

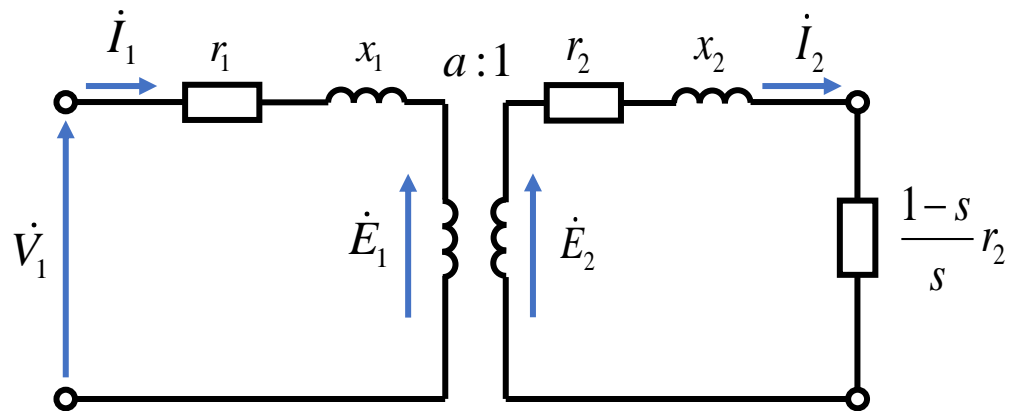
12. 各種試験によるパラメータの導出

12. Derivation of Each Parameters Using Exams