

メカトロニクスの基礎 第5回

機械要素と機構（摩擦車・巻きかけ伝動・歯車）

ホームエレクトロニクス開発学科

山崎 洋一

E-mail: yamazaki@he.kanagawa-it.ac.jp

URL: <http://yamalab.com>

今日のまとめ：摩擦車・巻きかけ伝動・歯車

- 機械要素とは

機械を構成する最小の機能単位

- 締結要素…ねじ, リベット, 溶接
- 伝達要素

- 機構とは

必ず一定の運動をするような組み合わせ

- 伝達要素と機構
 - 軸, 軸受, 軸継手
 - リンクとリンク機構
 - カムとカム機構
 - 摩擦車と摩擦伝動機構
 - 歯車と歯車機構

摩擦伝動機構

- 伝達要素として**摩擦車**を用いて
ころがり接触によって回転力を伝達

- 伝達要素として**歯車**を用いて

歯車の形状に応じて回転力を厳密に伝達

- 平行軸の歯車
- 交差軸の歯車
- 食い違い軸の歯車
- 直線運動の歯車

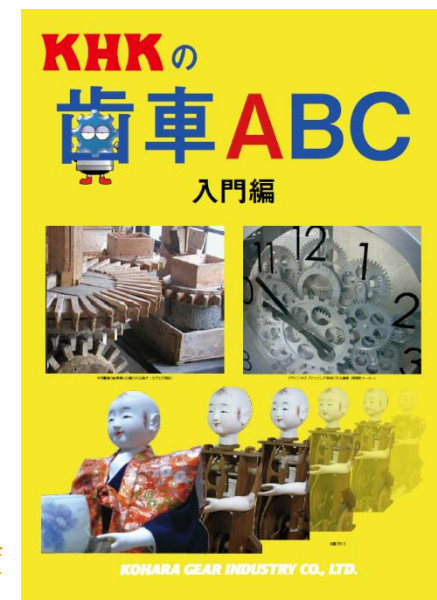
- おすすめの教科書

- KHKの歯車A B Cシリーズ (小原歯車工業 株式会社)

https://www.khkgears.co.jp/gear_technology/guide_info.html

- 協育歯車工業 技術資料

<https://www.kggear.co.jp/wp-content/uploads/2021/02/technical-data.pdf>



- 平歯車
- 平行軸でもっとも一般的な歯車

ギアの数で回転方向が変わる

平行軸の歯車（その2）

- 平行はすば歯車（ヘリカルギア）
 - 歯を軸線に対して斜めに切った歯車
 - 強度が大きく，静かに動力を伝達

- かさ歯車（ベベルギア）
 - 交差軸で回転・動力を伝える歯車

すぐばかさ歯車
(ストレートベベルギア)

まがりばかさ歯車
(スパイラルベベルギア)

- ウォームギア
 - ねじ状のウォームとウォームホイールがセット
 - 高トルクや減速比が大きい箇所に用いる
 - 逆戻りしない

直線運動の歯車

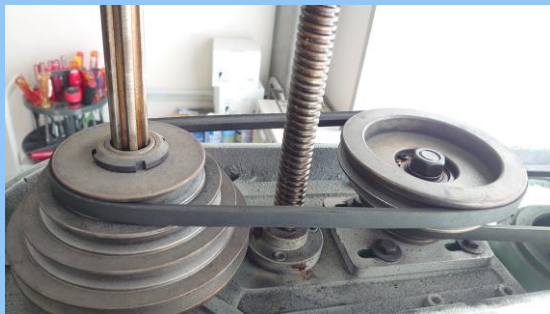
- ラック…直線歯型の棒状歯車
- ピニオン…ラックとかみ合う歯車

ラック&ピニオン

巻かけ伝動機構

- 伝達要素として**ベルト**、**チェーン**を用いて運動を伝達

平ベルト



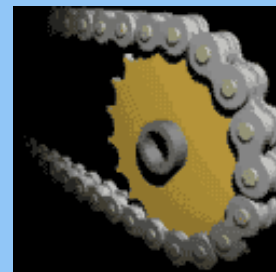
Vベルト

外周側が広い



Vベルトの断面

歯付きベルト



スプロケットと
ローラーチェーン

チェーン



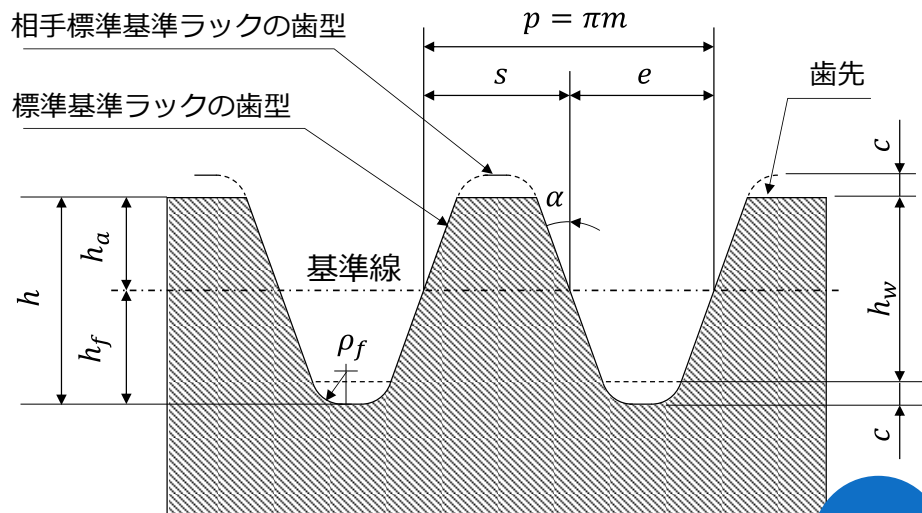
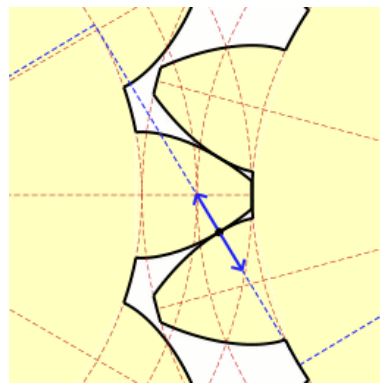
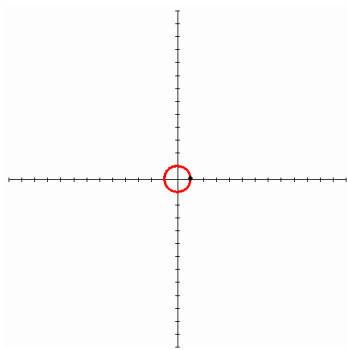
ラダーチェーン

