

災害発生直後における特定小電力無線機を使用した 小エリア情報交換手段の有効性検証

Analysis of a Low Powered Radio Based Intra-Area Critical Information Exchange Modeling for Disasters Response

五十嵐 仁・飯田 涼太・村上 龍・櫻井 嘉信・日下部 雅之・田中 良・佐藤 庫八・
東 祥三

Hitoshi IGARASHI, Ryota IIDA, Ryu MURAKAMI, Yoshinobu SAKURAI, Masayuki

KUSAKABE, Ryo TANAKA, Kurahachi SATO and Shozo AZUMA

行政機関は、大規模災害が発生した直後の通信手段の途絶、情報の錯そう等により初動対応に必要な信頼度の高い情報を迅速に確保できない状況に陥る。また、被災者も、現場の状況報告や救助の要請を試みても、携帯電話や固定電話回線等の途絶のため意思の伝達が困難となり苦難を強いられる。その対策として、自助、互助、共助の下で行われる災害緊急行動に伴う情報交換において、通信可能距離の限界が指摘されているものの運用時に免許を必要とせず軽便な操作で使用できる特定小電力無線機の特徴を最大限に引き出す運用方法が、解決策の1つではないかと考えた。本稿では、同手法の実用性を検証するために千葉科学大学における災害発生の架空シナリオを通じ、当大学が規定する避難場所と行政が設置する災害対策本部を繋ぐ無線通信の確立の可能性に関し、受信感度、電界強度、音声解読性を検証しその有効性を示した。その結果、高所間の通信環境を得ることで、4,000m以上の距離でも通信の確立が可能であることが判明した。本研究は、同結果を基に、当大学の防災計画の強化、及び行政における災害情報の集約管理に寄与するモデルを提示する目的がある。

1. はじめに

東日本大震災を契機に、「公助の限界」に関する議論が行政のみならず各界でも盛んとなり¹⁾、災害初動期における行政主導の応急対策から個人、家族、近所、コミュニティが積極的に参画する全国民参加型の取り組みへ

連絡先：五十嵐仁 igarashi@cis.ac.jp

千葉科学大学危機管理学部危機管理学科

Department of Risk and Crisis Management, Faculty of
Risk and Crisis Management, Chiba Institute of
Science

(2020年9月30日受付, 2020年12月23日受理)

とある意味パラダイムシフトともいえる災害対応における変容が現れている。このような背景の中、発災直前、発災時や発災直後における諸対応に関しても住民や地域に散在する自主防災組織などによる積極的に関連情報を収集し行政へ伝達するといった具体的な連携は、将来発生するといわれている大規模災害に備える上で不可欠といえる。

特に、災害現場にさまざまな理由や状況で残存した人々の命を守るためには、自助、互助、共助と公助がタイミング良く連動かつ補完し合うことで迅速な救護、救命活動が着手される必要がある。しかし、災害に関するクリティカルな情報交換（エンコーディング・デコー

ディング)に「空白」が長時間生じると、被害の拡大、救援の遅延、さらには救える命を失うことにもなるのではないかと考える。これまでの災害からも、被災現場の状態を的確に示す情報を迅速に共有するための途絶しない通信網の確立は容易でなかった。

その対策の1つとして、双葉電子とSoftbankは、ドローンの応用により瓦礫の下敷きとなった人を携帯電話が発する電波を受信することで発信源の位置を特定し迅速かつ効果的な救出活動をサポートするクリティカルな情報提供を救助機関へ行う実験²⁾を行っている。また、ドローンに携帯電話回線を臨時に開設する簡易中継機器を備え地上より有線で継続的に電力を供給し上空10m程度でホバーリングさせることで、半径約10km以内に位置する携帯電話のユーザー約2,000名が臨時ネットワークを介し通常の携帯電話通信が可能になるといった建設的な試みもまもなく実用化される³⁾という。

一方、本研究グループは、これら公助や外助が到着する前である災害発災直前、発生時や発災直後の生死を左右するようなクリティカルなタイムフレームや空間環境の中で、結果的に取り残された状態で自助、互助だけでは対応が困難となった被災者が共助や公助を速やかに確保するための実効性高い情報発信手段の探求も不可欠と考えている。幸い日本では、自主防災組織、消防団や防災士といった防災に関する特定な技能を有し災害初動を率先して行うグループや有志が地域に複数散在している。これらソーシャルキャピタルの統合的かつ体系的な活動推進と情報を発信するツールの有機的応用によるコラボレーションを通じ、災害発生に係るクリティカルな情報や被災状況を公助の指揮を執る自治体災害対策本部へ届ける即席性があり簡易的な小エリア情報交換リンクの構築を試みた。

