

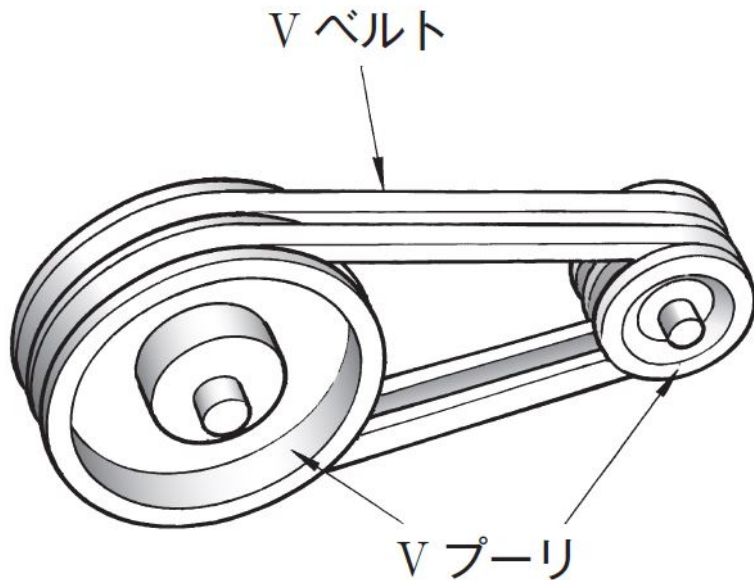
# 第9章 ベルト・チェーン

伝動の基本原理は、機構学で学習済み。機械設計では伝達力、装置設計に関することを学習する

軸間距離などの寸法は、**0.1mm**オーダまで求める



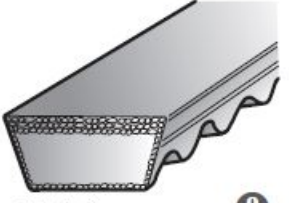
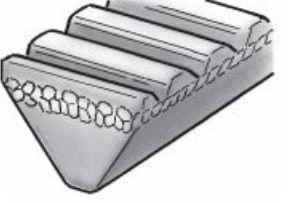
9.1 Vベルト伝動 → **オープンベルト**形式しかない

9.1.1 Vベルト伝動の特徴



- 回転速度の範囲を大きく取れる
- 回転比を任意に決める事ができる
- 歯車に比べて、軸間距離精度が低くてよい
- 騒音が小さい
- ベルト交換などのメンテナンスが容易
- 潤滑の必要がない
- 安価で入手しやすい

# Vベルトの種類

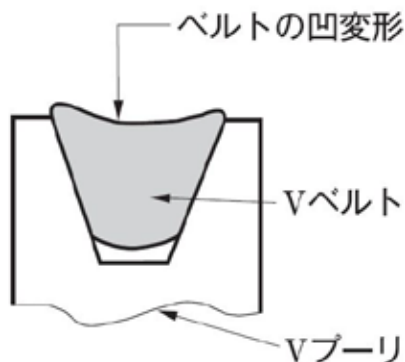
 <p>⑥ 一般用 V ベルト</p>	<p>従来、最も多く使用されてきたが、最近では細幅 V ベルトの採用が増えている。入手、交換が容易である。伝動時のベルト速度は最高 30 m/s 程度である。</p>
 <p>⑦ 細幅 V ベルト</p>	<p>一般用 V ベルトと比較して、厚さが厚く、幅が狭い。一般用 V ベルトに比べて性能が大幅に向上し、寿命も長く、同一の伝動条件ならば、装置を小形にでき、高速伝動にも適するなどの特長をもつため、普及が拡大している。伝動時のベルト速度は最高 40 m/s 程度である。</p>
 <p>⑧ ひろはば 広幅 V ベルト</p>	<p>ベルト式無段変速装置に使用される。変速範囲を大きくするため、ベルトの幅が広い。小径のプーリに対してもよく曲がってなじむように、ベルトの底面は波形である。</p>
 <p>⑨ ひろかく 広角 V ベルト</p>	<p>V ベルトの V の角度が大きく、心線の量が多い。また、ベルト側面に働く圧縮力に耐えるため、ベルト背面の横方向に補強のリップがある。プーリ溝へのベルトの落ち込みが少なく、ベルトのプーリ離れがよい。また、屈曲性がよいため、小径のプーリが使用できるなどの特長をもつ。トルク変動の少ない連続高速伝動の場合やプーリ径を小さくしたい場合に適する。伝動時のベルト速度は最高 60 m/s 程度である。</p>

## 9.1.2 VベルトとVプーリ

Vベルト伝動に使われるVベルト車 → **Vプーリ** と呼ばれる

### (1) Vベルト

張力に耐えられるように心線入れて、ゴムを主材料にして、継ぎ目のない環状に製造される



ベルト幅が広いと、張力が加わった際に、左図のように変形し、寿命が短くなるので、**細幅Vベルト**が使われることが多い

### 細幅Vベルトの寸法と機械的性質

断面寸法	種類	3V	5V	8V
	$b_t$ [mm]		9.5	16.0
$h$ [mm]		8.0	13.5	23.0
$\alpha_b$ [°]		40	40	40
機械的性質	引張強さ [kN]	2.3 以上	5.4 以上	12.7 以上

## Vベルトの呼び番号と長さ

呼 び 番 号	長 さ [mm]			呼 び 番 号	長 さ [mm]		
	3V	5V	8V		3V	5V	8V
425	1080	—	—	670	1702	1702	—
450	1143	—	—	710	1803	1803	—
475	1207	—	—	750	1905	1905	—
500	1270	1270	—	800	2032	2032	—
530	1346	1346	—	850	2159	2159	—
560	1422	1422	—	900	2286	2286	—
600	1524	1524	—	950	2413	2413	—
630	1600	1600	—	1000	2540	2540	2540

呼び番号は、長さをインチで表した時の10倍の数値。しかし、長さは基準寸法で、実際には±の誤差が許容されている。

## (2) Vプーリ

Vベルトの断面形状寸法に合わせたVプーリが規格化されている。当然のことながら、**Vベルトの種類に合ったプーリを使わないと十分な伝達力を発現できない**。また、Vベルトは左図のように変形するので、**変形後の形状に適応するV溝形状**になっている。

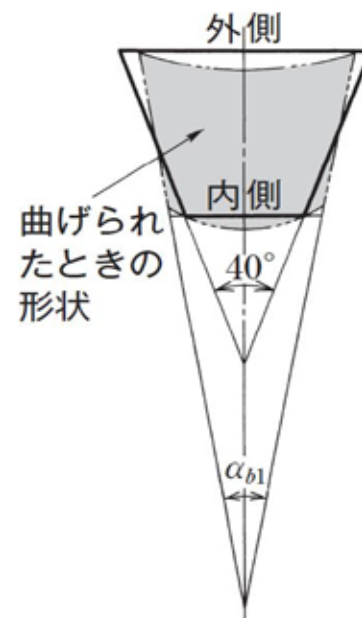
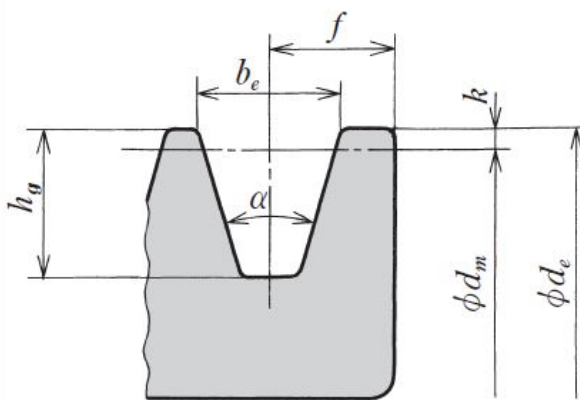


