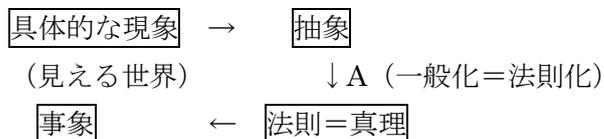


## 第10章 ブラックボックスから関数へ

今回は、この図式の中で特にAの↓を取り上げます。というのも現象の裏にある法則を見つけることが、私たちにとって最も難しいことだからです。

法則があるのだけれど見えない。どうすれば私たちは法則を見つけることができるのでしょうか。

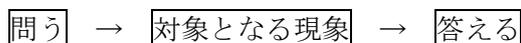


私たちの身のまわりに起こる現象は、多様であり、複雑であり、不可思議です。

でも、そういう現象の裏に何か法則(=真理)があるのではないかと考えた人たちがいます。

この章ではそういう人々の試みについて考えてみましょう。

彼らは「対象」に自分自身の問いを投げかけました。すると「対象」がその問いに応え始めたのです。



この「対象となる現象」とは何でしょうか。彼らはそれを自然のシステムに絞ります。

私たちの身のまわりの現象は多様であまりに複雑であり、その本質をとらえることができません。

そこで、ある特定の現象だけを取り出します。そして、その現象(システム)を調べるのです。その時用いるのがブラックボックスの概念です。この概念はとても便利です(がそれゆえ危険でもあります)。

### 『現象をブラックボックスで調べると…』

T: この箱は入口と出口があります。名前は、黒い箱なので。

S: ブラックボックス。

T: ブラックというのは、中身が見えないという意味です。入口から何かを入ると、中が見えないから何をしているのか分からないけれど、箱の中である働きをして、出口から出すのがこの箱のしくみなのです。たとえば、例をあげましょう。

S: 自動販売機。

T: そうです。お金を入れると、ジュースが出たり、タバコが出たり、最近ではラーメンも出てくるね。

S: 人間だって、ブラックボックスだ。食べると出すから？

S: テレビもそう。スイッチを入れると絵が出る。

T: この箱がどういう働きをしているのか当ててみてください。まず、ざるを入れると。

S: 猿だ。

T: 豚を入れると、

S: 蓋か。

S: 分かった。点々をとるんや。

T: では、ガラスを入れると、

S: からす。

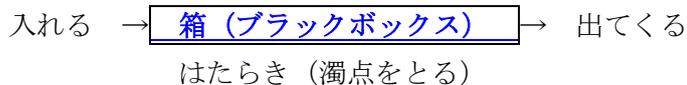
T: 学校を入れると、

S: かつこう。

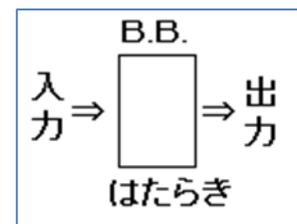
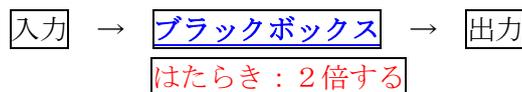


図→ブラックボックス

T: うじを入れると、 S: 牛。  
 T: 点々を取るなんて恥かしいことをいったらいかん。点々ではなく？  
 S: 濁点を取る働き。  
 T: では、これを図にしてみます。



T: では、「働き」を替えるよ。今度は数字を入れます。3を入れると、6になります。  
 S: 2倍したんや。  
 T: 本当に2倍だろうか。4を入れると、  
 S: 8だ。やっぱり2倍や。  
 T: たったこれだけの証拠で、本当に2倍と言ってもいいのかな。  
 S: もう一つ数を入れてみて、予想が当たったら正しいと思います。  
 T: では、0を入れます。出てきた数は0ですね。予想は合っていましたか。  
 S: 0では、倍ということは確認できるけど2倍ということは確認できません。  
 T: 入れる数も、選ばないとだめだということですね。1を入れると、予想では何になるはずですか。  
 S: 2です。  
 T: すると、この箱の働きは入れる数を2倍して出す働きと言ってもいいですね。  
 この箱に入れることを、入力といいます。とすると、出てくることを？  
 S: 出力かな。  
 T: さっきの図を書きかえよう。



T: この箱のはたらきを、入力と出力から推測するのが、ブラックボックスの考え方なのです。  
 では「働き」を替えて、3を入力すると…9。  
 S: 3倍だ。  
 T: もし3倍なら、4を入力すると、12になるはずだね。4を入れるよ…  
 S: あれ、11だ。 えー？  
 T: 次に5を入力すると…13。では6を入力すると？  
 S: ……？  
 T: わからなくなったら…整理する。…例えばこういう表にしてみよう。

X	…	3	4	5	6	…
Y	…	9	11	13	?	…

S: 2ずつ増えているよ。だから6を入れると、 $13 + 2 = 15$ 。  
 S: 3を2倍して3足すと9で、4や5も2倍して3足すと11と13になります。だから、6を2倍

して3足すと15になると思います。

S: グラフにすると、3点が直線上にあります。これを延ばすと、6の時が予想できるし、0の時は3ですから、3は足してあるはずです。

T: よく法則を見つけましたね。ここで、入力する数を  $x$  で表わし、出力する数を  $y$  で表わすと、この働きは  $[2x + 3 = y]$  となります。これを  $y = 2x + 3$  と書きます。このブラックボックスのはたらきを関数と言います。このようにブラックボックスのはたらきは、式や表やグラフで表すことができます。

