

### 3. 機械要素

#### (1) 機械要素

#### 機械要素とは

機械を構成する最小の機能単位。

機械は様々な部品が組み合わされて作られている。その中でどの機械にでも共通して使われるものを機械要素として規格化している。

歯車、巻き掛け伝動装置、ローラーチェーン、  
軸、軸受、軸継手、キー、  
ねじ（ボルト・ナット）、  
カム、リンク機構、てこ、  
ばね（スプリング）、気密シール、管用要素

#### 歯車

歯のついている円板をかみ合わせ、回転力を伝えるもの。

回転速度の加減速、回転力（トルク）の調整にも用いる。



## 回転速度

回転速度とは、単位時間当たりの回転数。  
一般に、単に回転数と言うことが多い。

例：モータの回転数3000rpm

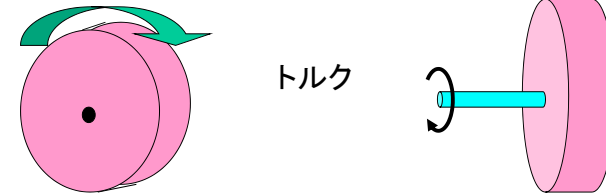
### 回転速度の単位

r. p. m	: 1 分間あたりの回転数 (rev/min)	工学単位
r. p. s	: 1 秒間あたりの回転数 (rev/sec)	
$s^{-1}$	: 1 秒間あたりの回転数	SI単位
(rad/s	: 1 秒間あたりの回転角	
$n[\text{rpm}] = 2\pi n / 60 [\text{rad/s}]$ )		

## 回転力(トルク)

物体を回転させるために必要な力（のようなもの）。

正しくは**トルク**（もしくはモーメント）。  
以後、トルクという。



トルク = 力 × 半径 （ = 力 × 回転中心からの距離 ）  
トルクの単位は  $N \cdot m$  （もしくは  $\text{kgf} \cdot \text{cm}$  工学単位）

## 歯車の大きさ

ピッチ円 : 噛みあう仮想円板

ピッチ円直径 : 噛みあう仮想円板の直径  $d$

歯数 : 歯車の歯の枚数  $z$

モジュール : ピッチ円直径/歯数  $m = d / z$

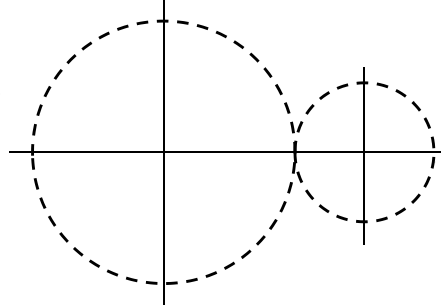
ピッチ円円周 :  $L = \pi d$

歯 1 枚当たりのピッチ円円周 (円ピッチ)

$$p = \pi d / z = \pi m$$

モジュールは歯の大きさを表す

モジュールが同じでないと歯は噛み合わない



## 歯車による減速

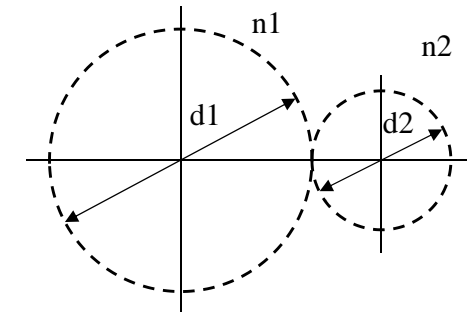
2つの歯車のピッチ円直径をそれぞれ $d_1$ 、 $d_2$ とする

歯車 1 が $n_1$ 回転するとき、ピッチ円の進む距離は $\pi d_1 \times n_1$

歯車 2 が $n_2$ 回転するとき、ピッチ円の進む距離は $\pi d_2 \times n_2$

歯車がかみ合っていると、それぞれの進み距離は等しいので  
 $\pi d_1 n_1 = \pi d_2 n_2$

$$\text{よって } \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

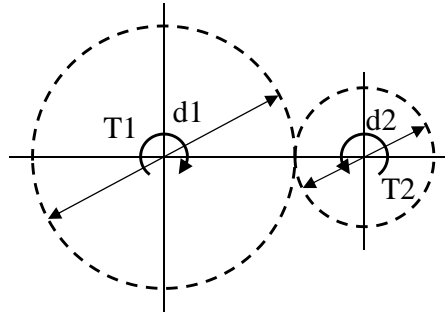


## 歯車によるトルクの調節

2つの歯車のピッチ円直径をそれぞれ $d_1$ 、 $d_2$ とする

歯車1にトルク $T_1$ がはたらくと、ピッチ円上の力は $2T_1/d_1$   
歯車2がトルク $T_2$ がはたらくと、ピッチ円上の力は $2T_2/d_2$   
歯車がかみ合っていると、それぞれの力は等しいので  
 $2T_1/d_1 = 2T_2/d_2$

