

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(概要版)

平成27年3月

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

背景と目的

背景及び目的

- ◆ 山岳における遭難事故は、登山者の裾野の拡大に伴い増加傾向にあり、平成25年中の全国の山岳遭難は、発生件数2,172件、遭難者2,713人、死者・行方不明者320人となりいずれも過去最多となった
- ◆ 登山者の安全確保や事故発生時の対応の迅速化のため、電波を使った登山者の位置把握システムの有用性は早くから認識され様々なシステムが登場しているが、普及には至っていない
- ◆ 山岳での伝搬特性に優れた150MHz帯の電波を使用し、山小屋などから周辺の登山者の位置等を検知、見守りができるシステムを実現したいとする要望がある
- ◆ 周波数がひっ迫する中、動物検知通報システム用特定小電力無線局と周波数を共用する登山者等の位置検知システムの実現に向けて、当該システムの有用性を確認するとともに、動物検知通報システムとの周波数共用及び干渉回避に必要な技術的条件を明らかにすることを目的として開催する

調査検討項目

- ① 登山者等の位置把握を目的とするシステムの現状に関すること
- ② 動物検知通報システムの利用（生体把握、警報、狩猟）状況及び需要動向に関すること
- ③ 登山者等の位置検知システムと動物検知通報システムの周波数共用方法に関すること
- ④ 試験モデルシステム（登山者等の位置検知システム）及び試験計画に関すること
- ⑤ 登山者等の位置検知システム等の技術的条件及び干渉回避に関すること

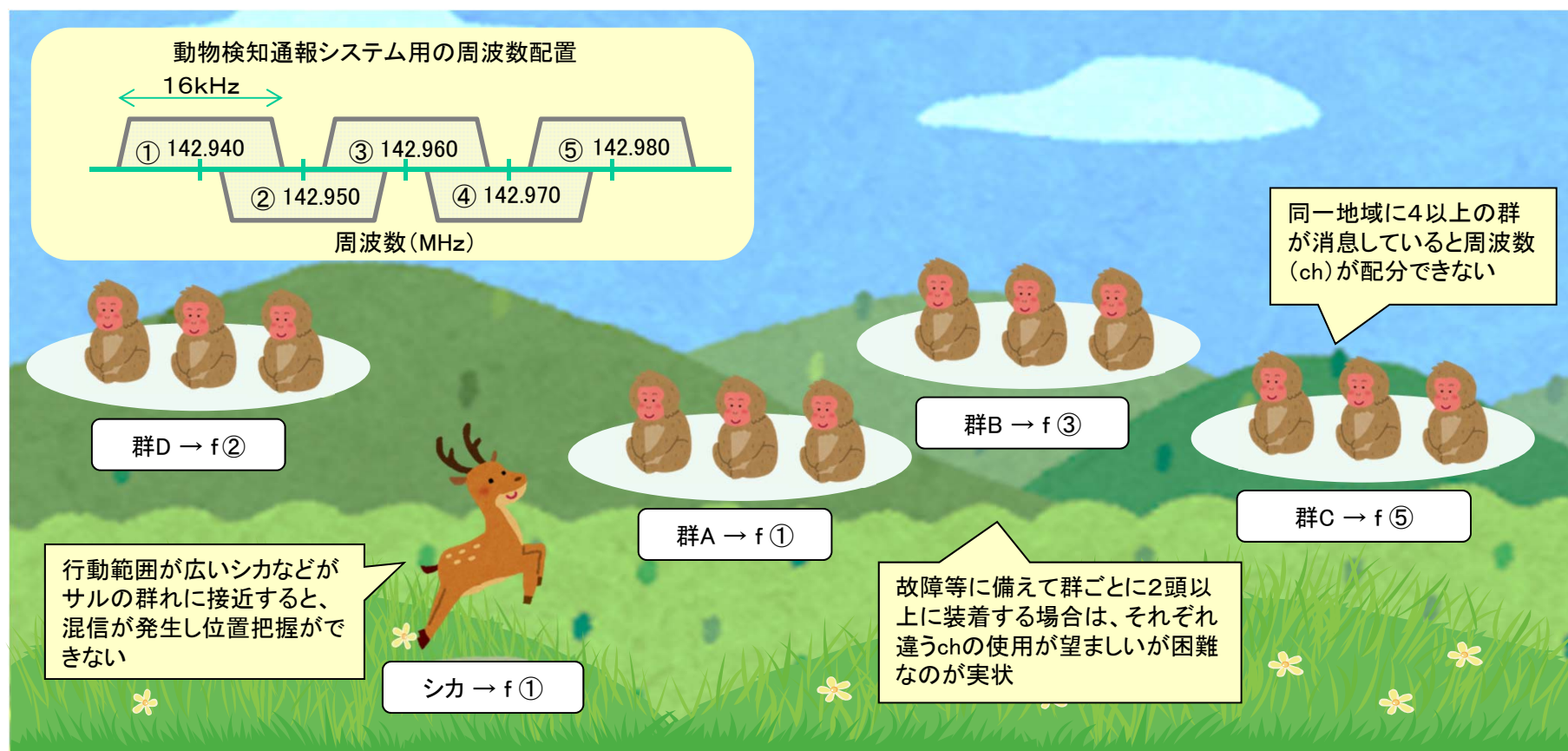
第1章 現状と課題 電波を利用した登山者位置検知の現状

- ◆ 電波を利用した登山者等の位置検知システムは、様々な測位方式、伝送方式や周波数のシステムがある
- ◆ ここ1～2年の間に、いくつもの新たなシステムが登場しており、位置検知に対する要望の強さの表れと思われる
- ◆ 登山者等を対象とした位置検知システム例を以下に示す

システム例	測位方式	伝送方法	特長(①用途、②探知範囲、③特徴)
ヤマタン (山岳遭難者探索 ビーコンシステム)	なし	微弱電波 (53MHz)	①救助者による登山者探索用 ②数十m～百数十mの範囲 ③富山県警山岳警備隊が製作、剱岳等の冬季入山時に無料貸出あり、発信機能のみ
雪崩ビーコン (アバランチ・ ビーコン)	方位 レベル等	微弱電波 (457kHz)	①雪崩による遭難者の探索に特化 ②数十mの範囲 ③世界的に規格統一
HITOCOCO	方位 レベル等	特定小電力 無線局 (950MHz帯)	①登山者、災害被災者、徘徊老人等の探索 ②数百m～見通しで数kmの範囲 ③軽量、防水、廉価
CHEISER	GPS +レベル (方位)	特定小電力 無線局 (400MHz帯)	①登山者、災害被災者、徘徊老人等の探索 ②数百m～見通しで数kmの範囲 ③双方向通信(位置情報送信要求)、相対的位置表示、防水
携帯電話事業者 サービス	GPS	携帯電話	①汎用位置情報サービス ②携帯電話サービスエリア内 ③ランニングコスト(通信料)
BEBor	GPS	衛星携帯 電話 (イリジウム)	①海、山等の遭難の通報用 ②地球全域 ③指定したアドレスに通報、双方向通信(救助予定等)、通報操作が必要、 ランニングコスト(通信料)
PLB (Personal Locator Beacon)	コスパス ・サーサット 衛星	コスパス ・サーサット 衛星	①遭難の通報用 ②地球全域 ③衛星は船舶、航空機等の救難用として国際的に運用、個人向け(PLB)は制度 化の動き(当面は海上に限定)、救助機関に直接通報、通報操作が必要、 ランニングコスト

