

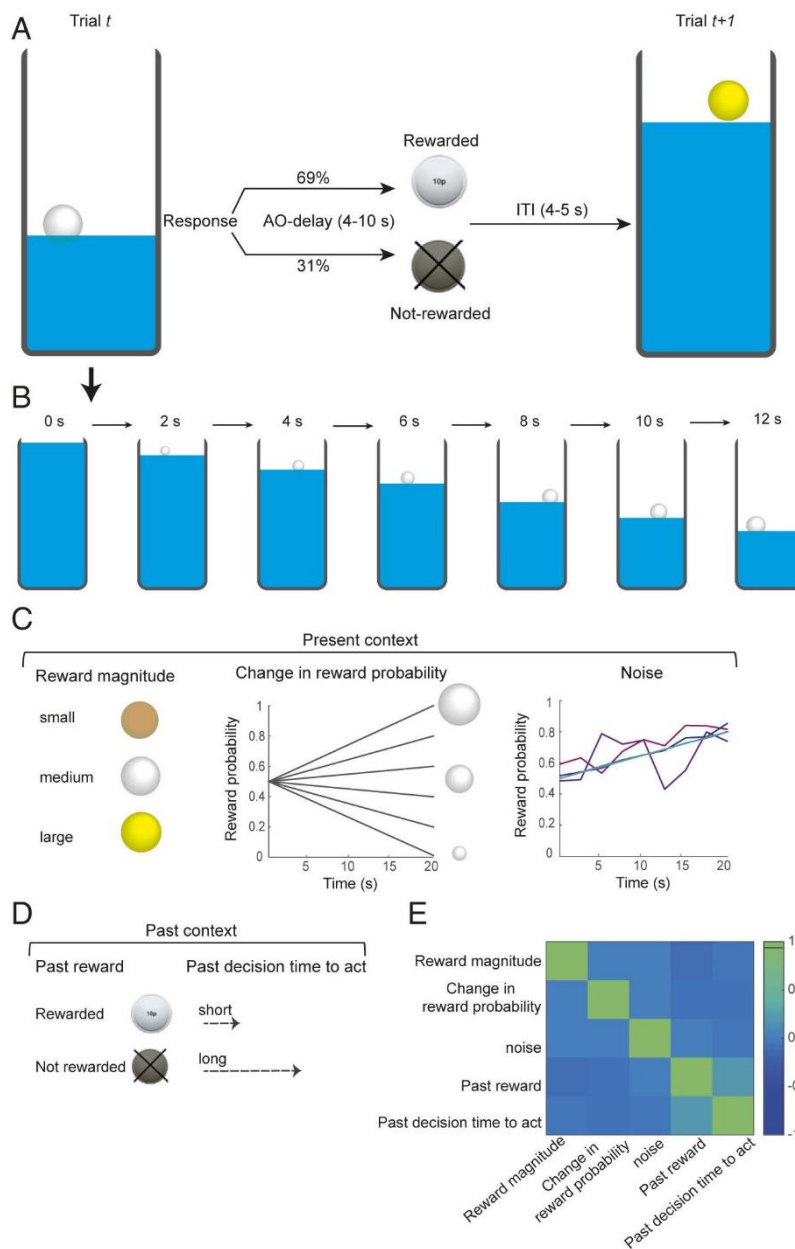
今月の認知神経科学：論文紹介

2020年7月

認知神経科学の進歩

Khalighinejad, N. et al. Human decisions about when to act originate within basal forebrain-nigral circuit. PNAS, 117:11799-11810, 2020.

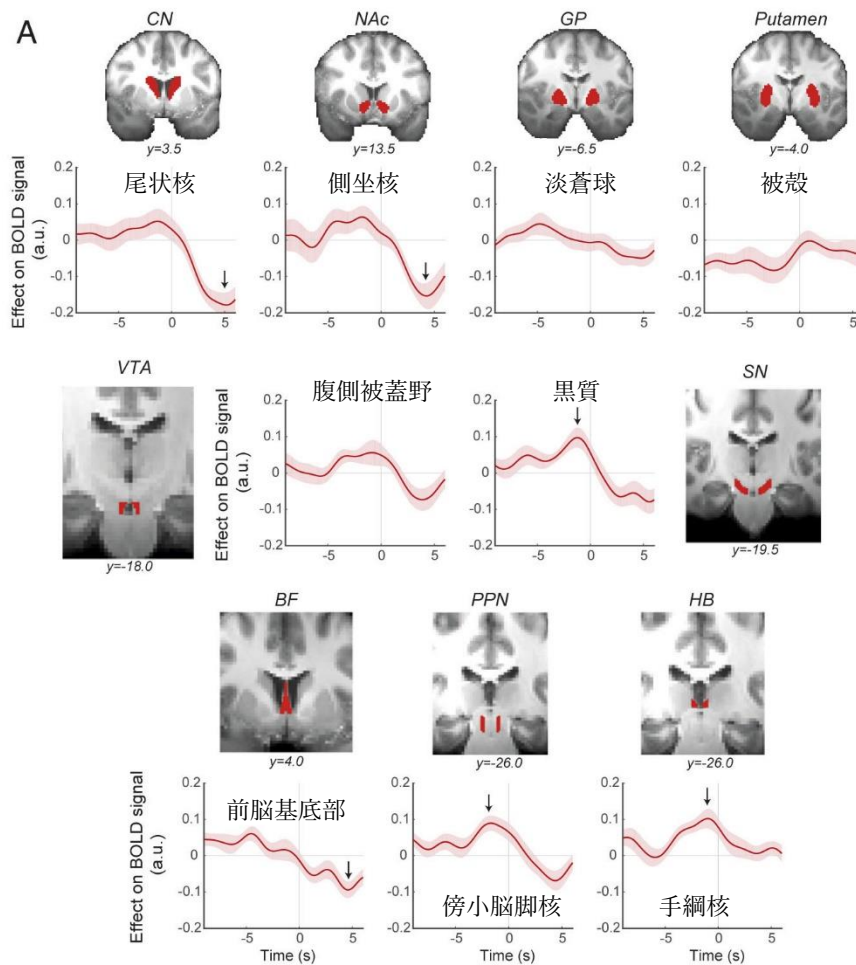
この論文は、現在の状況、過去の経験を統合して、いつ行動するか actTime を決定する、主として皮質下の回路を明らかにした。



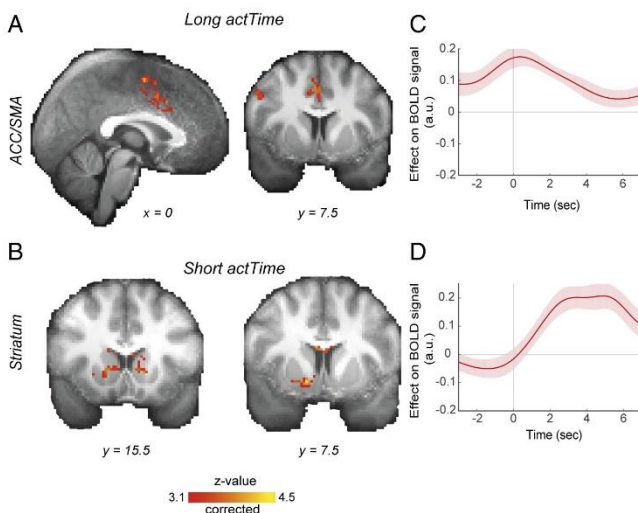
左の図が手続きである。水の入ったタンクがあり、それは次第に水位が減少する。水の上に球があらわれ、その大きさが変化する。参加者は自分の決めた時点で反応する (図 A, B)。球の色は報酬のサイズを、大きさは報酬の確率を示す。ただし、球のサイズの変化にはノイズが加えられる (図 C)。現在のコンテキスト)。図 D は過去のコンテキストで、報酬を得たか、反応の判断は短かったか、長かったか。図 E は現在と過去のコンテキストの相関マトリックス。

