

# 視覚認識ラボ

## (Visual Recognition Lab.)

研究項目：ノイズ存在下のパターン認識の脳内神経機構の研究  
 研究期間：平成9年度～13年度

### 1. 当該研究の背景

我々が外界の物体を認識する時には、物体が各種の視覚的ノイズで遮蔽されていても認識できる(たとえば雨滴の付いた窓ガラス越しに外の風景を見る場合)。また、物体のコントラストやテクスチャー等が変化しても容易に物体を認識できる。しかし、このようなロバストな処理を現在のコンピューターで行うことは大変に難しい。そこで、このようなロバストな視覚認識を実際に実現している脳の神経機構を探ることによって、その情報処理の原理を解明していこうとするものである。

### 2. これまでの研究経過と現状

視覚的ノイズが存在する場合の視覚認識のタスクとして、ランダムドットノイズが存在するパターンを用いた逐次型遅延見本合わせ課題(図1)をサルにトレーニングした。この課題では、サルはまずモンキーチェアー内のバーを手で握り、スクリーンの中心を見つめなければならない。すると最初に或るパターン

(sampleパターン)が呈示され、その後それとは異なるパターン(non-matchパターン)がいくつか呈示された後、最初と同じパターン(matchパターン)が呈示される。この時、サルは呈示されたmatchパターンが最初のsampleパターンと同じであると認識して、1秒以内に握っていたバーから手を離さなければならない。正解すれば、報酬としてジュースが与えられる。ここで、non-match及びmatchパターンには、ランダムドットノイズを一定の確率で加えた。

さて、パターンにランダムドットノイズを加えた時でもサルはパターンを認識できるであろうか？まず、タスクの正解率を解析した(図2)。すると、ノイズの量が増加してもサルはかなり高い正解率を維持しており、ノイズが存在してもパターンを認識できるということがわかった。しかし、パターンを認識してバーから手を離す反応時間を解析すると(図3)視覚的ノイズの量が増加するに従って反応時間が長くなることがわかり、認識に時間がかかっていることがわかった。

次にこの行動レベルでの効果を説明しうる脳内機構を明らかにするため、脳内の視覚認識経路の最終部位の一つと言われている下部側頭葉のニューロン活動を記録、解析した。図4に下部側頭葉から記録された

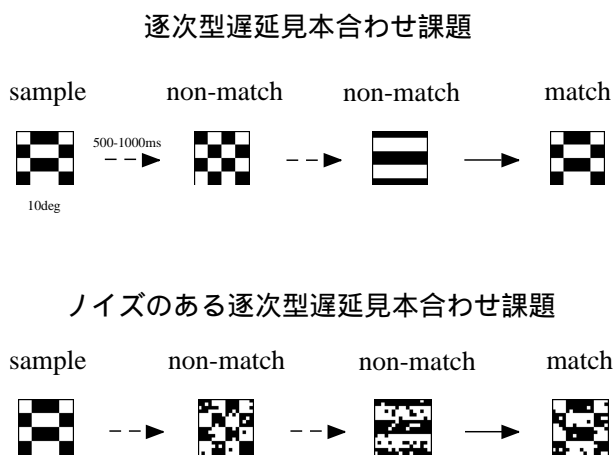


図1 逐次型遅延見本合わせ課題

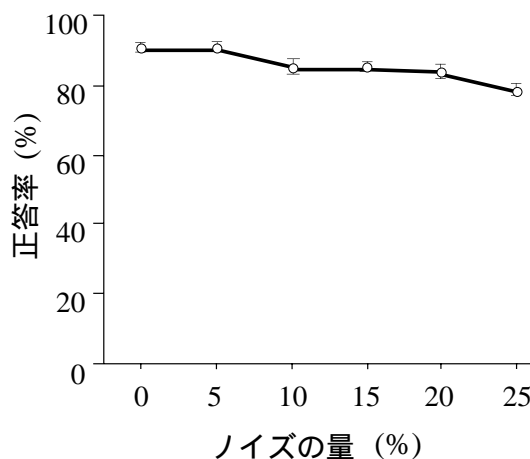


図2 視覚的ノイズの量とタスクの正解率の関係

ニューロンの反応の例を示す。この様に、特定のパターンに強く反応を示すニューロンがあった。まず、ニューロンの反応の潜時を解析したが、これは視覚的ノイズを加えることによるバーを離す反応時間の増加と一致せず、ニューロン活動の反応潜時といった従来用いられているような単純な測定量では行動レベルでの効果が説明できないことがわかった。そこで次に、ニューロンの発火頻度の時間波形に含まれる、パターンに関する情報量が重要なのではないかと考え、情報理論とニューラルネットを応用した解析を行った。この解析では、ニューロンの発火頻度の時間経過が呈示したパターンによって異なることに注目し、逆