入力 ( $x$ ) → ブラックボックス → 出力 ( $y$ )  
はたらき:  $y = 2x + 3$

## 『ブラックボックスを使って世の中を見ると』・

T: 温度計もブラックボックスの一種だけど、何を何に変える働きかわかりますか。

S: 熱を入れたら、アルコールが昇ってくる。

T: 出力されるものは何なの。

S: 温度。

T: その温度は何で表わされるの。

S: 目盛。つまり長さ。

熱 → 温度計 → アルコールの長さ (温度)

こういうの、身のまわりにいっぱいあるよ。拡声器とか、パソコンとか、携帯とか・・・

## 『ガリレオ・ガリレイ』

T: この人の名前は、ガリレオ・ガリレイという。彼が持っている物は何だろう。

S: 望遠鏡。

T: なぜ、望遠鏡を持っているんだろう。

S: 初めて創った人だから。

T: 彼も、自分で作ってはいるけど、初めて創った人ではない。望遠鏡で初めて？

S: 月を見た人。

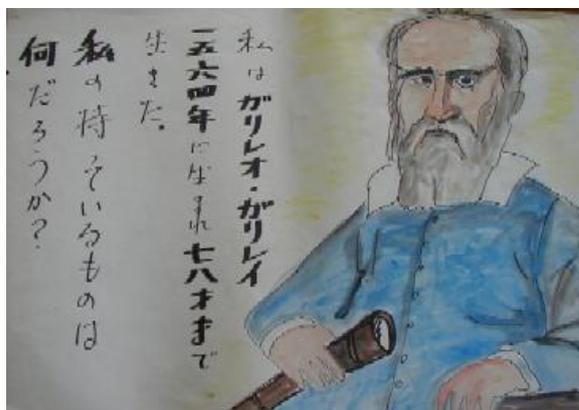
T: そうです。望遠鏡で、隣の家を覗いていたのではない。彼はできたばかりの望遠鏡で、初めて宇宙を覗いた人なのだ。それでは、月に望遠鏡を向けて何を見たと思う。

S: デコボコ。

T: それまで完全な球だと考えられていた月にも、山あり谷あり海ありということが解ったのだ。

S: そんなことが、大発見なの。

T: だって、天上の事と地上の事は違うと考えられていた時代に、月も地上と同じだという事を示したわけだから、キリスト教の教会の教えに逆らう大発見ですよ。もう一つ、彼は木星を見ている。そこで、新しく発見したモノは？



S: 木星の衛星。

T: つまり、木星の月ですね。これが、なぜ大発見だったかという、木星にも地球と同じ様に月があったということなんです。

S: 木星と地球は同じ惑星ということか。

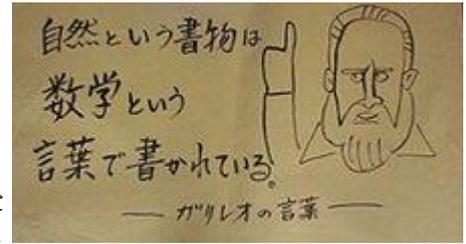
T: あと、金星を見ている。その金星で何を発見したと思いますか。

S: やっぱり、衛星なの。

T: いや、金星には衛星はない。彼は、金星が三日月に見えることを発見したのだ。ところが、火星や木星は三日月には見えない。この違いはいったい何なのか。

S: ?

T: 地動説の証拠になるのさ。でも、それは教会の教えとは反対のことで教会にとって都合が悪かった。



### 『振り子の法則』

T: 彼は、自然をブラックボックスと考え、いろいろな入力をしてその出力によって自然の働きが何であるのかを調べたのです。

S: それは実験のことですか？

T: そうです。ガリレオ＝ガリレイによる、落体の法則の研究は、自然の法則（関数）がまさにブラックボックスの様なものであり、彼はそれを調べる為に、繰り返し実験を行ない、そのデータを整理して法則を発見したのです。

たとえば、彼の発見した法則の一つに振り子の法則がある。

君たちも同じ様に発見できるのかやってみよう。

彼は、お父さんの希望通りに医者になるか数学者になるか悩んだ結果、この法則を発見して、医学に応用し数学者になることを決めたという。

さて、ここに同じ長さの振り子があります。大きく揺らすのと小さく揺らすのではどちらが時間がかかるでしょうか。

S: 大きく揺らすと速くなる。

S: 小さいと動く距離が少なくてすむ。

S: もしかしたら、同じではないかな。

(実験)

S: 回数が少なければ、そんなに変わらないな。

S: でも、なんとなく違うような気がするな。

T: 同じ長さの振り子があります。一方の重りの重さを2倍にすると、どちらの方が時間がかかるでしょうか。

S: 重いと動きが鈍いし、軽いと動きがすばやい。

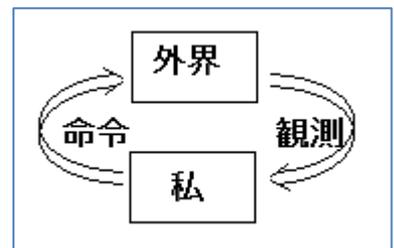
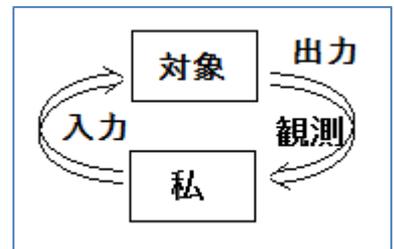
S: 今度も、同じではないかな。

(実験)

