

# スミスチャートについて

TDU



授業資料は  
<http://www.amplet.co.jp/tdu>  
または、  
<http://amplet.com/tdu>  
からダウンロードできます。

2011年6月9日 改定

東京電機大学  
ユビキタス無線工学  
講義資料

工学博士

根日屋 英之

Dr. Hideyuki Nebiya

2011/6/9

Private & Confidential

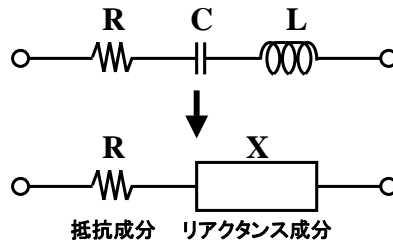
1

# スミスチャート

(教科書) 第2章

TDU

## ★インピーダンスとは



$$Z = R + j \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right) = R + jX$$

2011/6/9

Private & Confidential

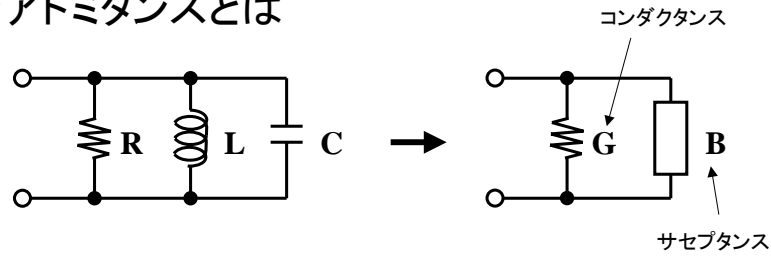
2

# スミスチャート

(教科書) 第2章

TDU

## ★アドミタンスとは



$$\begin{aligned}
 Y &= \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{1/j\omega C} = \frac{1}{R} - j\frac{1}{\omega L} + j\omega C \\
 &= \frac{1}{R} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right) = G + jB
 \end{aligned}$$

2011/6/9

Private & Confidential

3

# スミスチャート

(教科書) 第2章

TDU

## ★スミスチャート

インピーダンス平面の  $R \geq 0$  の範囲の

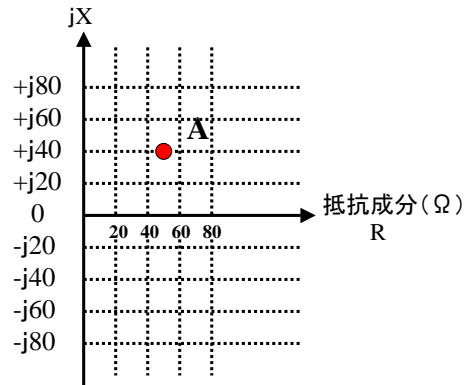
$R = \text{一定}$

$X = \text{一定}$

の直線群を平面に写像した図表

$$\begin{aligned}
 Z &= R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \\
 &= R + jX \\
 &= 50 + j40
 \end{aligned}$$

リアクタンス成分 ( $\Omega$ )



インピーダンス平面

2011/6/9

Private & Confidential

4

# スミスチャート

(教科書) 第2章

TDU

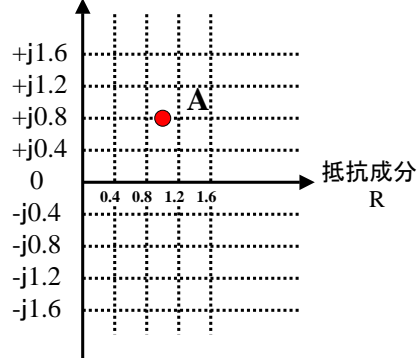
## ★正規化インピーダンス

抵抗成分とリアクタンス成分の値を、そのシステムで使われる特定インピーダンス $Z_0$ で割った値を、正規化(ノルマライズされた)インピーダンスという。

特性インピーダンスが50Ωのとき、

50Ω → 1、75Ω → 1.25

リアクタンス成分  
jX



正規化インピーダンス平面

2011/6/9

Private & Confidential

5

# 軸の重み付け

(教科書) 第2章

TDU

$$\text{重み付けの軸上の長さ} = 1 + \frac{R_n - 1}{R_n + 1} \quad \text{又は} \quad 1 + \frac{X_n - 1}{X_n + 1}$$

