

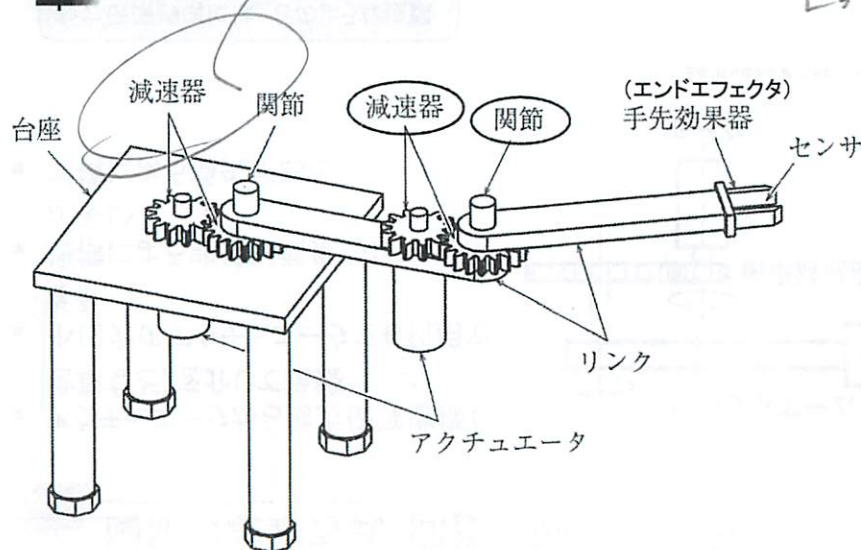
ロボットの機構(2)

ロボット概論 4

第4回(2019/10/21)

担当:山崎

ロボットアームの基本構造



低速で回転
モーターの力
軽いから。

レレコトとか
そ。

図出典:永井・土橋, ロボット機構学

はじめに

■ 前回の内容

- ロボットアームの自由度
- 記号による機構の表現
- 代表的なロボットアームの構成

■ 今回の内容

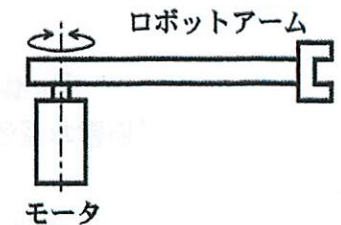
- 関節の駆動方式
- 様々な伝動機構

➡ 関節部分を動かす仕組みを学ぼう

2

関節の駆動方式: 直接駆動

- アクチュエータの出力軸と関節軸を直接接続
- 介在する機構が少ないため, 摩擦などの非線形要素の影響が小さい
- 大出力, 高精度のアクチュエータが必要
- アームの動特性の影響が大きい

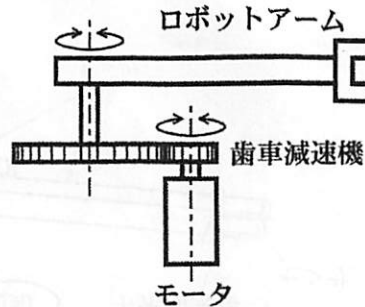


出典:日本機械学会, ロボティクス

4

関節の駆動方式: 間接駆動

- アクチュエータから動力伝達機構(歯車など)を介して接続
- 小出力のアクチュエータでも利用できる
- 機構による非線形要素(ガタなど)が多い
- 機構による損失がある



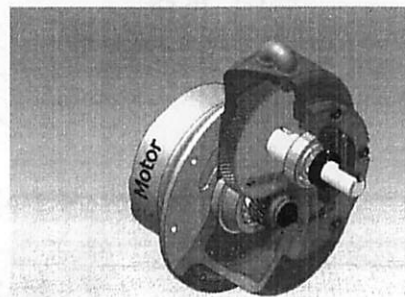
出典: 日本機械学会, ロボティクス

動力伝達機構には, どのような種類があるだろう?

