河川技術論文集，第13巻，2007年6月

ＦＭラジオを活用した防災情報提供技術の開発と四万十市川登地区における運用実験

DEVELOPMENT OF DISASTER PREVENTION INFORMATION SYSTEM USING FM RADIO AND FIELD EXPERIMENTS IN SHIMANTO CITY KAWANOBORI DISTRICT

岡田将治[1]・橘田隆史[2]
Shoji OKADA and Takashi KITSUDA

[1]正会員　博士(工学) 高知工業高等専門学校 建設システム工学科（〒783-8508 高知県南国市物部乙200-1）
[2]正会員　修士(農学)　ハイドロシステム開発（〒552-0007 大阪府大阪市港区弁天5丁目10-23）

When the disaster occurs, securing a reliable disaster prevention information system becomes an important problem. In this paper, we propose a new information system using mini-FM network. This system acquires disaster prevention information on the web by the automatic operation, and converts it into voice information. In addition, convert the sentences into the voice and transmit to the radio of a local area as FM electric wave.

From the field experiments of about five months conducted in Kochi Prefecture Shimanto city Kawanobori district by using this system, we found the possibility of a new information service.

Key Words: *mini-FM network, disaster prevention information system, Shimanto River*

１．序論

近年，毎年のように全国各地で豪雨災害が起こっており，災害時における住民への避難勧告等の確実な情報伝達手段の確保が早急な課題となっている．これまでの防災情報伝達は，主として防災行政無線，インターネット技術を用いたウェブ情報公開，Eメール配信およびケーブルテレビによる現況の映像放送等により進められてきた．しかし，システムが大規模で，かつ高度なものとなるため，末端まで普及が難しい点や導入費用が高額となる点，子供や高齢者あるいはIT技術に不慣れな住民にとって使いにくい点等の問題が指摘されている．これらの問題点は，今日の情報化社会において末端ユーザーまで情報が到達しない現象を示す「ラストワンマイル問題」や「デジタルデバイド問題」として常に議論され，その解決策を問われてきた．総務省四国総合通信局資料[1)]によれば，平成17年12月31日現在の市町村防災行政無線の整備状況は，四国で73.5%(97/132)，高知県では68.9%(31/45)である．高齢者が多い中山間地域においては，防災無線の設置されていない自治体もあり，携帯電話が使用できない地区も多くあることから，インターネットや携帯電話を介さずに防災情報を伝達するシステムの確保が重要となる．高知県を流れる一級河川四万十川では，2005年の台風14号がもたらせた降雨により，基準観測地点の具同において1963年以来となる史上2番目の水位を記録した．著者らが所属する高知県災害対応支援チーム(河川災害グループ)による洪水後の災害調査から，四万十川に沿う幹線道路(国道441号)が多数箇所で冠水し，24時間以上孤立した集落があったことが明らかとなった[2)]．これらの浸水被害を受けた地区の多くは中流域の無堤防地区であり，年に数回道路が冠水している．このような被害特性を持つ地域の減災対策として，著者らは河川水位をはじめとする防災情報をローカルエリア内で，市販の家庭用ラジオを用いた，いつでも誰にでも容易に取得できる情報伝達システムを提案し，2006年6月から10月末までの約5ヶ月間，浸水被害が頻発する四万十市川登地区において試験運用を行った．本システムは，気象庁，国土交通省，各自治体等が一般公開している防災情報を活用するもので，末端ユーザーの直前までの情報伝達過程にはパソコン，インターネット等の普及技術を用い，末端ユーザーへの情報伝達には電波法の免許を必要としないミニFM(微弱電波)および特定省電力無線を用いる構成とした．本研究では，このシステムの開発に至った経緯，システムの概要，四万十市川登地区における配信実験および実験から明らかになった課題と今後の対策について報告する．

