

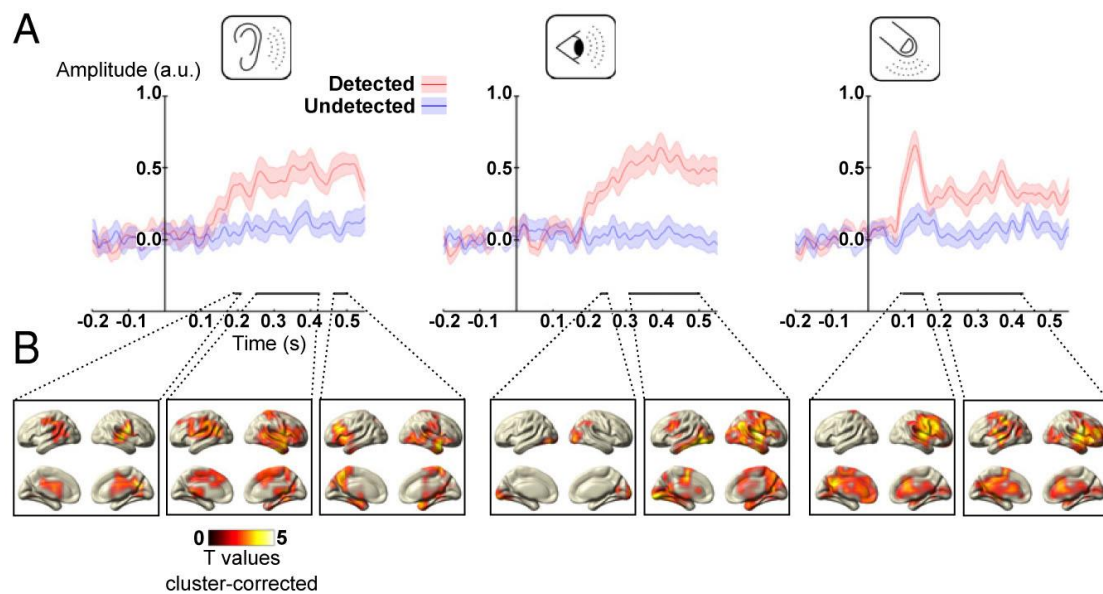
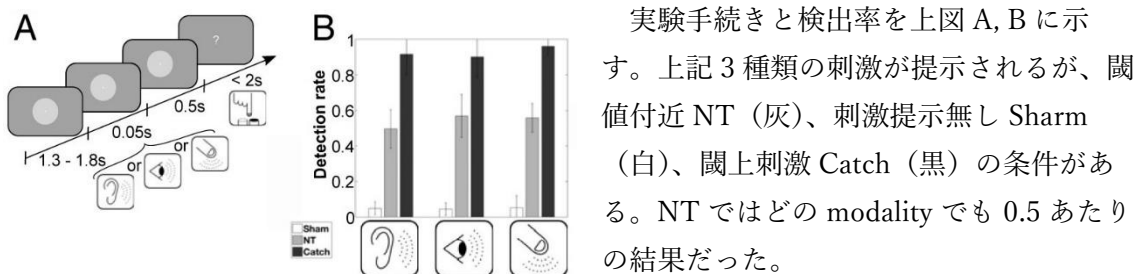
今月の認知神経科学：論文紹介

2020年5月

認知神経科学の進歩

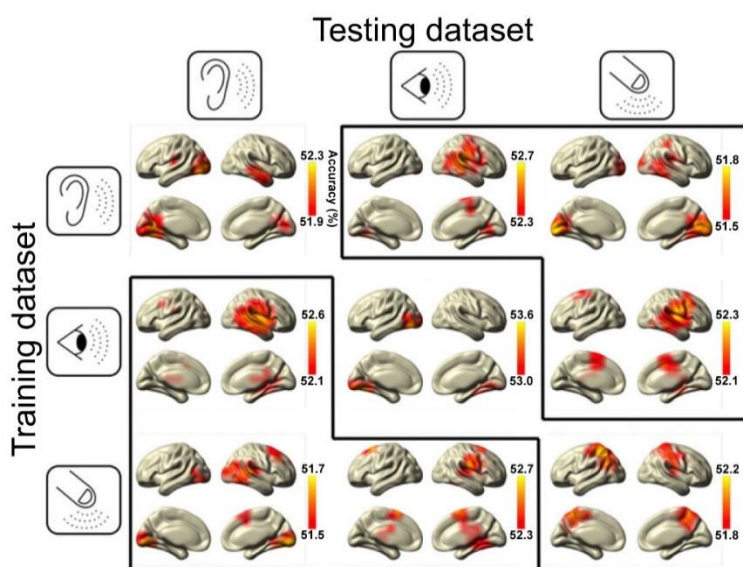
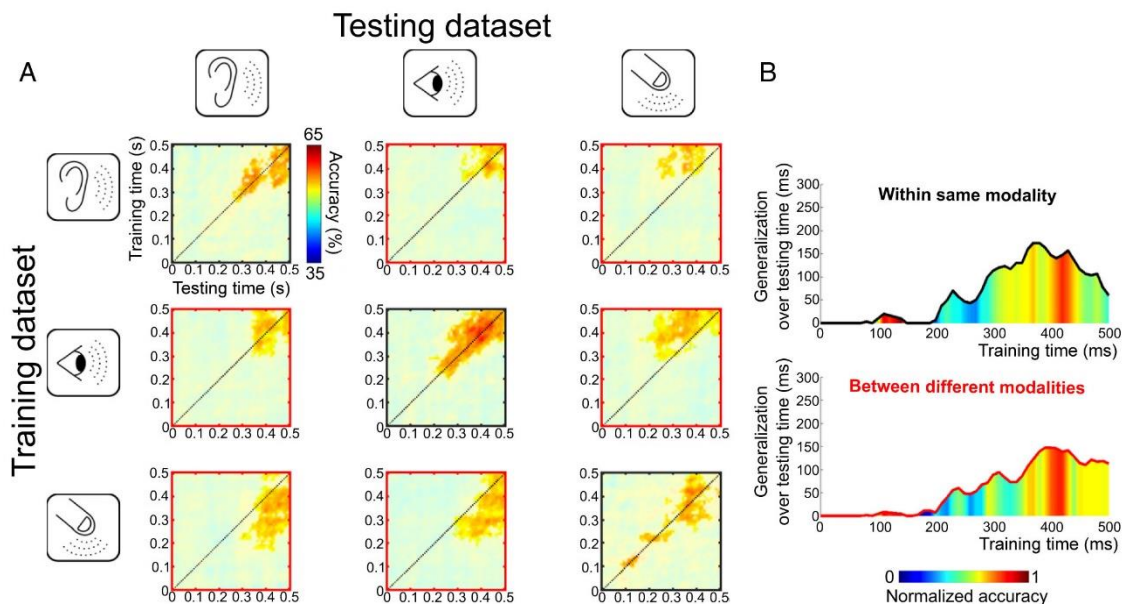
Sanchez, G. et al. Decoding across sensory modalities reveals common supramodal signatures of conscious perception. PNAS, 117:7437-7446, 2020.

この論文は、聴覚、視覚、触覚の閾値付近の刺激の検出時に脳磁図 MEG を記録し、感覚 modality をまたぐ decoding が可能なことから、supramodal な活動があることを明らかにした。2つの実験があるが、実験 1 を紹介する。



次ページ上図は decoding の結果で、データの半数で classifier を訓練し (y 軸)、残りのデータにそれを適用した (x 軸)。黒枠の対角線が modality 内、赤枠は modality 間の de-

coding の結果である。Modality 内では対角線に沿って有意な decoding ができた。なお、触覚では早い時間に decoding が可能だった。そして、modality 間でも decoding が可能だった (図 A)。図 B は x 軸が訓練刺激の時間、y 軸は差が有意だったテスト刺激の時間幅 generalization で、上が modality 内、下が modality 間である。いずれの場合も、400 ms 前後で decoding の成績が最もよかった。



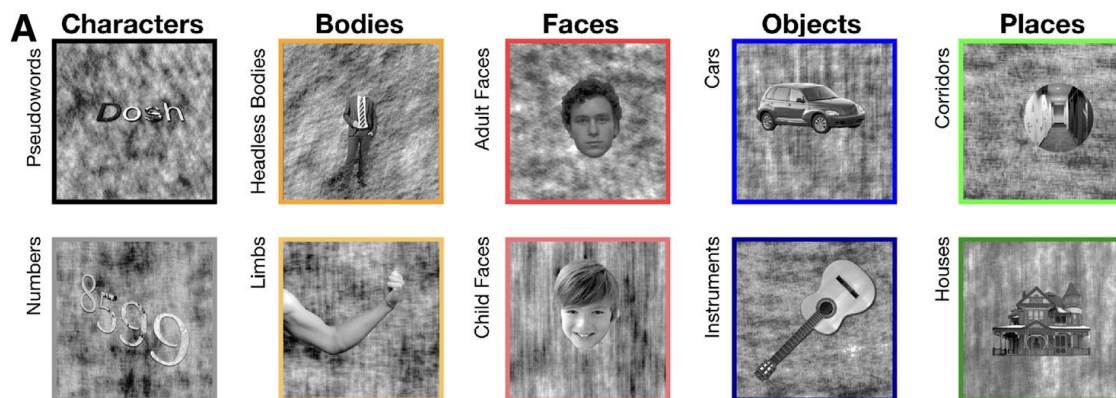
下図は有意な decoding を示した脳領域で、対角線は modality 内、その他は modality 間の結果である。modality 内では、当該の感覚領域が主だが、聴覚では加えて視覚野、触覚では頭頂皮質で有意な decoding がみられた。Modality 間では一次感覚野に加えて、前頭-頭頂皮質で有意な decoding がみられた。

まだ分析は続くが (論文

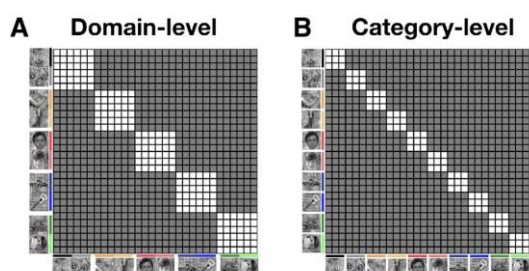
に当たりたい)、省略する。以上で、この論文の要点は伝えられたと思う。

Margalit, E. et al. Ultra-high-resolution fMRI of human ventral temporal cortex reveals differential representation of categories and domains. *J. Neurosci.*, 40:3008-3024, 2020.

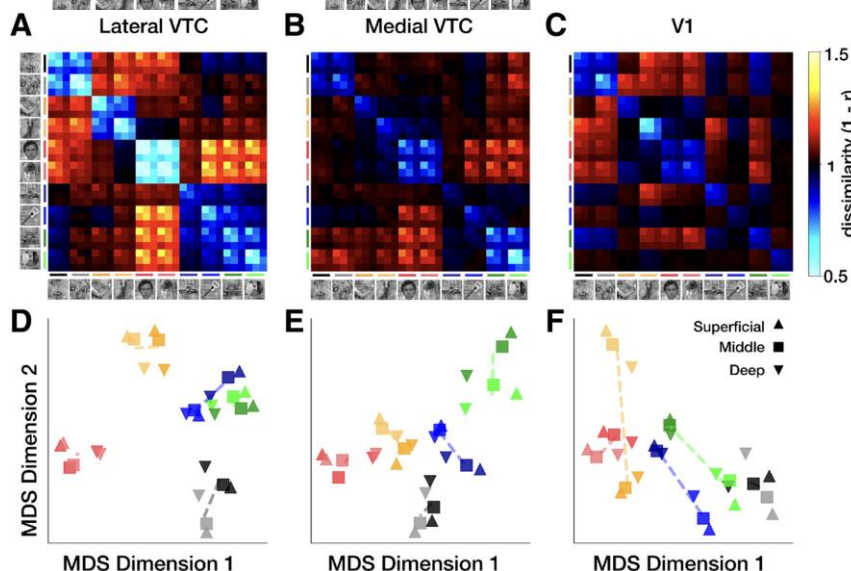
この論文は、ヒトの腹側側頭皮質（内側、外側、層）における、上図にある5つの domain と各 domain の2つの category で、7t の fMRI で表象を検討した。長い論文で理解できないところもあるので、Abstract に書かれている点を中心に端折って紹介する。



中図 A, B はそれぞれ domain, category レベルの仮説的な表象非類似性 matrix, RDM である。



下図 A, B, C はそれぞれ外側腹側側頭皮質 IVTC, 内側 mVTC, 一次視覚野 V1 の RDM である。図 D, E, F はその結果を、多次元尺度構成法 MDS で、各刺激を二次元平面に配置した結果である。色は上図に対応して

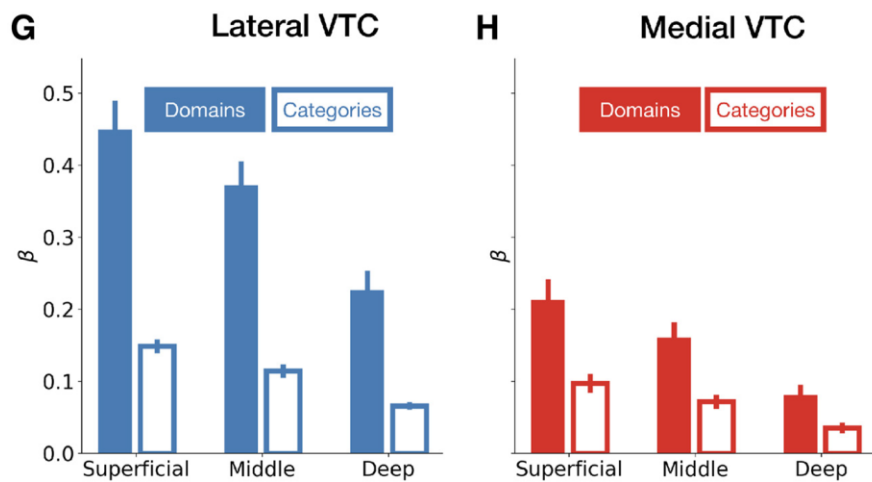
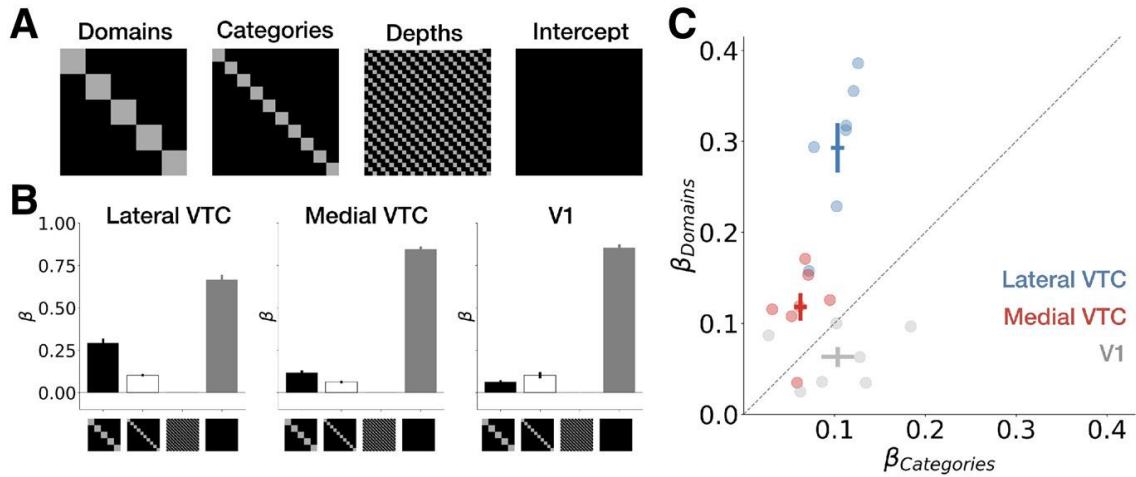


おり、上向きの三角形は表層、四角形が中層、下向きの三角形が深層の結果である。ここでは、IVTC に domain の表象があり (object と place の分離が悪い)、mVTC ではそれに加えて category の表象がみられる。そして、両 VTC の RDM は V1 のそれ

と異なっており、VTC は V1 の単なる延長ではない。層関係については後で触れる。

次ページ上図は、1/mVTC と domain/category の関係を別の形で表現したもので、図 A の model RDM への回帰を計算した。Depth, Intercept を除いて、domain と category に着

目すると、図 B にあるように、IVTC は主に domain, mVTC は domain と category の両者が表象されていると考えられる。図 C は各参加者のデータである。結論は同じである。また、ここでも V1 は VTC と異なるパターンを示した。



