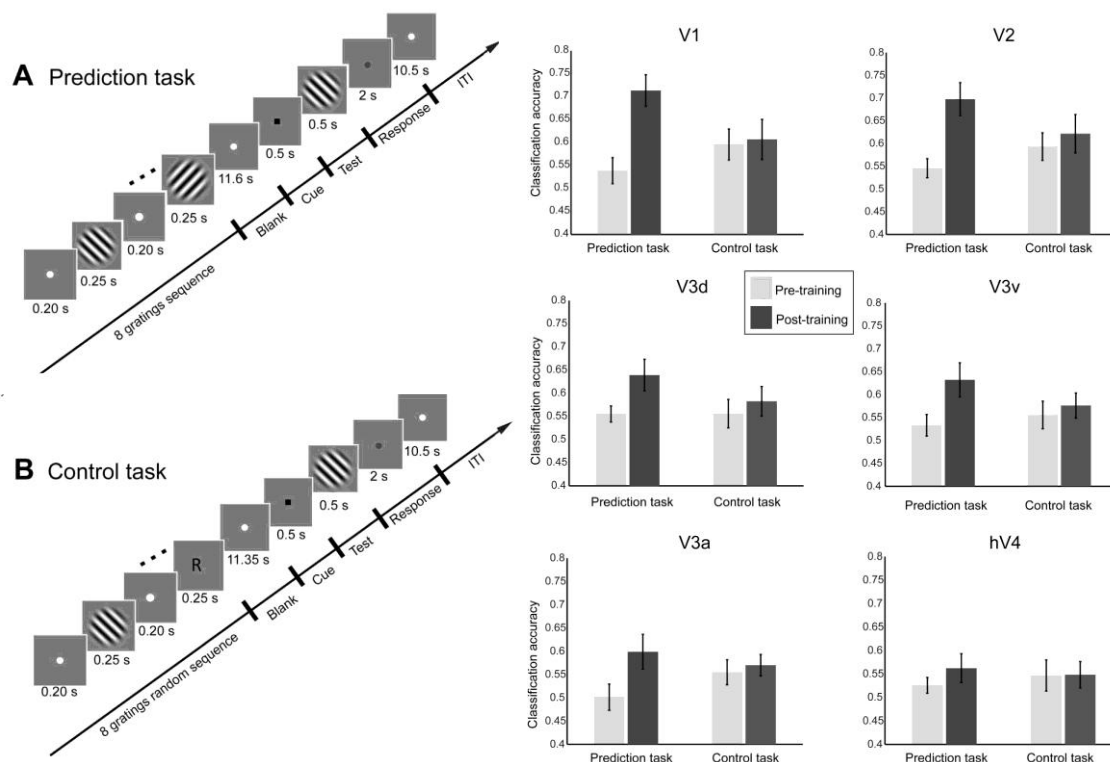


## 今月の認知神経科学：論文紹介

2015年6月

### Luft, C.D.B. et al. Decoding the future from past experience: learning shapes predictions in early visual cortex. *J. Neurophysiol.*, 113:3159-3171, 2015.

この研究は一連の *grating* の傾きの予測が視覚領野にどのような反応をもたらすかを decoding (MVPA) で検討したもの。課題は下の左図で、8つの *grating* 刺激が継時的に提示される。刺激列は4つあり、半数がそれぞれ *test* 刺激の左右の傾きを予測できるようになっている（予測課題 A）。提示後 11.6s 後に判断を求める *cue* がでて、*test* 刺激として提示された傾きが予測したものかを判断する。統制課題 B では、系列の最後に R/L がでてくる。Test 刺激が最後の R/L と一致するか判断する。fMRI で視覚領野の活性を計測し、decoding を適用して、11.6s の時期に対応する脳の反応で傾きの左右を予測した。

