

登山者位置検知システムの利用モデル評価 報告書

平成 29 年 3 月

登山者位置検知システムの利用モデル評価会

ま え が き — 研 究 成 果, 実 用 化 へ —

第一回評価会において、本会が素晴らしい成果が得られることを願って研究への期待を述べさせていただいた。そして実際に検証された内容は、今後の登山者位置検知システムのあり方を明示するものであり、大変うれしく喜ばしく思う。

私は「立山黒部ジオパーク」の会長をしているが、これは「地球・大地（ジオ）」と「公園」を組み合わせたもので「大地の公園」を意味するものである。2014年に日本ジオパークに認定されたが、いま世界認定を目指している。美しい自然景観、そして学術的にも価値ある地形を有し、長い歴史のなかで育まれた独自の文化や人々の営みが高く評価されている。ジオパークの中心は立山連峰であるが、長野県、岐阜県、新潟県にまたがる飛騨山脈には立山、剣岳、穂高岳、白馬岳、御嶽山など3,000メートル級の山々が連なり北アルプスとも呼ばれて大変人気を博している。また長い年月をかけて形成された上高地、乗鞍などの美しい高原や黒部川源流など秘境や温泉も多く、年間に1千万人以上が訪れており、最近では海外からの訪問者も増加傾向にある。このようなことから今後一層、自然環境への配慮が不可欠である。

さて、本報告書に述べられているように近年、山岳遭難事故が増加している。その要因には登山者自身の健康、体力に依る面もあるが、山岳特有の急変する気象条件、雪崩、落石、火山噴火など不可抗力的な突発的自然要因もある。

万が一、事故に遭遇した場合にそのリスクを回避するにはどうすればよいか。思いがけない道迷いや事故に遭ったときの解決策として、本会で検証された150MHz帯電波を用いた「人の位置検知」方式はコンセプトにおいて斬新であり、実用化という観点からも評価されるものである。

本評価会における実証実験においては、残雪のある山中においても富山県山岳警備隊のご協力を得て通信実験が行われた。得られた実験データは理論的検証結果（計算機シミュレーション）とよく一致することがわかった。このことにより、検知器をどこに設置すれば効率よく登山者を見守ることができるのか、すなわち置局計画を容易に実行できる見通しを得たと聞いている。例えば、150MHz帯電波を用いて数キロメートル間隔で中継すれば奥深い山中の登山者と自宅からでも双方向通信を実現する設計ができるわけである。

昨年8月の150MHz帯電波に関する総務省令等の改正は、国民の財産である電波の一部を「人の位置検知」用に使用することを認めたものである。本評価会はその電波を有効活用し、山岳における人の検知システムを実用化する上で必要なハードルを乗り越えるべく最小限必要な重要項目を解明しているのである。評価結果によれば、システムの実現に必要な通信設備のサイズは大変コンパクトなものであり、消費電力も小さくすることができる。従って協力が得られるならばの話であるが、山小屋や山岳内にある国や自治体、あるいは民間の諸施設の片隅にでも設置していただくことができれば、それが登山者の検知及び中継基

地として機能するわけである。冬季には数メートルの積雪に埋まり無人化する山小屋からでも 150MHz 帯の電波は通信が可能である。このような山岳通信に適する新しい電波の有効利用の提言は、自然環境に負荷を与えないという観点からも望ましいものと思う。

遭難事故が発生した場合、遭難者が救助を求め、救助要請信号を発信したとき、直ちにそれをキャッチする検知者ネットワークを実現するには登山関係者の協力と山小屋をはじめ、山岳内に設備を有する国、地方自治体、民間の事業者などのご支援、ご協力が必要である。

終わりにこの研究に対する、北陸総合通信局のご指導・ご支援に感謝を申しあげたい。

登山者位置検知システム利用モデル評価会 特別顧問

富山県立大学 客員教授

立山黒部ジオパーク協会 会長

中尾 哲雄

目次

第1章 はじめに	1
1.1 山岳遭難事故および遭難時通信手段の概況	1
1.2 登山者位置検知システムの概要	3
第2章 登山者位置検知システムと評価試験用端末	4
2.1 登山者位置検知システムの構成	4
2.2 評価試験用登山者端末・検知者端末	4
2.3 登山者端末接続用アンテナ内蔵ザック	7
第3章 登山者位置検知システムの利用モデル評価試験	9
3.1 評価試験概要	9
3.1.1 検知者端末からの位置情報送信要求コマンド機能の検証	10
3.1.2 登山者からの救助要請信号の送受信と登山者の位置検知の検証	11
3.1.3 山岳地域における中継機能の検証	11
3.1.4 異なる製造者の機器間における相互接続試験	12
3.2 立山室堂周辺登山道での評価試験結果	13
3.2.1 検知者端末からの位置情報送信要求コマンド機能の検証	14
3.2.2 登山者からの救助要請信号の送受信と登山者の位置検知の検証	23
3.2.3 山岳地域における中継機能の検証	24
3.2.4 立山室堂周辺登山道での評価試験のまとめ	25
3.3 冬山訓練における評価試験結果	26
3.3.1 冬山訓練における評価試験概要	26
3.3.2 冬山における登山者携帯端末の位置検知結果	29
3.3.3 山岳警備隊による登山者位置検知システムの利用モデルの評価結果	34
3.4 電波伝搬シミュレーションとの比較	36
3.4.1 立山室堂周辺登山道における電波伝搬シミュレーション結果	36
3.4.2 国立登山研修所における電波伝搬シミュレーション結果	42
3.5 異なる製造者の機器間における相互接続試験結果	45
第4章 まとめと課題	49
4.1 登山者位置検知システムの利用モデル評価試験結果まとめ	49
4.2 今後の課題	50
おわりに	59
参考文献	60
付録	61

第1章 はじめに

1.1 山岳遭難事故および遭難時通信手段の概況

近年、幅広い年代で登山がブームとなっており、登山者人口が増大している。警察庁が公表している山岳遭難の概況によると、図 1-1 に示すように発生した山岳遭難事故の件数および遭難者総数は年々、増加している[1]。このような状況は、立山・剣岳や黒部峡谷などの山域がある富山県においても当てはまる。富山県山岳遭難対策協議会によると、平成 27 年の富山県内山域への入山者数は、前年から 14 万 9,000 人増加し、146 万 1,400 人とみられる。遭難件数は 136 件で、統計を取り始めた昭和 40 年以降で最多であったと報告されている[2]、立山黒部アルペンルートの冬季の営業を含む営業期間の拡大や夜間の営業に取り組むことが報道発表されたことから、より一層富山県内の山域への入山者が増加することが容易に予想される。そのため登山者の遭難の発生を未然に防ぐための方策を考えることが急務である。

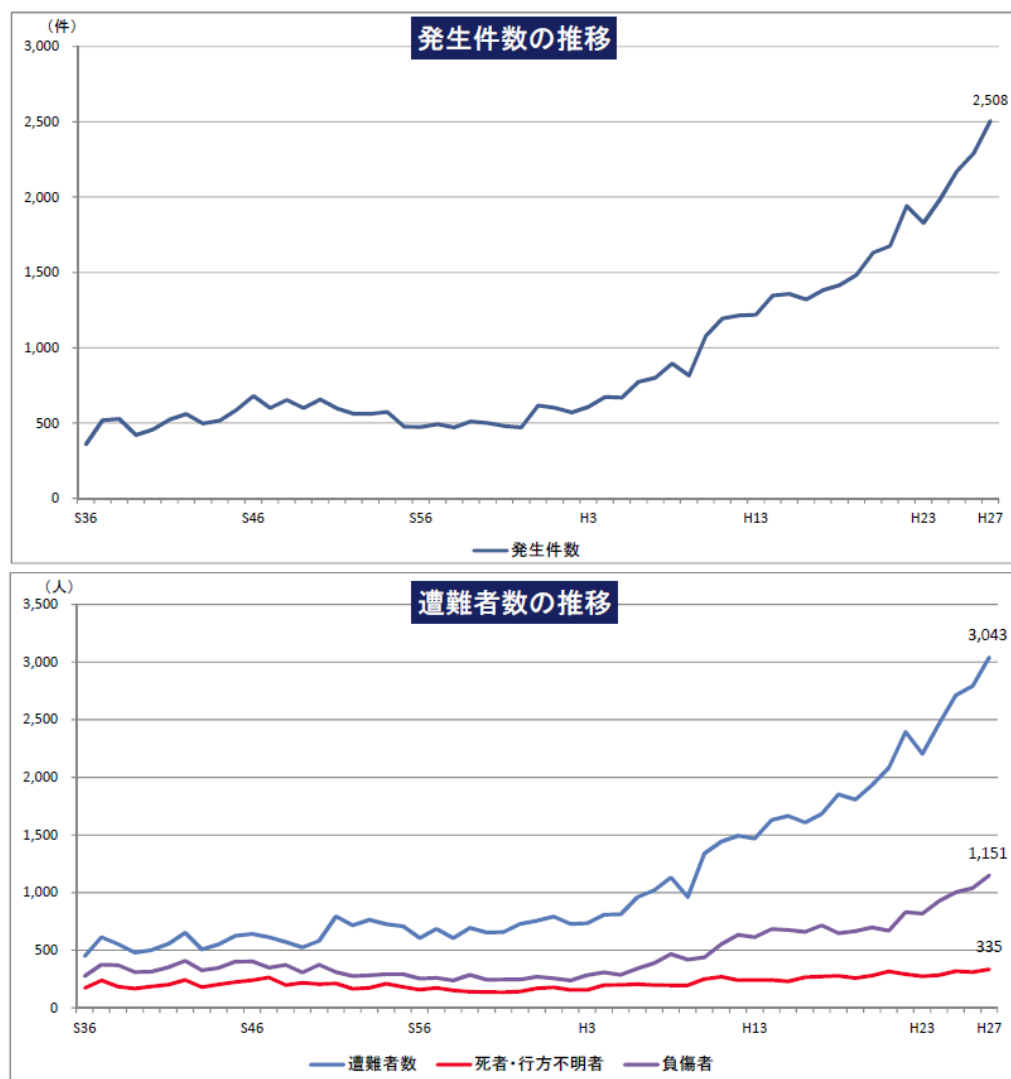


図 1-1 山岳遭難事故の発生件数および遭難者数の推移 [1]

次に、実際に遭難事故に遭遇した場合の救助要請時の通信手段についてみると、平成 27 年において、図 1-2 に示すように遭難事故の全発生件数 2,508 件のうち 76.6%が遭難現場から通信手段(携帯電話, 無線(アマチュア無線を含む))を使用して、救助要請している。特に、携帯電話による救助要請は増加すると思われるが、多くの山岳では通話エリアが限られることやバッテリーの残量が不足することなどが考えられる。一方、遭難事故に遭遇しても 23.4%は、通信手段がなかったと推定される。実際に遭難事故に遭遇した場合、迅速な遭難発生 の通報および遭難発生場所の把握が不可欠であるが、確実に通報できる通信手段の整備が不十分であるというのが現状である。

このような現状において、無線技術を用いた登山者の位置を検知する様々な試みが行われている。その中で、山岳領域での伝搬特性に優れており、位置情報伝達が可能である 150MHz 帯の電波に注目し、150MHz 帯電波を用いた登山者位置検知システムに関する研究が行われてきた。平成 26 年度には 150MHz 帯電波を使用する登山者の位置検知システムに関する調査検討会が発足し、登山者等の位置検知システムの技術的条件の検討を行った。この検討会では、150MHz 帯の周波数を用いた登山者等の位置検知システムを想定して製作された技術試験モデルによる降雪時山岳地帯での登山者位置検知実験が行われた。その後、情報通信審議会および電波監理審議会の答申を得て平成 28 年 8 月 31 日に総務省令等が改正され、新たな技術基準が策定された[3][4]。新たな技術基準では、これまで動物の位置検知にのみ使用されてきた 150MHz 帯の電波が人の位置検知に使用可能となった。使用できる周波数帯は、142.93MHz ～ 142.99MHz, 146.93MHz ～ 146.99MHz となり、それぞれ 9 つのチャンネルが割り当てられ、チャンネル数が拡大された。

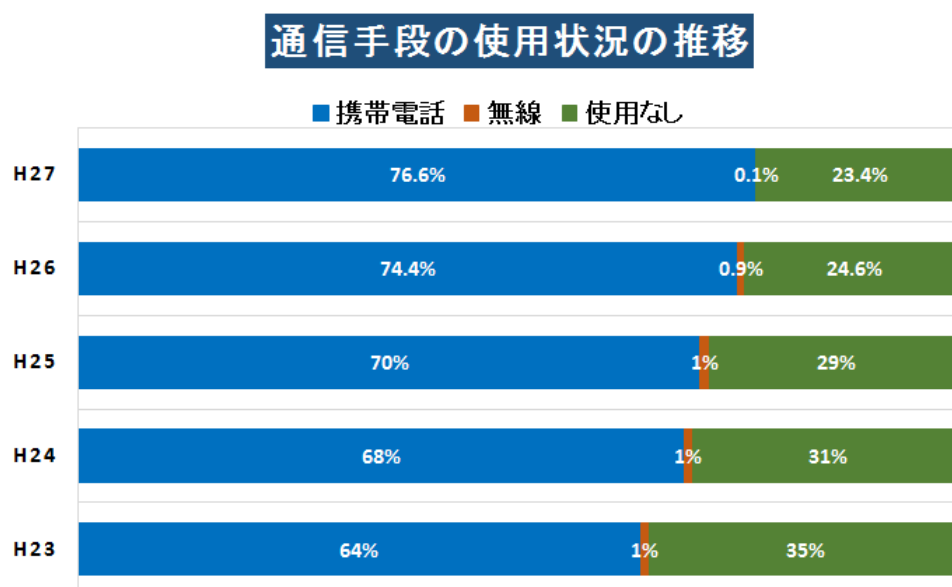


図 1-2 遭難事故発生時における通信手段の使用状況の推移 [1]

1.2 登山者位置検知システムの概要

平成 28 年 8 月に改正された総務省令等では、動物の位置検知のみに使用されてきた 150MHz 帯検知システムの用途を見直し、人の位置検知に使用可能となり、新たな技術基準が策定された[4]。そこで、新技術基準で製作された端末を使用した登山者位置検知システムの有用性を評価するため、実環境における登山者位置検知システムの利用モデル評価を行うこととした。

本評価で使用する登山者位置検知システムは、平成 26 年度に検討された登山者位置検知システムをもとに新技術基準を満たす端末を用いて発展させたものである。図 1-3 は、登山者位置検知システムの概要図である。本システムは、山小屋等に検知者端末を設置し、登山者端末を携帯した登山者の位置を検知するものである。道迷いのような遭難者が操作可能な場合は、手動で遭難場所の位置情報を含む救助要請信号を発信する。ここで、登山者端末から直接検知局端末に電波が届かない場合、付近の登山者端末を中継して検知局端末に救助要請信号を送信することが可能である。また、不意の事故等で登山者が操作できない場合、検知者端末からのリモートコントロールにより、登山者端末から位置情報を送信させることができる。なお、検知者端末では、登山者からの位置情報を受信して地図上に登山者の位置を表示することができる。

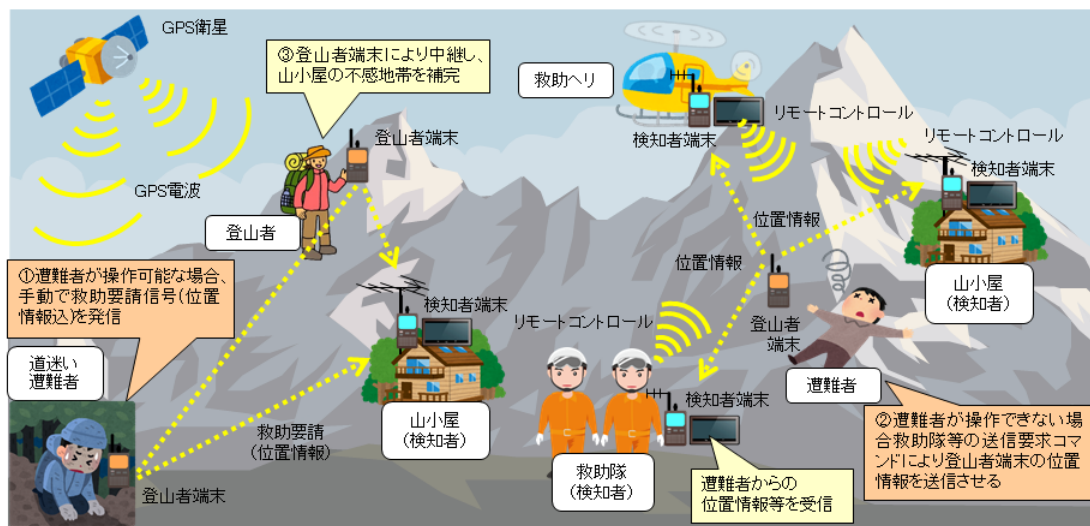


図 1-3 登山者位置検知システムの概要図

第2章 登山者位置検知システムと評価試験用端末

2.1 登山者位置検知システムの構成

立山室堂周辺の登山道を想定した実環境での評価試験モデルシステムを図 2-1 に示す。検知者端末は、ディスコーンアンテナを三脚に固定し、同軸ケーブルにて検知者端末と接続する。検知者端末から USB ケーブルにて登山者位置データ取得用ノートパソコンもしくは Windows タブレットと接続し、登山者端末からの端末 ID、時刻、受信電力(RSSI 値)、位置情報(緯度、経度)、端末の操作ログ等の情報を保存する。さらに検知者端末と接続されたノートパソコンおよび Windows タブレットの画面上には、登山者の位置がリアルタイムで表示される。また、救助要請信号を受信した場合には、救助要請信号を送信した登山者端末の ID と発信位置が表示される。次に登山者端末は、アンテナ内蔵ザックの上部ポケットに固定され、アンテナが接続される。評価試験では、端末とアンテナが内蔵されたザックを背負って、立山室堂周辺の登山道を実際に移動し、検知局との通信が可能であるか確認した。

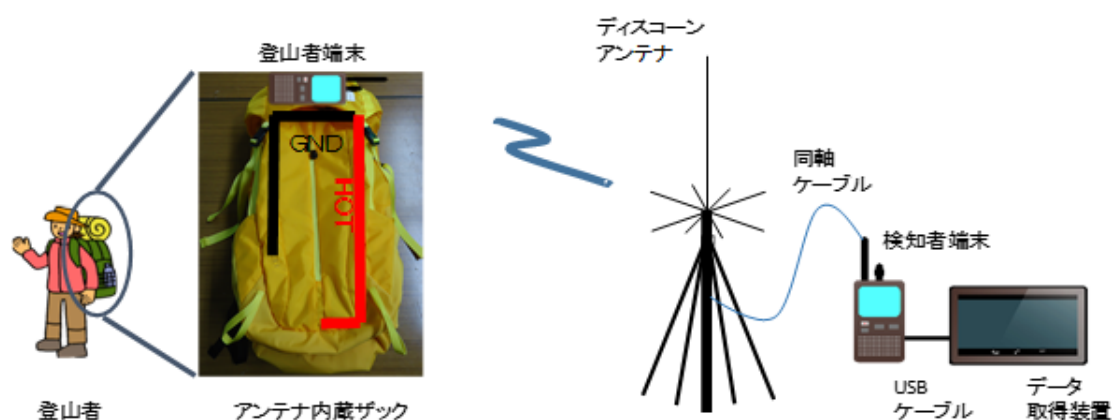


図 2-1 評価試験モデルシステム構成図

2.2 評価試験用登山者端末・検知者端末

評価試験で使用する試験用モデル端末の外観を図 2-2 に示す。検知者および登山者端末は、電波法第 38 条の 6 第 1 項の規定に基づく技術基準に適合した特定小電力無線モジュールを用いて製作されている。検知者端末は、図 2-2(a)に示すように検知者端末と登山者の位置情報を表示するタブレットもしくはノートパソコンで構成される。一方、図 2-2(b)は、登山者端末であり、外観は検知者と同じである。なお、登山者端末および検知者端末の切り替えは、端末内部のソフトウェアで行う。図 2-2 より、これらの端末の操作は 4 つのボタンで行うが、登山者端末では、救助要請時ボタンが有効になり、救助要請信号を送信することができる。また、LCD 画面には、端末の状況や GPS 衛星による端末の現在位置が表示される。端末の諸元を表 2-1 に示す。



(a) 検知者端末

(b) 登山者端末

図 2-2 評価試験用モデル端末（北陸電気工業株式会社製）

表 2-1 評価試験用モデル端末の諸元

項目	諸元
周波数	142.93～142.99MHz (9 波) 146.93～146.99MHz (9 波)
占有周波数帯域幅	5.8kHz
空中線電力	100mW
受信感度	-117dBm@BER 0.01%
変調方式	2 値 GFSK 方式
通信速度	2400bps
キャリアセンス機能	あり（-97dBm 程度）
個別 ID	あり
通信距離	約 10 km（地上見通しの場合）
動作可能時間	約 2 週間（GPS 測位 30 分毎）
重量・サイズ	326g（乾電池込み）・W88×H146×D33mm

次に評価試験用モデル端末のメイン機能について、以下に記す。

【通常時探索機能 検知者 → 登山者】

検知者端末は、登山者端末の位置をタブレットの地図上に表示する。

（タブレットと接続しない場合は、LCD に GPS 情報の緯度経度を表示）

位置情報取得方法

検知者端末から位置情報要求コマンドを選択すると、指定した登山者端末に対して位置情報取得の送信要求コマンドが送信される。

登山者端末は、送信要求コマンドを受信すると、位置情報を検知者端末に送信する。

【緊急時通報機能 登山者 → 検知者】

登山者端末の緊急時ボタンを押すと検知者端末に位置情報と共に救助要請信号を送信する。

【緊急探索機能 検知者 → 登山者】

検知者端末から緊急探索コマンドを選択すると、指定した登山者端末に対して緊急事態に陥っていないか短文メッセージで問いかけることが出来る。

また、評価試験モデル端末は以下の機能も備えている。

- ・ 緊急時通報、緊急探索ともに TEST モード
- ・ 評価試験モデル端末間の通信は、LCD に定型メッセージ表示
- ・ 緊急時通報の場合、登山者端末同士での中継転送機能（中継は一度のみ）
- ・ 中継転送時、GPS 情報より、緊急通報発信者の方角と距離を登山者端末の LCD に表示
- ・ 検知者端末側から登山者端末へのリモート制御
（ブザー鳴動、送信出力変更、GPS 測位の時間間隔変更）

登山者携帯端末の消費電力について述べる。本評価で使用する登山者端末は表 2-1 に記載されているように GPS 測位が 30 分ごとであれば、2 週間程度動作する。登山者端末の消費電力について以下に詳細を記す。

まず、登山者端末は GPS 衛星の電波を受信して位置情報を得るため、この位置情報の更新時間を 1 分とする。また、検知者端末からの位置情報取得要求に対する自動応答は 5 分間隔とすると、1 時間当たりの消費電力は 14.7 mA・h である。この消費電力には、登山者端末の LCD の消費電力が含まれている。一般的なアルカリ乾電池は 2000 mA・h であるため、アルカリ電池を使用した場合は、136.15 時間＝5.67 日程度使用できると予想される。ここで、登山者端末の消費電力のうち位置情報の更新に関する消費電力が占める割合が 7 割程度である。したがって、登山者端末の動作時間を 2 週間程度とする場合には、位置情報の更新間隔を 10 分～12 分とし、さらに位置情報取得要求に対する自動応答の間隔を 15 分以上とすればよい。また、冬山を想定した場合、アルカリ電池は寒冷地では性能が劣化するため、寒冷地でも性能が劣化しないリチウム乾電池を使用するなど対策が必要である。

2.3 登山者端末接続用アンテナ内蔵ザック

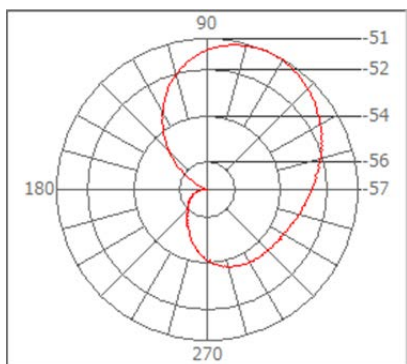
登山者端末が検知者端末と情報を送受信する際、登山者端末に接続するアンテナが必要である。登山者端末用のアンテナは、登山者の動作の妨げにならないように設置する必要がある。そこで、立山室堂周辺での評価試験では、(株)ゴールドウインの協力を得、登山用ザックの前面にアンテナを設置したアンテナ内蔵ザックを開発した。図 2-3 にアンテナ内蔵ザックの外観を示す。アンテナエレメントはザックに収納する荷物の障害とならないように前面ポケットの端に沿うように固定された。また、登山者端末は、ザックの上部ポケット内部に固定される。表 2-2 はザックに内蔵されたアンテナの諸元である。アンテナの長さは 96cm であり、実証試験で使用する周波数の 1/2 波長となっている。アンテナの指向性については、ザックの形状によって変化はするが、垂直偏波については、アンテナ HOT 側の輻射が大きい。水平偏波ではザック側面の輻射が減衰している（図 2-4、図 2-5 参照）。アンテナ利得は、測定アンテナが垂直の場合－3.58dBi@142MHz 帯、－4.67dBi@146MHz 帯である。