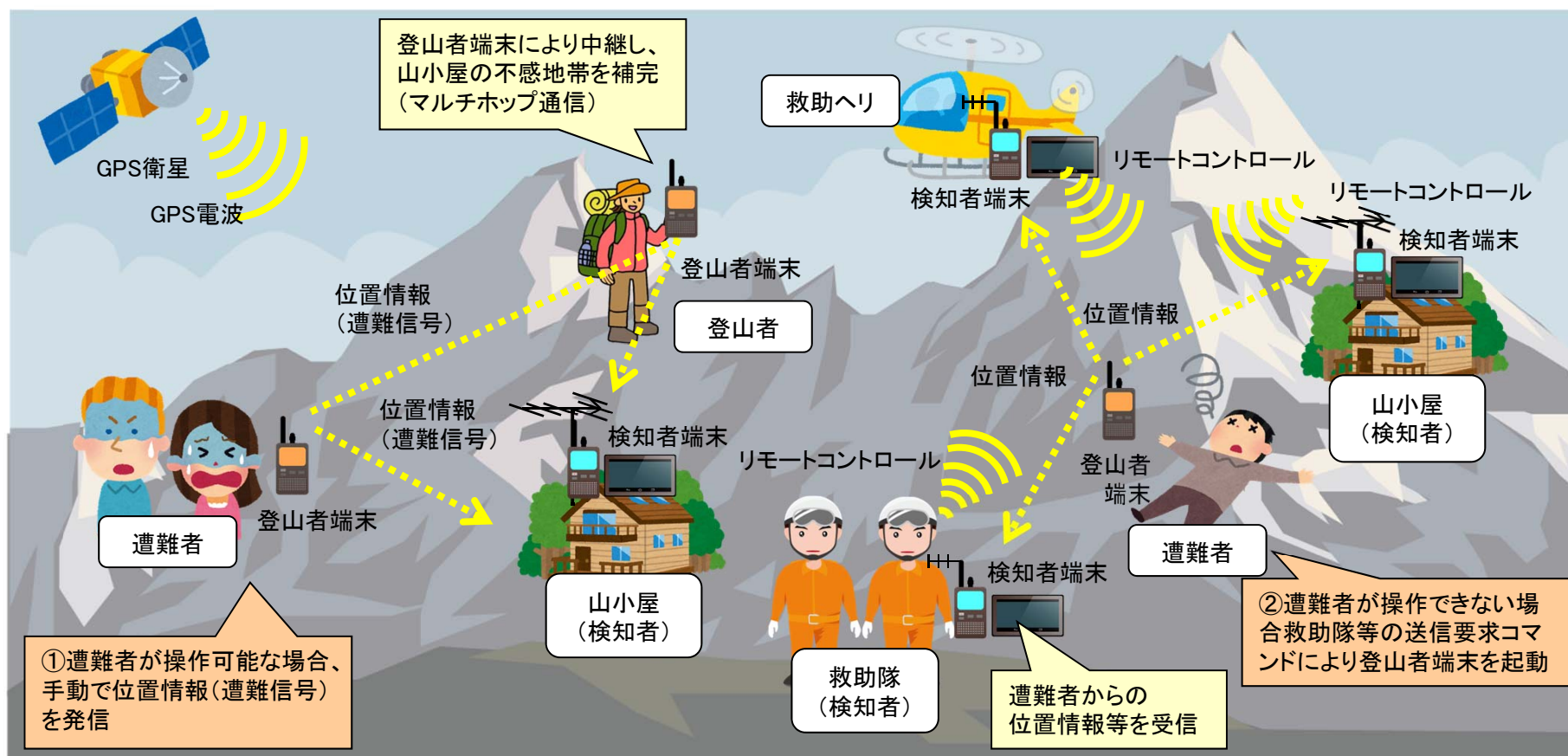
第1章 現状と課題 動物検知通報システムの課題

- ◆ 動物検知通報システムは、主として動物の行動及び状態に関する情報の通報などに利用されている
- ◆ 具体的な利用形態としては、①サル、クマなどによる農作物被害の防除(接近警報や追い払い)、②小動物・魚類を含めた野生動物の移動経路把握、生態調査や学術研究、③狩猟支援(猟犬に位置・状況確認)などがある
- ◆ 周波数(以下、「ch」とする)は5波あるが、うち2波はインターリーブ的な配置であるため、同一地域では実質3波
- ◆ 利用形態①及び②の測位方法は、現在はビーコン方式が主流であり、連続的に電波を発射してchを占有するため、同じ地域では同時に使用できるシステム数は割当てchに制約される



第2章 登山者等の位置検知システムの検討 利用シーン

- ◆ 登山者等の位置検知システムは様々な利用が想定されるが、代表的な利用シーンとして遭難時の例を示す
- ◆ 山小屋等に検知者端末を設置しておいて、登山者の位置を把握できる見守りシステムを利用する
 - ・ 登山者端末からの通報(位置情報)を受信して地図上に分かりやすく位置を表示する
 - ・ 不意の事故等で登山者が操作できない場合でも、検知者端末からのリモートコントロール(送信要求コマンド)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



第2章 登山者等の位置検知システムの検討 システムに対する要望

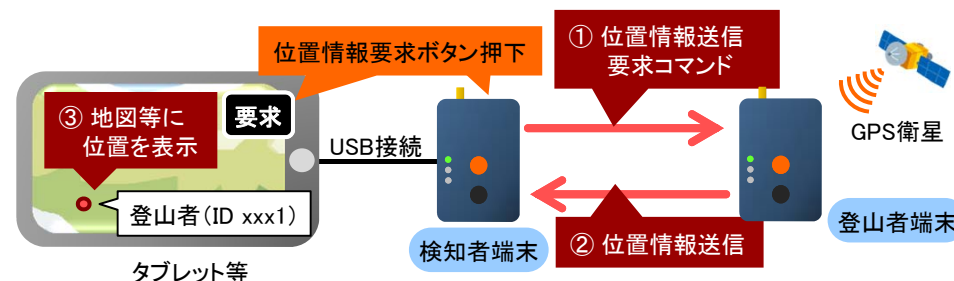
- ◆ 登山関係者からのヒヤリング等(登山者ビーコン情報交換会等)において出された要望を整理すると次のとおりとなる
- ◆ 高機能を求める一方で、小型、安価、簡単な操作に対する要望もあり、一般的に機能性とそれ以外の項目の要望には背反性がある

項目	要望
機能性	必要な機能が全て一つの装置に備わっていること(複数の所持不要)
	必要最小限の機能だけを備えていること(小型軽量、廉価、操作性)
	登山者端末が位置情報を中継できること(不感エリアの補完)
	検知者端末は普及しているタブレット等と連携して、登山者の位置を地図上に分かりやすく表示できること(相対位置、方角等を含めて)
	定型(メッセージ)文章を送受信できること
	広範囲に検知可能なこと
操作性	操作が簡単であること(直感的に操作できること)
携帯性	小型軽量であること
経済性	設備の価格が安価であること
	ランニングコストが安価であること
その他	運営方法が整備されること
	検知者端末及び登山者端末はできるだけ共通化されていること(製造コストの低廉化)