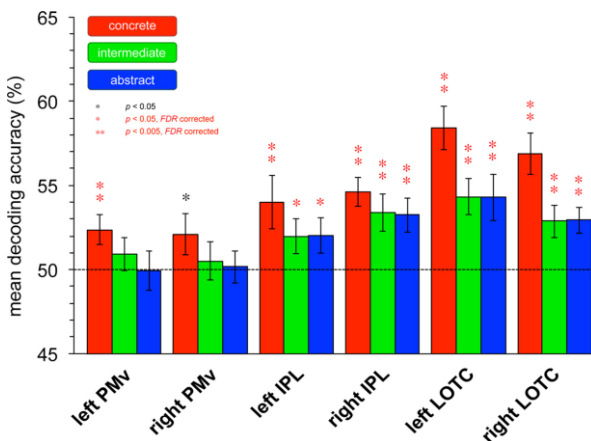
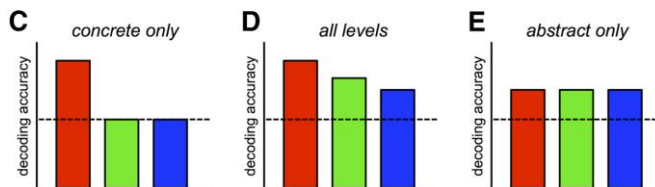
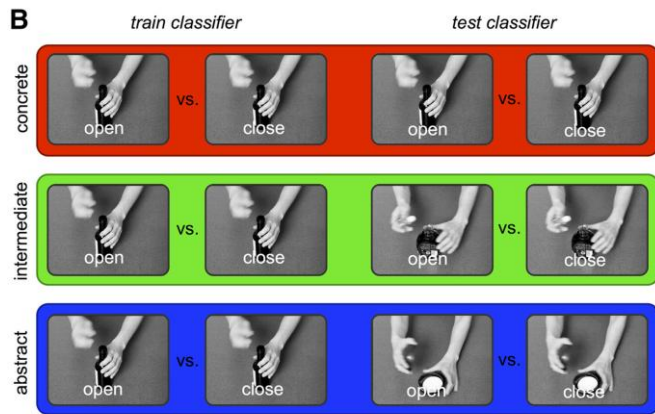
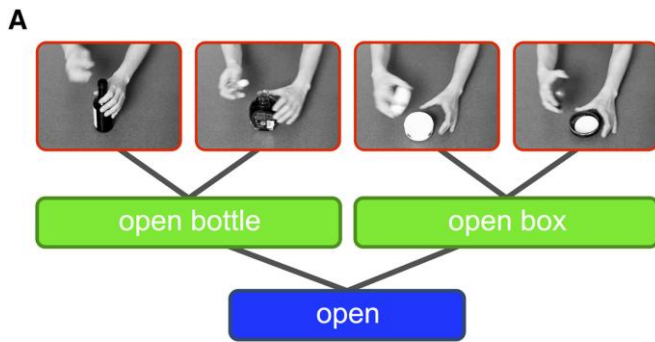


参加者は訓練により傾きの予測ができるようになった。Decoding の結果が上の右図で、V1 から hV4 の成績が示してある。灰色のバーが訓練前、黒のバーが訓練後である。領野によって異なるが、初期のバッファでは予測訓練後の decoding の成績がよく、それは統制課題の結果よりもよかった。すなわち、判断前の 11.6s の時期に *test* 刺激を予測しており、それが特に初期の視覚領野の活性に反映されている。統制課題と差があることから、ワーキング・メモリ、イメージ生成とは異なると考えている。なお、V1 では、行動の成績と decoding の成績の間には正の相関がみられた。一種の *prospective coding*。

Wurm, M.F. & Lingnau, A. Decoding actions at different levels of abstraction. *J. Neurosci.*, 35:7727-7735, 2015.

Neurosci., 35:7727-7735, 2015.

行為の理解に関する研究で、行為に具象（赤）、中間（緑）、抽象（青）のレベルを設け、decoding (MVPA)で腹側運動前野 PMv、頭頂間溝 IPL、外側後頭側頭皮質 LOTC がどのレベルの行為を表象しているか検討した。刺激の video clip の例が図 A, Bにある。例えば、



具象レベルは特定の瓶を開けるか閉める、中間レベルは異なる瓶のコレクションかキャップを開ける、抽象レベルは瓶か箱を開ける、である。図 B に decoding の訓練（左）とテスト（右）で使用した video の例。訓練は特定の瓶を開ける、閉めるで行い、テストがレベル間で異なる。図 C, D, E はそれぞれ具体的み、すべて、抽象のみのレベルの表象で予想される decoding の結果である。

下の棒グラフが実際の decoding の結果である。下の表は部位間、レベル間の比較である。グラフから分るように、PMv は具象のみ、他はすべてのレベルで decode できた。表からは、中間、抽象レベルで PMv の成績が低く、PMv で具象と抽象で decode に差があった。これらの結果は PMv は具象レベル、IPL, LOTC は抽象レベルの行為を表象していることを示した。著者らは行為理解の認知説と運動説の対立

Table 1. Results of post hoc paired samples t test between ROIs

	PMv-IPL		PMv-LOTc		IPL-LOTc	
	$t_{(21)}$	$P$	$t_{(21)}$	$P$	$t_{(21)}$	$P$
Concrete	-1.784	0.088	-4.450	<0.001*	-2.845	0.009*
Intermediate	-2.253	0.035*	-3.507	0.002*	-1.082	0.291
Abstract	-2.440	0.023*	-3.140	0.005*	-0.990	0.333

