

生物の歩行にみる軌跡

笹原広太郎

1. 本研究の目的

「歩く」ことについて「歩行とは、脚を持つ動物が行う足によって移動することのうち、急がない速度で移動する事」(Wikipedia より) …ヒトを含め多くの生物が定義されている。歩行といってもその種類は様々で、二足歩行、四足歩行、多足歩行などに分けられる。それらもまた、脚の構造の違いなどによって細かく分けられる。しかし、脚を前に出し対になっている脚をより前に出すことの繰り返しによって前に進むという基本的な動きは共通なはずである。様々な種類の歩行の仕組みの考察、共通した動きの考察、LEGOを用いた再現、によって歩行の基本的仕組みを確認することが本研究の目的である。

2. 歩行の種類とその仕組みの考察

二足歩行には、ヒトのようにかかとを地面につける歩き方と、ハトのようにかかとを地面につけない歩き方がある。また四足歩行には、ウマのように足を縦に伸ばす歩き方と、トカゲのように足を横に開く歩き方がある。左右の脚は同じ動きを交互にしており、前後の脚も同じ動きを交互にしている。脚の動きを考察する際には1本の脚だけを考慮する。

2.1. 図の見方

「ヒトの脚の動きと、描かれる軌跡」の図を参考に、図の見方を説明する。

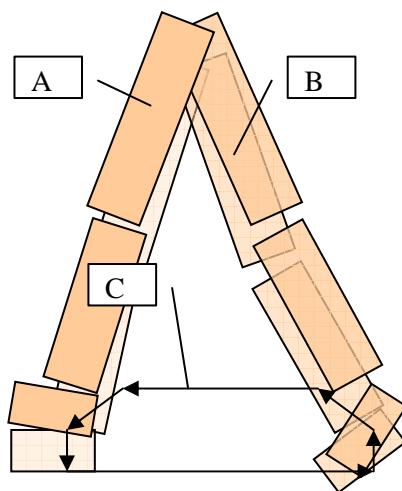


図1 ヒトの脚の動きと描かれる軌跡

すべての図は独自に作成したものであり、各生物の歩行時の脚1本を段階的に横から見た図である。AやBのようなブロックは、各生物の脚を構成する主なパーツを示す。同じ形のブロックは脚の同じパーツ、同じ濃さのブロックは歩行の同じ段階にある足のパーツを示す。ちなみに、歩行において脚1本が進む段階とは、地面に足がつく、地面を後ろに蹴る、脚を上げる、脚を前に出すであり、この順番でブロックの色は濃くなっている。(段階の区切り方などの詳細は3.で説明する。)つまり、Aは脚を前に出す段階の脚のパーツであり、BはAと同じパーツだが脚を上げる段階にあるということになる。Cは、脚を構成するパーツのうち地面に触れる部分が描くおおまかな軌跡である。パーツの軌跡を図示した理由は、歩行による動きが地面に接触する部分の動きに依存し、そのような軌跡が歩行を考察する上で重要であるからである。