第2章 登山者等の位置検知システムの検討 システムの構成/機能・性能

◆ 登山等の位置検知システムの要望を踏まえシステム構成、機能・性能の例を示す

システム構成



端末	項目		システムの機能・性能
共通	通信方式		通信方式(単信方式:データ通信)
	測位方式		GPS等(検知者端末は登山者端末との相対位置関係を表示するため)
検知者 端末	位置情報送信制御		登山者端末に向けて位置情報を送信させるリモートコントロール
	表示		登山者端末の位置情報を地図上で視覚的に表示※（検知者端末の位置を併せて表示）
登山者 端末	位置情報 送信機能	直接	登山者の端末操作により位置情報を送信
		遠隔	検知者端末から送信された要求コマンドに応答し、位置情報を送信(不意の事故等により登山者が操作できない場合、平常時の見守りのための山小屋等から位置把握)
	測位間隔及び 情報保持機能		測位間隔:30分以内　保持機能:直前1～24地点分を登山者端末内のメモリに保持 (見守り等における登山者の動静把握や送信操作時にGPS測位ができない場合の対策)
	中継 (マルチホップ通信)		登山者端末等が受信した位置情報等を山小屋等に中継する機能(通信エリア補完) (マルチホップ通信機能の付加はソフトウェアで対応可能、必須とはしない)
	重量・サイズ・電源		小型軽量(100g以下)であり、必要な電源容量を確保
	連続動作時間		3週間以上

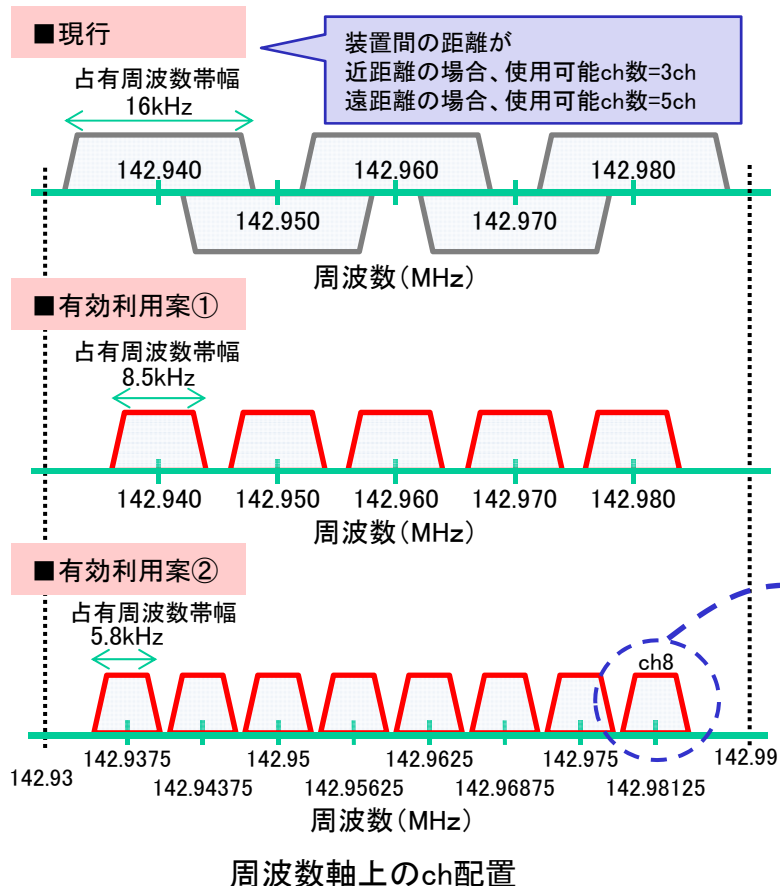
第3章 周波数共用方法の検討

- ◆ 周波数軸上及び時間軸上の有効利用策を併用することで、動物検知通報システムのチャンネル不足を解消するとともに登山者等の位置検知システムとの共用を実現する

周波数軸上の有効利用(狭帯域化)

狭帯域化により、使用可能なch数の増加を図る

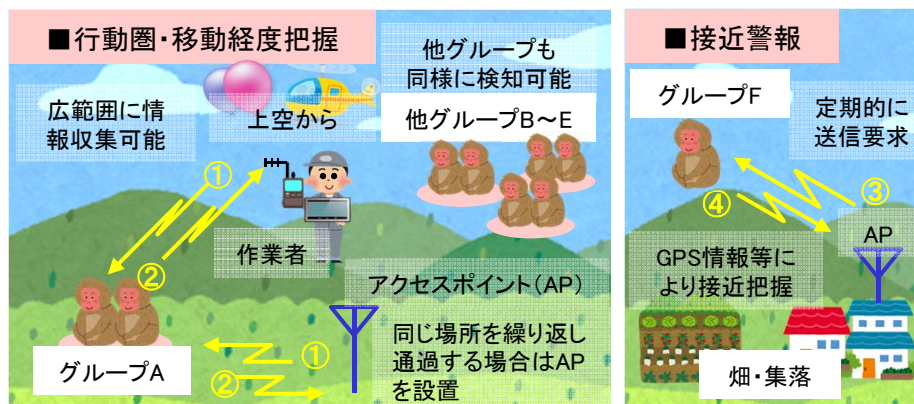
- ・ 周波数配置等の検討
- ・ 所要伝送速度の実現 及び伝送品質の確保等の検討



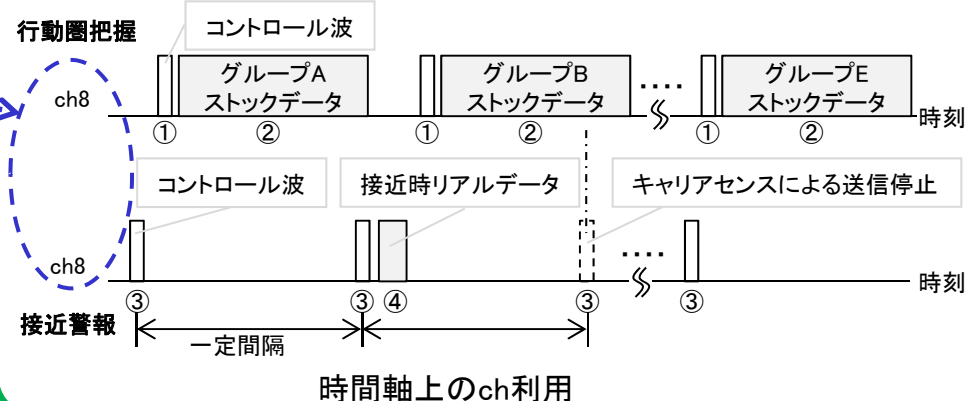
時間軸上の有効利用(送信制御)

