

アマチュア無線を利用した大規模災害時の自立的 通信手段確保を目指した地域防災教育に関する研究

上 野 勝 利

徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部准教授

1 はじめに

本研究の目的は大規模災害等によって通常の公衆通信手段が不能となった場合に備え、アマチュア無線を中心とした住民による自立的な通信手段を確保する方法を確立し、地域の防災力を高めることである。

2004年12月に発生したインド洋大津波や、2005年に北米を襲ったハリケーンカトリーナ、2008年四川地震など大規模災害時には、アマチュア無線による非常通信が行われ、その有用性が再確認された^{1) 2)}。我国においても、近年の気象災害の凶暴化のみならず、東海、東南海、南海地震といった巨大地震の発生が、今世紀前半中にも危ぶまれており、大規模広域災害への早急な対応が望まれている。

大規模災害では、行政による災害対応は、国家の基幹保持や大都市に重点が置かれる。したがって個々の地域住民に対する救援活動は、地域住民自身によって行わなければならないと予測される。行政はその点を明らかにし、住民の自助・共助組織である自主防災組織の組織化を支援しはじめた。災害時の活動を円滑に進めるためには、住民自らの自助努力による、他の事情に左右されない、自立的な通信手段を確保する必要がある。

ハリケーンカトリーナの事例²⁾に学べば、災害時には、十分な通信設備の確保が困難であり、放送局や携帯電話網の空中線設備の損傷なども予想される。非常電源装置への燃料供給も含めて、十分な電源が確保できない恐れもある。地震をはじめとする自然災害では、災害の規模、地域、季節、時間、社会情勢によってさまざまな被害が発生する。過去や他地域の事例では有効であった対策が、将来の災害に対しても有効とは限らない。地域の特性に応じたさまざまな状況を想定し、創意工夫をもって臨機応変に対応することが要求される。

アマチュア無線は、そのような状況下で、自立的な情報通信手段を確保するための有効な手段である、と考えられる。アマチュア無線には広範な周波数スペクトルが割り当てられており、さまざまな電波形式が利用できる。日常的に活用することにより、電波伝搬や無線設備などの無線工学の知識や、通信技能の習熟が可能である。防災NPOや自主防災組織へのアマチュア無線の導入も行われるようになってきた。しかし、知識の普及や訓練方法は体系化されておらず、折角資格を取得し、高価な設備をそろえても、役立てられない恐れがある。

2 アマチュア無線による公共業務と法整備の必要性

中央防災会議の災害対策大綱にも、アマチュア無線網との連携が必要と記述されている^{3) 4)}ものの、具体的にアマチュア無線を非常通信手段として有効利用するため、どのような環境整備や教育・訓練を行えばよいかという研究は、ほとんどおこなわれていない。地方自治体と地域のアマチュア無線家の間で、災害時の協力協定が結ばれるなど、アマチュア無線による非常通信への対応について古くから取り組まれている。しかしながら、アマチュア無線の非常通信への具体的な活用方法を、真摯に検討した例はごくまれであり、過去30年以上もの間、組織化のみならず運用と技術の両面とも、大きな発展は見られない。特に運用者の教育方法に関する成果物は皆無である。このことは、阪神大震災での貴重な経験が、有効に生かされることなく、歴史の中に埋没しつつあることを意味している。その大きな原因として、現在の我国の電波行政のなかでは、アマチュア無線は、単なる個人の趣味としてのみ認識されていることが挙げられる。法令における

アマチュア無線による非常通信の扱いが不明確であり、その結果、行政等によるアマチュア無線の積極的な活用が躊躇され、個人の趣味的な活動の域を出ない。そのため有効な非常通信手段として認識されず、研究対象として取り上げられてこなかったと考えられる。

一方海外に目を転じれば、米国では、関連法令の冒頭で、アマチュア無線による、自主的な非営利公共通信業務の推進を謳っており、産学官あげての研究開発が活発に行われている。また、2004年12月に発生したインド洋大津波を契機に、アマチュア無線による国際的な非常通信に関する国際会議(Global Amateur Radio Emergency Communications Conference2005, 2006, 2007)も継続的に開催されている。WRC-03でのアマチュア無線による国際非常通信が採択されたことから、いずれ無線通信規則へも反映されよう。このように国際的にはアマチュア無線による非常通信の法整備が始まりつつある。

