

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

2006年5月18日

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

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

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

記憶の分類

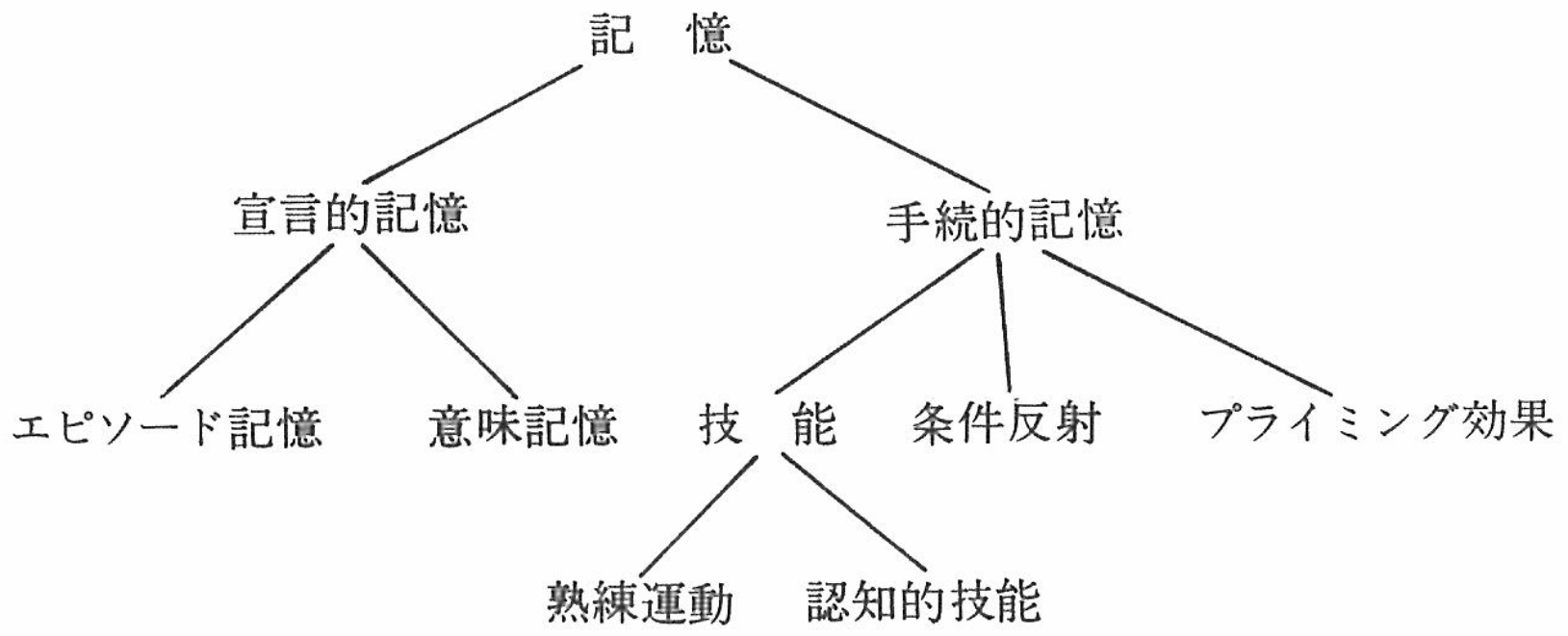


図 1・12 記憶の分類

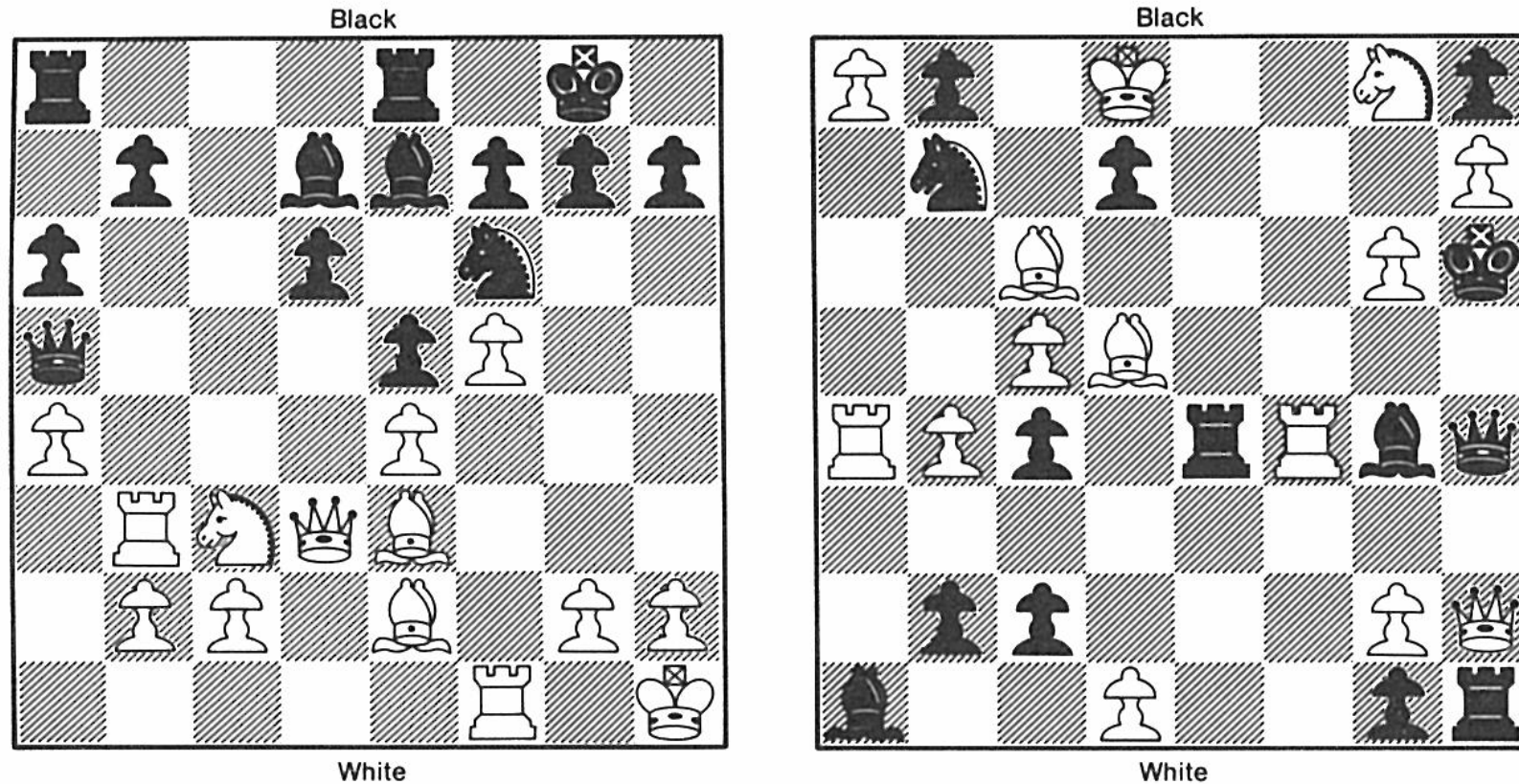


Figure 32. A chess-specific memory skill. *Left.* board position after white's twenty-first move in Game 10 of the 1985 World Chess Championship in Moscow between A. Karpov (white) and G. Kasparov (black). *Right.* a random arrangement of the same 28 pieces. After briefly viewing the board from a real game⁶, 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」

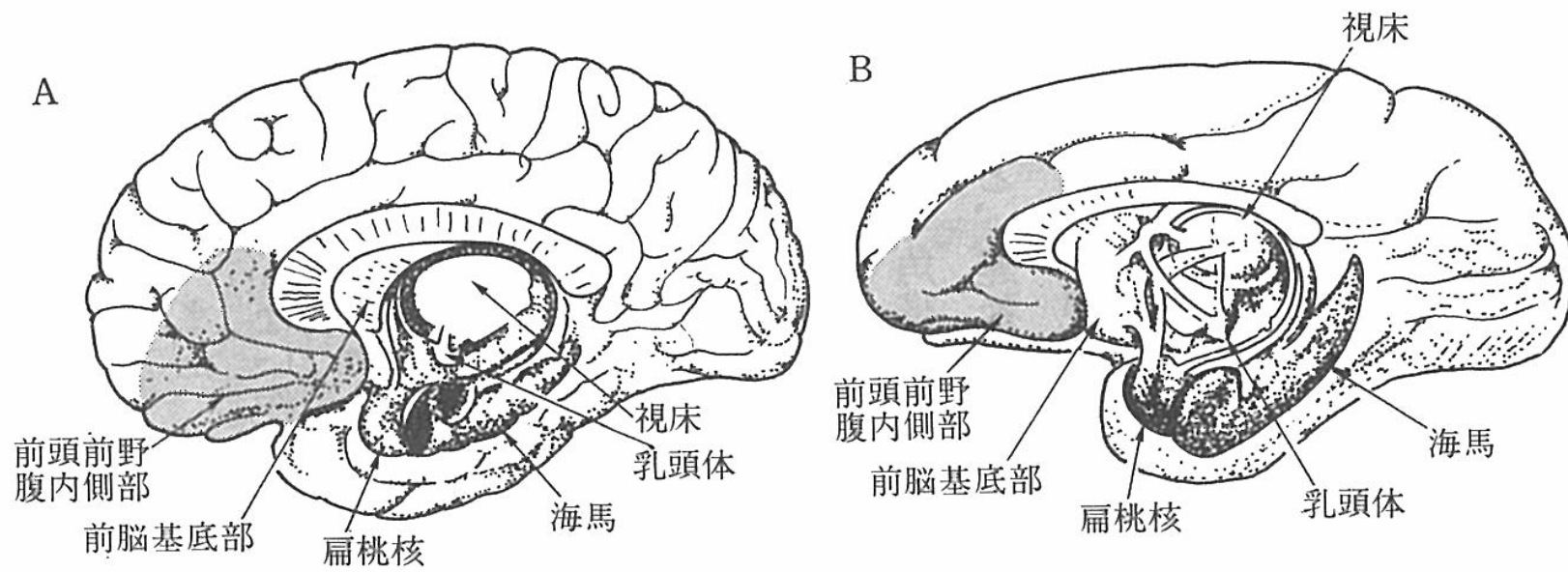


図 4・21 脳の記憶に関連した部位⁴⁵⁾

A：ヒト

B：サル



写真1 患者M.M.

患者は手術台に横たわっている。局所鎮痛剤が頭皮に注射され、切開する部分の皮ふにひっかき傷で印がつけてある。19

読者はこの写真を見て、手術中、患者の顔は滅菌シート一枚を隔てただけで医師の顔の真近に位置していることを、心に留めていただきたい。思いやりと相互の理解なくしては、患者達が脳に電気刺激を加えられたり、病巣を切除されたりしながら、自分の意識に生じた現象を十分に検討することはできない。脳自体は感覚がなく、痛みを生じることはないが、手術は時に長く、危険で、きわめて骨の折れるものになる。これら勇気ある同胞の知的な関心と正確な報告のおかげで、心の生理学は著しい進歩をとげた。

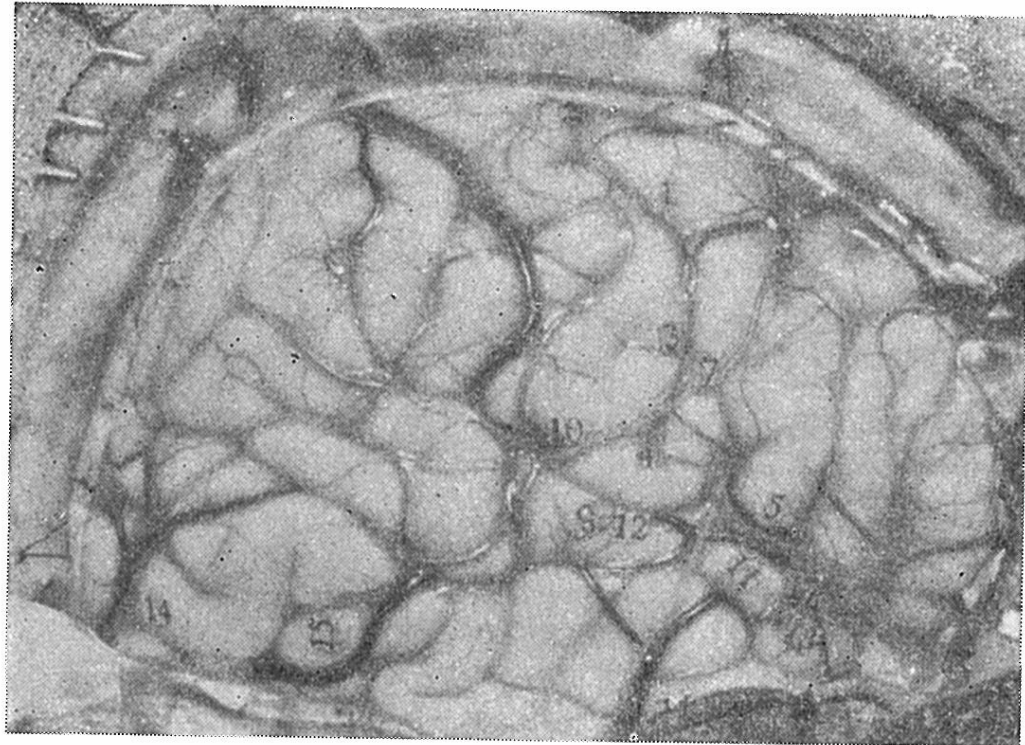


写真2 患者M.M.の脳

右の大腦半球が露出されている。番号を記した札は、電極による刺激で反応が認められた箇所を示している。

11 — 「何か聞こえました、何かはわかりませんが」

11 — (予告なしに刺激がくりかえされた) 「はい、先生、母親がどこかにいる小さな男の子を呼んでいるのが聞こえたように思います。何年も前にあったできごとのような気がしました」もっと詳しく、という求めに彼女はこうこたえた。「今住んでいる近所の誰かでした」そして彼女自身は、「声がよく聞こえるくらい近くにいました」

