

ローラーコースターと機構 —より実物へ—

村松 宏祐

松本 亮平

堀越 理仁

1. はじめに

はじめに、ローラーコースターを作成するに至るまでの経緯を振り返ってみる。遊園地の乗り物を再現するに当たって、最初はメリーゴーラウンドを再現することを考えた。単純な動きをいくつも組み合わせることによって、非常に複雑な動きを再現しているからである。しかし、実際に製作を始めて、いくつかの問題があった。一つは、実際にメリーゴーラウンドを構成する機構を調べてみても、予想以上に資料が少なかったことである。これは他の乗り物にもいえることだが、調べてみても見つかるのはメリーゴーラウンドを遊具として「楽しむ」ものとしてみているものばかりで、機構を紹介している部分があったのはフリー百科事典 Wikipedia のみであり、しかも1行の半分程度書かれていただけだった。また、機構が複雑であるが故に、限られた動力で全体を再現するのは非常に困難であるということもあった。実際のメリーゴーラウンド全体の大きさに対してモーターというのはかなり小さなもので、おそらくは天井や床下に設置することで複雑な動きが可能であると思われる。しかし、LEGO で再現すると、どうしても全体の大きさに対してのモーターの大きさがネックになり、またモーターの数が限られていることや配線の問題もあり、メリーゴーラウンドの動きを完全に再現するのは不可能だと思われた。他にメリーゴーラウンドをテーマに選んだ人はうまく工夫をして1つの動力源で複数の機構を同時に動かして複雑な動きを再現していたが、「こんなに乗ったら絶対酔う」という感想があったように、かなりの工夫や試行錯誤を行わないと再現は不可能であると考えた。そこで、私は逆に「単純な機構でもいいので、実際の工業製品により近いものを再現する」ことを考えた。

2. ローラーコースターとは

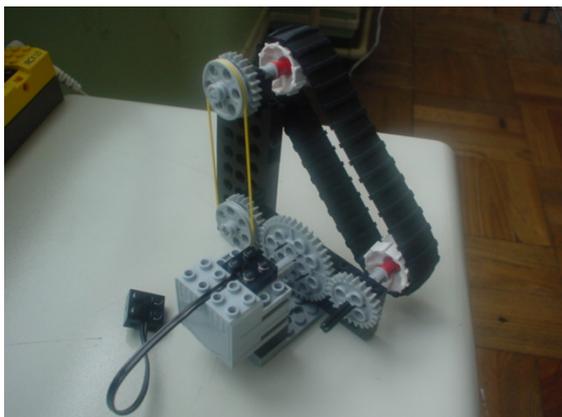
LEGO ブロックはほとんどが直線で構成されているので、様々な曲線を含んだ実際の乗り物の外見をそっくり再現するにはかなりの工夫が必要となる。そこで、LEGO で再現が十分可能であると思われるローラーコースターをテーマに選んだ。



ローラーコースターは遊園地で目立つ大きな乗り物の一つである。しかし、見た目とは違い、時には1 km を越える長いコースを単純な機構のみによって列車を走らせている。ローラーコースターは乗客のいる列車自体には基本的に動力などは存在しない。一般的に、リフトなどを使って最高点まで列車を引き上げ、そこから下りの傾斜を走らせることで位置エネルギーを運動エネルギーに変えて速度を上げる。その後は最初のエネルギーを、傾斜を上ったり下がったりすることでエネルギーを次々に変換して緩急をつけて動いている。そして最後にブレーキなどで余剰エネルギーを吸収して終了する。

