機構シミュレータ
Mecha Mania
機構学習用テキスト

2010年5月

ArkOak

はじめに

本機構学習用テキストは、機構シミュレータ「Mecha Mania」に搭載された機構に関して、簡単な学習をすることを目的としています。

本書は、「Mecha Mania」がどのような数式を可視化しているのかという説明と、機構に関する簡単な説明で構成されています。

本製品および本書で、「機構学」という学問に興味を持っていただけたら幸いです。

目次

4節リンク機構 I

　図1のような4つの節（アーム）から成る4節リンク機構は、単純でありながら実用的で、機械工学において非常に重要な機構です。

　建設機械や産業用ロボットといった、複雑な動作を要する機械に組み込まれたりなど、幅広く応用されています。

　また、4節リンク機構は、機構を構成する各節の長さを変更することで

- てこクランク機構
- 両クランク機構
- 両てこ機構

などの、様々な特徴を持つ機構を再現することができます。
（Mecha Maniaでやってみよう！）

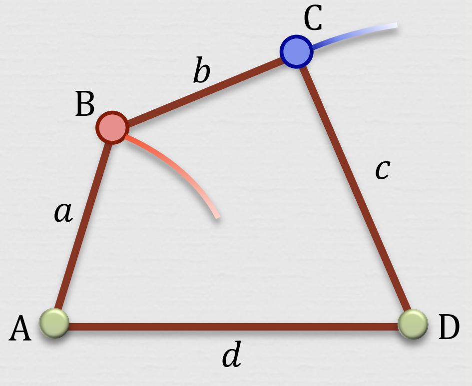

図1　4 節リンク機構(a)

原動節aが1回転する条件は、図1において

$a + d < b + c$　かつ　$a + d < b + c$　かつ　$a + c < b + d$

であり、これをグラスホフの定理といいます。
（何故か、考えてみよう。）

4節リンク機構Ⅱ

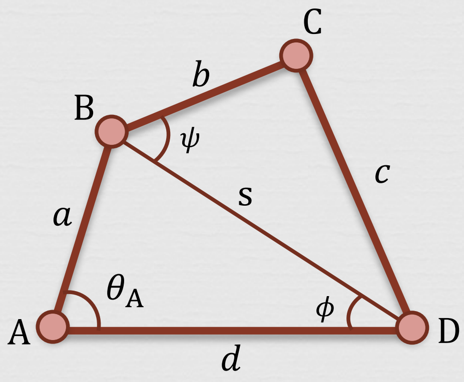

図2　4 節リンク機構(b)

図2のモデルで、4節リンク機構の従動節の動きを考えてみましょう。

点Aと点Dが固定端、点Bと点Cが自由端となっています。節aが原動節となり回転することで、点Cが揺動運動をします。

各節の長さa, b, c, dおよび、原動節の回転角θ_{A}が既知のものとして、点Cの位置(x_c, y_c) を求めてみましょう。

まず、点Bと点Dの距離sは、余弦定理より

$$s = \sqrt{a^2 + d^2 - 2ad\cos\theta_{\mathrm{A}}}$$

∠ADBの大きさϕは、正弦定理より

$$\phi = \sin^{-1}\left(\frac{a\sin\theta_{\mathrm{A}}}{s}\right)$$

∠CBDの大きさψは、余弦定理より

$$\psi = \cos^{-1}\left(\frac{b^2 + s^2 - c^2}{2bs}\right)$$

となります。

4節リンク機構Ⅲ

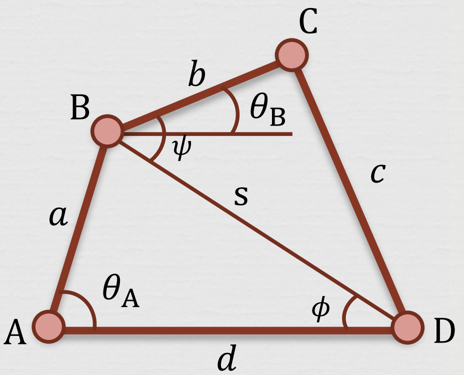

図3　4節リンク機構(c)

次に、点Aを原点(0,0)としたときの、点Bの位置 (x_b, y_b)を求めてみると、

$$x_b = a\cos\theta_A$$
$$y_b = a\sin\theta_A$$

となります。

また、節bの水平軸とのなす角θ_Bは、$\theta_B = \psi - \phi$ と表されます（平行線の錯角が等しいことを利用）。

以上により、点Cの位置(x_c, y_c) を

$$x_c = x_b + b\cos\theta_B$$
$$y_c = y_b + b\sin\theta_B$$

として求めることができます。

(「Mecha Mania」では、この数式の可視化を行っています。)

