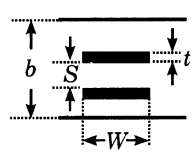


(イ) ブロードサイド結合形

(i) 横形：線路の面が接地板に平行

$$\left. \begin{aligned}
 Z_e &= \frac{60\pi}{\sqrt{\epsilon_r} \left[\frac{W}{b} + \frac{1}{1 - \frac{S}{b}} + A \right]} & Z_0 &= \frac{60\pi}{\sqrt{\epsilon_r} \left[\frac{W}{b} + \frac{1}{1 - \frac{S}{b}} + \frac{W}{s} + B \right]} \\
 A &= 0.443 + \frac{1}{\pi} \left[\ln \frac{1 + \frac{t}{b}}{1 - \frac{S}{b}} + \frac{S + \frac{2t}{b}}{1 - \frac{S}{b}} \ln \frac{1 + \frac{2t}{b}}{\frac{S}{b} + \frac{2t}{b}} \right] \\
 B &= \frac{1}{\pi \frac{S}{b}} \left[\ln \frac{1}{1 - \frac{S}{b}} + \frac{S}{1 - \frac{S}{b}} \ln \frac{S}{b} \right] + \frac{2}{\pi} \left\{ \left(1 + \frac{t}{S} \right) \ln \left(1 + \frac{t}{S} \right) - \left(\frac{t}{S} \right) \ln \frac{t}{S} \right\}
 \end{aligned} \right\} \quad (5.14)$$


ブロードサイド結合 [5-19] [5-20] [5-21]

(5.14) 式を (5.13-f), (5.13-g), (5.13-h) 式に代入すると C[dB] を与えて S/b と W/b が求まる。簡単のために $t = 0$ (一般に $W \gg t$ である) として求めると (5.15-a)~(5.15-c) 式となる [5-22]。

$$\frac{S}{b} = \frac{1 - \beta_{max}}{1 + \beta_{max}} - \frac{\sqrt{\epsilon_r} Z}{188.3} \sqrt{\frac{1 - \beta_{max}}{1 + \beta_{max}}} [0.4413] \quad Z: \text{開孔インピーダンス} \quad (5.15-a)$$

$$\frac{W}{b} = \left[\frac{188.3}{Z \sqrt{\epsilon_r}} \sqrt{\frac{1 - \beta_{max}}{1 + \beta_{max}}} - 4.4413 + \frac{1}{\pi} \left\{ \ln \frac{1}{1 - \frac{S}{b}} + \frac{\frac{S}{b}}{1 - \frac{S}{b}} \ln \frac{b}{S} \right\} \right] \left(1 - \frac{S}{b} \right) \quad (5.15-b)$$