12 — 「はい。どこか川の方で声をするのを聞きました——男の人と女の人が呼んでいる声です……川が見えたように思います」

15 — 「ほんのちよっとの間自分がよく知っている場所にいるような気がして、それから、すぐ後で起こることは何でもわかるような気がしました」

17c — (先端を除いて絶縁された針状電極がシルヴィウス溝の奥へ、すなわち側頭葉の上方表面へ挿入され、電流のスイッチが入れた)

「おお、いつも発作のときに見る場面ですわ！ どこかの事務所の中で、机がいくつか見えました。私はそこにおいて、誰かが私を呼んでいました。男の

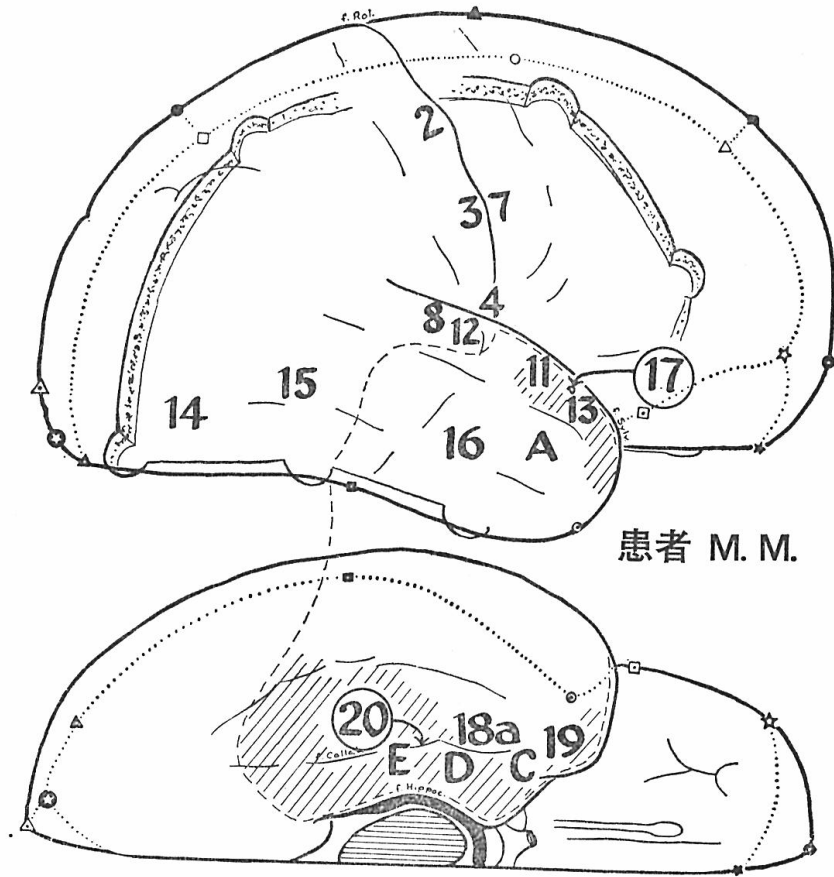
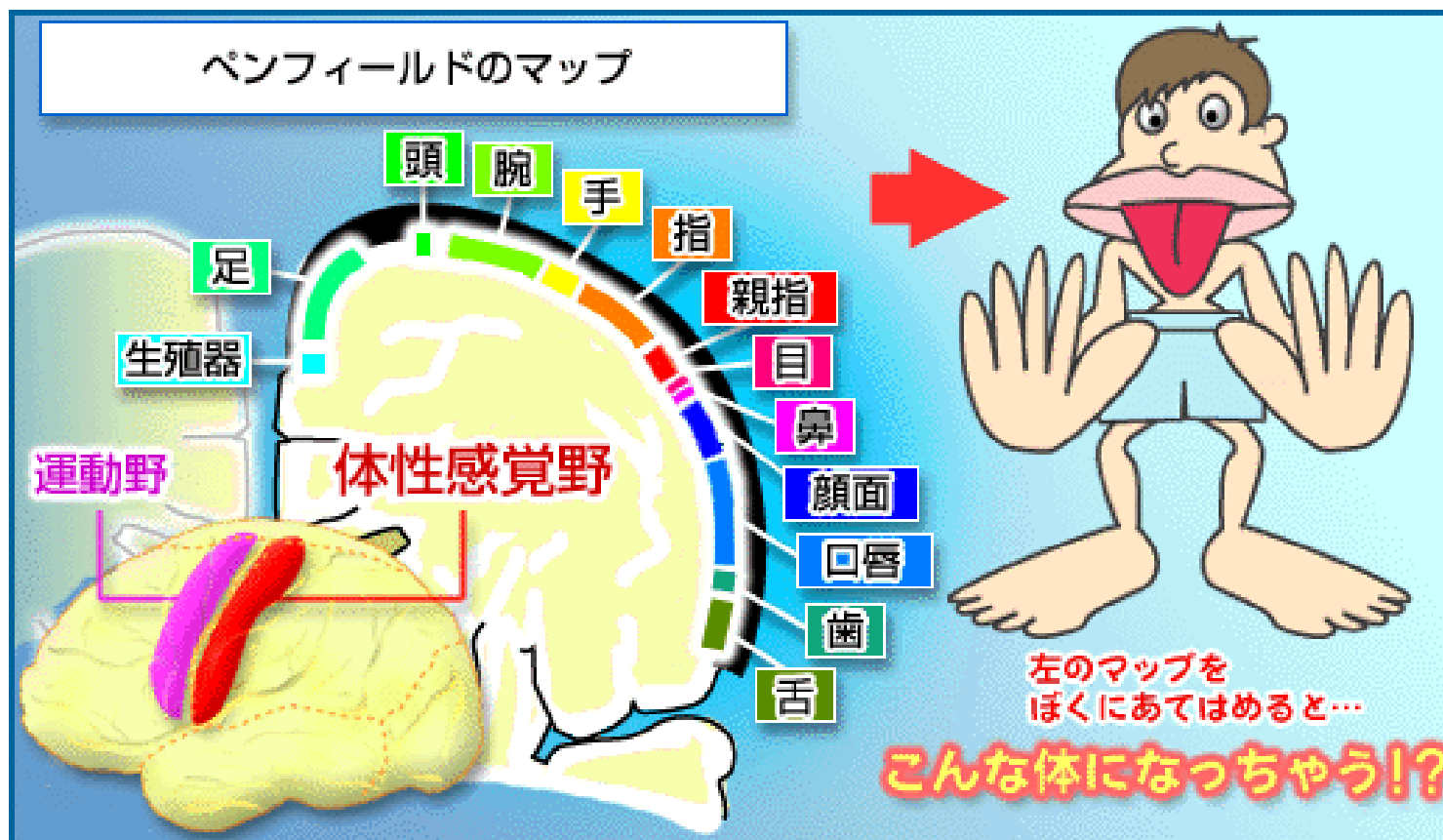


図3 患者M.M.の脳のスケッチ

手術野とはっきりした反応の認められた刺激点を図解したもの。破線はてんかんの病巣を除くために行なわれた側頭葉切除の範囲を示す。斜線の部分が硬化・萎縮しており、原因は出産時に脳に加わった圧迫と推定された。

- 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/>

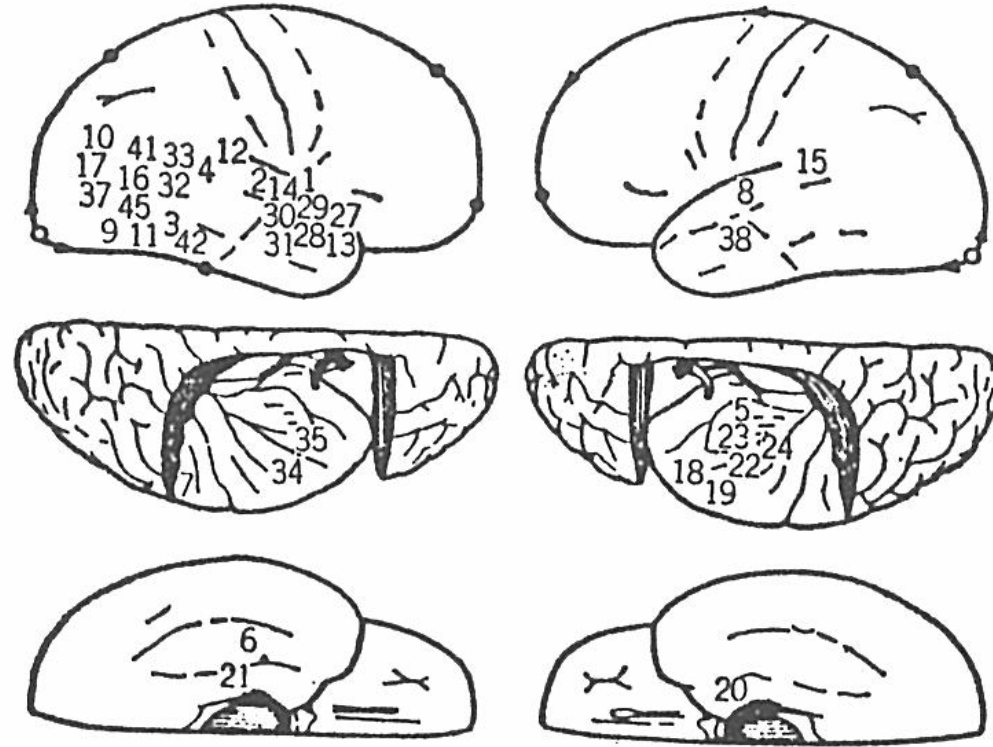
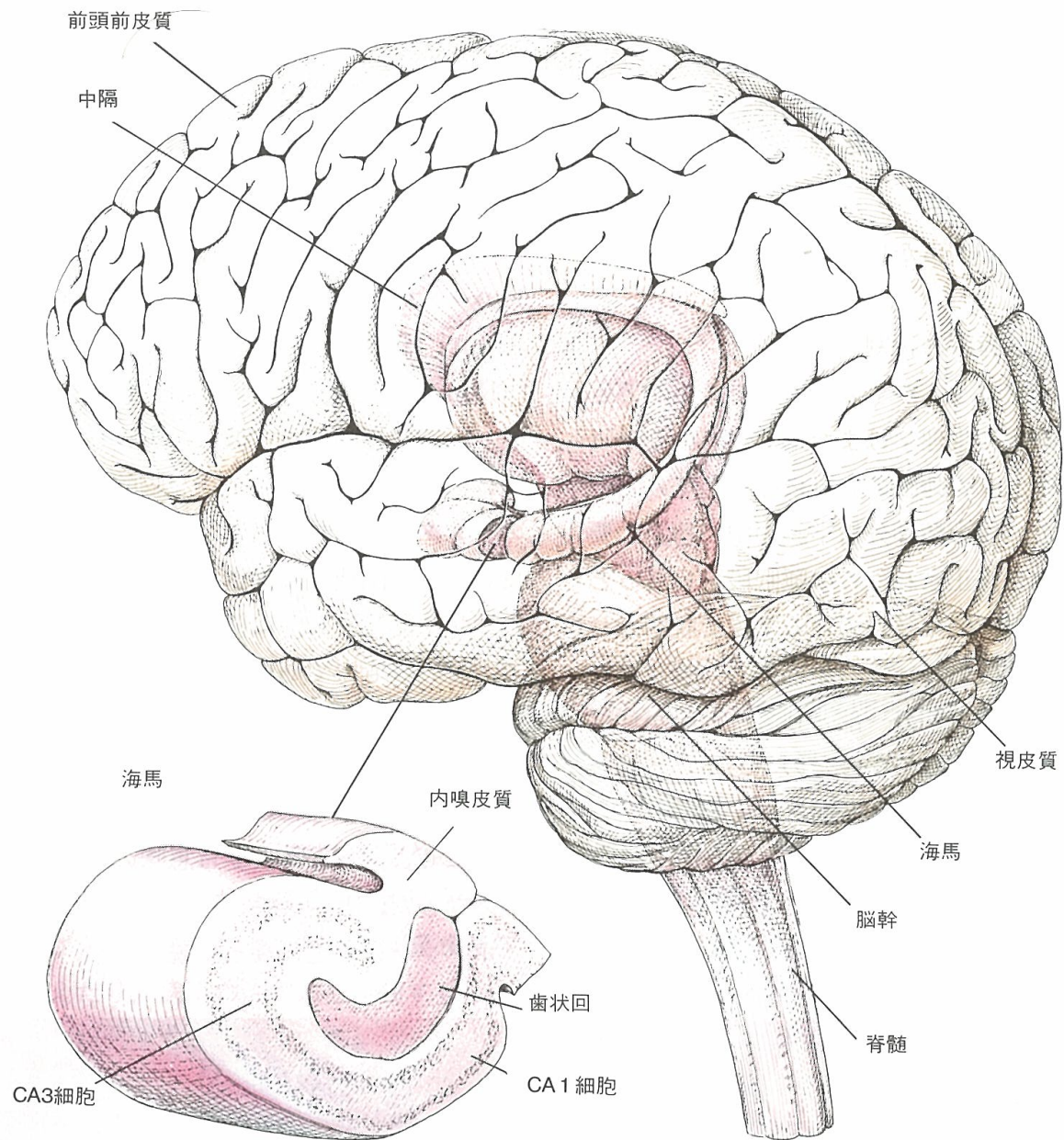


