

# 「インディアン」の作成 —不規則の中の規則—

榎本 潤

## 1. はじめに

ゼミナールでは、機構を、物理的視点、意味的視点から考えようと思った。考察の視点としては「ランダム」と言うことにポイントを置いた。「ランダム」という概念は、近代の数学界の新しいテーマである。そこで、数学的視点から、違う分野へと視点を広げ、さまざまな考察をすることを目標とした。

ランダム、プログラミングにおいて用いられている乱数とは、数学的に述べれば、今得られている数列  $x_1, x_2, \dots, x_n$  から次の数列の値  $x_{n+1}$  が予測できない数列の各要素をいう。その数列の関数の決定方法は、(恐らくコンピュータ上のものなので)二進乱数、もしくは自然乱数という種類で、これらはメルセンヌ・ツイスタと呼ばれる方針、Excel であれば `rand()` という関数によってなされている。かなり複雑な関数を用いてランダムは作られているわけであるが、結局は関数によって定義されているわけである。要するに、ランダムという概念は、とても小さいところである一定の規則によっているのである。

19世紀には、これらの不確定要素にある一定の法則性を与えようとする「カオス理論」が生まれた。カオス理論の中には「バタフライ効果」というのがある。バタフライ効果とは、例えば地球のどこかで蝶が羽ばたくと、その風が、蝶が地球を一周する間に大変な台風となる、といった効果である。

## 2. 製作物の説明

### 2.1. 「インディアン」とは

「インディアン」とは、練馬区に遊園地「としまえん」にあったアトラクションである。メリーゴーラウン



ドの馬が観覧車のゴンドラのようにっており、乗り物全体が横に、またそのゴンドラ自体が前転を繰り返すという乗り物である。

### 2.2. 設計コンセプト

外見にも凝ったつくりにしたかったのだが、用いている機構(3. 参照)のため、機構のみでまとめたものとなった。また、主な機構のうちのメリーゴーラウンド運動は、他の人がすでに進めてしまっている。そこで、他人と同じ機構をもっとシンプルに、そして全体的にコンパクトに収める、というのを製作の基本コンセプトにして、いかにランダムな動きを作り出せるか、ということ念頭において設計した。

### 2.3. 「インディアン」の運動

「インディアン」は、横回転と立て回転が同時に起こる運動をする。しかしこの乗り物の醍醐味は、ゴンドラの回転が規則的でないところにある。「回転しきるのか?」と思ったら途中で止まってしまうたり、いきなり逆回転をしたり、というところである。実際の「インディアン」の機械は、コンピュータ制御によってパターンが決まっているようだが、今回はその回転の運動を制御なしで作ってみることにした。

