

# 今月の認知神経科学：論文紹介

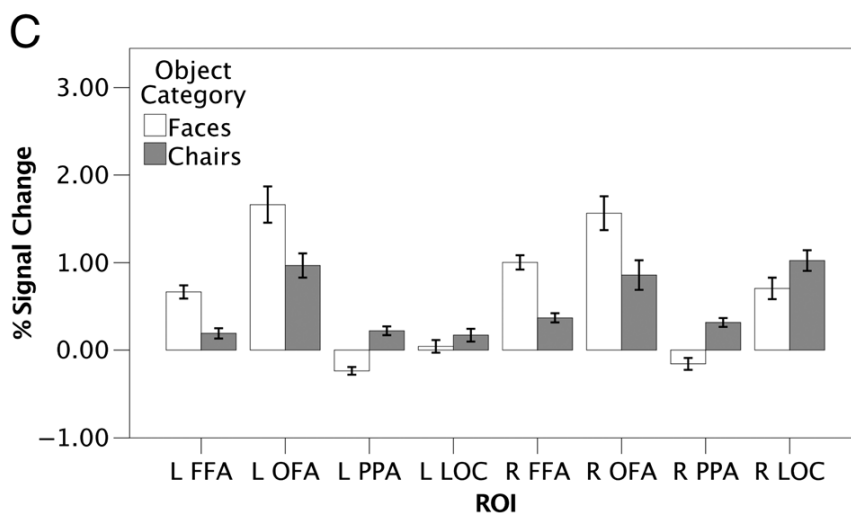
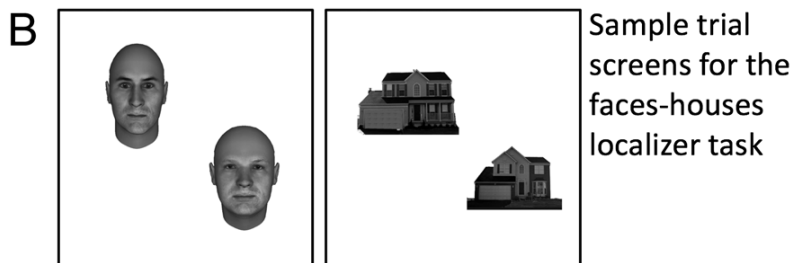
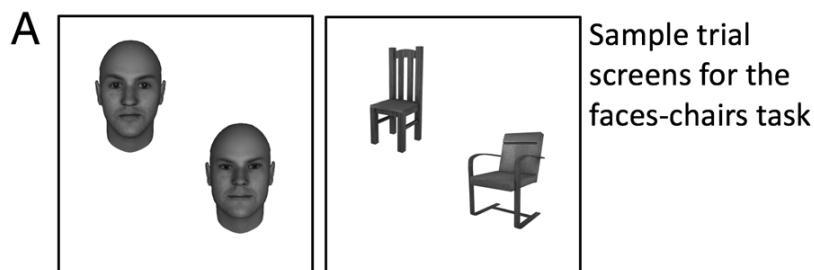
2018年10月

## 認知神経科学の進歩

Zachariou, V. et al. (2018) The fusiform and occipital face areas can process a nonface category equivalently to faces. *J. Cognit. Neurosci.*, 30:1499-1516, 2018.

『脳と心：認知神経科学入門』（以下、「入門」）の第2章では、紡錘状回顔領域 FFA など対象特異的脳領域の研究を紹介した。ただし、対象特異性には異論があることも述べておいた。この問題は引き続き検討されているが、新しい研究を紹介する。

実験は3つの部分よりなっている：localizer, same-different object task, border detection sessions である。下の図は localizer session 手続きと結果である。課題は faces-chairs task

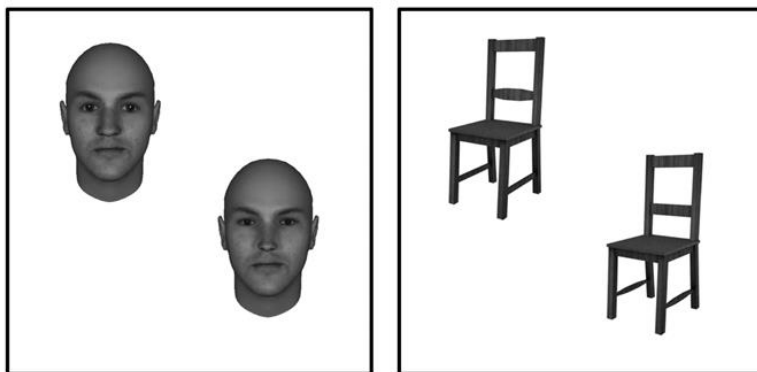


と faces-houses task がある。いずれの課題でも二つ対で出される刺激の同異判断をし、図にあるように異なっていたら反応する。詳細は省略するが、fMRI の反応から特定された脳領域が図 C にある。L: 左、R:右、FFA:紡錘状回顔領域、OFA:後頭顔領域、PPA:海馬傍回場所領域、LOC:lateral occipital complex。図 C が顔、椅子に対する反応で、二つの顔領域の結果のみ紹介する。顔領域では椅子よりも顔に強く反応している。この結果

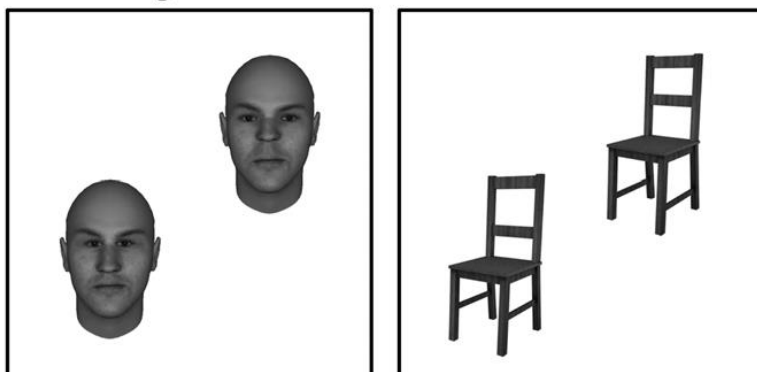
はこれらの領域がその名を与えられた、これまでの研究と一致している。下の図は第2の same-different object task の手続きと結果である。顔刺激が操作され、眼、鼻が異なる

Featural difference trial (図 A) と、目、鼻は同じだが、それらの配置が異なる Configural difference trial (図 B) がある。椅子についても、Featural difference trial の図の例では、

**A Featural difference trial**

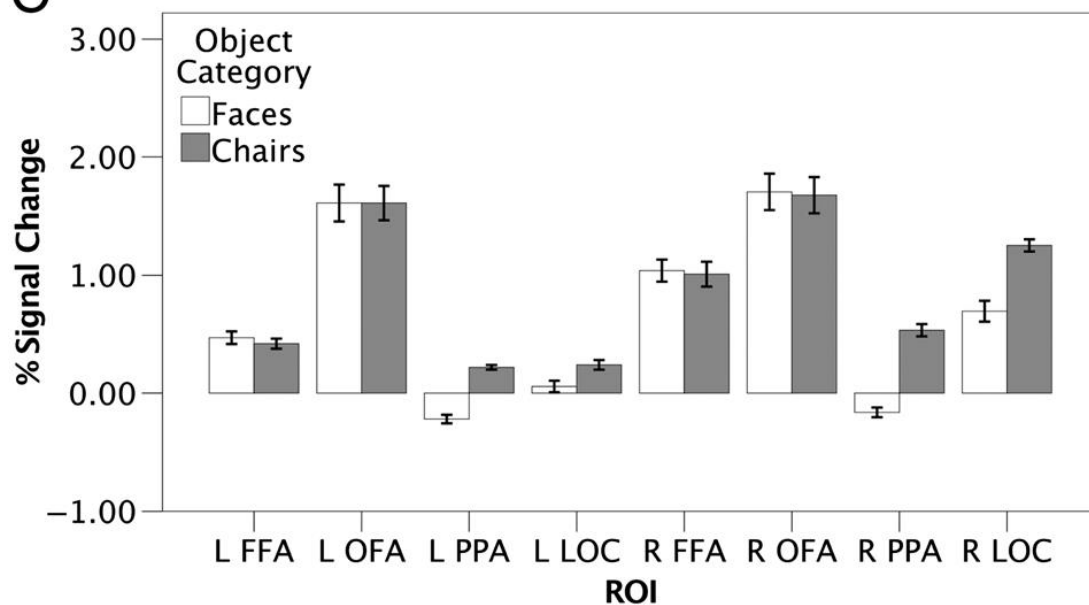


**B Configural difference trial**

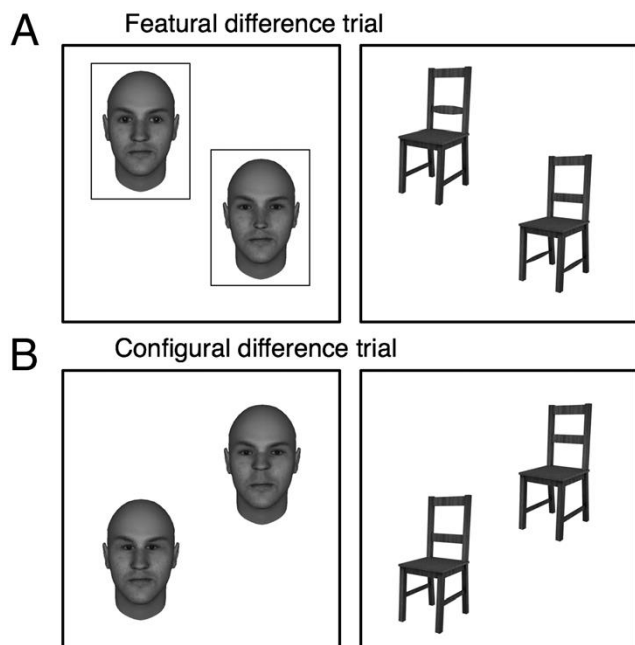


背もたれの水平のバー、前後の脚を結ぶ二つの水平のバーが異なる。Configural difference trial では今あげたバーの位置が異なる。図が小さすぎて申し訳ありません。拡大表示をしてチェックしてください。この実験でも、同異の判断をして、異なっていれば反応することが求められた。結果が図 C である。FFA, OFA で顔と椅子への反応に差がなくなっている。顔と椅子に同じ cognitive strategy が

**C**

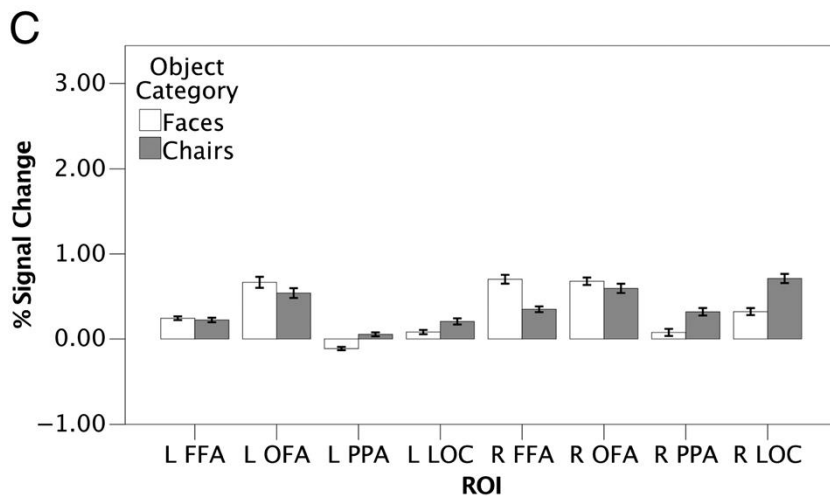


適用されると、顔領域の活性は顔と椅子で差がなくなる。下の図は border detection の課題の手続きと結果である。この課題の刺激は二番目の same-different object task と同じである。この課題では刺激に枠があるかを検出したら反応する (図 A, B)。二つの顔領域の結果は最初の localizer task と類似する (図 C)。すなわち、右 FFA, 両側の OFA では顔の方が椅子よりも大きな反応が得られた。この課題の結果は、same-different object task の結果は刺激のみの影響によるものでないことを意味する。これらの3課題の結果は、顔と椅子に、featural/configural processing strategy が適用されると、顔領域は顔と椅子に同様な反応をすることを示した。