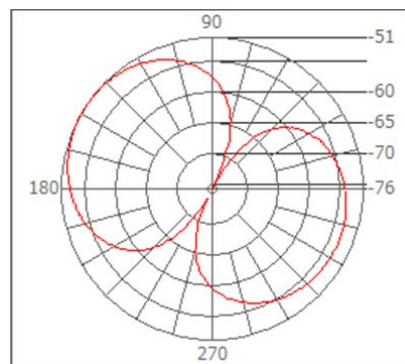
図 2-3 アンテナ内蔵ザックの外観

表 2-2 ザックに内蔵されたアンテナの諸元

エレメント長	96cm (HOT + GND)
インピーダンス	142MHz 帯 : $77.5\Omega + j38.4\Omega$ 146MHz 帯 : $116.7\Omega + j0.86\Omega$
定在波比 (VSWR)	142MHz 帯 : 2.1, 146MHz 帯 : 2.3
アンテナ利得	142MHz 帯 : 測定アンテナ垂直 : -3.58 dBi 測定アンテナ水平 : -4.47 dBi 146MHz 帯 : 測定アンテナ垂直 : -4.67 dBi 測定アンテナ水平 : -9.49 dBi

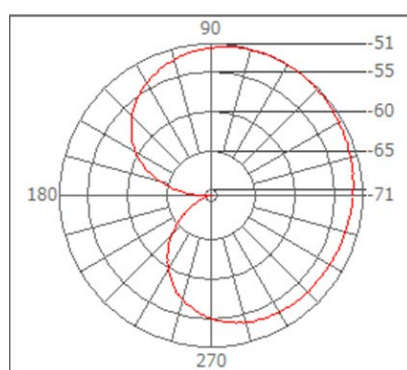


(a) 測定アンテナ垂直時

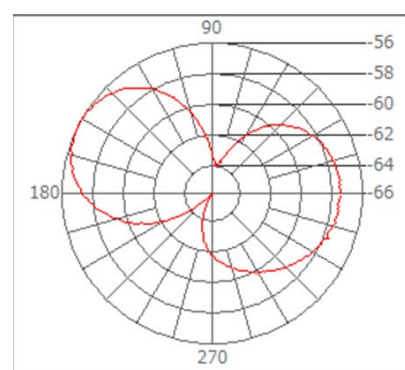


(b) 測定アンテナ水平時

図 2-4 142MHz 帯のザックに内蔵されたアンテナの輻射パターン



(a) 測定アンテナ垂直時



(b) 測定アンテナ水平時

図 2-5 146MHz 帯のザックに内蔵されたアンテナの輻射パターン

第3章 登山者位置検知システムの利用モデル評価試験

3.1 評価試験概要

新たな技術基準で製作された登山者位置検知システムの利用モデルの評価は、実環境での評価が必要であるため、立山・室堂周辺の携帯電話不感エリアにおいて行った。本試験では、2か所の山小屋に検知局端末を設置し、さらに移動検知局を1か所設置し、登山者端末を携帯した3名の登山者の位置を検知する。さらに、登山者からの救助要請信号の受信機能、登山者端末による情報の中継機能、短文メッセージの送受信について検証した。これにより、登山者位置検知システムの機能、操作性、実環境における運用体制などを試験・検証することが可能となる。

図3-1は、評価試験の概要を表した模式図である。評価試験は、検知者端末3台(検知局A、検知局B、検知局C)、登山者端末3台(登山者A、登山者B、登山者C)を用いて、実施される。2つの検知者端末は、山小屋に設置する固定局とし、1つの検知者端末は移動検知局として使用する。3か所の検知局により3名の登山者の位置検知を随時行った。具体的には、それぞれの検知局から登山者に向けて位置情報を要求し、登山者位置情報を検知局に送信する。次に、登山者A、B、Cが順番に救助要請信号を発信し、検知した検知局は救助要請信号を受信したこと、救助を開始したことを登山者端末に短文メッセージで伝える。最後に登山者Bが検知局Aと通信できなくなった場所において、登山者Aと登山者Bの登山者端末による救助要請信号の中継機能の検証を行い、登山者Bの位置情報が検知局に転送されることを確認する。

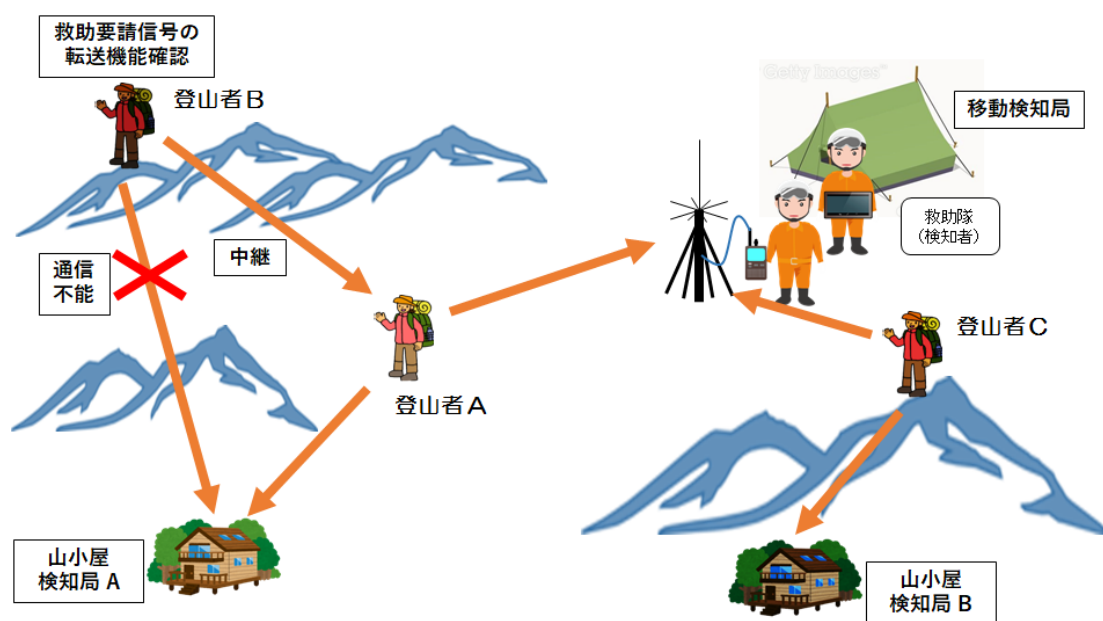


図 3-1 評価試験概要を表した模式図

本システムの利用モデルは、以下の5項目について評価した。

- ① 登山者位置検知システムによる位置検知および端末の制御機能等の検証
- ② 検知者端末・登山者端末間および登山者端末相互における正常な運用の確認
- ③ 登山者端末間で受信した情報の中継機能の確認に関する検証
- ④ 短文メッセージの送受信機能の検証
- ⑤ 異なる製造者の機器間における相互接続時の正常な運用に関する検証

項目①から項目③の評価項目については以下に具体的に示す。項目④については、項目①～項目③の機能を確認する際に、登山者端末－検知者端末間で短文メッセージが送受信されるため、項目④は、個別に評価せず、項目①～項目③と並行して行った。

また、項目⑤の異なる製造者の機器間における相互接続に関する検証については、平成26年度に株式会社サーキットデザインが製造した登山者端末と本システムの利用モデルとして北陸電気工業株式会社が製造した検知者端末を用いて行った。なお、平成26年度製作端末は実験試験局の免許の期限が切れており、屋外で電波を送信することができないため、株式会社サーキットデザイン所有の電波暗室にアンテナを設置して試験を行った。

3.1.1 検知者端末からの位置情報送信要求コマンド機能の検証

検知局から登山者に位置情報送信要求コマンドを送信すると、登山者端末は位置情報を自動送信する。検知局端末は受信した登山者端末の位置情報を受信し、タブレットの地図上に登山者の位置を表示する。

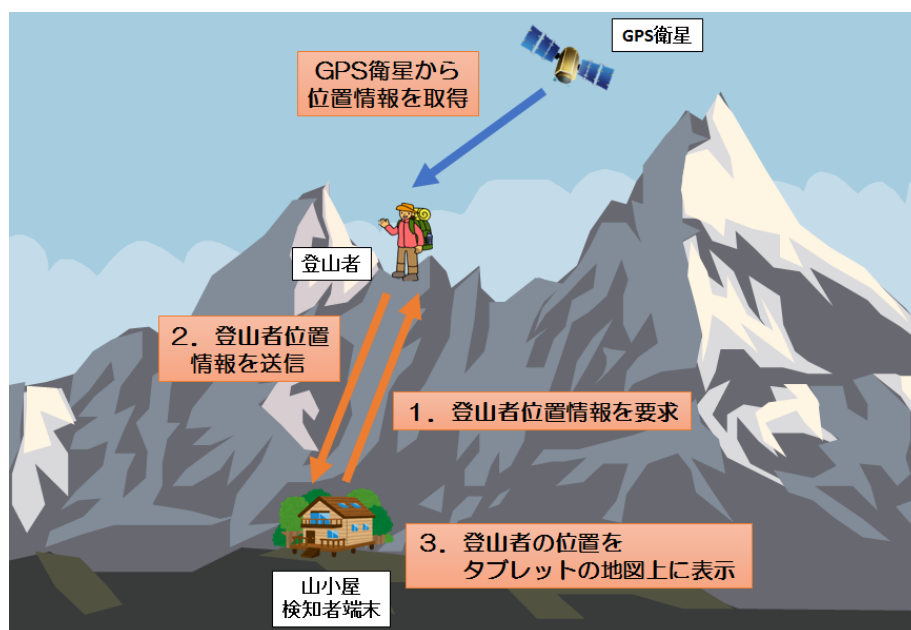


図 3-2 検知者端末からの位置情報送信要求コマンド機能の検証の模式図

3.1.2 登山者からの救助要請信号の送受信と登山者の位置検知の検証

登山者から送信された救助要請信号を検知局端末で受信し、登山者の位置を地図上に表示する。さらに救助要請信号受信したことを短文メッセージで登山者端末に伝える。

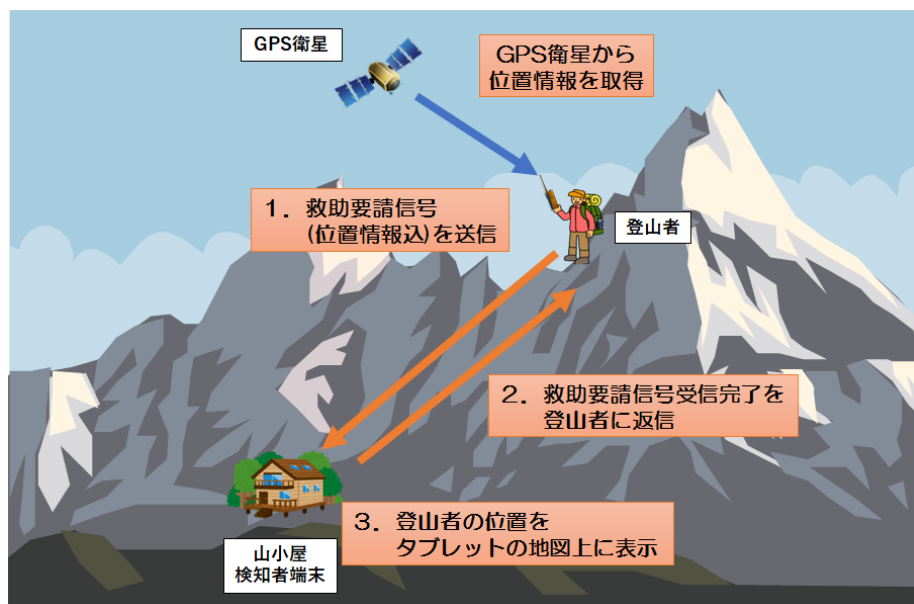


図 3-3 登山者からの救助要請信号の送受信と登山者の位置検知の検証の模式図

3.1.3 山岳地域における中継機能の検証

山小屋検知局に直接電波が届かない地域にいる登山者 B から救助要請信号を発信したとき、登山者 B の信号を受信できる範囲にいる登山者 A の端末が登山者 B の救助要請信号を山小屋検知局に中継する。

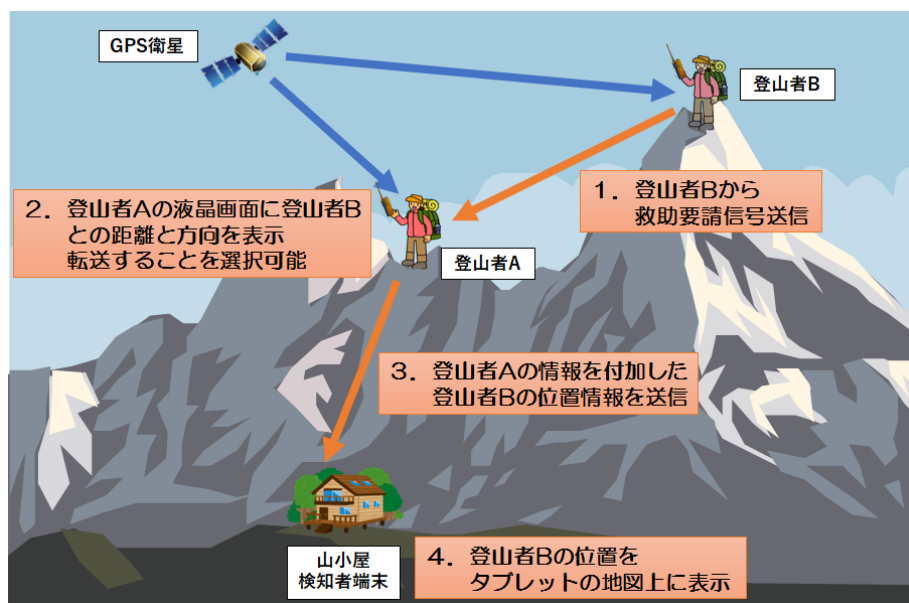


図 3-4 急峻な山岳地域における中継機能の検証の模式図

3.1.4 異なる製造者の機器間における相互接続試験

異なる企業により製造された機器間における相互接続に関する試験を実施することが明記されている。そこで、平成 26 年度に株式会社サーキットデザインが製作した登山者携帯端末(CD 端末)と平成 28 年度に北陸電気工業株式会社が製作した登山者携帯端末(HDK 端末)を用いて、相互接続試験を行った。なお平成 26 年度製作端末は実験試験局の免許の期限が切れており、屋外で電波を送信することができないため、図 3-5 に示すように株式会社サーキットデザイン所有の電波暗室にアンテナを設置して試験を行った。

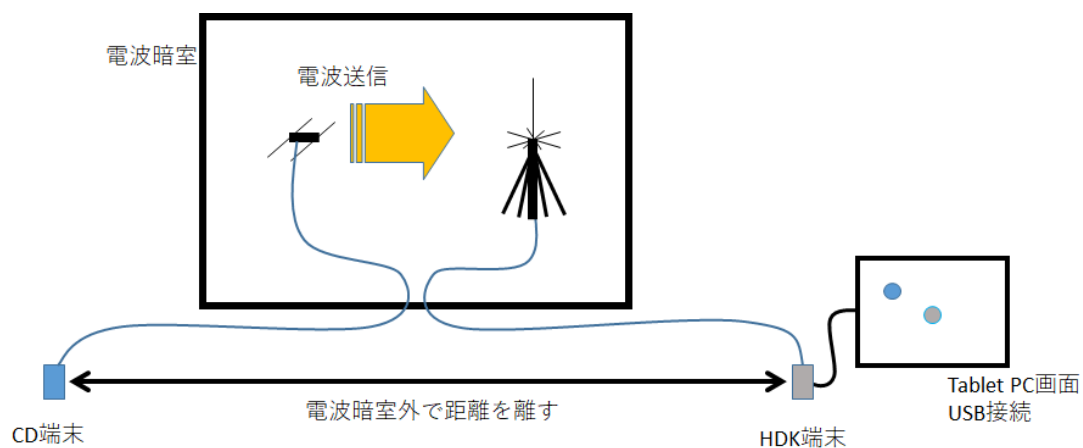


図 3-5 相互接続試験概要図

3.2 立山室堂周辺登山道での評価試験結果

富山県 立山室堂周辺の登山道において評価試験が平成 28 年 10 月 26 日、27 日に行われた。図 3-6 は、立山室堂周辺において評価試験を行った際の検知局の設置場所と登山者ルートおよび検知局から登山者ルートまでの直線距離を示したものである。検知局には検知者端末が設置されるが、立山室堂山荘および一の越山荘は固定局とし、雄山山頂に設置した検知局は雄山移動検知局とした。ここで、一の越山荘から東一ノ越へ向かう登山道は携帯電話が不通である。また、雄山から大汝休憩所へ向かう登山道においても携帯電話の電波が不安定である。一方、雷鳥沢キャンプ場に向かう登山道については、携帯電話は安定して使用可能である。本実証試験では、一の越 ～ 東一ノ越間の登山道について詳細に試験を行った。なお、立山室堂山荘から一の越を経由して東一ノ越へ向かう登山道において、立山室堂山荘 ～ 一の越間はおおよそ見通し伝搬であるが、一の越 ～ 東一ノ越間は立山室堂山荘からは見通し外伝搬となる。



(a) 検知局設置場所および登山者ルート

(b) 検知局から登山者ルートの直線距離

図 3-6 実証試験時の検知局設置場所と登山者ルートおよび直線距離

3.2.1 検知者端末からの位置情報送信要求コマンド機能の検証

検知者端末から登山者端末に向かって、登山者位置情報送信要求コマンドを1分間隔で自動送信し、登山者の位置情報を取得した。検知局ごと得られた登山者位置情報を記す。

立山室堂山荘検知局における登山者位置情報取得結果

立山室堂山荘検知局から登山者へ位置情報送信要求コマンドを送信し、得られた位置情報を地図にプロットしたものを図3-7に示す。図中の赤印は、立山室堂山荘検知局から位置情報送信要求コマンドを送信し、登山者端末から位置情報を得たものである。また、緑色の印は、立山室堂山荘検知局以外の一の越山荘検知局もしくは雄山神社前移動検知局から位置情報送信要求コマンドを送信した際、登山者端末が送信した位置情報を受信したものである。図3-7より、室堂から一の越に向かう登山道では、問題なく登山者の位置情報が取得できた。次に一の越から雄山神社に向かう登山道においても位置情報が取得できた。雄山から大汝休憩所に至る登山道においても位置情報が取得できた。これらの登山道については、室堂から見るとほぼ見通し内の位置にあるため、登山者の位置情報を取得することができた。なお、一の越から東一ノ越に向かう登山道において、数点のみではあるが登山者位置情報が取得できている。これは、立山室堂山荘からみると一の越から先は見通し外となるが、一の越を頂点とする山岳回折の効果が生じるため、電波が届くことを示している。



図 3-7 立山室堂山荘検知局における登山者位置情報の取得結果

次に登山者端末から送信された電波の立山室堂山荘検知局における受信強度(RSSI 値)を Google map 上にプロットしたものを図 3-8、図 3-9 に示す。図 3-8 より室堂 ～ 一の越間においては、電波の受信レベルがモデル端末の受信感度(−117dBm)よりも 25dBm 以上高い状態であった。そのため、一の越までの登山道では、立山室堂山荘に検知局を設置することで登山者の位置を十分に検知できた。次に図 3-8 を見ると、一の越 ～ 雄山神社の登山道では、受信感度よりも 10dBm 以上の受信レベルが得られており、登山者の位置を検知することが十分可能であった。また、雄山神社～大汝間の登山道では、受信レベルが受信感度よりも下回っている個所もあるが、登山者の位置を取得することができた。



図 3-8 立山室堂山荘～一の越山荘間の登山道から送信された電波の受信強度



図 3-9 一の越山荘～雄山神社～大汝山間の登山道から送信された電波の受信強度



図 3-11 一の越～雷鳥沢登山道，雷鳥沢～大走り，雷鳥沢～立山室堂山荘登山道を移動する登山者から送信された電波の受信強度

一の越山荘検知局における登山者位置情報取得結果

図 3-12 は，一の越山荘前に設置した検知局が取得した登山者の位置情報をプロットしたものである．一の越山荘検知局では，室堂から一の越に至る登山道，東一ノ越方面登山道，雄山 ～ 大汝山登山道すべての登山道の位置検知が可能であった．東一ノ越方面登山道において，青色で囲まれた部分に黄色のポイントがみられるが，これは，GPS の位置情報が取得できなかった個所である，また，その隣の空白になっている個所は，登山者端末からの電波が受信できなかった場所である．このとき登山者は休憩のためにザックを地面に下ろし，ザック内部から水筒を取り出していた．そのため，GPS 衛星からの電波が届かなくなり，かつ検知局端末からの電波が届かなかった．休憩終了後，ザックを担いで移動し始めたところ，GPS 衛星の電波を受信し，正常に検知局に登山者の位置を送信した．

雄山から大汝山方面に向かう登山道においても空白な個所がみられる．これは，雄山から大汝山に向かう登山道の入り口が岩の間にあり，一時的に一の越山荘からの電波が届かなかった．その後，大汝山までの登山者の位置情報は取得できている．



図 3-12 一の越山荘検知局における登山者位置情報の取得結果

次に図 3-13 は一の越山荘検知局におけるによる室堂 ～ 一の越間の登山道を移動する登山者から発信された電波の受信強度(RSSI 値)を地図上にプロットしたものである。図 3-8 と同じ登山道を移動しているため、受信強度を比較すると中間地点ではほぼおなじ RSSI 値となっている。図 3-13 を見ると、一の越から室堂へ向かって移動し始めると電波強度が 20dBm 程度減衰している。これは、一の越山荘前の平坦な場所に検知局を設置したが、ほぼ中央付近に設置したため、受信アンテナからは見通し外となったためである。しかし、見通し外であっても、登山者の位置を検知できるだけ十分な電波強度となっている。その後、移動距離に伴って緩やかに減衰しているが、受信電波強度は端末の受信感度よりも 20dB 程度大きい。そのため、室堂までの登山道を移動する登山者の位置情報を取得できた。

図 3-14 は、一の越から東一ノ越方面の登山道を移動する登山者から発信された電波の受信強度(RSSI 値)を地図上にプロットしたものである。図 3-14 より一の越山荘検知局から東一ノ越方面登山道の登山者の位置は正常に取得できた。図 3-14 中の黄色で囲まれた個所の RSSI 値が端末の受信感度ぎりぎりの値となっている。この場所は、図 3-12 において黄色でプロットされた地点と一致している。これは上述のように登山者がザックを下ろし、休憩している最中であつたため、GPS 衛星の電波が届かなかった場所であるが、登山者端末からの電波を検知局で受信できたことを示している。

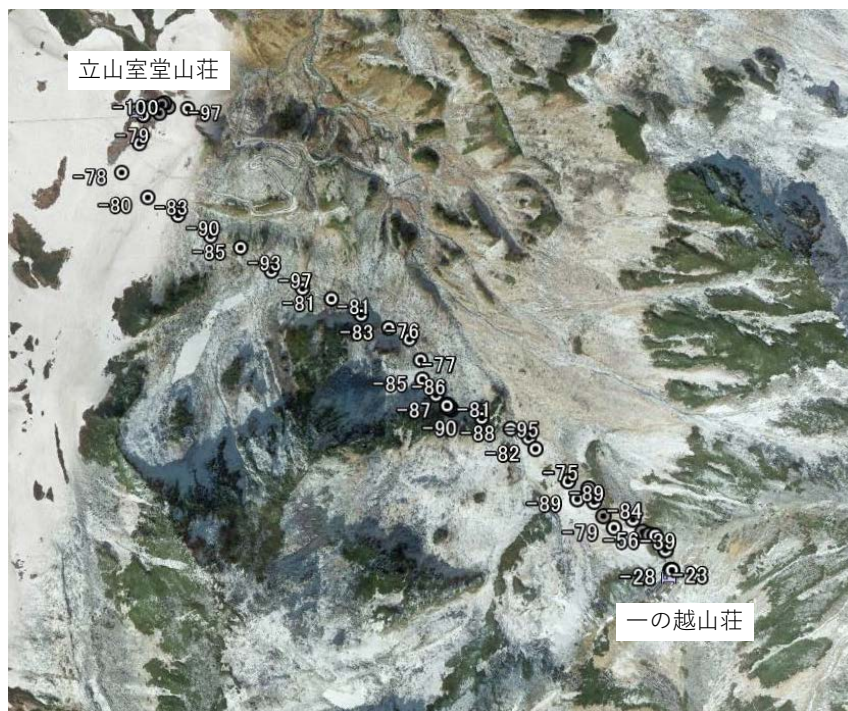


図 3-13 一の越山荘検知局による室堂～一の越間の登山道を移動する登山者から発信された電波の受信強度(RSSI 値)

