

13. 誘導電動機の特性と速度制御

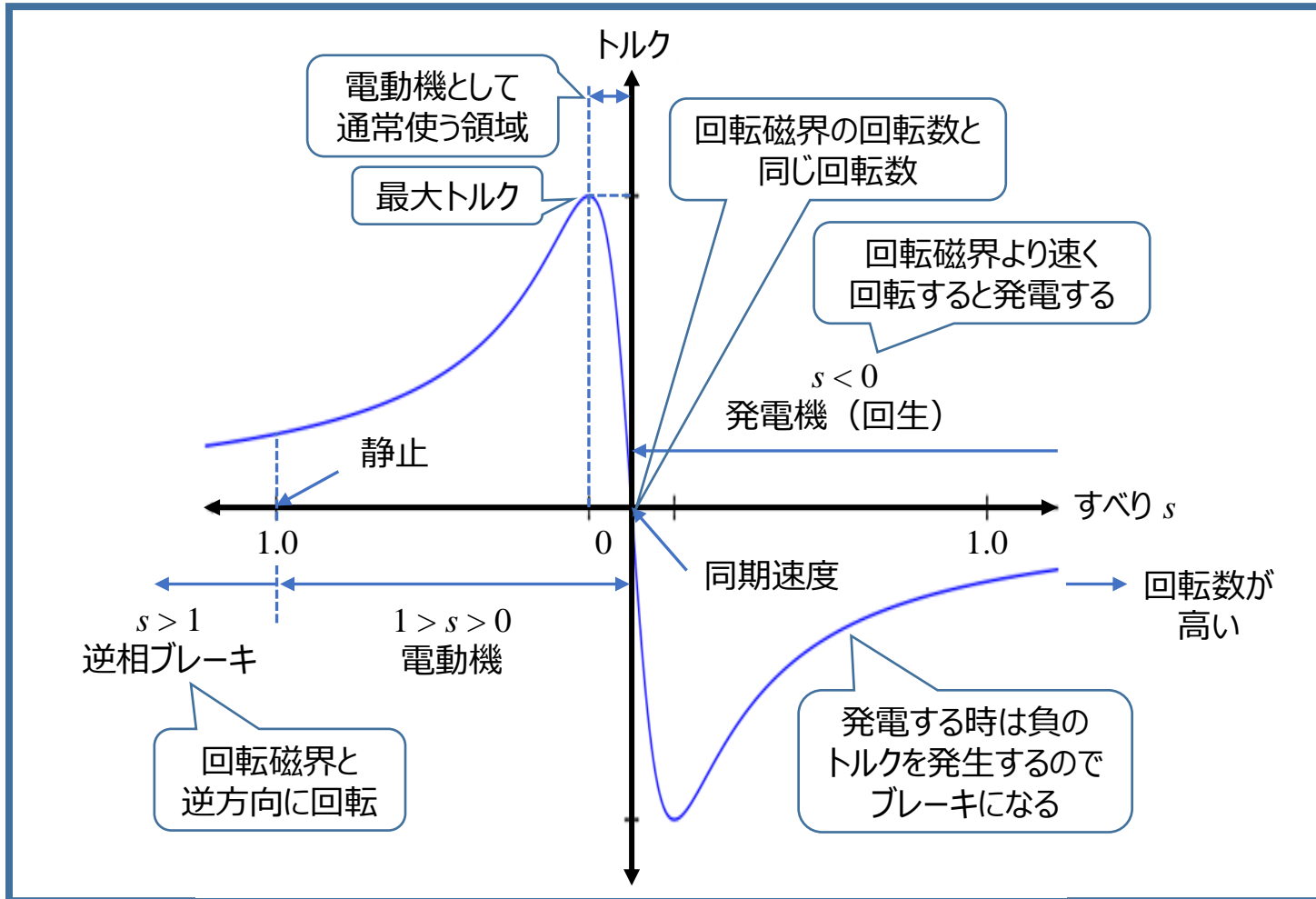
13. Characteristics and Velocity Control Methods of Induction Motor

