※5 PN15 パターン: 符号長 32,787 ビットの 2 値擬似雑音系列

(注)「平成 10 年 6 月電気通信技術審議会(諮問第 94 号に対する)答申」報告書における条件

表 3.1-3 周波数共用特性の評価における妨害波の隣接チャネル漏えい電力

妨害波の 条件	隣接チャネル漏えい電力 ※1						備考
	16QAM	QPSK ワイド	4 値 FSK ナロー	QPSK ナロー	4 値 FSK ワイド	アナログ*	
モデル 1 (SG)	-65dB 以下	-65dB 以下	-50.2dB	-65dB 以下	-49.4dB		室内試験 用
モデル 2 (実力値モデル)	-60.3dB	-61.2dB	-49.2dB	-61.0dB	-48.0dB		シミュレーション 用

※1 16QAM:15kHz 離調(11.25kHz 幅),QPSK ワイド:15kHz 離調(14.6kHz 幅),4 値 FSK ナロー:7.5kHz 離調(7.1kHz 幅),QPSK:ナロー:7.5kHz 離調(7.1kHz 幅),4 値 FSK ワイド:15kHz 離調(14.6kHz 幅)

※2 測定器の測定限界以下(測定器の読み値(フロア):約-60~-65dB)。

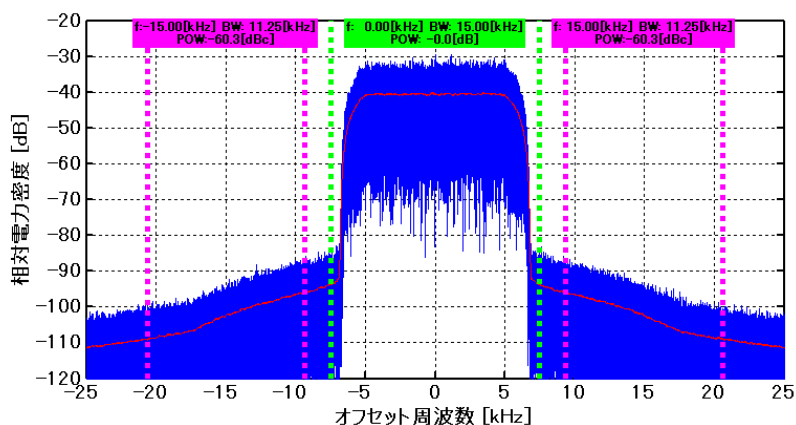


図 3.1-4 妨害波モデルの周波数スペクトラム(16QAM)

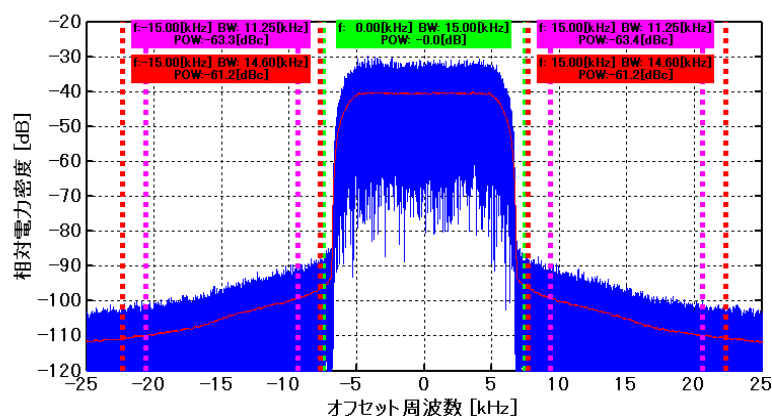


図 3.1-5 妨害波モデルの周波数スペクトラム (QPSK ワイド)

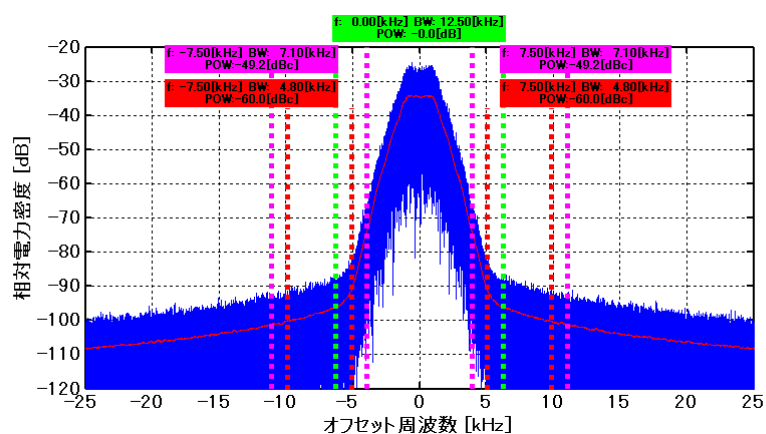


図 3.1-6 妨害波モデルの周波数スペクトラム (4 値 FSK ナロー)

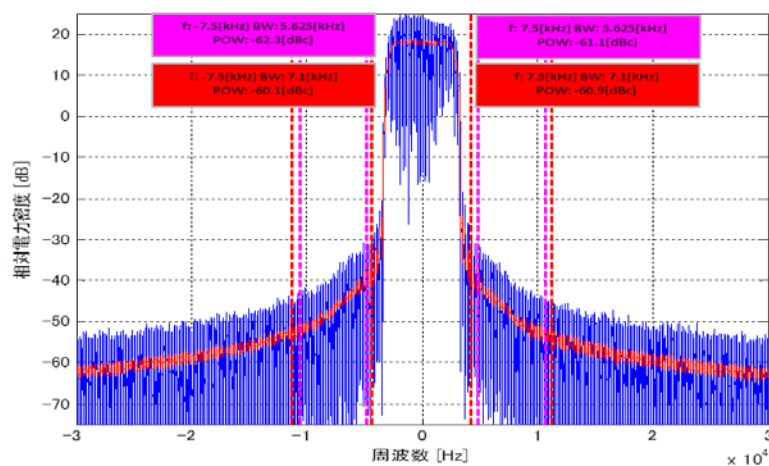


図 3.1-7 妨害波モデルの周波数スペクトラム (QPSK ナロー)

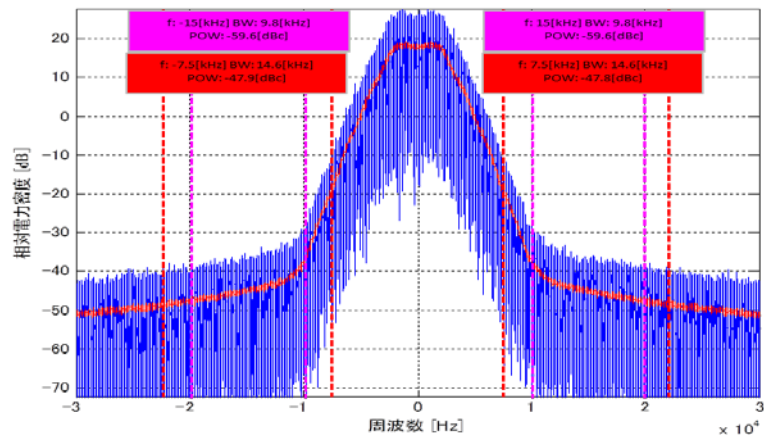


図 3.1-8 妨害波モデルの周波数スペクトラム(4 値 FSK ワイド)

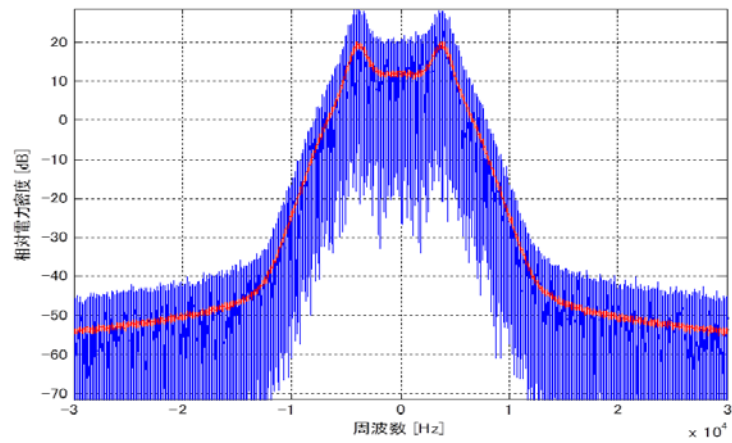


図 3.1-9 妨害波モデルの周波数スペクトラム(アナログ(FM))

3.1.2 机上検討シミュレーション

(1)周波数共用条件を満たすシミュレーション結果

ア 周波数共用条件を満たすオフセット周波数

方式の組み合わせに対して、D/Uを固定(0dB、-20dB、-40dB)した条件でオフセット周波数とBERとの関係をシミュレーションし、所望の回線条件(BER= 1×10^{-4} 、S/N=30dB)を得るために必要なオフセット周波数(隣接周波数共用条件)を求めた。結果を表 3.1-5～表 3.1-7 に示す。

表 3.1-5 隣接周波数共用条件を満たすオフセット周波数 (kHz)

(条件: D/U=0dB、BER= 1×10^{-4} 、S/N=30dB、モデル 2)

妨害波 希望波		16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (FM)
		15kHz			7.5kHz		30kHz
16QAM(現行)	15kHz	11.5	11.4	10.0	8.8	8.0	10.9
QPSK ワイド		10.3	10.1	8.6	7.8	7.2	9.6
4 値 FSK ワイド		9.3	9.5	7.3	7.0	6.0	8.8
QPSK ナロー	7.5kHz	7.3	7.3	5.6	5.1	4.3	6.8
4 値 FSK ナロー		7.0	6.9	5.0	4.7	3.4	6.6
アナログ(FM)	30kHz	9.4	9.4	8.0	7.6	7.0	—

表 3.1-6 隣接周波数共用条件を満たすオフセット周波数 (kHz)

(条件: D/U=-20dB、BER= 1×10^{-4} 、S/N=30dB、モデル 2)

妨害波 希望波		16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (FM)
		15kHz			7.5kHz		30kHz
16QAM(現行)	15kHz	12.7	12.7	13.0	9.5	9.6	14.2
QPSK ワイド		12.4	12.4	12.1	9.3	9.1	13.2
4 値 FSK ワイド		11.2	11.1	10.9	8.4	7.8	12.0
QPSK ナロー	7.5kHz	9.3	9.2	9.0	6.2	6.0	10.3
4 値 FSK ナロー		8.4	8.4	8.4	5.8	5.1	9.5
アナログ(FM)	30kHz	12.3	12.2	11.8	9.2	8.9	—

表 3.1-7 隣接周波数共用条件を満たすオフセット周波数 (kHz)
(条件: D/U=-40dB、BER=1 × 10⁻⁴、S/N=30dB、モデル 2)

希望波	妨害波	16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (FM)
		15kHz			7.5kHz		30kHz
16QAM(現行)	15kHz	18.3	15.1	16.0	9.8	11.4	17.3
QPSK ワイド		14.5	13.2	14.8	9.9	10.5	16.2
4 値 FSK ワイド		13.0	11.8	13.5	8.7	9.3	14.8
QPSK ナロー	7.5kHz	10.7	9.8	11.7	6.7	7.4	13.2
4 値 FSK ナロー		9.0	8.7	11.4	5.9	6.5	12.5
アナログ(FM)	30kHz	13.9	12.8	14.6	9.8	10.6	—

本結果については、各変調方式において、最小オフセット周波数(無線局のシンセサイザの基準周波数に関する周波数の最小ステップ)の検討への利活用が想定される。また、例えば、D/U=-30dB の場合については、上記 D/U=-20dB と D/U=-40dB の結果から近似して導出することが適当と想定される。

イ 周波数共用条件を満たす所要 D/U

前述の周波数配置の検討における、チャネル間隔と周波数配置の関係から想定されるオフセット周波数(検討対象(6 通り): Δf =3.75kHz、7.5kHz、11.25kHz、15kHz、18.75kHz、0Hz)に対して、所望の回線条件(BER=1 × 10⁻⁴、S/N=30dB)を得るために必要な所要 D/U(隣接周波数共用条件)を読み取りまとめた。表 3.1-8～表 3.1-13 にその結果を示す。各表において、斜線部は周波数配置検討により想定される周波数配置(6 通りの検討対象)に無関係な変調方式の合わせである。

表 3.1-8 オフセット周波数に対する所要 D/U (dB)

(条件: $\Delta 3.75\text{kHz}$ 、 $\text{BER}=1 \times 10^{-4}$ 、 $\text{S/N}=30\text{dB}$ 、周波数変動無し、モデル 2)

