

緊急地震速報の速やかな伝送について 検討報告書（詳細）

平成21年9月4日

デジタル放送システム開発部会
デジタル受信機作業班
緊急情報伝送TG

社団法人電波産業会

目次

1	まえがき	1
2	3つの手法の特徴比較	2
2.1	伝送手法の概要	2
2.2	伝送手法の特徴・比較	2
2.2.1	手法検討の前提	2
2.2.2	各手法の比較検討等	3
2.3	伝送手法のまとめ	6
3	ACによる伝送に関する具体的検討	7
4	まとめ	8
	参考資料	9
	文字スーパー遅延量測定テスト結果について	9

別添1 ACによる緊急情報伝送方式（案）

別添2 AC伝送方式に関する各種検討結果

1 まえがき

総務省より、昨年9月、社団法人電波産業会（ARIB）デジタル放送システム開発部会及び社団法人デジタル放送推進協会（Dpa）技術委員会に対して、「地上デジタル放送等における「緊急地震速報」の速やかな伝送等に向けた検討について」の依頼がなされた。また、NHK及び民放連からも同趣旨につき、ARIB標準規格の改定について検討依頼がなされた。具体策としては、AC／TMCCなどを利用して緊急地震速報を伝送する技術的手法が想定されたが、これら要請を受け、ARIB デジタル放送システム開発部会ではデジタル受信機作業班の下に緊急情報伝送TGを設置し、検討してきた。昨年10月9日に第1回会合を開催し、その後ほぼ毎月開催し、現在までに合計11回のTGを開催した。その間、スケジュールの確認、要求条件の検討、技術的手法の提案、課題整理、伝送手法案の具体的検討等を行ってきた。

これまで、検討してきた結果、緊急地震速報の速やかな伝送（緊急情報伝送）に向け、文字スーパー、データ放送のイベントメッセージ、AC（Auxiliary Channel）による伝送の3つの手法が提案され、いずれも速やかな伝送が期待できる可能性があることから、各手法の特徴と課題等を整理した。

本報告書では、まず上記3つの手法の概要を述べ、その特徴を比較した結果を報告する。次に、ACと呼ばれ、放送事業者が運用制御などに利用している伝送路を使って緊急地震速報を送る伝送方式案を述べ、両立性調査、伝送特性検証実験、セキュリティに関する検討を行った結果について報告する。

なお、文字スーパー、イベントメッセージによる伝送に関しては、ARIB標準規格に関わる変更は必要なく、運用規定の変更で対応可能である。運用規定の改定については、Dpaにて検討が行われ、改定案が承認された。

2 3つの手法の特徴比較

2.1 伝送手法の概要

緊急地震速報の速やかな伝送を行える手法としては、文字スーパー(非同期字幕)、データ放送のイベントメッセージ、ACによる伝送の3つの手法が考えられる。表1にその概要を記す。

表1 緊急地震速報の伝送手法の概要

伝送手法		伝送の詳細	Aプロ Cプロ	標準規格・運用規程・特徴等
手法 1	文字スーパー (非同期字幕) による伝送	緊急地震速報の内容(文字情報)を非同期 PES による文字スーパーとして伝送する。	Aプロ	既存の標準規格・運用規定で送受信可能。
			Cプロ	標準規格上は送出可能だが、TR-B14 で運用制限されているため、現状では運用できない。
手法 2	データ放送の イベントメッセージによる伝送	緊急地震速報の内容を文字・図形情報を用いたデータ放送コンテンツで送出し、データ放送のイベントメッセージを利用して提示制御する。	Aプロ	既存の標準規格・運用規定で送受信可能。
			Cプロ	既存の標準規格・運用規定で送受信可能。但し、全画面表示の場合はデータ放送による緊急地震速報が表示されない。
手法 3	ACによる伝送	13セグメントのうち中央の1セグメントのACキャリア(Mode3の場合は8本)を利用して、緊急地震速報の地域情報、震源地情報などを符号化して伝送する。	Aプロ	標準規格・運用規定とも新たに規定する必要がある。 ワンセグサービスを行わない場合(部分受信なし)でも、中央の1セグメントのACを利用することにより送出し、受信表示可能となる。
			Cプロ	標準規格・運用規定とも新たに規定する必要がある。 キャリアダイバーを行うことにより、低C/N時でも起動可能で、受信特性も極めてよい。

注:Aプロファイル:固定受信機、Cプロファイル:携帯受信機

2.2 伝送手法の特徴・比較

前述の3つの伝送手法について、特徴を比較した。

2.2.1 手法検討の前提

伝送手法の比較検討等にあたり、以下の視点で切り分けて検討することとした。

- ① 緊急地震速報の情報内容の伝送と自動起動フラグとは、切り分けて考える。
- ② 情報内容の伝送に関しては、すでに多く普及している既存の受信機で表示が可能か、それとも、新規の受信機でないと表示ができないか、分けて考える。また、既存の受信機で表示可能な方法については、その課題を整理する。

2.2.2 各手法の比較検討等

2.2.2.1 既存受信機で対応可能な手法

受信機の電源が入っており、番組を視聴している場合を前提として、既存受信機で速やかな表示の可能性がある伝送手法1（文字スーパー(非同期字幕)）と伝送手法2（データ放送のイベントメッセージ）について、警告の提示方法と課題について整理した。

分類		警告の提示			利点	課題
手法1 / 手法2	プロファイル	表示	音	速報性		
文字スーパー(非同期字幕)	A	可能	内蔵音のみ	本編よりやや早い	比較的導入しやすい	すべての局では整備されておらず、また運用実績もほとんどないため、受信機動作の検証が必要。 字幕と同時に送出された際の動作検証必要(運用規定上は最優先)。 既存の受信機での強制表示の可否については、調査の必要がある。 内蔵音の音量レベルの検証が必要。 警報音を自由に作って鳴らすことができない。
	C	運用規程変更必要	運用規程変更必要	本編よりやや早い可能性	—	運用規程の変更と合わせ、Aプロファイルの課題と同様の内容の検証が必要。 緊急地震速報の表示方法を検討する必要がある。
データ放送のイベントメッセージ	A	可能	可能	本編よりやや早い可能性	比較的導入しやすい	データ放送非搭載受信機は表示できない。 BMLブラウザの起動が必要。 BMLブラウザが立ち上がっていない場合やイベントがスタックしている場合は、表示に時間がかかる。 データカールセルで警告の提示方法を指定する必要がある。 速やかな伝送のため、送出方法を工夫する必要がある(データカールセルを用いることによる遅延も想定される)。 常に対応させるためには、どのデータ放送画面でも緊急地震情報に対応して速やかに表示する必要がある。 双方向番組とイベントメッセージ運用の競合が生じることがある。 警告提示性能(速度)が受信機の実装(性能)に強く依存する。 既存データ放送設備、データESの使用状況、コンテンツ構成など、各局毎に異なるため、各事業者が要検討。
	C	可能(全画面が動画表示の場合には表示不可)	可能(全画面が動画表示の場合には表示不可)	本編よりやや早い可能性	—	上記の課題以外に、全画面動画表示の場合の表示方法に課題がある。 緊急地震速報の表示方法について要検討。 受信機の機能としてオーバーレイ表示(レジデントによるオーバーレイ表示)させることも要検討(ワンセグ補助情報機能)。

2.2.2.2 将来の対応受信機を前提とする手法

ACによる伝送に関して、提案段階でその特徴と課題を整理した。

分類		警告の提示			利点	課題等
方式3	プロファイル	表示	音	速報性		
AC伝送方式	A	標準規格・運用規定とも新たに規定することにより対応可能	標準規格・運用規定とも新たに規定することにより対応可能	本編より早いことが期待される	中央の1セグメントのACキャリアで伝送される内容を受信表示可能。	標準規格・運用規定とも新たに規定。 放送事業者がACを使って独自情報を伝送する場合は構成識別(3ビット)により、区別できるようにする。 ワンセグサービスを行わない場合(部分受信なし)でも、中央の1セグメントのACを利用する。
	C	標準規格・運用規定とも新たに規定することにより対応可能	標準規格・運用規定とも新たに規定することにより対応可能	本編より早いことが期待される	キャリアダイバーを行うことにより、低C/N時の起動が可能で、受信特性が極めてよい。	標準規格・運用規定とも新たに規定。 放送事業者がACを使って独自情報を伝送する場合は構成識別(3ビット)により、区別できるようにする。

2.2.2.3 自動起動フラグ

緊急地震速報(EEW)の自動起動フラグに関しては、現状の運用も含め3つの案があり、受信機動作・課題、放送局運用・設備改修についてまとめた。

案	自動起動フラグ	プロファイル	受信機動作および課題	放送局の運用・設備改修	備考
I	自動起動フラグなし (現在の運用)	A/C	自動起動しない (既存受信機、新規受信機とも自動起動しない。)	現在の運用	
II	TMCCビット26の緊急警報放送(EWS)用自動起動フラグを兼用する	A/C	自動起動対応の既存受信機であれば、自動起動可能。但し、自動起動対応の受信機は極めて少なく、また、自動起動しても表示まではかなりの時間がかかる。 (自動起動対応の受信機は、固定受信テレビで数機種、ワンセグ携帯電話ではなし。)	現在放送事業者はEWSを手動で設定・送出しており、記述子の記載、EWS用番組の送出など、速やかな伝送には適さない。 EEWは速さが要求されるため自動で設定・送出する必要がある。 EWSとEEWの運用の切り分けが困難となる。 設備改修が可能か検討する必要がある。	情報は文字スーパーもしくはイベントメッセージで送出することを仮定。

III	AC に新たに定義する	A/C	既存受信機では自動起動不可。 自動起動に対応した新規受信機の開発が必要。	設備改修が必要となる。	
-----	-------------	-----	---	-------------	--

緊急地震速報を放送する際、受信機の自動起動のため、TMCC のビット 26 の緊急警報放送 (EWS) 用自動起動フラグを兼用して利用することが考えられるが、EWS の自動起動対応受信機は極めて少なく、また、自動起動しても表示まではかなりの時間がかかり、現時点では限定的な効果に留まるのが実態である。

2.3 伝送手法のまとめ

これまでの検討から緊急地震速報の速やかな表示が可能な手法として、以下の3つの手法が考えられ、その概要・特徴等を下表にまとめる。

	手法	概要	伝送遅延	伝送耐性	既存互換	自動起動	備考
1	文字スーパー（非同期字幕）	緊急地震速報の内容（文字情報）を非同期PESによる文字スーパーとして伝送	本線系より1秒程度早い	○	○	×	<ul style="list-style-type: none"> ・強制表示可能 ・文字内容、表示位置、受信機内蔵音を放送局から制御可能 ・ワンセグでは運用不可
2	データ放送のイベントメッセージ	緊急地震速報の内容を文字・図形情報を用いたデータカプセル方式で送出し、イベントメッセージを利用して提示制御する	本線系より1秒程度早い	○	○（データ放送非対応受信機は除く）	×	<ul style="list-style-type: none"> ・文字内容、表示位置、受信機内蔵音、グラフィックスを放送局から制御可能 ・選局直後や双方向番組中は表示できないなど運用上制約あり ・ワンセグの全画面表示状態では表示されない
3	ACによる伝送	中央の1セグメントのACキャリアを利用して、緊急地震速報の地域情報、震源地情報を符号化して伝送	本線系より1秒以上早い	◎	×	○	<ul style="list-style-type: none"> ・伝送遅延が最も少ない ・低CN比やフェージング等に対する耐性が高い ・低消費電力待ち受け、自動起動・表示が可能 ・表示は受信機仕様による ・偽情報送信への対策

※伝送遅延時間の改善量は、各放送局の運用システムによって差異がある。

3 ACによる伝送に関する具体的検討

地上デジタルテレビジョン放送には映像、音声およびデータを伝送するための本線信号（番組本編）とは別に、放送事業者が運用制御などのために利用するAC（Auxiliary Channel）と呼ばれる伝送路がある。ACは伝送遅延時間を極力短くすることが可能であり、またマルチパス妨害や雑音等に強いなどの特徴があるため、緊急地震速報の確実かつ速やかな伝送の観点からは有効な伝送路であると考えられる。また、昨今のワンセグ受信端末の著しい普及を鑑みると、中央の1セグメント内のACを緊急地震速報の伝送にも活用することによって、ワンセグ受信端末でいつでもどこでも緊急地震速報を受け取れることも期待される。

