

# KHKの

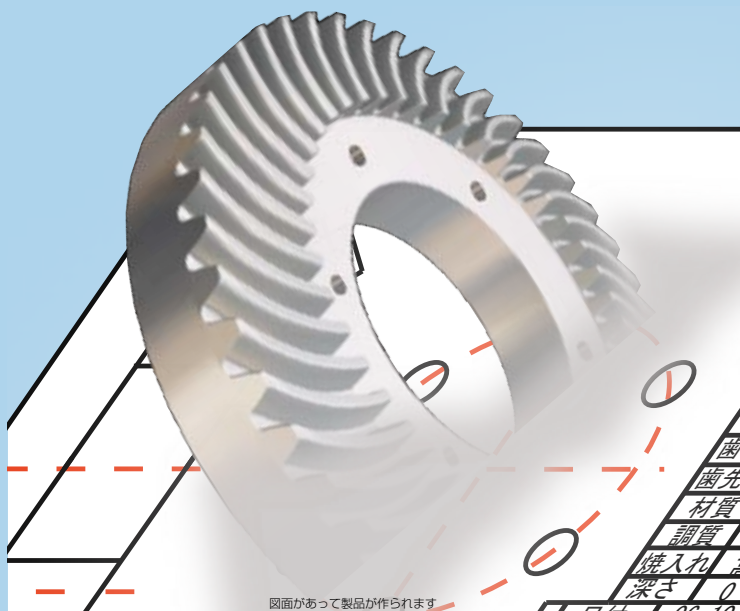
# 歯車ABC



## 基礎編

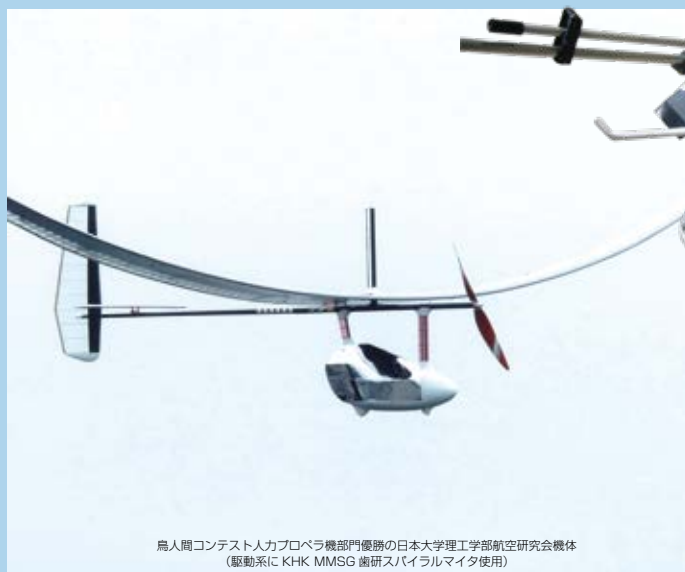


SHESDO 社製フルタイム2WD BIKE (KHK SB タイプ かみ歯車使用)

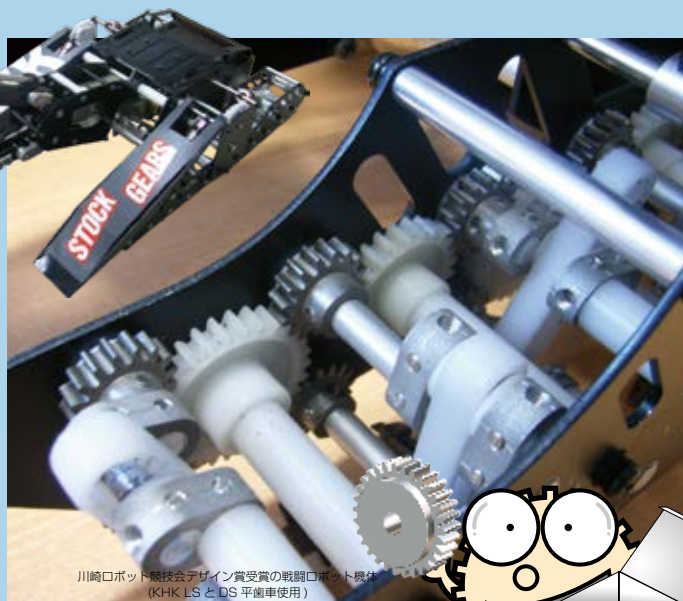


図面があって製品が作られます

国	
歯先	
材質	
調質	
繰入れ	
深さ	0
日付	06.10

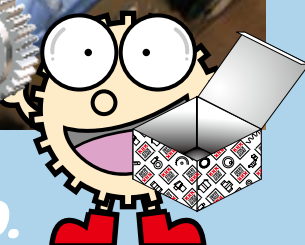


鳥人間コンテスト人カプロペラ機部門優勝の日本大学理工学部航空研究会機体  
(駆動系に KHK MMSG 歯研スパイラルミタ使用)

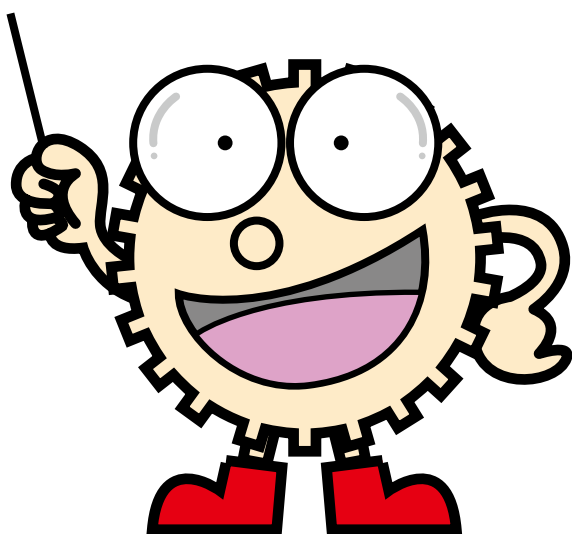


川崎ロボット競技会デザイン賞受賞の戦闘ロボット機体  
(KHK LS と DS 平歯車使用)

KOHARA GEAR INDUSTRY CO., LTD.







こんにちは、はぐるま君です。  
「入門編」は、いかがでしたか。  
歯車の歴史やどんなところに歯車  
が使われ、どのようなやくめをす  
るのか、ご理解できたでしょう  
か？

歯車 ABC は、「入門編」を含め  
「基礎編」、「実用編」の3冊があ  
ります。

この「基礎編」では歯車の種類、  
使い方、歯車の基本計算、歯形、  
転位、精度、強度などの基礎を紹  
介しています。

より詳しく歯車のことを知りたい  
方は、この後に続きます「実用編」  
を是非ご覧下さい。

# Contents

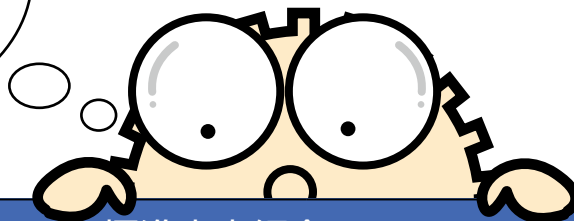
1. 歯車の種類と特長	P 2
1-1 平行軸の歯車	P 4
1-2 直線運動の歯車	P 7
1-3 交差軸の歯車	P 8
1-4 食い違い軸の歯車	P10
2. 歯車の基本用語と寸法計算	P12
3. 歯車の歯形	P20
4. 歯車の転位	P22
5. 歯車の精度	P24
6. 歯車の材料と熱処理	P26
6-1 代表的な金属材料	P26
6-2 代表的な熱処理	P27
7. 歯車の強度	P28
8. 歯車の表面処理	P30
9. 歯車ができるまで	P32
9-1 平歯車ができるまで	P32
9-2 ラックができるまで	P33
9-3 かさ歯車ができるまで	P34
9-4 ウォームができるまで	P35

# 1. 歯車の種類と特長

歯車の種類は大きく3つに分類することができます。  
それぞれの種類とKHK標準歯車を見てください。

歯車の分類	歯車の種類	伝達効率 (%)	アイソメ図
平行軸 	平歯車 (スパークヤ)	98.0-99.5	
	はすば歯車 (ヘリカルギヤ)		
	ラック・ヘリカルラック		
	内歯車 (インターナルギヤ)		
交差軸 	マイタ	98.0-99.0	
	すぐばかさ歯車 (ストレートベベルギヤ)		
	まがりばかさ歯車 (スパイラルベベルギヤ)		
食い違い軸 	ねじ歯車 (スパイラルギヤ)	70.0-95.0	
	ウォーム	30.0-90.0	
	ウォームホイール		

いろいろな歯車があるんだなあ



KHK標準歯車紹介

MSG A 	SSG 	SS 	SUS 	PS 
KHG 	SH 			
KRG (F) (D) 	SRFD 	SUR (F) (D) 	PR (F) 	KRHG (F) 
SI 	SIR 			
MMSG 	SMSG 	MM 	SUM 	PM 
SB・SBY 	SB 	SUB 	PB 	DB 
MBSG 	SBSG 	MBSA (B) 	SBS 	
SN 	SUN 	AN 	PN 	
KWGDL (S) & AGDL 	KWG & AGF 	SWG & AG 	SW & BG・CG 	SUW & PG 

歯車は組み付ける軸の向きによって大きく3種類に分類することができます。  
ここでは歯車の使い方や特徴と注意点などを紹介します。

## 1-1 平行軸の歯車



平行な2軸を「平行軸」と言い、このような軸の回転/動力の伝達には、一般的に平歯車、はすば歯車、内歯車を使用します。これら歯車は、あらゆる産業分野、あらゆる用途で最も多く使われている歯車です。

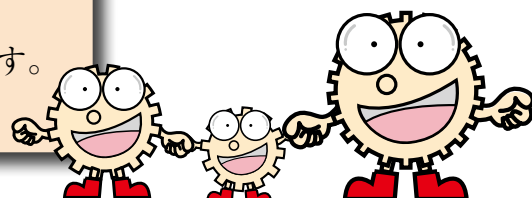
### 平歯車（スパーギヤ）

歯すじが直線で平行な2軸の間に回転運動を伝えるシンプルな円筒歯車です。製作が容易であるため、動力伝達用の歯車として最も多く使われています。



#### 特徴 / 注意ポイント

- ・もっとも作りやすい歯車です。
- ・軸方向力（スラスト）が発生しない使いやすい歯車です。
- ・一对の歯車の歯数の組み合わせに制限はありません。



#### ■速度伝達比

一对の歯車をかみ合わせた1段歯車対を見て下さい。(図1.1)

2つ（一对）の歯車の回転方向は逆になります。

歯車1が右回りなら歯車2は左回りです。

また、一对の歯車の歯数に差がある場合は、増速または減速します。

歯車1が駆動の場合は減速です。

歯車2が駆動の場合は増速です。

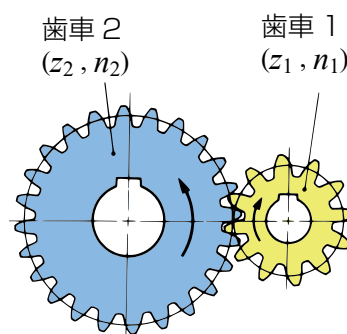


図 1.1 平歯車

$$\text{速度伝達比} = \frac{\text{被動歯車の歯数 } (z_2)}{\text{駆動歯車の歯数 } (z_1)} = \frac{\text{駆動歯車の回転数 } (n_1)}{\text{被動歯車の回転数 } (n_2)} \quad (1.1)$$



### 計算例

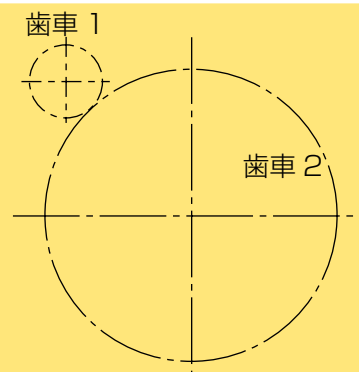
駆動歯車1の歯数は20

回転数は400rpm

被動歯車2の歯数は80の1段歯車列

この歯車列の速度伝達比は  $80 \div 20 = 4$

歯車2の回転数は  $400 \div 4 = 100\text{rpm}$



はすば歯車（ヘリカルギヤ）

平歯車の歯すじがねじれ（つる巻き線）ているものがはすば歯車です。平歯車よりも強く、静かな歯車として自動車や産業機械などに広く使われています。



特徴 / 注意ポイント

- ・ 同じ大きさの平歯車に比べて強度が大きく、静かに回転 / 動力を伝えます。
- ・ 高速回転での使用に適しています。
- ・ 軸方向力（スラスト）が発生しますから対策が必要です。
- ・ 一对の歯車の歯数の組み合わせに制限はありません。

はすば歯車のかみ合いにおける回転方向とスラスト方向は図 1.2 のようになります。スラストベアリングはスラスト力を受けています。回転方向は、平歯車のかみ合いと同じです。

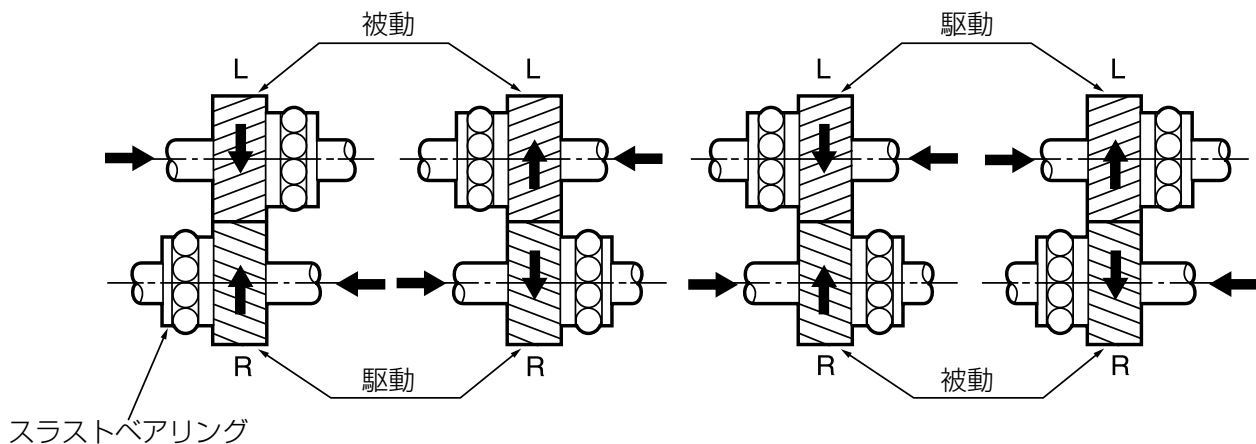


図 1.2 回転方向とスラスト方向

一对の歯車の回転方向は逆になります。速度伝達比も平歯車と同じです。

■ 2 段歯車列の速度伝達比

歯車 1 を駆動歯車としたとき、この 2 段歯車列の速度伝達比 (i) は

$$i = \frac{z_2}{z_1} \times \frac{z_4}{z_3} = \frac{n_1}{n_2} \times \frac{n_3}{n_4} \quad (1.2)$$