同様に点Cの角変位や、従動節の速度や加速度なども計算で求めることができるので、要求に合わせた機構を設計することができます。

スライダクランク機構

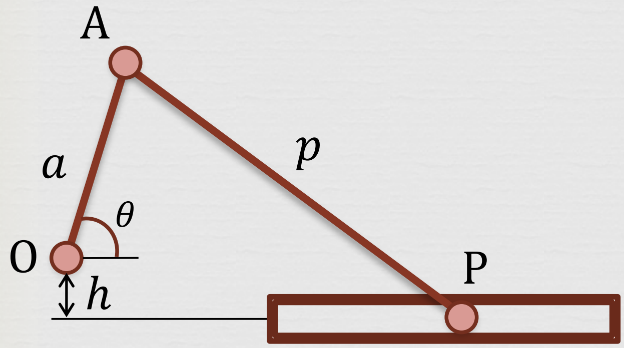

図4 スライダクランク機構

　スライダクランク機構は、図3のように、すすみ対偶（スライダ）を持つ機構で、ポンプや空気圧縮機、内燃機関、蒸気機関などに利用されています。

　図4において、点Oを中心に点Aが回転運動をすると、点Pが左右に往復運動をします。

　また、オフセットhがあるとき、スライダの往きと戻りの時間が異なる特徴を持ち、オフセットクランク機構（早戻り機構）と呼びます。

　点O(0,0)に対する点Pの位置(x_p, y_p)は、

$$x_p = a\cos\theta + \sqrt{p^2 - (a\sin\theta + h)^2}$$

$$y_p = -h$$

と計算することができます。

スコッチヨーク機構

　スコッチヨーク機構は往復ダブルスライダクランク機構であり、図5のようにスライダ部を2つ持ちます。原動節aが回転運動をすると、連鎖的に点Pが往復運動をします。

　スコッチヨーク機構は、低出力エンジンの小型化などに適しており、蒸気ポンプの小型圧縮用ピストンの往復運動などに用いられています。

　点O(0,0)に対する点Pの位置 $\left(x_p, 0\right)$は、

$$x_p = a\cos\theta - \frac{a\sin\theta}{\tan\phi} = \frac{a}{\sin\phi}\sin(\phi - \theta)$$

と計算することができます。

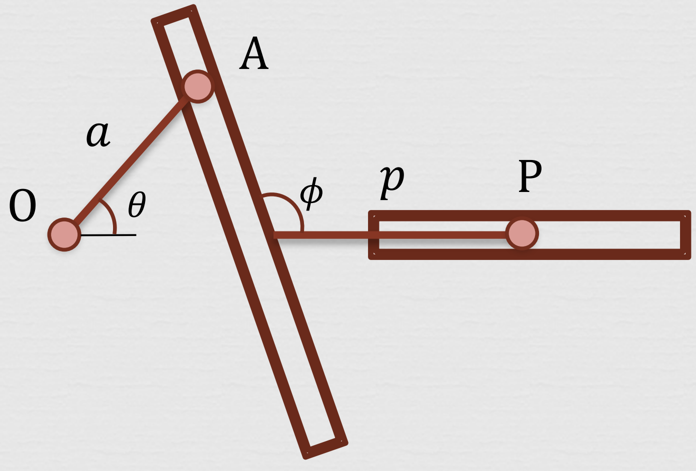

図5 スコッチヨーク機構

楕円コンパス

　楕円コンパスはその名のとおり、楕円を描くことができる機構で、固定両スライダ機構とも呼ばれます。

　図6のように十字型の溝を、2つのスライダO，Aが上下，左右に運動できるようになっており、節OAの延長上の点Pが楕円を描きます。

　点Pの位置$(x_p,\ y_p)$は、十字型の溝の中心を原点とすると

$$x_p = p\cos\theta\,, \qquad y_p = a\sin\theta$$

であり、それぞれ両辺を自乗して足し合わせ、変形することで

$$\frac{x_p^2}{p^2} + \frac{y_p^2}{a^2} = 1$$

と楕円の式となり、点Pの軌跡が楕円であることがわかります。

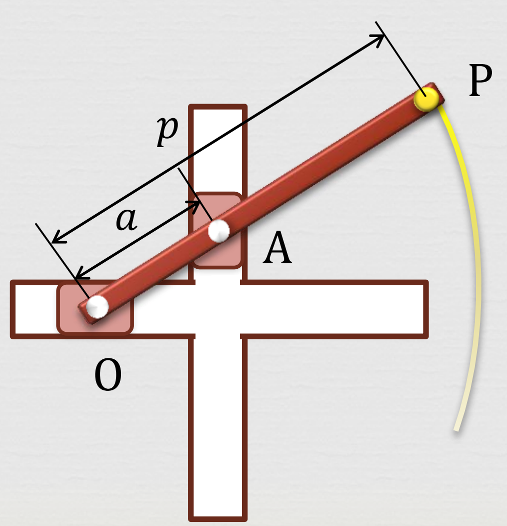

図6 楕円コンパス

カム機構

カム機構は、カムと呼ばれる特殊な形状の原動節を回転させ、従動節に周期的な運動を起こす機構です。

複雑な従動節の動きも、カムの工夫次第で実現することができ、産業機械や自動車のエンジンなど、幅広く利用されています。

一言にカム機構といっても、非常に様々なものがあり、その応用例もまた多様です。Mecha Maniaでは、カムの中で最も多く使用されている板カムの動きについて、簡易シミュレートすることができます。

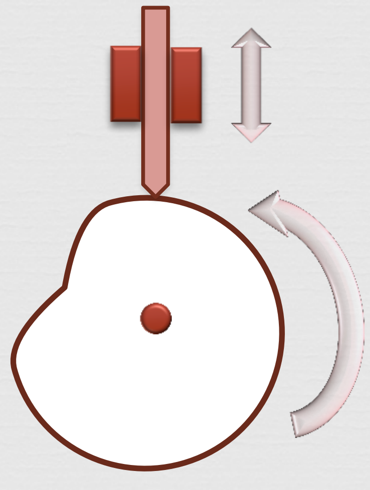

図7 板カム機構