本邦におけるアマチュア業務の法令の上での定義は、無線通信規則の文言とほぼ同様であり、非常通信はアマチュア局にとって目的外通信となっている。米国は、「アマチュア業務」のほかに、非常通信を主体とする公共通信業務を加えた「アマチュア無線業務」をFCCルール内に定義し、無線通信規則との整合を図っている。この条文を根拠に、非常通信では必要不可欠な第三者通信を、国内通信に限りアマチュア局に許可している。米国では歴史的な経緯もあり、アマチュア無線による非常通信ネットワークがよく発達している。特に行政機関に非常通信に対応するためのアマチュア局を設置できることが、本邦との大きな違いである。さらに、非常通信を行ううえでの運用、電源やアンテナの確保、非常通信組織の組織化とマネジメントなど、さまざまな面での教育プログラムが、American Radio Relay League (ARRL)によって用意されている⁵⁾。

米国のアマチュア局は、法令によって、非常通信を主体とする公共通信業務との定義がなされている。アマチュア局の業務の定義に関する日米両国における違いが、非常通信に対する取り組みの大きな違いの根幹であると考えられる。そのため、本研究の志向するアマチュア無線の自主防災活動への活用を実現するには、まずアマチュア無線に関する法令を整備する必要がある。

米国を参考にすれば、日本でも現在のアマチュア業務、すなわち、「金銭上の利益のためでなく、もっぱら個人的な無線技術の興味によって行う自己訓練、通信及び技術的研究の業務をいう。」(電波法施行規則 第3条16項)に加えて、

- 1) 教育業務
- 2) 非営利公共通信業務

の2点をアマチュア無線業務として追加し、その効果的な実施のために、

- A) 第三者通信の許可：第三者の依頼による非営利な通信業務の許可
- B) 主任無線従事者制度：無資格者であっても有資格者の監督の下、アマチュア局の運用を体験できるようにする
- C) 市町村役場や消防署、警察署などにアマチュア局を設置できるようにする、あるいはアマチュア局と通信可能な行政無線局の新設

の3点を可能とする必要がある。

災害時の通信ボランティア活動では、第三者からの通信依頼が生じる。平時における自己訓練をおこなうために、上記A)およびB)の許可が必要である。

米国においては各地のEmergency Operation Center (EOC)にアマチュア局も設置されており、地域のアマチュア無線ボランティアと協力し、災害対応を行っている。ハリケーンカトリーナの被害を受けたアラバマ州では、EOCに衛星電話やデジタル無線からアマチュア無線にいたるまですべての無線システムを配備し、担当者はそれらに習熟していた。そのため、同じく被害を受けた他の2州に比べ、通信事情は良好だったと報告されている²⁾。地域のアマチュア無線家による自助、共助活動をサポートし、公助との連携を図るためにも、上記C)の項目が必要である。

現在日本国内に300万人以上の有資格者がおり、米国をはるかに凌ぐ。そして往時に比べれば激減したものの、全国におよそ50万局のアマチュア無線局が開設されている。地域の地形特性、災害特性、社会事情などを考慮し、適切な非常通信に関する教育プログラムが提供されたならば、この人的資源は大きな防災力となると考えられる。その反面、適切な法整備と非常通信に対する

適切な教育がなされなければ、大規模災害時に無秩序な運用が行われ、デマの発生など、社会不安を助長する恐れもある。

電波法におけるアマチュア業務の定義を改正し、アマチュア業務の社会的意義を法令中に明文化することによって、既存のアマチュア局免許人の非常通信に関する意識を啓発し、地域の自主防災力向上に資すると期待できる。

3 中山間地の孤立と自立的な通信手段について

阪神・淡路大震災の後、気象庁の統計によれば、1996～2007年の12年間に、国内で人的被害を伴う地震災害は88件発生した。その結果、11,417名が負傷し、90名の方が亡くなった(表-1)。この間に最も犠牲者の多かった地震は、2004年に発生した新潟県中越地震である。この地震は、台風通過直後に中山間地で発生した直下型地震であり、豪雨と地震によって土砂災害が多数発生した。その結果、中山間地の集落が孤立し、災害時における中山間地の孤立対策の重要性が指摘された。

