

下側頭葉皮質における左右視野の統合

Bilateral Visual Receptive Fields of Inferior Temporal Cortex Neurons

川寄圭祐(PY)、宮田健二、田村 弘、王 全新、藤田一郎

Keisuke Kawasaki, Kenji Miyata, Hiroshi Tamura, Quanxin Wang, Ichiro Fujita

Email:kotarou@bpe.es.osaka-u.ac.jp

大阪大学大学院基礎工学研究科 生物工学分野 認知脳科学研究室

Laboratory for Cognitive Neuroscience, Graduate School of Engineering Science, Osaka University

科学技術振興事業団戦略的基礎研究「視覚認識の脳内過程」

Abstract

Receptive fields of cells in area TE of the monkey inferior temporal cortex were examined in a computer-controlled manner. Most of them were $>22^\circ$ and extended well into the ipsilateral hemifield. Stimulus selectivity was similar even between at ipsilateral 11° and at contralateral 11° . Commissural connections between the two TEs formed patchy distribution of terminals, which may underlie the position-invariant selectivity across both hemifields.

1. 背景

物体視経路の最終段である下側頭葉皮質 TE 野の細胞の多くは、 15° 以上の受容野を持ち、一部の細胞の受容野は視野の垂直経線を越え同側視野におよぶ。TE 野細胞の刺激選択性は、刺激提示位置によらず保存されており、この性質が位置不変的な物体認識に寄与していると提唱されている¹。

TE 野の入力野またはその前段である V1, V2, V4, TEO 野では、視覚情報は右視野は左半球、左視野は右半球に分かれて処理される。従って、TE 野細胞の同側視野への反応は、反対側半球からの入力に依存すると予想される。事実、対側 V1 の破壊や、脳梁と前交連の切断により同側視野に受容野を持つ細胞が消失する²。

しかし、以上の主張は、TE 野細胞の受容野を、細胞活動をスピーカーで聴覚的にモニターし手でプロットした解析に基づいている。従来の結果が、刺激提示やデータ取り込みをコンピュータ制御下で行っても再現できるか、また再現できた場合、どのレベルでの交連結合が左右視野の統合の基盤となっているかは不明である。本研究では、これらの点を明らかにすることを目標に、TE 野細胞の受容野の再検討と、両側の TE 野間の解剖学的結合様式の解析を行った。

キーワード：視覚、神経生理、実験

2. TE 野細胞の同側視野刺激に対する反応

2.1 実験目的と方法

まず、コンピュータによる刺激制御を行う実験条件で、どの位の割合の TE 野細胞が同側視野におよぶ受容野を有しているかの再検討を行った。また、そのような TE 野細胞の反応選択性が、中心視近傍 $2-3^\circ$ の左右視野の間だけではなく、左右視野のそれぞれ 10° を越えるような位置の間でも保存されているかどうかを検討した。