現在や過去のコンテキストが actTime

に影響するが、それについては、論文を参照ください。



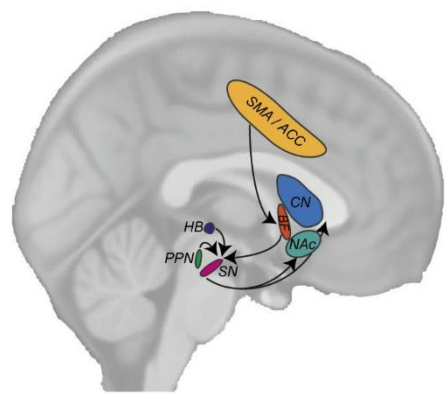
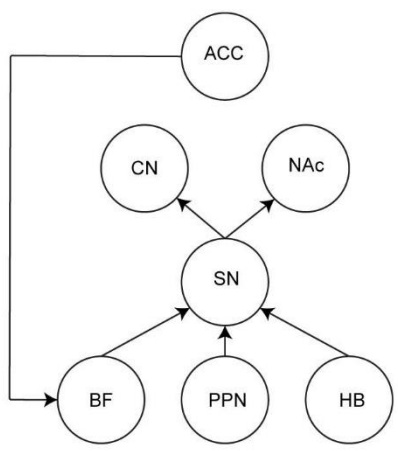
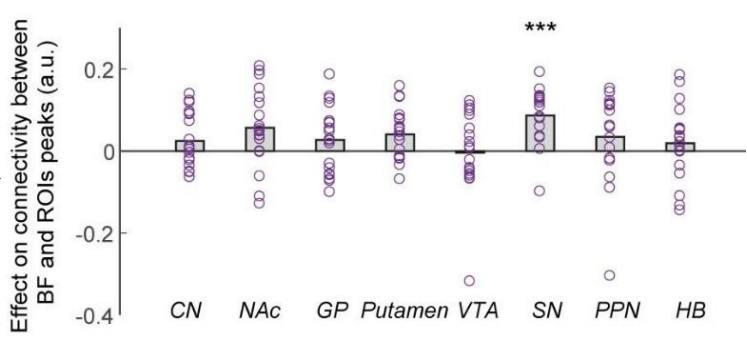
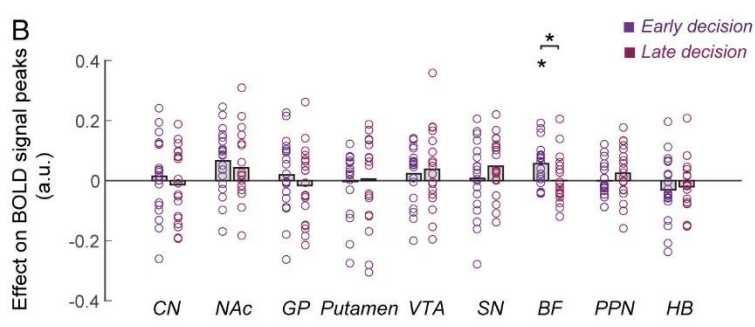
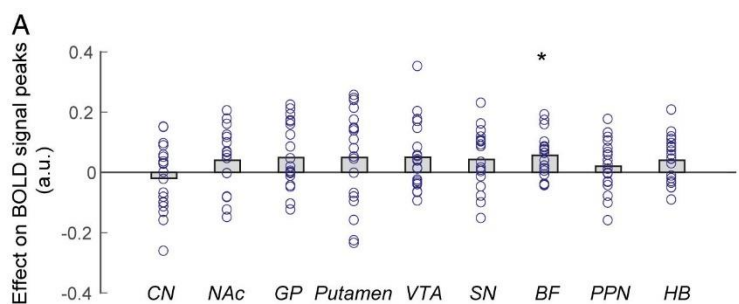
上図は、皮質下の9のROIのactTime (x軸の0)の活性の変化である。矢印は有意な変化。尾状核、側坐核、前脳基部では遅い活性低下、黒質、傍小脳脚核、手綱核では早い活性の増加がみられる。ただ、血流変化の遅れを6sとすると、前3領域は反応の直前、後3領域は反応より早い時点の活性の変化である。



ROI以外の領域についても、報酬の確率の変化が正の場合（反応を待つ）と負の場合（早く反応する）に分けて、actTimeと活性の関係を検討した。下図はその結果で、図A, Cは前部帯状皮質/補足運動野の結果で、ゆっくり反応するコンテキストで（Supporting Informationに他の領域の結果がある）、図B, Dは線条体で早く反応するコンテキストで活性が上昇した。

以下は、現在と過去のコンテキストを統合したGLMで分析した結果である。deterministic actTime_{present + past context}で、現在と過去のコンテキストの影響の中で、反応が発現することが期待されている時間である（詳しくは、論文を参照ください）。このdeter-

ministic actTime を前脳基底部 (BF, 主に中隔部とブローカの対角帯) がコードしている領域であることが分かった。上図はそれを示す。図 A は deterministic actTime と ROI の



活性 (ピーク) との関係で、BF のみが個人差が少なく、有意な関係を示した。図 B はそれを早い時期と後期に分けて分析したもので、BF は早い時期に deterministic actTime をコード化している。また、BF は過去よりも現在のコンテキストの影響を強く受けていたが、その結果は省略した。また、ドーパミン関連の腹側被蓋野、黒質、傍小脳脚核、手綱核は反応の開始そのものをコード化していた (この点も省略する)。

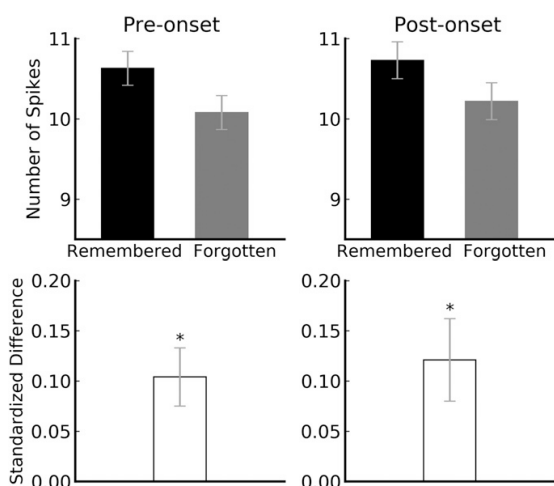
中図は、BF と他の ROI との機能結合の結果である。黒質のみが BF と有意な機能結合をしていた。下

図は、現在と過去のコンテキストの影響を統合して、いつ反応を行うかの、皮質下の回路である。

Urgolites, Z.J. et al. Spiking activity in the human hippocampus prior to encoding predicts subsequent memory. PNAS, 117:13767-13770, 2020.

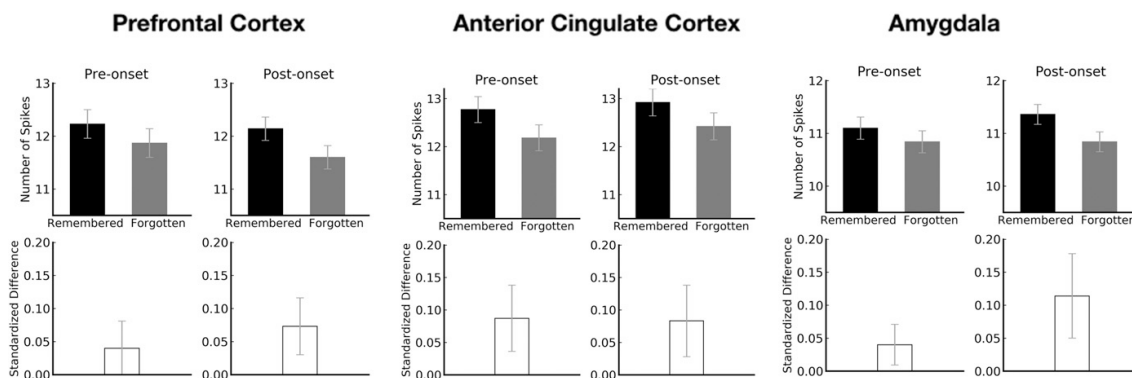
この論文は、テンカン患者が語の continuous recognition task を行っている時に、海馬のニューロン活動を記録し、subsequent memory effect から、記銘時に重要な活動を明らかにした。

この課題では、語が連続的に提示されるが、最終的には循環する。参加者は、出てきた語が初めて出てきたものか、それとも繰り返されたものかを判断する。上図は語が初めて



提示された時に、語提示の前 Pre-onset と後 Post-onset での neuron の活動を、覚えていた語、忘れた語に分けて表示した結果である (上の図)。下の図は、覚えていた語と忘れた語への発射活動の差で、Pre-/Post いずれの時点でも、0 より有意に大きい。すなわち、語の提示以前から、覚えていた語への発射活動が強い。言い換えると、ある語が提示される前の海馬 neuron の発射が強ければ、その語は忘れられない傾向がある。ただ、これは海馬の結果で、下図にあるように、類似

の傾向が前頭前皮質、前部帯状皮質、扁桃核でみられたが、覚えていた語と忘れた語への発射活動の差は、Pre-/Post いずれの時点でも、0 より有意に大きいことはなかった。

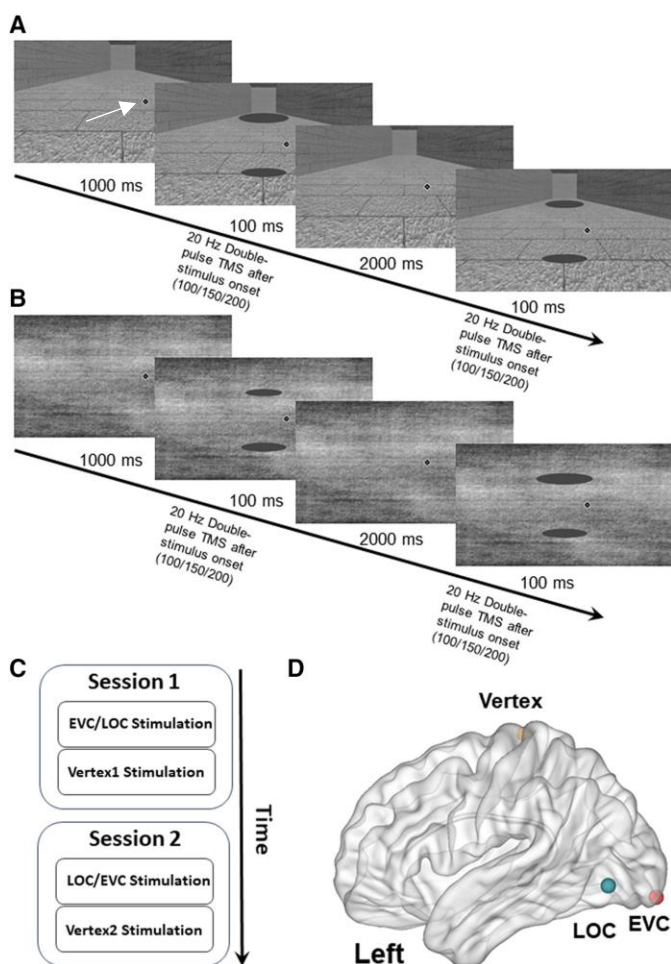


以上、極めて簡単に説明した。より詳しくは論文を参照ください。

Zeng, H. et al. Visual size processing in early visual cortex follows lateral occipital cortex involvement. *J. Neurosci.*, 40:4410-4417,2020.

