

「ファミリー電波教室」実施報告

古川欣洋^{*1}、江川隆志^{*1}、岡田全弘^{*1}、林成典^{*1}、幡井榮一^{*1}、白檉光貞^{*1}、
松永清司^{*1}、裏山伸雄^{*1}、大倉 宏^{*2}、箭野佳照^{*3}、高岡奈美^{*3}、松平宗亮^{*3}

概 要

ラジオ研究会、大阪市立科学館及びアイコム(株)の共催で「ファミリー電波教室」を実施し、2017年度より毎年夏期(7月から8月)と冬期(2月)に継続実施してきた。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、内容も改善、充実させていっているので、ここではその内容等について報告する。

1. はじめに

ラジオ研究会は、2015年に設立し営利を目的とせず、ラジオ「電波」に関係する研究を行い、子供たちへのラジオ「電波」に関係するモノ作り工作会等を通じ、科学への関心や興味が育まれることに寄与することを目的としている。

ラジオ研究会は、ボランティアの構成員で目的達成に様々な活動を行なっている。活動の一環として地域に密着した立場を活かし、「ファミリー電波教室」を、2017年度より大阪市立科学館及びアイコム(株)と共催で2023年度まで行なってきた。

2. 「ファミリー電波教室」概要

2017年7月29日実施から、2024年2月25日までの7年度間に、コロナ禍等により5回の中断をしたが実施した9回のファミリー電波教室の概要について報告する。

9回のファミリー電波教室の概要は以下のとおりです。

2-1. 第1回ファミリー電波教室

日 時：2017年7月29日(日)13:00～16:00
場 所：大阪市立科学館 工作室
対 象：小学5～6年生(定数:16名と保護者)
主な内容：①ラジオの部品であるバスケットコイルを製

作しラジオを完成させ、機能試験を行なった。

- ② 完成したラジオを用い、火花放電機による電波発見の実験を行なった。
- ③ 電波とコヒーラの実験を行なった。
- ④ 「アマチュア無線とは」の画像と実演による電波の身近な利用を説明した。

参加者数：児童14名＋保護者14名(応募55名)
スタッフ：ラジオ研究会(6名)、科学館(1名)
アイコム(株)(1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：2018年2月24日(日)13:00～16:00
場 所：大阪市立科学館 工作室
対 象：小学5～6年生(定数:16名と保護者)
主な内容：①ラジオの部品の抵抗とコンデンサーをハンダ付けし、ラジオを完成させ、機能試験を行なった。
②完成したラジオを用い、火花放電機による電波発見の実験を行なった。
③「アマチュア無線とは」の画像と実演により、電波の身近な利用を説明した。
参加者数：児童12名＋保護者12名(応募33名)
スタッフ：ラジオ研究会(6人)、科学館(1名)
アイコム(株)(1)。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：2018年7月28日() 13:00～16:00

^{*1} ラジオ研究会

^{*2} 大阪市立科学館学芸員

^{*3} アイコム(株)

場 所：大阪市立科学館 工作室

対 象：小学5～6年生(定数:16名と保護者)

主な内容：①ラジオの部品の抵抗とコンデンサーをハンダ付けし、ラジオを完成させ、機能試験を行なった。

②完成したラジオを用い、火花放電機による電波発見の実験を行なった。

③「アマチュア無線とは」の画像と実演により、電波の身近な利用を説明した。

参加者数：児童12名+保護者11名（応募42名）

スタッフ：ラジオ研究会（6人）、科学館（1人）
アイコム(株)（1人）。が指導者として活動。

2-4. 第4回ファミリー電波教室

日 時：2019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5～6年生(定数:16名と保護者)

主な内容：科学館工事で開催中止。

2-5. 第5回ファミリー電波教室

日 時：2019年8月3日(日)13:00～16:00

場 所：大阪市立科学館 工作室

対 象：小学5～6年生(定数:16名と保護者)

主な内容：①ラジオの部品の抵抗とコンデンサーをハンダ付けし、ラジオを完成させ、機能試験を行なった。

②完成したラジオを用い、火花放電機による電波発見の実験を行なった。

③「アマチュア無線とは」の画像と実演により、電波の身近な利用を説明した。

参加者数：児童15名+保護者15名（応募63名）

スタッフ：ラジオ研究会（6人）、科学館（1人）
アイコム(株)（1人）。が指導者として活動。

2-6. 第6回ファミリー電波教室

日 時：2020年2月16日(日)13:00～16:00

場 所：大阪市立科学館 工作室

対 象：小学5～6年生(定数:20名と保護者)

主な内容：①ラジオの部品の抵抗とコンデンサーをハンダ付けし、ラジオを完成させ、機能試験を行なった。

②完成したラジオを用い、火花放電機による電波発見の実験を行なった。

③「アマチュア無線とは」の画像と実演により、電波の身近な利用を説明した。

参加者数：児童17名+保護者18名（応募31名）

スタッフ：ラジオ研究会（6人）、科学館（1人）
アイコム(株)（1人）。が指導者として活動。

2-7. 第7回ファミリー電波教室

日 時：2020年7月26日(日)13:00～16:00

場 所：大阪市立科学館 工作室

対 象：小学5～6年生(定数:20名と保護者)

主な内容：コロナ禍で開催中止。

2-8. 第8回ファミリー電波教室

日 時：2021年2月27日(日)13:00～16:00

場 所：大阪市立科学館 工作室

対 象：小学5～6年生(定数:20名と保護者)

主な内容：コロナ禍で開催中止。

2-9. 第9回ファミリー電波教室

日 時：2021年7月25日(日)13:00～16:00

場 所：大阪市立科学館 工作室

対 象：小学5～6年生(定数:8名と保護者)