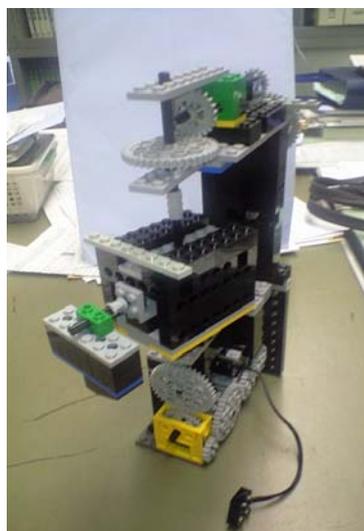


図 1

### 3. 用いられている機構の説明

この作品には、様々な機構が用いられている。逐一記載せずに、大きく「メリーゴーラウンドの運動」、「ゴンドラの運動」に大別して説明する。

#### 3.1 メリーゴーラウンドの運動

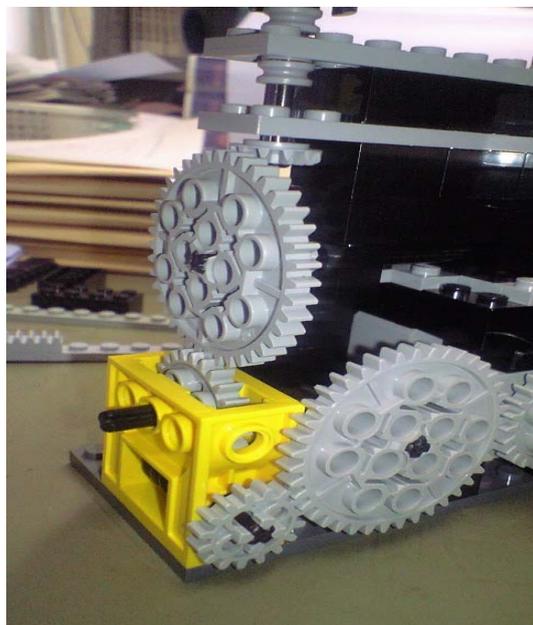


図2 ワームギア

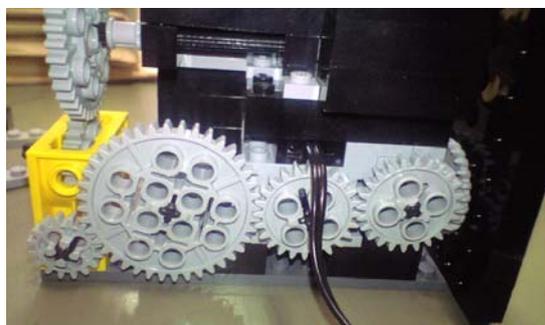


図3 モーター部分

具体的な流れとして、ギアから駆動し、運動を縦から横へ変換する。そして、メリーゴーラウンド床面(以下円盤)を回転させ、内部にある無回転固定ギアと連動させる、という動きを再現する。よりランダムな動きを出すために、従来固定されている内部のギアを回転させることによって、ゴンドラに影響を与える場所を変えるということに挑戦した。

図4に関して、内部の横向きについているギアを円盤に固定させて作った場合(図4のAの部分に塞がっている、つまり1本のシャフトにギアがつながっている場合)、その横向き

のギアは常に同じペースで回転してしまい、ゴンドラが回転する場所が決まってしまう。つまり、いつゴンドラが回転するかがわかってしまう。

そこで、円盤の回転と内部のギアの回転を一致させないために、全体の上部にもう1つ回転する機構を取り付け、その機構が横向きのギアを回転させるようにした(AとBの間は開いている、つまり、シャフトは円盤を支える1本とギアを回す1本の、計2本が存在している)。これにより、円盤の回転と横向きのギアの回転に速度の差が生じるため、ゴンドラが回転する場所は一定ではなくなるようになる。

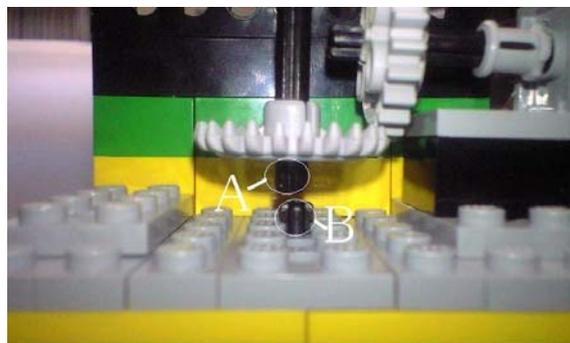


図4 円盤内部

#### 3.2. ゴンドラの運動

メリーゴーラウンドのみで考えると円盤内部のギアとゴンドラに直結しているギアが噛み合うことでゴンドラが回る、という動きである。ここで、ゴンドラの動きにランダム性を加えるのが今回の方針であり、それを実現させるのがこの機構の工夫である。実際のアトラクションは後ろにも回転するが、今回は前回転だけに限定することにした。ここでは、既存の部品を削って作った自作のギア(以下「半ギア」と呼ぶ、詳細は4.)を用いている。