にニューロンの反応からどのくらいの確からしさで元の呈示されたパターンを推定できるかという情報量を解析した。情報量は次の式で計算した。

$$I(S;R) = \left\langle \sum_s P(s|\mathbf{r}) \log \left[ \frac{P(s|\mathbf{r})}{P(s)} \right] \right\rangle_{\mathbf{r}}$$

- $I(S;R)$ ; 相互情報量
- $S$ ; 視覚刺激  $s$  のセット
- $R$ ; ニューロンの反応  $\mathbf{r}$  のセット
- $P(s|\mathbf{r})$ ; 観察された反応が  $\mathbf{r}$  の時の刺激クラス  $s$  の条件付き確率
- $P(s)$ ; 視覚刺激  $s$  のアприオリな確率

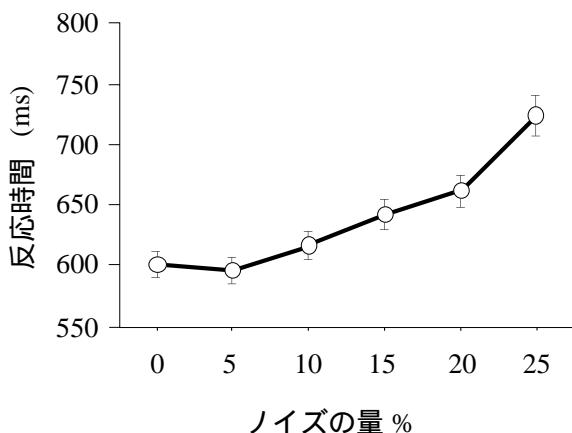


図3 視覚的ノイズの量とバーリリース反応時間の関係

ここで  $P(s)$  は既知の値なので  $P(s|\mathbf{r})$  の値がわかればこの式から情報量を計算できる。この  $P(s|\mathbf{r})$  の値をニューロンの反応から推定するために誤差逆伝播ニューラルネットワークを用いて解析を行った。すると、情報量は視覚刺激呈示後、潜時の後に徐々に時間とともに増加した後、一定のプラトーレベルに達することがわかった。さて、視覚的ノイズの量との関係であるが、情報量増加の時間経過を詳しく解析すると、視覚的ノイズが増加するに従って情報量の増加がゆっくりになり、プラトーレベルも低くなることがわかった(図5)。そこで、情報量が一定の量蓄積するまでの時間を計測してその値を行動レベルでのノイズの

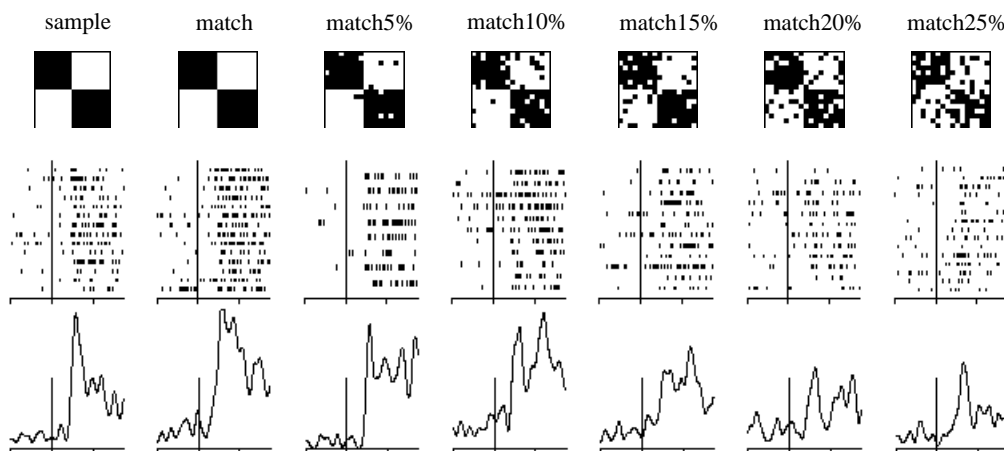


図4 あるパターンにランダムドットノイズを加えていった時の下部側頭葉の単一ニューロンの反応例  
%は画面中のピクセルのうち、ランダムドットノイズの割合を示し、上段が呈示パターン、中段がニューロン反応のラスタ表示、下段がスパイク密度プロット。