$$\beta_{max} = 10^{-\frac{C[\text{dB}]}{20}} \quad (5.15-c)$$

(5.15-a), (5.15-b) 及び (5.15-c) 式より求めた値を表 5.8 に、またそれをグラフ化したものを図 5.19 に示す。

表 5.8 ブロードサイド結合ストリップ線路方向性結合器の結合度 C [dB], Z_e , Z_o , S/b 及び W/b の関係を示す表

C [dB]	Z_e	Z_o	$t/b=0.0$								
			s/b			w/b					
			$\epsilon_r = 2.6$	$\epsilon_r = 4.0$	$\epsilon_r = 10.0$	$\epsilon_r = 2.6$	$\epsilon_r = 4.0$	$\epsilon_r = 10.0$			
-1.0	208.512	11.990	0.012	0.001	-	0.096	0.007	-	-	-	
-1.2	190.391	13.131	0.019	0.007	-	0.138	0.039	-	-	-	
-1.4	176.318	14.179	0.027	0.014	-	0.176	0.068	-	-	-	
-1.6	164.985	15.153	0.035	0.021	-	0.209	0.094	-	-	-	
-1.8	155.608	16.066	0.043	0.028	-	0.240	0.119	-	-	-	
-2.0	147.684	16.928	0.051	0.035	-	0.268	0.141	-	-	-	
-2.2	140.876	17.746	0.059	0.043	-	0.294	0.161	-	-	-	
-2.4	134.947	18.526	0.067	0.050	-	0.317	0.180	-	-	-	
-2.6	129.723	19.272	0.076	0.058	0.006	0.339	0.197	0.006	-	-	
-2.8	125.078	19.987	0.084	0.066	0.012	0.359	0.213	0.014	-	-	
-3.0	120.914	20.676	0.093	0.074	0.018	0.377	0.228	0.022	-	-	
-3.2	117.153	21.340	0.102	0.082	0.024	0.395	0.242	0.029	-	-	
-3.4	113.737	21.981	0.110	0.090	0.030	0.411	0.255	0.036	-	-	
-3.6	110.616	22.601	0.119	0.098	0.037	0.425	0.267	0.043	-	-	
-3.8	107.752	23.201	0.128	0.107	0.043	0.439	0.278	0.050	-	-	
-4.0	105.112	23.784	0.136	0.115	0.050	0.452	0.289	0.056	-	-	
-4.2	102.670	24.350	0.145	0.123	0.057	0.463	0.298	0.061	-	-	
-4.4	100.402	24.900	0.154	0.131	0.063	0.474	0.307	0.067	-	-	
-4.6	98.289	25.435	0.163	0.140	0.070	0.484	0.316	0.072	-	-	
-4.8	96.317	25.956	0.171	0.148	0.077	0.493	0.324	0.077	-	-	
-5.0	94.469	26.464	0.180	0.156	0.084	0.502	0.331	0.081	-	-	
-5.2	92.735	26.959	0.189	0.164	0.091	0.509	0.337	0.086	-	-	
-5.4	91.104	27.441	0.198	0.173	0.098	0.516	0.344	0.090	-	-	
-5.6	89.566	27.912	0.206	0.181	0.105	0.523	0.349	0.093	-	-	
-5.8	88.114	28.372	0.215	0.189	0.112	0.529	0.354	0.097	-	-	
-6.0	86.740	28.822	0.223	0.197	0.119	0.534	0.359	0.100	-	-	
-6.2	85.438	29.261	0.232	0.205	0.126	0.539	0.363	0.103	-	-	
-6.4	84.203	29.690	0.240	0.213	0.133	0.543	0.367	0.106	-	-	
-6.6	83.029	30.110	0.249	0.222	0.139	0.546	0.371	0.109	-	-	
-6.8	81.912	30.521	0.257	0.230	0.146	0.550	0.374	0.111	-	-	
-7.0	80.848	30.922	0.266	0.238	0.153	0.552	0.377	0.114	-	-	
-7.2	79.833	31.315	0.274	0.245	0.160	0.555	0.379	0.116	-	-	
-7.4	78.864	31.700	0.282	0.253	0.167	0.557	0.382	0.118	-	-	
-7.6	77.938	32.077	0.290	0.261	0.174	0.558	0.384	0.120	-	-	
-7.8	77.053	32.445	0.298	0.269	0.181	0.560	0.385	0.121	-	-	
-8.0	76.205	32.806	0.307	0.277	0.187	0.560	0.387	0.123	-	-	
-8.2	75.392	33.160	0.315	0.284	0.194	0.561	0.388	0.124	-	-	
-8.4	74.612	33.507	0.322	0.292	0.201	0.561	0.389	0.126	-	-	
-8.6	73.864	33.846	0.330	0.300	0.207	0.561	0.389	0.127	-	-	
-8.8	73.145	34.178	0.338	0.307	0.214	0.561	0.390	0.128	-	-	
-9.0	72.455	34.504	0.346	0.314	0.221	0.560	0.390	0.129	-	-	
-9.2	71.791	34.824	0.353	0.322	0.227	0.560	0.390	0.130	-	-	
-9.4	71.151	35.136	0.361	0.329	0.233	0.559	0.390	0.130	-	-	
-9.6	70.536	35.443	0.369	0.336	0.240	0.557	0.390	0.131	-	-	
-9.8	69.943	35.743	0.376	0.344	0.246	0.556	0.389	0.131	-	-	
-10.0	69.371	36.038	0.383	0.351	0.252	0.554	0.389	0.132	-	-	