ここで、 $R_n$  は正規化インピーダンスの抵抗成分  
 $X_n$  は正規化インピーダンスのリアクタンス成分

$R_n$	$(R_n-1)/(R_n+1)$	軸上距離	$R_n$	$(R_n-1)/(R_n+1)$	軸上距離	$R_n$	$(R_n-1)/(R_n+1)$	軸上距離
0	-1	0	7	0.75	1.75	100	0.98019802	1.98019802
0.1	-0.81818182	0.18181818	7.5	0.764705882	1.764705882	200	0.990049751	1.990049751
0.2	-0.66666667	0.33333333	8	0.777777778	1.777777778	300	0.993355482	1.993355482
0.3	-0.53846154	0.46153846	8.5	0.789473684	1.789473684	400	0.995012469	1.995012469
0.4	-0.42857143	0.57142857	9	0.8	1.8	500	0.996007984	1.996007984
0.5	-0.33333333	0.66666667	9.5	0.80952381	1.80952381	600	0.996672213	1.996672213
0.6	-0.25	0.75	10	0.818181818	1.818181818	700	0.997146933	1.997146933
0.7	-0.17647059	0.82352941	20	0.904761905	1.904761905	800	0.997503121	1.997503121
0.8	-0.11111111	0.88888889	30	0.935483871	1.935483871	900	0.997780244	1.997780244
0.9	-0.05263158	0.94736842	40	0.951219512	1.951219512	1000	0.998001998	1.998001998
1	0	1	50	0.960784314	1.960784314	10000	0.99980002	1.99980002
1.5	0.2	1.2	60	0.967213115	1.967213115	100000	0.99998	1.99998
2	0.33333333	1.33333333	70	0.971830986	1.971830986	1000000	0.999998	1.999998
2.5	0.428571429	1.428571429	80	0.975308642	1.975308642	10000000	0.9999998	1.9999998
3	0.5	1.5	90	0.978021978	1.978021978	100000000	0.99999998	1.99999998
3.5	0.55555556	1.55555556	100	0.98019802	1.98019802	1000000000	0.999999998	1.999999998
4	0.6	1.6				∞	1	2
4.5	0.63636364	1.63636364						
5	0.66666667	1.66666667						
5.5	0.69230769	1.69230769						
6	0.71428571	1.71428571						
6.5	0.73333333	1.73333333						