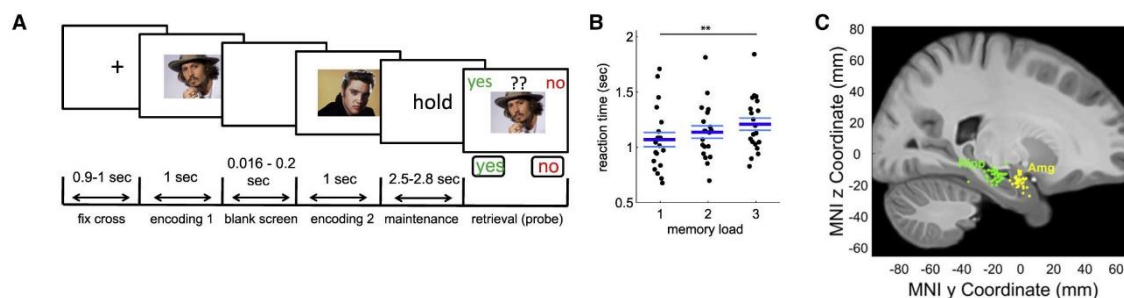
下図は 1/mVTC の 3 つの層 (表層、中層、深層) と domain/category の関係を示す。1/mVTC のすべての層で domain の表象が category より強いが、mVTC ではその差は小さくなる。

これは今までと同じ結果である。一方、深さに関しては、深くなるほど domain も category の表象が弱くなった。

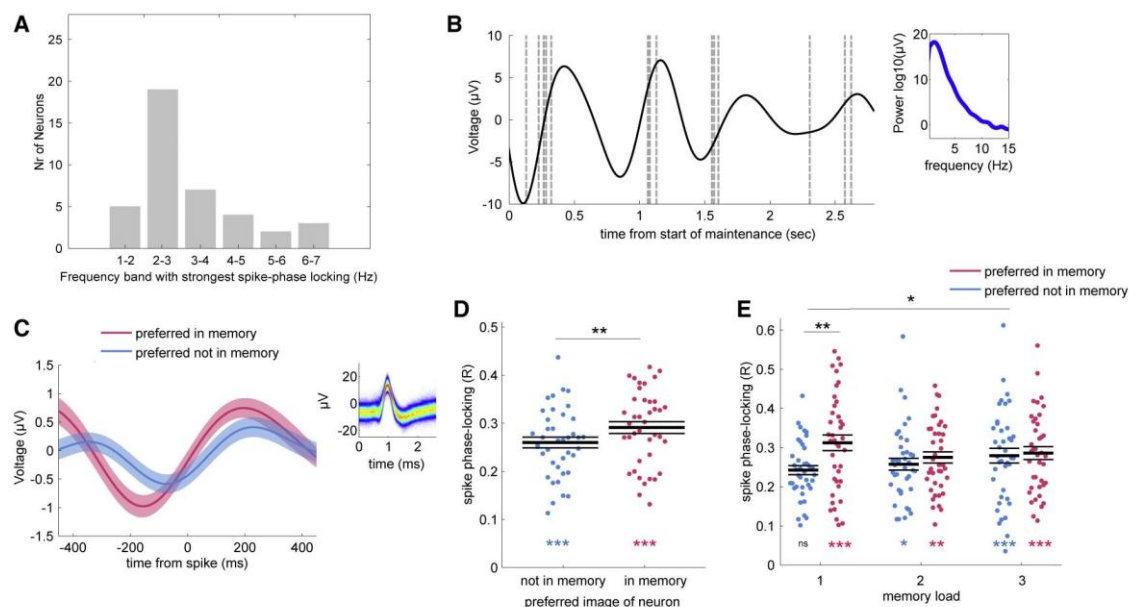
以上、簡単に紹介した。端折ったり、「意識」したところもある。詳しくは論文に当たられたい。

Kaminski, J. et al. Combined phase-rate coding by persistently active neurons as a mechanism for maintaining multiple items in working memory in humans. *Neuron*, 106:256-264, 2020.

この論文は、ヒトの患者の扁桃核（上図 C、黄色）と海馬（同、緑）から neuron 活動と local field potential, LFP を記録し、1, 2, 3 つの刺激（load）を working memory, WM に保持する時のメカニズムを明らかにした。

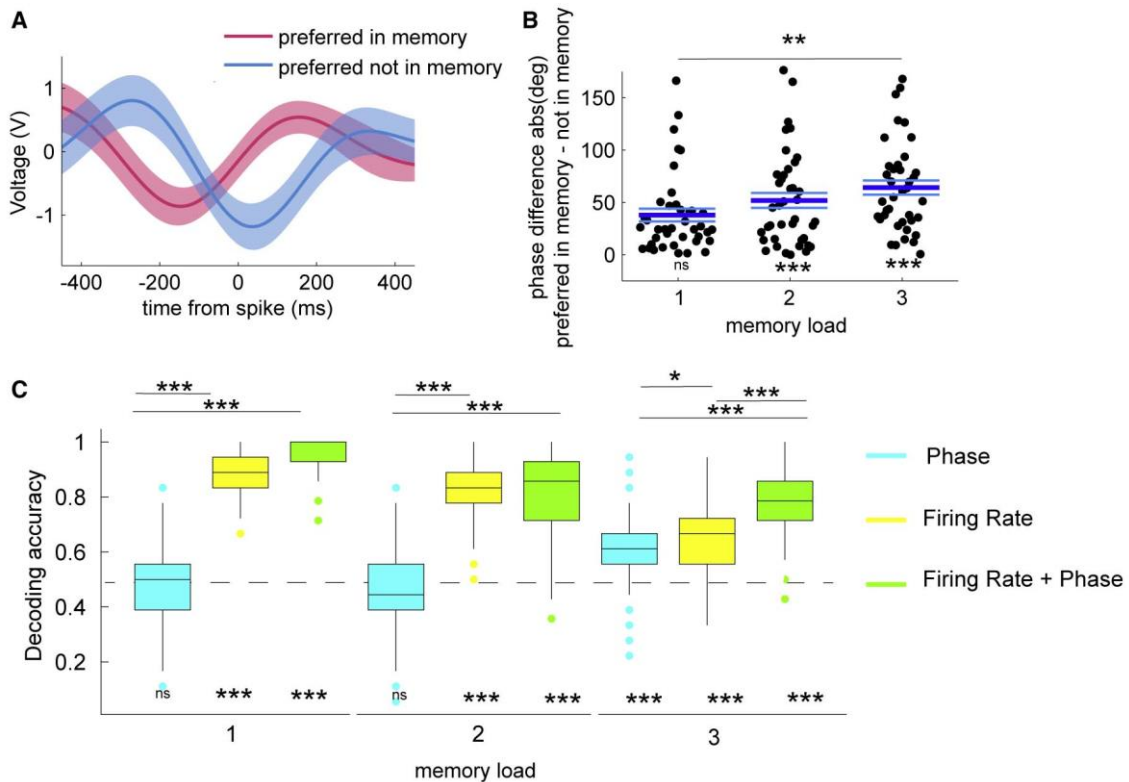


上図 A は Sternberg の課題で、1-3 の刺激を提示し encoding、2.5-2.8s の維持期の後に probe 刺激を提示し retrieval、probe が encoding の刺激に含まれていたかを、yes/no で答えさせた。上図 B は反応時間 RT で、load が増えると、RT も増加した。Neuron の刺激への反応性を調べ、prefer の刺激を決定した。分析に使った neuron 数は海馬が 13, 扁桃核が 47 だった。

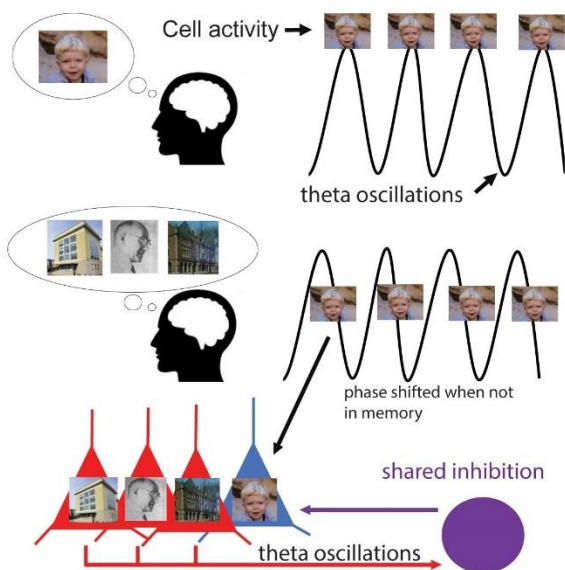


下図は neuron の発射と LFP の位相の関係である。下図 A は 1-7Hz の 6 帯域で 2-3Hz の脳波に lock する neuron が多かったことを示す。下図 B は維持期の LFP と neuron 発射（縦の点線）の関係の 1 例で、扁桃核の neuron。下図 C は図 B の neuron で、横軸 0 は発射が起こった時点で、加算平均した波形。赤は維持期に prefer の刺激があった試行、青はなかった試行である。下図 D は spike phase-locking の強さで、WM に preferred の刺激

がある時の方が、locking の程度は高い。下図 E はそれを load 別に示したもので、load 1 では preferred 刺激がある時がない時よりも有意に locking が高いが、load 2, 3 では両者の差はなくなる。また、load 1 の preferred 刺激がない時のみで、帰無分布と有意な差がなかった。



上図 A は load 3 の時に、spike で LFP を会参した結果で、横軸 0 は spike の発生時である。上図 B は preferred 刺激が WM にある時とない時の差で、load が大になるにつれて差が大きくなり、load 3 と load 1 の間には有意差があった。上図 C は WM 内に preferred 刺



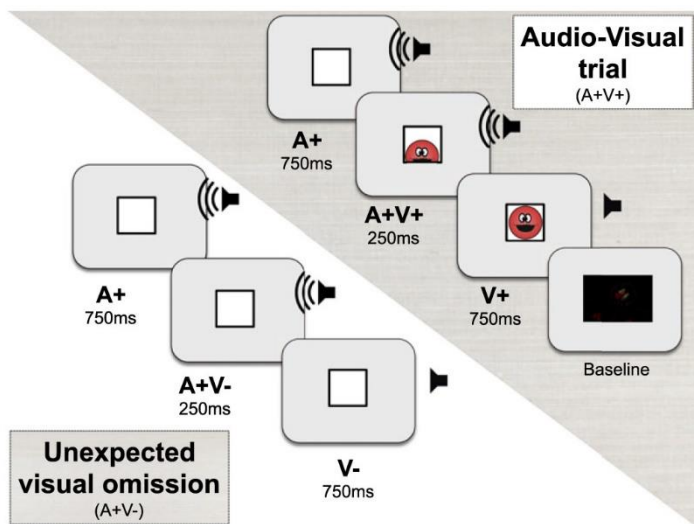
激があるかないかを、phase, firing rate, この両者で decode させた結果である。Load 1 では firing rate で高い成績が得られた。Firing rate による decode は load が増えるに従い、成績が低下した。一方、load 3 では、phase だけでも有意な decode ができた。また、firing rate と phase による decode は、いずれか一方よりも生成がよかった。Load が低いと firing rate, 高いと phase coding の役割が高くなった。

下図はその抑制による神経モデルだが、紙幅が尽きた。論文を参照ください。

Predictive coding, PC と関連する論文

Emberson, L.L. et al. Top-down modulation in the infant brain: Learning induced expectations rapidly affect the sensory cortex at 6 months. PNAS, 112:9585-9590, 2015.

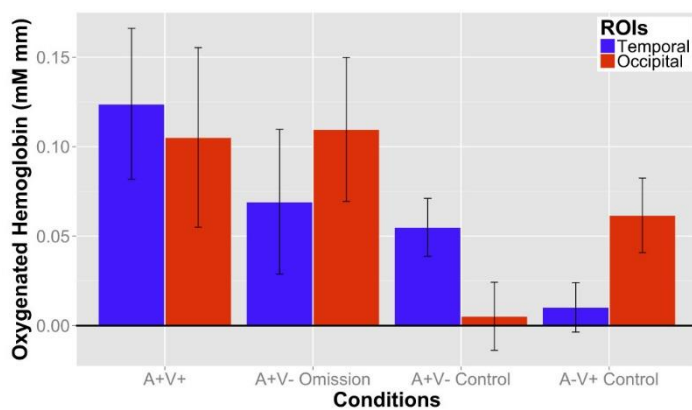
この論文は6カ月齢の幼児で、期待の成立を audiovisual AV omission 中の fNIRS の計測により検討した。



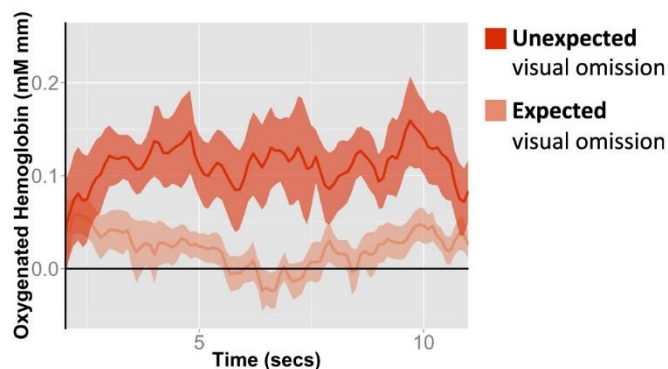
課題が上図である。80%の AV 試行 (A+V+) では、聴覚刺激が先行し、その後、聴覚刺激と視覚刺激の一部が提示され、最後に視覚刺激のみ提示される。20%の Unexpected visual omission 試行 (A+V-) では時間は同じだが、視覚刺激は提示されない。この他に、別の参加者で、予期可能な視覚 omission, A+V- control と予期可能な聴覚

omission, A-V+ control の試行を行った。fNIRS は側頭と後頭部から記録した、oxy-Hb。

中図は fNIRS の結果である。A+V-の予期せぬ視覚刺激の omission に、視覚刺激がない



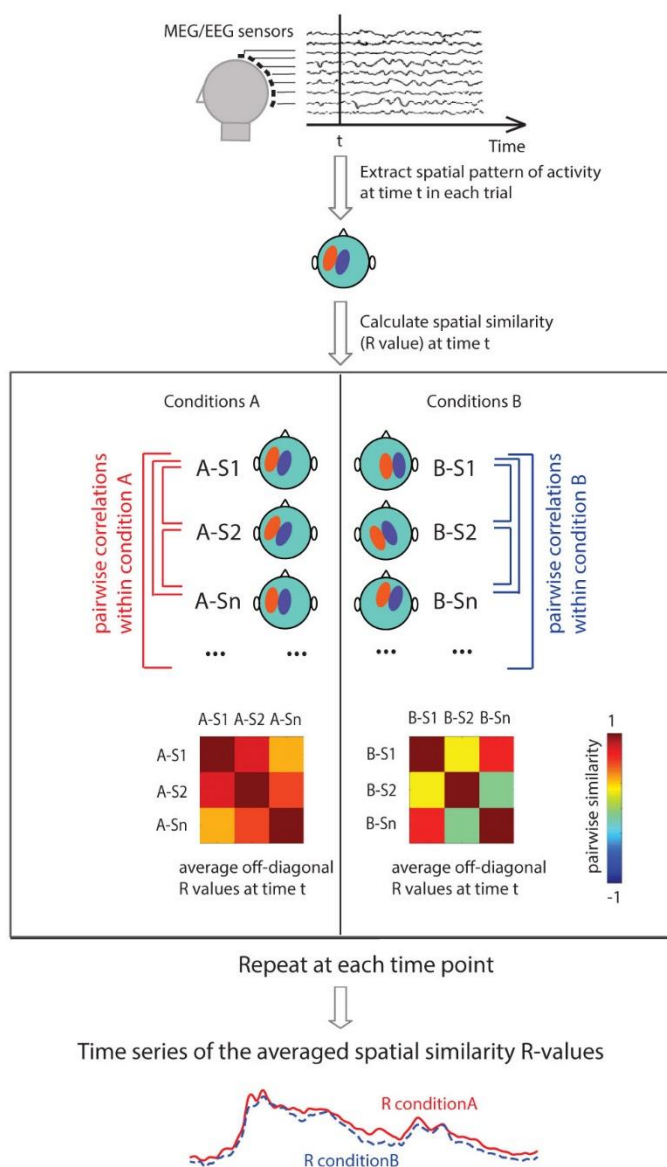
にもかかわらず、後頭部の活性が上がっている。すなわち、期待の成立がみられた。下図は視覚 omission が予期できるときとできない時の後頭部の活性である (A+V- control と A+V- omission の比較)。予期せぬ視覚刺激の omission で視覚野の活性が高い。すなわち、6カ月齢でも予期が成立していた。



ASD リスク児を Predictive coding から検討する根拠になりうる。

Wang, L. et al. Neural evidence for the prediction of animacy features during language comprehension: Evidence from MEG and EEG similarity representational analysis. *J. Neurosci.*, 40:3278-3291, 2020.

