

mitsubishi

Changes for the Better

家庭から宇宙まで、エコチェンジ。



三菱電磁クラッチ・ブレーキ
〈パウダ式・ヒステリシス式〉
三菱テンションコントローラ

張力制御ガイダンス

この製品を製造している三菱電機株式会社姫路製作所は、
環境マネジメントシステム ISO14001、及び品質システム ISO9001の認証取得工場です。



張力制御ガイドンス

Chapter.1 張力制御の概要

1-1 張力制御とは？	4
1-2 張力制御はこんなところで使われています	6
1-3 張力制御が応用される製品	7
1-4 例えば…スナック菓子の袋の製造工程	8
1-5 身のまわりで探してみよう	10
1-6 張力制御導入による効果	12

Chapter.2 張力制御の基礎

2-1 張力とは	16
2-2 トルクとは	17
2-3 張力に影響する力	17

Chapter.3 トルク制御と速度制御

3-1 トルク制御と速度制御	22
3-2 トルク制御と速度制御の使い分け	26
3-3 速度制御の例	26
3-4 システム設計フロー	28

Chapter.4 張力制御（トルク制御）の種類

4-1 手動制御	32
4-2 半自動制御（巻径検出式 別名：オープンループ方式）	35
4-3 全自動制御（張力フィードバック式 別名：クローズドループ方式）	38

Chapter.5 張力検出器とは

5-1 張力検出器とは	42
5-2 張力検出器の種類と特徴	43
5-3 張力と荷重	44
5-4 張力検出器の選定	45
5-5 張力検出器取付時の注意	47

Chapter.6 アクチュエータ

6-1 アクチュエータの種類と特徴	50
6-2 パウダクラッチ・ブレーキ	51
6-3 ヒステリシスクラッチ・ブレーキ	54
6-4 AC サーボモータ、インバータ/モータ	56
6-5 エアクラッチ・ブレーキについて（他社）	58
6-6 モータ制御とパウダ制御の違い	59
6-7 アクチュエータの選定フロー	60
6-8 アクチュエータの選定	61

Chapter.7 張力制御システム構築の基礎

7-1 基本の張力制御システム	76
7-2 張力制御システムの構成	78
7-3 テーパテンション制御	80

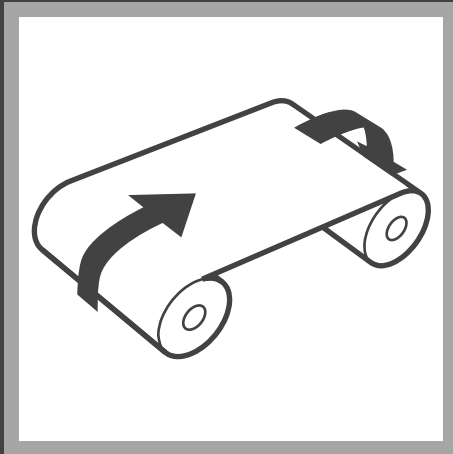
Chapter.8 Q&A

8-1 パウダクラッチ・ブレーキのよくある質問	84
8-2 テンションコントローラのよくある質問	90



Chapter.1

張力制御の概要



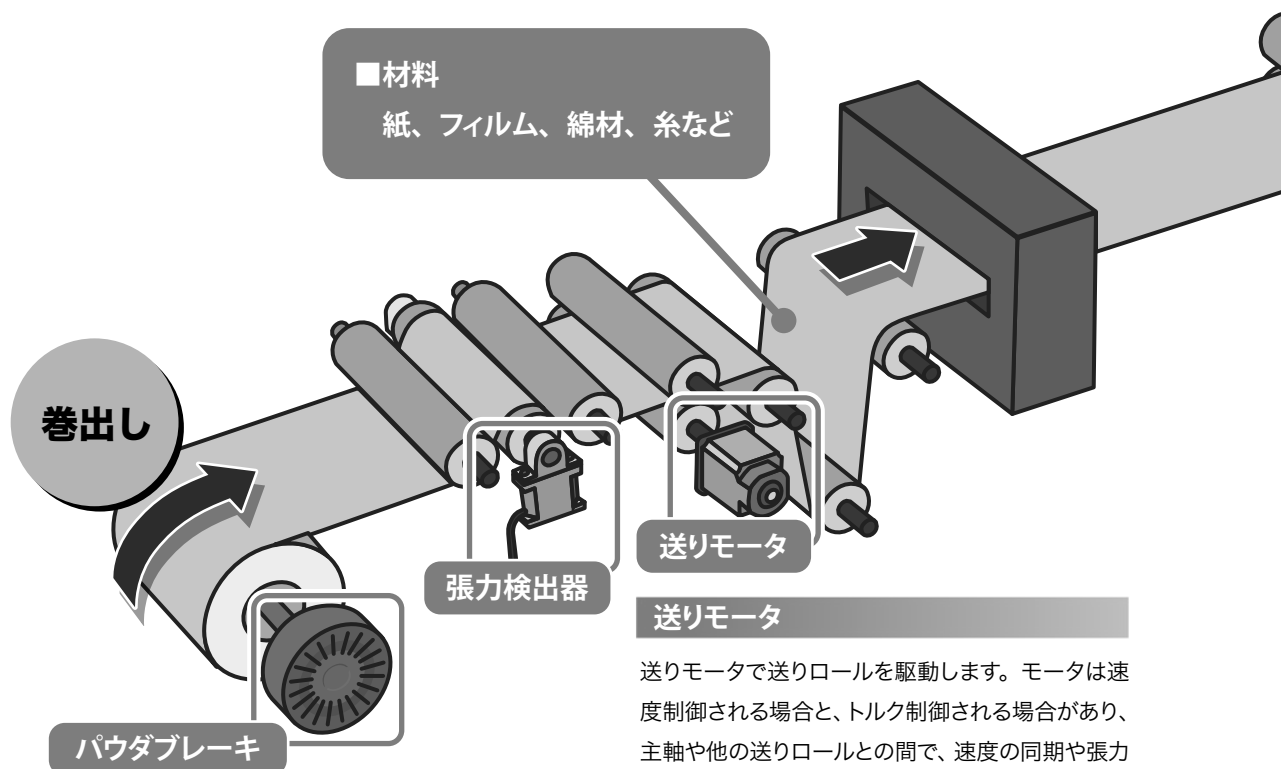
-
- 1-1 張力制御とは？
 - 1-2 張力制御はこんなところで使われています
 - 1-3 張力制御が応用される製品
 - 1-4 例えば…スナック菓子の袋の製造工程
 - 1-5 身のまわりで探してみよう
 - 1-6 張力制御導入による効果
-



張力制御の概要

1-1 張力制御とは？

紙やフィルムなどの長尺材に印刷・塗工・スリットなどのさまざまな加工をロール to ロール方式で施します。このとき、安定した加工をするには、材料の張力を適正でかつ精度よく制御することが重要です。



送りモータで送りロールを駆動します。モータは速度制御される場合と、トルク制御される場合があり、主軸や他の送りロールとの間で、速度の同期や張力が制御されます。

巻出し部

巻出し張力は、巻出し部に設けたパウダブレーキのブレーキトルクによって決定されます。一定の張力を保つためには、巻径の減少に伴ってブレーキトルクを小さくする必要があります。

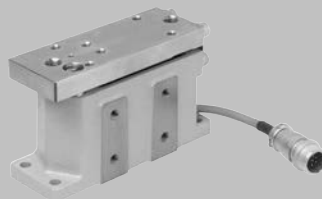
張力制御に必要な機器



パウダクラッチ



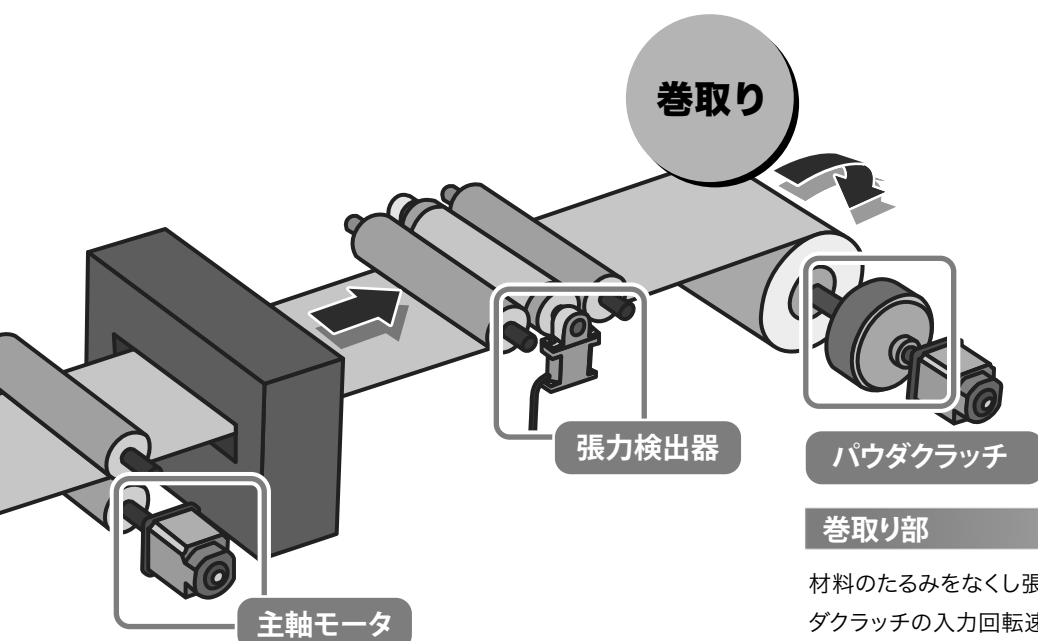
パウダブレーキ



張力検出器



テンションコントローラ



主軸モータ

主軸モータ

主軸モータで主軸を駆動し、長尺材を左から右へ送っています。モータの速度により送り速度（ラインスピード）が決定されますが、張力には関係がありません。ただし、張力が大きくなると出力の大きなモータが必要になります。

パウダクラッチ

巻取り部

材料のたるみをなくし張力を発生させるには、パウダクラッチの入力回転速度が常に巻軸回転速度より速くなるように、巻取りモータの回転速度を設定する必要があります。よって、パウダクラッチの入力側と出力側で回転速度に差が生じるため、パウダクラッチには滑り（スリップ）が発生します。一定の張力を保つためには、巻太りに伴ってパウダクラッチのトルクを大きくする必要があります。

張力制御のメリット

正確に … 加工精度向上

早く … 時間効率向上

ムダなく … 材料効率向上



AC サーボ



インバータ



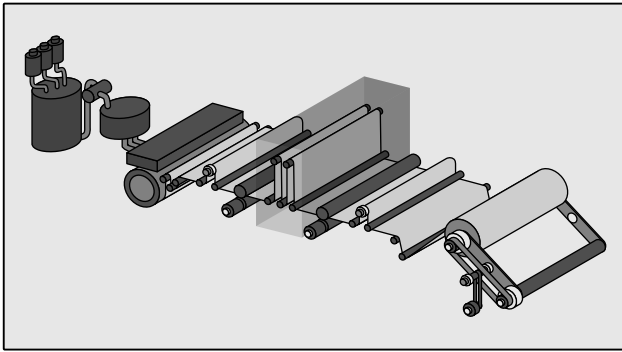
ベクトル制御用モータ



ギヤードモータ

1-2 張力制御はこんなところで使われています

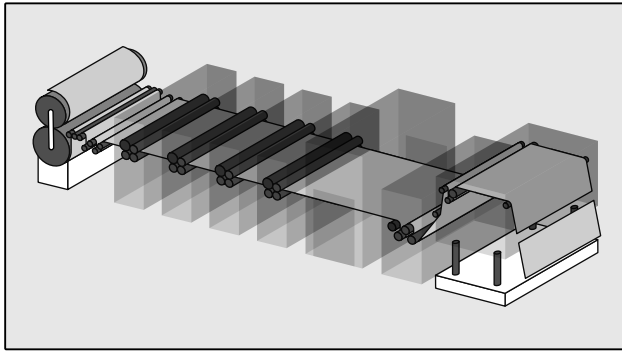
●材料を作る



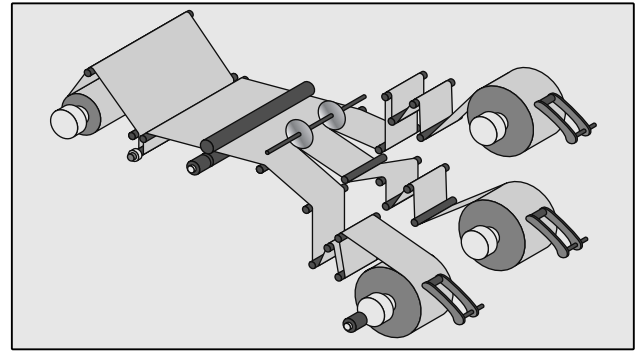
フィルム、紙、箔、電線、繊維

●加工する

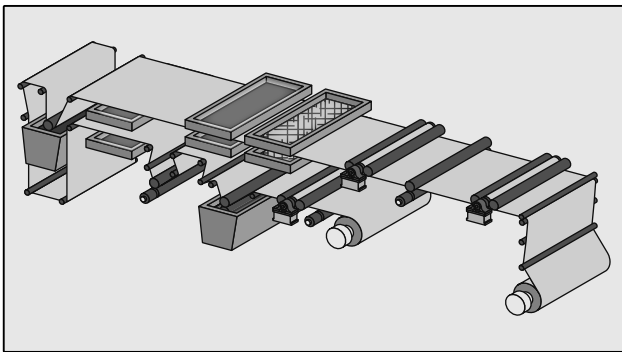
印刷



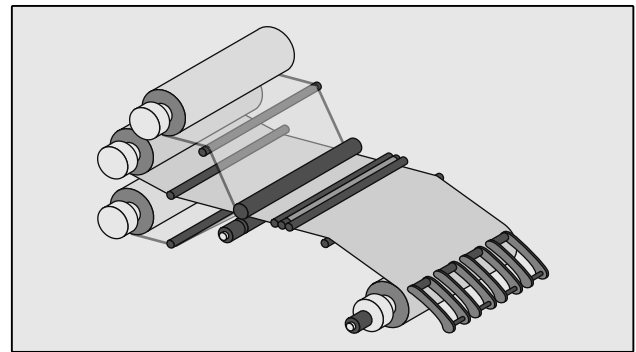
スリット



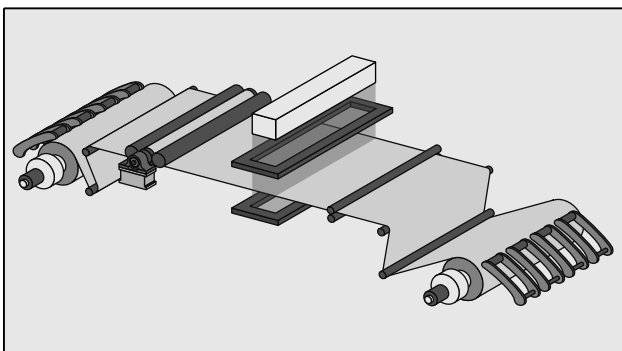
コーティング



ラミネート



●検査する



品質管理

1-3 張力制御が応用される製品



紙類

プラスチック
シート

フィルム

ラミネート品

アルミ箔

銅箔

金属箔

電線類

電子デバイス

光学フィルム

ハイテク繊維

●スーパーマーケットのレジ袋の製造工程

レジ袋やゴミ袋などはインフレーション式押出機で製造します。加熱して融解したポリエチレンやポリプロピレンなどの材料を筒状にしてエアブローで押し出します。押し出された筒状の材料は冷却されてから中の空気を抜いて平らな袋状のシートにしてから巻き取ります。



●紙やフィルム材料の張力が低い場合

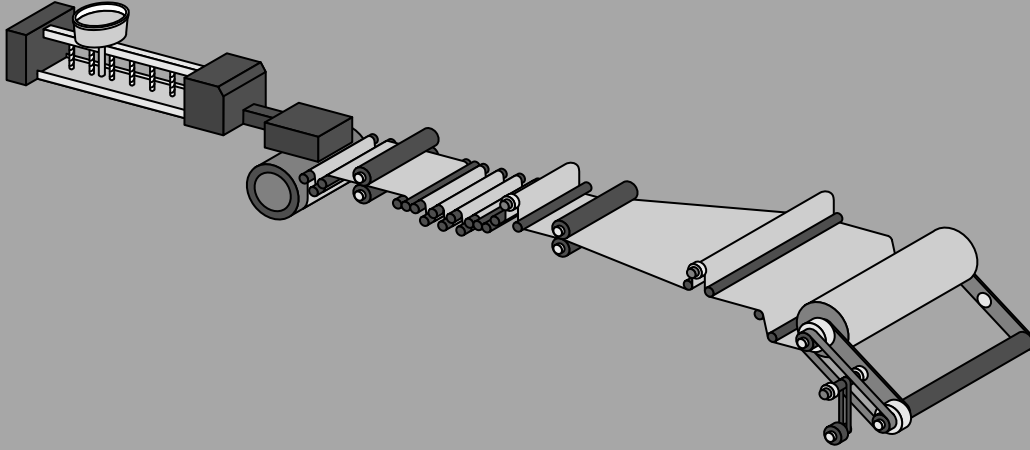
紙やフィルム材料の張力が低い場合は印刷時に材料が弛んだりしわが入ることがあり、張力が大きすぎる場合には印刷後に縮んだりすることがあります。また張力が安定していないと印刷時に色ずれの原因にもなります。



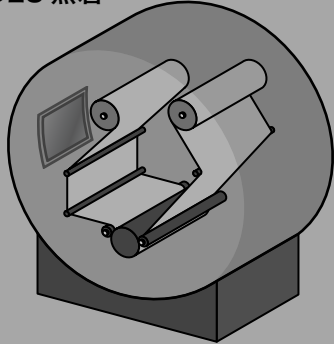
1-4 例えば…スナック菓子の袋の製造工程

ここではスナック菓子の袋の製造工程を例に、張力制御が応用されるさまざまな産業機械を見てみましょう。

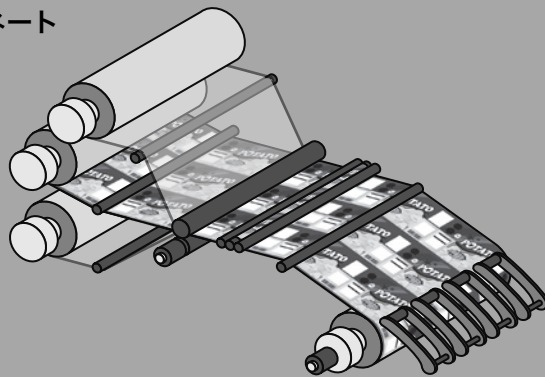
DPP 製造
DES 製造



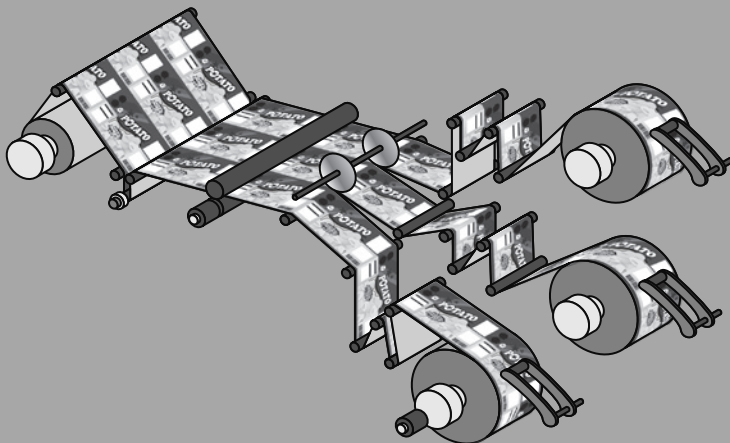
DES 蒸着



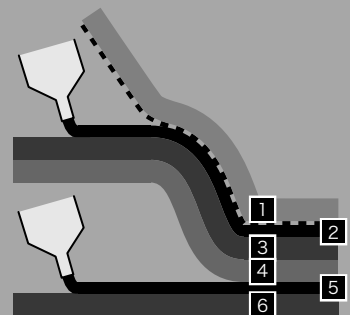
ラミネート



スリット



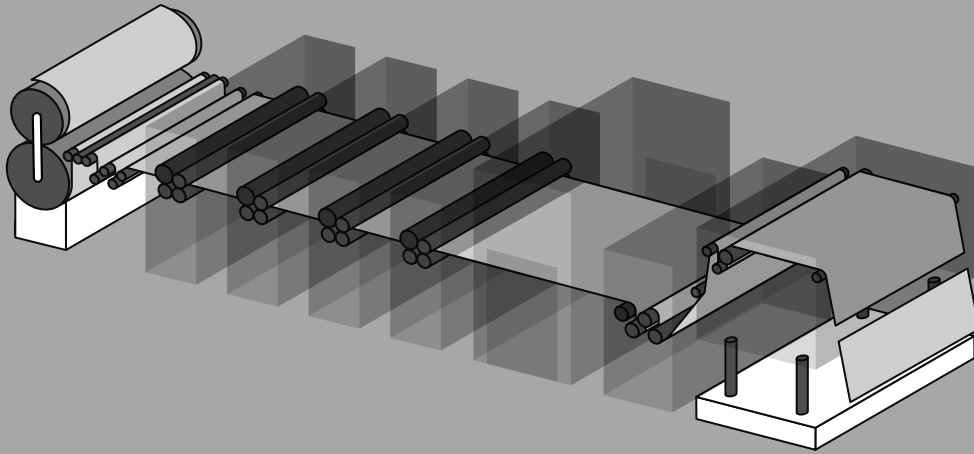
- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1 DPP
(2輪延伸ポリプロピレン) | 4 DES
(2輪延伸ポリエチレン) |
| 2 ポリエチレン | 5 ポリエチレン |
| 3 アルミ | 6 CPP
(キャストポリプロピレン) |



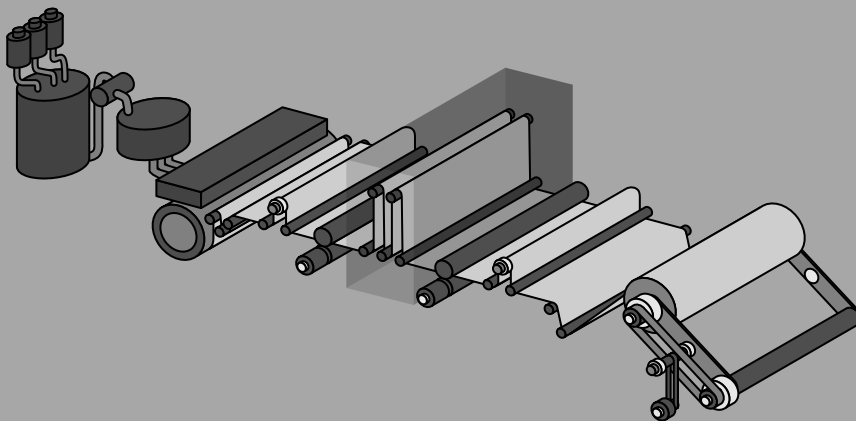
フィルム断面図

スナック菓子の袋も張力制御の技術を用いて製造されます。この袋はアルミ層も含めると6層構造となっています。その理由は、スナック菓子を紫外線、酸素、水、油などから遮断して（保存性・安全性）、風味も逃がさないようにするためです。

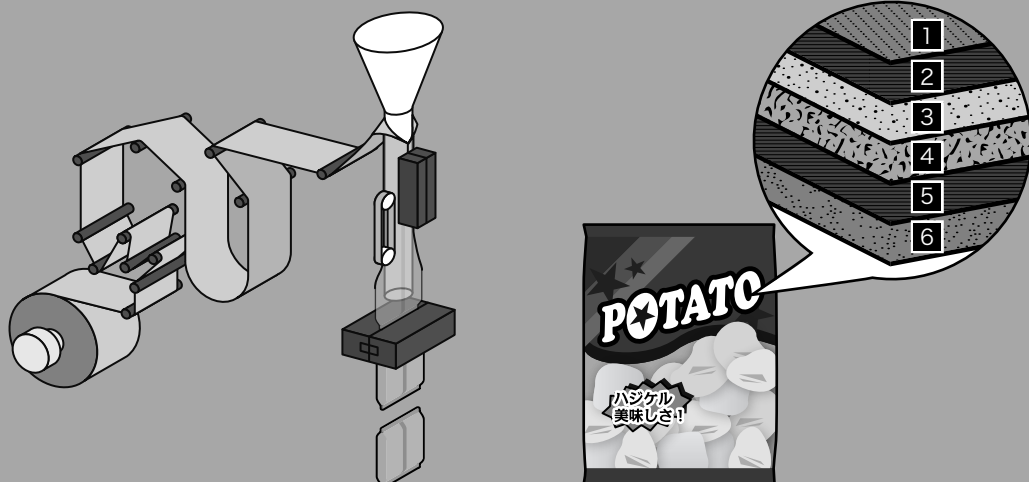
ポリプロピレン印刷



CPP印刷



製袋

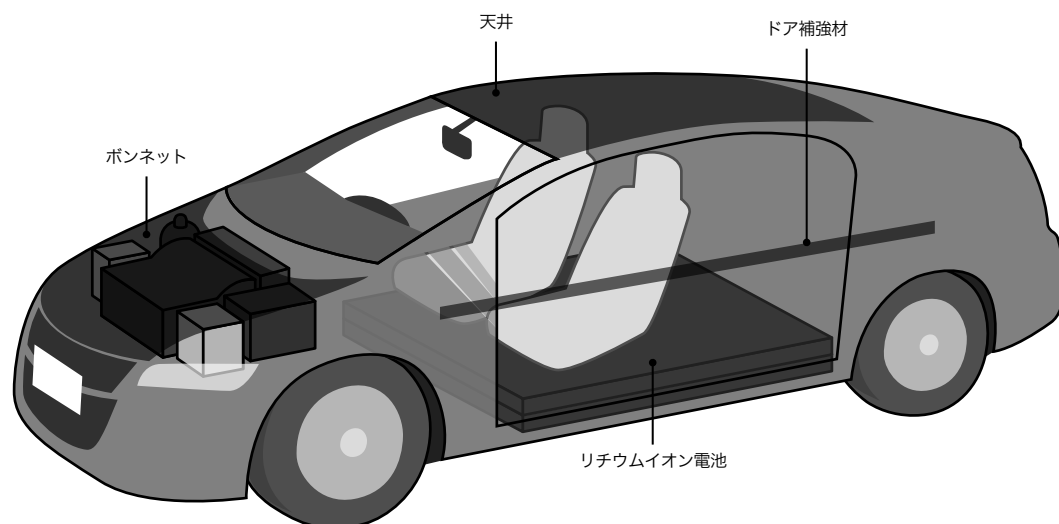
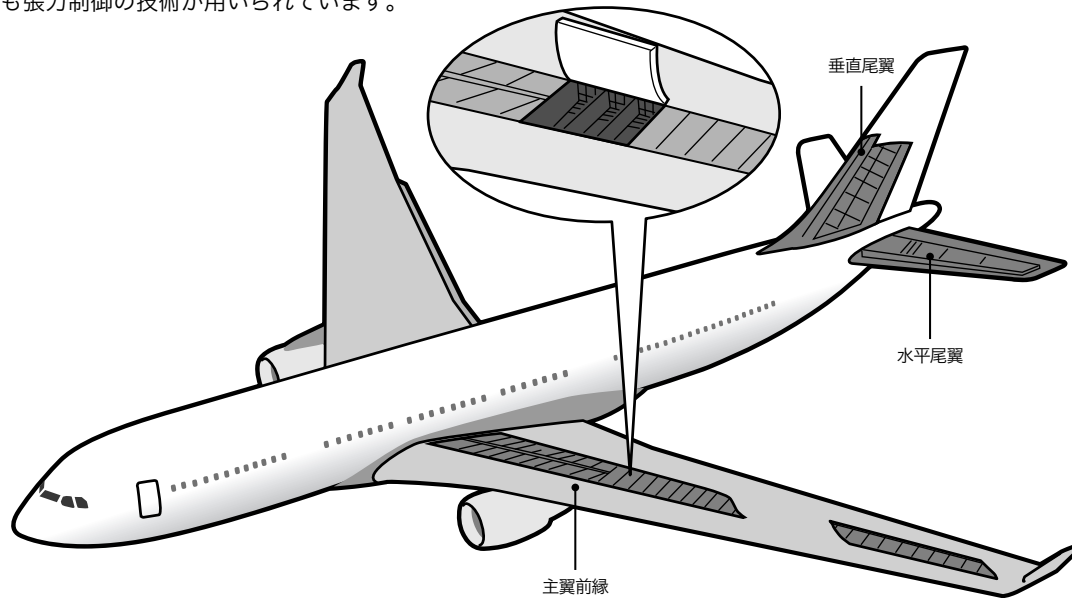


1-5 身のまわりで探してみよう

航空機

●例えば…

燃費と航続距離の向上および CO₂ の排出削減を目的として炭素繊維が注目されています。炭素繊維の生成や炭素繊維を使った成型品の加工にも張力制御の技術が用いられています。



自動車部品

●例えば…

航空機と同じ目的で炭素繊維の成型品の加工やハイブリットカーや電気自動車用のリチウムイオン電池にも張力制御の技術が用いられています。

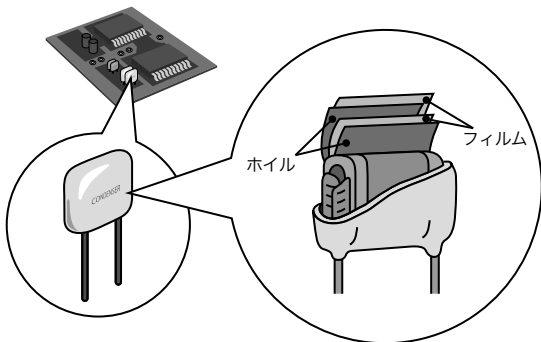


セラミックコンデンサ

●例えば…

携帯電話には電子回路が内蔵されており、回路はプリント基板上に実装されています。

電子部品の中のセラミックコンデンサという1～2mmサイズの直方体の部品は、張力制御を用いて製造されています。



偏光板、保護材

●例えば…

液晶テレビには、液晶の高機能シートやフィルムコンデンサなどに、張力制御の技術が用いられています。



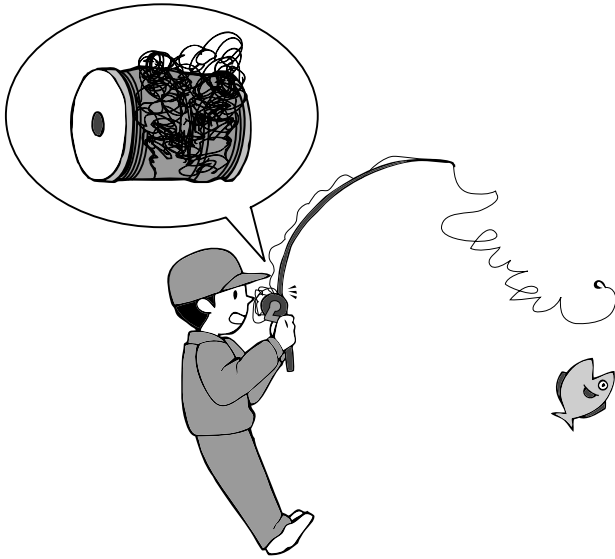
フィルムコンデンサ

●例えば…

液晶テレビには、液晶の高機能シートやフィルムコンデンサなどに、張力制御の技術が用いられています。

1-6 張力制御導入による効果

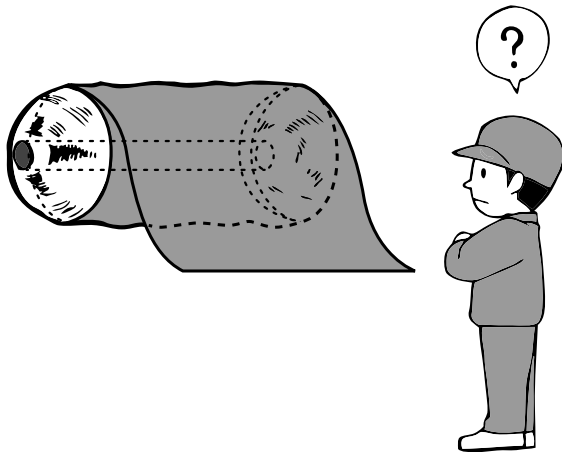
●張力制御をしないと…



張力制御をしない巻取りは、トイレットペーパーをほどいた後に手で巻き戻した姿や、おもりのついてない状態でリールを巻き戻した姿を想像してください。

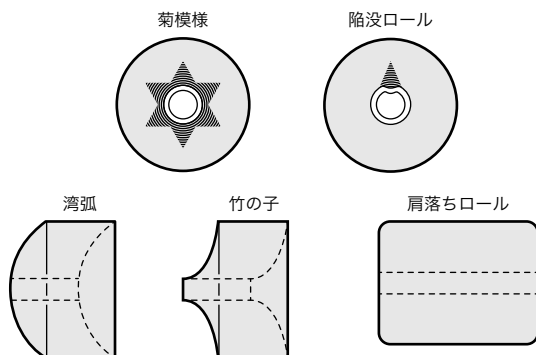
きれいに巻き取れない姿が容易に想像できると思います。

■ 1-6-1 巻取り姿の改善



材料を加工して巻き取る段階では、張力制御を用いることにより良好な巻姿にすることができますが、適切に張力制御がされなければ、次のように不具合が発生することになります。

