

令和元年6月18日現在

機関番号：33910

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K17271

研究課題名（和文）自閉症者における認知-感情ネットワークの特異性に関する機能的脳画像研究

研究課題名（英文）Cognition-emotion network in autism spectrum disorder: A functional imaging study

研究代表者

伊藤 大幸 (ITO, Hiroyuki)

中部大学・現代教育学部・講師

研究者番号：80611433

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：筆者は以前の研究でユーモアを喚起する3つの認知的要因を同定し、それらによってユーモアの変動の大部分を説明できることを実証した。本研究では、ASD者と定型発達者において、ユーモアと3つの認知的要因の神経基盤や相互の機能的結合性にどのような差異があるかを検討した。定型発達者35名、ASD者18名を対象にfMRI実験を実施した結果、ASD者は幼少期の子どもと同様、主に状況の特異性に反応してユーモアを感じている。ユーモアや個々の認知的要因に関わる脳活動の水準には定型発達者との差が見られない。ユーモア感情に関わる小脳と状況理解に関わる領域の機能的結合性が弱く、情報統合に困難があることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義：ASD者のユーモアについて世界的に初めてfMRIを用いて検証し、従来区別されていなかったユーモアの3つの認知的要因（体制化、特異性、無意味性）が相互に独立した神経基盤を持つこと、ASD者のユーモア処理は定型発達者と質的に異なるのではなく、発達のより原初的な段階にあること、ASD者はユーモアの中核的な処理の神経基盤には障害を持たないこと、ASD者では体制化に関連する脳領域とユーモアの感情的処理に関わる小脳の機能的結合性が弱いことを明らかにした。  
社会的意義：対人相互作用において重要な役割を果たすユーモアの障害のメカニズムの一端を示し、臨床的支援の手がかりをもたらした。

研究成果の概要（英文）：The author have identified three cognitive factors of humor elicitation and verified that these factors explains most of variance of subjective rating of humor. The present study examined difference of neural basis of humor and its cognitive factors between individuals with autism spectrum disorders (ASD) and typical development (TD). Thirty five TD and 18 ASD individuals participated a functional magnetic resonance experiment. The results showed that ASD individuals (1) experience humor mostly in response to oddness of situation as young children, (2) indicate neural activities associated with humor and its cognitive factors of which level is equivalent with TD individuals, (3) have weak functional connectivity in cerebellum, responsible for emotional process of humor, and areas related to situation comprehension, which suggests difficulty in integration of information.

研究分野：感情、発達障害、メンタルヘルス

キーワード：ユーモア 感情 自閉症スペクトラム障害 fMRI

### 1. 研究開始当初の背景

これまで自閉症スペクトラム障害 (ASD) のメカニズムに関して、心の理論 (Baron-Cohen, 1995)、セントラル・コヒーレンス (Frith & Happé, 1994)、実行機能 (Hill, 2004) などの認知機能の障害によって説明を試みる理論が支配的な地位を占めてきた。しかし近年、ASD 児者は“自発的な”社会的認知には障害が見られるものの、具体的な教示のもとでは社会的認知の障害が見られなくなるという報告が相次ぎ、ASD の核心は社会的な刺激や報酬への自発的反応の低さにあるという社会的動機づけ理論 (Chevallier et al., 2012) が注目を集めている。また、感情に基づく学習 (条件づけ)、感情による注意の調節、感情の主観的経験など、広く認知-感情の相互作用における障害に着目した認知-感情相互作用理論 (Gaigg, 2012) も提唱されている。

筆者は、これまで社会的感情の一種であるユーモアの生起メカニズムについて検討を行い、ユーモアを喚起する 3 つの認知的要因を理論的に同定し、その 3 要因によってユーモアの変動の大部分を説明できることを実証した (伊藤, 2011; Ito, 2014)。本研究では、これまでの研究を発展させ、ASD 者と定型発達者において、これらの処理に関わる脳領域の活動や相互の機能的結合性にどのような差異が見られるかを検討する。

### 2. 研究の目的

筆者はこれまでの研究でユーモアの生起に関わる 3 つの認知的処理を同定した (図 1)。第一に、状況の不可解さ (内的不適合) を何らかの手がかりによって解消するなどして、状況を一貫したメンタルモデルとして体制化する処理、第二に、状況が既存の知識に照らして何らかの特異性や新奇性 (外的不適合) を持つことを見出す処理、第三に、状況が個人的あるいは社会的に重大な意味や価値を持たないという評価を行う処理である。ユーモアの神経基盤に関する先行研究では、このうち第一の処理にのみ着目した旧来型のモデル (不適合-解決モデル) を採用してきたため、3 つの処理の神経基盤を区別できていない。

