

2012年度版 傘ラジオ製作テキスト
この傘 ラジオなんですっ！

日用品でラジオを作ろう!! 「傘ラジオ」



国立東京工業高等専門学校 電子工学科

小池 清之

www.kasaradio.com

日用品でラジオを作ろう!! 「傘ラジオ」

目次

小学生(中・高学年)以上
中学生以上

電子工作経験者向け
電気電子関係の勉強をしている人向け

導入・傘ラジオ作りで伝えたいこと	1
すべてのものが電子部品になりうる	2
傘ラジオは送信所を巻き込んだ壮大な電磁誘導の実験教材	2
傘ラジオでラジオ放送を聴くには	3
傘ラジオをしまうには	3
傘ラジオの材料(新)	4
傘ラジオの作り方概要(新)	4
くわしい作り方	5 - 11
()同調範囲を広げるには	6
電池が無いのになぜ聞こえるのでしょう	12
電波で声が伝わるしくみ	12
傘ラジオに関する電気や磁気の話	13
傘ラジオの回路図・ゲルマラジオと傘ラジオ	14
ゲルマラジオのアンテナと傘ラジオのアンテナ	15
傘ラジオに関する専門的な話	16 - 20
振幅変調について・ゲルマニウムダイオードによる検波	16
同調時の等価回路・実効長	17
1石トランジスタ増幅器を作ってみよう	18
1球真空管増幅器と比べてみよう	19
傘ラジオでシンプルな真空管ラジオを楽しむ(グリッド検波傘ラジオ)	20
傘ラジオで面白実験:LED検波ラジオ	20
傘ラジオの材料・傘ラジオの作り方概要(ホイールペーパーが入手できないとき)	21
THE UMBRELLA RADIO (A Radio Made from Everyday Items) Necessary Materials	22
Summary of Making the Umbrella Radio	22
自由研究のまとめ方	23
付録:傘ラジオに関する様々な情報	24 - 25
ループアンテナ回路定数実測値(線材・巻き方)	24
トランジスタ検波ラジオ・東京近郊の中波放送送信所	24
東京高専における電界強度測定例・受信電圧算定	25
ゲルマニウムダイオード・電線・セラミックイヤホンが無いときは	25
様々なメディアや書籍で紹介された傘ラジオ	26 - 27

日用品でラジオを作ろう!! 「傘ラジオ」

- ◆ 私達の身のまわりには、電気を使ういろいろな物がありますね。
 - その中には電気を扱うための部品が入っています。（電子部品と言います）
- ◆ その部品は特別な物なのでしょうか？
 - いいえ、身のまわりの物でもうまく使えば電子部品に変身します。
 - 日用品でラジオを作って確かめてみましょう。



傘ラジオ

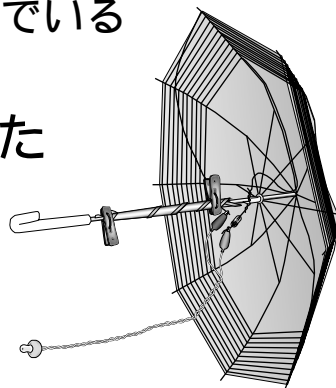
• 電池無しでラジオが聞こえる

電波はエネルギー
を運んでいる

電波は情報を
運んでいる

• 日用品でラジオが出来た

日用品でも電気の法
則に従うように使え
ば電子部品になる



すべてのものが電子部品になりうる

- ◆ この世のすべてのものに電気の性質が備わっている



- ◆ 電気の性質を際立たせたものが電子部品

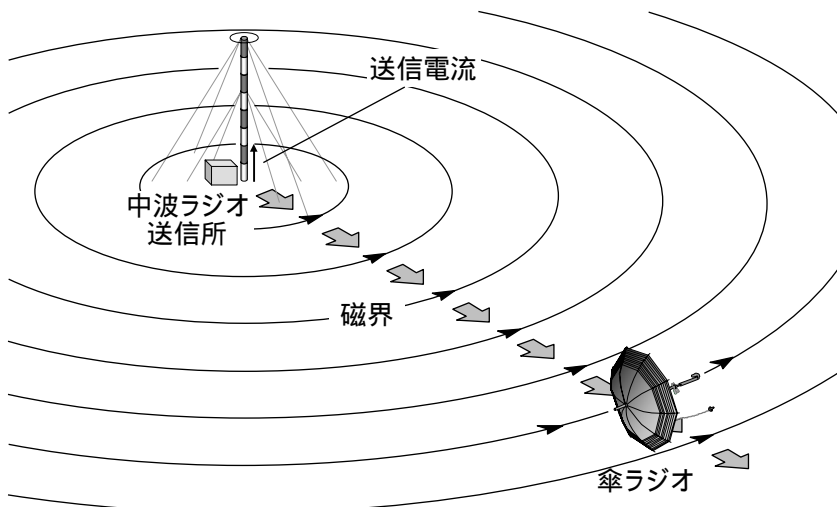


- ◆ どうしたら際立つのか？

➡ それを学ぶ所が電子工学科

(傘ラジオは電子工学科の宣伝のために考えたものなのです)

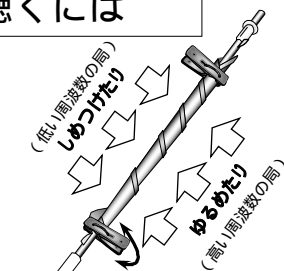
傘ラジオとは送信所を巻き込んだ 壮大な電磁誘導の実験教材



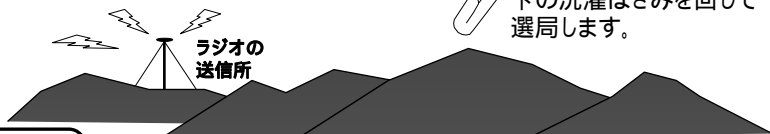
傘ラジオでラジオ放送を聴くには

傘のシャフトに巻き付けたアルミホイルを強く握ったり、緩めたりしながら放送局を探します。（これがダイヤルの代わりです）

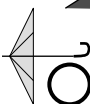
アルミホイルを強く締め付けるとNHK、緩めたところでAFNやTBSが聴こえます。（東京都八王子市の場合）



下の洗濯ばさみを回して選局します。



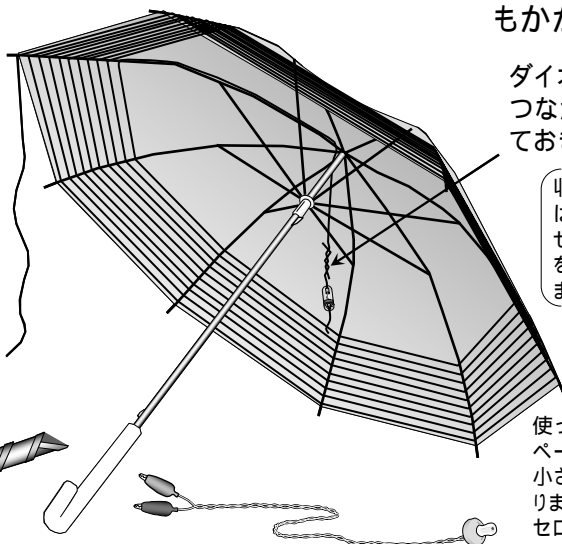
傘はこのように横に向けます。



これはダメ

傘ラジオをしまうには？

図のように分解し、傘をたたみます。慣れれば組み立てには1分もかかりません。



ダイオードと電線はつながったままにしておきます。

収納しにくい場合ははずしてもかまいませんが、ダイオードをなくさないようにしましょう。

使っているうちにホイルペーパーの紙の部分に小さな傷が付くことがあります。このようなときはセロテープを貼って補修しておきましょう。

傘ラジオの材料（新）



ビニール傘

傘の生地によってはセロテープが付かない物があるので注意してください。



洗濯ばさみ 2個



ダイオード

ゲルマニウムダイオード：1N60等
入手先：マルツパーツ館、千石電商など



ふせん紙
8cm × 8cm



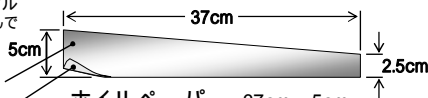
セロテープ
または
布粘着テープ
(しっかり固定したいとき)



ビニール電線 25m
0.18mm, 12芯
(V5F0.3, KV0.3等)
持ち運びやすさを重視して
0.12mm, 12芯の細い電線を使
うこともあります。

入手先：愛三電機株式会社など

周辺を3～5mmアルミ箔側に折り込んで使います。



表はアルミ箔
裏は紙です。

ホイルペーパー 37cm × 5cm

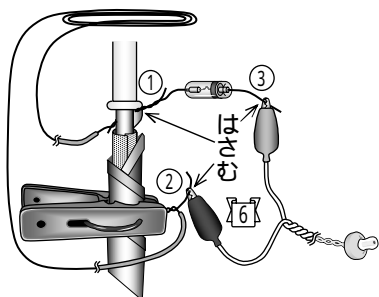
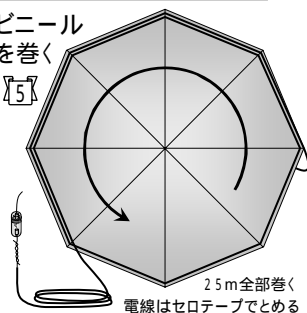
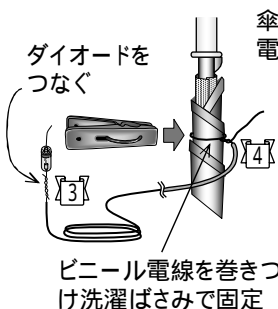
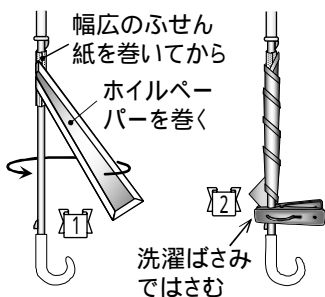
「リード・ホイルペーパー」販売元：ライオン株式会社