S: 重い方が長くゆれているけど、変わらないね。

S: でも、軽いのはすぐに止る。

T: 振り子の長さを2倍にすると時間はどうなるでしょう。



S: 時間は2倍になる。

S: 変らない。

(実験)

S: 長い方が10回揺れる間に、短い方は14回だ。

S: ということは、1.4倍だ。

T: 振り子の長さを3倍にすると時間はどうなるでしょう。

S: 3倍ではないな。

(実験)

S: 長い方が10回の内に、短い方は17回。なんで17なんだろう。半端だな。

T: 振り子の長さを4倍にすると時間はどうなるでしょう。

S: あれ、10回で20回だ。ぴったり2倍。

T: 今までやったことを、整理して法則を見つけてみよう。

S: 表にするんでしょう。

長さ $x$	1	2	3	4
時間 $y$	1	1.4	1.7	2

S: もしかしたら、 $y$  は  $x$  の平方根じゃないの。

T: もしその発見が正しいとすると、振り子の長さを5倍にすると？

S: 2.2になるはず。

T: 彼は、このことを発見して時間を振り子の長さで計れることを知

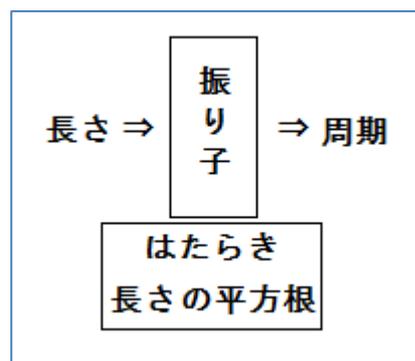
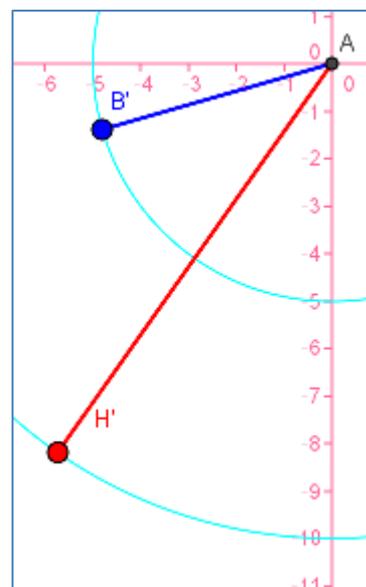
った。そして、病人の脈を測るのに利用したのだ。一説によると、彼は教会に医者になるべきか、数学者になるべきか悩みを神に聞いてもらいに來た。そして揺れる心と同様に、揺れるランプを見ながら、発見したといわれている。

S: ガリレオが振り子の揺れる時間を計るのに、何を使ったのですか。

S: 脈拍じゃないの。

T: その通りです。脈拍は案外正確なのです。

S: でも、なぜ平方根になるのか不思議だ。



### 『ガリレオは実験して確かめたのか？』

T: ものが落ちるのは、物体が地球の引力によって引張られるためです。それならビー玉を1、2mの高さから落としたとしたら、その速さはどうなるでしょう。

S: ビー玉は、ずっと同じ速さで落ちる。

S: 始めのうちは速くなるけど、すぐに一定の速さになる。

S: 落ちてくる間じゅう、速さはどんどん増える。

T: 実験してみよう。速さを調べるのにどうしたらいいか。ここでは速さを目で見るのではなく耳で聞こう。30cmの高さから落とした場合と1mの高さから落とした場合の音の高さは、どうなっているか。



S: 30cmと1mでははっきり違うけど、1m前後の高さははっきりしないな。

T: 同じ材質の鉄の玉があります。大きい方は110g、小さい方は15g。この二つの鉄を同時に落としたり、どちらの方が早く落ちると思いますか。

S: 重い方が、強く引張られているから、速く落ちる。

S: 軽い方が、動きやすいから、速く落ちる。 S: 同じ。

T: もう一つ予想してください。ピンポン玉と消しゴムの玉では、どちらが速く落ちますか。机の上でやると、ほとんど同じです。

S: ピンポン玉の方が速い。 S: 消しゴムの方が速い。 S: 同じ。

T: では、実験をするから外へ出てください。3階から落とします。

・・・いいかー。落とすぞー。

S: 鉄は、軽い方が速かった。 S: 2回目にやった時は、重い方が速かったよ。

S: はっきりとわからん。

S: 消しゴムの方は、始めは同じくらいだったけど、ピンポン玉を追抜いた。

T: つまり、どういう結論にしたらいいの。

S: 鉄の方は、実験では、はっきりと解らない。

S: ピンポン玉は、軽いから空気の抵抗を受けるんじゃないですか。

T: ガリレオは、鉄の実験の方はこういう説明をしている。実験の結果は、重い方が速いか、軽い方が速いか、同じの3つしかない。ここで、重い方が速く落ちると仮定してみよう。彼は、どちらが速く落ちるのか調べるために、工夫をしている。それは、重い鉄と軽い鉄を糸で結ぶことだ。この糸は鉄でできており、軽く、丈夫で、どれだけでも短くできる。さて、仮定通りに重い方が速く落ちるとしよう。ひもで結んでいるので、全体としてはどうなりますか。

S: 軽い方が後へ引張るので、遅くなります。

T: ところが、全体は重い方よりももっと重いから、仮定により重い方より速く落ちるはず。ひもで結ぶと、重い方より遅い。これは矛盾している。この矛盾はどこから出てきたのかというと、最初の仮定からだから、仮定その物がおかしいということになり、この仮定は間違っていると言える。

S: ?