[注記]  $X_n$  も同様に計算する

2011/6/9

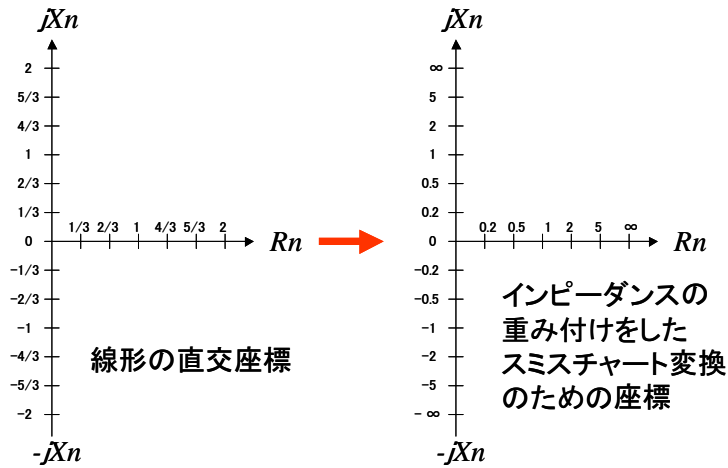
Private & Confidential

6

# 重み付け正規化 インピーダンス平面

(教科書) 第2章

TDU



2011/6/9

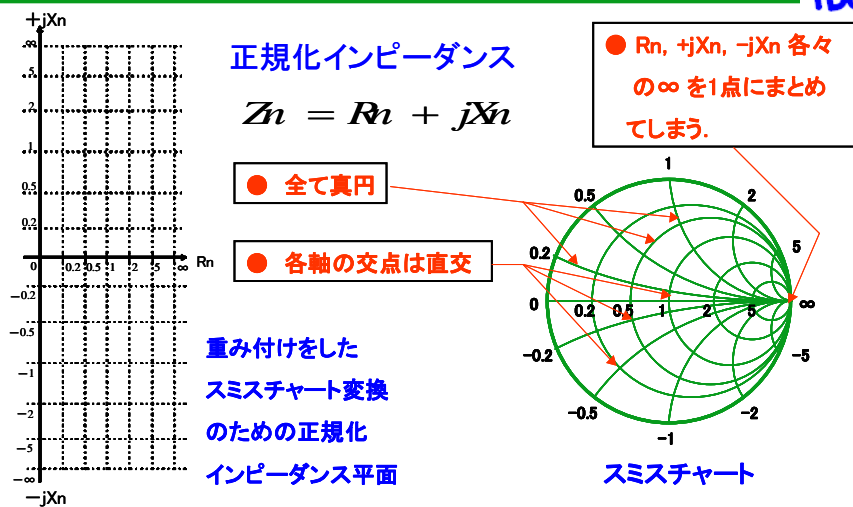
Private & Confidential

7

# スミスチャート

(教科書) 第2章

TDU



2011/6/9

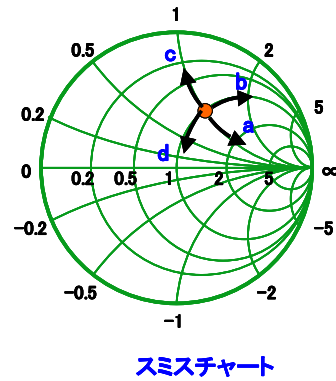
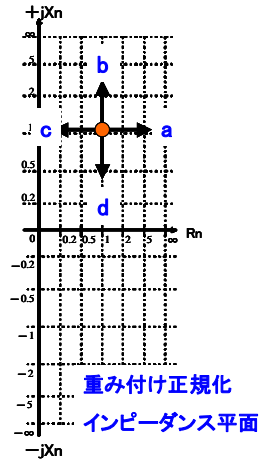
Private & Confidential

