

山岳・雪崩等遭難者電波探索システムのための
周波数有効利用技術に関する調査検討
報告書(概要版)

平成29年3月

山岳・雪崩等遭難者電波探索システムのための
周波数有効利用技術に関する調査検討会

背景

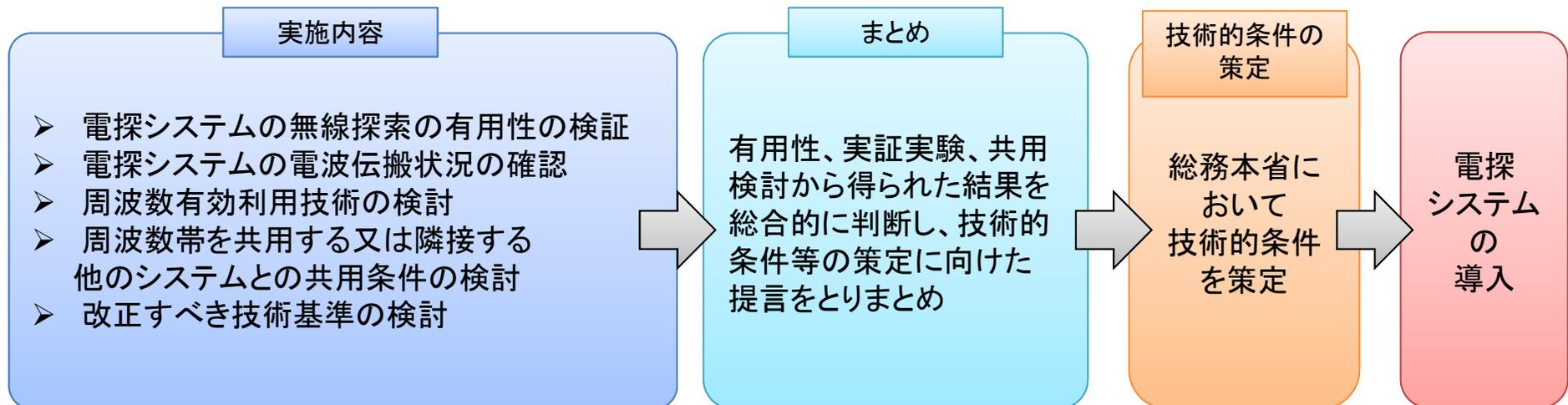
登山ブームや外国人観光客の増加に伴い、近年山岳・雪崩遭難案件数は増加している。山岳・雪崩遭難者の救難救助は一刻を争うものであり、警察、消防及び自治体等を始めとした多数の捜索関係者により、昼夜天候の区別なく過酷な状況において実施されている状況であり、効率的かつ迅速な対応が常に求められている。

山岳・雪崩遭難者の救難救助に必要な経費については、その大半が自治体の負担となっており、限られた予算の中で対処している状況である。また、救難救助に利用できる探索システムを全ての登山者、スキーヤー等に一律に所持させることは課題が多い。

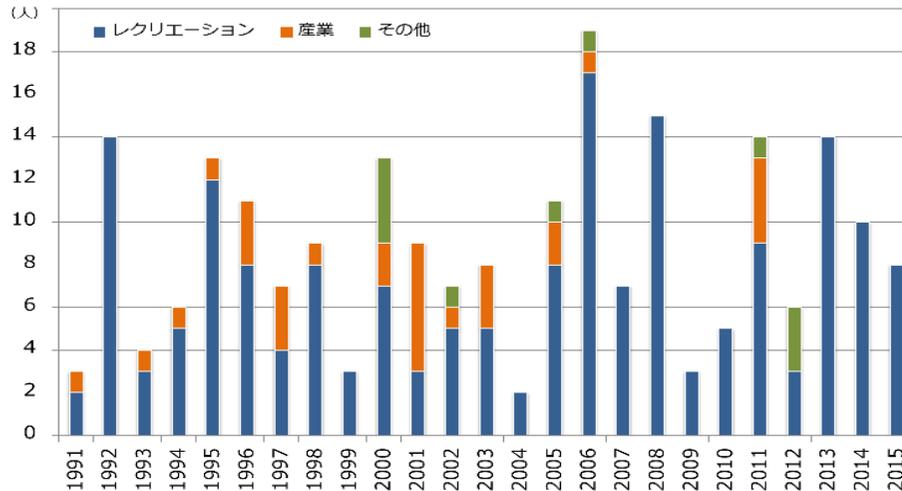
諸外国では、無線タグを利用した探索システム（以下、「電探システム」と言う）が利用されており、登山ウェアメーカーから無線タグが装着された登山ウェアが販売されるなど、各種団体等と連携で普及拡大を図る動きがある。電探システムは電源が不要で、登山ウェア、ヘルメット、ブーツなどに最初から組み込まれているという特徴を持っており、その利用を求める声があがっている。

目的

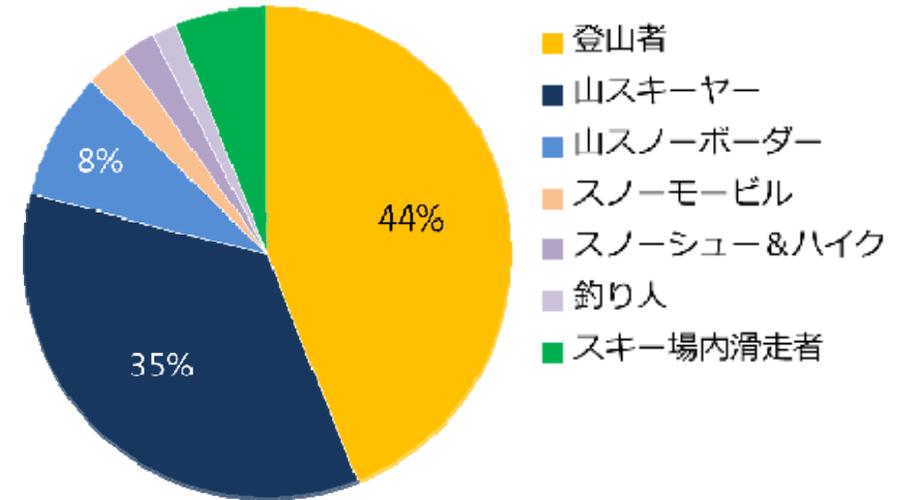
電探システムは電波の反射を利用した、山岳・雪崩遭難者の探索用無線装置として、900MHz帯及び1800MHz帯の周波数を活用している。当該周波数帯を他のシステムと共用を図りつつ実現するための検討・実証試験を行い、得られた結果を基に、技術的条件等の策定に向けた提言等を取りまとめる。



雪崩死者数の推移



雪崩死者数のレクリエーション別割合



【雪崩災害の現状】

- 平成3年以降の25年間に於ける雪崩発生件数は135件、死者数は221人(年平均:発生件数5件、死者数9人)
- 死者数が多いシーズンは、複数人が亡くなる大きな事故が発生
- 死亡事故の94%は山岳で発生しており、登山中が4割以上

データ提供: 特定非営利活動法人 日本雪崩ネットワーク (平成3年~平成27年)

【課題】

- 救助・救援活動は、迅速かつ的確に行う必要がある一方で、二次遭難・二次災害の危険性を孕んでいる。
- 積雪期においては、事態発生から救助までの時間が存命率にかかる重要な要素となり、遭難者の早期の位置特定が大きな課題である。

雪崩搜索の現状

山岳・雪崩遭難の救助活動には、現状、以下のようなさまざまな装置や手法が用いられている。

ヤマタン (山岳遭難者 探索ビーコンシステム)		携帯電話サービス	
雪崩ビーコン (アバランチ・ビーコン)		プローブ(ゾンデ)	
HITOCOCO		救助犬	
登山等位置検知システム		電探システム (海外のみ)	



出典: 倶知安駐屯地公式ウェブサイト
(http://www.mod.go.jp/gsdf/nae/11d/jgsdf-post/images/kucyan/katudou-tiiki/saigai/saiha_1.html)

