



時間の測り方：リズムを感じる小脳ニューロンを発見

研究成果のポイント

- ・ 繰り返し刺激に対して小脳ニューロンが感覚応答を増大させることを発見。
- ・ 応答は直前の刺激からの経過時間に比例し、不活化によって刺激欠落の検出が困難となった。
- ・ 小脳の予測制御のメカニズムを解明し、小脳疾患の病態理解と診断への応用が期待できる。

研究成果の概要

時間の知覚は日常生活に不可欠ですが、いわゆる五感の中に時間感覚というものはありません。そこで、時間を感じるためには、より高次の感覚情報として脳内で時間情報を作り出す必要があります。本研究では、時間知覚に関わると考えられている脳部位のひとつである、小脳に注目して実験を行いました。一定間隔で繰り返される視聴覚刺激の不意の欠落を検出するようにサルを訓練して調べたところ、小脳核^{*1}のニューロンが刺激間隔によって感覚応答を変化させることを見出しました。また、同部に薬物を注入することで、この時間情報が次の刺激のタイミング予測に使われていることが明らかとなりました。本研究は小脳による予測制御のメカニズムの一端を解明し、その成果は小脳疾患の病態理解と診断法の開発につながるものと期待されます。

なお、本研究は、文部科学省科学研究費補助金（新学術領域研究「予測と意思決定」および「こころの時間学」、基盤研究 B）、科学技術振興機構さきがけ研究（生命システム領域）、厚生労働省科学研究費補助金等の助成を受け、行われました。また、文部科学省ナショナルバイオリソース計画から実験動物の供給を受けました。

論文発表の概要

研究論文名：Temporally specific sensory signals for the detection of stimulus omission in the primate deep cerebellar nuclei（サル小脳核で見出された刺激欠落を検出するための時間特異的な感覚応答）

著者：大前彰吾^{1,2}、植松明子¹、田中真樹¹（¹北海道大学大学院医学研究科、²ペンシルベニア大学心理学部）

公表雑誌：The Journal of Neuroscience

公表日：米国東部時間 2013 年 9 月 25 日（水）

研究成果の概要

(背景)

小脳は運動制御に重要な役割を果たしますが、運動を伴わないリズム感覚や時間の長さの判断などにも関与していることが知られています。しかし、そのメカニズムは不明で、そもそも小脳のどのような神経活動によって時間情報が担われているのか明らかにされていません。本研究では、視聴覚刺激が出るタイミングを予測するようにサルを訓練し、霊長類で発達した小脳半球の出力部である小脳歯状核のニューロン活動を調べ、時間の長さの新たな神経表象を発見しました。

(研究手法)

視聴覚刺激を一定の時間間隔で繰り返し提示し、それが急に一拍抜けたときに眼を動かすようにサルを訓練しました(欠落オドボール課題^{*2})。刺激が「無い」ことを検出するためには、刺激間隔を学習し、次の刺激がいつ現れるのか正確に予測しておく必要があります。

(研究成果)

課題遂行中であるサルの小脳核の単一ニューロンの活動を調べたところ、刺激が繰り返されるにつれて神経応答が増大し(下図)、その大きさは刺激の提示間隔に比例していました。また、記録部位に微量の薬物を投与して神経活動を抑えたところ、刺激欠落の検出が遅れました。これらのことから、小脳核ニューロンは直前の視聴覚刺激からの経過時間に応じて反応性を変化させ、その情報は次の刺激のタイミングを予測することに用いられることが明らかとなりました。

(今後への期待)

運動を伴わない高次脳機能への小脳の関与が示唆されていますが、本研究で明らかとなったタイミング予測の神経機構は、そのメカニズムの一端を細胞レベルで初めて解明したものです。その成果は小脳疾患の病態理解に役立つとともに、将来的には小脳疾患の診断法や治療の評価法の開発につながるものと期待されます。また、最近研究が進んできた時間知覚の脳内機構を解明する糸口となり、人のこころの時間を脳科学的に理解することに貢献できると考えられます。

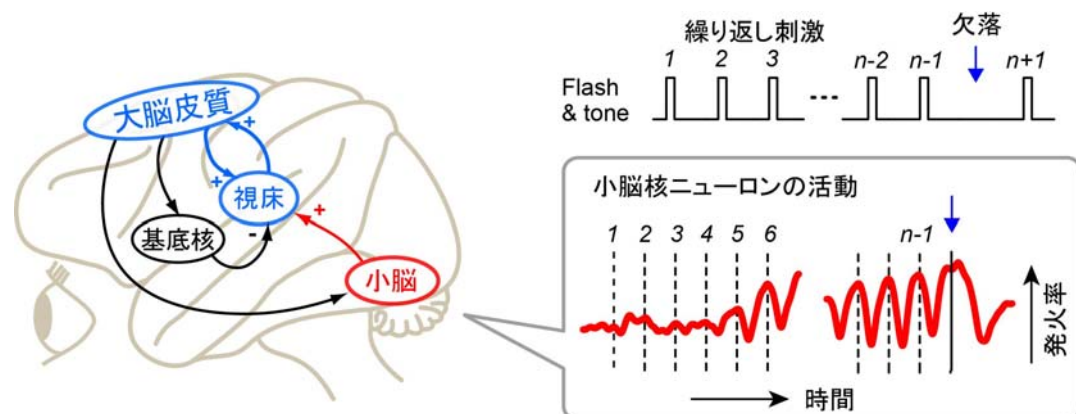


図. 視覚刺激と音刺激をサルに繰り返し提示した。各試行で刺激間隔(100~600ミリ秒)は一定で、ランダムなタイミングで刺激を欠落させ、眼球運動によってそれを報告させた。右下の赤色のトレースは、小脳核の単一ニューロンの活動の時間経過。縦の点線は400ミリ秒ごとに提示した刺激のタイミングを示している。小脳の信号は視床を介して大脳に送られ、大脳の信号はまた小脳に送り返される。

お問い合わせ先

所属・職・氏名：北海道大学大学院医学研究科 教授 田中 真樹（たなか まさき）
TEL: 011-706-5040 FAX: 011-706-5041 E-mail: masaki@med.hokudai.ac.jp
ホームページ: <http://niseiri.med.hokudai.ac.jp>

用語解説

*1 小脳核

小脳は小脳皮質と小脳核で構成されている。小脳皮質で処理された情報は小脳核を経て外部に伝えられるので、小脳核の神経活動は小脳での情報処理の最終結果を反映している。今回調べた歯状核とよばれる部位は、他の動物に比べてサルやヒトなどの霊長類で格段に大きくなっており、その出力は視床とよばれる脳部位を介して大脳皮質に送られる（図参照）。

*2 欠落オドボール課題

オドボール課題はヒトの心理実験でよく使われており、同じ刺激を一定間隔で繰り返し提示して、その色や形、音などを不意に変化させたときの反応を調べる。欠落課題では、刺激が急に抜けるので、これを検出させる。本研究では100～600ミリ秒の間隔で視聴覚刺激を提示し、その変化を眼球運動で報告するようにサルを訓練した。