

# 検知システム部会報告書

## 1 報告概要

検証等の結果を受け、次のような点を考慮してシステムを構築することにより、近距離の野生動物の検知に対し、今回検討を行った検知システムは有効であると思われ、野生動物の接近監視及び警報システムに十分応用・実用化が可能と考えられる。

### 1 - 1 動物装着用発信器の送信機周波数及び出力の選択

今回の検証実験より、山間地での用途を考慮すると、使用する電波の条件としては周波数 150MHz 帯、送信出力 1mW の組み合わせが、実用性の点で適しているといえる。以下に理由を示す。

#### (1) 送信機出力

- ・RSSI（受信信号強度）は、平地実験に両周波数とも 1mW において 600m まで受信できた。さらに山間地の実験においても 1mW で 500m まで受信が可能であり、10mW の送信機と比較し 1mW で十分である。
- ・中継システムを構築する上で中継距離が 600m 程度のアドホック中継機（10mW の）を使用した場合、検知用の受信機（以下、受信機という。）の受信範囲は 500m あるので送信機出力は、1mW で十分である。
- ・送信機の電池の寿命についても 1mW の方が有利である。

#### (2) 使用周波数

- ・平地における実験より、400MHz 帯と比べ 150MHz 帯のほうが水平偏波、垂直偏波の差が少ないため、動物の動きに対し安定的に受信可能と予想できる。
- ・特に山間地の基礎実験においてRSSI値をみると、見通し外伝搬において 400MHz 帯と比べ 150MHz 帯のほうが送信機位置を動かしてもデータの変化が少なく安定していた。

さらに、山間地の地形的に完全見通し外（曲がりくねった谷間に入った時）において 400MHz 帯では不感になった状態でも 150MHz 帯では受信できた。

### 1 - 2 中継機の条件

システムを構築する上でアドホック中継機が重要な役割を果たす。課題としては、中継距離が短いことと、現在の設定では中継ルートが固定されるよう設定されていたため中継局を移動しながら使用できないことが問題となった。このため、中継距離を伸ばす工夫と、中継ルートをすばやく切り替える設定が必要である。

### 1 - 3 受信機の高さ条件

受信機の設置に当たっては、設置高に注意する必要がある。(あまり高い位置に設置するとRSSI値の変化が不明瞭になり、送信機の位置がとらえにくくなる。設置に当たっては、設置地域の地形プロファイルを考慮する必要がある。)

実用化にあたって、2m程度の高さで配置することが望ましいと思われる。

### 1 - 4 受信機と中継機の設置条件のバランス

前述の1 - 3の受信機の高さ条件とは逆に中継機は高い位置に設置した方が中継距離を伸ばすことができ好ましいが、構築するシステムの広さを考慮の上、受信機と中継機のそれぞれの用途上支障のない、バランスのとれた設置条件を見つける必要がある。(基本的には受信機の設置条件を守りながら、中継機についてはアンテナの工夫等で中継距離を伸ばすといった方法も考えられる。)

### 1 - 5 広範囲システムへの応用(図1参照)

本検証では近距離の接近警報を念頭に置いて考えたが、広い範囲を監視するシステムと狭い範囲を監視するシステムを分け、それらを組み合わせることにより、効率の良い監視システムにすることも考えられる。(図2 - 1参照)つまり、例えば、広い範囲を監視するシステムでは標高の高い山の上に受信機を1台設置して広い範囲をカバーし、大まかにクマ等の対象動物の接近を知るために使い、狭い範囲を監視するシステムでは標高の低いところにある程度の数量の受信機を設置して接近警報を出すために使う、といった分担を行うことが考えられる。特に広い範囲の監視には、方向探知装置を採用することにより正確な動物の移動の把握ができると予想できる。

### 1 - 6 個体の追跡

レイアウト柔軟性の検証でも方法に触れているが、本システムで使用した中継機を自動車に搭載し、パソコン(以下「PC」という。)で処理用ソフトウェア画面を見ながら現場を移動できるようにすることにより、現場において野生動物を追跡し山奥へ追い返す等の作業をする上で非常に効率があがるものと考えられる。さらに、送信機の周波数が同一であるため、多数の個体識別しながらの追跡が可能な受信機の開発も現在の物の応用で可能である。

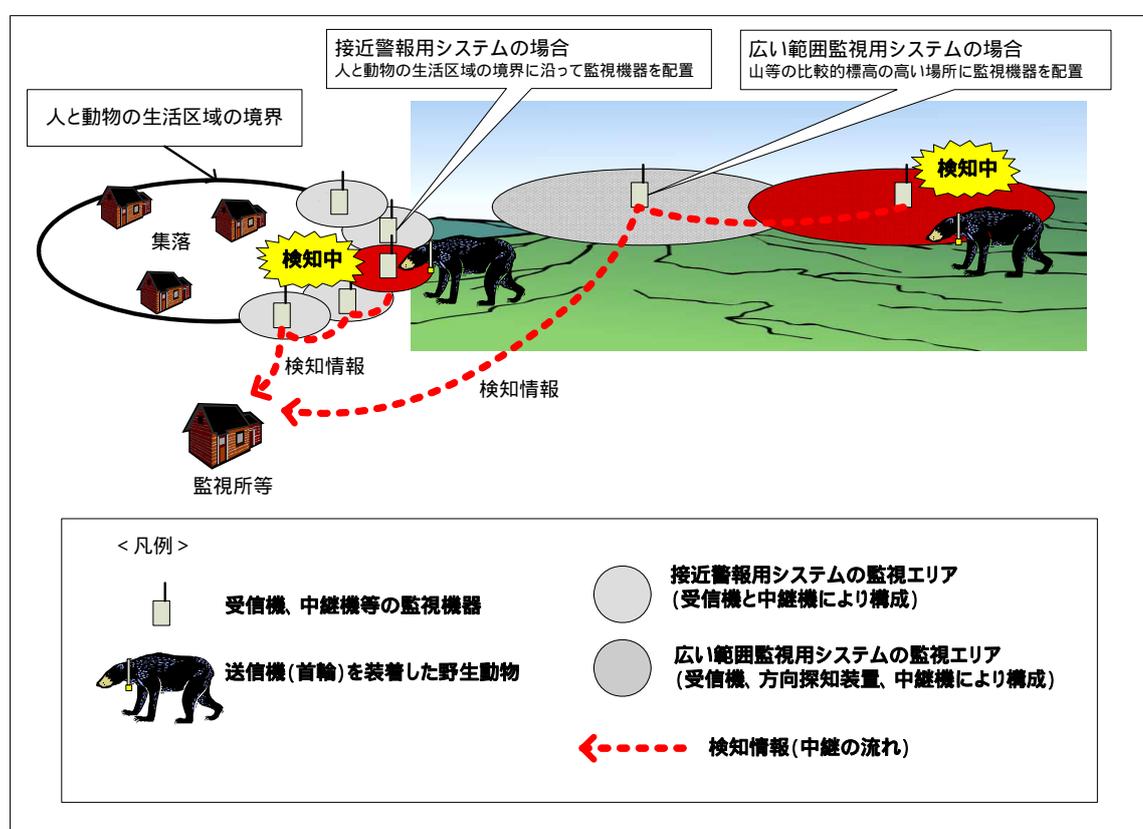
### 1 - 7 データの公開

本検証ではPCの試験用ソフトウェアで野生動物の位置を把握できるようにしたが、さらに市町村の同報無線との連携をとる等、地域住民へ情報提供手段に結びつ

けることにより、本システムの目指す「野生動物が人の生活領域に侵入した際に検知して警報を発する接近警報型位置検知システム」として、いっそう実用的なものに近づけられると考えられる。

さらに Web サーバを設け、サルについてデータをインターネット上に配信することにより、パソコン及び携帯電話でも情報入手が可能となり、地域または観光客に対しても情報を提供でき、より応用範囲が広がる。

図 1 検知システムの概念図



## 2 実用化に向けての課題

調査検証結果を踏まえて、実用化に向けての課題について考察した。

### 2 - 1 送信機及び受信機の技術的な課題

#### (1) 送信機

送信機アンテナは、実験では首輪に沿わせたダイポールアンテナを使用している。今後はベルトの中に埋め込むか、送信機と一体とし堅牢な構造とすることが必要である。

また、小型軽量化と電池の消費をできるだけ防ぐ観点から送信データ内容を必要最小限とし、送信時間の短縮を図ることが必要である。

## (2) 受信機

### ・アンテナについて

実験では、単一型アンテナ(1/2 ホイップアンテナ)を使用した。このアンテナは垂直偏波で無指向性である。送信機の構造から偏波面は水平であり、平地での実験では波長の短い400MHz帯でこの偏波面による差が顕著に現れた。このため、受信機でも水平偏波無指向性アンテナの採用を検討する必要がある。

さらに実際に応用される山間地においては、動物の動きもさまざまであるため、受信レベル変動も激しく、また偏波の変化も激しいことが予想される。安定に受信するために偏波ダイバーシティ等の採用の検討が必要と思われる。

## (3) 中継機

実験ではアンテナ内蔵のアドホック中継機を使用した。400MHz帯が使用され中継距離はおよそ300mである。この中継距離はシステム構築に大きく影響する。

現状では中継距離が不足することが考えられるため、中継機のアンテナの工夫、中継機の取付け位置の工夫を行い、最低600mまで、できれば1,000mまで安定に中継できることが必要と思われる。(受信半径は、軽井沢町上水道管理センター～宝性寺近傍ルートの基礎実験において、1mWの送信機で150MHz帯では550m、400MHz帯では500mの結果であった。)

## (4) 電源

受信機の電源は中継機と共用とし、太陽電池を使用した電源が必要であり、電力は中継機+受信機で連続動作が可能となるよう検討する必要がある。

今回の実験では、受信機は単三電池で実験の全日程で、またアドホック中継機は専用のリチウム電池で約2日間使用できた。

## 2 - 2 機器設置上の課題

### (1) 受信機の設置条件(3 - 1 参照)

山間地における基礎実験において、見通しの良い斜面に受信機を設置したところ、通達距離が150MHz帯、400MHz帯とも平地の結果より大幅に伸び、不感になるまでのデータは取れなかったが、受信強度データより1mWの送信機においても距離は1,000m以上と予想できる。さらに、受信強度が距離に対して単調減少の特性ではなく大きくばらつきながら下がっていく特性を示した。このため今回のシステムには不向きな特性であると判断し、受信アンテナを地形的に低い位置に設置(軽井沢

町上水道管理センターに受信機を設置)する補足実験を行い、ほぼ良いと思われる結果が得られた。山間地においては、斜面に設置しなければならない条件が出た場合、受信アンテナの指向特性を考慮し、斜面と垂直に設置する等の検討が必要である。

## (2) 中継機の設置条件

山間地における実験において、中継機の位置は見通しの良い場所に設置すると中継距離も安定し伸びることが確認できたが、上記(1)のように、受信機の設置条件と相反する条件となった。このため、受信機の設置条件を守りながら中継距離を伸ばす工夫が必要である。

## 2 - 3 機能・その他についての課題

### (1) 複数の送信機の動作上の課題

複数の送信機の信号を1台の受信機で受信する場合、送信機の周波数が同一のため送信タイミングが重なるとそれぞれの信号が妨害しあうため受信できなくなる。このため、複数の送信機間で送信タイミングが重複しないよう、送信タイミングをずらす工夫が必要である。(送信間隔を、所定送信間隔± 秒となるよう、例えばをIDに連動した値、またはランダム値として設定することが考えられる。)

### (2) 送信機の送信間隔について

実験では送信間隔を4秒に1回送信するよう設定して行った。この間隔の最終決定には、同一受信機で受信する生体数及び生体の移動速度、中継機の性能と最大中継数及び上記(1)を考慮し決定することが必要である。

### (3) 広範囲の検知システム構築について

広い範囲を監視するシステムを構成する場合には、地域間で干渉しないよう、アドホック中継機の周波数を増やす等し、地域分けする必要も出てくると考えられる。

### (4) 受信信号の平均化

受信機からRSSI出力は、送信機の位置を数十センチ移動させただけで伝搬経路が変化し大きく変動する。このため瞬時のデータをとっても大きな誤差が発生することから、データ収集用のPCでは移動平均をとる等の信号処理を行い、安定したデータを収集することが必要であり、また平均のとり方も検討が必要と考える。

### 3 実証調査

#### 3 - 1 山間地における実証調査

本調査では、検知システムの活用について、軽井沢町役場周辺（軽井沢町役場～甲山山麓）にて事前調査を行い、実際に即した調査検証場所を選定し、総合的な通信特性測定等の検証を行った。調査不足の項目に対しては補足の検証試験を行った。

送信機 I D 及び受信機 I D と R S S I の収集機能の検証は、受信機と中継機のセットを複数セット配置した場合に、受信した送信機の I D 及び R S S I 情報が適切に収集できること並びに山間地における電波の伝播特性の検証を行った。

#### 実験装置の構成

実験装置は、送信機、受信機 1, 2 (1/2 ホイップアンテナ + 受信機 + アドホック中継機 / 電池駆動) 及びデータ収集用 P C (アドホック中継機 + 試験ソフト入りパソコン) から構成し、データ収集装置を車に搭載しデータを取得した。

以下に、受信機及びデータ収集用 P C の構成写真を示す。

#### 写真 機器構成

150MHz 帯 受信機等一式 外観



150MHz 帯 受信機等一式 内部



400MHz 帯 受信機等一式 外観



400MHz 帯 受信機等一式 内部



中継機 ( P C 用 ) ~ P C ( 車内 )  
の設置状況



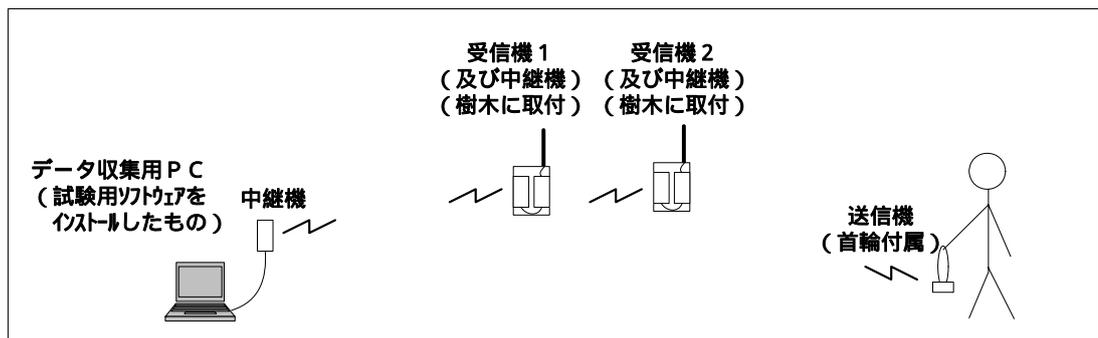
### (1) 受信機 1, 2 を比較的高い位置に設置した場合の検証

(送信機に対し、標高差で 30 ~ 80 m 高い位置に設置)

#### 1) 調査方法

受信機 1, 2 を予め決めた位置に設置 (図 3 - 1 参照) し、各周波数・出力の送信機を所定のルートに沿って移動し、それぞれの受信機より送信機 I D + 受信機 I D + R S S I 値がパソコンに中継機を通して送られて来ることを確認すると共に、距離の変化による R S S I 値を測定した。送信機は人の手で持ち各地点において地上高約 500mm の位置として測定を行った。測定系統の略図を以下に示す。

なお、測定にあたっては、事前に電界強度計により使用周波数帯について干渉波がないことを確認した。



#### 2) 結果 (グラフ 3 - 1、グラフ 3 - 2 参照)

<1> 送信機の信号により、それぞれの受信機より送信機 I D + 受信機 I D + R S S I 値がパソコンに中継機を通し取り込まれ、実験システムは順調な動作をしていることが確認された。

<2> 150MHz 帯、400MHz 帯 1mW, 10mW 共、実験の範囲内で問題なくデータが取れた。

<3> 全般的に平地の R S S I 値よりも高い数値を示した。

<4> 両波とも受信強度は高いが距離によりデータのばらつきが大きい。

<5> 150MHz 帯、400MHz 帯共、平地の R S S I 値のように距離により単調減少する特性ではなかった。

#### 3) 考察

<1> 実験システムの動作は良好と判断できる。この検証では送信機が 1 台であるため、送信機数を増やして実験を行う必要がある。(送信機数を増やしての実験については、運用機能の検証を参照。)

<2> 送信出力 1mW と 10mW を比較した場合、1mW も十分遠くまで通達していることが判った (150MHz 帯、400MHz 帯とも 500m を超えてデータ取得できた)。このため平地での検証と同様に 1mW 出力で十分であると判断できる。

<3> 受信機を見通しの良いは所に設置した場合 R S S I が距離に対し単調減少せず、さらに通達距離が大幅に伸びることが判った。この特性は電界強度により距離を算出するシステムでは、大きな誤差の発生要因となるため、見通しの良い位置への受信機設置は避けたほうが良い。

このため、低位置に受信機を設置し R S S I が単調減少するかの補足実験を行うこととした。

図3-1 実証調査 機器配置及び調査ルート

調査ルート

- ・各周波数・出力の送信機を下記のルートに沿って移動し、それぞれの RSSI 値を測定した。
- ・なお、ルート上の平均標高は約 946m である。

— 別荘地西～軽井沢町役場ルート  
— 宝性寺～軽井沢町役場ルート

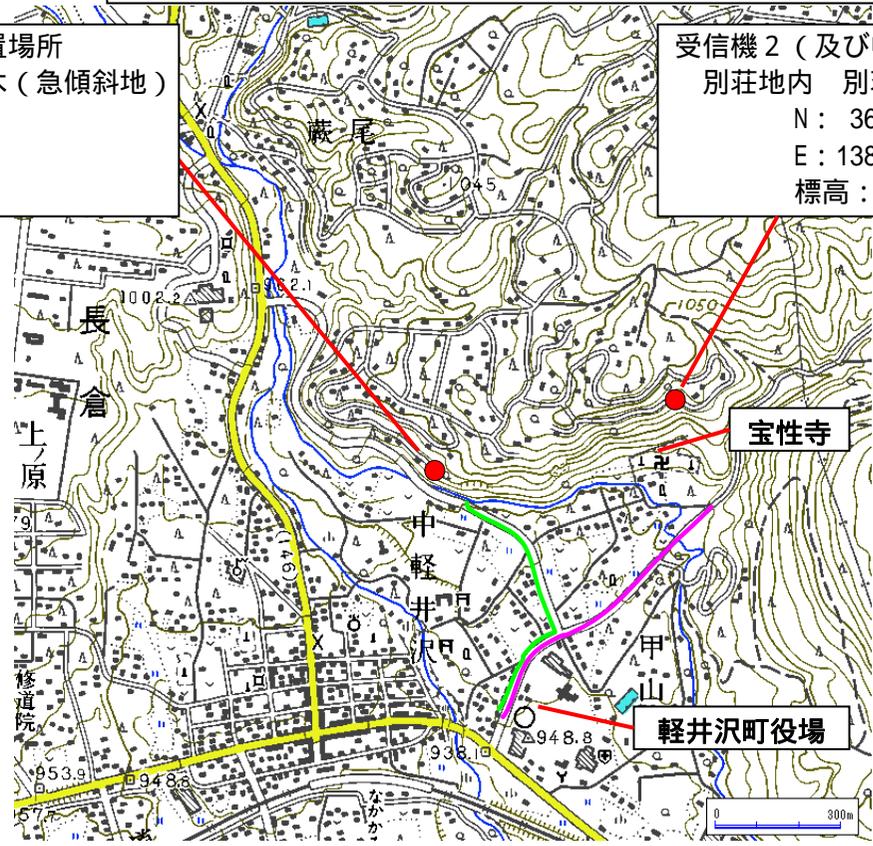
受信機 1 (及び中継機) 設置場所  
 別荘地内 受水槽 脇の木 (急傾斜地)  
 N : 36° 21' 14.4  
 E : 138° 35' 41.9  
 標高 : 976m

