

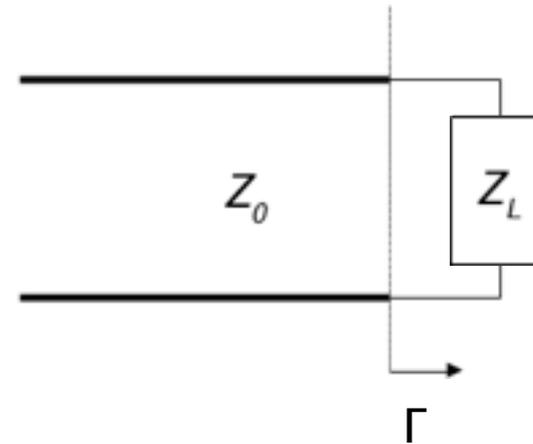
# RF Short Course II (2: Antenna Matching)

**WARE-PRE13-0011\_PA3**  
**2013-07-01**  
**Waremo Works: 福田**

## ❖ 反射係数 (Reflectance)

- ❖ 伝送線路に集中定数回路(負荷)  $Z_L$  が接続された場合、その参照面での反射係数  $\Gamma$  は、

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{Z_L / Z_0 - 1}{Z_L / Z_0 + 1}$$



- ❖ この  $\Gamma$  で、 $Z_L$  を表わす方が便利 (特に、回路が付け加わて行く場合)
- ❖ その場合、暗黙の前提となる  $Z_0$  特性インピーダンスに注意。  
(普通は  $50 \Omega$  の純抵抗)

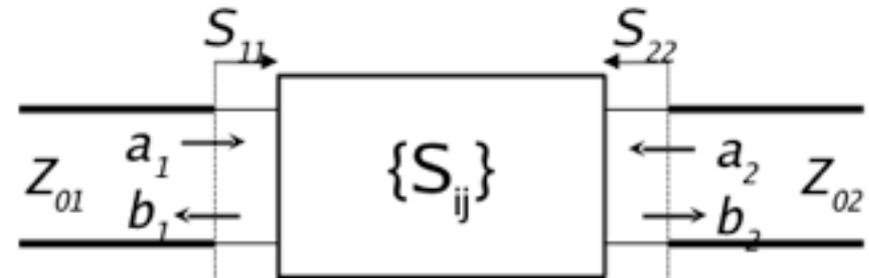
# Basics: S-Parameters 再訪

## ❖ S-Parameters

- (Wave) Amplitude の定義

$$a_i = \frac{V_i^+}{\sqrt{Z_{0i}}} = \sqrt{Z_{0i}} I_i^+$$

$$b_i = \frac{V_i^-}{\sqrt{Z_{0i}}} = \sqrt{Z_{0i}} I_i^-$$



$$S_{11} = \left. \frac{b_1}{a_1} \right|_{a_2=0}$$

$$S_{21} = \left. \frac{b_2}{a_1} \right|_{a_2=0}$$

- $a_i, b_i$  はそれぞれ、 $i$  ポートへの入力、と出力
- 2 ポート網と見て、かつ Port-2 からの入力が無い ( $a_2 = 0$ ) 場合の反射率を  $S_{11}$
- Port-2 での (不整合) 終端込みで、Port-1 の反射率を  $\Gamma$  (Gamma) で現わす事が多い ( $Z_{01} \neq Z_{0L}$  であれば、 $\Gamma \neq S_{11}$ )

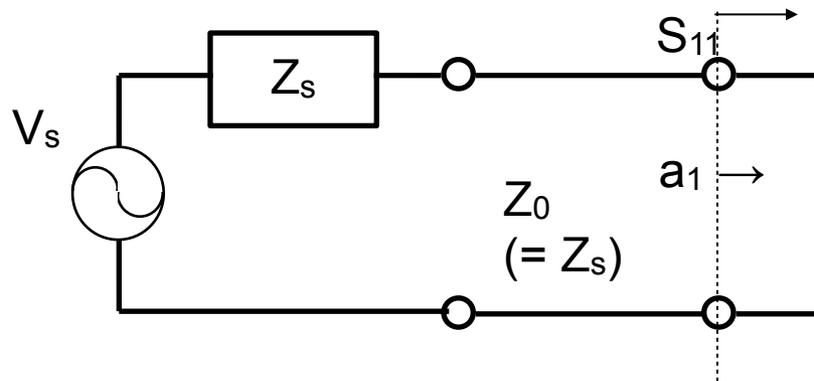
# Basics: S-Parameters 再訪

## ❖ S-Parameters の拡張

- 特性インピーダンスは  $50 \Omega$  でなくても良いし、
- ポート毎に異なっても可 (定義からほぼ自明)

$$a_i = \frac{V_i^+}{\sqrt{Z_{0i}}} = \sqrt{Z_{0i}} I_i^+ \quad b_i = \frac{V_i^-}{\sqrt{Z_{0i}}} = \sqrt{Z_{0i}} I_i^-$$

- そもそも、伝送線路が無くても可 ( $\Rightarrow$  集中定数回路に適用できる)