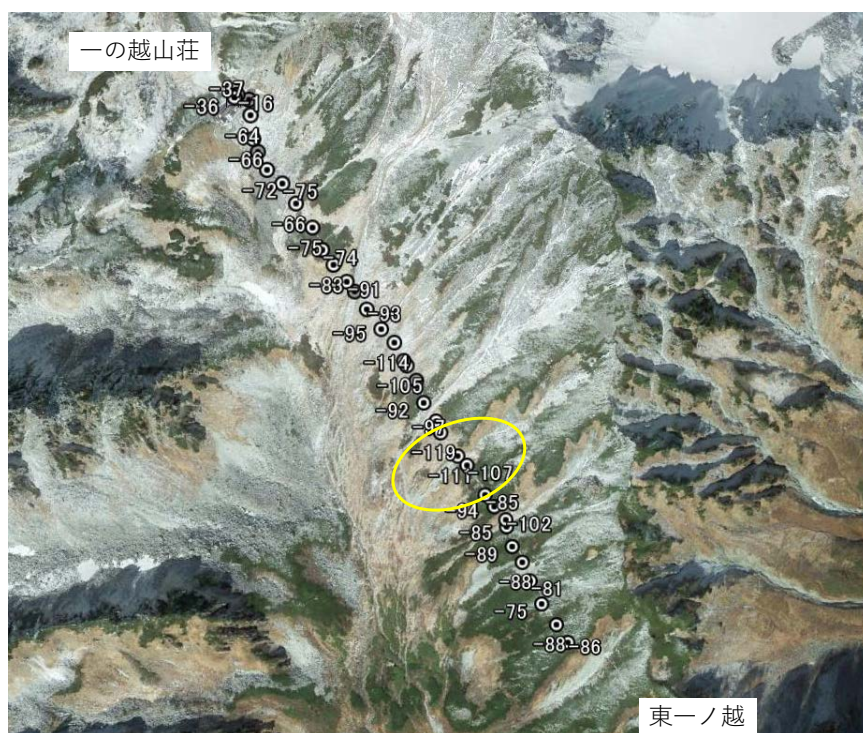


図 3-14 一の越山荘検知局による東一の越方面の登山道を移動する登山者から発信された電波の受信強度(RSSI 値)

図 3-15 は一の越山荘検知局による一の越～雄山～大汝山の登山道を移動する登山者から発信された電波の受信強度を地図上にプロットしたものである。図 3-15 を見ると一の越から雄山山頂の雄山神社までは、一部電波強度が減衰している個所もあるが、電波は十分受信可能であり、登山者の位置情報が取得できた。図 3-15 の黄色で囲まれた部分の雄山神社から大汝山に向かう登山道では、一の越山荘からは完全に見通し外の場所である。これは、150MHz 帯電波は、他の周波数帯に比べて回折効果が高いため、見通し外の場所においても電波が届いていることを示している。そのため、登山者の位置を取得することができた。



図 3-15 一の越山荘検知局による一の越～雄山～大汝山の登山道を移動する登山者から発信された電波の受信強度(RSSI 値)

雄山移動検知局における登山者位置情報取得結果

図 3-16 は、雄山神社前の休憩所に設置した雄山移動検知局が取得した登山者の位置情報をプロットしたものである。一の越から雄山までの登山道については、雄山に検知局を設置する前であったため、データは取得していない。雄山に移動検知局を設置したのち、東一ノ越方面および雄山から大汝山に移動を開始した。図 3-16 から、東一ノ越方面の登山道では、一部電波強度が減衰し、登山者の位置検知ができない場所があった。大汝山までの登山道においては、正常に登山者の位置が取得できた。

図 3-17、図 3-18 は雄山移動検知局において、登山者から発信した電波の受信強度を地図上にプロットしたものである。図 3-17 より、雄山移動局を設置することにより、雄山～大汝山間の登山道の位置検知が可能になった。大汝休憩所周辺で電波強度が -126dBm となっているのは、大汝休憩所前が窪地になっているためである。登山道における受信強度は、登山者の位置情報を取得するには十分な強度であった。

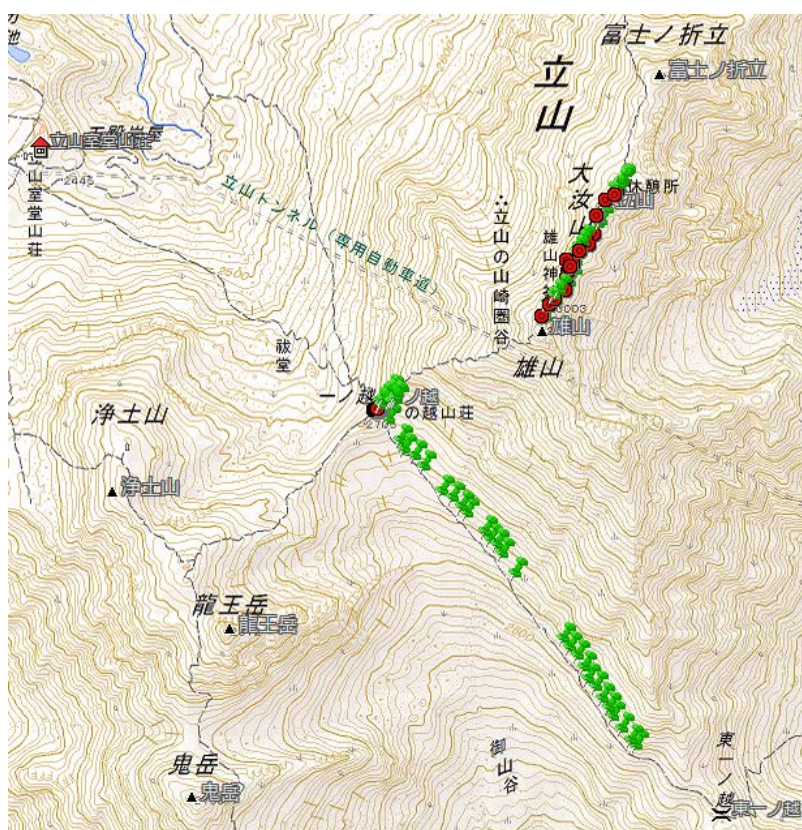


図 3-16 雄山移動検知局における登山者位置情報の取得結果

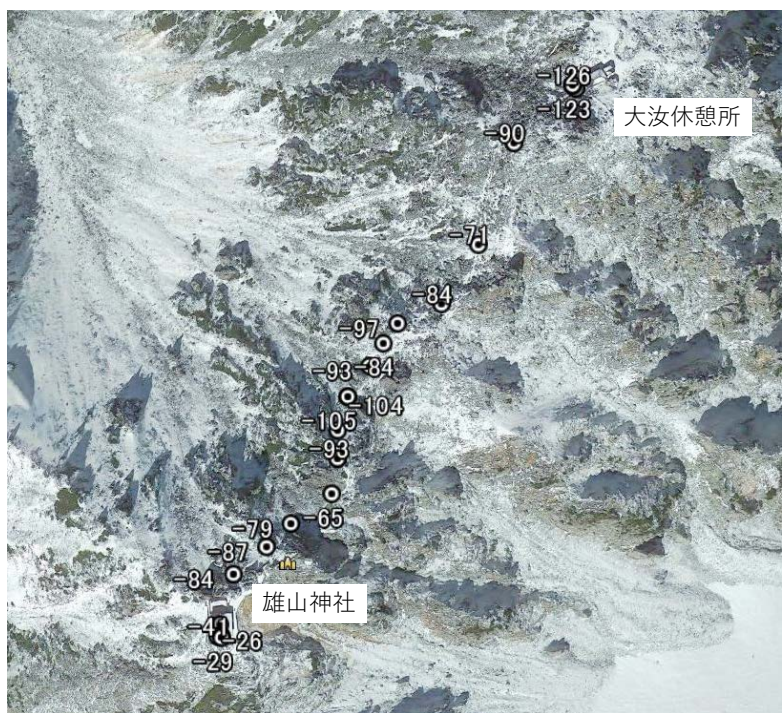


図 3-17 雄山移動検知局による雄山 ～ 大汝山の登山道を移動する
登山者から発信された電波の受信強度

図 3-18 をみると、東一ノ越方面の登山道の大部分において登山者の位置情報は取得できている。しかし、黄色で囲まれた領域では電波受信強度が極めて弱くなっており、検知局では登山者の電波を受信することができず、登山者の位置情報を取得することができなかった。しかし、その他の領域においては、端末の受信感度よりも 10dB 程度余裕があるため、登山者の位置を検知することが可能であることが示された。



図 3-18 雄山移動検知局による東一ノ越方面の登山道を移動する登山者から発信された電波の受信強度(RSSI 値)

3.2.2 登山者からの救助要請信号の送受信と登山者の位置検知の検証

登山者端末から検知者端末に向かって救助要請信号を送信した結果について以下に記す。救助要請信号送信試験は図 3-6(a)に示す登山道の任意の場所で行った。ここでは、立山室堂山荘検知局において、大走り方面登山道の登山者からの救助要請信号を受信した結果について記す。図 3-19 中の青矢印は大走り方面登山道における登山者の救助要請信号発信位置を示している。登山者端末から救助要請信号を発信したところ、検知局は、登山者からの救助要請信号および位置情報を正常に取得した。また、救助要請信号を送信する際、図 3-20 に示すように登山者がザックを背負ったまま仰向けになった状態で、救助要請信号を送信した。その結果、登山者が通常の姿勢である立位のままの状態のとき、検知局における登山者からの受信強度は、約 -90dBm であったが、仰向けになった状態では、受信強度が約 -110dBm となり、受信強度が 20dBm 減衰した。しかし、端末の受信感度よりも電波強度が高いため、位置情報を取得することができた。



図 3-19 大走り方面登山道における登山者の救助要請信号発信位置



図 3-20 登山者が仰向けになった状態での救助要請信号発信時の様子

3.2.3 山岳地域における中継機能の検証

図 3-7 のように検知局に登山者端末からの電波が届かない場所において、検知局と送受信可能な登山者端末を中継して救助要請信号を送信し、検知局で登山者の救助要請信号を受信できることを確認した。図 3-21 中の青矢印は東一ノ越方面登山道を移動していた登山者 B が救助要請信号を発信した位置である。図 3-22 は、立山室堂山荘～一の越山荘～東一ノ越登山道の標高を現した断面図である。図 3-22 より登山者 B の位置(青矢印)は、立山室堂山荘置局と直接通信することができない位置であり、登山者の位置情報を取得することができなかった。そこで、図 3-21 の青矢印の位置の登山者 B から救助要請信号を発信し、一の越山荘前にいる登山者 A の端末を中継して、立山室堂山荘検知局に救助要請信号を送信する中継機能の試験を行った。その結果、登山者 B から発信された救助要請信号は登山者 A の端末で受信され、登山者 A の端末を操作することで、立山室堂山荘検知局に救助要請信号を転送することができた。



図 3-21 東一ノ越方面登山道における登山者の救助要請信号発信位置

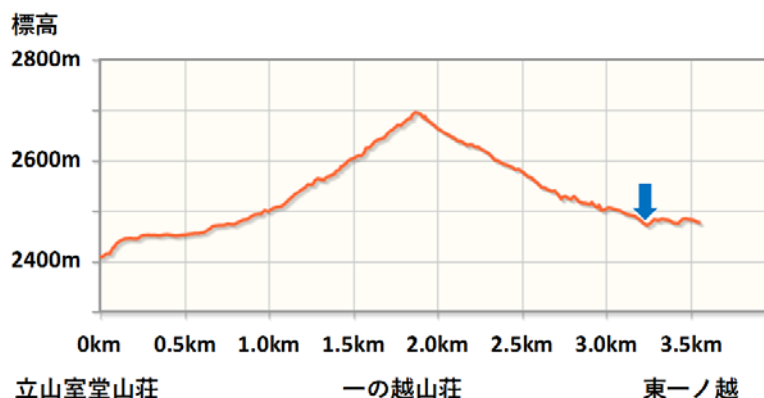


図 3-22 中継機能試験時の場所の断面図

3.2.4 立山室堂周辺登山道での評価試験のまとめ

実環境において新技術基準で製作した登山者端末および検知者端末を用いて評価試験を行った。評価試験を行う登山者位置検知システムの利用モデルは、登山者が携帯する GPS を装備した登山者端末と登山者端末から送信される位置情報を受信して表示する検知者端末で構成される。検知者端末は山小屋等に設置される。また、登山者端末は、山小屋等の検知者端末から送信される位置情報送信要求コマンドを受信し、登山者の位置情報を送信することが可能である。さらに短文メッセージの送受信を行った際、LCD 表示画面に短文メッセージが表示される。特に登山者端末から救助要請信号を発信し、検知局が救助要請信号を受信した場合、救助要請信号が受信されたことが登山者端末の LCD に表示される。

このシステムの評価試験は、富山県・立山室堂周辺の登山道において実施された。評価試験では検知者端末を山小屋等の 3 か所に設置し、3 名の登山者が登山者端末を携帯して、登山道を移動した。登山道を移動中に検知局から位置情報送信要求コマンドを送信し、登山者位置検知を取得し、リアルタイムで検知局のタブレット PC 画面の地図上に 3 名の位置が表示された。また、登山者からの救助要請信号は検知局で正常に受信され、検知局からの送信した救助要請信号受信完了の短文メッセージが登山者端末で受信された。次に検知局から電波が届かないエリアにいる登山者 B から送信された救助要請信号を通信エリア内の登山者 A の登山者端末で中継することができ、検知局では、通信エリア外の登山者 B からの救助要請信号を受信し、登山者 B の位置を得ることができた。

評価試験の結果から、新技術基準に対応した登山者位置検知システムの利用モデルは、山岳地帯において、登山者の位置検知を可能にする有用な手段であることが示された。

3.3 冬山訓練における評価試験結果

3.3.1 冬山訓練における評価試験概要

冬季積雪時における本利用モデルの評価試験は、平成 29 年 2 月 27 日から 3 月 1 日に実施された富山県警察山岳警備隊の冬山訓練中に行われた。本評価試験では、検知者端末からの位置情報送信要求コマンド機能の検証、および、登山者からの救助要請信号の送受信と登山者の位置検知の検証を行う。そして、山岳警備隊員に利用モデルを実際に利用した際の、機能、操作性を評価した。

本評価試験は、図 3-23 に示すように、国立登山研修所（富山県中新川郡立山町）に検知局を設置し、大辻山周辺を訓練で移動する山岳警備隊隊員の位置検知を行った。山岳警備隊は 2 月 27 日に立山青少年自然の家から出発し、大辻山・七姫山を経由して、2 月 28 日には、冬山前進基地周辺の臼越山まで移動、その後、同じ経路をたどって立山青少年自然の家に 3 月 1 日に到着した。移動中に救助要請信号の発信、中継機能の評価を行っていただいた。本評価試験の検知局である国立登山研修所から出発点の立山青少年自然の家までは、3.4km であり、大辻山までは 2.0km、冬山前進基地までの距離は 5.5km である。

検知局用のアンテナは、2 月 26 日に国立登山研修所の大辻山側のスペースに図 3-24 のように設置された。この場所は谷間であり、検知局を設置するには地形の条件が悪い。しかし、地形的に不利な状態も含めて、積雪時の本システムの動作およびその限界を明らかにし、後述する電波伝搬シミュレーションと比較することで、実際にシステムを導入する際の検知局設置場所の検討に資することを目的とした。

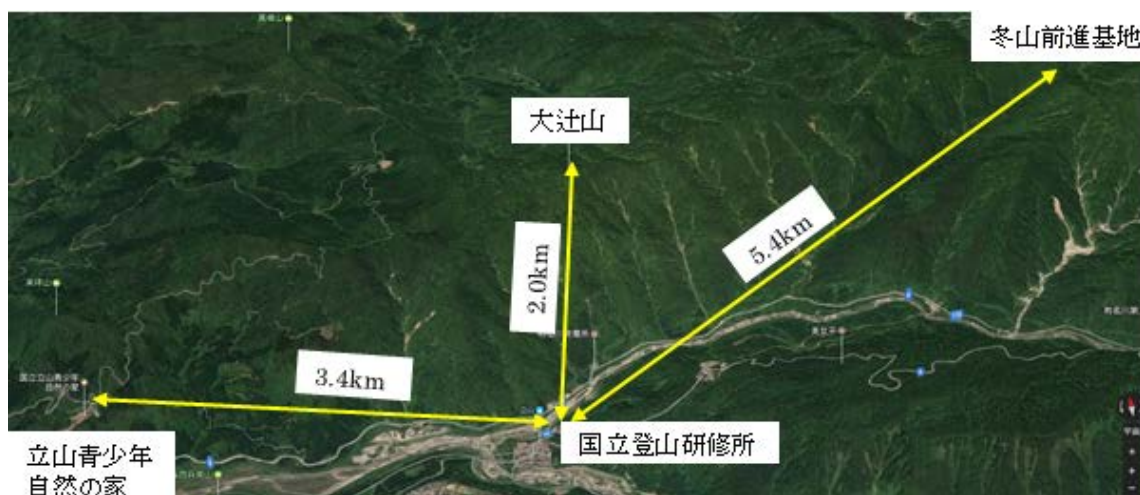


図 3-23 検知局設置場所と大辻山・冬山前進基地周辺 (Google Map 提供)

2月27日の早朝において、移動直前に救助要請信号を送信したが、検知局には救助要請信号が届かなかった。これは、検知局用のアンテナを研修所のすぐ横に設置しており、建物の影響を受けていたこと、アンテナ高が低いことが影響したため、電波が受信できなかったと考えられる。そこで、2月27日午前中にアンテナをケーブルが届く範囲でできるだけ遠くに設置し、アンテナの給電点の高さを2.6mから3.5mに変更した。その結果、アンテナ設置場所を変更後から登山者端末からの電波が受信できた。

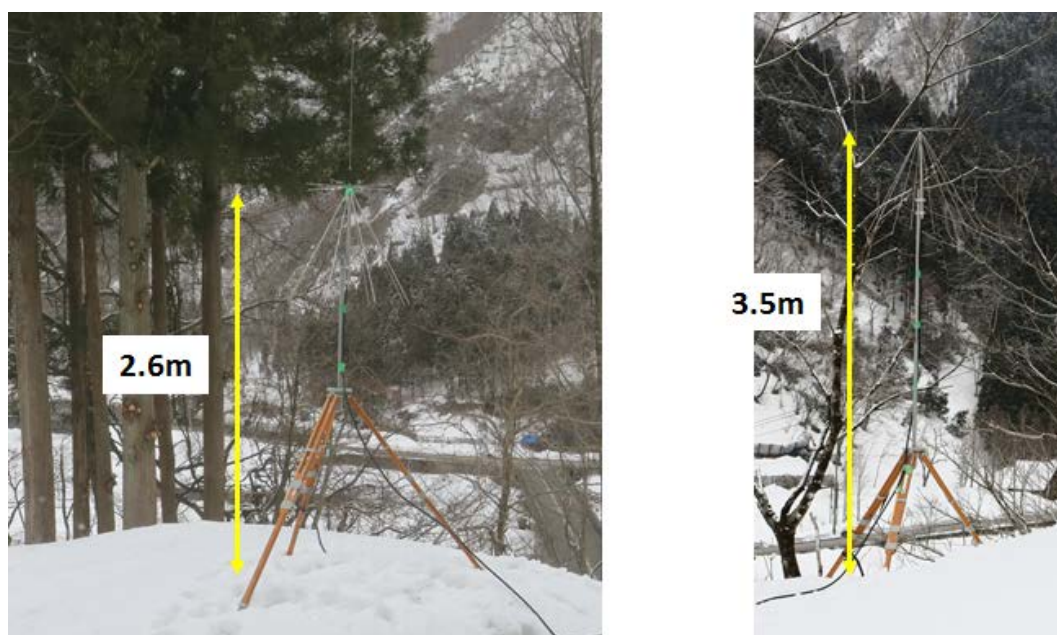


図 3-24 検知局用のアンテナ設置場所および給電点の高さ。

左：2/26，右：2/27 10:00 以降

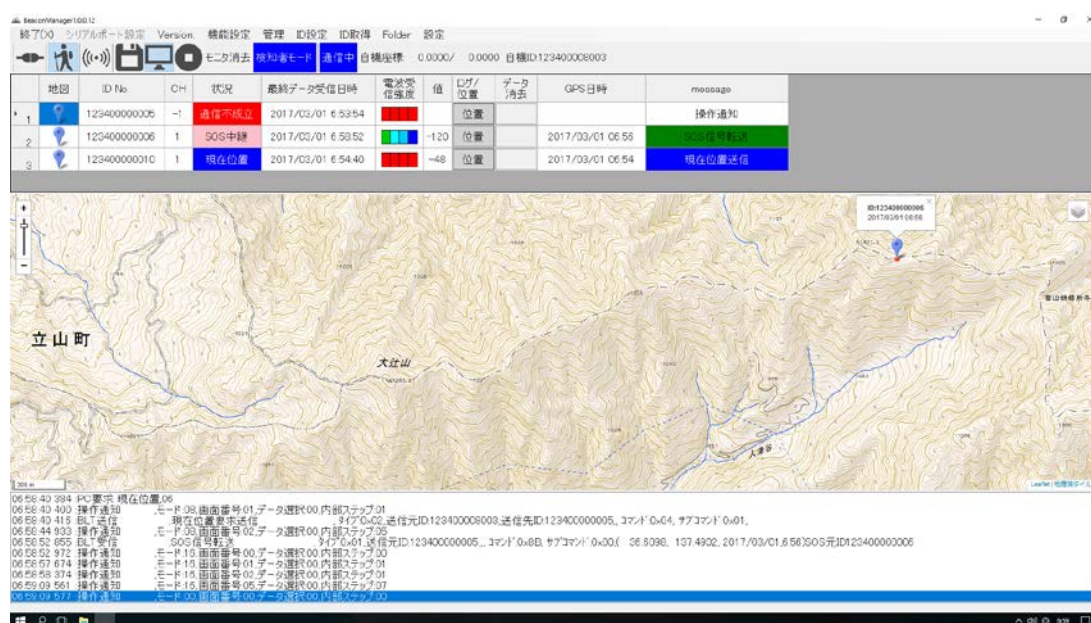
山岳警備隊の2名の隊員が登山者端末を携行した。登山者端末の電源については、2月27日 5:45に電源を入れてから、3月1日 16:30に回収するまで電源はON状態であり、電源がOFFになることはなかった。登山者端末にアンテナを取り付け、訓練に支障が出ないようにザックに固定された。図 3-25 (a)は、ザックに固定されたアンテナの様子である。もう一つの端末は、ザック最上部の雨蓋にアンテナと共に収納された。

訓練の最中に登山者端末を操作し、救助要請信号が送信された。図 3-25 (b)は、救助要請信号発信操作時の様子であるが、端末の操作は手袋を装着したまま行われている。図 3-26 は3月1日 6:58に発信された救助要請信号を受信した検知局のパソコン画面である。救助要請信号が発信された端末とその位置が正しくプロットされている。なお、この時は、端末#5から発信したが、検知局に届かず、端末#6により中継され、検知局に届いた。したがって中継機能についても正常動作し、中継機能および短文メッセージについても評価することができた。



(a) 登山者携帯端末のアンテナの固定場所 (b) 救助要請信号を送信時の様子

図 3-25 山岳警備隊による評価試験の様子 (写真提供 富山県警察山岳警備隊)



