

高度利用システム部会報告書

高度利用システム部会では、平成16年度に開催された「山岳遭難者探索用ビーコンシステムの高度化に関する検討会」(以下「ビーコン検討会」という。)において提言されたGPSを活用した追跡探査型のモデルシステムを参考にしながら、新たな技術的検討を加えた野生動物テレメトリーシステムを構築するとともに、評価・検討を行って同システムの技術的条件を明らかにした。

1 技術的検討事項

ここで検討する野生動物テレメトリー調査用電波発信機は、ビーコン検討会において提言され実証された機能をベースにすることを前提として、その発信機として機能を考慮しながら次の必要条件を満足するシステムの開発を行った。

- ・野生動物テレメトリー調査用電波発信機は、クマの首に装着することを想定する。
- ・電波発信機は、間欠発信に加え個体の識別を行うためのID信号と個体の位置を把握するためのGPS信号を送出する機能を備える。
- ・電波発信機に使用する適正な周波数の選定に当たり、野生動物の生息域における電波伝搬の実態を把握するため、波長の異なる周波数帯の発信機を複数設定する。
- ・長時間にわたる電波発信機の動作を期するため、発信機の送信電力、実装するGPSシステムの消費電力等について検証を踏まえて検討する。
- ・GPSシステムの消費電力を考慮した、位置データの最適な入手間隔等の検討及びその制御技術等を検討する。

2 試作機の性能等について

(1) 周波数帯

野生動物テレメトリー調査用電波発信機に使用する周波数としては V・UHF 帯及びSHF帯が想定され、アンテナの形状や電波伝搬特性を考慮すると、概ね50MHzから2.4GHzくらいまでが候補に挙げられ、その特性は次のとおりである。

また、

- ・同発信機を使用する地域は、野生動物の生息する山間地域であること。
- ・周波数確保の見通しがあること。

等を考慮し、同システムに使用する周波数帯は、70MHz帯、150MHz帯及び400MHz帯とし、各周波数帯毎に同システムの試作を行った。

2.4GHz 帯

2.4GHz帯は波長が短いマイクロ波帯であるため、アンテナの小型化は70MHz帯等の他の周波数帯と比較して容易であるとともに、鋭いアンテナ指向特性、大きなアンテナ利得を

得ることができる。

反面、自由空間における電波伝搬の減衰は大きく、その減衰量は約 100dB/kmであり、雨や雪等の影響を受け易く、湿ったざらめ雪が降っている空間では 10dB/m 程度減衰することが検証されている。また、直進性が強いいため、入組んだ地形や樹木の生い茂る場所では、さらに減衰量が大きくなると考えられている。

1.2GHz 帯

1.2GHz 帯は 2.4GHz 帯の 1/2 の周波数になるものの、周波数帯域的にはマイクロ波帯であるために、2.4GHz 帯とよく似た電波伝搬特性を有している。自由空間伝搬損失は約 94dB/km であり、降雪中の減衰量は 3dB/m 程度である。

400MHz 帯

400MHz 帯における自由空間伝搬損失は約 84dB/km であり、マイクロ波帯の周波数に比べ、その減衰量は大幅に小さくなる。また、雨や雪等の影響も受け難くなり、降雪中の減衰量も 1dB/m 以下と無視できる値となる。

150MHz 帯

VHF 帯を代表する 150MHz 帯の波長は、メートル単位となる。この周波数帯では、雨や雪等の影響は 400MHz 帯に比べてもはるかに受け難くなり、降雪中においてもその減衰量は無視できる値となる。また、波長が長いため山岳地等では電波回折効果によって見通し外の通信も可能となる。1km 当たりにおける自由空間伝搬損失は、約 76dB/km である。この周波数帯を使用する汎用品は市場に多く出回っており、利用しやすい環境にある。

図2 - 1に 150MHz 帯における自由空間における電波伝搬特性を示す。

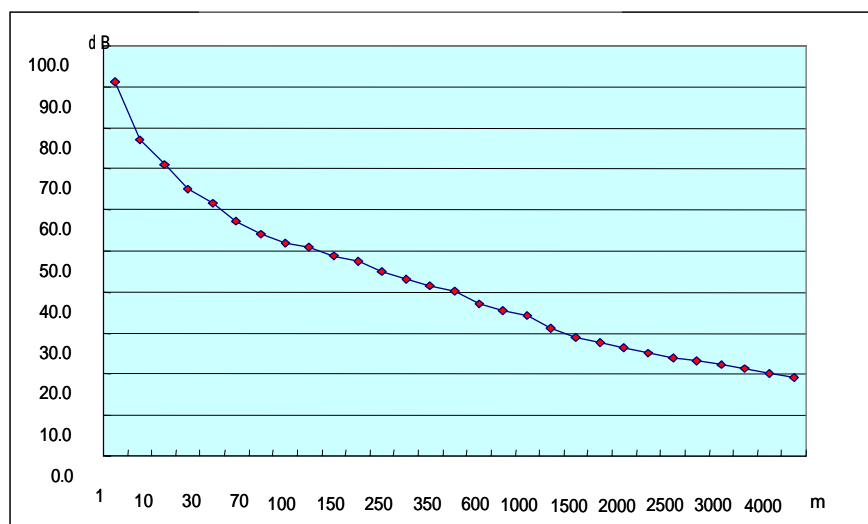


図2 - 1 150MHz 帯の自由空間減衰特性

70MHz 帯

70MHz 帯における自由空間伝搬損失は約 69dB/km であり、前述の各周波数帯の中でも最も減衰量が少ない。また、電波回折効果も十分に得られるため、山岳地域における通信には有効な周波数帯である。

しかし、アンテナの形状も大きくなることや周波数が低いことから、高速のデータを伝送する用途には向いていない。

(2) 空中線電力

空中線電力は、野生動物に装着する電波発信機の消費電力に大きく影響する要素の一つである。平成 16 年度に開催したビーコン検討会においては、

- ・限られた電源(電池)で長時間にわたって動作させるためには、消費電力をできる限り少なくする必要があると指摘されていること
- ・空中線電力は 10mW 程度必要であるとしていること

等を考慮して空中線電力は 10mW とし、必要に応じて 1mW に切り替える機能を付加した。

(3) その他の必要な機能について

ID 信号は野生動物の固体識別用として有用な情報の一つであり、GPS の位置信号との併用により各固体の行動に関する情報を正確に収集できると考えられる。

しかし、ID 信号と重畳する GPS 信号は約 85 Byte にも及んでいる中で、さらに ID 信号を必要以上に複雑な構成とすると情報量が過大となり、その分発信機の送信時間は長くなる。引いてはバッテリーの寿命に大きな影響を及ぼすと考えられる。

このため ID 信号は、少ない情報で大きな識別容量を確保できる数字で表示することとし、固体の生息予測数に十分なマージンを見込んだ最大 10000 通りとするのが適当と考えられる。これに必要な ID 信号のビット数は、14 ビット(16384 通り)となる。

(4) 探査用受信機について

探査に使用する受信機は、電波発信機を追尾するタイプであるため、探査者が中山間地域に踏み込んで探査を行うことが想定される。このため、探査用受信機は、可能な限り軽量かつ携帯が容易なものであることが不可欠な要件となる。

しかしながら、当テレメトリー調査用発信機は、GPS による位置データをも伝送することから、発信機の電波さえ捉えることができれば発信機の位置が特定されるため、探査者が山間地域を頻繁に歩き回る形態は考えにくい。このため、探査用受信機の小型化・軽量化に固執する必要はない、と考えられる。

また、電波発信機からのGPS情報に基づく緯度、経度のデータについては、受信後直ちに確認が可能となるよう、受信機本体に表示する機能を有する必要がある。

さらに、発信機から受信したGPS信号を標準フォーマットで外部に出力することにより、パソコン等に展開させた市販の電子地図に、発信機の位置を重畳表示させることが可能となることから、シリアル出力としてRS232C準拠で外部に出力可能な形態とすることも設定条件とする。

3 連続運用時間の検討

野生等の動物に装着する発信機は、1年間程度に渡って動作することが望まれていることから、検証用発信機の開発、試作においては1年間程度の動作時間が確保できることを目標とした。このため、最初に発信機を構成する各モジュールの消費電流を明らかにし、発信機の動作時間を左右する送受信タイムチャートのあり方について検討を加えた。

なお、クマ程度の個体の大きさでも発信機の容積はバッテリーを含めて300cc前後が適当な容積と考えられ、これに搭載可能なバッテリーを考慮すると、CR系のリチウム電池とした場合、6～10Ah程度が適当と考えられる。このため、発信機の稼働時間の検討に当たっては、バッテリーの容量を10Ahとした。

表3-1に発信機に使用する各モジュールの消費電流値を示す。

表3-1 年間消費電力

モジュール		動作時消費電流	年間消費電力	待機時消費電流	年間消費電力
送信機	1mW	10mA	86.4Ah	10μA	86.4mAh
	10mW	30mA	259.2Ah		
	100mW	400mA	3456Ah		
受信機		20mA	172.8Ah		
制御CPU		5mA	43.2Ah	100μA	864mAh

(1) 基本的な送受信タイムチャートにおける消費電力

図3-1に示す基本的な送受信タイムチャートにおける年間消費電力及び動作日数は表3-2に示すとおりであり、一部を除く他は長期間に亘る発信機の動作は望めないと言える。

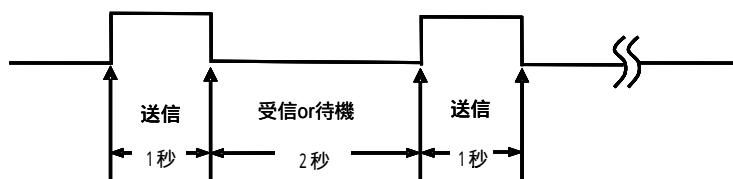


図3-1 基本送受信タイムチャート

表3 - 2 基本的なタイムチャートにおける発信機の年間消費電力

動作モード	発信時消費電力 / 年	受信時消費電力 / 年	待機時消費電力 / 年	総合電力 / 年	動作日数
高周波モジュール1mW					
1秒送信2秒待機 (1mW)	28.8Ah		0.0576Ah	28.9Ah	約124日
1秒送信2秒受信 (1mW)	28.8Ah	144Ah		172.8Ah	約21日
高周波モジュール10mW					
1秒送信2秒待機 (10mW)	100.8Ah		0.0576Ah	100.9Ah	約36日
1秒送信2秒受信 (10mW)	100.8Ah	144Ah		244.8Ah	約15日
高周波モジュール100mW					
1秒送信2秒待機 (100mW)	1166.4Ah		0.0576Ah	1166.5Ah	約3日
1秒送信2秒受信 (100mW)	1166.4Ah	144Ah		1310.4Ah	約3日

(2) 実用型送受信タイムチャートにおける消費電力

図3 - 2に示すより実用に近いタイムチャート例における年間消費電力及び動作日数は表3 - 3に示すとおり、タイムチャートを変更することにより、年間の消費電力を大幅に低減でき、発信機の実用的な稼働時間に近くなると言える。

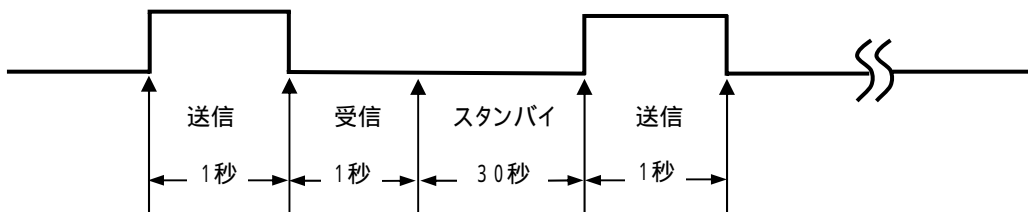


図3 - 2 実用型タイムチャートの例

表3 - 3 実用型タイムチャート例における発信機の年間消費電力

動作モード	発信時消費電力 / 年	受信時消費電力 / 年	待機時消費電力 / 年	総合電力 / 年	動作日数
1mW	4.05Ah	6.75Ah	0.0576Ah	10.8576Ah	約330日
10mW	9.45Ah	6.75Ah	0.0576Ah	16.2576Ah	約221日
100mW	109.35Ah	6.75Ah	0.0576Ah	116.1576Ah	約31日

注：動作モードは、1秒送信1秒受信30秒待機

(3) GPSを搭載した場合の消費電力

ア 高周波モジュール・GPSモジュールの動作モードにおける消費電力

クマ等の固体に装着する発信機にGPSが搭載される場合では、高周波モジュールの他にGPSモジュールの消費電力を加算する必要がある。汎用GPSモジュールの規格を表3 - 4

に、高周波モジュール及びGPSモジュールの各動作モードにおける消費電力を表3 - 5にそれぞれ示す。

表3 - 4 GPSモジュールの規格

受信方式	マルチチャンネル
受信周波数	1575.42MHz
受信感度	初期-133dBm 以下
ダイナミック・レンジ	25dB 以上
測地系	WGS-84
TTFF	ホットスタート 9 秒
	ウォームスタート 37 秒
	コールドスタート 52 秒
DGPS 機能	なし
データフォーマット	古野バイナリー
メイン電源電圧	+3.3V DC
消費電流	60mA (追尾 30mA)