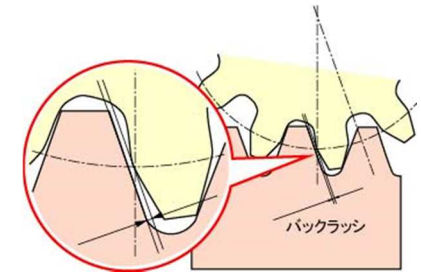
$$\text{よって } \frac{T_1}{T_2} = \frac{d_1}{d_2}$$



## 歯車のかみ合わせ

2つの歯車をかみ合わせるとき、歯車がぴったりかみ合っていると滑らかに動かすことはできない。

意図的にわずかな隙間を設ける。この隙間をバックラッシュ  
歯車のガタ



## 軸間距離の調整

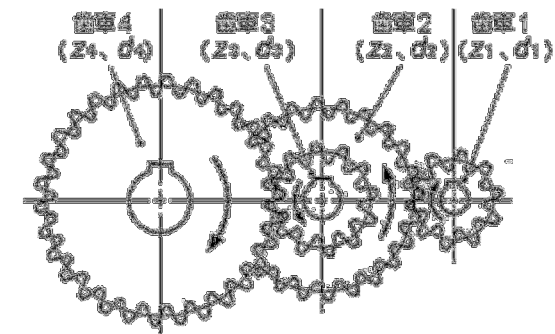
2つの歯車の軸間距離  $(d_1+d_2)/2$  はモジュールと歯数で決まり、自由に設定することが出来ない。

歯車を製作するときに、歯の厚さを調整することにある程度軸間距離を調整することは可能。

このような歯車 転位歯車

## 歯車列

実際の機械には、減速比、トルク比、取付け位置を考慮しながら、何枚かの歯車を組み合わせて使用する。



## 歯車の種類

### 平歯車（すぐば歯車、スパークギヤ）

回転軸と歯の方向が平行な一般的な歯車  
回転数が低いところで使用

### はすば平歯車（ヘリカルギヤ）

回転軸と歯の方向が平行でない歯車。  
滑らかに回転し、高速回転や歯車に軸方向の力をかけたいときに使用。

### ラック & ピニオン

平歯車の半径を無限大にしたもの  
回転運動を直線運動に変えるときに使用

### かさ歯車（べベルギヤ）

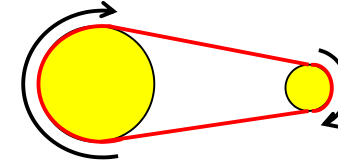
回転軸が直交する歯車　すぐばかさ歯車、まがりばかさ歯車など

### ウォーム

減速比が大きい、摩擦が大きい

## 巻き掛け伝動装置

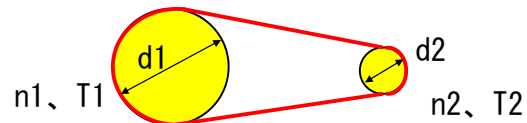
トルクを伝える機械要素。  
プーリ（円板）の回転をベルトを使って別のプーリに伝える。



