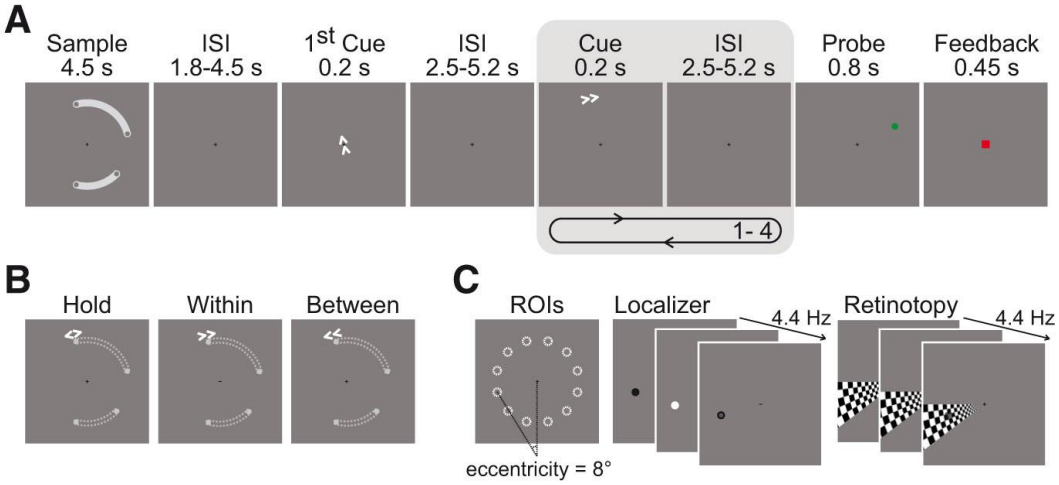
今月の認知神経科学：論文紹介

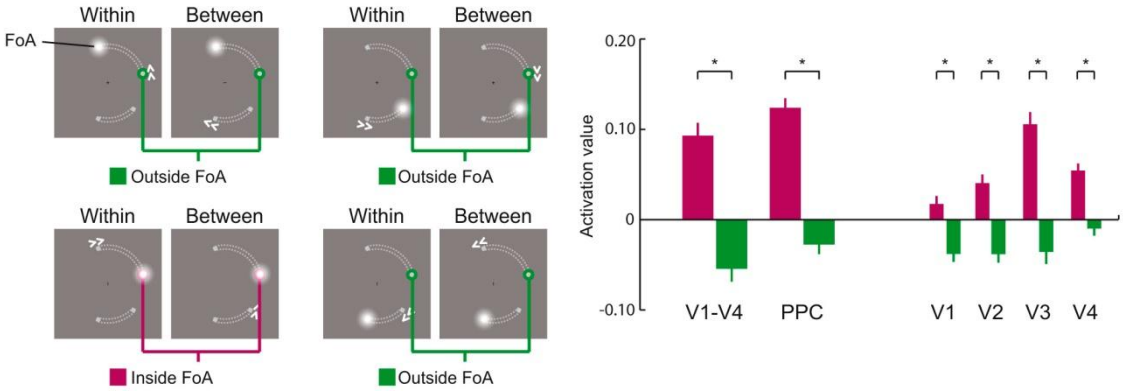
2015 年 3 月

Peters, B. et al. Activity in human visual and parietal cortex reveals object-based attention in working memory. J. Neurosci., 35:3360-3369, 2015.

この論文は注意が知覚とワーキングメモリ（WM）で同じように働くことを、視覚領野（V1-V4）と後部頭頂皮質（PPC）の fMRI 計測と MVPA による decoding で検討した。



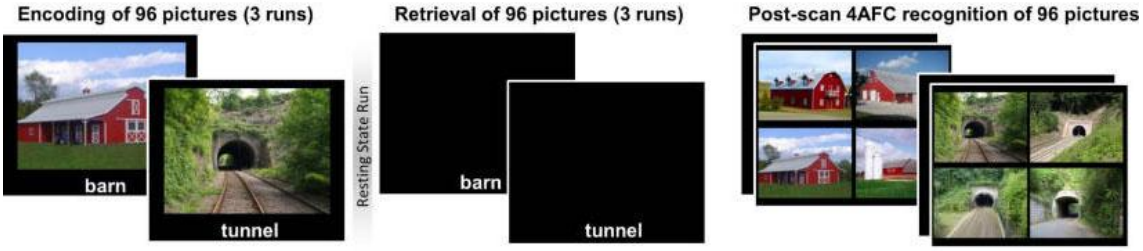
手続きを上に示す。12 の点（図 C）から 4 点が提示され、図 A のように 2 つの円弧で結ばれる。1st Cue は注意すべき位置を指示、その後の Cue が注意のシフトの方向を指示（<> は Hold）。その場合、図 B にあるように同一円弧内と異なる円弧間の条件がある。図 C は視覚領野の区別（Retinotopy）と各点の脳内対応のための Localizer の刺激。Cue-ISI の後に、参加者に Probe 刺激が提示され、それが注意をシフトした位置かの判断を求められる。



その結果、知覚時の注意と同じような脳活性が WM の注意でもみられた。上の図は注意の焦点（FoA）の decoding の結果。ある点が FoA である場合とそうでない場合の比較で、すべての領野で有意差がある。また、図は載せていないが、ある円弧の 1 点に FoA がある場合は、同じ円弧のもう一方の点に活性の増加、すなわち、注意の拡散がみられた。

