

ガイダンス

2009/11/13

テクファ・ジャ（株）

香取英男

歯車の基礎

－ 機構の運動学的な視点で考えよう－

平歯車は、回転伝達機構の要素であるので、その設計・製作の際には、常に、駆動歯車と被動歯車という一对の歯車機構として考えるべきである。ところが今日では、幾何学的な考察のみになることが多いように見受けられる。また、あまりにも普遍的な機構であるがゆえに、意外に忘れられている事項もあるかも知れない。ここでは、歯車機構に関連した開発プロジェクトが進められていることから改めて基礎的な事項を再確認しておこう。なお、今回はわかりやすくするため、なるべく数理的な説明は省略する。

自己紹介

氏名 : 香取英男 (かとりひでお)

出身地 : 神奈川県横浜市

現住所 : 埼玉県日高市

出身校 : 明治大学 大学院理工学研究科 博士課程終了

専門分野 : コンピュータ支援による機構設計手法の研究・開発

本職 : テクファ・ジャパン (株) 代表取締役 社長

URL : <http://tecpha.com> Email : katorih@tecpha.com

兼職 : 青山学院大学理工学部 講師 (図形科学)

明治大学理工学部 講師 (機械システム設計・メカトロ設計・加工と精度・工作機械)

雇用能力開発機構 講師 (カム・リンク機構設計)

対外活動 日本カム工業会 会長、コクリエイト ユーザ会 会長 (アドバイザリカウンシル)

生産システム懇談会 代表幹事、埼玉県 委嘱 技術アドバイザー (機構設計・CAD/CAM)

ISO/TC10(産業オートメーション)、ISO/TC10(製図) 各 国内対策委員会 委員など

主な著書

- ・ 非円形歯車の設計・製作と応用 (日刊工業新聞社、2001年)
- ・ カム機構ハンドブック (共著、日刊工業新聞社、2001年)
- ・ カム機構図例集 (共著、日刊工業新聞社、2006年)
- ・ 3次元CAD 実践活用法 (共著、コロナ社、2006年)

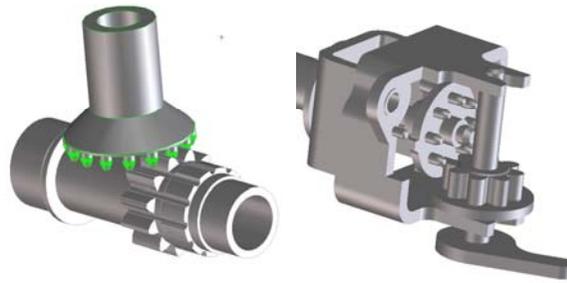
私が手掛けている機構要素のいくつかの例



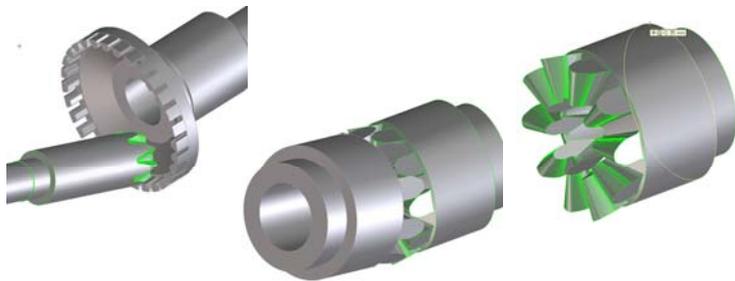
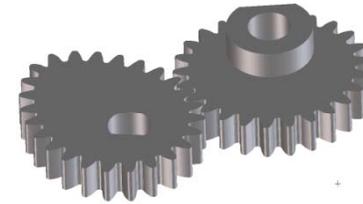
平歯車