妨害波 希望波		16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (FM)
		15kHz			7.5kHz		30kHz
16QAM(現行)	15kHz				13.7	12.2	
QPSK ワイド					6.8	3.6	
4 値 FSK ワイド					7.7	8.1	
QPSK ナロー	7.5kHz	5.9	5.0	5.3			4.8
4 値 FSK ナロー		6.7	6.6	6.0			7.0
アナログ(FM)	30kHz				15.1	13.3	

表 3.1-9 オフセット周波数に対する所要 D/U (dB)

(条件: $\Delta 7.5\text{kHz}$ 、 $\text{BER}=1 \times 10^{-4}$ 、 $\text{S/N}=30\text{dB}$ 、周波数変動無し、モデル 2)

妨害波 希望波		16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (FM)
		15kHz			7.5kHz		30kHz
16QAM(現行)	15kHz						
QPSK ワイド							
4 値 FSK ワイド							
QPSK ナロー	7.5kHz				-48.8	-40.5	
4 値 FSK ナロー					-51.2	-49.1	
アナログ(FM)	30kHz						

表 3.1-10 オフセット周波数に対する所要 D/U (dB)

(条件: $\Delta 11.25\text{kHz}$ 、 $\text{BER}=1 \times 10^{-4}$ 、 $\text{S/N}=30\text{dB}$ 、周波数変動無し、モデル 2)

妨害波 希望波		16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (FM)
		15kHz			7.5kHz		30kHz
16QAM(現行)	15kHz				-41.5	-39.4	
QPSK ワイド					-48.0	-46.3	
4 値 FSK ワイド					-54.0	-46.9	
QPSK ナロー	7.5kHz	-40.6	-48.5	-37.0			-26.3
4 値 FSK ナロー		-44.2	-50.8	-38.0			-32.0
アナログ(FM)	30kHz				-49.8	-41.5	

表 3.1-11 オフセット周波数に対する所要 D/U(dB)
(条件: $\Delta 15\text{kHz}$ 、 $\text{BER}=1 \times 10^{-4}$ 、 $\text{S/N}=30\text{dB}$ 、周波数変動無し、モデル 2)

妨害波 希望波		16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (FM)
		15kHz			7.5kHz		30kHz
16QAM(現行)	15kHz	-34.3	-40.0	-34.5			-29.5
QPSK ワイド		-40.8	-46.7	-41.2			-31.7
4 値 FSK ワイド		-43.0	-52.0	-48.0			-41.0
QPSK ナロー	7.5kHz						
4 値 FSK ナロー							
アナログ(FM)	30kHz	-44.0	-48.7	-41.2			

表 3.1-12 オフセット周波数に対する所要 D/U(dB)
(条件: $\Delta 18.75\text{kHz}$ 、 $\text{BER}=1 \times 10^{-4}$ 、 $\text{S/N}=30\text{dB}$ 、周波数変動無し、モデル 2)

妨害波 希望波		16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (FM)
		15kHz			7.5kHz		30kHz
16QAM(現行)	15kHz				-53.0	-46.1	
QPSK ワイド					-59.4	-53.0	
4 値 FSK ワイド					-63.3	-52.0	
QPSK ナロー	7.5kHz	-55.3	-60.8	-53.3			-55.3
4 値 FSK ナロー		-56.8	-59.9	-55.7			-57.3
アナログ(FM)	30kHz				-57.6	-46.0	

表 3.1-13 オフセット周波数に対する所要 D/U(dB)
(条件: $\Delta 0\text{Hz}$ 、 $\text{BER}=1 \times 10^{-4}$ 、 $\text{S/N}=30\text{dB}$ 、モデル 2)

妨害波 希望波		16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (FM)
		15kHz			7.5kHz		30kHz
16QAM(現行)	15kHz	15.8	14.8	10.6			11.6
QPSK ワイド		8.8	7.8	3.6			4.6
4 値 FSK ワイド		9.1	8.7	8.7			8.2
QPSK ナロー	7.5kHz				8.1	3.6	
4 値 FSK ナロー					8.4	10.3	
アナログ(FM)	30kHz	16.3	16.3	18.4			

3.1.3 試験装置によるデータの取得

机上検討シミュレーション結果を検証するために、試験装置を用いた室内実験(U 波:SG)を実施し、周波数共用特性(一部の条件による)を併行して測定した。

(1) 隣接周波数共用条件を満たすオフセット周波数

D/U=0dB,-20dB,-40dB に対して、所望の回線条件(BER=1×10⁻⁴、S/N=30dB)を満たすオフセット周波数を測定した結果を、表 3.1-14～表 3.1-16 に示す。(U:上側、L:下側)

表 3.1-14 隣接周波数許容条件を満たすオフセット周波数(kHz)
(条件:D/U=0dB、BER=1×10⁻⁴、S/N=30dB)＜試験装置評価値＞

妨害波(U) 希望波(D)		16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (FM)
		15kHz			7.5kHz		30kHz
16QAM(現行)	15kHz	U:+11.53 L:-11.52	U:+11.77 L:-11.79	U:+8.58 L:-8.64	U:+9.2 L:-9.28	U:+7.98 L:-8.01	U:+10.90 L:-10.95
QPSK ワイド		U:+9.99 L:-9.95	U:+10.02 L:-10.04	U:+8.58 L:-8.58	U:+8.08 L:-8.13	U:+7.07 L:-6.94	U:+9.95 L:-9.98
4 値 FSK ワイド		U:+8.80 L:-8.58	U:+8.85 L:-8.55	U:+6.65 L:-6.49	U:+6.25 L:-5.97	U:+5.3 L:-5.07	U:+8.30 L:-8.10
QPSK ナロー	7.5kHz	U:+8.31 L:-8.44	U:+8.26 L:-8.31	U:+6.21 L:-6.34	U:+5.45 L:-5.51	U:+5.02 L:-5.14	U:+7.32 L:-7.45
4 値 FSK ナロー		U:+6.94 L:-6.63	U:+7.03 L:-6.54	U:+4.69 L:-4.72	U:+4.36 L:-4.41	U:+3.65 L:-3.40	U:+6.60 L:-6.40
アナログ(FM)	30kHz	U:+11.98 L:-12.36	U:+12.60 L:-12.45	U:+10.06 L:-10.35	U:+9.64 L:-9.8	U:+8.71 L:-8.95	—

表 3.1-15 隣接周波数許容条件を満たすオフセット周波数(kHz)
(条件:D/U=-20dB、BER=1×10⁻⁴、S/N=30dB)＜試験装置評価値＞

妨害波(U) 希望波(D)		16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (FM)
		15kHz			7.5kHz		30kHz
16QAM(現行)	15kHz	U:+12.70 L:-12.72	U:+12.80 L:-12.84	U:+9.92 L:-9.95	U:+9.20 L:-9.28	U:+9.45 L:-9.45	U:+10.90 L:-10.95
QPSK ワイド		U:+11.99 L:-12.01	U:+12.01 L:-12.04	U:+12.07 L:-12.14	U:+9.43 L:-9.45	U:+8.99 L:-8.88	U:+9.95 L:-9.98
4 値 FSK ワイド		U:+10.50 L:-10.20	U:+10.40 L:-10.21	U:+9.82 L:-9.75	U:+7.23 L:-6.98	U:+6.93 L:-6.65	U:+8.30 L:-8.10
QPSK ナロー	7.5kHz	U:+9.76 L:-9.83	U:+9.72 L:-9.84	U:+9.62 L:-9.77	U:+6.53 L:-7.67	U:+6.38 L:-6.43	U:+7.32 L:-7.45
4 値 FSK ナロー		U:+8.41 L:-8.24	U:+8.35 L:-8.27	U:+9.80 L:-9.57	U:+5.26 L:-5.27	U:+5.30 L:-5.02	U:+6.60 L:-6.40
アナログ(FM)	30kHz	U:+13.85 L:-14.00	U:+14.04 L:-14.23	U:+12.91 L:-13.15	U:+11.06 L:-11.20	U:+10.57 L:-10.77	—

表 3.1-16 隣接周波数許容条件を満たすオフセット周波数(kHz)
(条件: D/U=-40dB、BER=1×10⁻⁴、S/N=30dB)〈試験装置評価値〉

妨害波(U) 希望波(D)		16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (FM)
		15kHz			7.5kHz		30kHz
16QAM(現行)	15kHz	U:+13.65 L:-13.67	U:+13.87 L:-13.88	U:+15.16 L:-15.25	U:+11.35 L:-11.50	U:+10.85 L:-10.84	U:+17.35 L:-17.50
QPSK ワイド		U:+14.23 L:-14.83	U:+14.22 L:-14.97	U:+14.73 L:-14.78	U:+11.27 L:-11.41	U:+11.9 L:-11.7	U:+16.58 L:-16.71
4 値 FSK ワイド		U:+11.40 L:-11.86	U:+11.32 L:-11.06	U:+12.50 L:-12.36	U:+8.52 L:-8.02	U:+7.92 L:-7.92	U:+14.40 L:-14.80
QPSK ナロー	7.5kHz	U:+10.58 L:-10.64	U:+10.47 L:-10.56	U:+10.92 L:-11.06	U:+6.91 L:-7.02	U:+7.15 L:-7.32	U:+13.13 L:-13.25
4 値 FSK ナロー		U:+9.27 L:-9.38	U:+9.66 L:-9.44	U:+10.54 L:-10.60	U:+6.16 L:-6.69	U:+6.52 L:-6.29	U:+12.96 L:-12.60
アナログ(FM)	30kHz	U:+16.79 L:-15.89	U:+16.93 L:-16.13	U:+14.81 L:-15.46	U:+14.33 L:-13.55	U:+12.03 L:-12.26	—

(2) 隣接周波数共用条件を満たす所要 D/U

オフセット周波数(△=15kHz、7.5kHz、0Hz)に対して、所望の回線条件(BER=1×10⁻⁴、S/N=30dB)を得るために必要な D/U を測定した結果を、表 3.1-17～表 3.1-19 に示す。

表 3.1-17 オフセット周波数に対する所要 D/U(dB): △15kHz
(条件: △15kHz、BER=1×10⁻⁴、S/N=30dB)〈試験装置評価値〉

妨害波(U) 希望波(D)		16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (FM)
		15kHz			7.5kHz		30kHz
16QAM(現行)	15kHz	-46.3	-46.4	-38.8			-25.4
QPSK ワイド		-49.4	-49.8	-42.4			-30.7
4 値 FSK ワイド		-55.2	-53.1	-56.3			-43.2
QPSK ナロー	7.5kHz						
4 値 FSK ナロー							
アナログ(FM)	30kHz	-33.6	-34.4	-39.1			—

表 3.1-18 オフセット周波数に対する所要 D/U(dB): $\Delta 7.5\text{kHz}$
(条件: $\Delta 7.5\text{kHz}$ 、BER= 1×10^{-4} 、S/N=30dB) <試験装置評価値>

妨害波(U) 希望波(D)		QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー
		7.5kHz	
QPSK ナロー	7.5kHz	-47.6	-38.9
4 値 FSK ナロー		-60.2	-51.8

表 3.1-19 オフセット周波数に対する所要 D/U(dB): $\Delta 0\text{Hz}$
(条件: $\Delta 0\text{Hz}$ 、BER= 1×10^{-4} 、S/N=30dB) <試験装置評価値>

妨害波(U) 希望波(D)		16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (FM)
		15kHz			7.5kHz		30kHz
16QAM (現行)	15kHz	19.6	19.7	18.2			17.6
QPSK ワイド		10.2	9.6	9.0			9.1
4 値 FSK ワイド		10.9	10.5	11.8			9.6
QPSK ナロー	7.5kHz				9.3	7.9	
4 値 FSK ナロー					9.9	11.8	
アナログ(FM)	30kHz	17.9	18.8	19.1			—

3.1.4 考察及びデータの整理

(1) 隣接周波数共用条件を満たすオフセット周波数共用条件の試験結果の考察

シミュレーションと試験機を用いた測定結果を検証したところ、周波数オフセットが小さい場合、あるいは D/U が大きい領域(D/U=0dB)では両者の結果は概ね一致。

一方、周波数オフセットが大きく、あるいは D/U が小さい領域(D/U=-20dB、-40dB)では試験装置の結果の方が全体的な傾向として低い値の傾向となっている。試験機とシミュレーションを比較した場合の差異については、主に以下の2つの要因が推測される。