of Induction Motor

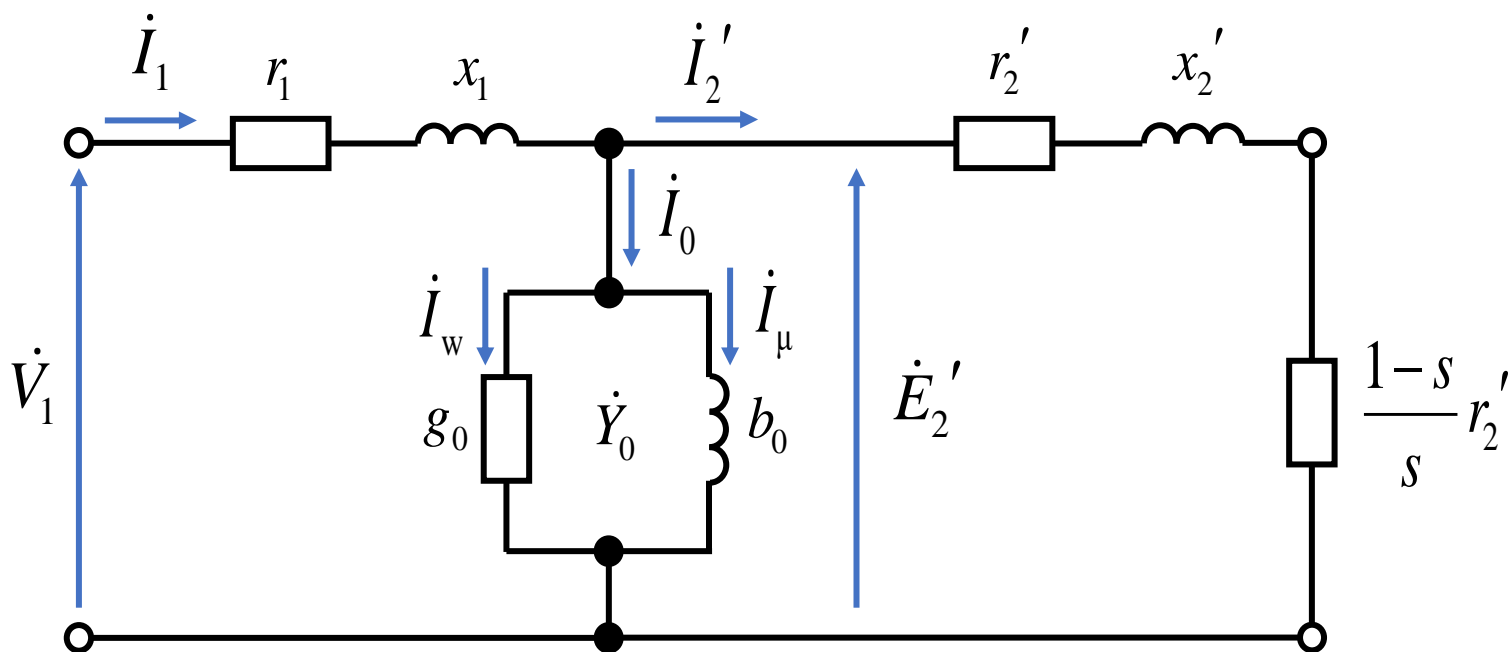
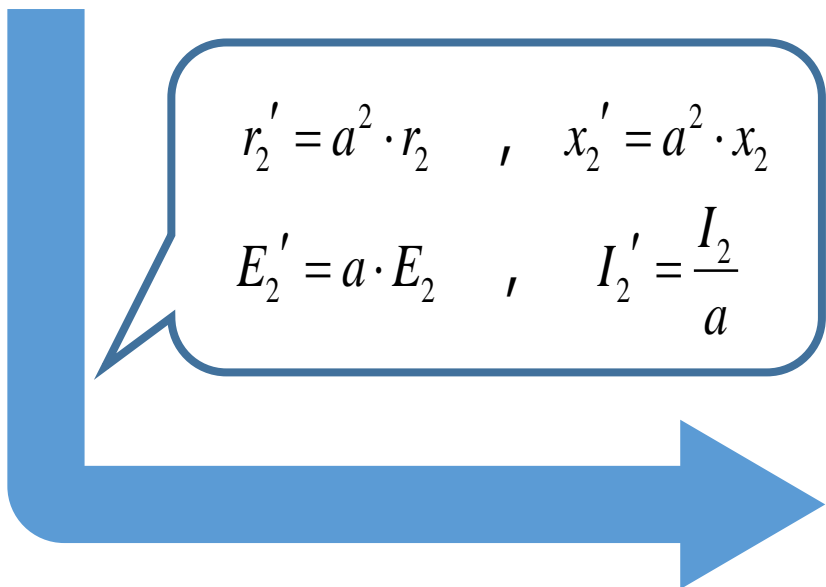
講義内容