表3 - 5 高周波モジュール・GPSモジュールの動作モードにおける消費電力

動作モード	送信 消費電流	受信 消費電流	送受信待機 消費電流	CPU 消費電流	CPU 待機 消費電流	GPS 消費電流	GPS 待機 消費電流	総合 消費電流
全待機			10 μ A		100 μ A		50 μ A	160 μ A
送信 + GPS 動作	30 mA		10 μ A	5 mA		60 mA		95.01 mA
送信 + GPS 待機	30 mA		10 μ A	5 mA			50 μ A	35.06 mA
送信待機 + GPS 動作			10 μ A	5 mA		60 mA		65.01 mA
送信待機 + GPS 待機			10 μ A	5 mA				5.06 mA
受信 + GPS 動作		20 mA	10 μ A	5 mA		60 mA		85.01 mA
受信 + GPS 待機		20 mA	10 μ A	5 mA			50 μ A	25.06 mA

イ GPS 搭載の基本タイムチャートにおける消費電力

表3 - 5に示す高周波モジュール・GPSモジュールの動作モードにおける消費電力を基に、図3 - 3に示すGPS搭載基本タイムチャートにおける高周波モジュール 10mW の消費電力を表3 - 6に示す。

但し、GPS受信機は衛星補足までに、一般的に2分程度の時間を要することからタイムチ

チャートとしては図3 - 3のようになる。運用上の消費電力はこのタイムチャートにより算出することとする。

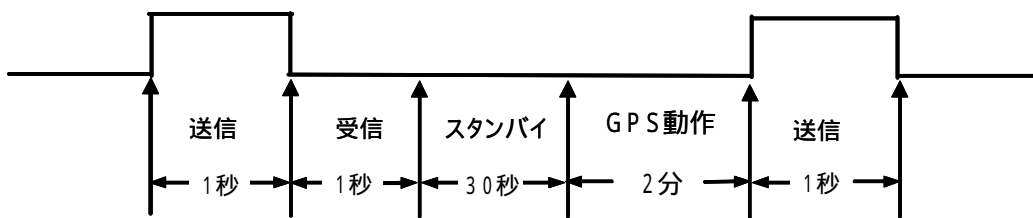


図3 - 3 GPS 搭載基本タイムチャート

表3 - 6 GPS搭載の基本タイムチャートによる発信機の年間消費電力

動作モード	送信電力	発信時消費電力	受信時消費電力	GPS消費電力	待機時消費電力	総合消費電力	動作日数
図3 - 3のタイムチャート	10mW	1.988Ah	1.42Ah	852Ah	1.4mAh	855.4Ah	約4日

ウ GPS搭載発信機の稼働時間長期化方策

表3 - 6に示すとおり、図3 - 3のGPS搭載基本タイムチャートで発信機を稼働させた場合には大きな消費電力となり、このままでは実用に供することは困難と考えられる。GPS搭載発信機を稼働する時間を大幅に改善する方策として、次のような対策を執ることが考えられる。

- ・ 送信時間を短くし、待機時間を長くする。
- ・ GPSは探査対象動物の移動時間が少ない場合、数時間に一度の測定にとどめる。
- ・ 通常の運用は間欠モードとし、探査者からのデータ送信要求があった場合にだけGPSデータやIDを送出する。

これによって、例えば、通常は間欠受信とし、探査者からの呼び出しがあった場合にだけ発信機は送信し、送信終了後に間欠受信モードに入るといった方法が考えられる。この間欠モードを考慮したタイムチャート例を図3 - 4に示す。

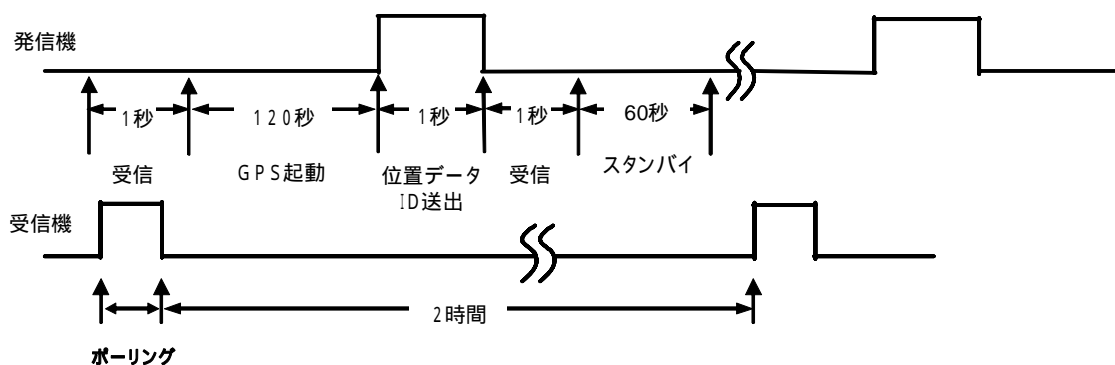


図3 4 稼働時間長期化タイムチャート

このタイムチャートで1秒受信、60秒待機の条件で呼び出しがある場合

- ・ GPS受信2分間動作、ID送出1秒送信、呼び出しが2時間に1回

と仮定すると、送信回数は2時間に1回なので、1日あたり12回、送信に必要な受信回数は12回であって、GPSの稼動も12回となる。また、送信に必要な時間を差し引いた待ち受け中の受信と待機の回数は各々1392回となる。

このタイムチャートによる各高周波モジュールにおける消費電力等を表3-7に示す。

こうして運用上のタイムチャートの構造を変えることにより、電池の寿命が高周波モジュールの消費電力に左右されない設定を行うことができることが分かる。

また、バッテリーの電力容量、探査を行う野生動物の種類、探査期間等に応じて、データ収集構造の適切かつ合理性のあるタイムチャートパターンを自動的に設定することも考えられる。

今後の国内外の電子デバイスの発展も期待され、GPSモジュールの低消費化、バッテリー電力容量の増強も期待され、これによって、発信機の稼動時間はさらに長時間化が図られるものとする。

表3-7 間欠モードを考慮したタイムチャートの消費電力例

送信電力	発信時消費電力	受信時消費電力	待機時消費電力	GPS消費電力	総合電力	稼動日数
1mW	0.018Ah	3.51Ah	1.34Ah	8.64Ah	13.51Ah	約266日
10mW	0.04Ah	3.51Ah	1.34Ah	8.64Ah	13.53Ah	約266日
100mW	0.49Ah	3.51Ah	1.34Ah	8.64Ah	13.98Ah	約258日

なお、図3-4のタイムチャートのポーリング間隔を2時間から変更した場合の消費電力等について表3-7-1に示す。

表3-7-1 間欠時間を変更した場合の年間消費電力と稼動日数

送信電力	送信間隔	1日の測定回数	年間消費電力	稼動日数
10mW	3時間	8回	11.13Ah	約323日
	6時間	4回	8.01Ah	約449日
	8時間	3回	7.24Ah	約497日

4 検討結果による探査用システムの仕様について

(1) 構成

本システムは、探査用発信機及び、探査用受信機から構成されるものとする。

探査用発信機

探査用発信機は、必要な位置情報を伝えるための電波発信機と遠隔による発信機の機能制御を可能とするための受信機により構成され、野生動物の位置通報のためのビーコン電波を発射するほか、装着した固体の識別を行うためのIDの発信や、必要に応じてGPSから得られる位置情報を発信する。

また、本発信機は、外部から遠隔により機能設定が変更できるものである。

探査用受信機

探査用受信機は、発信機からの電波を受信するための受信機と探査用発信機の遠隔制御を行うための発信機により構成され、探査用発信機からの位置情報を取得し、必要な位置情報の表示を行い、さらに位置情報の外部出力により、パーソナルコンピュータ等へ高度な位置情報表示を可能とする。

また、本受信機は、外部から機能設定が変更できるものである。

(2) 機能

本システムは、野生動物等の位置情報を提供し、野生動物の行動把握等を簡便かつ的確に行うため以下の機能を備える。

探査用発信機

- ・ 使用周波数が簡便かつ複数設定可能なこと。
- ・ 送信出力が用途に応じて変更可能なこと。
- ・ 発信電波は間欠であって発信、休止時間が自由に設定できること。
- ・ 多数の固体の識別を行うための信号を発生し、その設定が変更できること。
- ・ GPSから取得する緯度、経度のデータを発信できること。
- ・ 発信機の機能が外部端子を通じて設定が変更できること。

探査用受信機

- ・ 発信機からのデータが表示可能なこと。
- ・ 発信機からのデータをシリアルにて外部出力できること。
- ・ 受信機の機能が外部端子を通じて設定が変更できること。

(3) 性能

探査用発信機

項目	仕様内容
周波数帯	70MHz帯・150MHz・400MHz帯 2波以上設定可能なこと。
空中線電力	1mW・10mWの電力切替えが可能なこと。
送信機能	間欠発信で、1秒送信、2秒休止を基本に設定時間を可変できること。
変調方式	MSK又はGMSK方式 伝送速度は1200BPS以上であること。
識別信号	10000通り以上設定できること。
GPS信号	識別信号に続き送出し、フォーマットはNMEA0183に準拠すること。
GPS受信機	マルチチャンネル受信で受信感度は-100dbm以下 測地系はWGS-84に準拠し、NMEAフォーマットで低消費電力であること。
空中線	検証等により適正と判断された空中線を設定すること。
電源	リチウム2次電池相当以上とし、電源電圧情報を送出すること。
動作時間	電池交換なしで1年以上動作可能なこと。
動作温度	-10度から+60度以上の範囲で使用可能なこと。
機能設定	送受信間隔、GPSデータ送・不送出、識別信号を外部端子で設定できること。
筐体・容積等	筐体は汎用型で、容積は300cc以下とし極力小さいもので、首輪形状であること。

探査用受信機

項目	仕様内容
周波数帯	70MHz帯・150MHz・400MHz帯任意で受信周波数設定可能なこと。
受信感度	1 μ V(12db SINAD)以下であること。
信号表示	識別信号、GPSデータ、RSSI信号強度の簡易表示ができること。
信号出力	RS232準拠による外部出力可能なこと。
電源	ニッカド2次電池相当以上で外部端子で充電可能なこと。
空中線	外部空中線が接続可能なこと。
動作時間	内臓電池で24時間以上動作可能なこと。
動作温度	-10度から+60度以上の範囲で使用可能なこと。
機能設定	シリアル通信フォーマット、RSSI信号設定、電源情報設定が外部端子にて可能なこと。
筐体・容積等	周波数帯毎又は各周波数帯の受信機を1筐体に収納し、容積は形態性に配慮すること。