【搜索者側の課題】

- 搜索のための機器や手法は数多く存在しているが、軽量、低価格かつ容易に広範囲の搜索を可能とする装置が求められている。

【登山者側の課題】

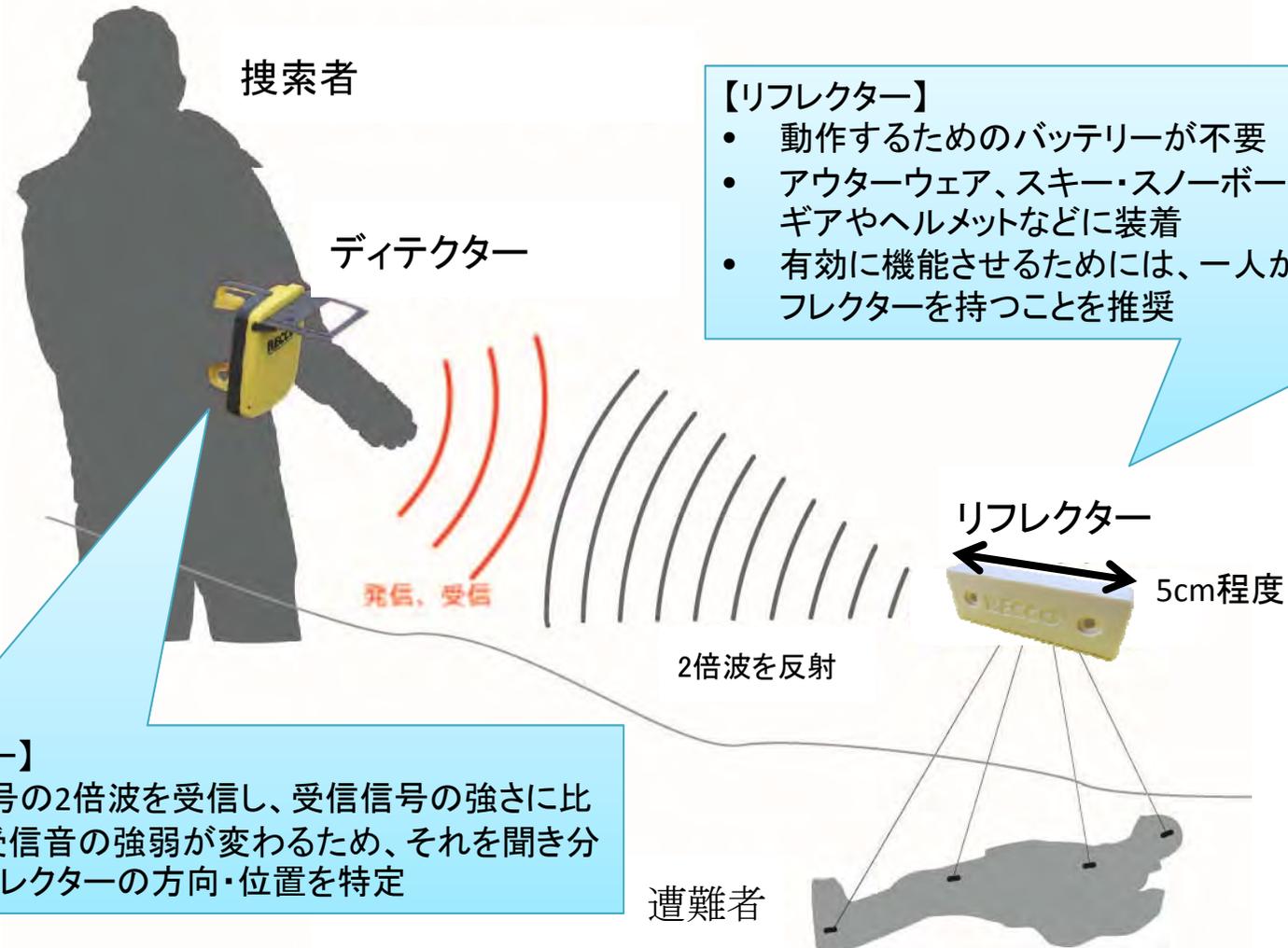
- 登山者にとってみれば、軽量、低価格かつ電池不要なものが望まれる。

➡ この要望を満たす装置の一つとして電探システムがある

第2章 電探システムの概要

電探システムの概要

電探システムは、送受信機(以下、「ディテクター」という。)及び反射器(以下、「リフレクター」という。)から構成される。



【リフレクター】

- 動作するためのバッテリーが不要
- アウターウェア、スキー・スノーボードブーツ、防護ギアやヘルメットなどに装着
- 有効に機能させるためには、一人が2個以上のリフレクターを持つことを推奨

【ディテクター】

- 送信信号の2倍波を受信し、受信信号の強さに比例して受信音の強弱が変わるため、それを聞き分けてリフレクターの方向・位置を特定

遭難者

電探システムの利用シーン

電探システムの利用シーンは次のとおり

- 普段着ているスキーウェアや登山用リュック等には、リフレクターと呼ぶ反射器が常時縫い付けてある。
- 気にならないほどの軽量であり、電源も不要である。
- 雪崩や遭難発生時においては、捜索者が所有するディテクターを使用して、雪に埋もれた人等を捜索する。
- ディテクターから送信された電波をリフレクターが2倍の反射波を返すことで位置を知ることが可能となり、プローブのみの捜索と比べ迅速な捜索が可能となる。



実証実験の目的

- 電探システムの有効性の検証や、電波伝搬状況の確認を行うため、屋内及び屋外での実証実験を実施
- 得られた測定データは、共用検討のパラメータや、技術基準策定に向けた検討に利用

前提

- 電探システムは既に欧州、米国で利用が認められている。
- リフレクターは既に世界のスポーツウェアメーカの製品に装着されていることから、既存の製品を使用
- ディテクターは、今後の国内における製品開発の可能性や外国製品改善も予想されることから、既存の製品及び試作機を使用

概要

屋内実証実験 (電波暗室)

- リフレクター及びディテクターの電気的特性を確認
- リフレクターの反射周波数の範囲や反射電力の強度を確認
- ディテクターの周波数や空中線電力の実測値を確認



屋外実証実験 「雪氷環境外」

- 屋外環境におけるリフレクター及びディテクターの伝搬特性を確認
- 電探システムの探知可能距離や樹木等による減衰の確認
- 屋内試験で得られた結果と実環境における試験結果の比較



