

第 2 章 同調回路

古橋 武

2.1 組み立て

2.2 同調 (概要)

2.3 共振回路と次段の高周波増幅回路との接続 (概要)

2.3.1 一次巻線と高周波増幅回路の接続

2.3.2 トランジスタの静電容量の影響

2.3.3 二次巻線と高周波増幅回路の接続

本稿の Web ページ

http://mybook-pub-site.sakura.ne.jp/Radio_note/index.html

2.1 組み立て

同調回路はLC共振回路である。コイルとコンデンサからなる。図2.1.1はバーアンテナの写真と記号である。図2.1.2はポリバリコンの写真と記号である。バーアンテナはコイルが二つあるタイプのを、ポリバリコンは二つのコンデンサの静電容量を同時に変えることのできる2連のものを用いている。ストレートラジオには2連ポリバリコンは必要ないが、後でスーパーヘテロダイナラジオにも使えるようにと、これを用いることにした。ストレートラジオでは、二つあるコンデンサの内大きな静電容量の方を使用する。

この二つの部品はハンダづけが必要である。直径が0.5mmのすずメッキ線、もしくは他の(例えば抵抗などの)部品のリード線の切れ端を図2.1.3のように各線/端子にハンダづけする。バーアンテナのハンダづけ箇所はこのままではもろくてブレッドボードに何度か抜き差ししている間に折れてしまうことがよくある。図示のようにテープで補強しておくといよい。