5 仕様に基づく発信機、及び受信機の構成
 構成は図5 - 1及び図5 - 2のとおりである。

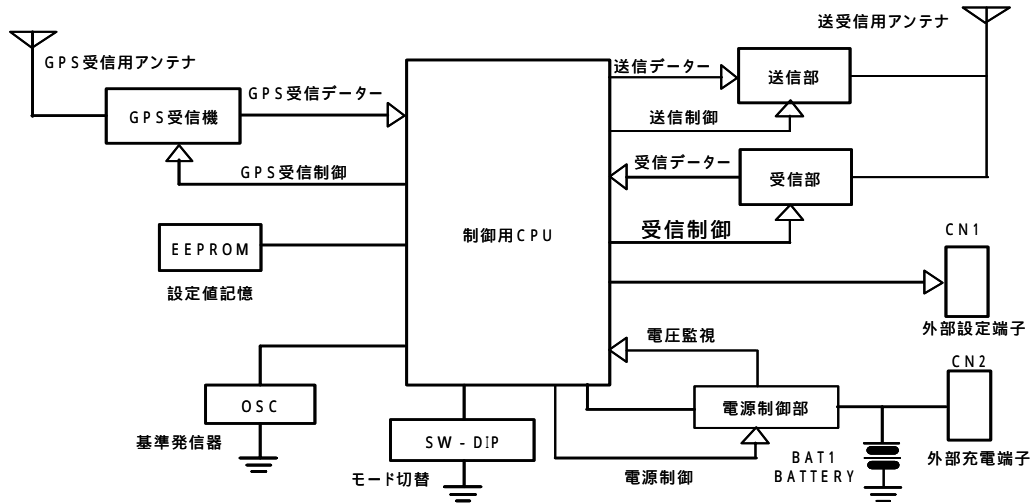


図5 - 1 発信機ブロックダイヤ

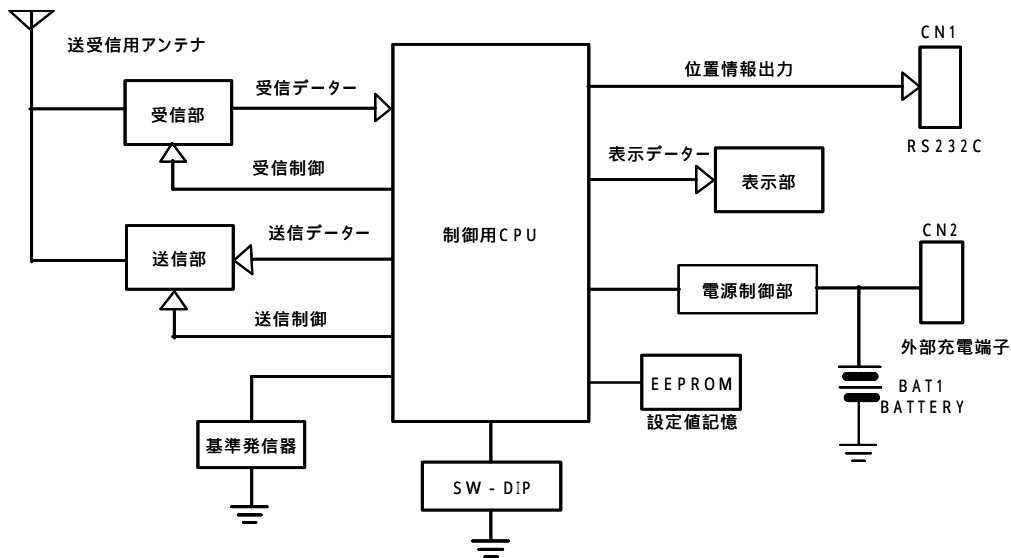


図5 - 2 受信機ブロックダイヤ

6 試作機器の概要

70MHz 帯、150MHz 帯、400MHz 帯
の各周波数帯別に発信機3台及び受信機3台の
計6台を試作した。

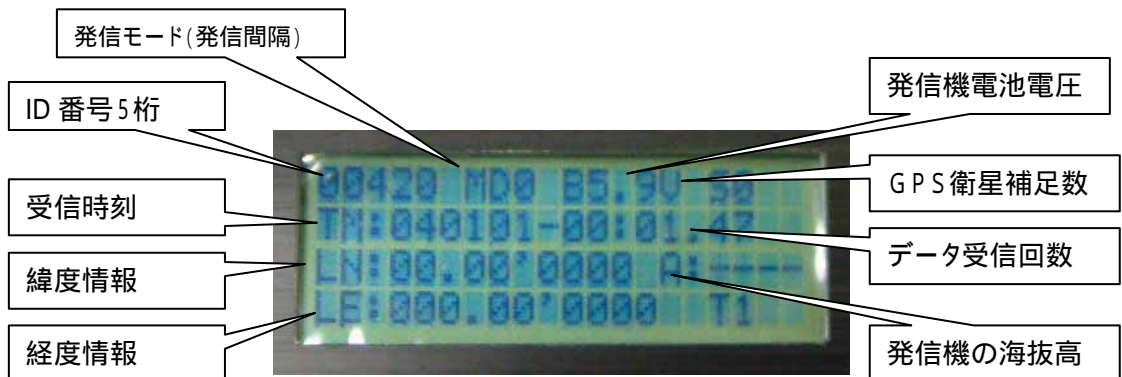
【発信機】

出力 最大 10mW(1mW 切替有)
発信間隔 2秒に1回から48時間に1回まで
設定可能。

電池 一次リチウム電池(4.4Ah)
容積 約 300 cc
重量 約 150g

【受信機】

受信感度 -115dbm
データ出力 シリアル(RS232)
消費電力 約 0.5W



7 生態位置検知システム(高度利用システム)の検証試験の実施

(1) 検証試験

試作した生態位置検知システムの技術的条件及び実環境での諸動作の確認、実用性の可否等について、実際のフィールドにおいて検証試験を実施し、適合性の確認を行うこととする。

(2) 実施要領

試作した周波数毎の中山間地域における伝搬特性等を把握するため、以下の項目について調査する。

実施項目

- ア 発信機ごとの定距離(平地)における電界強度
- イ " ごとの平地におけるGPSデータの確度、取得確度
- ウ " ごとの平地におけるIDデータの確度、取得確度
- エ " ごとの平地における方向探知機による方位の確認
- オ " ごとの定距離(山間地)における電界強度
- カ " ごとの山間地におけるGPSデータの確度、取得確度
- キ " ごとの山間地におけるIDデータの確度、取得確度
- ク " ごとの山間地における方向探知機による方位の確認

実施方法

ア 有効伝達距離測定(平野部)

発信機の距離を1mから400mまで変化させ、各距離における電界強度(垂直偏波、水平偏波)を電界強度測定器(スペアナ等)により測定する。測定法は図7-1のとおりである。

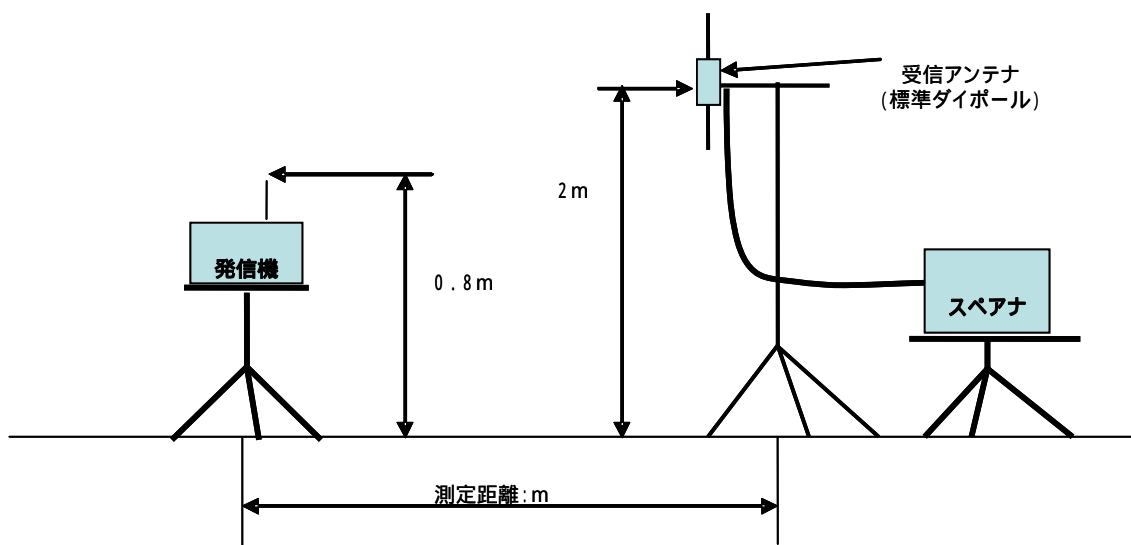


図7-1 測定の構成

イ 有効伝達距離測定(中山間部)見通し

発信機を見通しのある場所へ移動させ、電界強度(水平・垂直偏波)を電界強度測定器(スペアナ等)により測定する。

距離は正確な距離算出は難しいので、発信機の装着者に、別の携帯型のGPS受信機を携行させ、それにより得られた位置情報により算出する。

測定法は図7-2のとおりである。

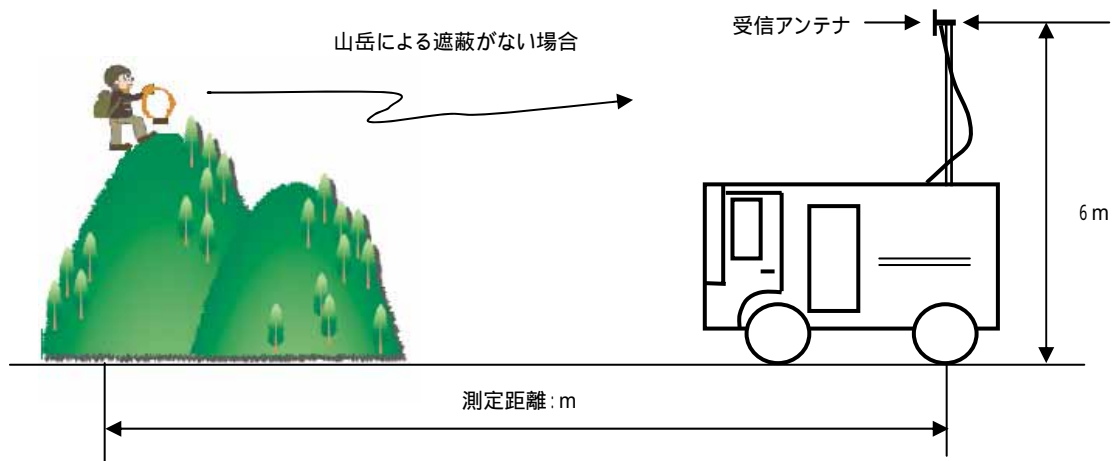


図7 - 2

ウ 有効伝達距離測定(中山間部)見通し外

受信点を中心に 360 度方向に発信機のポイントを変化させ、各ポイントにおける電界強度(水平・垂直偏波)を電界強度測定器(スペアナ等)により測定する。その際、あらかじめ机上において地形プロフィールにより伝搬ルートを確認し適度な遮へいが得られる場所を選択する。

距離は上記イの方法により算出する。

測定法は図7 - 3のとおりである。

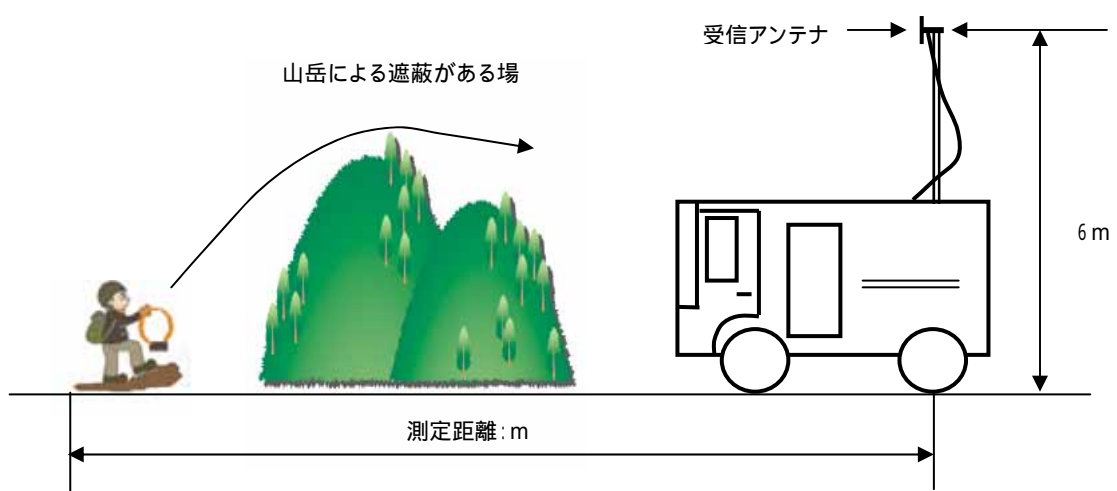


図7 - 3

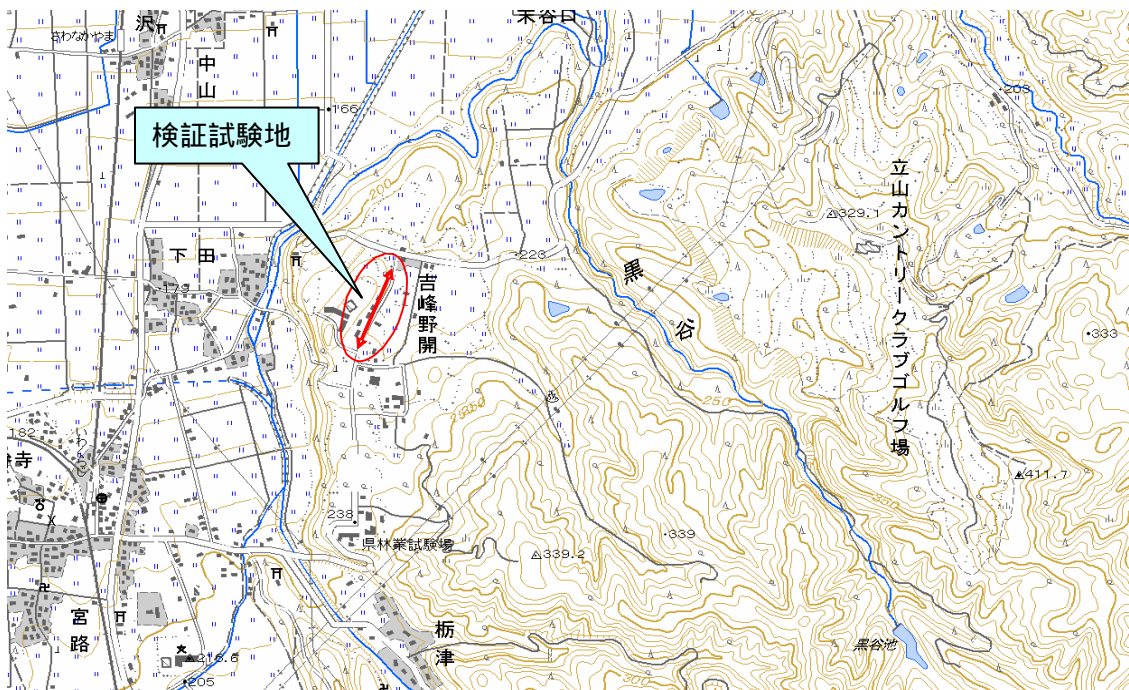
(3) 付加情報の伝送機能試験

上記のアからイに掲げる試験において、発信機から送出されるGPSデータ及びID情報について探査用受信機により受信し、発信機の緯度、経度の情報が正しく得られるか、また、ID情報が正しく得られるかを検証する。

【第1回検証試験】

実施日時 平成17年12月19日(月)～20日(火)

実施場所 富山県立山町吉峰野開(グリーンパーク吉峰周辺 赤丸地点)



出典：国土地理院発行の2万5千分の1地形図(五百石「南東」)



【検証試験の様子】

検証試験は実施要領に沿って、見通しにおける受信電界強度及び見通し外の受信電界強度について検証を実施した。

(1) 見通しにおける受信電界強度の測定

この試験では、受信用標準ダイポールアンテナを地上高2mの高さに固定し、発信機は地上高1.5mに設定して実施した。

試験実施環境は積雪により、限られた場所での試験となり、この試験は除雪された公共施設の駐車場において実施した。測定したデータは表7-1のとおりである。

距離 (m)	70MHz 帯				150MHz 帯						
	水平偏波				水平偏波				垂直偏波		
	計算値 (dBm)	測定値 (dBm)	開放電圧 (dB μ V)	電界強度 (dB μ V/m)	計算値 (dBm)	測定値 (dBm)	開放電圧 (dB μ V)	電界強度 (dB μ V/m)	測定値 (dBm)	開放電圧 (dB μ V)	電界強度 (dB μ V/m)
3	-2.53	-42.31	70.69	72.69	-8.68	-28.05	84.95	91.95	-	-	-
10	-12.99	-56.76	56.24	58.24	-19.14	-38.56	74.44	81.44	-	-	-
12	-14.57	-59.37	53.63	55.63	-20.73	-40.62	72.38	79.38	-62.02	50.98	57.98
16	-17.07	-62.64	50.36	52.36	-23.22	-45.11	67.89	74.89	-60.03	52.97	59.97
20	-19.01	-	-	-	-25.16	-47.61	65.39	72.39	-61.25	51.75	58.75