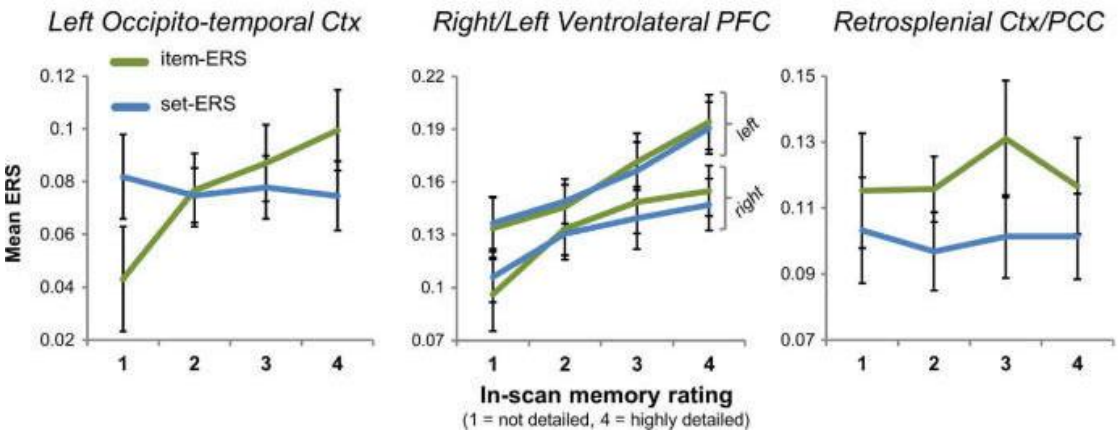
Wing, E.A. et al. Reinstatement of individual past events revealed by the similarity of distributed activation patterns during encoding and retrieval. J. Cognit. Neurosci., 27:679-691, 2015.

この研究は、個別的な過去の事象の再現と記銘、想起時の fMRI の活性パタンの類似性（ERS）との関係を検討したもの。ERS には上記個別的な item-ERS と、同じ評定（後述する）に属するすべての刺激の set-ERS がある。



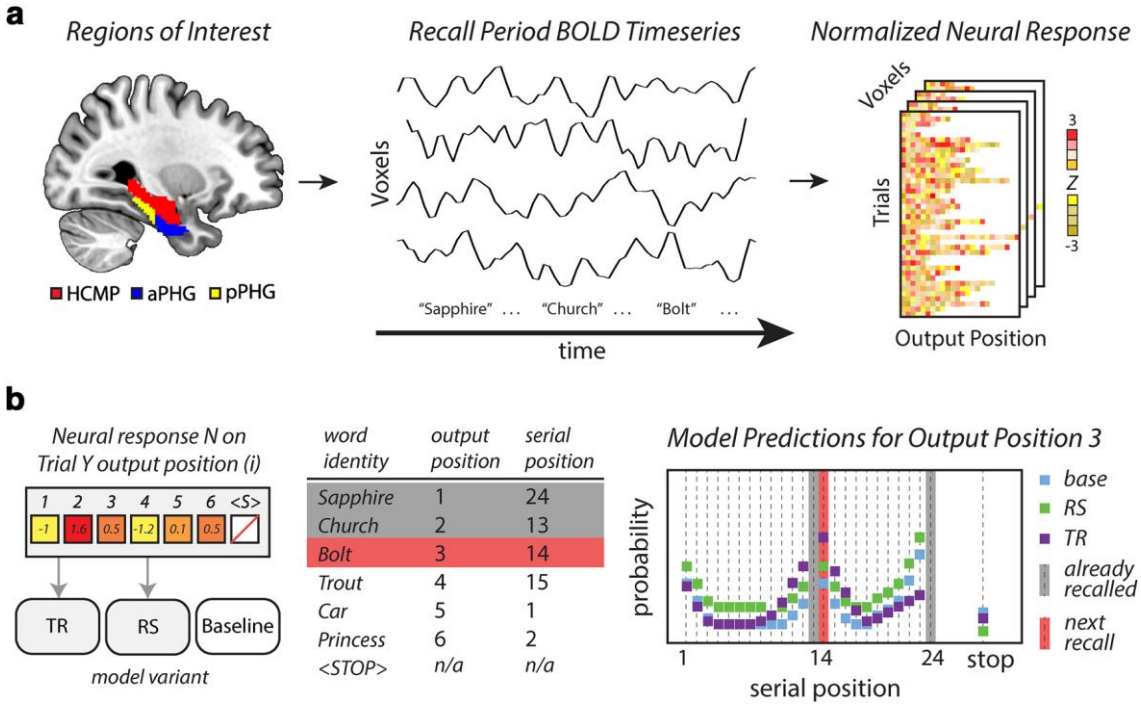
手続きの図を上に示す。fMRI による記録時に、96 の風景とその名詞を記銘し、その後名詞を提示しその風景を想起する。その際、想起の詳細さについて、4 段階で評定を行う。スキャン後に評定の確認として、類似する 4 つの写真から記銘したものを選択させた。item-ERS、set-ERS の算出法は本文を読んでもらいたいが、前者は個別的な刺激の再活性、後者は刺激情報の全般的な再活性の指標である。

