

機関番号：13401  
 研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2008～2010  
 課題番号：20591219  
 研究課題名（和文） 不器用さ・発達性協調運動障害のバイオメカニクス・ニューロイメージング研究  
 研究課題名（英文） A Biomechanical and NeuroImaging Study for Clumsiness and Developmental Coordination Disorder.  
 研究代表者  
 中井 昭夫（NAKAI AKIO）  
 福井大学・医学部・助教  
 研究者番号：50240784

## 研究成果の概要（和文）：

広汎性発達障害、注意欠陥多動性障害など発達障害にいわゆる「不器用さ」、発達性協調運動障害 (Developmental Coordination Disorder: DCD) の併存は多く、また DCD の頻度は世界的に約 6-10% とされ、非常に多い状態であるが、我が国ではその研究は少ない。本研究では多数の発達障害症例での「不器用さ」に関する詳細な検討、2つの国際共同研究による国際的評価・スクリーニング尺度 (DCDQ と MOQ-T) の日本語版の作成と信頼性の検討、モーションキャプチャーや筋電図等バイオメカニクスによる行動計測方法の検討、事象関連電位、NIRS、PET など脳機能イメージング研究を行い、我が国における「不器用さ」、DCD の発達小児科学的検討方法をほぼ確立することができた。

## 研究成果の概要（英文）：

Developmental Coordination Disorder (DCD), so called “Clumsiness”, interferes with academic performance and participation in physical activities and development of psychosocial functions, such as self-esteem, cognition, or emotion through the Life. DCD is a common pediatric condition and its prevalence is estimated to be 6-10%, worldwide. There are, however, a few studies of DCD in Japan. In this study, we evaluated, in detail, “Clumsiness” in the large numbers of the cases with developmental disorders, developed the Japanese versions of two international questionnaires (DCDQ and MOQ-T) as the screening instruments, and established the methodology or the clinical applications of the biomechanical and the neuroimaging, such as ERP, NIRS, PET, and fMRI.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：内科系臨床医学・小児科学

キーワード：発達小児科学、発達障害、不器用さ、発達性協調運動障害、バイオメカニクス、ニューロイメージング

## 1. 研究開始当初の背景

一般的に「運動能力=身体能力」とされているが、筋力、関節の柔軟性、心肺機能などを除けば、運動を制御する主体は実は「脳」である。これら運動の調整において最も基本的な部分が「協調 Coordination」であるが、この発達の問題は、いわゆる「スポーツ」のみに限らず、口唇、舌、喉頭などの巧みな協調による嚥下・摂食、発声・構音、排泄・着衣など日常生活、書字や楽器など含めた学習、バランスや姿勢制御を必要とする遊びを通じての認知・情緒、社会性の発達にも影響を与え、また、子どもたちの Self Esteem を低下させる要因ともなっている。

また、広汎性発達障害 (PDD)、注意欠陥多動性障害 (AD/HD)、学習障害 (LD) など発達障害には、「不器用さ (Clumsiness)」と表現される協調運動の稚拙さをもつものが多い。これら「不器用さ」は、DSM-IV の発達性協調運動障害 (Developmental Coordination Disorder: DCD)、ICD-10 の運動機能の特異的発達障害 (Specific Developmental Disorder of Motor Function) に相当するとされるが、両者とも明確な基準がない。一方、「不器用さ」をアスペルガー障害の診断基準に入れるべきであると主張する研究者もおり、Gillberg C.らは、注意欠陥障害 (Attention Deficit Disorder) と運動知覚障害 (Motor Perception Dysfunction) を併せ持つ DAMP 症候群 (Deficit of Attention, Motor control and Perception) を提唱している。

PDD や AD/HD、トゥレット障害、強迫性障害などの発達障害ではセロトニン・ドパミンなどモノアミン系の発達過程に障害があることが強く示唆されている。ヒトにおいてモノアミン系神経の良否を最もよく反映するのが、ロコモーションと睡眠・覚醒リズム、深部体温などの生体リズムである。ロコモーションとは、左右の相反運動を伴う上下肢の協調的な移動運動であり、脳から出力と自己受容器と外受容器による環境からの入力情報で調整される。ヒトのロコモーションでは歩行が最も重要であり、歩行の際の姿勢、重心動揺、歩幅、関節の角度などからみたいわゆる「歩容」の良否で、モノアミン系神経発達の良否を判定することができると考えられる。また、乳幼児期の「はいはい」もまたヒトのロコモーションの重要な指標である。

