

# 「ファミリー電波教室」実施報告

古川 欣洋<sup>\*1</sup>, 長谷川 能三<sup>\*2</sup>

## 概要

2012年2月、7月および2013年2月に、大阪府電波適正利用推進員協議会と大阪市立科学館の共催で、「ファミリー電波教室」を実施した。これまで3回の「ファミリー電波教室」では、参加者の様子を見ながら工夫し、内容も一部変えていっているので、ここではその内容等について報告する。

### 1. はじめに

大阪府電波適正利用推進員協議会は、総務省が都道府県ごとに設けた電波適正利用推進員協議会のひとつであり、近畿総合通信局長から委嘱を受け、電波の公平かつ能率的な利用の確保が図られるようにすることを目的としている。尚、この制度は、1997年度の創設以来、16年を迎えている。

各都道府県の電波適正利用推進員協議会は民間ボランティアの「推進員」で構成され、全体では700人余りの推進員が活動を行なっている。都道府県ごとの電波適正利用推進員協議会は、地域に密着した立場を活かし、電波利用環境を更に改善するためのさまざまな活動を実施している。大阪府電波適正利用推進員協議会は、その一環であるファミリー電波教室を、2012年より大阪市立科学館と共催で行なっている。

### 2. 「ファミリー電波教室」概要

大阪市立科学館での「ファミリー電波教室」は、これまで、2012年2月、7月、2013年2月の3回行なった。各回の概要は以下のとおりである。

#### 2-1. 第1回ファミリー電波教室

日時：2012年2月25日(土) 13:00～16:00  
場所：大阪市立科学館 工作室  
対象：小学4年生～6年生(保護者同伴可)  
主な内容：①電子ブロックを用いたワイヤレスマイクの実験  
②ラジオ(ライト・サイレン付き)を完成させる(完成したラジオは持ち帰り)

③「電波君を探せ」のDVDを鑑賞し、電波の身近な利用を考える

参加者数：児童24名+保護者

スタッフ：大阪府電波適正利用推進員協議会12名が指導者として活動。

#### 2-2. 第2回ファミリー電波教室

日時：2012年7月28日(土) 13:00～16:00  
場所：大阪市立科学館 工作室  
対象：小学4年生～6年生(保護者同伴可)  
主な内容：①電子ブロックを用いたワイヤレスマイクの実験  
②ラジオ(ライト・サイレン付き)を完成させる(完成したラジオは持ち帰り)  
③「電波君を探せ」のDVDを鑑賞し、電波の身近な利用を考える

参加者数：児童23名+保護者

スタッフ：大阪府電波適正利用推進員協議会12名が指導者として活動。

#### 2-3. 第3回ファミリー電波教室

日時：2013年2月23日(土) 13:00～16:00  
場所：大阪市立科学館 工作室  
対象：小学4年生～6年生(保護者同伴可)  
主な内容：①火花放電による電波とコヒーラの実験  
②ラジオ(ライト・サイレン付き)を完成させる(完成したラジオは持ち帰り)  
③「電波君を探せ」のDVDを鑑賞し、電波の身近な利用を考える

参加者数：児童22名+保護者

スタッフ：大阪府電波適正利用推進員協議会12名が指導者として活動。

<sup>\*1</sup> 大阪府電波適正利用推進員協議会 推進員  
大阪市立科学館サイエンスガイド、科学デモンストレーター  
<sup>\*2</sup> 大阪市立科学館学芸員  
hasegawa@sci-museum.jp

### 3. 実験内容

主な実験の内容は以下のとおりである。

#### 3-1. 「電子ブロック」を用いたワイヤレスマイクの実験

このテーマでは、電子ブロックのマニュアルに基づいてワイヤレスマイクを組み立て、このワイヤレスマイクを用いて音声をラジオで聞くことができることや、使い方によっては本来のラジオの音が聞こえなくなる混信について実験した。

##### 3-1-1. ワイヤレスマイクの組み立て

電子ブロックの抵抗・コンデンサ・トランジスタ等24個の部品を、マニュアルに基づいて組み立てることでワイヤレスマイクを完成させ、参加者同士や親子で会話を楽しんでもらった。

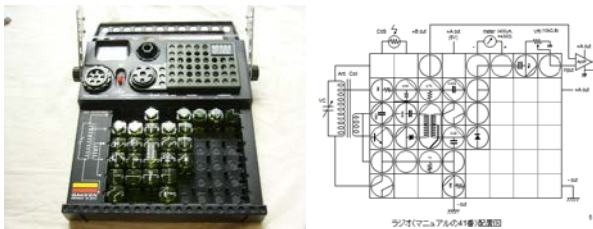


写真1. 完成したワイヤレスマイクとその配線図

##### 3-1-2. ワイヤレスマイクで実験してみよう(その1)

ラジオの選局ダイヤルを、放送局からの電波がないところに合わせ、ワイヤレスマイクに向かってしゃべりながら電子ブロックのダイヤルを回して、自分の声がラジオから聞こえるところをさがす。ワイヤレスマイクが小型の放送局の役目をするのがわかる。

