

# 社会の中の科学技術

久木田水生

2015年度後期集中講義

# 科学技術とリスク

# 質問1

- 二つの壺AとBがあり, それぞれ100本のくじが入っている.
- Aの壺には100万円の当たりくじが100本入っている.
- Bの壺には100万円の当たりくじが89本, 500万円の当たりくじが10本, 外れくじが1本入っている.
- どちらかに参加するとすればどちらを選ぶか?

	500万円	100万円	0円
壺A	0	100	0
壺B	10	89	1

## 質問2

- 二つの壺CとDがあり，それぞれ100本のくじが入っている．
- Cの壺には100万円の当たりくじが11本と外れくじが89本入っている．
- Dの壺には500万円の当たりくじが10本，外れくじが90本入っている．
- どちらかに参加するとすればどっちを選ぶか？

	500万円	100万円	0円
壺C	0	11	89
壺D	10	0	90

# リスクとは何か

- 大雑把にいうとある出来事の起こる確率とその結果の重大性を掛け合わせたもの.
- ある選択・行為によって起こる可能性のある出来事が複数ある場合, それぞれの起こる確率と重大性を掛け合わせたものを足し合わせる.

# リスクとは何か

- ある選択に伴って結果 $e_1, e_2, \dots, e_n$ が起こる確率がそれぞれ $p_1, p_2, \dots, p_n$ だとする。またそれらの重大性がそれぞれ $q_1, q_2, \dots, q_n$ だとする。このときその選択のリスクは

$$p_1 * q_1 + p_2 * q_2 + \dots + p_n * q_n$$

によって表される。

# リスクとは何か

- 例えば100分の1の確率で500円があたるくじを100円で買うとき、あたった場合は $500 - 100 = 400$ 円手に入り、外れた場合は100円失う。前者が起こる確率が100分の1で、後者が100分の99である。結果の重大性を損得の金額と同一視するとこのくじを買うことのリスクは

$$(400 * 1/100) + (-100 * 99/100) = -95$$

# リスクに関する注意すべきこと

- 影響の大きさは基本的に金銭的価値に置き換えられている。健康, 命, 文化財, 自然環境なども金銭的価値に置き換えられる。
- 薬物の影響などは動物実験からの外挿によって見積もられる。

恣意性が入る余地が大きい

# リスクに関する注意すべきこと

- 何かのリスクを減らすためにコスト（時間・労力・費用）をかけることは他のリスクを増大させることにもなりうる.
- 特にあるリスクを完全に除去しようとすることには大きなコストがかかるので注意が必要.

ゼロリスクを追及することは  
リスクが大きい

# 効用

- 損得の額をそのまま使ってリスクを計算すると、宝くじを買うことや保険に入ることはすべて割りに合わない賭けということになる。
- しかし実際には私たちはそのような賭けをすることがよくある。
- そこで損得の額をそのまま使うのではなく、その額に対する私たちの満足度を使ってリスクを計算するのが一般的である。
- この満足度を効用と呼ぶ。

# 質問1について

	500万円	100万円	0円
壺A	0	100	0
壺B	10	89	1

- 質問1の例：くじの結果の重大さを単純に当たる金額と同一視すれば，壺Aを選ぶリスクは $100 * 1 = 100$ ．壺Bを選ぶリスクは $(500 * 1/10) + (100 * 89/100) = 139$ ．
- 多く的人是はしかし壺Aを選ぶ．これは0円の効用が著しく低く，多く的人是はそのリスクを回避することを選好する，ということ  
で説明できる．

# 質問2について

	500万円	100万円	0円
壺C	0	11	89
壺D	10	0	90

- 質問2の例：壺Cを選ぶリスクは $100 * 11 / 100 = 11$ 。壺Bを選ぶリスクは $500 * 1 / 10 = 50$ 。
- ここでは壺Dを選ぶ人が多い。しかしこの結果は実は矛盾している。

# Allaisのパラドクス

	500万円	100万円	0円
壺A	0	89+11	0
壺B	10	89+0	1

	500万円	100万円	0円
壺C	0	11	89+0
壺D	10	0	89+1

- A, B両方の壺から100万円の当たりくじを89個ずつ取り去り, C, D両方の壺からはずれくじを89個ずつ取り去ると, 同じ選択になる. しかし多くの人の上の選択ではAを選び, 下の選択ではDを選ぶ.
- このような選好は効用理論でも説明ができない.