受信機 2 (及び中継機) 設置場所  
 別荘地内 別荘地道路 脇の木 (急傾斜地)  
 N : 36° 21' 20.2  
 E : 138° 36' 5.0  
 標高 : 1026m

受信機 1 (及び中継機) の設置状況

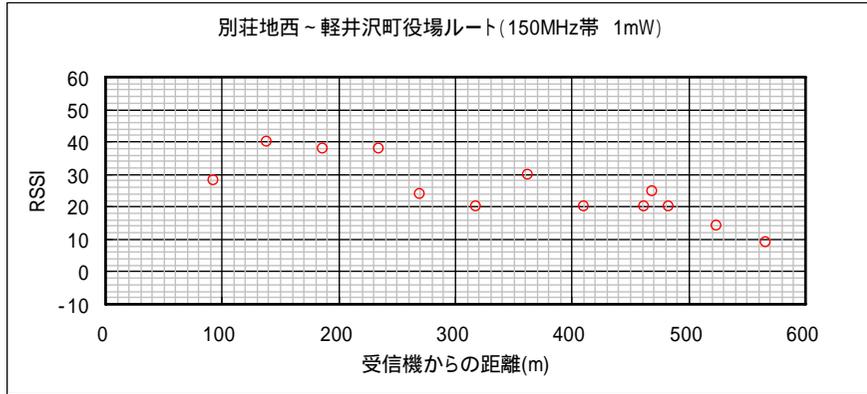


受信機 2 (及び中継機) の設置状況



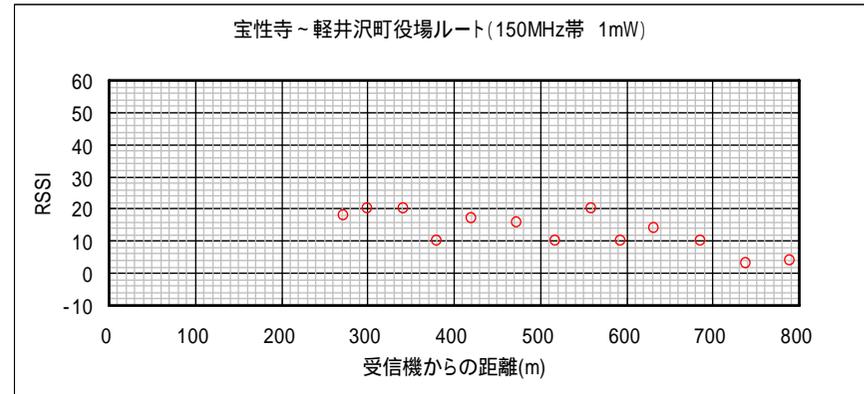
出典: 国土地理院発行の 2 万 5 千分の 1 地形図 (浅間山「南東」)

グラフ 3 - 1 RSSI VS 距離 150MHz 帯 (出力 上:1mW 下:10mW)

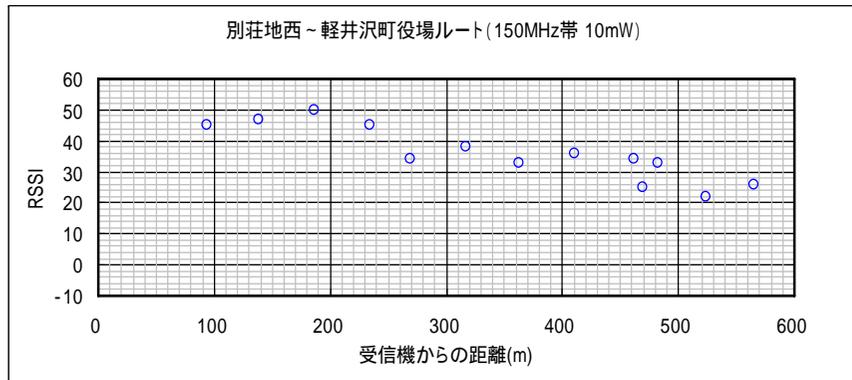


<測定条件> 測定日:平成17年10月13日  
 受信機: ID=001 (150MHz帯)  
 送信機: ID=001 (150MHz帯 1mW)

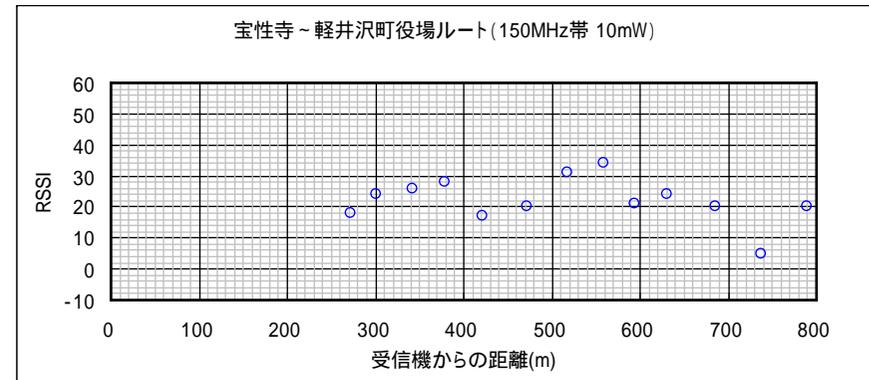
送信機動作モード: 通常動作モード (ID・パケット番号間欠送信)



<測定条件> 測定日:平成17年10月13日  
 受信機: ID=002 (150MHz帯)  
 送信機: ID=001 (150MHz帯 1mW)

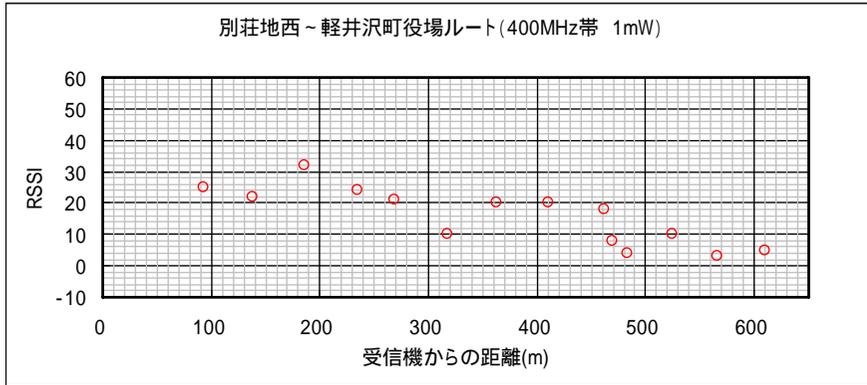


<測定条件> 測定日:平成17年10月13日  
 受信機: ID=001 (150MHz帯)  
 送信機: ID=003 (150MHz帯 10mW)

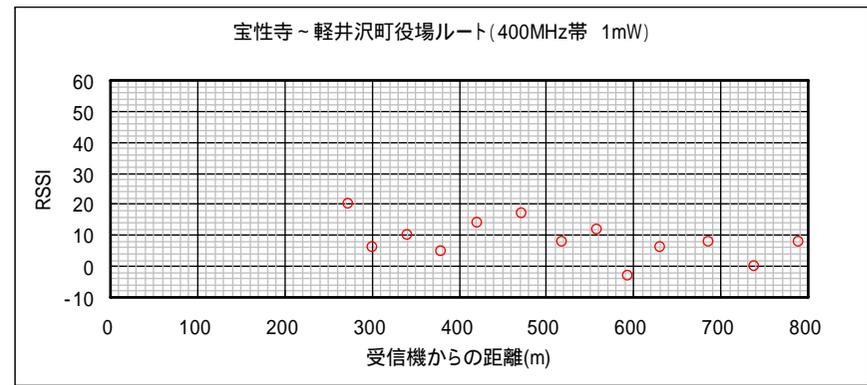


<測定条件> 測定日:平成17年10月13日  
 受信機: ID=002 (150MHz帯)  
 送信機: ID=003 (150MHz帯 10mW)

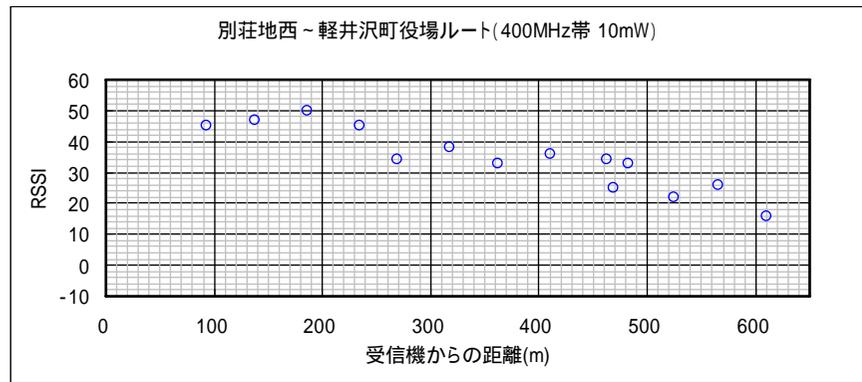
グラフ 3 - 2 RSSI VS 距離 400MHz 帯 (出力 上: 1mW 下: 10mW) 送信機動作モード: 通常動作モード (ID・パケット番号間欠送信)



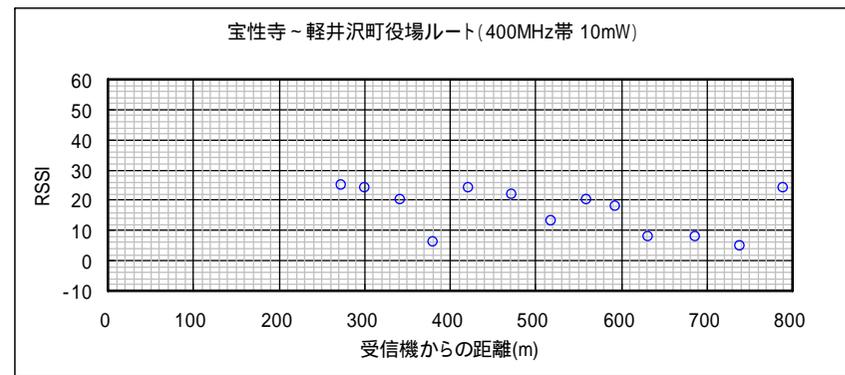
< 測定条件 > 測定日: 平成17年10月14日  
 受信機: ID=004 (400MHz帯)  
 送信機: ID=005 (400MHz帯 1mW)



< 測定条件 > 測定日: 平成17年10月14日  
 受信機: ID=005 (400MHz帯)  
 送信機: ID=005 (400MHz帯 1mW)



< 測定条件 > 測定日: 平成17年10月14日  
 受信機: ID=004 (400MHz帯)  
 送信機: ID=007 (400MHz帯 10mW)



< 測定条件 > 測定日: 平成17年10月14日  
 受信機: ID=005 (400MHz帯)  
 送信機: ID=007 (400MHz帯 10mW)

## (2) 受信機を比較的低い位置に設置した場合の検証

前項(1)の結果より、受信機を送信機の平均標高で平地と同様地上2mの位置に設置した場合について、距離の変化によるRSSIを測定した。

### 1) 調査方法

今回の試験では、150MHz帯及び400MHz帯の受信機を各1台用意し、(1)と同様、各周波数の送信機を所定のルートに沿って移動しRSSIを測定した。(図3-2参照)

受信機と送信機間の状況は、別荘地ルートは樹木により見通し外であり、受信点から160mの位置で行止りであった。

宝性寺ルートは、途中まで見通し、次に樹木により見通し外、山の斜面により見通し外と変化する谷間に入る場所で行った。状況の写真を以下に示す。

なお、送信出力は、平地での結果及び前項(1)の調査結果より1mWのみ測定を行った。

### 測定環境の写真

#### 軽井沢町上水道管理センター～別荘地内ルート状況

受信機側より測定箇所方向の状況



#### 軽井沢町上水道管理センター～宝性寺ルート状況

測定箇所より受信機方向(見通し) → 測定箇所より受信機方向(樹木により見通し外) → 測定箇所より受信機方向(山の斜面により見通し外)



## 2) 結果 ( グラフ 3 - 3 参照 )

- <1> 距離による受信強度が減少する特性となった。通達距離は、150MHz 帯、400MHz 帯とも送信機出力 1mW で 500m までデータを取得することができた。
- <2> 150MHz 帯と 400MHz 帯の測定において、400MHz 帯のデータと 150MHz 帯のデータ安定性を比較した場合、150MHz に比べ 400MHz の方が送信機位置が少し変化しただけで大幅にデータが変動し、また不安定であった。
- <3> 斜面により見通し外となった時、400MHz 帯は、150MHz 帯に比べ近距離で受信不能となった。

## 3) 考察

- <1> 受信機の設置高を低くした場合、距離による R S S I 値の単調減少特性が現れたため、R S S I 値による距離の判定が可能であるといえる。  
前記 ( 1 ) の考察とも合わせると、受信機の設置に当たっては、設置高に注意する必要があるといえる。(あまり高い位置に設置するとハイトゲインの効果で R S S I 値は大きくなるが単調減少特性が崩れ、送信機の位置が捕らえにくくなる。)  
逆に、山の頂上等の標高の高い位置に受信機を設置することにより、広域での受信が可能となることを示している。
- <2> 150MHz 帯と 400MHz 帯を比べた場合、400MHz 帯は場所により電界が弱く不安定な傾向があった。実用化の点では 150MHz 帯の方が適していると考えられる。
- <3> 起伏の激しい山間地においては、150MHz 帯の方が伝搬特性がよいと予想できる。
- <4> 実用上においては、高さ 2m 程度の受信機配置が適当であることから、150MHz 帯が望ましいと考えられる。

図3 - 2 実証調査 機器配置及び調査ルート

調査ルート

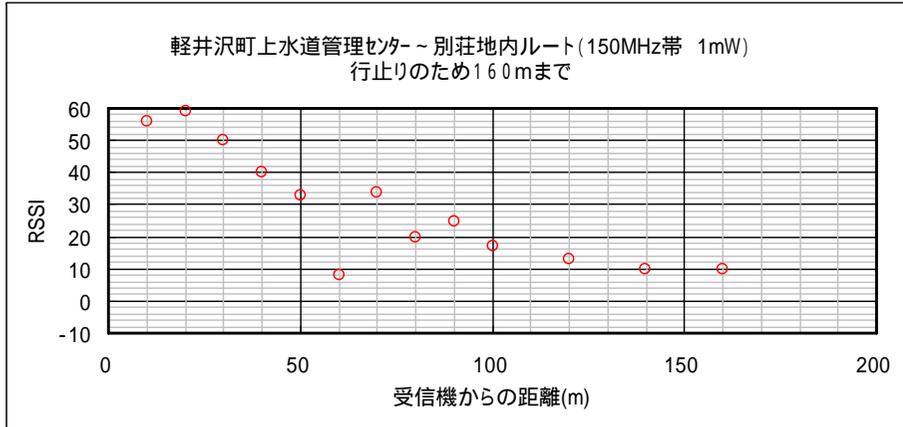
- ・各周波数・出力の送信機を下記のルートに沿って移動し、それぞれの RSSI 値を測定した。
- ・なお、ルート上の平均標高は約 947m である。

— 軽井沢町上水道管理センター～別荘地内ルート  
— 軽井沢町上水道管理センター～宝性寺ルート

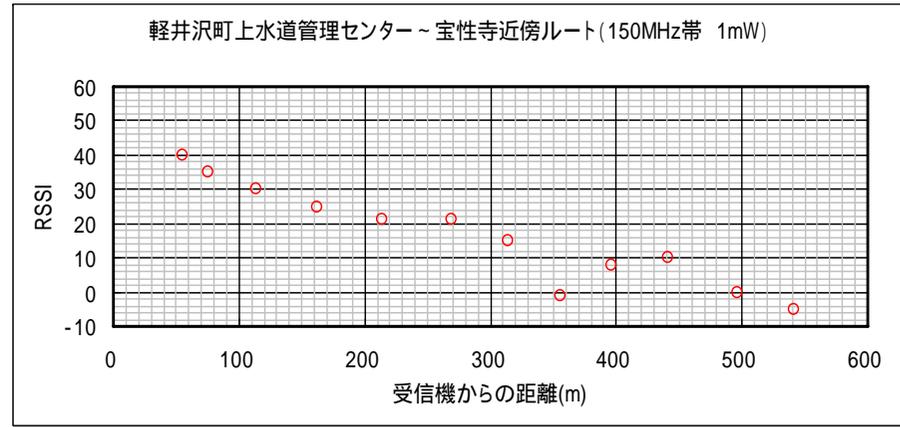


出典：国土地理院発行の2万5千分の1地形図（浅間山「南東」）

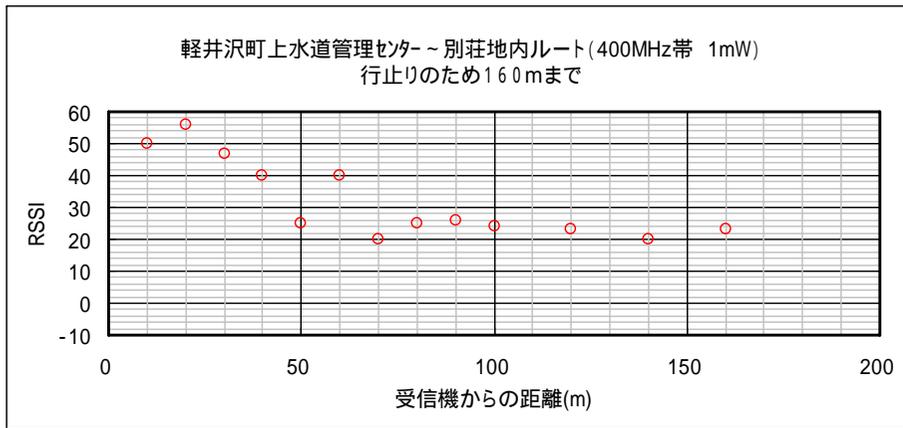
グラフ 3 - 3 RSSI VS 距離 出力 1mW (上: 150MHz 帯 下: 400MHz 帯) 送信機動作モード: 通常動作モード (ID・パケット番号間欠送信)