- 菊模様：巻締まりにより中心部が潰れる
- 陥没：巻取り後に陥没する
- 湾弧・竹の子：巻取り時に材料がずれる
- 肩落ち：巻取り時に両サイドが欠ける



菊模様

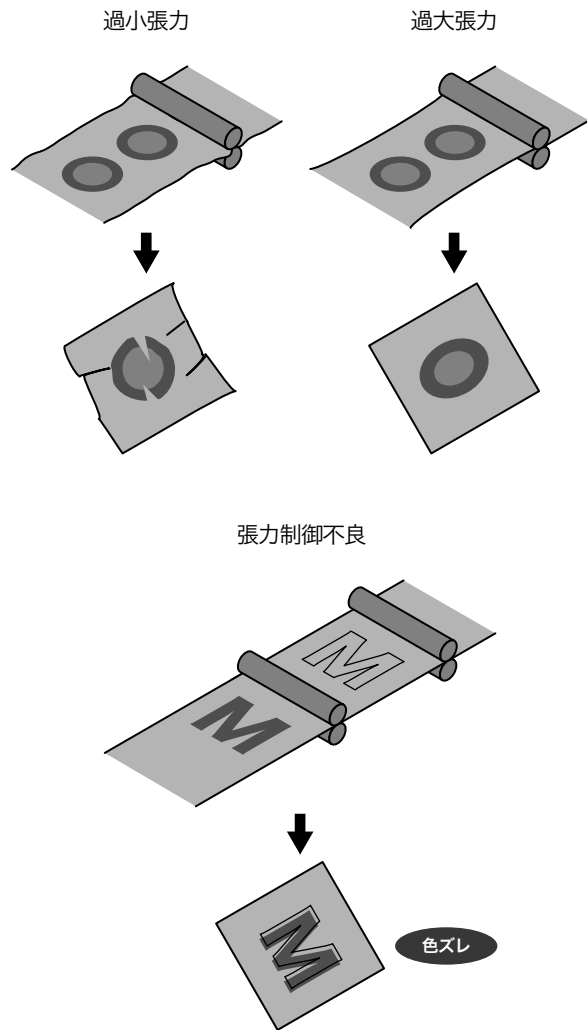
陥没ロール

湾弧

竹の子

肩落ちロール

■ 1-6-2 印刷品質の向上

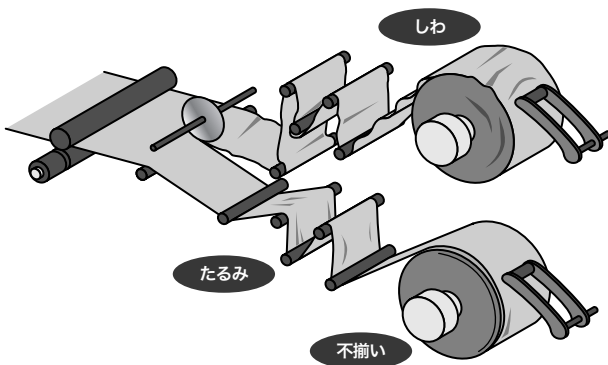


張力が弱いと、しわのある状態で印刷することになり、印刷パターンが途切れたりすることがあります。

張力が強すぎると、材料を伸ばした状態で印刷することになり、張力がなくなると材料が縮んで、印刷も変形します。適正な張力を保つことによってきれいな多色刷りに仕上がります。

各印刷ユニットの張力が不揃いであったり、変動があったりすると、色のはみ出し・にじみ・変形などが発生します。

■ 1-6-3 スリッタの加工品質の向上



各巻取軸の張力制御だけではなく、上下の張力が同じでないと、幅が不均一となり、しわ・たるみなどが発生します。

1

張力制御の概要

2

張力制御の基礎

3

トルク制御と速度制御

4

張力制御（トルク制御）の種類

5

張力検出器とは

6

アクチュエータ

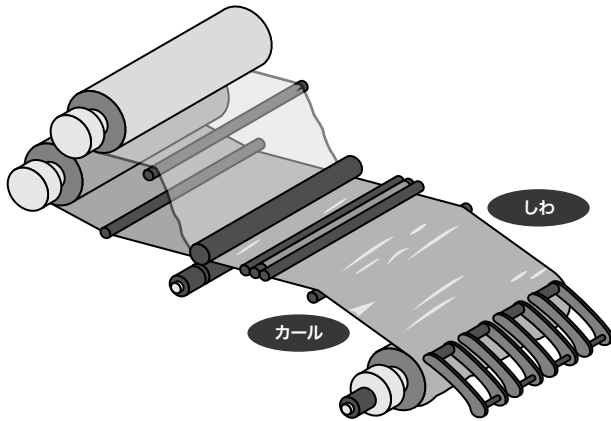
7

張力制御システム構築の基礎

8

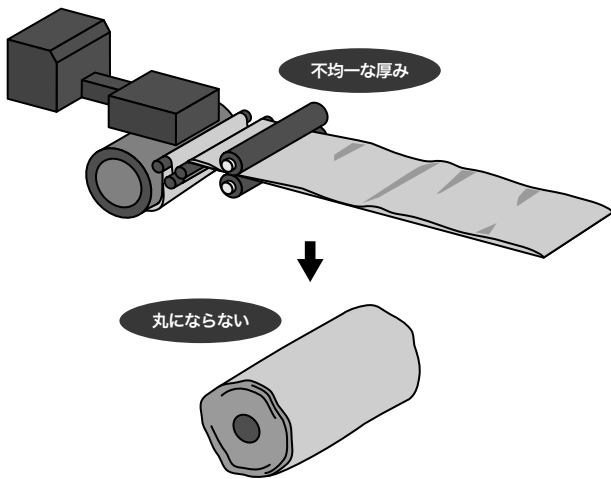
Q & A

■ 1-6-4 ラミネータの加工品質の向上



上下の張力を制御しないと、材料の伸縮の影響を受け、しわやカールが発生します。

■ 1-6-5 コータの加工品質の向上



塗工前後の張力が不均一であれば、厚みが不均一になり、製品に影響を及ぼします。

ポイント!

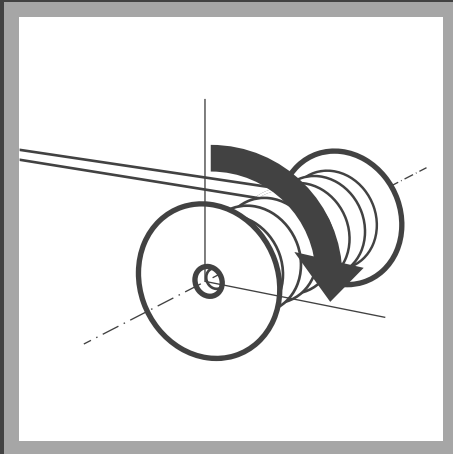
張力制御はなぜ必要か？

張力を制御する目的は材料や機械によってさまざまです。

張力を制御することで、ちょうど良い張力を保ちながら材料を次の工程（印刷、貼り合わせ、機械加工など）へ送ることができるため、材料走行の安定化、寸法精度の確保、巻上がり状態を良くすることにつながります。



張力制御の基礎



-
- 2-1 張力とは
 - 2-2 トルクとは
 - 2-3 張力に影響する力
-

Chapter

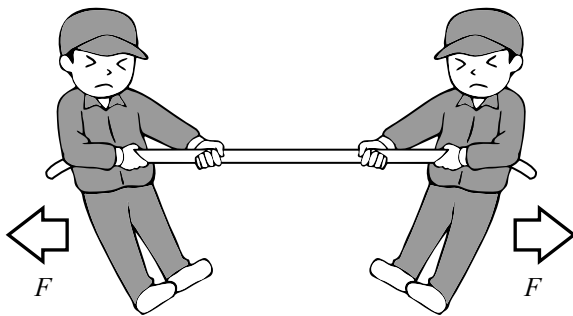
2

張力制御の基礎

2-1 張力とは

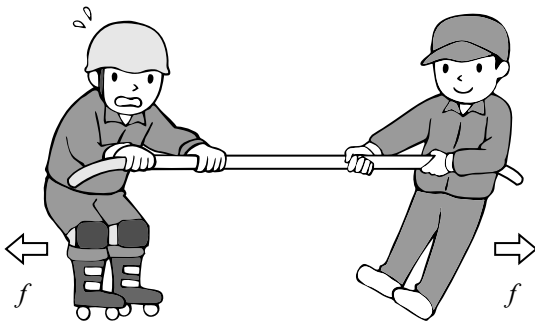
長尺材料を加工する機械ではいろいろな物理現象が発生しています。
しかしこれが私たちの身のまわりで発生している現象となかなか結びつかないものです。

●引っ張る力と引っ張られる力

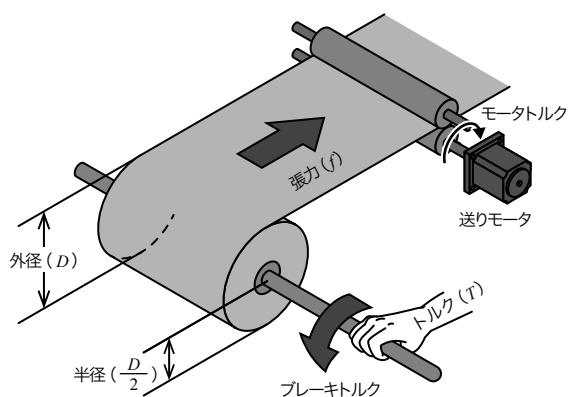


両者が引っ張り合っていると、ロープに張力がかけられます。
静止した状態では、引っ張る力 (F) と引っ張られる力 (F) は釣り合っており同じ張力がかかることは簡単に理解できます。

それでは、ロープが動く場合の張力はどうなるでしょう？
一方が固定されていない場合は、ロープは右側に移動します。
ロープには、先ほどよりも弱い力 (f) しかかかりません。
つまり、ロープが移動する場合は、引っ張る側の力では張力は決まりません。引っ張られる側の力に影響されます。



2-2 トルクとは



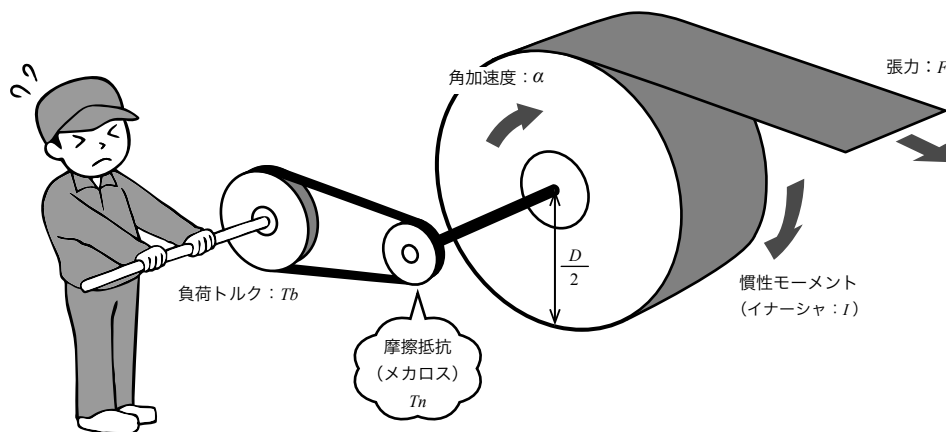
長尺材料を送り出すときの張力とトルクの関係について示します。トルクとは回転軸に作用する力のことです。

長尺材料を送り出す場合、巻軸の制動トルク(ブレーキトルク)がモータトルクよりも弱いため、材料は右側に送り出されます。

この場合、材料が受ける張力 (f) は弱い側の制動トルク (T) で決まり、そのときのトルク (T) と張力 (f) の関係は下記となります。

$$\text{張力 } (f) = \frac{\text{トルク } (T)}{\text{半径 } (D/2)}$$

2-3 張力に影響する力



次に、実際の機械で張力に影響する力の例を考えてみます。長尺材料を送り出すときにどのような力が働くのでしょうか？

- ◆ 引っ張ることによる張力： F
- ◆ 慣性モーメント： I
- ◆ 角加速度： α
- ◆ 加減速時の角加速度が変化するときが発生するトルク： $I \times \alpha$
- ◆ 軸の摩擦による摩擦抵抗： Tn
- ◆ 負荷トルク： Tb (ブレーキトルクに相当) などがあります。

回転運動の運動方程式は

$$F \times \frac{D}{2} = I \times \alpha + Tn + Tb$$

張力 半径 慣性モーメント 角加速度 摩擦抵抗 負荷トルク

$I \times \alpha$ は、加減速時の角加速度が変化するときが発生し、等速時には影響がなくなります。

摩擦抵抗 Tn は、軸を支える軸受けやギヤ、ベルト駆動により発生する摩擦抵抗 (メカロス) によるものです。

Tn は、温度や回転速度により変化します。また軸受けは、隙間精度やシールの種類によっても変化し、その値は一定ではありません。

Tb はブレーキなどによる負荷トルクです。

よって、張力を制御するにはこれらの3つのトルクをうまく制御しなければなりません。

■ 2-3-1 慣性モーメント（イナーシャ）

慣性モーメントとは、回転体における回りにくさを表す指標です。

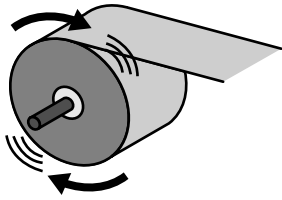
直線運動の場合の質量は、力を加えられたときの「動きにくさ」や「止まりにくさ」を表しています。

回転運動の場合の慣性モーメントは、回転させようとする力が加わったときの「回転のしやすさ」や「回転の止まりにくさ」を表しています。

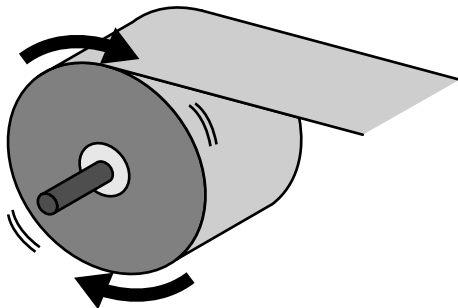
例えば巻軸では、外径の大きいものや質量の大きいものは回すまでは大変なのですが、一度回り始めると、回り続ける性質を持っています。これが「慣性モーメントが大きい」ということです。

式で表すと次のようになります。

$$(\text{慣性モーメント}) = \Sigma [(\text{回転の中心からの距離}) \times (\text{質量})]$$



慣性モーメント（イナーシャ）が小さい

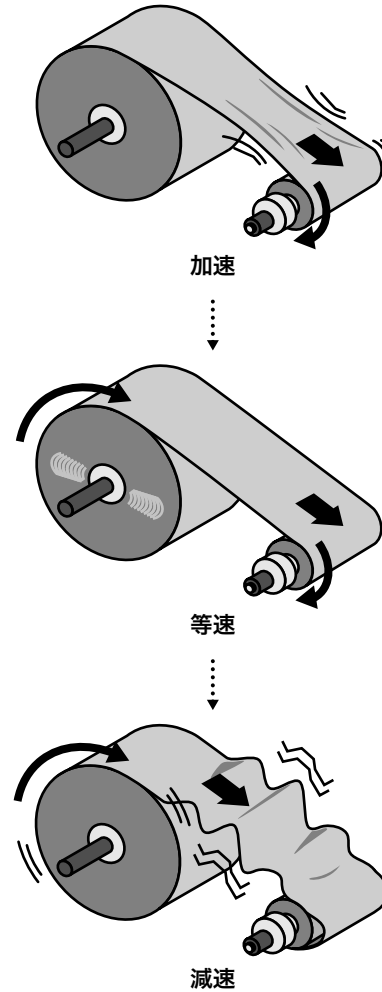


慣性モーメント（イナーシャ）が大きい

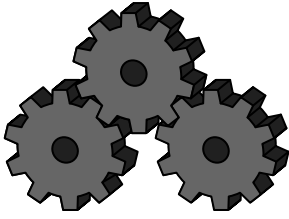
回転体を加減速させる場合には、イナーシャの考慮が必要です。
イナーシャ： I の回転体を加速するために必要なトルク： T は

$$T = I \times \alpha$$

よって、回転体を引っ張って加速させる場合には、+側（張る側）のテンションとなって現れ、逆に減速させる場合には、-側（ゆるむ側）になることを考慮する必要があります。
一定速の定常運転時は、角加速度 $\alpha = 0$ のため、発生しません。



■ 2-3-2 摩擦抵抗（メカロス）による力



ギヤ



ベアリング

軸を回転させる場合には、摩擦抵抗が発生します。
軸を支える軸受けやギヤ、プーリなどに発生します。
この摩擦抵抗も張力に影響します。

低張力の制御を行う場合は、摩擦抵抗の影響が無視できない
ので、対策が必要です。

ポイント!

張力、トルク、慣性モーメント（イナーシャ）、摩擦抵抗（メカロス）の考え方の基本を理解しよう！

MEMO

1

張力制御の概要

2

張力制御の基礎

3

トルク制御と速度制御

4

張力制御（トルク制御）の種類

5

張力検出器とは

6

アクチュエータ

7

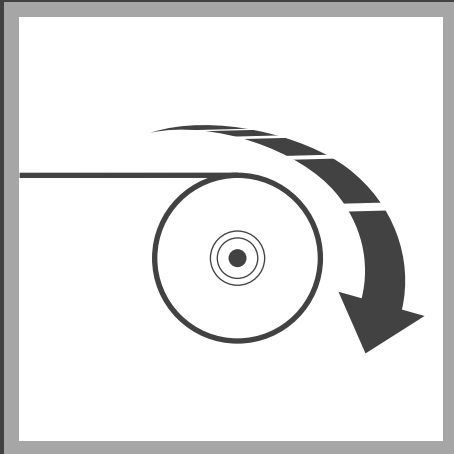
張力制御システム構築の基礎

8

Q & A



トルク制御と速度制御



-
- 3-1 トルク制御と速度制御
 - 3-2 トルク制御と速度制御の使い分け
 - 3-3 速度制御の例
 - 3-4 システム設計フロー
-

Chapter

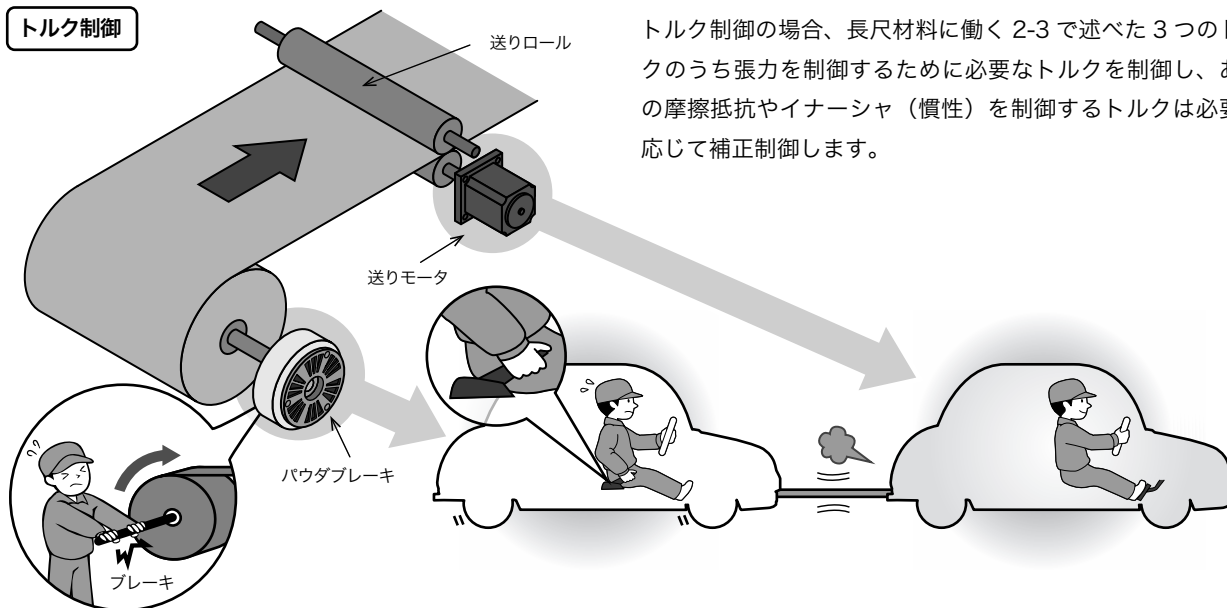
3

トルク制御と速度制御

3-1 トルク制御と速度制御

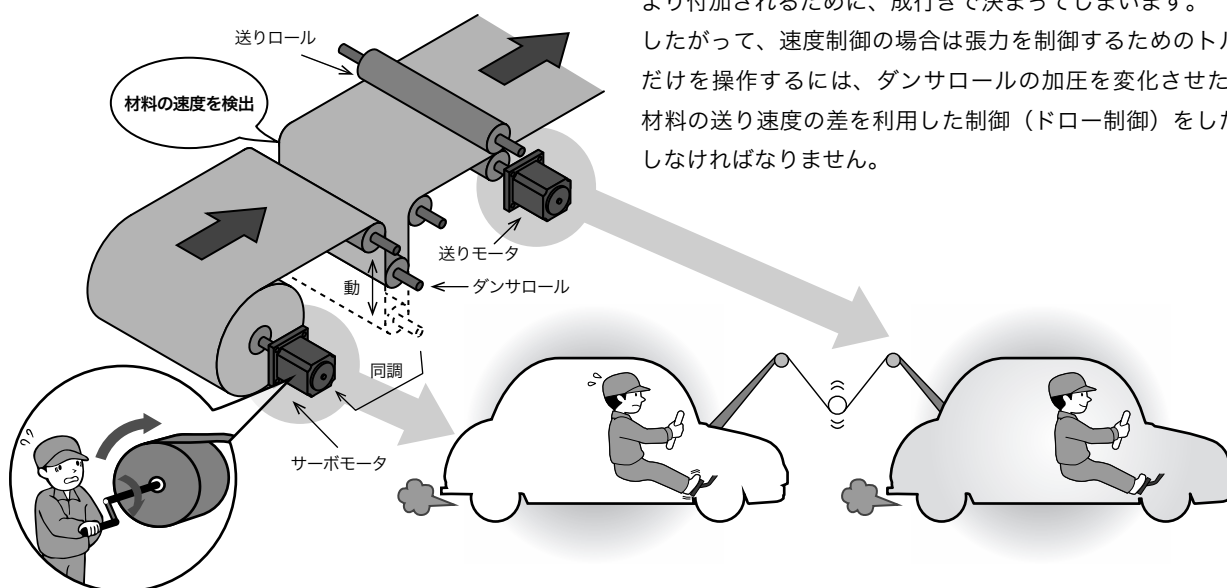
張力制御の方法は大きく分けてトルク制御と速度制御の2つがあります。

トルク制御



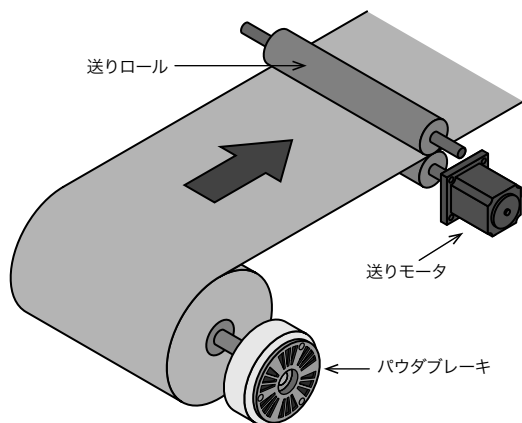
トルク制御の場合、長尺材料に働く2-3で述べた3つのトルクのうち張力を制御するために必要なトルクを制御し、あとの摩擦抵抗やイナーシャ（慣性）を制御するトルクは必要に応じて補正制御します。

速度制御



一方速度制御は材料が流れる速度を制御することで、張力を安定化させるものです。張力は重りやダンサロールの加圧により付加されるために、成行きで決まってしまう。したがって、速度制御の場合は張力を制御するためのトルクだけを操作するには、ダンサロールの加圧を変化させたり、材料の送り速度の差を利用した制御（ドロー制御）をしたりしなければなりません。

■ 3-1-1 トルク制御のしくみ

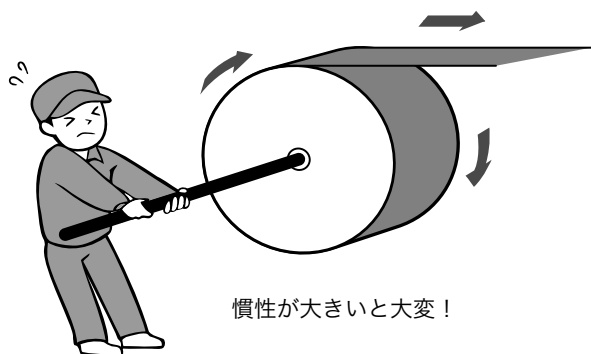


左図は巻出しを例にしたトルク制御を模式化した図です。トルク制御では、材料の移動速度が一定の場合、加減速によるイナーシャの影響や摩擦抵抗がほぼ一定になるので一定のブレーキトルクを与えるだけで簡単に張力が制御できます。巻軸の回転速度については、送り速度と巻軸材料巻径により成行きで決まります。

回転速度が変化しても一定トルクを発生するアクチュエータ^{*}を採用すれば、巻軸の回転速度変化に関係なく張力を制御するためのトルクを可変するだけで簡単に目的の張力に制御できます。

※アクチュエータとは…

巻取軸、巻出軸などに設けられるクラッチ、ブレーキ、モータなどの駆動、制御機構のことを言います。



一方、トルク制御は加減速時のイナーシャ（慣性モーメント）の影響や機械摩擦の変化が大きい場合は、これらの影響による張力の変動を完全に抑えることは困難です。

巻軸材料の巻径が大きくなると巻軸材料のイナーシャもそれに従い大きくなり、慣性を補償するためのトルクが大きくなります。

したがって、慣性が大きいほど、また加減速が速いほどトルク制御は不利になります。

対応する機器



三菱電機株式会社製
パウダクラッチ
ZKB-BN 形



三菱電機株式会社製
パウダブレキ
ZKB-XN 形



三菱電機株式会社製
ヒステリシスクラッチ
ZHA 形



三菱電機株式会社製
ヒステリシスブレキ
ZHY 形



三菱電機株式会社製
AC サーボモータ
MELSERVO-J4



三菱電機株式会社製
インバータ
FREQR0L-A700

1

張力制御の概要

2

張力制御の基礎

3

トルク制御と速度制御

4

張力制御（トルク制御）の種類

5

張力検出器とは

6

アクチュエータ

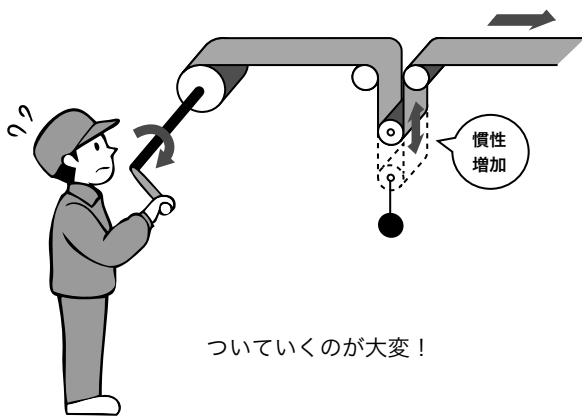
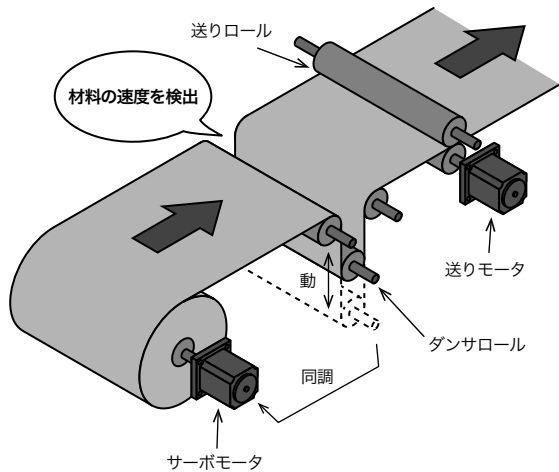
7

張力制御システム構築の基礎

8

Q & A

■ 3-1-2 速度制御のしくみ



左図は巻出しを例にした速度制御を模式化した図です。実際の機械では、材料を送り出すモータの回転速度を制御することになります。

一方張力は、ダンサロール*にこの図と同じように重りを吊るすか、ダンサロールにエアシリンダなどで加圧することになります。

※ダンサロールとは…

支軸が上下、または左右に移動できる従動ローラーであり、ローラー支軸に与えた荷重によって材料の張力が決まります。

速度制御は機械の中を移動する材料の速度を検出し、これに機械のほかの駆動部分が同期同調するように制御するので、材料移動の安定化が容易です。

また、慣性や機械摩擦のトルク変動があってもトルクは成行きで決まってくれるので、材料の安定が損なわれることは少なくなります。

しかし、張力を制御するためのトルクだけを可変することができないので張力の精度は劣ります。

ダンサ速度制御では、ダンサロールの重りやエアシリンダにより加圧して張力を変化させるが、重りを載せるとダンサロールの慣性も増加し、これにより速度検出の応答性が鈍くなったり、張力変動を逆に発生させる原因になることもあります。

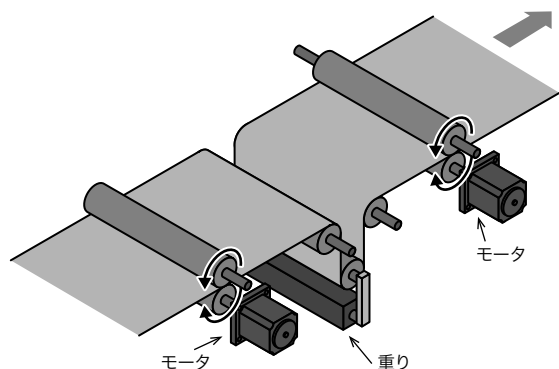
エアシリンダによる加圧はエアの圧力変動が張力の変動になります。

したがって、張力の絶対制御精度はトルク制御より劣ります。

■ ダンサロール

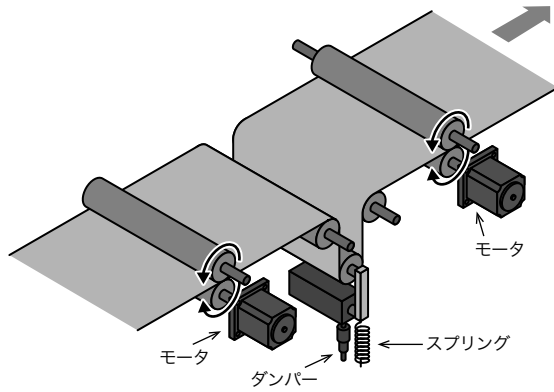
ダンサロールとは上下や左右に大きく移動するローラーで、ウェイトダンサやスプリングダンサなどの種類があります。

● ウェイトダンサ



- ・ 張力は重りの重さの $1/2$ となる
- ・ ダンサ位置と張力はない
- ・ ダンサ位置は入出力速度差に依存する
- ・ 加減速でも容易に安定する
- ・ 駆動制御軸間の材料長が長くなっても同期が取りやすい
- ・ 張力を変えるには、重りの重さを可変する必要がある

●スプリングダンサ



- ・スプリングのバネ力が張力になる
- ・張力によりダンサ位置が変化する
- ・速度差によりダンサ位置は変化しない
- ・ウェイトダンサより張力の制御制度が良い
- ・ショックを吸収する役目もする
- ・スプリングを安定させる必要がある
(ダンパーが必要)

対応する機器



三菱電機株式会社製
AC サーボモータ
MELSERVO-J4



三菱電機株式会社製
汎用インバータ
(ベクトル制御対応)
FREQROL-A700



三菱電機株式会社製
ベクトル制御用モータ
SF-V5RU

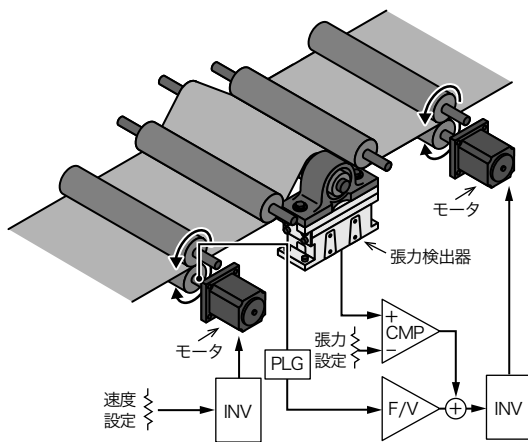
3-2 トルク制御と速度制御の使い分け

	トルク制御	速度制御
・張力の精度	○ アクチュエータの発生するトルクで決まるので、きめ細かい制御が可能となる。	× 張力はダンサロールの重りやエアシリンダの加圧により決まるが、逆に張力の変化があったときに張力を制御するためのトルクだけを可変できない。
・加減速あり ・巻径の変化大 ・低張力	× 慣性の変化によるトルクの変化の影響を受けるため制御が困難。 巻軸の慣性に打ち勝つ力で引っ張らないと巻軸が回転しないため、張力の下限に制約ができる。	○ 加減速があっても、張力はダンサロールの重りやエアシリンダの加圧により決まるため、加減速の影響をあまり受けない。 巻軸に駆動をかけることもできるので、積極的に材料を送り出すことで張力を低くすることができる。

どのような使用条件であっても全てトルク制御が当てはまるわけではありません。逆に速度制御が全て当てはまるわけでもありません。使用条件に応じて適切な方式を選ぶ使い分けが必要です。そのためには、それぞれの特徴を知っておく必要があります。

3-3 速度制御の例

①張力検出器※による方法



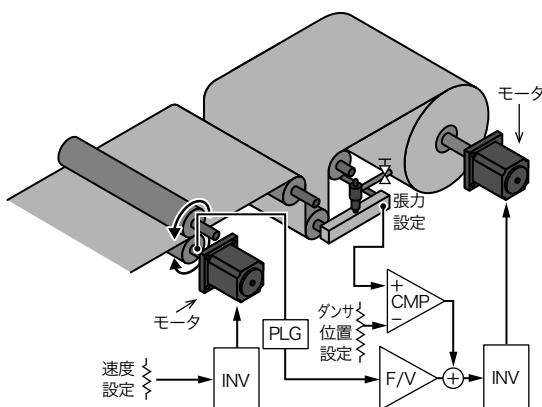
[張力検出器※による速度制御の特徴]