この論文は、大きさの知覚が、外側後頭皮質 LOC から初期視覚皮質 EVC への feedback によることを、LOC と EVC への TMS により明らかにした。

上図 A, B は刺激で、参加者は上下いずれの楕円が大きいか、判断した。図 A は錯視が

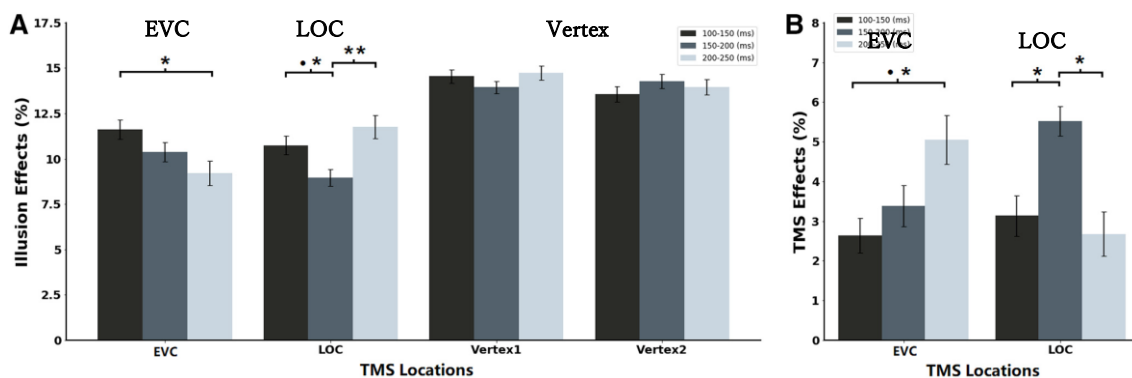


起こる条件で、図 B はそのような context がない baseline 条件である。TMS は左右の凝視点 (矢印) の対側の LOC, EVC そして control の Vertex に与えた (図 D)。TMS は刺激提示の 100, 150, 200 ms 後に与えた。

下図が結果である。baseline 条件では TMS の効果はみられない。以下は錯視の条件である。図でバーの色の濃さは 100, 150, 200 ms になるにしたがって薄くなる。図 A は TMS が錯視に与えた効果で、EVC では 200 ms, LOC では 150 ms で錯視が減少している。Vertex は影響が弱く、時間の差はない。図 B は Vertex の錯視の効果から、EVC, LOC の効果を引いたもので、図 A の反対の結果となる。

これらの結果は、TMS の効果の時間関係から、LOC から EVC へ

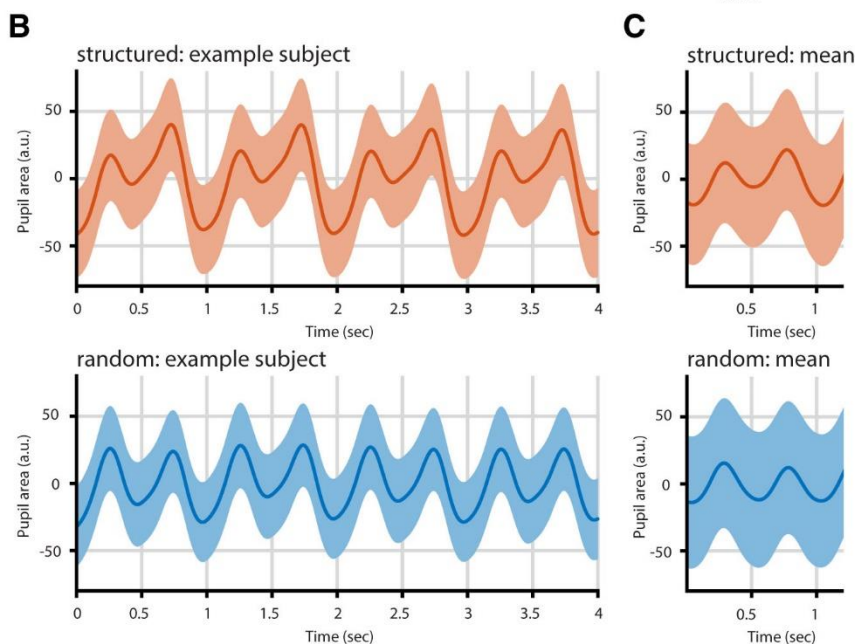
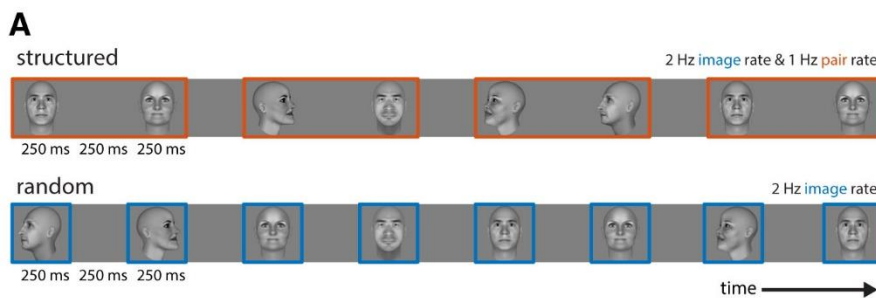
の feedback が大きさの知覚を決定することを示唆した。



Predictive coding, PC と関連する論文

Schwiedrzik, C.M. & Sudmann, S.S. Pupil diameter tracks statistical structure in the environment to increase visual sensitivity. *J. Neurosci.*, 40:4565-4575, 2020.

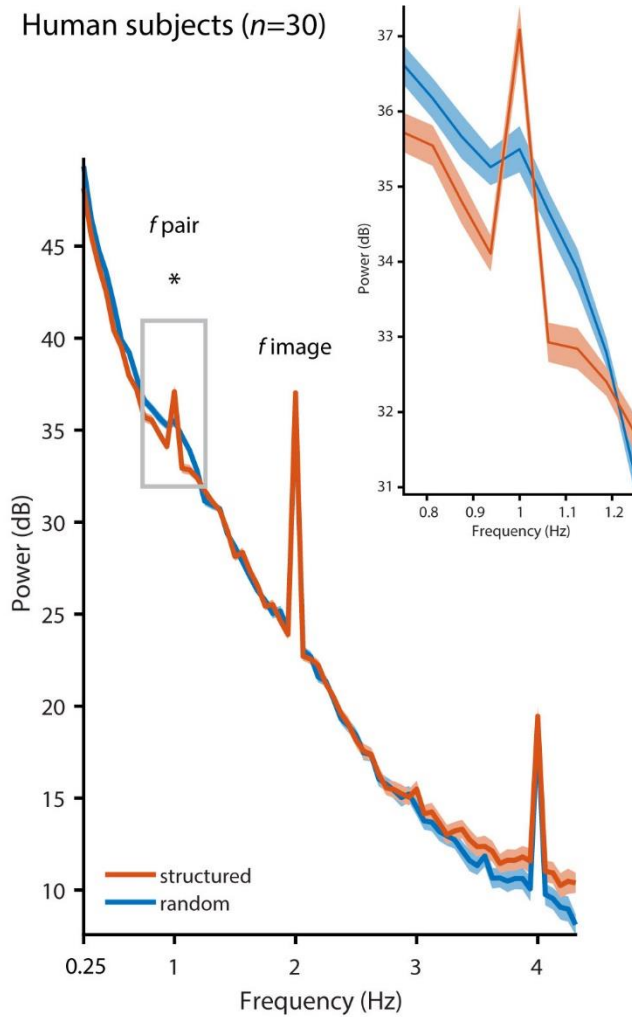
この論文は、環境の統計的な構造が瞳孔の直径を変化させ、視覚の感度を上昇させることを示した。ヒトとサルで実験を行ったが、ヒトの結果のみ紹介する。



左の図 A が手続きで、図 B, C が結果である。図 A で、顔が 2 Hz の頻度で提示される。上の構造化された提示では、顔は 2 つが 1 組になっており（したがって 1 Hz）、一番目の顔に続く二番目の顔は決まっている。下のランダム提示では、様々な顔がランダムに提示されるだけである。図 B は瞳孔の大きさで、上

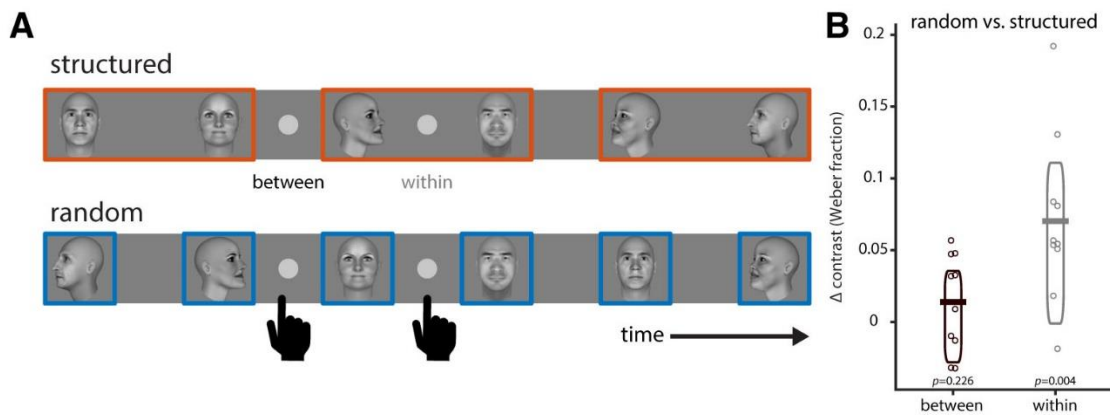
が構造化された提示、下がランダムな提示の sample subject の結果である。顔の提示に合わせて瞳孔が拡大している（entrainment）。そして、構造化された提示では 2 番目の顔に対して、瞳孔がより拡大している。図 C が平均値である。次ページ上図は、スペクトル分析の結果で、2, 4 Hz では構造化、ランダム両提示で、power の増大がみられるが、1 Hz では構造化された提示でのみ、power の増加がみられた。上の図と一致する結果である。