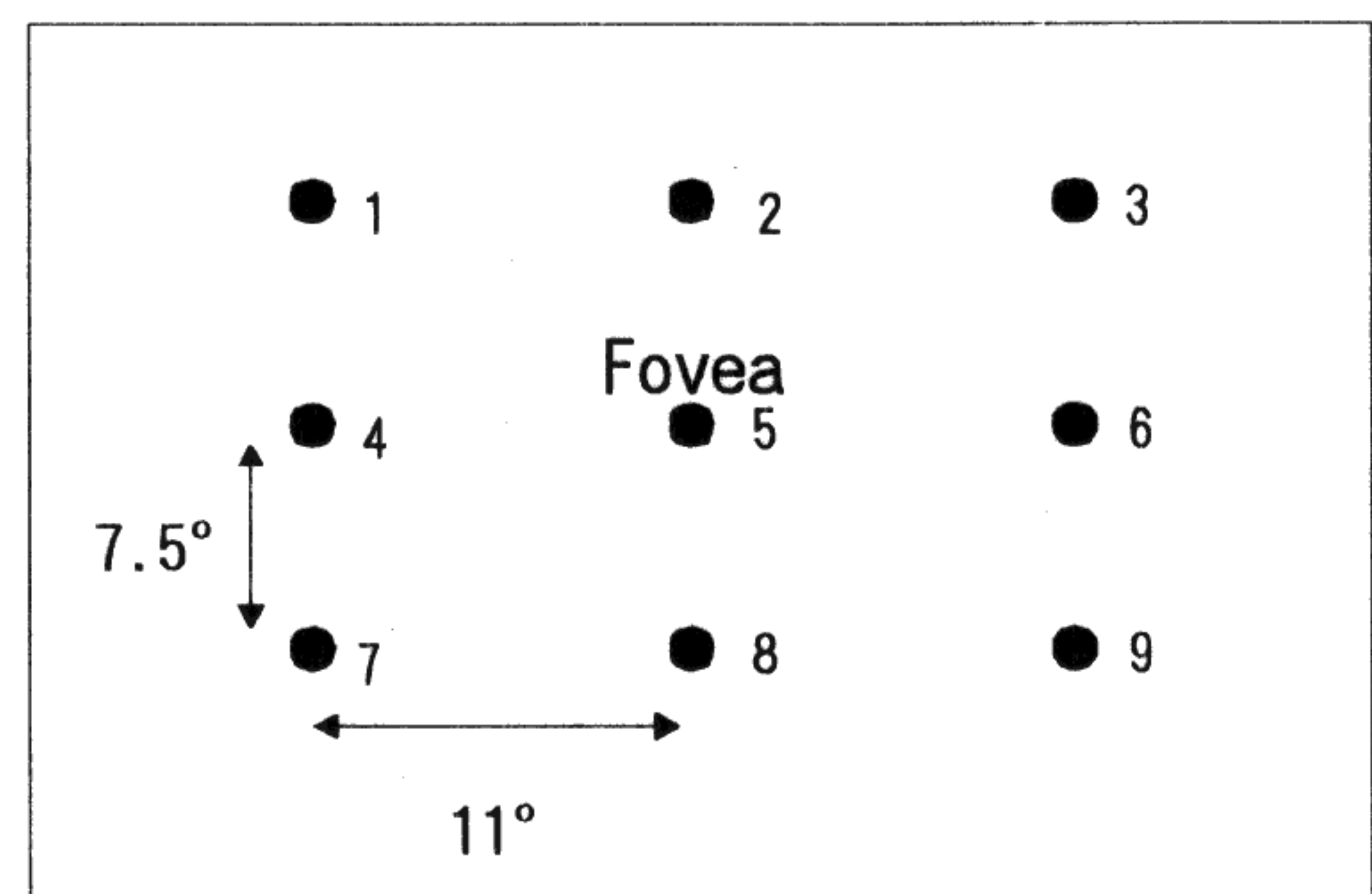


図1. 視覚刺激の呈示位置

麻酔・不動化したサルを用い、64枚の視覚刺激に対する TE 野単一細胞の活動を細胞外記録した。各刺激はグレースケールの様々な形（顔、十字など）で大きさは 4° である。コンピュータ・モニターを利用して、Fovea（図1の5）に64枚の刺激それぞれをランダム順に1秒間呈示した。10試行の平均発火頻度をもとに、最適刺激、その75%、25%の強さで応じた刺激、最も応答の小さかった刺激の4刺激を選び出した。この4刺激を $15^\circ \times 22^\circ$ の視野内の9点（図1）に呈示して応答を解析した。

2.2 結果

単離された258個の細胞中211個が少なくともある位置に呈示された1つの刺激に対して統計学的に有意な視覚応答を示し（Mann-Whitney's U-test, $p < 0.05$ ）、その内59個が

10 spikes/s 以上の視覚応答を示した。その内の 41 細胞 (70%) が対側視野 11°、同側視野 11°の上中下 3 位置のいずれかまたは複数の位置の刺激に反応し、22°以上の受容野を持つと確認された。これらの細胞の同側視野の刺激に対する反応潜時は 158 ミリ秒 (中央値) で、対側視野に提示した刺激への潜時に比べて、60 ミリ秒長かった。

これら 41 個の細胞において、ある刺激を対側視野に呈示した時の反応強度 (図 1 の 3, 6, 9 での反応平均値) と、同じ刺激を同側視野に呈示した時の反応強度 (1, 4, 7 での反応平均値) は、強い正の相関を示した (図 2 ; Pearson の相関係数 $r=0.7$, $p<0.001$)。さらに個々の細胞において、4 刺激に対する同様の相関を調べると、(13/41) 個で有意な相関を示し ($p<0.05$)、その相関値の分布は、対側視野と中心視野を比較した相関値の分布と差がなかった (U-test, $p>0.2$)。以上の結果は、視覚刺激に対する図形選択性は同側視野と対側視野の間で似ていることを定量的に示している。