# フレーミングの効果

- 人間の価値評価はその人間が対象を見る視点，枠組みに依存して変化する．
- 600人がかかっている致死的な病気に対して，いくつかの対策が用意されている．次の二つの対策のどちらを選ぶか？

対策A：200人は助かる．

対策B：確率 $1/3$ で600人助かり，確率 $2/3$ で誰も助からない．

# フレーミングの効果

- 人間の価値評価はその人間が対象を見る視点，枠組みに依存して変化する．
- 600人がかかっている致死的な病気に対して，いくつかの対策が用意されている．次の二つの対策のどちらを選ぶか？

対策C：400人死ぬ．

対策D：確率 $1/3$ で誰も死なず，確率 $2/3$ で600人が死ぬ．

# フレーミングの効果

- AとC, BとDは同じ事を別な言い方にしたに過ぎない.
- しかし多くの人々はAとBではAを選び, CとDではDを選ぶ.
- これは質問の与えられ方によって異なるフレーミングから問題を考察することのバイアスによると考えられている.

対策A : 200人は助かる.

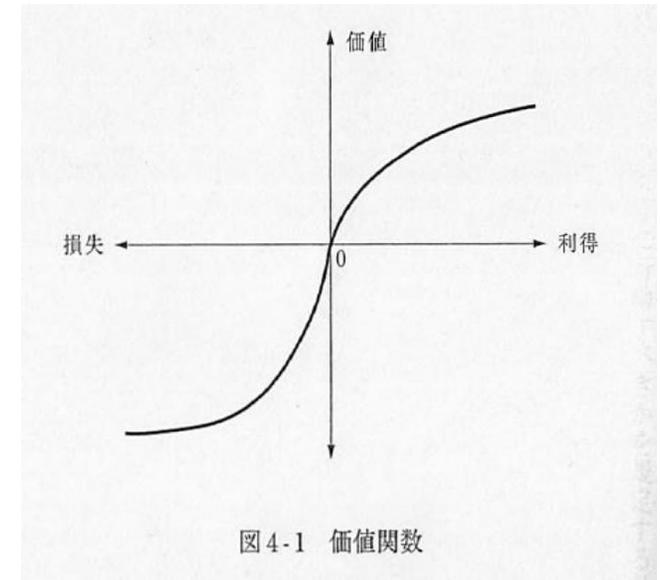
対策B : 確率 $1/3$ で600人助かり, 確率 $2/3$ で誰も助からない.

対策C : 400人死ぬ.

対策D : 確率 $1/3$ で誰も死なず, 確率 $2/3$ で600人が死ぬ.

# プロスペクト理論

- カーネマンとトヴェルスキーは効用は右図のような価値関数として表現されると考えた。
- また個人の感じる価値は以下のような特徴を持つとされている。



友野典男『行動経済学』

- **参照点依存性**：損得は基準となる点からの増減によって評価される。
- **感応度低減性**：利得あるいは損失が0に近いほど、小さな変化に価値は敏感に反応する。
- **損失回避性**：損失は同額の利得よりも重く評価される。

