

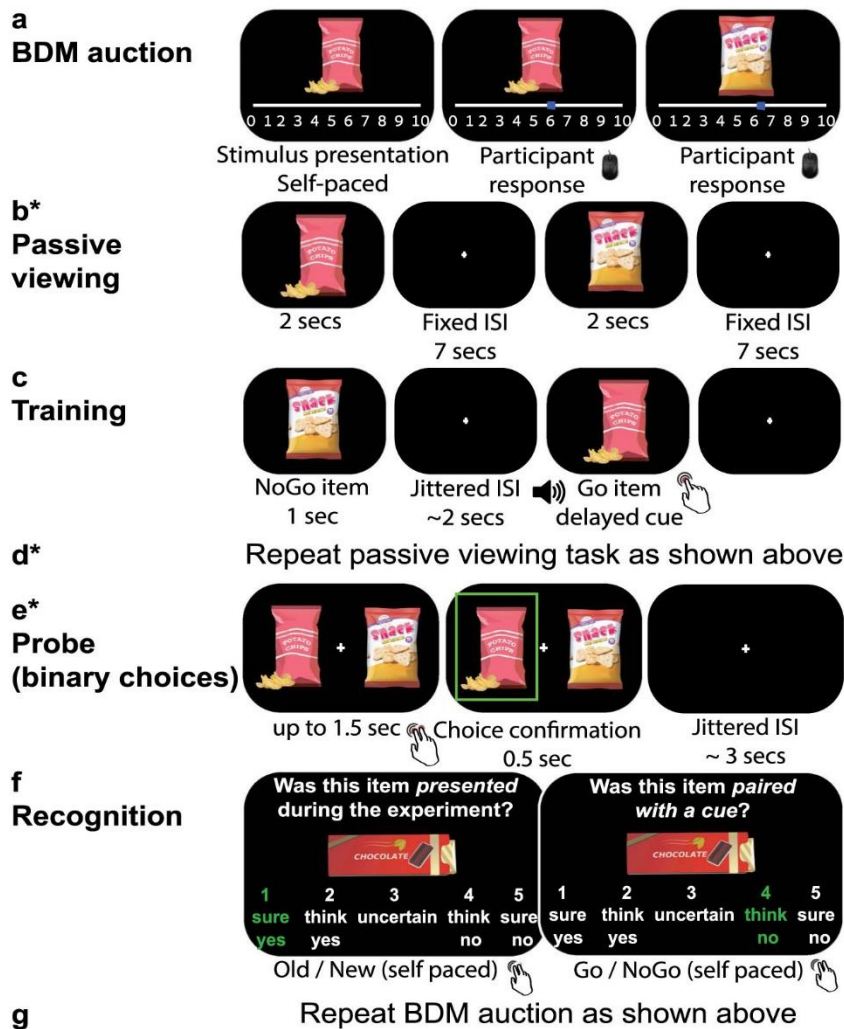
今月の認知神経科学：論文紹介

2020年6月

認知神経科学の進歩

Botvinik-Nezer, R. et al. Enhanced bottom-up and reduced top-down fMRI activity is related to long-lasting nonreinforced behavioral change. *Cereb. Cortex*, 30:857-874, 2020.

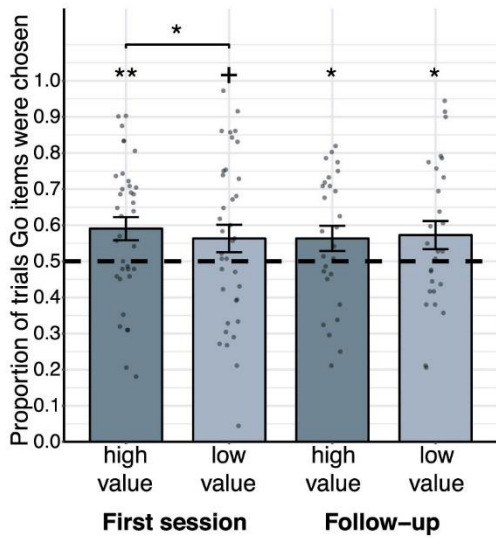
この論文は行動を変容させる方法がテーマなので、「応用」で取り上げるのがふさわしいが、基礎的な研究なので、ここでやや詳しく紹介する。外的な強化なしに、対象（スナック）に cue と素早い反応を連合させる cue-approach training, CAT で、対象の好みは長期間変化する。



ック）に cue と素早い反応を連合させる cue-approach training, CAT で、対象の好みは長期間変化する。

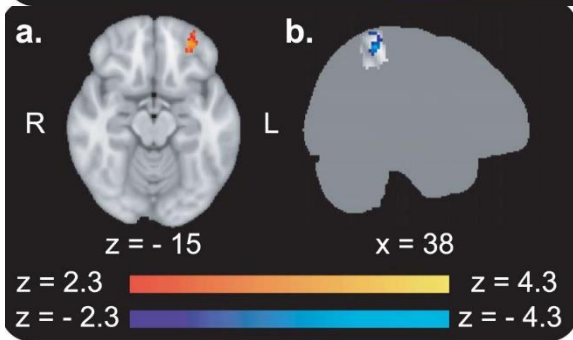
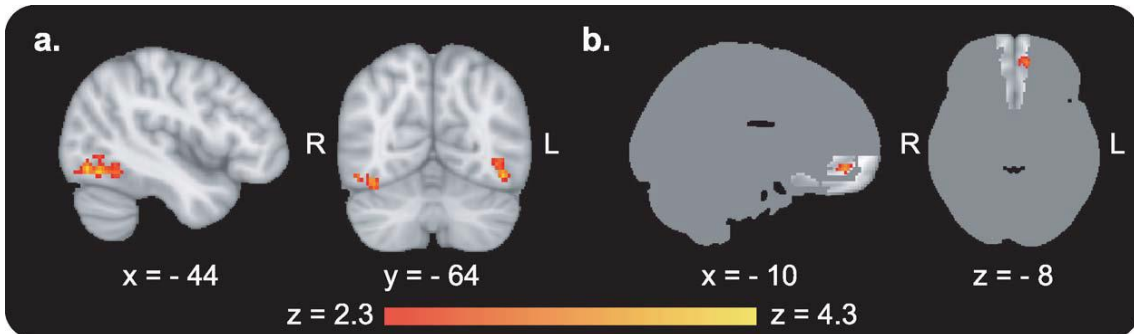
左の図が手続きで、a は auction で各スナックの好みを測定する。b, d は MRI の装置内でスナックのイメージを見る。c は CAT で選んだスナックのイメージに音を付加し、早い反応を求める。e は CAT の刺激とそうでない刺激の2肢選択を MRI 装置内で行う。f は再認のテストで、提示

されたスナックが実験で使われたか、また、音と対にされたかを確信度も含めて答える。g は a の auction を再度行う。そして、1 か月後に手続き d-g を再度行った。* のついた手続きは fMRI の計測がある。実験に使ったスナックは高い好み（60 のスナックの 7-18 位）、低い好み（43-54 位）から選んだ。



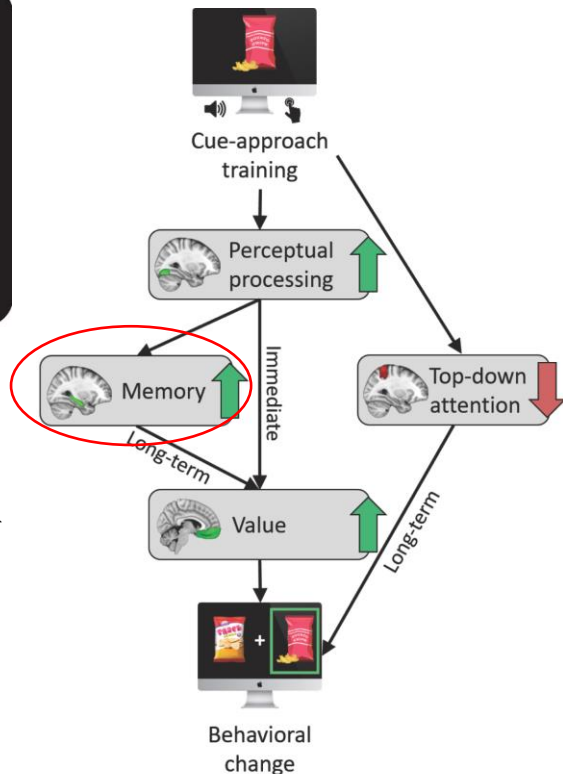
上図が行動の結果で、2 肢選択で CAT の対象となったスナック (Go item) が選択された率である。1 か月後では好みの程度に関係なく、選択率がチャンスより上である。

fMRI の実験は高い好みのスナックで行った。Passive viewing の結果だが、中図は CAT 前後の Go item とそうでない item の比較で、a の腹側視覚系に沿う領域、b の腹内側前頭前皮質 vmPFC に活性がみられた。下図左は 1 か月後の結果で、図 a は Go item に対する活性を CAT 前と比較したもので、左眼窩前頭皮質 OFC に活性がみられた。図 b は Go item とそ



