

早稲田大学審査学位論文
博士（スポーツ科学）
概要書

結果フィードバック予期の神経活動
に関する電気生理学的研究
—刺激前陰性電位を指標とした検討—
An electrophysiological examination of neural activity
during anticipation of feedback stimulus:
Focusing on the stimulus-preceding negativity

2018年1月

早稲田大学大学院 スポーツ科学研究科
平尾 貴大
HIRAO, Takahiro
研究指導教員： 正木 宏明 教授

博士学位論文概要書

本博士学位論文では、三つの実験を通して、結果フィードバック予期に関する神経活動の機能的意義を調べた。予期に関する神経活動は、事象関連電位(event-related potential: ERP)の刺激前陰性電位(stimulus-preceding negativity: SPN)を指標として検討した。SPN は結果を知らせるフィードバック信号の呈示前に生起する陰性緩電位変動であり、その主な発生源は島皮質(insula)に特定されている。本学位論文では意思決定課題を工夫したうえで、結果予期中に存在する島皮質の神経活動を調べた。また、学習の神経機序についても、外的フィードバックの情報処理の観点から SPN 計測を通して調べた。

実験 1 では、保守的な選択行動が、SPN 振幅を増大することを示した。モンテイ・ホール・ジレンマ課題(Monty Hall Dilemma 課題: MHD 課題)のチェンジ選択では、報酬獲得確率は 66%、ステイ選択では報酬獲得確率は 33%であった。チェンジ選択の方が二倍高い報酬獲得確率を有しているにも関わらず、ステイ選択時に SPN 振幅は増大した。この結果は、認知バイアスが、フィードバックに対する情動・動機付けを高めることを示した。本実験の結果は、認知バイアスによる主観的な信念が、客観的な報酬獲得確率とは独立して、結果予期中における脳内報酬系活動を高めたと解釈された。

実験 2 では、MHD 課題でチェンジ選択の有利性が学習された場合、チェンジ選択時の SPN 振幅が増大することを示した。選択と結果の関係性を経験的に学習したことで、情動・動機づけが変化し、チェンジ選択時の SPN 振幅が増大したものと解釈された。一方、時系列の分析では、選択行動に関わらず、学習に伴って前頭部位の SPN が低下することが示された。学習に伴う SPN の低振幅化は、報酬系活動の視座からは説明困難であった。頭皮上 64 部位の脳波データから電流源推定を

行った。その結果、学習の進行に伴い、右島皮質活動が低下したと推定された。島皮質は顕著性ネットワークを構成する脳部位であり、課題遂行に必要な脳内ネットワークの切り替えを担っている。学習初期は、選択行動とその結果との間に連合が形成されておらず、顕著性ネットワークによってフィードバック処理に関与する脳領域を予期段階から賦活させる必要がある。一方、学習後は選択行動と結果との間に連合が形成されているため、脳領域を予め活動させる必要性はなくなる。SPNの振幅低下は、学習に伴う顕著性ネットワークの活動低下を反映したものと解釈された。

実験3では、時間評価課題を用いて長距離選手と短距離選手のSPNを比較し、内受容感覚の差異をフィードバック予期の視座から検討した。内受容感覚を測定するための心拍カウント課題の結果は、短距離選手よりも長距離選手で高い傾向にあり、長距離選手の内受容感覚の高さを支持するものであった。SPN振幅についても長距離選手の方が短距離選手よりも大きかった。本実験の結果は、島皮質の担う内受容感覚の情報処理をSPNが反映し得ることを示している。島皮質は意思決定直前に、末梢からの身体内部情報を受容、解釈し、その結果を他の脳領域に伝達することで、適切な意思決定を導くという。SPNの振る舞いは、結果予期段階において身体内部情報を顕著性の検出に活用している可能性を示すものであった。

一連の実験結果より、SPNは、島皮質を主な構成部位とする顕著性ネットワークの活動、報酬系活動の複合により生起する緩電位変動であると解釈された。先行研究において、SPNの頭皮上分布に知見の一致がみられないことについては、異なる脳活動の複合という視座から説明可能であることを強調した。さらに、SPN振幅が内受容感覚によって変化するという新しい知見を得たことで、結果予期中の顕著性ネットワーク活動は、身体内部情報によって調整されることが示唆された。