

LEGO で実現するフリーフォール

—自分たちの作品と本来のフリーフォール—

増渕 陽介

喜多村章悟

細井 達也

1. はじめに

私たちは、ゼミナール「LEGO で実現する世界と数学の世界」において、「フリーフォール」をレゴで再現しようと試みた。



図1 絶叫 REVIEW より

フリーフォールとは、遊園地にあるような絶叫マシンの一つである。実は私自身は乗ったことがないのだが、その名のとおり自由落下によるものなので相当怖いのではないだろうかと思う。元々フリーフォールは図1のように、落ちたあと前に進んで下のレールに乗り換えて戻ってくるというものらしいのだが、さすがにこの機構をレゴで再現するのは難しいと思ったため、作るのは断念した。そこで、前に進んでから戻ってくるという機構をあきらめ、上昇してからレールを乗り換え、落下したあとすぐにもとのレールに戻ると、私たちなりの「フリーフォール」を作ることにした。

次に、具体的な機構などについての説明に移る。

2. 自分たちの作品の機構

この章では、私たちが作ったフリーフォールにおいてどのような機構が使われているかということの説明していこうと思う。だが、

これについては他のメンバーが詳細にまとめているので、ここでは細かい説明などは避けることにする。また、ここで用いる写真はメンバーの喜多村君が撮影してくれたものである。

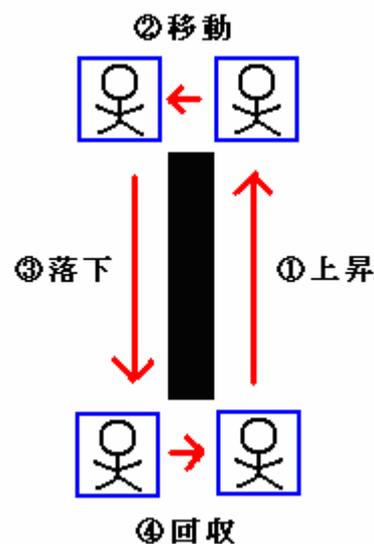


図2

1. で説明したように、遊園地にある実際のフリーフォールとは違って私たちの作品は図2のような運動をする。それぞれの矢印の運動を上昇、移動、落下、回収とし、ボックスはこれら4つの運動を経て1周する。

2.1. 上昇

まず考えなければならなかった問題が、どのようにしてボックスを上昇させるかということである。ここでは、まずは基礎となるレールを作った後、ボックスの背部にラック(ギザギザの切れ込みのある部品)を設置し、歯車を用いてラックとかみ合わせて、歯車を回すことでレールに沿ってボックスを上げるという方法が採用された。つまり、歯車の回転運動をボックスの上下運動に変えている。



