

学位請求論文審査要旨

報告番号: 甲 第 号

氏名: 田中拓海 君

論文題目: 行動と結果の結びつけにおける予測の役割の検討

審査担当者

主査: 慶應義塾大学文学部教授・大学院社会学研究科委員

博士 (人間環境学)

川畑 秀明

副査: 慶應義塾大学文学部教授・大学院社会学研究科委員

博士 (心理学)

梅田 聡

副査: 慶應義塾大学医学部専任講師

博士 (医学)

前田 貴記

1. 本論文の要旨

(1) 本論文の概要

スイッチを押して部屋の明かりをつける, 蛇口をひねって水を出す, ブレーキを踏んで車を止める, のような人間の動作は日常的にありふれたものだが, 誰もが最初からできるわけではない。生まれて間もない乳幼児や, 電気とは無縁の文化の暮らす人々は, 真っ暗な部屋に入ってもスイッチを押すといった行動をとることはなく, スイッチを押すと電気がつくといった経験を重ねることで, 明かりをつけたければスイッチを押すという行動を選択するようになる。本論文では, 自らが取りうる行動がどのような結果をもたらすのかという予測に焦点を当て, 人間の行動とその結果の結びつけにおいて「予測」がどのような役割を果たしているのかについて実験心理学的に定量的に捉えようとした。

従来, 人間の行動選択における結果の役割は, 主に二つの側面から明らかにされてきた。1つは報酬的機能についてであり, ある結果がそれを引き起こした本人にとってどの程度の価値を持つかによって行動の生起頻度が変化する。もう1つはその価値とは独立に「この行動をしたら, 何が起こるか」という行動結果の知識 (知覚表象) を持っていること自体が行動を誘引する。本論文では, 行動とその結果との間の結びつきにおいて, そこに生じる価値や知覚的特徴の対応関係を予測することが行動選択にどのような役割を果たしているかを検討し, その中でも報酬予測と知覚的予測とが独立して行動と結果の結びつきの過程に影響を与えていることを明らかにした。

(2) 本論文の構成 (目次)

第1章 序論

1.1. 導入

1.2. 行動選択における結果の重要性

1.2.1. 行動結果の価値的側面

1.2.2. 行動結果の知覚的側面

1.3. 行動と結果の結びつき

- 1.3.1. 行動と結果の結びつきの定義
 - 1.3.2. 行動と結果の結びつきの測定
 - 1.4. 行動結果の報酬価値の予測
 - 1.5. 行動結果の知覚的特徴の予測
 - 1.6. 本研究の目的
- 第2章 研究1：行動と結果の結びつけにおける報酬予測の役割
- 2.1. 目的
 - 2.2. 実験1
 - 2.2.1. 方法
 - 2.2.2. 結果
 - 2.3. 実験2
 - 2.3.1. 方法
 - 2.3.2. 結果
 - 2.4. 実験1と実験2の比較分析
 - 2.5. 考察
- 第3章 研究2：行動と結果の結びつきにおける知覚的予測の役割
- 3.1. 目的
 - 3.2. 方法
 - 3.2.1. 文献検索
 - 3.2.2. 適格性基準
 - 3.2.3. コーディング
 - 3.2.4. コーディングの信頼性
 - 3.2.5. メタ分析の手続き
 - 3.3. 結果
 - 3.3.1. 行動のシフトと結果のシフトのメタ分析
 - 3.3.2. **Intentional binding** のメタ分析
 - 3.3.3. 行動のシフト，結果のシフトおよび**intentional binding** の関係
 - 3.4. 考察
- 第4章 研究3：知覚的予測が連合・行動選択の形成に与える影響
- 4.1. 目的
 - 4.2. 実験3
 - 4.2.1. 方法
 - 4.2.2. 結果
 - 4.2.3. 考察
 - 4.3. 実験4
 - 4.3.1. 方法