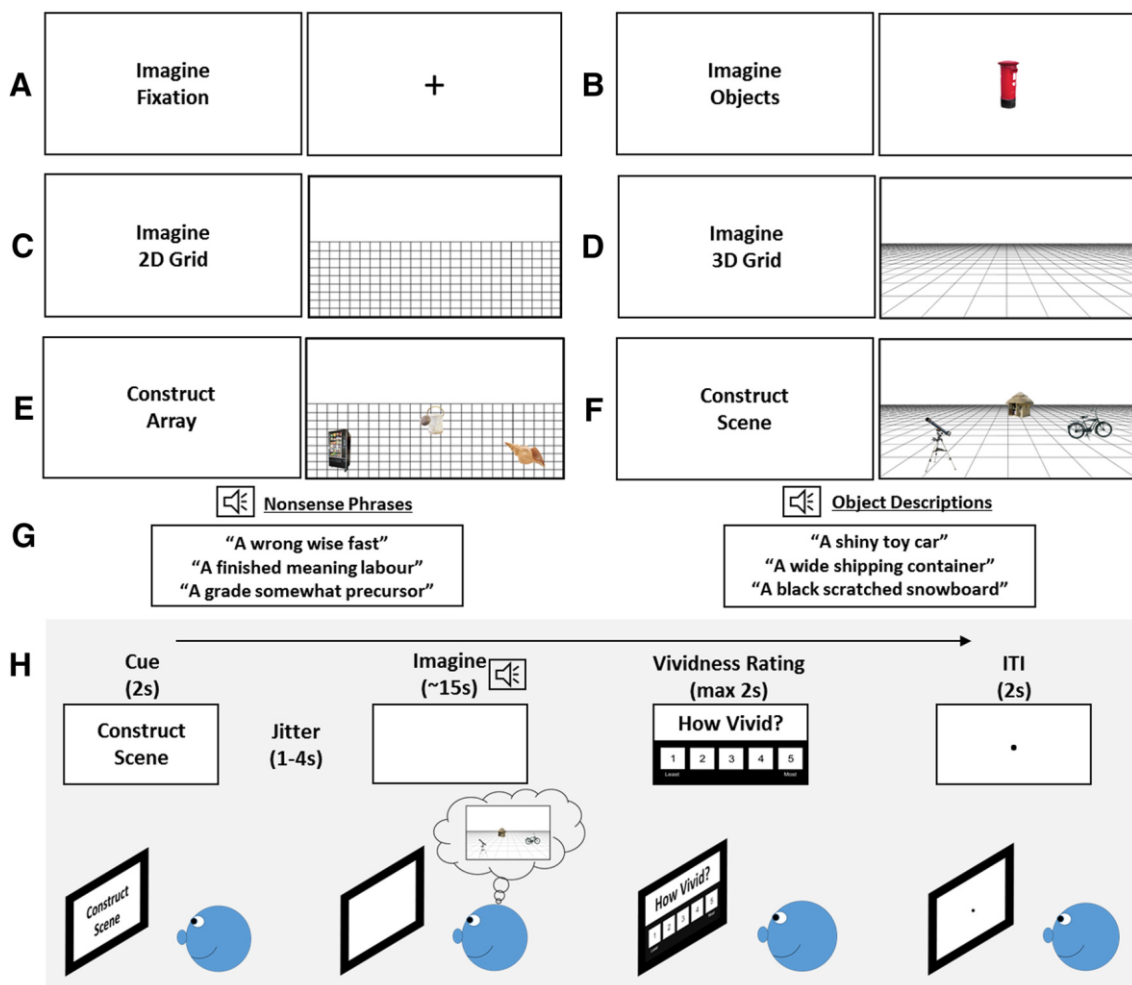
方が椅子よりも大きな反応が得られた。この課題の結果は、same-different object task の結果は刺激のみの影響によるものでないことを意味する。これらの3課題の結果は、顔と椅子に、featural/configural processing strategy が適用されると、顔領域は顔と椅子に同様な反応をすることを示した。

顔領域の特異性は被験者の要因 (例えば、自動車の expert 等の達人説) が検討されることがあったが、この実験は刺激処理の strategy からの検討である。



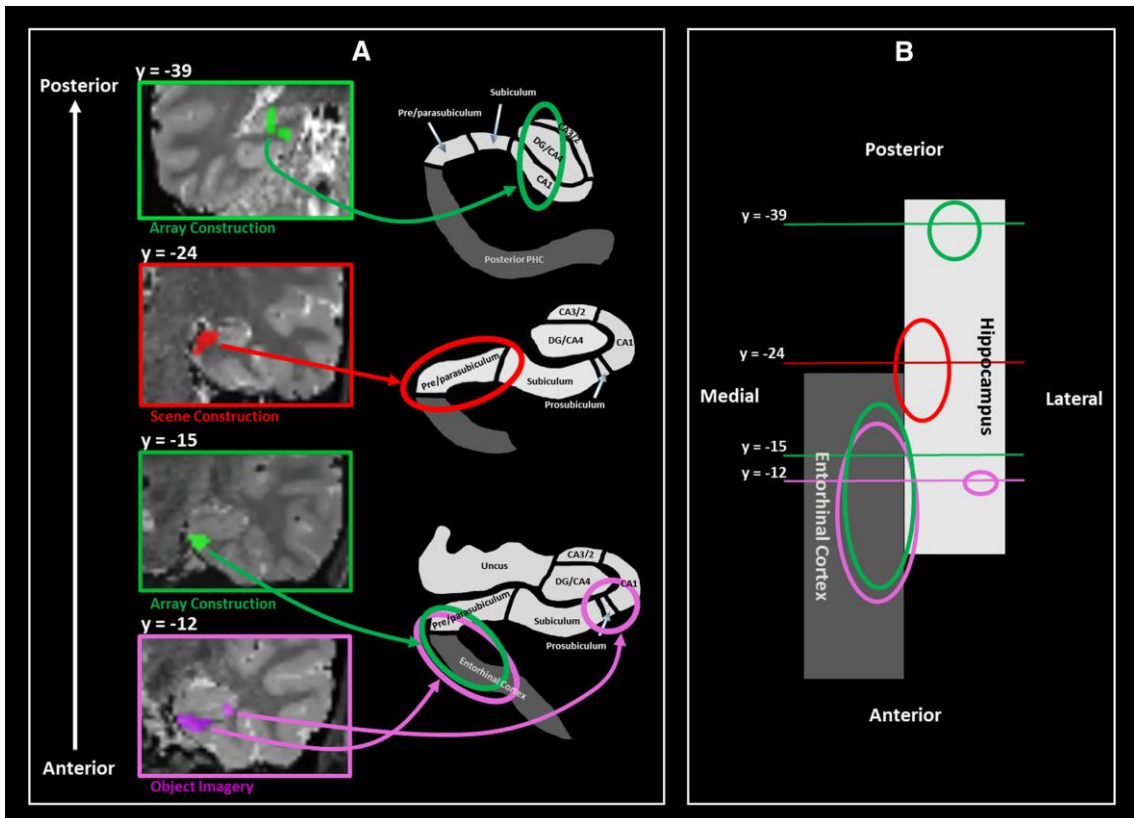
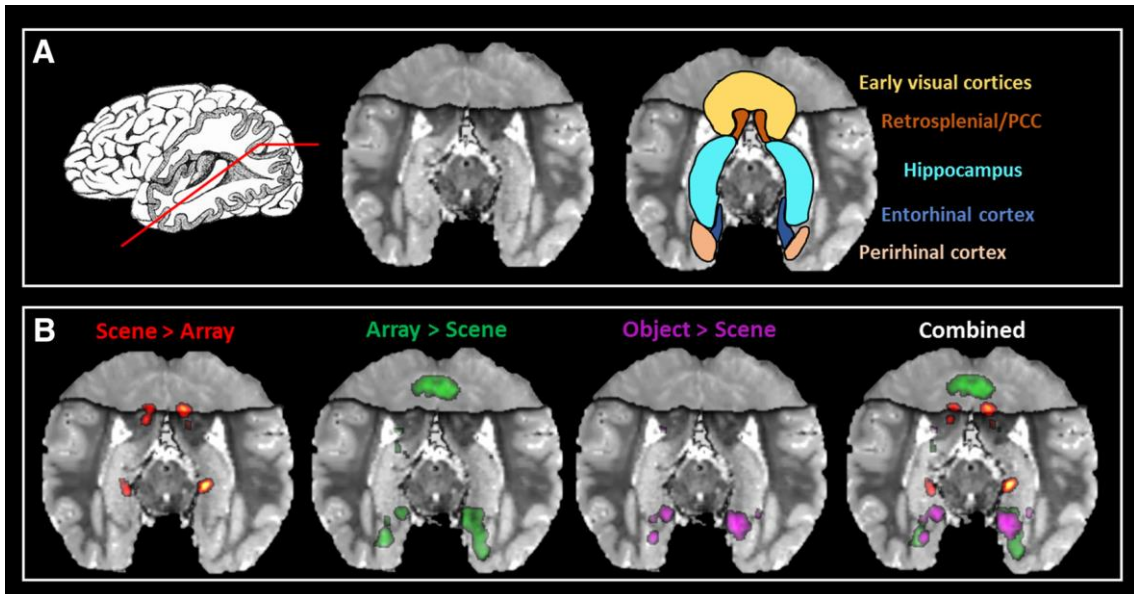
Dalton, M.A. et al. Differentiable processing of objects, associations and scenes within the hippocampus. *J. Neurosci.*, 38:8146-8159, 2018.

『入門』第4章では、記憶絡みで、海馬とその周辺の領域の機能を要約した。すなわち、周嗅皮質 PRC は item (この論文に合わせて、object)、海馬傍皮質 PHC は context (scene)、嗅内皮質 ERC は item, context の両者、海馬 HIPP は item と context の binding (association) に関係する。この論文は、イメージ生成で海馬内及び周辺の領域の機能分化を fMRI で検討した。



図は方法を示す。課題 A-F はすべてイメージ生成である。イメージすべきものは音声で指定される。ものをイメージしないときは無意味な節が提示される (図 G)。図 F の Construct Scene で日常的な 3 次元空間とものが統合される。図 H は手続きで、イメージすべき内容を指示する cue があり、イメージ後は vividness rating を行う。

次ページが結果である。上図 A は領域図で、初期視覚皮質 EVC, 後膨大部皮質 RSC/後部帯状皮質 PCC, 海馬 HIPP, 嗅内皮質 ERC (本文では ENT)、周嗅皮質 PRC, 図にはないが海馬傍皮質 PHC がある。HIPP の下位領域はここでは触れない。なお、a:前、p:後、l:外側、m:内側である。



上図 B と下図に結果がある。Scene>Array の領域は amHIPP (pre/parasubiculum) と PHC, RSC, PCC (赤) で、Array>Scene の領域は ERC, PRC, EVC, 左 pHIPP (歯状回 DG, CA1-4) である (緑)。Scene>Object の領域は Scene>Array と同じである。逆の比較 Object>Scene の領域は両側の PRC, ERC、右 alHIPP (prosubiculum/CA1) である

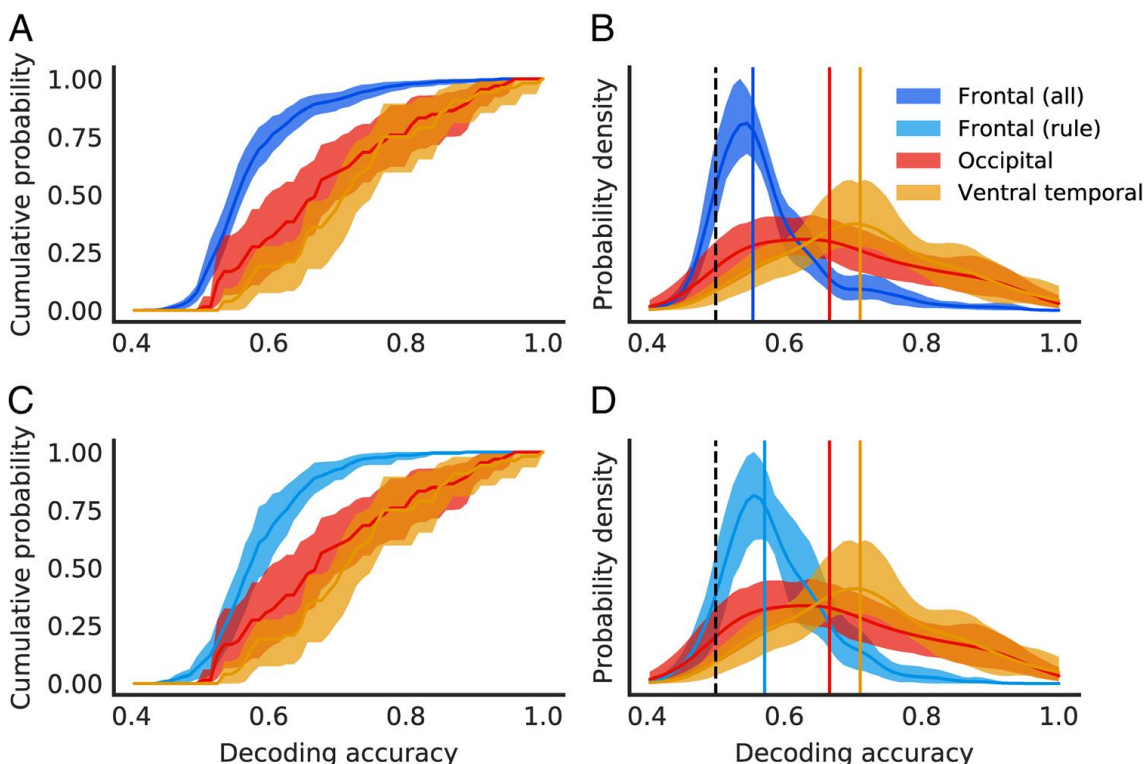
(紫)。その他、Scene>3D grid の領域は amHIPP (海馬鉤 uncus) と両側の PRC である。逆の 3D grid>Scene の領域は両側の ERC, pEVC である。なお、3D grid と 2D grid の比較では HIPP に活性はみられなかった。すなわち、3D の空間のみでは HIPP は関与しない。前ページ下図がまとめである。

