

# 社会現象を物理で記述するには

ヒトの物理法則を自分で計測し、データを解析して確認してみよう

分子・原子から星などの天体、そして宇宙まで、万物の運動は力と状態変化の関係を述べた運動方程式で記述できます。

では、人の運動方程式はあるのでしょうか？あるとしたら、人に働く力は何なののでしょうか？また、どのように計測すればよいのでしょうか？

このオープンラボでは人に作用する力として、社会的学習と呼ばれる他人の真似をする傾向について解説します。そしてみなさん自身が被験者となって実験を行い、取得したデータを解析して、みなさんに働いている力を計測してみます。

日時:2016年8月28日(日)

10:40~11:40

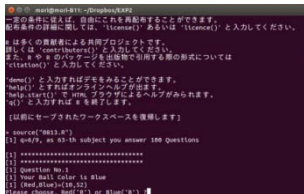
13:40~14:40

(2回同内容を実施)

会場

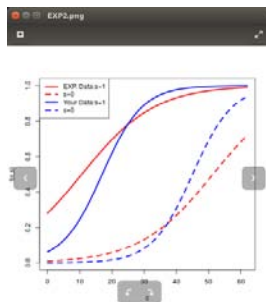
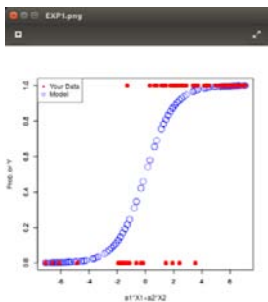
理学部S号館3階

情報科学演習室

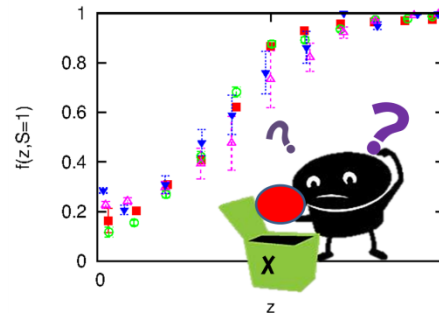


(1)パソコンを使って、あなた自身を被験者とした実験を行います(左図)。

(2)Rというデータ解析プログラムで自分のデータを解析し、物理法則を確認します(左下の図)。右下の図は、北里大の学生を被験者とした実験データを解析した結果です。



みなさんのデータをパソコンで解析します



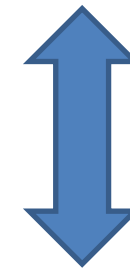
北里大生の応答関数

## 実施内容

情報カスケードについて解説を行ったあと、情報カスケード実験を実施してデータを取得し、解析して応答関数(他人の影響をどれくらい受けるか)を測定します。

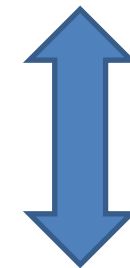
# 目次

- 社会現象を物理で記述する？
- ヒトに働く力＝社会的な力
- ヒトの方程式は確率法則



講義  
30分

- 情報カスケード実験
- データ解析：自分の従う物理法則



実験  
30分

# 社会現象を物理で記述する？

## 物理：物の運動を記述する



ニュートンの運動方程式

質量 × 加速度 = 力

$$m \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} = F_x$$

# 社会現象を物理で記述する？

## 物体の運動方程式

$$m \cdot \frac{d^2 z}{dt^2} = -mg$$

## 質量 × 加速度 = 力

力が強く複雑になると、計算が難しくなる

惑星の運動は太陽との重力だけを考えるだけでいいので簡単

リンゴは地球の引力だけでOK

難しくても楕円軌道ぐらい

固体中の電子の運動は、電子の間の力が強力なので難しい

その代わりに、面白い現象が山のようにある。



# 社会現象を物理で記述する？

社会現象: 交通渋滞、株価の暴落、金融危機、連鎖倒産、大規模停電、地震、大規模山火事、ネットの炎上、政権交代、人口移動、人種差別、暴動、クーデター、戦争、感染とアウトブレイク、社会規範・ルール