図 4・9 ヒトの側頭葉の電気刺激で想起された視覚像⁸⁾

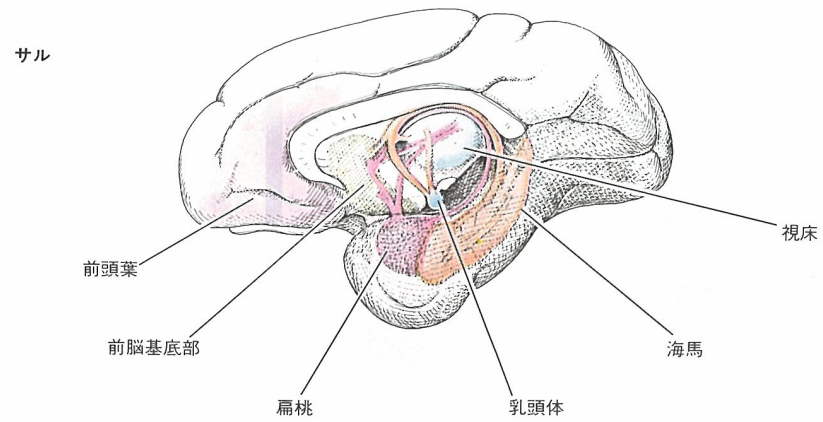
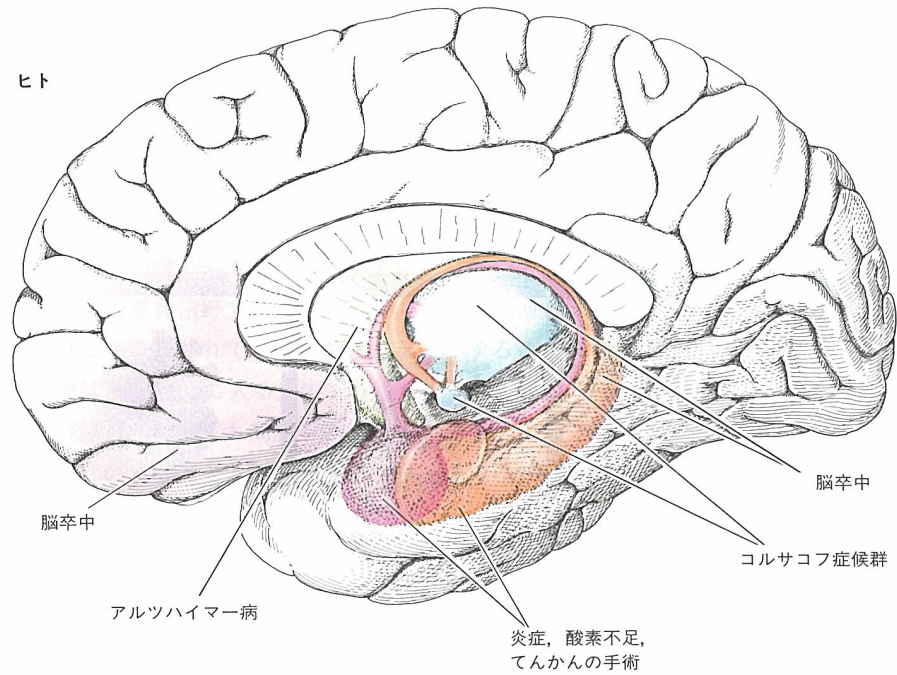
- 1：見なれた街頭 2：人物 3：人物
 4：物体 5：見なれた景色 6：絵の中の顔 7：人物 8：棒を持った人 9：友達
 10：見なれた機械 11：親しい看護婦 12：見なれた景色 13：人物 14：景色 15：けんかする人 16：婦人 17：階段に人があがっている 18：人物と景色 19：景色 20：景色 21：見なれた部屋 22：人物 23：人物 24：タバコを吸う人 27：景色 28：人物 29：部屋にいる母と子 30：人物 31：

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）



脳の構造と海馬の横断面 夢見にかかわるいくつかの部位を示したもの。海馬では、入ってくる情報が歯状回、錐体細胞 CA3 および CA1 で順に処理されている。霊長類より下等な種では、シータ・リズムは、歯状回と CA1 細胞で発生する。



脳損傷の部位 ヒトの脳の正中断面を描いた図(上)に、疾患などによってヒトに記憶障害が引き起こされたときにみられる脳損傷の部位を示した。下の図はマカクサルの脳で、それぞれヒトに対応する部位を同じ色で示した。ヒトの脳は実物の3分の2の縮尺であり、サルの脳は実物大である。

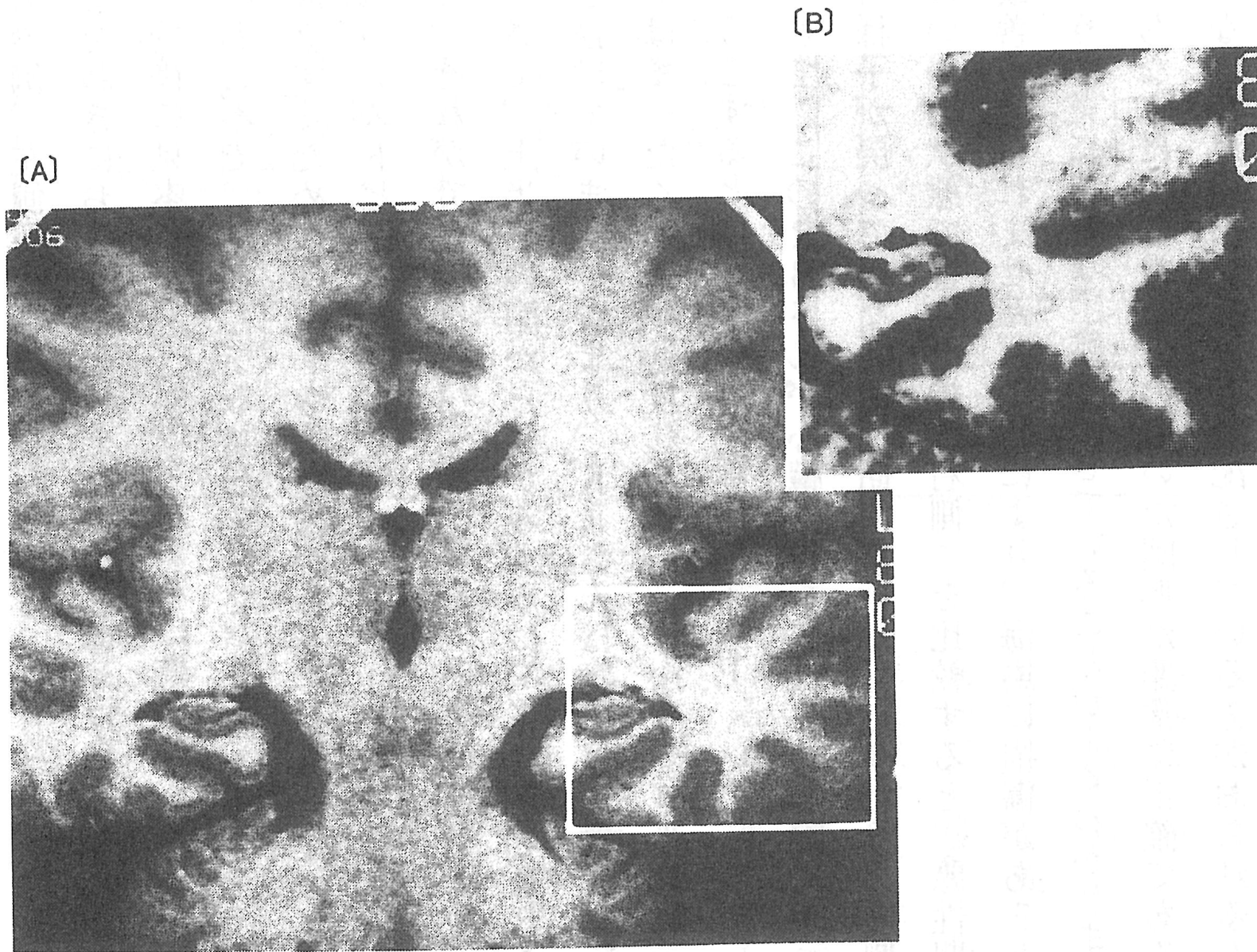


図2 A：健常人脳のMRI画像。□部分は、海馬・下部側頭葉皮質を含む。

(Press,C.G.et al.:Nature 341:57 [1989])

B：健常人の□部分の拡大図(Squire,L.R.&Zola-Morgan,S.:Science 253:1381 [1991])。

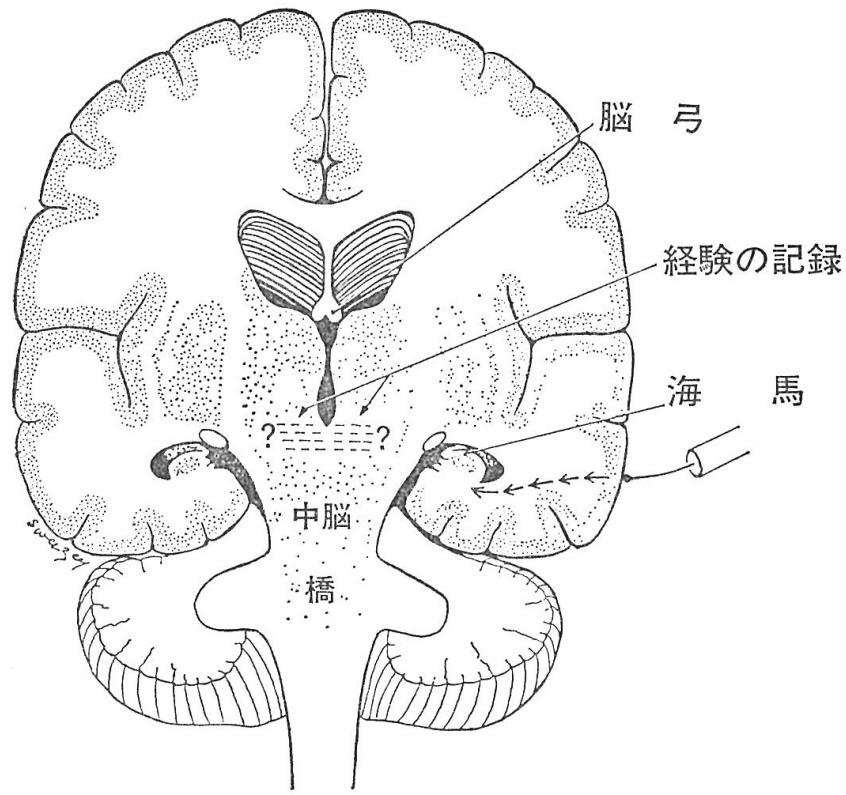
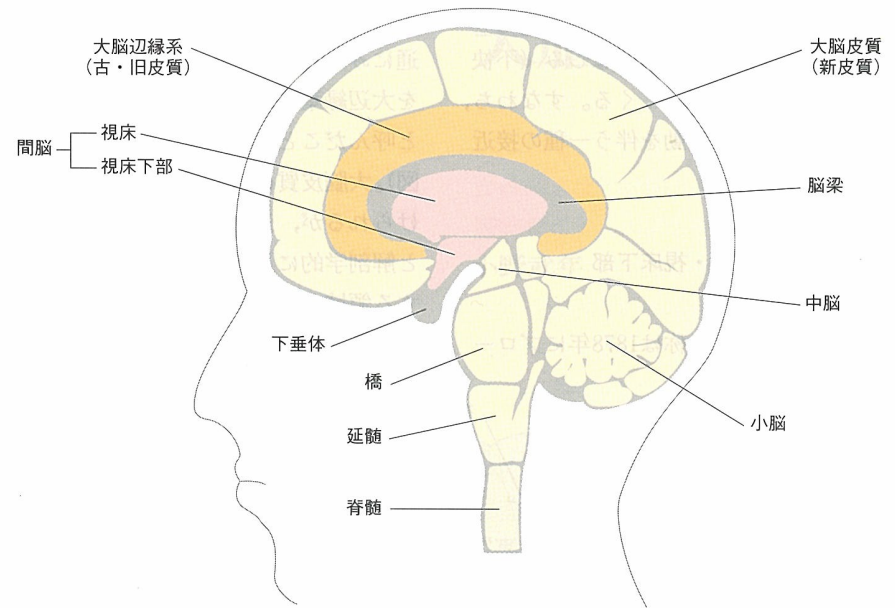


