

## 注意制御に焦点をあてた教育支援とその評価

名古屋学芸大学ヒューマンケア学部	早稲田大学応用脳科学研究所	今井正司
	所沢市通級指導教室	坂本條樹
	早稲田大学大学院人間科学研究科	佐藤有佳
	早稲田大学人間総合研究センター	今井千鶴子
早稲田大学応用脳科学研究所	早稲田大学人間科学学術院	熊野宏昭

## Attention Control Training and its Evaluations in Educative Setting

School of Human Care Studies, Nagoya University of Arts and Sciences,

Institute of Applied Brain Sciences, Waseda University, IMAI, Shoji

Special Education Class, Tokorozawa City, SAKAMOTO, Joju

Graduate School of Human Sciences, Waseda University, SATO, Yuka

Advanced Research Center for Human Sciences, Waseda University, IMAI, Chizuko

Institute of Applied Brain Sciences, Waseda University,

Faculty of Human Sciences, KUMANO, Hiroaki

### 要約

本研究は、数字抹消課題を用いた注意制御支援を3ヶ月（毎週10分程度）実施した児童6名の前頭前野背外側部（DLPFC）のヘモグロビン（総Hb）濃度変化をNear-Infrared Spectroscopy（NIRS）を用いて評価した。評価に用いた課題は、A4用紙に印字されたランダムな数字の行列の中から隣接する数の和が10になる数字を抹消する課題（Task A）と、指示した数字のみを抹消する課題（Task B）であった。右DLPFCと注意制御の関連が指摘されていることをふまえ、各課題の実施時間における総Hb値の左右差とその平均値を算出し、支援前後の変化について比較検討した。その結果、支援開始時においては、左DLPFCが優位であったのに対し、支援3ヶ月後においては右DLPFCが優位になることがADHD児の特徴として示された（特に、Task Aにおいて顕著であった）。定型発達児においては、支援前後において右DLPFCの活動が安定的に優位である傾向が示された。また、行動指標（課題の処理時間）に関しては、全ての児童において課題処理時間が短くなっていた。以上の結果から、ADHDの特徴を有する児童に対して注意制御を促す支援の有効性が脳機能の側面からも一部明らかとなった。これらの支援の作用機序について、より実証的な観点から検討する重要性について考察された。

**【キー・ワード】** 注意制御機能, 特別支援教育, 神経教育学

## Abstract

This study used near-infrared spectroscopy (NIRS) to evaluate changes in total hemoglobin (Hb) concentration in the dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) of 6 children who received attention control support for 3 months (about 10 min/week) using a digit cancellation task. The tasks used for evaluation included crossing out adjacent digits with a sum of 10 from an array of random digits printed on A4 paper (Task A) and crossing out digits only as instructed (Task B). Based on a known association between attention control and the right DLPFC, left/right-sided differences and mean values in total Hb during performance of each task were calculated, and changes from pre-support to post-support were compared. A characteristic finding in ADHD children was dominance of the left DLPFC when support was started, but dominance of the right DLPFC after 3 months of support (particularly notable for Task A). In neurotypical children, right DLPFC activity tended to remain dominant from pre-support to post-support. In addition, as a behavioral indicator (task completion time), task completion time became shorter in all children. These findings demonstrate the effectiveness of support to promote attention control in children with ADHD characteristics, in part, from the perspective of cerebral function. Further investigation of the mechanism by which this support is effective from a more empirical perspective is important.

**【Key words】 Attention Control Training, Special Education, Neuro-education**

## 研究の背景と目的

子どもの注意制御に関する能力は、学習能力に影響を及ぼす認知的要因であると同時に、社会的能力においても重要な機能を担うことが報告されている (Posner, 2012)。特に、ADHD などの発達障害を有する児童においては、これらの注意制御の問題が主要因となり、学習場面や社会的場面において多くの困難感を感じることも少なくない。注意制御の問題は、従来からアセスメント領域において関心が高く、ADHD などの発達障害を有する子どもたちの特徴が詳細に検討されてきた。従来の研究からは、発達障害を有する者は、定型発達の者よりも注意制御やワーキングメモリの能力が必要となる神経心理課題の成績が低いことが報告されてきた (Hughes, Russell & Robbins, 1994; Minshew, Luna & Sweeney, 1999; Steele, Minshew, Luna & Sweeney, 2007)。しかしながら、これらの課題における行動指標からは一貫した知見は得られていない (Ozinoff & Strayer, 2001)。また、課題の種類や難易度によっては、定型発達の者と同等の能力を有するという報告が増えてきている (Griffith, Pennington, Wehner & Rogers, 1999; Russell, Jarrold & Henry, 1996)。これらの研究知見が一致しない背景として、難易度が高い複雑な課題を実施している場合は、注意制御とともに別の認知機能を活用して課題を遂行していることが考えられる。また、難易度が低い容易な課題を実施している場合は、課題を遂行する技能の習得度が結果に影響を及ぼしていると考えられる。これらの行動指標と