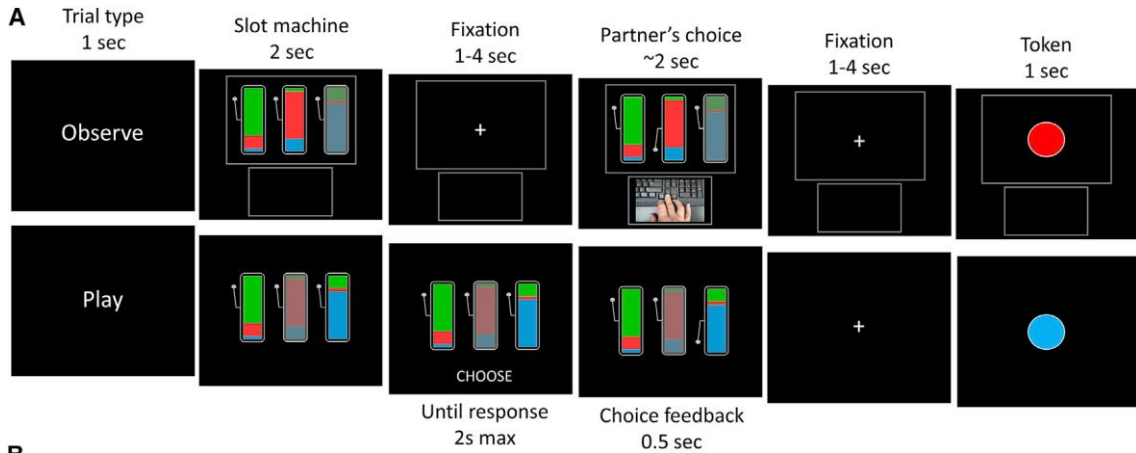
うでない item の比較で、右上頭頂小葉 SPL に活性低下がみられた。

Probe の結果は省略するが、外的な強化がない CAT で視覚領野 (bottom-up) が活性化し、top-down の頭頂皮質の活性が低下することで、長期間の好みの変化が維持された。これは従来の強化と top-down 強調とは異なる approach。下図左がその考えで、記憶の役割が強調されている。



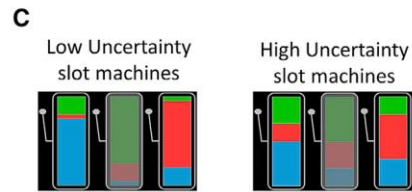
Charpentier, C.J. et al. A neuro-computational account of arbitration between choice imitation and goal emulation during human observational learning. *Neuron*, 106:687-699,2020.

この論文は観察学習における2つの strategy (choice imitation と goal emulation) の採用の条件やその脳内機構を検討した。

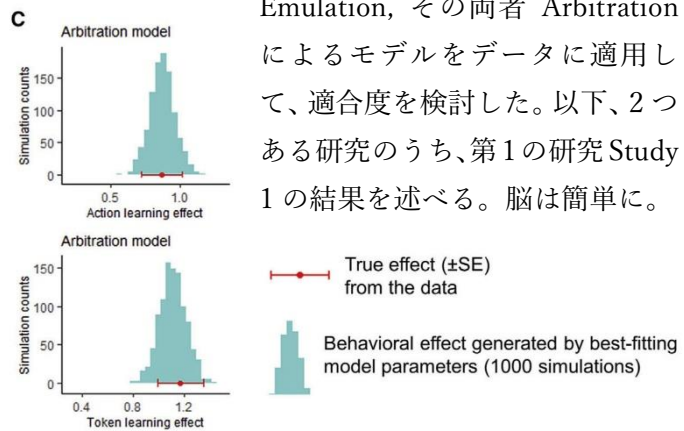
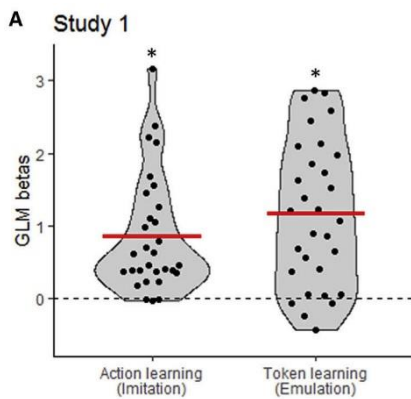


B

Stable, Low Uncertainty	14 trials	16 trials				
	17 trials	13 trials				
Stable, High Uncertainty	15 trials	15 trials				
	13 trials	17 trials				
Volatile, Low Uncertainty	5 tr.	5 tr.	4 tr.	4 tr.	6 tr.	6 tr.
	6 tr.	4 tr.	5 tr.	4 tr.	6 tr.	5 tr.
Volatile, High Uncertainty	5 tr.	4 tr.	6 tr.	6 tr.	4 tr.	5 tr.
	6 tr.	5 tr.	4 tr.	5 tr.	4 tr.	6 tr.



上図 A は手続きで、参加者は partner が 3 つあるうちの 2 つが有効な slot machine を操作するのを見る。各 machine の色は、その色の token が得られる確率である。上図 B は 8 block, 各 30 試行で、色はその block で価値がある色を示す。Stable は色-報酬の関係の変化が少なく、Volatile ではその関係が頻繁に変わる。上図 C は Uncertainty の程度で、色の比率の差が大きい Low (左), 小さい High (右) Uncertainty がある。Imitation と

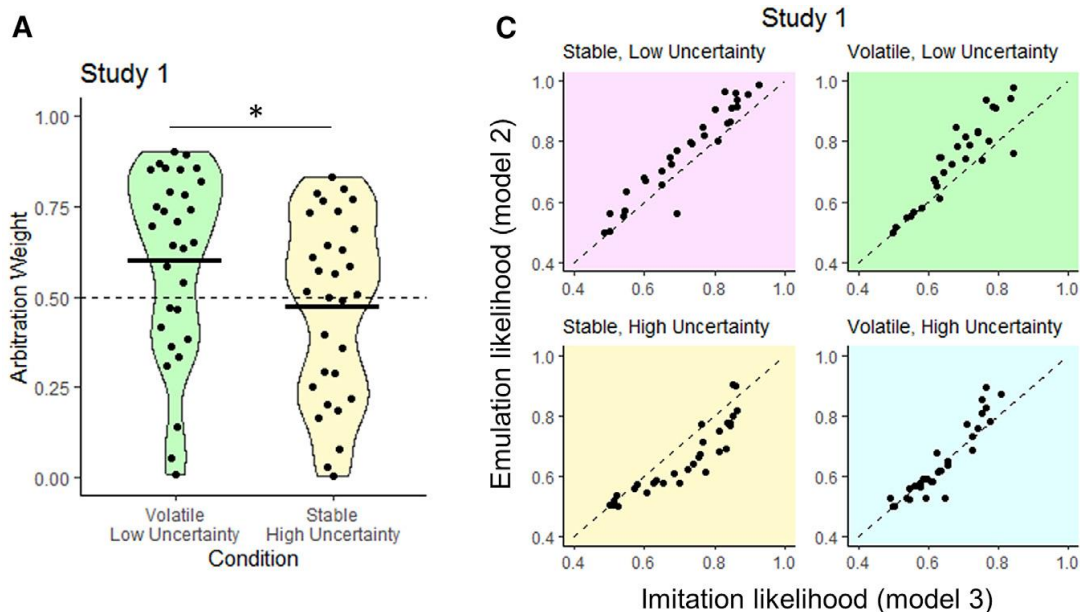


Emulation, その両者 Arbitration によるモデルをデータに適用して、適合度を検討した。以下、2 つある研究のうち、第 1 の研究 Study 1 の結果を述べる。脳は簡単に。

下図 A は左が imitation の基づくモデル、右が emulation に基づくモデルによる選択の

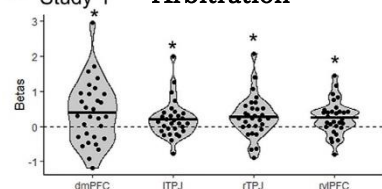
予測で、両方とも有意な結果になっている。それは両 strategy が含まれることを示唆し、下図 C にあるように、両者を考慮した arbitration model が最も適合した。

上図は volatile/stable と high/low uncertainty で、 emulation/imitation の strategy がどう変化するかを検討した結果で、図 C にあるように、low uncertainty では stable, volatile で emulation が、stable で high uncertainty では imitation が優位になった。Volatile で high uncertainty では両者に差はなかった。図 A の y 軸は emulation を採用する程度の重みだが、図 C と整合的な結果である。状況に応じて、両 strategy が使い分けられる。

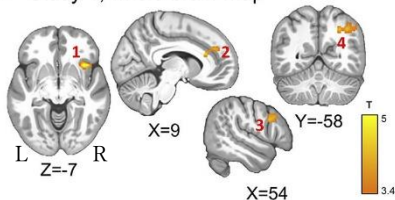


Reliability difference (EM - IM)

A Study 1 Arbitration

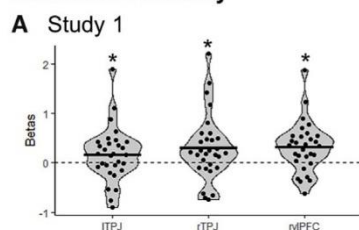


C Study 1, whole-brain map

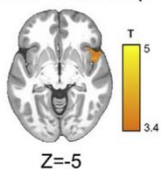


中図 A:ROI, dmPFC, 左右 TPJ, 右 vPFC, 中図 C:1-aIns, 2-dACC, 3-右 IFG, 4-右角回。下図 A:ROI, 左右 TPJ, 右 vPFC, 下図 C:右 aIns, 下図 I:ROI, mOFC, 下図 K:1-mOFC/vmPFC, 2-IPC。