次ページ下図は、これらの瞳孔のサイズが視感度にどのような影響を持つかを検討した手続きと結果である。下図 A にあるように、顔刺激提示の合間に、光の disc を提示するが、その輝度を変えた。検出できた輝度の対比を視感度の指標とした。重要なことは、構造化された提示の条件では、顔の対と顔の対の間 between と、対を構成する二つの顔の間



within の結果が得られることである。ランダム条件では、構造化された提示条件のそれぞれに対応する対比のデータが得られる。下図 B が結果で、ランダムと構造化された条件の対比の差で、左が between, 右が within の結果である。図 B から分かるように、between では両条件でほとんど差がないが、within では有意な差がみられた。すなわち、構造化された刺激の提示では、対にされた顔刺激の within では、視感度が上昇していた。そして、これまで見てきたように、その時期は瞳孔のサイズが大きくなる時期である。

Prior, context が top-down 的に瞳孔のサイズを変化させ、視感度も改善させたと考えられる。



他の Predictive coding 関連の論文

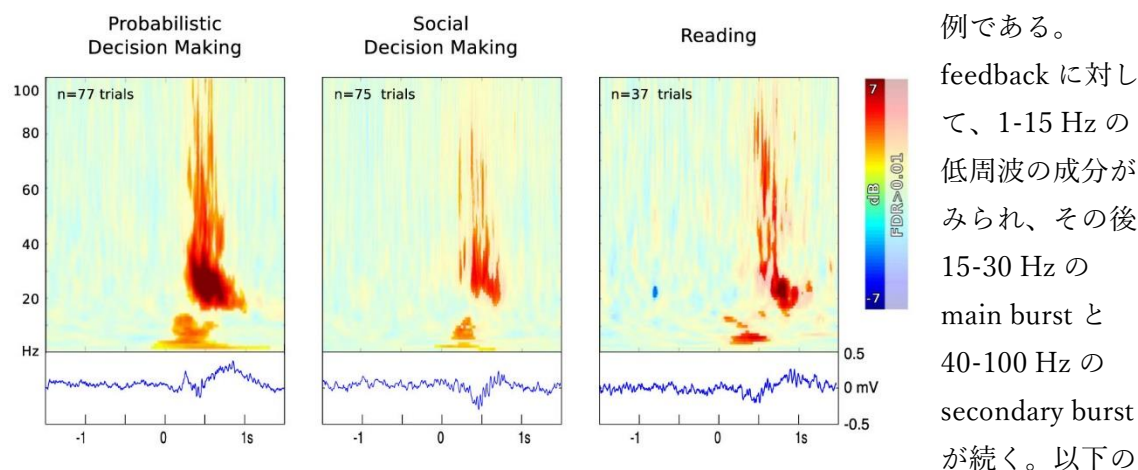
音楽 Quiroga-Martinez et al. Neuroimage, 215: no 116816; Eur. J. Neurosci., 51:2250-2269;
 言語 Gagl et al. Neuroimage, 214: no 116727; Honbolygo et al. Neuropsychologia, 143: no 107467; Nicenboim et al. Neuropsychologia, 142: no 107427; Rabovsky Neuropsychologia, 143: no 107466

Billeke, P. et al. Human anterior insula encodes performance feedback and relays prediction error to the medial prefrontal cortex. Cereb. Cortex, 30:4011-4025, 2020.

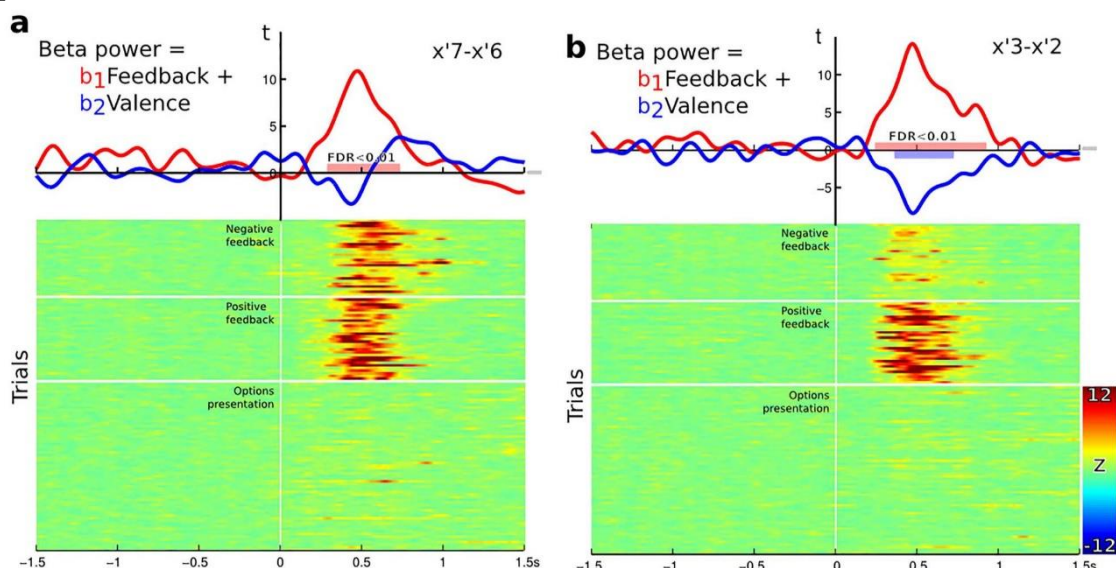
この論文は、意思決定やワーキング・メモリ WM 課題の performance feedback に、前部島皮質 AIC, 内側前頭前野 mPFC がどのようにかかわるかを、ヒト患者の脳内の電極から脳波を記録し、その周波数分析で明らかにした。

使われた課題はギャンブル課題の確率的意思決定課題 PDM、社会的意思決定課題 SDM (Ultimatum game), Reading task, RdT, 言語的/空間的 WM 課題 v/sWM の 5 つである。

上図は、AIC から記録された、performance feedback に対する脳波とその周波数分析の例である。



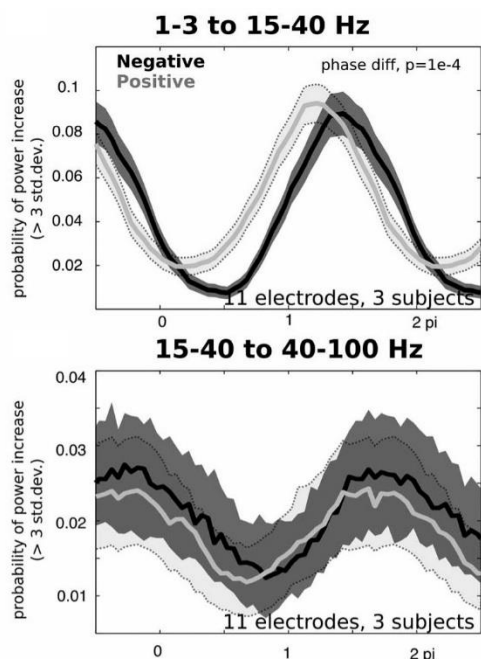
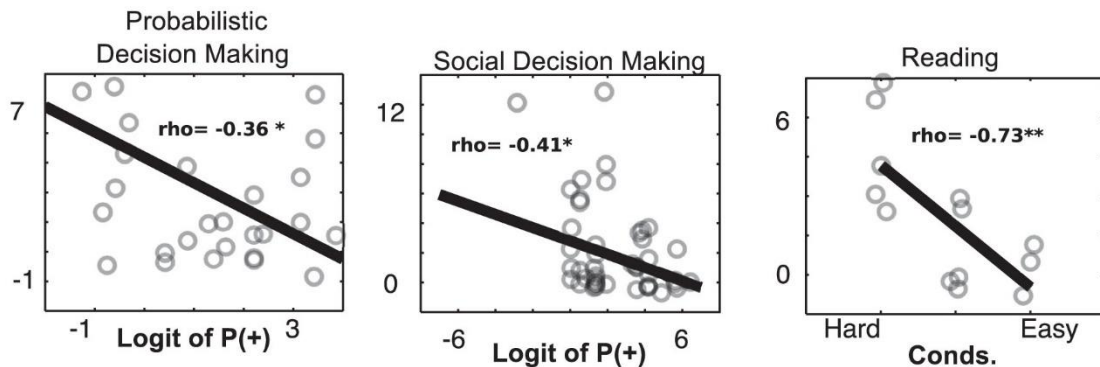
分析では 15-30 Hz の β 帯域に焦点を当てる。中図は、PDM 課題中に AIC から記録された feedback に対する β 帯域波の反応 (赤) と、valence に対する反応 (青、negative - positive) の例で、左では正負の valence の feedback に、同じような反応をしたが、右で



は正の valence の feedback への反応が負よりも強い。

次ページ上図は、AIC の β 帯域波の power と課題の関係で、左から PDM, SDM, RdT である。PDM, SDM の x 軸は正の feed-back 試行の報酬を得る確率 (対数表示) で、RdT

の x 軸は課題の難度である。2つの WM 課題は図を省略したが、x 軸は load である。WM 課題を含め、いずれの課題でも負の相関がみられ、判断が難しい時に AIC の β 帯域の power は増大した。