記憶などの研究で明らかにされた海馬とその周辺の役割分担の大枠は、このイメージ生成の実験でも維持されているように見える。すなわち、PRC はもので what, PHC は場所で where, HIPP はそれらの binding, association に関係する。ただ、海馬の下位領域に関してはさらに検討が必要だろう。

**Bhandari, A. et al. Just above chance: Is it harder to decode information from prefrontal cortex hemodynamic activity patterns? J. Cognit. Neurosci., 30:1473-1498, 2018.**

『入門』の第6章で前頭前野 PFC の機能の汎用性について論じた。その証拠として、fMRI データに MVPA を適用しても刺激を decode できないことを挙げた。しかし、decode 可能という研究もあり、『認知神経科学への期待』（以下、『期待』）の中で、PFC 機能の汎用性や PFC と視覚野の関係をとり上げた（『期待』2, 14, 19, 23, 24 など）。

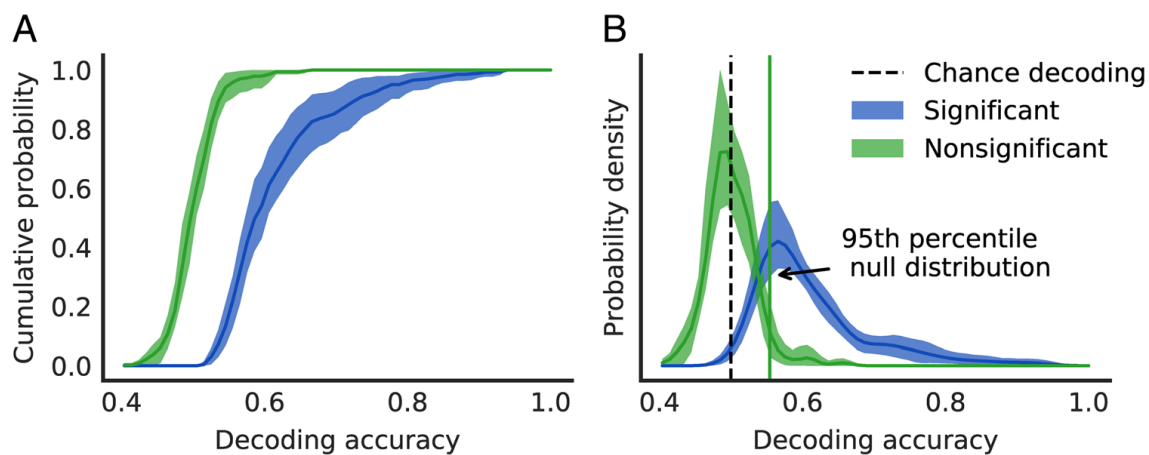
この論文 meta-analysis は PFC の BOLD 信号から content を decode することは、例えば視覚野などと比較して、容易でないことを報告した。様々な基準を設け、最終的に 93 論文を選んだ。下の図は前頭、後頭、腹側側頭領域（後二者のデータは別の研究から借用した）での decoding の成績の分布である。前頭は rule に関係すると考えられるので、それを扱った研究を水色（図 C, D）、すべての研究の結果を青（図 A, B）で示してある。両者に大きな差はない。後頭はピンク、腹側側頭は黄土色である。図 B, D の各垂直線は中央値、点線はチャンスレベルである。前頭部の decoding の成績は 0.6 (60%) 以下で、分



布が中央値付近に集中している。後頭、腹側側頭部の中央値は 0.6 を超え、分布も比較的緩やかである。

そして、次ページの図にあるように、decoding が有意な場合と、有意でない場合の成績の分布がかなり重なることを、いろいろと分析している。その後、decoding の成績がよかった研究を上位から抜き出して分析した。しかし、高い decoding の成績を可能にした要因やアプローチを特定できなかった。また、脳領域と decoding の成績の関係を調べた

が、眼窩前頭皮質、運動皮質、帯状皮質などで僅かな成績の差がみられるが、PFC 全領域で成績は類似しており、低かった。

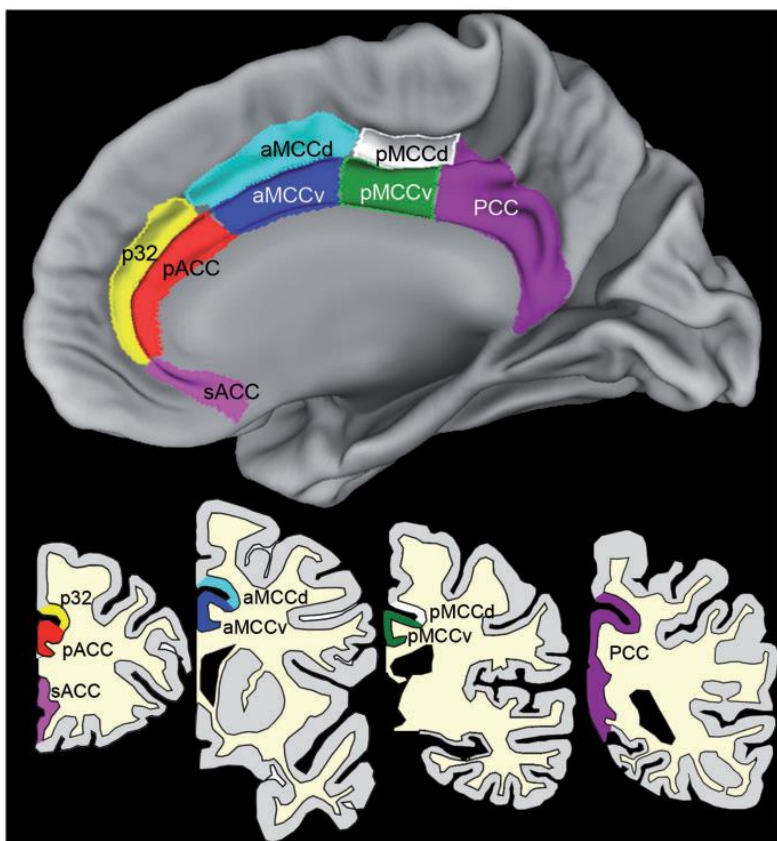


大分端折って紹介したが、PFC では decoding が容易でないことは伝わったと思う。それが何によるのか、PFC の functional organization を考えるときに、常に考慮しなければならない。これに整合する最近の論文として、**de la Vega, A. et al. Cereb. Cortex, 28:3414-3428, 2018** を挙げておく。外側 PFC では modularity が低いという結論。



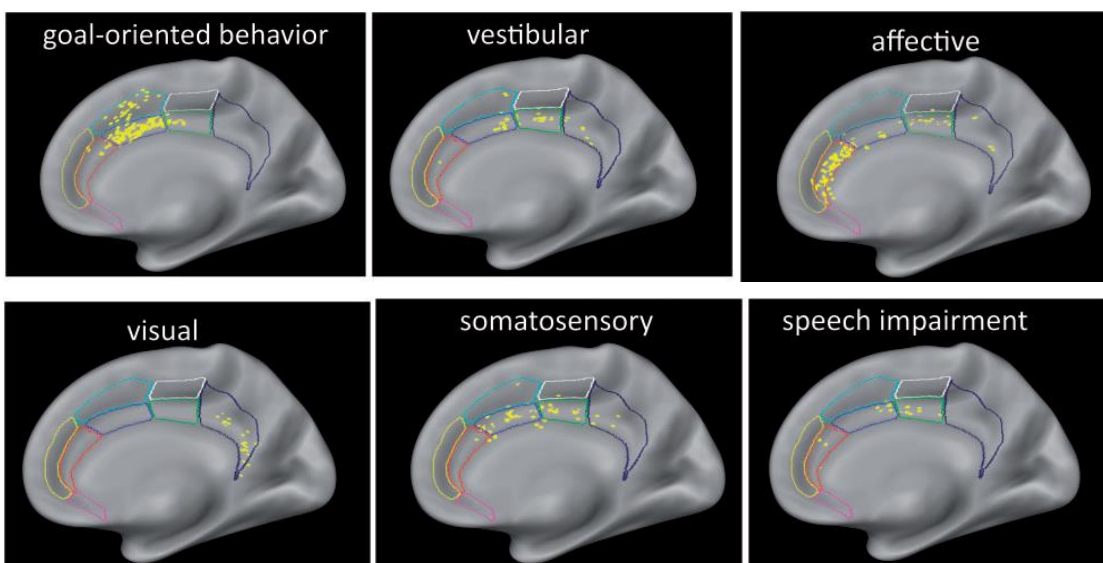
**Caruana, F. et al. Motor and emotional behaviours elicited by electrical stimulations of the human cingulate cortex. Brain, 141:3035-3051, 2018.**

『入門』では帯状皮質を一つの領域として問題にしなかったと思う。この論文は、テンカンの患者の前方から後方までの帯状皮質に電極を挿入し、誘発される行動を記録した。『入門』では脳機能画像研究を紹介することが多く、ヒトの脳内電気刺激による基礎的研究は昨今珍しいので紹介する。