- ・ 試験装置の測定の際に妨害波として用いた SG 出力の帯域外雑音レベルが、シミュレーションモデル(実力値モデル)よりも低い事による
- ・ シミュレーションモデルが理想的なLPF(デジタルフィルタ)で構成されるのに対して、試験機の受信フィルタ(部品)の減衰特性の違いによる

ア 隣接周波数許容条件を満たすオフセット特性

- ① 希望波がデジタルの場合、試験機結果の方が所要オフセットが小さい(良好な)傾向にある。これについては、この領域では妨害波の帯域外雑音の影響が支配的になるため、試験装置の測定の際に妨害波として用いた SG 出力の帯域外雑音レベルが低い事による差異と推測される。
- ② 希望波がアナログの場合、シミュレーション結果の方が所要オフセットが小さい(良好な)傾向にある。これについては、受信機のフィルタ特性に関して、シミュレーションモデルが理想的なLPF(デジタルフィルタ)で構成され、一方、試験機の受信フィルタ(部品)の減衰特性の傾きの違いの影響(※1)と推測される。

(※1)アナログの受信フィルタ特性(無線設備規則第 58 条の 2):

6dB 帯域で $\pm 6\text{kHz}$ (12kHz)以上、70dB 帯域で $\pm 12.5\text{kHz}$ (25kHz)以下

→アナログ(FM)は 30kHz 間隔での運用を想定し、15kHz 間隔での運用は想定されていないため、最大 $\pm 6.5\text{kHz}$ (13kHz)程度の帯域幅(カットオフ)の偏差が想定される。

イ 隣接周波数共用条件を満たす所要 D/U

- ① 希望波がデジタルの場合、試験機結果の方が所要 D/U が小さい(良好な)傾向にある。これについては、試験装置の測定の際に妨害波として用いた SG 出力の帯域外雑音レベルが低い事による差異と推測される。
- ② 希望波がアナログの場合、シミュレーション結果の方が所要 D/U が小さい(良好な)傾向にある。これについては、受信機のフィルタ特性に関して、シミュレーションモデルが理想的なLPF(デジタルフィルタ)で構成され、一方、試験機の受信フィルタ(部品)の減衰特性の傾きの違いの影響(※2)と推測される。

(※2)アナログの受信フィルタ特性(無線設備規則第 58 条の 2):

6dB 帯域で $\pm 6\text{kHz}$ (12kHz)以上、70dB 帯域で $\pm 12.5\text{kHz}$ (25kHz)以下

→アナログ(FM)は 30kHz 間隔での運用を想定し、15kHz 間隔での運用は想定されていないため、10dB以上の偏差が想定される。

ウ 隣接周波数共用条件を満たす所要 D/U($\angle 0\text{Hz}$)

希望波がデジタルの場合、試験機結果の方が所要 D/U が小さい(良好な)傾向にある。これについては、受信機の復調処理に関して、シミュレーションにおいてはシンボル判定の位相を理想状態として行っているのに対し、実機においてはシンボル判定する際に位相追従処理を行うため、BER 劣化として現れたためと推測される。

(シミュレーションとの最大誤差(想定):9dB、※3)

(※3) 機器固定劣化マージン 6dB+干渉マージン 3dB=9dB

(2) 同一周波数共用条件の試験結果の考察

ア ガウス雑音と変調波のピークの影響の関係について

同一周波数共用条件を満たす D/U は、所要 C/N より低い傾向にある。これは、妨害波(変調信号)のピーク電力が、ガウス雑音のピーク電力と比べ、低い値であるためである。一例として、QPSK 変調波とガウス雑音について、振幅の累積度数分布(横軸:rms 値(平均電力の平方根)で正規化した振幅、縦軸:(1-累積度数)の対数表記)のグラフを図 3.1-10 に示す(図で、縦軸が 1×10^{-4} の場合(累積度数が 99.999%($=1 - 1 \times 10^{-4}$)となる場合)の振幅が希望波の判定しきい値を超える場合に BER が 1×10^{-4} となる)。これより、出現確率が 1×10^{-4} のピークは、ガウス雑音の場合で RMS 値の 2.75 倍 (8.8dB) であるのに対し、QPSK 変調波の場合は rms 値の 1.3 倍 (2.3dB) で相対的に低い。このため、QPSK 変調波を妨害波とした場合の所要 D/U(CIR)は、ガウス雑音の場合に対比して、希望波の判定しきい値を超える直前までビット誤りが生じず、所要 D/U が低い値となるものと想定される。

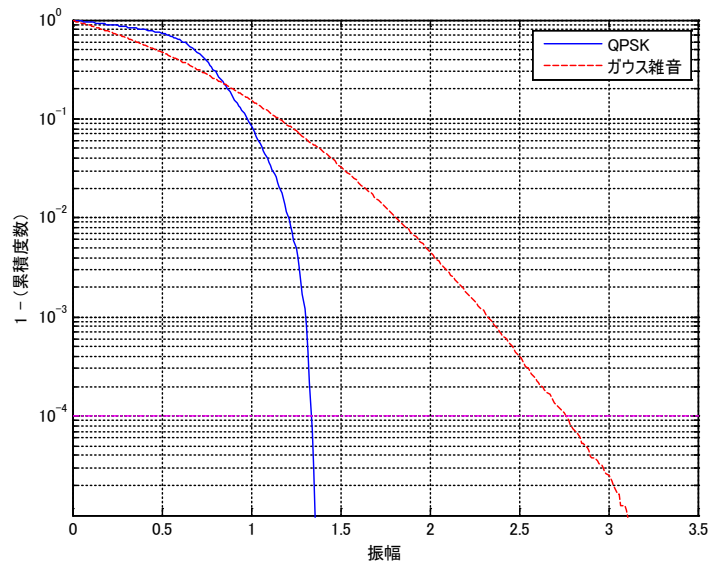


図 3.1-10 振幅の累積度数分布特性

イ 線形変調系と非線形(定包絡線)変調系の関係について

定包絡線変調方式である 4 値 FSK や FM は、ピークファクタが 0dB であるため、線形変調方式である 16QAM や QPSK と比べると、所要 D/U が低い値となる。特に、希望波よりも帯域幅の狭い 4 値 FSK が妨害波となった場合は、妨害波の全周波数成分が受信帯域幅に入るため、妨害波は受信ベースバンドで識別点を中心とした円となり、更に所要 D/U が低い値となるものと想定される。一例として、同一周波数干渉(希望波:QPSK ナロー方式、妨害波:4 値 FSK ナロー方式、D/U=4dB)の場合の QPSK 復調信号(I、Q、コンスタレーション)を図 3.1-11 に示す。

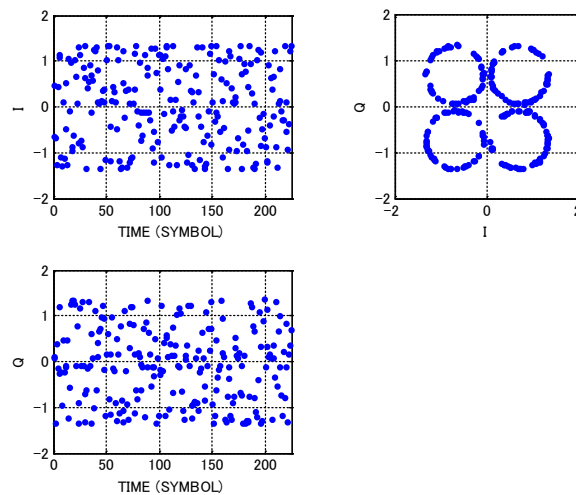


図 3.1-11 同一周波数干渉時の QPSK 復調信号

(希望波:QPSK ナロー方式、妨害波:4 値 FSK ナロー方式、D/U=4dB)

以上のことから、本ミュレーション解析により、おおむね実機相当(模擬)の結果が得られているものと想定されることから、以降の検討(周波数変動を考慮した隣接周波数共用条件の

整理)においては、本シミュレーション(実力値モデル(モデル 2))の解析結果に基づいて整理するものとした。

(3) 周波数変動を考慮した隣接周波数共用条件を満たす所要 D/U の条件の整理

各変調方式のチャンネル間隔と配置の関係から想定されるオフセット周波数に、さらに周波数の変動分(0.42kHz)を加味した条件($\angle(3.75-0.42)$ 、 $\angle(7.5-0.42)$ 、 $\angle(11.25-0.42)$ 、 $\angle(15-0.42)$ 、 $\angle(18.75-0.42)$ kHz)に対して、所望の回線条件(BER= 1×10^{-4} 、S/N=30dB)を得るために必要な D/U(隣接周波数共用条件)を求めた結果を、表 3.1-20～表 3.1-24 に示す。表において、斜線部は周波数配置検討により想定される周波数配置(6 通りの検討対象)に無関係な変調方式の合わせである。

表 3.1-20 オフセット周波数に対する所要 D/U(dB): $\angle 3.75$ kHz
(条件: $\angle(3.75-0.42)$ kHz、BER= 1×10^{-4} 、S/N=30dB、周波数変動有り、モデル 2)

妨害波 希望波		16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (FM)
		15kHz			7.5kHz		30kHz
16QAM(現行)	15kHz				14.0	12.0	
QPSK ワイド					7.3	3.5	
4 値 FSK ワイド					8.1	8.6	
QPSK ナロー	7.5kHz	6.2	5.2	5.7			4.6
4 値 FSK ナロー		6.8	6.6	6.8			7.0
アナログ(FM)	30kHz				15.7	15.3	

表 3.1-21 オフセット周波数に対する所要 D/U(dB): $\angle 7.5$ kHz
(条件: $\angle(7.5-0.42)$ kHz、BER= 1×10^{-4} 、S/N=30dB、周波数変動有り、モデル 2)

妨害波 希望波		16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (FM)
		15kHz			7.5kHz		30kHz
16QAM(現行)	15kHz						
QPSK ワイド							
4 値 FSK ワイド							
QPSK ナロー	7.5kHz				-48.0	-36.2	
4 値 FSK ナロー					-49.2	-47.2	
アナログ(FM)	30kHz						

表 3.1-22 オフセット周波数に対する所要 D/U(dB) : $\Delta 11.25\text{kHz}$
(条件: $\Delta(11.25-0.42)\text{kHz}$ 、BER= 1×10^{-4} 、S/N=30dB、周波数変動有り、モデル 2)

妨害波 希望波		16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (FM)
		15kHz			7.5kHz		30kHz
16QAM(現行)	15kHz				-40.0	-36.7	
QPSK ワイド					-46.3	-43.5	
4 値 FSK ワイド					-52.8	-47.0	
QPSK ナロー	7.5kHz	-40.0	-48.0	-33.7			-23.3
4 値 FSK ナロー		-43.7	-50.4	-34.2			-29.3
アナログ(FM)	30kHz				-48.8	-40.5	

表 3.1-23 オフセット周波数に対する所要 D/U(dB): $\Delta 15\text{kHz}$
(条件: $\Delta(15-0.42)\text{kHz}$ 、BER= 1×10^{-4} 、S/N=30dB、周波数変動有り、モデル 2)

妨害波 希望波		16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (FM)
		15kHz			7.5kHz		30kHz
16QAM(現行)	15kHz	-34.3	-40.0	-32.0			-25.2
QPSK ワイド		-40.8	-46.7	-38.5			-28.9
4 値 FSK ワイド		-42.2	-51.3	-46.2			-38.0
QPSK ナロー	7.5kHz						
4 値 FSK ナロー							
アナログ(FM)	30kHz	-43.0	-47.4	-39.5			

表 3.1-24 オフセット周波数に対する所要 D/U(dB): $\Delta 18.75\text{kHz}$
(条件: $\Delta(18.75-0.42)\text{kHz}$ 、BER= 1×10^{-4} 、S/N=30dB、周波数変動有り、モデル 2)

妨害波 希望波		16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (FM)
		15kHz			7.5kHz		30kHz
16QAM(現行)	15kHz				-52.7	-46.1	
QPSK ワイド					-59.1	-53.0	
4 値 FSK ワイド					-63.0	-51.7	
QPSK ナロー	7.5kHz	-53.7	-59.5	-52.7			-55.2
4 値 FSK ナロー		-56.8	-59.9	-55.2			-56.7
アナログ(FM)	30kHz				-57.3	-45.7	

(4) 周波数変動を考慮した隣接周波数共用条件を満たす所要 D/U(まとめ)

以上において導出・整理した、周波数変動を考慮した隣接周波数共用条件(表 3.1-20～表 3.1-24)及び周波数共用条件(表 3.1-13)については、より実用的なものとするため、最悪値を考慮し、小数点以下を丸めて整理した。結果を表 3.1-25～表 3.1-30 にまとめる。