講義内容

- 1. 誘導電動機の各種特性**
- 2. 誘導電動機の始動法**
- 3. 誘導電動機の各種速度制御**

誘導電動機の特徴：速度特性

誘導機のすべり s を 1.5 から -1.5 まで変化させたときの **トルク** の変化

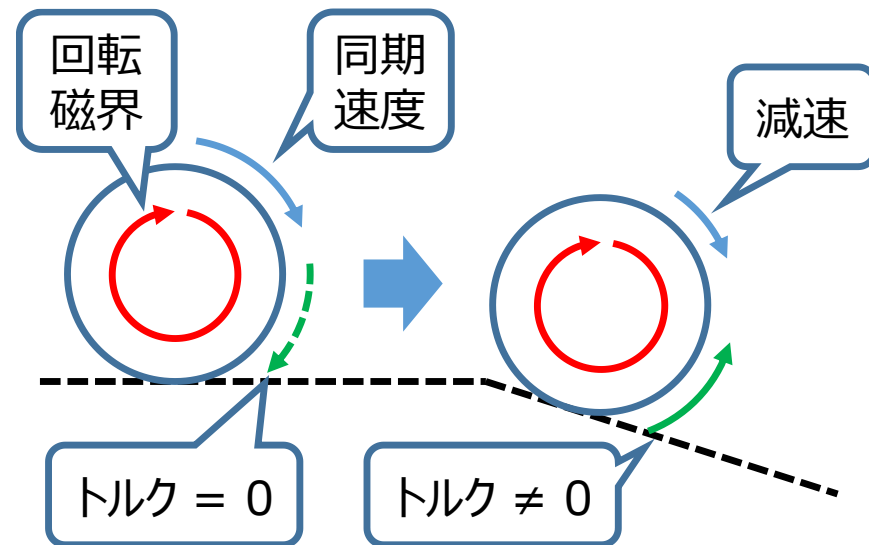


- $s = 1$: **停止 (静止)**
- $s = 0$: **同期** 速度で回転
- $0 < s < 1$: **電動機** 動作
- $s > 1$: **逆相制動 (逆相ブレーキ)**
- $s < 0$: **発電機** 動作 (回生ブレーキ)

回生と逆相制動

- $s < 0$: **発電機** 動作 (**回生** ブレーキ)
 - 誘導機の回転が回転磁界と **同** 方向
 - 誘導機の発生トルクは **負**

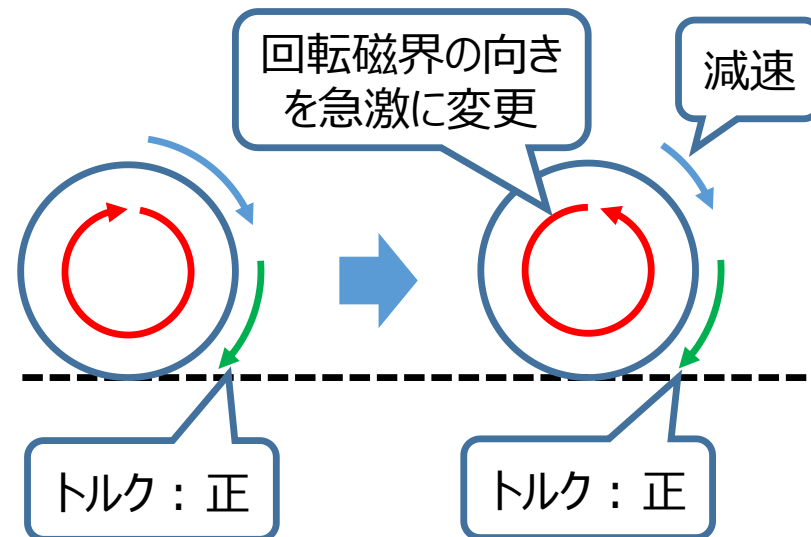
➡ **減速** させようと働く (**発電機** 動作)
※外部から力を得た分, 発電 **する**



- $s > 1$: **逆相制動** (**逆相** ブレーキ)

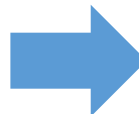
- 誘導機の回転が回転磁界と **逆** 方向
- 誘導機の発生トルクは **正**