- ・ 簡単な構成で速度制御が行える
- ・ 張力の精度はダンサ制御より良い
- ・ 張力の安定性が劣る
- ・ 材料の特性で制御性が大きく変化する

※張力検出器とは…

張力を一旦荷重に変換し、その荷重を電気信号として取り出す機器のことを言います。

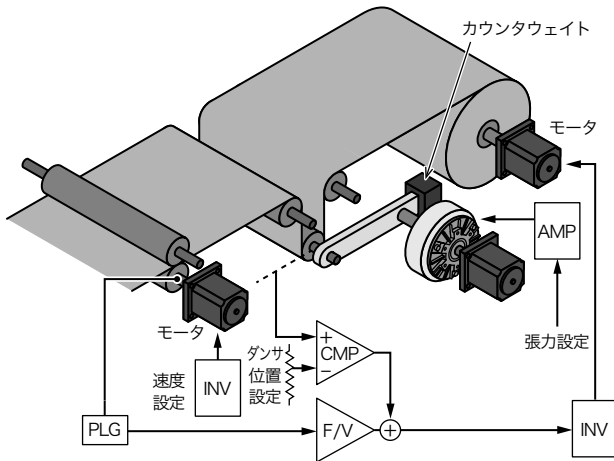
②ダンサロールによる方法



[ダンサロールによる速度制御の特徴]

- ・ 加減速でも容易に安定が得られる
- ・ パス長が長くなっても同期が取りやすい
- ・ ショックを吸収する役目もする
- ・ 張力の精度はエア圧と機械機構に依存する

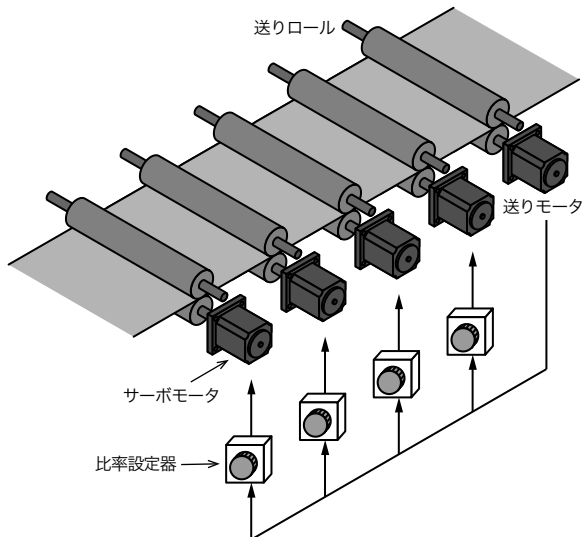
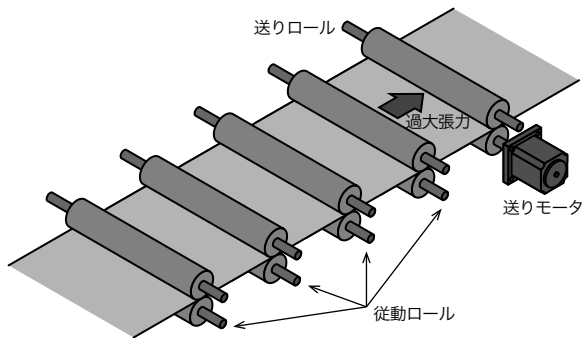
③パウダクラッチによる方法



[パウダクラッチによる速度制御の特徴]

- ・張力はパウダクラッチのトルクで可変できる
- ・ダンサ位置は入出力速度差に依存する
- ・パス長が長くなっても同期が取りやすい
- ・ダンサ位置と張力は関係ない

④ドロウ制御の方法



左図のとおり走行材料によって多数の従動ロールを駆動させる場合、従動ロールのメカロスの影響で先頭部に行くほど張力が過大になることがあります。

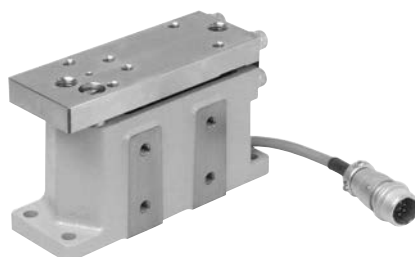
これを防止するために各従動ロールを駆動する場合、材料の伸縮に応じた速度制御が必要となります。

左図のとおり各ロールをサーボモータで駆動し、比率設定器によって前段モータよりも後段モータを高速で駆動することもできます。

伸び率は概略0.1～5%の値となります。

このように後段ロールを高速駆動する方式をドロウ制御といい、運転張力は材料の伸び率特性によって決定されます。

対応する機器

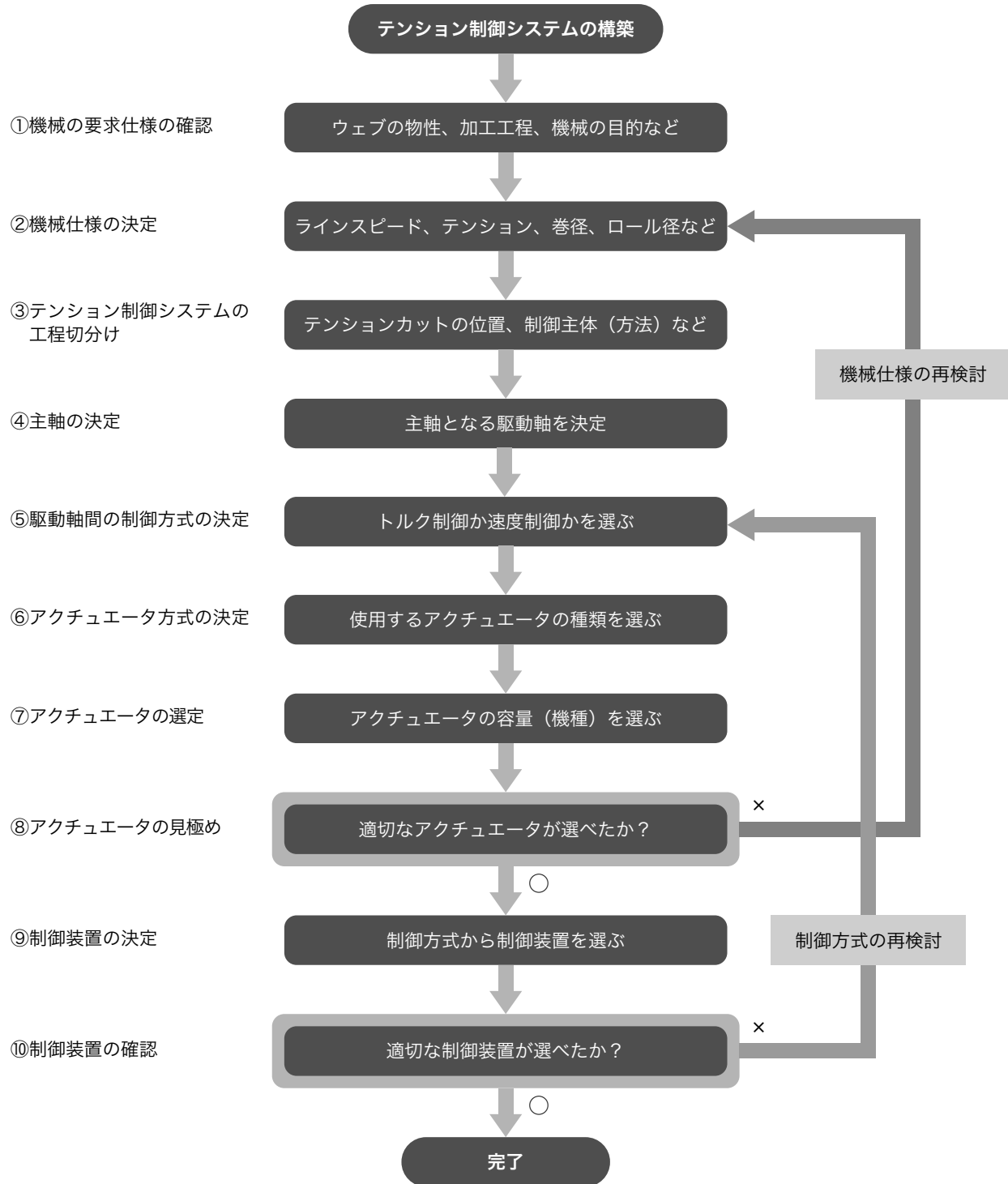


三菱電機株式会社製

張力検出器

LX-TD 形

3-4 システム設計フロー



1

張力制御の概要

2

張力制御の基礎

3

トルク制御と速度制御

4

張力制御（トルク制御）の種類

5

張力検出器とは

6

アクチュエータ

7

張力制御システム構築の基礎

8

Q & A

1

張力制御の概要

2

張力制御の基礎

3

トルク制御と速度制御

4

張力制御（トルク制御）の種類

5

張力検出器とは

6

アクチュエータ

7

張力制御システム構築の基礎

8

Q & A

ポイント!

トルク制御と速度制御、ダンサロールと張力検出器との組合せを考えよう！

MEMO

1

張力制御の概要

2

張力制御の基礎

3

トルク制御と速度制御

4

張力制御（トルク制御）の種類

5

張力検出器とは

6

アクチュエータ

7

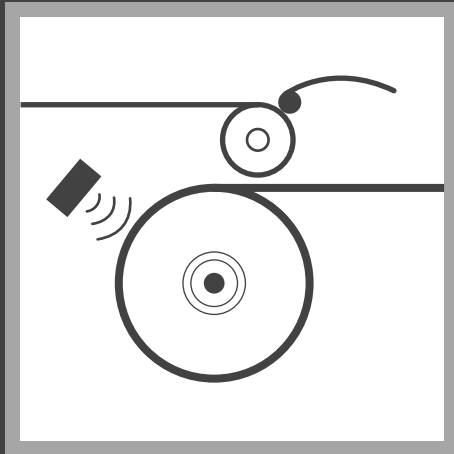
張力制御システム構築の基礎

8

Q & A



張力制御（トルク制御）の種類



-
- 4-1 手動制御
 - 4-2 半自動制御
(巻径検出式 別名：オープンループ方式)
 - 4-3 全自動制御
(張力フィードバック式 別名：クローズドループ方式)
-

Chapter

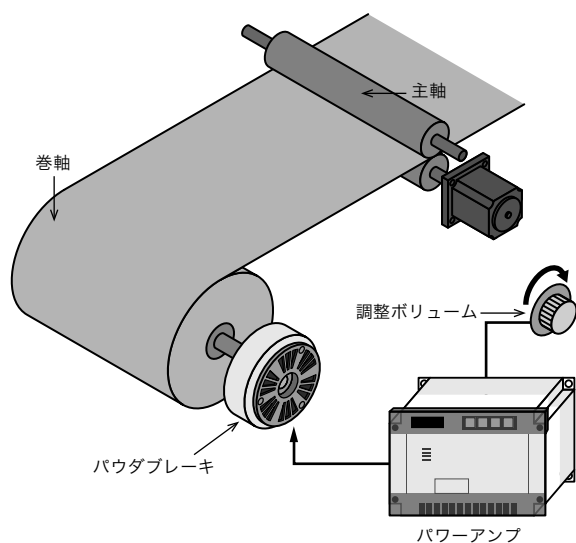
4

張力制御（トルク制御）の種類

手動制御、半自動制御（巻径検出式 別名：オープンループ方式）、全自動制御（張力フィードバック式 別名：クローズドループ方式）の3種類があります。

4-1 手動制御

■ 4-1-1 手動張力制御とは…



巻取りや巻出しにおいて、巻径の変化に伴って段階的にクラッチやブレーキの励磁電流あるいは印加電圧を調整し、ほぼ一定の張力を得る方式を手動張力制御と言います。

このための電源装置としては電源電圧の変化を自動的に補償するものや、クラッチ・ブレーキの励磁コイルの温度変化に対して一定の電流を得るようにしたものなど、数々の製品が揃っています。

【メリット】

- ◆機械式と比較すれば
 - 制御安定度が高い
 - 調整が簡単
- ◆導入コストが安い

【デメリット】

- ◆制御精度が悪い
- ◆人の感覚が頼り
- ◆段階的な制御しか行えない

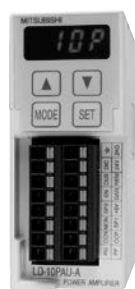
対応する機器



三菱電機株式会社製
手動電源装置
LD-40PSU 形



三菱電機株式会社製
パワーアンプ
LE-50PAU 形

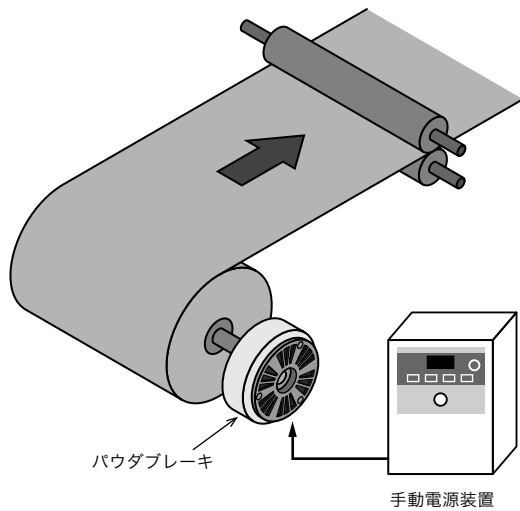


三菱電機株式会社製
パワーアンプ
LD-10PAU 形

調整器内蔵の LD-40PSU 形（定電圧電源装置）や、調整器を外付けして用いる LE-50PAU 形（定電圧、定電流切替式パワーアンプ）、LD-10PAU 形（定電流制御方式）などがあります。

これらのうち、パワーアンプは後述のテンションコントローラの出力行を増幅して、クラッチ・ブレーキを励磁するときにも用いられます。その他、さまざまな電源装置、電源用部品も準備されています。

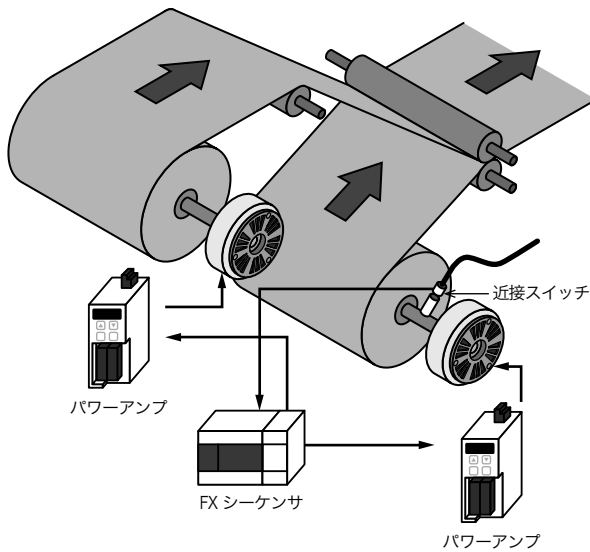
■ 4-1-2 手動電源の使用例



紙やフィルム、線材の加工機にて、巻径比（最大径／最小径）が小さい場合、また巻径が変化しない中間軸の場合、また張力精度が要求されない場合に左図のように手動電源装置が用いられます。

張力精度は期待できませんが電源装置のパネルのボリュームで容易に張力を変えることができます。また構造が簡単であり低コストで張力の調整が可能です。

■ 4-1-3 パワーアンプの使用例



制御軸が多数ありシーケンサで集中制御する場合、左図のとおりパワーアンプを使用するとパウダブレーキ・クラッチを大変使いやすくすることができます。

1

張力制御の概要

2

張力制御の基礎

3

トルク制御と速度制御

4

張力制御（トルク制御）の種類

5

張力検出器とは

6

アクチュエータ

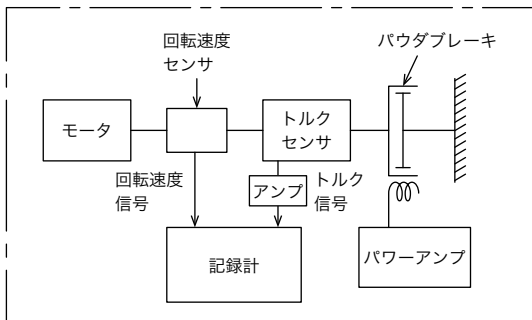
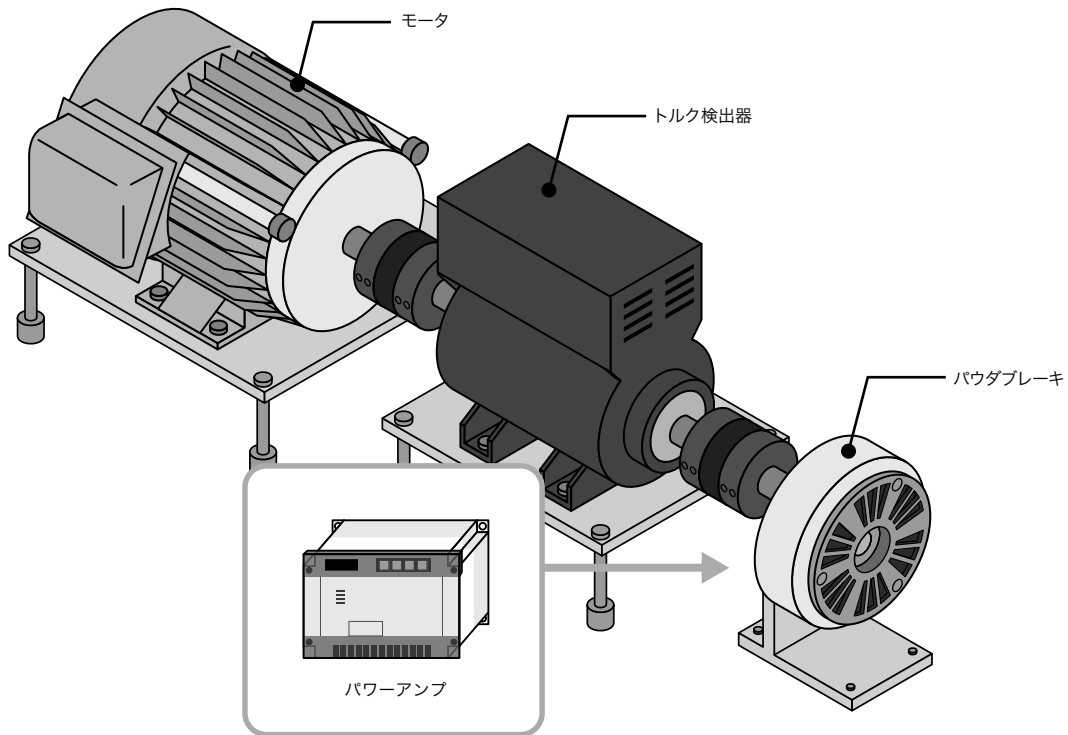
7

張力制御システム構築の基礎

8

Q & A

■ 4-1-4 手動電源の使用例（モータ検査）

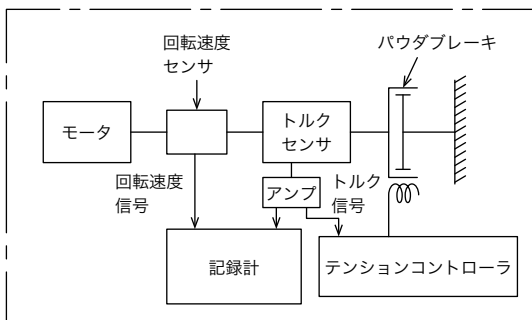


モータの負荷試験装置の負荷としてパウダブレーキが有効です。例として左図に示すとおり、出力 600W（トルク 44N・m、回転速度 130r/min）の減速機付モータの特性を測定するためのパウダブレーキを選定します。

スリップ工率 P は

$$P = 0.105 \times T \times Nr = 0.105 \times 44 \times 130 = 600(W)$$

（計算結果からわかるように、モータ出力=パウダブレーキのスリップ工率（発熱量）となります。）



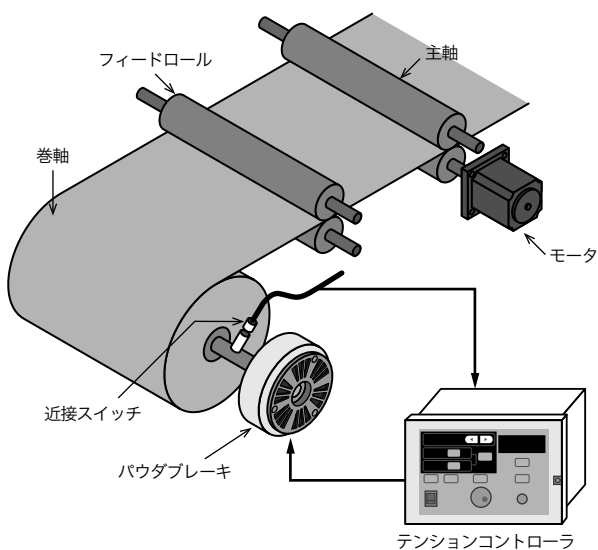
ZKB-5HBN 形パウダブレーキ（許容連続スリップ工率 1100W、定格トルク 50N・m、許容回転速度 1800r/min）を選定します。

パウダブレーキの励磁電流を定電流式のパワーアンプを用い変化させることで、モータへの負荷トルクを変化させ、モータ電流、回転速度の変化を記録します。

また、トルク検出器からの信号をテンションコントローラに取り込めば、フィードバック制御することも可能です。

4-2 半自動制御（巻径検出式 別名：オープンループ方式）

■ 4-2-1 半自動制御とは…



巻取り、巻出しにおいて巻径を自動的に検出し、巻取りトルクや巻出し制動トルクを制御する方法です。

この方式は張力一定で制御しようとした場合、巻径と巻軸トルクは比例する関係により制御が行われ、後述の張力検出方式（全自動制御方式）に比べ、急激な外乱に過敏な影響を受けず、安定した張力制御が行えます。また張力検出器が使用できない機械の制御や簡単にテーパ制御を行いたいときも対応できます。

ただし、アクチュエータのトルク変化や直線性、メカロスなどの影響を受けるため張力の絶対精度は劣ります。

【メリット】

- ◆全自動制御より導入コストが安い
- ◆安定した制御が行える
- ◆張力検出器が要らない
- ◆テーパ制御が容易

【デメリット】

- ◆メカロスやアクチュエータ特性の影響が出る
- ◆制御張力が把握できない

対応する機器



三菱電機株式会社製
半自動テンションコントローラ
LD-30FTA 形



三菱電機株式会社製
半自動テンションコントローラ
LD-FX 形

1

■ 4-2-2 巻径の検出および演算方法

材料に接触して巻径を検出する方法

- タッチアーム（レバー）式

材料に接触せず巻径を検出する方法

- 超音波式

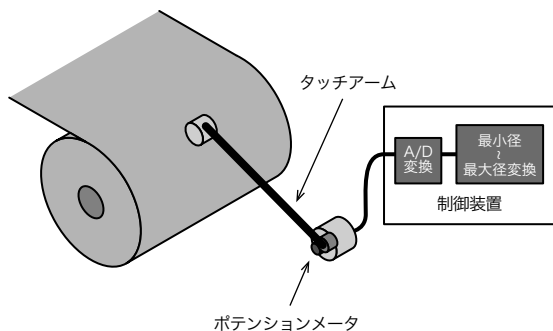
材料に接触せず巻径を演算する方法

- 積算厚み式
- 速度厚み式
- 比率演算式

張力制御の概要

2

●タッチアーム（レバー）式



巻径に接触するロールの移動角をレバーの動きで検出し、巻径に比例した信号を得る方式です。

- ◆アーム角度検出用センサとしては、ポテンションメータ、差動トランスなどがあります。
- ◆材料に接触するために表面に傷がついたりするなど、注意が必要です。
- ◆アームの押付け圧を調整する必要があります。

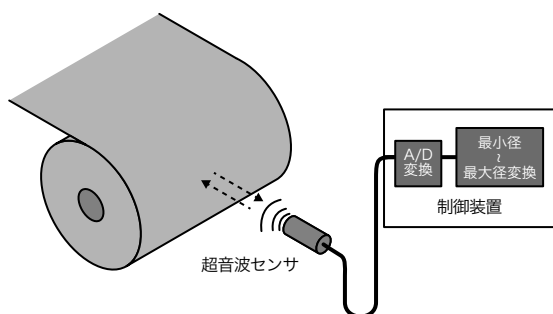
3

トルク制御と速度制御

4

張力制御（トルク制御）の種類

●超音波式



超音波センサを用いて反射で返ってきた信号を読み取り、巻径を得る方式です。

- ◆非接触のため、材料を傷つけません。
- ◆超音波センサによって検出できない材料もあります。
- ◆巻径の増加減少方向と電圧変化方向が一致しません。

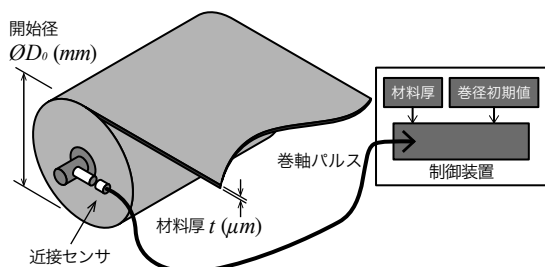
5

張力検出器とは

6

アクチュエータ

●積算厚み式



巻軸軸に設けられた近接スイッチにより検出された巻軸軸の回転速度と巻軸径の初期値と材料厚みにより巻径を計算する積算厚み検出方式です。

この方式は、巻軸1回転あたり材料厚みの2倍分の巻径変化があることを利用して、巻径の初期値に対しての材料厚みの累積を計算することにより現在の巻径を求める方式です。

- ◆近接センサ1個で簡単に非接触巻径演算ができます。
- ◆材料の伸びや空気の巻込みで誤差が発生します。
- ◆材料厚さが厚いときは、1回転あたりのパルス数を増やして対応できます。

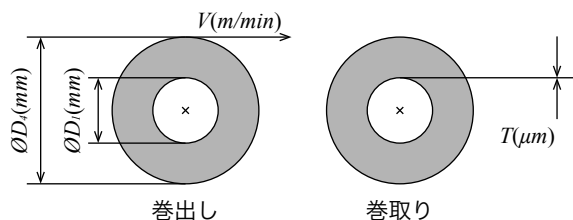
7

張力制御システム構築の基礎

8

Q & A

●速度厚み式（センサレス方式）



材料の厚みの設定値と平均速度の値から時間の経過に伴っての巻径を算出する方式です。

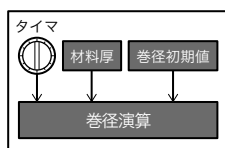
左の式は、厚さ $T(\mu\text{m})$ の材料をラインスピード $V(\text{m}/\text{min})$ で巻取り、巻出しする場合の巻径 $D(\text{mm})$ を示しています。

$$D_1 = \text{最小径 (mm)} \quad D = \sqrt{D_1^2 + 4TV_1/\pi} \dots\dots \text{巻取り}$$

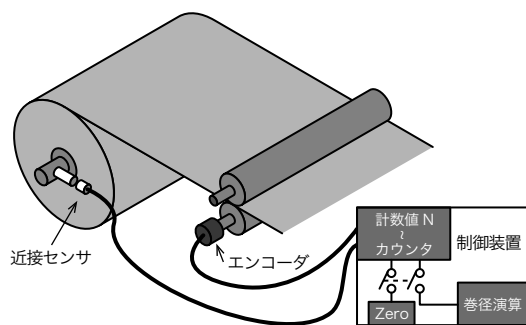
$$D_4 = \text{最大径 (mm)} \quad D = \sqrt{D_4^2 - 4TV_4/\pi} \dots\dots \text{巻出し}$$

$$t = \text{運転時間 (mm)}$$

したがって、初期値として D_1 (巻取り)、 D_4 (巻出し) を設定し、材料厚さ T 、平均速度 V を設定すれば、時間の経過に伴って巻径 D は左の式で自動的に算出することができます。これを速度・厚み設定方式と言います。



●比率演算式



巻軸の近接スイッチとフィードロールの回転速度を検出するロータリエンコーダの2つのセンサを用いた比率演算方式です。

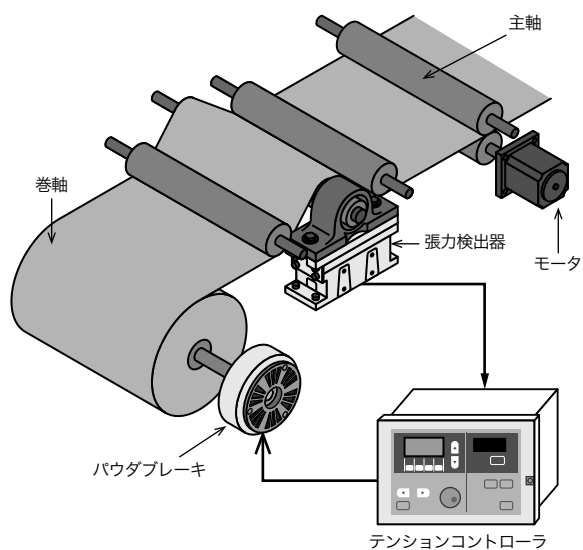
この方式は巻軸の回転周期が巻径の増加に従って伸びること、径の一定なフィードロールに取り付けられたロータリエンコーダのパルス数は、速度が一定である限り変化しないことを利用し、巻軸1回転当たりのロータリエンコーダのパルス数をカウントすることにより、巻径を演算するものです。したがって、材料の伸びによる材料厚みの変化や空気の巻込みによる誤差もないため、フィードロールと材料のスリップがない限り積算演算厚み方式よりも精度良く巻径が演算できます。

◆精度良く巻径演算が行えます。

◆エンコーダのパルス数で巻径演算の分解能が決まります。

◆巻軸が2回転するまでは正確な巻径演算ができません。

4-3 全自動制御（張力フィードバック式 別名：クローズドループ方式）



全自動張力制御方式とは、張力検出器によって材料張力を直接モニタし、これが張力制御目標値になるようフィードバックする形式の制御方式でクローズドループ方式とも呼ばれます。

目標値に対して正確な張力が得られますが、短期的な外乱に対して、ハンチング現象が起こりやすい傾向がありますので、一般的に比例積分制御が行われています。

張力をフィードバックしているため、巻径検出制御装置と比較して張力の精度は良好です。

【メリット】

- ◆制御精度が良好
- ◆制御張力が直読できる
- ◆アクチュエータのトルク特性も補正される

【デメリット】

- ◆短期的な外乱に対して弱い
- ◆導入コストが高い
- ◆機械の運転操作と制御の協調が必要

対応する機器



三菱電機株式会社製
全自動テンションコントローラ
LE-30CTN形



三菱電機株式会社製
全自動テンションコントローラ
LE-40MTA形



三菱電機株式会社製
全自動テンションコントローラ
LE-40MTB形

ポイント!