8

# インピーダンスの動き

(教科書) 第2章

TDU



2011/6/9

Private & Confidential

9

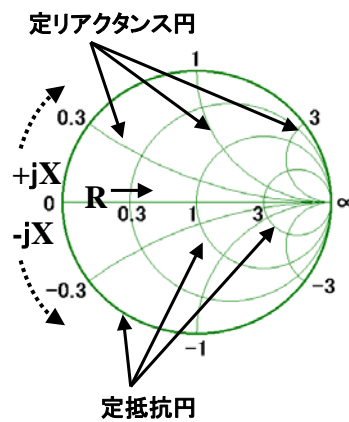
# スミスチャート

(教科書) 第2章

TDU

## ★スミスチャート

- インピーダンスと反射係数との関係を図表化したもの。
- 直列回路(素子)の取扱いに適す。



2011/6/9

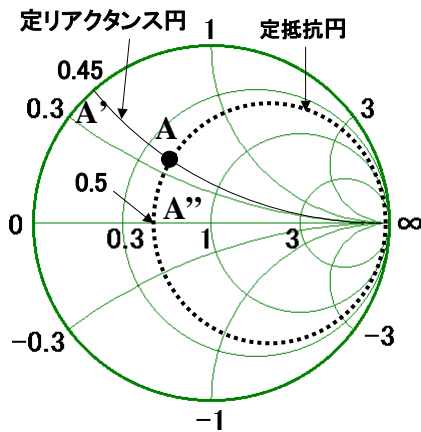
Private & Confidential

10

# スミスチャート

(教科書) 第2章

TDU



スミスチャートの表示例  
 $Z=25\Omega + j22.5\Omega$  をA点として  
 図示する。

$Z=25\Omega + j22.5\Omega$  を  $50\Omega$  で正規化すると  
 $Z=0.5 + j0.45$  となる。

抵抗成分を表す実軸上の0.5を表すA''点  
 と  $R=\infty$  点を通る定抵抗円を描く。

円周上の正のリアクタンス0.45を表すA'  
 点と  $R=\infty$  点を通る定リアクタンス円を描く。

この定抵抗円と定リアクタンス円の交点  
 Aが、 $Z=0.5 + j0.45$  を表す点となる。

2011/6/9

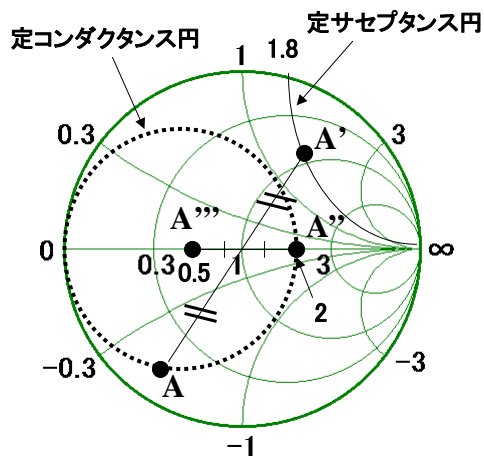
Private & Confidential

11

# スミスチャート

(教科書) 第2章

TDU



A点のアドミタンス値を  
 スミスチャート上で読む方法

コンダクタンス : A点と  $R=0$  の点を通る  
 定コンダクタンス円を描き、実軸との交  
 点A''を求める。A''と  $R=1$  の点に対して点  
 対称となる点A'''の値を読む。(0.5)

サセプタンス : A点と  $R=1$  の点に対して  
 点対称となる点A'と  $R=\infty$  の点を通る定  
 サセプタンス円を描き、その円と円周の  
 交点の値を読む。(1.8)

$$Y = 0.5 + j1.8$$

$$= 25mS + j90mS$$

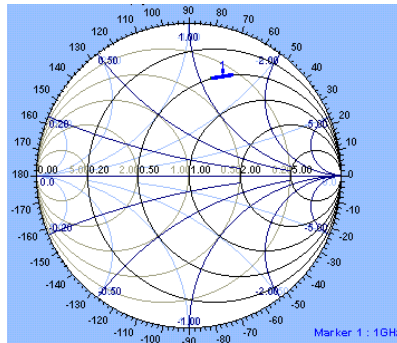
2011/6/9

Private & Confidential

12

## ★イミタンスチャート

- スミスチャートとアドミタンスチャートを重ね合わせて書いたものをイミタンスチャートと呼ぶ。



## ★各チャートの特徴

- スミスチャートはインピーダンスと反射係数との関係を図表化したもので、直列回路(素子)の取扱い適す。
- アドミタンスチャートはアドミタンスと反射係数との関係を図表化したもので、並列回路(素子)の取扱い適す。
- チャート上では、インピーダンス(またはアドミタンス)を基準となる特性インピーダンスで正規化して表示。ここで扱う周波数帯では、ほとんどの場合特性インピーダンス50Ωを基準としています。  
(例  $25 + j10 \Omega \rightarrow 0.5 + j0.2$ )

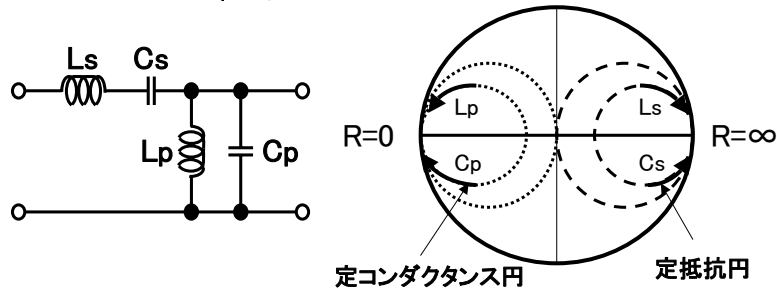
# スミスチャート

(教科書) 第2章

TDU

## ★スミス・チャート上の動作

- ※ 直列インダクタンス( $L_s$ )が増加すると、定抵抗円上を時計方向に動く。
- ※ 直列キャパシタンス( $C_s$ )が増加すると、定抵抗円上を反時計方向に動く。
- ※ 並列インダクタンス( $L_p$ )が増加すると、定コンダクタンス円上を反時計方向に動く。
- ※ 並列キャパシタンス( $C_p$ )が増加すると、定コンダクタンス円上を時計方向に動く。