##### 3-1-3. ワイヤレスマイクで実験してみよう(その2)

ラジオの選局ダイヤルを、放送局からの電波が入るところ(今回はNHK第一放送)に合わせる。ワイヤレスマイクに向かってしゃべりながら、電子ブロックのダイヤルを回して、自分の声がラジオから聞こえるようにすると、聞こえていた放送局からのラジオの音声が聞こえなくなる。同じ周波数の電波を使用することで混信が起り、一方の放送が聞こえなくなることがわかる。

さらに、この状態でワイヤレスマイクのスイッチを切ると、再び放送局からの放送が聞こえるようになる。

##### 3-1-4. ワイヤレスマイクで実験のまとめ

放送局からのラジオ放送がきちんと聞こえなくなったのは、ワイヤレスマイクが混信したからで、お互い混信しないように電波を使用するように気をつけなければならないことは、電波のルールのひとつである。実験の結果でわかるように、次のような「電波のルールを守りましょう」と説明した。

○携帯電話、小型ゲーム機などの説明書の中の電波を使っていることに関する内容にはいろいろな注意が書いてありますが、全部「電波のルールの中から守ってほしいこと」が書かれています。

○ルールを守らないと、身近なところでは、ワイヤレス対戦ができない、コードレス電話が使えない、携帯電話が通じないなど、困ったことが起きてしまいます。

○お互いにきちんと使えるように、そして他の者が使えなくならないように、電波のルールが決められています。

##### 3-1-5. 電子ブロックの片付け

電子ブロックをいったん分解してから、片付けた状態の写真とブロック配線図を見て、その通りにブロックを入れるとラジオが完成します。片付けの状態の電子ブロックで、最後にラジオ放送の受信を楽しんでもらった。

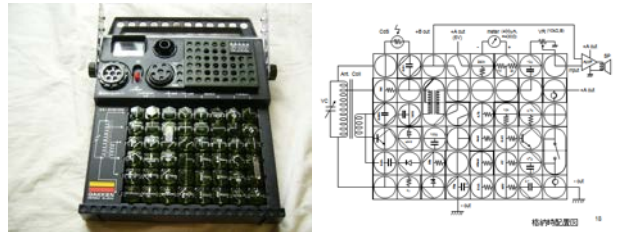


写真2. 電子ブロックの片付け状態(ラジオ回路)

#### 3-2. ラジオ(ライト・サイレン付き)を完成させる

この実験には、予め製品として販売されているラジオを分解し、基板上の1個の抵抗器およびスピーカーと電池ボックスからのコードを取り外したものをキットとして用意した。

まず、ハンダ付けの練習を行い、その後、ラジオキットの必要箇所をハンダ付けし、完成させてもらった。ハンダ付けにおいては、特にやけどしないよう指導者が注意を配った。



写真3. キット化されたライト・サイレン付きラジオ

### 3-2-1. ハンダ付けの練習

ハンダ付けの練習として、指導員の指導のもと、やけどに十分注意しながら、抵抗器を蛇の目基板に取り付けてもらった。

まずハンダ付けの見本を見てもらい、蛇の目基板に抵抗器を差し込み、リード線を少し曲げて抵抗器が落ちないようにしてもらった。

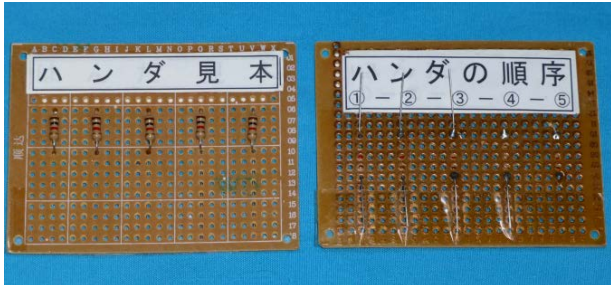


写真4. ハンダ付けの見本  
(左が部品側、右がリード線側)

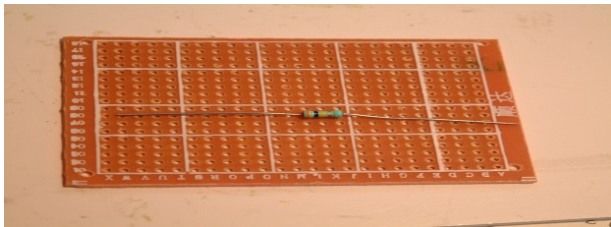


写真5. 蛇の目基板と部品の抵抗器

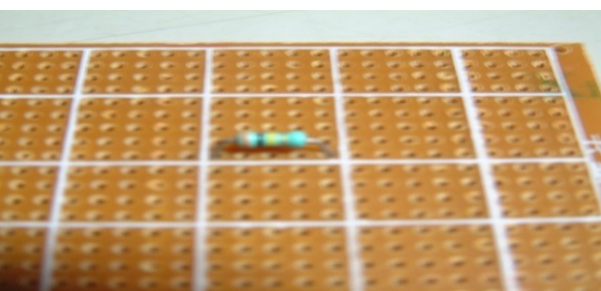
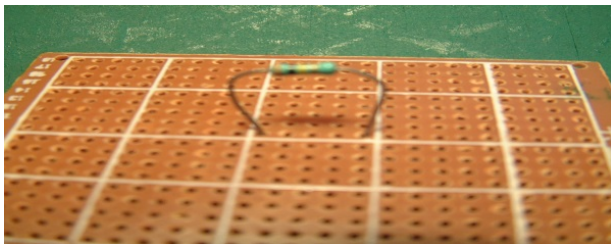


