

青森県立板柳高等学校 工 藤 貴 正*
(業績分担者)青森県立大湊高等学校 野 呂 茂 樹**



目 的

波の伝わり方の指導において、弦・棒の振動や音の振動と電波の振動との類似性に着目し、弦・棒の振動による定常波や音の気柱共鳴での定常波に相当する、電波の定常波の観察と波長測定ができる装置を開発した。

概 要

電磁波の実験に使用される器具として、ガンダイオードを用いた電波実験器や誘導型火花発振器などが高校物理用として市販されているが、かなり高価で、教師の演示実験のみに終わることが多い。

また、これらの装置は、電波の、光波の伝わり方との類似性を強調しており、先に学んだ弦・棒の振動や音の振動との類似性には触れていない。

そこで、安価で入手しやすい材料を用い、製作が容易で、簡単な操作で、電波の定常波を観察できる生徒実験用装置を開発した。

電子レンジのマイクロ波や八木アンテナとの関連も深く、一貫性を持って電波の伝わり方について学習でき、新学習指導要領で理科に求められている、探究活動、課題研究に好適であると思われる。

I. 装置の特徴

1. 発信器

(1) VCO (Voltage Controlled Oscillator 電圧制御発振器)を用いているため、可変抵抗器と電源をつなぐだけで、980MHz～1100MHz程度のマイクロ波を発振できる。

(2) 発振アンテナが着脱できるので、発振出力を他の装置へ容易に出力できる。

(3) 出力が弱いので、他への影響がない。

2. 受信器

ラジケータやマイクロアンペア計に、検波用ダイオードとアンテナとして10cmほどの銅線をつけたもので、ブラックボックスの要素が排除されている。

3. 空洞波長計

(1) 金属製の箱に金属棒を通したもので、音の気柱共鳴装置ときわめて類似しており、定常波としての取り扱いに違和感がない。

(2) 高い精度での、波長の測定ができる。

II. この装置でできること

1. 発振アンテナ上を受信器でなぞることにより、アンテナ上にできている定常波の様子を、弦・棒を振動させたときにできる定常波のイメージを持って観察でき、また、出力電波の波長の測定ができる。
2. 発振出力を空洞波長計につなぎ、出力電波の波長を、音の気柱共鳴のイメージを持って、高い精度で測定できる。

装置の製作方法

I. 発信器

1. 発振部

市販のVCOに定格電圧(12V)を加え、10kΩ可変抵抗器を調整することにより、980MHz～1100MHz程度のマイクロ波を発振させる(写真1)(図1)。

[使用したVCO]

ENF-VCO10H01(松下通信製)

2. 発振アンテナ

2mmφ、50cm長さ程度の金属線や市販のロッドアンテナを使用した。

II. 受信器

マイクロ波の1/4波長程度の長さの被覆銅線(単線)を受信アンテナとして、ラジケータやマイクロアンペア計に、検波用ダイオード(1SS99)をつないだものを用いた(写真2)(図2)。

