

神経回路網特論  
第5回 視覚記憶のニューロン表現

伊達章

2007年5月21日

<http://www.cs.miyazaki-u.ac.jp/~date>

1

先週の講義

- Kohonen の自己組織化マップ(SOM)
- 高次元信号空間におけるマップのうねり
- マップの拡大率
- ニューラルガス
- 主成分分析と SOM
- Hebb 側と条件反射

2

今回の講義 : 視覚記憶

- 記憶の種類
- 視覚記憶に関する領域
- 記憶における海馬の役割
- 大脳における視覚記憶システムの概略
- 記憶の脳内表現
- メタ記憶 FOK

記憶とは

3

4

記憶の分類



5



Figure 32. A chess-specific memory skill. Left, board position after white's twenty-first move in Game 10 of the 1985 World Chess Championship in Moscow between A. Karpov (white) and G. Kasparov (black). Right, a random arrangement of the same 28 pieces. After briefly viewing the board from a real game, master players can reconstruct the board from memory much better than weaker players. With a randomly arranged board, experts and beginners perform the same. (See Chase and Simon, 1973.)

視覚記憶に関する領域

- Penfield
- 下部側頭葉
- てんかん
- 「昔働いていた事務所の机が見える」

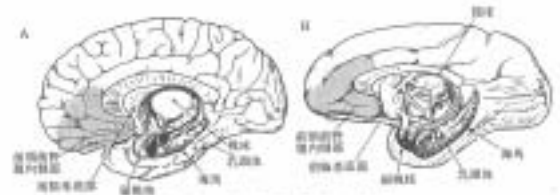


図 4-21 視覚野に関連した領域  
A: 上  
B: 下



図 4-22 視覚野の位置  
この図は、人間の頭部を横断したときの視覚野の位置を示している。視覚野は、後頭葉の後部にある。視覚野は、視覚情報を処理するための重要な領域である。

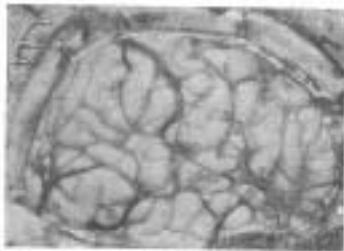


図 4-23 視覚野の位置  
この図は、人間の脳を横断したときの視覚野の位置を示している。視覚野は、後頭葉の後部にある。視覚野は、視覚情報を処理するための重要な領域である。

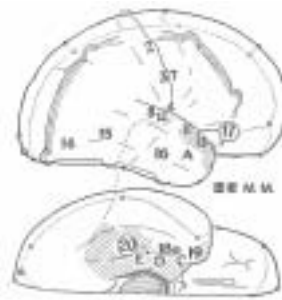


図 4-24 視覚野に関連した領域  
A: 上  
B: 下

この図は、人間の脳を横断したときの視覚野の位置を示している。視覚野は、後頭葉の後部にある。視覚野は、視覚情報を処理するための重要な領域である。

体性感覚野での表現



日本学術会議 おもしろ情報館  
<http://www.scj.go.jp/omoshiro/>



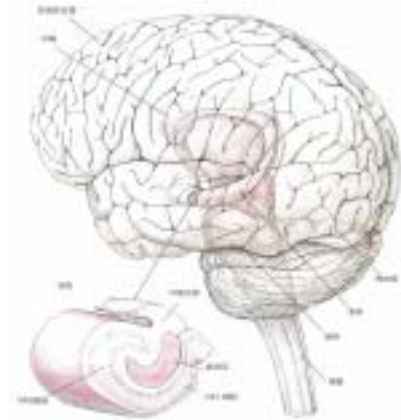
図 4-26 ひとの頭部の電気刺激で惹起された視覚像

- 1: 見られた顔面
- 2: 人物
- 3: 人物
- 4: 物体
- 5: 見られた景色
- 6: 輪の中
- 7: 人物
- 8: 棒をもった人
- 9: 火道
- 10: 見られた顔面
- 11: 美しい風景
- 12: 見られた景色
- 13: 人物
- 14: 景色
- 15: 何かする人
- 16: 顔
- 17: 顔に人があがっている
- 18: 人物と景色
- 19: 景色
- 20: 景色
- 21: 見られた顔面
- 22: 人物
- 23: 人物
- 24: 棒をもった人
- 25: 景色
- 26: 人物
- 27: 顔
- 28: 人物
- 29: 顔
- 30: 人物
- 31: 人物