張力制御方式の分類

パウダクラッチ・ブレーキ、ヒステリシスクラッチ・ブレーキの張力制御方式は大きく分けて3種類あります。

- ・手動制御 …………… 材料の張りを人間の感覚で調整
- ・半自動制御 …………… 巻径に比例した制御トルクを発生させる
- ・全自動制御 …………… 張力をセンサで検出し、目標張力を一致するように制御する

MEMO

1

張力制御の概要

2

張力制御の基礎

3

トルク制御と速度制御

4

張力制御（トルク制御）の種類

5

張力検出器とは

6

アクチュエータ

7

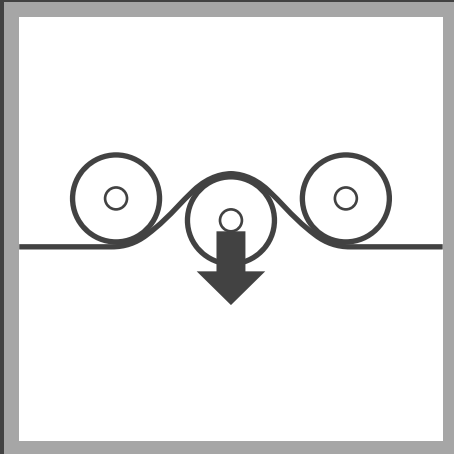
張力制御システム構築の基礎

8

Q & A



張力検出器とは



-
- 5-1 張力検出器とは
 - 5-2 張力検出器の種類と特徴
 - 5-3 張力と荷重
 - 5-4 張力検出器の選定
 - 5-5 張力検出器取付時の注意
-

Chapter

5

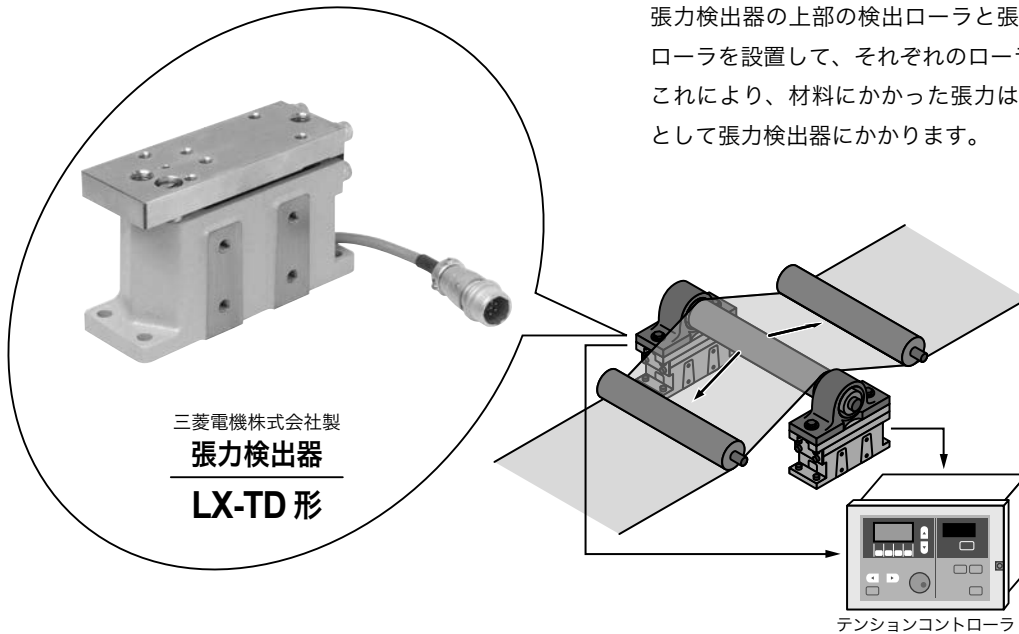
張力検出器とは

5-1 張力検出器とは

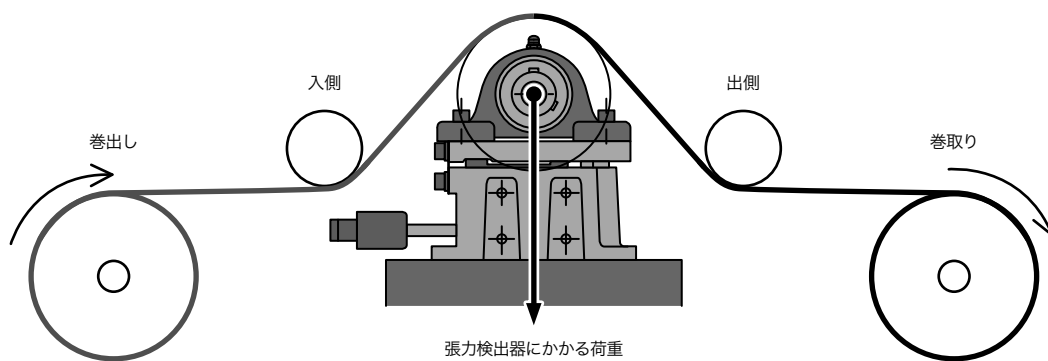
張力検出器とは、張力を一旦荷重に変換し、その荷重を電気信号として取り出す機器のことを言います。

張力検出器の上部の検出口ローラと張力検出器の前後のガイドローラを設置して、それぞれのローラに材料を通します。

これにより、材料にかかった張力は検出口ローラを通して荷重として張力検出器にかかります。



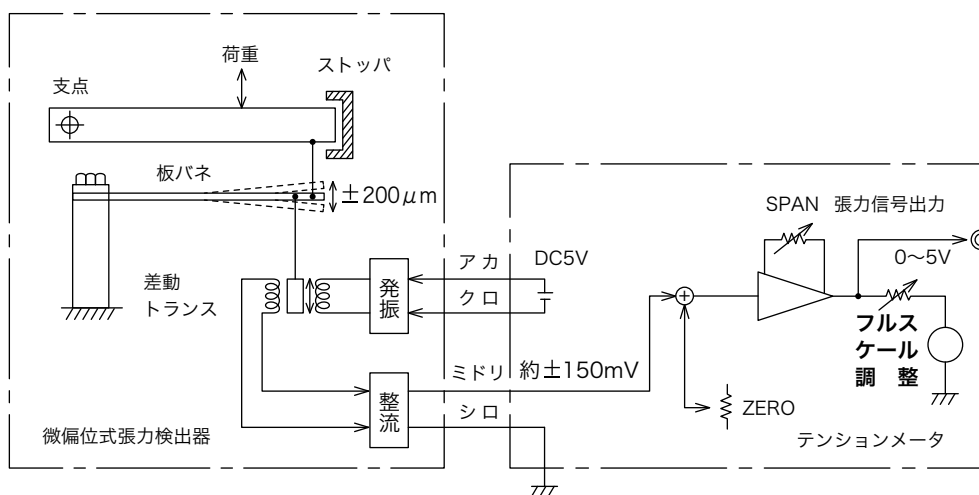
張力検出器が受けた荷重に応じ内部の板バネがたわみ、差動トランスにより電気信号として出力されます。



5-2 張力検出器の種類と特徴

●差動トランス式

三菱電機株式会社製 LX-TD 形張力検出器は差動トランス式を採用しています。



【差動トランス式の特徴】

- ・ センサ部が非接触でありショックに強い
- ・ 他のセンサと比較して出力電圧が高いため電気的ノイズに強い
- ・ 増幅の際の誤差が少ない
- ・ 温度変化に対する補正が必要

●その他の形式

◇歪みゲージ式

- ・ バネに直接センサを貼り付けられシンプルな構造にできる
- ・ 出力電圧が小さい
- ・ 温度変化に対する補正が必要
- ・ 湿度に弱い

◇プレスダクター®

- ・ 変位が少なくても荷重検出が可能
- ・ どちらかといえば大張力向き
- ・ アンプの回路が複雑
- ・ 価格が高い

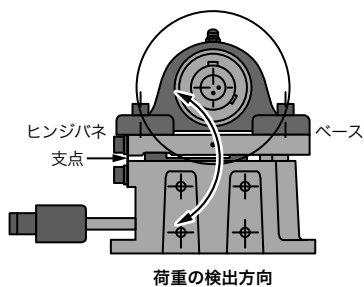
◇磁歪式

- ・ センサ部が非接触でありショックに強い
- ・ 温度変化に対する補正が必要
- ・ 応答性が遅い
- ・ アンプの回路が複雑

5-3 張力と荷重

■ 5-3-1 荷重方向と検出方向

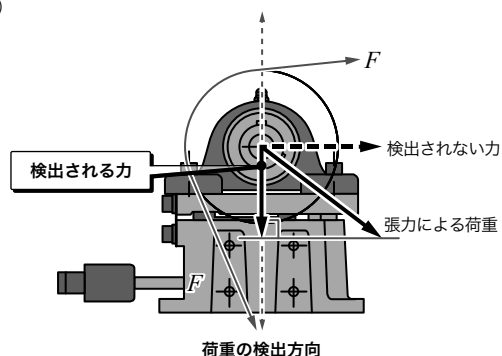
①



張力検出器にかかる張力と荷重の関係について、図①のように張力検出器はヒンジバネの中心を支点とし、この支点を中心にした回転方向で荷重を検出します。

ただし、ベースのたわみ量は非常に小さいため、実際には、荷重の検出方向は張力検出器に対して垂直方向と考えることができます。

②



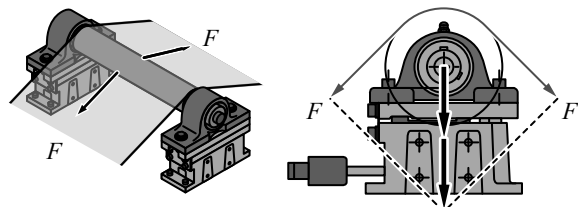
図②のように張力がかかった場合、張力により図の矢印方向に荷重がかかります。

しかし、張力検出器が実際に荷重として検出している力は垂直方向の力のみで、水平方向の力は検出されていません。

このように、張力検出器にかかる荷重は検出される力と検出されない力の2つに分けることができます。

● 荷重方向と検出方向

③

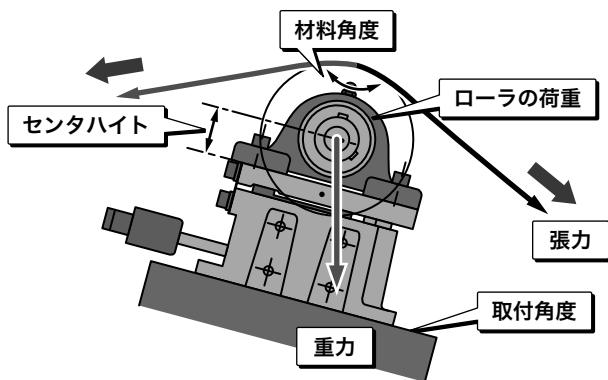


また、張力は図③のように入力側張力と出力側張力の2方向にかかっており、両方の力の和が張力検出器に荷重としてかかります。

この図のように張力検出器を2台使用する場合は、(入力側張力荷重+出力側張力荷重) ÷ 2となります。

5-4 張力検出器の選定

■ 5-4-1 張力検出器選定のポイント

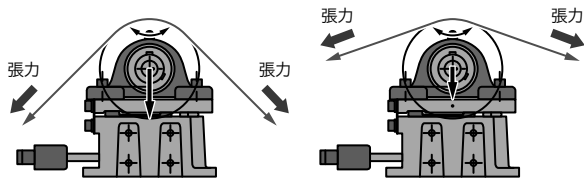


張力検出器の選定に必要な条件としては以下があります。

- ◆張力検出器の台数
- ◆張力の使用範囲
- ◆検出ローラの重量
- ◆張力検出器の取付角度
- ◆入出力の材料角度
- ◆ピロー形ユニット（軸受け）のセンタハイト

● 材料角度と張力による荷重

①

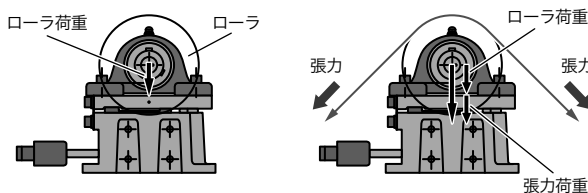


図①は同じ張力であっても材料角度が変わると張力検出器にかかる荷重が変わることを表しています。

このように同じ張力であっても張力検出器は材料角度だけでなく、いくつかの条件により張力検出器にかかる荷重が変わってしまうので、その条件に合わせて張力検出器を選定する必要があります。

● ローラによる荷重と張力による荷重

②



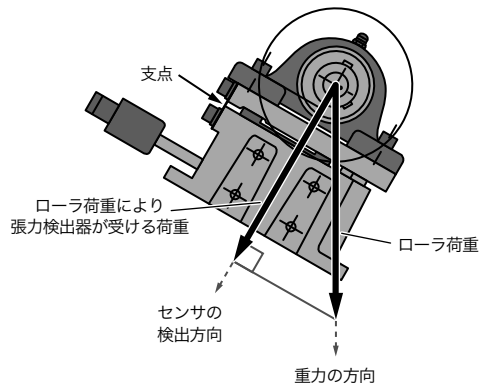
張力検出器にかかる荷重は図②のように

- ・検出ローラによる荷重 : ローラ荷重
- ・張力による荷重 : 張力荷重

の2つに分けることができます。この2つの荷重を計算することで張力検出器を選定することができます。

● ローラによる荷重

③



また、前述したように張力検出器は支点を中心に荷重を検出するので、図③のように張力検出器の取付角度が変われば、張力検出器が検出できるローラ荷重も変わります。

1

張力制御の概要

2

張力制御の基礎

3

トルク制御と速度制御

4

張力制御（トルク制御）の種類

5

張力検出器とは

6

アクチュエータ

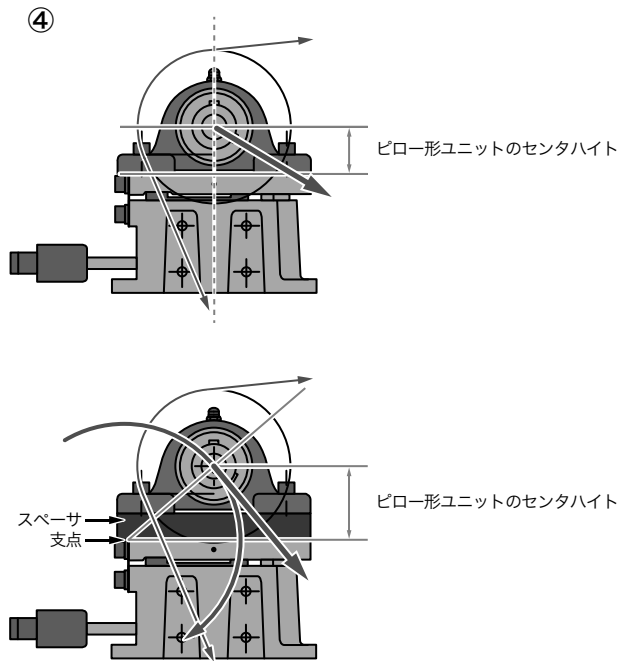
7

張力制御システム構築の基礎

8

Q & A

●センタハイトの影響



図④のように、張力検出器と検出口ーラを接続するためピロー形ユニット（軸受け）を使用します。

このピロー形ユニット（軸受け）の高さのことをセンタハイトと呼び、センタハイトの高さにより張力検出器の検出できる張力荷重が変化します。

センタハイトが変化すると張力検出器の支点と検出口ーラの中心との距離が変化するので、てこの原理と同じように同じ張力であっても張力検出器が検出できる張力荷重は変化します。

張力検出器 (LX-TD 形) 選定ツールの紹介



三菱電機では張力検出器の選定ツールを準備しており、選定ツールを使用することで、条件を入力すれば、自動で荷重の計算、張力検出器の選定を行うことができます。

三菱 FA

検索

メンバー登録無料!

www.MitsubishiElectric.co.jp/fa/

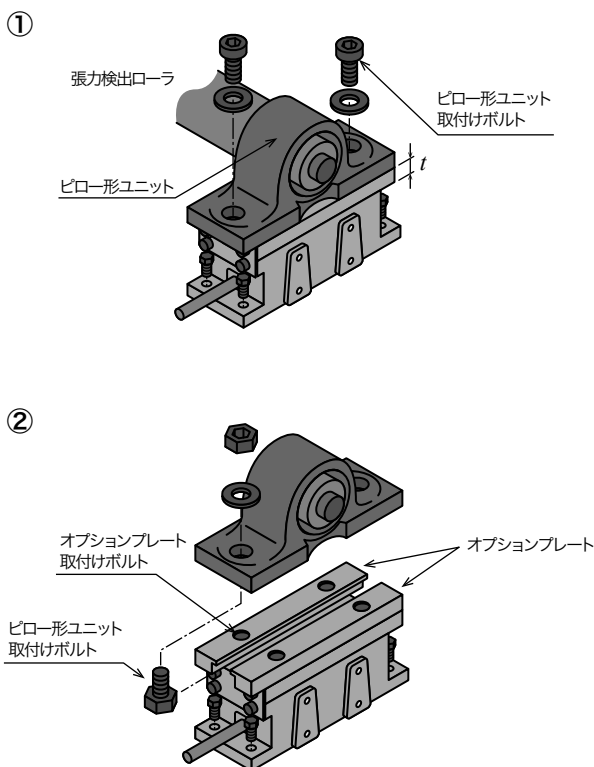
※三菱電機 FA サイトでは、メンバー登録いただくと、マニュアル、製品外形 CAD データ、パウダクラッチ / ブレーキ・張力検出器の選定ソフトウェアなどのダウンロードサービスがご利用いただけます。

三菱電機 FA サイト トップページ > テンションコントローラ > ダウンロード

よりダウンロードできます。

5-5 張力検出器取付時の注意

5-5-1 張力検出器の取付方法



張力検出器は精密な加工・組立技術による高感度検出器ですので、組付けには注意が必要です。

ボルトの強度は必ず JIS B 1051 規定の「10.9」以上を用いてください。

①標準ピロー形ユニットによる取付け

ピロー形ユニットおよびピロー形ユニット取付けボルトは付属していません。

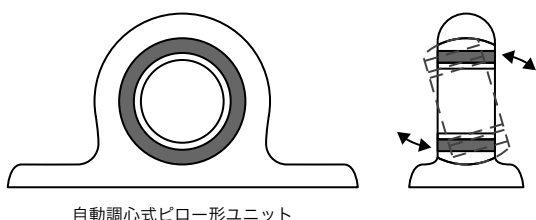
ピロー形ユニット取付けボルトは張力検出器側の取付けベースの厚さ t を超えない長さとしてください。ボルト長さが t を超えるとボルトが張力検出器内部に接触して正確な検出ができなくなります。また、故障の原因となります。

②オプションプレートを用いた取付け

ピロー形ユニットおよびピロー形ユニット取付けボルトは付属していません。

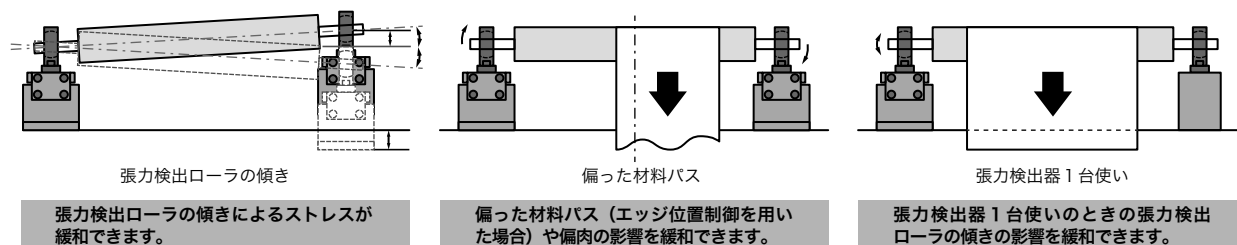
オプションプレート取付けボルトはオプションプレートに付属しています。

●自動調心式ピロー形ユニットの使用



張力検出ローラのアンバランスやセンサ取付け面の不平行などの機械加工誤差、温度変化によるローラの長さの変化などが張力として検出されないように、軸受けには必ず自動調心式ピロー形ユニットを用いてください。

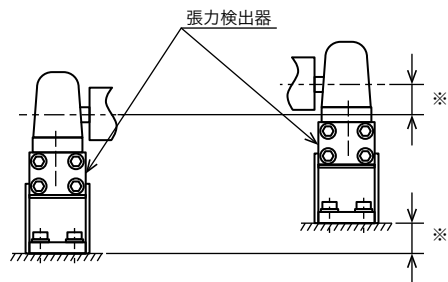
自動調心式ピロー形ユニットを使用することにより、張力検出ローラの傾きによるストレスや偏った材料パスや偏肉の影響を緩和できます。



1

張力制御の概要

●張力検出器取付け面の高さ



張力検出ローラを両端で支える場合、張力検出器取付け面の高さを合わせてください。

※部は張力検出誤差を少なくするため最小にしてください。

※部寸法が大きい場合、材料の蛇行、ベアリングの寿命低下、ゼロ点出力の変化などの不具合の原因となります。

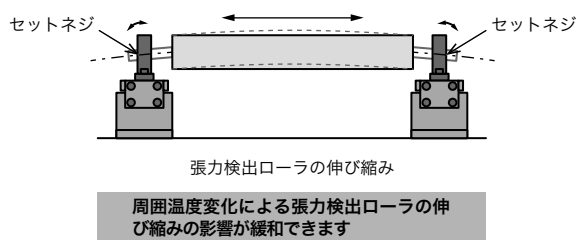
高さを合わせるためにスペーサを用いる場合、スペーサは取付け面の全面をカバーできる形状としてください。

2

張力制御の基礎

3

●温度変化の大きな環境での使用



温度変化の大きな環境にて使用される場合、張力検出精度に影響を与えないように張力検出ローラの温度変化による長さの変化を吸収する機構を設けてください。

例えば軸受内輪の張力検出ローラ軸固定用セットネジを片方だけ緩めることで張力検出ローラの伸び縮みの影響が緩和できます。

4

張力制御（トルク制御）の種類

5

張力検出器とは

6

アクチュエータ

7

張力制御システム構築の基礎

8

Q & A

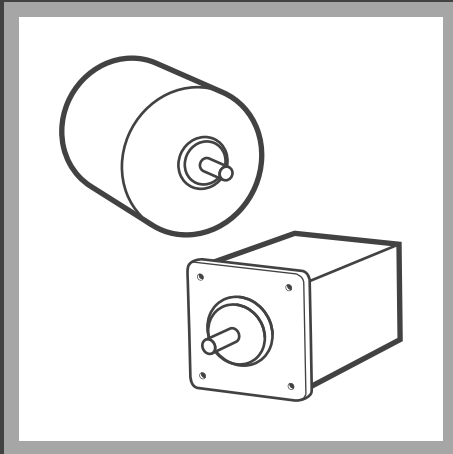
ポイント!**LX-TD 形 張力検出器**

LX-TD 形 張力検出器は、材料の幅が広い場合には、材料が片張りした場合でも全幅張力を正確に検出することができますように張力検出ローラの両端に1台ずつ計2台使用します。

片張りのおこらない材料の場合は、片側に1台の張力検出器のみで張力検出を行うことも可能です。



アクチュエータ



- 6-1 アクチュエータの種類と特徴
- 6-2 パウダクラッチ・ブレーキ
- 6-3 ヒステリシスクラッチ・ブレーキ
- 6-4 AC サーボモータ、インバータ/モータ
- 6-5 エアクラッチ・ブレーキについて(他社)
- 6-6 モータ制御とパウダ制御の違い
- 6-7 アクチュエータの選定フロー
- 6-8 アクチュエータの選定

Chapter

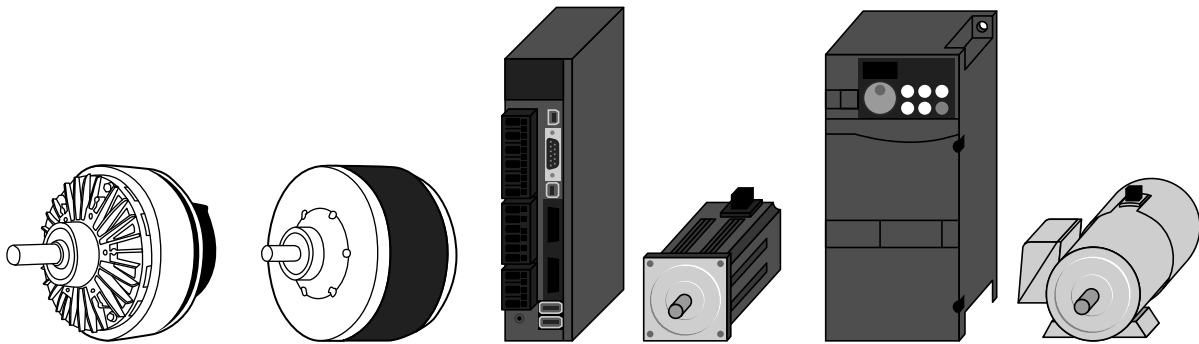
6

アクチュエータ

機械を動かすモータや、クラッチ、ブレーキなどをアクチュエータと言います。

6-1 アクチュエータの種類と特徴

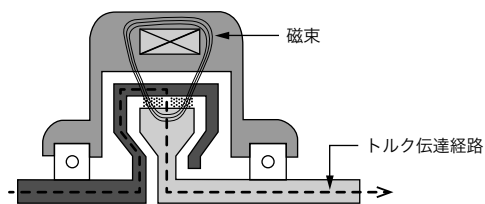
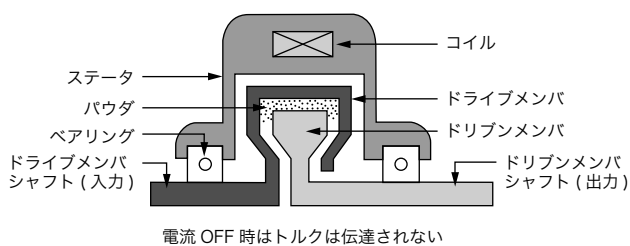
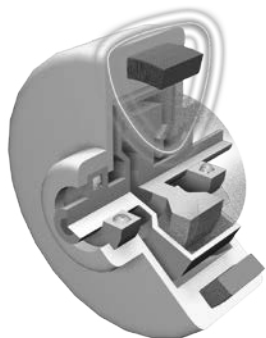
アクチュエータにはそれぞれ得意不得意があり、用途に応じて使い分ける必要があります。



項目	種類	パウダ クラッチ/ブレーキ	ヒステリシス クラッチ/ブレーキ	エア クラッチ/ブレーキ	AC サーボモータ	インバータ (ベクトル制御)
トルク直線性		○	○	○	◎	◎
トルク再現性		○	◎	△	◎	◎
トルク制御範囲		◎ 1～100%	○ 5～100%	○ 5～100%	◎ 1～100%	○ 2～100%
寿命		○パウダ	◎	△パッド	◎	◎
設置コスト		◎	△	◎	×	△
ラインスピード		低～中	低～中	高	高	中～高

6-2 パウダクラッチ・ブレーキ

■ 6-2-1 パウダクラッチ・ブレーキの構造



張力制御に使用されるアクチュエータの種類と特徴につき説明します。

張力制御用アクチュエータとしてパウダクラッチ・ブレーキは最も代表的なものです。

左図はその動作原理を示したものであり、ドライブメンバとドリブメンバの間にはパウダ（磁性鉄粉）が充填されています。

励磁コイルによってこのパウダに磁気を与えると、ドライブメンバとドリブメンバとの間にトルクが伝達され、クラッチとして動作します。

ドリブメンバを固定すると、ブレーキとして動作します。

【特徴】

- ①励磁電流とトルクが比例する。
- ②連続スリップ運転が可能で、スリップ回転速度が変わってもトルクは変わらない。

対応する機器



三菱電機株式会社製
パウダクラッチ
ZKB-BN 形

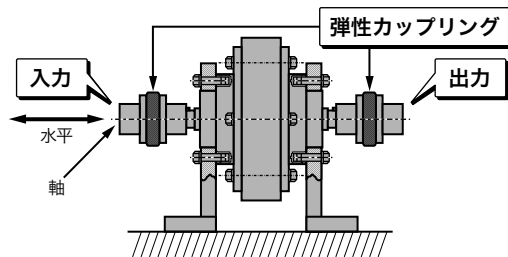


三菱電機株式会社製
パウダブレーキ
ZKB-XN 形

1

■ 6-2-2 パウダクラッチ・ブレーキ使用上の注意

【取り付けについて】



・高速回転側を入力側とする

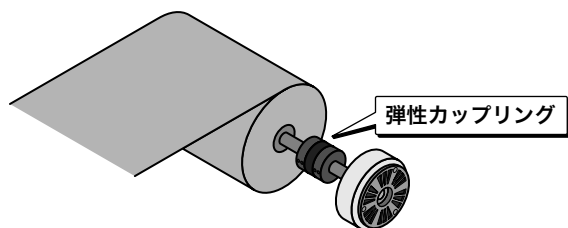
パウダクラッチは高速回転側が入力側になる正規の取付状態で使用してください。連続空転使用での入出力逆取付使用はトルク特性、パウダ寿命の点において好ましくないため、推奨できません。

2

張力制御の基礎

3

トルク制御と速度制御

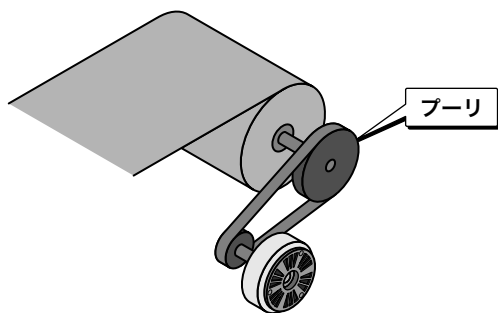


・パウダクラッチ・ブレーキの入力軸、出力軸の連結方法

パウダクラッチ・ブレーキの軸と負荷軸の主な連結方法にはカップリングを使用した連結方法とプーリやチェーンを使用した連結方法の2つがあります。カップリング連結の場合は弾性カップリングを使用し、このときの軸同士の同芯度、直角度などは使用する弾性カップリングの許容値以内としてください。プーリやチェーンなどを使用した連結では軸強度、ベアリング許容ラジアル荷重より、軸に作用する荷重を許容軸荷重以内に制限して使用しなければなりません。許容軸荷重はカタログまたはクラッチ・ブレーキ技術資料集をご参照ください。

4

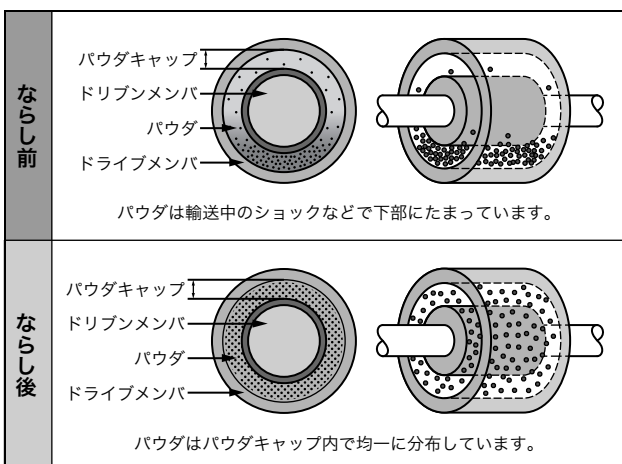
張力制御（トルク制御）の種類



5

張力検出器とは

【ならし運転】



パウダクラッチ・ブレーキ内部のパウダは輸送中のショックなどでパウダクラッチ・ブレーキ内部で偏在していますので、正規の運転に入る前にならし運転を行ってください。

パウダクラッチ・ブレーキで本来の性能を引き出すためには、パウダがパウダギャップ内で均一に分布していることが重要です。

パウダが偏在しているとトルクが低くなったり、変動したり、トルクの引っかけが発生したりするなど、本来の性能が発揮できなくなります。

ならし運転をすると、偏在しているパウダをパウダギャップ内で均一に分布させることができ、励磁電流に比例した安定したトルクを発生させることができます。

ならし運転の要領については、カタログまたは取扱説明書をご参照ください。

6

アクチュエータ

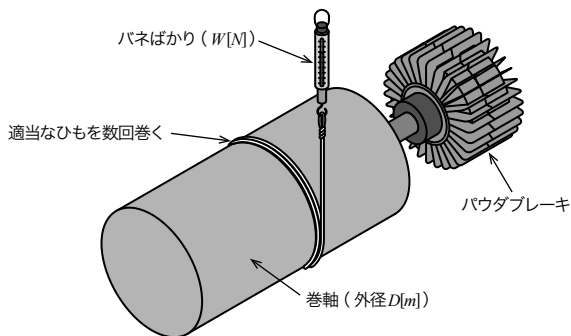
7

張力制御システム構築の基礎

8

Q & A

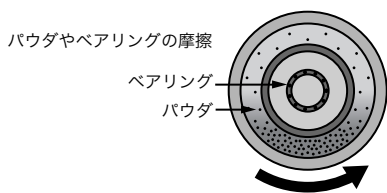
【トルク測定の方法】



左図の要領で、バネばかりを上へ様な速度で引きながらバネばかりの値を読みます。
(ならし運転後、通電状態で回転中の値を測定してください。)

$$\text{トルク (T)} = W \times \frac{D}{2} [Nm]$$

【空転トルク】

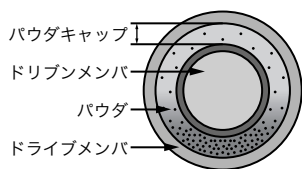


パウダクラッチ・ブレーキは励磁電流を完全に遮断しても、構成部品の残留磁気、パウダやベアリングの摩擦により空転トルクが発生します。
したがって、空転トルク以上でないとトルクのコントロールはできません。なお、空転トルクの値についてはカタログに機種毎に記載しておりますのでご参照ください。

$$\text{空転トルク} \leq \text{使用可能トルク} \leq \text{定格トルク}$$

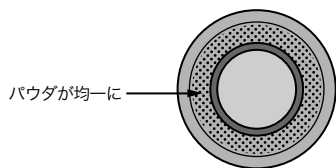
【最小回転速度】

●回転速度が低いと



パウダクラッチ・ブレーキには運転時に必要な回転速度の最小値があります。パウダブレーキの場合は 15r/min 以上、パウダクラッチの場合は入力と出力の回転速度差を 15r/min 以上にする必要があります。
(すなわち、パウダクラッチもパウダブレーキもスリップ回転速度が 15r/min 以上必要ということです。)

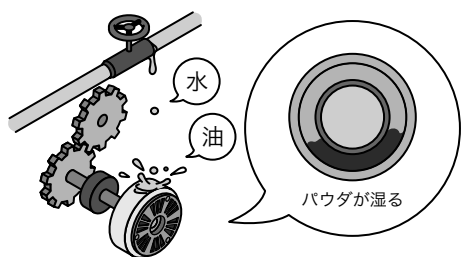
●回転速度が高いと



スリップ回転速度が低いと内部のパウダの分布が不均一になり、安定したトルク性能が得られなかったり、起動時に所定のトルクになるまでの時間が長くなったりします。
なお、ZKB、ZKG、ZX 形パウダクラッチ・ブレーキは 5r/min 程度のスリップ回転速度から使用できます。

パウダブレーキは	15r/min 以上
パウダクラッチは	入力と出力の回転速度差を 15r/min 以上

【パウダの吸湿】

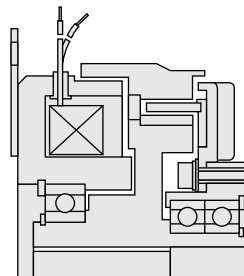
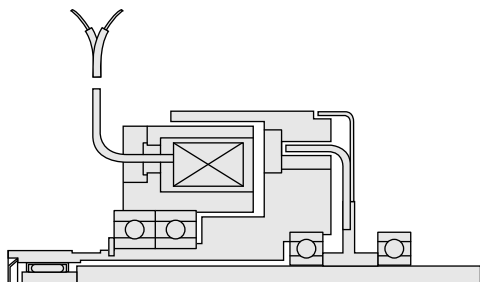


パウダが湿ると性能が不安定になりますので、内部に水、油などが浸入しないように十分注意してください。
特に、ギヤボックスに近づけて取り付けた場合には、シャフトを伝わって油が浸入することがありますのでシールは完全に行ってください。
また、製品は密閉構造になっていませんので、オイルミストや油、水が直接かかるような環境下での使用はできません。

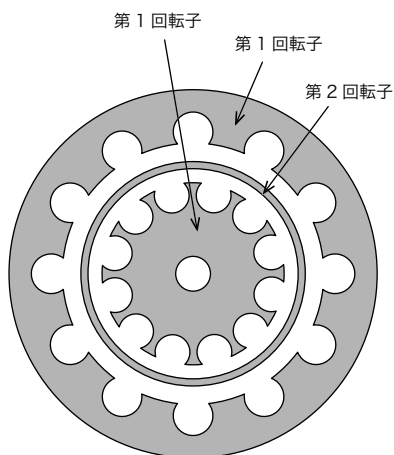
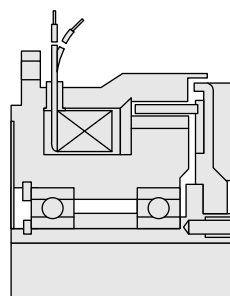
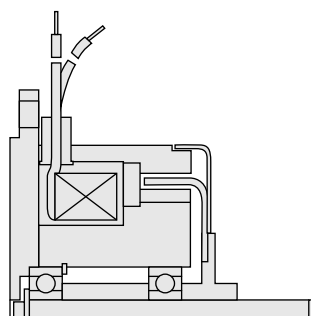
6-3 ヒステリシスクラッチ・ブレーキ