T: 今度は、軽い方が速く落ちると仮定してみよう。同じくひもで結ぶと、全体は重い方よりも速く落ちる。ところが全体の重さは重い方よりも重いわけだから、重い方よりも遅くなるはず。これは矛盾している。やっぱり仮定がおかしいから、この仮定は間違っている。

S: 同じだとすると、結ぼうが速さは、同じだから矛盾しないわけか。

T: こういう実験を思考実験といいます。

S: なんか騙されたような気がするな。

T: じゃあ、軽いものでも空気を抜けば早く落ちることを実験してみようか。ここに取り出したる透明なパイプ・・・



## 『落体の法則の発見』

T: 前にやった、振り子の実験を考えるよ。振り子の周期は糸の長さの平方根に比例するわけだから、この事を図に書くと右のようになる。ところで、振り子の振り巾が変っても時間はほぼ変わらないわけだから、この様に相似な三角形にしても周期は変らない。

S: 三角形ってどこですか。

T: 本当は扇形だけど、三角形とみなせる。さて、長さが1の振り子が落ちていくのにかかる時間を1とすると、長さが4の振り子の時間は？ S: 2倍です。

T: 9の長さの振り子の時間は？ S: 3倍です。

T: 長さが4の振り子が、1の三角形の分と同じ長さを最初に落ちる時間は？

S: 1です。

T: とすると、残りの3の分を？

S: 1の時間で落ちることになります。

T: さて、これを斜面に当てはめます。ガリレオは長さ6mの木製の斜面を作り、水時計で何年も実験をしています。今日は、先生の買ってきたカーテンレールを使って実験します。目盛は30cmごとに、うっておきましたが、どこの時間を調べたらいいでしょうか。

S: 1と4と9です。

T: 振り子の結果が正しいとすると、4の時は2倍、9の時は3倍の時間がかかるはずで、そこにし

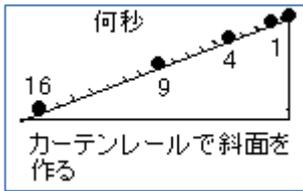
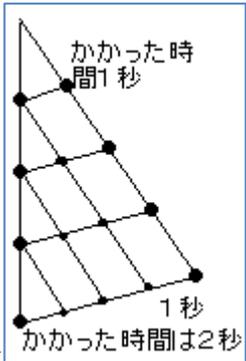
きいを置いて、音と目で時間を測りましょう。

(実験)

S: だいたい、2倍、3倍といえそうだ。

T: そこで、この結果を表にすると、

かかった時間	0	1	2	3
ころがる距離	0	30	120	270



この式はどうなりますか。

S: かかった時間を  $x$  とし、ころがる時間を  $y$  とすると、 $y = 30x^2$  になります。

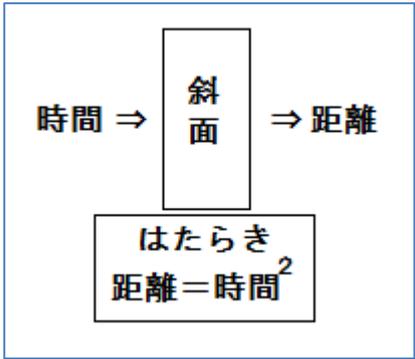
T: この式を翻訳すると、「斜面をころがる距離はかかった時間の2乗に比例する」という事になります。

この事は、ガリレオが何十年もかけて見つけたことです。それを、君たちはわずか1時間で求めたんだからすごい。

S: 式や表があるから、早くできたんじゃないかな。

S: 振り子の場合、 $x$  を求める事だから、平方根になるのか。

S: でも、なぜ2乗に比例するんだろうな。



### 『斜面の実験』

T: この斜面をもっと急にしていくと、この比例定数が大きくなるだけで、 $y = ax^2$  という関係は変わらない。そして、垂直になった時の式が、

$$y = 4.9x^2 \quad \text{となる。}(y \text{ はメートル、} x \text{ は秒。)}$$

つまり、最初の1秒で約5m落ちることになる。

ところで、月でも地球と同じ様に物が落ちていくわけだが、どの位の速さで落ちていくか知ってるかい。

S: 月では、物の重さは地球上の6分の1になるというから、6分の1の速さじゃないかな。

T: 地球上で60kgの人は、月では10kgになる。それは、月の引張る力が弱いからだ。したがって、月では物は地球と比べてゆっくり落ちることになる。式は  $y = 0.8x^2$