- 1. L形簡易等価回路**
- 2. 抵抗測定, 無負荷試験, 拘束試験**
- 3. 特性算定とパワーフロー**

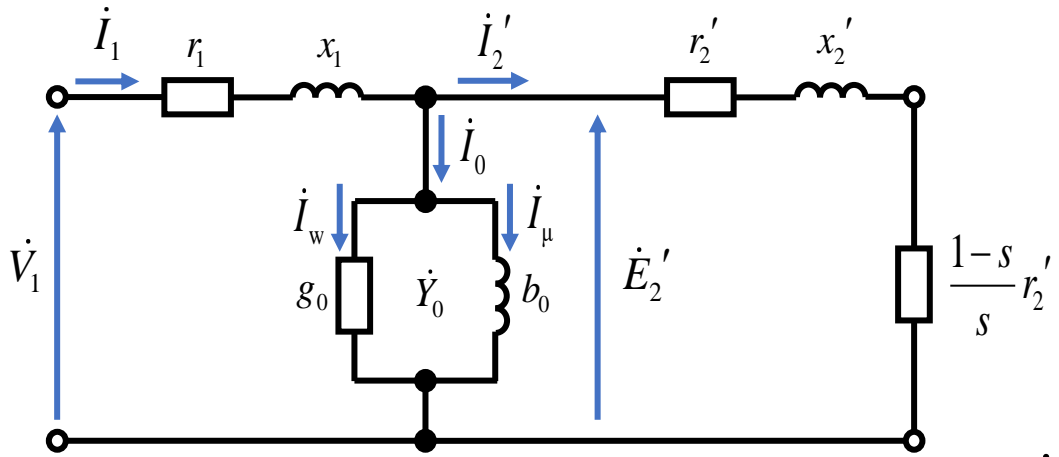
誘導電動機のT形等価回路：励磁回路あり



- g_0 : **鉄損** コンダクタンス
- b_0 : **励磁** サセプタンス

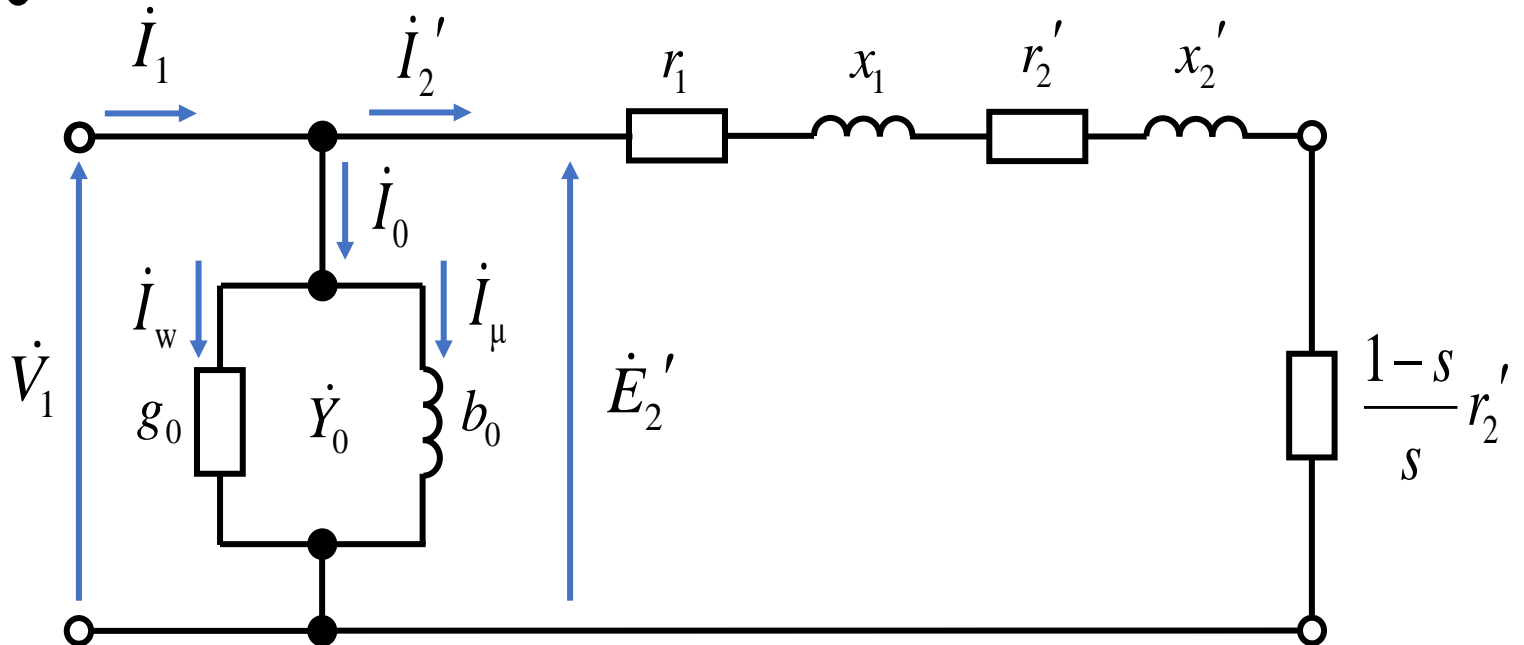


誘導電動機のL形等価回路：励磁回路あり



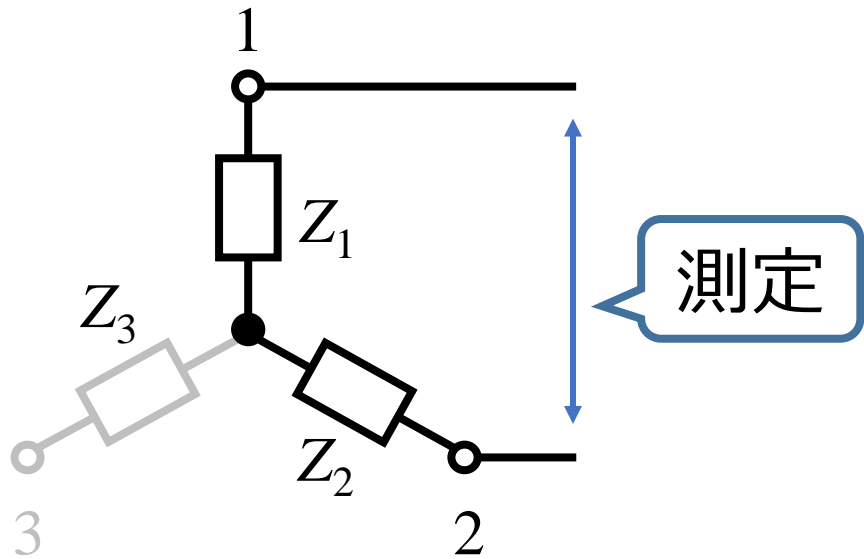
- \dot{I}_0 : 励磁 電流
- \dot{I}_w : 鉄損 電流