6-3-1 ヒステリシスクラッチ・ブレーキの構造

● ZHA 形



● ZHY 形



トルク発生部の断面図

ヒステリシスクラッチ・ブレーキは前述のパウダクラッチ・ブレーキとほとんど同じ特性を持ち、張力制御用に適しています。特徴として、摩擦式ではないため、パウダクラッチ・ブレーキに比べて長寿命ですが、小型機種に限定されます。定格トルクは0.003～6Nmのもの（いずれも自然冷却式）が準備されています。

ヒステリシスクラッチは内外一体の第1回転子で磁極を構成し、円筒状の第2回転子（着磁されていない永久磁石）との間でトルクを発生するものです。

ヒステリシスブレーキでは、上記第1回転子が励磁コイルと一体となって固定されています。

対応する機器



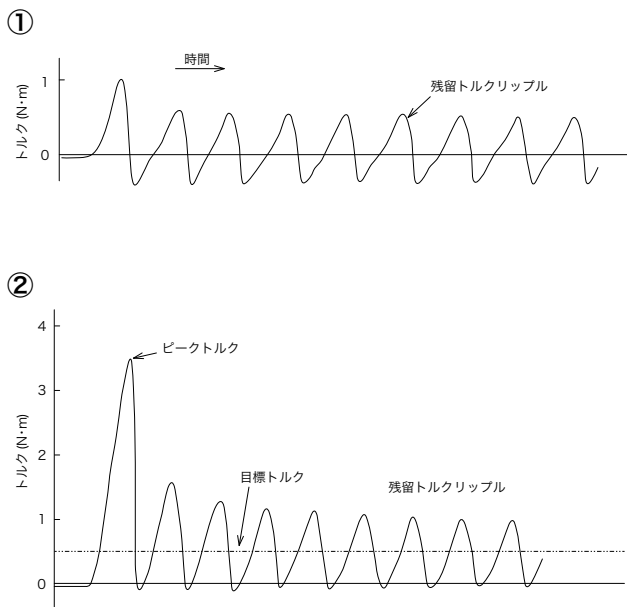
三菱電機株式会社製
ヒステリシスクラッチ
ZHA 形



三菱電機株式会社製
ヒステリシスブレーキ
ZHY 形

■ 6-3-2 ヒステリシスクラッチ・ブレーキ使用上の注意

● 残留トルクリップル



ヒステリシスクラッチ・ブレーキを使用する上で最も注意が必要なものの一つに、残留トルクリップルがあります。残留トルクリップルとは、励磁電流を切っても、内部の永久磁石にN極S極の交番磁極が残り、回転させるとリップル状のトルクむらが残る現象のことです。

回転停止状態（ヒステリシスクラッチの場合は、第1回転子と第2回転子の間で相対回転がない状態も含む）で、励磁電流を遮断すると、残留トルクリップルが発生します。（図①）再起動時に、遮断時の60～70%以上の電流で使用すれば、この残留トルクリップルの影響はありません。

残留トルクリップルは励磁電流を印加しない状態でも確認できますが、影響が顕著に現れるのは、遮断電流より低い電流で再起動したときです。図②に示すように、再起動時に大きなピークトルクが発生します。

残留トルクリップルが残っても、再び回転させながら励磁電流を上げ下げすれば、完全に残留トルクリップルを消すことができます。

ヒステリシスクラッチ・ブレーキを使用して、初期は問題なく張力制御できていたが、突然、残留トルクリップルの影響で、張力変動が大きくなったという場合には、回転停止中に通常使用しているより高い励磁電流が流れた可能性が考えられます。（残留トルクリップルは長時間使用により徐々に蓄積していくような性質のものではありません。）

残留トルクリップルの消去方法、発生防止方法を次に挙げます。

・ 通常の使用において

回転速度（ヒステリシスクラッチの場合は、第1回転子と第2回転子の間で相対回転速度）が50r/min以上で励磁電流を遮断すれば、ほとんどの場合残留トルクリップルは残りません。ただし、機種や電流の遮断速度によっては、若干、残留トルクが残ることがあります。このときは、さらに回転速度を増加する必要があります。

・ 回転速度が低い場合

相対回転速度が50r/min以下の場合には

10～50r/min	1秒
5～10r/min	5秒
5r/min以下	20秒以上

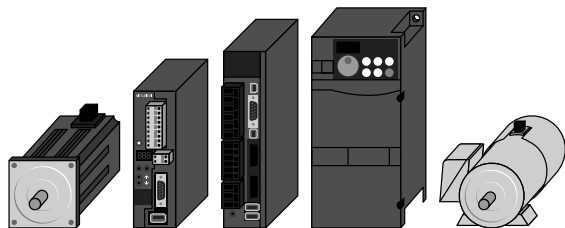
を目安に励磁電流を遮断すれば、残留トルクは残りません。

・ 励磁電流の逆方向印加

残留トルクリップルが残っている場合、遮断前電流値の30～50%の電流を逆方向に流します。ただし、この場合、入力回転子と出力回転子が互いにフリーであれば、磁極がずれて効果がありませんので、第1回転子と第2回転子が相対回転しないように保持しておく必要があります。また、機種や遮断電流値によって逆電流値は異なるため、残留トルクリップルをある程度小さくすることはできますが、完全に消去するのは困難です。

6-4 AC サーボモータ、インバータ/モータ

■ 6-4-1 AC サーボモータ、インバータ/モータとは



三菱 AC サーボモータ MELSERVO-J3/J4 シリーズや、三菱汎用インバータ FREQROL-A700 シリーズを、ベクトル制御モードで運転することにより、巻取り、巻出しを行うことができます。

サーボモータやインバータ/モータはベクトル制御モードにすることにより、指令入力に比例したトルクが得られるように制御されます。したがって、巻取径に比例した指令入力を与えることにより一定張力が得られます。

◇ AC サーボモータとは？

サーボモータとは指令に対してモータが忠実に従うように制御されたモータのことを言います。

◇ インバータとは？

インバータとは周波数を変換する装置のことです。

◇ インバータ(ベクトル制御)とは？

誘導モータに位置・回転速度検出用エンコーダと冷却ファンが追加されたモータを用います。

- ・ 指令とは位置（モータの回転角度）、回転速度、回転力（トルク）を言います。
- ・ 指令に対してモータの状態がフィードバック制御されます。
- ・ 同期モータを用いたサーボモータのことを AC サーボモータと三菱電機では呼んでいます。
- ・ 広い意味でインバータの仲間です。

- ・ モータ制御用インバータとはモータ（一般的には誘導モータ）の電源周波数を可変させて、モータの回転速度を可変できるようにする装置のことを言います。
- ・ モータ制御機能により、各メーカーで機種ランク分けされているのが一般的です。

- ・ 位置（モータの回転速度）、回転速度、回転力（トルク）の制御ができます。
- ・ 精度は AC サーボより劣りますが、汎用のモータ制御用インバータより格段上の制御が実現できます。
- ・ 張力制御用としては AC サーボよりモータ内部慣性が大きいので回転速度の安定性が良好です。
- ・ 力行トルク領域と回生トルク領域間の移行が AC サーボよりスムーズです。

対応する機器



三菱電機株式会社製
AC サーボモータ
MELSERVO-J4



三菱電機株式会社製
汎用インバータ
(ベクトル制御対応)
FREQROL-A700

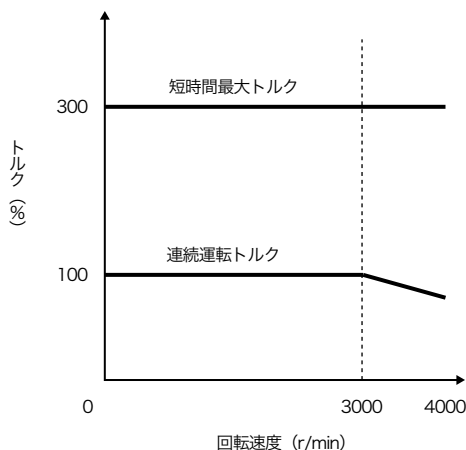
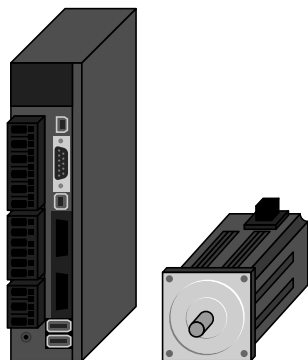
■ 6-4-2 AC サーボモータ、インバータ (ベクトル制御) / モータ使用上の注意

- ① モータの呼称出力は定格回転速度とこのときの連続運転出力トルクによって定まります。
巻取りや巻出しでは最大巻径のときに大きなトルクを必要とし、最小巻径のときに高速回転となりますので、巻比 (最大巻径 / 最小巻径の比率) が大きくなると、これに応じて大容量のモータが必要となります。
ただし、定出力の領域を利用することにより、モータ容量を下げられる場合もあります。
- ② 張力制御の用途においては、モータのトルクは短時間最大トルクではなく、定格トルクで選定します。
- ③ AC サーボモータと比較すると、インバータ / モータはトルク制御範囲が狭いため、トルク比 (最大巻径 / 最小巻径 × 最大張力 / 最小張力) の大きなシステムには不向きです。
- ④ AC サーボモータは一般的には高回転速度での使用に適しており、その出力トルクはパウダクラッチやブレーキに比べて非常に小さな値となり、巻軸の駆動に際しては減速機

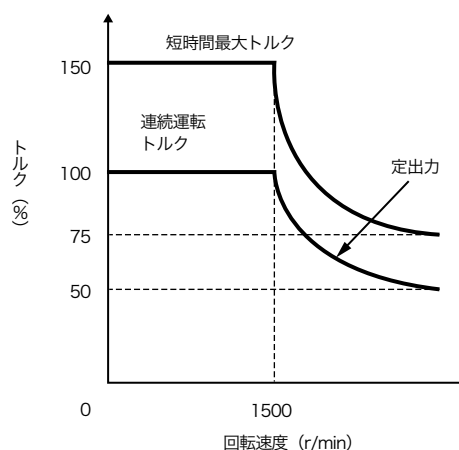
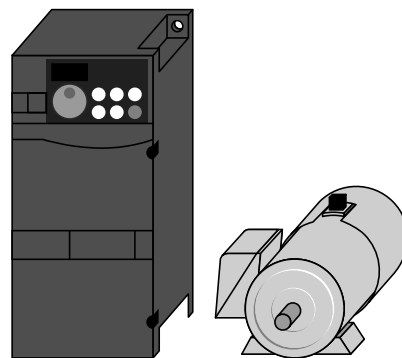
を必要とします。この減速機の変速比が大きすぎると、正確な張力制御ができなくなります。

- ⑤ AC サーボモータはトルク指令が回生⇄力行間を横切の場合、トルクの直線性が悪くなるため、精度を要求する場合の制御は困難です。
- ⑥ AC サーボモータは低速域ではコギングトルクが発生するので低速での使用には向きません。
- ⑦ AC サーボモータはモータの慣性モーメントに対し、巻取り・巻出しの負荷慣性モーメント比に推奨値があります。詳しくはカタログをご参照ください。

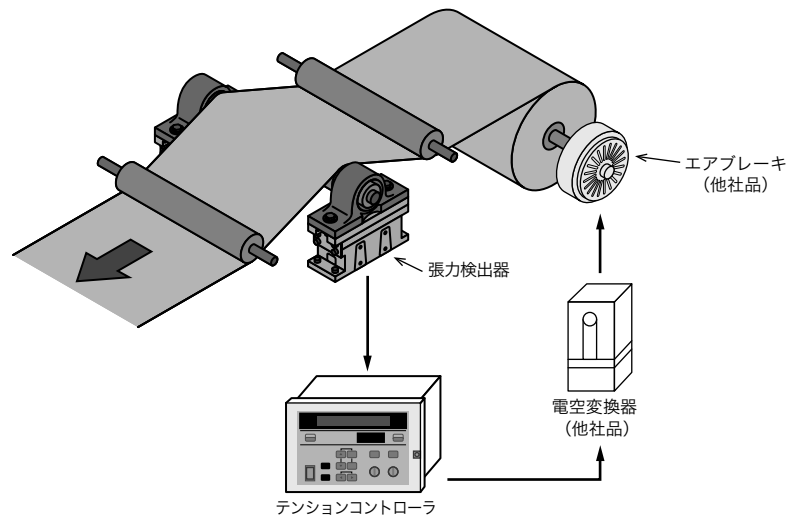
● AC サーボモータ



● インバータ / モータ



6-5 エアクラッチ・ブレーキについて（他社）



エアクラッチ・ブレーキは摩擦板を空気圧で圧接してトルクを伝達するようにしたものです(他社製品)。パウダクラッチ・ブレーキに比べ、トルク、熱容量の比較的大きい巻取り、巻出し分野でエアクラッチ・ブレーキが用いられます。この場合、電空変換器を介して当社のテンションコントローラを用いることができます。

【特徴】

- ・空気圧とトルクはほぼ比例する
- ・キャリパーの数でトルクを変えられる
- ・スリップ回転速度によりトルクが変化する
- ・キャリパーやディスクから摩擦粉が発生する

1

張力制御の概要

2

張力制御の基礎

3

トルク制御と速度制御

4

張力制御(トルク制御)の種類

5

張力検出器とは

6

アクチュエータ

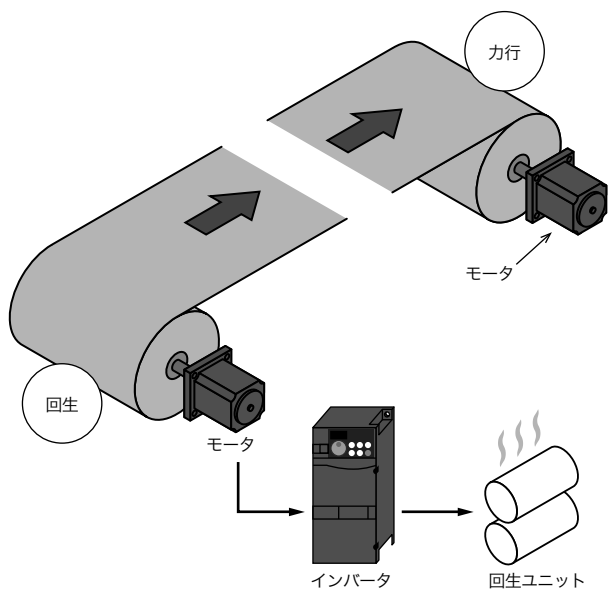
7

張力制御システム構築の基礎

8

Q & A

6-6 モータ制御とパウダ制御の違い



・モータ制御

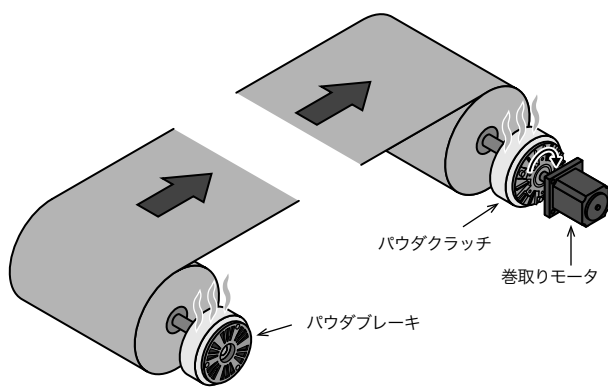
モータの使い方には、負荷を回す側（力行）と負荷により回される側（回生）があります。

巻取り、巻出しに使用する場合は、
 巻取り側 … 負荷を回す側（力行）
 巻出し側 … 負荷により回される側（回生）

回生の場合、モータは発電機となるため電気エネルギーが発生します。この発電した電気エネルギーは AC サーボアンプやインバータへ逆戻りするため、このエネルギーを熱や電源へ戻すなどして放出する必要があります。これが回生ユニットや回生コンバータと呼ばれるものです。

[回転速度]

モータの場合、回転速度を上げて使用しないとトルクが不足するので、ギヤ比を上げて使用する傾向にあります。しかし、ギヤ比を上げすぎると、メカロスやトルク変動が大きくなる傾向にあります。サーボモータの場合、遅い回転速度では、モータ磁極の切替の影響が現れ、トルクリップル（トルクむら）が発生します。モータは万能ではなく、使用条件によりアクチュエータを使い分ける必要があります。



・パウダ制御

[パウダクラッチとパウダブレーキ]

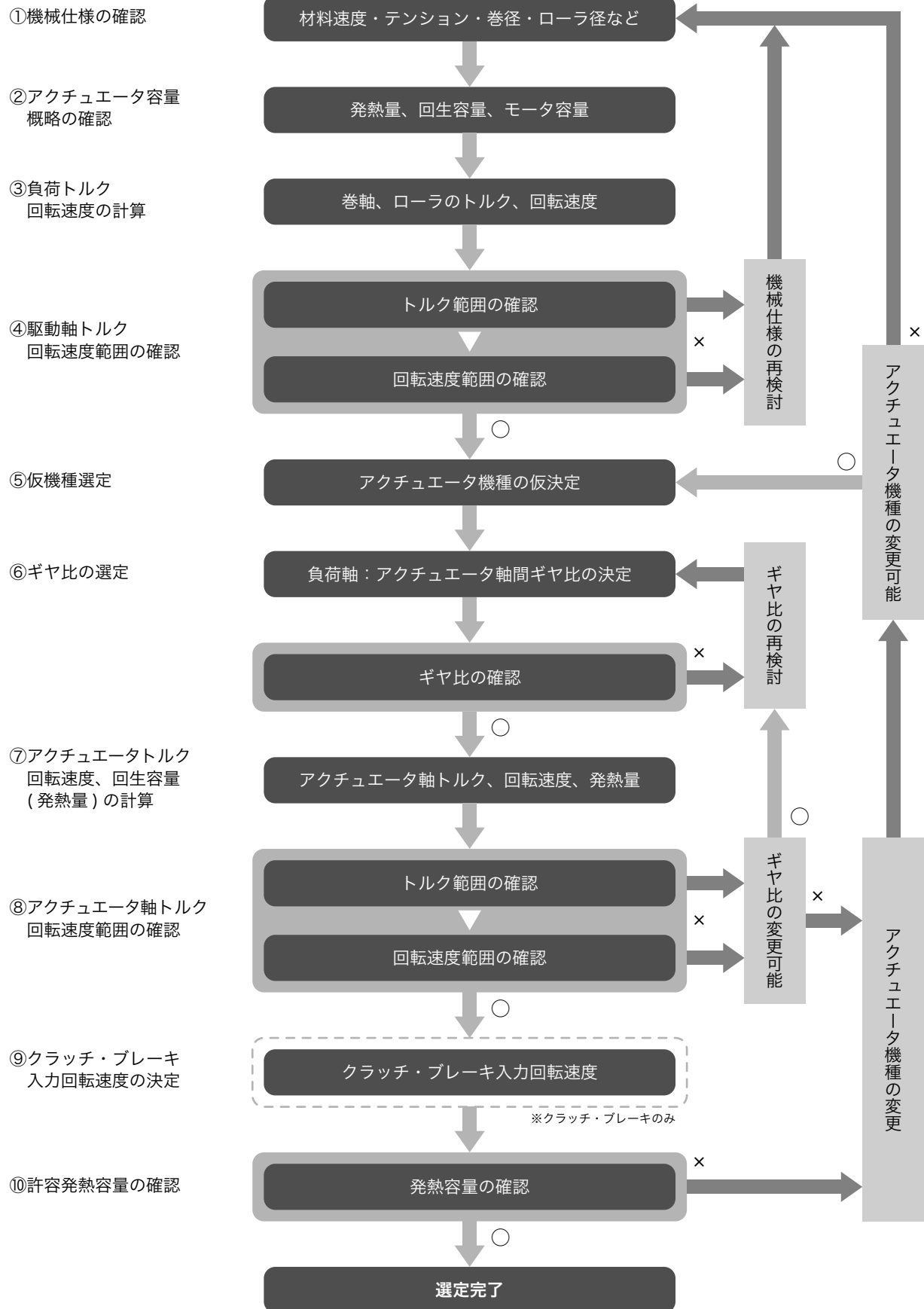
クラッチは一般的にモータと併用して巻取りに使われます。また、ラインスピードが遅い場合に、逆回転モータと併用して巻出しに使われる場合もあります。

クラッチの働きは、モータの動力を負荷軸へ伝達したり、遮断したりするものです。

また、パウダクラッチの特長は、動力の伝達をスリップさせながら行うことができることです。よって、負荷軸側の回転を極端に遅くすることも、更には、0にすることもできます。ここがモータ制御とは異なる特長です。

しかし、このスリップは、熱エネルギーに変わり、発熱します。ブレーキの働きは、負荷軸の動力に制動をかけるものです。パウダブレーキはスリップをさせながら制動をかけるため、このスリップが熱エネルギーに変わり、発熱します。発熱はパウダの寿命低下に繋がり、また、発熱に対する制限（許容連続スリップ工率）を守る必要があります。

6-7 アクチュエータの選定フロー

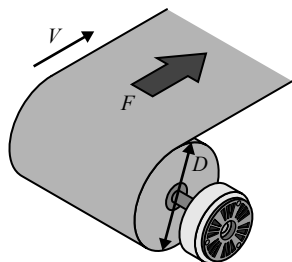


アクチュエータの選定フローを上記に示します。

まず、機械仕様を確認し、アクチュエータの概略容量を計算します。次に、負荷軸、トルク、回転速度から機種を仮選定します。最後に、ギヤ比を設定し、アクチュエータ軸のトルク、回転速度、容量に問題がないか確認します。

6-8 アクチュエータの選定

■ 6-8-1 巻出し用パウダブレーキ



使用条件	
張力 (F)	40 ~ 80N
巻径 (D)	75 ~ 250mm
ラインスピード (V)	5 ~ 15m/min
減速比	1

巻出し用パウダブレーキの計算例です。

使用条件を基に、トルク、回転速度、スリップ工率を求めます。

巻出し初めと終わりの所用ブレーキトルクの最大値と最小値は

$$T_{max} = \frac{D_{max}}{2} \times F_{max} = \frac{0.25}{2} \times 80 = 10Nm$$

$$T_{min} = \frac{D_{min}}{2} \times F_{min} = \frac{0.075}{2} \times 40 = 1.5Nm$$

回転速度についても最大値と最小値は

$$N_{max} = \frac{V_{max}}{(\pi \times D_{min})} = \frac{15}{(\pi \times 0.075)} = 63.7r/min$$

$$N_{min} = \frac{V_{min}}{(\pi \times D_{max})} = \frac{5}{(\pi \times 0.25)} = 6.4r/min$$

スリップ工率は

$$P = 0.105 \times T \times N = 0.0167 \times F \times V = 0.0167 \times 80 \times 15 = 20W$$

と求めることができます。

この計算結果を基にパウダブレーキの機種選定を行います。

トルク、回転速度、スリップ工率がすべて許容以下となる機種を選定します。

この条件では、ZKB-1.2XN が使用可能です。

実際の選定計算は、パウダクラッチの選定ソフト（三菱電機 FA サイトよりダウンロード）を用いることを推奨します。

三菱 FA

検索

**メンバー
登録無料!**

www.MitsubishiElectric.co.jp/fa/

1

張力制御の概要

2

張力制御の基礎

3

トルク制御と速度制御

4

張力制御（トルク制御）の種類

5

張力検出器とは

6

アクチュエータ

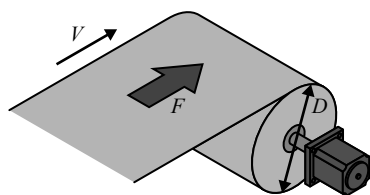
7

張力制御システム構築の基礎

8

Q & A

■ 6-8-2 巻取り用パウダクラッチ



使用条件	
張力 (F)	40 ~ 80N
巻径 (D)	75 ~ 250mm
ラインスピード (V)	5 ~ 15m/min
減速比	1

巻取り用パウダクラッチの計算例です。

使用条件を基に、トルク、回転速度、スリップ工率を求めます。

巻取りの初めと終わりの所要クラッチトルクの最大値と最小値は

$$T_{max} = \frac{D_{max}}{2} \times F_{max} = \frac{0.25}{2} \times 80 = 10Nm$$

$$T_{min} = \frac{D_{min}}{2} \times F_{min} = \frac{0.075}{2} \times 40 = 1.5Nm$$

出力側回転速度についても最大値と最小値は

$$N_{omax} = \frac{V_{max}}{(\pi \times D_{min})} = \frac{15}{(\pi \times 0.075)} = 63.7r/min$$

$$N_{omin} = \frac{V_{min}}{(\pi \times D_{max})} = \frac{5}{(\pi \times 0.25)} = 6.4r/min$$

クラッチの場合、スリップ工率入力側回転速度 N_i も関係します。ここでは

$$N_i = N_{omax} + 15 = 78.7r/min(\text{仮}) \rightarrow 90r/min(\text{減速比 } 1/20)$$

として計算します。

$$P = 0.105 \times T_{max} \times (N_i - N_o) = 0.105 \times 10 \times (90 - 6.4) = 87.8W$$

と求めることができます。

なお、モータの回転速度によりスリップ工率が変わるので、使用する巻取りモータの仕様も仮選定しておく必要があります。この計算結果を基にクラッチの機種選定を行います。トルク、回転速度、スリップ工率が全て許容値以下となる機種を選定します。この条件では、ZKB-1.2BNが使用可能です。

実際の選定計算は、パウダクラッチの選定ソフト（三菱電機FAサイトよりダウンロード）を用いることを推奨します。

三菱 FA

検索

www.MitsubishiElectric.co.jp/fa/
メンバー
登録無料!

●巻取りモータの選定

【ギヤードモータ選定条件】

回転速度 90r/min ⇒ 減速比 1/20
 トルク 10.0Nm × 2倍 ⇒ 20Nm 以上
 └─ 安全率

【GM-S 特性表】

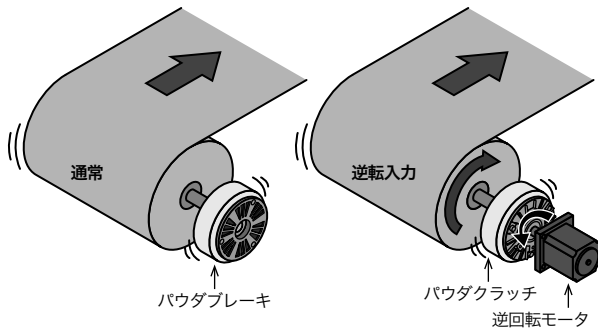
出力 (kW)	出力軸 回転速度 (r/min)		公称減速比	実減速比	出力軸 許容トルク (Nm)	
	50Hz	60Hz			50Hz	60Hz
0.2	500	600	1/3	1/3.07	3.5	2.9
	300	360	1/5	1/4.97	5.9	4.9
	150	180	1/10	1/9.93	12	9.8
	100	120	1/15	1/14.81	18	15
	75	90	1/20	1/20.08	24	20
	60	72	1/25	1/23.85	29	25
	50	60	1/30	1/28.88	33	29
	37.5	45	1/40	1/41.07	47	39
	30	36	1/50	1/48.96	59	49
				・		

【ギヤードモータ選定結果】

出力 : 0.2kW
 減速比 : 1/20

1

●逆転入力とは



2

張力制御の基礎

■巻出し側（パウダブレーキ）

パウダブレーキの入力回転速度 < 最小回転速度の場合

最小回転速度	機種
・5r/min 以下	→ ZKG, ZKB, ZX
・15r/min 以下	→ ZA

3

トルク制御と速度制御

この場合、パウダブレーキ → パウダクラッチ+逆回転モータ

4

張力制御（トルク制御）の種類

【逆転入力の選定例】

パウダクラッチ選定ソフトを利用して、実際に巻出し側のパウダクラッチと逆転用のギヤードモータの選定例を示します。

5

◆ラインスピードが遅い場合

V:1 ~ 5m/min

選定結果 パウダブレーキ

条件

張力 F	40 ~ 80 [N]
巻径 D	75 ~ 250 [mm]
ラインスピード V	1 ~ 5 [m/min]

巻軸軸

トルク T	1.500 ~ 10.00 [Nm]
回転速度 N	1.3 ~ 21.2 [r/min]
積算スリップ工率 P	MAX. 6.7 [W]

推奨機種

機種名 ZKB-1.2XN

ギヤ比 R

トルク 0.12 ~ 12 [Nm]

回転速度 5 ~ 1800 [r/min]

許容スリップ工率 95 ~ 140 [W]

ブレーキ軸

トルク Tb	1.500 ~ 10.00 [Nm]
(12.5 ~ 83.3 [N])	
出力側回転速度 Nb	1.3 ~ 21.2 [r/min]
スリップ工率 P	MAX. 6.7 [W]
許容スリップ工率 Pp	95.6 [W]
	at 6.4 [r/min]

冷却方式

・自然冷却

注意事項

・計算チェックに×が表示されている場合は、正確でない値を表示することがあります。

・回転速度が比較的小さい場合があるので、なまし運転を十分に行ってください。

張力検出器とは

6

アクチュエータ

7

張力制御システム構築の基礎

8

◆出力側回転速度

最小値 N_{min} $1.3r/min < 5r/min$ で NG逆転入力
が有効！

巻出しにおいてラインスピードが非常に低速の場合、パウダブレーキの入力回転速度が最小回転速度を下回ってしまうことがあります。

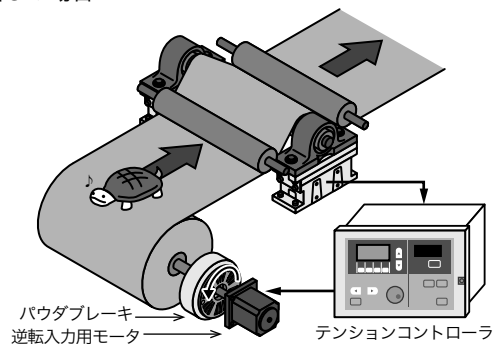
その場合、パウダクラッチと逆転モータを組み合わせます。モータを巻軸の回転と逆向きに回転されることにより逆転入力と言います。

構成は、パウダクラッチの出力側（または入力側）を巻出し軸に連結し、入力側（または出力側）に、ギヤードモータなどを連結し、巻出し軸の回転方向とは逆方向に常に回転させます。これにより十分なスリップ回転速度を確保でき、安定したトルク制御を行うことが可能になります。

パウダクラッチの入力側、出力側の取付け方向に関しては、通常、回転速度が高くなる側にパウダクラッチの入力側を連結します。すなわち、ラインスピードが遅く、常に巻出し軸の回転速度が低い場合は、パウダクラッチの入力側をモータへ連結します。

巻出し開始径が大きく、巻出し開始時に一時的に回転が遅くなるだけで、ほとんどの運転時間中は、十分なスリップ回転速度が得られるような場合は、出力側をモータに連結します。

●巻出しの場合



まずは巻出しでパウダブレーキの選定を行います。

上記条件の結果では、ブレーキ軸の出力側回転速度が最小回転速度の5r/minを下回る領域が発生してしまうのでパウダブレーキは使えません。

この場合、逆転入力が有効です。

Q & A

選定計算のSTEP1に戻りパウダブレーキ（逆転入力）を選択し、先ほどと同じ条件で計算します。
この条件では、ZKB-1.2BNを推奨します。

選定結果 パウダブレーキ(逆転入力)

条件
張力 F 40 ~ 80 [N]
巻径 D 75 ~ 250 [mm]
ラインスピード V 1 ~ 5 [m/min]

巻棒軸
トルク T 1.500 ~ 10.00 [Nm]
回転速度 N 1.3 ~ 21.2 [r/min]
慣性スリップ工率 P MAX. 6.7 [W]
①回転速度が低すぎるため、クラッチに逆転入力を与えて使用します。

推奨機種
機種名 ZKB-1.2BN
ギヤ比 R 1
トルク 0.12 ~ 12 [Nm]
回転速度 5 ~ 1800 [r/min]
許容スリップ工率 95 ~ 140 [W]

クラッチ軸
逆転入力回転 No 5.0 ~ 91.0 [r/min]
トルク Tc 1.500 ~ 10.00 [Nm]
(12.5 ~ 83.3 [N])
出力側回転速度 Nc 1.3 ~ 21.2 [r/min]
スリップ工率 P 11.9 ~ 102.2 [W]
許容スリップ工率 Pp 95.4 ~ 102.3 [W]

計算チェック
Tmin Tmax
Nmax
Pmin Pmax
選定OK

冷却方式
・自然冷却

注意事項
・計算チェックに×が表示されている場合は、正確でない値を表示することがあります。

【逆転入力用ギヤードモータの選定】

次に逆転入力用のギヤードモータを選定します。
モータの選定で着目点は回転速度と必要トルクです。

選定結果 パウダブレーキ(逆転入力)

条件
張力 F 40 ~ 80 [N]
巻径 D 75 ~ 250 [mm]
ラインスピード V 1 ~ 5 [m/min]

巻棒軸
トルク T 1.500 ~ 10.00 [Nm]
回転速度 N 1.3 ~ 21.2 [r/min]
慣性スリップ工率 P MAX. 6.7 [W]
①回転速度が低すぎるため、クラッチに逆転入力を与えて使用します。

推奨機種
機種名 ZKB-1.2BN
ギヤ比 R 1
トルク 0.12 ~ 12 [Nm]
回転速度 5 ~ 1800 [r/min]
許容スリップ工率 95 ~ 140 [W]

クラッチ軸
逆転入力回転 No 5.0 ~ 91.0 [r/min]
トルク Tc 1.500 ~ 10.00 [Nm]
(12.5 ~ 83.3 [N])
出力側回転速度 Nc 1.3 ~ 21.2 [r/min]
スリップ工率 P 11.9 ~ 102.2 [W]
許容スリップ工率 Pp 95.4 ~ 102.3 [W]

