

報酬処理・行動選択における主体感の役割

－ 予測性を通じた検討 －

Sense of agencyの定義と機能

Sense of agency (以下SoA)

自分が行為を制御し、その結果外界になんらかの変化を与えているといった感覚

SoAの“機能”とは？

- ・ 統合失調やエイリアン・ハンド等の症状を見ると、ないと困るのは確か..
 - ・ 自己の行為（意図）に伴って生じた知覚的結果と他の環境変化の間の弁別、行為—結果 間の因果的な結びつけ
- ➡ 適応的な行動の獲得・修正に不可欠

“たとえ人か何らかの失敗を犯しても、自身の行為がその結果を引き起こしたという agencyが生じない限り、彼は自己の行為を改めようとはしないであろう”

(Chambon et al., 2014)

- ⇔ 一般的に、ヒトはネガティブなイベントを自分に帰属しにくい（自己奉仕バイアス）
潜在的に測定されたSoAにおいても同様の傾向を確認 (Takahata et al., 2012)
— 行動の選択の余地がない（結果が常に予測可能である）状況

* SoAは行為の“選択”とその結果の価値の結びつけ（学習）を促進する？

SoAの媒介的作用を2つの側面から検討

1. 行為選択および結果の性質の処理がSoAに与える影響
2. SoAが行為選択および結果の性質の処理に与える影響

“行為 - SoA - 結果” → “行為選択 - SoA - 結果の認知的処理” の構図への拡張

研究 1 : 目的・方法

潜在指標は実際の行為主体の曖昧さに関わらず, SoAの量的側面を反映

目的 :

【 1 . 行為選択および結果の性質の処理がSoAに与える影響】 の検討
行為の選択と結果の価値・予測性からなる文脈はSoAをどのように変容させる？

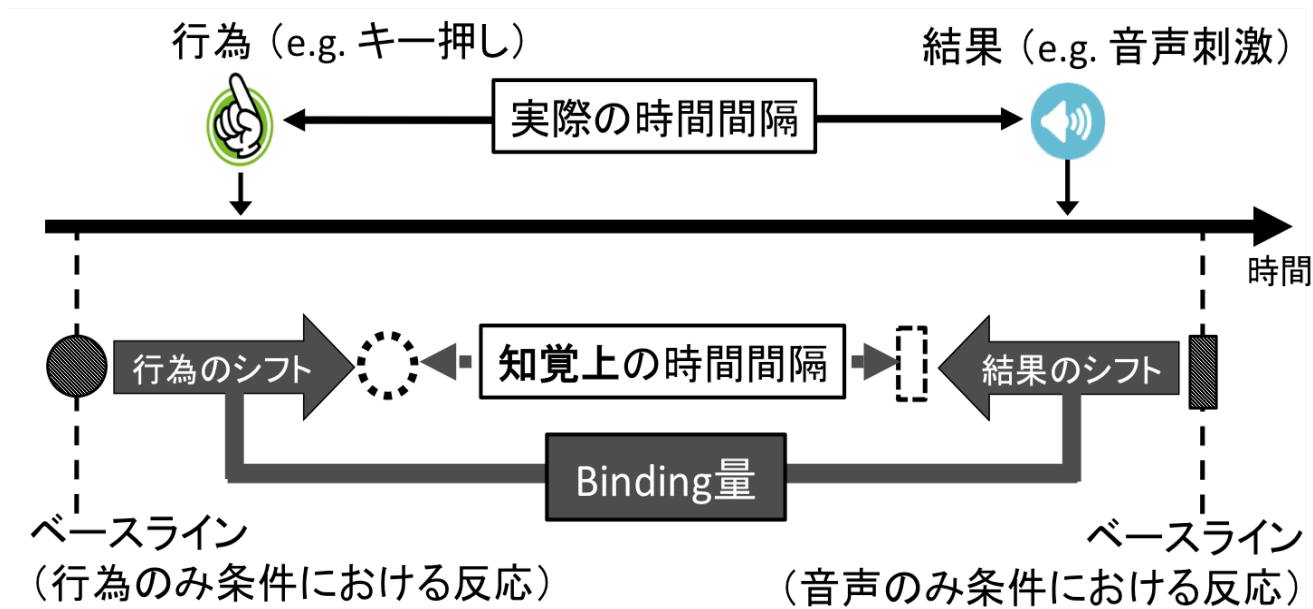
方法 :

行為選択の自由性といった行為の実行に関する要因
行為結果の情動価といった結果の性質に関する要因 を同時に操作 (N=24)

➡ 潜在指標 (Intentional Binding) における 2 要因の相互作用を評価

Intentional Binding

自発的行為とそれによる外界の変化の知覚の間に生じる主観的な時間間隔の圧縮
行為実行のタイミングが遅れて（結果に近く）、
結果の知覚タイミングが早く（行為に近く）知覚されることで生じる。



