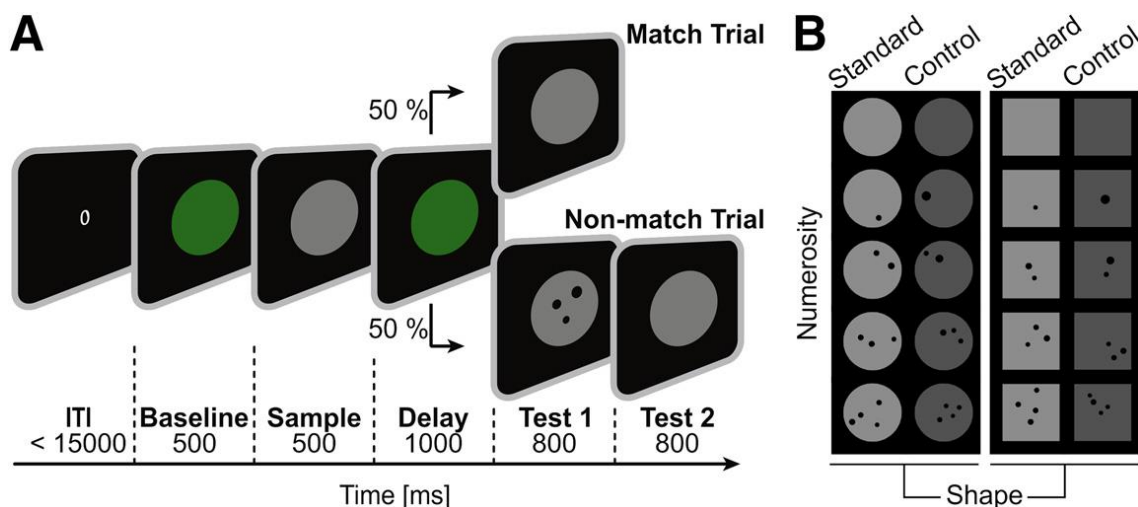


## 認知神経科学への興味：論文紹介

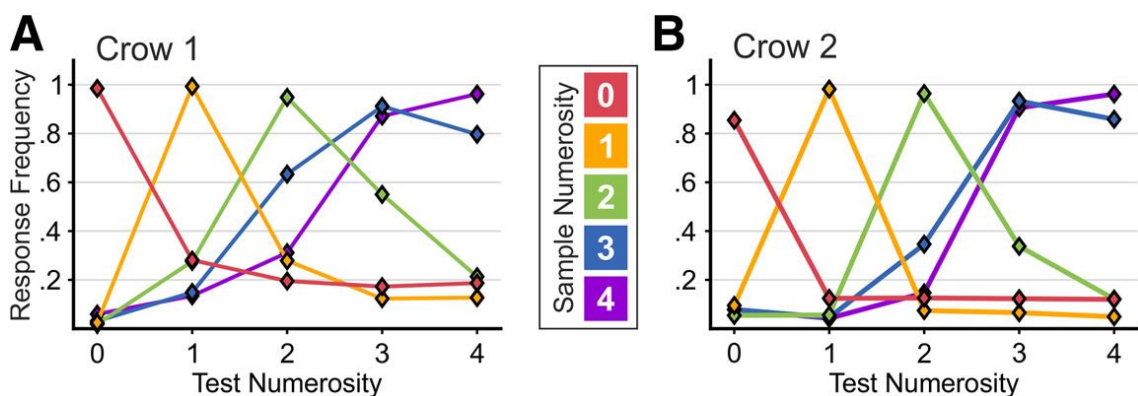
2021年6月-2

Kirschhock, M.E. et al. Behavioral and neural representation of numerosity zero in the crow. *J. Neurosci.*, 41:4889-4896, 2021.

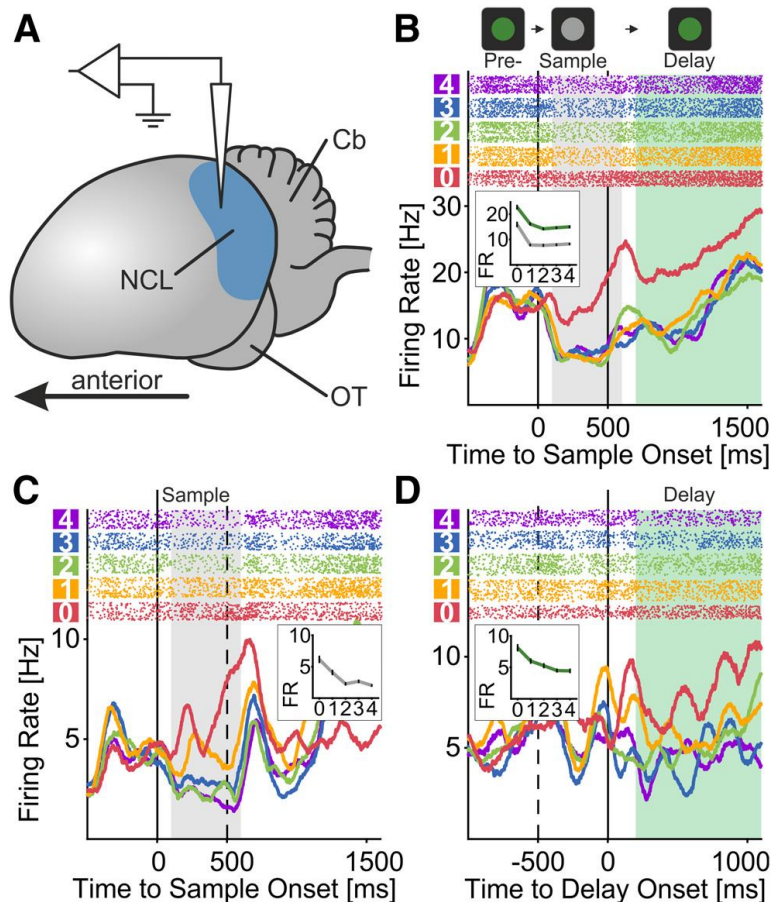
久しぶりの動物の実験。カラスの numerosity zero の行動的、神経的な表象についての研究である。



