

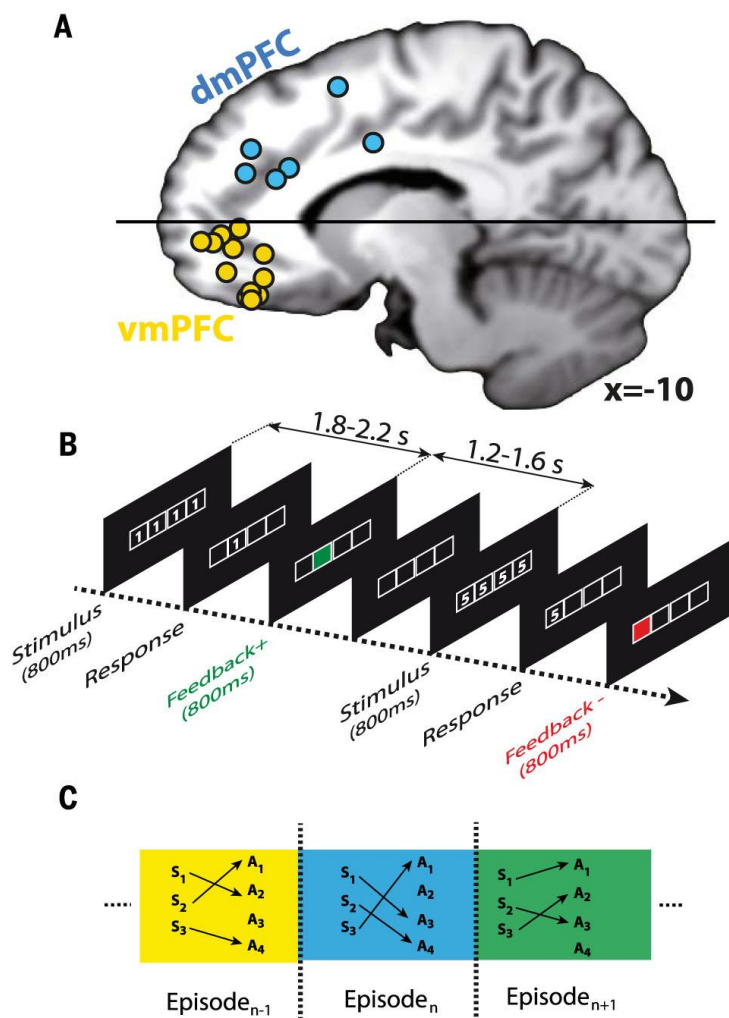
今月の認知神経科学：論文紹介

2020年10月

認知神経科学の進歩

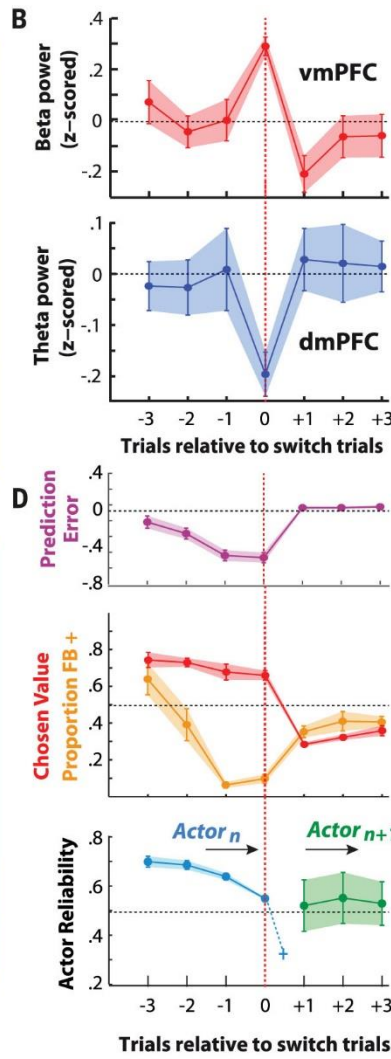
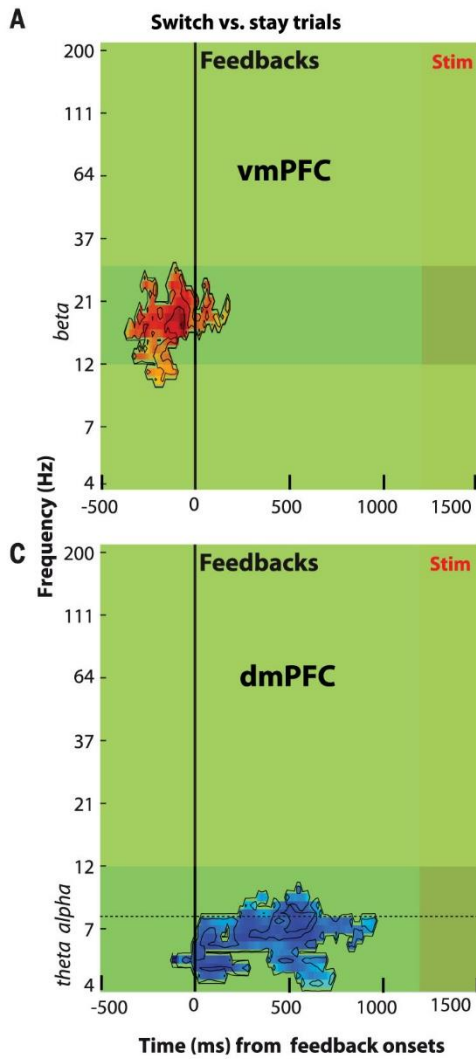
Domenech, P. et al. Neural mechanisms resolving exploitation-exploration dilemmas in the medial prefrontal cortex. *Science*, 369: Aug 228, 2020.

この論文は、テンカン患者の脳内電極から脳波を記録し、現行の行動プランを変更する必要がある事態（exploitation-exploration dilemma）で、特にプランの切り替え時に腹内側と背内側前頭前野 vmPFC, dmPFC が果たす役割について検討した。

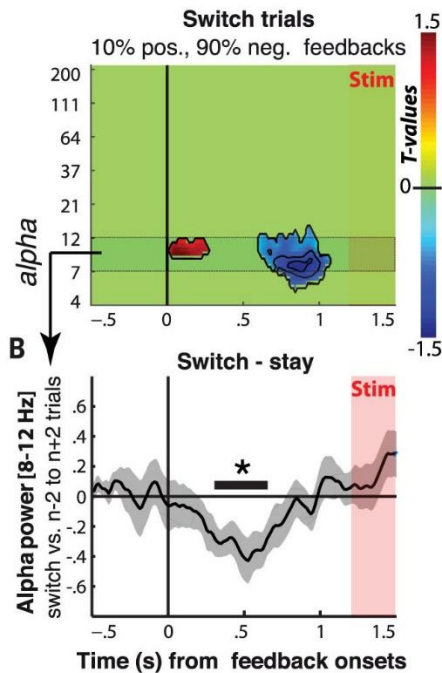


左の図 A は dmPFC と vmPFC の電極の位置である。図 B, C は試行の流れと 3つの刺激（数字）と 4か所の反応位置の関係である。図 B の例は、1 が刺激の時に、左から 2 番目のキーを押すと正解で、90%の確率で、押されたキーが緑色に変わる（正の feedback）。残る 10%は赤に変わり、エラーの feedback が与えられる。5 が刺激の例では一番左のキーを押すとエラーで、キーが赤に変わる。しかし、刺激と反応の位置の関係 Episode は突然に変化する（図 C）、現行の運動のプランを続ける stay, exploitation か、変える switch, exploration か、葛藤が生じる。