「半ギア」を用いることによって、歯のない部分においては、ゴンドラの自重で回転する自由落下状態、つまり、ギアの歯に全く影響されない回転を作ることが可能になった。

### 4. 「半ギア」

今回の目標であるランダム性の実現を可能にした、「半ギア」について説明する。

#### 4.1. 「半ギア」を用いた機構の仕組み

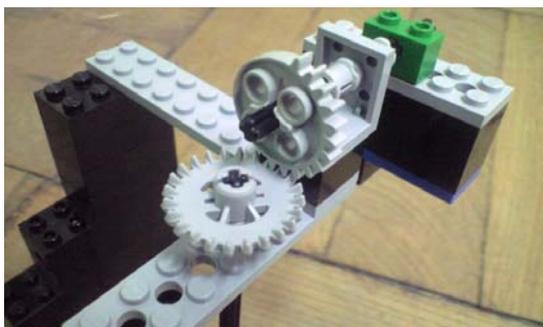


図5 ゴンドラの機構を抜き出した

横向きにおかれたギアを反時計回りに動かすと、ギアは歯がかみ合っているので、連動して時計回りに回る。これが半周すると図6のようになる。

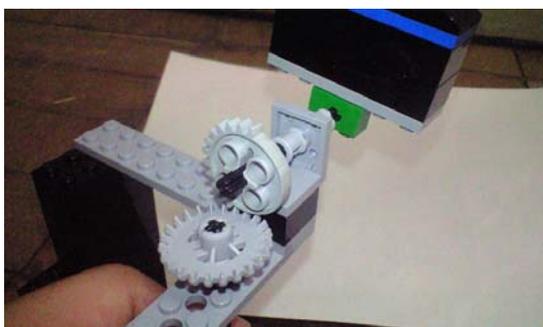


図6

ギアの歯がないところまで来ると、ゴンドラ部分の重みで回転する。このときの回転速度と、ギアがかみ合っているときの回転速度は、後者はモーターの回転速度や、途中のギアなどの要素によって決まるのに対し、前者はゴンドラの重さ(しかも設計上、ゴンドラの形はこれ以上変えられない)のみに影響を受けるので、ランダム性を自由に変わることができる。

#### 4.2. 「半ギア」の製作へ至る経緯

「インディアン」の製作前、「パイレーツ」を製作していた。「パイレーツ」とは、海賊船を模したゴンドラに座り、それが、振り子運動のように左右に揺れ動くというアトラクションである。「パイレーツ」を作るときにも、ランダムな動きを再現したかった。普通に規則的な動きでは、実際のアトラクションとしては面白みにかけると思ったからだ。そこで考えたのが、図7である。



図7

歯のある部分と歯のない部分が交互に取り付けられた、棒状のギアである。このギアを駆動部分に用い、左右に動かすことができれば、歯のある部分ではギアを噛ませた動きになり、ギアのない部分では自由落下する、という、速度の可変ができるのである。しかし、ギアを動かすという直線運動ができなかったために、「パイレーツ」の製作は断念した。

他の人が作っていたメリーゴーラウンドの仕組みを参考にすることで、この棒状のギアを円形にすることを思いついたのである。しかし、実際に、途中で歯のないギアは公式の部品として存在していなかったため、担当の教員の許可を得て、既存のギアの歯を削って、強引に作り出した。そうして生まれたのが「半ギア」である。

#### 4.3 「半ギア」の改良

このLEGOのギアの受け軸は+型をしており、受ける側の部品も穴も+型である。このことから、90°刻みでしか組み合わせることができない、ということになる。

次頁の図8において、上のギアは、受け軸の+型にそろえて歯を削ったものであり、下のギアは、揃えずに削ったものである。このとき、下のギアを機構に用いると、一見するとよりランダムな結果が期待される(歯と受け軸の関係性が少ないため)が、実際これを機構にはめてみると、動こうにも動けないという状態になってしまう。これは、揃えて削ったときでも動く場合、動かない場合がある、というほどこのギアを用いた機構が緻密なバランスで成り立って言うことなのである。