そこで、今回のARIB検討において提案されたACによる「緊急情報伝送方式」について、方式案の具体化を図るとともに、既存の送出設備や受信機等との両立性に係る机上検討や両立性調査実験、試作受信ボードを用いた室内での伝送特性実験を行った。

また、正規の放送事業者以外の者が悪意を持って偽の「緊急地震速報」の情報をAC伝送方式で送信（違法電波発射、電波ジャックなど）するなどの危険性を考慮する必要があった。これは、AC伝送方式は比較的小規模で簡易な送信設備でも送信可能であるほか、低C/N受信、自動起動等も可能であることによるが、これを受け、本検討ではAC伝送方式に係るセキュリティとリスクについても検討を行った。

なお、具体的かつ詳細な検討内容については別添1および別添2のとおりである。

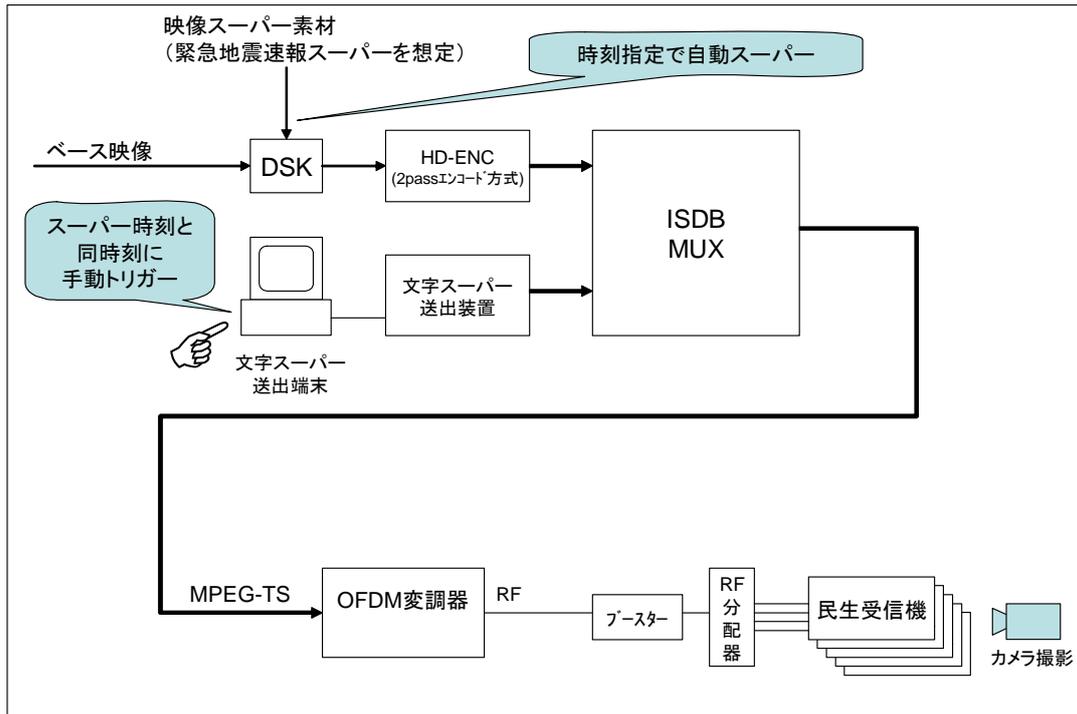
4 まとめ

緊急地震速報の速やかな伝送に関して検討した結果、文字スーパー、データ放送のイベントメッセージ、ACによる伝送の3つの手法が提案され、いずれも速やかな伝送が期待できる可能性があることがわかった。本報告書では、まず上記3つの手法の概要を述べ、その特徴を比較した結果を報告した。次にACについて、伝送方式案、実験結果等を報告した。

文字スーパー及びデータ放送のイベントメッセージによる伝送に関しては、ARIB標準規格の変更は必要なく、いわゆる運用規定の変更で対応可能であり、また、これらの受信機能を有するものであれば既存受信機で受信可能な手法である。運用規定の改定については、Dpaにて検討が行われ、改定案が承認された。

文字スーパー遅延量測定テスト結果について

文字スーパー（非同期 PES 型字幕）の提示遅延について調査するため、擬似送信システムを作成し、テストを行いました。テスト系統図を下図に示します。



文字スーパー タイミング測定系統

上図のように、現在の緊急地震速報スーパーを想定した映像スーパー素材を、時刻指定（制御データ作成）により自動スーパー（APS/APC 制御）し、それと同時に「文字スーパー送出端末」により、手動にて送出トリガーを与えて送出しました。手動送出には多少の誤差が発生するため、同じテストを8回行いました。

これ（映像スーパーおよび文字スーパー）を複数の民生用受信機で表示させたものを、DVカメラにより撮影し、それをテスト後に再生して提示開始時刻を測定しました。なお、カメラ撮影の被写体となる民生受信機は、約十数台ある受信機のうち、目視により、最も文字スーパーの表示が遅いとみられるメーカーの受信機を基準としました。

なお、テスト時の変調パラメータは、

モード3 GI比 1/8

A階層 1セグ QPSK 2/3 l=4

B階層 12セグ 64QAM 3/4 l=2

という現在の運用パラメータと同一としました。

<測定結果> 2008.12.10 にテスト実施

映像スーパー時刻 (=文字スーパー手動 トリガー時刻)	文字スーパー		映像スーパー	
	文字スーパー 表示フレーム (時刻)	遅延量	映像スーパー 表示フレーム (時刻)	遅延量
16:38:00	16:38:00.27F (16:38:00.900)	900ms	16:38:02.09F (16:38:02.300)	2300ms
16:46:00	16:46:00.23F (16:46:00.767)	767ms	16:46:02.09F (16:46:02.300)	2300ms
16:46:30	16:46:30.27F (16:46:30.900)	900ms	16:46:32.09F (16:46:32.300)	2300ms
16:47:00	16:47:00.27F (16:47:00.900)	900ms	16:47:02.09F (16:47:02.300)	2300ms
16:49:00	16:49:01.00F (16:49:01.000)	1000ms	16:49:02.10F (16:49:02.333)	2333ms
16:49:30	16:49:30.28F (16:49:30.933)	933ms	16:49:32.10F (16:49:32.333)	2333ms
16:50:00	16:50:00.27F (16:50:00.900)	900ms	16:50:02.10F (16:50:02.333)	2333ms
16:56:30	16:56:30.26F (16:56:30.867)	867ms	16:56:32.09F (16:56:32.300)	2300ms

<考察>

遅延量は、8回のテスト結果を平均すると、

文字スーパー → 約 900ms 映像スーパー → 約 2300ms

となりました。なお、本測定で用いた変調器では、SFN同期のための遅延設定は行っていません。

現在、多くの地デジ放送局で使用している2パスエンコード方式のエンコーダを用いた場合、**映像スーパーと文字スーパーの遅延(相対遅延)差は、約1,400ms(1.4秒)となりました。**つまり、当該エンコーダを使用している放送局においては、文字スーパーを用いることにより、現在よりも約1.4秒早く緊急地震速報を提示できることとなります。

また、1パスエンコード方式のエンコーダを使用している場合には、映像スーパーの遅延量が上記よりも小さくなるのが想定され、文字スーパーの遅延量は上記のままとなるため、映像スーパーと文字スーパーの遅延(相対遅延)差は、上記よりも小さくなると思われます。

以 上

別添1

ACによる緊急情報伝送方式(案)

地上デジタル放送のセグメントNo.0 (13セグメントのうちの中央のセグメント) のAC(Auxiliary Channel)キャリアを用いて、緊急地震速報 (警報) を伝送する方式について方式案を記載する。

1. 概要

AC 信号は、伝送制御の付加情報および緊急情報を伝送するものである。AC 信号は、ARIB STD-B31 3.13 節で規定される AC キャリアを用いて伝送される。付加情報は任意の AC キャリアを用いて伝送することが出来る。また、緊急情報は、セグメント No.0 の AC キャリアを用いて伝送される。

2. AC信号のビット割り当て

AC信号の204ビット $B_0 \sim B_{203}$ の割り当てを表1に示す。

表 1 AC 信号のビット割り当て

B_0	差動復調の基準
$B_1 \sim B_3$	構成識別
$B_4 \sim B_{203}$	付加情報または緊急情報

2.1 差動復調の基準

差動復調の振幅及び位相基準は、表 2 の W_i で与えられる。(現在の地上デジタル放送の標準規格と同じ)

表 2 W_i と変調信号

W_i の値	変調信号の振幅 (I, Q)
1	(-4/3, 0)
0	(+4/3, 0)

別添1

2.2 構成識別

AC信号の構成を識別するために構成識別として3ビット割り当てる。構成識別のビット割り当てを表3に示す。

表 3 構成識別

B ₁ - B ₃	意味
000	付加情報を伝送
010	
011	
100	
101	
111	
001	緊急情報を伝送 ^(注)
110	

(注) 緊急情報の伝送を表す'001'と'110'は、TMCCの同期信号の先頭 3 ビット (B₁~B₃) と同一の符号であり、TMCC信号と同一のタイミングでフレームごとに交互に送出される。

2.3 付加情報

付加情報の伝送方法については規定しない。

2.4 緊急情報

緊急情報は、セグメント No.0 の AC キャリアで伝送される。緊急情報のビット割り当てを表 4 に示す。なお、セグメント No.0 内の全ての AC キャリアで同一の緊急情報とする。

表 4 緊急情報

ビット割当て	説明	備考
B ₄ ~B ₁₆	同期信号	表5参照
B ₁₇ ~B ₁₈	緊急情報起動フラグ	表6参照
B ₁₉ ~B ₂₀	緊急情報更新フラグ	表7参照
B ₂₁ ~B ₂₃	信号識別	表9参照
B ₂₄ ~B ₁₁₁	緊急情報詳細	表10参照
B ₁₁₂ ~B ₁₂₁	誤り検出用パリティビット	
B ₁₂₂ ~B ₂₀₃	誤り訂正用パリティビット	

「解説」

セグメント No.0 内の全ての AC キャリアで同一の緊急情報とすることにより、異なる AC キャリアで伝送された緊急情報を受信機側でアナログ加算できるので、より小さな CN 比でも受信可能となる。

2.4.1 同期信号

緊急情報を伝送する場合には、同期信号として13ビットを割り当てる。TMCCの同期信号の先頭 3 ビットを除く 13 ビット (B₄~B₁₆) と同じ符号とし、TMCC信号と同一のタイミングでフレームごとに交互に送出する。

表 5 同期信号

フレーム番号	同期信号
1	1010111101110
2	0101000010001
3	1010111101110
4	0101000010001
:	:

(注) フレーム番号は、説明のために便宜的に付けたものである。

「解説」

構成識別と同期信号を組み合わせた符号は、TMCCの同期信号と同一の16ビットの同期ワード (w0=0011010111101110、w1=1100101000010001) となる。AC信号 (セグメントNo.0) のB₁~B₁₆ をTMCCの同期信号と同じ符号、同じタイミングで送出することで、受信機におけるフレーム同期の受信感度を向上できるようにしている。

2.4.2 緊急情報起動フラグ

緊急情報起動フラグとして 2 ビットを割り当てる。緊急情報起動フラグのビットの値を表 6 に示すように設定する。

表 6 緊急情報起動フラグ

B ₁₇ - B ₁₈	意味
00	緊急情報あり
11	緊急情報なし
10、01	使用しない

別添1

「解説」

AC信号は、伝送される情報が無い場合、ARIB STD-B31 3.13.4 節で規定されるように全てのビットが'1'で変調されるため、緊急情報ありの状態を'00'とする。また、緊急情報起動フラグの信頼性を向上させるため、緊急情報起動フラグに2ビット使用して符号間距離が最大となる反転信号としている。（緊急情報起動フラグの信頼性を確保するために'10'、'01'は使用しない。）

2.4.3 緊急情報更新フラグ

緊急情報起動フラグの値が緊急情報ありの状態継続中に地震情報の内容が更新された場合は、表7に示すように緊急情報更新フラグの値を1ずつインクリメントし、受信機に信号識別または緊急情報詳細が更新されたことを通知する。緊急情報なしの場合は'11'の値を取るものとし、緊急情報ありに切り替わった最初の値を'00'とする。