は別の注意制御指標として用いられているものとしては、Near-Infrared Spectroscopy (NIRS) や fMRI などの機器を使用した脳機能測定が挙げられる。これらの脳機能研究においては、注意制御を必要とする課題と前頭前野背外側部 (DLPFC) の賦活との関連 (Kuwabara, Kasai, Takizawa, Kawakubo, Yamasue, Rogers, Ishijima, Watanabe & Kato 2006) が示され、自閉症スペクトラム者においては、右 DLPFC の賦活の低下が報告されている (Clark, Blackwell, Aron, Turner, Dowson, Robbins & Sahakian, 2007; Luna, Minshew, Garver, Lazar, Thulborm, Eddy & Sweeney, 2002)。

これらの知見をふまえると、注意制御の促進に焦点を当てた支援の効果は、難易度の低い課題の実施時において、定型発達の子と同様のパフォーマンスを示し、支援前よりも支援後において右 DLPFC の賦活が示される可能性がある。今井・坂本・佐藤・今井・熊野 (2013) における注意制御を促進する短期支援の報告 (発達研究 vol.27; 中間報告) においては、発達障害を有する児童の注意制御課題成績が定型発達の子と同程度まで向上したことを報告しているが、脳科学的な側面から注意制御に関する測定は行っていない。今井ら (2013) の支援評価で用いている注意制御課題は、ランダムな数字行列の中から隣接する数の和が 10 になる数字組を抹消する数学的難易度の低い課題であることから、この課題実施中において右 DLPFC が賦活することが注意制御を促進する支援の効果性を示す指標となる。そこで本研究では、児童を対象に注意制御を促進する支援を短期間実施し、その効果を行動的指標と脳科学的指標の観点から探索的に検討することを目的とした。

## 方法

### 1. 対象児童

関東圏の通級指導教室に通級する児童を対象に支援と実験を実施した。通級指導開始時と 3 ヶ月後に実施される実験課題を実施した児童 6 名の課題成績と NIRS によるデータを分析の対象とした。児童の年齢 (学年)、障害の有無、WISC のプロフィールを表 1 に示した。

表 1 実験参加児童のプロフィール

ID	年齢(学年)	障害名	WISC-III(WISC-IV)のプロフィール
A	9 (4)	-	FIQ : 96, VIQ : 103, PIQ : 90
B	8 (3)	-	FIQ : 104, VIQ : 115, PIQ : 92
C	9 (4)	ADHD/PDD	FIQ : 116, VIQ : 133, PIQ : 94
D	9 (4)	-	FIQ : 96, VIQ : 105, PIQ : 86
E	8 (3)	ADHD	FSIQ : 143, VCI : 155, PRI : 134, PSI : 102, WMI : 136
F	10 (5)	ADHD/PDD	FIQ : 110, VIQ : 115, PIQ : 103

### 2. 実験課題

通級指導開始時と 3 ヶ月後において、2 種類の課題を連続して実施した。1 つは、A4 用紙に印字

された 195 個のランダムな数字行列の中から隣接する数の和が 10 になる数字を 20 組抹消する課題 (Task A) を用いた。もう 1 つは、Task A と同様の材料を用いて、指示した数字のみを抹消する課題 (Task B) を用いた。課題実施時は、Task B を実施した後に連続して Task A を実施した。

### 3. 通級指導の内容

実験を実施した通級指導教室においては、「注意制御の促進」「社会性の育成」「運動能力の育成」などの教育内容を週 1 回 90 分の時間内で実施するように構成されている。「注意制御の促進」に関する指導は、Task A の難易度を児童に合わせて調整した課題と注意制御に関する神経心理学的課題 (Trial Making Test など) を適宜組み合わせながら 3 ヶ月間に渡って実施した。