主な内容：①ラジオの基盤、ダイヤル、電源等のリード線等をラジオケースに取り付けして、ラジオを完成させ、機能試験を行なった。
なお今回は、コロナ禍にあり密接を避けるためハンダ付けを中止した。

②完成したラジオを用い、火花放電機による電波発見の実験を行なった。

③「アマチュア無線とは」の画像と実演により、電波の身近な利用を説明した。

参加者数：児童7名+保護者8名（応募30名）

スタッフ：ラジオ研究会（6人）、科学館（1人）
アイコム(株)（1人）。が指導者として活動。

2-10. 第10回ファミリー電波教室

日 時：2022年2月27日(日)13:00～16:00

場 所：大阪市立科学館 工作室

対 象：小学5～6年生(定数:8名と保護者)

主な内容：コロナ禍で開催中止。

2-11. 第11回ファミリー電波教室

日 時：2022年7月31日(日)13:00～16:00

場 所：大阪市立科学館 工作室

対 象：小学5～6年生(定数:8名と保護者)

主な内容：①ラジオの基盤、ダイヤル、電源とリード線等をラジオケースに取り付けして、ラジオを完成させ、機能試験を行なった。
なお今回は、コロナ禍にあり密接を特に注意して半田付けを中止した。

②完成したラジオを用い、火花放電機による電波発見の実験を行なった。

③「アマチュア無線とは」の画像と実演に

より、電波の身近な利用を説明した。

参加者数：児童7名＋保護者8名（応募30名）

スタッフ：ラジオ研究会（6人）、科学館（1人）
アイコム(株)（1人）。が指導者として活動。

2-12. 第12回ファミリー電波教室

日時：2023年3月5日(日)13:00～16:00

場所：大阪市立科学館 工作室

対象：小学5～6年生(定数:8名と保護者)

主な内容：①ラジオの部品の抵抗とコンデンサーをハンダ付けし、ラジオを完成させ、機能試験を行なった。

②完成したラジオを用い、火花放電機による電波発見の実験を行なった。

③「アマチュア無線とは」の画像と実演により、電波の身近な利用を説明した。

参加者数：児童8名＋保護者8名（応募10名）

スタッフ：ラジオ研究会（6人）、科学館（1人）
アイコム(株)（1人）。が指導者として活動。

2-13. 第13回ファミリー電波教室

日時：2023年7月30日(日)13:00～16:00

場所：大阪市立科学館 工作室

対象：小学5～6年生(定数:8名と保護者)

主な内容：①ラジオの部品の抵抗とコンデンサーを半田付けし、ラジオを完成させ、機能試験を行なった。

②完成したラジオを用い、火花放電機による電波発見の実験を行なった。

③「アマチュア無線とは」の画像と実演により、電波の身近な利用を説明した。

参加者数：児童8名＋保護者8名（応募34名）

スタッフ：ラジオ研究会（6人）、科学館（1人）
アイコム(株)（1人）。が指導者として活動。

2-13. 第13回ファミリー電波教室

日時：2024年2月25日(日)13:00～16:00

場所：大阪市立科学館 工作室

対象：小学5～6年生(定数:8名と保護者)

主な内容：科学館工事で開催中止。

3. 実施内容

ファミリー電波教室で行なった実験等の各実施内容は、以下のとおりである。

3-1. 「電子ブロック」を用いたラジオ受信機の実験

このテーマでは、電子ブロックのマニュアルに基づいて AM ラジオを組み立て、これを用いてラジオ放送が

聞こえること、ラジオ受信機の構成見本でラジオの音声や音楽が聞こえ仕組みについて実験した。

3-1-1. ラジオ受信機の組み立て

電子ブロック、写真1、の抵抗・コンデンサ・トランジスタ等の部品を、マニュアルに基づいて組み立てることによってラジオ受信機を完成させ、参加者でラジオ受信を確認した。



写真1. 電子ブロックのラジオ受信機とラジオ回路

3-1-2. ラジオ受信機の構成の解説

ラジオ受信機の構成見本、写真2、及び図1、を参照し、アンテナ、コイル、バリコン、検波、音声信号等の増幅、拡声器（スピーカ、イヤホン）の実物見本の構成パネルで、それぞれの働きを説明した。

ラジオ受信機が、「アンテナ」「共振回路」「検波回路」「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のを、実際に使用されている部品類を貼付けたパネルと図1の構成説明図を用いて解説した。コイルは共振回路の重要なコイル部品であり、バスケットコイルまたはスパイダーコイルを作成した回では、これを作成したことを強調し、この共振回路のコイルとバリコンを回して放送局を選択するバリコンの働きを説明した。コイルのインダクタンス(H)とバリコンのキャパシタンス(C)で共振回路を構成し、バリコンのダイヤルを回してキャパシタンス(L)を変化させ共振周波数(f)いわゆる放送局の周波数を選択し、共振周波数(f)は、