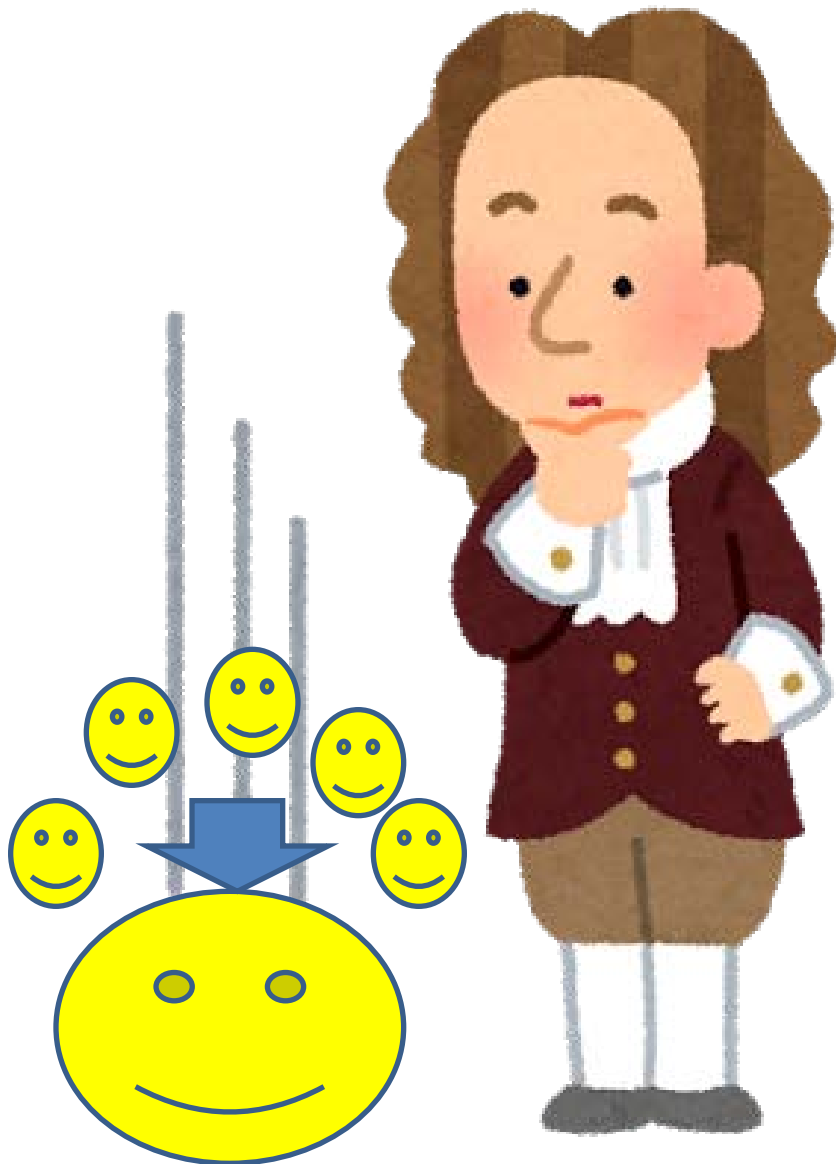
ヒトの運動方程式？



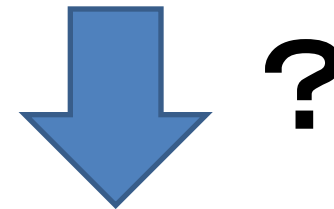
放置された場合、ヒトは何をするか  
分からないので、運動方程式はない？

力がないと、予測不可能  
ただし、統計法則は

# 社会現象を物理で記述する？



ヒトは他のヒトから力を受けるので、  
運動方程式でヒトを記述することができる。



ヒトに働く力＝社会的な力

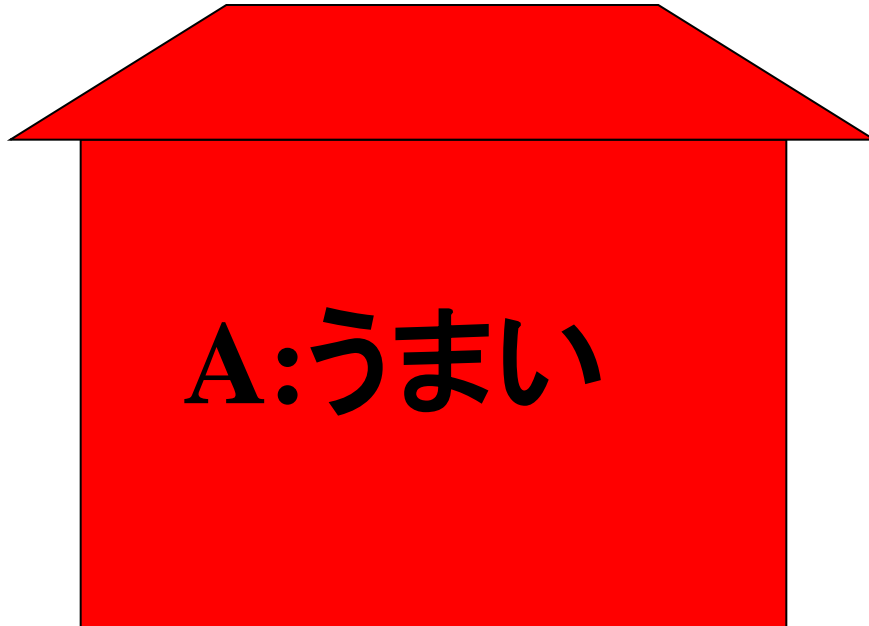


京都南禅寺前の湯豆腐屋