セラミックイヤホン

(クリスタルイヤホン)
ミニムシクリップ付
入手先：千石電商など

傘ラジオの作り方概要（新）



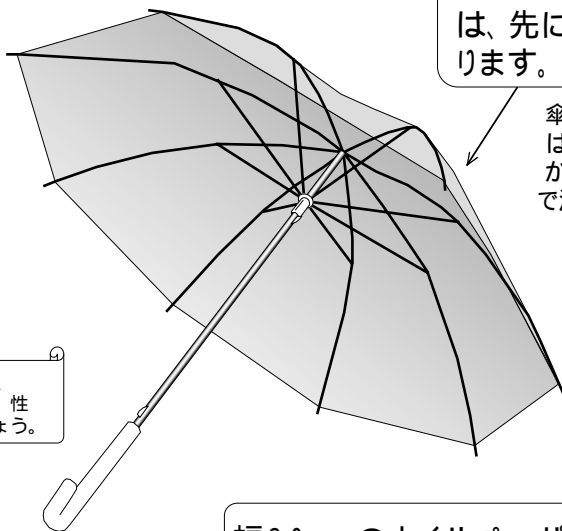
洗濯ばさみを回して選局します。



それではさっそく作ってみましょう

粉が付いている場合は、先に粉を拭き取ります。

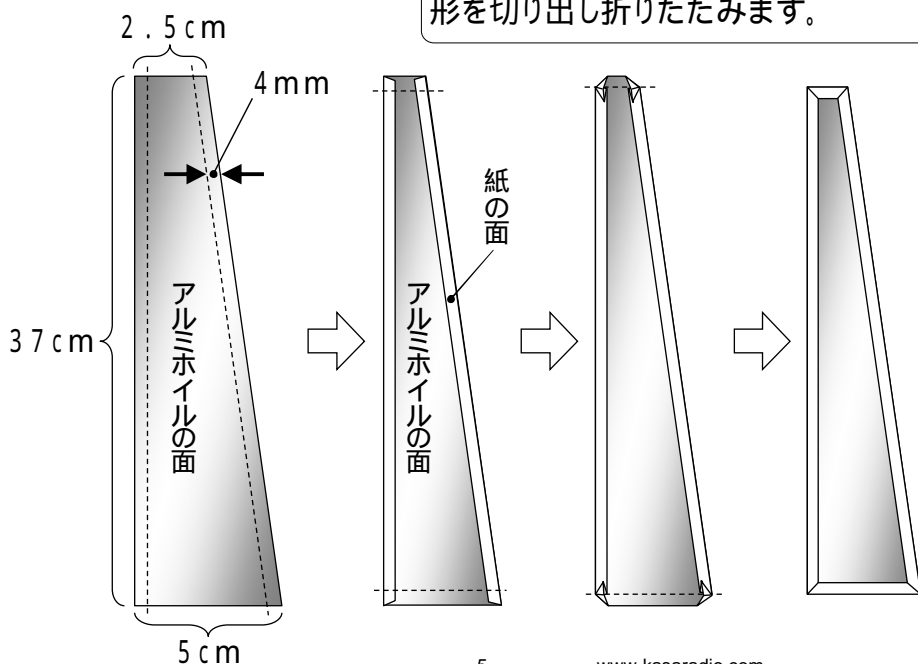
傘の生地によってはセロテープが付かない物があるので注意してください。

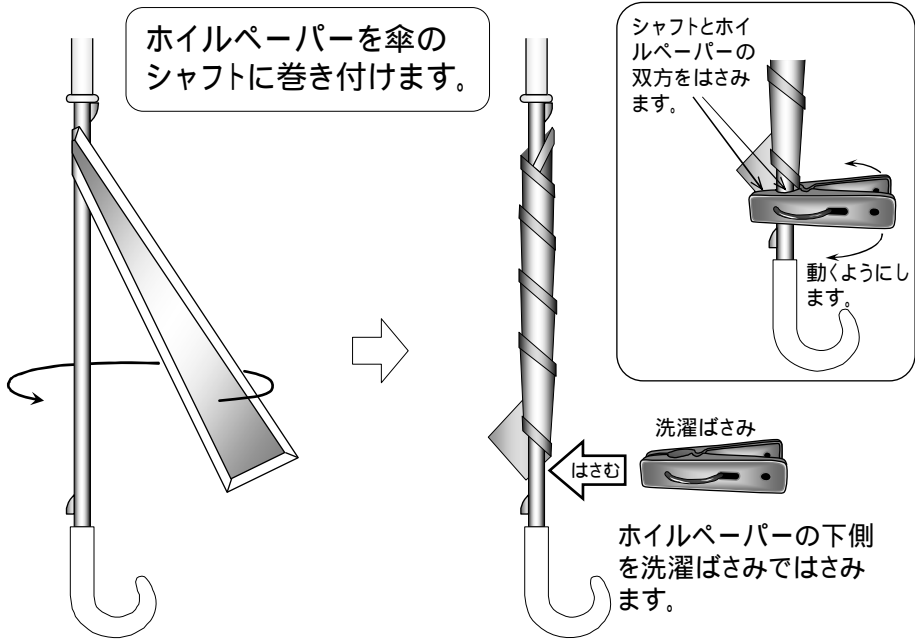


自由研究のネタ
傘の大きさを変えて、性能を比較してみましょう。

幅30cmのホイルペーパーを37cm切り出し、そこから更に図のような台形を切り出し折りたたみます。

点線を谷折り





同調範囲を広げる

国立科学博物館2006夏休みサイエンススクエア以降、ホイールペーパーと洗濯ばさみのバリコンを採用していますが、ホイールペーパーを緩めるときに静電容量が十分下がらず、作り方にもよりますが1000kHz以上の周波数に合わせづらいという傾向があります。このような時は、ここに示したように最小容量が小さくなるようにすれば改善します。

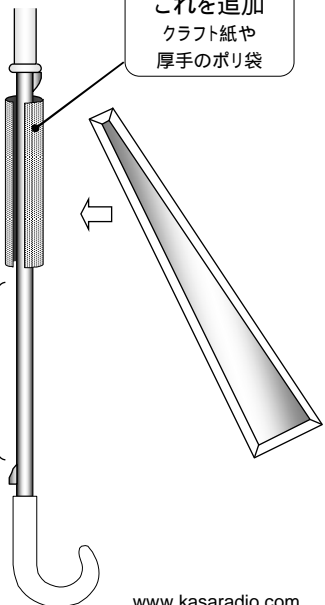
高い周波数も受信するには

ホイールペーパーを巻く前に、傘シャフトの上側に厚手のポリ袋かクラフト紙(幅広の付箋紙でもかまいません)を巻きつけます。厚く巻いたほうが高い周波数を受信しやすくなります。但し、やりすぎると、低い周波数に合わせにくくなります。