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

の公式が用いられる。

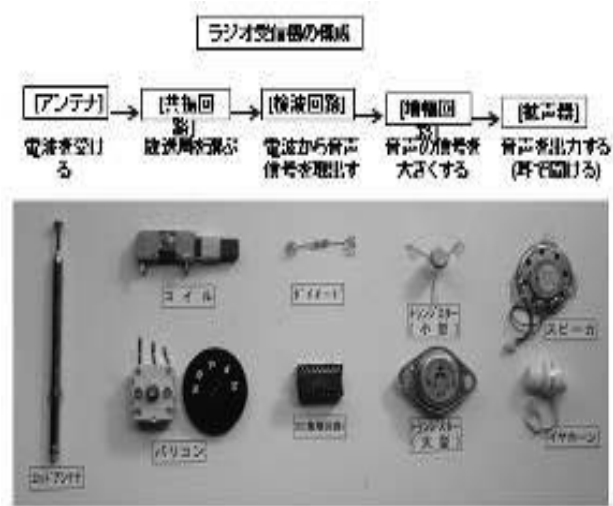


写真2. ラジオ受信機の構成パネル

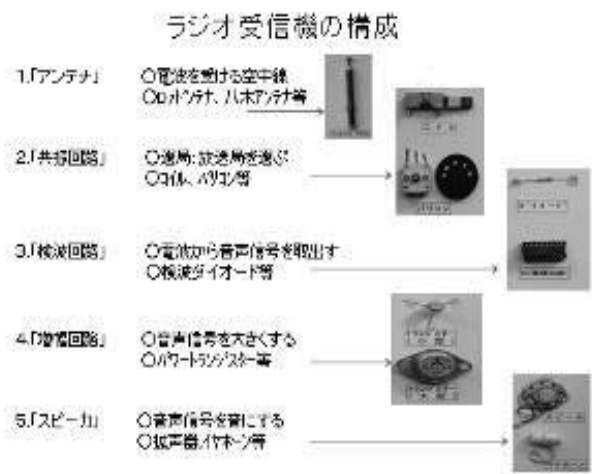


図1. ラジオ受信機の構成説明図

3-1-3. 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, 写真3, 4参照)。

表1. 関西の主な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3. NHK第1放送の送信所



写真4. NHK第1放送の送信アンテナ

3-2. ラジオキットの部品をハンダ付けをしてラジオを完成させる

この実験には、予め半製品としたラジオキットに抵抗やコンデンサーの電子部品をハンダ付けし、ラジオを完成させることとした。また、スパイダーコイルを作成した場合もあった。

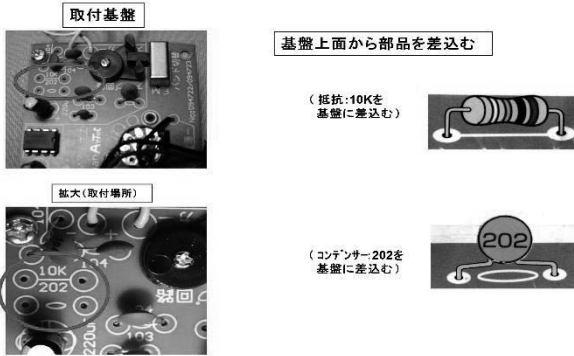
まずラジオ基盤へラジオ部品の取り付け、そしてハンダ付けの要領を説明し、その後、スタッフが直接、各機で部品の取り付け及びハンダ付け作業を実施し指導したうえで、参加者に部品の取り付け及びハンダ付け作業をしてもらった。その後、ラジオケースへ基盤等の取り付け作業を実施してラジオを完成した。特に、ハンダ付け作業においては、スタッフが一人ひとり順に指導し、火傷しないよう注意を配った。

3-2-1. 部品取り付けとハンダ付けの作業

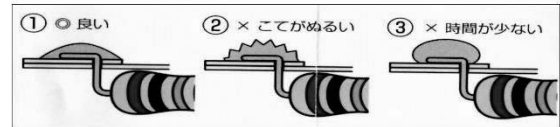
スタッフが指導のもと、写真5, 6、を参照しながらラジオ基盤に抵抗器とコンデンサーを、取付けた。

【ラジオ部品のはんだ付け】

A-1-1 部品「抵抗・コンデンサー」を基盤に取付



-3-



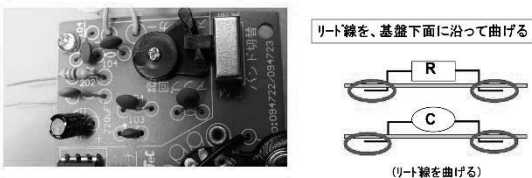
-7-

写真5. 基盤に抵抗器コンデンサーの取付概要(1)。次に、ハンダ付けは、写真7、8、を参照しながらスタッフが受講者ひとり一人に指導のもと、ラジオ基盤に抵抗器とコンデンサーを、ハンダ付け作業した。

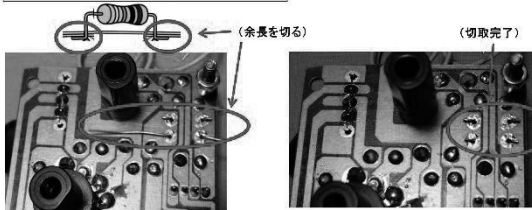
写真8. 部品のハンダ付け完了を確認

ハンダ付けの要領は、写真7、8、を参照、「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適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。参加したのは男子が約6割、女子が約4割で、ほとんどがハンダ付けは初めてであった。アンケートでは難しい、怖い、楽しい、易しい、もっとやりたい等いろいろの思いの様子がうかがえたが、大きなやけど等の事故なく、無事にハンダ付けを体験してもらえた。