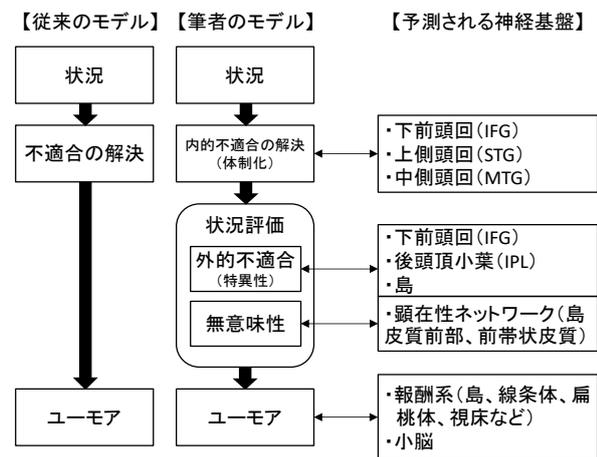


図 1 ユーモアの生起過程に関するモデル

これら 3 つの認知的処理はいずれもユーモアに特有の処理ではなく、文章理解 (Buchweith et al., 2009)、新奇性の検出 (Kiehl et al., 2001)、顕在性の検出 (島皮質前部、前帯状皮質; Seely et al., 2007) など、同様の処理の神経基盤に関する研究は多く行われている。こうした研究の知見に基づいて、それぞれの認知的処理の神経基盤について図 1 右に示したような仮説を設けることができる。本研究では、これらの仮説に基づいて、定型発達者および ASD 者におけるユーモアの認知的・情動的処理の神経基盤とその差異を検証する。

### 3. 研究の方法

**参加者** 定型発達者 35 名 (男性 30 名、女性 5 名; 平均年齢 30.1 歳)、ASD 者 18 名 (男性 15 名、女性 3 名; 平均年齢 31.2 歳) が実験に参加した。参加した ASD 者はいずれも専門医により DSM-IV-TR の基準に基づいて ASD (広汎性発達障害、アスペルガー障害を含む) の診断を受けており、WISC-III によって測定された全検査 IQ は 70 以上 (平均 87.1) であった。

**刺激・手続き** 80 の文章刺激を使用した。文字数は 25～76 字（平均 52.1 字）であり、基本的な状況説明が行われる「導入部」（例：兄は「外資系企業に勤めてる」と言って）と、ユーモラスな展開が記述される「落ち」（例：マクドナルドでバイトしていた。）に分けて提示された。刺激は事象関連パラダイムで提示され、刺激時間間隔（SOA）は 15 秒であった。初めに注視点が 2 秒間提示された後、刺激の導入部が 8 秒間、落ちが 5 秒間提示された。

**fMRI 計測** 3 テスラの MRI スキャナ（GE ヘルスケア）を使用した。T2 強調画像（機能画像）のパラメータは、反復時間=2500 ミリ秒、エコー時間=30 ミリ秒、フリップ角=80 度、FOV=210×210 ミリ、スライス幅=3 ミリ、マトリックスサイズ=64×64 であった。

**行動データ** fMRI 計測の終了後、各刺激について、ユーモア（例：どのくらい「おもしろい」、「おかしい」と感じたか）、体制化（例：「なるほど」、「そういうことか」と感じられたか）、外的不適合（例：どのくらい意外性があったか）、無意味性（例：深刻すぎると感じたか）に関する主観的評定を求めた。これらの評定項目の妥当性は確認されている（Ito, 2014）。

**データ分析** データ分析には SPM12 および CONN toolbox 18.b を用いた。

## 4. 研究成果

### (1) ユーモアの認知的処理の差異に関する検証

定型発達者と ASD 者で、3 つの認知的処理の評定とユーモア評定の関連にどのような差異が見られるかを、多集団マルチレベル SEM によって検証した（表 2）。定型発達者では、いずれの要因の効果も有意であったが、ASD 者では体制化、外的不適合の効果のみが有意で

表 2 多集団マルチレベル SEM の結果

	定型発達者				ASD 者			
	B	SE	p	$\beta$	B	SE	p	$\beta$
従属変数: ユーモア								
体制化	.892	.120	<.001	.571	.141	.062	.023	.092
外的不適合	.461	.053	<.001	.363	.852	.053	<.001	.686
無意味性	.262	.048	<.001	.187	.102	.076	.177	.079
R <sup>2</sup>				.681				.519

