

# 機械要素 第13回:

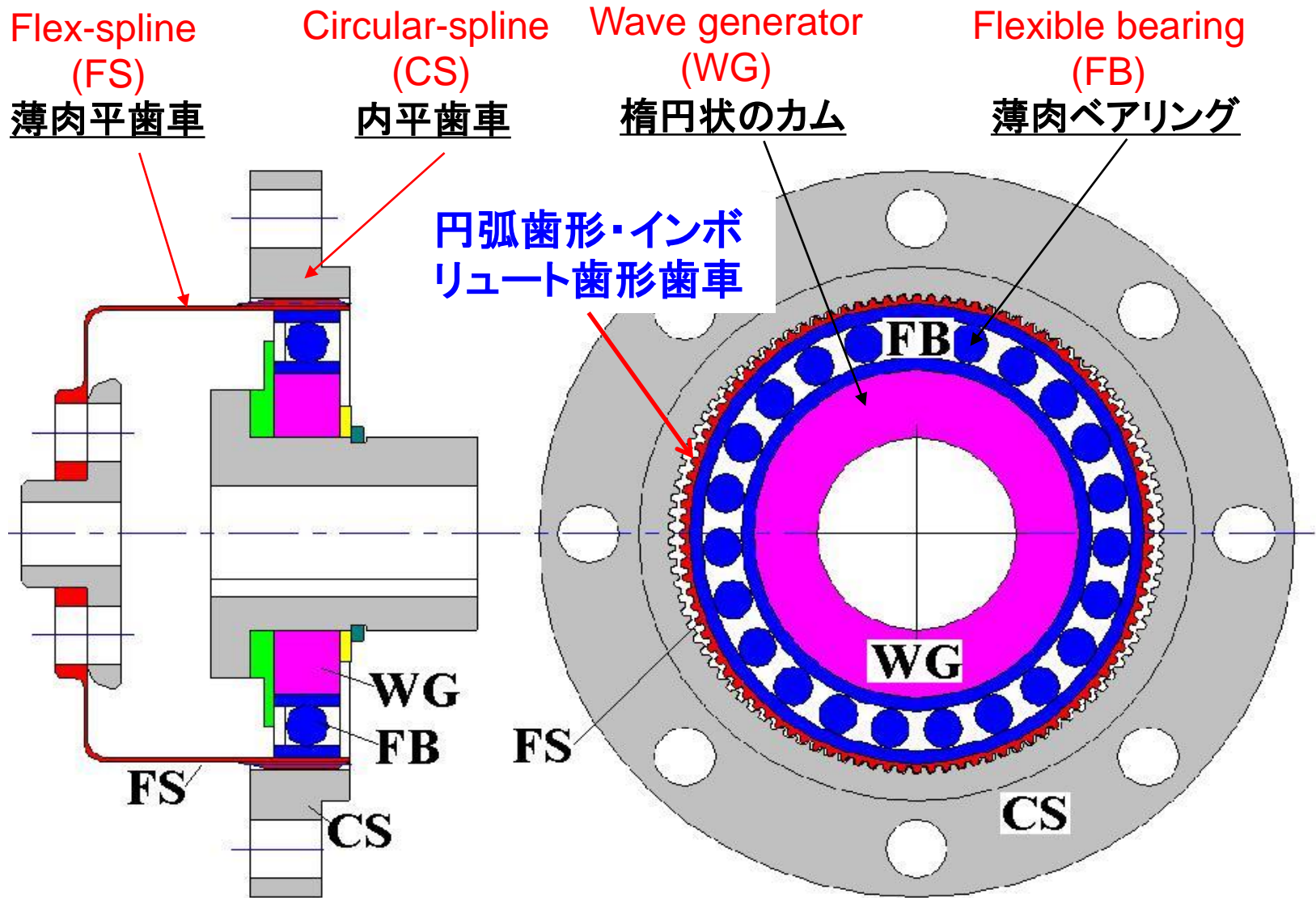
## ロボット用精密減速機及びその他の減速機

1. 波動歯車装置
2. サイクロイド減速機
3. RV減速機
4. 自動車用変速機
5. その他の減速機
6. 歯車ポンプ

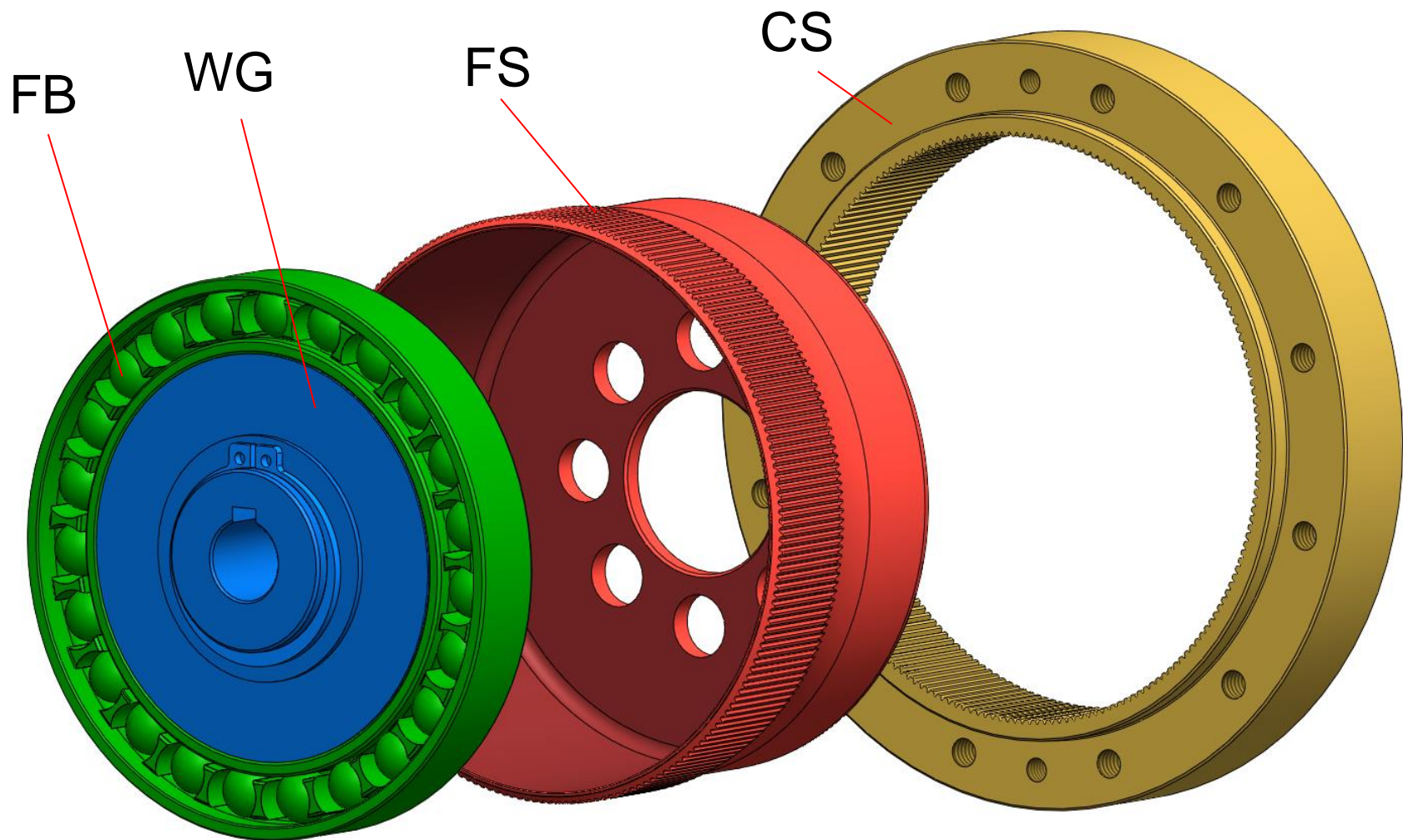
# 1. 波動齒車裝置

# 1.1 波動歯車装置の構成

1959年にアメリカ人のMusser氏により発明されたもの



## 1.2 波動歯車装置の三次元構造



カップ型波動歯車装置

# 1.3 波動歯車装置の実物写真



(株)ハーモニック・ドライブ・システムズ製

学生教育のために、島根大学が購入したもの

減速比*i*の計算:

$$i = \frac{Z_2}{Z_2 - Z_1} \quad (\text{CSは出力軸})$$

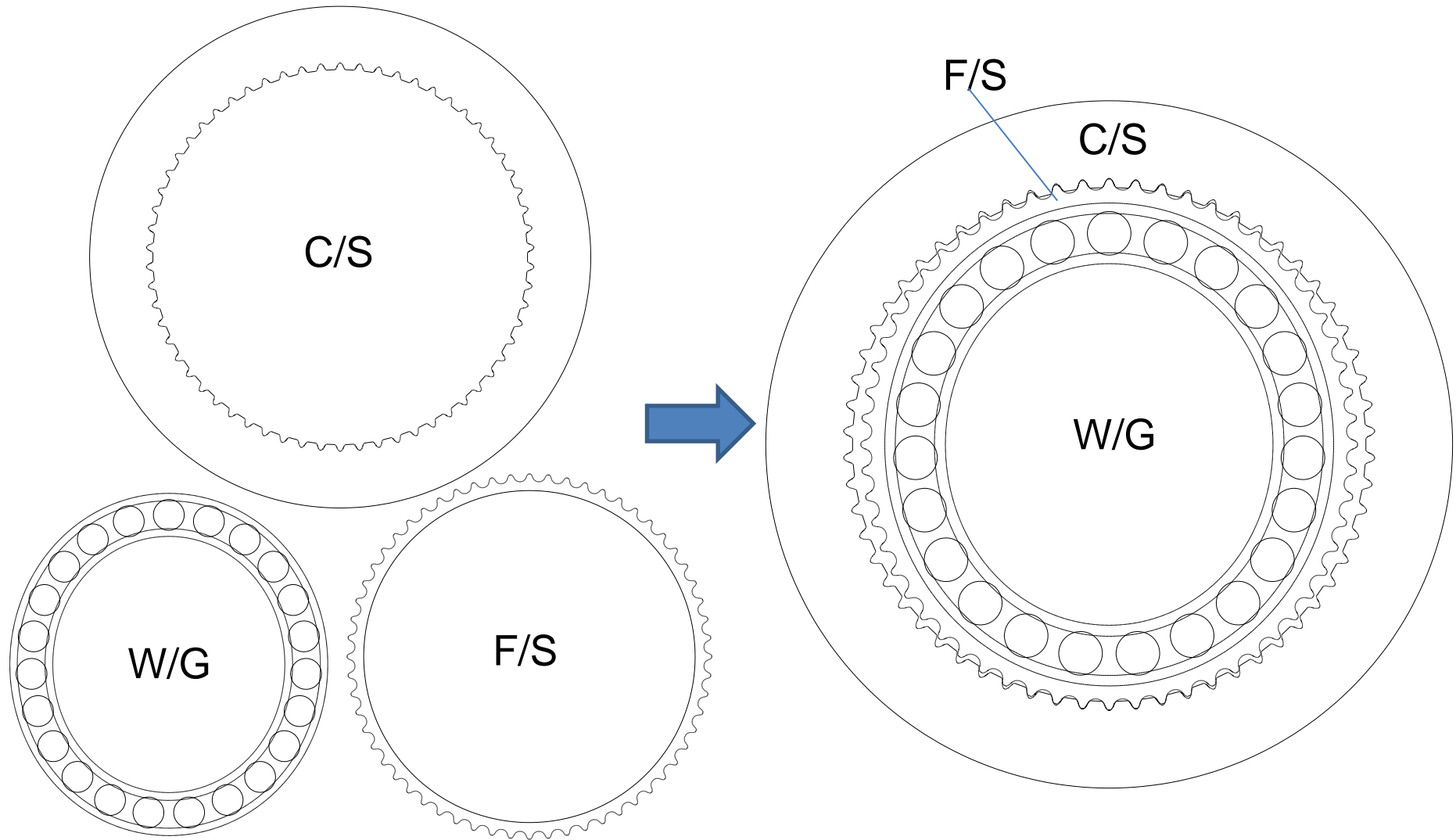
$$i = \frac{Z_2}{Z_2 - Z_1} - 1 \quad (\text{FSは出力軸})$$