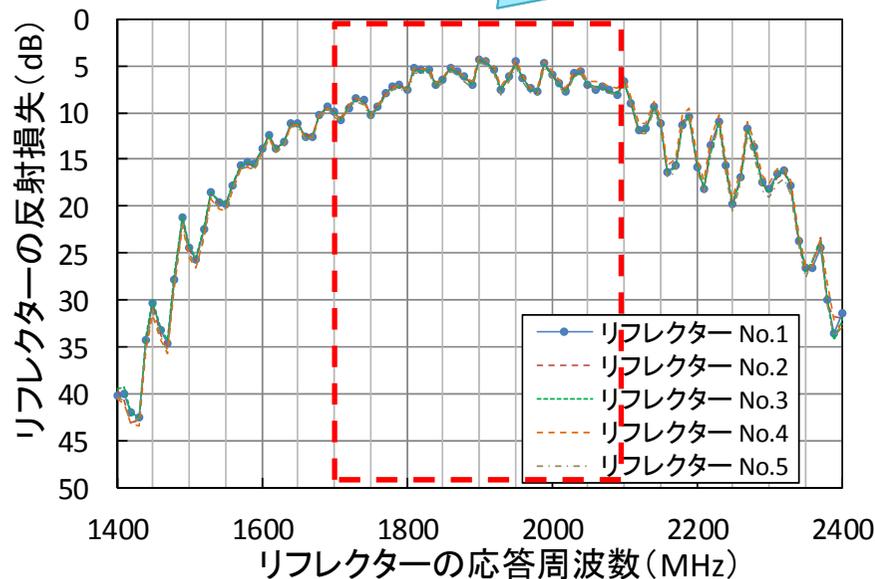
屋外実証実験 「雪氷環境」

- 雪氷環境におけるリフレクター及びディテクターの伝搬特性を確認
- 雪による減衰の確認

リフレクターの電気的特性の測定結果は以下のとおり。

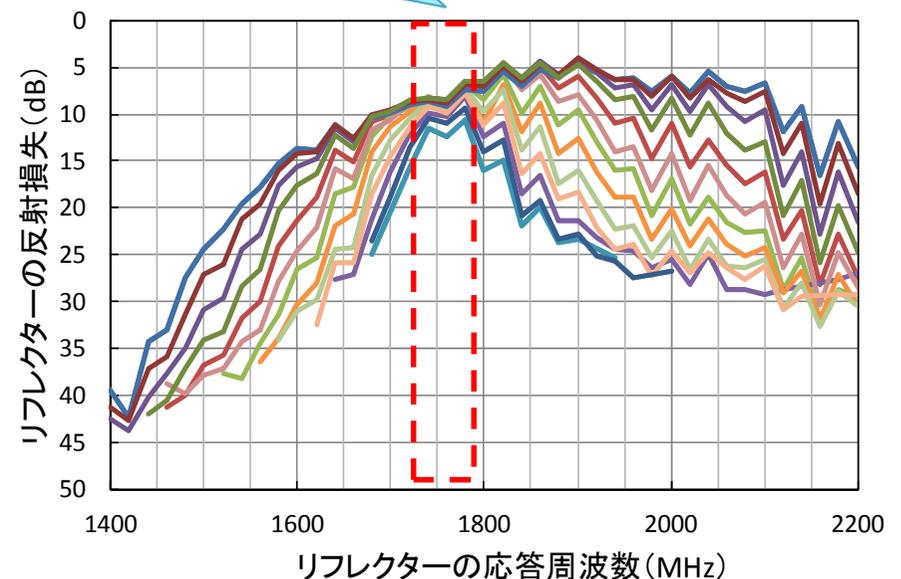
リフレクターの周波数特性

1700MHz~2100MHzの範囲の周波数特性が良い (赤枠の範囲)



リフレクターの応答電力特性

1760MHz~1780MHzの範囲が反射損失が少ない (赤枠の範囲)



【周波数特性の測定結果のまとめ】

- 1700MHz~2100MHzの範囲が周波数特性が良い結果であった。
- 上記の周波数範囲外になるとリフレクターの周波数特性は悪くなることが確認できた。

【応答電力特性の測定結果のまとめ】

- 1760MHz~1780MHzの範囲が反射損失が少ない結果であった。
- 上記の周波数範囲外になるとリフレクターの応答電力特性は悪くなることが確認できた。

第3章 実証実験 (屋内実証実験)

ディテクターの電気的特性の測定結果は以下のとおり。

ディテクターの電気的特性

※測定は欧州、米国、日本向けの周波数の異なる4装置で実施

項目	No.1	No.2	No.3	No.4
中心周波数 (MHz)	866.9002	902.8504	928.5002	928.5003
周波数地域	欧州	米国	日本	日本
占有周波数帯幅 (kHz)	33.88	24.16	12.93	14.23
空中線電力 (dBm)	37.6	33.3	32.2	30.9
不要発射強度 ^{注1} (dBm) スプリアス領域 (30MHz~2.5BN)	-35.3	-36.1	-35.7	-23.5
不要発射強度 ^{注2} (dBm) スプリアス領域 (2.5BN~3GHz)	2.7	-2.8	-15.9	-27.9
アンテナ利得 ^{注3} (dBi)	8.34	9.22	6.83	6.83
e.i.r.p (dBm)	45.94	45.52	39.03	37.73

注1: スプリアス領域 (30MHz~中心周波数+2.5BN) の測定結果 BN=必要周波数帯 (50kHz) スペクトラムアナライザのRBWは100kHzで測定

注2: スプリアス領域 (中心周波数+2.5BN~3GHz) の測定結果 BN=必要周波数帯 (50kHz) スペクトラムアナライザのRBWは1MHzで測定

注3: 送信アンテナ利得は報告書付属資料5の送信アンテナの周波数特性の測定結果参照

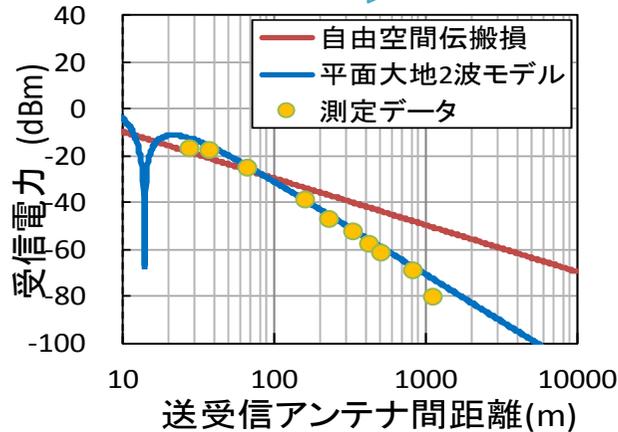
【電気的特性の測定結果のまとめ】

- 現在利用されているディテクターは、送信周波数によって空中線電力及びアンテナ利得に差が生じていた。
- 具体的には、空中線電力は、中心周波数が高くなるにつれて下がる傾向であり、最大6.7dBの差が生じていた。
- また、アンテナ利得は、880MHz~900MHzの周波数の範囲が最も高く、それ以外の範囲では低い傾向であった。
- 欧州向けの周波数のディテクターと比較し、日本向けのディテクターはEIRPで8.21dB低いものであった。

雪氷環境外の測定結果は以下のとおり。

ディテクターの伝搬距離特性

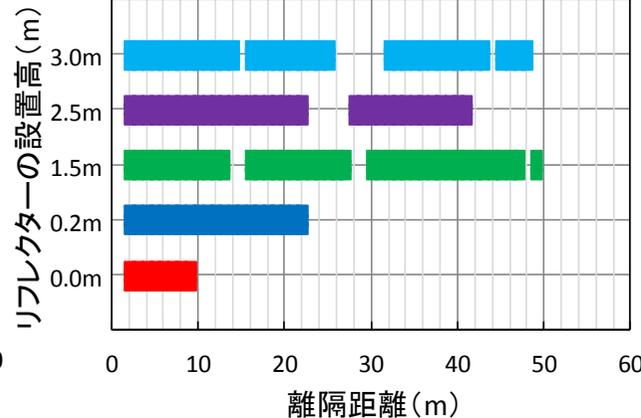
伝搬距離特性は机上計算(平面大地2波モデル)と一致した。



伝搬距離特性

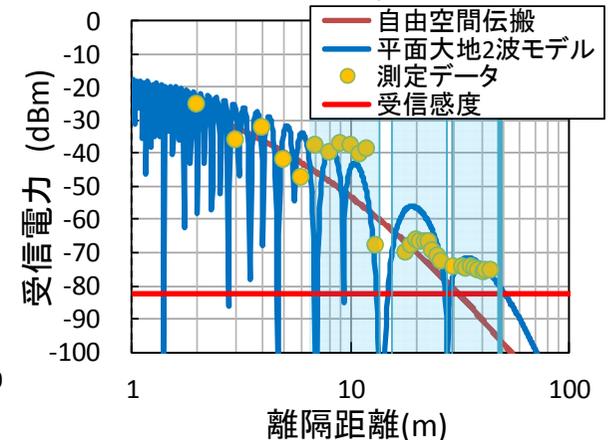
リフレクターの応答距離特性

見通しで最大50mまで応答した。



応答距離の判定

応答距離特性は机上計算(平面大地2波モデル)と一致した。



応答距離特性

【ディテクターの伝搬距離特性のまとめ】

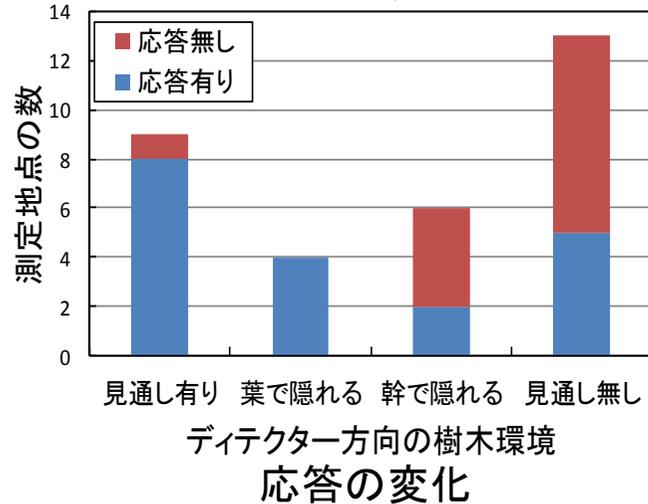
- 見通しのある直線道路でのディテクターの伝搬距離特性は、平面大地2波モデルの理論値とほぼ一致したことから、共用検討は机上計算で行うことができる。

【リフレクターの応答距離特性のまとめ】

- 応答距離は、空中線電力1W、アンテナ高1.5mで50mであった。なお、火山灰に0.4m埋めた場合、1Wでも応答しなかった。
- 見通しのある直線道路でのリフレクターの応答距離特性は、平面大地2波モデルの理論値とほぼ一致したことから、共用検討は机上計算で行うことができる。