次に、図8の上のギアを用いたときの組み合わせの動きについて説明する。

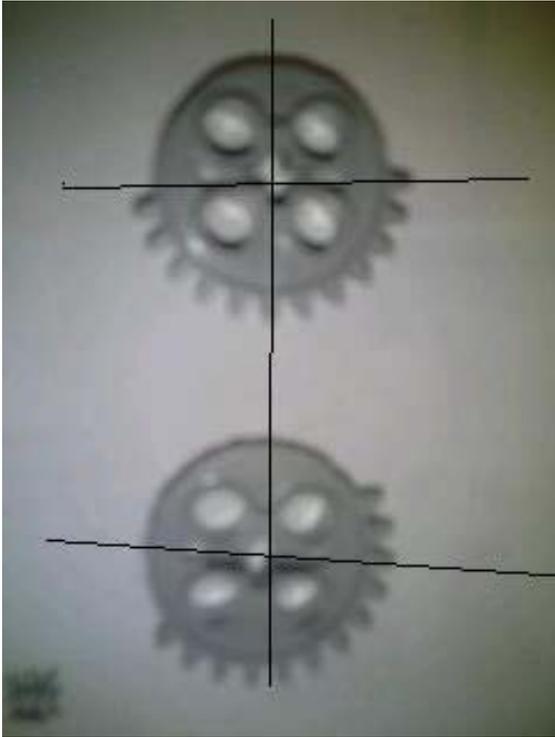


図 8

① パターン $\alpha$

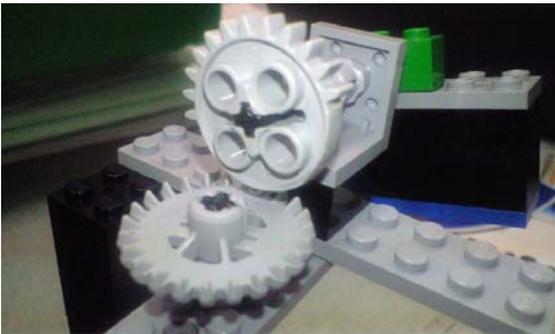


図 9

ゴンドラをつけたときに、歯がない部分が下に来るパターン。この形は見ればわかる通り、いくら A ギアを回したところで歯にかむことがないので、ゴンドラは全く動かない。

② パターン $\beta$

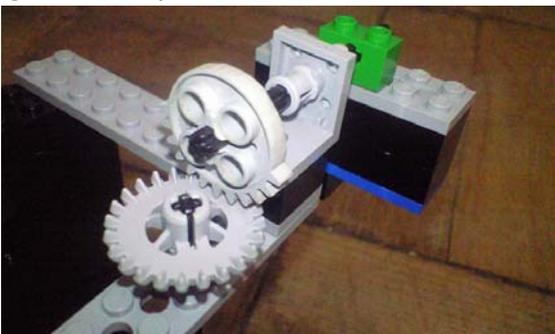


図 10

$\alpha$  の逆で、ゴンドラをつけると歯が下を向くパターン。この形は途中までは回るのだが、ある一定のところまで回すと、図 11 のようになる。

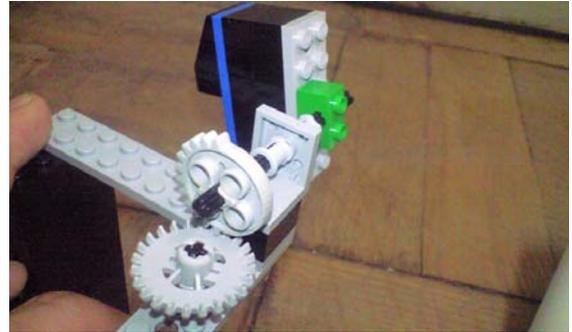


図 11

しかし、このままではゴンドラの自重で自由落下することがない。このまま動かし続けると、ゴンドラの重心が中心線からずれないことによって回らない。

③ パターン $\gamma$



図 12

作った「半ギア」は完全に半分ではない。

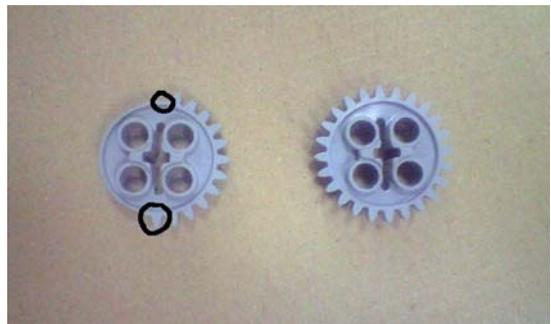


図 13

図 13 のように、片方の端は軸の延長線上にあるが、もう一方は軸の延長線から 1 つ少ないところにある。軸の延長線上に 1 つ歯がないと、きちんとギアとゴンドラを配置したときに、ギアとギアがうまく引っ掛けないから