課題は遅延見本合わせである。上図 A に試行の流れがある。見本刺激があり、遅延期となり、テスト刺激が提示される。テスト刺激は 50%が見本刺激と同じ Match trial, 50%が見本と異なる刺激 (テスト 1) Non-match trial である。後者ではテスト 2 の刺激として、見本刺激と同じ刺激が提示される。Matching trial では display を peck するか、光のバリヤーから外れる (詳細は論文を)。Non-match trial では Test 1 刺激には 800 msec 反応をしない。すると Test 2 刺激が出てくる。図 B は low-level feature 対策である (論文を参照のこと)。



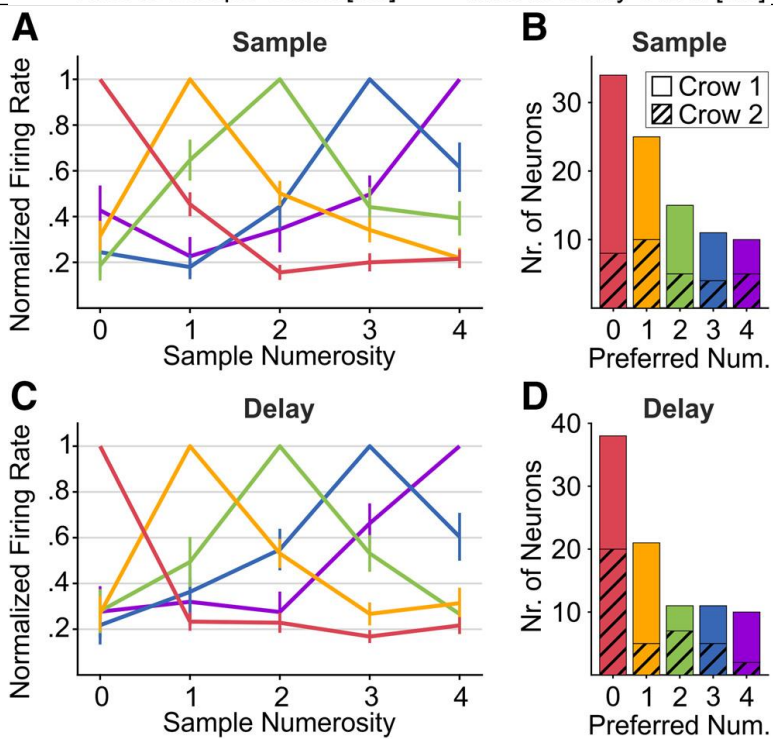
下図は 2 羽のカラスの行動の結果である。見本刺激と同じ numerosity で反応の生起がピークになっており、見本刺激の numerosity から離れるに従い、反応が減少した。3 と 4 で