連続的に送信するビーコン方式から、GPS測位方式への移行を図ることにより、同一chの時間軸上の有効利用を図る

- ・ 送信制御方法の検討
- ・ 動物検知通報システム(行動把握、接近警報)への適用検討



■ 複数の群れが狭い範囲に存在しても、混信なくデータを収集



第3章 周波数共用方法の検討 周波数軸上の有効利用の検討

ナロー化方策として、案①及び案②の2方式を検討した結果、次の理由から案②(5.8kHz帯域幅、6.25kHz間隔)が望ましい

- ◆ 利用可能チャネル数が最も多いこと(8ch)
- ◆ 2チャネル結束使用を認めることで動物検知通報システムの所要伝送速度9.6kbpsを実現できること
また、用途に応じて柔軟且つ効率的なチャネル利用ができること
- ◆ デジタル簡易無線局等に採用されており、デジタル化、狭帯域化の趨勢であること

案	ナロー化案① 8.5kHz帯域幅 (現行周波数配置)	ナロー化案② 5.8kHz帯域幅 (6.25kHz周波数間隔)
チャネル数	○ 5ch	◎ 8ch(2ch結束使用ではch数は減少)
所要伝送速度の確保	△ 4.8kbps(2値FSK)	○ 4.8kbps(4値FSK) 9.6kbps(4値FSK 2ch結束使用)
現行方式との親和性	△	×
コスト	○	△
他システムとの技術の 共通性	△	○
制度移行の経過措置	○	△

第3章 周波数共用方法の検討 時間軸上の有効利用の検討

- ◆ チャンネルを占有するビーコン方式から、GPSセンサーと双方向通信機能により必要時のみ電波を発射する方式への移行を進めることで時間軸上の有効利用を実現
- ◆ 動物検知通報システムの用途のうち、動物の位置検知（リアルデータ及びストックデータ）等にご利用される場合について、中型以上の動物については、情報形態にかかわらずほぼ移行が可能
- ◆ GPS方式への移行により、移動経路の把握等では調査精度の向上、作業能率の大幅改善（データダウンロードにおける高台、無人ヘリ等からの広域アクセス等）が期待される（円滑な移行に向けて各用途の検証が望まれる）

対象		必要な情報形態	現行方式		移行の可否	GPS方式	
			測位方式	情報形態		測位方式	情報形態
季節行動圏・移動経路の把握	小型水中生物（魚等）		ビーコン	リアル	不可	—	—
	中型水中生物（魚、カメ等）		〃	〃	不可	—	—
	小型動物（うさぎ、鳥等）		〃	〃	不可	—	—
	中型動物（サル等）	ストック	ビーコン	リアル	可	GPS	ストック
	大型動物（シカ、クマ等）	ストック	GPS・ビーコン併用	ストック	概ね可		ストック
接近警報	サル、クマ等	リアル	ビーコン	リアル	可		リアル
生態観察のための追跡	サル等	リアル	ビーコン	リアル	可		リアル
狩猟 i) 猟犬位置把握	猟犬	リアル	GPS等	リアル	可		リアル

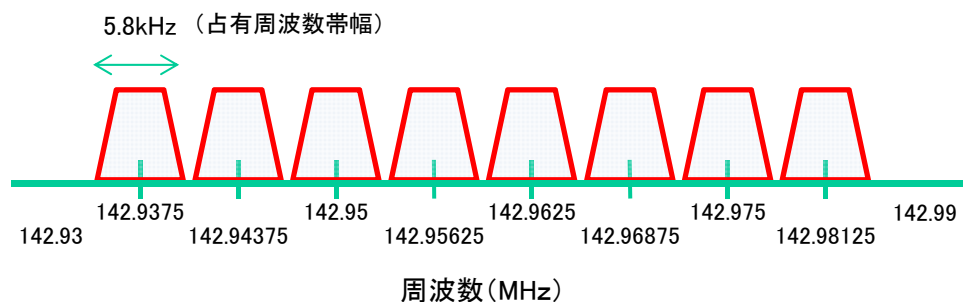
※動物検知通報システムの移行検討結果の詳細については、報告書を参照

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

第4章 実証試験及び技術課題の検討 試験モデルシステムの諸元

試験モデルシステムの諸元及び端末の外観等を示す

項目	諸元
周波数	142.9375～142.98125MHz (6.25kHz間隔の8波)
帯域幅	5.8kHz
空中線電力	100mW
受信感度	-117dBm
変調方式	2値GFSK方式
通信速度	2400bps
通信内容	データ
キャリアセンス機能	あり(-97dBm程度)
アンテナ	指向性(検知者) 無指向性(登山者)
アンテナ利得	1.8dBi(検知者) -0.57dBi(登山者)
サイズ	W50×H80×D24mm



検知者端末



登山者端末

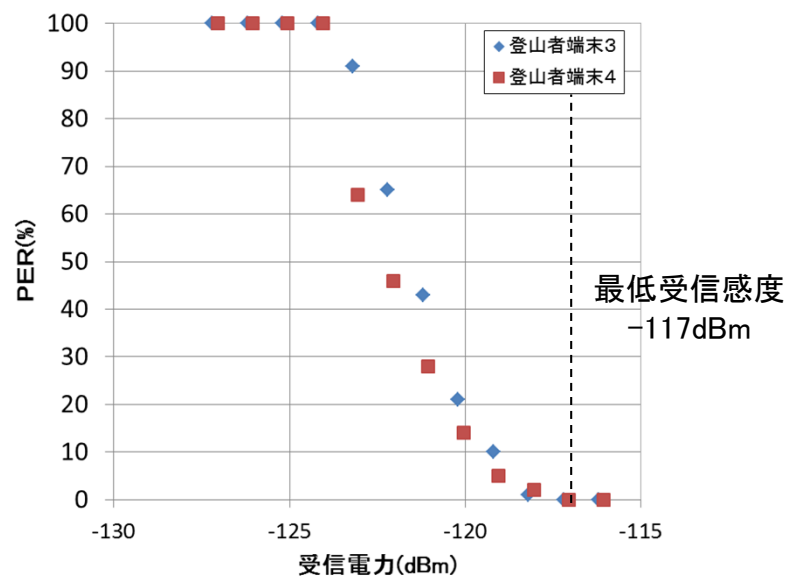


第4章 実証試験及び技術課題の検討 屋内実証試験

- ◆ 試験モデルシステムにおける伝送品質、占有周波数帯幅、隣接チャネル漏えい電力等の性能評価と現行システムとの共用試験を有線接続にて確認した
- ◆ 試験モデルシステムが設計通りの機能であること、及びシステム間の共用に有効なキャリアセンスが正常動作したことを確認できた

①データ伝送品質試験

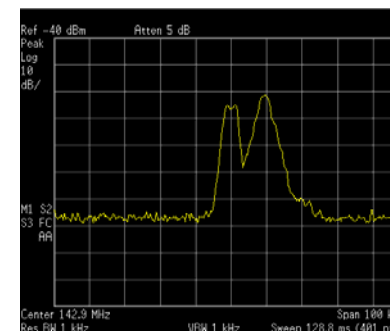
- ◆ 試験モデルシステムのデータ伝送品質試験を実施
- ◆ 試験モデルシステムの最低受信感度 -117dBm でPERが発生し、 -124dBm でPERが100%となった