図9 意識的な経験の記録とその再生

電極を用いて大脳皮質の解釈領に刺激を加えると、ある機能回路が活動化されて、過去の経験が思い出される(経験反応)。この回路はまだ十分に明らかにされていないが、海馬と脳弓を含むことはまちがいなさそうだ。* (エリノア・スウィーヂィ画)



脳の3層構造 大脳辺縁系(辺縁系)は情動発現に重要な役割をもっている。また、視床下部は情動の表出に重要な役割を果たしている。大脳辺縁系の中でも情動発現に重要なのは扁桃体であり、視床下部は、扁桃体と密接な線維連絡をもっている。海馬体も大脳辺縁系の中にある。



図3 海馬のスケッチ

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

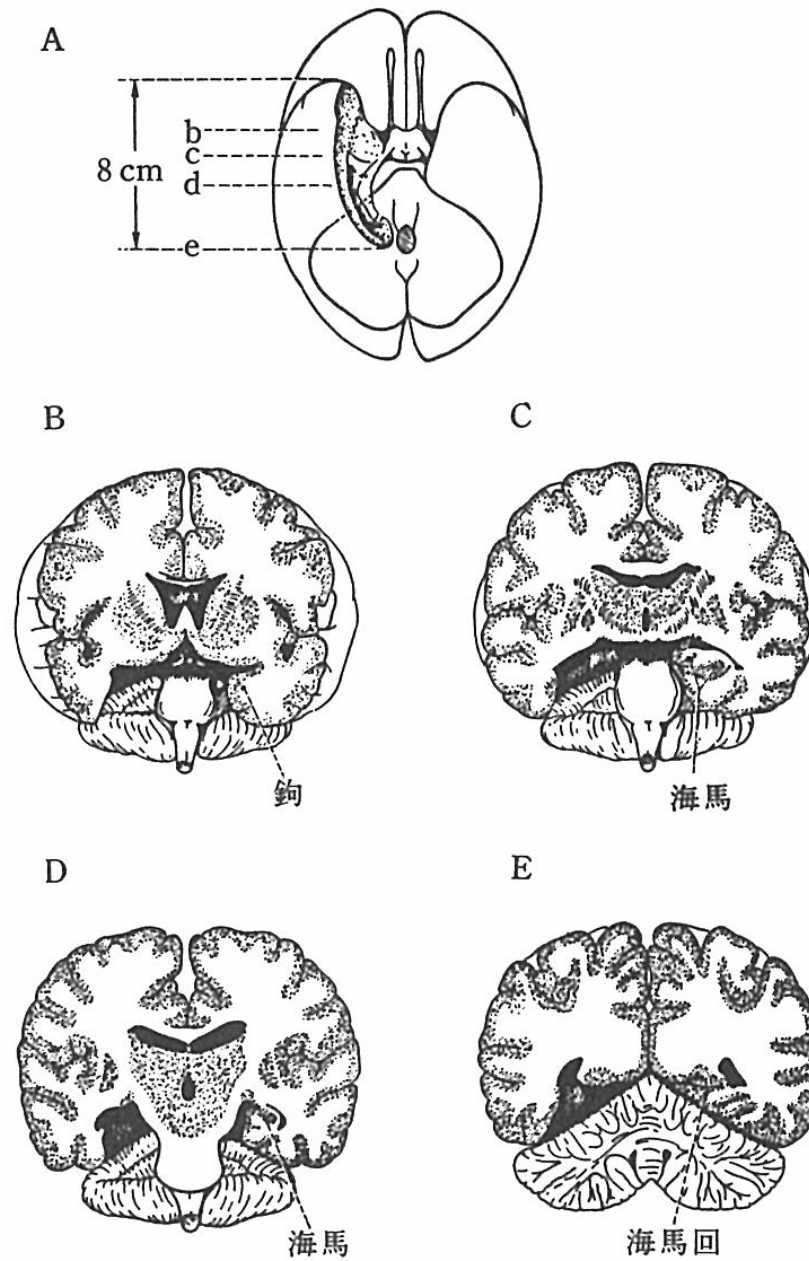


図 4・6 H. M. における内側側頭葉切除範囲⁶⁾
 切除は両側性に行われたが、部位の説明のため片側は無傷で描かれている。b～eの断面をB～Eに示す。

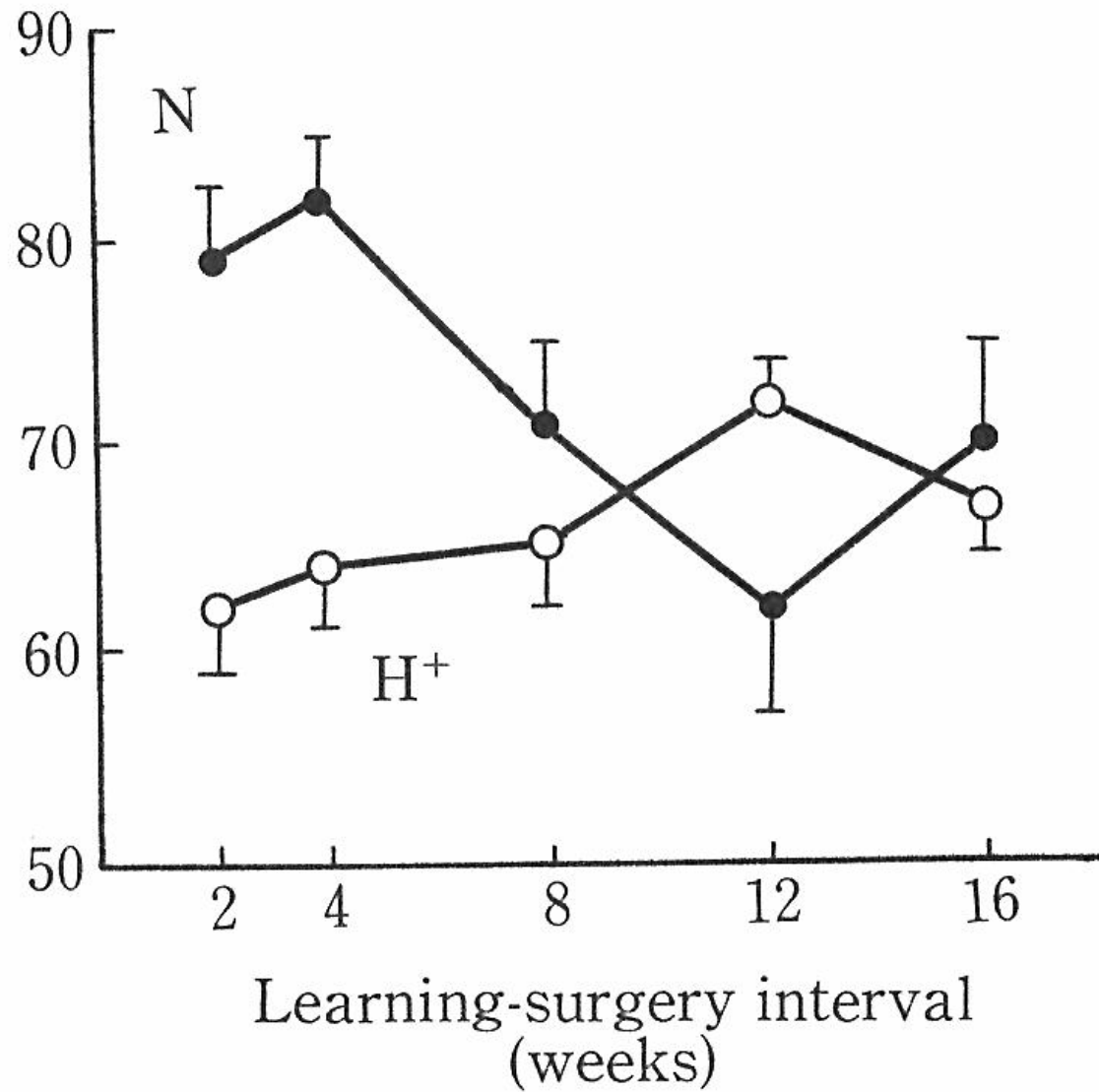


図7 正常なサルと海馬を摘除されたサルで調べた忘却曲線

大脳における視覚記憶システムの概略

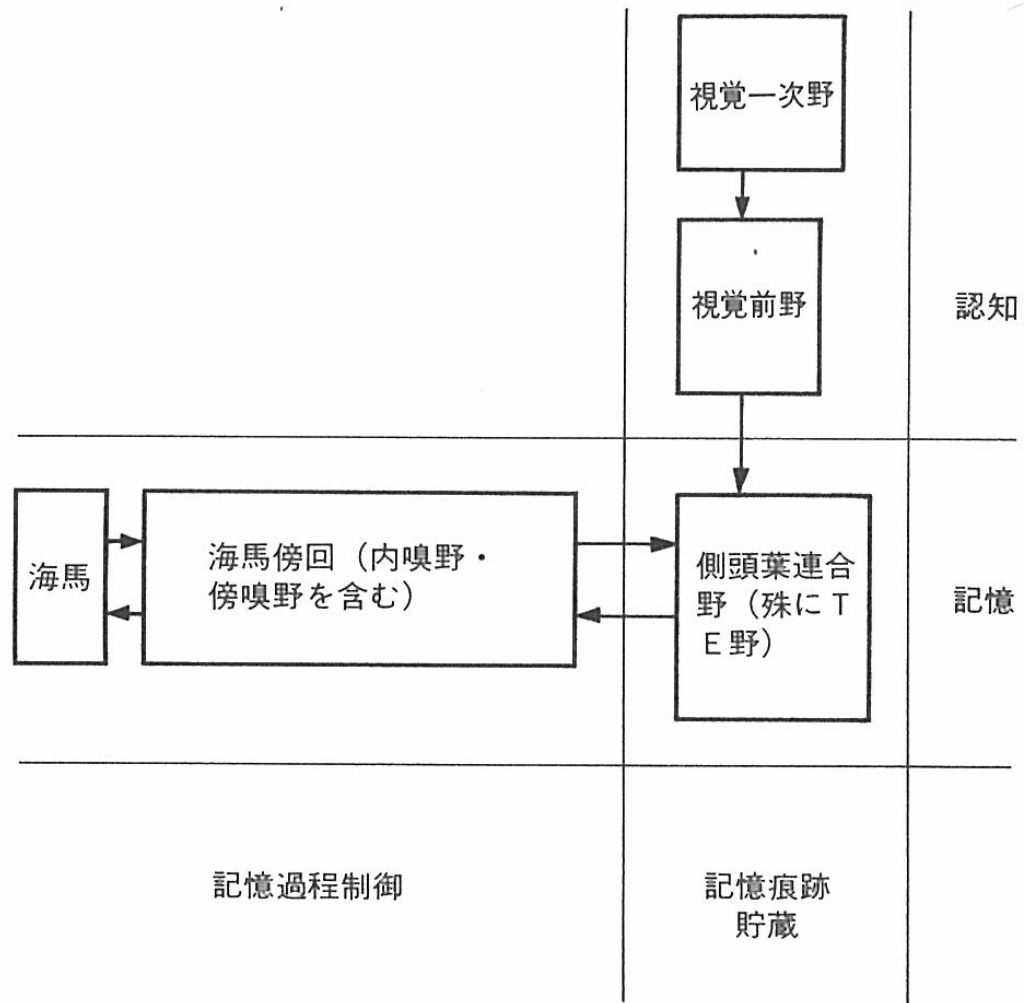


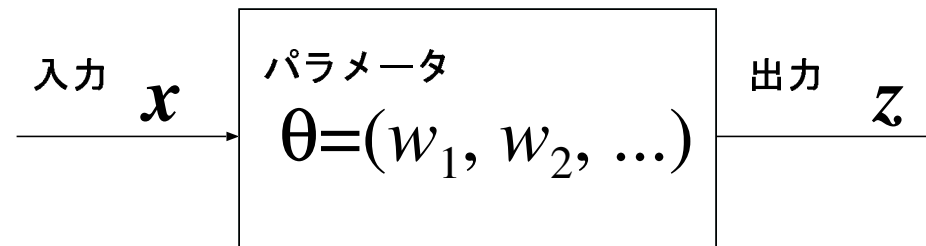
図 2.6 視覚記憶系の構造 (模式図)

