

## 今月の認知神経科学：論文紹介

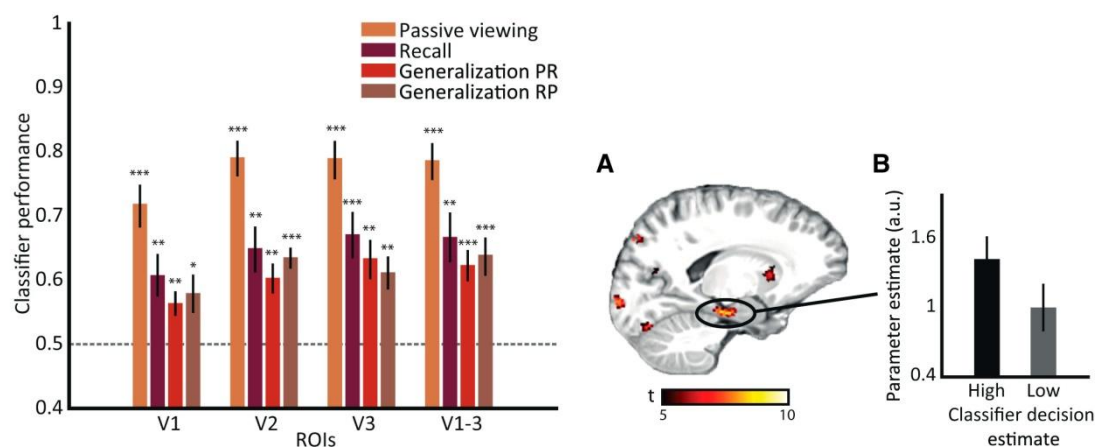
2014年7月

### Bosch, S.E. et al. Reinstatement of associative memories in early visual cortex is signaled by the hippocampus. *J. Neurosci.*, 34:7493-7500, 2014.

記憶の想起は記銘時の脳の活性の再現 *reinstatement* と考えられるようになった。それは高次の視覚バッファで起こるが、記銘時の詳細な情報まで再活性されているのか、また、海馬がどのような役割を果たしているのか不明である。この点を精神物理、fMRI、decoding (MVPA)、cued recall 課題で検討した。

課題は音と *grating* の連合、cued recall、受動的な *grating* の知覚である。連合学習では高低2種類の音と  $55^\circ$   $145^\circ$  の *grating* を使用した。再生では学習での音を継時的に提示し、その後 *cue* として  $1/2$  の数字を提示する。2ならば二番目に提示した音に対応する *grating* を想起する。その後、学習時の *grating* の角度を少し変えた刺激を提示し、時計、反時計回りかを答えさせる。知覚では *grating* に重なって凝視点に提示される特定のアルファベットを検出する課題である。

decoding の結果を下図左に示す。図で上から MVPA での訓練-テストは *Passive-Passive*, *Recall-Recall*, *Passive-Recall*, *Recall-Passive* である。図が示すように V1-V3 の初期の視覚バッファのデータで decoding が可能だった。そして、PR, RP の汎化の結果は知覚 *passive* と想起 *recall* が同じ表象を共有していることを示している。また、V1-V3 でも decoding が可能なことは、*recall* で詳細な情報が再活性されていると考えられる。一方、海馬の関与に関しては下図右に示してある。海馬の活性と視覚バッファにおける decoding の成績が関係することを示している。著者らは海馬が視覚バッファにおける再活性の記憶強度 *mnemonic strength* を調整すると考えている。