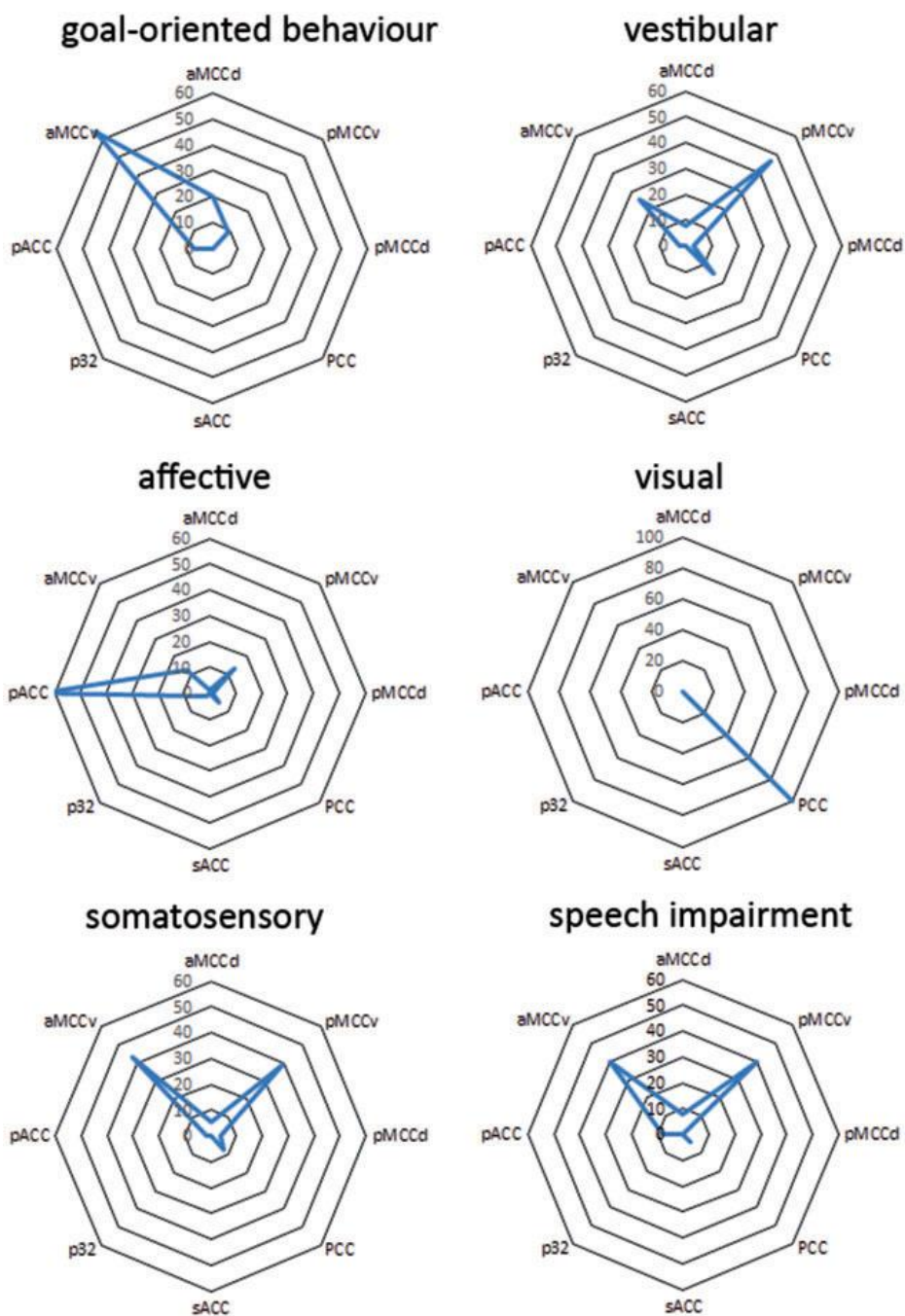


左の上図はこの論文の著者らの帯状皮質の区分である。帯状皮質はまず前部ACC, 中央部MCC, 後部PCCに区分され、その中がさらに分けられる。前方から(脳梁)膝下sACC, 膝前pACC, その背側のP32, MCCは前後、背腹に分割: aMCCd, aMCCv, pMCCd, pMCCv。そしてPCCはさらに区分されることはない。

電気刺激の結果が下図である。目標指向行動はaMCCv, 前庭反応は主にpMCCv, 情動反応はpACC



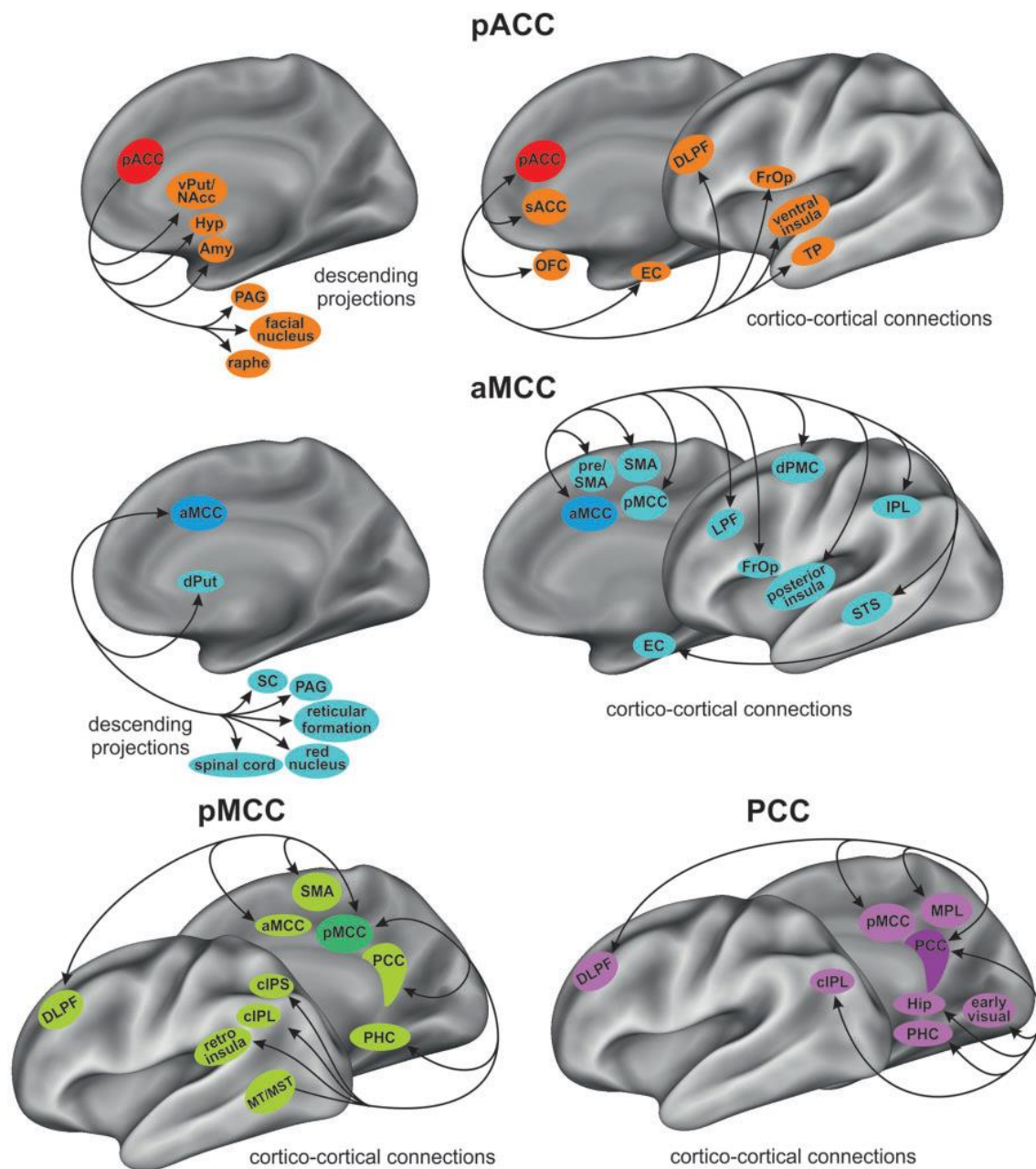
で、視覚反応はPCC, 体性感覚反応は aMCCv と pMCCv で、発話の障がいも aMCCv と pMCCv で誘発された。下の図は結果をレーダー表示したものである。



以下、各論だが、目標指向行動には起床衝動、reaching や grasping 行動、身体指向の行動、探索的な眼球、頭部の行動がある。aMCC には背側-腹側の actotopic があり、起床衝動は腹側部、周辺への手の行動は中間部、身体指向の行動は背側部で誘発された。情動反応は笑い（悦び/それを伴わない）、内受容感覚、自律反応に分けられる。内受容感覚は空腹感や、胴体部分が熱いといった感覚である。自律反応は赤面、冷や汗などである。体

性感覚の多くは paraesthetic なものである。Somatotopy はない。前庭反応はめまい、穴への落下の感覚である。視覚反応はかすみ目、幻視などである。発話障害は arrest や構音障害である。

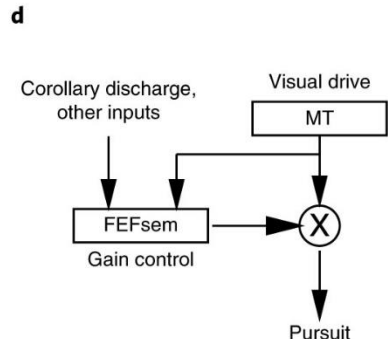
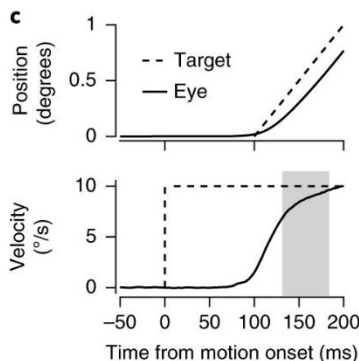
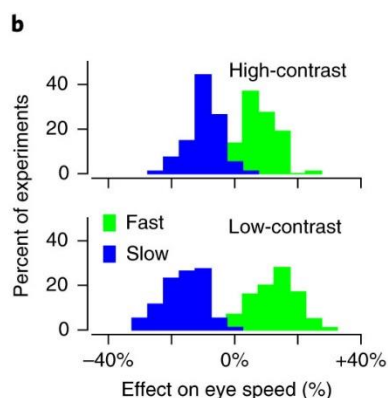
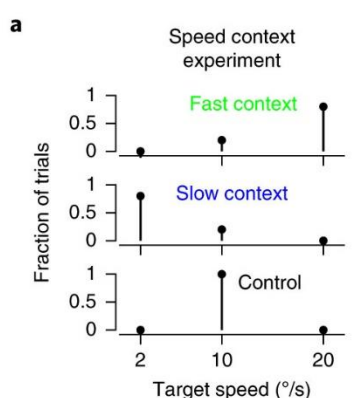
電気刺激の研究なので、帯状皮質で問題になるコンフリクトやエラー関連の行動は誘発されない。なお、下に帯状皮質各領域と他の領域との関係を示す図を載せておく。特に説明しませんが、拡大してお楽しみくだされば幸いです。



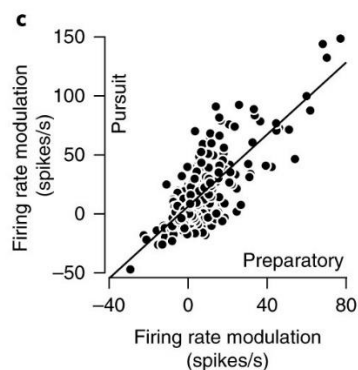
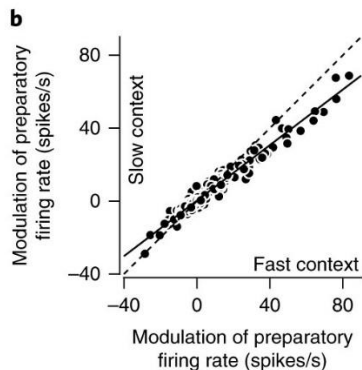
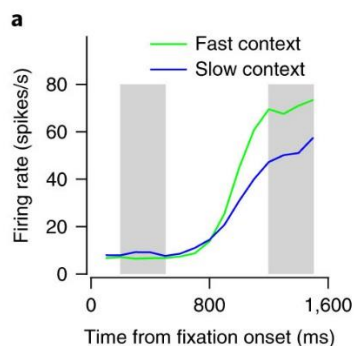
## Predictive coding と関連する論文

Darlington, T.R. et al. Neural implementation of Bayesian inference in a sensorimotor behavior. *Nat. Neurosci.*, Sept 17, 2018.

大部分の行動は過去の経験 prior と現在の感覚情報の interaction によるが、感覚情報が弱い時は prior が、強い時はその逆になると考える。Bayes inference はそれを定式化したものである。この論文では、サルの追跡眼球運動の脳内回路がいかにして Bayesian-like な追跡行動を生み出すかを示す。前頭眼野の smooth eye-movement 領域 FEF<sub>SME</sub> のニューロン活動が記録された。標的の動きの速度をブロック別に 2 段階設けることで (context)

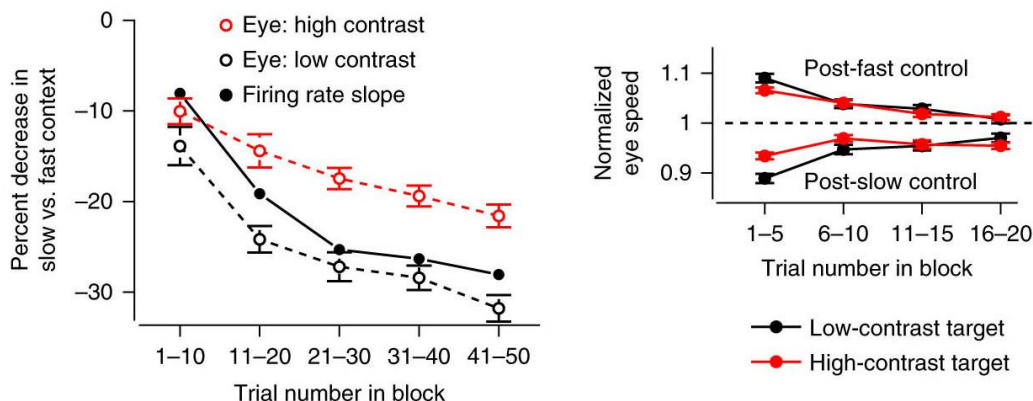


prior (期待) が形成された。上図 a にあるように、20 度と 2 度/秒が 80%、10 度/秒が 20%で、control として 10 度/秒が 100%のブロックがある。感覚情報は刺激の contrast を高低段階用意した。低い contrast では prior の影響が強く出ると予想される。図 b は control と fast/slow ブロックの同じ 10 度/秒の眼球運動速度の差である。上記の予測が行動に出ている。図 c 標的と眼球運動の経過で、灰色の領域は追跡開始の分析区間。図 d は追跡眼球運動の回路図。詳細は本文参照。