あり、無意味性の効果は有意でなかった。Wald 検定によって集団間で効果を比較すると、体制化の効果は定型発達者 > ASD 者であった一方、外的不適合の効果は ASD 者 > 定型発達者であった。これらの結果から、定型発達者では 3 つの認知的処理が複合的にユーモアの生起に関わっているのに対し、ASD 者ではもっぱら外的不適合によってユーモアの生起が規定されており、体制化や無意味性の影響は小さいことが窺われる。ユーモアの発達過程に関する研究では、幼少期の子どもは「いないいないばあ」やドタバタ喜劇などの単純なユーモア刺激を好み、状況の不可解さ（内的不適合）の解決を伴うような複雑な刺激は児童期後期以降に理解されるようになることが知られている（Rothbart, 1977; McGhee, 1979）。こうした知見と照合すると、ASD 者のユーモアは、より原初的な発達段階に留まっている可能性が考えられる。

このことは定型発達者と ASD 者でユーモア評定に大きな差が見られた刺激（表 3）の内容からも裏付けられる。定型発達者に比べ ASD 者の評定が低い刺激 50 や刺激 54 では、状況の特異性を理解するために言葉の裏に隠された意図を読み取る語用論的能力が必要となる。また、刺激 56 では社会文化的に共有された暗黙知としてのファッション感覚が求められる。こうした能力は、ASD の中核的な症状の一つである心の理論の障害と関連している（Baron-Cohen et al., 2000）。一方、ASD 者で定型発達者よりもユーモア評定が高かった刺激 14 や刺激 58 は特異性の理解が容易な状況を描いている。刺激 31 は状況説明が不足しているために不可解さが残る内容であり、定型発達者にとってはユーモアを感じにくい、ASD 者は描かれた状況の特異性にのみ反応してユーモアを感じたものと考えられる。

以上を総合すると、前述の分析結果と一致して、ASD 者は状況の特異性を理解する上で明文

化されていない意図の推測や社会的な暗黙知が必要とされる場合にはユーモアを感じにくい一方で、状況の特異性が明確でありさえすれば、その理由が判然としているか否かに関わらずユーモアを感じられることが窺われる。このような特徴は、幼少期の子どもの特徴と共通していることから、ASD 者のユーモアは定型発達者と質的に異なるのではなく、発達のより原初的な段階にあるものと推察される。

表 3 集団間でユーモア評定に顕著な差が見られた刺激

刺激	ユーモア評定	
	定型	ASD
定型発達者>ASD者		
50 だいぶ前に某飲食店の「お客様の声」に、駐車場を増やして欲しいです、と書いておいた。後日その店を訪れると、店のあった場所に広い駐車場ができていた。	1.41	-0.87
54 昨日じいちゃんが「ボケないための本」を買ってきた。今日も買ってきた。	1.70	-0.56
56 今日、自動車学校での応急救護のとき、心臓マッサージする人形が、俺と同じユニクロの服を着てて気まずかった。	2.36	-0.53
ASD者>定型発達者		
14 2歳5か月男児。最近すごく良く歌を歌う。でも微妙に間違ってる。ドレミの歌では、「ドーはメロンのレー」と何一つ合っていないかった。	0.59	1.82
31 デパートのエスカレーターで、ムキムキの男が彼女をお姫様抱っこしていた。	-0.89	0.81
58 ばあちゃんが餅を詰ませたので急いで掃除機で吸ったら、餅と一緒に入れ歯も吸い込んだ。	-0.80	0.86

注: 集団間で評定平均値の差が大きかった刺激を3つずつ示した。表中の評定値は各群内での刺激ごとの平均値を全刺激の中で標準化(z得点化)した値。

## (2) ユーモア処理に関わる脳活動の差異に関する検証

パラメトリック調整を用いて、ユーモアおよび3つの認知的要因の各評定値と落ちの提示時における各脳領域の活動量の相関について、ピークレベル 0.1%水準(無修正)およびクラスターレベル 5%水準(FWE 補正)で検証を行った。まず定型発達群と ASD 群で比較を行ったところ、いずれの領域でも活動量と各評定値の関連に有意な群間差は見られなかった。(1)において個々の刺激に対するユーモアや認知的要因の評定値に明確な群間差が見られたことと併せて考えると、ASD 者と定型発達者の間で、どのような刺激にユーモアの生起条件となる要因を見出すかは異なるものの、それら個々の要因を見出す処理の神経基盤には差異がないことが示唆される。つまり、行動レベルにおける ASD 者と定型発達者のユーモア感知の差異は、ユーモアの中核的な処理そのものの障害ではなく、そ