例  
ゴムベルト（Vベルト、丸ベルト） チェーン、  
タイミングベルト、

## 回転数とトルク

プーリの直径を $d1$ 、 $d2$ 、回転数を $n1$ 、 $n2$ 、トルクを $T1$ 、 $T2$ とすると

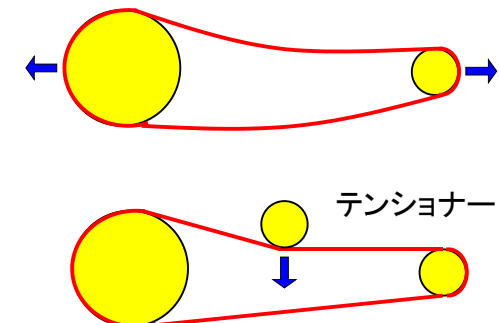


$$\frac{d1}{d2} = \frac{n2}{n1} = \frac{T1}{T2}$$

## 張力の調節

ベルトが十分に張っていないと、ベルトとプーリの間の摩擦力が小さくなり、トルクを伝えることができない。

ベルトに張力をかけるとき、軸間距離を広げる、もしくはテンショナーをもちいる



## 摩擦ベルト

ベルトとプーリの摩擦力で回転を伝える。

ベルトの形状により

Vベルト、丸ベルト、平ベルト



主な用途

Vベルト

大きな力の伝達

丸ベルト

小さな力の伝達、小さなものの搬送

平ベルト

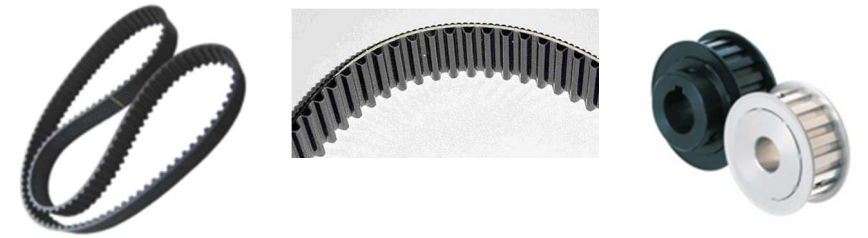
ものの搬送

## 歯付ベルト

プーリとベルトの間のすべりを防ぐため、それぞれに歯をつけたもの。

大きな力の伝達や正確な回転角・移動寸法の伝達に用いる。

エンジンのバルブのタイミングを取るベルトとして使われ、**タイミングベルト**と呼ばれることもある。



## その他の巻き掛け伝動装置

チェーンとスプロケット

大きな力を伝達する

騒音が大きい

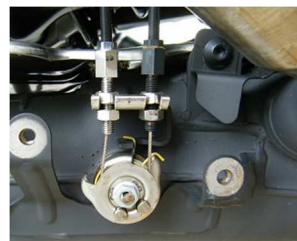


ワイヤとプーリ

小さな力の伝達

簡単

滑りが生じる、精度がよくない



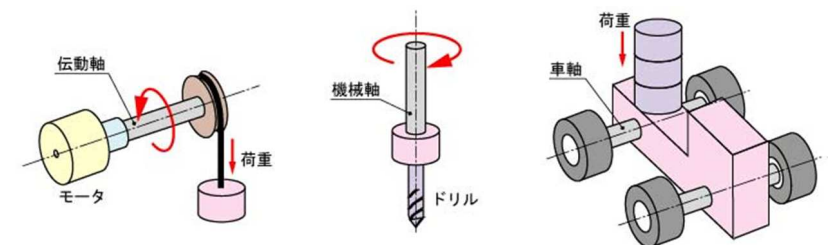
## 軸

回転の動力を伝える機械要素。

伝動軸：一般的に動力を伝える軸

主軸：工作機械などに使われる軸

車軸：車や電車などの車輪に動力を伝える軸

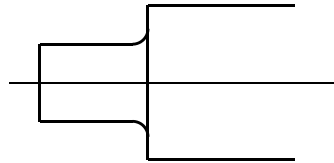


## 軸のトラブル

使い方によっては様々な繰り返し荷重がかかる  
段付きの軸、傷のついた軸では応力集中が起こる



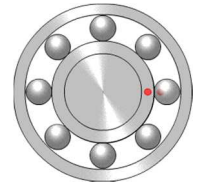
金属疲労で破断する恐れがある



## 軸受

回転や往復運動する部品に接して荷重を受け、軸などを支持する機械要素。

摩擦の小さな材質で作られたすべり軸受や  
回転する部品を使った転がり軸受がある

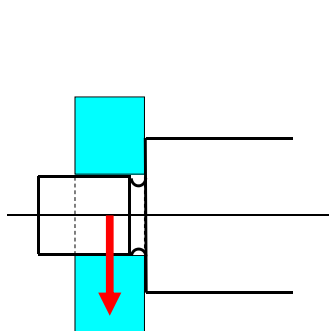


## ラジアル荷重とスラスト荷重

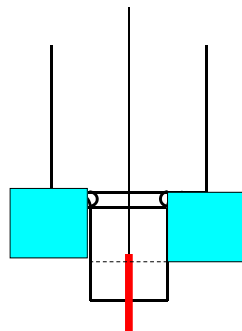
軸受に働く荷重として

半径方向の荷重（ラジアル荷重）： ラジアル軸受

軸方向の荷重（スラスト荷重）： スラスト軸受



ラジアル軸受



スラスト軸受

## 軸受の種類

すべり軸受      スラストすべり軸受  
ラジアルすべり軸受  
（このほか様々な分類がある）

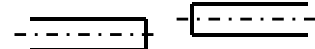
ころがり軸受      玉軸受      深溝玉軸受  
アンギュラ玉軸受  
自動調心玉軸受  
スラスト玉軸受