結果を下に示すが、縦軸は ERS、横軸は評定値である。item-ERS が評定、すなわち、記憶の成績に従って増大し、set-ERS にはそれがなかったのは（memory x ERS の交互作用）、左の後頭-側頭皮質（左図）で、個別的な風景の再活性を示している。両側の腹外側前頭前野（中図）では、両方の ERS が評定に従って増大しており（memory の主効果）、個別の刺激の違いには鋭敏でない、すべての刺激の記銘と想起に貢献する認知制御関連の活性を示している。後膨大部皮質/後部帯状回（右図）は、評定に関係なく、item-ERS > set-ERS（ERS レベルの主効果）で、風景のコンテクストの自動的な活性を示唆する。なお海馬には皮質にある記憶情報のポインターがあり、記銘時の活性が想起を予測する結果となった。

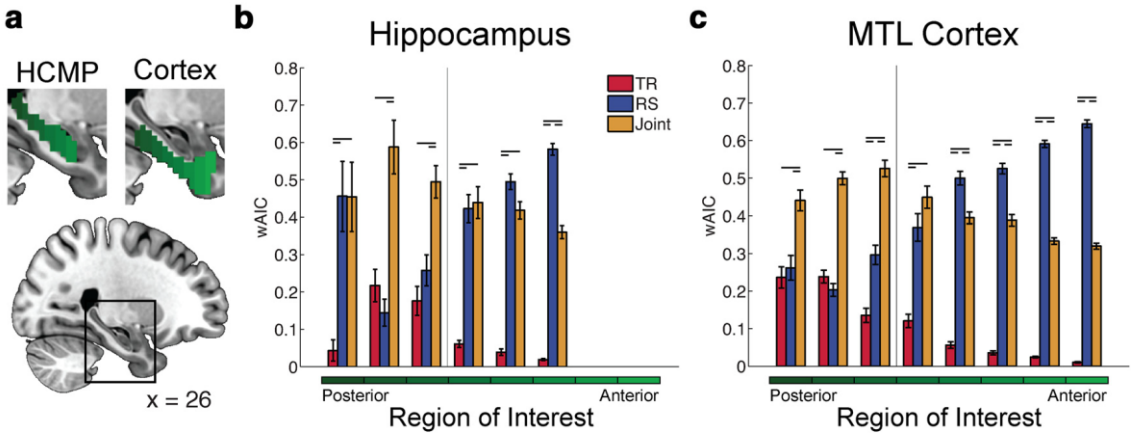


Kragel, J.E. et al. Neural activity in the medial temporal lobe reveals the fidelity of mental time travel. J. Neurosci., 35:2914-2926, 2015.

この研究は生々しい記憶の想起 mental time travel を、記銘された情報（RS）と時間コード（TR）の想起の両面から検討したもの。1 試行は 24 の単語の提示よりなり、非意図的な記銘を行う。全 12 試行の半数で自由再生。論文のエッセンスのみ紹介する。



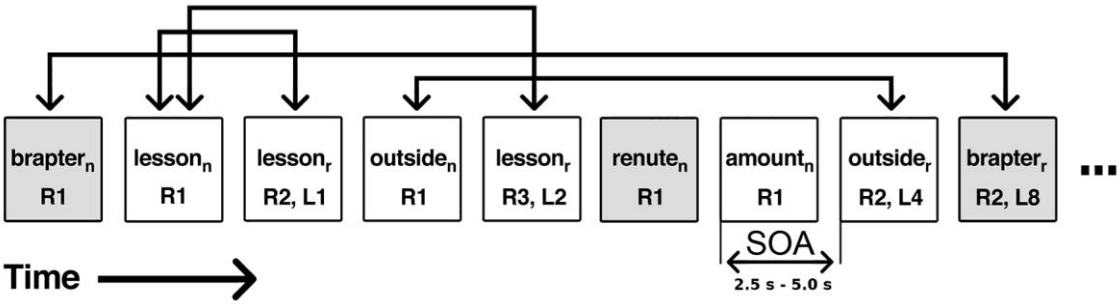
上の図は TR, RS, baseline の 3 モデルの予測手続きを示す。ROI の BOLD 信号を Z 変換したものに予測モデルを適用。この例は最後を含め 7 つの語の想起で 3 つ目の単語（Bolt）の例。その前に Church（13）が想起されているので、TR モデルはその前後の単語の想起を高く予測している。



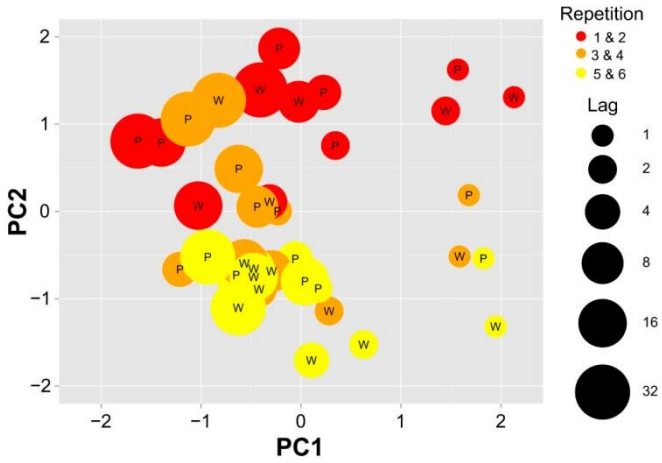
上の図は結果で、内側側頭葉の海馬傍回で、後方の海馬傍皮質を含む領域では TR モデル（赤）、前方の周嗅皮質を含む領域では RS モデル（青）の予測値が高くなっている。海馬は両方の情報を bind するというこれまでの理論を支持した結果である。

Buchsbaum, B.R. et al. Recency, repetition, and the multidimensional basis of recognition memory. J. Neurosci., 35:3544-3554, 2015.