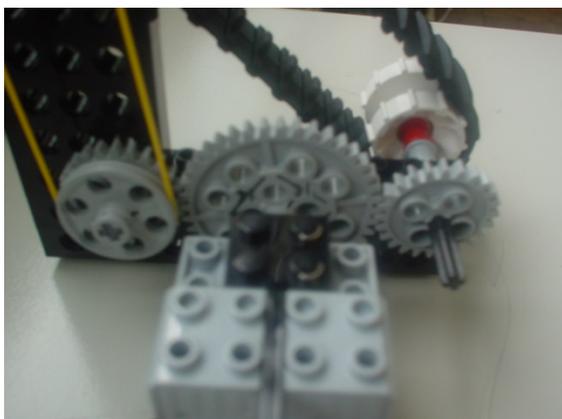
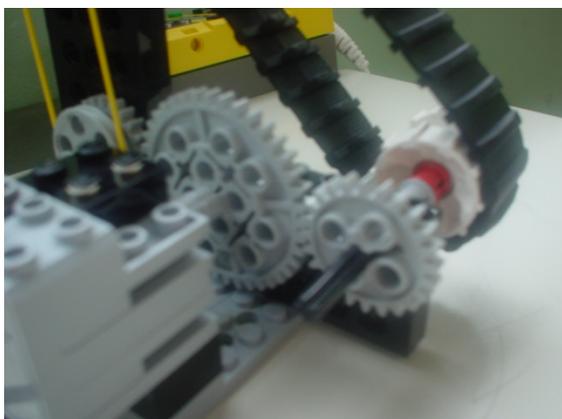
3. 引き上げ部分の再現

それでは、これからローラーコースターの製作過程を紹介する。ローラーコースターを再現するに当たって、何よりも大切なのは引き上げ部分である。まずは以下のようなものを製作した。



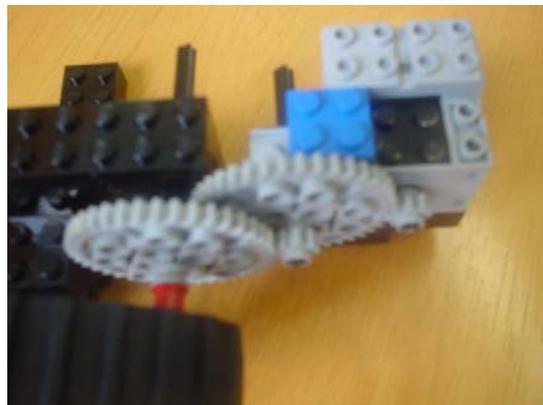
動力はモーター→ギア→ホイール→ベルトと伝わっている。以下順を追って説明する。

3.1. Simple Spur Gear Mechanism



モーターの回転を直接ホイールに伝える構造には、モーターの回転そのままでは速すぎるという問題や、車輪のすぐそばにモーターを設置しなければならず、そのために大幅なスペースをとらなければならないという設置場所の問題があるので、1つのモーターの回転をギアを介してホイールに伝えるという構造を採った。ここで重要なことは、組み合

わせるギアの歯数の比を変えることで、回転数を変えることができることである(なお、写真では歯数と速さの関係を勘違いしており、逆に速くなるようにギアを組み合わせさせてしまっている)。

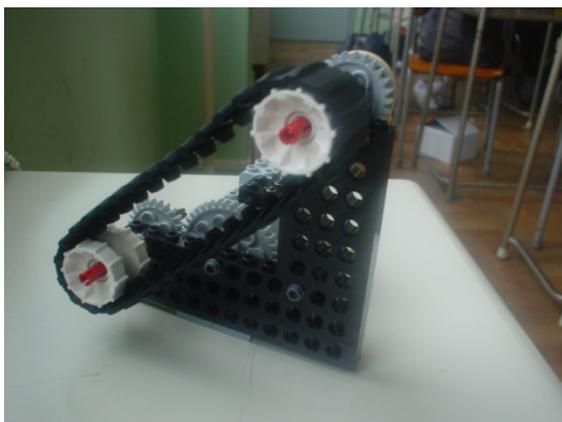


ここでは「Simple Spur Gear Mechanism」という下図のような機構を使用した。



図のようにギアを組み合わせることで、片方のギアを回すともう片方のギアが逆回転になる。また、前の節で述べたように、組み合わせるギアの歯数の比を変えることで、回転の速さを変えることができる。具体的には、片方を回した角度に対し、もう片方が回転した角度はギアの歯数の反比例している。つまり、歯数の多い方のギアを回したときもう片方のギアはそれよりも大きな角度を回転し、逆に歯数の少ない方のギアを回したときは、もう片方のギアはそれよりも小さな角度を回転する。回転した角度と回転の速さ是对応しているため、歯数の多い方を回せば速く、少ない方を回せば遅くなって次のギアに伝わる。