Verb animacy constraint	Discourse constraint	Example
Animate-constraining	High discourse constraint	The lifeguards received a report of sharks right near the beach. Their immediate concern was to prevent any incidents in the sea. Hence, they <u>cautioned</u> the ...
	Low discourse constraint	Eric and Grant received the news late in the day. They mulled over the information, and decided it was better to act sooner rather than later. Hence, they <u>cautioned</u> the ...
Inanimate-constraining	High discourse constraint	Judith was working on the origami project for her office fundraiser. She was starting to get frustrated because it was her third attempt at making a crane. Nevertheless, she <u>unfolded</u> the ...
	Low discourse constraint	Judith was nearing the end of her rope. She didn't think she could keep going. Nevertheless, she <u>unfolded</u> the ...



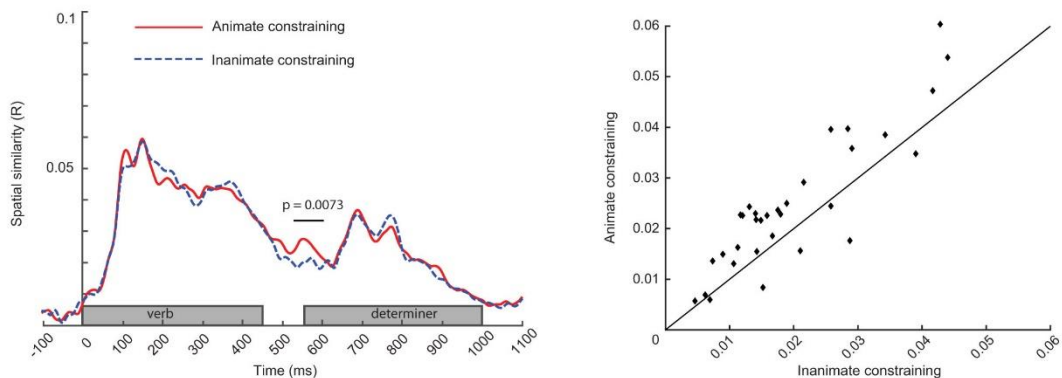
この論文は、上の表にあるような各3文よりなる刺激を読ませ、最後の文の動詞が続く続く名詞の animacy feature <animate/inanimate>を、2段階の程度 (high/low) で予測する時の脳の活動を脳磁図 MEG、脳波で検討し、読み手が名詞の特徴を予測していることを、類似表象分析で明らかにした。MEGの結果のみ紹介する。

図は載せないが、使用した動詞の間には意味的な類似性はない。左の図は類似表象分析の手続きである。記録した MEG データで、animate/inanimate 条件別に、各時点 t の、各文章 (動詞) の間の相関の平均、空間的類似性 R を求める (詳しくは本文を参照ください)。最下部の図が最終的な結果の表示である。

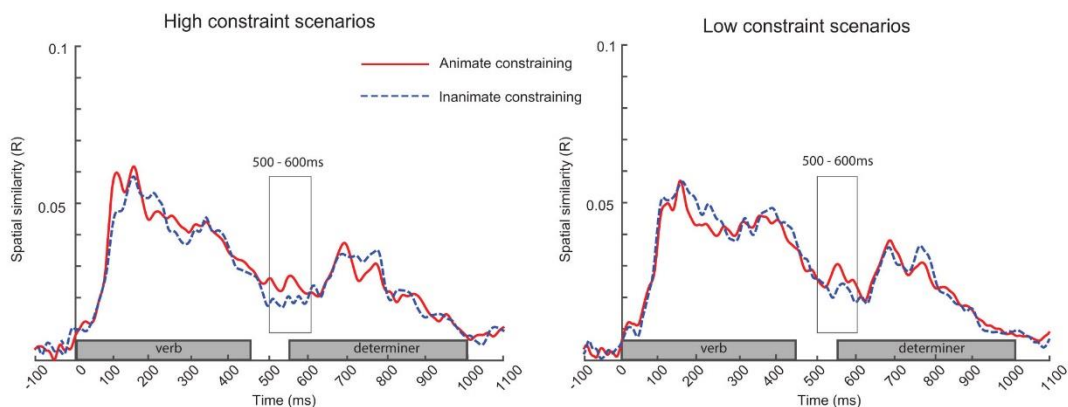
次ページの図が結果である。図 A 左で赤が animate, 青が inanimate の結果で、動詞 verb か

らそれに続く名詞 determiner の間で、animate の方が類似性が高い。図 A 右は 32 人中 26 人の参加者が animate で高い R を示したことを示す。なお、high/low では R に差はみられなかった (図 B)。

A MEG results: All scenarios



B MEG results: Two types of discourse contexts



これらの結果は、読み手は動詞の特徴から名詞を予測しながら文を読んでいることが分かる。これはスピーチでも同じで、素早い理解が可能になる。

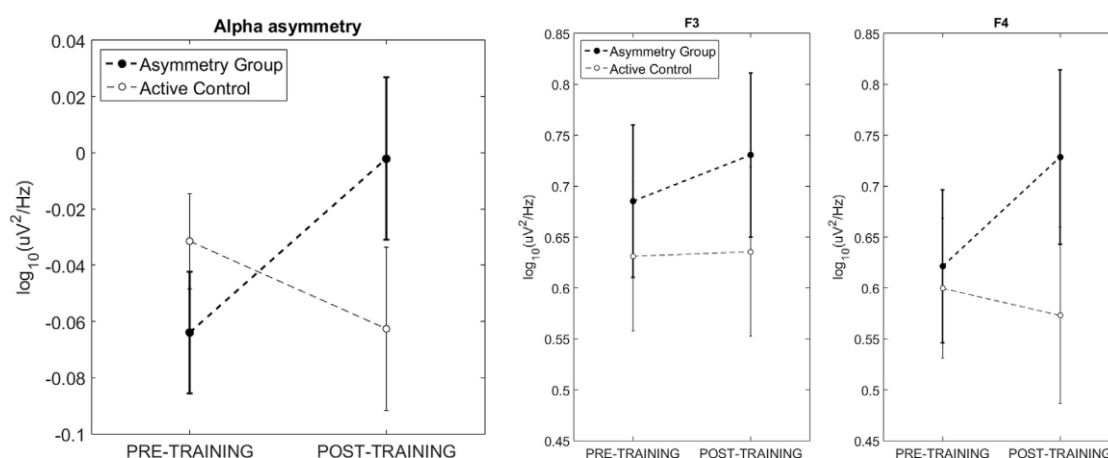
大雑把に紹介したので、脳波の結果を含め、詳細は論文を参照してください。

Neurofeedback, NFB と関連する論文

Mennella, R. et al. Frontal alpha asymmetry neurofeedback for the reduction of negative affect and anxiety. *Behav. Res. Therapy*, 92:32-40, 2017.

この論文は、前頭脳波（右：F4, 左：F3）の α 活動の非対称（F4>F3）をNFBで訓練することで、不快な情動や不安を減少させたとする報告。

NFB訓練では、 α 活動のF4-F3の値をヒストグラムで示し、それが設定値以下の時は赤、超えた時は緑になり、参加者はできるだけ緑が続くように求められた。Controlでは同じfeedbackが与えられたが、Fzの α 活動を利用した。



上の図はNFB訓練前後の α 非対称の結果で、右の2つの図はF3, F4の結果である。

NFB訓練でF4の α 活動がF3よりも上がっているのが分かる。右前頭皮質の α 活動の亢

Table 2

ANOVA on positive and negative affect, anxiety and depression scores from pre-to post-training in asymmetry group and Active control.

Variables	Pre-training	Post-training	<i>p</i>	η_p^2
PANAS Positive Affect Score			0.73 ^a	0.004 ^a
Asymmetry Group	27.56 (10.35)	29.19 (6.53)		
Active Control	29.94 (8.87)	30.75 (10.20)		
PANAS Negative Affect Score			0.05 ^a	0.12 ^a
Asymmetry Group	19.25 (9.03)	14.69 (6.46)	<0.01 ^b	
Active Control	18.44 (6.64)	17.88 (8.58)	0.69 ^b	
BAI			<0.05 ^a	0.16 ^a
Asymmetry Group	11.38 (9.56)	6.00 (5.56)	<0.001 ^b	
Active Control	10.19 (9.39)	9.13 (8.00)	0.42 ^b	
BDI-II			0.19 ^a	0.06 ^a
Asymmetry Group	9.75 (12.38)	6.00 (7.90)		
Active Control	8.13 (7.30)	7.19 (9.59)		

Notes: Data are *M* (*SD*). ^a = *p*-values and partial eta-squared referred to the Group \times Time interaction for the corresponding measure. ^b = *p*-values associated to post-hoc comparisons in the context of a statistically significant Group \times Time interaction (not reported for non-significant interactions). ANOVA = analysis of variance; PANAS = Positive and Negative Affect Schedule; BAI = Beck Anxiety Inventory; BDI-II = Beck Depression Inventory II.

進による前頭 α 非対称の増加が負の情動や不安に与えた効果が左の表2である。NFBのAsymmetry群では負の情動や不安が減少した。

Kouijzer, M.E.J. et al. Long-term effect of neurofeedback treatment in autism. Res. ASD, 3:496-501, 2009.

2月に紹介した同じ著者ら論文の続きである。その論文は、約9,10歳のASDの児童で、脳波のneurofeedback, NFB訓練を行い、 θ 波を下げ、 β 波を上げて、亢進した θ/β 比を下げた。その結果、qEEG, 実行機能、社会、コミュニケーション機能などが改善された。この論文はこのNFBの効果の持続(1年後)を検討した。

	Pre-assessment	Post-assessment	Follow-up
Attentional control			
Visual selective attention ^a	4.33 (2.81)	4.17 (4.26)	4.71 (1.89)
Auditory selective attention	47.87 (14.21)	62.40 (14.18)	75.27 (13.79)
Inhibition of verbal responses ^a	68.17 (18.87)	30.00 (12.12)	26.50 (11.11)
Inhibition of motor responses	78.50 (13.16)	89.93 (9.20)	95.90 (4.13)
Cognitive flexibility			
Verbal memory	53.33 (3.62)	52.17 (4.07)	56.29 (2.14)
Visual memory	46.00 (3.74)	45.00 (4.34)	43.14 (4.10)
Shifting	30.00 (15.68)	47.00 (13.27)	47.86 (10.11)
Concept generation	2.55 (1.48)	4.96 (.45)	5.06 (.39)
Goal setting	55.45 (9.07)	75.85 (9.17)	72.83 (5.46)
Speed and efficiency	34.33 (7.06)	41.33 (5.13)	43.67 (10.86)

^a Decrease in scores indicates improvement. For other scales, increase in scores indicates improvement.

	Pre-assessment	Post-assessment	Follow-up
General communication	115.14 (10.45)	101.29 (12.09)	101.83 (16.34)
Pragmatics			
Speech production	12.86 (2.54)	10.86 (2.96)	11.71 (3.50)
Syntax	12.71 (1.89)	11.29 (2.69)	11.28 (3.45)
Semantics	12.29 (2.29)	12.00 (2.08)	11.43 (2.64)
Coherence	15.43 (1.81)	14.28 (1.50)	13.29 (4.57)
Inappropriate initialization	14.29 (1.89)	13.86 (1.57)	11.86 (3.76)
Stereotyped conversation	15.14 (2.27)	13.57 (1.81)	13.14 (1.95)
Context use	15.14 (1.77)	13.71 (1.80)	13.83 (2.14)
Non-verbal communication	15.86 (2.34)	13.71 (2.50)	13.00 (3.41)
Social relations	15.57 (1.90)	14.57 (2.07)	13.86 (3.76)
Interests	13.57 (1.90)	12.14 (3.67)	12.57 (3.31)

Note: Decrease in scores indicates improvement.

	Post-assessment	Follow-up
Total score	113.83 (7.17)	109.67 (9.63)
Social interaction	36.50 (3.51)	35.00 (5.62)
Communication	29.00 (1.79)	29.17 (3.43)
Typical behavior	48.33 (3.44)	45.50 (2.17)

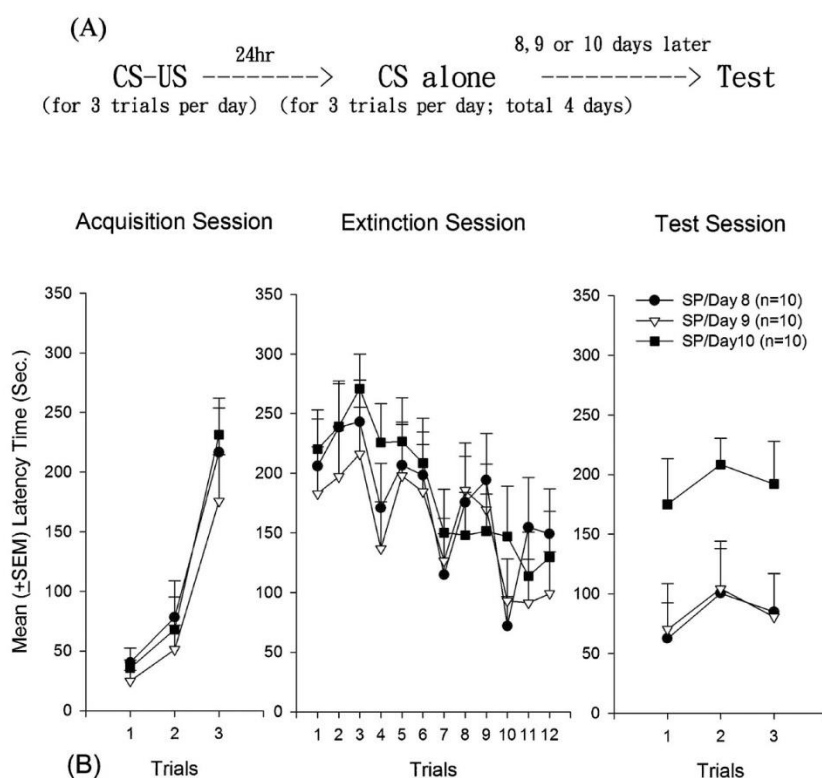
上の3つの表がFollow-upの結果である。上の表は実行機能、中の表はChildren's Communication Checklist-2, CCC-2、下の表はAUTI-Rの結果である。詳細は論文を読んでいただきたいが、表を眺めると、多くの項目で、NFB訓練の効果が1年後も持続していることが分かる。

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。長く引っ張りすぎたので、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。

Huwang, A.C.W. et al. Neural substrates of fear conditioning, extinction, and spontaneous recovery in passive avoidance learning: A *c-fos* study in rats. *Behav. Brain Res.*, 237:23-31, 2013.