3.3.2 冬山における登山者携帯端末の位置検知結果

図 3-27 は、2 月 27 日～3 月 1 日までの期間において、検知局が検知した登山者位置情報である。図中の青旗は端末 # 5、赤旗は端末 # 6 の位置を表している。また、赤線は、登山者端末に保存されていた GPS 情報および検知された位置情報をもとに推定した山岳警備隊の移動経路である。図 3-27 より、大辻山周辺および臼越山周辺では、位置検知できた。しかし、立山少年自然の家周辺、七姫山周辺、冬山前進基地周辺では、電波が受信できず、位置検知ができなかった。この結果より、検知局－登山者端末間の地形が影響を与えていると考えられる。また、2 台の端末を携帯して移動したが、どちらか一方の端末からの電波が受信されることが多くみられたこと、ザックが雪面に置かれた時間帯では、検知局は登山者端末からの電波を受信できなかったことから、ザックに固定された登山者端末の設置場所、特にアンテナの配置が影響を与えていると考えられる。



図 3-27 2 月 27 日～3 月 1 日に検知局で検知された登山者位置情報

青：端末 # 5，赤：端末 # 6，赤線：山岳警備隊が移動したと予想される移動経路

次に図 3-27 において登山者の位置検知ができなかった場所について詳細に調査する。

図 3-28 は図 3-27 の移動経路を拡大したものである。図 3-28 中の赤線は山岳警備隊が移動したと予想される経路である。ポイントは、検知局での受信強度を表しており、赤：－80dB 以上，黄：－81dB～－90dB，緑：－91dB～－100dB，水色：－101dB～－110dB，青：－111dB～－120dB，紫：－121dB 以下となっている。

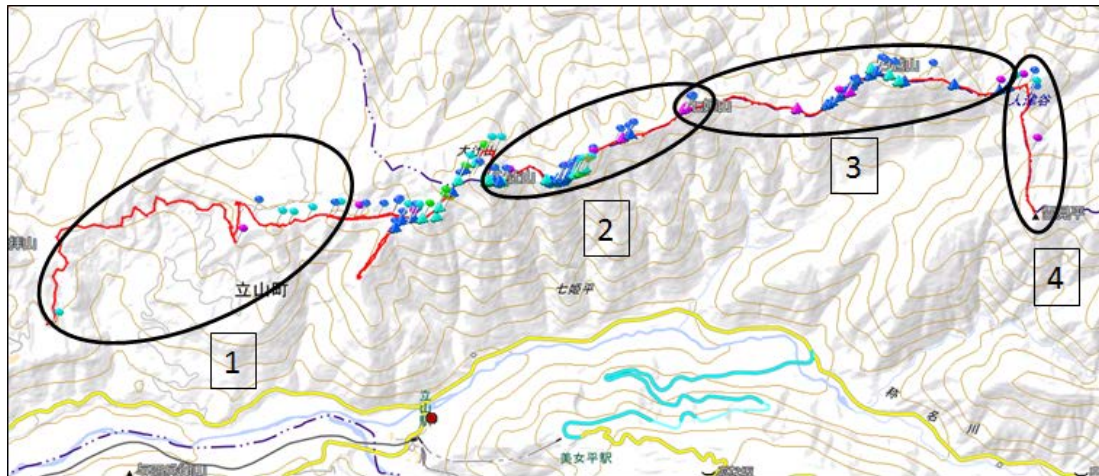


図 3-28 登山携帯端末からの位置情報と電波強度

図 3-29 は、図 3-28 の領域 1 を拡大したものである。本評価試験では、5 分に 1 回位置検知を行っている。山岳警備隊の訓練では、往復とも同じ経路を移動しているが、往復とも位置検知ができなかった。往路については、図 3-29 の左下の A 地点(緑のポイント)の位置情報を受信した後 150 分後に B 地点で位置検知できた。したがって、29 ポイントが検知できなかった。復路については B 地点から C 地点までは 5 分ごとに位置検知ができたが、C 地点から A 地点まで 85 分間で 2 ポイントのみ位置検知できた。

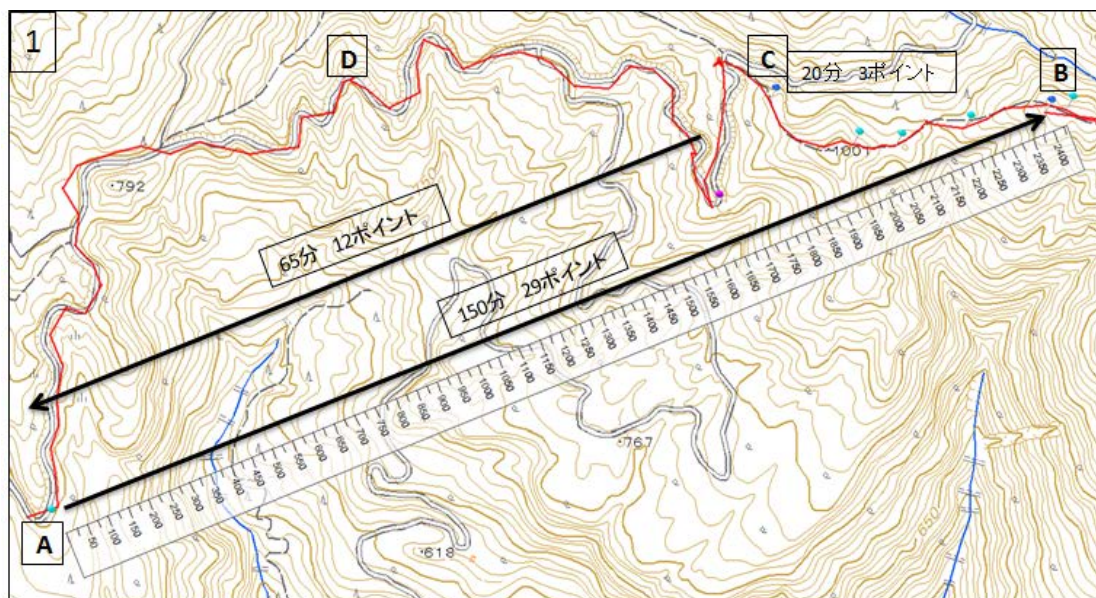


図 3-29 領域 1 の位置検知状況の拡大図

図 3-29 中の C 地点および D の地点付近と国立登山研修所を直線で結んだ線分の断面図を図 3-30 に示す。これは Google Earth を用いて作成した断面図であり、図中の不連続な箇所は Google Earth を構成する写真データのつなぎ目である。図 3-30 を見ると、C 地点、D 地点とも検知局からみると複数の山によって、見通し外通信の状況となり、電波強度が著しく減衰したと考えられる。



(a) C 地点付近と検知局(国立登山研修所)の間



(b) D 地点付近と検知局(国立登山研修所)の間

図 3-30 C 地点および D 地点付近と検知局との間の断面図

次に図 3-28 中の領域 2 および領域 3 の拡大図を図 3-31、図 3-32 に示す。また、図 3-33 に図 3-31 中の A 地点の付近から検知局間の断面図を示す。図 3-31、図 3-32 を見ると、山岳警備隊は稜線に沿って移動している。詳しく地形を見ると、位置検知できなかった地点では、図 3-34 中の登山者 B のように稜線の検知局と反対側を移動していたと推測される。次に、図 3-33 を見ると、A 地点は図 3-34 の登山者 B の位置のように、検知局と反対側の稜線から少し下がったところを移動したため、電波が著しく減衰し、位置情報が取得できなかったと考えられる。その他の位置検知できなかった場所では A 地点と同様な地形であった。また、5 分ごとに正常に位置検知ができた領域においては、図 3-34 の登山者 A のように稜線の検知局側を移動していた。

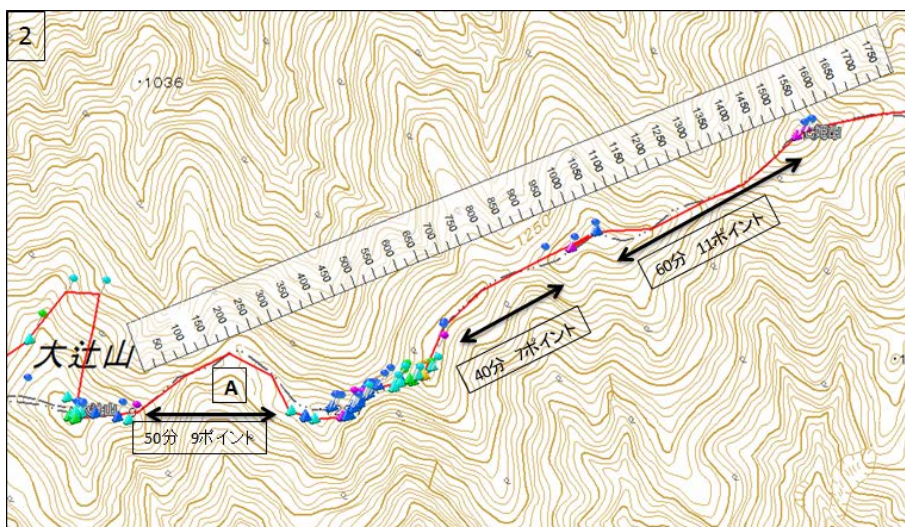


図 3-31 領域 2 の位置検知状況の拡大図

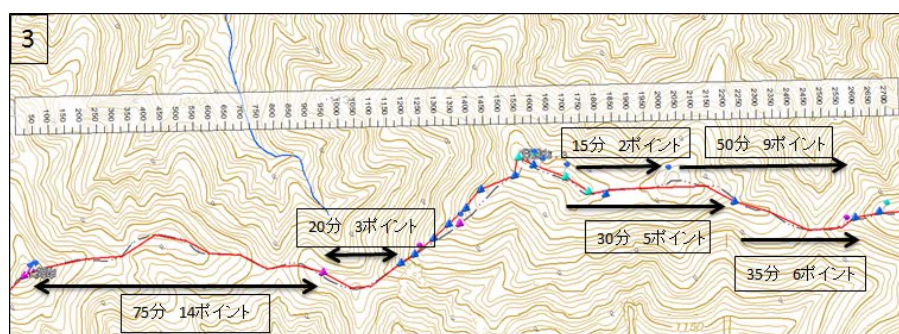


図 3-32 領域 3 の位置検知状況の拡大図

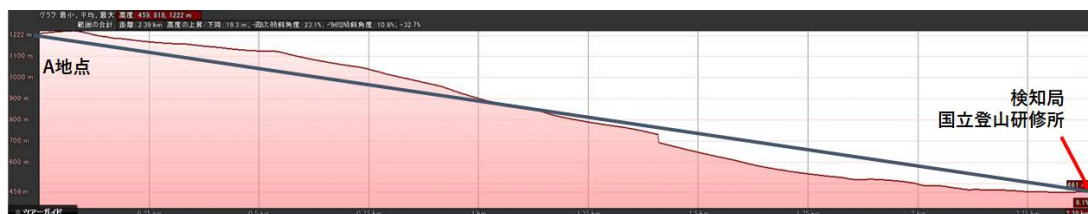


図 3-33 A 地点付近と検知局との間の断面図

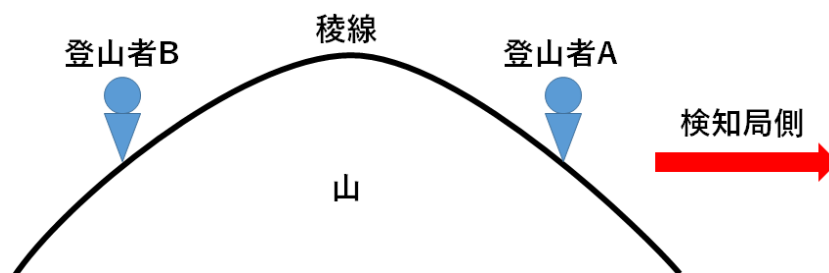


図 3-34 山の稜線付近を拡大した模式図

図 3-35 は、図 3-28 中の領域 4 の位置検知状況の拡大図および Google map 上で検知局から冬山前進基地方向をみた立体図である。図 3-35(a)より位置検知ができない箇所がある。この領域を立地図で見ると、検知局が谷間にあり、冬山前進基地方向へ電波が伝搬する場合は、谷間を伝搬していることがわかる。図 3-36 は図 3-35(b)中の白線で示されている検知局-冬山前進基地間の断面図である。これを見ると、電波は検知局から発信直後に山に遮られており、冬山前進基地付近でも山があり、減衰していると考えられる。したがって、電波伝搬において、見通し外通信となり、電波強度が著しく減衰し、通信ができなかったと考えられる。



図 3-35 領域 4 の位置検知状況の拡大図と立体図



図 3-36 冬山前進基地付近と検知局との間の断面図

3.3.3 山岳警備隊による登山者位置検知システムの利用モデルの評価結果

2月27日から3月1日にかけて、富山県警察山岳警備隊の冬山訓練における登山者位置検知システムの実証試験が実施され、位置情報検知、救助要請信号送受信、中継機能について実際に体験していただいた。山岳警備隊隊員による本システムに関する評価は、付録に示すアンケートに回答していただく形で行われた。アンケートの結果について以下に記す。なお、アンケート回答数は6件である。

・マニュアルについて

ページ数については適当であり、わかりやすさについては、ふつうであるという意見が多数であった。端末の操作についても円滑にできた人が多数であった。ただし、マニュアルの記述について、使用されている写真が検知局のものか、登山者のものかわかりにくい、それに伴って、機能説明をわかりにくいところがあるので、検知局、登山者と端末別に節を分けるほうが良いというコメントがあった。

・端末の操作に関して

端末の重さ、サイズについては、100g以下、体積1/4以下という意見がほとんどであった。端末の音に関しては、適当であると意見であった。ボタンに関しては、適当な大きさであり、押しやすさもふつうであり、誤動作を防ぐためにも現在のボタンの大きさがよいという意見をいただいた。その他の意見として、遭難者とザックが離れてしまうことがあるので、小型化して、登山者の衣服のポケット等に身に着けることできるようにしたほうがよいというコメントがあった。

・端末の機能に関して

端末同士のテキストチャット・自由文字の送受信機能については、すべての回答で不要とのことであった。また、定型文選択型のメッセージ送受信については、必要であるという意見が多数であった。電波方向探知機能については、雪崩ビーコンと同じ機能を有するのであれば、必要であるという意見が多数であった。動作時間については、最低72時間の動作時間が必要であり、連続動作時間が長いほうが良いというコメントであった。また、雪崩で数か月後に発見されることがあるので、低消費モードで半年間、動作する機能については、すべての回答者が必要であると回答した。その他の意見としては、登山者は様々な物を身に着けるため、多機能であるほうが安心であるが、普及させるためには小型化が重要であるというコメントがあった。

・端末コンセプト

一般に普及用として、GPS 情報取得および救助要請信号発信ができ、冬山を想定していない小型廉価版端末と小型廉価盤機能に電波方向探知機能、電池容量増加、冬山環境下でも十分駆動するフルスペック版端末を用意したほうが良いかという問いに関しては、小型廉価版端末を用意しなくてもよいという意見が多数であった。小型廉価版端末は、必要最低限の機能のみでスマートフォンと連携して使用するものが良いという意見が多数であったが、携帯(スマートフォン)をもっていない登山者もいることがあるというコメントがあった。冬山対応のフルスペック版端末については、できるだけ小型化してほしいという意見のため、回答者すべてが端末の体積増大には反対であった。

・運用について

遭難者から直接、警察もしくは山小屋関係者に通知することが適当であるという意見が多数であった。システム管理会社が遭難を判断するのは難しいという理由から、大多数が不適当であると回答された。システム管理会社から家族や所属団体に連絡することに関しては、連絡がつかない場合があるという経験に基づくコメントが得られた。そのため、この回答についても不適当であるという回答が多数であった。

・その他(コメント等)

携帯端末については、できるだけ小型化してほしいというコメントがあった。また、LCD に表示される短文メッセージについては、現在英語表記であるが、緊急時には、日本語表記のほうが良いというコメントがあった。最近では雪崩ビーコンが普及してきていることから、雪崩ビーコンと同等な機能を付加するとよいという意見も得られた。

登山者位置検知システムの通信エリアについて、現在海外で使用されている衛星通信回線を用いたシステムを用いることにより、不感地帯がなくなるのではないかというコメントがあった。同様のコメントとして、立山・室堂周辺以外の剣岳、北方稜線、黒部川、後立山等の山域での電波通信エリアが確保されているか検討が必要であるというコメントが得られた。

3.4 電波伝搬シミュレーションとの比較

これまで、立山・室堂周辺登山道周辺および山岳警備隊の冬山訓練における登山者位置検知結果について述べた。次に得られた受信強度と電波伝搬シミュレーション結果を比較する。本報告における電波伝搬シミュレーションは、Roger Coudé 氏 (VE2DBE)が開発した Radio Mobile を用いる[6]。このシミュレーションソフトはアンテナの高さ、放射パターンを任意に設定することができ、さらに断面図、フレネルゾーンの表示も可能である。

本シミュレーションは、周波数 142.96 ～ 142.99MHz、送信出力 0.1W (20dBm)、アンテナ高 2m、アンテナ利得 2dBi として、計算した。計算結果において、電波強度は色で表示されており、赤は-60dBm 以上であり、電波強度が弱くなるにしたがって、黄、緑、青の順に色が変化する。なお、青の場合、電波強度は-120dBm 以下となっていることを示す。

3.4.1 立山室堂周辺登山道における電波伝搬シミュレーション結果

立山室堂周辺の 3 つの検知局から電波を発信したときの電波伝搬シミュレーション結果について説明する。図 3-37 は、立山室堂山荘に検知局を配置したときのシミュレーションである。ただし、雄山の左側にシミュレーションできていない領域があるが、これは、シミュレーションを行う際に使用した地図データが欠損していたため、計算できていない。図 3-37 より、電波強度の強い範囲は、山々に囲まれた内部である。また、回折により、見通し外である東一ノ越や雷鳥沢、内蔵助山荘付近まで電波が到達している。したがって、立山室堂山荘に検知局を設置することによって、室堂周辺の登山道における位置検知が可能であることがわかる。

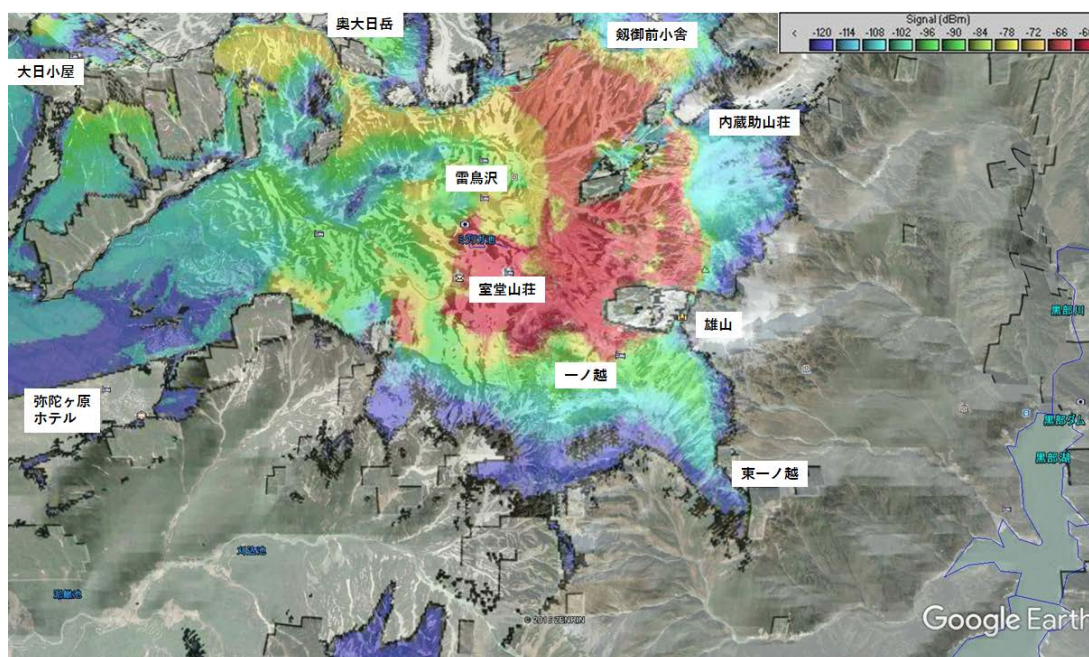


図 3-37 立山室堂山荘から発信した電波の伝搬シミュレーション

図 3-38 は、図 3-37 で示した室堂山荘検知局からの電波伝搬シミュレーションに図 3-8、図 3-9 に示した登山者位置検知結果を重ねてプロットしたものである。数字は立山室堂山荘検知局で検知した登山者端末の位置とその時の電波強度である。シミュレーション結果と電波強度を比較すると、ほぼ一致している。シミュレーション結果において -70dBm 以上の赤い領域において登山者端末からの電波強度が -90dBm 程度の電波強度を示している箇所があるが、これは、登山者が休憩のためザックを地面においているためである。



図 3-38 立山室堂山荘検知局で検出した登山者位置情報・電波強度を電波伝搬シミュレーション結果にプロットした図(室堂山荘ー一ノ越ー大走)

図 3-39 は、東一ノ越方面の登山道におけるシミュレーションと電波強度を比較した図であり、図 3-40 は、一ノ越、大走、雷鳥沢周辺の登山道での結果である。まず、図 3-39 の一ノ越から東一ノ越方面の登山道を見ると、一ノ越を境界にして東一ノ越に向かうところで電波強度が減衰している。これは、一ノ越から東一ノ越の登山道は下りになっており、立山室堂山荘検知局から見通し外の登山道となる。そのため、電波強度が減衰している。東一ノ越方面登山道では、位置検知された点が少ないがシミュレーション結果と検知された電波強度を比較するとほぼ一致している。

図 3-40 の結果においても同様であり、シミュレーション結果と電波強度が一致している。特に雷鳥沢や大走登山道は室堂検知局から見通し外であるが電波が届いている。大走登山道の上部において電波強度が減衰して -111dBm となっている個所があるが、図 3-20 に示すように登山者が仰向けの状態で測定したために電波強度が小さくなっている。

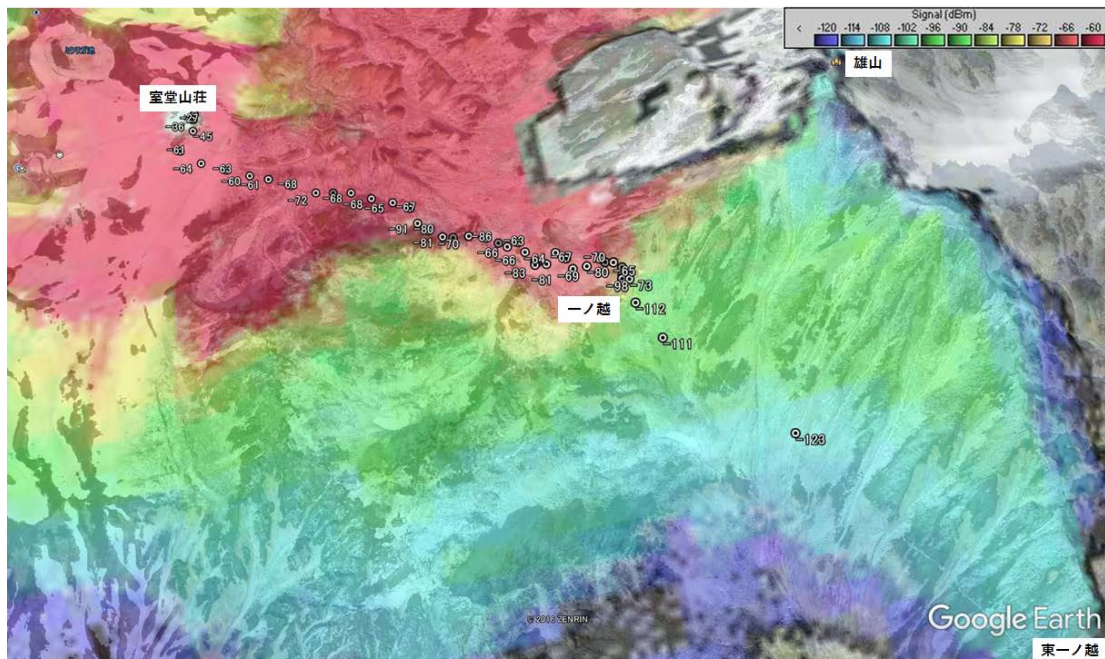


図 3-39 立山室堂山荘検知局で検出した登山者位置情報・電波強度を電波伝搬シミュレーション結果にプロットした図(室堂山荘ー一ノ越ー東一ノ越)