このため、先の災害から得た教訓を活かし、電波の中継や通信できるチャンネルを自動的に検知して選択するための複雑な制御媒体や設備はできる限り使用せず、市販されている乾電池で稼働し、手に取ったデバイスのスイッチを「入」にしてボタンを押して発声することで緊急通報や情報発信を行えるワイヤレス通信機能を有機的かつ体系的に運用するモデルが有効と考えた。また、最大空中線電力が10mWと小さく、発信された電波も障害物や空間環境に干渉されやすいため一般的には市街地で100~300m程度の限られた通信エリアとなる⁴⁾簡易近距離通信の特定小電力無線電話(以下「特小無線機」)の性能を最大限に引き出す有機的な用法を検討した。

本研究で行った検証で我々は、千葉科学大学における津波による災害発生の架空シナリオを採用し、実際に調査員により避難経路を移動した上で特小無線機による通信確保の可否を音声通話による実測とその電界強度の測定を行った。同検証で得た結果を基に、特小無線機の性

能を引き出した災害用の緊急情報交換リンク構築の可能性を提示することで、行政を含む地域社会におけるクリティカルな災害情報の集約の一助としたい。

2. 特小無線機の活用と災害対応

特小無線機が市場に出回ったのが、1989年に小電力無線局の一種として制度化された⁴⁾のちである。小電力無線局には当初、テレメーター用、テレコントロール用、データ伝送用、無線呼出用、ラジオマイク用、無線電話用、医療用テレメーター用などさまざまな用途⁵⁾が含まれていた。その中で、本検証では、「無線電話用」のデバイスを使用した。

大山らは、各種無線機の災害時における応用や関連研究として、災害医療活動で必要となる通信とその性能検証でデジタル簡易登録局無線デバイス(送信出力は、特小無線機の500倍となる5.0W)を使用し特定地域における電波の飛び具合をコンピュータによりシミュレーションした⁶⁾。その結果、それら無線機の性能と有用性の比較を行いデジタル簡易登録局無線機の優位性を提示した。また、アイコム株式会社は、携帯電話、デジタル簡易無線局、無線電話用特定小電力など様々な無線システムは存在するが非常時等に於ける緊急連絡のための他者間通信を主体とする無線システムは、存在しないと指摘している⁷⁾。そして、同社は、業務・プライベート・レジャー等の枠組みがベースのみであると、災害時に応用を可能とするデバイスの必要性も提示した。

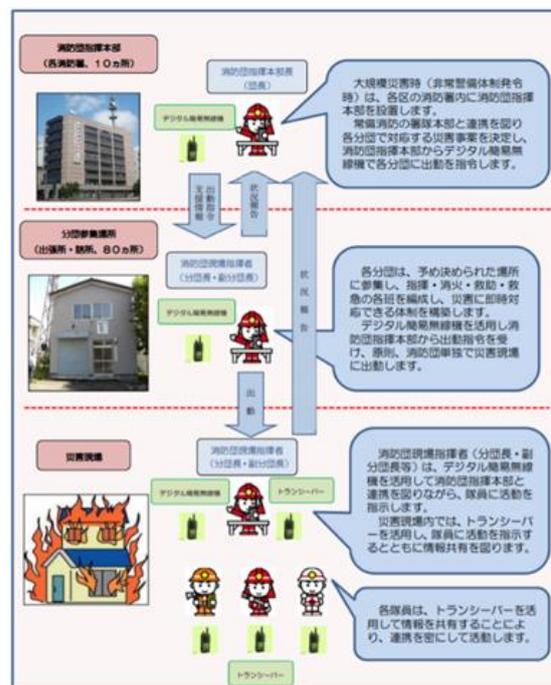


図1. 消防団活動における特小無線の活用

註：対象活動に星印を付けた。(出所：札幌市消防局)

さらにアイコムは、「緊急通信のための無線通信網の非常時等に於ける住民相互間等の緊急連絡をメインに防災・防犯・福祉・コミュニティ等の運用も視野に、緊急警報機能を有し手続不要な特定小無線等（位置情報送出手も考慮）として緊急連絡ホーム無線⁸⁾の開発も必要と提議した。

自治体下で組織する消防団においては、災害の最前線で活動する団員間及び活動を指揮する部隊からの情報伝達の的確化を図るため、特小無線機及びデジタル簡易登録局無線機の2つのデバイスを組み合わせ、双方向の情報伝達網を構築（図1）⁹⁾している。正に、有機的な運用を行っている事例といえよう。また、自主防災組織活動等では、特小無線機はグループ間やグループ内の特定活動において簡易連絡用として使用しており、特小無線機を限定したグループ内の短距離通信用として活用する事例がある。

