

# パイマツチの話

10. 3. 7 西九州ハムフェアー

今年の正月、読売新聞に九州工業大学創立100周年の特集記事がありました。その中で、我が国の工業技術発展に貢献したOBの方が紹介されていましたが、NHKで放送機器の研究開発に活躍された島山鶴雄氏の業績もありました。

戦後、アマチュア無線が再開されてしばらくの間は、リグはすべて自作でした。送信機受信機を自作できる程のアンカバーが、2アマに合格出来ない時期もありました。当時避けて通れないのがパイマツチ回路でした。

島山鶴雄氏は世界に先駆け、パイマツチ回路を放送機に採用した方です。パイマツチは調整が難しいということで敬遠されていたそうです。

パイマツチを我が国で初めて紹介した方は、同じNHKの技師、小池勇二郎氏です。氏は、昭和13年8月の電気通信学会誌の論文で、パイマツチの簡易な設計法を発表しました。(小池氏はのちに東北大学教授に就任後、松下幸之助にこわれて松下電気東京技研の所長を勤められました。戦中、シンガポールで入手したレーダーに関するメモを翻訳したメンバーとしても有名です。その時レーダーに使用されていた、YAGIアンテナの話は忘れることは出来ません。)

昭和13年(私が生まれた1年前)当時、NHKでさえも放送機は勘と経験によるカットアンドトライで作られていたそうです。外国から輸入した放送機器を真似る分にはそれで事足りたと思われませんが、より高性能の放送機を開発するためには、理論的な設計が欠かせません。放送機の神様といわれた島山氏は、無線工学の分野で理論と実際を実践したお一人だと思います。外国から科学技術を導入した我が国では、各分野で島山氏のような方が活躍されたものと思います。

島山氏はまず、電力増幅器の出力回路にパイマツチを採用しました。調整が難しいと敬遠された回路ですが、出力にダミー抵抗を使うことで調整が容易になり、回路損失が少ない上に、高調波も減衰するので、自らが設計するすべての放送機に、パイマツチを採用しました。(ラジオの送信アンテナは、ほとんど接地アンテナであるから、 $\pi$ マツチは具合がよい)外国では、多くのメーカーが電磁結合回路を使用しており、戦後5年(昭和25年)ごろに、ようやく世界の放送機がパイマツチを採用するようになりました。私は、昭和30年に、先輩(現JA6AAK)の物真似で $\pi$ マツチを採用?していましたので、この頃ハムにも普及したものと思います。その後、メーカーの真空管式のハム用リグには全て $\pi$ マツチが採用されたことは、周知のことです。

参考文献 放送機の神様 島山鶴雄の生涯 中田 薫 (本の注文はWEBで紹介されています)  
無線送信機の設計と調整 上、下 島山鶴雄 近代科学社 等他  
WEBで知りえたものもあります。

# アマチュア無線とπマッチ

'10.3.7 西本ハム7E7-

昭和13年8月、NHKの小池氏によりπマッチの紹介と簡易な設計法が発表されました。戦前のアマチュアがπマッチを使用していたかは知りませんが、当時のハムはプロの人が多かったので小池論文を見たハムがπマッチを使用していたかも知れません。

戦後昭和27年アマチュア無線が再開された時、すでにπマッチで開局した局があったようです。昭和28年3月に発行されたラジオアマチュアハンドブックには、リンク結合の送信機が主で、πマッチのことはあまり書かれていません。当時は同軸ケーブルがまだ入手困難でしたので、タイポールやツエップには、はしごファイダーが使用され、逆Lのようなロングワイヤーにパイマッチが使われていたものと思われます。πマッチはどのようなロングワイヤーにも電波が乗るということで、私も昭和30年には先輩の真似をしてπマッチで遊んでいました。その後、同軸の使用とバンド切り替えの容易さからほとんどのリグがπマッチとなりましたが、リグの半導体化とともにπマッチは真空管リニア以外では見るものがなくなりました。現在は、πマッチの調整が出来るハムも少なくなったと思いますが、πマッチの設計式は現在でも使われているようです。

我が家にあるπマッチの資料は、

SSB送受信の設計 岡本次雄 (JA1CA)

