

# トランシーバーを用いて電波の可能性を探る

千谷尚輝 伊澤基博 吉田有輝

## 【概要】

携帯電話や、テレビなどで使用されている電波は非常に身近なものとなっている。携帯電話は遠くの人と連絡ができ、非常に便利なものである。しかし、携帯電話を使用していると気づかないが電波にも届く距離に限界がある。

自分たちは電波とアンテナの関係を見つけることを目的とし、通信範囲の測定を行った。測定には持ち運びが簡単で、手軽に通信することが可能な小型トランシーバーを用いた。その際、トランシーバーのアンテナを様々な材質、長さの針金と交換し、通信範囲の変化を調べた。

Today, radio waves used in cellphones, televisions, etc have become familiar to us. As you can see, cellphones are handy devices for contacting people living far away from us. When we are using cellphones, we are hardly aware of the radio waves, but the distance the waves can stretch is limited. We aimed to find the relationship between radio waves and antennas, so we did an experiment to measure the range of the waves. We used two transceivers because they are handy and easy to carry. Then we changed the antenna to have various lengths and be made of different materials, and we examined the variation in communication range.

## 【目的】

トランシーバーを用いた時、本来のアンテナの代わりに針金を接続しても通信が可能であることを発見した。

自分たちはトランシーバーのアンテナの代わりに金属針金を用いて通信範囲がどのように変わるかを調べ、アンテナと通信範囲との関係を調べることを目的とした。

## 【仮説】

- (1) 針金はアンテナとして十分に機能する。
- (2) アンテナとして用いる針金の長さを変えると、通信範囲は変化する。
- (3) 通信範囲はアンテナの電気抵抗率に影響されると考えられる。

## 【実験材料・準備物】

### (1) 通信器具

2つのトランシーバーを送信用、受信用に分けて用いた。

### (2) アンテナの材料

銅針金、針金、真鍮の針金を用いた。いずれも市販のものを用意した。各針金の直径はいずれも 1.2 mm である。

各針金の電気抵抗率は表1に示した。電気抵抗率は比にすると、鉄:銅:真鍮=6:1:4である。

表1 各金属線の電気抵抗率（理科年表参考）

各針金の電気抵抗率 [ $\Omega \cdot m$ ]	
鉄(室温)	$10 \times 10^{-8}$
銅(0°C)	$1.55 \times 10^{-8}$
真鍮(0°C)	$6.3 \times 10^{-8}$

## 【実験方法】

### (1) 測定において変化させる条件

トランシーバーの通信範囲の測定は、トランシーバーに差し込む針金の材料や長さを変えながら行った。

### (2) 通信可能範囲の決定方法

事前測定を行った際、声を通信させて通信範囲を決定する方法を用いた場合、通信範囲を正確に測定できないことに気づいた。このことから、トランシーバーの電波の通信範囲を測定するにあたって、受信した言葉をはっきりと聞き取ることのできる範囲を基準とした。

### (3) 通信範囲の測定方法

測定は以下の1~6の手順で行った。測定では電波の送信場所を全て一致させ、送信に使うトランシーバー KENWOOD を A、受信に使うトランシーバー ICOM を B と表す。

1. A のアンテナを取り外し、測定する針金の最も短いも

のを差し込む

2. Aは動かさず、電波を発射するのみにする。Aは約5秒ごとに電波を発射するようにし、受信者はAから少しずつ離れながらBで電波を受信する。
3. Aからの電波がBで受信できない場合、その地点で受信者は「携帯電話」を使用し、送信者に連絡をとる。
4. 携帯電話を用いて直接連絡を取り、AとBとの距離を少しずつ小さくしていき、最初に通信が可能となる地点を調べる。
5. 最初に通信可能となる地点が確定できたら、差し込んでいる針金を長いものに変える。
6. 1～5の動作を各針金で行う。

#### (4)測定における補足

1. 測定方法3における、最初に通信可能となる地点を「通信範囲の端」とした。
2. 通信範囲を発射地点からの距離として表すことにしたので、上の「通信範囲の端」地点での場所をメモし、インターネットの地図を用いて、距離を求めた。
3. 測定は送信場所から2方向で3回ずつ行った。結果の値にはその平均を示した。

#### (5)事前測定について

針金を用いた測定を行う前にトランシーバーのアンテナを外した時と差し込んでいる時のデータをとった。初めから取り付けられているアンテナの通信範囲を調べると約5.5kmで、建物の影響を受けて通信がとぎれるということもなかった。その後も2回測定したが、変化はなかった。アンテナを外したときの通信範囲は230mであった。