Illustrated by KDS444



インボリュート歯車

- 動力伝達用歯車に広く使用
- 製作しやすい
- 中心距離が多少ちがってもスムーズにかみ合う



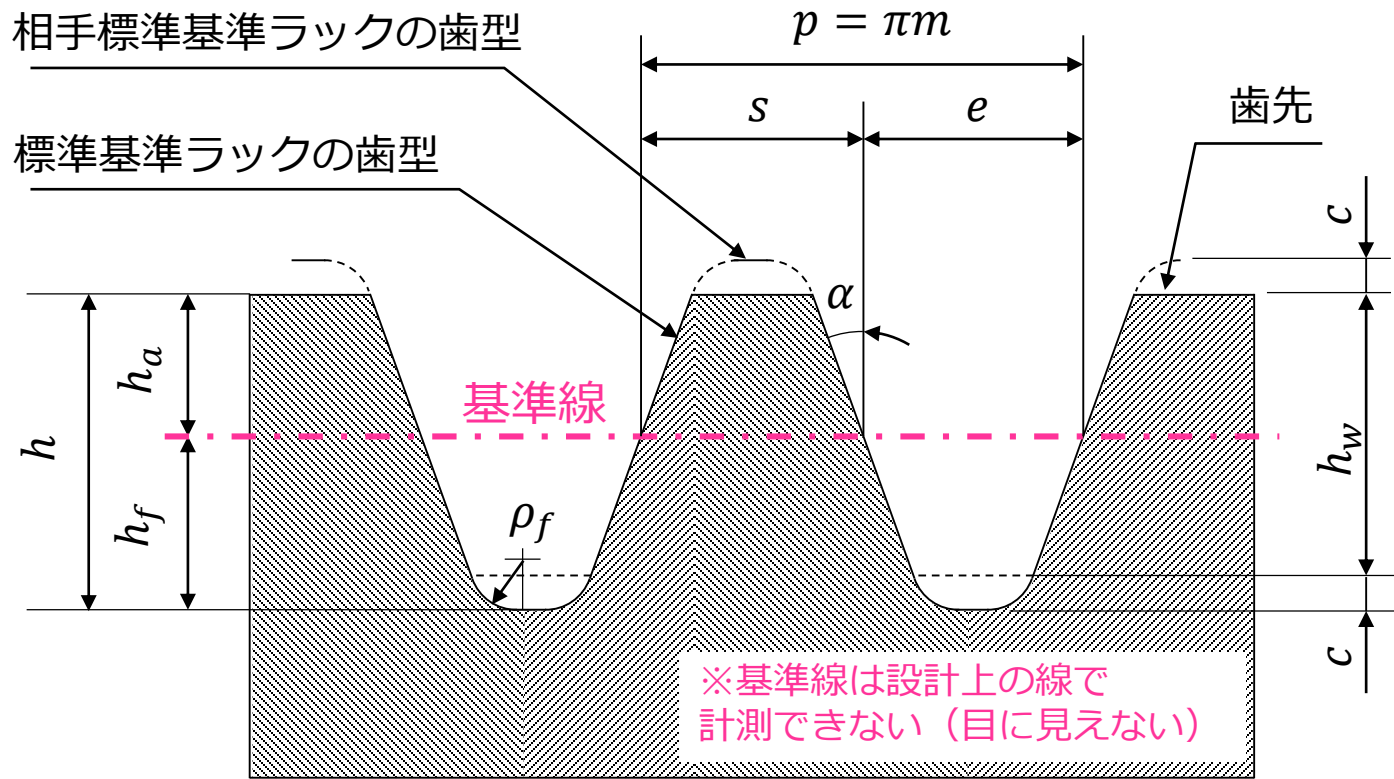
インボリュート曲線 インボリュート歯車

基準ラックの歯型

歯車の形状に関する用語と計算式

用語	記号	式 (並歯)	定義
モジュール	m	p/π	歯の大きさをミリメートル単位で表したものの基準ピッチを円周率 π で除した値
ピッチ	p	πm	基準線上での隣の歯までの距離 モジュール m を円周率(π) 倍した値
圧力角	α	20 [deg]	歯が基準線の法線に対して傾むいている角度
歯末のたけ	h_a	1.00 m	基準線から歯先までの距離
歯元のたけ	h_f	1.25 m	基準線から歯底までの距離
歯たけ	h	2.25 m	歯先から歯底までの距離
かみ合い 歯たけ	h_w	2.00 m	相手歯車とかみ合う歯のたけ
頂げき	c	0.25 m	歯底から相手歯車の歯先までの距離(すき間)
歯底すみ肉 部曲率半径	ρ_f	0.38 m	歯面と歯底との間の曲率の半径
歯厚	s	$\pi m/2$	歯の厚さ ピッチの半分が基準