この論文は、ラットの受動的回避の学習、消去、自発的回復のそれぞれに、脳がどのように関係するかを、*c-fos* によって調べた。



装置はドアで仕切られた白と黒のボックスで、白い箱に置かれたラットが黒い箱に入ると、ドアが閉じ、電撃を与えられる (学習)。図

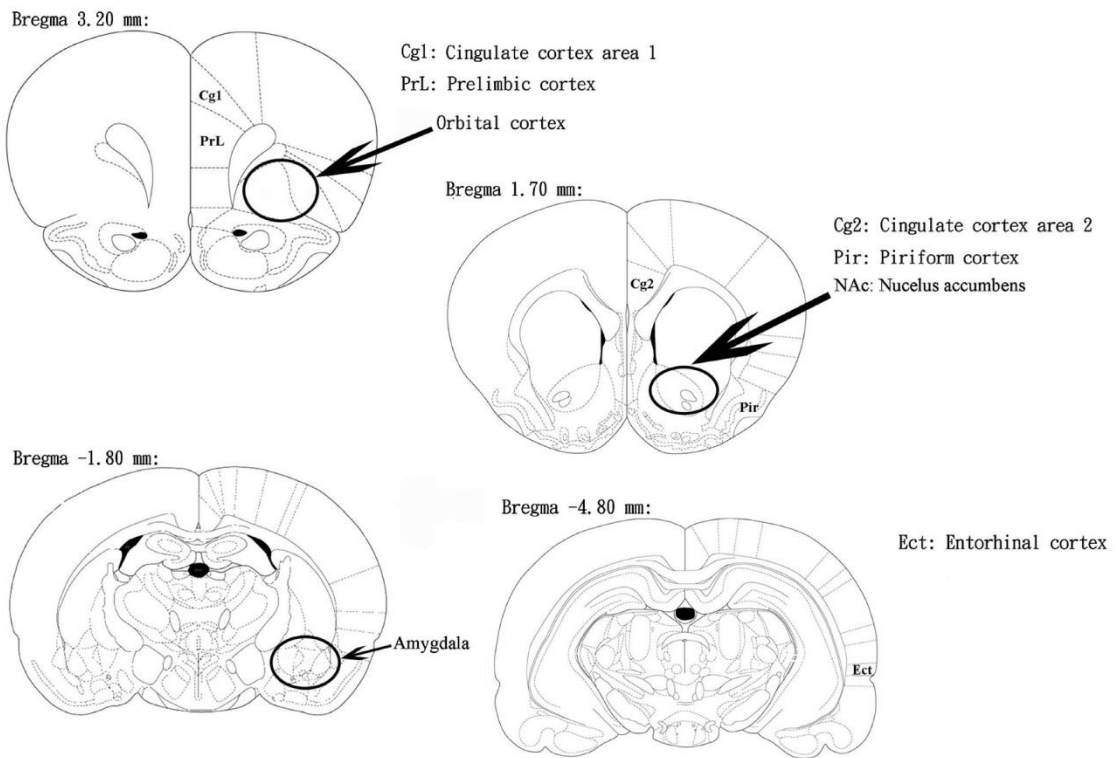
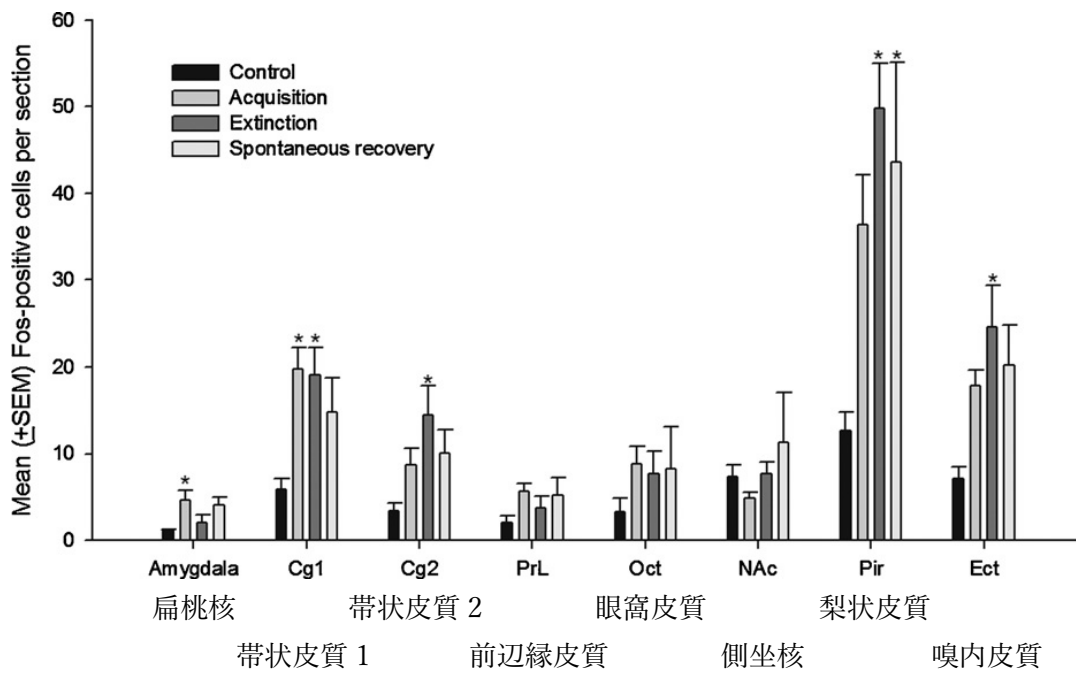
(A) に手続きがあるが、学習は3試行である。翌日からの電撃のない消去は3試行で4日間行われた。消去の8, 9, 10日後 (群別) に自発的回復のテストが3試行行われた。図

(B) に行動の結果

がある。学習で、黒い箱に入る潜時が延びた。計12試行の消去で潜時が短縮した。自発的回復は10日群のみでみられた。

次ページ上図が *c-fos* の結果である。脳の略称は次ページの上図を、部位は下図を参照ください。学習は扁桃核、帯状皮質1が、消去は帯状皮質1, 2、梨状皮質、嗅内皮質が、自発的回復には梨状皮質が関係していた。

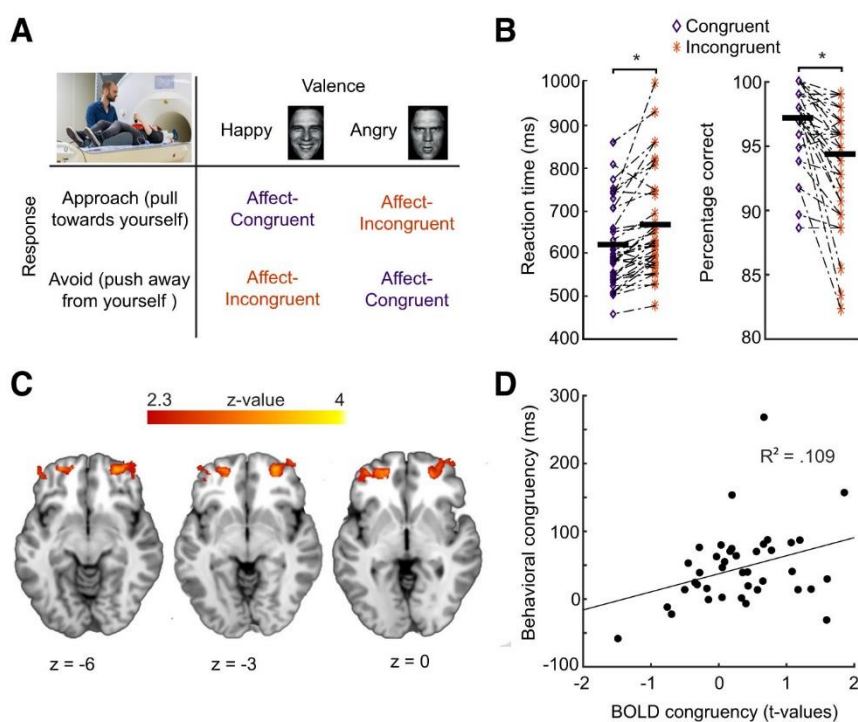
『期待』で紹介した発端となった実験に *c-fos* を適用するのはどうだろうか。



Bramson, B. et al. Human lateral frontal pole contributes to control over emotional approach-avoidance actions. J. Neurosci., 40:2925-2934, 2020.

この論文は、情動的な顔に対する接近-回避を制御する領域を、前部前頭前野 aPFC の外側前頭極 FPI に見出し、FPI と扁桃核の構造的な結合 SF が制御に関係することを明らかにした。fMRI, sMRI, 拡散強調画像を使用した。

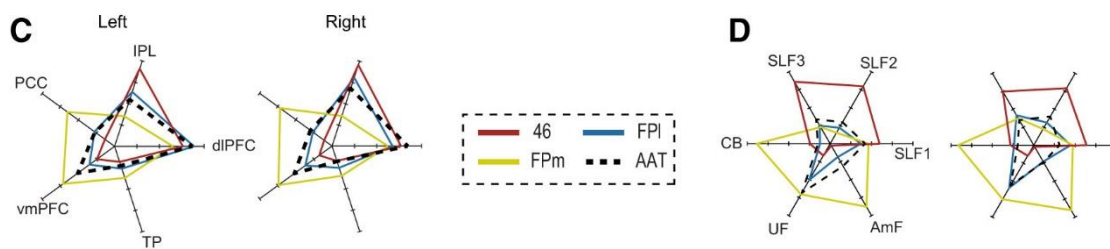
課題は happy と angry の顔を提示するが、block ごとに接近、回避の行動を求めた (上図 A)。上図 B は反応時間 RT (左) と正答率 (右) の結果で、congruent (happy-接近、

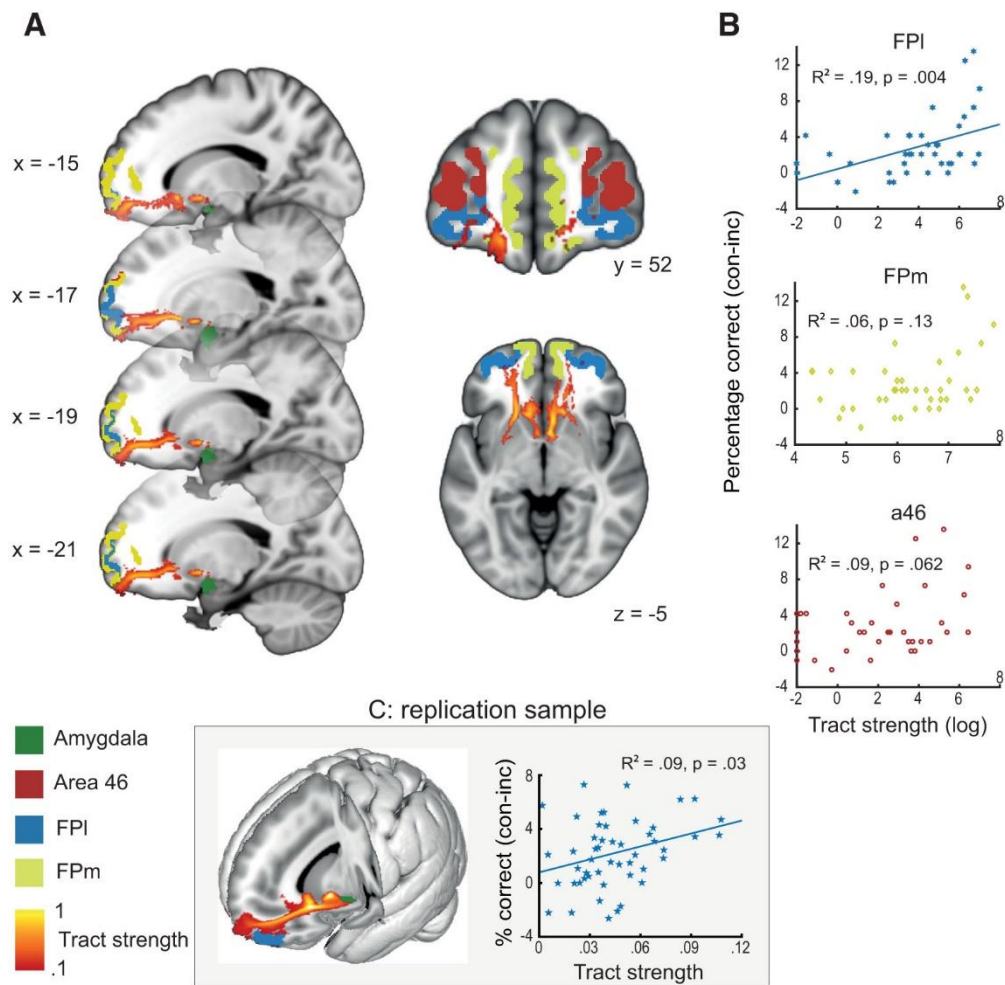


angry-回避)の方が incongruent (その逆)よりも RT が短く、正答率も高い。上図 C は incongruent > congruent の aPFC の領域。上図 D は aPFC の FPI の活性と RT の congruency 効果が正の相関を示した。

下図は接近-回避課題 AAT に関するものが aPFC の

3つの領域、BA46, 内側前頭極 FPM, FPI、のいずれに対応するかを検討したもので、下図 C が安静時機能結合、下図 D が構造的な結合である。図 C で、IPL:下頭頂小葉、PCC:後部帯状皮質、vmPFC:腹内側前頭前皮質、TP:側頭極、dlPFC:背外側前頭前皮質である。左右半球いずれにおいても AAT (点線) と FPI (水色) は類似した profile を示した。図 D で CB:帯状束、UF:鉤状束、AmF:扁桃核遠心路、SLF1-3:上縦束 1-3 で、構造的な結合でも、AAT は FPI と類似した profile だった。それゆえ、接近-回避行動の制御に関するものは FPI であった。





上の図は扁桃核遠心路（AmF、橙色）とaPFCの3領域の関係を示したもので（図A）、3領域の中ではFPMが最も関係が深い。しかし、図Bにあるように、接近-回避の課題に関係したのはFPIだった。図Bの横軸はAmFとの関係の強さ、縦軸は課題の成績（congruent-incongruent）で、FPIのみで有意な相関がみられた。図Cは追加実験の結果で、やはりFPIで有意な関係がみられた。

aPFCのFPIは情動的な顔に対する接近-回避を制御する機能があることが明らかになった。

ASD に関する研究

このホームページでは主に認知神経科学の雑誌に載っていた論文をとりあげている。しかし、ASD に関しては専門誌 (J. Autism Dev. Disord., Autism, Autism Res. など) の研究も含め、発表年にこだわらず、興味深い論文を詳しく紹介する。

van Laarhoven, T. et al. Electrophysiological alterations in motor-auditory predictive coding in autism spectrum disorder. *Autism Res.*, 12:589-599, 2019.

以下、predictive coding の立場から ASD を研究した 5 つの論文を紹介する。この論文では ASD は internal forward model が発達していないため、ASD は prior expectation でなく刺激入力に影響されやすいと考える。実験は上図にあるように、自分の反応の結果として

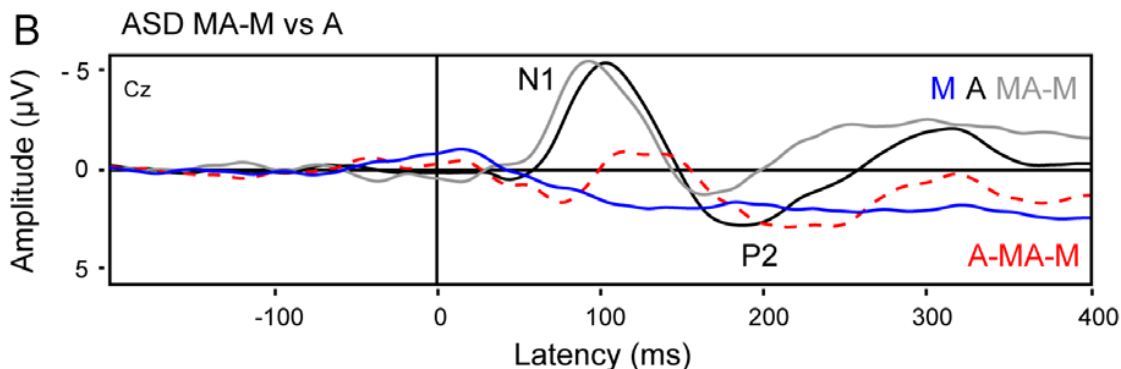
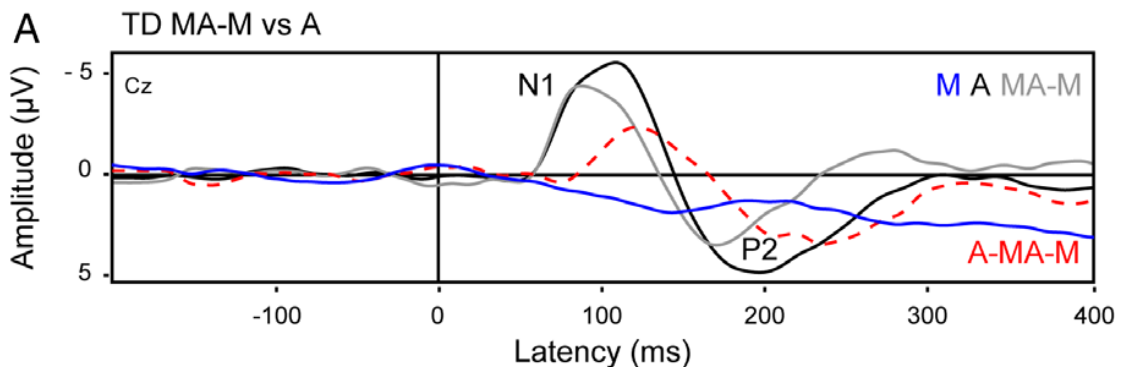
Motor-auditory (MA) Auditory (A) Motor (M) 音が出る MA 条件と、反応とは無関係に同じ音が出る A 条件の比較である。なお、反応だけの M 条件を用意してある。



通常 (定型発達 TD) は自分の反応の結果として出た音に対する脳波の N1 要素は、そうでない場合に比較して減弱する。19y の ASD では N1 が減弱しないことが予想される。

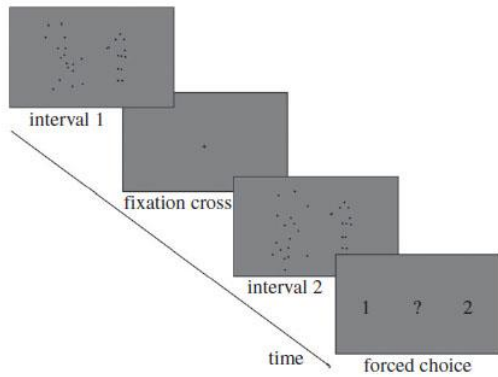
下図が結果である。図 A が TD, 図 B が ASD の Cz の結果で、横軸の 0 点は音の開始の時間である。重要なのは MA-M と A の比較で、100 ms あたりの N1 の振幅は、TD では MA-M は A よりも減弱しているが、ASD では減弱はみられず、予想した結果だった。

Self からの解釈もあると思う。要点のみ紹介したので、詳しくは論文に当たられたい。



von der Lühe, T, et al. Interpersonal predictive coding, not action perception, is impaired in autism. Phil. Trans. R. Soc. B, 371:20150373, 2016.