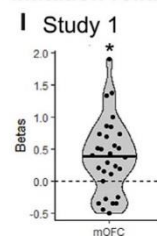
Emulation reliability



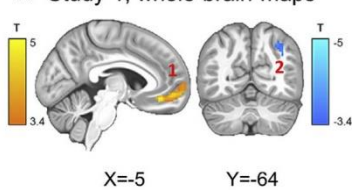
C Study 1, whole-brain map



Imitation reliability



K Study 1, whole-brain maps

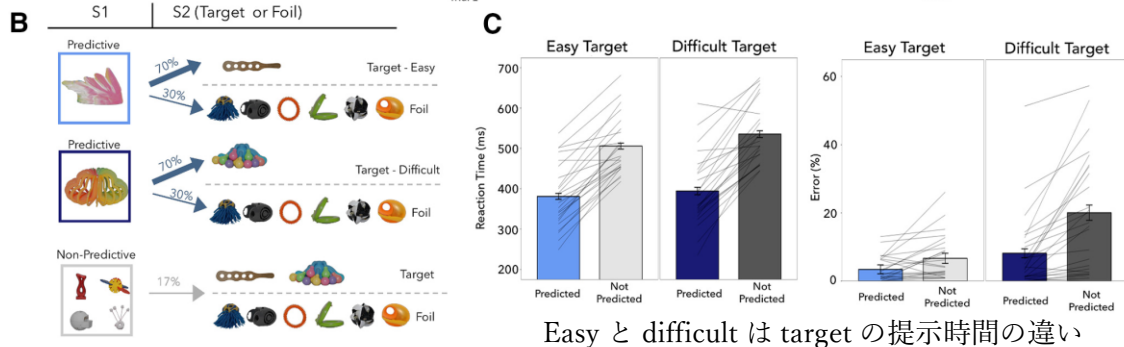
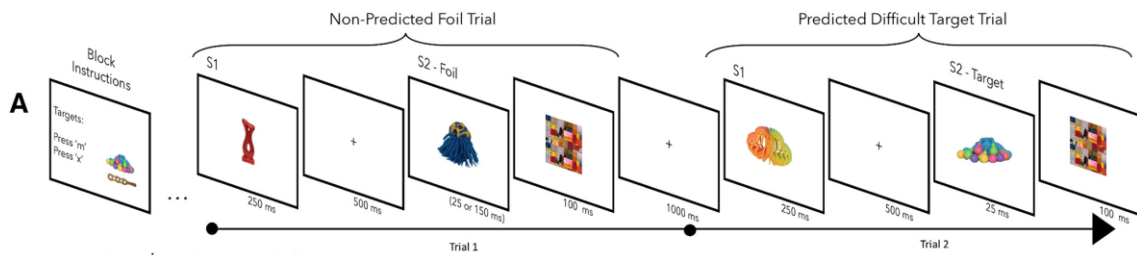


中図と下図が fMRI 結果である。中図は arbitration 関連の脳領域だが、下図の emulation の領域と重なる。下図は emulation (左) と imitation (右) に関連する脳領域である。ROI と whole-brain の結果があるが、両 strategy の領域は殆ど重なることがない。ヒトは両 strategy を使い分けるが、それは emulation 関連領域から派生した活動による。

Predictive coding, PC と関連する論文

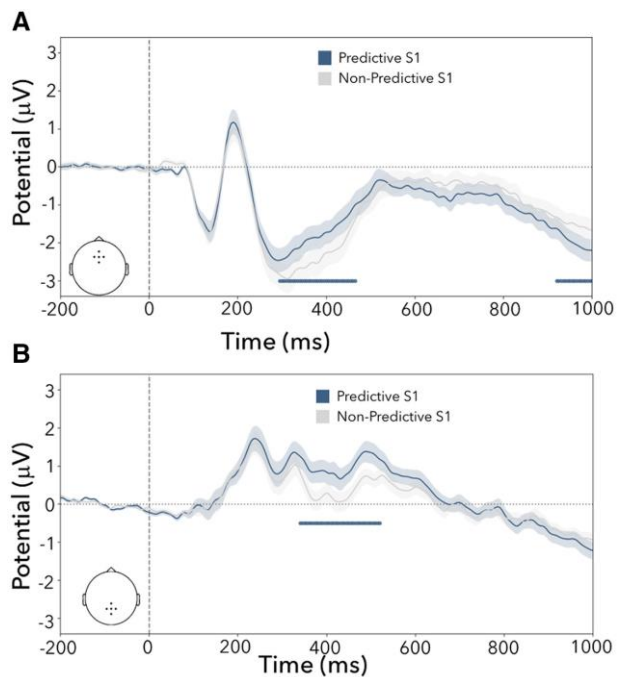
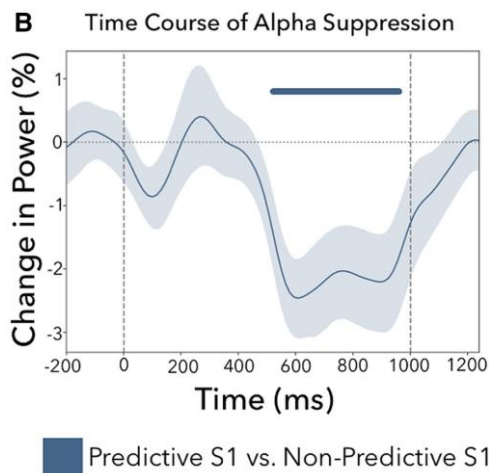
Boettcher, S.P.E. et al. One thing leads to another: Anticipating visual object identity based on associative-memory templates. *J. Neurosci.*, 40:4010-4020, 2020.

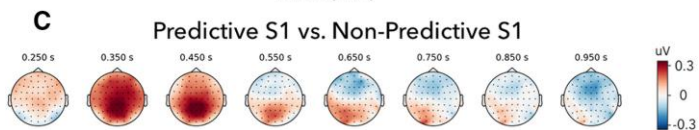
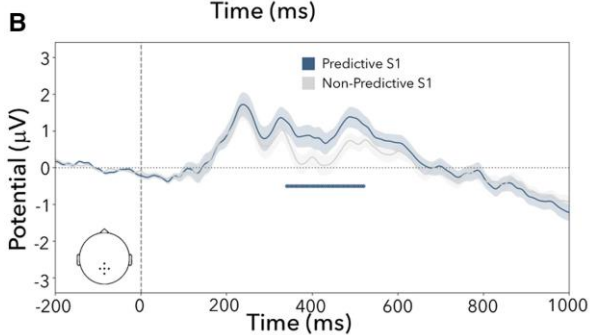
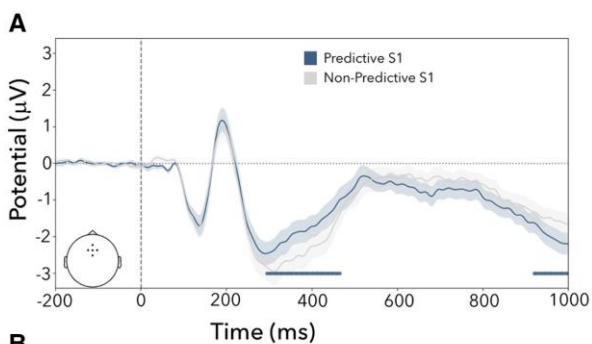
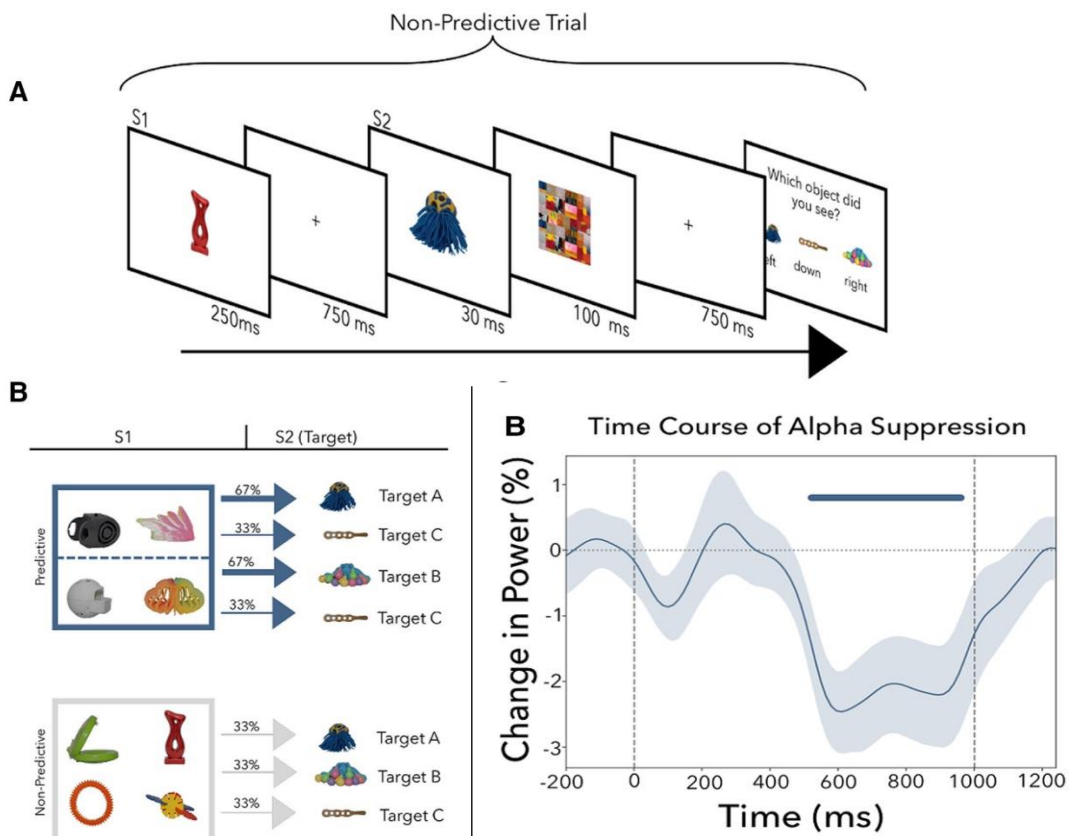
この論文の課題は target 検出だが（上図）、それを予測する刺激（70%）としない刺激（30%）が先行する。予測する刺激の場合は、 α 帯域と前頭部の CNV を含む負の事象関連電位 ERP の抑制、後頭部の正の ERP の増加がみられることを示した。



Easy と difficult は target の提示時間の違い

下図左 B は α 帯域波の抑制を、右 A は前頭の負電位の減少、右 B は後頭部の正電位の振幅増加がみられた。下線が有意差ありの時間。

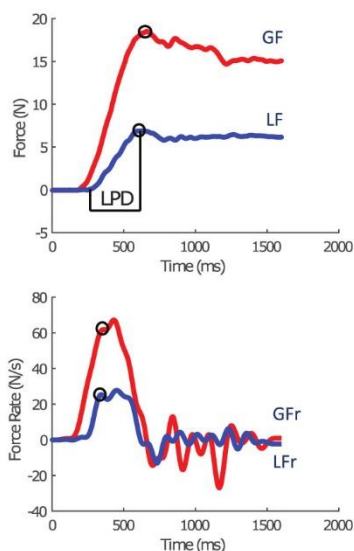
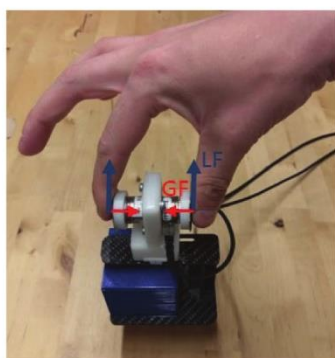