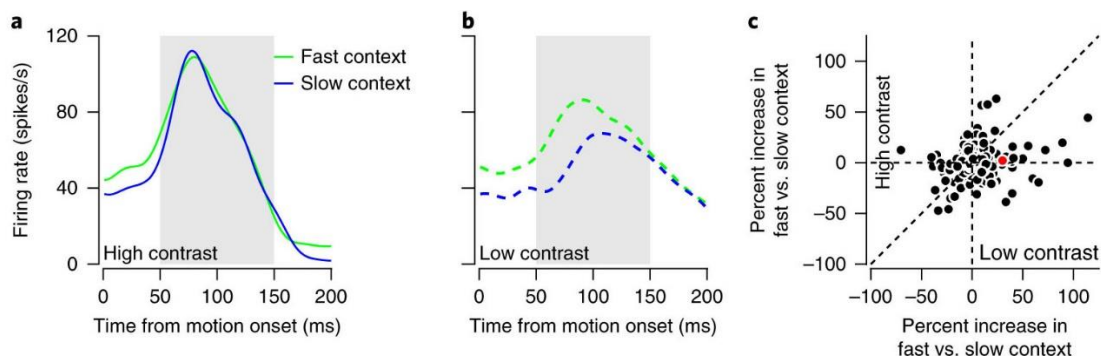


下図 a は FEF<sub>SME</sub> の一つのニューロンの追跡反応準備期の発射活動である。標的の速度を予期した context、すなわち prior による差がみられる。図 b は 164 ニューロンの結果で、

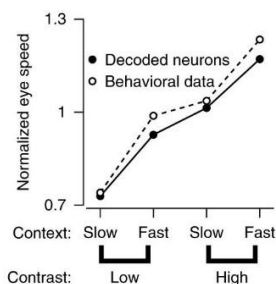
データは凝視期の前期と後期（下図 a の灰色の時期）の発射の差。図 a と同様の結果がみられる。図 c は準備期と追跡期の発射活動の関係で、正の相関がみられる。FEF<sub>SME</sub> は次にくる刺激のスピードの prior probability を表象している。



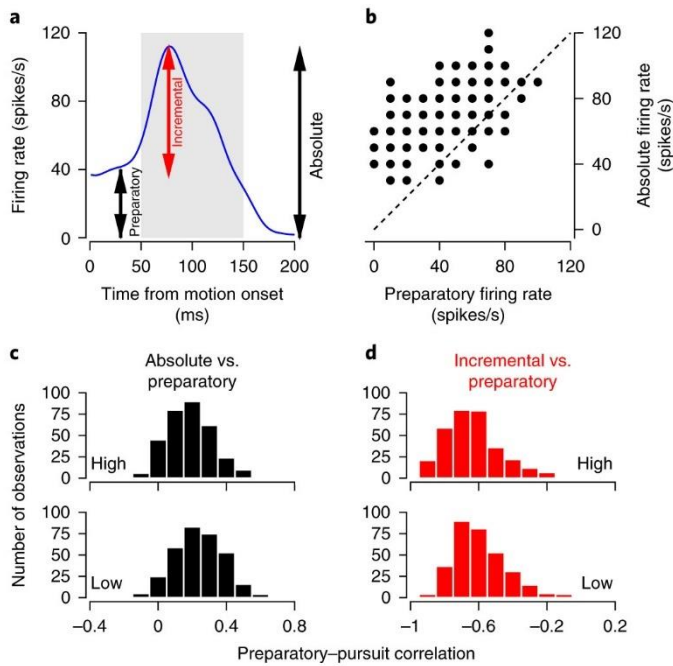
上図左は FEF<sub>SME</sub> のニューロンの neural prior と追跡眼球運動が同じような時間経過で順応することを示している。High contrast の方の順応が緩やかなのは、上述のように、prior の影響が小さいからである。上図右は fast/slow speed 後の control ブロックでの眼球運動のスピードの変化である。前のブロックの影響が残る。



次は追跡運動開始時の FEF<sub>SME</sub> ニューロンの活動が標的の速度の Bayesian-like の推定をコード化していることを示す。すなわち、標的の速度 context の影響は刺激が不明確な、contrast が低い刺激で明らかである（中図 a, b。一つのニューロンの例で、データは 10 度/秒）。図 b にあるように、FEF<sub>SME</sub> ニューロンは低 contrast では速い context の方が高いピークを示し、その潜時も短い。これは Bayesian-like の推定に合う。下図 c は全ニューロンの結果で、データは  $100 \times (\text{fast} - \text{slow}) / \text{slow}$ 。図 a, b と同じ傾向がみえる。下図は 2 context x 2 contrast の条件で FEF<sub>SME</sub> ニューロンの population 活動から decode した正規化された眼球速度（実線）と実測データ（点線）で、よく一致している。



次に、準備期の最後と追跡期の初めの FEF<sub>SME</sub> ニューロン活動の関係を試行毎に検討した。この関係は次ページ上図 a にある 3 つの FEF<sub>SME</sub> ニューロン活動の測度 Preparatory, 刺激による増加分の



が当たっていることを示す。一つのニューロンの結果で、各点は一つの試行を表す。図 c, d はそれぞれ 1, 2 の予想に関する。いずれもデータは試行毎の相関係数である。図 c では正の相関、図 d では負の相関がえられた。

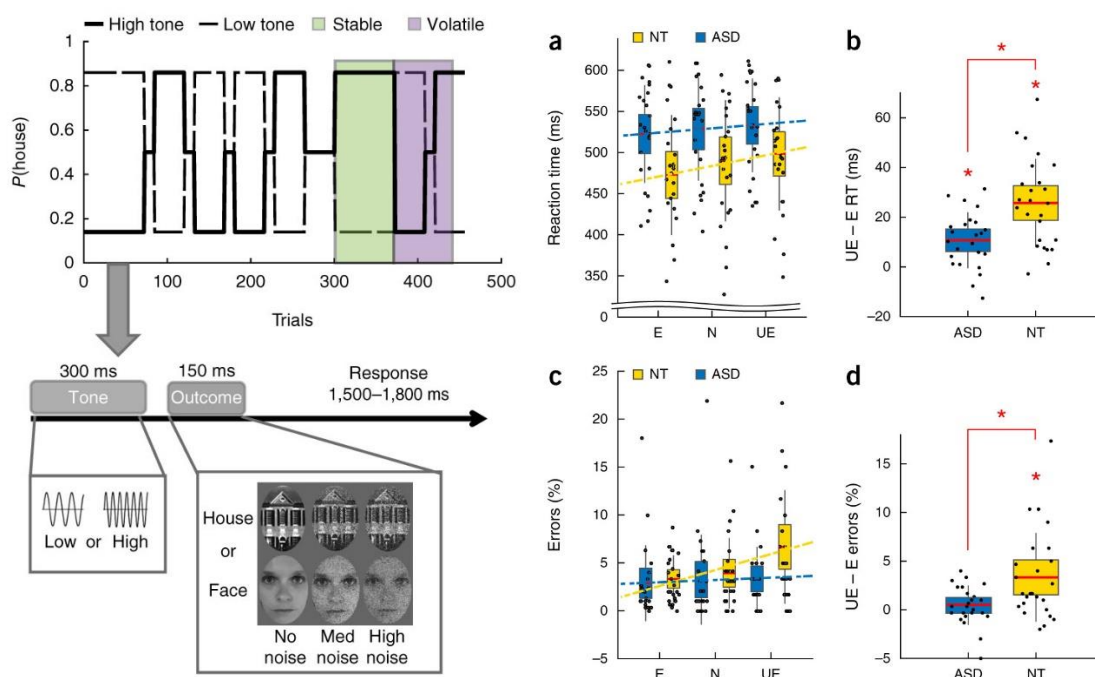
この後、理論的な分析、モデルの説明が続くが、わたしの理解を超えるので、ここまでするとする。いずれにせよ、adapt する prior と現在の刺激との interaction で行動が決定される。

Incremental, Absolute の関係から検討した。Bayesian 推定の考えでは、以下の 2 点が予想される。1. Preparatory の発射が高ければ Absolute の活動を高め、素早い標的のスピードの推定、早い眼球のスピードに導く。2. Preparatory と Incremental については、Preparatory の活動は標的の刺激と interact し、活動の Incremental な成分を調節する。すなわち、Reliability-weighted の prior と sensory evidence の結合である。上図 b は 1. の予想

Lawson, R.P. et al. (2018) Adults with autism overestimate the volatility of the sensory environment. *Nat. Neurosci.*, 20:1293-1299, 2017.

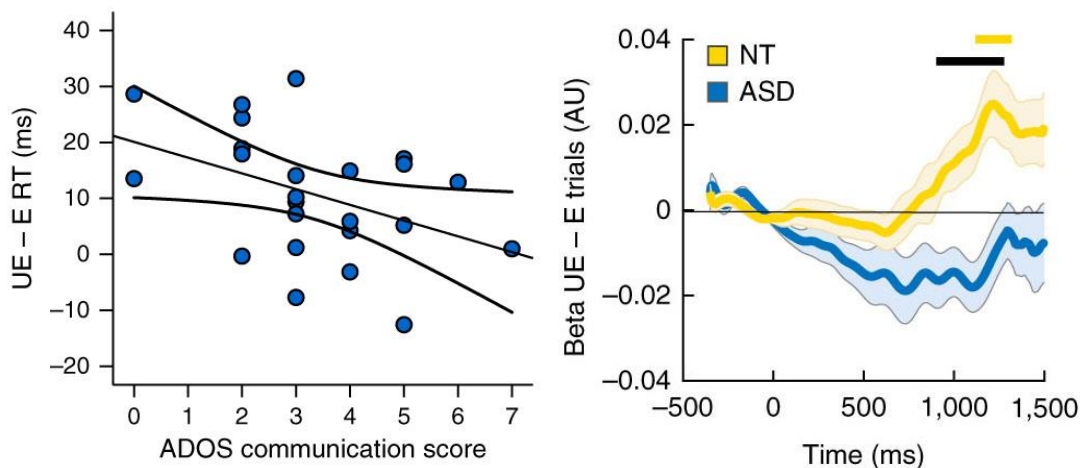
Predictive coding, PC の理論を発達障がい（ここでは自閉症スペクトラム障がい ASD）に適用し、ASD の特徴を明らかにすることを試みた論文である。PC 理論によると、ASD では感覚入力に比べて prior expectation が弱いと考えられ、それは ASD が環境の変動性、不安定性、volatility を過剰に学習するためだと考えている。したがって、ASD では prediction error, PE に対する反応が弱い。実験は、行動と瞳孔反応（これは noradrenalin, NA の活動を反映）を指標としている。なお、この論文では Hierarchical Gaussian filter, HGF モデルで結果を分析しているが、わたしの手に余るので、残念なら省略する。行動データのみ紹介する。

下の図左に方法を示す。参加者は顔/家の判断をする。顔/家刺激に先行して低/高音が提示される。時間関係は左図下の通りである。左図上にあるように、顔/家刺激と低/高音の関係が試行で変化する。音が強い予測( $p=0.84$ ), 弱い予測( $p=0.16$ ), 中立( $p=0.5$ )の試行がある。この関係が Stable な時期（緑）と不安定 Volatile な時期（紫）がある。そして試行は E, UE, N に分けられた。なお、顔/家には三段階のノイズが加えられている（左図下）。



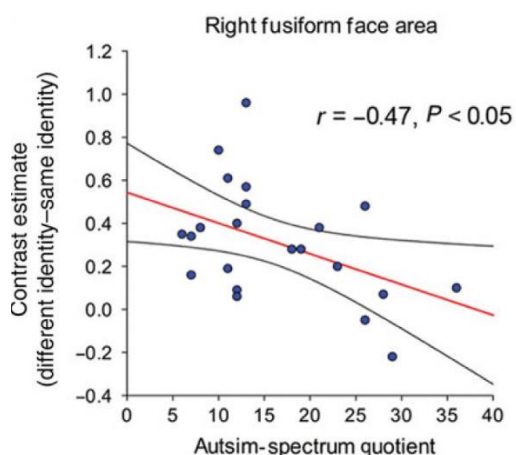
図右が行動の結果で、a, b が反応時間 RT, c, d がエラーである。青が ASD, 黄色が健常者 NT の結果である。ASD も NT も E, N, UE になるにしたがって RT が増加するが、NT の方が勾配が急である（右図 a）。それは図 b の RT (UE-E) でもわかる。類似の傾向が下図 c, d のエラーの結果にもみられる。これは ASD が UE に対する反応が弱いこと、すなわち、prior expectation が弱いことを示している。上記のように、それは環境の不安定さ volatility を過剰学習するためと考えられた。下の図左は RT (UE-E) と ASD の重篤度の関

係を示す。負の相関を示し、RTの差が小さいほど、ASDの症状が重篤であった。図右は瞳孔の大きさ (UE-E) の時間的変化で、NTで瞳孔が開いているが、ASDではそのようなことはない。ASDではUTに対する反応が小さい。Volatilityの過剰学習によると考えられる。



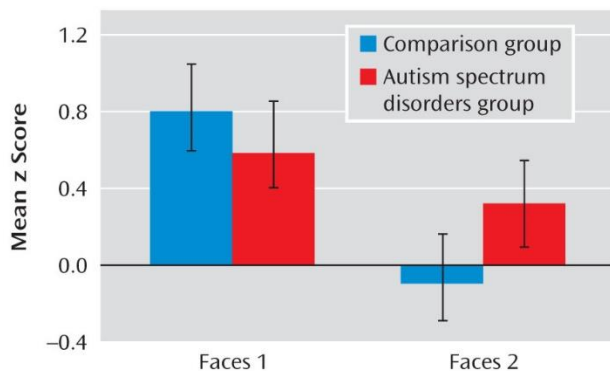
関連する研究を簡単に紹介する。

Ewbank, M.P. et al. *Cereb. Cortex*, 25:3381-3393, 2015.



