

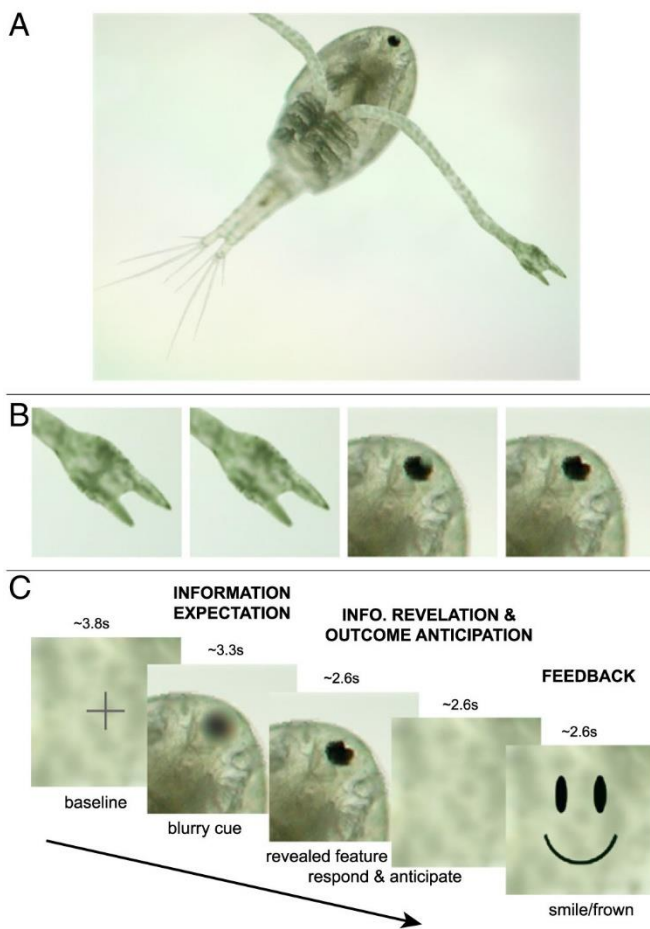
## 今月の認知神経科学：論文紹介

2020年8月

### 認知神経科学の進歩

Filimon, F. et al. The ventral striatum dissociates information expectation, reward anticipation, and reward receipt. PNAS, 117:15200-15208, 2020.

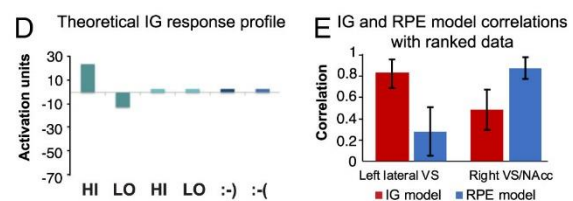
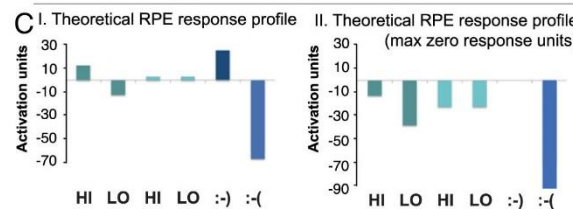
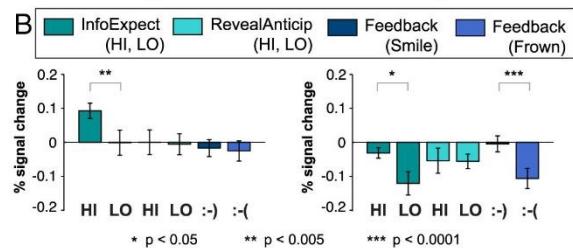
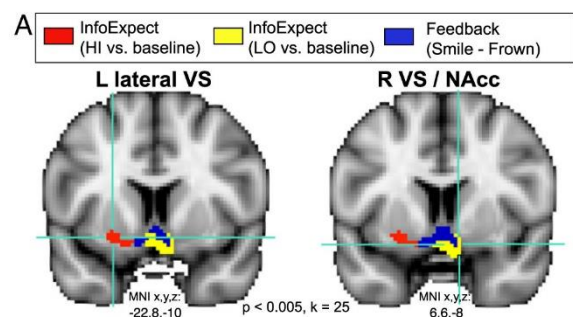
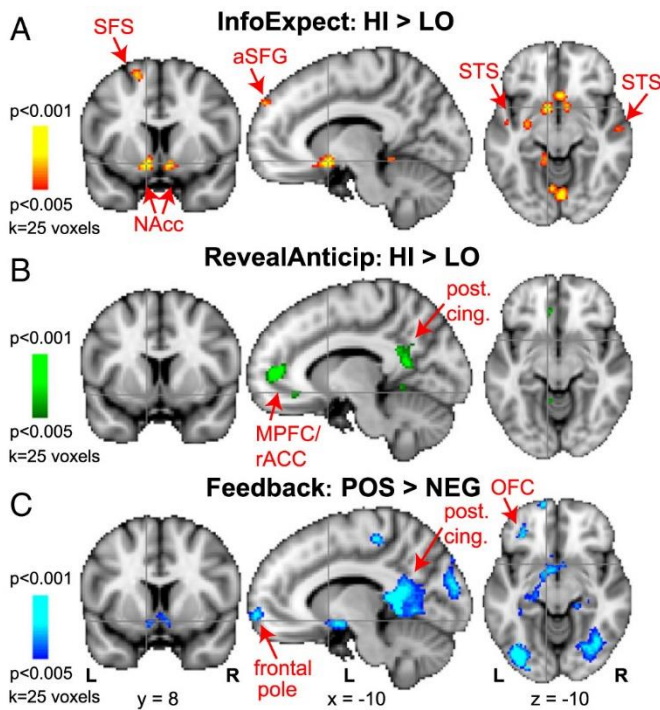
この論文は、情報への期待、報酬の予期、報酬の受領を、腹側線条体が区別して、処理することを示した。



課題は図 A のプランクトンのような刺激の二分類である。図 B は分類のための手がかり、ツメと眼、である。手がかりの一方は高い情報価値を持ち、他方の情報価値は低い。いずれの手がかりの情報価値が高いかは、参加者によって異なる。分類は確率的で、高い情報価値を最大限利用しても 85% の成績しか取れない。一方、低い情報価値だけを利用すると 60% の成績となる。図 C は fMRI の脳計測時の課題である。Baseline の後に、ぼんやりした手掛かり刺激が提示される。この段階で、刺激の情報価値は分かる。続いて、分類のための手がかりが提示される（この例では、眼の光点）。そして、刺激の分類の反応を行い、報酬を予期する。最後に feedback が与えられ、正解かどうか分かる（この例は正

解）。

次ページ上図 A は高 HI/低 LO の情報価値が提示された時の脳の活性で、側坐核 NAcc、上前頭溝 SFS、前部上前頭回 aSFG、上側頭溝 STS など、情報価値が高い方が活性は強い。図 B は手がかりの提示、分類の反応、報酬の予期の時の脳活性で、図 A とは異なる領域が活性化した。内側前頭前野/吻側前部帯状皮質 mPFC/rACC、後部帯状皮質 PCC など、情報価値が高い方が活性が高い。下図 C は報酬 (feedback) が正 POS, 負 NEG の時の



活性で、POS>NEG の領域である。NAcc, 前頭極 frontal pole, PCC, 眼窩前頭皮質 OFC などが POS>NEG の活性を示した。

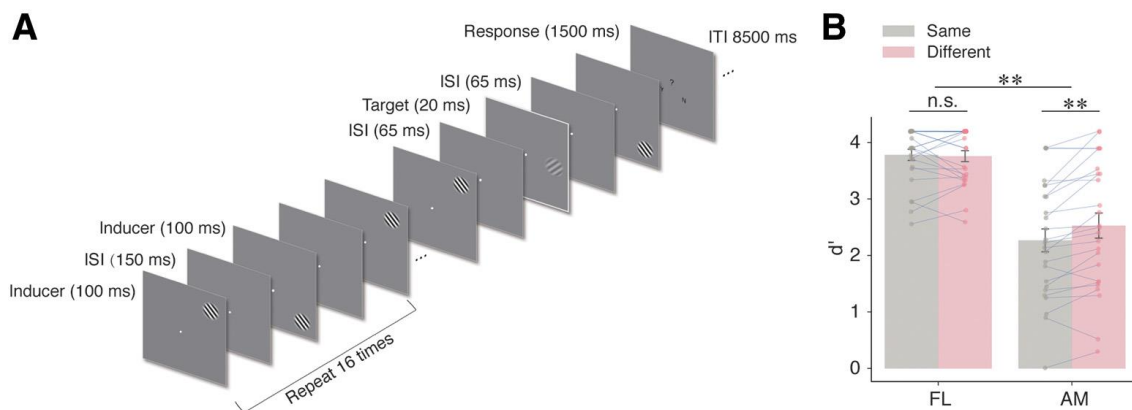
このように部分的に重なるが、3つの事象には異なる領域が関与していた。NAcc が情報価と報酬の両者に関係した。

次に、NAcc を含む腹側線条体 VS の情報価と報酬価に対する活性を分析した。下図 A は赤が、左 IVS で、高い報酬価と baseline の活性の比較である。黄色は右 VS と両側の NAcc で、低い報酬価と baseline の活性の比較である。青

は正>負の feedback (報酬) の結果で、両側の NAcc でみられた。下図 B は左が左 VS, 右が右 VS の情報価 (高、低)、手がかりの提示と報酬の予期 (高、低)、報酬 (正、負) の活性の baseline との比較である。左 VS では高い情報価で活性が高まり、右 VS では低い情報価、負の報酬で活性が低下した。左右の VS は、情報、報酬に対して機能が異なっていた。そして、左 IVS は情報の期待、右の VS は報酬予測誤差 RPE に対応した活性を示した (下図 C-E. これについては Supplementary information を参照ください)。

**Shen, L. et al. Apparent motion induces activity suppression in early visual cortex and impairs visual detection. J. Neurosci., 40:5471-5479, 2020.**