2.2. 二足歩行

① ヒトの歩き方



図2

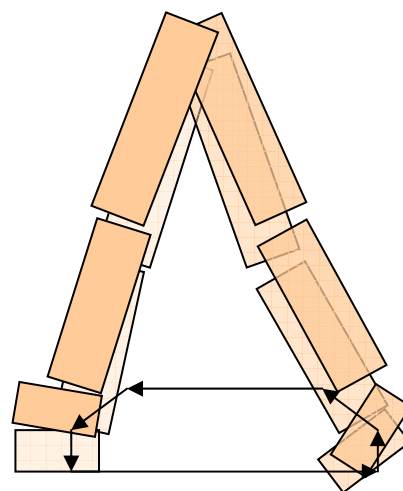


図3 ヒトの脚の動きと描かれる軌跡

② ハトの歩き方



図 4

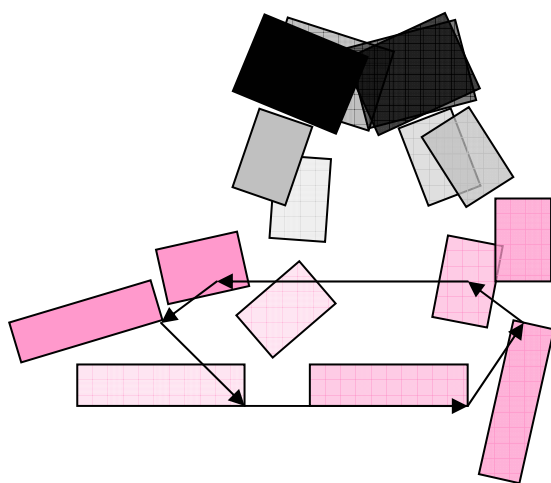


図 5 ハトの脚の動きと描かれる軌跡

③ 二足歩行の特徴

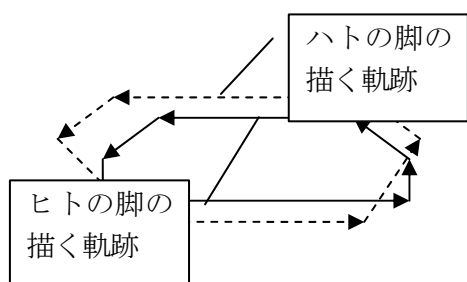


図 6 ヒトの脚の描く軌跡と
ハトの脚の描く軌跡との比較

図 6 を見てわかるように、ヒトの脚の描く軌跡とハトの脚の描く軌跡とは非常に類似している。つまり、かかとを地面につける歩き方とかかとを地面につけない歩き方との違いが歩行の基本的な動きに影響を及ぼしていないと言える。よって、二足歩行の仕組みは統

一されていると考えられる。

2.2. 四足歩行

① ネコの歩き方



図 7

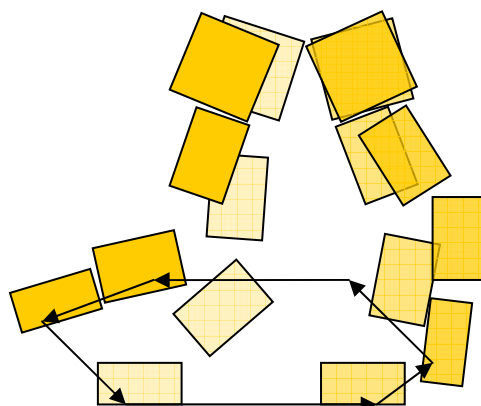


図 8 ネコの前脚の動きと描かれる軌跡

② トカゲの歩き方



図 9

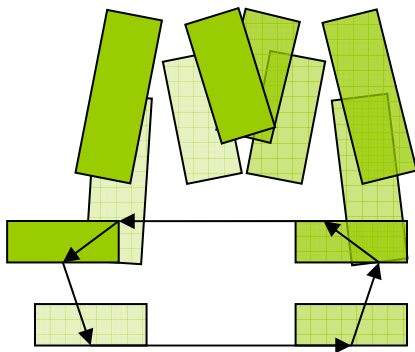


図 10 トカゲの前脚の動きと、描かれる軌跡

③ 四足歩行の特徴

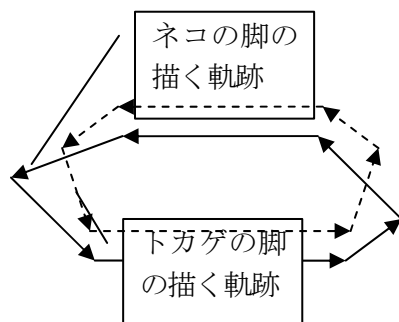


図 11 ネコの脚の描く軌跡と
トカゲの脚の描く軌跡との比較

図 11 を見てわかるように、ネコの脚の描く軌跡とトカゲの脚の描く軌跡との間に違いは無い。よって、四足歩行の仕組みは統一されていると考えられる。また、以下の図はネコの脚の描く軌跡とハトの脚の描く軌跡との比較である。