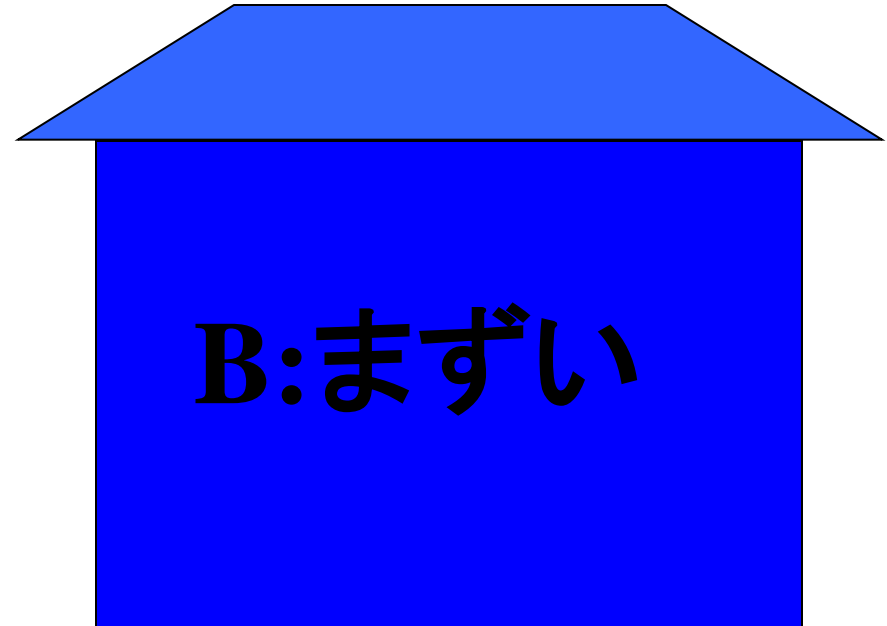


新橋のガード下の焼き鳥屋

二軒のレストラン



A:うまい



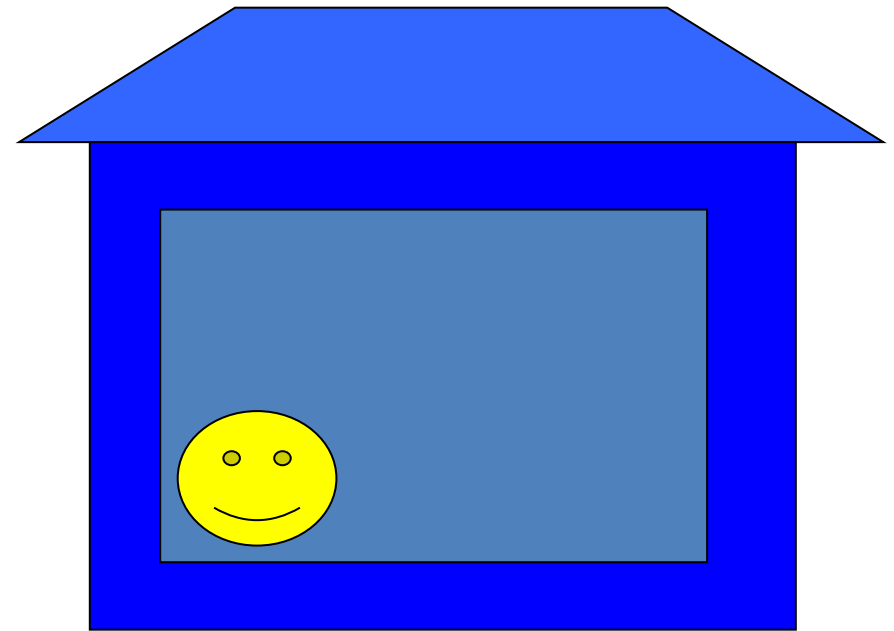
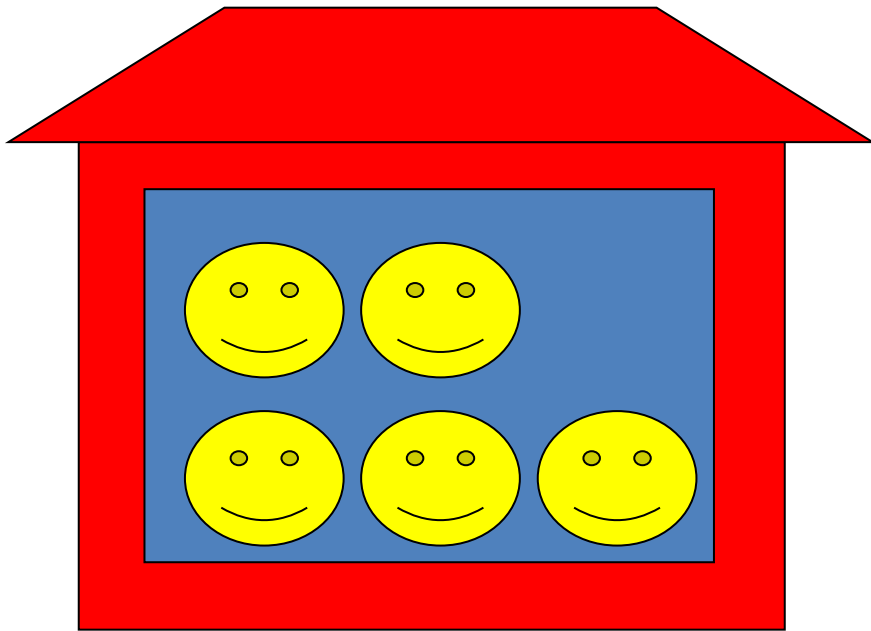
B:まずい

どっちにする？

十分な情報があれば選択は簡単

ヒトに働く力＝社会的な力

お客さん  の数で判断？

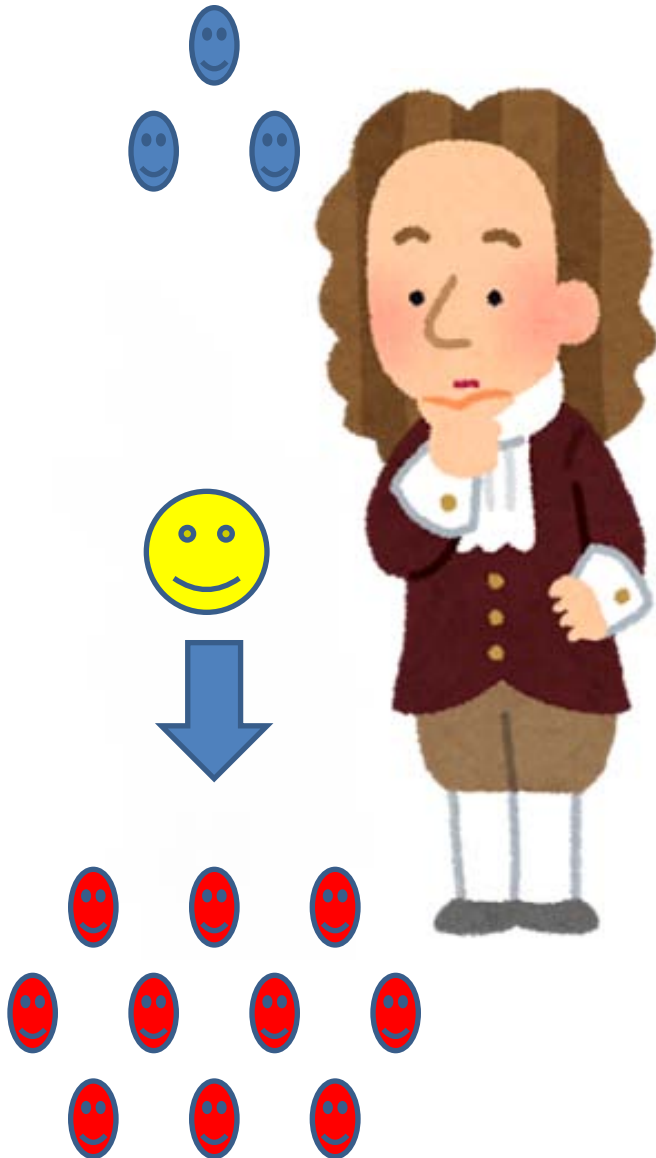


十分な情報がないとき、情報を自力で集めるのではなく、他者の選択・行動をまねる(社会的学習)