実際、モノアミン系神経の発達異常を有する PDD では、乳児期に「ミルクがうまく飲めない」「食べるのが遅い」など嚥下・摂食に関すること、運動発達の遅れ、「はいはい」の仕方がおかしい、といった母親の訴え、「はいはい」をせずに歩行を開始する例が多い。また、年長児でも特徴的姿勢や「つま先立ち」など変わった歩行の仕方なども臨床によく

経験される。また、近年、発達障害のもうひとつの「気づき」の場として5歳児健診の重要性が言われているが、ここで行われる様々な歩行試験や回内・回外など変換運動、反復拮抗運動試験はロコモーション・協調運動の発達をチェックする項目である。これら従来の発達小児科学的診察方法と、発達障害との関連に関する科学的裏づけはいまだ乏しい。

このように、発達障害とロコモーション・協調運動、神経伝達物質、生体リズム等は密接に関係し、発達障害の真の理解にはその科学的・統合的検証は必須である。発達性協調運動障害の頻度は約 6~10%と非常に高いにもかかわらず、特に我が国において、その科学研究は、ほとんどなされてこなかった。また、現在、日本では、これらに関する「気づき」やスクリーニングなどに用いる客観的な評価方法も存在しない。

## 2. 研究の目的

本研究は、「不器用さ」、「発達性協調運動障害」に関し、多数の発達障害臨床例の詳細な検討、モーションキャプチャーやワイヤレス筋電図などのバイオメカニクスによる行動計測、事象関連電位、NIRS などニューロイメージングにより、各障害相互の関連の解明、新しい疾患概念の提唱、乳幼児・就学前健診の科学的裏づけ、新しい療育プログラムの開発などにつなげることを目的とする。

## 3. 研究の方法

- (1) 多数の発達障害例において、「不器用さ」、「発達性協調運動障害」について詳細に検討を行い、現在の臨床診断の問題点や新しい疾患概念の必要性の提言に資する。
- (2) 現在、我が国において、子どもの「不器用さ」「発達性協調運動障害」に関して、これらを客観的に評価する指標はない。本研究を進めるに当たり、これらの国際的な評価法の作成・確立は必須である。
- (3) モーションキャプチャー、テレメータ筋電図などバイオメカニクスによる小児における協調運動の定量的解析の検討を行う。
- (4) 小児における脳機能イメージング方法について検討する。

## 4. 研究成果

(1) 発達障害臨床例における「不器用さ」についての詳細な検討

- ① 高機能広汎性発達障害 72 例で「不器用さ」について検討し、粗大運動発達の遅れを 40%、微細運動発達の遅れを 33%に認めた。また、上野による「学習障害児の行動チェックリスト」における不器用さに関する項目では、手先が不器用 (保護者評価 26% 教師評価 26%)、つま先/片足立ちが苦手 (保護者 6%、教師 10%)、歩行/走行が不自然 (保護者 4%

教師 7%)、協応運動が苦手(保護者 32% 教師 29%)、書字が苦手(保護者 35% 教師 28%)であった。

②発達障害 143 例で書字困難を 68%に、微細運動の苦手を 49%に認めた。

以上から、広汎性発達障害においても多様性があり、単純にアスペルガー障害の診断基準に「不器用さ」を加えるという説には疑問も残る。

③日常診療において、PDD、AD/HD や LD のきょうだい例を経験することは少なくない。これまで PDD、AD/HD や LD のきょうだい例の検討の報告は散見されるが、「不器用さ」に関する検討は少ない。そこで発達障害きょうだい例 68 組 140 名(男 119 名、女 31 名)を対象に、「上野のチェックリスト」の中で「不器用さ」に関する項目について検討した。十分検討した 18 組のうち「不器用さ」のない例とある例の組み合わせが 6 組認められた。また、「不器用さ」の有無が一致しても他の発達障害診断が異なるきょうだい例を 3 組認めた。このように、比較的、遺伝的素因や生後の環境要因が似通っているはずのきょうだいの中でも「不器用さ」を併せ持つ例と、ない例、また併存障害の違いなどが存在することが明らかとなり、発達障害の多様性が示唆された。