- \dot{I}_μ : 磁化 電流

一次側の r_1 と x_1 の
電圧降下の影響は
低い と仮定



等価回路定数の決定：抵抗測定

巻線抵抗を **端子** 間で測定 → 3つの端子間のそれぞれを測定し、**平均** する



例： **Y** 結線であれば **2** 相分の抵抗となるので、測定値を **半分** にする

巻線抵抗値は値が小さいため、**温度** による変化が大きいため、抵抗値を **基準** 温度に換算する必要がある（下式は銅線の場合）

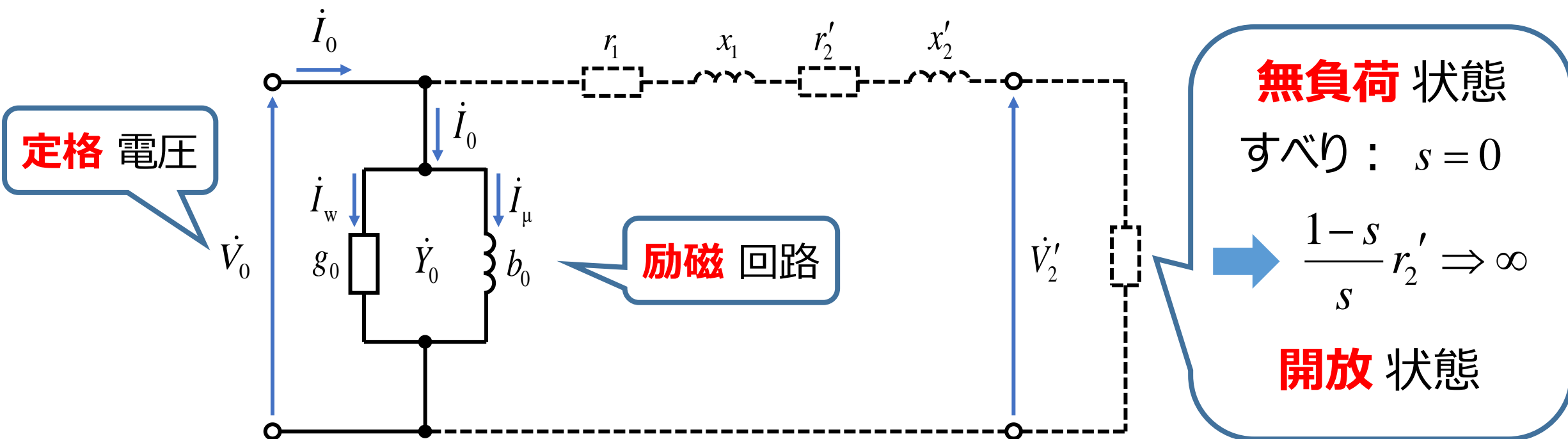
$$r_T = r_t \cdot \frac{234.5 + T}{234.5 + t}$$