各表において、斜線部は周波数配置検討により想定される周波数配置(6 通りの検討対象)に無関係な変調方式の合わせである。

なお、ここで得られた周波数共用条件の結果については、無線機器の固定劣化等を含んでいない条件(受信フィルタや同期系等が理想的なモデル)であるため、実運用での回線設計においては、各種マージンを加味することに留意する。

表 3.1-25 隣接周波数干渉の条件を満たす所要 D/U(dB)まとめ: $\Delta 3.75\text{kHz}$
(条件: $\Delta(3.75-0.42)\text{kHz}$ 、 $\text{BER}=1 \times 10^{-4}$ 、 $\text{S/N}=30\text{dB}$ 、周波数変動有り、モデル 2)

希望波 \ 妨害波		16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (FM)
		15kHz			7.5kHz		30kHz
16QAM(現行)	15kHz				14	12	
QPSK ワイド					8	4	
4 値 FSK ワイド					9	9	
QPSK ナロー	7.5kHz	7	6	6			5
4 値 FSK ナロー		7	7	7			7
アナログ(FM)	30kHz				16	16	

表 3.1-26 隣接周波数干渉の条件を満たす所要 D/U(dB)まとめ: $\Delta 7.5\text{kHz}$
(条件: $\Delta(7.5-0.42)\text{kHz}$ 、 $\text{BER}=1 \times 10^{-4}$ 、 $\text{S/N}=30\text{dB}$ 、周波数変動有り、モデル 2)

希望波 \ 妨害波		16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (FM)
		15kHz			7.5kHz		30kHz
16QAM(現行)	15kHz						
QPSK ワイド							
4 値 FSK ワイド							
QPSK ナロー	7.5kHz				-48	-36	
4 値 FSK ナロー					-49	-47	
アナログ(FM)	30kHz						

表 3.1-27 隣接周波数干渉の条件を満たす所要 D/U(dB)まとめ: $\Delta 11.25\text{kHz}$
(条件: $\Delta(11.25-0.42)\text{kHz}$ 、 $\text{BER}=1 \times 10^{-4}$ 、 $\text{S/N}=30\text{dB}$ 、周波数変動有り、モデル 2)

希望波 \ 妨害波		16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (FM)
		15kHz			7.5kHz		30kHz
16QAM(現行)	15kHz				-40	-36	
QPSK ワイド					-46	-43	
4 値 FSK ワイド					-52	-47	
QPSK ナロー	7.5kHz	-40	-48	-33			-23
4 値 FSK ナロー		-43	-50	-34			-29
アナログ(FM)	30kHz				-48	-40	

表 3.1-28 隣接周波数干渉の条件を満たす所要 D/U(dB)まとめ: $\Delta 15\text{kHz}$
(条件: $\Delta(15-0.42)\text{kHz}$ 、 $\text{BER}=1 \times 10^{-4}$ 、 $\text{S/N}=30\text{dB}$ 、周波数変動有り、モデル 2)

希望波 \ 妨害波		16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (FM)
		15kHz			7.5kHz		30kHz
16QAM(現行)	15kHz	-34	-40	-32			-25
QPSK ワイド		-40	-46	-38			-28
4 値 FSK ワイド		-42	-51	-46			-38
QPSK ナロー	7.5kHz						
4 値 FSK ナロー							
アナログ(FM)	30kHz	-43	-47	-39			

表 3.1-29 隣接周波数干渉の条件を満たす所要 D/U(dB)まとめ: $\Delta 18.75\text{kHz}$
(条件: $\Delta(18.75-0.42)\text{kHz}$ 、 $\text{BER}=1 \times 10^{-4}$ 、 $\text{S/N}=30\text{dB}$ 、周波数変動有り、モデル 2)

希望波 \ 妨害波		16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (FM)
		15kHz			7.5kHz		30kHz
16QAM(現行)	15kHz				-52	-46	
QPSK ワイド					-59	-53	
4 値 FSK ワイド					-63	-51	
QPSK ナロー	7.5kHz	-53	-59	-52			-55
4 値 FSK ナロー		-56	-59	-55			-56
アナログ(FM)	30kHz				-57	-45	

表 3.1-30 同一周波数干渉の条件を満たす所要 D/U(dB)まとめ: $\Delta 10\text{Hz}$
(条件: $\Delta 10\text{Hz}$ 、 $\text{BER}=1 \times 10^{-4}$ 、 $\text{S/N}=30\text{dB}$ 、モデル 2)

希望波 \ 妨害波		16QAM (現行)	QPSK ワイド	4 値 FSK ワイド	QPSK ナロー	4 値 FSK ナロー	アナログ (FM)
		15kHz			7.5kHz		30kHz
16QAM(現行)	15kHz	16	15	11			12
QPSK ワイド		9	8	4			5
4 値 FSK ワイド		10	9	9			9
QPSK ナロー	7.5kHz				9	4	
4 値 FSK ナロー					9	11	
アナログ(FM)	30kHz	17	17	19			

音声符号化方式の屋外音声拡声特性に関する検討

1. 目的

新たな通信方式に対応する音声符号化方式については、無線回線における伝送速度が現行方式に比べて低速度となるため(45kbps→4.8～22.5kbps)、当該条件における音声符号化方式の選択及び再生品質については制限がある。

そのため、防災無線の実際の使用の様態に則した想定される屋外拡声の条件において、各変調方式(あるいは、変調方式に採用した音声符号化方式)の屋外音声拡声特性(拡声スピーカによる実聴)に係る試験を実施し、各デジタル変調方式(音声符号化方式)の屋外音声拡声特性及びアナログ方式と対比した屋外音声拡声特性の差異について評価し、拡声通報用としての使用可能性を判定する。

2. 試験条件等

(1) 試験放送の内容、条件等

試験放送の内容(原音)は、防災無線の実際の使用の様態を想定し、男性及び女性の読み上げ音声、サイレン、ミュージックチャイム、防災行政情報、J-ALERT等の内容を考慮したものとした。

試験放送の音源については、共通の原音を使用して、あらかじめ所定の条件における各方式の再生音を室内で制作し、現地に仮設した拡声器(スピーカ)から、試験放送を実施した。回線基準(音源の品質)としては以下を想定。

- ・デジタル:BER=1×10⁻⁴(現行審査基準)
- ・アナログ:一般装置(事例):S/N=46dB程度(審査基準:30dB標準)

(2) 評価方法

拡声通報に適するかの観点から、以下に示した音声品質(品質、雑音の影響度)と情報認識(聞く努力、単語の理解度、言葉の明瞭度)の評価項目について、総合的に評価(各5段階評価)を実施した(市役所職員等による実聴による)。

表2.1 評価項目

分類	評価項目	内 容
音声品質 評価	品 質	聞いた音に対し原音と比較し、音声品質を総合的に評価する。(拡声通報に適するかどうかの観点から評価を行う)
	雑音の影響度	聞いた音に対して音声コーデックの異音(音飛び、音化け等)や背景雑音等が 影響したかを評価する。
情報認識 評価	聞く努力	メッセージ理解のために努力が必要であったかを評価する。
	単語の理解度	単語自体の理解が困難であったかを評価する。
	言葉の明瞭度	それぞれの言葉がはっきりしているかを評価する。

表2.2 評価内容(5段階評価)

分類	評価項目	評価内容(5段階)
音声品質 評価	品質	5:非常に良い(拡声通報用として適し、音質も非常に良い) 4:良い(拡声通報用として適し、音質も良い) 3:普通(拡声通報として問題ないレベル) 2:悪い(拡声通報にはやや不適切) 1:非常に悪い(劣化が多く、拡声通報として適さない)
	雑音の影響度	5:雑音なし 4:雑音があるが影響なし 3:雑音の影響あり 2:雑音が邪魔 1:雑音が非常に邪魔
情報認識 評価	聞く努力	5:聞く努力は不要 4:ほとんど努力は不要 3:若干の努力が必要 2:努力が必要 1:努力したが聞き取れない
	単語の理解度	5:全く問題なし 4:ほとんど問題なし 3:時々理解できない 2:しばしば理解できない 1:全く理解できない
	言葉の明瞭度	5:常に明瞭 4:十分に明瞭 3:やや明瞭 2:あまり明瞭ではない 1:悪い

(3) 試験機材等

現行方式との音質を比較する上から、防災無線(同報系)の一般的な屋外拡声装置(事例)のものを採用する。

(4) 測定条件等

- ① 現行防災無線の拡声システムに準じた音圧条件を基準として評価を行う
- ② 方式による音質の違いのほか、距離減衰による音質の違いを評価する(帯域制限された拡声音声について、距離減衰(音圧)による違いを確認する)
- ③ 音圧は、拡声音と暗騒音の2つの測定を行う
- ④ 環境条件については、温度・湿度のほか風速を記録する。また、試験時に風やエコーの影響がないか確認する。(ただし、エコーの測定が困難のため聴感的の影響の有無を確認)

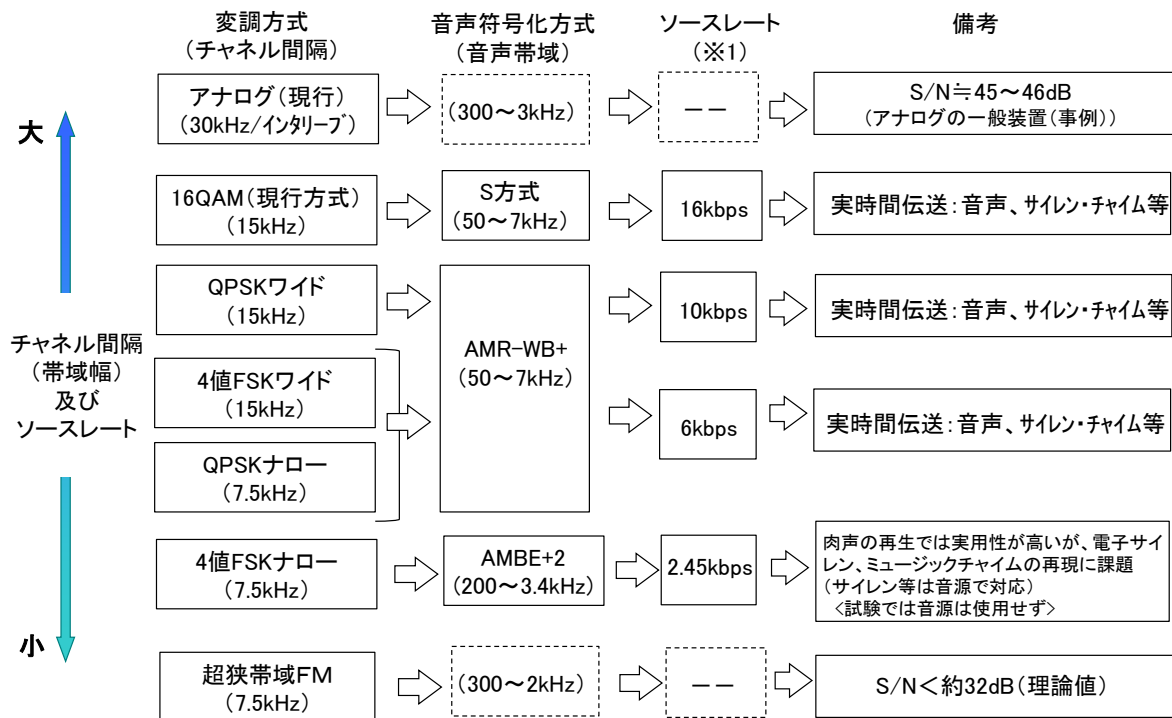
(5) 試験音声符号化方式等について

拡声試験を行った方式(以下の①～⑥)について、伝送品質における変調方式/音声符号化方式の体系の概要を図2.1に示す。

- ① アナログ方式:現行アナログ方式(FM)による音声

(最大周波数偏移:5kHz、音声最高周波数:3kHz、受信帯域幅:12kHz)

- ② S方式(16kbps): 現行デジタル(16QAM)による音声
(音声最高周波数:7kHz、ソースレート:16kbps)
- ③ AMR-WB+方式(10kbps): QPSK方式(15kHz間隔)に実装を想定した音声
(音声最高周波数:7kHz、ソースレート:10kbps)
- ④ AMR-WB+方式(6kbps): 4値FSK方式(15kHz間隔)及びQPSK(7.5kHz間隔)に実装を想定した音声
(音声最高周波数:7kHz、ソースレート:6kbps)
- ⑤ AMBE+2方式(2.45kbps): 4値FSK方式(7.5kHz間隔)に実装を想定した音声
(音声最高周波数:3.4kHz、ソースレート:2.45kbps)
- ⑥ 超狭帯域FM方式: FM方式を超狭帯域化(7.5kHz間隔)した音声
(最大周波数偏移:1.61kHz、音声最高周波数:2kHz、受信帯域幅:4.8kHz)