結果については、論文の前に著者らの要約がついている。それは switch trial が中心なので、この紹介もそれに従うことにする。次ページ上図は switch trial（およびその周辺の stay trial）での脳の活動である。図 A, C はそれぞれ Feedback 前後の vmPFC, dmPFC の



switch-stay trialsの活動で、vmPFCでは β 帯域の活動の上昇、dmPFCでは θ と一部 α 帯域の活動の低下がみられた。図Bにあるように、これらの活動はswitch trialで一過的に起こる。図DはvmPFCに β 帯域の活動を起こす要因の分析だが、一番下のactor reliabilityが閾値の0.5以下になる(青の+)ことが重要と考えている。一方、dmPFC



は、vmPFCからのtop-down的な指令を受け、switch trialでは、下図Bにあるように、 α 帯域のpowerを減少させる(上図Cはswitch-stayの結果である)。これは現行の行動プランとは異なる、別のプランを抑制から解放する、すなわち、explorationを反映する活動である。

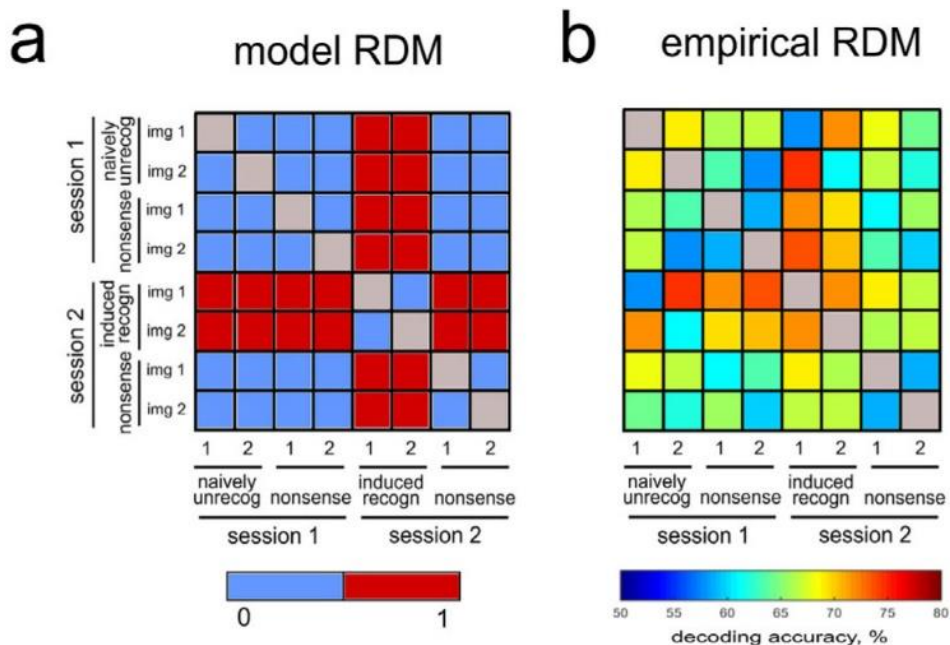
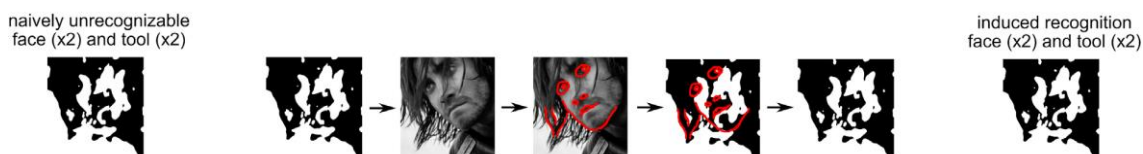
Switch trialに焦点を当てて紹介したので、さらに詳しくは論文を参照ください。

なお、著者らはこれらの現象を、predictive codingの枠組みで捉えている。

Predictive coding, PC と関連する論文

Koznov, V.V. et al. Object recognition is enabled by an experience-dependent appraisal of visual features in the brain's value system. *Neuroimage*, 221: no 117143, 2020.

この論文は、通常認知できない顔/道具各 2 を（上図左 naively unrecognizable face/tool）、訓練により認知できるようにした時の（右 induced recognition face/tool）、脳活性の変化を MEG の MVPA で明らかにした。recognizable face/tool, nonsense もある。



C transition to profile representation

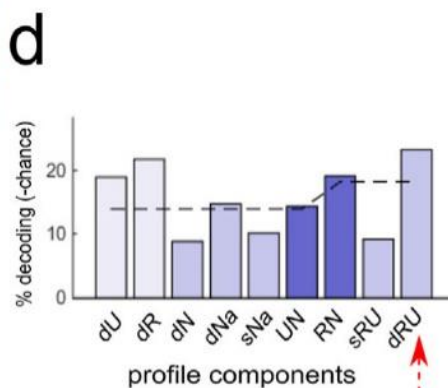
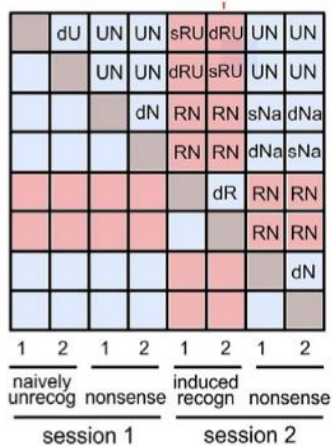


Table 3
RDM profile components.