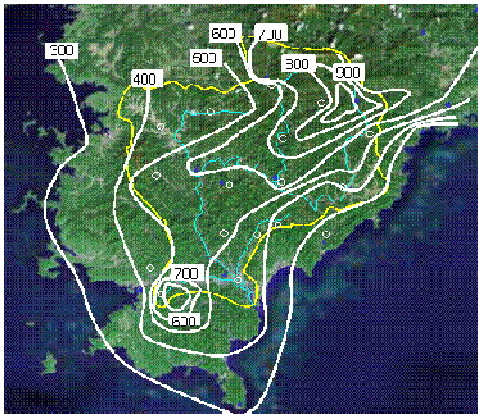


図-1 2005年台風14号が四万十川流域にもたらした総降雨量の等分布線図(9月4-7日)
(出典：国土交通省中村河川国道事務所 資料)

表-1 四万十川における代表的な出水時の日最大雨量と時間最大雨量 (単位: mm)

観測地点名	1963年 台風9号	2004年 台風23号	2005年 台風14号
梼原	495 / 62	271 / 38	481 / 39
船戸	552 / 82.5	473 / 70.5	560.5 / 47.5
大正	275 / ―	331 / 54	394 / 31
日吉	― / ―	189 / 30	357 / 42
近永	― / ―	195 / 28	305 / 36
江川崎	260 / 29.5	240 / 40	355 / 30

※1 表中の値は 日最大雨量 ／ 時間最大雨量 を示す.
※2 ゴシック体の数字は，3台風の中で最大値であるもの
※3 ― は未観測

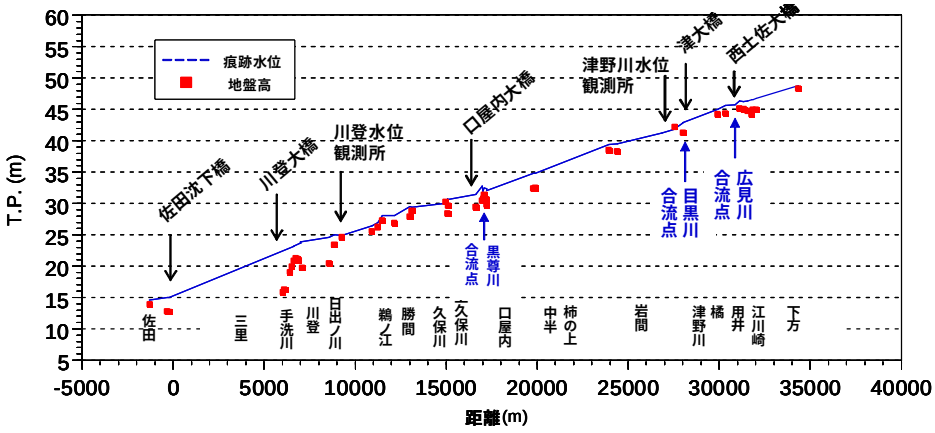


図-2 2005年台風14号による四万十沿川地区の痕跡水位と地盤高の縦断図
(出典: 高知県河川防災課資料 各地区の主要な42地点の測量調査から作成)