2005年に内閣府が行った孤立集落発生状況調査⁶⁾によると、調査対象の25%にあたる17,451の集落で孤立の恐れがあると判定された。そのうち、消防団無線の整備はおよそ25%の集落のみであり、衛星携帯電話や簡易無線の整備率に至っては、それぞれ2%程度と低い水準にとどまっていることが明らかとなった。徳島県では、孤立の可能性のある集落のうち、通信手段を備えている集落はおよそ30%であり、全国平均に比べると整備率が高いものの、2/3の集落では孤立時の通信手段がないのが現状である。中山間地では、豪雨や地震による土砂災害によって道路が被災し閉塞すると、電力も電話も同時に遮断され、ブラックアウト状態となる。山間地の特性からその復旧には多くの時間が必要で、減災のために孤立時の連絡手段の確保は重要な課題である(図-1)。

発生年	件数	負傷者数	死者、行方不明者数
1996	4	26	0
1997	5	130	0
1998	5	14	0
1999	4	6	0
2000	7	210	1
2001	5	301	2
2003	6	7	0
2003	7	1,716	2
2004	9	4,925	68
2005	22	1,339	1
2006	4	13	0
2007	7	2,719	16
2008 ^注	5	566	22

注 2008年8月現在

表-1 最近の人的被害地震の発生件数と被害者数

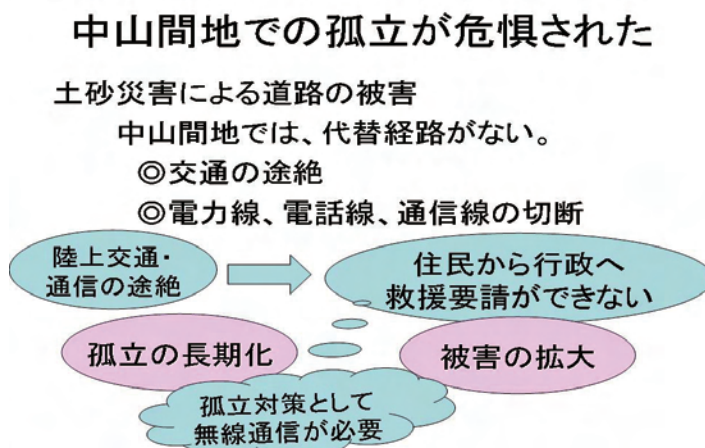


図-1 孤立時通信手段の重要性

4 平成20年岩手・宮城内陸地震に見る「自助」、「共助」および「公助」

平成20年6月14日8時43分に発生した平成20年岩手・宮城内陸地震では、大規模な山腹崩壊や落橋被害が発生し、中山間地の集落や行楽地が孤立した。現場に居合わせたアマチュア無線家が被災状況を通報し、孤立した多数の被災者が迅速に救出された事例があった⁷⁾⁸⁾。

被災情報の発信者であるO氏と、一関市内で対応した地域無線クラブの会長のU氏に当時の状況を伺った。アマチュア無線を活用し、被害の拡大を防ぐことができた理由として、次の3点が挙

げられる。

1 発信者は上級資格を有するベテランで、防災訓練に参加するなど、無線や救助の体制についてよく理解し、適切に対応できた。具体的には電話の輻輳を懸念し、警察窓口での口頭による直接の通報を依頼し、実行を確認した。無線を通じて必要な情報を入手し、被災者が不要な不安感を持たないようにすることができた（自助の確立）。

2 日ごろから「地域を守ろう」という防災意識を持った活発な地域クラブがあり、複数の会員が活動した（共助の確立）。

3 警察等と地域クラブが平時より連携しており、連絡体制が直ちに確立された。（公助の確立）

幸運なことに、被災地から一関市方面に、良好な通信が可能だった。O氏は被災地にて一夜を過ごした。その際、地元気仙沼のアナログレピータをアクセスでき、友人を通じて自宅へ安否を知らせることができたと、アナログレピータの有効性を強調されていた。

アマチュアによる災害時の通信は、情報通信における自助・共助の活動そのものである。図-2にその概念図を示す。普段のアマチュア無線の活動での、電波伝搬や無線機やアンテナ、デジタルモードなど関連知識の習得や、運用における工夫など、個人研究や自己訓練は、万一自身が災害に遭遇した際の自助力につながる。地域クラブによる講習会の開催や、同好の士の集