図2.1.4は同調回路をブレッドボード上に構成した様子を示す。バーアンテナの各線には色がつけられている。立体配線図および回路図に対応する色を示す。

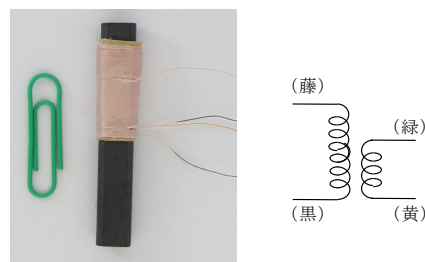


図2.1.1 バーアンテナ

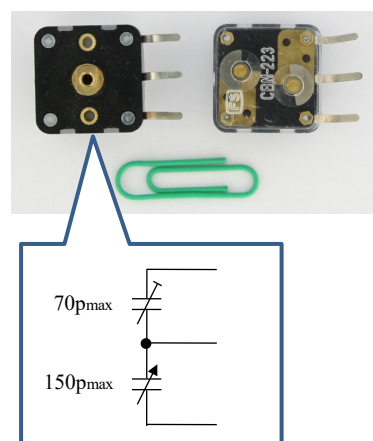


図2.1.2 ポリバリコン

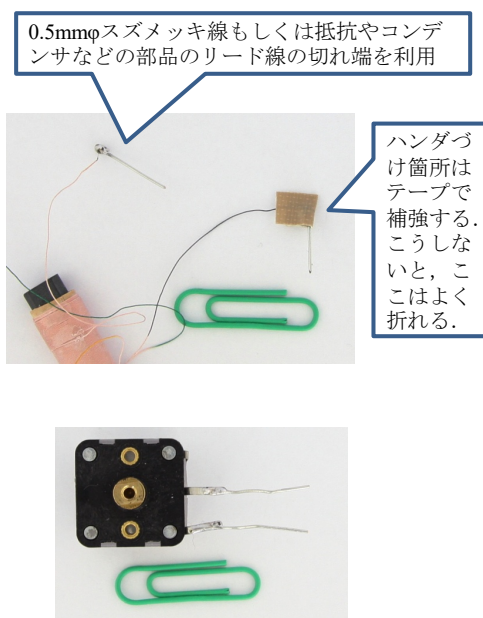


図2.1.3 リード線の取り付け

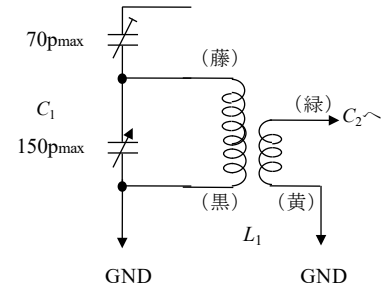
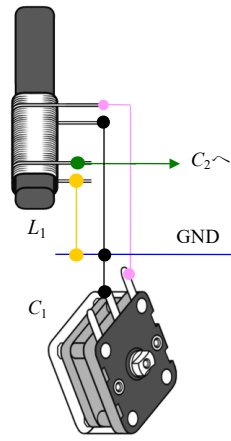
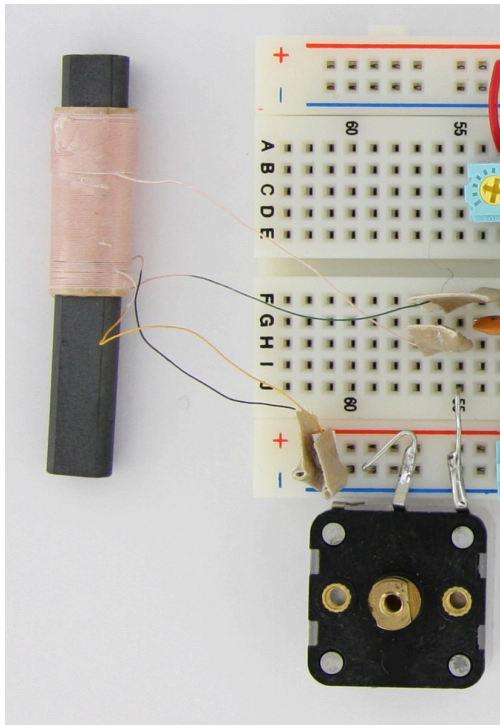


図2.1.4 同調回路

2.2 同調 (概要)

我々の周りには無数の電波が飛び交っている．同調回路はその中から特定の放送局の電波を捉えるための回路である．

バーアンテナはフェライトコア (図 2.1.1 の黒い棒) に銅線を巻いたものである．バーアンテナのコイルには各局の放送局の電波を受けて電圧が誘起されている．同調回路を図 2.2.1 に再掲する．ここで (緑色と黄色の線を持つ) 二次巻線は省略してある．図 2.2.2 は同調回路の等価回路である．コイルに誘起された電圧値を v_s 、コイルのインダクタンスを L 、コイルの巻き線の抵抗を R_l 、コンデンサの静電容量を C とする．これは直列共振回路である．

回路のインピーダンス Z は

$$Z = R_l + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \quad (2.2.1)$$

となり，回路に流れる電流 i の実効値 I は

$$I = \frac{V_s}{\sqrt{R_l^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \quad (2.2.2)$$

となる．ただし， V_s は電圧 v_s の実効値である．コンデンサの静電容量を変えることで

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \quad (2.2.3)$$

の条件を成立させると，回路に流れる電流 I は

$$I = \frac{V_s}{R_l} \quad (2.2.4)$$

となり，絶対値が最も大きくなる．ここで，

$$Q = \frac{\omega L}{R_l} = \frac{1}{\omega C R_l} \quad (2.2.5)$$

とおく．図 2.2.2 の回路が (2.2.4) 式の条件を満たすとき，コイルおよびコンデンサの両端には信号電圧 v_s の Q 倍の電圧が現れる．表 1.1.1 のバーアンテナの定格によると， $Q > 100$ となっている．このとき回路は共振状態にあるという．(2.2.3) 式を満たす周波数は共振周波数と呼ばれる．この共振周波数を f_r と表すと