この論文は約 40 歳の高機能自閉症 HFA と健常者 HC で、point-light で示された二人の人物 A, B が、社会的交渉を行う場面（A の行動に B が応える）と、個別的な行動をする場面を設定し、point-light を増やした妨害的状況における、B の検出を検討した。

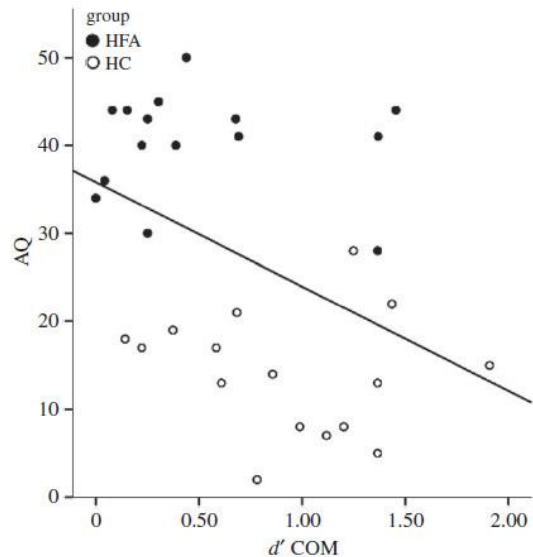
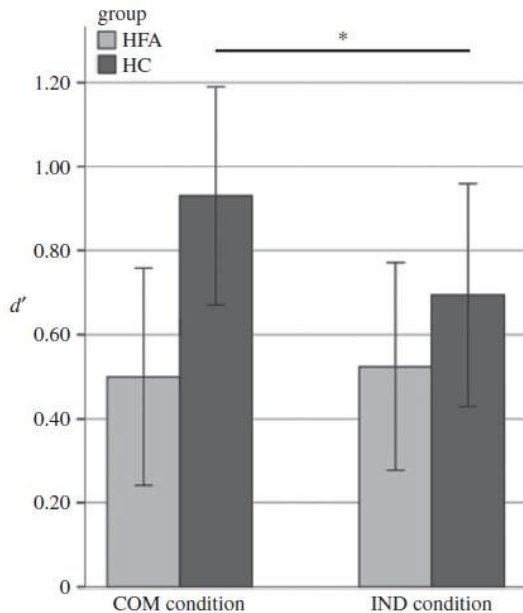


上図は手続きで、500 ms の凝視点の提示を挟んで、二人の人物 A, B が point-light で表示された刺激が提示される (interval 1/2. 約 4000 ms)。参加者はいずれの interval に人物 B がいたかを答える。

下図は結果で、左の図の y 軸、左の図の x 軸は弁別力 d' である。左の図では、社会的交渉 COM 条件の結果が左、個別的な行動 IND の結果が右に表示されている。薄いバーが HFA, 濃いバーが HC である。HC では COM 条件で人物 B の検出がよいが、HFA では COM と IND 条件で差がない。右の図は自閉症スペクトラム指数 AQ と COM 条件での d' の関係で、●が HFA, ○が HC である。HC では AQ が低いと d' が大きい。

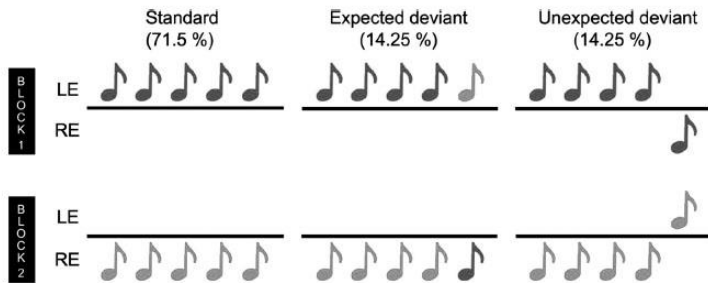
これらの結果は、HFA では他者の行為を予測する社会的な情報の利用、すなわち、社会的な Predictive coding に問題があると考えられた。

以上、要点を説明した。詳しくは論文を参照ください。



Gonzalez-Gadea, M.L. et al. Predictive coding in autism spectrum disorder and attention deficit hyperactivity disorder. *J. Neurophysiol.*, 114:2625-2636, 2015.

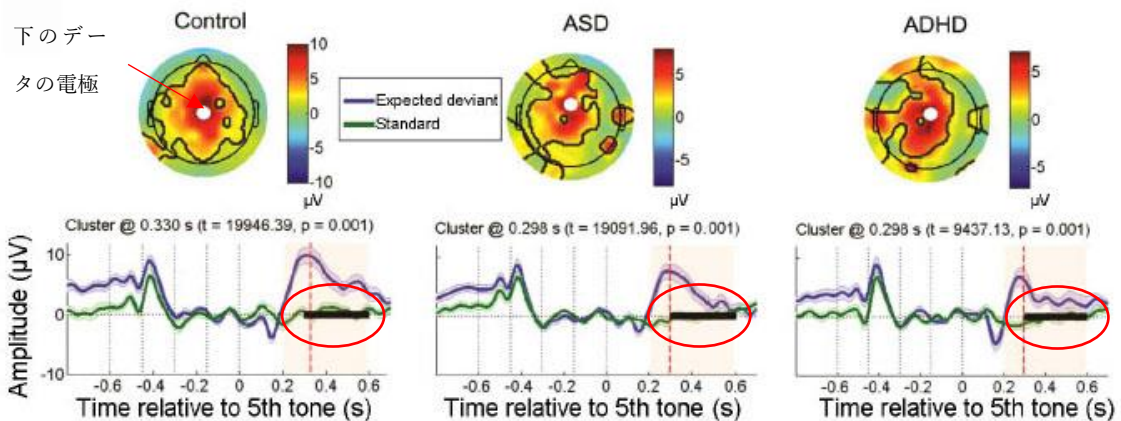
この論文は、Predictive coding の立場から、同じ音 (standard) を 4 回連続させ、最後



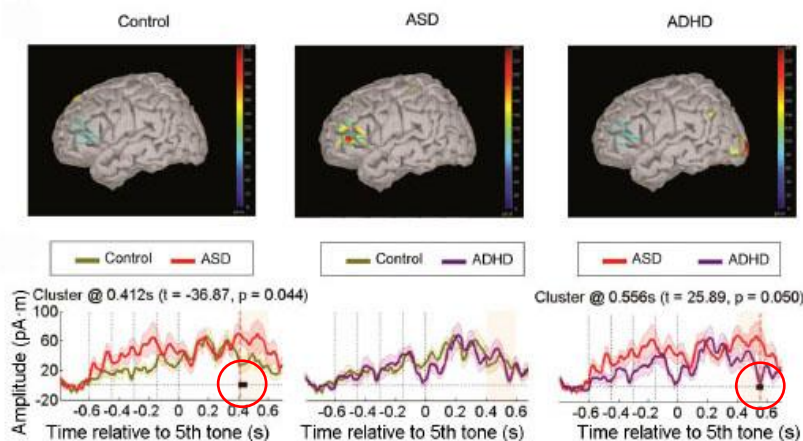
の音 (deviant) を変えた時の脳波 (MMN, P300) を ASD, ADHD, Control で比較した。Deviant には 2 種類ある: 最後の音が別の音に変わるものと、音は変わらず提示される耳が変わる。前者は前

もって教示で教えられているので Expected deviant であり、後者は Unexpected deviant である (上図)。

結果だが、Unexpected deviant に対する MMN は Control, ASD, ADHD に差がなくみられた (図は省略する)。Bottom-up に対する反応は群間で差がない。以下は top-down の期

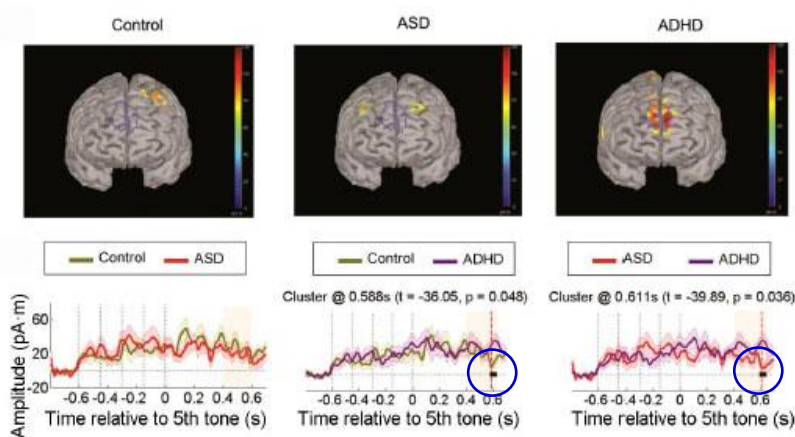
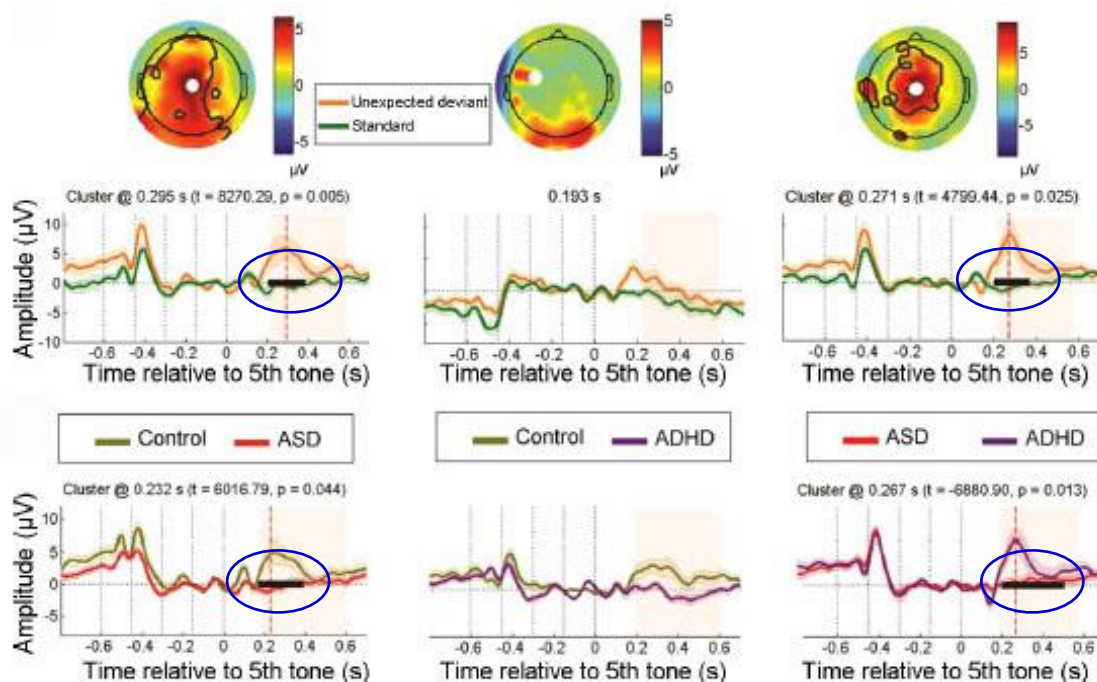


待に関連する P300 についてである。先ず、Expected deviant の結果。中図が示すように、すべての群で P300 は deviant>standard だった。ただし、ADHD では反応が弱く、



Control>ADHD だった。これらの結果は両側の上前頭皮質で得られたが、下図にあるように、P300 の遅い成分については、左背側前頭前野で、ASD が Control, ADHD よりも大きな振幅を示した。

次に、Unexpected deviantの結果である。この deviant に対しては、P300 の振幅は Control と ADHD で deviant>standard だったが、ASD では有意な差はみられなかった。群間の比較でも Control と ADHD は ASD よりも有意に振幅が大きい (上図)。これらの結果は右の上前頭皮質でみられたが、P300 の遅い成分について、下図が示すように、



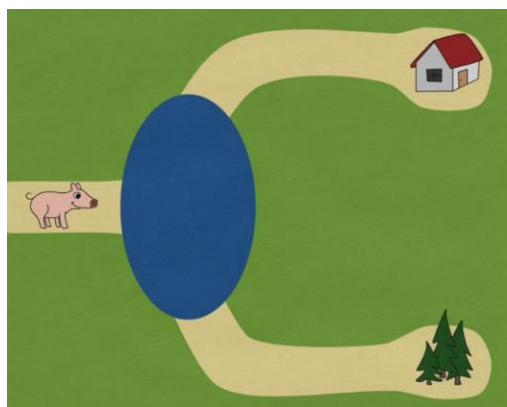
ADHD は両側の前頭前皮質で、Control, ASD よりも大きな振幅を示した。

なお、Expected と Unexpected deviant の比較は Control と ASD で、Expected の方が振幅は大きかった。ADHD では差がない。

これらの結果から、Predictive coding の考えに従い、ASD は prior に強く依存し、予測しない刺激変化を抑制してしまう、と考えた。一方、ADHD は prior の機能が弱く、入力刺激へ反応してしまう、と考えた。この ASD についての結論は、上で紹介した van Laarhoven の結論と逆である。まだまだ研究が必要のようだ。

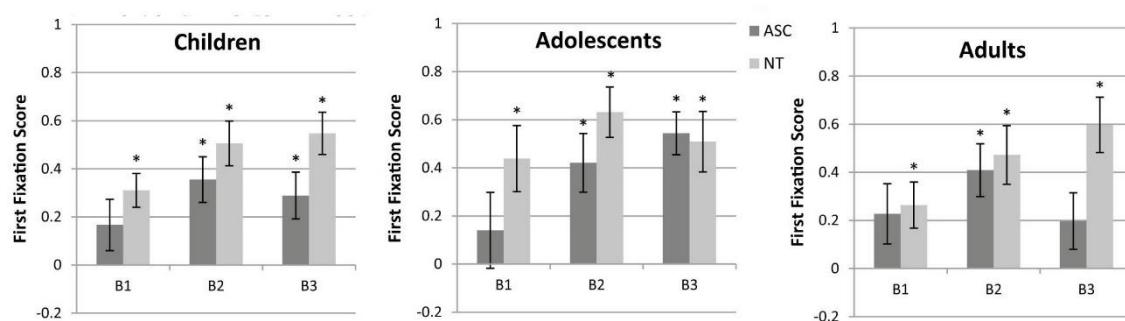
Ganglmayer, K. et al. Do children and adults with autism spectrum condition anticipate others' actions as goal-directed?: A predictive coding perspective. *J. Autism Dev. Disord.*, 08 March, 2019.

この論文は、ASD（論文では ASC となっている）control, NT の児童、若者、成人が行為者の行為のゴールを理解できるかを、視線により検討した。



参加者は左の上図の動画を観る。行為者ブタは前進して、青い不透明の領域に入る。そして家か森の一方のゴールへ向かう。このような動画を 10 回観るが、参加者内ではゴールは固定されており、その位置はランダムに変わる。また、参加者によってゴールは counterbalance されている。参加者の予測は Tobii による視線で検討した。予期的な視線には First Fixation score, FFS と Differential Looking Score, DLS が

ある。FFS は最初の視線がゴールへの通路だったら+1、ゴールの反対だったら-1、その他は 0 と配点した値である。DLS は looking time で、 $DLS = (Goal - No Goal) / (Goal + No Goal)$ で、回帰直線が求められた。



Age group	Diagnosis group	Intercept		Slope	
		M	p	M	p
Children	ASC	0.16	.095	0.04	.046
	NT	0.25	.001	0.05	.001
Adolescents	ASC	0.10	.446	0.07	<.001
	NT	0.5	.001	0.02	.441
Adults	ASC	0.30	.015	0.01	.569
	NT	0.26	.023	0.04	.038

下図は FFS の結果で、x 軸は動画 2-10 を三等分した。*はチャンスからの有意差である。この結果からは、NT は B1 からゴールを予測するが、ASC は予測が遅く、B2 から始まる。下の表は DLS の回帰直線の分析である。切片、傾きともに

NT の方が値が大きい傾向があり、ゴールの予測が強いことを表している。以上の結果を、Predictive coding から、ASD では prior 情報の使用が損なわれていると考えた。

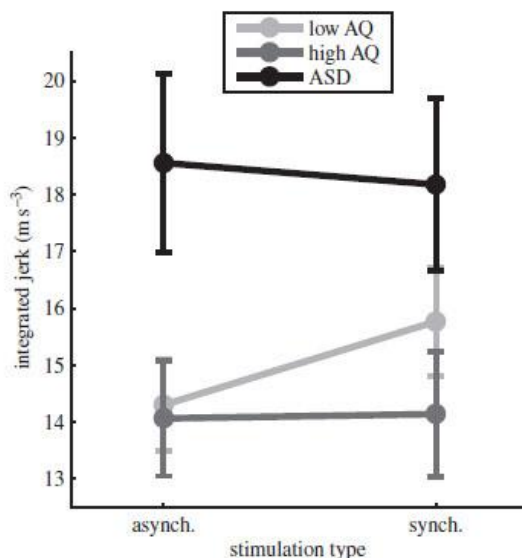
論文ではもっと細かい分析が行われているので、参照ください。

上の Predictive coding のところの Emberson らの論文では 6 カ月齢の乳児でも予測が可能である。ASD リスクの乳児での実験を期待したい。

Palmer, C.J. et al. Context sensitivity in action decreases along the autism spectrum: A predictive processing perspective. *Proceed. Roy. Soc. B*, 282: no 20141557, 2015.