まりなどの活動は、地域が被災した場合の共助力を涵養する。災害に対抗するには、地域住民各々が持つ、様々な知識や技能、地域に対する想いを結集することが必要である。アマチュア無線の持つ、地域の防災力貢献へのポテンシャルを、行政や地域住民とともに再認識し、地域の特性に合致したシステムを構築することが大切である。行政には、地域に適した自助、共助の準備活動が効果的に行えるよう、レピータや VoIP ノードなどのインフラ整備に加えて、人的ネットワークのコーディネートや訓練・教育体制の整備などへの支援を依頼したい。

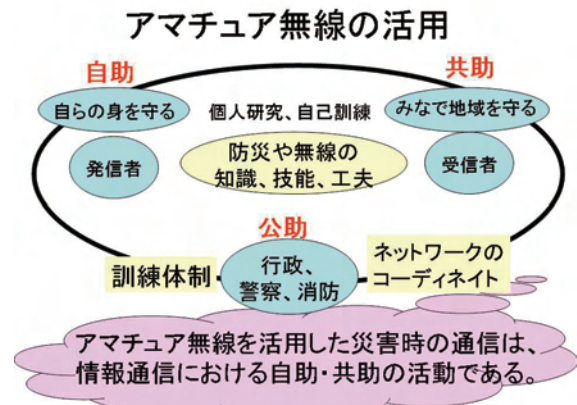


図-2 自助、共助、公助とアマチュア無線の活用

5 VHF 帯 (150MHz) の伝播予測

地域の自主防災組織や防災ボランティア団体のための検討資料として、VHF 帯 (150MHz) の伝播予測を行った。このバンドは消防無線や簡易無線、アマチュア無線に利用されている。計算には SPLAT!⁹⁾ というプログラムを用いた。SPLAT!には経路減衰の予測エンジンとして、Longley-Rice モデル (Irregular Terrain Model: ITM)¹⁰⁾ が組み込まれている。このモデルは、V/UHF 帯の移動体通信やテレビ放送を受信するために開発されたもので、不規則な地形の影響を考慮した経路減衰予測モデルであり、見通しやフレネルゾーンの解析に加え、回折と散乱についても考慮している。今日においても米国連邦通信委員会 (FCC) による無線局や放送局の認可の判断に採用されており、オーソライズされた実績のあるモデルといえる。地形データには、スペースシャトルの合成開口レーダーによる全球標高データベースである SRTM¹¹⁾ Ver. 2 を用いた。

災害時を想定すれば、電源事情や利用可能な機器に制約があり、小型の携帯型無線機や車載無線機の活用が中心になると考えられる。そこで、出力 5 W、送信系と受信系のアンテナ利得を全体で 5dBi と設定し、実効放射電力 ERP=16W として解析した。アンテナは垂直偏波とし、地上高は基地局 10m、移動局は一般家屋の屋根上を想定し 7m とした。なお、徳島大学工学部に設置した基地局を利用して伝播調査を行い、解析結果と測定結果は合致していることを確認してある¹²⁾。

中山間地の例として徳島県那賀町について解析した。平成 16 年 7 月に発生した台風 10 号は、那賀町の中山間地に 4 日間で 2,050mm (海川) という、年間降雨量の 2/3 に匹敵する記録的な豪雨をもたらした。その結果、旧木沢村と旧上那賀町では、大小 15 箇所もの斜面崩壊、山腹崩壊が発生し、