5

減速機

- 高回転のアクチュエータの回転数を落とし, トルクを増幅
- 身近な例)
 - 変速ギア付き自転車
- 減速比 $z = \frac{\text{入力側の回転数 } N_1}{\text{出力側の回転数 } N_2}$
 - 減速されるとき, $z > 1$
 - 例) $z=2$ なら, 出力側の回転数は入力側の半分になる
- 減速の代わりにトルクを増幅する (逆に増速すればトルクが減る)



出典:
<https://www.youtube.com/watch?v=lCtaI4CnBHM>

$$\tau_2 = \tau_1 \times z$$

※実際は損失がある

7

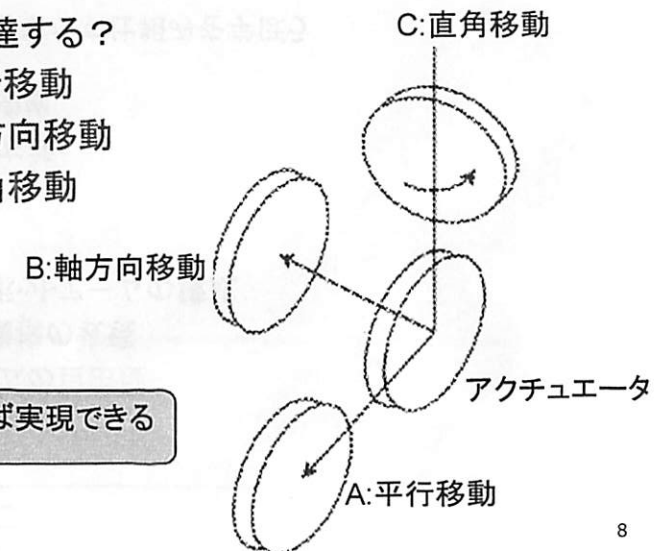
動力伝達機構(伝動機構, Power transmission mechanism)

- 種類
 - 歯車, ベルト, リンク, カムなど
- 伝動する内容
 - 運動(位置, 速度, ...), 力(並進力, 回転力)
- 必要性
 - (動力を発生する場所) \neq (動力が必要な場所)
 - [発生] \rightarrow 変換 \rightarrow [伝達] \rightarrow 変換 \rightarrow [作用]
 - 減速機としての役割
- シンプルな機構ほど良い
 - 効率(伝達効率)が良くなる \rightarrow 損失(ロス)が少ない
 - 非線形要素(ガタなど)が減る \rightarrow 制御性, 安定性の向上

6

回転運動の伝達

- どうやって伝達する?
- A: 回転を平行移動
- B: 軸方向移動
- C: 直角移動

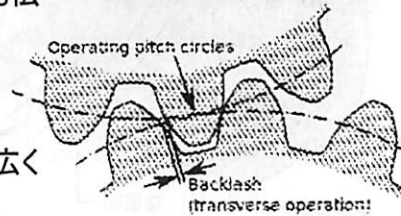
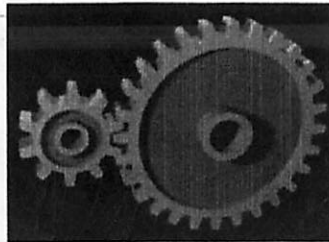


機構をうまく使えば実現できる

8

歯車 (gear, ギヤ)

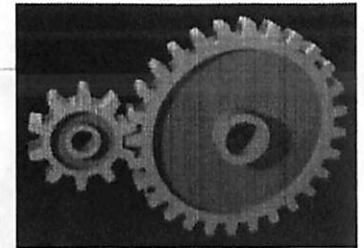
- 歯のかみあわせで回転運動を伝達する
- 大動力、高速の伝動に適する
- 歯車の組み合わせで、様々な速度比を得られる
- 回転軸が交差したり、ねじれていても伝達できる
- 騒音が出やすい
- 軸間距離が長いと適さない
- 歯の形状にはインボリュート曲線が広く使われている
- バックラッシュと呼ばれる小さなガタがある



図出典: wikipedia

回転数の伝達

- 回転数は歯数の逆比になっている



図出典: wikipedia

$$\text{減速比} = \frac{\text{回転数1}}{\text{回転数2}} = \frac{\text{角速度1}}{\text{角速度2}} = \frac{\text{歯数2}}{\text{歯数1}}$$