この論文は、視覚刺激の見掛けの動き apparent motion, AM が、初期視覚皮質に抑制を起すこと (AM-induced masking) を、行動と fMRI と population receptive field, pRF 法で明らかにした。

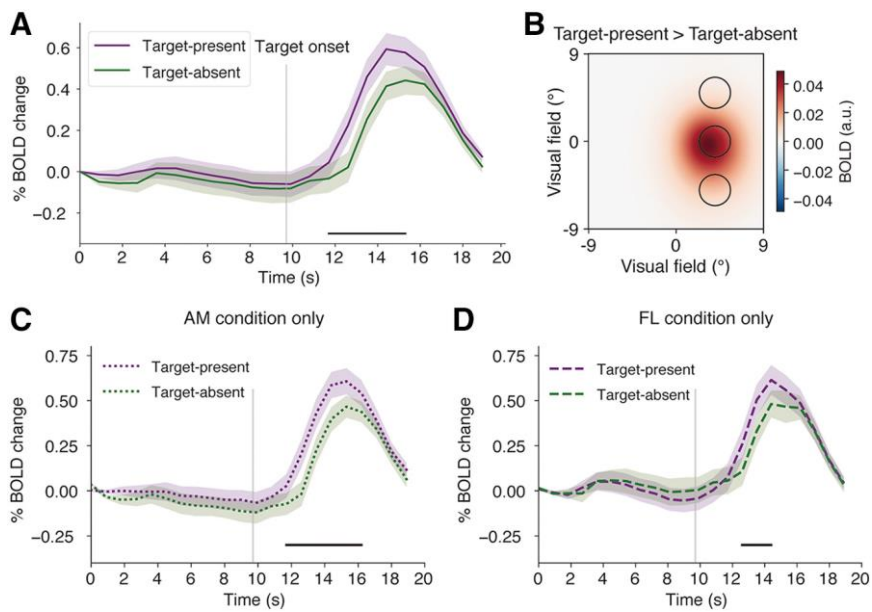
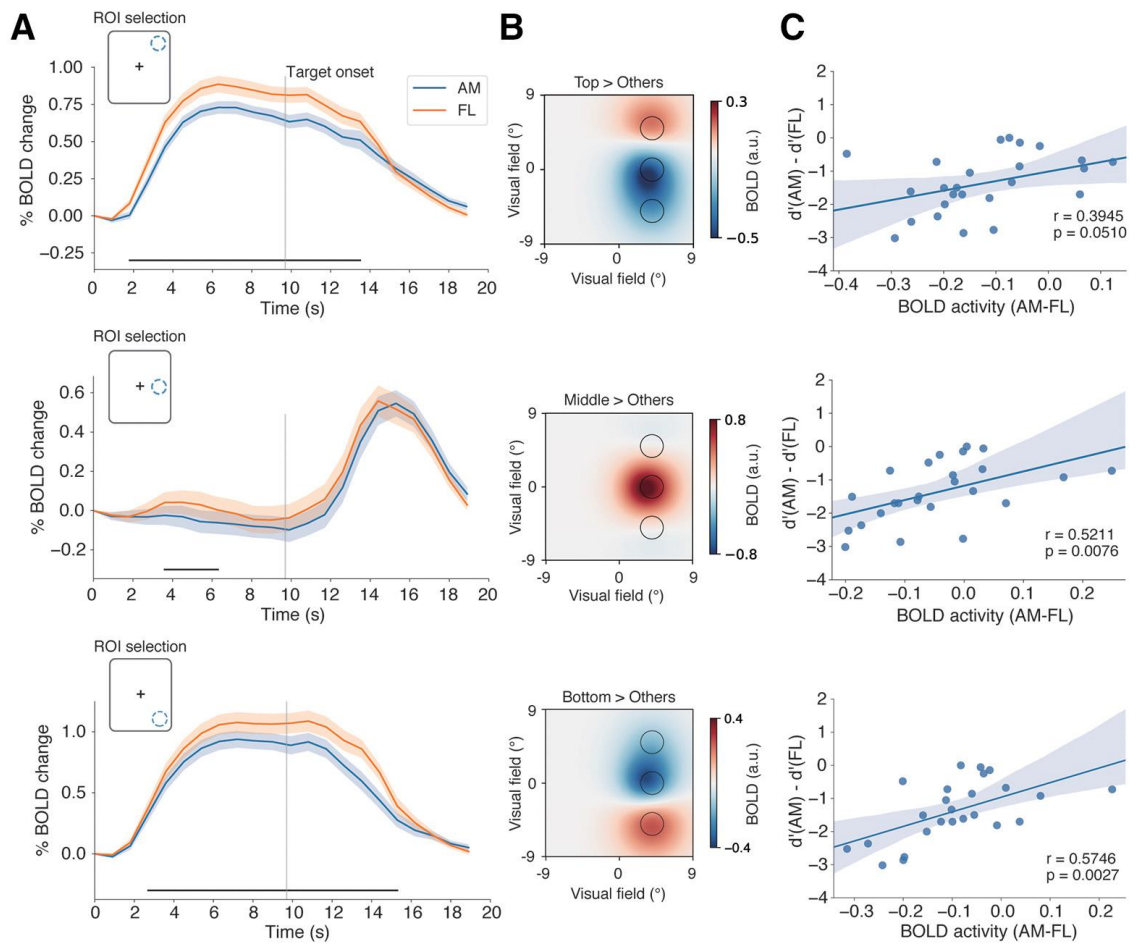


上の図 A は手続きで、 $45^\circ / 135^\circ$  の grating の Gabor patch は右視野の上方と下方に提示された。提示時間は各 100 ms, ISI は 150 ms で、patch が上下に移動する 2 Hz の AM がみえる。AM の移動経路の中間に、同じ patch が 20 ms 提示され (target)、その検出を報告する (詳しい手続きが論文を参照ください)。Control 条件は flicker, FL で、上下の刺激が同時に点滅する。頻度は AM と同じ 2 Hz slow と 4 Hz fast がある。

図 B は target の検出の結果である。Y 軸は  $d'$  である。左が FL, 右が AM の結果で、target が FL. AM と同じ傾きが灰色、異なる傾きがピンクである。この結果から、AM は FL よりも検出が悪いこと、したがって、AM により抑制が起こっていることが考えられる。また、AM で、target が AM とは異なる傾きの時は検出がよかった。

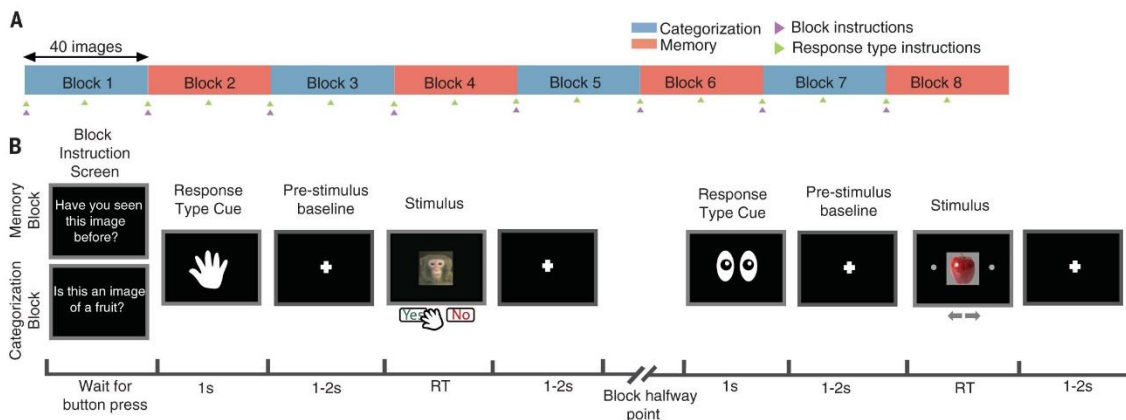
次ページ上図は、fMRI の結果である。図 A で、赤は FL, 青は AM である。図 A の上段が上の patch 刺激の位置、下段が下の刺激の位置、中段は target が提示される位置である。縦の線は target が提示された時点である。総じて、AM の方が活性が低い。x 軸上の水平線が有意差のあった時間帯である。興味深いことに、patch 刺激が提示されない中間の位置で、target が提示される前に AM で活性低下が起こっている。図 B は 3 か所の pRF の結果。これは V1, V2 の結果に基づいているが、V1, V2 には活性に差はない。図 C は x 軸が AM-FL の bold 反応、y 軸は  $d'(AM) - d'(FL)$  で、正の相関がある。AM で活性が低ければ (抑制が強ければ)、target の検出が低い。この後、target が提示される中段の活性について分析しているが、省略する。

最後に target への反応について次ページ下図に示す。無論、target がある時の方が無い時より活性が高いが、target が無い時でも明確な活性がみられた。図 A は FL と AM の条件を一緒にした結果。図 B にあるように、活性は focal である。