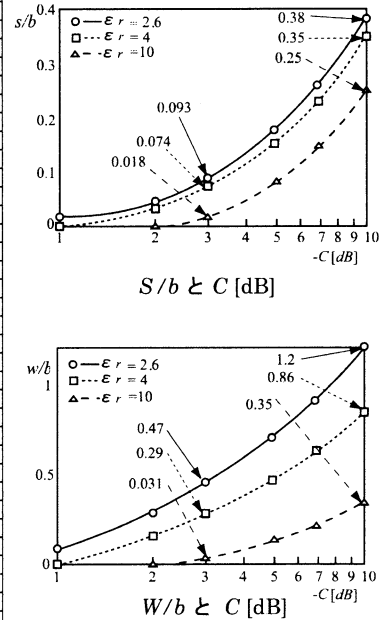


図 5.19 ブロードサイド結合ストリップ線路方向性結合器の C [dB], s/b 及び W/b の関係を示す図

(ii) 縦形：線路の面が接地板に垂直 [5-19]

$$Z_e = \frac{188.3 K(k)}{\sqrt{\epsilon_r} K(k')} \tag{5.16-a}$$

$$Z_o = \frac{296.1}{\sqrt{\epsilon_r} \cos^{-1} k + \log_e \frac{1}{k}} \tag{5.16-b}$$

$$k' = \sqrt{1 - k^2} \tag{5.16-c}$$

$$\frac{W}{b} = \frac{2}{\pi} \left[\tan^{-1} \left\{ \frac{k'}{k} \sqrt{\frac{1 - (\frac{k}{k'} \frac{S}{b})}{1 + (\frac{k'}{k} \frac{S}{b})}} \right\} - \frac{s}{b} \tan^{-1} \sqrt{\frac{1 - (\frac{k}{k'} \frac{S}{b})}{1 + (\frac{k'}{k} \frac{S}{b})}} \right] \tag{5.16-d}$$