➡ **減速** させようと働く (回転磁界を切替)
外部から力を得ていないので, 発電 **しない**

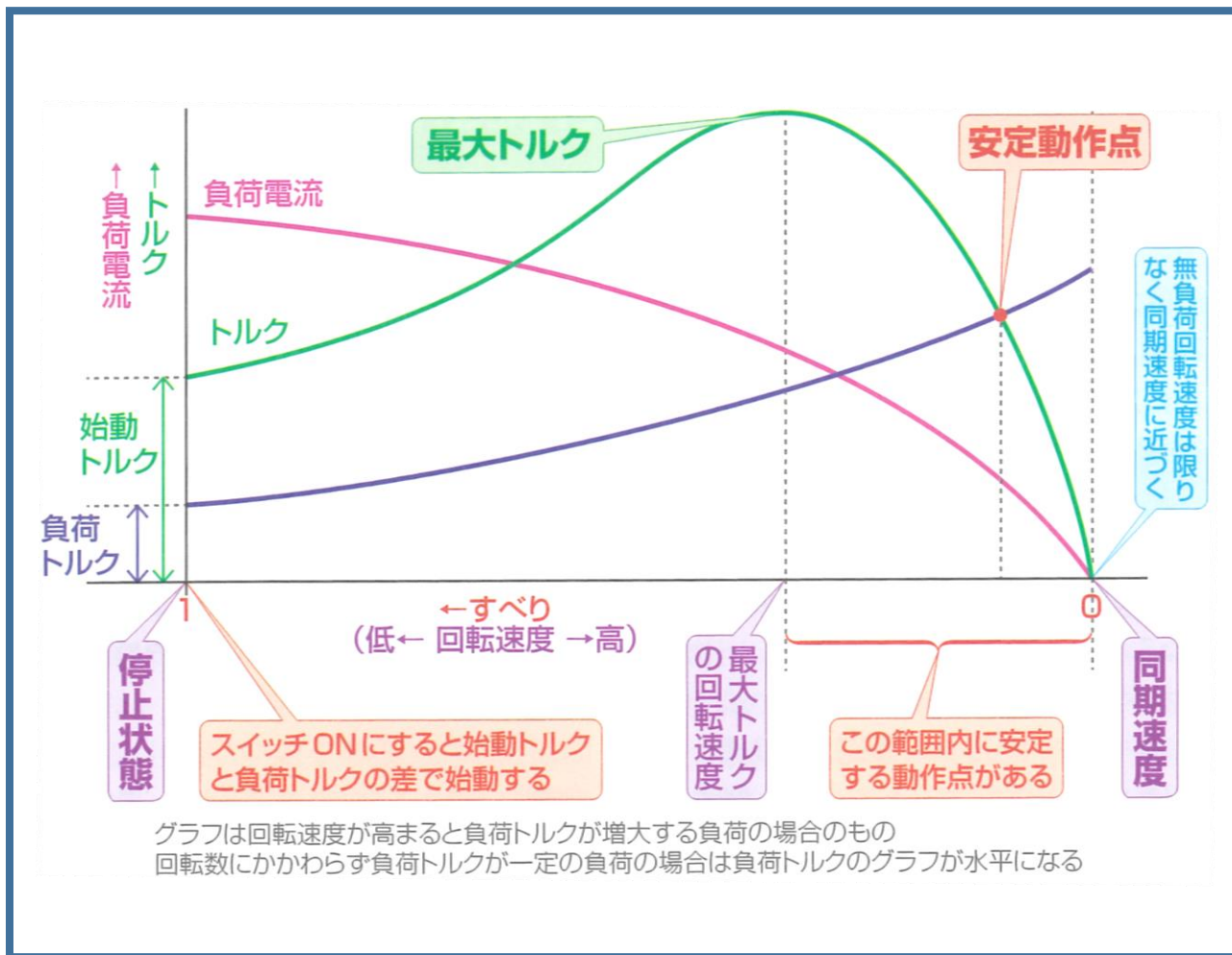


誘導電動機の特徴：トルク特性

誘導機のすべり $0 < s < 1$ の間の特性



速度 特性と呼ばれる



➤ $s = 0$ に近い場所で **最大** トルク
これより負荷のトルクが大きい場合、
電動機は運動できずに停止してしまう

∴ **最大** トルク = **停止** トルク

➤ 電動機として使用する場所は
 $s_{tm} > s > 0$ (s_{tm} : **最大** トルク時)