２．2005年台風14号による四万十川洪水被害と川登地区の浸水特性

図-1に2005年台風14号がもたらした総降雨量の等分布線図を表-1に四万十川における過去の代表的な出水の日最大雨量と時間最大雨量を示す．総降雨量は，船戸地点で900mmを超えている．時間最大雨量は上流域の梼原，船戸，大正の各地点において前年の2004年台風23号に比べ少なかったものの，20mm/hrを超える雨が30時間以上断続的に降った．また，中流の広見川流域の日吉，近永観測地点で降雨量が多く，四万十川本川と広見川の合流する江川崎地区から下流部への浸水規模を拡大させた．高知県河川整備課資料[3]によれば，2005年台風14号による支川の広見川流域日吉地点の日雨量355mmの確率は1/70に相当し，最大1時間降雨強度42mmについても確率1/20に相当する．その結果，四万十市全域で全壊，半壊，床上・床下浸水等を含め359戸で被害を受けている[4]．浸水被害を受けた佐田～江川崎地区では無堤防地域が多く，多雨期には地盤の低い主要道路が年に数回冠水している．幹線道路が冠水した場合，迂回路がないことから，いたる箇所で地区が孤立する．高知県では四万十川水位と各地区の浸水状況との関連付けを行うために，佐田地区から江川崎地区までの約35km区間の主要42地点において地盤高および痕跡水位調査を行い，図-2に示す結果が得られた．この図から沿川のほとんどの地点で1-2mの浸水が生じており，特に江川崎地区，日出ノ川地区，川登地区において浸水深が大きく，川登地区では7mに達している箇所もあった．同地区では2005年9月6日13:20から翌7日12:00まで幹線道路である国道441号線が冠水したため，通行止めとなった．郵便局，幼稚園，小中学校等の主要な公共施設においても床上浸水被害を受け，地区全域で床上浸水99戸以上，床下浸水29戸以上の被害を受けた．浸水被害が最も多かった川登地区の浸水特性を明らかにするため，地盤高測量結果に基づいて図-3に示すような地区中心部の浸水想定図を作成した．この地区では四万十川沿いに堤防がないため，四万十川水位の上昇ともに溢水氾濫が生じ，道路や民家が徐々に浸水していく．そのため，洪水後に地区住民に行った各地点の浸水時刻，浸水位の聞き取り調査結果と図-3の浸水想定図が概ね一致することがわかった．さらに，この地区の浸水状況と近隣の四万十川水位との関係を得るために，2003年から2005年までの浸水データと同時刻の四万十川川登水位観測所(高知県管理)の水位の関係を図-4に示す．川登水位観測所は，川登地区の

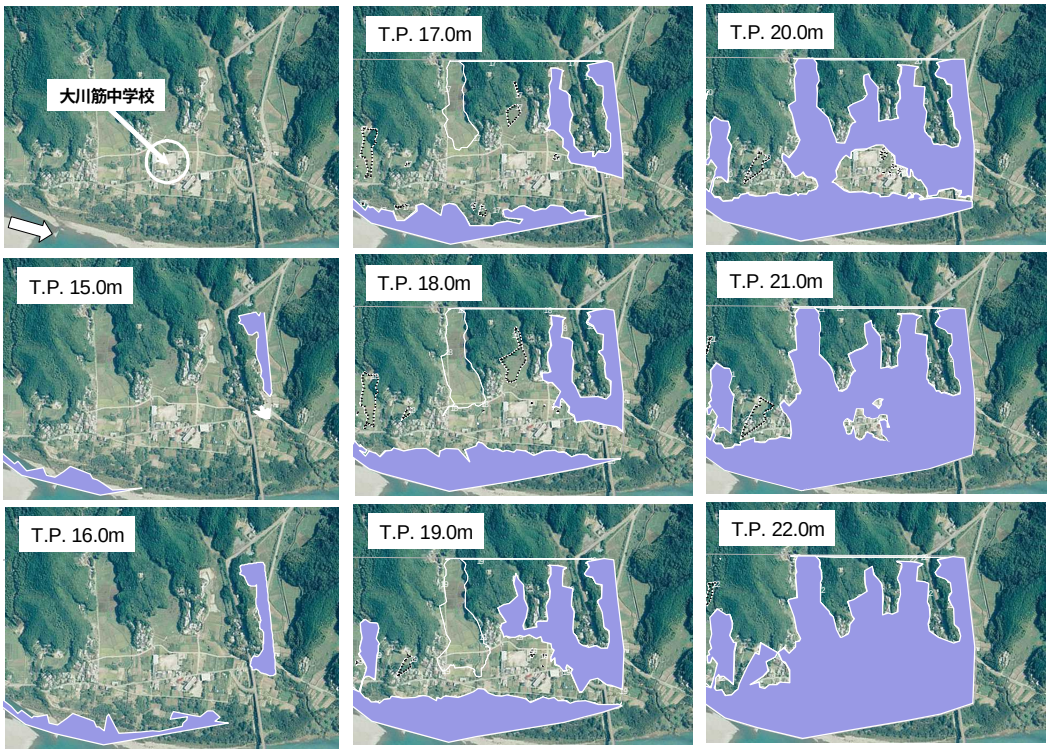


図-3 地盤高から作成した川登地区の浸水想定図
(航空写真：国土交通省中村河川国道事務所 提供)

