

【Best Articles of the Year】

周期的なタイミング予測における大脳基底核の機能

亀田 将史¹ 大前 彰吾² 田中 真樹¹¹北海道大学神経生理学教室, ²ペイラー医科大学

音楽を聴いていると、次のビートのタイミングを無意識に予測し、そのわずかな変化にも気付く。こうした時間の情報処理には大脳皮質に加えて、大脳基底核や小脳といった皮質下領域が関与することが知られており、実際、パーキンソン病や脊髄小脳変性症の患者にリズム知覚の障害がみられることが報告されている。しかし、その具体的な神経基盤は明らかになっていない。私たちの研究室ではリズム知覚を要する課題を訓練したサルから直接ニューロン活動を記録することでこの問題に取り組んでいる。先行研究では小脳（歯状核）の関与を報告したが（*J Neurosci* 2013; 32: 15432–15434.）、本研究では新たに大脳基底核（線条体）から記録を行い、小脳との比較を行った。

ニホンザル3頭にオドボール検出課題を訓練した（図1a）。この課題では、画面中央の固視点の周囲に一定の時間間隔で視覚刺激をフラッシュさせ、その欠落または偏倚に対して視標への眼球運動で答えるようサルを訓練した。欠落の検出には次の刺激のタイミングを毎回予測しておく必要があるが、偏倚の検出にはその必要がない。これら条件の違いは固視点の色を変えることによって予め明示した。

線条体の背側部から記録を行い、繰り返し刺激に応答するニューロン群を発見した（図1b）。これらのニューロンは、先行研究の小脳と同様、刺激が繰り返されるにつれ活動を増加させた。さらに、その活動変化は時間予測を要する欠落条件でより増加した。一方で、小脳ニューロンと異なり、これらのニューロンでは後に行う眼球運動の方向により神経活動を変化させた。また、線条体と小脳のニューロン活動は時間変化が異なっていた（図1c）。小脳では活動のピークが刺激提示のタイミングに一致したのに対し、線条体では活動のピークは刺激提示に遅れていた。これらの神経活動から次の刺激提示のタイミングを予測するシミュレーションを行ったところ、小脳の活動の方がより正確に時間を予測できることがわかった。

これらの結果から、小脳に加えて大脳基底核のニューロンも周期的なタイミング予測に関与することが示された。しかし、その機能は異なっており、小脳は感覚刺激のタイミング予測に関与しているのに対し、基底核は周期的な運動の準備に関与している可能性が示唆された。

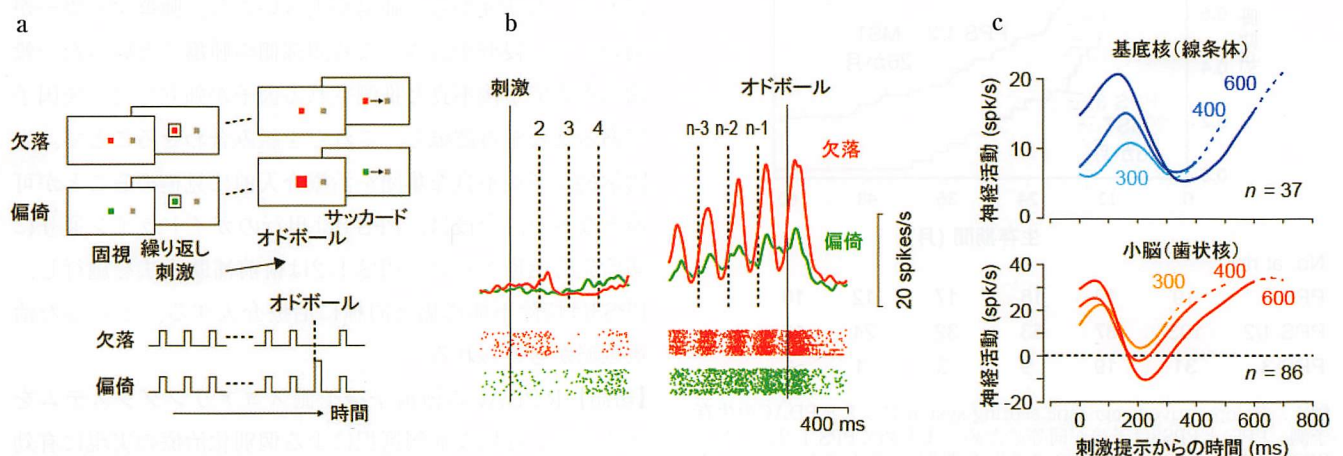


図1. a) オドボール検出課題。一定の時間間隔で提示される視覚刺激の欠落または偏倚を検出し、視標への眼球運動で答える。課題に用いた視覚刺激（上）と刺激提示の時間経過下。b) 線条体ニューロンの例。縦線は繰り返し刺激のタイミングを示す。c) 線条体と小脳核ニューロンの集団活動。刺激間隔300–600ミリ秒の試行についてオドボール直前の刺激のタイミングでデータを揃えている。