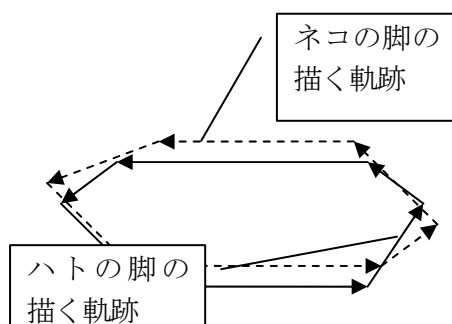


図 12 ネコの脚の描く軌跡と
ハトの脚の描く軌跡との比較

ネコの脚の描く軌跡とハトの脚の動く軌跡とが非常に類似していることが図 12 からわかる。つまり、四足歩行にも二足歩行にも仕組みの差は無いということである。

2.3. 多足歩行

① クモの歩き方



図 13

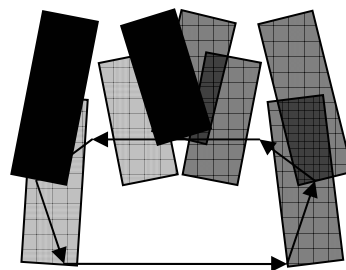


図 14 クモの脚の描く軌跡

② 多足歩行の特徴

以下の図はクモの脚の描く軌跡とトカゲの脚の描く軌跡との比較である。

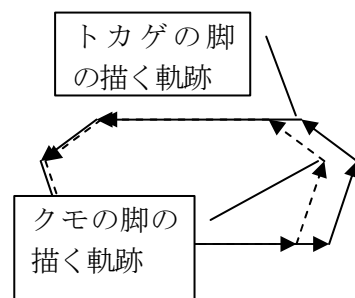


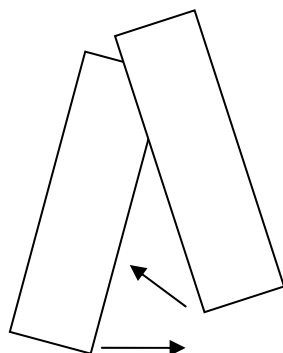
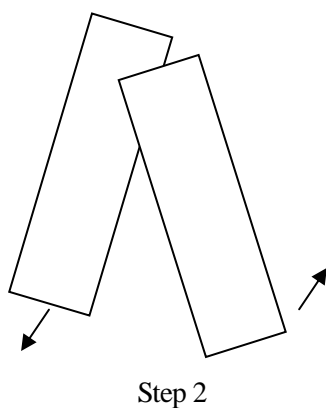
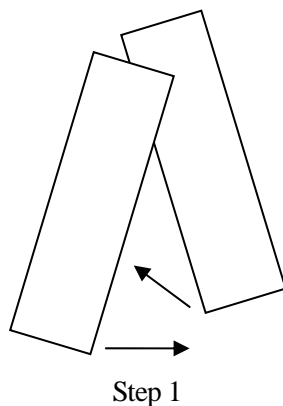
図 15 クモの脚の描く軌跡と
トカゲの脚の描く軌跡との比較

図 15 を見てわかるように、クモの脚の描く軌跡とトカゲの脚の描く軌跡とは極めて類似している。多足歩行にも四足歩行にも本質的な差は無いと言える。よってこれらも統一された仕組みを持っていると考えられる。また、2.2.②より、四足歩行と二足歩行もほぼ統一された仕組みを持っていると考えられることから、多足歩行、四足歩行、二足歩行はすべてほぼ統一された仕組みを持っていると考えられる。

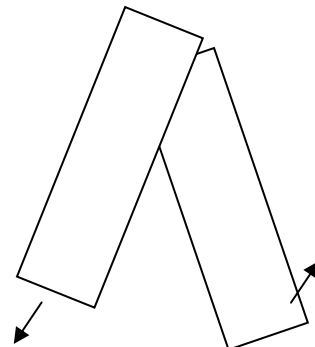
3. 歩行の基本的な仕組み

歩行の際の足の動きを区切ると次頁の図16のようになる。なお、図16にある各ブロックはそれぞれ脚1本を大幅に簡略化して表している。

図16を見ると、脚と地面とが接している点が支点となって対になっている脚を前に出していることがわかる。また、対になっている脚は同じ動きを交互にしている。つまり、歩行で前に進む際、以下のような手順の繰り返しが行われていると考えられるのだ。