住民への痕跡水位の聞き取り調査から，2004年台風23号ではT.P.20.5m，2005年台風14号ではT.P．23.0mであったことが明らかとなった．

中心部から約3km上流に位置している．図の縦軸には，川登地区の地盤高(T.P.換算値)と住民が浸水状況をイメージしやすいように地区内の主要な建物や交差点の地盤高を併記した．川登地点の警戒水位が越えると，間もなく国道441号で最も地盤高の低い川登大橋下の三差路が浸水し始め，幹線道路が通行止めとなる．聞き取り調査から，この地区では年に数回この地点が冠水しており，住民らはこの三差路が冠水し始めると自家用車を川登大橋に移動させることや床上・床下浸水に備えた準備作業を経験的に行っている．浸水被害が起こった当日も住民らは相互に情報交換を行い，目安となる水位に達すると自家用車を大橋に移動させたが，浸水位の上昇が経験的なものよりも速く，2台目の自家用車や1階の家財道具等の浸水被害を受けた住宅が多くあった．これらのことから，図-4の横軸には自動車を避難させることのできる水位および停電が生じた過去の水位を併記した．四国電力中村支店資料によれば，浸水時の停電時刻は2005年9月6日の18時47分であり，電気事故防止のために意図的に行う予備停電ではないとのことから，水位上昇に伴う漏電が原因とされている．以上より，降雨時に住民が四万十川川登地点の水位情報を常時入手することができれば，図-3および図-4を用いて浸水範囲，浸水深，自動車を移動できる水位および停電までの時間が想定することができ，早い段階から避難等の準備が可能となる．

３．国土交通省「川の防災情報」および高知県総合防災情報システムがWeb上で公開する河川情報

高知県内で観測されている雨量や河川水位の情報は，国土交通省の「川の防災情報」(http://www.river.go.jp)(インターネット，携帯電話)および高知県総合防災情報システム(http://kouhou.bousai.net-kochi.gr.jp/pub-html/suibou/index.html)(インターネットのみ)から入手することができる．住民が四万十川川登観測地点の水位情報を知るためにはパソコンを利用し，インターネット回線を通じて後者のホームページにアクセスする必要がある．しかし，この地区でインターネットからの情報を入手できるのは，光通信網が整備されている小･中学校と個人的に回線接続している民家2戸のみである．また，「川の防災情報」へは携帯電話からもアクセスでき，1時間ごとの川登地点水位の上下流の津野川観測地点，具同観測地点における10分ごとの水位情報を入手することができる．しかし，このような中山間地域においては携帯電話が使用できない集落が多くあることや携帯端末の操作が高齢者には扱いづらいという課題もある．したがって，より多くの住民がこれらの防災情報を入手，共有し，被災時の減災行動に生かすためには何らかの対策が必要となる．