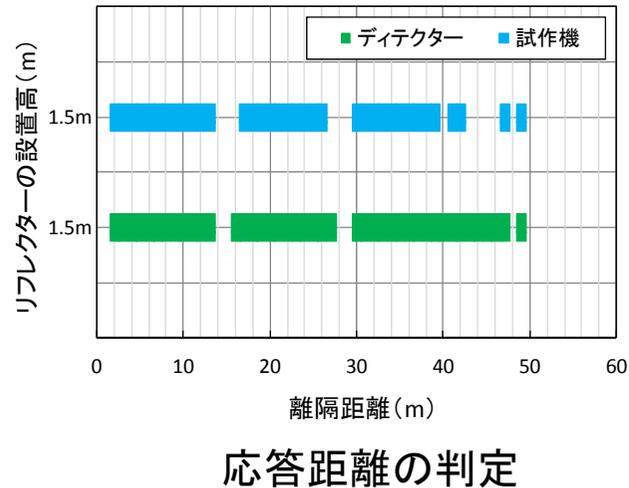
樹木の遮蔽による応答の変化

樹木で遮られると応答しない場合が多い。

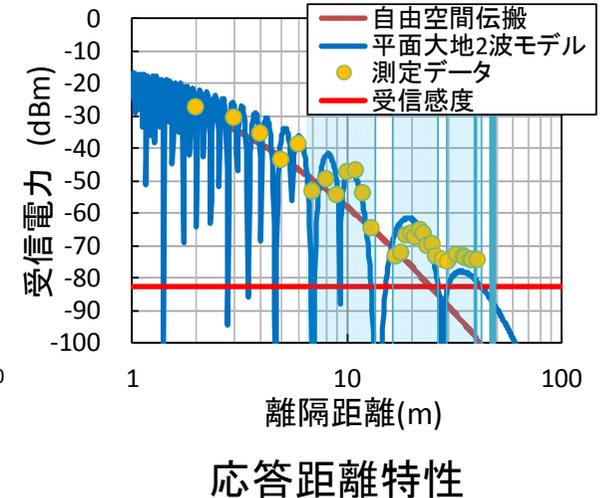


試作機を用いたリフレクターの応答距離特性

既存のディテクターと同じく、見通しで最大50mまで応答した。



机上計算 (平面大地2波モデル) と一致した。



【樹木環境の応答特性のまとめ】

- 樹木による遮蔽があると、距離が近くても応答しない場合が多い。

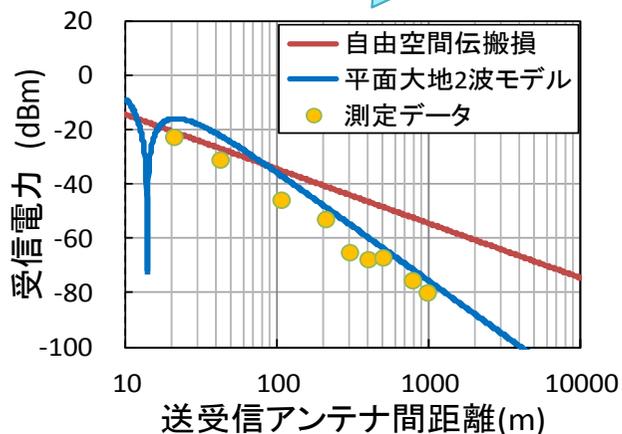
【試作機を用いたリフレクターの応答距離特性のまとめ】

- 応答距離は空中線電力1W、アンテナ高1.5mで50mであり、既存のディテクターと同等であった。
- 見通しのある直線道路でのリフレクターの応答距離特性は、平面大地2波モデルの理論値とほぼ一致したことから、共用検討は机上計算で行うことができる。

雪氷環境の測定結果は以下のとおり。

ディテクターの伝搬距離特性

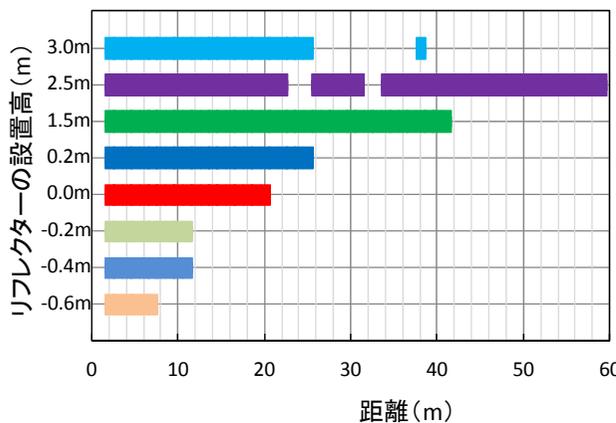
伝搬距離特性は机上計算(平面大地2波モデル)と一致した。



伝搬距離特性

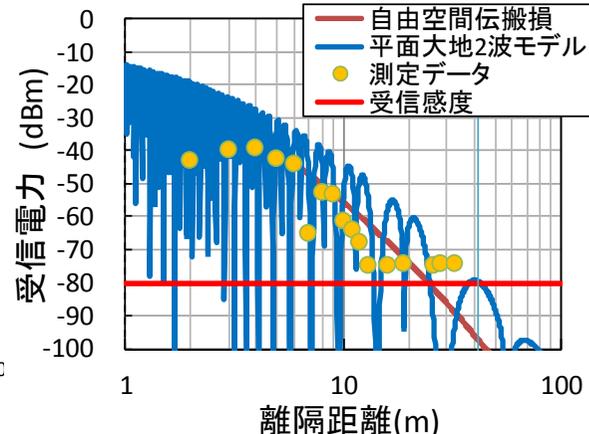
リフレクターの応答距離特性

場合によっては、見通しで最大60mまで応答した。



応答距離の判定

応答距離特性は机上計算(自由空間伝搬モデル)に近似した。



応答距離特性

【ディテクターの伝搬距離特性のまとめ】

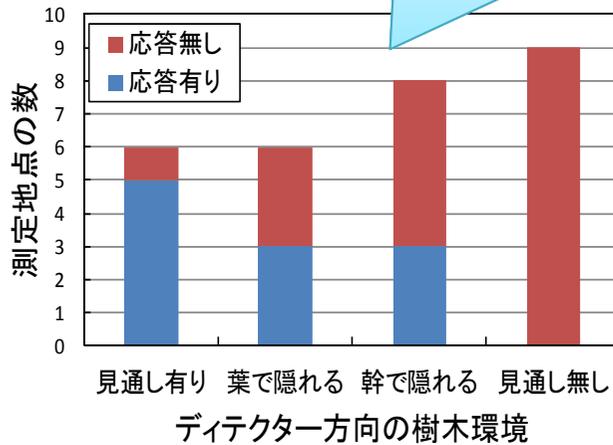
- 伝搬距離特性は、平面大地2波モデルの理論値とほぼ一致したことから、共用検討は机上計算で行うことができる。

【リフレクターの応答距離特性のまとめ】

- 応答距離は、空中線電力1W、アンテナ高1.5mで40mであった。なお、アンテナ高2.5mの場合、60mであった。
- 見通しのある直線道路でのリフレクターの応答距離特性は、自由空間伝搬モデルの理論値と近似していることから、共用検討は机上計算で行うことができる。