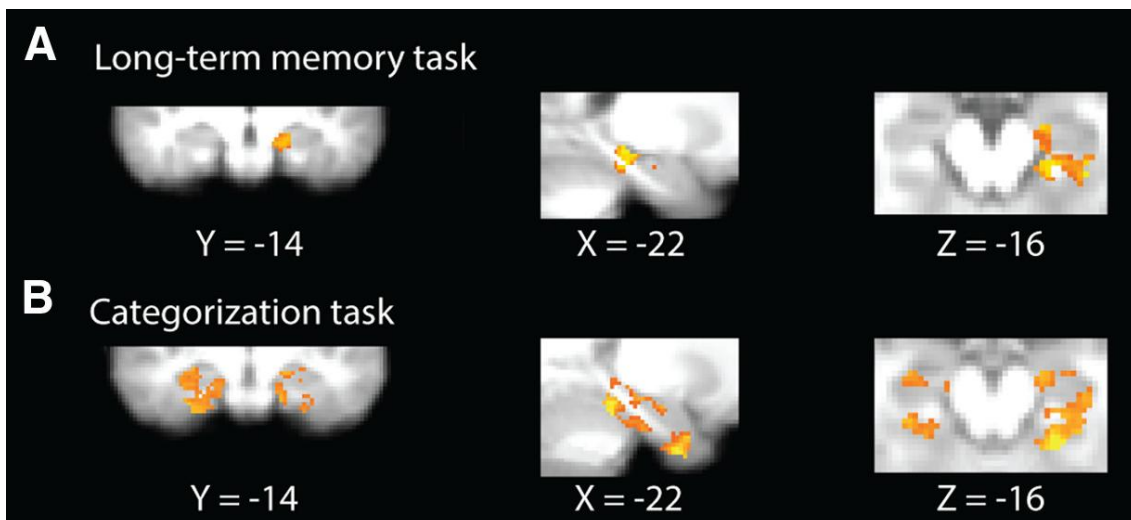
論文の図を一部変更した。

**Davis, T. et al. Global neural pattern similarity as a common basis for categorization and recognition memory. J. Neurosci., 34:7472-7484, 2014.**

familiarity は記憶痕跡の強度を反映すると考えられている。カテゴリ化と再認記憶の研究は familiarity に共通の神経基盤、i.e.,内側側頭葉 MTL の活性化があることを示唆した。一方、長期記憶とカテゴリ化の研究は記憶強度が global similarity に関係することを示した。これまでの研究は、MTL の overall の活性と数学的な global similarity が familiarity に関係することを示し、MTL が familiarity と global similarity の計算に関係することを示唆した。この研究では数学的な global neural similarity の測度を開発し、MTL が global similarity に関係することを明らかにした。