← **基準** 温度[°C]
← **測定時** の温度[°C]
測定した抵抗
基準抵抗

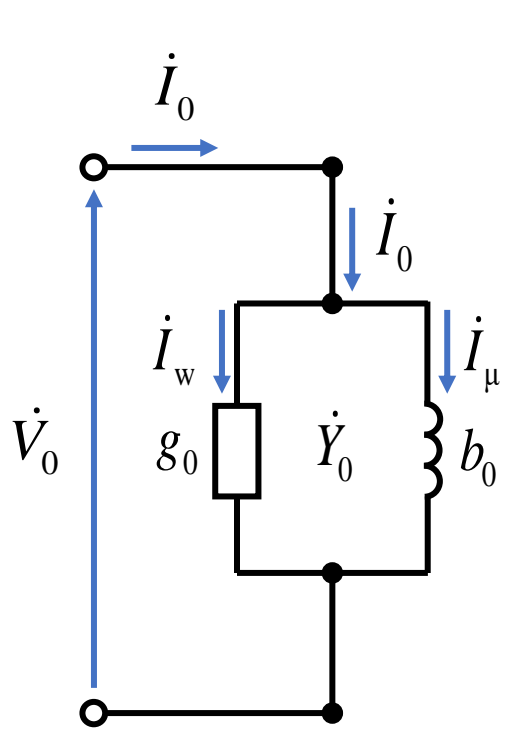
等価回路定数の決定：無負荷試験

無負荷試験

電動機の軸に何も接続しない **無負荷** 状態で回転させる試験
⇒ **励磁** 回路にのみ電流が流れる ⇒ g_0 と b_0 が測定できる



等価回路定数の決定：無負荷試験



$$P_0 = \dot{I}_w \cdot \dot{V}_0 = g_0 \cdot \dot{V}_0^2$$

相電圧（**定格**電圧）

励磁（**鉄損**）**コンダクタンス**

鉄損電流

無負荷試験時の入力電力 = **鉄損**

$$I_0 = \dot{Y}_0 \cdot \dot{V}_0 = \sqrt{g_0^2 + b_0^2} \cdot \dot{V}_0$$

励磁 **サセプタンス**

励磁 **アドミタンス**

無負荷電流（**測定値**）