4. 検証方法

4-1. シナリオ設定

本検証を実施するために、千葉科学大学が位置する銚子市潮見町で津波による災害が発生したとする架空のシナリオを設定した。これは、2011年3月に発生した東日本大震災において、同大学の本部棟が被災した経験と、海を目の前にする位置的な特定環境を考慮したためである。また、2020年9月MAG2NEWSの記事を通じ、静岡大学理学部地球科学教室新妻信明氏が、千葉県銚子沖の九十九里スラブ（海洋プレートがマントル中に沈み込んだ部分）下面で同年6月25日に発生したマグニチュード6.1の地震発生に関し、1923年9月1日に発生した関東大震災の前にも銚子沖で同規模の地震が発生と指摘した¹⁰⁾ことから、この点も憂慮した。

以上の背景から架空の災害シナリオを以下の通り設定した。

架空の災害シナリオ

2020年9月1日、午後2時15分、震度6強の地震（震源地：千葉県銚子沖）が観測された。その5分後には、銚子の太平洋沿岸地域に大津波警報が発令され、地域住民は直ちに指定されている避難場所や高台に移動するよう指示が出た。千葉科学大学があるマリーナ沿岸へ津波が到達する時間は不明確である。大きな揺れであったため、同地域は停電が発生し当大学マリーナキャンパス内の厚生棟や体育館の窓ガラスの一部は破損し、当初使用できていた携帯電話回線も不通となった。

千葉科学大学で講義を受けていたおおよそ120名の内85名の学生と教職員は、大学の防災計画で規定されている地球の丸く見える丘公園駐車場へ徒歩で避難を開始した。また、他の35名は視聴覚教材を使った授業を受けて

いた関係で大津波警報への対応が遅れたことから、校内にある3階建ての看護学部6号棟の屋上に緊急避難を行った。防災担当の教職員らは、校内4か所に設置されていた防災緊急ボックス（図2）から特定小電力無線電話装置1台とLED懐中電灯1個を避難途上に持ち出し各避難場所へ移動した。津波の第一波は、大きな揺れを感じてから12分後（津波警報が発令されてから5分後）に大学施設に隣接する海岸へ到達した。



図2. 緊急持出しボックス

注：LED懐中電灯と特小無線機には単3型乾電池が装着されているため、相互で使用が可能である。

さらに、その5分後の第2、第3波は、マリーナキャンパス各棟の1階天井部分の高さまで達した。避難した各場所では、複数の学生や教職員が外部との連絡を試みるが携帯電話の使用は不可能となっていた。また、近隣の水産加工工場の従業員など30名も大学職員の緊急避難的な招き入れて、同6号棟の屋上に避難した。地球の丸く見える丘公園駐車場では、緊急対応の経験を有する救急救命コースの教職員などが中心となり、緊急時総合調整システム（Incident Command System: ICS）¹¹⁾を発動し、指揮、救護、通信・情報やロジスティクスを担当する係員を決め避難場所における仮設連絡調整本部（以下「仮設調整本部」）を設置することで、避難者の様態確認や体調を崩している人たちへの簡易ケアを行うなど自助、互助、共助による緊急対応に着手した。その結果、避難時に転倒した学生や避難後に体調不良を訴える学生が若干名発生し、1名は既往歴から速やかに医療機関への搬送が必要と判断されたとともに、地域から避難してきた高齢者の数名も体調不良を訴えたなど情報の集約が行われた。

仮設調整本部は、大学マリーナキャンパス内に一時避難した人たちの状況も把握するため、防災計画の規定通り防災緊急ボックスから確保していた特小無線で通信の確保を試みた。仮設連絡本部は、伝令を銚子市災害対策本部へ派遣したいが市街地へ通じる道路は瓦礫等により安全に移動できない状況と判断したため、防災緊急ボックスから持参した特小無線機を活用し公助確保に迫られ

た。幸い、大学と市役所は、災害時における情報交換のための相互応援協定を有していたことから、市災害対策本部では特小無線機の周波数を受信できる体制が整っていた。

4-2. 検証のフレームワーク

架空の災害シナリオに沿って、仮設調整本部の設置により各避難場所における避難者の様態に関する情報は集約されたことで、傷病者の一部は速やかに公助を得て医療機関への搬送が必要であるとトリアージを通じ判断することができた。このため、仮設連絡本部は、公助を速やかに確保するためにクリティカルな情報を速やかに銚子市災害対策本部が設置される市庁舎へ特小無線機を使用し伝達することとなり、その通信は確立できるのか実測する必要が生じた。

