

音声電流を用いた無線通信のデモ実験

福山 豊*

(平成4年10月30日受理)

Demonstration Experiments of Wireless Communication with Use of Sound Signals

Yutaka FUKUYAMA

(Received October 30, 1992)

1. はじめに

受験体制のもとで、教師は電磁気などを実験抜きで教えている場合が多いため、高校生(大学生も)は身の回りの電気器具や電磁気現象などとの関係が分からないまま、親しみにくい教材となっている。特に変動する電磁界は現代の電気文明の基礎を形づくっている重要な領域であるが、多くの生徒(学生)は十分な理解ができないままである。

そこで変動する電流電圧や変動電界・磁界による現象を理解するために、生徒(や学生)が、日常親しんでいるラジカセなどの音声電流と身近な材料器具を利用して、次のような可能な限り簡単でクリアーなデモンストレーション実験の工夫開発を行った。

(a) 音声電流を一方のコイルに流して変動磁界を発生させ、別のコイルで無線受信してアンプつきラジカセで鳴らす(変動する磁界による相互誘導)。(b) 音声電流をコンデンサーと見なした2枚の金属板に流して変動電界を発生させ、別の2枚の金属板で無線受信してアンプつきラジカセで鳴らす。金属板はそれぞれ1枚にすることもできる(変動する電界による相互誘導)。(c) 音声電流をコイルに流し変動磁界を発生させ、それによって生じる電界を1枚、または2枚の金属板で受信してアンプつきラジカセで鳴らす。(d) 音声電流を金属板に流し変動電界を発生させ、それによって生じる磁界をコイルで受信してアンプつきラジカセで鳴らす。(e) 音声電流を豆電球で可視光線に変換し、それを太陽電池でうけてアンプつきラジカセで鳴らす簡単な回路を新しく工夫し、エネルギー変換の教材を作製した。(f) 赤外発光ダイオードやワイヤレスヘッドホンのトランスミッターから出る赤外線太陽電池でうけてアンプつきラジカセで同様に鳴らす。次にこれらのデモ実験について詳細な説明を行う。

2. ラジカセの音声電流を用いた無線通信に関するデモ実験

*長崎大学教育学部物理学教室

(a) 変動磁界の無線受信 (相互誘導または相互インダクタンス) の実験

図1に示すような、音声電流を利用したコイル間の相互誘導に関するデモ実験は、幾つかのバリエーションとともにかなりよく知られるようになった^{1~2)}。この実験装置は、ラジカセAのイヤホン端子に差し込んだリード線の両端にコイルAを接続した部分と、増幅した音声を取り出せるもう1台のラジカセBのマイク端子に、別のコイルBの両端を接続したリード線のジャックを挿入した部分からなる。ラジカセAの電源をいれ、アンプとして用いるため、ラジカセBのポーズボタンを押した後録音のボタンを押すと、ラジカセAのラジオかテープの音がラジカセBから聞こえてくる。

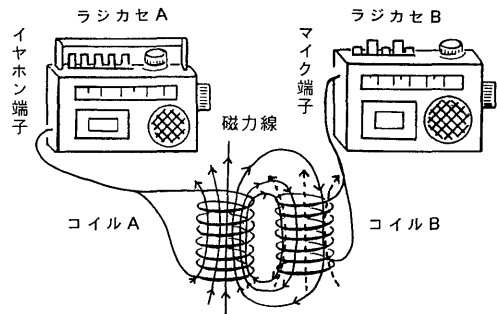


図1 変動磁界による誘導電流

これは音声電流が流れるコイルAにできる磁力線の変化を、もう一方のコイルBが感じ、コイルBがこの磁力線の変化を打ち消すように新しく磁力線を発生し、コイルBに誘導起電力が生じて電流が流れるためである。この現象は音声電流によってコイルAの周りに生じる磁界のエネルギーの1部分をコイルBが受け取って誘導電流を生じさせたと考えられる。

(b) 変動電界の無線受信 (相互キャパシタンス) の実験

ラジカセAからの音声電流によって電界のエネルギーを生じさせ、それを利用してラジカセBに同じように誘導電流を生じさせることはできないだろうか。それは、図2に示すように、この両方のコイルA、Bを、コンデンサーA、Bと見立てたそれぞれ2枚1組の金属板と取り替えることによって実現することができる。ラジカセAのスイッチを入れると、イヤホン端子に接続した2枚の金属板には、ラジカセAからの音声電流によって異符号の電荷が誘導され、この金属板の間や周囲には電界が発生する。この電界はもう一方のラジカセBのマイク端子に接続した金属板の間に入り込み、両金属板に時間的に変動する異なる符号の電荷を生じさせる。ラジカセBはこの誘導電流を音声に変えたことになる。コンデンサーA、Bの2枚の金属板は、どちらも1枚を取りはずし、1枚だけにしてみてもやはり音がでる。また、この1枚の金属板を1本のリード線にかえてもよく、1種のアンテナとも考えられる。ただし、ラジカセBでは、1枚の金属板やリード線はマイク端子からのプラス側につなぐ必要がある。その他にも、それぞれの1枚の金属板をジュースなどの空き缶に替えるなどいろいろのバリエーションが可能である。