$Z_2$ =CSの歯数

$Z_1$ =FSの歯数

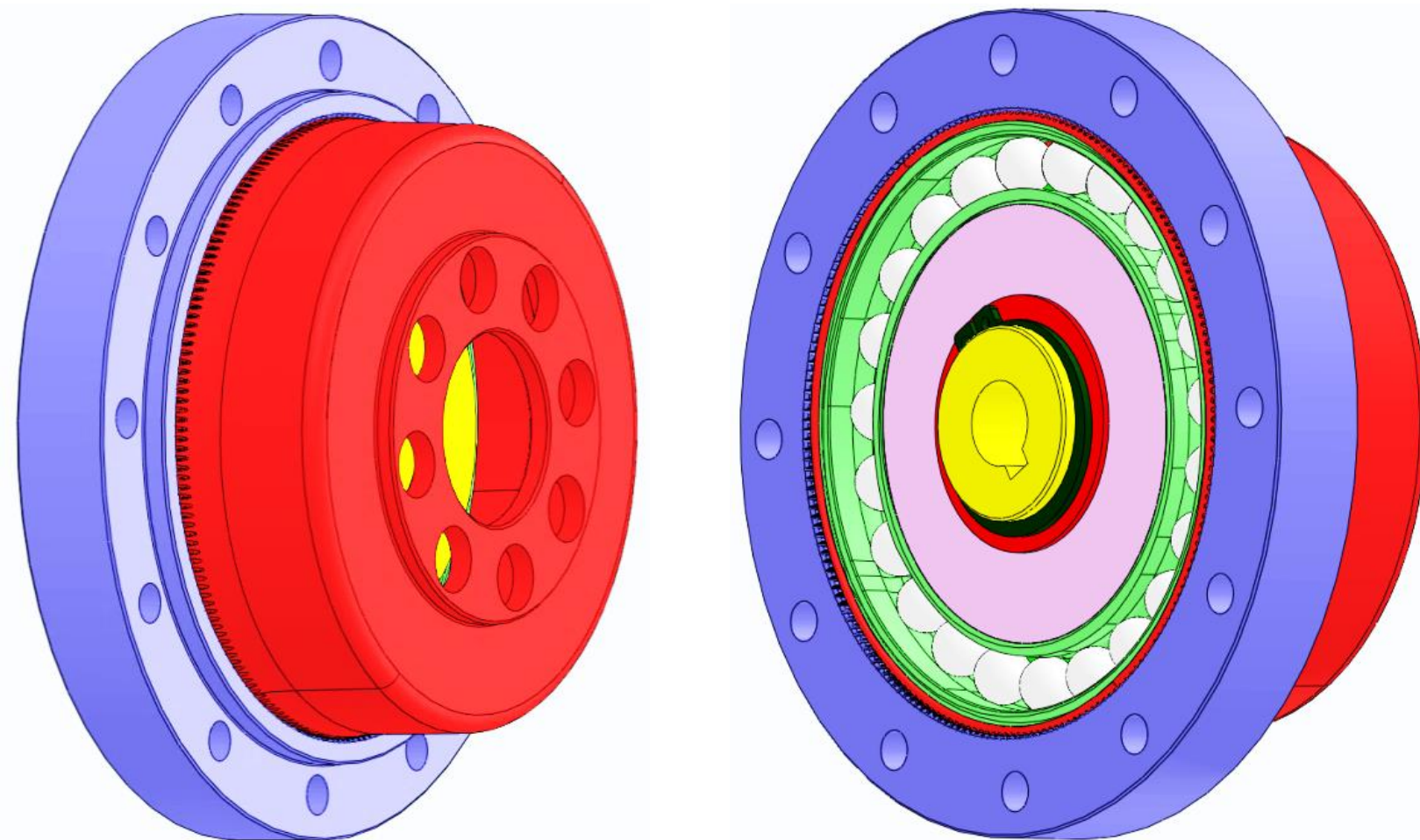
一般的に  $Z_2 = Z_1 + 2$

# 部品の組立



F/SがW/Gに楕円変形された後にC/Sに組み込まれる

## 1.4 組立状態の波動歯車装置

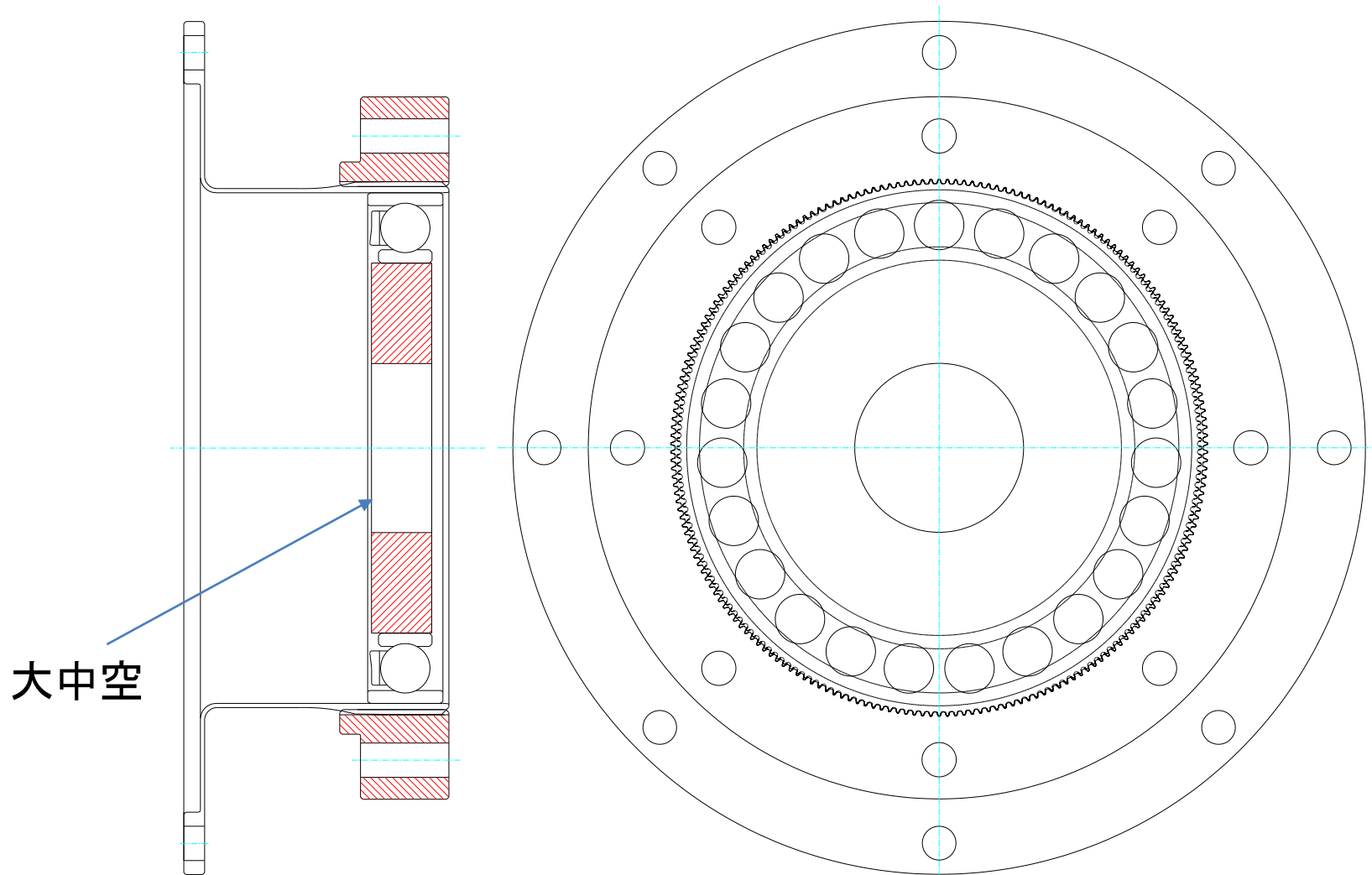


[波動歯車装置の動画1\(英語\)](#)

[波動歯車装置の動画2\(英語\)](#)

[波動歯車装置の動画](#)

## 1.5 シルクハット型波動歯車装置



大中空設計ができるようになる



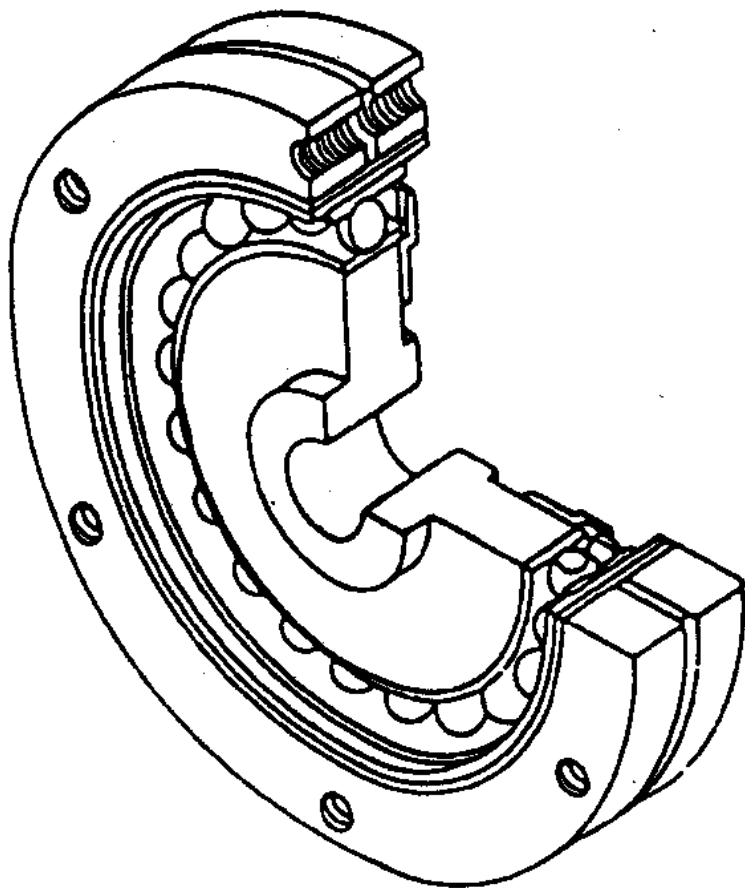
## 1.6 シルクハット型波動歯車装置の写真



(株)ハーモニック・ドライブ・システムズ製

学生教育のために、島根大学が購入したもの

## 1.7 パンケーキ型波動歯車装置



出典:(株)ハーモニック・ドライブ・システムズ製品カタログ

## 1.8 波動歯車装置の特徴

### 特徴:

- 高減速比(減速比30~200)
- 小型・軽量
- 高伝達精度(伝達誤差<60秒)
- 小バックラッシュ

### 主な用途:

- 宇宙探索機
- ロケット
- 産業ロボット・人間型ロボット・手術ロボット
- 半導体・CTスキャナー

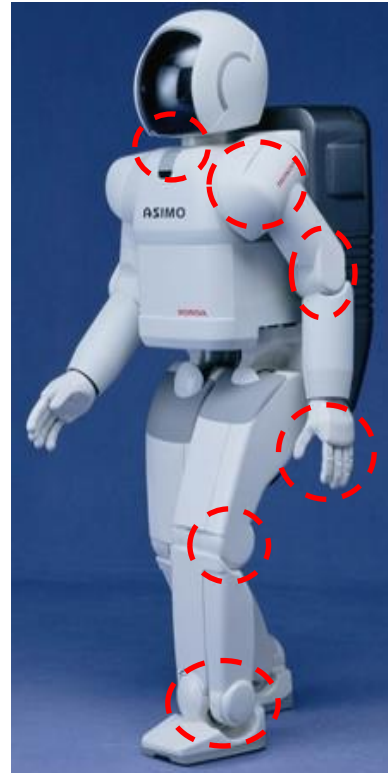
# 1.9 波動歯車装置の応用

産業ロボットにおける応用例



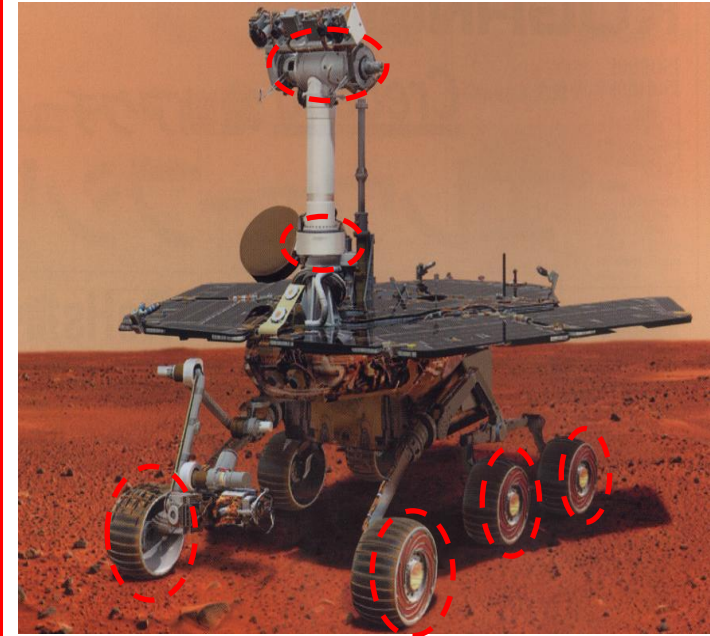
Fanuc's Robot\*1

人間型ロボットにおける応用



Honda's Asimo\*2

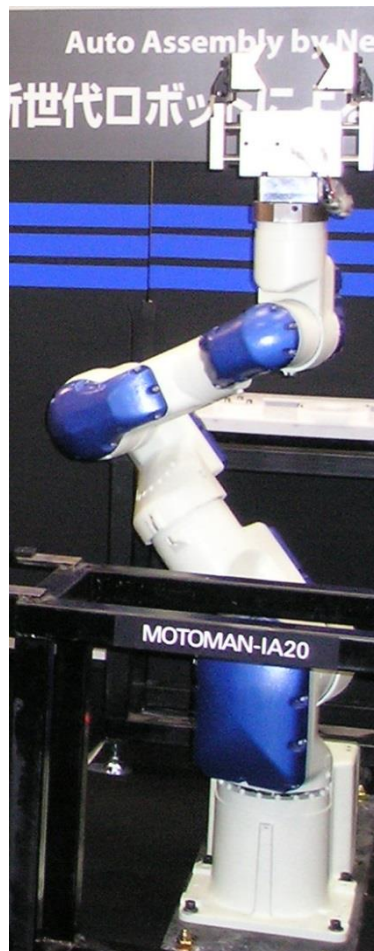
宇宙探査機における応用



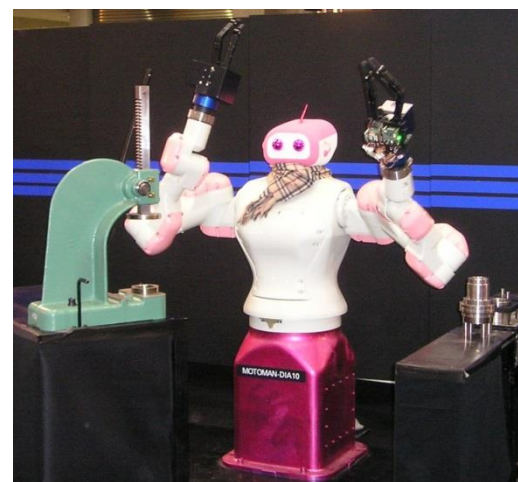
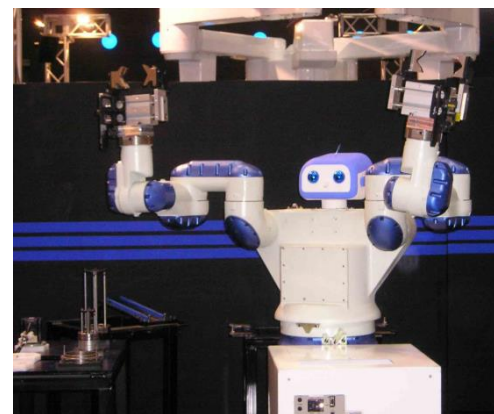
NASA's Mars rover\*3