樹木の遮蔽による応答の変化

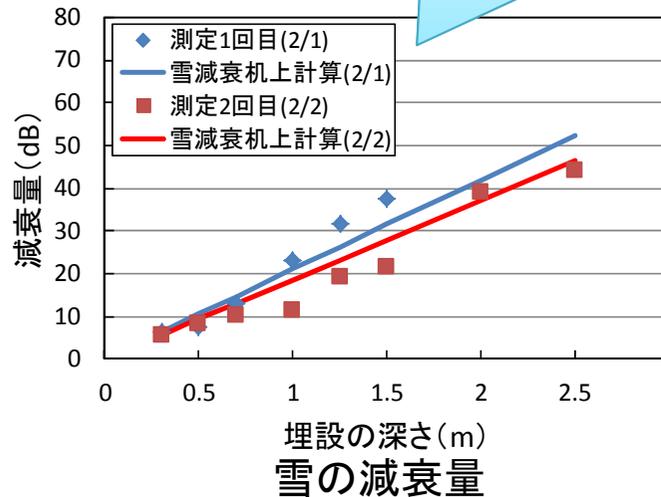
樹木で遮られると応答しない場合が多い。



応答の変化

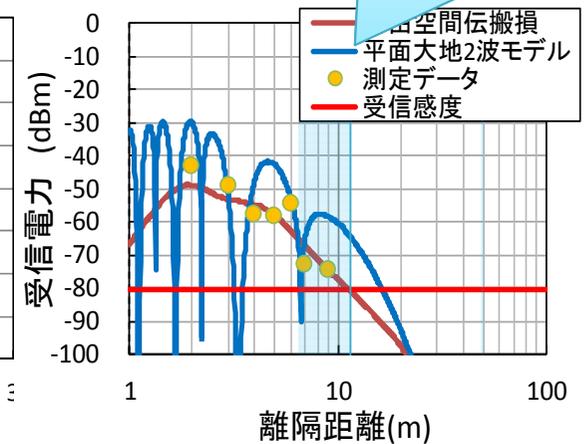
雪に埋設時の減衰とリフレクターの応答距離特性

理論計算と10dB程度の差が出る場合もあるが、おおむね理論値と近似した。



雪の減衰量

埋設の深さを変えても、机上計算 (自由空間伝搬モデル) に近似した。



雪に埋設時の応答距離特性

【樹木環境の応答特性のまとめ】

- 樹木による遮蔽があると、距離が近くても応答しない場合が多い。

【雪に埋設時の減衰量とリフレクターの応答距離特性のまとめ】

- 雪に埋設時の減衰量は、理論値と比較して最大10dB程度の差があったが、おおむね近似した。
- 遮蔽減衰量は雪質によって変化するが、雪質は時間により変化することや、積雪状態が一様ではないことから、理論値と測定データが完全に一致することは難しい。
- 雪に埋設時のリフレクターの応答距離特性は、自由空間伝搬モデルの理論値と近似していることから、共用検討は机上計算で行うことができる。

各実証実験のまとめは以下のとおり

電波暗室実験のまとめ

<リフレクター>

- ①海外(EU,米国)で利用されている周波数以外でも十分利用可能である。
- ②入力される周波数は850~1050MHzが良い。
- ③変調方式は振幅変調以外でも応答する。

<ディテクター>

- ①海外(EU,米国)向けに比べ日本向けのものは空中線電力・アンテナ利得が低いため探知距離が短くなる。これは、海外向けのものを日本向けに変更したことにより特性が悪くなったと推測できる。
- ②日本向けの周波数に合わせて製造することが必要である。

雪氷環境外実験のまとめ

<リフレクター>

- ①空中線電力1Wで見通し50mまで応答する(アンテナ高1.5mの場合)。
- ②樹木に遮られた場合は50m以下でも応答しない。
- ③火山灰に0.4m埋めた場合、空中線電力1Wでも応答しない。

<ディテクター>

- ①積雪のない環境の測定結果は机上計算の理論値と一致。共用検討は机上計算で行うことができる。

<試作機>

- ①既存ディテクターの結果と一致。よって、ディテクターは既存品以外でも可能である。

雪氷環境実験のまとめ

<リフレクター>

- ①積雪がある状態では、空中線電力1Wで見通し40mまで応答する(アンテナ高1.5mの場合)。
- ②樹木に遮られた場合は40m以下でも応答しない。
- ③深さ0.4mの埋設時では、空中線電力1Wで10m程度まで応答する。
- ④雪面1.5mから探知した場合は、深さ2.5mで応答することもあったが、雪の状態により異なる。

<ディテクター>

- ①積雪があっても理論値と一致する。このため、共用検討は机上計算で行うことができる。

<雪の減衰>

- ①含水率などから減衰の理論値を算出可能である。
- ②雪の状態により減衰の値が異なる。

共用検討の目的

- 電探システムが利用を想定している周波数帯域には、携帯電話、RFID、MCAなどの各種システムが既に存在しており、導入するためには、これらのシステムと共用可能か検討をする必要がある。
- 得られた結果を基に電探システムの技術的条件等を検討する。

概要

- 電探システムに適した共用検討手法を検討し、以下の流れで実施した。

① 共用検討条件の整理

- 共用検討を行う他システムの選定
- 他システム諸元の調査
- 計算手法の整理・確定
- 電探システムの利用シーンのモデル化



② 共用検討の実施

- 整理した条件を基に机上計算の実施
- 実験結果を用いた机上計算の実施



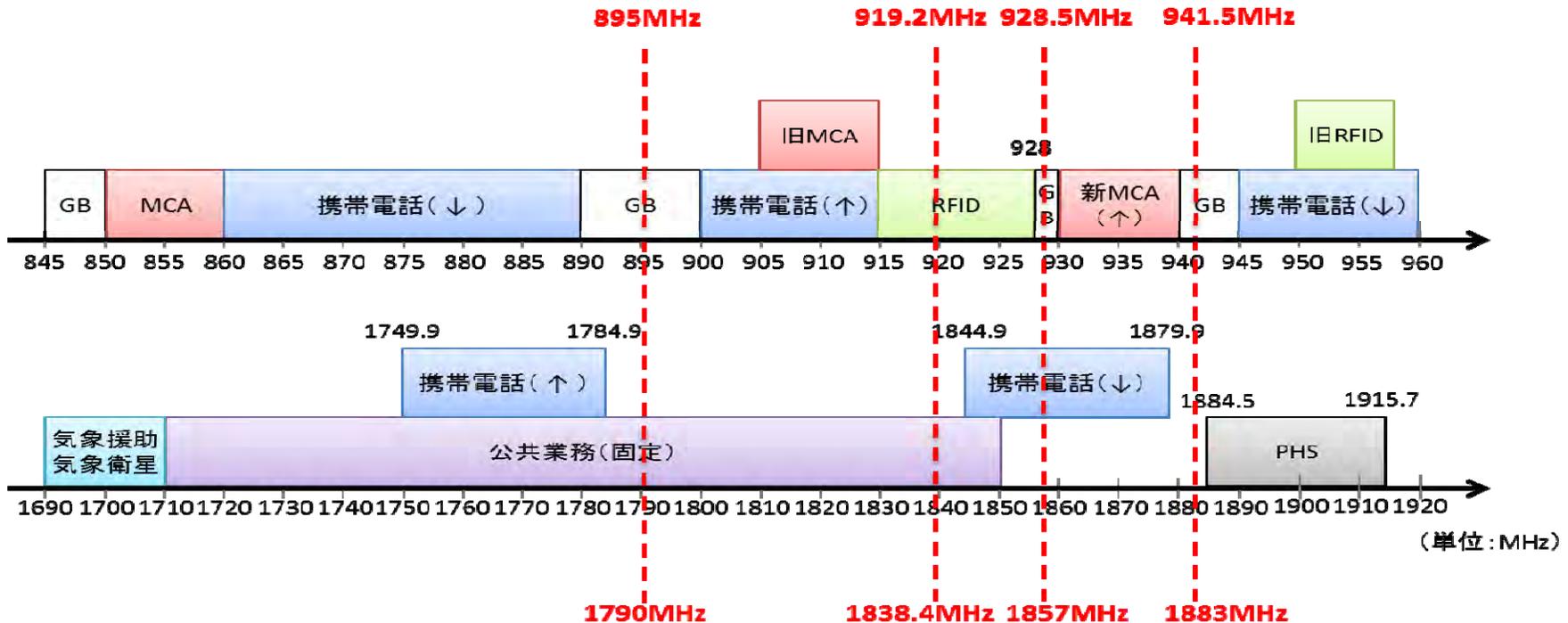
③ 共用検討のまとめ

- 得られた計算結果から、共用可能となる条件を整理
- 法制度や技術的課題についての検討

共用検討に必要な条件を以下のとおり整理する。

共用検討条件の整理

- 各種システムと共用するための所要改善量(共用基準を満足するために必要な改善量)及び所要離隔距離を机上計算で算出する。
- 電探システムのパラメータは公証値及び実証実験で得られた結果を使用する。
- 共用検討を実施する周波数の候補は、実験の結果を踏まえ4周波数(895、919.2、928.5、941.5MHz)とする。
- 電探システムの空中線電力は公証値の4Wを上限とする。
- リフレクターを装着した遭難者が雪に埋もれている深さは1mとする。
- 共用検討は各種システム諸元及び伝搬損失モデル式などで条件の厳しいものを使用する。
- 共用検討の机上計算で得られた結果は技術的条件の策定に使用する。
- これらの条件を踏まえて利用シーンをモデル化し、ヘリコプターやドローンに乗せたモデルについても検討を行う。