研究1：デザイン

行為の対象

8つのキーの中から
自由選択条件 vs. 非選択条件

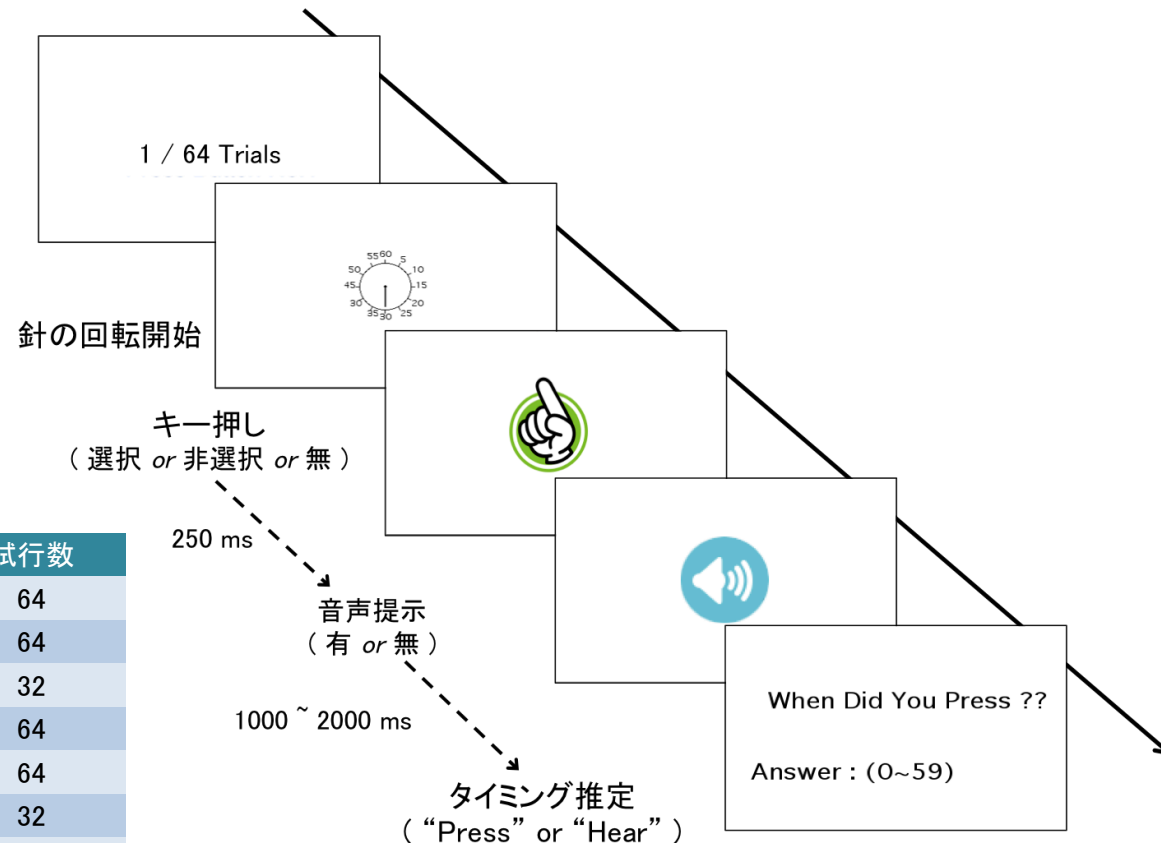
×

行為結果

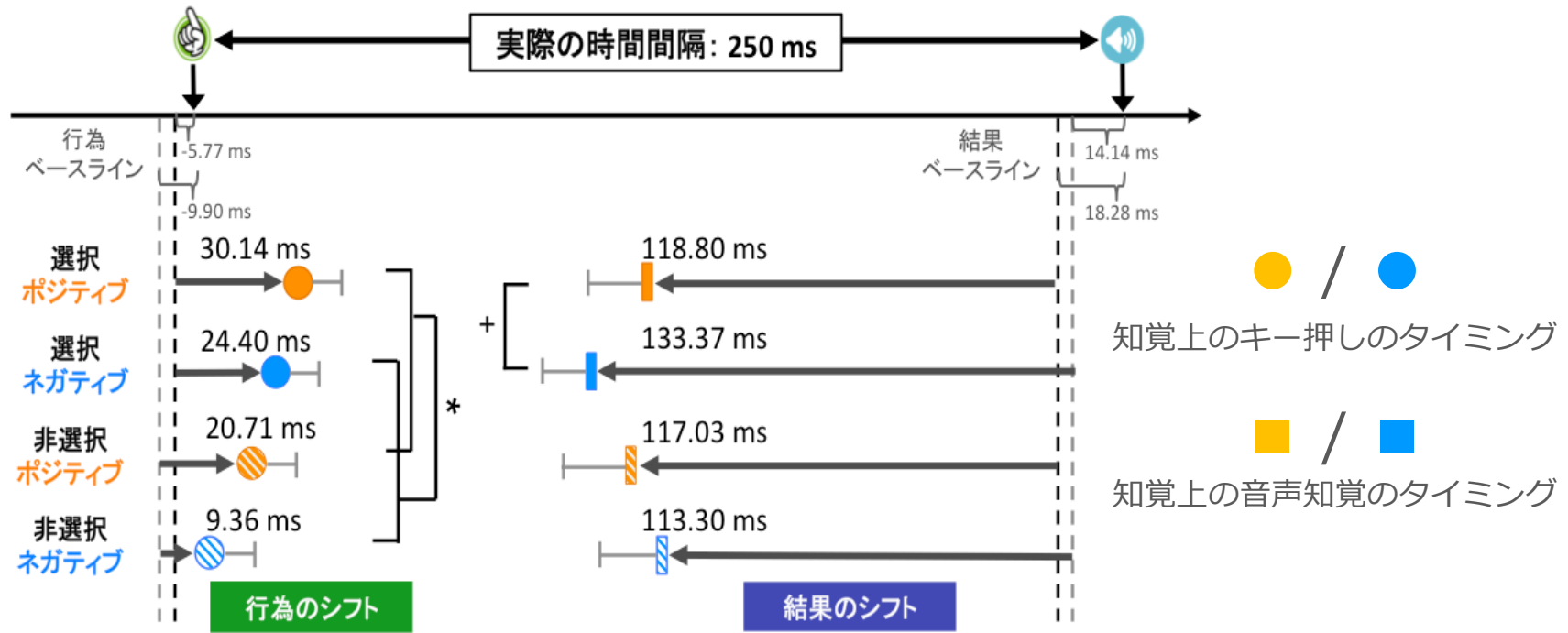
ポジティブ vs. ネガティブ
な情動価の音声刺激を提示

Intentional Binding課題, ブロック構成

セクション	行為	結果	推定対象	試行数
A	選択	有	キー押し	64
B	選択	有	音刺激	64
C	選択	無	キー押し	32
D	非選択	有	キー押し	64
E	非選択	有	音刺激	64
F	非選択	無	キー押し	32
G	無	有	音刺激	64



