

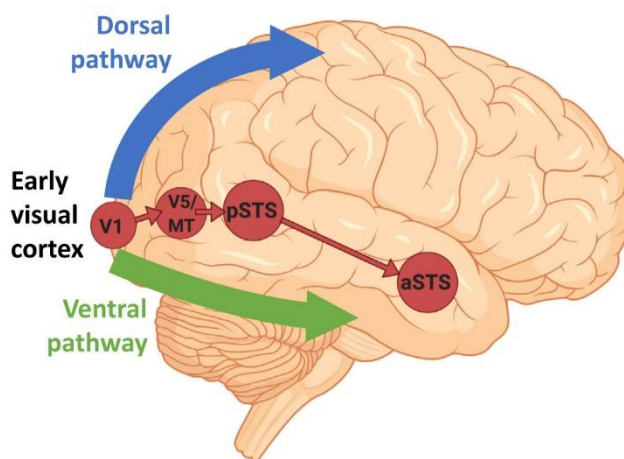
認知神経科学への興味：論文紹介

2021年7月-3

Pitcher, D. & Ungerleider, L.G. Evidence for a third visual pathway specialized for social perception. *Trend. Cognit. Sci.*, 25:100-110, 2021.

これまで、脳内の視覚系は腹側系と背側系に分かれるとする考えが一般的だった。それを提唱したのは Mishkin と Ungerleider だったが、この論文で Ungerleider は Pitcher とともに、第3の系があり、それは社会的知覚に関係するという新しい説を提案した。

The two-visual pathway model requires revision



従来の2経路説の説明があり、改定が必要になったと述べられている。

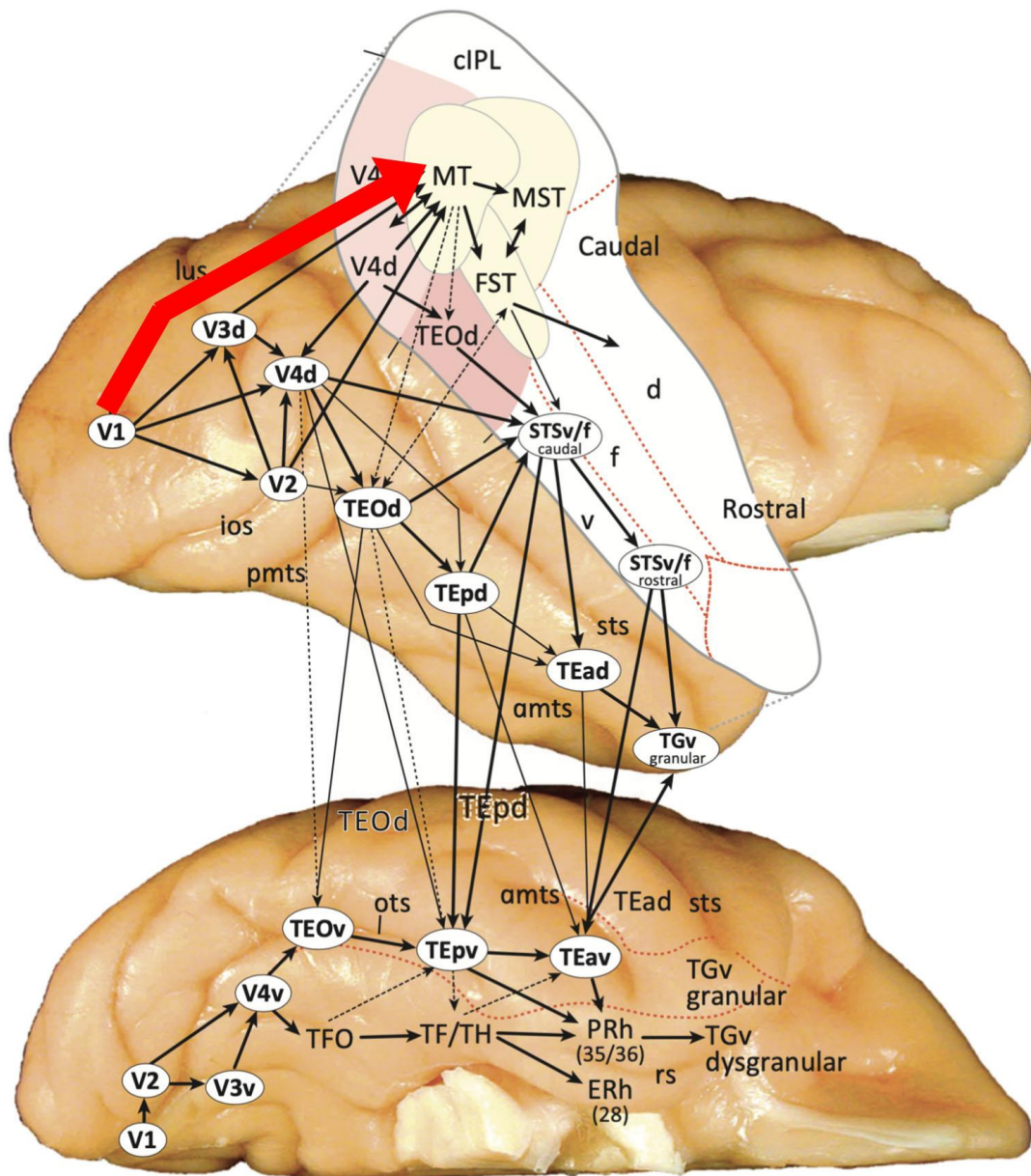
そして、左の図の第3の経路があると主張した。この経路は、初期の視覚皮質 V1 から、運動関連の V5/MT を介して、上側頭溝 STS の後部 pSTS から前部 aSTS に至る経路である。この STS は biological motion やヒトの音声や言語、speech の視聴覚統合に関係する。腹側、背側系が what, where, how

