

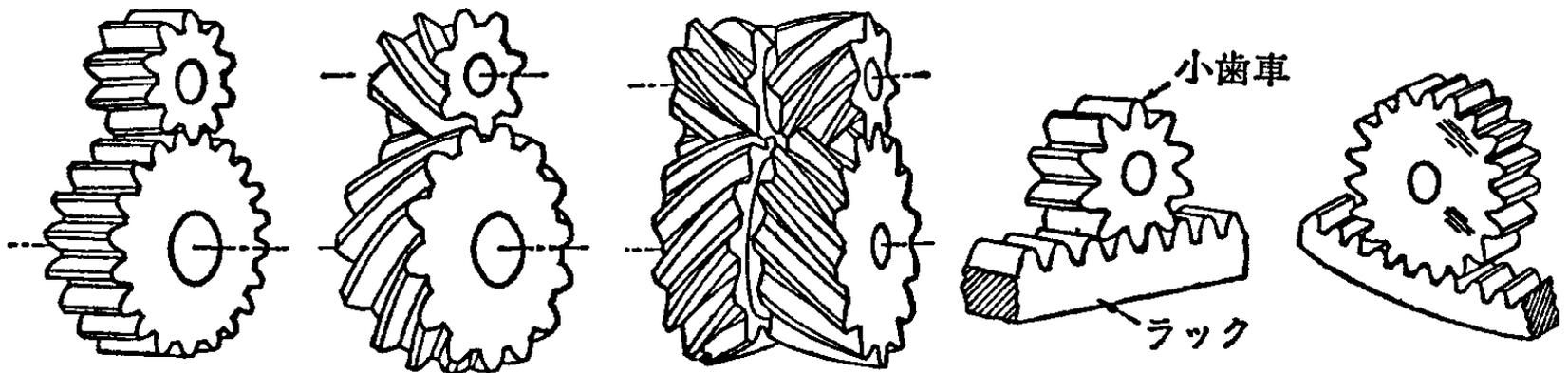
機械設計工学 (第13,14回)

機械工学科
塩幡 宏規

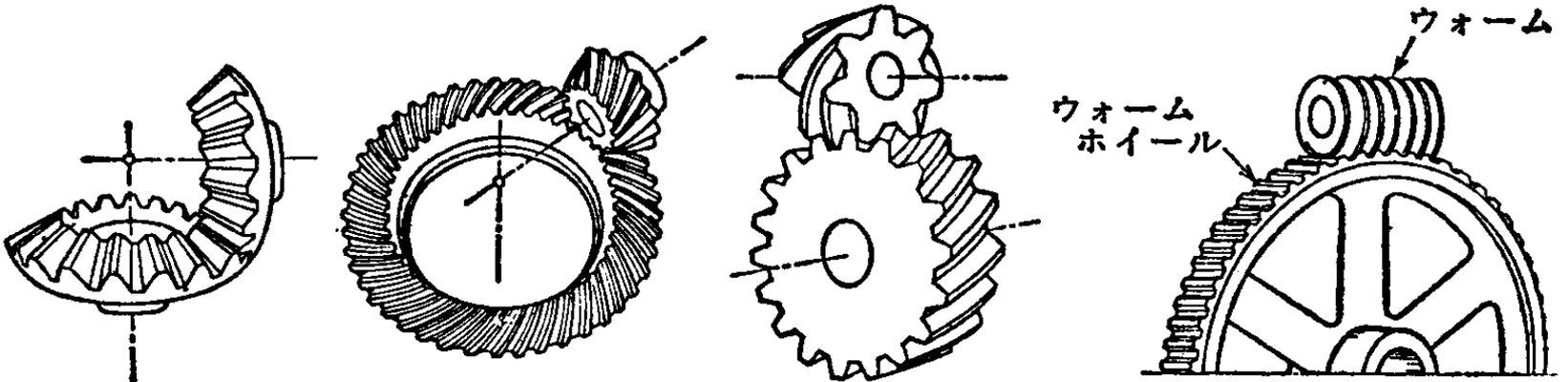
第5章 歯車

回転角度やトルクの伝達， 回転運動と直線運動との変換要素

長 所	短 所
大動力を確実に伝達	加工・組立に精度を要
高精度， 高効率の伝達	潤滑が要
回転軸方向の変換が可能	高速回転で騒音が発生し易い
大きい減（増）速比	



(a) 平歯車 (b) はすば歯車 (c) やまば歯車 (d) ラックと小歯車 (e) 内歯車



(f) すぐばかさ歯車 (g) まがりばかさ歯車 (h) ねじ歯車 (i) ウォームギヤ

図 5.1 歯車の種類

5.2 歯車各部の名称と歯の大きさ

5.1 歯車の種類

両軸の相対位置および歯の付け方によって分類

2軸の関係	種類	用いられる歯車
平行	円筒歯車, ラック	平歯車, はすば歯車, やまば歯車, ラック
交差	かさ歯車	すぐばかさ歯車, はすばかさ歯車, まがりばかさ歯車
上記と無関係	食違い歯車	ねじ歯車, ハイボイド歯車, ウォームおよびウォームホイール

[備考]上記のうち, 円筒面 (または円すい面) の外側に歯がつくられているものを外歯車といい, 内側に歯がつくられているものを内歯車という.