昭和36オーム社

リニアアンプハンドブックの記事

米田治雄 (JA1ANG)

昭和47CQ出版

リニアアンプ製作集 MJ社

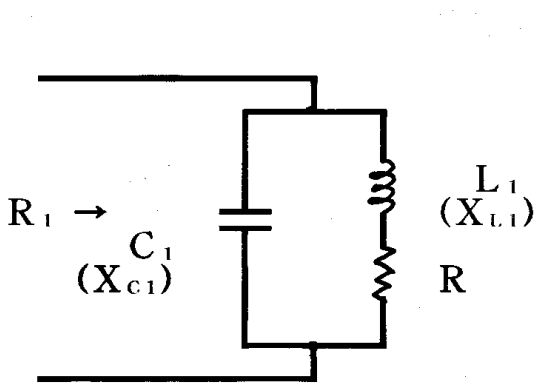
無線送信機の設計と調整(上) 島山鶴雄

昭和31近代科学社

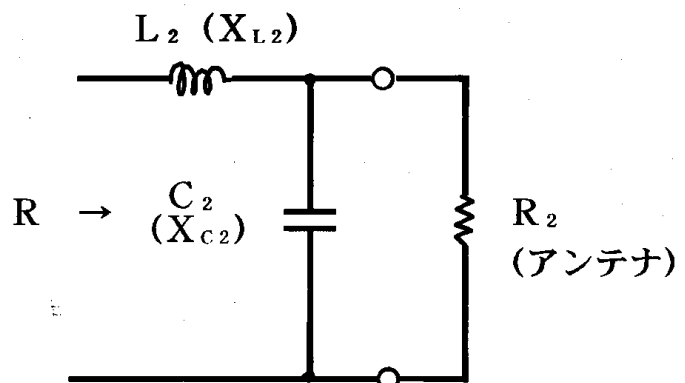
いずれの資料も、小池勇二郎氏の論文から引用されたものと思います。島山鶴雄氏は、昭和2年現在の九州工業大学を卒業し、NHKで世界に先駆け放送機にπマッチを採用した方です。岡本次雄氏の著書には、小池、島山両氏の名前が参考文献として出てきます。ここ5年ぐらいの間に、OM達は天国に旅立たれました。14Mでお礼を述べたかったのですが、不真面目なハムはそれもかないませんでした。

無線送信機の設計と調整は、今年の正月ネットで入手したものです。πマッチのことが具体的に記述されています。

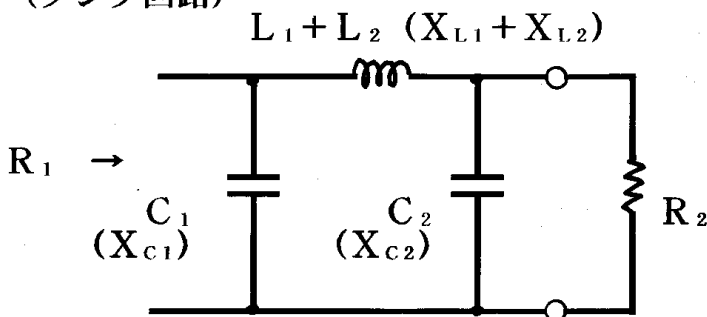
# パイマッチ回路設計の概要



(a) 並列共振回路  
(タンク回路)



(b) インピダンス変換回路



(c) パイマッチ回路

(a図のRの代わりにb図の回路を接続したもの)

a図のようなタンク回路を考える。Rはアンテナインピダンス (50Ω) がインピダンス変換された仮想インピダンスである。R<sub>1</sub>は真空管の最適負荷インピダンス、S<sub>1</sub>を回路の実効Qとする。R<sub>1</sub>とS<sub>1</sub> (ラジオTXでは6~10、リニアアンプでは12~15) を決めれば、次のような簡単な公式でコイルやコンデンサーの定数が算出できる。