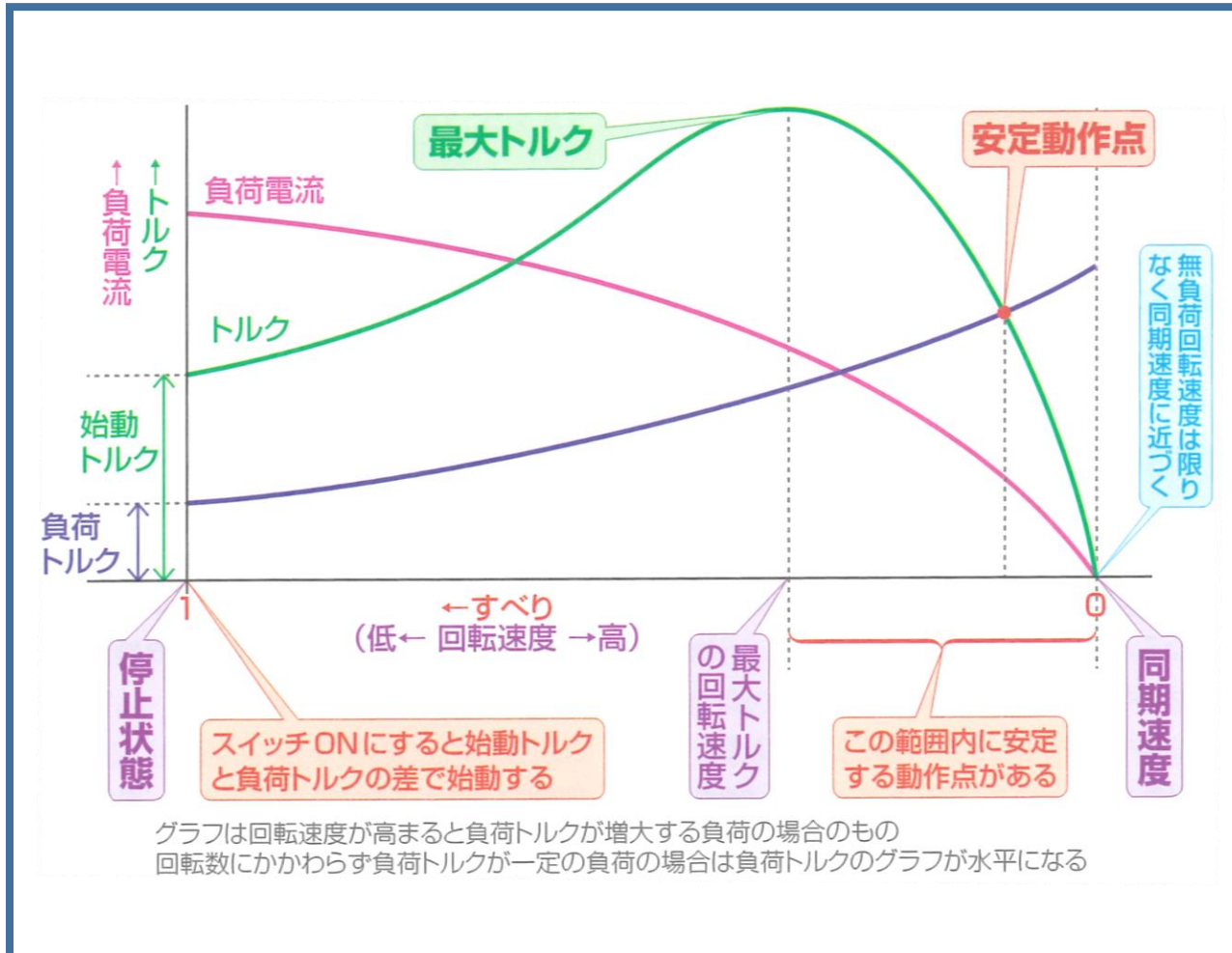
➤ 電流は $s = 1$ の **停止** 状態で **最大**

➤ すべりの減少とともに **低下**

➤ 同期速度で **最小**

誘導電動機の特徴：トルク特性

誘導機のすべり $0 < s < 1$ の間の特性



➤ **電動機** 動作する範囲においては **すべり** はせいぜい数%で運転する



➤ **負荷** トルクが大きく変化してもすべりが小さく、速度に影響 **しない**

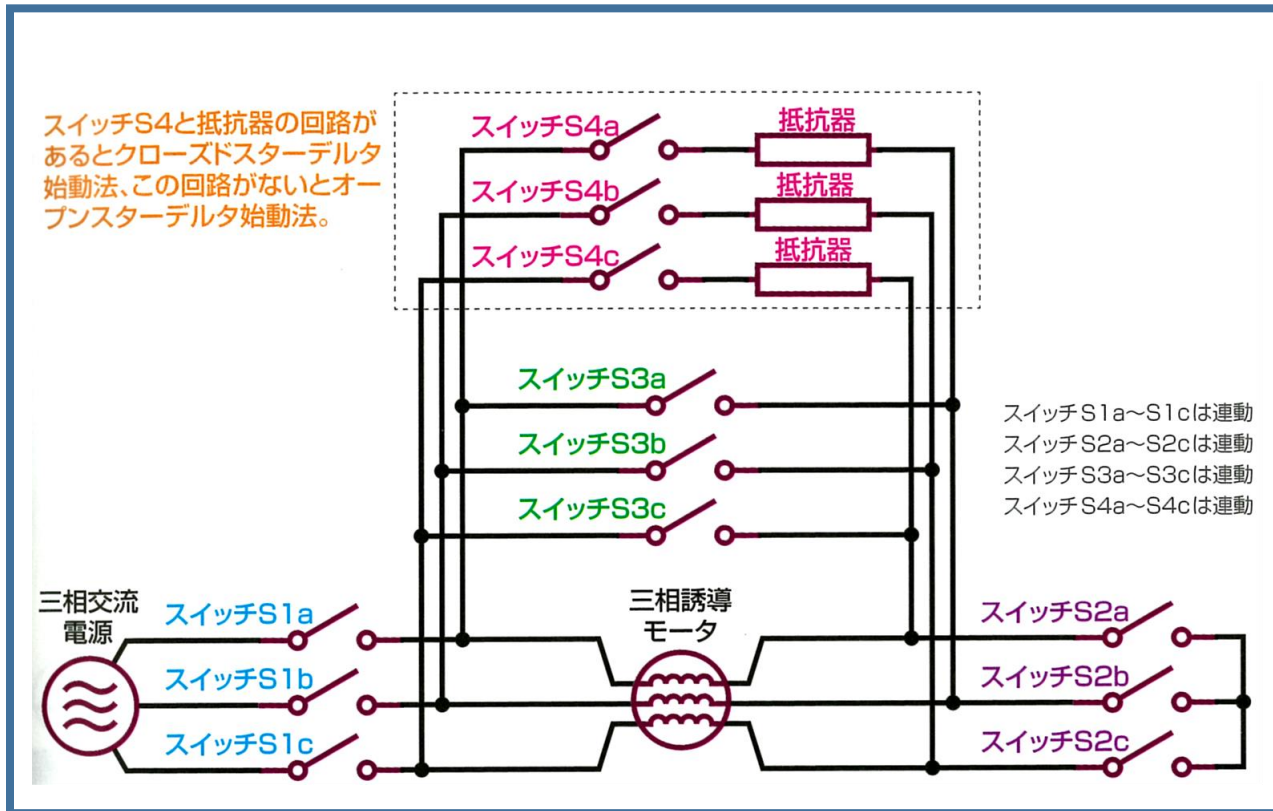


➤ 誘導電動機は負荷に **関わらず** ほぼ **一定** 速度で運転が可能

始動法：Y-Δ始動

電動機が **停止** 状態で発生するトルク：**始動** トルク

➡ **始動** 時には電流が **最大**：**始動** 電流（**定格** 電流の **6~8** 倍程度）



➤ 始動トルクの **不足** や大きな始動電流による各部の **発熱** が問題



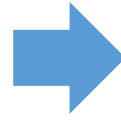
Y-Δ 始動

始動時に **Y** 結線にすると **相** 電圧が低下し、**始動** 電流が抑えられる。
加速後に **Δ** 結線にすると **全** 電圧を印加することができる。