出典: \*1: [http://www.mekatoro.net/mechatro\\_parts/vol3/pdf/p03-284.html](http://www.mekatoro.net/mechatro_parts/vol3/pdf/p03-284.html);  
\*2: <http://www.honda.co.jp/ASIMO/>  
\*3: <http://www.jpl.nasa.gov/releases/2004/2.cfm>

## 蛇型ロボットにおける応用例



## 双腕ロボットにおける応用例



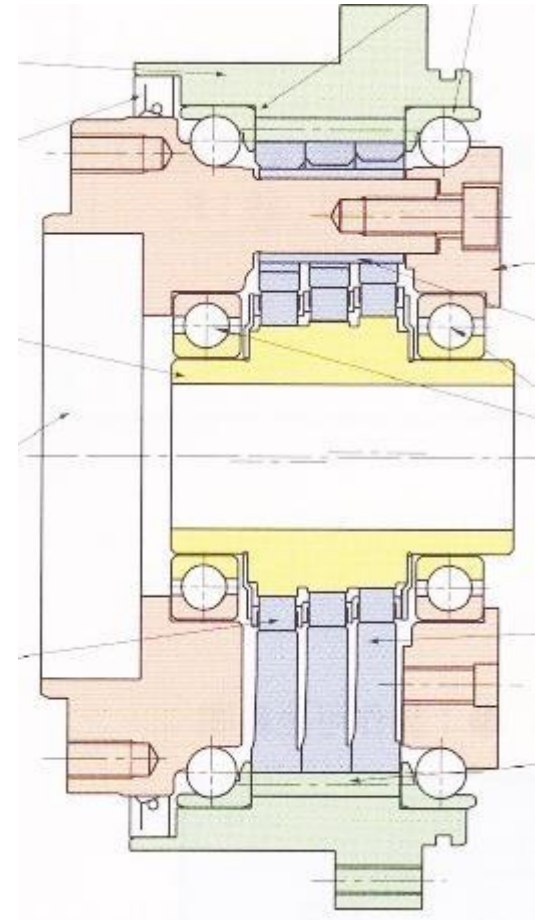
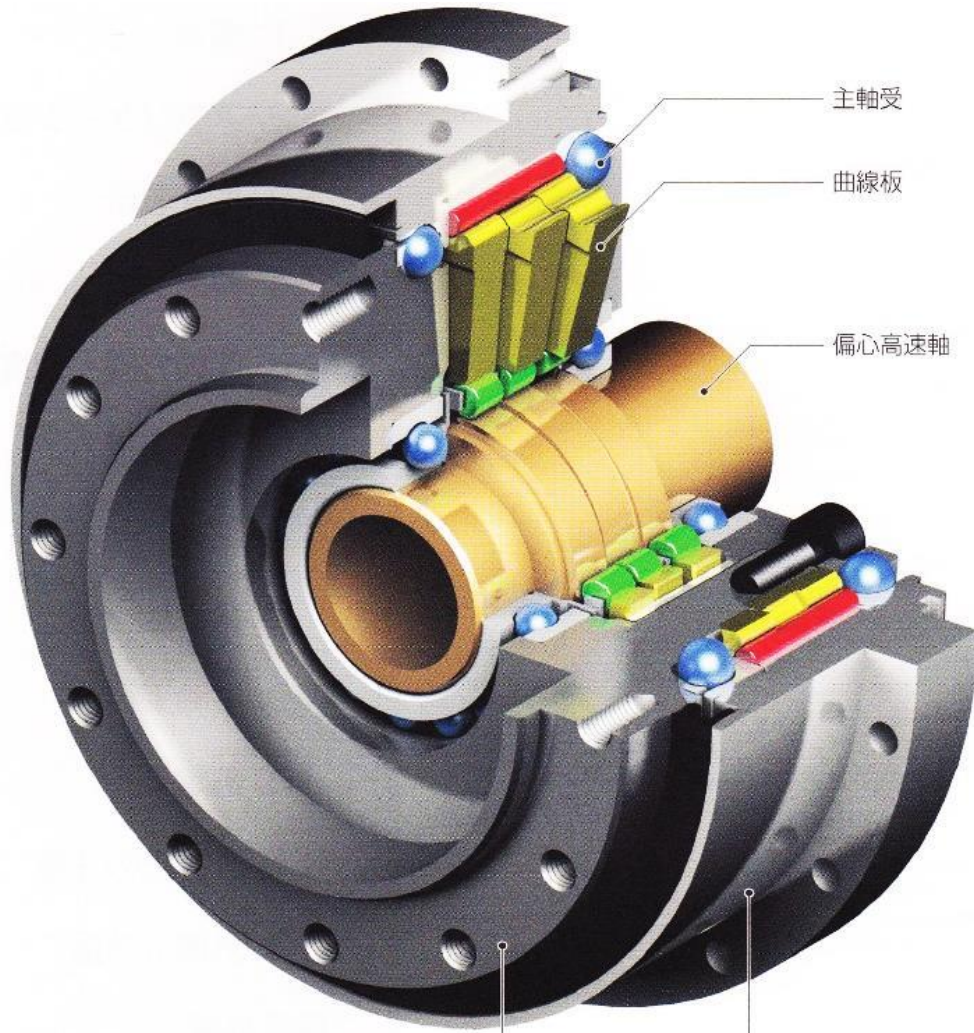
**Yasukawa's Robot\*1**

\*1: <http://www.yaskawa.co.jp/business/robot/>

## 2. サイクロイド減速機

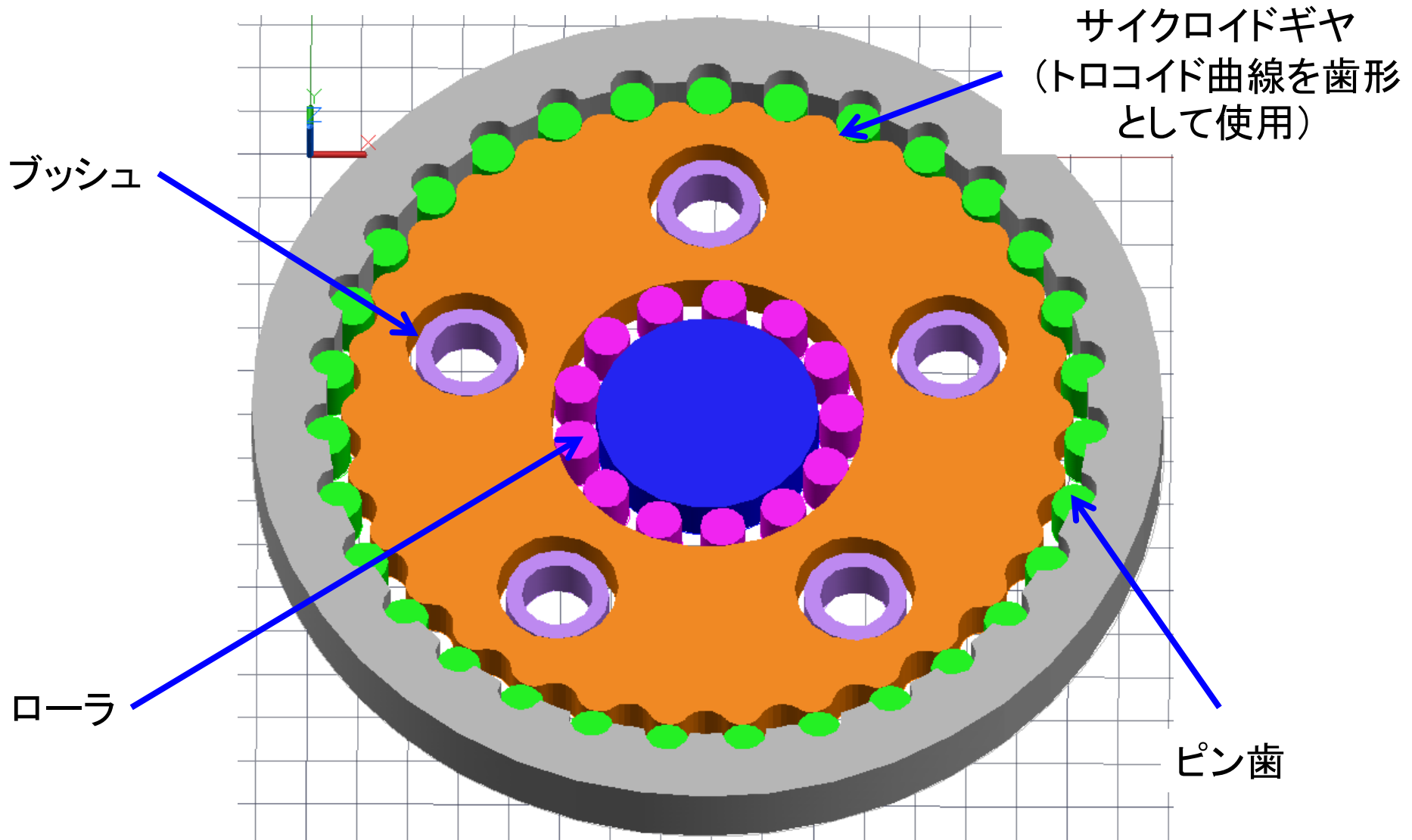
## 2.1 サイクロイド減速機

1927年、ドイツ人のローレンツ・ブラーレン氏により発明されたもの



出典:住友重機械工業株式会社 精密制御用サイクロ減速機 カタログ

## 2.2 サイクロイド減速機の構造断面図

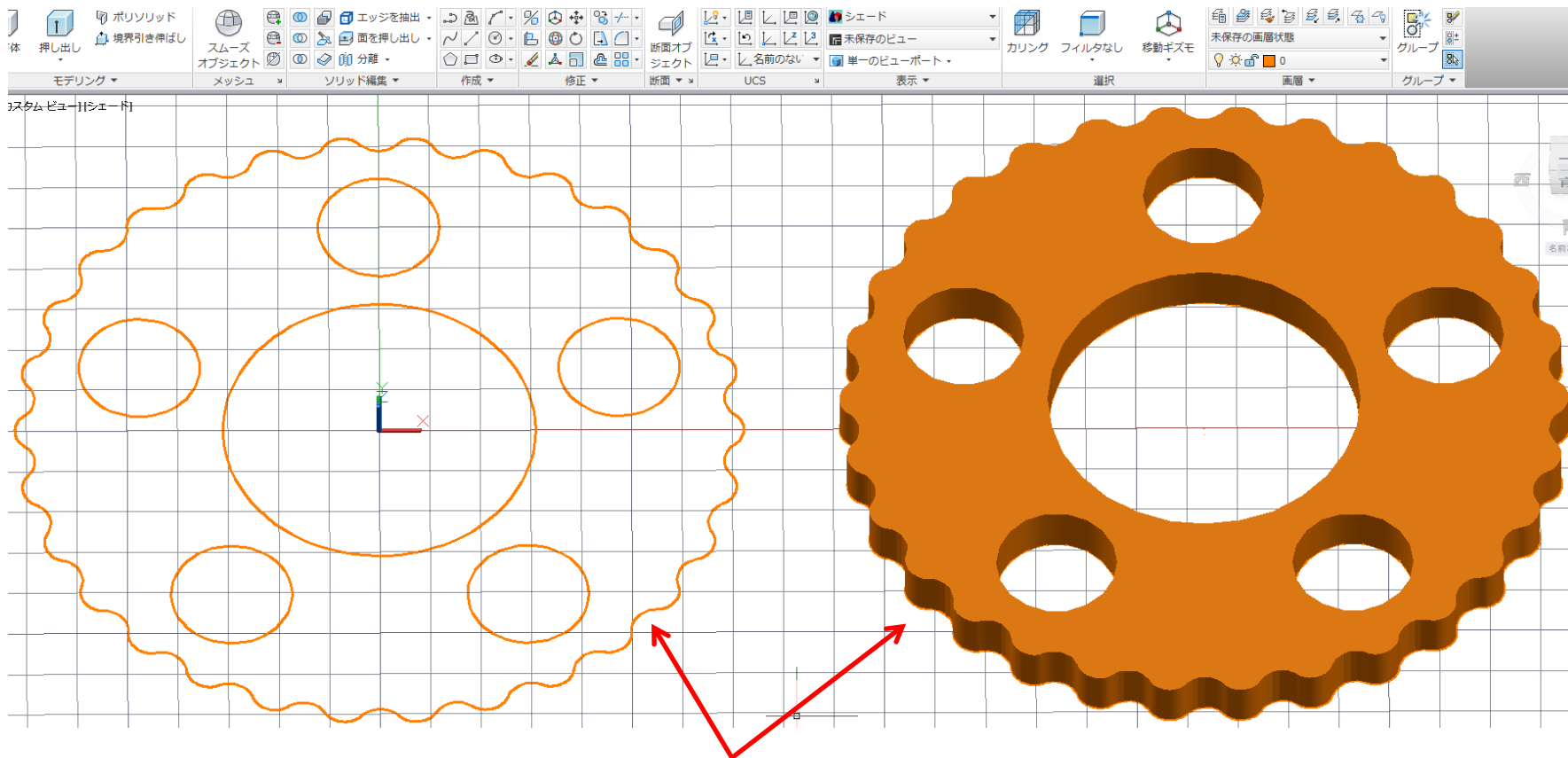


[Animated cartoon1](#)

[Animated cartoon2](#)