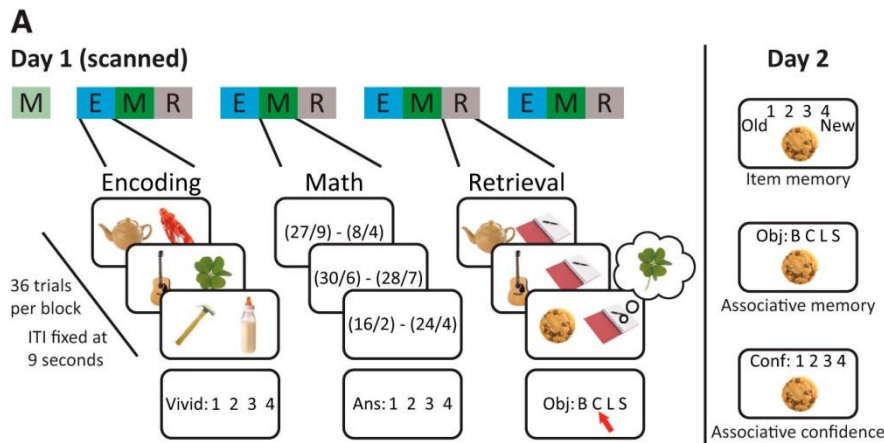
Table 2. Results of post hoc paired samples t test between abstraction levels

	Concrete-intermediate		Concrete-abstract		Intermediate-abstract	
	$t_{(21)}$	$P$	$t_{(21)}$	$P$	$t_{(21)}$	$P$
PMv	1.314	0.101	1.962	0.031*	0.599	0.277
IPL	1.392	0.089	1.671	0.054	0.051	0.479
LOTc	3.369	0.001*	3.517	0.001*	-0.012	0.504

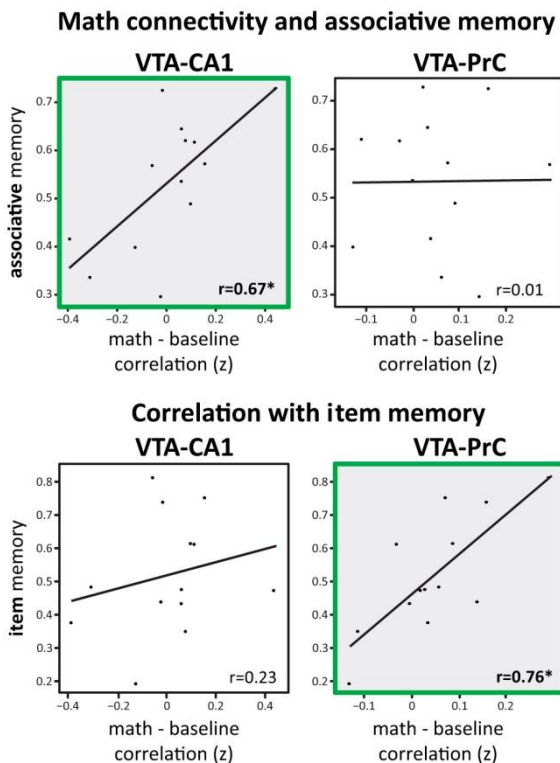
を問題にし、この結果が認知説を支持するものと考えている。

**Tomparry, A. et al. Consolidation of associative and item memory is related to post-encoding functional connectivity between the ventral tegmental area and different temporal lobe subregions during an unrelated task. J. Neurosci., 35:7326-7331, 2015.**

Associative な記憶の記録は海馬、item 記憶の記録は周嗅皮質 PrC が関係するが、この論文はそれらの記憶の固定にドーパミンによる長期増強が関係すると考え、海馬の CA1 と PrC と腹側被蓋野 VTA の機能結合と長期記憶の関係を検討した。課題は下の図にある。第 1 日目は fMRI 計測があり、まず、baseline の算数の課題 M があり、その後 M を挟んで記録 E と想起 R が繰り返される。課題はものの対連合で、ポットなどが 4 つのもの (B, C, L, S、本文参照) のどれかと対にされる。2 日目には、長期記憶のテストで、item 記憶のテストは Old/New で、associative 記憶のテストは cued recall で、いずれも確信度も含めて、