表7-1 測定データ

また、試験に当たり調達した3つの周波数帯の発信機について検証を予定したが、400MHz帯については、当日、不具合が発生したため実施できなかった。

結果として、当初予想とは大きく違い受信電力が70MHz帯では計算値から約40dB、150MHz帯では約20dB悪くなっており、輻射電力が十分得られていないことが確認された。

これは、首輪という特殊形状に合わせてアンテナを装着するため、限られた長さにせざるを得ず、波長に整合したアンテナは装着できない。

このため、コイルによる短縮によりアンテナ長を短くしていることから、十分な整合が行われていないためと考えられる。

(2) 見通し外における受信電界強度の測定

この試験は、受信用標準ダイポールアンテナを地上高6mの高さに固定し、発信機は地上高1.5mに設定して実施した。

当初計画では受信点から最大3kmから最小800mまでの、電波遮へいを含む地形を5地点設定し、各ポイントでの受信状況を確認することとしていたが、前記でもふれたとおり、発信機の輻射電力が十分ではないため、最小の800m地点においても、発信機の信号を受信できなかった。

このため、直近の道路上において見通し外となる区間を設定し伝搬試験を実施した。測定されたデータは表7-2のとおりである。

表7-2 測定データ

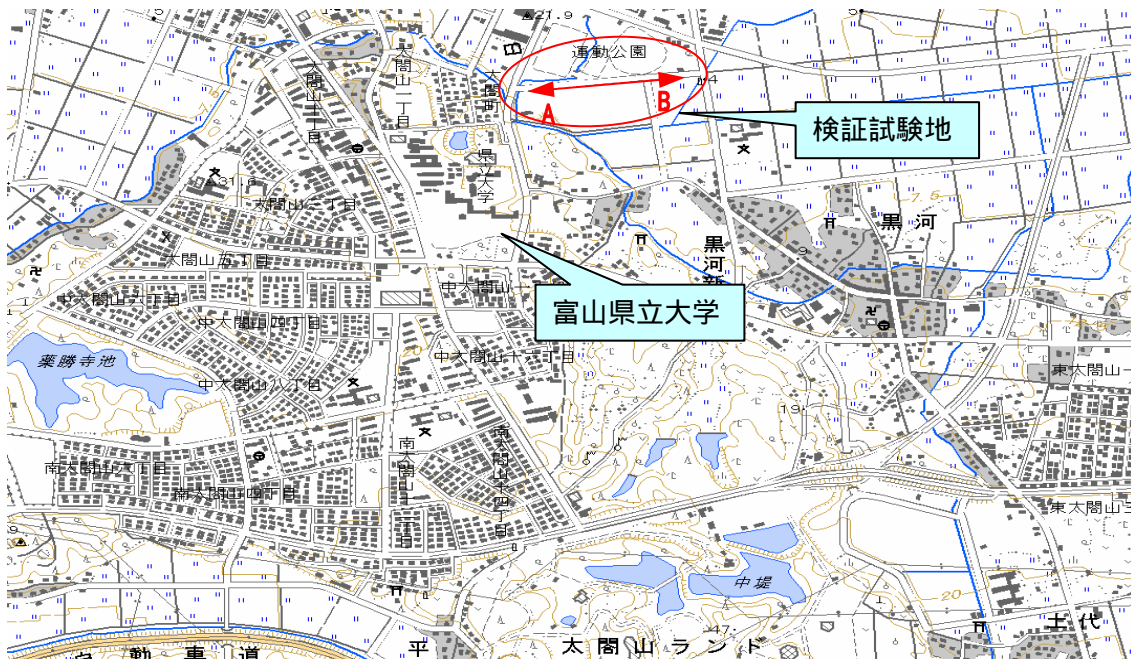
距離 (m)	70MHz 帯				150MHz 帯						
	計算値 (dBm)	測定値 (dBm)	開放電圧値 (dB μV)	電界強度値 (dB μV/m)	計算値 (dBm)	(身体非装着時)			(身体装着時)		
						測定値 (dBm)	開放電圧値 (dB μV)	電界強度値 (dB μV/m)	測定値 (dBm)	開放電圧値 (dB μV)	電界強度値 (dB μV/m)
96	-32.63	-86.39	26.61	28.61	-	-	-	-	-	-	-
156	-36.85	-96.84	16.16	18.16	-43.00	-77.86	35.14	42.14	-	113.00	120.00
200	-	-	-	-	-45.16	-89.00	24.00	31.00	-99.00	14.00	21.00
250	-	-	-	-	-47.10	-84.00	29.00	36.00	-98.00	15.00	22.00
300	-	-	-	-	-48.68	-93.00	20.00	27.00	-100.63	12.37	19.37
350	-	-	-	-	-50.02	-96.00	17.00	24.00	-	-	-
400	-	-	-	-	-51.18	-95.55	17.45	24.45	-	-	-
450	-	-	-	-	-52.21	-93.80	19.20	26.20	-	-	-
500	-	-	-	-	-53.12	-97.60	15.40	22.40	-	-	-
550	-	-	-	-	-53.95	-102.10	10.90	17.90	-	-	-

結果として、水平偏波において70MHz帯にあっては150m付近が受信限界であり、150MHz帯では最大で550m程度が限界地点となった。また、発信機を身体装着した場合とそうでない場合とを比較した結果、身体装着時では300m地点で受信限界となった。このことは、発信機のアンテナ調整は当初から生体に装着することを想定した調整であることから、輻射電力の多くが人体に吸収されることによるものと考えられる。

【第2回検証試験】

実施日時 平成18年1月10日(火)～11日(水)

実施場所 富山県射水市(富山県立大学周辺 赤丸地点)



出典：国土地理院発行の2万5千分の1地形図（高岡「南東」）



【検証試験の様子】

見通しにおける受信電界の測定(平面大地伝搬)

この検証は、開空間における平面大地での電波の伝搬状況を確認するために実施した。

試験は、受信用標準ダイポールアンテナを地上高2mに固定、発信機を地上高0.8mに設定し、発信機を受信点中心に1mから400mまでの間を移動させ、各移動距離における電界強度の測定を実施した。測定データは表7-3から表7-5のとおりである。

表7-3 測定データ 70MHz 帯

距離 (m)	偏波面(垂直)			偏波面(水平)		
	測定値 (dBm)	開放電圧値 (dB μ V)	電界強度値 (dB μ V/m)	測定値 (dBm)	開放電圧値 (dB μ V)	電界強度値 (dB μ V/m)
1	-43.2	69.80	71.80	-34.85	78.15	80.15
3	-47.61	65.39	67.39	-41.58	71.42	73.42
50	-83.34	29.66	31.66	-80.26	32.74	34.74
100	-96.52	16.48	18.48	-91.55	21.45	23.45
150	-103.77	9.23	11.23	-97.54	15.46	17.46
200	-	-	-	-102.10	10.90	12.90

表7-4 測定データ 150MHz 帯

距離 (m)	偏波面(垂直)			偏波面(水平)		
	測定値 (dBm)	開放電圧値 (dB μ V)	電界強度値 (dB μ V/m)	測定値 (dBm)	開放電圧値 (dB μ V)	電界強度値 (dB μ V/m)
3	-46.00	67.00	74.00	-31.91	81.09	88.09
50	-75.85	37.15	44.15	-77.13	35.87	42.87
100	-83.90	29.10	36.10	-91.87	21.13	28.13
150	-96.21	16.79	23.79	-99.08	13.92	20.92
200	-100.59	12.41	19.41	-101.43	11.57	18.57
250	-	-	-	-102.61	10.39	17.39
300	-101.99	11.01	18.01	-101.78	11.22	18.22
400	-102.08	10.92	17.92	-	-	-

表7 - 5 測定データ 400MHz 帯

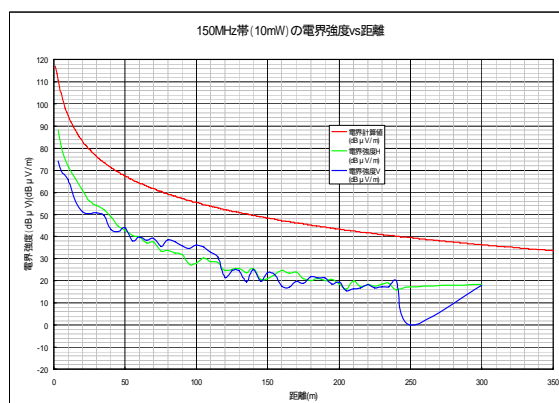
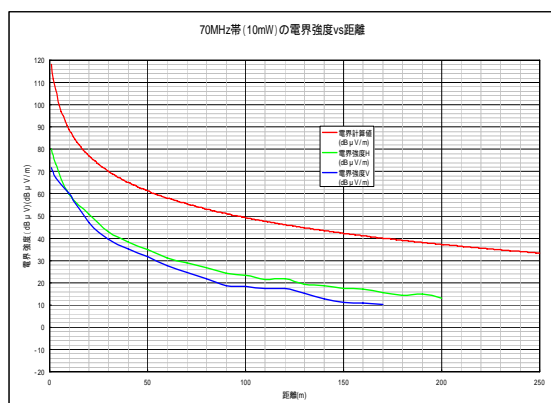
距離 (m)	偏波面 (垂直)			偏波面 (水平)		
	測定値 (dBm)	開放電圧値 (dB μ V)	電界強度値 (dB μ V/m)	測定値 (dBm)	開放電圧値 (dB μ V)	電界強度値 (dB μ V/m)
1	-27.86	85.14	104.64	-29.22	83.78	103.28
3	-30.61	82.39	101.89	-38.78	74.22	93.72
50	-62.86	50.14	69.64	-68.60	44.40	63.90
100	-71.79	41.21	60.71	-73.81	39.19	58.69
150	-79.11	33.89	53.39	-82.23	30.77	50.27
200	-87.64	25.36	44.86	-91.18	21.82	41.32
250	-91.06	21.94	41.44	-89.12	23.88	43.38
300	-90.10	22.9	42.4	-94.27	18.73	38.23
350	-94.96	18.04	37.54	-96.10	16.90	36.40
400	-	-	-	-97.95	15.05	34.55

検証に当たっては、前回の試験時において70MHz帯及び150MHz帯について発信機とアンテナとの整合が不十分であったと考えられたため、再度、アンテナ整合を行った上で検証を実施した。前回の整合条件としては、生体に装着を予定したため、生体(誘電体)に首輪を取り付けた状態で調整しているが、今回では生体に非装着の状態にて調整し検証を行った。

結果、一定の距離(3m)にて比較すると測定された値は前回は若干下回っている。このことは、今回、開発を行った試作機器においては、アンテナの構造上与えられた条件の中での調整だけでは、これ以上の性能向上は見込めないものと判断された。

また、今回の試験において始めて400MHz帯の伝搬試験を実施したが、表7-5のとおり、400MHz帯についてはほぼ予定した性能は得られているものと考えられる。さらに、動物の首輪装着を念頭に誘電体(人、動物等)に装着した場合の変化について、プラスチック容器に水を挿入しそれに発信機を装着すると、150MHz帯では変化はないが、400MHz帯では約8dB測定値の低下が見られた。

