

エレクトロニクス

講義資料

第4章：ラジオ / AM変調・FM変調 (v0)

鶴 剛 (tsuru@cr.scphys.kyoto-u.ac.jp)

Chap4_Radio_AM_FM_v0

電波とアンテナ

通信に使用されている電波はたとえばLF(30-300kHz), MF/MW(300kHz-3MHz), HF(3-30MHz), VHF(30-300MHz), UHF(300MHz-3GHz)がある。電磁気学で学ぶ通り、電波のみならず加速度運動する電荷は電磁波を発生する。電荷が単振動しているとすると、電磁波の周期は単振動の周期と一致する。

図 4.1 のタワーは中波の放送局のアンテナである。このタワーに周期的な電圧を印加させることで、電荷を単振動させて電波を放射する。このアンテナはダイポールアンテナと呼ばれるもっとも基本的な形状のものである。ダイポールアンテナの長さは波長と同じにすることがベースラインである。周波数 1MHz の波長は 300m なので、その長さのアンテナが欲しいが、容易なことではない。そこで、電磁気学で習得する「鏡像」の理屈を使う。大地が十分に広く良い導体であれば、鏡像が作られることになる。従ってアンテナの下半分を建設することは不要になり、実際に必要なアンテナの長さは半分で済む。

ダイポールアンテナは電場の時間変化を作ることで電波を発生させているが、磁場を時間変化させることで電波を発生させることも可能である。その方法としてループアンテナがある。銅線をループ状に配置し電圧を印加することで、変動する磁場を発生させる。