歯車の基本パラメタ...歯の形は標準基準ラックで考える

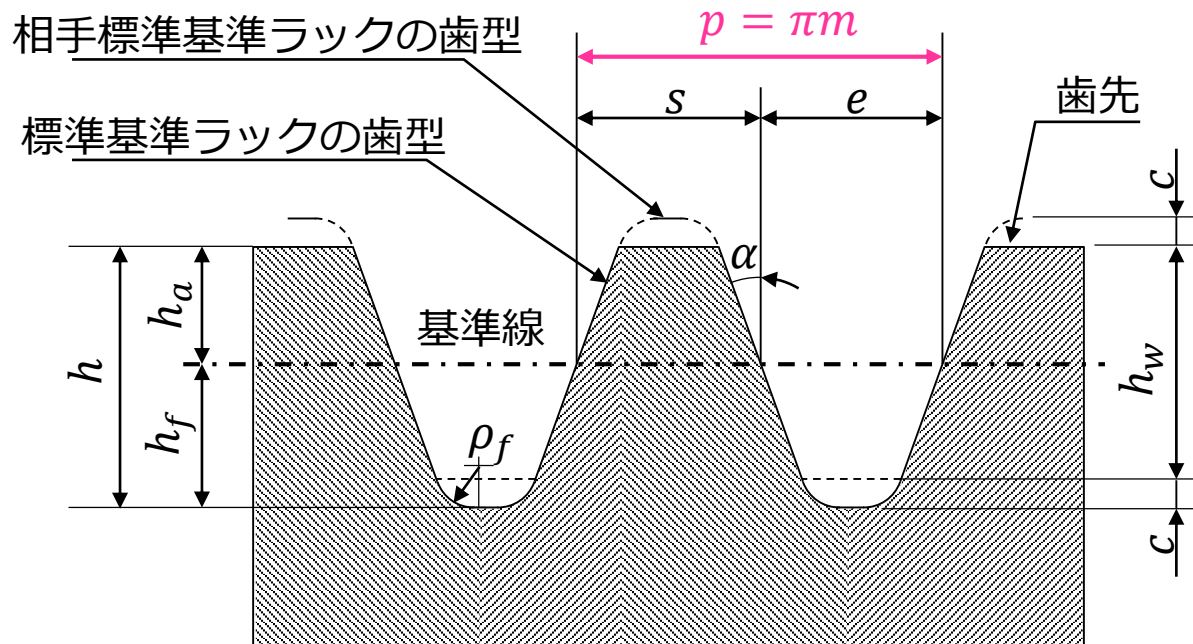


用語	記号	用語	記号
モジュール	m	歯たけ	h
ピッチ	p	かみ合い歯たけ	h_w
圧力角	α	頂げき	c
歯末のたけ	h_a	歯底すみ肉部曲率半径	ρ_f
歯元のたけ	h_f	歯厚	s

ピッチ

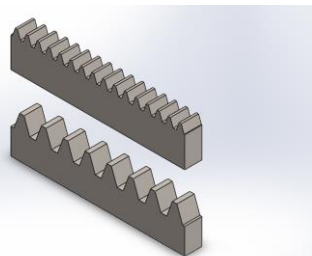
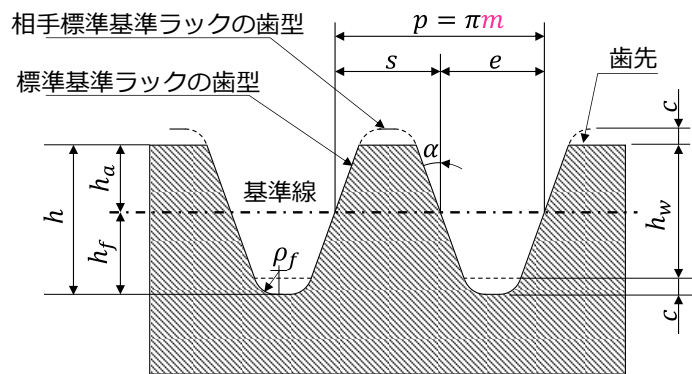
○ ピッチ $p = \pi m$

- 基準線上での隣の歯までの距離



○モジュール $m = p/\pi$

- 歯の大きさをミリメートル単位で表した設計パラメタ
- 基準ピッチを円周率 π で除した値
- モジュールはJISで定められる標準値を使用する（下表参照）



モジュールが異なる
ラックの例
(上が $m=1$, 下が $m=2$)