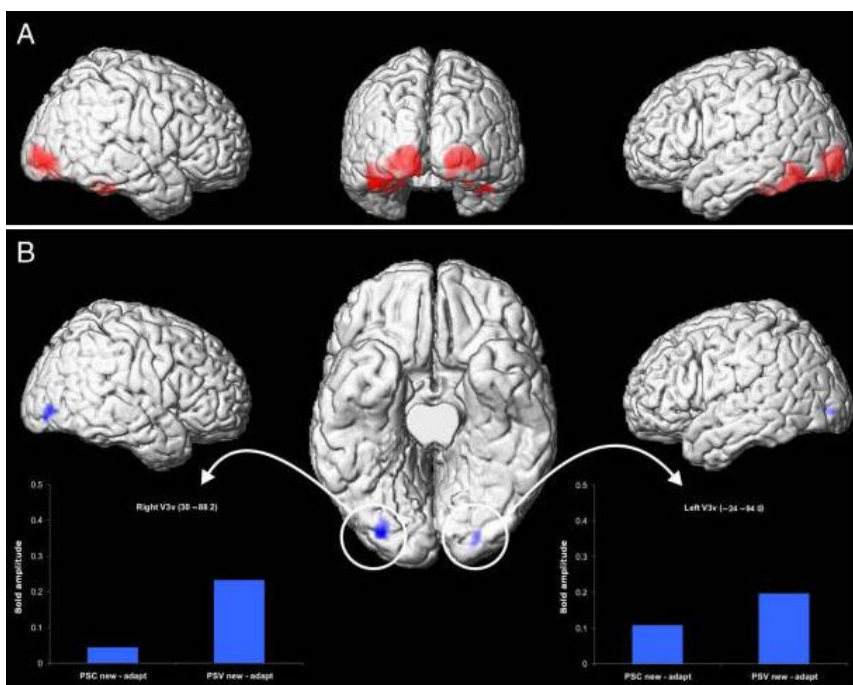
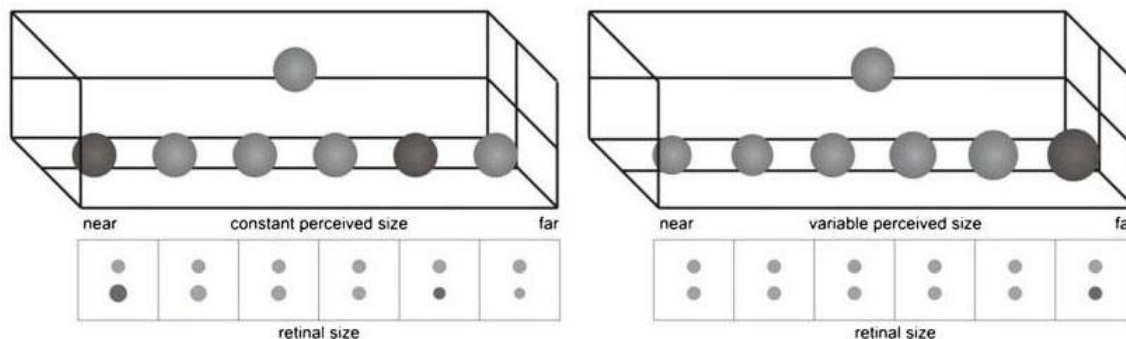
実験は長期記憶課題とカテゴリ化課題よりなる。前者では漢字の単語が提示され、参加者は生物、非生物の判断を行い、その時の脳の活性を記録した。そして、30分後に不意打ちの自由再生、再認テストを受けた。また、確信度の評定を行った。後者では身体特徴に基づくカブトムシの分類課題 (A/B) を行った。刺激には多くの rule-following item と少数の exception があった。この間6回の脳の活性の記録を行った。その後、再認テストを受けた。再認強度を SUSTAIN で予測した。学習が進むと exception の再認が rule-following item よりもよくなった。それは実測値と一致した。両課題の fMRI の記録から neural global pattern similarity が計算された。

結果を図 (改変してある) に示す。neural global pattern similarity と長期記憶では確信度、カテゴリ化課題では SUSTAIN による再認強度予測の間に有意な相関があった MTL、海馬領域である。両課題で overlap があり、この領域が行動的、神経的な global similarity に関係し、それが異なる課題での記憶痕跡の強度、すなわち familiarity に関連していた。



なお、同じ著者らによる関連論文が *Cerebral Cortex*, 24:1720-1737, 2014.にあるので、あわせて読まれるとよいだろう。

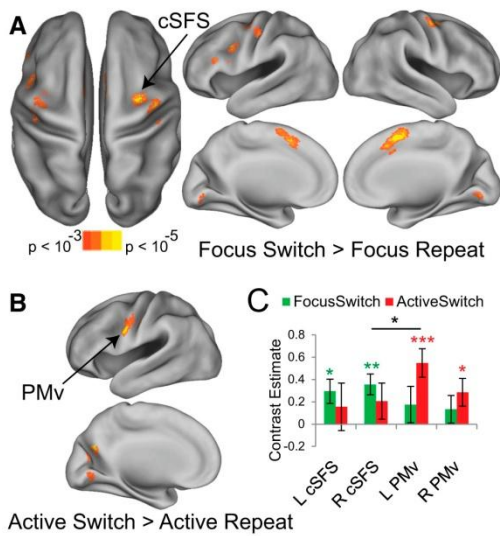
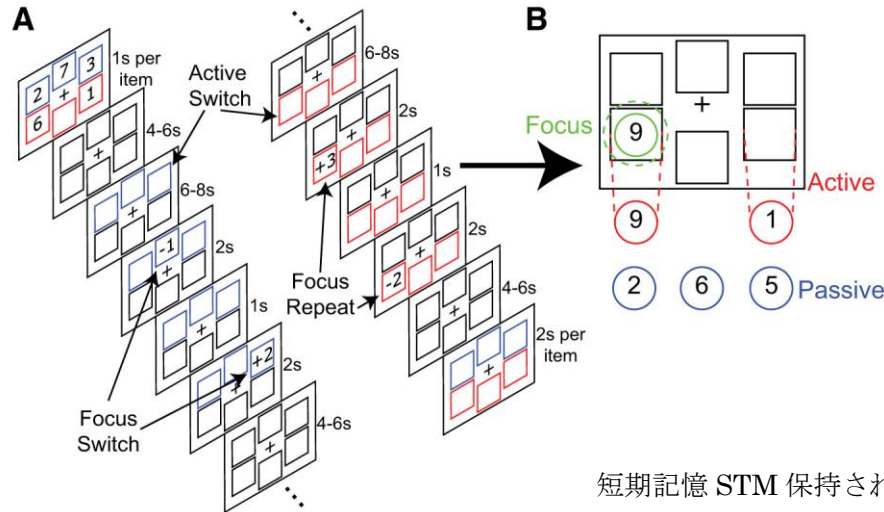
Weidner, R. et al. The moon illusion and size-distance scaling – Evidence for shared neural patterns. *J. Cognit. Neurosci.*, 26:1871-1882, 2014.