はすば歯車



球面インボリュート歯形を用いた直交軸歯車



斜交軸用歯車

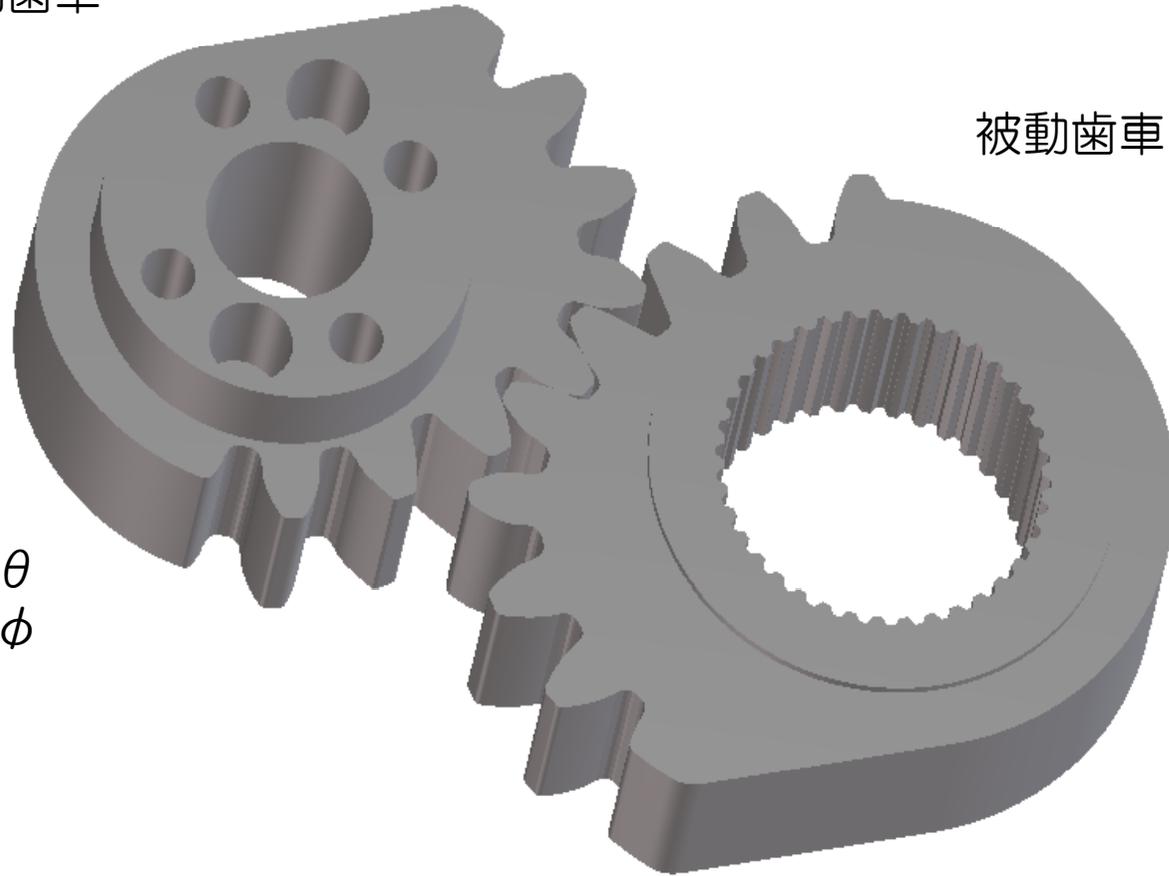


カムギア（非円形歯車）

私が手掛けている機構要素のいくつかの例

駆動歯車

被動歯車

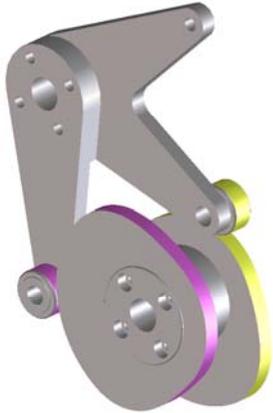


駆動歯車の回転角 θ
被動歯車の回転角 ϕ
とすれば、

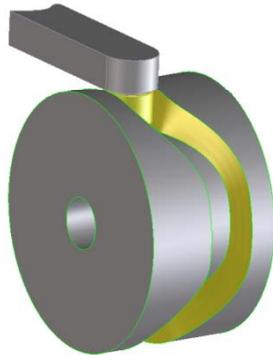
$\theta = f(\phi)$
のかみ合いを満たす
歯車である。

注) $f(\phi)$ の式は任意

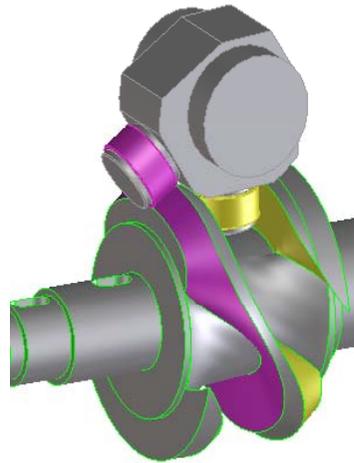
手掛けている機構要素のいくつかの例



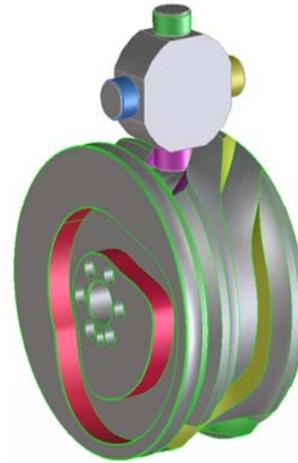
共役カム



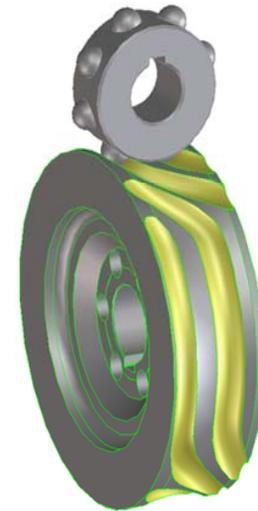
円筒カム



ローラギアカム
(揺動形)