行われる。そして、M 課題中の海馬 CA1, PrC と VTA の間の機能結合が計測された。そして、長期記憶の成績と機能結合の関係が検討された。

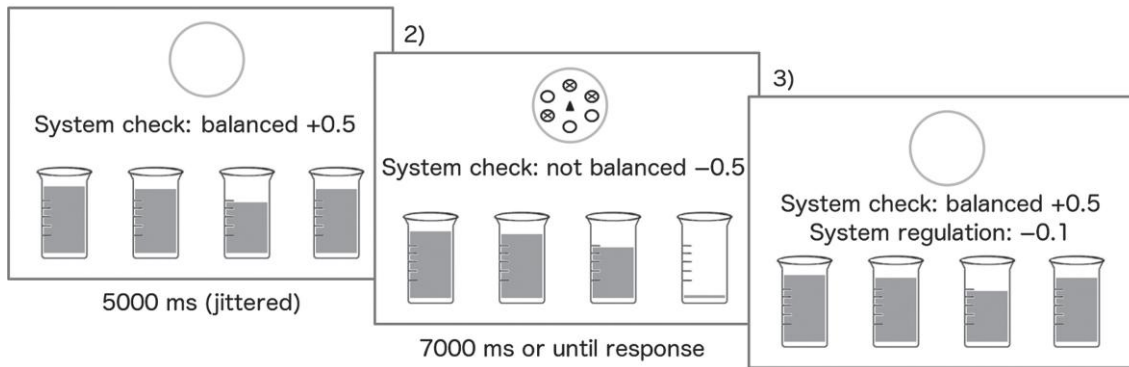


左図に示すように、長期の associative 記憶 (上)、item 記憶 (下) と VTA-CA1 (左), VTA-PrC (右) の機能結合との相関を示している。横軸は課題中の M と baseline の M における機能結合の差である。VTA-CA1 の機能結合が強い参加者は associative 記憶、VTA-PrC の機能結合が強い参加者は item 記憶と正の相関がある (緑の枠)。

ということで、VTA-MTL の記録後の機能結合が長期記憶の固定に働いていた。

Liljeholm, M. et al. Differentiating neural systems mediating the acquisition vs. expression of goal-directed and habitual behavioral control. *Europ. J. Neurosci.*, 41: 1358-1371, 2015.

この論文は、goal-directed (R-O) と habitual (S-R) な行動制御の脳内過程が、道具行動の獲得と実行 expression、outcome の価値低下 devaluation とどう関係するかを検討したもの。課題を下の図に示すが、空のビーカーに液体を入れること。予備訓練後に、参加者は MRI 装置内で、次の 2 条件を行う。S-R 条件では、空のビーカーに関係なく、提示される cue が反応を決める。一方、R-O 条件では cue に関係なく、空のビーカー毎に反応が決まっている。獲得、実行テスト、最後に、ビーカーの一つと金銭報酬の関係を無効にする devaluation のテストも行った。habitual では価値低下に反応が鈍い。なお、課題が分かり難く紙幅も限られているので、統制課題を含め、本文に当たって下さい。



その結果、尾状核の尾部、小脳が獲得時に S-R>R-O で devaluation に鈍感、膝下帯状皮質、腹側線条体が実行で S-R>R-O で devaluation に鈍感だった。一方、R-O>S-R は下頭頂小葉 IPL、島皮質、背内側前頭前野だった。右の被殻/淡蒼球では獲得に従い S-R>R-O の傾向が減少し、逆に IPL では獲得に従い R-O>S-R の傾向が増大した。個人差に着目して、S-R>R-O の傾向と devaluation への鈍感性の間の相関関係を検討した結果、小脳、膝下皮質では正の相関、右 IPL では負の相関がみられた (下の図)。すなわち、小脳、膝下皮質で