(2)「不器用さ」「発達性協調運動障害」に関する国際的スクリーニング法の開発

現在、我が国において、子どもの「不器用さ」「発達性協調運動障害」に関して、これらを客観的に評価する指標はない。しかし、これら評価法の作成・確立は本研究を進めるにあたり必須である。研究開始後、その方法を模索していたところ、国際的指標で保護者用の Developmental Coordination Disorder Questionnaire (DCDQ)、保育士・教師用の Motor Observation Questionnaire for Teachers (MOQ-T)が相次いで発表された。そこで、それぞれの作成者であるカナダ・カルガリ大学、オランダ・グローニンゲン大学との国際共同研究を開始し、これら日本語版の作成を開始した。日本語版の作成と異文化への適応にあたっては、国際的ガイドライン (Spine 25:3186-91, 2000)に則り行った。

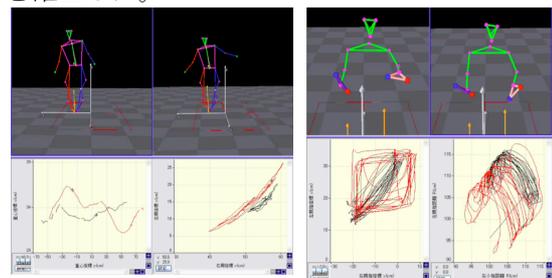
DCDQ 日本語版についてはある都市の公立保育園、小学校、中学校に通う子どもの保護者に対して文書による同意のもと調査を行い、6330 名の回答を得、心理測定特性の検討を行ったところ、因子分析では 3 因子、 $\alpha$  係数は総得点で .91、動作における身体統制が .91、微細運動が .91、全般的協応性が .81 と高い信頼性を有することが示された。協調運動の発達を検討したところ、動作における身体統制と微細運動については、学年の上昇にともなって線形に上昇していく傾向がみられた。

また、保育士・教師用である、MOQ-T 日本語版に関しては、全国の小中学校教師より 6~15 歳 8272 名のデータを得ることができた。内的整合性は Cronbach の  $\alpha$  係数は 0.95、また、級内相関係数(ICC)も 0.947 から 0.955 と高く、因子分析では粗大運動と微細運動の 2 因子とオリジナルと同様の結果であった。

(3) 高性能モーションキャプチャーを用いた協調運動のバイオメカニクス解析の試み

発達障害に関して 5 歳児健診の重要性が言われている。ここでの医師による診察は、歩行や回内・回外など変換運動などがあげられている。これらはいわゆる微細神経徴候 (Soft Neurological Signs) とよばれ、ロコモーション・協調運動の発達をチェックする項目であるが、その判定は、経験論的な主観や、できる・できないの 2 択によることが多く、科学的裏づけはまだまだ乏しい。そこで、これらの定量的計測法の検討を行った。

3D モーションキャプチャーを用いてこれらの計測の検討を行い、図のようにその方法を確立した。



図左：つぎ足歩行における定型(左・下黒線)と稚拙な例(右・下赤線) 図右：回内・回外変換運動における定型(左・下黒線)と稚拙な例(右・下赤線)

(4) 小児でも適応可能な小型のワイヤレス・多チャンネル筋電図計を開発し、歩行の際の筋電変化についての基礎的検討を行った。

(5) NIRS による小児脳機能イメージング装置の開発、セロトニンの PET による画像化の解析方法の開発や強迫性障害での検討、広汎性発達障害における事象関連電位を用いた検討、機能的 MRI など含めた基礎的検討を行った。

これまでの研究により、我が国における「不器用さ」「発達性協調運動障害」の発達小児科学的検討方法をほぼ確立することができた。今後はこれらの成果であるツールや手法を用いて、子育て・保育・教育、医療・療育現場での「困り感」を「気づき」に繋げる試みや、スクリーニング、実際の発達障害の臨床例についての検討等を行う予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 20 件)