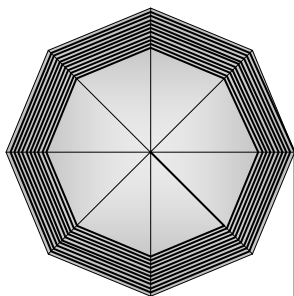
注意！
この長さを確保しておかないと、低い周波数が受信できなくなります。

5 ~ 8 cm
短めでよい

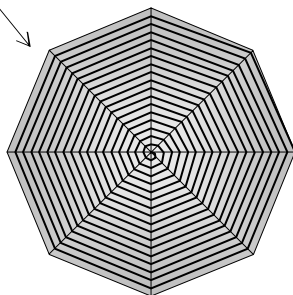
これを追加
クラフト紙や
厚手のポリ袋



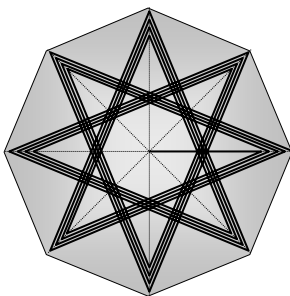
このような巻き方でもちゃんと聴こえます。



感度を重視する場合はこれをお薦めします。



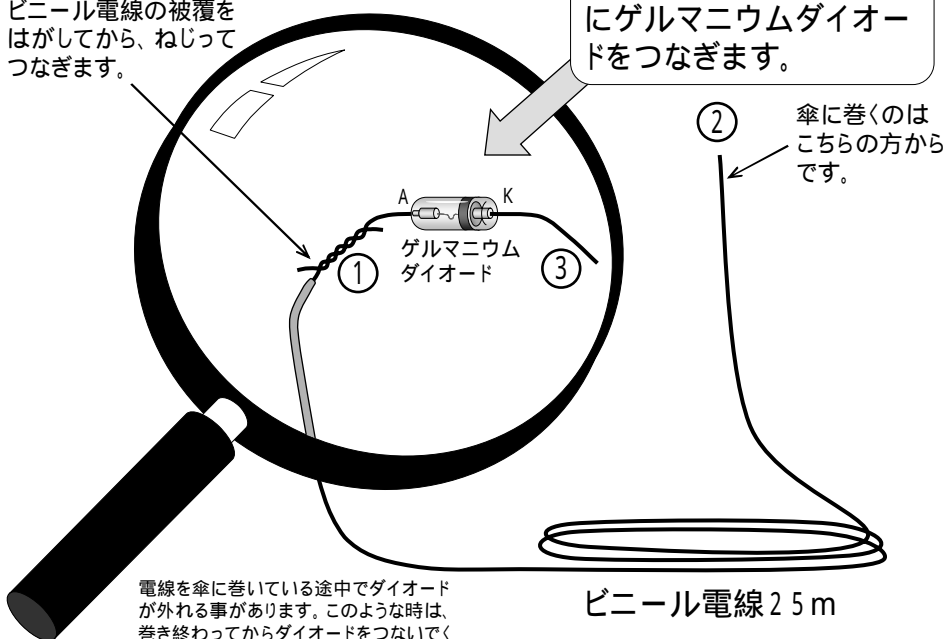
比較的短時間で巻けます。



電線の巻き方を決めましょう。

ビニール電線の被覆をはがしてから、ねじってつなぎます。

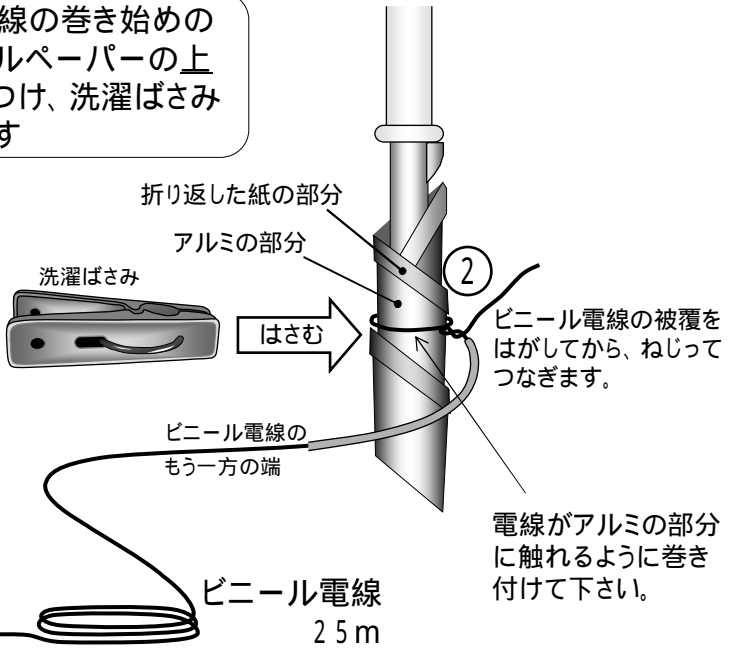
ビニール電線の一方の端にゲルマニウムダイオードをつなぎます。



電線を傘に巻いている途中でダイオードが外れる事があります。このような時は、巻き終わってからダイオードをつないでください。

ビニール電線 2.5 m

ビニール電線の巻き始めの部分をホイルペーパーの上部にねじりつけ、洗濯ばさみではさみます



傘の表側にビニール電線を巻いて、ループアンテナを作ります。

巻く向きは、時計回りでもかまいません。

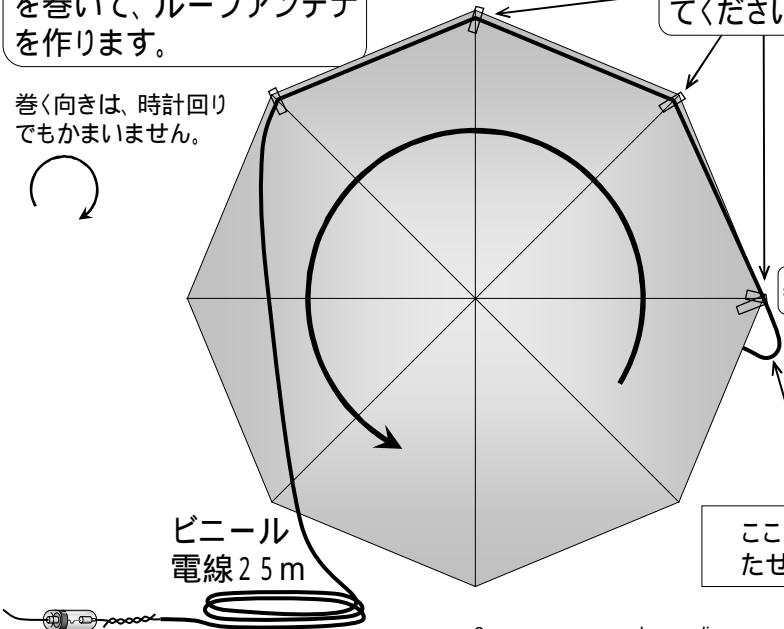


セロテープで固定してください。

東京高専で実施している傘ラジオ製作教室では、マジックテープを用いた補助具を使って固定します。このとき、セロテープや布粘着テープは最後の仕上げだけに使います。

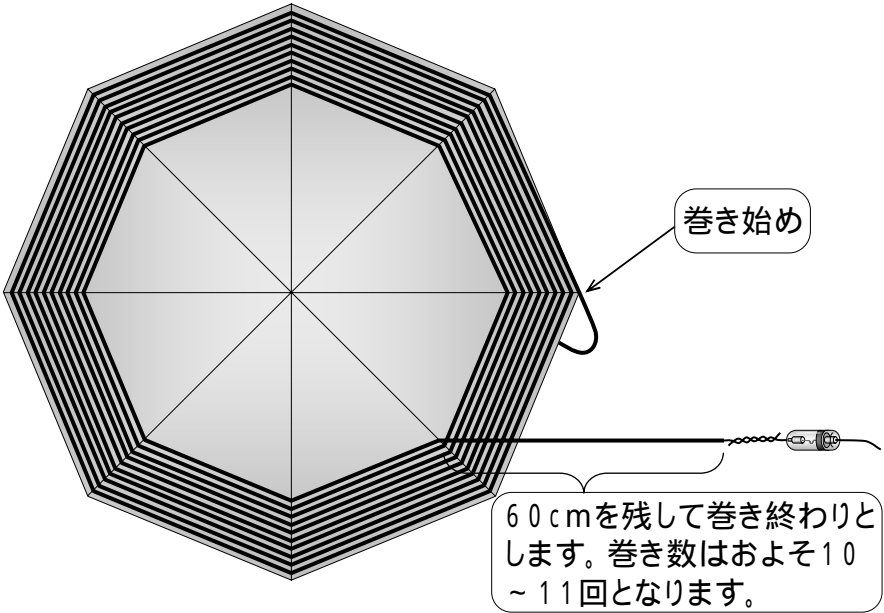
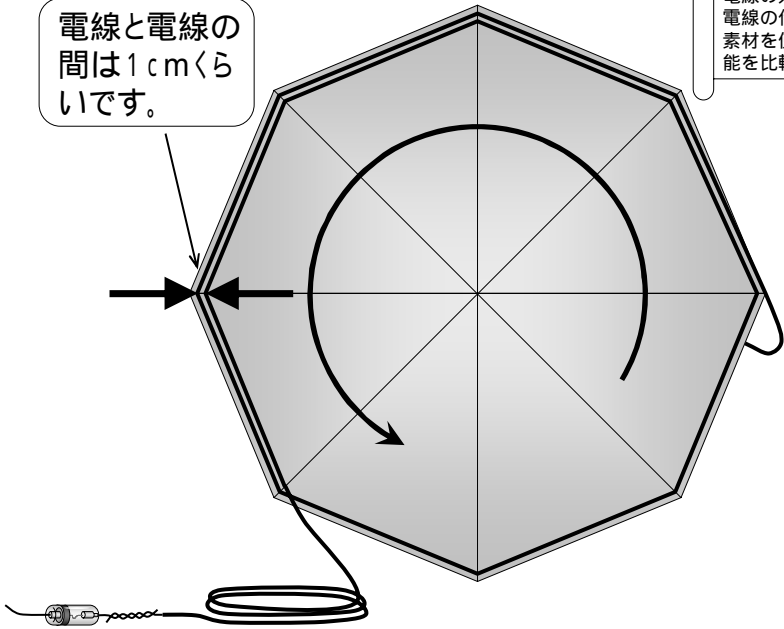
巻き始め

ここは余裕を持たせてください



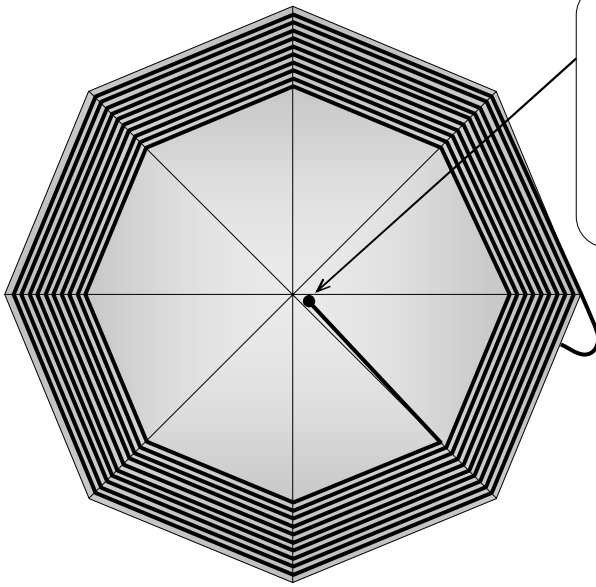
自由研究のネタ
電線の太さを変えたり、
電線の代わりに他の金属
素材を使うなどして、性
能を比較してみましょう。

電線と電線の
間は1cmくら
いです。



巻き始め

60cmを残して巻き終わりとし
ます。巻き数はおよそ10
~11回となります。



ループアンテナが出来上がりました。傘の中央に穴を開け、ダイオード側の電線を差し込みます。

セロテープや布粘着テープで補強して傘をたためるようにしましょう

セロテープを長く切って傘の骨の両側に貼ります。

骨と骨の間にもセロテープを貼りましょう。

セロテープ

東京高専で実施している傘ラジオ製作教室では、ビニール電線の固定を補助具を使って行います。その状態では電線は仮止めしただけです。この作業を必ず行います。セロテープで補強した後は補助具を取り外します。

布粘着テープで補強する場合は骨の横1箇所ずつでも大丈夫です。

布粘着テープ

セロテープ、粘着テープ

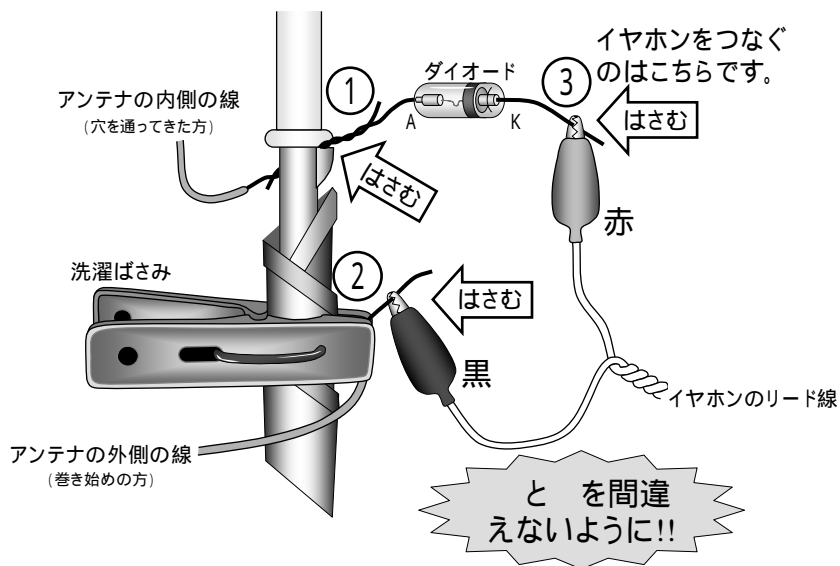
電線

ここをしっかりと押さえます

傘のビニール

イヤホンのクリップを図の
ように と の部分につな
ぎます。

自由研究のネタ
ダイオードの向きが動作に影響
するか調べてみましょう。



傘ラジオが完成しました



電池が無いのになぜ聞こえるのでしょうか

電波のエネルギーをそのまま使って、イヤホンを鳴らしているのです。

でも、イヤホンを鳴らすには、たくさんの電波を集めなければいけません。それで、このように大きなアンテナになってしまうのです。

電波をたくさん集めれば、電池が無くてもラジオ放送を聞くことができます。ふつうのラジオは、アンテナが小さいので、少ししか電波を集めることができません。そこで、電池を使って信号を大きくしているのです。