写真6. 蛇の目基板に抵抗器のリード線を差し込む

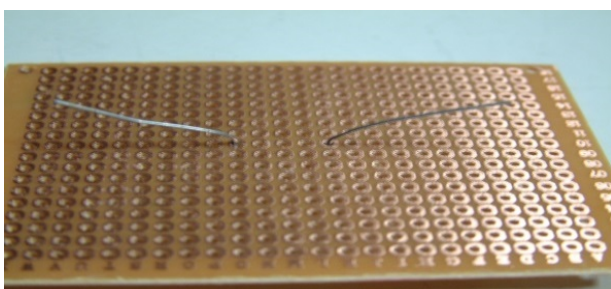


写真7. 蛇の目基板の裏側でリード線を少し曲げる

ハンダ付けの要領は、「まず基板とリード線が接触している部分をハンダゴテで熱くする。次にこの部分に糸ハンダをあてて少量のハンダを融かす。そしてハンダゴテを離してハンダが固まるのを待つ。」という手順で行うことである。この手順を、これらの画像をモニターで示しながら説明し、ハンダ付けをしてもらった。

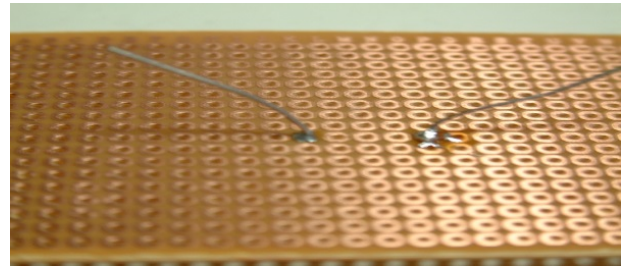
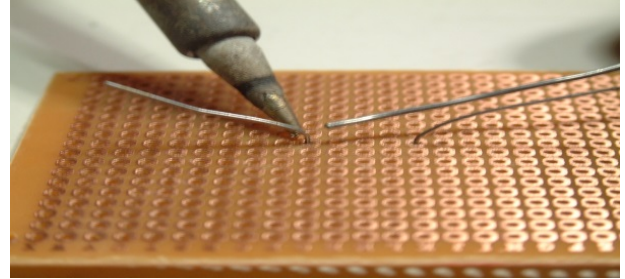


写真8. 部品のハンダ付け

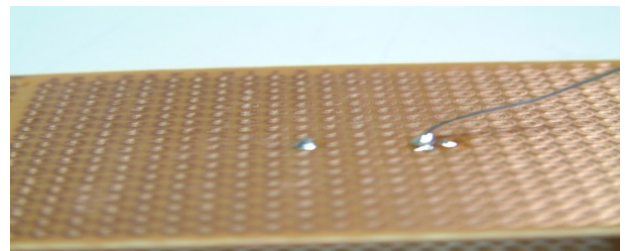
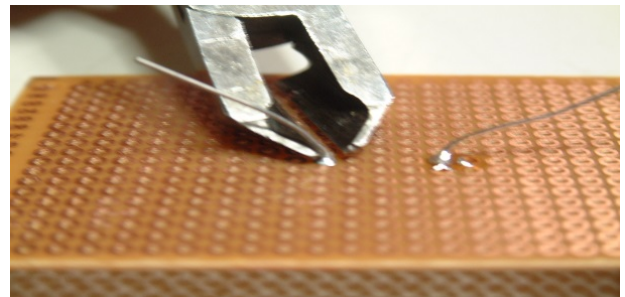


写真9. 余分なリード線をニッパで切り取る

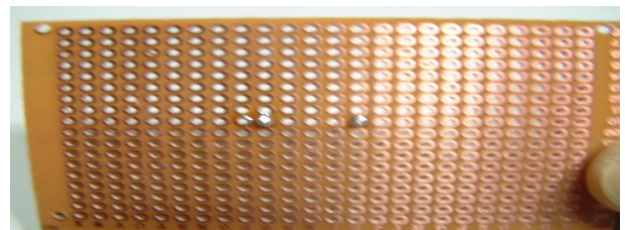


写真10. 抵抗器のハンダ付け完了

参加した児童のほとんどがハンダ付けは初めてで、約6割が男子、約4割が女子であったが、楽しく無事にハンダ付けを体験することができた。

### 3-2-2. ラジオキットを完成させる

まず、基板の所定の場所に150Ωの抵抗器を差し込みハンダ付けする。次に、基板から伸びているスピーカーのコードと電池ケースからのコードを所定の位置にハンダ付けする。スピーカーのコードは、ケースについているスピーカーの端子に取り付けるが、白黒どちらのコードをどちらの端子に取り付けても構わない。電池ケースのコードは、ケースについている電池ボックスの、プラスの端子に赤色のコードを、マイナスの端子に黒色のコードをハンダ付けする。ハンダ付け作業は、先ほどの練習をもとに、やけどをしないよう指導員の注意のもと行なった。