A-1-2 部品のリード線を、曲げる。



A-1-3 基盤下面でリード線の余長を切る



-4-

写真6. 基盤に抵抗器コンデンサーの取付概要(2)。

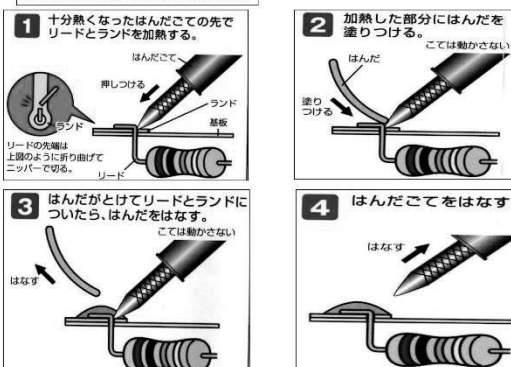
3-2-2. ラジオキットを完成させる

まず、写真9. を参照しながら、部品をハンダ付けした基盤をラジオケースに取り付ける。

写真9. ラジオケースに基盤等を取付

A-1-4 部品「抵抗・コンデンサー」をはんだ付

(1) はんだ付の仕方と手順の説明



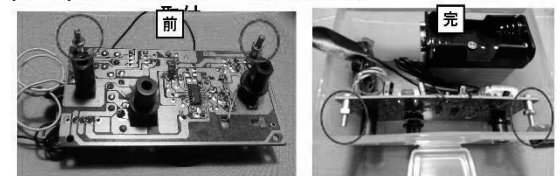
-5-

写真7. ハンダ付けの作業順序

(A-1-5) ラジオ組立の部材。



(A-1-6) ラジオ基盤をケース内に差込む。

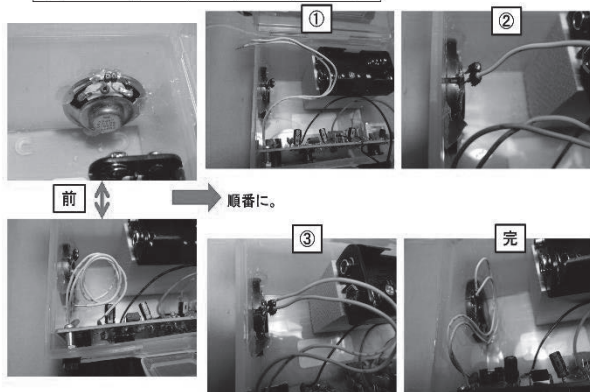


-8-

写真9. ラジオケースに基盤等を取付

(A-1-9) スピーカー線、電源線をコネクターに差込む。

(7) スピーカー線の2本をコネクターに差込む。



-10-

写真10. バンド、電源・音量、選局のダイヤルを取付

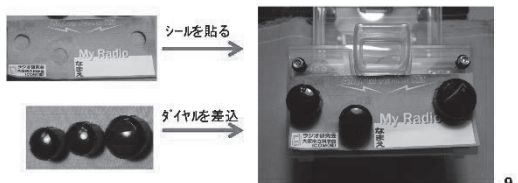
次に、写真11、12、を参照しながら、基盤から出ているスピーカーのコードと電源コードを所定の位置に差し込み、取り付ける。スピーカーのコードは、ケースについているスピーカーの端子に取り付けるが、白黒どちらのコードをどちらの端子に取り付けてもよい。電池ケースのコードは、ケースについている電池ボックスの、プラスの端子に赤色のコードを、マイナスの端子に黒色のコードを取り付ける。

このような組み立て作業で、ラジオが完成した。

(A-1-7) 基盤をケースに取付。



(A-1-8) ケースにシールを貼り、ダイヤルを差込む。



-9-

写真11. リード線をスピーカ、電池ケース端子に差込

(A-1-10) 完成「ラジオ」。



-12-

写真12. 完成したラジオを確認

3-3. スパイダーコイルを作成しラジオ基盤にハンダ付けしてラジオを完成させる

スパイダーコイルを作成し、ラジオ基盤に取付て、ハンダ付けをして、ラジオケースに取付、ラジオを完成させた。

3-3-1. スパイダーコイルを制作する。

作成コイルの部材とその完成品は、写真13～19、を参照します。スタッフの指導のもと、写真14を参照して、スリットの入ったプラスチック円盤にエナメル線を50回巻き上げる。次に、写真15、を参照して、完成したコイルの先端をサンドペーパーで被覆を剥がし、このコイルを完成させる。

3-3-2. ラジオキットを完成させる。

完成したスパイダーコイルの先端をラジオ基盤の所定の位置に、写真16、のとおりに取付け、これを写真17、を参照してハンダ付けし、完成したラジオ基盤をラジオケースに取付、写真18、のとおりにスピーカ、電源端子に基盤からのリード線を接続して、ラジオを写真19、のとおりに完成させる。

【A-1 ラジオ・キットの製作】

【A-1】スパイダー・コイルの製作。

(A-1-1) スパイダー・コイルの概要

① 完成品

- ・ 50回巻

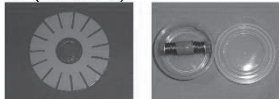
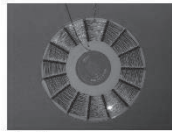
② 製作材料

(ア)スパイダー・コイルの巻枠(まきわく)