ころ軸受      円筒ころ軸受  
針状ころ軸受  
円すいころ軸受  
自動調心ころ軸受  
スラストころ軸受

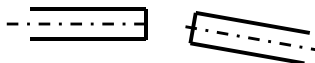
## 軸継手

回転軸と回転軸をつなぐ機械要素。

中心軸の位置ずれ



中心軸の角度ずれ



### 固定軸継手

フランジ型固定軸継手

筒型固定軸継手

### たわみ軸継手

オルダム型自在軸継手

たわみ型自在軸継手

スリット型自在軸継手

自在継手(ユニバーサルジョイント) トルクの回転軸を変える

## 回転止め

回転軸と回転円板などを固定するものとして  
止めねじ、キー、スプライン、などがある。



## ねじ

円筒や円錐の面に沿って螺旋状の溝を設けたもの。  
部材の締結や、回転運動と直線運動との変換などに用いる。

溝を円筒または円錐の内面に設けたものを「めねじ」  
外面に設けたものを「おねじ」



## ねじの主要寸法

### 主要寸法

外径	おねじの外径
谷の径	おねじ、めねじの谷の径
内径	めねじの内径
有効径	設計の基準となる仮想の円
ピッチ	山と山と間隔
条数	山の数
リード	一回転での進む距離 (＝ピッチ×条数)

## ねじの規格

外径、ピッチなどの違いで、主に以下のような規格がある

メートル並目ねじ : 通常のねじ M(外径)  
メートル細目ねじ : ピッチの小さなねじ  
M(外径) × (ピッチ)

管用ねじ

テーパおねじ : 漏れない管用のねじ R\*\*  
テーパめねじ : " Rc\*\*  
平行めねじ : " Rp\*\*

ユニファイ並目ねじ : 海外の規格 UNC\*\*  
ウィットねじ : 昔の規格 W\*\* インチねじ  
台形ねじ : 搬送用ねじ Tr\*\*

## ねじの規格

メートル並目ねじ

一般的に使われるねじ  
おねじの外径でサイズを表す 外径8mm・・・M8

メートル細目ねじ

並目よりもピッチが小さいねじ  
おねじの外径とピッチでサイズを表す M8 × 1  
強度を必要とする箇所、板圧の薄い個所で使用する

管用ねじ

水道管、空気圧配管、油圧配管など漏れを防ぐところで使われる。  
テーパおねじ、テーパめねじ、平行めねじ  
R1/8、R1/4、R3/8、R1/2 など

ウィットねじ

インチ単位のねじで、昔の機械や外国製の機械などで一部使われている。  
メートルねじのナットを入れると、途中まで入るがそれ以上は入らなくなる。

## 締結用ねじ

締結用にはボルトとナットが使われる。

小さなもの（M8以下程度）を小ねじとも呼ぶ。

一般的なもの      メートルねじ

## 主なボルトの種類

なべ小ねじ

六角ボルト

六角穴付きボルト

止めねじ

一般用

機械用（大きな力を必要とする箇所）

機械用

軸固定用

なべ



丸



皿



丸さら



トラス



バインド





## ナット類

六角ナット : ボルト、小ねじの固定用  
袋ナット : ボルトの突起を隠す  
座金 : ねじのゆるみ止め  
ばね座金 : ねじのゆるみ止め



ナット

袋ナット

座金 (ワッシャ)

ばね座金

## めっきの目的・方法

めっきの目的  
防錆、装飾、硬化、耐摩耗性が目的

めっきの方法  
電気めっき  
金属溶液中に素材を入れ、電圧をかけて溶液中の金属を付着させる

無電解めっき  
電気を使わず、溶液中に浸して金属を付着させる

溶融めっき  
溶かした金属の液体中に浸して金属を付着させる

## めっきの種類

有色クロメートめっき  
亜鉛めっき後、六価クロムで処理、環境に悪い。低価格。薄金色

ユニクロめっき  
亜鉛めっき後、六価クロムで処理。環境に良くない。低価格。青銀

三価クロメートめっき  
亜鉛めっき後、三価クロムで処理。環境対応。やや低価格。青銀

ニッケルめっき  
銅めっき後、ニッケルでめっき。外観良好

無電解ニッケルめっき  
電気を使わないニッケルめっき。ニッケルめっきより高価  
電気を通さない樹脂等にも可能

## めっきの種類

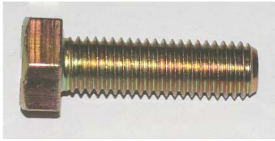
クロムめっき  
ニッケルめっき後、クロムでめっき。外観良好。  
硬度が高く、耐摩耗性が良い。