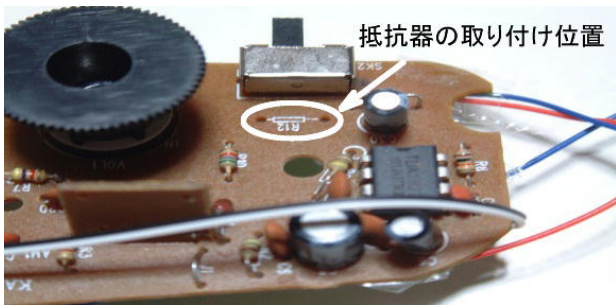


写真11. 基板と抵抗器の取り付け位置

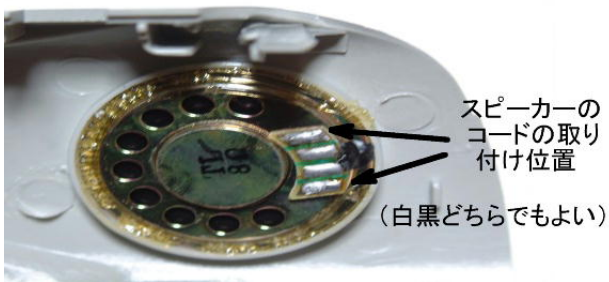


写真12. スピーカーのコードの取り付け位置

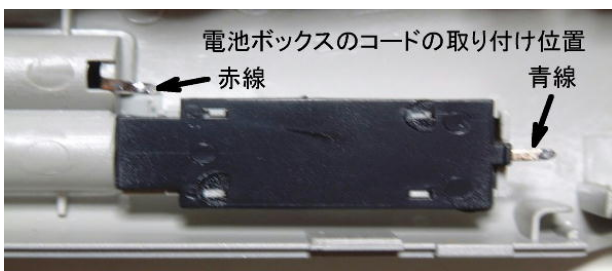


写真13. 電池ケースのコードの取り付け位置

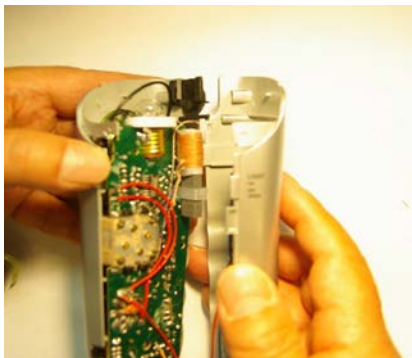


写真14. 基板をケースに収め、ケースを組み立てる

次にラジオ本体を組み立てる。



写真15. 先にケース上側を合わせ(写真左)、ケースを裏返し左側を押し込み右側の爪を押し込む

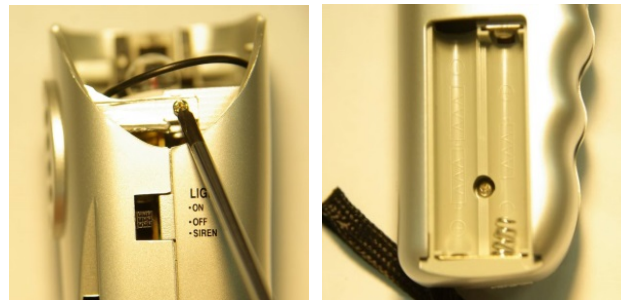


写真16. ケースの上側を小さなビスで(写真左)、電池ケース内を大きなビスでとめる(写真右)



写真17. ライトカバーの下側を先に差し込む



写真18. ライトカバーの上側をカチッと差し込む



写真19. 本体の組み立て完成

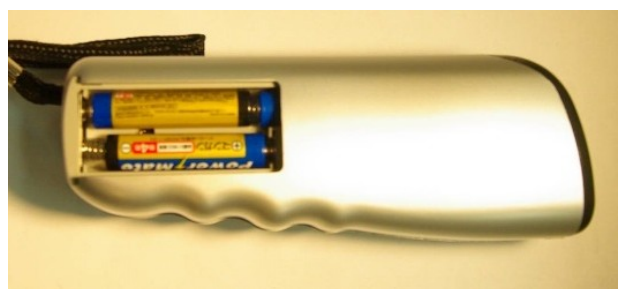


写真20. 単三電池を極性を間違えないように入れる



写真21. 写真電池カバーをはめて完成

### 3-2-3. 完成したラジオの機能テスト

ラジオが完成したら、各自、以下の機能テストをしてもらった。

- ・ AMラジオは聞こえるか
- ・ FMラジオは聞こえるか
- ・ ライトは点灯するか
- ・ サイレンは鳴るか

### 3-2-4. ラジオ受信機の構成の解説

ラジオ受信機が、「アンテナ」「共振回路」「検波回路」「増幅回路」「スピーカー」で構成されて、ラジオ放送の電波を受信してスピーカーから音が聞こえることを、実際に使用されている部品類を貼り付けたパネルと構成説明図を用いて解説した。