※1) ソースレート: 圧縮音声の情報伝送レート(誤り訂正(FEC)を除く)

図2.1 伝送品質における変調方式/音声符号化方式の体系(概要)

2. 試験実施の概要

(1) 実施の内容

- ア 日時 : 平成26年1月15日(水) 13時~15時
- イ 試験場所 : 山梨県大月市 総合グランド・陸上競技場
- ウ 評価者 : 30名(自治体職員、研究者(日本音響学会所属)、メーカー関係者)
- エ 試験放送内容

アナウンス(男性)、アナウンス(女性)、サイレン、ミュージックチャイム、行政放送(女性)、
Jアラート音源(チャイム+合成音声及び、サイレン+合成音声)

オ 評価内容

音質評価(品質、雑音の影響)及び、情報認識評価(聞く努力、単語の理解度、言葉の明瞭度)を5段階評価

カ 実施環境

- ・気象情報 : 天候:曇り、気温:6℃/湿度31%
- ・風速等 : 平均風速:2.0m(標準偏差:1.1)、平均風向:南東から2.4° 南より(標準偏差:46.0)

キ 音圧レベル等(※1)

- ・音圧レベル(騒音計にて男性試験放送の有音区間におけるピークレベルを計測)
①100m点:約66dB(65~70)、②200m点:約60dB
- ・暗騒音:30~40dB

(※1)

- ・距離(音圧)の異なる条件で評価するため、試験会場(大月市総合グラウンド・陸上競技場)における離隔距離(最大約200m)を考慮し、屋外拡声スピーカからの距離(音圧)の異なる2地点(100m及び200m地点)を試験位置に選定。さらに、屋外の拡声試験においては、気象条件等の影響で測定や再現性等の確認が難しいと想定されるため、この2地点に評価者をそれぞれ配置して(各地点に15名を配置)、同時に異なる距離(音圧)条件で拡声音質評価を行う方法とした。
- ・各地点の音圧条件は、200m地点で60dB(注)、100m地点で約66dB(60dB+マージン)の音圧レベルが得られるように、拡声スピーカの音量を設定した。
(注)公共空間における音声提示レベルを定めた国際規格(ISO24504):
最低レベル60dB

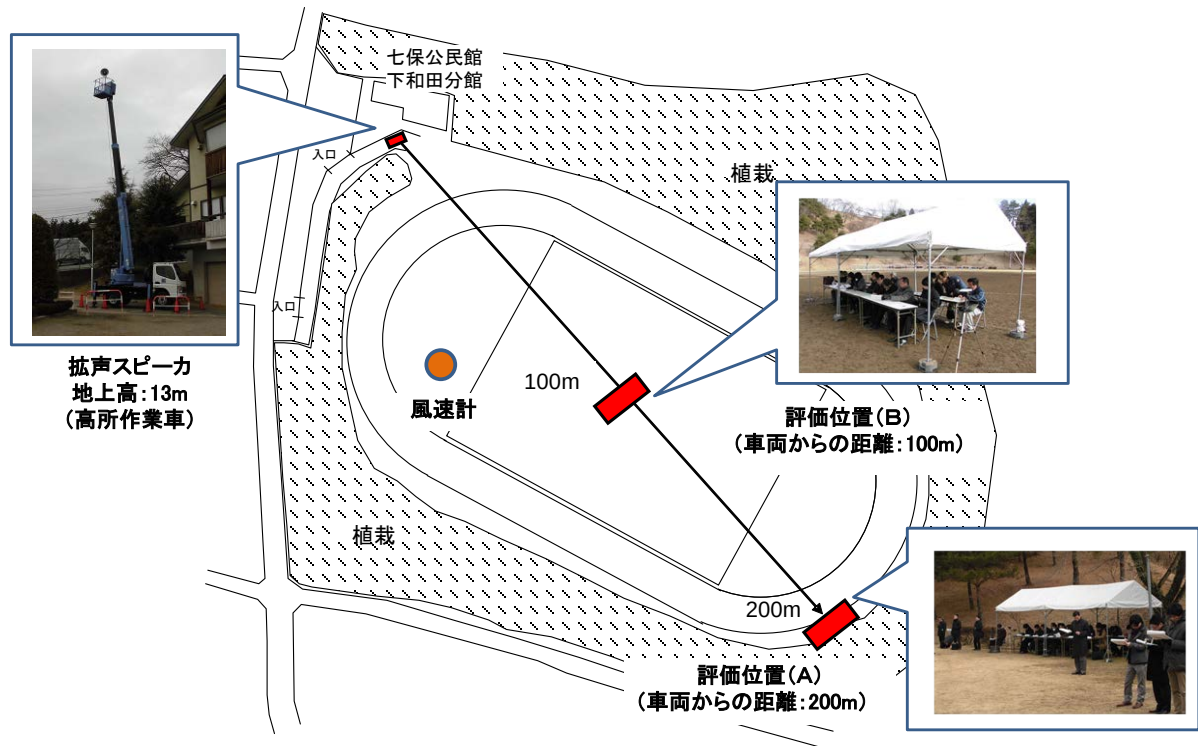


図2.2 拡声試験の機器配置

(2) 試験放送の内容

表2.2 試験放送の内容

	項目	内容	時間
1	男性アナウンス	「ただいまから、デジタル同報無線の、試験放送を、始めます。」	約1分
2	女性アナウンス	「今日は、晴天なり、」×3回、「ただいま、試験中、」×3回、 「これで、試験放送を、終わります。」	約1分
3	電子サイレン	(吹鳴5秒+無音6秒)×3回	約30秒
4	ミュージックチャイム	夕焼け小焼け	約1分
5	行政放送(模擬) (女性アナウンス)	「ただいまから試験放送を行います。」 「本日、1月15日、午後1時から、陸上競技場におきまして、防災行政無線の 音響試験を開催しております。スピーカーからサイレンなどの試験放送が流れま すので、ご理解とご協力をよろしくお願いします。」 「これで試験放送を終わります。」	約1分 (女性)
6	J-ALERT1(模擬) 〈チャイム+合成音声〉	「これは試験放送です。」×2回 〈Jアラート放送(模擬)〉 上り4音チャイム 「当地域に、」+「高潮、」+「警報がでました。今後の気象情報に注意 してください。」 +「これで訓練放送を終わります。」	約30秒 (男性)
7	J-ALERT2(模擬) 〈サイレン+合成音声〉	「これは試験放送です。」×2回 〈Jアラート放送(模擬)〉 消防サイレン(10秒吹鳴2秒休止)×2回 「津波注意報が発表されました。海岸付近の方は注意して下さい。」 +「これで訓練放送を終わります。」	約1分 (男性)

3. 試験結果及び考察

(1) 方式による音質の違い

各音源ごとに、総合評価値(全評価者(100m地点及び200m地点)に対する全評価項目の全体平均)と、現行アナログ方式を基準(ゼロ)としたときの差分について、以下に示す(図の結果は、評価点を便宜上、直線で結ぶ表示とした)。

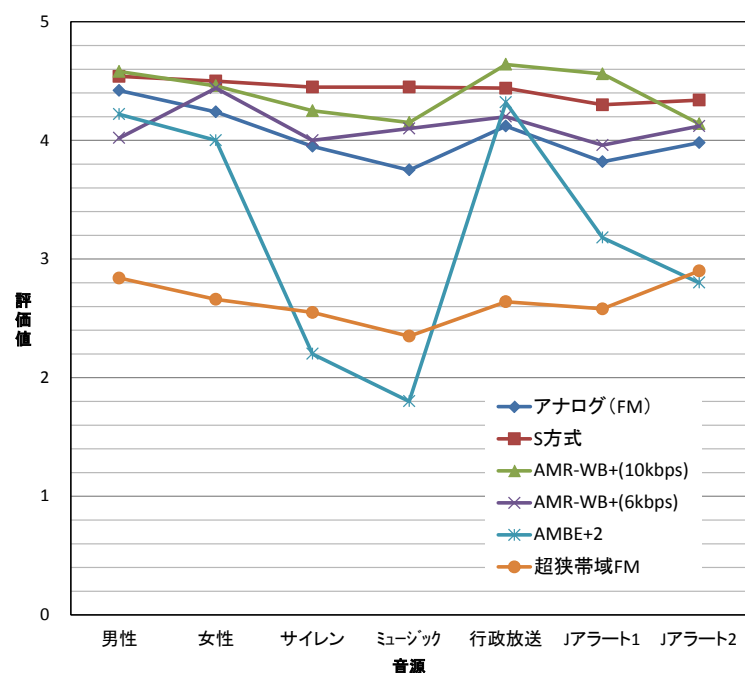


図3.1 総合評価(音源ごとの全体平均)

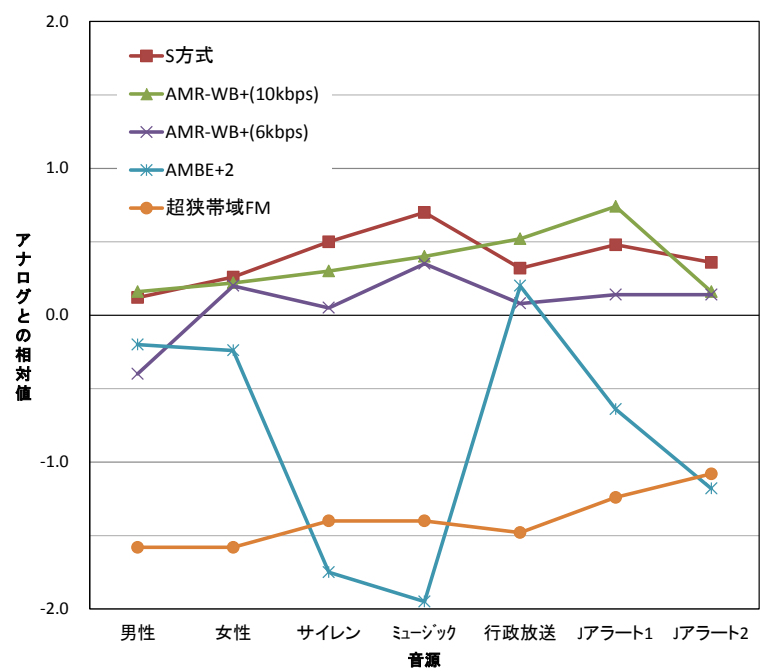


図3.2 総合評価(アナログとの差分)

表3.1 総合評価結果

方式 (ソースレート)	考 察	判定
S 方式 (16kbps) ※現行方式	評価内容のいずれも総合評価4以上、アナログ方式に対比して優位(平均: +0.4)となっており、ほぼ従来通りの結果値であると想定される。	◎
AMR-WB+ (10kbps)	評価内容のいずれも総合評価4以上、アナログ方式に対比して優位(平均: +0.4)となっており、拡声通報用としては使用可能と想定される。	◎
AMR-WB+ (6kbps)	評価内容のいずれも総合評価4以上、アナログ方式に対比して同等(平均: +0.1)となっており、拡声通報用としては使用可能と想定される。	○
AMBE+2 (2.45kbps)	アナウンスに関しては、総合評価4以上、アナログ方式に対比して同程度(平均: -0.1)となっており、拡声通報用としては使用可能。 サイレン、ミュージックチャイム、J アラートについては、音質劣化が認められるため、サイレン・ミュージック関係の音源蓄積方式の採用(併用)等、対策が必要と想定される。	△
超狭帯域 FM	評価内容のいずれも総合評価 3 未満、アナログに対比して劣る(平均: -1.4)となっており、拡声通報用としては適さないと想定される。	×

凡例(評価値): ◎: 優位(アナログ方式より良好)、○: 普通～やや優位(アナログ方式と同程度)、
△: 一部音源で拡声放送に適さない、×: 拡声放送に適さない

屋外拡声試験の結果、AMR-WB+方式が、ソースレート6kbpsにおいて、アナログ方式と同程度の拡声品質の確保が可能と判定。したがって、ソースレート6kbps以上を前提とすることが可能な変調方式については、現行のアナログ方式と同等以上の音質を確保するものとして拡声通報用として適当であると考えられる。