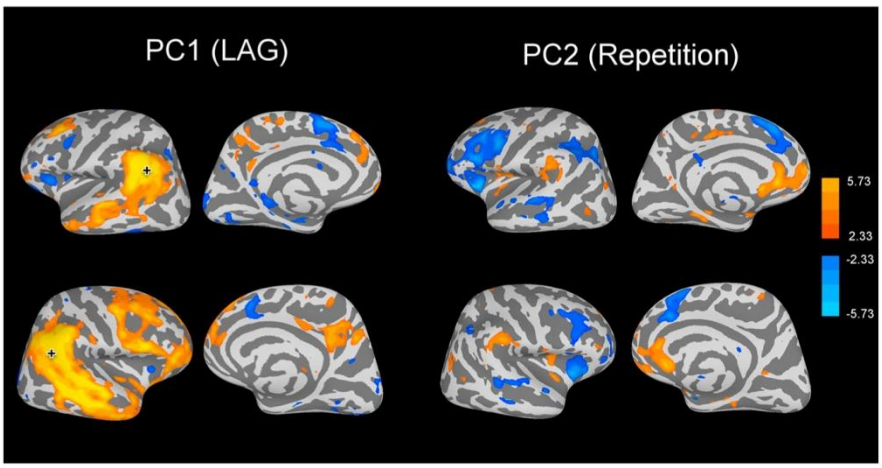
この研究は、記憶に働く重要な変数である時間的な近さ recency と反復 repetition が、単一次元の記憶痕跡に影響を持つのではなく、各々多次元的に影響を持つことを明らかにした。実験では下の図にある単語、非単語を聴覚的に提示し、old/new の判断を求めた。図で R と数字は反復回数、L と数字はラグ（recency）である。



fMRI データへ多変量解析 barycentric discriminate analysis (BADA), 主成分分析 PCA を適用して、反復とラグの 2 変数と脳活性の関係を検討した。

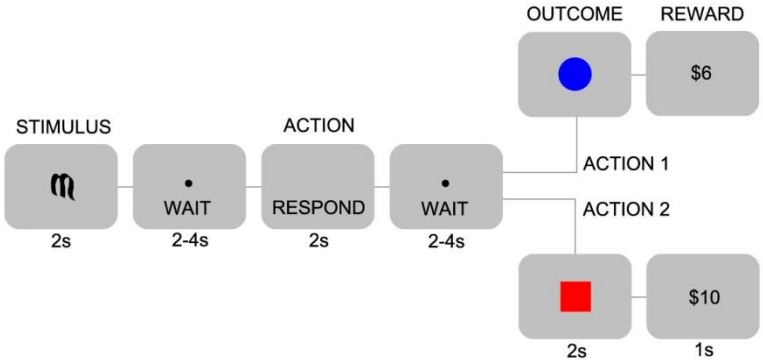


その結果、左の図にある 2 つの主成分が抽出された。PC1 はラグに PC2 は反復に関係していた。それぞれの主成分と脳の活性の関係が下の図である。ラグは外側下頭頂皮質－角回から側頭皮質と正の関係、前部島皮質、中前頭回と負の関係だった。反復は前部島皮質、背外側前頭前野、上側頭皮質と負の関係だった（反復抑制）。縁上回、内側前頭前野とは正の関係だった。このように両変数は異なる影響を脳に対して持っており、相互に独立した神経基盤を持っている。

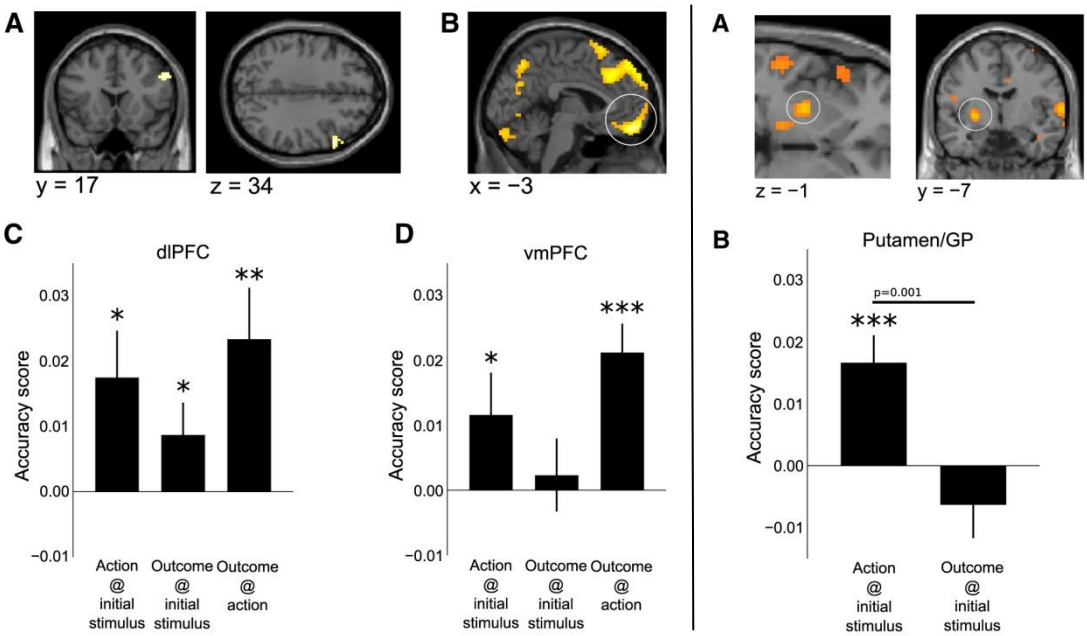


McNamee, D. et al. Characterizing the associative content of brain structures involved in habitual and goal-directed actions in humans: A multivariate fMRI study. J. Neurosci., 35:3764-3771, 2015.