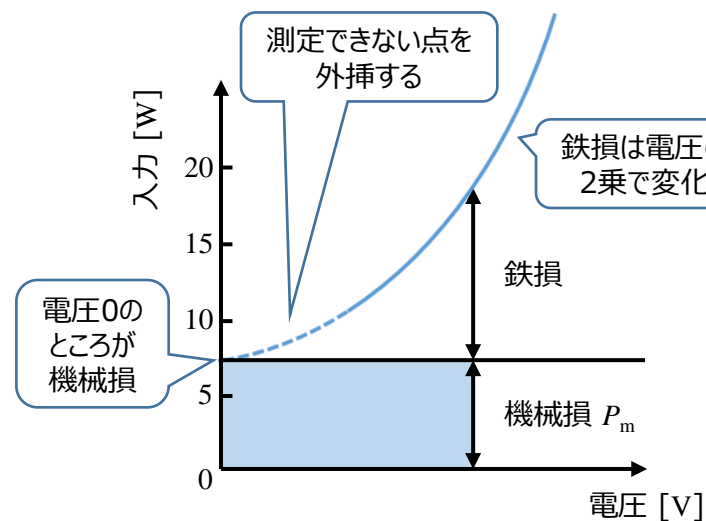
無負荷試験における機械損の分離

変圧器と異なり，回転機では回転により発生する **機械** 損を分離する必要がある

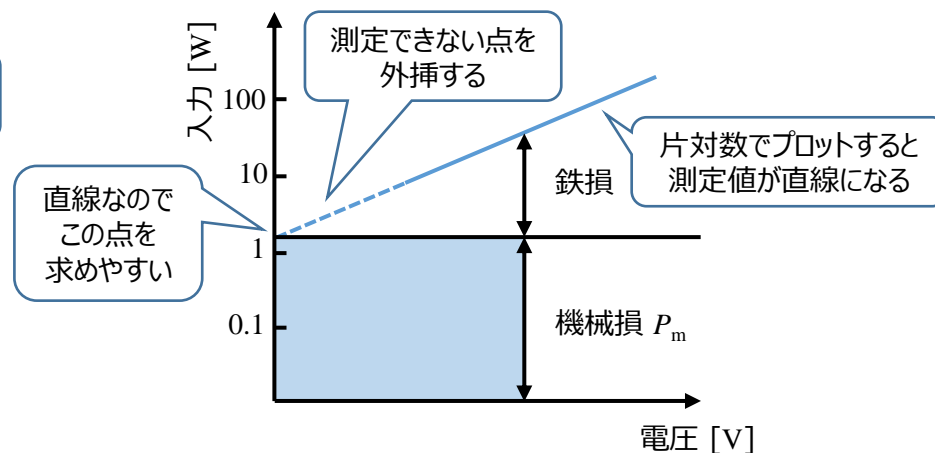
- 軸受けの摩擦
- 回転の空気抵抗（風損）等

- 無負荷運転の状態で徐々に電圧を下げ，電圧に対する入力の変化を求める
- 安定に運転できる **最低** 電圧まで測定を行う

測定できない箇所はグラフ上に **外挿** し，電圧が **ゼロ** に相当する **機械** 損 P_m を算出する

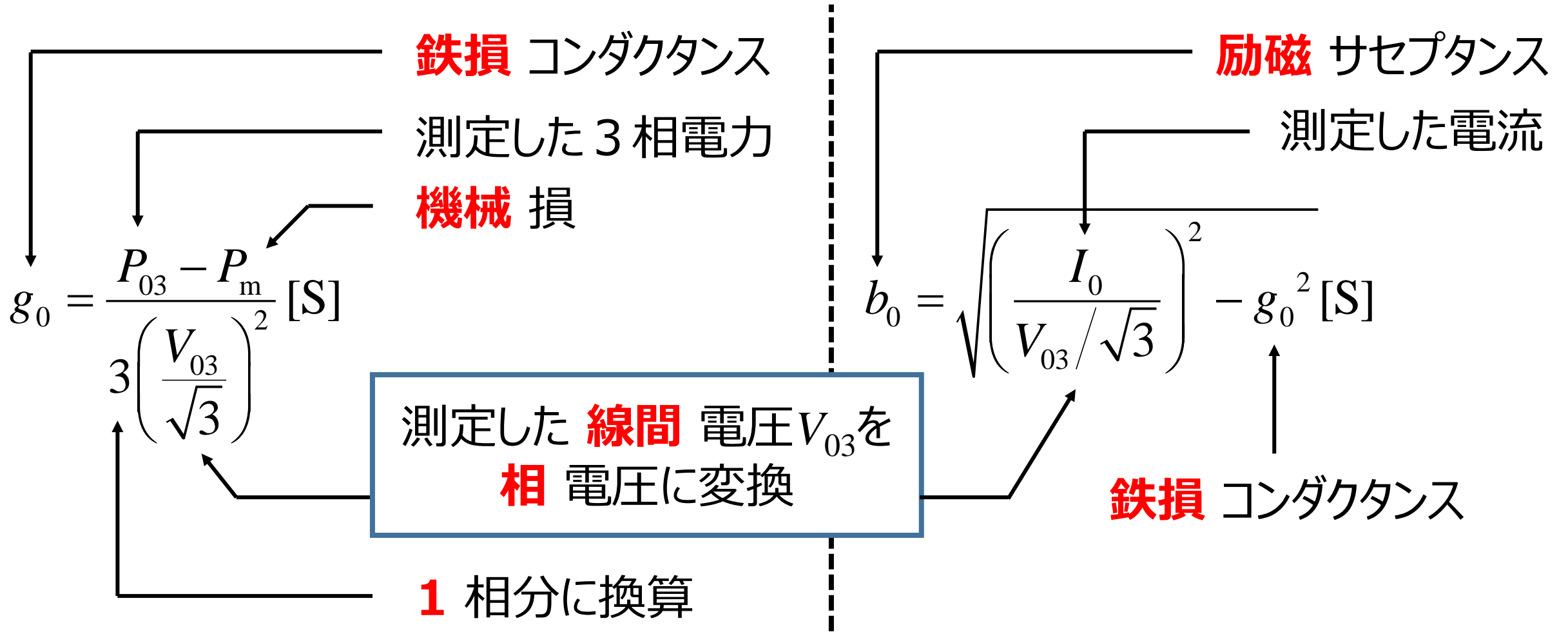


(a) 通常のグラフで表す



(b) 片対数グラフで表す

機械損の分離により求められる各種パラメータ



※等価回路は **1** 相分で考えているため, 測定した値も **1** 相分に変換している

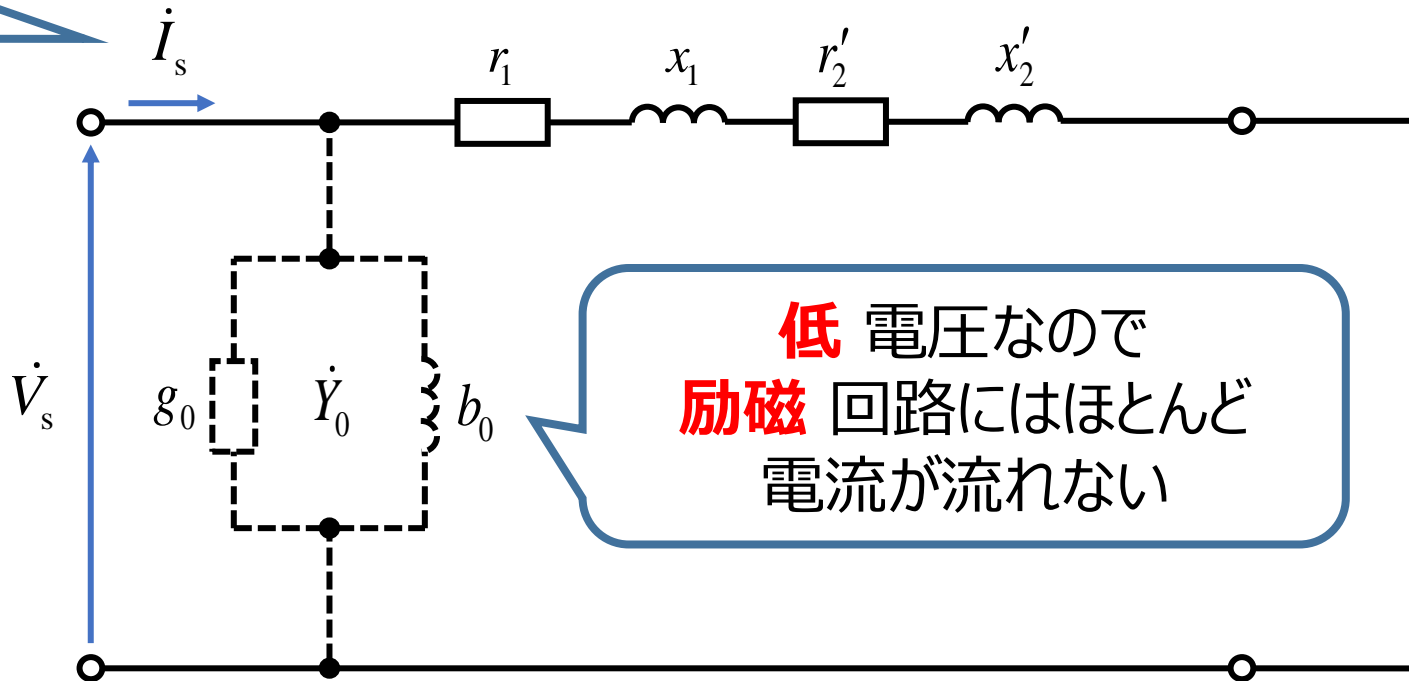
等価回路定数の決定：拘束試験（短絡試験に相当）

拘束試験

電動機の回転子が回転 **しない** ように軸などを **拘束** して行う
⇒ **励磁** 電流は見かけ上 **無視** できる ⇒ r_s と x_s が測定できる

定格電流

低電圧



低電圧なので
励磁回路にはほとんど
電流が流れない

拘束状態

すべり： $s = 1$

$$\frac{1-s}{s} r_2' \Rightarrow 0$$

短絡状態

拘束試験により求められる各種パラメータ

測定した3相電力

$$r_1 + r_2' = \frac{P_{s3}}{3 \cdot I_s^2} [\Omega]$$

定格電流

1相分に換算

1相分に換算した2次抵抗

1次抵抗

測定した **線間** 電圧を **相** 電圧に変換

$$x_1 + x_2' = \sqrt{\left(\frac{V_{s3}/\sqrt{3}}{I_s}\right)^2 - (r_1 + r_2')^2} [\Omega]$$