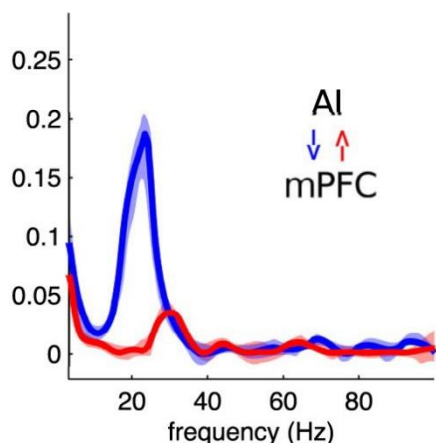


左の中図上は、PDM と SDM で、feedback の正負の valence が、 δ 波 (1-3 Hz) の位相と β 波の振幅の異なる coupling により encode されることを示した。図の x 軸は δ 波の位相、y 軸は β 波の power の増加の確率である。正 (灰色) と負 (黒) の valence では位相が異なる。 β 波と γ 波では、そのような正負の valence の分離は起こらない (中図下)。

最後に、AIC で処理された feedback の情報は内側前頭前皮質 mPFC へ送られことを Granger Causality で示した (下図)。

以上、かなり端折って紹介した。詳しくは論文と Supplemental Information を参照ください。

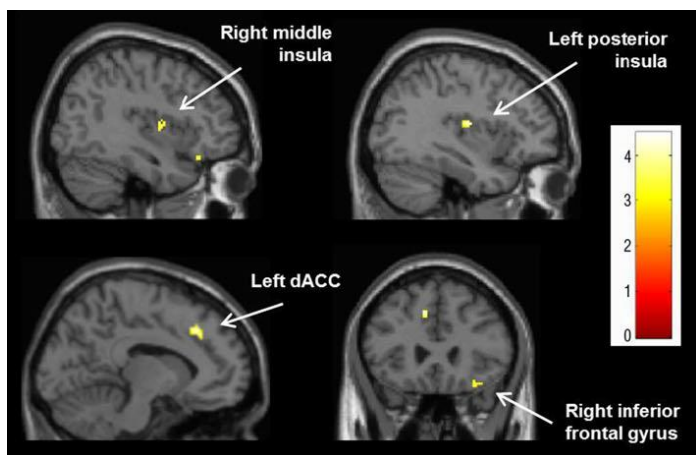
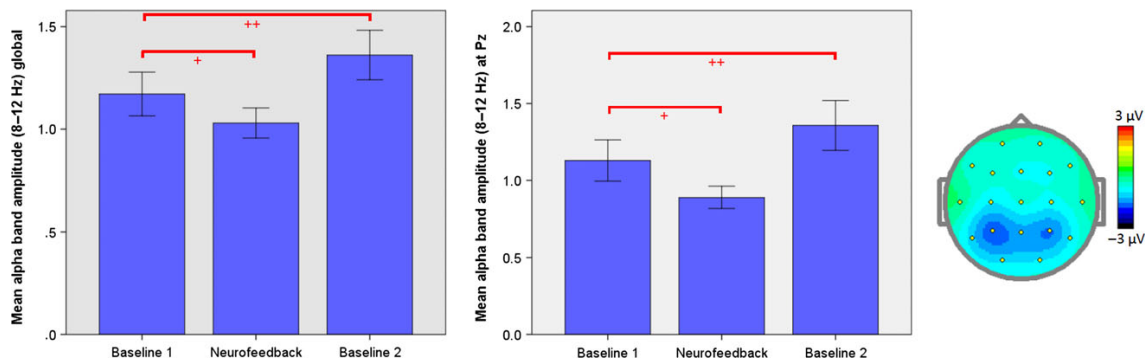
Granger Causality



Neurofeedback, NFB と関連する論文

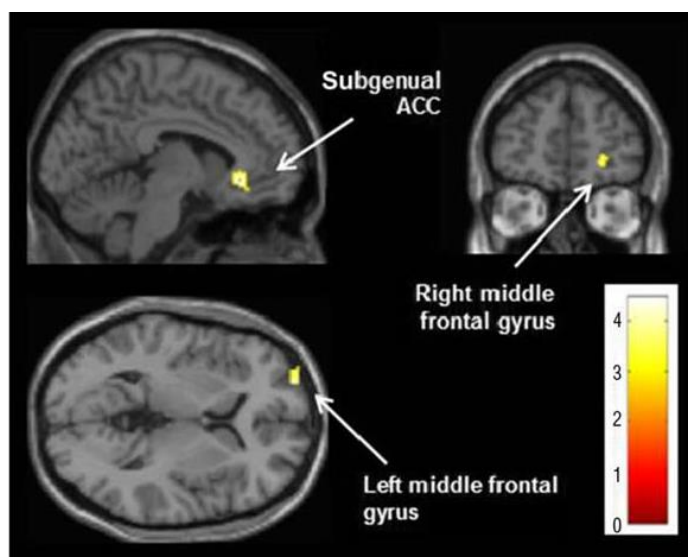
Kluetsch, R.C. et al. Plastic modulation of PTSD resting-state networks and subjective well-being by EEG neurofeedback. *Acta Psychiat. Scand.*, 130:123-136, 2014.

小児虐待による PTSD の参加者 (約 40 歳) で、正中頭頂 (Pz) の脳波の α 波 (8-12 Hz) の振幅を抑制する NFB 訓練を行ない、fMRI により、安静時機能結合の変化、症状

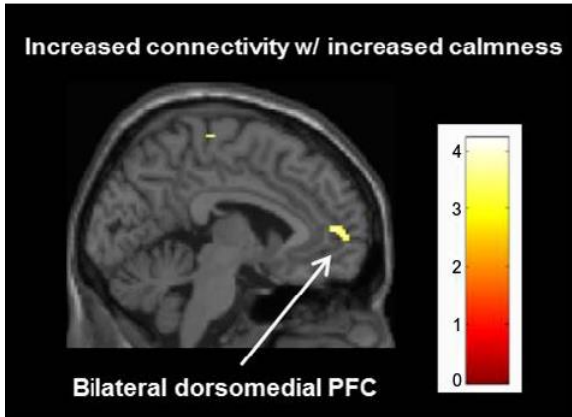
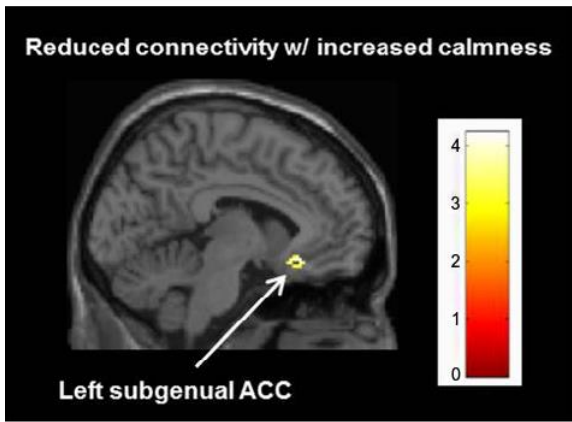
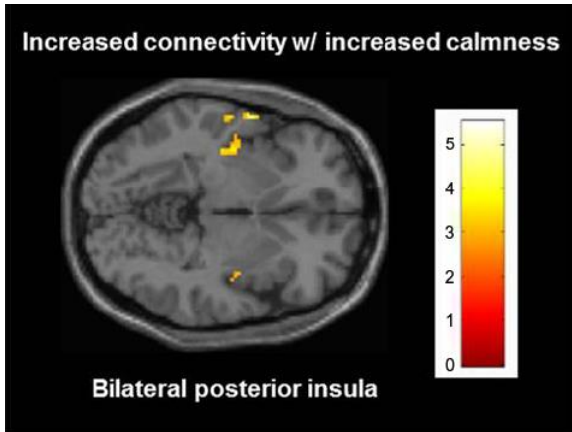


と機能結合との関係を検討した。訓練の報酬、feedback はゲームの続行である。

上図が NFB の訓練の、左が global, 右が Pz の結果である。いずれでも、NFB 訓練で、 α 帯域の振幅が減少した。また、訓練後には rebound が起こり、振幅が訓練前よりも増加した。この rebound は機能結合、症状を変化させた。



中図、下図は訓練後の機能結合の変化で、中図が salient network の結果で、左上より右中部島皮質、左後部島皮質、左背側前部帯状皮質、右下前頭回で機能結合が増加した。下図が default mode network の結果で、右上より膝下前部帯状皮質、右中前頭回、左中前頭回で機能結合が増加した。さらに細かい結果に関して