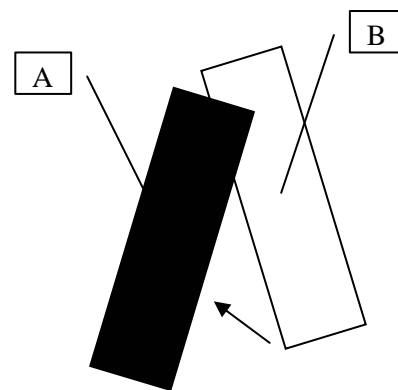


Step 3

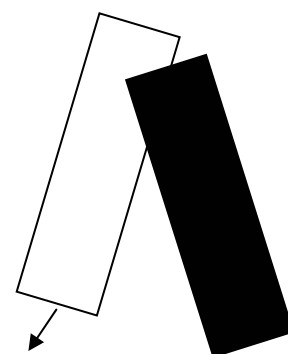


Step 4

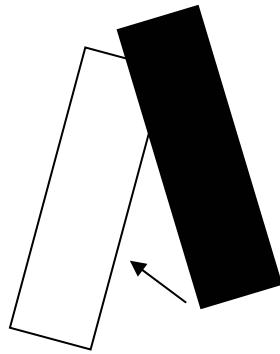
図 16



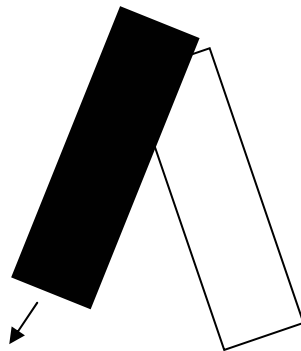
脚Aを前に出して地面に接した点を点Aとする。



点Aを支点として脚Bを持ち上げて前に出す。



脚 B と地面が接した点を点 B とする。



点 B を支点として脚 A を前に出す。

図 17

4. レゴを用いた再現

3. で考察した動きを更なる考察のために LEGO で再現する。そのために必要となる機構について考察をおこなう。

4.1. 必要な機構

脚の動きを考察, 再現する際には片方の脚だけを考慮する。レゴで使える動力はモーターのみであり, モーターは円運動しかできない。よって, 脚を動かすためには円運動を適切な直線運動や曲線運動に変える機構が必要である。

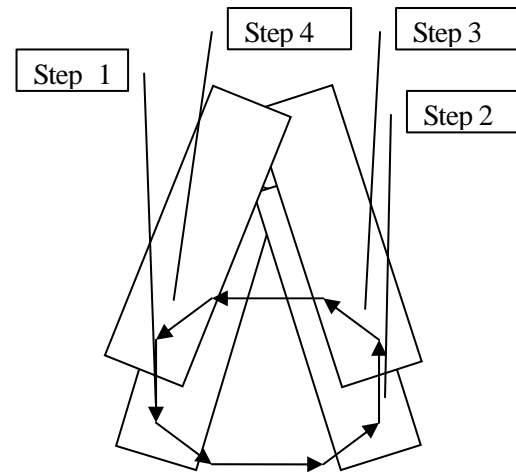


図 18 脚の先端（接地点）の描く軌跡



図 19

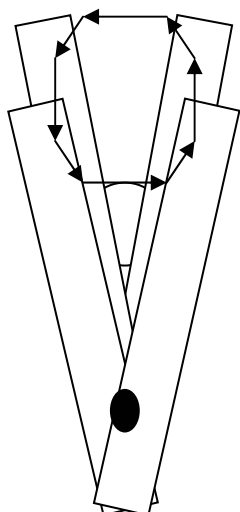


図 20 Swinging block slider-crank mechanism
が描く軌跡

図 18 は脚の先端（接地点）が描く軌跡である。図 19 にある swinging block slider-crank mechanism は図 18 の軌跡に近い図 20 のような軌跡を描く。そのため、swinging block slider-crank mechanism のような機構が再現にふさわしい。