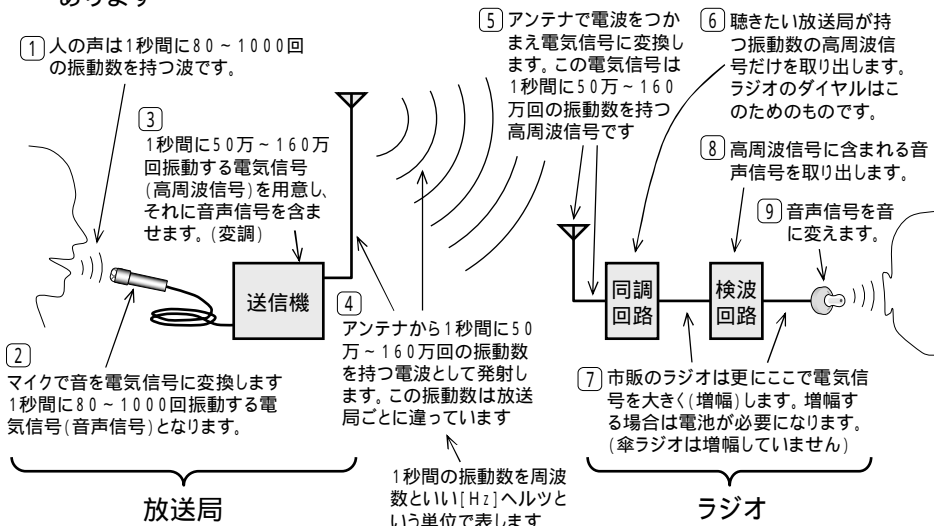
ところで、傘ラジオと同じ仕組みを持つものに、ケータイ電話のアクセサリとして売られていた、光るアンテナがあります。ケータイ電話から飛び出した電波のエネルギーをちょっと貰って、発光ダイオードを光らせているのです。面白いですね。

電波は、空気も何も無いところでも伝わっていきます。このことは、わたしたちがはるかかなたの星と通信できることを意味しています。そのほかにも電波はいろいろな可能性を持っています。

電波やそれを生み出す電気信号について、興味を持っていただけたら幸いです。

電波で声が伝わるしくみ

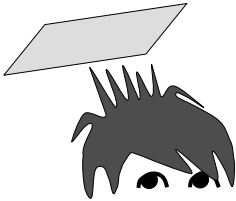
◆音が相手に届く間に、「音 電気信号 電波 電気信号 音」と様々な変化があります



傘ラジオに関する電気や磁気の話（準備編）

電気現象の源 電荷

冬に経験する静電気、このような電気現象には源となるものがあります。それを電荷と言います。



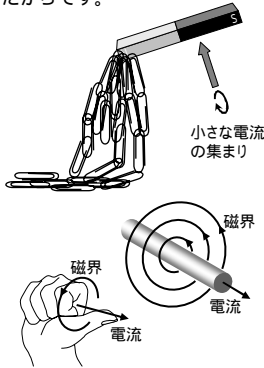
電荷は電界を発生

電荷には正負の極性があり、電荷同士にはその極性に応じて反発か引き合う向きどちらかの力が働きます。この力は電荷同士が離れていても働きます。そこで、電荷には、周りの空間を、他の電荷に力を及ぼすような性質の空間（電界）に変えてしまう働きがあるのだと考えます。この性質は、瞬時に伝わる訳ではなく、電荷から光の速度で周りに伝わっていきます。

電荷の流れが電流

電荷が動いて流れを作ると、それは電流と呼ばれます。

磁石の力は電流に働く力
電流同士にも力が働きます。その最も身近な例は磁石です。磁石は原子レベルの小さな電流の集まりだからです。

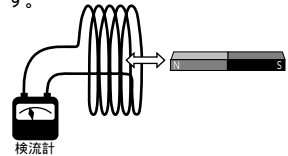


電流は磁界を発生

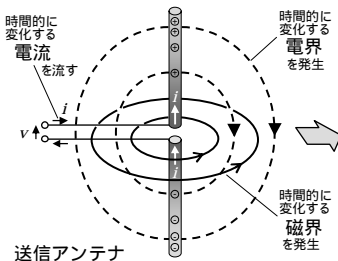
電流同士の力は、電流が互いに離れていても働きます。そこで、電流には、周りの空間を、他の電流に力を及ぼすような性質の空間（磁界）に変えてしまう働きがあるのだと考えます。この性質は、瞬時に伝わる訳ではなく、電流から光の速度で周りに伝わっていきます。

電磁誘導

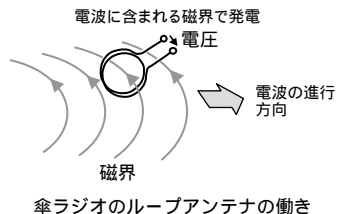
導線の輪（コイル）に検流計をつなぎ、磁石を動かすと、電気が生じて検流計が振れることが知られています。この現象を電磁誘導と言います。発電機の原理です。磁界が時間的に変化するときには電界も生じていて、これにより導線の電荷が移動して電流を生じるのです。



傘ラジオに関する電気や磁気の話



送信アンテナ



傘ラジオのループアンテナの働き

電磁波の発生

ラジオの送信所では時々刻々と変化する電流を送信アンテナに送り込みます。この時間的に変化する電流はアンテナ上に電荷の時間的偏りも生じさせるので、アンテナの外に磁界と電界の両方が発生します。この電界と磁界が一体となって広がってゆくのが電磁波です。電磁波は電界と磁界ですからこれが広がってゆく速さは先に述べた通り光の速度（1秒間に30万km）です。電波も光も電磁波の一種ですから当然ですね。

電波を電磁誘導で捉える

送信アンテナでは、電界と磁界の源となっている電荷と電流が時間的に変化していますので、アンテナから放射される電波の電界と磁界も時間的に変化しています。電波が到来している空間に傘ラジオを置くと、傘に巻いた導線に電磁誘導が起きて電波が電気信号に変換されます。この電気信号をダイオードに通すと音の成分だけが取り出されるため、イヤホンで聞くことができるのです。

電池がいらない理由

傘を巻き枠にして大きな導線の輪（コイル）を作っていますから、たくさんの磁界を通過させることができます。これにより、電磁誘導の効果が高まるので、電波だけからでも、ラジオを聴くのに十分なエネルギーを取り出すことができるのです。

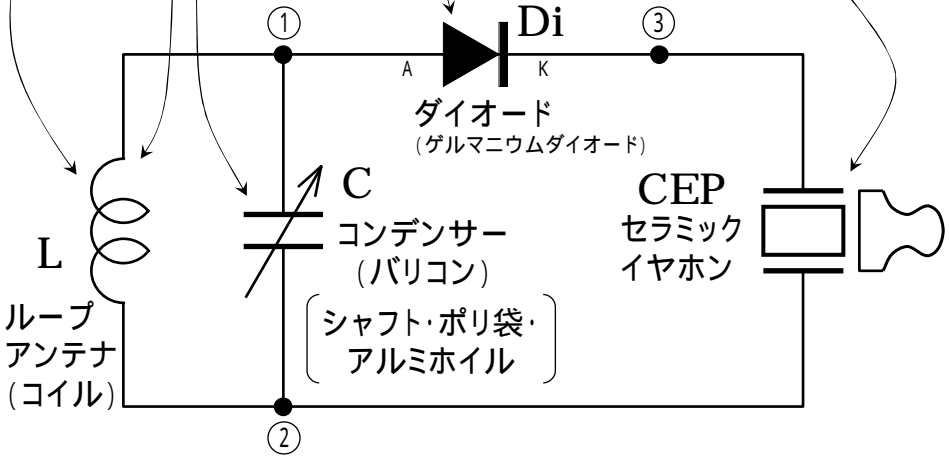
この傘ラジオは次のような回路図で表すことができます

電波を捉え、電気信号(高周波信号)に変えます。

高周波信号の中に含まれる音の成分(音声信号)を取り出します。[検波回路]

音声信号(音の成分を持つ電気信号)を音に変えます。

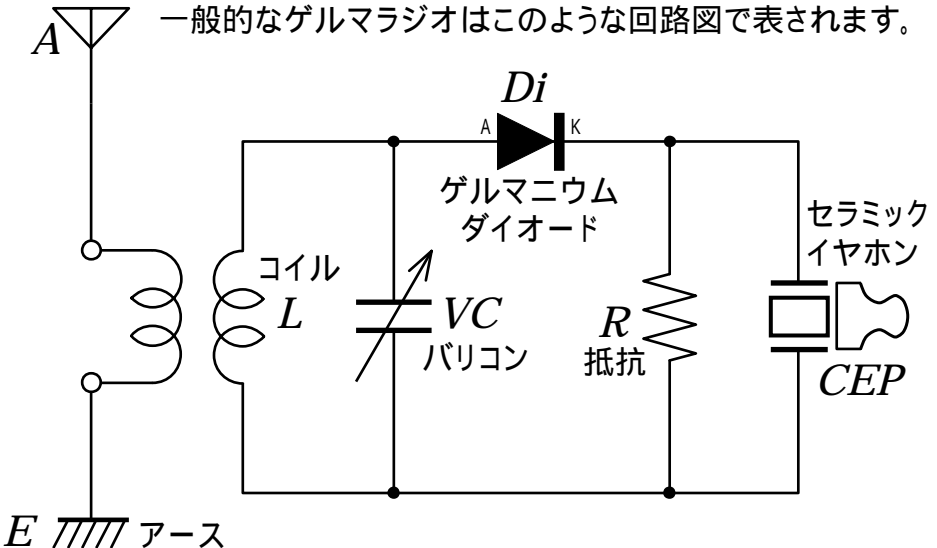
放送局を選びます。
[同調回路]



