

私の頭の中の 「時間」のものさし

大阪大学 社会経済研究所

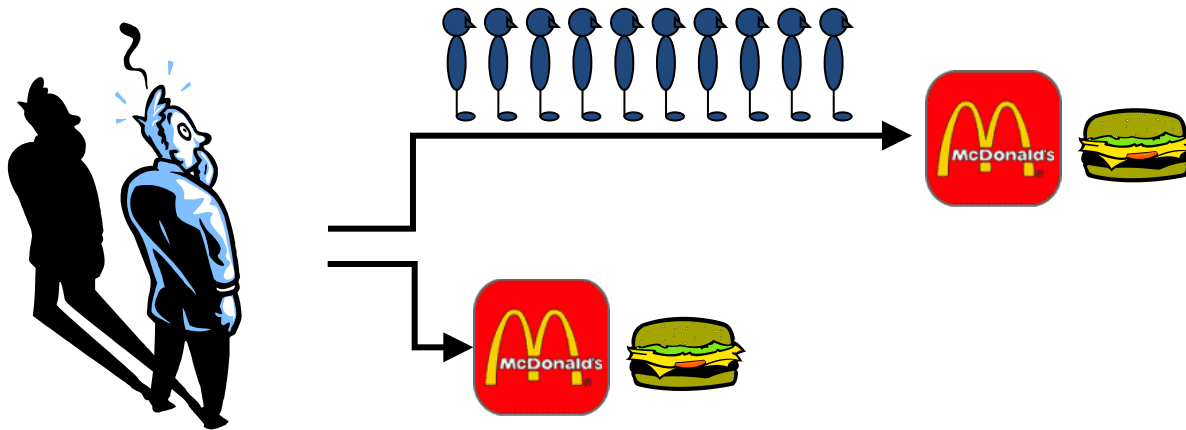
田中沙織

本日のお題

1. 「時間」のものをさして？
2. 「時間」のものをさしてどうやって測るの？
3. 時間のものはどうやって決まるの？
4. 研究成果はどんな役に立つの？

質問1:
「時間」のものさしって？

どっちを選ぶ？①



この場合、答えは明らか！

→ なぜでしょうか？

将来の利得は割り引かれる

今もらえる！



今

1年後もらえる...



今

時間

時間

時間を距離に置き換えると...

遠くからは
小さく見える



近づくと
大きく見える



わたしたちは「期待値」をもとに 意思決定する

どれぐらい期待するか = その人にとっての選択肢の「価値」

期待値 $\propto$ (利得) $\times$ (確率) $\times$ (時間)

どれぐらい**たくさん**もらえるか



わたしたちは「期待値」をもとに 意思決定する

どれぐらい期待するか = その人にとっての選択肢の「価値」

期待値 $\propto$ (利得) $\times$ (確率) $\times$ (時間)

どれぐらい**確か**にもらえるか

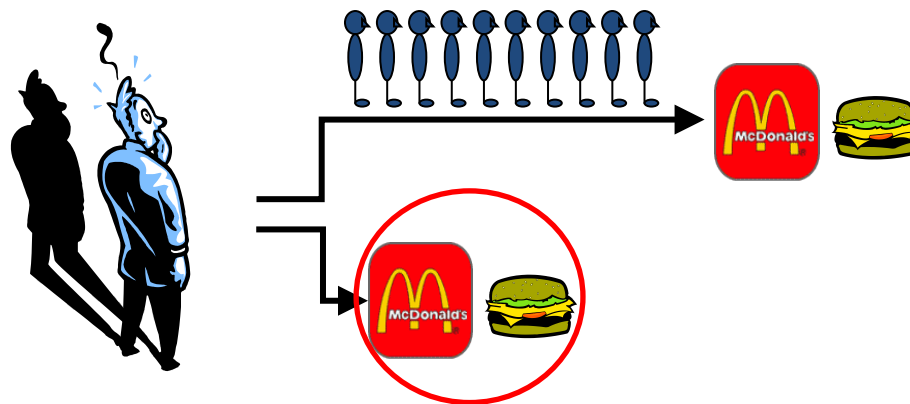


わたしたちは「期待値」をもとに 意思決定する

どれくらい期待するか = その人にとっての選択肢の「価値」

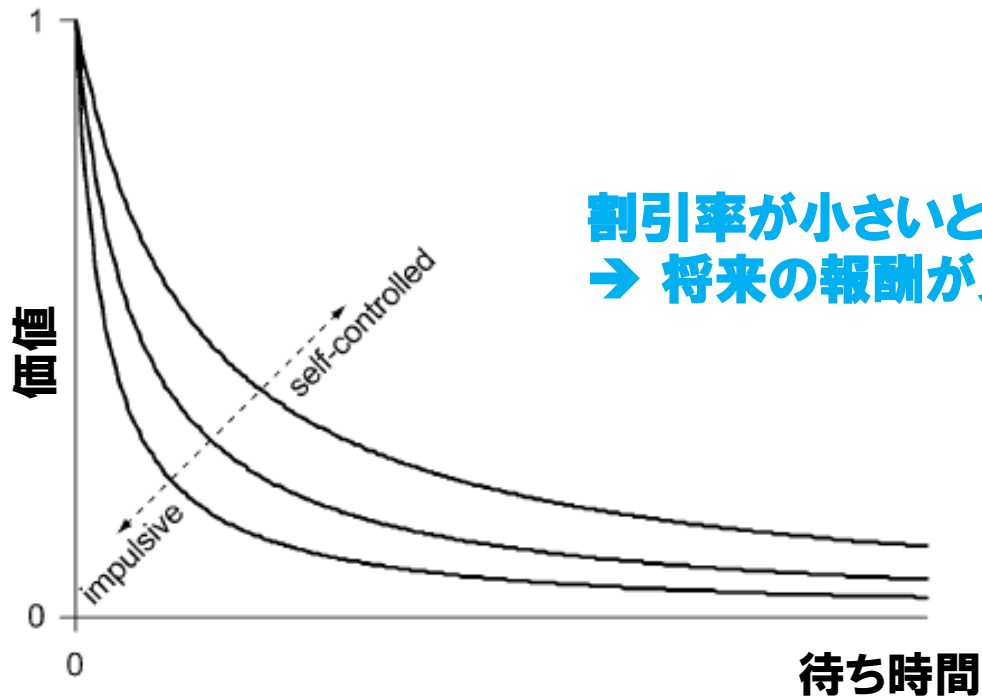
期待値 $\propto$ (利得) $\times$ (確率) $\times$ (時間)

どれくらい**すぐ**にもらえるか



時間割引

報酬の価値は時間とともに減っていく (Ainslie, 1975)