## 海馬の位置と形状

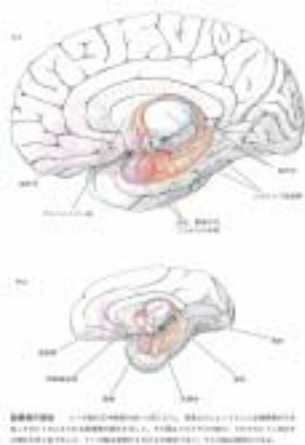
- MRI 画像
- 海馬に障害があると新しいことが覚えられない。
- 海馬の名前の由来（海の神様の乗り物）

13



脳中構造と海馬の位置関係。海馬は脳内にある重要な構造であり、記憶の形成と保持に重要な役割を果たしている。海馬は脳の側頭葉に位置し、大脳皮質の下にあり、大脳皮質と連絡している。

14



海馬の位置関係。海馬は脳内にある重要な構造であり、記憶の形成と保持に重要な役割を果たしている。海馬は脳の側頭葉に位置し、大脳皮質の下にあり、大脳皮質と連絡している。

15

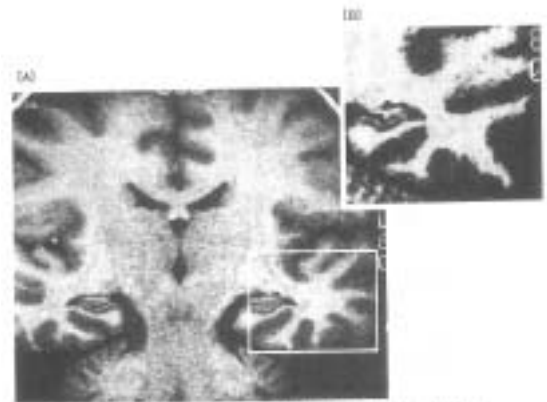
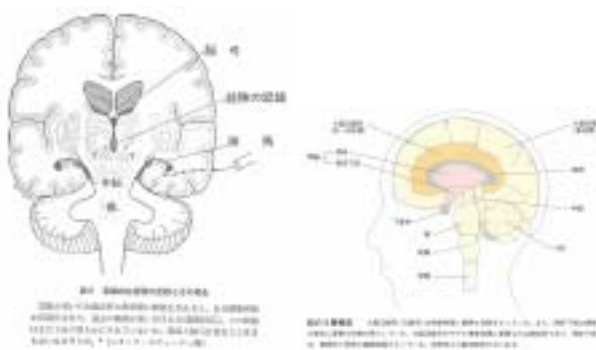


図2 A: 健康人の脳内MRI画像。□部分は、海馬・下側頭葉領域を指す。 [Proc. Natl. Acad. Sci. USA 96:12157 (1999)]  
B: 健康人の□部分の拡大図 [Squire, L.R. & Zola-Morgan, S. Science 253:1381 (1991)].

16



海馬の位置関係。海馬は脳内にある重要な構造であり、記憶の形成と保持に重要な役割を果たしている。海馬は脳の側頭葉に位置し、大脳皮質の下にあり、大脳皮質と連絡している。

海馬の位置関係。海馬は脳内にある重要な構造であり、記憶の形成と保持に重要な役割を果たしている。海馬は脳の側頭葉に位置し、大脳皮質の下にあり、大脳皮質と連絡している。