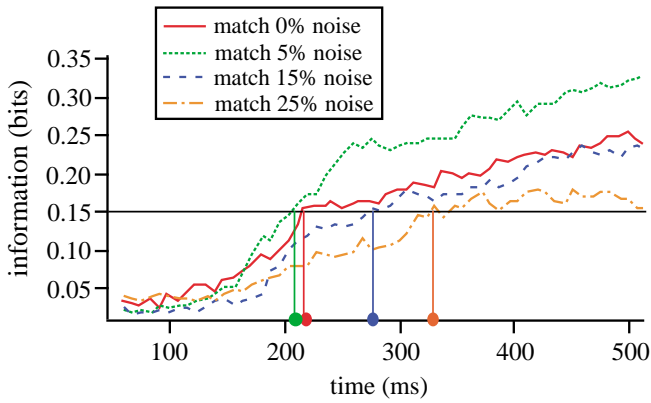


図5 ノイズの量を変えたときのニューロンの反応に含まれるパターンに関する情報量の時間経過(N=15) 0.15bitの情報量が蓄積するまでの時間を計測して図6に示す

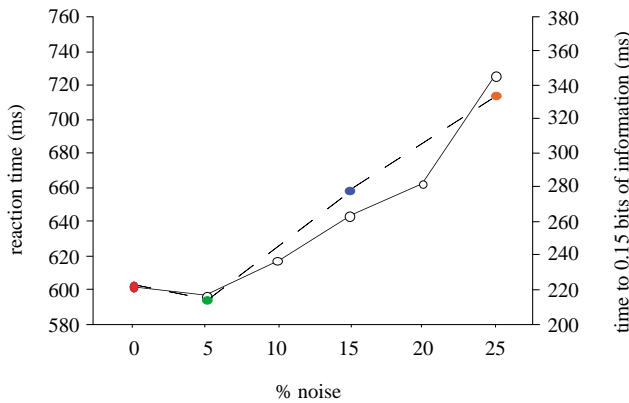


図6 情報量蓄積の時間（点線）と行動レベルでの反応時間（実線）の比較

効果と比較したところ、ノイズの行動レベルでの効果とニューロンの発火頻度の時間波形にコードされる視覚刺激パターンに関する情報量の間に関係が強いことがわかってきた(図6)。

### 3. 期待される波及効果

現在はまだ基礎的データを解析している段階であるが、この研究によってロバストな情報処理原理の一端が解明されれば、コンピュータービジョンを初めとする様々な応用分野、生活支援や介護支援のロボット等への応用が期待される。

### 4. 今後の研究展開の方向

これまでの研究で、下部側頭葉のニューロンの反応が持つパターンを識別するための情報量が重要な事がわかってきたが、このニューロン群が行っている情報処理がノイズの有無にかかわらず汎用的なものであるか否かが次に重要な点である。そこで、1)ノイズの無いときのパターン認識の際のニューロンの反応から得られるメカニズムと、ノイズ存在下でのパターン認識の際のニューロンの反応から得られるメカニズムは共通のものなのか否か？ 2)これまで用いたパターンは白黒の格子模様という単純なものであったが、より自然世界に近いカラー画像を用いた時でも同様の結果が得られるか否か？また、ランダムドットノイズを用いていたが、異なる種類の視覚的ノイズを加えた場合でも同様の結果が得られるか否か？という点を今後検討していく。

### 参考文献

- 1) 設楽宗孝, Zheng Liu, Barry J Richmond : Information analysis of monkey inferior temporal (IT) neurons doing pattern recognition in the face of visual noise, "Neural mechanisms of visual perception and cognition", The 26th SEIRIKEN International Symposium (COE), p.70 (2000)
- 2) 設楽宗孝, Zheng Liu\*, Barry J Richmond\* (\*NIH/NIMH) : GENERALIZATION OF PATTERN RECOGNITION BY MONKEY INFERIOR TEMPORAL NEURONS IN THE FACE OF VISUAL NOISE, Neurosci. Res., Suppl.23, p.S210 (1999)
- 3) Munetaka Shidara, Zheng Liu, Barry J Richmond : THE RELATION BETWEEN PATTERN RECOGNITION AND INFERIOR TEMPORAL NEURONS OF THE MONKEY, Neurosci. Res., Suppl.21, S207 (1997)
- 4) 設楽宗孝, Z. Liu, B. J. Richmond : INFORMATION ANALYSIS OF INFERIOR TEMPORAL (IT) NEURONS OF THE MONKEY DOING PATTERN RECOGNITION TASK WITH VISUAL NOISE, Abstracts, 27th Annual Meeting, Society for Neuroscience, vol. 23, p.2062 (1997)

当該研究担当者等

1) ラボ構成員( 総数3名 )

職員( 3名 ) 設楽宗孝\*( 情報科学部 )、河野憲二( 首席研究官 )、松田圭司( 情報科学部 )

2) その他の研究協力者

田中勝( 情報科学部 )

\* ラボリーダー