$$X_{C1} = \frac{R_1}{S_1}$$

$$X_{C1} = \frac{1}{\omega C_1}$$

$$R = \frac{R_1}{1 + S_1^2}$$

$$X_{L1} = \omega L_1$$

$$X_{L1} = R S_1$$

$$\omega = 2\pi f \quad (f \text{ 周波数})$$

b図はアンテナインピダンスをRに変換する回路である。RとR<sub>2</sub>を与えれば、次のような簡単な公式でコイルやコンデンサーの定数が算出できる。

$$S_2 = \sqrt{\frac{R_2}{R} - 1}$$

$$X_{C2} = \frac{1}{\omega C_2}$$

$$X_{C2} = \frac{R_2}{S_2}$$

$$X_{L2} = \omega L_2$$

$$X_{L2} = R S_2$$

$$\omega = 2\pi f$$

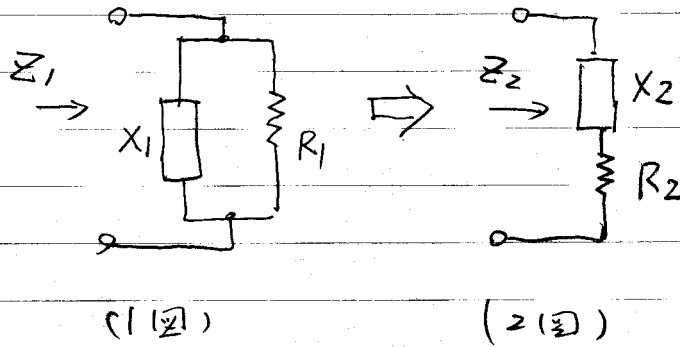
現在はSはQで表す  
Sは小池論文、  
島山氏の著書で使われて  
いる。

これらの公式は、回路の並列、直列変換で簡単に誘導できる。現在も使われている。

πネットワークの右端数を求める式の誘導.

JAGA QO

並列 → 直列変換 (並列回路を直列の等価回路に変換する)



$X_1$  リアクタンス  
 $X_2$

(1図), (2図) は互いに等価回路である

1図のインピーダンス  $Z_1$  は.

$$Z_1 = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{jX_1}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} - \frac{j}{X_1}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{j}{X_1}} \cdot \frac{1}{\frac{1}{R_1} - \frac{j}{X_1}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1^2} + \frac{1}{X_1^2}} + j \frac{1}{\frac{1}{R_1^2} + \frac{1}{X_1^2}}$$

$$= \frac{\frac{R_1^2}{R_1}}{\frac{R_1^2}{R_1^2} + \frac{R_1^2}{X_1^2}} + j \frac{\frac{X_1^2}{X_1}}{\frac{X_1^2}{R_1^2} + \frac{X_1^2}{X_1^2}} = \frac{R_1}{1 + \frac{R_1^2}{X_1^2}} + j \frac{X_1}{1 + \frac{X_1^2}{R_1^2}} \quad \frac{R_1}{X_1} = S_1 \text{ とする.}$$

$$Z_1 = R_1 \frac{1}{1 + S_1^2} + j X_1 \frac{1}{1 + \frac{1}{S_1^2}} = R_1 \frac{1}{1 + S_1^2} + j X_1 \frac{S_1^2}{S_1^2 + 1}$$

$$= R_1 \frac{1}{1 + S_1^2} + j X_1 \frac{S_1^2}{1 + S_1^2} \quad \text{--- (1)}$$

2図のインピーダンス  $Z_2$  は 1図の  $Z_1$  と等価であれば (1) 式より

$$Z_2 = R_2 + j X_2 \quad \text{--- (2)} \quad R_2 = R_1 \frac{1}{1 + S_1^2}, \quad X_2 = X_1 \frac{S_1^2}{1 + S_1^2} \quad \text{--- (3)}$$

$\frac{X_2}{R_2} = S_2$  とすれば (3) 式より.

$$S_2 = \frac{X_2}{R_2} = \frac{\frac{X_1 S_1^2}{1 + S_1^2}}{\frac{R_1}{1 + S_1^2}} = \frac{X_1}{R_1} S_1^2 = \frac{1}{S_1} S_1^2 = S_1 \quad \therefore S_1 = S_2 \text{ となる}$$

$S_1 = S_2 = S$  とすると.

$$S = \frac{R_1}{X_1} = \frac{X_2}{R_2} \quad \text{--- (4)} \quad \text{以上整理すれば}$$