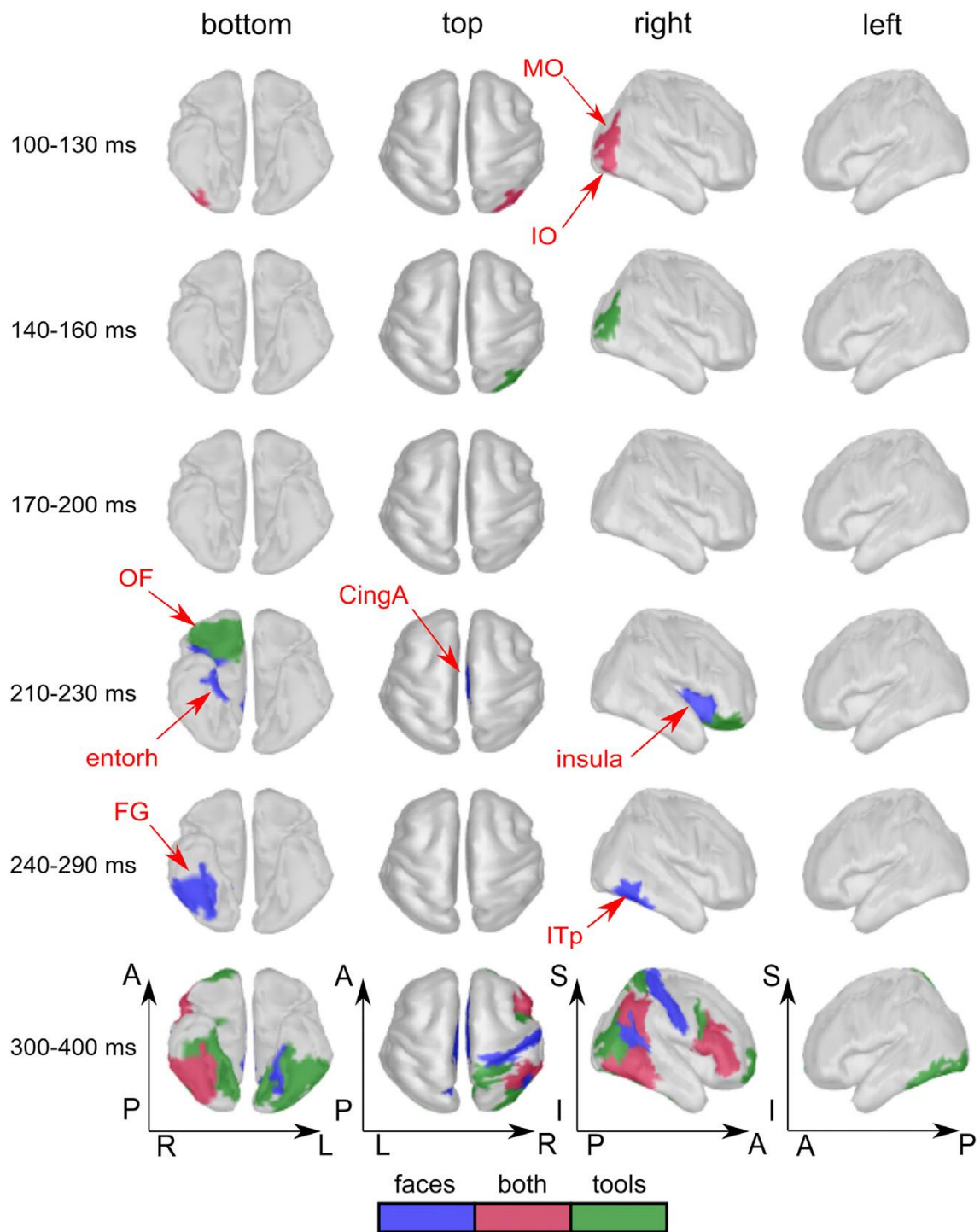
Component number	Acronym	Number of entries in RDM	Group of pairwise comparisons	Utility of Contrast
1	dU	1	different exemplars of <i>naively unrecognizable</i> faces/tools	dR-dU is a recognition-induced increase in differentiation between exemplars within the same category
2	dR	1	different exemplars of <i>induced recognition</i> faces/tools	
3	dN	2	different exemplars of <i>nonsense</i> images within sessions	dNa-dN is a collateral index of changes between sessions not related to recognition
4	dNa	2	different exemplars of <i>nonsense</i> images across sessions	
5	sNa	2	same <i>nonsense</i> images across sessions	sNa is a direct index of changes between sessions not related to recognition
6	UN	8	<i>naively unrecognizable</i> faces/tools vs <i>nonsense</i> images	RN-UN is a gain in the decoding of faces/tools vs <i>nonsense</i> stimuli when they changed from unrecognizable to recognizable state
7	RN	8	<i>induced recognition</i> faces/tools vs <i>nonsense</i> images	sRU-sNa is a decoding of the same face/tool, before vs after it became recognizable, while controlling for changes between session not related to recognition
8	sRU	2	same face/tool image in <i>induced recognition</i> vs <i>naively unrecognizable</i> states	
9	dRU	2	different face/tool images in <i>induced recognition</i> vs <i>naively unrecognizable</i> states	

前ページ下図とこの表 3 は MVPA の説明である。下図 a は表象非類似マトリックス model RDM で、図 b が実測値である。Model では認識できない *nonsense* な刺激と *naively unrecognizable* の刺激が 1 つのグループとされた。Model と実測値の間には有意な相関があった。これをさらに詳細に分析するために、図 c. d にあるように、プロフィールの形にした。図 c の各セルの名前と略号、訓練により、認識できなかった刺激が認識された時の、脳の活性の変化をとらえる Session 1, 2 の比較が述べられている。図 d の y 軸は decoding の%で、点線はチャンス・レベルである。

次ページと次々ページのグラフが結果の概要である。Model RDM と empirical 実

測値の RDM の間の相関が有意だった時間帯と領域が示されている。最も早い時間帯では、顔が 100-110 ms で右半球の下後頭回/溝 IO で、110-120 ms で右中後頭回 MO で相関が高い。一方、道具は 110-120 ms で右 IO, 120-150 ms で右 MO で相関が高い。

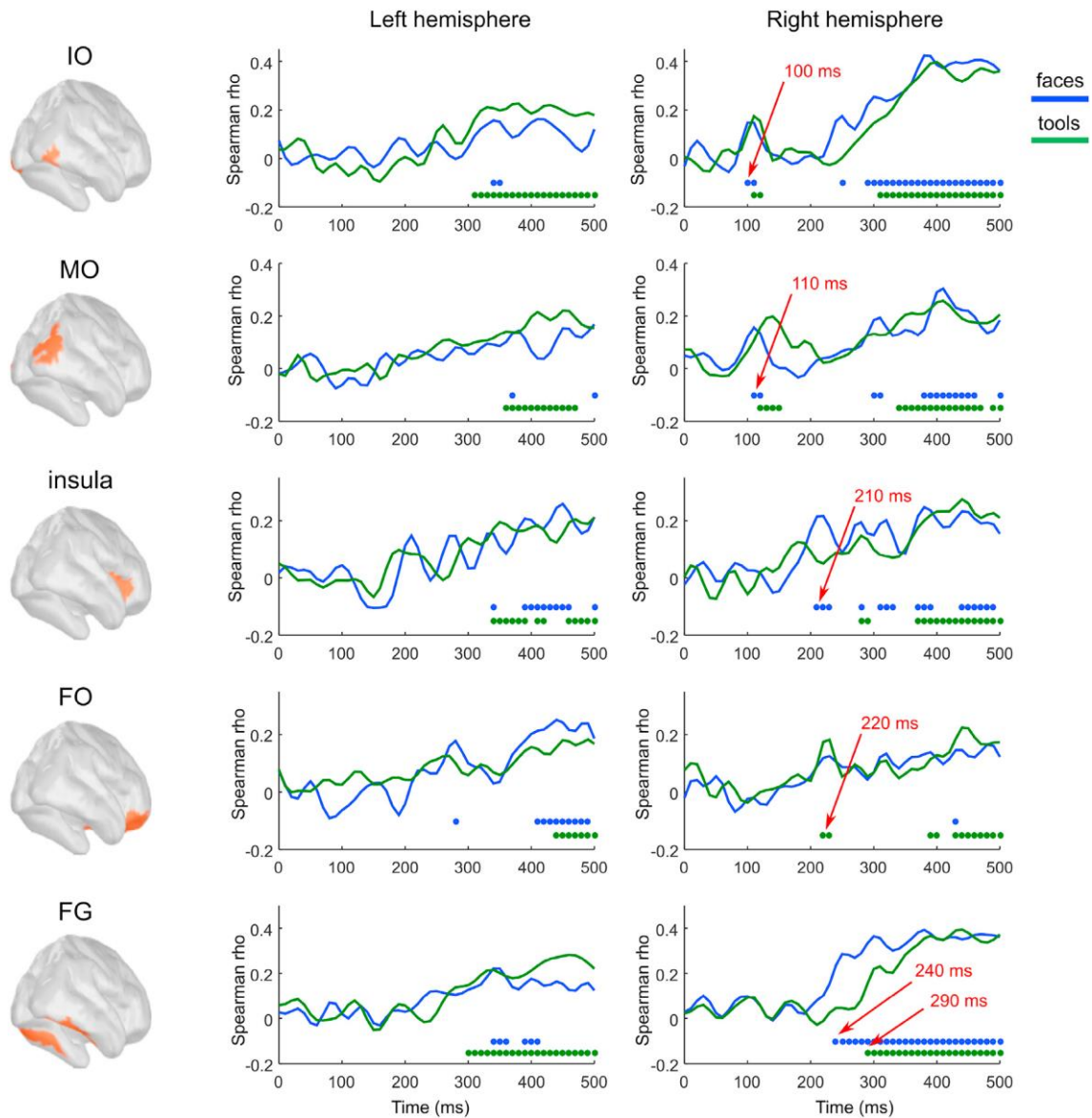
次の段階は、刺激後 210 ms から始まり、顔と道具で脳領域が異なる。Model RDM と empirical RDM の相関は、210-230 ms で右島皮質 insula, 右帯状皮質前部 CingA, 右嗅