### 4. 測定と分析方法

評定は通級指導開始時と 3 ヶ月後において実施した。測定の対象は、以下に示した行動指標を用いた測定と NIRS の指標を用いた測定を行った。

#### 1) 行動指標を用いた測定

支援開始時と 3 ヶ月後における Task A の課題達成時間 (20 組の正答に要した時間 ; 秒単位) を測定し比較した。

#### 2) NIRS の指標を用いた測定

課題実施時における左右の DLPFC の総ヘモグロビン (総 Hb) 濃度変化を Near-Infrared Spectroscopy (NIRS) を用いて評価した (図 1)。NIRS は日立製作所の HOT121 を用いた。なお、HOT121 は、左右 DLPFC における総 Hb 濃度を 100msec 単位で測定する計測的特徴を有する。右 DLPFC と注意制御の関連が指摘されていることをふまえ (Clark et al., 2007), 得られた全てのデータは、課題実施時における総 Hb 値の左右差 (右総 Hb から左総 Hb を減算 :  $Hb(r-l)$ ) を算出し、左右差の観点から注意制御に関する評価を行った。次に、各課題における  $Hb(r-l)$  の平均値を算出し ( $Hb-ave(r-l)$ ), Task A から Task B の  $Hb-ave(r-l)$  を減算した値を算出した ( $D-Hb-ave(r-l)$ )。Task B は、「文字を探す」「マルを付ける」という認知能力を統制する課題であることから、 $D-Hb-ave(r-l)$  の値が正を示した場合は、より能動的に注意制御が行われているといえる。さらに、支援開始時 (Pre) と 3 ヶ月後 (Post) における  $D-Hb-ave(r-l)$  の差分 (Post から Pre を減算 :  $Hb-att$ ) を算出することで、注意制御を促進する支援の効果に関する指標を作成した。

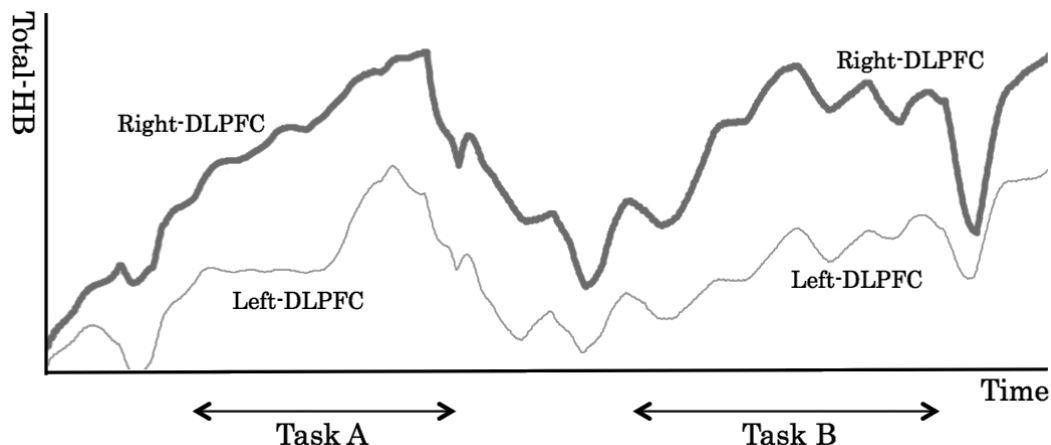


図1 実験課題実施における総Hbの経時変化の例

Note 太線：右DLPFCにおける総Hb／細線：左DLPFCにおける総Hb

## 結果

### 1. 行動指標を用いた測定の結果（表2）

支援開始時と支援開始3ヶ月後における課題達成時間を比較した結果、児童6名のうち4名の児童（児童A, C, D, E）において、課題達成時間の短縮が示された。また、他2名の児童のうち1名の児童（児童F）においては、課題達成時間の延長が示され、もう1名の児童（児童B）においては、課題達成時間の差分が示されなかった。

### 2. NIRSの指標を用いた測定の結果（表2）

支援開始時におけるADHDの障害を有する児童のD-Hb-ave(r-l)は負値（児童C, E）であるか、または、左右差が小さい値（児童F）であった。定型発達児（児童A, B）においては、D-Hb-ave(r-l)の値が正であった。しかしながら、児童Dにおいては、左右差は小さいがD-Hb-ave(r-l)の値が負であった。