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2.2.6)$$

と求められる．回路の共振周波数 f_r を信号電圧 v_s の周波数 f に合わせることを同調をとるという．

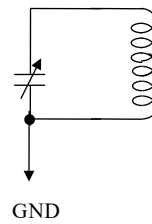


図2.2.1 同調回路

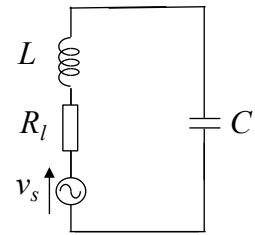


図2.2.2 同調回路

図 2.2.4 は図 2.2.2 の回路の周波数特性を示す。回路の共振周波数 $f_r=729$ [kHz]、とした場合の、コンデンサの両端電圧 v_C の振幅を描いてある。この例では NHK 名古屋第一の信号電圧は Q 倍されてコンデンサの両端に現れている。NHK 名古屋第二(909 [kHz])、CBC ラジオ(1053 [kHz])、東海ラジオ(1332 [kHz])の信号電圧は共振(2.2.4)式の共振条件を満たさないため、各信号電圧はせいぜい 1 倍程度の大きさでしかコンデンサの両端に現れないことが分かる。

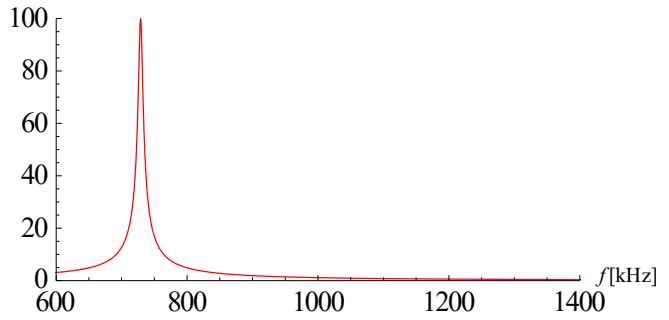


図2.2.4 共振回路の周波数特性
 ($Q = 100$, 共振周波数 $f_r = 729$ [kHz])

2.3 共振回路と次段の高周波増幅回路との接続（概要）

2.3.1 一次巻線と高周波増幅回路の接続

図 1.1.3 の同調回路のコイルには二次巻線がある．二次巻線はコンデンサ C_2 を介して高周波増幅回路に接続されている．前節の共振回路の理論展開では，この増幅回路の影響は無視した．ところで，

なぜ，バーアンテナにはコイルが二つあるのだろうか？なぜ，一次巻線から直接コンデンサ C_2 を介して高周波増幅回路へと接続しないのだろうか？

この疑問に答えるには，同調回路から高周波増幅回路を見た場合のインピーダンス（高周波増幅回路の入力インピーダンス）を考慮する必要がある．高周波回路の入力インピーダンス Z_{li} の求め方は第 3 章に述べる．図 2.3.1 は同調回路の一次巻線をコンデンサ C_2 を介して高周波増幅回路と接続した場合の等価回路を示す．同調回路は二次巻線を介さずに直接高周波増幅回路と接続されている．入力インピーダンスは簡単のため抵抗 R_{li} のみとしてある．図 2.3.1(c) はコンデンサ C_2 のリアクタンス X_C を無視した簡略等価回路である．信号電圧 V_s とすると，コンデンサの両端電圧 V_C の実効値は

$$|V_C| = \frac{R_{li}}{\sqrt{1 + (\omega C R_{li})^2}} \frac{|V_s|}{\sqrt{\left(R_l + \frac{R_{li}}{1 + (\omega C R_{li})^2} \right)^2 + \left(\omega L - \frac{\omega C R_{li}^2}{1 + (\omega C R_{li})^2} \right)^2}} \quad (2.3.1)$$

となる．

図 2.3.2 は(2.3.1)式より求めた回路の周波数特性の例である．高周波増幅回路の入力抵抗 $R_{li} = 10 \text{ [k}\Omega\text{]}$ とした． L と C だけの場合の共振周波数 $f_r = 729 \text{ [kHz]}$ とし，信号電圧の振幅 $V_{sm} = 1 \text{ [V]}$