17



図3 海馬のスケッチ

18

### 記憶における海馬の役割

- 昔に覚えた記憶を失っていない。
- 新しいことを覚えることには困難を感じる
- 順行健忘と逆行健忘

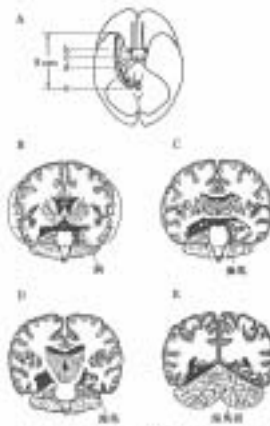


図 4-8 H, H<sup>+</sup> における内側視床核切除動物  
 図は矢印の如く示されたが、連夜や睡眠のためを備  
 け動物で眠れている。H<sup>+</sup>の動物をとりだす。

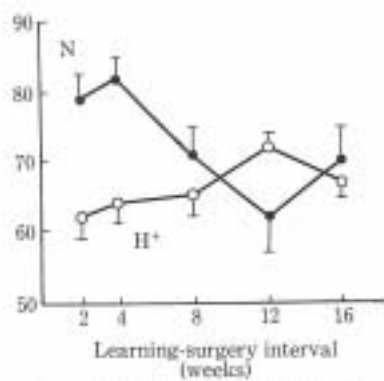


図 7 正常なサルと海馬を摘除されたサルで調べた忘却曲線

### 大脳における視覚記憶システムの概略

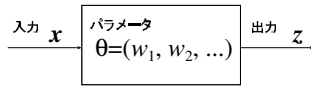


図 8-8 視覚記憶システムの概略

### 心の働きと神経細胞の活動との関係

- 厳密な法則によって結び付いているはず
- 研究例 (すばらしい)
  - 運動 (運動野): A. P. Georgopoulos et al. (1982)
  - 記憶 (下部側頭葉): 宮下保司 (1988)
  - 動き知覚と意思決定 (MT野): William T. Newsome (1989)
- 注意: 論文に書いてあるのは、こういう反応選択性をもつ細胞の存在を発見しました、という報告。論文の図に示されている実験結果は、得られた結果のうち、最も美しいものを提示していると思ったほうがよい。当該領域の細胞は、そのような細胞ばかりではないことに注意したい。

二つのダイナミクス サルを使った実験結果の見方



1. ニューロン活動  $x$  のダイナミクス :  $z = f(w \cdot x - h)$
2. 結合係数  $w$  のダイナミクス :  $w := w + \Delta w$
3. 入力は図形, 出力はサルの行動

25

概要

- 記憶の情報表現 : 宮下保司教授のサルを使った記憶の実験
  - ・ 関連する脳の部位 : 下部側頭葉
  - ・ 記憶課題 : 遅延見本合わせ課題
  - ・ 反応選択性
- 文献
  - ・ Miyashita, Y. & Chang, H.S. : Nature 331, 68-70, 1988.
  - ・ Miyashita, Y. : Nature 335, 817-820, 1988.
  - ・ Sakai & Miyashita : Nature 354, 152-155, 1991.

26



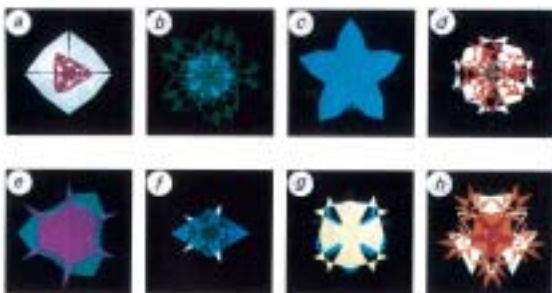
<http://www.physiol.m.u-tokyo.ac.jp/>

27

※ 図が何を示しているのか確認しながらゆっくり進む

28

視覚記憶をテストするために人工的に作成された図形

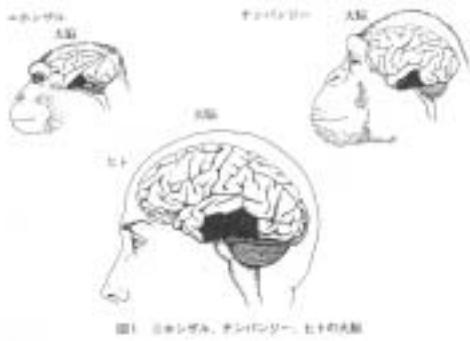


29

概要

- 記憶の情報表現 : 宮下保司教授のサルを使った記憶の実験
  - ・ 関連する脳の部位 : 下部側頭葉
  - ・ 記憶課題 : 遅延見本合わせ課題
  - ・ 反応選択性