この論文は、ASD と非 ASD で ASD 傾向 AQ の高い者 H、低い者 L が、「ゴム手袋の錯覚 RHI」形成後に行う reach and grasp の運動解析で、参加者の特徴を明らかにした。

RHI は図に示さないが、同期の条件で、錯覚の評定、drift が高く、形成された。上図は手を伸ばした時の運動解析の結果である。



jerk は加速度の時間的変化だが、その値が小さいことは運動がスムーズで自然なことを意味する。ASD と high AQ は jerk のレベルは異なるが、RHI の影響を受けない。一方、low AQ は同期、すなわち、RHI で運動が乱れ、jerk が大きくなった。

下図は運動を前期 (赤)、中期 (緑)、後期 (青) に分けて分析した結果である (図 a)。

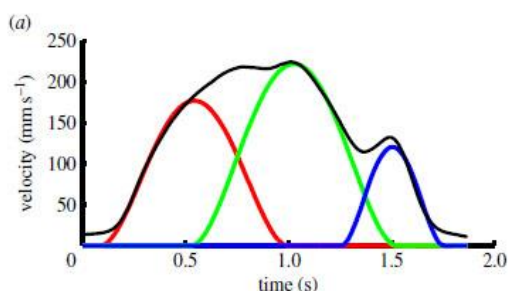
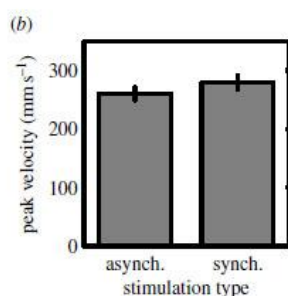
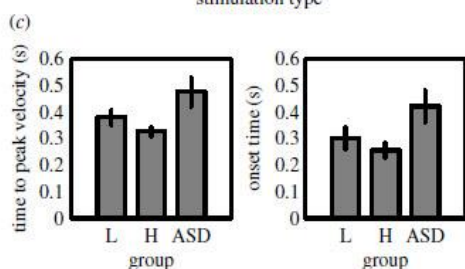


図 b は low AQ の中期の速度のピークだが、同期でスピードが速い。図 c は左が前期で速度がピークに達した時間、右が中期の開始時間である。図からは ASD は、前期で速度のピークに達する時間が遅く、中期の始まる時間も遅いことが分かる。



これらの結果から、Predictive coding の理論に従い、ASD の感覚処理では prior、context 情報への感度が限局していると考えられた。これはここで紹介した多くの論文と同じ結論である。

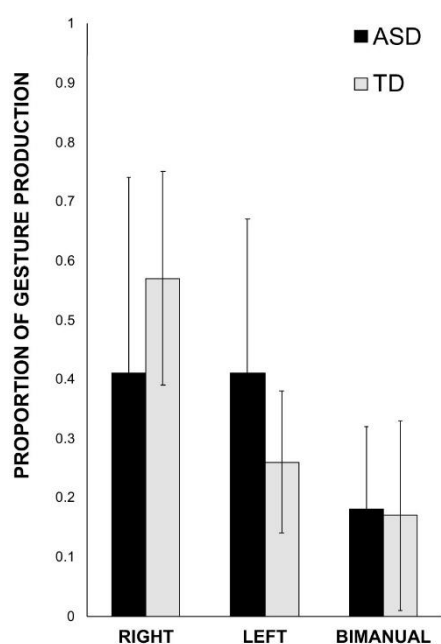


Dimitrova, N. et al. Early lateralization of gestures in autism: Right-handed points predict expressive language. J. Autism Dev. Disord., 50:1147-1158, 2020.

この論文は、30 カ月齢の ASD と言語機能が合う 18 カ月齢の定型発達 TD で、親子の遊びの場面で、指差し、要求などのジェスチャの頻度や使用手（左/右）が 1 年後の言語能力と関係するか検討した。

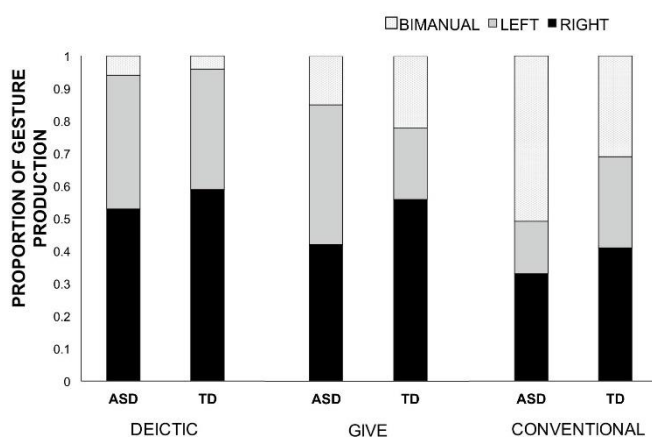
	TD			ASD		
	M	SD	n	M	SD	n
Total gestures	43.57	24.72	23	18.35	13.36	23
Deictic	27.91	23.98	22	9.17	11.95	16
Give	12.83	7.80	22	6.83	6.00	21
Conventional	2.83	3.47	19	2.35	1.92	20

上の表は指差し Deictic, 要求 Give, その他 Conventional の結果で、n は各 23 人中一度でもその行動を行った人数である。この表からは、ASD が TD に比べてジェスチャが少ないことが分かる。上図は、ジェスチャに使用した手の割合である。この図は、TD は



右手の使用が多いが、ASD では左右の手の使用に違いはないことを示す。利き手の指標 $HI = (R - L) / (R + L)$ は、TD の値は正で右手使用が有意に多い。ASD は 0 と差がない。下図はジェスチャ別に使用手を分析した結果だが、利き手 x 群 x ジェスチャの交互作用は有意でなかった。なお、右手による指差しは 1 年後の TD, ASD の言語能力と関係していた。

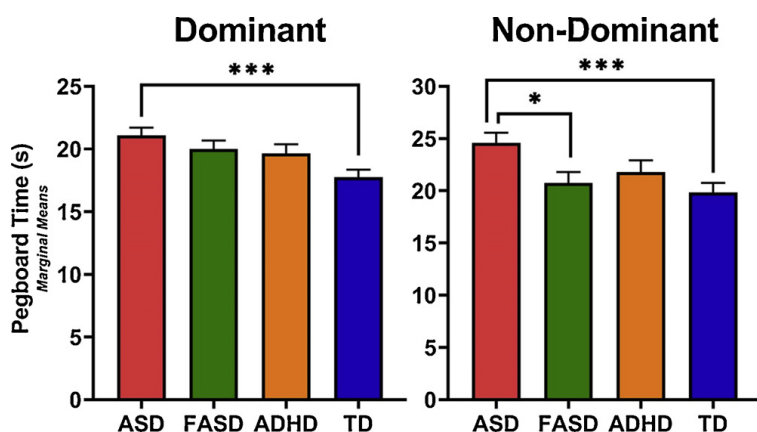
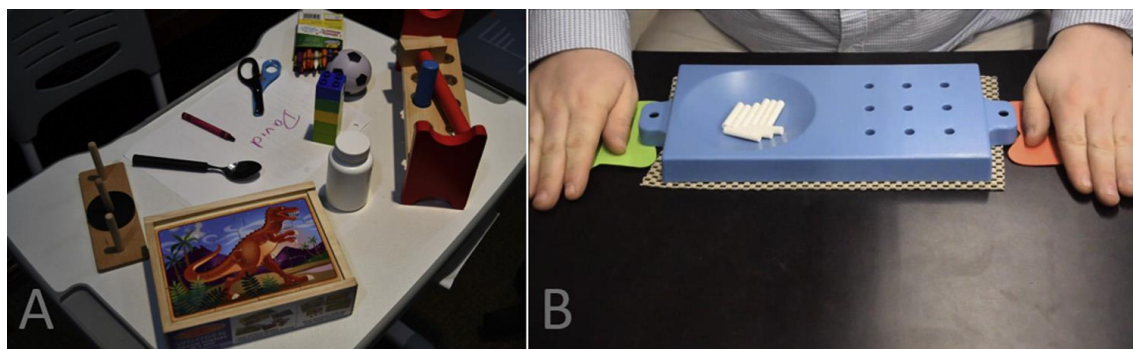
以上、斜め読みして概要を紹介した。前言語的なジェスチャを含む様々な動作を、ラテラルティの視点から、より若い幼児で検討する必要があるだろう。



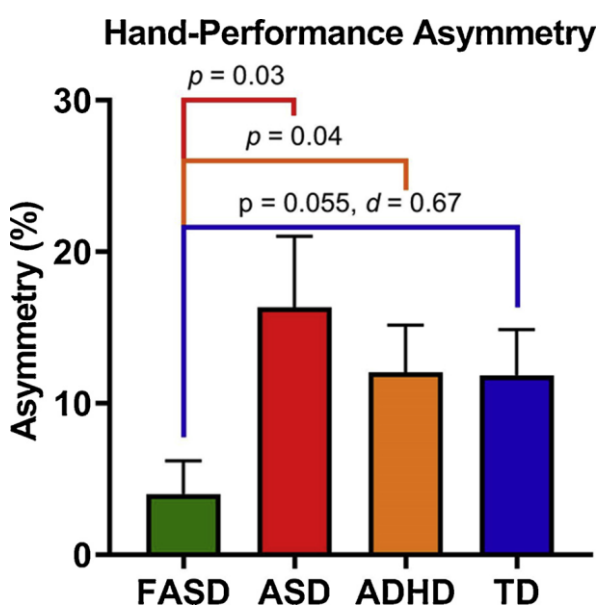
Lidstone, D.E et al. Manual dexterity in children with autism spectrum disorder: A cross-syndrome approach. Res. ASD, 73: no 101546, 2020.

この論文は、10-13歳の ASD, 胎児期にアルコールの影響を受けた FASD, ADHD, TD で手の器用さを検討した。

上図は左が利き手の調査に使用したもので、利き手 Dominant, D と非利き手 Non-Dominant, ND を決定した。右が9穴の pegboard である。



左の中図は各群の利き手と非利き手の手の使用時の pegboard にかかった時間である。ASD はいずれの手の使用時にも TD よりも時間がかかった。また、ASD は FASD よりも非利き手使用時に時間がかかった。下図は年齢の調整後の pegboard



の時間の Hand-Performance Asymmetry, HPA の結果である (詳細は論文を参照ください)。なお、 $HPA = (ND - D) / D \times 100$ である。HPA は FASD の値が他の群よりも小さく、FASD の特徴だった。

より年少の幼児で利き手、手や指の使用についての研究を調べる必要があるだろう。

Mussey, J.L. & Klinger, L.G. Imitation in ASD: Performance on an imitation choice task.

Res. ASD, 73: no 101530, 2020.

この論文は、約 43 か月齢の ASD と年齢、言語能力でマッチさせた TD で、2 種類の模倣課題をさせた結果の報告である。一つは通常の模倣で、モデルが行った行動をそのまま繰り返す exact imitation と、もう一つはモデルとは異なる行動が可能な事態での choice



imitation である。図は模倣で使用した装置 playset で、上が exact, 下が choice imitation で使用した例である。装置には平地と高台があり、それぞれに色が異なるカップが置いてある。2つの装置の違いは平地と高台を結ぶ ramp で、exact ではなめらか、choice では波打つ凹凸がある。人形を使ったモデルの行動は3つの点で異なる：manner (hop/slide), path (up/down ramp), goal (in/on a cup)。

Mean Percentage of Imitation Components for Groups in Each Condition, *M* (SD).

	ASD	Language match	Age match
Manner exact	.67 (.21)	.83 (.15)*	.87 (.15)*
Manner choice	.57 (.24)	.80 (.17)*	.84 (.18)*
Path exact	.80 (.21)	.82 (.16)	.84 (.16)
Goal exact	.78 (.23)	.79 (.19)	.81 (.18)
Path/Goal Preference: Choice	-.13 (.48)	.33 (.34)*	.43 (.34)*

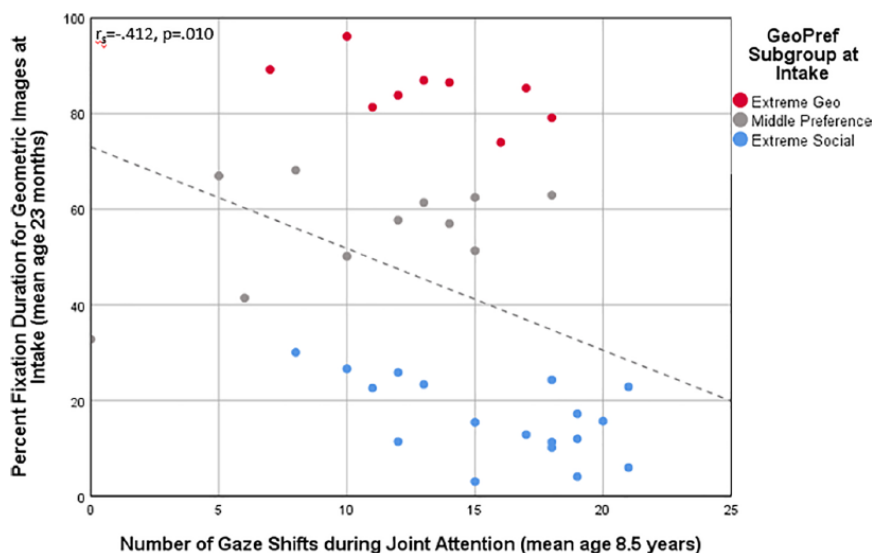
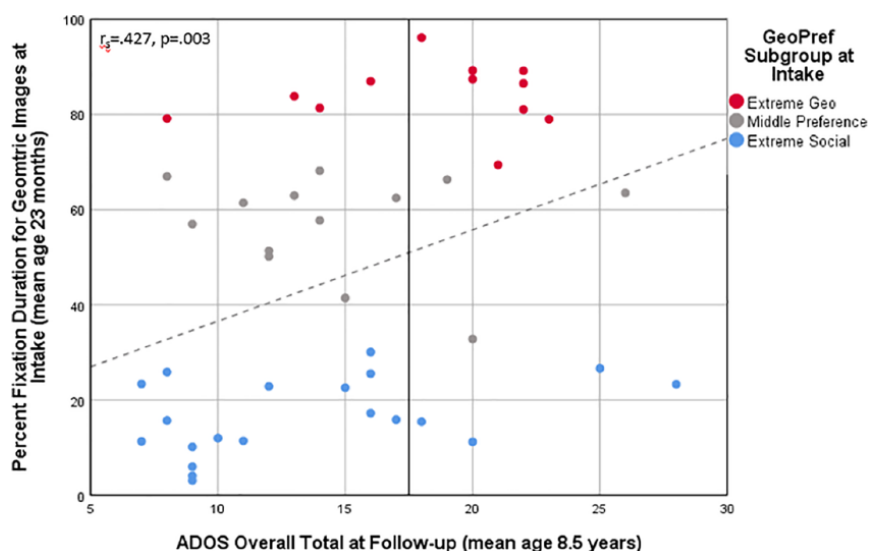
上の表が結果である。Exact imitation 条件では、ASD と TD は Path, Goal とともに同じような結果だった。一方、manner については、ASD の方が両課題で模倣が弱かった。まあ、exact の方が choice よりも manner の模倣は正確だった。Choice 課題での path/goal preference だが、負の値は goal preference を、正の値は path preference を意味するが、両 TD では path preference が強いが、ASD は有意な preference はなかった。ASD と TD の差は有意である。

なお、Motor Imitation Scale, MIS と今回の実験の結果との間の相関を調べたところ、TD では exact 条件の manner, path, goal の結果と有意な正の相関があった。ASD では exact 条件の path のみで、有意な相関があった。

これらの結果は、ASD も模倣を行うが、模倣している内容は TD とは異なることを示した。

Bacon, E.C. et al. Identifying prognostic markers in autism spectrum disorder using eye tracking. *Autism*,24:658-669, 2020.