5.2 歯車の各部の名称と歯の大きさ

1. 歯車各部の名称

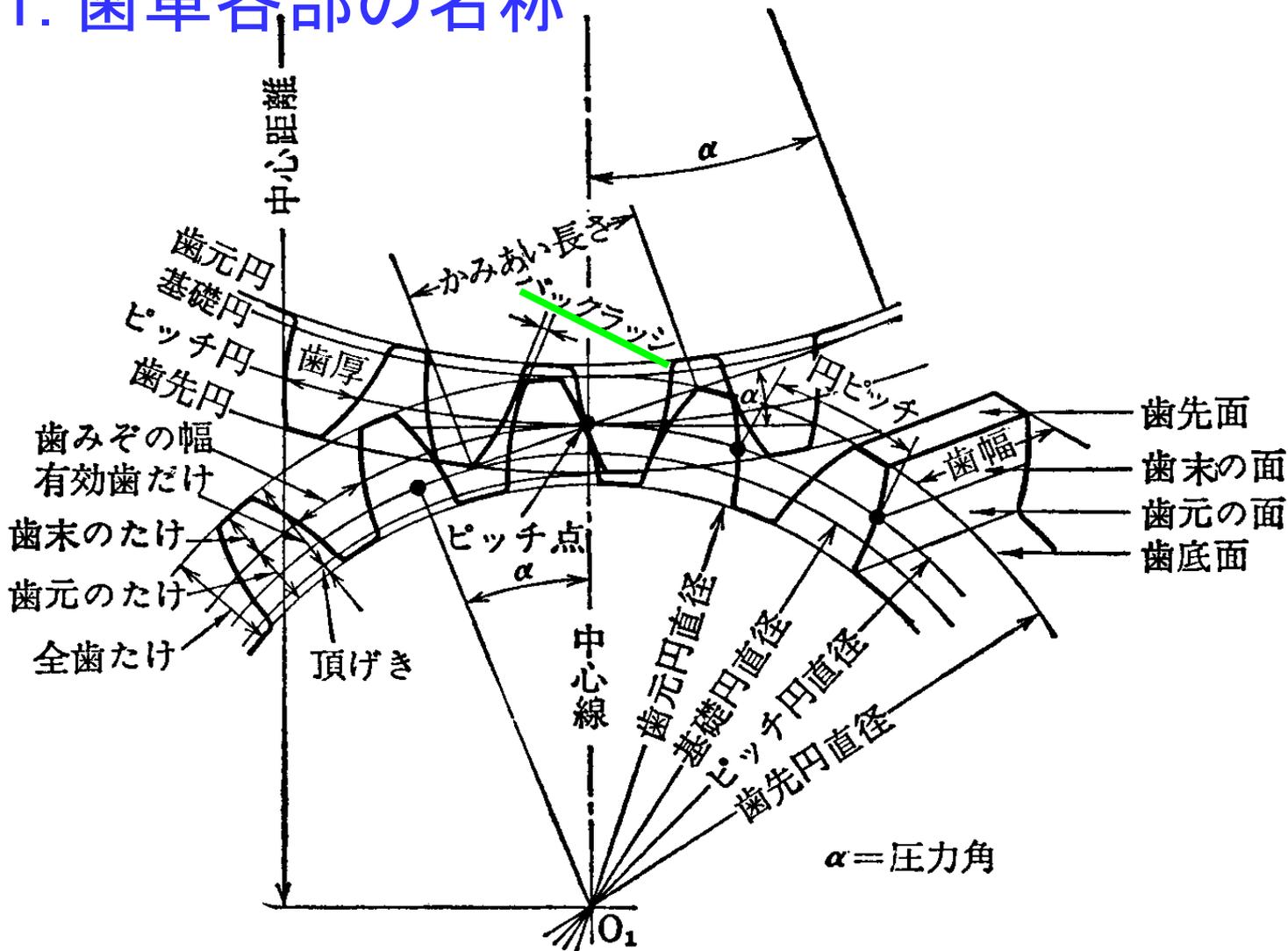


図 5.2 歯車各部の名称

2. 歯の大きさ

(1) 円ピッチ：隣り合う歯の円弧距離, t

$$t = \frac{\text{ピッチ円周}}{\text{歯数}} = \frac{\pi D}{Z}$$

(2) モジュール：ピッチ円直径を歯数で割った値, m

$$m = \frac{\text{ピッチ円直径}}{\text{歯数}} = \frac{D}{Z}$$

歯の大きさの基準として最も広く用いられている。

(3) ダイアメトラピッチ, p

$$p = \frac{\text{歯数}}{\text{ピッチ円直径}(mm)/25.4} = \frac{25.4Z}{D}$$

t 、 m 、 p の関係は

$$m = \frac{t}{\pi}$$

$$p = \frac{25.4Z}{D} = \frac{25.4\pi}{t} = \frac{25.4}{m}$$