これから、君たちに月面上での物の落ちる様子を実際に見て体験してもらおうと思う。

S: ビデオで見るの？

T: ガリレオの研究によると、一定の時間に物が斜面を転がり落ちる距離は右の図のように円で表されるという。

つまり、角度によって転がる早さ変わるわけだから、月では何度になるか求めればいいことになる。僕の計算によると、この角度は10度なのだ。

(カーテンレールを10度に設定し、ビー玉を転がす。) 動画  
ただし、ちょっと首を傾けて下さい。

S: カーテンレールの上の方が真上というわけですね。

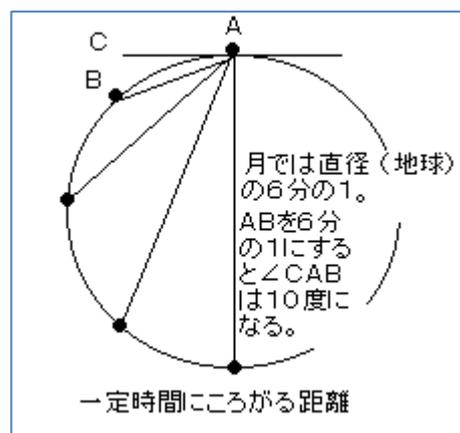
T: どう、この早さが月で、物が落ちる速さなのだ。

S: 思ったより早いなあ。

T: [アポロの月面着陸](#)をTVで見たことあるだろう。

S: 知らないよ。

T: あれ、あつ。アポロは君たちが生れる前だねえ。



## 『パラボライド』

T: 砲丸を投げたとき、どんな曲線を描いて飛んでゆくか書いてみて下さい。

S: 半円になります。

S: 半円ではなく、円のもっと上の方。

T: これは、実験で確かめることができます。ビー玉を7cmの高さから転がすと、秒速1mで真横へとび出します。面が水平だと、横へは0.1秒でどれだけ移動しますか。

S: 0.1秒に10cmずつ移動していきます。

T: では、この面をとります。支えがないけれど、やっぱり横へは0.1秒に10cmずつ移動します。ところで支えがないので、ビー玉は下へ落ちていきます。どの様に落ちていきますか。

S: 教科書の写真を見ると、0.1秒で5cm、0.2秒で20cm...という様に落ちていきます。

T: そうすると、0.1秒後にはどこにあることになりますか。

S: 右へ0.1cm、下へ5cmのところにあります。

T: では、その点をとって線で結んでみて下さい。

S: これは、2次関数のグラフの半分ですね。

T: そうです。したがって、 $y = ax^2$ の式で表わされます。

つまり、ビー玉が水平に飛んだ跡は、2次関数の曲線になります。そのことを(ここでパラボライドを

取り出す)これが教えます



S: 先生、そのすだれは何に使うのですか？

T: これは先生の作ったパラボライドというもの。

S: 何をするの。

T: これで、砲丸の飛ぶ様子が分かるのさ。これはボールが水平に飛出した時に、どう飛ぶかを計算によって出したのを、ひもで吊り下げたのです。さっき計算したように、横へ飛ぶスピードは一定です。さて、これを上へ向けると、

S: あれ! 2次関数のグラフになる。

T: ボールはこのように飛んでいきます。この様に物を投げた時にできる曲線を、放物線といいます。ところで、砲丸を投げる時、何度の角度で飛ばすのが一番飛ぶと思いますか。【[パラボライドで砲丸投げをしてみよう](#)】(ジオジェブラ)

S: 45度じゃなかったかな。

T: それを、このパラボライドで確かめる事ができるのだ。20度位だと、ここまで飛ぶ。だんだんと角度を大きくしていくと、飛ぶ距離も長くなる。ところが、

S: 45度を過ぎると、高く飛んでも距離は減っていく。

T: つまり、45度が一番飛ぶということが分かります。このことはガリレオもわかっていたらしい。それを大砲を飛ばすことに応用しようと考えたわけだ。そして、自分の就職活動にこのことを宣伝している。

S: 戦争を利用するなんて、きたないな。

T: 当時、数学の研究だけで食べていくのは大変だったんだ。だから、いやな戦争にでも役立つ事を宣伝しないと、支配者はお金を出さなかったのさ。

S: 苦勞したんだね。

T: このように対象(ブラックボックス)を自然や社会のシステムに拡張、関数(=しくみ=法則)という働きをさぐる道具によって、システムのしくみを探ることが可能になったのです。

S: 実験というのは、まだはたらきのわからないシステムというブラックボックスにいろいろ入力してその出力からはたらき(しくみ)を探っていくことなのですね。

## 『フィードバックするブラックボックス』

T: ガリレオの話が長くなったけど、ここでブラックボックスについてまとめておくよ。ガリレオがやったように、自然の法則を探るためにブラックボックスはとても役に立つ。でも、使い方を間違えると自分を縛る道具ともなる。

さて、ブラックボックスを二つにつなげたものを考えてみよう。そうすると、二つを合わせた新しいブラックボックスができる。

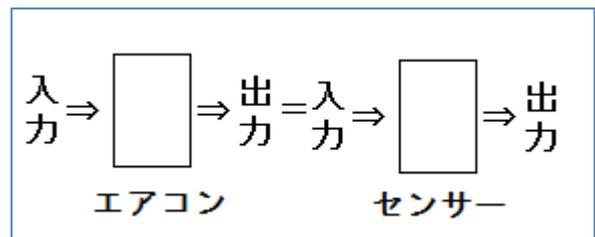
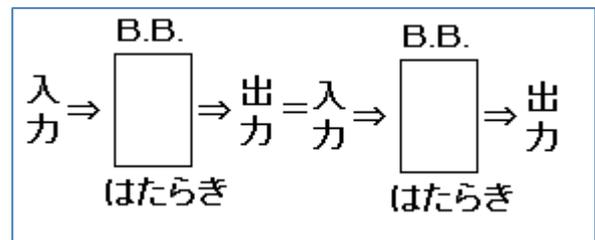
S: つまり、関数を足し算したり、かけ算することができるということですね。正比例とたし算を合わせて一次関数ができるようなものだ。