計算による伝搬特性との測定値の比較グラフは、図7-4から図7-6のとおりである。



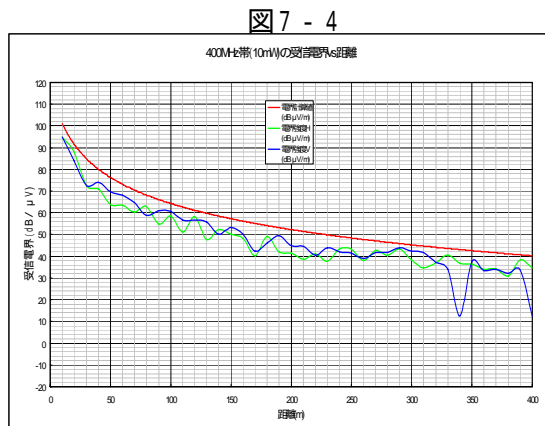


図 7 - 6

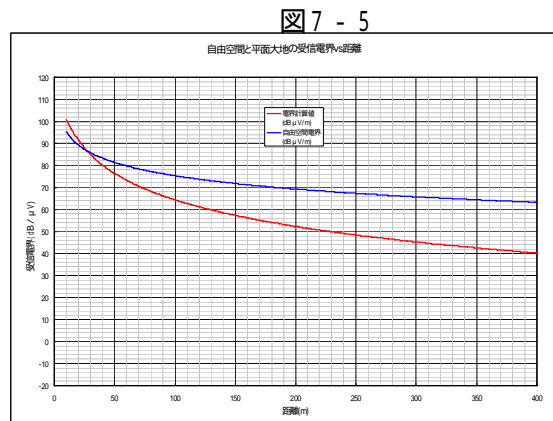


図 7 - 7

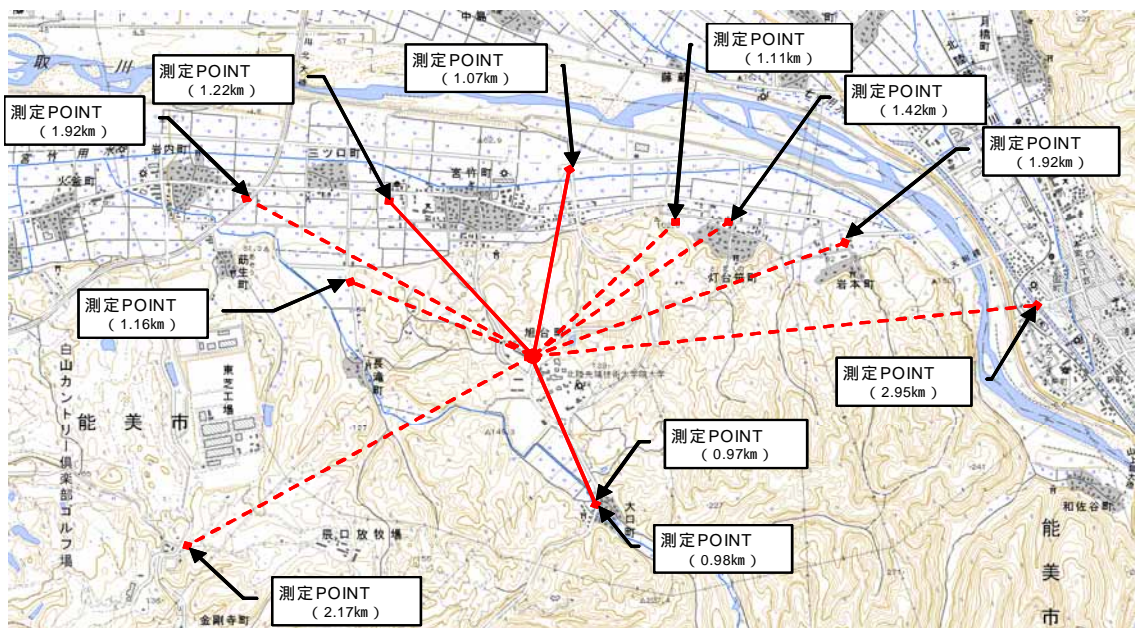
400MHz 帯については、図 7 - 6 のグラフのとおり後半の一部に測定不能の個所による落ち込みがあるものの、垂直偏波、水平偏波ともにほぼ近似の数値であり、偏波面の差による影響は見られていない。また、各距離による電界のばらつきは周波数が低くなるほど少なくなる傾向にあり、低い周波数は大地反射による影響を受けにくいことが確認された。

また、図 7 - 7 のとおり自由空間の伝搬と平面大地での伝搬の計算値の比較からみてもわかるとおり、70MHz 帯から 400MHz 帯では、測定された電界値の差があるにせよ、ほぼ平面大地による伝搬特性の曲線に近似していることが確認された。

【第 3 回検証試験】

実施日時 平成 18 年 1 月 13 日 (金)

実施場所 石川県能美市 (いしかわハイテク交流センター周辺)



出典：国土地理院発行の 2 万 5 千分の 1 地形図 (粟生「南東」)



【検証試験の様子】

この試験は、第1回目に予定していた見通し外の伝搬路における特性を確認するため、同様な地形を選択し実施した。試験環境として受信側は、3素子の八木アンテナを高さ3m(UHF)と、3.5m(VHF)に固定し、発信側は1.5m程度として実施した。

今回の受信側のアンテナについては、極力受信感度を向上させることを前提に、指向性のあるアンテナを使用した。

試験は150MHz帯及び400MHz帯の2周波数帯のみで、70MHz帯は割愛した。アンテナの公表による利得は2周波数帯とも5.15dBである。

測定に当たって、アンテナは垂直偏波及び水平偏波の両偏波面での受信状況を確認したが、大きな違いはなかったため、垂直偏波による受信を主体に実施した。

測定したデータは、表7-6のとおりである。

表7-6 測定データ

ポイント	距離 (km)	ポケナビの表示	150MHz帯		400MHz帯	
		東経・北緯	東経・北緯		東経・北緯	
1.07		136度35分37秒	136度35分37.4秒	136度35分6233秒	136度35分37.1秒	136度35分6179秒
		36度27分18秒	36度27分18.1秒	36度27分3010秒	36度27分18.2秒	36度27分3041秒
1.11		136度35分59秒	-		-	
		36度27分10秒				
1.42		136度36分15秒	-		-	
		36度27分10秒				
1.92		136度36分40秒	-		-	
		36度27分06秒				
2.95		136度37分27秒	-		-	
		36度26分52秒				
0.97		136度35分43秒	-		136度35分42.9秒	136度35分7149秒
		36度26分15秒			36度26分15.7秒	36度26分2623秒
0.98		136度35分41秒	-		136度35分41.7秒	136度35分6954秒
		36度26分14秒			36度26分15秒	36度26分2500秒
2.17		136度34分14秒	-		-	
		36度26分07秒				
1.16		136度34分45秒	-		-	
		36度26分58秒				
1.92		136度34分21秒	-		-	
		36度27分15秒				
1.22		136度34分56秒	-		136度34分56秒	136度34分9340秒
		36度27分14秒			36度27分14.6秒	36度27分2439秒

(注)測定結果にある右側のデータは、受信機に表示されたデータである

試験結果として、約 1km地点から約 3km 地点までの、放射状に見通し外(電波遮へい含む)の地形による 11 ポイントにおいて、各発信機に対応した探査用受信機でデータが受信できたポイントは150MHz帯で1ポイント、400MHz帯で4ポイントであって、いずれも1km前後の距離であった。データが受信できたポイント及び地形プロフィールを図7 - 8から図7 - 15に示す。

この中で、150MHz帯にあってはポイント1の約1Km地点において、受信データが得られたものの、1Km未満であるポイント6及びポイント7では受信データは得られなかった。

特に、図7 - 9及び図7 - 11の地形プロフィールからも分かるとおり、伝搬路上での遮へいによる損失は大差ないものと考えられ、単純に発信機と受信機の間での区間損失のみによるものではないと判断された。これは、伝搬路上においてマルチパス等周波数の違いによる何らかの影響を受けているものと考えられる。

今回の調査では、当初からスペアナによる電界強度の測定を実施する予定がなかったため、150MHz帯及び400MHz帯の発信機からの信号強度の比較測定はできなかったが、別のモニター用受信機(ICOM IC-R9000)により信号音を同時聴取した状況では信号音そのものは途絶えておらず、十分に受信されていた。

このことから、今後、同様な伝搬状況下における受信電界の違いを測定する必要があるとともに、GPSデータ等多量の情報を伝送するための信号処理についても、検証の必要性があると考えられる。

- 受信ポイント及び地形プロフィール -

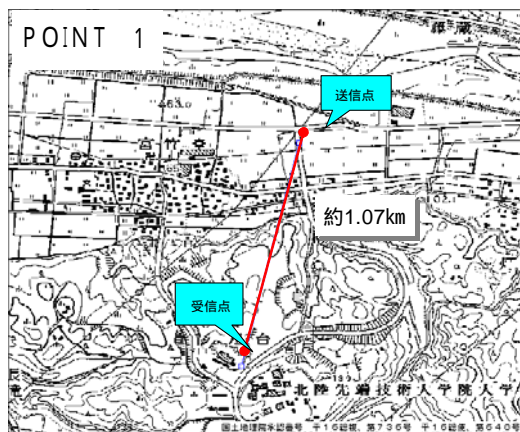


図7 - 8

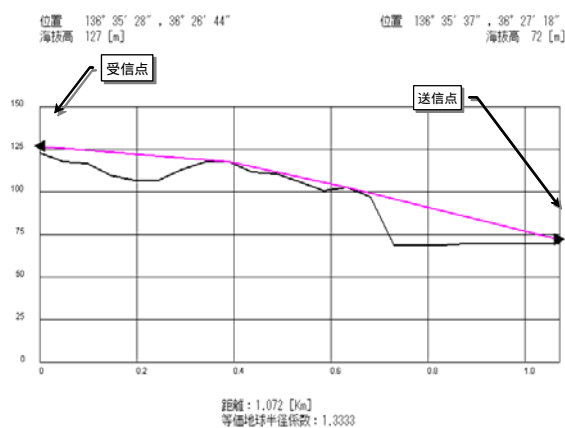


図7 - 9

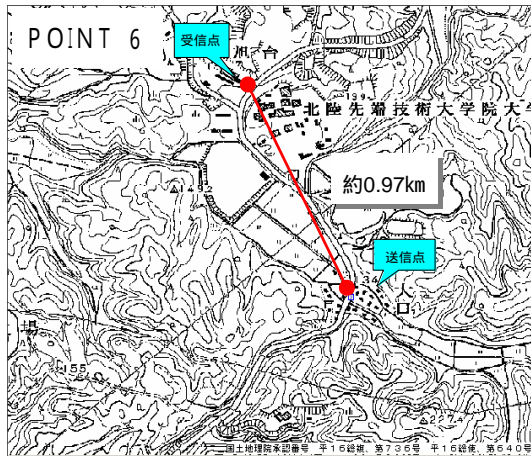


図7 - 10

位置 $136^{\circ} 35' 28''$, $36^{\circ} 26' 44''$ 位置 $136^{\circ} 35' 43''$, $36^{\circ} 26' 15''$
 海拔高 127 [m] 海拔高 137 [m]

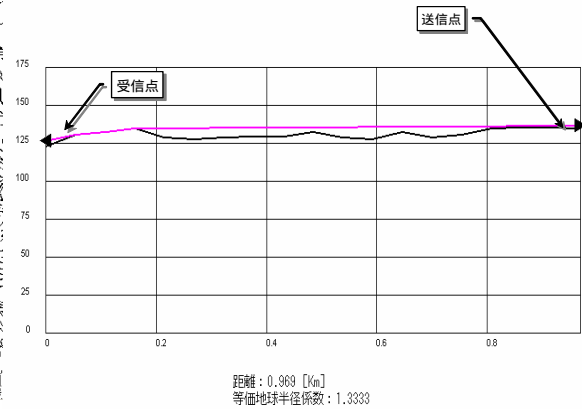


図7 - 11

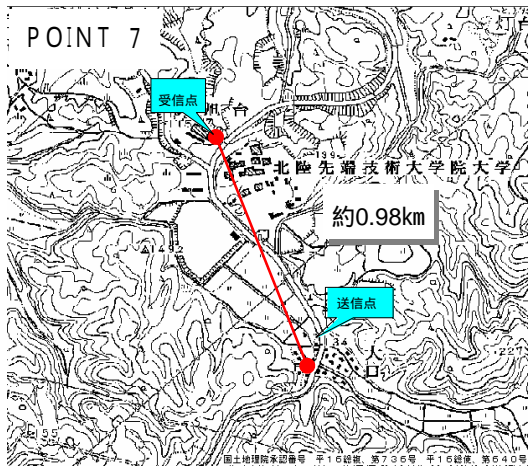


図7 - 12

位置 $136^{\circ} 35' 28''$, $36^{\circ} 26' 44''$ 位置 $136^{\circ} 35' 41''$, $36^{\circ} 26' 14''$
 海拔高 127 [m] 海拔高 138 [m]

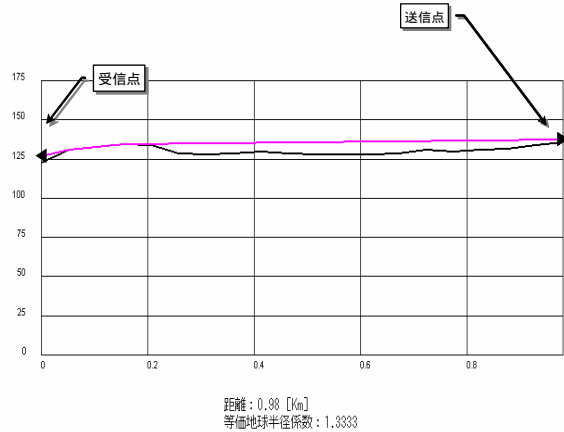


図7 - 13

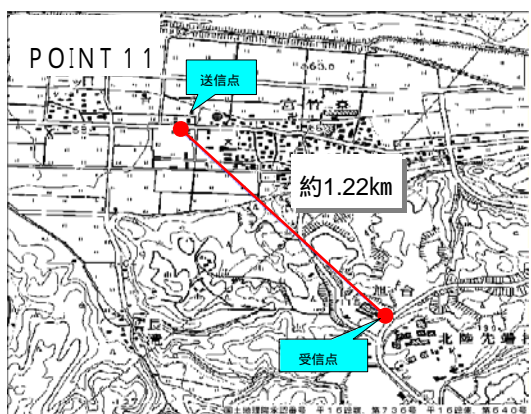


図7 - 14

位置 $136^{\circ} 35' 28''$, $36^{\circ} 26' 44''$ 位置 $136^{\circ} 34' 56''$, $36^{\circ} 27' 14''$
 海拔高 127 [m] 海拔高 62 [m]

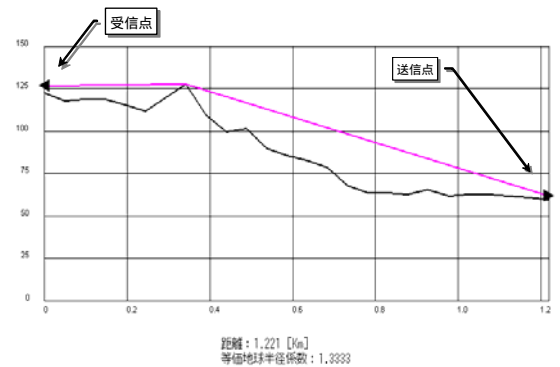


図7 - 15

【第4回検証試験】

実施日時 平成18年2月14日(火)

