

報酬予期が損失評価に与える影響

身体運動科学研究領域

5009A047-5 芝原 裕介

【実験1】

Holroyd and Coles (2002) によると, FRN は期待していた結果と実際の結果との偏差である報酬予測エラーを反映して惹起する. 報酬を得られる確率の上昇やより大きな報酬は, 実験参加者に対して報酬への予測を高める. Holroyd et al. (2007) は報酬を得られる確率を操作し, 報酬を得られる確率が低いときより高いときの方が, 損失時に観察される FRN 振幅は増大することを示した. Bellebaum et al. (2010) は, 得られる可能性のある報酬金額を操作し, 得られる可能性のある報酬金額が高額である条件ほど FRN 振幅は増大することを報告した.

これまでの研究においては, 報酬金額や報酬獲得確率を操作し, 得られた結果と期待との偏差を生み出すことにより, FRN が反映する評価システムについて検討されてきた. 本研究では, 簡単なギャンブリング課題を遂行中に所持金額という外部環境を操作し, FRN に反映される行動モニタリングシステムに関して更なる知見を得ることを目的とした.

【方法】

実験参加者 大学生 17 名(男性:13 名, 21.4 ± 0.5 歳).

手続き 二者択一のギャンブリング課題を用いた. 参加者は, モニタ画面中央の注視点(+) 左右に提示される 2 つのボックスのうち 1 つを選択した. 選択の 1000ms 後にボックス内を赤/青に変化させることで, Gain/Loss を示すフィードバックを与えた.

条件 以下の 2 条件を比較した.

- ・表示条件: 所持金額を表示する条件
- ・非表示条件: 所持金額を表示しない条件

記録 脳波は頭皮上 128 部位より全部位の平均電位を基準電位として導出した. 水平眼電図は両外眼角から, 垂直眼電図は左眼窩上下からそ

研究指導教員: 正木 宏明 准教授

れぞれ双極導出した. 解析時に 0.1-30Hz のバンドパスフィルタを適用した. サンプル周波数は 256Hz とした.

分析 ERP はフィードバック提示時点をトリガに, 加算平均した. MFN は FCz, P300 は Cz で振幅を計測した. ①現在の獲得金額が 50 円からの損失時 (+50), 0 円からの損失時 (0), -50 円からの損失時 (-50) の 3 条件, ②2 試行連続 Loss 後の損失時 (LLL) と 2 試行連続 Gain 後の損失時 (GGL) の 2 条件の 2 つについて比較した.

【結果】

FRN 振幅値について各所持金額で差はなかったが ($F(2, 32)=0.003, n.s.$), LLL と GGL の FRN 振幅値を比較した結果, $GGL > LLL$ だった ($F(1, 16)=5.941, p<.05$). また P300 振幅値も, $GGL > LLL$ であった ($F(1, 16)=23.192, p<.01$).

【考察】

FRN 振幅値に対して所持金額の影響は観察されなかった. その一方で, 2 試行連続損失後の損失時 (LLL) よりも 2 試行連続獲得後の損失時 (GGL) に FRN 振幅値の増大が確認された. この結果は, 所持金額という一過性の外部環境よりも, 前試行までの文脈という継続的な要因に依存して損失評価が行われていたことを示唆した.

本研究では, P300 振幅値に対しても所持金額の影響は観察されなかった. その一方で, FRN と同様に, 2 試行連続損失後の損失時 (LLL) よりも 2 試行連続獲得後の損失時 (GGL) において振幅値の増大が確認された. この結果は, 金銭獲得が継続した後の損失は, より大きな意味を持つ損失と評価されたと考えられる.

【実験 2】

強化学習理論によれば、FRN は期待していた結果と実際の結果の偏差である報酬予測エラーを反映している(Holroyd and Coles, 2002). 実験 1 では、2 試行連続獲得により報酬獲得への期待が高まった状態で、50 円を損失したため、2 試行連続損失後の損失時に比べ、報酬予測エラーが大きかったと考えられる。

FRN に反映される報酬予測エラーシステムに関する脳内情報処理の知見は数多く報告されている(Hajcak et al., 2005, 2006, 2007; Holroyd et al., 2004, 2006; Bellebaum et al., 2010). しかしながら、予測エラーは期待と実際の結果との偏差であるため、被験者の主観的な報酬予期について考慮することは重要な点である。これまで、報酬予期や期待の背景にある神経メカニズムについて生理指標を用いて評価された知見は極めて少ない。そこで本研究では、FRN に反映される報酬予測エラーシステムに加え、SPN に反映される報酬予期システムを評価することで、FRN の強化学習理論に関して更なる知見を得ることを目的とした。

【方法】

実験参加者 男子大学生 16 名(21.9±2.0 歳)。

手続き 二者択一のギャンブリング課題を用いた。参加者は、モニタ画面上に提示された「¥」の入った 2 つのボックスが注視点(+)の左右に提示された。1 度目のボタン押しによって当該試行の賭け金(10 円/50 円)が決定した。次に、「?」の入った左右 2 つのボックスが提示され 2 度目のボタン押しによって当該試行の損益(獲得/損失)が決定した。

記録 脳波は頭皮上 128 部位より全部位の平均電位を基準電位として導出した。水平眼電図は両外眼角から、垂直眼電図は左眼窩上下からそれぞれ双極導出した。解析時に 30Hz のローパスフィルタを適用した。サンプリング周波数は 512Hz とした。

分析 ERP はフィードバック提示時点をトリガに、加算平均した。FRN は FCz, P300 は Cz,

SPN は F3,F4,C3,C4,P3,P4,T7,T8 の 8 部位で振幅を計測した。FRN と P300 に関して 50 円損失時と 10 円損失時の 2 条件、SPN に関しては、10 円試行と 50 円試行の 2 条件をそれぞれ比較した。

【結果】

FRN 第 1 選択後においては 10 円 > 50 円であった($t(15)=-5.06, p<.01$)。第 2 選択後においては 10 円損失 > 50 円損失であった($F(1,15)=9.27, p<.01$)。

P300 第 1 選択後においては 10 円 < 50 円であった($t(15)=-3.75, p<.01$)。第 2 選択後においては金銭損失時 < 金銭獲得時($F(1,15)=37.36, p<.01$)、10 円 < 50 円($F(1,15)=23.08, p<.01$)であった。

SPN 左半球よりも右半球のほうが大きかった($F(1,15)=5.88, p<.05$)。また、側頭部よりも前頭部で大きい傾向があった($F(3,45)=2.81, p<.05$)。しかし、金額の大きさは反映されなかった($F(1,15)=0.29, n.s.$)。

【考察】

第 1 選択後、50 円よりも 10 円の提示時において FRN 振幅値が増大したことは、強化学習理論や“Context dependent”の考え方を支持する結果となった。第 2 選択後の FRN は 50 円の損失時よりも 10 円の損失時のほうが大きかった。この結果に関するは 1 つの可能性は FRN 振幅が P300 の影響を受けていたことである。金額が小さいときや金銭の損失場面において、P300 に反映される評価システムが活動しないことで、FRN 振幅を見かけ上増大させていた可能性が示唆される。

SPN は右半球優勢に前頭部で観察された。しかしながら、金額の大きさは反映されなかった。この結果は、当該試行の掛金という一時的な要因により期待が誘発されたのではなく、前試行までの文脈という継続的な要因を基に報酬予期が行われていた可能性を示唆する。