Repetition suppressionの実験で、大きさの異なる同じ人の顔、あるいは異なる人の顔を反復提示した。結果は左の図で、fMRIによる右FFAの反応(縦軸: 異顔-同顔)と健常者のASDの傾向(横軸)が示されている。傾向が強いほど、同じ人の顔の提示による抑制が少ないことがわかる。類似の結果はPPAと風景を用いた実験でも得られた。

Kleinmans, N.M. et al. *Amer. J. Psychiat.*, 166:467-475, 2009,



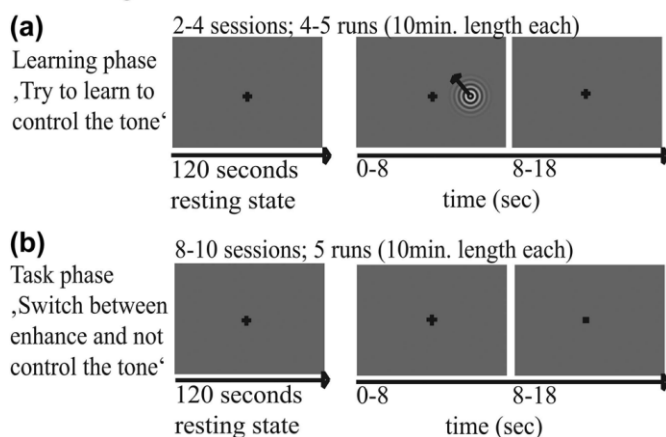
平静な顔を順次提示し、同じ顔があったら反応する課題を2回行った。2回目にはhabituationが起こることが予測される。左の図はfMRIによる扁桃核の活性で、controlでは2回目に活性が低下しているが、ASDでは低下が少ない。1回目の活性も低い。ASDではhabituationが少ない。



## Neurofeedback の論文

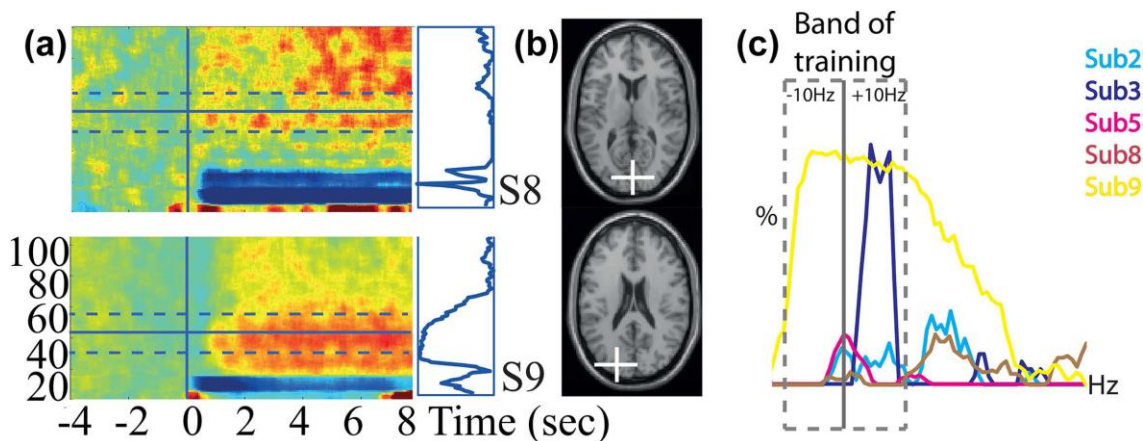
Merkel, N. et al. Endogenously generated gamma-band oscillations in early visual cortex: A neurofeedback study. *Hum. Brain Mapp.*, 39:3487-3502, 2018.

この論文では、先ず 30-90 Hz の  $\gamma$  oscillation と synchronization が多くの認知機能、実行機能と関係することが述べられ、その随意的な制御は興味深いとした。脳活動の記録はその発生源を明確にするために、脳磁図 MEG を利用した。実験は学習期と課題期よりなる。いずれの時期も眼は凝視点に固定する。学習期には  $\gamma$  oscillation を引き起こす拡張する grating 刺激が提示され、 $\gamma$  oscillation の feedback として音が提示される。そして、音 Nfb training and task



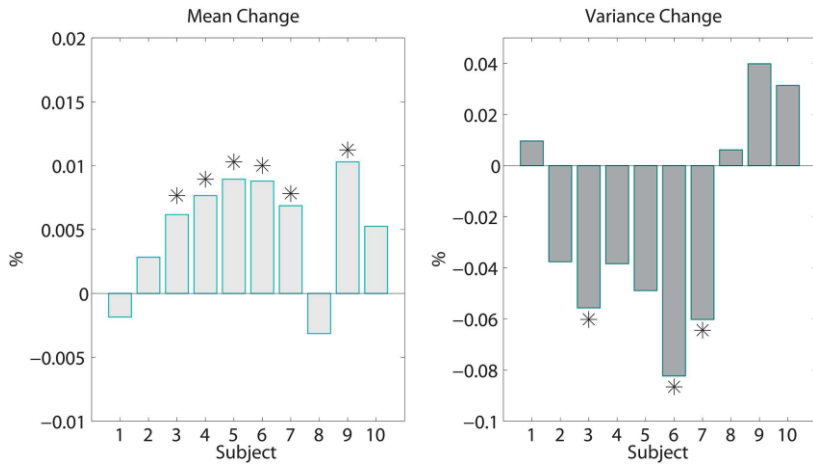
の高さをコントロールする方法を見つけることが求められる。時間などは上図(a)の通りである。続いて、上図(b)の課題期になる。ここでは視覚刺激はない。凝視点が+の時に音を高めるように要請される。・の時は音を制御しないようにする。そして、どのような方法でそれを行ったか尋ねられる。MEG で記録される  $\gamma$  oscillation のパワーは音の高さに変

換される。随意制御の対象となる  $\gamma$  oscillation の周波数 (中心周波数  $\pm 10$  Hz) と発生源は参加者により異なる。



10名の参加者のうち2名は脳でなく筋の活動を上げていたので除外した。8名中7名が  $\gamma$  帯域の活動を所定の領域で変化させたが、統計的に優位な変化はそのうちの5名でみられた。下図はその5名の結果である。下図(a)は参加者8,9の結果である。時点0は課題の開始、縦軸は周波数。実線の水平線は訓練の  $\gamma$  帯域の中心、両側 10 Hz が訓練の帯域であ

る。図(b)は訓練の対象とした $\gamma$ 波の発生源で、いずれも視覚野。図(c)は5名の参加者の結果である。下の上図は音の平均と分散の変化である。脳磁図の結果と整合的な変化がみ

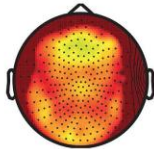


られる参加者もいるが、層でない結果(参加者2, 8)もある。それについて考察しているが、省略する。

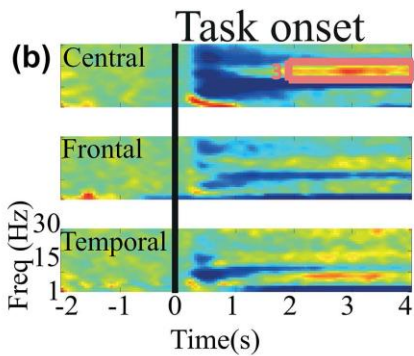
下図は後頭葉の視覚皮質以外、 $\gamma$ 帯域以外(1-30 Hz)の結果である。下図(a)-(c)は全参加者、下図(d)-(f)は成功した参加者、(g)-(i)は失敗した参

### Nfb task

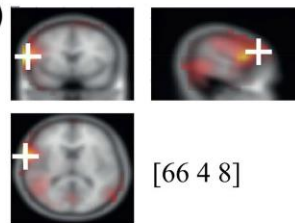
(a)



for A, D and G  
time=[0 4sec], freq=[1 30Hz],  
power=[-5e-27 5e-27f<sup>2</sup>T]

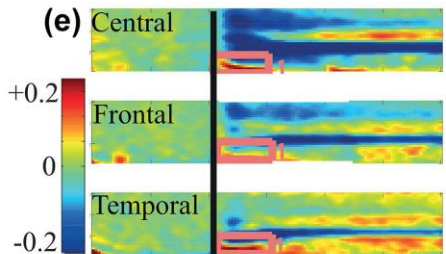
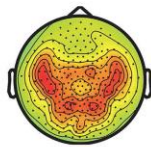


(c)

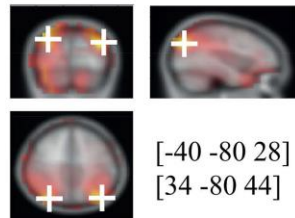


### Task success

(d)

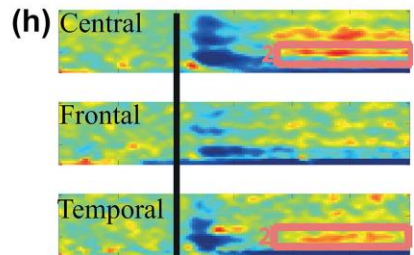


(f)

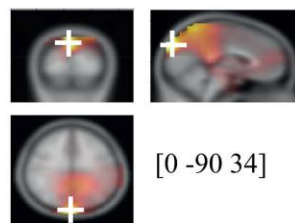


### Task failure

(g)



(i)



加者の結果である。(a)-(c)では $\beta$ 帯域の活動が右中心前/前頭、頭頂領域にみられた。課題に成功した(d)-(f)では、両側広く $\theta$ 活動の増加と $\alpha$ 活動の低下がみられた。失敗した参加者では一次視覚野で $\alpha$ 活動の増加がみられた。これらは今後の実践の参考になる。

どうも、明快な結果の論文とは言えないかもしれない。

Young, K.D. et al. Randomized clinical trial of real-time fMRI amygdala neurofeedback for major depressive disorder: Effects on symptoms and autobiographical memory recall. *Amer. J. Psychiat.*, 174:748-755, 2017.

fMRI の neurofeedback, NF の臨床研究をとり上げた。論文の選択の良し悪しについては全く自信がない。

この論文は major depressive disorder, MDD の患者に real-time fMRI feedback で情動に関係する左扁桃核の活性を上げ、うつ状態のスコアと自伝的記憶への効果を見た。なお、コントロールとして情動に関係ない頭頂間溝 IPS の活性の変化も検討している。Neurofeedback では、活性の目標レベルが青い水平線で示され、訓練時には赤い水平線が現在のレベルを示した。参加者は快の自伝的記憶を想起することで、扁桃核/頭頂間溝の活性を高めるよう努力した。うつ状態は Montgomery-Åsberg Depression Rating Scale, MADRS などチェックし、自伝的記憶は cued recall で検討した。Feedback の訓練は 2 回行われたが、手続きは下の図の横軸にある。Feedback のない Baseline と Transfer に挟まって、Practice と 3 回の Run がある。上が扁桃核、下が IPS の結果で、緑は扁桃核、橙色は IPS の結果である。