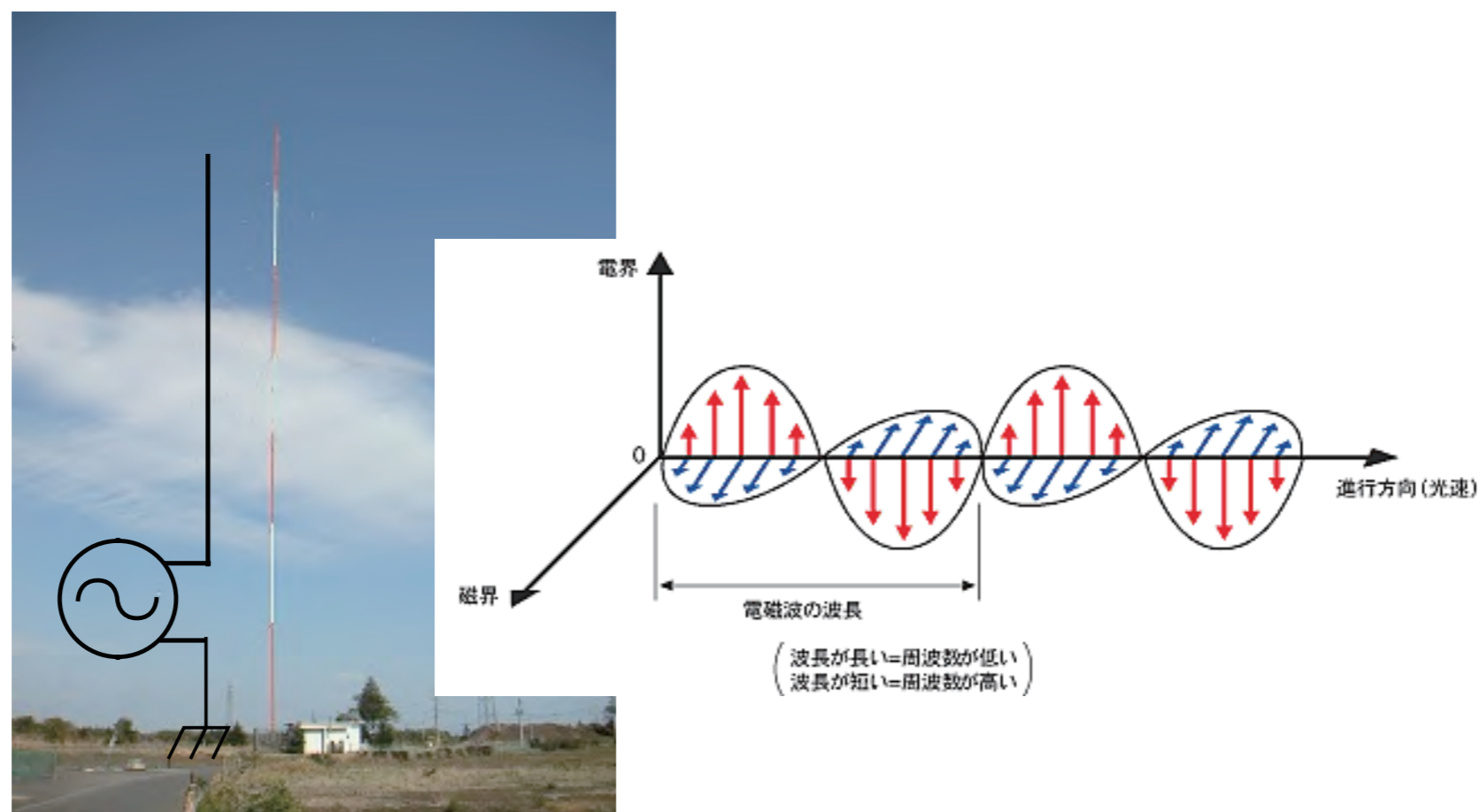


図 4.1: 中波の放送局の送信用アンテナ。

変調

単にコヒーレントで一定の周波数を持つ電波には、複雑な情報を乗せることはできない。電波が持つ情報は、周波数、振幅、位相であり、それを利用することになる。その方法として、特に周波数 $\sim 1\text{kHz}$ の音声信号を伝えるために、よく使用されているのが AM 変調 (振幅変調) と FM 変調 (周波数変調) である。1MHz の中波に 1kHz の sin 波信号を乗せる場合、1MHz を搬送波、1kHz を変調信号と呼ぶ。変調信号がない場合は、1MHz の正弦波の搬送波だけになる。

AM変調

AM変調は1MHzの搬送波の振幅に、1kHzの変調信号のモジュレーションを与える方法である。一方、FM変調は1MHzの周波数を変調信号に合わせて変化させる方法である。この場合、周波数の変化は小さくゆっくりなので、搬送波の位相を変調信号に合わせて変化させる方法といっても良い。後で示すが実際PM変調(位相変調)方式と式はよく似ている。

搬送波信号 $C(t)$ と変調信号 $m(t)$ をそれぞれ

$$C(t) = A_C \cdot \cos(\omega_C \cdot t + \phi_C) \quad (4.1)$$

$$M(t) = A_M \cdot \cos(\omega_M \cdot t) \quad (4.2)$$

とする。

変調させる強度 K_{AM} とすると、AM変調を受けた被変調信号 $S_{AM}(t)$ は

$$S_{AM}(t) = [1 + K_{AM} \cdot M(t)] \cdot C(t) \quad (4.3)$$

$$= [1 + K_{AM} \cdot A_M \cdot \cos(\omega_M \cdot t)] A_C \cdot \cos(\omega_C \cdot t + \phi_C) \quad (4.4)$$

となる。

FM変調 & PM変調

FM 変調の前に PM 変調 (位相変調) を紹介する. 変調させる強度 K_{PM} とすると, PM 変調を受けた被変調信号 $S_{PM}(t)$ は

$$S_{PM}(t) = A_C \cdot \cos(\omega_C \cdot t + \phi_C + K_{PM} \cdot M(t)) \quad (4.5)$$

$$= A_C \cdot \cos(\omega_C \cdot t + \phi_C + K_{PM} \cdot A_M \cos(\omega_M \cdot t)) \quad (4.6)$$

である.