に関係するのに対し、この第3の系は社会的知覚に関係する。

Anatomical and functional connectivity of the third pathway

第3の経路が腹側系を介さずに STS へ行くことの証拠はサルの神経解剖学から。マカクザルの研究は、V1 から直接 MT へ投射する経路があることを示した。そして、MT は前方にある内側上側頭皮質 MST、上側頭溝の底部 fundus, FST と直接結合する。FST は STS の背側の bank と fundus を前方に向かう経路がある（次ページの図を参照ください）。この経路は、V1→V2→V4→下側頭皮質の腹側経路とは独立している。サルほど詳細な研究はないが、ヒトの tractography は腹側を走る白質線維とは独立した、STS を通る白質線維を見出した。MT が運動関連なので、この経路の機能は運動に関連すると考えられる。

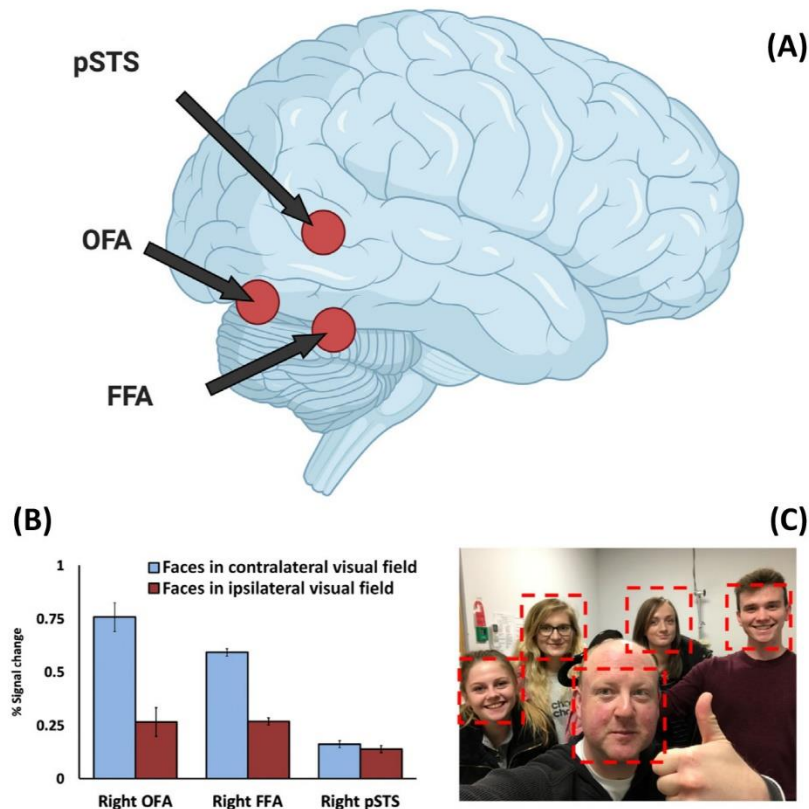
まず、visual-field mapping の研究が述べられている。MT, MST, FST の motion-selective visual area では、後方から前方に向かいに従い、対側刺激への反応が減り、同側への反応が増える。この結果は、STS の dorsal bank, d と fundus, f の結果と整合的である。受容野はほとんど全視野をカバーするようになる。同様な結果がヒトの neuroimaging 研究でも見られ、ヒトの運動処理の前方部の MT 野 (hMT+) は後方部よりも、同側の狙撃に反応するこ