本検証では、千葉科学大学が指定する避難場所である地球の丸く見える丘公園駐車場を Node A、自治体の災害対策本部が設置される銚子市役所庁舎（検証のためにできるだけ高い位置である5階フロアを使用）を Node X とした。また、当大学マリーナキャンパス内の6号棟屋上を Node B とした。そして、特小無線機によるこれらの Node 間（図3）で通信の確保が可能なのか判定するために、各 Node に通信員を配置して音声通信の実測を図4で示すフレームワークを使用し検証した。

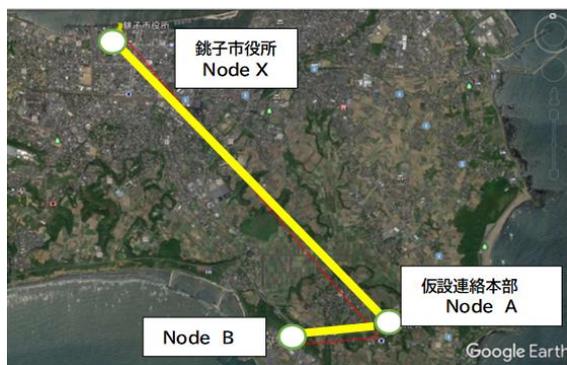


図3. 各 Node の位置関係を示す図

註：Node A=「地球の丸く見える丘公園駐車場」、Node B=「千葉科学大学6号棟屋上」、Node X=「銚子市役所」。通信者は、特小無線機を立脚で手に持ち地面から約1m50cmで口から5cm程度の場所で垂直に保持し送受信を繰り返した。地図は、Google Earth を使用。

4-3. 測定と分析方法

本研究では、図4の通り Node x の特小無線機でメッセージをエンコードとし発信した音声を載せた電波が、Node y に位置する特小無線機にてデコードされたメッセージとして受信したのかを確認した。また、仮に受信した場合は、 y の特小無線に届いたシグナル強度 (dBFS)

を測定した。また、受信できた音声内容の明瞭度（メリットスケール：1（明瞭度最低）～5（明瞭度最大））ならびに無線機本体に設置されている受信感度状況を可視化するアンテナバーの数により判定を行った。

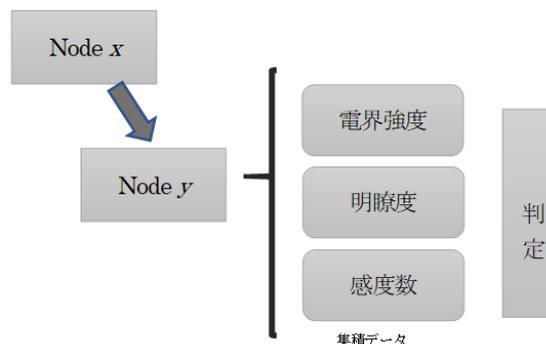


図4. 検証のためのフレームワーク

これら検証のために、音声データの受け手である特小無線機 y の付近に電界強度測定装置を設置した。また、音声の明瞭度を検討するために、使用した特小無線機のボリュームを1（小音量）から5（大音量）の内「3」の中間値で設定し、特小無線機 (a) が発信した音声を受信した際ボイスレコーダーにて録音し、有用なメッセージとして理解できるかを2名の調査員により検証した。

一般論としては、明瞭な音声として受信できた場合、シグナル強度や感度は比例して高くなる傾向はあるが、電波が空間環境を移動する際さまざまなファクターに影響を受けるためノイズも加わることになる。よって、実測により受信したメッセージが十分に理解できものかを検証の基本とした。シグナル強度の測定では、使用した周波数が確かに受信されていたかを示すデータとなる。また、無線機本体のディスプレイに示される感度数が高いことで、検証に使用した電波は確かに飛来し受信されたとする客観的な証拠として採用した。しかし、シグナル強度や感度数が高かったとはいえ、音声データを明瞭にデコーディングできない場合、送信されたメッセージがクリティカルな情報として意味を成さないため、「通信は、確立できなかった」とした。一方で、シグナル強度や感度が低くても、意味を成すメッセージとして受信できた場合、「通信は、確立できた」とした。

4-4. 検証に使用した機材

本検証では、Node A, B と X で ALINCO (アルインコ) 製の DJ-P221L 型特小無線機を使用した。同無線機の性能を示すスペックは、図5の通りである。総務省が規定する技術基準適合品（国内使用に限定した、合法的無線電話装置）であり、運用時には免許等を必要としない。