割引率が小さいとゆるやかに減っていく
→ 将来の報酬が見える

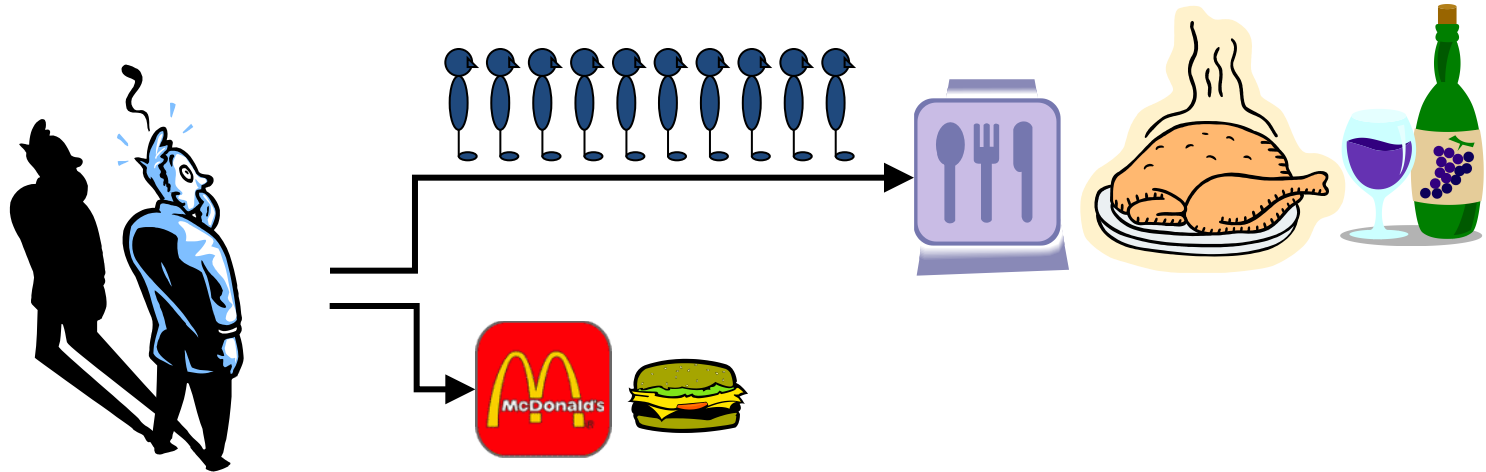
割引率が大いいと急に減っていく
→ 目先の報酬しか見えない

質問1:
「時間」のものをさして？

- ➡ どれぐらい将来の報酬まで考慮できるか
- ➡ 将来の報酬の価値をどれぐらい割り引くか
(時間割引) の割合

質問2:
「時間」のものをさしって
どうやって測るの？

どっちを選ぶ？②

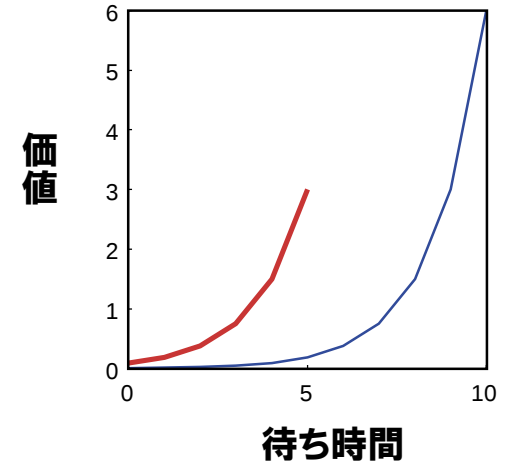
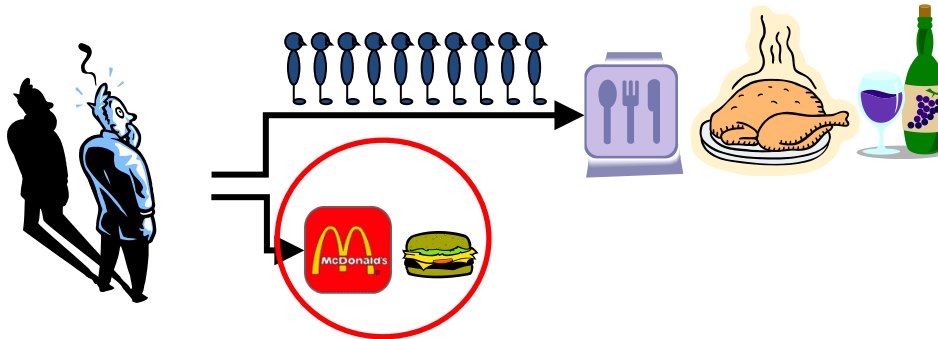


- 報酬の大きさと時間遅れの両方を考慮する必要がある

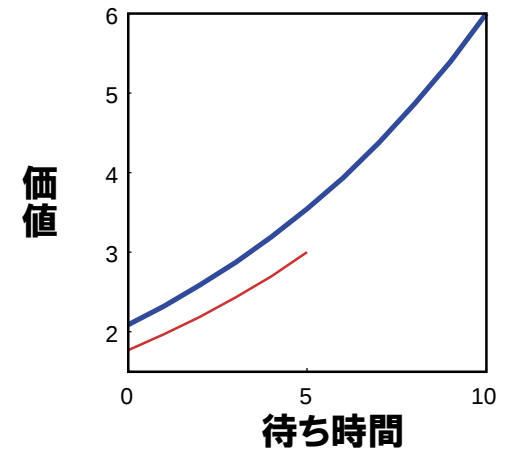
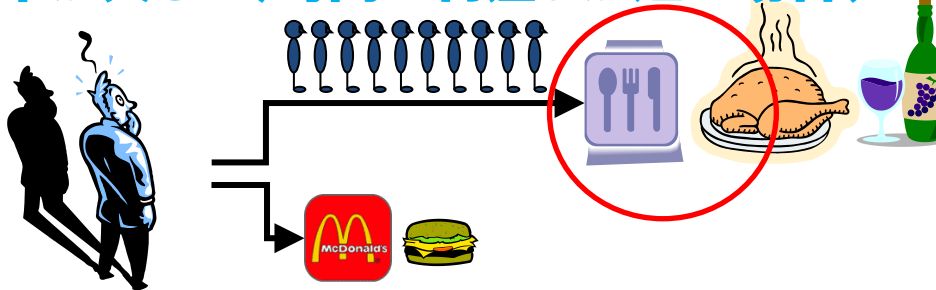
→ 「異時点間選択問題」

異時点間選択問題

割引率が小さい(時間の物差しが長い場合)



割引率が大きい(時間の物差しが短い場合)



- 割引率(ものさしの長さ)によって選択が変わる

アンケートで時間割引率を測る

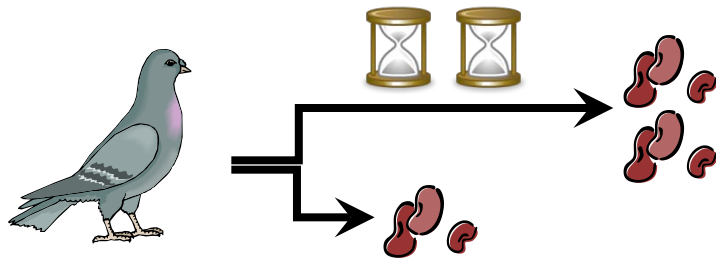
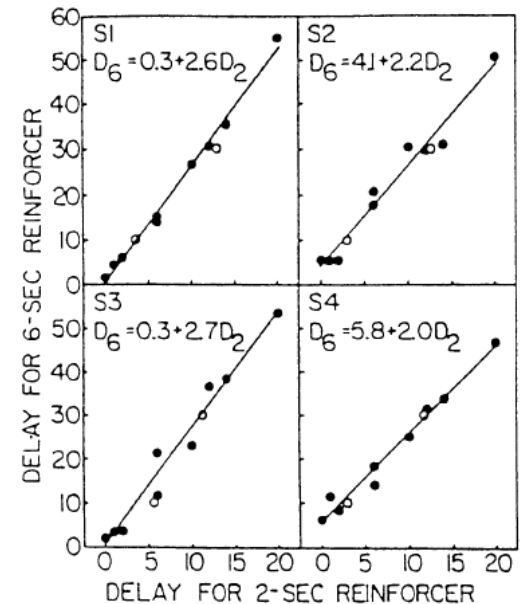
2日後に1万円もらうか、9日後にいくらもらうかのどちらかを選べるとします。