研究 1 : 行為・結果のシフト



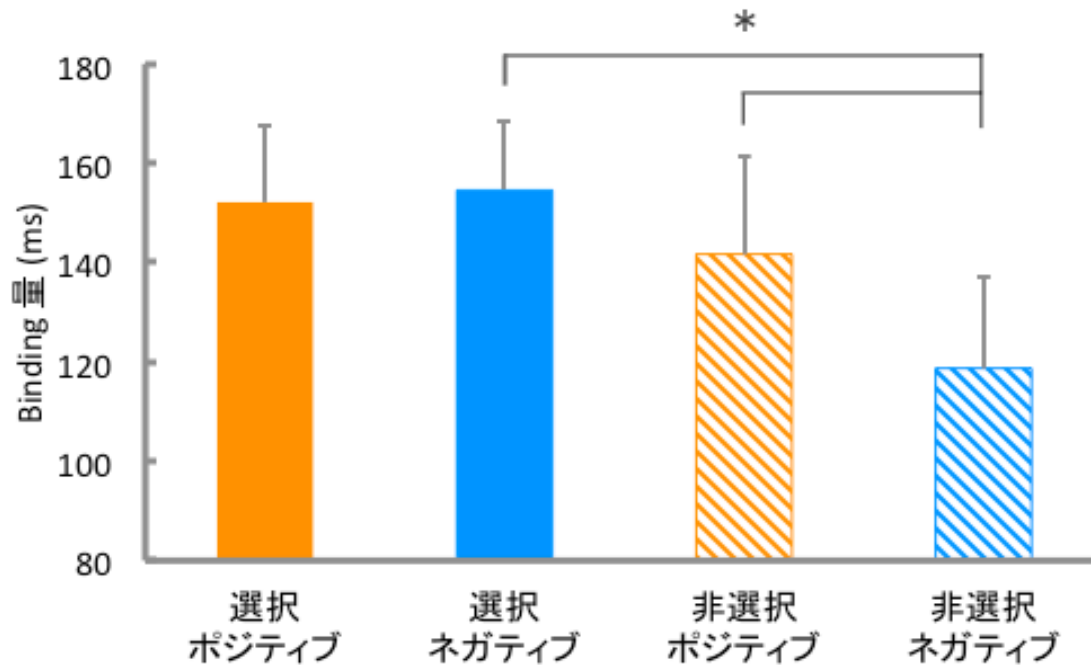
行為のシフト

情動価の有意な主効果
 ポジティブ > ネガティブ ($p < .05$)

結果のシフト

自由性と情動価の有意な交互作用 ($p < .05$)
 選択条件のみにおいて
 ポジティブ < ネガティブ ($p = .09$)

研究1：全体のBinding量・考察



各選択・情動価条件における全体のbinding量

自由性と情動価の交互作用

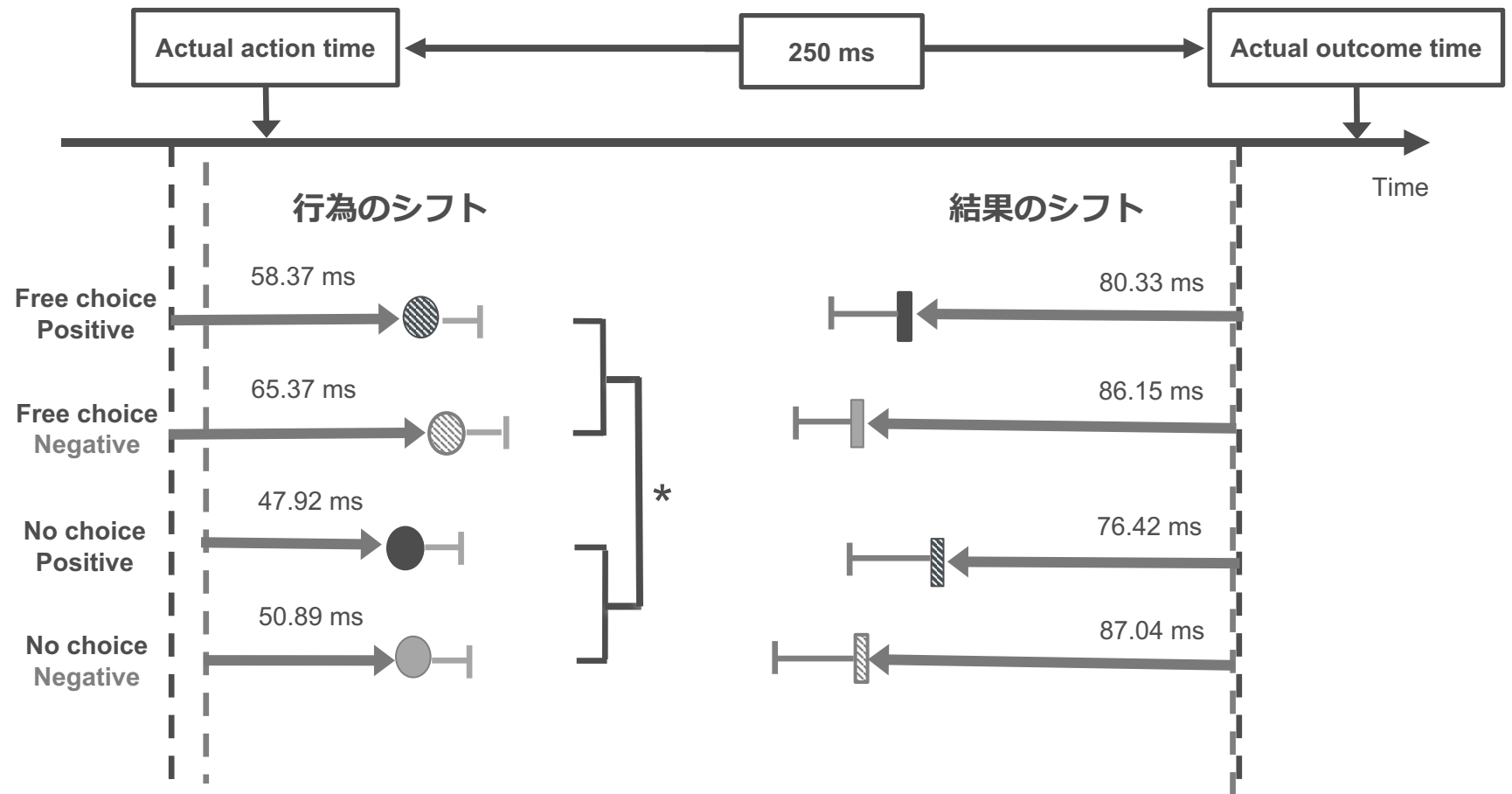
行為結果がネガティブだった場合,
選択 > 非選択 ($p < .05$)

行為対象を選択できなかった場合,
ポジティブ > ネガティブ ($p < .05$)

- 複数の選択肢の中から行為を選択：
行為と不快な結果との結びつきの増強
将来類似の選択機会に直面したときに
同様の選択を避ける可能性が上昇する？

低次の情動処理や運動感覚情報などの
内的な情報統合処理から生じる可能性

【ちなみに】 情動価をブロック内操作としたときは...