実験 1 の月の錯視はこの図のような人工的な環境で検討した。上の図は実験 2 の知覚される球のサイズが一定の条件（左）と視角が一定の条件（右）。図は変更された。

月の錯視は視角が同一の対象の大きさ知覚と見かけの距離が絡む問題である。実験 1 では人工的な環境で月の錯視に関する脳領域を fMRI で測定し、上の図 A にあるように、左右の紡錘状回、左中後頭回 (V1)、右鳥距回 (V1) が月の錯視に関係することを見出した。実験 2 は図の最上部の 2 つの条件で月の錯視の神経基盤を検討した。左は観察距離によって見かけの大きさ変わらない (視角は変わる)、大きさの恒常性に関する CP 条件、右は見かけの大きさ変わる (視角は変わらない)、月の錯視に関する VP 条件。fMRI の順応実験 (CP-CP, VP-CP; VP-VP, CP-VP) で各条件に関与する領域を検討した。アンダーラインのあるのが adapt、ないのが new。上の図の各棒グラフの左が CP、右が VP の new-adapt の結果で、VP で差がみられた。場所は左右の中後頭回 (V3v) で、この領域が網膜像の大きさと距離の情報を統合し、月の錯視に関係すると考えられた。

Nee, D.E. & Jonides, J. Frontal-medial temporal interactions mediate transitions among representational states in short-term memory. *J. Neurosci.*, 34:7964-7975, 2014.



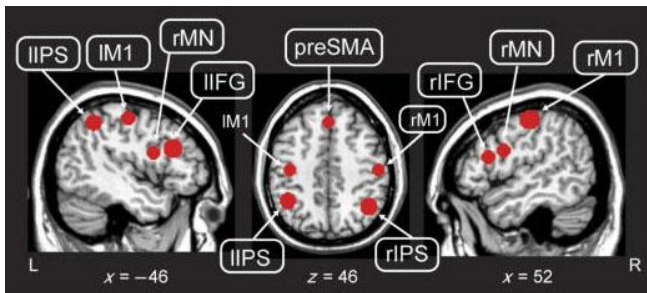
短期記憶 STM 保持されている情報には 3 つの状態がある : focus, active state, passive state. この状態間の移行についてはよく分っていない。focus は少数 1 chunk の情報を直ぐに扱う状態、active state はさらに多くの情報を focus が操作するために維持している状態、passive state は単に維持している状態。手続きを上図に示す。色が異なる 2 セットの枠があり、そこに提示される 5 つの数字を STM に収める。その後色枠の一方が提示され、そのセットが対象になる。操作するセット内枠が変わるのが focus switch, セットが変わるのが active switch.