(2) 距離による音質の違い

距離減衰(100m地点に対する200m地点の差)については、平均で-0.2～-0.4程度の結果であった(アナログ方式: 平均-0.2、S方式: 平均-0.4、AMR-WB+(10kbps): 平均 -0.4、AMR-WB+(6kbps): 平均-0.3、AMBE+: 平均-0.4、超狭帯域FM: 平均-0.4)。距離の違いによる有意な違いはないものと想定される。

導入コストの低減に関する検討

1. 目的

新たな変調方式(QPSK方式、4値FSK方式)による、現行方式(16QAM)に比した導入コスト(システム整備費)の低廉化効果について検討する。

2. 導入コストの検討手順

導入コストの比較検討については、以下の手順により結果を取りまとめる。

表 2.1 導入コストの検討手順

項番	項目(手順)	取り組みの内容
1	同報系システムの試算モデルの検討	・各種統計情報等に基づいて、比較的小規模の市町村(仮想モデル)を想定する。 ①自治体の規模に関するモデル(市モデル、町村モデル) ②システムの構成に関するモデル(戸別受信機主体の構成、屋外拡子局主体の構成)
2	機器コストの調査検討	・調査検討会の製造業者構成員に概算コスト算出のアンケート調査を行い、その結果を、機器単位、設備単位及びシステム単位で取りまとめる。
3	システム価格の調査検討	・上記の想定モデル及び機器コストの調査検討結果をもとに、システム価格(戸別受信機の外部アンテナ設置工事費を含むシステム全体の整備費)を試算する。 ・戸別受信機の外部アンテナ設置工事費については、各方式の所要受信入力電圧の検討値(電波の通達距離)をもとに費用を試算する。
4	低廉化の考察	上記試算結果(システム価格、戸別受信機の外部アンテナ設置工事費)について、現行方式と比較を行い、方式による低減効果(低減化率)を求める。

3. 導入コストの試算条件等

3.1 試算条件(システムの概要、装置構成等)

システムの概略を図 3.1-1、機器コストの調査対象の概略を表 3.1-1 に示す。

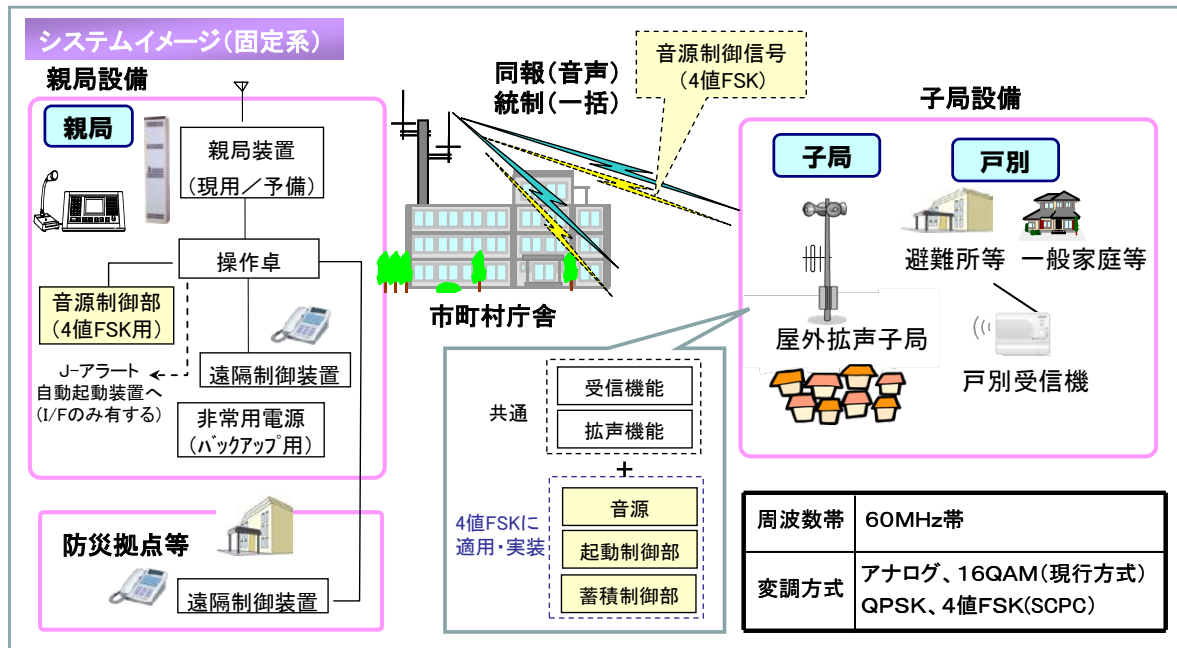


図 3.1-1 同報系システムの概略(試算条件)

表 3.1-1 機器コストの調査対象(試算条件)

設備	調査装置※1	説明等	備考
親局設備	親局装置	・親局装置として、放送を送信する無線装置。主要部分が現用/予備の冗長構成による	
	操作卓	・親局装置として、放送するための操作を行う装置で、同報と統制を必須機能とする	・J-ALERT 自動起動装置用 I/F を具備
	遠隔制御装置	・操作卓の代わりに離れた場所から放送を行う	
	非常用電源	・非常用電源(直流電源装置)(24 時間/72 時間 ※2)	・適用: 親局、操作卓
	音源制御部	・4 値 FSK(7.5kHz)用の音源制御部で、親局より受信機の音源を制御する。※4	
子局設備	屋外子局	・屋外に設置し、親局からの放送を拡声する ・非常用電源を付属(24 時間/72 時間 ※2)	・外接箱を含む。 ・4 値 FSK(7.5kHz)は音源を具備。※4
	戸別受信機	・各家庭に設置し、親局からの放送を行う(ロット:5,000 台未満/5,000 台以上 ※3)	・4 値 FSK(7.5kHz)は音源を具備。※4

(※1) ユニット以外の共通要素(空中線、拡声スピーカ、工事費及び保守費等)は、調査対象外とする。

(※2) 非常用電源は 24 時間と 72 時間を調査し、システム価格は 24 時間の方で試算する。

(※3) 戸別受信機は単品販売価格とする。

(設定作業費、据付工事費及び試験調整費は含めず。保守は返品修理のみを想定。)

(※4) 4 値 FSK(7.5kHz)方式に関する音源蓄積・制御の方式は以下とする。

受信機側に、定型音声・サイレン・チャイム等の音源(メモリ等)を備え、親局側から受信機側へ、音源を再生するための制御情報(起動信号、音源選択信号等)を送信して、受信機(子局、戸別)の音源を遠隔起動する。親局側からの小容量通信により、音源ファイルを一定の時間をかけて送出し、受信機側のメモリに蓄積するダウンロード機能に対応する。さらに、操作卓等のマイクからの任意音声により、拡声通報も可能とする。

3.2 試算条件(想定モデル)

固定系システムは、各市町村の地勢状況等により、サービスエリア設計やシステム構成の考え方が様々であるため、各種統計情報等に基づいたモデルを想定した。

(以下に示す2つの自治体モデルと2つのシステム構成の組み合わせによる)

(1) 自治体モデル

国勢調査等の統計情報より、以下の表 3.2-1 に示す2つのモデル(町村モデル、市モデル)を想定した。

・人口及び世帯数は、平成22年度総務省統計局・国勢調査に基づく全国平均。

(市モデルについては、18大都市(17政令指定と東京都区部)を除く)

表 3.2-1 自治体のモデル(同報系システム・試算条件)

項番	自治体モデル	人口(全国平均)	世帯数(全国平均)	面積(全国平均)
1	町村モデル	12,647 人	4,548 戸	167km ²
2	市モデル	105,336 人	40,992 戸	266km ²

(2) システム構成

同報(拡声)の運用形態により、以下の表に示すような2つのシステム構成(屋外子局主体、戸別受信機主体)の条件を設定した。なお、屋外子局の局数と戸別受信機の局数は、自治体モデルにより配置数を設定した。(詳細は後述による)

表 3.2-2 システム構成のモデル(同報系システム・試算条件)

項番	システム構成	システム構成(局数)			非常用電源
		親局(局)	屋外子局(局)	戸別受信機(台)	
1	屋外子局主体	1	町村:98 市:156	0(無し)	24 時間対応
2	戸別受信機主体	1	町村:11 市:48	町村:4,548(100%) 市:20,496(50%)	24 時間対応

(3) 屋外子局の配置の考え方

各システム構成における屋外子局の配置と局数の関係を以下に示す。

ア 屋外子局主体システムの場合

屋外子局は、宅地と農地をカバーするように配置するものと設定した。

① 土地利用状況面積構成比の統計(平成23年度国土交通省・土地利用概況):

宅地(3.9%)＋農地(12.6%)＝16.5% (3大都市圏を除く)

② 1局当たりの音達面積:0.28km²(半径300mの円形エリアをカバー)と想定

以上より、屋外子局の所要局数は、

・町村モデル(屋外子局主体の構成):167km²×16.5%／0.28km²＝98局

・市モデル(屋外子局主体の構成):266km²×16.5%／0.28km²＝156局

イ 戸別受信機主体システム場合

屋外子局の所要局数は、サービスエリアの要所(小・中学校、公民館)に配備するものと設定した。

① 学校基本調査の統計(平成 24 年度文部科学省・学校基本調査による)

- ・小学校の数(全国平均、切り上げ):町村:4、市:23
- ・中学校の数(全国平均、切り上げ):町村:2、市:11

② 社会教育調査の統計(平成 23 年度社会教育調査による)

- ・公民館の数(全国平均、切り上げ):町村:5、市:14

以上より、屋外子局の所要局数は、

- ・町村モデル(戸別受信機主体の構成): $4+2+5=11$ 局
- ・市モデル(戸別受信機主体の構成) : $23+11+14=48$ 局

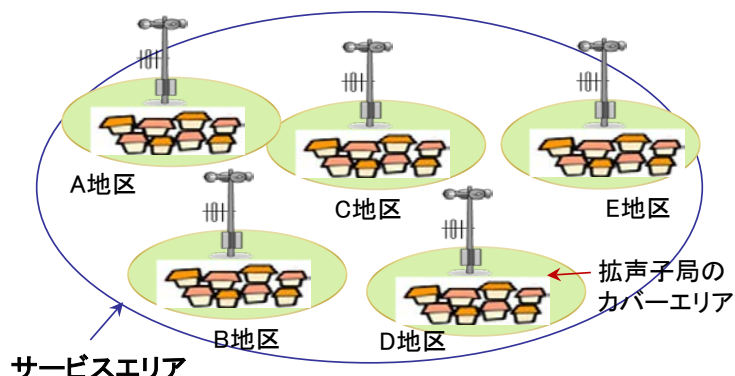


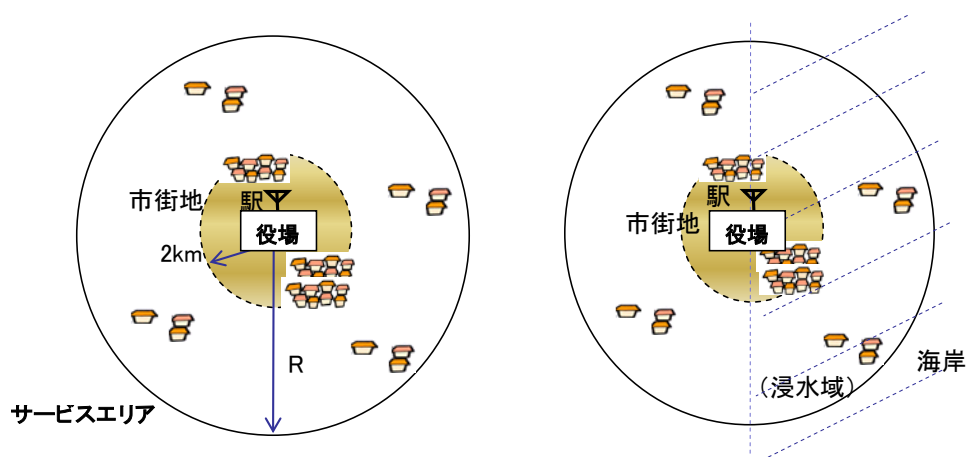
図 3.2-1 屋外子局の配置イメージ

(4) 戸別受信機の配置(世帯分布)の考え方

戸別受信機主体のシステム構成において、自治体モデルと配備率の関係、サービスエリア内の戸別受信機の配置(世帯分布)の考え方を以下に示す。

ア 自治体モデルと戸別受信機の配備率の関係

- ・町村モデル : 全世帯の 100% 配備(全戸別)=4,548 戸
 - ・市モデル : 全世帯の 50% 配備※1 =20,496 戸
- ※1 エリアの半分が海岸等(浸水域)に面する場合を想定。