以上は実験 1 の結果だが、実験 2 も行っている。課題は上図 A、中図左 B にあるように、すべての S2 の報告を求めた。予測の有無が中図左にある。結果は実験 1 と同じで、予測可能な条件では、 α 帯域の抑制が（中図右 B）、前頭負電位の減少（下図 A）、後頭正電位の増加がみられた。

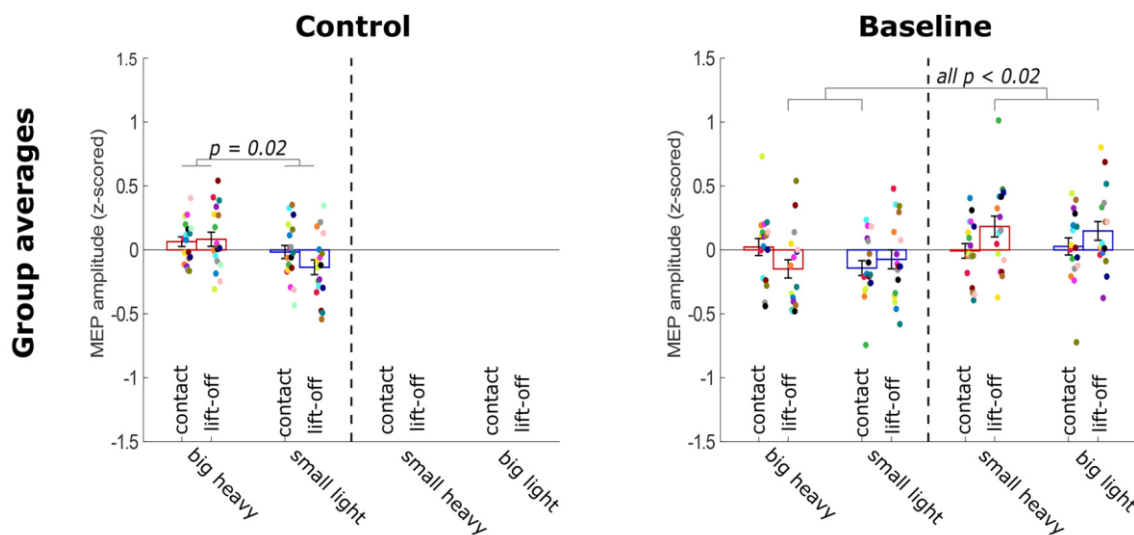
Rens, G. et al. Sensorimotor expectations bias motor resonance during observation of object lifting: The causal role of pSTS. *J. Neurosci.*, 40:3995-4009, 2020.

この論文は、モデルがものをつまんで持ち上げる動作を観察した時の motor resonance (関連する筋に対応する一次運動野への TMS による筋活動 MEP の上昇) が、ものの大きさ、重さに基づく期待でどのように変化するかを検討し(実験 1)、妨害的な TMS (theta burst stimulation) で、脳内過程を明らかにした (実験 2)。



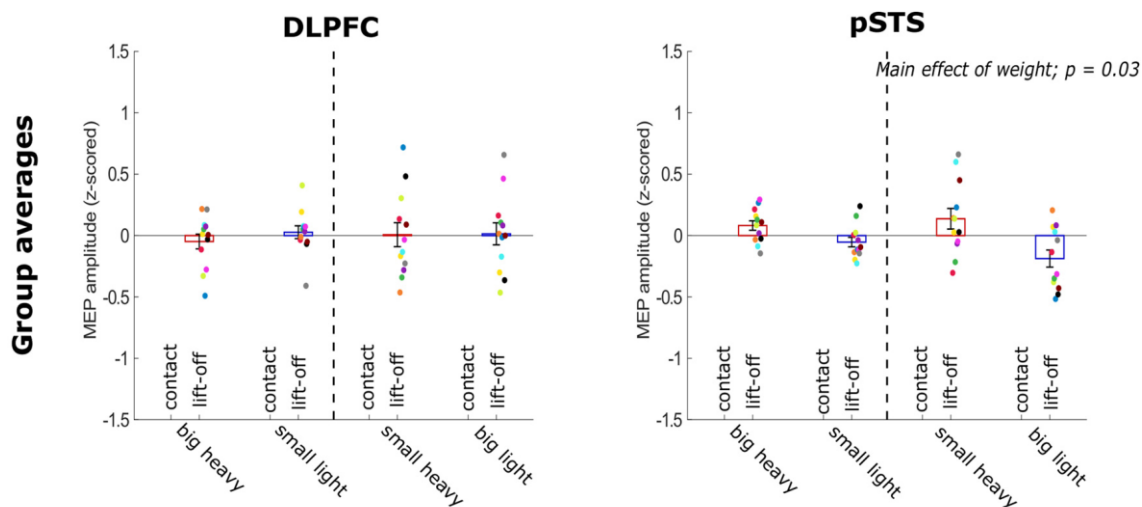
上図左は実験に使用したもので、図右につまむ力 GF と持ち上げる力 LF の時間的変化が示されている。ものは大/小と重い/軽い の 4 条件があり、大/重い、小/軽い が congruent、小/重い、大/軽い が incongruent な条件である。実験 1 で参加者は control 群と baseline 群に分かれ、control 群は congruent な条件のみ、baseline 群は

congruent と incongruent の両条件を観察した。



下図は実験 1 の結果で、観察時 (ものに contact と lift-off) の z 化された MEP で、左が control, 右が baseline 群の結果である。Control 群は congruent の結果を示し、大きくて重い場合は MEP が大きく、小さく軽い時は MEP が小さい。Baseline 群では congruent に対する incongruent の抑制的な影響がみられた。そして、参加者の MEP は予期したも

のの重さと実際の重さの mismatch のモニターが関係した。例えば、同じ heavy でも、小さい方が、lift-off 時の MEP は大きい。

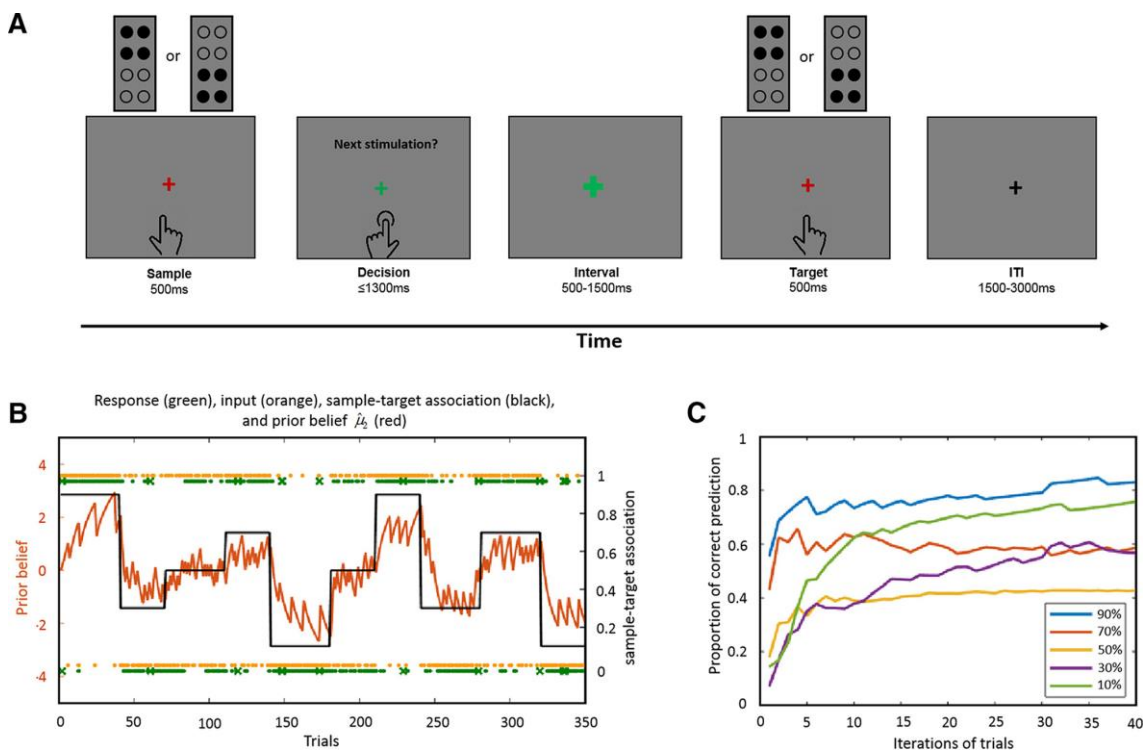


上図は実験 2 の DLPFC と pSTS への virtual lesion としての TMS を与えた効果で、lift-off 時の MEP を検討した。pSTS への TMS は incongruent の抑制的な効果が消失し、大きさに関係なく、重いものは MEP が大きく、軽いものは小さい。これは control 群の結果と同じである。DLPFC は大きさ、重さに関わる全ての影響を消失させた。これらの結果は、motor resonance は pSTS や DLPFC からの top-down の入力によって仲介されていることを示した。

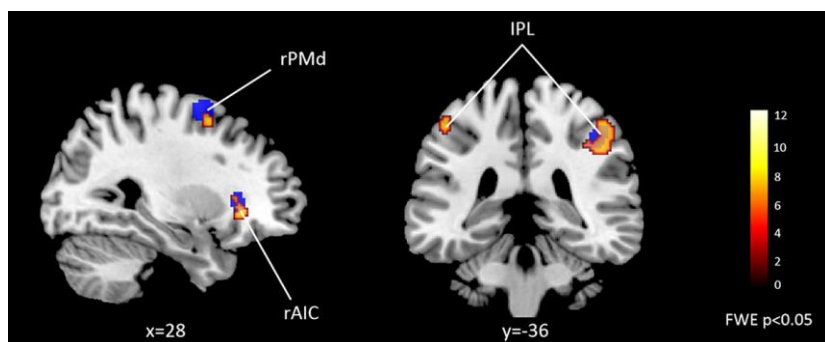
分析はまだ続くが、論文のコアの結果は示せたと思う。

Wang, B.A. et al. Modulations of insular projections by prior belief mediate the precision of prediction error during tactile learning. *J. Neurosci.*, 40:3827-3837, 2020.