表9-4 細幅Vプーリの溝部の形状と寸法

[単位 mm]

細幅Vベルトの種類	呼び外径 $d_e$	$\alpha$ [°]	$b_e$	$h_g$	$k$ (標準寸法)	$f$ (最小寸法)
3V	67以上 90以下	$36 \pm 0.5$				
	90を超え150以下	$38 \pm 0.5$	8.9	+0.5	0.6	8.7
	150を超え300以下	$40 \pm 0.5$	$\pm 0.13$	9 0		
	300を超えるもの	$42 \pm 0.5$				
5V	180以上 250以下	$38 \pm 0.5$	15.2	+0.5	1.3	12.7
	250を超え400以下	$40 \pm 0.5$	$\pm 0.13$	15 0		
	400を超えるもの	$42 \pm 0.5$				
8V	315以上 400以下	$38 \pm 0.5$	25.4	+0.5	2.5	19
	400を超え560以下	$40 \pm 0.5$	$\pm 0.13$	25 0		
	560を超えるもの	$42 \pm 0.5$				



**V溝の角度と表面性状**は、Vベルトの寿命や伝達効率に大きく影響するので、加工精度に注意する必要がある

表9-5 細幅Vプーリの呼び外径

[単位 mm]

3V		5V		8V	
呼び外径	直径	呼び外径	直径	呼び外径	直径
$d_e$	$d_m$	$d_e$	$d_m$	$d_e$	$d_m$
75	73.8	200	197.4	355	350
80	78.8	212	209.4	375	370
90	88.8	224	221.4	400	395
100	98.8	236	233.4	425	420
112	110.8	250	247.4	450	445
125	123.8	280	277.4	475	470
140	138.8	315	312.4	500	495
160	158.8	355	352.4	560	555
180	178.8	400	397.4	630	625
200	198.8	450	447.4	710	705
250	248.8	500	497.4	800	795
315	313.8	630	627.4	1000	995
400	398.8	800	797.4	1250	1245

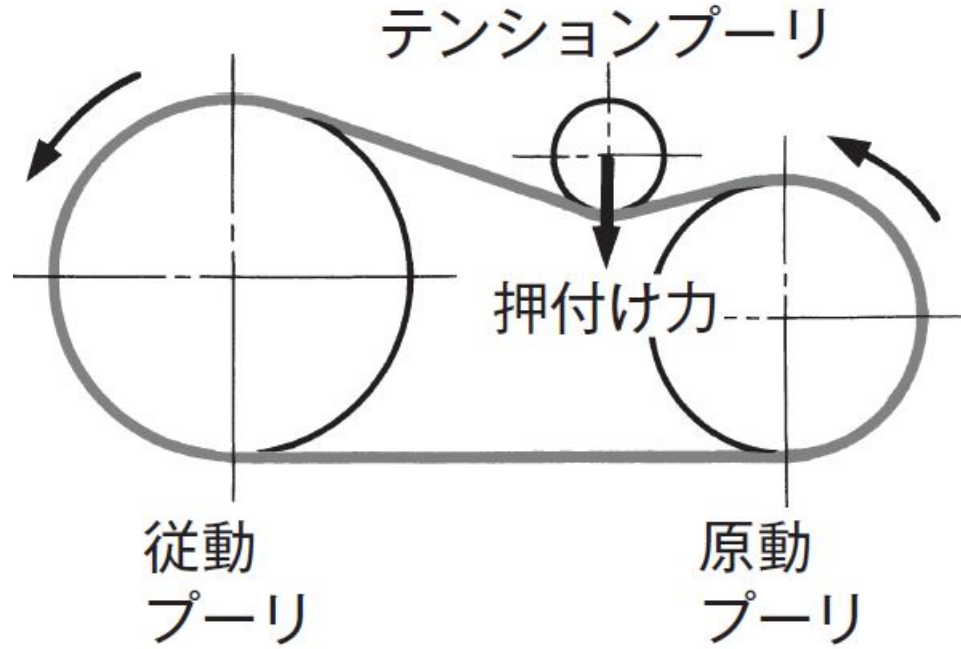
# 9.1.3 Vベルト使用で注意することから

## (1) Vベルトの着脱

Vベルトは継ぎ目がないので、巻き付けた後で接合することができないし、輪ゴムのように伸びない。着脱においては、

必要長さより長いベルトを用いて、下図のようなテンションプーリを使う  
どちらかの軸を移動できる構造にする

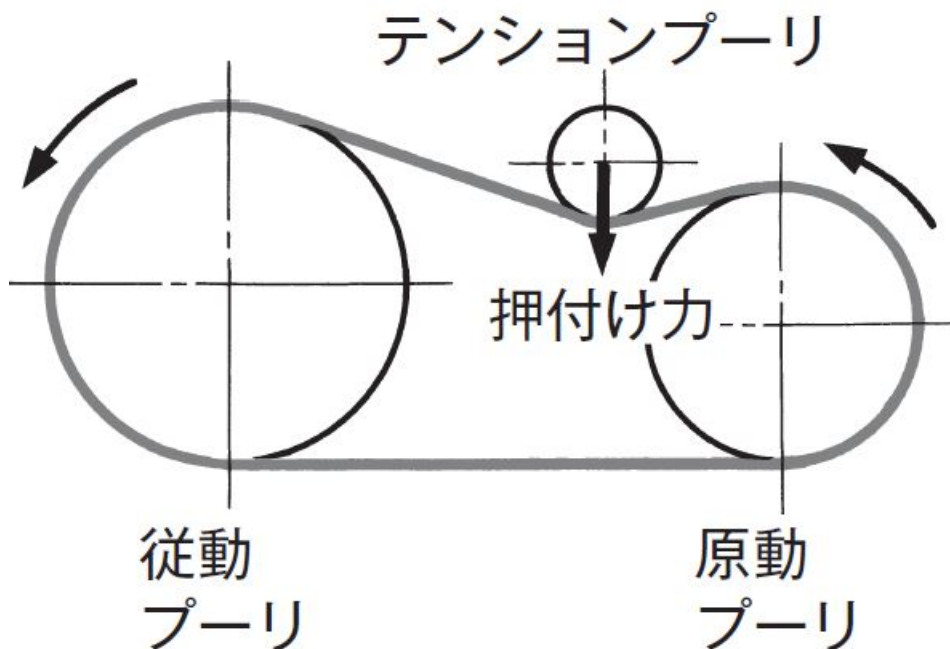
ようにする。



テンションプーリを入れる位置、方向については、機構学で学習済み。  
(巻き付け角度を大きくする)

## (2) Vベルトの張力調整

ベルト伝動はベルトとプーリの摩擦力を利用するので、適正な張力を与える必要がある。最初に与える張力を**初張力**という。**初張力の調整は、ベルトの着脱に出てきた方法と同じように**して行うが、実際の張力を測定することは難しく、**現場では作業者の経験に依存**していることが多い。また、使用しているとベルトは伸びるので、**定期的な張力調整が必要**である。