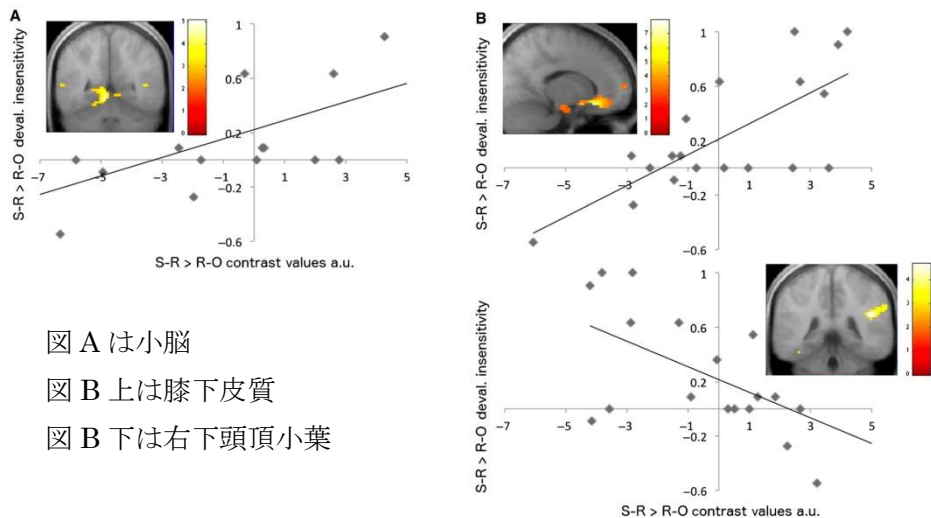


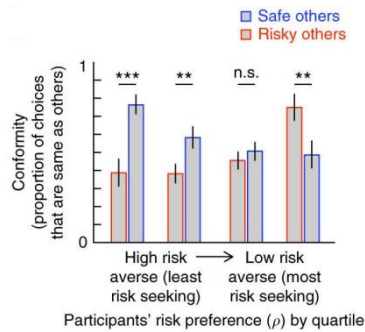
図 A は小脳  
 図 B 上は膝下皮質  
 図 B 下は右下頭頂小葉

は habitual の傾向が強い人ほど、devaluation に鈍感、一方、IPL では目標指向性が強い人ほど逆に敏感だった。

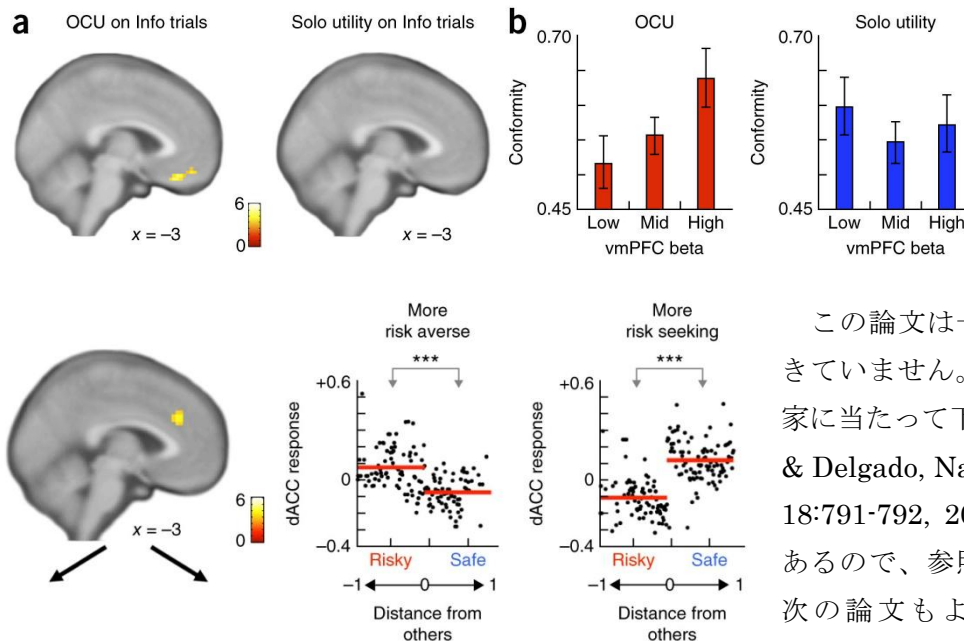
**Chung, D. et al. Social signals of safe and risk confer utility and have asymmetric effects on observers' choices. Nat. Neurosci., 18:912-916, 2015.**

他者の選択を観察することが、自己の選択に与える影響を検討した論文。課題は gamble 課題で、より安全な選択肢とより危険な選択肢がある。前者では gain, loss の額の差が小さいが、後者では大きい。なお、gain, loss の確率は両選択肢で等しく、固定されている。そして、自分ひとりで実行する条件 (Solo) と二人の他者の選択を観察する条件 (Info) がある。他者は安全/安全、危険/危険、安全/危険の選択するようになっている。

参加者の Solo での選択は危険を回避する傾向があった。また、他者の選択の影響がみられ、他者が安全、危険な選択をした時には、参加者もそれぞれ安全、危険な選択をする傾向が増した。また、著者らは other-conferred utility (OCU) モデルを考案し、他のモデルと比較している。OCU モデルで効用関数は  $U_{\text{withOCU}} = U_{\text{solo}} + \text{OCU}$  と表現するが、他の 3 つのモデル (本文参照ください) よりも、Bayesian Information Criteria, BIC による適合度の評価はよかった。このモデルは安全志向の強い参加者は他者の安全な選択を観察するとその傾向をさらに強め、逆に危険希求傾向の強い参加者は危険な選択を観察するとその傾向を強めると予測する。結果は下の棒グラフにあるように、この予測を支持した。



脳との関係では、主観的な価値などに関連する腹内側前頭前野が Info 条件で、他者の選択をみた時に活性化した。そしてこの活性は他者の選択との一致度が増すほどに活性が高くなった (下の図 a, b)。Solo utility ではそのような傾向はない。なお、最下図は背側の前部帯状皮質 (島皮質も) では、参加者の傾向と逆の選択を他者がすると活性が増大した。