T: この二つにつなげたブラックボックスはよく使われている。例えばエアコンにはセンサーが組み込まれている。

S: エアコンで気温が下がると、センサーが感知してエアコンを止める。

T: そうです。この時にセンサーが感知した出力をエアコンは再び入力するのです。これを「フィードバック」と言います。

このフィードバックがとても大事なのです。



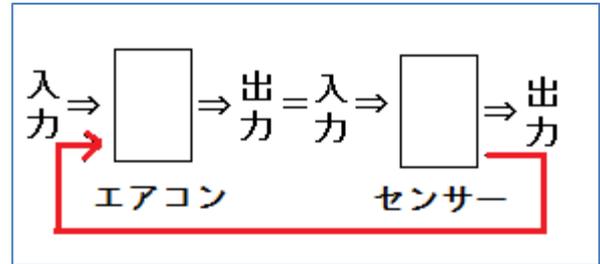
S: センサーも大切だけど、それをフィードバックしないとエアコンはどんどん寒くしてしまう。

自動ドアもセンサーがフィードバックしているからちゃんと開く。

T: このフィードバックって私たちもやっていない？

S: そうだ。いろいろな情報を入力しているけど、それを出力してまた入力している。

T: センサーの代わりに、記憶装置や処理装置などを考えると人間らしくなる。そしてエアコンは意識にあたる。



### 『実験をブラックボックスで考える』

T: ここで問題を出すよ。人間にとって入力や出力とは何だろうか？

S: 入力を読んだり聞いたり見たりすることで、出力が話したり書いたり働くことかな。

T: うん、そういう入出力を情報という。これは、機械だけでなく、生き物の普通のはたらき。生き物は閉じていないし、孤立しているわけではない。それは情報として入出力されている。

そして、人間は外界に働きかけて情報を得ながらそれを使って生きている。

これが**実験**の意味。この時、外界は変化するが（量子力学の対象だと観測しても変化する。また生物の場合も同様である）、私の方も情報によって変化している。つまり、観測で得た情報は、私（の認識）を変化させる。（ブラックボックスが入力によって変化しているところがポイント）

S: 実験したり観測をするだけで、ブラックボックスも私も変化しているということですね。

### 『コミュニケーションもフィードバック』

T: 次は、この外界を友人に代えてみる。

S: えっ！こんな友人関係だったら大変だ。

T: では、実際の友人はどうなっているのか。

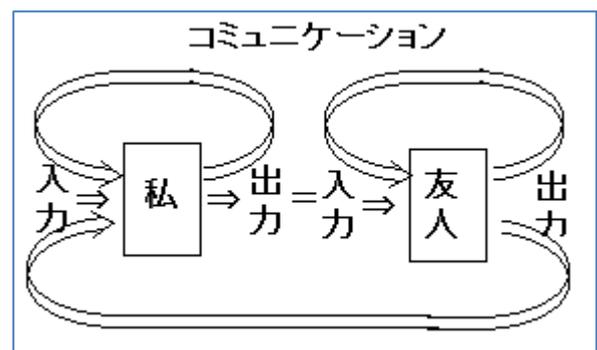
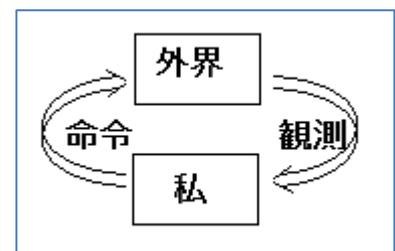
S: お互いに自分の語ったコトは自分で聞いているわけだから、再入力されている。そして、相手の情報を入力する。この時の情報は、お互いを変化させている。

T: 私も友人も変わらなかつたら、情報を交換していることにはならない。また、どちらか一方だけが変化するのもコミュニケーションとは言えない。あなたの友人関係はどうだろうか。

S: 自分がまったく変化していないやつもあるよ。パワーハラが問題なのがよくわかった。一方的なコミュニケーションだからいけないんだ。

コミュニケーションというのは、お互いに変化することなんだ。

T: 次は応用編。面接場面をブラックボックスで考えてみよう。

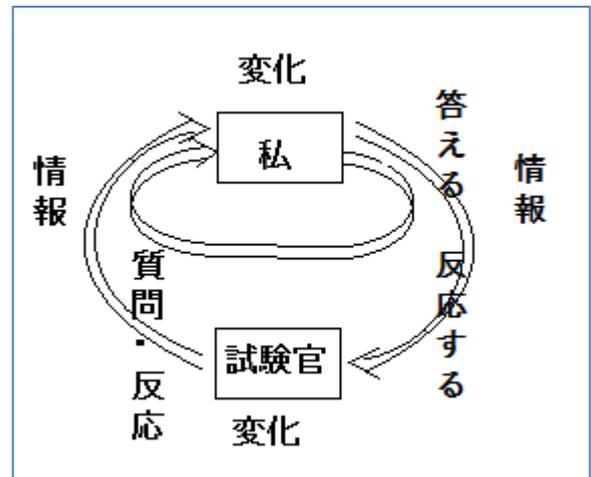


S: 質問された私は試験官にとってブラックボックスと  
いうことですか。でも、これを見ると、実は、私が一  
番情報をインプットして、変化していることがよくわ  
かります。私は、自分の言ったことや行動、試験官の  
反応すらも再入力していますよ。