■定格	
【一般仕様】	
●周波数範囲	422.0500~422.1750MHz 421.5750~421.7875MHz 440.0250~440.2375MHz 422.2000~422.3000MHz 421.8125~421.9125MHz 440.2625~440.3625MHz
リモコン用	421.8000/440.2500MHz
●電波型式/F3E(FM),F1D(FSK)	
●チャンネル数/交互9+11ch 中継9+18ch	
●使用温度範囲/本体	-10℃~+50℃
チャージャー	0℃~+40℃
●定格電圧/DC1.2~1.7V(電池端子)	
●消費電流/	
送信:約120mA	
受信: 待ち受け時	約80mA
定格出力時	約130mA(50mW音声出力時)
バッテリーセーブ時	約30mA(平均)
●接地方式/マイナス接地	
●マイクロホンインピーダンス/約2kΩ	
●外形寸法(突起物除く)/幅54×高さ92、電池 収納部の突起除く厚さ17mm(厚さ最大28.5mm)	
●重量	
約128g (EBP-179/ベルトクリップ含む)	
約100g (本体のみ)	
【送信部】	
●送信出力/10mW-1mW切り替え	
●通信方式/交互(単信) & 交互中継(半複信)	
【受信部】	
●受信感度/-14dBμ以下(12dB SINAD)	
●低周波出力/最大50mW以上(8Ω)	
■通話可能時間の目安	
●単3形高性能乾電池×1本	約 33時間
●ニッケル水素バッテリーパック(EBP-179)	約 28時間
※上記の時間は弊社の定める規格で測定したもので、ご使用の条件によっては大きく異なる場合があります。	

図5. 使用した特小無線機のスペック

註:実勢販売価格は、1台につき8千円強(出所:株式会社 Alinco)。2020年12月調査。

同無線機の特徴の一つとしては、本体に設置されているアンテナの取り外しができない。そのため、別途アンテナを高所に設置して通信状態を改善するといった変更もできない。よって、使用者がデバイスを通じ通話する際の口元の高さと他人がいる標高が通常は最大値となる。また、送信出力も規定の10mWであり、強い出力になるよう増幅器の設置といったことも違法となる。本機は、単3型乾電池1本で稼働するもので、スイッチをオンにし事前に設定したチャンネルで通話ボタンを押しながら発声すれば、音声データがエンコードされ電波とともに発信される構造となっている。よって、一般市民でも容易に活用することができるモデルと考える。

また、シグナル強度の測定では、市販されている電界強度測定用のドングル(USB型)と電界強度測定用コンピュータアプリケーションであるSDRSharpの組み合わせを使用した。本検証で使用したシグナル強度測定用のアンテナは、特小無線のアンテナを取り外すことができない規定であるため、同無線から1m以内に強度測定用のウィップアンテナ(HYS UT-516、マグネットマウントアンテナSMAP型コネクタ付、RG174同軸ケーブル3m)を使用し、検証で使用した特小無線機で使用されているヘリカルアンテナと概ね同様な利得を有するものとした。音声

データは、SONY製デジタルボイスレコーダー(ICD-PX-333)で録音し、MP3フォーマットにてパソコン上で保存した後に再生し検証した。

5. 検証結果

先述した検証フレームワークを使用し、2020年8月から9月にかけて試験を含め6回の実測により結果を得た(表1)。銚子市庁舎の施設使用に関しては、事前に同市危機管理室へ測定に関する協力依頼文を发出し、許可を得た上で検証を行った。また、同室より主査1名が本検証に協力するため帯同した。

表1. 実測結果

測定科目/ 測定間	Node A→ Node X	Node B→ Node A
距離	約4,001m	約743m
途上障害物	ほぼなし 目視可能	樹木、崖などの 障害物あり 目視不可能
シグナル強度 平均値	-3.2 dBFS	-4.3 dBFS
メリット 平均値	4.5	2.5
無線機受信 感度パー 平均数	4パー	2.5パー
送受信場所間の落 差角度	約51度	約70度

註:6回(n=6)の送受信を繰り返し得た数値の平均を表している。メリットは、デバイスの音量を1~5(小~大)のうち中間の3にした状態で送信内容が理解できる明瞭度を1~5(聞き取りにくい~明瞭に聞き取れる)で示した。