# ヒトに働く力＝社会的な力

十分な情報がないとき、他者の選択・行動をまねる＝多数派の引力が働く



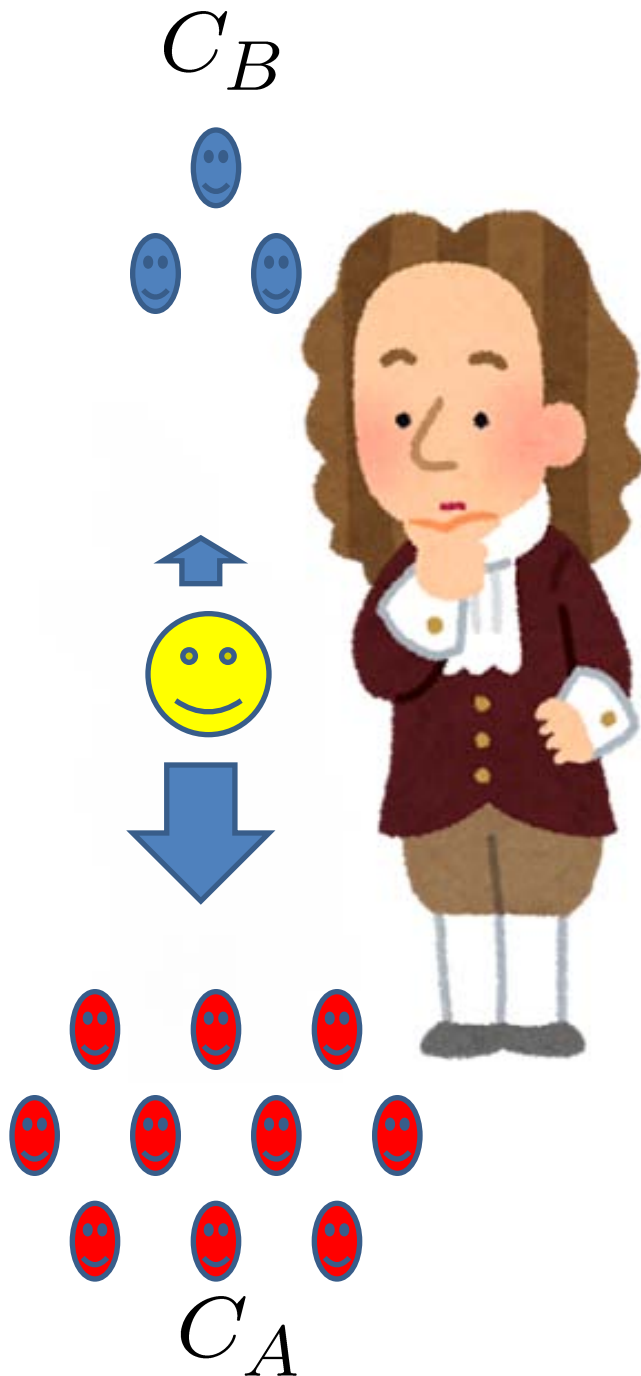
社会的な力の方程式は？



質量×加速度＝力

$$m \cdot \frac{d^2 z}{dt^2} = -mg$$

# ヒトの方程式は確率法則



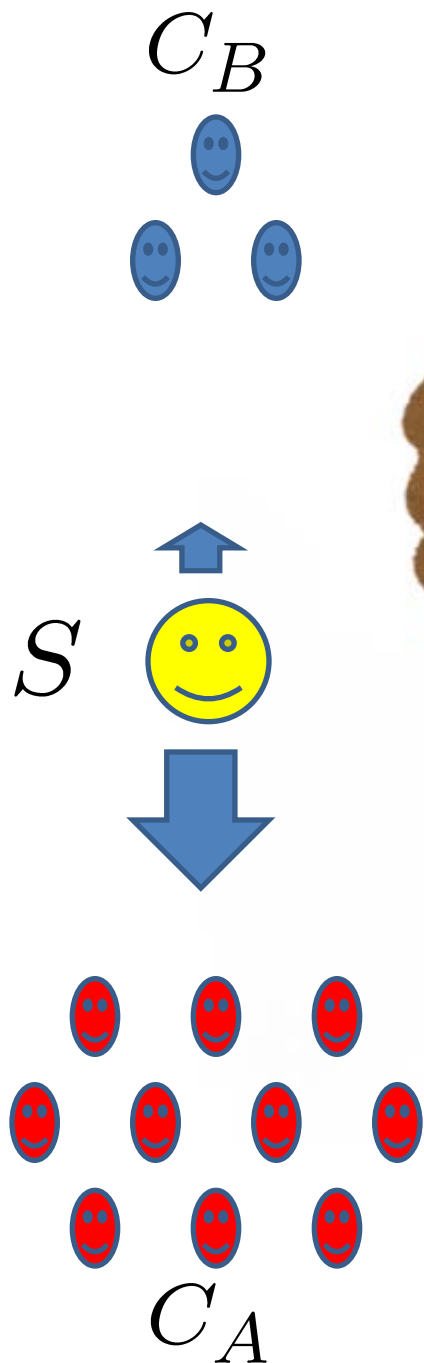
(1) Aを $C_A$ 人が選択肢、Bを $C_B$ 人が選択したとき、情報が不確かならヒトは多数派の選択肢を選ぶ傾向がある。