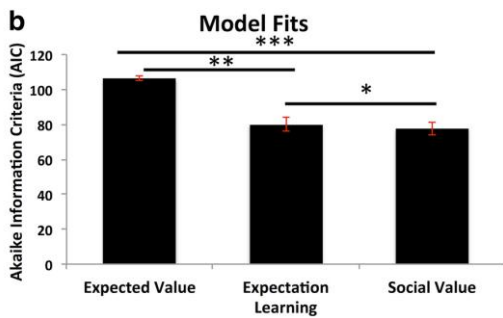
この論文は十分に説明できていません。本文や専門家に当たって下さい。Smith & Delgado, Nat. Neurosci., 18:791-792, 2015 に解説があるので、参照ください。次の論文もよく似たテーマ。

**Fareri, D. et al. Computational substrates of social value in interpersonal collaboration. J. Neurosci., 35:8170-8180, 2015.**

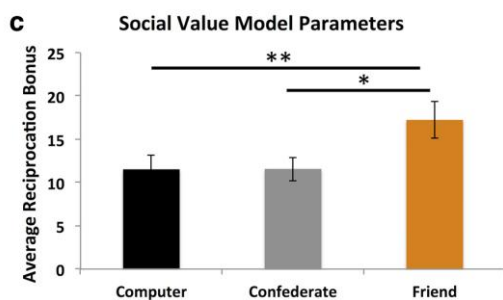
この論文は、3人の他者（computer, confederate, friend で強化率は同じ）と協力して投資を行う trust game において、友人と協力することが多い現象を説明する計算論モデルとその脳内対応を検討した。モデルとして、Expected Value Model, Expectation Learning Model, そして著者らが考えた Social Value Model を比較検討した（モデルの詳細については、能力を越えているので、本文参照するか専門家にお聞きください）。ゲームでは MRI



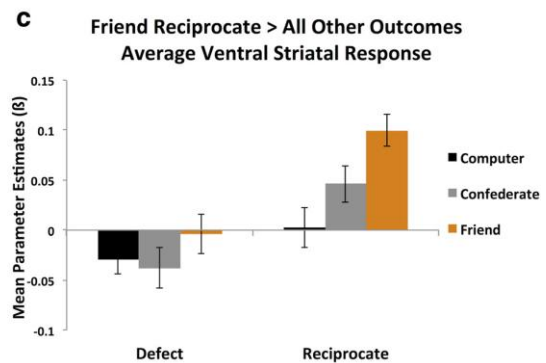
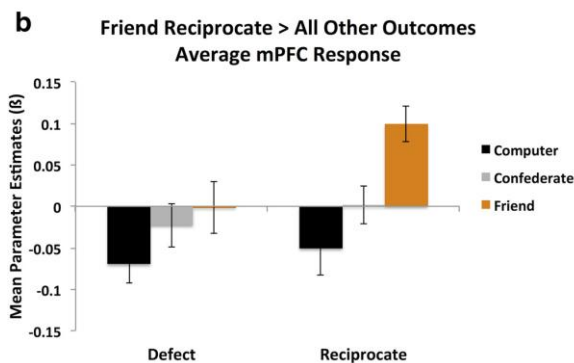
装置内の参加者は1\$を保持するか、3\$を他者とシェアするか判断。ISI後に他者の判断が表示される（緑：シェア、赤：保持）。



参加者は友人を最も信頼し、協力することが多かった。左図 b は著者らのモデルが他よりも適合することを赤池情報量基準で示した。c はこのモデルによる社会的な価値の上乗せ分が友人で他の他者よりも最も高くなることを示した。



下の図は友人がシェアした結果とその他の結果の脳活性の比較で、b 内側前頭前野と c 腹側線条体で社会的価値の上乗せ分が報酬領域の活性に反映されている。これらの活性は著者らのモデルから導き出された上乗せ分と正の相関があった。また、モデルから導かれた予測誤差に腹側線条体に関係することも分った。



## 今月の認知神経科学の応用

Schnack, H.G. et al. (2015) *Cerebral Cortex*, 25:1608-1617.

9-60歳の504名の参加者で、知能指数IQと皮質の厚さと表面積の関係の経年変化を検討した研究。

Euler, M.J. et al. (2015) *Neuroimage*, 114:311-319.

流動性知能 fluid intelligence と脳波の関係を classic と inverted oddball 課題で検討した。Novel な刺激によって誘発された脳波の inter-trial phase clustering が流動性知能に関係。

Kohler, M. et al. (2015) *Brain Lang.*, 145-146:34-41.