* 行為のシフトにおいて, 選択 > 非選択 のみ有意 ($p < .05$)

= 結果の情動価が予測可能である (選択に関わらず変わらない) 場合は,
 選択 × 情動価の交互作用が消失

➡ 予測性は反応修正の可能性を示唆する潜在的な手がかりとして機能

研究2：目的・方法

研究1から… 行為の選択およびその結果の情動価の相互作用がSoAを形成する

SoAの適応的役割を示すには、
主体的経験や情動・因果認知といった内的過程のみならず、
それらを介した将来的な行動への影響過程を含めた検討がなされるべき

目的：

【2. SoAが行為選択および結果の性質の処理に与える影響】の検討
実験的操作によるSoAの変容は行動の選択と報酬の学習にどのような影響を与える？

方法：

行為選択が確率的に報酬もたらず実験事態を設定し、
SoAの潜在的な手がかりとしての課題非関連な結果の予測性の操作によって
生じる認知的・行動的影響を実証

たとえ人か何らかの失敗を犯しても，自身の行為がその結果を引き起こしたという agencyが生じない限り，彼は自己の行為を改めようとはしないであろう

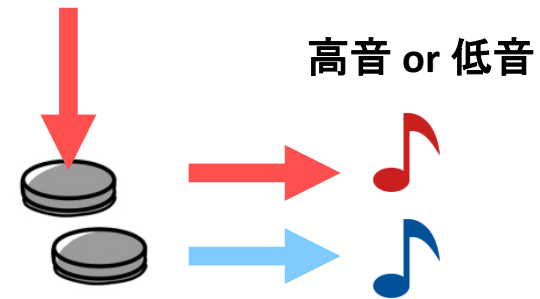
(Chambon et al., 2014)

研究 2 : 実験 1 (N=64)

行為-結果連合学習

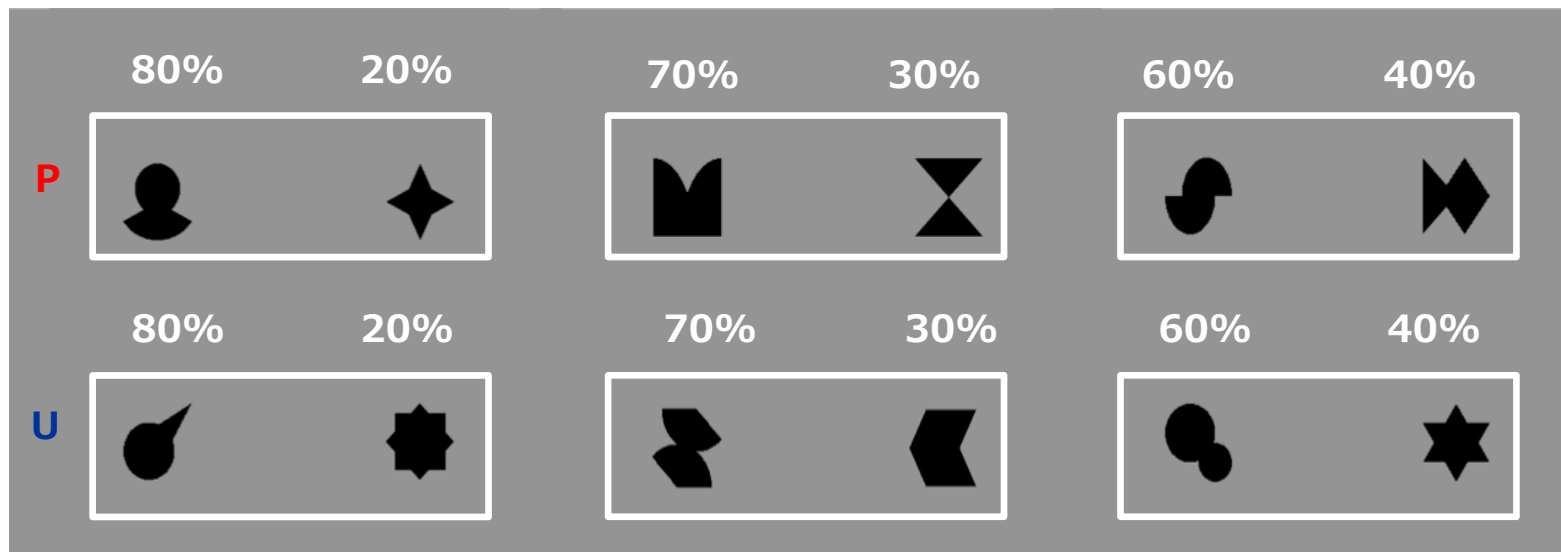
左右のボタン押し ➡ 高音/低音のフィードバック
実験を通して基本的にボタンと音の組み合わせは固定

参加者は左右のボタンをできるだけランダムに
同頻度で計200回押す。



強化学習課題

報酬確率 : 6段階(20-80%) × 予測性 : 2条件(**P**redictable vs. **U**npredictable)