誘導電動機の特徴：比例推移

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

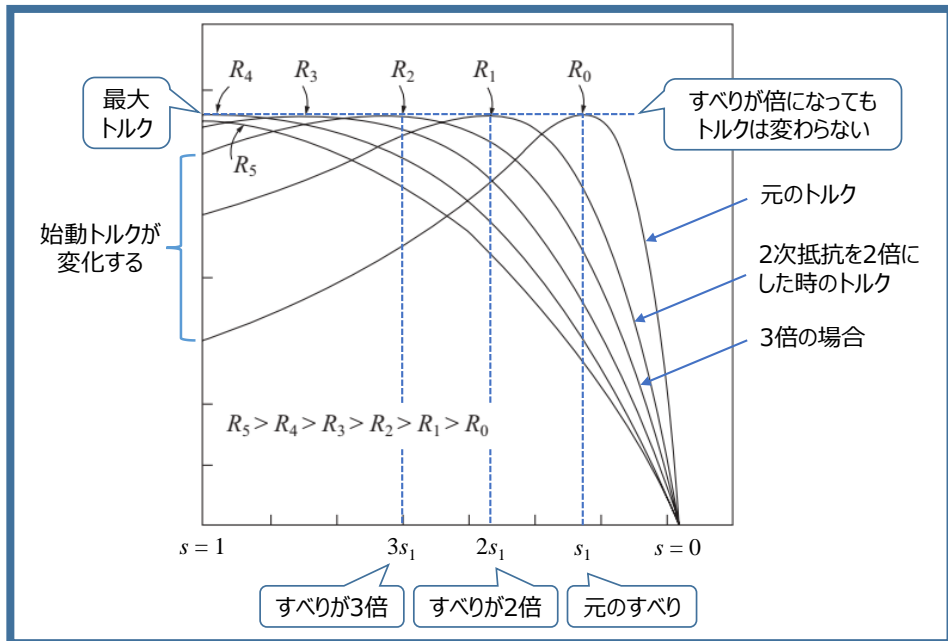
$$\tau = \frac{P_0}{\omega_m} = \frac{(1-s)P_2}{(1-s)\omega_0} = \frac{P_2}{\omega_0}$$



$$\tau = \frac{3}{\omega_0} V_1^2 \frac{r_2' / s}{Z^2}$$

$$= \frac{3}{\omega_0} V_1^2 \frac{r_2' / s}{\left(r_1 + r_2' / s\right)^2 + \left(x_1 + x_2'\right)^2}$$

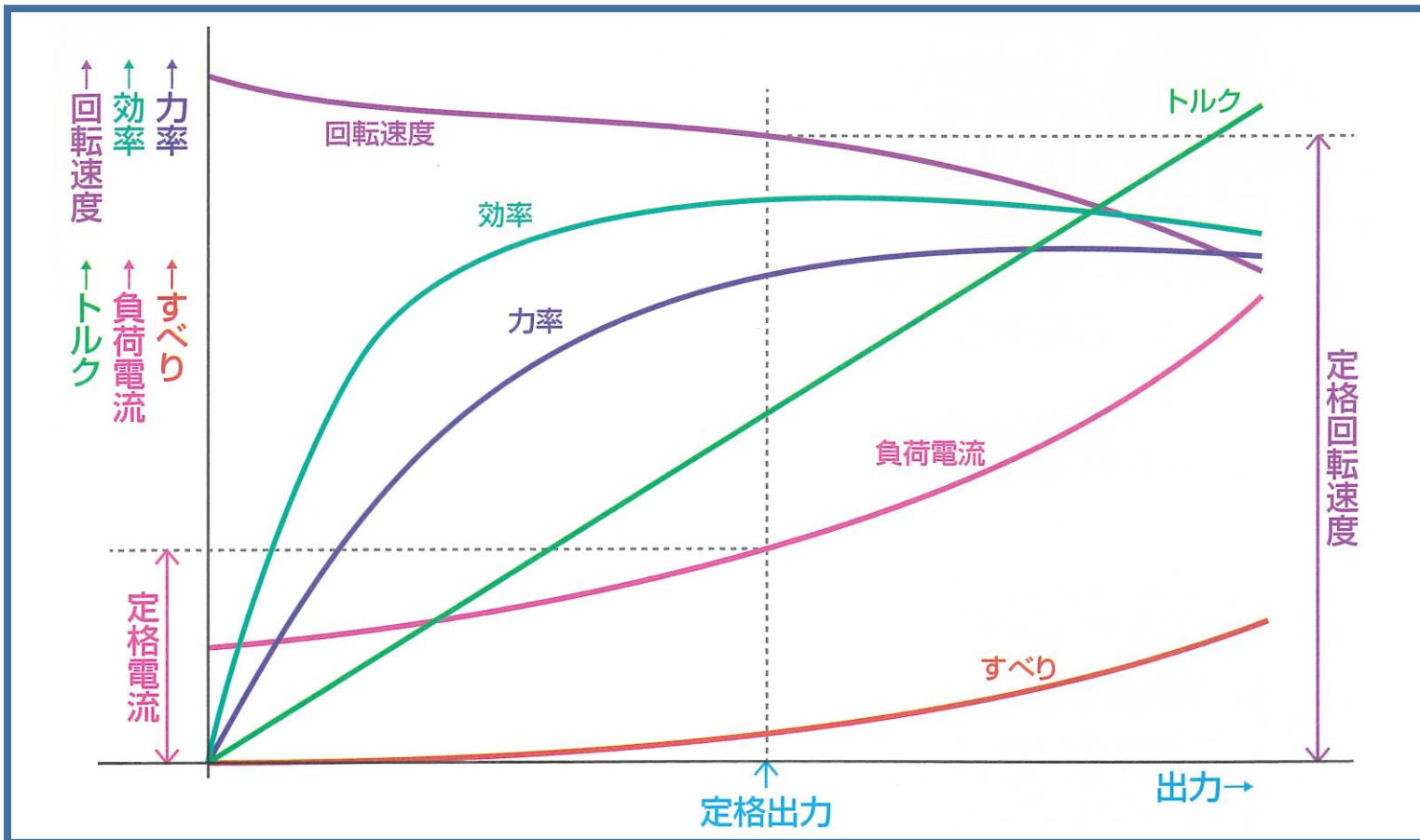
トルクが r_2' / s に **比例** ,
 2次抵抗 r_2' / s が変化しても
 すべり s がそれに応じて変化
 すればトルクは **変わらない**