計算チェック
Tmin Tmax
Nmax
Pmin Pmax
選定OK

冷却方式
・自然冷却

注意事項
・計算チェックに×が表示されている場合は、正確でない値を表示することがあります。

着目点

- ・逆転入力回転 No
5.0 ~ 91.0r/min
- ・トルク Tc
1.500 ~ 10.00Nm

クラッチ仕様

ギヤードモータ仕様

■クラッチ入力 N_o

5.0 ~ 91.0r/min ⇒ 5 < 出力側 < 91r/min
回転速度

■トルク T_c

1.500 ~ 10.00Nm ⇒ 出力軸許容トルク
10.00 × 2 倍 = 20Nm 以上
└─ 安全率

回転速度は逆転入力回転（この場合 5 ~ 91r/min）の範囲で、必要トルクはクラッチの最大トルク（この場合 10Nm）以上になるように選定します。モータトルクは余裕をみてクラッチの最大トルクの2倍以上を推奨します。

モータの回転速度とトルクが決まれば、あとはモータの特性表と照らし合わせて出力と減速比を決めます。

一例として、ギヤードモータ GM-S の特性表よりギヤードモータの選定を行います。

【GM-S 特性表より】

出力 (kW)	出力軸 回転速度 (r/min)		公称減速比	実減速比	出力軸 許容トルク (Nm)	
	50Hz	60Hz			50Hz	60Hz
0.2	500	600	1/3	1/3.07	3.5	2.9
	300	360	1/5	1/4.97	5.9	4.9
	150	180	1/10	1/9.93	12	9.8
	100	120	1/15	1/14.81	18	15
	75	90	1/20	1/20.08	24	20
	60	72	1/25	1/23.85	29	25
	50	60	1/30	1/28.88	33	29
	37.5	45	1/40	1/41.07	47	39
	30	36	1/50	1/48.96	59	49
				・		

出力 : 0.2kW
減速比 : 1/20

1

張力制御の概要

2

張力制御の基礎

3

トルク制御と速度制御

4

張力制御（トルク制御）の種類

5

張力検出器とは

6

アクチュエータ

7

張力制御システム構築の基礎

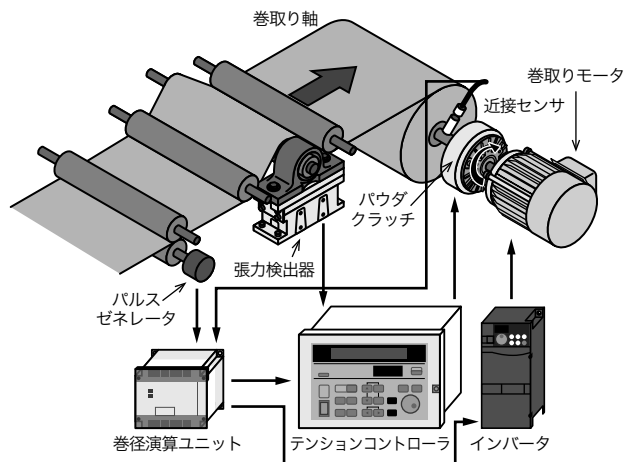
8

Q & A

●定スリップ制御とは

■巻取り側（パウダクラッチ）

許容連続スリップ工率 < 運転時の連続スリップ工率の場合に有効



巻取り側のパウダクラッチが許容スリップ工率オーバで適合機種がない場合に有効です。

各種巻取り機の張力制御用にパウダクラッチが多く使用されますが、運転時の発熱がパウダクラッチの許容連続スリップ工率以上になり、機種が選定できない場合がしばしばあります。

このような場合には、インバータおよびテンションコントローラを用い、パウダクラッチの入力回転速度を低下させることによって、スリップ工率を減少させる方法があります。

この方法は、速度出力信号でインバータを制御し、巻太りとともにクラッチ入力回転速度を低下させ、定スリップ制御するものです。

【定スリップ制御の選定例】

◆ラインスピードが速い場合

V:50 ~ 150m/min

選定結果 パウダクラッチ

条件		
張力 F	200 ~ 400 [N]	
巻径 D	75 ~ 250 [mm]	
ラインスピード V	50 ~ 150 [m/min]	
ターナブル率 a	0	

巻取り軸

トルク T	7.500 ~ 50.00 [Nm]
回転速度 N	63.7 ~ 636.9 [r/min]
巻取スリップ工率 P	MAX. 3084.7 [W]

推奨機種

機種名 ZKB-40BN(強制空冷)

ギヤ比 R 1

トルク 4 ~ 400 [Nm]

回転速度 5 ~ 1800 [r/min]

許容スリップ工率 2800 ~ 2800 [W]

クラッチ軸

クラッチ入力 No	641.9 ~ 642.0 [r/min]
トルク Tc	7.500 ~ 50.00 [Nm]
出力側回転速度 Nc	63.7 ~ 636.9 [r/min]
スリップ工率 P	3035.8 ~ 3036.1 [W]
許容スリップ工率 Pp	2800.0 ~ 2800.0 [W]

計算チェック

Tmin	Tmax
○	○
Nmax	○
Pmin	Pmax
×	×

冷却方式

- 強制空冷 (エア= 20 × 10⁴Pa, 2 m³/min)

注意事項

- 計算チェックに×が表示されている場合は、正確でない値を表示することがあります。
- トルクが5%以下の使用があるので、全自動制御のワードロック制御を推奨します。
- 低トルク域の使用があるので、メカロスができるだけ小さくしてください。
- 別途、エア配管等が必要となります。

パウダクラッチ選定ソフトを利用して、定スリップ制御の選定例を示します。

まずは巻取りでパウダクラッチの選定を行います。

この条件の結果では、スリップ工率が許容スリップ工率を超えており、選定できません。

この場合、定スリップ制御が有効です。

◆出力側回転速度

定スリップ制御が有効!

許容スリップ工率 (2800W) < スリップ工率 (3035.8W)

1

張力制御の概要

2

張力制御の基礎

3

トルク制御と速度制御

4

張力制御（トルク制御）の種類

5

張力検出器とは

6

アクチュエータ

7

張力制御システム構築の基礎

8

Q & A

■ 選定結果 パウダクラッチ (定スリップ)

条件
 張力 F 200 ~ 400 [N]
 巻径 D 75 ~ 250 [mm]
 ラインスピード V 50 ~ 150 [m/min]
 テーパー a 0

入力ミスないか

巻繞軸
 トルク T 7.500 ~ 50.00 [Nm]
 回転速度 N 63.7 ~ 636.9 [r/min]
 積算スリップ工率 P MAX. 3084.7 [W]
(注)スリップ工率が大きすぎるため、インバータにより入力回転速度を変化させて使用します。

トルク $T = \frac{D(m) \times F(N)}{2} \times (1-a)$
 回転速度 $N = \frac{V(m/min)}{\pi \times D(m)}$
 スリップ工率 $P = 0.105 \times (N_0 \times Nmin) \times T \times \max$
 ギヤ比 $R = \frac{\text{巻繞軸回転速度}}{\text{巻繞軸回転速度}}$
 テーパー a = 巻線の張力 - 巻線力張力 / 巻線の張力

推奨機種

推奨機種 ZKB-5BN
 ギヤ比 R 1
 積算スリップ工率 (年々比)は変更できます
 ▲ 上位機種へ
 ▼ 下位機種へ

仕様
 トルク 0.5 ~ 50 [Nm]
 回転速度 5 ~ 1800 [r/min]
 許容スリップ工率 180 ~ 360 [W]

クラッチ軸
 スリップ回転速度 N_0 5.0 ~ 40.0 [r/min]
 トルク T_c 7.500 ~ 50.00 [Nm]
 (15.0 ~ 100.0 [W])
 出力側回転速度 N_c 63.7 ~ 636.9 [r/min]
 スリップ工率 P 26.3 ~ 210.0 [W]
 許容スリップ工率 P_p 200.6 ~ 210.8 [W]

計算チェック

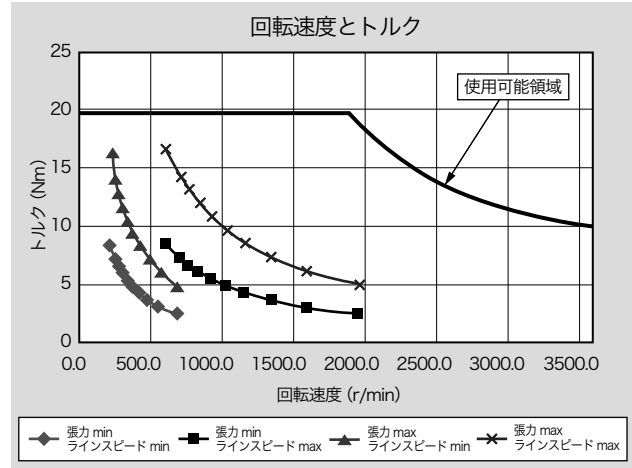
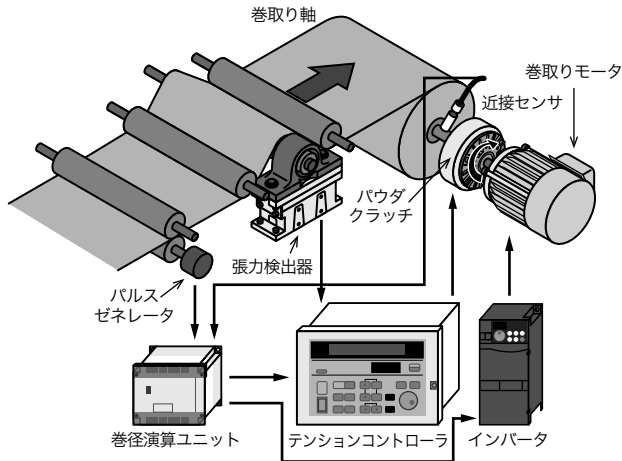
Tmin	Tmax
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nmax	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pmin	Pmax
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

 選定OK

入力回転速度を変化させない場合のスリップ工率
 入力回転速度を変化させた場合のスリップ工率
 Dmin → 時間 Dmax

選定計算のSTEP1に戻りパウダクラッチ（定スリップ）を選択し、先ほどと同じ条件で計算します。
 この条件では、ZKB-5BNを推奨します。

【定スリップ制御用モータの選定例】



(1) モータ容量

$$P = \frac{0.0167 \times V_{max} \times F_{max} \times D_{max}}{D_{min}} = \frac{0.0167 \times 150 \times 400 \times 0.25}{0.075} = 3340W$$

(2) 巻取り軸トルク

$$T = \frac{F \times D}{2} = \frac{(200 \sim 400) \times (0.075 \rightarrow 0.25)}{2} = 7.5 \sim 50Nm$$

(3) 巻取り軸回転速度

$$N = \frac{V}{(\pi \times D)} = \frac{(50 \sim 150)}{(3.14 \times (0.075 \rightarrow 0.25))} = 63.7 \sim 637r/min$$

(4) モータ軸回転速度

クラッチのスリップ回転を 30r/min とする

$$Nm = N + 30 = (63.7 \sim 637) + 30 = 93.7 \sim 667r/min$$

(5) 仮選定

モータ容量：3340W → 定格出力 3.7kW

モータ：SF-HRCA-3.7K

インバータ：FR-A720-3.7K

定格トルク：19.6Nm (使用可能トルク比 1:50)

回転速度：Max. 3600r/min (定格回転速度 1800r/min)

(使用可能回転速度比 1:100)

(6) ギヤ比：R の設定

① 必要トルクより

$$Rt = \frac{\text{巻取り軸トルク (max)}}{\text{モータの定格トルク}} = \frac{50}{19.6} = 2.55 \text{ 以上の設定が必要}$$

② 回転速度の設定より

$$\frac{\text{モータ回転速度 (max)}}{\text{モータ軸回転速度 (max)}}$$

$$Rn = \frac{3600}{667} = 5.4 \text{ 以下の設定が必要}$$

$$Rt < R < Rn$$

$$2.55 < R < 5.4 \quad R:3 \text{ とする}$$

(7) モータ軸トルク

$$T' = T \times \frac{1}{R} = \frac{(7.5 \sim 50)}{3} = 2.5 \sim 16.7Nm$$

定格トルクの 12.8 ~ 85.2%

(8) モータ軸回転速度

$$N' = N \times R = (667 \sim 93.7) \times 3 = 281.1 \sim 2001r/min$$

最大回転速度の 7.8 ~ 55.6%

1

張力制御の概要

2

張力制御の基礎

3

トルク制御と速度制御

4

張力制御（トルク制御）の種類

5

張力検出器とは

6

アクチュエータ

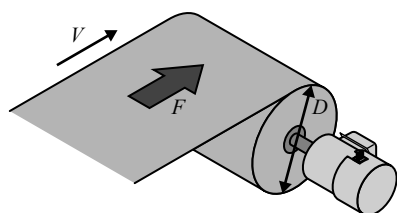
7

張力制御システム構築の基礎

8

Q & A

■ 6-8-3 インバータ専用モータ（トルク制御）



使用条件	
張力 (F)	50 ~ 100N
巻径 (D)	90 ~ 500mm
ラインスピード (V)	100 ~ 200m/min

(1) モータ容量

$$P = \frac{0.0167 \times V_{max} \times F_{max} \times D_{max}}{D_{min}} = \frac{0.0167 \times 200 \times 100 \times 0.5}{0.09} = 1856W$$

(2) 巻取り軸トルク

$$T = \frac{F \times D}{2} = \frac{(50 \sim 100) \times (0.09 \rightarrow 0.5)}{2} = 2.3 \sim 25Nm$$

(3) 巻取り軸回転速度

$$N = \frac{V}{(\pi \times D)} = \frac{(100 \sim 200)}{(3.14 \times (0.09 \rightarrow 0.5))} = 63.6 \sim 707r/min$$

(4) 仮選定

モータ容量：1856W → 定格出力 2.2kW

モータ：SF-V5RU2K ベクトル制御

インバータ：FR-A740-3.7K

定格トルク：14.1Nm（使用可能トルク比 1:50）

回転速度：Max. 3000r/min（定格回転速度 1500r/min）
（使用可能回転速度比 1:1500）

(5) ギヤ比：R の設定

① 必要トルクより

$$Rt = \frac{\text{巻取り軸トルク (max)}}{\text{モータの定格トルク}} = \frac{25}{14.1} = 1.77 \text{ 以上の設定が必要}$$

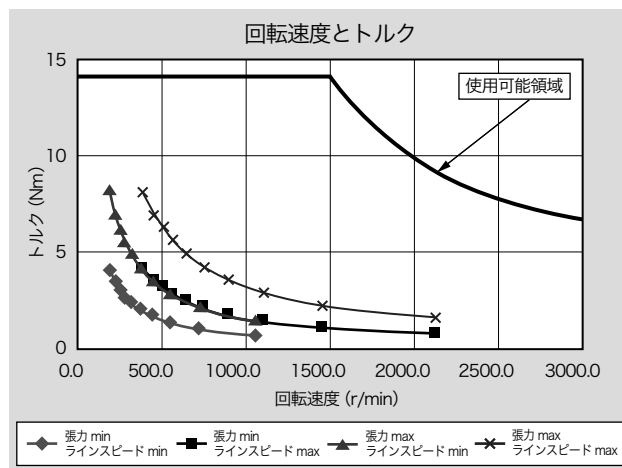
② 回転速度の設定より

$$\frac{\text{モータ回転速度 (max)}}{\text{モータ軸回転速度 (max)}}$$

$$Rn = \frac{3000}{707} = 4.24 \text{ 以下の設定が必要}$$

$$Rt < R < Rn$$

$$1.77 < R < 4.24 \quad R:3 \text{ とする}$$



(6) モータ軸トルク

$$T' = T \times \frac{1}{R} = \frac{(2.3 \sim 25)}{3} = 0.8 \sim 8.3Nm$$

定格トルクの 5.6 ~ 58.9%

(7) モータ軸回転速度

$$N' = N \times R = (63.6 \sim 707) \times 3 = 191 \sim 2121r/min$$

最大回転速度の 6.4 ~ 70.7%

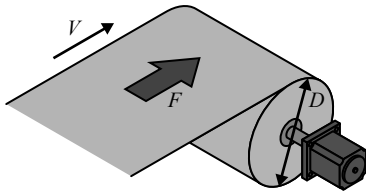
(8) 再生抵抗

巻出しでの使用には、再生抵抗が必要な場合があります。
再生電力

$$PR = 0.0167 \times V_{max} \times F_{max} = 0.0167 \times 200 \times 100 = 334W$$

抵抗器ユニット GRZG300-5 Ω（連続許容電力 600W）

■ 6-8-4 AC サーボモータ (トルク制御)



使用条件	
張力 (F)	50 ~ 100N
巻径 (D)	90 ~ 500mm
ラインスピード (V)	100 ~ 200m/min

(1) モータ容量

$$P = \frac{0.0167 \times V_{max} \times F_{max} \times D_{max}}{D_{min}} = \frac{0.0167 \times 200 \times 100 \times 0.5}{0.09} = 1856W$$

(2) 巻取り軸トルク

$$T = \frac{F \times D}{2} = \frac{(50 \sim 100) \times (0.09 \rightarrow 0.5)}{2} = 2.3 \sim 25Nm$$

(3) 巻取り軸回転速度

$$N = \frac{V}{(\pi \times D)} = \frac{(100 \sim 200)}{(3.14 \times (0.09 \rightarrow 0.5))} = 63.6 \sim 707r/min$$

(4) 仮選定

モータ容量 : 1856W → 定格出力 2.0kW
 モータ : HG-SR201
 アンプ : MR-J4-200A
 定格トルク : 19.1Nm (使用可能トルク比 1:100)
 回転速度 : Max. 1500r/min
 (使用可能回転速度比 1:1500)

(5) ギヤ比 : R の設定

① 必要トルクより

$$Rt = \frac{\text{巻取り軸トルク (max)}}{\text{モータの定格トルク}} = \frac{25}{19.1} = 1.3 \text{ 以上の設定が必要}$$

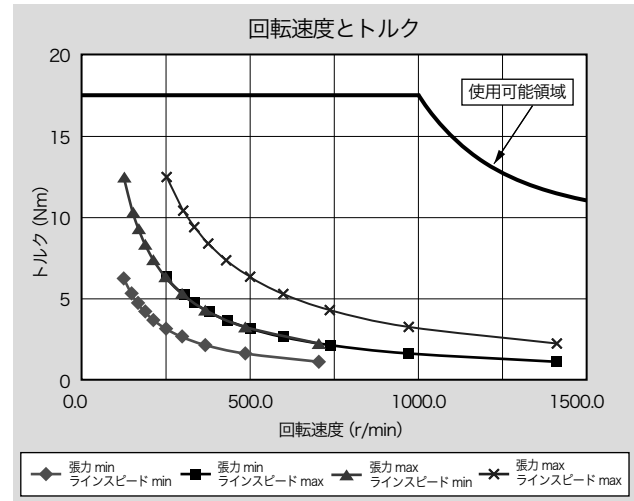
② 回転速度の設定より

$$\frac{\text{モータ回転速度 (max)}}{\text{モータ軸回転速度 (max)}}$$

$$Rn = \frac{1500}{707} = 2.12 \text{ 以下の設定が必要}$$

$$Rt < R < Rn$$

$$1.3 < R < 2.12 \quad R:2 \text{ とする}$$



(6) モータ軸トルク

$$T' = T \times \frac{1}{R} = \frac{(2.3 \sim 25)}{2} = 1.15 \sim 12.5Nm$$

定格トルクの 6.0 ~ 65.4%

(7) モータ軸回転速度

$$N' = N \times R = (63.6 \sim 707) \times 2 = 127 \sim 1414r/min$$

最大回転速度の 8.4 ~ 94.2%

(8) 回生抵抗

巻出しでの使用には、回生抵抗が必要な場合があります。
 回生電力

$$PR = 0.0167 \times V_{max} \times F_{max} = 0.0167 \times 200 \times 100 = 334W$$

MR-J4-200A の内蔵回生抵抗 100W

よって、外付け回生抵抗 MR-RB300 (許容回生電力 300W) が必要

1

張力制御の概要

2

張力制御の基礎

3

トルク制御と速度制御

4

張力制御（トルク制御）の種類

5

張力検出器とは

6

アクチュエータ

7

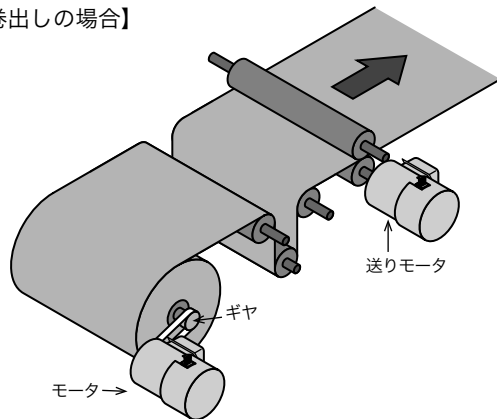
張力制御システム構築の基礎

8

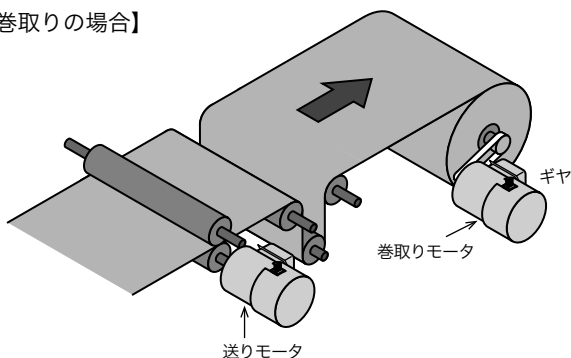
Q & A

■ 6-8-5 インバータ専用モータ（速度制御）

【巻出しの場合】



【巻取りの場合】



(1) モータ容量

$$P = \frac{0.0167 \times V_{max} \times F_{max} \times D_{max}}{D_{min}} = \frac{0.0167 \times 300 \times 200 \times 0.5}{0.09} = 5566W$$

(2) 必要トルク

①軸トルク

$$T = \frac{F \times D}{2} = \frac{(100 \sim 200) \times (0.09 \rightarrow 0.5)}{2} = 4.5 \sim 50Nm$$

②加減速により発生するトルク

$$T2_{max} = I \times \alpha = 15 \times 3.7 = 56Nm$$

角加速度： α 角速度： ω

$$\alpha = \frac{\omega}{t} = \frac{(2\pi \times N/60)}{t} = \frac{(2\pi \times 707/60)}{20} = 3.7/s^2$$

③巻軸必要トルク

$$T = T1_{max} + T2_{max} = 50 + 56 = 106Nm$$

(3) 巻取り軸回転速度

$$N = \frac{V}{(\pi \times D)} = \frac{(200 \sim 300)}{(3.14 \times (0.09 \rightarrow 0.5))} = 127 \sim 1061r/min$$

(4) 仮選定

モータ容量：5566W → 定格出力 7.5kW

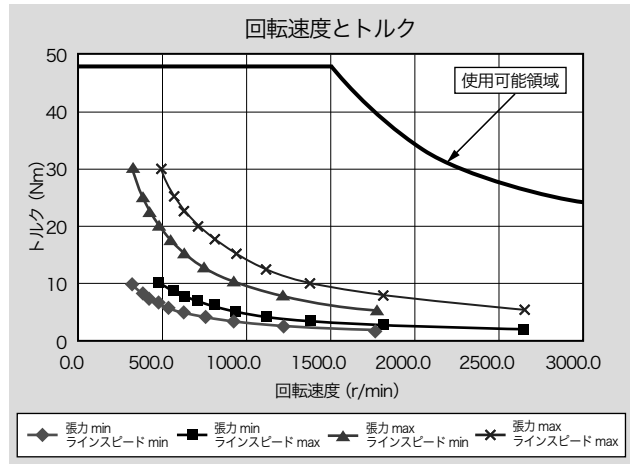
モータ：SF-V5RU7K

インバータ：FR-A720-11K

定格トルク：47.7Nm（使用可能トルク比 1:20）

回転速度：Max. 3000r/min（定格回転速度 1500r/min）
（使用可能回転速度比 1:200）

使用条件	
張力 (F)	100 ~ 200N
巻径 (D)	90 ~ 500mm
ラインスピード (V)	200 ~ 300m/min
加減速時間 (t)	20sec
巻軸慣性モーメント max(I)	15kgm ²



(5) ギヤ比：R の設定

①必要トルクより

$$Rt = \frac{\text{巻取り軸トルク (max)}}{\text{モータの定格トルク}} = \frac{106}{47.7} = 2.22 \text{ 以上の設定が必要}$$

②回転速度の設定より

$$\frac{\text{モータ回転速度 (max)}}{\text{モータ軸回転速度 (max)}}$$

$$Rn = \frac{3000}{1061} = 2.82 \text{ 以下の設定が必要}$$

$$Rt < R < Rn$$

$$2.22 < R < 2.82 \quad R: 2.5 \text{ とする}$$

(6) モータ軸トルク

$$T' = T \times \frac{1}{R} = \frac{(4.5 \sim 106)}{2.5} = 1.8 \sim 42.4Nm$$

定格トルクの 3.7 ~ 88.9%

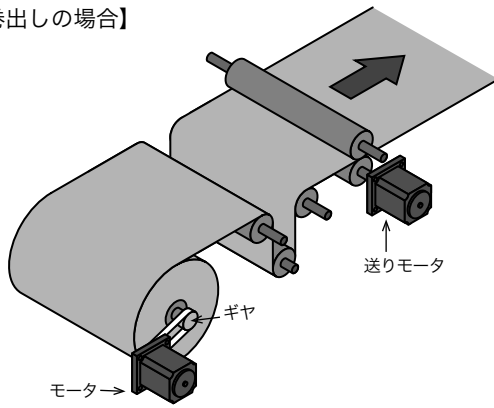
(7) モータ軸回転速度

$$N' = N \times R = (127 \sim 1061) \times 2.5 = 318 \sim 2653r/min$$

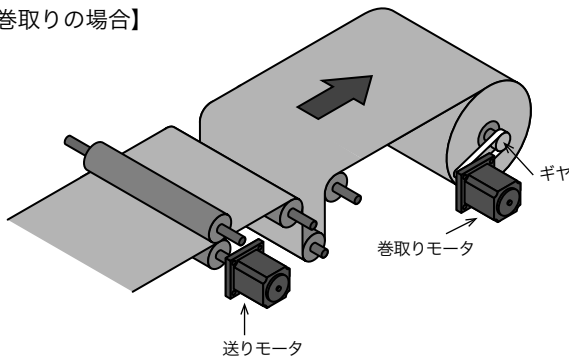
最大回転速度の 10.6 ~ 88.4%

■ 6-8-6 AC サーボモータ (速度制御)

【巻出しの場合】



【巻取りの場合】



(1) モータ容量

$$P = \frac{0.0167 \times V_{max} \times F_{max} \times D_{max}}{D_{min}} = \frac{0.0167 \times 300 \times 200 \times 0.5}{0.09} = 5566W$$

(2) 必要トルク

①軸トルク

$$T = \frac{F \times D}{2} = \frac{(100 \sim 200) \times (0.09 \rightarrow 0.5)}{2} = 4.5 \sim 50Nm$$

②加減速により発生するトルク

$$T2_{max} = I \times \alpha = 1.5 \times 3.7 = 5.6Nm$$

角加速度： α 角速度： ω

$$\alpha = \frac{\omega}{t} = \frac{(2\pi \times N/60)}{t} = \frac{(2\pi \times 707/60)}{20} = 3.7/s^2$$

③巻軸必要トルク

$$T = T1_{max} + T2_{max} = 50 + 5.6 = 55.6Nm$$

(3) 巻取り軸回転速度

$$N = \frac{V}{(\pi \times D)} = \frac{(200 \sim 300)}{(3.14 \times (0.09 \rightarrow 0.5))} = 127 \sim 1061r/min$$

(4) 仮選定

モータ容量：5566W → 定格出力 7kW

モータ：HF-SP702

インバータ：MR-J3-700

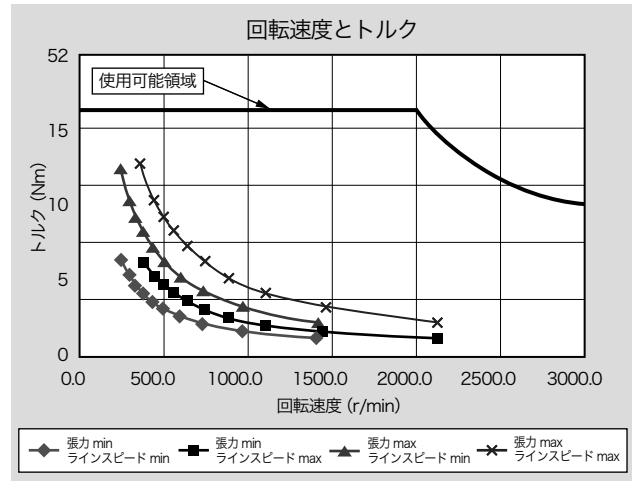
定格トルク：33.4Nm (使用可能トルク比 1:100)

回転速度：Max. 3000r/min (定格回転速度 2000r/min)
(使用可能回転速度比 1:50)

モータ慣性モーメント：154×10⁻⁴kgm²(0.154kgm²)

推奨負荷慣性モーメント比：15倍以下

使用条件	
張力 (F)	100 ~ 200N
巻径 (D)	90 ~ 500mm
ラインスピード (V)	200 ~ 300m/min
加減速時間 (t)	20sec
巻軸慣性モーメント max(I)	1.5kgm ²



(5) ギヤ比：R の設定

①必要トルクより

$$Rt = \frac{\text{巻取り軸トルク (max)}}{\text{モータの定格トルク}} = \frac{55.6}{33.4} = 1.67 \text{ 以上の設定が必要}$$

②回転速度の設定より

$$\frac{\text{モータ回転速度 (max)}}{\text{モータ軸回転速度 (max)}}$$

$$Rn = \frac{3000}{1061} = 2.82 \text{ 以下の設定が必要}$$

$$Rt < R < Rn$$

$$1.67 < R < 2.82 \quad R:2.5 \text{ とする}$$

(6) モータ軸トルク

$$T' = T \times \frac{1}{R} = \frac{(4.5 \sim 55.6)}{2.5} = 1.8 \sim 22.2Nm$$

定格トルクの 5.4 ~ 66.5%

(7) モータ軸回転速度

$$N' = N \times R = (127 \sim 1061) \times 2.5 = 318 \sim 2653r/min$$

最大回転速度の 10.6 ~ 88.4%

(8) 負荷慣性モーメント比

$$\frac{\text{負荷軸慣性モーメント}}{R} < (\text{モータ慣性モーメント}) \times (\text{負荷慣性モーメント比})$$

$$\frac{1.5}{2.5} < 0.154 \times 15$$

$$0.6 < 2.31 \rightarrow \text{OK}$$

1

張力制御の概要

ポイント!