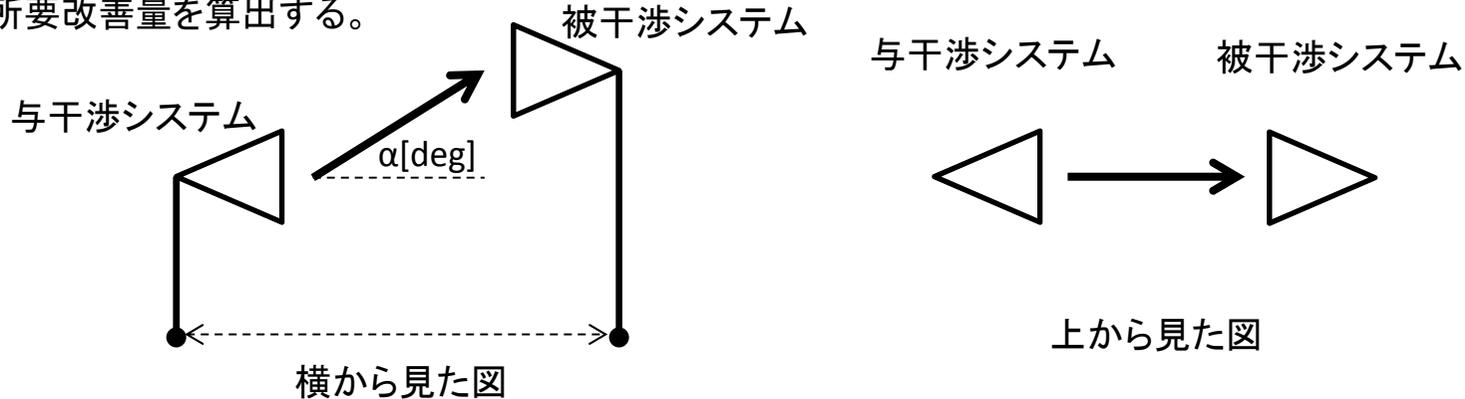


※図中の「(↓)」及び「(↑)」はそれぞれシステムのアップリンクとダウンリンクを表す。

以下の手法により、各種システムと共用するための所要改善量及び所要離隔距離を机上計算で算出した。

1対1の対向モデルによる検討

現実的な設置条件に近いモデルとして、アンテナ高低差を考慮した検討モデルで干渉調査を実施する。空間伝搬損失と垂直方向の指向性減衰量を足し合わせた損失が最少となる離隔距離、つまり最悪値条件となる離隔距離で所要改善量を算出する。



伝搬式

所要改善量、必要離隔距離算出に使用する伝搬モデルを以下に示す。

自由空間伝搬モデル

あるポイントのエネルギーが同心円状に拡散するような理想環境において示される伝搬損失式である。

$$L = 20 \log(4\pi d / \lambda) = 20 \log(4\pi f d / c) = 20 \log f + 20 \log d + 20 \log(4\pi / c) \\ = 20 \log f + 20 \log d + 32.4 \text{ (dB)}$$

f: 周波数 [MHz]

d: 距離 [km]

c: 光速 3.0×10^8 [m/s]

平面大地2波モデル

平面大地に送信点と受信点を配置すると、受信点には直接波と大地反射波の2波が到来し、互いに干渉を生じる。

$$L = 20 \log(4\pi d / \lambda) - 10 \log\{1 + \gamma^2 + 2\gamma \cos(2\pi \Delta l / \lambda + \phi)\}$$

$$\text{伝搬距離差 } \Delta l = 2h_b h_m / d$$

f: 周波数 [MHz]

h_b : 基地局アンテナ高 [m]

γ : 大地反射係数 (振幅)

d: 距離 [km]

h_m : 基地局アンテナ高 [m]

ϕ : 大地反射係数 (位相) [deg]

共用検討を実施した結果のうち、最大となる所要改善量は以下のとおり

共用検討結果

対象システム	まとめ
携帯電話(↓)	<ul style="list-style-type: none"> (1) 同一周波数の帯域内干渉 <ul style="list-style-type: none"> ・ 中継局(基地局対向器 屋内一体)への所要改善量が最大となり、32.7dB(1857MHz)である。 (2) 隣接周波数の帯域内干渉 <ul style="list-style-type: none"> ・ 小電力レピータ(基地局対向器一体型)への所要改善量が最大となり、44dB(895MHz)、38.1dB(919.2MHz)、35.1dB(928.5MHz)、42.5dB(941.5MHz)である。 ・ 1838.4MHz、1883MHzは所要改善量が0dB以下となる。 (3) 隣接周波数の帯域外干渉 <ul style="list-style-type: none"> ・ 小電力レピータ(基地局対向器一体型)への所要改善量が最大となり、46.7dB(895MHz)、34dB(919.2MHz)、34dB(928.5MHz)、46dB(941.5MHz)である。 ・ 1838.4MHz、1883MHzは所要改善量が0dB以下となる。
携帯電話(↑)	<ul style="list-style-type: none"> (1) 隣接周波数の帯域内干渉 <ul style="list-style-type: none"> ・ 小電力レピータ(移動局対向)への所要改善量が最大となり、41.7dB(895MHz)、42.9dB(919.2MHz)、42.1dB(928.5MHz)、32.5dB(941.5MHz)である。 ・ 1790MHzは所要改善量が0dB以下となる。 (2) 隣接周波数の帯域外干渉 <ul style="list-style-type: none"> ・ 小電力レピータ(移動局対向)への所要改善量が最大となり、25.9dB(895MHz)、25.6dB(919.2MHz)、25.6dB(928.5MHz)、25.6dB(941.5MHz)である。 ・ 1790MHzは所要改善量が0dB以下となる。
MCA	<ul style="list-style-type: none"> (1) 隣接周波数の帯域内干渉 <ul style="list-style-type: none"> ・ 919.2MHz、928.5MHz、941.5MHzの何れにおいても所要改善量が0dB以下となる。 (2) 隣接周波数の帯域外干渉 <ul style="list-style-type: none"> ・ 919.2MHz、928.5MHz、941.5MHzの何れにおいても所要改善量が0dB以下となる。
RFID	<ul style="list-style-type: none"> (1) 同一周波数の帯域内干渉 <ul style="list-style-type: none"> ・ 高出力パッシブタグシステムへの所要改善量が最大となり、89.8dB(919.2MHzMHz)である。 (2) 隣接周波数の帯域内干渉 <ul style="list-style-type: none"> ・ 高出力パッシブタグシステムへの所要改善量が最大となり、33.9dB(928.5MHz)である。 (3) 隣接周波数の帯域外干渉 <ul style="list-style-type: none"> ・ 高出力パッシブタグシステムへの所要改善量が最大となり、27.5dB(928.5MHz)である。
PHS	<ul style="list-style-type: none"> (1) 隣接周波数の帯域内干渉 <ul style="list-style-type: none"> ・ PHS(基地局)への所要改善量が最大となり、16.4dB(1883MHz)である。 (2) 隣接周波数の帯域外干渉 <ul style="list-style-type: none"> ・ 1883MHzにおいて所要改善量が0dB以下となる。

共用検討結果のまとめ

共用検討のまとめは以下のとおり

対象システム	まとめ
<p>【携帯電話(↓)】 LTE移動局 中継局(基地局対向器 屋外用) 中継局(基地局対向器 屋内一体) 中継局(基地局対向器 屋内分離) 小電力レピータ(基地局対向器一体型) 小電力レピータ(基地局対向器分離型)</p>	<p>いずれの周波数においても、所要改善量を確保するため、空中線電力の低下、フィルタの挿入(不要発射強度の低下)又は離隔距離が必要</p>
<p>【携帯電話(↑)】 LTE基地局 中継局(移動局対向器 屋外用) 中継局(移動局対向器 屋内一体型) 中継局(移動局対向器 屋内分離型) 小電力レピータ(移動局対向器)</p>	<p>いずれの周波数においても、所要改善量を確保するため、空中線電力の低下、フィルタの挿入(不要発射強度の低下)又は離隔距離が必要</p>
<p>【RFID】 高出力パッシブタグシステム 中(低)出力パッシブタグシステム アクティブタグシステム(250mW) アクティブタグシステム(20mW) アクティブタグシステム(1mW)</p>	<p>周波数によっては所要改善量が必要。なお、RFIDは主として工場等の物流管理等に利用され、電探システムの利用現場(雪崩発生現場)との離隔距離は確保しやすい。</p>
<p>MCA(中継局)</p>	<p>いずれの周波数においても所要改善量が0dB以下となることから共用可能</p>
<p>PHS(基地局) PHS(移動局) PHS(小電力レピータ)</p>	<p>周波数によっては所要改善量が必要</p>