3.2. Belt Drive Mechanism



2つのホイールにベルトを張り、先ほどの回転をホイールに伝えることで、ベルトが回転する。ここでは「Belt Drive Mechanism」という下図のような機構を使用した。



図のようにベルトを2つのホイールに張り、ホイールを回転させることでベルトに回転を伝えている。ベルト自体はタイヤ状であるが、ホイールの距離を調節してベルトをうまく張ることで、ベルトの面が平面になり、回転運動を直線的な運動に変え、その上に物を載せて運ぶことができる。なお、実際は上の図のベルトに該当するパーツがLEGOに無かったので、キャタピラのパーツを応用してベルトとした。

3.3. 工夫点

よりスムーズに動くように以下のような工夫を施した。

- ・ホイールを同時に回す

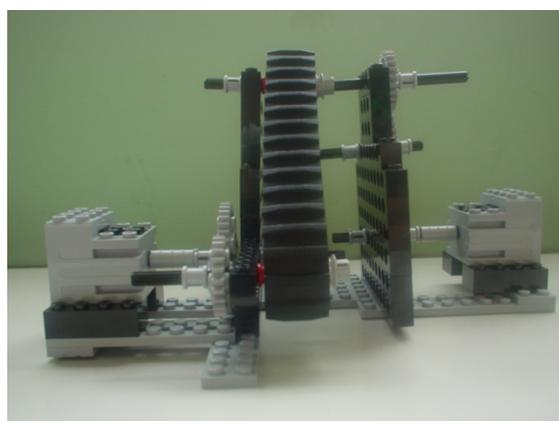
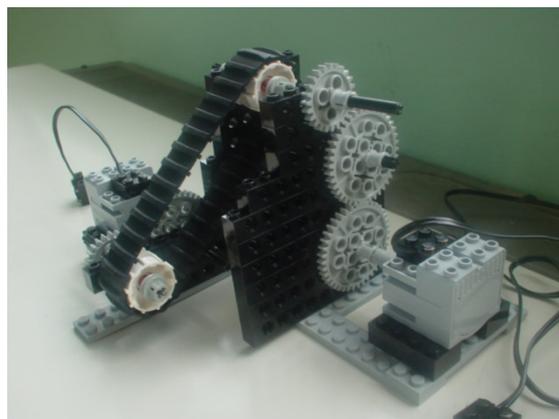
キャタピラのパーツの内側には凹凸があり、それがホイールの凹凸とかみ合うので、片方のホイールだけを回しても、ある程度はうまく回転した。しかし、それだけではベルトの張り具合がおかしくなるなどの問題が生

じてしまったので、以下の写真のように改良した。



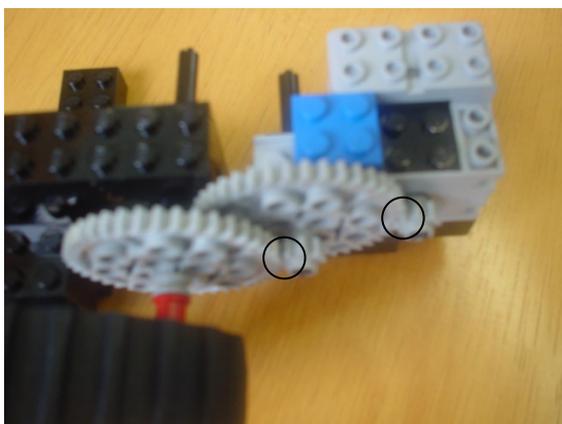
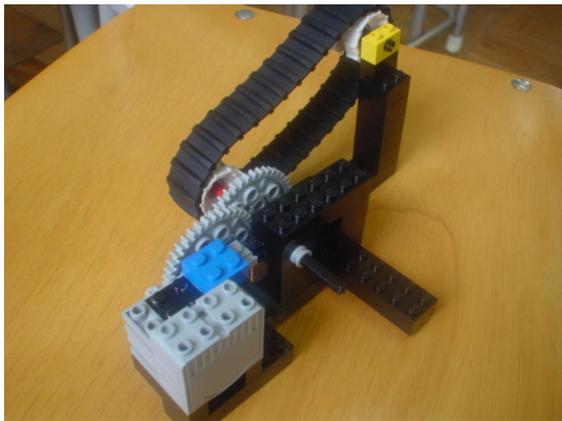
3.2節のベルトの機構を利用して、同じ回転を両方のホイールに与えてベルトに回転を伝える構造を採った。これによって、ベルトに負荷がかからずにスムーズに回転するようになった。また、共同で製作にあたった2人が作った装置も合わせて紹介する。