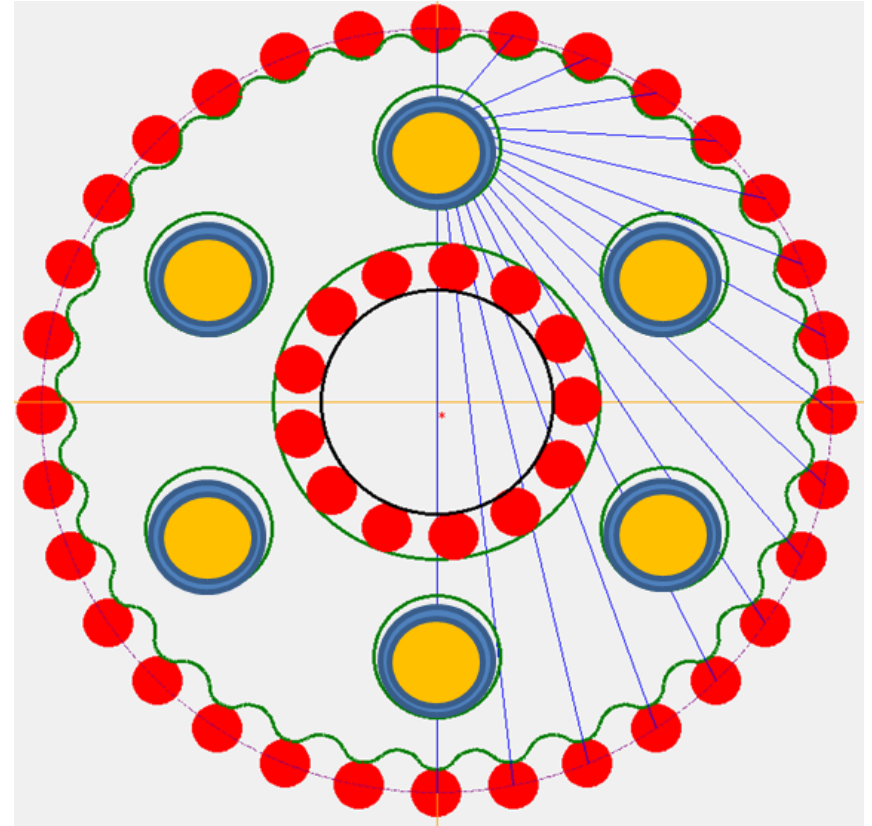
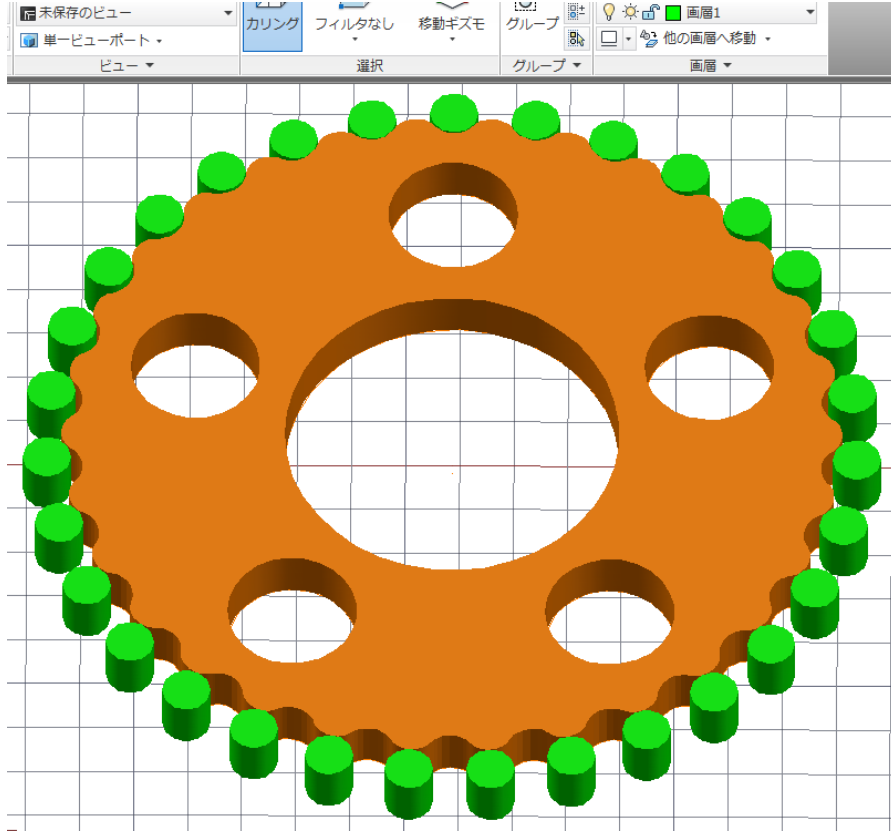


## 2.3 サイクロイドギヤの歯形曲線



トロコイド(サイクロイド)曲線

## 2.4 減速機の減速機比



$$\text{減速比} = \frac{Z_2}{Z_2 - Z_1}$$

(ピンを入れるケースから出力する場合)

$Z_2$  = ピンの本数

$Z_1$  = トロコイド歯車の歯数

一般的に  $(Z_2 - Z_1) = 1$

## 2.5 サイクロイド減速機の製品写真



住友重機械工業(株)製

学生教育のために、島根大学が購入したもの

減速比*i*の計算:

$$i = \frac{Z_2}{Z_2 - Z_1} \quad (\text{ピンは出力軸})$$

$$i = \frac{Z_2}{Z_2 - Z_1} - 1 \quad (\text{ギヤは出力軸})$$

$Z_2$ =ピンの本数

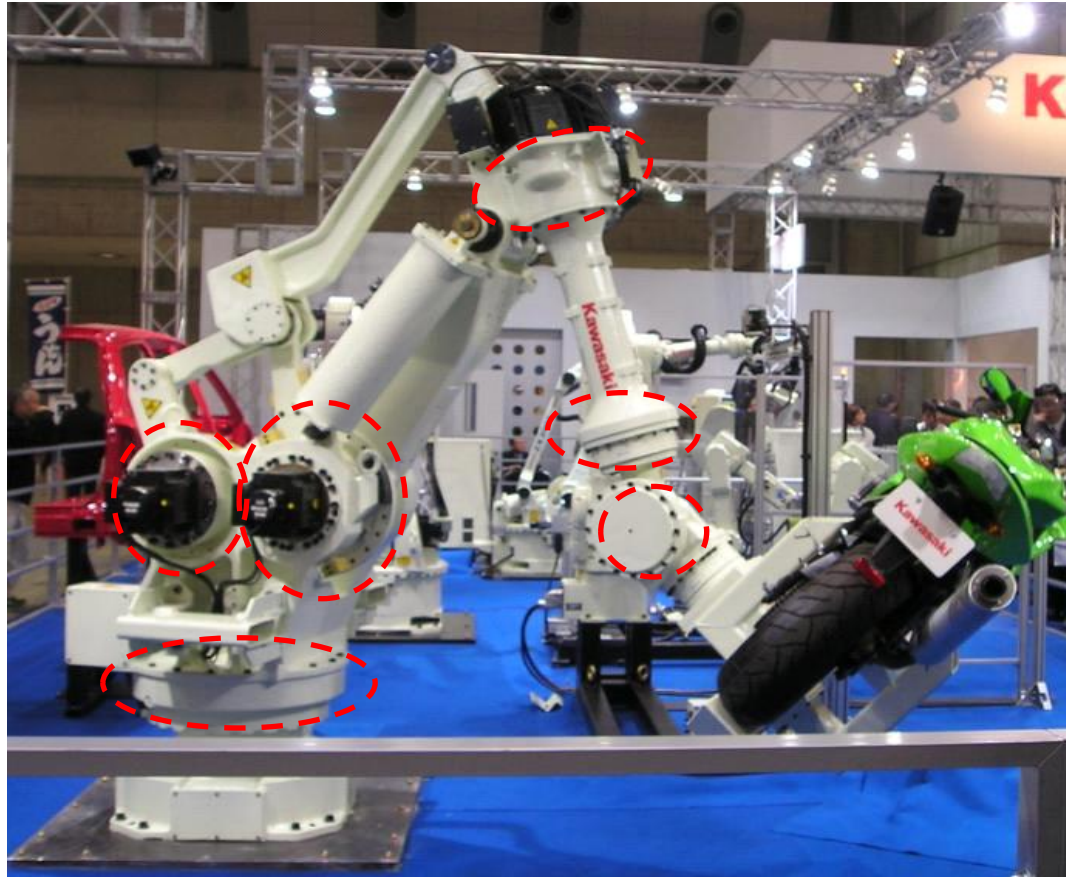
$Z_1$ =サイクロイドギヤの歯数

一般的に  $Z_2 = Z_1 + 1$

## 2.6 減速機の特徴

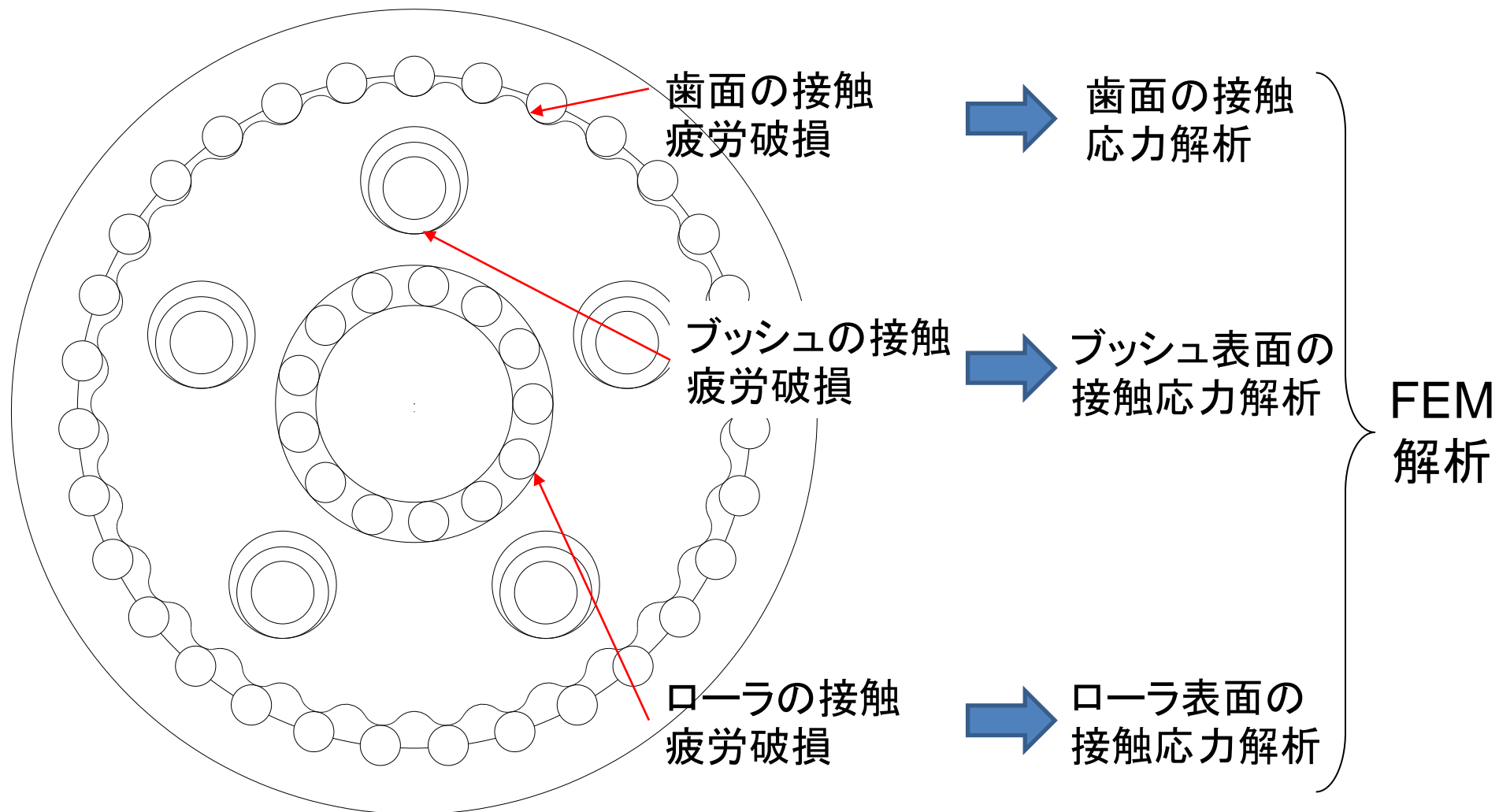
- 一段減速機構（ピン歯車機構）
- 大減速比：減速比60～200
- トロコイド歯形
- 高ねじり剛性
- 高伝達精度
- 小バックラッシュ&小ロストモーション
- 扁平構造&大中空可能

## 2.7 サクロイド減速機の用途



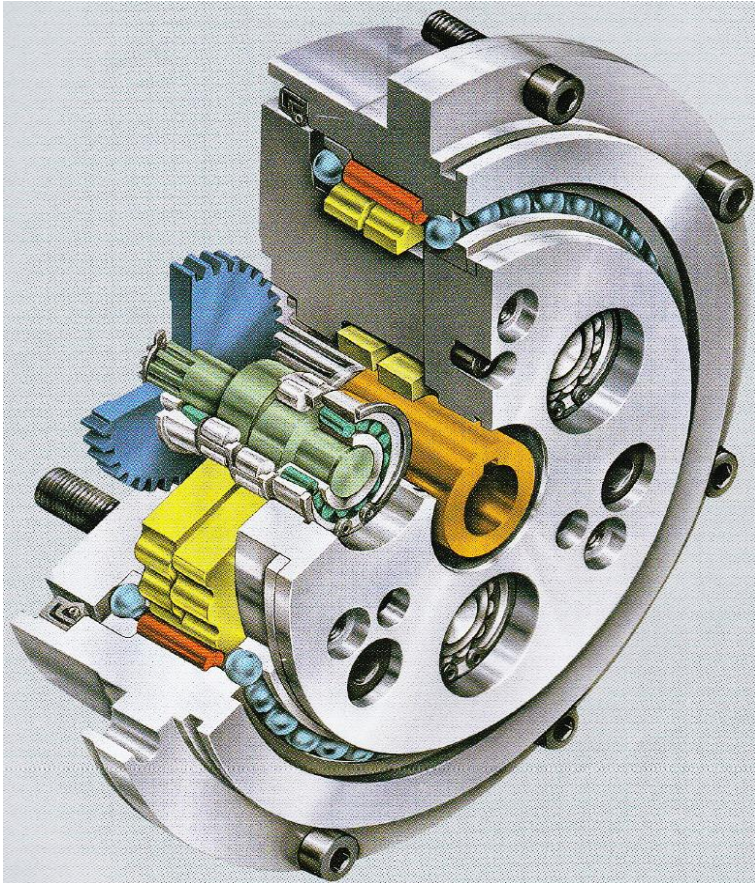
川崎重工様製の産業ロボット\*1  
\*1: <http://www.kawasaki.co.jp/business/robot/>