T: そうすると、試験官の変化とは何だろうか？

S: 私が試験官なら、相手のフィードバックの仕方その  
ものを観察するな。

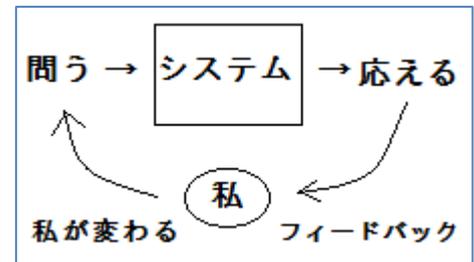
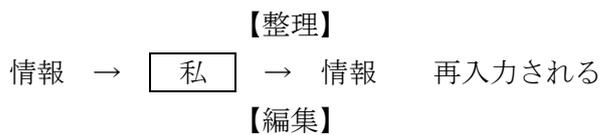
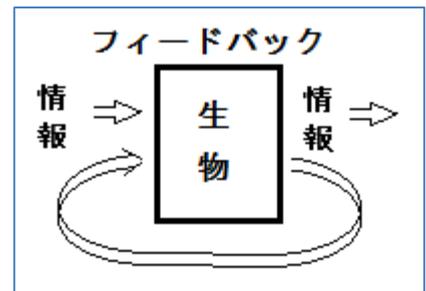
T: そして、試験官も変化している。そういう情報全体  
によってね。



### 『生きものというブラックボックス』

T: この前、身の回りのモノを整理する時に、情報の入力と出力をブ  
ラックボックスで喩えていて、気がついたことがあります。それは、  
ブラックボックスにフィードバックを取り込むと「整理すること」  
も表すことができるということです。

S: つまり、整理したもの=出力したもので、それが今度は入力する  
ものになることということですか。



T: そう。そしてそれは生き物にとって当たりまえのことだったんです。

実はね、今まで関数の授業でいつもブラックボックスをモデルとして提示していました。これはとても  
強力で、私自身もブラックボックス的な思考からなかなか抜け出すことができませんでした。

さらに、ブラックボックスはコンピュータのはたらきなどを理解するのにとても便利な概念で、変化と  
いう一見複雑な現象を現すにも、関数はとても便利なのです。

でも、人間をブラックボックスに譬えることはできません。人間の場合は、無限の入力と多くの出力を  
考えなければいけません。そして、常にフィードバックしている柔軟なシステムです。でも、人間やシ  
ステムを固定的なブラックボックスととらえてしまう風潮があるのは問題です。

S: 僕たちも身のまわりにある中身がわからないものをブラックボックスと考えてしまって、深く追求  
しないこともあるよ。

S: 携帯の仕組みなんか誰も考えないもんね。

S: でも、フィードバックするブラックボックスととらえれば良いんでしょう。

T: そうなんです。ほんの少し前まで、もうブラックボックスを使うのをやめようかと悩んでいました。  
ところが、「整理は入力と出力に分けられない」とわかったとたんに、ブラックボックスにフィードバ  
ックをつけたら、関数としても使いやすいモデルとなると気がついたのです。

## 『生きものは常にフィードバックをしている』

T: では、ブラックボックスにフィードバックを取り込むとはどういうことでしょうか。

いろいろな例を考えたが、生き物が一番良い。

例えば、「犬にお手を教えるにはどうしたらいいのか?」

S: 「お手」と言って、足を上げたらエサをあげる。

「お手」 → 犬 → 足をあげる

T: こういようにブラックボックスにすると単純だけど、現実には教えるとなると簡単ではない。

お手は反射ではないから、教える必要がある。犬からいうと学ぶ必要がある。

まず、犬の前にエサを出し、それを手で握って隠す。すると、犬はエサをもらえないので困る。

エサ → 犬 → もらえない → じたばた → 足を上げる → 「お手」と言う (ここでフィードバックする) → エサ

S: じたばたするところが大事なんですね。

T: そう、そしてこの場合、フィードバックをしているのは犬なのです。

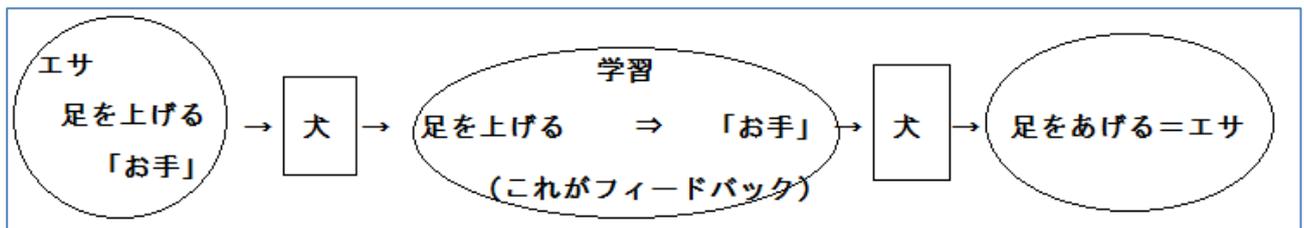
犬から見ると、足を上げる = 「お手」という声 = エサをもらえるということを「学ぶ」のです。

これをブラックボックスで表現すると、入力の一つでなく、自分自身の行為も入っていることがわかります。

S: ということですか。

エサ → 犬 → 食べられる・うれしい

T: でも、この犬 = ブラックボックスは、変化 = 成長している。そこで、



こう表現します。

S: この犬の学習は僕たちも同じかも。フィードバックそのものが学習の大事なポイントなんですね。

## 『フィードバックの原理』

T: 「サイバネティクス」の創始者 N. ウィーナーは、フィードバックの原理についてこう説明しています。

「自分の行動の結果を調べて、その結果の善悪で未来の行動を修正すること」

ここにはフィードバックが学習であり、自分自身（ブラックボックス）が成長・変化することが述べられています。

動物においても、機械においても行動を外界に対して効果的に遂行させるためには、フィードバックの

作用が欠かせません。（でないと機械は暴走し壊れる。生き物は生き残れない）

そして、それらがしようとした動作ではなく、外界に対し**実際に行われた動作**が中央の調整装置に復命されてきて、そのフィードバックは修正された動作を生み出します。