4.3.2. 結果

4.3.3. 考察

第5章 研究4：知覚的予測が知覚・報酬処理に与える影響

5.1. 目的

5.2. 実験5

5.2.1. 方法

5.3. 結果

5.4. 考察

第6章 総合考察

6.1. 研究結果のまとめ

6.2. 行動と結果の結びつけにおける予測

6.2.1. 研究2（メタ分析）に基づく行動と報酬の結びつけの再解釈

6.2.2. 行動と結果の結びつけにおける報酬予測と知覚的予測の関係

6.3. 連合の形成と行動変化における予測

6.4. 予測の適応的機能とその障害

6.5. 限界と今後の展開

6.5.1. 情動的価値と金銭的価値

6.5.2. 行動と結果の結びつきに関わる予測の神経基盤

6.5.3. 自己の形成における予測

6.6. おわりに

引用文献

関連業績

謝辞

資料

(3) 各章の要旨

第1章・序論では、行動と結果の結びつきに関するこれまでの議論を概観し、人間の行動選択における結果の重要性について先行研究をもとに丁寧に確認した。行動と結果の結びつきの生起メカニズムに自己の行動結果を予測するシステムが関与するという研究知見がある一方で、具体的なメカニズムや機能については未解明である状況を説明した。自分が選択した行動がどのような結果となり得るかという予測について、報酬的側面と知覚的側面から整理し、それぞれが主観的経験と行動に与える影響過程についてどのように実証的に解き明かし得るかについて述べ、2章以降で検討することを示した。また、自己主体感とよばれる、外界で生じたある変化が自分の意図や行動によって引き起こされたものであるという主観的な感覚を行動と結果の結びつきに関連付け、行動と結果の結びつきの因果的知覚に関する方法論を本研究の目的に即して整理した。

第2章・研究1では、行動の選択と情動的価値を伴う結果の間に生じる結びつきを、知覚的事象である **intentional binding** を通して定量化した。**intentional binding** は自発的行動とそれによる外界の変化の知覚に生じる主観的な時間間隔の圧縮（時間のシフト量）を指標としており、従来、ある行動と結果の因果関係を強く感じているときほど、行動の実行タイミングが遅れて（行動のシフト）、結果の知覚タイミングが早く（結果のシフト）知覚されるこ

とで、意図した行動とその結果が時間的に近づいて感じられることが知られてきた。研究1では、結果が不確定な状況で主体的に行動を選択したときには、潜在的な処理段階でその行動とネガティブな結果が強く結びつけられていることが示めされ、行動と結果との間の報酬予測が行動変化の基盤となり得ることを示唆した。

第3章・研究2では、行動と結果の結びつきにおいて、報酬とは独立してどのように知覚的予測が役割を果たすのかを検討するため、過去の研究で報告された **intentional binding** に関する定量的メタ分析を行った。これにより、**Libet clock** 法をはじめとした **intentional binding** による間接推定法と直接推定法との測定手続きの間で、測定の信頼性や観察される行動とその結果の間の知覚的な時間の変化の性質に大きな違いがあることが明らかになった。また、これまで明確に区別されずに使われてきた **intentional binding** において結果のシフトが、一般的な知覚的予測メカニズムに大きく依存していることを示唆した。これにより研究1で検討した報酬予測に加え、研究2では、行動と結果の結びつきにおいて、時間的な側面における知覚的予測が重要な役割を果たしていることを示すことができた。

第4章・研究3では、自分自身の行動によって生じる結果の知覚的予測が、実際に採用する行動の変化に与える影響を検討するため、強化学習課題およびギャンブル課題を用いて検討した。その際、報酬確率を課題において変動させるのと独立して行動結果の予測性を操作した。強化学習課題では、知覚的予測の操作として空間的な予測性を操作し、最初に結びつけの強さと主体判断への影響を測定した。一方でギャンブル課題ではカードソーティングゲームと呼ばれる実験を用いた。それらの結果から、報酬価とは非関連であっても、知覚的予測性が低いフィードバックが与えられることで行動と結果の間の結びつきが希薄化し、行動の変化が阻害されることが示唆された。

第5章・研究4では、知覚的予測が行動結果の知覚処理自体に影響を与える可能性を考慮し、曖昧かつ潜在的な報酬手がかりをもつ2方向運動弁別課題を用いて、予測性が知覚判断に与える影響を検討した。その結果、予測と一致しない行動結果が行動の報酬とは独立して運動弁別判断に影響することが示された。また、予測から逸脱した行動結果が、注意を捕捉することでより優先的に知覚処理を駆動しうることが明らかになった。