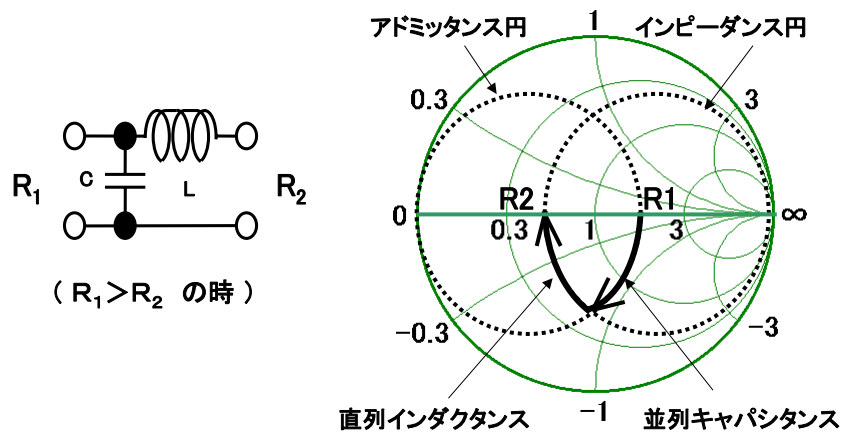
2011/6/9

Private & Confidential

15

# L型インピーダンス整合回路の設計事例

TDU



2011/6/9

Private & Confidential

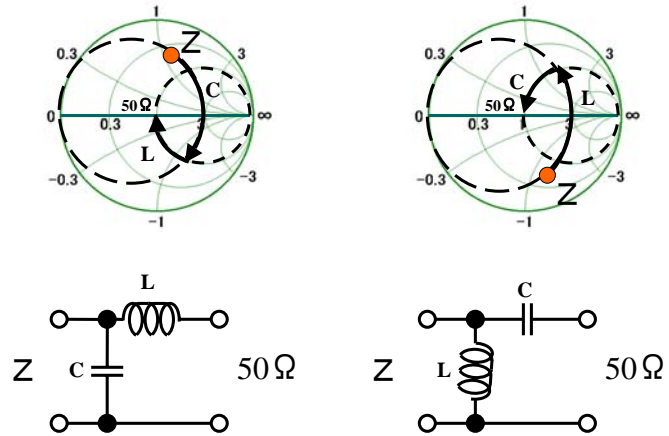
16



# スミスチャート

(教科書) 第2章

TDU



2011/6/9

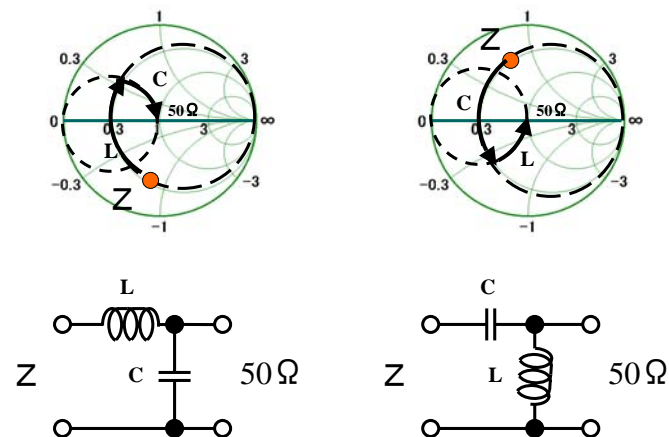
Private & Confidential

17

# スミスチャート

(教科書) 第2章

TDU



2011/6/9

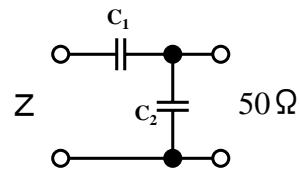
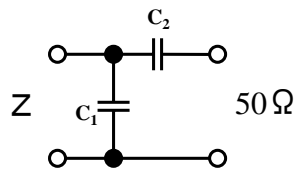
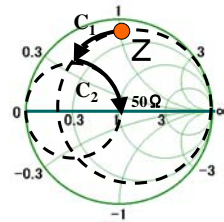
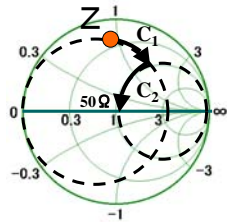
Private & Confidential

