

LEGO で作ったショベルカー

松田 淳

1. はじめに

私がこのゼミを選択した理由はLEGOで何か作りたいと思ったからでした。それでも何かを作るのかというのは決まっていなかったので、授業中に紹介されたWebサイトを参考にしながら、いろいろな機構を組み合わせて何か機構を作っているだけでした。そのなかで、機構を組み合わせているうちに思いついた作品について書いていきたいと思う。このレポートではまず、今回のゼミで作った作品の製作手順について紹介する。その後、作品を作る際に用いた機構の紹介とその機構の動きを説明する。そして作品の動きを説明し、機構の数学的考察を行う。

2. 作品の紹介

今回のゼミで作ったのは最終的にショベルカーとなった。



図1 完成品

2.1 完成までの過程

はじめ観覧車をつくらうとしていた。ただ、実際に作っていく途中で大きく回すのをどうすればいいかわからず、変なものばかりになってしまい行き詰ってしまったし、機構を使ってないことから何か別のものを作ろうと考えた。それでもどんなものを作るかなかなか

決まらずただLEGOで車みたいなものを作っていた。そこには機構は少なく自分の中で物足りなさを感じていた。

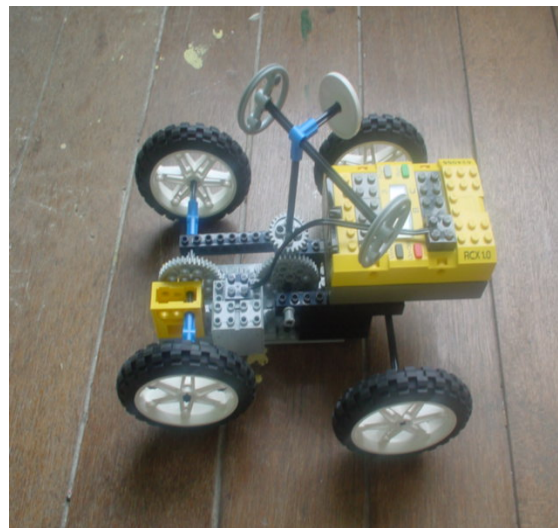


図2 車

その後マジックハンドを作っている人がいたことを思い出した。それを見てマジックハンドが何かを持ち上げる上下運動になるのではないかと思い、なにかそのことを生かせる機構を作ろうと思い、組み立ててみることにした。

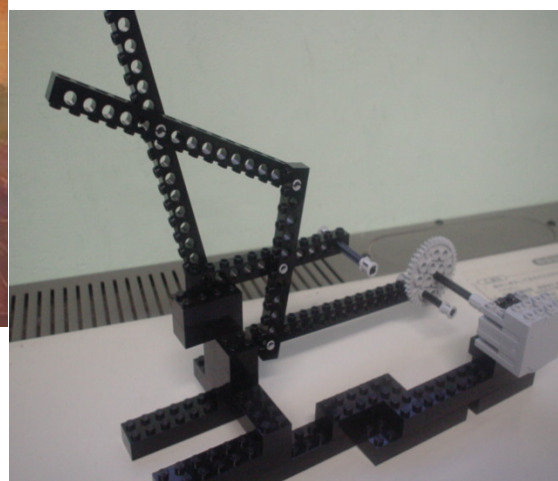


図3 マジックハンドの機構

このマジックハンドはモーターを動力としている。そして、ただモーターでマジックハンドを動かすだけなのに、かなり大きな土台

が必要である。この土台の部分を何とか活かそうと思い、この作品と車を合体させようと思いついた。それが動いて、上下運動を必要とするショベルカーだった。



図4 ショベルカー

実物のアームの部分をマジックハンドに置き換え、車の車輪部分をキャタピラーに変える必要があった。

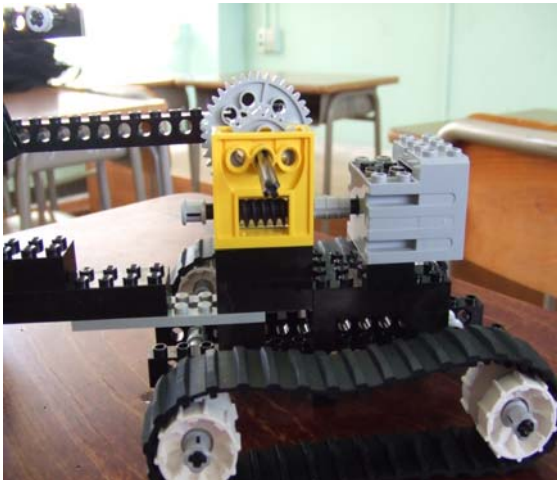


図5 キャタピラー

しかし、このキャタピラーだけではマジックハンドの部分まで支えることができなかったので、結局前の部分に車輪をつける必要が出てきた。ここで、車輪のほうにだけモーターをつけるだけで、キャタピラーの部分もうごいたのでこちらには動力源はつけなかった。やはりLEGOで作るとかなり多くの部品を使わないといけなくなってくる、と実感した。