## 2.8 サイクロイド減速機の疲労破損と強度解析



# 3. RV減速機

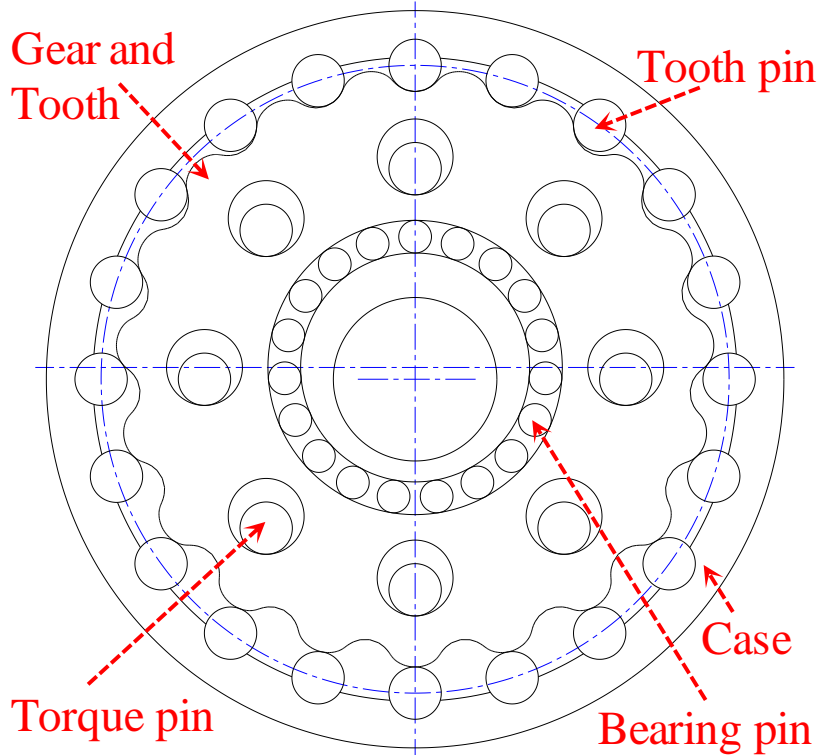
## 3.1 RV減速機



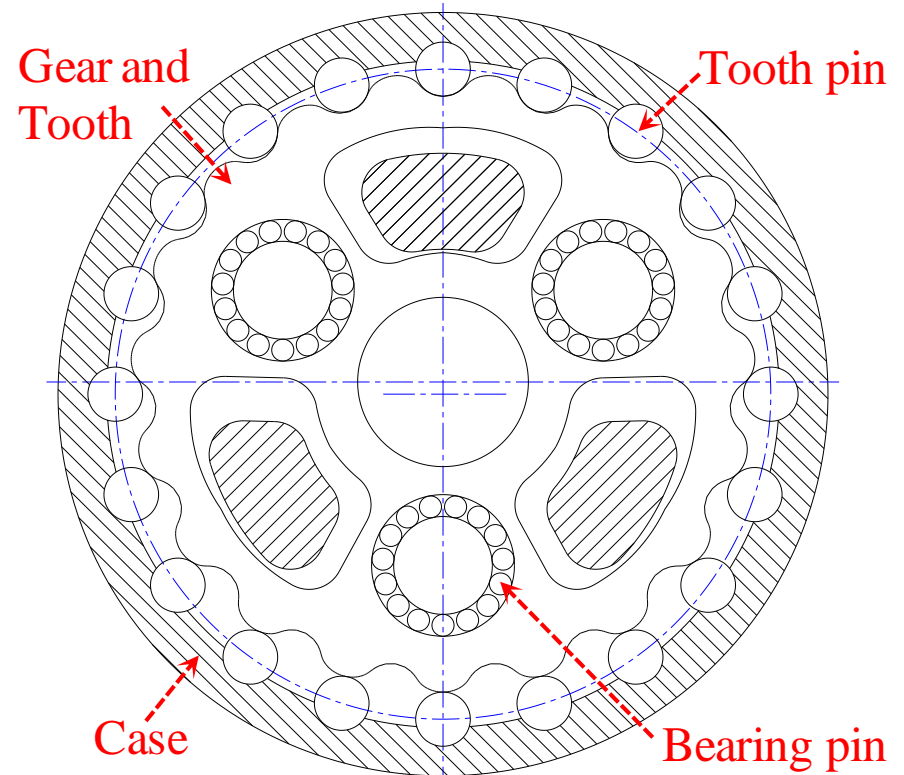
出典:ナブテスコ(株) 製品カタログ



## 3.2 RV減速機とサイクロイド減速機の区別



サイクロイド減速機



RV 減速機

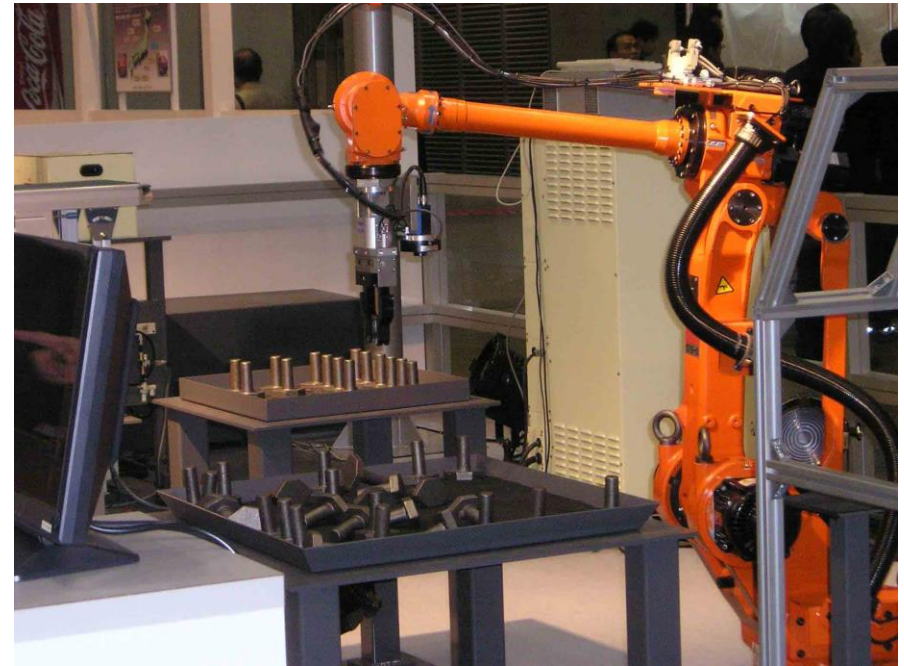
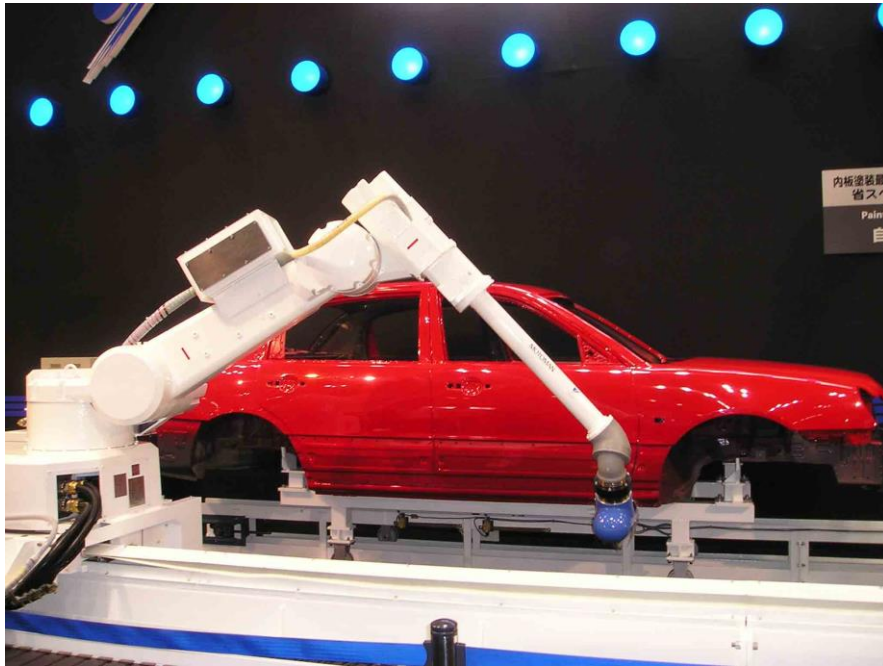
### 3.3 RV減速機の構造



出典: <https://www.youtube.com/watch?v=D16A5Lu4I04>

[https://www.youtube.com/watch?v=MBWkibie\\_5I&t=4s](https://www.youtube.com/watch?v=MBWkibie_5I&t=4s)