1組の歯車の速度比 i

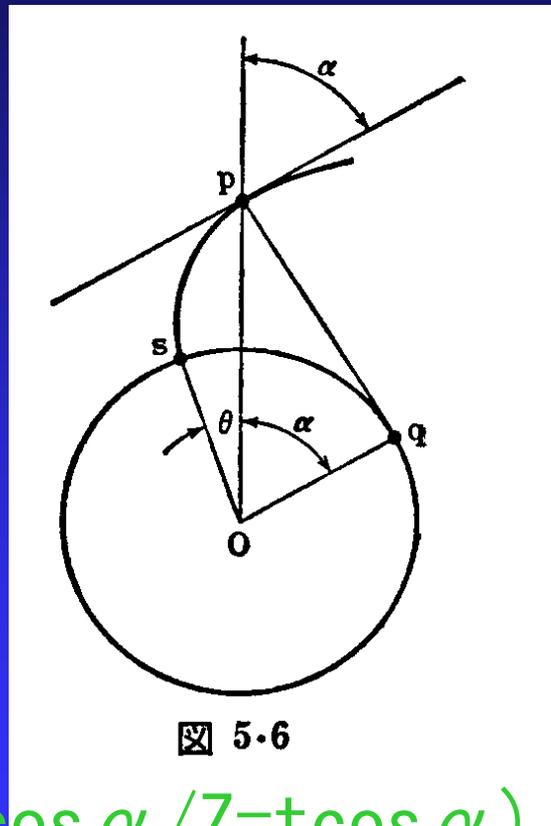
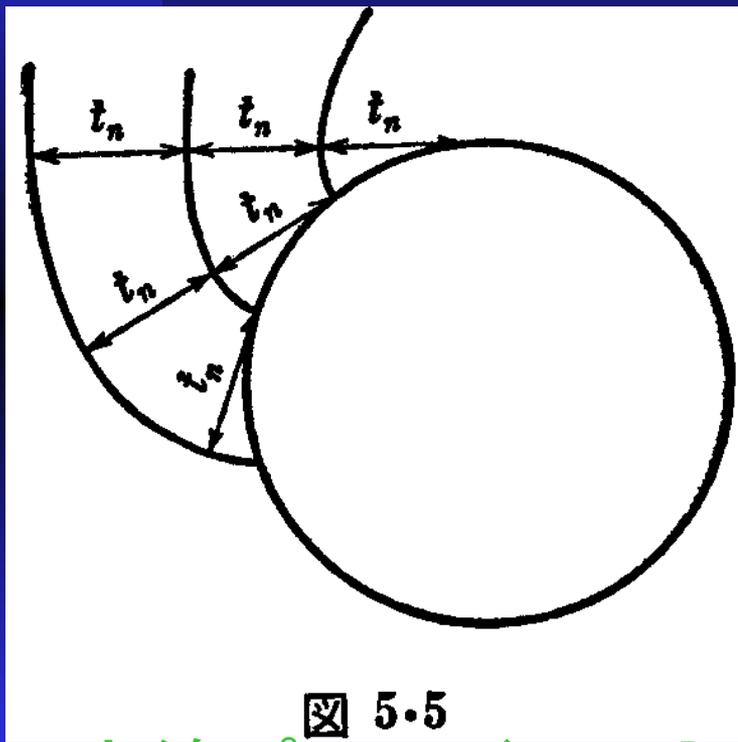
$$i = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{D_1}{D_2} = \frac{mZ_1}{mZ_2}$$

速度比を Z_1/Z_2 で表したとき, これを歯数比という.

5.3 歯形

1. 歯形曲線

(1) インボリュート曲線 インボリュート歯車：大部分をしめる

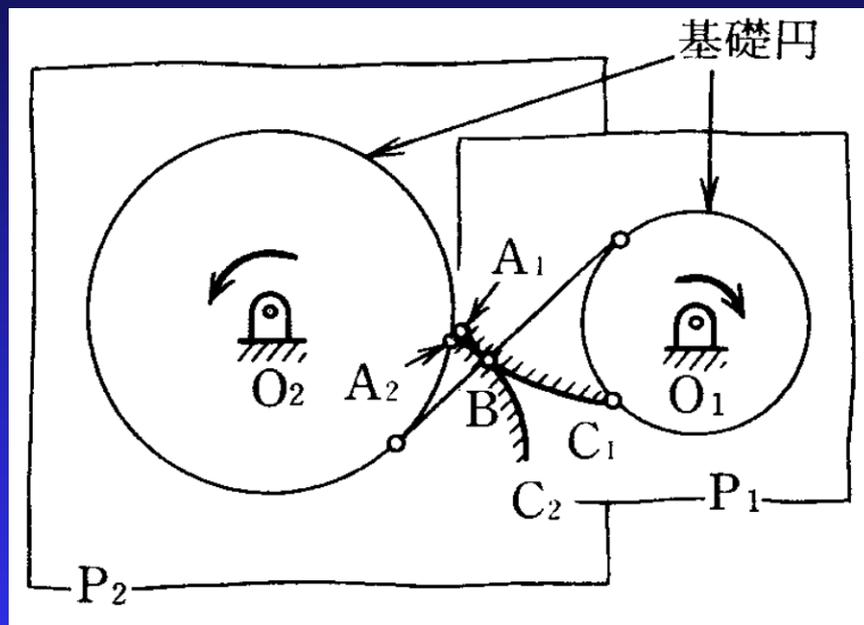


t_n : 法線ピッチ ($= \pi D_g / Z = \pi D \cos \alpha / Z = t \cos \alpha$), t : 円ピッチ, α : 圧力角, θ : インボリュート関数 ($= \tan \alpha - \alpha = \text{inv } \alpha$)