18

# スミスチャート

(教科書) 第2章

TDU



2011/6/9

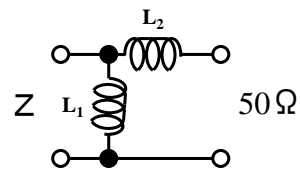
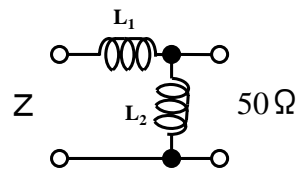
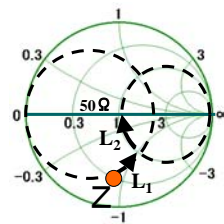
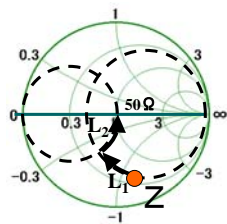
Private & Confidential

19

# スミスチャート

(教科書) 第2章

TDU



2011/6/9

Private & Confidential

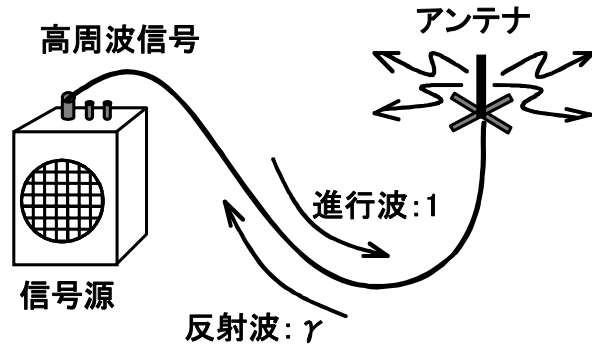
20

# 定在波

(教科書) 第5章

反射係数、VSWR、リターンロスとは

TDU



$$\text{反射係数} = \frac{\text{反射波電圧}}{\text{進行波電圧}}$$

2011/6/9

Private & Confidential

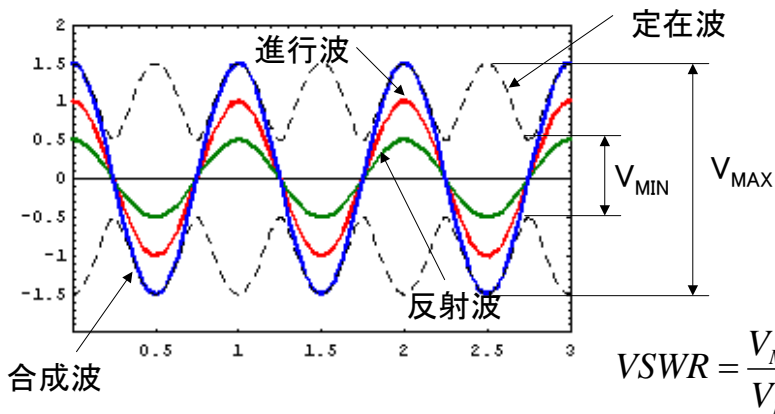
21

# 定在波

(教科書) 第5章

反射係数、VSWR、リターンロスとは

TDU



2011/6/9

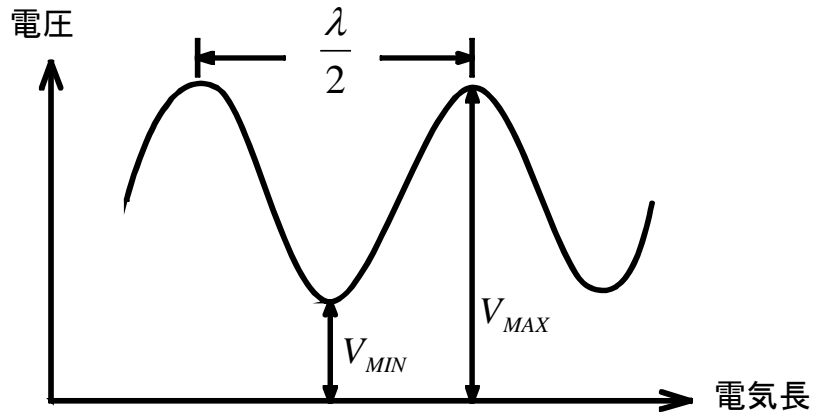
Private & Confidential

22

# 定在波

(教科書) 第5章

TDU



2011/6/9

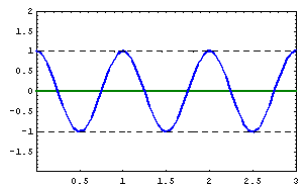
Private & Confidential

23

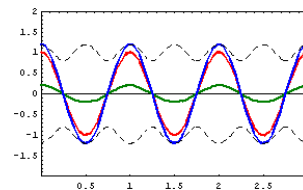
# 定在波

(教科書) 第5章

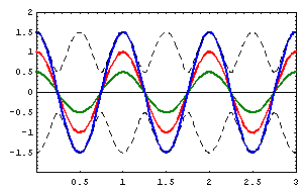
TDU