30



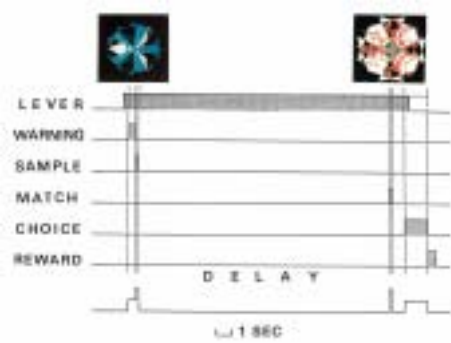
31

**概要**

- 記憶の情報表現：宮下保司教授のサルを使った記憶の実験
  - ・ 関連する脳の部位：下部側頭葉
  - ・ 記憶課題：遅延見本合わせ課題
  - ・ 反応選択性

32

**遅延見本合わせ課題**



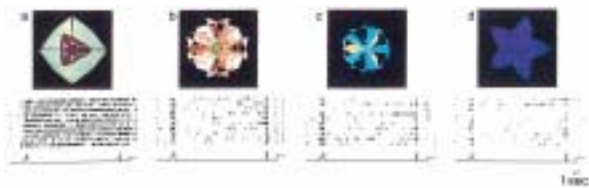
33

**概要**

- 記憶の情報表現：宮下保司教授のサルを使った記憶の実験
  - ・ 関連する脳の部位：下部側頭葉
  - ・ 記憶課題：遅延見本合わせ課題
  - ・ 反応選択性