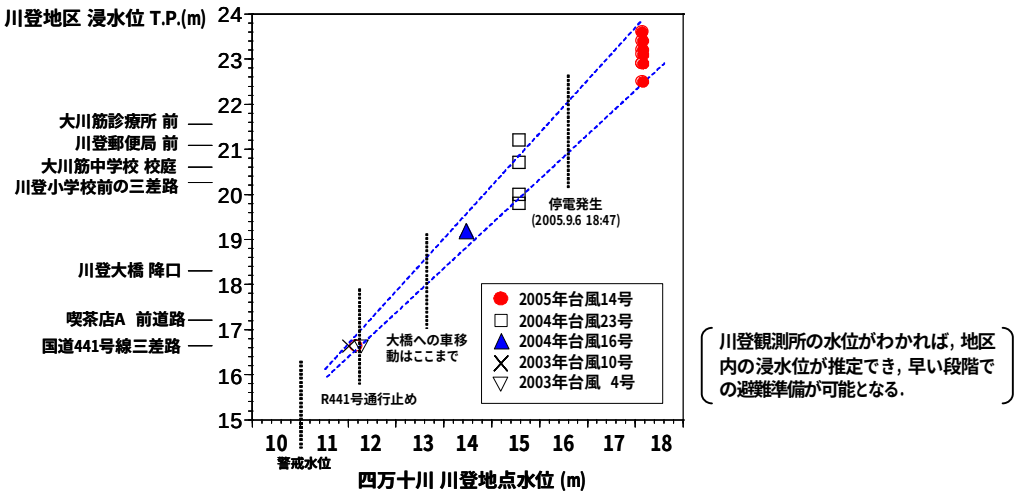


図-4 四万十市川登地区における近年の浸水位と四万十川川登水位との関係

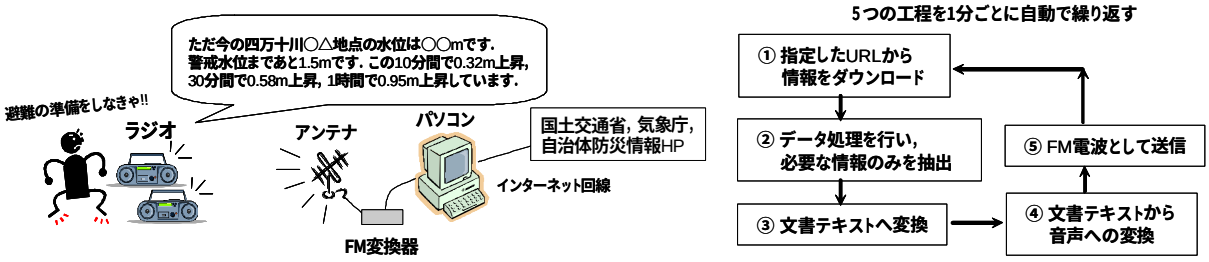


図-5 ミニFMを利用した防災情報提供システムの概念図と四万十市における運用実験の放送事例

4．ミニFMを用いた防災情報伝達システムの開発

川登地区のようなインターネットや携帯電話が十分に普及していない，高齢者が多い地域における防災情報伝達の新しい試みとして，図-5に示すミニFMを活用した防災情報伝達システムを提案した．本システムは，「情報の最終端末を誰にでも不自由なく使用可能な市販ラジオにする」ことを開発コンセプトとし，気象庁，国土交通省，各自治体等がウェブ上で一般公開している雨量や河川水位等の防災情報を音声情報として地区住民に送信する新しいタイプの情報提供システムである．情報取得からラジオへの音声配信までの一連の作業としては，①雨量や水位情報をホームページ上からダウンロードし，②データ処理を行って必要な情報のみを抽出した後，③テキストファイルを作成し，④そのテキストファイルを音声ファイルに変換する．さらに，⑤パソコンに接続したFMトランスミッターとアンテナにより，受信可能範囲にあるFMラジオへ情報を送信する．これらの5つの作業を一定時間ごとに自動的に繰り返す設定を行うことにより，初期設定以降の人的作業を必要としない．

FMラジオへの災害･防災情報の提供が行われた事例としては，コミュニティFM(受信エリアが半径10－



図-6 FM発信基地(中学校内)から受信可能範囲の調査結果
(高感度ラジオと外部受信アンテナを使用した場合)



写真-1 四万十市川登地区において設置，試験運用を行っている防災情報提供システム
民家，中学校職員室，郵便局等にモニターリスナーをお願いし，5ヶ月間の連続運用実験を行った