歯車 1 と歯車 4 の回転方向は同じです。歯車 1/2/3/4 の歯数は 10/24/12/30 ですから、この歯車列の減速比は 6 です。

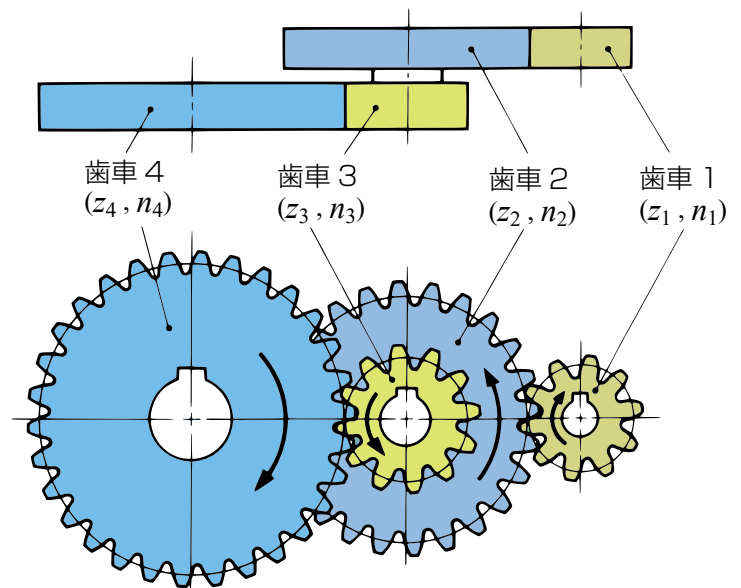


図 1.3 2 段歯車列

### 内歯車 (インターナルギヤ)

平歯車とかみ合う、円筒の内側に歯が作られている歯車です。  
 主に、遊星歯車装置とか歯車形軸継手 (ギヤカップリング) などに使われています。



#### 特徴 / 注意ポイント

- ・ 形状的に焼入れすると歪が大きく歯研が困難です。
- ・ 遊星歯車機構を使えばコンパクトで高減速比の歯車装置を作ることが可能です。
- ・ 一对の内歯車と外歯車のかみ合いにおいては次の3つの干渉が発生することがあります。  
 (a) インボリュート干渉 (b) トロコイド干渉 (c) トリミング

#### 速度伝達比

もっともシンプルな外歯車1 (ピニオン) と内歯車2 (インターナルギヤ) のかみ合いにおいて、外歯車1と内歯車2の回転方向は同じです。(図1.4)

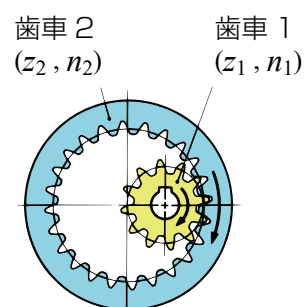


図 1.4 平歯車と内歯車

$$\text{速度伝達比} = \frac{\text{被動歯車の歯数}}{\text{駆動歯車の歯数}} \quad (1.3)$$

#### 遊星歯車機構

遊星歯車機構を構成する主要な要素は4つです。  
 太陽歯車 (A)、遊星歯車 (B)、内歯車 (C)、遊星キャリア (D) です。

右図では遊星歯車を4個使っています。  
 多くの歯車で負荷を分担することによって、装置を比較的コンパクトにすることが出来ます。遊星歯車機構は、固定する要素を変えることにより速度伝達比や回転方向が変わります。

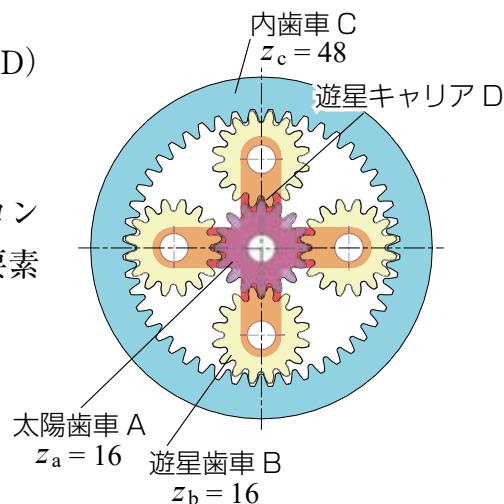


図 1.5 遊星歯車装置の構造

##### (a) プラネタリー型

太陽歯車入力、遊星キャリア出力、内歯車固定の場合

$$\text{速度伝達比} = \frac{z_c}{z_a} + 1 \quad (1.4)$$

##### (b) ソーラ型

太陽歯車を固定します。

##### (c) スター型

遊星キャリアを固定します。

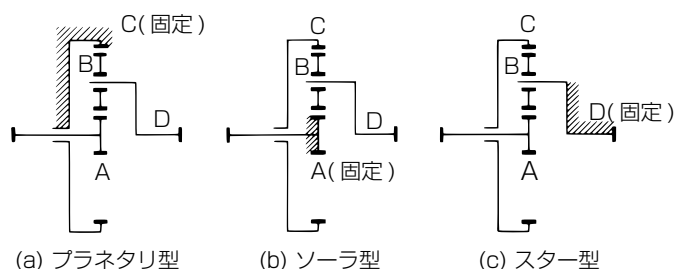


図 1.6 遊星歯車機構のタイプ



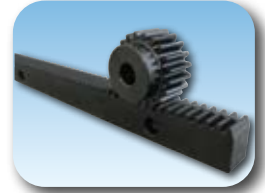
## 1 - 2 直線運動の歯車



平行軸の仲間ですが、特殊ケースとして相手軸がない「直線運動」があります。回転運動を直線運動、又はその逆にする場合、ラック&ピニオンを使用します。円筒歯車の直径が無限大 ( $\infty$ ) の歯車をラックと言ひ、主に搬送装置に使われます。

### ラック

歯すじが直線で平歯車とかみ合う直線歯形の棒状歯車です。平歯車のピッチ円筒半径が無限大 ( $\infty$ ) になった歯車と考えられます。ラックは何本も継ぎ合わせて長くして使用することが出来ます。



#### 特徴 / 注意ポイント

- ・ヘリカルラックよりも作りやすく、使いやすいです。
- ・かみ合う平歯車の歯数に制限はありません。

ラックとピニオンのかみ合いにおいてピニオンが1回転した時の移動距離は、ピッチの歯数倍です。ピッチとは、歯から次の歯までの距離のことです。CPラックは簡単に位置決めができるよう設計されています。図 1.7

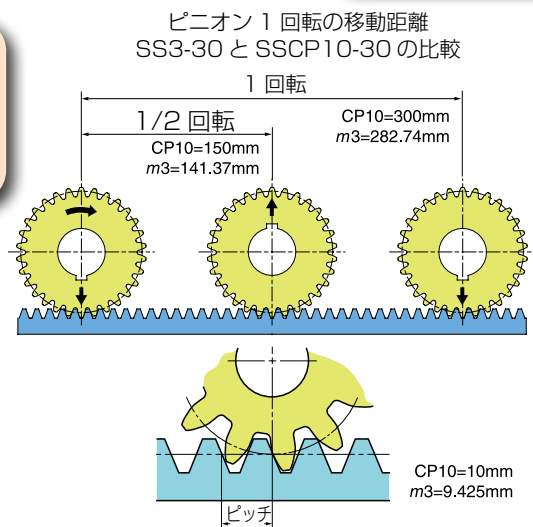


図 1.7 CP10 と m3 の違い

### ヘリカルラック

歯すじが斜めになっており、はすば歯車とかみ合うねじれをもった直線歯形の棒状歯車です。はすば歯車のピッチ円筒半径が無限大 ( $\infty$ ) になった歯車と考えられます。



#### 特徴 / 注意ポイント

- ・スラストが発生しますから対策が必要です。
- ・同じ大きさの平ラックより強く静かに回転 / 動力を伝えます。
- ・高速度での使用に適しています。
- ・かみ合うはすば歯車の歯数に制限はありません。

歯すじのねじれによりスラストが発生します。回転方向とスラスト方向を示したのが図 1.8 です。

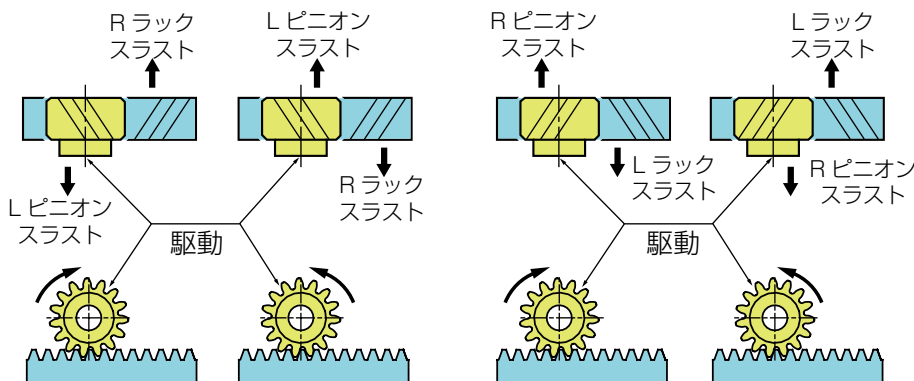


図 1.8 回転方向とスラスト方向

# 1 - 3 交差軸の歯車



ある一点で交わる2軸を「交差軸」と言い、このような軸の回転 / 動力の伝達には、一般的にかさ歯車を使用します。歯数比が1のかさ歯車をマイタと言い、歯のねじれの有無によってすぐばかさ歯車とまがりばかさ歯車に分類されます。

## すぐばかさ歯車 (ストレートベベルギヤ)

歯すじが直線でピッチ円すいの母直線と一致する円すい形状の歯車です。かさ歯車としては比較的に製作が容易であるため、動力伝達用かさ歯車として多く使われています。

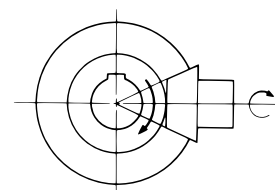


図 1.9 回転方向

### 特徴 / 注意ポイント

- ・まがりばかさ歯車よりも作りやすいです。
- ・マイナス方向のスラストが発生しないので使いやすいです。
- ・一对の歯車の歯数の組み合わせが大切です。異なる歯数の組み合わせで作ったかさ歯車とは、かみ合いません。

## まがりばかさ歯車 (スパイラルベベルギヤ)

すぐばかさ歯車の歯すじがねじれているものがまがりばかさ歯車です。すぐばかさ歯車よりも製作が難しいですが、強く、静かな歯車として広く使われています。

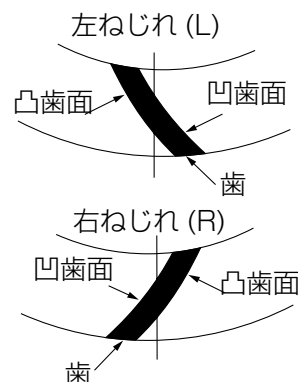


図 1.10 かみ合い歯面

### 特徴 / 注意ポイント

- ・すぐばかさ歯車よりも高負荷 / 高速回転向きの歯車です。
- ・軸方向力 (スラスト) の向きに注意が必要です。
- ・すぐばかさ歯車よりも静かに回転 / 動力を伝えます。
- ・歯車の歯数を決めて、このセットで歯車を作るので、他の歯数の歯車とはモジュール、圧力角が同じでもかみ合いません。

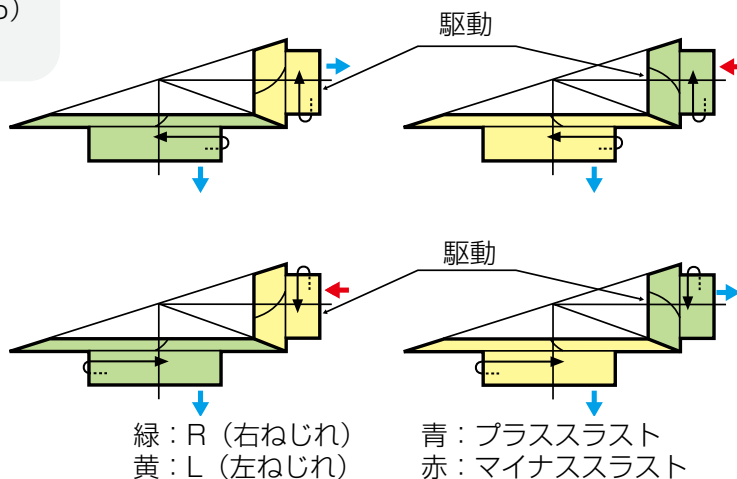
### ■速度伝達比

$$\text{速度伝達比} = \frac{\text{被動歯車の歯数}}{\text{駆動歯車の歯数}} \quad (1.5)$$

### ■まがりばかさ歯車に働くスラスト

右図は歯数比 1.57 以上のまがりばかさ歯車のかみ合いにおける回転方向とスラスト方向を示します。

小歯車 (しょうはぐるま) の凸歯面がかみ合う場合、マイナス方向のスラストが発生します。



緑：R (右ねじれ)      青：プラススラスト  
 黄：L (左ねじれ)      赤：マイナススラスト

図 1.11 回転方向とスラスト方向

マイタ、スパイラルマイタ

同じ歯数の組み合わせで使うかさ歯車のことをマイタと言います。マイタにはすぐばかさ歯車のマイタと、まがりばかさ歯車のスパイラルマイタの2種類があります。軸角は90°が一般的なのですが、KHK 標準歯車には、軸角が45° /60° /120°のアンギュラマイタも標準化されています。



特徴 / 注意ポイント

- ・ 歯数比が1のかさ歯車です。
- ・ 回転の方向又は軸の方向を変える用途に使用します。

■スパイラルマイタに働くスラスト

スパイラルマイタの回転方向とスラスト方向を図1.12に示します。プラス方向のスラストと同様に、マイナス方向のスラストが発生する場合は、これを確実に受ける軸受を配置する対策が必要です。