表7 緊急情報更新フラグ

緊急情報	緊急情報更新フラグ
緊急情報なし	11
緊急情報あり 第1報	00
緊急情報あり 第2報	01
緊急情報あり 第3報	10
緊急情報あり 第4報	11
緊急情報あり 第5報	00
:	:

「解説」

緊急情報更新フラグの更新例を表8に示す。

緊急情報起動フラグ	なし: 11	あり: 00	なし: 11		
緊急情報更新フラグ	11	00	01	10	11
緊急情報詳細	緊急情報なし	緊急情報#1	緊急情報#2	緊急情報#3	緊急情報なし

表8 緊急情報更新フラグの更新例

2.4.4 信号識別

緊急情報の信号識別として3ビットを割り当てる。信号識別のビットの値を表9に示すように設定する。

表9 信号識別

B ₂₁ – B ₂₃	意味
000	緊急地震速報(該当地域あり) ^(注1)
001	緊急地震速報(該当地域なし) ^(注2)
010	緊急地震速報の試験信号(該当地域あり) ^(注1)
011	緊急地震速報の試験信号(該当地域なし) ^(注2)
100	リザーブ
101	
110	
111	緊急情報なし

(注1)： 対象とする放送エリア内に強い揺れが予想される地域が含まれる場合を示す。

(注2)： 対象とする放送エリア内に強い揺れが予想される地域が含まれない場合を示す。

2.4.5 緊急情報詳細

緊急情報詳細は強い揺れが予想される都道府県や震源の情報を示す。緊急情報詳細のビット割り当ては、信号識別毎に規定する。

2.4.5.1 信号識別が000/001/010/011の場合の緊急情報詳細

信号識別が000/001/010/011の場合の緊急情報詳細のビット割り当てを表10に示す。

表10 信号識別が000/001/010/011の場合の緊急情報詳細

ビット割り当て	説明	備考
B ₂₄ ～B ₅₄	現在時刻	緊急情報送出側の現在時刻情報
B ₅₅	ページ種別 (0 : 都道府県情報 1 : 震源情報)	都道府県情報と震源情報を識別する。 地震情報を伝送しない場合は「0」とする。
B ₅₆ ～B ₁₁₁	地震情報	ページ種別に応じて、都道府県情報または、震源情報を伝送する。 地震情報を伝送しない場合は全て「1」とする。

別添1

「解説」

緊急地震速報を伝送する場合に、TOT(Time Offset Table)や通信回線等による時刻合わせを有する受信機等では、受信機の時刻と送られた時刻情報を照合することで、受信した緊急情報の信頼性を確認することが出来る。

また、地震情報は、都道府県情報と震源情報の2つのフォーマットで伝送される。ページ種別を確認することにより、どちらの情報を伝送しているかを知ることが出来る。なお、信号識別が000/001/010/011の場合で地震情報を伝送しない場合は、ページ種別を「0」、地震情報を全て「1」とすることで、地震情報を送らずに「緊急情報あり」の情報を送ることが出来る。

2.4.5.2 地震情報

ページ種別に応じて、都道府県情報または、震源情報を伝送する。

2.4.5.2.1 都道府県情報

都道府県情報で伝送する情報を表 11 に示す。

表 11 都道府県情報

ビット割当て	説明	備考
B ₅₆ ～B ₁₁₁	都道府県情報	表12に示す都道府県コードを使用して、強い揺れが予想される都道府県（予想地域名）のビットを「0」とする。 同時に複数の緊急地震速報が発報している場合は、それぞれの緊急地震速報において強い揺れが予想される予想地域名の全てのビットを「0」とする。

都道府県情報で使用する都道府県コードを表12に示す。

表12 都道府県コード

コード	予想地域名	コード	予想地域名	コード	予想地域名
B ₅₆	北海道道央	B ₇₅	新潟	B ₉₄	広島
B ₅₇	北海道道南	B ₇₆	富山	B ₉₅	徳島
B ₅₈	北海道道北	B ₇₇	石川	B ₉₆	香川
B ₅₉	北海道道東	B ₇₈	福井	B ₉₇	愛媛
B ₆₀	青森	B ₇₉	山梨	B ₉₈	高知
B ₆₁	岩手	B ₈₀	長野	B ₉₉	山口
B ₆₂	宮城	B ₈₁	岐阜	B ₁₀₀	福岡
B ₆₃	秋田	B ₈₂	静岡	B ₁₀₁	佐賀
B ₆₄	山形	B ₈₃	愛知	B ₁₀₂	長崎
B ₆₅	福島	B ₈₄	三重	B ₁₀₃	熊本
B ₆₆	茨城	B ₈₅	滋賀	B ₁₀₄	大分

B ₆₇	栃木	B ₈₆	京都	B ₁₀₅	宮崎
B ₆₈	群馬	B ₈₇	大阪	B ₁₀₆	鹿児島
B ₆₉	埼玉	B ₈₈	兵庫	B ₁₀₇	奄美諸島
B ₇₀	千葉	B ₈₉	奈良	B ₁₀₈	沖縄本島
B ₇₁	東京	B ₉₀	和歌山	B ₁₀₉	大東島
B ₇₂	伊豆諸島	B ₉₁	鳥取	B ₁₁₀	宮古島
B ₇₃	小笠原	B ₉₂	島根	B ₁₁₁	八重山
B ₇₄	神奈川	B ₉₃	岡山		

「解説」

都道府県コードの中の「予想地域名」は、気象庁予報警報規程第九条の二別表第五の「府県予報区」及び別表第六の「区域の名称」による。基本的には気象庁予報警報規程別表第五の「府県予報区」を用いるが、北海道、東京都、鹿児島県は、別表第六の「区域の名称」とする。別表第六の区域の名称に該当しない小笠原は、第九条の二の2に基づいて別表第五の「細分区域」を適用する。なお、「府」「県」および「地方」は付けないで簡潔に表記している。

2.4.5.2.2 震源情報

震源情報で伝送する情報を表13に示す。

表13 震源情報

ビット割当て	説明		備考
B ₅₆	発報中の地震情報総数 (0:1情報 1:2情報)		発報中の地震情報総数を示す。同時に伝送可能な地震情報の数は2情報。
B ₅₇	地震情報番号 (0:1情報目 1:2情報目)		当該震源情報で伝送している地震情報が何番目に伝送している地震情報であることを示す。
B ₅₈ ~B ₆₆	地震識別番号 ^(注)		緊急地震速報の地震識別番号
B ₆₇	電文種別コード (0:緊急地震速報 1:キャンセル報)		緊急地震速報とキャンセル報を識別する。
B ₆₈	震源の緯度 ^(注)	緯度の符号 (0:北緯 1:南緯)	震源の緯度は0.1度単位とし、10倍して2進数で伝送する。 キャンセル報の場合はすべて「1」とする。
B ₆₉ ~B ₇₈		緯度の絶対値 0.0~90.0	
B ₇₉	震源の経度 ^(注)	経度の符号 (0:東経 1:西経)	震源の経度は0.1度単位とし、10倍して2進数で伝送する。 キャンセル報の場合はすべて「1」とする。
B ₈₀ ~B ₉₀		経度の絶対値 0.0~180.0	
B ₉₁ ~B ₁₀₀	震源の深さ ^(注) (0~999)		km単位とする キャンセル報の場合はすべて「1」とする

別添1

B ₁₀₁ ～B ₁₁₀	地震発生時刻 ^(注)	キャンセル報の場合はすべて「1」とする
B ₁₁₁	リザーブ	「1」とする。

(注) 数値表記は二進数表記とし、MSB ファーストで割り当てる。

「解説」

「地震識別番号」は、複数の地震が発生した場合に、地震情報を識別するために9bitを割り当てる。複数の緊急地震速報を区別するために、時刻（秒単位）を元に決定するものとした場合、9bitの地震識別番号で過去8分32秒間の地震を識別することが可能となる。

2.4.5.2.3 信号識別が 100/101/110 の場合の緊急情報詳細

将来の拡張用としてリザーブする。運用上、このリザーブビットには、すべて「1」をスタッピングする。

2.4.5.2.4 信号識別が 111 の場合の緊急情報詳細

信号識別が 111 の場合の緊急情報詳細のビット割り当てを表 14 に示す。

表 14 信号識別が 111 の場合の緊急情報詳細

ビット割当て	説明	備考
B ₂₄ ～B ₅₅	リザーブ	すべて「1」とする。
B ₅₆ ～B ₆₆	放送事業者識別	放送事業者を識別するための符号
B ₆₇ ～B ₁₁₁	リザーブ	すべて「1」とする。

「解説」

放送事業者識別 11 ビットは、全国の放送事業者にユニークに割り付ける。ARIB STD-B10 「デジタル放送に使用する番組配列情報」標準規格に規定されるネットワーク情報テーブル (NIT) 内のネットワーク識別に準ずることで、AC 信号のみで放送事業者を識別することができる。

2.4.6 誤り検出用パリティビット

緊急情報のうちB₂₁～B₁₁₁ は10ビットのCRC符号により誤り検出符号化される。B₁₁₂～B₁₂₁の10ビットには、図1に示す生成多項式及び回路により生成されたパリティビットを設定する。なお、CRC生成回路の初期値は、すべて「0」とする。

$$g(x) = x^{10} + x^9 + x^5 + x^4 + x + 1$$

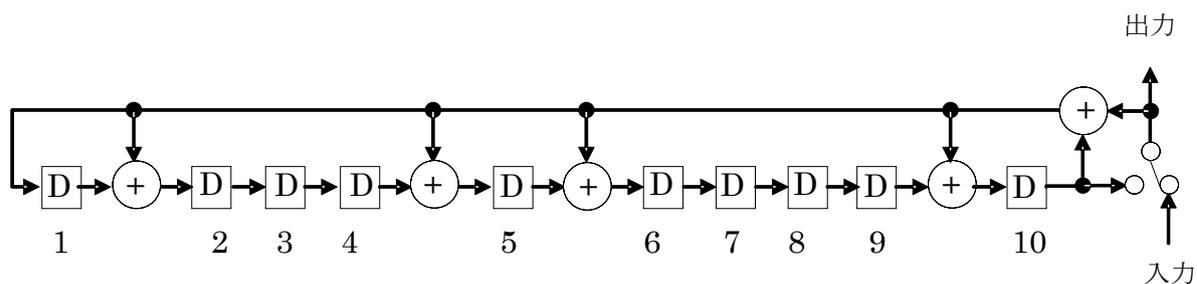


図1 CRCの生成多項式と回路

「解説」

緊急情報は緊急地震速報等の重要な情報であり高い信頼性が要求されることから、2.4.7に示す誤り訂正符号復号後のCRCによる誤り検出を可能とする。

2.4.7 誤り訂正用パリティビット

緊急情報のうち $B_{17} \sim B_{121}$ は、差集合巡回符号 (273,191) の短縮符号 (187,105) で誤り訂正符号化される。 $B_{122} \sim B_{203}$ の 82 ビットには、以下に示す (273,191) 符号の生成多項式により生成されたパリティビットを設定する。

$$g(x) = x^{82} + x^{77} + x^{76} + x^{71} + x^{67} + x^{66} + x^{56} + x^{52} + x^{48} \\ + x^{40} + x^{36} + x^{34} + x^{24} + x^{22} + x^{18} + x^{10} + x^4 + 1$$

「解説」

緊急情報は緊急地震速報等の重要な情報であり高い信頼性が要求されることから、TMCCと同様に差集合巡回符号を用いた誤り訂正符号で保護される。構成識別及び同期信号を誤り訂正の対象外とし、差集合巡回符号 (273,191) の短縮符号 (187,105) を用いる。

3 変調方式

ACキャリアの変調方式はDBPSKとする。(ARIB STD-B31 3.13.4参照)

別添1

4 【参考】緊急地震速報伝送時のフレーム構成例

[構成例 1]

	地震速報A 発報						地震速報A 終了		
緊急情報 起動フラグ	11 緊急情報 なし	00 緊急情報 あり	00 緊急情報 あり	00 緊急情報 あり	00 緊急情報 あり	～	00 緊急情報 あり	00 緊急情報 あり	11 緊急情報 なし
信号識別	111 緊急情報 なし	000 該当地域 あり	000 該当地域 あり	000 該当地域 あり	000 該当地域 あり	～	000 該当地域 あり	000 該当地域 あり	111 緊急情報 なし
ページ種別	1	0 都道府県 情報	1 震源情報	0 都道府県 情報	1 震源情報	～	0 都道府県 情報	1 震源情報	1
発報中の 地震情報 総数			0 地震情報 総数:1		0 地震情報 総数:1	～		0 地震情報 総数:1	
地震情報 番号			0 地震情報:1		0 地震情報:1	～		0 地震情報:1	
	OFDM フレーム								