とが多い。これは腹側の視覚領野とは異なる。

視野の表象の問題を顔関連の領域（紡錘状回顔領域 FFA, 後頭顔領域 OFA, 後部上側頭溝 pSTS）で検討した（次ページの図 A 参照）。対側視野の bias は、V5/MT, FFA, OFA でみられたが、pSTS ではそのような bias はなかった（図 B）。この点は、OFA と pSTS への磁気刺激 TMS でも確かめられた。右 pSTS への TMS は両方の視野に提示された顔の表情の弁別を悪化させたが、OFA では対側視野の表情のみで障害が出た。

このようにヒトの腹側系の FFA, OFA と第 3 の系の pSTS は機能的に区別される。われわれは同時に多くの動きを伴う人達と interact するが、それらの人達は対側、同側の視野にあることが多い。第 3 の視覚経路はそれらの視野を跨る社会的情報を処理するために進化してきたと考えられる。



The third pathway processes moving faces

第3の経路が V5/MT と STS の結合を含むので、視覚刺激の動きが重要な要素である。FFA, OFA と異なり、pSTS は static よりも moving face により強く反応した。aSTS でも同じ結果だった。この点は TMS と fMRI の実験でも確認された。右 STS への TMS は、pSTS と aSTS (扁桃核も) の moving face への反応を減弱させた。STS に沿って moving face を特化して処理する系がある。

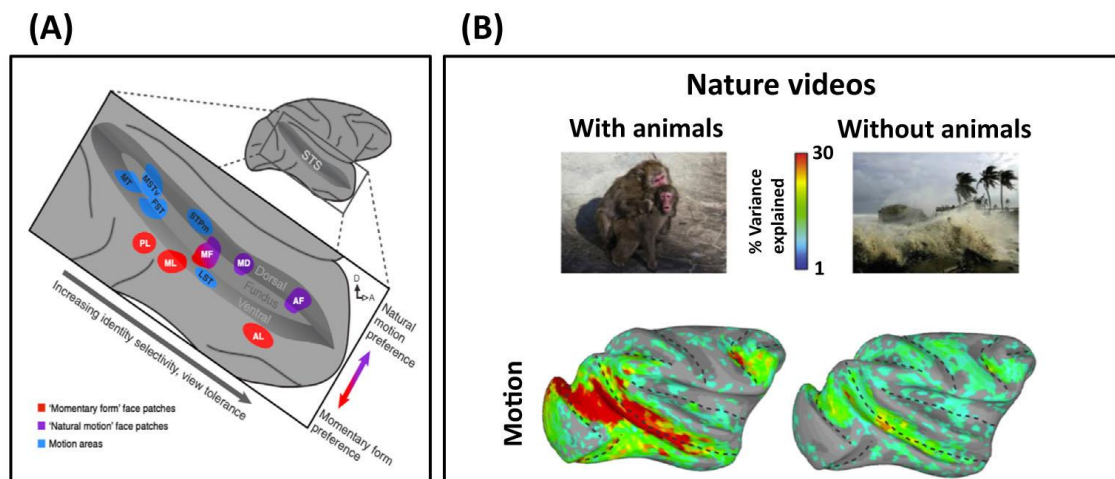
第3の系については、相貌失認の神経心理学的と neuroimaging 研究からの支持がある。FFA, OFA を含む損傷による相貌失認でも、STS の顔への反応は消失しない。この結果は STS が腹側系から独立した moving face の知覚に特化した形であるという説と整合的である。この点は Herschel という相貌失認患者の fMRI 研究からも支持された。これらの神経心理学的研究は、第3の系が腹側系から独立しているという考えを補強した。