Transcranial Doppler (TCD) で1-5歳児の左右の中大脳動脈の血流速度を測定し、言語発達との関連を調べた。側性化の変動性が表出言語能力と関係していた。

Somers, M. et al. (2015) *Brain Lang.*, 144:10-15.

TCDによる言語の側性化と利き手の関係を左利きの家系で検討した。右あるいは両半球の言語側性化が左利きと関係していた。

Yang, J. (2015) *Cognit. Affect. Behav. Neurosci.*, 15:381-394.

運動熟練が運動課題の遂行中の脳に与える影響を検討した論文のメタ分析。運動訓練は運動のプランや理解に関連する領域の活性を上げた。

Swagerman, S.C. et al. (2015) *Brain Cognit.*, 97:32-39.

日頃の運動が認知機能に与える影響を10-86歳の1140名で検討した。運動の影響は限定的なもので、注意関連の機能にプラスに働いていた。

Morcom, A.M. & Johnson, W. (2015) *J. Cognit. Neurosci.*, 27:1275-1285.

高齢者の脳で生じる補償的な機能的再構成に関する総説。

Dockree, P.M. et al. (2015) *Brain Cognit.*, 97:40-50.

Successful aging, SA に関する ERP 研究。2群に分けた高齢者に cue による単語の記銘と読字の条件を課し、その後想起させた。SA では ERP に特徴的な反応が頭頂葉にあった。

Grodin, E.N. & White, T.L. (2015) *Cognit. Affect. Behav. Neurosci.*, 15:321-334.

外向性には agentic と affiliative の2つの要素がある。形態的な MRI では両方とも内側眼窩前頭部の容量と関係し、agentic の方は左半球の海馬傍回などと関係していた。

Kong, F. et al. (2015) *Cognit. Affect. Behav. Neurosci.*, 15:299-309.

幸福感と安静時 fMRI の低周波変動の局所的 fractional amplitude, fALFF の関係を検討。幸福感は右後部上側頭回、視床と関係。内向、外向、誠実性との関係も検討している。

Wang, T. et al. (2015) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 10:814-823.

容貌の美しさとモラルの美しさが脳内の共通する領域と異なる領域が関係することを fMRI で明らかにした。

Ferrari, C. et al. (2015) *Neuropsychol.*, 72:87-93.

経頭蓋直流刺激 tDCS (陽極) を右背外側前頭前野に与える前後で顔の魅力度を調べたところ、刺激後で魅力度がアップしていた。

Douglas, Z.H. et al. (2015) *J. Neurosci.*, 35:7239-7255.

tDCS を角回や一次運動野に与えると、意識的な運動の意図の時間が早まり、運動実行の前後の slow wave も刺激による意識的な意図の変化と関係していた。

Kirk, U. et al. (2015) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 10:752-759.

マインドフルネス瞑想者に monetary incentive delay task を課し、fMRI で脳の活性を記録した。瞑想者では報酬予期時に尾状核の活性が低下、後部島皮質は上昇するなどした。

Sagar, M. et al. (2015) *Neuroimage*, 114:88-104.

瞑想訓練は注意や情動制御に働くと考えられているが、その過程の脳内 (視床-皮質) モデルを構築し、脳波データでモデルの検討を行った。

Peth, J. et al. (2015) *Neuroimage*, 113:164-174.

fMRI による Concealed Information Test, CIT で、隠された犯罪関連の記憶を検出できる。ただ、univariate 分析だけでなく、multivariate 分析が必要だった。

Hu, X. et al. (2015) *Science*, 348:1013-1015.

人種や性に対する implicit な偏見に対する counterstereotype training を睡眠中に再活性化させることは、偏見の減少に有効だった。

Park, C.-h. et al. (2015) *Neuroimage*, 113:101-110.

Brain-Computer-Interface (BCI) を念頭に、運動の実行とイメージ生成を予測する運動領域を fMRI で検討した。実行は一次運動野、イメージは補足運動野だった。



Aflalo, T. et al. (2015) *Science*, 348:906-910.

Brain-Machine-Interface (BMI) で後部頭頂皮質 (PPC) の action planning 関連の活動が利用される。この研究は四肢が麻痺した人の PPC の unit から運動の性質を decode した。

Manning, C. et al. (2015) *J. Neurosci.*, 35:6979-6986.

自閉症 ASD の児童は運動コヒーレンス課題の成績が悪く、統合能力に問題があると考えられたが、条件によっては優れた統合能力を示した。それが感覚的 overload へ。

Zaidel, A. et al. (2015) *PNAS*, 112:6464-6466.

