

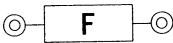
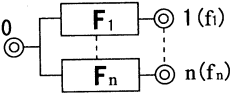
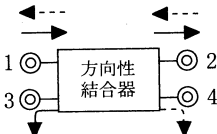
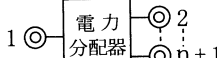
このPDFは、CQ出版社発売の「実用マイクロ波技術講座 -理論と実際- 第2巻」の一部分の見本です。
内容・購入方法などにつきましては是非以下のホームページをご覧ください。
<http://www.cqpub.co.jp/hanbai/books/79/79721.htm>

第6章 マイクロ波回路の回路網的取扱いと性質

6.1 主な受動マイクロ波回路の機能とそれらの行列による表示。

代表的なものと機能を列記すると表 6.1 のようになる。

表 6.1 受動マイクロ波回路の主な例と機能

回路	種類と機能	開孔（端子対）数
フィルター	フィルター F には以下の種類がある。  (イ) L.P.F.（低域通過フィルター） (ロ) H.P.F.（高域通過フィルター） (ハ) B.P.F.（帯域通過フィルター） (ニ) B.R.F.（帯域阻止フィルター）	2 開孔
分波、合波回路、デュープレクサーおよびマルチプレクサー	 開孔 0 に入射した $f_1 \cdots f_n$ の周波数成分の電波は夫々 $F_1 \cdots F_n$ の B.P.F. を経て開孔 1 $\cdots$ n に分波される。 $n = 2$ のとき、デュープレクサーと呼ばれ、 $n > 2$ の時マルチプレクサーと呼ばれる。逆に 1 $\cdots$ n に $f_1 \cdots f_n$ の電波を加えると開孔 0 に合成され合波器となる。	$n + 1$ 開孔
方向性結合器、ブリッジ (3dB 方向性結合器) 90° ハイブリッド	 開孔 1 に加わった電波は実線矢印のように進み、開孔 2 と 3 に現れ、開孔 2 に加わった電波は点線矢印のように進み開孔 1 と 4 に現れる。したがって、2 に接続された負荷に進む進行波は開孔 3 で検出され、また反射波は開孔 4 で検出されるため方向性結合器と呼ばれる。これが対称回路で作られるとき 2 と 3 間（実線矢印のとき）または 1 と 4 間（点線矢印のとき）の位相差は 90° となるので 90° ハイブリッドと呼ばれる。	4 開孔
電力分配器と電力合成器	 開孔 1 に加わった電波が、開孔 2 $\cdots$ $n + 1$ に現れ、開孔 $i (\neq 1)$ に加わった電波は開孔 $j (\neq 1, \neq i)$ に生じない回路をいう。	$n + 1$ 開孔

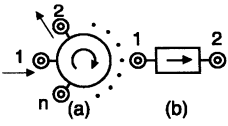
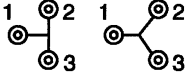
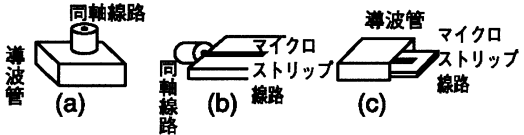
回路	種類と機能	開孔（端子対）数
サーキュレータ、アイソレータ	 図 (a) で開孔 1 に電波を加え開孔 2 に整合負荷を接続すると 2 に電波が生じ、他の開孔には生じない。これを $1 \rightarrow 2$ の記号で示すと、$2 \rightarrow 3$、$3 \rightarrow 4 \cdots n \rightarrow 1$ のように循環する回路をサーキュレータと呼ぶ。図 (b) で開孔 1 に加わった電波は開孔 2 に生じるが、開孔 2 に加わった電波は 1 には生じない回路をアイソレータと呼ぶ。図 (a) で $n = 3$ とし、開孔 3 に整合負荷を接続すると $1 \rightarrow 2$ のアイソレータができる。	n 開孔
減衰器	 図のように開孔 1 に加わった電波を減衰させて開孔 2 に生じさせるものを呼び、抵抗を用いた抵抗減衰器と、開孔 1 と 2 との間をエバネセント波で結んだリアクタンス減衰器がある。減衰度が可変できるものを可変減衰器という。	2 開孔
位相器	 開孔 1 に加わった電波は図のように θ ラジアン位相が遅れて開孔 2 に現れる。θ を可変できるものを可変位相器という。	2 開孔
整合回路、変成器やリアクタンス回路	 開孔 2 に非整合の負荷を接続したとき、開孔 1 から負荷側を見たインピーダンスが電源インピーダンスと共軛になるようにするため電源と非整合負荷との間に挿入される回路で、$\frac{\lambda}{4}$ 変成器や純リアクタンス回路などが用いられる。	2 開孔
分岐回路	 図に 2 分岐回路を示した。これは形状によって左図を T 分岐および右図を Y 分岐と呼ぶことがある。	$n(\geq 3)$ 開孔
導波路変換器	 同軸導波管変換器 (a)、同軸マイクロストリップ線路変換器 (b) および導波管マイクロストリップ線路変換器 (c) を示した。種々の導波路間の変成器がある。	2 開孔