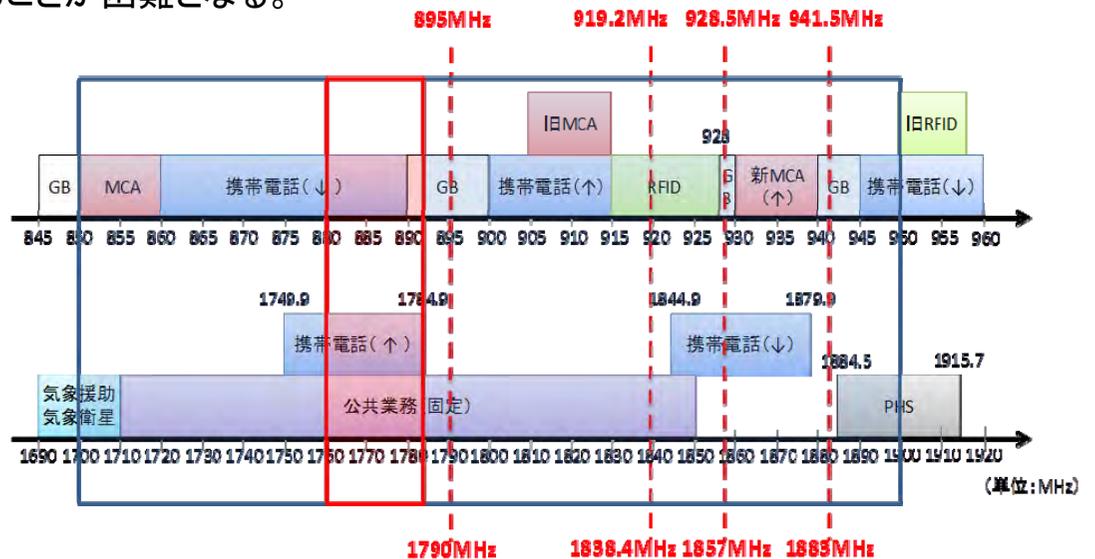
目的

導入に向け、必要な技術的条件の項目について、それぞれ次の項目のとおり検討を行う。
検討した内容に基づき提言を行う。

周波数

- リフレクターの反射特性から、赤枠又は青枠で示した周波数帯が望ましい。
- 赤枠で示している周波数は携帯電話に割り当てられており、携帯電話の利用エリアは広く、離隔距離を確保することは困難である。共用検討においても同一周波数帯となると所要改善量が大きくなるため、赤枠の範囲における周波数は困難である。
- 赤枠以外の青枠で利用する場合でも、共用検討の結果から隣接周波数帯への不要発射を押さえる必要がある。
- 空中線電力の大幅な低下による対策は探知距離の低下につながる。このためフィルタの挿入などが必要であり、不要発射強度の基準が必要である。
- リフレクターにはフィルタを入れられないため、2倍波が携帯電話の帯域に重複することは避ける必要がある。
- 他の周波数帯での利用を考える場合、周波数を低くするとアンテナが大きくなり、それに伴いリフレクターも大きくなることから、利用者が意識せずウェアにつけることが困難となる。

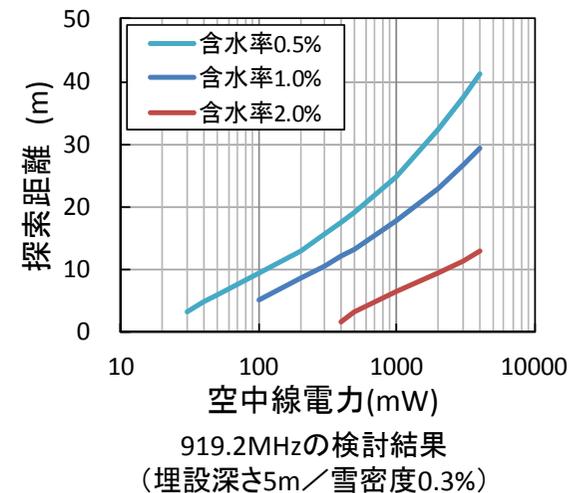
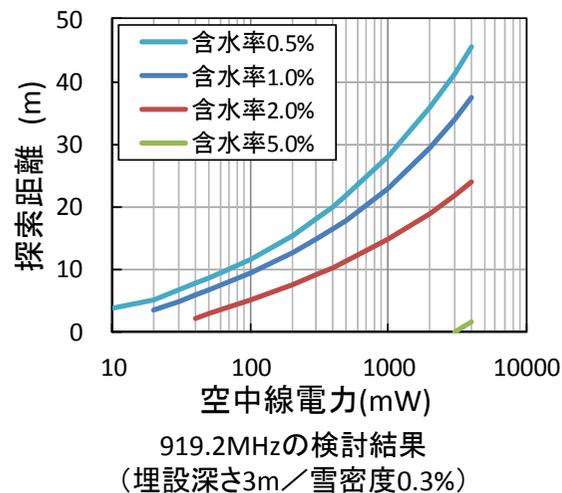
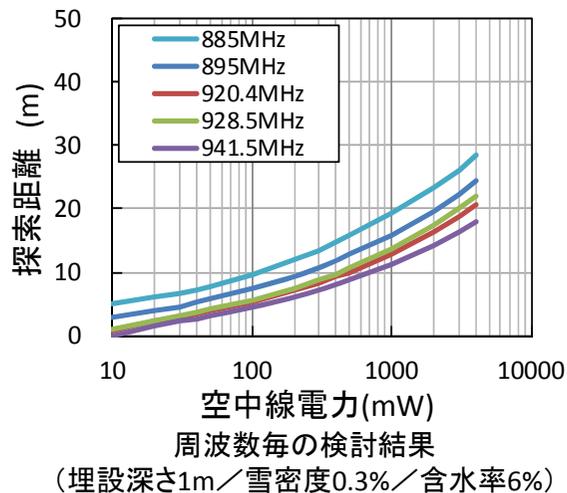
上記を踏まえると、
800～900MHz帯が候補となる



空中線電力

- 実証実験の結果を踏まえ、机上計算による結果では、空中線電力をあげても大幅に探知距離が上がることはなかった。空中線電力の増加分よりも、リフレクターからの応答周波数による雪の減衰が大きいと考えられる。
- 探知距離を伸ばすためには空中線電力を上げる必要があるが、他のシステムとの共用が困難となる。
- 搭載可能なバッテリーの容量は限られていることから、無制限に空中線電力を上げたとしても、使用可能な時間が短くなることから、上限を定める必要がある。
- 10m程度の探知距離は最低限必要とすると、最低限0.5Wから4Wは必要となる。(3m~5mの深さを探知可能)