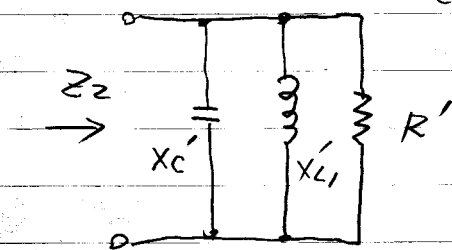
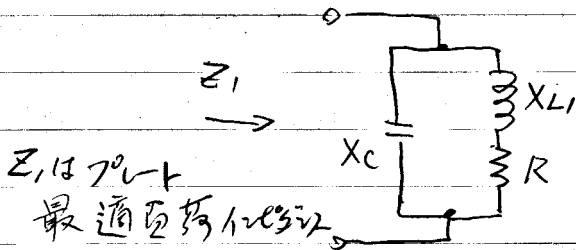
$$\left. \begin{aligned} R_2 &= \frac{R_1}{1 + S^2} & R_1 &= R_2 (1 + S^2) \\ X_2 &= X_1 \frac{S^2}{1 + S^2} & X_1 &= X_2 \frac{1 + S^2}{S^2} = R_2 \frac{1 + S^2}{S} \end{aligned} \right\} \text{--- (5)}$$

5式の内  $R_1 = R_2 (1 + S^2)$  より

$$1 + S^2 = \frac{R_1}{R_2} \quad S^2 = \frac{R_1}{R_2} - 1 \quad S = \sqrt{\frac{R_1}{R_2} - 1}$$

$$S = \frac{R_1}{X_1} = \frac{X_2}{R_2} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2} - 1} \quad \text{--- (6)}$$

以上の関係を利用して 同調回路 (クワン回路) の各定数を求める (符号は異す)



(4) 図 共振時

$$Xc' = Xc = XL1$$

$$Z1 = Z2 = R'$$

$$S1 = \frac{XL1}{R} \quad XL1 = R S1 \quad \text{--- (7)}$$

(5) 式より,  $X_{L1}' = X_{L1} \frac{1+S1^2}{S1^2} \quad R' = R (1+S1^2) \quad \text{--- (8)}$

回路が同調 (共振) したければ

$$Xc = Xc' = XL1 \frac{1+S1^2}{S1^2} \quad \text{--- (9)}$$

$$Z1 = Z2 = R' = R (1+S1^2) \quad \text{--- (10)}$$

(7) (9) (10) 式より,

$$Xc = XL1 \frac{1+S1^2}{S1^2} = R \cdot S1 \frac{1+S1^2}{S1^2} = \frac{Z1}{1+S1^2} \cdot S1 \frac{1+S1^2}{S1^2} = \frac{Z1}{S1}$$

(8) 式より  $R = \frac{R'}{1+S1^2} = \frac{Z1}{1+S1^2}$

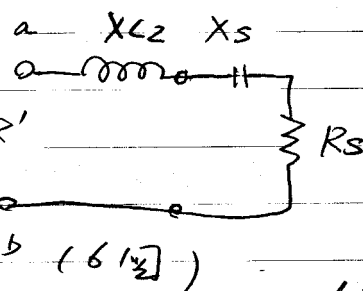
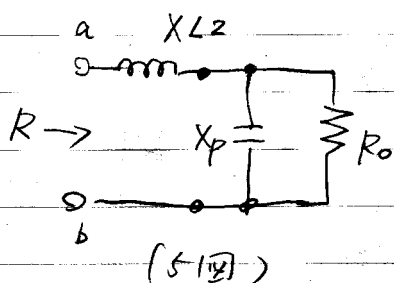
以上整理すると,

$$Xc = \frac{Z1}{S1}, \quad R = \frac{Z1}{1+S1^2}, \quad XL1 = R \cdot S1$$

$Z1$  (コイル負荷インピーダンス) と回路の  $Q$  (=  $Q$  は  $S1$ ) が与えられると、クワン回路の  $Xc$ ,  $XL1$ ,  $R$ , が求まる。