ベルトを複数使っている場合には、1本のベルトが破損しても、交換は全部のベルトを交換する

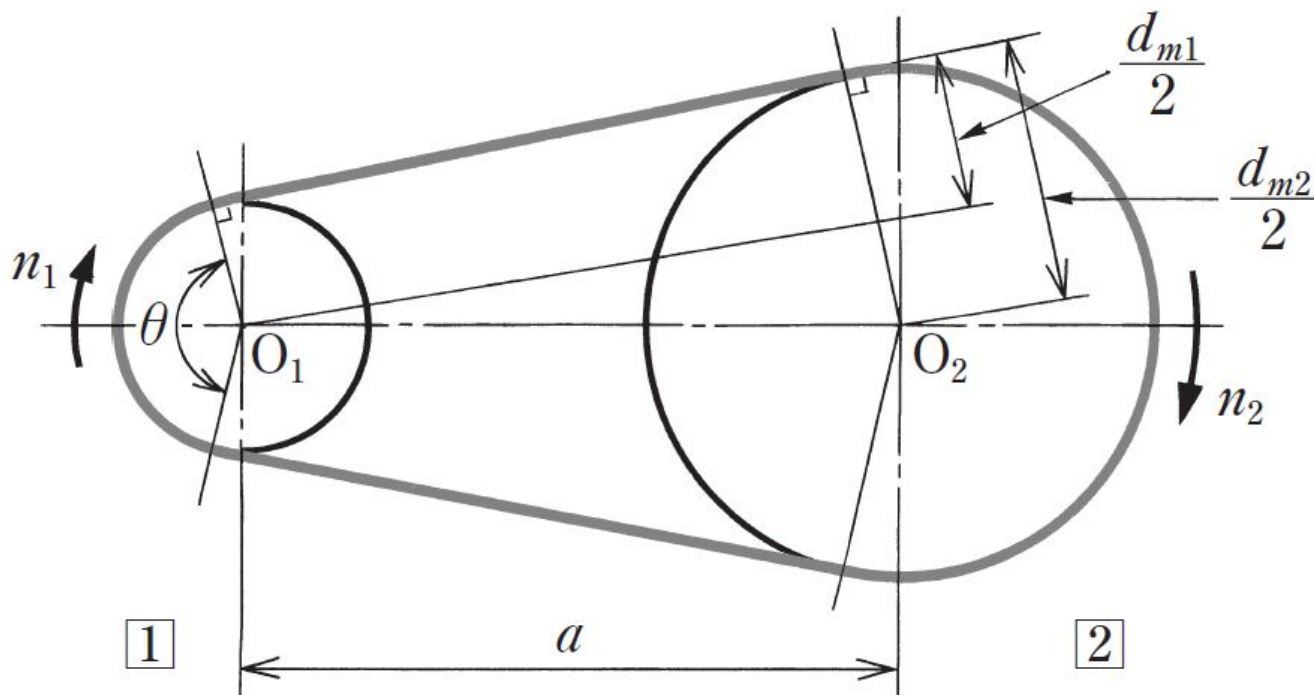


## 9.1.4 Vベルト伝動装置

**回転比**: このテキストでは、大プーリ直径 / 小プーリ直径と定義

しかし、機構学と同じように、

**速度比 = 従動回転速度 / 原動回転速度** とする



$d_{m1}$  : 原動プーリ ① の直径

$a$  : 軸間距離

$d_{m2}$  : 従動プーリ ② の直径

$\theta$  : 接触角

Vベルト伝動は、ベルトとプーリの摩擦力で伝達するので、摩擦力を大きくする必要がある

→ **小プーリの接触角(巻掛け角度) $\theta$ を大きくする。**

← テンションプーリを用いる

オープンベルトのベルト長さ

$$L = 2a + \frac{\pi}{2} (d_{m2} + d_{m1}) + \frac{(d_{m2} - d_{m1})^2}{4a}$$

ベルトの速度

$$v = \frac{\pi d_{m1} n_1}{1000 \times 60} \quad \text{m/s}$$



要は

$$v = r\omega$$

**例題 1**

Vベルト伝動装置で原動プーリの直径  $d_{m1} = 158.8 \text{ mm}$ , 従動プーリの直径  $d_{m2} = 248.8 \text{ mm}$  である。原動プーリの回転速度  $n_1 = 950 \text{ min}^{-1}$  のとき, 従動プーリの回転速度  $n_2$  はいくらか。また, このときのベルトの速度  $v$  はいくらか。

**解答**

式 (9-1) から,

$$n_2 = n_1 \frac{d_{m1}}{d_{m2}} = 950 \times \frac{158.8}{248.8} = 606 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

ベルトの速度  $v$  は, 式 (9-3) から,

$$v = \frac{\pi d_{m1} n_1}{1000 \times 60} = \frac{\pi \times 158.8 \times 950}{1000 \times 60} = 7.90 \text{ [m/s]}$$

**答**  $606 \text{ min}^{-1}$ ,  $7.90 \text{ m/s}$

# 9.1.5 細幅Vベルトの選定

## (1) 設計動力

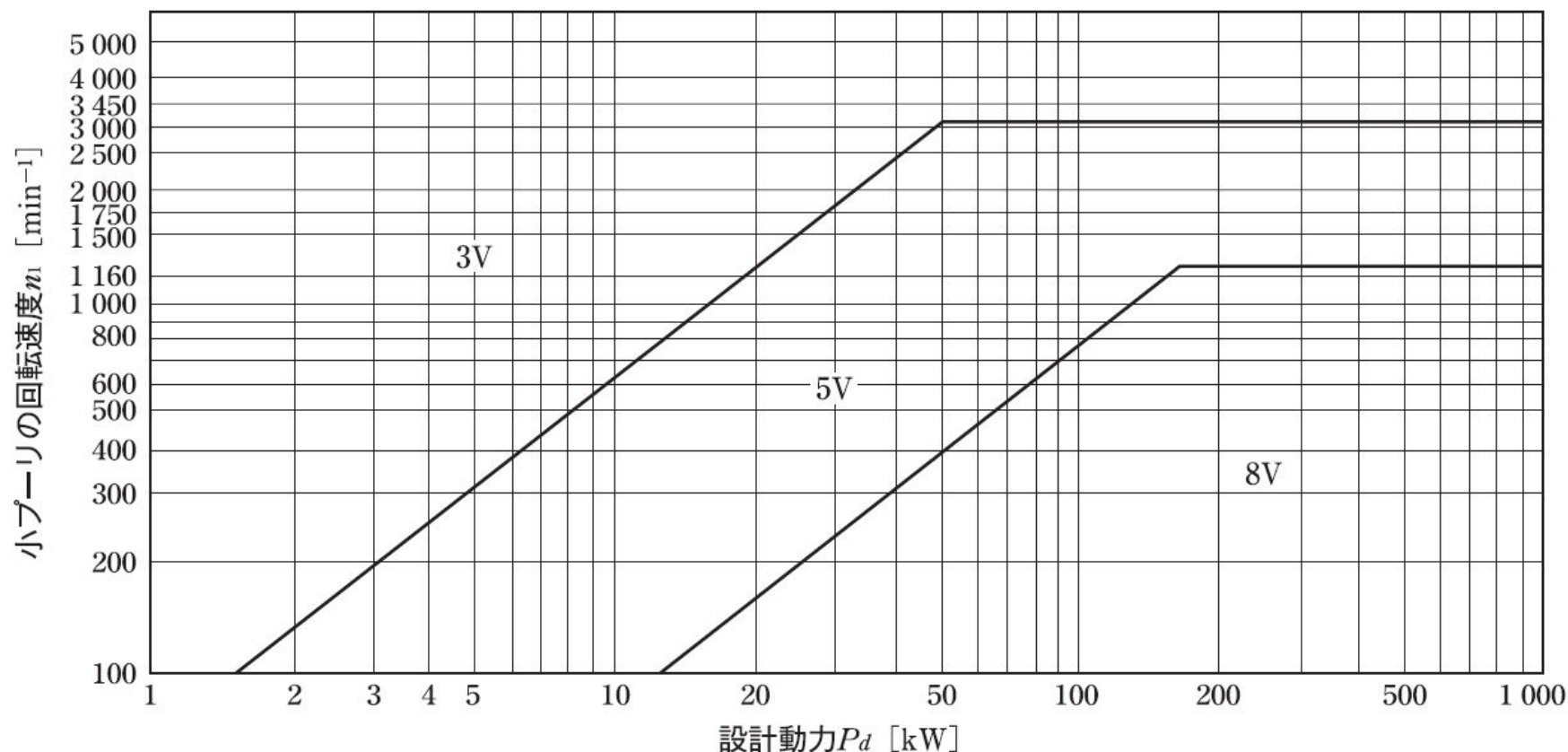
設計動力  $P_d = K_0 P$   $K_0$ : 過負荷係数  
 $P$ : 伝達動力(モータ定格出力)