2日後に1万円もらうこと（Aで表します）と、9日後に下記の表のそれぞれの行に指定した金額をもらうこと（Bで表します）を比較して、あなたが好む方を○で囲んでください。8つの行それぞれについて、A、または、Bを○で囲んでください。

選択肢A (円) (2日後受取)	選択肢B (円) (9日後受取)	金利(年表示)	選択回答欄		
10,000	9,981	-10%	A	B	(36)
10,000	10,000	0%	A	B	(37)
10,000	10,019	10%	A	B	(38)
10,000	10,038	20%	A	B	(39)
10,000	10,096	50%	A	B	(40)
10,000	10,191	100%	A	B	(41)
10,000	10,383	200%	A	B	(42)
10,000	10,574	300%	A	B	(43)

実験で時間割引率を測る

- Delay James E. Mazur (1987)
 - 「すぐに得られる小さい報酬」と「時間遅れの後に得られる大きい報酬」の選択課題
 - 小さい報酬の時間遅れを固定して、大きい報酬の時間遅れを変化させていく
 - 小さい報酬から大きい報酬へ選択を切り替えたポイント を調べる
- (小さい報酬の価値) = (大きい報酬の価値)
- モデルの定義式と、データプロットから推定した直線から、割引率を求める



質問2:
「時間」のものをさして
どうやって測るの？

→ 「すぐにもらえる小さい報酬」と
「将来得られる大きい報酬」の
選択結果から推定できます

質問3:

時間のものさしは
どうやって決まるの？

わたしたちは「期待値」をもとに意思決定する
→ 脳が「期待値」の計算をしている！

期待値 $\propto$ (利得) $\times$ (確率) $\times$ (時間)

どれくらい**たくさん**もらえるか

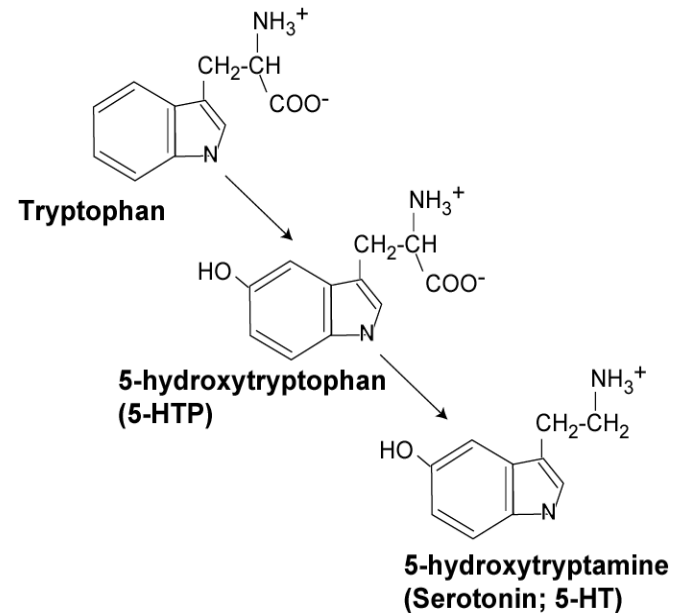
どれくらい**確か**にもらえるか

どれくらい**すぐ**にもらえるか



セロトニン

- 脳内物質の一種
- 必須アミノ酸である**トリプトファン**の代謝過程で生成される
- 睡眠や痛覚, 体温調整などの生理機能および, 不安, 衝動性, うつなどの精神機能や薬物中毒に深く関わるとされる



時間割引とセロトニン の研究例

- セロトニンを脳の中で作れなくしてしまったラットでは、遅れてもらえる大きい報酬よりも、すぐに得られる小さい報酬を頻繁に選択する行動が見られた

(Wogar, Bradshaw et al. 1993; Bizot, Le Bihan et al. 1999; Mobini, Chiang et al. 2000)

- セロトニンの機能を元に戻すと、行動も元に戻った

(Poulos, Parker et al. 1996; Bizot, Le Bihan et al. 1999)

→セロトニンが「時間」のもののさしに関わる？

頭の中の「時間」のものをさしを調べる

- 機能的核磁気共鳴画像法 (fMRI)
- **非侵襲的な**脳活動計測手法
- 脳内の神経活動に伴う血流変化を, 局所磁場の変化から測定し画像化する手法
 - 神経細胞が発火
 - 血流(酸素)増加
 - 磁化率減少
 - 画像を統計処理 → 統計結果の可視化
 - **ニューロンの活動を間接的に可視化**



(Siemens, MAGNETOM Trio (3T))