34

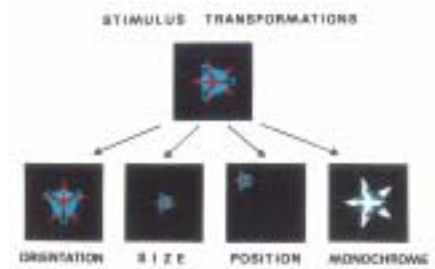
**ニューロンの反応選択性**



※1個のニューロンの4枚の図形に対する反応選択性の例

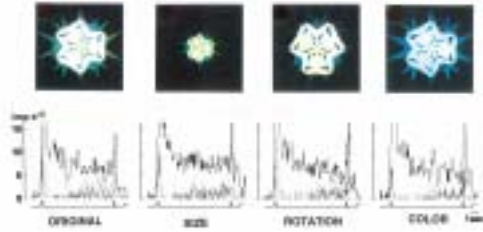
35

**図形の見え方を変化させてみる**



36

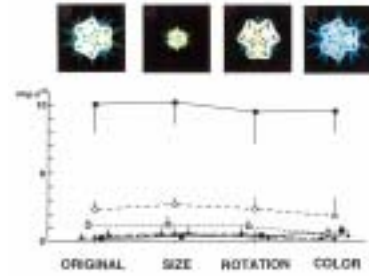
ニューロンの反応選択性：大きさ、回転、色に対する不変性



※このような選択性を示すニューロンが存在

37

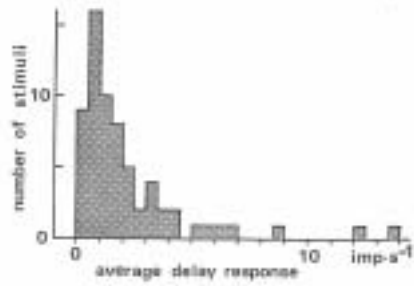
ニューロンの反応選択性：大きさ、回転、色に対する不変性



※このような選択性を示すニューロンが存在

38

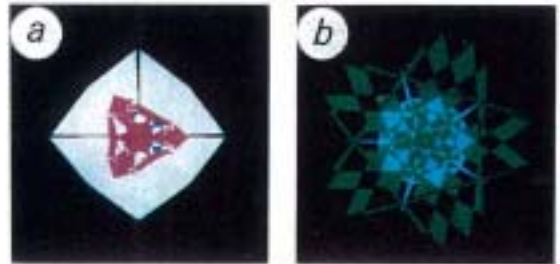
1個のニューロンの100枚の図形に対する反応選択性の分布



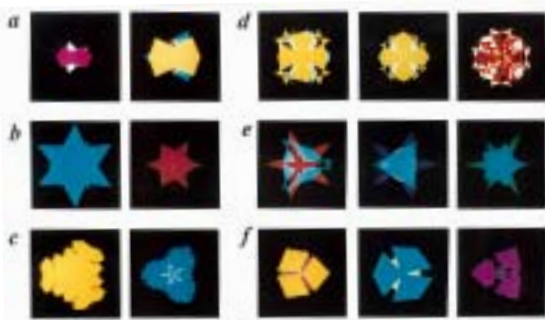
※高い発火頻度を引き起こす図形（最適刺激）が2枚あることに注目.

39

1個のニューロンの最適刺激2枚



40



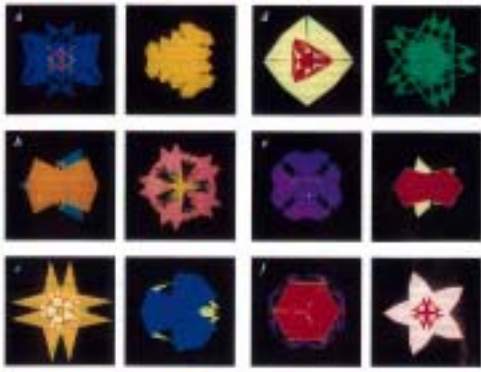
41

引き続き発表された論文

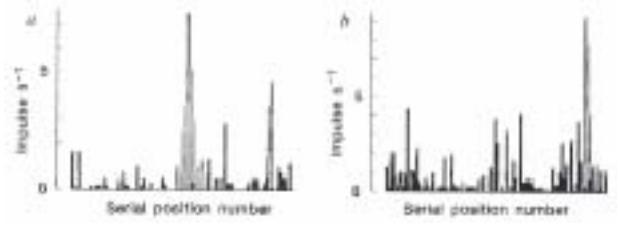
Yasushi Miyashita, Neuronal correlate of visual associative long-term memory in the primate temporal cortex, Nature, Vol. 335, p.820, 1988.

I examined the geometric similarities between the optimal stimuli of a cell, and found that the stimuli were often completely different.

42

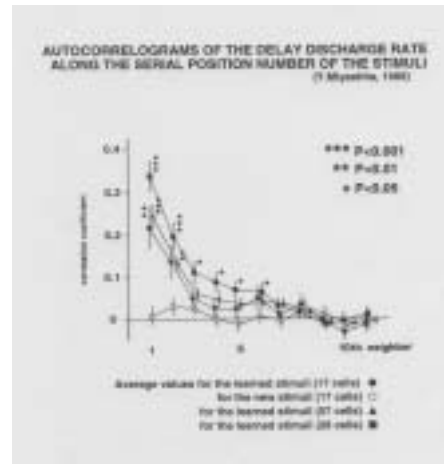
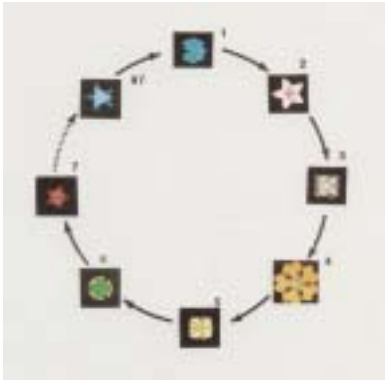


※各ニューロンの最適刺激：6例



・200枚の図形に対するニューロンの選択性：2例。

※見慣れた図形に対する反応。■初めてみる図形に対する反応。



### まとめ

- 記憶の情報表現：ニューロンの反応選択性
  - ・ 長期記憶の短期表現：スパース表現
  - ・ 記憶にないものの短期表現
  - ・ 表現の時間効果
- ヒントがたくさん隠されている モデルを作る