である。つまり、先ほどのパターンγの図は、きちんと配置されたギアを反転させたものである。よってこのパターンだと、ギアはいつまでも引っかかり、回ることが無いのである。ただ、回転の方向によっては、勢いなどによって偶然かみ合って回り始めるということもある。

## 5. まとめ

機構、そしてランダムについて説明してきたが、今現在では、ランダムに法則性を与えるカオス理論がまだ発展途上のために、より深いところまでの研究はできなかった。

思い返してみると、インディアンの動きの制御はコンピューターで行われているので、それを単純な機構のみで再現するというのは困難であり、またコンピューターの作り出すランダムも関数によって決まっているとはいえ、そこまで完全なランダムにしてしまったら、実際にインディアンに乗ったときに、一度もゴンドラが回転しない、などということもあるのかもしれない。つまり、回転の回数やタイミングはゴンドラ毎に決まっています、それをゴンドラごとでずらしてやっているから、全体としてランダムに見えていたのかもしれない。

今回ギアを削ろうとした自分の考えは、限られた範囲の中で理想に近づける、という発想によるものであった。試行錯誤を繰り返して理想に近づける、これは、物を作るということに対する積極的な姿勢であると思う。

### 補足：ランダムとは何か

『大辞泉』では、

**ランダム**【random】[名・形動]

- 1 無作為・任意であること。また、そのさま。「—に抽出する」→アトランダム
- 2 「ランダムサンプリング」の略。

となっている。

実際我々がやっているランダムというのは、例えば

- ・ 登下校の道(必ず同じ場所(昨日歩いた足跡と寸分違わぬ場所を踏んで歩く)を使うとは限らない)
- ・ スーパーで買い物をする(選んだものは同じものでも無作為)

・ 福引を引く  
などである。

人間のすることは、「必ず同じ」であるということがなく、どれも、「無意識」、その他の不確定要素が働いている。

ここでの「無意識」については、フロイトやユングの精神分析学、分析心理学的なものではなく、単に意識がない、荒く言えばぼんやりとしている常態のことを指す。詳しい「無意識」については、量が多く、また、解釈するには学が足りないため、詳しくは書かないが、結局のところ、深層心理が働いて、その行動に影響を出しているということであるらしい。例えば、鼻をすぐに搔くといった「くせ」のようなものも、深層心理に影響されているのだ。深層心理がどのように影響しているかということは、記憶がどのようなもの(どのような仕組みで記憶されているのか)という、いまだ解明されていない領域の話になるので、ここではこれまでにしておく。

また、カオス理論についても具体的な注釈を加えておきたい。マイケル・クライトン原作、スティーヴン・スピルバーグ監督の「ジュラシックパーク」を覚えているだろうか。それに出てくるマルコム博士という人物はカオス理論の博士なのだが、その人はカオス理論をこう説明している。「今、この手に落とした水滴は親指の方向へ落ちて行った。では同じことをもう一回やると、今度は人差し指の方に行った。これは、産毛の向き、車の振動などさまざまな要因が折り重なってこうなったのだ。そしてそれを解明するのがカオス理論である。」つまり、カオス理論とは、些細な現象が将来的に大きいことへと影響をもたらす(カオス)、それに秩序、法則性を与えるものなのである。

### 参考文献および参照 Web サイト

『万有百科大事典』(小学館)16巻「物理、数学」より、「ランダム」の項

以下、Wikipedia より

「ランダム」

<<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%A9%E3%83%B3%E3%83%80%E3%83%A0>>

「乱数」

<<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E4%B9%B1%E6%95%B0>>