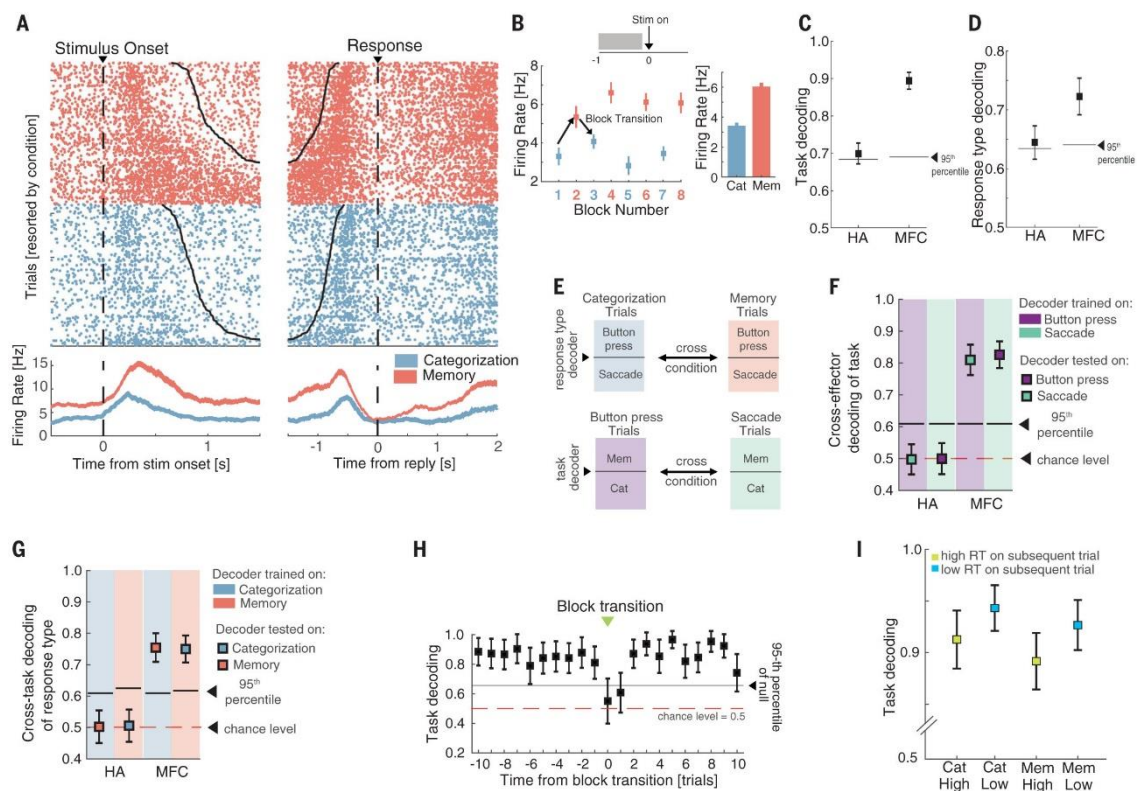


Minxha, J. et al. Flexible recruitment of memory-based choice representations by the human medial prefrontal cortex. *Science*, 368: 26 June, 2020.

ヒトの患者が再認課題、カテゴリ化課題を、手または眼で行っている時に、海馬（扁桃核 AMYG も含む）HA と内側前頭前野 MFC（背側前部帯状皮質 aACC、前補足運動野 peSMA）から neuron の活動を記録し、これらの領域と課題の関係を検討した。



上図は手続きで、図 A にあるように、カテゴリ化 Cat と再認 Mem の課題のブロックが交代する。図 B にあるように、まずブロックの課題が教示される、再認課題では刺激をみたかどうか、カテゴリ化課題では刺激が果物か否かを答える。次に反応の形態が教示され、手または眼 saccade で反応する。



下図は結果で、図 A は preSMA の例で、刺激と反応の開始で合わせた発射活動である。

刺激提示後、反応前に活動が上がるが、Mem 課題の方が発射が多い。それは刺激提示前の baseline の時期からみられた (図 B)。課題と反応形態の decoding を行ったが、いずれも MFC の方が成績がよかった (図 C, D)。図 E, F, G は cross condition decoding の手続きと結果で、詳細は論文に譲るが、MFC で反応と課題の decoding が可能だった。図 I の baseline 期の課題の decoding は、続いて起こる反応の時間が短い時に成績がよかった。

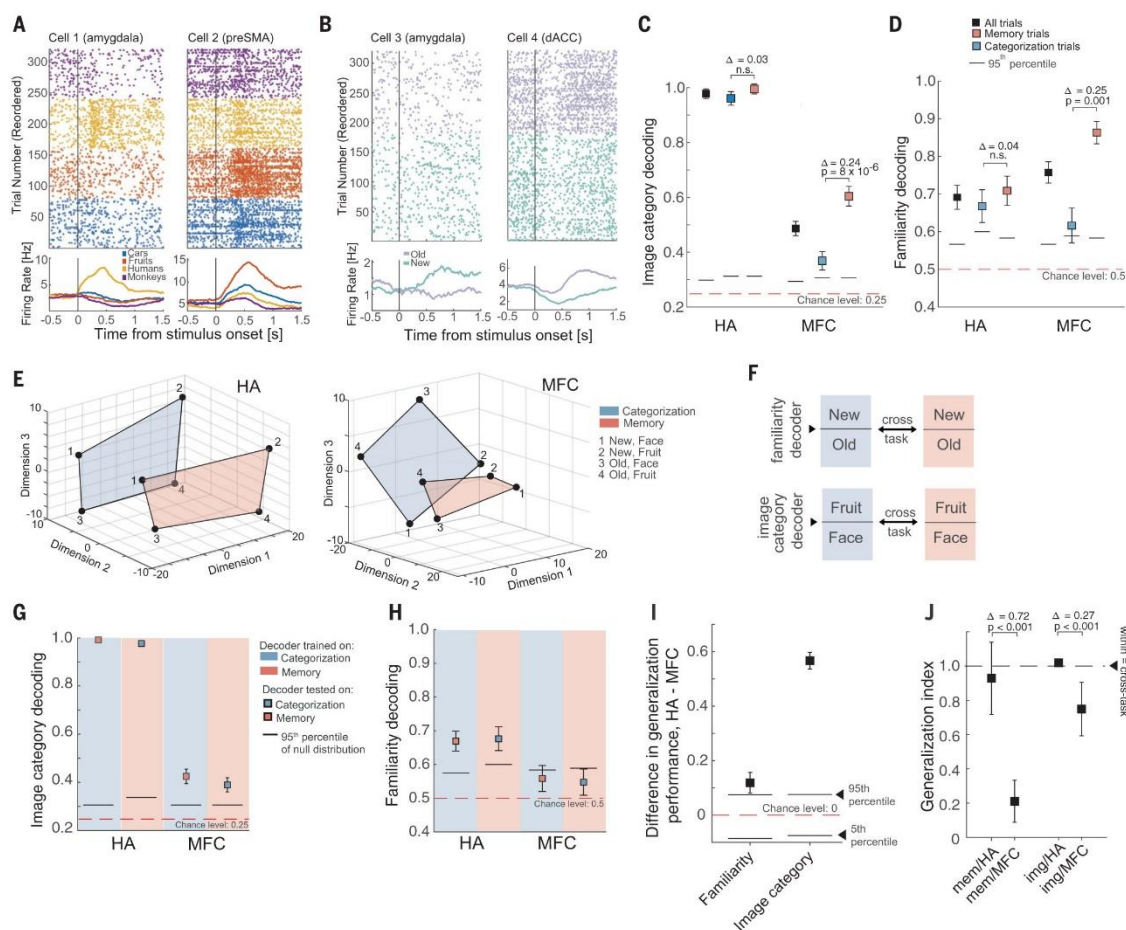
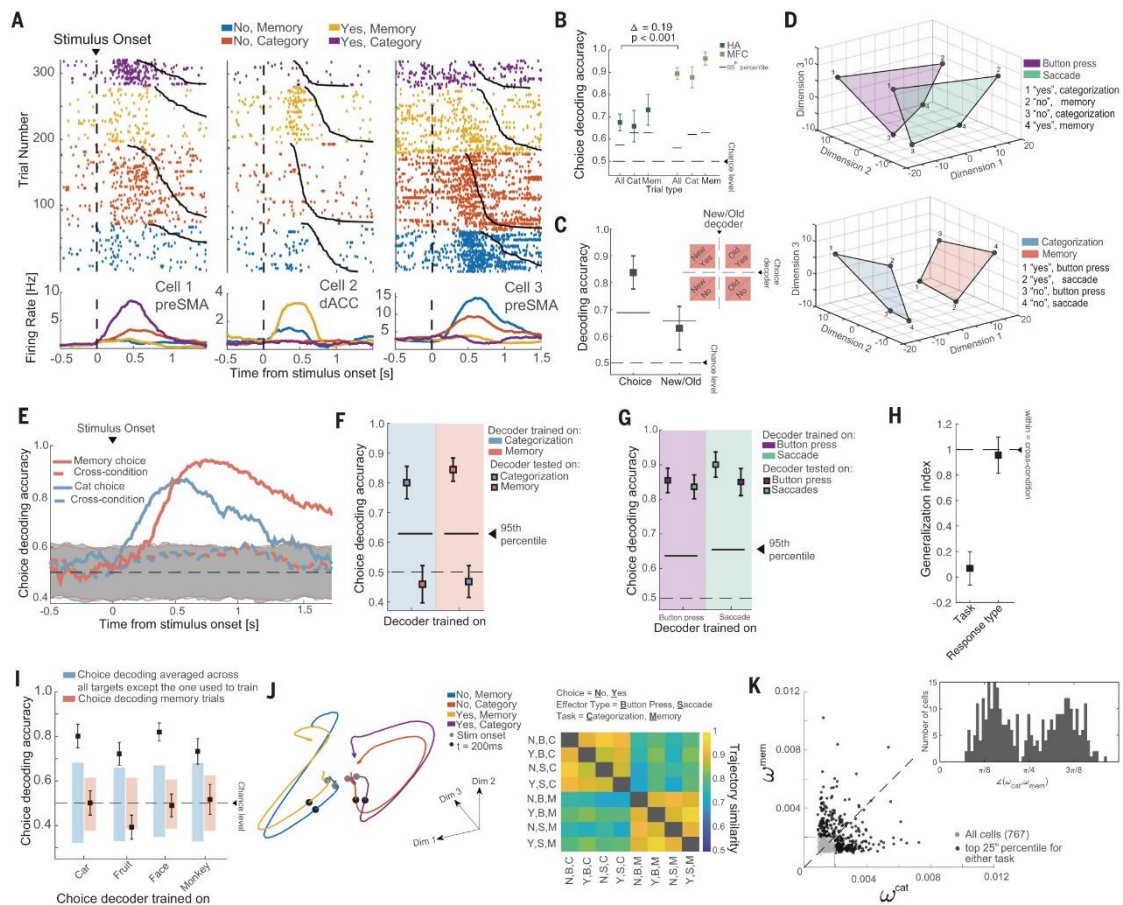