この論文は、ASD と診断された 1-3y の幼児に、社会的刺激と非社会的（図形）刺激をみせ（GeoPref test）、見ている時間 fixation time を計測した。そして、5-9y 時に、図形刺激を見ていた時間が、症状の重篤度、社会的機能、適応的行動、共同注視、IQ と関係するかを検討した。



参加者を図形を好む程度で3つに分けた：上図の Extreme Geo (赤), Middle Preference (灰), Extreme Social (水色)。症状については ADOS-2 を利用した。上図にあるように、年少時に図形を好む傾向は ADOS のスコアと正の相関をした。下図は図形を好む傾向と共同注視 eye tracking 課題時の gaze shift の数との関係である。両者には負の相関がみられ、図形を好む傾向が強いと gaze shift が少なかった。IQ と適応的

行動は図形を好む傾向と関係がなかった。非常に簡単に紹介したので、詳しくは論文を参照ください。

より年少のリスク児の同様な視線の研究が必要だろう。

Poon, K.K. et al. To what extent do joint attention, imitation, and object play behaviors in infancy predict later communication and intellectual functioning in ASD? J. Autism Dev. Disord., 42:1064-1074, 2012.

この論文は、ASD と診断された児童の 3-7 歳時のコミュニケーションと知的機能が、9-12 か月、15-18 か月にビデオ記録されていた、ものを使った遊び、共同注視、模倣の分析で予測できるかを検討した。

これら 3 つの行動に関しては、interval count と developmental rating で評価し、3-7 歳時のコミュニケーションと知的機能については、Vineland Adaptive Behavior Scales, Communication Subscale, VABS-Comm と Mullen Scale of Early Learning, MSEL など で評価した。

	Mean interval count (SD)		Mean developmental rating (SD)	
	Time point 1 9-12 months (n = 27)	Time point 2 15-18 months (n = 18)	Time point 1 9-12 months (n = 27)	Time point 2 15-18 months (n = 18)
Joint attention	1.67 (2.15)	1.67 (1.37)	2.59 (0.75)	2.89 (0.68)
Imitation	1.52 (1.53)	2.78 (2.29)	2.74 (1.35)	3.44 (1.25)
Object play	0.30 (0.87)	1.61 (3.26)	2.00 (0.78)	2.72 (0.89)

	Descriptive statistics Mean (SD)/ frequency
Vineland ABS—communication subscale (n = 29)	64.24 (22.01)
IQ category (n = 25)	
Moderate to profound mental retardation (IQ < 55)	14
Mild mental retardation (IQ 55-69)	4
Borderline (IQ 70-84)	3
Average and above (IQ > 84)	4

上の表は interval count (左) と developmental rating (右) の結果である。それぞれで左が 9-12 か月、右が 15-18 か月時の結果で、共同注視は両期間での差が大きくない。下の表は VABS-Comm と知的機能の分類である。

3-7 歳時の VABS-Comm と 3 つの行動のレベルの間には正の相関があった。行動による相関の違いはなかった。また、interval count と developmental rating による相関にも差はなかった。さらに、幼児期の 2 つの時期の行動の変化率は VABS-Comm と相関しなかった。知的機能は VABS-Comm と同じ結果になり、3 つの行動のレベルのみと正の相関を示した。

期待して読んだが、あまり面白い論文ではなかった。データのとり方などは論文を参照ください。

今月の特集、総説、メタ分析など

Neuropsychologia, vol. 141, 2020.

Episodic memory and beyond という巻内小特集。3 篇の論文。

Beynel, L. et al. (2020) Neuroimage, 211: no 116596.

安静時の機能結合に対する反復 TMS の効果についての総説。

Guevara, M. et al. (2020) Neuroimage, 212: no 116673.

Superficial white matter: A review on the dMRI methods and applications と題する総説。

Fedorenko, E. & Blank, I.A. (2020) Trend. Cognit. Sci., 24:270-284.

Broca's area is not a natural kind と題する総説。

Goldenberg, A. & Gross, J.J. (2020) Trend. Cognit. Sci., 24:316-328.

Digital media の時代の digital emotion contagion についての総説。

Wass, S.V. et al. (2020) Trend. Cognit. Sci., 24:329-342.

Interpersonal neural entrainment during early social interaction と題する総説。ASD の研究に使えるか。

Flannery, J.S. et al. (2020) Cognit. Affect. Behav. Neurosci., 20:215-235.

報酬に関係する行動機能、脳をメタ分析により分類した研究論文。

Patel, R. et al. (2020) Neuropsychologia, 141:no 107395.

反復 rTMS の認知機能への効果に関するメタ分析。

Esmailpour, Z. et al. (2020) Hum. Brain Mapp., 41:1950-1967.

tDCS が脳に与える影響を fMRI で検討する研究の総説。

Mankin, E.A. & Fried, I. (2020) Neuron, 106:218-235.

嗅内皮質－海馬回路の深部電気刺激によるヒトの記憶の modulation についての総説。

Olsson, A. et al. (2020) Nat. Rev., Neurosci., 21:197-212.

社会的学習の神経的、計算論的システムに関する総説。

Teufel, C. & Fletcher, P.C. *Nat. Rev., Neurosci.*, 21:231-242.

神経系における予測の複数の形式についての総説。

Allen, M. (2020) *Trend. Cognit. Sci.*, 24:265-266.

島皮質の内受容感覚の推測 inference の神経生物学に関する短い総説。

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

Conte, S. et al. (2020) Neuroimage, 211:116602.

4.5-12 mo の幼児に顔とものの写真をみせ、顔の処理に関する ERP を横断的に検討した。P1 と N290 がものより顔で大きな振幅を示し、P1 は舌状回、N290 は中/後紡錘状回が関係していた。N400 は顔、もので差がなかった。Nc は顔への反応が大きい傾向だが、注意の影響を受けた。これらの波は一般に成長につれ振幅が大になった。ASD 研究に役立つ。

Mares, I. et al. (2020) Neuroimage, 211: no 116660.

6-11y の児童と成人で、脳波データの decoding により、顔の処理の発達を検討した。最も若い年齢で、多くの顔のカテゴリに関連した脳活動が分離でき、顔倒立効果もみられた。しかし、成人との間には違いがあり、さらに refinement が進むと考えられた。

Proverbio, A.M. et al. (2020) Neuropsychologia, 141: no 107439.

白人の参加者に白人と非白人の成人と幼児の顔を記録させ、再認テストを行い、脳波を記録した。幼児の顔では人種に関係なく N170, 前部 N2, P300 が成人よりも大きく、一方、成人の顔では N170, N400 が白人の方が非白人より大きく、人種差があった。

Burkhard, A. et al. (2020) Neuroimage, 211: no 116590.

絶対音感の程度は、左側頭平面の下の白質線維の FA の値と正の相関の関係にあった。

Ara, A. & Marco-Pallarés, J. (2020) *Neuroimage*, 212: no 116665.

音楽による快の感情には右側頭皮質と前頭皮質の θ 波の位相同期の増加が関係していた。

Pan, Y. et al. (2020) *Neuroimage*, 211: no 116657.

教授者と学習者の脳活性を NIRS で同時記録した。両者間の同期は学習の結果と関連し、また、同期は教授法に依存した。ヒントを出すなどの scaffolding 行動では同期は亢進し、説明的なやり方では同期の亢進はなかった。

Sommerauer, G. et al. (2020) *Neuropsychologia*, 141:107405.

7-10y の学童に fMRI 計測中に数の順序、大きさの比較課題を行わせ、また、scanner 外で計算の skill のテストを行った。順序の成績は skill と関係し、それは大きさの成績と skill の関係を仲介していた。脳では、順序と skill の関係は右 IFG と Ins の境界、pMTG が関係した。また、左 IPS の活動に発達的变化がみられた。

Schwartz, F. et al. (2020) *Neuropsychologia*, 141: no 107410.

fMRI により計測された、IPS における推移率 ($A > B$, $B > C$, ならば $A > C$) の神経表象は、児童の現在、および 1.5 年後の算数の計算能力と関係していた。

Roye, S. et al. (2020) *Neuropsychologia*, 141: no 107418.

実行機能の 3 つの要素、inhibition, shifting, fluency, と rsFC の network の関係を検討した。Inhibition は左 STR と注意制御 network の結合と、shifting は中心前、後回と speech, 感覚運動 network の結合と正に関係していた。

Guo, K. et al. (2020) *J. Cognit. Neurosci.*, 32:906-916.

20y の参加者に、幸せ、中性、怒りの顔を短時間提示し、その 50-150 ms 後に初期視覚野へ TMS を与えた。90 ms では表情に関係なく、visibility の評定を低下させた。120 ms では怒りの表情の再認が障害された。この時間帯に初期視覚野は不快な表情の処理に関係する。また、怒りの表情の再認は 110-120 ms で不安のレベルの影響を受けた。

Hartmann, N. et al. (2020) *J. Cognit. Neurosci.*, 32:862-876.

後部頭頂皮質 PPC への anodal tDCS は approximate mental arithmetic (引き算) の成績を上げた。左右の PPC の差はなかった。

Jospe, K. et al. (2020) *Neuropsychologia*, 141: no 107412.

M1 の手の領域への tDCS で、行為観察 network, AON に妨害的な効果を与えると、empathy レベルの高い参加者では手のジェスチャーの理解が低下し、empathy レベルが低い参加者では上昇した。

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

Arns, M. et al. (2014) Biol. Psychol. 95:108-115.

少し古いですが、ADHD の neurofeedback 研究の総説。

Scheinost, D. et al. (2020) Neuroimage, 212: no 116684.

Real time rt-fMRI connectome-based NFB の試み。従来の rt-fMRI NFB が少数の領域や結合を対象にしていたのに対し、全脳的な領域、結合を制御しようとする試み。

Mennella, R. et al. (2017) Behav. Res. Therapy, 92:32-40.

前頭の α 活動の非対称 (右 > 左) を NFB で高めると、負の情動や不安が減少した。上で紹介した。

Kouijzer, M.E.J. et al. (2009) Res. ASD, 3:496-501.

2月に紹介した、同じ著者らの論文で、ASD の EEG-NFB 訓練の効果の持続を1年後に検討した。NFB 訓練の効果は持続した。上で紹介した。

Aggensteiner, P.-M. et al. (2019) Europ. Child Adolesc. Psychiat. 28:1087-1095.

7-9y の ADHD の児童に5つの医学研究機関で行った、slow cortical potential, SCP-NFB と筋電図 MEG-BFB の、6か月後の効果の持続の検討の報告。ADHD 症状についての親の評定は、両法で症状が改善していたが、SCP-NFB の方が改善が安定していた。ただし、6か月後には両法に差はなかった。

Zilverstand, A. et al. (2017) PLOS one, Jan 26.

成人の ADHD に、背側前部帯状皮質 dACC の活性を暗算で上げる fMRI-NFB を行い、症状と認知機能への効果を調べた探索的な研究。dACC の活性は上がったが、症状への効果はなかった。認知機能は改善した。

Breteler, M.H.M. et al. (2010) App. Psychophysiol. Biofeedback, 35:5-11.

平均10y の dyslexia の児童に qEEG-NFB を行い、spelling と reading への効果を調べた。Spelling は改善したが、reading には改善がみられなかった。qEEG の power と coherence の分析では、前頭-中央部に変化はなく、 α 波の coherence の増加がみられた。これらはそ

れぞれ、reading と spelling の結果に対応する。

Direito, B. et al. (2019) *Neuroscience*, 406:97-108.

fMRI-NFB で、pSTS の表情関連領域の活性を、視覚、聴覚で feedback することにより、制御できた。ASD 研究に役立つかと思ったが...

Adamczyk, A.K. et al. (2020) *Cognit. Affect, Behav, Neurosci.*, 20:276-293.

痛みの reappraisal による制御の脳波研究。痛みの down-regulation は ACC, 右 OFC, 左 aTCx, 左 Ins の活動を低下させたが、これは up-regulation でも見られ、cognitive demand を反映すると考えられた。

Loureiro, J.R.A et al. (2020) *Hum. Brain Mapp.*, 41:1699-1710.

大うつ病の電気ショック ECS 療法とケタミン投与前後に顔のマッチング課題を行わせ、fMRI で脳機能計測を行った。扁桃核に注目したが、valence に関係なく、情動の反応性が低下した。dlPFC, Ins にも変化があり、また、IPL も症状の変化に関係していた。

Qi, S. et al. (2020) *Hum. Brain Mapp.*, 41:1775-1785.

抑うつ患者と control で、電気けいれん療法 ECT の脳の機能、構造への影響を fMRI, sMRI で検討した。fALFF が PFC, Ins, 海馬で減少し、ACC, mTCx, Ins, CAUD, 海馬の GMat 容量が増加した。ECT が有効な者は前頭-辺縁 network が関連した。ECT は宣言的記憶には関係しなかった。

Bouhali, F. et al. (2020) *Neuroimage*, 212: no 116666.

VTCx には語形と音楽(楽譜)に特化した領域がある。それぞれの領域は構造的な結合が異なる。音楽家は音楽関連の線維束が大きく、また、語形と音楽関連の線維束の空間的な類似性が大きかった。それゆえ、音楽家は語と音楽で類似の脳活性がみられる。

Steventon, J.J. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:525-533.

中程度の aerobic cycling を 20 分行わせ、arterial spin labeling MRI で局所血流量 CBF と二酸化炭素吸入に対する脳血管反応性 CVR を計測した。運動の終了後、15, 40, 60 分後に海馬の CBF の増加がみられたが、CVR に変化はなかった。CBF の変化は adaptive metabolic change によるものと考えられる。

Rowley, C.D. et al. (2020) *Europ. J. Neurosci.*, 51:1711-1722.

65-90y の参加者に exercise を行わせ、quantitative longitudinal relaxation time rate (R1) MRI でミエリンの密度を計測した。Exercise で M1 のミエリンの増加がみられなどの結果

が得られた。

Morris, T.P. et al. (2020) *Europ. J. Neurosci.*, 51:1723-1734.

軽い aerobic exercise が実行機能と皮質の興奮性に与える影響を検討した。Exercise により multitasking performance がよくなり、TMS により測定された皮質興奮性では、intra-cortical facilitation がみられた。

Moodie, C.A. et al. (2020) *Cognit. Affect, Behav, Neurosci.*, 20:387-407.

情動制御の3つの方法（cognitive reappraisal, attention deployment, self-distancing）と脳との関係を情動の強度を変えながら fMRI で検討した。3つの方法は PFC を活性化させたが、強度で変化が少なかったのは reappraisal だったなど、方法間で差がみられた。

Ilan, S.D. et al. (2019) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 14:1273-1283.

情動が高い時は distraction, 低い時は reappraisal が情動制御の適切な strategy だが、その逆の条件を設定すると、strategy の切り替えが起こり、それに伴って LPP が増大した。

Katyal, S. et al. (2020) *Cognit. Affect, Behav, Neurosci.*, 20:326-339.

Jiang, H. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:439-450.

両方とも meditation の脳波研究。論文があることのみお知らせする。

Bramson, B. et al. (2020) *J. Neurosci.*, 40:2925-2934.

この論文は、fMRI, sMRI, 拡散強調画像を使用して、情動的な顔に対する接近-回避を制御する領域を、前部前頭前野 aPFC の外側前頭極 FPI に見出し、FPI と扁桃核の構造的な結合が制御に関係することを明らかにした。上で紹介した。

Koch, S.B.J. et al. (2020) *J. Cognit. Neurosci.*, 32:977-988.

情動的な音声に対する自動的な情動反応を制御する神経機構を fMRI で検討した。aPFC は情動顔の結果と重なる supramodal な活性の領域だった。aPFC は負の情動に対して、pIns との negative FC で情動を制御した。

Darki, F. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:672-681.

3-20y の参加者の STR の腹側と背側の rsFC と実行機能の関係を検討した。STR の FC は前頭-頭頂の FC に影響を与える間接的な効果と、WM-抑制-柔軟性に対する直接的な効果を持った。STR の FC は子供の認知能力の発達と関係していた。

Perceval. G. et al. (2020) *Brain Lang.*, 205: no 104788.