(2) あくまで傾向なので、100回中何回かといった比率。つまり、あるときにAを選ぶかどうかは確率しか分からない。

(3) ヒトによって比率は異なるし、同じひとで同じ状況でも気分が変わる。

(4) 社会現象なら多数のヒトが選択するので、多数のヒトの平均的な確率で選択を記述できる。

# ヒトの方程式は確率法則



確率！



の持っている情報でAを選択するなら $S=1$   
Bを選択するなら $S=0$ とする。

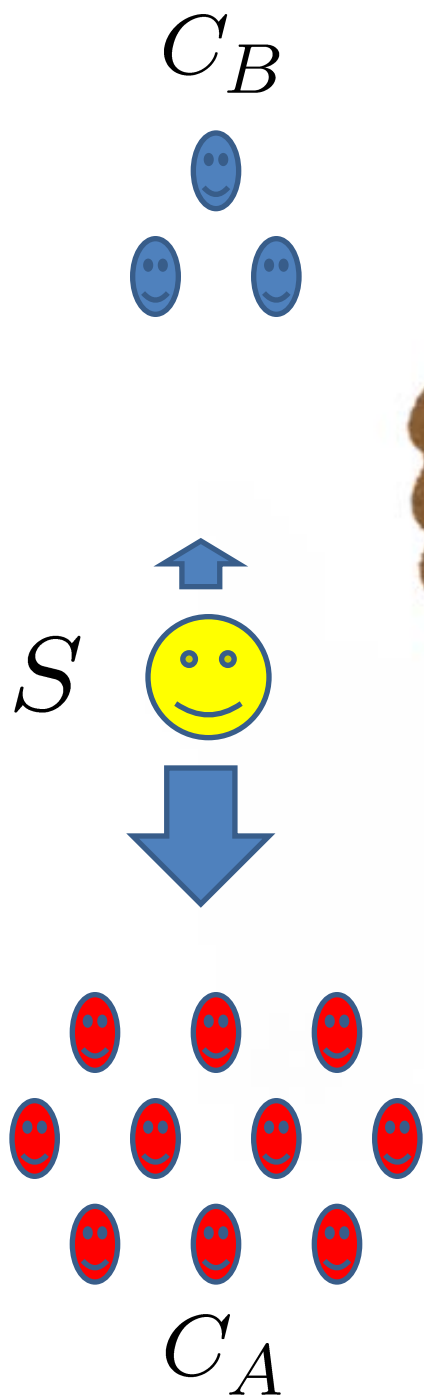
$$\Pr(\text{Aを選ぶ}) = f(S, C_A, C_B)$$

ヒトの選択は確率法則で記述できる

多数のヒトの選択が影響しあう  
社会現象は確率方程式で記述できる

# ヒトの方程式は確率法則

$$\Pr(A\text{を選ぶ}) = f(S, C_A, C_B)$$



Bが正しいと思っても、多数派を選択する傾向がある＝情報カスケード

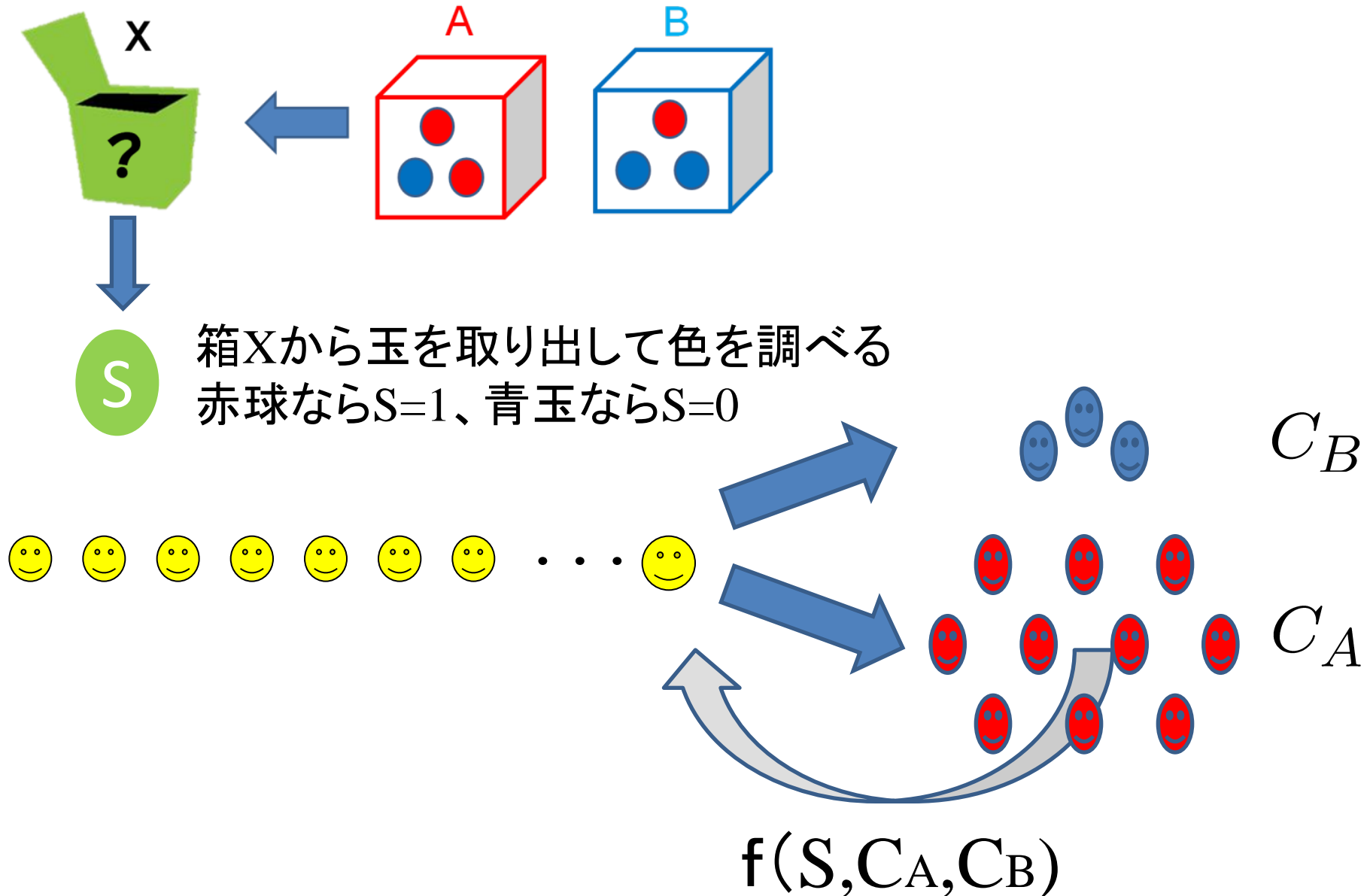
$C_A > C_B$  なら

$$f(0, C_A, C_B) > f(0, 0, 0)$$

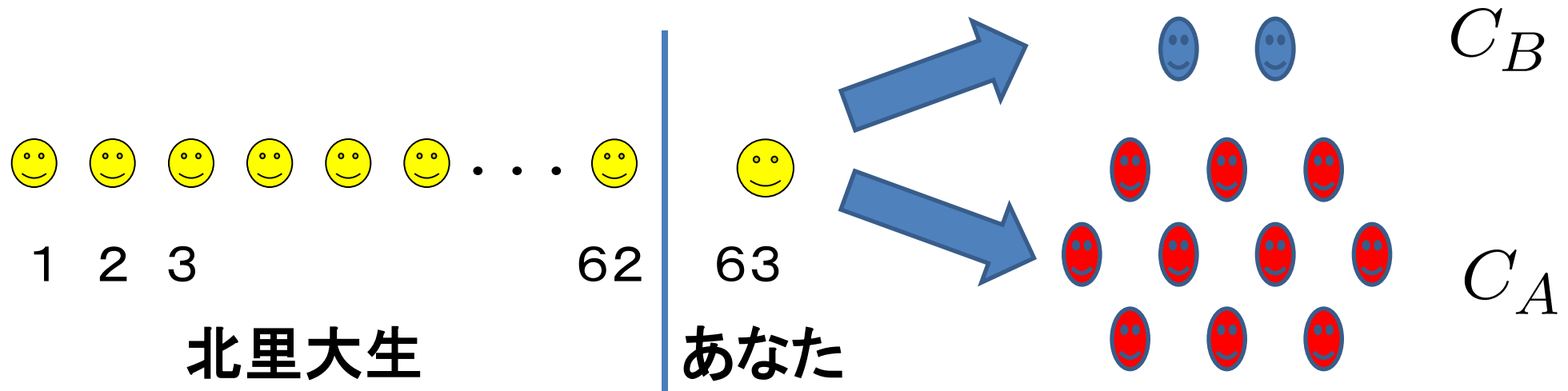
$C_A + C_B$ が一定なら、  
 $f(S, C_A, C_B)$ は $C_A$ の増加関数

# 情報カスケード実験

$\Pr(A\text{を選ぶ}) = f(S, C_A, C_B)$  を実験で測定



# 情報カスケード実験



実験では、63番目の被験者として回答します。  
1番から62番目は2年前に北里大生を対象にして実施した実験データを使っています。その実験では正解数に比例した報酬を謝金としたので、真剣に回答していると考えて構いません。

実験の詳細は以下の論文をご参照ください

M.Hino, Y.Irie, M.Hisakado, T.Takahasi and S.Mori, J.Phys.Soc.Jpn.86(2016)034002.