角速度 rad/s :
1秒間に何ラジアン回るか

$$\text{回転数2} = \text{回転数1} \times \frac{\text{歯数1}}{\text{歯数2}}$$

rpm : 1分間での回転回数
(revolution per minute)

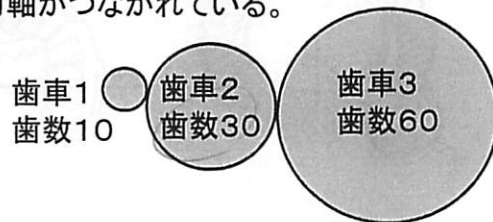
例) 100 rpm で回転する歯数10の歯車から歯数25の歯車へ回転を伝達すると

$$\text{減速比} \frac{25}{10} = 2.5 \quad \text{よって,} \quad 100 \times \frac{1}{2.5} = 40 \text{ rpm}$$

10

演習

- 下図のような歯車の組み合わせで、歯車1に入力軸が、歯車3に出力軸がつながれている。



$$Z_{12} = \frac{30}{10} = 3$$

$$Z_{23} = \frac{60}{30} = 2$$

$$N_2 = \frac{N_1}{Z_{12}}$$

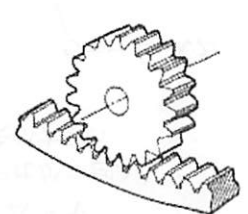
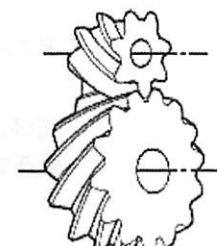
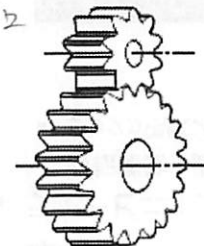
- 歯車1の回転数が90rpmのとき、歯車3の回転数Nは何rpmか。

$$N = \frac{N_1}{Z_{12} \times Z_{23}} = \frac{90}{3 \times 2} = 15 \text{ rpm}$$

11

さまざまな歯車

- 平歯車
 - 最も一般的な歯車
 - 歯すじが軸に平行
- はすば歯車
 - 歯すじがつるまき線
 - 平歯車より強く静か
- 内歯車
 - 円筒の内側に歯
 - 2つの歯車の回転方向が同じ



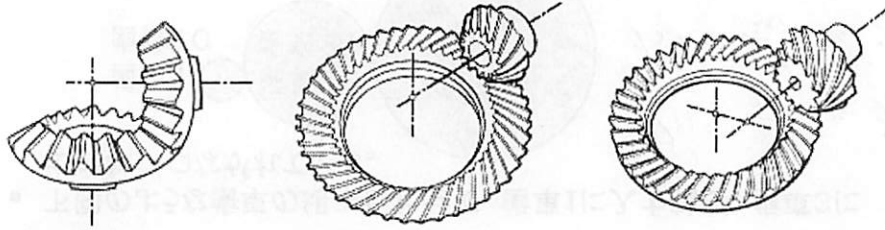
図出典: 小原歯車工業

12

さまざまな歯車

- すぐばかさ歯車
 - 回転の向きを変えられる
 - 歯すじが直線
- まがりばかさ歯車
 - 歯すじが曲線のかさ歯車
 - 2軸が交わる

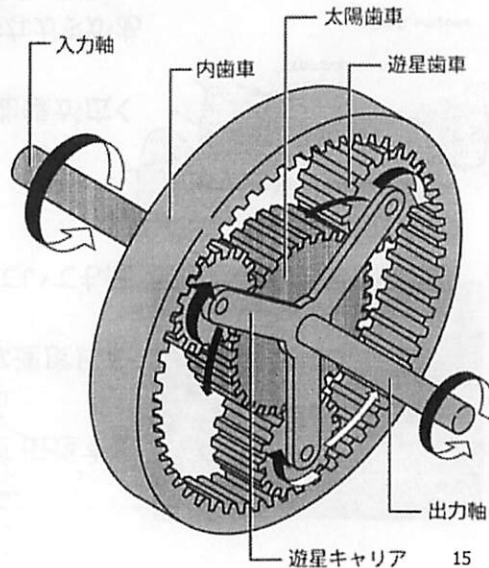
- ハイポイドギヤ
 - 歯すじが曲線のかさ歯車
 - 2軸が交わらない



図出典:小原歯車工業
13

遊星歯車機構(planetary gear mechanism)