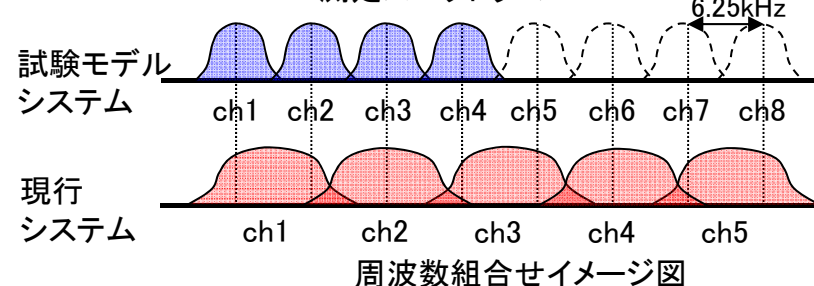
受信電力－PER特性

②現行システムと狭帯域システムとの共用試験

- ◆ 試験モデルシステムと現行システムを使用し、キャリアセンス動作検証を実施
- ◆ 中心周波数と帯域幅の差の組み合わせが変わっても、キャリアセンスが -97dBm の閾値で設計通りに動作することを確認できた



測定スペクトラム

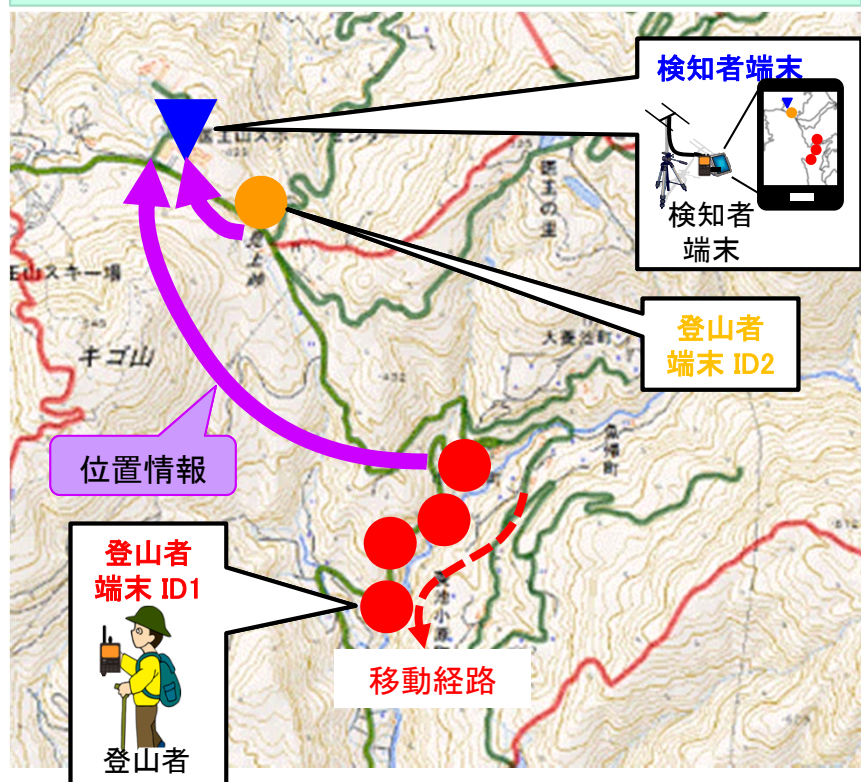


第4章 実証試験及び技術課題の検討 機能試験

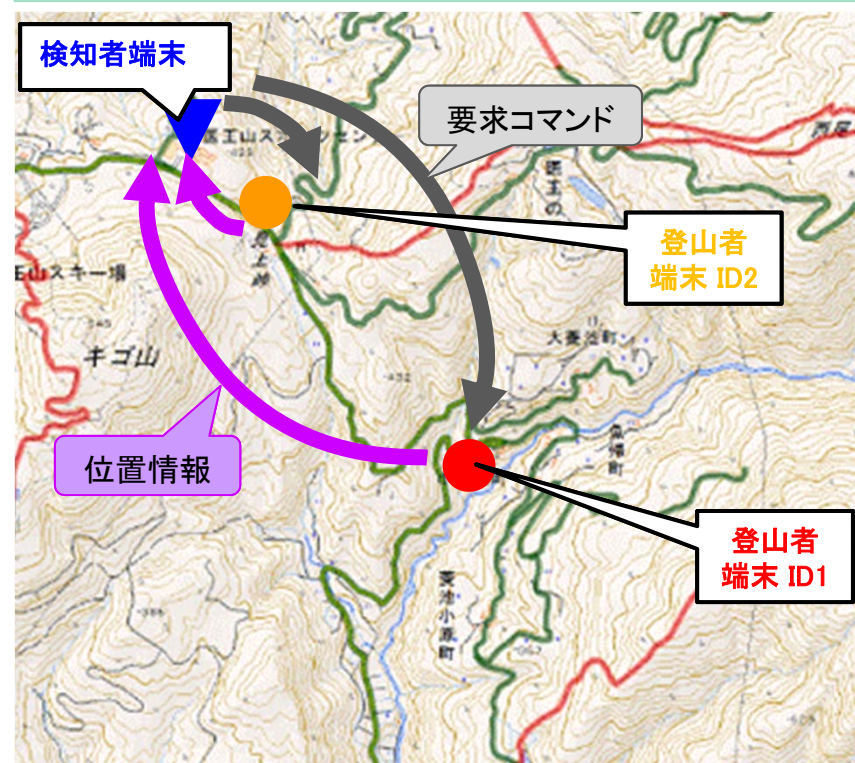
金沢市の医王山周辺をフィールドとして、次の機能試験を実施し、何れも良好に機能することを確認した

- ① 登山者の操作で登山者端末から送信された位置情報を検知者端末が受信して、登山者の位置を(検知者端末に接続したタブレットの地図上に)表示する
- ② 検知者端末からIDを指定して送信要求コマンドを送信し、それに応答して登山者端末から送信された位置情報を検知者が受信し、登山者の位置を表示する

①登山者からの通報



②リモートコントロールによる位置把握

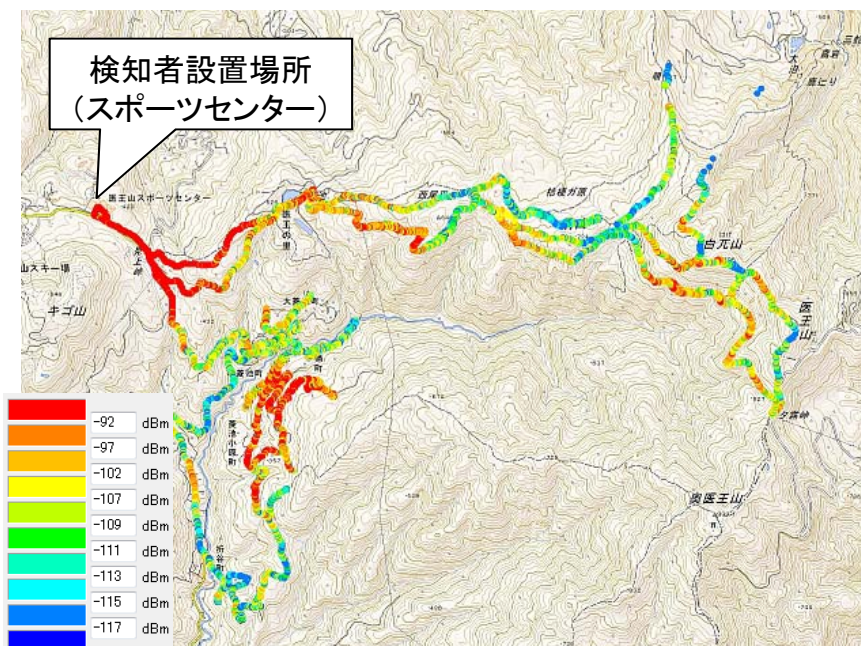


この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の電子地形図(タイル)を複製したものである(承認番号 平26情複、第1103号)
この地図を第三者が複製する場合には、国土地理院の長の承認が必要です