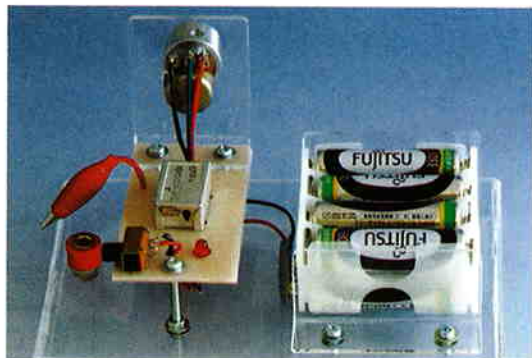


写真1 発信器

* くどう たかまさ 青森県立板柳高等学校 教諭 〒038-36 青森県北津軽郡板柳町太田字西上林46 TEL(0172)73-2166

** のろ しげき 青森県立大湊高等学校 教頭 〒039-51 青森県むつ市大湊字大近川44-84 TEL(0175)24-1244

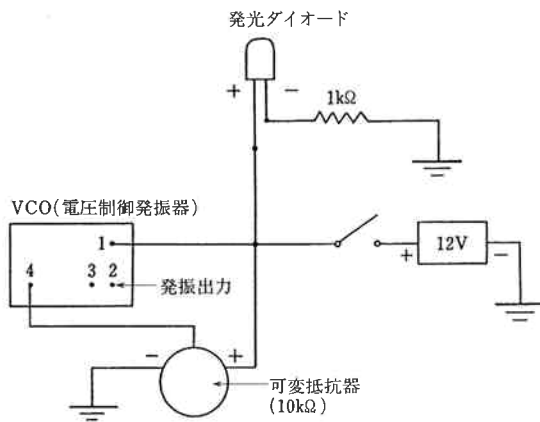


図1 発振部の回路図

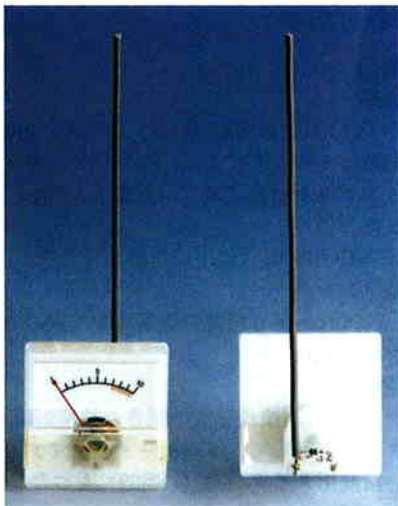


写真2 受信器

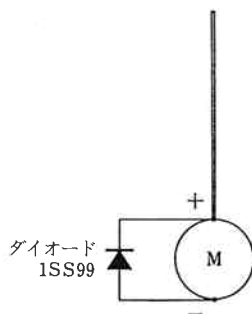


図2 受信器の回路図

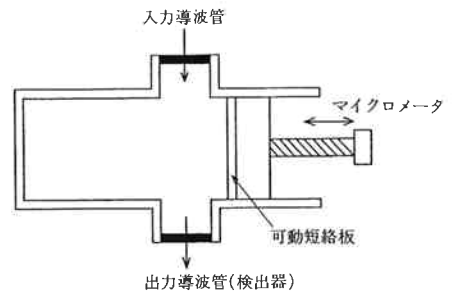


図3 空洞波長計の基本型

Ⅲ. 空洞波長計

一般に金属で囲まれた空間は、電波の共振器になる。外部からの振動に共振したとき、箱の内部に定常波ができる(図3)。

本器は、共振器の大きさを一定にし、その中央に入れた金属棒の長さを調節して定常波を作り、波長を測定できるようにしている(写真3)(図4)。

学習指導方法

Ⅰ. 発振アンテナ上の定常波の様子を調べる

受信器のアンテナを、発振アンテナの近くで上下に動かし、1 cm 毎のメータの振れを記録する(図5、6)。

Ⅱ. 発振アンテナ上の定常波の波長を測定する

受信器のアンテナを、発振アンテナの近くで上下に動かし、メータの振れが極大になる位置を記録し、携

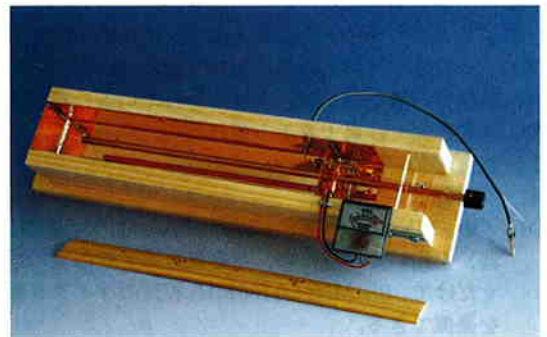


写真3 空洞波長計

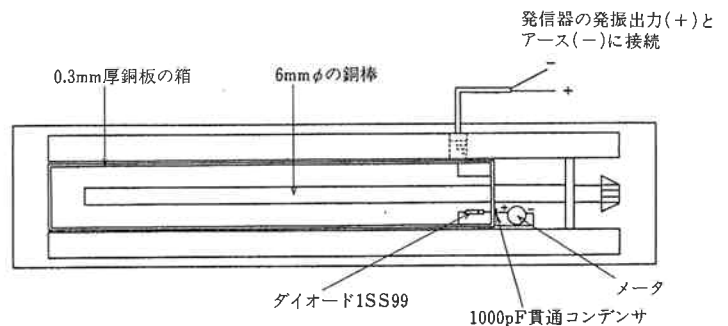


図4 空洞波長計の平面図

表1 空洞波長計で定常波の波長測定

周波数カウンタからの値		実験値		
周波数(MHz)	波長(cm)	第1極大(cm)	第2極大(cm)	波長(cm)
988	30.4	7.0	22.1	30.2
998	30.1	6.9	21.9	30.0
1008	29.8	6.9	21.7	29.6
1018	29.5	6.9	21.6	29.4
1028	29.2	6.9	21.5	29.2
1038	28.9	7.1	21.6	29.0
1048	28.6	7.5	21.8	28.6
1058	28.4	7.7	21.9	28.4
1068	28.1	7.5	21.6	28.2
1078	27.8	7.1	21.1	28.0
1088	27.6	6.9	20.7	27.6
1098	27.3	6.8	20.3	27.0