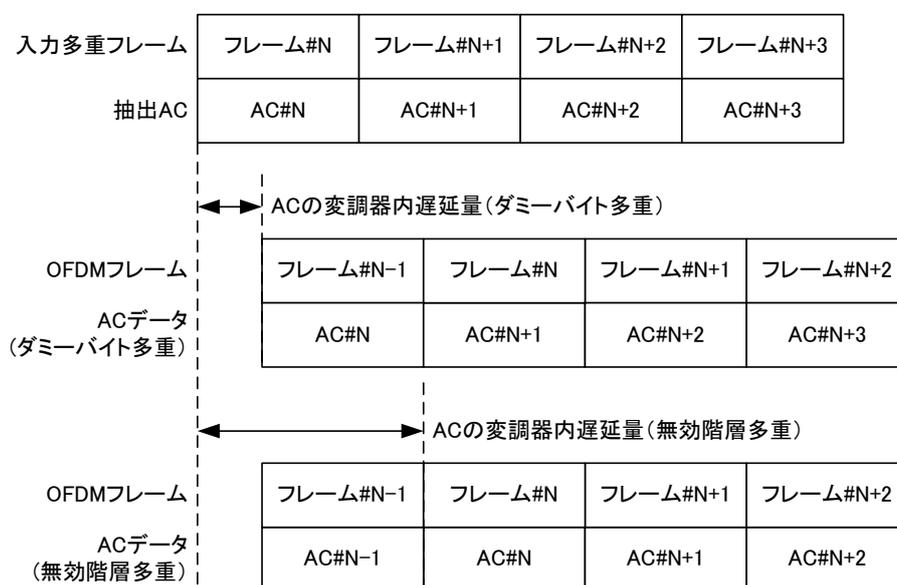
[構成例 2]

	地震速報A 発報		地震速報B 発報					地震速報A 終了		地震速報B 終了	
緊急情報 起動フラグ	11 緊急情報 なし	00 緊急情報 あり	00 緊急情報 あり	00 緊急情報 あり	00 緊急情報 あり	00 緊急情報 あり	～	00 緊急情報 あり	00 緊急情報 あり	11 緊急情報 なし	
信号識別	111 緊急情報 なし	000 該当地域 あり	000 該当地域 あり	000 該当地域 あり	000 該当地域 あり	000 該当地域 あり	～	001 該当地域 なし	001 該当地域 なし	111 緊急情報 なし	
ページ種別	1	0 都道府県 情報	1 震源情報	0 都道府県 情報	1 震源情報	1 震源情報	～	0 都道府県 情報	1 震源情報	1	
発報中の 地震情報 総数			0 地震情報 総数:1		1 地震情報 総数:2	1 地震情報 総数:2	～		0 地震情報 総数:1		
地震情報 番号			0 地震情報:1		0 地震情報:1	1 地震情報:2	～		0 地震情報:1		
	OFDM										

5 【参考】緊急情報を含むAC信号の放送TS伝送方式

ACを用いた緊急地震速報サービス時には緊急地震速報を含むACデータを下記の通り放送TS信号に多重して伝送する。

緊急地震速報伝送時間を短縮するため、緊急地震速報を含む ACデータは、放送TSのダミーバイト部へ多重する。ダミーバイト多重及び無効階層多重におけるマッピングタイミング例を下図に示す。無効階層多重よりもダミーバイト多重の方が1フレーム早く送出することができる。



注)変調器内の本線系の信号処理遅延が1フレーム+ α の場合を示す。

出典:ARIB STD-B31 1.7版 P108 図6-2 及び P113 図6-5

緊急地震速報を含むACデータをダミーバイト部へ多重して伝送する場合は、IIP (ISDB-T_information_packet) の modulation_control_configuration_information の AC_data_effective_positionを「1:ダミーバイトデータを使用 (ACデータを多重しない場合を含む)」として運用する。

ACデータをダミーバイト部分に多重する場合のOFDMキャリアへのマッピング順は「ARIB STD-B31 1.7版6.2.3.2 ODFMキャリアへのマッピング順」による。

別添 2 AC 伝送方式に関する各種検討結果

目 次

1	AC 伝送方式の両立性調査	2
1.1	送信機の両立性検討	2
1.2	受信機の両立性調査	2
1.2.1	概要	2
1.2.2	実施方法	2
1.2.3	調査結果	4
2	AC 伝送方式の伝送特性実験	5
2.1	概要	5
2.2	実施期間	5
2.3	測定項目	5
2.4	測定系統図および測定方法	7
2.4.1	ガウス雑音に対する伝送特性測定（実験 1）	7
2.4.2	マルチパスおよびフェージングに対する伝送特性測定（実験 2、3）	7
2.4.3	伝送遅延時間に関する実験（実験 4）	7
2.4.4	構成識別を使った切り替え機能に関する実験（実験 5：参考実験）	8
2.5	実験結果	10
2.5.1	ガウス雑音に対する伝送特性	10
2.5.2	マルチパスに対する伝送特性	10
2.5.3	フェージングに対する伝送特性	12
2.5.4	伝送遅延時間に関する実験結果	13
2.5.5	構成識別を使った切り替え機能に関する実験（参考実験）	13
2.6	伝送実験のまとめ	14
3	セキュリティとリスクに関する検討	15
3.1	セキュリティに関する検討	15
3.1.1	セキュリティレベルと優先順位	15
3.1.2	攻撃耐性実現について	15
3.1.3	実現可能なセキュリティ対策	16
3.2	リスクに関する検討	17
3.2.1	現状	17
3.2.2	偽情報送信に対する難易度	18
3.2.3	対策	19
3.2.4	リスク検討のまとめ	19
4	まとめ	20

1 AC 伝送方式の両立性調査

1.1 送信機の両立性検討

緊急情報を AC を利用して送出する際、すでに規定されている放送 TS の AC 多重部（ダミーバイト多重）で送出した場合の送信機の両立性について机上検討した。既存の親局送信機向け、並びに中継局送信機向け地上デジタル放送用 OFDM 変調器について検討した結果、特に問題ないとの結論に至った。

1.2 受信機の両立性調査

1.2.1 概要

セグメント No. 0 の AC を利用した緊急情報の伝送運用を想定し、既存受信機との両立性試験を参加企業 9 社及び NHK の両者協力のもとで実施した。両立性試験では、「チャンネルスキャン試験」、「起動試験」、「受信試験」の 3 項目について調査した。その結果、調査した 57 機種 of 全について、特に問題とする現象は確認されなかった。

以下に、結果の詳細を記す。

1.2.2 実施方法

(1) 日時、場所

- ・固定受信機などの調査

日時：平成 21 年 2 月 9 日（月）～ 2 月 13 日（金）（但し、2 月 11 日を除く）

場所：NHK 技研 会議室

- ・ワンセグ携帯電話の調査

日時：平成 21 年 2 月 16 日（月）～ 2 月 17 日（火）

場所：NHK 技研 実験室

(2) 調査対象受信機

- ・固定受信機など

液晶テレビ、地デジチューナー、ケーブルテレビ用 STB など 18 機種（5 メーカー）

- ・ワンセグ携帯電話

3 キャリア、39 機種（13 メーカー）

(3) 試験項目

受信機の両立性試験では、「チャンネルスキャン試験」、「起動試験」、「受信試験」の 3 項目について調査した。それぞれの試験内容を表 1 に示す。

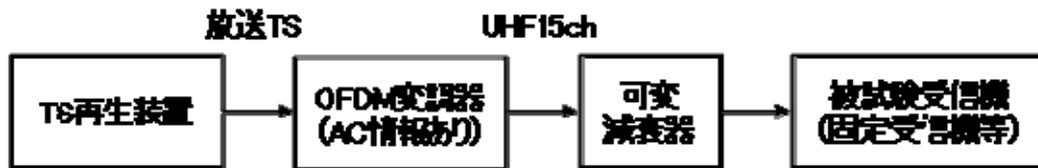
表 1 両立性試験項目

試験項目名	
1	チャンネルスキャン試験 セグメント0の AC に変調されている AC 情報を「緊急情報伝送運用」に設定する。RF 試験信号を被試験受信機に供給し、チャンネルスキャン機能を動作させチャンネルプリセットが正常に動作することを確認する。
2	起動試験 セグメント0の AC に変調されている AC 情報を「緊急情報伝送運用」に設定する。チャンネルプリセットが完了した被試験受信機の主電源を切り、再度、電源を入れ、テレビ(ワンセグ)が受信されることを確認する。
3	受信試験 セグメント0の AC に変調されている AC 情報を「緊急情報伝送運用」に設定する。番組を 2 分間連続視聴して、映像の乱れや音声の瞬断・異音などの問題がないことを確認する。

(4) 試験系統

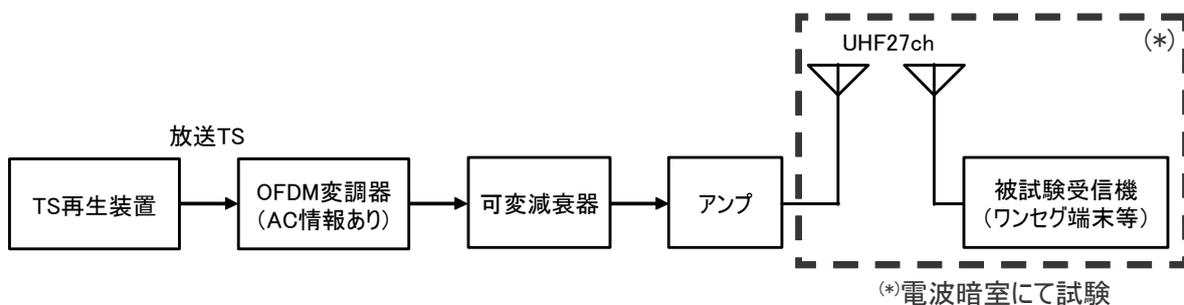
両立性試験の系統を以下に示す。セグメント0の AC に緊急情報が変調されている RF 信号を試験信号とし、可変減衰器でレベル調整した後、被試験受信機へ接続する。試験信号は NHK 東京・総合に設定されている信号を使用した。但し、固定受信機においては放送波との干渉を考慮し UHF15ch で出力した。

○固定受信機の場合の系統



- ・ 供給レベル： -50dBm
- ・ 供給周波数： UHF 15 c h
- ・ 供給形式： 75Ω F 型コネクタ

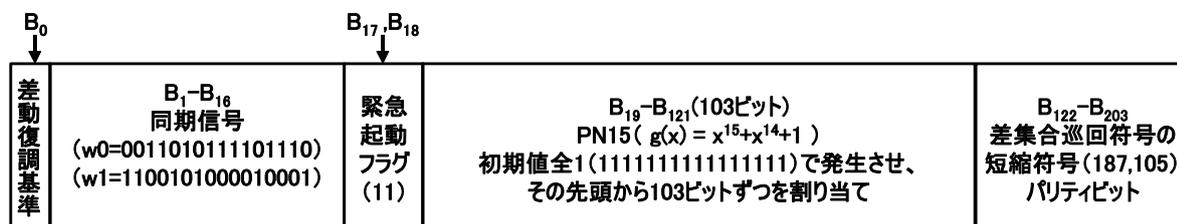
○ワンセグ携帯電話の場合の系統



- ・ 供給レベル： 被試験受信機の設置位置で 70 dB μ V/m 相当の電界強度
- ・ 供給周波数： UHF 27 c h

○緊急情報伝送運用の試験信号

B_{19} から B_{121} に割り当てられる PN15 は 40 フレーム ($103 \times 40 = 4120$ ビット) でリセットされる。



1.2.3 調査結果

57 機種 (18 メーカー) について調査した結果を表 2 に示す。NHK 技研にて RF 信号をキャプチャーし、各社に持ち帰って試験を行った場合についても表 2 に併せて記載した。