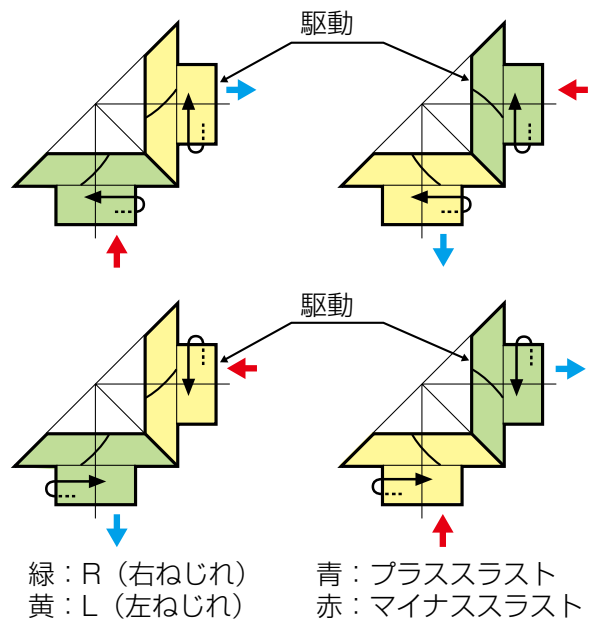
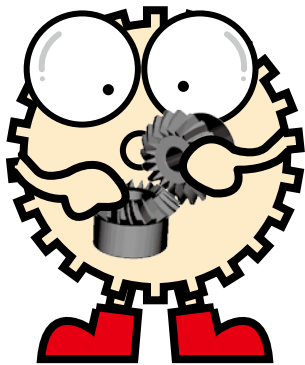


図 1.12 回転方向とスラスト方向

■アンギュラマイタとマイタ

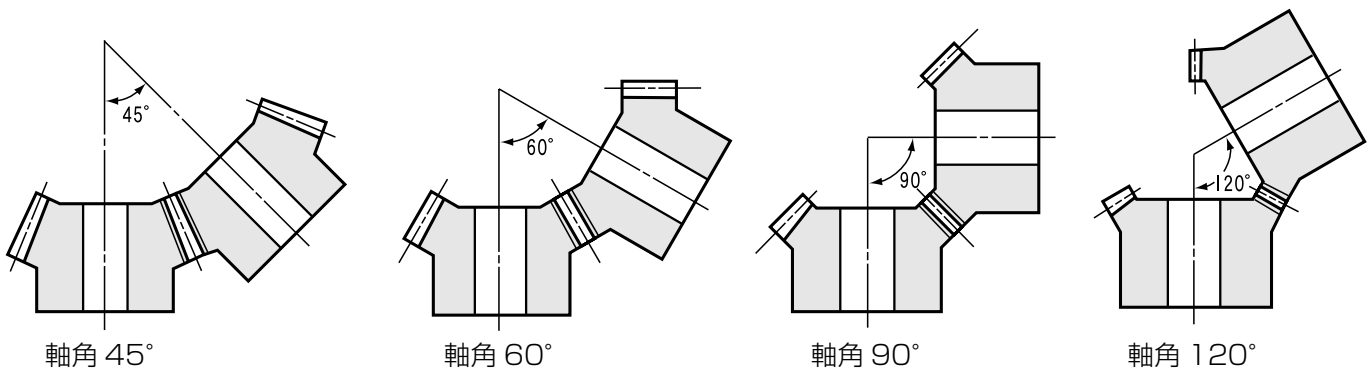


図 1.13 KHK 標準歯車の軸角

## 1 - 4 食い違い軸の歯車



交わりもせず、平行でもない2軸を「食い違い軸」と言い、このような軸の回転 / 動力の伝達には、一般的にウォームギヤやねじ歯車を使用します。

これら歯車は、回転 / 動力を歯面間の相対的な滑りによって伝える歯車です。

### ねじ歯車 (スパイラルギヤ)

ねじれ角が45°のはずば歯車であり、ねじれ方向が同じ歯車同士の食い違い軸間で使うときの名称です。静かですが、比較的軽負荷でなければ使えません。



#### 特徴 / 注意ポイント

- ・潤滑には十分気をつけて下さい。かみ合う歯面は滑ることにより回転 / 動力を伝えます。油切れを起せば、急速に摩耗することがあります。
- ・平行軸歯車及び交差軸歯車に比べて、低効率です。
- ・比較的小さな動力の伝達に使われます。
- ・歯数の組み合わせは自由で制限はありません。(かさ歯車とは異なる)

右ねじれ (R) 及び左ねじれ (L) ねじ歯車のかみ合いにおける回転方向とスラスト方向を図 1.14 に示します。

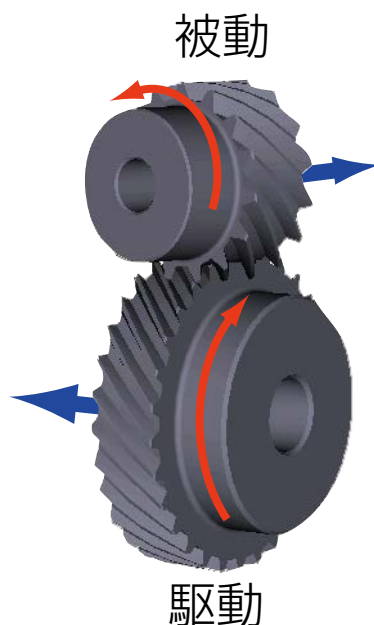
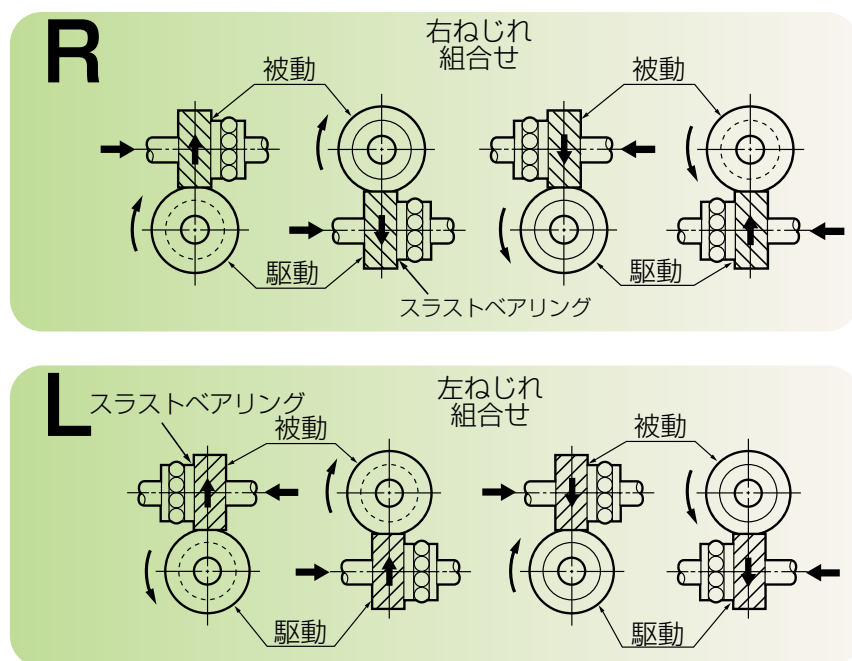


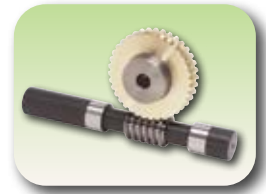
図 1.14 回転方向とスラスト方向

#### ■速度伝達比

$$\text{速度伝達比} = \frac{\text{被動歯車の歯数}}{\text{駆動歯車の歯数}} \quad (1.6)$$

## ウォームギヤ

ねじ状の歯車であるウォームと、かみ合うねじれを持ったウォームホイールのセットをウォームギヤと言います。大減速や高トルクの動力伝達用の歯車として多く使われています。



## ■速度伝達比

$$\text{速度伝達比} = \frac{\text{ウォームホイールの歯数}}{\text{ウォームの条数}} \quad (1.7)$$

右ねじれ(R)及び左ねじれ(L)ウォームギヤのかみ合いにおける回転方向とスラスト方向を図1.15に示します。

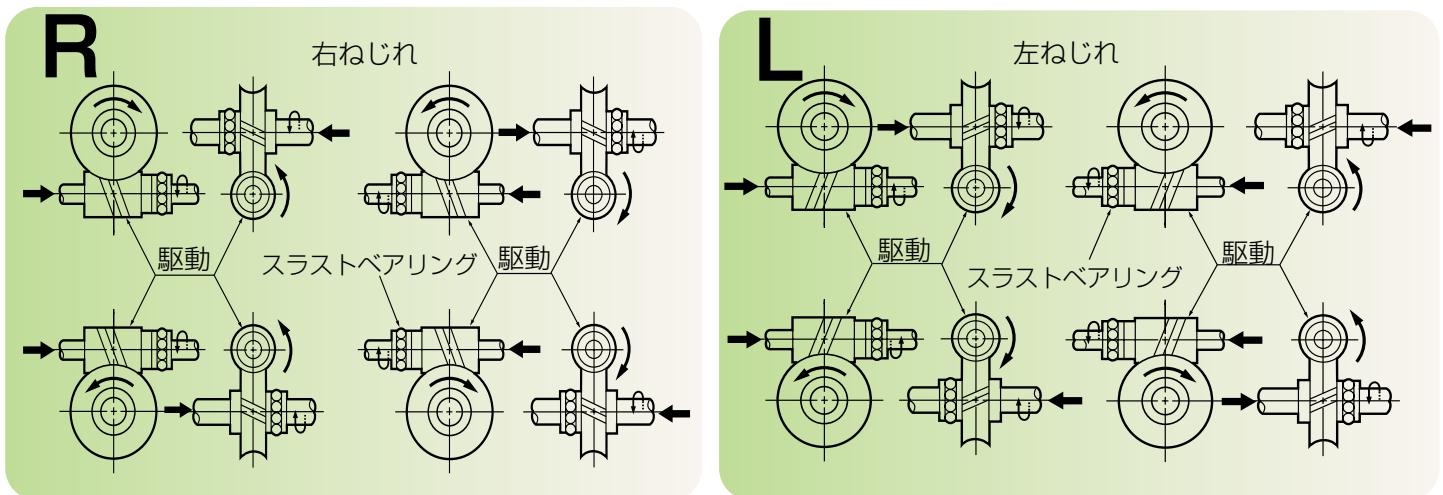


図 1.15 回転方向とスラスト方向

## 特徴 / 注意ポイント

- ・1段で大きな減速比を得ることが可能です。
- ・平行軸歯車及び交差軸歯車に比べて、低効率です。
- ・ウォームギヤ対はセットで設計し、製作する必要があります。ウォームの基準円直径に合わせて、ウォームホイールの歯切り工具を決めて、歯切りします。
- ・ねじ歯車と同様で、かみ合う歯面には滑りが発生します。潤滑には十分に気をつけて下さい。潤滑油切れを起こせば、急速に磨耗することがあります。



## 計算例

ウォーム条数  $z_1 = 2$  , ウォームホイールの歯数  $z_2 = 40$

$$\text{速度伝達比} = \frac{40}{2} = 20$$

## 2. 歯車の基本用語と寸法計算

歯車をかたるうえで必要な用語なので、ぜひ覚えましょう。

歯車の基本である歯の大きさ、圧力角、歯数・・・、歯車の基礎を理解するのに必要な専門用語、寸法、関係式などを紹介します。

### ■歯の大きさ

歯の大きさを表す単位として ISO (国際標準化機構) では、モジュールサイズを使うことが決められています。実際にはその他の方法も使われています。

### ●モジュール

モジュール  $m = 1$  ( $p = 3.1416$ )

モジュール  $m = 2$  ( $p = 6.2832$ )

モジュール  $m = 4$  ( $p = 12.566$ )

モジュールを円周率倍するとピッチ ( $p$ ) になります。ピッチは歯から次の歯までの長さです。

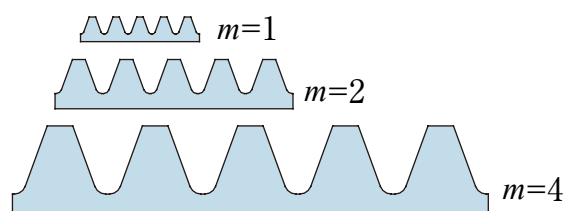


図 2.1 ラック歯形

$$p = \text{円周率} \times \text{モジュール} = \pi m \quad (2.1)$$



### 計算例

モジュール  $m = 3$  の歯車のピッチ ( $p$ ) は？

$$p = \pi m = 9.4248$$

### ●CP (シーピー)

サーキュラーピッチとも呼びます。円周ピッチの意味、ピッチ ( $p$ ) のことです。

例えば、CP5/CP10/CP15/CP20 のようにピッタリとした整数で歯車を作ることができます。

モジュール換算式

$$m = \frac{CP}{\pi} \quad (2.2)$$



### 計算例

CP10 をモジュールに換算すると

$$m = \frac{10}{3.1416} = 3.1831$$

## ● DP (デーピー)

ダイヤメトラルピッチとも呼びます。

長さの単位はミリメートル (mm) を使うのが ISO 標準ですが、アメリカやイギリスは古くから長さの単位としてインチを使用しています。これらの国で使われているのが DP です。

モジュール換算式

$$m = \frac{25.4}{DP} \quad (2.3)$$



## 計算例

DP 8 をモジュールに換算すると

$$m = \frac{25.4}{8} = 3.175$$

## ■ 圧力角 (あつりよくかく)

歯形を決める要素、歯の傾きです。

圧力角 ( $\alpha$ ) は  $20^\circ$  が一般的ですが以前は  $14.5^\circ$  の歯車が普及していました。

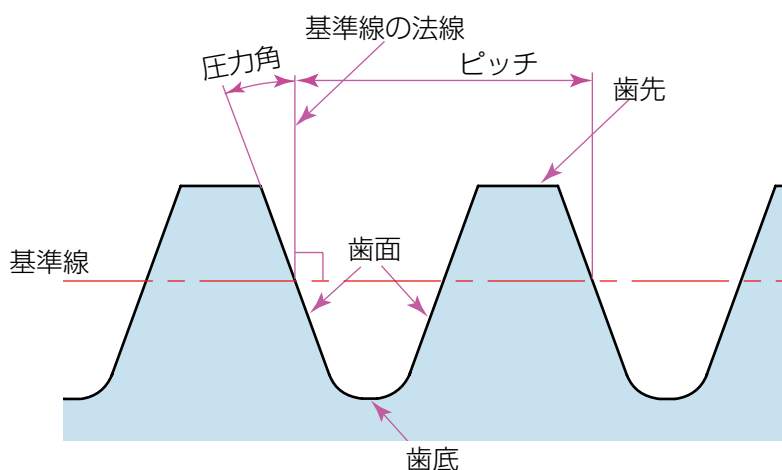
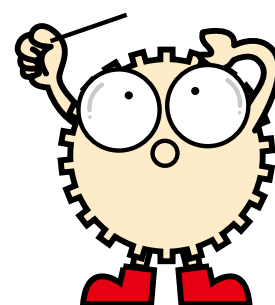