- 2次抵抗が **2倍**の時, すべりも **2倍**であれば元のトルク曲線の **最大**トルクと同じ
 - **最大**トルクは変化しないが, **始動**トルクが変化
- ➔ この性質を **比例推移** といい, 外部から2次抵抗を調節してトルク特性を **制御** する

誘導電動機の特徴：負荷特性

誘導電動機は、同期速度と最大トルクの間ですべりの小さな領域で運転する



この範囲の特性を示したのが **負荷** 特性 (**出力** 特性)

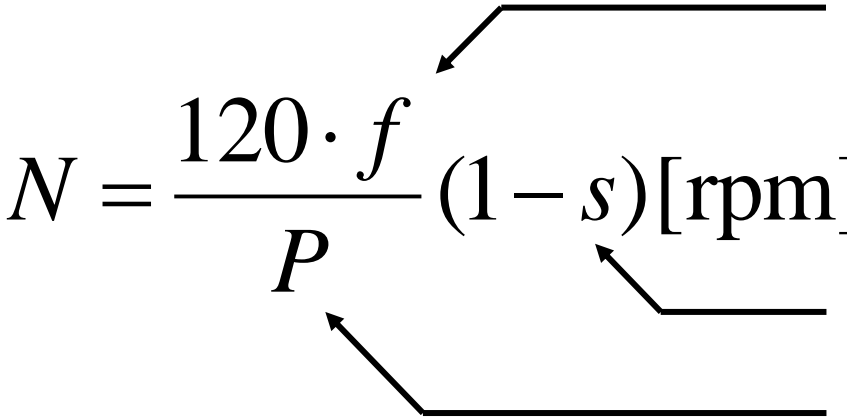
定格出力 付近で **効率** が **最大** となる

この時の回轉速度が **定格回轉** 速度となる

回転子の回転数 $N = \frac{120 \cdot f}{P} (1 - s) [\text{rpm}]$

回転 磁界の周波数
(電源 周波数) [Hz]