- ・松本



考え方は私と同じであるが、彼は写真のようにそれぞれのホイールに対し1つのモーターを使ってベルトの回転を安定させている。

・堀越



歯数の差がもっとも大きいギアを2つ組み合わせて速度をかなり落としている。(上図の赤丸の部分。40:8 が2箇所 で 1/25 の速度)これによってベルトが安定して回転する。

3.4. 問題点

以上のような装置ではいくつかの問題がある。

・ベルトの長さ

ベルトに使用したキャタピラの大きさは変えられないので、これ以上距離を長くすることができない。大きさを自由に変えられる部品が必要。

・バランスの悪さ

ベルトの幅が狭いので、上に置いただけではバランスが悪く、すぐ横に落ちてしまう。

・見た目の悪さ

もともとのコンセプトが「できるだけ工業製品に近づける」なので、見た目を改良する必要がある。

以上の点を考慮して改良版を製作した。

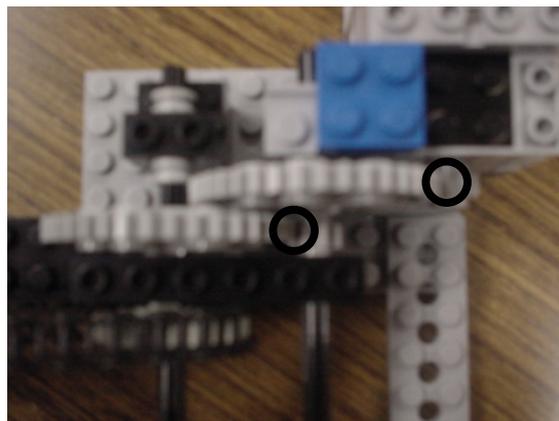
4. 改良

大きさや見た目があるので、キャタピラの代わりにチェーンを使用して、以下の写真のような改良版を作った。



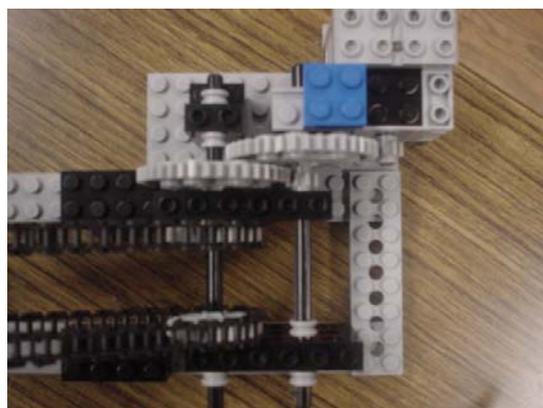
チェーンは細かい部品をつなぎ合わせて作るので、長さの調節が自由にできる。動力はモーター→ギア→チェーンと伝わっている。

4.1. モーター→ギア

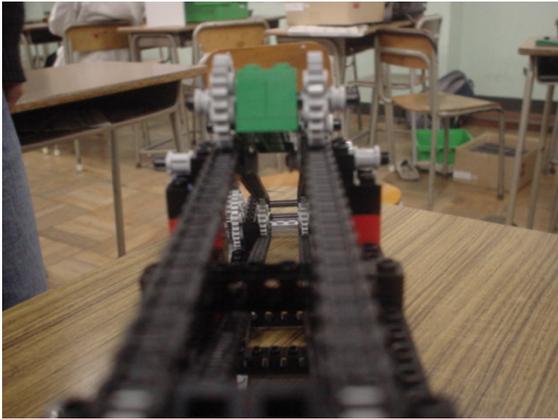


上の丸囲みの部分で歯数の異なるギアを組み合わせて速度を変えている。1箇所につきギアの歯数の比が 40:8 なので速度は 1/5 倍に、2箇所 で 1/25 倍となる。使用した機構は3.2節と同じもの。