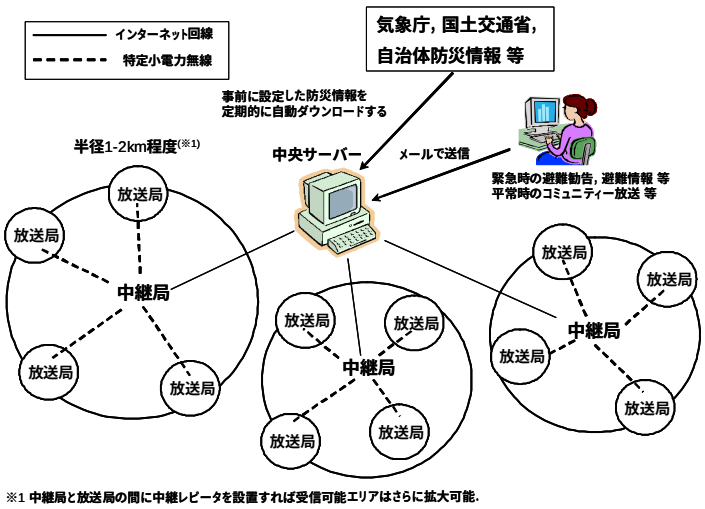


図-7 改良型システムの概念図

中継局と放送局間に特定省電力無線を用いたシステムを構築することにより，受信可能エリアが100倍以上(半径約100mから1-2km程度)に拡大できる．緊急時の避難情報(テキスト文書) をメールで中央サーバーに送り，割り込み放送が可能.

20km程度の地域限定の放送局，1992年に市町村単位の地域を対象として制度化された)を利用したものがあり，阪神･淡路大震災，2004年新潟水害，2004年新潟県中越地震で安否情報や被災情報等のきめ細かな災害情報や生活情報を収集･発信する防災メディアとして再認識された[5]．しかし，コミュニティFMは，免許申請および常時放送を必要とすること，初期設備投資が数千万～数億円規模でかかる等の制約があり，既設のラジオ局を用いる場合に比べ，新規開設はコスト面や運用面で多くの課題がある．一方，本システムで用いたミニFM（微弱電波）は，電波法において「無線設備から3mの距離において，電界強度が500μV/m以下」と規定されており，受信可能エリアは最大でも半径100m程度であるものの，非常に安価である点等から，コミュニティFMに比べ新規導入や運用面での利点は多い．システムの試作にあたっては，市販のダウンロードソフト，音声変換ソフトおよびFMトランスミッター，送信アンテナ等の既存の機器やソフトを組み合わせることにより製作し，ダウンロードした水位データを処理し，文書テキストに変換するソフトは独自に開発した.

５．四万十市川登地区におけるシステムの試験運用(2006年6月～10月末)

ミニFMを用いた防災情報提供システムの有用性を検証するために，2006年6月～10月末までの期間，四万十市川登地区において運用実験を行った．放送局の設置箇所には，インターネット回線が利用可能であり，かつ災害時に地区の避難場所となっている等の理由から，四万十市役所の協力により大川筋中学校校舎内(写真-1左)とした．ラジオで住民に伝達する情報は，この地区の約3km上流に位置する四万十川川登観測地点(高知県管理)の水位とした．高知県総合防災情報システムのホームページでは，12:00現在の水位情報を10分遅れの12:10から公開している．本システムでは，1分間隔に自動ダウンロードして，文章化し，音声変換を行った後に自動放送する設定とした．したがって，12:00時点の水位データは，遅くとも11-12分遅れの12:12にはラジオで聞くことができ，12:10時点の水位情報に更新されるまで同じ情報が繰り返し放送される．この水位情報に基づいて，ラジオからは「○月×日△時□分現在の四万十川 川登地点の観測水位は，3.75mです．警戒水位の10.4mには，あと6.65mです．この10分間で0.02mの上昇，30分間で0.08mの上昇，1時間では0.18m上昇しています．」のように，現在の水位，警戒水位までの高さおよび水位の上昇量を文章化したものが放送される.

試験運用開始の前に，ラジオ放送の受信可能範囲を調べるために，中学校内の送信施設からラジオと外部受信アンテナを併用した結果，図-6に示すように見通しが良ければ半径約90mの範囲で放送内容を確認することができた．これらの結果に基づき，昨年浸水被害を受けた民家，中学校職員室，郵便局等の近隣住民にモニターリスナーをお願いし，ラジオと高感度受信アンテナを設置した(写真-1)．その際，図-3および図-4の活用方法と警戒水位の10.4mを越えると川登大橋下の国道三差路が浸水する旨を伝えた．これによって，モニターリスナーは，リアルタイムで河川水位情報を入手でき，警戒水位までの高さと最近10分，30分，1時間の水位変化量から道路が冠水までの時間を推算し，事前に車や荷物の避難準備ができるようになった．運用期間中，2006年8月19日夜に四万十川川登地点において警戒水位に近づいた際にも，モニターからは「雨が降っていてもラジオで常に水位情