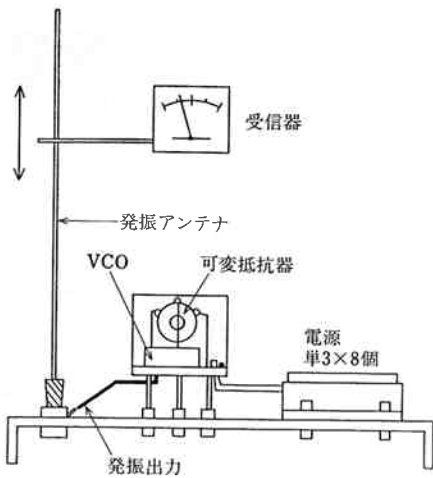


図5 発振アンテナ上の定常波の観察

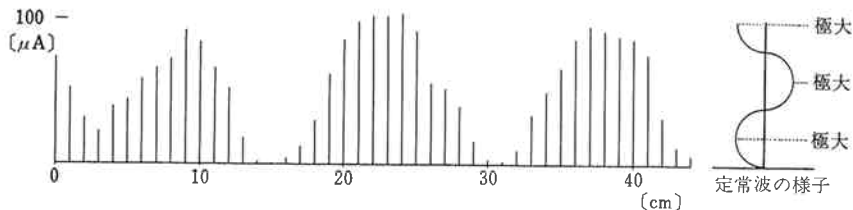


図6 発振アンテナ上の定常波の様子 (998 MHz)

帯用周波数カウンタ (MODEL3300 カツミ電機 (株)) からの理論値と比較する。

Ⅲ. 空洞波長計での、定常波の様子を調べる

空洞波長計の中央の銅棒の長さを変化させ、1cm毎のメータの振れを記録する。

Ⅳ. 空洞波長計で、定常波の波長を測定する

空洞波長計の中央の銅棒の長さを変化させ、メータの振れが極大になる位置を記録し、周波数カウンタからの理論値と比較する (表1)。

V. 授業の流れ

電波に関して、この装置を用い、次のような流れで、授業実践した。

1. アンテナの必要性

電子レンジの中に豆電球 (2.5V) を入れ、電子レンジを作動させ、豆電球にマイクロ波を当てても、発光しない。しかし、6cm (半波長) 程度の銅の単線を取りつけた豆電球では、激しく発光することを確認する。

このことにより、アンテナの必要性を位置付けることができた。

2. アンテナ上の定常波の観察と波長の測定

図5のように、受信器のアンテナを、発振アンテナの近くで上下に動かし、メータの振れを観察する (写真4)。

メータは、図6のような振れを示すことから、定常波の存在が確認でき、波長の測定ができた。周波数カウンタを併用することによって、測定値の精度が考察できる。



3. 空洞波長計を用いての、波長の測定

空洞波長計を用い、写真5のように、音の気柱共鳴に相当する電波の共鳴実験として取り上げた。生徒は、定常波が見えるかのように、スムーズに作業を進めた。



4. 自作の八木アンテナでの、TV電波の受信

自作のアンテナでも電波をキャッチできることに、生徒は大きな驚きを示すとともに、それぞれの素子の長さに理解を示した。





写真4 実験風景Ⅰ

実践効果

この装置を用いると、目には見えない電波の（定常）波の様子を、はっきりととらえることができ、生徒の興味・関心を引きつけていることが、次の感想文からも知ることができる。

「肌では感じるができなく、目でも見る事ができなくても、器具を使って調べるという現代。アンテナ上には、波が乗るというのは、聞いて分かっていたけれども、この実験で、目に見えないけれど、アンテナのどこに山があり、谷があるということも調べることができ、とてもよかった。」

「簡単な機器で電波の波長が分かるということがとても驚きであった。また、実験値が、周波数カウンタで調べ、計算した数値とほんのわずかな差しかないことに、すっかり驚かされた。」

このように、これまで教師実験が主であった電波実験を生徒実験と課すことができ、科学的考え方・自発性の伸長に役立ったと思う。

科学部の生徒の中には、アマチュア無線の免許をもっている者もあり、積極的に器具の製作・改良に協力してくれ、部活動としても効果があった。

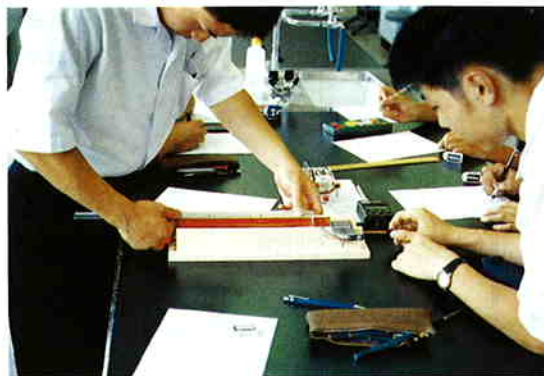


写真5 実験風景Ⅱ

その他補遺事項

VCO の入手先

- ・ DD212 (760~840 MHz) JRC 製 300円
(有)秋月電子通商
〒158 東京都世田谷区瀬田5-35-6
- ・ ENF-VCO02B 900 MHz
松下通信製 1,550円
各地の松下システム(株)より入手可

参考文献

- 1) 阿部英太郎「マイクロ波技術」東京大学出版会
- 2) 大塚政量「上級ハムになる本」CQ出版社
- 3) 中山 昇「エレクトロニクス製作アイデア集3」CQ出版社