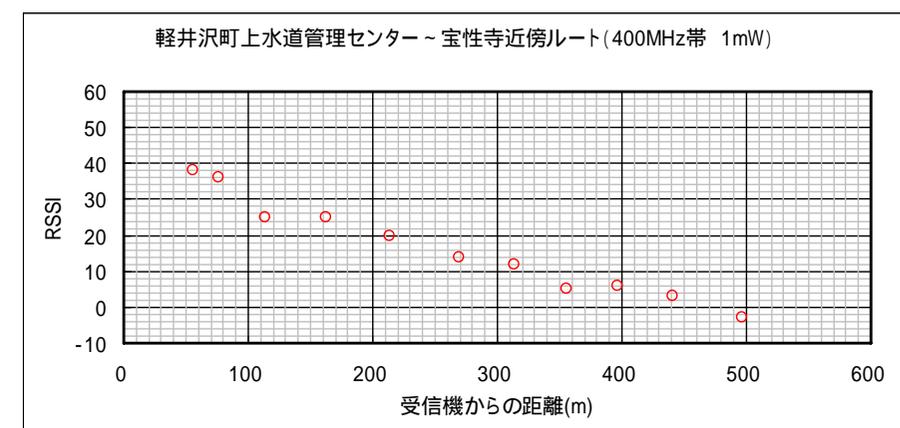
< 測定条件 > 測定日: 平成17年10月18日  
 受信機: ID=001 (150MHz帯)  
 送信機: ID=001 (150MHz帯 1mW)



< 測定条件 > 測定日: 平成17年10月18日  
 受信機: ID=001 (150MHz帯)  
 送信機: ID=001 (150MHz帯 1mW)



< 測定条件 > 測定日: 平成17年10月18日  
 受信機: ID=004 (400MHz帯)  
 送信機: ID=005 (400MHz帯 1mW)



< 測定条件 > 測定日: 平成17年10月18日  
 受信機: ID=004 (400MHz帯)  
 送信機: ID=005 (400MHz帯 1mW)

### 3 - 2 車載によるデータ収集の検証（中継機を車載し、移動した場合）

#### （ 1 ）調査方法

図 3 - 3 に示すような位置に受信機を 2 セット、中間に中継機を配置、さらに自動車にデータ収集用 P C + P C 用中継機を搭載して、図 3 - 3 に示すルートに沿って移動した。この間、ルート上の数カ所で自動車を止め、データの収集が正常に行われているかを検証した。

#### （ 2 ）結果

自動車を停車した各地点において、問題なくデータの収集が行われていることが確認できた。

#### （ 3 ）考察

この検証により車載でデータを取り込むことが可能であった。今後、実用段階に入り移動しながらクマ等の野生動物を追跡する場合利用できる可能性が高いことが検証できた。

#### 写真 調査状況：追加検証（中継機を車載し、移動した場合）

中継機（PC 用）の設置状況（車載）



中継機（PC 用）～ PC（車内）  
の設置状況



データ収集機能の確認

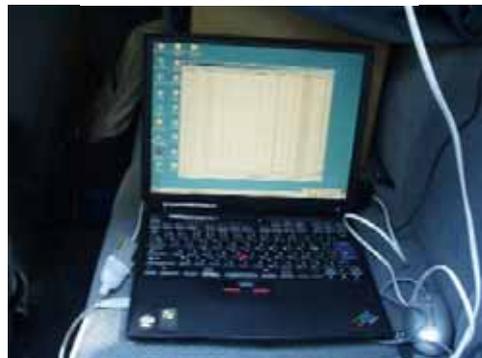


図3-3 実証調査 機器配置及び調査ルート

受信機1（及び中継機）設置場所  
 別荘地内 受水槽 脇の木（急傾斜地）  
 N：36°21' 14.4  
 E：138°35' 41.9  
 標高：976m

受信機1（及び中継機）  
 の設置状況



調査ルート

・下記のルートに沿って移動、数カ所で停車し、各地点でデータ収集が正しく行なわれるか確認した。

— 軽井沢町上水道管理センター～軽井沢町役場ルート

受信機2（及び中継機）設置場所  
 別荘地内 別荘地道路 脇の木（急傾斜地）  
 N：36°21' 20.2  
 E：138°36' 5.0  
 標高：1026m

受信機2（及び中継機）  
 の設置状況



中継機（150MHz帯、400MHz帯）設置場所  
 上水道管理センター 脇の木（平地）  
 N：36°21' 8.1  
 E：138°36' 1.5  
 標高：947m（中継機取付高さ地上6m）

中継機の設置状況



軽井沢町上水道  
 管理センター

軽井沢町役場

### 3 - 3 発信源位置表示のための受信機配置の検証

運用段階での受信機設置状況を想定し、平地において受信機と中継機のセットを3セット配置し、システム上において、送信機の位置を正しく表示できるか確認を行った。検証に使用する送信機はまず1台、次に同一周波数のものを同時に2台とし、総合的なデータが得られることを検証した。

#### 基礎データ

測定日：平成 17 年 10 月 18 日（火）天候 曇り

測定場所：長野市若穂綿内多目的広場（グライダー場）

送信機について

150MHz 帯送信機を使用

送信機 TX1：ID=001(150MHz 帯 1mW)（以下、「TX1」という。）

送信機 TX2：ID=002(150MHz 帯 1mW)（以下、「TX2」という。）

送信機動作モード：通常動作モード（ID・パケット番号間欠送信）

受信機について（配置地点 ~ の位置関係は下図参照）

地点 の機器 受信機：ID=001 / 中継機：ID=002（以下、「地点」という。）

地点 の機器 受信機：ID=002 / 中継機：ID=004（以下、「地点」という。）

地点 の機器 受信機：ID=003 / 中継機：ID=003（以下、「地点」という。）

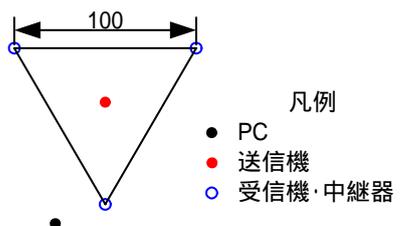
受信アンテナは 1 / 2 垂直ホイップアンテナ

PC における円表示には、平地における 150MHz 帯 1mW の RSSI 値を設定

#### 受信機の配列

地点、地点、地点の各間を 100m 固定（正三角形）高さ 2m に配置した。（下図、写真参照）これらの受信機に対し、送信機（高さ 50cm）の数量・位置・方向（クマ等の野生生物がどちらの方向を向いているかに相当）の条件を変え、各受信機が受信した電界強度から PC 上にて理論どおりの表示となるか調査を実施した。

試験状況写真



#### 試験の内容

以下の通り送信機の数量・位置・方向の条件を変え検証試験を実施

- <条件 1> 送信機 1 台 (TX1) TX1: 三角形の中央 / 地点 向き
- <条件 2> 送信機 2 台 (TX1, TX2) TX1: 三角形の中央 / 地点 向き, TX2: 三角形の中央 / 地点 向きの各地点方向
- <条件 3> 送信機 2 台 (TX1, TX2) TX1: 三角形の中央 / 地点 向き, TX2: 間の中央 / 軸向き
- <条件 4> 送信機 2 台 (TX1, TX2) TX1: 三角形の中央 / 地点 向き, TX2: 間の中央 / 地点 向き
- <条件 5> 送信機 2 台 (TX1, TX2) TX1: 三角形の中央 / 地点 向き, TX2: 間で より 10m / 軸向き
- <条件 6> 送信機 2 台 (TX1, TX2) TX1: 三角形の中央 / 地点 向き, TX2: 三角形中心間で より 20m / 軸と平行向き

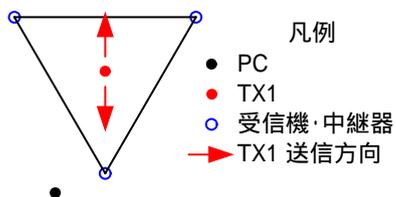
## <条件1>の試験

送信機 1 台 (TX1) 、 TX1: 三角形の中央 / 地点 向き

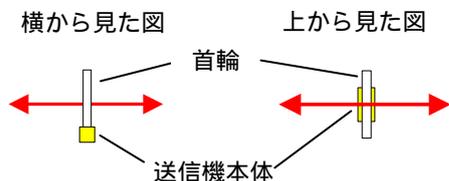
### 1) 調査方法

TX1 を地点 、 地点 、 地点 に対し一定の距離 ( 三角形中心 ) に設置し、 TX1 を地点 方向 に向け送信した。

試験状況写真

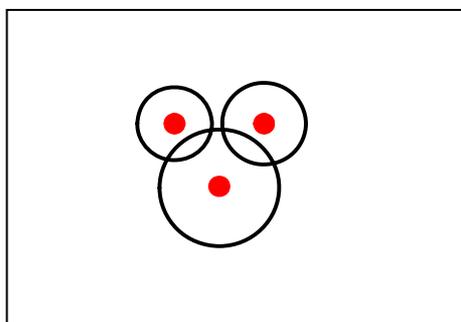


注) 送信方向について  
首輪につけた送信機から下図 ( 赤矢印 ) の 向きに送信することを意味する。



### 2) 結果

PC 表示状況 ( 実際の PC 表示に基づく模式図 ) ( 黒円 : TX1 からの RSSI 値に基づく )



注) 円の大きさと RSSI 値の関係  
円の大きさが小さいほど、RSSI 値は高い。

### 3) 考察

本来正三角形の中央に送信機があるため全ての円が同じ大きさであり、三角形の中央で円が重なるべきであるが上図の結果となった。結果を見ると、この三角形の中央付近に送信機があることが推測できる。

送信機アンテナの偏波面は水平偏波でありその指向方向は 方向であるが、アンテナを首輪に沿わせ配置してあるため垂直成分が多く発生しているようであり、試験のように垂直偏波のアンテナで受信した場合、指向方向の レベルは 、 方向に比べ下がる結果となった。

## <条件2>の試験

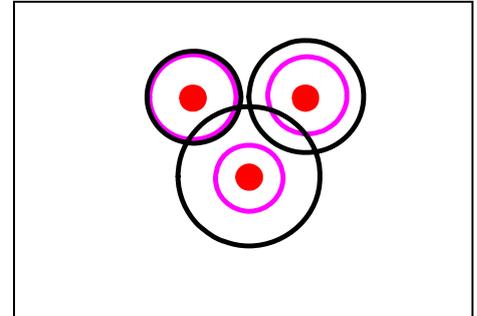
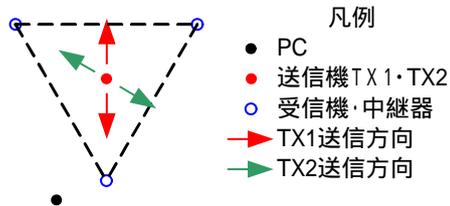
受信機2台(TX1, TX2) TX1:三角形の中央/地点 向き、TX2:三角形の中央/地点 の各地点方向

### 1) 調査方法

TX1、TX2 を中央に設置し、TX1 の送信方向を固定、TX2 を中央に設置し、送信方向( 地点 、 の各地点方向に順に送信 ) による変化を見た。

### 2) 結果

【その1】 TX2 を地点 方向に送信した場合(下図参照)



PC表示状況(実際のPC表示に基づく模式図)

(黒円:TX1からのRSSI値に基づく 赤円:TX2からのRSSI値に基づく)

・地点 の赤円が(特に地点 と比べて)大きめに表示されている。(=RSSI値が小さくなっている。)

PC取得受信データ(TX2を地点 方向に送信した場合のデータ。送信機TX2のみ表示)

・受信機ID=002や003に比べ、ID=001のRSSI値が小さくなっている。

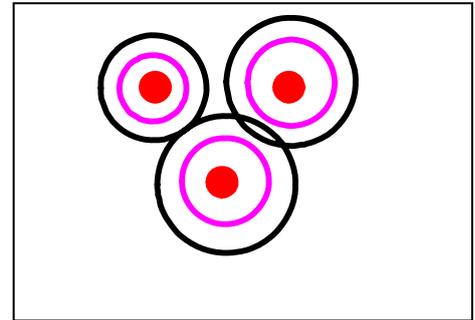
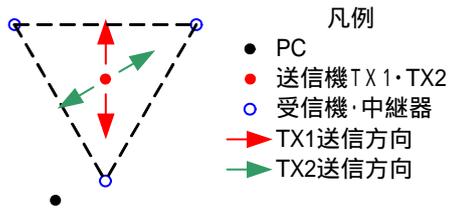
受信日	受信時刻	パケット	送信機ID	受信機ID	RSSI値	BL	予備
05-10-18	14:49:12	5	2	2	36	0	0000000
05-10-18	14:49:12	6	2	2	36	0	0000000
05-10-18	14:49:12	6	2	3	33	0	0000000
05-10-18	14:49:11	4	2	2	36	0	0000000
05-10-18	14:49:11	4	2	1	30	0	0000000
05-10-18	14:49:11	5	2	3	33	0	0000000
05-10-18	14:49:10	3	2	1	30	0	0000000
05-10-18	14:49:10	3	2	2	36	0	0000000
05-10-18	14:49:10	4	2	3	33	0	0000000
05-10-18	14:49:09	2	2	1	30	0	0000000
05-10-18	14:49:09	2	2	2	36	0	0000000
05-10-18	14:49:09	1	2	3	33	0	0000000
05-10-18	14:49:09	2	2	3	33	0	0000000
05-10-18	14:49:09	3	2	3	33	0	0000000
05-10-18	14:49:08	0	2	2	36	0	0000000
05-10-18	14:49:08	1	2	2	36	0	0000000
05-10-18	14:49:08	14	2	1	30	0	0000000
05-10-18	14:49:08	15	2	1	30	0	0000000
05-10-18	14:49:08	0	2	1	30	0	0000000
05-10-18	14:49:08	1	2	1	30	0	0000000
05-10-18	14:49:08	0	2	3	33	0	0000000
05-10-18	14:49:07	14	2	1	30	0	0000000
05-10-18	14:49:06	14	2	2	36	0	0000000
05-10-18	14:49:06	15	2	3	33	0	0000000
05-10-18	14:49:06	15	2	2	36	0	0000000
05-10-18	14:49:05	14	2	3	33	0	0000000
05-10-18	14:49:04	13	2	3	33	0	0000000
05-10-18	14:49:04	13	2	1	30	0	0000000
05-10-18	14:49:03	12	2	2	36	0	0000000
05-10-18	14:49:03	11	2	1	30	0	0000000
05-10-18	14:49:03	12	2	1	30	0	0000000
05-10-18	14:49:03	13	2	2	36	0	0000000
05-10-18	14:49:02	11	2	2	36	0	0000000
05-10-18	14:49:02	11	2	2	36	0	0000000

注)パケット番号の順番について

アドホック中継機の性質上、中継ルートやタイミングにより、データ受信時刻に遅延が生じる場合があるため、同じ受信機について見た場合、パケット番号が時系列に並ばない部分が出てくる。

2) 結果 ( 続き )

【その2】 TX2 を地点 方向に送信した場合 ( 下図参照 )



PC 表示状況 ( 実際の PC 表示に基づく 模式図 )

( 黒円 : TX1 からの RSSI 値に基づく 赤円 : TX2 からの RSSI 値に基づく )

・地点 の赤円が ( 特に地点 と比べ ) 大きめに表示されている。( = RSSI 値が小さくなっている。 )

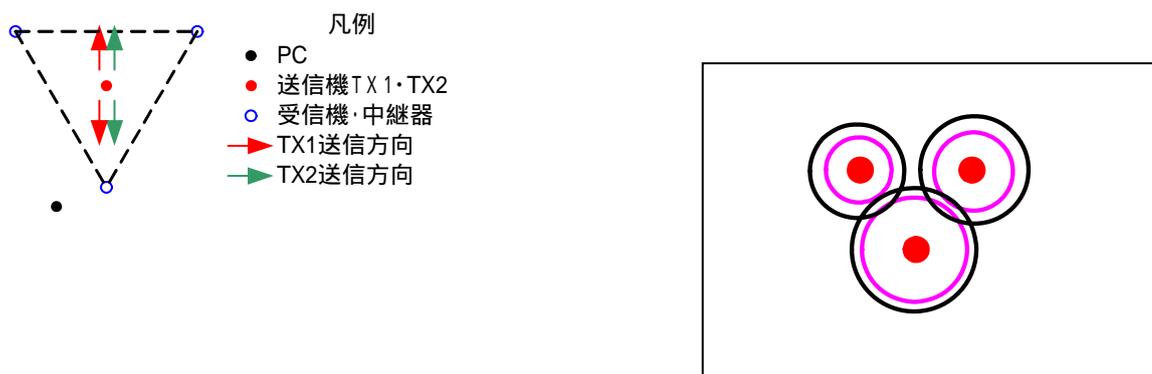
PC 取得受信データ ( TX2 を地点 方向に送信した場合のデータ。送信機 TX2 のみ表示 )