図 2.2 標準基準ラック歯形



## ■ 歯数 (はかず)

歯車の歯の数のことです。図 2.3 のように数えます。

この歯車の歯数は 10 です。

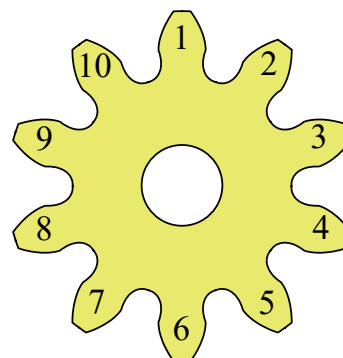


図 2.3 歯の数

これまでに解説した「モジュール ( $m$ )」「圧力角 ( $\alpha$ )」「歯数 ( $z$ )」は、歯車の基本の 3 要素です。これらに基づき歯車の各部の寸法を計算します。

■歯たけと歯厚

歯の高さはモジュール（ $m$ ）の大きさで決まります。これから ISO 及び JIS（日本工業規格）に規定された歯車歯形（並歯）について紹介します。

下の図 2.4 を見て下さい。

歯たけ（ $h$ ）／歯末のたけ（ $h_a$ ）／歯元のたけ（ $h_f$ ）を説明します。

歯たけ（ $h$ ）とは、歯先から歯底まで

$$h = 2.25 m \quad (2.4)$$

(= 歯末のたけ + 歯元のたけ)

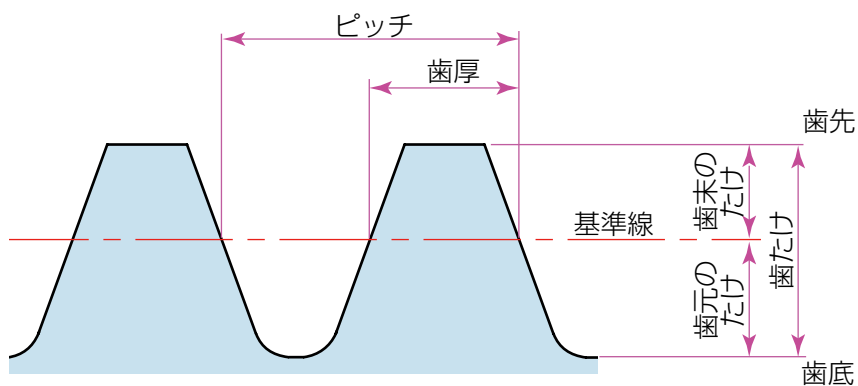


図 2.4 歯たけと歯厚

歯末のたけ（ $h_a$ ）とは、歯先から基準面（線）まで

$$h_a = 1.00 m \quad (2.5)$$

歯元のたけ（ $h_f$ ）とは、歯底から基準面（線）まで

$$h_f = 1.25 m \quad (2.6)$$

歯厚（ $s$ ）とは、ピッチ（ $p$ ）の半分が基準です。 \*ピッチ（ $p$ ） =  $\pi m$

$$s = \frac{\pi m}{2} \quad (2.7)$$



計算例

モジュール 2 の歯車の歯たけ（ $h$ ）／歯末のたけ（ $h_a$ ）／歯元のたけ（ $h_f$ ）を計算してみましょう。

$$h = 2.25 m = 2.25 \times 2 = 4.50$$

$$h_a = 1.00 m = 1.00 \times 2 = 2.00$$

$$h_f = 1.25 m = 1.25 \times 2 = 2.50$$



ここまで、歯車の基本中の基本として「モジュール」「圧力角」「歯数」「歯の大きさ（歯たけと歯厚）」を紹介してきました。

次は、平歯車（円筒歯車）の主要な各部の名称 / 寸法計算について紹介していきます。

### ■歯車の直径（大きさ）

歯車の大きさは、基準円直径（ $d$ ）が基準となります。

基準円を基準として、ピッチ、歯厚、歯たけ、歯末のたけ、歯元のたけが決まります。

基準円直径（ $d$ ）

$$d = z m \quad (2.8)$$

歯先円直径（ $d_a$ ）

$$d_a = d + 2 m \quad (2.9)$$

歯底円直径（ $d_f$ ）

$$d_f = d - 2.5 m \quad (2.10)$$

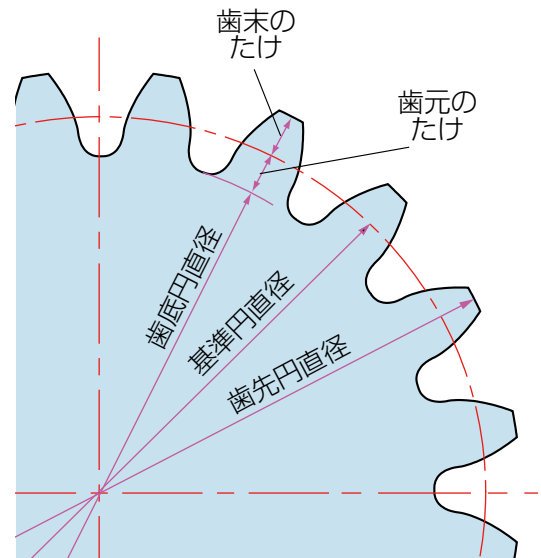


図 2.5 歯車の大きさ

☆ここで紹介した歯先円と歯底円は、目で見ることは出来ませんが、基準円は実際の歯車で見ることは出来ません。基準円は、私たちが歯車の大きさとして決めた仮想の円だからです。



### 計算例

モジュール（ $m$ ）2、歯数（ $z$ ）20 の平歯車の基準/歯先/歯底円直径を計算しましょう。

$$d = z m = 20 \times 2 = 40$$

$$d_a = d + 2 m = 40 + 4 = 44$$

$$d_f = d - 2.5 m = 40 - 5 = 35$$



### 練習問題

#### 平歯車諸元

モジュール（ $m$ ）= 4    歯数（ $z$ ）= 40    （圧力角  $\alpha = 20^\circ$ ）

基準円直径  $d =$

歯先円直径  $d_a =$

歯底円直径  $d_f =$



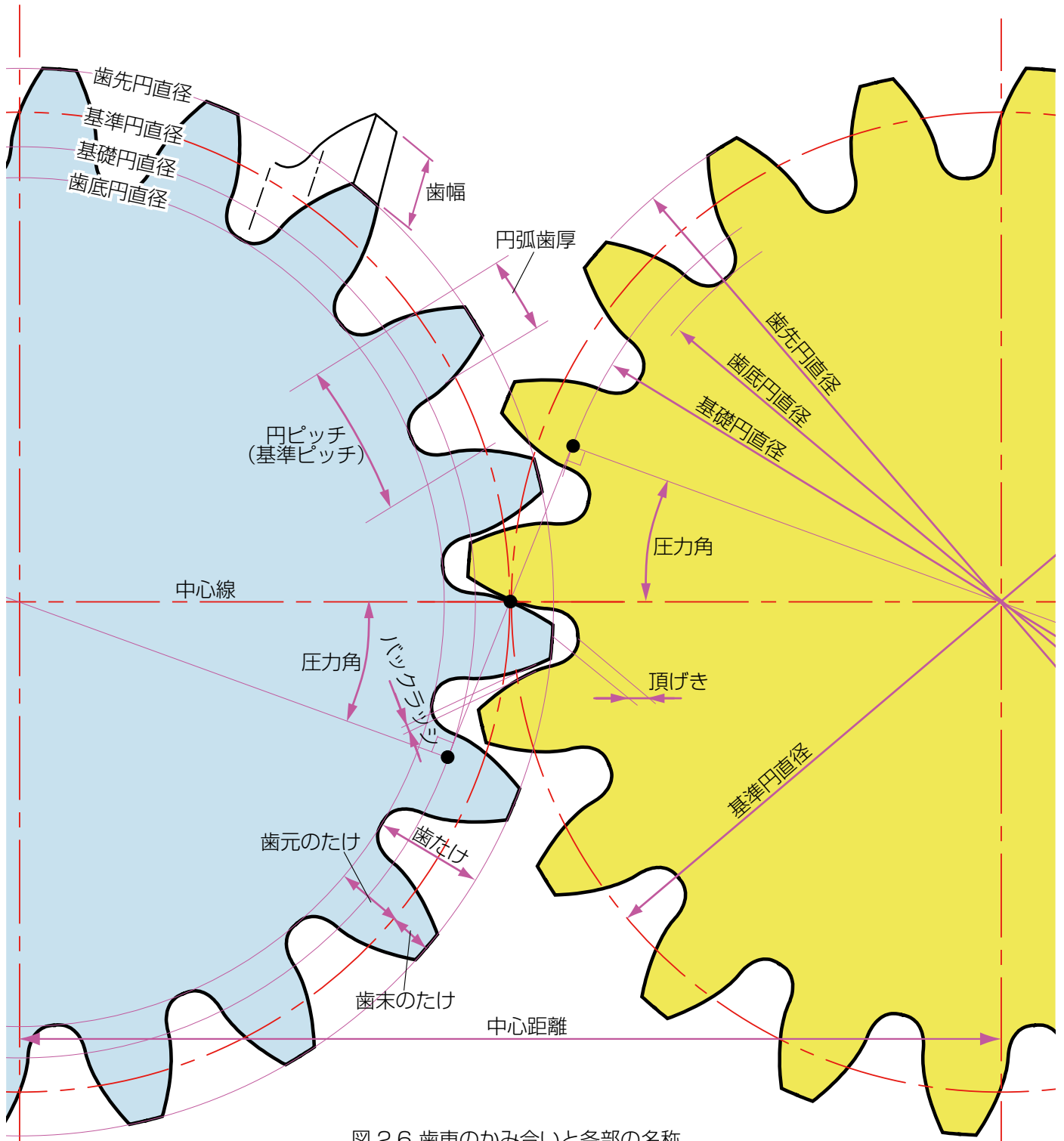


図 2.6 歯車のかみ合いと各部の名称

表 2.1 歯車の名称と記号

名称	記号	名称	記号
モジュール	$m$	歯厚	$s$
圧力角	$\alpha$	基準円直径	$d$
歯数	$z$	歯先円直径	$d_a$
ピッチ	$p$	歯底円直径	$d_f$
歯たけ	$h$	中心距離	$a$
歯末のたけ	$h_a$	バックラッシ	$j$
歯元のたけ	$h_f$	頂げき (クリアランス)	$c$

### ■中心距離とバックラッシ

一对の歯車の基準円が接するようにかみ合う時、中心距離は2つの基準円直径の和の半分です。

中心距離 ( $a$ )

$$a = \frac{(d_1 + d_2)}{2} \quad (2.11)$$

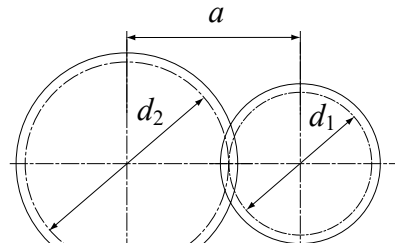


図 2.7 中心距離

図 2.6 のように歯車はかみ合いますが、スムーズにかみ合うにはバックラッシ（歯面間の遊び）が大切です。バックラッシとは、一对の歯車をかみ合わせたときの歯面間の遊びのことです。歯車対には歯たけ方向にも隙間（遊び）があります。これを頂げき（クリアランス）といいます。頂げき ( $c$ ) は、歯車の歯元のたけと相手歯車の歯末のたけの差です。

頂げき ( $c$ )

$$\begin{aligned} c &= 1.25m - 1.00m \\ &= 0.25m \end{aligned} \quad (2.12)$$

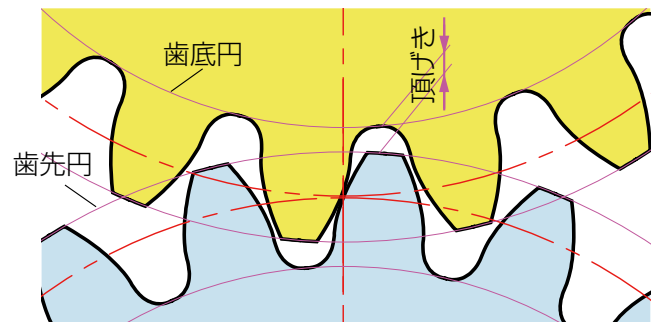


図 2.8 頂げき



### 計算例

モジュール  $m = 2$ 、小歯車  $z_1 = 20$ 、大歯車  $z_2 = 40$  の中心距離 ( $a$ ) と頂げき ( $c$ ) を計算しましょう。

$$\text{小歯車の基準円直径 } d_1 = 20 \times 2 = 40$$

$$\text{大歯車の基準円直径 } d_2 = 40 \times 2 = 80$$

$$\text{中心距離 } a = \frac{(40 + 80)}{2} = 60$$

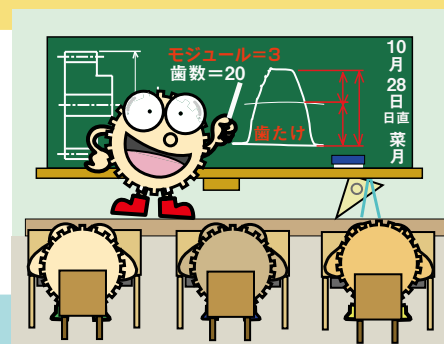
$$c = 0.25 \times 2 = 0.5$$



## 計算例

歯車の主要な寸法を計算しましょう

項目	記号	計算式	小歯車	大歯車
モジュール	$m$	X	2.5	
圧力角	$\alpha$		20°	
歯数	$z$		15	30
基準円直径	$d$	$z m$	37.5	75
歯末のたけ	$h_a$	$1.00 m$	2.5	2.5
歯元のたけ	$h_f$	$1.25 m$	3.125	3.125
歯たけ	$h$	$2.25 m$	5.625	5.625
歯先円直径	$d_a$	$d + 2 m$	42.5	80
歯底円直径	$d_f$	$d - 2.5 m$	31.25	68.75
中心距離	$a$	$\frac{d_1 + d_2}{2}$	56.25	



## 練習問題

歯車の主要な寸法を計算しましょう

項目	記号	計算式	小歯車	大歯車
モジュール	$m$	X	4	
圧力角	$\alpha$		20°	
歯数	$z$		12	60
基準円直径	$d$	$z m$	□	□
歯末のたけ	$h_a$	$1.00 m$	□	□
歯元のたけ	$h_f$	$1.25 m$	□	□
歯たけ	$h$	$2.25 m$	□	□
歯先円直径	$d_a$	$d + 2 m$	□	□
歯底円直径	$d_f$	$d - 2.5 m$	□	□
中心距離	$a$	$\frac{d_1 + d_2}{2}$	□	