表 9-6 使用機械と過負荷係数  $K_0$

負 荷 変 動	使用機械 (被動機)	最大出力が定格の 300% 以下のもの			最大出力が定格の 300% を超えるもの		
		交流モータ・直流モータ(分巻) 2気筒以上の内燃機関			直流モータ(直巻) 単気筒内燃機関 クラッチによる運転		
		運 転 時 間			運 転 時 間		
		断続使用 (1日 3~ 5時間使用)	普通使用 (1日 8~ 10時間使用)	連続使用 (1日 16~ 24時間使用)	断続使用 (1日 3~ 5時間使用)	普通使用 (1日 8~ 10時間使用)	連続使用 (1日 16~ 24時間使用)
微小	送風機 (7.5 kW 以下), 遠心ポンプ, 遠心圧縮機, 軽荷重用コンベヤなど	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
小	送風機 (7.5 kW を超える もの), 発電機, 工作機械, プレス, せん断機, 回転ポンプなど	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
中	往復圧縮機, 粉碎機, 木工機械など	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
大	クラッシャ, ミル, ホイストなど	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

## (2) Vベルトの種類と選択

設計動力と小プーリの回転速度の関係を下表に当てはめて、その領域にあったVベルトを選択する



### (3) Vプーリの呼び外径と直径

Vプーリの呼び外径は自由に決められるが、**最小寸法**が決まられている → 小さすぎるとベルトの屈曲により寿命が低下する

表 9-7 最小プーリ外径

ベルトの種類	3V	5V	8V
最小プーリ外径 [mm]	67	180	315



表9-7を満たすように小プーリの呼び外径を決めて、回転比から大プーリの呼び外径を決める

#### (4) ベルトの長さとお軸間距離の修正

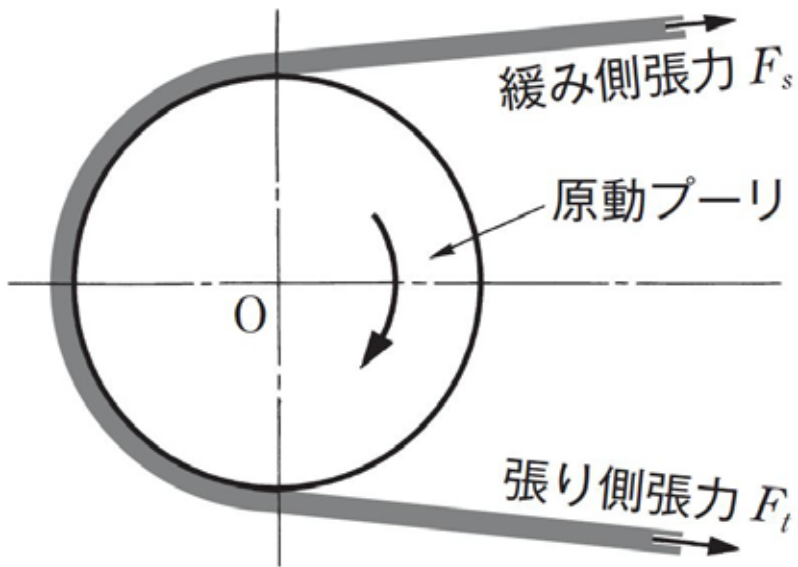
ベルトの長さは、式9-2から求めて、近いものを表9-3から選定するが、**計算値通りのベルト長がない場合には、規格のベルト長を用いて、中心間距離aを修正する。**



$$a = \frac{B + \sqrt{B^2 - 2(d_{m2} - d_{m1})^2}}{4}$$

$$B = L - \frac{\pi}{2}(d_{m2} + d_{m1})$$

## (5) ベルトの本数



左図のようにベルトに力が作用している場合には、

$$P_d = (F_t - F_s) v / 1000$$

緩み側張力  $F_s$  が無視できる場合には、

$$F_t = 1000 P_d / v$$

$N$ 本のベルトを用いる場合、1本当たりの張力  $F_t'$  は、

$$F_t' = F_t / N$$

$F_t'$  が許容張力以下になるようにベルト本数  $N$  を決めるが、**安全率 (7 ~ 10)** を乗じる必要がある。

+

使用中の摩擦力低下も考慮する



## 9.1.6 設計例

### 要求事項

定格出力  $P = 0.75 \text{ kW}$ ，小プーリの回転速度  $n_1 = 1750 \text{ min}^{-1}$  のモータを用い，大プーリの回転速度  $n_2 \doteq 450 \text{ min}^{-1}$ ，1日18時間，定格の300%以下の最大出力で往復圧縮機を運転する。ただし，軸間距離を  $a \doteq 400 \text{ mm}$  とする。

### ➡ Vベルト・Vプーリの仕様

細幅 V ベルト：3V 形，呼び番号 560，本数 1

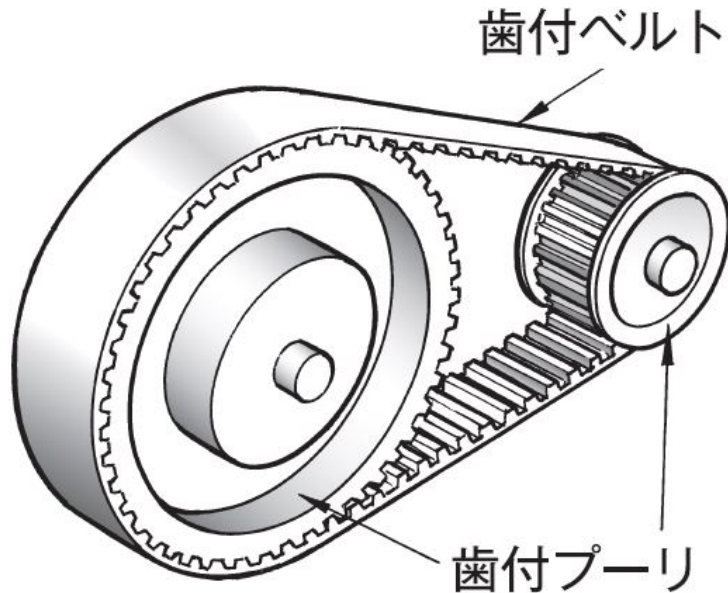
細幅 V プーリ：呼び外径  $d_{e1} = 80 \text{ mm}$ ， $d_{e2} = 315 \text{ mm}$

軸間距離： $a = 384.7 \text{ mm}$

## 9.2 歯付Vベルト伝動(タイミングベルト)

ベルトに歯を付けたモノで、**ベルトと歯車両方の長所を併せ持つ**伝動方式

### 9.2.1 歯付ベルト伝動の特徴



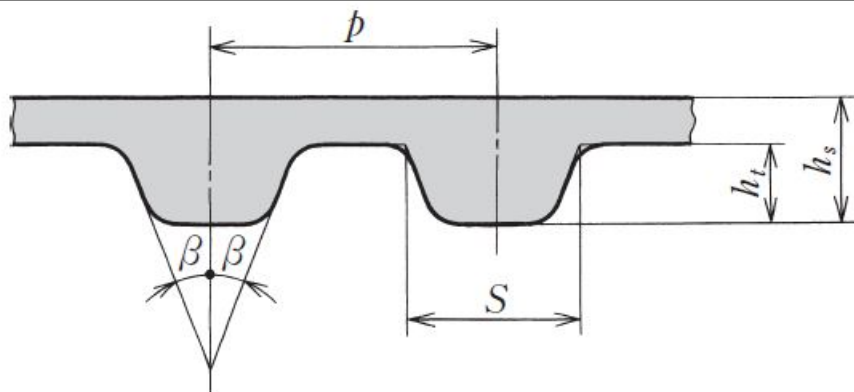
同期伝動が可能である  
滑りがないので、効率が  
高い  
高速伝動にも適している  
装置が小型にできる  
初張力は小さくてよい