支援開始から3ヶ月後におけるADHDの障害を有する児童のD-Hb-ave(r-l)の値を確認すると全て正の値を示していた。定型発達児（児童B, D）においては、D-Hb-ave(r-l)の値が負であった。しかしながら、児童Aにおいては、左右差は小さいがD-Hb-ave(r-l)の値が正であった。支援開始時と支援開始3ヶ月後における全児童のD-Hb-ave(r-l)の増減値を比較した結果、ADHDの障害を有する児童においてはD-Hb-attの値が正を示し、定型発達児においてはD-Hb-ave(r-l)の値が負を示した。

表 2 実験参加児童における行動指標と NIRS 指標

ID	Disorder	Pre				Post				Pos - Pre (Time)
		Task B	Task A	A - B	Time	Task B	Task A	A - B	Time	
A	-	0.392	1.264	0.873	615	1.579	1.726	0.146	359	-0.727 (-256)
B	-	1.982	2.617	0.634	112	0.468	0.453	-0.015	112	-0.649 (0)
C	ADHD	-0.194	-1.162	-0.968	334	0.263	0.656	0.393	173	1.361 (-161)
D	-	-0.113	-0.182	-0.069	131	1.294	0.980	-0.314	89	-0.245 (-42)
E	ADHD	-0.397	-0.571	-0.173	385	-0.026	0.050	0.076	100	0.249 (-285)
F	ADHD	-0.284	-0.269	0.015	100	2.367	3.289	0.922	134	0.907 (34)

Note A-B : TaskA から TaskB を減じた差分  $D\text{-Hb-ave}(r-l) / \text{Time} : \text{Task A}$  における課題達成時間  
 $/ \text{Pos-Pre} : \text{Hb-att}$

## 考 察

本研究では、注意制御能力を要する数字抹消課題の行動成績と課題実施時における NIRS 測定の結果から、継続的な注意制御支援に関する効果の探索的検討を行った。支援開始時と 3 ヶ月後における行動指標と NIRS 指標の変化をまとめると「パフォーマンス向上 (持続)・Hb-att の負値」「パフォーマンスの向上・Hb-att の正值」「パフォーマンスの低下・Hb-att の正值」の 3 パターンに分類することができる。「パフォーマンス向上 (持続)・Hb-att の負値」の変化を示した児童は、全員が定型発達児であった。「パフォーマンスの向上・Hb-att の正值」の変化を示した児童は、全員が ADHD を有していた (児童 C, E)。「パフォーマンスの低下・Hb-att の正值」の変化を示した児童 1 名は ADHD を有していた。本研究の結果をパフォーマンスの向上という観点から見れば、支援によって児童らの注意制御能力が概ね向上したと考えられる。しかしながら、NIRS 指標における Hb-att の値から見ると、ADHD 児においては支援における注意制御能力が向上したと考えられるが、定型発達児においては注意制御能力の向上が促されたとは言い難い結果である。つまり、本研究の結果は、注意制御を必要とする神経心理学的課題の成績向上が必ずしも右 DLPFC の活動と関連するわけではないことを示したことになる。一般的には、「パフォーマンスの向上・Hb-att の正值」のパターンに見られるように、注意制御課題におけるパフォーマンスの向上と右 DLPFC の活動の関連性が示されるはずである。しかしながら、定型発達児においては、注意制御課題におけるパフォーマンスの向上が示されたにも関わらず、Hb-att において負値を示した。つまり、定型発達児は注意制御機能を十分に働かせることなく、課題におけるパフォーマンスを向上させたことが考えられる。反対に、ADHD を有する児童 F においては、パフォーマンスの向上こそ示されなかったが、Hb-att が正值を示したことが

ら、支援開始時よりも集中して課題に取り組んでいたことが考えられる。

教育場面においては、問題をより早くより正確に集中して解くことが児童に求められる場合が多い。しかしながら、本研究の結果から考えると、反復的に行われる学習課題においては、注意集中を要すると考えられている学習課題であったとしても、課題の正答数や解答速度で児童の集中力を評価することは部分的に困難であると思われる。学習内容の習得という観点から考えれば、必ずしも「注意を集中すること」が必要条件には含まれていないため、これらの評定に関する困難性を問題として捉えることは少ないのかもしれない。しかしながら、注意制御能力が学習能力に影響を及ぼすだけでなく、社会適応にも影響を及ぼす認知要因であることを考えると、正答数や解答速度に加えて注意制御の観点からも学習について考えることは意義がある。特に、注意制御能力が10歳前後をピークに発達する能力であることを考えると、学習場面における児童の集中力について検討することは心理学的にも意義が深い。