- 小型で高い減速比が得られる
- 大きなトルクが伝達できる
- 入力軸と出力軸を同軸上に配置できる
- 直列に繋げて多段構成にできるが、効率は下がる



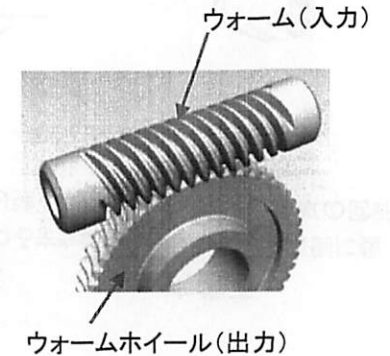
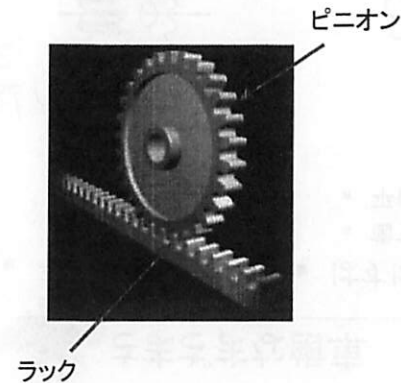
遊星歯車が組み込まれたモータ

図出典:ロボショップ

15
図出典:モノタロウ

さまざまな歯車

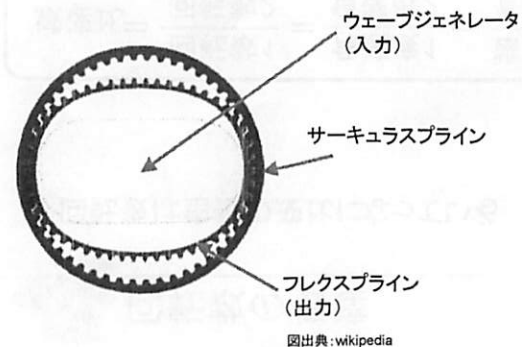
- ラック・ピニオン
 - 回転運動を直動運動に変換
 - ラックが動くスペースが必要
- ウォームギヤ
 - 減速比が大きい
 - 損失が大きい



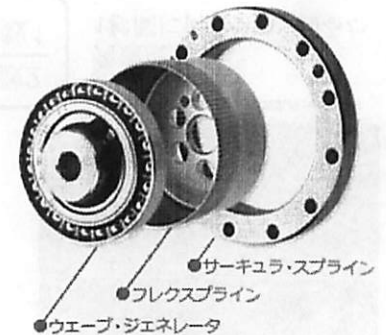
14
図出典:小原歯車工業

波動歯車装置(Strain wave gearing)

- ハーモニックドライブとも呼ばれる(ハーモニック・ドライブ・システムズ社の登録商標)
- 小型で高い減速比(〜300)が得られる
- バックラッシュが小さく、高精度、高効率、静粛
- 剛性が、硬いギヤには劣る