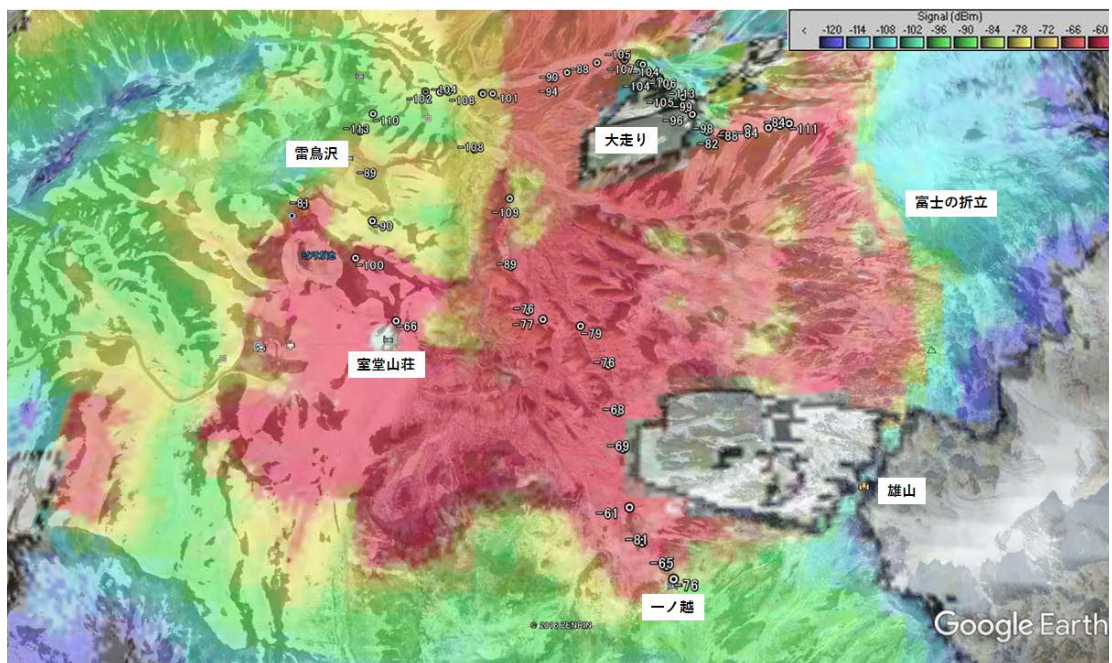


図 3-40 立山室堂山荘検知局で検出した登山者位置情報・電波強度を電波伝搬シミュレーション結果にプロットした図(一ノ越，大走り方面，雷鳥沢)

図 3-41 は一ノ越検知局からの電波伝搬シミュレーション結果である。図 3-37 の室堂山荘検知局におけるシミュレーション結果と比較すると、電波強度が強い赤い領域が少ないように見える。これは一ノ越検知局が山の鞍部にあるため、雄山方面および浄土山方面においては、電波強度が強くならなかった。しかし、一ノ越から見通し電波伝搬となる東一ノ越方面登山道では、電波強度は強く、通信エリアも拡大している。

図 3-42 は一ノ越検知局で位置検出した位置とその時の電波強度とシミュレーションを比較したものである。図 3-39 よりも電波強度が高く、十分位置検知ができていることがわかる。図 3-43 は、一ノ越検知局から雄山一大汝間の登山道を移動する登山者の位置検知をした結果とシミュレーション結果を比較したものである。これを見ると、図 3-38 で示した室堂山荘検知局の結果よりも電波強度が大きくなっていることがわかる。特に雄山から大汝に至る登山道では、室堂山荘検知局では電波強度が弱く位置検知できなかった位置においても、一ノ越検知局から位置検知することができた。

したがって、立山・室堂周辺の登山道において、登山者が集中する室堂―一ノ越―雄山間の登山道での登山者位置検知を行うためには、室堂山荘検知局だけでなく、一ノ越検知局が必要であることが分かった。

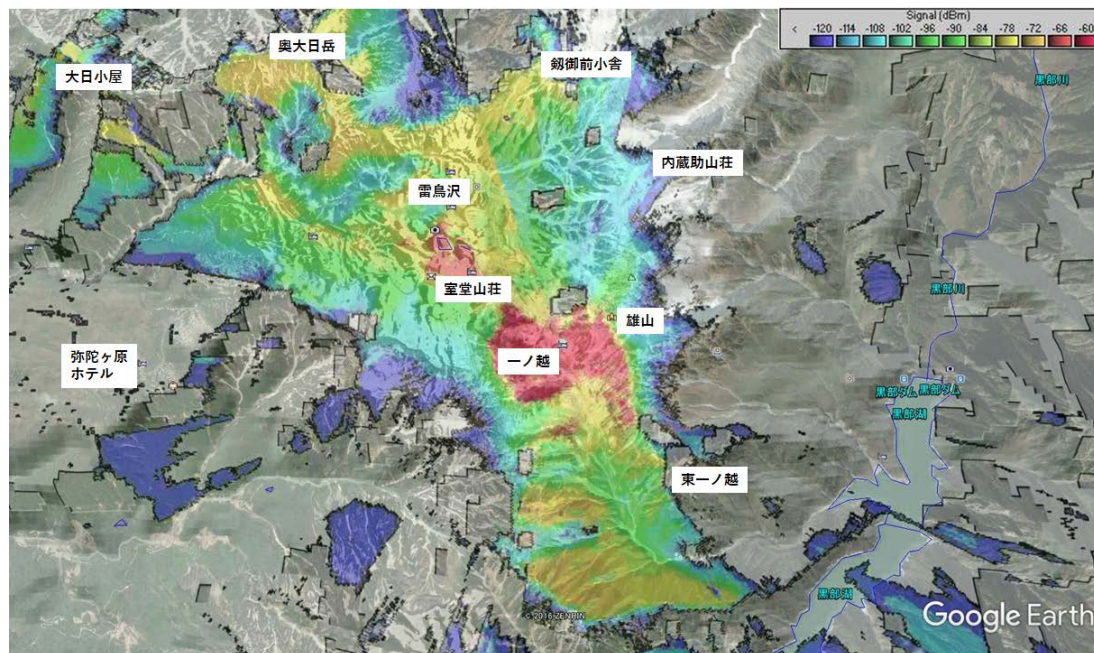


図 3-41 一ノ越山荘から発信した電波の伝搬シミュレーション

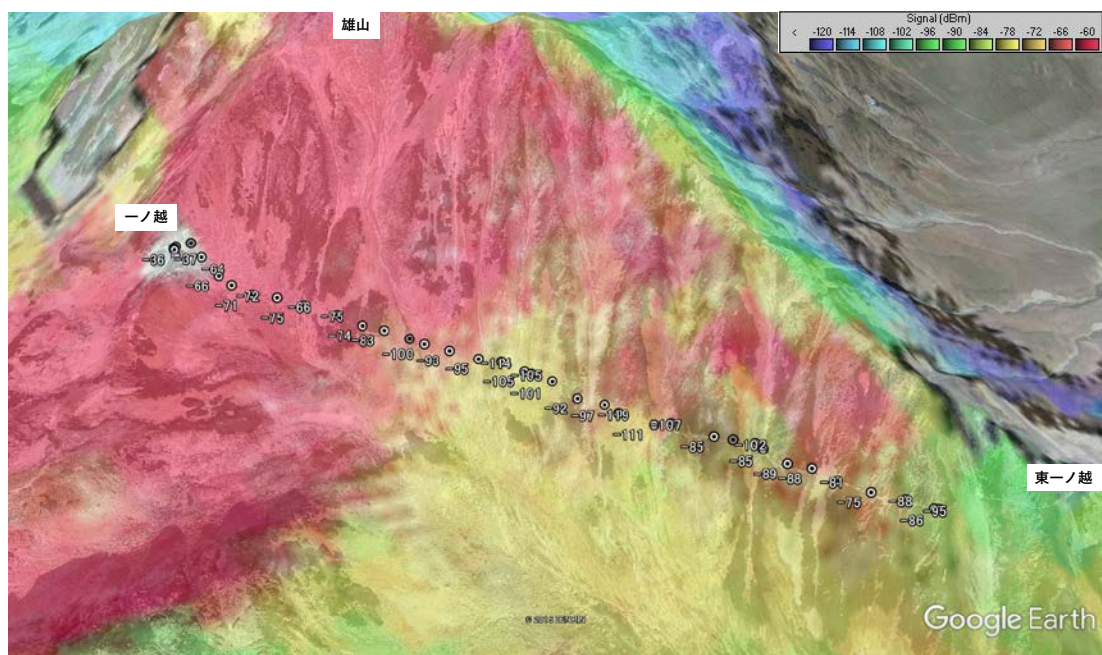


図 3-42 一ノ越検知局で検出した登山者位置情報・電波強度を
電波伝搬シミュレーション結果にプロットした図(一ノ越ー東一ノ越方面)

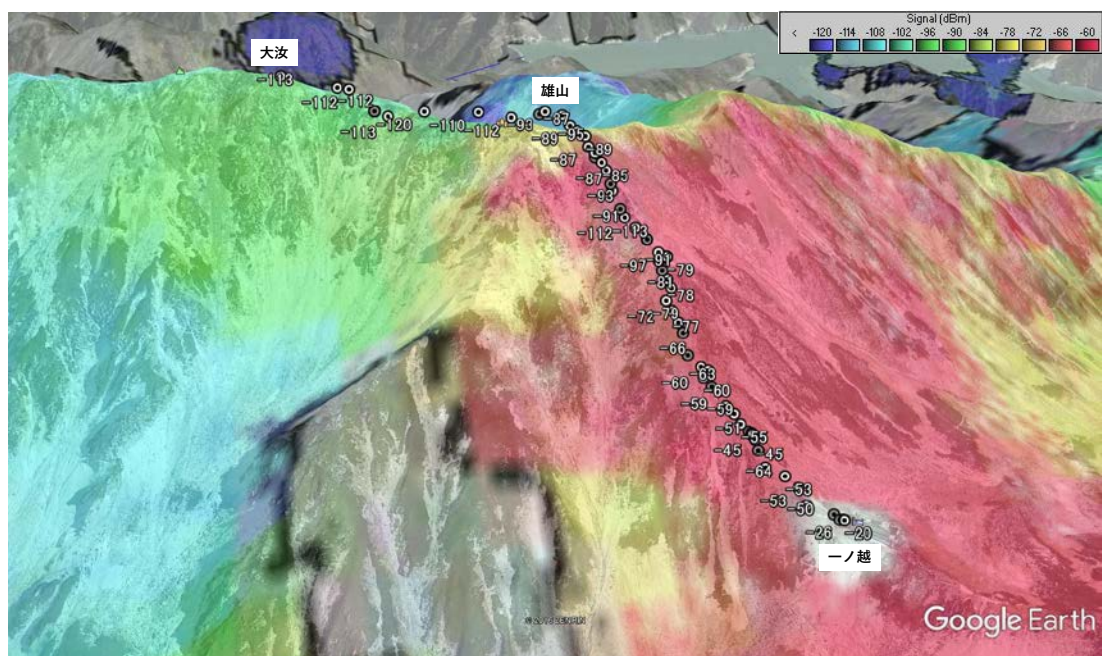


図 3-43 一ノ越検知局で検出した登山者位置情報・電波強度を
電波伝搬シミュレーション結果にプロットした図(雄山ー大汝方面)

図 3-44 は、雄山検知局において電波伝搬シミュレーションを行った結果である。雄山検知局は、立山・室堂周辺の登山道では、高度が一番高い。図 3-44 をみると、電波の届く範囲が広がっており、特に室堂山荘検知局および一ノ越検知局では位置検知できない雄山・大汝の稜線よりも黒部ダム側の斜面一帯が検知領域となっている。

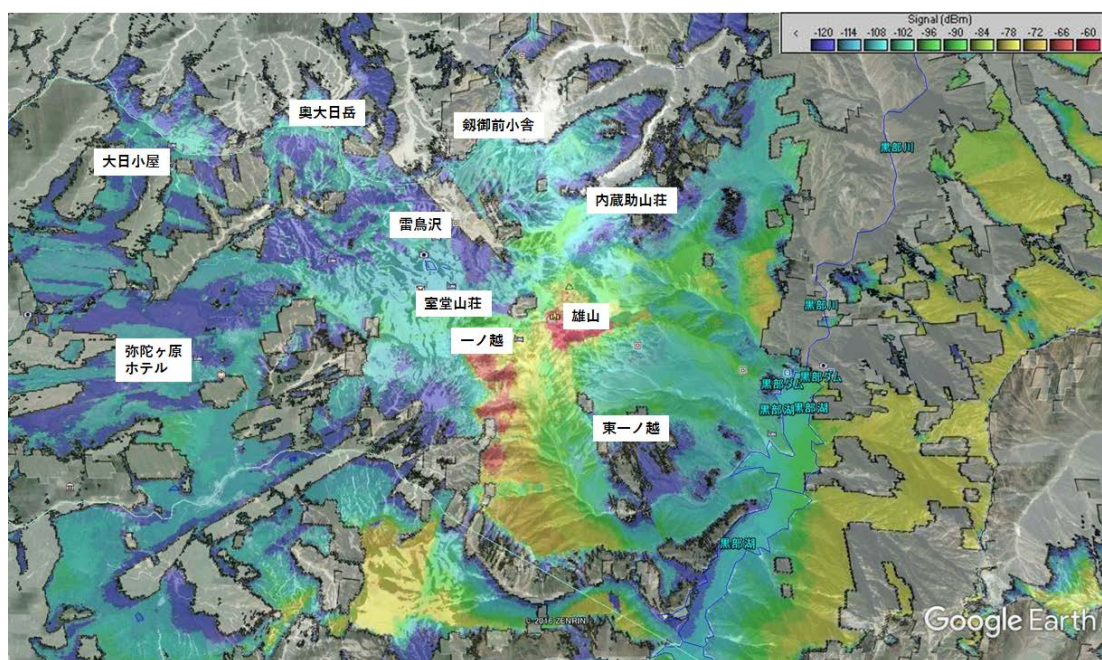


図 3-44 雄山山頂から発信した電波の伝搬シミュレーション

3.4.2 国立登山研修所における電波伝搬シミュレーション結果

国立登山研修所を検知局として、電波伝搬シミュレーションを行った結果を図 3-45 に示す。これを見ると検知局が谷の底にあるため、山の稜線付近で電波が到達しない様子が明瞭である。特に、冬山前進基地の周辺は谷の上部であり、鞍部であるために、電波が届いていない様子がわかる。図 3-46 および図 3-47 は、それぞれ電波伝搬シミュレーション結果と登山者端末#5 と登山者端末#6 の位置検知結果および電波強度を比較したものである。立山・室堂周辺の登山道でのシミュレーションと同様に、位置検知できた場所とシミュレーションで電波強度が強いと計算された場所が一致していることが明瞭である。

山岳警備隊が携帯した 2 台の登山者端末は、ほぼ同じ位置を移動しているが、位置検知できている場所と位置検知できていない場所がみられる。冬山前進基地周辺では、登山者端末#5 は冬山前進基地を南下しているが、登山者端末#6 は冬山前進基地を超えて移動はしていない。山岳警備隊の移動経路を確認したところ、冬山前進基地周辺では、登山者端末#5 のみが移動しており、登山者端末#6 は移動していなかったことが判明した。したがって、登山者位置検知をすることによって、行動識別が可能である。

また、大辻山から立山青少年自然の家に向かう登山道において、登山者端末#5 のほうが登山者端末#6 よりも位置検出ができていているが、これは、登山者端末#5 のアンテナが図 3-25(a)に示すようにザックの側面に垂直に固定され、電波が送受信しやすくなっていたと考えられる。一方、登山者端末#6 はザック上部の雨蓋に収納され、アンテナは外部に出ていなかった。

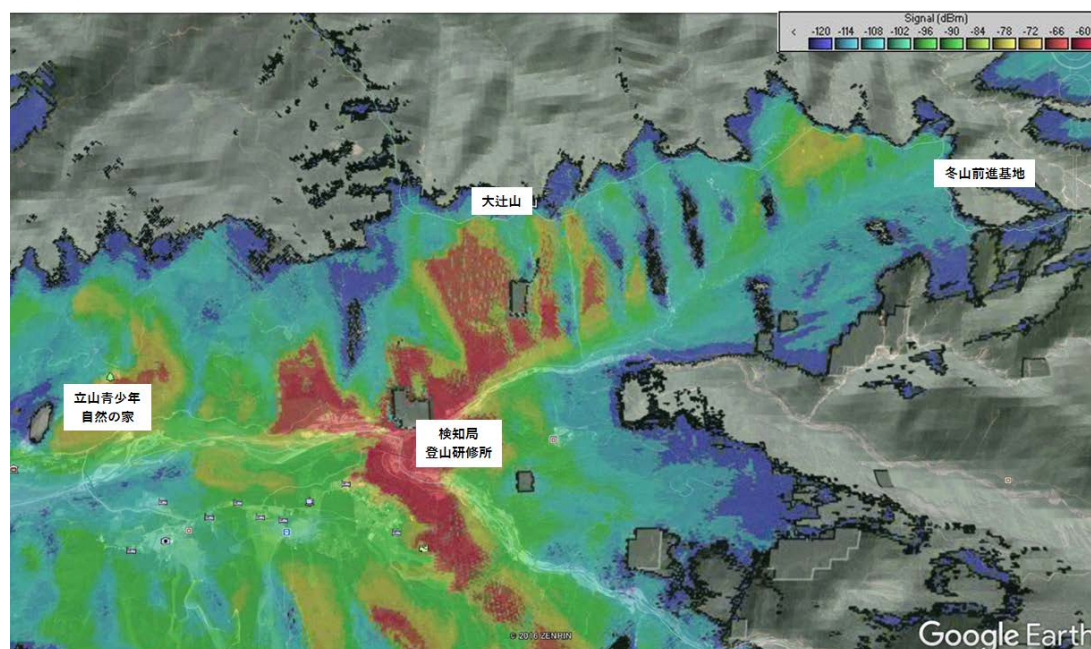


図 3-45 登山研修所から発信された電波の伝搬シミュレーション

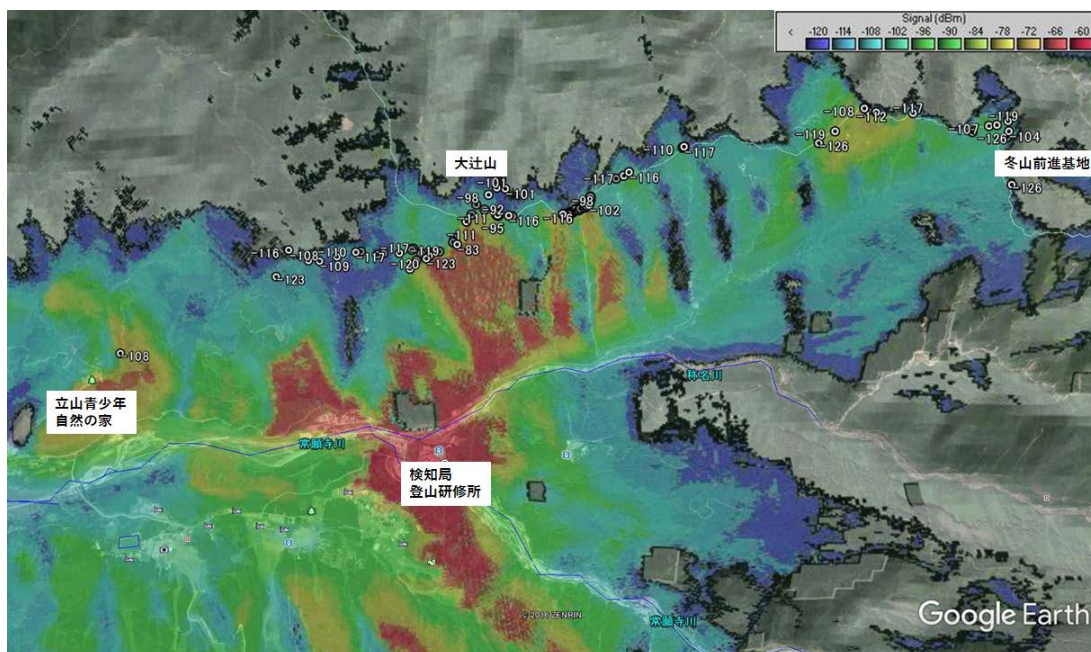


図 3-46 登山者端末#5 の位置検知結果と電波伝搬シミュレーションとの比較

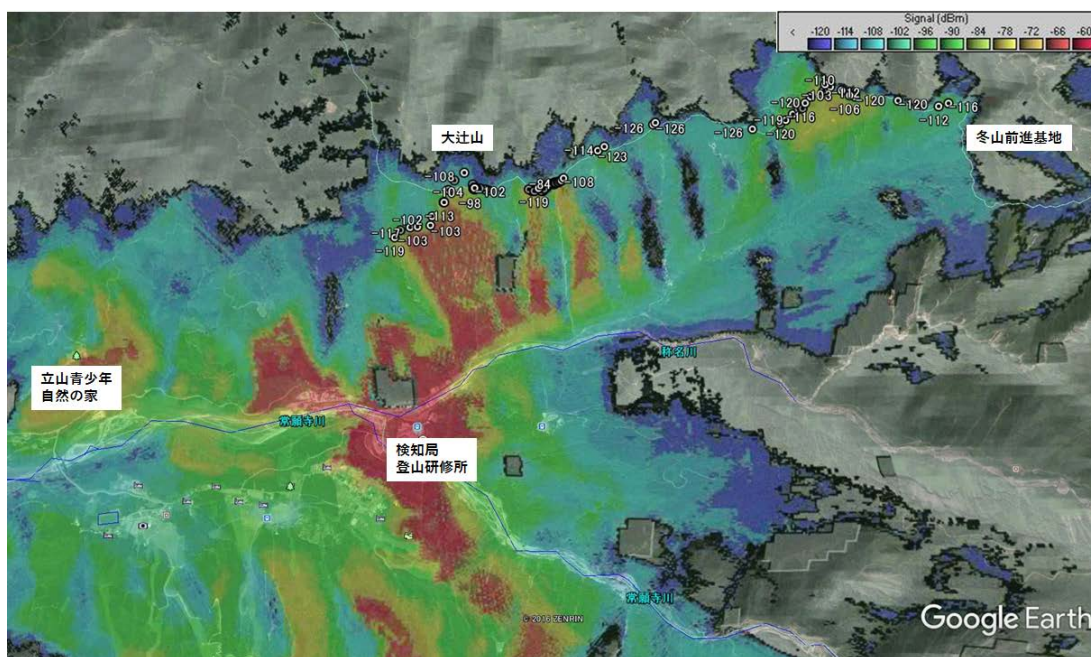


図 3-47 登山者端末#6 の位置検知結果と電波伝搬シミュレーションとの比較

本実証実験では、検知局を谷間の登山研修所に設置したため、やはり電波が届かない場所が多くみられた。そこで、今回の訓練で移動した経路上の大辻山に検知局を設置した場合の電波伝搬シミュレーションを行った。その結果を図 3-48 に示す。これを見ると、登山研修所検知局では位置検知できなかった地帯，特に冬山前進基地周辺および大辻山から立山青少年自然の家に至る登山道の位置検知が可能であることが示された。