アクチュエータの選定には…

まず各種アクチュエータの特徴を知り、機械仕様を明確にした上で、これに適したアクチュエータを選定します。続いて詳細な選定計算を行い、目的仕様を満足するかどうかのチェックを行います。機械の性能と経済性を決定する最も大きな要因がアクチュエータの選定にありますので、慎重に検討する必要があります。

2

張力制御の基礎

3

トルク制御と速度制御

4

張力制御（トルク制御）の種類

5

張力検出器とは

6

アクチュエータ

7

張力制御システム構築の基礎

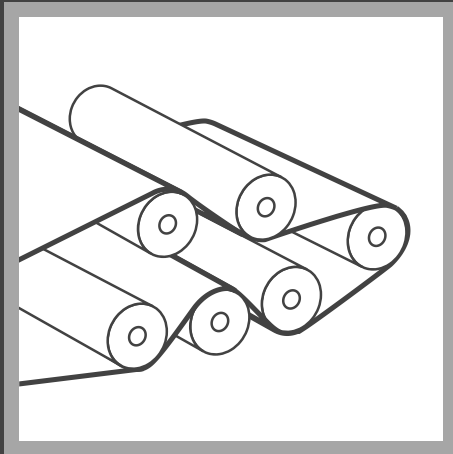
8

Q & A



Chapter.7

張力制御システム構築の基礎



-
- 7-1 基本の張力制御システム
 - 7-2 張力制御システムの構成
 - 7-3 テーパーテンション制御
-

Chapter

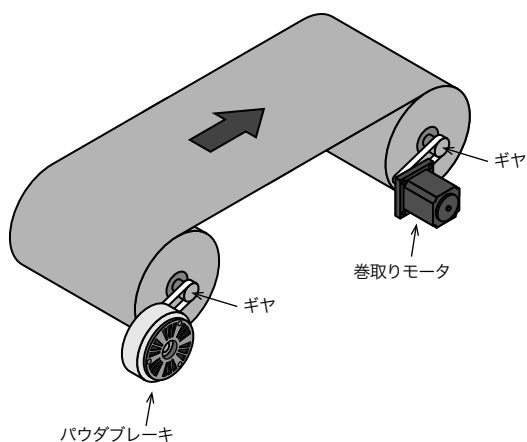
7

張力制御システム構築の基礎

実際の張力制御システムの構築にはそれぞれの材料に合った機械仕様の設定とその機械仕様を実現させるためのシステム構築が必要です。材料が変われば機械仕様も変わり、機械仕様が変わればシステム構成も大きく変化します。

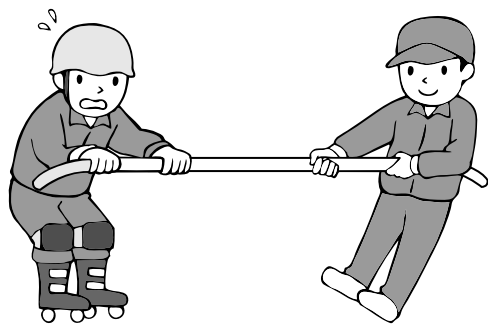
7-1 基本の張力制御システム

■ 7-1-1 巻出しと巻取りだけのシステム



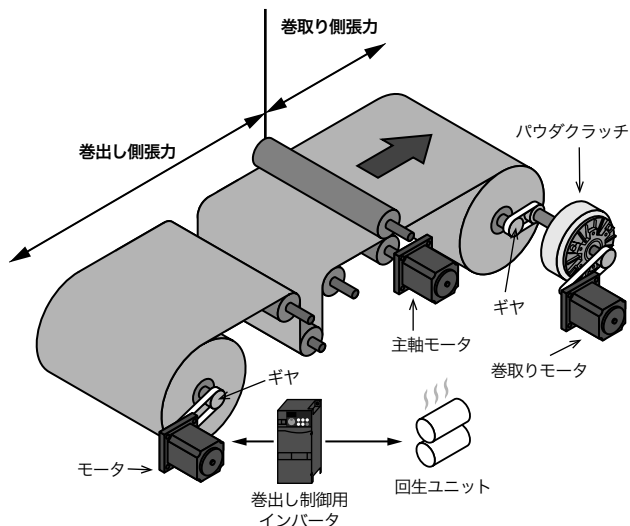
材料が巻き出しされてこれを巻き取るだけの機械が最も簡単な張力制御システムになります。このようなシステムの場合、必ず巻出しと巻取りの一方を速度制御して綱引きの引っ張る側をさせ、もう一方を引っ張られる側のように制御します。この綱引きの引っ張る側になった方がこのシステムの主軸になります。

この図のシステムの場合は巻出し側はパウダブレーキで制御されています。パウダブレーキはトルク制御用アクチュエータで、引っ張られる側にしかならないので、巻出し側が張力を制御することになります。一方巻取りモータは速度制御して材料の速度が一定になるように巻径が変化しても巻取り材料の周速が一定になるようにします。



綱引きの引っ張る側になる巻取りの制御方法はトルク制御でも速度制御でもどちらでもかまいません。中間にフリーローラが何本あったとしても、このシステムの巻出しから巻取りまでの張力を決定するのは巻出し制御の結果によります。

■ 7-1-2 中間主軸のあるシステム

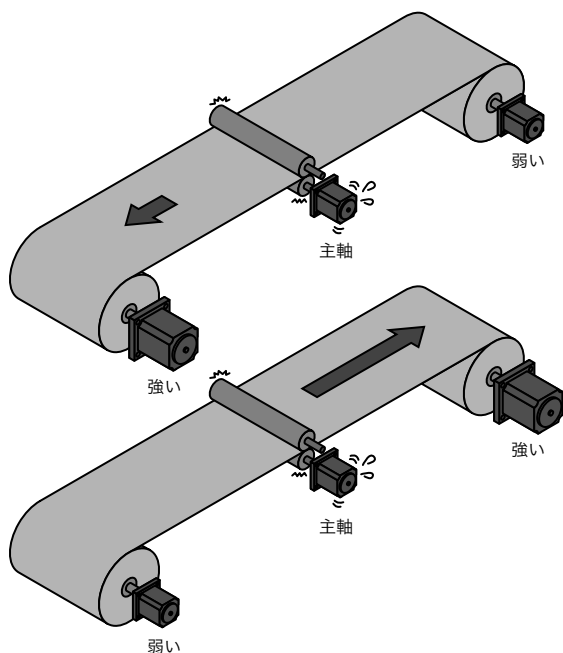


前述の機械に対して中間に主軸を設けた基本の張力制御システムです。中間のニップロールにより材料の速度が一定に制御されています。7-1-1の機械では巻取り材料の偏心により材料速度にむらが発生することがありましたが中間のニップロールの外形は変化することがないので材料速度の安定化が計れます。

このシステムの場合、巻出し軸と主軸、巻取り軸と主軸いずれの関係も主軸が綱引きの引っ張る側になるように制御します。一方、綱引きの引っ張られる側に当たる巻出し軸や主軸から送られてくる材料を巻き取る巻取り軸の制御方法は任意に決めることができます。

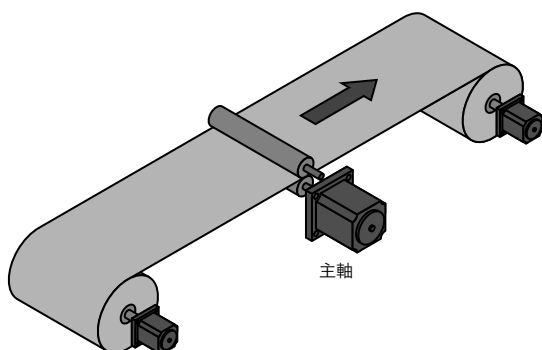
この図の場合、巻出し制御はダンサロールによるインバータを用いた速度制御で、巻取り軸はパウダクラッチによるトルク制御になります。張力は7-1-1の機械では巻出しから巻取りまで同じですが、このシステムの場合は、主軸を中心に巻出し張力と巻取り張力を別々に制御することができます。

● 弱々しい主軸はシステム全体が不安定になります



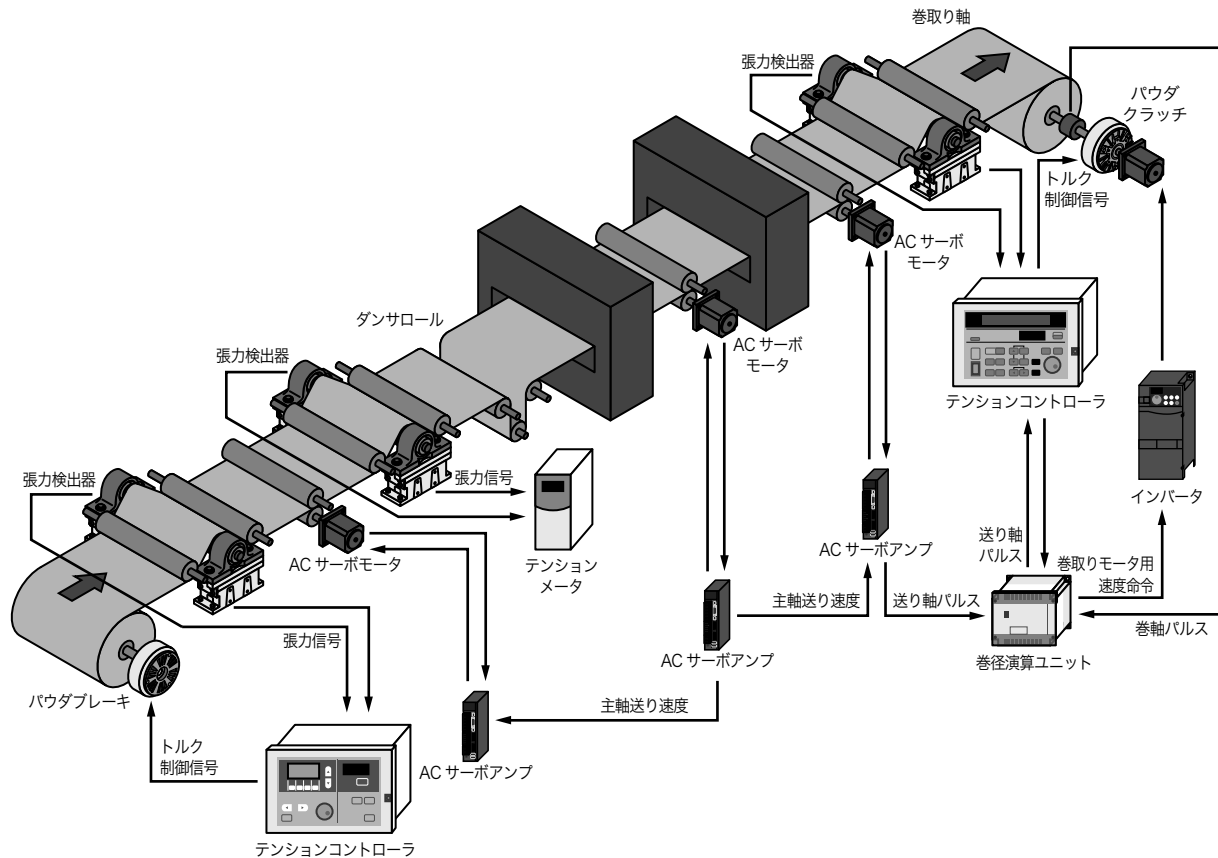
主軸は速度制御しますが、そのとき主軸の駆動力が不足すると巻出しや巻取りの張力変化により材料速度を一定にすることができません。また加減速の際は機械全体の慣性の影響による力が主軸にかかります。

● システム全体を支える力を持った主軸を設けます

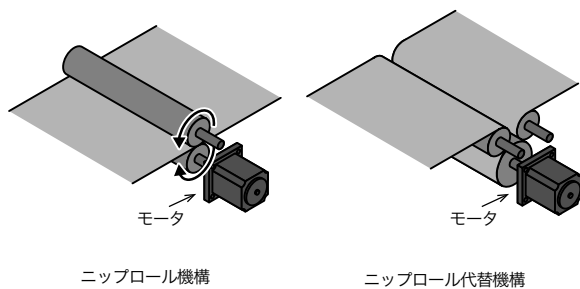


したがって主軸は巻出しや巻取りの張力変化や機械の加減速による影響があっても十分に安定して材料を一定速度で制御できるだけの駆動力が必要です。

7-2 張力制御システムの構成



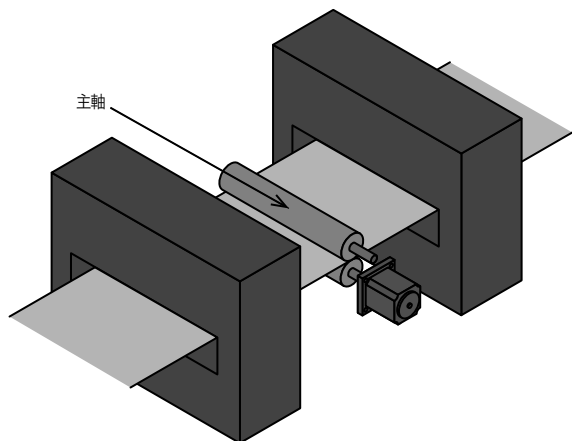
●ニップロール



機械の上を流れる材料はそれぞれの加工工程において張力を変えたりします。また機械の各部分によって張力制御のための役割も異なります。したがって連続して流れる材料でも、機械の部分ごとに制御を切替えることになります。このときは各制御部分の切分けを行うために機械の途中で駆動ロールを設けます。一般的に材料を途中で駆動するための機械機構としては、ローラで上下から挟みつけているニップロールを用います。ニップとは挟むという意味で、ローラで材料を挟みつけていることからこのように呼ばれています。このときニップロールではエアシリンダで一定の圧力で加圧して材料を挟むことが多いです。

また、工程の事情などで材料をニップできない場合は、例えば駆動ロールの表面摩擦ができるだけ大きいようにゴムロールなどを用い、材料をこのロールに巻きつけて行う方法があります。

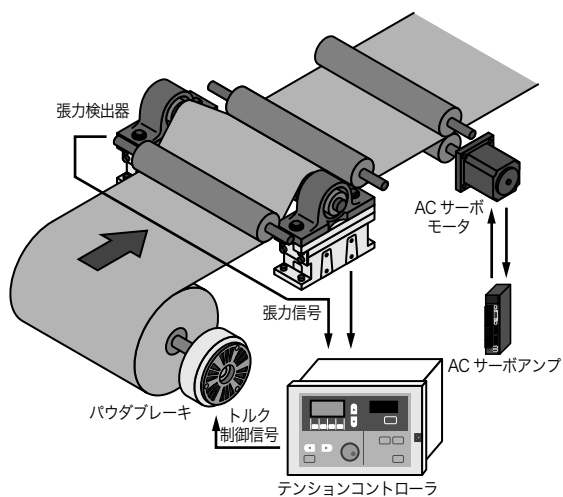
● 主軸の設定



機械では、主軸を設け必ずこれを速度制御しなければなりません。主軸は機械にただひとつで機械全体の加工速度を決定するもので、他の駆動軸はすべてこの主軸に従動しなければウェブは安定して流れてくれません。

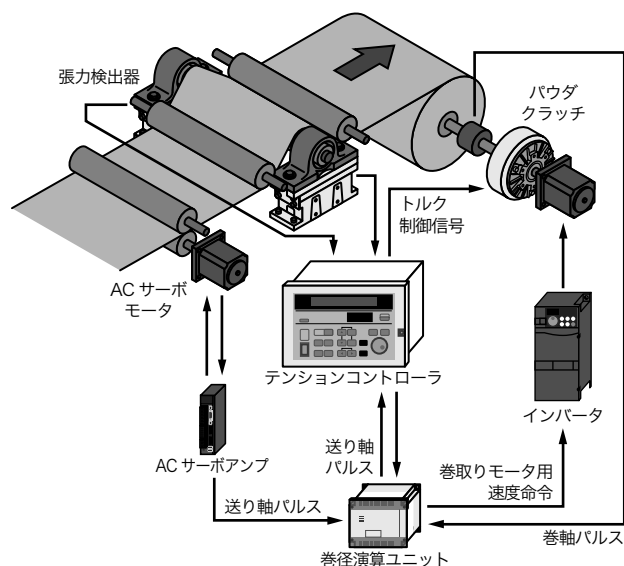
さらに主軸は機械全体のリーダー的役割を果たすもので、リーダーがしっかりしないとチームが乱れるように、主軸もしっかり機械システム全体をリードする力が必要です。ここでいう力とは十分に安定した速度制御とトルクの大きさを言います。材料には張力の力、慣性の影響による力、機械摩擦の影響による力の3種類の力（トルク）が影響しますが、これらの力が逐次変化しても主軸は安定して回転しなければなりません。特に機械の加減速時は材料を通して機械すべての回転部分の慣性の影響によるトルクが主軸にかかることになるので、主軸のアクチュエータを決めるときは、これを考慮しなければなりません。

● 張力制御形式



[巻出し制御]

材料が巻き出されているリールから最初の駆動ロールまでを巻出し制御と呼びます。巻出し制御は巻径が変化する巻出し材料を一定の張力で巻き出していくことが役目です。巻出し制御では駆動ロール側が必ず綱引きの引っ張る側になり、巻出し軸が引っ張られる側になるように制御します。樹脂フィルムの成形機などの場合は樹脂が連続してフィルム状に出てくるため巻き出しがない機械もあります。



[巻取り制御]

機械で最終の駆動ロールから材料を巻き取るリールを巻取り制御と言います。巻取り制御がある機械では、次の機械で使用する材料を巻き取ることになるので、きれいな巻姿で巻き取る必要があります。そのために張力を一定にして巻き取るのではなく巻径が増加するに従い徐々に緩く巻く、テーパテンション制御が行われることもあります。また巻取り時の空気の巻き込みを防ぐ機構が設けられている場合もあります。巻取り制御でも駆動ロール側が必ず綱引きの引っ張る側になり、巻取り軸が引っ張られる側になるように制御します。新聞印刷機やカッタのようにカットされた状態が最終製品の場合は巻取り制御がない機械もあります。

1

張力制御の概要

2

張力制御の基礎

3

トルク制御と速度制御

4

張力制御（トルク制御）の種類

5

張力検出器とは

6

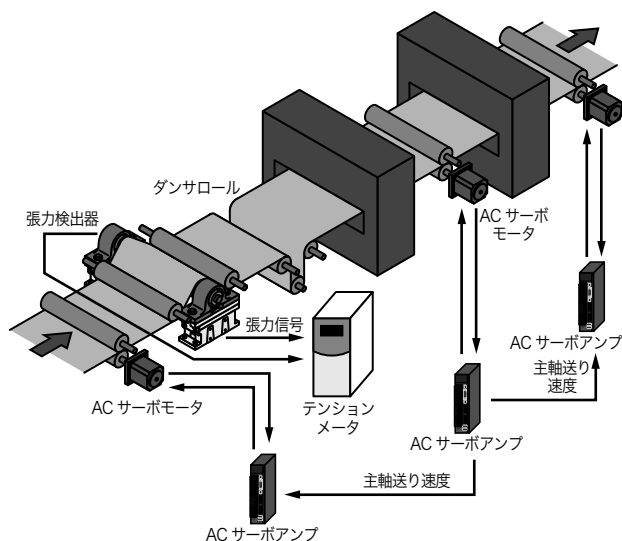
アクチュエータ

7

張力制御システム構築の基礎

8

Q & A



[中間軸制御]

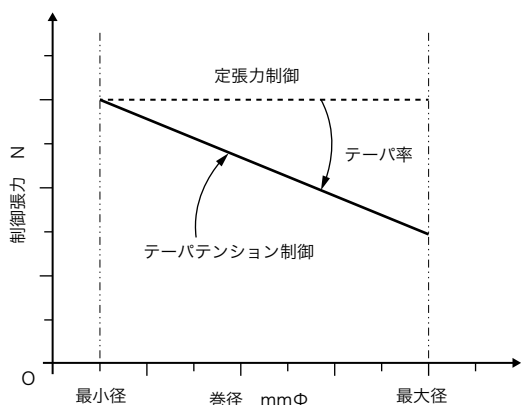
機械で最初の駆動ロールから最後の駆動ロールまでを中間軸制御と言います。このとき主軸を中心に巻出し側を特にインフィード、巻取り側をアウトフィードと言います。

インフィードは巻出し制御で巻き出した材料の張力を加工前により安定するためや、巻出しの材料切替え時のショックが加工部へ伝達しないようにします。

一方のアウトフィードは巻取りの張力変動が加工部へ伝達しないようにするためにあります。特に巻取り制御ではテーパテンション制御により張力が変化するので、これが加工部へ影響しないようにテンションカットすることも大きな役目になります。また巻出しと同様に巻取り材料の切替え時のショックが加工部へ伝達しないようにします。

7-3 テーパテンション制御

●テーパテンション制御

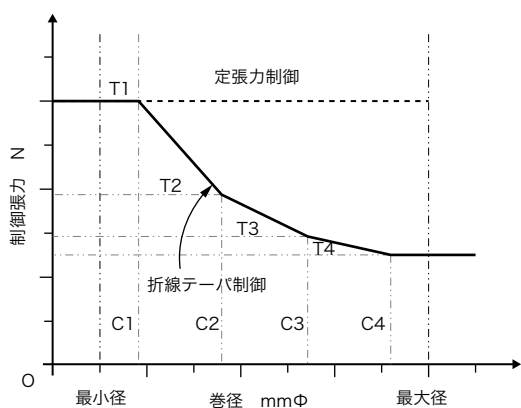


巻径の変化に応じて張力を変化させる制御をテーパテンション制御（テーパ制御）と言います。

テーパテンション制御は主に巻取り制御に使用し、巻径増加に伴って張力を低減して巻取り時の材料の巻締まりや巻ずれなどの防止を目的に使用します。

また、左図のとおり、定張力制御に対する低減の傾きをテーパ率と言います。

●折線テーパテンション制御



テーパテンション制御において、初期径から最終径まで同じテーパ率で制御せずに、中間の巻径でテーパ率を変えるような設定としたテーパ制御を折線テーパ制御と言います。

ポイント!

張力制御システムの構築

- ・機械のどの軸を速度基準（主軸）にするかを考える
- ・制御区分分けをして、ニップロールを設ける
- ・各制御区分を速度制御するか、トルク制御するか決める
- ・ダンサロールを使用するか、張力検出器を使用するか、制御方式を決める

MEMO

1

張力制御の概要

2

張力制御の基礎

3

トルク制御と速度制御

4

張力制御（トルク制御）の種類

5

張力検出器とは

6

アクチュエータ

7

張力制御システム構築の基礎

8

Q & A



Chapter.8

Q&A



8-1 パウダクラッチ・ブレーキのよくある質問

8-2 テンションコントローラのよくある質問

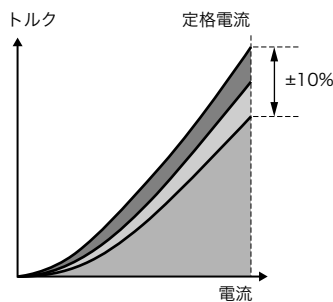
8-1 パウダクラッチ・ブレーキのよくある質問

1	張力制御の概要	Q1	パウダクラッチ・ブレーキのトルクのバラツキはどれくらいか？	85
2	張力制御の基礎	Q2	パウダクラッチ・ブレーキの寿命（オーバホール時期）はどのようにして判断するのか？	85
		Q3	パウダクラッチ・ブレーキの電源に+-はあるか？	85
3	トルク制御と速度制御	Q4	パウダクラッチ・ブレーキを機械に装着後、シャフトを回すと重さにバラツキがあるのはなぜ？	86
		Q5	パウダクラッチ・ブレーキの軸を垂直にして使いたい。	86
4	張力制御（トルク制御）の種類	Q6	ZKB-40BN で取付板を片側だけで使用したい。	86
		Q7	ZKB-10XN がないため、ZKB-10BN をブレーキとして使いたい。	86
5	張力検出器とは	Q8	水冷式での水温はどの程度がよいか？	87
		Q9	パウダクラッチ・ブレーキの許容表面温度は？	87
		Q10	パウダクラッチ・ブレーキを屋外で使いたい。	87
6	アクチュエータ	Q11	パウダクラッチ・ブレーキを真空中で使いたい。	88
		Q12	パウダクラッチ・ブレーキをクリーンルームで使いたい。	88
7	張力制御システム構築の基礎	Q13	パウダクラッチ・ブレーキのトルクの使用上限は？	88
		Q14	パウダクラッチ・ブレーキは、回転方向の指定はあるか？	88
		Q15	パウダクラッチ・ブレーキの寿命について知りたい。	89

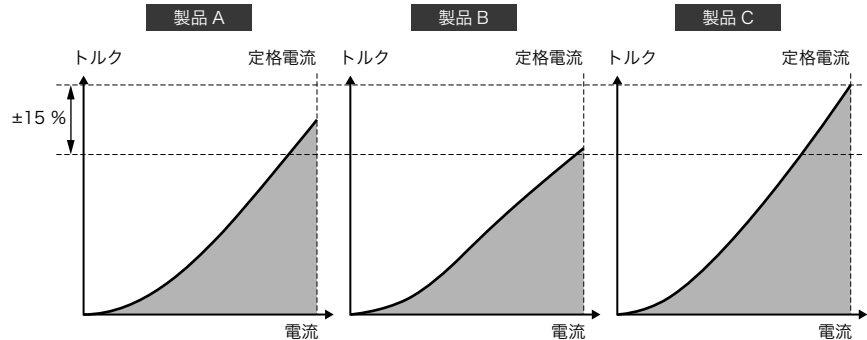
Q1. パウダクラッチ・ブレーキのトルクのバラツキはどれくらいか？

A1. カタログ記載の標準トルク特性（代表例）は新品にてかつ 200r/min 時の標準値を記載しています。パウダは経時劣化しますので、この標準特性は変化していきます。トルク特性の変化は電流によって調整するようにしてください。定格電流近辺のトルクのバラツキは、製品単体について約 $\pm 10\%$ あります。製品間のバラツキは標準トルク特性に対して約 $\pm 15\%$ あります。したがって、パウダクラッチ・ブレーキを並列運転などされるときは個々に電流が調整できるようにすることをお勧めします。

製品単体のトルクのバラツキ

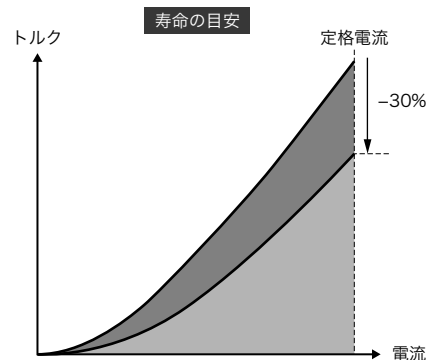


製品間のトルクのバラツキ



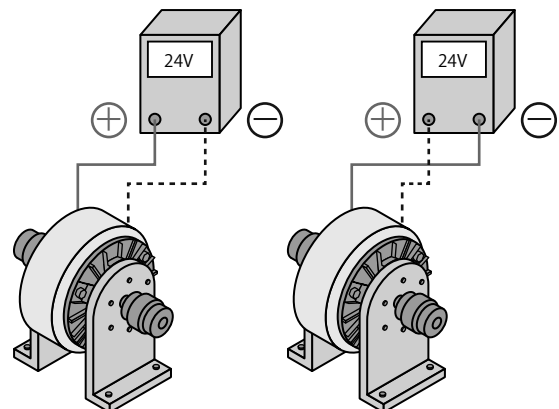
Q2. パウダクラッチ・ブレーキの寿命（オーバーホール時期）はどのようにして判断するのか？

A2. パウダクラッチ・ブレーキのパウダは長期間使用すると、酸化が進行して発生トルクが小さくなります。寿命の目安としては、トルクが初期から 30% 以上低下した時点としてください。トルク測定が困難な場合は「成果物の仕上がり状態」「ボリュームを最大にしてもトルクが足りない」などで判断してください。



Q3. パウダクラッチ・ブレーキの電源に+-はあるか？

A3. パウダクラッチ・ブレーキは直流電源ですが、+-の極性はありません。



1

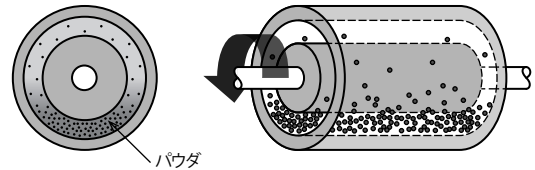
張力制御の概要

Q4. パウダクラッチ・ブレーキを機械に装着後、シャフトを回すと重さにバラツキがあるのはなぜ？

A4. ならし運転前のパウダの偏在と軸径の細かいシャフトを回すために重く感じます。

また、製品間でパウダの偏在の度合いも異なるためバラツキも大きくなります。

ならし運転後に再度確認してください。

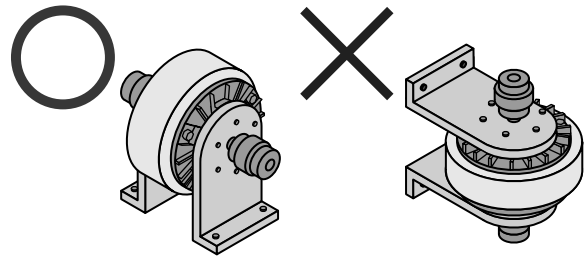


2

張力制御の基礎

Q5. パウダクラッチ・ブレーキの軸を垂直にして使いたい。

A5. パウダクラッチ・ブレーキとも軸が水平となる取付で使用することを原則としております。軸垂直での使用は、パウダの均一な分佈が得られず、トルクが低くなったり、変動したり、トルクの引っかけが発生したりするなど、本来の性能が発揮できなくなります。



3

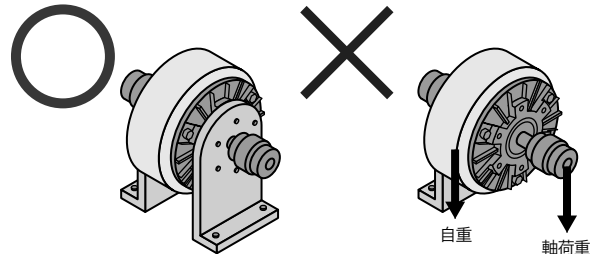
トルク制御と速度制御

4

張力制御（トルク制御）の種類

Q6. ZKB-40BN で取付板を片側だけで使用したい。

A6. 取付部が軸の軸荷重や自重による荷重を受けるため、原則として ZKB-5BN 以上の機種は両面取付としてください。



5

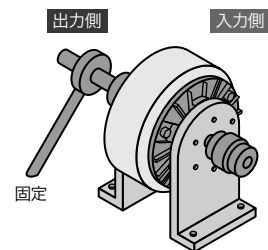
張力検出器とは

6

アクチュエータ

Q7. ZKB-10XN がないため、ZKB-10BN をブレーキとして使いたい。

A7. 出力軸を固定すれば使用可能です。



7

張力制御システム構築の基礎

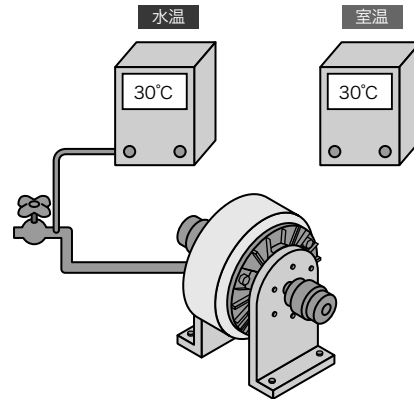
8

Q&A

Q8. 水冷式での水温はどの程度がよいか？

A8. 常温程度の水を供給してください。

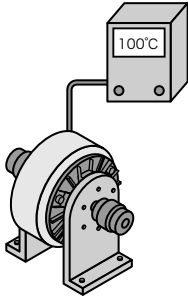
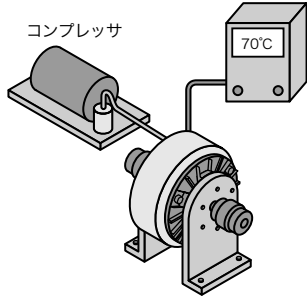
室温に対して水温が低いと温度差により結露する可能性があります。



Q9. パウダクラッチ・ブレーキの許容表面温度は？

A9. 連続運転による表面温度は、下表を限度としてください。この温度を超えると耐久性が著しく低下します。

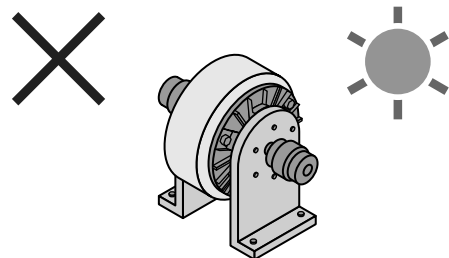
製品単体のトルクのバラツキ

機種	<ul style="list-style-type: none"> ・自然冷却 ・サーモブロック ・水冷式 ZKB-WN 	強制冷却 
限界温度 (目安)	100°C以下	70°C以下

Q10. パウダクラッチ・ブレーキを屋外で使いたい。

A10. パウダクラッチ・ブレーキは工場内で使用されることを前提として製造していますので、原則として使用できません。

万一使用するときは、水滴、油滴、砂じん、潮風などの当るおそれのある所ではカバーを取付けるなどして、屋内と同環境にする必要があります。また、結露を防止してください。

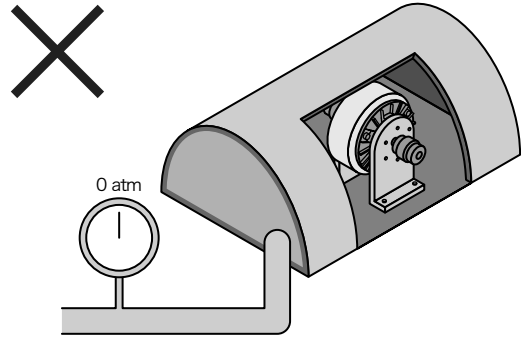


1

張力制御の概要

Q11. パウダクラッチ・ブレーキを真空中で使いたい。

A11. スリップ熱を空气中に熱放射できず、許容連続スリップ工率が極端に下がるので使用できません。



2

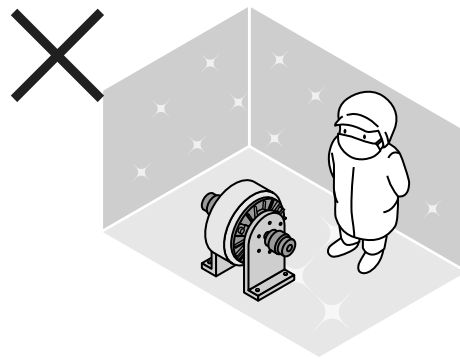
張力制御の基礎

3

トルク制御と速度制御

Q12. パウダクラッチ・ブレーキをクリーンルームで使いたい。

A12. 完全な密閉構造ではなく、使用によって発生したパウダの微粉が漏れる可能性があるため、原則として使用できません。
カバーで覆う場合は、一般的にはギヤやベルトなど他の可動部分からも塵が発生しますので可動部全体を覆うなどしてご使用ください。



4

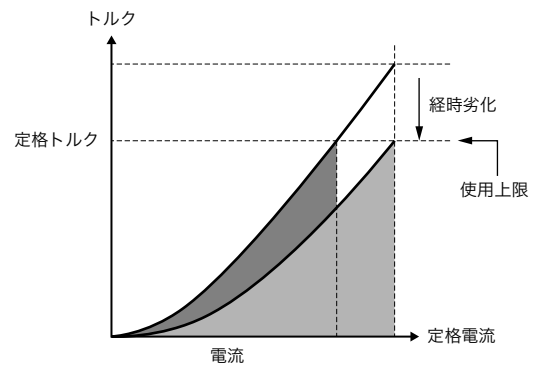
張力制御（トルク制御）の種類

5

張力検出器とは

Q13. パウダクラッチ・ブレーキのトルクの使用上限は？

A13. 定格トルクが上限です。経時劣化を見越して、工場出荷時は定格トルクより高めにトルクが出るように設計してありますが、定格トルク以上の使用は保証外となります。



6

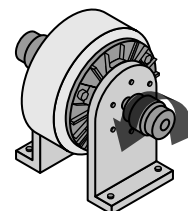
アクチュエータ

7

張力制御システム構築の基礎

Q14. パウダクラッチ・ブレーキは、回転方向の指定はあるか？

A14. 回転に方向性はありませんのでどちらへ回ってもかまいません。



8

Q&A

Q15. パウダクラッチ・ブレーキの寿命について知りたい。

A15. パウダは長時間使用すると酸化し、それとともにトルクが低下します。一般的には巻出し、巻取り用にて許容連続スリップ工率で使用した場合、パウダの寿命は約 5,000 ~ 8,000 時間になります。