図出典:wikipedia

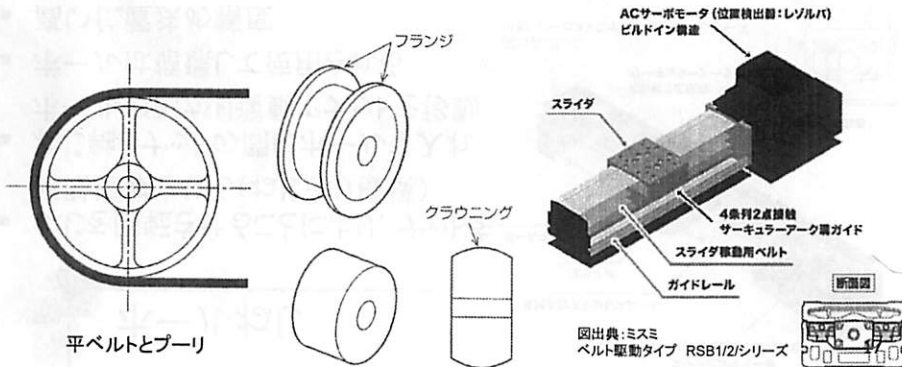


図出典:(株)ハーモニックドライブ

16

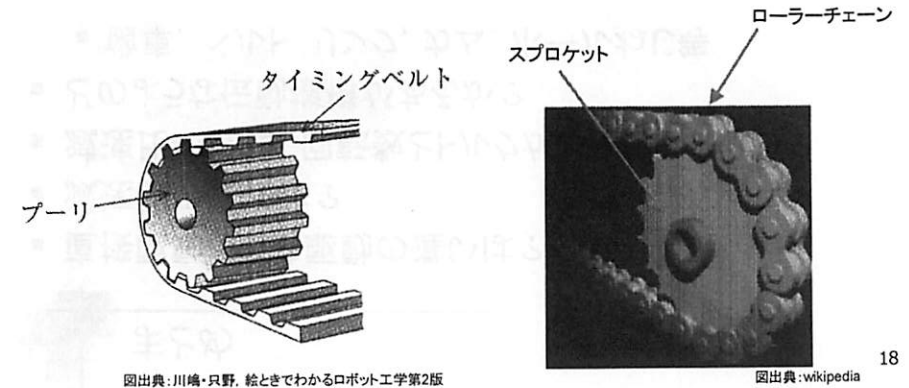
ベルトによる伝達

- ベルトやチェーンをプーリやスプロケットに巻き付けた機構
(巻き掛け伝動機構)
- 軸間距離に制約がない, 軽量で騒音が少ない
- 回転運動の伝達, 直動運動への変換(例: ベルトコンベア)
- ベルトのように摩擦を利用している場合, 滑りが生じる



ベルトによる伝達

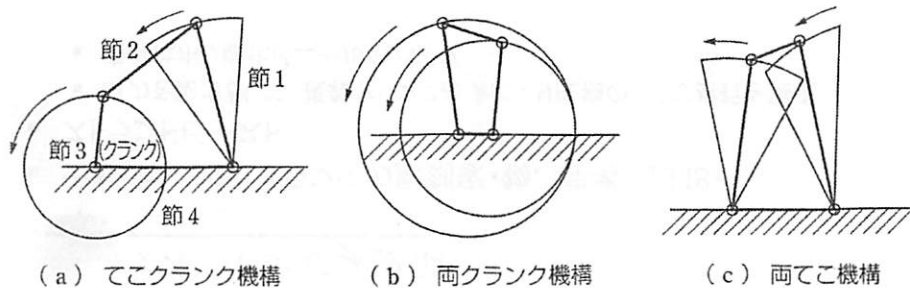
- タイミングベルト(歯付きベルト)
 - 回転むらがない
 - 歯飛び現象に注意
- スプロケットとローラーチェーン
 - 低速大荷重の伝達に向く
 - 潤滑が必要



18

リンク機構による伝達

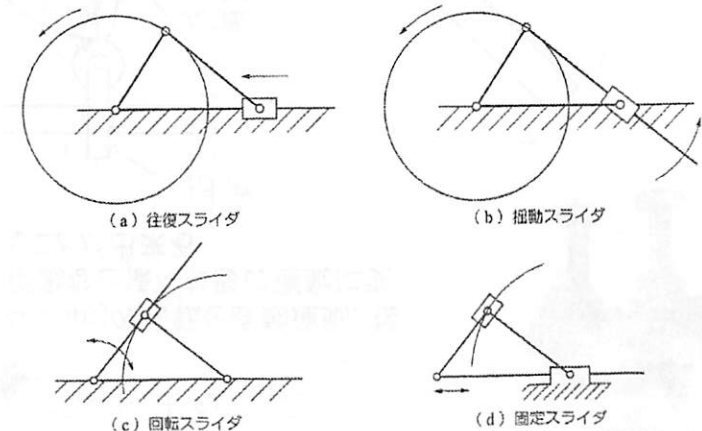
- リンク(節)の組み合わせで複雑な運動の実現が可能
- 回転できるリンクをクランク, 揺動(1周未満の回転)するリンクをてこという
- 平面4節リンク機構
 - 4つのリンクが4個の回対偶で連結
 - 回転運動 \Leftrightarrow 回転, 揺動運動