### 【結果と考察】

#### (1)実験1

針金と銅針金での測定結果を以下に示した。(表2)、(図1)。

針金の長さは10～30cmの間で5cmずつ変化させた。

いずれのグラフも15cmの針金を用いるまでは針金の長さと通信範囲が比例しているがそれ以上の長さ、20～30cmの針金を用いたときには通信範囲の変化は見られなかった。また、針金が違うことによる通信範囲の差が確認できる。

表2 針金と銅針金の通信範囲

針金の長さ(cm)		無	10	15	20	25	30
通信範囲 (10 <sup>2</sup> m)	針金	2.3	8.0	11	11	11	11
	銅針金	2.3	17	26	26	26	26

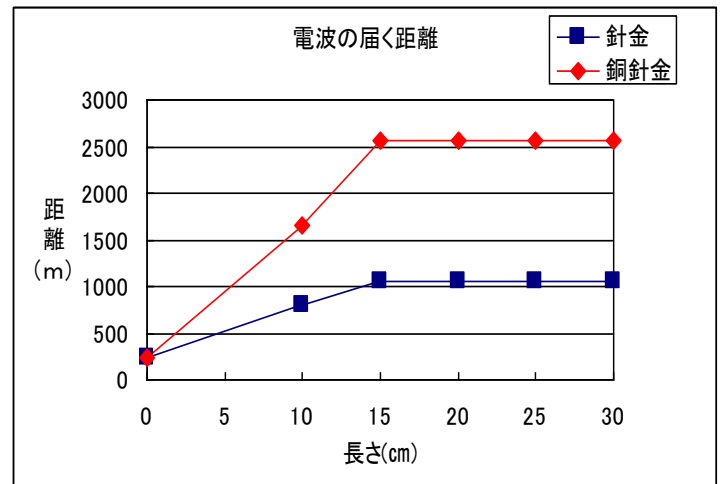


図1 針金と銅針金の通信範囲

#### (2)考察1

実験1から考えられることを以下に記した

1. 15cm以上の針金の場合、通信範囲が変化しないことについて

このことについては、トランシーバー本来のアンテナの長さが関係しているのではないだろうかと考えられる。トランシーバーのアンテナの長さは11cmであった。図1によると、通信範囲が最大となる針金の長さは10～15cmの間であることが分かる。したがって、測定に用いたトランシーバーに最適なアンテナの長さは11cmであることから、針金や銅針金を用いた測定値は11cmに近い値になったと考えられる。

2. 通信範囲の差について

図1より、針金を用いたときと銅針金を用いたときとは大きな差が確認できる。このことについて2つのことが考えられる。1つは、アンテナの材質の違いが考えられる。針金の成分は鉄であることから、銅と電気抵抗率を比較すると鉄は銅の6倍であり、鉄は銅より電流が流れにくいことになる。したがって銅に比べて針金の送信できる距離が短くなったと考えられる。2つめは、送信側のトランシーバーの電池消耗による送信力不足が考えられる。し

たがって、この結果に見られる通信範囲の大きな差は電気抵抗率の差によるとも、電池の劣化具合の差によるとも考えることができる。

### (3) 実験2

15 cmまでの針金を用いた時のデータをより細かく取ることが重要だと考え、針金の長さの変化を3cmごとにして測定した。また、電池が劣化するとデータが狂うので、同じ日に測定した。また、測定には真鍮を含め、針金、銅針金と合わせ3種類の針金を用いた。この測定結果を以下に示した(表3)、(図2)。

表3 針金と銅針金と真鍮針金の通信範囲

針金の長さ(cm)		3	6	9	12	15
通信範囲 (10 <sup>2</sup> m)	針金	2.0	3.6	12	20	24
	銅針金	2.4	6.6	16	22	33
	真鍮針金	2.0	5.0	23	23	24

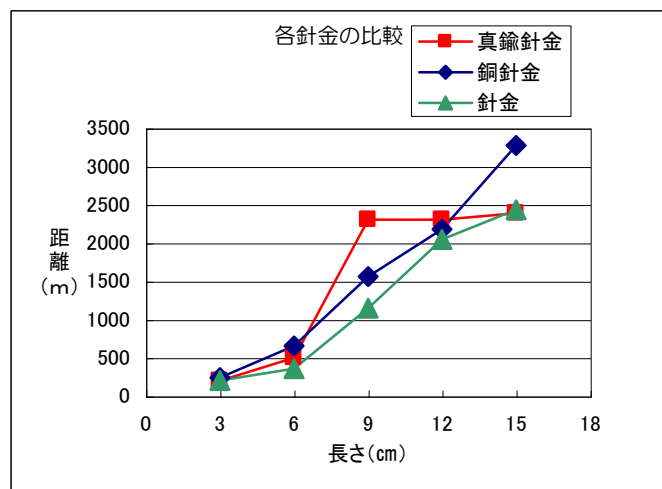


図2 針金と銅針金と真鍮針金の通信範囲

針金が長くなるにつれて、通信範囲は大きくなることがわかった。真鍮は、9cmの時に最も大きい値となっており、他の針金と比べてグラフの形が違っていた(図2)。最も通信範囲が大きくなるのは銅針金を用いた時で、真鍮針金と針金を用いた時は、通信範囲はほぼ同じであった(図2)。