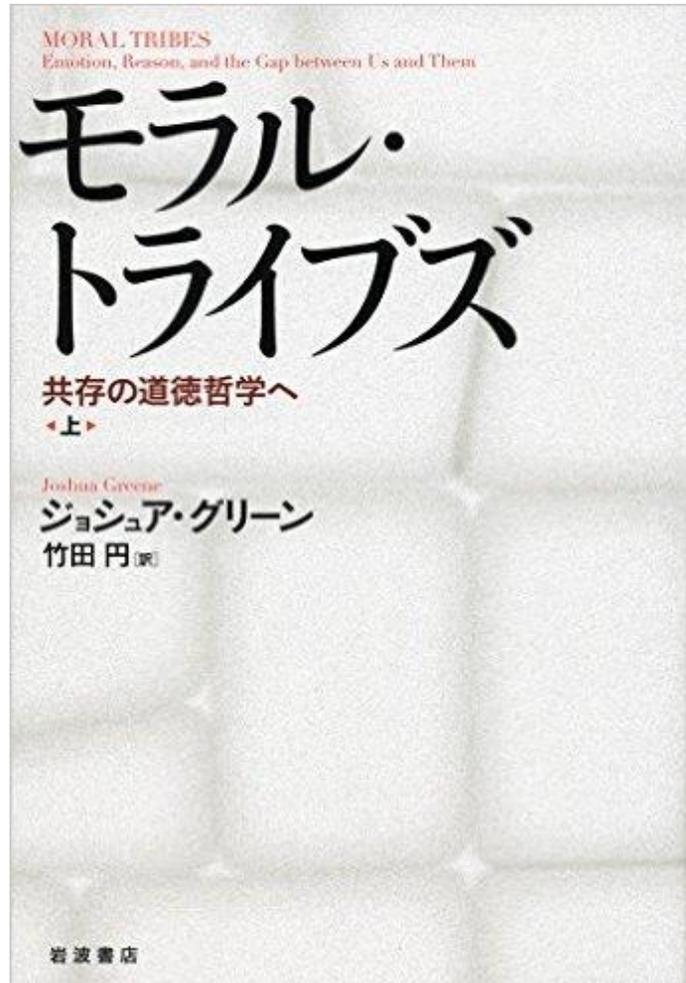
# 合理性とは何か？

- 従来の経済学では効用を最大化する行為が合理的と考えられ、人間の経済活動をそのような考えに基づいてモデル化してきた。
- しかし実際には人間はそのようには行動しないことが多い。
- 現在では人間の自然な感情を考慮にいれた理論が研究されている。
- しかしそのような感情は必ずしも不合理というわけではなく、実際には多くの場合に決断を容易にしてくれる便利な行動指針であったり、広い視野・長い目で見れば利益のある選択であったりすることもある。

# 最後通牒ゲーム

- 二人のプレイヤーAとBのうち、Aが一定額の金を渡され、自分と相手に好きなように分配をする。
- Bは分配に同意するか拒否するかを決定する。Bが同意すれば両者がその分配に従った金額を手にすることができる。Bが拒否すれば両者ともお金は得られない。
- Aはどのように分配するのが合理的で、Bはどの金額で同意するのが合理的か？

# ジョシュア・グリーン『モラル・トライブズ』



- 人間の道徳的意思決定における感情の役割とその進化的起源を考察.

# 質問

- 40歳以下で乳がん検診を受けるべきだと思いますか？
- 男性は乳がん検診を受けるべきだと思いますか？

# 乳がん検診によるリスク減少率

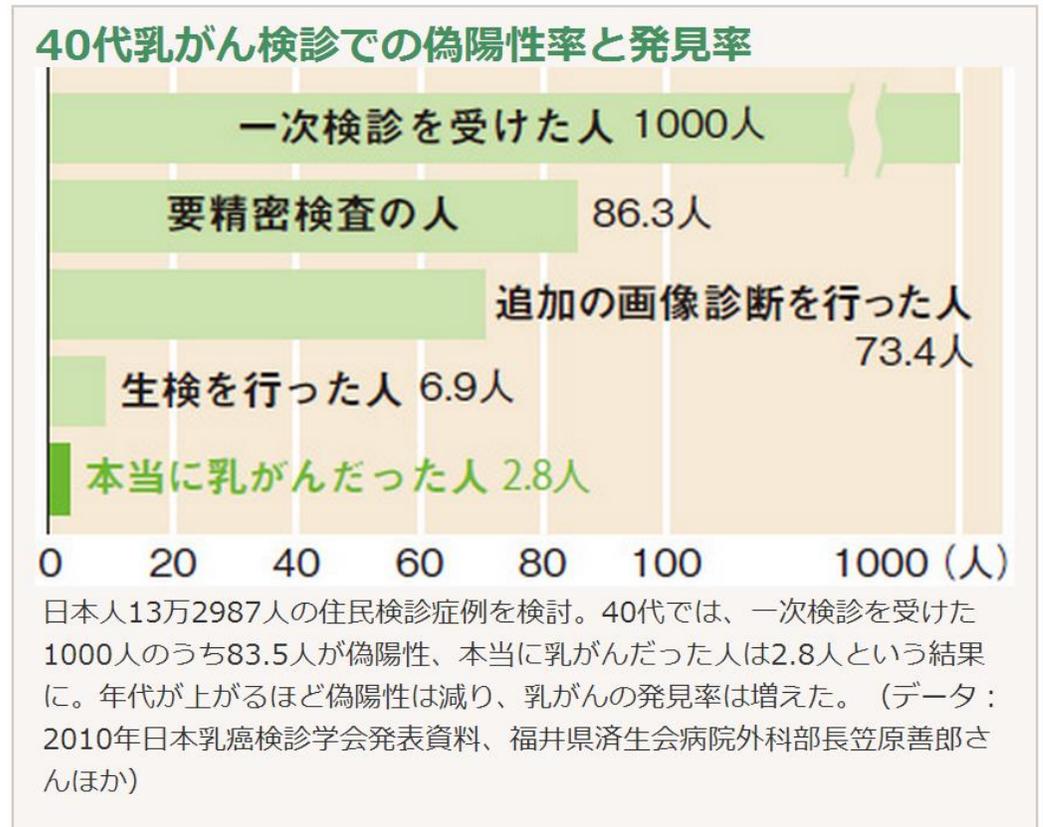
- スウェーデンでの調査によれば40歳以上の女性に乳がん検診を受けさせれば、10万人に400人の死者が300人に減少する、とある。従って乳がん検診による**相対リスク減少率**は25%といわれる。