実施場所 石川県内灘町(河北潟干拓地周辺 赤丸地点)



出典：国土地理院発行の2万5千分の1地形図（栗崎「北西」）



【検証試験の様子 A点からB点方向】

この試験では、前回までに調達の発信機の70MHz帯、150MHz帯について、アンテナからの輻射電力が十分得られていないこと及び、今回の検証期間中ではその改修ができないこと等から、受信点における受信電力を各周波数帯において一定の距離での計測値を計算値に近似させることで、各周波数帯の輻射電力を擬似的に揃えることとして、受信側に最大20dBの利得が得られる受信用プリアンプを挿入し試験を行った。

試験の機器構成は図7-16のとおりである。

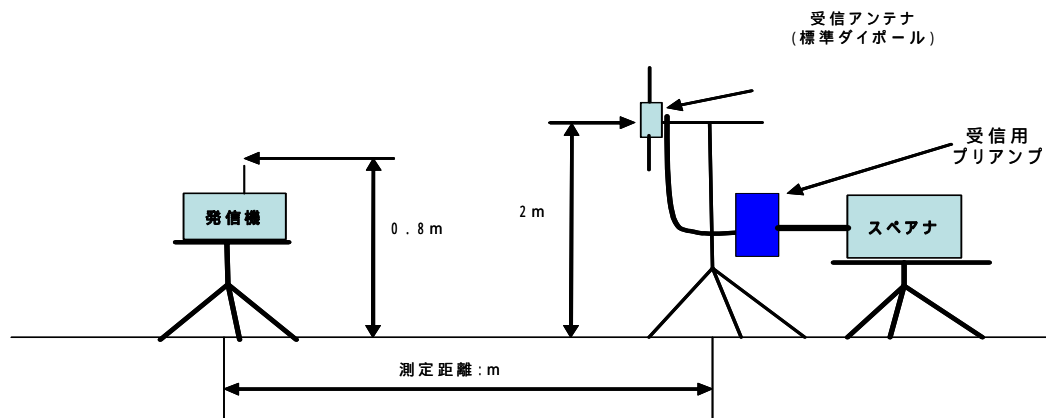


図7 - 16 測定の構成

測定は図7 - 16のとおり、受信アンテナを2 mに固定し、発信機のアンテナは0.8 mとして、アンテナを水平偏波の状態で水平距離1 m(実質距離1.5 m)において各周波数帯毎に受信電力を計算値に設定した。

この結果は表7 - 7から表7 - 9のとおりであるが、70MHz 帯では最大 20dB の利得を上昇させた
が、計算値の値とすることはできず、その差は約13 dBとなっている。

150MHz 帯については、計算に対して約3 dB弱不足した状態であり、400MHz 帯は計算値と1dB
以下の範囲で近似した。

また、今回の測定結果において、受信した電力を周波数帯毎に計算値と比較したグラフは図7 -
17から図7 - 19のとおりである。

測定結果として水平偏波による測定では、各周波数帯とも開空間の平面大地伝搬特性をよく示
しており、計算結果と酷似している結果となった。しかし、垂直偏波においては、70MHz 帯におい
て、受信点からの距離が大きくなるにつれ、計算値より高い測定値を示していることは予想に反し
た結果となっている。

測定地の写真でも分かるとおり、測定を実施した場所は、ほぼ平面大地の電波測定には最良の
環境であり、マルチパス等変則的な反射による影響は受けていないものと考えられる。しかしながら、
発信機のアンテナは首輪に沿って円状となっているため、VHF 帯では偏波面としては水平面内指
向性を強く示しているものの、垂直面内指向性も距離的条件の中では、一部で強い指向性が得
られる地点が存在しているものと考えられる。

このことは、こうした特異な形状のアンテナにあっては、受信側では水平面、垂直面の両偏波面
を電波の強さにより切り替えるダイバシティ型のアンテナの使用が有効になってくるものと考えられ
る。

また、こうした特異な形状に整合するアンテナ形状の検討や、現在携帯タイプに使用されている
垂直型のアンテナの使用についても検討する必要があると考える。

表7 - 7 測定データ 70MHz 帯

距離 (m)	偏波面 (垂直)			偏波面 (水平)		
	測定値 (dBm)	開放電圧値 (dB μ V)	電界強度 (dB μ V/m)	測定値 (dBm)	開放電圧値 (dB μ V)	電界強度 (dB μ V/m)
1	-12.61	100.39	102.39	-4.81	108.19	110.19
50	-45.51	67.49	69.49	-51.51	61.49	63.49
100	-58.35	54.65	56.65	-63.20	49.80	51.80
150	-62.98	50.02	52.02	-69.56	43.44	45.44
200	-63.60	49.40	51.40	-75.11	37.89	39.89
230	-72.10	40.90	42.90	-77.24	35.76	37.76
260	-71.58	41.42	43.42	-79.08	33.92	35.92
290	-62.10	50.90	52.90	-81.07	31.93	33.93
320	-71.73	41.27	43.27	-82.72	30.28	32.28
350	-73.12	39.88	41.88	-84.82	28.18	30.18
380	-77.17	35.83	37.83	-85.33	27.67	29.67
410	-68.71	44.29	46.29	-87.98	25.02	27.02

表7 - 8 測定データ 150MHz 帯

距離 (m)	偏波面 (垂直)			偏波面 (水平)		
	測定値 (dBm)	開放電圧値 (dB μ V)	電界強度 (dB μ V/m)	測定値 (dBm)	開放電圧値 (dB μ V)	電界強度 (dB μ V/m)
1	-11.21	101.79	108.79	0.15	113.15	120.15
50	-44.67	68.33	75.33	-47.50	65.50	72.50
100	-60.85	52.15	59.15	-60.55	52.45	59.45
150	-61.69	51.31	58.31	-66.95	46.05	53.05
200	-72.10	40.90	47.90	-69.04	43.96	50.96
230	-74.01	38.99	45.99	-72.65	40.35	47.35
260	-77.32	35.68	42.68	-71.73	41.27	48.27
290	-77.98	35.02	42.02	-76.47	36.53	43.53
320	-81.51	31.49	38.49	-78.42	34.58	41.58
350	-86.43	26.57	33.57	-80.4	32.60	39.60
380	-78.46	34.54	41.54	-78.53	34.47	41.47
410	-84.56	28.44	35.44	-81.95	31.05	38.05

表7 - 9 測定データ 400MHz 帯

距離 (m)	偏波面 (垂直)			偏波面 (水平)		
	測定値 (dBm)	開放電圧値 (dB μ V)	電界強度 (dB μ V/m)	測定値 (dBm)	開放電圧値 (dB μ V)	電界強度 (dB μ V/m)
1	-31.65	81.35	99.85	-14.88	98.12	116.62
50	-61.16	51.84	70.34	-45.31	67.69	86.19
100	-75.21	37.79	56.29	-58.03	54.97	73.47
150	-75.39	37.61	56.11	-64.91	48.09	66.59
200	-83.99	29.01	47.51	-68.40	44.60	63.10
230	-90.23	22.77	41.27	-70.79	42.21	60.71
260	-89.27	23.73	42.23	-73.51	39.49	57.99
290	-91.63	21.37	39.87	-75.57	37.43	55.93
320	-91.92	21.08	39.58	-76.34	36.66	55.16
350	-94.38	18.62	37.12	-79.10	33.90	52.40
380	-86.44	26.56	45.06	-80.46	32.54	51.04
410	-95.30	17.70	36.20	-87.11	25.89	44.39

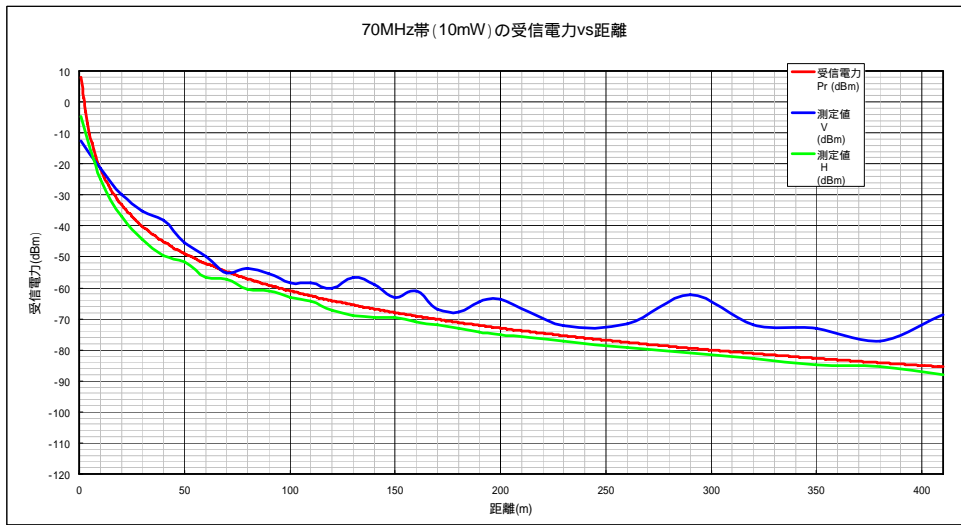


図7 - 17

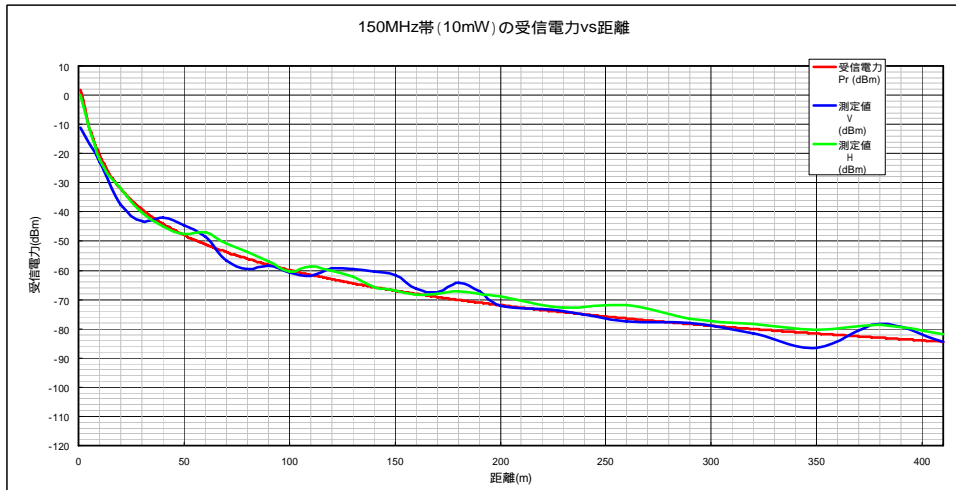


図7 - 18

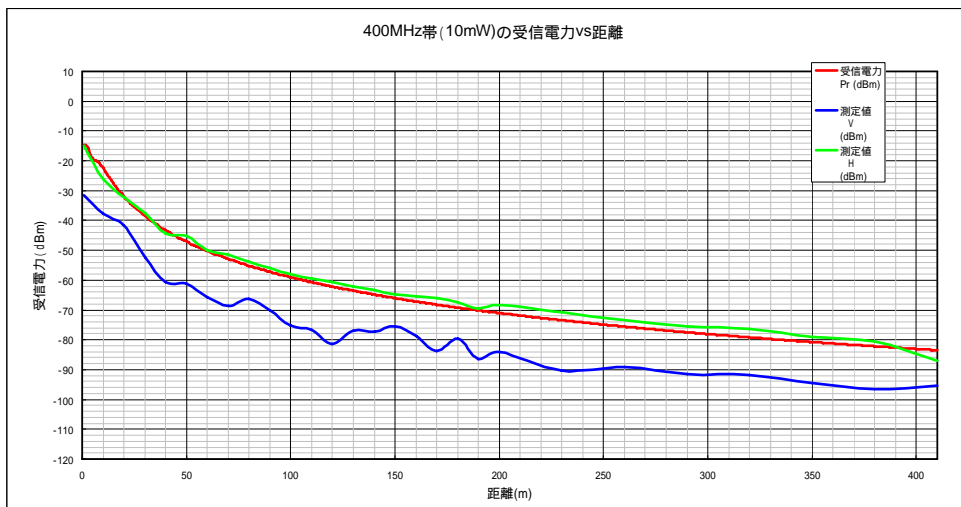
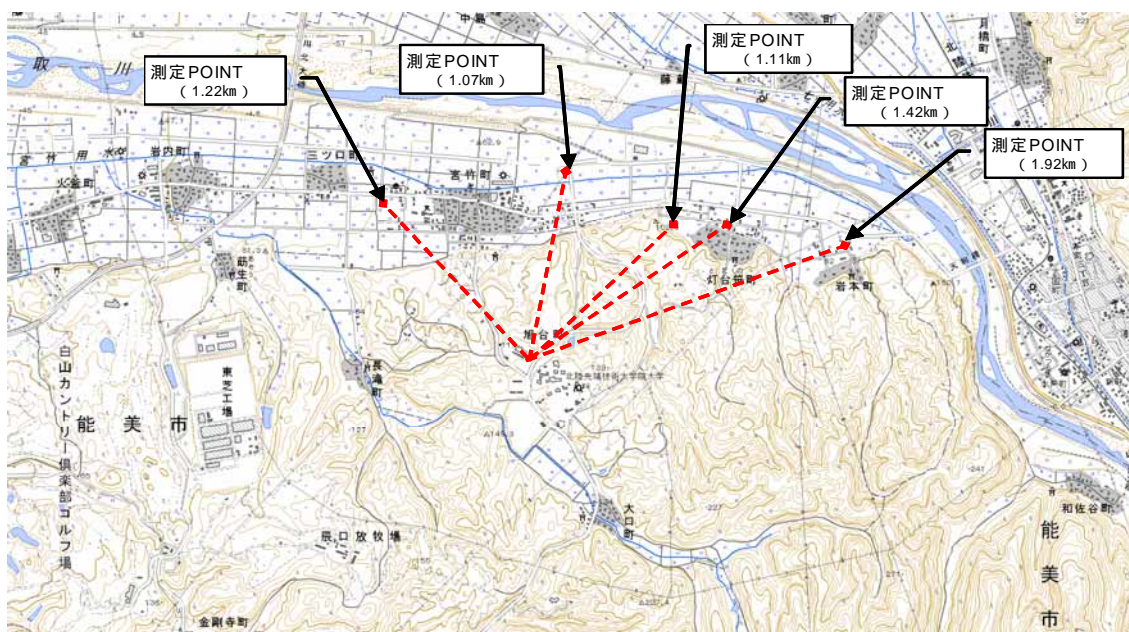