図 3

左右の黒いものがレールで、真ん中にあるものが歯車である。ウォームギアという機構によって回転数と方向を変えている。

図 3、図 4 で示したものを組み合わせたものが、次の図 5 である。

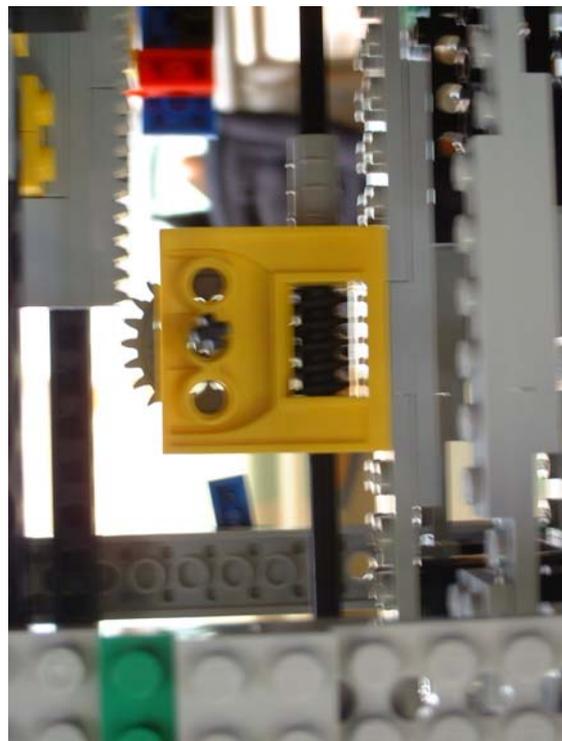


図 5

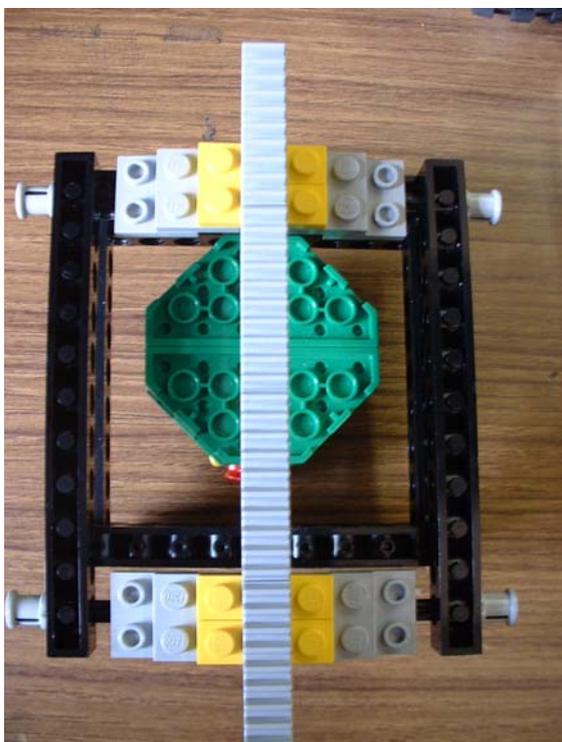


図 4

これは背部にラックが設置されたボックスである。四隅の出っ張っている部分がレールにはまる部分である。

これは、まさに歯車とラックがかみ合おうとしている瞬間である。ウォームギアという機構により真ん中を縦断している棒の回転を歯車の回転に変えていて、さらに歯の数によって減速比を決めている。この機構によって、ボックスを最高点の高さまで上げている。

2.2. 移動

この部分は、ただボックスを少しだけ動かしてレールを乗り換えるだけだから簡単だと思われるかもしれないが、実際に作ってみるとなかなかうまくいかないもので、この数センチの移動のためにいろいろな工夫を施した。

図 6 のように、レールの適切な位置に切れ込みを入れ、そこに外部に連動するようにブロックをつける(この写真のものは回収時に用いるほうだが、移動時に用いるものと仕組みは同じである)。上昇後、ボックスの四隅の出っ張りのうち、上 2 つはレールの上に乗上げてからレールを乗り換え、下 2 つはレールに入れてある切れ込みのところのブロックの横移動によって移るとい仕組みである。



図 6

実際にはここでいろいろな問題が発生してしまい、試行錯誤を重ねて何とか移動の機構を実現することに成功した。以下は、移動の様子を写した写真である。



図 7 ボックスが乗り上げる前



図 8 ボックスが乗り上げた瞬間



図 9 横移動後にボックスが落下

図 9 の右上に突き出ている棒が実はミソで、ボックスの余計な乗り上げを防いでいる。

2.3. 落下・回収

正直言って、落下と回収については殆んど加えるべき説明がない。落下については、フリーフォールという名からも分かるように自由落下である。下にスポンジを敷いて、落下後の衝撃を和らげている。

回収は、機構的には移動時の下側と同じである。逆向きに歯車を回すことによって、移動とは逆のブロックの横移動を行って回収する。

2.4. まとめ

このようにして「フリーフォール」が完成した。機構についての詳しい説明は他のメンバーに任せたため、だいたいの機構の説明は簡潔にしたが、完成までには相当な時間を要した。