黒染め  
防錆。耐食性はあまりよくない。簡単、安価。

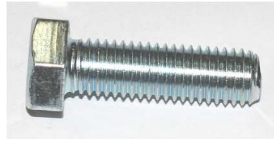
アルマイト  
アルミの表面処理。電氣的に絶縁される。

その他  
金メッキ、銀メッキ、銅めっき、溶融亜鉛めっき

## 主なめっきの外観



有色クロメート



ユニクロ



黒色クロメート



ニッケル



クロム



黒染め

## 工具

スパナ、メガネレンチ  
ボルトやナットの幅に  
合わせた工具を使用する。  
メガネレンチの方が大き  
なトルクをかけられる。



モンキースパナ  
様々な大きなナットに  
使用することが可能。  
ナットの幅に合わせない  
と、ナットの面をつぶす  
ことがある。



## 工具

### ドライバ

プラス、マイナスがある。  
大きさも1番、2番、3番があり、  
ねじに合ったドライバを使用。  
貫通ドライバを使えば、固着した  
ねじも回すことが可能。



### 六角レンチ

六角穴付きボルトをまわすための  
工具。



## 気密要素

空気などの気体や、油や水などの流体が漏れるのを防ぐ

回転軸などから漏れるのを防ぐものとして、  
Oリング、オイルシール

空気圧配管での空気漏れにはシールテープを使う



## (2) メカニズム

## 運動の変換

回転運動はモータなどから簡単に取り出すことができるが、直線運動を取り出すことは困難

回転運動を直線運動に変換

クランクスライダ機構

カム機構

送りねじ機構

ラックとピニオン

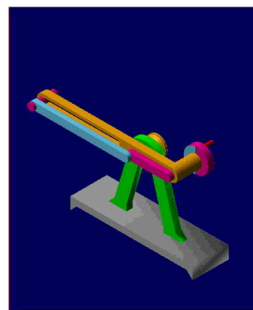
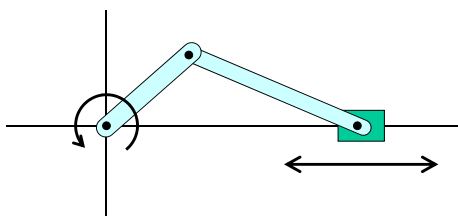
伝導ベルト

回転運動を揺動運動に変換

クランク機構

## クランクスライダ機構

クランクが回転すると、レバーの先にあるスライダが往復運動する機構

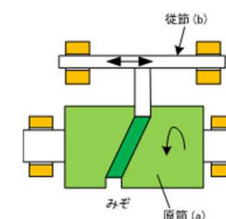
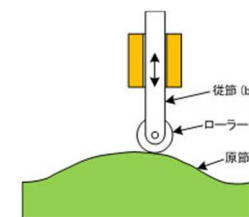
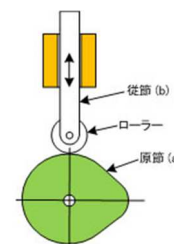


## カム機構

運動の方向を変える機械要素

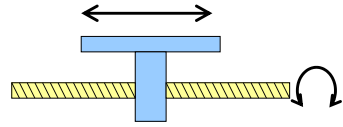
板カム 板が回転すると  
往復直線運動をする

直動カム 板が直線運動すると  
往復直線運動をする

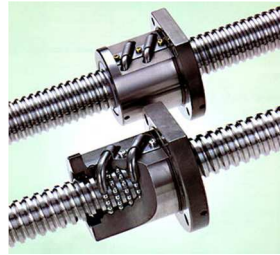


## 送りねじ機構

長ねじが回転すると、めねじが切られたテーブルが直線運動する。

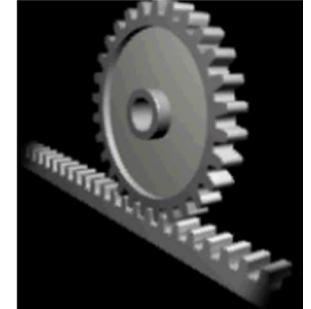
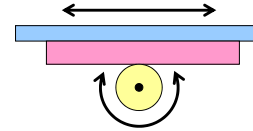


一般機械ではねじの断面形状が台形の台形ねじが、精密な位置きめが必要な機械（±0.001mm程度）ではボールねじが使われる。



## ラックとピニオン

ピニオンギアが回転すると、ラックに固定されたステージが直線運動する。



## 伝動ベルト

伝動ベルトが回転すると、それに固定されたテーブルが直線運動する。

ベルトコンベアはこの機構を応用したもの