強化学習課題：学習フェイズ

6 対無意味図形のうち 1 つを提示

参加者は 1 つを連合課題で用いたのと同じボタンを使って選択

➔ 視覚フィードバック

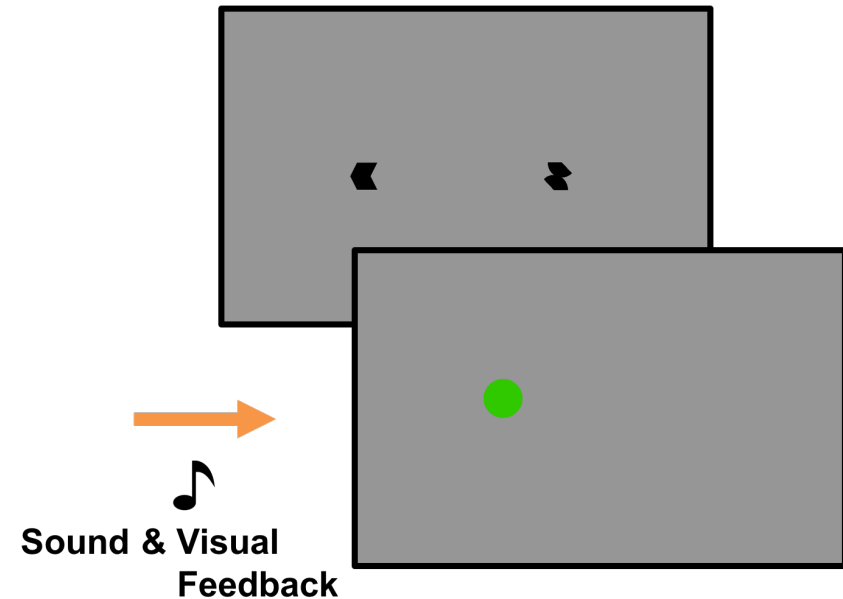
報酬 / 罰 = 緑 / 赤 の円

+

(報酬非関連な) 聴覚フィードバック

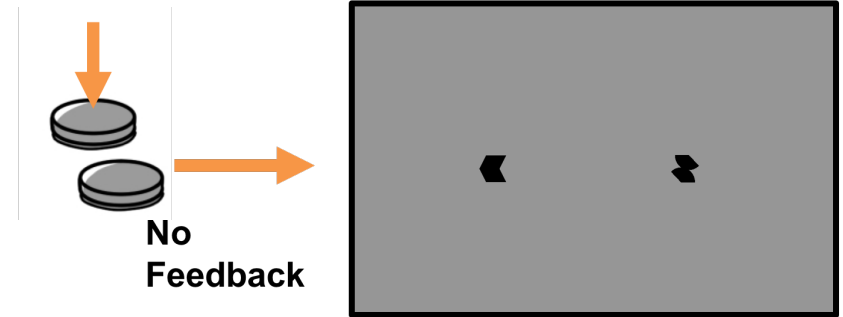
— **Predictable Pair**における選択
常にボタンと連合した音 (100%)

— **Unpredictable Pair**における選択
低頻度で選択しなかったボタンと連合した音のフィードバック **(35%)**
65%の試行はPredictable条件と同様



強化学習課題：テストフェイズ

全ての可能な組み合わせ (${}_{12}C_2 = 66$)
× 2 (左右のカウンターバランス)
視覚・聴覚フィードバック共に無し



* カウンターバランス

キーと音の組み合わせ

報酬確率および予測性と図形の種類

学習フェイズにおける試行数は各被験者のパフォーマンスに準じて変化 (240-360)

実験 1 : 結果

Bradley-Terry 法によるテストフェイズにおける一対比較の分析

* 最も報酬確率が低い選択肢において

Predictableな音を伴う選択肢よりも

Unpredictableな音を伴う選択肢を選びづらい

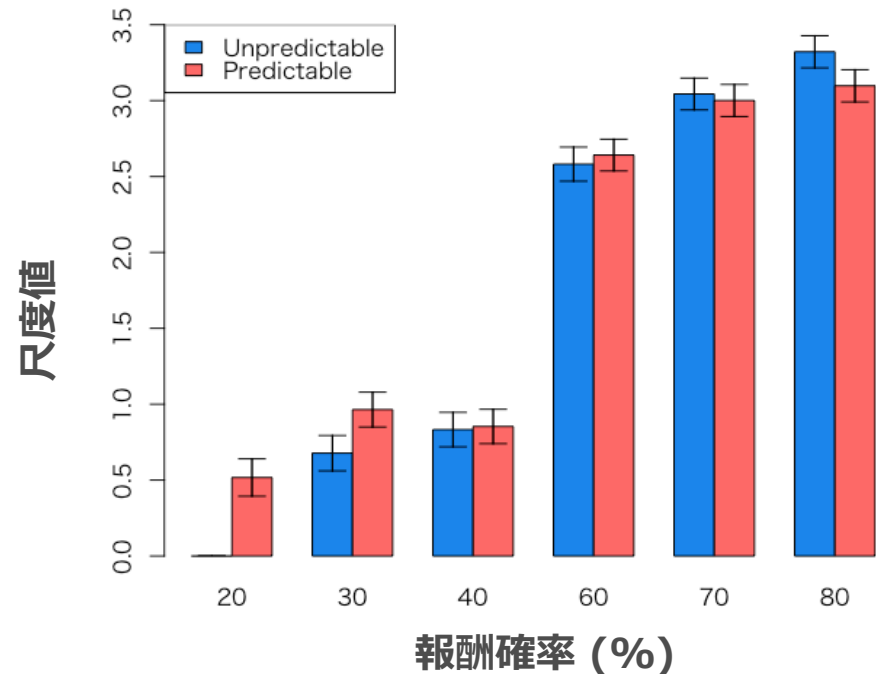
(Unpredictable20% < Predictable20%:

$$z = 4.46, p < .001)$$

⇔ 最も高い報酬確率では逆転

(Unpredictable80% > Predictable80%:

$$z = 2.50, p < .05)$$



実験 1 : 結果

ロジット関数をリンクとした一般化線形混合モデル(GLMM)

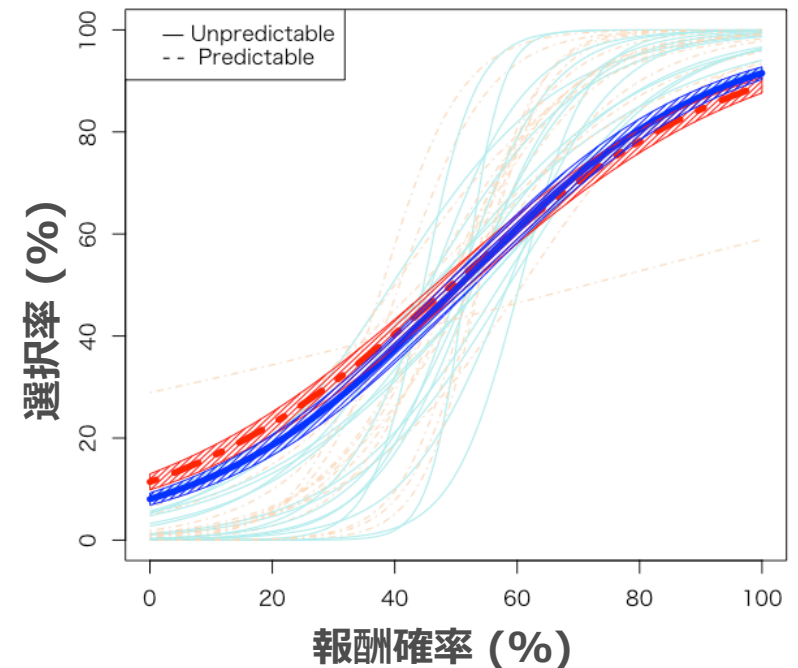
ランダム切片: 実験参加者・定時 1 (左/右)

* 予測性と報酬確率の有意な交互作用 : **Unpredictable** において...