・受信機 ID=001 や 003 に比べ、ID=002 の RSSI 値が小さくなっている。

受信日	受信時刻	バケット	送信機ID	受信機ID	RSSI値	BL	予備
05-10-18	14:50:55	11	2	1	35	0	0000000
05-10-18	14:50:55	12	2	1	35	0	0000000
05-10-18	14:50:55	13	2	3	34	0	0000000
05-10-18	14:50:55	13	2	1	35	0	0000000
05-10-18	14:50:54	11	2	2	30	0	0000000
05-10-18	14:50:54	12	2	2	30	0	0000000
05-10-18	14:50:54	12	2	3	34	0	0000000
05-10-18	14:50:53	11	2	1	35	0	0000000
05-10-18	14:50:53	11	2	3	34	0	0000000
05-10-18	14:50:52	8	2	1	35	0	0000000
05-10-18	14:50:52	9	2	1	35	0	0000000
05-10-18	14:50:52	10	2	1	35	0	0000000
05-10-18	14:50:52	10	2	3	34	0	0000000
05-10-18	14:50:52	10	2	2	30	0	0000000
05-10-18	14:50:51	9	2	2	30	0	0000000
05-10-18	14:50:51	8	2	3	34	0	0000000
05-10-18	14:50:51	9	2	3	34	0	0000000
05-10-18	14:50:50	7	2	1	35	0	0000000
05-10-18	14:50:50	8	2	2	30	0	0000000
05-10-18	14:50:49	7	2	3	34	0	0000000
05-10-18	14:50:49	7	2	2	30	0	0000000
05-10-18	14:50:48	5	2	2	30	0	0000000
05-10-18	14:50:48	6	2	1	35	0	0000000
05-10-18	14:50:48	6	2	3	34	0	0000000
05-10-18	14:50:48	6	2	2	30	0	0000000
05-10-18	14:50:47	2	2	1	35	0	0000000
05-10-18	14:50:47	3	2	1	35	0	0000000
05-10-18	14:50:47	4	2	1	35	0	0000000
05-10-18	14:50:47	5	2	3	34	0	0000000
05-10-18	14:50:47	5	2	1	35	0	0000000
05-10-18	14:50:47	4	2	2	30	0	0000000
05-10-18	14:50:46	4	2	3	34	0	0000000
05-10-18	14:50:45	3	2	3	34	0	0000000
05-10-18	14:50:45	2	2	2	30	0	0000000

## 2) 結果 ( 続き )

【その3】 TX2 を地点 方向に送信した場合 ( 下図参照 )



PC表示状況 ( 実際のPC表示に基づく模式図 )

( 黒円 : TX1 からのRSSI値に基づく 赤円 : TX2 からのRSSI値に基づく )

・地点 の赤円が ( 特に地点 と比べて ) 大きめに表示されている。( = RSSI値が小さくなっている。 )

## 3) 考察 ( < 条件2 > の【その1】 ~ 【その3】 について )

この検証は、1台の送信機の中央に固定、2台目の送信機を同じく中央に配置しアンテナの指向方向 ( 首輪の方向 ) を回転させた検証試験である。

理想的な結果としては、< 条件1 > の考察と同様に全ての円の大きさが同じで、三角形の中央において重なる。

検証結果から円の大きさに多少の大小はあったが、三角形の中央付近に送信機があることは予想できるため、生体位置検知には十分使用できると予想できる。

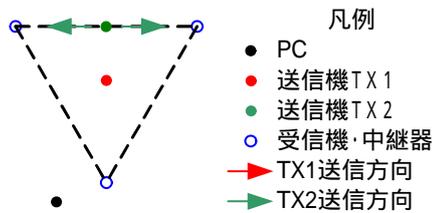
### <条件3>の試験

送信機2台(TX1, TX2)、TX1:三角形の中央/地点 向き、TX2: - 間の中央/ - 軸向き

#### 1) 調査方法

TX2を移動し送信位置、送信方向によるRSSI値の変化を確認した。地点 - 間の中央(50m)とし、送信方向を、 に向け送信しTX2のRSSI値の変化を見た。

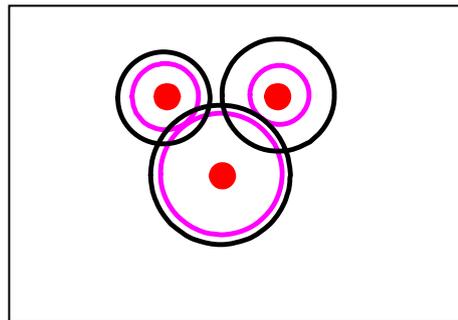
試験状況写真



#### 2) 結果

PC表示状況(実際のPC表示に基づく模式図)

(黒円: TX1からのRSSI値に基づく 赤円: TX2からのRSSI値に基づく)



#### 3) 考察

この試験は、 の円及び、 の円が の中点に重なることが理想で送信機が三角形から外れる状態となることが理想。

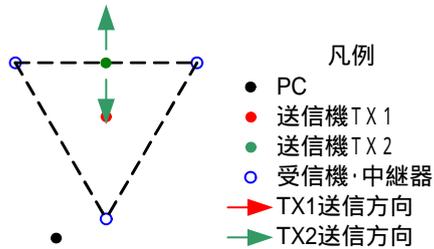
結果から、送信機のアンテナ指向特性が<条件1>の考察に示した特性のため三角形の中央に送信機があるようなデータとなった。 円が小さくほぼ同じ大きさのため を結んだ辺の近くであることは推測できる。

### <条件4>の試験

送信機2台(TX1, TX2)、TX1: 三角形の中央/地点 向き、TX2: 間の中央/地点 向き

#### 1) 調査方法

<条件3>の調査を踏まえ、地点 方向に送信した。



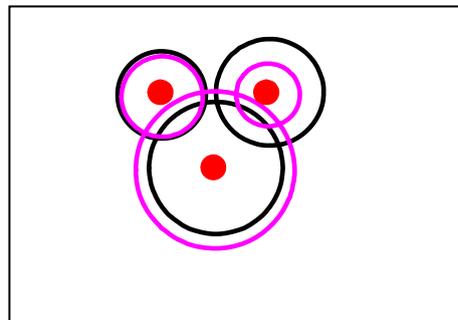
試験状況写真



#### 2) 結果

PC表示状況(実際のPC表示に基づく模式図)

(黒円: TX1からのRSSI値に基づく 赤円: TX2からのRSSI値に基づく)



#### 3) 考察

この試験は、<条件4>と同様、 の円及び、 の円が の中点に重なることが理想で送信機が三角形から外れる状態となることが理想。

結果から、送信機のアンテナ指向特性が<条件1>の考察に示した特性のため<条件4>の結果よりよい結果となった。 円が小さくほぼ同じ大きさのため を結んだ辺の近くであることが推測できる。

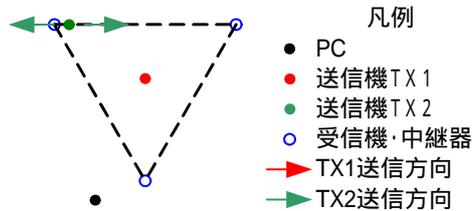
### <条件5>の試験

送信機 2 台 (TX1, TX2)、TX1: 三角形の中央 / 地点 向き、TX2: - 間で より 10m / - 軸向き

#### 1) 調査方法

TX2 を移動し送信位置、送信方向による RSSI 値の変化を確認した。地点 - 地点 間にて、地点 より 10m とし、送信方向を、 に向け送信し TX2 の RSSI 値の変化を見た。

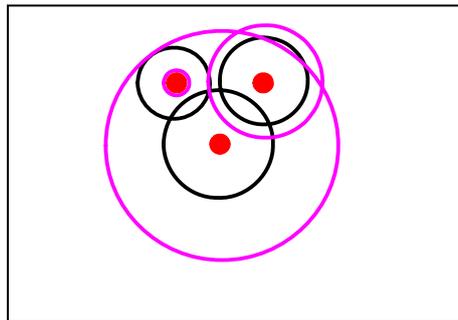
試験状況写真



#### 2) 結果

PC 表示状況 (実際の PC 表示に基づく模式図)

(黒円: TX1 からの RSSI 値に基づく 赤円: TX2 からの RSSI 値に基づく)



#### 3) 考察

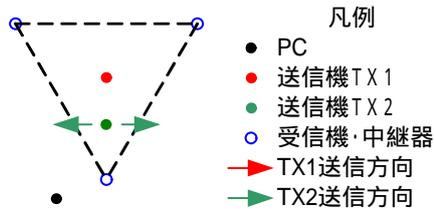
この条件では、 が点に近い円となり が同じ大きさで の上で重なるのが理想。結果から三角形の外に送信機があるように判断できるが、 のごく近くにてであることが判断できる。

### <条件6>の試験

送信機 2 台 (TX1, TX2)、TX1: 三角形の中央 / 地点 向き、TX2: - 三角形中心間で  
より 20m / - 軸と平行向き

#### 1) 調査方法

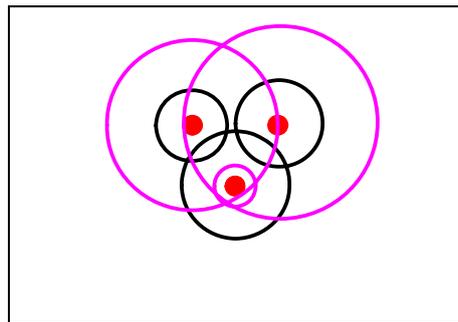
TX2 を移動し送信位置、送信方向による RSSI 値の変化を確認した。地点 から  
中心に向け 20 m の地点にて、送信方向を - 軸と平行向きにし、TX1 に対して R  
SSI 値の変化を見た。



#### 2) 結果

PC 表示状況 (実際の PC 表示に基づく模式図)

(黒円: TX1 からの RSSI 値に基づく 赤円: TX2 からの RSSI 値に基づく)



#### 3) 考察

この条件では、 から垂線の の近くで円が重なることが理想である。結果から送  
信機の位置は の外側にあるように判断できるが、実用上問題は無いように思われる。

### 検証まとめ

#### 総合的動作

三角に受信機を置く検証では、送信機のアンテナ特性が現れたものの、およその  
位置判定は可能であると判断できる結果となった。

#### 課題

- ・複数の送信機を使用した時、片方の送信機のデータが取れにくくなる現象があった。  
原因として、送信の繰り返し周期 (実験では 2 秒に設定) のタイミングが時間的に  
近く、先に受信された送信機データの処理中に、もう一方の送信機データが入力され、  
そのデータが処理できなくなるためと思われる。このことから、送信機の送信繰り返  
し周期が一致しない方策をとることが必要である。

### 3 - 4 受信機レイアウト柔軟性の検証

受信機の数及びデータ収集用PCの位置を変更した場合に、特別な設定変更をしなくてもシステムの経路構築が可能か、今までの試験のなかで検証した。

以下の3つのパターンの配列で試験用ソフトによりシステム動作をさせ確認した。

配置1：受信機を2セット配置

（軽井沢における山間地での試験）

配置2：受信機を3セット、直線上に配置

（軽井沢ホテルプレストンコートでのデモンストレーション）

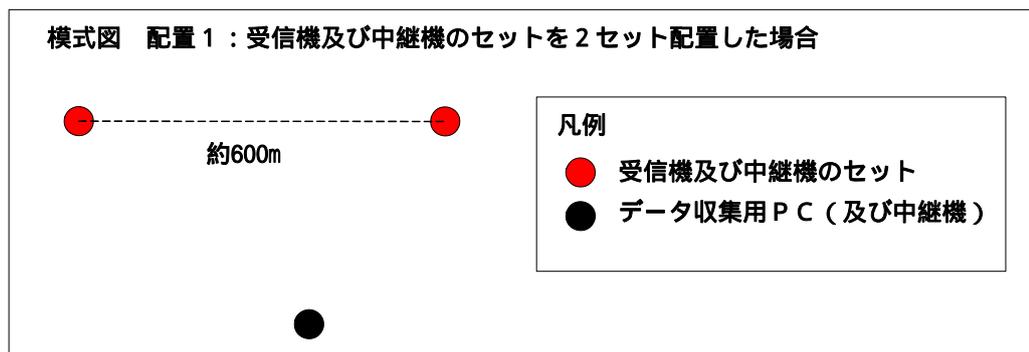
配置3：受信機を3セット、三角形に配置

（若穂綿内多目的広場での運用機能試験）

#### （1）配置1：受信機及び中継機のセットを2セット配置した場合

##### 1）調査方法

調査としては、送信機のID及び受信機入力電圧情報の収集機能の検証と兼ねて行った。受信機及び中継機のセット等の配置の模式図を以下に示す。



##### 2）結果

データの収集が問題なく行われていることを確認できた。

##### 3）考察

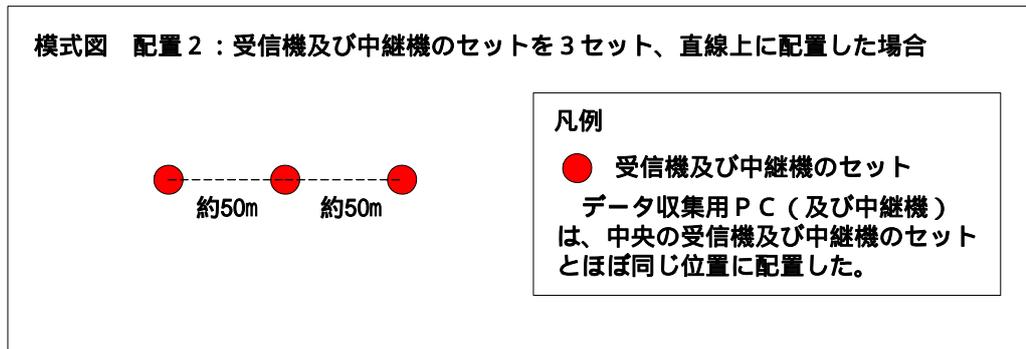
2台の受信機間は見通し外であり、連絡用に使用していた特定小電力トランシーバも通話できなかったため、その間での中継動作はできなかったと予想できる。このため、各受信機のアドホック中継機とデータ収集用PC用のアドホック中継機が直接通信したと予想される。

この状態において、受信機を2セット配置する条件において、自動的に経路が構築され、問題なくデータ収集が行われたことを確認した。

(2) 配置2：受信機を3セット、直線上に配置した場合

1) 調査方法

受信機と中継機のセットを3セット、直線上に配置し、その周辺で送信機を移動させた場合のデータ収集動作を確認した。また、送信機は人の手で持ち、各地点において地上高約1mの位置にして確認を行った。受信機及び中継機のセット等の配置の模式図、及び調査に関わる基礎データを以下に示す。



基礎データ

測定日：平成17年10月20日

測定場所：軽井沢町星野（ホテルプレストンコート敷地内）

受信機：ID=001（150MHz帯） / 中継機：ID=002

受信機：ID=002（150MHz帯） / 中継機：ID=004

受信機：ID=003（150MHz帯） / 中継機：ID=003

送信機：ID=001（150MHz帯 1mW）

送信機動作モード：通常動作モード（ID・パケット番号間欠送信）

2) 結果

データの収集が問題なく行われていることを確認できた。

3) 考察

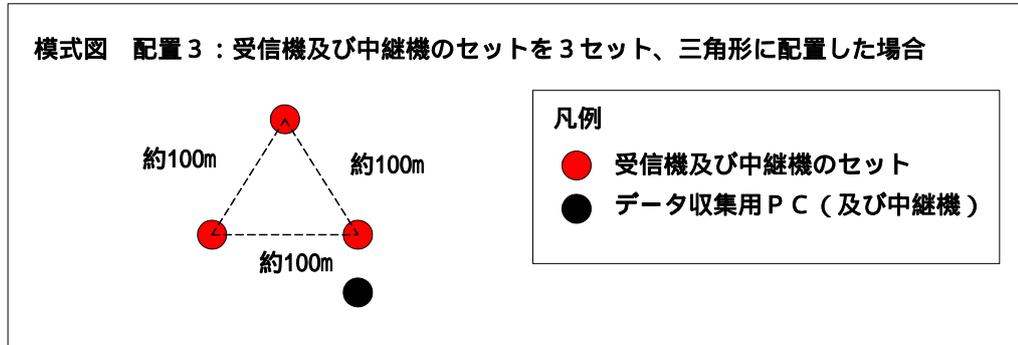
3台の受信機に設置されたアドホック中継機とも通信できる距離にある。試験条件の通り、中央に配置された受信機のごく近傍にデータ収集用の中継機を置いたため、中継経路は不明である。

この条件において、自動的に経路が構築され、データ収集が行われたことを確認した。

(3) 配置3：受信機を3セット、三角形に配置した場合

1) 調査方法

調査は、前記3-3 運用機能の検証を兼ねて行った。(詳細は前記3-3を参照のこと。)



2) 結果

データの収集が問題なく行われていることを確認できた。

3) 考察

データ収集用のアドホック中継機は、1台の受信機の近くに設置した、そのほかの受信機との距離はほぼ同じ(120m位)である。この時の中継動作は不明である。

受信機及び中継機のセットを3セット、三角形に配置する条件において、特別な設定など必要なく自動的に経路が構築され、データ収集が行われた。

## 検証まとめ

### 総合的動作

3種類の受信機配置について検証を行ったが、いずれも問題なく中継経路が確立されデータ収集ができたため、実用上問題ないと思われるが、中継経路がはっきりしなかった。アドホック中継系に関しては、昨年検証されているものである。

### 情報

アドホック中継機の中継経路の設定は、動作を開始し経路確立するとその経路が変更されない設定と、自動的に設定変更される設定があり、今回は前者の設定で行った。受信機の位置を移動する場合は、後者の設定とし中継経路に柔軟性を持たせた設定が好ましい。

## 4 基礎調査

### 4 - 1 基礎調査の概要

#### (1) はじめに

基礎調査は、まず調査地で指定する周波数帯において干渉波調査を行い、その後、送信出力等の条件を変化させ、送信機の基本波及び信号の伝搬特性の調査を行った。

送信機については実際に野生動物には装着しての検証は行わず、その代替検証として、大型犬に送信機を装着して検証を行った。

#### (2) 実施場所と実施日

なお、調査の実施場所と実施日は以下の通りである。

実施日	実施場所	実施内容
平成 17 年 10 月 12 日	長野市若穂綿内多目的広場 (グライダー場)	基礎調査
平成 17 年 10 月 13, 14 日	軽井沢町役場周辺 (町役場～ 甲山山麓)	実証調査
平成 17 年 10 月 17 日	長野市若穂綿内多目的広場 (グライダー場)	基礎調査 (補足調査)
平成 17 年 10 月 18 日	軽井沢町役場周辺 (町役場～ 甲山山麓)	実証調査 (補足調査)
平成 17 年 10 月 18 日	長野市若穂綿内多目的広場 (グライダー場)	基礎調査 (補足調査)

#### (3) 使用した機器等の概要

本調査検証に使用した主な機器 (及びソフトウェア) を以下に示す。(なお、各検証に当たっての具体的な機器構成については、各項の調査方法を参照のこと。)

名称	用途・仕様	外観
1) 送信機	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 生体に装着し、受信機に対して所定の信号 (動作モードにより切替) を送信する。</li> <li>・ 通常動作モード等では、所定のデータフォーマットにより自己の識別 ID 等を送信する。</li> <li>・ 周波数として 150MHz 帯と 400MHz 帯、出力として 1mW と 10mW を使用し、検証を行った。</li> <li>・ 仕様等の詳細は 6 関連資料 資料 2 を参照。</li> </ul>	<p>150MHz 帯</p>  <p>400MHz 帯</p> 
2) 受信機	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 送信機からの電波の受信と信号処理を行い、その結果を RS-232 を通じて外部 (中継機やパソコン) へ出力する。</li> <li>・ 送信するデータには、自己の識別 ID の他、受信した送信機の ID や R</li> </ul>	<p>受信機及び電源の電池ボックス</p> 