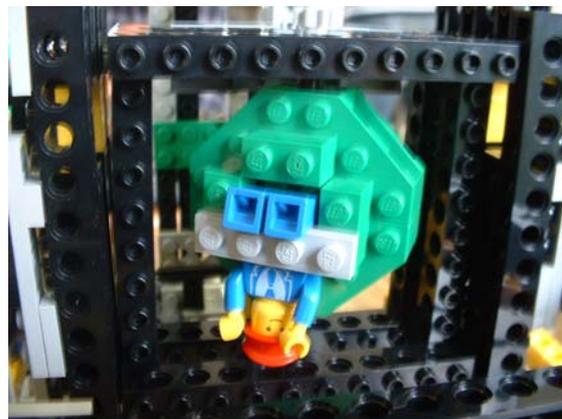


図 10

これは今まで何度も述べてきたボックスである。人が乗る部分は回るようになっている。乗っている人の立場に立ってみれば、ここの

部分がもし回ったら怖さは倍増するだろうという遊び心からなのだが、実際には自動的に回る仕組みを作ることは出来なかった。

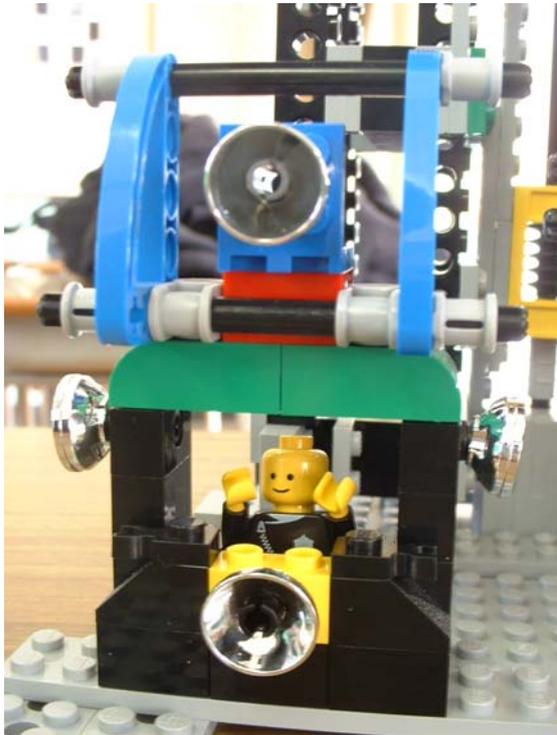


図 11

これは乗り場の職員である。この屋根は可動式になっている。

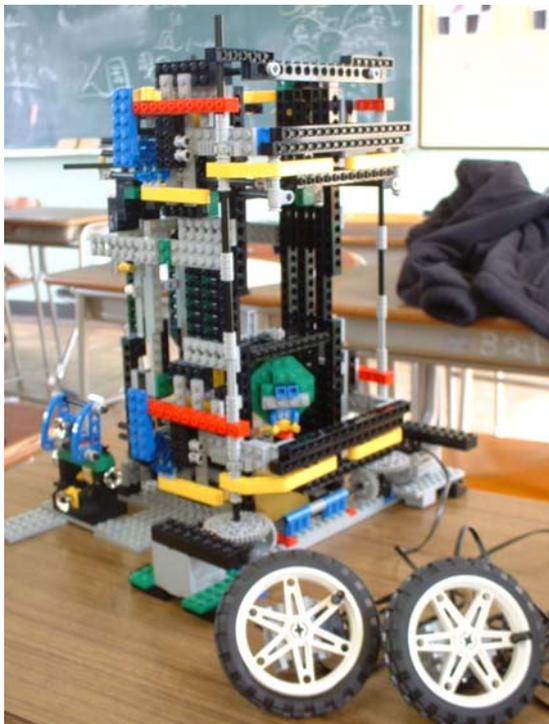


図 12

完成品がこれである。写真を見ても分かるように、運ぶのが困難であるほどの巨大なものになってしまった。右下のタイヤは発電機になっており、手でタイヤを回すことで、前述した本体の可動部分をそれぞれ上下運動、横移動させることができる。

3. 実際のフリーフォール

私たちが製作した「フリーフォール」は実際のフリーフォールの正確な再現ではない。それならば、遊園地にあるような実際のフリーフォールは如何なるものなのだろうか。ということで、この章では実際のフリーフォールについて書こうと思う。