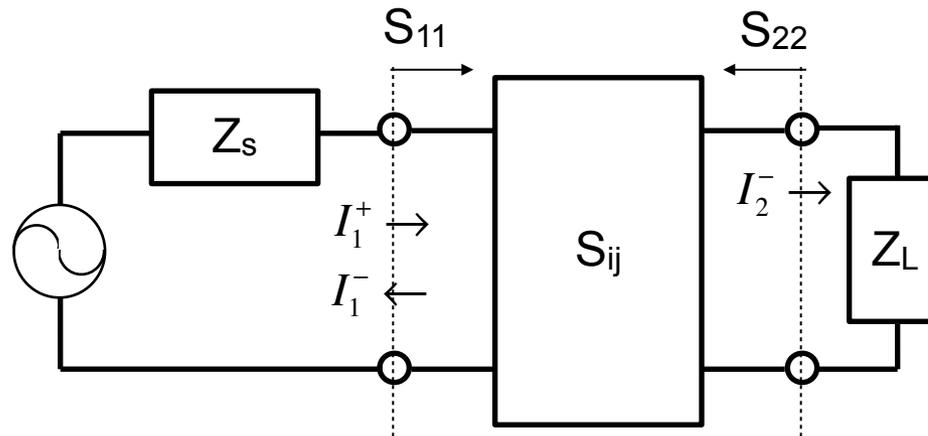
$$a_1 = \sqrt{Z_0} I_1^+ = \sqrt{Z_s} \frac{V_s e^{jkx}}{2Z_s}$$

$$\rightarrow \frac{V_s}{2\sqrt{Z_s}} \quad (x \rightarrow 0)$$

- ❖ 特に  $Z_{01} = Z_s$  とした場合は、伝送線路長  $x \rightarrow 0$  で、 $V_s$  と  $Z_s$  だけで決まる  $a_1$  (回路網に入射する「振幅」) を与える
- ❖ 負荷側も同様で、 $Z_{02} = Z_L$  として得られる電流が、 $I_2^-$  にあたる

# Basics: S-Parameters 再訪

## ❖ S-Parameters の拡張により



$$a_1 = \sqrt{Z_S} I_1^+ = \frac{V_S}{2\sqrt{Z_S}}$$

$$b_1 = \sqrt{Z_S} I_1^- = \sqrt{Z_S} (I_1 - I_1^+)$$

$$b_2 = \sqrt{Z_L} I_2^- = \sqrt{Z_L} (-I_2)$$

- 回路シミュレーターのパラメータ ( $V_S$ )、シミュレーション結果 ( $I_1, I_2$ ) より、 $S_{11}, S_{21}$  が求まる (←前ページの定義より)
- これらは、 $Z_L = R_a$  の場合、
  - $S_{11}$ : マッチング回路を通して見た、**整合の度合** (反射係数)
  - $S_{21}$ : マッチング回路を含めた、回路全体の効率 (**挿入損**)
- LTspice IV は、これらを自動で実行してくれる
- ➔ シミュレーションで整合の度合いと、挿入損を直読できる

## Basics: 最適負荷とマッチング

- ❖ 通常、「マッチングを取る」とは、アンテナインピーダンス ( $Z_a$ ) を、フィーダーの特性インピーダンス ( $Z_0$ ) に合わせる事。
- ❖ しかし、アンテナも装置自体も小型化するにつれて、マッチングの問題が複雑化
  - 本来のフィーダーを介さない (前後のインピーダンスが  $\neq Z_0$ )
  - $Z_a$  が  $50\Omega$  から大きく外れる
  - PA, LNA のインピーダンスがよくコントロールされていない
- ❖ 送受それぞれのモードで、ソースの出カインピーダンスとロードインピーダンスを複素共軛の関係にする、という観点が必要に

# Basics: 最適負荷とマッチング

## ❖ アンテナ自体は本来

1. 線形（誘電体、強磁性体を使っていない場合は）
2. 送受でインピーダンス ( $Z_a$ ,  $\Gamma_a$ ) は変らない  
等の素直な性質を持っているが、

## ❖ 今回の場合（ループアンテナを体内で使う）

3. インピーダンスが非常に高く
4. 周辺の媒体の誘電率、アンテナの寸法精度に強く依存する
5. エレメントがケースに近接部分が長く、非平衡の場合はグラウンドの影響が大？  
等の追加的な制約・困難が追加されている

## ❖ しかし、一旦アンテナの設計、使用条件が固まれば、上記 1、2 の特性により、「**実測インピーダンス ( $\Gamma_a$ ) を変換して、その値 ( $\Gamma_m$ ) をいかに 50 $\Omega$ に近付けるか**」に帰着する。

## Basics: 最適負荷とマッチング

- ❖ PA は、もとより非線形な動作をしているため
  - 出力インピーダンスを一意に定義できず、また測定するのも困難
  - むしろ、**Load Pull 法**（負荷を様々に変えて、最大出力もしくは最大効率を与える負荷インピーダンスを決定する）によらざるを得ない
- ❖ 通常は、 $50\Omega$ の負荷が、PA（の終段）から見て、その最適負荷（ $\Gamma_{Lopt}$ ）になるように、負荷回路を設計する。
- ❖ これはマッチングの観点からは、
  - ミスマッチのペナルティが、リターンロスから予測されるものよりもかなり大きい可能性が有る事になる。このため
  - （最大ゲインに余裕が有る場合でも）ミスマッチや周波数偏差による出力レベルの変動を避けるためには、最大ゲインとなるマッチングをしておく。