	<p>SSI値等が含まれる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>送信機の周波数に対応し、150MHz帯用と400MHz帯用を使用し、検証を行った。</li> <li>仕様等の詳細は6 関連資料 資料2を参照。</li> </ul>																																																																																																																																																																																																																																																																	
<p>3) 中継機</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>RS-232を通じて受信機からデータを受け取り、対となる中継機に対しデータを送信することにより、中継動作を行う。</li> <li>複数の中継機間で自立的にネットワークを構築する機能を有し、受信機～処理用パソコン間のデータ伝送路として使用した。</li> <li>信越総合通信局主宰の平成16年度「アドホックネットワークの活用における調査研究」で使用した端末と同一仕様。</li> <li>仕様等の詳細は6 関連資料 資料2を参照。</li> </ul>	<p>中継機(カバーをあけた状態)</p> 																																																																																																																																																																																																																																																																
<p>4) パソコン</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>RS-232を通じて、接続された中継機(または受信機)からデータを受け取り、処理を行う。</li> <li>データ処理はインストールされた試験用ソフトウェアにより行い、受信データに基づき、受信パケットの表示等を行う。</li> </ul>	<p>パソコン(試験用ソフトウェア動作)</p> 																																																																																																																																																																																																																																																																
<p>5) 試験用ソフトウェア</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>受信したデータ処理用の専用ソフトウェアで、主として以下の機能を有する。</li> <li>受信モニタ 受信パケットをリアルタイム表示する。</li> <li>エラーモニタ 受信パケットの正常、異常パケット数を送信機毎に表示する。</li> <li>検知イメージモニタ 受信データを地図上にクマ検知イメージとしてリアルタイム表示する。</li> <li>その他 感度情報・送信機情報等の設定を行う。</li> </ul>	<p>試験用ソフトウェア(受信モニタ画面)</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>受信番号</th> <th>受信時刻</th> <th>パケット</th> <th>送信機ID</th> <th>受信機ID</th> <th>パケットサイズ</th> <th>エラー</th> <th>子機</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>05-10-18 14:50:55</td><td>11</td><td>2</td><td>1</td><td>35</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:55</td><td>12</td><td>2</td><td>1</td><td>35</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:55</td><td>13</td><td>2</td><td>1</td><td>35</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:54</td><td>11</td><td>2</td><td>2</td><td>35</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:54</td><td>12</td><td>2</td><td>2</td><td>35</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:54</td><td>13</td><td>2</td><td>2</td><td>35</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:53</td><td>11</td><td>2</td><td>3</td><td>34</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:53</td><td>11</td><td>2</td><td>3</td><td>34</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:52</td><td>9</td><td>2</td><td>1</td><td>35</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:52</td><td>9</td><td>2</td><td>1</td><td>35</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:52</td><td>10</td><td>2</td><td>3</td><td>34</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:52</td><td>10</td><td>2</td><td>3</td><td>34</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:51</td><td>8</td><td>2</td><td>2</td><td>35</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:51</td><td>8</td><td>2</td><td>2</td><td>35</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:50</td><td>7</td><td>2</td><td>1</td><td>35</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:50</td><td>7</td><td>2</td><td>1</td><td>35</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:49</td><td>7</td><td>2</td><td>3</td><td>34</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:49</td><td>7</td><td>2</td><td>3</td><td>34</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:49</td><td>7</td><td>2</td><td>3</td><td>34</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:48</td><td>6</td><td>2</td><td>1</td><td>35</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:48</td><td>6</td><td>2</td><td>1</td><td>35</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:48</td><td>6</td><td>2</td><td>3</td><td>34</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:47</td><td>5</td><td>2</td><td>1</td><td>35</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:47</td><td>5</td><td>2</td><td>1</td><td>35</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:47</td><td>5</td><td>2</td><td>3</td><td>34</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:46</td><td>4</td><td>2</td><td>1</td><td>35</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:46</td><td>4</td><td>2</td><td>1</td><td>35</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:46</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td><td>34</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:45</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>35</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:45</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>35</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> <tr><td>05-10-18 14:50:45</td><td>3</td><td>2</td><td>3</td><td>34</td><td>0</td><td>00000000</td><td></td></tr> </tbody> </table>	受信番号	受信時刻	パケット	送信機ID	受信機ID	パケットサイズ	エラー	子機	05-10-18 14:50:55	11	2	1	35	0	00000000		05-10-18 14:50:55	12	2	1	35	0	00000000		05-10-18 14:50:55	13	2	1	35	0	00000000		05-10-18 14:50:54	11	2	2	35	0	00000000		05-10-18 14:50:54	12	2	2	35	0	00000000		05-10-18 14:50:54	13	2	2	35	0	00000000		05-10-18 14:50:53	11	2	3	34	0	00000000		05-10-18 14:50:53	11	2	3	34	0	00000000		05-10-18 14:50:52	9	2	1	35	0	00000000		05-10-18 14:50:52	9	2	1	35	0	00000000		05-10-18 14:50:52	10	2	3	34	0	00000000		05-10-18 14:50:52	10	2	3	34	0	00000000		05-10-18 14:50:51	8	2	2	35	0	00000000		05-10-18 14:50:51	8	2	2	35	0	00000000		05-10-18 14:50:50	7	2	1	35	0	00000000		05-10-18 14:50:50	7	2	1	35	0	00000000		05-10-18 14:50:49	7	2	3	34	0	00000000		05-10-18 14:50:49	7	2	3	34	0	00000000		05-10-18 14:50:49	7	2	3	34	0	00000000		05-10-18 14:50:48	6	2	1	35	0	00000000		05-10-18 14:50:48	6	2	1	35	0	00000000		05-10-18 14:50:48	6	2	3	34	0	00000000		05-10-18 14:50:47	5	2	1	35	0	00000000		05-10-18 14:50:47	5	2	1	35	0	00000000		05-10-18 14:50:47	5	2	3	34	0	00000000		05-10-18 14:50:46	4	2	1	35	0	00000000		05-10-18 14:50:46	4	2	1	35	0	00000000		05-10-18 14:50:46	4	2	3	34	0	00000000		05-10-18 14:50:45	3	2	1	35	0	00000000		05-10-18 14:50:45	3	2	1	35	0	00000000		05-10-18 14:50:45	3	2	3	34	0	00000000	
受信番号	受信時刻	パケット	送信機ID	受信機ID	パケットサイズ	エラー	子機																																																																																																																																																																																																																																																											
05-10-18 14:50:55	11	2	1	35	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:55	12	2	1	35	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:55	13	2	1	35	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:54	11	2	2	35	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:54	12	2	2	35	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:54	13	2	2	35	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:53	11	2	3	34	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:53	11	2	3	34	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:52	9	2	1	35	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:52	9	2	1	35	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:52	10	2	3	34	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:52	10	2	3	34	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:51	8	2	2	35	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:51	8	2	2	35	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:50	7	2	1	35	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:50	7	2	1	35	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:49	7	2	3	34	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:49	7	2	3	34	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:49	7	2	3	34	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:48	6	2	1	35	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:48	6	2	1	35	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:48	6	2	3	34	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:47	5	2	1	35	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:47	5	2	1	35	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:47	5	2	3	34	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:46	4	2	1	35	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:46	4	2	1	35	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:46	4	2	3	34	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:45	3	2	1	35	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:45	3	2	1	35	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												
05-10-18 14:50:45	3	2	3	34	0	00000000																																																																																																																																																																																																																																																												

## 4 - 2 平地における調査

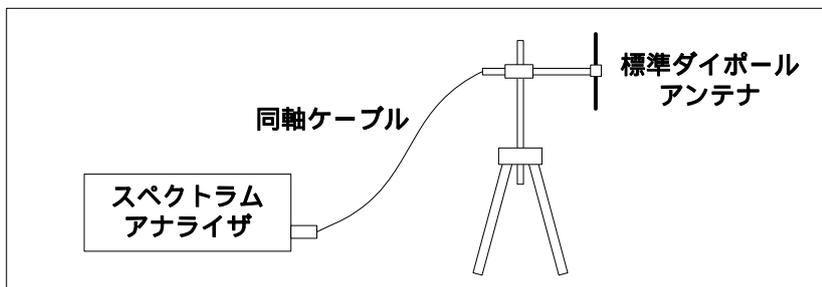
平地における調査は、長野市若穂綿内多目的広場（グライダー場）にて行った。

### (1) 測定場所における使用周波数帯の干渉波調査

基本特性の取得のためには、干渉波の影響を無視できる場所でのデータ取得が必要であることから、主管課が指定した周波数帯（150MHz 帯、400MHz 帯）について、測定場所における干渉波の有無及びその電界強度を調査した。

#### 1) 調査方法

スペクトラムアナライザにより、該当する周波数帯域について、それぞれの周波数に応じた標準ダイポールアンテナを使用し干渉波の有無と電界強度を測定した。なお、測定系統の略図を以下に示す。



#### 2) 結果

##### (a) 150MHz 帯について（写真4 - 1 ~ 2 参照）

132MHz 付近、155MHz 付近に電波が観測された。

##### (b) 400MHz 帯について（写真4 - 3 ~ 4 参照）

353MHz 付近、440MHz 付近に電波が観測された。

#### 3) 考察

上記2)の結果より、今回の測定場所においては、測定結果に影響を与えるような強い干渉波はないといえる。

写真4-1 150MHz帯 干渉波測定(その1)

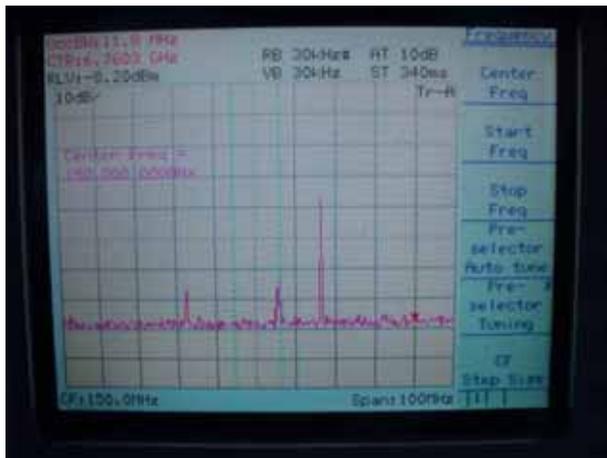
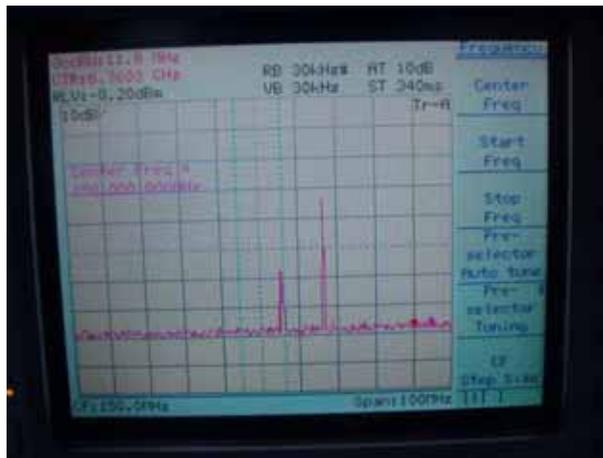


写真4-2 150MHz帯 干渉波測定(その2)

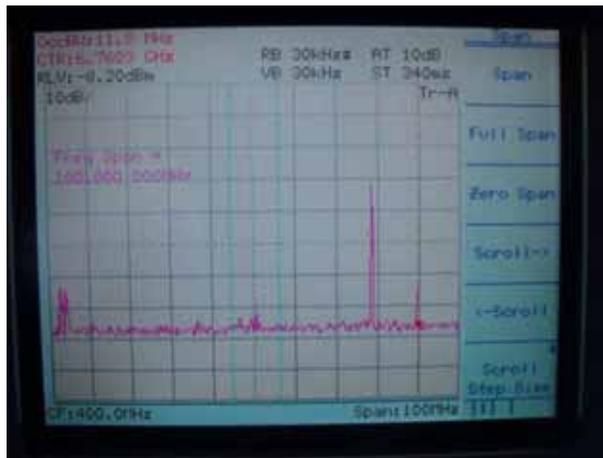


【結果】 150MHz帯 干渉波測定  
 ・132MHz付近、155MHz付近に電波が観測された。  
 (最高部は本検知システムの送信機の電波にあたる。)

写真4-3 400MHz帯 干渉波測定(その1)



写真4-4 400MHz帯 干渉波測定(その2)



【結果】 400MHz帯 干渉波測定  
 ・353MHz付近、440MHz付近に電波が観測された。  
 (最高部は本検知システムの送信機の電波にあたる。)

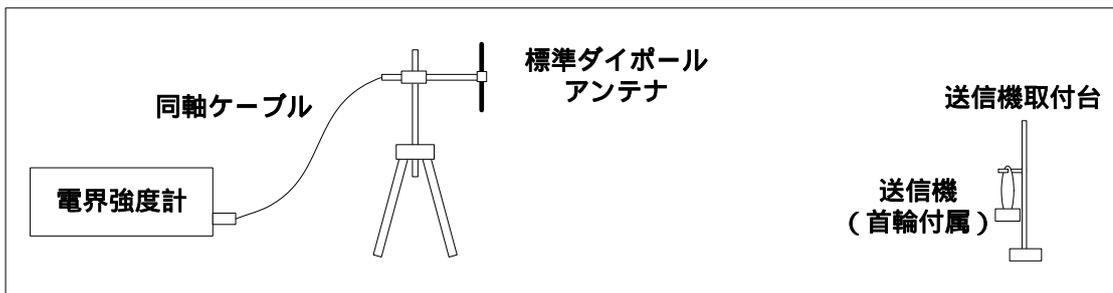
## (2) 送信機の基本波の伝搬特性調査

送信機の周波数帯、送信出力及び地上高並びに受信空中線の地上高をそれぞれ設定し、これらの条件ごとの、距離による基本波の電界強度を調査した。

### 送信機を生体に装着しない場合

#### 1) 調査方法

電界強度計用受信空中線（標準ダイポールアンテナ）高を 2,000mm に固定、送信機の地上高を 500mm で一定にして距離を変化させ電界強度を測定した。また、測定はそれぞれの周波数において、送信出力は 1mW と 10mW、受信空中線を水平偏波と垂直偏波に変化させ測定した。なお、調査状況を写真 4 - 5 に、測定システムの略図を以下に示す。



送信機動作モードは、連続送信（テストモード 1：PN9 変調信号連続送信）とした。

#### 2) 結果（グラフ 2 - 1 a、b 参照）

##### < 出力 1mW の場合 >

<1> 電界強度は、150MHz 帯では約 450m、400MHz 帯では約 300m までデータが測定でき、それより先は外来雑音によりレベルがほぼ一定となった。また、計算値に対して、400MHz 帯水平偏波では一致し、150MHz 帯ではやや下回った。

<2> 偏波面による電界強度の差は 150MHz 帯で約 4dB、400MHz 帯で約 10dB と、150MHz 帯の方が偏波面による差が少ない。

##### < 出力 10mW の場合 >

<1> 測定結果は、基本的に出力の比率分（10dB）電界強度が上昇する結果であった。なお、出力 1mW の結果に基づき、計算した結果を予測値として示した。

<2> 偏波面の差は 400MHz 帯で 16dB（最大）と、1mW に比べ大きくなった。

#### 3) 考察

<1>送信出力に関しては、いずれの周波数帯においても送信出力 1mW で受信に必要な電界強度が得られることが分かった。1/2 アンテナにより受信した場合、受信電圧は電界強度に対し 150MHz で電界強度“5dB”、400MHz 帯で“13dB”引いた値であり雑音の少ない山間地では十分受信できる数値である。

<2>偏波面に関しては、水平偏波が強い原因は送信機の構造により送信アンテナが水平に配置されるためである。150MHz 帯では、アンテナエレメントが長く首輪の側面から上面にまで達し、垂直成分が発生していると考えられる。

<3>計算値と測定値がほぼ合致した。また、地表面付近にアンテナがある場合、自由空間損失と反射損の両方を考慮する必要があることが判明した。

写真4-5 調査状況：送信機の基本波の伝搬特性調査(送信機を生体に装着しない場合)

150MHz 帯 標準ダ体°-ルアンテ設置状況  
(垂直偏波測定時)



400MHz 帯 標準ダ体°-ルアンテ設置状況  
(垂直偏波測定時)



150MHz 帯 標準ダ体°-ルアンテ設置状況  
(水平偏波測定時)



400MHz 帯 標準ダ体°-ルアンテ設置状況  
(水平偏波測定時)