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．

二つのダイナミックス

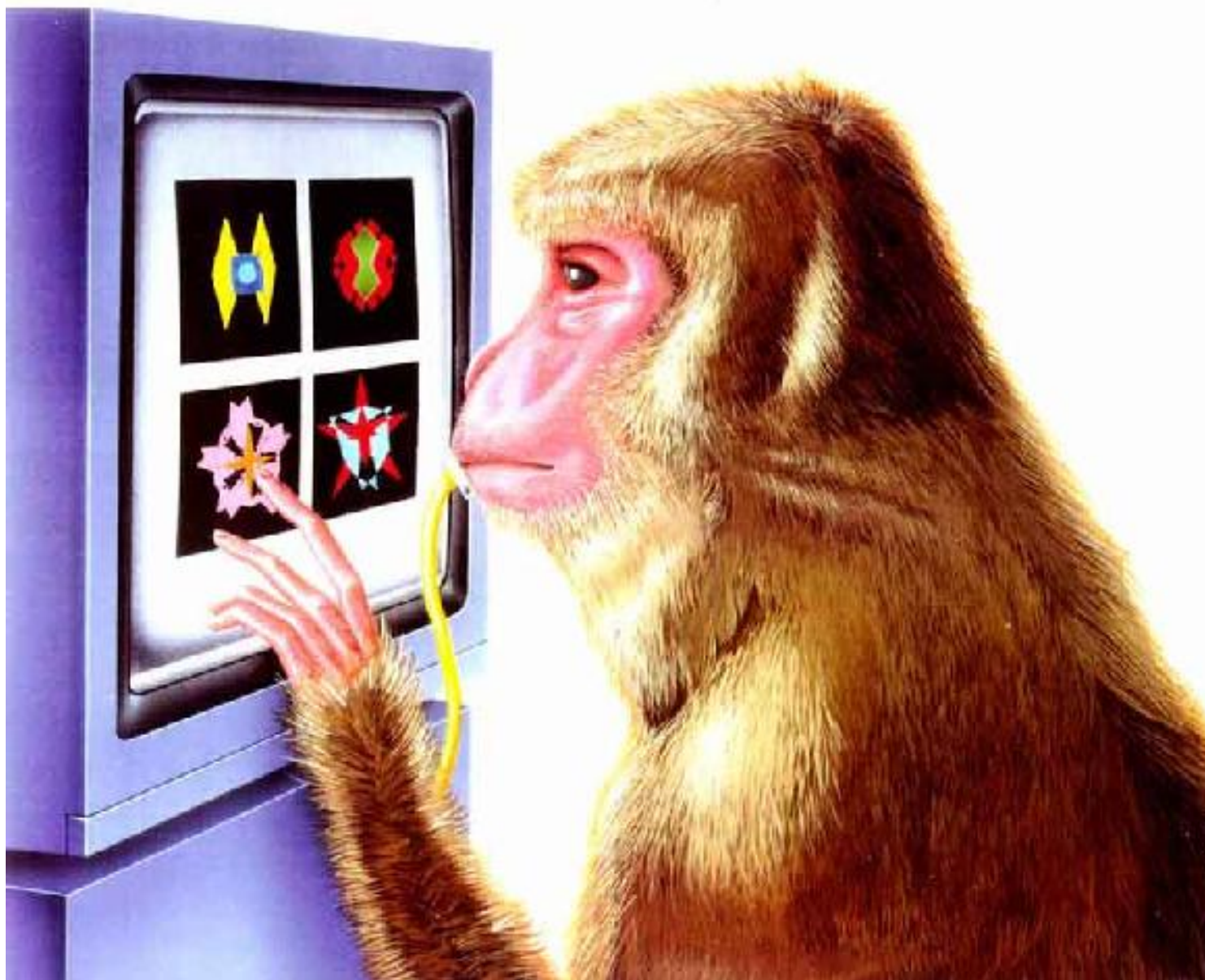
サルを使った実験結果の見方



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

概要

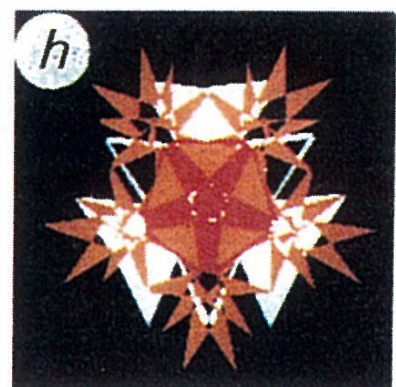
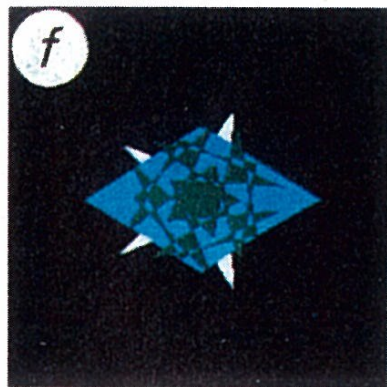
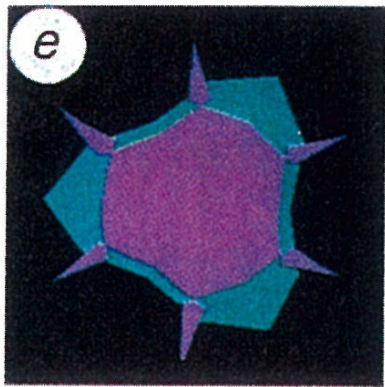
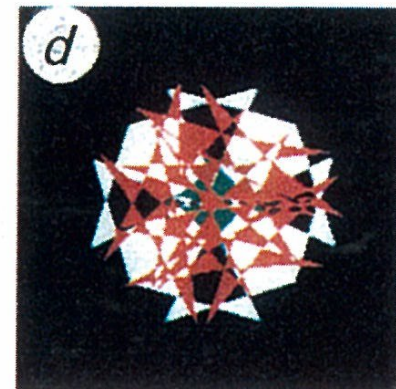
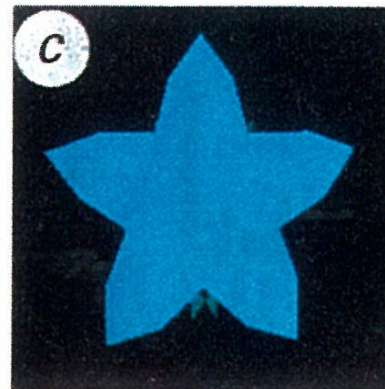
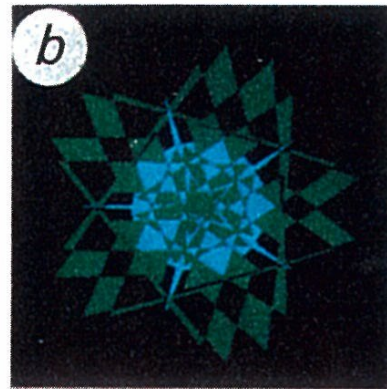
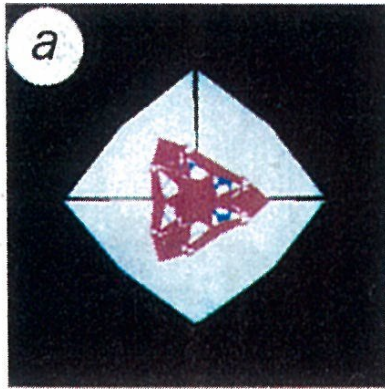
- 記憶の情報表現：宮下保司教授のサルを使った記憶の実験
 - ・ 関連する脳の部位：下部側頭葉
 - ・ 記憶課題：遅延見本合わせ課題
 - ・ 反応選択性
- 文献
 - ・ Miyashita, Y. & Chang, H.S. : Nature 331, 68-70, 1988.
 - ・ Miyashita, Y.: Nature 335, 817-820, 1988.
 - ・ Sakai & Miyashita: Nature 354, 152-155, 1991.



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

図が何を示しているのか確認しながらゆっくり進む

視覚記憶をテストするために人工的に作成された図形



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

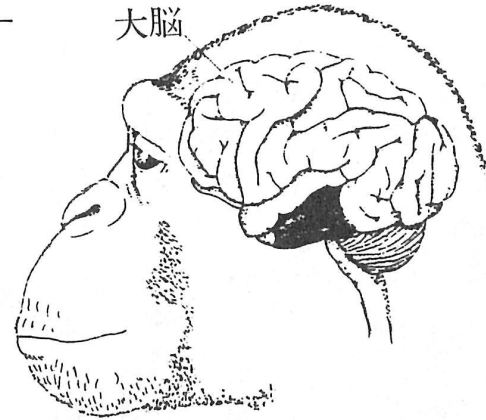
ニホンザル

大脳



チンパンジー

大脳



大脳

ヒト

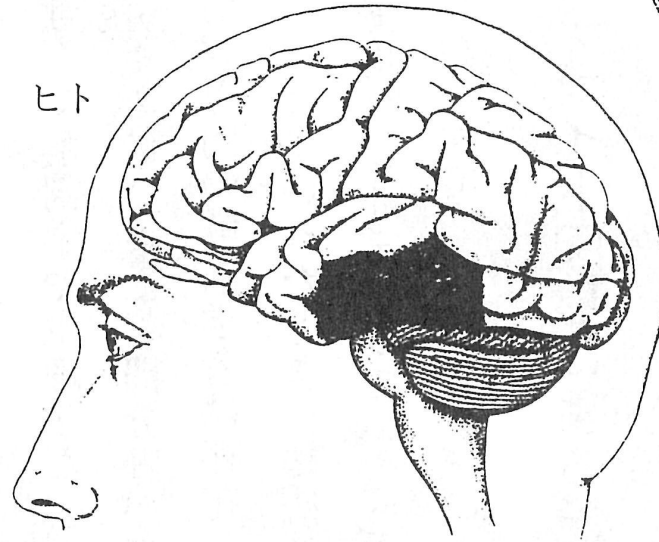
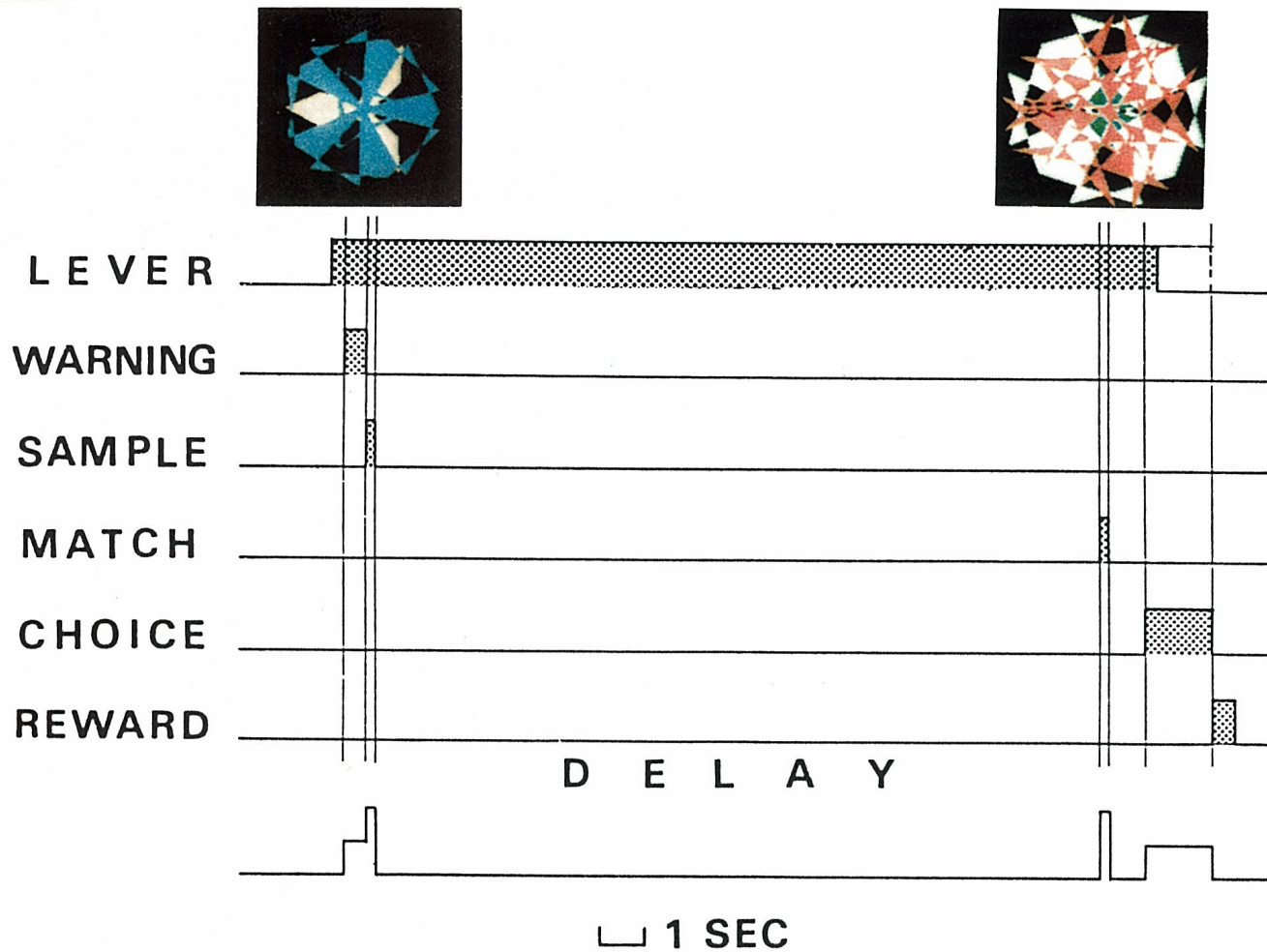