## 9.2.2 歯付ベルトの種類と長さ

JIS K 6372に5種類が規定されている

(さらに軽負荷用がJIS K 6373に2種類規定)

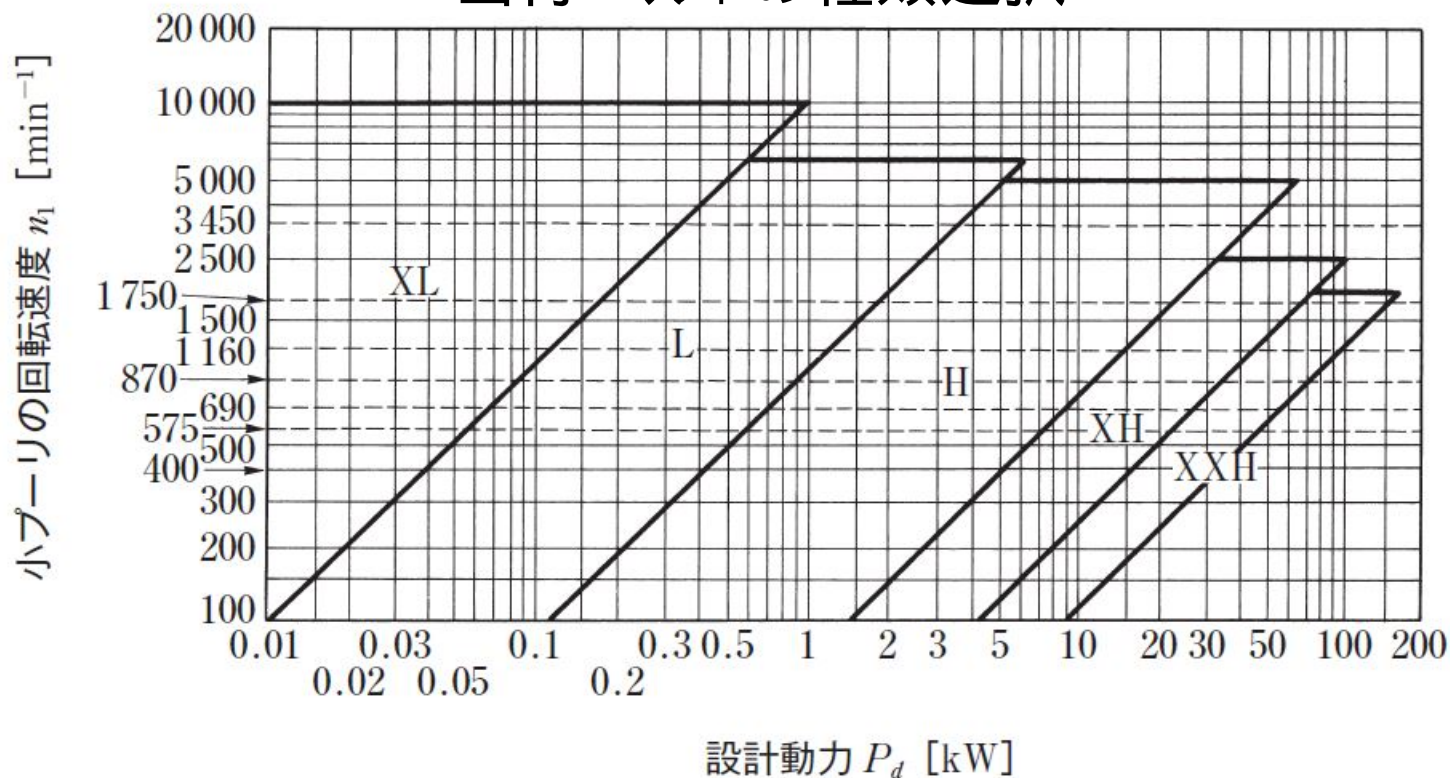
### 一般用歯付ベルトの種類と寸法



寸法	記号	種類				
		XL	L	H	XH	XXH
寸法	$p$ [mm]	5.080	9.525	12.700	22.225	31.750
	$2\beta$ [°]	50	40	40	40	40
	$S$ [mm]	2.57	4.65	6.12	12.57	19.05
	$h_t$ [mm]	1.27	1.91	2.29	6.35	9.53
	$h_s$ [mm]	2.3	3.6	4.3	11.2	15.7
引張試験	引張強さ [kN/25.4 mm]	2.0 以上	2.7 以上	6.8 以上	9.4 以上	10.8 以上
	許容張力 $T_a$ [N/25.4 mm]	182	244	623	849	1040

歯付ベルトの選択においては、**細幅Vベルトと同様の進め方**で行う。設計動力と小プーリの回転速度が下表のどの領域になるか、から種類を選定し、回転比から大プーリの歯数、ベルト長さ、軸間距離修正などを行う。

歯付ベルトの種類選択



# 歯付ベルトの長さ と 歯数

呼び長さ	ベルト 長さ [mm]	種 類					長さの 許容差 [mm]
		XL	L	H	XH	XXH	
		歯数	歯数	歯数	歯数	歯数	
210	533.40	105	56	—	—	—	±0.61
220	558.80	110	—	—	—	—	
225	571.50	—	60	—	—	—	
230	584.20	115	—	—	—	—	
240	609.60	120	64	48	—	—	
250	635.00	125	—	—	—	—	
255	647.70	—	68	—	—	—	
260	660.40	130	—	—	—	—	
270	685.80	—	72	54	—	—	
285	723.90	—	76	—	—	—	
300	762.00	—	80	60	—	—	

大プーリの歯数 $Z_2$ は、回転比を $r$ として、  $Z_2=rZ_1$

## 9.2.3 歯付ベルトの幅

歯付ベルトの幅  $b$  は、次式で与えられる

$$b \geq \frac{P_d}{\left(\frac{P_r}{25.4}\right)}$$

$P_r$ : 基準伝動容量

幅1インチのベルトが伝動することができる動力

$$P_r = 0.5236 \times 10^{-7} d_p n T_a$$

$T_a$ : 許容張力 (表9-8)

種類	ベルト呼び幅	ベルト幅 [mm]	種類	ベルト呼び幅	ベルト幅 [mm]
XL	025	6.4	XH	200	50.8
	031	7.9		300	76.2
	037	9.5		400	101.6
L	050	12.7	XXH	200	50.8
	075	19.1		300	76.2
	100	25.4		400	101.6
		500		127.0	
H	075	19.1	(JIS K 6372:1995による)		
	100	25.4			
	150	38.1			
	200	50.8			
	300	76.2			