は、論文の表を参照ください。

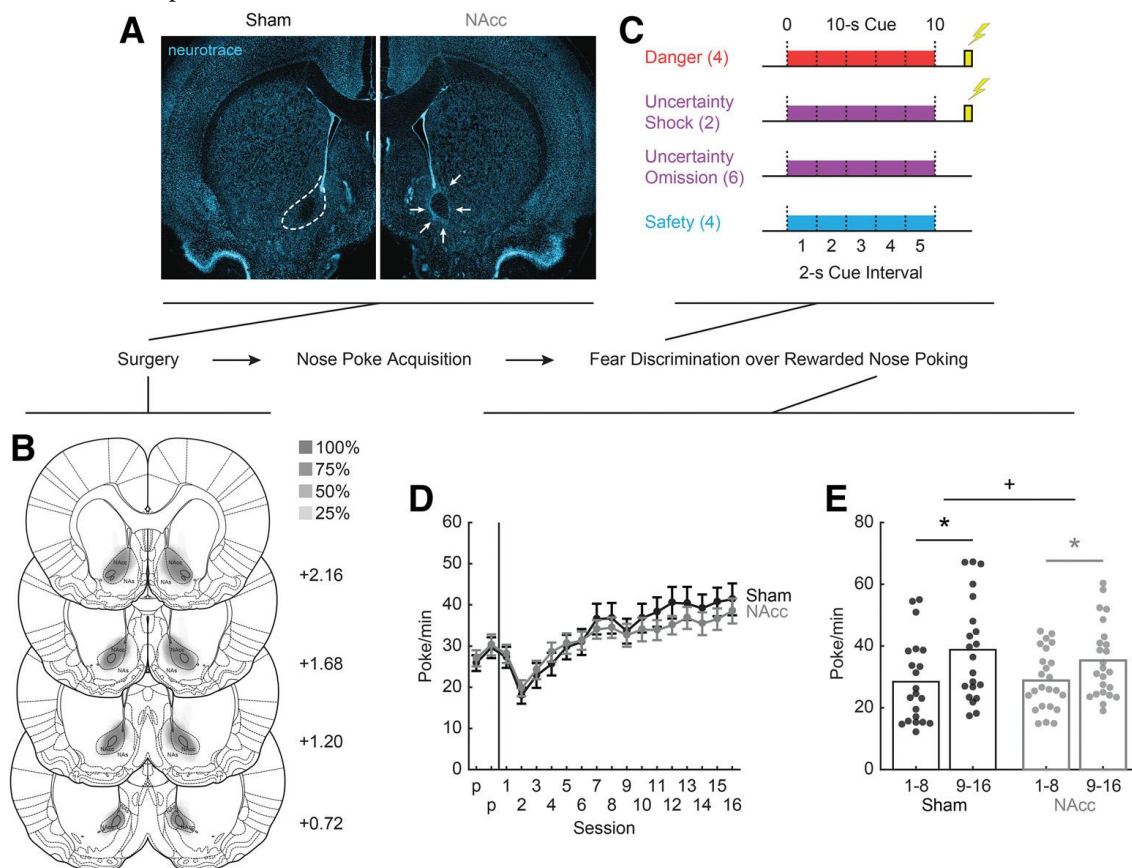
症状の変化は訓練前後の calmness の差を指標とし、機能結合の変化との関係を検討した。左の上図は salient network の後部島皮質の結果で、機能結合が増加すると calmness が増加した。同様の結果が、左上側頭回、左中側頭回、左下前頭回、右上前頭回でみられた。中と下図は default mode network の結果で、中図は左膝下前部帯状皮質の機能結合の減少が calmness の増加と関係した。同様の結果が左中側頭回、左前障でみられた。下図は両側の背内側前頭前皮質では機能結合の増加が calmness の増加と関係した。同様の結果が右内側前頭回でみられた。

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。

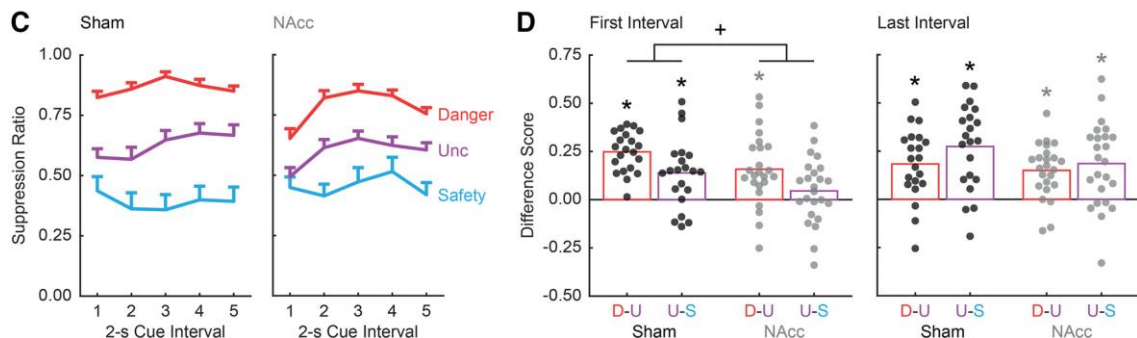
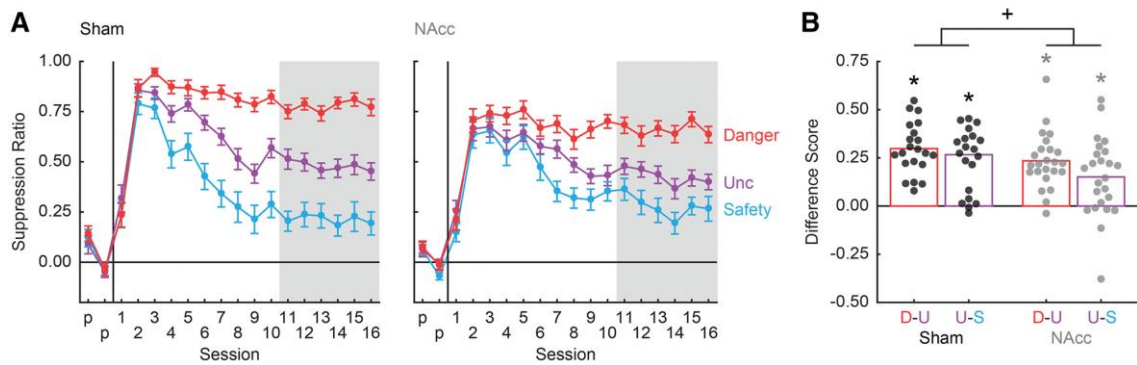
Ray, M.H. et al. The nucleus accumbens core is necessary to scale fear to degree of threat. *J. Neurosci.*, 40:4750-4760, 2020.

この論文は、ラットの側坐核のコア NAcc が fear scaling に関係することを、危険/不明確/安全を弁別する課題で、明らかにした。実験 1 は NAcc の神経毒による損傷、実験 2 では halorhodopsin による光遺伝学的な抑制で、検討した。

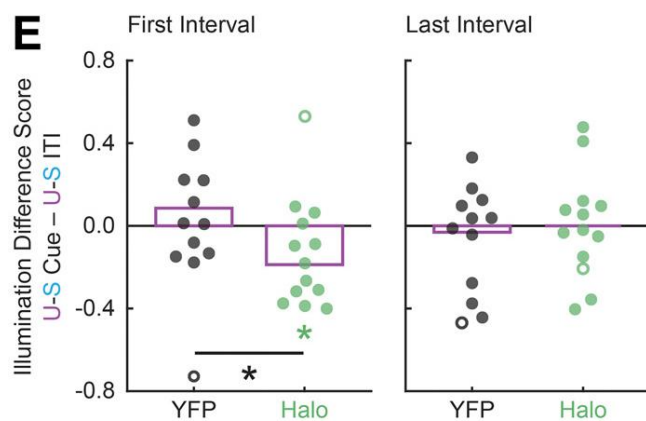


ラットの NAcc は N-Methyle-D-aspartic の注入により切除された (図 A,B)。nose poke の形成後 (VI 60 s) ラットは古典的条件づけで、3つの安全性 (図 C) に対応する3種類の cue (10 s, 音) と電撃が対にされた (図 C)。ラットの恐怖の指標は nose poke の抑制比で $(\text{baseline nose poke rate} - \text{cue nose poke rate}) / (\text{baseline nose poke rate} + \text{cue nose poke rate})$ である。1 は完全な抑制、0 は抑制なしである。Baseline は 10 s の cue 前の 20 s である。図 DE は poke の反応率の変化を示している。

次ページの上図は結果で、図 A は control (左 Sham) と右 NAcc 損傷の分化の経過であ



る。赤：危険、紫：不確実、水色：安全の抑制比である。図 B は最後の 6 セッションで、抑制比の危険 D-不確実 U, 不確実 U-安全 S の算出結果である。差は NAcc 群の方が小さい。図 C は 10 s の cue を 5 つに分けて抑制比を示した。NAcc 群では最初の interval で D と S に差がない。それは図 D でも見られ、first interval で U-S が 0 から有意な変化を示していない。このことは、NAcc が安全と不確実の事態を区別して、素早い fear scaling を行うことに関係していることを示す。



実験 2 は光遺伝学的研究で、簡単に述べる。halorhodopsin, Halo で、NAcc を抑制して fear scaling への効果を検討した。control の蛍光体 YFP も使用した。この実験では光照射の時間を制御できる。ITI か Cue の時期に光を照射し、異なる時期に NAcc を抑制させた。実験 1 と類似した分析を行った。下図 E は左が Cue の最初の 2 s, 右が最後の 2 s で、x 軸は U-S Cue-U-S ITI である。Cue 期照射の不確実 U-安全 S の結果と ITI 照射の U-S の差である。実験 1 と同じように、NAcc の抑制は、不確実と安全の状況で Cue の初めに、すなわち素早い fear scaling が損なわれた。

実験 2 は光遺伝学的研究で、簡単に述べる。halorhodopsin, Halo で、NAcc を抑制して fear scaling への効果を検討した。control の蛍光体 YFP も使用した。この実験では光照射の時間を制御できる。ITI か Cue の時期に光を照射し、異なる時期に NAcc を抑制させた。実験 1 と類似した分析を行った。下図 E は左が Cue の最初の 2 s, 右が最後の 2 s で、x 軸は U-S Cue-U-S ITI である。Cue 期照射の不確実 U-安全 S の結果と ITI 照射の U-S の差である。実験 1 と同じように、NAcc の抑制は、不確実と安全の状況で Cue の初めに、すなわち素早い fear scaling が損なわれた。

今月の特集、総説、メタ分析など

Curr. Opin Neurobiol., 62:1-140, 2020.