内皮質 entorh で高かった。一方、道具は 220-230 ms で右眼窩前頭皮質 OF で相関が高かった。顔と道具で領域は異なるが、これらはいずれも価値 value に関連した領域である。

続く 240-290 ms では、顔のみで、右紡錘状回 FG とそれに続く右下部側頭皮質後部で相関が高かった。これは N170 よりも遅い。

300 ms 以降では、顔と道具で、前頭、頭頂、側頭、後頭の広い領域で高い相関がみられた。

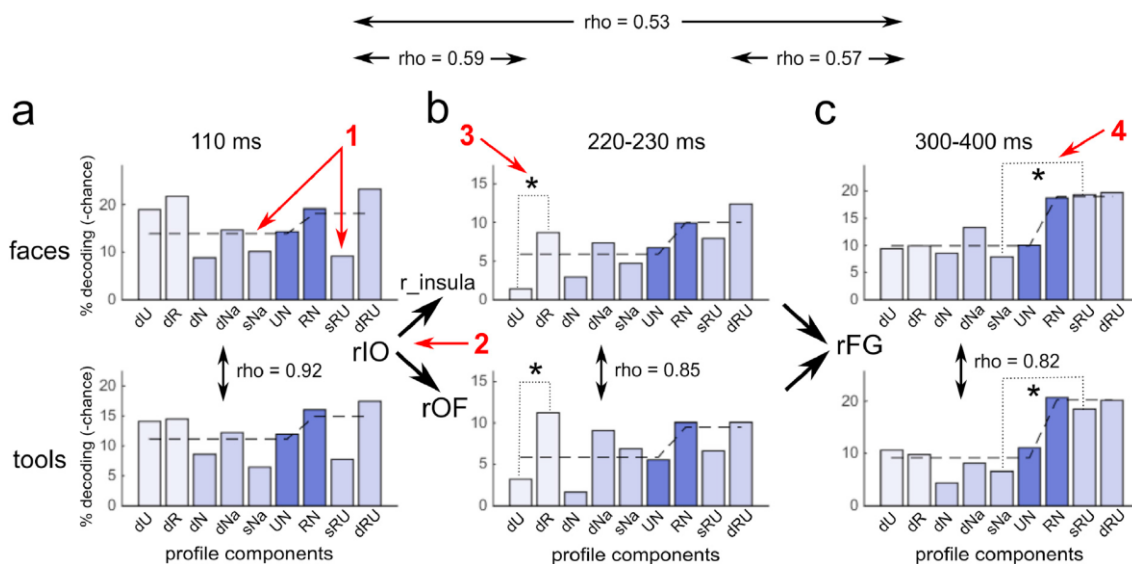


次ページ上図は、プロフィール分析で、上が顔、下が道具の結果で、図 a は右 IO, b は顔が右 insula, 道具が右 OF、c は右 FG のデータである。顔と道具（上と下）の間は高い相関があるが、時間（a, b, c）の間の相関は低い。各時間帯は異なる情報が処理されているが、それは顔と道具で同じと考えられる。

右 IO の初期の特徴は、RN>UN と sRU=sNa が同時にみられることで、induced 刺激と nonsense 刺激の対の decoding は、naive 刺激と nonsense 刺激の対のそれよりも成績がよいが、同じ induced と naive 刺激の対の decoding は、同じ nonsense 刺激のセッション間の対のそれと成績が変わらず、かつ低い（矢印 1）。各刺激独自の空間パターンを維持しながら、moderate なカテゴリ構造が出現している。

中期では $dR > dU$ で、カテゴリ間とカテゴリ内で **image** の分離が可能になる (矢印 3)。そしてこれらの領域は **value** 関連の領域である。

後期で初めて棒グラフの最後の3つ (RN, sRU, dRU) が、最初の6つよりも **decoding** の成績がよくなり、**model RDM** に対応したプロフィールになった。



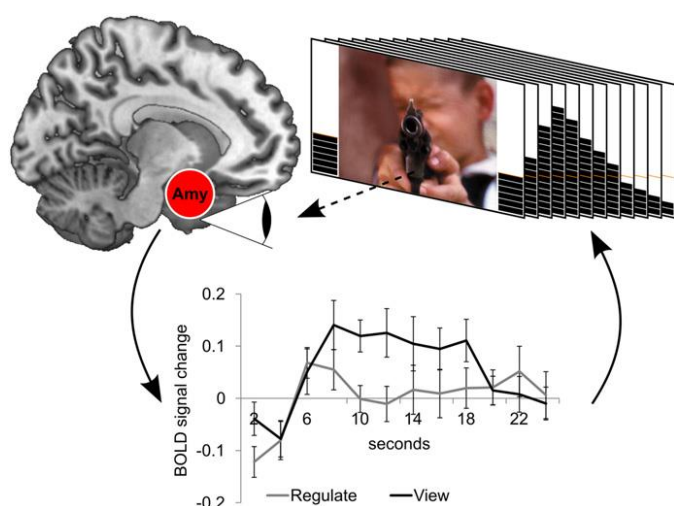
この後、初期の効果は **pattern** は関係なく、**power-dependent** であり、中期の効果は **power** は関係なく、**pattern-dependent** である、といった分析などがあるが、長くなったので、省略する。

重要なのは、顔/道具と認識されるようになった刺激は、価値関連の領域で視覚的特徴の **appraisal** が行われこと。そして、そこから視覚野への **top-down feedback** で、カテゴリ特異的な予測が形成される、ということ。

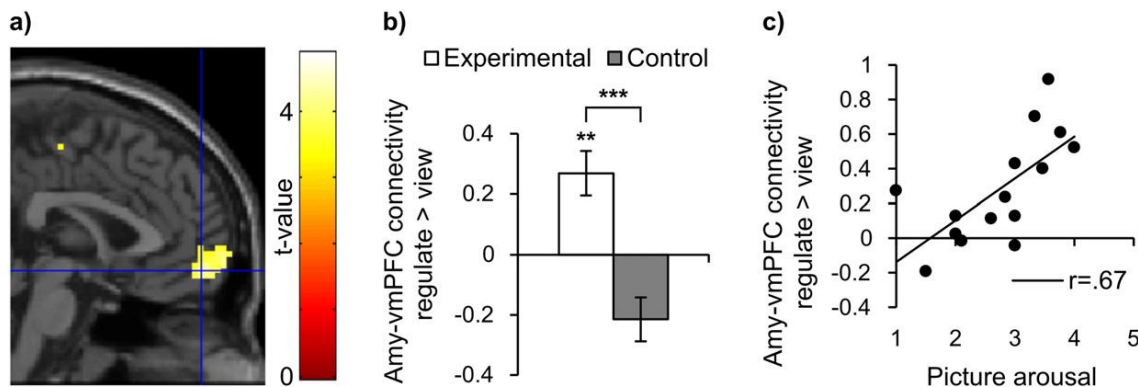
Neurofeedback, NFB と関連する論文

Paret, C. et al. fMRI neurofeedback of amygdala response to aversive stimuli enhances prefrontal-limbic brain connectivity. *Neuroimage*, 125:182-188, 2016.