この論文は、触覚についての prior belief が、意思決定に関係する前部島皮質 AIC の機能結合に与える影響を検討した。論文に出てくる model について無知で、細部を理解していない。分かったところを簡単に紹介する。

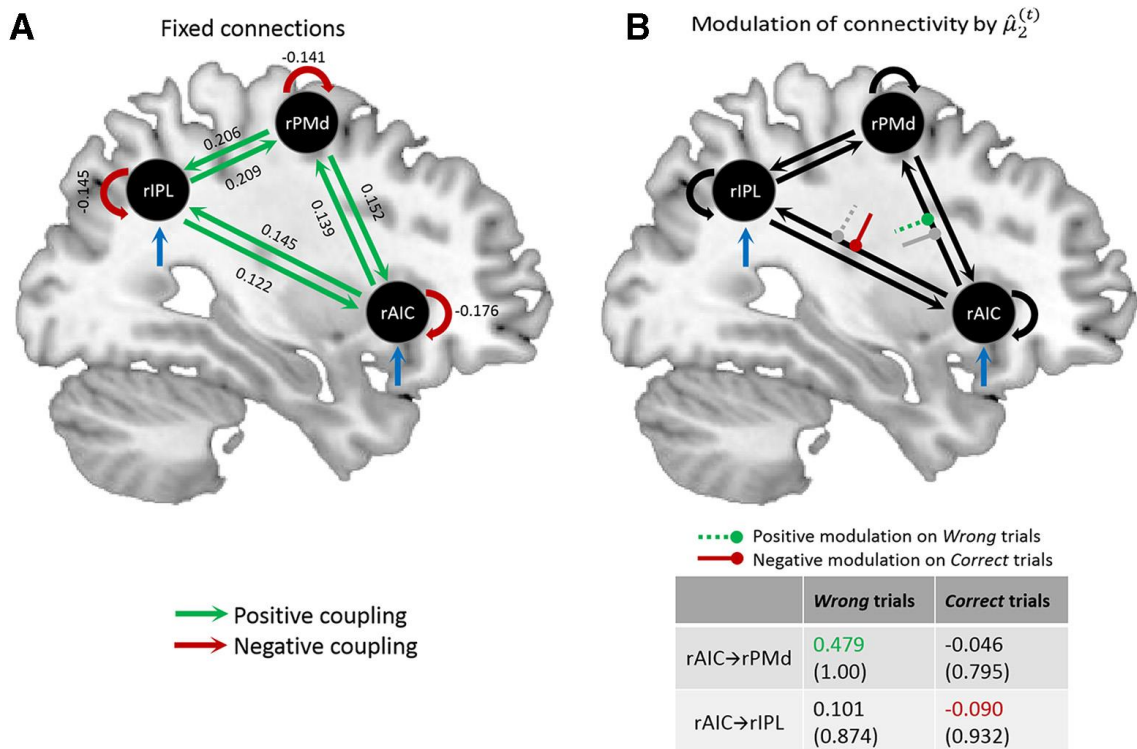


上図は手続きと行動の結果である。図 A は課題で、触覚刺激は点字用のドットで、右指に proximal/distal の sample 刺激が提示される。参加者は、次にどちらの target 刺激が提示されるかを、左手の人差し指/中指で予測する。Prior belief は、ブロックごとに sample と target の予測的な関係を 90%, 70%, 50%, 30%, 10% にすることで、作り上げた。図 B の階段状の線が sample と target の予測的な関係で、赤い線が prior belief の変化である。図 C は予測の結果で、90%, 10% が高く、70%, 30% がそれに続き、50% が低い。

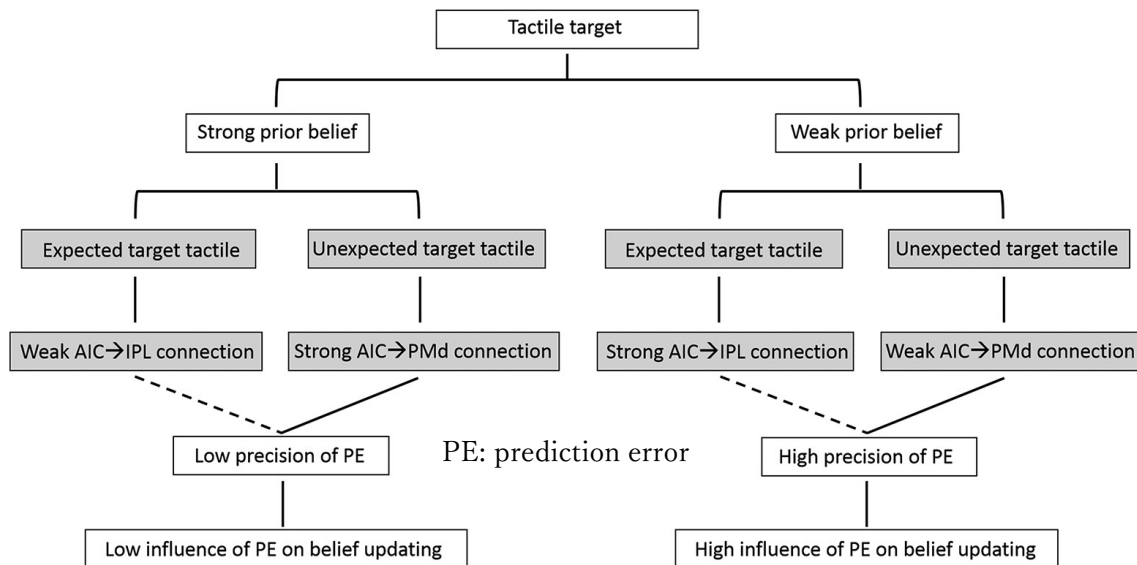


下図は予測誤差で活性が上がり、prior belief に関連した領域で、右 AIC, 右背側運動前野 PMd, 両側の下頭頂小葉 IPL であった。次ページ上図は Dynamic Causal

Model, DCM で最も適合するとして選ばれた 3 領域間の関係の model. 図 A が intrinsic な



結合で、図 B が prior belief によって影響を受ける結合である。右 AIC が中心的な役割を果たす。予測された Correct trial では右 AIC から右 IPL への結合強度が低下し（赤の実線）、予測と違った Wrong trial では右 AIC から右 PMd への結合強度が増加する（緑の点線）。

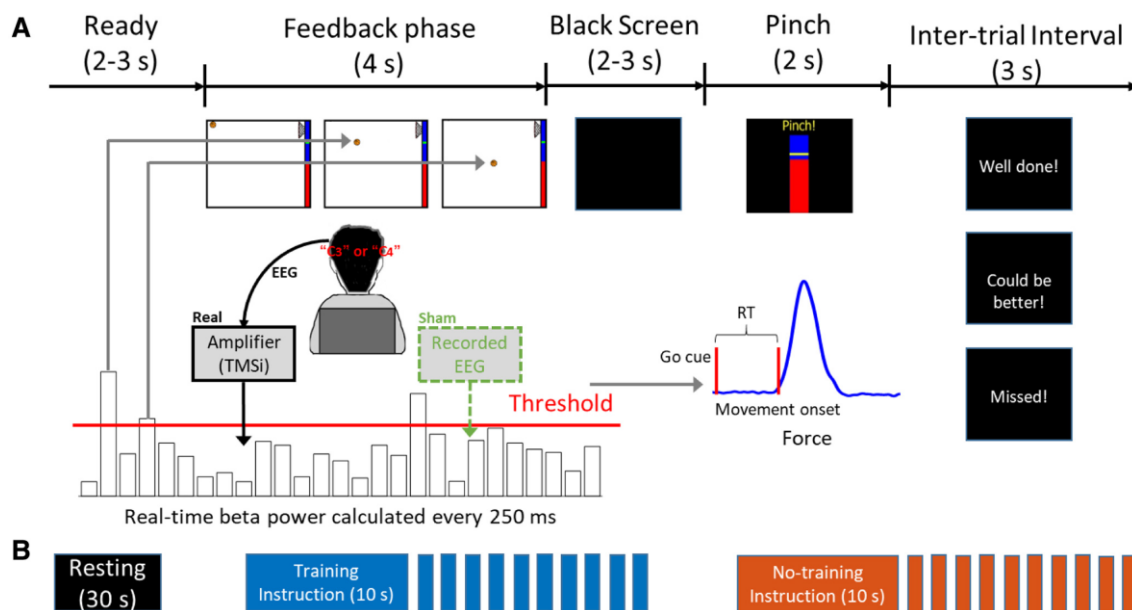


下図が結果の要約で、左が prior belief が強い場合、右が弱い場合で、強い場合（90%，10%）は PE の precision が低く、PE による belief の update が弱い（点線は傾向）。Prior belief が弱い場合（70%，30%）は、PE の precision が高く、PE による belief の update が強い。中央の灰色が target の予期性と脳内 3 領域の関係である。

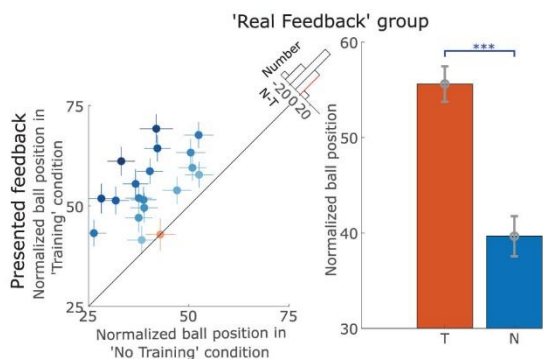
Neurofeedback, NFB と関連する論文

He, S. et al. Neurofeedback-linked suppression of cortical β bursts speeds up movement initiation in health motor control: A double blind sham-controlled study. J. Neurosci., 40:4021-4032, 2020.