5.3 歯形

1. 歯形曲線

(1) インボリュート曲線 インボリュート歯車：大部分をしめる

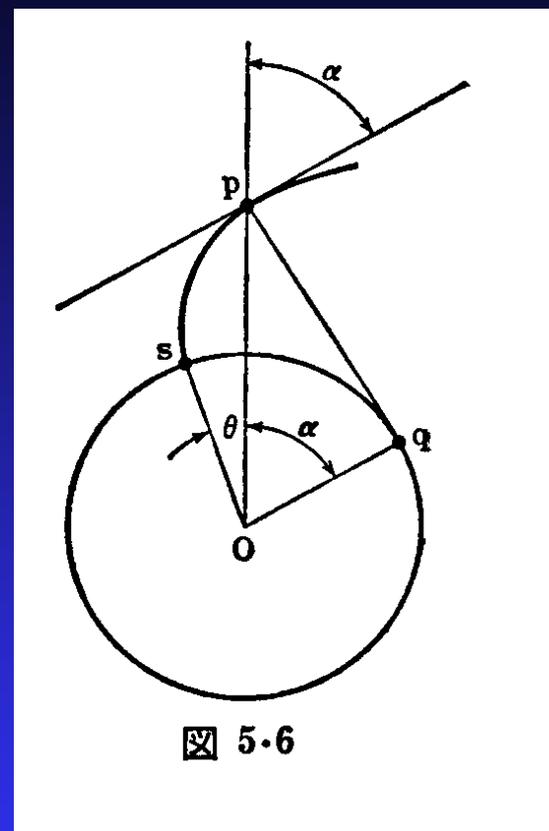
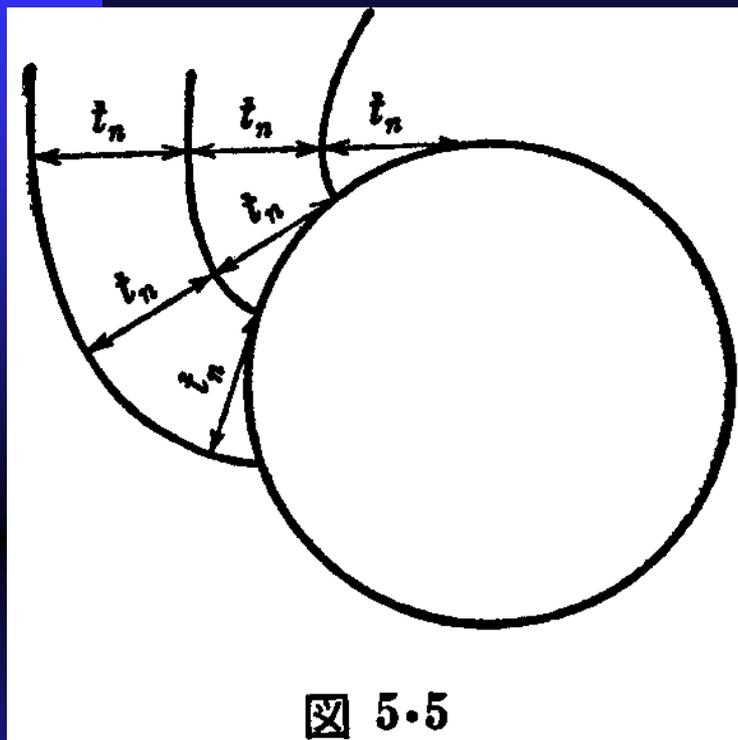


曲線 A_1-B-C_1 ， 曲線 A_2-B-C_2 ： インボリュート曲線
円柱に巻きつけた糸を解くときに糸の端の描く曲線

$$x = a(\cos t + t \sin t)$$

$$y = a(\sin t - t \cos t)$$

インボリュート曲線



t_n : 法線ピッチ ($= \pi D_g / Z = \pi D \cos \alpha / Z = t \cos \alpha$), t : 円ピッチ, α : 圧力角, θ : インボリュート関数 ($= \tan \alpha - \alpha = \text{inv } \alpha$)

(2) サイクロイド曲線 : サイクロイド歯車
円が定直線に沿って転がる時、円周上の定点の描く軌跡

歯面のすべり少. 摩擦に対し有利.

・ ・ ・ ・ 精密機械, 計測類の歯車

$$x = a(t - \sin t)$$

$$y = a(1 - \cos t)$$

4. すべり率

- ・ ピッチ点において0, 基礎円上において最大.
- ・ 歯の摩耗と密接に関係する.