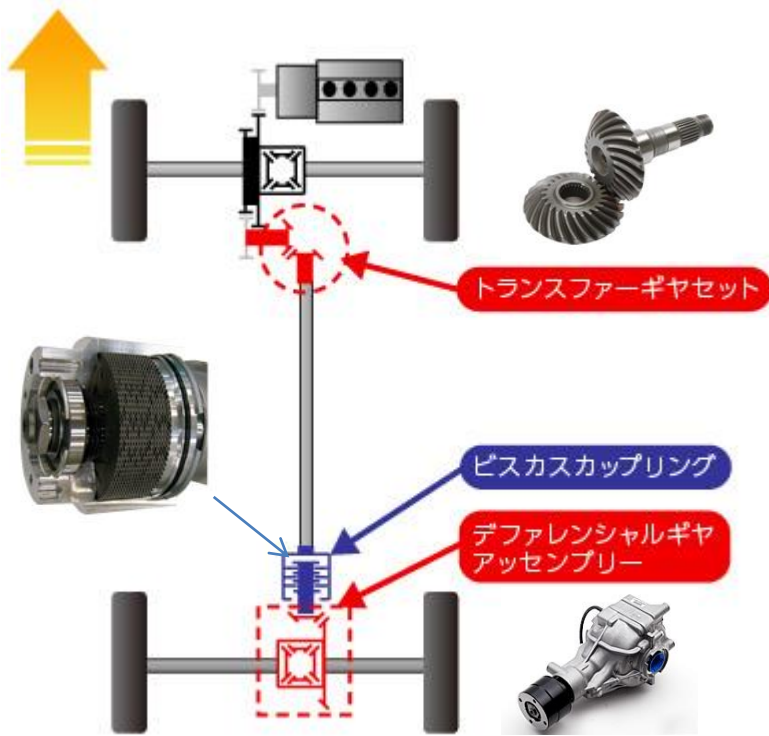
## 3.4 RV減速機の応用



産業ロボットにおけるRV減速機の応用

# 4. 自動車用変速機

# 4.1 車の動力伝達部



※モデルはFFベース4WDの簡易レイアウト

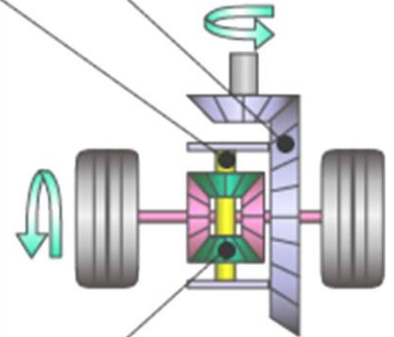
ハイポイドギヤセット



ピニオンシャフト



ピニオンシャフト



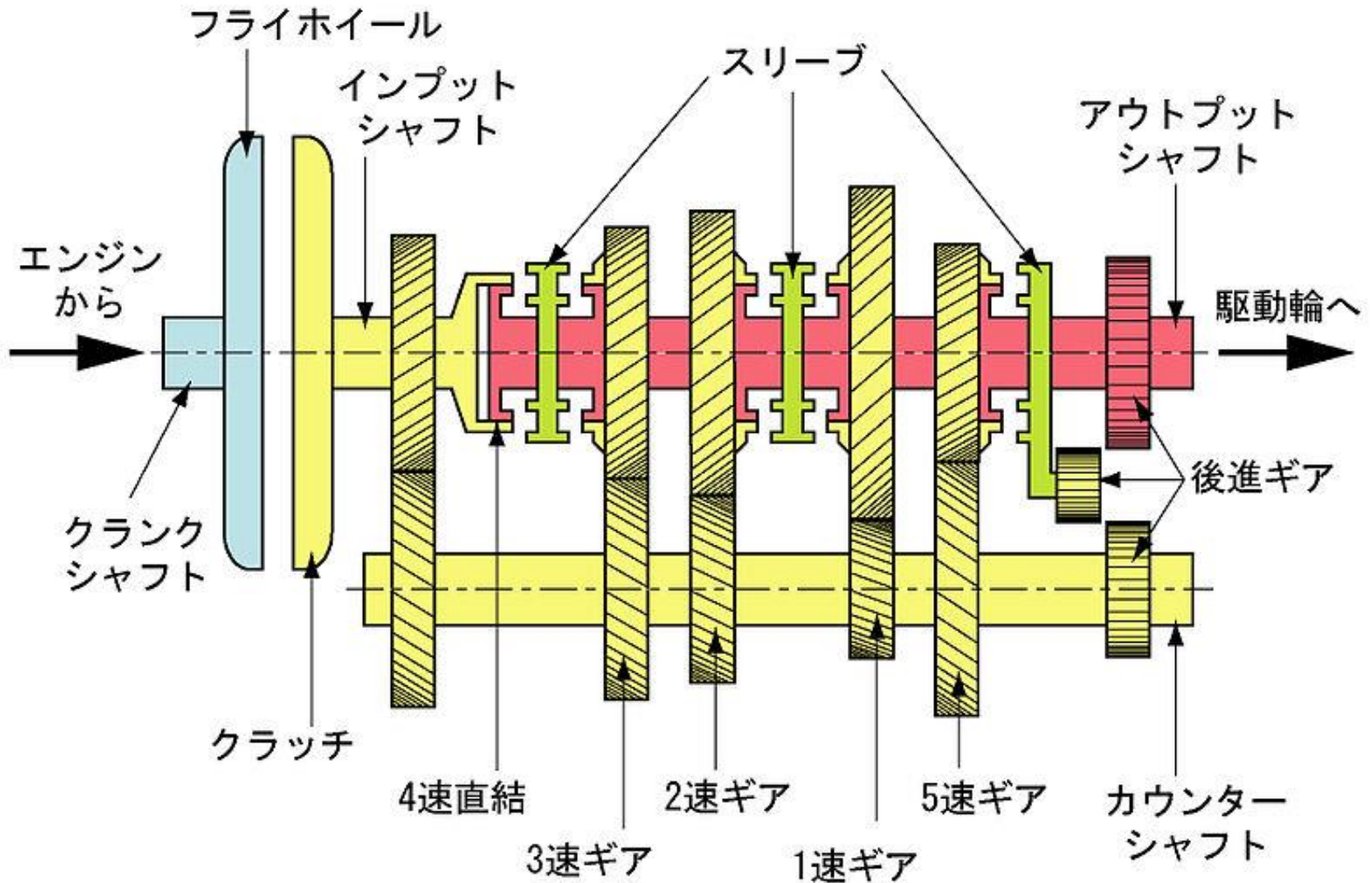
デファレンシャルギヤユニット



デファレンシャルギヤユニット

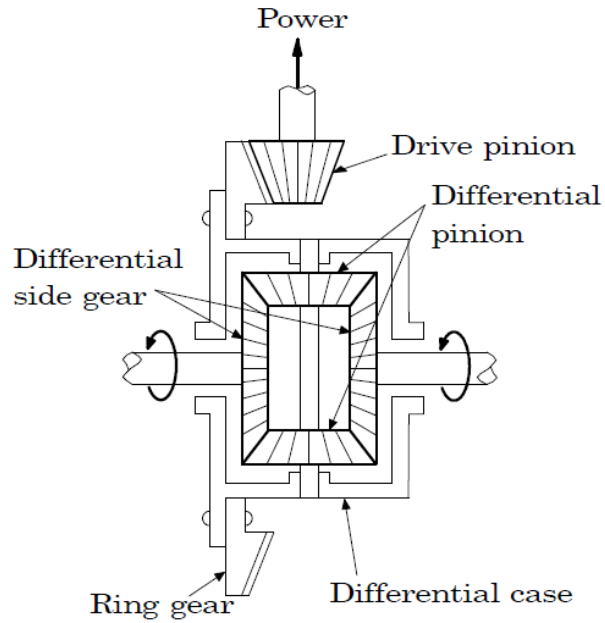
デファレンシャルギヤは動力伝達装置の一部。エンジンで発生した駆動力を様々なタイプのギヤ(傘歯車)を経て駆動軸に伝える。そのギヤ(傘歯車)を内蔵する代表的なものがデファレンシャルギヤアッセンブリーで、駆動回転軸の方向転換及びコーナリング時に発生する左右輪の回転差を吸収し、スムーズなコーナリングを可能とする。

## 4.2 有段変速機

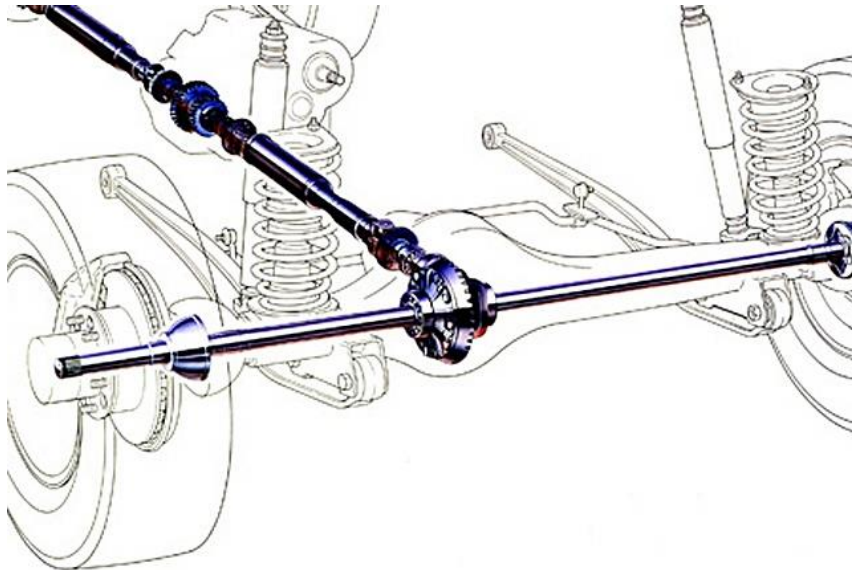


自動車のトランスミッション

## 4.3 差動歯車装置



車の車輪駆動用デファレンシャルギア  
(differential gear, デフギア、デフ)

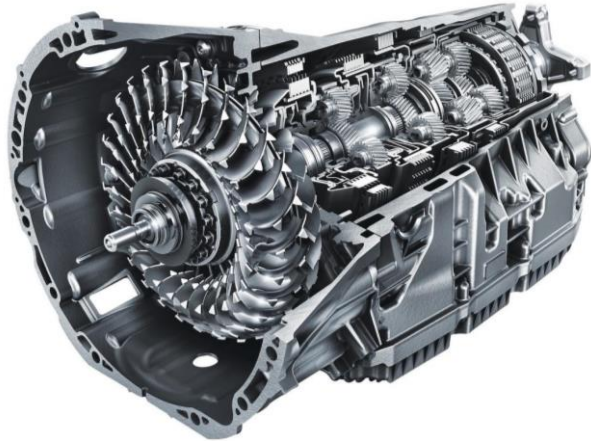


[デファレンシャルギヤ\(動画1\)](#)

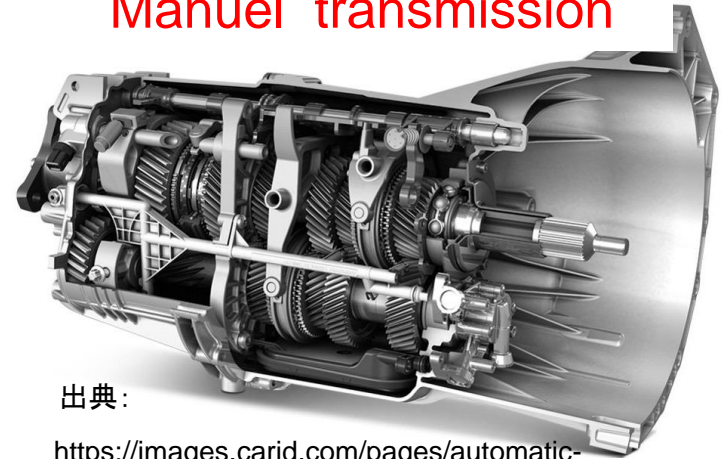
[デフギア機構\(動画2\)](#)

## 4.4 車のトランスミッション

Automatic transmission



Manuel transmission



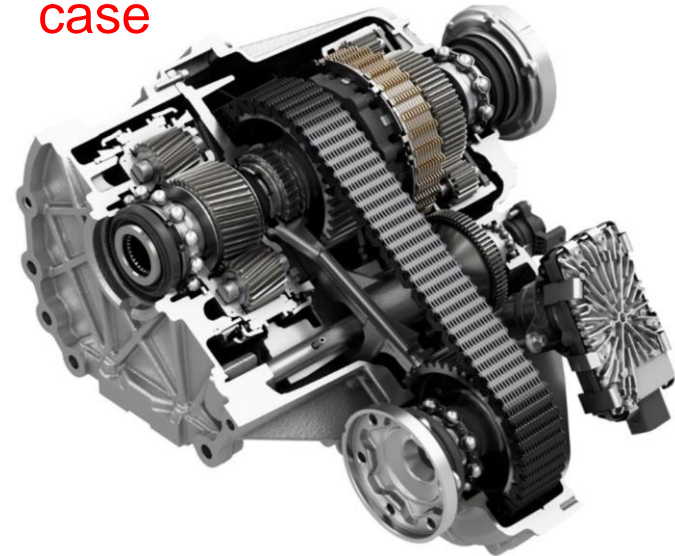
出典:

<https://images.carid.com/pages/automatic-transmission/manual-transmission-assembly.jpg>

Transfer case



Transfer case





# 4.5 摩擦式無段変速機 (CVT)

無段変速機、または(変速比)連続可変トランスミッション(Continuously Variable Transmission: **CVT**)とは歯車以外の機構を用い、変速比を連続的に変化させる動力伝達機構である。オートバイや自動車によく使われている。

ハーフトロイダルCVT変速機の仕組み:



減速時  
(低速)

パワーローラ

入力  
ディスク



出力  
ディスク

増速時  
(高速)