第4章 実証試験及び技術課題の検討 受信電力マップ

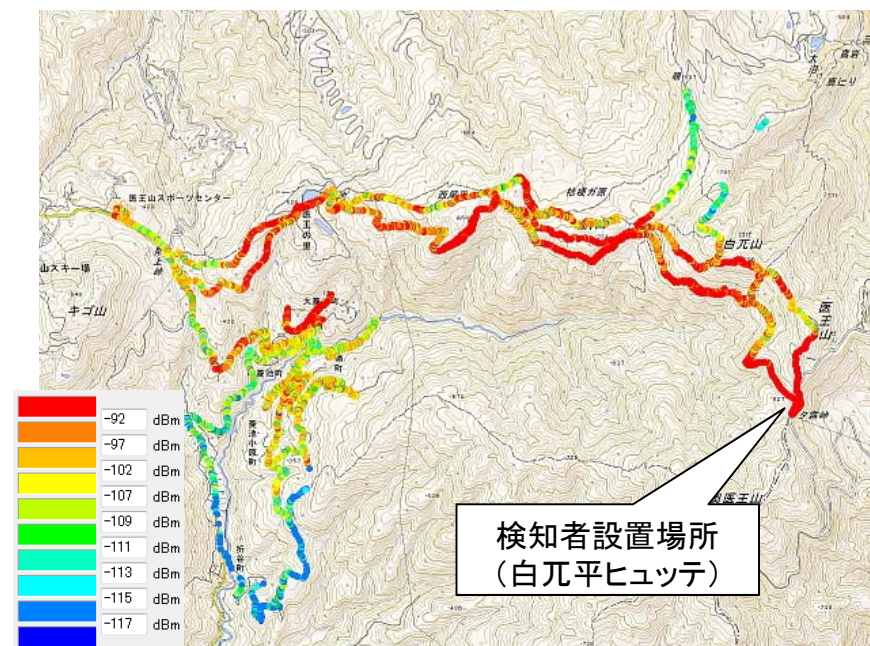
- ◆ 山小屋に見立てた医王山スポーツセンター及び白兀平ヒュッテの検知者端末において、1.5mの高さに保持した登山者端末から送信される電波の受信電力レベル及び符号誤り率を測定した
- ◆ 受信レベルは表示のとおりであり、符号誤り率は受信レベル-117dBm以上ではほぼ検出されなかった

①医王山スポーツセンター



医王山スポーツセンターに設置した検知者端末における
登山者端末からの受信電力マップ

②白兀平ヒュッテ



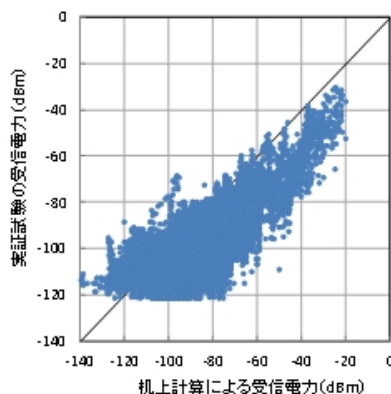
白兀平ヒュッテに設置した検知者端末における
登山者端末からの受信電力マップ

この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の電子地形図(タイル)を複製したものである(承認番号 平26情複、第1103号)
この地図を第三者が複製する場合には、国土地理院の長の承認が必要です

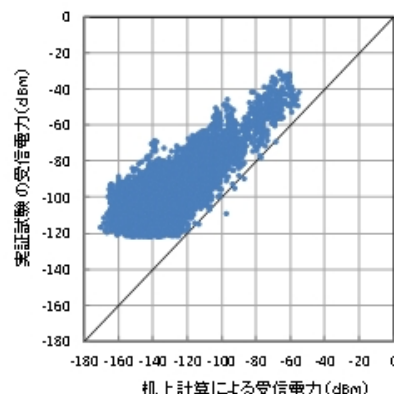
第4章 実証試験及び技術課題の検討 実測値と計算値の相関

①実測値と机上計算の相関性

- ◆ 実証試験の実測値と机上計算による受信電力の推定値との比較を行う
- ◆ 受信電力の推定は多重回折損失計算式及びITU-R 勧告P.1812を用い、それぞれ実測値との比較を行った結果を示す
- ◆ 前者による推定値は、実測値よりも概ね高く、後者はほぼ全ての値で低くなり異なる傾向が現れたが、いずれも実測値との間に高い相関があることが見て取れる



多重回折損失計算との比較



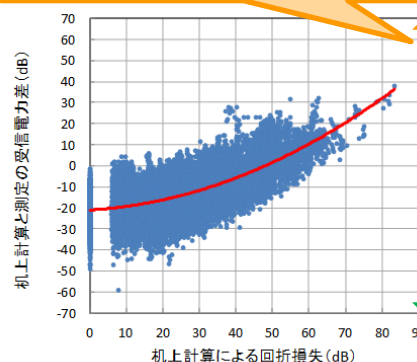
ITU-R P.1812との比較

②実測値と机上計算の補正值算出

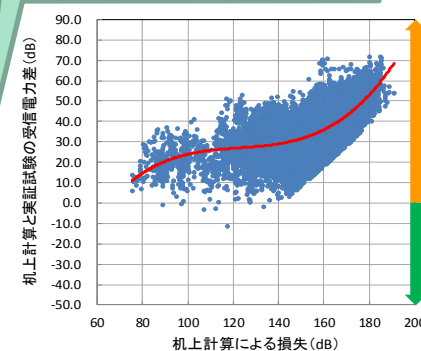
- ◆ 全測定地点において机上計算で求めた損失をX軸とし、実証試験と机上計算の受信電力差をY軸に表示し、「計算により求めた損失」と「計算値と実測値の受信電力差」の関係を表したものである
- ◆ 多重回折計算式を用いた場合は全体の傾向として、机上計算の回折損失が大きくなると、机上計算の受信電力が実証試験の受信電力よりも小さくなる
- ◆ 一方、ITU-R勧告を用いた場合は全体の傾向として、机上計算の損失が大きくなると、机上計算と実証試験の受信電力差も大きくなる（赤線は、この傾向をもとに求めた近似曲線）

机上計算の受信電力が低い
(机上計算が厳しくエリア設計)

机上計算の受信電力が高い
(机上計算が甘いエリア設計)



机上計算の回折損失と受信電力差の傾向
(多重回折損失計算)