平面カム および
ローラギアカム
(インデックス
形)
による複合カム



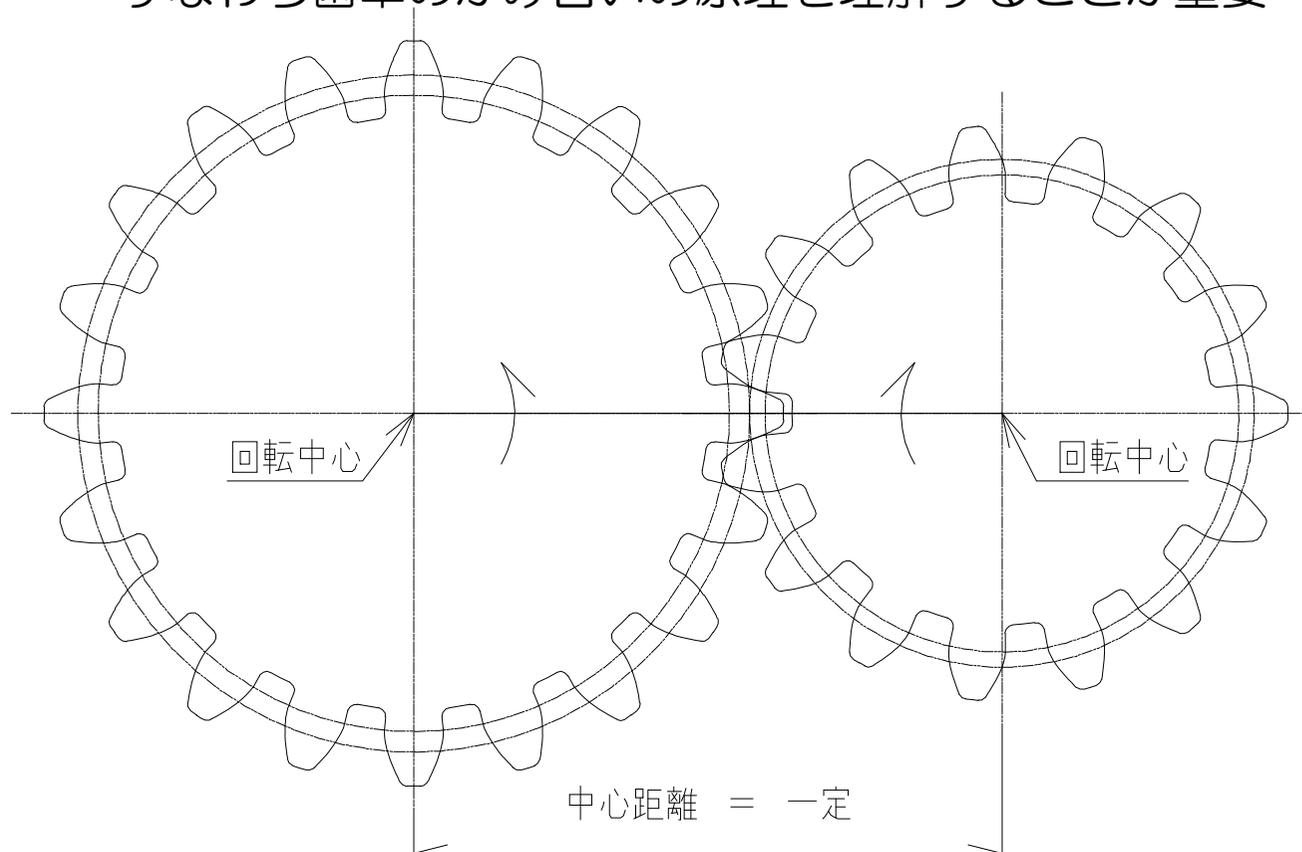
ボールタイプギアカム

歯車の基礎 歯車とは

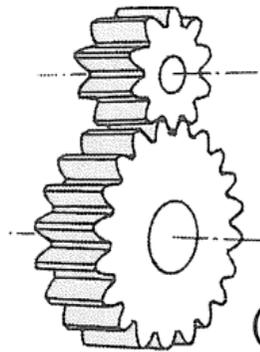
歯車は、回転伝達機構の一種である。

よって、正しく回転伝達させるためのしくみ

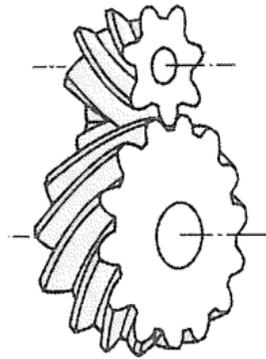
すなわち歯車のかみ合いの原理を理解することが重要



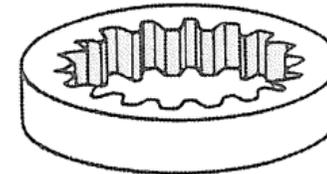
歯車の基礎 歯車の種類



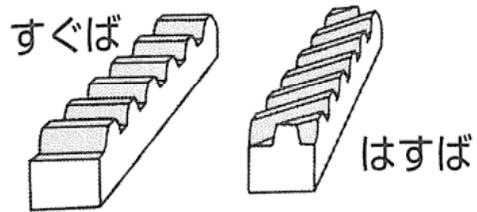
(a) 平歯車



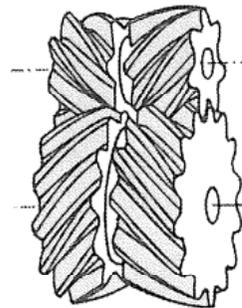
(b) はすば歯車



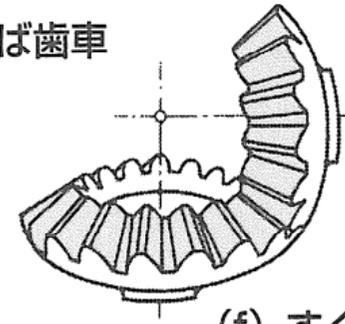
(c) 内歯車



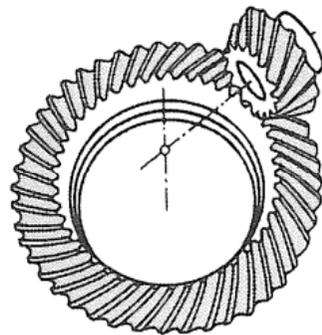
(d) ラック