この考えは、顔処理は OFA を入口であり、その後他の領域で顔の static (identity) な面や動きの処理が進む、とする従来の説と一致しない。しかし、moving face は、初期視覚領域から V5/MT を介して、STS で処理されると考えが提案された。これはこの論文の主張と合致しており、第3の系は OFA より始まる腹側の顔処理系とは構造的、機能的に独立していると主張する。この点を、上記とは別の TMS と fMRI を組み合わせた実験で補強している。

The third pathway in non-human primates

第3の経路の研究はサルでも行われていた。Tracer や neuron 活動の研究。最近では fMRI の研究もおこなわれ、少なくとも6つの face-selective patches が見いだされ、それらの機能が検討された。

それによると、STS の dorsal bank にある patch は、natural motion の顔に反応し、ventral bank の patch は顔の構造に反応した。STS の mid-fundus にある face patch MF は moving



と static の両方の顔に反応した。これらの結果は上記のヒトの結果と整合的である。また、anterior fundus, AF と middle dorsal, MD の face patch は static よりも moving face により強く反応した。AF と MF の face patch は表情の変化に鋭敏で、anterior lateral, AL や middle lateral, ML の face patch は顔の向きの変化に鋭敏だった。したがって、サルの AF, MD, MF はヒトの第3の系に対応し、AL, ML はヒトの腹側系に対応すると考えられる (図 A)。

ただし、サルとヒトでは違いもある。ヒトでは、脳の腹側部 (FFA) と外側部 (STS) に顔領域があるが、サルでは外側部のみに顔 patch がある。この点は今後の研究が必要である。

The third pathway processes moving bodies

ヒトの STS は moving body に選択的に反応する。サルの研究は身体や身体部分のイメージに反応するニューロンがあることを示した。これらの結果は STS が頭頂、前頭領域と機能的に結合していることを示唆する。

ヒトで身体について研究されているのは有線領外身体領域 EBA である。EBA は V5/MT と領域的に overlap するので、EBA は第3の系に属すると考えられる。事実、EBA は静止した身体よりも moving body に強く反応する。右腹側後頭側頭皮質の損傷でも、EBA の身体への反応は残ることも、EBA が第3の系に属することを支持する。

サルの fMRI 研究は、複数の body-selective patch があることを明らかにした。Biological

motion が初期視覚皮質から STS を活性化させた (図 B)。この結果は、STS が他の動物の動きの処理に関係しており、顔と身体はその重要な要素であることを示す。

The third pathway and higher socio-cognitive functions

ここでは第 3 の系で処理される社会-認知機能について手短かに述べる。社会的認知で重要なのは、他の生物の行動を理解することだが、第 3 の系が社会的認知に関係することは、STS が様々な社会的 cue に反応することからも分かる。他者の行為により、意味や意図を知るが、行為は顔、身体、声、音により生成される。

ヒトの STS には、表情、視線、身体、point-light 歩行者、ヒトの声、言語、視聴覚統合に反応する領域がある。加えて、STS 後部に続く側頭頭頂接合部 TPJ は心の理論に関係する。このように、社会的交渉に関係する multisensory の情報を処理する領域が並存することは、第 3 の系が腹側、背側系と異なることを示唆する。

Concluding remarks

省略します。

第 3 の系と腹側系と違いを論じていたが、背側系との違いはどうなるのか。第 3 の系は腹側よりも背側系に近いように思えるので。