一方で, FM 変調では, 変調させる強度 K_{FM} とすると, FM 変調を受けた被変調信号 $S_{FM}(t)$ は

$$S_{FM}(t) = A_C \cdot \cos(\omega_C \cdot t + \phi_C + K_{FM} \cdot \int_0^t M(t) dt) \quad (4.7)$$

$$= A_C \cdot \cos(\omega_C \cdot t + \phi_C + K_{FM} \cdot \int_0^t A_M \cos(\omega_M \cdot t) dt) \quad (4.8)$$

である. ここで $M(t) \propto \cos(\omega_M \cdot t)$ であれば, 積分値は $-\sin(\omega_M \cdot t)$ になる. 従って FM 変調と PM 変調は本質的には同じ変調方法であることがわかる.

信号が

$$S(t) \propto \cos(\theta(t)) \quad (4.9)$$

の時, 時刻 t での瞬間角周波数は

$$\omega(t) = \frac{d\theta(t)}{dt} \quad (4.10)$$

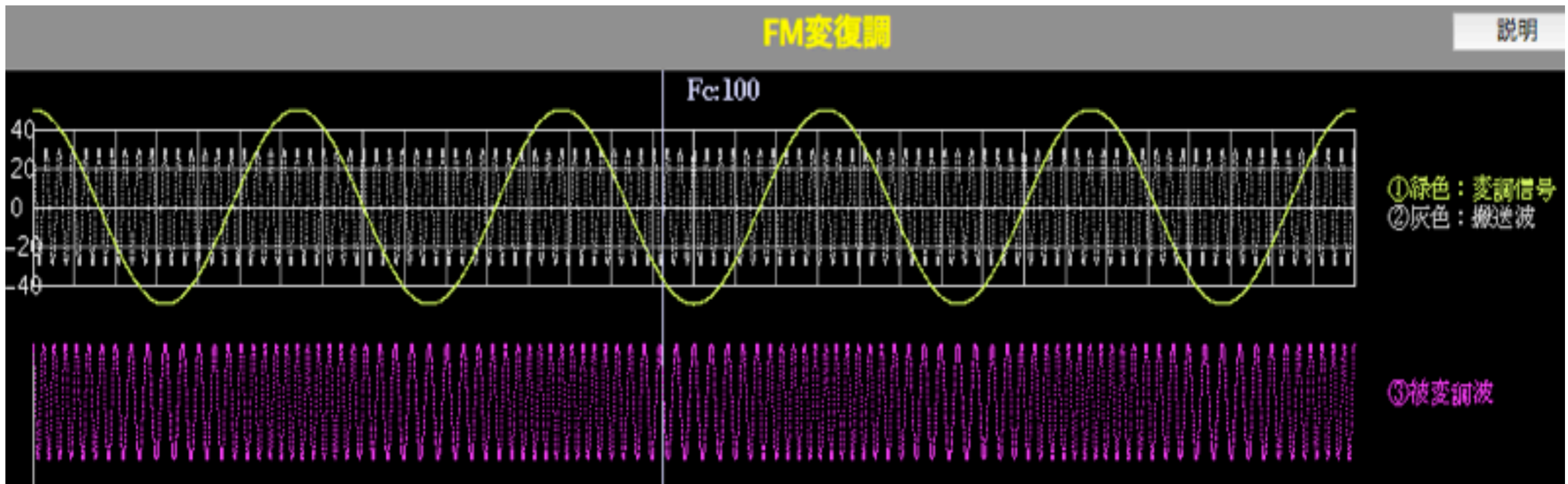
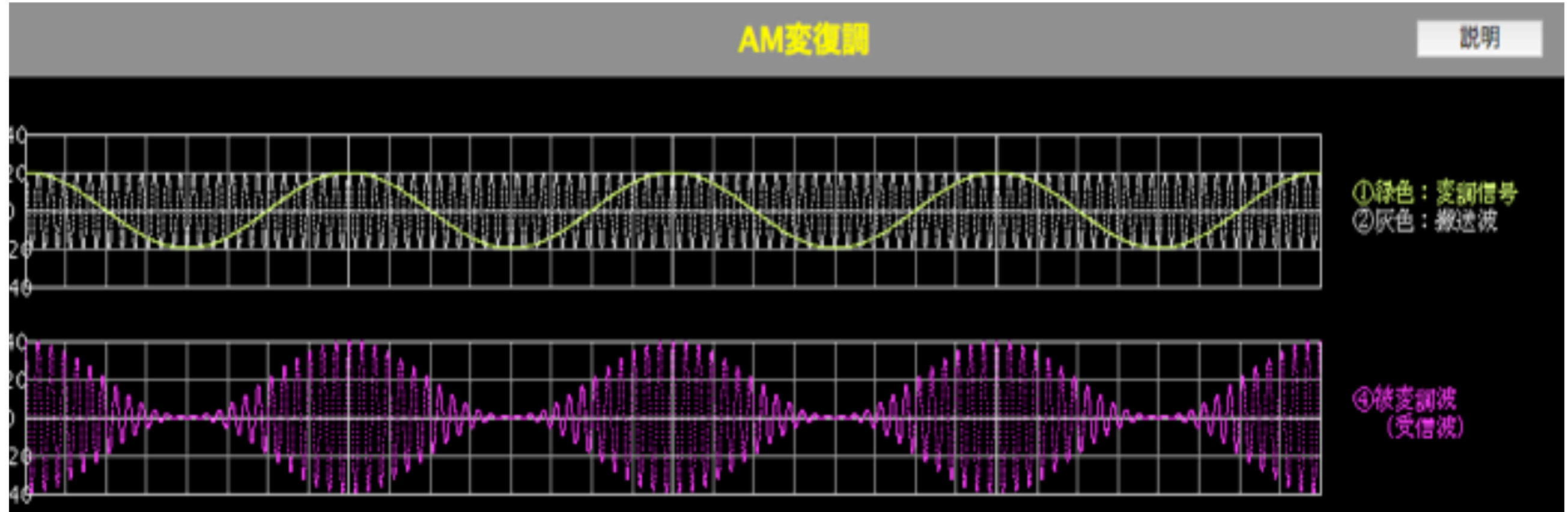
である. FM 信号では