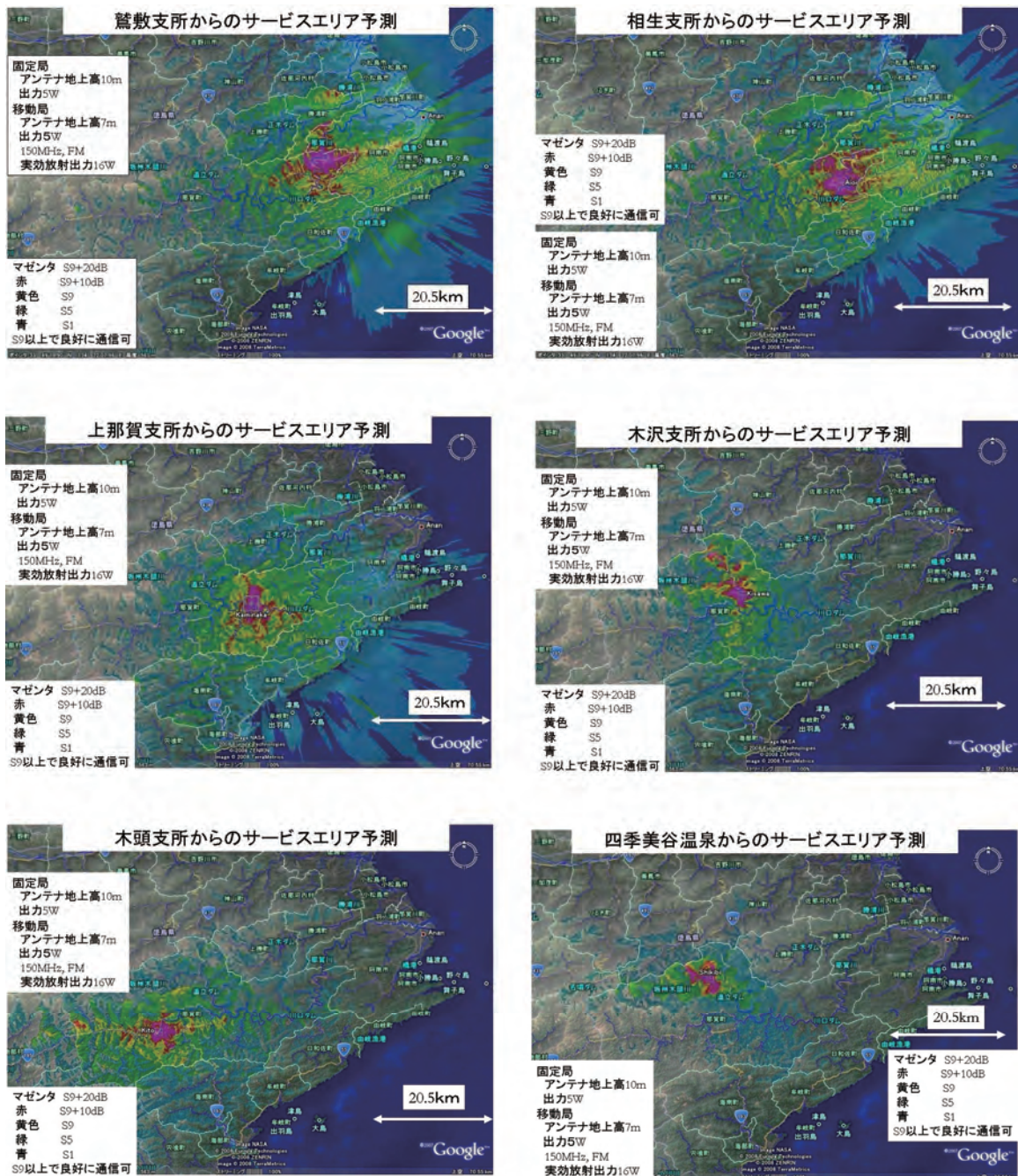


図-3 伝播予測(那賀町)

四季美谷温泉や中山間地の集落が被災・孤立した¹³⁾。この災害で、旧木沢村では、徳島県赤十字アマチュア無線奉仕団の団員が木沢村役場のアマチュア局の無線設備の整備を行い、通信確保に協力した事例があり、現在町役場と各支所に5つの社団局が開設されている。

図-3に那賀町での予測結果を示す。図では一般的な無線機のSINPO感度を勘案し、信号強度S1となるときの受信電力を-117dBm(ただし0dBm=1mW)として青で示している。そして3dBごとにSが1つあがるものとし、S5=-105dBm、S9=-93dBm、S9+10dBおよびS9+20dBに色分けして図示している。マゼンタ、赤、黄色で示すS9以上の地点で、良好な通信が可能と予測される。

下流域の旧鷺敷町、旧相生町では、旧町内をほぼカバーし、阿南市の一部とも良好に通信可能である。しかしながら那賀町内の上流域の上那賀、木沢、木頭地区では、急峻な尾根に阻まれて、集落のある谷沿いには狭い範囲しか伝播しないことがわかる。