はそれ以下の numerosity と比べて、区別が悪い。それぞれ、numerical distance と size 効果という。

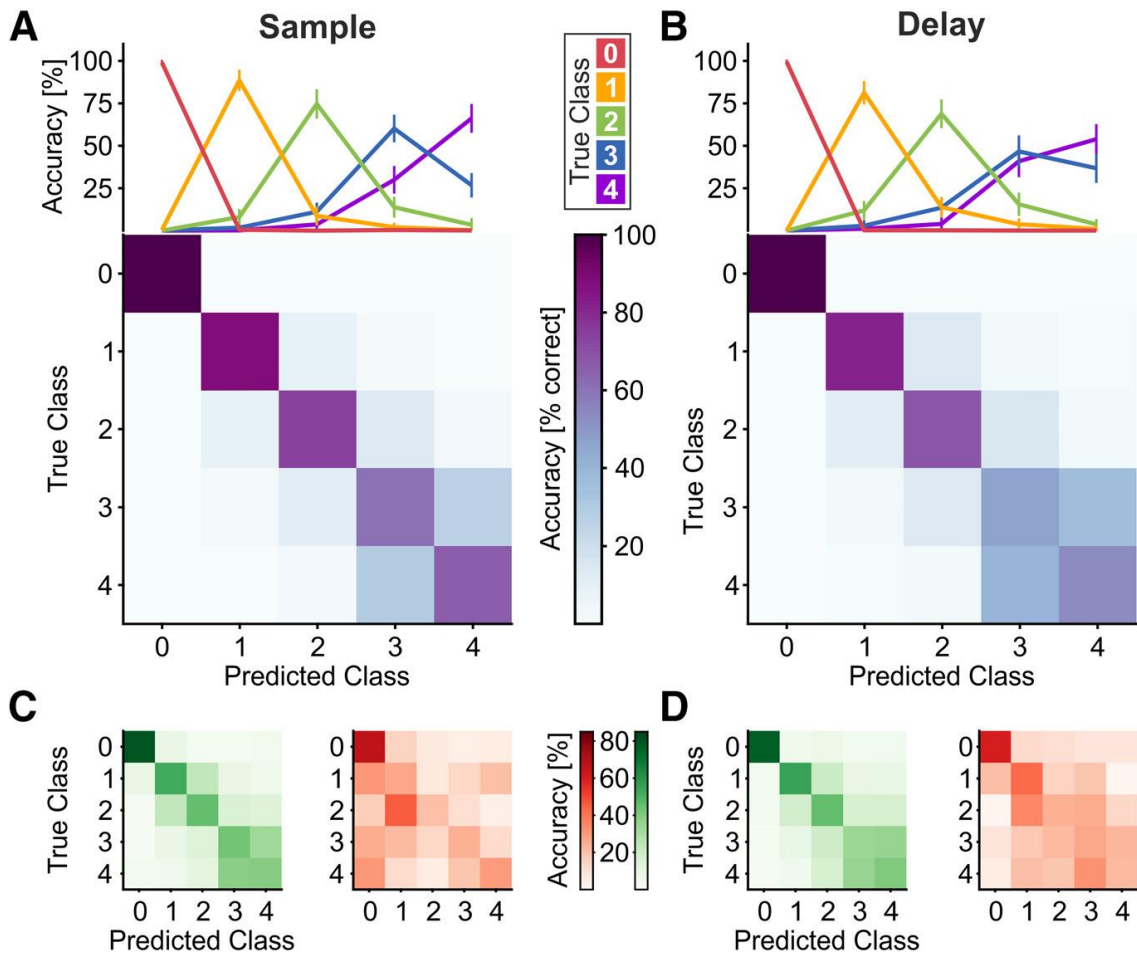
上図はカラスの NCL (nidopallium caudolaterale) から記録された numerosity 0 で発射活動が高かった 3 つのニューロンの例である。灰色は見本刺激、青緑は遅延期に、他の numerosity よりも活動が高かったことを示している。各図内の小さな図は、0 から離れるほど活動が低下することを示す (distance 効果)。

下図は population tuning curve (図 A, C) と numerosity の偏好 (図 B, D) である。



各 numerosity を偏好するニューロン毎に normalize した結果である。図 A が見本刺激、図 C が遅延期の結果で、偏好する numerosity で発射活動が最大になり、それから離れるに従い、発射が低下していく。これは行動の結果と類似する。図 B, D はそれぞれ見本刺激期と遅延期の numerosity に偏好を示したニューロンの数である。0 が最も多く、numerosity が大になるに従い、減っていく。遅延期に刺激はないので、それぞれの

numerosity を内的に working memory に維持している神経表象と考えられる。



上の図は記録したすべてのニューロンで classifier を訓練し、テストした結果である。図 A は見本刺激、図 B は遅延期の結果である。予測と実際の numerosity が一致した正答率は、いずれの時期でも各 numerosity でピークになっており、numerical distance effect がみられた。

最後に、numerosity に対する脳の活動と行動の関係を正誤反応から検討した。図 C, D はそれぞれ見本刺激と遅延期で、正反応（緑）と誤反応（赤）の試行で、decoding を行った結果である。誤反応は match trial 時のエラーである。誤反応試行で、decoding の成績が正反応試行よりも有意に低下すれば、すなわち、正しく encode せず、誤った表象が形成されたと考えられ、脳の活動は行動に対して relevant な関係にあるといえる。正試行時の decoding の成績は平均 52.1% (sample), 50.6% (delay) だったが、誤反応時はそれぞれ 33.8%, 35.3% に低下した。なお、正試行、誤試行時に、見本刺激と遅延期の decoding の成績がほとんど変わらないのは興味深い。見本刺激時と遅延期の図 C, D の赤の誤反応時の confusion matrix は、対角線での高い decoding はみられず、numerical distance と size 効果も消失した。この結果は、numerosity 0 でも見られた。

ということで、カラスの nidopallium caudolaterale には numerosity 0 を表象するニューロンが多数存在する。