この研究は行動制御の 2 つのストラテジー、goal-directed と habitual、に関係する脳領域で処理される情報について fMRI , MVPA による decoding により検討した。



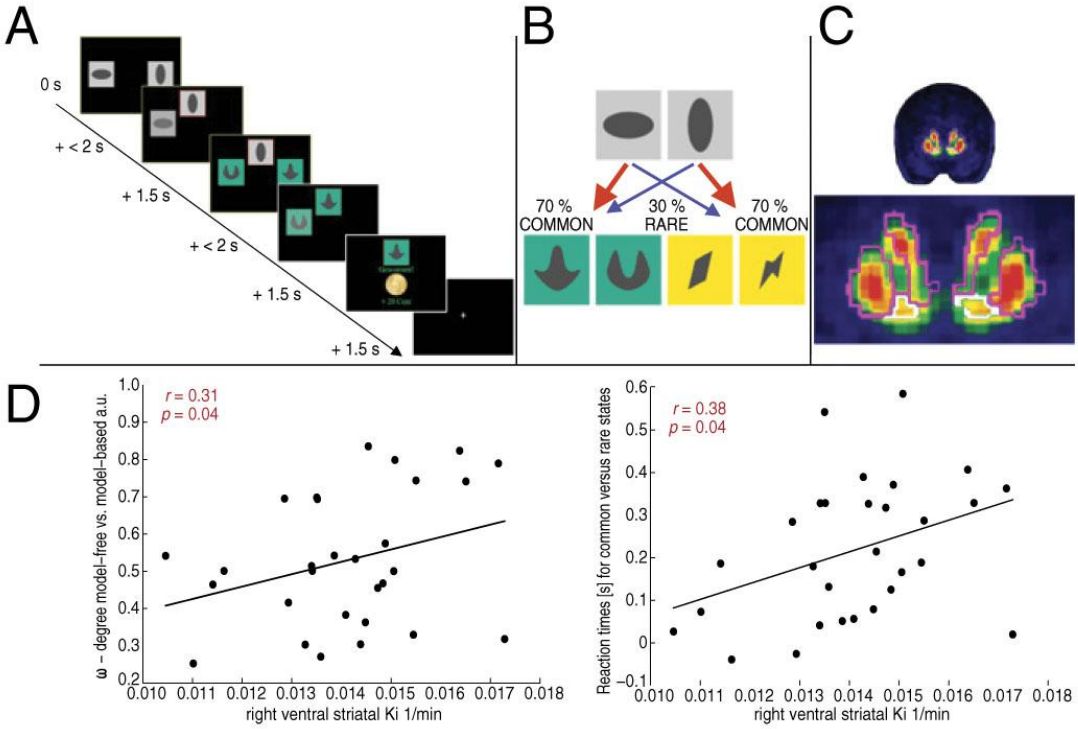
手続きは左図にあり、4 条件（16 タイプ）で、2 つの刺激、2 つの行為、2 つの結果、2 つの報酬の関係がすべて異なっている。詳しくは本文を参照されたい。



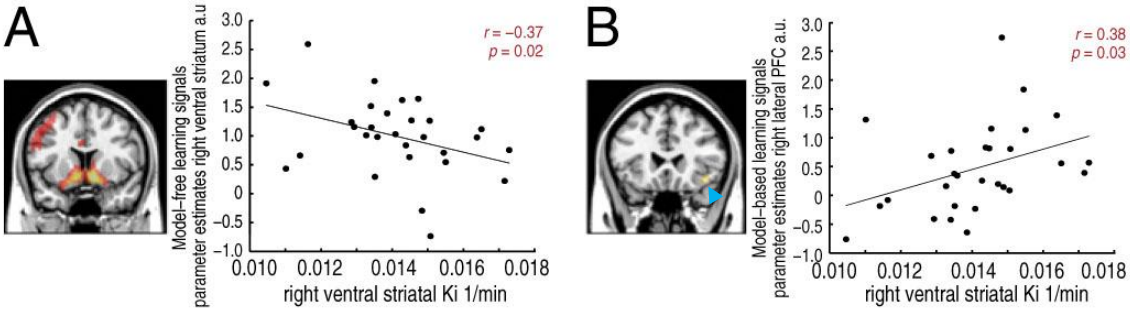
上の図が結果で、左 2 つが背外側前頭前野 dlPFC、腹内側前頭前野 vmPFC で goal-direced, 右が被殻/淡蒼球 PUT/GP で habitual に関係する領域の結果である。縦軸は decoding の成績。dlPFC では最初の刺激時に行為 Action と結果 Outcome、行為の時期に結果の decoding ができた。vmPFC では刺激時に行為、行為時に結果の decoding ができた。すなわち、試行の最初の刺激時に行為や結果を予期しており、goal-directed の特徴を示している。一方、PUT/GP では刺激時に行為は decode できたが、結果は decode できなかった。これらの結果は、goal-directed control の領域が刺激－行為－結果（S-R-O）に関係するが、habitual control の領域は S-R 情報に関係し、結果や報酬に関わらないことを示しており、これまでの行動、脳研究と整合的である。

Deserno, L. et al. Ventral striatal dopamine reflects behavioral and neural signatures of model-based control during sequential decision making. PNAS, 112:1595-1600, 2015.