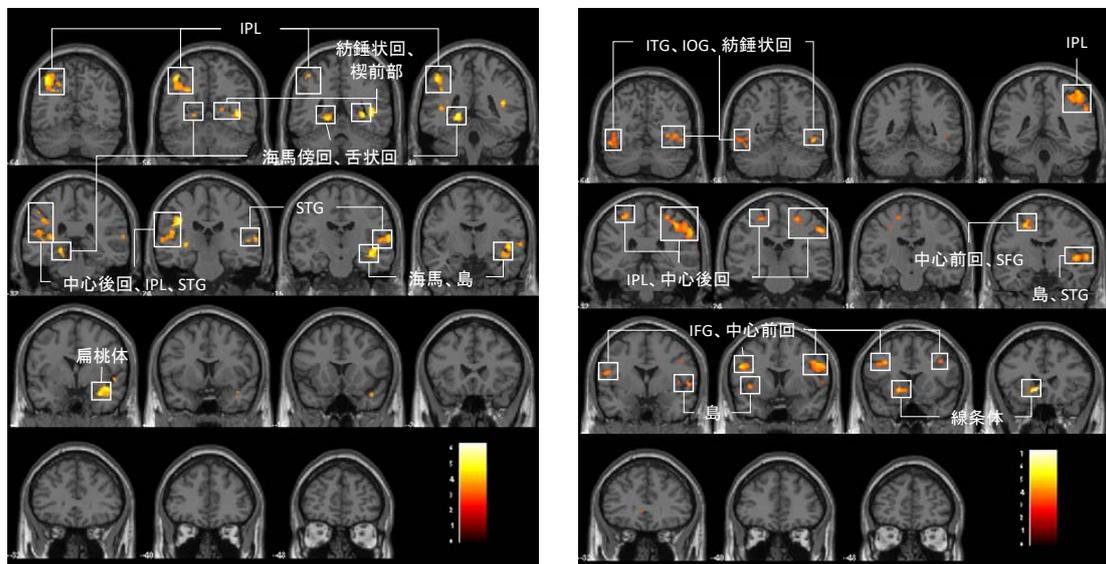
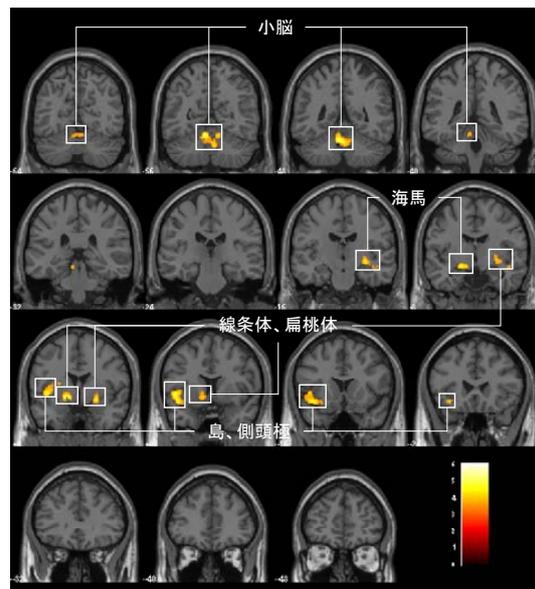


図 2 ユーモア (右上)、体制化 (左下)、外的不適合 (右下) と有意な相関を示した領域

これらの処理、特に外的不適合の検出の過程でしばしば必要となる心の理論などの周辺的な処理の障害によって生じるものと推察される。

定型発達群と ASD 群で有意差が見られなかったため、両群をプールしたデータにおいて各評定値と有意な相関が見られた脳領域を図 2 に示した（無意味性の評定はいずれの領域とも有意な関連が見られなかったため割愛）。また、ユーモアの神経基盤に関する先行研究の主な結果を表 4 に示した。