この論文は、不快な刺激に対する扁桃核の活性を fMRI-NFB で抑えることで、扁桃核-腹内側前頭前野 vmPFC の機能結合、さらに、vmPFC と視覚皮質、腹外側前頭前野 vIPFC との機能結合を変化させたと、報告した。



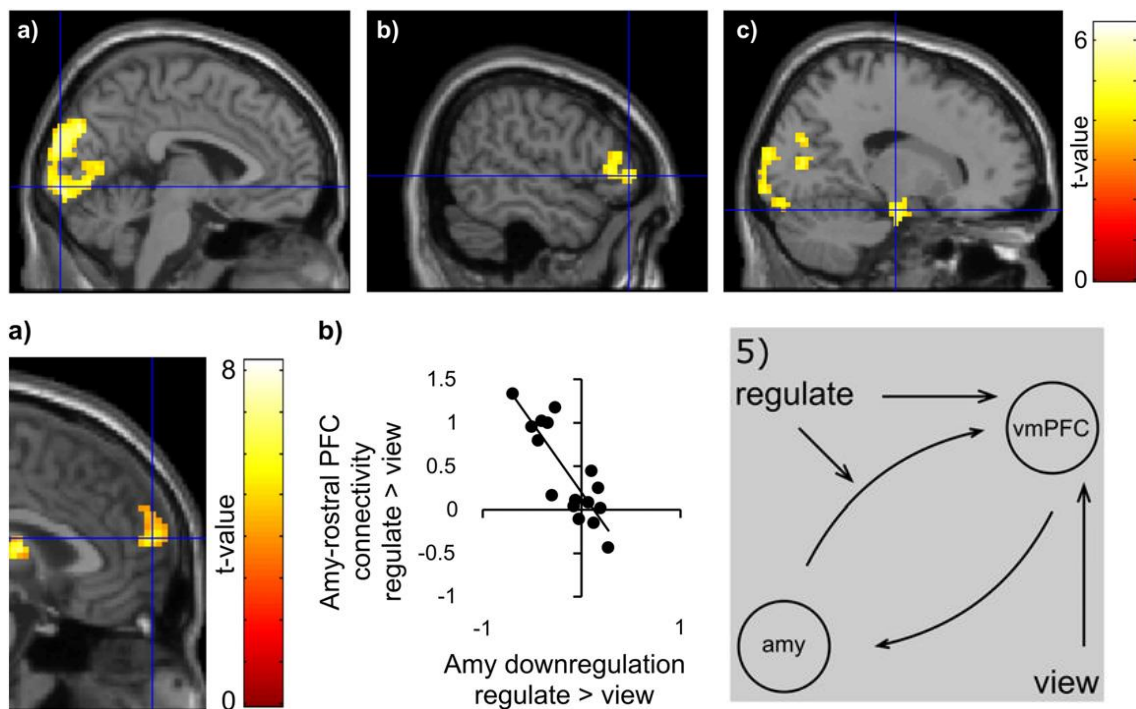
上図が手続きの概要である。扁桃核 Amy の活性を fMRI で記録する。恐怖を起こすような不快な写真を見せ、扁桃核の活性を下げるように NFB 訓練を行なう (Regulate 条件)。扁桃核の活性は画面の両脇の「温度計」に反映される。一方、View 条件では、写真に自然に反応するように求められた。訓練の結果、扁桃核の活性は View 条件よりも低下した。なお、各写



真について、valence と arousal の評定を行っている。また、control 群があり、大脳基底核を ROI とした。

下図は、扁桃核-vmPFC の機能結合の訓練による変化である。下図 a) が vmPFC の位置、図 b) が扁桃核-vmPFC の機能結合の regulate と view の差で、扁桃核を ROI とした実験群の方が、機能結合が増加した。また、arousal の評定と機能結合の差の間には、有意な正の相関があった。次ページ上図は、実験群の vmPFC の機能結合の変化で、a) は楔部、両側の内側後頭皮質、b) は腹外側前頭前野 vIPFC、c) は右前部海馬との結合が増加した。次ページ下図左は、NFB 訓練による扁桃核の downregulation と扁桃核-vmPFC の機能結合の関係で、扁桃核の活性を抑えるほど、機能結合が強いことを示している。下図左は、扁桃核、vmPFC と NFB (regulation) の関係についての 9 のモデルの中で、最も適

合したモデルである。view は vmPFC へ、regulate は扁桃核から vmPFC への機能結合を modulate する、と考えた。



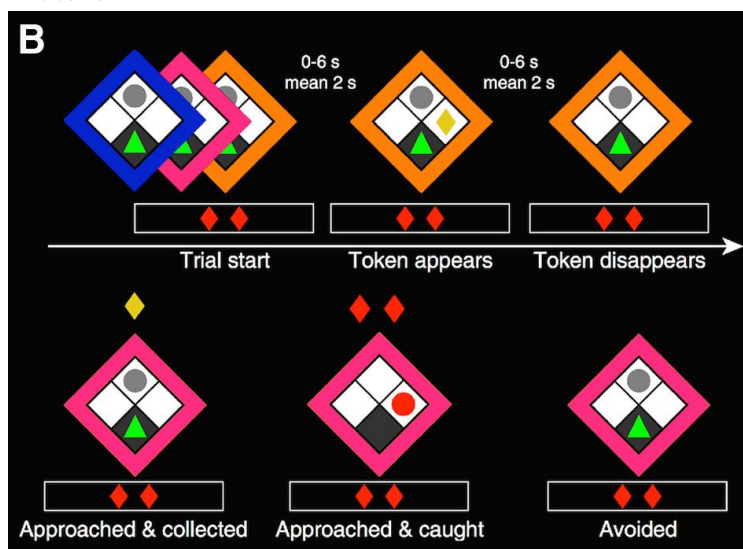
簡単に紹介したが、要点は伝えられたと思う。

有害刺激を用いた研究

このところ、『期待』では恐怖など有害刺激を用いた研究をとり上げた。長く引っ張りすぎたので、有害刺激の論文はこちらで引き取ることにした。動物や古い論文が含まれる。

Abivardi, A. et al. Hippocampal representation of threat features and behavior in a human approach-avoidance conflict anxiety task. *J. Neurosci.*, 40:6748-6758, 2020.