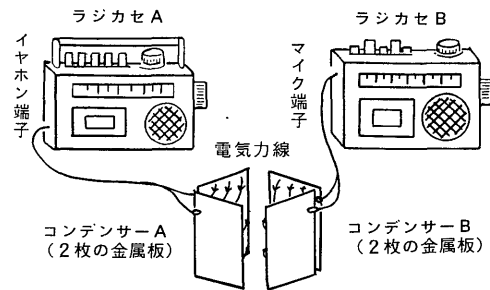


図2 変動電界による誘導電流

このコンデンサーによる電界のエネルギーを利用したデモ実験は、コイルを使った磁界

のエネルギーを利用した上記のデモ実験と好対照をなし、変位電流や電波、電磁波、アンテナなどの変動電磁界の学習へと発展していく内容を持っており、高校と大学の物理の両方に関連する興味あるデモ実験となっている。

(c) 変動磁界によって生じる電界の受信実験

電磁気の基礎方程式から導かれる、変動磁界によって電界が生じる現象は、高校の教科書などは、ただ記述のみですませており適当な実験が見当たらない。これを補うために、ここでは、ラジカセAにはコイルを、ラジカセBには金属板を接続して、コイルによる変動磁界によって生じた電界を、金属板によって誘導電荷の変化によって受信してみる(図3)。高い周波数ほど強く受信することがわかる。

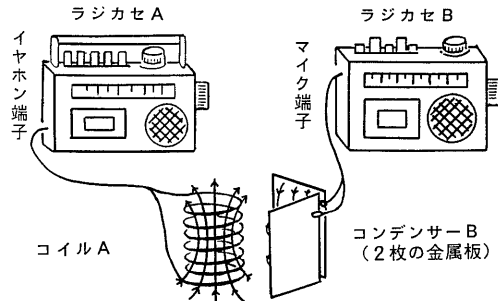


図3 変動磁界で生じる電界の受信実験

(d) 変動電界によって生じる磁界の受信実験

(c)とは逆に、ラジカセAに金属板を接続し、ラジカセBにはコイルを接続する。ラジカセのスイッチを入れると、金属板の回りに変動電界が発生するが、この変動電界はさらに磁界を生じる。この磁界をラジカセBに接続したコイル(＋鉄芯)によって受信する(図4)。チョークコイルの方がよく受信できる。(c)と(d)は電磁波の学習への準備としても大変重要であり、変動する電界と磁界の関係を理解するために是非見せておきたい実験である、以前には、あまり報告されていない。

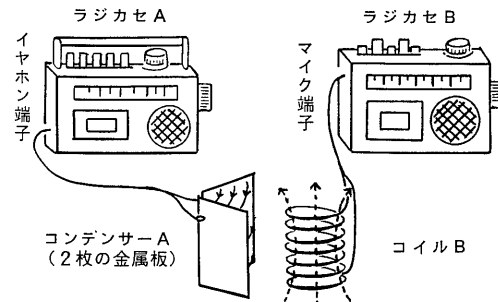


図3 変動電界で生じる電界の受信実験

(e) 可視光線による光通信の簡単な回路

ラジカセのイヤホン端子から取り出した音声電流を豆電球(懐中電灯)で光の明暗に変え、これを太陽電池で受けて電流に変換し、その電流をラジカセのアンプで音声に再生するという大変意外性のある演示実験がある。岐阜の高校教師たちによって開発されたこの実験教具の優れた点は、豆電球の明るさが音声電流に敏感に反応することと、この豆電球の明暗を太陽電池でうまく音声電流として再生できることをラジカセを利用して具体的に示したことにある³⁾。ここでは、岐阜の教師たちが開発したコイルを用いた回路とは異なり、分かりにくいコイルを用いず演示できるより一層簡単な回路が可能であることを示した⁴⁾。

○準備するもの(1つの目安として)

①太陽電池(ケニス理科学機器の起電力1.5V-500mAを使用している)1個、②ラジカセ1台、③アンプとして使えるラジカセ(ポーズを押し録音の状態にしたとき音声か

出るもの) 1台, ④単1乾電池 2個, ⑤単1乾電池ボックス 2個, ⑥豆電球 (なるべく明るいようにニップル球2.2Vを使用しているが乾電池との関係で模索が必要) 数個, ⑦ソケット1個, ⑧イヤホンのプラグコード (耳にあてるイヤホンの部分は切り取る) 2個, ⑨みのむしクリップ 6本, ⑩懐中電灯1個, ⑪リード線 約10cm 2本)