図 A はそれぞれヒトと果物に選択的な AMYG と preSMA の neuron の例。図 B はそれぞれ new と old の刺激に選択的な AMYG と dACC の neuron の例。図 C はカテゴリの decoding の結果で、成績は HA>MFC である。図 D は familiarity (old/new) の decoding の結果だが、全体的には HA≒MFC である。ただし、MFC では Mem 課題の方が CAT 課題よりも成績が良い。図 E は HA (左) と MFC (右) の、課題、カテゴリ、familiarity についての population activity を、MSD により 3次元上にプロットした結果である。赤が MEM 課題、青が CAT 課題、カテゴリは顔と果物の結果を表示してある。HA の方が、課題とカテゴリ、old/new の関係が対応している。図 F は cross decoding の手続き。色は図 E と同じ。上が familiarity decoder, 下が category decoder. 図 G が category の結果で、成績は HA>MFC である。図 H は familiarity の結果で、同じ傾向である。これらの結果は図 E から予測された。図 I, J は同じ結果 (HA>MFC) を別の表現をしたもので、省略する。

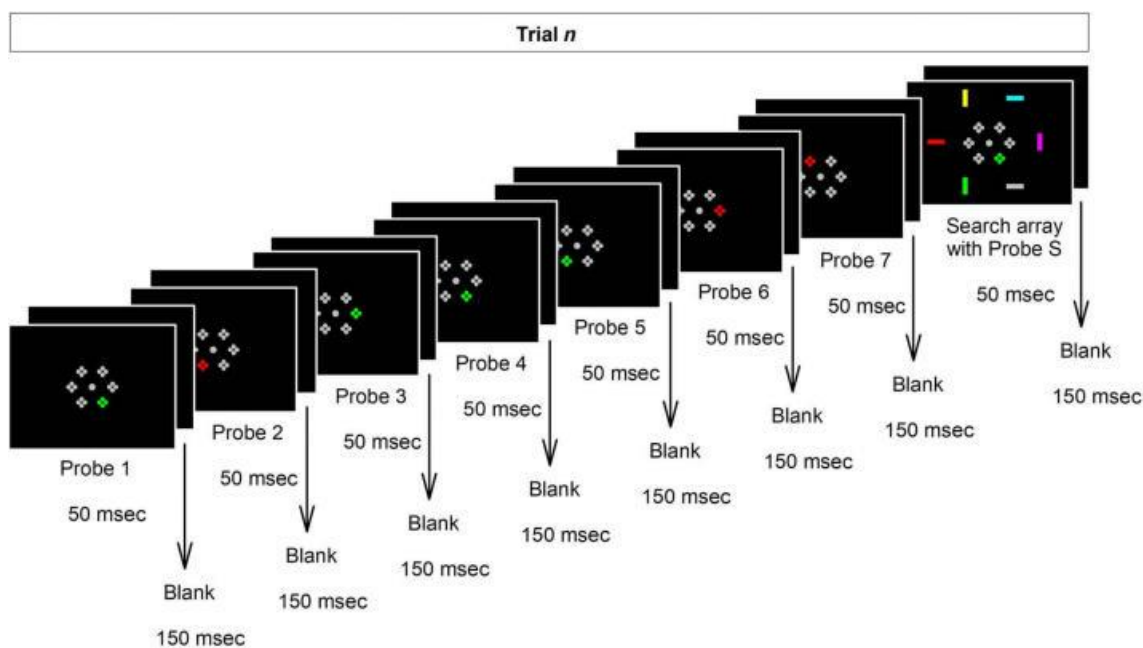


上の図は主に MFC における choice (yes/no) の表象について。図 A は左から、CAT 課題の Yes 反応で最大の活動をした preSMA の neuron, 中は MEM 課題の Yes 反応で最大の活動をした dACC の neuron, 右は両課題の No 反応で大きな活動を示した preSMA の neuron である。Neuron 活動に基づく decoding は、MFC の方が成績がよい (図 B)。図 C は MFC の neuron で、Choice と Old/New の decoding を行った結果で、choice で有意な decoding ができた。図 D は MFC neuron の population summary で、MDS の結果である。choice の decoding は運動の modality 間を般化した (上)、課題間は般化しなかった (下)。図 E は choice decoding の成績は、訓練した課題間の転移はみられず、刺激提示の直後が最もよいことを示す。図 F は基本的に図 E と同じ結果である。図 G は choice decoding は効果器間を転移したことを示す。図 H は図 F, G のまとめである。図 I は、4つのカテゴリで訓練した decoder が、CA 課題の subtask には般化するが、MEM 課題には般化しないことを示す。図 J はすべての条件の、space-state trajectory を示す。左右の図から、それはまず課題で分けられることが分かる。もう満腹で、以下省略するが、MEM 課題で、MFC の neuron は海馬の  $\theta$  振動、memory-choice cell は  $\delta$  振動と phase-lock した。正直、データが多すぎて、消化不良である。

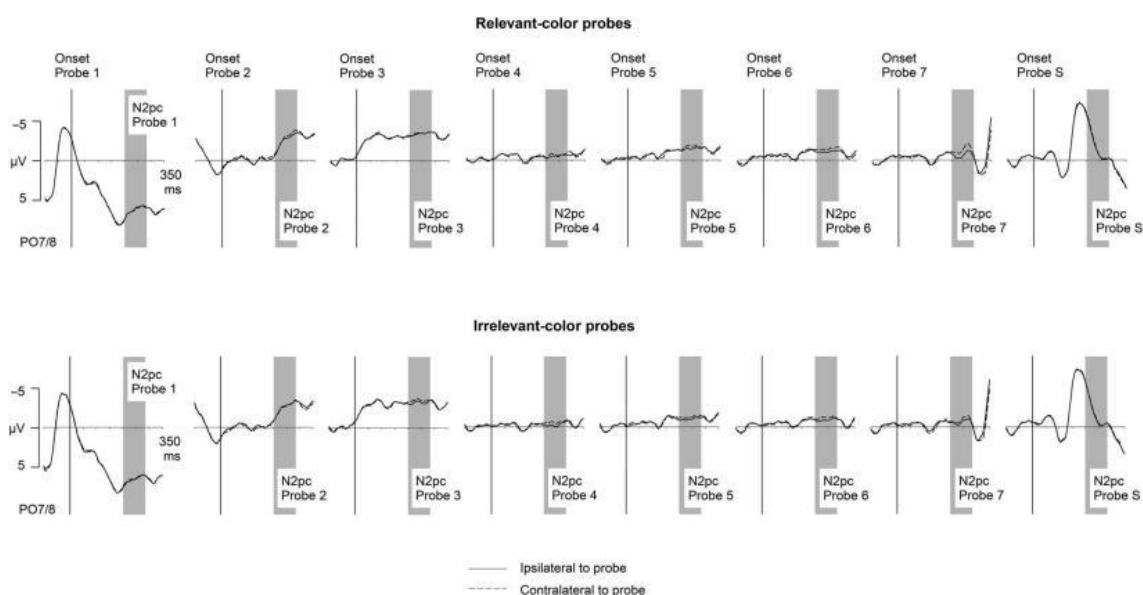
## Predictive coding, PC と関連する論文

Grubert, A. & Eimer, M. Preparatory template activation during search for alternating targets. *J. Cognit. Neurosci.*, 32:1525-1535, 2020.

この論文は、二つ（赤、緑）の色の視覚的探索課題を、交互に行わせた。したがって、参加者はターゲットの色を予測できる。この課題で、ターゲット提示前に、ターゲットと同じ色、前の試行の色を提示し（Probe 1-7）、注意の capture に関する ERP (N2pc) を記録した。



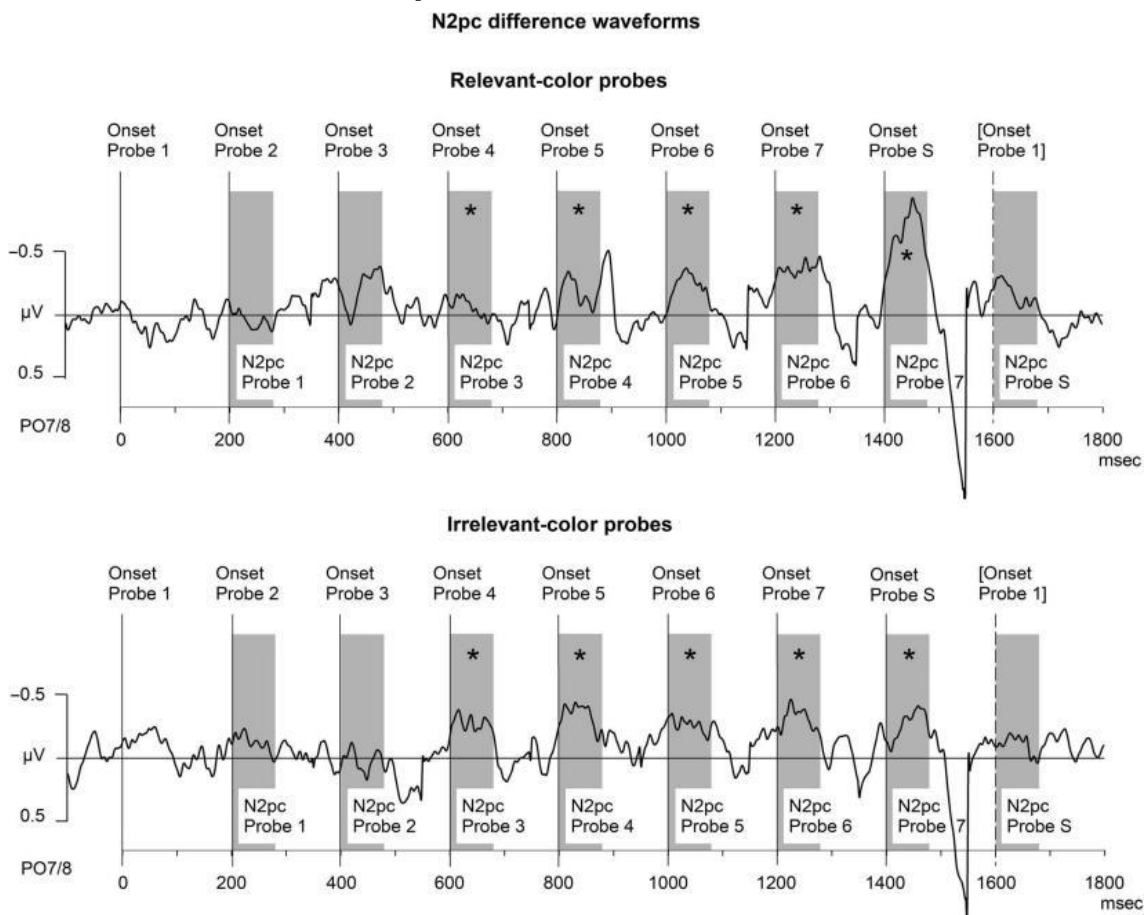
課題を上図に示す。最後が視覚的探索のパネルである (Probe S)。これが赤の試行なら