図1 ニホンザル、チンパンジー、ヒトの大脳

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

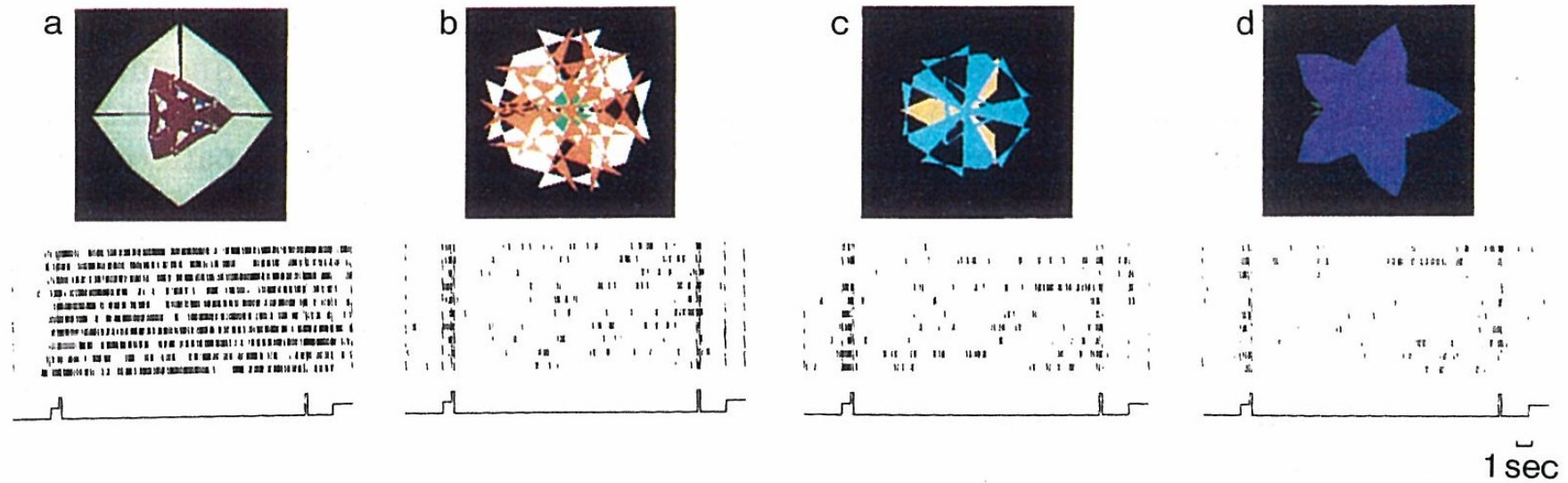
遅延見本合わせ課題



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

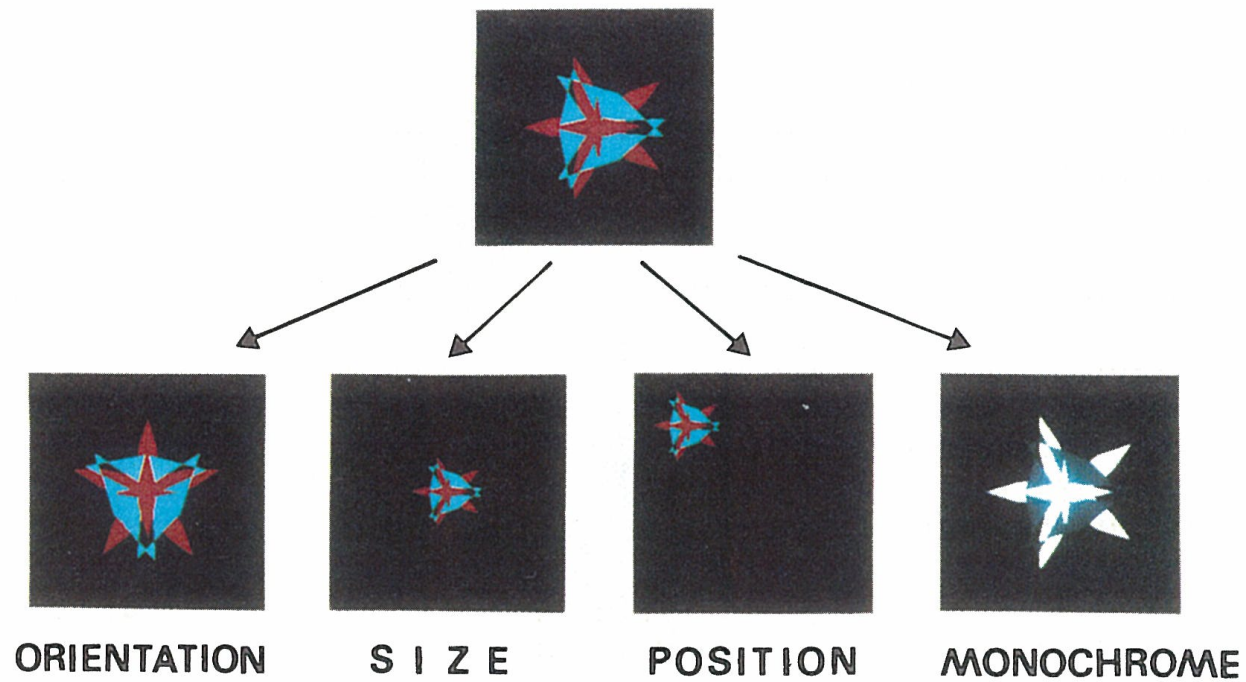
ニューロンの反応選択性



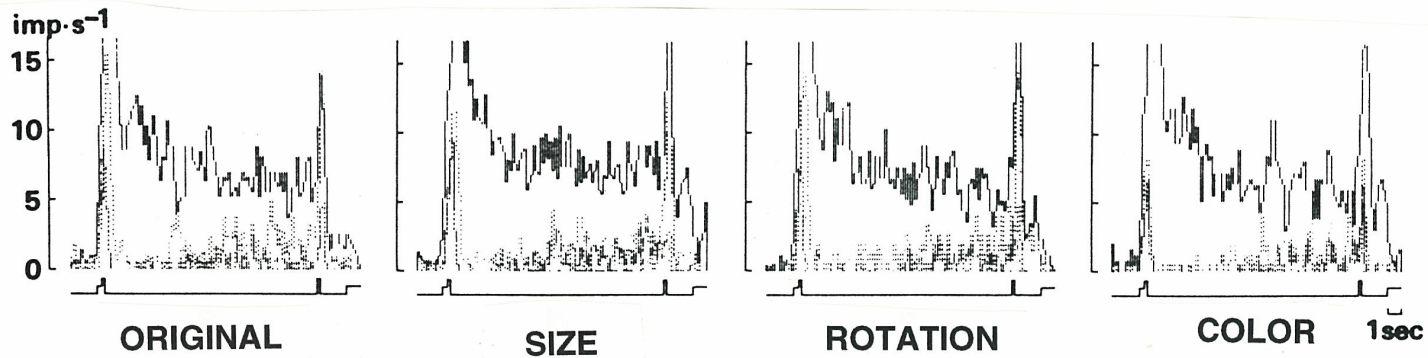
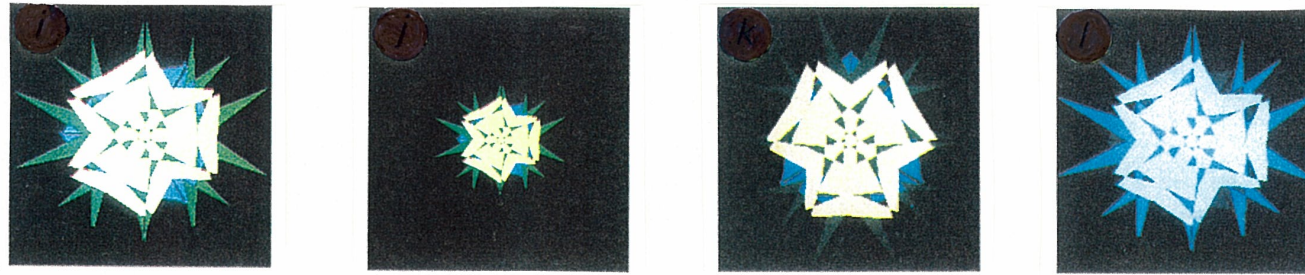
1個のニューロンの4枚の図形に対する反応選択性の例

図形の見え方を変化させてみる

STIMULUS TRANSFORMATIONS

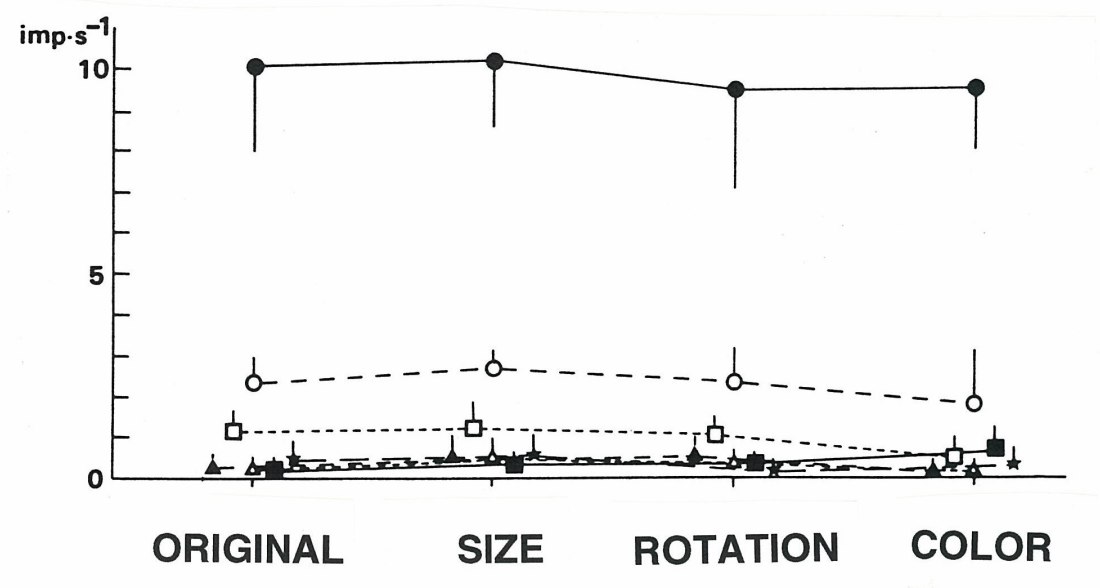
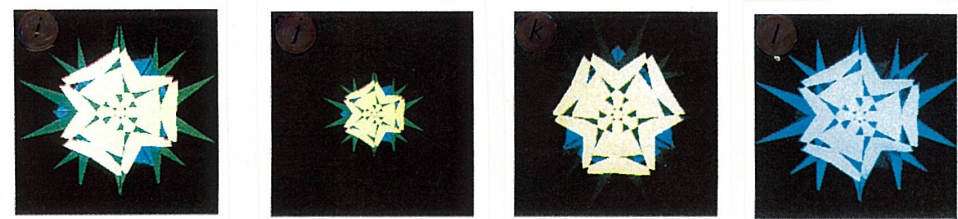