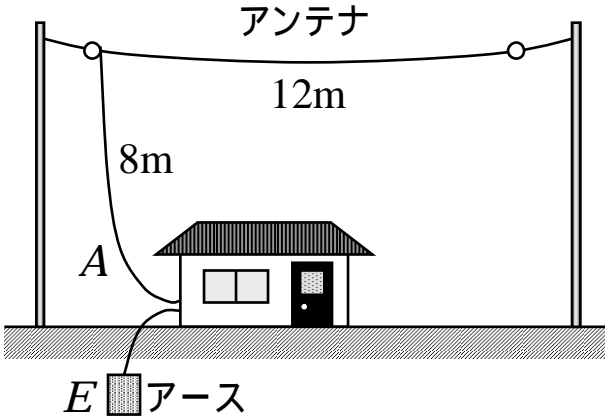
傘ラジオはゲルマラジオの一種です

アンテナ

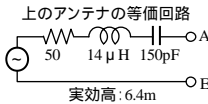
一般的なゲルマラジオはこのような回路図で表されます。



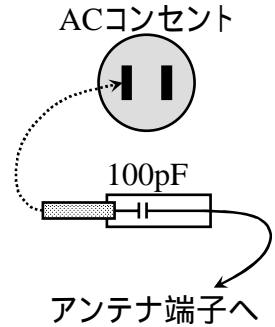
通常はしっかりしたアンテナとアースが必要です



300 × 300mmの銅板を0.5 ~ 1mの深さに埋める。



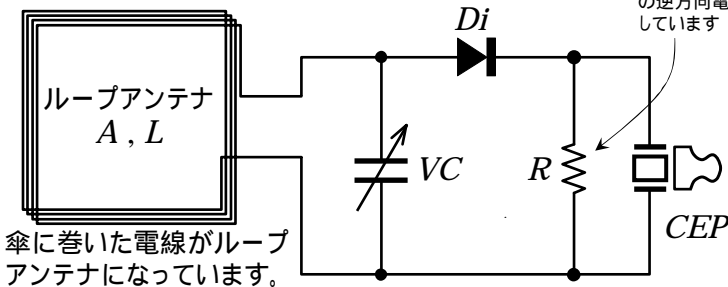
電燈線アンテナ



傘ラジオはループアンテナを使っています

ループアンテナには次の二つの役目があります。

- 電波(の磁界)をキャッチするアンテナの役目
- 選局のためのコイルの役目



電気の知識がある方へ

傘ラジオのループアンテナのインダクタンスは巻き方にもよりますが140 μH前後の値です。従いまして、市販の単連バリバリコン260pFと組み合わせる場合、同調周波数が高い方へ大きくずれて

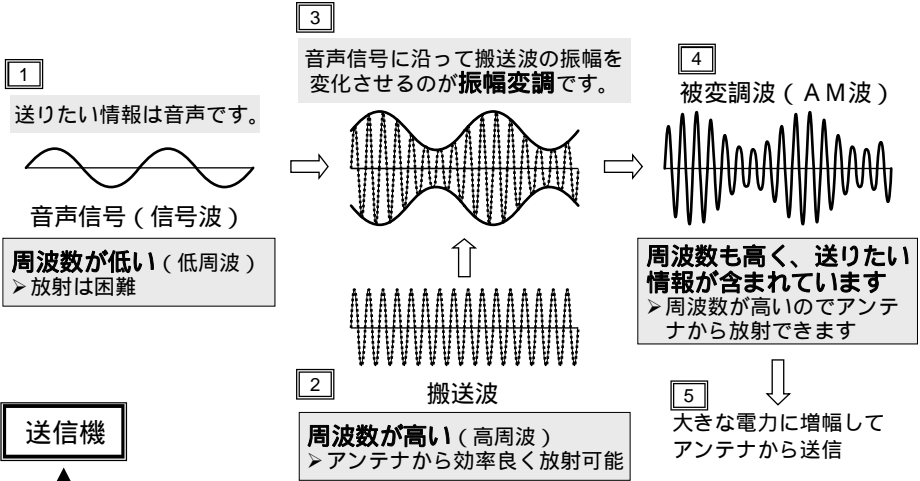
しまいます。ホイールペーパーによるバリコンは最大容量が700 ~ 800pFもあるため、傘のループアンテナと相性がよいのです。なお、傘に巻く回数を増やしたり、電線間隔を密にすることでインダク

タンスを増やすことは可能ですが、自己共振周波数が1500kHzに近づいてしまい、バリバリコンで高い周波数に合わせることが出来なくなります。

傘ラジオでは是非自作バリコンをお試しください!

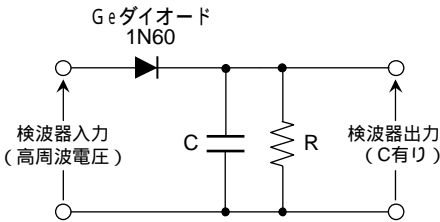
傘ラジオに関する専門的な話

A M (Amplitude Modulation : 振幅変調) について



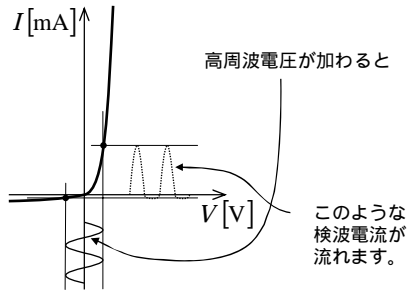
受信機 (ラジオ)

被変調波から元の信号波を取り出すことを復調或いは検波といいます。

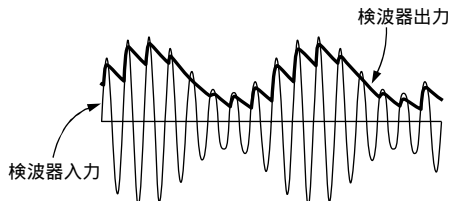
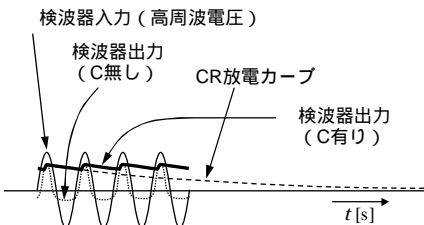


◆ Geダイオードによる検波器

- 振幅変調 (AM) された高周波信号から音声を取り出します。
- 包絡線検波と言います。
- 回路的には整流回路です。

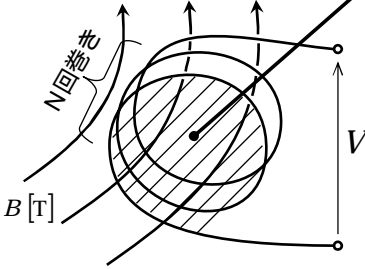


Geダイオードの電圧電流特性 (V - Iカーブ)



実際には周波数比が大きいのでこのギザギザは非常に小さいのです。

電波の磁束密度を $B [T] = [Wb/m^2]$ とします。
 電波の電界 $E [V/m]$ と磁束密度 $B [T]$ には
 $E = cB$ という関係があります。
 $c = 2.998 \times 10^8 [m/s]$ は光速です。



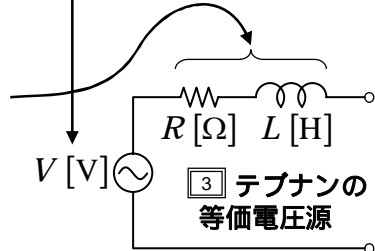
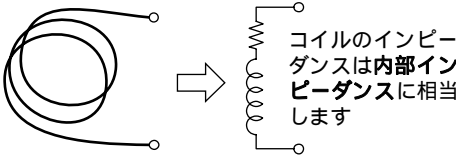
1 この面積 $S [m^2]$ を鎖交する磁束は $SB [Wb]$ なので、ループアンテナを鎖交する全磁束は巻き数をかけて $\Phi = NSB = \frac{NSE}{c} [Wb]$

となります。この磁束の時間変化により電磁誘導の法則に従う電圧が発生します。
 $v = \frac{d\Phi}{dt} [V]$
 正弦波を仮定して
 複素ベクトル表記に直します。

$$V = j\omega\Phi = j \frac{\omega NS}{c} E [V]$$

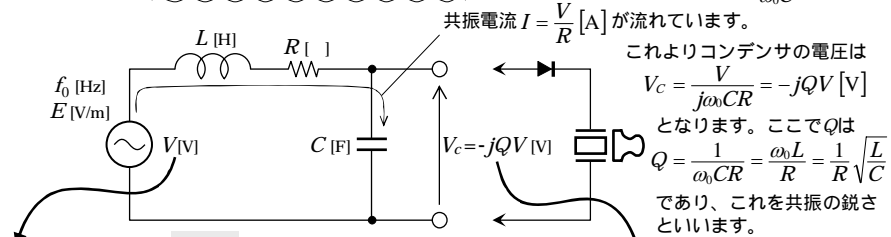
これは開放電圧です。 $(\omega = 2\pi f [rad/s])$ は角周波数です

2 ループアンテナは、外部磁界が鎖交していなければ、電圧を発生することはありません、ただのコイルです。ということはそのインピーダンス $Z = R + j\omega L [\Omega]$ を調べることが出来ます。



3 テブナンの等価電圧源
 これが電波を受けているループアンテナの等価回路となります。

4 コンデンサ $C [F]$ をつないで同調回路にします。 $\omega = \omega_0 (= 2\pi f_0)$ で共振したとします。
 同調回路は起電力に対し「直列共振」となっています。このとき $\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} [\Omega]$ であり、



$$V = j\omega\Phi = j \frac{\omega_0 NS}{c} E [V]$$

||
 I_e とおきます。

$$6 I_e = \frac{\omega_0 NS}{c} = \frac{2\pi NS}{c/f_0} = \frac{2\pi NS}{\lambda} [m]$$

を実効高（実効長）といいます。

$$\lambda = \frac{c}{f_0} [m] \text{ は電波の波長です。}$$

5 つまり、同調を取る（共振させる）ことで Q 倍の電圧が取り出せるのです。

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{\omega_0 L}{R}$$

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} [rad/s]$$

7 以上より、電界 $E [V/m]$ からは $V_c = -jQV = QI_e E [V]$ という電圧を取り出すことができます。


〔大文字の C はコンデンサの静電容量、小文字の c は光速なので注意してください〕

1石トランジスタ増幅器を作ってみよう

傘ラジオに接続してトランジスタ1個の威力を感じてみよう
トランジスタを1個追加してみましょう。トランジスタを動かすには電池が必要ですが、これにより、音が非常に大きくなることが確認できるはずだ。

このような優れた能力を持つ素子「トランジスタ」が、私たちの身の回りの電化製品で沢山使われています。パソコンの心臓部であるCPUにも非常に多くのトランジスタが使われています。例えば、少し前のパソコンに使われていたPentium 4 プロセッサの場合でも、4,200万個のトランジスタが使われていたそうです。気の遠くなるような数ですね。