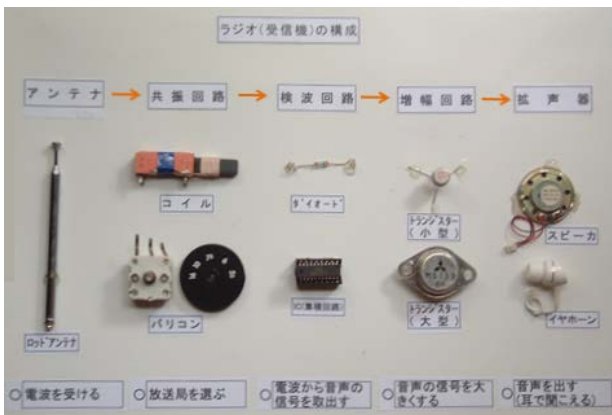


写真22. ラジオ受信機の構成パネル

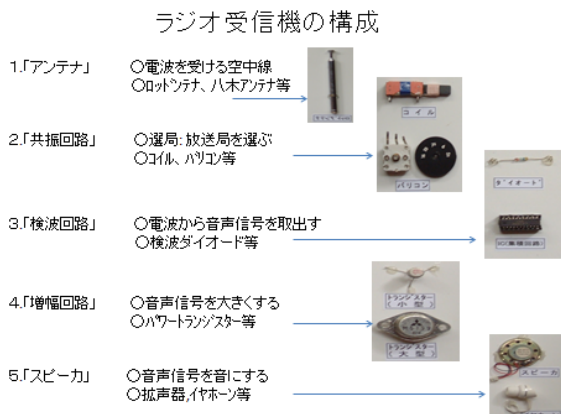


写真23. ラジオ受信機の構成説明図

### 3-2-5. ラジオの送信所についての解説

このようにして、各自ラジオを受信することができたが、このラジオの電波がどこからやってくるのか解説した。電波を送信する送信所は表1のとおりで、例としてNHK第1放送の送信所とアンテナの写真で紹介した。

表1. 関西のAMラジオ放送局一覧

放送局	送信所の位置	周波数
NHK 第1放送	堺市美原区	666kHz
NHK 第2放送	羽曳野市都戸	828kHz
ABC 朝日放送	高石市綾菌	1008kHz
MBS 毎日放送	高石市西取石	1179kHz
CRK ラジオ関西	淡路市小磯	558kHz
OBC ラジオ大阪	堺市東区	1314kHz



写真24. NHK第1放送の送信所



写真25. NHK第1放送の送信アンテナ

### 3-3. 火花放電による電波とコヒーラの実験

この実験では、電波がどのようにして発見されたのか、実験で確かめていった。

#### 3-3-1. 電波の利用

初めに、電波について問いかけを行なうとともに、実際に電波を使ったアマチュア無線機による大阪と九州の福岡を中継局とインターネット回線を用いた通信を実施し、電波利用の一例を見てもらいました。

電波について、「電波という言葉を知っていますか?」と問いかけたところ、電波を知っているという答えが多くあった。また、「電波を使っているものにはどんなものがありますか?」という問いには、携帯電話、テレビ、ラジオ、電子レンジ、無線通信機などの答えがあった。

また、小型の無線機でも電波を利用することで離れたところと会話することができることを知ってもらうために、実際にアマチュア無線通信による会話を聞いてもらった。今回は、会場の科学館と九州の福岡市との間を、中継局とインターネット回線を使って通信を行なった。この通信の仕組みは、図1の概要図のとおり。

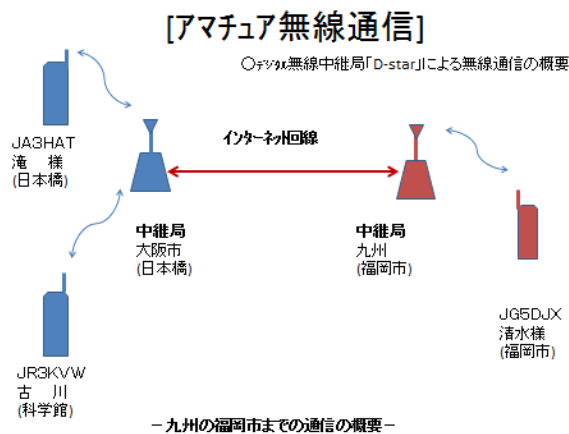


図1. 中継局を利用したアマチュア無線通信の概要

#### 3-3-2. 火花放電による電波の発生

電波は、1888年、ドイツの物理学者ヘルツが発見した。ヘルツは、火花放電で発生した電波を受けたコイルの先端で火花が出ることから、電波を発見した。

ここでは、点火プラグを用いた火花放電機を用いた。これは、自動車エンジンに使われる点火プラグに、高圧電源回路からおよそ1万ボルトの高電圧を送り、火花を発生させる装置である。この装置で火花放電させると、点火プラグの先で火花が飛んでいるのが観察される。

