別表５
⑶

主　論　文　要　旨

No.1

報告番号	甲　乙　第　　号	氏　名	田中　拓海

主 論 文 題 名：
行動と結果の結びつけにおける予測の役割の検討

（内容の要旨）

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。これらの動作は日常にごく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。生まれて間もない幼児や，電気とは無縁の文化の暮らす人間は，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しないだろう。ヒトは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初めて，明かりをつけたいときにスイッチを押すという行動を選択するようになる。このように，私たちは望んだ環境の変化を引き起こすため，自分が取りうる行動がそれぞれどのような結果をもたらしうるのかを知っておく必要がある。

ヒト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。一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ヒトにとってどれだけポジティブあるいはネガティブな価値を持つかによって，行動の生起頻度が変化する。第二に，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ことが知られている。たとえばピアノ奏者がある音を聴いたとき，無意識的にその音を鳴らすときに使う指の運動が生じるように，行動はその知覚的結果の表象が活性化することで駆動されると考えられている。ヒトの行動傾向の形成は，このように行動とその結果の価値や知覚的特徴の対応関係（連合）を学習する過程であるといえる。

長期間にわたって保持される連合や行動傾向は，個々の行動と結果が経験されたとき，それらを因果的に結びつけることを繰り返す中で形成される。「自分の行動がある結果を引き起こした」という主観的感覚である自己主体感についての研究は，行動から予測される結果と実際の結果が一致することで行動と結果が結びつけられると主張してきた。しかし，行動結果の報酬的側面の予測と知覚的側面の予測が，それぞれ行動と結果の結びつけにどのような影響を与えているかを独立に調べた報告はなされていない。さらに，報酬予測を通じて行動が変化していくメカニズムについては多くの研究が行われている一方で，知覚的予測がその過程にどのように関わっているかは明らかではない。

主　論　文　要　旨

No.

したがって本論文では，ヒトにおける予測を知覚的側面と報酬的側面に整理し，それぞれが行動と結果の結びつきと連合・行動選択の形成に与える影響について調べることを目的とした。行動と結果の結びつきを客観的に測定するための指標として，intentional binding を用いた。Intentional binding とは，ヒトの自発的行為とそれによる外界の変化の知覚の間に主観的な時間間隔の圧縮が生じる現象である。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，二つが時間的に近づいて感じられることが知られている。

まず，第２章・研究１では，報酬予測が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どのように寄与しているかを調べた。そのため，報酬が予測できないとき（実験１）と予測できるとき（実験２）の行動と結果の結びつきを intentional binding を通して比較した。これにより，結果の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なることが示された。これは，報酬予測が，過去にネガティブな結果を引き起こした選択を避けやすくなるように結びつきの強さを調整しうること示唆している。

第３章・研究２は，行動と結果の結びつきにおいて，報酬とは独立した知覚的予測が果たす役割を検討するため, 先行研究で報告された intentional binding のメタ分析を行った。これにより，明確に区別されずに使われてきた intentional binding のサブコンポーネントのうち，より大きな効果をもつ結果のシフトが，「行動によって何が生じるか」といった知覚的特徴の予測よりも「そのイベントがいつ生じるか」といった時間的な予測に大きく依存して生じていることが示された。これにより，報酬予測に加え，知覚的予測が結びつけに寄与していることが明らかになった。

このような知覚的予測の役割を考えると，たとえそれ自体がニュートラルな価値しかもたなくとも，行動に伴って予測不一致な知覚結果が生じることで，行動と最終的にもたらされた報酬の連合形成が阻害されると予想された。第４章・研究３では，知覚的予測が報酬に基づく行動変化に与える影響を検討するため，強化学習課題・ギャンブル課題において報酬確率とは独立に行動結果の予測性を操作した。その結果，報酬価とは非関連であっても，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，補足的な実験を行った。その結果，予測から逸脱した行動結果が，注意を補足することでより優先的な知覚処理を駆動しうることが明らかになった。

主　論　文　要　旨

No.

これらの研究から，先行研究で明らかにされてきた報酬予測が行動変化に与える影響に加え，報酬予測が行動と結果の結びつきに与える影響（研究１），知覚的予測がそれぞれ行動と結果の結びつき（研究２）と行動変化（研究３）に与える影響が確認された。個々の行動と結果は，（１）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，（２）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。

本論文の知見は，報酬予測と知覚的予測が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す。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イベントを自分の行動結果と考えるのが妥当である。行動の結果がある程度予測できるようになってからは，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。ニュートラルなイベントであれば，行動から予測された環境の変化が生じたときにそれを行動結果と認識すればよいかもしれないが，それが適応上重要な報酬価値をもつ場合は，むしろ行動と予測不一致な結果（価値）を結びつけようとする動機づけが生じるといったメカニズムが考えられる。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，本論文の実験では一貫して，このような調整が潜在的な処理段階でも生じうることが示された。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。

最後に，本論文の限界と展望について三つの観点から述べた。第一に，研究１では情動的価値をもつ刺激を用いた一方，研究３では金銭的価値をもつ刺激を用いたため，報酬予測が行動と結果の結びつきに与える影響と，それが長期的な行動変化に与える影響の連続性については疑問が残る。社会的な意味をもつ情動刺激を使用する上では，より複雑な認知過程を仮定する必要があるかもしれないが，行動結果に対する責任などの現実場面における問題を考えるときには有用であろう。第二に，本論文で示した影響過程がどのような神経基盤によって実現しているのかについて明らかにされるべきである。第三に，本論文の知見は刹那的に経験される最小限の自己（minimal self）と時間的に一貫したものとして語られる自己（narrative self）の接点を示唆するが，後者を形作る顕在的記憶についての検討は不足しており，更なる研究が期待される。