モジュールの標準値

単位 mm

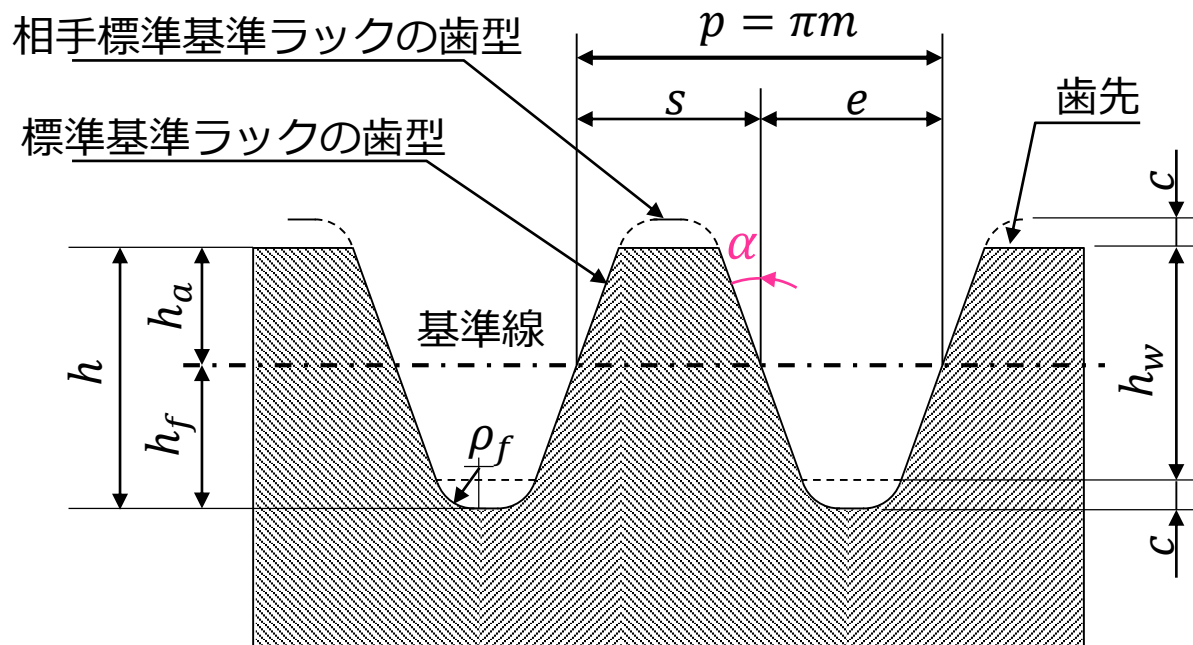
モジュールの標準値		単位 mm	
I	II	I	II
0.1	0.15	3	3.5
0.2	0.25	4	4.5
0.3	0.35	5	5.5
0.4	0.45	6	(6.5)
0.5	0.55		7
0.6	0.7	8	9
	0.75	10	11
0.8	0.9	12	14
1	1.125	16	18
1.25	1.375	20	22
1.5	1.75	25	28
2	2.25	32	36
2.5	2.75	40	45
		50	

* JIS B 1701-2: 1999 円筒歯車-インボリュート歯車
歯形第2部：モジュールから抜粋

圧力角

○圧力角 α

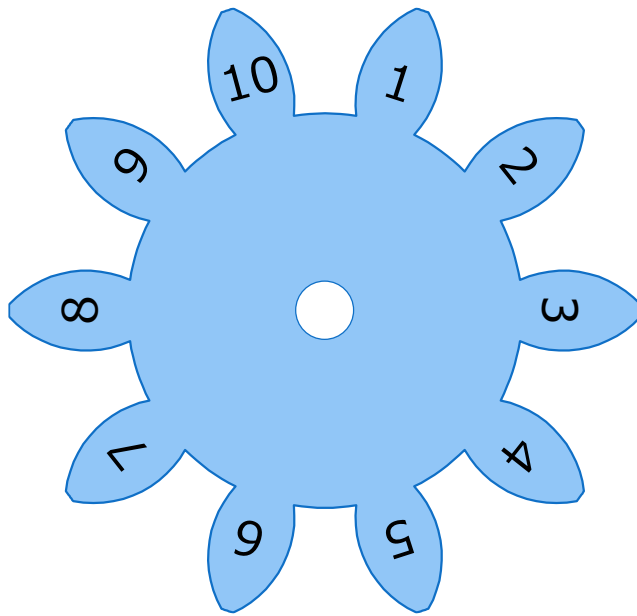
- 基準線の法線に対して歯が傾いている角度
- 一般には**20[deg]**を用いる (14.5[deg] などを用いることもある)