報酬確率が低い選択肢の選択率が低下

報酬確率が高い選択肢の選択率が増加

Factor	Coefficient	Wald's test
切片	-1.78	$p < 0.001$
予測性	-0.38	$p = 0.596$
報酬確率	0.51	$p < 0.001$
予測性 × 報酬確率	0.10	$p < 0.001$



研究 2 : 実験 2 (N = 64)

◎ 賭博課題: カード・ソーティング・ゲーム

① ベット: 各試行におけるベットを決定 (1-10)

② カード選択: マウスを用いたドラッグにより, 選択した1枚のカードを移動

➔ 座標変換による自己主体感の操作

Predictable条件:

ドラッグ中, カードは常にマウス操作と同方向に移動

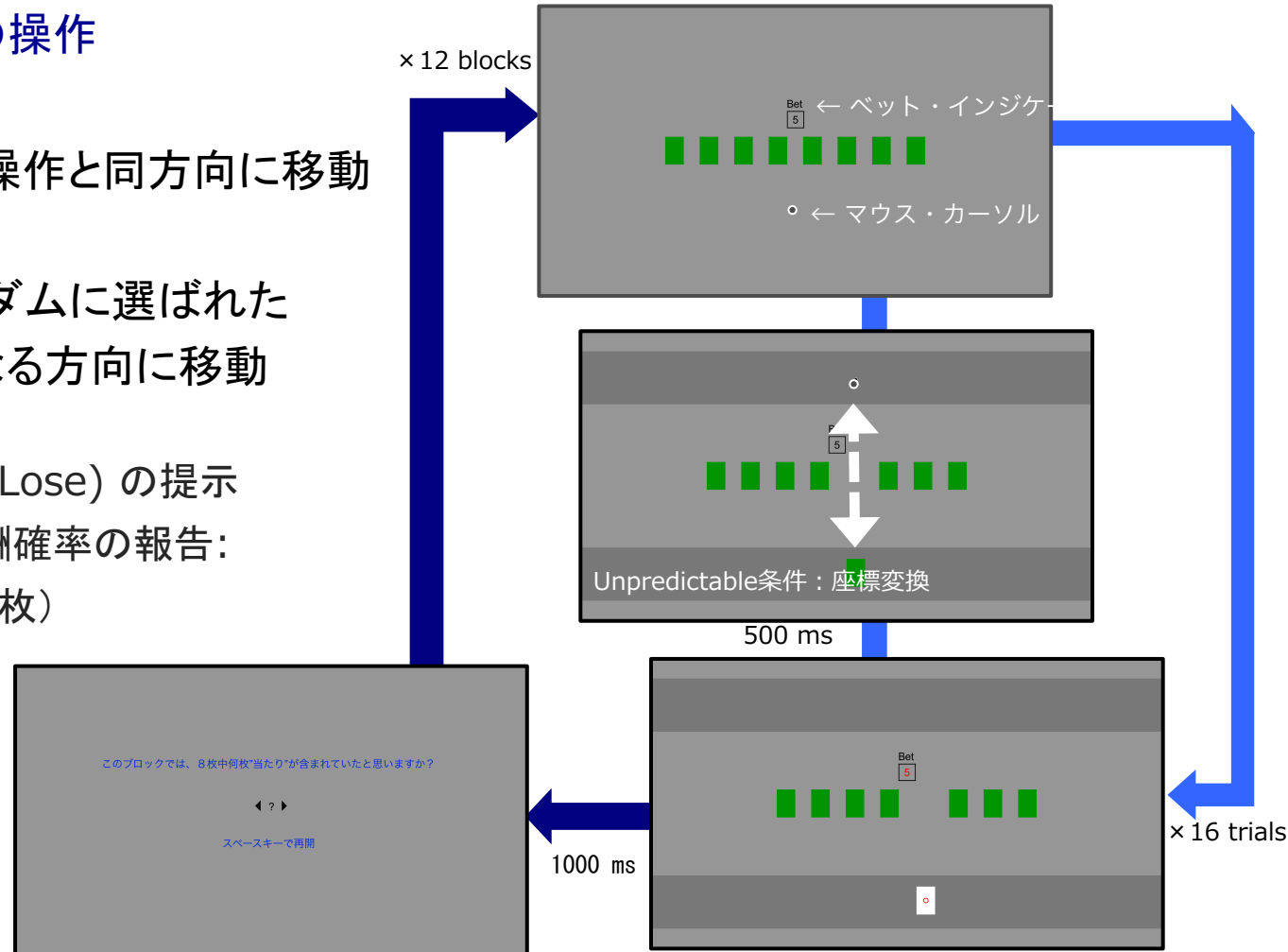
Unpredictable条件:

カードは3つのパターンからランダムに選ばれた座標変換によりマウス操作と異なる方向に移動

③ フィードバック: 報酬 (Win) ・罰 (Lose) の提示

④ (各ブロック終了時) 主観的な報酬確率の報告:

報酬カード枚数の推定 (8枚中?枚)