第6章・総合考察では、本論文における一連の研究結果を整理した上で、個々の行動とその結果の結びつきにおける予測の役割についての考察を深めた。過去の研究で明らかになっていた報酬予測が行動変化に与える影響に加え、本論文では報酬予測が行動と結果の結びつきに与える影響と、知覚的予測がそれぞれ行動と結果の結びつきと行動変化に与える影響が確認された。個々の行動と結果は、基本的に行動結果の内容（特徴）よりも、時間的な予測に依存して結びつけられるが、行動選択を含む文脈に依存して結果の価値によっても調整されることが示された。さらに、知覚的予測と不一致な行動結果によりこの結びつけが阻害され続けた場合、行動と価値の連合が形成されず、行動の変化が生じづらくなることが示唆された。ただし、予測から逸脱した知覚は注意を喚起し、一過的な知覚処理の促進を引き起こすことも明らかになったため、短期的な行動の変化については必ずしも阻害されない可能性が残された。これらの知見に基づいて、ある行動とその行動の結果の結びつきにおいて、研究結果を再度位置付け直し、選択する行動に対する結果の報酬予測や知覚的予測、および、実際にとった行動が持つ報酬価や情動価や知覚的特徴に基づいて考察を深めている。さらに、実験心理学的知見と関連する神経生理学的メカニズムとを関連付けた上で、行動と結果における予測システムとして自己を捉え直し、今後の様々な課題や問題点を明確化していった。

2. 審査要旨

本論文の公開審査会は2021年1月12日に開催され、3名の審査委員の専門領域である認知心理学、認知神経科学、精神医学の観点から審査され、本論文をもとにした田中拓海君からの説明と質疑応答により評価がなされた。

本論文における一連の研究は博士論文として主に次の2つの点で評価できる。

まず、行動とその結果の学習における報酬予測と知覚的予測の2つの側面を実証的に区別し、それぞれの役割を明らかにしたことである。研究1では、報酬予測がどのように行動と情動的価値を伴う結果の間に生じる潜在的な結びつきに寄与しているかを調べた。報酬が予測できないとき（予測された価値と実際に得られた結果の価値が必ずしも一致しない場合、実験1）と予測できる時（予測と実際の結果がほぼ一致する場合、実験2）の行動と結果の結びつきを定量的に比較した。結果における報酬（情動価）が予測できない状況で行動を選択したときには、その行動とネガティブな結果の結びつきが強く感じられ、このような処理は過去にネガティブな結果を引き起こした選択を避けるよう行動変化を促進しうることを示唆した。研究2では過去の膨大な実証研究に対して豊富なコーディング項目からメタ分析により、これまで明確に区別されてこなかった **intentional binding** における行動のシフトと結果のシフトについて、行動のシフトが運動の計画や学習により生じるのに対し、結果のシフトは時間的な予測に大きく依存していることを示唆した。これらの知見は、行動と結果の結びつきは、必ずしも行動の結果における価値（報酬価や情動価）とは関連することのない多面的な予測を含む複雑な情報統合の上に成り立っていることを明らかにした希な例であると言える。

次に本論文では、報酬予測と知覚的予測を単に区別しただけでなく、それらがメカニズムとして相補的に行動と結果の結びつきを調整し、適応的な行動の獲得を促している可能性を示した点も評価できる。ある行動によって何が生じるかを全く把握できていない段階では、行動から予測されるタイミングで生じた事象を自分の行動結果と考えるのが妥当である。それが行動の結果がある程度予測できるようになると、その予測と実際に生じた結果の時間以外の知覚的特徴や価値との比較に基づいた結びつけが可能になる。特に、一連の研究を通して、報酬予測性の低い場合には知覚的予測に基づいて行動とその結果の結びつけを増強しうることを示している。行動と結果の結びつけには、複雑な文脈的要因に依存した因果的認知が関わっているように思われるが、本論文の一連の研究では一貫して低次な感覚運動処理における調整が潜在的に生じうることを示された。統合失調症などにおける予測機能の異常は、これらのメカニズムを通して主観的な経験の歪みだけでなく行動上の不適応へとつながっている可能性があるという解釈でき、疾患のメカニズム解明にも貢献しうる知見を提供している。