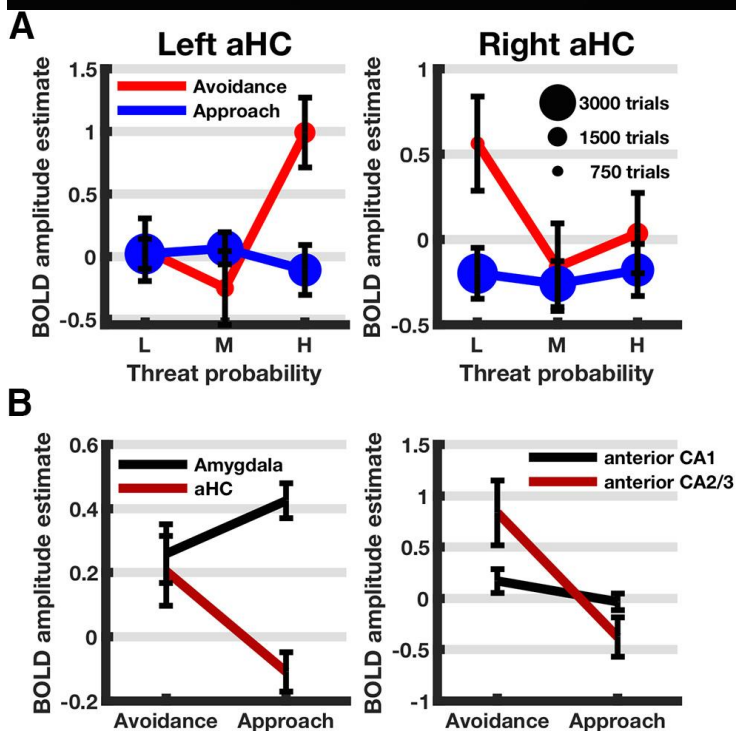
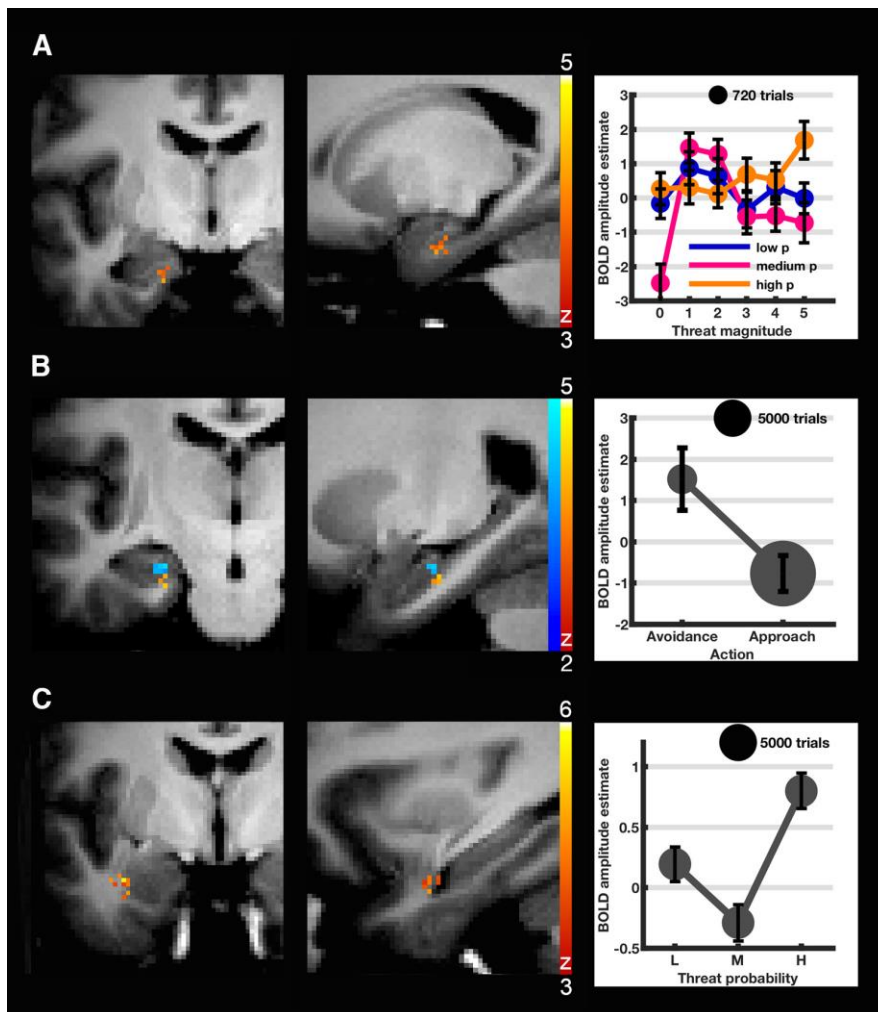
この論文は、不安を含む接近-回避の葛藤の課題に、海馬と扁桃核がどのように関係するのかを検討した、fMRI 研究である。結果は全脳的に述べられているが、ここでは海馬と扁桃核について述べる。



上図は課題で、4分割された菱形の下部が安全地帯で、そこに参加者（緑の三角）がいる。参加者の上の灰色の丸は捕食者である。左右の菱形にトークンが現れる（黄色い菱形）。安全地帯を出て（接近）トークンをとれば、自分のものになるが、捕食者に捕まると（捕食者は灰丸から赤丸へ変化）、下の長方形の中にある数のトークンが取られて

しまう。捕食者に捕まる確率は全体の菱形の枠の色で指定された。また、参加者はトークンをとることを止すこともできる（回避）。したがって、捕食者に捕まる確率（高、中、低）と、取られるトークンの量（0 - 5. この例は 2）が恐れの特徴である。

fMRI の分析は全脳的に行ったが、海馬と扁桃核の結果に焦点を当てる（他の領域については、論文の表をご覧ください）。分析は 3つの側面について行った。まず恐れの特徴と脳の活性について（P1）、次に接近-回避と恐れの特徴と脳の活性について（P2）、最後に恐れの特徴と脳活性の関係を接近と回避で別々に（P3）、分析した。次ページ上図 A は P1 の結果で、左海馬前部 aHC（特に海馬台）と嗅内皮質 ERC は、危険の確率が高く、取られるトークン量が多い時に、活性が高まった。P2 分析の結果では、左 aHC, ERC が回避行動と関係して活性化を上げた（次ページ上図 B）。これらの領域は P1 の結果よりもやや後方だった。また、上図 C にあるように、左外側扁桃核では、恐れの特徴の確率が、低い時と高い時に活性が高まった。P3 の分析では、海馬と扁桃核は関係しなかった。



左の下図は海馬、扁桃核 ROI の結果である。下図 A では、左右の aHC は回避で活性が変化した。左 aHC は恐れの高確率時、右 aHC は低い時に活性が高かった。下図 B では、aHC は回避で活性が高まるが、扁桃核は接近で活性が高まった。また、海馬内では、接近-回避で活性が変化したのは CA2/3 の前部で、回避で活性が高かったが、CA1 の前部は変化がほとんどなかった。

今月の特集、総説、メタ分析など

Basti, A. et al. (2020) *Neuroimage*, 221: no 117179.

Multi-dimensional connectivity: a conceptual and mathematical review と題する総説。

Cox, J.A. & Davies, A.M.A. (2020) *Neuropsychologia*, 146: no 107547.