図7 - 19

【第5回検証試験】

実施日時 平成18年2月20日(月)

実施場所 石川県能美市(いしかわハイテク交流センター周辺 第3回同様)



出典：国土地理院発行の2万5千分の1地形図（粟生「南東」）



【検証試験の様子】

今回の試験は、第3回試験と同様に、見通し外の特定地点における送受信点間の伝搬特性を検証するため、同じポイントにおいて試験を実施した。

また、第4回試験と同様に、発信機の輻射電力を計算値に揃えるため、一定の距離(1m)における受信電力の値を各周波数の規定値に合わせ込んだ。

その方法としては、受信用標準ダイポールを地上高2mに固定し、発信機のアンテナ高を0.8mとして、送受信点間の距離1mにおいて受信される電力の値を計算値による受信電力に近似させた。

なお、今回は時間の都合上、試験実施ポイントは2km以内の5ポイントとした。

試験の結果得られたデータは表7 - 10のとおりであり、地形プロフィールは図7 - 20から図7 - 24のとおりである。

表7 - 10 測定データ

POINT No	距離 (Km)	70MHz帯(水平偏波)			150MHz帯(水平偏波)			400MHz帯(水平偏波)		
		計算値 (dBm)	測定値 (dBm)	開放電圧値 (dB μ V)	計算値 (dBm)	測定値 (dBm)	開放電圧値 (dB μ V)	計算値 (dBm)	測定値 (dBm)	開放電圧値 (dB μ V)
1	1.07	-71.68	-86.43	26.57	-69.79	-92.98	20.02	-80.75	-95.08	17.92
2	1.11	-81.89	-93.79	19.21	-91.47	-90.67	22.33	-88.32	-101.08	11.92
3	1.42	-105.85	-	-	-95.13	-92.28	20.72	-109.13	-99.82	13.18
4	1.92	-103.65	-	-	-110.94	-88.53	24.47	-128.10	-92.43	20.57
11	1.22	-69.98	-	-	-77.43	-95.00	18.00	-90.85	-101.07	11.93

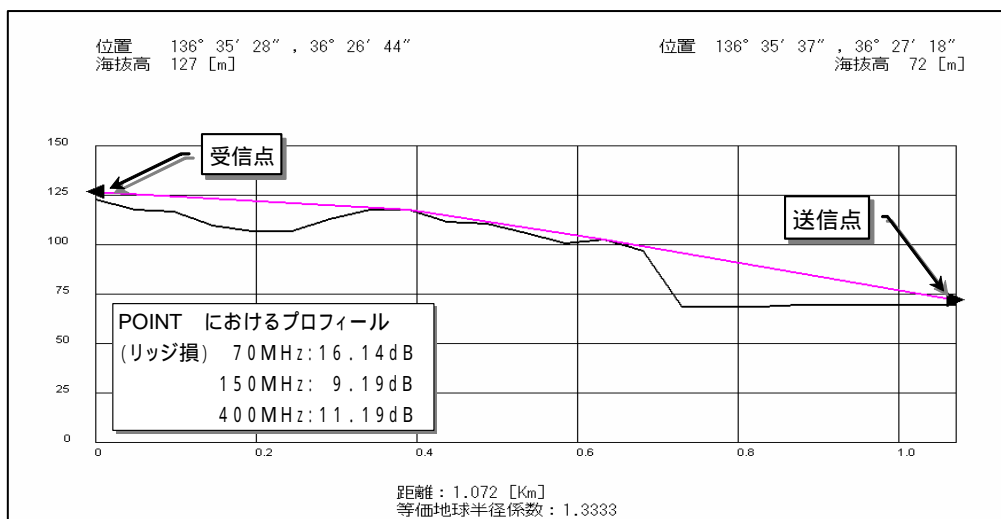


図7 - 20

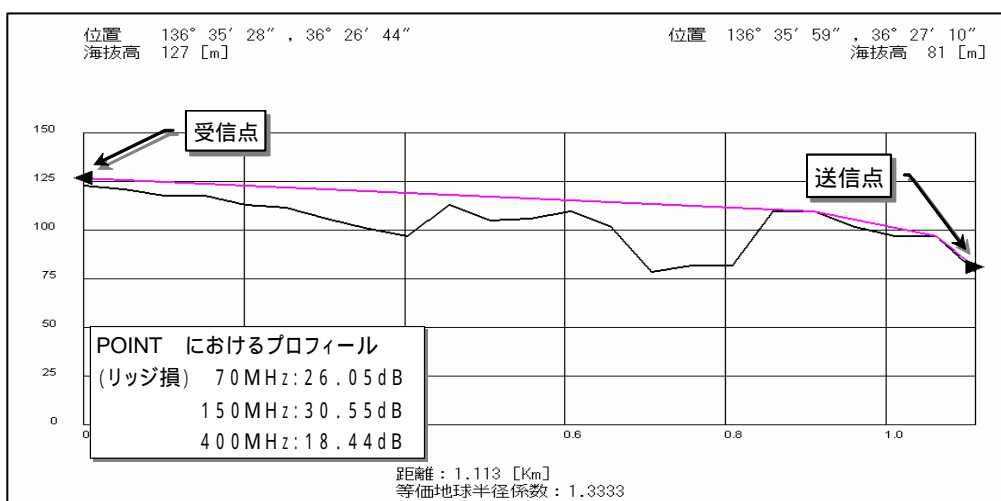


図7 - 21

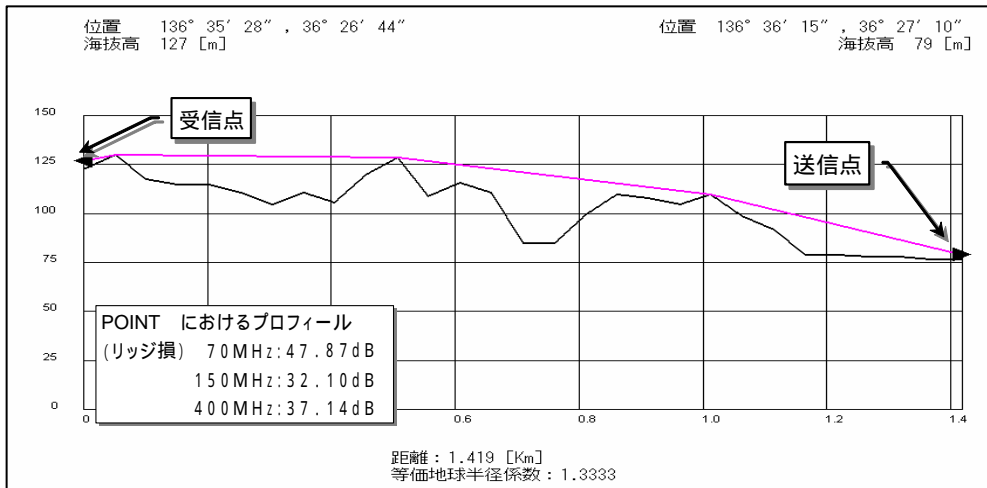


図7 - 22

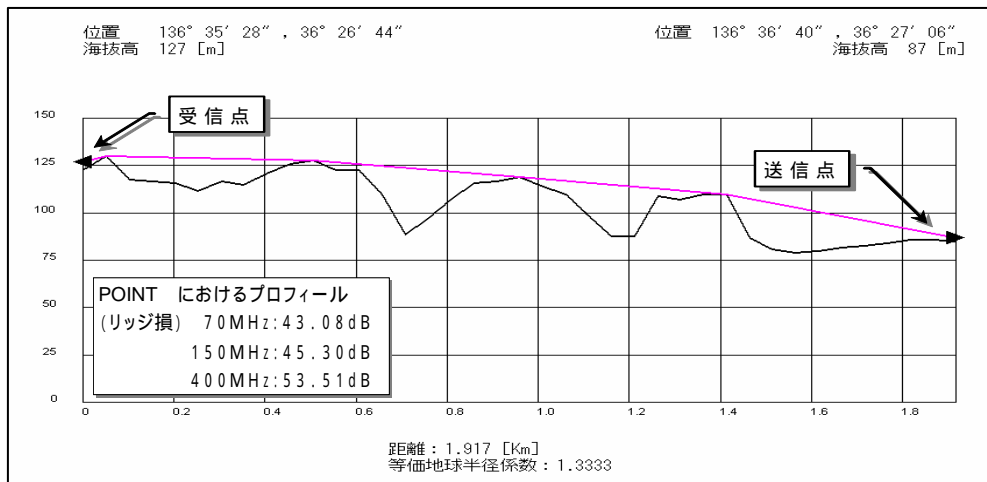


図7 - 23

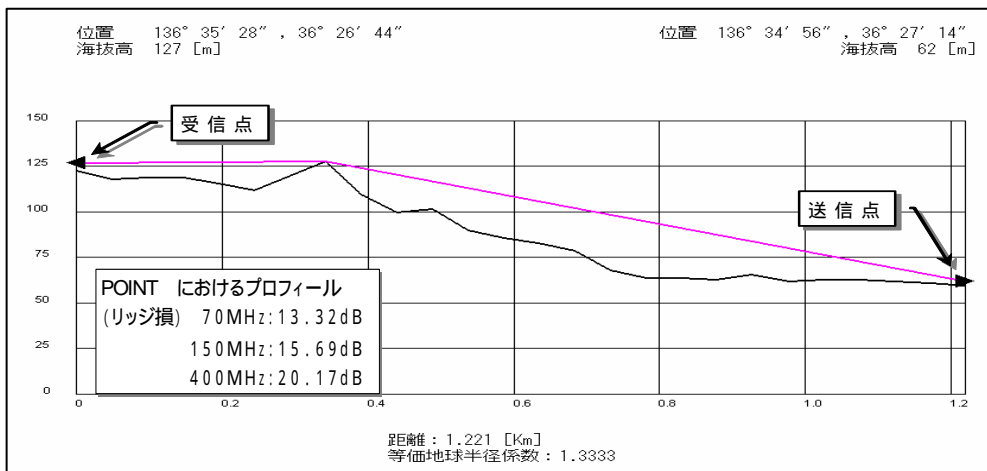


図7 - 24

今回の試験は、前回同様な試験を行った時の課題として、見通し外の伝搬として特定する送受信点間において、70MHz帯から400MHz帯の各周波数の受信電力の値を測定していなかったため、探査用受信機に受信データが反映されない場合、探査用受信機に受信される電力がスレッシュホールドレベル以下なのか、それ以上なのかが判別できなかったため、スペアナによる受信電力の測定を中心に実施したものである。

測定の条件としては、先にも述べたとおり発信機のアンテナ不整合による輻射電力不足を補填するため、受信側に利得可変型のプリアンプを挿入し、受信側の値を計算値に設定する方法により、各周波数帯のレベルを均衡させた。

測定の結果、表7-10に示すとおり全体の傾向として、周波数が高くなるにつれ受信電力が低下する傾向が見られ、見通し外伝搬では遮へいによる影響が顕著化している。

70MHz帯にあっては、アンテナの不整合が大きいため、計算値に完全に合わせ込みができていないことから、1.4km以上の地点では不感の状態となったが、特異な状況としてポイント11の1.2km地点では計算上最小の区間損失(図7-20参照)であるにもかかわらず不感となっている。これについては現時点で原因は不明であるが、今後別に検証することも必要と考える。

今回の試験では、時間的な制約から限られた地点のみの試験となっているが、150MHz帯及び400MHz帯は半径2km程度までは、試験に用いた送信電力である10mWで十分に実用に供するものと判断された。

また、150MHz帯にあっては、その受信電力レベルから2.5km程度までは有効到達範囲とすることができると考えられる。

加えて、今回は受信側に標準ダイポールアンテナを設定したが、受信側にさらに高利得型のアンテナを使用することにより、有効到達範囲は拡大するものと考えられる。

おって、今回の試験ではスペアナによる測定に加えて、探査用受信機によるデータの受信状況も検証を行った。

この中で、400MHz帯は5地点中4地点においてGPSデータが受信されたが、150MHz帯については5地点全てにおいて、70MHz帯は2地点全てにおいてデータが受信できなかった。

8 検証試験の評価

今般、開発・試作した発信機は、その開発・製作期間に制約があったことから、当初の仕様を一部変更しているものの、基本的な性能は確保されている。また、平成17年暮れから新年の間は例年になく大雪に見舞われたことから、検証試験は予定していたスケジュールどおりに進行することができず、結果として計5回に亘る検証試験を実施した。

(1) 見通しにおける電波伝搬特性

見通しにおける検証試験は、主に平面大地における異なる周波数の伝搬特性を把握するために実施した。得られた伝搬特性は、電波伝搬特性に関する理論値にほぼ合致することが確認された。