このようにして作品は完成した。

2.2 使用した機構

① ウォーム歯車

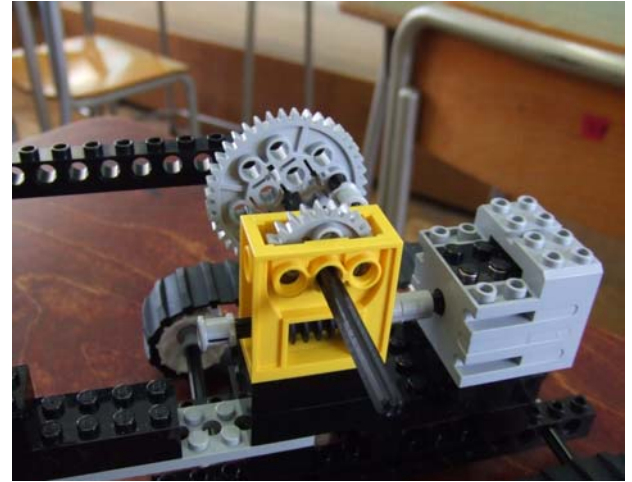


図6 実際に作ったもの



図7 参考にしたもの

この機構はねじ歯車とそれに合う歯車を組み合わせたもので、1段で大きな減速比が得られる。これを使った理由はこの装置をつけないと信じられない勢いで回転してしまい機構が壊れてしまうからだ。またこの機構はオルゴールのガバナーや自動車のステアリング・ギヤにはこの方式が採用されている。また、高級な鉄道模型の駆動にも採用されている。

② 回転運動を前後運動に変える機構

モーターからマジックハンドのような動きをするには運動の方向を変える必要があった。そのために参考にした機構が次の写真となる。



図 8

これは機関車などに使われている。この機構によって、円運動を前後運動に変えることができる。

③ マジックハンド

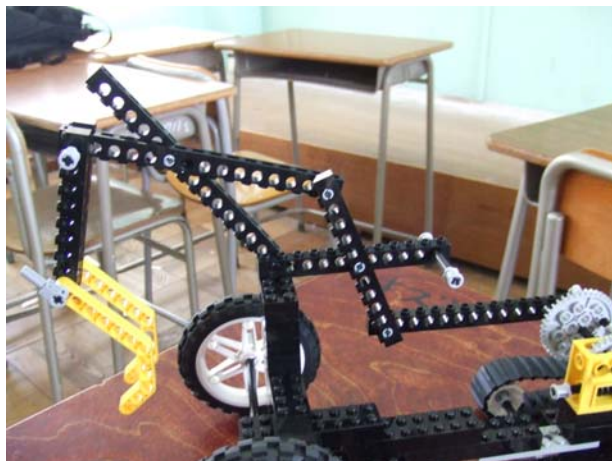


図 9

これは回転運動から横の運動に変わったものを上下の運動に変えるためにつくったものである。では、これらの機構で実際にどのくらいの幅で上下運動するのか考えてみる。

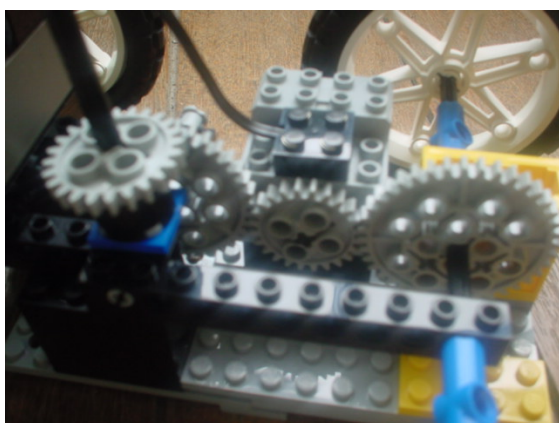


図 10

車の試作品を作ったときに、はじめモーターをいきなりタイヤにつないだら恐ろしい速さで回転してしまったので、4つ目に歯車を組み合わせて回転スピードの減速を試みた。

この機構は車を作ったときに使った機構である。約3分の1位にスピードを抑えることができた。またここには歯車を垂直に組み合わせてることにより回転の方向を90度変えることにも成功した。