統計結果の可視化

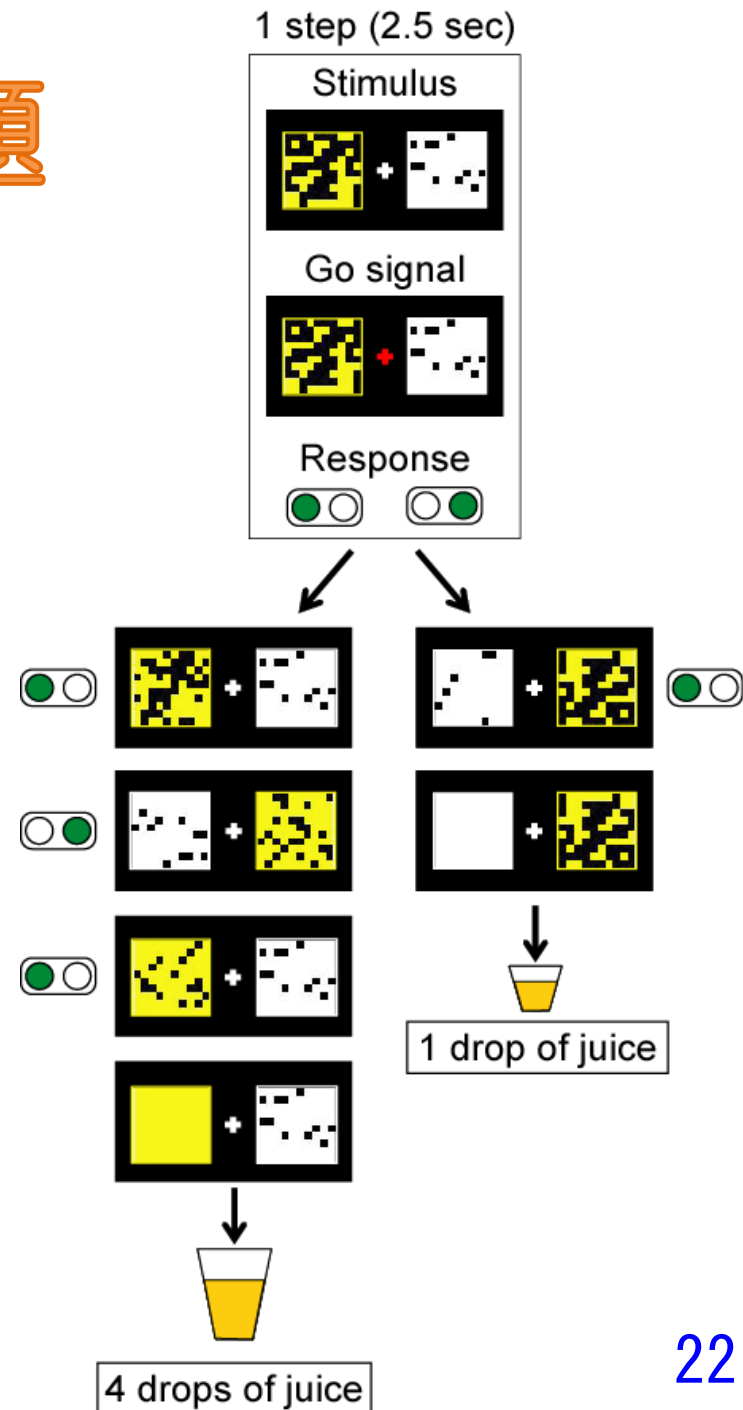


仮説をたてて, その仮説が有意に棄却できた部位を色で表示

異時点間選択問題

- ボタンで選んだ図形の虫食いがうまっていく
- 虫食いが完全に消えるとジュースがもらえる
 - 黄: 時間は長いけど, ジュースは多い
 - 白: 時間は短いけど, ジュースは少し

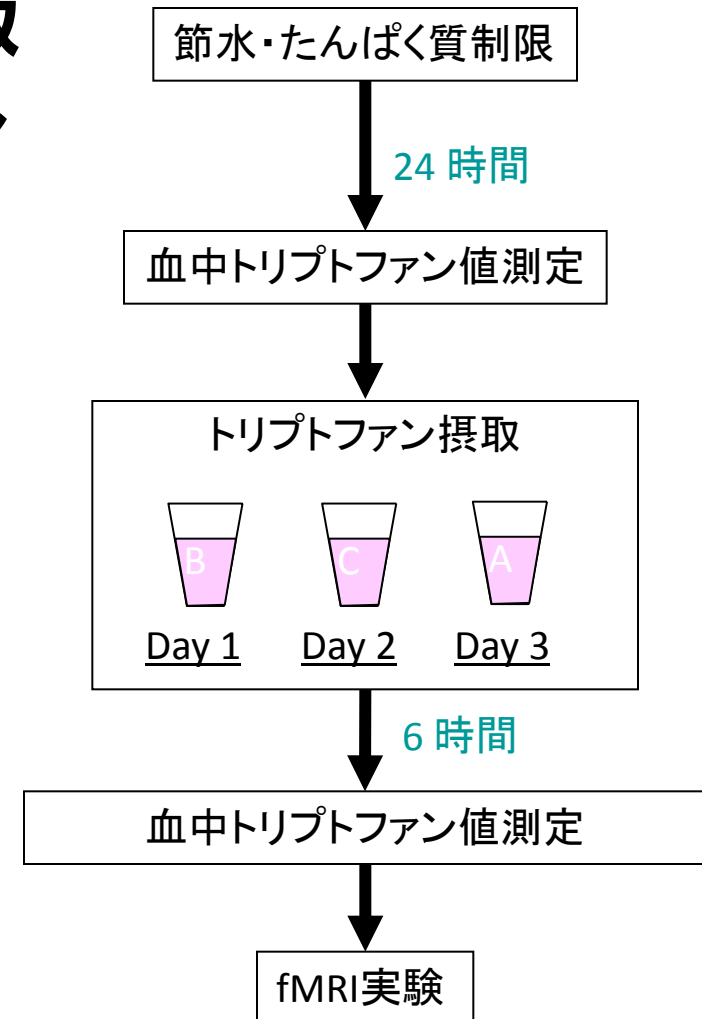
fMRIの中で問題を解いて
脳のはたらきをみる



脳内のセロトニンの量を変える

実験の流れ

- 前駆物質トリプトファンの経口摂取
 - 同一被験者が3種類のトリプトファン混合飲料を摂取
 - 通常レベル (control)
 - 不足 (trp-)
 - 過剰 (trp+)
 - 二重盲検法
 - 被験者12名
 - 右利き, 22~25歳の男性
- セロトニンの量が変わると行動や脳活動に変化がでる？