また、3種類の針金を測定した後、再び20 cm～30 cmまでの針金を差し込んで測定したが、通信範囲の変化

は見られなかった。

### (4) 考察2

実験2の結果から考えられることを以下に記した。

#### 1. グラフについて

3種類の金属において変化させる長さを小さくすると、図2より通信範囲は2次関数のような変化をすると考えられる。

#### 2. 針金の長さ通信範囲との関係について

図2によると、トランシーバーのアンテナより長い12 cm、15 cmの針金を用いたときでも通信範囲が大きくなっていることがわかる。結果1を考え合わせると、このトランシーバーに最も適切な直線状の金属線の長さは15 cmであると考えられる。また真鍮針金においては、通信範囲は9 cmが最適と考えられる。

#### 3. 電気抵抗率と通信範囲との関係について

15 cmの針金を用いたときの通信範囲の詳しい値は、針金が2435mで真鍮針金が2391m、銅針金が3273mである。各針金の電気抵抗率を基に比較すると、針金の電気抵抗率は真鍮針金の約1.5倍だが、通信範囲は1.018倍である。また、結果1で大きな差がついた針金と銅針金を比べても、結果2では銅針金の電気抵抗率は針金の6分の1(約0.17倍)であるが、通信範囲は1.3倍でしかない。したがって、電気抵抗率は通信範囲に大きな影響を与えないと考えられる。よって、結果1での針金と銅針金の通信範囲の差は電池の消耗による送信力不足が大きく影響したと考えられる。

#### 4. 通信範囲はトランシーバーのアンテナを用いたときと比べて、劣る

針金、銅針金、真鍮針金を用いたとき、声はトランシーバーのアンテナと比べて同じくらいにはっきりと聞こえた。しかし、どの針金を用いたときでもトランシーバーのアンテナを用いたときほどの通信範囲とはならなかった。銅針金の通信可能距離を、トランシーバーのアンテナの結果と比較すると約60%の距離であり、真鍮針金や針金は銅針金と比較すると44%である。したがって、一直線状の針金ではアンテナほどの性能を持つことができないと考えられる。

#### 5. トランシーバーのアンテナの構造について

結果2より単体金属を用いた場合の通信範囲と、合金を用いた場合の通信範囲を比較すると、通信範囲が最大となる針金の長さが異なっていることが確認できる。合金である真鍮を用いた場合は9 cmのときに通信範囲が

最大となっていることから、合金を用いることで、通信範囲が最大となる針金の長さを、単体金属を用いる場合より短く加工できるのではないかと考えられる。また、アンテナの通信範囲と比較すると直線構造をした金属線の通信範囲は小さくなっている。以上のことから、トランシーバーのアンテナは2種類以上の金属の合金であり、一直線上の構造ではないと推定できる。

### 【結論】

- 1, 直線の針金はアンテナとして十分機能するが、元のアンテナに比べると通信範囲において劣る
- 2, 金属針金においては、それが長いほど通信範囲は広がるが限りがある
- 3, 通信範囲と電気抵抗率との関係は見いだせなかった

### 【その他】

結果2を求めても、なぜ銅針金が電波を最も遠くへ飛ばすのか結論付けることができなく残念であった。インターネットを用いて電波工学を調べてはみたものの結局分からなかった。

また、真鍮針金のグラフの形が他のグラフと違っており、これは真鍮が合金であることに関係しているのではないかと考えたのだが、合金の針金をそろえられず、結論が出せなかった。

しかし、研究を行う過程で電波について様々なことを学ぶことができ、普段は身近すぎてなんとも思わないような電波の存在を再確認できたように感じた。目には見えない電波についての研究は分からないことが多くあったが非常に面白いことだと感じた。

### 【参考文献】

第四級アマチュア無線技師用アマチュア無線教科書（無線従事者養成課程用教科書）日本アマチュア無線振興協会

改訂版高等学校物理Ⅰ 著者 國友正和ほか9名  
数研出版株式会社

改訂版高等学校物理Ⅱ 著者 國友正和ほか9名  
数研出版株式会社

理科年表