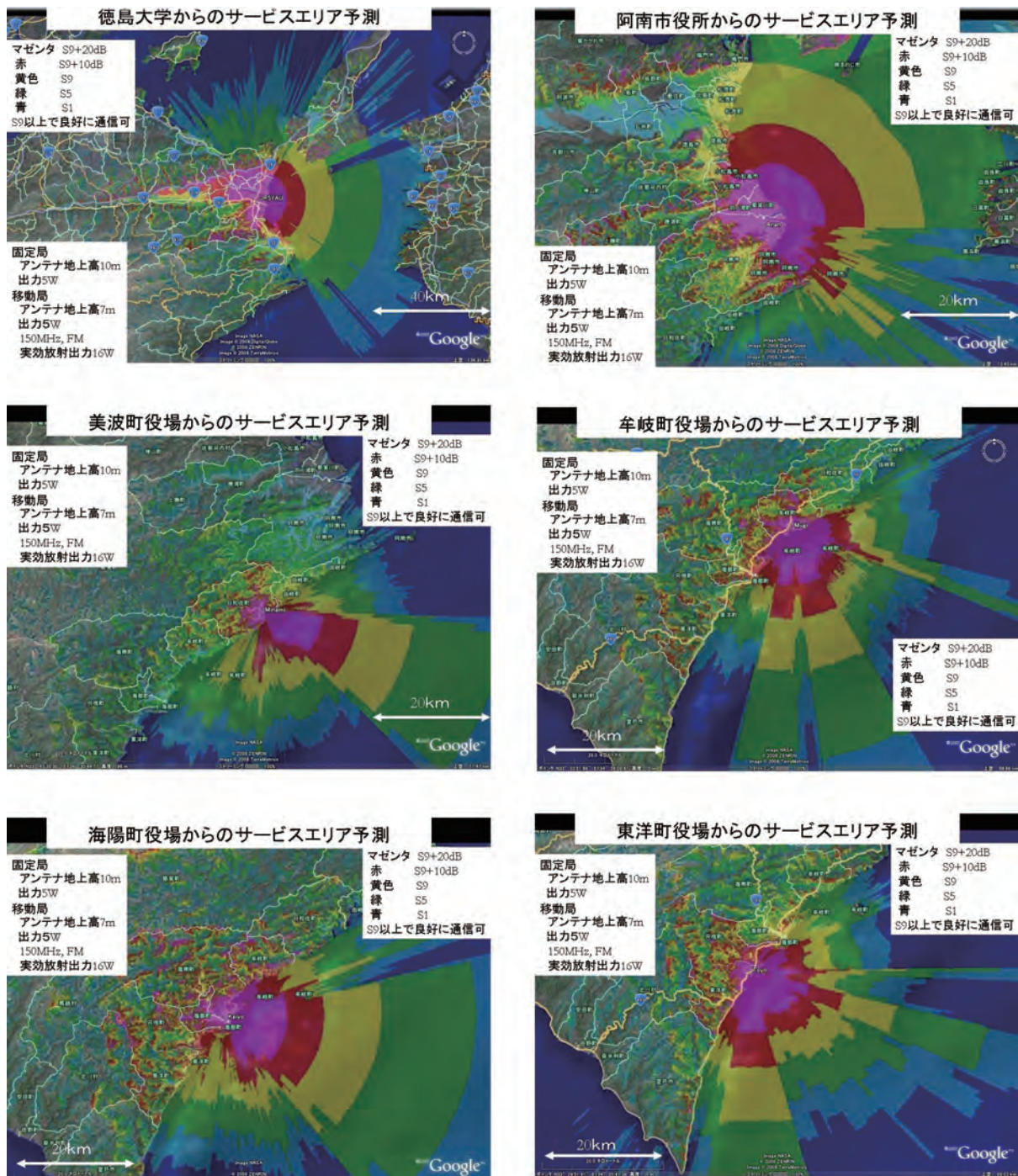


図-4 徳島県臨海部の伝播予測

図-4に臨海部の伝播予測結果を示す。徳島大学工学部のみ実際の無線局が開設されている。大学から、鳴門市から小松島市までの臨海部と、石井町付近までの吉野川下流域の市街部をカバーできる。阿南市役所からは紀伊水道沿岸と、阿南市近郊の市街地をほぼカバーできる。美波町役場からは、旧日和佐町域をほぼカバーできるものの、旧由岐町市街ならびに、志和岐、阿部、伊座利の水産集落への伝播は弱い。牟岐町、海陽町および東洋町では、市街部と隣接地区の一部へ伝播するものの、やはり他地域への伝播は弱い。県南部では、それぞれの地域が流域ごとに分水嶺によって区切られているため、広範囲への伝播は期待できないことがわかる。