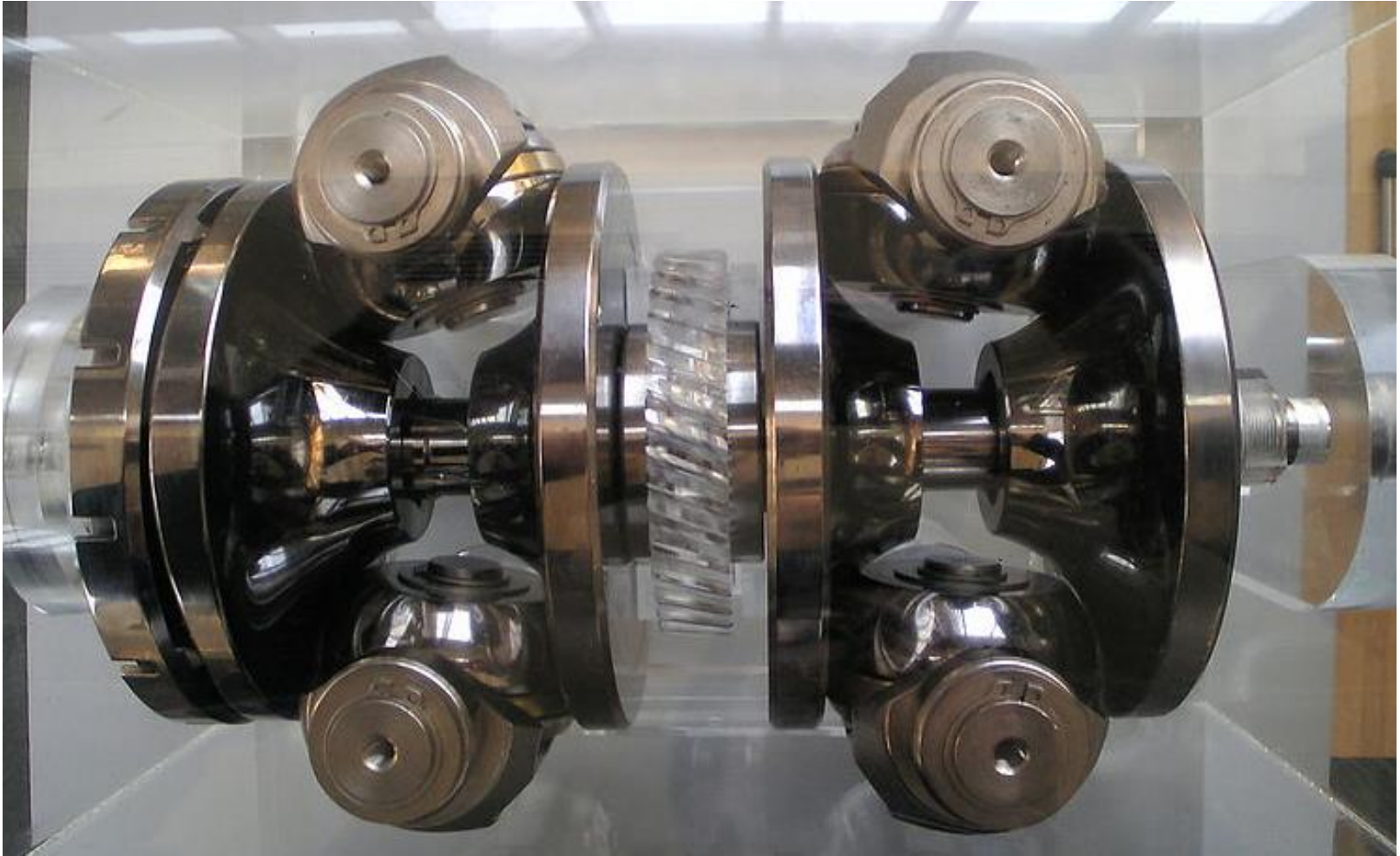
パワーローラ

入力  
ディスク



出力  
ディスク

## 4.6 無段変速機の一例

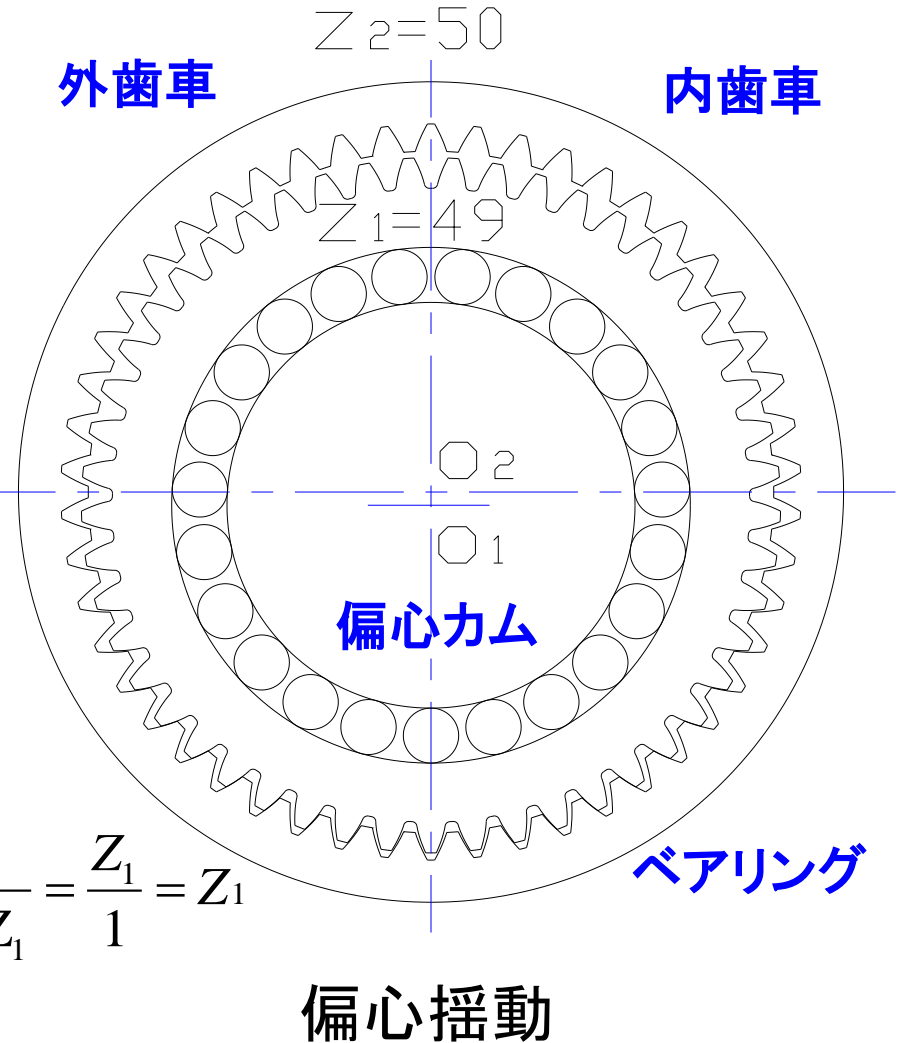
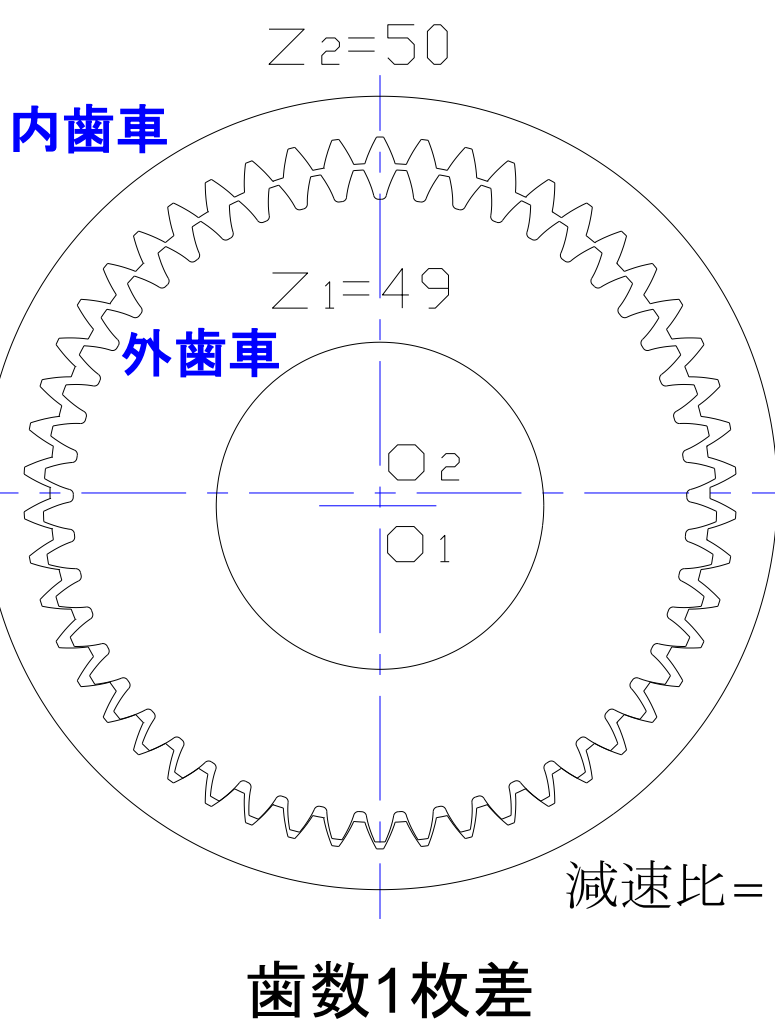


出典: 日本精工(株) HP

# 5. その他の減速機

- 5.1 ハイポサイクロイド減速機
- 5.2 ボール減速機
- 5.3 ピン歯車と直動機構
- 5.4 ローラカム減速機

# 5.1 ハイポサイクロイド減速機

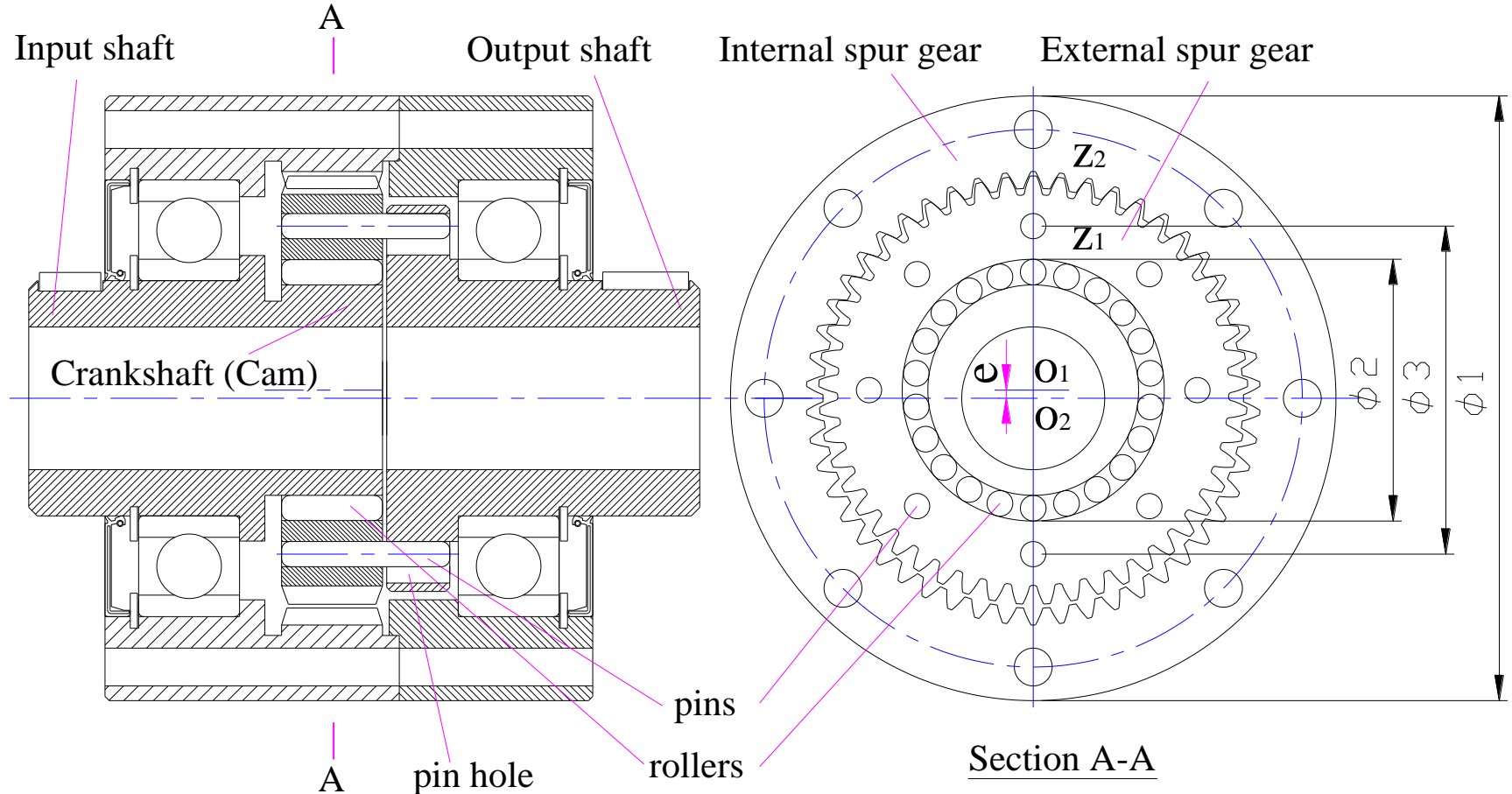


$$\text{減速比} = \frac{Z_1}{Z_2 - Z_1} = \frac{Z_1}{1} = Z_1$$

減速比は100以上可

# ハイポサイクロイド減速機の構造図

特徴: 1枚差の内歯車と外歯車のかみあい

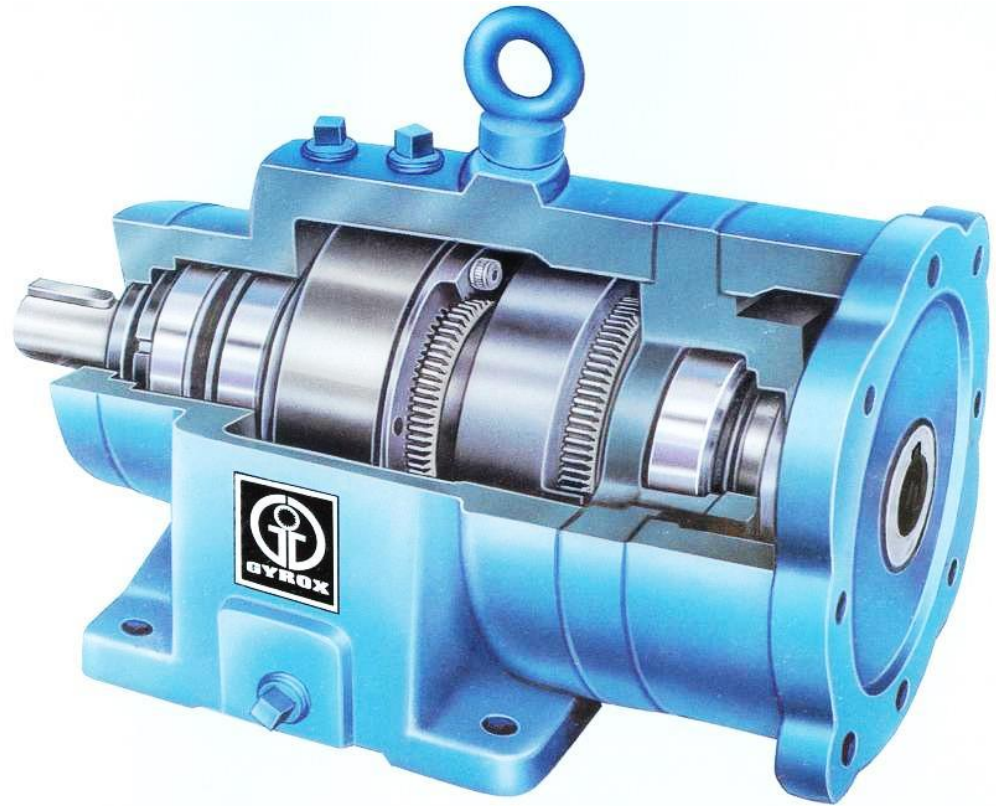
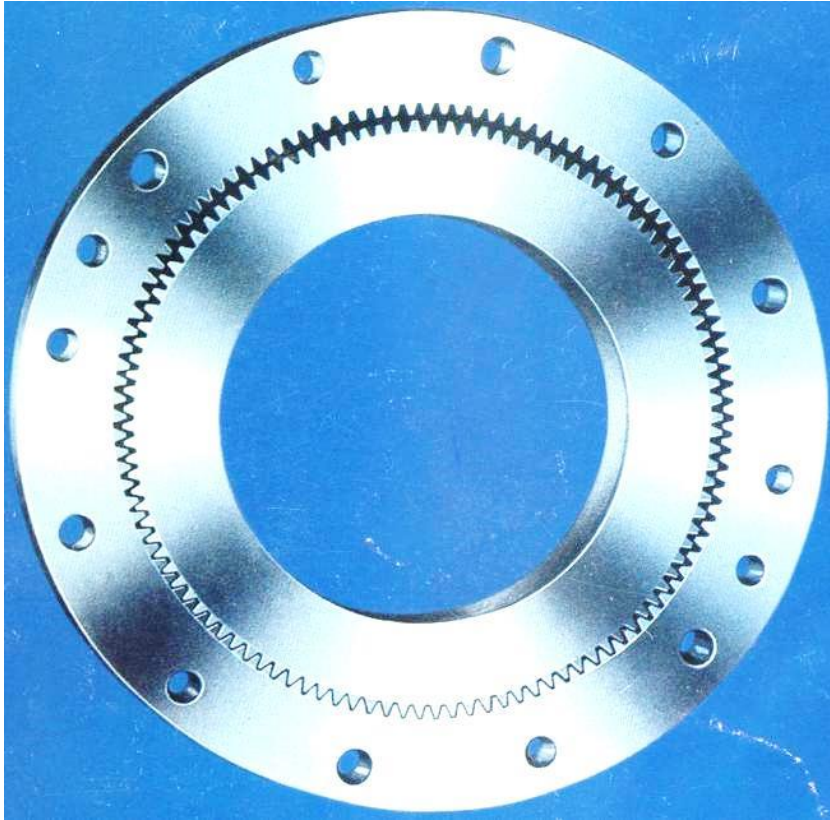