## ■はすば歯車

平歯車の歯がつる巻状にねじれたのがはすば歯車です。

平歯車の計算の大部分は、はすば歯車にも適用することができます。

はすば歯車は、基準面により2つの方式があります。(図 2.9)

(a) 軸直角基準 (正面モジュール / 圧力角) 注1

(b) 歯直角基準 (歯直角モジュール / 圧力角)

注1. 軸直角の軸とは歯車の中心線のこと

正面モジュール ( $m_t$ ) と歯直角モジュール ( $m_n$ ) の関係式

$$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta} \quad (2.13)$$

KHK 標準歯車は、両方採用しています。

軸直角基準：KHG 歯研はすば歯車

歯直角基準：SH はすば歯車

軸直角基準はすば歯車の基準円直径 ( $d$ ) は、式 (2.8) で計算できます。

歯直角基準はすば歯車の基準円直径 ( $d$ ) は、式 (2.14) で計算できます。

$$d = \frac{z m_n}{\cos \beta} \quad (2.14)$$



## 計算例

正面モジュール  $m_t = 2$ 、歯数  $z = 30$ 、ねじれ角  $\beta = 15^\circ$  (R) のはすば歯車の基準円直径を計算しましょう。

基準円直径  $d = z m_t = 30 \times 2 = 60$

歯直角モジュール  $m_n = 2$ 、歯数  $z = 30$ 、ねじれ角  $\beta = 15^\circ$  (R) のはすば歯車の基準円直径を計算しましょう。

基準円直径  $d = z m_n / \cos \beta = 30 \times 2 / \cos 15^\circ = 62.117$



## 練習問題

### はすば歯車諸元

歯直角モジュール ( $m_n$ ) = 4    ねじれ角 ( $\beta$ ) =  $15^\circ$

正面モジュール  $m_t$  =

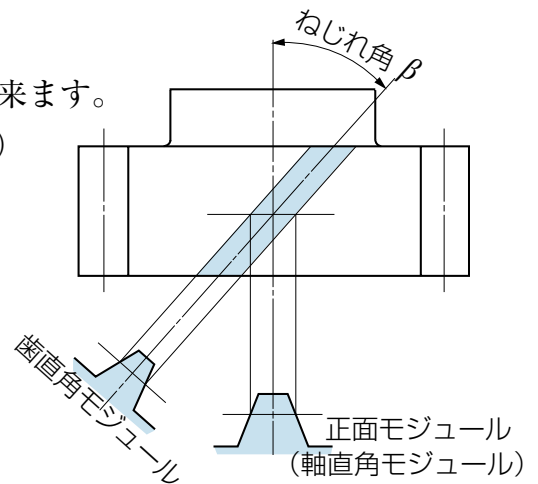


図 2.9 右ねじれ はすば歯車

## 3. 歯車の歯形

歯車の歯形として最も普及しているのはインボリュート歯形です。

産業用機械に使われている歯車の歯形は大部分がインボリュート歯形です。

インボリュート歯形がこれだけ普及したのは、その使い易さなど多くの利点があったからです。

### ■インボリュート歯形の特長

1. 工具が作りやすい（直線ラック歯形）
2. 中心距離が多少変化してもスムーズに回る
3. モジュール、圧力角が同じであれば一つの工具で異なる歯数の歯車を加工できる。

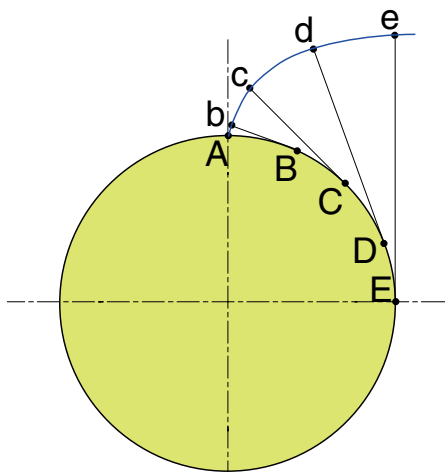


図 3.1 インボリュート曲線

### ■インボリュート歯形とは？

インボリュート歯形（曲線）は基礎円（ $d_b$ ）から作られる曲線です。

基礎円筒に糸を巻いて糸をピンと張った状態で引きほどいていったとき、糸の先端が描く曲線がインボリュート曲線です。

(A - b - c - d - e)

図は、円周の1/4、90°だけ、糸を引きほどいたときに描かれた曲線です。

### ■基礎円とは何でしょうか？

その名の通りインボリュート曲線の基礎となる円であり、圧力角（ $\alpha$ ）と基準円（ $d$ ）の大きさによって決まります。

$$d_b = d \cos \alpha \quad (3.1)$$

基礎円はインボリュート歯形の基礎となる円です。

基準円は歯車の大きさの基準となる円です。

基礎円 / 基準円は歯車にとって重要な寸法です。

インボリュート歯形は、基礎円の外側に作られる曲線です。

基礎円上では、圧力角がゼロになります。

### ■インボリュート歯車のかみ合い

標準のインボリュート歯車は基準円が接するように基準中心距離でかみ合います。

この様子は、基準円直径  $d_1, d_2$  の大きさの2つの摩擦車（まさつぐるま）が動力を伝達しているように見えます。

しかし実際にはインボリュート歯車は基準円ではなく基礎円を元にかみ合います。これは二つの基礎円にベルトをたすき掛けにして回転／動力を伝えているのに似ています。

ベルト駆動の場合は、摩擦力が伝達力よりも小さくなるとすべってしまいますが、歯車の場合は歯がありますからすべることなく回転／動力を確実に伝えることができます。

基礎円の共通接線 A - B のことを作用線といいます。

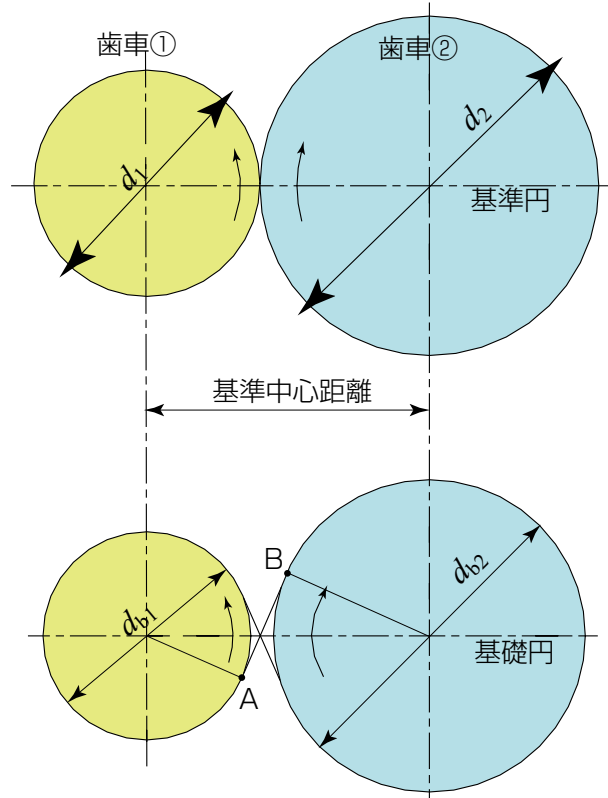


図 3.2 動力の伝達

2つの歯車の歯形のかみ合いの接触点（作用点） $P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_3$  は、作用線上を移動しています。

駆動歯車の黄色の歯に注目して下さい。この歯がかみ合い始めてしばらくの間、歯車は2歯がかみ合っています。（ $P_1/P_3$ ）

かみ合いが進行して、かみ合い点が基準円上の点  $P_2$  に移動した頃は、1歯かみ合いになります。

さらにかみ合いが進行して、かみ合い点が  $P_3$  に移動した時は、次の歯が  $P_1$  でもかみ合いを始めますから2歯かみ合いになります。

歯車は2歯かみ合いと1歯かみ合いを交互に繰り返して回転を伝えます。

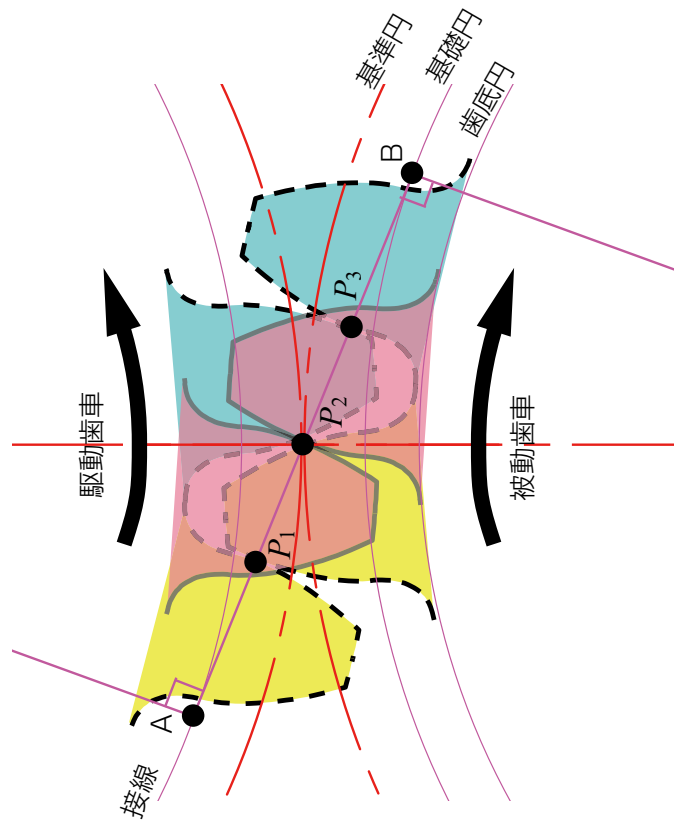


図 3.3 インボリュート歯車のかみ合い

# 4. 歯車の転位

転位歯車にすれば強度を強くしたり中心距離が変えられます。

歯車を使うときに「ちょっと中心距離を変えたい」ときや「強度が不安」に感じる場合があります。ここでは歯車の歯形や歯厚を変える転位について紹介します。

歯車には、標準歯車と転位歯車があります。

標準歯車とは、図 4.1 のような基本的な歯形をした歯車です。

歯車の転位とは、標準歯車とは異なる歯厚に歯車を作ることです。インボリュート歯車の歯厚を厚くしたり薄くしたりすることにより、歯車の強さを変えたり、歯車対の中心距離を変えることができます。

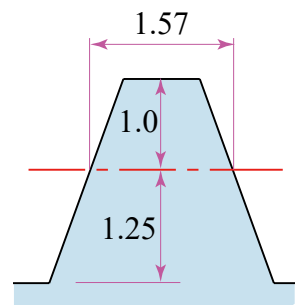


図 4.1 モジュール 1 のラック歯形

## ■歯車の歯数と歯形

ラック歯形は直線ですがインボリュート歯車の歯形は、歯数により異なります。

インボリュート歯形は曲線ですが、歯数が大きくなるに従ってラック歯形の様に直線的な歯形になってきます。

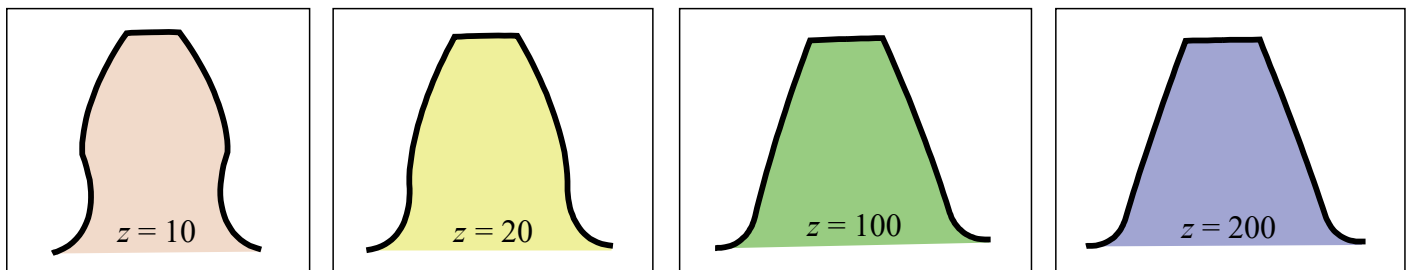


図 4.2 歯数の違いによる歯形の変化

歯数が大きくなるに従って、歯元の厚い歯形になりますから、強い歯形になります。

歯数 10 の歯車の歯形は、歯元がえぐられアンダーカット（切り下げ）が発生しています。

小 ← 歯 数 → 大  
 小 ← 歯元厚み → 大  
 小 ← 強 度 → 大

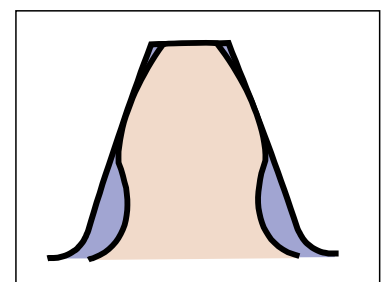


図 4.3 z10 × z200 の歯形比較

歯数  $z = 10$  の歯車もプラス転位して歯先円直径を大きく、歯厚を厚くすれば、歯数  $z = 200$  の歯車と同じくらい強い歯車になります。



### ■ 転位歯車

図 4.4 は歯数  $z = 10$  の歯車をプラス転位して歯切りをしている様子を示しています。歯切時の工具半径方向のずらし量を転位量  $xm$  (mm) といいます。

$xm$  = 転位量 (mm)

$x$  = 転位係数

$m$  = モジュール (mm)

図 4.5 を見れば、転位歯車 (転位係数  $x=+0.5$ ) とすることによって、歯形が変わって歯厚が厚くなるのがよく分かります。外径 (歯先円直径) も大きくなります。

歯車をプラス (正) 転位することにより、アンダーカット (切下げ) を防止する効果もあります。

転位歯車とする目的は他にもあります。

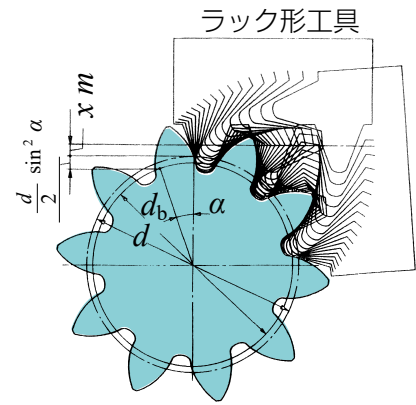


図 4.4 正転位平歯車の創成 ( $\alpha = 20^\circ, z = 10, x = +0.5$ )