# 情報カスケード実験

```
mori@mori-B11: ~/Dropbox/EXP2
mori@mori-B11:~/Dropbox/EXP2$ R
R version 3.2.2 (2015-08-14) -- "Fire Safety"
Copyright (C) 2015 The R Foundation for Statistical Computing
Platform: x86_64-pc-linux-gnu (64-bit)

R は、自由なソフトウェアであり、「完全に無保証」です。
一定の条件に従えば、自由にこれを再配布することができます。
配布条件の詳細に関しては、'license()' あるいは 'licence()' と入力してください。

R は多くの貢献者による共同プロジェクトです。
詳しくは 'contributors()' と入力してください。
また、R や R のパッケージを出版物で引用する際の形式については
'citation()' と入力してください。

'demo()' と入力すればデモをみることができます。
'help()' とすればオンラインヘルプが出ます。
'help.start()' で HTML ブラウザによるヘルプがみられます。
'q()' と入力すれば R を終了します。

[以前にセーブされたワークスペースを復帰します]

> █
```

実験は、Rというデータ解析ソフトを用いて行います。  
まず、コンソールを起動し、Rとタイプして実行し、Rを起動します。

# 情報カスケード実験

```
mori@mori-B11: ~/Dropbox/EXP2
一定の条件に従えば、自由にこれを再配布することができます。
配布条件の詳細に関しては、'license()' あるいは 'licence()' と入力してください。

R は多くの貢献者による共同プロジェクトです。
詳しくは 'contributors()' と入力してください。
また、R や R のパッケージを出版物で引用する際の形式については
'citation()' と入力してください。

'demo()' と入力すればデモをみることができます。
'help()' とすればオンラインヘルプが出ます。
'help.start()' で HTML ブラウザによるヘルプがみられます。
'q()' と入力すれば R を終了します。

[以前にセーブされたワークスペースを復帰します]

> source("0828.R")
[1] q=6/9, as 63-th subject you answer 100 Questions

[1] *****
[1] *****
[1] Question No.1
[1] Your Ball Color is Red
[1] (Red,Blue)=(6,56)
Please choose, Red('R') or Blue('B') ?
```

次に、実験プログラムを起動します。Rのコンソールから

```
> source("0828.R")
```

と入力し、実行します。

実験が始まると、問題番号、あなたの引いた玉の色、赤箱、青箱を選択したヒトの数が表示されるので、その情報をもとに選択します。

赤箱を選択するなら、R または r、青箱を選択するなら B または b を入力し、エンターキーを押します。



# 情報カスケード実験

```
mori@mori-B11: ~/Dropbox/EXP2
'help.start()' で HTML ブラウザによるヘルプがみられます。
'q()' と入力すれば R を終了します。

[以前にセーブされたワークスペースを復帰します]

> source("0828.R")
[1] q=6/9, as 63-th subject you answer 100 Questions

[1] *****
[1] *****
[1] Question No.1
[1] Your Ball Color is Blue
[1] (Red,Blue)=(11,51)
Please choose, Red('R') or Blue('B') ?B
[1] Your answer is Correct.
[1] *****
[1] *****

[1] *****
[1] *****
[1] Question No.2
[1] Your Ball Color is Red
[1] (Red,Blue)=(8,54)
Please choose, Red('R') or Blue('B') ?
```

実験では100問回答します。100問中何問正解したか、みなさんの回答終了後に集計します。トップの成績の方には300円のクオカードを進呈します。

# データ解析：自分の従う物理法則

```
mori@mori-B11: ~/Dropbox/EXP2
[90,] 127 49 0 1
[91,] 128 7 1 0
[92,] 129 59 0 1
[93,] 130 47 0 1
[94,] 131 51 1 1
[95,] 132 51 1 1
[96,] 133 58 1 1
[97,] 134 50 1 1
[98,] 135 57 0 1
[99,] 136 13 1 0
[100,] 137 58 0 1
> head(ICSX)
> head(ICSX)
      In C1n Sn Xn
[1,] 38 51 1 1
[2,] 39 54 0 1
[3,] 40 51 1 1
[4,] 41 36 1 1
[5,] 42 35 1 1
[6,] 43 57 0 1
> mean(Xn)
[1] 0.89
> mean(Sn)
[1] 0.72
>
```