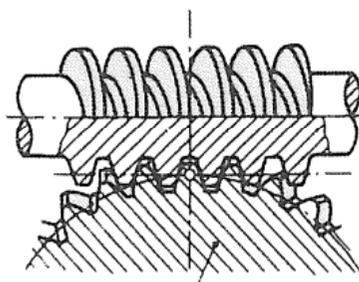
(e) やまば歯車



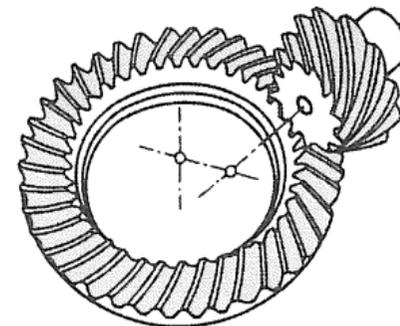
(f) すぐばかさ歯車



(g) まがりばかさ歯車

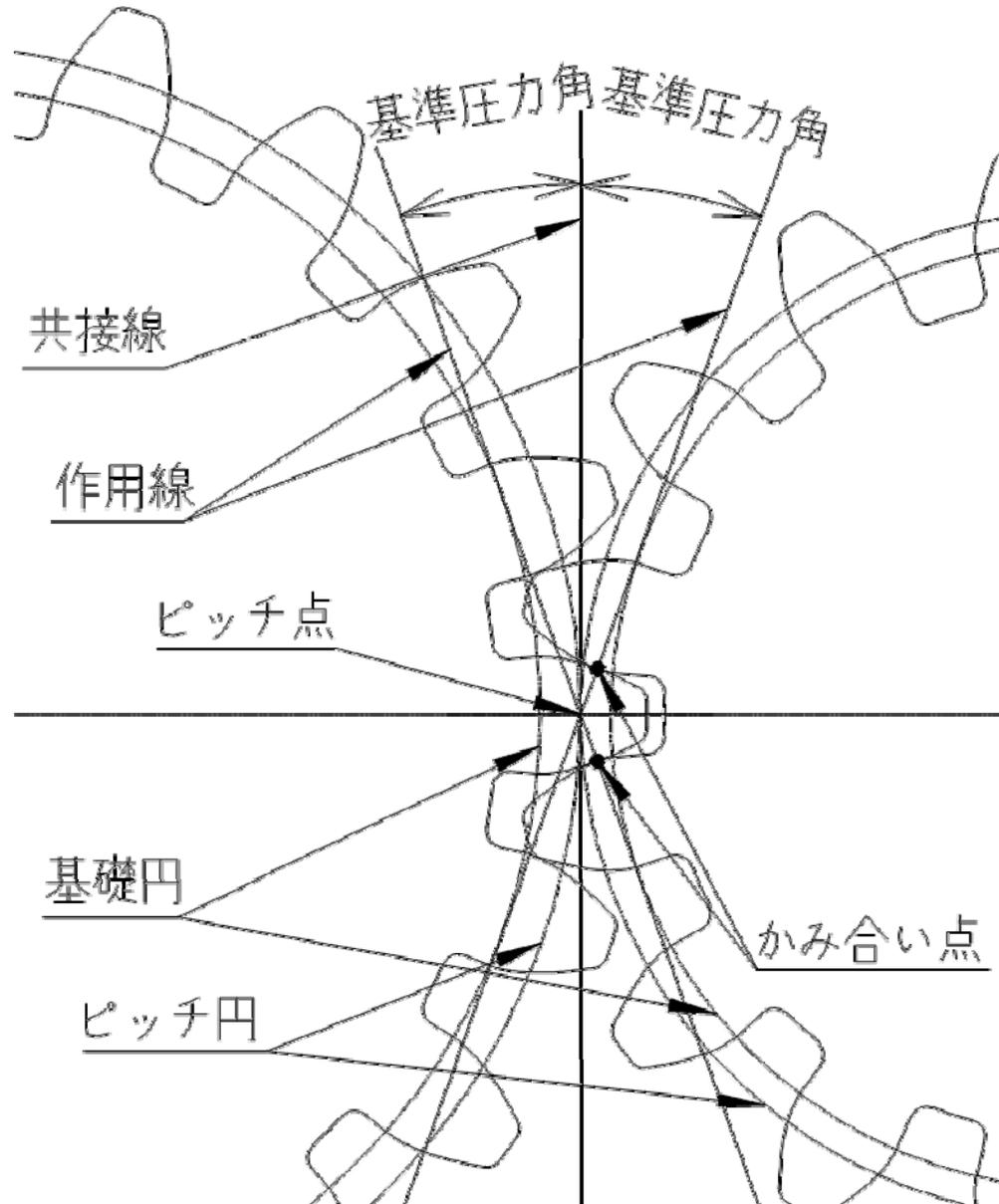


(h) 円筒ウォームギア



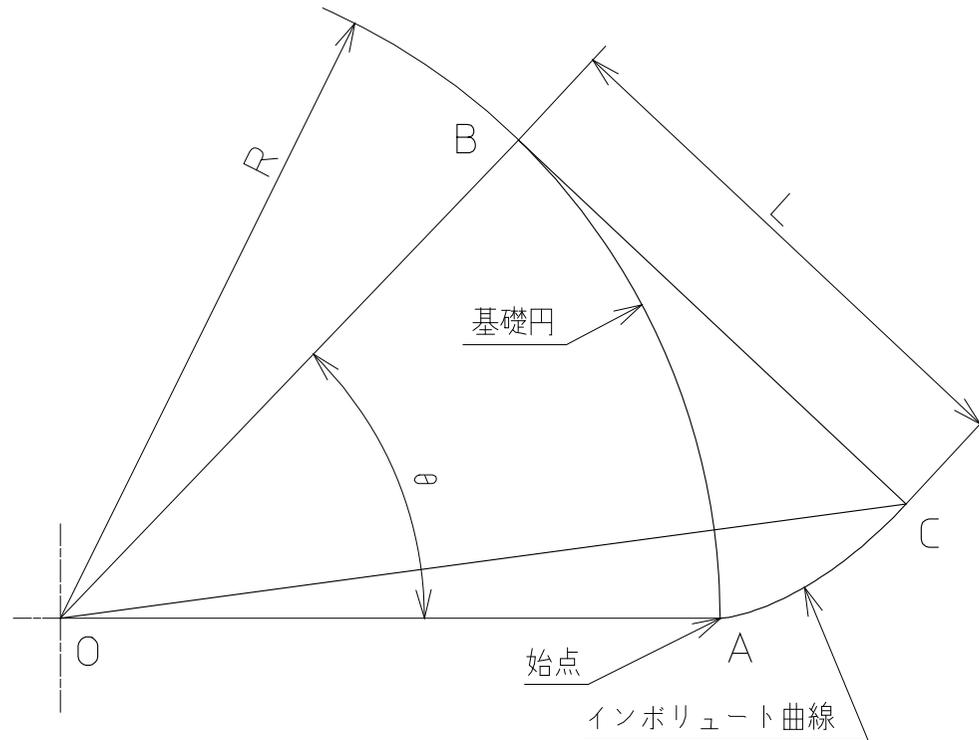
(i) ハイポイドギア

歯車の基礎 歯車のかみ合いの原理



かみ合い点が常に作用線上にあれば歯車のかみ合いが成り立つ。この原理を満たせば、必ずしもインボリュート曲線である必要はない。

歯車の基礎 インボリュート曲線とは



$$\vec{OA} = A$$

$$\vec{OB} = B$$

$$\vec{BC} = C$$

$$\vec{OC} = P$$

$$P = B + C$$

このベクトル P の先端の軌跡が
インボリュート曲線である。

ここで、

$$\theta = \angle AOB$$

$$A_r = R \quad (\text{基礎円半径})$$