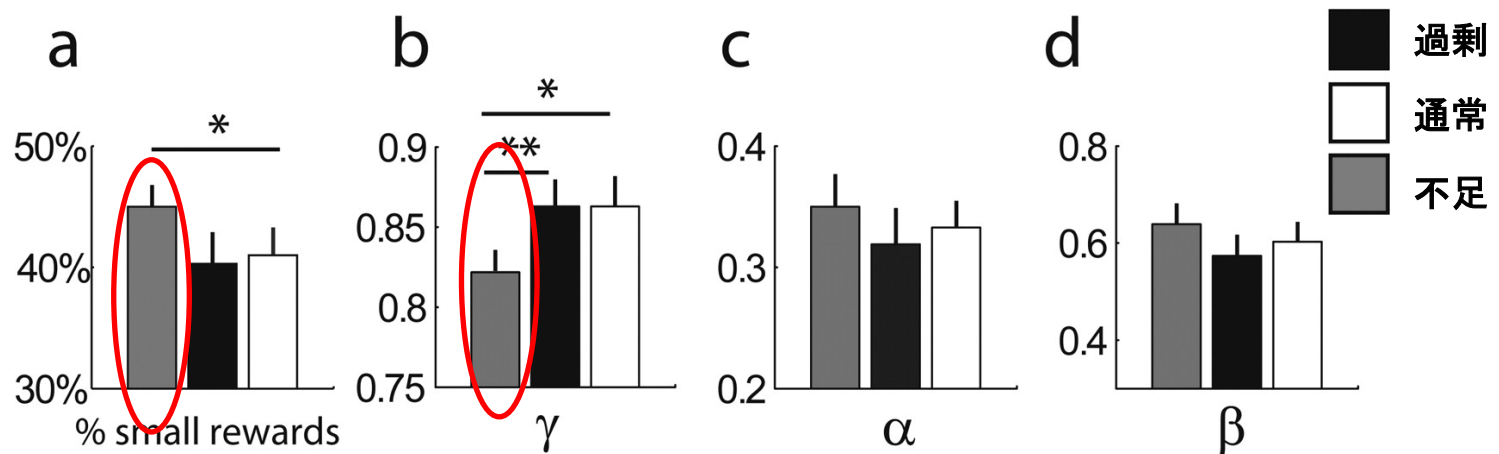


行動に変化が起こった！

- トリプトファン不足状態

- すぐに得られる少ない報酬を通常状態に比べて多く選択（グラフa）
- 推定した被験者の「時間」のものがさが、通常状態、過剰状態に比べて小さい（グラフb）

→ セロトニンのレベルが低いと、将来の報酬に対する割引が大きくなり、その結果目先の小さい報酬を選ぶ

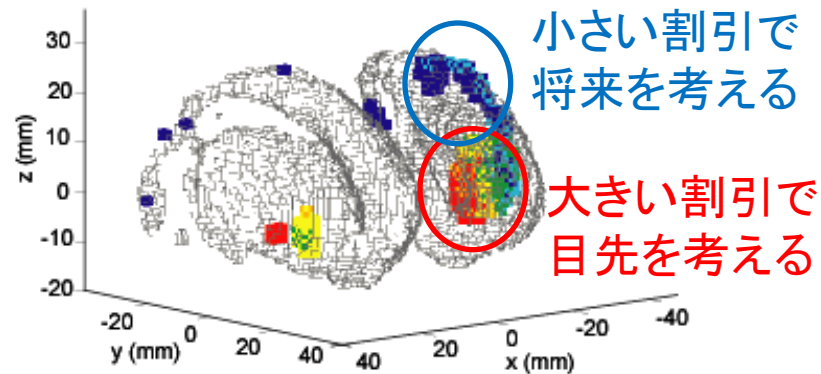
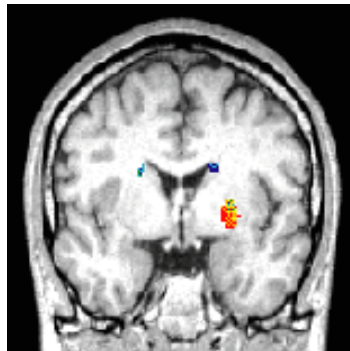


Schweighofer N, Bertin M, Shishida K, Okamoto Y, Tanaka SC, Yamawaki S, Doya K.
Low-serotonin levels increase delayed reward discounting in humans.
Journal of Neuroscience, **28** (17), 2008

通常, 脳はいろいろな「時間」のもの さしで期待値を計算している

- 線条体がいろいろな割引率での価値の計算をおこなっている
 - 下の方: より「情動的」なはたらきに関わる場所
 - ➔ 大きい割引率で目先の利得を考える
 - 上の方: より「認知的」なはたらきに関わる場所
 - ➔ 小さい割引率で将来の利得を考える