次は緑の試行である。

前ページの下図は、P07/8の電極から記録したERP N2pcの加算結果で、Probe1-Sの波形である。上がrelevant, 下がirrelevantの色のprobe刺激で、対側と同側に分けて表示してある(論文でも分かりにくい)。灰色のバーがN2pcの時間帯(200-280ms)である。下の図は、N2pcの対側-同側の結果で、relevantとirrelevantの両方の刺激に反応がみられた。この2つの刺激の差はProbe7で、すなわち、視覚的探索のパネルの直前に、初めて見られ、relevantのprobeの方の振幅が大きかった。

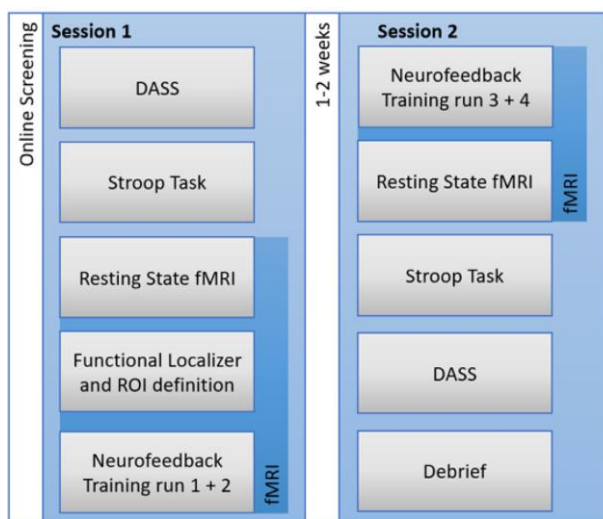


Relevantなprobeの方がN2pcの振幅は大きいと予測されたが、それは探索の課題の直前まで起こらなかった。Irrelevantの色でもrelevantと同様な反応がみられるとは、少し意外な結果である。prediction errorでしょうか。

## Neurofeedback, NFB と関連する論文

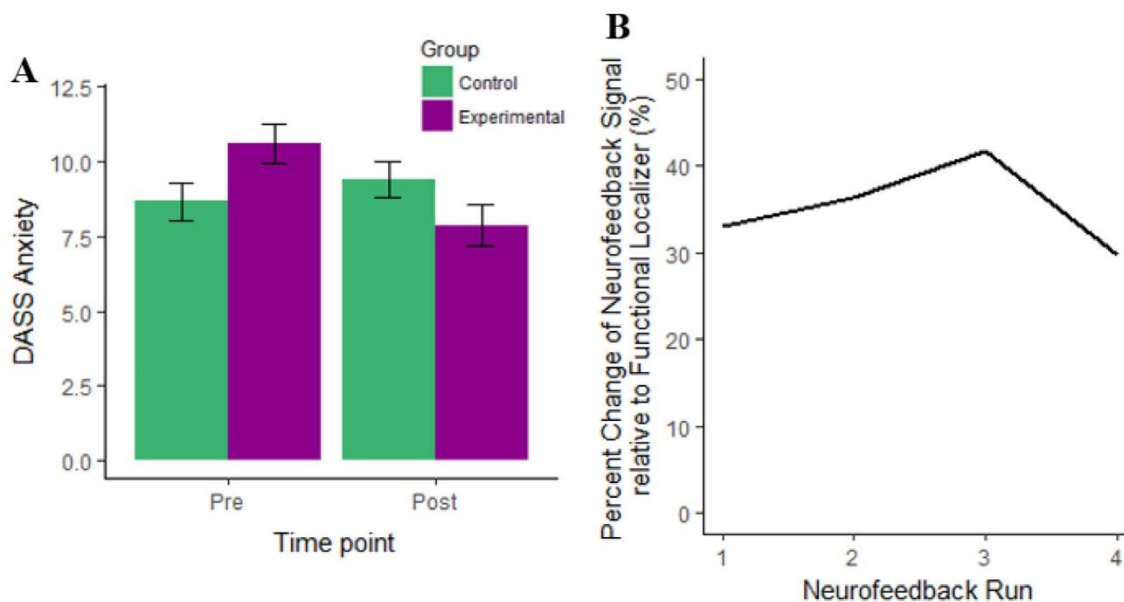
Morgenroth, E. et al. Using connectivity-based real-time fMRI neurofeedback to modulate attentional and resting state networks in people with high trait anxiety. *Neuroimage, clin.*, 25: no 102191, 2020.

この論文は、不安傾向が高い参加者の、左背外側前頭前皮質 dlPFC と前部帯状皮質 ACC 間の機能結合 FC を上げるように、real-time fMRI-NFB で制御し、行動、脳の FC への効果を検討した。



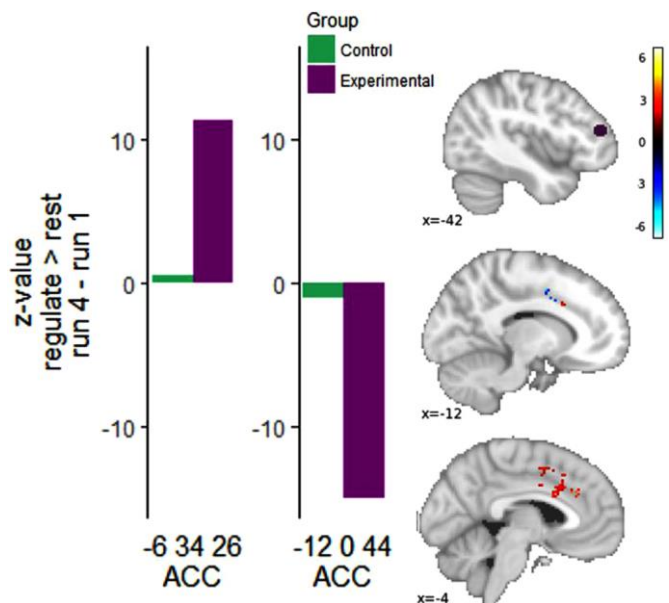
上図は手続きである。DASS は Depression, Anxiety, Stress Scales で、訓練前後に測定された。また、行動的な課題として、Stroop 課題が訓練前後に課された。安静時の fMRI の記録も行われた。NFB 訓練では、メーターが提示され、メーターを上げるように指示された。そのストラテジーは参加者にまかされた。なお、コントロール群もある。

下図は A が DASS の訓練前後の結果



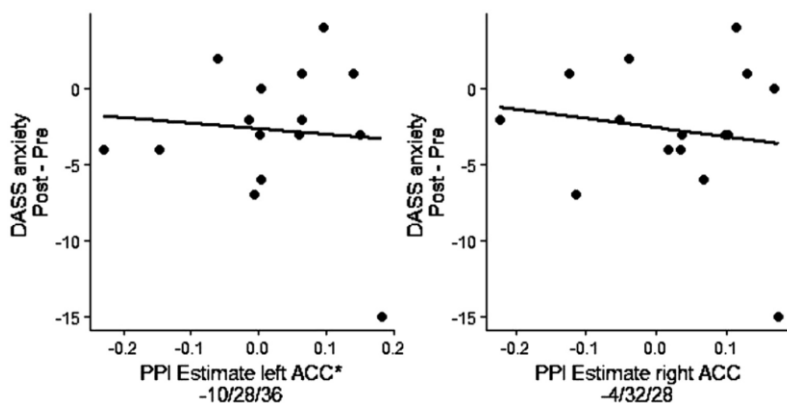
である。NFB 訓練を行なった実験群では、訓練後に DASS Anxiety の値が低下している。Stroop 課題に関しては、実験群とコントロール群で差はなかった。実験では、NFB 訓練に先立って、functional localizer と ROI の決定が行われたが、その時の FC を baseline として、FC の変化の努力? を反映する NFB 信号の訓練による変化が下図 B にある。訓練

1-3 では信号が増加した。上図は dlPFC を seed とした PPI 分析の結果で、NFB 訓練によ

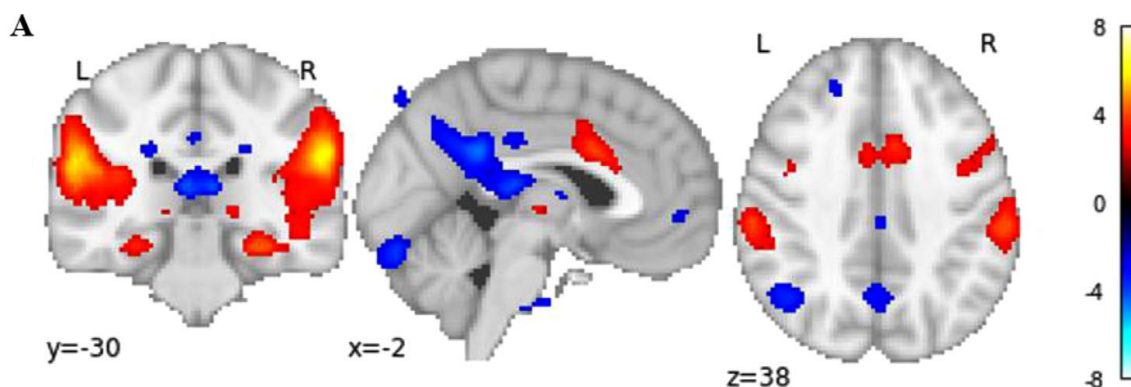


り、ACC との FC が増加した (左棒グラフ)。また、補足運動野 (ACC ROI に含まれていた) との FC は低下した (右棒グラフ)。中図は、DASS Anxiety の Post-Pre の値と、PPI による FC の変化との関係で、FC の増加は DASS Anxiety の値の Post における低下と関係していた (相関が有意とは書かれていない)。