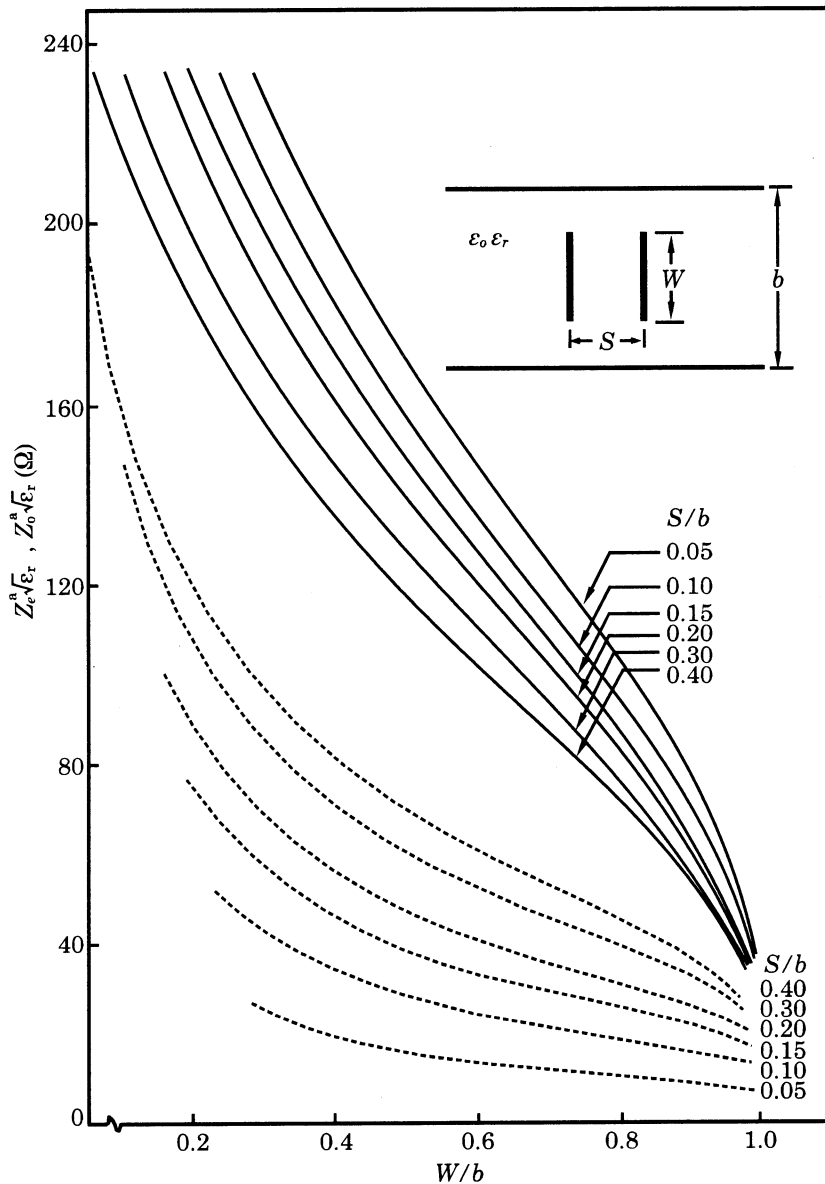


図 5.20 縦形ブロードサイド結合平行ストリップ線路の特性インピーダンス (Z_o^a , Z_e^a は $\epsilon_r = 1$ (空气中)の時の値)

この式は等角写像により S.B. Cohn によって [5.19] 求められた厳密解である。この式において、例えば Z_o を与えたとき、 b/s を与えるならば (5.16-b) 式より k が求まり (5.16-c) 式より k' が求まる。故に第 1 種の完全楕円積分 $K(k)$ 及び $K(k')$ が求まり Z_e が求まる。同時に (5.16-d) 式より W/b が求まる。この構造では、偶モード励振のインピーダンスが横形に比べて高くなり、一方奇モード励振では電界は両電極間に集まるから、 S をいくらでも狭めて Z_o を低くすることが

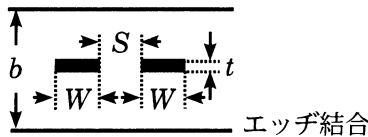
出来る. 従って Z_o を小さく Z_e を大にすることが横形に比べて容易になる. 故に結合度を大きくしたいときによい.

さて, 上記の手段で Z_e と Z_o とを $\sqrt{\epsilon_r}$ で正規化した値を S/b をパラメータにして W/b との関係を求めたのが図 5.20 である. この図を用いて結合度の大きい方向性結合器の W/b を求め, 図 5.19 と比較すると, 縦形のほうが W/b が大となっていることがわかる. 従って間隔よりも厚いものを作り得るから電力も増し, 製作誤差の影響を避け易くなる. 一形状は横形より大となるので妥当点を必要とする.

(口) エッジ結合形

$$\left. \begin{aligned} Z_e &= \frac{30\pi K(k'_e)}{\sqrt{\epsilon_r} K(k_e)} & Z_o &= \frac{30\pi K(k'_o)}{\sqrt{\epsilon_r} K(k_o)} \\ k_e &= \tanh\left(\frac{\pi W}{2b}\right) \tanh\left(\frac{\pi W+S}{2b}\right) & t=0 \text{ の時の厳密解} & \\ k_o &= \tanh\left(\frac{\pi W}{2b}\right) \coth\left(\frac{\pi W+S}{2b}\right) \end{aligned} \right\} (5.17-a), [5-23]$$

$$\left. \begin{aligned} Z_e &= \frac{30\pi(b-t)}{\sqrt{\epsilon_r} \left\{ W + \frac{bC_f}{2\pi} A_e \right\}} & A_e &= 1 + \frac{\ln(1 + \tanh \theta)}{\ln 2} \\ Z_o &= \frac{30\pi(b-t)}{\sqrt{\epsilon_r} \left\{ W + \frac{bC_f}{2\pi} A_o \right\}} & A_o &= 1 + \frac{\ln(1 + \coth \theta)}{\ln 2} \\ C_f &= 2 \ln\left(\frac{2b-t}{b-t}\right) - \frac{t}{b} \ln\left[\frac{t(2b-t)}{(b-t)^2}\right] & \theta &= \frac{\pi S}{2b} \end{aligned} \right\} (5.17-b), [5-23]$$



(5.17-b) 式を (5.13-f), (5.13-g) 及び (5.13-h) 式に代入すると, 与えられた C [dB] から逆に S/b 及び W/b の値を求める式が (5.18-a), (5.18-b) 及び (5.18-c) 式で求まる. ([5-24] に証明を行った)