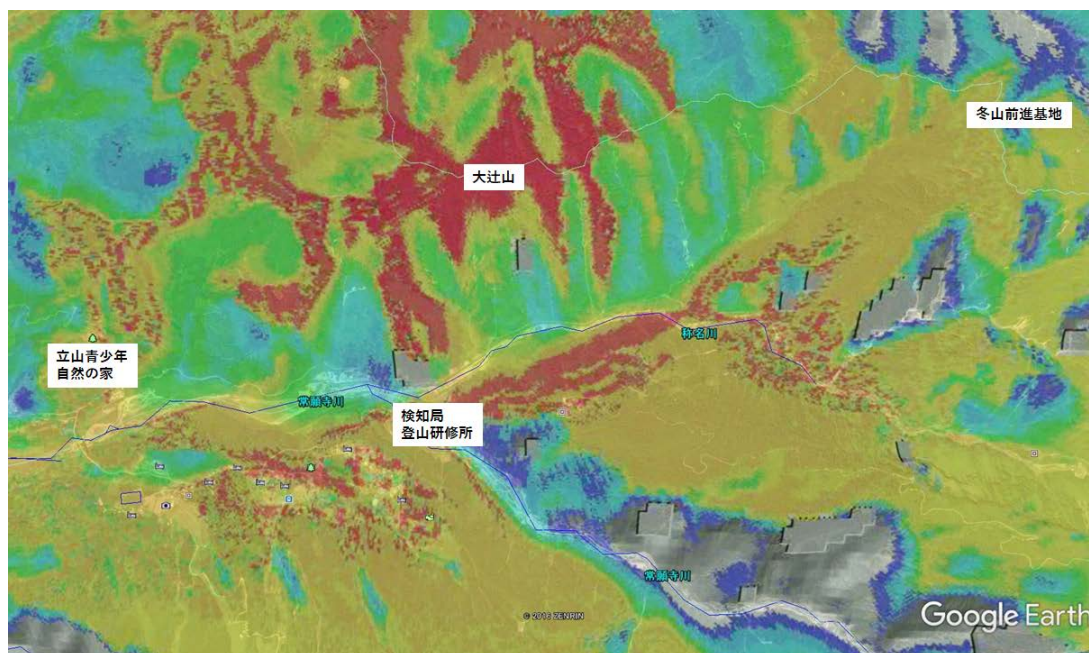
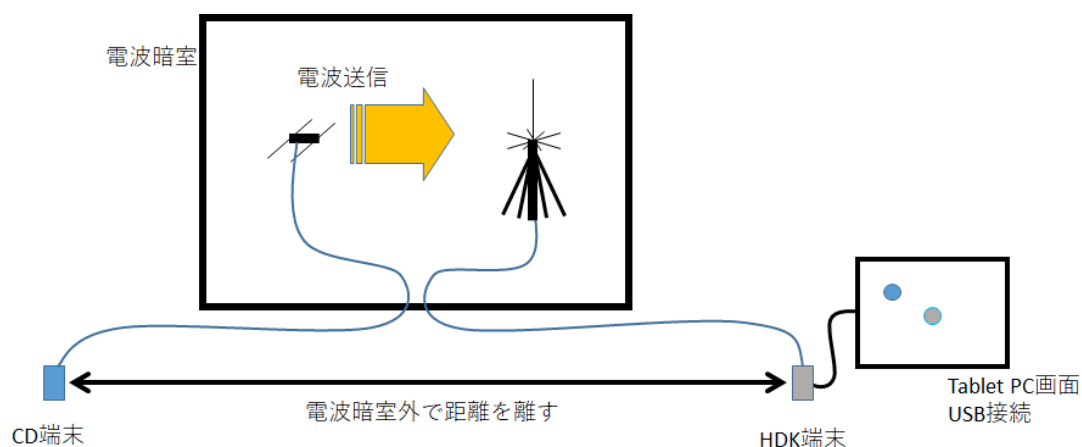


図 3-48 大辻山に検知局を設置した場合の電波伝搬シミュレーション結果

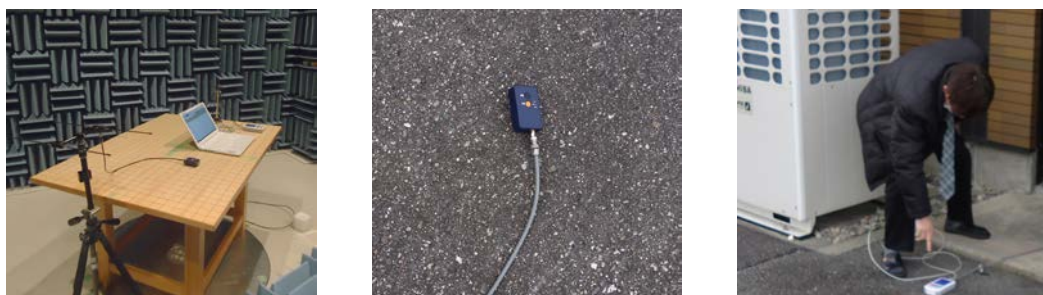
3.5 異なる製造者の機器間における相互接続試験結果

平成 26 年度に株式会社サーキットデザインが製作した登山者携帯端末(CD 端末)と平成 28 年度に北陸電気工業株式会社が製作した登山者携帯端末(HDK 端末)を用いて、相互接続試験を行う。具体的な試験項目としては、CD 端末から救助要請信号を発信したとき、HDK 端末による検知局が正常に受信できることを、救助要請信号発信した端末の位置が地図上に正しく、プロットされることにより確認する。ただし、屋外において CD 端末から電波を発信することができないため、図 3-49(a)のように電波を発信するアンテナを電波暗室に設置する。併せて検知局端末のアンテナも電波暗室内に設置する。

相互接続試験は平成 29 年 1 月 13 日に株式会社サーキットデザインにて行われた。図 3-49(b)は、電波暗室内に検知局 PC とそれぞれの端末のアンテナを設置した様子および GPS 衛星による電波を受信し、位置情報を取得するために屋外に設置された端末の様子である。



(a) 相互接続試験概要図



(b) 電波暗室内および室外に設置した端末の様子

図 3-49 相互接続試験時の様子

ここで、事前に相互接続が可能であるか検討したところ、CD 端末から HDK 端末に向けて救助要請信号を送信し、HDK 端末において救助要請信号の受信と位置情報の取得が可能であるが、HDK 端末から CD 端末に向けて位置情報要求コマンドを送信すると、CD 端末側ではそのコマンドを受け付けないことが判明した。これは、平成 26 年度製作の CD 端末に搭載の無線モジュールと HDK 端末に搭載の無線モジュールにおいて、無線チップのバージョンが異なることで、チップ内部のデータ受信処理動作が異なるためである。送受信できるようにするためには、大幅な改修が必要となるため、今回の相互接続試験は、CD 端末からの救助要請信号を HDK 端末で受信し、HDK 端末に接続された PC 画面で CD 端末の救助要請情報と位置情報を取得できるか確認した。

HDK 端末で受信した CD 端末からの救助要請信号とその位置情報を取得した結果を図 3-50 に示す。CD 端末より、救助要請信号を発信したところ、HDK 端末は正常に受信し、PC 画面上に救助要請信号が受信されたことを示す黄色の表示と CD 端末の ID、位置が表示された。また、地図を拡大し、受信された位置を確認したところ、株式会社サーキットデザインの敷地内であり、CD 端末を置いた位置と一致した。

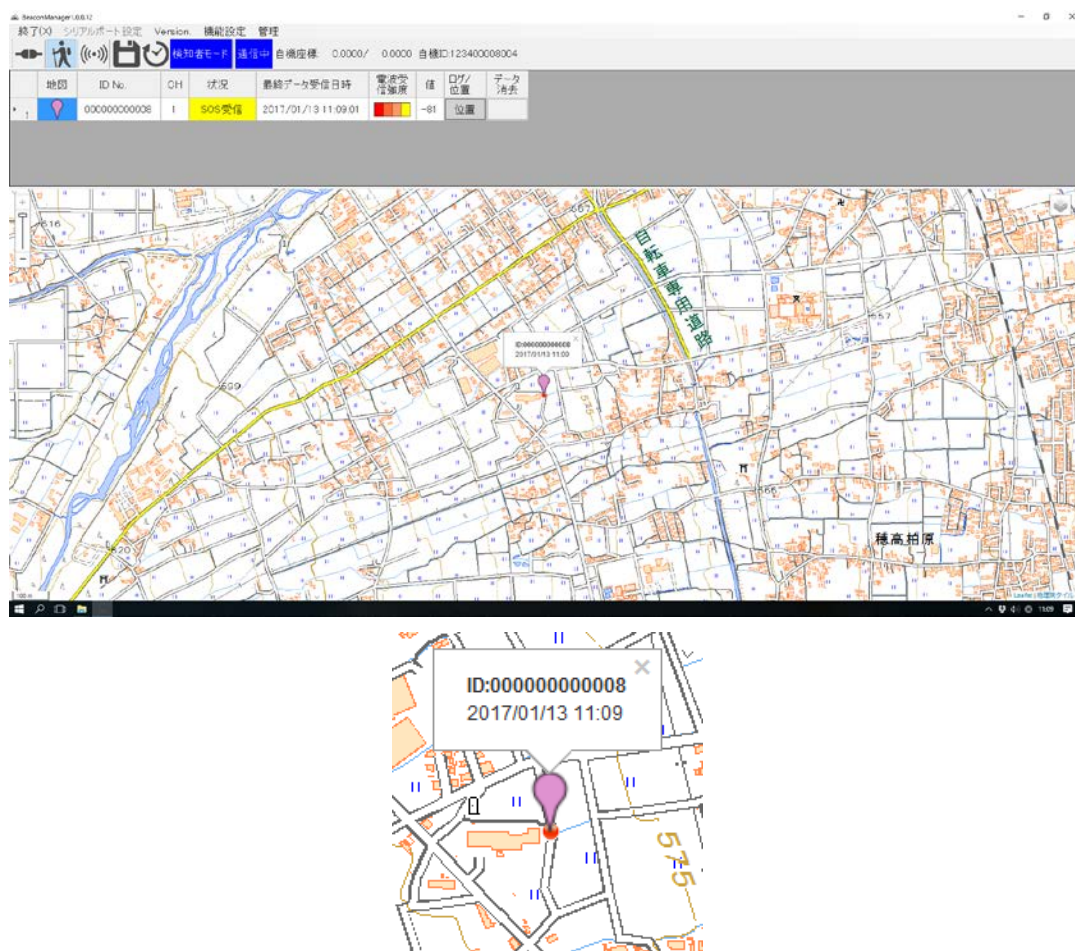


図 3-50 CD 端末からの救助要請信号受信結果

上：HDK 端末(検知局端末)に接続された PC 上の画面。下：CD 端末位置の拡大図

次に、HDK 製の登山者携帯端末(HDK 登山者端末)を追加して、両社の救助要請信号を受信できるか確認した。検知局側の HDK 端末が CD 端末と HDK 登山者端末から送信された救助要請信号を受信した結果を図 3-51 に示す。図 3-51 の左上に救助要請信号の受信結果が表示され、2 つの端末から送信された救助要請信号が受信され、端末の位置が取得できた。ID No が 000000000004 と表示されているのが CD 端末であり、123400000004 と表示されているのが HDK 登山者端末である。この試験において、HDK 登山者端末は(株)サーキットデザインの敷地周りの道路を移動し、2 回の救助要請信号を送信した。また、CD 端末においては、同軸ケーブルが届く範囲で端末を移動しながら救助要請信号を送信した。

その結果、図 3-51 に示すように HDK 登山者端末の位置(緑)が 2 か所表示され、CD 端末の位置(ピンク)は 10 か所表示されている。取得された位置を確認したところ、実際の位置と一致した。ここで、状況の欄を見ると CD 端末は“SOS 受信”となっているが、HDK 登山者端末は“SOS 確定”となっている。これは、CD 端末と HDK 端末の間の通信において、救助要請信号受信時の双方向通信のやり取りができなかったことを示している。

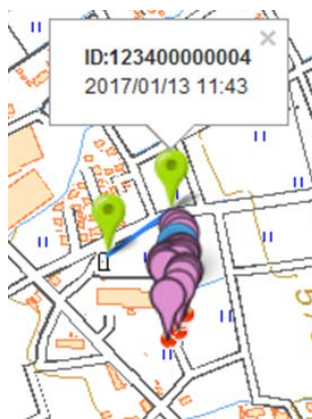
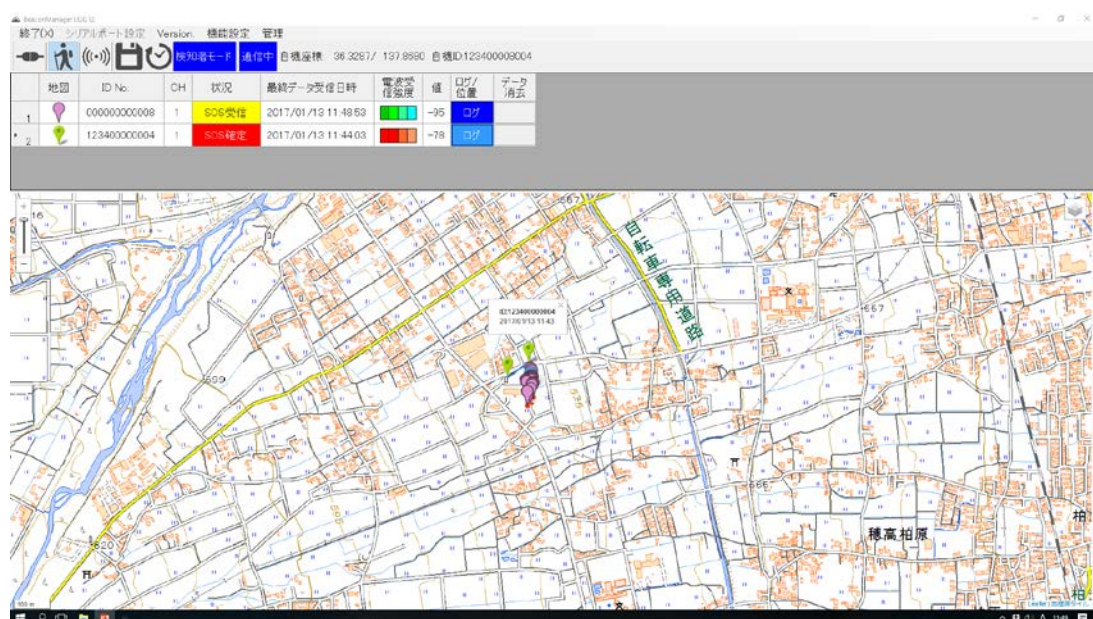


図 3-51 CD 端末(ピンク)と HDK 登山者端末(緑)からの救助要請信号受信結果

異なる製造者の端末を用いた相互接続試験を行ったところ、救助要請信号を受信し、救助要請信号であることを認識し、その端末の位置を地図上にプロットすることができた。また、CD 端末と HDK 登山者端末からの救助要請信号を正しく受信し、球状要請の発信位置を地図上位プロットすることができた。しかし、CD 端末と検知局側 HDK 端末との間の通信において、双方向通信ができなかった。これは、端末内部の無線モジュールの無線チップの仕様によるものである。

今後、異なる製造者の登山者端末の救助要請信号を同一の検知局で検知できるようなシステムの実現が望まれているが、このためには、現在 ARIB にて検討されている標準化作業に基づいた仕様が搭載することが求められる。

第4章 まとめと課題

4.1 登山者位置検知システムの利用モデル評価試験結果まとめ

本評価試験では、平成28年8月に改正された総務省令等に基づき、新たに策定された技術基準で製作された登山者携帯端末および検知局端末で構成される登山者位置検知システムの利用モデルを製作した。製作した利用モデルを用いて、立山室堂周辺登山道および国立登山研修所・大辻山・冬山前進基地周辺にて評価試験を行った。

登山者位置検知システムの利用モデルのための実証試験は、2016年10月26日、27日に立山室堂周辺の登山道において、検知局を立山室堂山荘、一の越山荘、雄山山頂の3地点に設置し、登山者端末を携帯した3名の登山者に対して実施した。

検知者端末からの位置情報送信要求コマンド機能の検証として、立山室堂周辺の登山道を移動した結果、立山室堂山荘検知局において、東一ノ越方面登山道および雄山・大汝山登山道、雷鳥沢方面登山道において、登山者の位置の情報を取得することができた。特に、立山室堂山荘から見通し外となる東一ノ越方面登山道、雷鳥沢方面において登山者の位置を取得できたことは、150MHz帯電波の回折効果が高いために見通し外でも電波が届いていることを示すものである。

登山者からの救助要請信号の送受信と登山者の位置検知を検証したところ、今回移動した登山道の任意の場所において登山者から救助要請信号を発信したところ、検知局において、救助要請信号を受信した。さらに、登山者端末に救助要請信号を受信したこと伝える短文メッセージを送信し、登山者端末でそのメッセージを受信することができた。

次に山岳地域における中継機能は、東一ノ越方面登山道のもっとも遠方の位置にいた登山者Bの救助要請信号を一の越にいた登山者Aの端末を中継して立山室堂山荘検知局に送信することで検証した。なお、救助要請信号を送信する登山者Bと立山室堂山荘検知局の間では直接通信できないこと、携帯電話が不通であることを確認したのち、中継機能を検証した。その結果、登山者Bから発信された救助要請信号は一の越にいた登山者Aの端末が受信し、救助要請信号が発信されていること、救助要請信号を発信した登山者の位置がディスプレイに表示された。そして、登山者Aは救助要請信号を立山室堂山荘検知局に転送した。立山室堂山荘検知局では、一の越にいた登山者Aからの中継信号を受信し、登山者Bの位置を取得することができた。

富山県警察山岳警備隊の協力のもと、冬山訓練における登山者位置検知システムの評価試験を行った。検知局の設置場所が谷になっていたために、位置検知できない場所はおおよそ想定通りであり、後述する電波伝搬シミュレーション結果とも一致した。本実証試験においては、登山者端末がザックの任意の位置に取り付けられており、また、訓練中に雪上に置かれた場合もあったが、ほぼ位置検知できた。しかし、検知局が谷に設置されたために、電波が届かない箇所がみられた。電波の不感地帯を少なくするためには、検知局を複数設置する、もしくは、高度の高いところに設置することが良いと考えられる。さらに山岳警備隊から登山者携帯端末に対する評価を受けた。これは、実際に冬山訓練中に登山者端末を携行し、

救助要請信号送受信，中継機能の確認をした経験に基づく評価コメントである。したがって，今後の社会実装にむけて，山岳警備隊による評価コメントを十分活用し，運用形態を検討することが重要である。

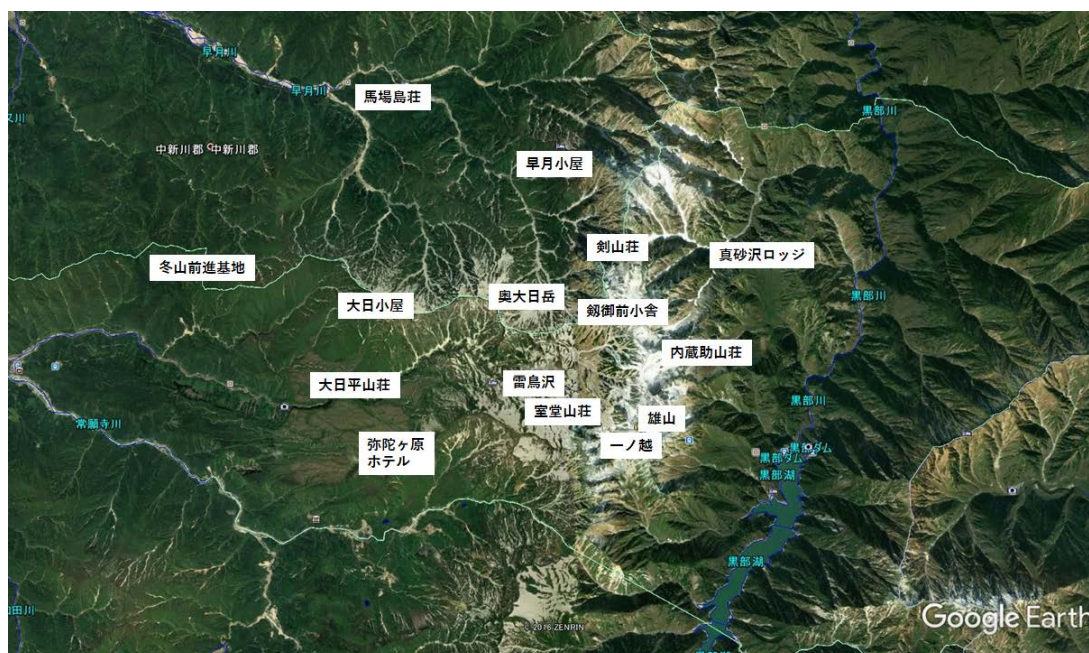
Free Software である Radio Mobile (Roger Coudé 氏 開発)による電波伝搬シミュレーションと実測された登山者位置とその時の電波強度を比較したところ，電波伝搬シミュレーションから得られる電波強度と実測された電波強度が一致した。この結果から，今回の実証試験では実施できなかった山域において，登山者位置検知システムを導入する際の検知局の設置計画に大いに役立つ。

平成 26 年度に株式会社サーキットデザインが製作した登山者携帯端末(CD 端末)と平成 28 年度に北陸電気工業株式会社が製作した登山者携帯端末(HDK 端末)を用いて，相互接続試験が行われた。結果として，CD 端末から救助要請信号を送信し，HDK 端末で受信することができたが，HDK 端末から送信したところ，CD 端末で受信できないことが判明した。これは，CD 端末に搭載の無線モジュールと HDK 端末に搭載の無線モジュールにおいて，無線チップのバージョンが異なることで，チップ内部のデータ受信処理動作が異なるためである。したがって，今後，人の位置探査用端末の標準化を目指すためには，搭載される無線モジュール内のデータ受信処理動作についても共通化しておく必要がある。

4.2 今後の課題

本実証試験では，検知局から見通し外の場所においても電波を受信することができた。これは 150MHz 帯電波の高い山岳回折効果によるものである。立山室堂周辺での評価試験結果と電波伝搬シミュレーションを比較した結果から，東一ノ越方面登山道を移動する登山者の位置検知を行う場合，立山室堂山荘検知局では，位置検知が不安定になることが判明した。そのため，一の越に検知局を設置することで，立山室堂山荘検知局の通信エリアを補完することができ，東一ノ越方面登山道での位置検知が確実に行うことができる。このように登山者位置検知システムの通信エリアを拡大するためには，対象とする山域の適切な場所に検知局を設置することが極めて重要である。ここで，本評価試験においては，端末からの送信出力を 100mW としていたが，平成 28 年 8 月の総務省令等改正において，1W まで出力することが可能となった。空中線電力を 10 倍にすると伝搬距離は約 3 倍に増加することが知られているが，空中線電力を 1W にすると消費電力が増加してしまい，登山者端末の動作時間が短くなってしまう。したがって，登山者端末・検知者端末の空中線電力は，バッテリー容量，位置情報更新頻度などを総合的に勘案する必要がある。

そこで，検知局の設置計画の一例として，立山劔岳登山道および薬師岳方面登山道を移動する登山者を位置検知するための検知局について電波伝搬シミュレーションを用いて検討した結果について説明する。図 4-1 は登山者位置検知を行う登山道が含まれるエリアである。図 4-1(a)は立山－劔岳周辺登山道があるエリアを示し，図 4-1(b)は立山－薬師岳周辺の登山道を含むエリアを示している。



(b) 立山－薬師岳周辺登山道エリア

図 4-1 富山県内の立山・剣岳・薬師岳周辺登山道を含む地図

立山劔岳周辺の登山道を移動する登山者の位置検知を行う場合、立山室堂山荘、一ノ越、雄山以外に設置する検知局の候補としては、真砂沢ロッジ、劔澤小屋、早月小屋、大日小屋の4か所を考える。真砂沢ロッジおよび劔澤小屋に検知局を設置した場合の電波伝搬シミュレーション結果を図4-2、図4-3に示す。劔岳周辺は、急峻な地形であり、山小屋等が麓になるため、通信エリアが狭い。ここで、劔岳の北側・西側および劔山荘の南側はシミュレーションに使用する地図に欠損があり、シミュレーションされていない。

