

論文内容の要旨

博士論文題目

Physiological Study of the Striatum Based on Reinforcement Learning Models of the Basal Ganglia

(大脳基底核の強化学習モデルに基づく線条体の生理学的研究)

氏名

吉澤 知彦

(論文内容の要旨)

大脳基底核の強化学習モデルは、価値関数に基づく報酬予測の機能を線条体に仮定してきた。本研究では、学習や意思決定に果たす線条体の生理学的な役割を強化学習との対比で理解することを目的に、行動課題中のげっ歯類線条体ニューロンの活動計測実験を行い、ニューロンの情報表現を検証した。

線条体は全体の約15%を占めるstriosomeと約85%を占めるmatrixと呼ばれる2種類のコンパートメントから構成されており、それぞれが報酬予測と行動選択に関与すると想定されている。マウスstriosomeニューロンの神経活動を選択的に記録できる脳深部*in vivo*カルシウムイメージング手法を用いて、匂いと報酬による古典的条件付け時の背内側線条体のstriosomeニューロンの活動を観察したところ、一部のstriosomeニューロンは報酬に先行する匂い刺激に対して、期待される報酬量に比例した応答をしていた。さらに、matrixニューロンの近似として線条体ニューロンをコンパートメント非選択的に記録した場合には、striosomeニューロンを選択的に記録した場合と比較して、報酬予測的な活動を観察する頻度が低くなった。これはstriosomeニューロンが匂いの価値をコードすることを示すとともに、striosomeがmatrixよりも強く報酬予測に関与することを示唆する。

また、線条体は意思決定のみならず、運動制御にも関与している。意思決定、運動制御に関わる情報の単一ニューロンにおける表現を明らかにするため、自由選択課題中のラットの線条体神経活動と身体の動きを電気生理学的手法とモーショントラッキング手法により同時記録し、課題に関する情報、空間情報、運動情報の背内側・背外側線条体における神経表現を検証した。その結果、大部分の線条体ニューロンは課題・空間・運動の情報を同時に表現していた。一方で、背内

側・背外側線条体で表現に差は認められなかった。この結果は、線条体ニューロンは意思決定に関わる処理と運動制御に関わる処理を並列的に行うことを示唆する。

氏名	吉澤 知彦
----	-------

(論文審査結果の要旨)

脳の報酬系は強化学習によってモデル化でき、その担い手は線条体であると言われている。しかし学習や意思決定における線条体の生理学的な役割は明らかにされていなかった。本研究は行動課題中のげっ歯類の線条体ニューロンの活動を脳深部 *in vivo* カルシウムイメージング手法あるいは電気生理学手法で計測することにより、その機能を解明したものである。

線条体は striosome と matrix という 2 種類のコンパートメントから構成され、それぞれ報酬予測と行動選択に関与すると考えられている。そこで匂いと報酬による古典的条件付け時の背内側線条体の活動を計測したところ、striosome ニューロンの応答は期待される報酬量に比例していた。これは匂いの価値をコードしており、報酬予測に関与していることを意味している。

また、線条体は運動制御にも関与していることから、自由選択課題中のラットの線条体神経活動を電気生理学的手法、身体の動きをモーショントラッキング手法により同時記録し、単一ニューロンでの表現を調べた。その結果、大部分の線条体ニューロンは、課題、空間、運動の情報を同時に表現していることがわかった。一方で、背内側、背外側線条体で表現に差は認められなかったことから、線条体ニューロンは意思決定処理と運動制御処理を並列的に行うことが示唆された。

以上をまとめると、本論文は強化学習モデルに基づいて線条体の生理学的機能を明らかにしたものであり、報酬と意思決定の神経科学の進展におおいに資すると考えられる。よって、博士(理学)の学位に値するものと認められる。