このとき、目に見える火花以外に電波が発生していることを知ってもらうために、まずAMラジオで音を聞いてもらった。そのために、AMラジオの選局ダイヤルを放送局からの電波がないところに合わせておく。する



写真26. 火花放電機

と、火花放電機の火花が発生している間、ラジオからは「ブーン」という音が聞こえる。火花放電機とラジオの間は、電線などでつながっていないが、火花放電機から火花以外の何かが発生して、ラジオを「ブーン」となしているのであり、それが電波である。

次に、初期の電波受信機であるコヒーラで電波を受信するために、簡単に作ることができるカーボン・アルミニウムコヒーラを製作した。

表2. カーボン・アルミニウムコヒーラの材料

材料	数量
鉛筆の芯 (HB/B)	2本
消しゴム	1個
アルミ箔	少々
電子ライター(着火棒)	1個
LED(赤)	1個
電池(1.5V)	2個

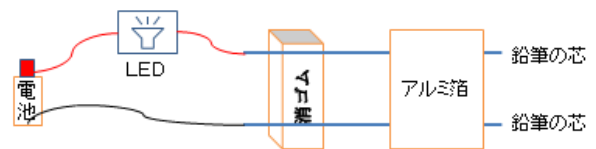


図2. カーボン・アルミニウムコヒーラの構成図

カーボン・アルミニウムコヒーラは、消しゴムに鉛筆の芯を2本差し込み、電池とLEDを直列につなぎ(電池ボックスにLEDを取り付けたものをつなぎ)、鉛筆の芯の上にアルミ箔を載せれば完成である。しかし、これだ

けでは通電せず、LEDは点灯しない。これは、アルミニウムの表面が薄い絶縁被膜で覆われているからである。そこで、このアルミ箔のすぐ上で、電子ライターを使って火花放電を起こすと、回路が通電状態となりLEDが点灯する。これは、火花放電により発生した電波をアルミ箔が受けることにより、アルミ箔の表面の薄い絶縁皮膜が破れ、アルミ箔の金属部分と鉛筆の芯が直接接触したためである。また、接触しているものを機械的に動かすことにより、通電状態が解除される。

今回、参加人数分の材料を用意し、各自でカーボン・アルミニウムコヒーラを製作し、火花放電によって通電することを体験してもらった。

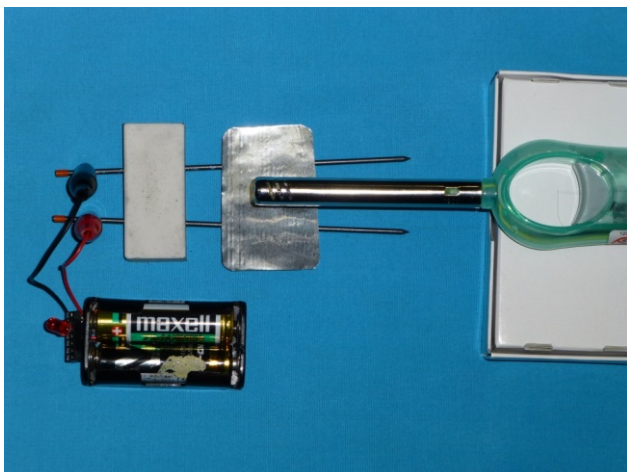
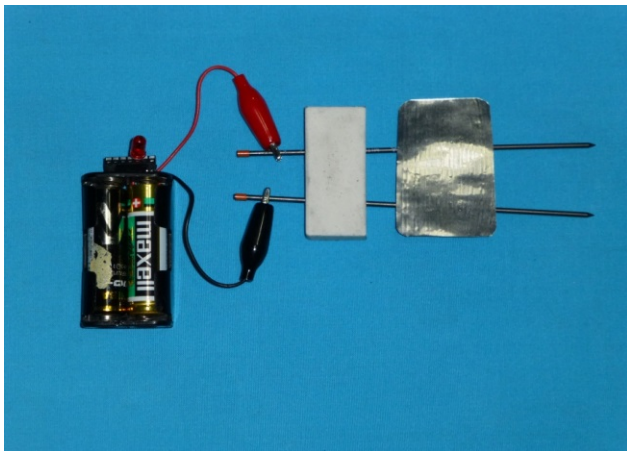
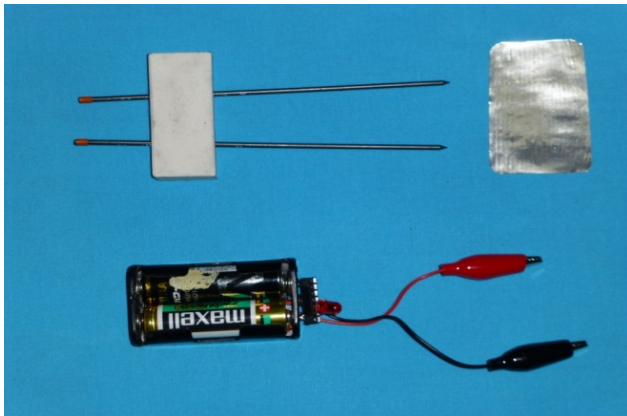