実際のフリーフォールは、以下のような運動をする。まず上昇し、最高点に達したところで前に乗り出して落下ラインに入る。ここまでは私たちの作品と同じである。ある程度落下したところで円のような軌道を描いて90度回り、速度を落としながらそのまま前進する。この時、乗っている人は仰向けの状態となる。そして、ある程度進んだら、下のレールに移動しつつまた90度回転する。この時、乗っている人は元の体勢に戻ることになる。最後に、乗っている人の背の方向に後退する。これが実際のフリーフォールにおける1周分の運動である。

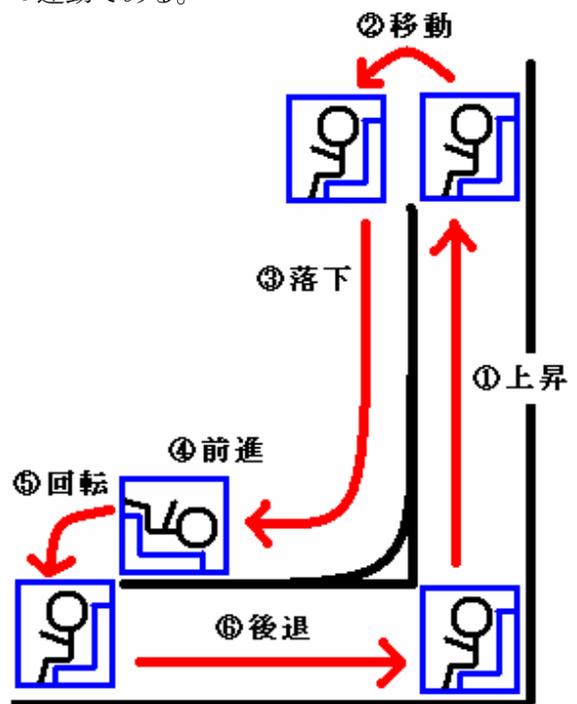


図 13

これらの一連の運動を図示すると、前頁の図 13 のようになる。

実際には③から⑤にかけての運動を再現するのは難しいだろうと考え、また大きさの問題もあったので簡略化したが、今思えば、この機構を完璧に再現しようと試行錯誤していたら、それはそれでやりがいがあって面白かったのではないかと思う。よって、ここからは、製作には至らなかった実際のフリーフォールについて、どのようにすれば再現できるのだろうかということを考えてみたいと思う。

図 13 における①上昇と②移動については私たちが再現したようなもので良いと思うので、③から⑥にかけての機構について考える。

3.1. 落下～前進

私たちの「フリーフォール」では、ただ落下するだけで良かったため、下にスポンジを敷いただけで特に工夫した点はなかった。しかし、今度はそう簡単にはいかないようである。もし落下してから前進するのなら幾分楽なのだろうが、その際に 90 度回転している必要があるためである。

まずレールをどのようにすればいいかを考えよう。レゴで滑らかなレールに仕上げるのは難しいだろうと考えたため、下にレールを敷いただけでそれに沿って運動させるのは困難だろう。そこで、次のような方法を提案する。