先行研究では、ユーモアの生起過程を認知的処理と情動的処理に大別し、それぞれの神経基盤を検証してきた。本研究においてユーモア評定と有意な関連が見られた領域は、先行研究において情動的処理の神経基盤と見なされてきた領域とほぼ一致している。同様に、本研究で体制化および外的不適合の評定と有意な関連が見られた領域は、認知的処理の神経基盤と見なされてきた領域と概ね一致している。しかし、体制化と外的不適合は、ある程度の重なりがあるものの、互いに異なる領域の活動と関連している。体制化は、左半球を中心に頭頂葉や側頭葉の広い範囲の皮質領域と海馬およびその周辺領域の活動と関連しており、言語処理において見られる活動のパターン (Buchweith et al., 2009) と類似している。一方、外的不適合は、右半球を中心に、IFG、中心前回、中心後回など前頭葉の幅広い領域と頭頂葉の一部領域および島皮質の活動と関連を示し、新奇性の検出時の活動領域 (Kiehl et al., 2001) と重なっている。こうした結果から、従来混同されてきた体制化 (内的不適合の解決) と外的不適合の処理は、相互に独立した神経基盤を有した異なる心的過程であり、前者は言語処理における意味理解やモデル構築、後者は状況の新奇性・特異性の検出に関わる処理であることの裏づけが得られた。

表 4 ユーモアの神経基盤に関する先行研究の主な結果

領域	文献
ユーモア理解 (認知的処理)	
SFG	Chan et al., 2013; Osaka et al., 2014; Samson et al., 2009; Watson et al., 2006
IFG	Bartolo et al., 2006; Chan et al., 2013; Goel et al., 2001; Mobbs et al., 2003; Moran et al., 2004; Osaka et al., 2014; Samson et al., 2008
mPFC	Chan et al., 2012; Goel et al., 2001; Samson et al., 2008, 2009
IPL	Chan et al., 2013; Neely et al., 2012; Samson et al., 2009
TPJ	Mobbs et al., 2003; Moran et al., 2004; Neely et al., 2012; Osaka et al., 2014; Samson et al., 2008; Samson et al., 2009
STG	Osaka et al., 2014; Watson et al., 2006
MTG	Bartolo et al., 2006; Chan et al., 2013; Goel et al., 2001; Moran et al., 2004; Watson et al., 2006
ユーモア感知 (情動的処理)	
島	Goel et al., 2001; Moran et al., 2004
帯状回	Mobbs et al., 2003; Watson et al., 2006
扁桃体	Bartolo et al., 2006; Chan et al., 2012; Mobbs et al., 2003; Moran et al., 2004
視床	Mobbs et al., 2003; Neely et al., 2012; Osaka et al., 2014
線条体	Mobbs et al., 2003; Watson et al., 2006
小脳	Bartolo et al., 2006; Goel et al., 2001; Osaka et al., 2014

SFG: Superior frontal gyrus (上前頭回); IFG: inferior frontal gyrus (下前頭回); mPFC: Medial prefrontal cortex (内側前頭皮質); IPL: Inferior parietal lobule (下頭頂小葉); STG: Superior temporal gyrus (上側頭回); MTG: Middle temporal gyrus (中側頭回); TPJ: Temporo-parietal junctions (側頭頭頂接合部)

### (3) ユーモア処理時の脳機能ネットワークの差異に関する検証

(2) の分析でユーモア評定との関連が見られた脳領域をシード領域とした機能的結合性 (脳活動の時間的な連動性) において、定型発達群と ASD 群の差異を検証した。その結果、ユーモア評定と最も顕著な関連を示した小脳 (虫部 4・5 領域) をシード領域とした際に、図 3 の

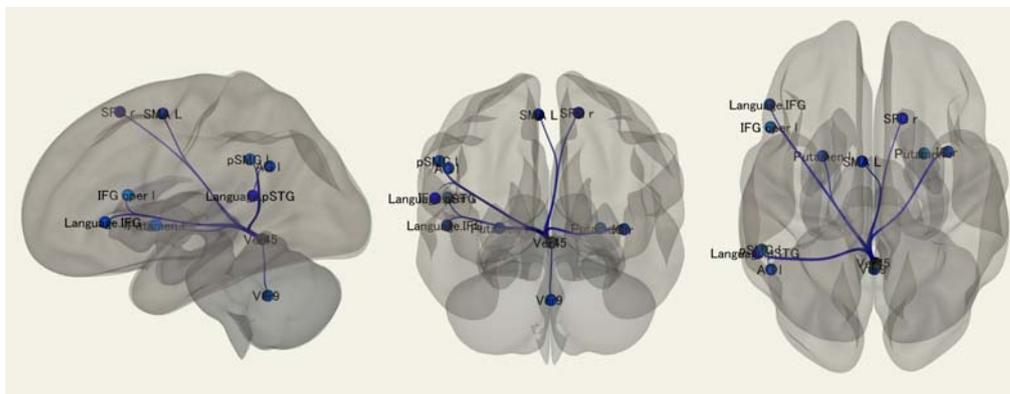


図 3 小脳 (虫部 4・5 領域) をシード領域とした機能的結合性において定型発達群と ASD 群で有意差が見られた領域 (いずれも ASD 群が定型発達群よりも結合性が低い)