- ① Nakai A, T. Miyachi, R. Okada, I. Tani, S. Nakajima, Onishi M, Fujita C, Tsujii M、Evaluation of the Japanese version of the Developmental Coordination Disorder Questionnaire as a screening tool for clumsiness of Japanese children、Research in Developmental Disabilities、査読有り、2011、(in press) doi:10.1016/j.ridd.2011.02.012
- ② Kumakura Y, Natsume J, Toussaint PJ, Nakai A, Rosa-Neto P, Meyer E, Diksic M. Generation of Functional Images of the Brain Trapping Constant for  $\alpha$ - $^{11}\text{C}$ Methyl-L-Tryptophan using Constrained Linear Regression. The Open Medical Imaging Journal、査読有り、2011 (in press)
- ③ Berney A, Leyton M, Gravel P, Sibon I, Sookman D, Rosa Neto P, Diksic M, Nakai A, Pinard G, Todorov C, Okazawa H, Blier P, Nordahl TE, Benkelfat C、Brain Regional  $\alpha$ - $^{11}\text{C}$  Methyl-L- Tryptophan Trapping in Medication-Free Patients with Obsessive Compulsive Disorder、Archives of General Psychiatry、査読有り、2011 (in press) doi:10.1001/archgenpsychiatry.2011.16
- ④ Kawatani M, Nakai A, Okuno T, Tsukahara H, Ohshima Y, Mayumi M. A case of intracranial saccular aneurysm after primary varicella zoster virus infection. Brain & Development 査読有り、2011 (in press)
- ⑤ 佐々木綾子, 小坂浩隆, 中井昭夫, 波崎由美子, 松木健一, 定藤規弘, 岡沢秀彦、青年期男女における親性発達と神経基盤の関係、日本赤ちゃん学会雑誌「ベビーサイエンス」、査読有り、2010、10:46-59.
- ⑥ 三橋美典, 武澤友広, 小越咲子, 谷中久和, 小越康宏, 川谷正男, 中井昭夫、比喩・皮肉理解力の発達に関する検討ー比喩・皮肉理解力テストを用いてー、福井大学教育地域科学部紀要、査読有り、2011、1:181-195.
- ⑦ 中井昭夫、特集「脳疾患の分子イメージング」 「てんかんの分子イメージング」 PET ジャーナル、査読有り、2010、11:35-37.
- ⑧ Nishijima Y, Katou T, Yoshizawa M, Miyashita M, Iida K, Application of the segment weight dynamic movement method to the normalization of gait EMG amplitude、Journal of Electromyography and Kinesiology、査読有り、2010、20:550-557.
- ⑨ Kawatani M, Nakai A, Okuno T, Kobata R, Moriuchi M, Moriuchi H, Tsukahara H, Mayumi M.、Detection of cytomegalovirus in preserved umbilical cord from a boy with autistic disorder.、Pediatric International、査読有り、2010、52:204-307.
- ⑩ 川谷正男, 中井昭夫, 平谷美智夫、注意欠陥/多動性障害 (AD/HD) から広汎性発達障害 (PDD) に診断変更された症例の臨床的検討、脳と発達、査読有り、2009、41:11-16.
- ⑪ 川谷正男, 中井昭夫, 平谷美智夫、発達障害の同胞例の臨床的多様性に関する検討、脳と発達、査読有り、2009、41:S344.
- ⑫ 三橋美典、中井昭夫、川谷正男、清水聡、平谷美智夫、比喩理解に関する神経心理学的検討ー 高機能広汎性発達障害児の認知特性ー、福井大学教育地域科学部紀要、査読有り、2009、64:111-125.
- ⑬ 西島吉典、加藤達雄、吉澤正尹、宮下充正、スローテンポによる昇段・降段が下肢の筋活動におよぼす影響、日本ウオーキング学会雑誌 ウオーキング研究、査読有り、2009、13:187-192.
- ⑭ 川谷正男、小児科診療に強くなる！知ってほしい診断のポイントとコツ 小児神経・発達-知っておくべきポイント、内科、査読有り、2009、103:959-964.
- ⑮ 奥野貴士、川谷正男, 中井昭夫, 畑 郁江, 塚原宏一, 谷澤昭彦, 眞弓光文、要注意 - この感染症にこの合併症。水痘感染後の脳梗塞、小児内科、査読有り、2009、40:532-534.
- ⑯ 川谷正男, 中井昭夫, 平谷美智夫、初期言語発達遅滞の有無による高機能広汎性発達障害の臨床的検討、小児の精神と神経、査読有り、2008、48:225-234.
- ⑰ Hirabayashi Y, Sato H, Uchida M, Nakai A, Maki A、Technique for Designing and Evaluating Probe-caps used in Optical Topography of infants using a real head model based on 3-D MRI images、Review of Scientific Instruments、査読有り、2008、79:066106.
- ⑱ Nakai A, Sasaki A, Kosaka H, Matsuki K, Tanabe M、Experience with Infants Develops the Parenting Brain of the Adolescents - A Functional Brain Imaging Study of First-hand Learning about Infants、Infant Mental Health Journal、査読有り、2008、29:3A.