この論文では、脳波の β burst を NFB で抑制することにより、運動 (pinch) の開始を早めることができた。この論文では、sham control の結果が多く述べられているが、その点は省略する。

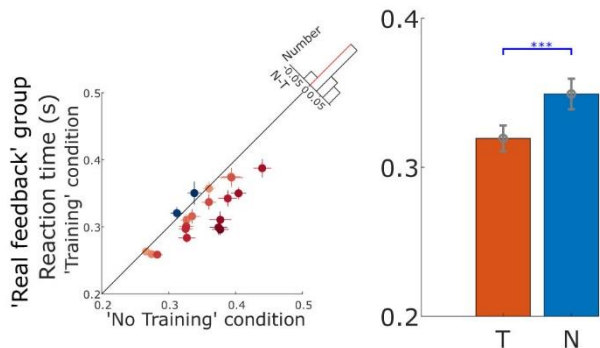
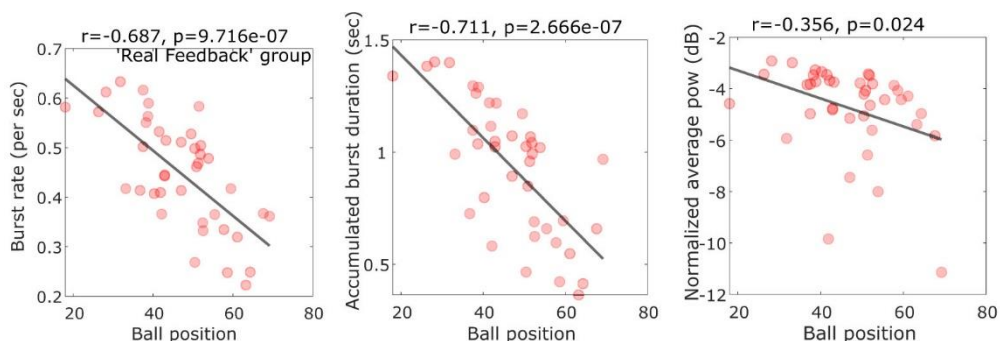


上図は手続きで、図 A は 1 試行の流れである。使用する手に従い C3 か C4 から脳波を記録する。NFB の訓練では、参加者は運動のイメージなどを利用して、 β burst を抑えるように求められる。Feedback はモニター上のボールの位置で行われ、 β burst が起こるとボールは下へ落ちる。参加者はボールを上部に留めるように教示される。4 s の訓練終了後、2-3 s 後に pinch 運動を行う Go cue が提示され、参加者は運動を行う。その際の反応時間 RT が計測され、その後、運動についての feedback が提示される。図 B は block の説明で、Training block と No training block がある。1 block=10 trials である。



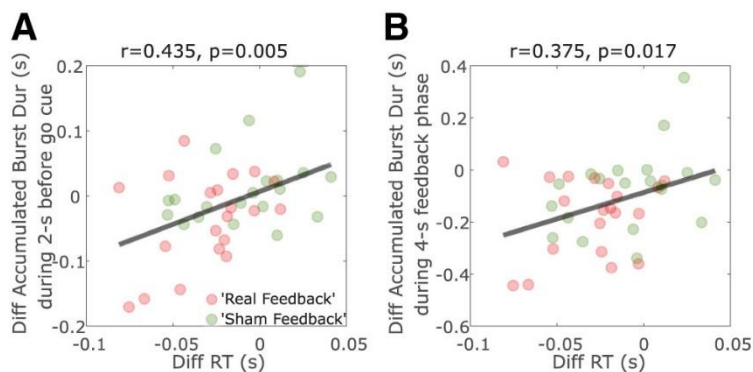
下図は training block, T と no training block, N の β burst 抑制 (ボールの位置) を示す。NFB 訓練で、ボールの位置が高いこと、 β burst が抑制されていることが分かる。抑制のストラテジーについては、論文を参照ください。次ページ上図は、ボールの位置が NFB phase の burst rate (左)、累

積 burst duration (中)、平均 β power (右) と相関することを示す。特に前二者との相関は高い。



中図は training, T と no training, N での pinch 行動の反応時間で、Tの方が反応時間が有意に短く、NFB 訓練の効果が行動に現れた。下図は反応時間の N と T の差と、累積 burst duration の関係で、sham control の結果も加わっているが、A: go cue の時期、B: NFB の時期で

正の相関がみられた。すなわち、累積の β burst が多くなると、反応時間の差が大きくなった。図は載せないが、訓練の進行による、ボールの位置や反応時間の変化がみられた。



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。

Brush, F.R. & Levine, S. Adrenocortical activity and avoidance learning as a function of time after fear conditioning. *Physiol. Behav.*, 1:309-311, 1966.

この論文は、Kamin effect を確認し、それに伴う副腎皮質の活動を定量した。

5つのラットの群がある。

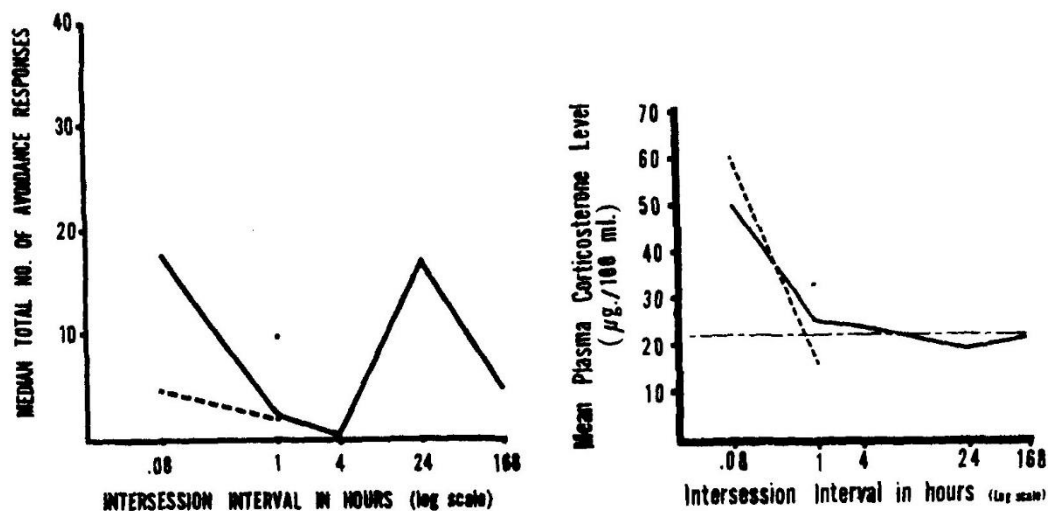
A群 (50 rats) : 光+音のCSと電撃で恐怖条件づけを行う。その後、0.08, 1, 4, 24, 168 hrをホームケージで過ごした後に、シャトル・ボックスの回避学習を行う。その後、副腎皮質の活動を定量する。

B群 (50) : 恐怖条件づけの後、上記の時間において、副腎皮質の活動を定量する。

C群 (20) : 恐怖条件づけの後、1時間シャトル・ボックスに留まる。半数は回避学習を、半数は副腎皮質の活動を定量する。

D群 (20) : シャトル・ボックスで、電撃を与えられる。0.08, 1時間をホームページで過ごした後で、回避学習を行う。

E群 (20) : D群と同様に電撃のみ与えられ、0.08, 1時間後に副腎皮質の活動を定量する。

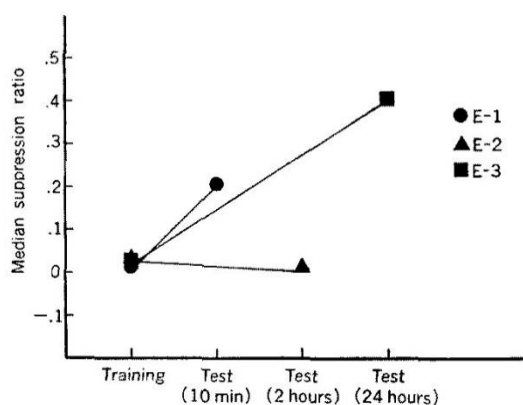


左図は回避学習の結果で、回避反応数の中央値。168 hr (7日)を除くと、1,4時間で恐怖条件づけによる、回避学習の妨害効果が、Kamin effect みられた。図の点線は電撃のみ与えられたD群の結果である。1時間のところの点はシャトル・ボックスにとどまったC群の半数の結果である。

右図は plasma corticosterone の量である。Corticosterone はストレス応答に関係する。図の実線は B 群の結果、点線は E 群の結果である。1 時間のところの点は C 群の半数の結果である。水平の線は、これらの操作を行わないラットの値である。0.08 時間から 1 時間の間は急激な減少だが、その後の減少は緩やかで、行動と異なり、24 時間で上がることはない。A 群も corticosterone の定量を行ったが、回避学習の後なので、何を反映するかは明瞭でない。受けた電撃の量を考慮した値は、44.4, 46.0, 53.0, 49.0, 64.8 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ である。

以下、感想。A 群の定量結果は解釈することが難しい。ただ、B 群の定量の結果で、24 時間群で、行動と異なり、corticosterone が上がることがないのは興味深い。これは恐怖条件づけ後にホームケージに戻った状態での結果である。シャトル・ボックスに戻され、回避学習を始める前に同じような値だったかどうか分からない。ただ、0.08, 1, 4 時間の行動と corticosterone の密接な関係は興味深い。

なお、Sakurai, Y. (1982) *Jap. Psychol. Res.*, 24:151-154 は心拍を指標にして、恐怖条件づけの後、10 分、2 時間、24 時間で消去を行った。



結果が左の図で、y 軸は $(A-B)/A$ で、A は CS 前 5 s、B は CS 中 5 s の心拍の値である。10 分、24 時間では CS で心拍の低下が起こっているが、2 時間群ではそのようなことはなく、Kamin effect がみられた。

今月の特集、総説、メタ分析など

Curr. Opin Neurobiol. (2020) vol. 61:1-132.