ような群間差が見られた。第一に、(2)において体制化と関連が見られた左半球の STG、(IPL を構成する) 角回・SMG、右半球の島との結合性が ASD 者で弱いことが示された。第二に、ASD 者では、(2) でユーモアとの関連が見られた両側の被殻 (線条体の一部) や感情表出に関わるとされる補足運動野との結合性も弱いことが示された。

小脳は感情経験、感情制御、感情表出など、幅広い情動的処理に関わることが示されており (Schutter et al., 2005; Turner et al., 2007)、ユーモアの情動的処理においても重要な役割を果たすと考えられる。ASD 者において体制化に関わる領域と小脳の機能的結合性が弱いという結果は、(1) において体制化とユーモア評定の関連が弱かったことの神経学的な根拠として理解することができる。(2) の結果と併せて考察すると、ASD 者はユーモアに関連する個々の処理には障害が見られないが、そうした処理の結果を統合する過程に困難さがあると考えられる。こうした推測は、Frith & Happé (1994) のセントラル・コヒーレンス理論とも整合的である。

## 5. 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕 (計 6 件)

- ① Suzuki K, Takagai S, Tsujii M, Ito H, et al. Sensory processing in children with autism spectrum disorder and the mental health of primary caregivers. *Brain & Development*, 41, 341-351. 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.braindev.2018.11.005> 査読あり
- ② 中島俊思・伊藤大幸 他. 極小/超低出生体重児の自閉症スペクトラム特性の傾向: 1歳6ヵ月健診時における M-CHAT を用いた標準体重群との比較. *精神医学*, 60, 1161-1169. 2018. DOI: <https://doi.org/10.11477/mf.1405205702> 査読あり
- ③ 伊藤大幸・野田航 他. 保育士の発達評価に基づく就学後の心理社会的不適応の縦断的予測: 保育要録用発達評価尺度の開発. *発達心理学研究*, 27, 59-71. 2016. DOI: <https://doi.org/10.11201/jjdp.27.59> 査読あり
- ④ Inada N, Ito H, et al. Psychometric properties of the Repetitive Behavior Scale-Revised for individuals with autism spectrum disorder in Japan. *Research in Autism Spectrum Disorder*, 15, 60-68. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2015.01.002> 査読あり
- ⑤ 谷伊織・伊藤大幸 他. 日本版短縮感覚プロフィールの標準化: 標準値および信頼性・妥当性の検討. *精神医学*, 57, 419-429. 2015. DOI: <https://doi.org/10.11477/mf.1405102469> 査読あり
- ⑥ 田中善大・伊藤大幸 他. 保育所及び小中学校における ASD 傾向及び ADHD 傾向といじめ被害及び加害との関連. *発達心理学研究*, 26, 332-343. 2015. DOI: <https://doi.org/10.11201/jjdp.26.332> 査読あり

### 〔学会発表〕 (計 3 件)

- ① Murayama Y, Ito H, Hamada M, Nomura K, Kuroda M. Longitudinal Research about Development and Mental Health in Children and Adolescents. The 31st International Congress of Psychology. 2016.
- ② Ito H et al. Longitudinal Effect of Attention Deficit Hyperactivity Disorder Symptoms on Social Relationships. The 5th World Congress on ADHD. Glasgow, UK. 2015.
- ③ Tsujii M & Ito H: Severity of Child Autistic and Comorbid Symptoms, Parent Mental Health and Parenting Behavior. International Meeting for Autism Research 2015. Salt Lake City, USA. 2015.

### 〔図書〕 (計 2 件)

- ① Murayama, Y., Ito, H., Teruyama, J. & Tsujii, M. ADHD in Japan: Epidemiology, Treatments, and Cultural Influences. In Bergey, M.R., Filipe, A.M., Conrad, P. & Singh, I. (Eds.) *Perspectives on ADHD: Social dimensions of diagnosis and treatment in sixteen countries*. Baltimore: Johns Hopkins University Press. 2018.
  - ② 辻井正次 (監修) 伊藤大幸・浜田恵 (著) 保育・指導要録のための発達評価シート TASP. スペクトラム出版社. 2017.
- ※ 科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。