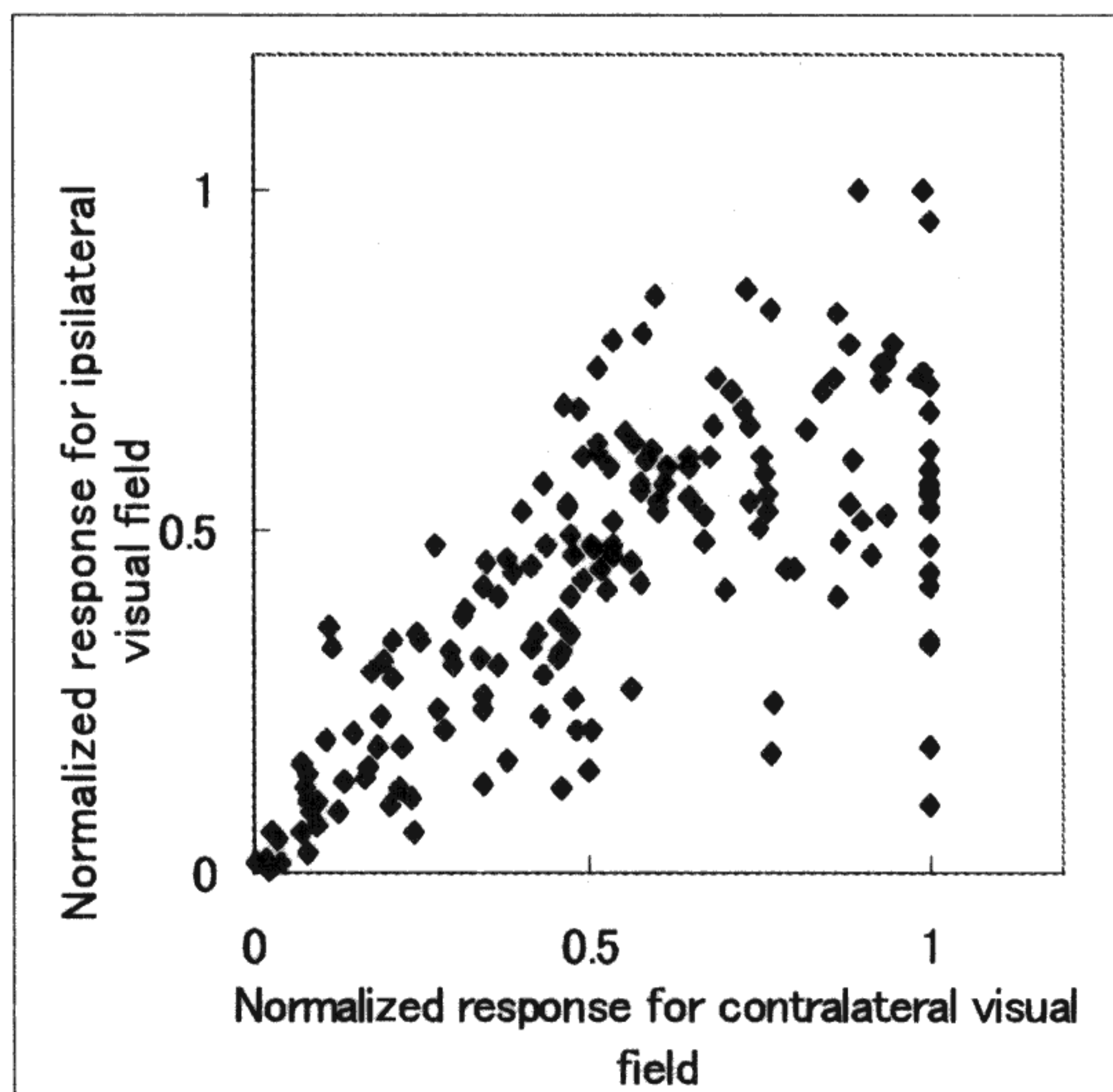


図 2. 同一刺激を対側視野と同側視野に呈示した時の応答強度の相関

3. TE 野内微小領域の体側投射様式

3.1 実験目的と方法

上記実験により確認された同側視野 11°以上におよぶ受容野は、対側半球からの入力がないとは実現できない。V1-V4 レベルでの半球間神経連絡は、視野再現地図における垂直経線近傍に限られるため、TE 野細胞の受容野形成には、下側頭葉皮質または前頭葉皮質のレベルでの半球間神経連絡が関わっているはずである。本実験では、左右の TE 野間での神経連絡を神経解剖学的に解析した。TE 野の図

形特徴コラム³の大きさ (<500 μ m) の微小領域に神経連絡標識色素を注入した。対側投射の軸索終末を標識する順行性色素として Biotinylated dextran amine (BDA) を、対側投射の起始細胞を標識する逆行性色素として Fast Blue と Diamidino Yellow を用いた。

3.2 結果

順行性色素を注入した結果、TE 野の対側投射は対側半球の TE 野で 0.5mm から 1 mm の局所領域で軸索終末を分岐して、4-5 個のクラスターを形成していた (図 3)。