本研究で得られた結果について、学習内容と社会適用に関する注意制御の観点から教育的課題と改善方法を考えると、学習課題における「難易度の調整」と「教育的教示」の影響を検討することが今後求められる。「難易度の調整」の影響を検討する理由としては、学習課題への慣れが生じることで難易度が低く感じられると、注意制御を十分に機能させることなく正答数と解答速度を高めることが可能なため、適度な難易度を設定することで注意制御を持続的に機能させる狙いがある。「教育的教示」に関しては、「早く正確に」という教育的目標とともに「課題が簡単であっても集中する」という目標を児童に示すことで、注意制御の能力が十分に促進できるものと考えられる。簡単な課題や気のすまない課題に集中することは児童にとって困難であることが想像できるが、そのような性質の課題に集中することこそが、注意制御の能動性を高めることにつながる（今井, 2012）。

神経心理学的課題においては、その課題の難易度や性質によっては、定型発達児と発達障害児において、パフォーマンスの差は見られないという知見がある（Griffith, et al., 1999）。また、これらの課題パフォーマンスは、訓練することで定型発達児と同程度の成績を示すことも明らかにされている（今井ら, 2013）。このような知見をふまえると、行動評定のみで、注意制御を基盤とした子どもの特徴を把握することには限界があるのかもしれない。今後は、「学習内容の習得」とともに「注意集中」の観点からも教育方法を考えることで、学校教育が目標としている「確かな学力」と「豊かな心」の育成（文部科学省, 2007）に貢献することが期待できる。

## 引用文献

- Clark, L., Blackwell, A., Aron, A., Turner, D., Dowson, J., Robbins, T. & Sahakian, B. (2007) Association between response inhibition and working memory in adult ADHD: A link to right frontal cortex pathology? *Biological Psychiatry*, **61**, 1395-1401.
- Griffith, E., Pennington, B, Wehner, E. & Rogers, S. (1999) Executive functions in young children with autism. *Child Development*, **70**, 817-832.
- Hughes, C., Russell, J. & Robbins, T. (1994) Evidence for executive dysfunction in autism.

*Neuropsychologia*, **32**, 477-492.

今井正司 (2012) 注意制御機能から考える子どもの支援. クラスで気になる子の支援・ズバツと解決  
ファイル NEXT LEVEL, 金子書房, 158-173.

今井正司・坂本條樹・佐藤有佳・今井千鶴子・熊野宏昭 (2013) 神経心理学的機能の向上が発達障害  
に特有な認知行動的課題の改善に及ぼす影響：中間報告. 発達研究, **27**, 141-148.

Kuwabara, H., Kasai, K., Takizawa, R., Kawakubo, Y., Yamasue, H., Rogers, A., Ishijima, M.,  
Watanabe, K., & Kato, M. (2006) Decreased prefrontal activation during latter fluency task in  
adult with pervasive developmental disorders: A near-infrared spectroscopy study. *Behavioural  
Brain Research*, **172**, 272-277.

Luna, B., Minshew, N., Garver, K., Lazar, N., Thulborm, K., Eddy, W. & Sweeney, J. (2002)  
Neocortical system abnormalities in autism: An fMRI study of spatial working memory.  
*Neurology*, **59**, 834-840.

Minshew, N., Luna, B. & Sweeney, J. (1999) Oculomotor evidence for neocortical systems but not  
cerebellar dysfunction in autism. *Neurology*, **52**, 917-922.

文部科学省 (2007) 教育新時代を拓く初等中等教育改革. 文部科学白書, 文部科学省.

Ozinoff, S. & Strayer, D. (2001) Further evidence of infant working memory in autism. *Journal  
of Autism and Developmental Disorders*, **31**, 257-263.

Posner M. (2012) *Attention In A Social World*. Oxford University Press.

Russell, J., Jarrold, C. & Henry, L. (1996) Working memory in children with autism and moderate  
learning difficulties. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, **37**, 673-686.

Steele, S., Minshew, N., Luna, B. & Sweeney, J. (2007) Spatial working memory deficits in autism.  
*Journal of Autism and Developmental Disorders*, **37**, 605-612.

## 謝 辞

本研究にご協力頂きました児童と保護者の皆様に感謝いたします。また、萌芽的な本研究に助成を  
頂きました発達研究教育センターに記して感謝いたします。