- ・ 直径120mm
- ・ CD盤再利用

(イ)巻線

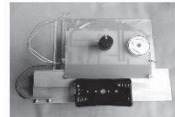
- ・ 直径0.4mm 銅線(ポリウレタン被膜線) 14m



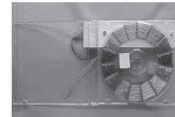
-3-

写真13. スパイダー・コイルの完成品とその部材

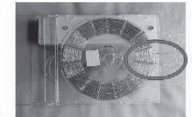
(A-1-4) スパイダー・コイルを基板のCDケースにはめ込む。



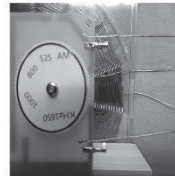
基板とCDケース



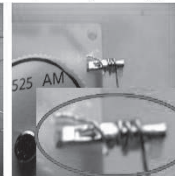
コイルのリード線(2本)がCDケースの右側へ



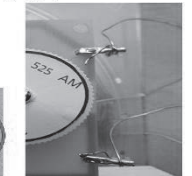
(A-1-5) スパイダー・コイルのリード線の取付。



基板端子とリード線



端子にリード線を巻く



リード線の巻付完了

-6-

写真16. スパイダー・コイルのリード線を基板端子に巻きつける。

(A-1-2) スパイダー・コイルの巻き方

① 巻はじめ

巻枠中央の2つの穴に巻線を、図のとおり巻線を差込み、リード線を15cm取り、巻枠の羽根の手前→向こう側→手前と交互に引っ掛けながら巻く。



リード線:15cm

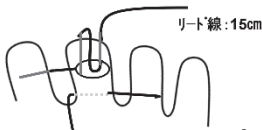
② 2回目以後

巻線を順次、同様に巻く。



③ 巻終わり

巻枠の羽根上部の穴に、50回目の巻線を図のように2重に差込み、リード線を15cm取る。

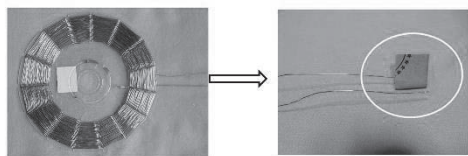
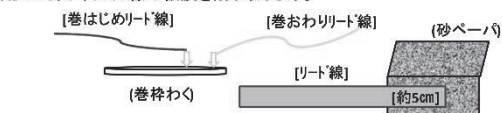


-4-

写真14. スパイダー・コイルの巻き方

(A-1-3) スパイダー・コイルのリード線の被膜をはがす。

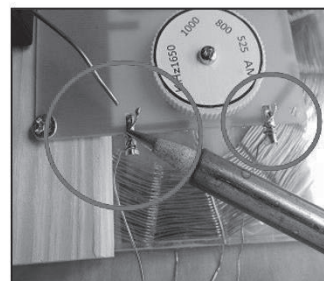
○ 巻はじめ・巻おわりのリード線の先の5cm位を、付属の砂ペーパーを用いて、ポリウレタン線の被膜を削り取ります。



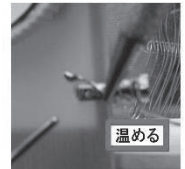
-5-

写真15. 完成のスパイダー・コイルの先端リード線の被覆をサンドペーパー剥がす

(A-1-6) スパイダー・コイルのリード線のはんだ付け



リード線を巻いた端子の上に、はんだコテを置き、端子を温めてから、糸状のはんだを溶かして、はんだ付完了。



温める



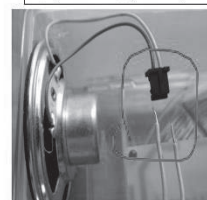
はんだを溶かす

-7-

写真17. スパイダー・コイルのリード線を基板端子にハンダ付けをする。

(A-2-3) スピーカ線、電源線をコネクタに差込む。

(ア)スピーカ線の2本をコネクタに差込む。

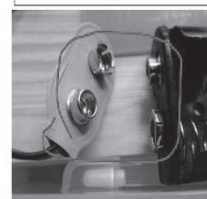


前

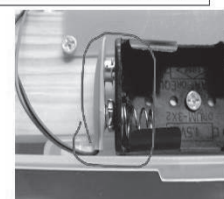


完

(イ)電源線のコネクタを電池ケースのコネクタに差込む。



前

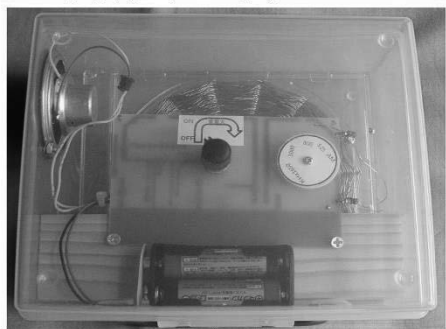


完

-9-

写真18. スピーカ、電源端子に基板からのリード線を接続する。

(A-2-4) 完成「ラジオ」。



-10-

写真19. ラジオケースに基盤等を取付た完成品

3-4. 完成ラジオの機能試験

完成ラジオは、写真20、の2種類(コイルが既製品と自作のスパイダーコイル)がありますが、機能や構成は同一であり、この完成品を用いて機能試験をした。

3-4-1. 完成ラジオの機能試験

完成ラジオに電池を挿入し、電源を ON にし、選局ダイヤルでラジオ放送が受信でき、聞こえるかを点検し、図2、のとおりに機能試験を行った。

その後、建物の外に出て、受信しダイヤルを回して何局の放送局が受信できるか、調べてもらった。

[完成ラジオの機能試験]

- ① 電源スイッチをOFFにする。
- ② 単4電池2本をケースに入れる ⊕⊖の極性に注意する。
- ③ 電源スイッチと音量調整つまみを右まわりに廻して「カッチ」と音がすると電源が[ON]になる---さらに右に廻すと音量が大きくなる。
- ④ ラジオ放送を聞いてみよう！。
 < ♪ ~ ♪ 聞こえるかな ♪ ~ ♪ >
 < ♪ ~ ♪ ダイヤル回すと ♪ ~ ♪ >
 < ♪ ~ ♪ 聞こえた放送局は ♪ ~ ♪何局？ >
- ⑤ いろいろためしてみよう！。
 ○ コイル(ケース)の方向(向き)を変えると、音量が良くなる？
 ○ 場所を変えると、音量が良くなる？