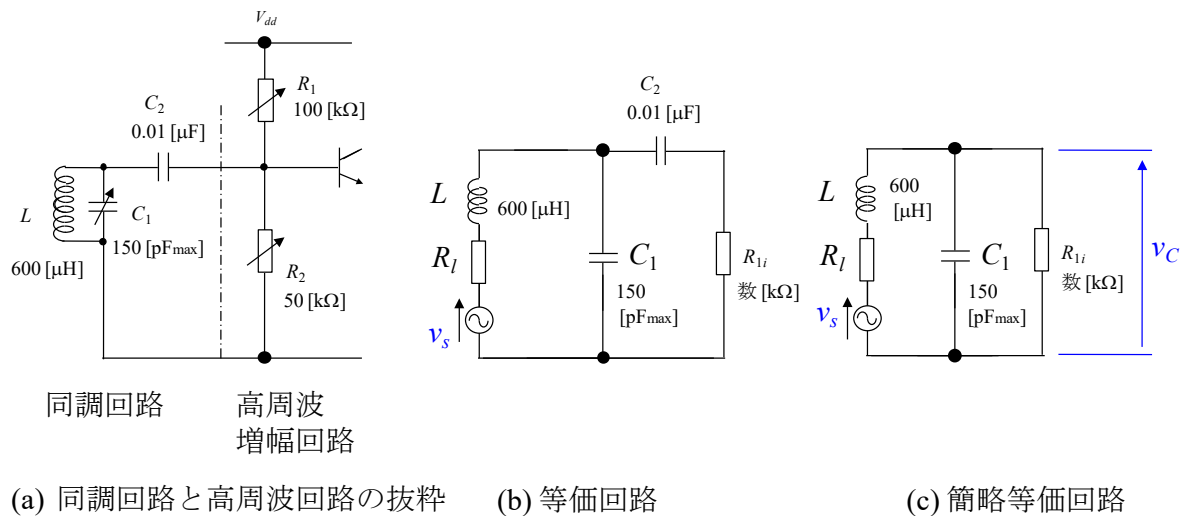


図2.3.1 同調回路の一次巻線と高周波増幅回路の接続

に固定し，コンデンサの両端電圧 v_c の振幅 V_{Cm} を描いた．[図 2.2.4](#) と比較すると共振周波数付近でのコンデンサ両端電圧は著しく低下していることが分かる．同調回路を二次巻線を介さずに直接高周波増幅回路と接続すると，同調回路のQはとても小さくなり，同調機能が損なわれてしまうことが分かる．

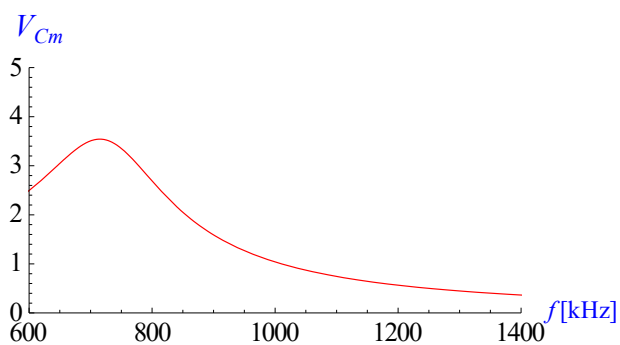


図2.3.2 簡略等価回路 (図2.3.1(c))の周波数特性 ($Q = 100$, 共振周波数 $f_r = 729$ [kHz])