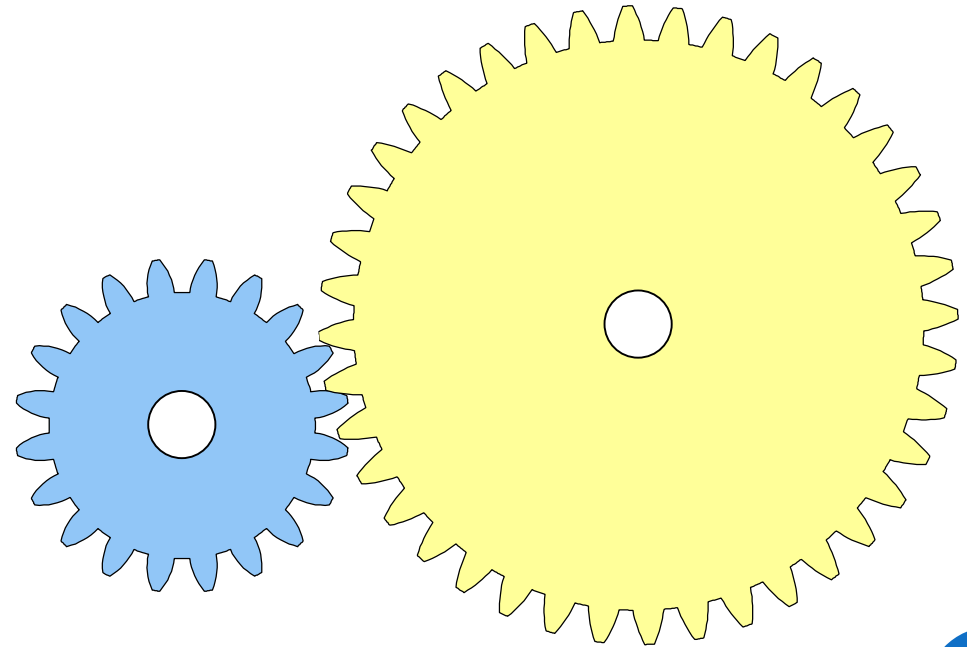
歯数

○歯数 z

- 歯車の歯の数



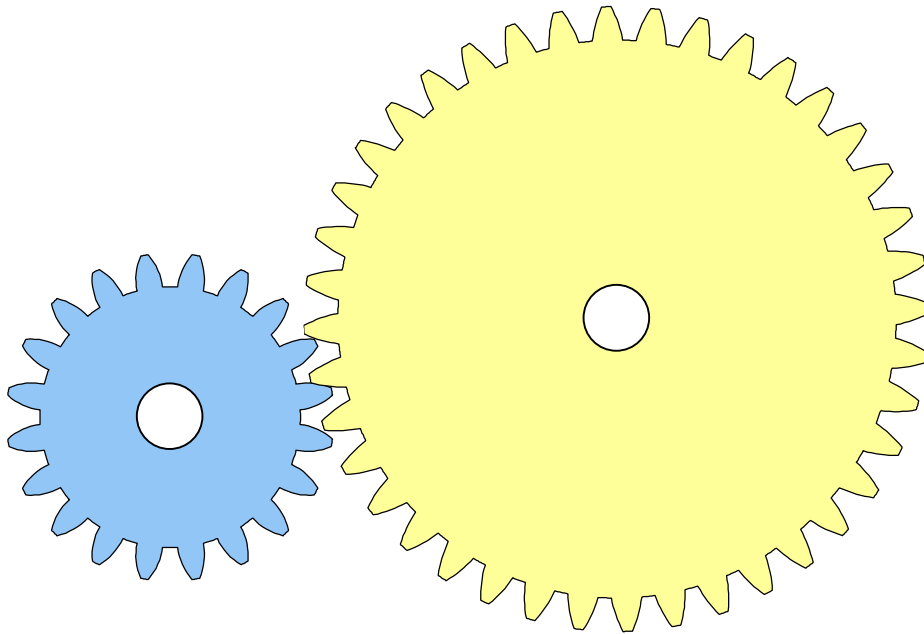
$z=10$ の 平歯車 ($m=1, \alpha=20$)



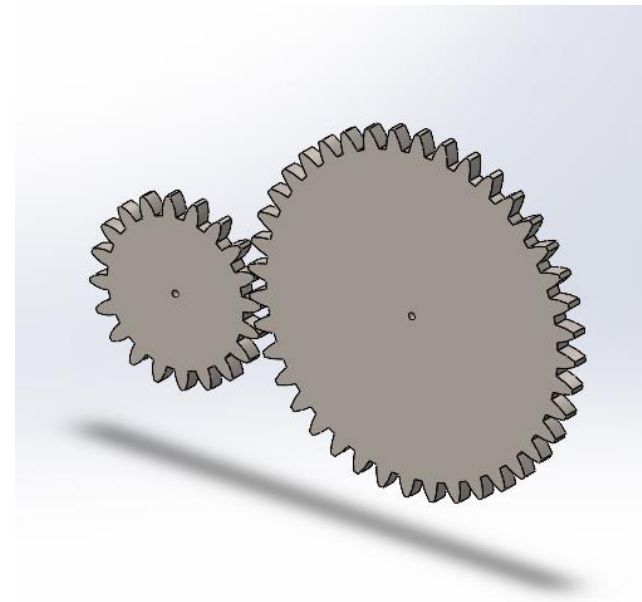
$z=20, z=40$ の 平歯車 ($m=1, \alpha=20$)

○歯車の決定計算

- **モジュール m , 圧力角 α , 歯数 z が決まると歯車が決定できる**



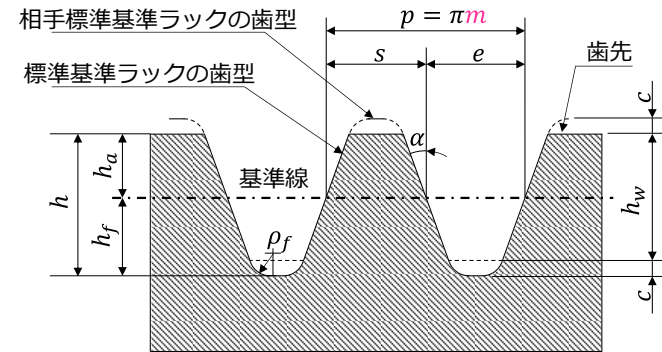
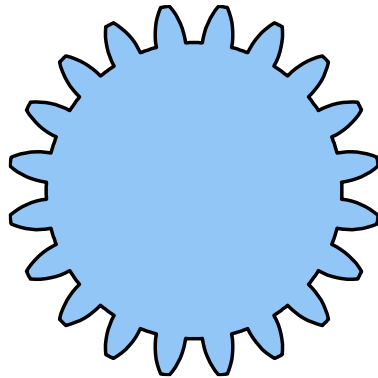
$z=20, z=40$ の平歯車 ($m=1, \alpha=20$)