- ①⑨ 川谷正男、[特集]最近注目されている発達障害自閉症児のきょうだい支援、小児科臨床、査読有り、2008、61:2411-2414.
- ②⑩ 川谷正男、中井昭夫、平谷美智夫、書字を苦手とする児童の背景因子に関する検討、脳と発達、査読有り、2008、40:S314.
- [学会発表] (計 17 件)
- ① Nakai A, Kawatani M, Mitsuhashi Y, Yoshizawa M, B.N. Wilson, Psychometric Properties of the Japanese version of the Developmental Coordination Disorder Questionnaire 2007 (DCDQ'07), The 9th International Conference on Developmental Coordination Disorder (DCD IX), 2011.06.23-25.Lausanne, Switzerland (accepted)
- ② Nakai A, Mitsuhashi Y, Kawatani M, Yoshizawa M, M.M. Schoemaker, Analysis of Reliability of the Japanese version of the Motor Observation Questionnaire for Teachers (MOQ-T), The 9th International Conference on Developmental Coordination Disorder (DCD IX), 2011.06.23-25.Lausanne, Switzerland (accepted)
- ③ Hayashi R, Seno Y, Okada R, Tani I, Miyachi T, Nakai A, Sugiyama T, Tsujii M, The Relations between DCD, ADHD and IQ in community-based Japanese Children and Youth. The 9th International Conference on Developmental Coordination Disorder (DCD IX), 2011.06.23-25. Lausanne, Switzerland (accepted)
- ④ Seno Y, Hayashi R, Tani I, Okada R, Miyachi T, Nakai A, Sugiyama T, Tsujii M. Age-related changes in scores of the Japanese version of the Developmental Coordination Disorder Questionnaire (DCDQ) in Community-based children. The 9th International Conference on Developmental Coordination Disorder (DCD IX), 2011.06.23-25. Lausanne, Switzerland (accepted)
- ⑤ 中井昭夫、三橋美典、吉澤正尹、川谷正男、Marina M. Schoemaker、Motor Observation Questionnaire for Teachers (MOQ-T) 日本語版の心理測定特性の検討、第53回日本小児神経学会、2011.05.26-28 横浜 (採択)
- ⑥ 中井昭夫、川谷正男、吉澤正尹、三橋美典、Brenda N. Wilson、Developmental Coordination Disorder Questionnaire (DCDQ)日本語版の心理測定特性の検討、第53回日本小児神経学会、2011.05.26-28 横浜 (採択)
- ⑦ 中井昭夫、発達障害が疑われる児童生徒のためのアセスメント・バッテリーの開発と適用 -学校での早期の気づきと理解に向けて-Motor Observation Questionnaire for Teachers (MOQ-T) 日本語版の作成、第22回 日本発達心理学会大会 ラウンドテーブル、2011.03.25-27 小金井
- ⑧ Nakai A, The Development and Cross-Cultural Adaptation of the Developmental Coordination Disorder Questionnaire (DCDQ) and the Motor Observation Questionnaire for Teachers (MOQ-T) for Japanese Children. the 57th Annual Meeting of American Academy of Child and Adolescent Psychiatry (AACAP), 2010.10.26-31. New York, NY, USA
- ⑨ 中井昭夫、三橋美典、吉澤正尹、川谷正男、Marina M. Schoemaker、Motor Observation Questionnaire for Teachers (MOQ-T) 日本語版の作成と日本文化への適応、第52回日本小児神経学会、2010.05.20-22 博多
- ⑩ 中井昭夫、吉澤正尹、川谷正男、Brenda N. Wilson、Developmental Coordination Disorder Questionnaire (DCDQ)日本語版の作成と心理測定特性の予備的検討、第52回日本小児神経学会、2010.05.20-22 博多
- ⑪ 中井昭夫、高機能自閉症スペクトラム障害者のトランジション・リエゾン支援、日本自閉症スペクトル学会 第9回研究大会 シンポジウム、2010.09.11-12.宇都宮
- ⑫ Otobe T, Nakai A, Takeuchi K, Mori T, Tanide C, Takaya R, The Effect of Reading Aloud on 10-Month-Old Infants' Attention to Picture Books. the XVIIth International Conference on Infant Studies 2010, 2010.03.10-14. Baltimore, MD, USA
- ⑬ Yoshizawa R, Yoshizawa M, Yoshizawa Y, Development of a Wireless Myo-electric Electrode. Asian Prosthetic and Orthotic Scientific Meeting, 2009.08.20香港 (中国)
- ⑭ Nakai A, Yoshizawa M, Kawatani M, Schoemaker MM, The Development of the Japanese version of the Motor Observation Questionnaire for Teachers (MOQ-T). The 8th International

Conference on Developmental  
Coordination Disorder (DCD VIII)  
2009.06.23-26. Baltimore, MA, USA.