2.3.2 トランジスタの静電容量の影響

図 2.3.1 では高周波増幅回路の入力インピーダンスを抵抗のみで表した。実際にはトランジスタには静電容量成分がある。第 3 章に詳述するように、エミッタ接地

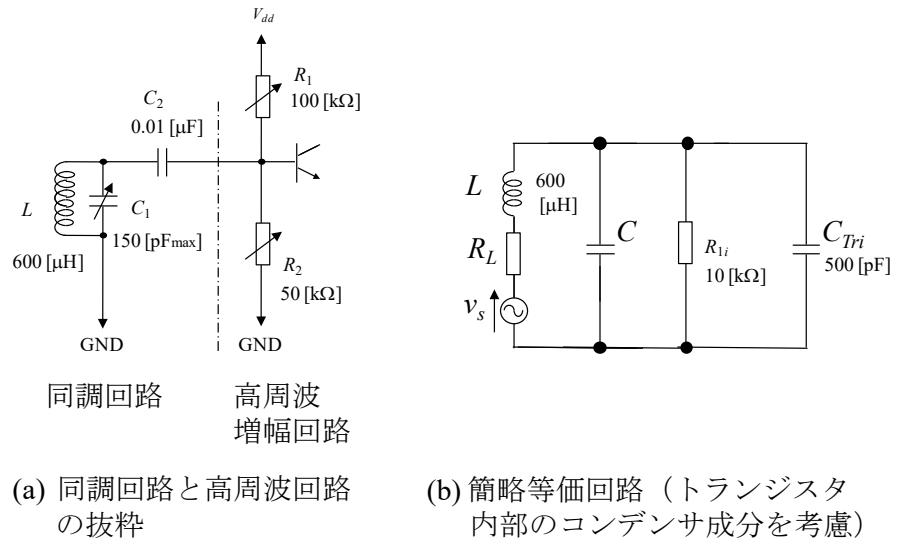


図2.3.3 同調回路の一次巻線と高周波増幅回路の接続

増幅回路の入力インピーダンスは抵抗 R_{i} とコンデンサ C_{Tri} の並列回路で近似できる。等価回路を図 2.3.3 に示す。トランジスタによる静電容量成分 C_{Tri} を 500 [pF] としてある。

図 2.3.4 はこの等価回路の周波数特性である。 L と C からなる同調回路の共振周波数 $f_r=729$ [kHz] とし、信号電圧の振幅 $V_{sm} = 1$ [V] に固定し、コンデンサの両端電圧 v_C の振幅 V_{Cm} を描いた。同調回路を二次巻線を介さずに直接高周波増幅回路と接続すると、同調回路の Q が小さくなるだけでなく、同調回路の共振周波数が低くなってしまふ。

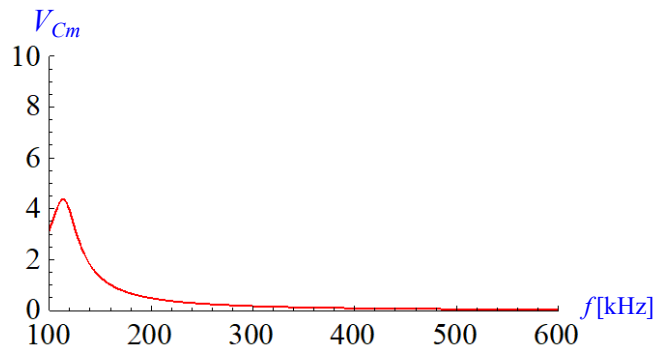


図2.3.4 簡略等価回路 (図2.3.3(b))の周波数特性 ($Q = 100$, 同調回路の共振周波数 $f_r = 729$ [kHz])

2.3.3 二次巻線と高周波増幅回路の接続

では、二次巻線を介して接続した場合はどうであろうか？

図2.3.5は同調回路の二次巻線をコンデンサ C_2 を介して高周波増幅回路に接続した場合を示す。二次側の回路を一次側に換算し、コンデンサ C_2 を無視できるとして簡略化した等価回路を同図(b)に示す。二次巻線のインダクタンス L_2 と高周波増幅回路の入力抵抗 R_{li} は、一次側から見た場合には巻数比 N_1/N_2 の2乗倍 $(N_1/N_2)^2$ となる。一方、静電容量 C_{Tri} は2乗分の1 $1/(N_1/N_2)^2$ となる。 N_1 、 N_2 はそれぞれ一次巻線、二次巻線の巻数である。一次側の直列共振回路から見た高周波増幅回路の入力抵抗は開放と見なしてよいほどに大きくなる。また、静電容量は同調回路の共振周波数にわずかな変化しか与えない。同調回路の共振周波数は図2.2.2の同調回路とほぼ同じである。二次巻線を介して高周波増幅回路と接続すれば、同調回路のQの低下は小さく、共振周波数の変化も小さいことが分かる。