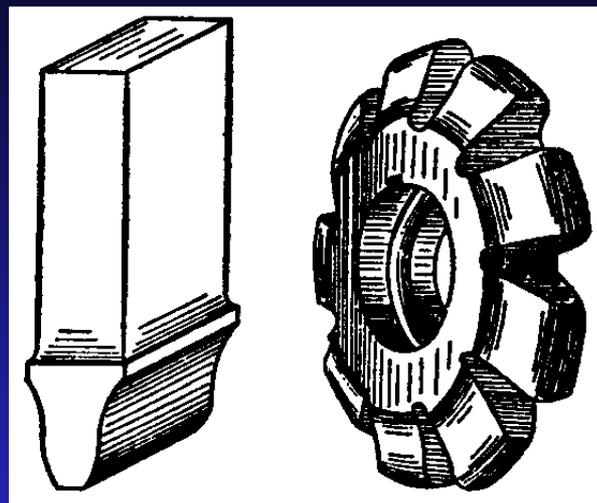
すべり摩擦力：ピッチ点を境に方向が急変
→ 振動・騒音の原因

5. 歯車の工作

(1) 総形バイトまたは
総形カッタによる方法
多くの歯数の歯車が
必要. 精度が低い

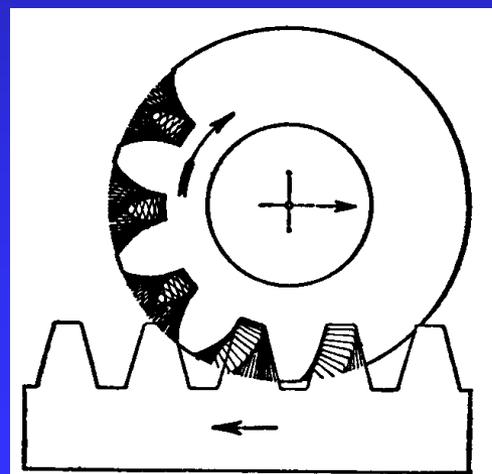
(2) 型板による方法
ごく大きな歯に利用.
あまり用いられていな
い.

(3) 創成法
ラックの形をした工
具を使用. 多く用られ
る.



総形バイト

総形カッタ



創成法

6. 歯の干渉とアンダカット

(1) 歯の干渉

インボリュート歯車を回転させたときに発生
→歯先が相手の歯元に当たり回転不可.

歯数の少ない、歯数比が大きい場合に顕著

(2) 歯のアンダーカット

ラック工具，ホブ工具を用いて，小歯車を切削する場合に，歯の干渉が起きると，小歯車の歯元がカッタの歯先でえぐり取られる現象.