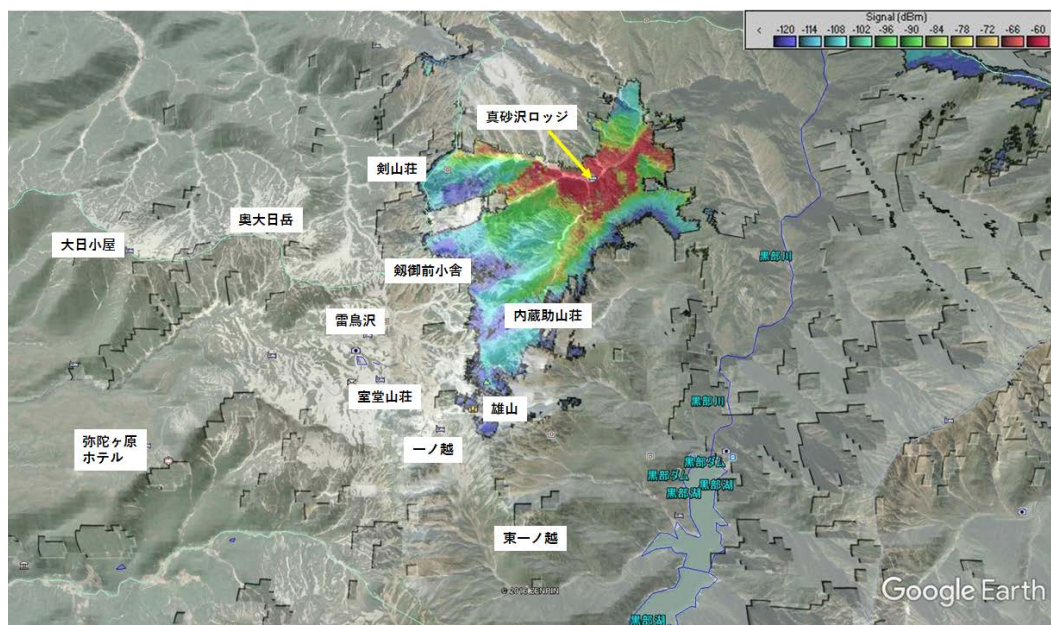


図 4-2 真砂沢ロッジに検知局を設置した場合の電波伝搬シミュレーション結果

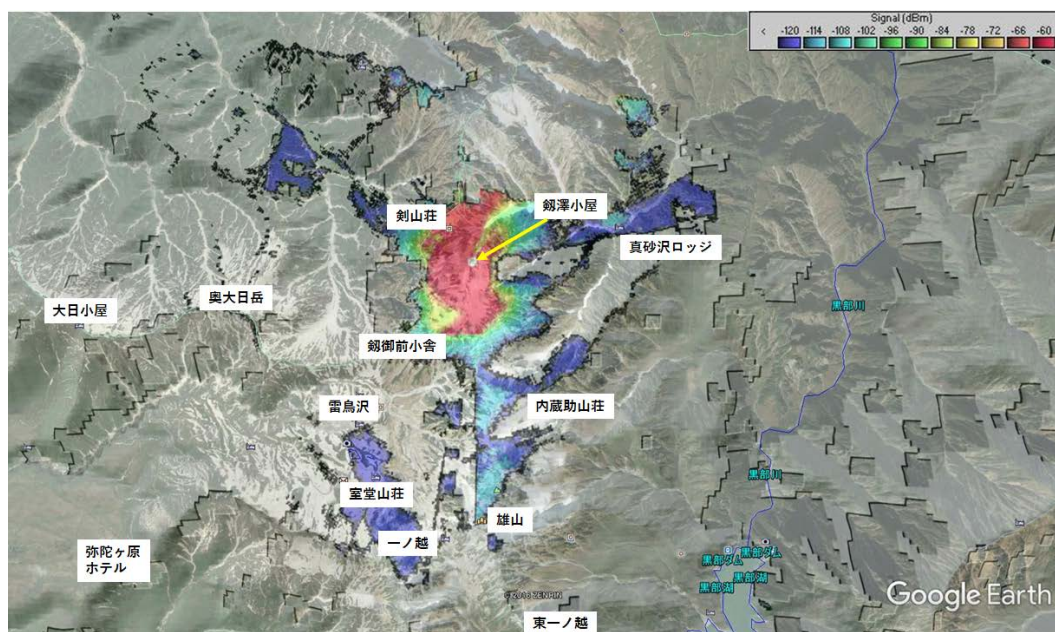


図 4-3 劔澤小屋に検知局を設置した場合の電波伝搬シミュレーション結果

図 4-2 および図 4-3 の結果から劔岳付近の山小屋までの登山道はカバーできることが分かったが、雷鳥沢、早月小屋方面の登山道においては、登山者の位置検知ができないことがわかる。そこで、早月小屋、大日小屋に検知局を設置したときの電波伝搬シミュレーションを図 4-4、図 4-5 に示す。早月小屋に検知局を設置した場合、シミュレーションができていない領域もあるが、広範囲に電波が到達していることわかる。特に早月小屋から馬場島荘に

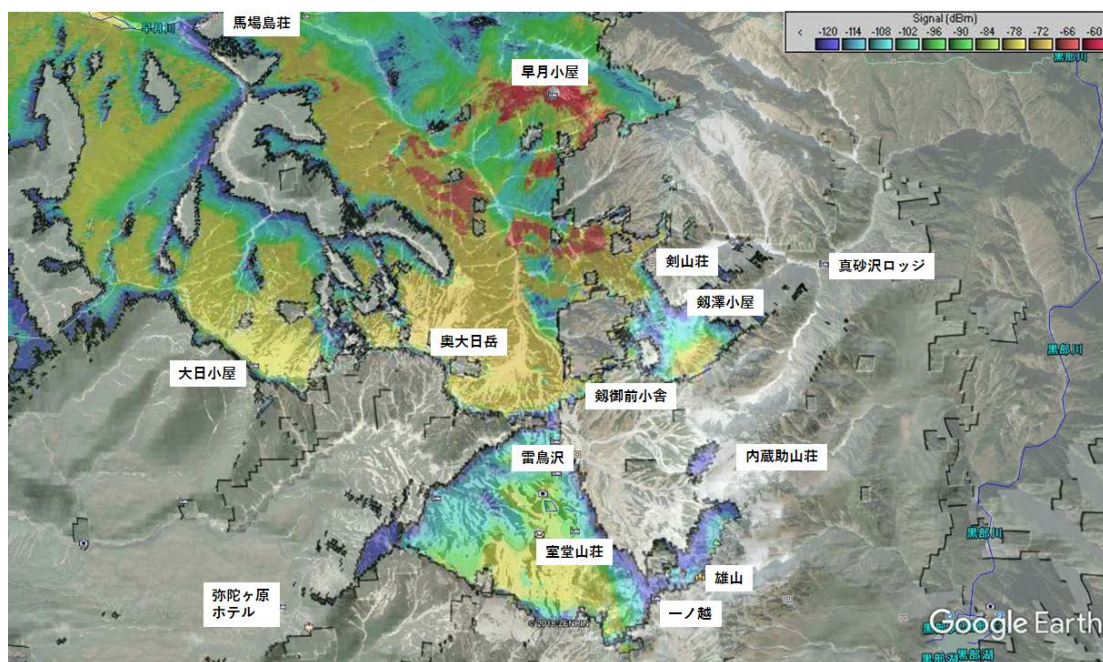


図 4-4 早月小屋に検知局を設置した場合の電波伝搬シミュレーション結果

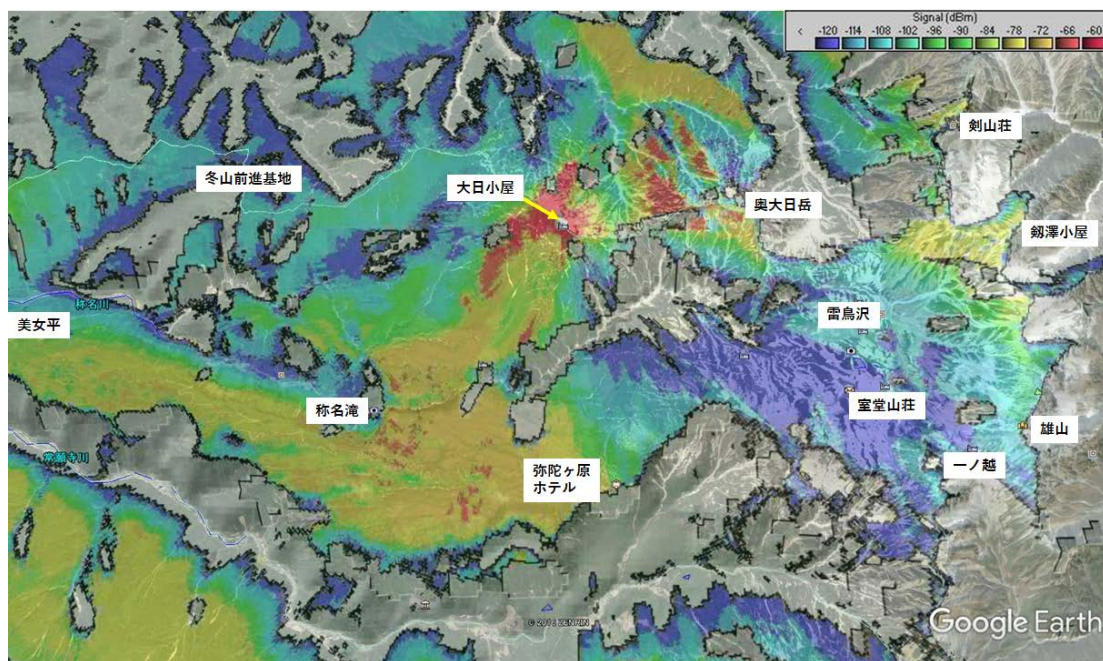


図 4-5 大日小屋に検知局を設置した場合の電波伝搬シミュレーション結果

至る山域においても登山者の位置検知が可能である。さらに、大日岳・奥大日岳付近の稜線まで通信エリアとなっている。次に図 4-5 の大日小屋に検知局を設置した場合をしてみると、大日小屋は稜線上にあることから、電波伝搬エリアが広いことが分かる。特に弥陀ヶ原、称名滝、美女平の登山道がカバーできる。さらに電波は弱いが一ノ越・雷鳥沢・室堂周辺も通信エリアとなっている。

したがって、立山・剣岳周辺登山道における位置検知を行う場合は、図 4-6 中の黄色で示す位置に検知局を設置することが必要である。これにより、美女平、称名滝から弥陀ヶ原を経て室堂に至る登山道や、早月尾根から剣岳に至る登山道をカバーすることができる。

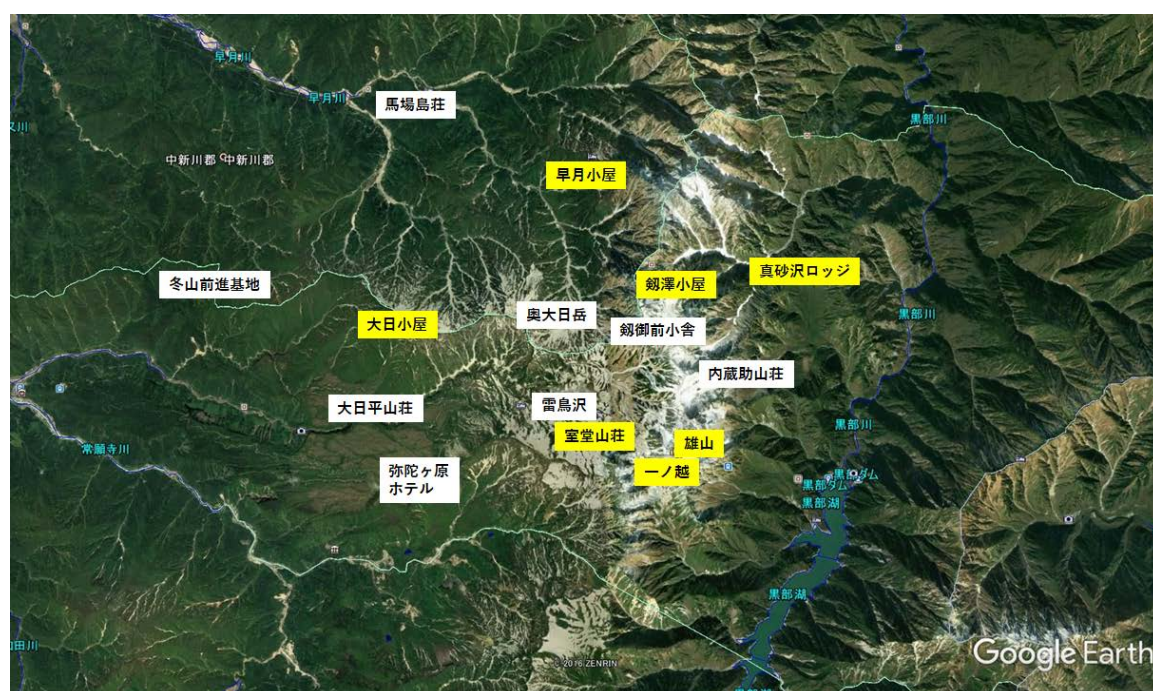


図 4-6 立山－剣岳周辺登山道をカバーするための検知局設置場所
(黄色の場所に検知局を配置)

次に、立山から薬師岳に至る登山道について電波伝搬シミュレーションを行う。検知局を、五色ヶ原山荘、スゴ乗越小屋、薬師岳山荘の3か所に設置した場合について考える。図 4-7 は、五色ヶ原山荘に検知局を設置したときの電波伝搬シミュレーション結果である。これより、雄山検知局および一ノ越検知局の通信エリアではなかった獅子岳周辺や越中沢岳周辺までが通信エリアとなっている。

しかし、越中沢岳よりも南側の山域には電波が届かないことがわかる。そこで、スゴ乗越小屋に検知局を設置したときの電波伝搬シミュレーション結果を図 4-8 に示す。図 4-8 より、五色ヶ原検知局ではカバーできなかった越中沢岳の南側の山域がカバーされており、薬師岳付近の登山道の位置検知が可能であることがわかる。さらにスゴ乗越小屋の南東側の赤牛岳周辺や西側の広い範囲で電波が到達している。

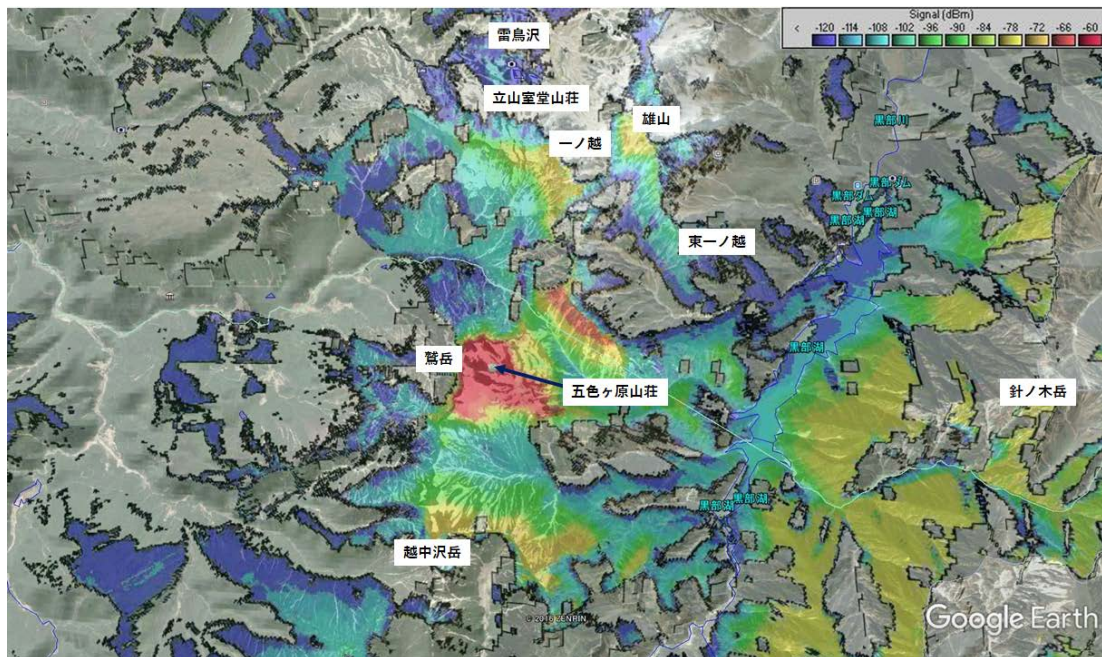


図 4-7 五色ヶ原山荘に検知局を設置した場合の電波伝搬シミュレーション結果

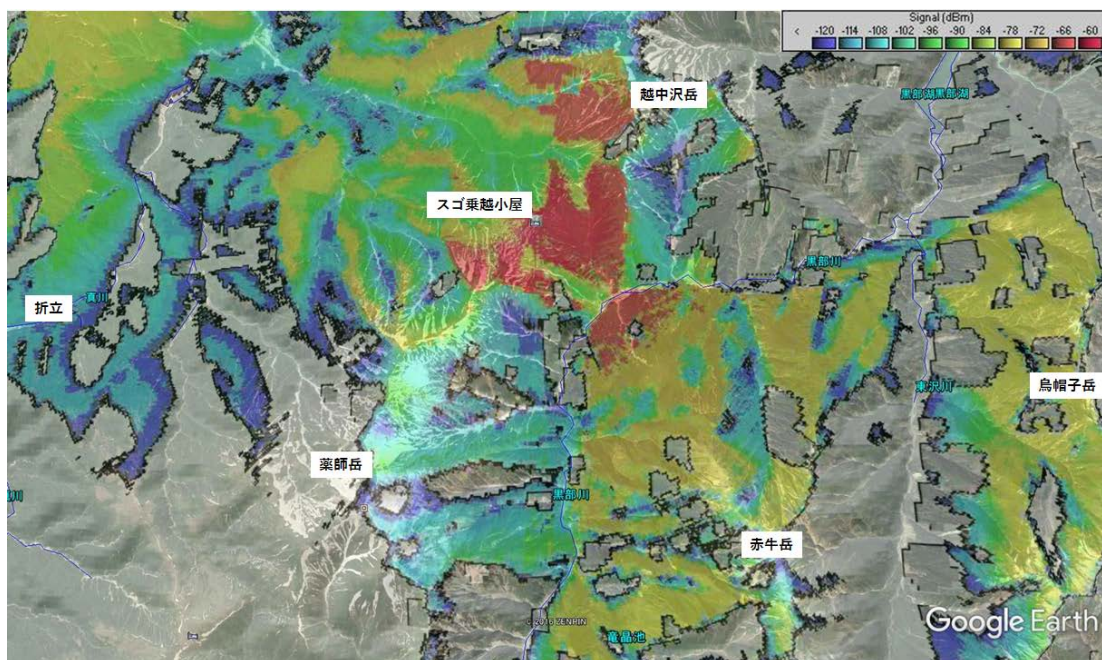


図 4-8 スゴ乗越小屋に検知局を設置した場合の電波伝搬シミュレーション結果

図 4-8 より、薬師岳の南側や薬師岳の登山口である折立周辺は電波強度が弱いと計算されており、位置検知が不安定である。そこで、薬師岳山荘に検知局を設置したときの電波伝搬シミュレーションを行う。その結果を図 4-9 に示す。図 4-9 より、薬師岳南側の黒部五郎岳までの広い範囲が通信エリアとなり、登山者の位置検知が可能である。

したがって図 4-10 に示すように立山から薬師岳に至る登山道を位置検知するためには、検知局を雄山，一ノ越，五色ヶ原山荘，スゴ乗越小屋，薬師岳山荘の 5 か所に設置する必要があります。これらの検知局を用いることによって，立山－薬師岳間を縦走する登山者の位置検知が可能となり，山小屋への到着が遅れている場合に山小屋から登山者の位置を検知することができ，登山者の安否を知ることができる。

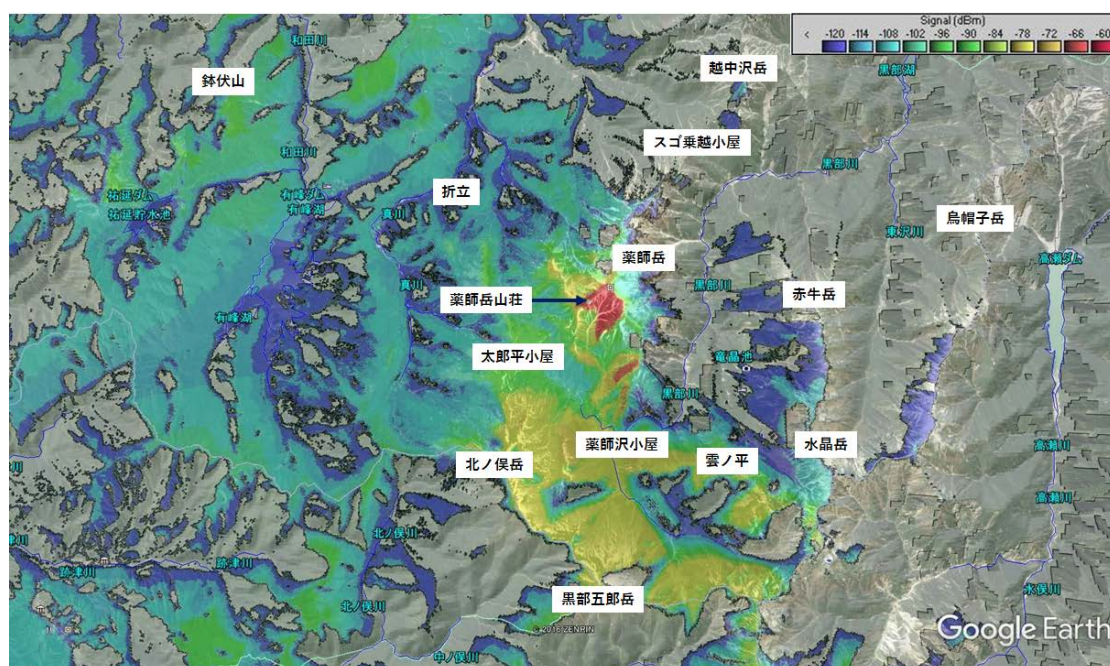


図 4-9 薬師岳山荘に検知局を設置した場合の電波伝搬シミュレーション結果



図 4-10 立山－薬師岳周辺登山道をカバーするための検知局設置場所
(黄色の場所に検知局を配置)

立山―劔岳―薬師岳周辺の山域において登山者の位置検知をするために重要である検知局の最適な場所を検討したが、広い山域をカバーするためには、複数の検知局が必要であり、複数の検知局をネットワーク化し、登山者位置情報を収集し、登山者の家族や山小屋関係者、山岳警備隊などの救助隊が、登山者の情報をいつでも閲覧可能な方法が必要となる。

図 4-11 は登山者位置の情報収集・閲覧方法を示した模式図である。山小屋に検知局を設置し、登山者の位置検知を行う。検知局で取得した登山者位置情報は山小屋の Wi-Fi を利用して、インターネット経由でデータサーバに送られる。ここで、山小屋には、衛星通信によるネットワークもしくは有線によるネットワークが配備されているとする。このように設備が整っていれば、登山者位置情報はクラウド上のデータサーバに蓄積される。そして、データサーバに蓄積されている登山者位置情報にアクセスすることによって、登山者の家族はインターネット経由で、パソコンやスマートフォン上で、登山者の位置を知ることができる。同様に、山岳警備隊待機所、警察、病院などもインターネット経由で登山者の位置情報を知ることができる。特に山岳警備隊待機所においては、登山届のスケジュールと登山者の位置情報を比較して、遭難事故の早期発見につながると考えられる。また、遭難事故が発生した場合でも登山者の位置情報を迅速に把握することができる。

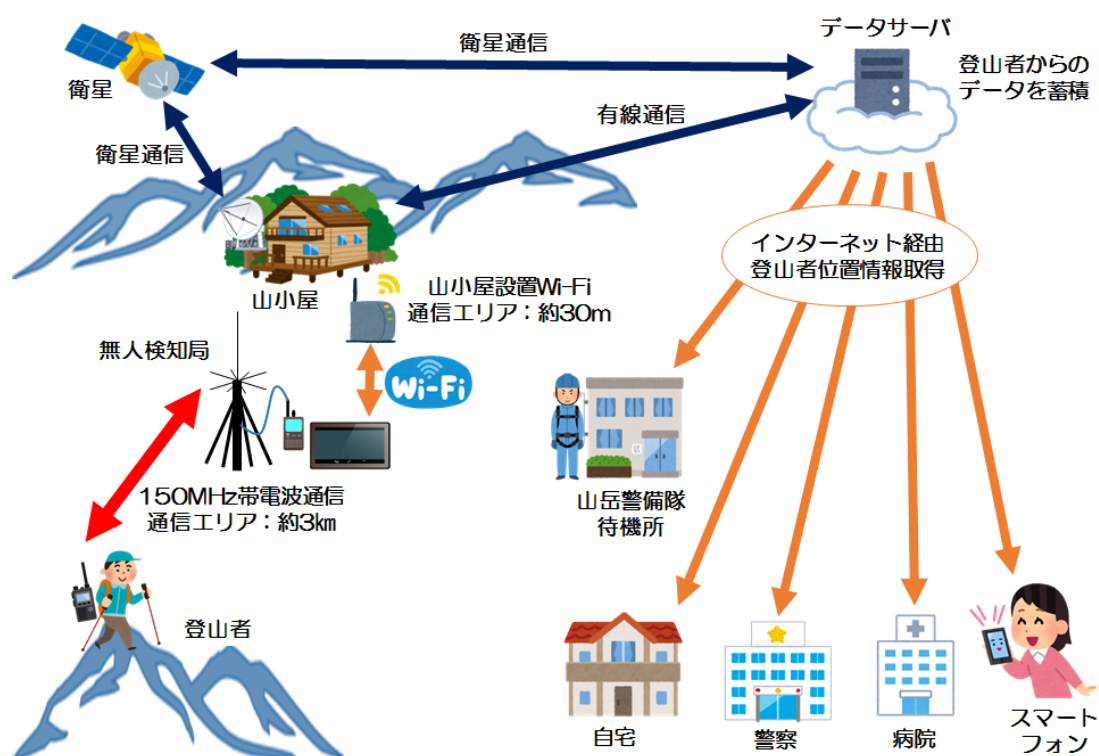


図 4-11 登山者位置情報の収集・閲覧方法の模式図

次に、登山者端末の改良について述べる。山岳警備隊のアンケート結果にも挙げられていたように、登山者端末の小型・軽量化が重要である。ここで、適切な場所に検知局を設置することによって、空中線電力を抑えることができれば、バッテリー容量を抑えることができ、登山者端末の体積および重量の中でかなりの割合を占めているバッテリーを小型化できると考えられる。その結果、登山者端末の小型・軽量化が見込まれる。