この論文は、ヒトで線条体のシナプス前のドーパミン DA の量と model-free と model-based の制御の関係を検討したもの。課題は下の図にある two-step sequential decision task で、選択により図 B にある確率で状態が変化する（Daw et al., Neuron,69:1204-1215, 2011 を参照ください）。脳の活性を fMRI で、DA は[^{18}F]DOPA PET で計測した。Daw らはこの課題で上記 2 つの制御を分けることを試みたが、結果は両制御が関係することを示した。この研究は右の腹側線条体 r-vSTR のシナプス前の DA が両制御の関与の程度と関係することを課題の成績の個人差を利用して明らかにした。

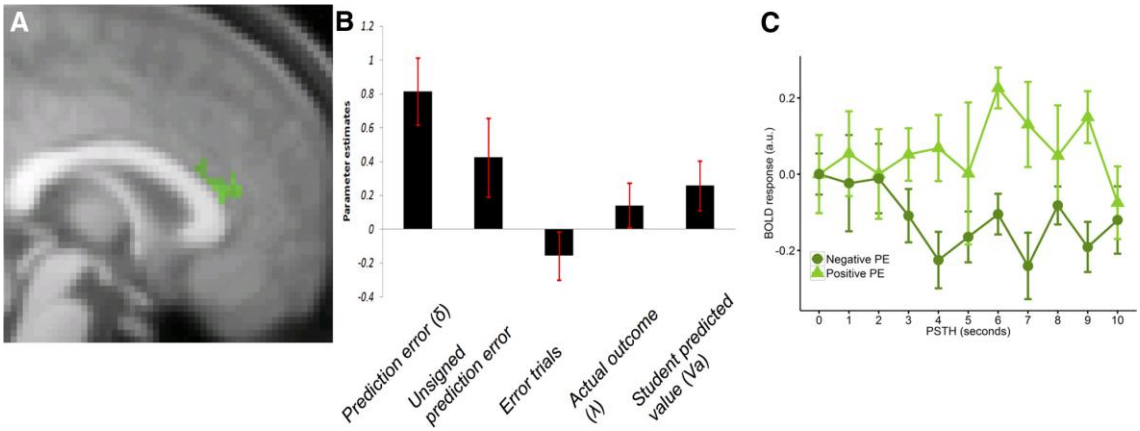


上の図 D 左に結果があるが、横軸は r-vSTR のシナプス前 DA, 縦軸は両制御の割合で model-based 制御が増えると DA が増加している。D 右は省略するが、縦軸は model-based の行動指標である。下は A が model-free, B が model-based の学習信号と同じ領域の DA との関係で、それぞれ負と正の相関がみられた。R-vSTR の DA が両制御の程度に関係。

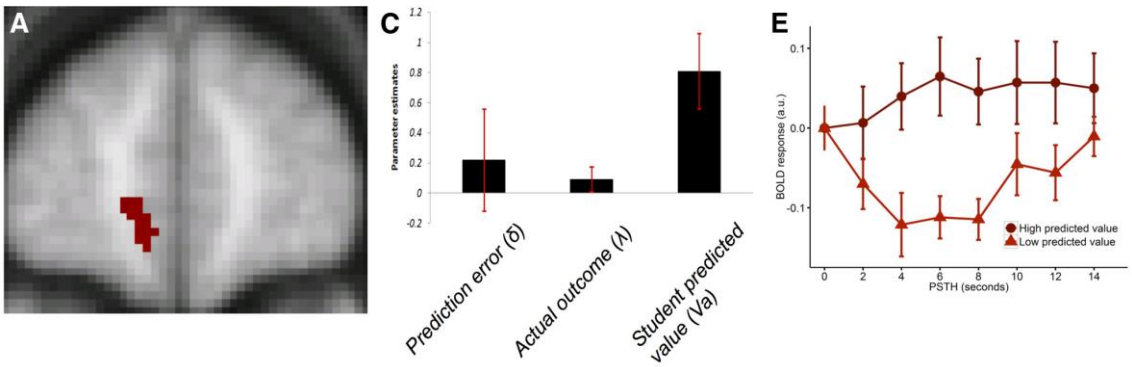


Apps, M.A.J. et al. Vicarious reinforcement learning signals when instructing others. J. Neurosci., 35:2904-2913.