$$\theta(t) = \omega_C \cdot t + \phi_C + K_{FM} \cdot \int_0^t M(t) dt = \omega_C \cdot t + \phi_C + K_{FM} \cdot \int_0^t A_M \cos(\omega_M \cdot t) dt \quad (4.12)$$

$$\omega(t) = \omega_C + K_{FM} A_M \cos(\omega_M \cdot t) = \omega_C + K_{FM} A_M \cos(\omega_M \cdot t) \quad (4.14)$$

となる. つまり周波数が ω_C を中心に, $K_{FM} A_M \cos(\omega_M \cdot t)$ だけ変化することになる. 従って, 周波数が変調されるという理解で正しい.

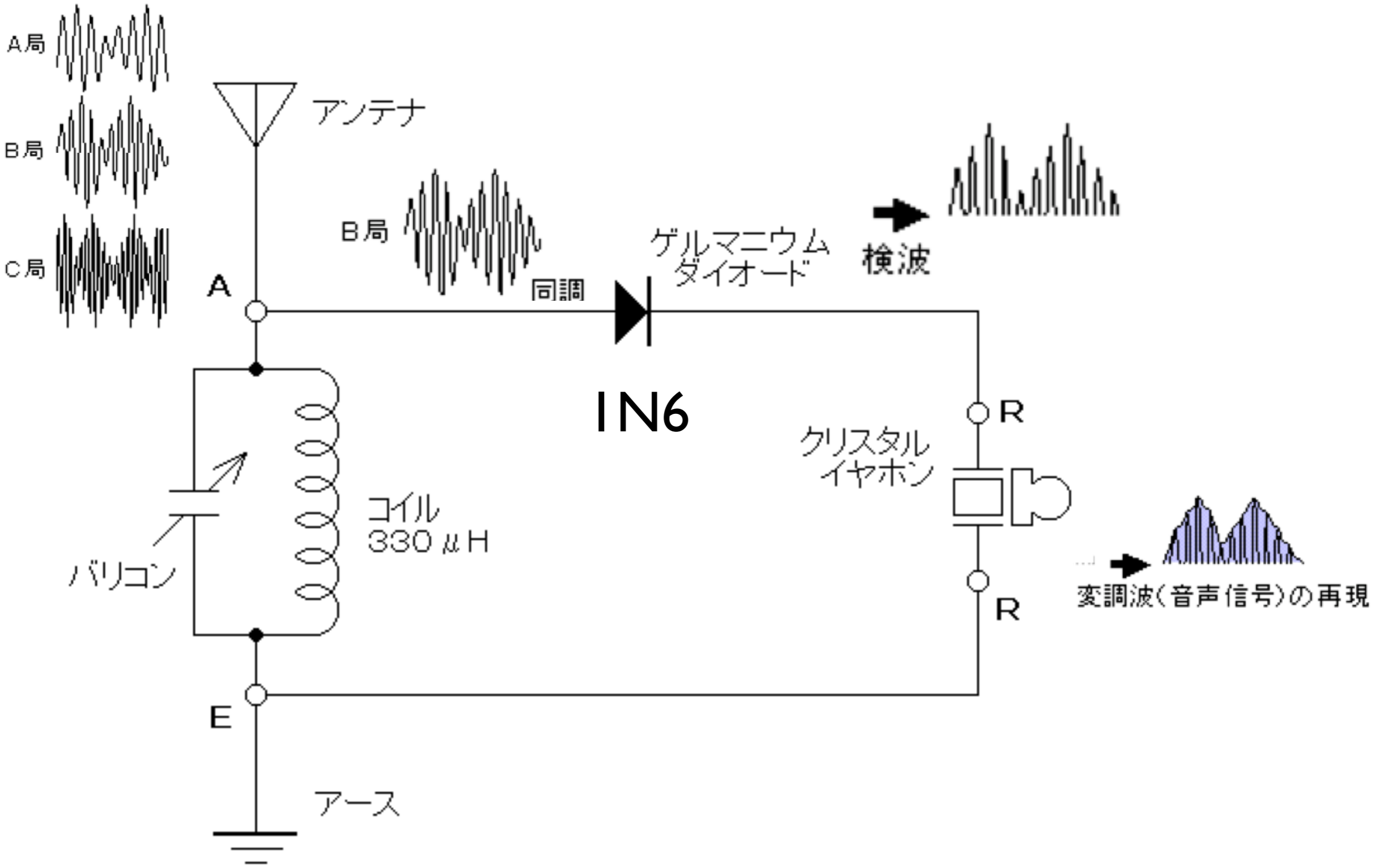
AM/FM/PM変調



http://www.circuitdesign.jp/jp/technical/modulation/modulation_AM.asp

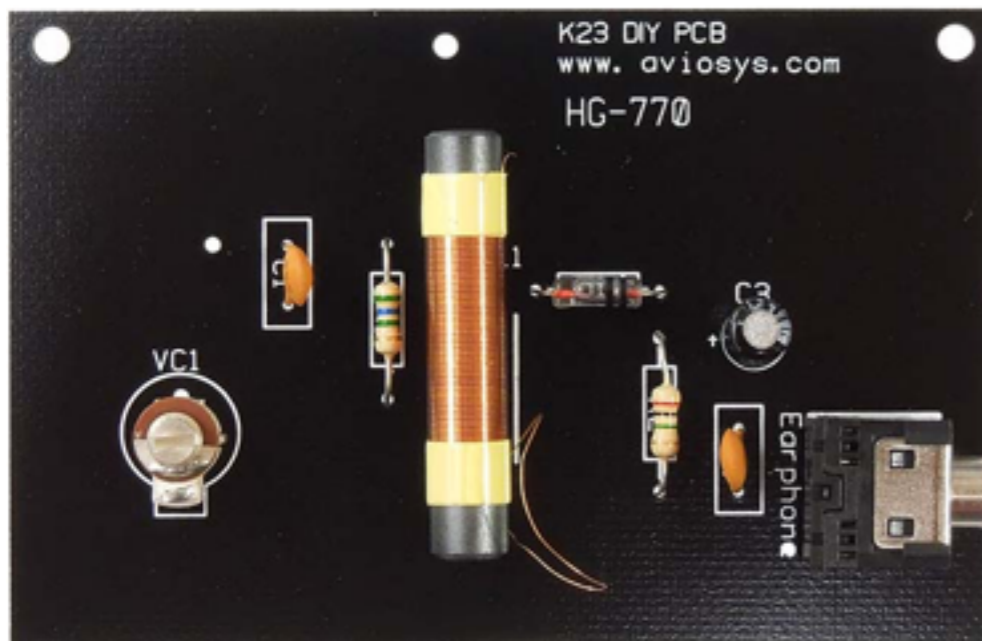
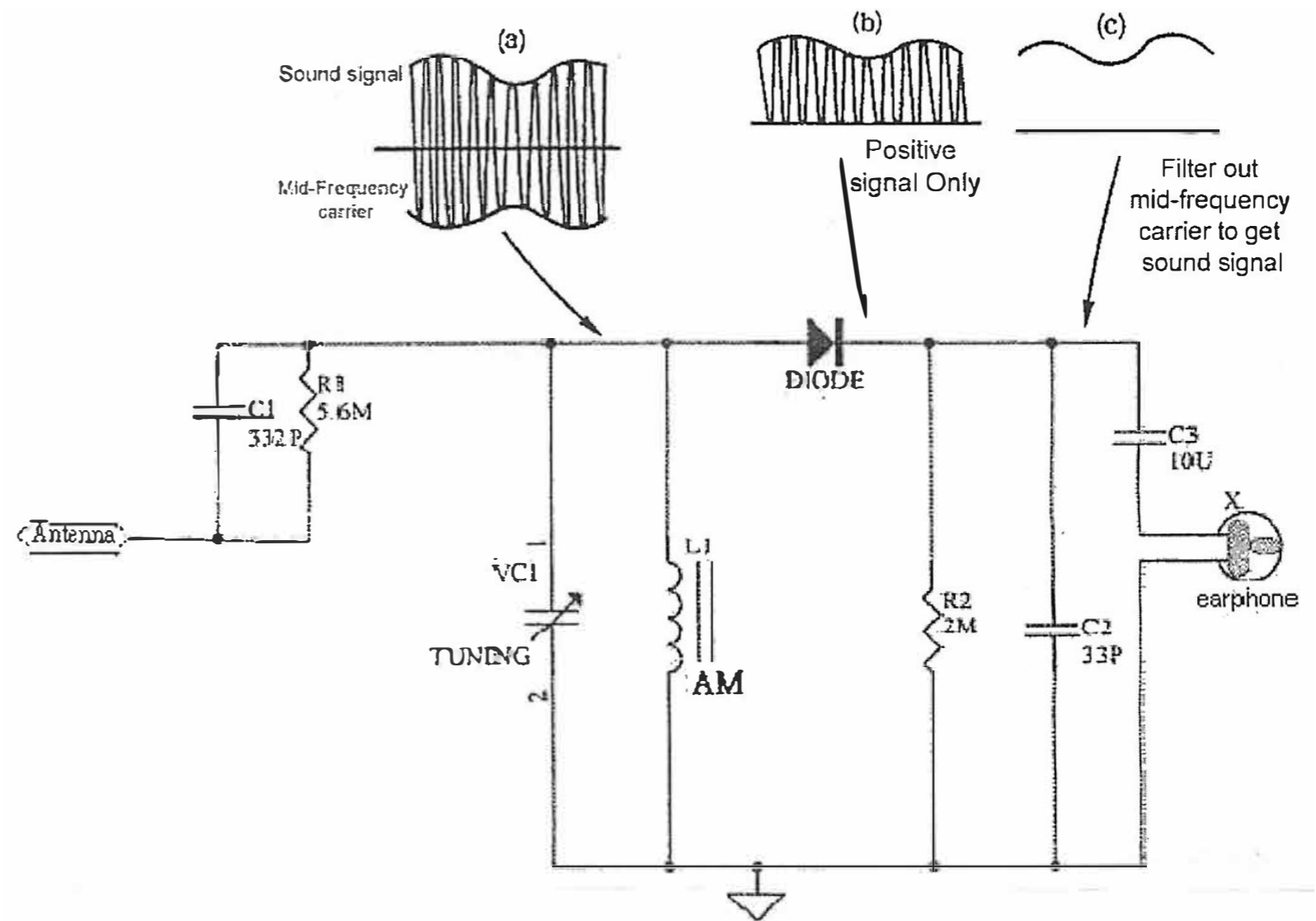
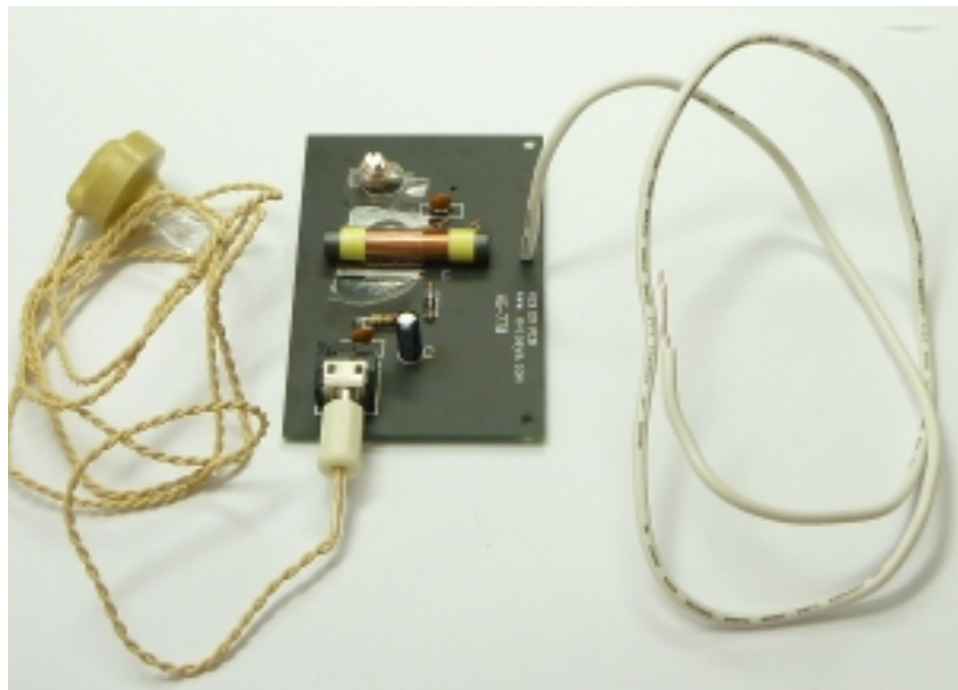
http://www.circuitdesign.jp/jp/technical/modulation/modulation_FM.asp

鉱石ラジオ



鉱石ラジオ

秋月電子通商



650円

【質問】 VC1とL1の数値を教えてください。

[2015/11/16 17:55:57]

【回答】 弊社による実測結果を下記にお示しいたします。

コンデンサ(VC1)の容量: 1pF~120pF

(基板実装後には、数pF~10pF程度の浮遊容量が加算されます)

バーアンテナ(L1)のインダクタンス: 750μH

計算上の並列共振周波数(F0)は、約1800kHz(@VC=10pF)~520kHz程度です(@VC=120pF)。

($F0 = 1/2\pi \times (L \text{ と } C \text{ の積の平方根})$)

<http://akizukidenshi.com/catalog/g/gK-00907/>

秋月電子通商