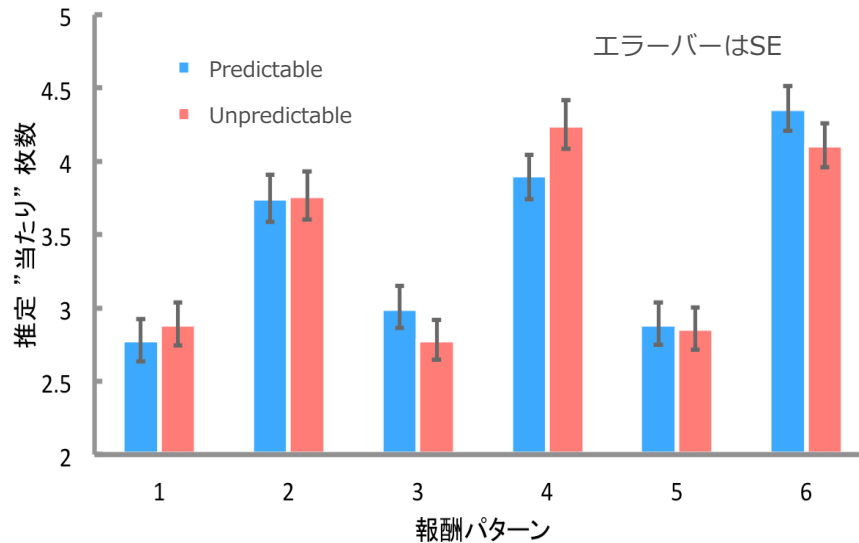
実験 2 : 手続き

* 報酬頻度は各ブロックの前後半8試行において独立に操作

➡ 計12ブロック (2: 主体感 × 6: 報酬パターン) を実施
実施順序についても全実験参加者間でカウンターバランス

報酬パターン	前半 8 試行	後半 8 試行	合計 (枚数推定の期待値)
1	3	4	7 (3.5)
2	3	6	9 (4.5)
3	4	3	7 (3.5)
4	4	5	9 (4.5)
5	5	2	7 (3.5)
6	5	4	9 (4.5)

実験2：結果（主観報告と反応時間）

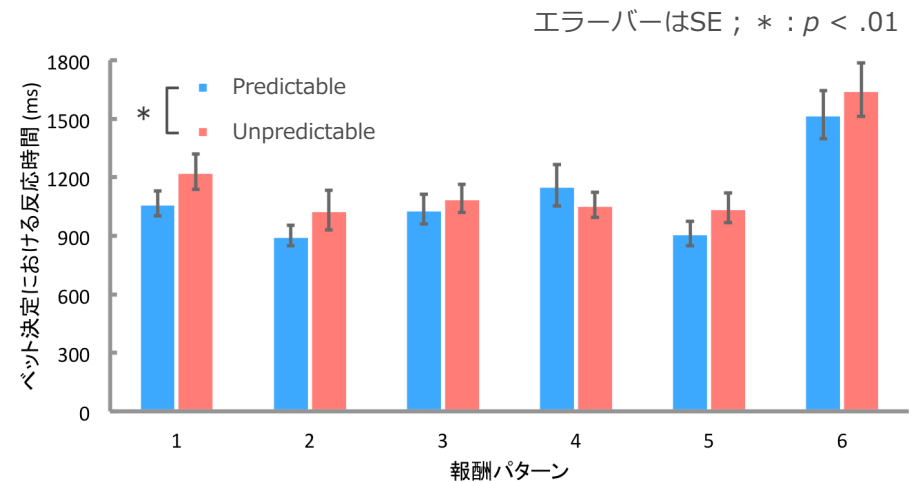


各予測性条件・報酬パターンのブロックにおける平均推定報酬確率。

主観的報酬認知

予測性の操作は主観的な報酬認知には影響を与えず

➡ 事後的報告を求めたことによるブロック全体の報酬頻度に依存した推定？

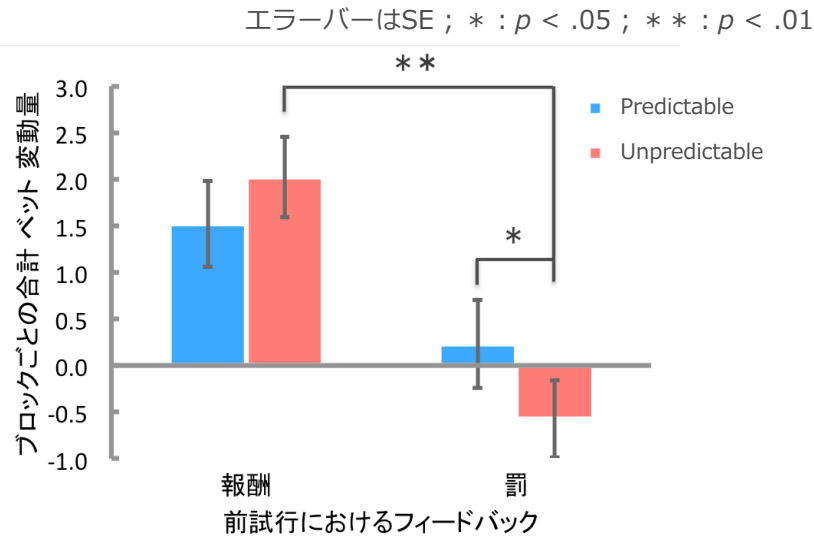


各予測性条件・報酬パターンのブロックにおけるベット決定までの平均時間。

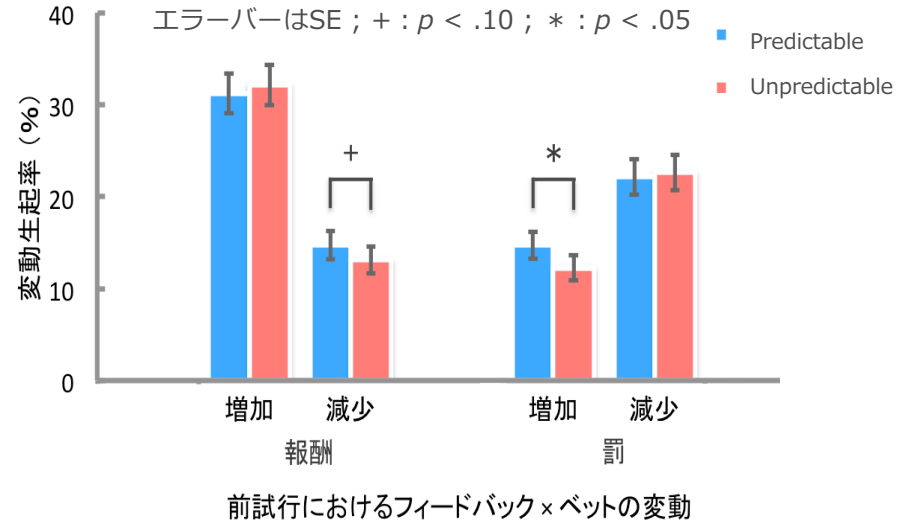
ベット決定までにかかった時間

実験参加者がベットの決定に要する時間は Predictable 条件において Unpredictable 条件より短い ($p < .01$)