表 6.1 に示したように、入力及び出力開孔からなる 2 開孔 (2 端子対) 回路のみならず、 $n(> 2)$ 開孔回路まである。さて、これらの回路を回路網的に取り扱うには各開孔の電圧 $V_1 \cdots V_n$ と電流 $I_1 \cdots I_n$ との関係を知らなければならない、これを示すのに次に示すインピーダンス行列 (Z 行列) やアドミタンス行列 (Y 行列) がある。また、表 6.1 のいくつかの例で示した実線の矢印で示したように回路に進入する波と回路から出てゆく波との関係で示す方法がある。いま、 i 番目の開孔で回路に進入する波を開孔 i における進行波と定義し、 $a_i[i = 1 \cdots n]$ で示し、開孔 j で回路から出てゆく波を開孔 j における反射波と定義し $b_j[j = 1 \cdots n]$ で示すとき、 $b_1 \cdots b_n$ を $a_1 \cdots a_n$ で示すところの散乱行列 (S 行列) がある。ここで行列という言葉が出てきたが、以下の理由による。すなわち、 $(V_1 \cdots V_n)$ 、 $(I_1 \cdots I_n)$ 、 $(a_1 \cdots a_n)$ および $(b_1 \cdots b_n)$ は全て n ケのスカラ量の組であり、これらはベクトルである。そしてこれらのベクトルとベクトルとの関係を結ぶのが行列であるからである。いま式で示すと、

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} V_1 \\ \vdots \\ V_n \end{bmatrix} \quad (1-a)$$

$$\mathbf{I} = \begin{bmatrix} I_1 \\ \vdots \\ I_n \end{bmatrix} \quad (1-b)$$

$$\mathbf{a} = \begin{bmatrix} a_1 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} \quad (1-c)$$

$$\mathbf{b} = \begin{bmatrix} b_1 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix} \quad (1-d)$$

で示すとき、

$$\mathbf{V} = \mathbf{Z}\mathbf{I} \quad (2)$$

$$\mathbf{I} = \mathbf{Y}\mathbf{V} \quad (3)$$

$$\mathbf{b} = \mathbf{S}\mathbf{a} \quad (4)$$

と表せ、この Z 、 Y および S を夫々 Z 、 Y および S 行列と呼ばれている。

また $n = 2$ のときは、 F 行列 (5) 式、 H 行列 (6) 式、 G 行列 (7) 式および波動行列 (8) 式がある。

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \mathbf{F} \begin{bmatrix} V_2 \\ -I_2 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \mathbf{H} \begin{bmatrix} I_1 \\ V_2 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \mathbf{G} \begin{bmatrix} V_1 \\ I_2 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ a_1 \end{bmatrix} = \mathbf{W} \begin{bmatrix} a_2 \\ b_2 \end{bmatrix} \quad (8)$$