Node Aである地球の丸く見える丘公園駐車場は、大学が規定する避難場所であるが、特小無線機の性能限界を配慮し、同駐車場でもできる限り高い場所を選定するため通信検証用の送信ポイントを駐車場入口の北へ約10mに位置する民間のレストラン駐車場(オーナーに許可を取得)に設置することとした。この地点を、Node A-1とし標高は62mであった。Node Bである千葉科学大学6号看護棟屋上へは、建物北西に位置する非常階段から屋上へ進入し、同フロアの北西部に達した地点とし標高は25.1mであった。また、Node Xである自治体災害対策本部が設置される「銚子市市役所」の5階では、同フロア東側の窓際とし標高は26.9mであった。

実測日の天候は晴れ(雲は一部あり)、外気温28度、ほぼ無風の環境にてNode A-1から事前に設定した特定な

メッセージ（本日は晴天なり。数字をカウントする。1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 を 2 回復唱）を 33 分間の間に 6 回 Node X へ送信した。Node A-1 から X までの空中直線距離は、4,001m と特小無線機の標準的な通信可能距離をはるかに超えていた。また、送受信場所間の地理的な落差角度は、地面水平に対し約 51 度となった。しかし、Node X では、シグナル強度平均値-3.2 dBFS (図 6)、了解度「メリット 5 (5 最大値)」、感度 4 (5 が最大値)」で、Node A が発信したメッセージを明瞭に受信したことから「通信は確立できた」の結果を得た。

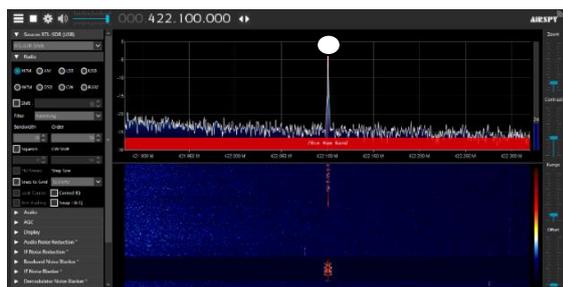


図 6. Node X で受信したシグナル強度一例

註：結果はカラーで出力されているため白黒印刷でも強度が現れている波が明確に確認できるようにその上部に白丸印を筆者らが付けた。シグナル強度測定用コンピュータアプリケーションである SDRSharp を使用。



図 7. 通信可能な特定位置

註：地図は、Google Earth を使用。

また、Node B から Node A との距離は、空中直線距離で 743m と Node A と X と比べても 3,258m 短い。また、送

受信場所間の地理的な落差角度は、約 70 度となり、Node A-X 間と比べると約 20 度も急こう配となっていた。つまり、Node B から Node A の方向を見ると、物理的に岩の壁が立ちはだかり障害物があった。この空間環境でシグナル強度は測定されたものの、明瞭度は平均的に「メリット 1」となり、また感度はゼロ (0) 値で「通信は確立できなかった」という結果を得た。

このため、適切な通信可能なポイントを検索した。その結果 (図 7)、民間レストラン駐車場と地球の丸く見える丘公園駐車場と接する交差点上の北西側 (同公園駐車場トイレの裏側付近) で、シグナル強度平均値-4.5 dBFS (図 8)、明瞭度「メリット 3」、感度数 2 まで改善した。当初設定した測定場所の位置から 15m 程度移動を強いられたが、「通信は、確立できた」となった。よって、同地点を、Node A-2 と追加ポイントとした (表 2)。

また、本検証の主たる対象使用機材ではなかったが、各 Node 間での測定に関する事務連絡用として、総務省の担当局へ登録申請し使用許可を得るだけで運用できるデジタル簡易局無線機 (351MHz 帯) を使用した。同無線機は、5.0W の送信出力があり各 Node 間での通信は常時確保できた。

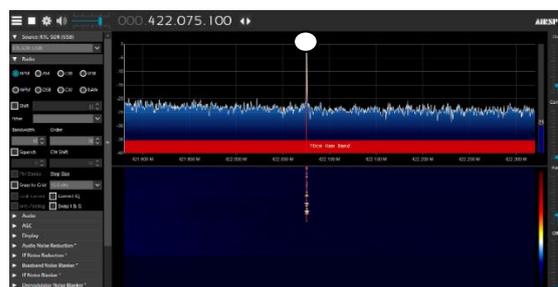


図 8. Node A-2 で受信したシグナル強度一例

註：結果はカラーで出力されているため白黒印刷でも強度が現れている波が明確に確認できるようにその上部に白丸印を筆者らが付けた。シグナル強度測定用コンピュータアプリケーションである SDRSharp を使用。