図出典: 松元・横田, ロボットメカニクス

リンク機構による伝達

- スライダクランク機構
- 回転運動を直動運動に変換

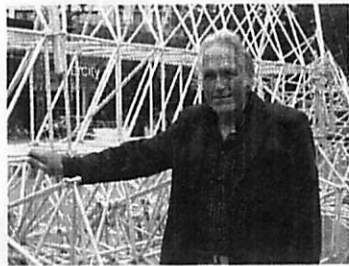


図出典: 松元・横田, ロボットメカニクス

20

テオ・ヤンセン機構

- テオ・ヤンセン(オランダの彫刻家・物理学者, 1948~)
- スtrandビースト
 - 風力を動力として, 複雑なリンク機構により生物のような歩行を実現
 - 素材はポリ塩化ビニールのパイプ

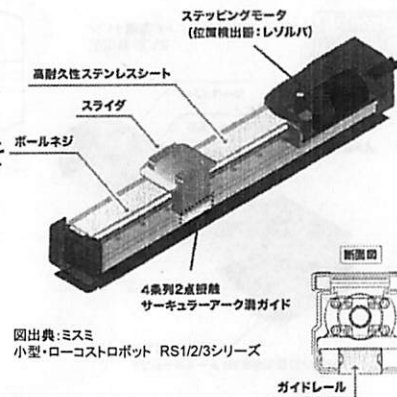


図出典: wikipedia

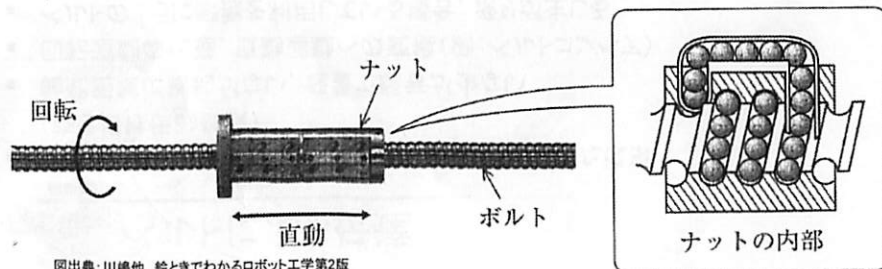
21

ボールねじ

- ねじを回転させることにより, ナットを直動運動させる(ねじ送り機構)
- ねじ軸とナットの間にボールを入れ, ボールの転がり運動でナットを移動
- ボールは循環して使用される
- 高い位置決め精度



図出典: ミスミ 小型・ローコストロボット RS1/2/3シリーズ



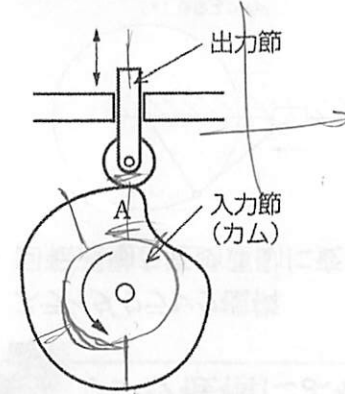
図出典: 川崎他, 絵ときでわかるロボット工学第2版

カムによる伝動

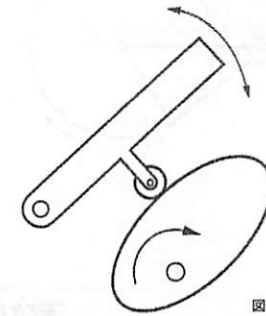
- カム(cam)の回転を直動運動, 揺動運動など様々な形の運動に変えることができる



図出典: wikipedia



(a) 直動運動を作る板カム



(b) 揺動運動を作る板カム

図出典: 松元・横田, ロボットメカニクス

まとめ

- 直接駆動と間接駆動の違いは?
- 減速機の役割は?
- 減速比の計算, 回転数とトルクがどう変化するか?
- どのような伝動機構があるか?
 - 歯車, ベルト, リンク, カム, ボールねじ等