4.2. 機構の再現

swinging block slider-crank mechanism の重要な部品を以下のように表示する。

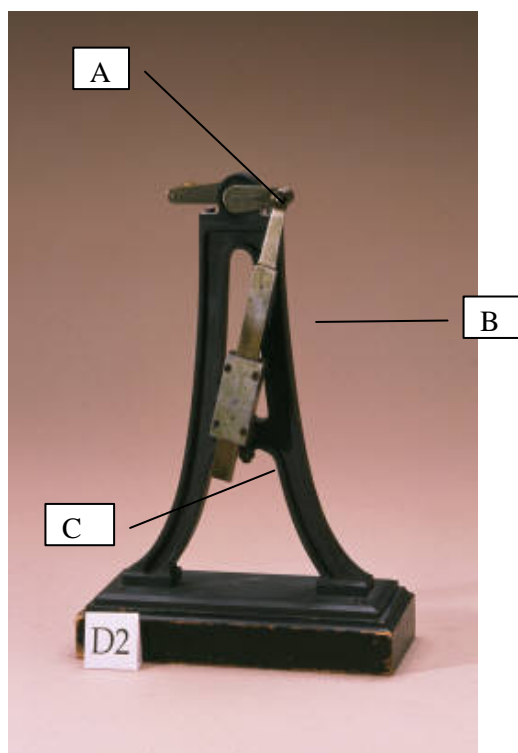


図 21

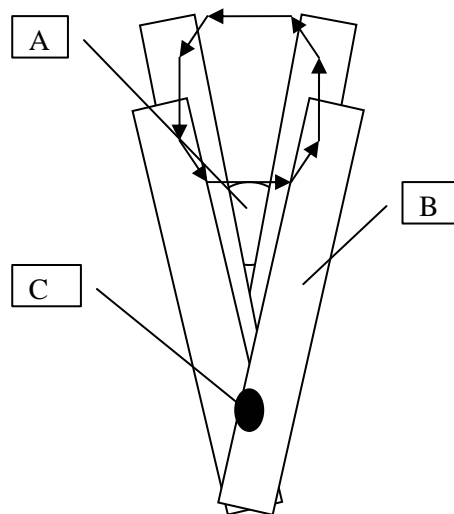


図 22 Swinging block slider-crank mechanism
が描く軌跡

それらの部品に対応させて、機構の作成に以下の部品を主として用いる。



図 23 A に対応



図 24 B に対応



図 25 C に対応

これらを組み立て、以下のような機構が完成した。

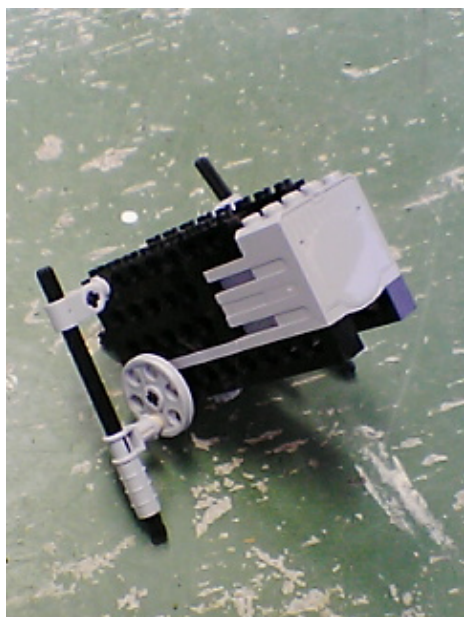


図 26

製作した機構を動かして描かれた軌跡と製作した機構を動かして描かれた軌跡と脚の先端(接地点)の描く軌跡との比較は図 27 のようになる。

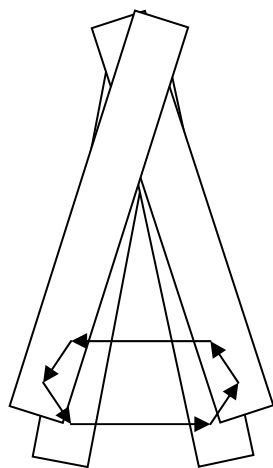


図 27 製作した機構を動かして描かれた軌跡

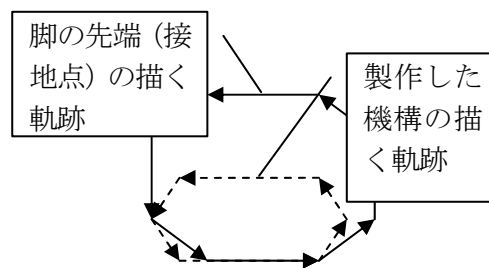


図 28 製作した機構の描く軌跡と脚の先端(接地点)の描く軌跡との比較

図 28 を見てわかるように、2つの軌跡は極めて類似している。必要な機構は再現できた。

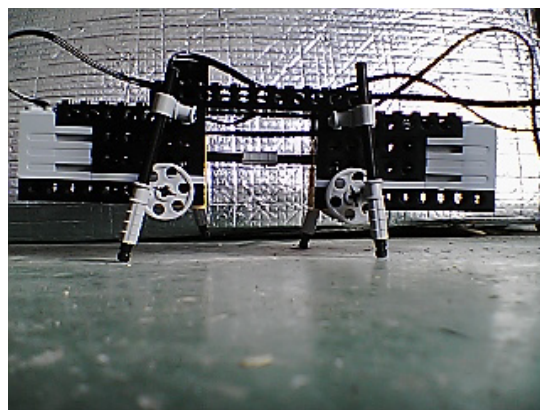
4.3. 歩行の再現

様々な種類の歩き方はすべて統一された仕組みを持っていることを 4.1 で説明した。レゴの重量、強度、出力、部品数によって四足歩行を再現することにした。4.2 で LEGO を用いて製作した機構を応用して再現する。