視空間無視についての総説。

Mecklinger, A. & Bader, R. (2020) *Neuropsychologia*, 146: no 107527.

Familiarity-based remembering についての総説。

Haar, S. & Donchin, O. (2020) *J. Cognit. Neurosci.*, 32:1823-1836.

運動制御の計算論的神経解剖学の改訂版。

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数行で紹介している。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, 下部 i, 外側 l, 内側 m, 後部 p, 吻側 r, 上部 s, 腹側 v
- 前部帯状皮質 ACC, 聴覚皮質 ACx, 一時聴覚皮質 A1, 大脳基底核 BG, 尾状核 CAUD, 脳梁 CC, 中央実行系、ネットワーク CEN, 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, 紡錘状回 FG, 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, 運動皮質 MCx, 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, 後頭皮質 OCx, 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, Saliency ネットワーク SalN, 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, 側頭極 TP, 側頭頭頂接合部 TPJ, 一次視覚野 V1, 腹側注意系 VAN, 視覚皮質 VCx, 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, 日齢 d, 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, mismatch negativity, MMN, Neurotypical, NT, 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, 社会経済的状态 SES, 短期記憶 STM, 定型発達 TD, 心の理論 ToM, ウィスコンシン・カード・ソーティング・テスト WCST, 週齢 w, 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, (fractional) amplitude of low-frequency fluctuation (f)ALFF, Blood-oxygen level dependent BOLD, contingent negative variation, CNV, ドーパミン DA, 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, 初期後部負電位 EPN, 事象関連脱同期 ERD, エラー関連負電位 ERN, 事象関連電位 ERP, 異方性比率 FA, (安静時) 機能結合

(rs)FC, 機能的磁気共鳴画像法 fMRI, フィードバック関連負電位 FRN, 灰白質 GMat, 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, ノルエピネフリン NE, neurofeedback NFB, (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, 皮膚伝導反応 SCR, 構造的磁気共鳴画像法 sMRI, theta burst stimulation TBS, 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, 白質 WMat

最近、認知神経科学の基礎研究が減少し、応用研究が増えてきている。これまでは比較的広く、満遍なく紹介してきた。これからは少し焦点を絞り、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を積極的に紹介したい。ただ、統合失調症、テンカン、躁うつ病、アルツハイマー病などの認知症、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

Bolton, T.A.W. et al. (2020) *Trend. Neurosci.*, 43:667-680.

Tapping into multifaced human behavior and psychopathology using fMRI brain dynamics と題する総説。

Horn, A. & Fox, M.D. (2020) *Neuroimage*, 221: no 117180.

Opportunities of connectomic neuromodulation と題する総説。

Kenett, Y.N. et al. (2020) *Neuroimage*, 221: no 117166.

Neuroimaging 研究に基づく創造性研究の新たなアプローチの提案。

de Manzano, Ö. Et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30: 5193-5203.

参加者にあるメロディを弾く訓練を行ない、その後そのメロディと新奇なメロディを聴かせ、fMRI で脳活性を計測した。MVPA で訓練したメロディと新奇なその分離を行った。訓練したメロディは感覚と運動の両 network に sequence-specific な表象を trigger した。また、新しいメロディも DMN など複数の領域で classify ができた。

Chen, P.-C. et al. (2020) *J. Cognit. Neurosci.*, 32:1963-1974.

睡眠（日中の nap を含む）は WM に有利に働くが、それは睡眠時の副交感神経系が WM に関係する PFC を modulate するためと考えられる。高頻度の心拍の変動性を副交感系の活動の指標として検討し、operation span task で、nap が WM を亢進する結果を得た。

Tamaki, M. et al. (2020) Nat. Neurosci., 23:1150-1156.

睡眠前の視覚学習と non-REM, REM 睡眠の関係を検討した。可塑性の指標として、視覚野の興奮/抑制 (E/I) バランスを測定した。Non-REM 睡眠中に E/I バランスは増加したが、睡眠前の学習の有無とは関係なく、しかし睡眠後の成績を上げた。一方、REM 睡眠は睡眠前学習があった時に E/I バランスを下げ、それは睡眠前学習を安定させた。

Canales-Johnson, A. et al. (2020) J. Neurosci., 40:7142-7154.

日常の alertness の変動 (alert, drowsy) が conflict task に与える影響を行動と脳波で検討した。Alert では、認知制御を反映する midfrontal の θ 帯域の power の変化がみられたが、alert が減少するとそれはみられなくなった。しかし、drowsy では領域間の FC が増大し、それが補償的な役割を果たした。

Clark, I.A. et al. (2020) Neuroimage, 221:117211.

海馬が関係するとされている scene imagination, 自伝的記憶、将来を考えること、navigation の成績の個人差と、MRI による海馬の灰白質の容量の関係を検討した。これら間には有意な関係はみられなかった。

Jacques, C. et al. (2020) Neuroimage, 221: no 117174.

素早い見知らぬ顔の個別化 individuation を、テンカン患者の vOTC の脳内電極から脳波を記録し検討した。個別化の反応は右半球に偏っており、IOG から IFG を通る線状の領域にみられた。しかし、TP には見られなかった。

訓練 (neurofeedback, NFB を含む)、制御と非侵襲性脳刺激

Scharnowski, F. & Weiskopf, N. (2015) Curr. Opinion Behav. Sci., 4:122-127.

Real time fMRI-NFB による認知の亢進、という総説。

Hagg, A. et al. (2020) Hum. Brain Mapp., 41:3839-3854.

訓練前の脳活動で rt fMRI-NFB の結果を予測できるかを検討したメタ分析。両者には緩い正の相関があったが、共通の予測子を同定できなかった。

Paret, C. et al. (2016) Neuroimage, 125:182-188.

不快な刺激に対する扁桃核の活性を fMRI-NFB で抑えることで、扁桃核-vmPFC の FC、さらに、vmPFC と視覚皮質、vlPFC との FC が増加した。扁桃核の抑制が強いほど、扁桃核-vmPFC の FC は強く、刺激の arousal level が高いほど扁桃核-vmPFC の FC は強かった。上で紹介した。

Zich, C. et al. (2020) Neuroimage, 220: no 117053.

若い女性の参加者で、fMRI-NFB により PFC-扁桃核の機能結合を変化させることができた。その結果、thought control ability の増加など、情動/メタ認知に影響を与えた。不安状態とこの NFB の関係は、PFC や ACC の GABA の濃度によることが分かった。

Northey, J.M. et al. (2020) Neuroimage, 221: no 117150.

73-78 y の高齢者で、程度が異なる身体運動が dlPFC, 海馬の灰白質容量に影響を与えるかを検討した。中程度と強い身体運動の長さは右 dlPFC の容量と関係した。中程度の身体運動は、左右の dlPFC の容量と関係した。身体運動と認知の成績の間には関係がなかった。

Gundlach, C. et al. (2020) Neuroimage, 221: no 117175.

左右の一次体性感覚野 SI への μ - α frequency の tACS は、SI と他の体性感覚処理関連領域との機能結合を減少させた。 α 波の持つ抑制的機能はこのメカニズムで発揮される。

Dave, S. et al. (2020) J. Neurosci., 40:7300-7310.