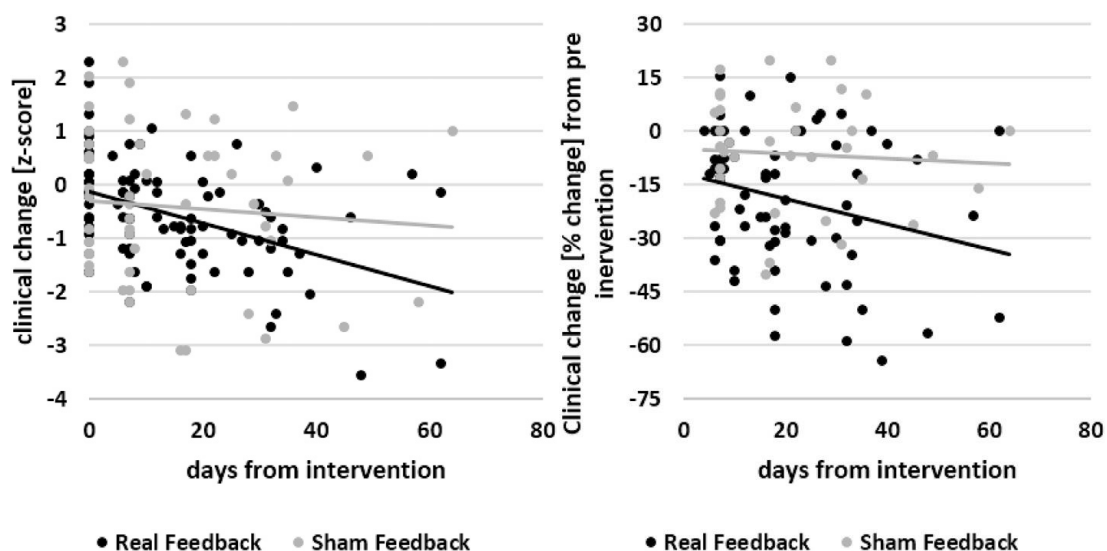
図から分かるように、扁桃核（上、緑）では neurofeedback 訓練の効果が見られる。一



方、IPS（下、橙色）では最後に効果がみられたようだが、扁桃核のような安定した結果ではない。うつ状態への neurofeedback の効果だが、MADRS を含め 5 つのすべてのスケールのスコアが実験（扁桃核）群では有意に低下した。一方、コントロール（IPS）群では一つのスケールのみで、有意な低下がみられたのみであった。また、自伝的記憶の想起に関しては、実験群で positive な記憶の再生が増加した。Neurofeedback の成績と MADRS 低下の間には相関がみられ、MADRS の低下と positive な記憶の再生の間にも相関がみられた。扁桃核の活動増加が、うつスコアの低下と positive な記憶の増加を仲介していた。Control 群ではこれらの関係はみられなかった。

この論文はタイトルに trial とある。Neurofeedback の効果については、それに懐疑的な意見もあるようだ。Kober, S.E. et al. *Neuroimage*, 181:797-806, 2018 に紹介されているので、参照ください。

追加的に OCD と Tourette Syndrome, TS の fMRI neurofeedback の論文を簡単に紹介する (Rance, M. et al. *Neuroimage*, 181:807-813, 2018)。OCD は OFC/frontopolar cortex, TS では SMA の活性を随意制御させた。テーマは訓練後の時間経過で、下図がその結果で、両方の結果が combine されている。Neurofeedback の群では症状は持続的に改善されている。



## 今月の認知神経科学の応用

ここでは応用研究の論文をわずか 2 行で紹介している。このサマリーを読まれて興味を持たれたら、是非論文に当たってもらいたい。多くの事項が抜け落ちているから。なお、しばしば出る長い単語は英語の短縮系にしたい。以下にその例をアルファベット順に挙げる。

- 前部 a, 尾側 c, 背側 d, 外側 l, 内側 m, 後部 p, 吻側 r, 腹側 v
- 前部帯状皮質 ACC, 大脳基底核 BG, 背側注意系 DAN, デフォルト・モード・ネットワーク DMN, 有線領外身体領域 EBA, 嗅内皮質 ERC, 前頭皮質 FCx, 前頭眼野 FEF, 紡錘状回顔領域 FFA, 前頭頭頂皮質 FPC, 前頭頭頂ネットワーク FPN, 下前頭回 (皮質) IFG(C), 島皮質 Ins, 下後頭回 IOG, 下頭頂皮質 (小葉) IPC (L), 頭頂間溝 IPS, 下側頭回 ITG, 外側後頭皮質 (complex) LOC, 一次運動野 M1, 中前頭回 MFG, ミラー・ニューロン・システム MNS, 中側頭回 MTG, 内側側頭葉 MTL, 側坐核 NAcc, 後頭顔領域 OFA, 眼窩前頭部皮質 OFC, 後頭側頭皮質 OTC, 中脳水道周囲灰白質 PAG, 後部帯状皮質 PCC, 頭頂皮質 PCx, 前頭前野 PFC, 海馬傍皮質 (回) PHC (G), 運動前野 PMC, 海馬傍回場所領域 PPA, 後部頭頂皮質 PPC, 周嗅皮質 PRC, 脳梁膨大後部皮質 RSC, 一次体性感覚野 S1, 上前頭回 SFC, 補足運動野 SMA, 感覚運動皮質 SMC, 黒質 SN, 上頭頂皮質 (小葉) SPC (L), 上側頭回 (皮質) STG(C), 線条体 STR, 上側頭溝 STS, 側頭皮質 TCx, 視床 TH, 側頭頭頂接合部 TPJ, 一次視覚野 V1, 腹側被蓋野 VTA, 視覚的語形領域 VWFA
- アルツハイマー病 Alz, Behavioral Activation System BAS, Behavioral Inhibition System BIS, ブレイン・コンピュータ・インターフェイス BCI, ボディマス指数 BMI, 境界性人格障害 BPD, ドーパミン DA, dynamic causal modeling DCM, false alarm FA, Generalized anxiety disorder GAD, 独立成分分析 ICA, 知能指数 IQ, 長期記憶 LTM, 大うつ病 MDD, 多次元尺度構成法 MDS, ミスマッチ・ネガティビティ MMN, 月齢 mo, 強迫性障害 OCD, 主成分分析 PCA, 予測誤差 PE, 心的外傷後ストレス障害 PTSD, 急速連続視覚提示 RSVP, 反応時間 RT, 社会的不安障がい SAD, 短期記憶 STM, 定型発達 TD, 心の理論 ToM, ワーキング・メモリ WM, 年齢 y
- 聴性脳幹反応 ABR, 聴覚誘発電位 AEP, Blood-oxygen level dependent BOLD, dynamic causal modeling DCM, 拡散テンソル画像法 DTI, 拡散強調画像法 DWI, 脳波 EEG, エラー関連負電位 ERN, 事象関連電位 ERP, 異方性比率 FA, (fractional) amplitude of low-frequency fluctuation (f)ALFF, 機能結合 FC, 機能的磁気共鳴画像法 fMRI, just noticeable difference JND, 後期陽性電位 LPP, long-range temporal correlation, LRTC, 脳磁図 MEG, 運動誘発電位 MEP, mismatch negativity MMN, 磁気共鳴分光法 MRS, (機能的) 近赤外線分光法 (f)NIRS, 強迫性障害 OCD, 表象類似性分析 RSA, rapid serial visual presentation RSVP, 安静時機能結合 rsFC, 皮膚伝導反応 SCR, 構造的磁気

共鳴画像法 sMRI, ボクセル単位形態計測 voxel-based morphometry VBM, 視覚誘発電位 VEP, voxel based lesion symptom mapping VLSM

最近、認知神経科学の基礎研究が減少し、応用研究が増え、その重要性が増している。できるだけ広く取り上げるが、発達障がいやそれらの訓練による改善など、非侵襲的脳刺激も治療、介入に関係するものは積極的に紹介したい。ただ、統合失調症、テンカン、躁うつ病、アルツハイマー病、パーキンソン病などの疾患は、改善、リハビリ訓練を除くと、敢えてとりに上げない。また、個人的に興味を持った研究も紹介する。なお、太字の論文は特に興味深いと思ったものである。

**認知機能一般（他で取り上げにくい、必ずしも応用でない総説、meta-analysis を含めて）**

Neuroimage, 180, Part A:1-334, 2018.

脳の信号の encoding と decoding に関する最近の進歩についての特集。

Neuroimage, 180, Part B:335-656, 2018.

Brain connectivity dynamics に関する特集。

Neuropsychologia, 118, Part A:1-114, 2018.

創造性と知能の神経基盤の特集。

Trends in cognitive science, 22 (10):841-952, 2018.

Trends in neuroscience, 41 (10):641-762, 2018.

ともに 'Time in the brain' と題する特集。

Ramsey, R. (2018) J. Cognit. Neurosci., 30:1442-1451.

身体知覚の神経機構についての総説。

Piskorowski, R.A. & Chevaleyre, V. (2018) Curr. Opin Neurobiol., 52:54-59.

海馬の CA2 と記憶についての総説。

Yizhar, O. & Klavir, O. (2018) Curr. Opin Neurobiol., 52:149-155.

学習における扁桃核-PFC の双方向的 interaction の役割についての総説。

Hung, Y. et al. (2018) *Hum. Brain Mapp.*, 39:4065-4082.

認知的抑制、反応抑制、情動的妨害を区別する meta-analysis.

Sadler, J.R. et al. (2018) *Neuroimage*, 181:55-63.

BMI が異なる双生児では、味覚、視覚処理 network, DMN に差が。BMI 低では PFC と STR/視床の FC が、BMI 高では小脳と Ins の FC が強かった。

Vainik, U. et al. (2018) *PNAS*, 115:9312-9317.

肥満（高い BMI）には IPFC の皮質の厚さ、ERC-PHC の容量と厚さの低下、頭頂-後頭皮質の厚さの増加、視空間機能、認知的柔軟性等が関係するが、遺伝的要因が関係していた。

### 訓練と自己統制

**Rance, M. et al. (2018) *Neuroimage*, 181:807-813.**

これは上の「Neurofeedback の論文」で簡単に紹介した。そちらを参照ください。

**Kober, S.E. et al. (2018) *Neuroimage*, 181:797-806.**

Neurofeedback, NF における unspecific な要因は NF の効果に疑問を持たせた。NF の効果を高めるかもしれない sham tDCS をその要因として訓練時に与えたが、訓練を妨害した。

Vaquero, L. et al. (2018) *Neuroimage*, 181:252-262.

非音楽家の短期のメロディとリズムの学習に右弓状束の容量と FA が関係していた。前方部の容量はリズム学習に、弓状束全体の容量と FA がメロディ学習の速度に関係等の結果。

Saanijoki, T. et al. (2018) *Hum. Brain Mapp.*, 39:3972-3983.

Aerobic exercise と食物の報酬の側面はともに  $\mu$ -opioid が関与する。PET で exercise による opioid の分泌を測定し、報酬期待との関係を検討。分泌が高いほど期待が高い。

Talukdar, T. et al. (2018) *Cereb. Cortex*, 28:3600-3609.

Aerobic fitness と rsFC の関係を検討。Fitness と FCx, TCx, PCx, 小脳が関係し、また実行系、注意系、記憶系に有益な効果を与え、これらは流動性知能と相関していた。

Ciria, L.F. et al. (2018) *Neuroimage*, 181:203-210.

Aerobic exercise は脳波の低周波振動を全脳的に、高周波振動を頭頂、後頭部で増加させた。一方、flanker task すなわち抑制性制御には影響がなかった。

Kral, T.R.A. et al. (2018) *Neuroimage*, 181:301-313.

長期の mindfulness meditation, 短期の類似の訓練を受けると、快の刺激に対する扁桃核の反応が低下、不快へは変わらず。短期訓練で情動刺激への扁桃核-vmPFC の FC 増加。

### 意思決定、報酬

Insel, C. & Somerville, L.H. *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 13:785-796.

13-20y の青年の gain (STR) と loss (aIns) の magnitude tracking の発達的变化を検討。Gain は青年期の初期に増加、その後減少、loss は青年中-後期に一時的に減少した。

van Hoorn, J. et al. (2018) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 13:945-955.

若者の意思決定で仲間の存在は危険な意思決定を増加、親の存在は減少させるが、vSTR, TPJ, dlPFC の活性は仲間の存在で高い。vSTR-Ins, vSTR-TPJ の FC は親の存在で強い。

### 社会認知神経科学

Alkire, D. et al. (2018) *Hum. Brain Mapp.*, 39:3928-3942.

8-12y の児童が peer と interact している状況で fMRI による脳計測を行った。Mentalizing の領域は mental, non-mental の reasoning で活性し、報酬系にも活性が。Interact が重要。

Hirsch, J. et al. (2018) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 13:907-920.