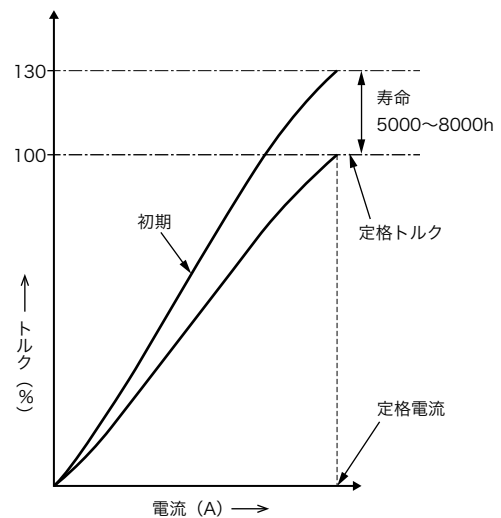
この時間は、定格電流において定格トルクまで低下したときをパウダの寿命とした場合のもので、定格トルク以下で使用される場合は継続して使用可能ですので、さらに寿命は延びます。

パウダの寿命（オーバホール時期）の目安としては、トルクが初期から 30% 以上低下した時点としてください。トルク測定が困難な場合は「製品の仕上がり状態」「ボリュームをいっぱい上げてもトルクが足りない」などで判断してください。

許容連続スリップ工率に対して余裕をもたせて使用すると、パウダの寿命を延ばすことができます。例えば、許容連続スリップ工率の 50% の条件で使用したとすれば、寿命は約 2 倍以上になることもあります。

逆に許容値を超えるところで使用するとパウダの酸化が急激に進み、トルク低下を促進したり、部品の損傷を引き起こす可能性がありますので注意してください。

なお、同じスリップ工率であってもスリップ回転速度が高い状態が連続している場合、寿命は短くなる傾向がありますので極力、スリップ回転速度が小さくなるように設定してください。



8-2 テンションコントローラによくある質問

- | | | |
|----|--|----|
| Q1 | パウダクラッチ・ブレーキの形名を変更しても電源装置は使用可能か？ | 91 |
| Q2 | 制御装置および手動電源装置で出力端子間が短絡するとどうなる？ | 91 |
| Q3 | パウダクラッチ・ブレーキを1台の電源装置で同時に動かせるか？ | 92 |
| Q4 | 手動電源・半自動制御装置を使用して張力の表示をしたい。 | 92 |
| Q5 | 張力検出器の付属ケーブル（非防爆タイプ7m, 防爆タイプ20m）では長さが足りないので、延長したい。 | 93 |
| Q6 | 張力検出器のヒンジとは？ | 93 |

1

張力制御の概要

2

張力制御の基礎

3

トルク制御と速度制御

4

張力制御（トルク制御）の種類

5

張力検出器とは

6

アクチュエータ

7

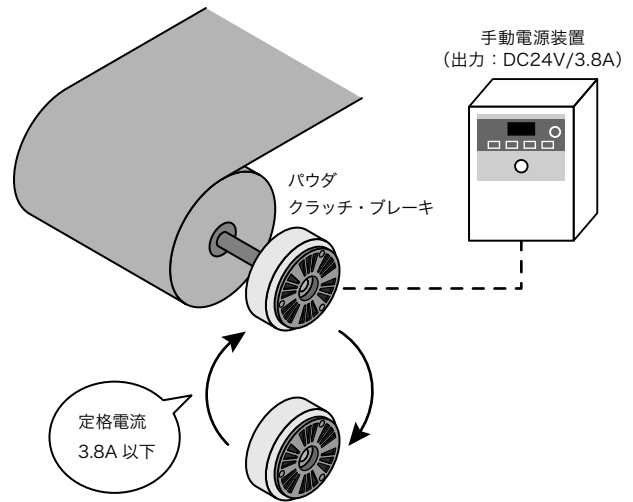
張力制御システム構築の基礎

8

Q & A

Q1. パウダクラッチ・ブレーキの形名を変更しても電源装置は使用可能か？

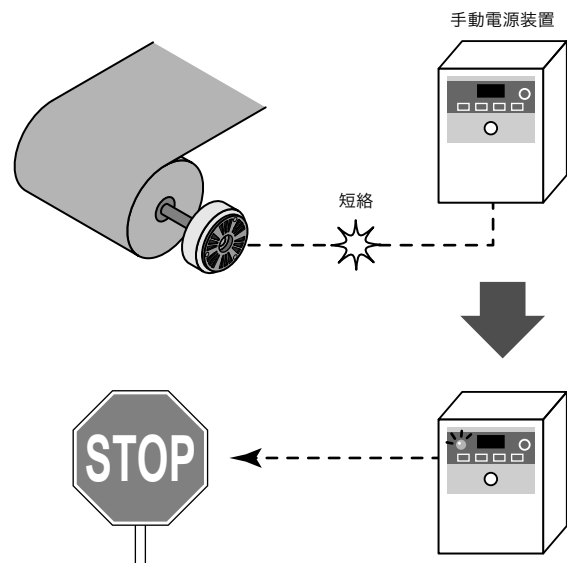
A1. パウダクラッチ・ブレーキの定格電流が電源装置の電流容量以下であれば、使用可能です。



Q2. 制御装置および手動電源装置で出力端子間が短絡するとどうなる？

A2. 短絡保護回路が働きます。

短絡した部分を解除し、電源 OFF → 30 秒後に再投入すれば復帰します。



1

張力制御の概要

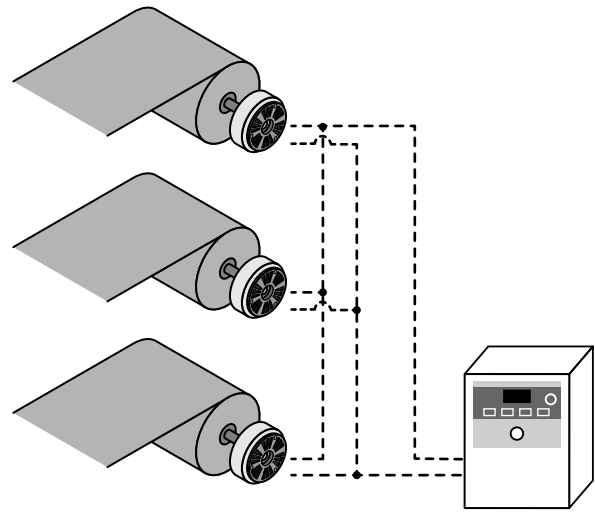
Q3. パウダクラッチ・ブレーキを1台の電源装置で同時に動かせるか？

A3. パウダクラッチ・ブレーキの定格電流 × 台数が電源装置の電流容量以下であれば、使用可能です。

ただし、パウダクラッチ・ブレーキの個体バラツキがあるため、同じ出力でも同じトルクにはなりません。

2

張力制御の基礎



パウダクラッチ・ブレーキ
定格電流合計 3.0A

電源装置
定格出力電流 3.8A

OK

3

トルク制御と速度制御

4

張力制御（トルク制御）の種類

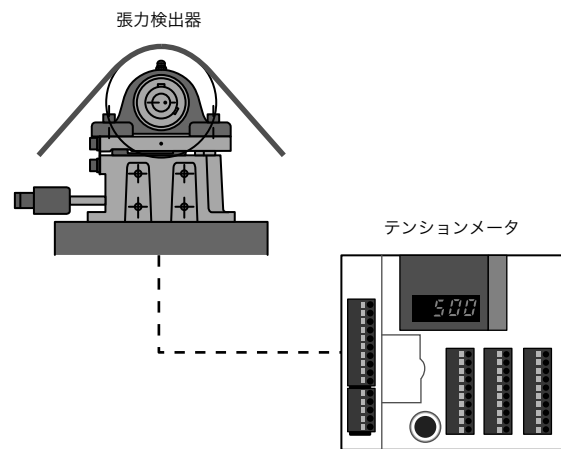
Q4. 手動電源・半自動制御装置を使用して張力の表示をしたい。

A4. 手動電源や半自動制御装置では張力表示はできません。

張力を表示するためには、別途、張力検出器とテンションメータが必要です。

5

張力検出器とは



6

アクチュエータ

7

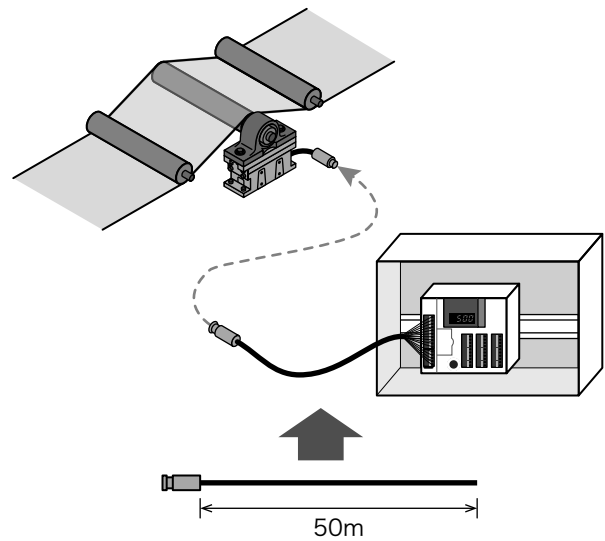
張力制御システム構築の基礎

8

Q&A

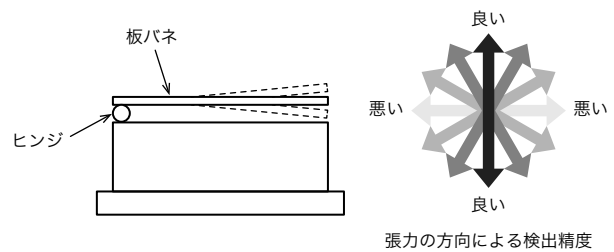
Q5. 張力検出器の付属ケーブル（非防爆タイプ 7m, 防爆タイプ 20m）では長さが足りないので、延長したい。

A5. 特殊品で延長ケーブル（50m）の対応が可能です。
別途お取引先へご依頼ください。



Q6. 張力検出器のヒンジとは？

A6. 張力検出器の内部に片側支持の板バネがあり、そのたわみを検出しています。この板バネの支点をヒンジと言います。
また、検出器を選定する際、張力の合力がヒンジの方向を向いてしまうと、張力に対して板バネのたわみが小さいため、張力検出精度が悪くなります。



用語集

あ/ア	
アウトフィード	巻取り枠と送りロールの間のこと。
アウトフィードロール	アウトフィードに設けるロールのこと。 アウトフィードロールは、クラッチ・ブレーキやサーボモータなどによって駆動する。 これにより、長尺材の加工後の張力を高精度に制御することができる。 【関連用語】 アウトフィード
アキュムレータ	連続運転するラインで、巻出し / 巻取りロール交換時にラインを停止させることなく長尺材を蓄積させる機構のこと。
アクチュエータ	巻出し軸、巻取り軸などに設けられるクラッチ、ブレーキ、モータなどの駆動、制御機構のこと。
アナログ	電圧、電流、張力などのような連続量のこと。 また、張力表示を指針式のメータで表示するものをアナログ表示方式という。 【関連用語】 デジタル
安全保持器	防爆適合機器と非防爆対応機器との間に接続して、一般環境内に設置された非防爆対応機器で発生した異常電圧などを危険環境内に入れないようにするためのもの。
アンドロール	巻取軸 / 巻出軸を駆動 / 制動しないで、巻枠の周辺に接触したロールを駆動 / 制動する方式であって、巻枠の下部に設置されたロールのこと。
アンプ	電圧、電流、電力などを入力し、入力値より大きな値の出力信号を発生させるもの。 【関連用語】 サーボアンプ、パワーアンプ、ブースタアンプ
い/イ	
位相制御	交流電圧を制御する方法の1つで、電流を流す時間を変化させることで交流波形の一部を取り出し出力の平均電圧を制御すること。
インバータ	商用交流電圧→直流電圧→可変周波数交流電圧に変換することで汎用誘導電動機の可変速駆動させる装置のこと。
インフィード	巻出し枠と送りロールの間のこと。 【関連用語】 送りロール
インフィードロール	インフィードに設けるロールのこと。 インフィードロールは、クラッチ、ブレーキ、サーボモータなどによって駆動する。 これにより、長尺材の加工処理機の上流の張力を高精度に制御することができる。 【関連用語】 インフィード
う/ウ	
ウェートダンサ	ダンサロールに荷重を加えて、材料に張力を与えるもの。 【関連用語】 ダンサロール
え/エ	
エアクラッチ エアブレーキ	摩擦板を空気圧で圧接させ、トルクを伝達するようにしたクラッチやブレーキのこと。
お/オ	
送りロール	長尺材を走行させるための駆動ロールのこと。 送りロールは、ロールと材料間に滑りが生じない構造にする必要がある。ニップロール、ピンチロール、またはフィードロールともいう。

オートゲイン	自動制御系において、ステップ応答特性を測定することにより自動的に制御定数（積分時間や比例ゲインなど）を決定する機能のこと。
オートスパン	テンションメータやテンションコントローラのスパン調整時に、自動的に実張力と表示張力との校正を行う機能のこと。 【関連用語】 スパン調整
オートゼロ	テンションメータやテンションコントローラのゼロ調整時に、自動的にゼロ調整を行う機能のこと。 【関連用語】 ゼロ調整
オートペースタ	連続運転するラインで、巻出し / 巻取りロール交換時にラインを停止させることなく自動で新旧ロールを取替え、接着させること。自動紙継ぎや自動接着ともいう。
オープンループ制御	巻径検出によって巻枠トルクを制御し、張力を一定に保つような制御のこと。 【関連用語】 クローズドループ制御
折線テーパ	テーパテンション制御において、初期径から最終径まで同じテーパ率で制御せずに、中間の巻径でテーパ率を変えるような設定としたテーパ制御のこと。 【関連用語】 テーパテンション

か/カ	
ガイドロール	材料走行時の横振れ防止や方向変換に用いられるロールのこと。モータで駆動されることはなく、材料の走行によって回転するので、従動ロールともいう。 【関連用語】 従動ロール
外部テーパテンション制御	巻径検出装置を用いてテーパテンション制御させること。 【関連用語】 テーパテンション, 内部テーパテンション制御
加速張力	機械の始動時に、巻材料やロールなどの慣性によって発生する張力のこと。巻出し側は張力が増加し、巻取り側は減少する。
慣性補償制御	巻枠の慣性により、機械の始動時は巻出し側は張力が増加し、巻取り側は張力が減少する。逆に、機械の減速時には巻出し側は張力が減少し、巻取り側は張力が増加する。 このような張力の変動を抑制するために、始動や停止時に制動トルクや巻取りトルクを増減させる制御のこと。
感度	積分回路に対する偏差入力の比例定数のこと。 感度が大きいとハンチングが生じやすく、小さいと定常偏差が大きくなる。 【関連用語】 ハンチング
き/キ	
ギヤードモータ	減速機と一体化されたモータのこと。 減速機付サーボモータは減速比が大きすぎると、トルク制御用にはあまり適さない。
旧軸急停止	自動紙継ぎ巻出し機構において、巻出しが完了した側の巻枠を急停止させること。このために短時間定格の固定電源が制御装置内に準備されているものがある。
近接スイッチ	検出体の接近時に動作する非接触形のスイッチのこと。 巻枠や送りロールの回転信号として用いることがある。 【関連用語】 送りロール
く/ク	
クローズドループ制御	目標値と検出値の差に応じて、自動的に出力を制御すること。 張力検出器を併用する全自動テンションコントローラがこれに該当する。

け/ケ	
減速ゲイン	機械の減速中に巻枠慣性によって発生する張力変動を軽減するための制御倍率のこと。 (例) LE-40MTA 形全自動テンションコントローラの場合、現在出力の 0 ~ 400% (定格出力以下) の出力を発生させることができる。
減速張力	機械の減速時に巻枠の慣性によって発生する張力のこと。 巻出し側は張力が減少し、巻取り側は増加する。
こ/コ	
コーナー径	折線テーパにおいて、テーパ率が変化するコーナーポイントとなる巻径のこと。 【関連用語】 折線テーパ
コントローラ	制御装置のこと。 張力制御の場合、パワーアンプ、巻径検出式テンションコントローラ、全自動テンションコントローラなどをいう。
コンバーティング	長尺材にさまざまな加工や処理を施すこと。 このための機械をコンバーティングマシンという。

さ/サ	
差動トランス	スプリングダンサの変位を測定して張力を検出したり、タッチレバーの動きを測定して巻径を検出するために用いる。 1 次コイル、2 次コイル間に可動鉄心が設けられ、鉄心位置に応じた 2 次コイル電圧が得られるようになっている。 【関連用語】 スプリングダンサ、タッチレバー
サーボアンプ	コントローラがサーボアンプを通してサーボモータの制御を行う。張力制御の場合は、テンションコントローラとサーボモータの間にサーボアンプを接続する。0 ~ 5V の入力信号に対して、サーボモータは 0 ~ 定格トルクを発生させる。 【関連用語】 コントローラ、サーボモータ
サーボモータ	指令信号と検出部からのフィードバック信号を比較し、その差に基づいて自由に駆動制御を行うことのできるモータのこと。位置制御、速度制御、トルク制御などが行える。
し/シ	
自動紙継ぎ	【関連用語】 オートペースタ
自動接着	【関連用語】 オートペースタ
自動巻径検出方式	【関連用語】 比率演算式巻径検出
従動ロール	モータによって駆動されないロールのこと。 【関連用語】 ガイドロール
昇降ロール	アキュムレータ内の従動ロールのこと。 多数の昇降ロールの支軸を上下させて、材料の蓄積、または取出しを行う。 【関連用語】 アキュムレータ、従動ロール
新軸プリセット	自動紙継ぎ制御において、切替え直後の新軸に必要なトルクの初期値を設定しておくこと。 【関連用語】 オートペースタ

す/ス	
スタートタイム	張力制御の場合、機械の始動開始後、自動張力制御モードに移行するまでの時間を設定するタイムのこと。この間は、所定のトルク（ストールトルク）で運転が行われる。
ストップゲイン	機械の停止操作開始後、ストップタイムが作動中に発生する制御出力の倍率のこと。
ストップタイム	張力制御の場合、停止時に慣性補償制御（ストップゲイン、ストップバイアス補正）を行っている時間の設定用タイムのこと。
ストップバイアス	巻出し張力制御において、停止時の慣性によるたるみを防ぐために、一時的に所定のブレーキトルクを印加すること。
ストップロール	巻出し側アキュムレータの入口、または巻取り側アキュムレータの入口に設けられ、巻枠交換中に材料を保持しておくロールのこと。
ストールトルク	機械の始動中、または停止完了後に与えておく一定のトルクのこと。この間はフィードバック制御は行われない。 【関連用語】 フィードバック
スパン調整	最大入力信号が与えられた時に、定格出力信号やメータのフルスケール表示出力信号が得られるように比例定数を調整すること。
スプリングダンサ	ダンサロールに設けたスプリングの伸縮によって材料に張力を与えること。 【関連用語】 ダンサロール
スライディングテンション	設定値が急減しても、実際の指令値は徐々に減少させて張力の急変を防止すること。このような漸減勾配は調整できるようになっている。
スリップ回転速度	クラッチでは、クラッチの入力回転速度と出力回転速度の差のこと。ブレーキでは、入力回転速度そのもののこと。
スリップ工率	スリップすることによって発生する単位時間あたりの発熱量のこと。 クラッチ・ブレーキのスリップ工率 P (W) は、スリップ回転速度 Nr (r/min) と伝達トルク T (Nm) の積に比例する。 $P=0.105NrT$ (W)
スリップリング	回転体に通電するためのブラシが接触する導電リングのこと。 自動紙継ぎで、旋回アーム上にパウダクラッチやパウダブレーキを設置すると、スリップリングが必要となる。
せ/セ	
制御用コンポーネント	トランス、ダイオードスタック、摺動電圧調整器、調整抵抗器、保護抵抗器などの部品であり、クラッチ・ブレーキ用の直流電源を構成することができる。
制動トルク	巻出し枠に与えるブレーキのトルクのこと。 この値を巻出し半径で割ると巻出し張力が得られる。
積算厚み検出方式	材料の厚みの設定値と巻枠回転量の積によって巻径を検出すること。
積分時間	張力偏差が少ない時でも、これが継続すると制御出力を変化させて、より少ない張力偏差になるよう制御されている。その積分時定数のことをいう。
積極巻出し	初期通紙操作のために巻出し枠を駆動したり、自動紙継ぎ操作時に準備枠（新軸）を加速させ、周速を合わせる時などで巻出し枠をモータで駆動させること。
ゼロテンション検出	設定した張力以下になる状態を検知すること。
ゼロ調整	張力検出ローラの自重をかけた位置を 0(ゼロ)点と調整する操作のこと。

旋回アーム	複数の巻出し枠、または巻取り枠の位置を変更し、新軸への切換え操作を行うための巻枠支持体のこと。 ターレットアームともいう。
センサ	張力制御の場合、張力検出器や近接スイッチ、パルスゼネレータなどのこと。
そ/ソ	
測長機能	材料走行長の検出機能のこと。 空枠（巻出し）や満貫（巻取り）の予告信号や最終信号を得ることができる。
外付け張力計	テンションメータから受信した張力信号を表示するもの。 各種フルスケールの張力目盛を記入したものがある。

た/タ	
竹の子巻き	巻取り材料の端面が不整で、巻心部分がはみ出たような状態をいう。これを防止するために、テーパテンション制御が行われる。
多軸配分制御	同時多軸巻取り、巻出し機構において、1台の制御装置の信号に基づいて、各軸の制御出力を配分すること。
タッチレバー	巻枠に接触するロールの移動角をレバーの動きで検出し、巻径に比例した信号を得るためのレバーのこと。 差動トランスやポテンシオメータなどでレバーの動きを検出する。
ターレットアーム	【関連用語】 旋回アーム
ダンサロール	支軸が上下、または左右に移動できる従動ロールのこと。 ダンサロールは、ロール支軸に与えた荷重によって材料の張力が決まる。
ち/チ	
直線テーパ	テーパテンション制御において、初期径から最終径までの間を、一定の張力テーパ率で制御すること。（途中でテーパ率を変えずに制御すること。） 【関連用語】 テーパテンション
て/テ	
ディジタル	離散的な数量に基づき値を扱う方式。 【関連用語】 アナログ
定張力制御	巻径の変化にかかわらず、一定の張力で巻出し / 巻取りを行う制御のこと。
定電圧制御装置	電源電圧の変動や負荷抵抗の変化にかかわらず、可変一定の出力電圧を得るような制御装置のこと。
定電流制御装置	電源電圧の変動や負荷抵抗の変化にかかわらず、可変一定の出力電流を得るような制御装置のこと。
定トルク制御	巻径の変化にかかわらず、一定のトルクで巻出し / 巻取りを行う制御のこと。テーパテンション制御の一種。
テーパテンション	巻取り作業において、巻太りに伴って張力を漸減させること。
テーパテンション率	張力の漸減比率のこと。 $(\text{最小径張力} - \text{最大径張力}) / \text{最小径張力}$
テンキー	0～9の数値キーのことであり、10個のキーがあることより、テンキーという。ディジタル式の制御装置において各種の数値設定などに用いられる。

電空変換器	入力電気信号に比例した空気圧を得るためのものであり、エアクラッチ・エアブレーキの制御に用いる。 電源装置 手動調整器内蔵形の直流電源であり、クラッチ・ブレーキの励磁用の装置のこと。
電子ギヤ	システムで必要とされるギヤ比と実際の機械のギヤ比との間の誤差を、電子的に回路または演算処理をすることによって補うこと。
テンションメータ	張力検出器からの微弱信号 (0 ~ ±150mV) を増幅して、0 ~ 5V の張力信号出力を得るとともに、その値をメータで表示する。
伝達トルク	クラッチの入力軸から出力軸に伝わるトルクのこと。 クラッチがスリップしている時はクラッチの制御トルクに等しくなる。
と/ト	
ドライブメンバ	クラッチやブレーキの入力側回転体のこと。
トランジスタチョッパ	負荷と直列接続されたトランジスタの ON/OFF 比率を制御して、負荷に印加される平均電圧を制御するもの。 トランジスタチョッパは、可変抵抗などで調整するのに比べて調整部の発熱が少なくなる。
ドリブンメンバ	クラッチの出力側回転体のこと。
トルクテンコン	トルク制御をベースにした張力制御のことで、ロールの回転トルクを調節することにより、材料の張力を制御するもの。
トルクモータ	特殊設計された交流かご形モータであり、任意の回転速度で運転できるように冷却ファンが設けられている。 また、出力トルクは印加電圧によって変更できるが、回転速度の上昇に伴って出力トルクは減少する。
ドロー制御	複数の送りロールを設け、後段の周速をわずかに速くして、一定の伸び率（ドロース率）で運転すること。

な/ナ

内部テーパテンション制御	巻径検出装置を用いずにテーパテンション制御させること。 【関連用語】 テーパテンション, 外部テーパテンション制御
に/ニ	
ニップロール	【関連用語】 送りロール

は/ハ

パウダクラッチ パウダブレーキ	入力回転体と出力回転体（または静止体）との間に微粒の鉄粉を充填し、これに磁気を与えることにより、トルクを伝達するようにした電磁式クラッチ・ブレーキのこと。
%出力メータ	パウダクラッチ・パウダブレーキへの出力電流を表示する際に、負荷の定格電流（または定格トルク, 定格電圧）を 100% とみなし、これを DC1mA 計のフルスケールに対応させるようにしたもの。

パルスゼネレータ	比率演算式巻径検出装置において、送りロールの回転速度を検出するためのパルス発生器のこと。 ロータリエンコーダともいう。
パワーアンプ	入力信号電圧 0～5V に比例して、パウダクラッチやパウダブレーキに 0～定格の出力電圧や出力電流を発生させるためのもの。
半自動巻径検出	【関連用語】 積算厚み検出方式
ハンチング	フィードバック制御における乱調現象のこと。
ひ/ヒ	
ヒステリシスクラッチ ヒステリシスブレーキ	非着磁の永久磁石のヒステリシス特性を利用した非接触式電磁クラッチ・ブレーキのこと。
非線形補正	パウダクラッチ・パウダブレーキにおける電流対トルクの非線形を補うために、入力信号/出力電流間に補正を加えること。
微偏位張力検出器	張力荷重に基づく板バネの微小偏位 (0～±200 μm) を高精度の差動トランスで測定し、張力を検出するもの。
比率演算式巻径検出	送りロールの回転速度を巻枠の回転速度で割ることにより巻径を検出する方式のこと。
比例ゲイン	制御偏差に対する制御出力の直接応答分と制御偏差との比率のこと。
ピロー形ユニット	張力検出口ローラを支えるベアリングの支持台のこと。 取付面から支持中心までの高さをセンターハイトという。
ピンチロール	【関連用語】 送りロール
ふ/フ	
フィードバック	張力検出の場合、クローズドループ制御において、張力検出値を制御系に取込むこと。 【関連用語】 クローズドループ制御
フィードロール	【関連用語】 送りロール
不感帯	目標値と検出値の偏差に応じて、出力制御を行うクローズドループ制御において、偏差が少ない時は修正制御を行わないようにして、安定化を図るための偏差帯域のこと。 【関連用語】 クローズドループ制御
ブースタアンプ	張力制御の場合、テンションコントローラから 0～5V の信号を受取り、電空変換器へ 4～20mA の出力電流を供給するための増幅器のこと。
ブリドライブ	自動紙継ぎ装置において、準備枠の周速をラインスピードに合わせておく準備運転のこと。
ブレーキトルク	【関連用語】 制動トルク
プレスロール	周面駆動 (制動) 形巻取り (巻出し) 装置において、巻枠をアングロールに圧接しておくためのロールのこと。
へ/へ	
ペロフラム式エアシリンダ	エアシリンダを用いてダンサロールに荷重を加える方式において、応答性改善、摩擦抵抗軽減のためのジャバラ式エアシリンダのこと。
ほ/ホ	
ポテンションメータ	可変抵抗器の固定端子間に一定電圧を印加し、摺動端子の電位を測定することにより回転角を検出するようにしたもの。

ま/マ

巻軸電子ギヤ	巻軸回転検出用パルス信号（巻軸パルス）に対する電子ギヤ補正のこと。 【関連用語】 電子ギヤ
--------	--

め/メ

メカロス補正	巻枠にコロガリ抵抗がある時に、これが制御張力に影響しないようにすること。
--------	--------------------------------------

ら/ラ

れ/レ

レベルメータ	張力の表示を直線上に並べた LED で棒グラフ状に表示するようにしたもの。
--------	---------------------------------------

ろ/ロ

ロータリエンコーダ	【関連用語】 パルスゼネレータ
-----------	-----------------

ロータリジョイント	自動紙継ぎのために旋回アーム上に設けられた水冷式パウダクラッチ・パウダブレーキに冷却水を送るための回転機構のこと。
-----------	---

三菱電機クラッチ・ブレーキ<パウダ式・ヒステリシス式> 三菱テンションコントローラ

三菱電機株式会社 〒100-8310 東京都千代田区丸の内2-7-3(東京ビル)

お問い合わせは下記へどうぞ

本社機器営業部	〒100-8310	東京都千代田区丸の内2-7-3(東京ビル)	(03)3218-6740
北海道支社	〒060-8693	札幌市中央区北二条西4-1(北海道ビル)	(011)212-3793
東北支社	〒980-0011	仙台市青葉区上杉1-17-7(仙台上杉ビル)	(022)216-4546
関東支社	〒330-6034	さいたま市中央区新都心11-2(明治安田生命さいたま新都心ビル ランド・アクシス・タワー34F)	(048)600-5835
新潟支店	〒950-8504	新潟市中央区東大通2-4-10(日本生命ビル)	(025)241-7227
神奈川支社	〒220-8118	横浜市西区みなとみらい2-2-1(横浜ランドマークタワー)	(045)224-2623
北陸支社	〒920-0031	金沢市広岡3-1-1(金沢パークビル)	(076)233-5502
中部支社	〒451-8522	名古屋市西区牛島町6-1(名古屋ルーセントタワー)	(052)565-3326
豊田支店	〒471-0034	豊田市小坂本町1-5-10(矢作豊田ビル)	(0565)34-4112
関西支社	〒530-8206	大阪市北区堂島2-2-2(近鉄堂島ビル)	(06)6347-2821
中国支社	〒730-8657	広島市中区中町7-32(ニッセイ広島ビル)	(082)248-5445
四国支社	〒760-8654	高松市寿町1-1-8(日本生命高松駅前ビル)	(087)825-0055
九州支社	〒810-8686	福岡市中央区天神2-12-1(天神ビル)	(092)721-2251

サービスのお問い合わせは下記へどうぞ

三菱電機システムサービス株式会社

北日本支社	〒984-0042	仙台市若林区大和町2-18-23	(022)238-1761
北海道支店	〒004-0041	札幌市厚別区大谷地東2-1-18	(011)890-7515
東京機電支社	〒108-0022	東京都港区海岸3-19-22(三菱倉庫芝浦ビル)	(03)3454-5521
神奈川機器サービスステーション	〒224-0053	神奈川県横浜市都筑区池辺町3963-1	(045)938-5420
関東機器サービスステーション	〒338-0822	さいたま市桜区中島2-21-10	(048)859-7521
新潟機器サービスステーション	〒950-8504	新潟市中央区東大通2-4-10(日本生命ビル6F)	(025)241-7261
中部支社	〒461-8675	名古屋市東区矢田南5-1-14	(052)722-7601
北陸支店	〒920-0811	金沢市小坂町北255	(076)252-9519
静岡機器サービスステーション	〒422-8058	静岡市駿河区中原877-2	(054)287-8866
関西機電支社	〒531-0076	大阪市北区大淀中1-4-13	(06)6458-9728
京滋機器サービスステーション	〒612-8444	京都市伏見区竹田中宮町8	(075)611-6211
姫路機器サービスステーション	〒670-0836	姫路市神屋町6-76	(079)281-1141
中四国支社	〒732-0802	広島市南区大州4-3-26	(082)285-2111
四国支店	〒760-0072	高松市花園町1-9-38	(087)831-3186
岡山機器サービスステーション	〒700-0951	岡山市北区田中606-8	(086)242-1900
九州支社	〒812-0007	福岡市博多区東中恵3-12-16	(092)483-8208
長崎機器サービスステーション	〒852-8004	長崎市丸尾町4-4	(095)818-0700

三菱電機FA機器電話,FAX技術相談

●電話技術相談窓口

※1: 土・日・祝祭日、春期・夏期・年末年始の休日を除く通常業務日
※2: 春期・夏期・年末年始の休日を除く

対象機種	電話番号	受付時間※1
電磁クラッチ・ブレーキ テンションコントローラ	079-298-9868	9:00~17:00

●FAX技術相談窓口

対象機種	FAX番号	受付時間※1
上記対象機種	052-719-6762	9:00~16:00(受信は常時※2)



「eco changes」は「家庭・オフィス・工場から社会インフラ、そして宇宙にいたるまで」幅広い事業を通して、持続可能な社会の実現に貢献していく三菱電機グループの環境ステートメントです。

三菱 FA

www.MitsubishiElectric.co.jp/fa/

インターネットによる情報サービス「三菱電機FAサイト」

三菱電機FAサイトでは、製品や事例などの技術情報や各種お問い合わせ窓口をご提供しています。また、メンバー登録いただくとマニュアルやCADデータ、クラッチ/ブレーキ・張力検出器の選定ソフトウェア等のダウンロードサービスをご利用いただけます。

商標、登録商標について
プレスダクターは、ABB Automation Productsの登録商標です。
本文中に記載の会社名、商品名は、それぞれの会社の商標または、登録商標です。

△安全にお使いいただくために

- ・本資料に記載された製品を正しくお使いいただくためご使用前に必ず「マニュアル」をお読みください。
- ・この製品は一般工業等を対象とした汎用品として製作されたもので、人命にかかわるような状況の下で使用される機器あるいはシステムに用いられることを目的として設計、製造されたものではありません。
- ・本製品を原子力用、電力用、航空宇宙用、医療用、乗用移動体用の機器あるいはシステムなど特殊用途への適用をご検討の際は、当社の営業担当窓口までご照会ください。
- ・本製品は厳重な品質管理体制の下に製造しておりますが、本製品の故障により重大な事故または損失の発生が予測される設備への適用に際しては、バックアップやフェールセーフ機能をシステム的に設置してください。