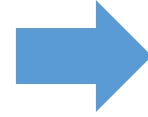
すべり
極数



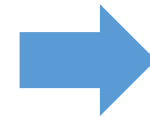
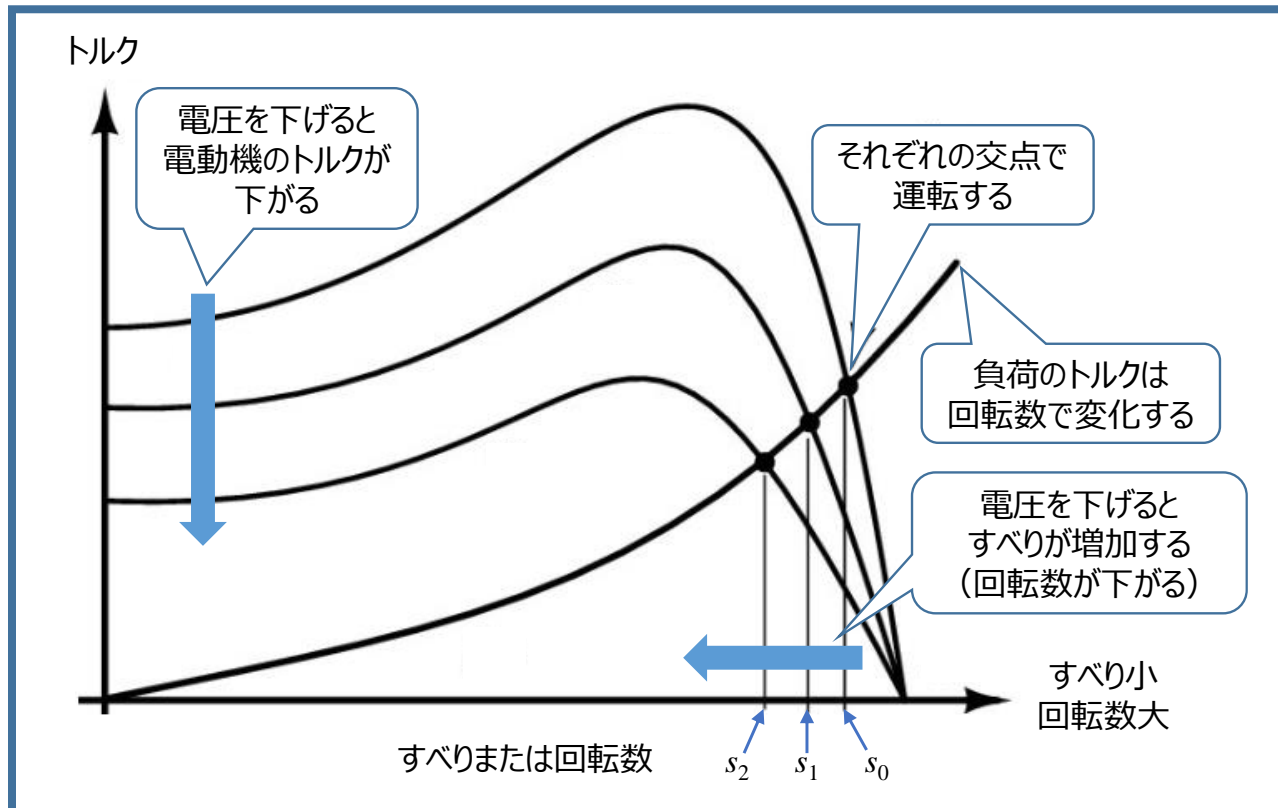
➡ この式の右辺の f , P または s のいずれかを **変化** させれば、誘導電動機の **速度** を **制御** することが出来る

誘導電動機速度制御：すべり s を調節

誘導電動機はすべりが小さければ、**トルク** は **すべり** にほぼ **比例** するが **電圧** が **一定** という条件下のみ



$$\tau = \frac{3}{\omega_0} V_1^2 \frac{r_2' / s}{\left(r_1 + r_2' / s \right)^2 + \left(x_1 + x_2' \right)^2}$$



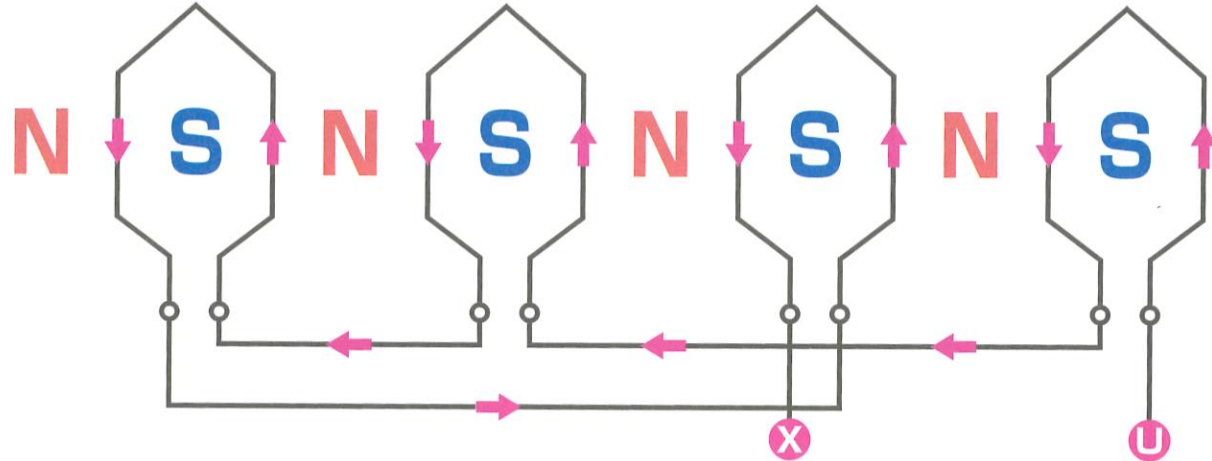
電動機 のトルクは **電圧** の2乗に比例し、**負荷** のトルクは **回転数** で変化する、それぞれのトルクが **釣り合う** 位置で運転



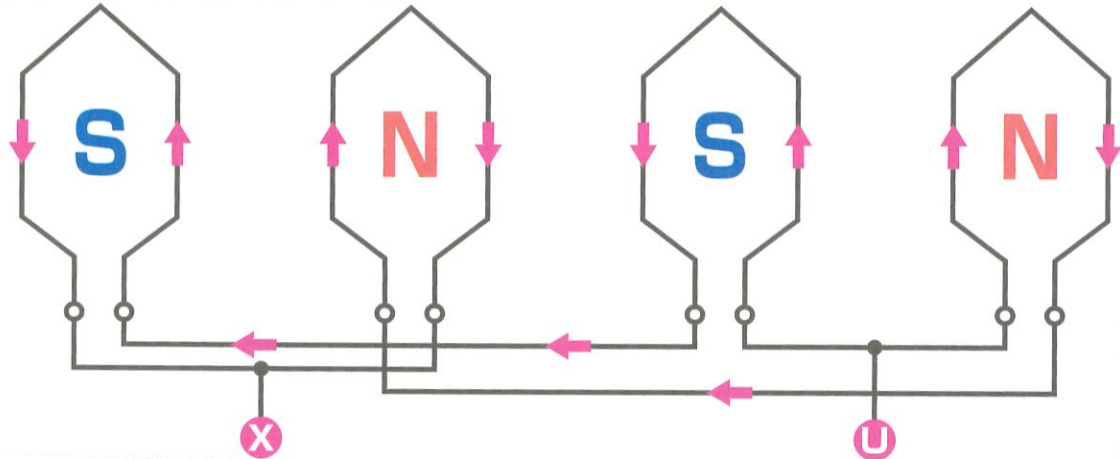
一次電圧を **低下** させると、すべりが **増加** していくため、制御が可能