ニューロンの反応選択性：大きさ，回転，色に対する不変性



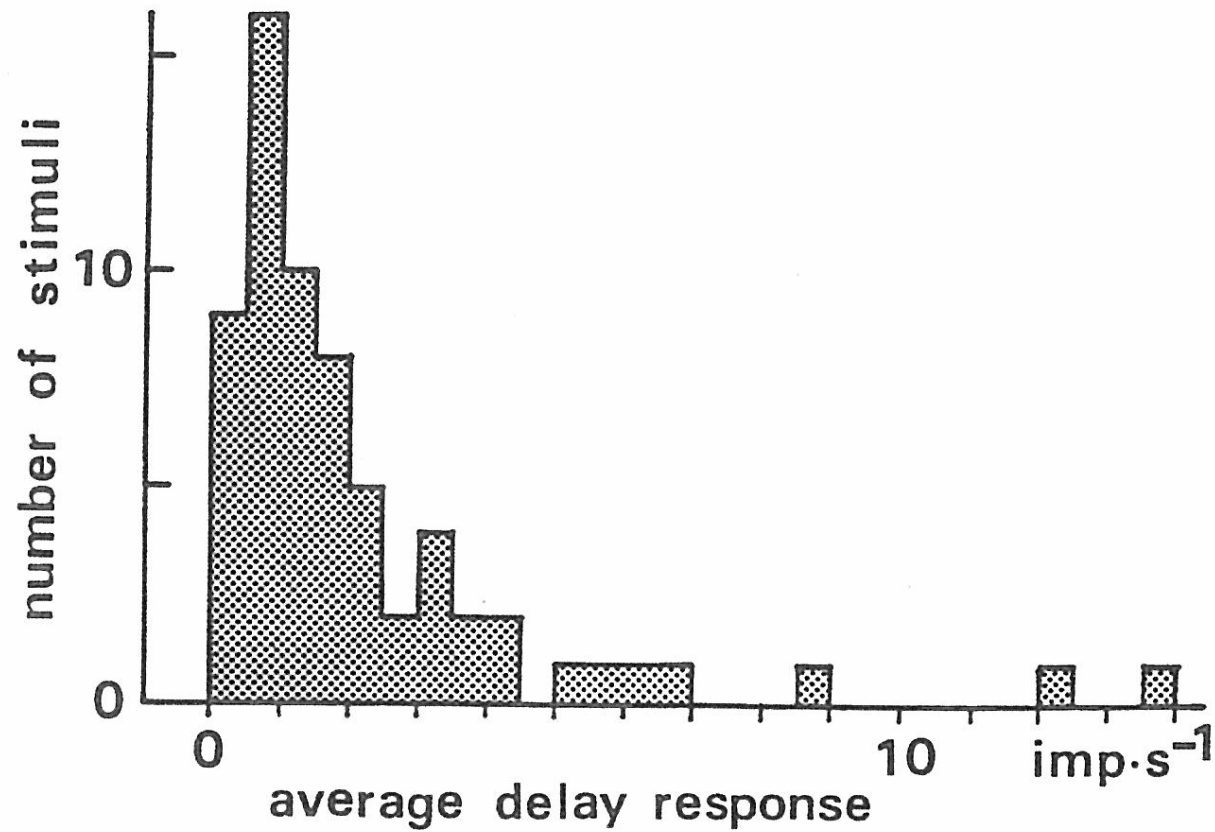
このような選択性を示すニューロンが存在

ニューロンの反応選択性：大きさ，回転，色に対する不変性



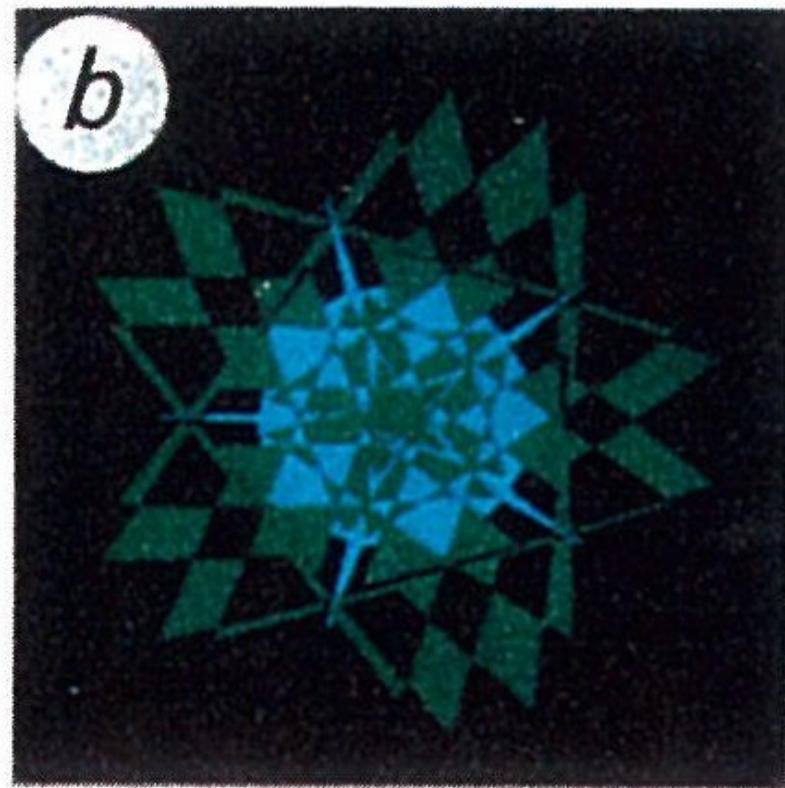
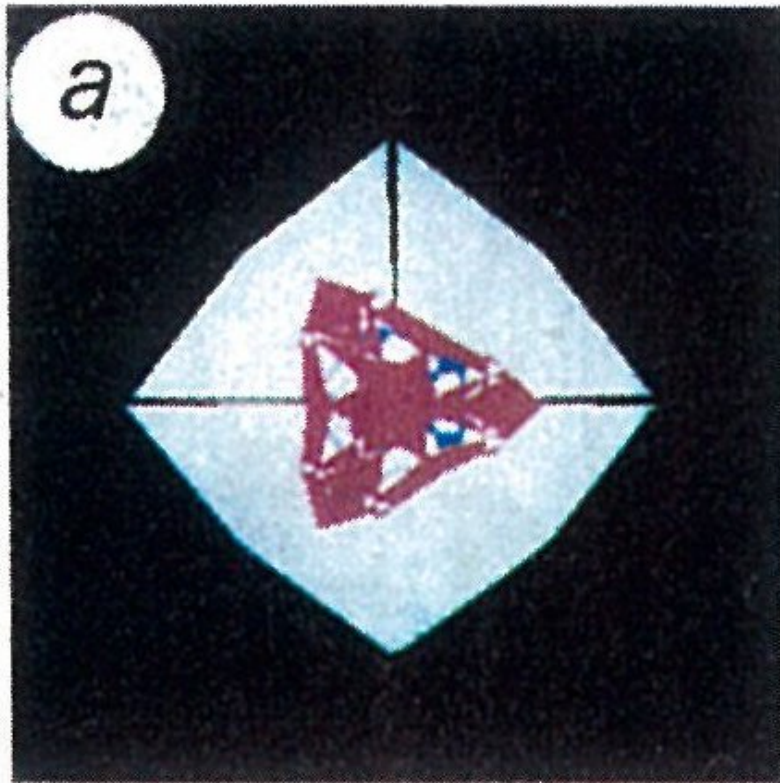
このような選択性を示すニューロンが存在

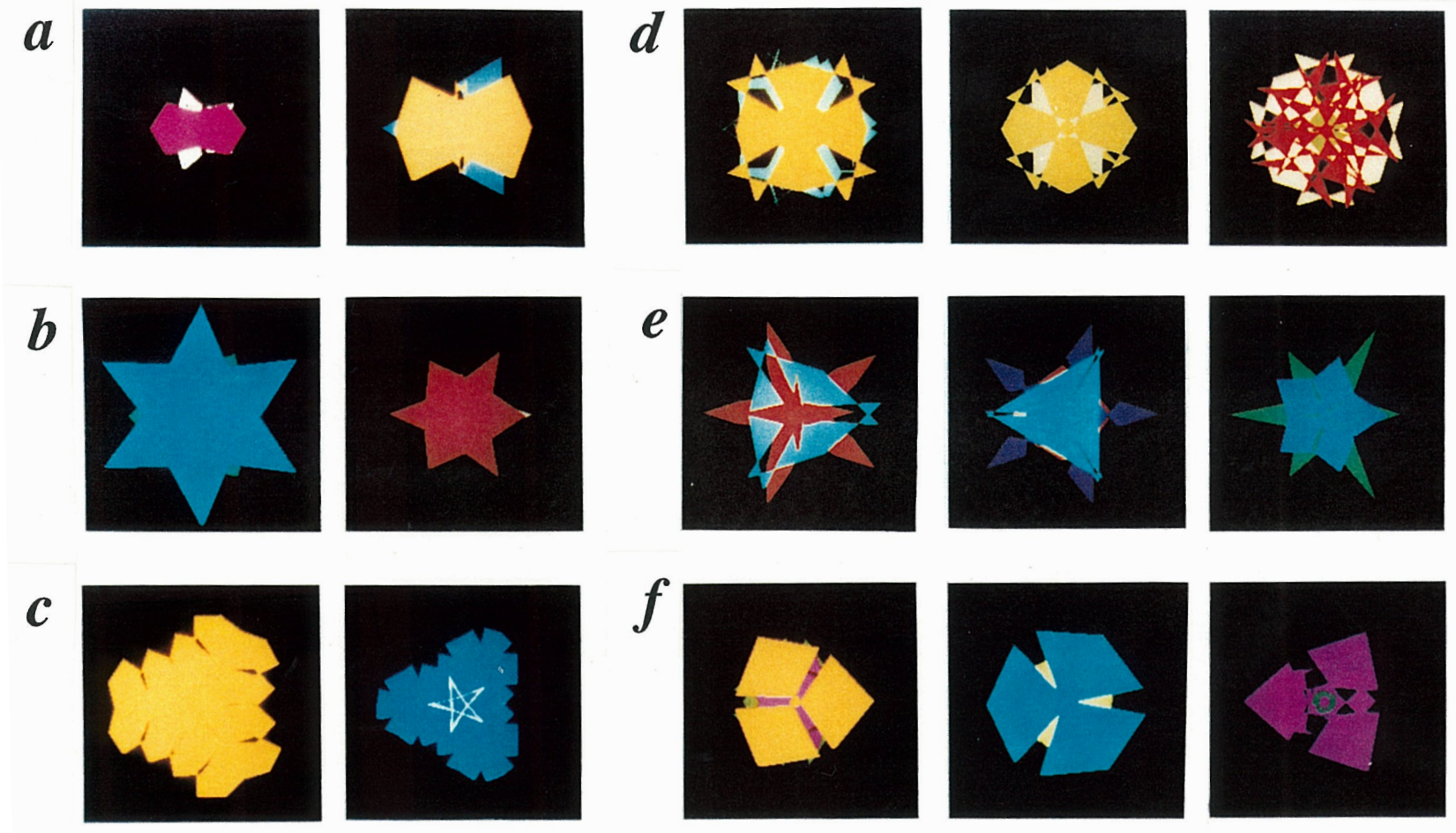
1個のニューロンの100枚の図形に対する反応選択性の分布



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 .