$$\text{減速比} = \frac{Z_1}{Z_2 - Z_1} = \frac{Z_1}{1} = Z_1$$

# ハイポサイクロイド減速機の特徴

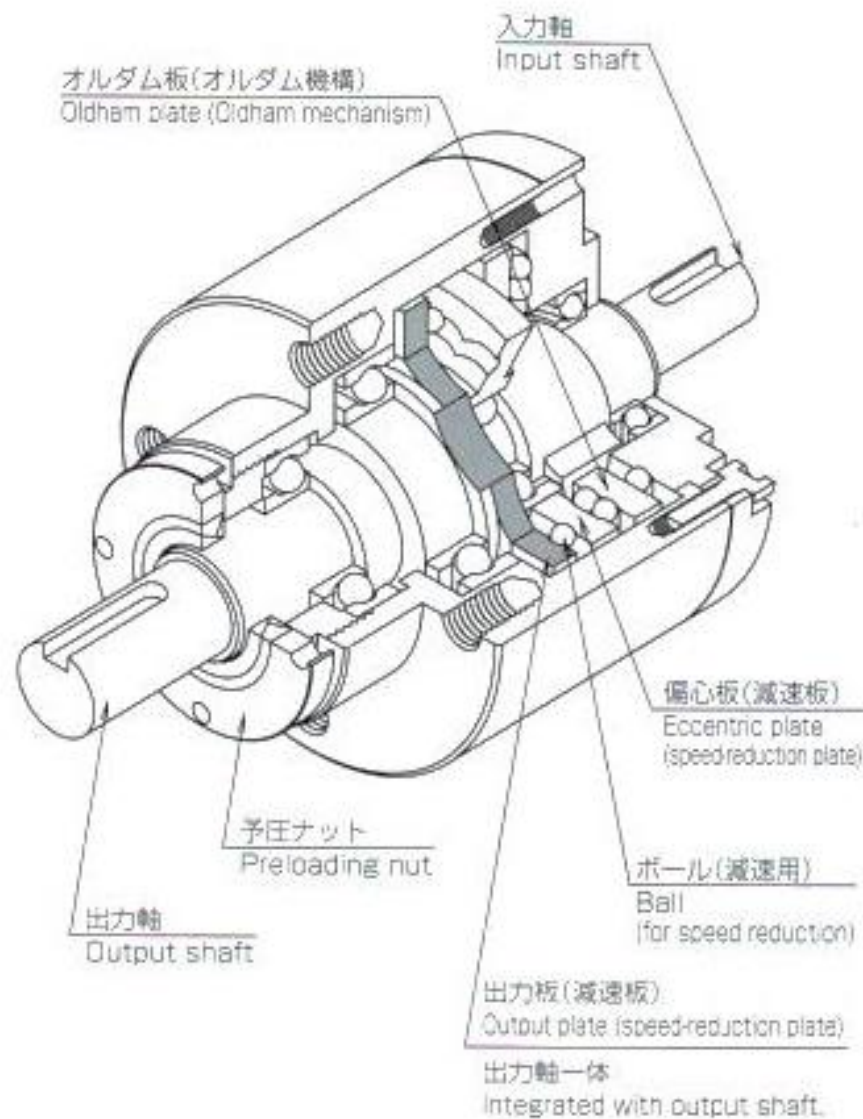
- 一段減速機構
- 大減速比：減速比60～200
- 扁平構造 & 大中空可能
- 歯形はインボリュートであるので、加工が簡単で、低コストで生産可能
- 同時かみあい歯の枚数が他の大減速比減速装置に比べて少ないので、負荷能力が低い

# ハイポサイクロイド減速機の製品例



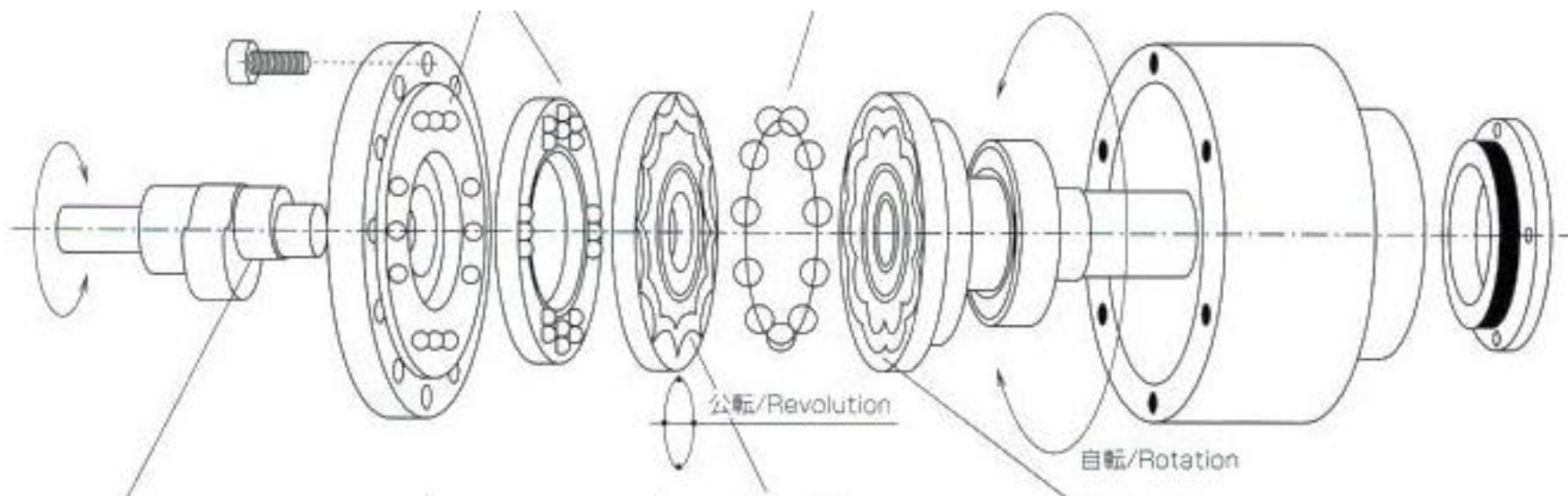
出典 : Gyrox Gears Industries Catalogue

## 5.2 ボール減速機の内部構造





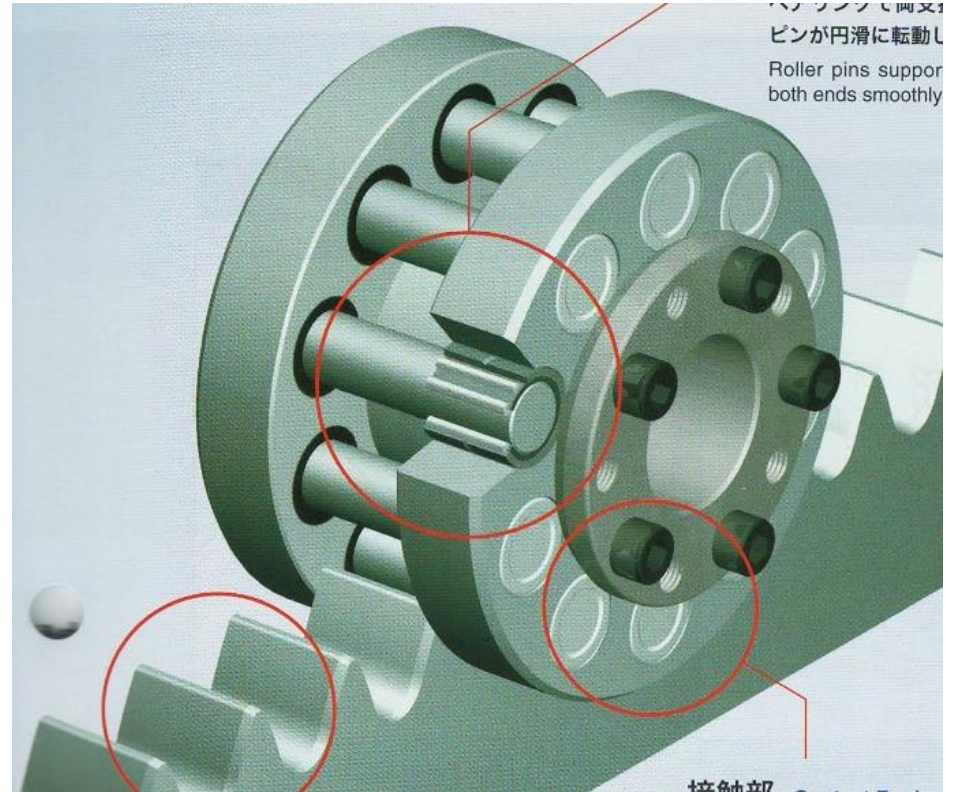
# ボール減速機の仕組み



## 5.3 ピン歯車と直動機構



出典: 加茂精工(株)カタログ



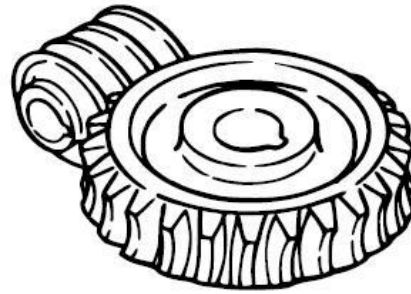
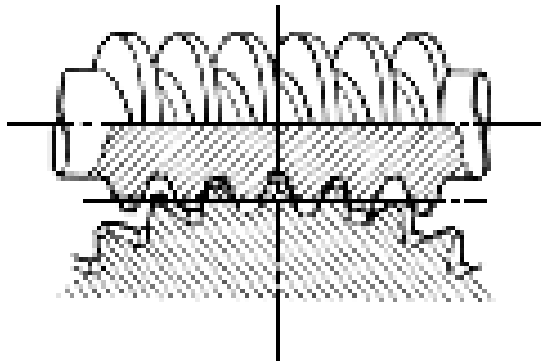
出典: 加茂精工(株)カタログ

# 5.4 ローラードライブ減速機

(ローラードライブ)

特徴:

- 高剛性
- 高効率
- 逆回転が可能
- 高伝達精度



出典: [\(株\)三共製作所 HP](#)

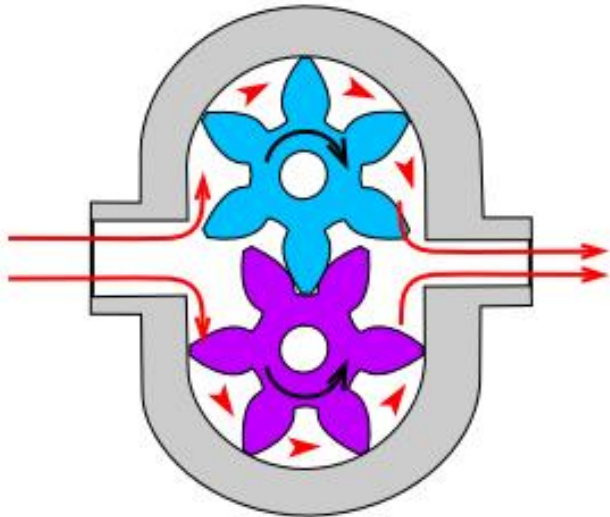
# ローラードライブ減速機の応用例

応用例1

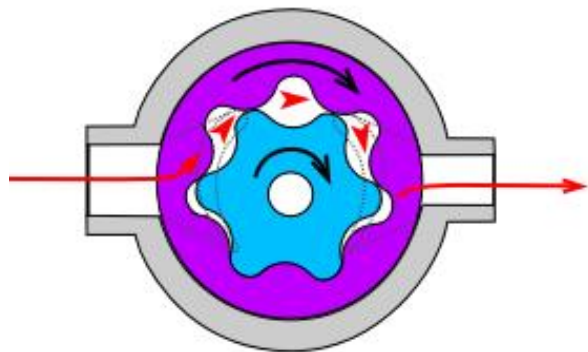
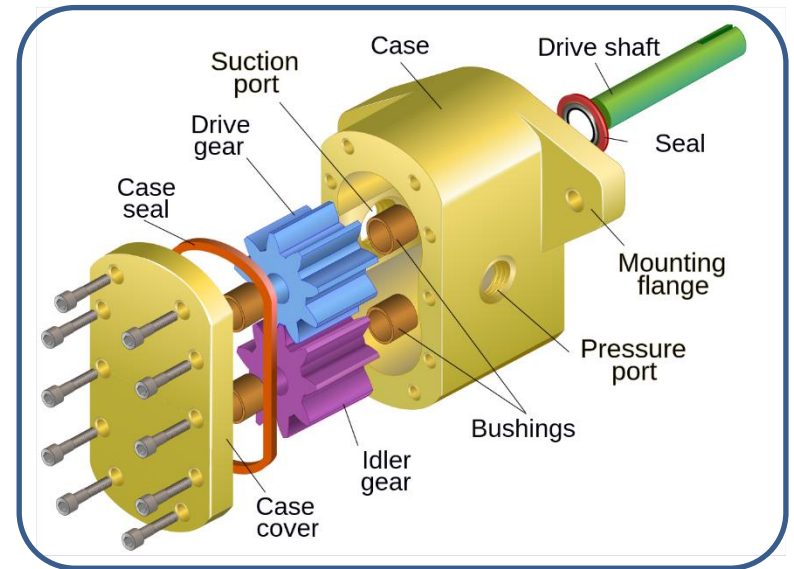
応用例2

応用例3

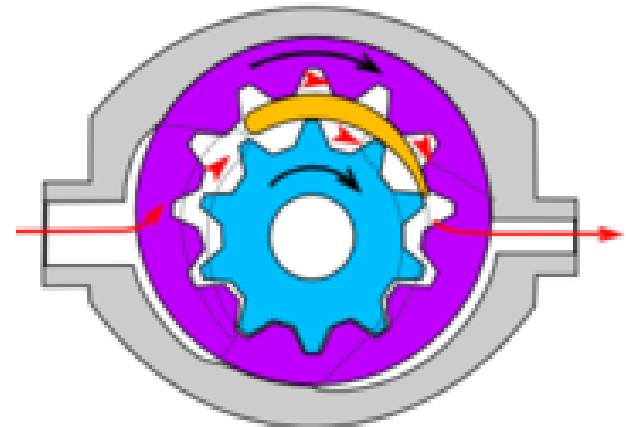
# 6. 歯車ポンプ



外接歯車ポンプ(油圧機械など)



内接歯車ポンプ  
(自動車用オイルポンプなど)



内接歯車ポンプ(より粘度の高い流体用)