(2) 見通し外における電波伝搬特性

見通し外における検証試験では、電波を遮へいする地形にあって 70MHz 帯、150MHz 帯及び 400MHz 帯における電波伝搬特性を把握することに主眼を置いた。測定区間は、受信点から概ね 1km から 3km 程度の区間距離があり、受信点の近傍に大きな遮へいがある区間、送受信点間の中間に遮へいがある区間、送信点の近傍に大きな遮へいが存在する区間等を基準に選定した。

各周波数帯における電波伝搬特性は、検証試験結果に示しているとおり、周波数帯及び遮へいの位置等により様々な伝搬経路となっていることから、距離のみでは伝搬特性を単純に対比することは適当でないと考えられる。しかし、70MHz 帯及び 150MHz 帯の各周波数帯では、特定区間内の遮へい及びその位置により、受信電界強度が大幅に低下する等の大きな影響を受けていないことから、中山間地帯における見通し外伝搬においては、70MHz 帯及び 150MHz 帯は有効な周波数帯である、と評価できる。特に、150MHz 帯は 400MHz 帯に比べ 3dB から 11dB 程度高い受信電力が得られていることから、山間地域において最も有効な周波数帯の一つであると認められる。

なお、70MHz 帯及び 150MHz 帯の電波伝搬特性の検証試験において、一時的ではあったが探査用受信機の受信感度(-115dBm)を上回る受信電力が得られているにもかかわらず、発信機から伝送される GPS でデータが受信できない事象が観測された。こうした事象は、70MHz 帯及び 150MHz 帯はマルチパス等の影響を大受け易い傾向にあるため、受信された時点でデータエラーが発生している可能性が高いと考えられる。

9 実用化に向けた評価と課題

(1) 実用化に向けた評価

周波数帯

当高度利用システム部会では、野生動物の位置を正確に把握する観点に立ち、特にその個体が大きなクマの首に装着する電波発信機の技術的条件に的を絞って検討してきた。

クマの生息地域及び探査を必要とする範囲を考慮すると、発信機の利用環境は平地よりはむしろ谷や山々が複雑に入り組んだような中山間地域が大半であることが想定され、こうした地域では、見通し外の電波伝搬路になると考えられる。

前述のとおり、70MHz 帯、150MHz 帯及び 400MHz 帯の各周波数帯のうち、野生動物探査

用周波数として、70MHz帯及び150MHz帯が適していると考えられる。しかし、特に70MHz帯はそのアンテナ形状が比較的大きく、個体によっては装着が困難となることや、アンテナと発信機との間で十分な整合を図る技術的な検討を行う必要があると考えられる。

空中線電力

野生動物に係る探査範囲は、概ね10k㎡であると言われている。70MHz帯、150MHz帯における電波伝搬試験において、空中線電力10mWによって半径2km程度の電波有効到達範囲として確認されていることから、必要とする探査範囲である10k㎡をカバーできるものと考えられる。したがって、クマの個体に装着する発信機の空中線電力は、70MHz帯、150MHz帯ともに10mWとすることが適当であると考えられる。

(2) 実用化に向けての課題

個体装着用の発信機

ア アンテナの形状

本高度利用システム部会の検証用とした発信機は、部会での提言を踏まえ平成16年度の「ビーコン検討会」において試作された発信機を参考に、小型化、低消費電力化を中心に改善を加えたものである。この発信機を前回のものと比較すると、重量で22分の1、体積で8分の1と小型化されており、消費電力量も送受信ともに約2分の1程度低減されている。

しかしながら、今回の生体の対象はクマという極めて大きな野生動物であることから、今後、サル等の小型の動物を対象とする場合では、更なる小型化と低消費電力化が必要であると判断される。また、試作機器は野生動物に装着することを想定しその形状を決定しているため、使用する周波数帯により限られた長さの中でアンテナと発信機との間で整合を図ることが重要である。

今後、実用化に向けて効率のよいアンテナの検討と野生動物の装着に適した形状の検討を行う必要があると考えられる。

イ データの伝送速度

データ伝送に係る当初仕様では、消費電力の軽減から送信に要する時間は極力短くする方向で検討されたため、データ伝送速度は2400bpsとした。

しかしながら、70MHz帯及び150MHz帯において、十分な電波の強さがあるにもかかわらず、GPSデータ等が表示されない現象が顕著化した。こうした事象は、70MHz帯及び150MHz帯はマルチパス等の影響を受け易い傾向にあるため、受信された時点でデータエラーが発生している可能性が高いと考えられる。これを回避するため、例えばデータ伝

送速度を 50%程度低下する等の検討を行うのが肝要であると考えられる。

なお、伝送速度を 50%低下させても、消費電力に大きな影響を及ぼすことにはならないと、判断される。

探査用受信機

ア RSSI(信号強度表示)機能の搭載

探査用受信機には、受信波の信号強度が容易に判断できるようRSSIのレベル表示を備え付けることが必要不可欠である。GPS等の受信データが得られない場合、探査者はその原因が受信波の電界強度不足によるものなのか、あるいはデータエラーなのか容易に判別でき、直ぐに必要な対策を講じることができると考えられる。

また、受信波の強度を音感により知り得る音声モニター回路の付加によって電波の到来方向や探査対象動物との距離を推し量ることができるので、有効な機能と考えられる。

イ 受信機側の感度向上

探査動物の種類によっては、比較的広い範囲を探査エリアとすることが想定される。こうした場合には、探査用発信機の空中線電力を上げることが考えられるが、その増力に比例してバッテリーライフが低下することとなる。この対策として、受信機の感度をより高感度に設定することや、受信側のアンテナに指向性の高いアンテナを使用することが有効である。

さらに、一定期間内、継続するデータを取得する場合などにおいては、受信されたデータを一時的に蓄積する機能を付加する必要もあると考えられる。

さらに進んだ高度利用システム

高度利用システム部会が検討した野生動物テレメトリーシステムは、おおよそ 12k m²程度のエリアを探査できると考えられるが、更なる探査範囲の広域化に対応するためには、一定の単位面積を受信範囲とする定点型の分散受信方式を併用することもできよう。また、検知システム部会により検討されているシステムとの融合を図ることで探査範囲を拡大することが可能であると考えられる。

分散受信方式の採用に当たっては、相当の容量をもつ蓄電池を採用することによって、数年単位の運用ができる可搬型の受信施設の構築は可能と考えられ、一定期間のデータ取得後に受信機を回収し、データを分析することも可能であると考ええる。

また、一方の検知システム部会の検証システムとの融合にあっては、発信機のデータ構造や電氣的なスペックを統一することにより実現可能であると考えられる。

参考資料

1 発信機の情報通知のデータフォーマット

コード: 36h (6)

語長: 9 ~ 23byte

STRT	DID	MID	INF	LEN	DATA	CRC	EC
------	-----	-----	-----	-----	------	-----	----

データ構成:

発報残数 (1byte) : 00h ~ 03h

モード状態 (1byte) : 下記

00h: ノーマル動作状態 (DIPSW による)

10h ~ 1Fh: 通常モード (下位 4bit は休止時間設定値) (1.4 参照)

20h ~ 27h: 間欠受信モード (下位 4bit は休止時間設定値) (1.4 参照)

b6: 0=位置情報なし 1=位置情報あり

b7: 0=状態情報なし 1=状態情報あり

時刻情報 (7byte) : 年月日時分秒の BCD データ

位置情報 (12byte) : 測位ができていない場合は各データ 00000000h

緯度 (4ByteBinary, 上位 ~ 下位の順)

経度 (4ByteBinary, 上位 ~ 下位の順)

高度 (4ByteBinary, 上位 ~ 下位の順)

状態情報 (2byte) : R S S_i値 (1byte), 電池状態 (1byte)

2 通常モード休止時間 / 間欠受信時休止時間

通常モード休止時間

設定値	休止時間	設定値	休止時間
0 h	2 秒	8 h	3 0 分
1 h	3 秒	9 h	1 時間
2 h	4 秒	A h	2 時間
3 h	5 秒	B h	3 時間
4 h	1 0 秒	C h	6 時間
5 h	3 0 秒	D h	1 2 時間
6 h	1 分	E h	2 4 時間
7 h	1 0 分	F h	4 8 時間

間欠受信時休止時間

設定値	休止時間
0 h	1 秒
1 h	1 . 5 秒
2 h	2 秒
3 h	2 . 5 秒
4 h	3 秒
5 h	4 秒
6 h	5 秒
7 h	1 0 秒

試作発信機の仕様

70MHz

シリアル番号(YM@001 / 10mW時)			
項目	条件	測定結果	単位
周波数(74.76MHz)		74.7601	MHz
偏差(±4ppm)		1.3	ppm
送信出力(10mW)		10.1	mW
偏差(+20% ~ -50%)		1	%
変調度		2.47	KHz
送信スプリアス(-26dBm以下)			
2nd(149.52MHz)		-30.1	dBm
3rd(224.28MHz)		-49.7	dBm
4th(299.04MHz)		-50.3	dBm
ADJ CH Power(40dB以上)	Upper	-47.7	dB
	Low	-47.6	dB
Occ BW(8.5KH以内)		7.14	KHz
受信感度	1×10 ⁻³ になるレベル	-114	dBm
ローカルリーク(-54dBm以下)		-63.5	dBm
消費電流			
送信時		54.6	mA
受信時		47.6	mA

150MHz

シリアル番号(YM@003 / 10mW時)			
項目	条件	測定結果	単位
周波数(151.89MHz)		151.8901	MHz
偏差(±4ppm)		0.7	ppm
送信出力(10mW)		9.97	mW
偏差(+20% ~ -50%)		-3	%
変調度		2.39	KHz
送信スプリアス(-26dBm以下)			
2nd(303.78MHz)		-30.9	dBm
3rd(455.67MHz)		-70.7	dBm
4th(607.56MHz)		-64.5	dBm
ADJ CH Power(40dB以上)	Upper	-48.5	dB
	Low	-47.9	dB
Occ BW(8.5KH以内)		7.03	KHz
受信感度	1×10 ⁻³ になるレベル	-114	dBm
ローカルリーク(-54dBm以下)		-57.7	dBm
消費電流			
送信時		54.7	mA
受信時		45.6	mA

400MHz

シリアル番号(YM@005 / 10mW時)			
項目	条件	測定結果	単位
周波数(426MHz)		426.0004	MHz
偏差(±4ppm)		0.94	ppm
送信出力(10mW)		9.7	mW
偏差(+20% ~ -50%)		-3	%
変調度		2.44	KHz
送信スプリアス(-26dBm以下)			
2nd(852MHz)		-39.4	dBm
3rd(1278MHz)		-40.1	dBm
4th(1704MHz)		-45.6	dBm
ADJ CH Power(40dB以上)	Upper	-49.3	dB
	Low	-46.3	dB
Occ BW(8.5KH以内)		7.23	KHz
受信感度	1×10 ⁻³ になるレベル	-114	dBm
ローカルリーク(-54dBm以下)		-55.1	dBm
消費電流			
送信時		55.9	mA
受信時		49.1	mA

試作受信機の仕様

70MHz

シリアル番号(YM@002 / 10mW時)			
項目	条件	測定結果	単位
周波数(74.76MHz)		74.76	MHz
偏差(±4ppm)		0	ppm
信出力(1mW)		10.2	mW
偏差(+20% ~ -50%)		2	%
変調度		2.43	KHz
送信スプリアス(-26dBm以下)			
2nd(149.52MHz)		-31.1	dBm
3rd(224.28MHz)		-50.9	dBm
4th(299.04MHz)		-52.3	dBm
ADJ CH Power(40dB以上)	Upper	-47.8	dB
	Low	-47.9	dB
Occ BW(8.5KH以内)		7.22	KHz
受信感度	1×10 ⁻³ になるレベル	-115	dBm
ローカルリーク(-54dBm以下)		-62.1	dBm
消費電流			
送信時		37.7	mA
受信時		31.2	mA

150MHz

シリアル番号(YM@004 / 10mW時)			
項目	条件	測定結果	単位
周波数(151.89MHz)		151.8902	MHz
偏差(±4ppm)		1.4	ppm
送信出力(1mW)		10.1	mW
偏差(+20% ~ -50%)		1	%
変調度		2.41	KHz
送信スプリアス(-26dBm以下)			
2nd(303.78MHz)		-31.3	dBm
3rd(455.67MHz)		-69.8	dBm
4th(607.56MHz)		-61.2	dBm
ADJ CH Power(40dB以上)	Upper	-47.7	dB
	Low	-47.1	dB
Occ BW(8.5KH以内)		7.12	KHz
受信感度	1×10 ⁻³ になるレベル	-114	dBm
ローカルリーク(-54dBm以下)		-56.9	dBm
消費電流 送信時		36.9	mA
受信時		30.3	mA

400MHz

シリアル番号(YM@006 / 10mW時)受信機			
項目	条件	測定結果	単位
周波数(426MHz)		426.0001	MHz
偏差(±4ppm)		0.23	ppm
送信出力(10mW)		9.2	mW
偏差(+20% ~ -50%)		-8	%
変調度		2.27	KHz
送信スプリアス(-26dBm以下)			
2nd(852MHz)		-41.5	dBm
3rd(1278MHz)		-38.7	dBm
4th(1704MHz)		-51.2	dBm
ADJ CH Power(40dB以上)	Upper	-51.5	dB
	Low	-48.5	dB
Occ BW(8.5KH以内)		6.12	KHz
受信感度	1×10 ⁻³ になるレベル	-115	dBm
ローカルリーク(-54dBm以下)		-55.7	dBm
消費電流 送信時		36.5	mA
受信時		30.9	mA