



## 送信終段 $\pi$ マッチの $L$ 値をどう決めるか?

# ポアンカレ視点で見る 3素子 $\pi$ 型リアクタ回路

大平 孝  
Takashi Ohira

コイルやコンデンサを高周波回路に組み込むと、インピーダンスがスミス・チャート上で円弧状の軌跡を描きます。その円弧の軌跡長をポアンカレ視点で計量する技を文献(1)で学びました。本記事ではその技を駆使して3素子  $\pi$  型リアクタ回路の設計理論を組み立てます。

### 1 電力増幅回路に必須のインピーダンス整合

RF業界の三つの市場「放送、無線通信、ワイヤレス電力伝送」、いずれにおいてもシステム実現に必須となる機能として高周波電力増幅があります。電力増幅回路を負荷(アンテナなど)に接続する際にポイントとなるのがインピーダンス整合です。

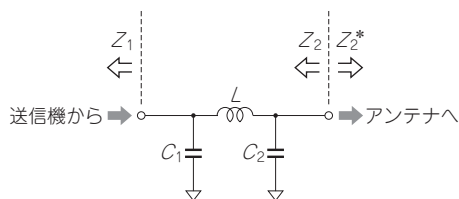
送信機(電力増幅回路)の出力インピーダンスを  $Z_1$ 、アンテナの入力インピーダンスを  $Z_2^*$  とします。上付き\*は複素共役を意味します。もし  $Z_1 = Z_2^*$  なら、すでに整合しているので送信機にアンテナをそのまま接続できます。

システムによっては  $Z_1$  と  $Z_2$  が互いに離れている場合があります。そのときに解決策として登場するのが整合回路です。送信機とアンテナの間に挿入する整合回路の例を写真1に示します。複数のプラグイン・コイルと可変コンデンサ(バリコン)から構成されており、送信機とアンテナのインピーダンスに合わせてこれら複数のリアクタを調整することで幅広い整合が可能です。整合がうまくできているかどうかは定在波(コラム参照)を観測することで確認できます。

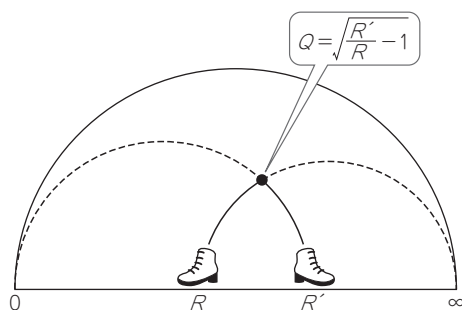
### 2 リアクタ3素子による $\pi$ 型整合回路

ここでは簡単のため3個のリアクタ素子(LC)から成る基本的な整合回路を考えます。3素子整合回路としてよく使われるのが図1に示す低域通過  $\pi$  型トポロジです。この回路に求められる機能はインピーダンスを  $Z_1$  から  $Z_2$  へ変換することです。

インピーダンスが回路内部で辿る軌跡を図2(p.133)のスミス・チャートに示します。このチャート上の点



〈図1〉3素子  $\pi$  型リアクタ回路トポロジ



〈図3〉<sup>(1)</sup>垂円の足位置から交点の  $Q$  値がわかる

を三つのLC素子が描く円弧に沿って出発点  $Z_1$  から目的地  $Z_2^*$  まで到達させることができれば任務完了です。つまり設計において決定すべきパラメータ数はLC素子の数、すなわち3です。