なお、TG メンバーのうち受信機メーカー 3 社は、AC 利用に問題はないとして両立性試験に参加していない。

表 2 両立性試験項目と各結果

	試験項目名	調査機器数 ¹	正常動作
1	チャンネルスキャン試験	6 1	6 1
2	起動試験	6 1	6 1
3	受信試験 ²	6 4	6 4

¹ 試験項目の機能を備えていない機種の試験項目については調査対象外とした。

² 映像、音声を出力しない機種は、BER など別のパラメータで評価している。

2 AC 伝送方式の伝送特性実験

2.1 概要

地上デジタル放送の中央のセグメント（セグメント No. 0）の AC の伝送特性を把握するため、各種伝送条件を想定した室内伝送実験を行った。また、この AC を利用した緊急情報の伝送遅延を測定したので、その結果を報告する。

2.2 実施期間

実施期間：平成 21 年 3 月

2.3 測定項目

表 3 に示す項目について AC の伝送特性を測定し、性能の確認を行った。AC の測定にあたっては、セグメント No. 0 の AC の伝送特性を測定した。測定に使用する OFDM の伝送パラメータを表 4 に示す。現行の地上デジタル放送の運用モードに合わせて伝送パラメータを選定した。

表 3 実験項目

実験番号	実験項目
1	ガウス雑音に対する伝送特性
2	マルチパスに対する伝送特性
3	フェージングに対する伝送特性
4	伝送遅延時間に関する実験
5	構成識別を使った切り替え機能に関する実験（参考実験）

表 4 測定に用いる OFDM の伝送パラメータ

項目	値	
	A 階層	B 階層
モード	3	
ガードインターバル比	1/8	
セグメント数	1	12
本線系の変調方式	QPSK	64QAM
本線系の符号化率	$r = 2/3$	$r = 3/4$
本線系のインターリーブ	$l = 4$	$l = 2$
AC	緊急情報を伝送	全て 1

表 5 にマルチパスのパラメータを示す。マルチパスに対する伝送特性の実験では、1 波のマルチパスを加え、マルチパスの位相を変えて、特性のよい位相差と悪い位相差の両方の結果を測定した。

表 6 にフェージングに対する伝送特性測定時のパラメータを示す。伝搬モデルとしては、GSM (Global Systems for Mobile Communication) Rec.05.05 の Typical Urban Area の 6 波の都市型伝搬モデルを用い、フェージング周波数を変えて 3 種類の測定を行なった。

表 5 マルチパスのパラメータ

実験番号	遅延時間	D/U
2-1	1 μ s	3 dB
2-2	10 μ s	10 dB

表 6 フェージングのパラメータ

実験番号	フェージング周波数	マルチパス						
		遅延時間 [us]	-0.2	0	0.3	1.4	2.1	4.8
3-1	5 Hz	D/U [dB]	3	0	2	6	8	10
3-2	20 Hz	3-1、3-2、3-3 全てに同じマルチパスを挿入						
3-3	50 Hz							

図 1 に今回の伝送実験に用いる AC の伝送フォーマットを示す。伝送レートが低いことから誤り訂正後の評価は測定に長時間を必要とし現実的ではない。従って、図 1 に示す 187 bit の情報を使って誤り訂正なしで測定を行い、BER = 2×10^{-3} (差集合巡回符号による誤り訂正後に BER = 1×10^{-11}) の点で評価を行った。



図 1 実験に用いる伝送 AC の伝送フォーマット

2.4 測定系統図および測定方法

2.4.1 ガウス雑音に対する伝送特性測定（実験 1）

ガウス雑音に対する伝送特性の測定系統を図 2 に示す。図 1 の伝送フォーマットを用いて OFDM 変調器から UHF 帯の信号を発生させ、OFDM 変調器の出力にガウス雑音を付加して誤り率を測定する。

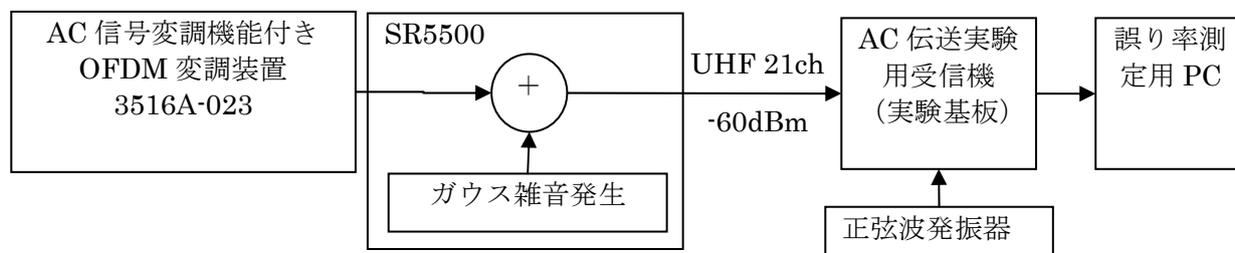


図 2 ガウス雑音に対する伝送特性（実験 1）の測定系統図

2.4.2 マルチパスおよびフェージングに対する伝送特性測定（実験 2、3）

マルチパスおよびフェージングに対する伝送特性の測定系統を図 3 に示す。伝送路シミュレータはガウス雑音付加機能とマルチパス・フェージング付加機能を併せ持つ。

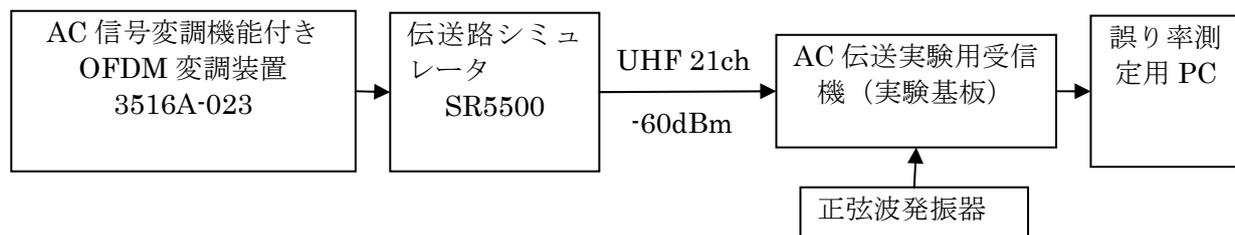


図 3 マルチパスおよびフェージングに対する伝送特性（実験 2、3）の測定系統図

2.4.3 伝送遅延時間に関する実験（実験 4）

伝送遅延時間に関する実験の測定系統図を図 4 に示す。緊急情報送信パルスが出力できる AC 信号発生器、NSI・AC 多重装置および OFDM 変調器を使って ISDB-T 変調信号を生成し、AC 信号発生器から出力する緊急情報送信パルスと、AC 伝送実験用受信機が出力する緊急情報受信パルスとの時間の差をオシロスコープで観測することにより伝送遅延時間を測定する。

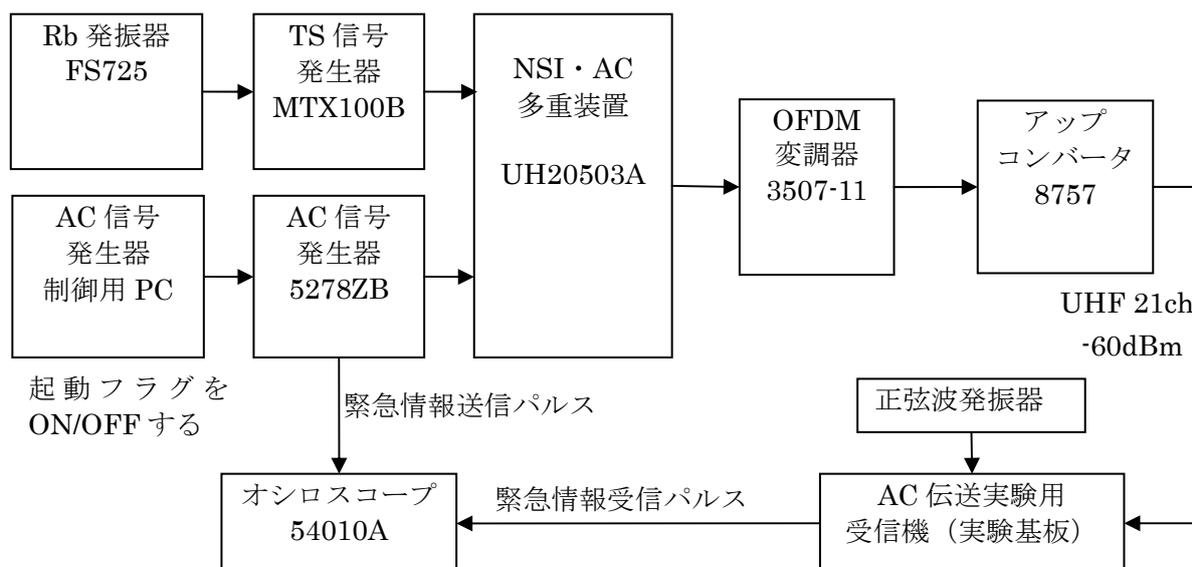


図 4 伝送遅延時間に関する実験（実験 4）の測定系統図

2.4.4 構成識別を使った切り替え機能に関する実験（実験 5：参考実験）

構成識別を使った切り替え機能に関する実験系統を図 5 に示す。構成識別が変更されたときに、AC 伝送実験用受信機で構成識別が正しく検出され、切り替えが行われるとともに、緊急地震速報受信パルスが正しく受信されることを確認する。

今回、実験に準備した AC 信号発生器は、付加情報（放送事業者運用）と緊急情報を切り替えて送出できる機能が無く、構成識別を直接切り替えて実験することはできない。しかし、NSI・AC 多重装置は、“through モード” と呼ばれる AC 信号が多重されない設定と、“NSI・AC モード” と呼ばれる AC 信号が多重される設定があり、外部 PC により切り替えることができ、この機能を使って、付加情報／緊急情報の切り替え試験を行うことにした。

NSI・AC 多重装置の“through モード”では AC キャリアは構成識別も含めてオール 1 で変調されている。AC 信号発生器の緊急情報起動フラグを予め起動有りの状態に設定しておき、NSI・AC 多重装置のモードを“through モード”から“NSI・AC モード”に変更することで切り替え機能試験を行った。このため、本実験は参考実験として実施する。

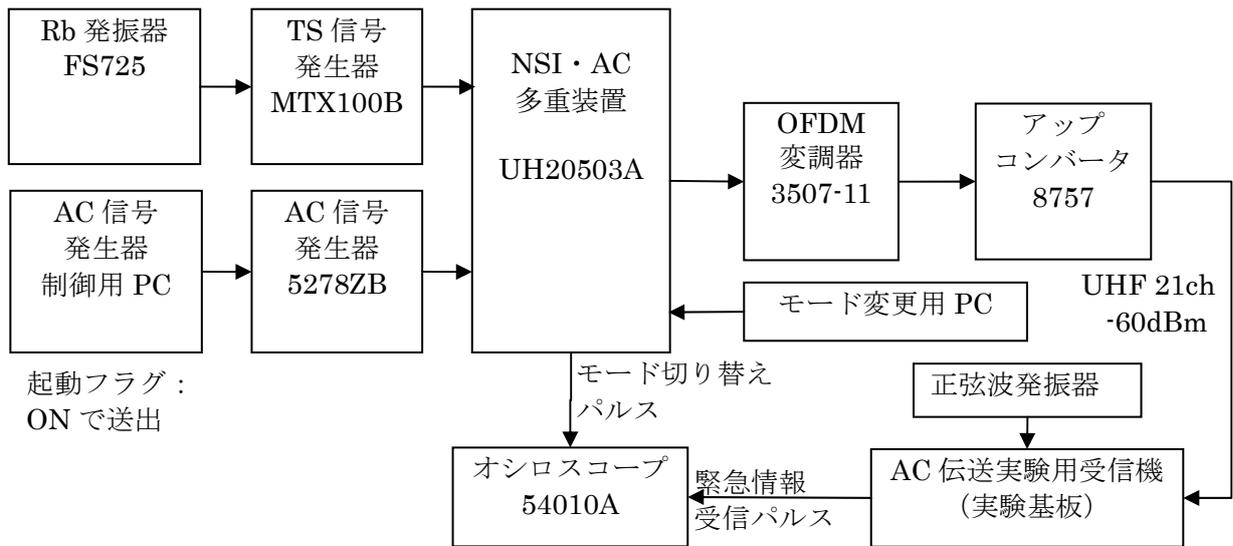


図 5 構成識別を使った信号切り替え機能に関する実験（実験 5）の系統図

2.5 実験結果

2.5.1 ガウス雑音に対する伝送特性

ガウス雑音を加え、C/Nに対するビット誤り率を測定した結果を図6に示す。C/NのCはACおよび本線も含めた13セグメントのOFDM信号全体の電力を示す。セグメントNo.0の1本のACキャリアを受信した場合と8キャリアを合成した場合の特性を図に示す。BER=2×10⁻³の点で評価すると、8キャリアのACを合成した結果は1キャリアのACの場合と比較して、約8dBの合成利得が得られている。マイナスC/Nという極めて低いC/Nにおいて、合成利得の理想値9dBに近い改善が得られた。また、ワンセグの本線信号であるQPSK(r=2/3)の所要C/N=6.6dBと比較して、ACを8キャリア合成した場合の所要C/Nは約10dB低く、極めて良好な結果となっている。

