

# 電磁界シミュレーション結果から PMSMのモータパラメータを 算出する方法

大阪府立大学 工学研究科  
清水 悠生

# 本記事の目的

## ✓ 目的

- ・ 解析結果の電機子鎖交磁束からモータパラメータを導出すること

## ✓ モータパラメータって？

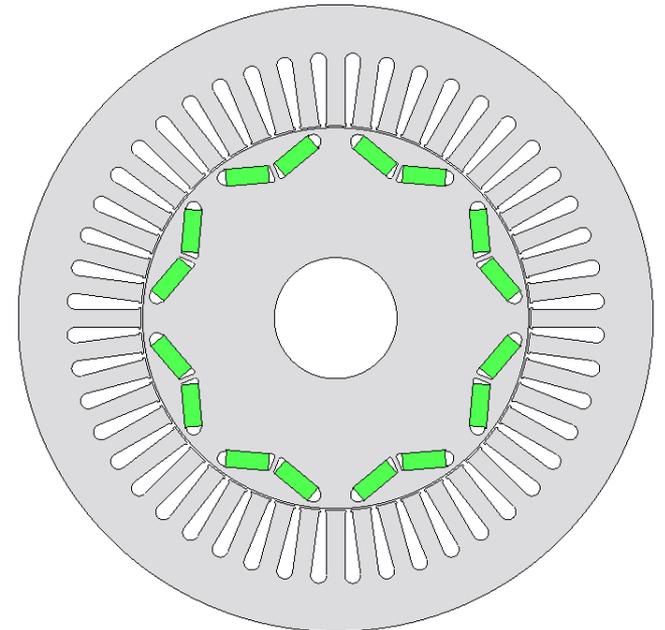
- ・ 下記の3つのモータ固有値のこと  
トルク分離や限界速度の導出に必要

① 永久磁石による電機子鎖交磁束  $\Psi_a$

② d,q軸インダクタンス  $L_d, L_q$

# 電磁界シミュレーションの前提

- ✓ 解析設定
  - ・ 静解析（時間軸を考慮しない）
  - ・ 有限要素法による解析
- ✓ 解析対象
  - ・ 永久磁石同期モータ（図のモータ）  
PMSM (Permanent Magnet Synchronous Motor)



# d-q回転座標系での基本式

✓ 電流ベクトル  $i_a$

$$i_a = \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} = I_a \begin{bmatrix} -\sin \beta \\ \cos \beta \end{bmatrix}$$

$i_d$ :  $i_a$ のd軸成分

$i_q$ :  $i_a$ のq軸成分

$I_a$ :  $i_a$ の大きさ

$\beta$ :  $i_a$ の位相角 (q軸基準)

✓ 鎖交磁束ベクトル  $\Psi_o$

$$\Psi_o = \begin{bmatrix} \Psi_d \\ \Psi_q \end{bmatrix} = \Psi_o \begin{bmatrix} \cos \gamma \\ \sin \gamma \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Psi_a + L_d i_d \\ L_q i_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Psi_a - L_d I_a \sin \beta \\ L_q I_a \cos \beta \end{bmatrix}$$