2.3. 作品の動き

① 試作

車のほうはモーターを回すとどのように動くのかというと

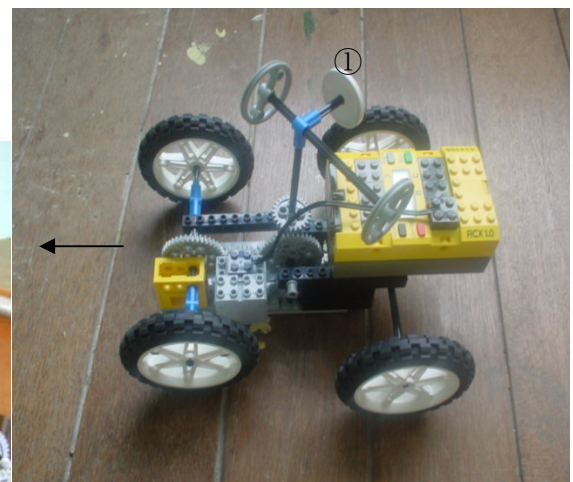


図 11

①がぐるぐる回りながら矢印の方向にこの車が動く。この動きはパトカーが赤いランプをつけながら走っていくことに応用できる。ただ、走る速度とほとんど変わらない速さで回っているので、途中で壊れてしまうことが多く、本来はもっとゆっくり回るように歯車を調整しなければいけなかったのかもしれないが、ショベルカーを完成させようと思ったのでその装置は作らなかった。

② ショベルカー

次頁のモーターの②を回すと矢印の③・④の部分と同時に上下左右に行ったり来たりする。モーターの⑤を回すと車輪が⑥の矢印の方向に進み、それと同時にキャタピラーも動き、本体が前に進んでいく。

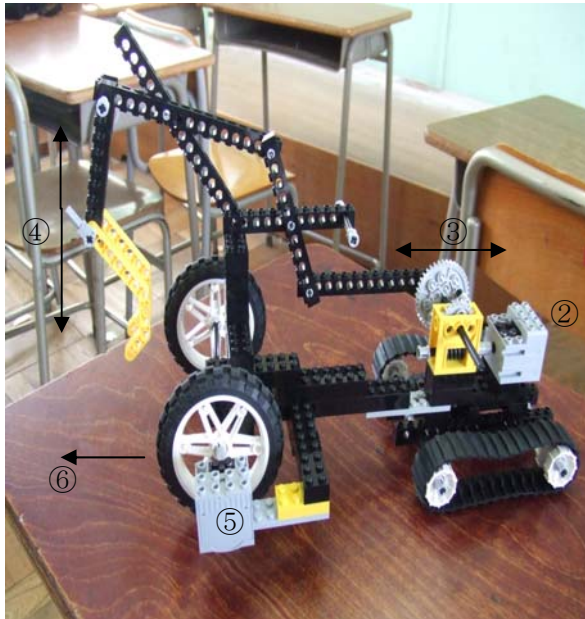


図 12

この動きを歯車の横だけをつなげたやつだけで作ったとすると、図 14 のように、大きい歯車と小さい歯車の歯の数の比を 60 または 720 とするかあるいは、歯の数の比が 1:3 の装置を 5 個も組み合わせなくてはいけない。このように、ウォームギアは普通の歯車に比べて、かなり性能が高い。