$$B_r = R$$

$$C_r = L = R\theta$$

$$\angle CBO = 90^\circ$$

なぜインボリュート曲線が用いられるのか？

- ・ 中心距離（かみ合いピッチ円径）を変えても、
回轉伝達の速比は変わらない
- ・ 後述する転位により、
歯形の切り下げを緩和できる

歯車の基礎 歯車諸元

下記の8項目をしっかりと明示すれば、ほとんどの設計事例に応用できる。
なお、はすば歯車の場合には、これらの他に、ねじれ角が加わる。

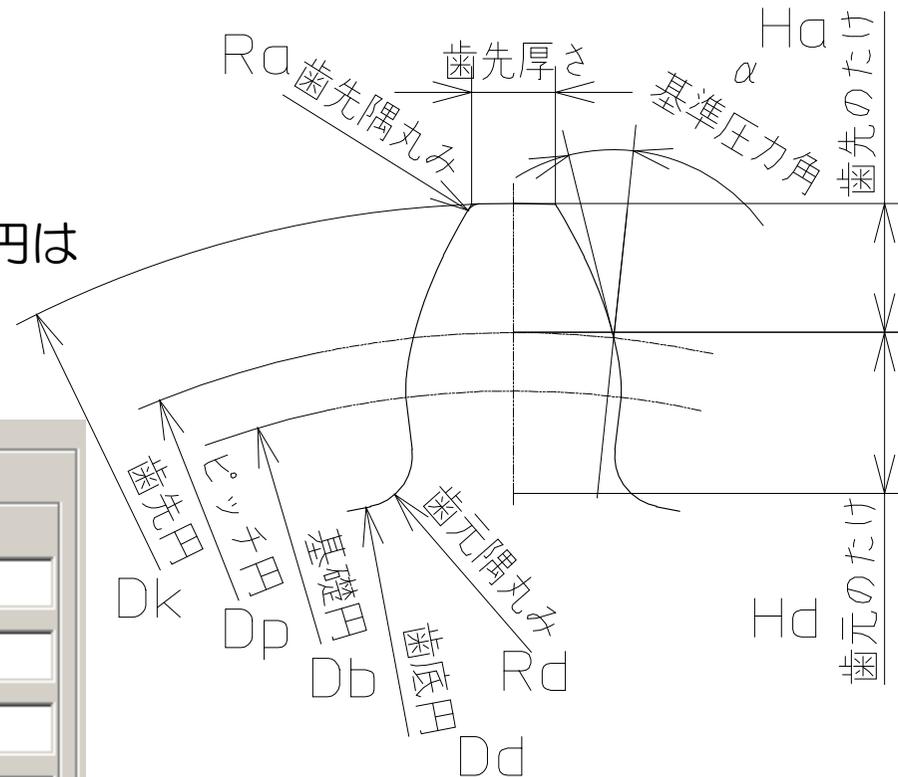
歯車諸元		
項目	駆動	従動
モジュール	1.0	1.0
基準圧力角	20.0	20.0
歯数	15	20
転位係数	0.0	0.0
歯末のたけ係数	1.0	1.0
歯元のたけ係数	1.25	1.25
歯先隅丸み半径	.25	.25
歯元隅丸み半径	.25	.25

歯車の基礎 歯車諸元

平歯車の歯車諸元

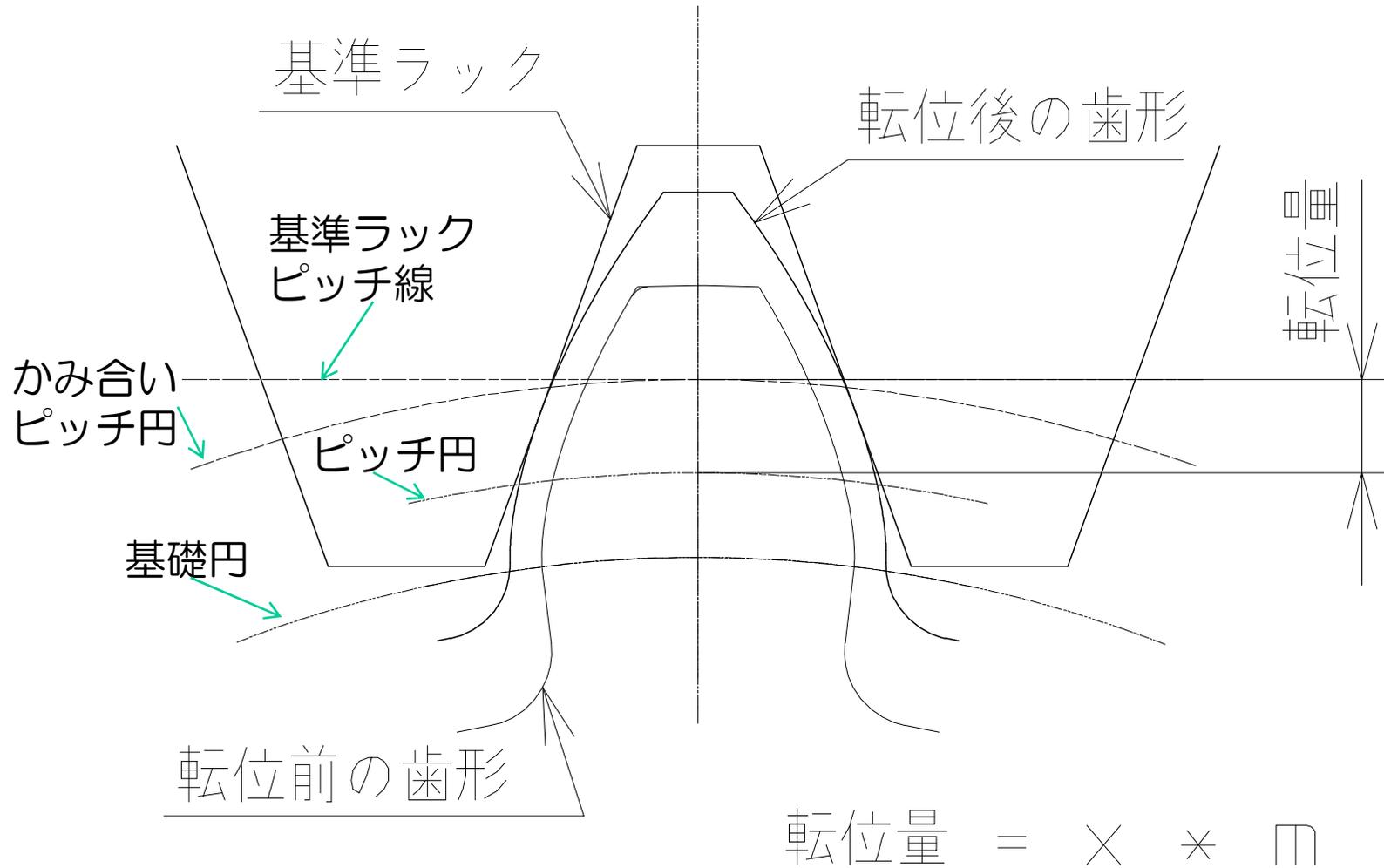
転位係数がゼロであるとき、
基準ピッチ円とかみ合いピッチ円は
等しい（重なる）。