図 29

完成した四足歩行型の機械を動かしたところ、図 30 のように四足歩行をした。よって、製作した機構による全ての歩行の再現が可能である。



↓

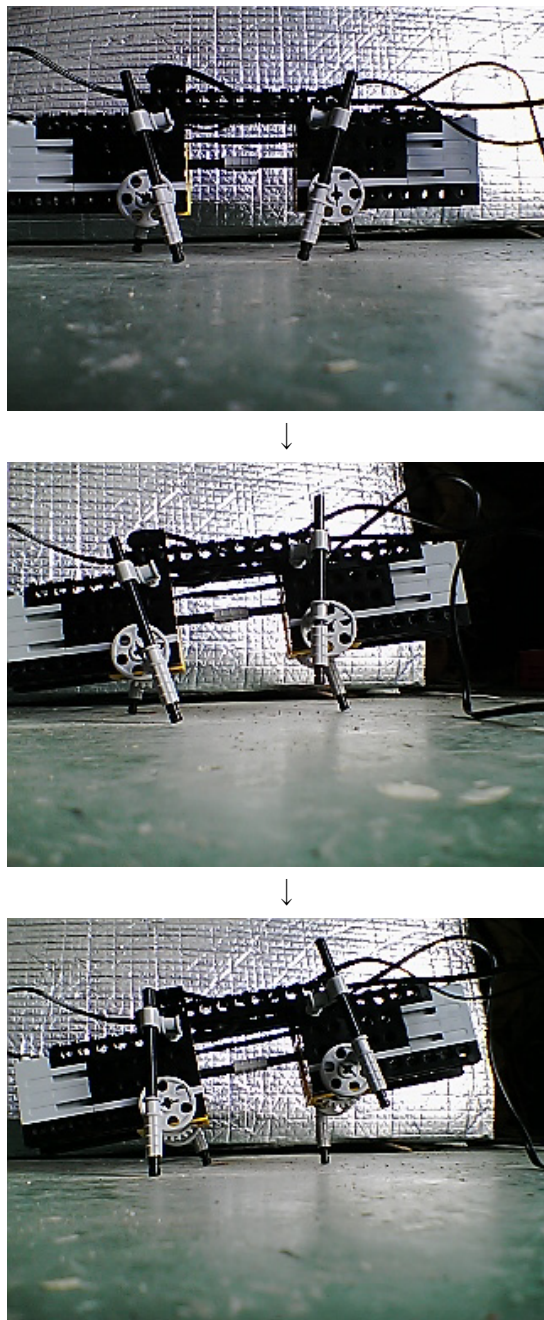


図 30

6. まとめ

2. で、様々な歩き方の仕組みを考察し、それらがすべて基本的には共通であることを説明した。3. ですべての歩き方に共通だと思われる動きを考察し、4. でその動きを再現できる機構を考察、製作し、1つの歩き方を機構を用いて再現することによって、どのような歩行でも基本的な仕組みは共通であることを確認できた。

参考 Web サイト

「歩く」

<<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%AD%A9%E8%A1%8C>> [2007, April 15]

「鳩」

<<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%8F%E3%83%88>> [2007, April 15]

「オシキャット」

<<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%AA%E3%82%B7%E3%82%AD%E3%83%A3%E3%83%83%E3%83%88>> [2007, September 7]

「トカゲ」

<<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%88%E3%82%AB%E3%82%B2>> [2007, September 7]

「タランチュラ」

<<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%BF%E3%83%A9%E3%83%B3%E3%83%81%E3%83%A5%E3%83%A9>> [2007, April 15]

「KMODDL – Kinematics Models for Design Digital Library」

<<http://kmoddl.library.cornell.edu/model.php?m=251>> [2007, April 11]