送信機の設置状況



送信機を所定位置まで移動中



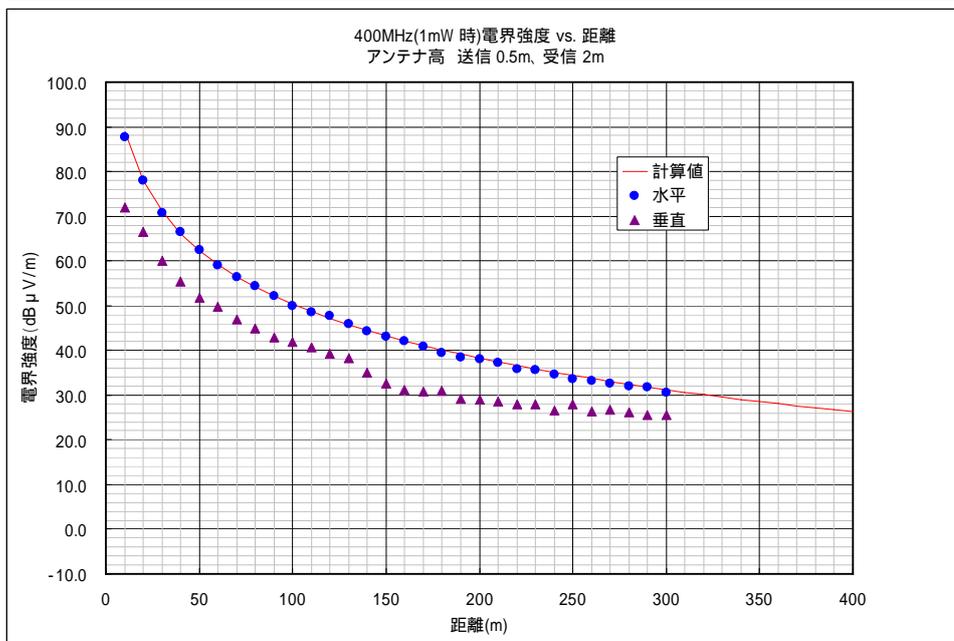
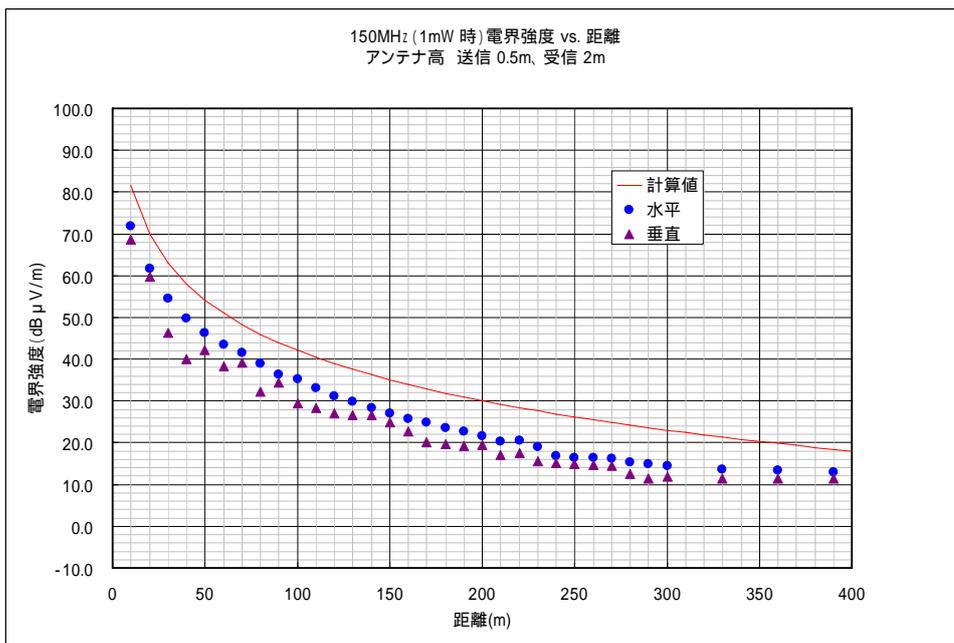
測定機器等



計測・データ収集作業状況



グラフ 4 - 1 a 電界強度 VS 距離 1mW (送信機を生体に装着しない場合)

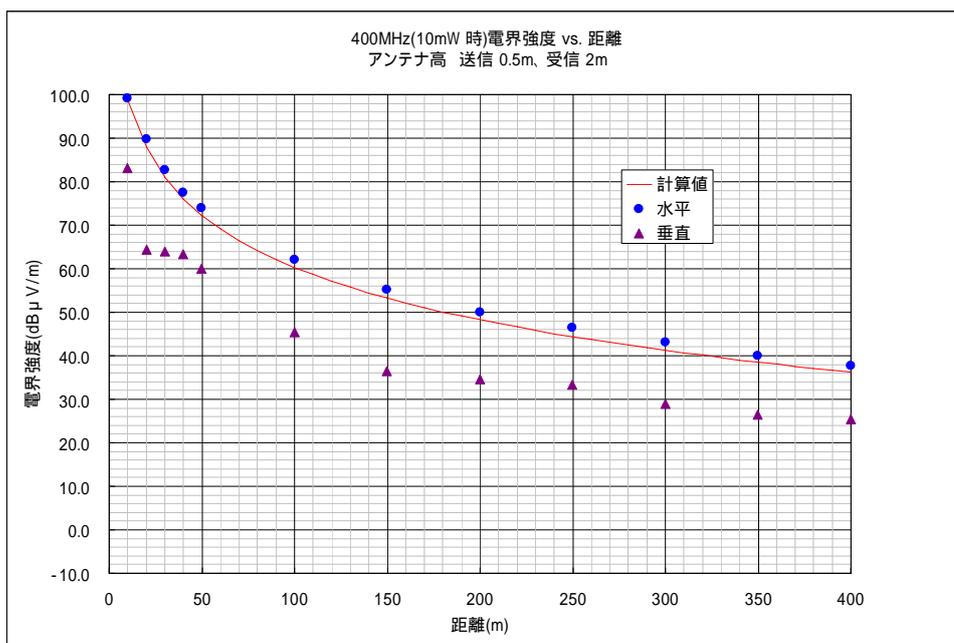
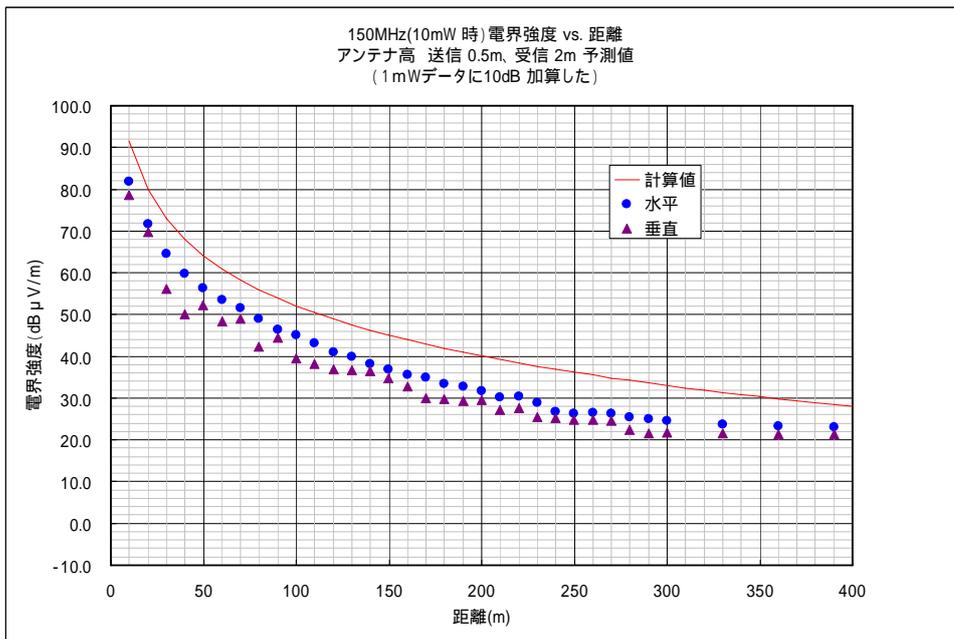


条件 送信機の高さを 500mm の位置に固定し受信アンテナからの距離を変化。  
受信アンテナ (標準ダイポールアンテナ) を 2000mm の高さに固定し、偏波を水平と垂直と切替ながら測定。

備考 150MHz 帯 1mW については、10~300m の範囲を 10m 間隔、300~510m の範囲を 30m 間隔で測定した。400MHz 帯 1mW については、10~300m の範囲を 10m 間隔で測定した。

基礎データ 測定日：平成 17 年 10 月 17 日 (150MHz 帯) / 平成 17 年 10 月 12 日 (400MHz 帯)  
測定場所：長野市若穂多目的広場  
送信機：ID=001 (150MHz 帯 1mW)  
送信機：ID=005 (400MHz 帯 1mW)  
送信機動作モード：テストモード 1 (PN9 変調信号連続送信)

グラフ 4 - 1 b 電界強度 VS 距離 10mW (送信機を生体に装着しない場合)



条件 送信機の高さを 500mm の位置に固定し受信アンテナからの距離を変化。  
受信アンテナ (標準ダイポールアンテナ) を 2000mm の高さに固定し、偏波を水平と垂直と切替ながら測定。

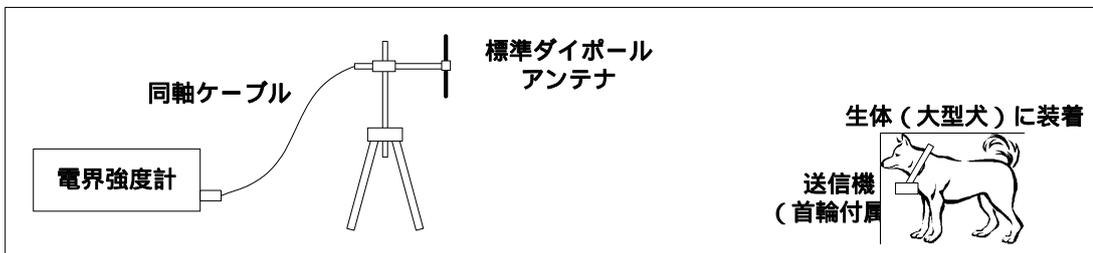
備考 150MHz 帯 10mW については、1mW の結果に基づき計算した値を予測値として上記に示した。400MHz 帯 10mW については、10 ~ 50m の範囲を 10m 間隔、50 ~ 500m の範囲を 50m 間隔で測定した。

基礎データ 測定日：平成 17 年 10 月 12 日 (400MHz 帯)  
測定場所：長野市若穂多目的広場  
送信機：ID=007 (400MHz 帯 10mW)  
送信機動作モード：テストモード 1 (PN9 変調信号連続送信)

## 送信機を生体に装着した場合

### 1) 調査方法

生体（大型犬）に送信機を装着（首輪はゆるめに取付）し、前記と同様の方法で電界強度を測定した。なお、調査状況を写真4 - 6に、測定系統の略図を以下に示す。



### 2) 結果 (グラフ4 - 2 参照)

- ・生体に装着しなかった場合と比較し、150MHz 帯で最大約 15dB 減衰、400MHz 帯で最大約 10dB 減衰している。

### 3) 考察

<1> 生態に装着しなかった場合と比較した場合の低下分は、生体に吸収による損失、送信アンテナの整合損失、さらに犬が受信アンテナに対し、やや斜めを向いていたことも原因と思われる。

<2> 今後、実用段階に入り、実際に野生動物に装着する場合には、送信機のアンテナを検討すると共に、生体によるレベル変化を考慮したRSSIデータを取得する必要がある。つまり、検知システムとしては、このRSSI値 - 距離データを処理用ソフトウェアにあらかじめ設定することが必要となる。

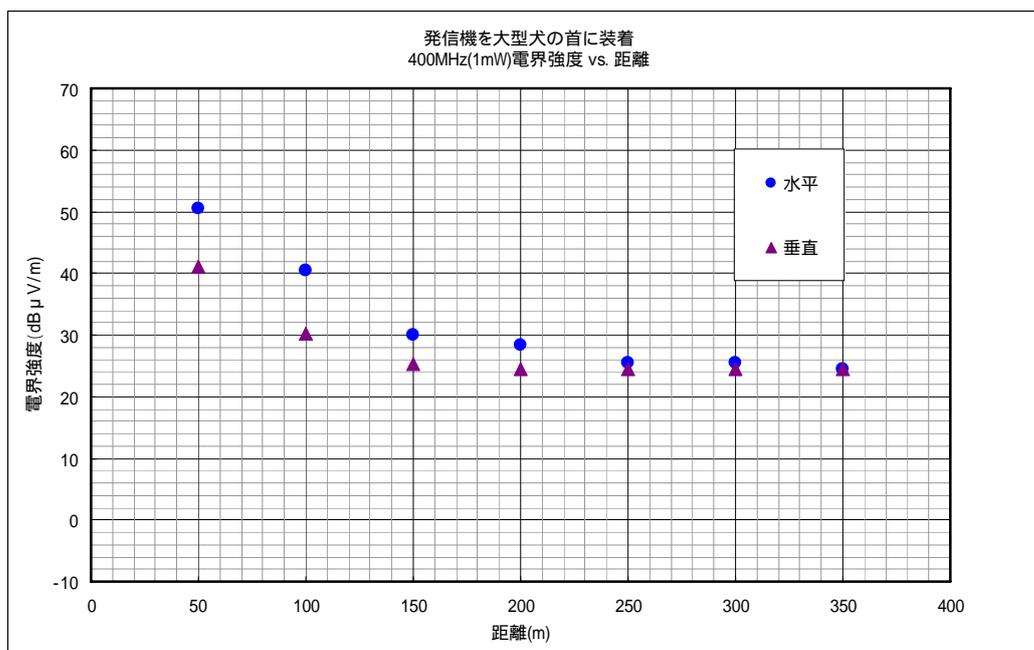
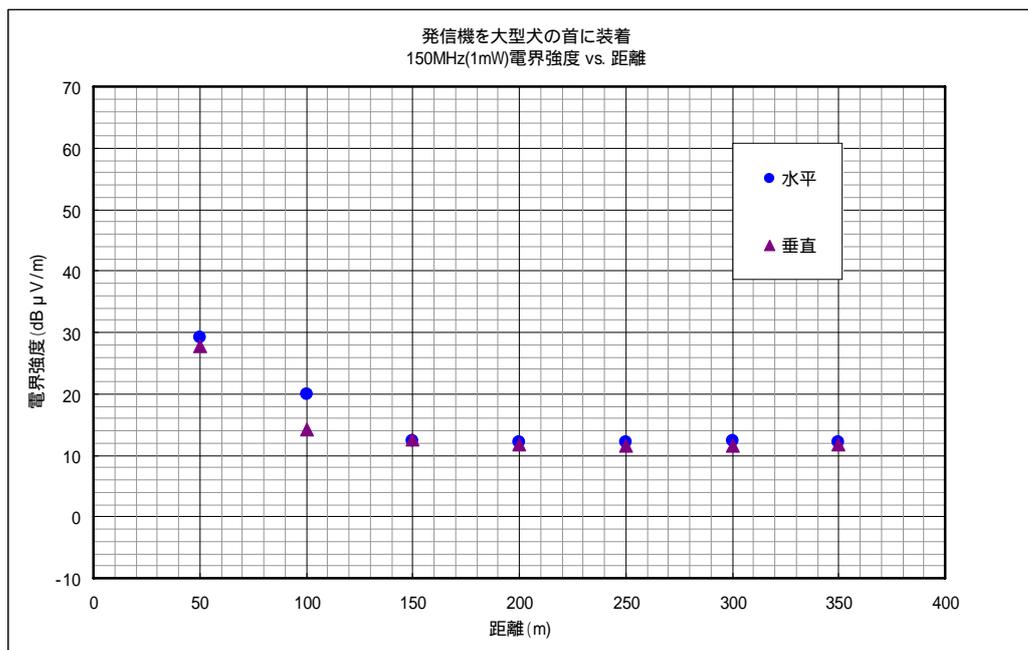
写真4 - 6 調査状況：送信機の基本波の伝搬特性調査(送信機を生体に装着した場合)  
生体への送信機の取付状況 所定位置への移動中



データ計測中



グラフ 4 - 2 電界強度 VS 距離 1mW (送信機を生体に装着した場合)



条件 送信機を大型犬の首に装着。(首輪はかなりゆるめに取付)  
受信アンテナ(標準ダイポールアンテナ)を2000mmの高さに固定し、偏波を水平と垂直と切替ながら測定。

備考 生体に装着しない場合の結果を受け、150MHz帯、400MHz帯ともに1mWのみ測定。  
それぞれ0~350mの範囲を50m間隔で測定を行った。

基礎データ

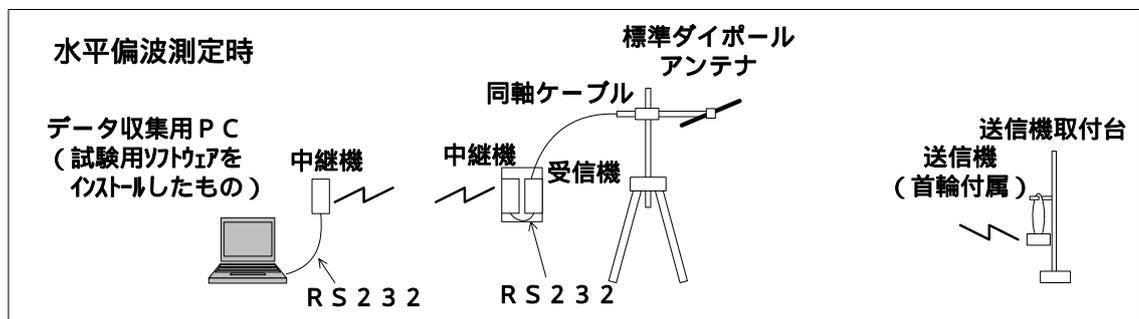
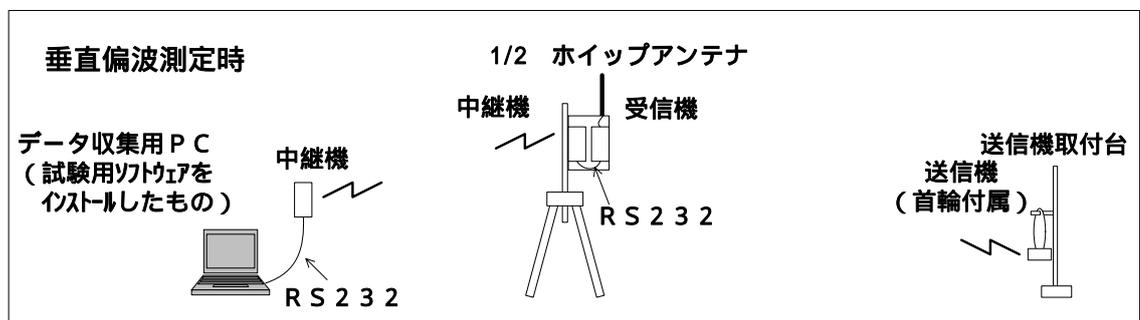
測定日：平成 17 年 10 月 12 日  
測定場所：長野市若穂多目的広場  
送信機：ID=001 (150MHz 帯 1mW)  
送信機：ID=005 (400MHz 帯 1mW)  
送信機動作モード：テストモード 1 (PN9 変調信号連続送信)

### (3) RSSI値の距離特性の調査

実際のシステム構成に近い形での調査を行った。送信機をテストモード2 (ID・パケット番号連続送信) に設定し、距離に対する受信機のRSSI及び送信機のIDの変化の特性を調査した。

#### 1) 調査方法

受信機側の構成を“受信空中線 (垂直 1/2 ホイップ、水平標準ダイポールアンテナ) + 受信機 + 中継機”、データ収集は“中継機 + パソコン (試験ソフト入り)”とし、前記 (2) と同様、受信空中線高を 2000mm に固定、送信機の地上高を 500mm で一定にして、距離の変化による RSSI 値を測定した。なお、送信出力はそれぞれの周波数とも 1mW とし、受信アンテナを水平偏波と垂直偏波で切換え測定した。なお、調査状況を写真 2 - 7 に、測定系統の略図を以下に示す。