SolidWorksで作成した3Dモデル

例題 1 : 歯車の歯の形状

- モジュール 2 の歯車のピッチ、歯たけ、歯末のたけ、歯元のたけ、歯厚を計算せよ。



用語	記号	式 (並歯)	
モジュール	m	$p/\pi = 2$	
ピッチ	p	πm	$p = \pi m = 2\pi = 6.18$ [mm]
歯末のたけ	h_a	$1.00 m$	$h_a = 1.00m = 2.00$ [mm]
歯元のたけ	h_f	$1.25 m$	$h_f = 1.25m = 2.50$ [mm]
歯たけ	h	$2.25 m$	$h = h_a + h_f = 2.25m = 4.50$ [mm]
歯厚	s	$\pi m/2$	$s = \frac{\pi m}{2} = \frac{2\pi}{2} = 3.14$ [mm]

○ 基準円直径 d

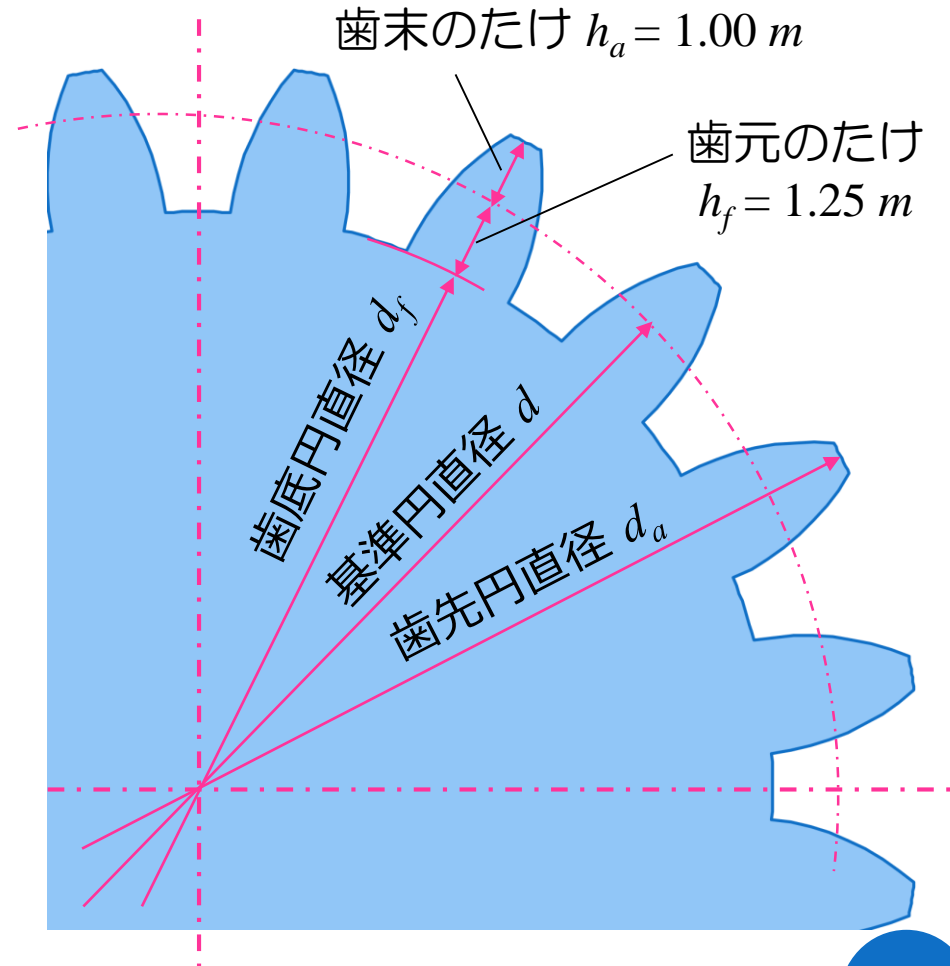
$$d = zm$$

○ 歯先円直径 d_a

$$d_a = d + 2m$$

○ 歯底円直径 d_f

$$d_f = d - 2.5m$$



※基準円は設計上の数字で計測できない（目に見えない）

例題 2 : 平歯車の形状

- モジュール 2, 歯数 20 の平歯車の基準円/歯先円/歯底円の直径を計算せよ。

○ 基準円直径 d

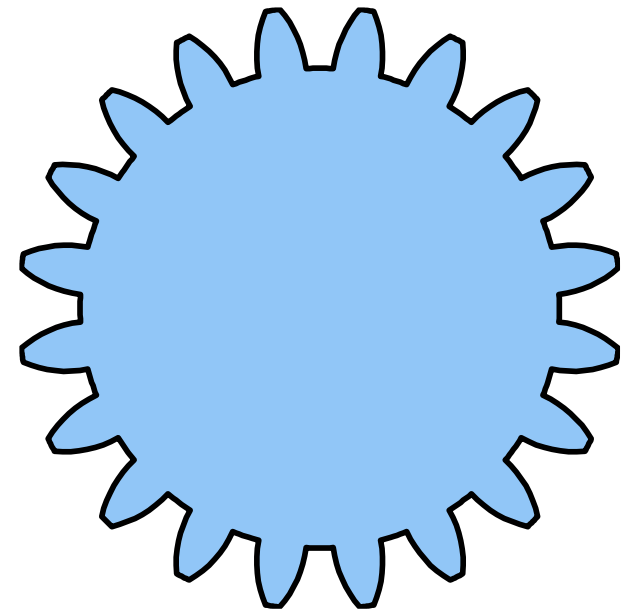
$$d = zm = 20 \times 2 = 40 \text{ [mm]}$$