Neurobiology of disease の特集号。

Neuroimage, (2020) vol. 213.

創造性と脳に関する巻内小特集。4 論文。

Ergo, K. et al. (2020) Trend. Cognit. Sci., 24:388-397.

報酬予測誤差と宣言的記憶に関する総説。

van Heukelum, S. et al. (2020) Trend. Neurosci., 43:285-299.

Where is cingulate cortex?: A cross-species view と題する総説。

Young, A.W. et al. (2020) Trend. Cognit. Sci., 24:398-410.

顔と声の知覚の共通点と相違点に関する総説。

Wertheim, J. & Ragni, M. (2020) J. Cognit. Neurosci., 32:1061-1078.

Conditional and syllogistic (三段論法) inference の meta-analysis.

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, 異方差比率 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

Jiang, R. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:888-900.

知能 (IQ とその下位スコア) と FC の関係を性差に焦点を当てて検討した。性差は視空間と言語でみられたが、FC パタンによる知能の予測は、同一の性内でのみ有効だった。また、予測の成績は女性の方が高かった。

Perchtold-Stefan, C.M. et al. (2020) *Neuroimage*, 213: no 116695.

ユーモアの理解と創造性が関係するという説を脳波で検討した。ユーモアは漫画をみせてオチの説明をさせ、創造性は Alternate Uses Task を行わせ、脳波を記録した。両課題とも、 α power の増加が共通してみられた。

Berchicci, M. et al. (2020) *Brain Cognit.*, 141: no 105565.

ある時間に Go/No Go 課題を行う time on task で、その時間を知らせる外的なものがある条件とない条件で、脳波の前頭前負電位 pN と CNV を記録した。pN は IFG の弁蓋部、CNV は SMA, 帯状運動皮質に電源があった。予期的な活動は後頭-頭頂皮質でも見られた。fMRI も記録したが、両条件では同じ結果になった。

D'Alonzo, M. et al. (2020) *J. Cognit. Neurosci.*, 32:1104-1116.

ゴム手袋の錯覚 RHI で、embodiment の指標として SCR の標準偏差 SCSD が有効だった。ただし、RHI 開始からの時間、RHI の回数（2 回目は反応が減少）が影響することも示された。

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

Frings, C. et al. (2020) *Trend. Cognit. Sci.*, 24:375-387.

Binding and retrieval in action control (BRAC) と題する総説。

He, S. et al. (2020) *J. Neurosci.*, 40:4021-4032.

脳波 (C3/C4) の NFB で β burst を随意的に減らす訓練を行ない、行動への効果を検討した。NFB 訓練による β burst の減少に伴い、行動の開始の反応時間が減少した。上で紹介した。

Lin, F.V. et al. (2020) *Neuroimage*, 213: no 116730.

軽度の認知症の高齢者に処理速度と注意の訓練を行ない、迷走神経による自律神経系への影響を高頻度心拍の変動性で検討し、脳内 network の変化を fMRI で検討した。訓練で処理速度と注意、高頻度心拍の変動性に改善がみられ、SalN, CEN, FPN の結合性に改善がみられた。行動と SalN の結果は心拍の変動性を予測した。訓練効果は 6 ヶ月持続した。

Laffere, A. et al. (2020) *Neuroimage*, 213: no. 116717.

聴覚的な stream の 1-back 課題を 180 度位相がずれている妨害刺激の存在下で行った。2 時間の聴覚の選択的注意の訓練は、成績を改善するとともに、脳波の位相角を亢進させた。

Codol, O. et al. (2020) *J. Neurosci.*, 40:3604-3620.

運動の制御で報酬による改善は到達運動の選択と実行でみられた。それに加えて、報酬は腕の stiffness を増加させ、安定性を増すことにより、motor noise の減少にも働いた。

Nikolin, S. et al. (2020) *Europ. J. Neurosci.*, 51:2119-2133.

抑うつ認知-情動訓練に左 dlPFC への anodal tDCS を加え、その介入の効果を行動と脳波で検討した。介入で mood が改善し、3-back 課題の成績も向上した。安静時脳波と 3-back 関連の脳波では介入の効果を捉えることができなかった。

Byrne, E.M. et al. (2020) *Brain Cognit.*, 141: no 105552.

数字の逆再生の訓練を行ない、dlPFC への tDCS が訓練や転移に持つ効果を検討した。訓練は文字、空間位置など別の刺激の逆再生への転移を促進したが、性質が異なる n-back

課題への転移は見られなかった。また、tDCS は訓練にも転移にも効果はなかった。

Koshy, S.M. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:2389-2400.

左 dlPFC への多電極 tDCS の効果を言語的 WM の MEG で検討した。tDCS 後に左半球の SMG, PFC, IFG, 楔部、右半球の同じ領域の α 帯域の活動の上昇がみられた。成績には効果はなかったが、RT と左楔前部、SMG の振幅の間には関係がみられた。

Wischnewski, M. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:3286-3295.

両側の PFC に与えた β 帯域 (20 Hz) の tACS は逆転学習を促進し、前頭部の β 波が逆転学習に causal な関係があることを示した。

Rumpf, J.-J. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:1030-1039.

非優位手で運動系列学習を 8 s の休みを挟んで 30 s 行い、それを 30 回繰り返した。8 s の休みの間に 3 回右 M1 のその手の領域に反復 TMS を与えた。TMS は学習の成績に関係なく、6 時間後に測定された運動の記憶の固定を促進し、また、優位手への転移を促進した。固定は運動訓練中でなく、直後の休みの期間に生じる。

Chen, W. et al. (2020) *Neuron*, 106:579-588.

パーキンソン病の患者で、行動抑制のメカニズムを、IFG と視床下核 STH の電極で脳波を記録し、検討した。IFG と STH には単シナプス性の結合があり、stop signal task では、IFG 続いて STH で stop 関連の活動が起こり、両者の同期が stop の RT と関係した。

発達・加齢、母子関係

An, K.-m. et al. (2020) *Hum Brain Mapp.*, 41:2292-2301.

3-8 y の児童で、MEG により人の声に対する反応を計測し、児童の発達と知能との関係を検討した。誘発磁場の左 P1m は年齢と相関し、右 P1m は知能指数と相関した。また、右聴覚皮質の γ 振動の増加率が知能指数と相関した。

Vatasever, G. et al. (2020) *Brain Cognit.*, 141: no 105551.

22 y と 12 y の参加者で、数処理の発達的变化を fMRI で検討した。成人では頭頂皮質をはじめ、dlPFC, mPFC, ACC, PCC、数字処理領域 NFA を含む有線領周囲皮質 PC、児童では IPS、PC が活性化した。児童の数処理は FCx, 成人は PCx という説があったが、そのような結果は得られず、NFA の変化が数処理の発達に関係しているようだった。

Bender, A.R. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:2465-2477.

61-82y の高齢者で言語学習率と海馬の容量、辺縁系の白質線維の異方性比率 FA の関係を検討した。白質線維の FA、海馬の容量と FA の interaction が学習率と関係していた。

Rutherford, H.J.V. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:1538-1547.

出産後 2, 8 か月の母親の脳で、母子関係に connectome-based predictive modeling を適用した。2 か月で、小脳 network と運動-感覚-聴覚 network, FPN と運動-感覚-聴覚 network の integration と segregation が母親の子供への不安と関係した。

Stark, E.A. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:2019-2029.

未経産の女性に、幼児の性格特性としての emotionality (機嫌のよい子/むずかる子) を学習させ、OFC, 海馬、扁桃核を結ぶ回路がそれに関係することを示した。

自・他、社会

Alzueta, E. et al. (2020) *Neuroimage*, 213: no 116754.

自分、友人、未知の人の顔の同定実験で、脳波を記録した。自分の顔で α 、 β 帯域の power が減少した。それは紡錘状回に top-down 的な注意の影響が及ぶためと推定された。

Meyer, M.L. & Collier, E. (2020) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 15:63-73.

WM の中で、複数 (2/4 人) の人物の心を推測する課題では、DMN の背内側部が関与した。また、とくに WM の load が高い状態で、課題の成績は social integration の能力と相関した。

Liu, L. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:942-951.

話者の喉頭/発声領域と聞き手の聴覚領域の活性が時間的に couple することを fMRI 計測で明らかにした (同時計測ではない)。話が理解できない時はこの coupling は減少した。

Dumas, G. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:3271-3285.

この論文は、社会的交渉における低次の sensorimotor coordination と高次の intention attribution をつなげる神経的な過程と機序を、脳波と human dynamic clump を利用して明らかにした。行動的には sensorimotor coordination が cooperativeness や humanness の判断に影響を与えた。脳では自他の視覚-運動情報を統合する 2 つの回路が右 PCx で重なること、humanness や cooperativeness の判断が右 PCx と PFC の FC を modulate することが明らかになった。

Era, V. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:1677-1687.

協調/競争の事態で、avatar と imitative/complementary な動作を行なう状況を設定し、左 aIPS, 右 TPJ へ抑制的な TBS を与えた。左 aIPS, 右 TPJ の抑制は、協調・競争の両事態で、それぞれ complementary と imitative な動作を障害した。

Liu, J. et al. (2020) *J. Neurosci.*, 40:3646-3656.