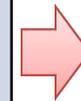
上記を踏まえると、空中線電力の上限は4Wとなる



第5章 技術的条件等の検討

その他

項目	検討内容
空中線利得	<ul style="list-style-type: none"> 探知距離を伸ばすためには利得が高い方がよいが、他のシステムとの共用が困難となる。 通常の八木アンテナの性能を考えると、現実的な空中線利得の値としては、9dBi程度となる。
スプリアス	<ul style="list-style-type: none"> 探知距離を伸ばすために空中線電力が大きくなるとそれに伴ってスプリアス発射が増加するが、他のシステムとの共用が困難となる。 現実的なスプリアスの値として、一般的な無線設備に適用される、無線設備規則に規定されている値を上限とすることが考えられる。
占有周波数帯幅	<ul style="list-style-type: none"> 占有周波数は狭帯域でも動作するが、製造誤差、マージンを考慮すると、占有周波数帯幅は既存製品の50kHzであることが望まれる。
電波防護指針	<ul style="list-style-type: none"> 計算を行い防護指針を満たすことを確認した。
統一規格	<ul style="list-style-type: none"> 統一な規格があることで、どのようなメーカーでも製造可能となる。 リフレクターは既に各国で使用されており、新たなものの製造は困難である。 一方で各国の周波数事情により使用できる周波数は異なる。 よって、ある程度の範囲内で規格を合わせることは有効である。
局種の検討	<ul style="list-style-type: none"> 利用シーンは捜索隊が地上で使用することを想定 探知可能距離を考えると、ヘリコプター上から探知することは困難な場合が多い。 ドローンに搭載させての運用は、実例が無いため捜索方法は確立されていない。 今後のドローンの利用形態の想定としては、人が立ち入れない危険な場所へドローンを飛ばしての捜索が考えられる。 その場合、探知可能距離を考えると、雪面からの高さは捜索者が持つ場合と大幅には変わらない(低高度)と考えられるため、今回の共用検討結果を参考にすることが考えられる。
変調方式	<ul style="list-style-type: none"> 実証実験の結果、いずれの変調方式の信号においても、リフレクターは受けた信号を変調したそのまま返した。
フィルタ	<ul style="list-style-type: none"> 周波数共用のため、一般的な無線設備に適用される不要発射強度の基準を満たしたとしても、なお、隣接周波数への不要発射を押さえる対策が必要である。 その対策の一つとして、フィルタの挿入が考えられる。
キャリアセンス	<ul style="list-style-type: none"> 使用方法を考慮するとキャリアセンスが有効に働かない場合がある アクティブタグシステムと同様の共用化技術(キャリアセンス機能等)を実装するのは難しい。



まとめ
9dBiを上限とする
無線設備規則の基準を上限とする
50kHzとする
防護指針を満足
一定程度、各国と規格をそろえることが有効。
現時点では陸上移動局を想定しているが、今後の利用形態としては、低高度でのドローンを利用した人が立ち入れない危険な場所の捜索も考えられる。
変調方式を規定しない
フィルタの使用が考えられる
キャリアセンスの実装は難しい

第6章 技術的条件等の提言

前章までの調査検討結果に基づき以下に技術的条件等の提言をまとめる。

項目	内容	備考・注意
用途	雪崩等に埋まった遭難者の捜索及び人命救助に用いるものであること。	
局種	陸上移動局であること。	
通信方式	利用形態を踏まえ、単信方式が適当である。	
電波型式	特に規定しないものとする。	
使用周波数	候補となる周波数は、800～900MHz帯とする。	※具体的な使用周波数はリフレクターの応答特性とディテクター及びリフレクターの周波数共用条件を考慮して決定されること。なお、リフレクターの反射周波数については、ディテクターの2倍の周波数を反射するものを前提としている。
空中線電力	[4W]以下とする。	※ただし、左記の値は上限であり、電探システムについては、端末を操作する捜索者による捜索範囲を確保しつつ、同一もしくは隣接周波数で利用されている他システムとの周波数共用を可能とする値とすること。また、記載されている上限が基準になってしまう懸念があることに留意が必要である。
空中線電力の許容偏差	上限20%、下限50%とする。	※設備規則第14条第18項より
発振方式	特段規定しない。	
周波数の許容偏差	$\pm 1.5 \times 10^{-6}$ とする。	※設備規則別表第1号第7項2(1)より
変調方式	規定しない。	
占有周波数帯幅の許容値	50kHz とする。	※調査検討結果より

第6章 技術的条件等の提言

項目	内容	備考・注意
他の種類のシステムへの混信保護	<ul style="list-style-type: none"> ・他の無線局の運用に有害な混信を生じさせてはならない。 ・他の無線局からの有害な混信に対して保護を要求してはならない。 	
プリアス発射又は不要発射の強度の許容値	帯域外領域におけるプリアス発射の強度の許容値 [1Wを超える場合 25μW以下] [1W以下の場合 100μW以下] スプリアス領域における不要発射の強度の許容値 [1Wを超える場合 25μW以下] [1W以下の場合 50μW以下]	※設備規則別表第3号より ※ただし、左記の値は上限であり、電探システムについては、端末を操作する搜索者による搜索範囲を確保しつつ、同一もしくは隣接周波数で利用されている他システムとの周波数共用を可能とするプリアス発射の許容値とすること。 また、記載されている上限が基準になってしまう懸念があることに留意が必要である。
フィルタ	送信設備にはバンドパスフィルタを使用すること	※具体的なフィルタは周波数共用条件を考慮して決定されること。
副次的に発する電波等の限度	4nW以下であること。	※無線設備規則第24条より
空中線の利得	絶対利得[9.0dBi]以下とすることとし、指向性を有すること。	※ ただし、左記の値は上限であり、電探システムについては、端末を操作する搜索者による搜索範囲を確保しつつ、同一もしくは隣接周波数で利用されている他システムとの周波数共用を可能とする値とすること。また、記載されている上限が基準になってしまう懸念があることに留意が必要である。
測定方法	現在国内で適用されている測定法を参考にすること。また、測定用の端子を設けること。	
操作者に求められる資格	電探システムの利用においては、装置操作者に無線従事者(第三級陸上特殊無線技士以上)の資格が望まれる。	
移動範囲	必要最低限(スキー場単位、搜索者の業務区域単位等)に限定することが適当である。	
システム構成	本システムはディテクターと呼ばれる装置とリフレクターと呼ばれる装置で構成されること。なお、この周波数の使用については、この周波数により作動する装置から発射される電波が他の無線局の運用に妨害を与えない場合に限る。	

今後の検討課題

(1) 具体的な周波数ポイントの検討

候補の周波数帯を提言したが、具体的な周波数ポイントは今後検討が必要である。検討の際には、共用条件を満足する必要がある。また既存の割当て業務や将来的な周波数割り当て計画を考慮する必要がある。

(2) 具体的な空中線電力の検討

探知距離のニーズから、上限とされる空中線電力の提言を行ったが、共用検討の結果次第ではさらに低下させる必要があり、その値は具体的な周波数ポイントによって異なることから、引き続き検討することが望ましい。

(3) 具体的な空中線利得の検討

探知距離のニーズから、上限とされる空中線利得の提言を行ったが、共用検討の結果次第ではさらに低下させる必要があり、その値は具体的な周波数ポイントによって異なることから、引き続き検討することが望ましい。

(4) 具体的な不要発射の強度の検討

上限とされる不要発射強度の提言を行ったが、共用検討の結果次第ではさらに低下させる必要があり、その値は具体的な周波数ポイントによって異なることから、引き続き検討することが望ましい。

(5) 導入に向けての検討

導入に向けては、周波数を共用及び隣接する無線局の免許人などと協議の上、引き続き検討することが望ましい。

【参考】 調査検討会の構成員及び開催状況

構成員

(五十音順)

氏名	所属
笹森 文仁 (座長)	国立大学法人信州大学 工学部 電子情報システム工学科 学術研究院 工学系 准教授
金 叡錫 (座長代理)	国立大学法人新潟大学 工学部 電気電子工学科 教育研究院 自然科学系 准教授
石垣 悟	日本無線株式会社 事業本部 事業総括部 渉外グループ 担当部長 副参与
佐藤 敏朗	株式会社ウイビコム 代表取締役社長
佐野 弘和	ソフトバンク株式会社 渉外本部 周波数企画室 標準化推進部 制度推進課長
塩沢 宏昭	長野県 企画振興部 情報政策課長
田中 和也	KDDI株式会社 技術企画本部 電波部 企画・制度グループ マネージャー
玉井 裕司	長野県山岳遭難防止対策協会 防止対策部長 長野県観光参事兼山岳高原観光課長
細川 隆	北アルプス広域連合 北アルプス広域消防本部 総務課長兼庶務係長
丸山 浩司	株式会社サーキットデザイン 常務取締役
宮崎 茂男	長野県警察本部 地域部山岳安全対策課管理官兼次長 長野県警察山岳遭難救助隊隊長
元村 幸時	特定非営利活動法人ACT 理事長
八木 宏樹	株式会社NTTドコモ 電波部 電波技術担当課長

開催経過

検討会	開催日/開催場所	議事内容
第1回	平成28年7月29日	1. 調査検討会の設置について 2. 調査検討会の概要 3. 雪崩・山岳遭難の現状 4. 遭難探索システムについて 5. 実証実験の進め方 6. 共用検討の進め方
第2回	平成28年10月20日	1. 実証実験(暗室実験)報告 2. 実証実験(屋外実験:雪氷環境外)の報告 3. 実証実験(屋外実験:雪氷環境)の実施方法(案) 4. 共用検討中間報告
第3回	平成29年3月10日	1. 報告書(案)に関すること