右の実体配線図を110mm×90mmに拡大コピーして段ボールに貼り付け、実際に増幅器を作ってみよう。



右の実体配線図を110mm×90mmに拡大コピーして段ボールに貼り付け、実際に増幅器を作ってみよう。

1石トランジスタ増幅器
東京工業高等専門学校 電子工学科

傘ラジオのアルミホイール (GND側) へ

傘ラジオのダイオード (K側) へ

大線電池

セラミックコンデンサ 1000pF

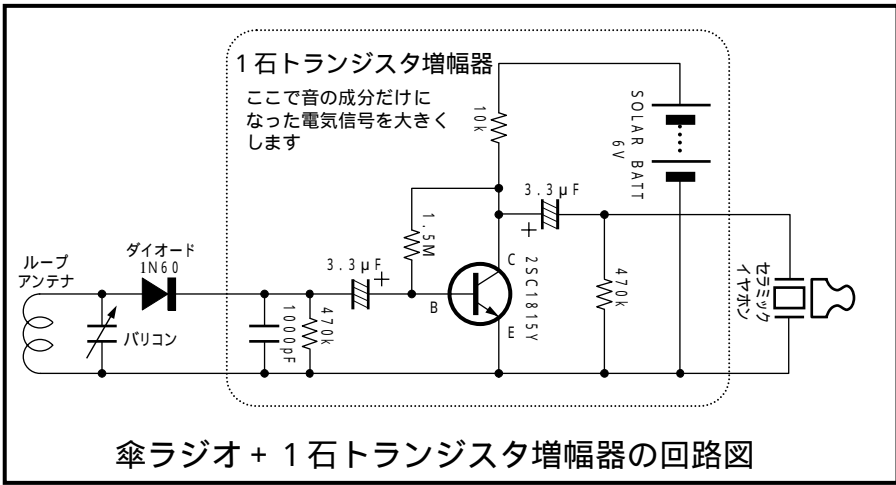
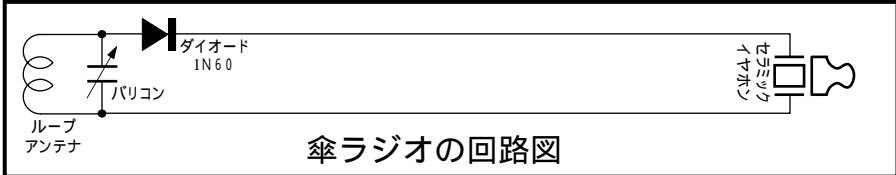
1.5M

電解コンデンサ 3.3μF / 16V

トランジスタ 2SC1815Y

セラミックイヤホン

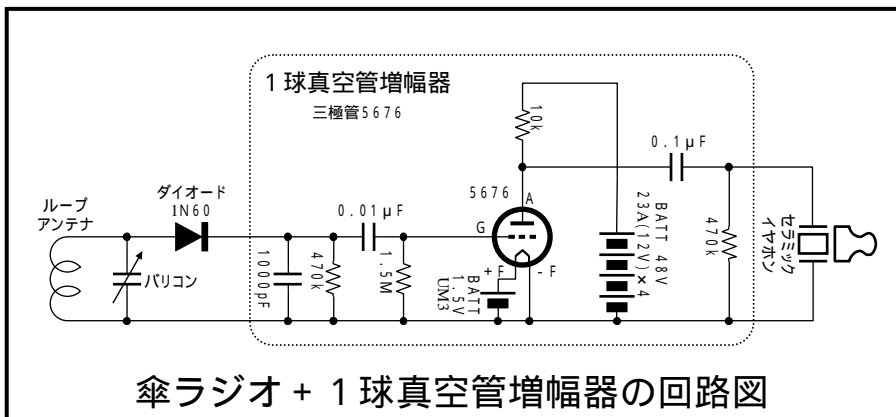
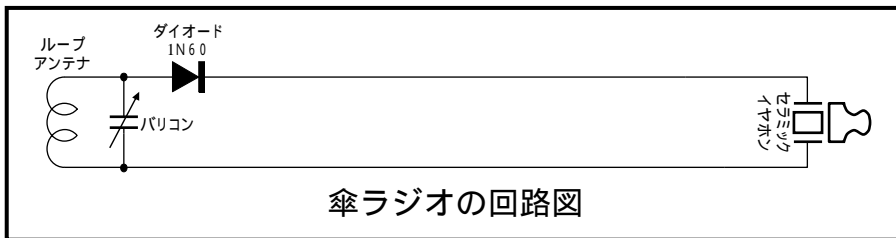
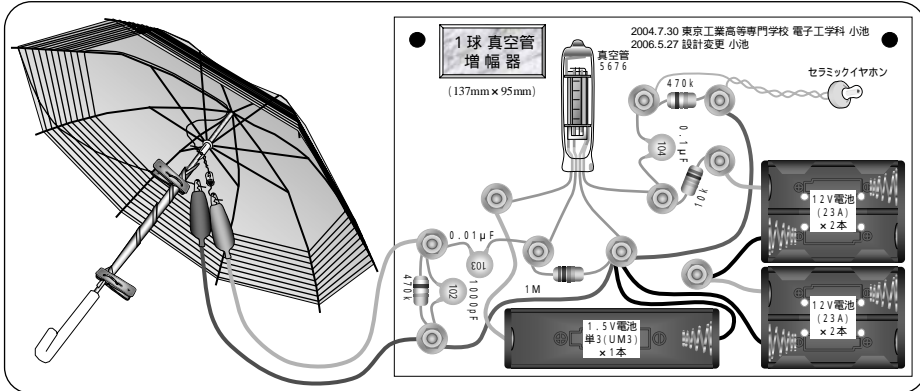
(110mm×90mm)



1 球真空管増幅器と比べてみよう

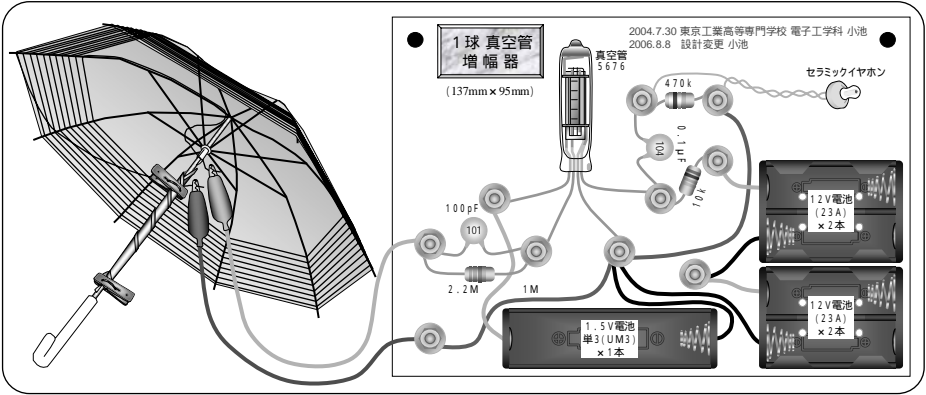
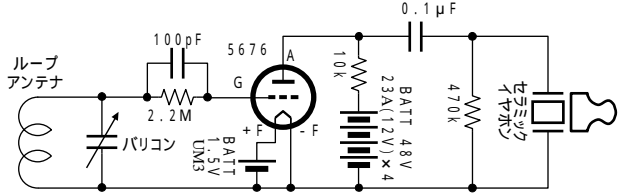
トランジスタが発明される前は真空管を使いました

真空管を使った増幅器でもトランジスタの場合と同様、ずいぶん音が大きくなるのが確認できるはずですが、でもこちらは電池を沢山使います。高い電圧が必要なのです。ですから昔は電池ではなく100Vのコンセントがあるところでしか使われませんでした。トランジスタは太陽電池で動きますから、この点を比較すると現代の半導体技術のありがたみがよくわかります。現在、みなさんの身の周りには真空管と言えばテレビのブラウン管ですが、これも液晶ディスプレイやプラズマディスプレイに代わりつつあります。このように真空管そのものは無くなりつつありますが、真空管の時代に培われた真空技術は今でも新材料開発の最前線で活躍しています。無駄にはなっていないのです。



傘ラジオでシンプルな真空管ラジオを楽しむ

ダイオードを使わないで、昔ながらのグリッド検波にすると、少ない部品数で手軽に真空管ラジオが楽しめます。



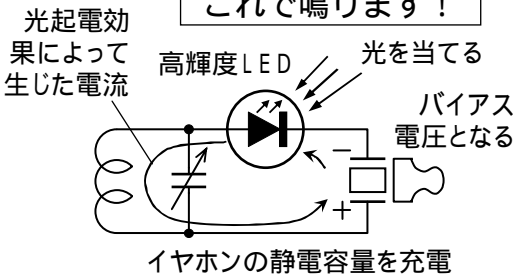
傘ラジオで面白実験：LED検波ラジオ

発光ダイオード（LED）に光を当てると発電することはよく知られています。それによって得た電流でバイアスをかければLEDをゲルマニウムダイオードの代わりに用いることができます。光を当てないと動作しないので、昼間限定の無電源ラジオです。

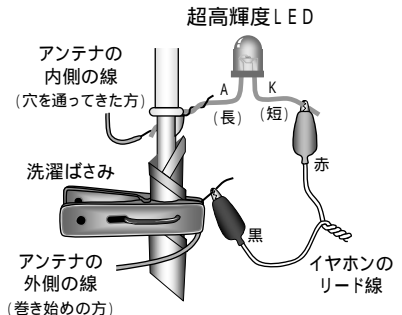
この実験では、最新の小型で超高輝度の赤色LEDを使用してください。普通のLEDでは聞こえません。

例えばOSHR3131P
入手先：秋月電子通商など

これで鳴ります！



LEDが高輝度でも、中のチップが大きいものは、ダイオードに並列に大きな静電容量がつながっているように見え、感度が低下します。この実験には小型のLEDが適しています。

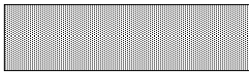


傘ラジオの材料 (ホイルペーパーが入手できないとき)



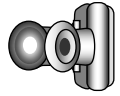
ビニール傘

傘の生地によってはセロテープが付かない物があるので注意してください



ポリ袋

5 cm × 25 cm



目玉クリップ



セロテープ

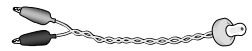


ダイオード

ゲルマニウムダイオード: 1N60等



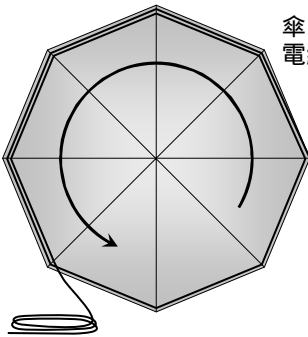
ビニール電線 25m
0.18mm, 12芯
(VSF0.3等)