歯車諸元		
項目	駆動	従動
モジュール	1.0	1.0
基準圧力角	20.0	20.0
歯数	15	20
転位係数	0.0	0.0
歯末のたけ係数	1.0	1.0
歯元のたけ係数	1.25	1.25
歯先隅丸み半径	.25	.25
歯元隅丸み半径	.25	.25



歯先隅丸みは、
歯形修正のうちのセミトッピングの一例
歯元隅丸みは、
応力集中を避ける効果がある。

歯車の基礎 歯車の転位とは



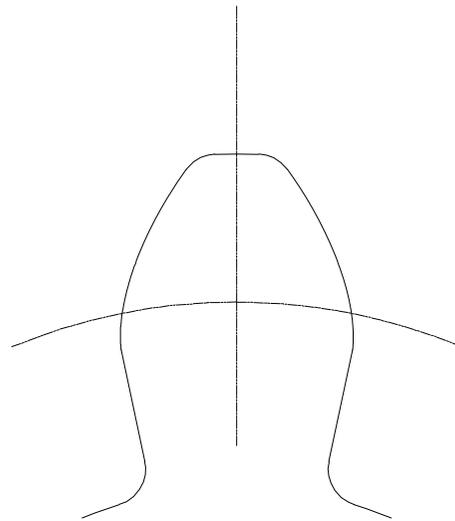
歯車の基礎 転位係数

X：転位係数 は、どういうときに用いるか？

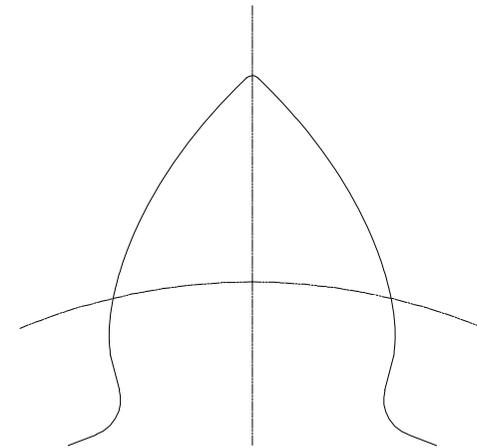
主として、

1. 意図的に指定した中心距離に変えたいとき

2. 歯形の切り下げを回避したいとき



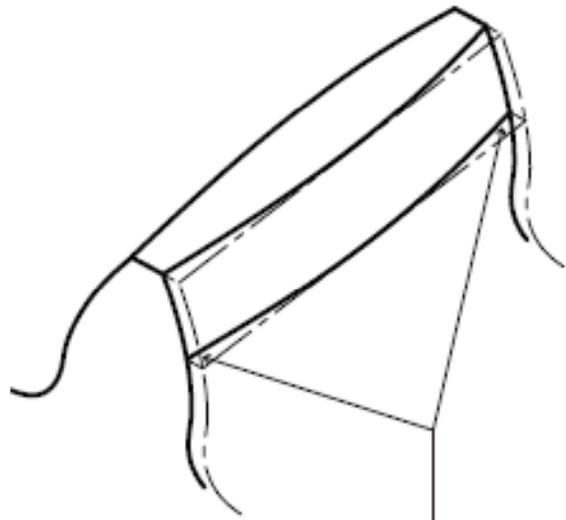
$$m = 5, z = 8, x = 0$$



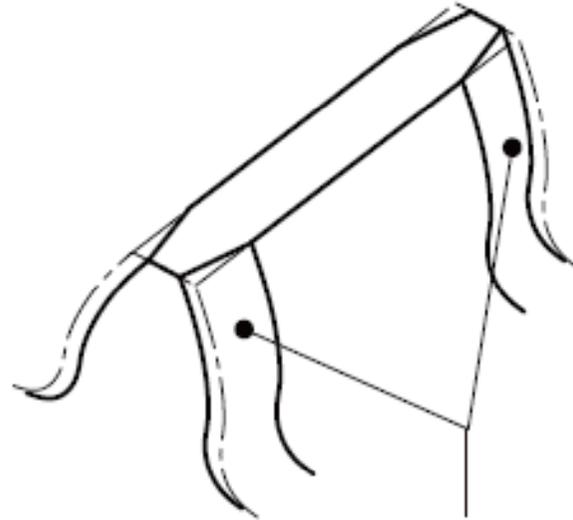
$$m = 5, z = 8, x = 0.53$$

切り下げを回避したい場合の一例

歯車の基礎 歯形の修正の例



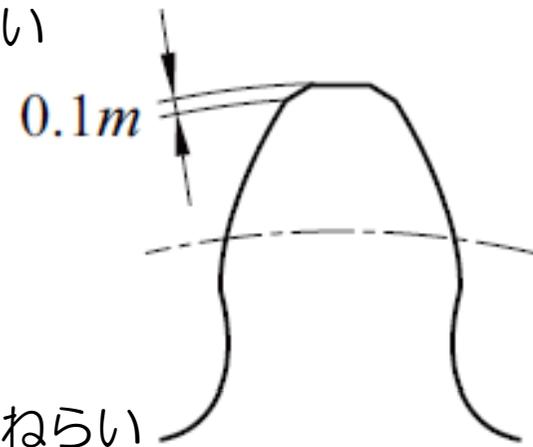
クラウニング



エンドレリーフ

歯当たりを歯幅中央部にすることが大きなねらい

荷重負荷で歯の変形が生じ、
相手歯車の歯形への干渉を防ぐねらい



セミトッピング

歯車の基礎 基本諸元

基本諸元計算

基本諸元 項目	駆動	従動
基礎円直径	7.5175	18.7938
基準ピッチ円直径	8.0	20.0
歯先円直径	10.0	22.0
歯底円直径	5.5	17.5
歯先厚さ	.5412	.6948
切り下げ防止転位係数	.5294	0.0
またぎ枚数	2	3
またぎ歯厚量	4.5402	7.6604
オーバーピン直径	1.8255	1.7244
オーバーピン量	10.6189	22.3779