1相分に換算した
2次リアクタンス

1次リアクタンス

➡ $r_2' = \frac{P_{s3}}{3 \cdot I_s^2} - r_1 [\Omega]$

※ **L** 形等価回路であればそのまま値が使えるが、**T** 形等価回路の場合は x_1 と x_2' を分離する必要あり

L形等価回路による特性算定：電流

a. 励磁電流 I_0
(無負荷電流)

$$I_0 = V_1 \sqrt{g_0^2 + b_0^2}$$

相電圧 (1相分)

b. 回転子電流 I_2'

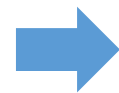
$$I_2' = I_1' = \frac{V_1}{Z}$$

ただし、励磁回路以外のインピーダンス Z は、

$$Z = \sqrt{\left(r_1 + \frac{r_2'}{s}\right)^2 + \left(x_1 + x_2'\right)^2}$$

c. 入力電流 I_1

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_0 + \dot{I}_2$$



$$I_1 = V_1 \sqrt{\left(g_0 + \frac{r_1 + (r_2'/s)}{Z^2}\right)^2 + \left(b_0 + \frac{x_1 + x_2'}{Z^2}\right)^2}$$

全 **コンダクタンス** 成分

全 **サセプタンス** 成分

L形等価回路による特性算定：電力

a. 1次入力 P_1
($\cos\theta$: **力率**)

$$P_1 = 3 \cdot V_1 \cdot I_1 \cdot \cos\theta = 3 \cdot V_1^2 \left(g_0 + \frac{r_1 + (r_2'/s)}{Z^2} \right)$$

b. 2次入力 P_2

2次入力は1次入力から1次 **銅損** , **鉄損** を **引いた** ものでも, 次式でも **導出** が **可能**

$$P_2 = 3 \cdot V_1^2 \cdot \frac{r_2'/s}{Z^2}$$

2次回路のインピーダンス

c. 機械的出力 P_0

2次 **入力** P_2 から
2次 **銅損** sP_2 を
差し引く

$$\begin{aligned} P_0 &= P_2 - sP_2 \\ &= (1-s)P_2 \end{aligned}$$

d. 軸出力 P

機械損 P_m は内部で
消費 されるので
軸出力に **ならない**

$$P = P_0 - P_m$$

L形等価回路による特性算定：特性

a. 力率 $\cos\theta$

力率は
全 **コンダクタンス** と
全 **アドミタンス** の **比**

$$\cos\theta = \frac{g_0 + \frac{r_1 + (r_2'/s)}{Z^2}}{\sqrt{\left(g_0 + \frac{r_1 + (r_2'/s)}{Z^2}\right)^2 + \left(b_0 + \frac{x_1 + x_2'}{Z^2}\right)^2}}$$

b. 効率 η

効率は
入力（電力）と
出力（電力）の **比**

$$\eta = \frac{P}{P_1} \times 100[\%]$$

軸出力（機械）

1次入力（電気）

※電動機なので、**電気** による **入力** から **機械** による **出力** までで効率を表す

L形等価回路による特性算定：特性

c. トルク（力の **モーメント**） τ

軸の角速度を ω_m とすると、

$$\tau = \frac{P}{\omega_m} [\text{N}\cdot\text{m}]$$

軸出力
軸の角速度[rad/s]

ここで、機械損 P_m を **無視** して機械的出力 P_0 を **出力** と考えると、

$$\tau = \frac{P_0}{\omega_m} = \frac{(1-s)P_2}{(1-s)\omega_0} = \frac{P_2}{\omega_0} [\text{N}\cdot\text{m}]$$

2次入力（**同期ワット**）
同期 角速度[rad/s]

上式は2次入力 P_2 はトルク τ に **比例** していることを表している。
そのため、2次入力 P_2 を **同期ワット** と呼ぶことがある。

一次入力から機械出力までのパワーフロー