ラジオ放送機では  
 $S1(Q1) = 6 \sim 10$   
 無線機では  
 $S1(Q) = 12 \sim 15$

平行インピーダンス  $R_0$  を 3 図の  $R$  (理想抵抗) に変換する回路。  
 インピーダンス変換回路。



$XL_2, X_S$  が共振して  
 マッチングがとれる。  
 $R = R' = R_S$

6 図は 5 図の等価回路。

(5 図) より  $S_2 = \frac{R_0}{X_P}$   $X_P = \frac{R_0}{S_2}$  — (12)

(5)(6) 式から (符号は異なり)

$X_S = X_P \frac{S_2^2}{1+S_2^2}$   $R_S = \frac{R_0}{1+S_2^2}$

( ) は (5) 式の符号

6 図の同調 (共振) すれば  $R = R' = R_S$  とすれば。

$X_{L2} = X_S = X_P \frac{S_2^2}{1+S_2^2}$  — (13)

(14) 式より

$R = R' = R_S = \frac{R_0}{1+S_2^2}$  — (14)

$R(1+S_2^2) = R_0$

$S_2^2 = \frac{R_0}{R} - 1$

$S_2 = \sqrt{\frac{R_0}{R} - 1}$  — (15)

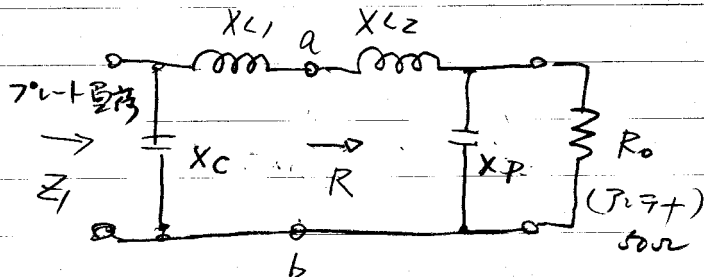
(12)(13)(14) 式より

$X_{L2} = X_P \frac{S_2^2}{1+S_2^2} = \frac{R_0}{S_2} \frac{S_2^2}{1+S_2^2} = \frac{S_2 R_0}{1+S_2^2} = \frac{S_2 R (1+S_2^2)}{1+S_2^2} = S_2 \cdot R$

以上整理すると。

$$\begin{cases} X_C = \frac{Z_1}{S_1} \\ R = \frac{Z_1}{1+S_1^2} \\ X_{L1} = R \cdot S_1 \end{cases} \quad \begin{cases} X_{L2} = S_2 \cdot R \\ X_P = \frac{R_0}{S_2} \\ S_2 = \sqrt{\frac{R_0}{R} - 1} \end{cases}$$

$$X_L = X_{L1} + X_{L2}$$



3 図の  $R$  の代りに 5 図のマッチング回路を接続したもの。

$S_2 = \sqrt{\frac{R_0}{R} - 1}$  を代入すれば  $X_{L2}$   $X_P$  は次の式で表わされる。

$$X_{L2} = S_2 R = R \sqrt{\frac{R_0}{R} - 1} = \sqrt{R^2 \left( \frac{R_0}{R} - 1 \right)} = \sqrt{R R_0 - R^2}$$

$$= \sqrt{R(R_0 - R)}$$

$$X_P = \frac{R_0}{S_2} = \frac{R_0}{\sqrt{\frac{R_0}{R} - 1}} \quad X_P^2 = \frac{R_0^2}{\frac{R_0}{R} - 1} = \frac{R_0^2}{\frac{R_0 - R}{R}} = \frac{R_0^2 R}{R_0 - R}$$

$$X_P = R_0 \sqrt{\frac{R}{R_0 - R}} \quad \left\{ \begin{array}{l} X_P = X_{C2} = R_0 \sqrt{\frac{R}{R_0 - R}} \\ X_{L2} = \sqrt{R(R_0 - R)} \quad \text{で表わせる。} \end{array} \right.$$

この式の誘導はややわずらわしいので、アドミタンスを用いて解いた方がわかりやすい。

以上、島山 富雄「無線送信機の設計と調整」  
近代科学社（昭31年）から元マツダの基本式を解いて見ました。

島山氏は九州工業大学（旧明治専門学校）の出身で  
5年前99才で旅立られました。