この論文は教授行動における強化信号を fMRI により研究したもの。脳計測に先立ち、教師役の参加者は 10 の刺激と 4 つの反応の連合を学習する。計測時には同じ学習を行う生徒（実際はコンピュータ）の反応に正/誤のフィードバックを与える。生徒の行動は Rescorla-Wagner 説によりモデル化した。δ＝λa－Va(n). δは予測誤差（PE）、λaは教師が知っている行動 a の実際の結果、Va(n)は試行 n における行動 a の生徒の連合価の予測。



上の図は前部帯状回の緑色の領域（図 A）の活性（生徒の反応に time-lock）が予測誤差δ（図 B の一番左の棒グラフ）に関係することを示す。図 C は正の PE（薄い緑）と負の PE（濃い緑）の時間経過で、横軸 0 点は生徒の反応時。λa や Va は関係なかった。下の図は腹内側前頭前野（vmPFC, 図 A）の活性が Va に関係することを示す（図 C)。図 E は予測値を 0.5 を境に高（濃い赤）と低（薄い赤）に分けて表示したもの。同じ様な関係が島回でもみられた。



わたしはこの論文を十分に理解しておらず、また、A4 一枚に収めて紹介できるとも思えない。われわれは同じ行動を繰り返しながら日常を生きている。そこには何らかの強化信号があるはずで、今後この論文のような研究が増えると思われる。

今月の認知神経科学の応用

今月も応用研究が多い。基礎研究中心の雑誌にも応用研究が載るようになってきた。

Steinbeis, N. et al. (2015) Soc. Cognit. Affect. Neurosci., 10:302-310.
情動的な自己中心性を抑制する能力の発達的変化を子供と成人の fMRI による脳機能画像で検討した。子供では右縁上回の活性、それと左前頭前野との機能結合が弱かった。

Novembre, G. et al. (2015) Soc. Cognit. Affect. Neurosci., 10:153-164.
社会的な排除 social exclusion の被害経験や被害者への共感が痛みの感覚的な面に応答する脳領域を活性化させることを示した fMRI 研究。

Will, G.-J. et al. (2015) Soc. Cognit. Affect. Neurosci., 10:209-218.
社会的排除者を罰する時には前補足運動野や島皮質が活性化し、許す時には側頭頭頂接合部や内外の前頭前野の活性増加が関係していたことを示す fMRI 研究。

Redlich, R. et al. (2015) Soc. Cognit. Affect. Neurosci., 10:278-284.
分離不安 separation anxiety の機能的、構造的 MRI 研究。分離不安のスコアは扁桃核の情動顔への反応、灰白質の容量、扁桃核と視覚領野などとの機能結合と正の相関。

van der Velde, J. et al. (2015) Soc. Cognit. Affect. Neurosci., 10:285-293.
失感情症 alexithymia には認知と情動の側面がある。これは失感情傾向が情動の制御に関係するかを検討した fMRI 研究。情動制御より初期の情動処理に問題があると結論。

Freeman, S.M. et al. (2015) Neuropsychol., 68:218-231.
Go/No Go 課題と Pavlovian-to-instrumental transfer を組み合わせて、行動の抑制について検討した。No Go 刺激に Pavlovian CS+を overlap させる試行の増加が有効だった。

Hauswald, A. et al. (2015) Neuroimage, 108:265-273.
禅の瞑想 meditation による心的状態の変化を脳波で検討した研究。行動指標はマインドフルネス・スコアを利用した。ガンマ帯域の強さが行動スコアと関連していた。

Cantarero, G. et al. (2015) J. Neurosci., 35:3285-3290.
小脳への経頭蓋直流電気刺激 tDCS（anodal ）が新しい運動スキルの学習に促進的に働くことを示した。

Spieser, L. et al. (2015) J. Neurosci., 35:3010-3015.
衝動的なエラーには行動への欲求と抑制の失敗の側面がある。また、エラーにはならぬ多くの筋電図反応がある。補足運動野/前補足運動野への tDCS は抑制の失敗を減少させた。

Pecchinenda, A. et al. (2015) Neuropsychol., 68:1-7.
tDCS を背外側前頭前野に与え、注意、ワーキング・メモリへの妨害刺激の影響を検討した研究で、tDCS の極性を問題にしている。

Strobach, T. et al. (2015) Neuropsychol., 68:8-20.
二重課題に前頭前野の実行機能が関係すると言われている。この研究はその因果的関係を左前頭前野に tDCS を与えることで検討した。陽極刺激が成績を改善させた。

Shin, Y.-I. et al. (2015) Neuropsychol., 69:154-175
tDCS の健常者の認知機能と神経精神疾患への効果の総説。

Giuliani, N.R. & Pfeifer, J.H. (2015) Neuroimage, 108:173-181.
10-23 歳の女性の食物への欲望を制御するための再評価 reappraisal の fMRI 研究。再評価は自己制御の領域を活性化させたが、それと年齢とは正、肥満度とは負の相関を示した。

Jarcho, J.M. et al. (2015) Neuroimage, 108:343-353.
過剰な摂食は対人関係のストレスで生じやすい。肥満の若い女子で peer rejection task を利用して、課題中の脳活性を loss of control (LOC) eating の有無を絡めて検討した。

Weygandt, M. et al. (2015) Neuroimage, 109:318-327.
長期間のダイエットの効果の研究は少ない。12 週のダイエット時と 1 年後に fMRI で delay-discount 課題中の背外側前頭前野の活性を検討したが、体重維持と関係していた。

Gu, X. et al. (2015) PNAS, 112:2539-2544.
依存行動（この研究では喫煙）に対する認知的要因（信念 belief, この研究では喫煙するたばこのニコチンの有無の教示）の影響を強化学習理論を援用して検討した。

Weiland, B.J. et al. (2015) Hum. Brain Mapp., 36:872-882.
喫煙者と非喫煙者の実行制御ネットワーク ECN とデフォルト・モード・ネットワーク DMN の比較。喫煙者では左 ECN と DMN で結合強度が低下していた。

Daamen, M. et al. (2015) Hum. Brain Mapp., 36:1121-1137.