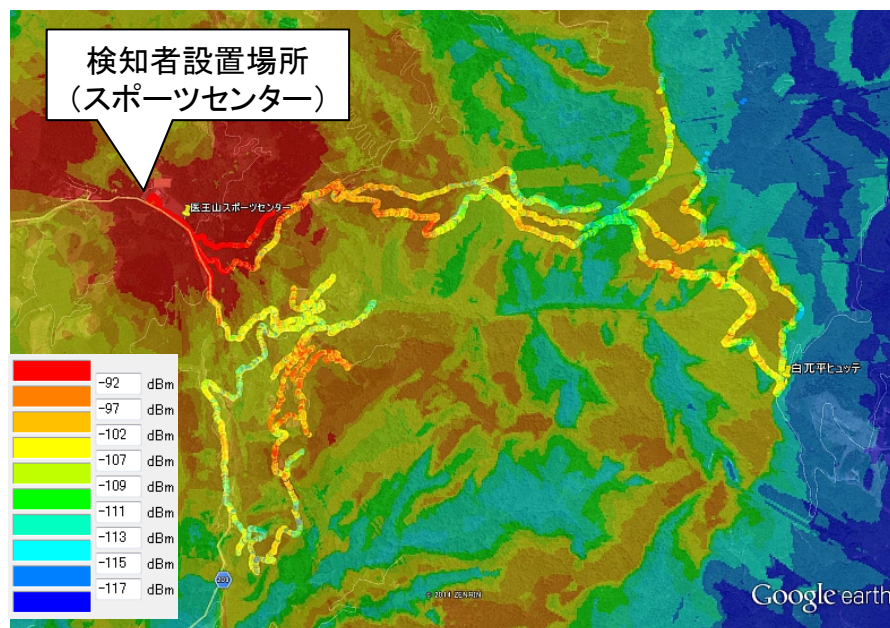
机上計算の回折損失と受信電力差の傾向
(ITU-R P.1812)

- 机上計算は数値標高モデル(DEM)10mメッシュ(標高)を使用し、多重回折損失計算もしくはITU-R P.1812より受信電力を算出
実証試験で使用したアンテナ利得や空中線電力を考慮
- 机上計算では本試験装置の諸元、アンテナ高、設置位置情報を用いて計算
- 検知者端末と登山者端末間の距離が15m以上の測定結果を使用

第4章 実証試験及び技術課題の検討 通信エリアシミュレーション

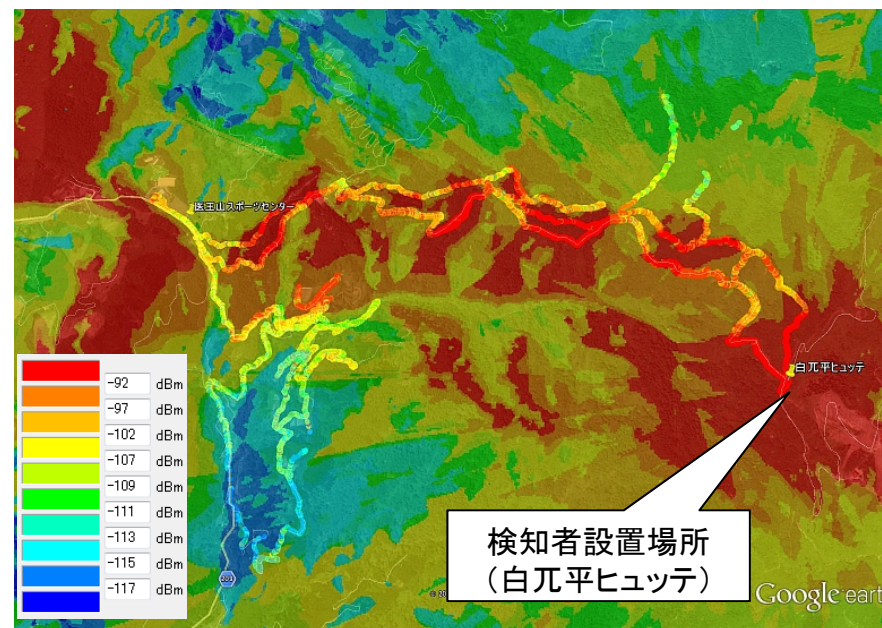
- ◆ 求めた近似曲線をもとに机上計算で求めた伝搬損失を補正することで、実測ポイント以外の地点における受信電力をシミュレーションにより求めた
- ◆ 受信電力の実測値とシミュレートした周辺の実受信電力が概ね一致していることが分かる
- ◆ 各検知者端末の受信感度は -117dBm であるので、実用機ではアンテナ利得が低下することを想定しても黄色以上のエリアでは登山者の位置情報の取得が可能と思われる

①医王山スポーツセンター



医王山スポーツセンターに検知者端末を設置した場合

②白兀平ヒュッテ

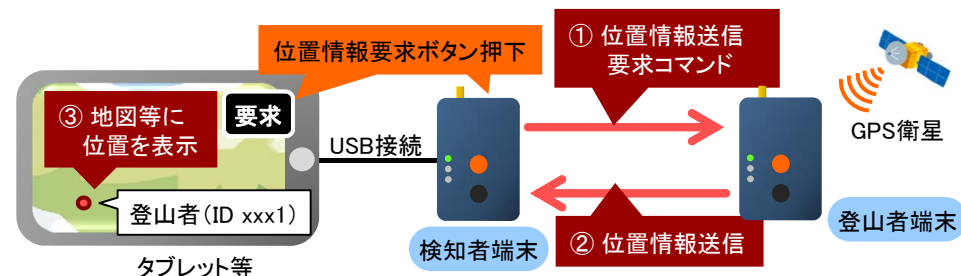


白兀平に検知者端末を設置した場合

第5章 提言 実用化方策(システムの構成/機能・性能/周波数の確保)

- ◆ 実証試験の結果等から、第2章で検討した構成及び機能・性能を基本とすることが望ましい

システム構成



- ◆ 登山者等の位置検知システムを動物検知通報システムとの周波数共用により実現するためには、次の周波数軸上及び時間軸上の有効利用策を併せて実施することが望ましい

① 周波数軸上の有効利用 ナロー化による使用可能チャンネルの増加（下表のとおり）

ch番号	中心周波数 (MHz)	備考
1	142.93750	周波数間隔 6.25kHz 占有周波数帯域幅 5.8kHz
2	142.94375	
3	142.95000	
4	142.95625	
5	142.96250	
6	142.96875	
7	142.97500	
8	142.98125	