回答が終わったら正解数をカウントしてみましょう。Xnに100問分のデータが入っています。正解なら1、不正解なら0なので、

```
> mean(Xn)
```

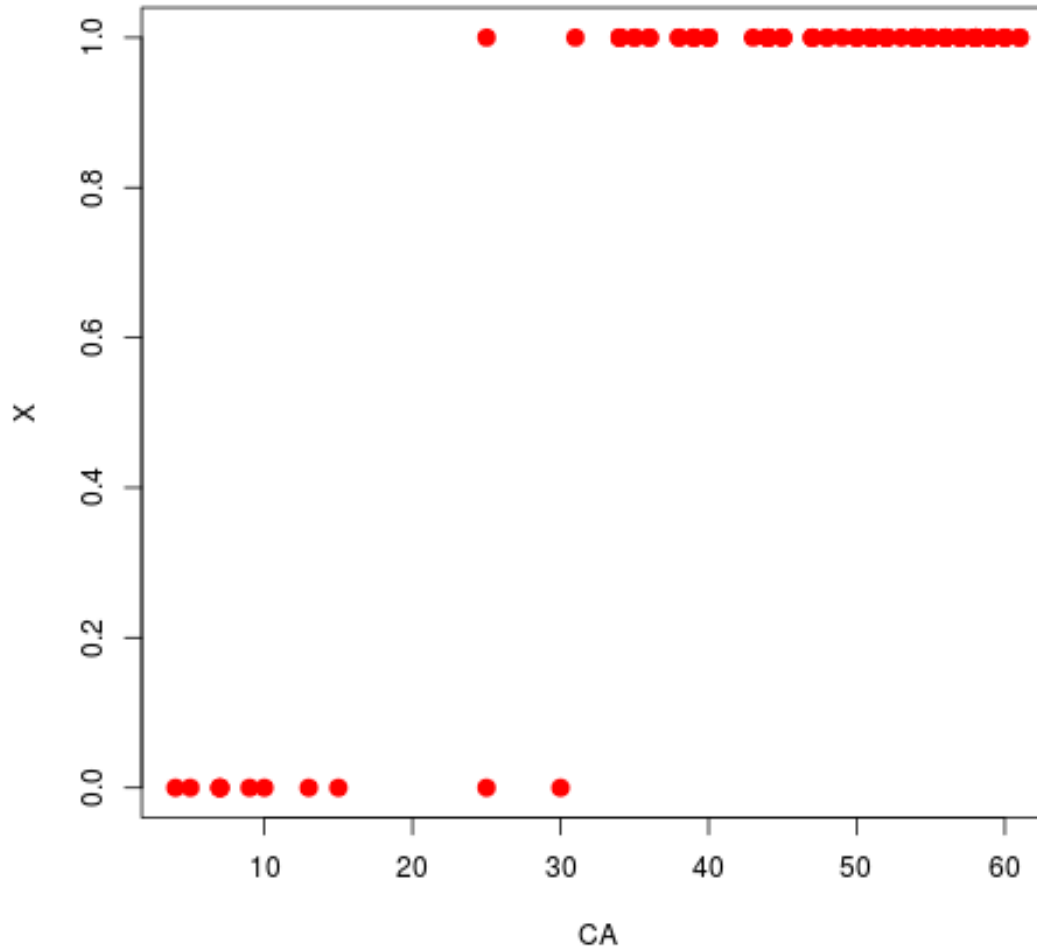
を実行して平均値を計算してみてください。

ください。画面の結果は私の成績です。100問中89問正解し、正答率は89%です。

```
> mean(Sn)
```

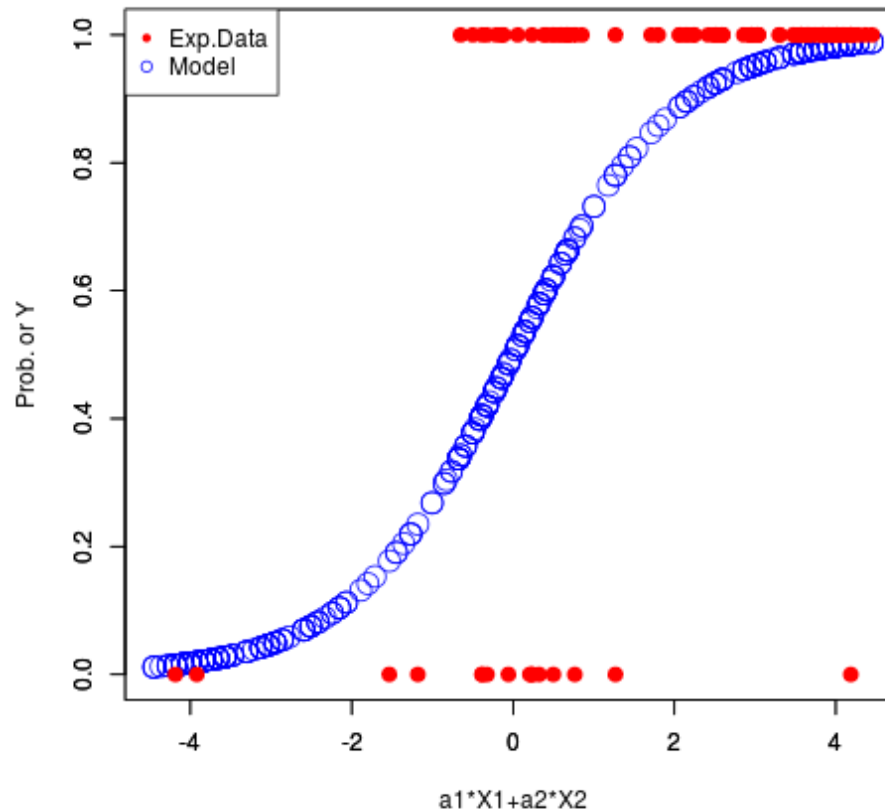
はみなさんの情報の正解率です。大体2/3になるはずですが、運に左右されます。

# データ解析：自分の従う物理法則



フォルダに実験結果のグラフが保存されていると思います。  
EXP0.png は、Aを選択した人数(0-62人)に対してあなたがAを選んだかどうかを表しています。