(a) 町村モデル (戸別受信機: 100%) (b) 市モデル (戸別受信機: 50%)

図 3.2-2 サービスエリアと世帯分布(戸別受信機の配備)のイメージ

イ サービスエリアと世帯分布の関係

① サービスエリアの中心に駅と役場がある円形エリアを仮定

- ・町村モデル: $R=7.3\text{km}$ (モデル面積: 167km^2)
- ・市モデル : $R=9.2\text{km}$ (モデル面積: 266km^2)

② 最寄りの駅までの距離と住宅数の関係については、住宅土地統計調査の分布(平成 20 年度総務省統計局・住宅土地統計調査)により、以下のように設定した(18大都市(17 政令指定と東京都区部)を除く)。

- ・ $\sim 0.2\text{km}$ 未満 : 4.3%
- ・ $0.2\sim 0.5\text{km}$: 9.7%
- ・ $0.5\sim 1.0\text{km}$: 18.4%
- ・ $1.0\sim 2.0\text{km}$: 25.6%
- ・ 2.0km 以上 : 42.0%

ウ 自治体モデルに対する戸別受信機の屋外アンテナ必要数(試算事例)

距離と宅地数の比率の関係と、各方式の戸別受信機に対する通達距離の試算事例(下図の試算条件(参考資料4))より、各自治体モデル(戸別受信機主体)の外部アンテナ設置必要数を以下のように想定した。

① 各方式の通達距離:

- ・16QAM : 1.04km、(参考:アナログ 1.90km)
- ・QPSK(15kHz) : 2.07km
- ・4 値 FSK(15kHz) : 1.91km
- ・QPSK(7.5kHz) : 2.46km
- ・4 値 FSK(7.5kHz) : 2.28km

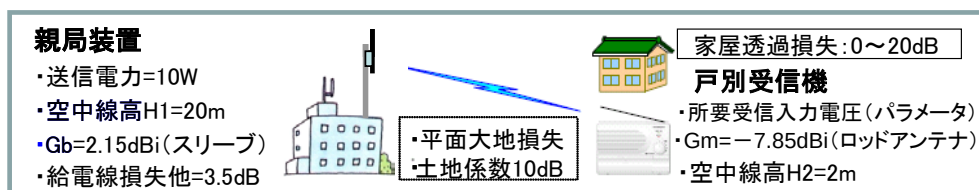


図 3.2-3 通達距離試算の条件等

② 各方式の外部アンテナの必要数(戸数)

1) 町村モデル(戸別配備の世帯数(100%): 4,548 戸):

- ・16QAM : 3,038 戸、(参考:アナログ 2,062 戸)
- ・QPSK(15kHz) : 1,898 戸
- ・4 値 FSK(15kHz) : 2,046 戸
- ・QPSK(7.5kHz) : 1,829 戸
- ・4 値 FSK(7.5kHz) : 1,862 戸

2) 市モデル(戸別配備の世帯数(50%): 20,496 戸):

・16QAM	13,690 戸、(参考:アナログ 9,292 戸)
・QPSK(15kHz)	8,553 戸
・4 値 FSK(15kHz)	9,219 戸
・QPSK(7.5kHz)	8,243 戸
・4 値 FSK(7.5kHz)	8,391 戸

4. 導入コストの試算(機器・設備、システム)

4.1 機器・設備単価の検討

導入コスト(システム費用)を試算するために必要な機器・設備単価については、製品供給メーカ(国内主要 7 社)に対して、機器の製造コスト等のアンケート調査を実施し、平均的な単価(最大値を除いた平均額)を求めた。結果を以下の表に示す(アナログは 6 社が回答)。

なお、共通部分(戸別受信機の工事費等)については、以下の想定価格とした。

- ・戸別受信機の据付工事(基本費用・共通):10k¥/台
- ・戸別受信機の外部アンテナ工事費(アンテナ及び関連工事一式):50k¥/台

表 4.1 機器・設備の平均単価

	機器構成	アナログ (現行)	16QAM (現行)	QPSK (15kHz)	4値FSK (15kHz)	QPSK (7.5kHz)	4値FSK (7.5kHz)
(基地局) 親局設備	基地局装置(10W、現用・予備)	3,292	4,617	4,050	3,683	4,050	3,683
	操作卓	13,064	17,150	16,150	16,150	16,150	16,150
	遠隔制御装置	1,835	1,640	1,603	1,603	1,603	1,603
	非常用電源(24H対応)	2,264	4,835	4,402	2,700	4,402	2,700
	非常用電源(72H対応)	4,767	7,200	6,633	5,500	6,633	5,500
	音源制御部(4値FSK)	—	—	—	—	—	1,100
(屋外拡声) 子局設備	屋外拡声子局 (24H対応)	1,438	2,157	2,207	1,807	2,207	1,807
	出力増幅部 (120W)	610	658	658	658	658	658
(戸別) 子局設備	戸別受信機(ロット:5,000台未満)	37	47	44	40	44	39
	戸別受信機(ロット:5,000台以上)	36	46	43	38	43	38
	外部アンテナ(含む工事費)	50/台					
	据付工事	10/台					

※単位:千円

※平均単価は最大値を除いた平均額。

4.2 導入コスト(システム費用)の検討

前述のシステム条件(想定モデル)をもとに、メーカーごとにシステム費用を試算し、最低価格と平均価格(最大値を除く)を導出した。各モデルの試算結果を以下に示す。

(1) 戸別受信機主体のシステム構成の場合

各方式の導入コストの試算結果(町村モデル、市モデル)を以下に示す。

導入コスト(システム整備費)については、現行方式(16QAM)に比べて新たなデジタル

方式は、町村モデルで 85～79%、市モデルで 84～77%に低減が想定される検討結果であった。また、外部アンテナの工事費については、現行方式(16QAM)が導入コスト全体の約 3 割を占めているものに対して、新たなデジタル方式は、所要受信入力電圧の低減により、現行方式に比べて外部アンテナの工事費が 61～67%に低減が想定される検討結果であった。

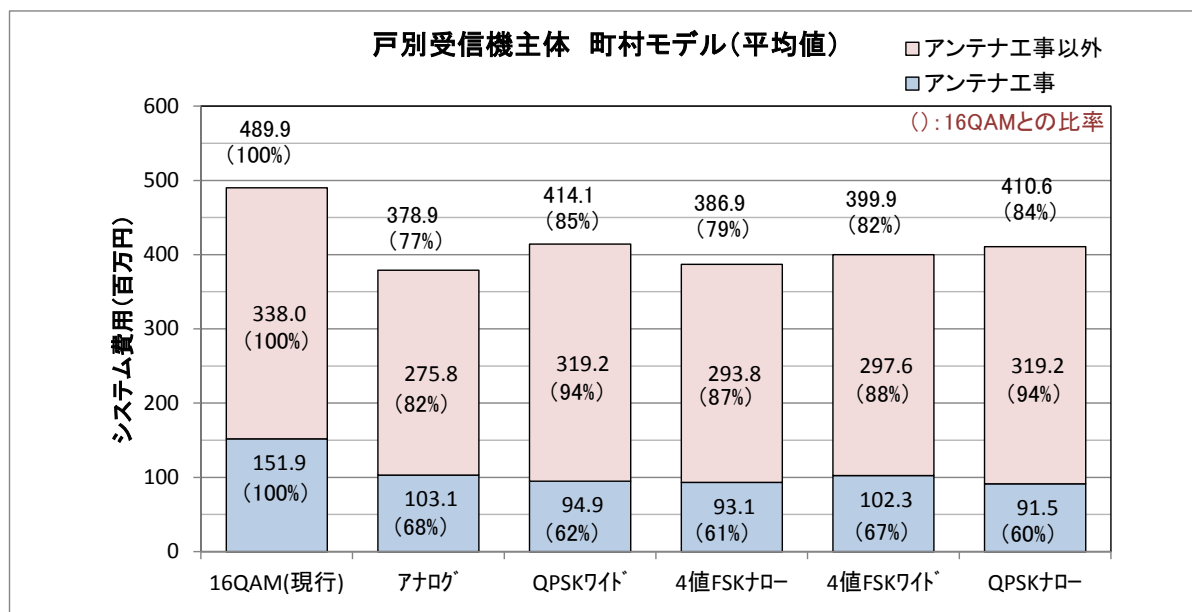


図 4.2-1 導入コストの試算結果(戸別受信機主体の構成:町村モデル)
(親局:1局、屋外拡声子局:11局、戸別受信機配備率:100%(対象:4,548世帯))

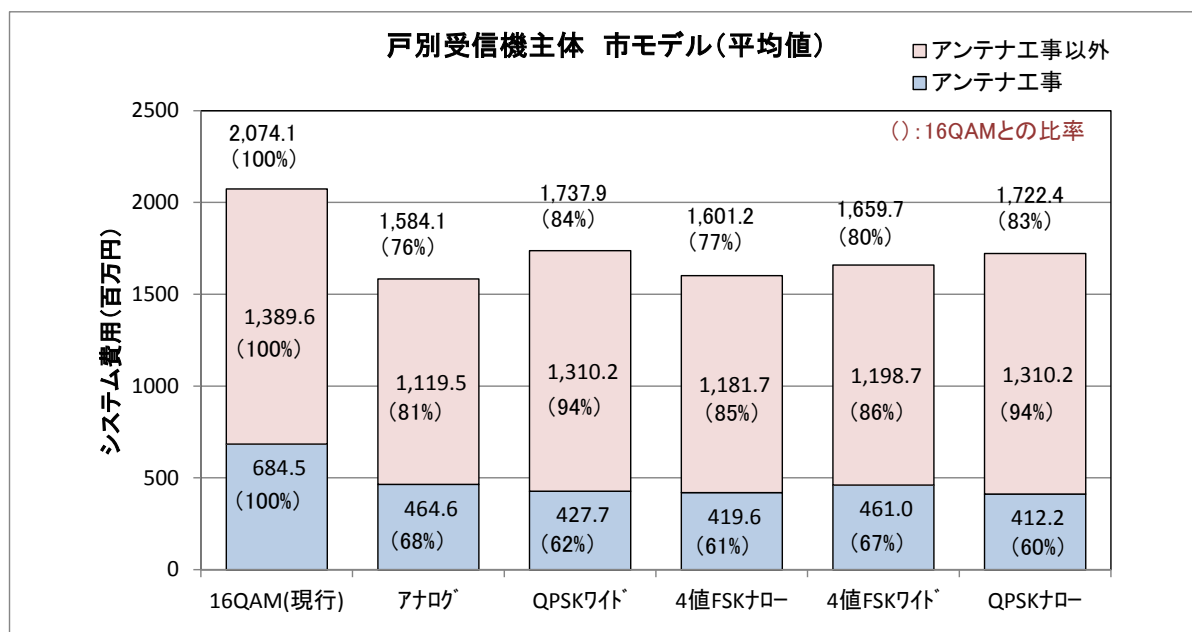


図 4.2-2 導入コストの試算結果(戸別受信機主体の構成:市モデル)
(親局:1局、屋外拡声子局:48局、戸別受信機配備率:50%(対象:20,496世帯))

(2) 屋外拡声子局主体のシステム構成の場合

各方式の導入コストの試算結果(町村モデル、市モデル)を以下に示す。

親局設備に関しては操作卓の考え方に各社の差があり、子局設備に関しては、屋外子局(バックアップ電源を含む)の差があるため、現行方式(16QAM)に比べて低廉化においては、QPSK方式(ワイド及びナロー)は現行方式(16QAM)とほぼ同等、4値FSK方式(ワイド及びナロー)は、現行方式とアナログの中間に低減が想定される検討結果であった。