1個のニューロンの最適刺激2枚

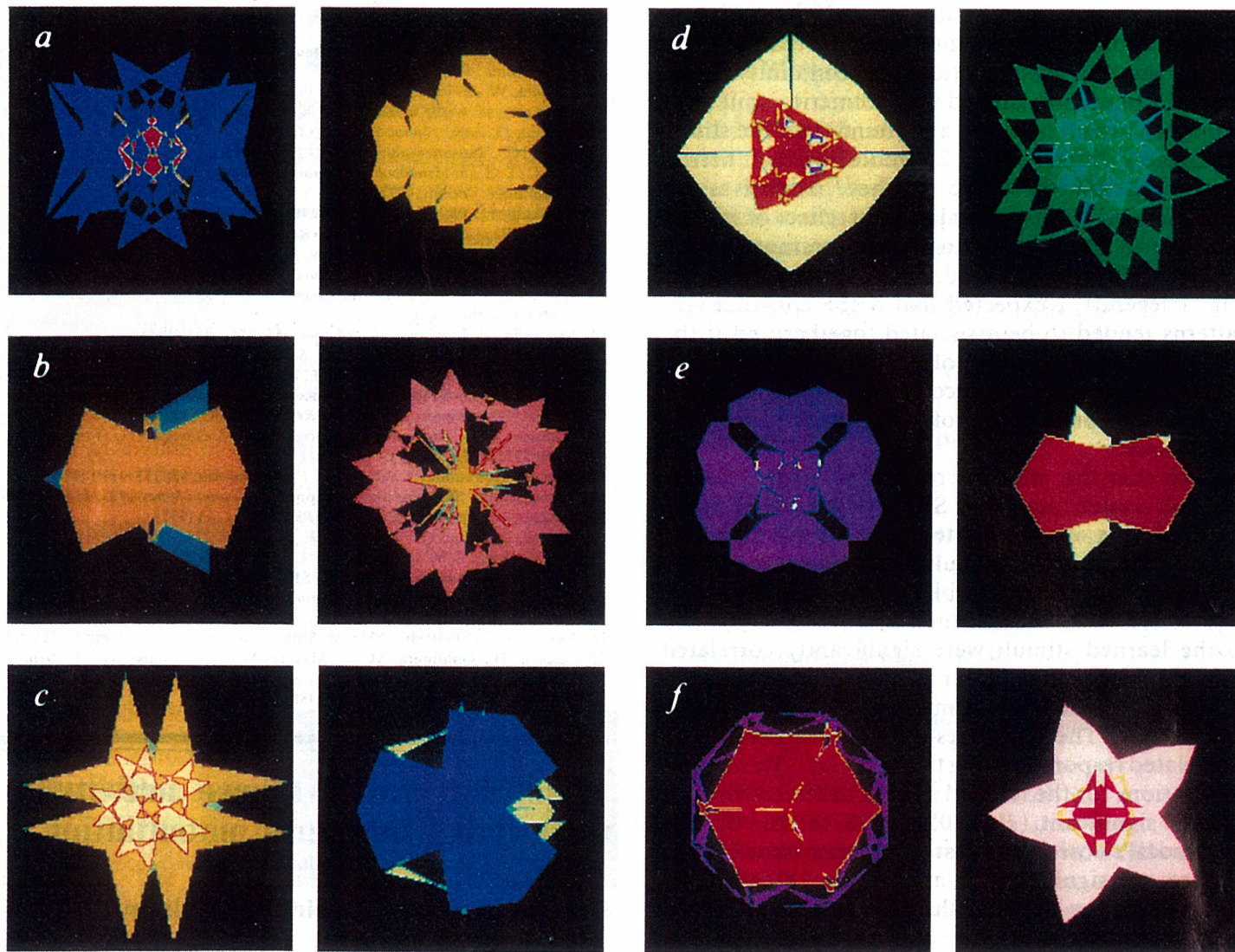




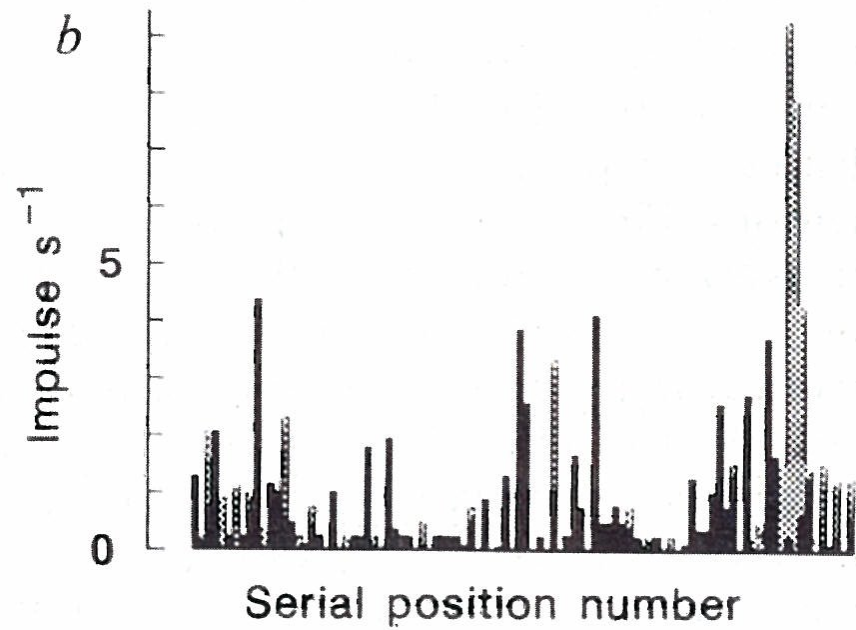
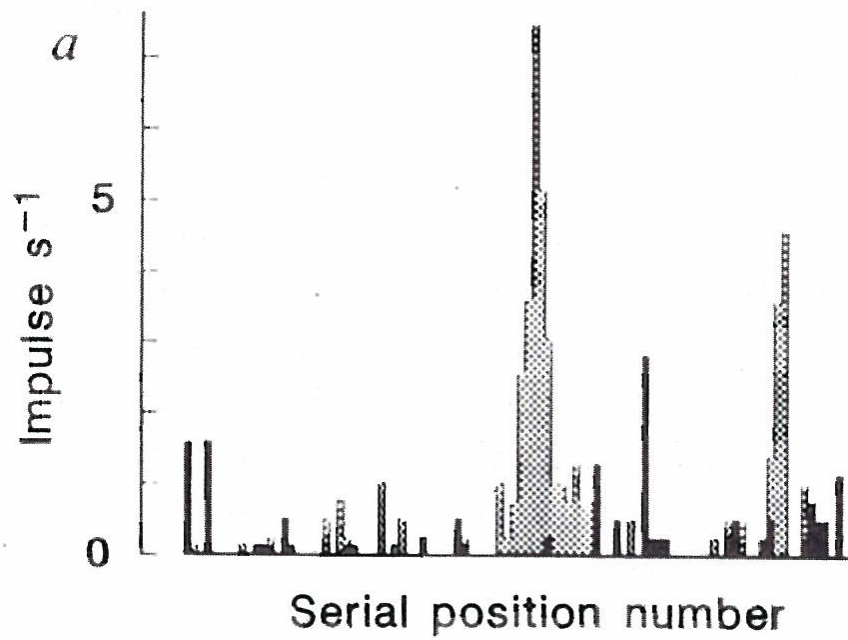
引き続きで発表された論文

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.

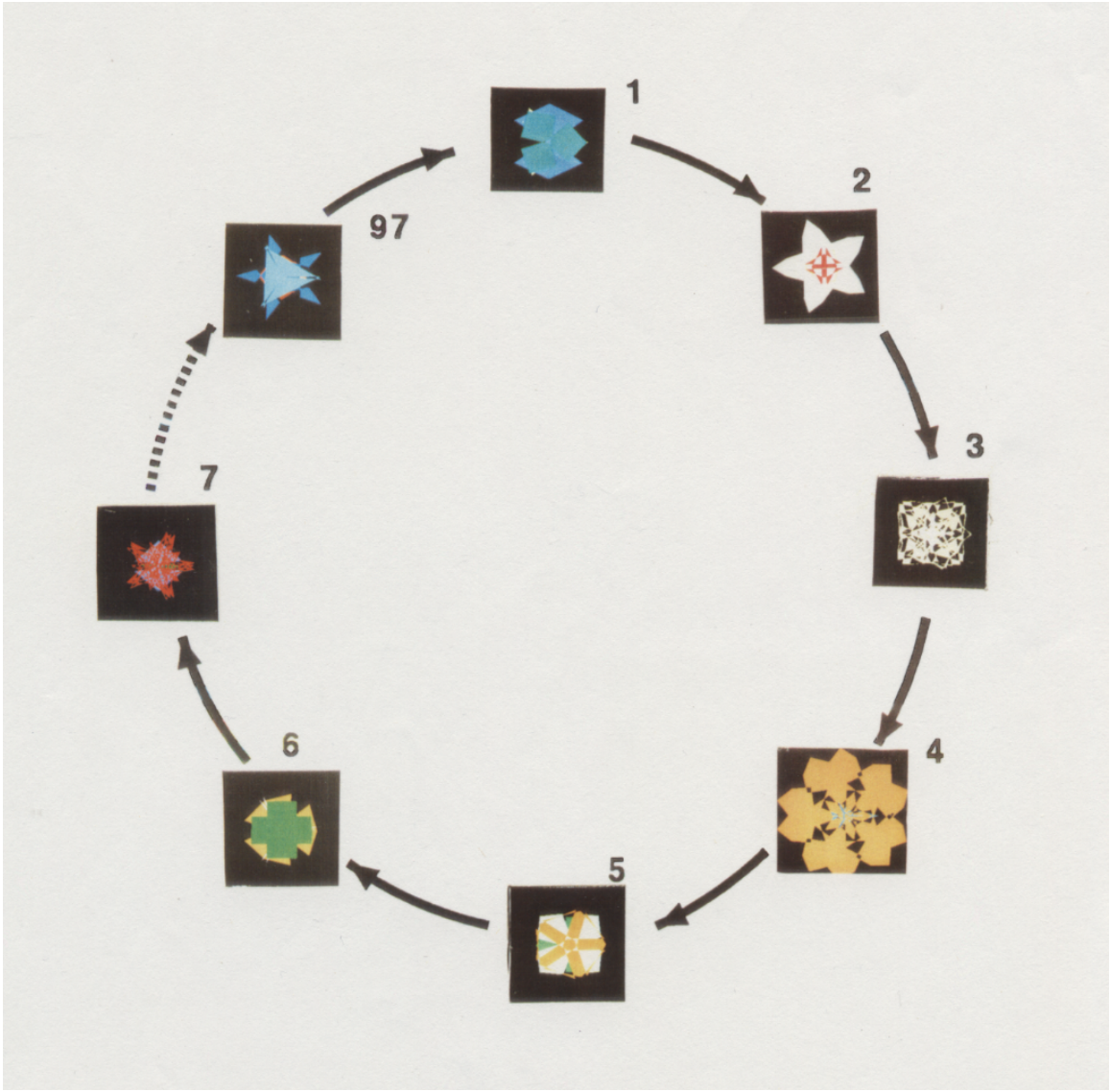


各ニューロンの最適刺激：6例

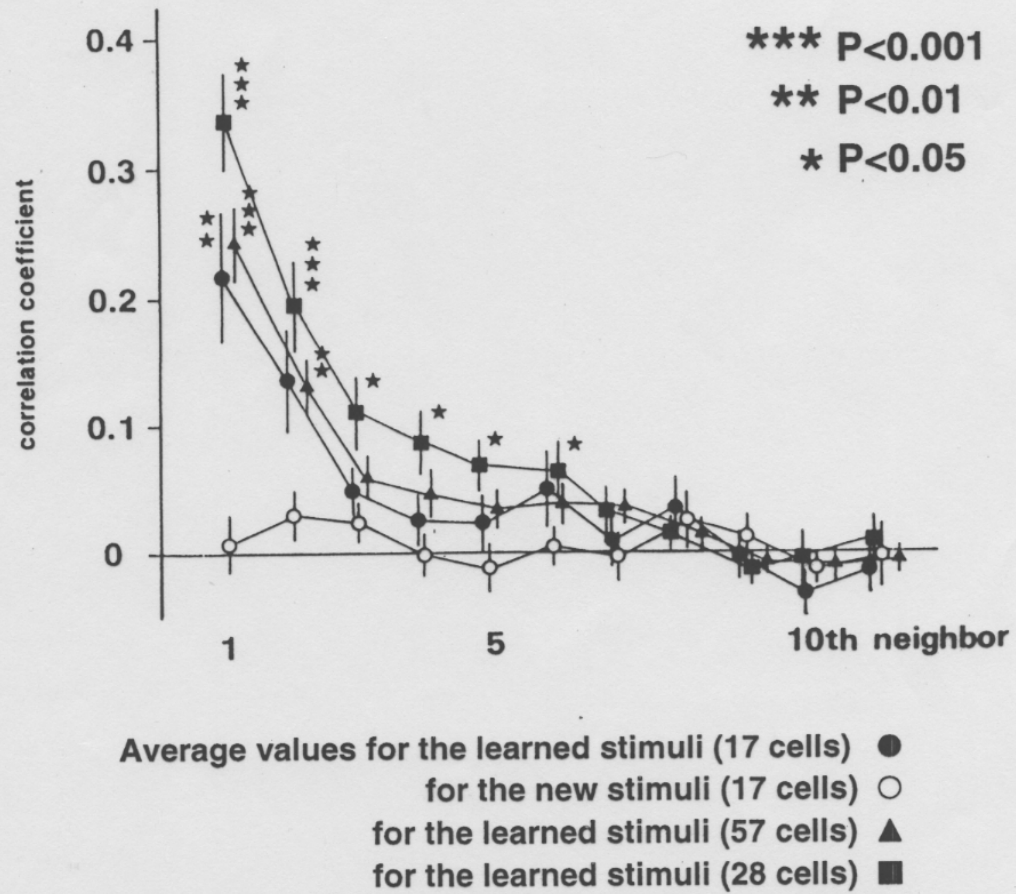


・ 200 枚の図形に対するニューロンの選択性：2 例 .

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 .

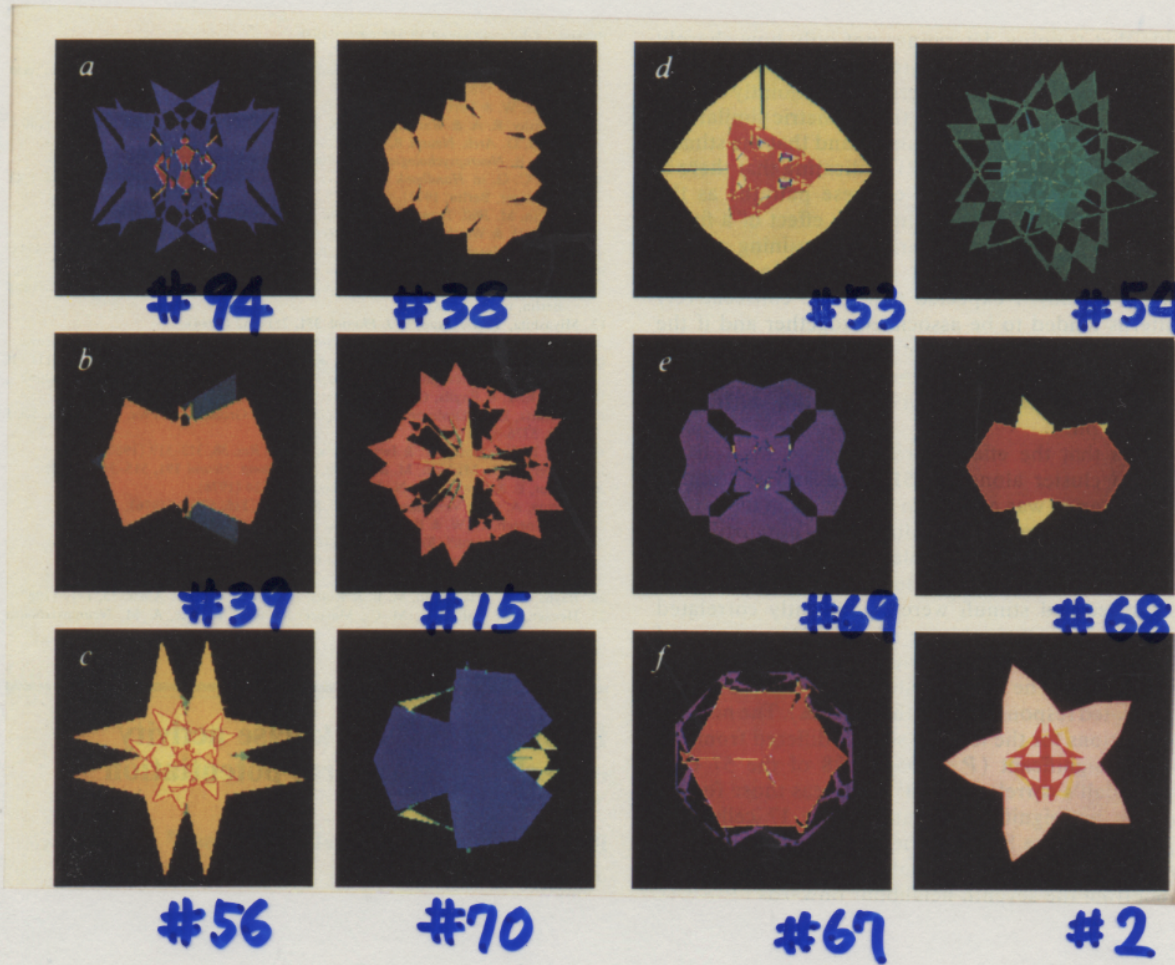


**AUTOCORRELOGRAMS OF THE DELAY DISCHARGE RATE
ALONG THE SERIAL POSITION NUMBER OF THE STIMULI**
(Y.Miyashita, 1988)



THE PAIR IS GEOMETRICALLY SIMILAR ?

(Y. Miyashita, 1988)



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