最後に、安静時の機能結合 rsFC について結果を簡単に記す。NFB 訓練の結果、注意関連の帯状弁蓋



network, CON と実行機能関連の前頭頭頂 network, FPN では rsFC が増加し、default mode network, DMN では減少した (下図)。



fMRI-NFB は、標的とした FC を変化させても、他に多くの領域の FC の変化が起こるので、解釈が難しいところがある。実験が大掛かりな割に、行動への成果は大きくないかもしれない。ウマイ手続きを考える必要があるだろう。

## 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。長く引っぱりすぎたので、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。

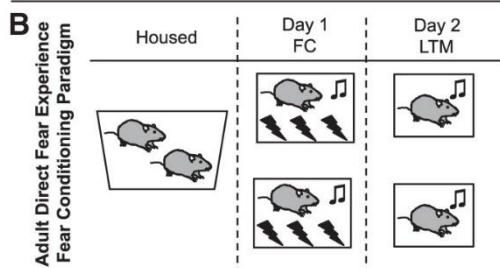
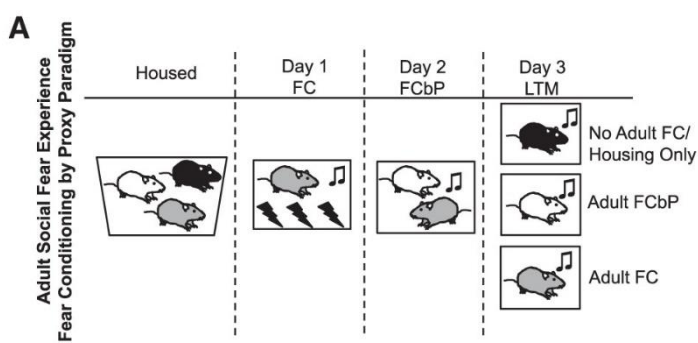
Jones, C.E. & Monfils, M.-H. Post retrieval extinction in adolescence prevents return of juvenile fear. *Learn. Mem.*, 23:567-575, 2016.

この論文は、ラットの児童期（誕生後 17、25 日：p17, p25）に受けた恐怖に、青年期（p45）の介入がどのような効果を与えるか、成人期の恐怖条件づけなど、検討した。

**Table 1.** Overview of experimental timeline

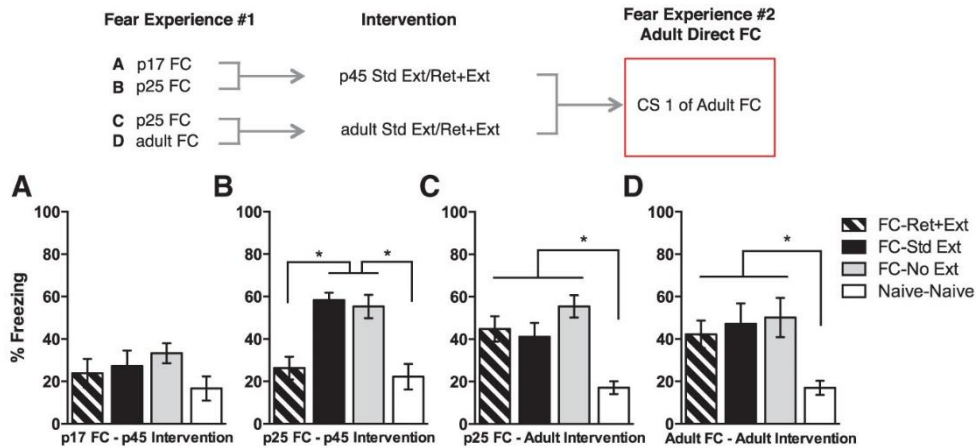
	Fear Experience #1					Fear Experience #2			
	Direct FC	Naïve	(Days elapsed)	Intervention	(Days elapsed)	Direct FC	Social FC (FCbP)	No FC (housing exposure only)	LTM test
Exp. 1	p17	p17	(28)	p45	(55)	Adult	Adult	Adult	Y
Exp. 2	p25	p25	(20)	p45	(55)	Adult	Adult	Adult	Y
Exp. 3	p25	p25	(60)	Adult	(55)	Adult	N/A	N/A	Y
Exp. 4	Adult	Adult	(20)	Adult	(55)	Adult	N/A	N/A	Y

上の表 1 が 4 つの実験の流れである。説明はしないが、実験によって条件が異なることに注意。Direct FC は fear conditioning で音と電撃の対提示。下の図は、恐怖の経験 #2

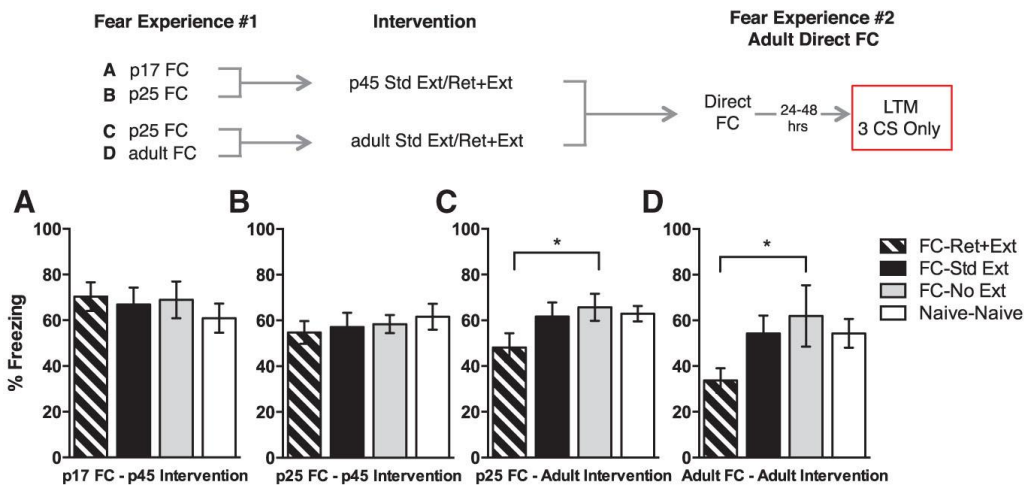


の手続きである。図 A は社会的恐怖のテストで、その個体（白いラット）は、恐怖の条件づけを受けた個体（灰色のラット）と一緒に CS を提示される。黒いラットは control である。図 B は Direct FC の手続きである。LTM test は長期記憶のテストで、CS が提示される。介入は恐怖条件づけとは異なる context で行われた。Retrieval extinction では、CS が 1 回提示され (retrieval)、

ケージに戻り、1 時間後に 18 回の CS 提示の消去を行った。通常の消去では、19 回の CS 単独提示が行われた。反応は freezing を記録した。

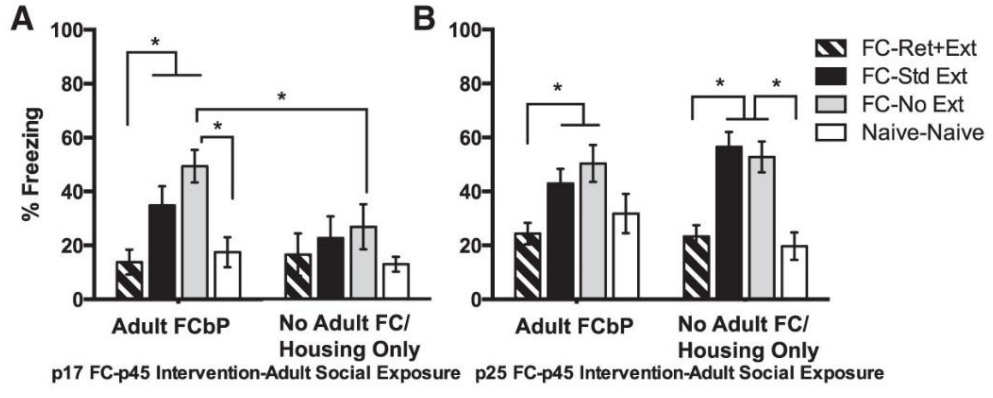
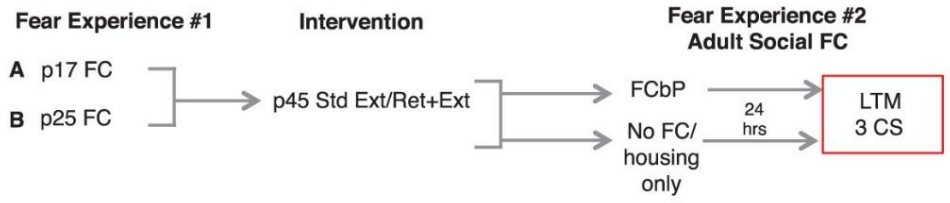


上図は、実験 1-4 の成（人）体の FC の第 1 試行の CS に対する freezing である。p17 では介入の効果はない（図 A）。図 B にあるように、青年期の retrieval + extinction は通常の消去よりも介入の効果があり、freezing が減少した。成人期の介入では、2 つの方法の間に差はない。



下図は、最後の長期記憶 LTM のテストの結果で、この場合は青年期、成人期に条件づけをされ、成人期に retrieval + extinction の介入を受けたラットが、消去なしのラットに比べ、freezing が少なかった。

次ページの図は、成人の fear social exposure の LTM への影響が示されている。図 A は p17 で恐怖条件づけをされたラット、図 B は p25 で条件づけをされたラットの結果である。これらのラットは、青年期 p45 に介入を受けた。そして、成人期に電撃を受けたラットと一緒にされる social exposure ラット FCbP と、一緒にされないラット No FC/housing only に分かれた。図 A の p17 に条件づけを受けたラットでは、social exposure で freezing が増加するが、retrieval + extinction の介入では、消去、消去なしのラットより freezing は少ない。図 B の p25 のラットでは、やはり retrieval + extinction の介入が同じように有効で、それは NO FC/housing only のラットにも同様の効果がみられた。



ということで、青年期 p45 の retrieval + extinction よりなる介入は、通常の消去よりも、児童期 p25 の恐怖条件づけや、社会的な exposure の影響を弱めた。

## 今月の特集、総説、メタ分析など

Neuroimage (2020) vol. 216, vol. 217.