線条体



状況にあった割引率を使っている？

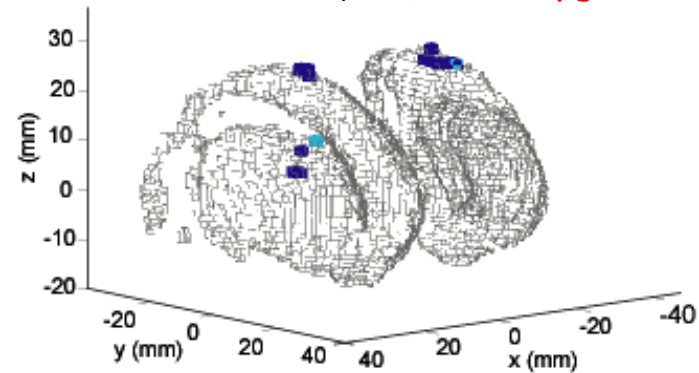
脳活動に変化が起こった！

低い割引率での
み期待値を計算

→ 将来しか見て
いない？

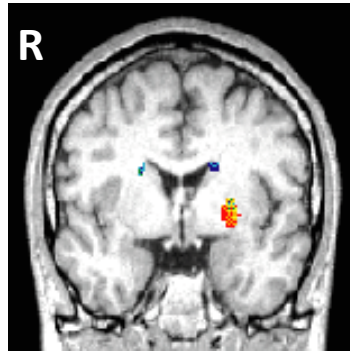


セロトニンレベル高

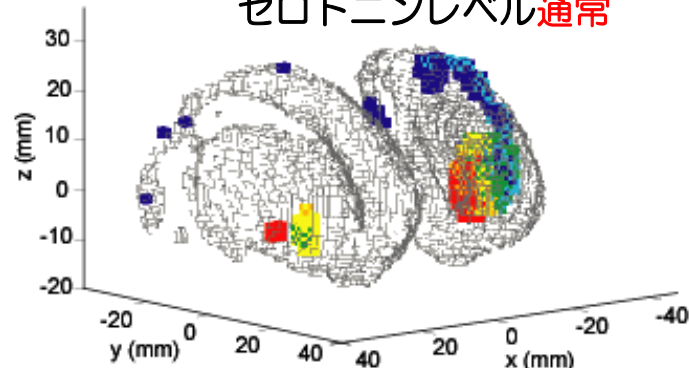


様々な割引率で
期待値を計算

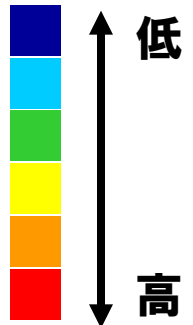
→ 場面に応じて
使い分ける？



セロトニンレベル通常



割引率

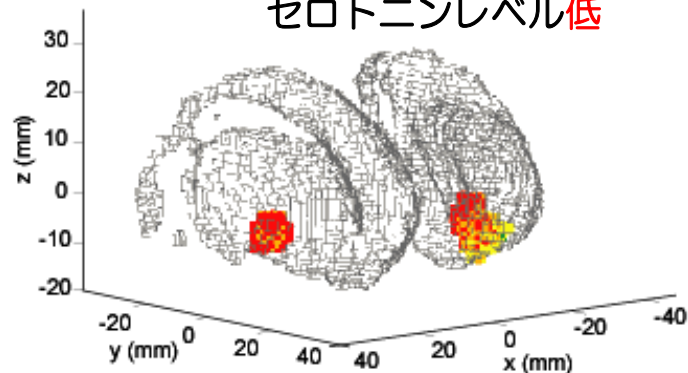


高い割引率での
み期待値を計算

→ 目先しか見て
いない？

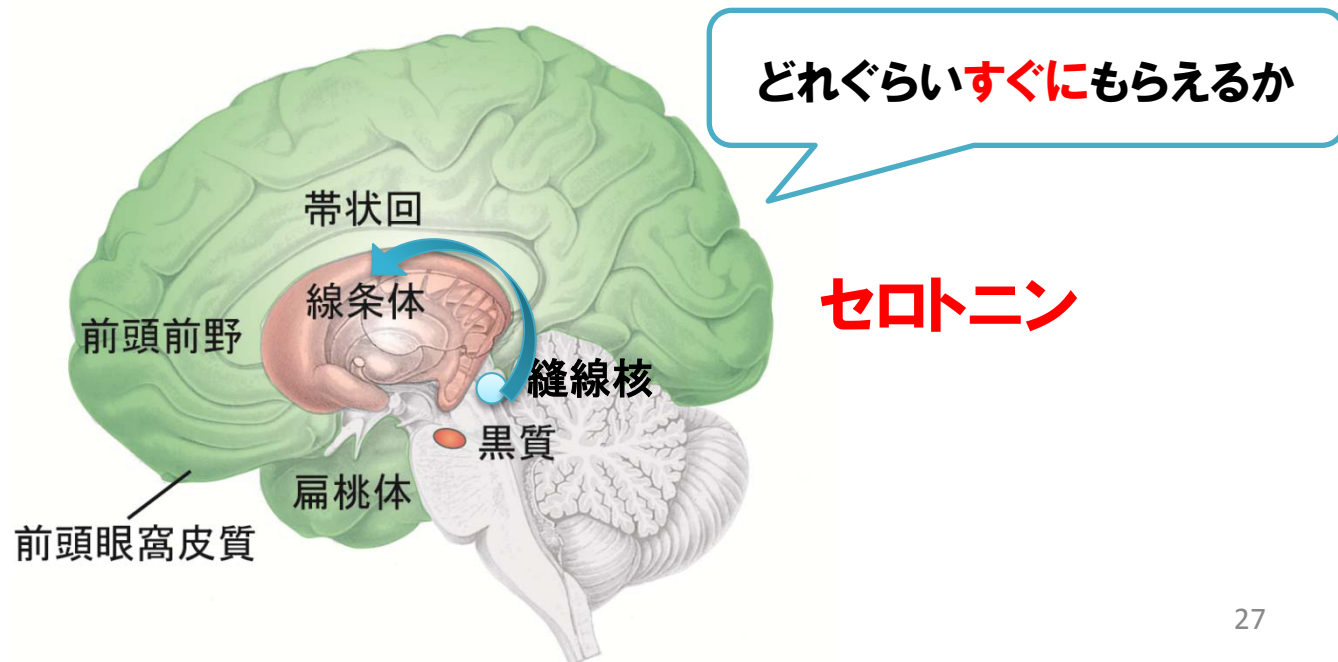


セロトニンレベル低



わたしたちは「期待値」をもとに意思決定する
→ 脳が「期待値」の計算をしている！

期待値 $\propto$ (利得) $\times$ (確率) $\times$ (時間)



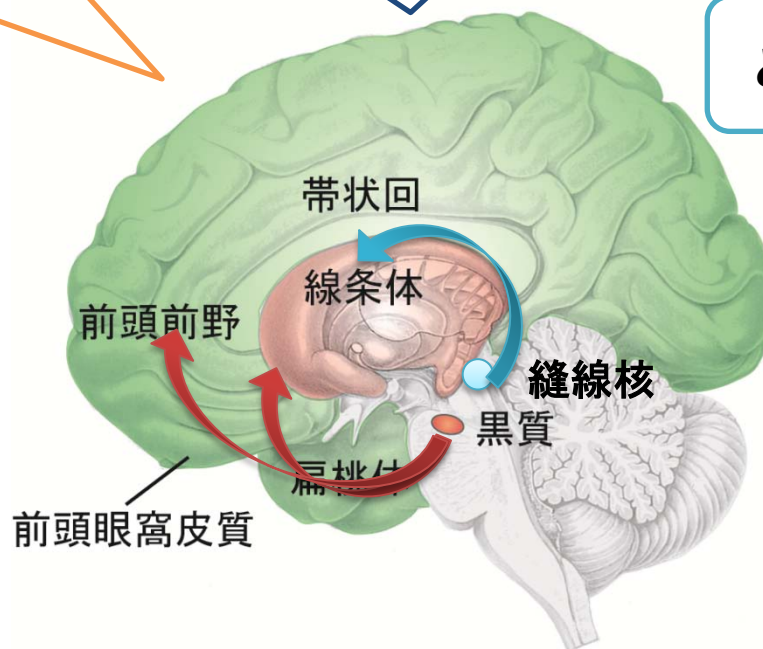
わたしたちは「期待値」をもとに意思決定する
→ 脳が「期待値」の計算をしている！

期待値 $\propto$ (利得) $\times$ (確率) $\times$ (時間)

どれくらい**たくさん**もらえるか

どれくらい**確か**にもらえるか

どれくらい**すぐ**にもらえるか



質問3: 「時間」のもののさしって どうやって決まるの？

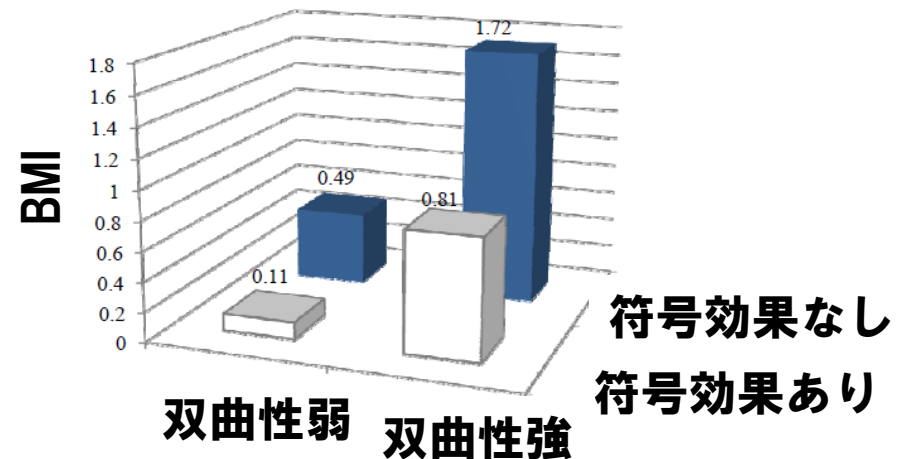
➡ 私たちの脳にはさまざまな長さの「時間」のもののさしが存在し、脳内物質のセロトニンや線条体という部位の働きによってどのもののさしを使うかが決まるようです

（まだまだ研究中・・・）

質問4:
研究成果は
どんな役に立つの？

時間割引と肥満は関係がある？

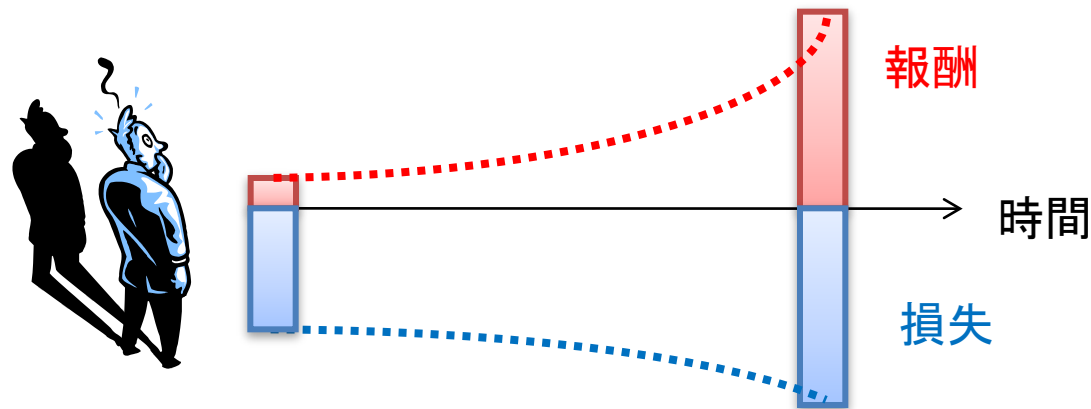
- BMIが高い人
 - 時間割引率 **高**
 - 双曲割引 **高**
 - 符号効果 **なし**