小脳への TBS はエピソード記憶の記録を促進するが、意味的な予測には影響しない。一方、同じ小脳の β burst stimulation, BBS は意味的な予測の活動を促進するが、エピソード記憶には影響しない。小脳は異なる rhythmic activity で異なる認知機能を支えている。

発達・加齢、母子関係

Hay, R.E. et al. (2020) J. Neurosci., 40:6969-6977.

妊娠第 3 期の母親の抑うつ状態が、子供の 4 y 時の扁桃核-前頭路、帯状束の拡散性と正の相関があった。男児の externalizing 行動の程度は、扁桃核-前頭路の弱い結合性（低い FA と高い拡散性）と関係していた。

Butti, N. et al. (2020) Brain Cognit., 145: no 105612.

8-15 y の早産だった子供と満期産だった子供の身体知覚について検討した。身体知覚については、視覚的な身体表象と身体像のレベルが考えられるが、早産児ではこの両者に障がいが見られた。

Ashinoff, B.K. et al. (2020) Hum. Brain Mapp., 41:3938-3955.

23 y と 66 y の参加者に proactive distractor suppression task を課し、年齢による妨害刺激抑制の脳内メカニズムの違いを検討した。若者では左 IPS を含む proactive control network が活性化したが、高齢者ではそれに加えて reactive control network (左 vFPN) を活性化させており、成績は両 network 間の rsFC の増加と関係した。

Hinault, T. et al. (2020) Cereb. Cortex, 30:5570-5582.

23 y と 71 y の参加者に WM と抑制関連の課題を課し、脳波を記録した。高齢者の WMat の微細構造の integrity と認知機能の関係は、 α 、 γ 波の phase-locking value に依存した。特に IFG と OCx の結合などが重要だった。

Mill, R.D. et al. (2020) Neuroimage, 221: no 117167.

fMRI の rsFC は activation の flow に影響を与えるという説を Alzheimer's disease, AD に適用した。AD の高リスクの参加者は rsFC が変化していると考えられ、正常な activation flow を与えると、それが unhealthy な flow に変化した。これが AD の dysfunction の背景にある機構である。

自・他、社会

Kingsbury, L. & Hong, W. (2020) Trend. Neurosc., 43:651-666.

社会的な相互作用のための multi-brain framework という総説。

Anderson, R.A. et al. (2020) Trend. Cognit. Sci., 24:694-703.

Moral praise の理論と題する意見論文。

Undeger, I. et al. (2020) Cereb. Cortex, 30:5410-5419.

参加者と協力者がいる事態で、協力者には意図的、非意図的に判断をする 2 種類があり、判断の結果参加者に電撃が来たり、来なかったりする。参加者の相手が意図的な場合は、多くの電撃を受け、より不快で、強い怒りを報告した。参加者の脳活性を fMRI で計測したが、Ins, Acc, IFG, dmPFC, aSTS の不快な活性が高まった。

Xie, H. et al. (2020) PNAS, 117:23066-23072.

Pictionary という social game を 3 人で行わせ、3 人の脳活性を fMRI で同時記録した (hyperscanning)。その結果、ToM 関連領域の活性がみられ、右 TPJ 活性の 3 人の同期は game の成績に関係した。

Lengersdorff, L.L. et al. (2020) *J. Neurosci.*, 40:7286-7299.

Prosocial learning, PL と Self-relevant learning, SL についての fMRI 研究。PL は SL よりも適応的に行動した。それは PL で選択肢への主観的な価値の感度が上がるため。脳では vmPFC が PL で関与を強め、右 TPJ との機能結合を高めた。PL は SL と overlap する脳基盤を持つが、加えて社会脳を参加させた。

情動、動機づけとその障がい

Averbeck, B.B. & Murray, E.A. (2020) *Trend. Neurosci.*, 43:681-694.

強化学習や動機づけられた行動には、視床下部と大規模の神経ネットワークとの相互作用が関係する、という総説。

Yaple, Z.A. et al. (2020) *Hum. Brain Mapp.*, 41:3993-4009.

Spatial migration of human reward processing with functional development: Evidence from quantitative meta-analysis というメタ分析。

Van der Donck, S. et al. (2020) *Neuroimage*, 221: no 117151.

自動的で implicit な恐怖の表情の処理に関係する空間周波数を検討した。94.82 から 189.63 cycles per image の範囲が貢献していた。

Sokolov, A.A. et al. (2020) *PNAS*, 117:20868-20873.

情動を含まない中立的と情動的な body language, BL を区別する脳領域と FC を検討した。情動的よりも中立的な BL で活性が強かったのは、右扁桃核と小脳虫部の正中線部だった。また、扁桃核と Ins の間の有効 FC は情動が含まれないことを認知する能力を予測した。抑うつや統合失調症への適用が考えられた。

Barch, D.M. et al. (2020) *PNAS*, 117:22015-22023.

幼い頃の貧困は情動の制御の失敗やうつ状態と関係する。その機序をホルモンと脳の発達から、縦断的に検討した。貧困はテストステロンの増加を shallow にし、それは海馬の形態的な発達を shallow にした。それが情動制御やうつと関係した。

Abivardi, A. et al. (20220) *J. Neurosci.*, 40:6748-6758.

恐怖下の接近-回避の葛藤の課題と海馬、扁桃核の関係を検討した。恐怖の確率や大きさが大だと、左海馬前部/ERC が活性化したが、これは恐怖の feature よりも、回避行動に関係する活性だった。それには CA1 でなく CA2/3 が関係していた。扁桃核は恐怖の確率が高い時と低い時に活性化したが、中程度では活性化しなかった。上で紹介した。

Domenech, P. et al. (2020) Science, 369: Aug 28.

Exploitation-exploration のジレンマを解決する時の mPFC の活動を明らかにした。反応が stay から switch trial に変わる時、vmPFC では反応の結果前に 13-30 Hz の β 波が出現し、top-down の活動と考えられた。一方、dmPFC では、vmPFC の活動を受けて、結果に対して θ 、 α 波が出現し、強化学習の stay から switch へ導く。上で紹介した。

Vaidya, A.R. & Badre, D. (2020) J. Cognit. Sci., 32:1896-1923.

選択肢の value の情報は schematic knowledge か prior experience (memory) から得ることができる。両者の脳内機序の違いを fMRI で検討した。vmPFC は両者に関係するが、vmPFC と中部 TCx の機能結合は schematic knowledge に関係した。一方、STR は memory からの情報に関係した。

Dzafic, I. et al. (2020) J. Neurosci., 40:6759-6769.

精神病的な trait は予測に問題があるとする説を検証するために、精神病的な傾向を含む健常者に、安定、不安定な状況で統計的な学習を行わせ、予測誤差 PE 反応の脳波を記録し、予測の正確さを求めた。安定した状況では、予期しない刺激への PE 反応が大きく、統計的学習も誤りが少なかった。さらに、PE 反応が減少した参加者では予測の誤りが多かった。そして、統計的学習や予測で誤りが多い参加者は、精神病の傾向が増加していた。Psychosis についての Predictive coding の考え方。Prior の形成が悪いということか。この考えは ASD にも適用されている。

感覚運動障がい、その他の障がい

Tonelli, A. et al. (2020) Neuropsychologia, 147: no 107617.

Early blind の echolocator と non-echolocator, 健常者で auditory spatial bisection task を行わせ、脳波を記録した。Echolocator と健常者では視覚野に 50-90 ms の早い活動がみられた。