冬季の登山では、雪崩ビーコンを携帯することが必須となっている。そのため、登山者端末に雪崩ビーコンと同様な機能を付加することを検討する。これにより、登山者の携行品が少なくなり、雪崩遭難事故に遭遇した場合でも、自助活動を行うことができる。ただし、雪崩ビーコン機能を付加することにより、登山者端末が大型化してしまう可能性がある。そこで、小型雪崩ビーコン端末の検討が必要である。

今後、異なる企業で製作された登山者端末が投入されることが容易に予想できるが、3.5節で示したように、登山者端末の基本的な機能として、GPS 位置情報の送信、救助要請信号の送受信について、規格統一しなければいけない。

最後に、登山者位置検知システムの実運用に向けた検討課題について述べる。実際に位置検知システムを運用するためには、登山者端末の普及が必要であるが、山小屋や登山口の施設等に検知局を設置し、運用することが重要であり、詳細に検討することが必要である。救助要請信号が検知局で受信された場合、登山関係者による自助体制と救助機関との連携について検討しなければいけない。

おわりに

本評価会は、平成 26 年度に実施された 150MHz 帯の電波を使用する登山者等の位置検知システムに関する調査検討（北陸総合通信局）による“狭帯域化”の検証結果、及び平成 28 年 8 月の 150MHz 帯電波に関する総務省令等の改正を受けて、“登山者位置検知システム”を実現する上で必要と考えられる機能を「モデル機器」を用いて評価するために設置されました。例えば、登山者が発する救助要請信号が誤報であるか否かを確認するメッセージの送受信機能や登山者が携帯する端末同士の中継機能、異なるメーカー製の端末による通信機能などを評価することとしました。

先般の省令等改正では、使途が“動物等の検知”から“人又は動物の検知通報”へ改められ、また、帯域も 142MHz 帯および 146MHz 帯の 2 つに拡大されました。これにより大勢の登山者が混信を避けて通信することが可能となりました。この電波は最大 1 ワットの空中線電力を免許不要で利用でき、遠距離通信が可能となるので山小屋間ネットワークの構築が可能となります。

また VHF 帯の電波は山岳での回折伝搬特性に優れ、積雪による遮蔽、降雨減衰、樹木による吸収など自然環境による影響が少ないという利点があることから、携帯電話網の通信ができない山岳エリアでの道迷いや遭難時における登山者の位置検知に有効であります。今後、さらに通信距離を伸ばす技術としては、登山者 ID や位置データなどをスクランブル（スペクトル拡散）する方式の採用が有効であると考えられます。

今回の評価に用いられたモデル機器として用いられた携帯端末及び検知端末はコンパクトな構成であり、タブレットやスマホなどとの連携も容易であります。従って、アンテナも含めシステムとして非常に簡素化できるので山小屋の天井裏などに設置すれば、山小屋ネットワークが実現できます。更には、普及が進んでいく通信インフラ（インターネット）に接続することも可能であります。

山岳遭難の未然防止、あるいは、万が一の遭難時における登山者の迅速な救助という目的に適い、登山者及び救助者双方にとって便利な「登山者等の位置検知システム」の実現に向けて、本報告書が役立つものと確信します。

終わりに、本評価会にご参加いただき貴重なご意見を頂きました構成員各位に感謝を申し上げます。特に、富山県警察山岳警備隊の皆様には、積雪時における山岳間通信の検証実験にご協力いただき貴重なデータを取得することが出ました。国立登山研修所、立山室堂山荘、一ノ越山荘には温かい支援をいただきました。今回の評価会用の機器を提供していただきました北陸電気工業株式会社、株式会社サーキットデザイン、及び、株式会社ゴールドウインにお礼を申し上げます。富山県立大学の石坂圭吾准教授には、庶務として本評価会運営の段取りを行い、また、すべての実験に参加し、報告書のとりまとめをしていただきました。また、同研究室の多くの学生が協力されたことを付記します。

登山者位置検知システムの利用モデル評価会 座長
富山県立大学名誉教授 岡田 敏美

参考文献

- [1] 平成 27 年における山岳遭難の概況，警察庁生活安全局地域課，2016 年
- [2] 富山県自然保護課，富山県教育委員会保健体育課，富山県警察本部地域課 編集，山巔－平成 27 年の山岳遭難防止活動－，富山県山岳遭難対策協議会，2016 年
- [3] 官報 (総務省令第 83 号) 平成 28 年 8 月 31 日付 号外 第 192 号，国立印刷局，2016 年
- [4] 総務省情報通信審議会 情報通信技術分科会陸上無線通信委員会 報告概要，陸上無線通信委員会 概要，2016 年
- [5] 150MHz 帯の電波を使用する登山者等の位置検知システムに関する調査検討会，150MHz 帯の電波を使用する登山者等の位置検知システムに関する調査検討報告書，総務省 北陸総合通信局，2015 年
- [6] Roger Coudé (VE2DBE)，The official Radio Mobile web page，1988 年
<http://www.cplus.org/rmw/english1.html>,

付録

資料 116－2－1 陸上無線通信委員会報告 概要 抜粋

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 概要

平成14年9月30日付け諮問第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」のうち
「特定小電力無線局の高度化に係る技術的条件」

(150MHz帯、400MHz帯及び1200MHz帯特定小電力無線局の狭帯域化等)

平成28年3月
陸上無線通信委員会

<目次>

1. 検討の背景及び検討事項
2. 150MHz帯動物検知通報システムの技術的条件の見直し
3. 400MHz帯無線電話、400MHz帯／1200MHz帯テレメーター・
テレコントロール・データ伝送の技術的条件の見直し

主な検討事項

検討項目	動物検知システム (150MHz帯)	無線電話 (400MHz帯)	テレメータ・テレコントロール・ データ伝送伝送用 (400MHz帯/1200MHz帯)
● 新たな用途追加	○		
● 周波数利用効率の向上（周波数の狭帯域化等）			
・周波数/チャネル間隔/占有周波数帯 幅の許容値/周波数の許容偏差/隣接 チャネル漏えい電力	○	○	○
● 時間的利用効率の向上			
・送信時間制限の見直し	○		○
● その他技術的条件の見直し			
・空中線電力		○	○
・キャリアセンスレベル	○	○	○
・空中線の利得			○
・スプリアス発射強度の許容値	○		

4

2. 150MHz帯動物検知通報システムの 技術的条件の見直し

5

150MHz帯検知システムの用途の見直し(動物検知→生体検知)

現在の動物の位置検知の用途に加え、以下の新たな利用ニーズを踏まえ、人の位置検知や、これらの検知に付随する連絡にも使用可能とする。

■ 新たな利用ニーズ

- 山岳遭難救助に資するため、登山者の位置を検知するシステム(登山者検知システム)
- 狩猟時の効率、安全性の向上に資するため、狩猟者の位置を検知し、また、付随して狩猟者間での簡易な連絡を可能とするシステム(ドッグマーカー等の高度化)
- 地域の高齢者等の安心・安全の向上に資するため、高齢者や子供等の位置を検知し、また、付随して地域住民間での簡易な連絡を可能とするシステム(地域コミュニティ無線)

【現行】

用途名	定義
動物検知通報システム	国内において主として動物の行動及び状態に関する情報の通報又は付随する制御をするための無線通信を行う無線設備

【新基準】

用途名	定義
生体検知通報システム	国内において人又は動物の行動及び状態に関する情報の通報又は付随する制御若しくは音声通話をするための無線通信を行う無線設備

6

150MHz帯生体検知通報システム※の周波数利用効率の向上

● 周波数の狭帯域化

※ 現・動物検知通報システム

既存の業務用無線における狭帯域デジタル通信方式の通信技術等(デジタル簡易無線:4値FSK方式※¹)を活用し、周波数の狭帯域化(ch間隔:6.25kHz)を図るとともに、チャネル不足を解消するため、新たに周波数を確保する。
また、高速データ伝送等の利用ニーズを踏まえ、2ch結束(ch間隔:12.5kHz)や3ch結束(ch間隔:18.75kHz)を一部可能とする。

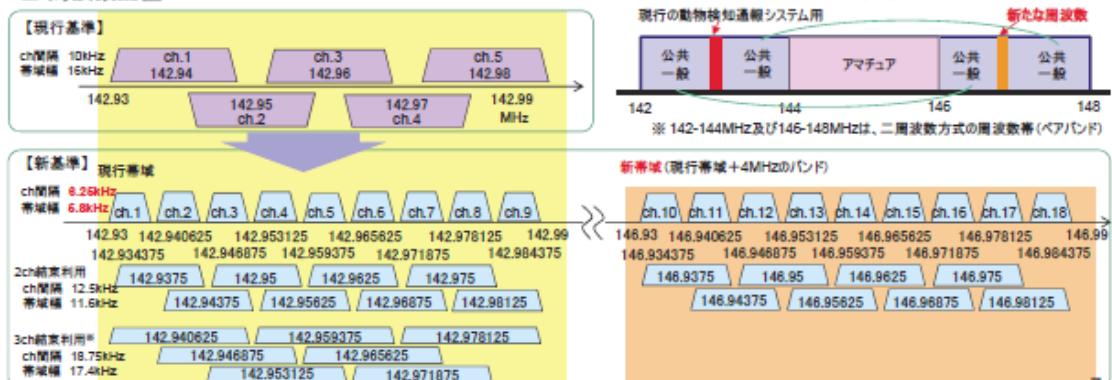


現行基準		新基準	
ch間隔(ch数)	占有周波数帯域の許容値	ch間隔(ch数)	占有周波数帯域の許容値
20kHz(3ch)※ ²	16kHz	6.25kHz(18ch)	5.8kHz

※1 当該変調方式を想定してチャネル配置や共用等に係る検討を行ったが、技術的条件として変調方式をこれに限定するものではない。

※2 10kHz間隔のインターリーブで5ch。

■ 周波数配置



7

150MHz帯生体検知通報システム※の技術的条件の見直し

※ 現・動物検知通報システム

● 周波数の許容偏差

周波数の狭帯域化に伴い、周波数の許容偏差を現行の12ppmから、2.5ppmとする。
ただし、EIRPで1mW以下のもの(超小型送信機を想定)については、現行の12ppmを維持。

● 隣接チャネル漏えい電力

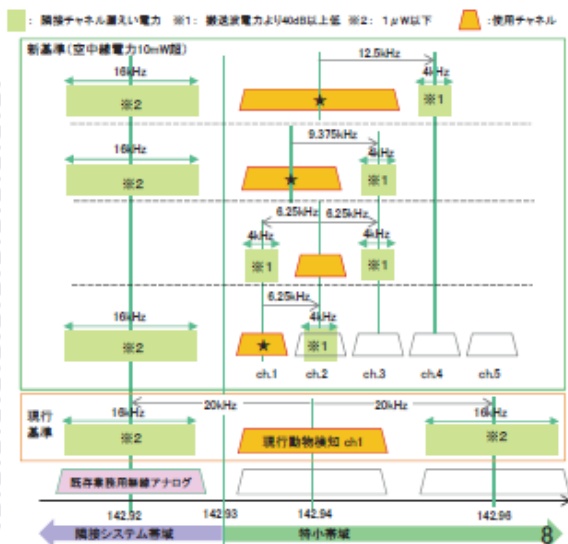
周波数の狭帯域化に伴い、基準を見直す。

「搬送波の周波数から6.25kHz⁽¹⁾離れた周波数の(±)2kHzの帯域内に輻射される電力が搬送波電力よりも40dB以上低いこと」とする。

また、特定小電力の帯域端のチャネルを使用する場合、隣接帯域の既存無線システムへの影響を考慮し、隣接システムの周波数の±8kHzの帯域に輻射される電力⁽²⁾が1μW以下(現行基準と同じ)とする。

ただし、空中線電力が10mW以下の場合、「搬送波の周波数から6.25kHz⁽¹⁾離れた周波数の(±)2kHzの帯域内に輻射される電力⁽²⁾が1μW以下」とする。

(1): 2チャネル結束時は9.375kHz、3チャネル結束時は12.5kHz
(2): 0dB以下の送信空中線を使用する場合はEIRP



150MHz帯生体検知通報システム※の時間的利用効率の向上

※ 現・動物検知通報システム

● 送信時間制限

現行の利用形態及び新たな利用ニーズを踏まえ、かつ、時間的利用効率の向上を図る観点から、送信時間制限について、現在の600秒送信・1秒休止から、60秒送信・2秒休止とする。

また、空中線電力が10mW以下の場合であってもキャリアセンス機能を備えている場合においては、空中線電力10mW超の場合と同様の送信条件(60秒送信・2秒休止)とする。

なお、キャリアセンス機能を備え付けない空中線電力が10mW以下のものについては、現行基準のとおり、5秒間あたりの送信時間の総和は1秒以下とする。

	現行基準		新基準	
	空中線電力	10mW超え1W以下	10mW以下	10mW以下
送信・休止時間	送信時間	600秒以内	60秒以内	60秒以内
	休止時間	1秒以上	2秒以上	2秒以上
送信・休止時間	送信時間	5秒間あたりの送信時間の総和は1秒以下	5秒間あたりの送信時間の総和は1秒以下	5秒間あたりの送信時間の総和は1秒以下
	休止時間	※送信時間内は休止時間なしで再送信可	※送信時間内は休止時間なしで再送信可	※送信時間内は休止時間なしで再送信可

(参考) テレビ・テレビジョン・40秒送信・2秒休止、無線電話:30秒送信・2秒休止

● その他基準の見直し

○ キャリアセンス

- キャリアセンスレベルについて、基準値レベルは現行同等とするが、取り扱いの利便性の観点から、開放端電圧値から50Ω終端電力値に換算した値とする。
- チャネルを結束する場合、結束送信しようとする全てのチャネルについてキャリアセンスを必要とする。
- キャリアセンス後の電波の発射から送信時間内の再送信時には、キャリアセンス動作を要しないものとする。
- キャリアセンスは自局の電波が影響を与えるエリアに存在する他の無線局を把握する必要があるため、キャリアセンスに用いる空中線系は、送信系統と同一または同等のものとすることを明確化する。

○ スパリアス発射又は不要発射の強度の許容値

他システムの技術基準等を踏まえ、送信空中線が0dB以下の場合には原則規定(給電線に供給される電力)とEIRP規定を、選択的に適用可能とする。

山岳警備隊へ配布したアンケート

山岳警備隊の方々へのアンケート

※ 該当する選択肢を○で囲んでください。四角枠には御意見を記載願います。

マニ ュ ア ル に つ い て	1) マニュアルのページ数について	多い	適当	少ない
	2) マニュアルはわかりやすかったですか	わかり易い	普通	わかり難い
	3) わかり難いと回答した方へ、どのような点がわかりにくかったですか。 またはどのような内容について説明が不足していると思われましたか。			
	4) マニュアルを見ながら円滑に端末の操作はできましたか	円滑にできた	何とかできた	出来なかった
	5) 出来なかったと回答した方へ、どの操作ができなかったと感じましたか			
	6) マニュアルについての自由意見			
端 末 の 操 作 に 関 し て	7) 要望する端末の重さ(今回試作機:326g)	200g	120g	100g以下
	8) 要望する端末サイズ(今回試作機:W88×H146×D33mm)	体積2/3	体積1/2	体積1/4以下
	9) 登山者端末の音の大きさについて	大きい	適当	小さい
	10) 検知者端末の音の大きさについて	大きい	適当	小さい
	11) 端末のボタンは押しやすかったですか	押し易い	普通	押し難い
	12) どのようなボタンが押しやすいと思いますか？			
	13) 端末の操作に関する自由意見			
端 末 の 機 能 に 関 し て	14) 定型文選択型のメッセージ送受信		必要	不要
	15) 端末同士のテキストチャット: 自由文字(20文字程度)の送受信		必要	不要
	16) 雪崩で埋まったとき、電波方向探知での検索		必要	不要
	17) 動作可能時間72時間。(満充電からの連続稼働)		必要	不要
	18) 動作可能時間2週間(満充電からの連続稼働)		必要	不要
	19) 動作可能時間経過後は、低消費モードで半年間		必要	不要
	20) 端末の機能に関する自由意見(こんな機能があると良いなど)			
端 末 コ ン セ プ ト	端末構想案 小型廉価版・・・120*50*20mm程度のサイズ。GPS情報取得。SOS発信。スマホと連携できる。(耐環境: 冬山想定無) フルスペック版・・・今回試作機の体積半分程度。廉価版機能+電波方向探知+電池駆動時間大。(耐環境: 冬山想定)			
	21) 一般普及向けの小型廉価版と、冬山対応のフルスペック版を用意した方が良い		はい	いいえ
	22) 小型廉価版は、必要最小限機能のみでスマホと連携して使用するもので良い		はい	いいえ
	23) 冬山対応のフルスペック版は、低温下の性能と堅牢性が担保されれば多少大きくても良い		はい	いいえ
運 用 に 関 し て	24) 遭難者から直接、警察に通知		適当	不適当
	25) 遭難者から直接、山小屋関係に通知		適当	不適当
	26) システム管理会社が確実に遭難と判断し、その後警察に通知		適当	不適当
	27) システム管理会社が家族や所属団体に通知し、家族や所属団体から警察に通知		適当	不適当
	28) その他自由意見(要望等)			

付 属 資 料

開 催 趣 旨

近年の登山ブームにより、登山者の遭難事故は年々増加傾向にある。登山において不測の事態が発生した時に重要なのが通信手段であるが、警察庁の統計によると、平成 27 年中の山岳遭難発生件数 2,508 件のうち、586 件※（23.4%）が遭難現場から通信手段（携帯電話等）を使用できないため、救助を要請していない状況である。

※H23～H26 において、通信手段の未使用が毎年 600 件前後で推移。

山岳地帯では、地形的な理由から携帯電話がつかないエリアが広範に存在するため、このようなエリアにおいて、登山者から救助要請ができ、その位置を正確に特定できる手段が求められている。

当局では、この課題を解決するため、平成 26 年度に登山者位置検知システムに関する調査検討会を行い、この調査結果を踏まえて、平成 28 年 8 月 31 日に総務省令等が改正されて技術基準（免許不要局）が策定された。

さらに、平成 26 年 9 月に発生した御嶽山(おんたけさん)の噴火では、噴火警戒レベル 1（平常）の段階で噴火したため、登山者に多くの犠牲者が出たことから、昨年 7 月に防災基本計画が修正された。この中で「国（内閣府等）及び地方公共団体は、登山者への情報伝達をより確実にするため、緊急速報メール、登録制メール、山小屋の管理人等を介した情報伝達など、地域の状況を踏まえながら、情報伝達手段の多様化を図るものとする。」旨が盛り込まれた。当該システムは、山小屋の管理人等を介した情報伝達に活用できるとともに、携帯電話の不感エリアにおいても、自治体による登山者の情報把握と登山者からの緊急連絡等に活用できるものである。

これらを踏まえて、当局は、自治体、山岳関係者、通信機器メーカー等の協力を得て、10 月から富山県立山を中心とした山岳地帯において実際に使用して、機能面及び利用面から評価を行うこととし、携帯電話の不感エリアにおいて、本システムの有用性を示すことで社会実装を促し、山岳遭難者の迅速かつ確実な救助につなげたいと考えていることから評価会を開催する。

平成 28 年 9 月

登山者位置検知システムの利用モデル評価会に関する開催要綱

1 名 称

この評価会は、「登山者位置検知システムの利用モデル評価会」と称する。

2 目 的

本会は、平成28年8月に制度化された登山者位置検知システムが、携帯電話のつながらない環境での有用性を検証・評価するとともに、山岳遭難等時における救助機関等（利用者の立場）からの視点により、機能、性能、操作性等を検証・評価することを目的として開催する。

3 評価事項

上記の目的を達成するため、次に掲げる項目について富山県立山において実証試験を行う。

- (1) 遭難者からの通報（GPS 位置情報）が、山小屋の検知者端末の地図上に正しく表示されるかどうかを検証・評価
- (2) 遭難者が自ら操作できない場合、救助隊等の検知者端末からの送信要求コマンドにより登山者端末が起動し、その通報（GPS 位置情報）が、救助隊等の検知者端末の地図上に正しく表示されるかどうかを検証・評価
- (3) 製造者が相違する登山者端末を使用して、その通報（GPS 位置情報）が同一の検知者端末の地図上に正しく位置を表示できるかを検証・評価
- (4) 山岳遭難等時における救助機関等（利用者の立場）からの視点により、機能、性能、操作性等を検証・評価
- (5) その他、本会において必要と認められる事項の検討等

4 構成員等

- (1) 本会は、北陸総合通信局長の評価会として開催する。
- (2) 本会の構成員及び特別顧問は、別紙のとおりとする。
- (3) 本会には、座長を置く。
- (4) 座長は、構成員の互選により定める。
- (5) 座長は、本会を招集し主宰する。
- (6) 本会は、必要に応じ外部の関係者の出席を求め、意見を聴くことができる。
- (7) 座長は、上記のほか、本会の運営に必要な事項を定める。
- (8) 特別顧問は、本会において必要に応じ助言を行う。

5 開催期間等

平成28年9月から平成29年3月までの期間とする。また、座長は評価会が終了したときは、その結果を平成29年3月31日までに北陸総合通信局長に報告する。

6 庶務

本会の庶務は、北陸総合通信局無線通信部企画調整課及び富山県立大学とする。

評価会構成員名簿

(氏名:五十音順 敬称略)

氏 名	役 職 等
永山 義春	富山県山岳連盟 会長
座長 岡田 敏美	富山県立大学 名誉教授
金田 次弘	株式会社ゴールドウインテクニカルセンター H.A.D-LAB 技術主査
佐伯 千尋	有限会社立山室堂山荘 代表取締役
谷川 聡	北陸電気工業株式会社 取締役 アドバンスデバイス開発本部 本部長
特別顧問 中尾 哲雄	一般社団法人立山黒部ジオパーク協会 会長
永田 修	株式会社サーキットデザイン取締役営業部長
船平 智之	富山県生活環境文化部自然保護課長
星野 真則	独立行政法人日本スポーツ振興センター 国立登山研修所 専門職
	富山県警察山岳警備隊 (隊全体で参加)
オブザーバ	石川県危機管理監室危機対策課

評価会開催経緯

第1回評価会

日時： 平成 28 年 9 月 16 日(金) 14:00 ～ 16:00

場所： 富山国際会議場 特別会議室

- 議題： ① 評価会開催趣旨説明
② 評価会開催要綱
③ 座長選出，特別顧問の紹介
④ 山岳遭難の現状と事例について
⑤ 評価試験システムの概要およびデモンストレーション

立山室堂周辺登山道での登山者位置権利システムの利用モデル評価試験

日時： 平成 28 年 10 月 26 日(水) ～ 27 日(木)

場所： 富山県 立山室堂周辺登山道

第2回評価会(メール審議)

日時： 平成 28 年 12 月 14 日(水)～平成 29 年 1 月 13 日(金)[審議期間]

- 議題： ① 10 月に実施した立山室堂周辺登山道での登山者位置検知システムの
利用モデル評価試験報告

第3回評価会

日時： 平成 29 年 1 月 20 日(金) 13:30 ～ 15:30

場所： 富山県民会館 706 号室

- 議題： ① 第2回評価会(メール審議)議事録の確認
② 他社製品による相互接続試験結果報告
③ 富山県警察山岳警備隊による登山者位置検知システムの
利用モデル評価試験への協力依頼
④ 評価会報告書目次案
⑤ 今後の日程について

富山県警察山岳警備隊による冬山訓練での登山者位置検知システムの利用モデル評価

日時： 平成 29 年 2 月 27 日(月) ～ 3 月 1 日(水)

場所： 国立登山研修所，大辻山周辺，冬山前進基地周辺

第4回評価会

日時： 平成 29 年 3 月 7 日(火) 10:00 ～ 12:00

場所： 富山県民会館 706 号室

議題： ① 富山県警察山岳警備隊による冬山訓練での登山者位置検知システムの
利用モデル評価報告
② 評価会報告書案について

第5回評価会

日時： 平成 29 年 3 月 24 日(金) 14:00 ～ 15:40

場所： 富山国際会議場 特別会議室

議題： ① 第4回議事録の確認
② 評価会報告書の確認・提出