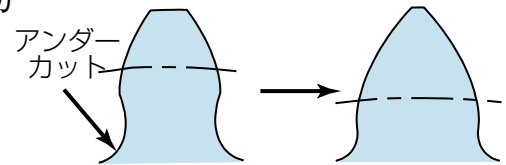


図 4.5 正転位歯形との比較

### ■ 中心距離の変更

標準歯車 (転位なし) の基準中心距離は、基準円直径の和の半分です。転位歯車にすることにより中心距離を大きくしたり、小さくしたりすることができます。

プラス 転位 → 中心距離を大きく

マイナス転位 → 中心距離を小さく

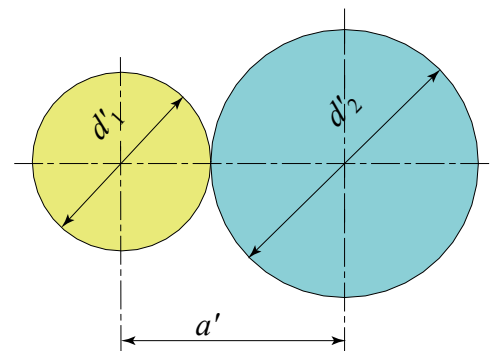


図 4.6 正転位歯車の中心距離

### ■ 転位歯車の特長と注意事項

転位はプラス転位でも、マイナス転位でも限界があります。

#### ● プラス転位歯車

- ・ 曲げに強い歯形になります  
歯元の歯厚が厚くなるからです
- ・ かみ合い率が小さくなります  
中心距離が大きくなり、かみ合い圧力角が大きくなるからです
- ・ 歯先が尖る可能性があります  
転位が大きくなるに従って、歯先の幅は小さくなります  
限界を超えると、歯先が尖ります

#### ● マイナス転位歯車

- ・ 曲げに弱い歯形になります  
歯元の歯厚が薄くなるからです
- ・ かみ合い率が大きくなります  
中心距離が小さくなり、かみ合い圧力角が小さくなるからです
- ・ アンダーカット (切下げ) が発生する可能性があります  
転位が大きくなるに従って、歯元の幅は小さくなります  
限界を超えると、アンダーカット (切下げ) が発生します

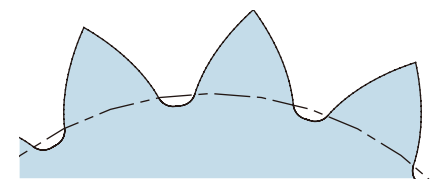


図 4.7 歯先尖り

# 5. 歯車の精度

高精度の歯車とは、形状誤差が少ない歯車のことです。

1つの軸から別の軸へ回転 / 動力を正確に静かに伝えるのが歯車の役目です。  
正確に、静かに伝えるには、歯車の精度を高めることが必要です。

- 歯車の精度は、大きく3つに分類できます。
- 歯車の精度の基準は、歯車の中心線（歯車軸）です。
- 誤差の小さな歯車が高精度な歯車です。

- (1) インボリュート歯形の正確さ → 歯形精度
- (2) 歯面歯すじの正確さ → 歯すじ精度
- (3) 歯 / 歯溝の位置の正確さ
  - ・ 歯の割出し精度 → 単一ピッチ精度
  - （ピッチの正確さ） → 累積ピッチ精度
  - ・ 歯溝に押し込んだボールの → 歯溝の振れ精度
  - 半径方向の位置のバラツキ

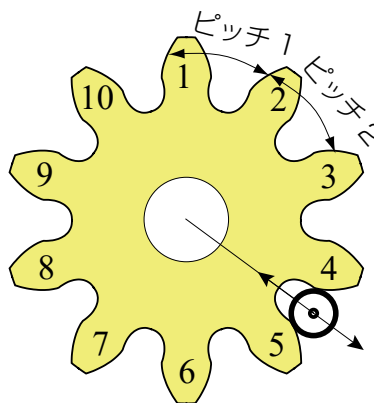
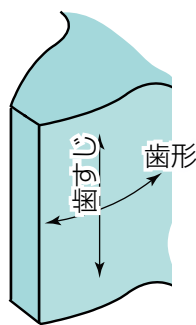
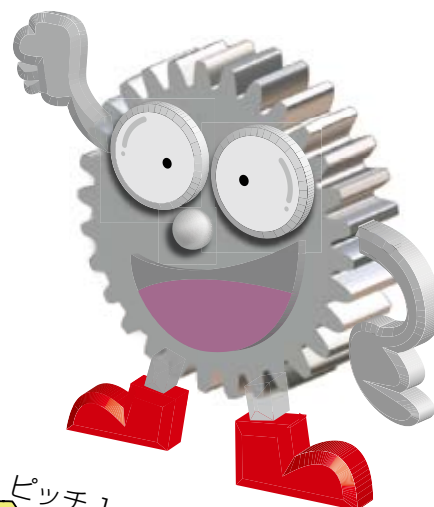


図 5.1 歯車の精度

## ■歯形誤差 ( $F_\alpha$ )

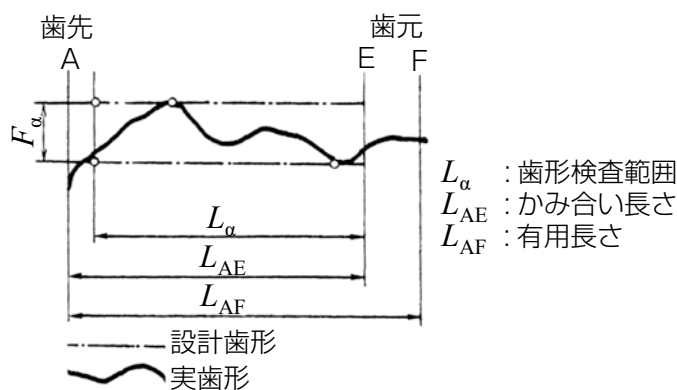


図 5.2 全歯形誤差  $F_\alpha$

## ■歯すじ誤差 ( $F_\beta$ )

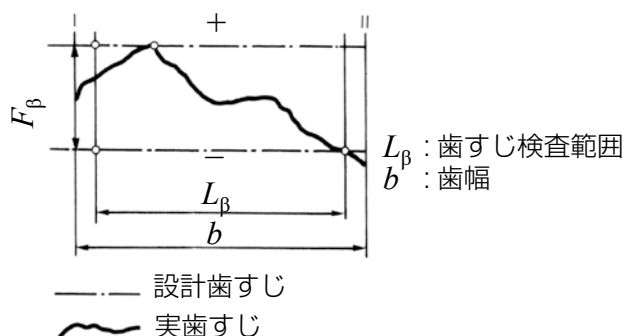


図 5.3 全歯すじ誤差  $F_\beta$

### ■ピッチ誤差

歯車軸を中心とする測定円周上でピッチ測定します。

#### (a) 単一ピッチ誤差 ( $f_{pt}$ )

実際のピッチと理論ピッチとの差

#### (b) 累積ピッチ誤差 ( $F_p$ )

全歯ピッチ誤差を測定して評価します。累積ピッチ誤差曲線の全振幅が累積ピッチ誤差です。

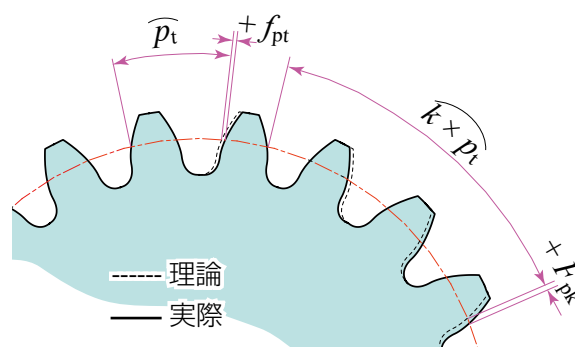


図 5.4 ピッチ誤差

### ■歯溝の振れ ( $F_r$ )

全歯溝に測定子（玉、ピン）を押し込み、測定子の半径方向位置の最大値と最小値との差です。歯溝の振れには歯車軸の偏心が含まれています。

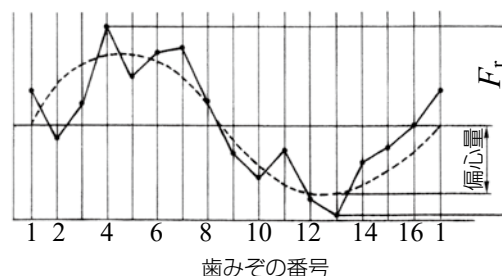


図 5.5 歯数 16 の歯みぞの振れ

### ■両歯面かみ合い誤差 ( $F_{i''}$ )

歯形 / ピッチ / 歯すじ精度などは、歯車単体で精度を評価するものでした。この方法とは異なり、親歯車（マスタギヤ）とのかみ合わせにより歯車の精度を評価する両歯面かみ合いテストという歯車精度の評価方法があります。

親歯車と被検査歯車の両歯面が接触するようにかみ合わせて被検査歯車を 1 回転させて中心距離の変化を記録します。

図 5.6 は歯数が 30 の歯車の試験結果です。1 ピッチかみ合い誤差の小さな山（波）が 30 ケ所見られます。全かみ合い誤差は、歯溝の振れ誤差の大きさプラス 1 ピッチかみ合い誤差の大きさくらいになります。

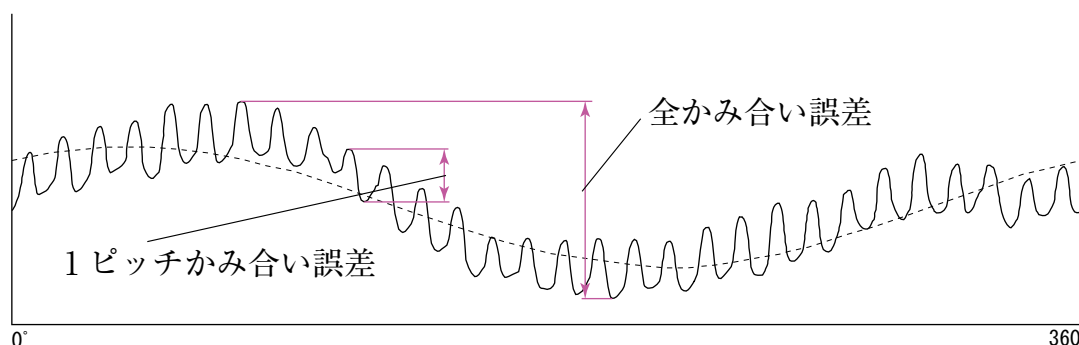


図 5.6 両歯面かみ合い試験の結果

## 6. 歯車の材料と熱処理

歯車を使う場所によって、材料と熱処理の選定は重要です。

機械、機器、日用品、おもちゃなどに広く使われている歯車は、いろいろな材料が使われています。ここでは代表的な金属材料とその熱処理を紹介します。

### 6-1 代表的な金属材料

#### ■ S45C（機械構造用炭素鋼）

S45Cは中程度（0.45%）の炭素を含んだ鋼（スチール）の代表選手です。大変入手しやすい材料で、平歯車、はすば歯車、ラック、かさ歯車、ウォームなど各種の歯車に使われます。

一般的な熱処理と硬度

熱処理	硬度
なし	194HB以下
調質	200～270HB
高周波焼入れ	50～60HRC

#### ■ SCM440（クロムモリブデン合金鋼）

中程度の炭素（C=0.40%）を含有し、クロム／モリブデンなどの成分も含んだ合金鋼です。

S45Cよりも強い材料で、調質や高周波焼入れして硬度を高めて各種歯車に使われます。

一般的な熱処理と硬度

熱処理	硬度
調質	225～285HB
高周波焼入れ	50～60HRC

#### ■ SCM415（クロムモリブデン合金鋼）

低炭素合金鋼（C=0.15%）の代表選手です。一般的には、浸炭焼入れして使います。S45CやSCM440よりも強い材料です。表面硬度は55～60HRCくらいで使います。

#### ■ SUS303（ステンレススチール：18Cr-8Ni 鋼）

ステンレススチールという名前の通り、錆が発生しにくい鋼（スチール）です。

オーステナイト系のステンレス鋼で基本的には非磁性です。

錆の発生をきらう食品機械などの歯車に使われます。

似たような成分の材料にSUS304というステンレス鋼がありますが、これはSUS303よりも耐食性が優れています。

#### ■ 銅合金鋳物

ウォームホイールの材料として良く使われます。りん青銅鋳物（CAC502）やアルミニウム青銅（CAC702）などが一般的です。相手ウォームはS45C/SCM440/SCM415などの鉄系金属材料を使います。ウォームとウォームホイールの材料を変えるのは、滑りによる歯面のかじりや焼付きを防ぐためです。

## 6-2 代表的な熱処理

### ■焼入れとは？

鋼の硬度を高めるために高温（約 800℃）に加熱してから急冷する処理です。冷却剤の種類により油焼入れ / 水焼入れ / スプレー焼入れなどがあります。焼入れ後、硬くなりすぎた鋼（スチール）に韌性を与える焼戻しを行うのが一般的です。

純粋な鉄は焼入れして硬くすることは出来ませんが、炭素を 0.35% 以上含有した鉄であれば焼入れすることが可能です。

### ■調質とは？

焼入れと焼戻しを組み合わせ、鋼の硬さ / 強度 / 韌性を調整する熱処理です。

調質後に製品を機械加工しますから焼入れほどは硬度を高くしません。

### ■高周波焼入れとは？

S45C や SCM440 のような 0.35% 以上の炭素を含有した鋼（スチール）の表面を硬くする焼入れ方法です。

歯車を高周波焼入れする場合、歯面及び歯先を硬くすることは出来ても、歯底を硬くすることは出来ないことがあります。硬さは浸炭焼入れした場合よりも低いです。高周波焼入れすることにより歯車精度は低下します。高精度な歯車とするには歯車研削します。