平均 21y と 67y の参加者で、5 日間の multi-session の左 PFC への tDCS が verbal associative learning の記憶に与える効果を検討した。高齢者では毎日の再生が増大し、最長 3 ヶ月の期間、効果が持続した。若年者でも long-term の再生が増加した。障害に適用可。

Jones, K.T. et al. (2020) *Neuroimage*, 211: no 116615.

WM の訓練に FPN への tDCS を導入すると WM の成績が改善した。脳波の記録では、PFC の刺激領域の θ 波のピークに側頭頭頂の γ 活動が同期する phase-amplitude coupling が起こると、行動への効果が大きかった。

Boroda, E. et al. (2020) *Neuroimage*, 211: no116598.

聴覚皮質への anodal tDCS は、聴覚刺激によって誘発される ERP の N100 成分の振幅を変化させた。tDCS の効果は 30 分だった。

発達障がい (ASD, ADHD, LD など) なお、来月からこの項を独立させえる予定である

Van de Cruys, L. et al. (2014) *Psychol. Rev.*, 121:649-675.

ASD を Predictive coding の立場からとらえた総説。

van Boxtel, J.J.A. & Lu, H. (2013) *Front. Psychol.*, 4: article 19.

ASD を Predictive coding からとらえた短い総説。

Lawson, R.P. et al. (2014) *Front. Human Neurosci.*, 8: no 302.

ASD の障がいを Predictive coding の precision から捉ええた論考。

Chan, J.S. et al. (2016) *J. Neural Transm.*, 123:917-923, 2016.

ASD の multisensory stimuli の時間的統合の Predictive coding の立場からの論考。なお、Zhou et al. (2020) *Autism Res.*, 13:615-626 の関連研究がある。

Melo, C. et al. (2020) *Autism*, 24:569-590.

ASD における motor stereotypy についての総説とメタ分析。

Ruggeri, A. et al. (2020) *Autism*, 24:544-568.

ASD の motor and physical intervention の運動機能への効果についての総説。

Colombo-Dougovito, A.M. et al. (2020) *Autism*, 24:693-706.

若者の ASD の gross motor skill の研究の方法についての批判的総説。

Carruthers, S. et al. (2020) *Autism Res.*, 13:506-522.

ASD の社会的コミュニケーション介入後の般化についての総説。

Webster, P.J. et al. (2020) *Autism Res.*, 13:39-549.

11-28y の高機能自閉症 ASD と TD に人がボールを扱った動画をみせ、fMRI で脳活性を調べた。ASD では左頭頂間溝、被殻/淡蒼球の活性低下がみられた。これらの活性低下は、人の動きとボールの動きの予測を媒介して処理する、皮質-大脳基底核の結合が低下していることに関係する。

Edmondson, D.A. et al. (2020) *Autism Res.*, 13:550-562.

ASD の優れた視覚探索能力と GABA の濃度の関係を、MRS により右 FEF, 右 TPJ, 両側の VCx で検討した。平均 11 歳代の ASD と control では GABA 濃度に差はなかったが、ASD では VCx の高い GABA 濃度は有効な視覚探索と関係し、低い濃度は社会的障がいの増加と関係した。

van Laarhoven, T. et al. (2019) *Autism Res.*, 12:589-599.

自らの反応の結果として出る音と、同じ音が自分の反応の結果でない場合を比較すると、健常では前者で脳波の N1 成分が減弱する。Predictive coding の立場から、ASD ではこの減弱がみられないことを予測し実験を行ったところ、減弱はなかった。上で簡単に紹介した。

Von der Lühe, T. et al. (2016) *Phil. Trans. R. Soc. B*, 371:20150373.

成人の高機能自閉症 HFA と control で、point-light で表現された人物 A,B が社会的交渉を行う (A の行動に B が応える)、個別的に行動する条件を設け、point-light を増やした妨害事態で、人物 B を検出させた。Control では交渉事態で B の検出がよかったが、HFA では条件間に差がなかった。社会的な Predictive coding に問題がある。上で簡単に紹介した。

Gonzalez-Gadea, M.L. et al. (2015) *J. Neurophysiol.*, 114:2625-2636.

4 音連続する standard につづく 5 音目に予測可/不可の 2 種類の deviant を導入した。ASD, ADHD, Control で ERP を計測し、MMN, P300 の変化を検討した。予測不可の deviant へはどの群も同じ反応だった。ASD では予測不可の deviant に対する P300 が弱く、ADHD では予測可の deviant に対する P300 が弱かった。Predictive coding からの理解。上で紹介。

Ganglmayer, K. et al. (2019) *J. Autism Dev. Disord.*, 8 March.

ASD の児童、若者、成人と control で、動画を用いて、行為者の目標を理解するかを、視線を用いて検討した。ASD も理解したが、時間がかかった。Predictive coding からの実験で、上で紹介した。

Palmer, C.J. et al. (2015) *Proceed. Roy. Soc. B*, 282: no 20141557, 2015.

ASD と ASD 傾向 AQ の高、低の参加者で、ゴム手袋の錯覚 RHI の形成後に、手を伸ばしても掴む動作を行わせ、運動解析を行った。RHI の影響は低 AQ にのみ見られた。また、ASD とその他では、運動の初期に違いがあった。Predictive coding からの実験、上で紹介した。

Dimitrova, N. et al. (2020) *J. Autism Dev. Disord.*, 50:1147-1158.

30 mo の ASD と言語能力を一致させた TD で、親子で遊んでいる最中の指差しなどの行動、その際に使用した手、1 年後の言語能力との関係を検討した。ASD は TD に比べ指差しなどの行動の出現頻度が少なく、使用した手については、TD が右手、ASD は左右差がなかった。これらは 1 年後の言語能力と関係した。上で紹介した。

Lidstone, D.E et al. (2020) *Res. ASD*, 73: no 101546.

ASD, 胎児期にアルコールの影響を受けた FASD, ADHD, TD で、利き手を決定し、pegboard の時間を測定した。その結果、ASD は聞き手、非利き手で pegboard の時間が TD よりも有意に長かった。上で紹介した。

Poon, K.K. et al. (2012) *J. Autism Dev. Disord.*, 42:1064-1074.

ASD と診断された 3-7 歳のコミュニケーションと知的機能が、9-12 か月、15-18 か月にビデオ記録されていた、ものを使った遊び、共同注視、模倣の分析で予測できるかを検討した。3-7 歳時の 2 つの機能は、幼児期の 3 つの行動のレベルと正の相関があり、予測できた。上で簡単に紹介した。

Mussey, J.L. & Klinger, L.G. (2020) *Res. ASD*, 73: no 101530.

約 43 か月齢の ASD と年齢、言語能力をマッチさせた TD に、2 種類の模倣課題を行わせた。一方は通常の模倣、もう一方は行動の選択が可能な模倣である。課題には manner (hop/slide), path (up/down ramp), goal (in/on cup) の要素がある。ASD も模倣を行ったが、TD とは異なる内容を模倣していた。上で紹介した。

Gowen, E. et al. (2020) *Autism*, 24:730-743.

成人の ASD と control に 2 つの模倣課題を行わせた。一つは一般的な教示を、もう一方はモデルの運動の特徴に注意するように教示をした。前者の課題では ASD の方がやや成

績が悪かったが、後者の課題では差がなくなった。両課題で、ASD はモデルの動きを見る時間が少なかった。

Gordon, A. et al. (2020) *J. Autism Dev. Disord.*, 50:1310-1323.

Iacoboni タイプの模倣で (automatic imitation, AI。実際の指 imitation と図形 effector を使う条件がある)、incongruent な条件 (論文参照) を導入したところ、18y の ASD と定型発達 TD では、妨害効果は effector 条件の方が小さく、また、ASD の方が模倣の成績や反応時間で妨害効果が大きかった。ただし、(ASD/TD) x (imitation/effector) の交互作用は有意でなく、ASD には AI の specific imitative deficit はないとした。

Bacon, E.C. et al. (2020) *Autism*, 24:658-669.

ASD と診断された 1-3y の幼児に社会的刺激と図形刺激を提示し、looking time を計測した。そして、5-9y になった時に、幼児期の図形を好む傾向と、児童期の ASD の重篤度、社会的機能、適応的行動、共同注視、IQ の関係を検討した。図形を好む傾向は重篤度と正の相関、共同注視とは負の相関を示した。上で簡単に紹介した。

Caldani, S. et al. (2020) *Autism*, 24:670-679.

12y の ASD と年齢、性、IQ をマッチさせた control で reflexive (gap, step)/voluntary (overlap/anti-saccade) の saccade 課題を行わせた。両群は同じような眼球運動を示したが、潜時が <80 ms の anticipatory saccade, 80 ms と 120 ms の間の express saccade は ASD の方が多かった。

Cardillo, R. et al. (2020) *Autism*, 24:765-779.

知能と perceptual reasoning index をマッチさせた 13y の ASD と TD の視空間処理機能を比較した。課題は視空間処理速度、visuo-perceptual, visuo-constructive, 視空間 WM 課題である。この 4 課題のうち、visuo-perceptual 課題で、ASD は TD より RT が遅く、空間統合能力が劣ることが示唆された。

Kim, S.H. et al. (2020) *Autism*, 24:780-794.

認知能力が高い ASD の幼稚園児に "Zoo Game" Go/No-go 課題を課し、脳波を記録した。ERN と error positivity が記録され、前頭-中央部で error 時の反応関連の θ power が増大した。Error positivity と θ power の大きさは academic achievement と相関した。

Taylor, L.J. et al. (2020) *J. Autism Dev. Disord.*, 39:1434-1442.

知識がないので誤った要約をしているかもしれないが、PACT-Gに参加している2-11yのASDにearly sociocognitive battery, ESBを適用した。その結果、ESBのsubscaleのスコア（社会的反応性、共同注視、象徴理解）が症状や言語レベルと関係し、有用だった。

Yoder, P. et al. (2009) *J. Autism Dev. Disord.*, 39:1381-1391.

昔の論文。ASDの年上の兄弟をもつ幼児Sibs-ASDの社会的機能の発達を、15-34カ月齢まで5回共同注視への反応RJA, 加重三項コミュニケーションWTCを計測することで、検討した。初期のRJAのレベルとWTCの発達率が34か月時の社会的障がいを予測し、後のASDの診断と関係していた。

Ring, M. et al. (2020) *Autism Res.*, 13:627-640.

40歳代のASD, TDに白黒の有意義、無意味の言葉、絵を記銘させ、Remember/Knowの想起テストを行い瞳孔のサイズを計測した。成績はTD>ASD, 絵>言葉、有意義>無意味だった。TDのみで瞳孔サイズはold>newだった。ASDでは瞳孔サイズと成績が正の相関だった。

Wilson, J.E. et al. (2018) *J. Neural Transm.*, 125:1857-1866.

18-58yのASDの社会的認知やスキルの改善の訓練(verbal fluencyと社会的スキル)に、右TPJへのanodal tDCSを加えることが有効かを検討した。その結果、とくに情動関連のverbal fluencyでtDCSは成績を高めた。

Haggarty, C.J. et al. (2020) *Europ. J. Neurosci.*, 51:1844-1855.

Touchには早いA β afferentによるものと、遅いCT afferentによるものがあるが、後者は情動的、社会的な性質と関係する。脳波のP300はA β に関係するが、ultra-late potential, ULPはCTと関係した。そして、ULPはASDの傾向AQと負の相関を示した。この実験の参加者は24yだが、児童、幼児ではどのような結果になるのか。

McAuliffe, D. et al. (2020) *Europ. J. Neurosci.*, 51:1815-1826.

8-12yのADHDにみられるmirror overflowの脳波のERD研究。左/右の指でsequentialな運動を行わせ、overflowと脳波を記録した。OverflowはADHDの方がTDよりも多く、less lateralized α ERD、 β ERDの大きさの減少がみられた。 β ERDとoverflowの間の有意な関係はADHD, TDに共通しており、 α ERDとoverflowの関係はADHDで有意だった。

Kuhl, U. et al. (2020) *Neuroimage*, 211: no 116633.

発達性のdyslexiaがいつから始まるかを、就学前、後の児童で、縦断的なfMRI, sMRIにより検討した。就学後のliteracyのテストで、dyslexiaとcontrolに分けたが、dyslexiaの児

童は literacy の学習前に、聴覚皮質の gyrification, speech 処理のシステム内の downstream の結合が異なっていた。

情動、動機づけとその障がい

Trend. Neurosci. (2020) vol. 43(4).

Long-lasting impact of early-life stress and adversity に関する特集号。

Rodríguez-Gómez, P. et al. (2020) Cognit. Affect. Behav. Neurosci., 20:356-370.

Prosocial な人と antisocial な人が、良い結果、悪い結果を得た文章を読んだ時の ERP を計測した。早い成分(前頭P2)は結果に関係なく prosocial で大きく、中期の N400 は antisocial な人が悪い結果を得た時に亢進し、後期の LPP は社会性に関係なく悪い結果で大きかった。

Pan. D.-n. et al. (2019) Soc. Cognit. Affect Neurosci., 14:1307-1316.

社会的不安の強い学生に、attention modification program, AMP, attention control condition, ACC と passive waiting の群を設け、その効果を検討した。AMP, ACC では不安が減少したが、脳波では ACC が N1 が増大し、AMP が vertex positive potential, VPP が減少した。両群で LPP が減少した。LPP は症状の軽減に関係していた。

Pizzie, R.G. et al. (2020) Cognit. Affect. Behav. Neurosci., 20:309-325.

算数への不安 MA による算数の成績の低下は、WM load の増加によるのか、より広い実行機能の低下によるのかを、計算と類推課題の task switching, WM load, そして fMRI で検討した。その結果、より広い実行機能の低下が関係していた。

Achterberg, M. et al. (2020) PNAS, 117:8602-8610.

社会的 rejection に対する攻撃の発達的变化を、7-9y, 9-11y の 2 回 fMRI の計測を行うことで、行動と脳の両面から検討した。その結果、発達により攻撃性は減少したが、それは dlPFC の活性増加が関係していた。

感覚運動障がい、その他の障がい

Djouab, S. et al. (2020) J. Cognit. Neurosci., 32:889-905.

発達性の相貌失認と control で、顔の identity と表情で視覚探索を行わせ、set size の効果を検討した。成績は両群で差はなかったが、set size 効果の増大は相貌失認の identity の探索でみられたが、表情ではみられなかった、等の結果。

Sehyr, Z.S. et al. (2020) *Neuropsychologia*, 141: no 107414.

ASL 使用の聴覚障がい者と健常者で文字、顔、自動車の同異テストを行い、ERP を記録した。文字に対する N170 は障がい者で laterality が減少し、右 N170 と文字の skill が関係した。顔への ERP は違いがなかったが、成績は障がい者の方がよかった。Laterality や弁別の成績は自動車への N170 反応には般化しなかった。

Mohan, A. et al. (2020) *Hum. Brain Mapp.*, 41:1819-1832.

耳鳴りのモデルである Zwicker tone (ZT) illusion の脳波による研究。ZT illusion では誘発電位と θ power の増大が TPJ, 膝前 ACC/vmPFC, PHC でみられた。これは慣れと過活動抑制の不調を反映し、また、ZT illusion には高次の処理が関係することが推測された。

Schienze, A. et al. (2020) *Neuropsychologia*, 141: no 1074.11.

嗅覚障がい者に嫌悪 disgust の表情や糞便などの写真をみせ、fMRI で一次嗅覚皮質、嗅覚関連の情動処理の領域の活性を fMRI で計測した。嗅覚障がい者は糞便などの嫌悪をもよおす写真に、control よりも、一次嗅覚やの活性を高めた。障がいの補償と思われる。その他は大きな差がなかった。

Barca, L. & Pezzulo, G. (2020) *Cognit. Affect. Behav. Neurosci.*, 20:427-440.

拒食症を Predictive coding の立場から内受容感覚の問題としてとらえた論考。

Busan, P. et al. (2020) *Brain Lang.*, 205: no 104774.

吃音に類似する運動を、右小指支配の運動皮質への TMS と人差し指の随意運動で形成し、吃音のメカニズムを検討した。吃音者では左半球の小指外転筋の皮質-脊髓路の興奮性が低く、また、人差し指の外向きの運動、第 1 背側骨間筋の収縮で、右半球の皮質内の抑制が増加していた。これは吃音の fluency-evoking 条件に対応する。

Manza, P. et al. (2020) *Cereb. Cortex*, 30:628-639.

大麻依存者では、行動的にも fMRI による脳活性でも、認知と情動の分離が十分でなかった。それにより、情動的な要求が増加すると認知制御が損なわれる。

Uribe, C. et al. (2020) *Neuroimage*, 211: no 116613.

Transgender (transwomen, transmen, cisgender women, cisgender men) で fMRI により脳内 network の同異を検討した。SalN や実行 network, DMN, 感覚運動 network などに違いがみられ、small-worldness, modularity, clustering coefficient にも差がみられた。