○実験装置の作り方

まず, 乾電池を組み込んだボックスを結合し3Vとし, その両端の接続端子に, 豆電球をとりつけたソケットの導線をみのむしクリップで接続する。さらに, イヤホンのプラグコードの各導線をそれぞれみのむしクリップで挟み, 反対側のクリップで, 先ほどの乾電池ボックスの接続端子に接続する。ラジカセのイヤホン端子にこのイヤホンのプラグを差し込み, ラジカセのスイッチをONにする。

次に, 太陽電池の各端子と別のイヤホンのプラグコードをおのおのみのむしクリップで接続し, イヤホンのプラグをもう1台のラジカセのマイク端子に差し込む。このラジカセにカセットテープを入れて, ポーズを押した後録音の状態にする。豆電球の光を太陽電池に当てると送信側のラジカセからの音楽などが聞こえる(図5)。豆電球と電池の部分を懐中電灯を用いると光を遠くから照らすことができる。岐阜の教師の回路とここで紹介した回路との違いを, 懐中電灯に組み込んだ図とともに図6に示した。

(f) 赤外線通信

(e)の豆電球の代わりに, 赤外線を出す発光ダイオードと100オーム程度の抵抗を直列に接続したもので置き換えると, 同様に太陽電池は赤外線も受光し電流に変換することによりラジカセで増幅して鳴らすことができる(図7)。また, 市販のワイヤレスヘッドホンのトランスミッターから放射される赤外線を付属のヘッドホンを使う代わりに太陽電池で受けてラジカセ増幅して鳴らすことができる。目に見えない赤外線も太陽電池によって電流に変えられることは, 意外性があり, 太陽電流の特性を知るためにもよい実験である。

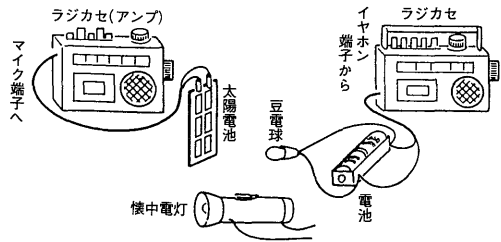


図5 可視光線による光通信

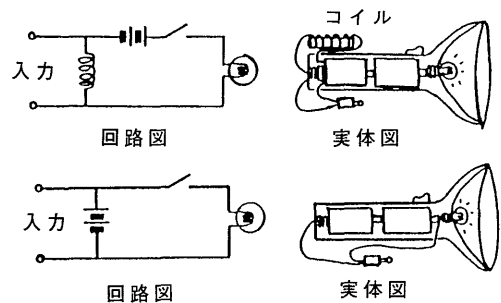


図6 コイルのある回路とない回路の比較

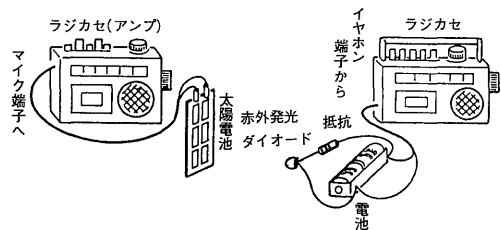


図7 赤外線通信

3. おわりに

高等学校や大学の基礎物理学では、変位電流、アンテナ、電波、電磁波へつなぐ変動する電界・磁界に関する部分のデモ実験は数も少なく、生徒たちがこれらの現象の実在感を感じる事が困難な領域であった。ここで紹介したデモ実験は、生徒たちに変動電界・磁界現象の実在感を感じさせることをねらって新しく開発したものであり、高校生（大学の物理初心者）のための物理教材として有効なものであると考えている。これらの実験は、教育学部の一般物理学の講義のデモ実験や、第2回ながさき物理まつりの実験展示⁵⁾、日本物理学会での原著講演⁶⁾などを行い、それぞれに反応を知ることができたが、さらに高等学校や大学での授業や講義のなかでどのようにしたらより効果的に利用でき、生徒・学生たちにこの領域に興味をもたせられるかなどの教材研究が必要である。

参考文献

1. 福山豊：物理教育 32-2 (1984) 75
2. 石川孝夫：物理教育 35-1 (1987) 48
3. 石川幸一，小川順二，長野勝，松尾憲生：平成2年度東レ理科教育賞作品集 第22回，(1990)
4. 福山豊：物理教育 40-2 (1992) 115
5. 第2回ながさき物理まつり，長崎大学教育学部で平成4年9月13日実施
6. 福山豊：日本物理学会1992年秋の分科会講演予稿集第4冊：25p-x-4