Naturalistic imaging の巻内小特集に、それぞれ 31 論文、3 論文。

Biderman, N. et al. (2020) *Trend. Cognit. Sci.*, 24:542-556.

What are memories for? The hippocampus bridges past experience with future decisions  
と題する総説。

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

From fluency to recognition decisions: A broader view of familiarity-based remembering  
と題する総説。

Rust, N.C. & Mehrpour, V. (2020) *Trend. Cognit. Sci.*, 24:557-568.

Understanding image memorability と題する総説。

Navarro-Lobato, I. & Genzel, L. (2020) *Trend. Neurosci.*, 43:451-453.

Anterior-posterior whole-brain gradient for different types of memories と題する短い総説。

Schonberg, T. & Katz, L.N. (2020) *Trend. Cognit. Sci.*, 24:504-514.

A neural pathway for nonreinforced preference change と題する意見論文。

## 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 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, 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, Salience 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, 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

Chrysikou, E.G. et al. (2020) *Neuroimage*, 218: no 116921.

創造性と脳の sMRI による構造の関係を検討した。PPC の厚さの増加、STC の表面積の減少が、creative achievement と divergent thinking score に関係していた。

Takeuchi, H. et al. (2020) *Neuroimage*, 216: no 116825.

Creativity measured by divergent thinking, CDMT の originality/fluency score と WM (n-back 課題) や認知機能との関係を fMRI で検討した。CDMT の originality は、右半球の腹側注意系の活性亢進、DMN の課題による活性低下の減少と関係した。これらは、それぞれ、注意の reorienting, reallocation に関係する。また、知能や systemizing と関係し、性差がみられた。

Jang, S. & Hyde, D.C. (2020) *Nuropsychologia*, 146: no 107524.

2つの dot array の和が、probe array に等しいかを判断する課題で、array を提示する視野を制御して、半球差を検討した。また、ERP を計測した。計算における数の意味の神経的な感度は左視野提示で 400-800 ms の LPC にみられた。その後の課題への解答、計算の結果の意思決定は右視野が有意だった。また、probe が2つの dot array の和よりも大きい/小さいの判断の神経的特徴は、視野に関係なく、800-1000 ms の LPC にみられた。

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

Stillman, C.M. et al. (2020) *Trend. Neurosci.*, 43:533-543.

Exercise の脳と認知への効果の加齢研究の総説。

Liu, W. et al. (2020) *Soc. Cognit. Sffect. Neurosci.*, 15:523-536.

Common neural and transcriptional correlates of inhibitory control underlie emotion regulation and memory control と題する meta-analysis.

**Morgenroth, E. et al. (2020) *Neuroimage, Clin.*, 25: no 102191.**

不安傾向が高い参加者で、左 dlPFC と ACC の FC を増やす訓練を real-time fMRI-NFB で行った。訓練により、左 dlPFC と ACC の FC が増加した (減少する FC もあった)。訓練前後で、不安検査のスコアが減少した。それは FC の変化と関係した。帯状弁蓋 network, FPN, DMN の rsFC にも変化がみられた。上で紹介した。

Jordan, A.D. et al. (2020) *Neuroimage*, 217: no 116887.

約 68 y と約 21 y の参加者で、WM の訓練を行ない。Memory load への影響を fMRI で検討した。高齢者では最大の load で、脳活性に ceiling 効果が出てくるが、WM の訓練により、高い load にも活性低下がみられず、WM network 内、外 (DMN など) との FC が増加した。

Scharnowski, F. et al. (2020) *Hum. Brain Mapp.*, 41:3100-3118.

正の社会的な情動の upregulation は、dmPFC から扁桃核に直接的な top-down の影響によるのか、それとも膝下 sgACC を介するのかを検討した。努力が必要な regulation では、dmPFC 直接と sgACC を介する両方の top-down の影響があった。努力が不要な regulation では sgACC と扁桃核の network が関係した。なお、不安傾向の強い者は、情動を抑制する傾向が強いが、これら 3 領域の活性は低くなり、upregulation に努力が必要な場合は、sgACC から左扁桃核への FC が増加した。

Kraeutner, S.N. et al. (2020) *J. Cognit. Neurosci.*, 32:1590-1606.

Dart-throwing 課題を運動イメージ MI と身体的訓練 PP で行わせ、成績と fMRI による脳活性を検討した。PP に比べ、MI は脳活性の変化が少なく、成績の向上も劣っていた。訓練後に、運動プログラムの洗練に関係する領域の活性は PP の方が強く、MI ではわずかな成績の改善がみられたに過ぎなかった。

Irie, S. et al. (2020) J. Neurophysiol., 124:86-101.

参加者は安静時と上腕二頭筋の持続的な屈曲時に、ひじの屈曲をイメージするように教示された。運動皮質の TMS, 腕の尺骨神経の電気刺激を、単独/組み合わせて与え、上腕二頭筋の筋電図を記録した。組み合わせの刺激の MEP への効果は単独の和よりも大きく、イメージでコントロールよりも促進が大きかった。運動イメージは、腕の運動ニューロンの乏シナプス性の皮質脊髄興奮を促進し、それは頸部の premotoneurons により仲介される。

Wolff, N. & Beste, C. (2020) J. Cognit. Neurosci., 32:1484-1496.

スマートフォン・アプリの Focused Attention Meditation, FAM の task-switching への効果を、行動と脳波で検討した。FAM は反応の選択と葛藤の解決の過程を妨げ、認知資源を減少させた。これは ACC の N2, P3 の時間窓にみられた。この結果を考察した。

Borja Jimenez, K.C. et al. (2020) Neuroimage, 216: no 116529.

情動的な映画を見せ、主演者の情動を共感をもって評定する群、客観的に評定する群を設けた。評定は両群で差がなかった。fMRI の Intersubject correlation-based analyses では、映画をみている時の辺縁系、感覚運動領域の同期は、共感の方が強かった。Intersubject の FC の両群の比較では、共感で大規模 network の FC の増加がみられた。

Ligeza, T.S. et al. (2020) Brain Cognit., 143: no105595.

軽度/中程度の acute aerobic exercise は、正の情動的な写真の処理を高め、負の情動的写真の処理低減させることを、MEG で明らかにした。

Beck, B. et al. (2020) Neuropsychologia, 146: no 107546.

参加者（バレエ・ダンサーと非ダンサー）が頭を正立/30° 右に傾けた条件で、視覚的、触覚的な下降する線刺激を提示し、この線が重力の垂直と左（時計回り）/右（反時計回り）にずれているかを判断させた。頭を傾けた条件では、視覚刺激の主観的な垂直性は頭の軸より反対方向にずれ、前庭-動眼 counter-roll reflex を補償できなかった。頭を傾けた条件では、触覚刺激の主観的な垂直性は頭の軸の方向にずれ、強い頭の正立という prior の影響がみられた。ダンサーでは触覚刺激の垂直性の正確さが減少した。ダンサーでは頭を傾けると、前庭系のノイズの影響を受けやすいためと思われる。

Zink, N. et al. (2020) J. Neurophysiol., 124:207-217.

刺激強度を操作し注意の demand を変えた条件で、dichotic listening test を行い、脳波を記録し、右前頭皮質への anodal tDCS の効果を検討した。時間-周波数 decomposition で  $\theta$  振動の power を、グラフ理論で network efficiency を調べた。tDCS の成績を促進する効果は demand が高い条件でみられ、それには network efficiency の増加が伴った。

## 発達・加齢、母子関係

Köster, M. et al. (2020) *Neuroimage*, 218:116958.

20 か月齢の幼児が、新しいものに対する行為を観察する時に運動皮質で記録された 7-10 Hz の脳波は、行為の模倣を予測した。10 か月齢の幼児は、模倣はできないが、同様の脳波は記録された。

Monteiro, T.S. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:4346-4360.

20 y-75 y の参加者で、複雑さが異なる bimanual 課題の成績と脳の FC の加齢変化を検討した。複雑が増すと、視覚運動関連の network と非視覚運動関連の network の分化みられたが、その分化は加齢により減少した。FC の変化の減少は、複雑さに関連して、両手間の妨害を増加させた。

Crowell, C.A. et al. (2020) *Neuroimage*, 218: no 116959.

平均 23 y と 69 y の参加者に load の異なる WM 課題を与え、fMRI で脳活性を記録し、network integration (NI, network 内と network 間の FC の比) を算出した。課題が難しくなると、若者の NI が減少したが、高齢者の NI は増加した。加齢関連の NI の増加は、右半球の FC の増加で駆動され、両半球に広がった。困難な課題で、高い WM の能力を持つ高齢者は、高い NI を示した。

Laurita, A.C. et al. (2020) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 15:537-549.

24 y と 67 y の参加者で、知人を思い浮かべる時の、DMN を中心とした脳の活性とその加齢の影響を検討した。若い人のパートナーや自己の評価は、他の知人とは異なり、DMN と SalN が活性化した。高齢者では DMN と他の network との関係は、社会的な近さと関係しなかった。年齢に関係なく、trait の評価で、vmPFC と dmPFC と他の DMN との結合がみられたが、高齢者では mPFC と IPFC の FC が増加した。

Burianová, H. et al. (2020) *Neuropsychologia*, 146: no 107539.