- せっかちで、後回しして、将来太ってしまうことのリスクを重要視しない人は肥満の傾向にある？
- 脳のはたらきはどうなっているのだろうか？

符号効果とは

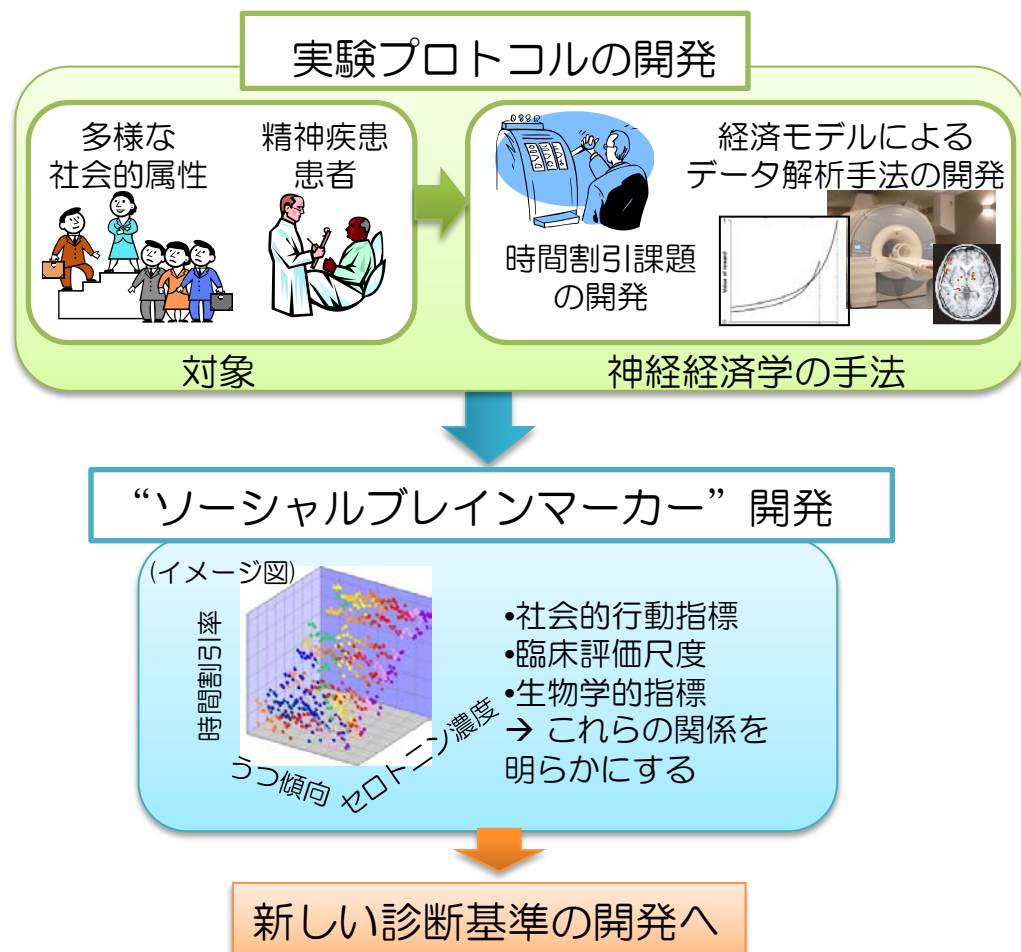
- 将来の損失は報酬ほど割り引かない
 - Lowenstein, 1988
 - 今の \$10 = 1年後の \$21 → 時間割引率: 0.52
 - 今の -\$10 = 1年後の -\$15 → 時間割引率: 0.34
 - Thaler, 1981
 - 報酬の時間割引率は, 損失の3倍から10倍



衝動性を伴う疾患との関連

- 「時間」のもののさしの異常が原因となる精神疾患患者を対象にした研究

- 新しい「診断基準」の開発をめざす



質問4: 研究成果はどんな役に立つの？

①肥満や多重債務といった
社会・経済問題への貢献

②衝動性をともなう疾患の
原因解明・治療・予防への貢献

最後に

「神経経済学」の紹介

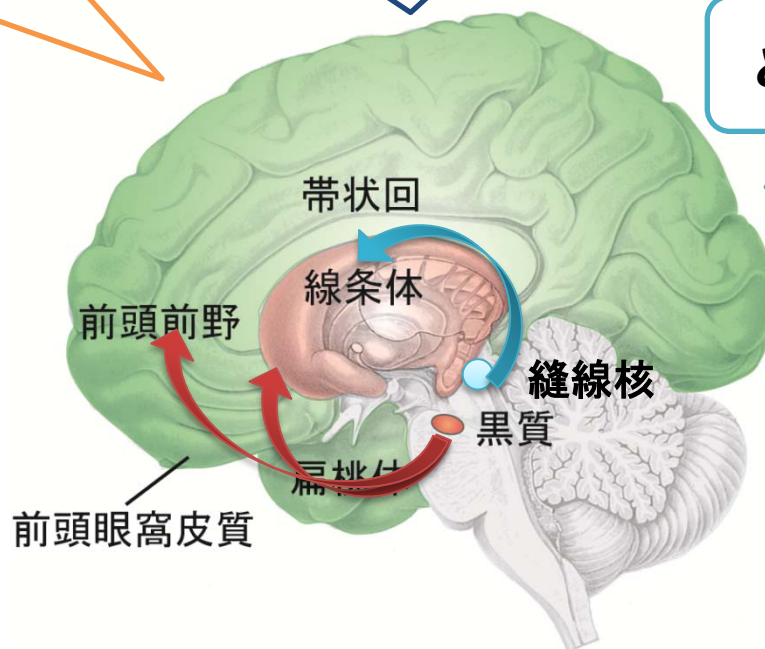
わたしたちは「期待値」をもとに意思決定する
→ 脳が「期待値」の計算をしている！

期待値 $\propto$ (利得) $\times$ (確率) $\times$ (時間)

どれぐらい**たくさん**もらえるか

どれぐらい**確か**にもらえるか

どれぐらい**すぐ**にもらえるか



神経経済学とは？

**経済行動を生み出す脳のプロセスを
脳科学の手法を用いて解明し、
実際の人間の経済行動をより良く説明できるような
新しい経済モデルを作ろうとする新しい分野**

神経経済学の将来性

- ◆ 経済行動を生み出す脳内メカニズムの解明
- ◆ 人間回帰の経済モデルの構築

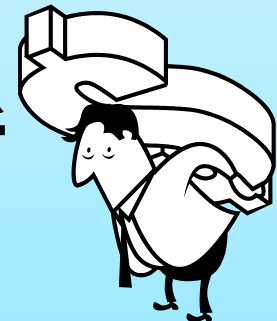


需要予測:
消費者心理の分析
消費行動の予測



投資行動予測:
投資家心理の分析
投資行動の予測

金利問題:
過剰債務者心理の分析
原因解明, 対策



補足資料

時間割引

- 報酬の価値は時間とともに減衰する (Ainslie, 1975)