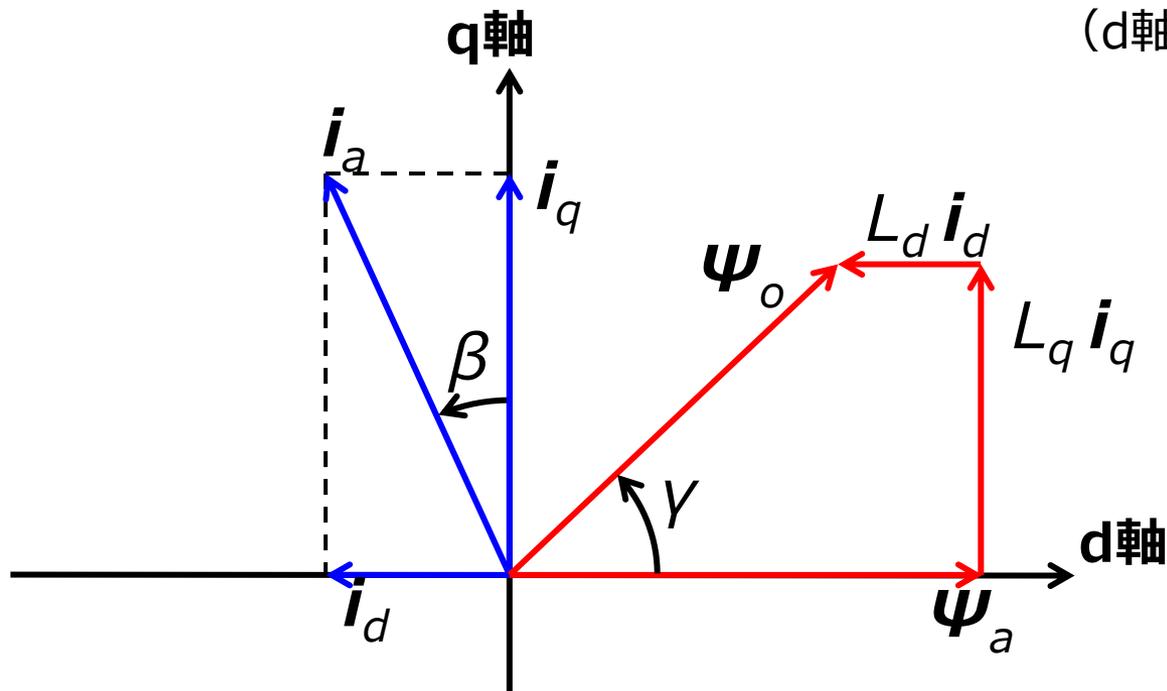
$\Psi_d$ :  $\Psi_o$ のd軸成分

$\Psi_q$ :  $\Psi_o$ のq軸成分

$\Psi_o$ :  $\Psi_o$ の大きさ

$\gamma$ :  $\Psi_o$ の位相角

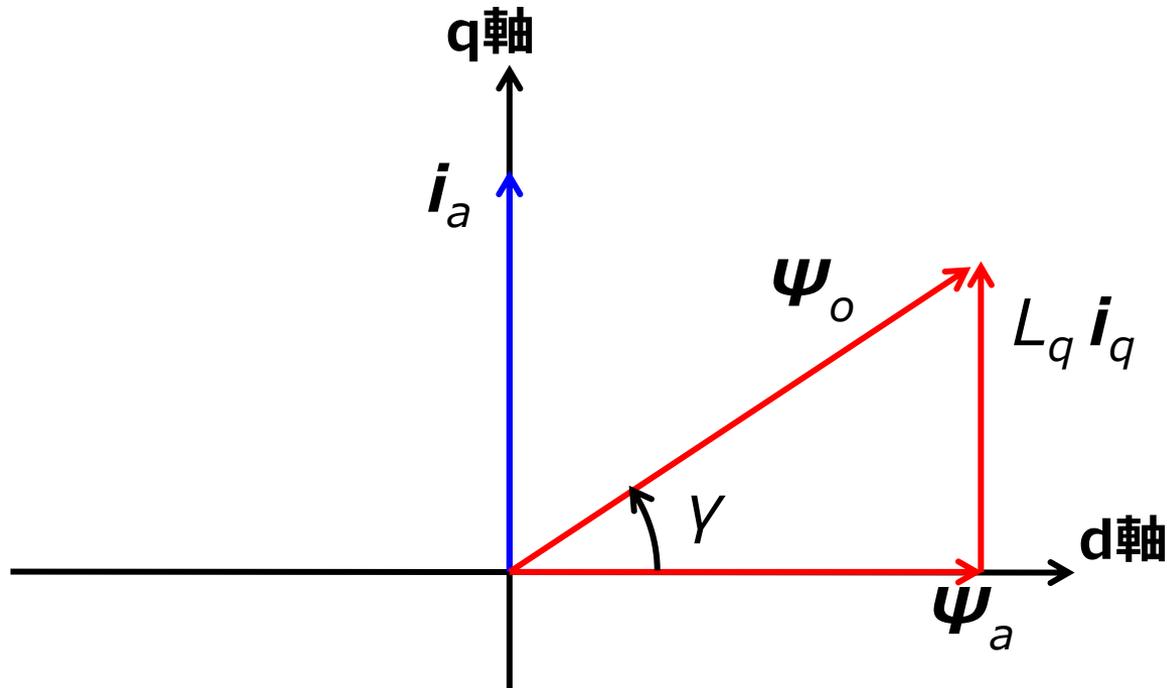
(d軸基準)