図2.機能試験の要領

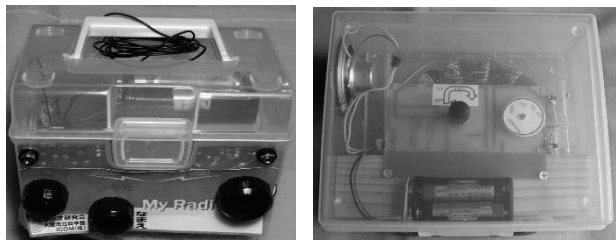


写真20. 2種類の完成ラジオの機能試験

3-5. 火花放電による電波とコヒーラの実験

ここでは、電波がどのようにして発見されたのか、実験で確かめた。

3-5-1. 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によって発見された。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を実験している。

ここでは誘導コイルで火花(図3、写真21)を飛ばすことで電波を発生させた。誘導コイルで10万ボルトの高電圧をつくり、電極間に火花を飛ばす。火花を飛ばす電極の反対側には、電波放射用の 25 センチ角の金属板が取り付け垂れている。

目に見える火花のほかに電波が発生していることを知ってもらうために、完成させたAMラジオで音を聞いてもらった。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。装置とラジオの間は、電線などでつながって

1. 火花放電

(1) 放電機による火花が出ると、ラジオから聞こえるのは？。



- | | | | |
|-------------|---|---|---|
| (1) 何が聞こえる | ： | [|] |
| (2) 出ているものは | ： | [|] |
| (3) いつごろ発見 | ： | [|] |
| (4) だれが発見 | ： | [|] |
| (5) 何に使われてる | ： | [|] |

図3. 火花放電についての説明図



写真21. 誘導コイル

いないが、装置から火花のほかに何かが発生して、ラジオを「ブーン」と鳴らしているのであり、それが電波で

ある。

3-5-2. 火花放電による電波を受信する装置

初期の電波を受信するための装置「コヒーラ」について、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実検した(表2, 図4参照)。

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

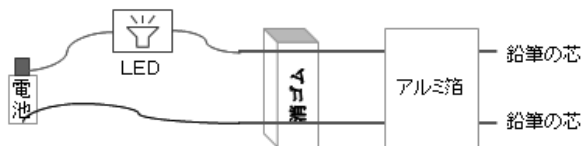


図4. カーボン・アルミニウムコヒーラの構成図

カーボン・アルミニウムコヒーラは、写真22, 23, 24 消しゴムに鉛筆の芯を2本差し込み安定化させ、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。コヒーラの通電する概要は図5、の概要のとおりである。

ここでは、参加者全員の材料を用意し、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。

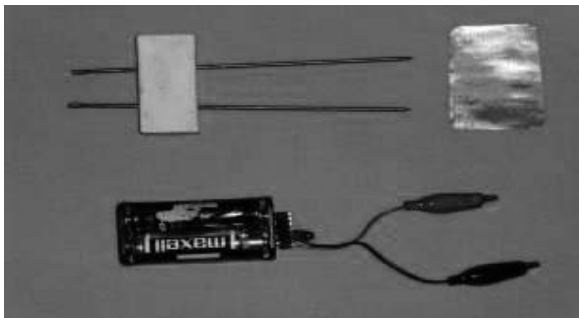


写真22. カーボン・アルミニウムコヒーラの製作(1)

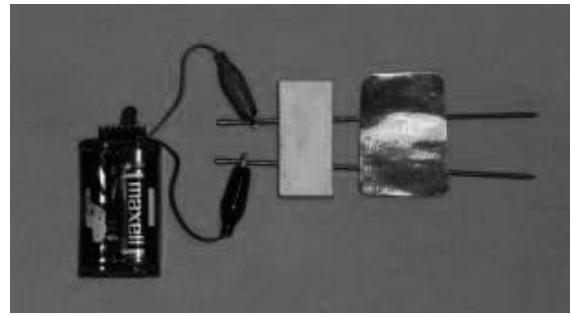


写真23. カーボン・アルミニウムコヒーラの製作(2)

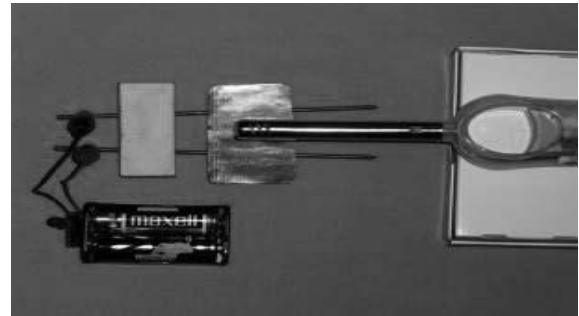


写真24. カーボン・アルミニウムコヒーラの製作(3)

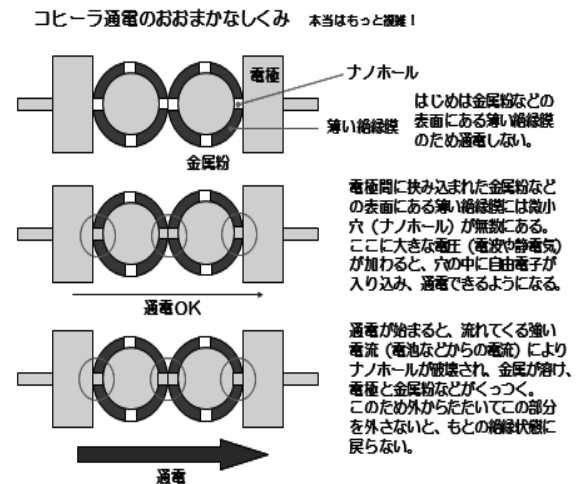


図5. コヒーラの通電の概要図

また、現代のコヒーラ、写真25、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写真26、の実験を行ない、参加者に見てもらった。