# 乳がん検診によるリスク減少率

- しかし検診を受けた全員のことを考えれば10万人のうち、100人が救われるのだから、**絶対リスク減少率**は0.1%である。

# 乳がん検診のリスク

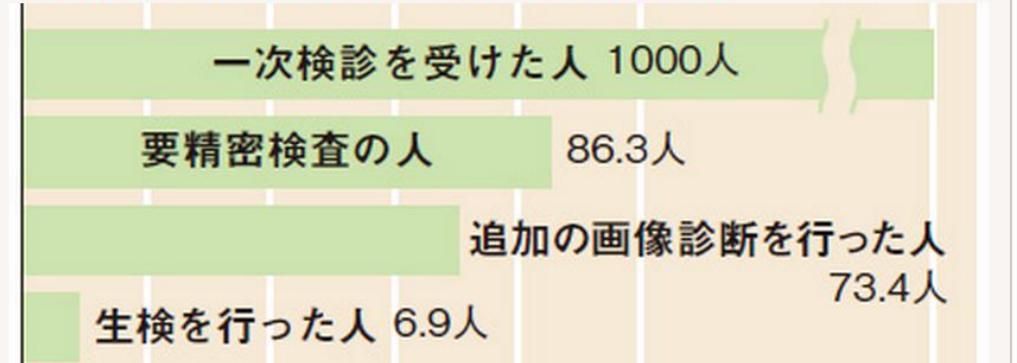
- 一方で乳がん検診には次のようなリスクがある。
  - 検診の費用
  - 検診による身体的・精神的苦痛
  - 偽陽性の可能性
  - 進行性でないがんが発見され  
不要な治療をされる。



# 乳がん検診のリスク

- 一方で乳がん検診には次のようなリスクがある。
  - 検診の費用
  - 検診による身体的・精神的苦痛
  - 偽陽性の可能性
  - 進行性でないがんが発見され  
不要な治療をされる。

40代乳がん検診での偽陽性率と発見率



こういったリスクをどのように受け止め、評価するかは  
個人の価値観にもよるもので、一概にどうするべきとは言えない

# 小テスト解説

# 質問1

- ある病気の検査で、その病気にかかっている被験者の90%が陽性と診断され、その病気にかかっていない被験者の10%が陽性と診断されます。また人口の1%がこの病気にかかっていることが知られています。あなたがこの検査で陽性と診断されたとき、実際にその病気にかかっている確率はどのぐらいだと思いますか？
- (1) 90%以上
- (2) 50~90%
- (3) 10~50%
- (4) 10%以下

# 質問1 解説

- (4) 10%以下

# 質問1 解説

- 具体的に1000人の集団について考えよう。
  - 罹患している集団Aの人数は10人、罹患していない集団Bの人数は990人。
  - 集団Aのうち、陽性と診断されるのは9人、陰性と診断されるのは1人。
  - 集団Bのうち、陽性と診断されるのは99人、陰性と診断されるのは891人。
  - 従って全体として陽性と診断されるのは108人。そのうち本当にその病気にかかっているのは9人。
  - 従って陽性と診断されたとき、本当にその病気である確率はおよそ8.3%。

# 質問2

- あなたは太郎君に2人の子供がいることを知っていますが、その2人の性別を知りません。あなたが太郎君に「あなたには娘さんがいますか？」と聞くと、彼は「います」と答えました。もう1人も娘である確率はどのくらいだと思いますか？
- (1) 30%
- (2) 50%
- (3) 75%

# 質問2 解説

- (1) 30%が最も近い。

## 質問2 解説

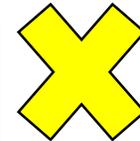
- 男女の出生率はどちらも同じくらいとすると、太郎君の二人の子供の組み合わせとその確率は以下の表のとおり。

男、男	1/4
男、女	1/4
女、男	1/4
女、女	1/4

## 質問2 解説

- 太郎君に娘がいるという情報から一番上の組み合わせの可能性は排除されるから、可能な組み合わせとその確率は以下のとおり。従ってもう一人も娘である確率は約三分の一である。