メインメニューへ戻る

基本諸元の表示

再計算

- 歯先円・歯底円直径から歯たけ係数の算出
- またぎ歯厚量から転位係数の算出
- オーバピン量から転位係数の算出
- またぎ量・オーバピン量再計算

実行

切り下げを防止する転位係数を求めたり

寸法管理のためのまたぎ歯厚量やオーバーピン量を求めたりすることは、

やや面倒な計算が必要。

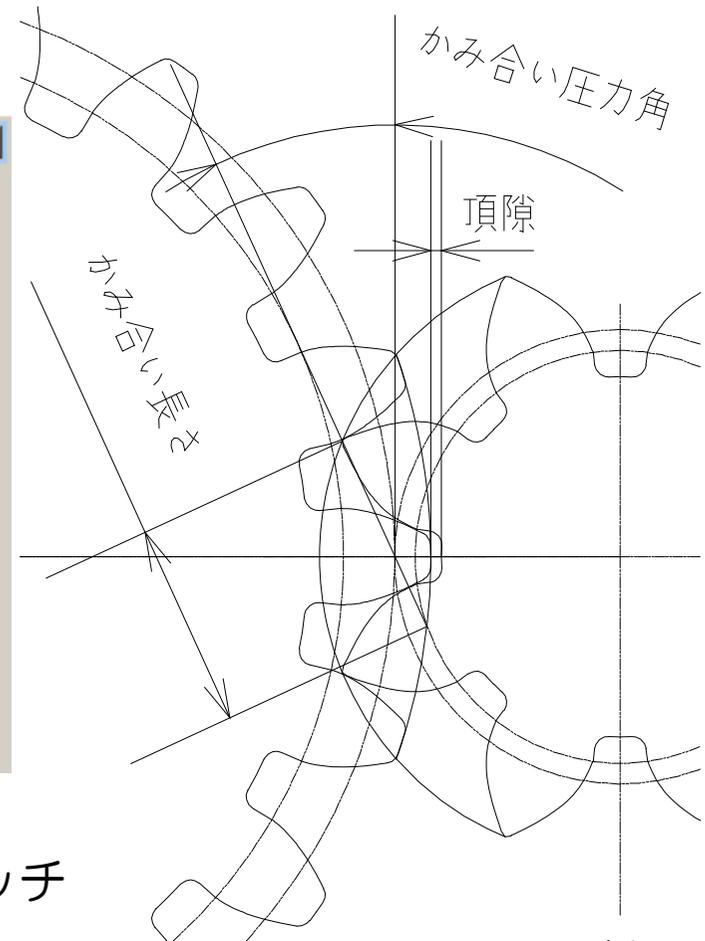
歯車の基礎 かみ合い諸元

単体の歯車の幾何学的な特性の評価だけでなく、
相手歯車とのかみ合いに関する評価も必要。

かみ合い諸元計算

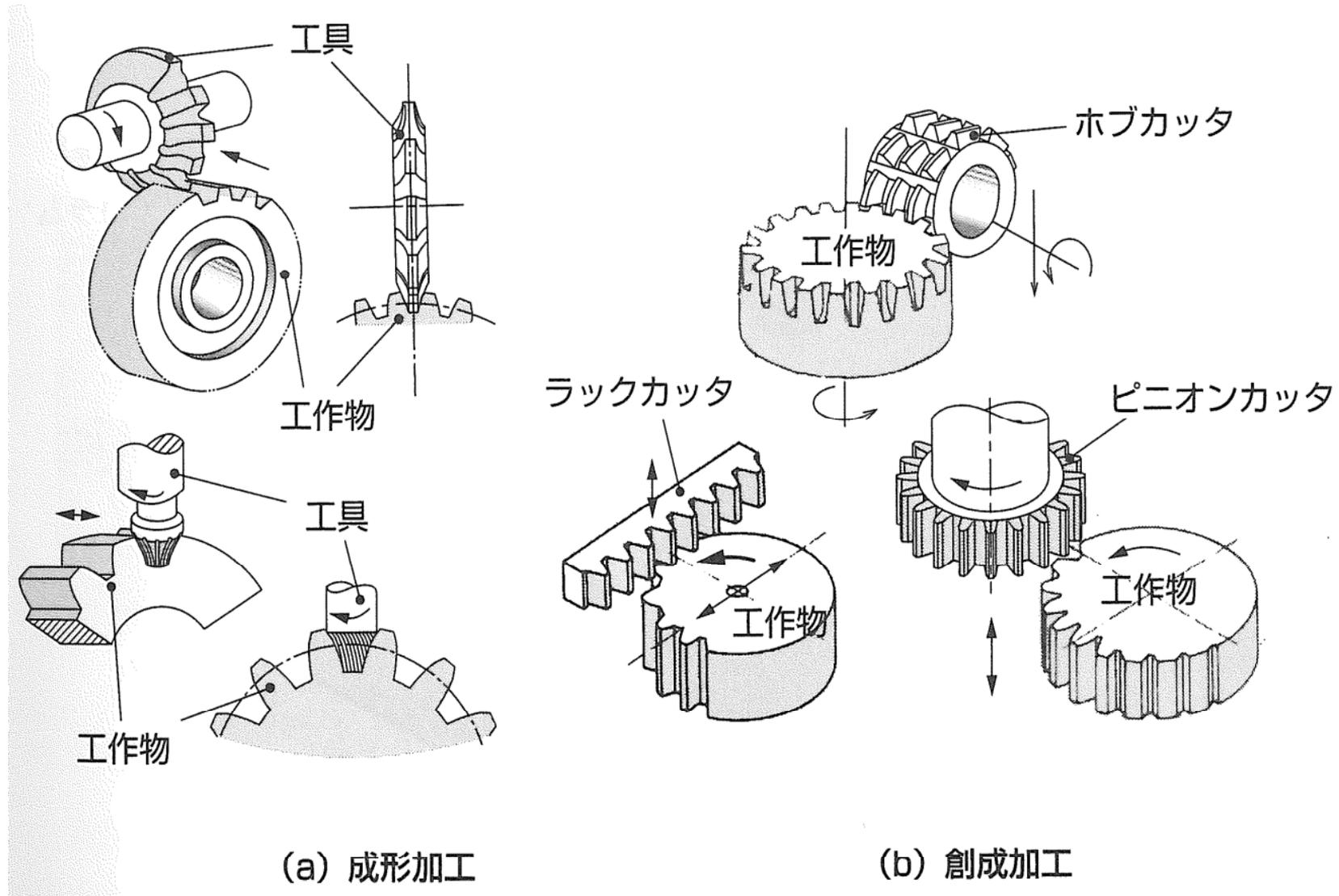
項目	駆動	従動
かみ合いピッチ円直径	8.2715	20.0788
かみ合い中心距離	14.4752	14.4752
かみ合い圧力角	24.6541	24.6541