写真25. 現代のコヒーラ



写真26. 現代のコヒーラを用いた実験

3-5-3. 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(ー)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28. 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28. 電鍵(右)と発振器(左)

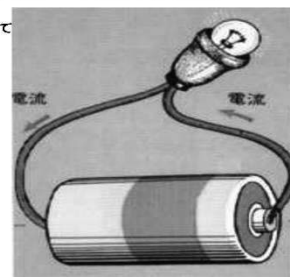
3-5-4. 電波の発生の様子

電波とは何か説明した。電気と磁石のそれぞれについては、参加者はよく知っている(写真29、30)。

[B. 完成ラジオを用い電波の実験]

(B-1)電波の存在の実証について

電池で電球を光らせる



<https://wakariyasuku.info/電気/乾電池と豆電球のしくみと種類とは？より>

写真29. 1denryu

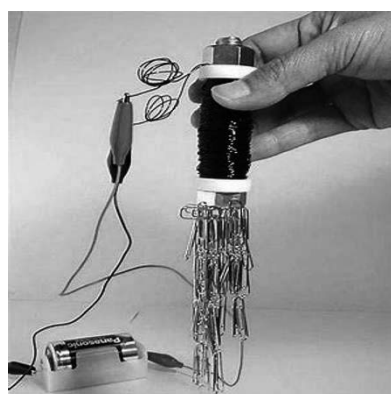
磁石に鉄をくっつける



<https://chugaku-juken.com/magnet-nature/> より

写真30. 磁力で鉄金属をひきつける

ところが電流と磁石はお互いに関係しているのである。コイルに電流が流れると電磁石ができる(写真31)。そして、コイルのそばで磁石動かすと導線に電流が流れる(写真32)。



磁石をつくる

-19-
電磁石 - Bing images より

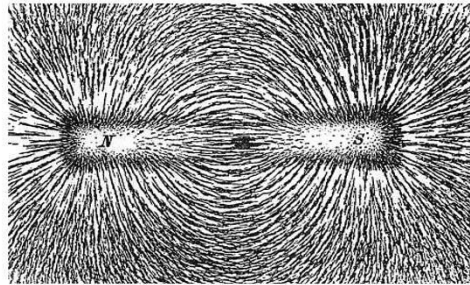
写真31. コイルに電流を流すと磁力が生じる

ここで大事なことは、電場や磁場の存在である。磁石の周りには磁場ができています。磁石を動かすということは磁場を時間的に変化させることである。その結果電流が流れたということは、電流を流すための電場が生じたことを意味する。



写真32. 磁石が動くと傍にあるコイルに電流が生じる

磁石のまわりには磁場ができています



電池や磁石より大事なものは電場や磁場だった

-21-

写真33. 磁石の周りには磁場がある。磁石を動かすということは、電場を動かすということ

マクスウェルという学者の理論では、

電場(電界)の変化が磁場を生み、磁場(磁界)の変化が電場を生む。

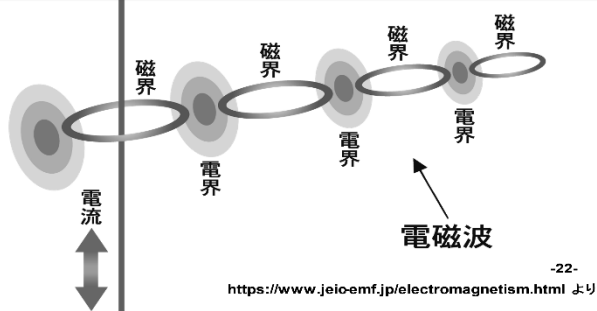
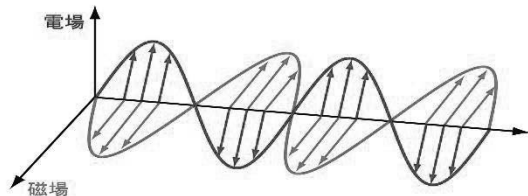


写真34. 電流が振動すると電線の周りの磁場が変化する。するとその変化で、変化する電場が新たに作られる。これを繰り返す。

電場と磁場の変化は、波として伝わると予言された

電磁波



※波の伝わる速さを計算すると、当時知られていた光速度に一致していた

-23-

写真35. 電場と磁場の変化が波となって伝わる

1888年、ヘルツという人が電磁波が実在することを証明



写真36. ヘルツが電波を実証した装置例

4-1. 電波利用の啓蒙として、「アマチュア無線とは」

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。

アマチュア無線とは、古くから「趣味の王様」と言われ国籍、年齢、職業などに関係なく、アマチュア無線、いわゆる電波を通じて全世界のアマチュア無線局と国際親善、総合理解、無線技術の発展に寄与しています。



写真37. アマチュア無線局のアンテナ例

アマチュア無線は有限な資源の「電波」を使用するので国内の電波法、国際的なルールを守ることが定められ、電波法で定める電波に関する無線技士の資格が必要で、電波法に基づく国家資格が必要とされます。

この会場で、国家資格を必要としない持ち歩きの出来る無線機、写真38, を展示し、自由に使用して通話をして楽しんでもらいました。



写真38. 免許不要の携帯型の無線機

例えば、表3、の電波関連の歴史についても解説し、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実証され、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