#### 2) 結果 (グラフ 4 - 3 参照)

<1> 150MHz 帯、400MHz 帯共、出力 1mW で 600m まで RSSI 値の測定が可能であった。

<2> RSSI 値が測定可能である間は、パケットエラーレート (試験用ソフトウェアによる受信エラー率) は 0% となった。測定出力がデータであるため、受信できるかできないかの境目が非常に狭く、だめになるとまったくデータが出力されなかった。また、受信できている間は非常に安定していた。この理由として伝送速度が 1/200bps と低速であり、データを受信しやすい条件がそろっていたことが考えられる。

<3> 偏波で比較すると、150MHz 帯、400MHz 帯共に、水平偏波の値の方が垂直偏波の値より大きな値となっている。電界強度の結果と同じであった。

### 3) 考察

<1> 1mW の出力で 150MHz 帯、400MHz 帯においても 600m までデータが取得でき、十分実用可能であると判断できる。

なお計算上、送信及び受信アンテナについてアンテナ高とアンテナ利得が同一で、且つ送信出力が同一の場合、送信機がごく近くにある場合を除き、受信機の信号強度（入力電力）は 150MHz 帯、400MHz 帯とも、ほぼ同じ値となる。詳細は「5. 理論計算による検討」に示した。

<2> 偏波面によるデータの違いに関しては、前記(2)と同様の結果と思われる。

写真 4 - 7 調査状況：送信機の信号の伝搬特性

送信機の設置状況



計測・データ収集作業状況



中継機 (PC 用)

データ収集用 PC  
(試験用ソフトウェアを  
インストールしたもの)

垂直偏波測定時

150MHz 帯 1/2 ホップ° アンテナ  
(及び受信機・中継機) 設置状況



400MHz 帯 1/2 ホップ° アンテナ  
(及び受信機・中継機) 設置状況



水平偏波測定時

150MHz 帯 標準グ° 体° -ルアンテナ設置状況



400MHz 帯 標準グ° 体° -ルアンテナ設置状況



受信機・中継機の設置状況



標準グ° 体° -ルアンテナ  
へ接続

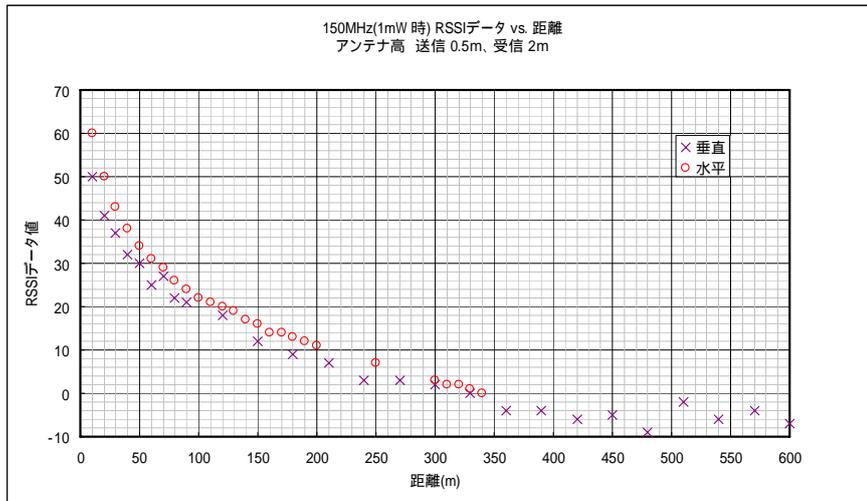
受信機

中継機

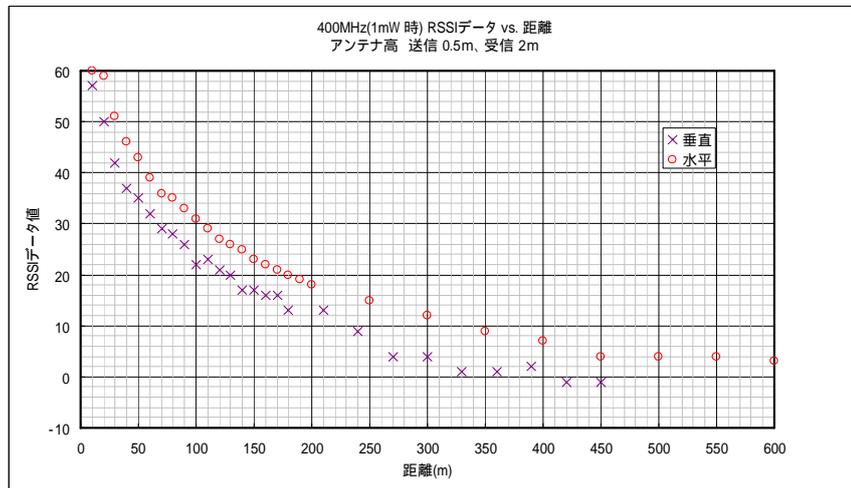
(左写真 補足)

実際に受信機を設置する場合、上記バケツの  
コネクタ部に 1 / 2 アンテナを直接取り付け  
て使用する。

グラフ 4 - 3 RSSI VS 距離 出力 1mW 150MHz



グラフ 4 - 3 RSSI VS 距離 出力 1mW 400MHz



条件 受信アンテナ 垂直偏波は1/2 ホイップアンテナ、水平偏波は電界測定用標準型ダイポールアンテナを使用。

送信アンテナ (円形的首輪に装着、下部に給電点を持つダイポール)・送信機の高さは500mmの位置に固定した。

備考 150MHz 帯の垂直偏波については、10～90m の範囲を 10m 間隔、90～600m の範囲を 30m 間隔で測定した。150MHz 帯の水平偏波については、10～200m の範囲を 10m 間隔、200～300m の範囲を 50m 間隔、300～340m の範囲を 10m 間隔で測定した。400MHz 帯の垂直偏波については、10～180m の範囲を 10m 間隔、180～450m の範囲を 30m 間隔で測定した。400Hz 帯の水平偏波については、10～200m の範囲を 10m 間隔、200～600m の範囲を 50m 間隔で測定した。

基礎データ 測定日：平成 17 年 10 月 12 日、17 日

測定場所：長野市若穂多目的広場

送信機：ID=001 (150MHz 帯 1mW) / 受信機：ID=001 (150MHz 帯)

送信機：ID=005 (400MHz 帯 1mW) / 受信機：ID=004 (400MHz 帯)

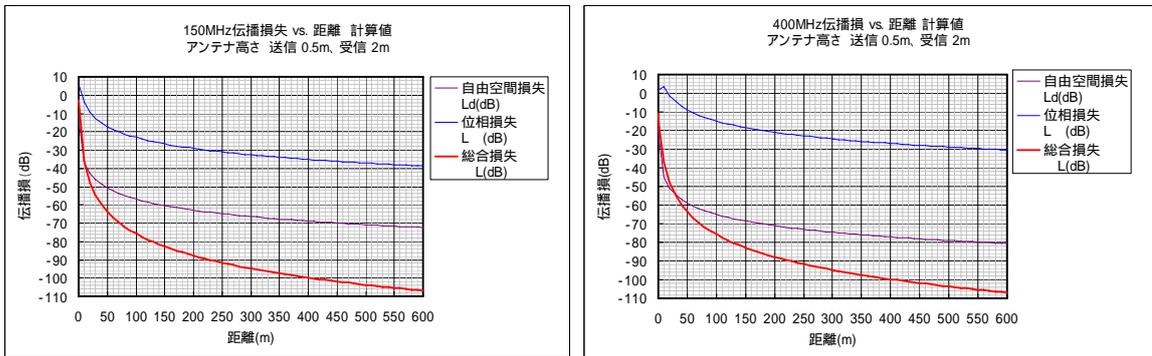
送信機動作モード：テストモード 2 (ID・パケット番号連続送信)

## 5 理論計算による検討

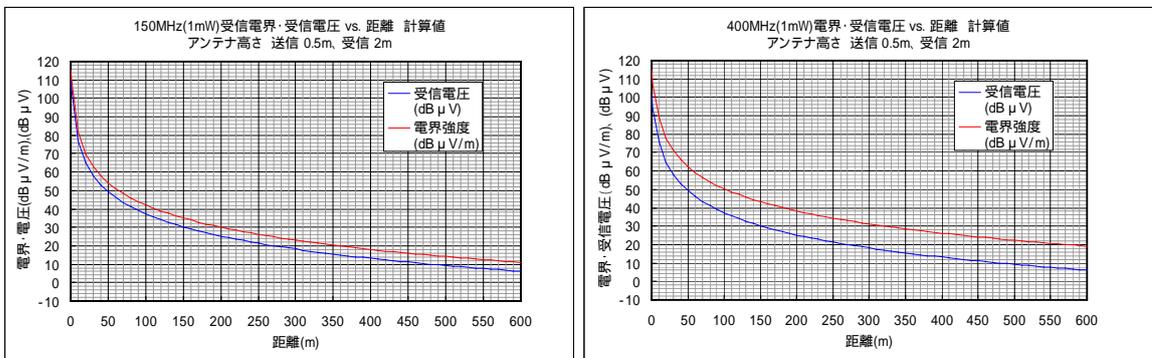
### (1) 電界強度と受信機入力電圧の計算

今回使用した 150MHz 帯及び 400MHz 帯の周波数において、送信アンテナ及び受信アンテナの高さと利得が同じ値とし、さらに理想的な反射面であると仮定して、伝搬損失、受信入力電圧、電界強度を計算した。計算結果を以下に示す。(計算式は 4 . 関連資料 資料 5 を参照。)

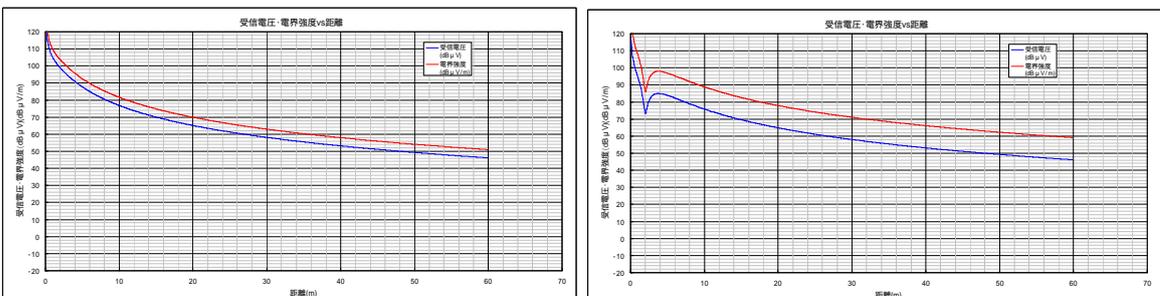
グラフ 5 - 1 伝搬損失の計算結果



グラフ 5 - 2 電界強度及び受信機入力電圧計算結果



グラフ 5 - 3 近距離における電界強度及び受信機入力電圧計算結果



## (2) 計算結果の検討

### ・伝搬損失 (グラフ 5 - 1 参照)

自由空間損失は周波数が高いほど大きく、また、位相損失は周波数が低いほど大きい。合成伝搬損失は両周波数帯とも近距離を除きほぼ同一であり、このため、受信機への入力電力は、150MHz、400MHz 帯ともほぼ同じ結果となった。

### ・通達距離 (グラフ 5 - 2 参照)

電界強度は 150MHz 帯と比べ、400MHz 帯のほうが高い結果となったが、受信機入力電圧は両周波数とも、近距離を除き、ほぼ同一であった。このことから通達距離に関して、両周波数ともノイズ条件等が同じであれば大きな差は生じないと予想される。

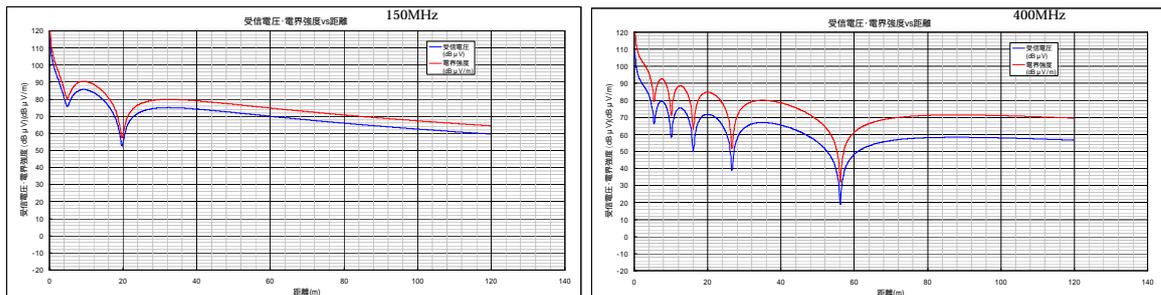
### ・近距離における電界強度及び受信機入力電圧 (グラフ 5 - 3 参照)

近距離における電界強度は、送信または受信アンテナ高さが  $1/2$  より高い場合近傍に変化が現れる。計算上 400MHz においては  $1/2 = 350\text{mm}$  でありアンテナ高さが  $500\text{mm}$  であるため 2m 付近に電界及び電圧の落ち込みが発生している。150MHz においては、 $1/2 = 1000\text{mm}$  であり電界の落ち込みは発生しない。

このことから、距離に対し単調減少する特性を得るためには、送信もしくは受信の空中線高を  $1/2$  以下にしなければならない。このため 150MHz 帯と 400MHz 帯を比べた場合、150MHz の方が波長が長いため有利である。

参考のため、送信及び受信アンテナ高さが  $1/2$  より高い場合の近距離の計算値をグラフ 5 - 4 に示す。

グラフ 5 - 4 送信機の高さ 10m、受信機の高さ 2m の場合の計算値



## (3) 受信機の動作

受信機からは受信機入力電圧(電力)に比例したRSSIが出力されているため、距離により単調減少する特性であればRSSI信号から距離を特定することが可能となる。

## 6 . 関連資料

- 資料 1 使用機器一覧
- 資料 2 送信機・受信機・中継機の仕様
- 資料 3 送信機・受信機の実験測定データ
- 資料 4 送信機リチウム電池の動作時間の概算
- 資料 5 伝搬計算

資料 1 使用機器一覧

以下に本調査検証において使用した主要な機器をまとめた。(使用機器写真 参照)

機器名	機能・仕様等	数量	備考
送信機	150MHz 帯 1mW	2	ID=001,2
送信機	150MHz 帯 10mW	2	ID=003,4
送信機	400MHz 帯 1mW	2	ID=005,6
送信機	400MHz 帯 10mW	2	ID=007,8
受信機	150MHz 帯用	3	ID=001,2,3
受信機	400MHz 帯用	3	ID=004,5,6
中継機	受信機用	3	ID=2,3,4
中継機	P C 用	1	ID=1
中継機	中継動作確認用	1	ID=7
標準ダイポールアンテナ	150MHz 帯用	1	
標準ダイポールアンテナ	400MHz 帯用	1	
パソコン	測定(試験用ソフトウェア動作)及び集計用	1	
電界強度計	電界強度測定用	1	アンリツ ML524B
スペクトラムアナライザ	使用周波数帯の干渉波調査用	1	アンリツ MS2667C

( 続き )

資料 1 使用機器写真

150MHz 帯 送信機



400MHz 帯 送信機



受信機 ( 及び電源の電池ボックス )  
( 150MHz 用、400MHz 用同形状 )



中継機 ( カバーをあげた状態 )



150MHz 帯 標準タイプ - ルアンテナ



400MHz 帯 標準タイプ - ルアンテナ



パソコン ( 試験用ソフトウェア動作 )



電界強度計 ( アンリツ ML524B )



スペクトラムアナライザ ( アンリツ MS2667C )



資料2 送信機・受信機・中継機の仕様

以下に送信機・受信機・中継機の仕様を示す。なお、実際に試作された機器の特性に関するデータを資料3、資料4に示した。

【送信機の仕様】

- ・本送信機はクマ及びサルの首に装着して個体のID番号を間欠送信する。
- ・小型軽量であること。
- ・試作台数 8台(1mW 2台/150MHz帯、10mW 2台/150MHz帯、1mW 2台/400MHz帯、10mW 2台/400MHz帯)  
注：ケースは4式無線器モジュールを入れ替えて使用

1. 機能仕様

以下の条件で送信出力内容を切り替えられること。

- 通常動作モード
- ・IDとパケット番号を間欠送信する。
  - ・間欠送信時間は1秒以上、0.2秒単位で変更可能とし、指定の周期で自局ID(1通信の繰り返し送信回数2~16回で変更可能)を送信する。
  - ・1通信毎にパケット番号( )をカウントアップする。
- テストモード1
- ・PN9変調信号を連続送信する。
  - ・送信出力、周波数、電界、占有周波数帯域幅測定用。
- テストモード2
- ・IDとパケット番号を連続送信する。
  - ・パケット到達率測定用。
  - ・1通信毎にパケット番号( )をカウントアップする。

パケット番号・・・1通信ごとに0から上位ビット(4ビット)まで加算し、ローテーションする値とする。

2. 電氣的仕様

使用周波数	150MHz帯1波、400MHz帯1波
送信出力	1mW、10mW
変調方式	MSK
占有周波数帯域幅	16kHz/150MHz帯、8.5kHz/400MHz帯
電波の型式	F2D
データ伝送速度	1200bps
送信機ID	10ビット
空中線	2.14dBi以下 (単一型)



3. 通信データフォーマット

ST：スタート検出信号 BL：電圧低検出信号 n：1通信での送信回数 パケット番号：1通信毎にカウントアップし送信する。

同期信号“0101...”・・・24ビット

ST(スタート検出信号)“000011”・・・6ビット

ID ( ID 信号 ) ・ ・ ・ 10 ビット × 2 ( マルチスタ符号化 )  
 パケット番号 ( パケット信号 ) ・ ・ ・ 4 ビット × 2 ( マルチスタ符号化 )  
 BL ( 電圧低検出信号 ) ・ ・ ・ 1 ビット × 2 ( マルチスタ符号化 )

4 . 環境条件

温度範囲 0 ~ 40  
 相対湿度 30% ~ 95%  
 防 水 防水

【受信機の仕様】

- ・本受信機は前記送信機の信号を受け、アドホック無線機 ( 中継用無線機 ) 及びパソコンに対し RS232C によりデータを送信する。
- ・試作台数 6 台 ( 3 台 / 150MHz 帯、3 台 / 400MHz 帯 )

1 . 電氣的仕様

受信周波数 150MHz 帯 1 波、400MHz 帯 1 波  
 電波の型式 F2D  
 データ伝送速度 1200bps  
 受信感度 0dB μV 以下 (12dB SINAD にて)  
 空中線 単一型 ( 垂直無指向性 ) 2.14dBi 以上  
 受信出力 アナログ AF 出力 600 -10dBm ( 測定用 )  
 データ出力 RS232C ( 但し、アドホック無線機及びパソコンと通信できる信号形態とする )  
 受信機 ID 8 ビット