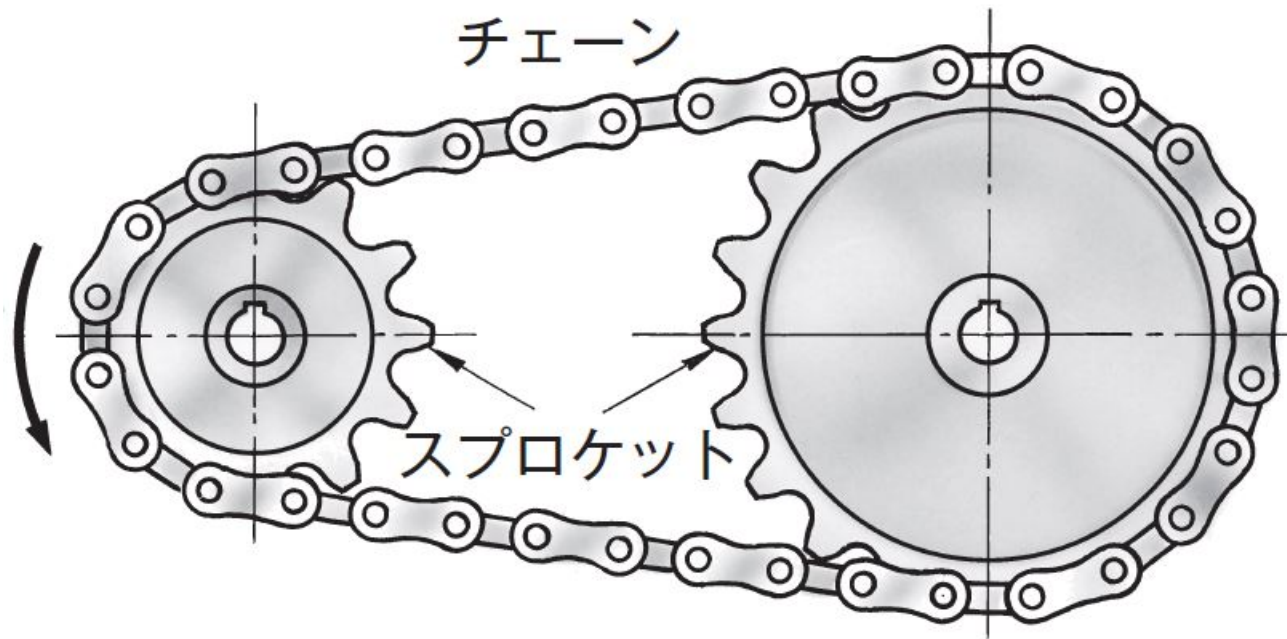


計算式から求めたベルト幅を満足するように表から幅を選定する

## 9.3 チェーン伝動

### 9.3.1 チェーン伝動の特長

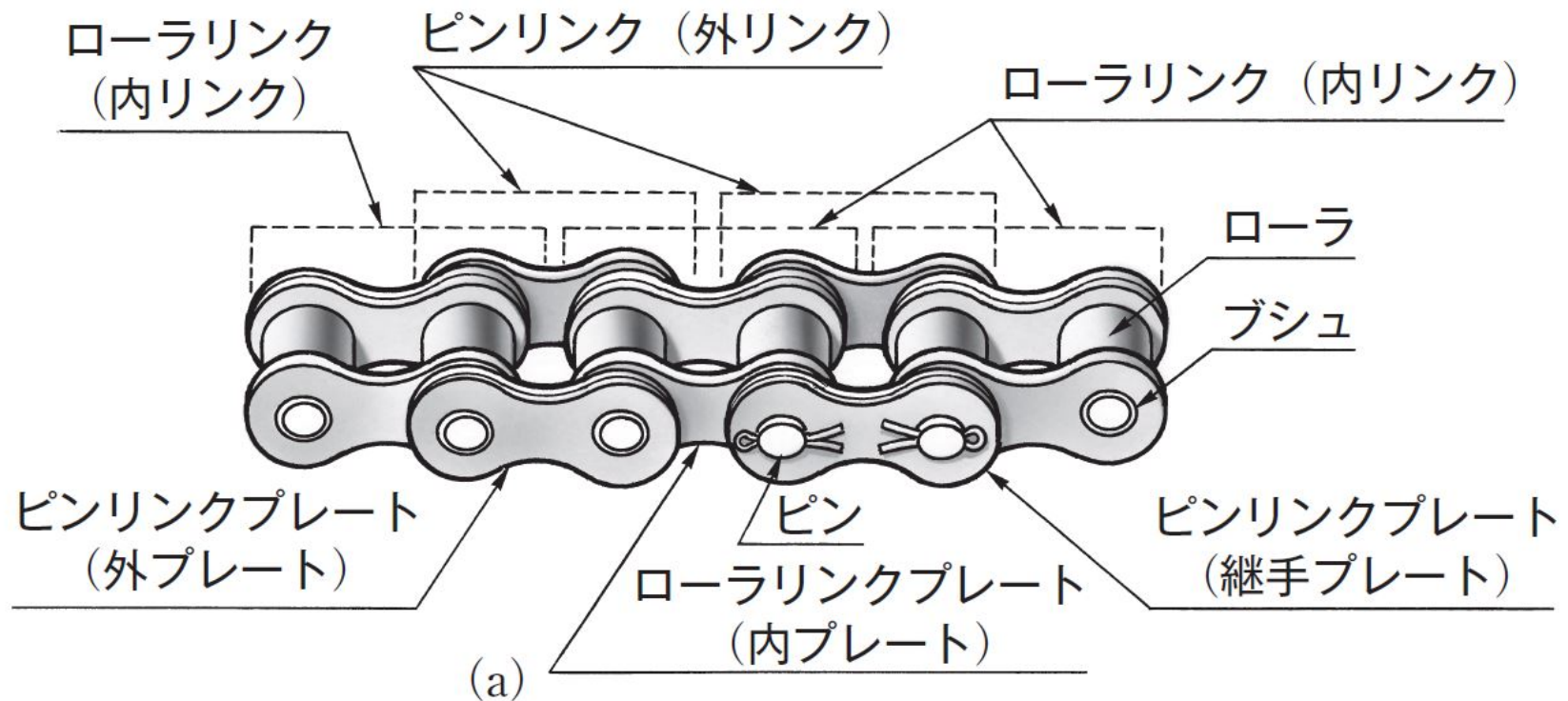
- ① 滑りがなく、運動や力を確実に伝えることができる。
- ② 比較的長い軸間距離の場合にも使用できる。
- ③ 初張力を必要としないので、ベルト伝動に比べて軸受部の負担が軽くなる。



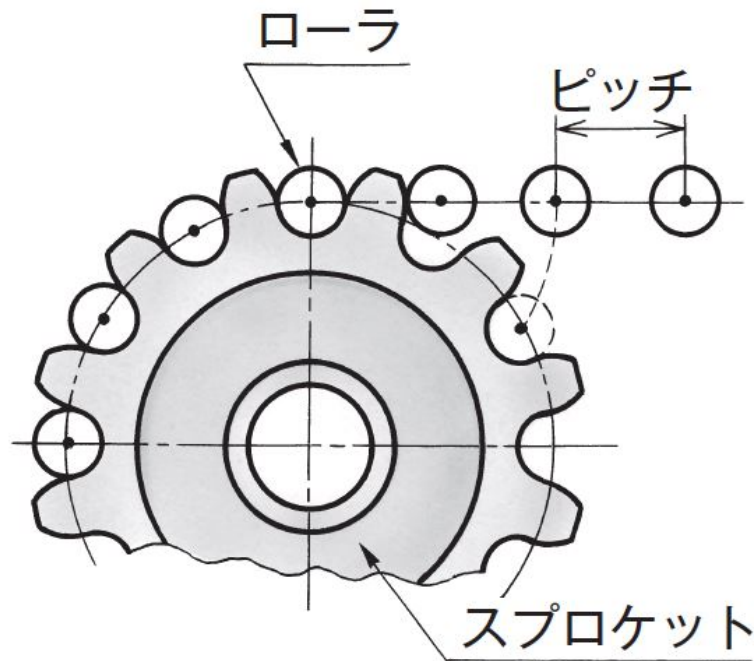
## 9.3.2 ローラチェーン

ピンに回転できる**ローラ**が付いており、スプロケット歯面との摩擦・摩耗を低減している

- ・内リンクと外リンクをつなげることにより、長さを調整可能
- ・**ピンリンクプレート(継手プレート)**で環にする







(b)