→強度低下→なめらかな伝動が不可

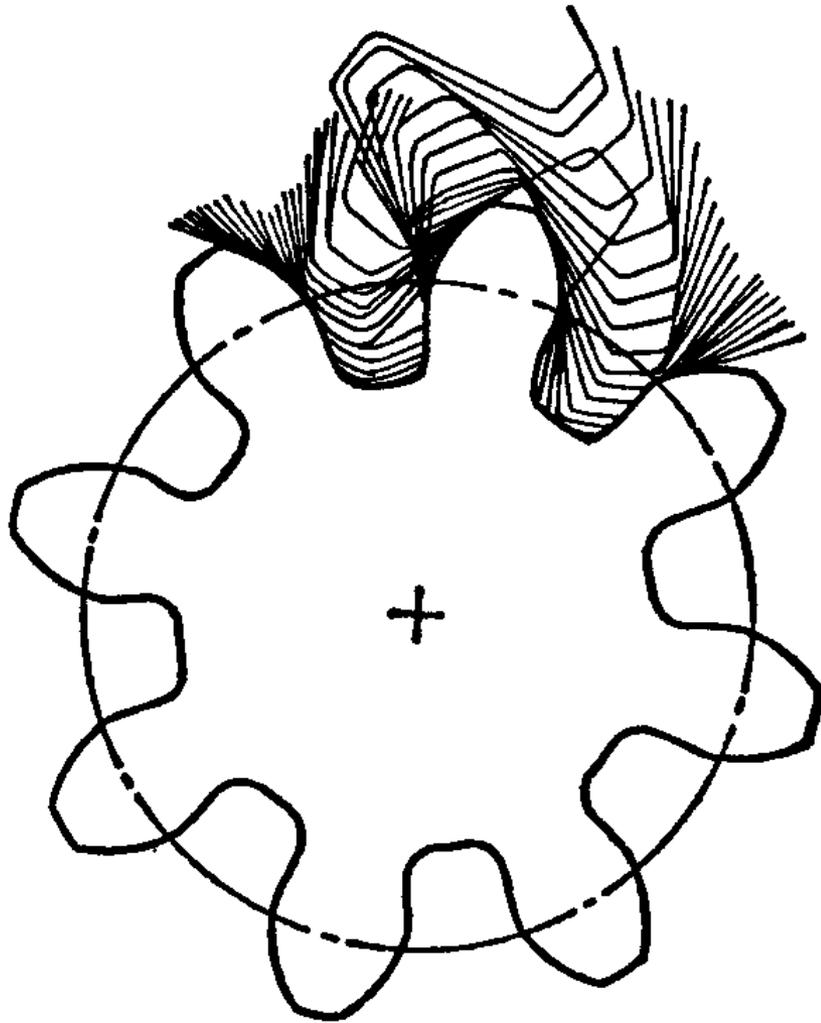


図 5.20 アンダカットのある
歯形 $Z=8$, $\alpha=20^\circ$

歯の干渉

→歯元が細くなる

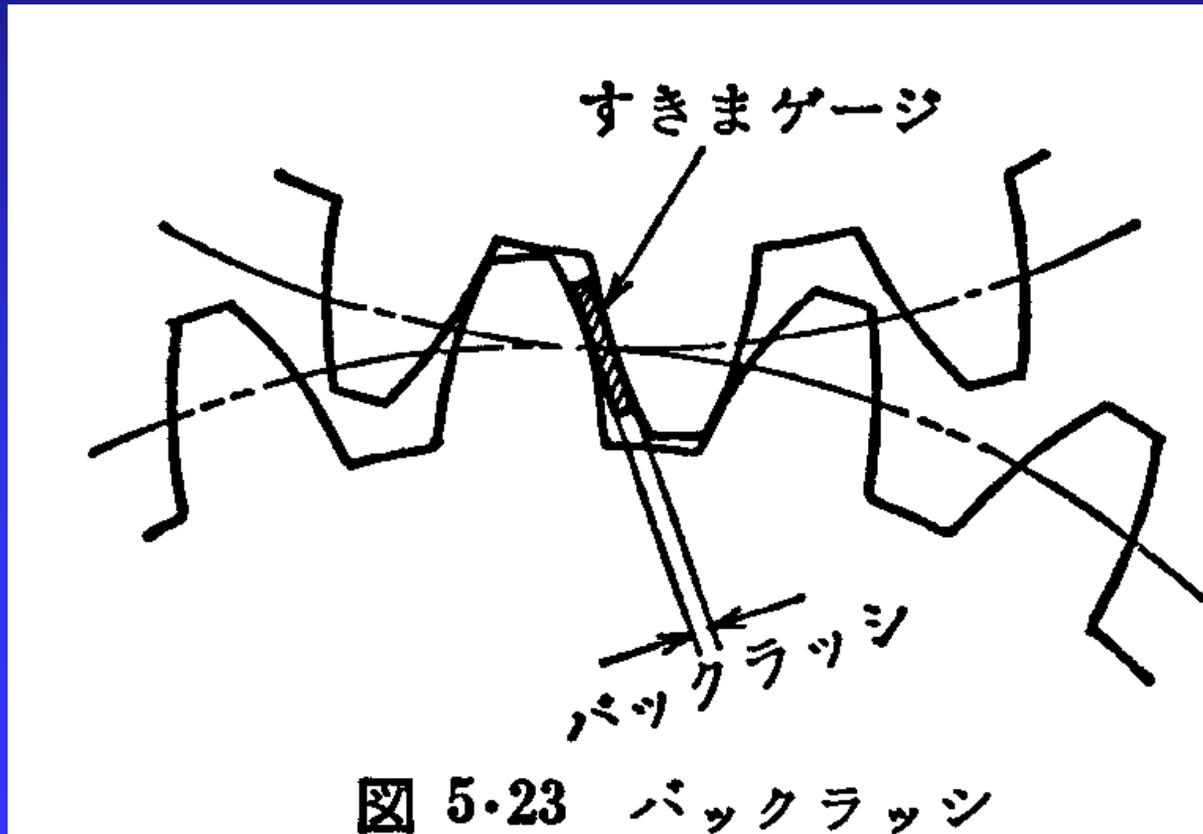
→弱くなる、円滑な伝
動が不可

対策として

シェービング工具を利
用した加工

7. バックラッシュ

歯と歯が接触する部分に多少の遊びを設ける
→なめらかな運転を可能→振動や騒音の発生防止
一般には $B=(0.03\sim0.05)m$

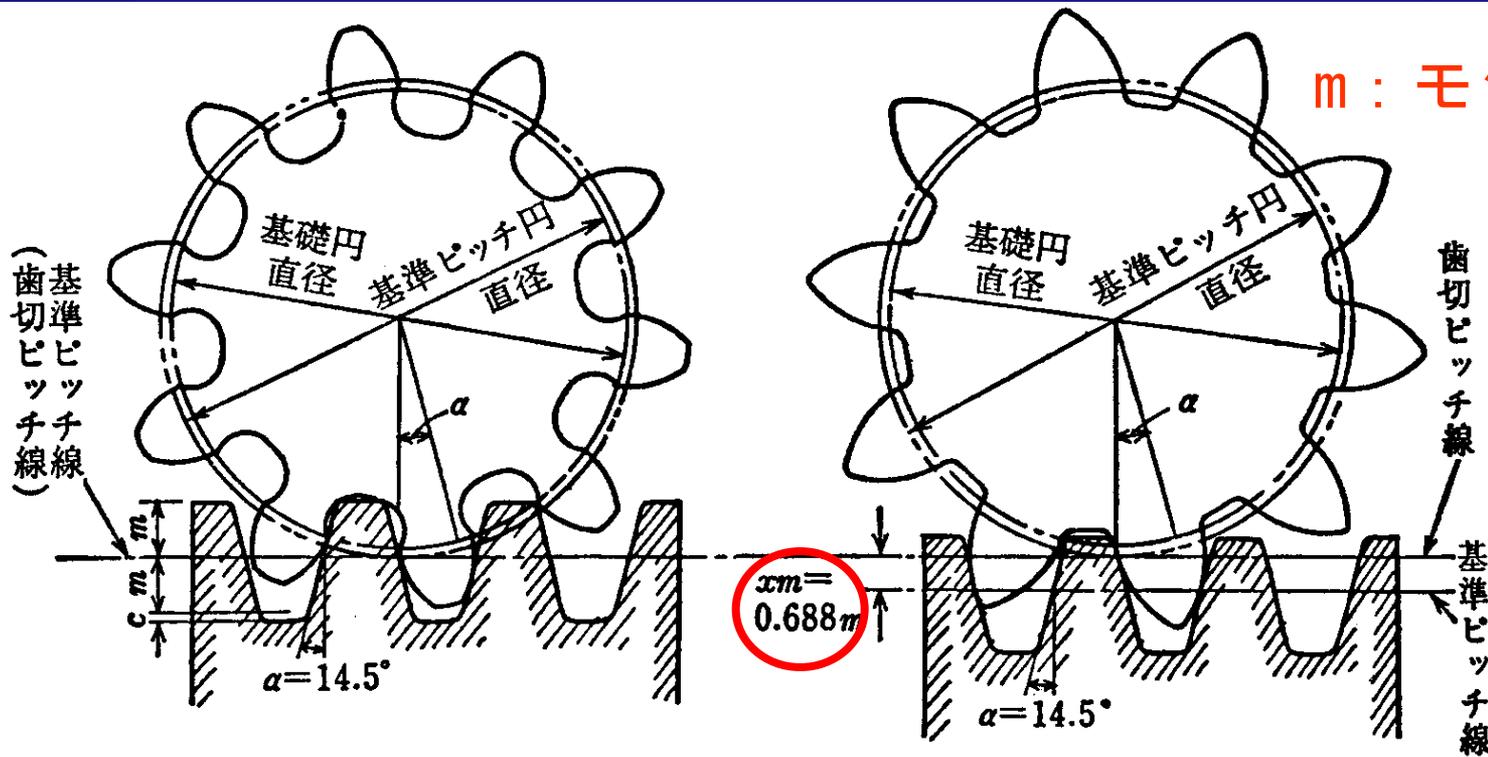


8. 転位歯車

歯切り工具の基準ピッチ線を，標準歯車の基準ピッチ円から半径方向に xm （転位量）だけずらせた位置において切削した歯車である。

X ：転移係数

m ：モジュール



(a) ラック工具で切削した標準歯車
($Z=10, x=0$)

(b) ラック工具で切削した転位歯車
($Z=10, x=0.688$)

基準ピッチ円

基準ピッチ円

アンダーカットあり

アンダーカットなし

- ・ モジュールと歯数を変えずに、中心距離をわずかに変えたい
- ・ 歯数 14 以下の歯車を使いたい
- ・ 歯元を太くし、歯の強度を増したい

外側にずらせた場合：正の転位

内側にずらせた場合：負の転位

転移歯車：

アンダカット防止，歯の曲げ強度を増加，かみあい率，すべり率を変えたりでき，適用範囲が広い。

転位平歯車：

- ・ 基準ピッチ円の歯厚 s

$$s = \frac{\pi m}{2} + 2xm \tan \alpha_h$$

α_h ：工具圧力角

- ・ 基本式

$$\text{inv } \alpha = \text{inv } \alpha_h + 2 \frac{x_1 + x_2}{z_1 + z_2} + \tan \alpha_h$$