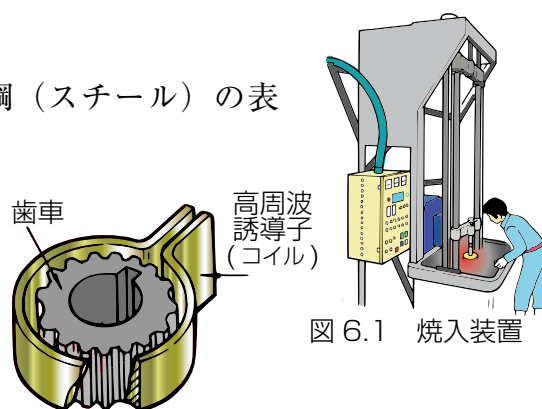


図 6.1 焼入れ装置

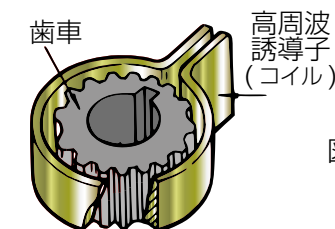


図 6.2 加熱用コイル

### ■浸炭焼入れとは？

低炭素鋼の表面に炭素をしみ込ませて、高炭素の状態にして、表面だけ硬化する熱処理です。

炭素がしみ込んだ表面は特別に硬くなります。芯部（C=0.15% の低炭素）もある程度は硬くなりますが表面ほど硬くなりません。

浸炭焼入れした歯車は変形（寸法プラス）したり、歪んだりして精度は 1 等級程度悪くなります。

歯車の精度を高めるには、歯車研削が必要です。

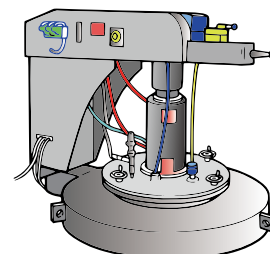


図 6.3 浸炭焼入れ炉

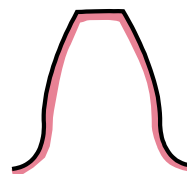


図 6.4 浸炭焼入れの浸炭層

### ■窒化とは？

鋼の表面に窒素を拡散侵入させて表面を硬くする熱処理です。鋼に、アルミニウム、クロム、モリブデンが含まれていると窒化しやすく硬くなります。代表的な窒化鋼としては、SACM645（アルミニウムクロムモリブデン鋼）があります。

# 7. 歯車の強度

歯車は歯が命。歯車の強さは折損と磨耗強さで決まります。

歯車の設計者は歯車に働く負荷、回転数、期待する寿命時間などから歯車の仕様を決定します。ここでは歯車の強さとして、曲げ強さと歯面強さを簡単に紹介します。

## ■平歯車及びはすば歯車の曲げ強さ計算式 JGMA401-01

限界を超えた力が歯に加わった場合、歯は図に示した歯底すみ肉部から破損します。曲げ強さ計算式を以下に示します。

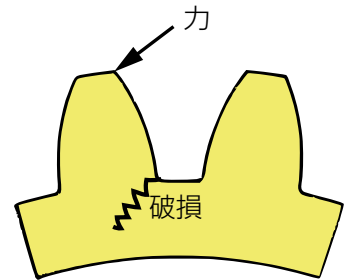


図 7.1 曲げ応力過大

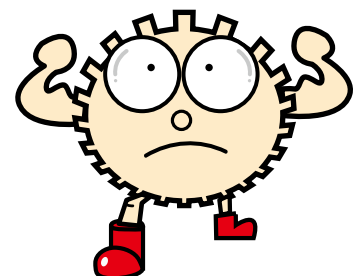
$$\text{許容円周力 } (F_{\text{lim}}) = \sigma_{\text{Flim}} \frac{m_n b}{Y_F Y_\epsilon Y_\beta} \left( \frac{K_L K_{\text{FX}}}{K_V K_O} \right) \frac{1}{S_F} \quad (7.1)$$

記号	名称	影響する要素／仕様など
$\sigma_{\text{Flim}}$	許容歯元曲げ応力	材料／熱処理
$m_n$	歯直角モジュール	歯の大きさ
$b$	歯幅	歯車の大きさ
$Y_F$	歯形係数	圧力角／転位係数／歯たけ
$Y_\epsilon$	荷重分配係数	かみ合い率
$Y_\beta$	ねじれ角係数	はすば歯車のねじれ角
$K_L$	寿命係数	期待する寿命
$K_{\text{FX}}$	寸法係数	今のところ 1.00 (未知)
$K_V$	動荷重係数	周速度／歯車精度
$K_O$	過負荷係数	原動機／被動機械の衝撃
$S_F$	安全率	安全を考えて 1.2 以上にしたい

## ■曲げ強さを大きくするには

許容円周力の式 (7.1) の分母を小さく、分子を大きくします。

- (a) 強い材料を使う (許容歯元曲げ応力を大きく)
- (b) 歯車を大きくする (大きなモジュール / 広い歯幅)
- (c) 強い歯形にする (歯形係数を小さく)
  - ・ 大きな圧力角
  - ・ プラス転位
- (d) かみ合い率を大きくする (荷重分布係数を小さく)
  - ・ 歯数を増やす
  - ・ はすば歯車にする
- (e) 高精度にする



### ■平歯車及びはすば歯車の歯面強さ計算式 JGMA402-01

歯面強さは歯面の接触応力に基づいて歯面損傷（ピッチング）に対する強さを計算します。

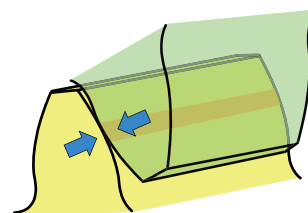


図 7.2 接触応力

歯面強さに対する許容円周力  $F_{lim}$  は、

$$許容円周力 (F_{lim}) = \sigma_{Hlim}^2 d_{01} b_H \frac{i}{i \pm 1} \left( \frac{K_{HL} Z_L Z_R Z_V Z_W K_{HX}}{Z_H Z_M Z_\epsilon Z_\beta} \right)^2 \frac{1}{K_{H\beta} K_V K_O} \frac{1}{S_H^2} \quad (7.2)$$

記号	名称	影響する要素／仕様など
$\sigma_{Hlim}$	許容ヘルツ応力	材料／熱処理
$d_{01}$	小歯車のピッチ円直径	歯車（小）の大きさ（直径）
$b_H$	有効歯幅	歯車の大きさ
$i$	歯数比（ $z_2 / z_1$ ）	歯数の比
$Z_H$	領域係数	ねじれ角／転位係数
$Z_M$	材料定数係数	材料の組合わせ
$Z_\epsilon$	かみ合い率係数	正面／重なりかみ合い率
$Z_\beta$	ねじれ角係数	1.00（今のところ未知）
$Z_{HL}$	寿命係数	期待する寿命
$Z_L$	潤滑油係数	潤滑油と動粘度
$Z_R$	粗さ係数	歯面の粗さ
$Z_V$	潤滑速度係数	周速度／表面硬さ
$Z_W$	硬さ比係数	大歯車の硬さ
$K_{HX}$	寸法係数	今のところ 1.00
$K_{H\beta}$	荷重分布係数	歯車支持方法／剛性など
$K_V$	動荷重係数	周速度／歯車精度
$K_O$	過負荷係数	原動機／被動機械の衝撃
$S_H$	安全率	安全を考えて 1.15 以上とした

### ■歯面強さを大きくするには

- 焼入した固い材料を使う（許容ヘルツ応力を大きく）
- 歯車を大きくする（大きなピッチ円直径／広い有効歯幅）
- かみ合い率を大きくする（かみ合い率係数を小さく）
- 高精度にする

### ■Web サイトの強度計算機能

歯車の強度計算はいろいろと複雑ですが、弊社 Web サイトで KHK 標準歯車の強度計算ができます。使用条件を入力することにより簡単に計算できます。

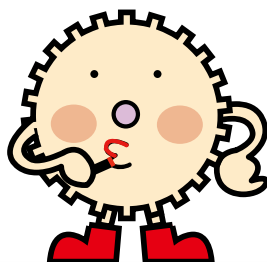
歯車強度計算式にはいろいろありますが、弊社では JGMA の計算式を採用しています。

# 8. 歯車の表面処理

用途に合わせた表面処理を行うと、さらにパワーアップします。

表面処理は防錆や耐摩耗性を改善するために行います。

- 耐食性向上 / 防錆効果
- 耐摩耗性向上
- 表面粗さ向上（表面を滑らかに）
- 表面を美しく、きれいにする
- その他（疲労強度向上）



注 1：耐摩耗性が向上しても無潤滑運転は行えません。  
 注 2：焼入れ硬化された歯車にめっきを行うと脆くなります。  
 注 3：めっきの厚みによって歯車精度や寸法精度が悪化します。

## ■電気亜鉛めっき

鉄の防錆を目的とした代表的なめっき法です。  
 クロメート処理の進歩によって外観性能も向上しています。  
 めっき厚は、2～25 μmくらいが一般的です。



電気亜鉛めっき

## ◇ユニクロメート

RoHS 非対応の表面処理です。青みがかった銀白色です。防錆性能は他の亜鉛メッキより劣りますが、低価格です。RoHS 対応の場合、三価クロメート（三価ホワイト）をご指定ください。



ユニクロメート

## ◇黒クロメート

RoHS 非対応の表面処理です。黒色ですが、形状によってやや赤みを帯びます。電気亜鉛めっきのうちでは耐食性に優れています。RoHS 対応の場合、三価黒クロメート（三価ブラック）をご指定ください。



黒クロメート

## ■無電解ニッケルめっき（カニゼンめっき）

耐食性 / 耐摩耗性を向上します。電気を使用しないめっきです。  
 めっきの膜厚（3～10 μm）が均一で「複雑な形状」「寸法精度の厳しいもの」に適しています。



無電解ニッケルめっき



### ■黒染め

アルカリ黒色酸化着色のこと。

強アルカリ性処理液を 140℃ に加熱して金属自身の化学変化によって黒色にします。防錆効果があります。表面に膜厚 3 μm 以下の四三酸化鉄皮膜ができます。



黒染め

### ■レイデント処理

防錆効果大 / 耐摩耗性も向上。色は黒。レイデントは、レイデント工業の登録商標です。メッキに似た処理で表面に大変剥がれにくいクロム系のレイデント皮膜 (1 ~ 2 μm) を作ります。

注 1. RoHS 対応の場合、残留六価クロムの除去処理をご指定ください。

注 2. 形状や大きさによって、歯底や穴内部などにレイデント皮膜が綺麗にのらない場合があります。



レイデント処理

### ■パーカー処理 (リン酸塩処理)

りん酸鉄系化成処理のことです。

りん酸鉄系皮膜は、薄膜非晶質皮膜で屋内塗装製品の塗装下地皮膜として利用されています。

#### ◇パルホスM

りん酸マンガン系化成処理のことです。めっき厚は、3 ~ 15 μm くらいです。防錆皮膜としても利用されますが、耐摩耗性に優れていることにより、摺動部品などに使用されます。



パルホス M

### ■固体潤滑処理

油では不可能な潤滑を可能にする固体潤滑処理として、「KHK ドライコートスプレー (GJS-0901)」が大変便利です。

歯車の歯面にスプレーするだけで潤滑剤が付着乾燥すると共に、配合されている二硫化モリブデンによって、微小すり動作による磨耗 (フレッティングコロージョン) 防止や初期なじみ用として効果を発揮します。



固体潤滑処理

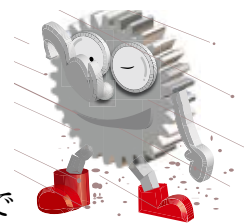
### ■WPC 処理

金属の疲労強度向上 / 摺動性向上に有効です。

疲労強度の向上であって、曲げ強度を向上させるものではありません。

40 ~ 200 μm の極小ショットを歯車に対して 100m/sec 以上の高速で噴射して処理します。

これにより瞬間的に熱が発生し、表面の金属結晶を溶かし、急冷することにより、金属の結晶が細くなります。寸法変化はほとんどありません。寸法変化は 1 ~ 2 μm くらいです。