誘導電動機 の速度制御 : 極数 P を変更

8極(4コイル直列接続)



4極(2コイル直列の組を並列接続)



極数は巻線の **数** と **分布** で決まるが、あらかじめ極数を **変更** できるように巻線することも可能

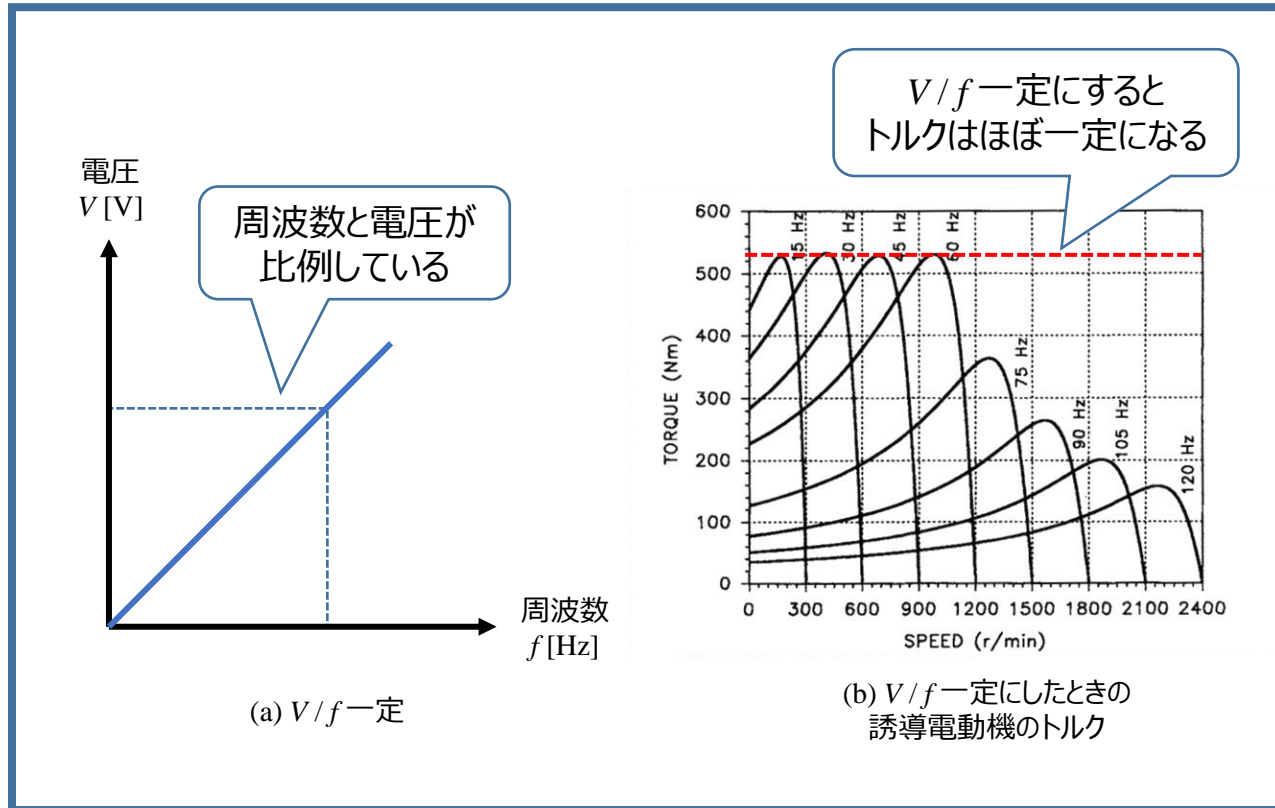
➡ **極数切替** 電動機

- 極数を **減らす** 場合：
組のコイルを **並列** 接続
- 極数を **増やす** 場合：
組のコイルを **直列** 接続

➡ 段階的に変化することが可能

誘導電動機 の速度制御：周波数 f を変更

パワーエレクトロニクス 技術を用いることで、電源の **電圧**・**電流**・**周波数** の変化を簡単に実現できるようになっている（**インバータ** を用いる）



周波数 を変えて **同期速度** を制御

➡ **電圧** が同一で **周波数** を変更すると **誘導起電力** が変化

↓

電圧 と **周波数** の **比** を **一定** に制御（ **V/f 一定** 制御）

※VVVFインバータ制御の一種