交互に会話をおこなっている二人の脳活性を fNIRS で同時計測。会話状態ではそうでないときに比べて Wernicke 野のある STG で活動が増加。社会的交渉の脳研究の一つの方法。

Fishburn, F.A. et al. (2018) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 13:841-849.

一緒にパズルを解く (意図の共有) 二人の脳活動を fNIRS で計測した。脳活動は一人で解いている時より協調した。また、経験の共有ではこの現象はみられなかった等の結果。

Lumaca, M. et al. (2018) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 13:877-888.

リズムの学習者が次には教師になるゲームではリズムが isochronous になる傾向があり、それは oddball 課題の MMN から予測できた。文化の伝達の基盤と考えている。

Ksander, J.C. (2018) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 13:709-718.

日常的なものの写真を在米の東アジアの出身者とアメリカ人にみせ、BA18, 19 の fMRI 反応に MVPA を適用し、両者を区別できた。文化的背景の違いが視覚皮質に及ぶと考えた。



## 発達・加齢、母子関係

Buss, A.T. et al. (2018) *J. Neurophysiol.*, 120:1472-1483.

視覚的 WM の幼児期と 7y までの児童期の発達についての総説。

Kaminska, A. et al. (2018) *Cereb. Cortex*, 28:3429-3444.

早産児に特有の Delta-brush を含む AEP の発達的变化の研究。

Anderson, A.J. & Perone, S. (2018) *Brain Cognit.*, 126:40-52.

乳幼児から高齢者までの安静時脳波 rsEEG の発達的变化、認知機能との関連の総説。

Pratt, M. et al. (2018) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 13:957-966.

我が子との interaction は母親の脳に広範囲の変化を起こすが、11y の子供の側も同様の変化が (MEG 研究)。特に social synchrony と STS/STG 等の側頭領域の  $\gamma$  振動は両者で。

Wang, X. et al. (2018) *Cereb. Cortex*, 28:3521-3530.

7-13y の児童で、顔の core と extended network の発達を検討。Core (pSTS) では FC が増加、extended では右 FFA, OFA との FC が減少。両 network が分離していく。

Costello, M.C. & Buss, A.T. (2018) *J. Cognit. Neurosci.*, 30:1532-1548.

20y と 70y の参加者で dynamic neural field model で高齢者の視覚 WM の特徴を明らかにした。高齢者の WM の成績の低下は、皮質内の抑制減少で広範囲に信号が弱化するため。

François, S. et al. (2018) *Brain Cognit.*, 126:1-12.

25y と 68y の参加者でその後 recollection/familiarity になるエピソード記憶の記銘の脳活動を検討。いずれも意味処理系の活動が高齢者では弱い、他の領域の活動で補償していた。

Tsvetanov, K.A. et al. (2018) *J. Neurosci.*, 38:7887-7900.

18-88y の参加者で stop-signal/no-go task で PFC, PMC, 運動皮質よりなる抑制系の年齢変化を検討。この抑制系の活性、FC は年齢によって役割が異なることに注意する必要。

## 情動、不安、性格、個人差

Yang, Z. et al. (2018) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 13:889-897.

ナルシストは risky な意思決定をしやすいが、それが error monitor か行為の update に問題があるのかを、行動と ERP (それぞれ FRN, P3) で検討。行為の update に問題がある。

Yi, Y. et al. (2018) Soc. Cognit. Affect. Neurosci., 13:995-1002.

孤独傾向は安静時 rsfMRI による右 ITG の fALFF と正の関係にあった。孤独への情動的支援の効果は ITG の自発活動の低下と関係したが、instrumental な支援では関係なし。

Wang, S. et al. (2018) Hum. Brain Mapp., 39:3943-3955.

楽天的な人が恐怖をブロックする脳内機構を rs fMRI (fALFF, rsFC) で検討。楽天的な人の右 OFC の fALFF の低下、OFC-SMA の rsFC の増加が恐怖のブロックに関係した。

Kong, F. et al. (2018) Soc. Cognit. Affect. Neurosci., 13:755-763.

若者の心理的な resilience はストレスを跳ね返し、心理的な well-being に関係するが、それは rsfMRI 計測による左 OFC の fALFF の低下が関係していた。

Petro, N.M. et al. (2018) Soc. Cognit. Affect. Neurosci., 13:687-698.

驚きの表情は最初は負の valence で評価され、その後の正の評価は認知制御によるという説を fMRI で検討。認知制御は reappraisal の条件で。この説に合う結果を得た。

**Dima, D.C. et al. (2018) Hum. Brain Mapp., 39:3993-4006.**

怒り、幸せ、平静な顔を提示し MEG で脳活動を記録し、decoding を行った。怒り顔は提示後 90 ms で他の顔から区別できた。これは誘発反応に差がなくても見られた等の結果。

Toumbelekis, M. et al. (2018) Soc. Cognit. Affect. Neurosci., 13:989-994.

電撃による恐怖条件づけの前に、自分を守り愛してくれる人 attachment figure を思い浮かべると、条件づけによる startle 反応や電撃の生起の予期などの指標が低かった。

Geng, H. et al. (2018) Hum. Brain Mapp., 39:3898-3914.

不確実な脅威の予期で、不安傾向の高い人は MTG, dmPFC の活性増加、楔前部の活性低下。扁桃核、dmPFC, 楔前部と vmPFC, dlPFC, IPS, Ins, PHC などとの FC が異なる。

Berman, Z. et al. (2018) Soc. Cognit. Affect. Neurosci., 13:775-784.

性的な暴行による PTSD は自己非難の傾向があるが、それは sMRI では舌状回などの灰白質量と負の相関、また intrusion 等は左前部紡錘状皮質の rsFC と負の相関があった。

Feng, C. et al. (2018) Soc. Cognit. Affect. Neurosci., 13:809-817.

SAD の人に見知らぬ他者の好感度の評価をさせ、その時 peer の一致/不一致な評定を提示。その後 peer の評定なしに再評価。SAD は peer の高い評価に同調する傾向大。N400 も。

Jankowski, K.F. et al. (2018) Soc. Cognit. Affect. Neurosci., 13:863-876.

fMRI による抑うつ者の若者の社会的排除への反応の分析。排除への過剰な反応や情動制御の不調には salience, executive 系の活動が関係し、aIns が重要な役割を演じている。

**Liao, W. et al. (2018) Hum. Brain Mapp., 39:4105-4118.**

自殺企図を持つ抑うつ者とそうでない抑うつ者は、fMRI の dynamic と static な rsFC を比較することで区別できた。

Abe, N. et al. (2018) Soc. Cognit. Affect. Neurosci., 13:797-807.

収監された psychopath の不誠実な意思決定には ACC の活性低下が関係していた。葛藤が少ないと考えられる。

**経頭蓋磁気刺激 TMS, 経頭蓋直流刺激 tDCS, 経頭蓋交流刺激 tACS, その他の刺激**

Opitz, A. et al. (2018) Neuroimage, 181:560-567.

経頭蓋電気刺激の正確な電極の位置についての検討。

Meyer, L. et al. (2018) Neuroimage, 181:598-604.

左 IFG は単語を長い文節よりも短い文節に chunk する top-down バイアスに関係すると考えられるが、左 IFG への反復 TMS によるかく乱はこの機能をさらに弱めた。

Perellón-Alfonso, R. et al. (2018) Europ. J. Neurosci., 48:1990-2000.

M1 への theta burst stimulation, TBS を 5 日間与え、皮質の興奮性への build-up 効果を検討したが、sham stimulation と差がなかった。

Tambini, A. et al. (2018) J. Cognit. Neurosci., 30:1452-1472.

海馬の機能を標的にした pIPC への TBS は、もの一場所の連合の記憶を促進した。Item の記憶は促進されなかった。pIPC への TBS は海馬機能の操作に利用できる。

Bell, S.B. & DeWall, N. (2018) Soc. Cognit. Affect. Neurosci., 13:899-906.

PFC への tDCS は社会的行動へ影響を与えるかについての meta-analysis.

Fiori, V. et al. (2018) Neuroimage, 181:550-559.

左 IFG への anodal tDCS は動詞の学習を促進するが、fMRI 計測では、刺激場所の活性低下、左 IFG と他の言語関連領域との機能結合の減少が成績と関連。処理努力の減少で。

Uehara, S. et al. (2018) *Cereb. Cortex*, 28:3478-3490.

M1 への anodal tDCS で、prediction error に基づく運動学習は小脳の可塑性が関係し、強化学習に基づく学習は M1 の長期増強的な可塑性が関係することを明らかにした。

Lee, S. et al. (2018) *Europ. J. Neurosci.*, 48:2001-2012.

Estrogen のレベルと dlPFC への tDCS の効果の関係を検討。Estrogen レベルの高低（女性）と男性で比較。tDCS の効果は dlPFC への TMS の ERP で。レベル高で tDCS 効果大。

### 自閉症スペクトラム障がい ASD

Jeste, S.S. et al. (2015) *Develop. Sci.*, 18:90-105.

古い論文。ASD に確率学習を行わせ、ERP (N1, P300) を記録。ASD は学習の低下がみられるが、ASD 内の分析で N1 と非言語性 IQ, P300 と社会的機能に正の相関があった。

Mamashli, F. et al. (2018) *Hum. Brain Mapp.*, 39:4094-4104.

14-21y の ASD の MEG 研究でみられた FFA の短、長距離の FC の異常は 7-13y の ASD では見られない。短距離の FC が ASD の年齢を予測し、症状の重篤度と相関するので重要。

Hong, S.-J. et al. (2018) *Cereb. Cortex*, 28:3578-3588.

sMRI 計測により ASD を 3 subtype に分けた。I. 皮質は厚く、表面積増加、等。II. 皮質は薄く、geodesic distance 減少、III. Distance 増加。これらと症状、rsFC の関係を検討。

Yamagata, B. et al. (2018) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 13:765-773.

ASD と ASD でないその兄弟姉妹の通常の DTI による検査では両者に差がない。Bootstrapping 法では左分界条の axial diffusivity が両者を分けた。Endophenotype の鑑別に。

### 注意欠陥多動障がい ADHD

Fan, L.-Y. et al. (2018) *Hum Brain Mapp.*, 39:3827-3835.

ADHD とその unaffected な兄弟、健常者の抑制と視覚処理の fMRI 研究。視覚処理で ADHD と兄弟は左 SPL の活性が弱かった。これが ADHD の endophenotype の可能性。

Jagger-Rickels, A.C. et al. (2018) *Brain Lang.*, 185:54-66.

ADHD と読みの障がい RD と、特に両者の合併 RD/ADHD の sMRI による検討。症状の合併には右尾状核と SFC が関係する。

### 言語、読字、数、その障がい (失語 aphasia, 読字障がい dyslexia)

Roe, M.A. et al. (2018) *Cereb. Cortex*, 28:3697-3710.

3-5 学年の読みの障がいのある児童に文理解と抑制の課題を行わせ fMRI で脳活性を計測。文理解で左 pTCx, 左 IPC, dACC で障がい特有の活性があるが、抑制は TD と差なし。

Suárez-Pellicioni, M. & Booth, J.R. (2018) *Hum Brain Mapp.*, 39:3956-3971.

10y の児童の symbolic math performance は 2 年後の dot comparison task での IPS の活性と相関した。Approximate number system は symbolic arithmetic により refine される。

### 感覚運動障がい、その他

Hertrich, I. et al. (2018) *Brain Lang.*, 185:19-29.

視覚障がい者と健常者の accelerated speech の訓練の MEG 研究。訓練で音節開始に phase-lock した反応は両参加者とも A1 で増加、V1 で減少。左 IFG で両者に差が出た。

Cardin, V. et al. (2018) *Cereb. Cortex*, 28:3540-3554.

聴覚障がい者と健常者で手話と動く point light 刺激の 2-back 課題を行わせた。障がい者は pSTC を活性化させ、FPC の活性は弱かった。前頭と pSTC の rsFC が障がい者で増加。

Chechko, N. et al. (2018) *Europ. J. Neurosci.*, 48:1964-1975.

解離性健忘の fMRI, SCR の症例研究。患者は思い出せないが、友人、親戚の顔に左 FFA, 海馬/扁桃核などに活性、SCR も。顔-名前の学習では海馬の活性が弱い。Trauma による。

Bletsch, A. et al. (2018) *Hum. Brain Mapp.*, 39:4043-4054.

ダウン症の子供は皮質の厚さが増大しているが、その傾向は成人でも保たれており、それには gray-white matter tissue contrast, GWC の低下が関係していた。