転位平歯車の設計

- (1) 歯数と転位係数が与えられた場合：中心距離他
- (2) 歯数と中心距離が与えられた場合：転位係数選択

→各部の寸法

アンダカットを防止する
転位係数：

$$x \geq 1 - \frac{z}{2/\sin^2 \alpha}$$

歯数：少→正転移

歯数：多→負転移可

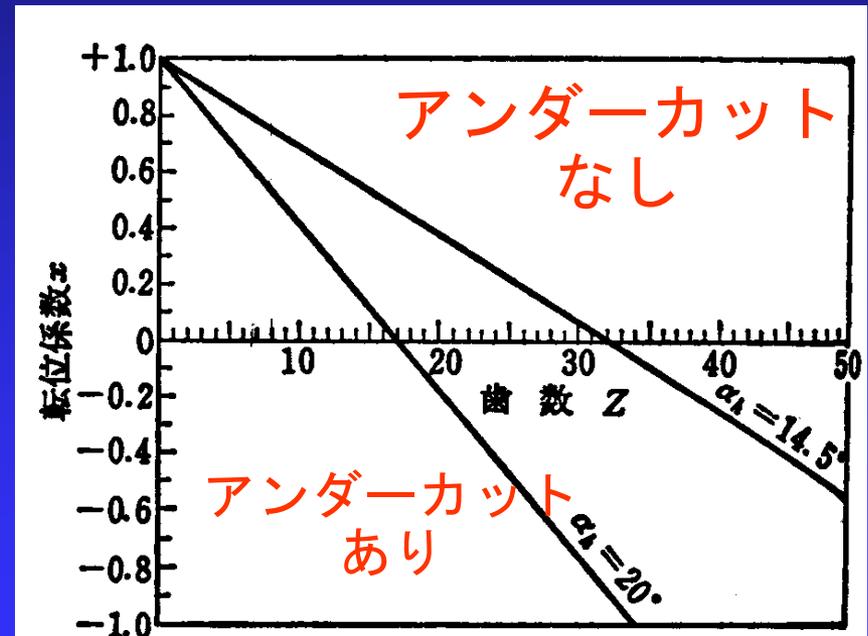


図 5-30 アンダークットを生じないための
転位係数と歯数との関係

5.4 平歯車

短所：歯のたわみ変動が大、振動や騒音が発生しやすい

1. 平歯車の強さ

- ・ 歯の曲げ強さ,
- ・ 歯面の接触強さ

(1) 歯の曲げ強さ

仮定：片持ちはり，歯先に荷重

$$F = \sigma_b b t y : \text{ルイスの式}$$

(静荷重の場合)

F : ピッチ円の接線方向の分力

σ_b : 曲げ応力 (N/mm^2), b : 歯幅 (mm),

t : 円ピッチ ($=\pi m$), y : 歯形係数 (表5.9)

圧力角大、歯数多 $\rightarrow y$ 大 \rightarrow 曲げ強さ大

$$F = \sigma_b f_v f_w b t y$$

(動荷重の場合)

F : 実際に歯にかかる分力

f_v : 速度係数 (歯車の精度に依存) (式(5.33)参照)

f_w : 荷重係数 (荷重型式に依存)

通常 $b = (3 \sim 4)t$, 特別の精度 $b = 40t$

同じ強さを得るためには :

歯の厚み t 小、モジュール m 小としたとき

→ 歯幅 b 大

(2) 面圧強さ

歯面の接触圧力が大きい場合，歯面にあばた状の点食（ピッチティング）が生じたり，歯面全体が摩耗する． → 歯面の圧縮圧力の過大防止必要

圧縮応力 σ_c （フェツプルの式を基本）

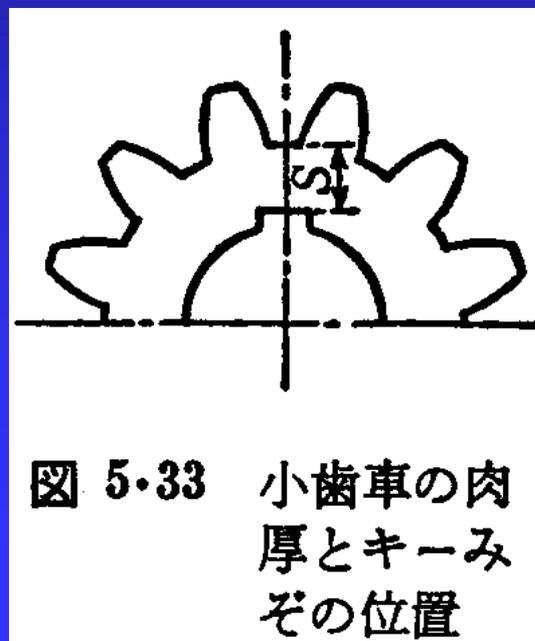
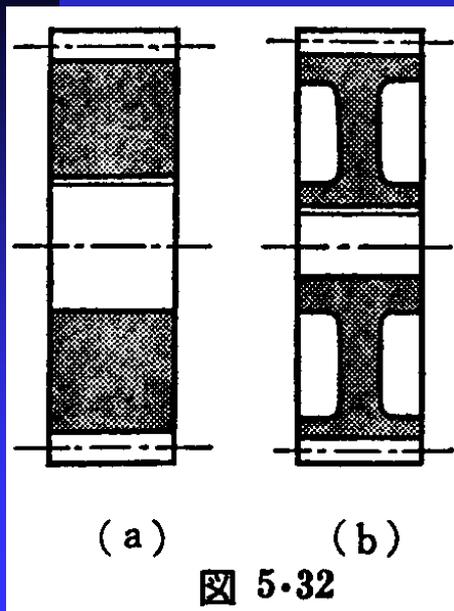
$$\text{面圧強さ } F = f_v k D_1 b \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$\text{比応力係数 } k = \frac{\sigma_c^2 \sin 2\alpha}{2.8} \left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right) (N/mm^2)$$

(表5.11)

2. 歯車各部の設計

- 直径100mm以下は全体を鍛造か丸棒からの削りだし。
 - 小径歯車のキー溝の底と歯底との間隔 S は普通歯の高さの3倍以上，やむを得ない場合は
鋼または合成樹脂： $S \geq 0.7t$
鋳鉄： $S \geq 0.9t$
- 大形歯車は鋳造による



3. 平歯車の設計

- (1) 軸径が与えられていない場合には，第3章の方法で軸径を決定
- (2) 歯数を決める.
- (3) 小歯車のピッチ円直径を決める.
- (4) 歯車の使用条件，大きさ，工作法から材料を決定
- (5) モジュールを仮定して，歯の曲げ強さ，面圧強さから歯幅を決定.
同一材料の場合，小歯車について計算.
材質が異なる場合，両方で計算
- (6) 歯車各部の大きさを決定

速度比は5～7以下にとどめるのが普通である.