6 VoIP アマチュア無線の徳島県内への導入

VoIP アマチュア無線の県内への導入活動を行っている。VUHF 帯は電波形式に FM が利用でき、無線設備の操作が比較的容易で、明瞭な音声通信が可能であるため、初心者が取り組みやすい。しかしながら、**図-2** と **図-3** に示したように、サービスエリアが限定的で、交信相手に恵まれず、日常的に無線を使用し、通信に習熟することが難しい。そこで、EchoLink というインターネットを介した VoIP アマチュア無線網を県内に整備すべく、活動を行っている。VoIP は地形的に伝搬が厳しい地域や、アクティビティの低い地域であっても、全国全世界から交信相手を見つけることが可能である。高頻度で交信が聞こえる周波数があることは、万一の場合に心強い。またビーコンとして、伝搬特性の把握に適している。那賀町については町のご協力得て、現在進行中である。県南部、県西部については、これからの課題である。関係各位に切にご協力お願い申し上げる次第である。

7 NVIS 伝搬の試み

VoIP アマチュア無線には、インターネット網のバックボーンが必要である。インターネット網を必要としない中山間地からの通信方法として、Near Vertical Incidence Skywave (NVIS) による電離層伝搬がある¹⁴⁾。NVIS とは、臨海周波数の 0.85 倍の周波数を用いて高角度に電波を放射し、直上の電離層での反射波を利用する伝搬で、上空しか開けていない狭隘な谷間からの山岳越えの通信手段として期待できる。ほぼ真上への電波の放射は、 $1/8 \sim 1/4$ 波長の地上高に、 $1/2$ 波長水平ダイポールアンテナを設置することにより実現できる。**図-5** は四季美谷温泉にて行った NVIS の実証実験の結果、交信できた地点を示したものである。出力 10W の無線機 (FT897DS) と地上高 3m に設置した水平 $1/2$ 波長ダイポールアンテナを用い、7MHz 帯の電波を利用して行った。短時間のうちに 120~580km の範囲の、多くのアマチュア局と交信することができた。短波帯のコンディションは大きく変動し、特定の 2 局間の回線は不安定であるが、クラスタと呼ばれるインターネット掲示板から、運用情報が全国のアマチュア局に伝達され、多くの方の目に留まることにより、孤立地域からの情報発信の機会を保つことができた。VoIP とはまた違った形で、災害時におけるアマチュア無線とインターネットの融合システムの有用性を示すことができた。

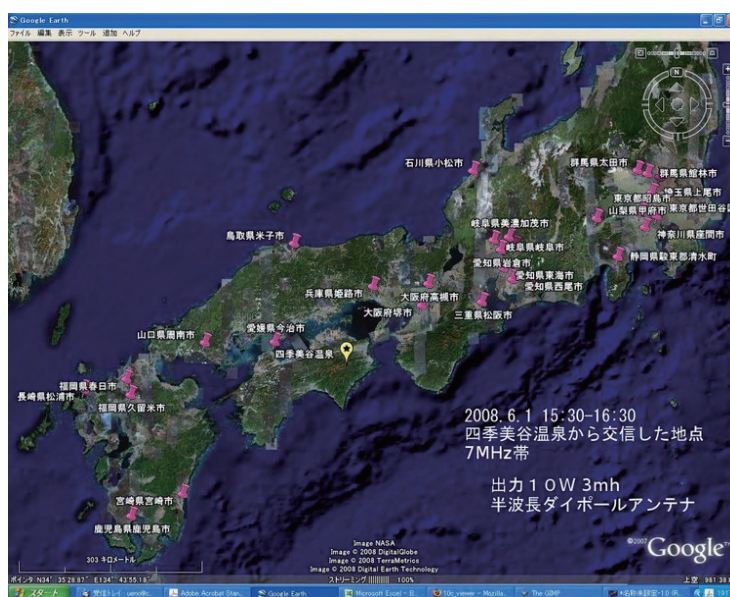


図-5 NVIS による交信地点

7 おわりに

本論文では、災害に対応するために、住民自らによる自立的な通信手段の必要性について述べ、そのひとつとしてアマチュア無線の可能性について論じた。そしてより実効的な活用のために、関連法令の改正の必要性について論じた。地域における防災活動へ資するため、150MHz 帯の伝搬予測計算を行い、県内における VoIP 網の構築を提案した。