Brain, gut, and immune interactions という特集号。

Ritchey, M. & Cooper, R.A. (2020) Trend. Cognit. Sci., 24:451-465.

Deconstructing the posterior medial episodic network と題する総説。

Bauer, A.-K. R. et al. (2020) Trend. Cognit. Sci., 24:481-495.

Synchronisation of neural oscillations and cross-modal influences と題する総説。

Joshi, S. & Gold, J.I. (2020) Trend. Cognit. Sci., 24:466-480.

Pupil size as a window on neural substrates of cognition と題する総説。

Maldonado, I.L. et al. (2020) Neuropsychologia, 144: no 107487.

ヒトの帯状束についての総説。

Dahlgren, K, et al. (2020) Neuropsychologia, 143: no 107495.

エピソード記憶の成功した記銘と想起のイメージング研究のメタ分析。

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

McGugin, R.W. et al. (2020) J. Cognit. Neurosci., 32:1316-1329.

右 FFA の皮質の表、中、深層の厚さと顔の再認の関係を 7t の MRI で検討した。その結果、とくに深層の厚さが再認と負の相関を示した。このような結果は、自動車の再認ではみられなかった。

Prent, N. & Smit, D.J.A. (2020) Neuropsychologia, 142: no 107456.

安静時脳波の α 帯域波の自己相関は、創造性と負の相関を示した。自己相関が低いことは早い状態の switching に関係し、それが高い創造性を生むと考えられた。

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

Shi, E.R. & Zhang, Q, (2020) Brain Lang., 206: no 104811.

大脳基底核の domain-general な機能に焦点をあてた、非流暢性失語の音楽療法の総説。

Kluetsch, R.C, et al. (2014) Acta Psychiatr. Scand., 130:123, 136.

小児虐待による PTSD の成人の正中頭頂部の脳波の α 波の振幅を減少させる訓練を行なった。訓練で α 波の振幅が小さくなり、訓練後に rebound がみられた。この rebound が安

静時の SalN, DMN の機能結合の変化と calmness の増加と関係した。上で紹介した。

Biel, D. et al. (2020) *Hum. Brain Mapp.*,41:2596-2610.

平均 64 y の高齢者に 4 週間の認知訓練を行ない、新奇/見慣れた自然の映画を見せた。訓練の効果は訓練した課題にとどまり、異なる種類の未訓練の課題に転移せず、また、期待された新奇な映画も効果がなかった。脳にも構造的な変化はなかった。

Bonassi, G. et al. (2020) *Neuropsychologia*, 143: no 107472.

運動スキル学習の身体的な訓練とイメージによる訓練の効果を検討した。学習初期には両方の訓練に差がなかったが、スキルの固定や保持には差が出て、イメージ訓練が身体的な訓練より成績が低下した。

Walter, H. et al. (2020) *Neuroimage*, 215: no 116841.

Inspiratory breathing-load task による不快な内受容感覚の予測が、palatable food の欲求の自己制御とどのように関係するかを、fMRI による計測も含めて検討した。不快な内受容感覚の予測が強い者は自己制御が強かった。fMRI では、aIns と preSMA がこれらの結果を部分的に説明した。自己制御では、内受容感覚の予測のレベルは、aIns と実行系などとの FC に関係し、内受容感覚の予測では、自己制御のレベルは aIns, preSMA などの network の FC と関係した。Predictive coding に基づく研究。

Bovy, L. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:3608-3616.

Negative memory schema に対する、mPFC への抑制的な TMS の効果を検討した。Negative schema processing の後に mPFC を TMS で刺激した。そして、emotional false memory task の記銘を行い、翌朝、再生と再認のテストをした。抑制的な mPFC TMS では negative lure 刺激の false memory が減少し、mPFC は memory schema processing に関係。

発達・加齢、母子関係

Wehrle, F.M. et al. (2020) *Neuroimage*, 215: no 116779.

10-16 y の早産だった参加者の、視床-皮質の構造的、機能的な不良 misalignment を検討した。構造面は皮質と結合する視床の諸領域の容量と諸領域の FA, 機能面は睡眠脳波の紡錘波の活動を計測した。視床全体の FA は前頭、側頭後頭領域の紡錘波の積分値と負の相関を示した。このような関係は満期産の参加者では見られなかった。

Saha, S. et al. (2020) *Neuroimage*, 215: no 116807.

早産児の脳の拡散強調画像で FA を計測し、それに基づいて運動機能の異常の予測を行っ

た。かなり高い精度で予測が可能だった。運動皮質、体性感覚皮質の FA で予測の精度が高かった。

Alnæs, D. et al. (2020) PNAS, 117:12419-12427.

9-11 y の児童の脳と行動の関係を心理的、社会的、生物学的な測定値と関係させながら multivariate に分析し、3つの mode を見出した。一つは周産期に関わるもの、一つは経済的な要因を含む社会認知的なもの、一つは都市生活の大気汚染や生活習慣などに関係するもの。これらは脳の構造的な特徴と結びついていた。

Mareckova, K. et al. (2020) Cereb. Cortex, 30:3991-3999.

妊娠中に抑うつだった母親の子供は、皮質の厚さに基づく脳年齢と暦年齢の差が大きく、この加速した脳の成熟は、強い抑うつ傾向と情動の制御の不調と関係した。

Endendijk, J.J. et al. (2020) Neuropsychologia, 143:: no 107493.

幼い子供を持つ母親に、見知らぬ子供の顔写真を見せ、fMRI で脳活性を記録した。また、子供の baby schema を操作し、母親としての nurturance も調査した。子供の顔は視覚領野、海馬、SMC, FPC, Ins を活性化させ、baby schema の影響を受けた。nurturance の高い母親は報酬、salience 関連の被殻、扁桃核を活性化させたが、baby schema は影響しなかった。

Gazes, Y. et al. (2020) Neuroimage, 215: no 116809.

高齢者を含む参加者で、流動性能力（推論、エピソード記憶、処理速度）と結晶性能力（語彙量）と脳の間を fMRI と白質線維の FA、拡散性から検討した。語彙量は左半球に localize された領域が関係し、流動性能力は両半球の広い領域が関係した。語彙量に関する領域を結ぶ白質線維の拡散性は、年齢による変化が流動性能力よりも小さかった。結晶性能力（語彙量）は加齢による劣化が小さい。

Stumme, J. et al. (2020) Neuroimage, 214: no 116756.

55 y-85 y の参加者の rsFC を fMRI で計測し、グラフ理論で分析した。加齢により network 間の rsFC が増加し、network 内の rsFC が減少した。これらの reorganization は視覚野、体性感覚野でみられ、それは年齢関連の認知の成績と関連していた。また、性差もあった。

自・他、社会

Henschel, A. et al. (2020) Trend. Neurosci., 43:373-384.

Social cognition in the age of human-robot interaction と題する総説。

Ohata, R. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:4076-4091.

行為主体の感覚を、感覚運動機能とより高次のレベルに分け、fMRI の MVPA で関連する脳領域を明らかにした。SMC, pPCx, aIns, 高次 VCx が、運動時の感覚運動情報の自他の区別に関係したが、特に右縁上回がもっとも鋭敏だった。両側の SMC, 左 IPL は感覚運動情報に関係していた。

Cai, H. et al. (2020) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 15:359-369.

Human Connectome Project の dataset を利用して、機能的 connectome で 5 因子の性格特性を予測することを試みた。外向性を除く調和性、誠実性、開放性、神経質傾向は予測できた。予測には、DMN, FPN, 視覚、小脳の系が関係した。

Wan, Z. et al. (2020) *Neuroimage*, 215: o 116845.

性格特性の刺激希求性 SS の得点は、報酬に関係する mOFC と報酬を得ようとする行動に関係する ACC の間の FC と正の相関を示した。また、SS は risk-taking 行動と相関するが、FC も関係した。

Faul, L. et al. (2020) *Neuroimage*, 215: no 116843.

自伝的記憶を、事実とは異なる/視点を定める mental simulation を行うと、counterfactual は dmPFC が、視点の変化は楔前部が関係した。海馬前部と mPFC の FC は counterfactual で、前部海馬と楔前部の FC は視点の変化で増加した。

Stephani, T. et al. (2020) *Neuropsychologia*, 143:107478.

N170 は視線が外れている顔の方が大きいですが、それは active な条件でも同じだった。

Xu, M. et al. (2020) *Hum. Brain Mapp.*, 41:2669-2689.

社会的差別が proactive と reactive な認知制御に与える影響を行動と ERP で検討した。差別は proactive control を弱め、reactive control を高めた。前者は ERP の P3b, CNV に反映され、後者は課題 (AX-CPT) の成績と ERP の N2 に反映された。そして、cued-flanker 課題で、cue の提示時間を操作し、proactive control の低下は、認知能力の低下と proactive control の motivation の低下によることを明らかにした。

Theriault, J. et al. (2020) *Neuropsychologia*, 143: no 107475.

Metaethical judgement (これは predictive coding の予測可能性、社会的コンセンサスに相当) に対する ToM network, ToMN の脳活性を計測した。ToMN の活性 (両側 TPJ が最も強い) は客観的なモラル判断とは負の、主観的なモラル判断とは正の相関をした。また、刺激内容 item と ToMN の活性の関係を検討し、ヒトの存在は正、一致では負、他者の心的

状態の推測では正の関係だった。Predictive coding からのモラル判断の研究。

Tholen, M.G. et al. (2020) *Hum. Brain Mapp.*, 41:2611-2628.