WPC 処理

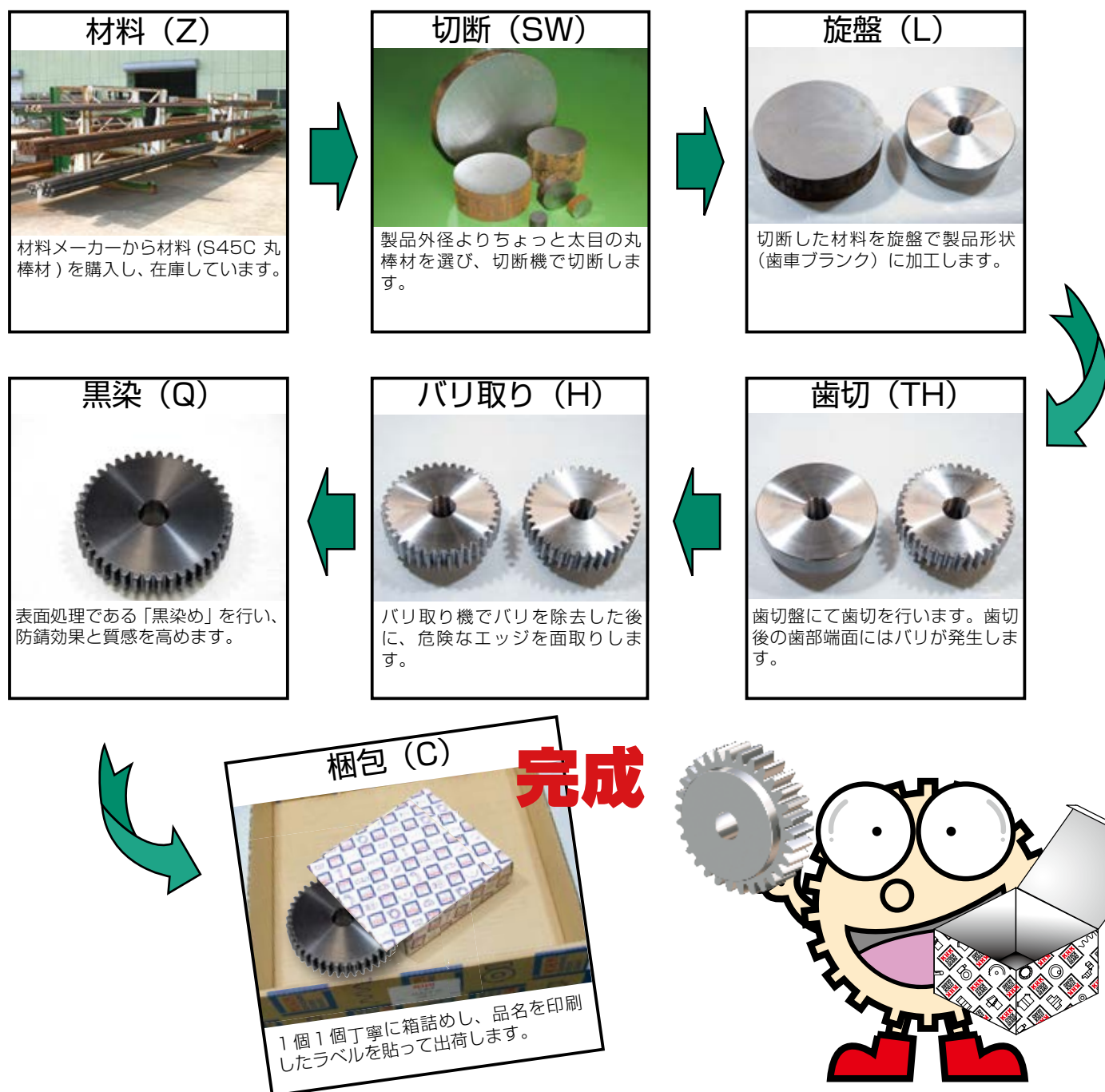
# 9. 歯車ができるまで

KHK標準歯車ができるまで。工程の流れを見てください。

歯車の製作方法にはいろいろありますが、代表的な切削加工を紹介します。  
各種KHK標準歯車の材料を投入してから梱包するまでの流れをご覧ください。

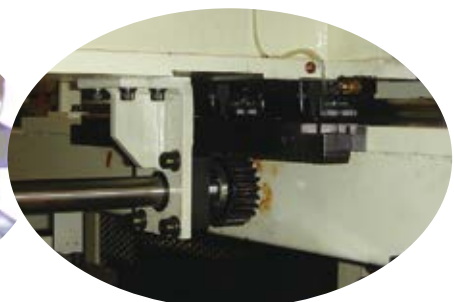
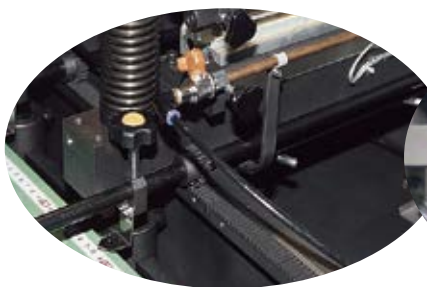
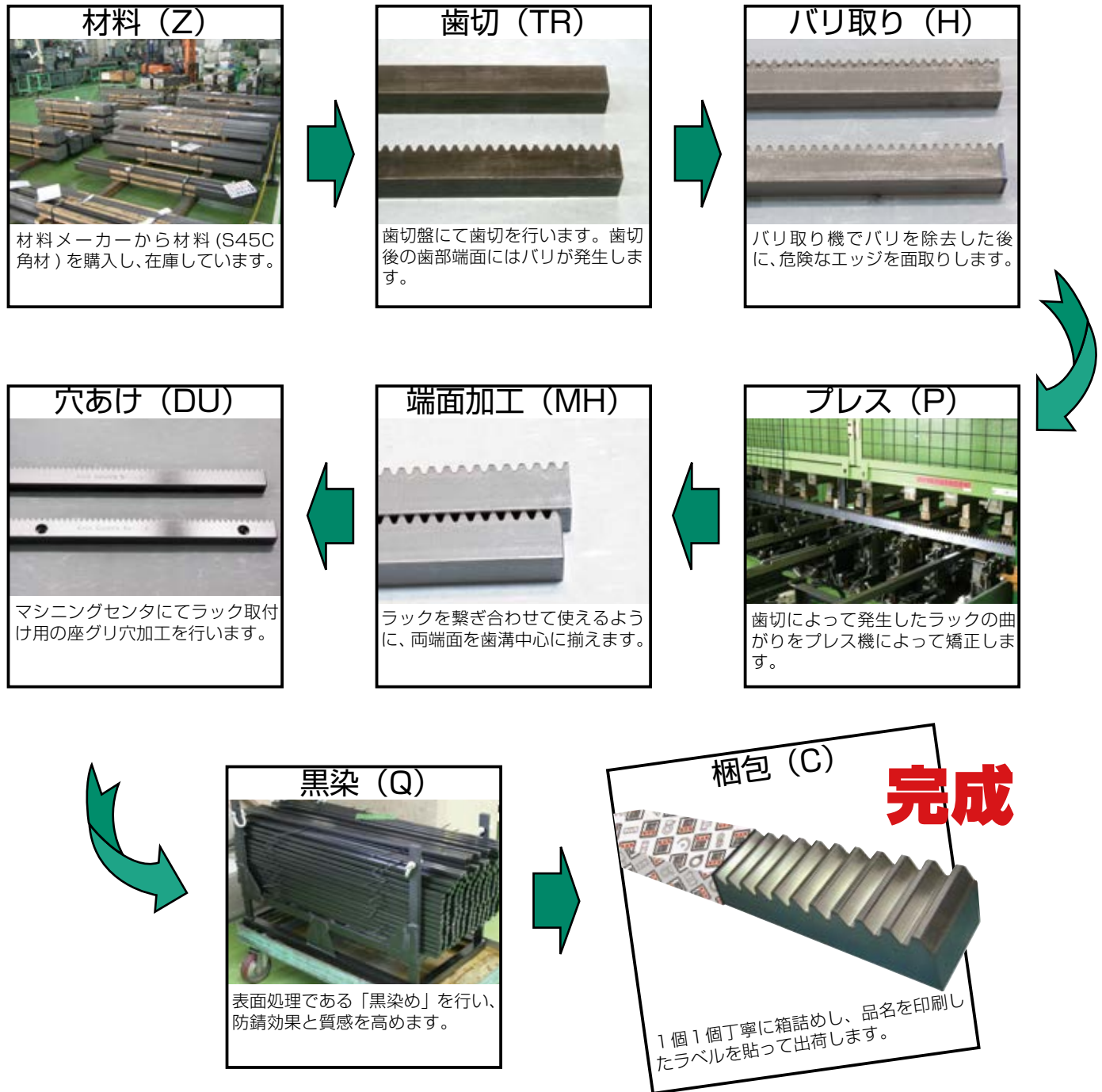
## 9-1 平歯車ができるまで

SSタイプの代表的な工程を紹介します。（写真は必ずしもSSではありません。）



## 9-2 ラックができるまで

SRFD タイプの代表的な工程を紹介します。(写真は必ずしも SRFD ではありません。)



### 9 - 3 かさ歯車ができるまで

SM タイプの代表的な工程を紹介します。(写真は必ずしも SM ではありません。)

**材料 (Z)**



材料メーカーから材料 (S45C 丸棒材) を購入し、在庫しています。

**切断 (SW)**



製品外径よりちょっと太目の丸棒材を選び、切断機で切断します。

**旋盤 (L)**



切断した材料を旋盤で製品形状 (歯車ブランク) に加工します。

**黒染 (Q)**



表面処理である「黒染め」を行い、防錆効果と質感を高めます。

**バリ取り (H)**



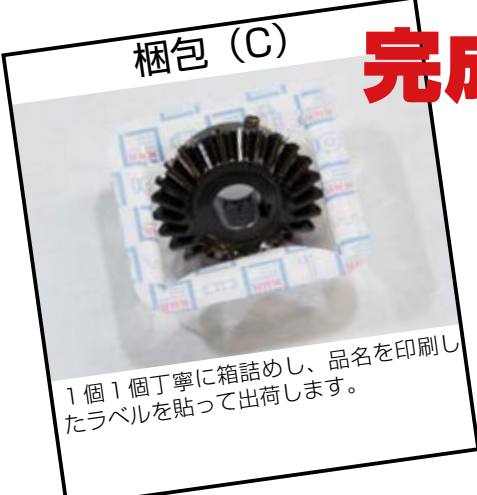
バリ取り機でバリを除去した後に、危険なエッジを面取りします。

**歯切 (TB)**

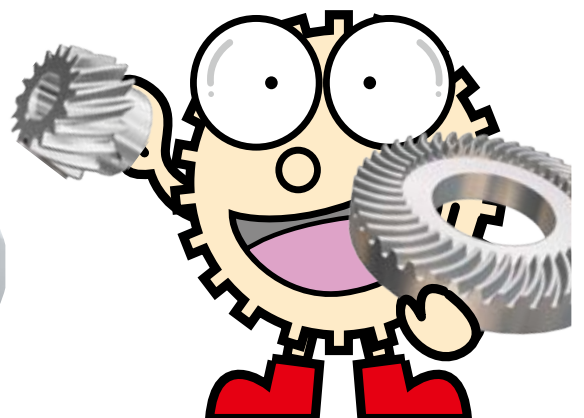
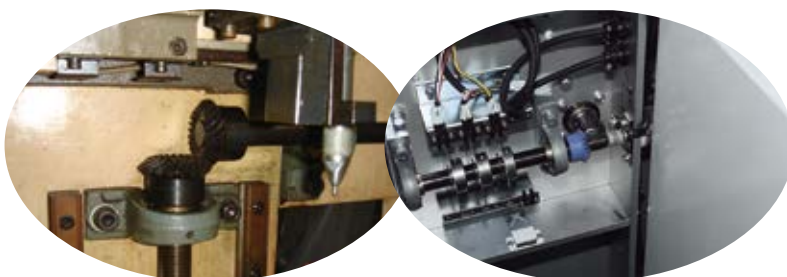


歯切盤にて歯切を行います。歯切後の歯部端面にはバリが発生します。

**梱包 (C) 完成**



1個1個丁寧に箱詰めし、品名を印刷したラベルを貼って出荷します。



### 9-4 ウォームができるまで

SW タイプの代表的な工程を紹介します。(写真は必ずしも SW ではありません。)

**材料 (Z)**



材料メーカーから材料 (S45C 丸棒材) を購入し、在庫しています。



**切断 (SW)**



製品外径よりちょっと太目の丸棒材を選び、切断機で切断します。



**旋盤 (L)**



切断した材料を旋盤で製品形状 (歯車ブランク) に加工します。



**黒染 (Q)**



表面処理である「黒染め」を行い、防錆効果と質感を高めます。



**バリ取り (H)**



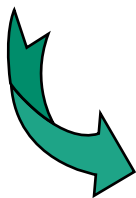
不完全ねじ部のバリを除去すると共に、危険なエッジを面取りします。



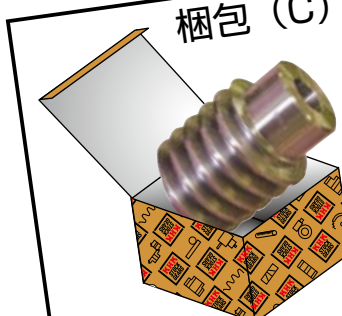
**歯切 (TW)**



歯切盤にて歯切を行います。不完全ねじ部には鋭利なバリが発生します。

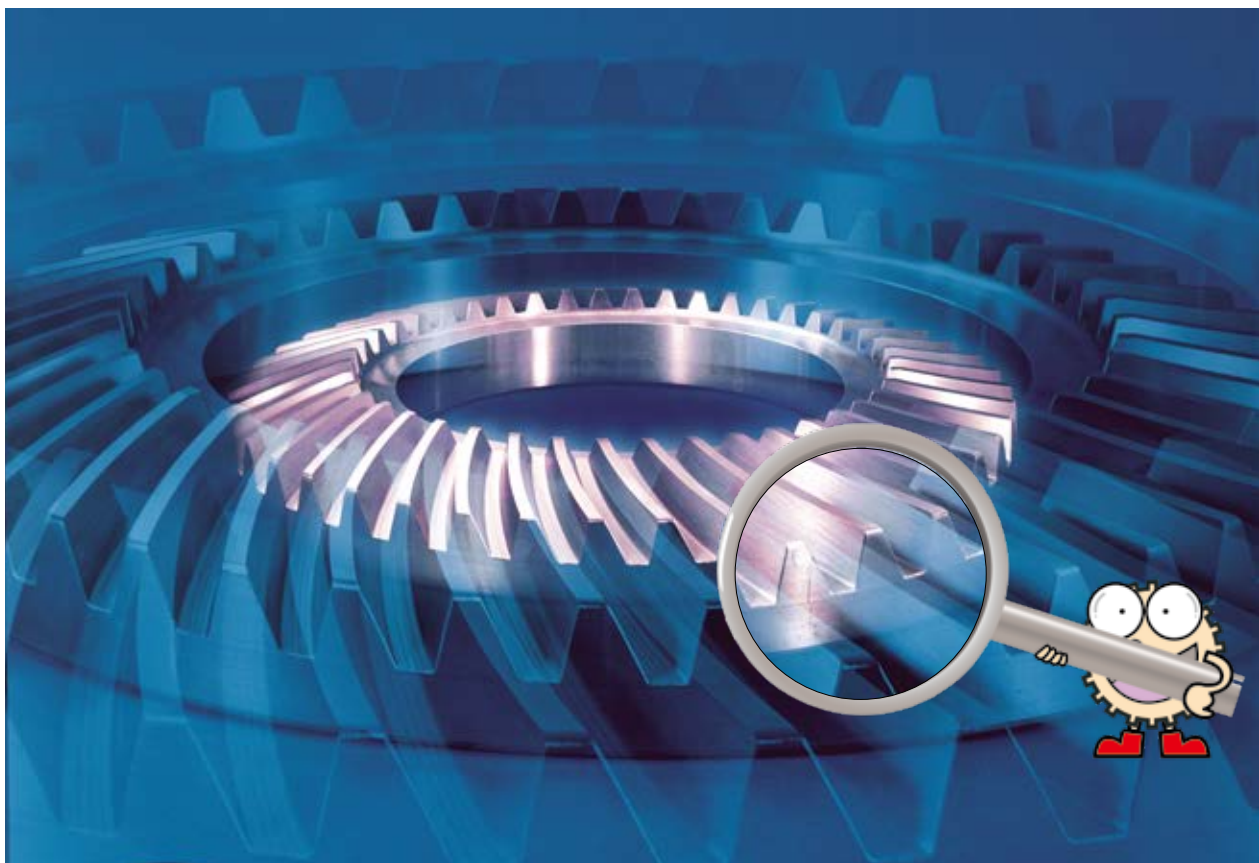


**梱包 (C) 完成**



1個1個丁寧に箱詰めし、品名を印刷したラベルを貼って出荷します。





- 本小冊子は著作権法上の保護を受けています。本小冊子の一部あるいは全部について、いかなる方法においても無断で複写、複製することを禁じます。
- 本小冊子は、KHKグループの社員教育用、及び一般のお客様に歯車の事を知って頂くための弊社宣伝用ツールです。
- 本小冊子に起因してご使用者に直接または間接的損害が生じても、小原歯車工業株式会社はいかなる責任も負わないものとし、一切の賠償等を行わないものとします。
- 本小冊子に記載された内容などは、予告なく変更する場合があります。

---

# 歯車ABC 基礎編

平成19年9月1日 第1版第1刷発行

著作／制作：小原歯車工業株式会社

発行人 小原敏治

発行所 小原歯車工業株式会社

〒332-0022 埼玉県川口市仲町13-17

編集制作 歯車ABC作成チーム





# 小原歯車工業株式会社

本社 〒332-0022 埼玉県川口市仲町 13-17 TEL:048-255-4871(代) FAX:048-256-2269

大阪営業所 〒540-0012 大阪市中央区谷町 5-6-32 谷町優越館ビル 4F TEL:06-6763-0641 FAX:06-6764-7445

名古屋営業所 〒465-0093 名古屋市名東区一社 3-96 ルーブルビル 6F 603 TEL:052-704-1681 FAX:052-704-1803

URL <http://www.khkgears.co.jp/> E-mail [kohara@khkgears.co.jp](mailto:kohara@khkgears.co.jp)