- ⑮ Nakai A, Yoshizawa M, Kawatani M, Wilson BN. Cross-Cultural Adaptation of the Developmental Coordination Disorder Questionnaire 2007 (DCDQ'07) for Japanese Children. The 8th International Conference on Developmental Coordination Disorder (DCD VIII) 2009.06. 23-26. Baltimore, MA, USA.

⑯ 中井昭夫, 川谷正男, 平谷美智夫、一般市民の「子どものこころ」と「脳科学」に関する意識調査研究、第51回日本小児神経学会、2008.05.28-30.米子

⑰ 中井昭夫、「育児を科学する」 赤ちゃんからのメッセージ ～発達小児科学の立場から～、第10回日本母性看護学会 シンポジウム 2008.06.21-22. 大阪

[図書] (計6件)

- ① 川口英夫, 中井昭夫  
独立行政法人 科学技術振興機構 社会技術研究開発センター「脳科学と社会」研究開発領域 計画型研究開発、日本における子供の認知・行動発達に影響を与える要因の解明：すくすくコホート実践記録集、2011、14-20。  
ISBN 978-88890-315-8
- ② Kawaguchi H, Nakai A  
Research Institute of Science and Technology for Society (RISTEX), Japan Science and Technology Agency (JST), R&D Focus Area: Brain-Science and Society、Identification of Factors Affecting Cognitive and Behavioral Development of Children in Japan: Practice Records on Japan Children's Study ("Suku-Suku" Cohort)、2011、14-19. ISBN 978-88890-316-5
- ③ 中井昭夫、先端医療技術研究所、「脳疾患の診断・評価 -てんかん-」臨床医とコメディカルのための最新クリニカルPET (米倉義晴編)、2010、192-197.
- ④ 中井昭夫 診断と治療社、Images in Child Neurology イメージからせまる小児神経疾患 50 (小児神経学会編)、2010、39-40
- ⑤ 川谷正男、診断と治療社、「その他の神経皮膚症候群」小児神経学 (有馬正高監修、加我牧子・稲垣真澄編) 2008、163-167
- ⑥ 吉澤正尹、市村出版、「歩行機能向上のためのバイオメカニクス」運動・認知機能改善へのアプローチ-子どもと高齢者の健康・体力・脳科学- (藤原勝夫編) 2008、92-103.

[産業財産権]

○ 出願状況 (計0件)

○ 取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ

<http://www.med.u-fukui.ac.jp/home/crc/>

研究代表者 中井昭夫が本研究での成果が評価され、the International Society for Research into Developmental Coordination Disorder (ISR-DCD)日本代表 committee に選出された  
(2009年7月)

専門職への講演:

中井昭夫

「発達性協調運動障害の診断と支援」  
国立精神・神経センター精神保健研究所  
第8回 発達障害支援医学課程研修会  
2010年2月12日 東京

本研究等から、発達障害児・者と家族、専門家によるNPO法人AOZORA福井を設立、研究代表者 中井昭夫が理事として参画している。

<http://www11.plala.or.jp/abogadokids/aozora/>

また研究分担者 吉澤正尹は福井大学発ベンチャー企業株式会社「快適生活総合研究所」を設立し代表取締役として就任、ワイヤレス筋電計を応用した商品開発を行った。

<http://kaiteki-kenkyu.com/>

なお、本研究の一部は厚生労働科学研究費補助金「障害者対策総合研究事業」による助成も受け行った。

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

中井 昭夫 (NAKAI AKIO)  
福井大学・医学部・助教  
研究者番号: 50240784

### (2) 研究分担者

川谷 正男 (KAWATANI MASAO)  
福井大学・医学部附属病院・助教  
研究者番号: 10362047

吉澤 正尹 (YOSHIZAWA MASATADA)  
福井大学・教育地域科学部・非常勤講師  
研究者番号: 30020126