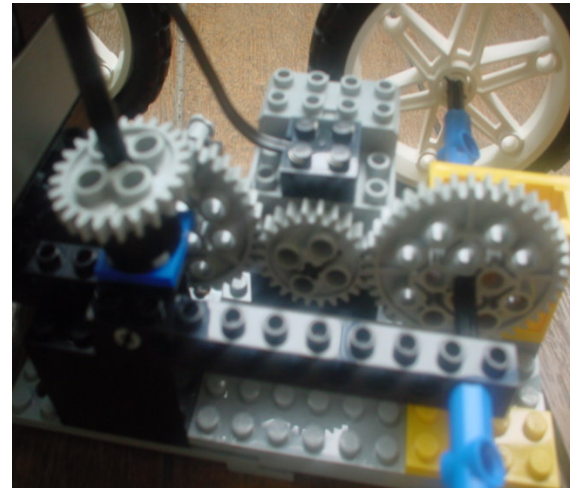


図 14

3. 数学的考察

3.1. ウォーム歯車

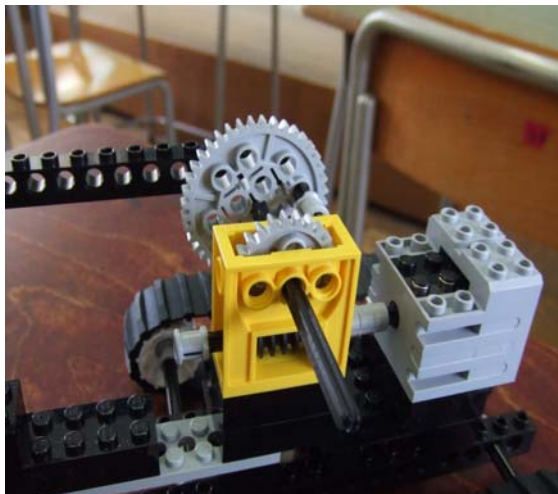


図 13

ウォームギアは下の歯車が一回転するごとに、上の歯車が 1 つぶん動くようになっている。よって、減速する割合は、上の歯車の歯の数が多ければ多いほどその数に比例して大きくなる。つまりこの機構によって、モーターの回転する速度をちょうど、 $1/(\text{上の歯車の数})$ にすることが出来る。このことによって、同じモーターの回転からいろいろな種類の速度を実現することが出来るので、例えば、歯車の数が 60 のものと、720 のものがあれば簡易時計ができることとなる。

3.2. マジックハンドの部分



図 15

まず図 15 の①が回転する。ここでそのときに歯車の中心を原点とする。すると②の部分③の点を中心に前後運動する。

ここで動きがほとんど直線であると仮定すると、②の部分では、およそ歯車の円の直径分の長さだけ、前後に動くところなる。すると②が前後に動くのと同じ分だけ、③を中心

とし、④の部分が同じだけ前後運動する。そして④の部分が前後運動することにより、つながっている部分が運動するので、この機構によるシャベルの部分の上下運動は、歯車の円の直径分の長さと同じこととなる。部品や場所をかなり使う割に効率がよくないので、これはショベルカーとしてあまりいい出来とはいえないが、これ以上大きい上下運動をさせるにはもっと大きい半径の歯車を使わなくてはならずパーツの限界があったので無理があった。

この機構は実際のショベルカーでは使われていない。実際は、下の写真のように、腕が曲がっている関節ごとにモーターがついていて、その部分で自由に曲がるようになっている。LEGOをつかってそのように再現するとき、マジックハンドのようにすることしか思いつかなかったが、自動でなく主導でもいいように作っていれば、1つ1つ折れ曲がるように作ることが出来たかもしれない。



図 16

3.3. キャタピラー

今回の作品では構造上無理だったが、キャタピラーにモーターをつけると車輪にくらべ、どのくらいスピードが落ちるか考えてみる。

図 15 より、モーター1回転につき車輪は1回転する計算になる。しかしキャタピラーにつなぐことにより、図 17 の写真からおよそ4分の1に減らすことが出来るそもそも、ショベルカーがキャタピラーを使う理由は、でこぼこした道やぬかるんでいても、スムーズに

進めることが目的だが、LEGOの場合、モーターの速度があまりにも速いので、キャタピラーを動く速さを遅くする歯車の代わりにすることが出来る。

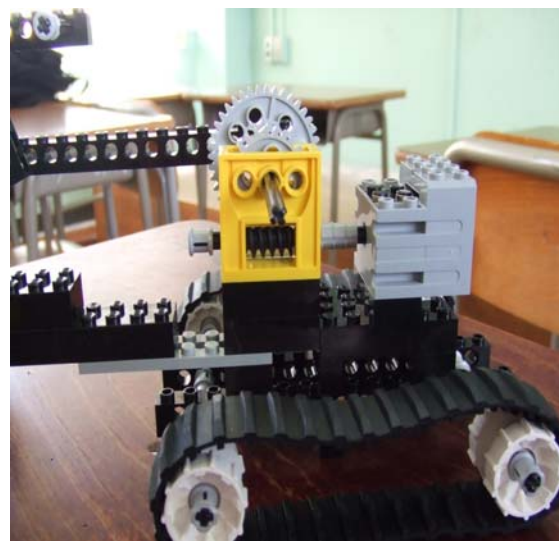


図 17

4. 感想

今回LEGOを使っているいろいろな機構を作ってみて、LEGOで実際と同じものを作るにはどのような原理で実際に機構が作られているかを理解し、またどのようにLEGOを組み合わせることによってそれに似たものが作れるのかを考え、それが無理とわかったときにどのようにすれば代用できるかを考えなければいけないということがわかった。また、世の中にはさまざまな機構があり、いかにコストやエネルギーが少なくてすむように工夫しているかを自分で作っていて実感しました。

参考 Web サイト

<http://kmoddl.library.cornell.edu/>

<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%AD%AF%E8%BB%8A>

<http://heso.jcom.to/kawayoshi/art/photo/yoko/02/home.htm>