男、男	0
男、女	1/3
女、男	1/3
女、女	1/3



# 質問3

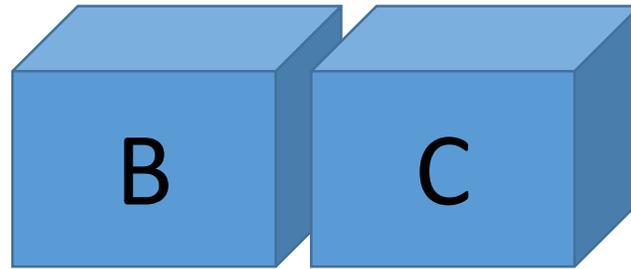
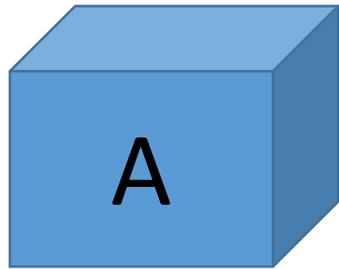
- クイズ番組に出演したあなたはA、B、Cの三つの箱から賞品の入っている箱を当てるように言われました。あなたがAの箱を選んだところ、司会者はBの箱を開けて中が空であることを示しました。司会者は「今なら選択を変えても良いですよ」と言いました。あなたならどうしますか。
- (1) 選択を変える。
- (2) 変えない。

# 質問3 解説

- (1) 選択肢を変えたほうが良い。

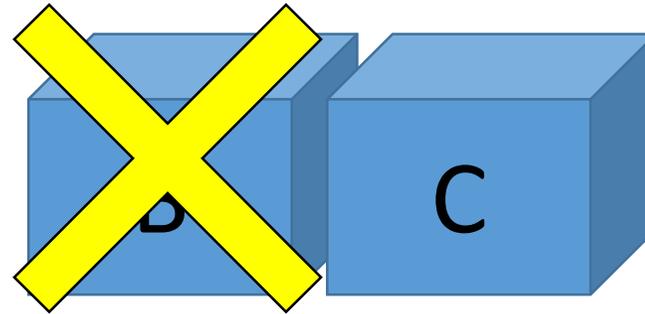
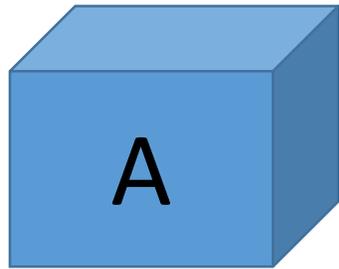
# 質問3 解説

- A、B、Cに商品が入っている確率はそれぞれ三分の一。よってBまたはCに入っている確率は三分の二。



# 質問3 解説

- Bが空であることが示されたので、Cに商品が入っている確率は三分の二。



# 質問4

- あなたはあるイベントを企画している。そのイベントの見込まれる利益とその確率の組み合わせは次のようになっている。

利益または損失（万円）	500	300	-500	-5000
確率（%）	20	70	9	1

- 損失が出た場合に備えて、あなたは保険をかけておくことができる。保険にはAとB二種類があり、それぞれ次表のような内容である。

	掛け金	補償の内容
保険A	100万円	損失の全額
保険B	10万円	200万円

- このときあなたは保険を利用するか、もし利用するのであればAとBのどちらを選ぶか。
- (1) 保険Aを使う。
- (2) 保険Bを使う。
- (3) どちらも使わない。

# 質問4 解説

- 保険Aをかける→期待値210
- 保険Bをかける→期待値225
- 保険をかけない→期待値215
  
- 金額そのものを使ってリスク分析をする（期待値の計算をする）と、保険Bをかけるのが一番リスクが少ない。ただし効用や価値関数をどう定めるかによって答えは変わる。大きな損失を避けるように価値関数を定めると保険Aをかけたほうが良い。

# 質問5

- あなたの願いを何でもかなえてくれるランプが売られている。ただし願いをかなえた後、そのランプを誰か他の人に自分が買った値段より1円以上安く売らなければ、あなたは地獄に落ちて永遠に苦しむことになる。あなたはこのランプ、いくらなら買うか？

# 質問5解説

- 0円で買ってはいけない。絶対それより安くは売れないからである。
- $n$ 円で買ってはいけないとすれば、 $n+1$ 円でも買ってはいけない。
- したがっていくらでも買ってはいけない。

# 質問6

- 次のような賭けを考える。参加者はコインを表が出るまで投げ続ける。n回目で初めて表が出たとき、参加者は $2^{n-1}$ 円受け取ることができる。あなたは参加料がいくらならばこの賭けに参加するか？

# 質問6解説

- 期待値を計算すると無限大に発散するので、計算上はいくら払っても賭けに参加するべきである。
- しかし大抵の人はそんな大金を払ってこの賭けに参加する気にはならない。
- この賭けはベルヌーイによって考案され、「サンクトペテルブルクのパラドクス」と呼ばれている。