○ 歯先円直径 d_a

$$d_a = d + 2m = (z + 2)m = 44 \text{ [mm]}$$

○ 歯底円直径 d_f

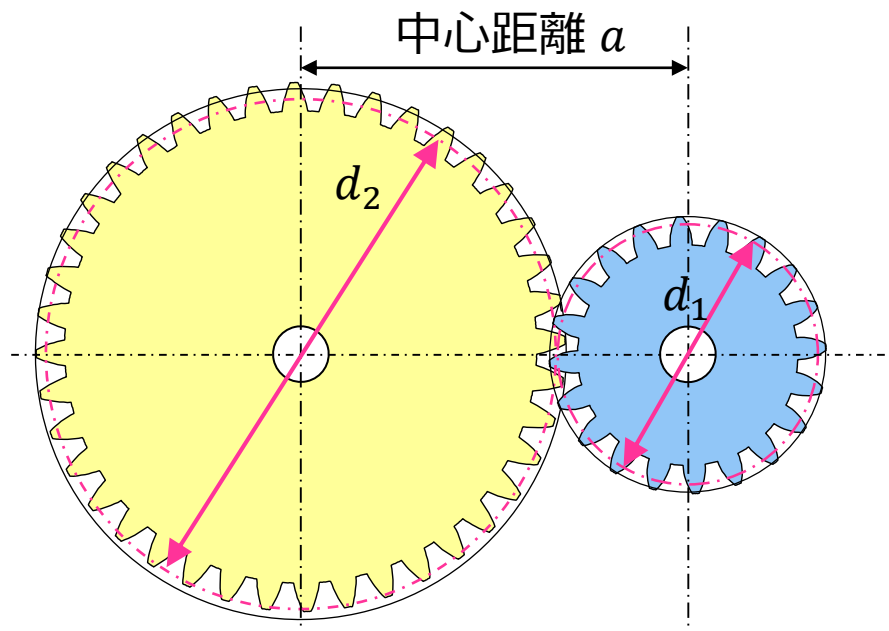
$$d_f = d - 2.5m = (z - 2.5)m = 35 \text{ [mm]}$$



中心距離

- 歯車の基準円が接するようにかみ合うとき
中心距離は2つの基準円の和の半分になる

$$\text{中心距離 } a = \frac{d_1 + d_2}{2}$$



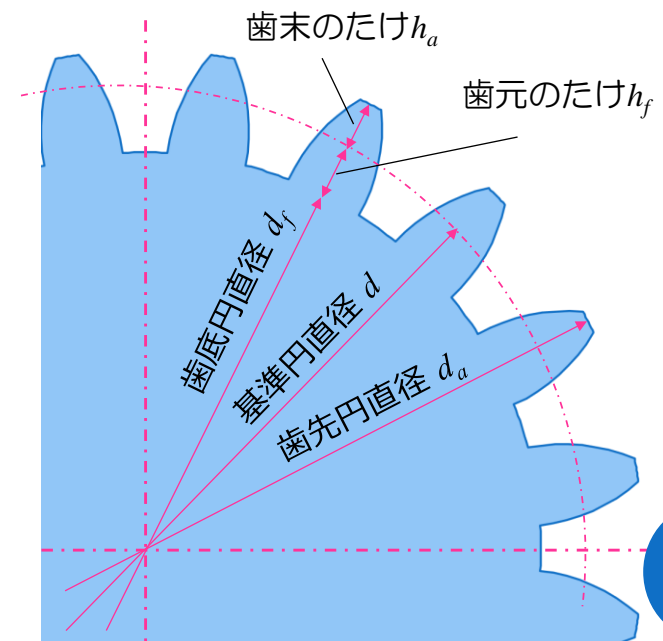
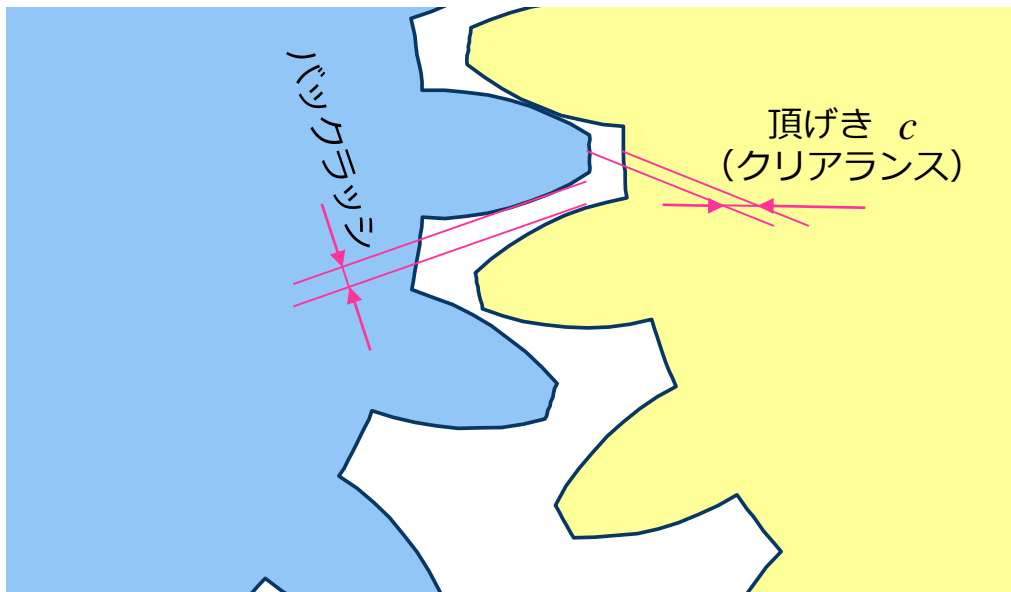
バックラッシとクリアランス（頂げき）