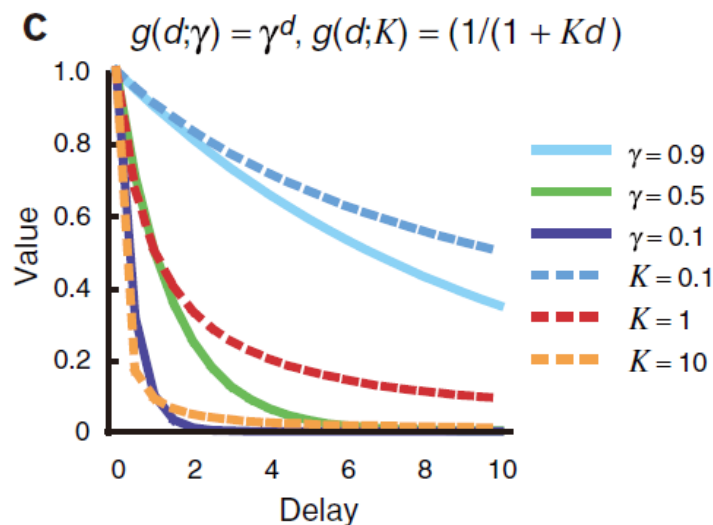
- Exponential model (指数関数モデル)

$$g(D) = \exp(-k_e D) = \gamma^D$$

- Hyperbolic model (双曲関数モデル)

$$g(D) = 1/(1 + kD)$$

- D: 報酬までの時間遅れ
- γ (= $\exp(-k_e)$) : 割引係数 ($0 \leq \gamma \leq 1$)
- k: 割引率 ($0 < k$)

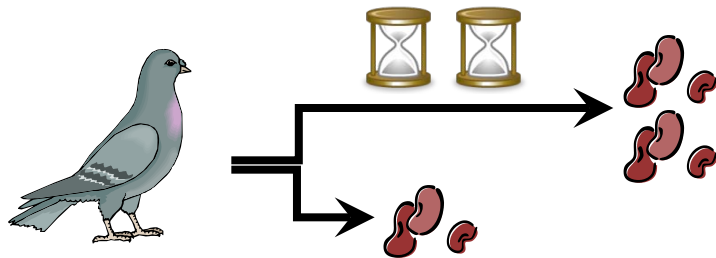
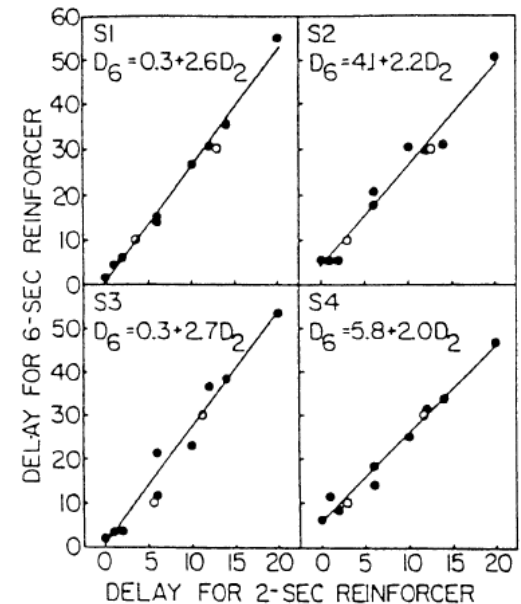


時間割引の実験

- Delay James E. Mazur (1987)
 - 「すぐに得られる小さい報酬」と「時間遅れの後に得られる大きい報酬」の選択課題
 - 小さい報酬の時間遅れを固定して, 大きい報酬の時間遅れを変化させていく
 - 小さい報酬から大きい報酬へ選択を切り替えたポイント = “indifference point”
 - (小さい報酬の価値) = (大きい報酬の価値)

$$R_S/k + D_S = R_L/k + D_L$$

$$\rightarrow D_L = (R_L/R_S - 1)k + R_L/R_S D_S$$
 - モデルの定義式と, データプロットから推定した直線から, 割引率kを求める

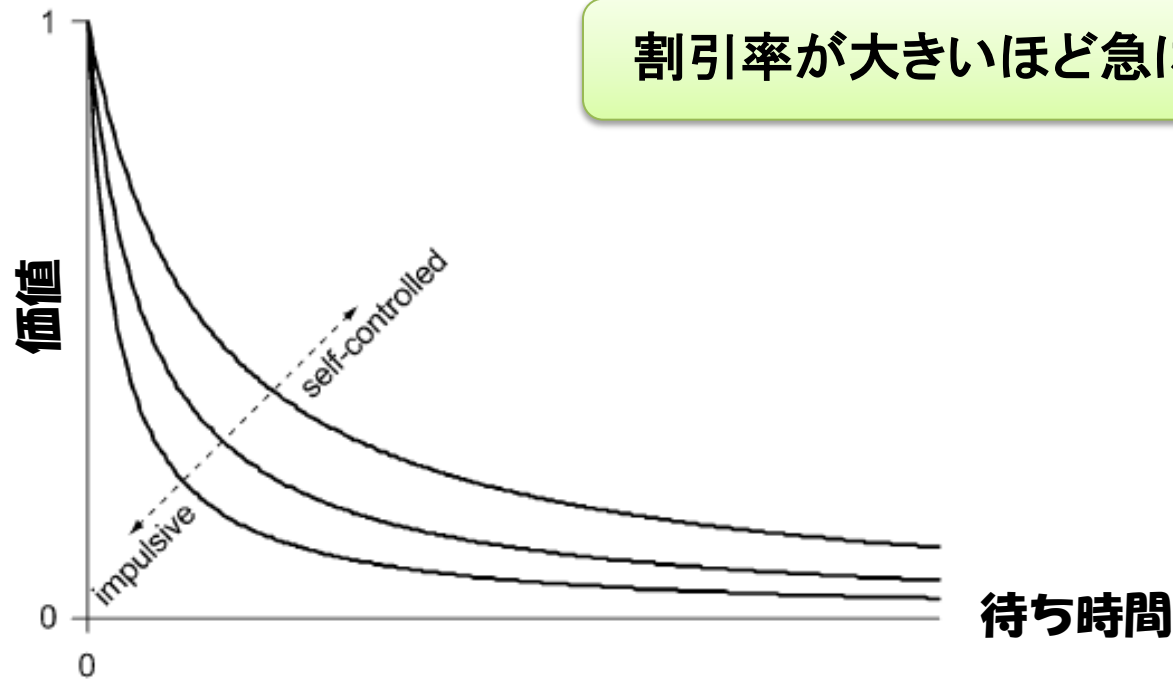


双曲割引とは

価値 = (利得の大きさ) / (1 + 割引率 × 待ち時間の長さ)



割引率が高いほど急に減っていく



最初に急に減って

あとはゆっくり減っていく