スペースの都合で詳しくは本文を参照ください。fMRI による脳機能計測の結果は下図にある。focus switch- focus repeat は前頭眼野近くの上前頭溝尾側部 cSFS, active switch- active repeat は腹側の運動前野 PMV で両側に活性がみられた。そして、cSFS と内側側頭葉 (前方部) の間の機能結合は focus switch で強まり、一方、PMV と内側側頭葉 (後方部) の間の機能結合は active switch で強まった。それぞれ、逆の switch では機能結合が低下している。このような前頭葉と内側側頭葉のインタラクションが STM の異なる状態の変化に関係している。

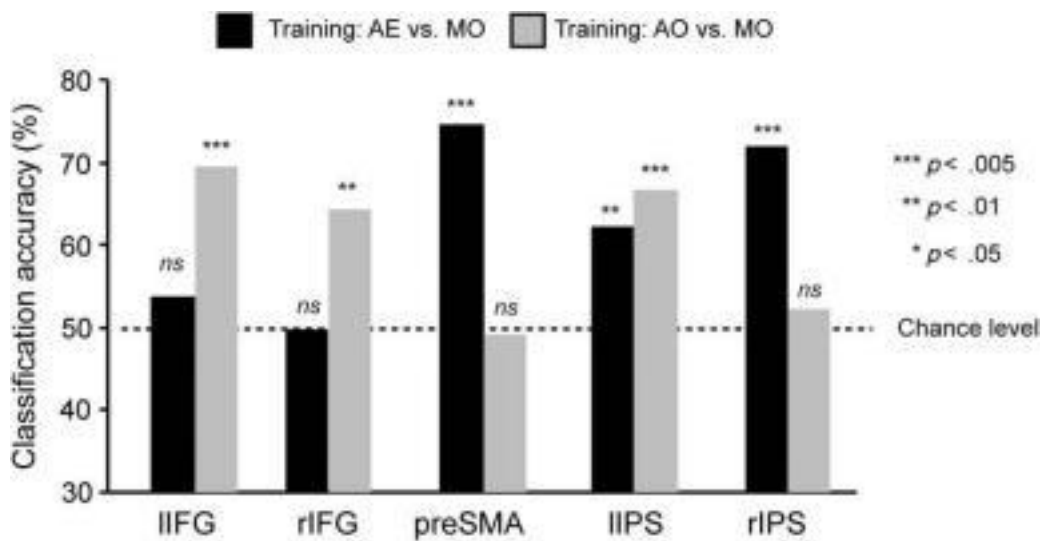
Rueschemeyer, S.-A. et al. Observing, performing and understanding actions: Revisiting the role of cortical motor areas in processing of action words. *J. Cognit. Neurosci.*, 26:1644-1653, 2014.

この論文は一部の動詞 action words の処理に運動関連領域がどのように関わるかを、fMRI データに decoding (MVPA) を適用して検討したもの。参加者は次の 5 つの課題を行う。手の行為の実行 (AE)、手の行為の観察 (AO)、非生物的運動の観察 (MO)、「握る」、「つまむ」などの action verb を読む (AW)、「雪が降る」、「溶ける」などの nonaction verb を読む (NW)。decoding の訓練は AE-MO, AO-MO で行い、そのアルゴリズムが AW と NW を読んだ時のデータの区別に適用された。

両訓練で共通して分離が可能だったのは左右の下前頭回 (IFG)、左右の頭頂間溝 (IPS) と前補足運動野 (preSMA) だった。これらの領域に関して、AE-MO, AO-MO 区別のアルゴリズムを AW-NW の区別に適用した結果が下の棒グラフに示されている。AE-MO では preSMA と左右の IPS、AO-MO では左右の IFG と左の IPS で AW-NW の区別が可能だった。preSMA, IPS は AE と AW に共通する神経基盤があるようだ。一方、IFG を含む前頭葉では AO と AW に共通の基盤があるようだ。