写真27. カーボン・アルミニウムコヒーラの製作

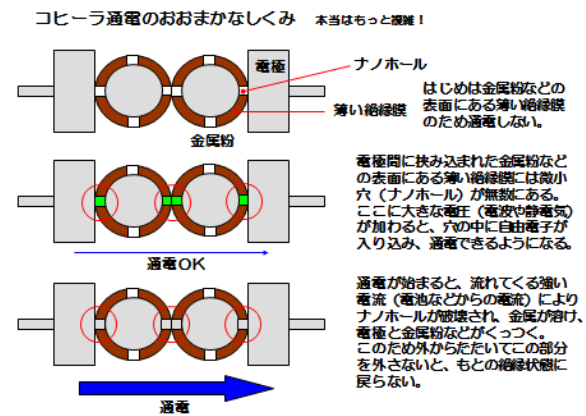


図3. コヒーラの通電の概要図

今回、現代のコヒーラも用意した。参加者が製作したカーボン・アルミニウムコヒーラでは、アルミ箔を動かすことにより通電状態を解除したが、このコヒーラは軽く叩くことで通電状態を解除できる。このコヒーラでも同様の実験を行ない、参加者に見てもらった。



写真28. 現代のコヒーラ



写真29. 現代のコヒーラを用いた実験

さらに、大阪市立科学館展示場4階で展示しているコヒーラを使ったラジコンバスを実走させた。このリモコンバスの送信機のボタンを押すと、送信機内で火花放電が起きる。この電波を受けると、バス本体内のコヒーラが通電状態となり、バスが動き出す。さらに送信機のボタンを押すごとに、右折、直進、左折、直進と、バスの動作が変わり、さらにもう1回ボタンを押すとバスは停止する。この様子を参加者に見てもらい、楽しんでもらった。また、バス本体内にあるコヒーラや、電波を受け