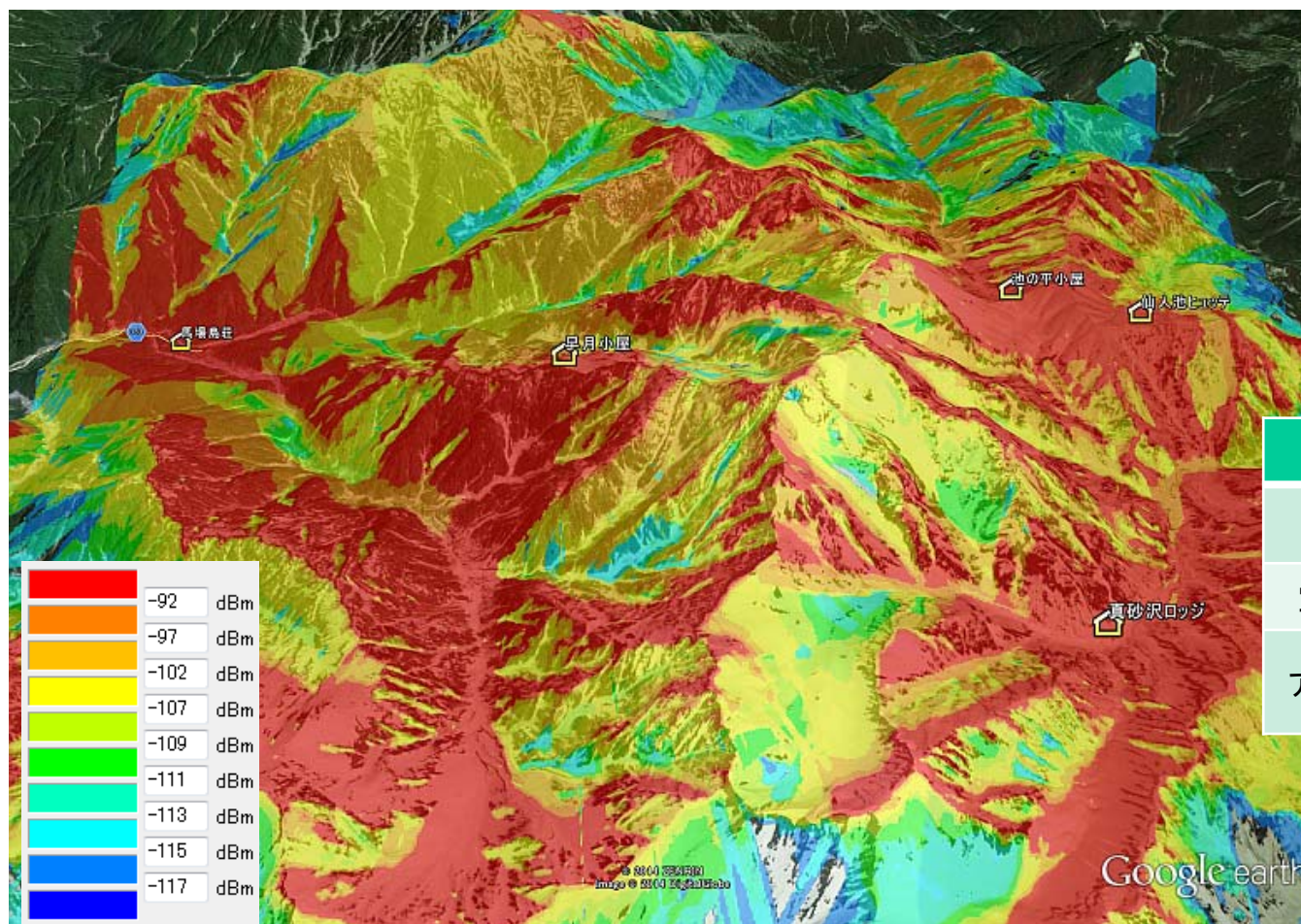
ch番号	中心周波数 (MHz)	備考
1、2	142.940625	周波数間隔 12.5kHz 占有周波数帯域幅 11.6kHz
3、4	142.953125	
5、6	142.965625	
7、8	142.978125	

② 時間軸上の有効利用

GPS方式への移行により、同一チャンネルの共用促進

第5章 提言 実用化方策(エリアの確保)

- ◆ 2～3km間隔で設置されている山小屋に検知者端末を設置することで見守りに必要なエリアが確保できる
剣岳周辺の山小屋(地図上表示)に設置した場合を想定し、第4章で示した手法によりシミュレーションした通信エリアを示す
※仮に受信感度-106dBm(黄色)とした場合には、地図上に表示された複数の山小屋に検知者端末を設置することによりエリアを確保



シミュレーション条件

項目	諸元
周波数	142.9575MHz
空中線電力	100mW
アンテナ利得	1.8dBi(検知者) -0.57dBi(登山者)

実証試験の結果を踏まえ、参考として剣岳周辺に適用した場合のシミュレーションの結果

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

第5章 提言 技術的条件

- ◆ 周波数共用方法の検討結果を踏まえて、登山者等の位置検知システムと共用する動物検知通報システム(現行周波数帯域内)の技術的条件を次のとおり整理する

分類	項目	技術的条件(案)
送信設備	無線チャンネル	単位チャンネル(中心周波数が、142.93MHz 以上142.99MHz 以下の場合、142.9375MHz 及び142.9375MHz に6.25kHz の自然数倍を加えたものであって、帯域幅が5.8kHz のチャンネルをいう)を使用するもの(同時使用可能な最大チャンネル数は2とする)とする
	占有周波数帯幅の許容値	5.8kHz(150MHz帯のデジタル簡易無線局と同様)又は11.6kHzとする
	周波数の許容偏差	($\pm$) 2.5×10^{-6} とする(150MHz帯のデジタル簡易無線局と同様)
	スプリアス発射の許容値	現行どおりとする
	隣接チャンネル漏えい電力	搬送波の周波数から6.25kHz 離れた周波数の($\pm$)R(R は、2kHz とする)の帯域内に輻射される電力が搬送波電力より45dB以上低い値であることとする(150MHz帯のデジタル簡易無線局と同様)
	空中線電力	現行どおりとする
受信設備	符号基準感度	現行どおりとする
制御装置	送信時間制限機能	現行どおりとする
	キャリアセンス	現行どおりとする

第5章 提言 周波数有効利用の促進/実用化・普及に向けて

時間軸上の有効利用促進のための専用周波数の確保

- ◆ 周波数の有効利用を一層促進するための時間的有効利用が可能なシステムの専用周波数の確保が必要
 - 動物検知通報システムは、小動物等を対象とするビーコン方式やドッグマーカ等々の時間的有効利用に馴染まない利用形態のシステムが混在していること
 - 登山者等の位置検知システムでは、迅速かつ確実な通報の伝達が求められること
 - 今後、人及び野生動物の位置検知に関する需要の増大が予想されること
- ◆ 専用周波数帯に沿った技術的条件の検討が必要
 - 新たな周波数の確保
 - 送信時間制御の最適化(連続送信時間の短縮等 例:40秒送信1秒休止)

経過措置

- ◆ 今回の有効利用策は、周波数配列及び占有周波数帯幅の変更を伴うことから、メーカーの新たな開発期間の確保及び利用者の利便を保障する観点から十分な経過措置期間の設定が必要

運営体制

- ◆ より安全な登山の実現のため登山関係者がお互いに助け合う「自助自立」の考え方を基本とした運営体制の整備
- ◆ 体制整備に向けた課題
 - 財政確保(イニシャル、ランニングコスト)
 - 運用における山小屋、警察(山岳救助隊)、消防などとの連携

普及活動

- ◆ 登山者の保有を基本としつつ、端末の低廉化が進むまでのレンタル制の導入
- ◆ メーカーが創意工夫を行える余地を残しつつ、基本機能に関わる部分は登山関係団体等が中心に規格統一