スプロケット  
ローラチェーンとかみ合う構造



歯形はローラが干渉しない形状

### 9.3.3 チェーンの使い方

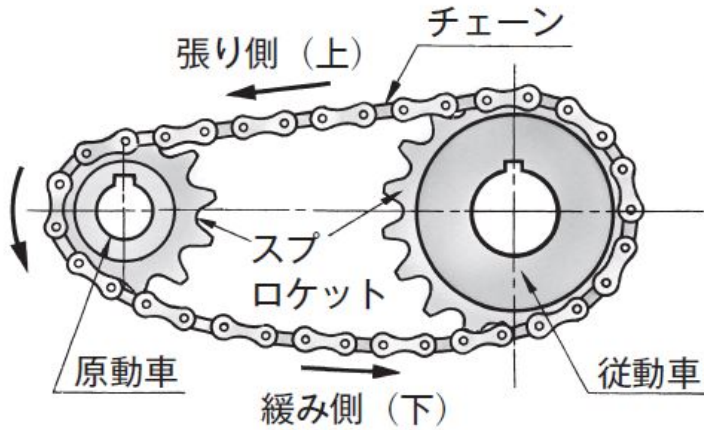
できる限り、水平になるようにする(60°以内に収める)  
それ以上にする場合には、緩み側に**シュー**や**アイドラ**

**張り側を上**、緩み側を下にする

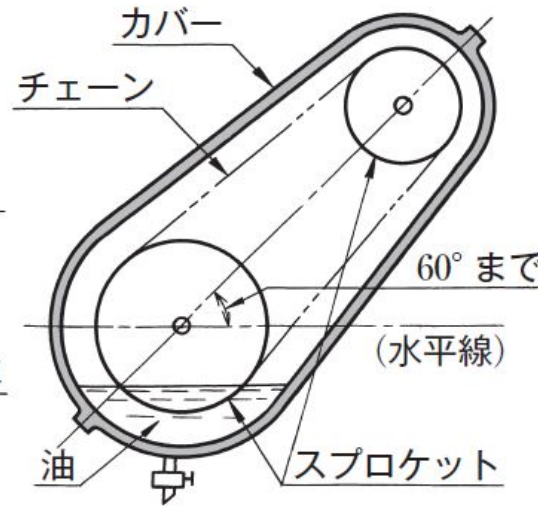
**潤滑**を行い、安全のために**カバー**を付ける

スプロケットの歯数は、**17 ~ 70**(低速・軽荷重で10)

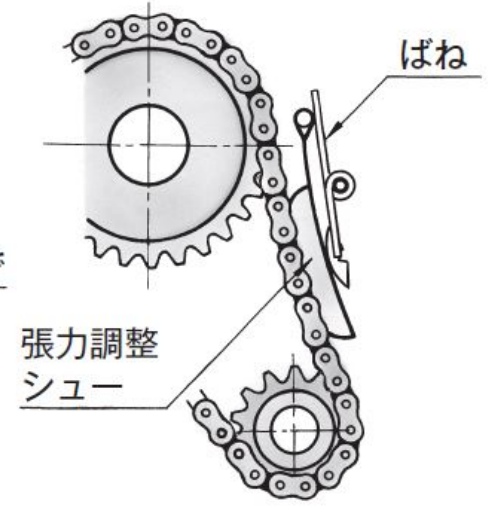
リンク総数は偶数になるようにする。奇数にする場合には、オフセットリンク。  
 過大荷重による破断を防ぐ



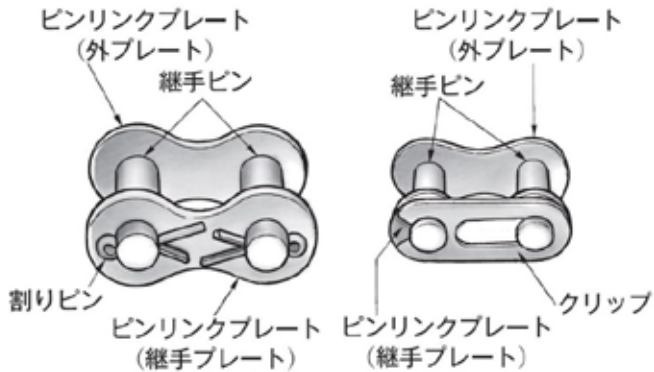
(a) チェーンの掛けかた



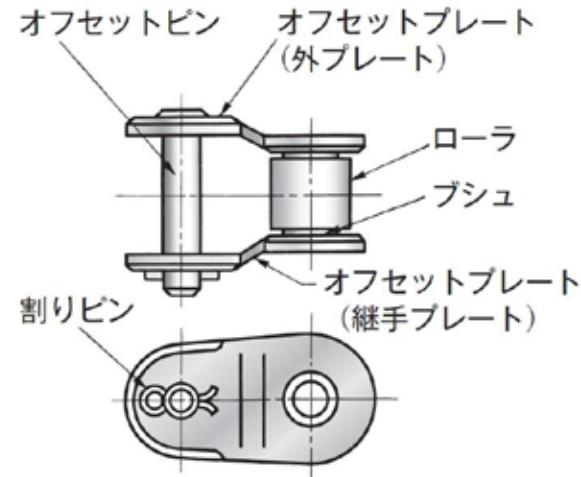
(b) 油浴潤滑



(c) 張力調整シュー



(a) 割りピン形 (b) クリップ形



(b) オフセットリンク

## 9.3.4 ローラチェーン伝動装置

### (1) 設計動力

ベルト伝動と同様に、使用係数  $f_1$  を決める

$$P_d = f_1 P$$

使用条件係数  $f_1$

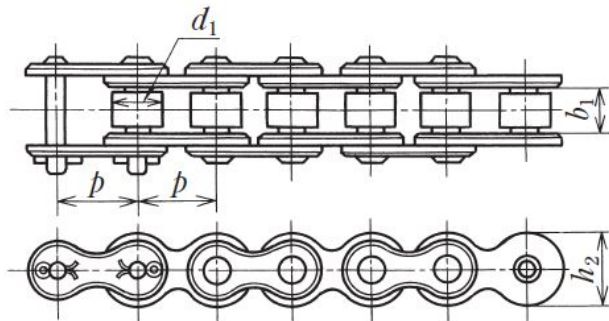
負荷の種類	原動機の種類	モータまたはタービン	6気筒未満の内燃機関
	使用機械の例		
平滑な伝動	遠心ポンプおよびコンプレッサ, エスカレータ, 印刷機, 一定負荷のベルトコンベヤ, 送風機	1.0	1.3
中程度の衝撃をともなう伝動	3気筒以上のレシプロ式ポンプおよびコンプレッサ, コンクリートミキサ, 負荷が一定していないコンベヤ	1.4	1.7
大きな衝撃をともなう伝動	平削盤, プレス, せん断機, 2気筒以下のポンプおよびコンプレッサ, 掘削機, ロールミル	1.8	2.1

## (2) チェーン呼び番号とスプロケットの歯数

チェーンの平均速度  
(m/s)

$$v_m = \frac{pzn}{1000 \times 60}$$

$p$ : チェーンピッチ(mm)  
 $z$ : スプロケット歯数  
 $n$ : スプロケット  
 回転速度(rpm)



強力伝動には、これを何列も並べて、長いピンを通した多列ローラチェーンが用いられる。

[単位 mm]

呼び番号	ピッチ	ローラ外径 (最大)	内リンク内幅 (最小)	内プレート 高さ(最大)	最小引張強 さ [kN]
	$p$	$d_1$	$b_1$	$h_2$	
25	6.35	3.30	3.10	6.02	3.5
35	9.525	5.08	4.68	9.05	7.9
40	12.70	7.92	7.85	12.07	13.9
50	15.875	10.16	9.40	15.09	21.8
60	19.05	11.91	12.57	18.10	31.3
80	25.40	15.88	15.75	24.13	55.6
100	31.75	19.05	18.90	30.17	87.0