最近、防災意識の高まりとともに、アマチュア無線の資格を取られる方が増えている。しかしながら、資格取得の後のケアがほとんどなく、折角の想いを萎れさせてしまっているのが現状である。ARRL の Emergency Communicator 資格⁵⁾のように、アマチュア無線や情報通信に関する技能認定とその指導者資格を創設し、教えあい、学びあう仕組みを作る必要がある。

謝辞

本研究は、財団法人電気通信普及財団平成 18 年度研究調査助成金の援助を受けて実施したものである。一連の活動では、平成 18 年度徳島大学教育関係支援事業・社会貢献ならびに教育研究等支援事業の補助を受け、「徳島大学地域防災無線研究会」(呼出信号 JR5YAU)というアマチュア無線局を開設した。研究会の立ち上げや活動には、本学元事務局長小林和久氏、産学連携・研究推進課長石田義夫氏、徳島大学病院清水裕次氏を始め、教職員の皆様に御協力頂いた。光応用工学科森篤史講師と創成学習開発センターハムプロジェクトの学生諸君には、無線の活動でご協力いただいた。徳島大学環境防災研究センターならびに徳島大学地域創生センターには、無線機の設置やウェブの開設などでご支援いただいた。那賀町 CATV 岩本泰和室長、大西墨主事、企画情報課湯浅基弘主事には、伝搬体験イベントの実施にご協力いただいた。ここに記して感謝の意を表す。

【参考文献】

- 1) ARRL(2004): “Asian Radio Amateurs Bridging Communication Gap following Tsunami”, <http://www.arrl.org/news/stories/2004/12/28/100/>
- 2) US House of Representative(2006): Communications, *Failure of Initiative*, pp.163-181.
- 3) 中央防災会議(2005): 首都直下型地震対策大綱、第 2 章膨大な被害への対応 ～地震に強いまちの形成～, p.16
- 4) 中央防災会議(2006): 日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震対策大綱、第 2 章揺れに強いまちづくりの推進, p.17
- 5) たとえば ARRL Certification and Continuing Education Program: Amateur Radio Emergency Communications Course Level 1 ～ Level 3, ARRL
- 6) 内閣府政策統括官(防災担当)(2005): 中山間地等の集落散在地域における孤立集落発生の可能性に関する状況調査(都道府県アンケート調査)調査結果
- 7) 産経新聞(2008): 「趣味の無線に救われた」取り残された男性を救出、2008 年 6 月 15 日
- 8) 岩手日報(2008): 孤立地帯、無線が活躍 一関の須川岳、2008 年 6 月 28 日
- 9) Maghacane, J. A.(2007): SPLAT!:RF Signal Propagation, Loss, And Terrain analysis tool for the spectrum between 20MHz and 20GHz, <http://www.qsl.net/kd2bd/splat.html>
- 10) Longley, A. G., and P. L. Rice (1968): Prediction of tropospheric radio transmission loss over irregular terrain---a computer method 1968, ESSA Tech. Report ERL65-ITS67. Available from NTIS, Access. No. AD-676-874.
- 11) Farr, T.G. et. al (2007): The Shuttle Radar Topography, Rev. Geophys. 45, RG2004, doi10.1029/2005RG000183
- 12) 上野勝利(2007): 大規模災害に備えた住民自らによる自立的な通信手段の必要性和 VoIP アマチュア無線について, 南海地震四国地域学術シンポジウム論文集「21 世紀の南海地震と防災—第 2 卷—」, (社)土木学会四国支部
- 13) 望月秋利、小田切七郎、中野浩、上野勝利、蔣景彩、山上拓男(2005): 徳島県における台風 10 号被害調査、2004 年四国地域連続台風による土砂災害、pp.149-176、(社)地盤工学会
- 14) ITU(2005): PART III Technical Annex, Some Technical Aspects of Disaster Communications, *Handbook of Emergency Telecommunications*, p.17, ITU

＜ 発 表 資 料 ＞

題 名	掲載誌・学会名等	発 表 年 月
大規模災害に備えた住民自らによる自立的な通信手段の必要性と VoIP アマチュア無線について	南海地震四国地域学術シンポジウム論文集「21世紀の南海地震と防災—第2巻—」, pp.173-178・(社)土木学会四国支部	2007年11月
中山間地の孤立対策としてのアマチュア無線	<i>CQ Ham Radio</i> , 第63巻, 第10号, pp.52-57, CQ出版社	2008年9月(印刷中)