26 y と 64 y の参加者に Finger Configuration Task を実行/イメージさせ、MEG と fMRI で、運動関連の  $\beta$  desynchronization, MRBD と脳活性の localization を検討した。高齢者の運動の実行では、運動皮質の MRBD の増加と、感覚運動領域の over-recruitment がみられた。運動のイメージ生成でも、同様の結果だった。高齢者の運動の実行では、dedifferentiation の兆候がみられ、成績は両半球の M1 の結合性と負の相関を示した。感覚運動 network の over-activation は補償的なものでなく、関連する神経信号の加齢による質の低下である。

Rieck, J.R. et al. (2020) *J. Cognit. Neurosci.*, 32:1536-1549.

20-89 y の参加者で、拡散強調画像による白質（視覚関連の下縦束）の拡散性、fMRI による顔、家への活性の加齢変化を検討した。加齢による下縦束の異方性の減少は、局所的、広範囲の dedifferentiation を予測した。下縦束の紡錘状回中央部の小さい領域の異方性の低下は、近傍の FFA の顔への反応の選択性を減少させた（dedifferentiation）。下縦束全体の異方性の低下は、広い腹側視覚皮質の animate/inanimate の区別を低下させた。

Hou, M. et al. (2020) *Neuropsychologia*, 146: no 107537.

68 y の高齢者に 3 回の記憶を含む神経心理学的なテストを実施した。2 回目は 1 回目の 1 か月後、3 回目は 1 回目の 3 年後である。1 回目と 2 回目の間に、fMRI 計測が行われ、記銘と recollection と海馬の活性の関係を明らかにした。右海馬の記銘の活性が、テストの成績から算出された baseline memory score と、相関した。左右の海馬の recollection の活性が、縦断的な記憶の低下と負の相関をした。

## 自・他、社会

Bagnis, A. et al. (2020) *Neuroimage*, 217: no 116939.

Functional neuroanatomy of racial categorization from visual perception と題するメタ分析。

Courtney, A.L. & Meyer, M.L. (2020) *J. Neurosci.*, 40:5616-5627.

自己と他者（親密な他者、知人、有名人）が、mPFC を中心とする社会脳内に、どのように表象されているかを fMRI で検討した。表象は自己、他者（親密な他者、知人）、有名人に分かれていた。また、社会的に孤立していると感じる人 lonelier では、自己と他者の表象類似性が減少した。

Ito, A. et al. (2020) *Hum. Brain Mapp.*, 41:3045-3058.

他者にどのような印象 impression を持つか、他者は自分についてどのような印象を持っているのか reflected impression、この点に vmPFC が関係することを fMRI で明らかにした。しかし、impression が reflected impression と vmPFC の活性を仲介していた。

Salvador, C.E. et al. (2020) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 15:285-291.

Norm violation についての感度は、relational goal と social context がキツイという考えの影響を受ける。この点を脳波の norm violation 関連の N400 で検討した。参加者は閾下の relational/neutral goal の priming を受け、その後 norm-violating/normal の行動を提示された。Relational priming 条件では、社会的 norm がキツイと N400 が増加した。

Kostorz, K. et al. (2020) *Neuroimage*, 216: no 116659.

折り紙を折る学習を、観察者 Obs がビデオの教師 Inst を観察することで行わせたが、両者の脳活性を fMRI で計測した (hyperscanning ではないようだ)。折り紙の観察、学習と完成で、Inst と Obs の脳活性は同期した。最初にビデオを観た時の、Obs の vPMC の Inst との同期が強いほど、後の折り紙の再生がよかった。小脳の関与も見られた。

Hakuno, Y. et al. (2020) *Neuroimage*, 218: no 116901.

6-8 か月齢、10-12 か月齢の幼児に、実際の社会的交渉を見せ、NIRS による脳計測を行った。社会的交渉では、反応が contingent である条件と、反応が遅れる non-contingent な条件を設けた。いずれの年齢でも、contingent の方が右 TPJ の活性が高かった。

McDonald, K.R. et al. (2020) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 15:383-393.

人、コンピュータと競争的なビデオゲームをやっている参加者の脳の活性を fMRI で計測した。このゲームで重要な認知的過程は、opponent sensitivity と advantageous timing of action だが、前者は dlPFC, 後者は dmPFC が関係していた。TPJ はこの両者と、加えて相手の社会的 identity にも関係した。TPJ はより一般的な役割を担う。

Lelieveld, G.-J. et al. (2020) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 15:571-586.

3人の Cyberball game か team-selection task を、minimal group setting の有/無の条件で、行わせ、fMRI 計測を行った。Group なしの条件では、排除された者を include する傾向があったが、排除するのが仲間で、排除されるのがよそ者の時は、そのような行動はせず、一緒に排除側に回る傾向があった。Group 有で排除が行われるときには dlPFC の高い活性があった。排除されるものへの対応は、group と排除に対する不快な気持ちにより決まる。

### 情動、動機づけとその障がい

Puii, A.A. et al. (2020) *Hum. Brain Mapp.*, 41:3147-3160.

反応抑制と state anger の joint neural mechanism についての meta-analysis.

Tiedemann, L.J. et al. (2020) *J. Neurosci.*, 40:5262-5274.

fMRI による扁桃核の活性に MVPA を適用して、食物に関する valence specific pattern, VSP を見出した。この VSP を新しい食物の選択に適用して、それを予測できることを明らかにした。

Voigt, K. et al. (2020) *Hum. Brain Mapp.*, 41:3077-3088.

難しい選択の結果として生じる choice-induced preference change の rs fMRI 研究。ACC, dlPFC, vmPFC, 海馬の関与が考えられた。Preference change の程度は、左 dlPFC と vmPFC の安静時の活性の低下と関係していた。Preference の一貫性は、安静時の ACC から左海馬、vmPFC への高い活性が関係していた。

Lempert, K.M. et al. (2020) *Neuropsychologia*, 146: no 107549.

平均約 72 y の高齢者で、エピソード記憶と temporal discounting の関係を検討した。神経心理学的なエピソード記憶の測定値は、temporal discounting と関係した。すなわち、記憶の成績がよい者は discounting が少ない。そして、ERC の厚さが temporal discounting の減少と関係した。参加者には mild cognitive impairment がいたが、これらの行動と脳の結果は、拡大、増強した。

Maffei, A. et al. (2020) *Brain Cognit.*, 143:105599.

参加者を Primary psychopathy の傾向（高/低）で分け、5 種類の情動的な映画を見せ、脳波の  $\gamma$  帯域波（30-49 Hz）を記録した。映画は erotic, neutral, fear, scenery, compassion である。自己評定では、高 psychopathy の傾向の者は、fear の clip に恐ろしさや苦悩をあまり感じず、compassion の clip にも悲しさなどをあまり感じなかった。 $\gamma$  活動に関しては、高傾向の者は fear の clip に対する活動が低く、それは右 PFC, TCx, 両側 IPC よりなる network によって支えられていた。

Gruskin, D.C. et al. (2020) *Neuroimage*, 216: no 116217.

7-21 y の児童と青年に情動的な movie clip をみせて fMRI で脳活性を計測した。抑うつ症状が酷い青年は、movie のあまり情動的でないところで、atypical な反応を示した。また、item-level で類似した抑うつ症状を示すものは、脳の活性も類似していた。児童ではこのようなことはなかった。

Bratec, S.M. et al. (2020) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 15:561-570.

Social buffering による aversive emotion regulation の fMRI による研究。3 つの過程があることが分かった：1. OFC, vmPFC, dlPFC, ACC, mid-cingulate の、social-support による活性低下、2. 扁桃核、mdTH の不快な情動による脳活性の抑制、3. 不快な感情の抑制。

Dou, H. et al. (2020) *Neuroimage*, 218: no 116735.

社会的排除と恐怖の分化条件づけ、般化の研究。SCR, NIRS も使用した。排除を受けた者は、そうでない者より、CS+へのリスク感が低く、CS-へのリスク感が高い。また、排除を受けた者は、両 CS と般化刺激への SCR が高かった。また、NIRS により計測された左 mPFC の oxy-Hb が、社会的排除と CS+へのリスク感を仲介していた。

Hudson, M. et al. (2020) Neuroimage, 216: no 116522.

恐怖には準備的で持続的なものと、急性的なものがある。両者の神経基盤を fMRI の inter-subject correlation, ISC で、同期と FC を検討した。その結果、持続的な恐怖は感覚系の反応を高め、急性の恐怖は脳幹、視床、扁桃核、帯状皮質の活性を高めた。持続的な恐怖は急性の恐怖の領域の同期を高め、FC を増幅させた。

Xu, P. et al. (2020) Neuroimage, 218: no 116957.

不安傾向が高/低の参加者に、gain/loss gambling task を行わせ、fMRI で脳活性を記録した。この課題では risk aversion と loss aversion が問題になるが、不安傾向の強い参加者の意思決定に関与したのは loss aversion だった。それは、情動関連の扁桃核と認知制御の PFC の間の FC の低下による。

Zhu, S. et al. (2020) Neuropsychologia, 146: no 107552.

低い空間周波数の顔刺激は、恐怖の表情の検出を促進するが、低空間周波数に関係する右 TPJ への anodal tDCS は、低空間周波数の顔刺激の恐怖の検出を促進した。

### 感覚運動障がい、その他の障がい

Ersche, K.D. et al. (2020) PNAS, 117:15253-15261.

薬物の依存になるか、ならないかには個人差がある。その個人差を脳の rsFC で検討した。依存になりやすい人は OFC, vmPFC と線条体の結合が低下していた。依存になりにくい人は IPFC と mCAUD, SMA, smFCx と被殻の機能結合が強かった。

Herrmann, B. et al. (2020) Brain, 143:2154-2172.

植物状態/unresponsive wakefulness syndrome, UWS と minimally conscious state を区別するのに、聴覚的な startle reflex の habituation が有効であることを報告した。さらに、脳波、PET, DTI で前頭-頭頂 network の機能的、構造的 integrity が habituation と関係することを明らかにした。6 か月後の意識状態の予測もできた。