# データ解析：自分の従う物理法則

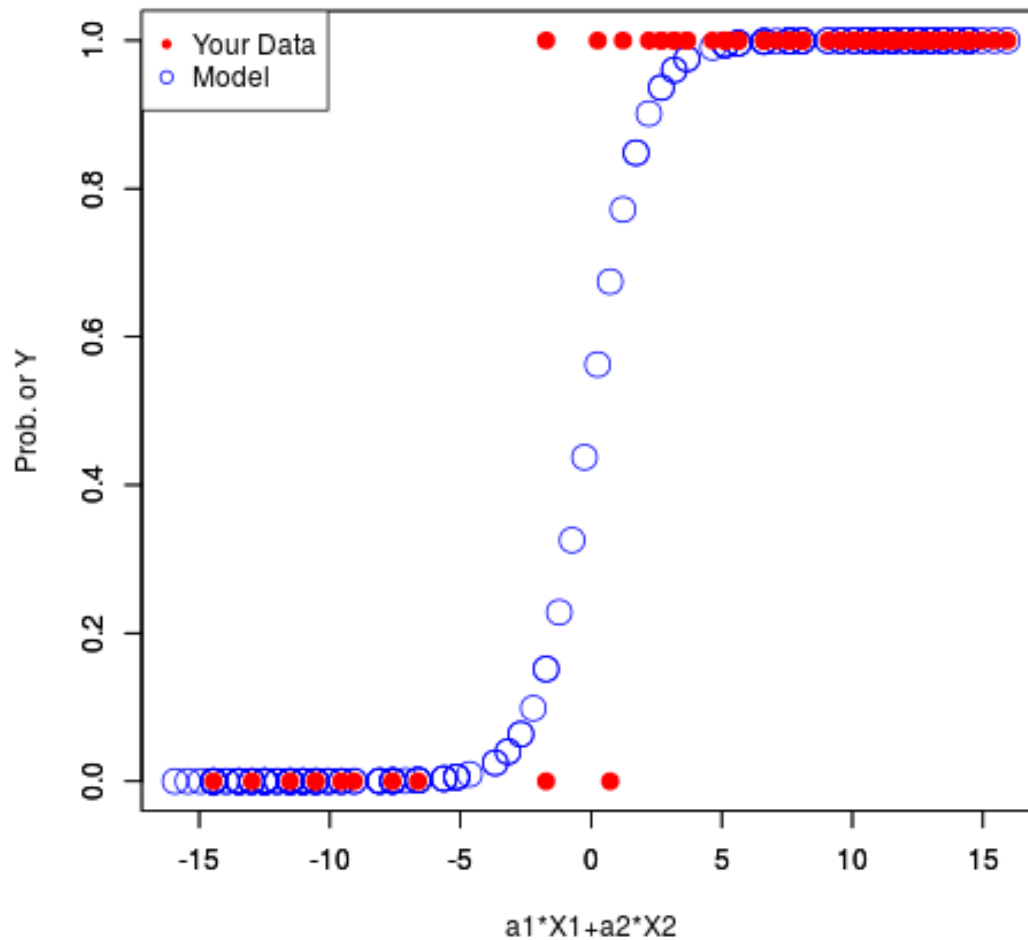


EXP1.png は、63番目の北里大生の $f(S, C_A, C_B=62-C_A)$  をロジスティック関数でモデル化した結果です。数名の学生の平均です。

$$f(S, C_A, C_B) = \frac{1}{1 + \exp(-a_1(C_A - 31) - a_2(S - 0.5))}$$

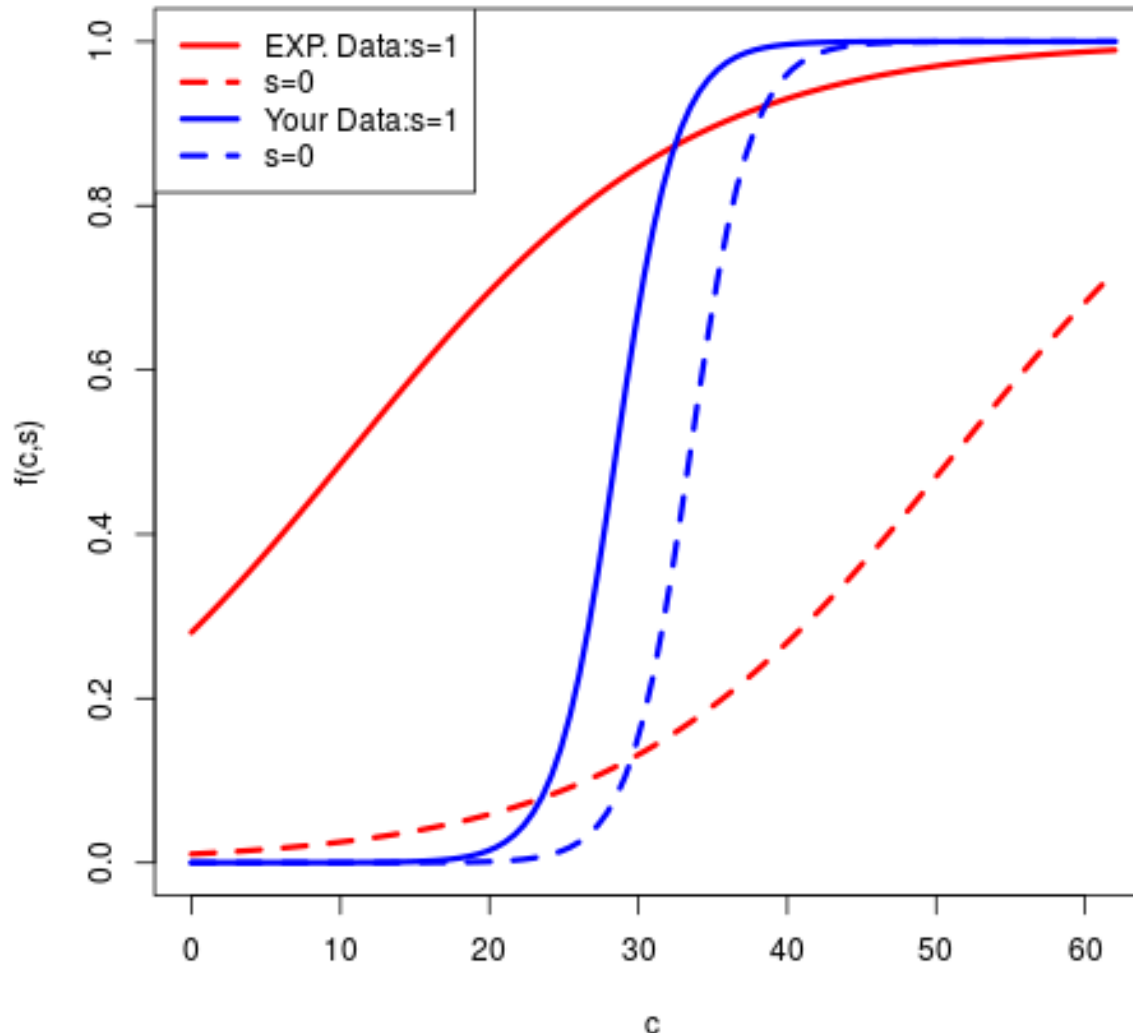
Z2対称性を満たします。  $f(1, C_A, C_B) = 1 - f(0, C_B, C_A)$

# データ解析：自分の従う物理法則



EXP2.png は、私の  $f(S, C_A, C_B = 62 - C_A)$  をロジスティック関数でモデル化した結果です。

# データ解析：自分の従う物理法則



EXP3.png は、63番目の北里大生と私の $f(S, C_A, C_B=62-C_A)$ を $S=0,1$ の場合に $C_A$ に対してプロットしたものです。私(青)は $S=0.1$ の影響をあまり受けていず、多数派を選択しています。 $C_A$ が31より上ならA,31以下ならBを選んでいきます。一方、北里大生(赤)の場合、 $S=0.1$ の影響が非常に大きいことが分かります。

# まとめ

ヒトに働く力＝社会的な力

ヒトの方程式は確率法則＋確率方程式

実験＆データ解析

$$\Pr(A\text{を選ぶ}) = f(S, C_A, C_B)$$

Bが正しいと思っても、多数派を選択する傾向がある＝情報カスケード

$C_A > C_B$  なら

$$f(0, C_A, C_B) > f(0, 0, 0)$$

$C_A + C_B$ が一定なら、  
 $f(S, C_A, C_B)$ は $C_A$ の増加関数

AとBが等価な選択肢なら  
 $f(1, C_A, C_B) = 1 - f(0, C_B, C_A)$

$Z_2$ 対称性