4.2. ギア→チェーン



改良版を製作するにあたり、前回のものともっとも違う部分がこのチェーンである。ベルトのときでは上に車両を載せるだけなので、車両がうまく持ち上がらず横に落ちてしまっていたが、代わりにチェーンを使い、車両部分にもギアを取り付けチェーンにひっかけることで下図のようにチェーン上に車両を固定することが可能になった。



実際のローラーコースターの引き上げ部分にもチェーンは使用されており、チェーンに一定間隔に列車とかみ合う機構があり、列車の先頭車両を引っ掛けて列車を最高点まで引き上げている。ここで使用した機構は以下のものである。

4.3. Chain Drives



基本的に仕組みは 3.4. の Belt Drive Mechanism と同じであり、2つのギア(特にチェーンに組み合わせて使うものをスプロケットと言う)にチェーンを張ることで、それに物を引っ掛けて運ぶことが可能になる。ベル

トと違うのは、ギアの歯1つに対して必ずチェーンの穴1つが対応している、よほど負荷をかけたり高速で回したりしない限り、ベルトのようにギアとチェーンが滑らない点にある。これによって、1つのギアを回すだけでも安定してチェーンを回転させることが可能であり、1つの動力源で大きな引き上げ部分を再現することができた。ただ、チェーンにも問題点がある。チェーンがスムーズに回るためには若干の「遊び」が必要であり、その調節にベルト以上に気を遣わなければならない。

4.4. 改善点

3.6. で述べたように以前のベルトを使った仕組みではいくつかの問題点があったが、今回の改良でそれらの問題点は解決できた。

- ・ベルトの長さ
→チェーンは小さなパーツを1つ1つ組み合わせるものなので、1cm単位で長さが自由に調節できる。
- ・バランスの悪さ
→車両にギアを使うことでチェーンに車両を固定することが可能になり、車両が落ちることが無くなった。
- ・見た目の悪さ
→チェーンは実際にローラーコースターに使われているということもあり、見た目はかなり実物に近くなった。

5. より実物へ

チェーンを使用することで、引き上げ部分はかなり実物に近いものを再現できた。しかし、ローラーコースター全体を再現するには、引き上げた車両を走らせるコース、そしてその後走り終えた車両を再び引き上げ部分に戻す装置が必要である。しかし、LEGO ブロックはほとんどが直線で構成されているので、車両も同様に直線的な動きしかできない。よって、車両を引き上げ部分に戻すためには、コースを引き上げ部分の下を通すことが必要になる。そこで、次はコースから引き上げ部分へ車両を持ち上げる仕組みを考えた。考えられるのは回転運動を直線運動に変換する機構をつかって車両を押し上げるという仕組みである。しかし、LEGO はギアやカムの種類

が豊富なので、組み合わせや数を変えて回転させることでうまく車両を持ち上げられる組み合わせを実験して調べたが、どのように組み合わせてもうまく車両を持ち上げることができなかった。また、車両が斜面を走る運動は、全くの自然な運動であるので、走り終えた車両を持ち上げる装置に車両が来るタイミングは完全にランダムである。どのタイミングで車両が来ても正確に車両を持ち上げるには常に装置を動かしているだけではできず、どうしても人の手(タイミングよくモーターのスイッチを入れる等)が必要なので、自動で車両を循環させることはできない。よって、ローラーコースターをこれ以上実物に近づけるのはほぼ不可能であるという結論に達した。

6. 終わりに

機構作りを通して実際の装置を再現する難しさを痛感した。単純な動きを再現するにも、試行錯誤や微調整の繰り返さなければならない。ローラーコースターのような比較的簡単な仕組みのものでも完全に再現することができなかった。また、装置が複雑になれば、見た目だけではなくその構造についても知る必要がある。機構の種類は膨大であるが、そのうち似通っているものも多くあり、分類すればその分類した項目は数えられるほどしかない。(実際、参照したページでは機構の種類のカテゴリー数は100も無かった。) 乗り物などの製品は機構をうまく組み合わせる複雑な構造をとっているため、完全に再現するには、その製品の設計図を見て仕組みを理解しなければならない。このように、機構づくりは想像以上に難しいことであった。

参考 Web サイト

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

[2007, March 30]

<<http://ja.wikipedia.org/>> [2007, March 30]