表 2. Node B のから送信内容を受信可能な場所の諸元

	地球の丸く見える丘公園交差点北東側 (A-1)	地球の丸く見える丘公園交差点北西側 (A-2)
1. 場所	地球の丸く見える丘公園交差点北東側 (A-1)	地球の丸く見える丘公園交差点北西側 (A-2)
2. 経度	35 度 42 分 23 秒	35 度 42 分 23 秒
3. 緯度	140 度 51 分 07 秒	140 度 51 分 07 秒
4. 海拔	62m	57m

註：Google Earth Pro を使用して経度を計測。

6. 考察

特小無線機が使用できる 400MHz 帯の電波は、直進性が高くその途上にある障害物にぶつかると反射してしまう性質がある¹¹⁾。また、送信出力そのものが 10mW と限定されているため遠方へ結果的に電波が届かないという様態が発生する。しかし、400MHz 電波の直進性を応用し、通信 Node 間に障害物がほぼ存在しない空間環境を確保できる場合、理論上では電波は遠方まで進むと考える。特に、水害や津波災害での避難場所は、通常地域にある高い場所が事前に選定されている。この地理的特性を活かしつつ、同地に避難した住民が自助、互助、共助によりクリティカルな情報を直接目的地まで伝達する方法や地域内で特小無線機を持つ防災活動の有志が中継し合うといった相助的な運用方法を採用することで、同ワイヤレスデバイスの有機的な運用法の実用性が高まることが考えられる。

また、架空のシナリオで設定したような、大学関係者による避難場所での災害初動イニシアチブ行動により、人命救護に係るクリティカルな情報を集約整理し、情報伝達手段について地区防災計画や大学防災計画等へ含め明示するとともに、自治体の対策本部へ情報を伝達する相互扶助の取り決めを体系化することで、特小無線の性能限界を超える小エリアの情報伝達リンクが可能である点も示唆された。

地球の丸く見える丘公園の駐車場と銚子市役所の間 (400m) では、予想を超えた通信が確保できることが判明し、特小無線機の性能に限界があるにもかかわらず明瞭にメッセージが伝わった。一方、同丘公園駐車場と大学の 6 号看護棟屋上の間 (743m) では、距離的には容易に通信の確保ができると予測していたが、水分を多く含む樹木や岩が電波の移動に対する障害物として働いた可能性が否定できない。また、高台から急こう配 (送受信場所の落差角度は 78 度) の直下に 6 号棟が位置するため、電波の直進性も重なり通信の確保はできない状況が発生したものと推察できた。このため、通信を可能とする場所をピンポイントで事前に探索し、災害時における情報交換の実施要領へ逐次アップデートするなど留意する点が示唆された。

また、本災害に係る被害状況の伝達を特小無線機で行うモデルは、両 Node が高所に位置する点に大きく頼る。このため、電波の障害物となる建物が多い市街地からや市街地内での伝達においては、途上の中継要員の配置といった有機的な運用工夫が必要になるであろう。しかし、定期的な防災訓練を通じ情報伝達モデルの有用性を実測で確認するとともに、ハザードマップ等で危険区域として注意喚起が行われている地区では、ソーシャルキャピタルとなる自治会リーダー、自主防災組織、防災士、消防団員が自助、互助、共助を担う立役者として有機的

に行動することで、情報伝達においても実効性ある公助との連動が可能になるといえる。

7. 結論

本稿では、性能的に短距離で簡易連絡用として市販されている特小無線機が、災害初動時において情報伝達の有用な媒体として運用できるのか検証を行った。このため、被災状況などクリティカルな情報を公助調整の核となる自治体の災害対策本部へ届ける通信モデルを架空の災害シナリオを通じ確認した。また、シグナル強度やメッセージの受信明瞭度を実測し、特小無線機の特徴を十分に引き出す環境を特定した。

その結果、千葉科学大学が指定する避難場所である地球の丸く見える丘公園駐車場の付近 (Node A-1) から災害対策本部が設置される銚子市庁舎 5 階である Node X の間 (4,001m) では、明瞭な通信を可能とするリンクを構築することができた。また、大学マリーナキャンパス 6 号看護棟屋上である Node B から Node A の駐車場との通信は、空間距離 743m ではあったものの途上の地理的要因に鑑み通信の確保はできなかった。しかし、同駐車場のトイレが設置されている裏に位置する交差点の北西側 (Node A-2) へ移動した場合、Node B から送信されたメッセージは十分に理解できる明瞭度で入感した。