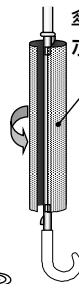
セラミックイヤホン
ミニムシクリップ付

アルミホイル
25 cm × 25 cm

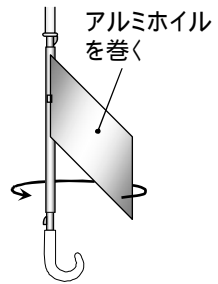
傘ラジオの作り方概要 (ホイルペーパーが入手できないとき)



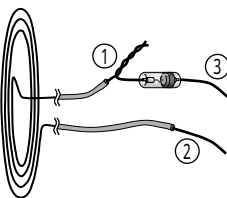
傘にビニール電線を巻く



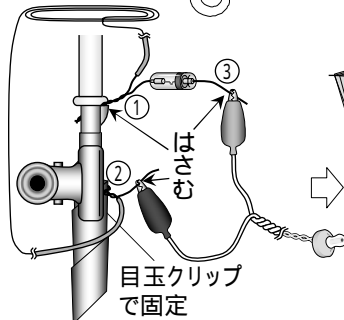
傘のシャフトにポリ袋を巻く



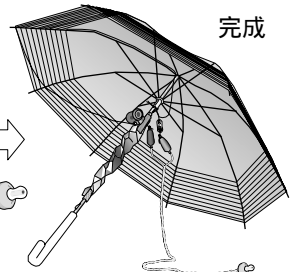
アルミホイルを巻く



ダイオードをつなぐ



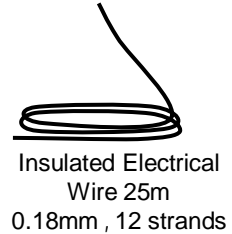
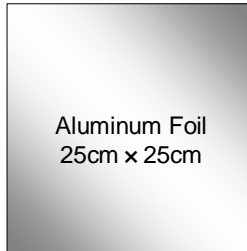
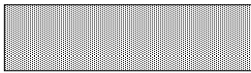
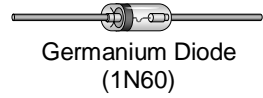
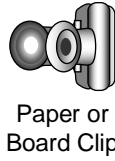
目玉クリップで固定



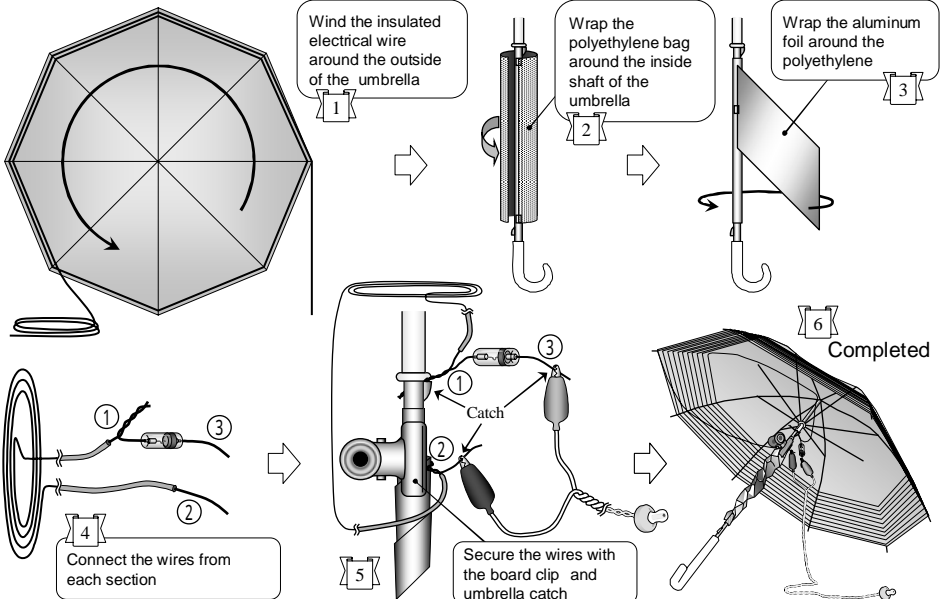
完成

THE UMBRELLA RADIO (A Radio Made from Everyday Items)

Necessary Materials



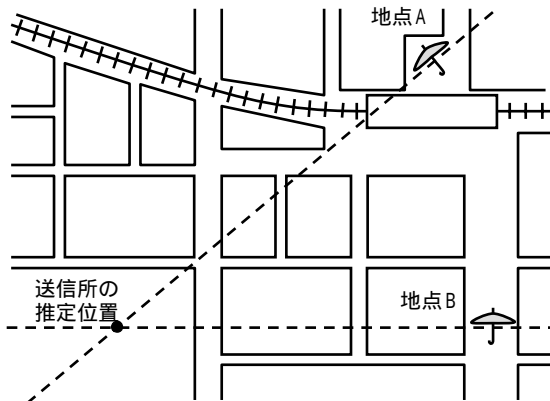
Summary of Making the Umbrella Radio



自由研究のネタ

◆傘ラジオの指向性に関する実験その1

- 傘ラジオの指向性を利用して送信所を探してみましょう。
 - 放送局と実際に電波を出している送信所は場所が異なります。
- ただし、方向を測る二つの地点A、Bは、何十キロメートルも離す必要があります。そうしないとうまく推定できませんから、ガッツのある人向けです。



◆傘ラジオの指向性に関する実験その2

- 傘ラジオは電波の磁界を検出しています。ところが磁界は場所によっては、建物や車などいろいろな物の影響で乱されています。
- 自分の家のまわりで傘ラジオが良く聞こえる方向を調べてみましょう。そして図表にまとめてみましょう。

補足説明

- ◆電波は電界と磁界の二つでなりたっています。
 - 電界というのは電荷に力を及ぼすような場のことです。磁界というのは電流に力を及ぼすような場のことです。(静電気の力は電界による力です。磁石の力は磁界による力です)
 - 電荷は電気の原因で、電荷が動いているときこれを電流といいます。(p.13参照)
- ◆電波の進む方向、電界の方向、磁界の方向はどれも互いに直角です。
 - 中波放送(AMラジオ)では、電界の方向は地面に垂直、磁界の方向は地面に水平です。

[注]
右の図は「フレミングの右手の法則」ではありません。電磁界の方向とポインティングベクトルの方向を表したものです。



- ◆傘に巻いた電線の輪に、より多くの磁界をくぐらせたとき大きな電気信号が得られます。これが傘ラジオが指向性を持つ理由です。

参考：自由研究のまとめ方

1. はじめに
 - 傘ラジオの簡単な説明
 - 傘ラジオの実験をしようと思った理由
2. 原理
 - 傘ラジオのどんな性質を使って、どんなことを調べるのか
3. 製作方法
 - 傘ラジオの材料
 - 作り方の簡単な説明
4. 実験方法
 - 実験の手順、条件
5. 実験結果
 - 実験結果をわかりやすい図や表にまとめる
 - 実験日時、場所、気をつけたこと
6. 考察
 - 実験からわかったこと、結果の利用方法など
7. まとめ
 - 大事だと思うこと、感想を書く

傘ラジオでは、ビニール傘やアルミホイールで電子部品を作りました。でも、電線、イヤホン、ダイオードは本物の電子部品ですね。

実は、電線の代わりにアルミホイールを使うこともできますし、ダイオードもゴールドたわしと消臭用活性炭で作ることができます。その様子は旧傘ラジオホームページで紹介しています。

<http://www.kasradio.com/ksrd09/TNCT/index.html>

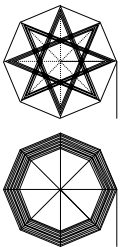
イヤホンについては、ぶどうに含まれる酒石酸を用いて自作できないか検討中です。その他の方法で電線、イヤホン、ダイオードを作ることもできます。その一部を25ページで紹介しています。

最後に

部品を見て部品だと思っるのは当たり前です。部品ではないものを見て、これ何か新しい部品にならないかな、と考えることが大事です。そんな発想法が皆さんを大発明家にするかも知れません。傘ラジオにはささやかですがそんな願いが込められています。

傘ラジオ作りは、2000年に東京高専電子工学科の中学生向け体験教室で実施したのが始まりです。2002～2004年には第1学年の専門科目「総合工学基礎」の導入部で実施していましたが、2007年からは第3学年の専門科目「電子回路」に移し、その導入部で専門的な計算も交えて実施しています。また理科教育振興の一環として国立科学博物館の夏休みサイエンススクエアには2005年から毎年出展しています

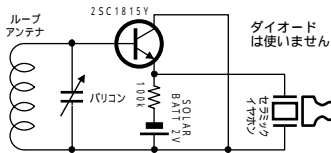
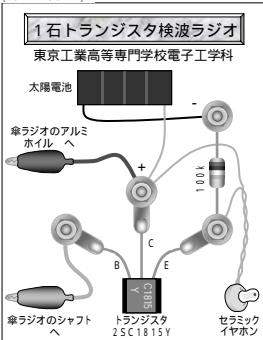
付録：傘ラジオに関する様々な情報



線材	インダクタンス	直列抵抗	Q	備考
ビニール電線, 0.18mm, 12芯	112 [μH]	5.85 [Ω]	120	測定周波数: 1,000[kHz]
ビニール電線, 0.12mm, 12芯	110 [μH]	9.05 [Ω]	76	
ビニール電線, 0.12mm, 7芯	111 [μH]	10.1 [Ω]	70	
ビニール電線, 0.12mm, 12芯	151 [μH]	6.95 [Ω]	137	
ビニール電線, 0.12mm, 7芯	143 [μH]	8.8 [Ω]	102	
リッツ線, 0.08mm, 32芯	178 [μH]	4.77 [Ω]	234	

イベントで傘ラジオ作りを実施するときは、持ち運びやすさを重視して0.12mm, 12芯の細い電線を使うことがあります。太い線の方が性能が良いのですが、重くなってしまいうに加え、傘がたたみにくくなってしまいます。リッツ線は大変高性能ですが、その分高価です。

(70mm x 90mm)



トランジスタ検波ラジオ

左の図は太陽電池とトランジスタを使ったラジオです。傘ラジオの同調回路はQ（共振の鋭さ）が高いので、これをフルに利用するため、コレクタ接地のトランジスタ検波回路を採用しました。簡単な構成ですが高い感度と選択度が得られます。