また、様々な画像や映像を用いて、アマチュア無線について、説明を加えた。自由に使える無線機を展示利用して、その利用がわたくしたちの生活の場で利用されています。

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。

5. 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、その保護者と参加していただき、表4、の実績のとおりで、表5、はアンケート集計の概要である。

表4.ファミリー電波教室の開催と参加者

年	月日	応募者数	定数	参加者数	保護者数	備考
2017	7/29	55	16	14	14	
2018	2/24	33	16	12	12	
2018	7/28	42	16	12	11	
2019	2/23	科学館工事で中止				
2019	8/3	63	16	15	15	
2020	2/16	31	20	17	18	
2020	7/26	コロナ禍で中止				
2021	2/27	コロナ禍で中止				
2021	7/25	30	8	7	8	
2022	2/27	コロナ禍で中止				
2022	7/31	30	8	7	8	
2023	3/5	10	8	8	8	
2023	7/30	34	8	8	8	
2024	2/25	科学館工事で中止				
合計		328	116	100	102	

保護者が同席する状況で楽しく実施でき、参加者にアンケートを実施したところ、表5.のとおりに「電波発見の実験が勉強になった」、「ラジオが受信できて感激」、「楽しかった」、「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」などの感想や意見から、たいへん有意義であったと考える

表5. ファミリー電波教室アンケート集計の概要

項目	件数	[5.その他]、の記載内容	(重複があり、感想や意見等含む)
1. ラジオ制作について			
(1) 制作全般について	91	○わくわくした	○とても楽しかった
1. 楽しかった	10	○線が多く分らんかった	○とても興味深かった
2. やさしかった	11	○板の部品(ラジオ基盤)が細かくて	○説明が丁寧であった
3. 苦労した	10	びっくりした	○またやってほしい
4. むづかしかった	9	○よくできたと思う	○今回ハンダ付なくやりたかった
5. その他	19	○家のラジオの仕組がわかった	○親子で楽しめた
		○パーツのはめ込みが難しかった	○少し難しい話も有ったが、楽しく家で体験できない経験ができた

		○家で使ってみたい	
(2)ハンダ付けについて	93		
1.やさしかった	30	○簡単だった	○おもしろかった
2.むずかしかった	27	○楽しかった	○前にやったことがある
3.くろうした	4	○きんちょうした	○ハンダ付け、できてうれしかった
4.こわかった	13	○ドキドキした	
5.その他	19	○最初は、こわかったがだんだん楽	
		しくなった	
(3)スパイダーコイル制作について	22		
1.楽しかった	13	○勉強でき、楽しかった	
2.やさしかった	0	○本格的にラジオ制作たのしかった	
3.むずかしかった	2	○家でできない体験ができました	
4.苦労した	4	○ラジオが聞けたとき、うれしかった	
5.その他	30		
2. コヒーラの実験について	16		
1.よくわかった	5	○黒鉛筆で電気がつく(流れるが)	○とてもよく分かった
2.勉強になった	6	びっくりした	
3.むずかしかった	2	○ちゃんと電気がついて良かった	
4.その他	3	コヒーラ初めて知りました	
3. 電波発見の実験について	120		
1.よくわかった	40	○おもしろかった	○色々知らないことがわかった
2.勉強になった	58	○良かったです	○もっと知りたい
3.むずかしかった	13	○すごいのを発見できたなと思った	○火花から電磁波が出る、解った
4.その他	9	○電波のことが良くわかった	○電波の歴史がわかりました
		○ちゃんと電波をひろえてとても驚いた	
4. アマチュア無線について	70		
(1).知っていた	15	○とてもよかった、アマチュア無線	○アマチュア無線のはなし、新しい発見です
②興味ある	13	試験を受けようと思う	
②興味ない	1	○アマチュア4級、小学生のうちに	○モールス符号は聞いたことが
③免許がある	1	取らせたいです	あったが初めて見られ、かっちょ
(2).知らなかった	52	○アマチュア無線楽しそうだと思い	かった
②興味ある	38	ました	
②興味ない	14	○アマチュア無線は知らなかったが	
(3).その他	5	よくわかりました	
5. ラジオ放送について	61		
1.ラジオが有る	18	○聞くのは、よく聞く～たまに聞く	○色々知らないことがわかった
2.ラジオが無い	9	○祖母が来たら聞く	○もっと知りたい
3.よく聞く	5	○今後は、このラジオで聞きたい	○火花から電磁波が出る、解った
4.ときどき聞く	11	○ラジオとても聞きやすい	○電波の歴史がわかりました
5.聞かない	16	○車でラジオをよく聞く	○毎日ラジオを聴こうと思います
6.その他、感想	2	○ラジオ英会話を聞いている	

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、指導者が一人々順次直接作業を指導するなど配慮し

た結果、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。これは、教室の運営にあたったスタッフも、教室終了直後に反省会を設け、内容の改善やトラブル回避などの検討を行ない今後の教室内容の改善に

努めたものである。



写真29. ファミリー電波教室の様子

最後に、このファミリー電波教室での電波に関する体験が、ご参加の皆様方の参考となり、さらにお子様方の科学への関心や興味が育まれることにつながれば幸いに思います。

謝辞

11回にわたるファミリー電波教室の実施にあたり、ご支援ご指導を賜りました大阪市立科学館の皆様、アイコム(株)の皆様、(有)平川製作所様、ゼブロン電子様、そしてラジオ研究会の皆様に、心よりお礼申し上げます。

[参考]

古川欣洋、大倉宏、高岡奈美「「ファミリー電波教室」実施報告」大阪市立科学館研究報告 00 号, p000(2024)