早産児がワーキング・メモリ WM の負荷に障がいを示すことがあるが、成人になると後方の default mode network をより強く抑制し、障がいを補償していた。

Ganella, E.P. et al. (2015) Hum. Brain Mapp., 36:1138-1150.
極度の早産 EP、極度の低体重 ELBW だった青年の眼窩前頭部 OFC の形態的な特徴を MRI で計測し、精神疾患や実行機能との関係を検討したもの。

Kwon, S.H. et al. (2015) Neuroimage, 108:144-150.
早産児の脳の機能結合の側性化 lateralization を fMRI で検討した。早産児は言語の感覚、運動に関係する領域の側性化に障がいがみられた。

Sripada, K. et al. (2015) Neuroimage, 109:493-504.
極度の低体重で早産だった青年の感覚－運動機能の障がいを構造的な MRI で検討した。灰白質の面積、容量、白質の異方性比が関係していた。

Zhang, Y. et al. (2015) Neuroimage, 109:469-479.
極度の早産だった 7 歳児の脳の灰白質容量、白質容量、皮質表面積、gyrification index を通常産児と比較した。いくつかの点で差が見られた。

Neef, N.E. et al. (2015) Brain, 138:712-725.
発話時に関係する一次運動野の領域に磁気刺激（TMS）を与え、舌の筋電図を記録した。通常の人は左半球の興奮性の増加がみられたが、吃音者ではそれがみられなかった。

Toyomura, A. et al. (2015) Neuroimage, 109:458-468.
吃音は外部刺激によってトリガーされる時は改善される。その訓練を 8 週間行ったところ、それには大脳基底核や小脳の活性（fMRI による計測）が関係していた。

Chang, S.-E. et al. (2015) Brain, 138:694-711.
吃音の児童の脳の白質の発達的変化を拡散テンソル画像法で検討した。拡散異方性の程度（異方性比率）が聴覚野と運動領域など多くの線維連絡で低下していた。

Bauer, R. et al. (2015) Neuroimage, 108:319-327.
脳梗塞で生じる運動障害のリハビリテーションとして運動のイメージ生成が行われている。しかしイメージ生成と運動の実行には異なるネットワークがあるので、その点を検討。

Bemben, M.A. et al. (2015) PNAS, 112:2551-2556.

自閉症 ASD の遺伝子変異の研究。

Kikuchi, M. et al. (2015) Soc. Cognit. Affect. Neurosci., 10:248-254.
ASD の児童の脳の機能的結合を、認知機能に関係する長距離のネットワークに絡む θ 波を脳磁図 MEG で記録して検討した。ASD では θ 帯域のコヒーレンスが減少していた。

Komeda, H. et al. (2015) Soc. Cognit. Affect. Neurosci., 10:145-152.
17-41 歳の高機能 ASD と定型発達 TD に autistic, non-autistic な性格特性の文章を提示しそれが自他で合うか判断させた。fMRI で脳活性、機能結合で ASD, TD で差があった。

Marko, M.K. et al. (2015) Brain, 138:784-797.
ASD 児童の順応の運動学習を検討した研究。エラーを視覚か自己受容刺激で検出できたが、ASD は視覚の時に学習が悪く、それは MRI による小脳前部の面積、容量が関係した。

Mosconi, M.W. et al. (2015) J. Neurosci., 35:2015-2025.
感覚運動機能の障がいは ASD の特徴だが研究が少ない。この研究は運動制御理論を基礎に ASD の precision grip の障がいを feedforward, feedback の両面から明らかにした。

Cusack, J.P. et al. (2015) J. Neurosci., 35:1849-1857.
ASD を他者の行為の知覚に問題があるとする考えがあるが、統制のとれた事態で適切な prompt と動機づけがあれば、そのような知覚に問題はなかった。

Thompson, J.I.R. et al. (2015) Neuropsychol., 69:148-153.
自閉症傾向と外側膝状体に由来する大細胞、小細胞系視覚機能との関係を flicker fusion frequency により検討した研究。自閉症傾向は大細胞系機能に関連した。

Forster, S. et al. (2015) Cerebral Cortex, 25:609-618.
不安 anxiety、心配 worry、持続的注意、前頭葉機能の関係を Go/No Go 課題と fMRI による脳機能計測で検討した。不安と心配では前頭葉の関与が異なっていた。

Benson, B.E. et al. (2015) Cognit. Affect. Bahav. Neurosci., 15:155-168.
不安神経症の人は高い報酬価に過度に鋭敏だが、随伴性 contingency（反応と報酬の関係）も関係することを fMRI による線条体の活性から検討した。

Swartz, R.J. et al. (2015) Neuron, 85:505-511.
fMRI で計測された脅威に対する扁桃核の反応性は、その後に日常的にさらされるであろ

うストレス刺激に対するもろさの予測に利用できる。

Banca, P. et al. (2015) Brain, 138:798-811.
　強迫性障害 obsessive-compulsive disorder を強化学習理論の観点から、habitual と goal-directed behavior の枠組みで検討した脳画像研究。

Davenport, N.D. et al. (2015) Hum. Brain Mapp., 36:1053-1064.
　戦争による心的外傷後ストレス障害 PTSD と軽度の脳外傷 mTBI は類似の症状を示すので、拡散イメージング法で両者の白質の障害の違いを明らかにした。