チェーン張力F(N)

$$F = \frac{1000}{v_m} P_d$$

$F \times 7$ の引張り強さ  
のチェーンを選ぶ

## 呼び番号の数字の意味

最後の桁：ローラありが0、ローラ無しが5

その前の桁：ピッチ 3.175倍すればピッチのmm寸法

## スプロケットの歯数

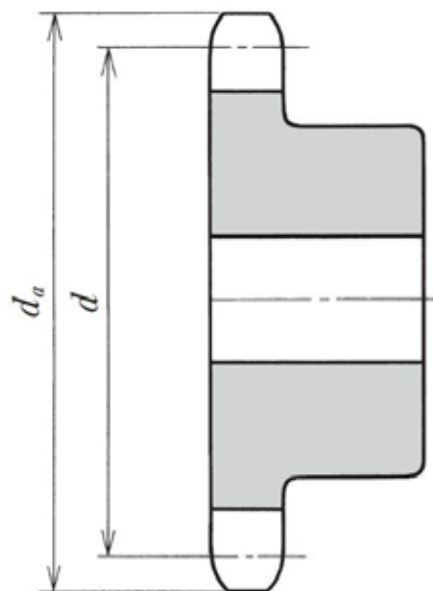
小スプロケットの歯数 $z_1$ が決まれば、回転比 $r$ として、

$$r = \frac{z_2}{z_1} = \frac{n_1}{n_2}, \quad z_2 = rz_1$$

回転比 $r$ は  
最大で8まで

## (3) スプロケットの寸法

$$d = \frac{p}{\sin \frac{180^\circ}{z}}$$
$$d_a = p \left( 0.6 + \cot \frac{180^\circ}{z} \right)$$



## (4) チェーンのリンク数と軸間距離

チェーンの長さ

$$L_p = \frac{2a}{p} + \frac{1}{2} (z_1 + z_2) + \frac{p}{4\pi^2 a} (z_2 - z_1)^2$$

a: 軸間距離 チェーンピッチの30 ~ 50倍が適当

リンクの数を偶数になるように、スプロケット歯数が軸間距離を変更

最終的な調整を経て、軸間距離は、

$$a = \frac{p}{4} \left( B + \sqrt{B^2 - \frac{2(z_2 - z_1)^2}{\pi^2}} \right)$$

$$B = L_p - \frac{1}{2} (z_1 + z_2)$$

## (5) 設計例

### 要求事項

定格出力  $P = 0.75 \text{ kW}$ ，小プーリの回転速度  $n_1 = 1750 \text{ min}^{-1}$  のモータを用い，大プーリの回転速度  $n_2 \doteq 450 \text{ min}^{-1}$ ，1日18時間，定格の300%以下の最大出力で往復圧縮機を運転する。ただし，軸間距離を  $a \doteq 400 \text{ mm}$  とする。

## 検討事項

設計動力

チェーンの呼び番号とスプロケットの歯数

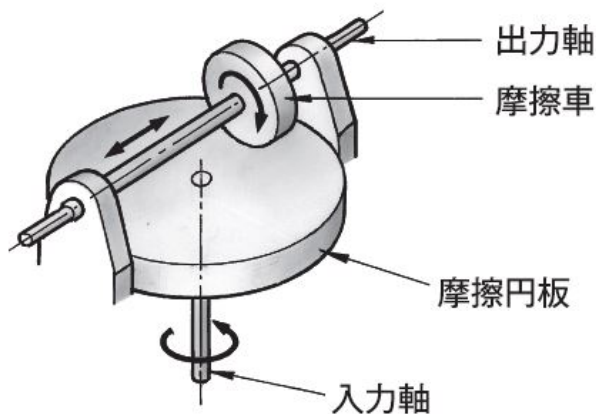
スプロケットの寸法

チェーンのリンク数と軸間距離

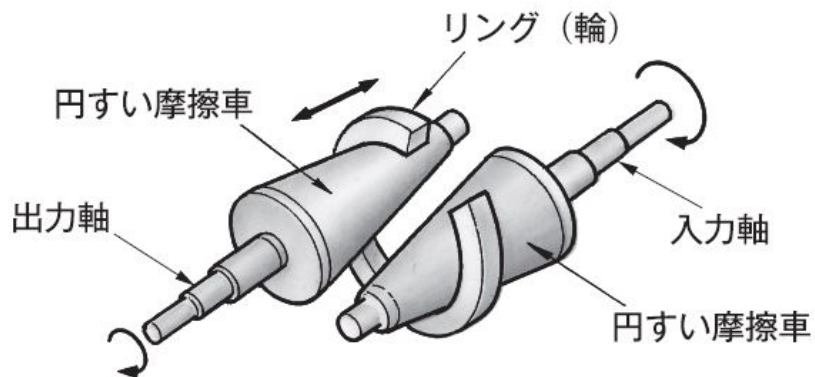
チェーンとスプロケットの仕様

# 9.4 機械式無段変速装置

無段変速装置：速度を無段階に変えることができる装置

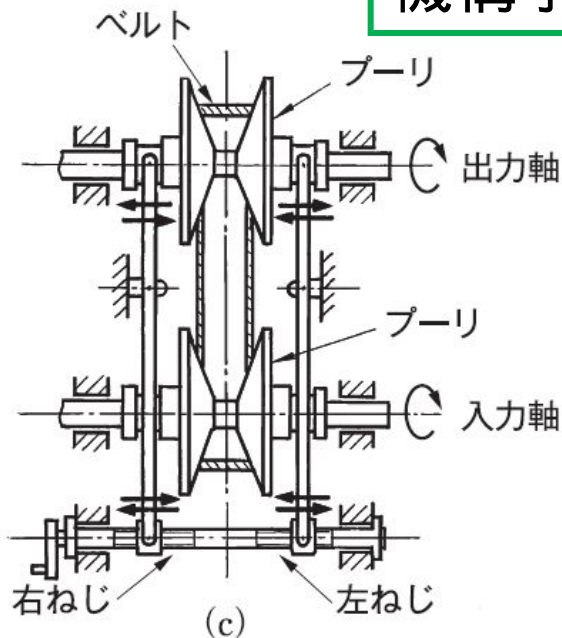


(a)

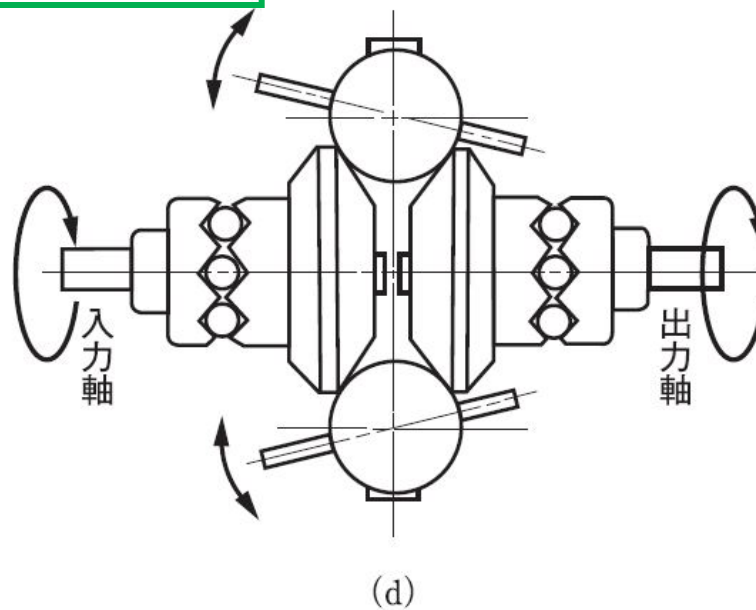


(b)

機構学でも紹介している



(c)



(d)