○バックラッシ：歯面間の隙間（遊び）

- スムーズにかみ合うために必要

○頂げき（クリアランス）：歯車の歯たけ方向の隙間

$$c = 1.25m - 1.00m = 0.25m$$



例題 3 : 2つの歯車

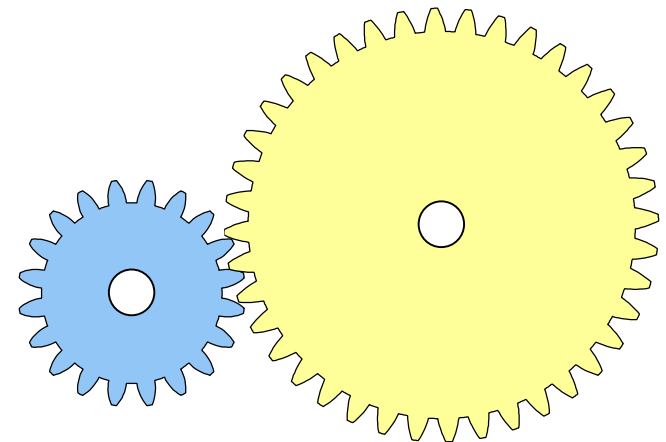
- モジュール $m = 2$, 小歯車の歯数 $z_1 = 20$, 大歯車の歯数 $z_2 = 40$ とする。この2つの歯車の中心距離 a と頂げき c を求めよ。

○ 中心距離 a

$$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{(z_1 + z_2) \times m}{2} = \frac{(20 + 40) \times 2}{2} = 60 \text{ [mm]}$$

○ 頂げき c

$$c = 0.25m = 0.25 \times 2 = 0.50 \text{ [mm]}$$



基準円の円周を考えると

表し方 1 : πd (円周率 × 直径)

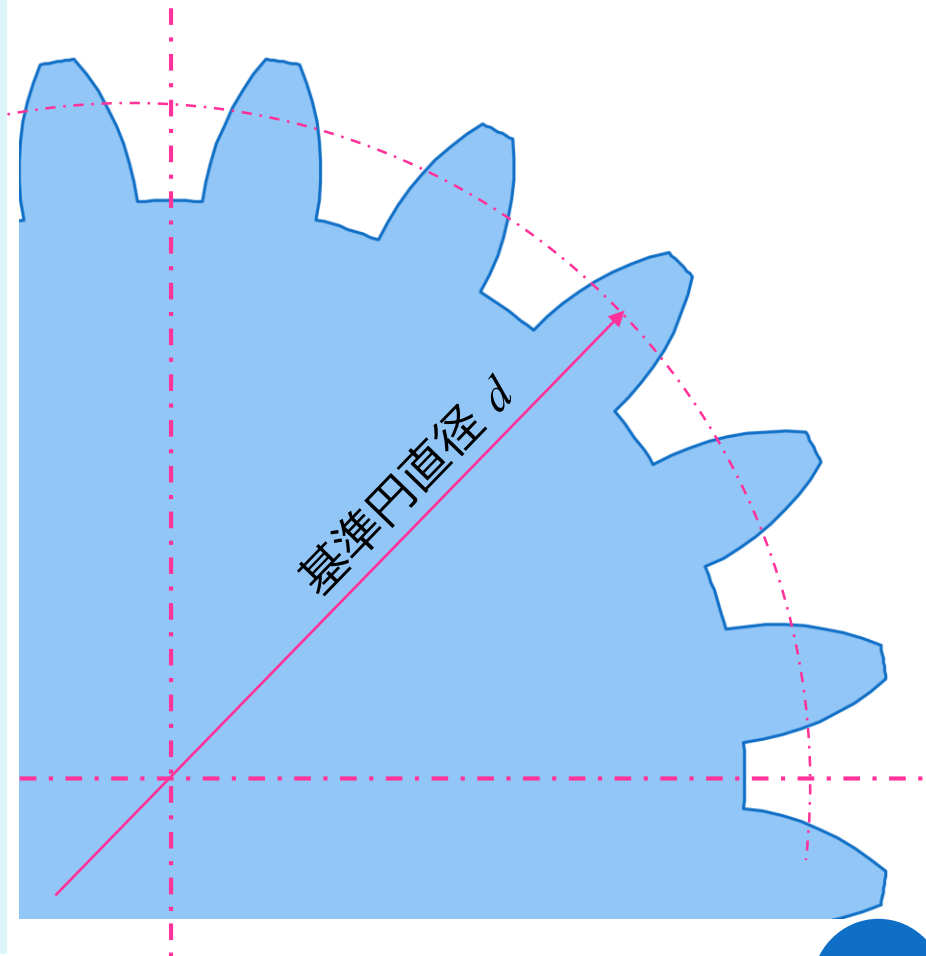
表し方 2 : pz (ピッチ × 歯数)

と, 2種類の表現ができる。

よって $\pi d = pz$ より

$$d = z \frac{p}{\pi} = zm$$

となる。



例題 4 : 2つ歯車の計算例

用語	記号	式 (並歯)	小歯車	大歯車
モジュール	m	X	2.5	
圧 力 角	α		20 [deg]	
歯 数	z		15	30
基準円直径	d	$z m$	$d_1 =$	$d_2 =$
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	$(d_1 + d_2) / 2$		

参考書：

- 木村 南, 動画で学ぶ機構学入門〈上・下〉, 日刊工業新聞社 (2004)
- メカトロニア, 株式会社協育
- 歯車技術資料, 小原歯車工業株式会社