# 永久磁石による電機子鎖交磁束の導出

- ✓ 電機子電流ベクトルの位相 $\beta=0^\circ$ での解析を行う  
⇒d軸電流がなくなるので、振幅と位相から  
 $\Psi_a$ が求められる！

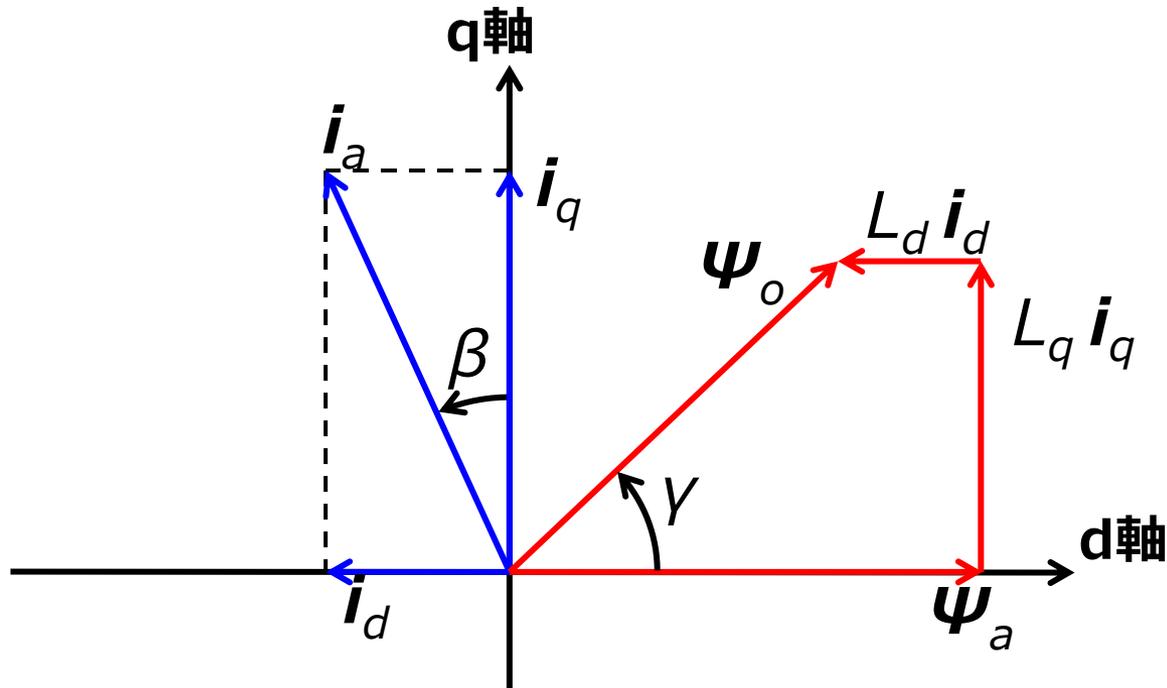
$$\Psi_o = \begin{bmatrix} \Psi_d \\ \Psi_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Psi_o \cos \gamma \\ \Psi_o \sin \gamma \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Psi_a \\ L_q i_q \end{bmatrix}$$



# d,q軸インダクタンスの導出

- ✓  $\Psi_a$ が求まったので、電機子鎖交磁束と組み合わせると任意の電流条件下でのd,q軸インダクタンスが求まる

$$L_d = \frac{\Psi_o \cos \gamma - \Psi_a}{i_d}$$
$$L_q = \frac{\Psi_o \sin \gamma}{i_q}$$



# モータパラメータが求まったら？

- ✓ トルクを成分ごとに分離できる
  - ・ トルクの発生要因を知ること、深い考察が可能に

$$T = P_n \left\{ \underbrace{\Psi_a i_q}_{\text{マグネットトルク}} + \underbrace{(L_d - L_q) i_d i_q}_{\text{リラクタンストルク}} \right\} \quad P_n: \text{極対数}$$

- ✓ 限界速度を求められる
  - ・ 電圧制限値によって決まる速度限界を導出  
高速領域での特性検討に必要（弱め磁束制御への切替etc）

$$N_{lim} = \frac{V_{om}}{\sqrt{(L_d i_q + \Psi_a)^2 + (L_q i_q)^2}} \quad V_{om}: \text{誘起電圧制限値}$$

## 参考文献

- ✓ 森本茂雄・真田雅之：「省エネモータの原理と設計法」，科学情報出版株式会社（2013）