このように本論文は、行動がある結果を引き起こした、という「行動と結果の結びつきの経験」における2つの予測要因の影響を綿密に練られた3つの実験的研究（研究1・3・4）と膨大な先行研究の定量的メタ分析（研究2）から明らかにした。個々の研究はいずれについても高い完成度であり、高く評価できる。以下では、論文審査および公開審査会における質疑応答を受け、より詳細に批判的な評価も含めて記載する。

まず、解決すべき問題に深く焦点化したゆえ、論文全体として非常にコンパクトな印象が否めず、関連する研究（例えば、時間知覚や異種感覚間統合、内受容感覚など）と本研究との関連をもう少し総合考察において深めてもらいたかったというのが審査員の共通した見解であった。

次に、本研究では論文のタイトルにもあるように「予測」を軸に行動と結果の結びつけを捉えたが、本研究では、研究2のメタ分析を除いて、ある行動によって変化する結果の予測を「行動した時間的タイミング」と「結果が生じた時間的タイミング」を潜在的（間接的）指標として捉え、結果の予測そのものを顕在的（直接的）に捉えたわけではなかった。研究2でも示されたように潜在的指標と顕在的指標とが別のことを表しているゆえに、安易に顕在的指標による実験的検討を行わなかったと言えるが、研究の幅として実験的検討を踏まえても良かったように思われる。また本論文で捉えている「予測」と、動機づけに関連して「期待」など類似した概念間の整理も含まれても良かったように思われる。

近年の認知心理学的研究では「自分の行動がある結果を引き起こした」という主観的感覚は自己主体感と呼ばれ、行動の意図や自発性を前提とした比較的高次な認知として取りあ

げられることが多い。しかし、本論文では、行動とその結果の結びつきを自己主体感と関連づけながらも、基本的には低次な感覚運動処理を基盤とした知覚現象として捉え、変数や要因を厳密に操作した緻密な定量的検証を行っている。この点については田中君の研究者としての慎重かつ厳格な姿勢の現れのようにもうかがえる。ただしその一方で、自己主体感としてではなく、行動と結果の結びつきの知覚として厳密に捉えようとしたがゆえに、結びつきの主観的感覚そのものや自己との関連についての議論が十分に深められなかった点は今後の課題であると言える。

さらに、あくまでも近年の研究の流行という点では「結びつきの経験」の認知そのものに反応する脳機能メカニズムを明らかにすることも考えられるが、そこは今後の課題としても挙げつつ飛躍した結論を避け、細かく実験による知見を積み重ねるという研究姿勢として評価できると同時に、総合考察の中では神経科学的過去の知見にも触れつつ、そのメカニズムにも言及している。今後の研究の展開に十分な期待が持てるものとなっている。

以上のように、本論文にはいくつかの問題点は存在するものの、その多くは著者自らが問題点として認識し、将来の課題として位置付けている。このことも考慮すると、これらは論文の価値を大きく損なうものとは言えない。むしろ、実験的研究とメタ分析による定量的検討とを組み合わせ、綿密に設計された実験を積み重ね、適切な統計分析手法を用いて結果を導いている点などは高く評価でき、著者の研究能力の高さが表れているものと考えられる。本論文の主張を検証する必要性は残っているものの、それは今後の課題と考えるべきもので、博士論文としての水準に影響するものではないと考えられる。緻密な実験を通して、ある行動の選択によって生じる結果の予測過程として報酬予測と知覚的予測とが影響する条件を解き明かし、実際の結果に含まれる報酬価や知覚的特徴によって更なる行動の選択に影響を及ぼしていく過程として示した点は高く評価でき、著者の研究の独自性、新規性は高く、実験心理学だけでなく神経生理学や精神医学への波及効果も大きいと考えられる。なお、本論文に含めている個別の研究は、既に *Current Psychology* 誌、*Computers in Human Behavior* 誌、*Timing and Time Perception* 誌など国際専門誌に第一著者として掲載されたものであり、その他にも国際誌 1 編や紀要など積極的に成果を公開し、着実に研究者としての能力を身につけてきた。本論文での論理展開や実験手続きの堅実さ、分析の適切性などに加え、本論文そのものの分かりやすさや文章力についても考慮すると、本論文は高い水準で、博士（心理学）の学位に十分に値するものであると判断できる。以上の理由により、我々審査委員一同は、本論文を田中拓海君への博士（心理学）の学位授与にふさわしいものと判断する。