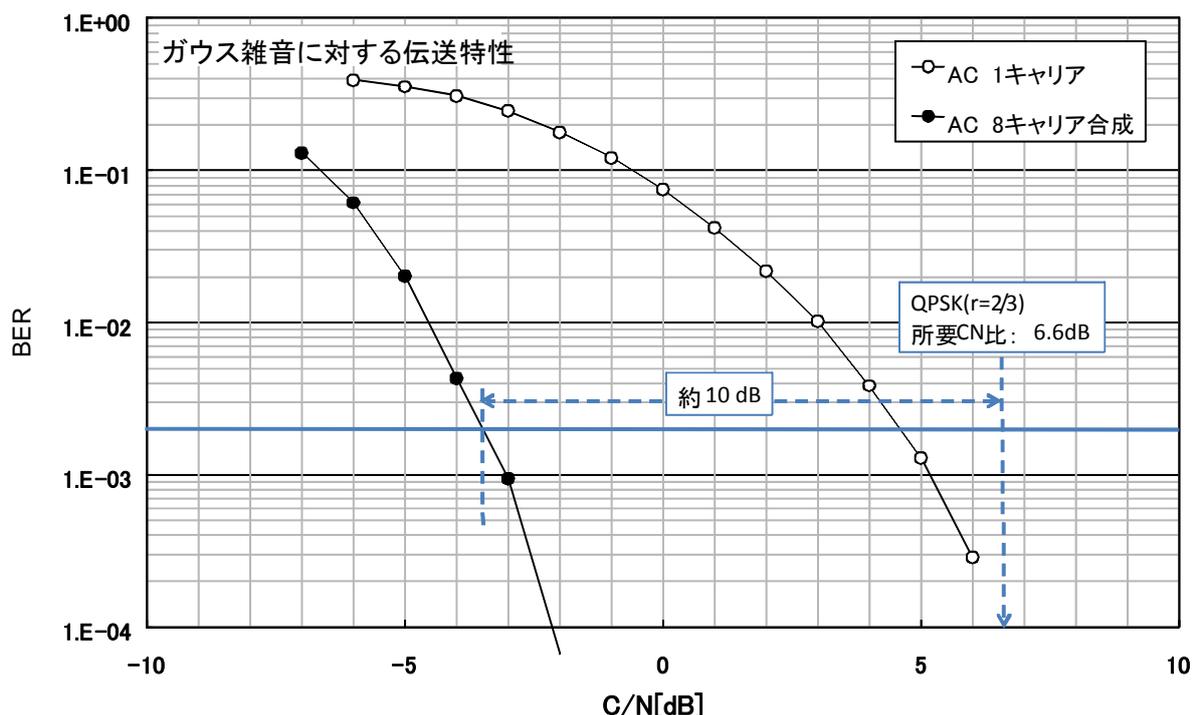


図6 ガウス雑音に対する伝送特性 (実験1)

2.5.2 マルチパスに対する伝送特性

1波の遅延波を加えた伝送路において、C/Nに対するビット誤り率を測定した結果を示す。C/NのCは遅延波も加えたOFDM全体の電力を示す。この実験では、遅延時間とD/Uが異なる2種類の測定を行った。主波と遅延波の位相関係によってACのビット誤り率が大きく異なるため、最良の場合と最悪の場合のデータを取得した。図7に遅延時間1μs(遅延時間1μsに相当する伝搬路長差は約300m)、D/U=3dBの遅延波を加えた場合の特性を示す。1キャリアの場合は主波と遅延波の位相関係による特性の差が非常に大きい結果となるが、8キャリアのACを合成することで特性の差が少なくことに加え、BER=2×10⁻³を確保できる所要C/Nも低くなり、伝送特性が安定することが確認できる。

また、ワンセグの本線信号であるQPSK(r=2/3)の所要C/Nの目安である、約4dB(最良値)、約21dB(最悪値)と比較すると、ACを8キャリア合成した場合の所要C/Nは、それぞれ、約10dB

(最良値)、約 18 dB (最悪値) 低くなり、良好な結果となっていることがわかる。

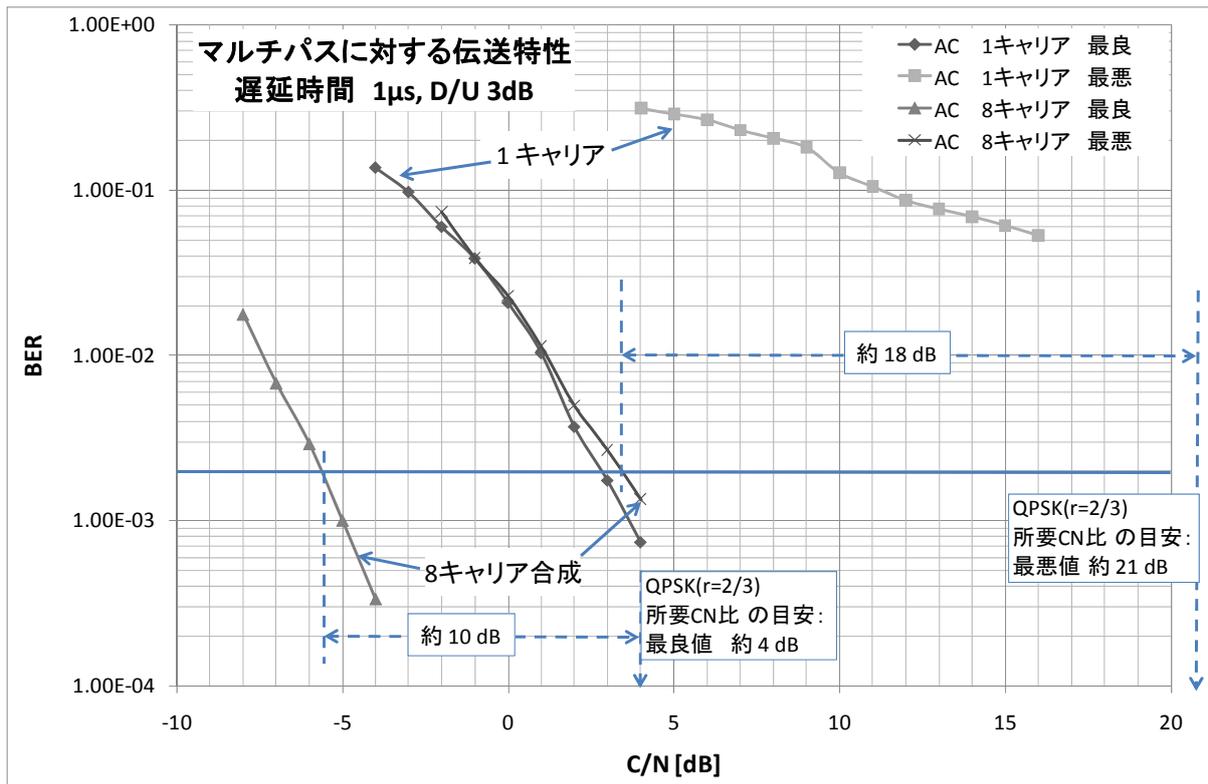


図 7 マルチパスに対する伝送特性 (遅延時間 1 μ s、D/U 3dB) (実験 2-1)

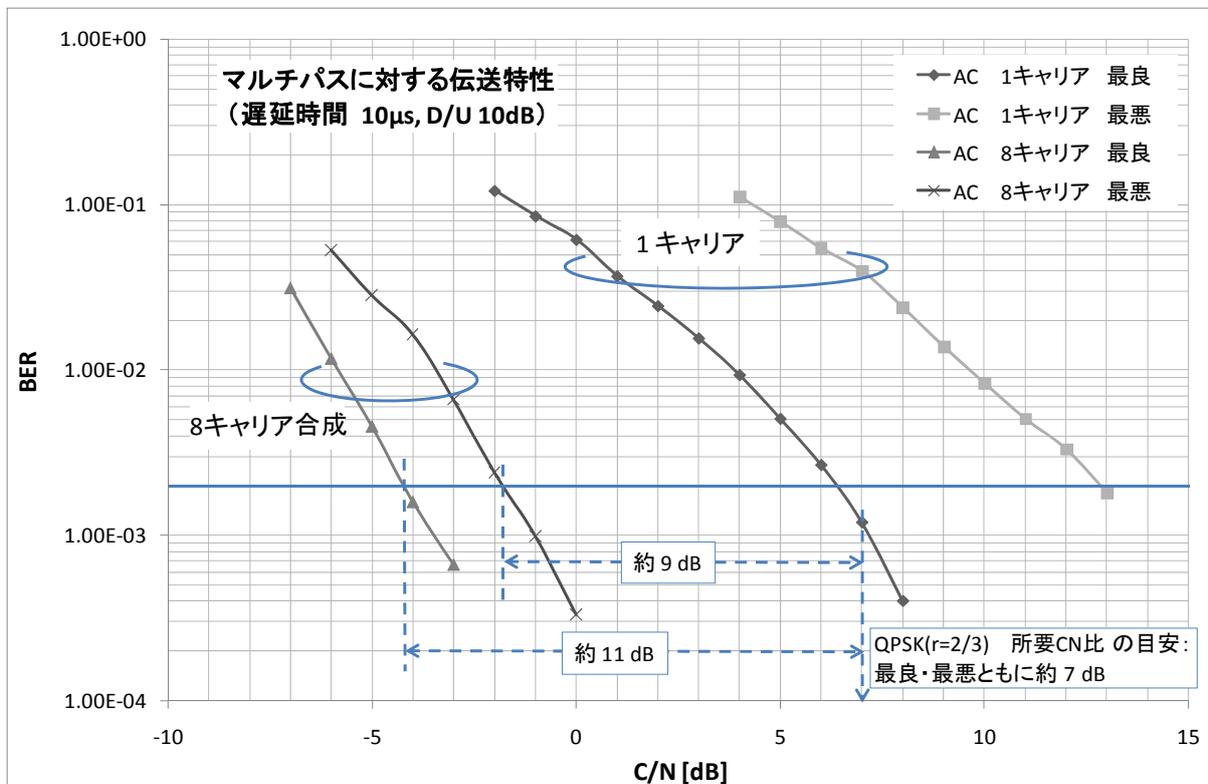


図 8 マルチパスに対する伝送特性 (遅延時間 10 μ s、D/U 10 dB) (実験 2-2)

図 8 に遅延時間 $10\mu\text{s}$ (遅延時間 $10\mu\text{s}$ に相当する伝搬路長差は約 3km)、 $D/U=10\text{dB}$ の遅延波を加えた場合の特性を示す。図 7 と同様に 1 キャリアの場合は主波と遅延波の位相関係による特性の差が非常に大きい結果となるが、8 キャリアの AC を合成することで特性の差が少なくことに加え、 $\text{BER} = 2 \times 10^{-3}$ を確保できる所要 C/N も低くなり、伝送特性が安定することが確認できる。

また、ワンセグの本線信号である QPSK($r=2/3$) の所要 C/N の目安である、約 7 dB (最良、最悪共通) と比較すると、AC を 8 キャリア合成後の所要 C/N は、約 11 dB (最良値)、約 9 dB (最悪値) 低くなり、良好な結果となっていることがわかる。

2.5.3 フェージングに対する伝送特性

フェージングに対する伝送特性について、フェージング周波数 (最大ドップラー周波数 f_d) を変えて 3 種類 ($f_d=5\text{Hz}$, 20Hz , 50Hz) の測定を行った。これらの f_d は UHF24ch を使用して移動受信を行った場合、移動速度がそれぞれ 10km/h 、 40km/h 、 100km/h に相当する。