電撃を受ける他者を「傷つける」、「助けない」という frame を用意して、選択を求めると、「傷つける」という frame で prosocial な行動が多く、social framing effect がみられた。fMRI による脳計測では右 TPJ の活性が高く、そこと mPFC の FC が framing 効果に対応していた。右 TPJ への anodal tDCS は framing 効果が亢進した。結果は moral conflict や mentalizing などから解釈された。

Zheng, L. et al. (2020) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 15:97-109.

fNIRS による先生と生徒の安静時の脳活性の同期は、turn-taking mode の授業の後に高まった。授業中の同期は両者間の安静時の同期と親和的な絆の関係を部分的に仲介した。また、親和的な絆には役割の割り当てと社会的な交渉が必要だった。

情動、動機づけとその障がい

Costa-Mattioli, M. & Walter, P. (2020) *Science*, 368: 24 April.

The integrated stress response: From mechanism to disease と題する総説。

Bath, K.G. (2020) *Trend. Neurosci.*, 43:300-310.

Early life adversity に対する反応の性差に関する総説。

Cracco, E. et al. (2020) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 15:12-22.

子供時代に虐待を受けた成人女性 CA と control で ToM 課題を課し、fMRI で脳機能計測を行った。CA は control に比べて右 TPJ の活性が弱く、右 TPJ と dmPFC の FC が強かった。

Monninger, M. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:1307-1317.

参加者が 25 歳の時に T1 強調画像で OFC の厚さを計測し、幼児期、児童期、思春期の生活のストレス LS の影響を検討した。幼児期の慢性的な LS は右 OFC の厚さを減少させ、抑うつ症状を増加させた。抑うつ症状が LS と OFC の厚さの関係を仲介し、この三者の相互作用が考えられた。

Wang, Q. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:901-912.

母親の産後のうつ状態は、4,5y の子供の脳内報酬network (mesolimbic, mesocortical, hippocampal subnetwork) の rsFC に影響を与えたが、それには性差がみられた。また、fsFC と internalizing, externalizing problem の関係についても性差があった。

Fedele, T. et al. (2020) *Neuroimage*, 213: no 116705.

テンカンの患者の扁桃核に電極を挿入し、恐怖の表情の写真を提示し、深部脳波、BOLD 反応、ニューロン活動を記録した。写真で高 γ power が最初の 2 秒に亢進し、 δ power は 18 秒間減少した。 γ power は BOLD 反応の増加、ニューロン活動の増加と対応した。

Fridgeirsson, E.A. et al. (2020) *Brain*, 143:1603-1612.

OCD の患者の内包の腹側前部 limb を電気刺激すると、急速に気分や不安が改善する。そのメカニズムを fMRI の FC で検討した。この改善は扁桃核-島皮質の FC の低下が関係した。また、vmPFC から扁桃核への影響が増加し、扁桃核から島皮質への影響が低下した。

Loos, E. et al. (2020) *J. Cognit. Neurosci.*, 32:1117-1129.

ヘビ恐怖の制御の fMRI 研究。ヘビ恐怖の参加者に中性と恐怖の刺激の処理を高い認知的負荷を与えて処理させると、dlPFC の活性が上昇し、それは部分的に扁桃核の活性低下を仲介していた。また、高い負荷はヘビに対する恐怖を減少させた。

Wanke, N. & Schwabe, L. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:3116-3129.

有害な事象を主観的に制御不可能と思う事態では、WM (3-back task) の成績を下げた。fMRI による計測では、それには PFC, PHC の活性と FC の変化、また、FPN と SalN との相互連絡の低下が関係した。

Lopez-Persem, A. et al. (2020) *Nat. Neurosci.*, 23:664-675.

テンカンの患者の脳内電極で脳波を記録し、価値についての活動を記録した。vmPFC, IOFC の高頻度活動が主観的な価値を反映していた。そして、主観的価値は以下の 4 点で decode できた。刺激前 (予期)、多くのカテゴリ (generality)、妨害状況 (automaticity)、価値と確信度 (quadraticity)。

Jones, N.P. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:2642-2658.

10-13y の参加者で、delayed WM 課題に不快な妨害刺激を導入し、その効果を見るとともに、正の強化が妨害の効果を減弱させるかを行動と fMRI で検討した。不快な妨害刺激は成績を低下させ、扁桃核、dl-, dm-, vm-PFC などの活性を上げた。正の強化は成績を上げるとともに、扁桃核や PFC の活性を低下させた。

Tang, A. et al. (2020) PNAS, 117:9800-9807.

14mo での行動抑制（新奇な事態での慎重、恐れ of 行動）が 15y の flanker task のエラー関連電位 ERN、26y の性格などの質問紙の回答とどう関係するかを検討した。行動抑制が強かった者は慎重、内向的、友人、家族との社会的機能が低い成人になっていた。それはまた、内的な精神病理（不安や抑うつ）のリスク要因だった。また、青年期の高い ERN は、強い行動抑制者の、高い不安や抑うつ of 調節と関係していた。

Aben, B, et al. (2020) J. Neurosci., 40:3838-3848.

ノイズ中の顔/家を探す課題で、ノイズを操作して努力の影響を fMRI で検討した。努力が必要な条件では dACC, aIns, IPL の network の活性が高まり、dACC と顔/家領域との結合が増加した。

Korucuoglu, O. et al. (2020) Cereb. Cortex, 30:2690-2706.

青年期の risky な意思決定の fMRI 研究。Risky な意思決定には SalN, DAN, FPN が関係したが、Ins のみが risk のレベルに対応した変化を示した。Risk-averse な意思決定でも同じ系が関係し、risk レベルに対応して活性が変化した。負の結果は正の結果より反応が大きく、Ins, IOFC などは負のみで活性が上昇した。女性の方が負の結果に大きく反応した。

Löffler, A. et al. (2020) Cereb. Cortex, 30:1199-1212.

目標の追及を続けるか、変更するか、の問題を検討した fMRI 研究。目標を追求する行為の開始後に、新しい情報が入り、上記の判断をする必要が出てくる。楔前部、角回、dlPFC が情報の encode に関係する。mFCx の活性は意思決定の変更を予測するので、内的な意思決定の更新に関係する。そのような場合、FCx-PCx の FC が増加し、意思の変更を支える。

Zhukovsky, P. et al. (2020) Hum. Brain Mapp., 41:2216-2228.

Control, HC と薬物依存者 SDI, その一親等の肉親で、monetary incentive delay task の予期時の衝動的反応を fMRI で検討した。衝動の制御の失敗は帯状弁蓋 network, CON と背側線条体 network, DSN の関係に関わっていた。SDI では薬物関連の incentive で衝動反応が起りやすく、DSN から CON へ課題の modulation が移行した。

Bellebaum, C. et al. (2020) Soc. Cognit. Affect. Neurosci., 15:53-61.

観察する人/される人の課題についての知識が異なる状態で、false-belief task を行わせ、共感の影響を脳波で検討した。共感指数の高い人は予期しない行為が観察された時に、負の内側前頭部の ERP が顕著だった。このような人では予測の生成が促進される。

感覚運動障がい、その他の障がい

Bottini, R. et al. (2020) *J. Cognit. Neurosci.*, 32:1009-1025.

Sighted と blind の概念の想起に関する脳領域についての総説。

Lüscher, C. et al. (2020) *Nat. Rev., Neurosci.*, 21:247-263.

The transition to compulsion in addiction と題する総説。

Ferland, J.-M.N. & Hurd, Y.L. (2020) *Nat. Neurosci.*, 23:600-610.

Deconstructing the neurobiology of cannabis use disorder と題する総説。

van der Heijden, K. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:1103-1116.

生得的あるいは早期の視覚障がい者の音源定位を fMRI で検討した。視覚障がい者では音源の位置に関係なく後頭皮質の活性が強く、内側の側頭皮質の活性が弱かった。また、側頭平面の活性が健常と異なっていた。聴覚皮質の活性は方位に関して健常と比較すると、多くの情報を含んでいなかった。

Gori, M. et al. (2020) *Hum. Brain Mapp.*, 41:2077-2091.

水平面で並ぶスピーカからの音の位置と時間を操作して、視覚障がい者の音源定位の特徴を行動と脳波で明らかにした。課題は音に基づく spatial bisection, temporal bisection の課題となるが、行動も脳波も視覚障がい者は音の出たスピーカの位置でなく、音の提示の時間で音源定位を行うことを示した。

Tian, X. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:2986-2996.

発達性の相貌失認 DP と健常者 NC に複数の顔を見せ、平均でなく、各顔で同定の成績を算出したところ、DP は NC とは異なる成績のパターンを示し、両者の差は質的なものと考えた。fMRI による計測では、DP の FFA, OFA の活性は NC と異なっていた。

Majid, D.S.A. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:2897-2909.

Transgender と cisgender の参加者に、自分の身体とそれを birth-assigned sex とが逆の方向へ morphing した像をみせ、self-identification を行わせ、fMRI で脳機能計測を行った。Cisgender は自分の身体を自分のものと認めたが、transgender は birth-assign とは逆の方向の像を自己と認めた。Self-, body-processing system の活性は gender に対応していた。Transgender は曖昧、両性的な像に辺縁系の活性を上げた。

Baldinger-Melich, P. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:1345-1356.

Transgender と cisgender の脳の構造的な違いを sMRI の MVPA で分析した。性の同定

の false discovery rate は cisgender では 83%、transgender では 68%で差があったが、自分を男/女と考えていることに関係なく、GMat 容量は性で異なっていた。Gender の identity と incongruency は同定できなかった、等の結果。

Ronan, L. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:2519-2528.

9-11 y の児童で、肥満 (BMI)、実行機能、皮質の厚さ (sMRI) の関係を検討した。BMI の増加は実行機能の低下と関係し、また、BMI の増加は PFC の皮質の厚さの減少と関係した。吻側の mPFC, SFC, IFG, IOFC の皮質の厚さの減少が、実行機能の低下を部分的に説明した。

Chen, Z. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:2834-2853.

「先延ばし」に関する脳を構造面から検討した。それは左 Ins, ACC, PHG の GMat 容量と正の相関、dlPFC の GMat 容量、ACC の GMat 密度とは負の相関を示した。またそれは、両側 OFC の皮質の厚さ、皮質の複雑さと正の相関を示した。