実験 2 : 結果



各予測性条件ブロックにおける報酬・罰後の合計ベット変動量の平均。



各予測性条件における報酬・罰後のベットの増減の平均生起確率。

• ベットの 변동量と变动確率

- Unpredictable条件のみにおいて、前試行の結果によるベット量の変動に有意な差 ($p < .01$)
- 特に罰のフィードバック後の試行で、Predictable条件と異なり、LA条件ではベットが減少 ($p < .05$)
- Unpredictable条件に比べ、Predictable条件において罰後にベットを増加させ、報酬後に減少させやすかった ($p = .09$)

行為—自己主体感—結果の循環的影響モデル

* 予測性と不一致な行為結果は適切な行為選択を促進した。

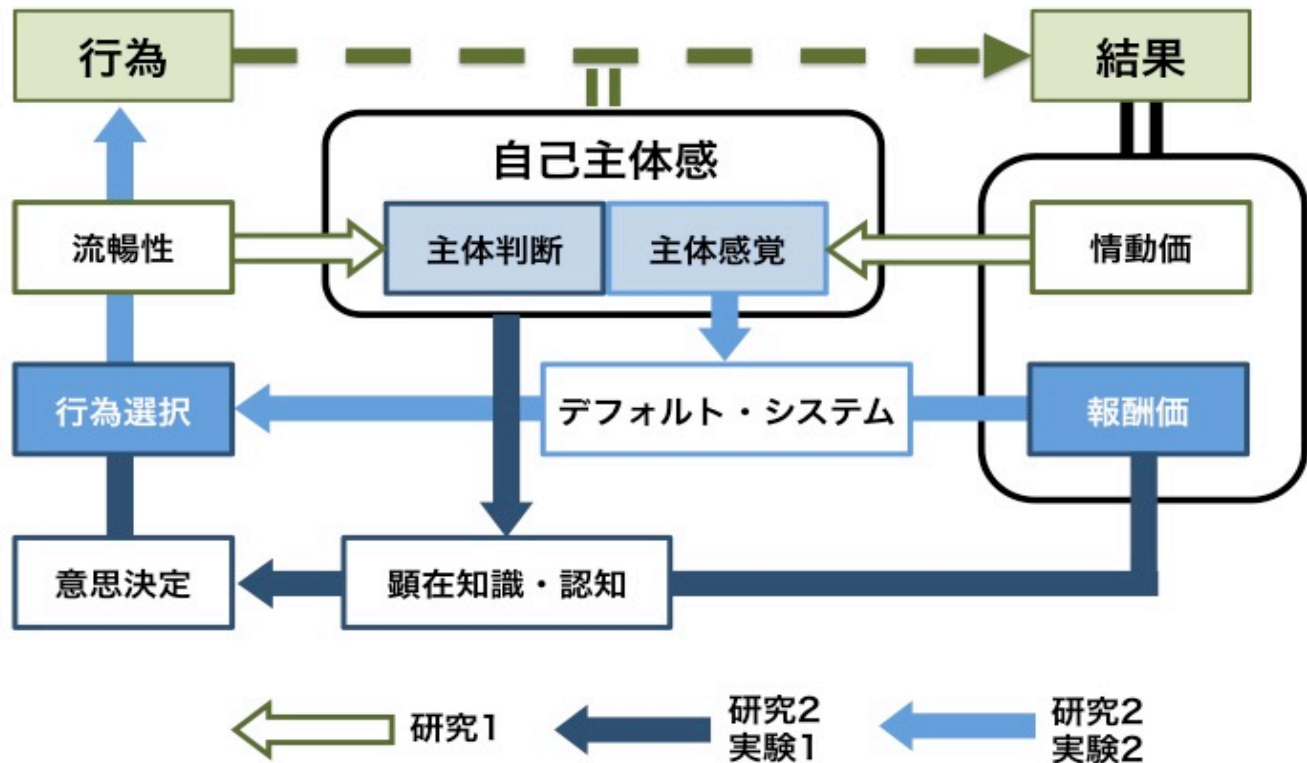
= ネガティブな結果に対する鋭敏性の向上

自己主体感 (主体感覚) は通常意識化されない

⇔ 何らかの原因で損なわれた場合にのみ, その存在が顕在化

(Chambon, Sidarus, & Haggard, 2014)

➔ 行為選択への無自覚的影響
顕在的の手がかりとの統合



Sense of agencyの“定義” ⇔ “機能”

Sense of agency (以下SoA)

自分が行為を制御し, その結果外界になんらかの変化を与えているといった感覚

SoAの“機能”とは?

- ・統合失調やエイリアン・ハンドシンドローム等の精神疾患の症状を見ると, ないと困るのは確か...
 - ・自己の行為 (意図) に伴って生じた知覚的結果と他の環境変化の間の弁別, 行為-結果 間の因果的な結びつけ
- ➡ 適応的な行動の獲得・修正に不可欠

では, 定義 = 「ある結果を自分の行為が引き起こしたと感ずること」

↑↓ ???

機能 = 「ある結果を自分の行為が引き起こしたと感ずさせること」

SoAの機能の解明に向けて

* 概念的示唆

デフォルト・システムとしてのSoA
Feeling of agencyとJudgment of agency
ControllabilityとAgency

* 方法論的示唆

低次の感覚運動的手がかりを用いたSoAの間接的操作
強化学習や意思決定課題をもちいた行動指標の検討

定義 = 「ある結果を自分の行為が引き起こしたと感ずること」 → **個々の経験**



機能 = 「ある結果を自分の行為が引き起こしたと感ずさせること」 → **蓄積と汎化**
→ **行動の変容**

Thank You!

Any Questions?