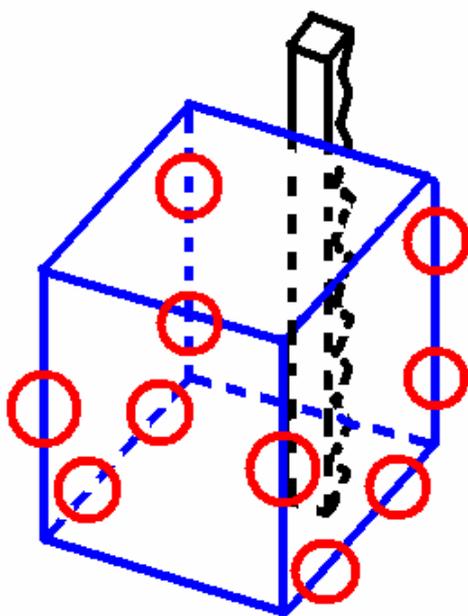


図 14

まずボックスにおいて、図 14 の赤い丸印の 10ヶ所に小さなタイヤを設置する。

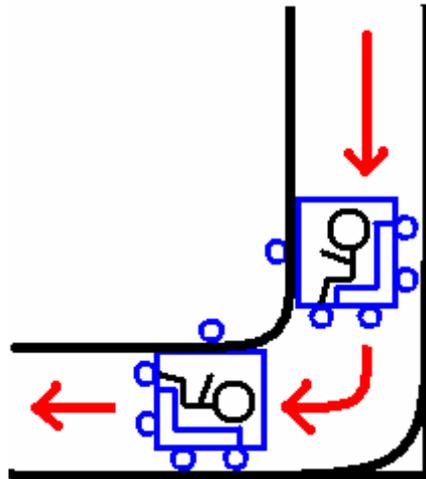


図 15

レールは、それぞれのタイヤの位置に合わせて作る。曲がる部分には、レゴのセットにあった弾性のある棒のような部品などをうまく組み合わせて使う。そして、前のタイヤによってボックスが回転ように誘導させるようにする。しかし、この場合は曲がる時点である程度減速している必要があるだろう。そこで、曲がる直前で摩擦力がかかるように工夫するか、落下先のレールとボックスにそれぞれ磁石を反発するような向きで設置するなどといった措置をとる。回転した後は、レールと後ろのタイヤによって前進が可能である。レールの傾きによって、速度を調節してやれば良い。

3.2. 回転～後退

これは、落下～前進の際と同じような機構によって可能だと思う。

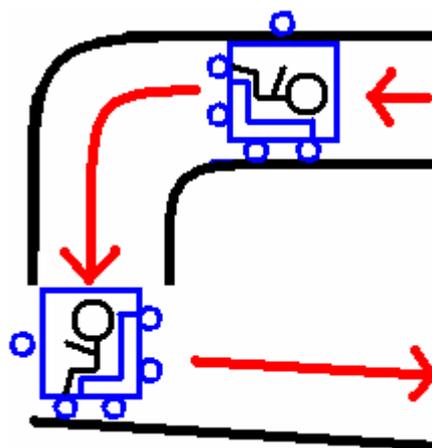


図 16

この場合もまた、前のタイヤがボックスを誘導するようにレールをつくる。回転後、前と後ろのタイヤはレールから離れ、今度は下のタイヤがレールと接触する、レールを図5のように傾ければ、後退してスタート位置に戻ることが出来る。

3.3. まとめ

上記の方法はほぼ思いつきで書いたものであり、実際に製作してみるといろいろな不便が生じると思うが、試してみる価値はあるのではないだろうか。

ここからは、おまけとして実際のフリーフォールについて少し述べたいと思う。今では遊園地の絶叫マシンとして親しまれているフリーフォールだが、元々はそのために開発されたのではないようである。無重力の体験が出来るということで客の興味を引いているこのマシンは、実は宇宙飛行士の無重力訓練のために開発されたものらしい。現在の宇宙飛行士は、出発と帰還の際は寝た姿勢になるらしいのだが、それはフリーフォールにおいて落下後に仰向けの状態になるのと同じ原理なのである。座ったままで大きな加重力がかかると危険なので、仰向けになることで負担を軽減している。

4. おわりに

ゼミナール「LEGO で実現する世界と数学の世界」を通して、遊園地のアトラクションのような身近にあるものを再現するということの難しさを実感した。しかし、レゴの部品と対峙しながら試行錯誤し、最後にフリーフォールが完成したときの達成感はとても大きいものであった。これから遊園地に行くような機会があったら、ただ楽しむのみでなく色々なアトラクションの機構について注目してみたいと思う。

参考文献および参考 Web サイト

八木一正 (1996). *遊園地のメカニズム図鑑*. 日本実業出版社.
<http://drkssk.fc2web.com/zekkyou/zekk_main.html> [2007, March 26]