Empathy と ToM の fMRI の item 分析。empathy 関連領域 (aIns, ACC/dmPFC, IFG, dTPJ/縁上回)、ToM 関連領域 (vTPJ, STG, 側頭極、前後の正中線領域) はそれぞれの関連課題で活性化した。item 分析では、最も安定し、再現可能な反応を引き起こす刺激のセットを明らかにした。

Qureshi, A.W. et al. (2020) *Cognit. Affect. Behav. Neurosci.*, 20:565-574.

dIPFC への TMS は、self/other perspective の競合、葛藤の解決を妨害した。dIPFC はこの葛藤の解決に因果的に、domain general 的に関係する。

Judd, N. et al. (2020) *PNAS*, 117:12411-12418.

社会経済状態 SES と遺伝要因 (polygenic score for educational attainment, EduYears-PGS) が脳の構造 (sMRI) と認知に与える影響を青年 (14 y と 19 y) で検討した。SES と遺伝的要因は共に皮質全体の表面積と関係していたが、遺伝的要因は右頭頂皮質の表面積と関係した。SES は WM にも関係し、それは遺伝的要因を除いても見られた。

Yang, J. et al. (2020) *Nat. Neurosci.*, 23:754-760.

3 人対 3 人のグループ間の競争事態で、グループ内の結束を操作し、NIRS で脳活性を計測した。グループ内の結束は右 dIPFC の活性を低め、右 dIPFC と右 TPJ の FC を高めた。他グループ攻撃では、グループ内の右 dIPFC, 右 TPJ の活性の同期が高まり、右 dIPFC の同期はグループ間の敵愾心と相関した。

Isik, L. et al. (2020) *Neuroimage*, 215:116844.

二人の人物が社会的交渉をしているかを MEG データから decode した。decoding は 300 ms 以後の波形から可能だった。社会的交渉の認知には、反復的な top-down の計算が必要と思われる。

Swe, D.C. et al. (2020) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 15:337-346.

6 Hz で顔を提示し、1 Hz で信用に関して評価の異なる顔を提示した。判断は求めない。脳波を記録したが、1 s ごとに脳波の振幅の増加がみられ、安定した個人差がみられた。この反応は倒立顔では消失した。

Krivan, S.J. et al. (2020) *Neuropsychologia*, 143: no 107490.

参加者に、control の中性の顔と、幸せ/悲しみの顔を提示したが、涙のあり/なしの条件

があった。表情の弁別と表情の模倣を行った。脳波を記録したが、ヒトの MNS の活動を反映する μ 波に着目した。弁別で μ 波は亢進し、模倣で抑制された。 μ 波の抑制は、涙のある幸せ顔、涙のない悲しみの顔でみられた。

情動、動機づけとその障がい

Quinones, M.M. et al. (2020) *Cognit. Affect. Behav. Neurosci.*, 20:455-480.

Dysregulation of inflammation, neurobiology, cognitive function in PTSD: An integrative review と題する総説。

Miller, J.G. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:4269-4280.

Early life stress, ELS を受けた青年は、顔刺激をみた時の、中心内側扁桃核と vmPFC の間の負の coupling が強く（これは成人でみられる）、それは telomere shortening と pubertal tempo が遅いことと関係した。ELS は前頭扁桃核の負の coupling を加速させたが、それは biological aging の加速を防いでいた。

Jung, M. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:4238-4245.

子供期の虐待に関係する反応性のアタッチメント障がい RAD の脳の構造的な変化を検討した。RAD では前部視床放散の FA と axial 拡散性の増加、両側の淡蒼球、右視床の容量が増加した。また、視床の容量の増加は前部視床放散の FA と関係した。

Sokolowski, A. et al. (2020) *Cognit. Affect. Behav. Neurosci.*, 20:588-603.

小さい頃と最近のストレスについては、match/mismatch モデルと cumulative モデルがあるが、fMRI の FC からこの2つのモデルを検討した論文。

Rupprechter, S. et al. (2020) *Brain*, 143:1946-1956.

抑うつと報酬との関係を、確率的報酬学習を実行中の、抑うつ cohort の mPFC と大脳基底核の活性と機能結合を fMRI で計測して、検討した。NAcc を含む領域の報酬への反応の減少は抑うつ症状の増加と関係した。mPFC から線条体への報酬関連の FC の減少は抑うつ症状の重篤化と関連していた。

Dhami, P. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:2884-3894.

約 21 歳のうつ病 MDD と健常者で、両側の dlPFC, MCx, IPL への TMS への反応性と FC を脳波で検討した。MDD では、dlPFC への TMS で皮質の反応性の増加がみられ、それは anhedonia score と相関した。また、右 dlPFC の DMN との FC が増加した。

Tozzi, L. et al. (2020) *Neuroimage*, 214: no 116715.

米国 NIMH が主導する Research Domain Criteria initiative と Human Connectome Project, HCP を結びつけて、若い成人の不安や抑うつを FC から検討する試み。

Heffer, T. & Willoughby, T. (2020) *Cognit. Affect. Behav. Neurosci.*, 20:624-635.

3-5 grade 学年の children と 6-8 grade の adolescent で、参加者を高/低の worrier に分け negative feedback に対する感度を ERP (P3) で検討した。いずれの学年でも、negative feedback に対する P3 は高 worrier の方が大きかったが、上の学年では低 worrier との差は小さくなった。Adolescent では negative feedback への感度が一般的に高い。

Gu, R. et al. (2020) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 15:303-317.

社会的不安が高/低の 2 群に、社会的 feedback 処理の期待と経験が分けられる課題で、ERP を記録した。不安が高い者は、仲間から社会的に reject されると予測する傾向が強かった。不安が高い者の ERP は、feedback 提示前の cue (仲間の顔) に対する P1 が大きく、予期せぬ acceptance と rejection で FRN に差があり、feedback valence に対する P3 の感度が低下した。

Yu, H. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:3558-3572.

分散的に社会的な罪に関係する脳組織 GRBS が存在することを fMRI により明らかにした。GRBS は痛みや他の社会情動的な過程に関連する脳の活性パターンとは異なり、独立性が高かった。

Aquino, T.G. et al. (2020) *J. Neurosci.*, 40:4761-4772.

価値に関する観察学習を行っているテンカン患者の扁桃核から neuron 活動を記録した。扁桃核の neuron は、自他の期待した報酬、実際に得た報酬値に関係した。また、体験した価値の coding と観察した価値の coding は異なる neuron 群で行っていた。

Lauffs, M.M. et al. (2020) *Neuroimage*, 214: no 116766.

Error-/surprise-based learning には、報酬の可能性のある刺激の検出に関する速い成分と、報酬予測誤差に関するそれよりも遅い成分がある、と考えられる。この点を card game と脳波で検討した。Game ではリスクの予測誤差は P3b の振幅が関係し、そしてその前に刺激の salience に関する速い活動があった。これらの活動は、島皮質、FCx, TCx でみられ、青斑核からの NE 入力を受けた。

Yoon, T. et al. (2020) *J. Neurophysiol.*, 123:2161-2172.

前以て好みの程度が分かっている抽象的な刺激を中央に提示し、周辺部に saccade するこ

とを求めた。好みの高い刺激では、RT が短く、速度は速く、振幅が大きかった。

Bublitzky, F. et al. (2020) Neuroimage, 215: no 116814.

幸せと恐れ表情が、分かりにくい low, ある程度分かる medium の刺激を提示する際に、電撃の恐れ/安全の context を与え、自己報告と MEG を記録した。電撃の恐れ context は恐れ表情の判断にバイアスを与えた。顔刺激と context は連合野の早い、中程度の活動に影響を与えた。PC x の早い活動は、分かりにくい表情では対応する context が顔への反応を高めた。分かりやすい表情では逆の関係がみられた（幸せ表情に恐怖 context で活性が上がった。その逆もあり）。Predictive coding 的な考え。

Furtak, M. et al. (2020) Cereb. Cortex, 30:4158-4168.

Threatening な刺激と context-object mismatch (semantically incongruent) の刺激が、ともに自動的な注意を引くか ERP の N2 で検討した。Threatening な刺激は自動的な注意を引いたが、context-object mismatch の刺激はそうでなかった。

感覚運動障がい、その他の障がい

Havekes, R. & Aton, S.J. (2020) Trend. Neurosci., 43:385-393.

Impact of sleep loss versus waking experience on brain plasticity: Parallel or orthogonal? と題する総説。

Simon, E.B. et al. (2020) Trend. Cognit. Sci., 24:435-450.

Sleep loss and the socio-emotional brain と題する総説。

Arzi, A. et al. (2020) Nature, 581:428-433.

脳損傷後の意識の有無の判定に嗅覚刺激に対する sniffing が有効であることを示した。

Lambert, F.R, et al. (2020) Neuroimage, 215: no 116811.

急性アルコール中毒 AAI と expectation の分離を、Go/No-Go 課題と ERP で行った。AAI は RT の変動性とエラー後の slowing を増加させた。Commission error rate は影響ない。preSMA, ACC からの刺激 locked の N2, P3 に影響を与えた。一方、反応 locked の ACC からの ERN を減少させた。AAI は実行 network に局所的な影響を与え、モニター過程には global strength-based mechanism で障害を与えた。アルコール関連の expectation は medio-lateral PFC の刺激 locked の early N2 に影響を与えた。これは AAI の影響よりも早い。

St-Laurent, M. et al. (2020) Neuropsychologia, 142: no 107436.

間脳の卒中による発達性の健忘症 N.C.さんとコントロールに、短いビデオを複数回みせ、記銘と想起を行わせ、fMRI で脳活性を計測した。encoding の classifier では、N.C.には反復抑制がみられなかった。recall の classifier ではコントロール並みの成績だった。encoding の classifier で recall をテストする cross-condition classifier の成績は、N.C.はコントロールよりも劣っていた。N.C.は補償的な活動で、記憶の低下を補っていた。