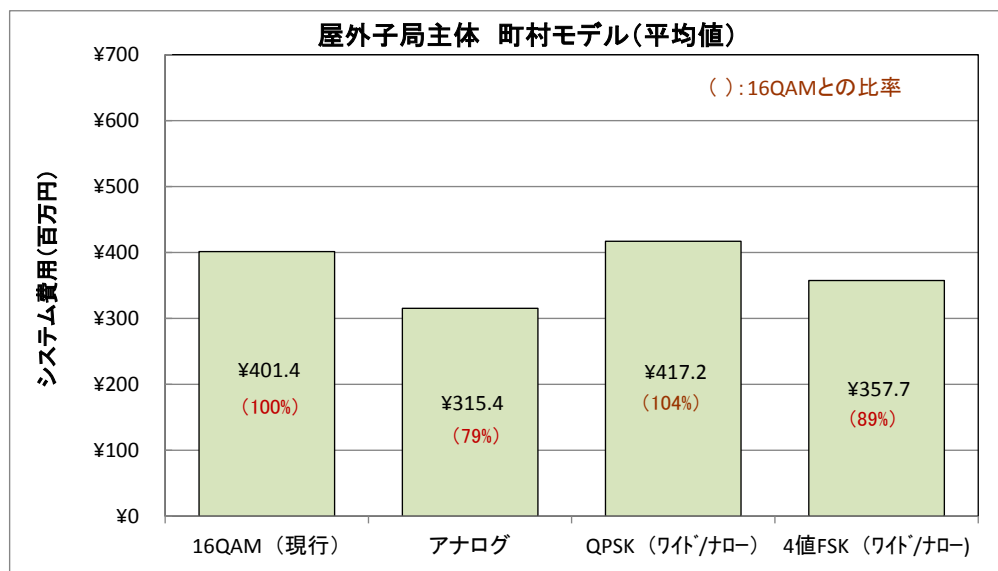


図 4.2-3 導入コストの試算結果(屋外拡声子局主体の構成:町村モデル)
(親局:1局、屋外拡声子局:98局、戸別受信機配備率:0%(無し))

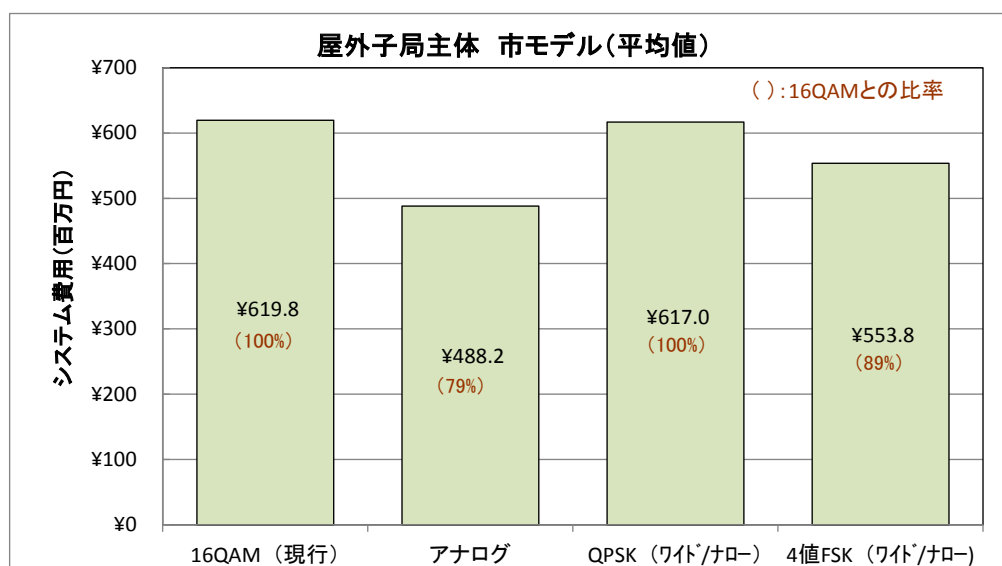


図 4.2-4 導入コストの試算結果(屋外拡声子局主体の構成:市モデル)
(親局:1局、屋外拡声子局:156局、戸別受信機配備率:0%(無し))

同報系防災行政無線による情報伝達の補完機能について

1. 経緯

同報系防災行政無線については、広く一般住民を対象とする情報伝達手段であり、高齢者や聴覚障がい者など災害弱者に対する情報伝達の補完機能の充実が望まれる。そこで、現在、同報系防災行政無線において実現されている主な機能をまとめた。

2. 現状

同報系防災行政無線は、基本的に、屋外に配置された拡声機(スピーカー)を通じ、音声により情報の周知伝達を行う構成となっている。一方、公共施設等に配置された拡声機については、繁華街や住宅地を考慮して配置されているが、スピーカーからの距離によって音声が増減することやビルや山間地における反射によって遅れて到達する音声によって聞きづらくなるなど地域の影響を受けざるを得ない。そこで、防災行政無線から送信される電波を直接受信することで、各家庭で屋外拡声子局での放送内容を聞くことができる「戸別受信機」の活用が進んでいる。

戸別受信機は、家庭内で直接住民に接触する情報提供手段であり、通常の音声による情報伝達を補完する機能、例えば、文字表示機能、ファクシミリによる情報の出力等を備えている。

(主要な情報伝達の補完機能)

- ・文字表示機能
- ・ファクシミリによる情報出力機能
- ・緊急一括放送における自動起動と最大音量での放送の再生

その他、市販の製品においては、ライトの点滅による注意喚起や放送内容の自動録音機能等、利用者を支援する機能が組み込まれている。

3. 同報系防災行政無線の戸別受信機として市販されている機器における補完機能の事例





文字表示器



FAX受信

戸別受信機 オプション装置・例

- 親局から伝送される文字情報を表示します。(漢字100文字一括一画面表示)
- 親局には、文字情報伝送装置を設置します。
- 戸別受信機に接続したFAXに親局から伝送されるFAX情報を出力します。
- 親局には、同報用FAX送受信装置を設置します。

特長

- ・デジタル防災行政無線(同報系)の通報を受信可能
- ・親局設備からの通報音を録音可能
- ・親局設備からの文字情報を受信し、カラーLCDに表示 一度の通報で全角100文字まで
- ・受信した文字情報は、受信した日時情報と併せて5件まで保存
- ・「100文字／1画面表示」、または「拡大文字／スクロール表示」を設定可能
- ・文字情報の緊急性を明確にするため、「緊急」または「お知らせ」のアイコンを表示
- ・ワンセグ方式のTV放送を視聴可能
- ・ワンセグ放送視聴時に防災無線の通報を受信した場合は、防災無線動作に自動切り替え
- ・通常は商用電源で動作し、停電時は乾電池駆動に自動切り替え





■戸別受信機

各世帯および公共施設等に設置され、親局からの情報を受信、報知します。

- 音量を小さくしていても、親局の緊急信号により、最大の音量で報知します。
- 停電時には内蔵乾電池に自動的に電源が切り替わります。



■戸別受信機用文字表示装置

戸別受信機が受信した文字情報を表示するための装置です。

- 文字情報があれば自動的に液晶に表示します。
- 文字情報の見のがしを防止するため文字情報を保存する機能を備えています。
- 停電時は自動的に乾電池での動作に切り替わります。

同報系防災行政無線の機能について

1. 目的

同報系防災行政無線に想定される機能について、現行方式(アナログ、16QAM)と新たな方式(QPSK方式、4値FSK方式)における技術的な観点から見た各方式における実現性の関係について検討・整理する。

2. 同報系防災行政無線の機能

同報系防災行政無線に想定される代表的な機能について以下に示す。技術的な観点から見た各方式における実現性の関係について、表2.1～表2.2に示す。

ア 通信機能

(a) 一括拡声通報

親局からすべての子局を対象とした呼出を行い、音声その他の音響による通報(同報通信)を可能とする。(片方向通信)

(b) 個別拡声通報

親局と特定の子局(1局)間の選択呼出を行い、音声その他の音響による通報(1 対 1)を可能とする。(片方向通信)

(c) グループ拡声通報

親局から複数の子局で構成されるグループを対象とした選択呼出を行い、音声その他の音響による通報(1 対n通信)を可能とする。(片方向通信)

(d) 連絡通話

屋外子局(アンサーバック付き)から親局、親局から子局の音声通信を可能とする。

(e) データ通信

親局と子局の間で、文字、画像、観測情報、制御情報等の非音声通信を可能とする。

(f) FAX通信

親局と子局の間で、ファクシミリ伝送(アナログ FAX 又は、データ FAX)に係る非音声通信を可能とする。

(g) アンサーバック

屋外子局(アンサーバック付き)から親局への片方向通信を行うもの。自局の動作確認等に係る信号若しくはテレメーター信号の送信機能又は同報親局への音声、FAX等の通信を行うことを可能とする。

(h) 音声+データ 同時通信

デジタル方式の伝送フレームにより音声情報と非音声情報(付随データ等)の同時通信を可能とする。

イ 統制機能ほか

(a) 緊急一括通報

親局からすべての子局に対して緊急情報を付加した呼出しを行うことを可能とする。これにより、子局は緊急時の動作に設定変更することができる。戸別受信機においては、音量

ボリューム設定に関わらず最大音量となる。

(b) J-ALERT 連動

J-ALERT(全国瞬時警報システム)の受信装置と連動して、J-ALERT 放送(※)の同報通信を可能とする。

(※) 警報音(サイレン・チャイム等)とメッセージ(合成音声)から構成される放送

(c) 通信統制

親局と子局の通信を必要に応じて発着信規制、通信時間制限等により、統括・規制することを可能とする。

(d) 緊急連絡通話

屋外子局(アンサーバック付き)から親局に対して、緊急の連絡を行いたい旨を通知することを可能とする(親局が通報中の場合も緊急通知を可能とする)。

(e) 秘話／不正防止

通信の秘匿化(秘話、暗号化)等を行い、不正使用を防止することを可能とする。

表2.1 同報系防災行政無線の機能①(通信機能)

機能	機能種別	技術的な観点から見た実現性			
		アナログ (現行方式)	16QAM (現行方式)	QPSK 4 値 FSK(※1)	4 値 FSK(※2)
音声 通信	一括拡声通報	○	○	○	○
	個別拡声通報	○	○	○	○
	グループ拡声通報	○	○	○	○
	連絡通話	○(単信)	○(複信対応)	○(単信)	○(単信)
非音声 通信	データ通信	○(低速:MSK)	○(高速)	○(中速)	○(低速)
	FAX通信 (アナログ/データ)	○ (アナログ)	○ (アナログ/データ)	○ (データ)	○ (データ)
	アンサーバック(上り)	○(単信)	○(複信対応)	○(単信)	○(単信)
その他 通信	音声＋データ 同時通信	×	○(高速)	△(中速)※3	△(低速)※3

【凡例】 ○:可能、×:不可、△:制約有り

- (※1) 現行方式と同様に、音声及び音楽(サイレンやチャイム等)の伝送が可能な音声符号化方式を採用するもの。
(※2) 狭帯域デジタル無線用の音声符号化方式(AMBE+2 等)を採用するもの。音声以外の波形伝送には適さないため、サイレンやチャイム等を拡声する場合、受信機に音源を蓄積し、親局側の操作で再生する必要がある。
(※3) 追加方式は、SCPC、1スロットの構成によることから、通信スロットによる音声とデータの同時通信はできない。しかし、送信フレームの一部をデータ通信用に使用することで同時通信を実現することは可能である。

表2.2 同報系防災行政無線の機能②(統制機能ほか)

機能	機能種別	技術的な観点から見た実現性			
		アナログ (現行方式)	16QAM (現行式)	QPSK 4 値 FSK(※1)	4 値 FSK(※2)
統制 ／緊急	緊急一括通報	○	○	○	○
	J-ALERT 連動	○	○	○	△(蓄積音源)
	通信統制	○	○	○	○
	緊急連絡通話	×	○	×	×
秘匿	秘話性／不正防止	対策に制約あり	○	○	○

【凡例】 ○:可能、×:不可、△:制約有り

(※1) 現行方式と同様に、音声及び音楽(サイレンやチャイム等)の伝送が可能な音声符号化方式を採用するもの。

(※2) 狭帯域デジタル無線用の音声符号化方式(AMBE+2 等)を採用するもの。音声以外の波形伝送には適さないため、サイレンやチャイム等を拡声する場合、受信機に音源を蓄積し、親局側の操作で再生する必要がある。

以上より、簡素かつ低廉なデジタル同報無線システム(QPSK方式、4値FSK方式)の機能については、TDMA方式を採用し複信や多チャンネル化に対応した現行方式(16QAM)に対比して、アナログ方式からの移行を推進する観点から、アナログ相当の機能に対応可とすることが適当である。

3. 4値FSK方式における制御情報や付随データの伝送方法について

フレーム当たりの情報伝送量(伝送速度)が低い4値FSK方式においては、制御情報や付随データを複数フレームで分割して送信する方法が一般的に採用されている(デジタル簡易無線(ARIB STD -T98)及びデジタル業務用無線(ATIB STD-T102)の事例:4フレーム/スーパーフレームで伝送)。下り通信主体の同報無線システムにおいては、同様な方法により対応することが適当と想定される。