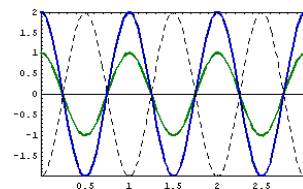
進行波: 1 反射波: 0



進行波: 1 反射波: 0.2



進行波: 1 反射波: 0.5



進行波: 1 反射波: 1

2011/6/9

Private & Confidential

24

# 定在波

(教科書) 第5章

## 反射係数、VSWR、リターンロスとは

TDU

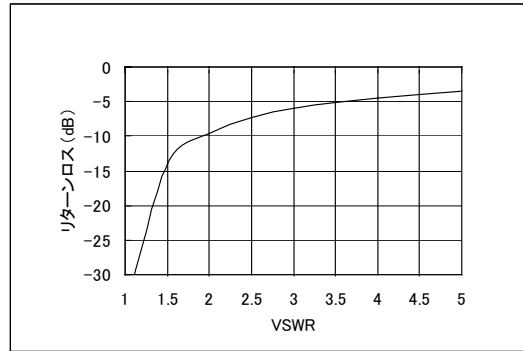
$$VSWR = \frac{V_{MAX}}{V_{MIN}} = \frac{1 + \gamma}{1 - \gamma}$$

ここで、 $\gamma$  は反射係数

リターンロス

$$= 20 \log \gamma$$

$$= 20 \log \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1}$$



VSWRとリターンロスの関係

2011/6/9

Private & Confidential

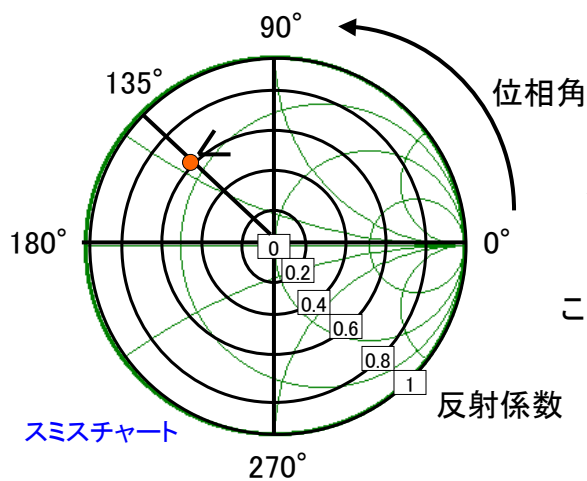
25

# 定在波

(教科書) 第5章

## 反射係数、VSWR、リターンロスとは

TDU



$$Z = \text{反射係数} \angle \text{位相角} \\ = 0.6 \angle 135^\circ$$

この点をプロットすると

スミスチャート

2011/6/9

Private & Confidential

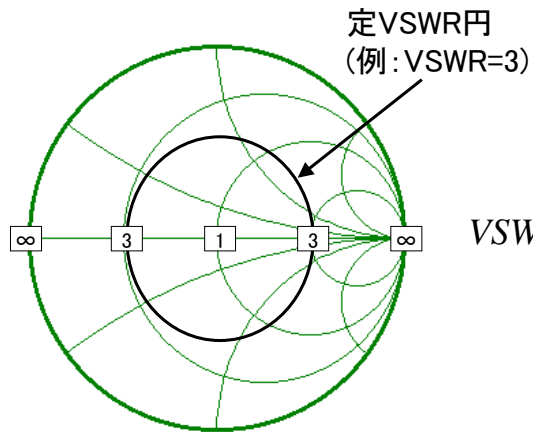
26

# 定在波

(教科書) 第5章

反射係数、VSWR、リターンロスとは

TDU



$$VSWR = \frac{1 + \text{反射係数}}{1 - \text{反射係数}}$$

2011/6/9

Private & Confidential

27