2 . 環境条件

温度範囲 -20 ~ 50 ( 温度による RSSI 特性の変化が少ないこと )  
 相対湿度 30% ~ 95% ( 湿度による RSSI 特性の変化が少ないこと )  
 防 水 簡易防水

3 . データインターフェース仕様 ( 受信機 - 中継機またはパソコン間の通信 )

通信速度 9600bps

シリアルデータ

データの並び、及びバイト数 トータル 24byte

Dummy	STX	( 1 )	( 2 )	( 3 )	( 4 )	( 5 )	( 6 )	ETX	CR	LF
1	1	2	3	3	3	1	7	1	1	1

- (1) パケット番号 2 桁
- (2) 送信局 ID ( TX-ID ) 3 桁
- (3) 受信局 ID ( RX-ID ) 3 桁
- (4) 受信局信号強度 ( RSSI ) 3 桁
- (5) BL ( 電圧低検出 ) 1 桁
- (6) 予備 7 桁

注意：アスキーコードであり、バイナリーコードの使用は不可

【中継機の仕様】

1．無線部一般仕様

通信方式	単信方式
電波型式	F1D
変調方式	2 値 FSK
通信速度	2400/4800/9600/19200bps
符号方式	マンチェスタ
周波数範囲	412.5 ~ 413.2MHz
誤り制御方式	再送方式
誤り訂正方式	ハーゲルバーガー符号方式
誤り検定方式	CRC 符号方式
チャンネル切替	2 チャンネル自動選択

2．送信部仕様

送信出力	1mW/10mW 切り替え式
------	----------------

3．受信部仕様

受信感度	+6db $\mu$ Vemf 以下
------	--------------------

4．外部インターフェース（シリアルインターフェース）仕様

回線方式	RS-232C 準拠 (+3V ~ 0V)
通信方式	半二重
同期方式	調歩同期
伝送速度	9600bps
データ方式	ASCII コード
スタートビット	1 ビット
データ	8 ビット
パリティ	偶数
ストップ	1 ビット
フロー制御	なし
コネクタ	TM5RF1-44 モジュラージャック (RJ-14)
ピンアサイン	1:TXD (入力) 2:RXD (出力) 3:GND 4:DSR (出力)

資料3 送信機・受信機 特性測定データ

(1/2)

1. 送信機特性測定データ

測定日2005年10月10日

測定条件:特に指定無きは 測定温度=25±3[ ] 電源=3.0[V]で行いました。

項目		条件等	測定結果				単位	
規格	通信周波数		150MHz帯					
	送信出力		1	10			mW	
	水晶基本波・逡倍数		40	MHz * 4 逡倍				
測定結果	装置番号(ID)		001	002	003	004		
	送信周波数		150MHz帯	150MHz帯	150MHz帯	150MHz帯		
	偏差(±4ppm以内)		0.24	0.12	0.12	0.30	ppm	
	変調度		2.00	2.01	2.00	2.01	KHz	
	送信出力		0.996	0.994	9.980	9.960	mW	
	偏差(-50~+20%以内)		-0.4	-0.6	-0.2	-0.4	%	
	スプリアス	F (基本波 x 4)	150MHz帯	0.13	0.00	10.20	10.10	dBm
		F/3	50MHz帯					
		F/2 (基本波 x 2)	80MHz帯	-76.42	-69.50	-55.00	-53.62	
		2F/3	100MHz帯					
		3F/2 (基本波 x 6)	200MHz帯	-53.33	-46.80	-48.90	-54.57	
		2F	300MHz帯	-56.61	-45.30	-53.65	-60.18	
		3F	400MHz帯	-71.55	-68.64	-72.84	-68.80	
			(基本波 x 3)	120MHz帯	-48.03	-39.56	-36.72	
		(基本波 x 5)	200MHz帯	-40.32	-39.50	-34.69	-37.69	
		(基本波 x 7)	280MHz帯	-67.20	-61.21	-67.01	-63.63	
	ADJ ChPower (-40dB以下)	Low		-55.8	-56.6	-56.6	-57.2	dB
		Upper		-50.9	-50.8	-50.7	-51.0	
	Occ BW (8.5KHz以内)			6.90	6.75	6.85	6.95	KHz
	送信電流	Vcc=3.0[V]		7.23	8.35	20.74	21.30	mA
待機電流	Vcc=3.6[V]		5.62	5.93	5.84	5.70	μA	
	Vcc=3.0[V]		3.86	4.20	4.04	3.96		
	Vcc=2.0[V]		1.84	1.97	1.97	1.89		

項目		条件等	測定結果				単位	
規格	通信周波数		400MHz帯					
	送信出力		1	10			mW	
	水晶基本波・逡倍数		70	MHz * 6 逡倍				
測定結果	装置番号(ID)		005	006	007	008		
	送信周波数		400MHz帯	400MHz帯	400MHz帯	400MHz帯		
	偏差(±4ppm以内)		-0.07	0.07	0.19	0.05	ppm	
	変調度		2.00	2.00	2.01	2.00	KHz	
	送信出力		0.998	0.992	9.970	9.980	mW	
	偏差(-50~+20%以内)		-0.2	-0.8	-0.3	-0.2	%	
	スプリアス	F (基本波 x 6)	400MHz帯	-0.04	0.06	9.97	10.08	dBm
		F/3 (基本波 x 2)	140MHz帯	-75.95	-77.87	-78.41	-73.59	
		F/2 (基本波 x 3)	200MHz帯	-74.07	-71.49	-55.19	-50.42	
		2F/3 (基本波 x 4)	280MHz帯	-68.54	-71.60	-49.61	-62.22	
		3F/2 (基本波 x 8)	640MHz帯	-52.86	-56.26	-49.71	-44.85	
		2F	800MHz帯	-50.81	-51.85	-55.00	-35.24	
		3F	1200MHz帯	-72.31	-75.38	-57.66	-64.59	
			(基本波 x 5)	350MHz帯	-38.83	-37.25	-31.27	
		(基本波 x 7)	490MHz帯	-40.86	-44.99	-32.91	-38.04	
	ADJ ChPower (-40dB以下)	Low		-57.3	-58.2	-59.0	-57.1	dB
		Upper		-50.4	-51.5	-50.7	-50.7	
	Occ BW (8.5KHz以内)			6.65	6.25	6.15	6.50	KHz
	送信電流	Vcc=3.0[V]		8.76	8.96	21.60	20.35	mA
	待機電流	Vcc=3.6[V]		5.81	5.54	5.62	5.72	μA
Vcc=3.0[V]			4.01	3.88	3.92	4.01		
Vcc=2.0[V]			1.93	1.85	1.85	1.92		

送信周波数・変調度・送信出力の測定にはモジュレーションアナライザ(H/P 8901B 校正:2005年6月)を使用  
スプリアス・ADJ ChPower・OccBWの測定にはスペアナ(アンリツ MS2602A 校正:2005年3月)を使用

(続き)

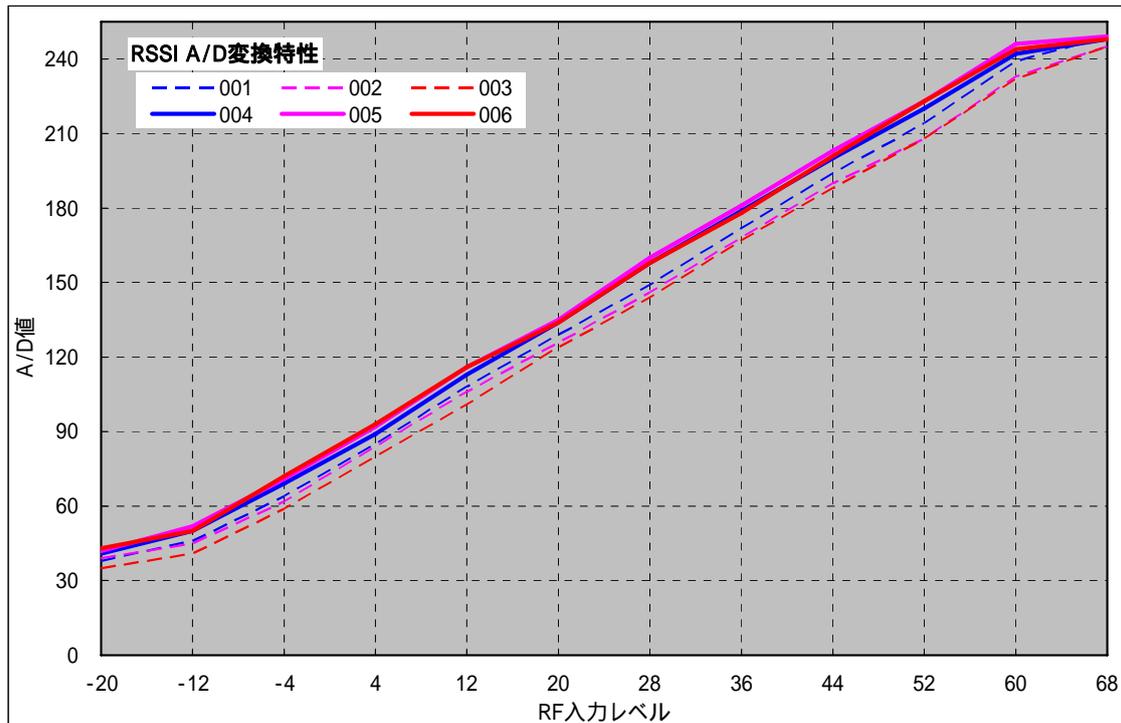
### 2. 受信機特性測定データ

測定条件: 特に指定無きは 測定温度=25±3[ ] 電源=5.0[V] 変調度=2.00[KHz]で行いました。

規格	項目	条件等	測定結果						単位	
			150MHz帯			400MHz帯				
	通信周波数		21.4MHz(ローサイド-IF)							
	1st-IF 周波数								MHz	
測定結果	装置番号(ID)		001	002	003	004	005	006		
	局発周波数(1st-Lo)		140MHz帯	140MHz帯	140MHz帯	400MHz帯	400MHz帯	400MHz帯	MHz	
	局発周波数偏差		-0.24	-0.12	-0.37	0.02	-0.01	0.08	KHz	
	局発漏洩電力		-90.59	-99.51	-99.69	-89.6	-89.8	-83.2	dBm	
	RX AF-LEVEL		-14.0	-14.20	-14.0	-14.2	-14.1	-14.1	dB	
	RX S/N		54.0	53.2	52.8	53.2	53.0	52.7	dB	
	RX DISTORTION		-44.2	-44.6	-41.9	-47.8	-50.1	-48.0	dB	
	SINAD12dB感度	(CCITT-ON)	-120.2	-121.0	-120.1	-120.7	-121.2	-120.8	dBm	
	データ感度		-7.2	-8.0	-7.1	-7.7	-8.2	-7.8	dBuVemf	
	(通信データ繰返し2回送信で受かること)		-120	-120	-121	-121	-121	-120	dBm	
	電圧低検出	Vcc=4.0[V]	72	70	71	70	73	70		
	A/D基準値	RSSI特性(無変調)	-20 dBuVemf	38	39	35	41	42	43	
			-12 dBuVemf	46	45	41	50	52	50	
			-4 dBuVemf	64	62	59	69	71	72	
			4 dBuVemf	85	84	80	89	92	93	
		12 dBuVemf	108	106	101	113	116	116		
		20 dBuVemf	129	126	124	134	135	134		
		28 dBuVemf	149	146	144	158	160	158		
		36 dBuVemf	172	168	167	179	181	178		
	44 dBuVemf	194	190	188	200	203	201			
	52 dBuVemf	214	208	208	220	223	223			
	60 dBuVemf	239	233	232	242	246	244			
RSSI特性(無変調・参考)	68 dBuVemf	249	245	245	248	249	248			
消費電流	Vcc=5.0[V]	22.3	22.6	22.5	23.4	21.8	22.3	mA		

局発周波数・漏洩電力の測定にはスペアナ(アンリツ MS2602A 校正:2005年3月)を使用

その他のRF測定ではラジオコミュニケーションアナライザ(アンリツMT2605A 校正:2003年11月)を使用



#### 資料4 送信機リチウム電池の動作時間の概算

以下は電源電圧 = 3Vでの消費電流をもとに計算しております。

通信フォーマット	起動時間	0101パターン	データ	ダミー	送信後ウェイト
送信ビット数		24	36	2	
所要時間(msec)	2.2	20.00	30.00	1.67	5

データ部のみ繰り返し送信の対象となります。

間欠送信時間 時間(秒)	1日の 送信回数	電池容量 (mA/h)	待機時の平均 電流 (mA)	1mW機の送信 電流 (mA)	10mW機の送信 電流 (mA)	起動 & ウェイト 中の電流(mA)
6	14400	2400	0.0060	9	21	0.670

			1mW送信機の場合			10mW送信機の場合		
1回の 繰り返し 送信回数	CPU 動作時間 (秒)	TX-ON 時間 (秒)	1回の消費 電流容量 (mA/h)	1日の 消費容量 (mA/h)	電池 持続 日数	1回の消費 電流容量 (mA/h)	1日の 消費容量 (mA/h)	電池 持続 日数
2	0.0889	0.0817	0.00021	3.103	773.4	0.00048	7.023	341.7
3	0.1189	0.1117	0.00028	4.183	573.7	0.00065	9.543	251.5
4	0.1489	0.1417	0.00036	5.263	456.0	0.00083	12.063	199.0
5	0.1789	0.1717	0.00043	6.343	378.4	0.00100	14.583	164.6
6	0.2089	0.2017	0.00051	7.423	323.3	0.00118	17.103	140.3
7	0.2389	0.2317	0.00058	8.503	282.2	0.00135	19.623	122.3
8	0.2689	0.2617	0.00066	9.583	250.4	0.00153	22.143	108.4
9	0.2989	0.2917	0.00073	10.663	225.1	0.00170	24.663	97.3
10	0.3289	0.3217	0.00081	11.743	204.4	0.00188	27.183	88.3
11	0.3589	0.3517	0.00088	12.823	187.2	0.00205	29.703	80.8
12	0.3889	0.3817	0.00096	13.903	172.6	0.00223	32.223	74.5
13	0.4189	0.4117	0.00103	14.983	160.2	0.00240	34.743	69.1
14	0.4489	0.4417	0.00111	16.063	149.4	0.00258	37.263	64.4
15	0.4789	0.4717	0.00118	17.143	140.0	0.00275	39.783	60.3
16	0.5089	0.5017	0.00126	18.223	131.7	0.00293	42.303	56.7

上記の計算方法(例: 1mW送信機、2回送信、6秒間隔)

$$\begin{aligned} \text{待機のみで消費する1日の電流容量} &= 24\text{時間} * \text{待機電流} \\ &= 24 * 0.0060 = 0.1440 \text{ [mA/h]} \dots\dots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{送信で消費する1日の電流容量} \\ &= \text{TX-ON時間} * \text{送信回数} / 1\text{時間の秒数} * \text{送信電流} \\ &= \underbrace{0.0817 * 14400}_{\text{1日のTotal送信時間}} / 3600 * 9 = 2.9400 \text{ [mA/h]} \dots\dots \end{aligned}$$

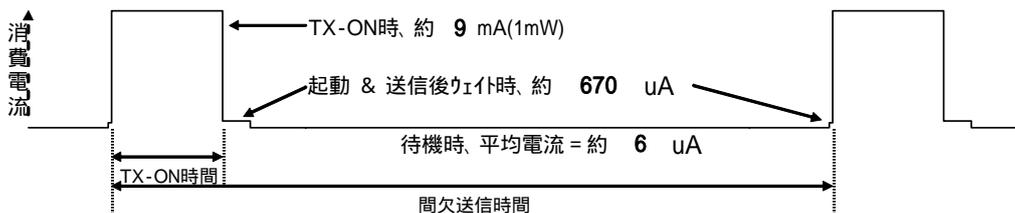
$$\begin{aligned} \text{ウェイトで消費する1日の電流容量(ウェイト=起動時間+送信後ウェイト)} \\ &= \text{ウェイト時間} * \text{送信回数} / 1\text{時間の秒数} * \text{ウェイト電流} \\ &= 0.0072 * 14400 / 3600 * 0.670 = 0.01930 \text{ [mA/h]} \dots\dots \end{aligned}$$

$$\text{1日に消費する電流容量} = + + = 3.103 \text{ [mA/h]} \dots\dots$$

よって、電池の持続日数はおよそ: = 電池容量 / = 773.4 [日] となります。

200msec毎に割り込みが発生するとき、フラッシュメモリ用電源のチャージ電流が流れますので待機時の平均電流を若干多めに計算しています。

(消費電流の変化について)



資料5 伝搬計算（電力計算）

自由空間損失  $L_d = 10 \log \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2$

位相損失  $L_\phi = 10 \log K$

$$K = 1 + \left( \frac{r_1}{r_2} \right)^2 - 2 \left( \frac{r_1}{r_2} \right) \cos \left\{ \frac{2\pi}{\lambda} (r_2 - r_1) \right\}$$

$$r_1 = \sqrt{(h_1 - h_2)^2 + d^2} \quad r_2 = \sqrt{(h_1 + h_2)^2 + d^2}$$

$$L_\phi = 10 \log \left( 1 + \left\{ \frac{\sqrt{(h_1 - h_2)^2 + d^2}}{\sqrt{(h_1 + h_2)^2 + d^2}} \right\}^2 - 2 \frac{\sqrt{(h_1 - h_2)^2 + d^2}}{\sqrt{(h_1 + h_2)^2 + d^2}} \cos \left\{ \frac{2\pi}{\lambda} (\sqrt{(h_1 + h_2)^2 + d^2} - \sqrt{(h_1 - h_2)^2 + d^2}) \right\} \right)$$

周辺環境による損失 :  $L_n$  (dB)、フェージングによる損失 :  $L_f$  (dB)

総合損失 (dB)  $L = L_d + L_\phi + L_n + L_f$

送信アンテナ利得 :  $G_t$  (dBi)、送信電力 :  $P_t$  (dBm)、受信アンテナ利得 :  $G_r$  (dBi)

受信電力 :  $P_r = P_t + L + G_t + G_r$  (dBm) 左記数式に送受信ケーブル損失を加算する。

受信電圧 :  $V_r = P_r + 113$  (dBμV / 50Ω) この電圧は開放端電圧であり信号発生器 (SG) の表示と同じ。

電界強度 :  $E = V_r - 20 \log ( / ) - (G_r - 2.14)$  半波長ダイポールアンテナの実効長  $l_e = \lambda / \pi$  (アンテナ端電圧 = 電界強度 × 実効長)

(計算の基本図)