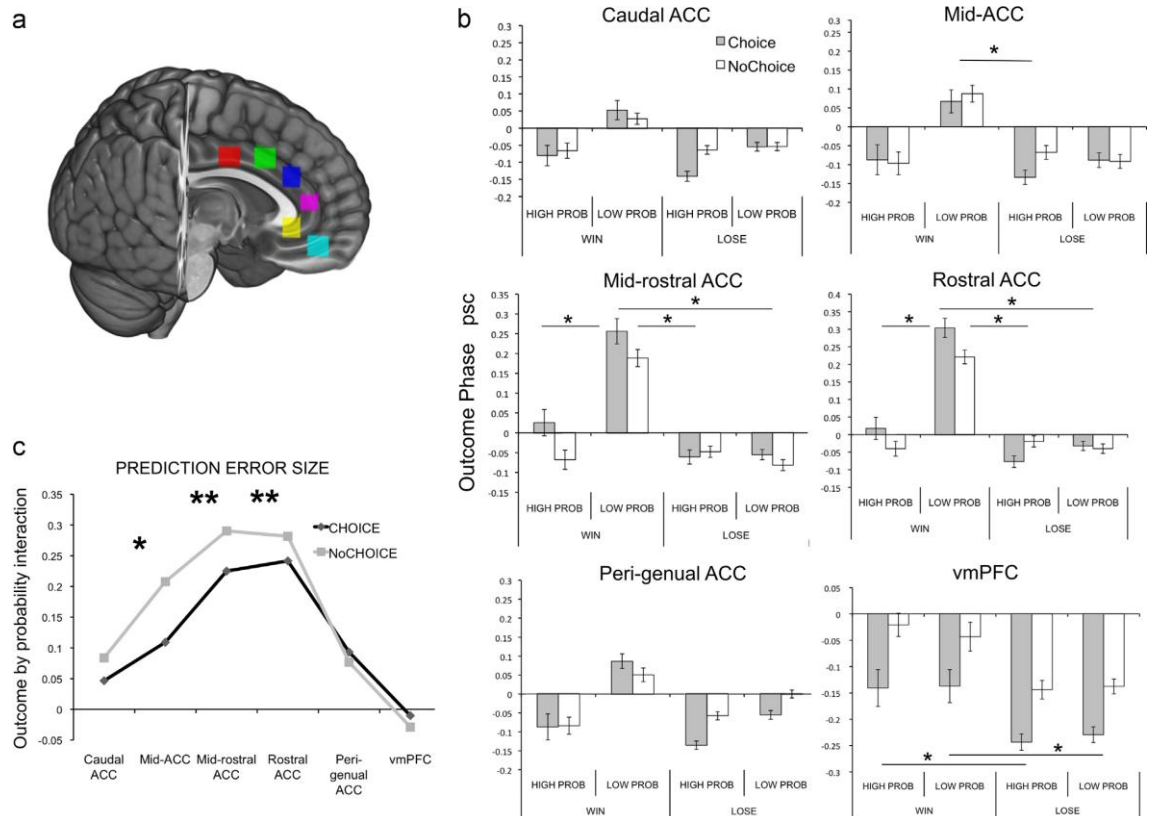
l, r は左右半球  
M1 は一次運動野  
MN は腹外側運動前野



**Vassena, E. et al. Dissociating contributions of ACC and vmPFC in reward prediction, outcome, and choice. *Neuropsychologia*, 59:112-123, 2014.**

前頭葉内側部の前部帯状皮質 ACC と腹内側前頭前皮質 vmPFC の報酬予測、結果、選択における機能の違いを検討した研究。実験ではギャンブルと確実な利得の間の選択を行う。ギャンブルでは当たる確率が低い利得が大きい条件と、確率は高いが利得は小さい条件がある。また、参加者自らが選択する Choice 条件とコンピュータが選択する NoChoice 条件がある。脳の活性は fMRI で測定したが、whole brain の分析と内側前頭前皮質内に ROI を設けた分析を行った。結果は win/lose で、報酬予測は outcome と確率の相互作用で、選択は Choice/NoChoice で検討した。