行列に関しては節を改めて説明する。

6.2 受動回路のインピーダンス行列（ Z 行列）とアドミッタンス行列（ Y 行列）

6.2.1 Z 行列と Y 行列が存在すること。

—— 一意性の定理（一般基礎 1 0）との関連 ——

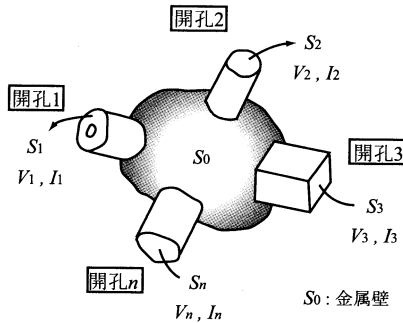


図 6.1 n 開孔回路

図 6.1 のような種々の種類の導波路をもつ n 開孔回路において、各開孔の電圧および電流を V_i および I_i [$i = 1 \cdots n$] とする。この V_i 、 I_i は一般基礎 4 で述べた定義のいずれを用いてもよい。いまモード電圧およびモード電流を用いた場合を考えると、各開孔の電界及び磁界の開孔面 S_i に接する成分を夫々 $\mathbf{E}_{ti}$ 、 $\mathbf{H}_{ti}$ とすると、

$$\mathbf{E}_{ti} = v_i \mathbf{e}_{ti} \quad (9-a) \quad \mathbf{H}_{ti} = I_i \mathbf{h}_{ti} \quad (9-b)$$

で示される。さて、図 6.1 に示すように、 $S_0, S_1 \cdots S_n$ で囲まれた中の領域の電界及び磁界を $\mathbf{E}$ 及び $\mathbf{H}$ とする

と、一般基礎 1 0 の一意性の定理により、開孔 $1 \cdots n$ の磁界 $\mathbf{H}_{ti}$ [$i = 1 \cdots n$] が決まると $\mathbf{E}$ 及び $\mathbf{H}$ が 1 組定まる。これは S_0 は金属壁なる故、 $\mathbf{E}_{t0} = 0$ であるためである。したがって各開孔の $\mathbf{E}_{ti}$ が決まる。一方、 $\mathbf{H}_{ti}$ が決まることは (9-b) 式より I_i が決まることであり、 $\mathbf{E}_{ti}$ が決まることは (9-a) 式より V_i が決まることであるから、結論として $I_1 \cdots I_n$ が与えられると、 $V_1 \cdots V_n$ が決まることである。これを式で表すと (2) 式は

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ \vdots \\ V_n \end{bmatrix} = Z \begin{bmatrix} I_1 \\ \vdots \\ I_n \end{bmatrix}, \quad Z = \begin{bmatrix} Z_{11} & \cdots & Z_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ Z_{n1} & \cdots & Z_{nn} \end{bmatrix} \quad (10)$$

で表せ、 Z 行列が 1 個定まる。

全く同様に一意性の定理に従えば、各開孔の電界 $\mathbf{E}_{ti}$ [$i = 1 \cdots n$] が定められても $\mathbf{E}$ および $\mathbf{H}$ は自動的に 1 組定まる。ゆえに上記の説明と全く同様に各開孔の電圧 $V_1 \cdots V_n$ が定まると、自動的に $I_1 \cdots I_n$ が求まる。これを式で表すと (3) 式は

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ \vdots \\ I_n \end{bmatrix} = Y \begin{bmatrix} V_1 \\ \vdots \\ V_n \end{bmatrix}, \quad Y = \begin{bmatrix} Y_{11} & \cdots & Y_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ Y_{n1} & \cdots & Y_{nn} \end{bmatrix} \quad (11)$$

で表せ、 Y 行列が 1 個定まる。以上述べた理由により、 n 開孔回路には、 n 行 n 列の Z 行列あるいは Y 行列が 1 個存在することがわかる。