だから、フィードバックは単純な再入力ではなく、私たちにとってとても大事なことなのです。そのことについて、彼は怒りを込めてこう書いています。

『この点において、我々の社会観は、多くのファシスト、実業界の巨頭、政府などが抱いている社会理念とは異なる。そして、彼等と似通った権力欲の野心家が科学界や教育界に全く見られないわけではないが。かかる人々は、あらゆる命令が上から天下り、決して戻ってはこないような組織（フィードバックのない組織）を好む。

彼等の支配下にあつては、人間は或る高級な神経系を持つ有機体の器官と同列の段階に引き下げられてしまう。私は本書を、かかる人間の非人間的な使い方に対する抗議に捧げたい。

何となれば、私は人間に対しその全資質より少ないものをもとめ、より少ないものしか持っていないとして扱うような人間の使い方は、いかなるものでも、一つの冒涇であり、一つの浪費であると信じるからである。』

S：そういう組織はたくさんあるような気がする。

S：学級や授業だってフィードバックが大事だよ。フィードバックによってルールが変更されることが学級の成長なんだよね。

## 『フィードバック＝学習』

整理整頓のことから、出力が入力になったり、フィードバックが大事だということがわかりました。

そして、ブラックボックスにフィードバックを取り込んだら、ベイトソンの「学習Ⅱ」がうまく表現できるのではと気づきました。では、なぜこれまで気がつかなかったのでしょうか。

(1)今までブラックボックスは変化しないものと考えていた。

(2)入力と出力は別々のものと考えていた。

こう考えていたことが違っていたのです。

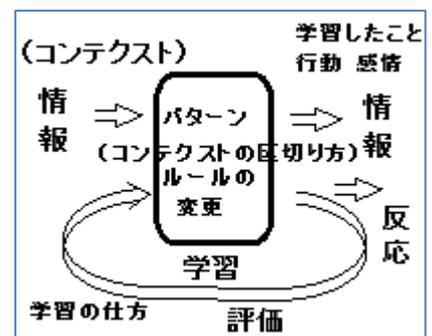
そして、犬がお手をマスターすることは、「学習Ⅱ」であったこと。

入力するものは情報であること。

情報は与えられたものに何らかの変化を与えること。

このブラックボックスは情報によって常に変化していることなど。

では、なぜ今まで(1)や(2)のように考えていたのかというと、ブラックボックスの概念が強力なせいだからです。例えば、



○ブラックボックスは、ある点から先を説明しなくてもすむ

○したがって、本来考えなければいけないコトもブラックボックス化してしまう

○ブラックボックス化は、見えなくしてしまうことにより思考停止におちいる

というわけで、線型的な（フィードバックのない）ブラックボックスの呪縛からようやく放たれることができたと思います。ついでに、P (plan) D (do) C (check) A (act) を、これ（フィードバックするブラックボックス）を使って批判しておきます。

チェックすることでフィードバックしているように感じるが、チェックする主体は少しも変わっていません。あくまで計画を実行するために行動を変えるのです（改善）。したがって、そこには計画する主体の学習がないことがわかります。さらに、どういう観点でチェックするのかということは、フィードバックされていません。犬の「お手の学習」と同じようなもので、犬は同じことをしているのです。つまり、犬にしつけをする人の視点しかないのです。

S：目標が決まっていて、そこに到達することが全てであるようなやり方はおかしいということか。

T：学習というものは教えるものから学ぶものへの一方通行ではありません。指導者に柔軟な姿勢（変わる姿勢、学ぶ姿勢）がないとその学級は「学習Ⅱ」へは行けないのです。

「生きているということは、外界からの影響と外界への行為との絶え間ない流れに参加することであって、我々はその流れの中の変遷の舞台であるにすぎない。

生きているということは、世界に生起する出来事に対して、知識の絶え間のない発展とその妨げられることのない交換として参加することである。」（N.ウィーナー）

## 参考文献

仮説実験授業書「物の落ち方」 「人間機械論—サイバネティクスと社会」 「精神の生態学」

## ☆ベイトソンの学習理論

《ゼロ学習》 刺激→**クラス**→反応 において、刺激と反応が一対一対応で、条件反射のような反応。

ここには学習はないから、ゼロ学習。フィードバックがない。条件反射や機械の反応がこれ。

《学習Ⅰ》 刺激（目的・取り組み）→**クラス**→反応（行動・成果）。

この時、クラスの中でメンバーの選ばれ方や取り組み方が変わっていくときに起こる学習プロセス。具体的には、ルール（慣れ・反復・報酬・報復）などによってフィードバックがあり、クラスにおける刺激と反応の関係が確立していくプロセス（ルールが定着）。

《学習Ⅱ》 刺激（学習）→**クラス**→反応（より高次な効果を求める）

この時、クラスには、ルールの変更や目的・手段をも修正させる動きが生じる。つまり、クラスそのものがその役割を変えていく。フィードバックによって自身が変わってゆく。これを成長という。学習することを学習していくプロセス。

《学習Ⅲ》 刺激（情報・コンテキスト）→**クラス**→創発（クラスのメンバー間の相互関係や考え方が変わる）それまでのコンテキストから脱却し、別のコンテキストを選択できるようになる。

学習する集団のメンバーの關係に、外部から異質な導入作用が入り込んできて、それが、新たなシステム上の創発を生み出し、クラスとメンバーの相互關係のパターン自体が要因となって新たな変換を起こしていくときの学習。宗教的回心、神秘的な直観、神の啓示などが起こるときの学習プロセス。