一方、二次巻線から取り出せる電圧は巻数比の逆数 $(N_2/N_1=9/118)$ だけ小さくなってしまふ。出力電圧が N_2/N_1 だけ低下するデメリットに対して、二次巻線側のインピーダンスの一次側への影響はその2乗分の1 $(= (N_1/N_2)^2)$ に小さくできる大きなメリットがある。

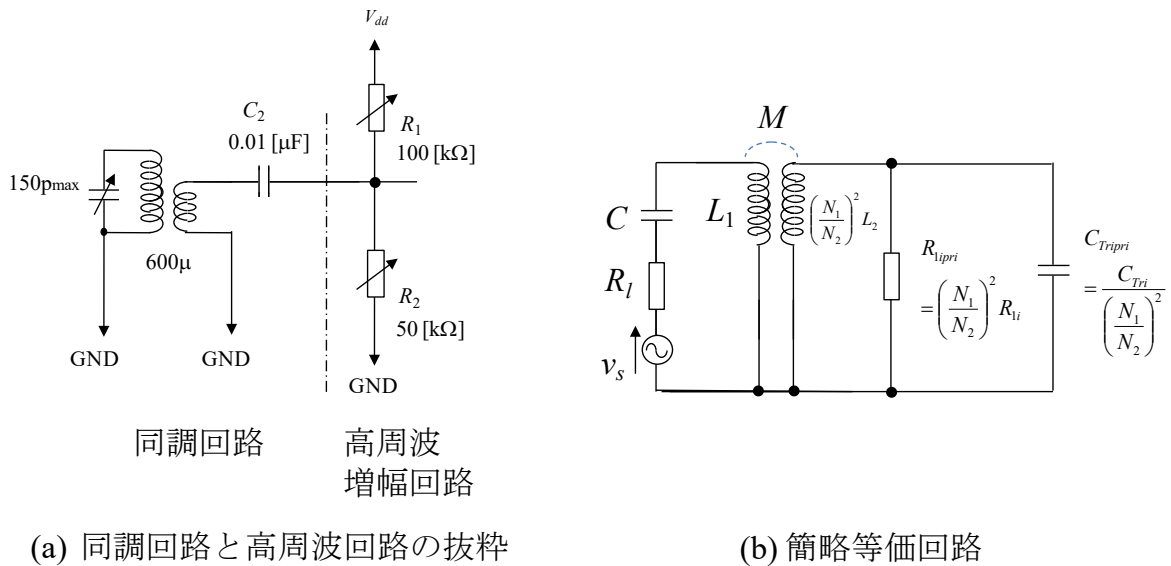


図2.3.5 同調回路の二次巻線と高周波増幅回路の接続

[簡略等価回路](#)

[Q値](#)

[共振回路の周波数特性](#)

[共振周波数](#)

[直列共振回路](#)

[同調回路](#)

[バーアンテナ](#)

[ポリバリコン](#)

本稿では同調回路の概要を記してあります。各理論式の導出の詳細は

[「電子回路の基礎 I \(同調回路, 高周波増幅回路\) 改訂版」 kindle 版](#)
にまとめて、Amazon より出版しています。

著者：古橋 武

名古屋大学工学研究科情報・通信工学専攻

furuhashi at nuee.nagoya-u.ac.jp

本稿の内容は、著作権法上で認められている例外を除き、著者の許可なく複製することはできません。