ROI の結果を下に示す。a は ROI の領域で、前頭前野の内側部で尾側 Caudal から吻側 Rostral 方向へ 6 か所設定されている。もっとも吻側で腹側にあるのが vmPFC である。b は outcome 時の各 ROI における脳の活性で、横軸は win/lose で、それぞれギャンブルの確率の高 (左) 低 (右) に分けて結果が表示されている。この結果から分るように、Mid-ACC から Rostral-ACC では低確率での win (positive prediction error) で活性が強い。それは c にあるように、自ら選択した時の方がより大きな活性がみられる。一方、vmPFC は抑制が基本的な反応傾向だが、確率には関係なく win、また、NoChoice 条件の方で抑制が少ない。ACC は予測誤差と行動関連価値、vmPFC は結果と刺激関連価値の処理に関係する。

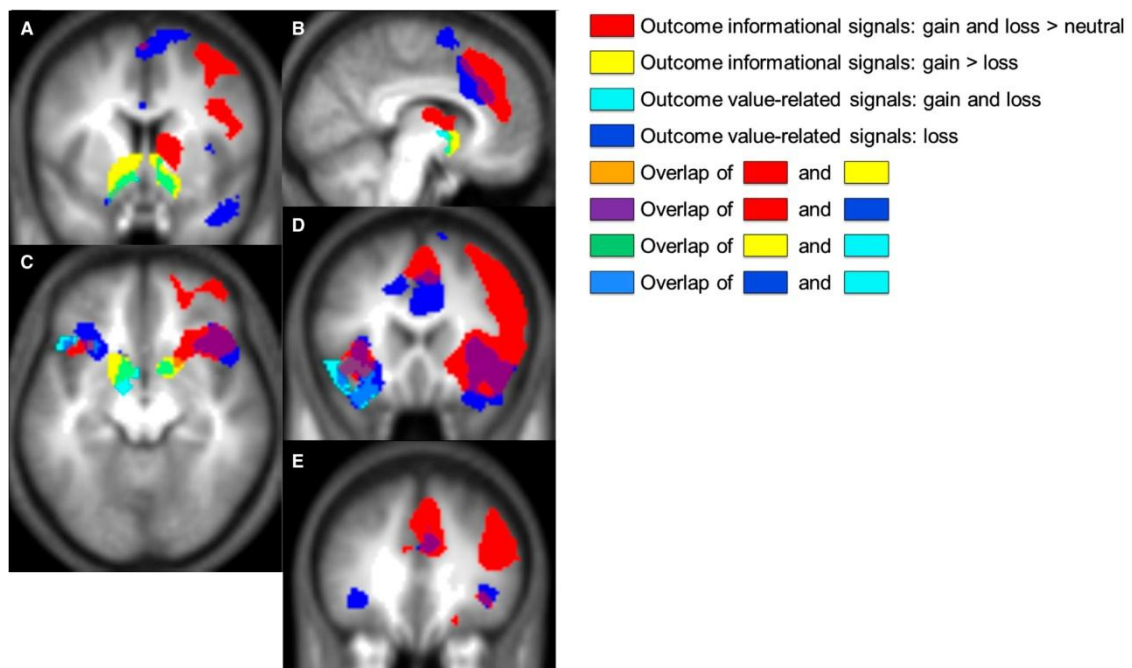


**Jessup, R.K. & O'Doherty, J.P. Distinguishing informational from value-related encoding of rewarding and punishing outcomes in the human brain. *Europ. J. Neurosci.*, 39:2014-2026, 2014.**

結果 outcome の表象は複数あり、その主観的な価値や量に関係なく賞/罰すなわち valence を表象する information signaling, valence に関係なく量、強度を表象する salience code (これは次の value signaling の一種か), この二つに関係し、valence と量を表象する value signaling がある。この実験ではこれらの表象の脳内対応を fMRI で検討する。

実験では 6 種類の色が異なるスロット・マシンがあり、そのうちの 2 つは平均するとプラスの金額 (+125 cents, -250 + 500 cents)、2 つは平均するとマイナスの金額 (-120.5 cents, -496 + 255 cents) の結果、残りの 2 つは金額の提示のない neutral 条件である。実験にはマシンが 2 つ提示され選択を求められる double 条件と、単一のマシンが提示される single 条件がある。