また微小領域に投射する対側 TE 野の起始細胞も 1 mm 程度のクラスターを形成していた。起始細胞は対側 TEO 野には見られなかった。

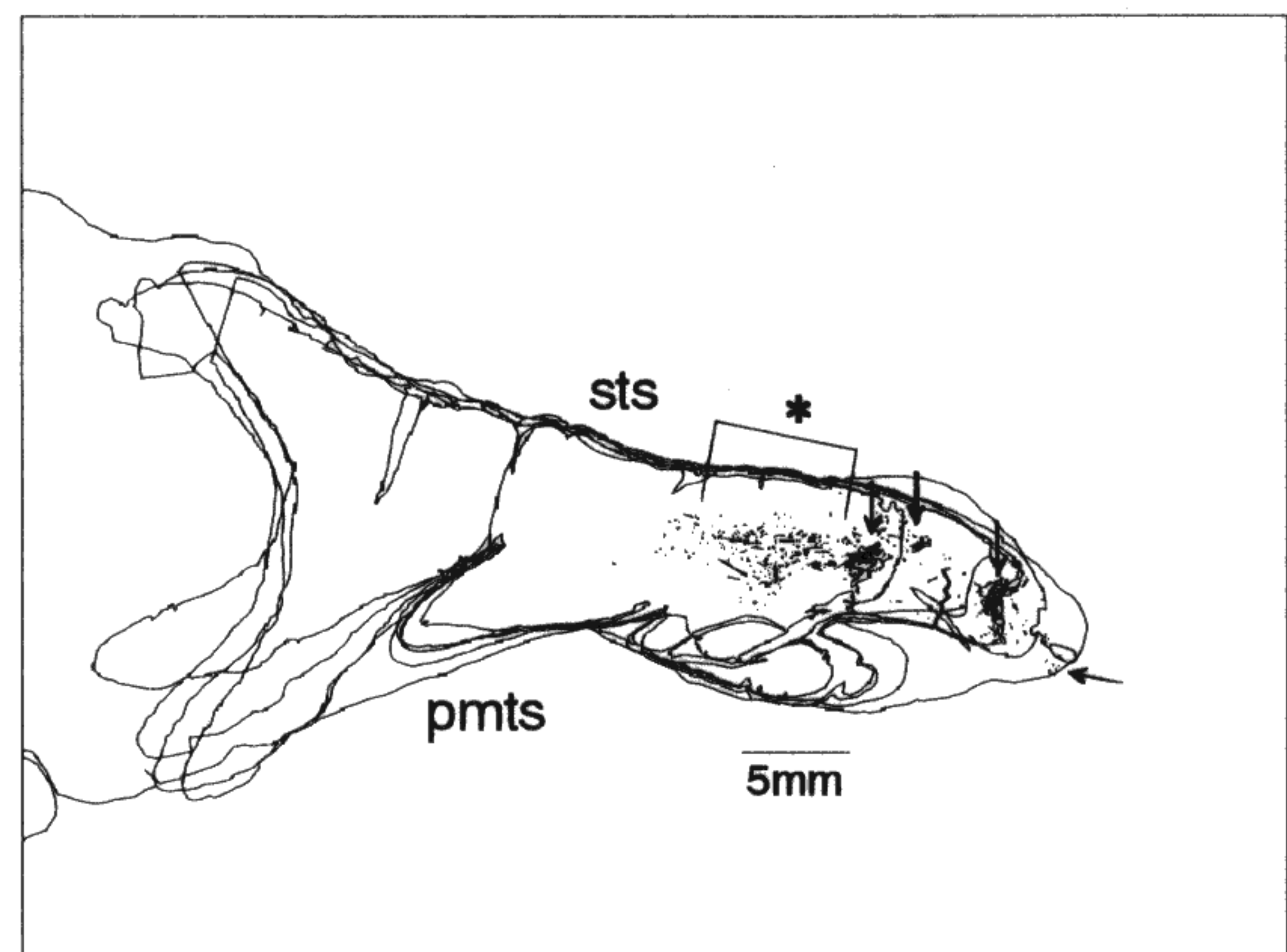


図 3. 対側 TE 野に見られた通過線維 (*) と軸索終末 (↓) のクラスター: 下側頭葉接弦切片上の軸索をトレースして 6 枚重ねあわせたもの sts: 上側頭溝 pmts: 後中側頭溝

4. 考察

TE 野細胞の多くが同側視野に少なくとも 11°張り出した受容野を持ち、しかも同側視野と対側視野における反応選択性が類似していた。対側 TEO 野から TE への投射は認められない一方、TE 野の小領域は、対側の TE 野の数個のコラム状領域へ投射していた。この投射が同側受容野の形成に寄与している可能性がある。その場合、この投射は、両半球 TE 野に存在する刺激選択性の似たコラム同士を結ぶものでなくてはならない。今後、これらの点を生理学的に検証していく予定である。

5. 参考文献

1. L. Seacord et al. (1979) Brain Res., 167: 259-272.
2. C.E. Rocha-Miranda et al. (1975) J. Neurophysiol., 38: 475-491.
3. I. Fujita et al. (1992) Nature, 360: 343-346.