よって、特小無線機の特徴を理解した上で、最大限に活かすことができる環境条件を事前に掌握し通信可能なポイントを設定した上で、災害情報の伝達が可能になる点が判明した。この結果を踏まえ、災害の直前、発生時ならびに直後においても、住民、災害ボランティアグループ、自主防災組織、防災士といった地域を熟知する有志が、体系化された災害情報伝達活動へ自助、互助、共助として積極的に参画することで、公助との連動を促す整理されたクリティカルな情報を自治体災害対策本部へ伝達することが可能になるといえよう。また、本モデルは、複雑な制御局などの通信関連インフラや高価な通信体系に依存することなく、容易に誰でも運用できるワイヤレス通信である。よって、今後発生すると想定される大規模災害への 1 つの有効な「備え」のモデルとして地域社会へ貢献できるのではないかと考える。

一方で、本検証は、特定な地域の環境下で通信が確保できたモデルであり、地勢、地理的要因が異なる他の空間環境で有効に働くとは限らない。通信が確保を可能とするための実測による継続的な調査と情報伝達を担う防災の有志による積極的なコラボレーションが必要となる。このため、次の検証では自治体が提供するハザードマップ等により水害や津波による災害に対し脆弱な地域において、同モデルの検証を継続的に行い各地域で運用可能な小エリア情報伝達セルの構築を目指すことが適切であると考える。災害は、いつ、どこで、どのような形で発

生するかわからない。今日から災害への備えの点検が必要と再認識する機会を得た検証となった。

謝辞

銚子市役所における測定では、危機管理室のご協力を頂き同庁舎5階で実測させて頂きました。心から感謝致します。また、千葉科学大学危機管理学部救急救命コースのTAである仲尾氏には通信試験において連日協力を頂きました。さらに、同大学危機管理学部1年生の篠崎氏とコシモフ氏においても、通信試験の準備等で協力を頂きました。心から感謝致します。

参考文献

- 1) 総務省：「我が国の災害対策の取組の状況等」. 防災白書平成30年版. 2018.
- 2) ソフトバンク株式会社・双葉電子工業株式会社：「ドローン無線中継システムを用いた遭難者などの位置特定の実証実験に成功」 Softbank プレスリリース. 2020. https://www.softbank.jp/corp/news/press/sbkk/2020/20200-831_02/ (参照 2019-6-12) .
- 3) ソフトバンク株式会社・双葉電子工業株式会社：「ドローン無線中継システムを用いた遭難者などの位置特定の実証実験に成功」 Softbank プレスリリース. 2020. https://www.softbank.jp/corp/news/press/sbkk/2020/20200-831_02/ (参照 2019-6-12) .
- 4) 米川力・新庄貴文・富永経一郎・伊澤祥光・阿野正樹・山下圭輔・鈴川正之：災害時において使用可能な情報伝達手段としての無線機の検討. 日臨救医誌, No. 16, 826-830, 2013.
- 5) 総務省：特定小電力無線局, <https://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/system/ml/small/>, (参照 2020-7-20) .
- 6) 大山太・吉村昌子・嶋田淳子・小島善和・杉田学：大規模災害での現場医療活動におけるデジタル簡易無線の有用性の検討. 地域安全学会論文集, No. 22, 1-9, 2014.
- 7) 株式会社アイコム：“新たな無線システムの提案防災&防犯用緊急連絡ホーム無線, 仮称 (Emergency Home Radio) 災害・事故・事件の非時等に緊急警報等を送出し、いざと云う時の危機管理に有効に活用できる無線機” . 情報通信審議会情報通信技術分科会移動通信システム委員会での意見提出, 2011.

- 8) 株式会社アイコム：“新たな無線システムの提案防災&防犯用緊急連絡ホーム無線, 仮称 (Emergency Home Radio) 災害・事故・事件の非時等に緊急警報等を送出し、いざと云う時の危機管理に有効に活用できる無線機” . 情報通信審議会情報通信技術分科会移動通信システム委員会での意見提出, 2011.
- 9) 札幌市消防局：「札幌市消防団無線運用マニュアル」 . <http://www.city-sapporo.jp/shobo/saiyo/documents/musen.pdf2016>, (参照 2019-4-20) .
- 10) 新妻信明：地質学者が懸念する「令和関東大震災」と日本沈没の可能性. 首都直下地震は近いのか?. Mag2News. <https://www.mag2.com/p/news/463888>, (参照 2019-8-28) .
- 11) 永田高志・石井正三・長谷川学ぶ・寺谷俊康・水野浩利・深見真希・レオ・ボズナー：緊急時総合調整システム ICS 基本ガイドブック. 日本医師会, 東京, 2014.
- 12) TecWeb：電波の伝わり方：反射/透過、回折、干渉, https://techweb.rohm.co.jp/iot/knowledge/iot01/s-iot_01/01-s-iot01/18442016, (参照 2019-6-9) .