その結果、outcome 提示時に、neutral 条件と比較して、特に double 条件で Win, Loss で活性があったのは (すなわち informational)、前部帯状回 (ACC)、右外側眼窩前頭部 (IOFC)、左右の島皮質 (Ins) などであった。Loss よりも Win の活性が強いのは (informational)、内側前頭前野 (mPFC)、左右の腹側線条体 (vStr) だった。次に Win, Loss に関係なく金額に関係したのは (すなわち value)、左右の vStr だった。また、Loss でその量も関係する領域は (すなわち value)、両側の IOFC, 両側の Ins, ACC であった。下の図に示すように、オーバーラップが多い。IOFC や Ins は value に関しては罰 Loss で活性化するが、Win, Loss の両方の情報に反応していることは今後の研究の留意点である。



## 今月の認知神経科学の応用

Hummer, T.A. et al. (2014) *Brain & Cognit.*, 88:26-34.

テレビで暴力的な番組を観ることと実行機能および前頭頭頂領域の白質の容積との関係を検討した研究。マイナスの影響がある。

Moreau, D. & Conway, A.R.A. (2014) *Trends in Cognit. Sci.*, 18:334-336.

認知訓練、とくにワーキング・メモリ (WM) の訓練は知能を高めるとされたが、多くの批判を受けた。しかし、訓練法を工夫すれば肯定的な結果が得られる、とする論説。

Schutter, D.J.L.G. (2014) *Trends in Cognit. Sci.*, 18:331-333.

弱い電流刺激を脳に与えて認知機能を高めることに関する肯定的な論説。

Tang, Y.-Y. & Posner, M.I. (2014) *Trends in Cognit. Sci.*, 18:345-350.

脳トレーニングには二種類ある：network training と state training。それぞれ、WM training と meditation training を挙げ、同異とそれに基づき有効な訓練法を論じている。

Wilke, M. et al. (2014) *Human Brain Mapping*, 35:3372-3384.

早期早産児 PT (妊娠 32 週以下) だった子供、定型発達児 TD (いずれも約 13, 14 歳) の言語領域間の機能結合を検討した研究。PT と TD で異なる結合様式がある。

Pechtel, P. et al. (2014) *Neuroimage*, 97:236-244.

子供時代に受けた虐待 maltreatment と扁桃核の容積の関係を検討した研究。とくに 10-11 歳に虐待を受けると右の扁桃核の容積が増大する。

Fusar-Poli, P. et al. (2014) *Human Brain Mapping*, 35:3052-3065.

精神神経疾患の voxel-based morphometry (VBM) でサンプル・サイズがバイアスになって結果に影響しているというメタ分析。

Parma, V. et al. (2014) *Brain & Cognit.*, 88:73-82.

自閉症 (ASD) では模倣に障害がでるが、モデルの親近性でそれは緩和される。母親の匂いを付加すると改善が促進された。

Tyszka, J.M. et al. (2014) *Cerebral Cortex*, 24:1894-1905.

高機能 ASD の成人の安静時の機能結合を whole-brain level と regional level で検討したが、前者は統制群と差がなく、後者は差があったが、他の要因の混入もあり注意が必要。



Wee, C.-Y. et al. (2014) *Human Brain Mapping*, 35:3414-3430.

ASD の構造的な MRI 研究では、領域だけでなく、領域間の関係を検討することにより、診断が改善される。

Hart, H. et al. (2014) *Human Brain Mapping*, 35:3083-3094.

注意欠陥多動障がい ADHD は運動抑制に障がいがある。Stop 課題中の fMRI データに多変量パターン分類を適用して、ADHD の biomarker として診断に利用できる。

Li, C.-T. et al. (2014) *Brain*, 137:2088-2098.

難治性うつ病 refractory depression の患者の前頭前野に theta-burst 磁気刺激を与え、うつ病への効果を検討した研究。同じ雑誌の 137:1854-1862 に Daskarakis, Z.J. の論評がある。