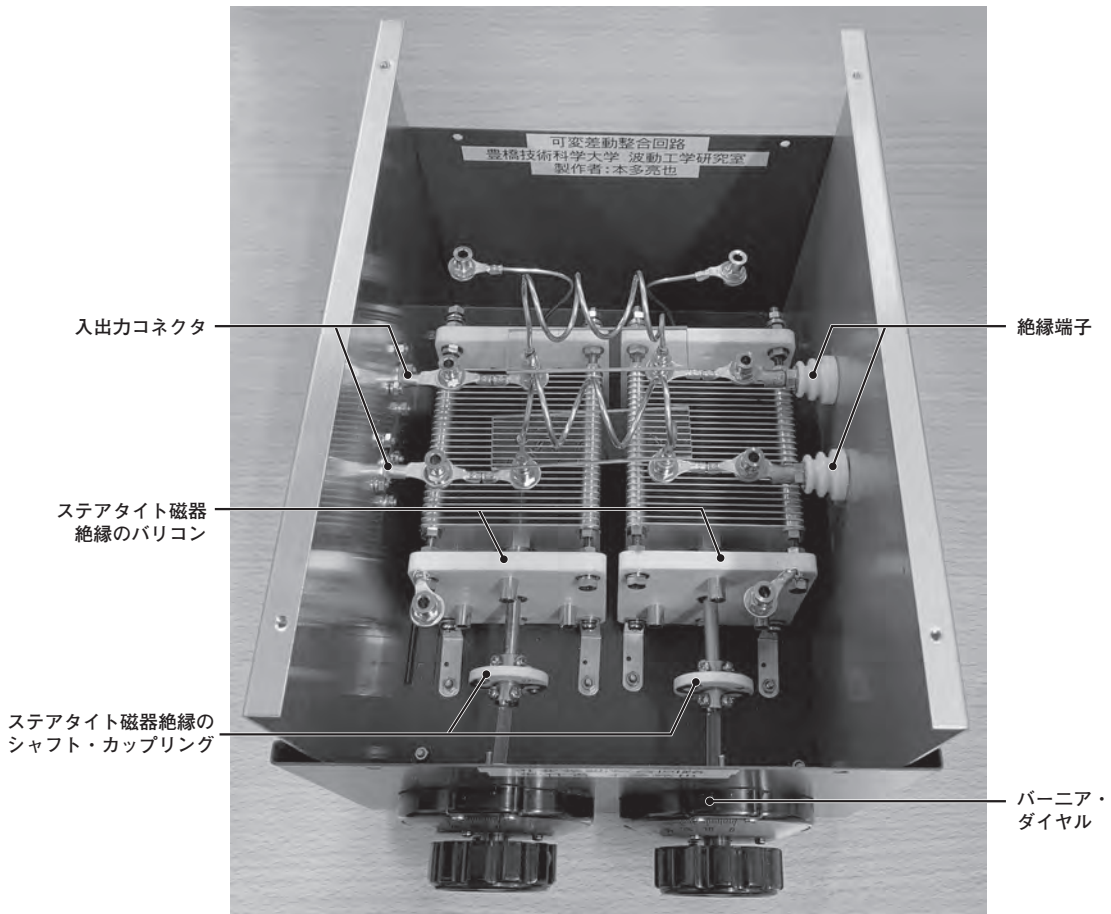
#### 2.1 設計自由度

出発点  $Z_1$  と目的地  $Z_2^*$  が要求仕様として与えられているとすると、上記三つの自由度のうち、これで二つが消費されています。リアクタ素子数は3なので、まだ自由度が一つ残っています。つまり、送信機とアンテナが決まっても、三つのLC素子の値は一意に定まらないということです。

そこで、残った自由度1を円弧の軌跡長を最小化する目的に活用しようというのが今回の理論構築の趣旨です。

#### 2.2 垂円の足位置に着目

LC素子の軌跡長を計算する公式を文献(1)で学びました。簡潔におさらいをします。図3に示すようににチ



〈写真1〉手巻きプラグイン・コイルとステアタイト・バリコンによるHF帯1kW級可変リアクタ回路  
(設計製作：豊橋技術科学大学 4年生 本多亮也君)

ヤート上の1点(●印)から地平線に下ろした二つの垂円の足の抵抗値セット( $R, R'$ )から $Q$ 値を計算します。

$$Q = \sqrt{\frac{R'}{R} - 1} \dots\dots\dots (1)$$

この公式を使って円弧の両端の $Q$ 値を計算し、それらの差が軌跡長になります。

$$\Lambda_{12} = |Q_1 - Q_2| \dots\dots\dots (2)$$

ここで縦棒記号2本は絶対値を意味します。

### ■ 2.3 各点の $Q$ 値

図2上の各点の $Q$ 値を求めてみましょう。まず送信機の出カインピーダンス点 $Z_1$ の $Q$ 値はどうなるでしょうか。垂円の足位置を見ると( $R_1, R_3$ )です。これを公式(1)に代入すればOKです。

$$Q_{13} = \sqrt{\frac{R_3}{R_1} - 1} \dots\dots\dots (3)$$

次にコンデンサ $C_1$ を並列接続します。すると足位置が( $R_2, R_3$ )へ移動します。

$$Q_{23} = \sqrt{\frac{R_3}{R_2} - 1} \dots\dots\dots (4)$$

そしてコイル $L$ を直列接続します。足位置が( $R_2, R_5$ )へ移動します。

$$Q_{25} = \sqrt{\frac{R_5}{R_2} - 1} \dots\dots\dots (5)$$

最後にコンデンサ $C_2$ を並列接続します。足位置が( $R_4, R_5$ )へ移動します。

$$Q_{45} = \sqrt{\frac{R_5}{R_4} - 1} \dots\dots\dots (6)$$

上記4式ともに左辺 $Q$ の添字が右辺 $R$ の添字にそれぞれ呼応しています。とくに $Q_{45}$ は点 $Z_2$ のみならず鏡像位置にある点 $Z_2^*$ の $Q$ 値(すなわちアンテナの入力 $Q$ 値)にも等しくなります。これでチャート上にある五つの点の $Q$ 値がすべて出そろいました。

### ■ 2.4 各円弧の軌跡長

円弧の始点と終点の $Q$ 値がわかると、それらを公式(2)に代入することで軌跡長 $\Lambda$ が求まります。例えば