フェージングに対する伝送特性の測定結果を図 9 に示す。8 キャリアの AC を合成した特性は 1 キャリアの AC の場合と比べて大きく改善していることがわかる。また、ワンセグの本線信号である QPSK($r=2/3$) の所要 C/N の目安である約 14 dB と比較すると、AC を 8 キャリア合成した場合の所要 C/N は約 8 dB 低く、良好な結果となっていることがわかる。

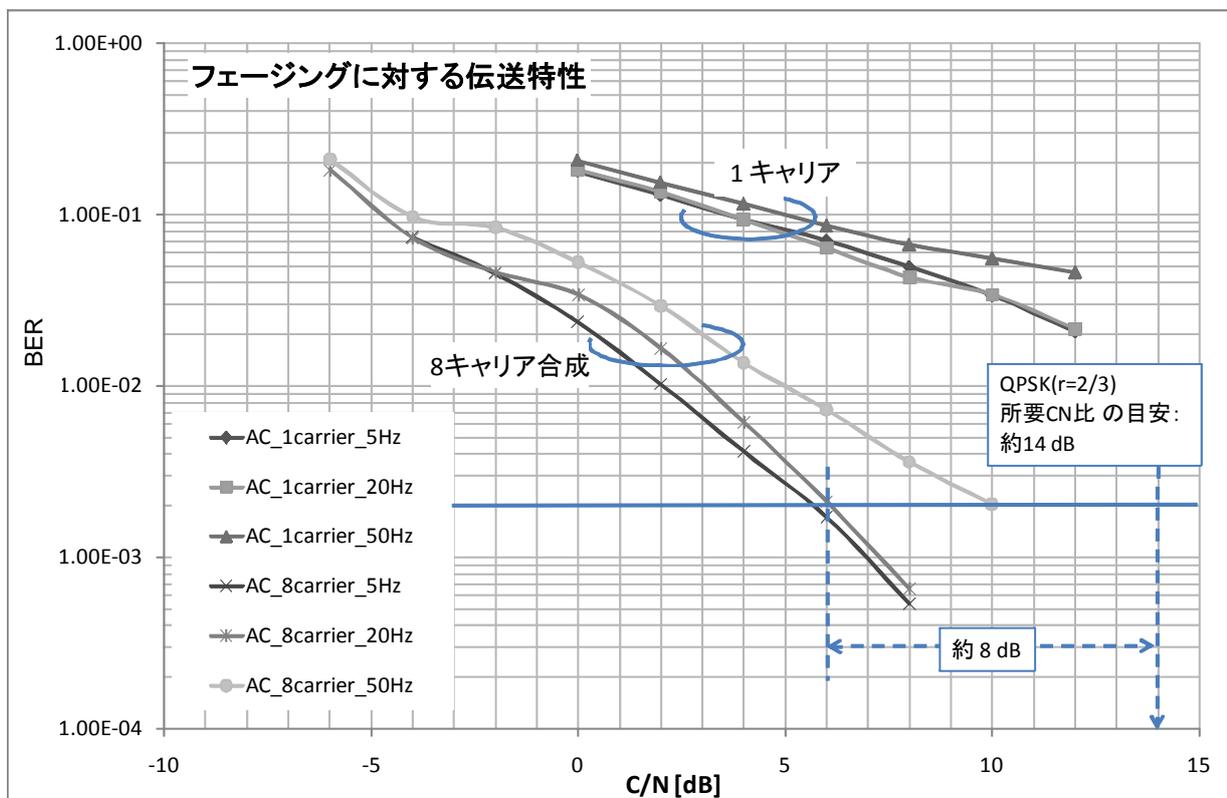


図 9 フェージングに対する伝送特性

2.5.4 伝送遅延時間に関する実験結果

伝送遅延時間に関する実験結果を表 7 に示す。AC 信号発生器に緊急起動信号が入力された時刻を起点として、緊急起動信号が AC 伝送実験用受信機から出力されるまでの時間（伝送遅延時間）を測定した。AC 伝送は OFDM フレーム構成を用いているため、伝送遅延時間は緊急起動信号が AC 信号発生器内部の OFDM フレームに書き込まれるタイミングの影響を受け、1 フレーム内で一様にばらついた特性を示した。最短伝送遅延時間の測定結果は 416 ms、最長伝送遅延時間の測定結果は 647 ms となった。両者の間には、丁度 1 フレーム (231ms) の差を生じ、その中央値は、532 ms となった。

実験にあたっては、SFN 遅延調整時間の運用値を考慮し、本線 TS に対して OFDM 変調器での遅延時間を 412ms に設定した。AC は本線 TS よりも 1 フレーム早く多重されるため、OFDM 変調器における AC の遅延時間は $412\text{ms} - 231\text{ms} = 181\text{ms}$ となる。

表 7 AC 信号発生器への入力を起点とした伝送遅延時間の実験結果

		～AC 信号発生器出力	～NSI・AC 多重装置出力	～OFDM 変調器出力	～アップコンバータ出力	～AC 伝送実験用受信機出力
最短	全体	実測値： 416 ms				
	各部見積もり	9 ms	1.2 ms	181 ms (注)	0 ms	231 ms
最長	全体	実測値： 647ms				
	各部見積もり	240 ms	1.2 ms	181 ms (注)	0 ms	231 ms

(注) OFDM 変調器において、本線 TS の遅延時間を 412ms に設定した。従って、AC は本線 TS よりも 1 フレーム早く多重されるため、AC の遅延時間は、 $412\text{ms} - 231\text{ms} = 181\text{ms}$ となる。

2.5.5 構成識別を使った切り替え機能に関する実験 (参考実験)

今回、実験に準備した AC 信号発生器は、付加情報（放送事業者運用）と緊急情報を切り替えて送出できる付加情報／緊急情報切り替え機能が無く、構成識別を直接切り替えて実験することはできない。しかし、NSI・AC 多重装置は、“through モード” と呼ばれる AC 信号を多重しないモードと、“NSI・AC モード” と呼ばれる AC 信号を多重する 2 つのモードがあり、これらを外部 PC により切り替えることができる。

“through モード” では AC キャリアは構成識別も含めてオール 1 で変調されるため、NSI・AC 多重装置のモード切り替え機能を、AC 信号発生器の付加情報／緊急情報切り替え機能に代えて実験することとした。AC 信号発生器の緊急情報起動フラグを予め起動有りの状態に設定しておき、NSI・AC 多重装置のモードを“through モード” から“NSI・AC モード” に変更することで切り替え機能試験を行った。

構成識別によって AC 伝送実験用受信機の動作が正しく切り替わり、緊急情報を受信できることが確認できた。

2.6 伝送実験のまとめ

緊急地震速報を伝送する観点から、ワンセグに利用している中央のセグメント（セグメント No. 0）の AC の伝送特性を把握するため、試作した実験装置を使って各種伝送条件を想定した室内伝送実験を行った。

8 本の AC キャリアを使ったガウス雑音に対する所要 C/N は、ワンセグの本線信号である QPSK (r=2/3) の所要 C/N=6.6 dB と比較して、約 10 dB 低い良好な結果となった。

AC のマルチパスに対する伝送特性においては、1 キャリアの場合は主波と遅延波の位相関係による特性の差が非常に大きい結果となるが、8 キャリアの AC を合成することで特性の差が少なくなり、伝送特性が安定することが確認できた。ワンセグの本線信号である QPSK (r=2/3) の所要 C/N の目安の値と比較して 約 9 dB ~ 約 18dB 程度低い良好な結果が得られた。

AC のフェージングに対する伝送特性では、8 キャリアの AC を合成した特性は、1 キャリアの AC の場合と比べて大きく改善した。また、ワンセグの本線信号である QPSK (r=2/3) の所要 C/N の目安である約 14 dB と比較しても、AC を 8 キャリア合成した場合の所要 C/N は約 8 dB 低く、良好な結果となった。

【参考】

表 8 使用した実験装置一覧

使用装置名	型名	製造業者名
AC 信号変調機能付き OFDM 変調装置	3516A-023	営電
伝送路シミュレータ (ガウス雑音発生機能付き)	SR5500	SPIRENT
誤り率測定用 PC		
Rb 発振器	MODEL FS725	SRS
TS 信号発生器	MTX100B	日本テクトロニクス
AC 信号発生器制御用 PC	RX2/T7G	東芝
AC 信号発生器	MODEL 5278ZB	日本通信機
NSI・AC 多重装置	UH20503A	東芝
NSI・AC 多重装置制御用 PC		
OFDM 変調器	MODEL 3507A-11	営電
アップコンバータ	MODEL 8757	日本通信機
オシロスコープ	54010A	HP
AC 伝送実験用受信機	LSI 開発用実験基板	OKI セミコンダクタ
正弦波発振器	8642B	HP

3 セキュリティとリスクに関する検討

ACによる緊急地震速報の伝送には、以下のような特徴がある。

- ・低 C/N (-3dB) でも受信可能
- ・自動起動可能
- ・小規模の送信設備で送信可能
- ・広範囲の地域で受信可能

正規の放送事業者以外の者が悪意を持って、偽の緊急地震速報の情報を送信（違法電波発射、電波ジャック等。以下「偽情報送信」という。）するなどの危険性を考慮する必要がある。そこで、これに対するセキュリティとリスクを検討した。

3.1 セキュリティに関する検討

3.1.1 セキュリティレベルと優先順位

- セキュリティレベルは2段階に分けて考えることができる。

1. 過去の緊急地震速報をRFキャプチャして、再送信する攻撃に対する耐性
2. ACで伝送されるメッセージを改ざんして、偽の情報を放送する攻撃に対する耐性

- 攻撃の難易性

「再送信攻撃」はAC伝送方式に関する技術的な知識がなくても、RFキャプチャ装置等を用いて行われる恐れがある。一方、「改ざん攻撃」に関してはAC伝送方式や地上デジタル放送の伝送方式に関する高度な専門知識が必要なため、実現は比較的困難と考えられる。

- 攻撃の難易度に鑑みて、対策の優先順位を「再送信攻撃耐性」、「改ざん攻撃耐性」の順番とすることが適当と考えられる。

3.1.2 攻撃耐性実現について

1. RFキャプチャによる再送信攻撃耐性のため、緊急情報と絶対時刻情報の対応づけが必要である。受信機内部の時計（あるいは時計に相当する機能）は、TOTもしくは通信などの手段によって自動的に校正される時計であればよい。なお、時計の精度は、別途運用によって検討する「許容できる時刻のずれ」に応じて決定する。
2. 改ざん防止のため、メッセージをランダムビット列のXORにより暗号化する方法が考えられるが、この方法では、ランダムビット列、もしくは、その生成アルゴリズムを秘密情報として共有する必要があり、秘密情報の管理や適切な配布、万一、秘密情報が漏えいした場合の対処などにかかる運用・管理コストが課題となる。
3. 改ざん防止のため、署名を付加し、公開鍵により検証する方式も考えられるが、受信機での検証演算の負荷が高くなり、即時性を損なう要因の一つとなることが懸念される。また、署名を伝送するための伝送ビットの確保が必要であり、実現困難である。

3.1.3 実現可能なセキュリティ対策

1. TOT や通信回線などによる時刻合わせ機能を有する受信機では、この受信機時刻とメッセージ送信時刻を比較することで、再送信攻撃を判定することができる。(メッセージ送信時刻はメッセージ内に記述する。)
2. 再送信攻撃耐性のみであれば、メッセージを暗号化する必要がなく、運用・管理コストの問題が回避できる。
3. メッセージを暗号化していないため、再送信攻撃判定を行う受信機と行わない受信機を商品企画や動作モード設定で選択させることができる。