た後、コヒーラを叩いて通電状態を解除している様子も観察してもらった。

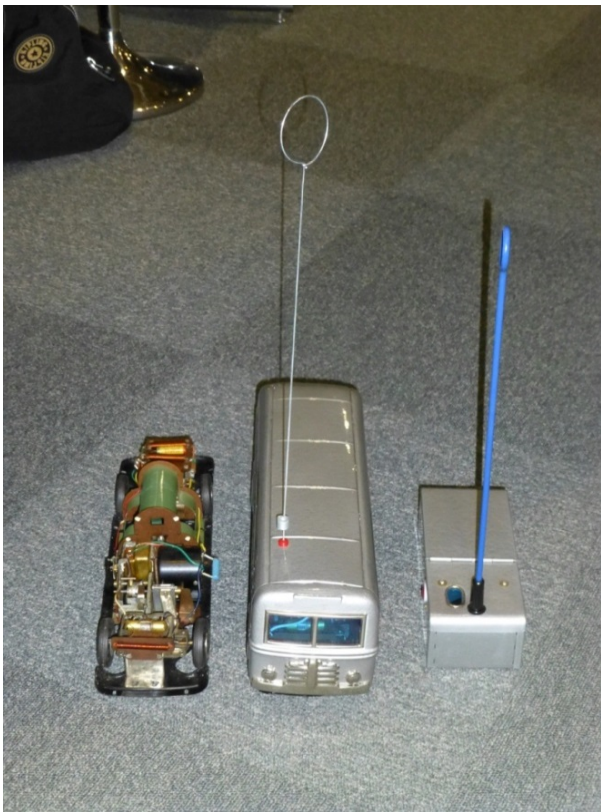


写真30. コヒーラを使ったりリモコンバス

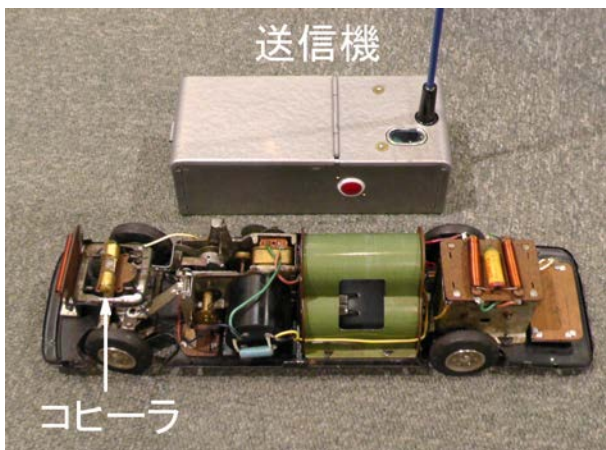


写真31. コヒーラと送信機

### 3-3-3. コヒーラにまつわる電波の歴史

ヘルツが電波を発見して以来、電波の利用についてさまざまな研究がなされた。

火花放電機を用いた実験では、コヒーラは電波を受けると通電状態となり、電波が来なくなっても通電状態が続いた。これでは、再び電波が発生したときに電波を受信したことがわからない。しかし、この火花放電機からの電波をラジオで受信すると、電波が発生している間だけ「ブーン」という音がラジオのスピーカーから聞こえ、電波が来なくなると音は聞こえなくなる。このように、電波が来なくなると通電状態から元の絶縁状態に戻る自己復旧型のコヒーラが、1894年イギリスのロッジにより発明された。この発明により電波の利用が一気に進展し、1年後の1895年にはイタリアのマルコーニが火花放電により3kmの距離で無線電信通信に成功、さらに1901年にはイギリスとカナダの大西洋横断3600kmの通信に成功している。なお、当時の無線通信はモールス符号によるもので、世界初の無線通信はアルファベットの「S」のモールス符号を送信し受信に成功したと言われている。モールス符号は、電波が発見されるより前の1840年にアメリカのモールスにより考案され、符号は短点(・)と長点(-)の組み合わせによりアルファベットなどが決められている。

ファミリー電波教室では、これらの歴史を紹介しながら、写真32の電鍵(機械式スイッチ)と発振器を用いて、A、B、C等のモールス符号を発振器のスピーカーから音で聞き、モールスを体験してもらった。



写真32. 電鍵(右)と発振器(左)

### 3-4. 「電波君を探せ」のDVD鑑賞

「電波君を探せ」(約17分)は、電波の身近な利用を通じて電波の重要性や必要性、正しい利用を解説したビデオである。この鑑賞を通じて、電波を適正に利用し、有効な資源として科学・技術の発展に寄与できればと考える。



### 3-5. その他

各回のファミリー電波教室ではこれ以外にもいくつかの内容を取り扱った。例えば、電波関連の歴史についても解説した。その内容は以下のとおりである。

電波は1888年にドイツのヘルツによって発見され、1895年にイタリアのマルコーニが電波を使用してモールス符号により世界初の無線電信通信に成功した。さらに、電波の送信や受信に重要な部品である真空管やトランジスタの発明など、電波の歴史で重要な事項を解説し、理解を深めてもらった。

表3. 電波の発見と発展に関する主な事項

西暦年	人物など(国名)	主な事項
1840	モールス(米)	モールス符号を考案
1888	ヘルツ(独)	電波の存在を実験で実証
1890	ブランリー(仏)	電波を受けた金属粉の電気抵抗が減少するのを発見(コヒーラの原理)
1894	ロッジ(英)	自己復旧コヒーラ検波器を発表
1895	マルコーニ(伊)	世界初無線電信通信成功
1901	マルコーニ(伊)	大西洋横断(イギリス-カナダ)3600kmの通信に成功
1904	フレミング(英)	2極真空管、鉱石検波器の発明
1948	ベル研究所(米)	トランジスタの発明

### 4. まとめ

「ファミリー電波教室」の名のとおり、小学生の参加者本人だけでなく、概ねその保護者と参加していただき、親子が同席する状態で実施できたことはたいへん

有意義であったと思われる。

また、この教室ではハンダ付けの作業があり、火傷の防止には細心の注意を払った。ハンダ付け作業の前に画像等を使用して手順やコツを説明するとともに、指導者の配置などを考慮した。その結果、ほぼトラブルなくハンダ付け作業を行なうことができた。

参加者にアンケートを実施したところ、「ラジオが受信できて感激」「勉強になった」「ハンダ付けの練習をもっとしたかった」「ハンダゴテがそんなに危険だと知らなかった」などの感想や意見をいただいた。

また、教室の運営にあたったスタッフでも、教室終了直後に反省会を設け、内容の変更やトラブル回避などの検討を行なった。このように課題を改善していくことにより、今後更に参加者が教室で得られたことから探求の思いが生じるような教室にしていきたいと考える。

### 謝辞

3回にわたるファミリー電波教室の実施にあたり、多大のご支援ご指導を賜りましたアイコム(株)(デジハムサポート)、(有)平川製作所、オートボックス(藤井寺)、アマチュア無線家の皆様方に、心より御礼申し上げます。また、ボランティアで教室の運営にあたった大阪府電波適正利用推進員協議会の推進員有志の皆さんにもお礼申し上げます。



写真33. ファミリー電波教室の様子