かみ合い率	1.2655	1.2655
頂げき量	.1952	.1952

メインメニューへ戻る 表示

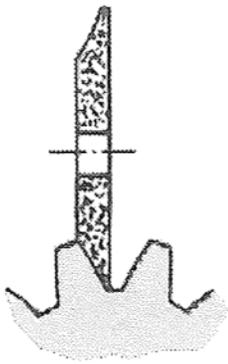


$$\text{かみ合い率} = \text{かみ合い長さ} / \text{円周ピッチ}$$

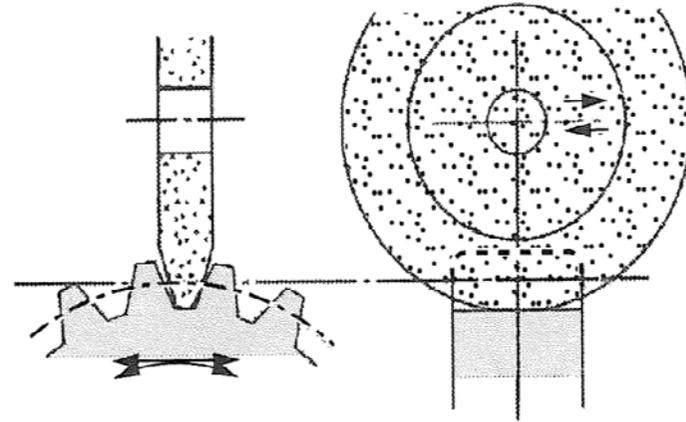
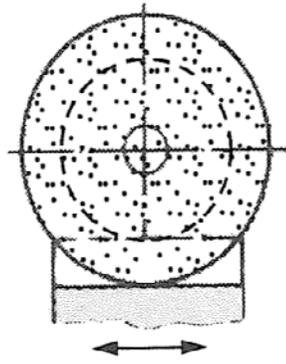
歯車の基礎 歯切り加工の種類



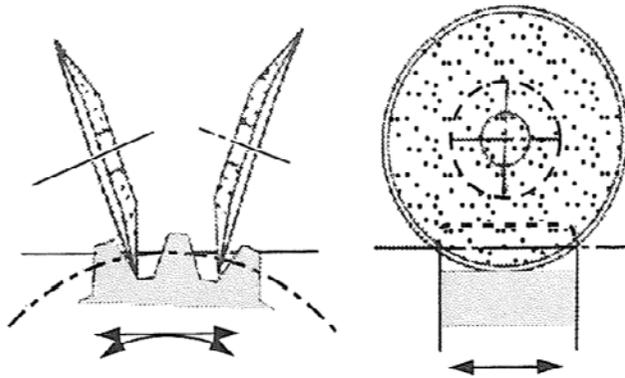
歯車の基礎 歯車研削加工の種類



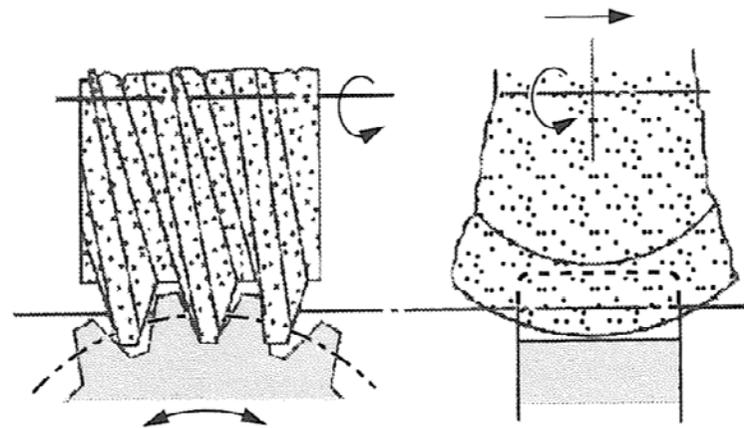
(a) 成形研削法



(b) 創成研削法1



(c) 創成研削法2



(d) 創成研削法3