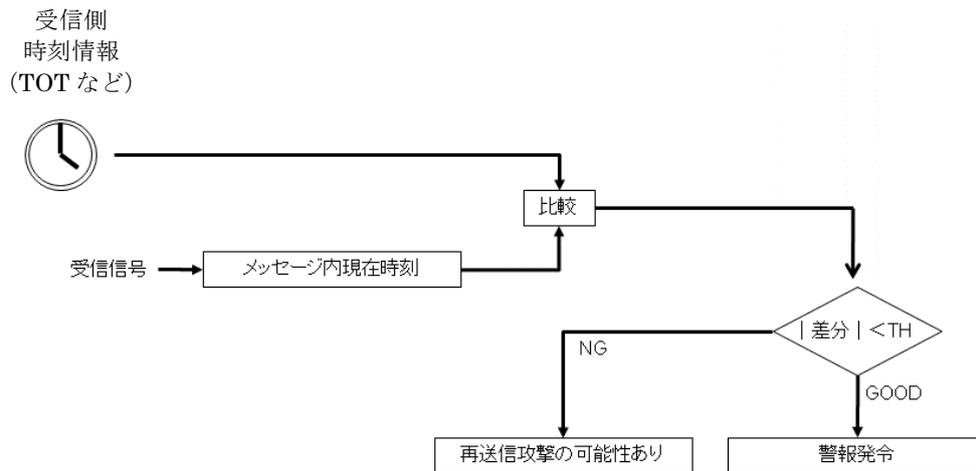


図 10 受信機時刻情報による送信時刻情報の検証

3.2 リスクに関する検討

本検討では、AC 伝送方式を運用した場合に想定されるリスクとして、電波ジャックなどの攻撃による偽情報送信に関する机上検討を行った結果を報告する。既に規格化された緊急警報放送と対比しながら自動起動・表示過程の現状、偽情報送信の難易度、対策について述べる。偽情報送信を大別すると、収録・再送信による送信となりすまし（改ざんを含む）による送信が想定されるのでこの両面から検討を行う。

3.2.1 現状

3.2.1.1 自動起動・表示過程の現状と所要 C/N

表 9 に緊急地震速報（AC 伝送）を受信した際の受信機の自動起動・表示過程を、既に規格が定められている緊急警報放送と対比して記載する。緊急警報放送の場合は、TMCC 中の緊急警報放送用起動フラグ（Bit 26）と PMT (Program Map Table) 中の緊急情報記述子の 2 つの信号を使って受信機の起動制御が行われている。これに対して AC 伝送の場合は、AC 信号のみで情報伝達が完結している。

緊急警報放送は本線系の番組で表示されるため、所要 C/N は本線系の所要 C/N となるが、AC 伝送による緊急地震速報の場合は、ワンセグ受信機、12 セグ受信機ともに所要 C/N は-3dB となる。

表 9 受信機の自動起動・表示過程と所要 C/N の比較

	緊急警報放送		緊急地震速報（AC 伝送）	
		所要 C/N		所要 C/N
ワンセグ 受信機	(1) TMCC(Bit 26) : 起動フラグ検出 (2) ワンセグ PMT : 緊急情報記述子確認 (3) ワンセグ放送番組表示	6.6 dB	(1) AC (Bit 17-18) : 起動フラグ検出 (2) AC(Bit 21-111) : 信号識別、地震情報 (3) 警報発報 (4) 地域、震源などの情報表示	-3 dB
12 セグ 受信機	(1) TMCC(Bit 26) : 起動フラグ検出 (2) 12 セグ PMT : 緊急情報記述子確認 (3) 12 セグ放送番組表示	20.1 dB	(1) AC (Bit 17-18) : 起動フラグ検出 (2) AC(Bit 21-111) : 信号識別、地震情報 (3) 警報発報 (4) 地域、震源などの情報表示	-3 dB

3.2.1.2 緊急警報放送の偽情報送信対策の現状

緊急警報放送の偽情報送信対策の現状を表 10 に示す。偽情報送信には収録・再送信による偽情報送信と、なりすまし（改ざんを含む）による偽情報送信の 2 つのケースが想定される。

緊急警報放送の場合、ワンセグ、12 セグともに偽情報送信対策は行われていない。なお、アナログの緊急警報放送の場合は時刻情報を送るよう規格化されている。

表 10 偽情報送信の対策の状況

	収録・再送信	なりすまし
緊急警報放送（ワンセグ）	対策なし	対策なし
緊急警報放送（12 セグ）	対策なし	対策なし
緊急警報放送（アナログ）	時刻情報を送出	対策なし

3.2.2 偽情報送信に対する難易度

3.2.2.1 偽情報送信の手法

表 11 に偽情報送信手法の概要を示す。収録・再送信の場合、緊急警報放送と AC 伝送の難易度は同じである。

表 11 偽情報送信手法

	収録・再送信	なりすまし
緊急警報放送	RF 信号の収録、再送信	TS 信号作成、OFDM 変調信号作成、送信
緊急地震速報（AC 伝送）	RF 信号の収録、再送信	AC 信号作成、OFDM 変調信号作成、送信

3.2.2.2 偽情報送信手法の検討

(1) 収録・再送信による偽情報送信手法

収録・再送信による偽情報送信は、緊急警報放送、緊急地震速報ともに同じ手法で実現可能である。

収録・再送信の場合、緊急警報放送と AC 伝送による緊急地震速報の送出難易度は同じである。送出頻度が少ない緊急放送を待ち受けて記録しなければならないため、収録の困難さがある。

(2) なりすましによる偽情報送信手法の検討

なりすましによる偽情報送信は、標準規格に従った OFDM の変調プログラムを作成することによって実現可能である。

しかし、プログラム作成のためには高度な専門知識が必要であることから、この手法の実現は誰もが容易にできるものとは考えられない。

なお、緊急警報放送のなりすましを行う場合は、PMT 内に緊急情報記述子を記載する必要がある。また、TS 信号を作成しなければならない分だけ緊急地震速報（AC 伝送）よりも難易度が高い。

3.2.3 対策

3.2.3.1 規格による対策

AC 情報の内容として、時刻情報を含めて送信する。これにより、TOT や通信回線などによる時刻合わせ機能を有する受信機では、受信機の時刻と送出された時刻情報を照合することで、収録・再送信による偽情報受信を回避できる。

3.2.3.2 AC 情報の信頼性確保

緊急警報放送は受信機に対する起動信号が送られた後、その緊急の情報内容自体は本線の放送番組（12セグやワンセグ）によって情報が送られる。緊急地震速報の場合についても同様に、AC 情報は緊急地震速報の際の受信機に対する自動起動のための先導情報と位置付け、受信者は AC 情報で速報された内容の信憑性については、最終的には本線の放送番組まで視聴することなどにより確認する方法がある。もしくは、自動起動フラグのみを運用し、AC では内容を送らず、本線の文字スーパーなどで内容を確認する方法も考えられる。

この場合、直ちに安全確保のために役立てるという趣旨に適った手法とは必ずしも言えないが、自動起動フラグによってスタンバイ状態（待ち受け画面状態）の受信機にも緊急地震速報を伝えることが可能であり、また、ワンセグのエリアよりもはるかに広いエリアの受信機に注意喚起することが可能である。

3.2.3.3 法律による取り締まり

法律による取り締まりはセキュリティの観点から効果的な手段である。電波法、気象業務法において、懲役または罰金などの罰則が設けられている。

3.2.4 リスク検討のまとめ

AC 伝送方式を運用した場合に想定されるリスクとして偽情報送信に関する机上検討を行った。偽情報送信対策の現状と自動起動手法について、既に規格化された緊急警報放送と対比して検討した。

偽情報送信用の信号生成の手法として収録・再送信となりすましと2つの手法がある。

収録・再送信による手法は、収録の機会が少ないものの、なりすましと比較して難易度が低いため、その対策を検討した。その結果、AC の内容として時刻情報を送信することにより、TOT や通信回線などによる時刻合わせ機能を有する受信機では、受信機の時刻と送られてきた時刻情報を照合することで、収録・再送信によるリスクを回避することができる。

AC 伝送方式による緊急地震速報のなりすましによる手法に対しては、特に対策はしていないが、これを実行するためには、標準規格に従った OFDM の変調プログラムを作成する必要があり、このプログラム作成のためには高度な専門知識が必要であることから、誰もが容易にできるものとは考えられない。

なお、緊急警報放送のなりすましを行う場合は、PMT 内に緊急情報記述子を記載する必要があり、また TS 信号を作成しなければならない分だけ緊急地震速報（AC 伝送）よりも難易度が高い。

4 まとめ

ACによる伝送では、短い伝送遅延時間、低C/Nでの受信、受信機の自動起動などの優れた特徴が期待できるため、地上デジタル放送の13セグメントのうちの中央の1セグメント（セグメントNo.0）のAC(Auxiliary Channel)キャリアを用いて、緊急地震速報を伝送する方式について方式案を作成し、既存送信機・受信機との両立性調査、方式案による伝送特性、伝送遅延時間の測定、セキュリティに関する検討を行った。

両立性に関しては、送信機については机上検討を行い、既存送信機との両立性については特に問題がないことを確認した。また、受信機の両立性については、試験信号を作成し、実際に室内で両立性試験を行い、既存受信機との両立性についても問題が生じないことを確認した。

伝送特性に関しては、試作した受信機（評価ボード）を用い、ガウス雑音特性、マルチパス特性、フェージング特性の室内実験を行った。ガウス雑音下では、所要C/N=-3dBでも受信できることを確認した。ワンセグの所要C/N=6.6dBよりも約10dB低いC/Nでも受信可能となった。また、マルチパス特性、フェージング特性とも、ワンセグの受信特性よりも約8~10dB低くても受信可能であることを確認した。さらに、連続受信時の送受信の遅延時間を測定した結果、緊急情報の起動フラグの送信タイミング、受信タイミングをオシロスコープで測定した結果、中央値532msの遅延時間であり、速やかな伝送に十分寄与できる遅延時間であると考えられる。

セキュリティに関しては、既に規格化されている緊急警報放送と対比して机上検討を行った。偽の緊急地震速報の情報を送信する手法としては、収録・再送信による手法は収録の機会が少ないものの、なりすましと比較して難易度が低いため、その対策を検討した。その結果、ACの内容として時刻情報を送信することにより、TOTや通信回線などによる時刻合わせ機能を有する受信機では、受信機の時刻と送られてきた時刻情報を照合することで、収録・再送信によるリスクを回避することができる。

社団法人デジタル放送推進協会における緊急地震速報に関する対応結果

緊急地震速報の伝送時間の短縮について、社団法人電波産業会 (ARIB) と社団法人デジタル放送推進協会 (Dpa) に対して総務省からの技術的な検討の要請があったことを受け、ARIB で緊急情報伝送 TG を設けて検討が行われた。ARIB での検討状況を基に、Dpa としても以下の通り検討を進めた。

1. 対処結果

ARIB で検討された3つの対処策に対して Dpa では以下の通り対応した。

(1) 文字スーパー

現在、「地上デジタルテレビジョン放送運用規定技術資料」ARIB TR-B14 で規定されている文字スーパーにより緊急地震速報の情報を伝送することについては、現行方式(映像にスーパーする方式)よりも時間短縮できると共に、技術的に新たに規定する要件もないことから、基本的には既存の受信機でも利用できる。

この方式に関する対応結果は以下の通りである。

- ・ 既存受信機の文字スーパーの強制表示機能の状況は社団法人電子情報技術産業協会 (JEITA) を通して確認した。その結果、ほとんどの受信機で対応することが分かった。
- ・ TR-B14 第三編 4 章の文字スーパーの項に「速報ニュースや編成ことわりに利用する」との記述があるが、これに緊急地震速報を事例として含めた。なお、対象は A プロファイルのみである。
- ・ 第七編に運用の具体方法を記述した。
- ・ 運用概要、第三編、第四編、第七編の用語の定義をこれにあわせて修正した。

(2) データ放送のイベントメッセージ

現在、TR-B14 で規定されているデータ放送のイベントメッセージ方式を利用することについては、現行方式よりも時間短縮できると共に、技術的に新たに規定する要件もないことから、基本的には既存の受信機でも利用できる。

この方式に関する対応結果は以下の通りである。

- ・ 第三編のイベントメッセージの項には特段の具体事例の記述はないため、新たな記述は行わない。
- ・ 第七編に運用の具体方法を記述した。

(3) 地上デジタル放送の Auxiliary Channel (AC) による情報伝送

今回新たに提案された方式であり、ARIB の検討結果を待って、TR への対応を行うこととする。

2. スケジュール

文字スーパー、データ放送のイベントメッセージについては、Dpa において作成した TR-B14 の改定案が ARIB 第 74 回規格会議 (平成 21 年 7 月 29 日開催) で承認された。

AC についても、ARIB の報告を受けて、今後検討を進めていく。

以上