報が流れているので安心できた」，中学校教員からは「降雨時に生徒を早く帰宅させる必要があるか否かについての判断材料になった」等，システムに対して好評を得た．また，ラジオが聞こえない範囲の住民から中学校に河川水位の状況の問い合わせがある等，地域の防災情報の拠点として機能していることがわかった．この防災情報提供システムは，NHK 四国スペシャル「住民が防災に備える」や各種新聞においても，中山間地域における防災・減災の新しい取り組みとして，大きく取り上げられている．

６．2007年度運用実験に向けた課題と対策

本システムの試験運用から実用化に向けた課題として，①受信可能エリアの拡大技術，②複数エリアへ放送可能な統合ソフトの開発，③サーバー管理方法，④停電時のバックアップ，⑤緊急時の避難勧告等の割り込み放送等が挙げられた．これらの対策として，**図-5**の試作システムを改良した新しいFM防災ラジオシステム(2007年4月1日現在)を提案した．その概念図を**図-7**に示す．現地にパソコンを設置するとシステムのメンテナンスや再設定等に支障が生じるため，高知高専の当研究室内に中央サーバーを設置することとした．現地にはパソコンの替わりに専用中継局を設置し，中央サーバーからインターネット回線経由で複数地点に異なる情報(音声ファイル)の送信し，再生することができる．受信可能エリアの拡大については，中継局から放送局には特定小電力無線を用いることにより，両局の距離を半径1-2km程度まで延長できることを確認しており，1台の中継局でひとつの地区内をほぼカバーすることができる．また，中継レピータを併用させればさらに受信可能エリアを拡げることができ，山間地域の入り組んだ地形の場所にでも対応可能となる．さらに，中継局，放送局には停電時用のバッテリーが組み込まれており，停電時でもインターネット回線が接続されていれば，約8時間は放送することができる．

今後は通常の事前に設定された放送に加え，避難勧告等の緊急時の情報(テキストファイル)を中央サーバーへメールで送信することにより，割り込み放送を行うことのできるシステムへの改良を今年度中に予定している．さらに，緊急時に本システムを有効活用するために，平常時から地区内の情報連絡に利用する等の検討も試験的に行う予定である．

７．結論

子供や高齢者でも利用しやすい情報取得手法として，末端のアウトプットをFMラジオとする新しい情報提供システムを提案した．このシステムを用いて高知県四万十市川登地区において行った約5ヶ月間の運用実験から，新しい防災情報提供の可能性が確認された．また，受信可能エリアが半径100m程度であるミニFMの短所を特定省電力無線による中継システムの構築により，半径1-2km程度まで拡大させることができ，中継レピータの併用により，さらに広い範囲を受信可能とした．これらの技術開発により，緊急時に半径1-2km程度の複数のローカルエリアに対して異なる情報を配信するシステムを構築することができる．本システムは，河川水位情報，雨量情報のリアルタイム情報提供に加え，洪水予測システムとの連携による水位予測，あるいはウェブ上の土砂災害情報，津波情報等と事前にリンクさせておくことでその情報を自動的に取得し，音声情報に変換してFMラジオに向けて放送する等，幅広い分野において活用できる可能性を持っている．

謝辞：本調査･試験運用を行うにあたり，国土交通省中村河川国道事務所，高知県，四万十市役所から資料の提供やご協力をいただいた．また，本研究は(社)四国建設弘済会平成19年度建設事業に関する技術開発支援制度の助成を受けている．記して感謝の意を表する．

参考文献

1) 総務省四国総合通信局：小規模集落における災害情報伝達システムに関する検討，2006.
2) 岡田将治，大年邦雄：2005年9月台風14号による四万十川洪水被害調査報告，土木学会四国支部 自然災害フォーラム論文集，2006.
3) 高知県河川整備課：高知県確率日雨量分布図と確率短時間降雨強度の算定について，2004.
4) 四万十市総務課：2005年台風14号による四万十川市の住宅被害，四万十市HP，2005.
5) (社)北陸建設弘済会：ほっとほくりくNo.64，コミュニティFMを活用した防災情報，2006.

（2007.4.5受付）