上の論文と類似の ASD の疑問。ASD は global, multisensory の統合に問題があるのではなく、ノイズへの感度が上がり、過去の知識によらず、incoming の感覚情報に依存。

Gharib, A. et al. (2015) *Neuropsychol.*, 72:70-79

ASD で temporal evolution of social decision を検討。顔刺激と風景刺激でいずれかの刺激の選好を gaze で検討。Gaze cascade は正常だが、選択が早く、課題の困難さの影響なし。

Langer, N. et al. (2015) *Cerebral Cortex*, 25:1441-1453.

読字障がい reading disability, dyslexia の子供で、reading fluency を検討した。読むスピードを上げると、定型発達児に比べ紡錘状回の活性が弱かった。

Gori, S. et al. (2015) *Cerebral Cortex*, 25:1685-1695.

発達性の dyslexia と DCDC2 遺伝子の intron 2 の deletion (DCDC2d) の関係が問題になっているが、背側系が関係する運動錯視にも影響がある。

Sun, X. et al. (2015) *J. Neurosci.*, 35:7964-7976.

飽食中に与えられた milkshake に対する扁桃核の基底外側核の反応は体重変化と関連していた。扁桃核-視床下部の回路、Taq1A 遺伝子多型、ドーパミンが関係していた。

Wieland, E.A. et al. (2015) *Brain & Lang.*, 144:26-34.

吃音者はリズムの知覚に問題があることを明らかにした研究。6-11 歳の吃音児と定型発達児に聴覚的なリズム弁別課題を課した結果、吃音児の成績が悪かった。

Savic, I. (2015) *Cerebral Cortex*, 25:1554-1564.

慢性的な仕事のストレスを感じる人でそうでない人と皮質の厚さ、皮質下の容量を比較した。内側の前頭前野の皮質が薄く、扁桃核の容量は増大、尾状核は減少していた。

McLaughlin, K.A. et al. (2015) PNAS, 112:5637-5642.

施設で育てられるなど発達初期の養育に問題があった児童は心理的ストレスに対して交感神経系、視床下部-下垂体-副腎軸の反応が鈍かった。Sensitive periodがあった。

Morgan, J.K. et al. (2015) Soc. Cognit. Affect. Neurosci., 10:761-768.

5歳時の臆病 fearfulness や社交性 sociability, 6-10歳時の学校、キャンプでの引きこもり withdrawal と20歳時の報酬への反応の関係を検討し、報酬予期時の脳反応上昇をえた。

Norman, L. et al. (2015) Soc. Cognit. Affect. Neurosci., 10:832-839.

他者との関係が良好である attachment-security の priming は、情動的（威嚇的）な表情と言語的な dot-probe task に対する扁桃核の反応を抑制した。

Boehme, S. et al. (2015) Soc. Cognit. Affect. Neurosci., 10:856-862.

社会的な不安の高い個人は注意が自己に向かう傾向がある。不安傾向の高い人は社会的な事態の simulation で注意を内に向かわせると、内側前頭前野などの活性が高かった。

Kaiser, R.H. et al. (2015) Soc. Cognit. Affect. Neurosci., 10:654-663.

抑鬱者は負の妨害刺激から注意をそらすことが難しい affective interference。潜在性の抑鬱者で Stroop 課題中の脳活性を検討。背側前部帯状回、後部帯状回の活性が増加。

Belleau, E.L. et al. (2015) Cognit. Affect. Behav. Neurosci., 15:744-751.

大うつ病と健常者で注意を外部に向けた時の default (DMN), executive (ECN) network の結合性を検討した。患者では DMN の結合性が増加、ECN は減少した。

Jones, N.P. et al. (2015) Cognit. Affect. Behav. Neurosci., 15:263-275.

単極性うつ病で認知制御に対する情動、動機づけの影響を瞳孔測定により検討した。不安が認知制御を低下させたが、動機づけのレベルがそれを補償していた。

Moser, D.A. et al. (2015) Soc. Cognit. Affect. Neurosci., 10:645-653.

男性の暴力による心的外傷後ストレス障害 PTSD の女性に中性、威嚇的、prosocial なフィルムを見せ、fMRI で脳活性を計測。情動的なシーンで前頭葉腹内側部の活性低下あり。

Olson, A. et al. (2015) Soc. Cognit. Affect. Neurosci., 10:863-868.

9.11 の生還者のストレス症状 PTSS と 5HTT 遺伝子、9.11 関連、非関連、中性の写真に対する脳の活性を検討した。特筆すべきは後部帯状回がストレス症状に関係すること。

Aue, T. et al. (2015) *Cognit. Affect. Behav. Neurosci.*, 15:335-348.

クモ恐怖の人はクモに出くわすという誇張した予期を持つ傾向 *encounter expectancy bias* があるが、fMRI 計測では外側前頭前野、楔前部などで活性の低下があった。