東京近郊の送信所

中波放送の電波はスタジアムのある場所から放射されている訳ではありません。東京タワーやスカイツリーからでもありません。右の表の送信所から送られています。

放送局	周波数	送信出力	送信所
NHK 第1	594[kHz]	300[kW]	埼玉県南埼玉郡 菖蒲町
NHK 第2	693[kHz]	500[kW]	埼玉県戸田市
TBSラジオ	954[kHz]	100[kW]	埼玉県川口市
文化放送	1,134[kHz]	100[kW]	埼玉県川口市
ニッポン放送	1,242[kHz]	100[kW]	千葉県木更津市
ラジオ日本	1,422[kHz]	50[kW]	神奈川県川崎市

傘ラジオの受信状況の例 (東京都八王子市栢田町1220-2における受信電界強度と聞こえ方)						
放送局	所在地	周波数	送信出力	距離	受信電界強度	受信状況
NHK第1	埼玉県南埼玉郡 菫蒲町	594kHz	300kW	56km	35.9mV/m	よく聞こえる
NHK第2		693kHz	500kW	56km	33.1mV/m	よく聞こえる
AFN	埼玉県和光市	810kHz	50kW	32km	55.0mV/m	よく聞こえる
TBSラジオ	埼玉県戸田市	954kHz	100kW	37km	14.1mV/m	小さく聞こえる
文化放送	埼玉県川口市	1134kHz	100kW	46km	2.37mV/m	聞こえない
ニッポン放送	千葉県木更津市	1242kHz	100kW	69km	5.56mV/m	聞こえない
ラジオ日本	神奈川県川崎市	1422kHz	50kW	38km	3.00mV/m	聞こえない

(電界強度測定: 協立電子KFI-3301)

数値例を紹介します。(数式はp.17参照) ある傘ラジオのループアンテナは、巻数 N が11.375回で、巻数 N と断面積 S の積である NS は、形状を考慮して計算したところ $3.74[m^2]$ でした。そして、NHK第2放送の周波数 $693[kHz]$ に近い、 $691.83[kHz]$ でインピーダンスを測定したところ、測定結果から得られたインダクタンスは $129.1[\mu H]$ 、直列抵抗は $3.77[\Omega]$ となりました。これより $Q=149$ となります。 $691.83[kHz]$ での実効長 l_e は

$$l_e = \frac{2\pi NS}{\lambda} \text{ より } 0.0542[m] \text{ となります。}$$

NHK第2の周波数がこの測定に用いた周波数に近いので、この数字を用いて受信開放電圧を見積もると $33.1 \times 0.0542 = 1.79[mV]$ となります。これだけを見る

とでも小さな値です。しかし、同調を取ることでより Q 倍されますので、 $1.79 \times 149 = 267[mV]$ が得られる計算となります。(高入力インピーダンスのバッファアンプを通せばオシロスコープで観測することも可能で、実際に数百[mV]オーダの波形が得られました。) 但し、検波した後の音声信号は平均変調度を30%と見積もって $267 \times 0.3 = 80[mV]$ となります。このくらいあればセラミックイヤホンなら聞こえるはずですが、

実際には、ダイオードとイヤホンをつなぐと検波電流が流れ Q が下がってしまいます。それでも数十[mV]の検波電圧が得られますから良く聞こえるのが納得できます。

(東京高専電子工学科「電子回路」の講義ノートより)

ゲルマニウムダイオードが無くなってしまったら

- 小信号用のショットキーバリアダイオードを使えばよいのです。
- でもせっかくなので20ページのLEDを試してみてください。
- もうひとつ変り種は、普通のシリコンダイオードをつないで暖める方法があります。暖めるといってもライターでリード線を熱する必要があるので、温度の条件が整ったときだけしか聞こえませんが、聞こえるのはほんの短時間です。実験するときは傘が燃えないよう、大人の人と一緒にしてください。

25mの電線が手に入らないとき

台所用品のアルミホイルに幅の狭いセロテープを切れ目なく貼り付けてから、セロテープに沿って切り離します。8mのアルミホイルなら、一往復半で24mのアルミテープが出来上がります。これをビニール電線の代わりに使います。



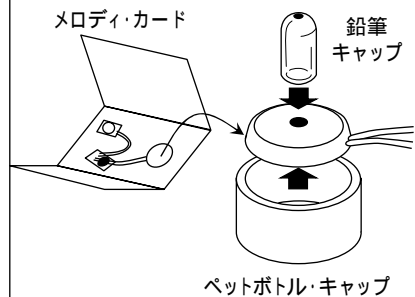
傘ラジオ作りの詳しい情報は

「日用品でラジオを作るう・傘ラジオ」ホームページ
[URLアドレス] <http://www.kasradio.com/>

にのっています。傘ラジオに関するいろいろな作り方や実験を紹介しています。

セラミックイヤホンが手に入らないとき

メロディ・カードからセラミック発音体を取り出し、鉛筆キャップとペットボトルキャップでサンドイッチにすると、イヤホンが出来ます。



様々なメディアや書籍で紹介された傘ラジオ [その 1]

TBSラジオ番組「土曜ワイドラジオTOKYO 永六輔その新世界」の番組内コーナー「TOKYO粗雑な疑問」で紹介されました。

- 2004年6月19日『梅雨時には一家に一本！傘ラジオでTBSが聴きたい！』
番組出演者のラッキィ池田さんが東京高専で傘ラジオを実際に製作・試聴し、その様子が生放送されました。
- 2005年8月27日『子供たちのラストスパート、夏休み自由研究リポート』
次の年、国立科学博物館の夏休みサイエンススクエアにも来てくれました。各高専のブースを楽しく紹介して頂きました。

「@nifty: デイリーポータルZ」の2004年7月19日付け特集に掲載。

- ライターの古賀及子さんによる傘ラジオ製作の体験レポートが掲載されました。
<http://portal.nifty.com/special04/07/19/> 「ひらめきの月曜日 7/19 ピニール傘で受信する2」をご覧ください。

2005年10月30日に日本テレビ「ザ!鉄腕!DASH!!」の「茂子の節約家族」というコーナーで、トキオの城島さんが傘ラジオを作りました。

- 鉄腕DASHの番組スタッフがインターネットで傘ラジオホームページを見つけたのがきっかけです。番組の最後に東京高専の名前も出ました。
- 番組で紹介された傘ラジオは、出来るだけ日用品を使ってラジオを作ろうという試みの一つで、たわしダイオードに変わるものとして考えたものです。
<http://www.kasradio.com/ksrd09/TNCT/100yenshop/MelodyCard/index.htm>
- 電線もアルミホイルから作り、メロディーカードを利用してイヤホンも自作しています。

傘ラジオが少年写真新聞社(<http://www.schoolpress.co.jp/>)の「理科教育ニュース」で紹介されました。

- 2007年6月8日発行の692号をご覧ください。
傘ラジオ製作の動機、傘ラジオの原理、製作方法、その他傘ラジオに関する情報等が掲載されています。

名古屋テレビ放送(メ〜テレ)の深夜番組「げりらっパ」で傘ラジオが紹介されました。

- 2007年6月12日放送『夢の巨大傘ラジオを聴く』
番組出演者のさまぁ〜ず・大竹さん、三村さんそして田代さやかさんが、ここで紹介している傘ラジオをもとにげりらっパ流巨大傘ラジオ作りに挑戦し、実際に屋外で試聴する様子が放送されました。
<http://www.nagoyatv.com/rappa/bangumi/070612/index.html>

株式会社学習研究社(学研)の『中学生の理科 自由研究 入門編(改訂版)』に傘ラジオ製作と実験例が紹介されました。(2008年6月3日発売 ISBN978-4-05-202954-7)

- 理科の自由研究ネタを沢山集めた本です。改訂版から傘ラジオが載ることになりました。編集を担当された皆様のご尽力により大変わかりやすい内容になっています。

誠文堂新光社『子供の科学2008年9月号』に傘ラジオ製作の記事が掲載されました。(2008年8月10日発売 第71巻9号 通巻第869号 ISSN1345-8825)

- 大正13年創刊の子供向け科学雑誌の草分け的存在です。その歴史ある科学雑誌に傘ラジオが登場しました。その昔、子供の科学を見てラジオを作ったことがきっかけで、電子工学に進んだという人も多いため、傘ラジオがそんなきっかけになれるのかどうか、今後が楽しみです。

誠文堂新光社の『ゲルマラジオ製作徹底ガイド 初歩のラジオ編集部編』に傘ラジオ製作の記事が掲載されました。(2008年12月22日発行 ISBN978-4-416-10811-6)

- この本には様々なゲルマラジオの作り方が集められており、鉱石ラジオやゲルマラジオの製作を趣味とされている方々にはもちろんのこと、傘ラジオを通じてゲルマラジオを知った方にも読んでいただきたい一冊です。

様々なメディアや書籍で紹介された傘ラジオ [その2]

傘ラジオが少年写真新聞社の「理科実験大百科第9集」(2009年2月15日発行 ISBN978-4-87981-284-1)で紹介されました。

- これは同社発行の「理科教育ニュース」の縮刷版で、第9集は2007年度の1年間分の内容が1冊にまとめられています。この本は様々な理科実験が収録されていますから、科学教室のネタ集として役に立つと思います。

株式会社学習研究社(学研)の『大人の科学マガジン別冊 真空管工作』(2009年6月15日発行 ISBN978-4-05-605465-1)に付録の改造記事があるのですが、そこに協力させていただきました。傘ラジオのことも紹介していただきましたので、どうぞお見逃しなく！

- 担当した改造は、付録のラジオを「モールス送信機」に改造するというもの。これ、傘ラジオとは決して無縁ではないのです。傘ラジオのイベントでは、傘ラジオが正しくできたかを確かめるため、傘ラジオ試験用信号発生器というのを使っています。これの代わりに使えるのです。ラジオにしてもよし、送信機にしてもよし。是非、お試しください。

毎日放送の深夜番組「よみこ部」で傘ラジオが紹介されました。(2009年7月28日放送)

- 番組内のミニコーナーで斎藤裕美アナウンサーが傘ラジオ作りに挑戦し、WTCの屋上で試聴する様子が放送されました。

読売KODOMO新聞で傘ラジオが紹介されました。(2011年8月4日発行、特別協力 小学館)

- このテキストの作り方に沿って写真入りで分かりやすく説明されていますので、とても参考になると思います。昨夏は沢山の人が傘ラジオ作りに挑戦してくれました。

メモ

日用品でラジオを作るう!!「傘ラジオ」
国立東京工業高等専門学校 電子工学科
小池 清之 2012 無断転載・複写を禁じます
© <http://www.kasaradio.com/>