

筑波大学

博士（医学）学位論文

磁気センサ型指タッピング装置を用いた  
小児手指巧緻機能解析に関する研究

2022

筑波大学

榎園 崇

# — 目次 —

---

論文概要.....	3
略語一覧.....	7
第1章 本研究の背景.....	8
1. 1. 神経発達症群（発達障害）とは	
1. 2. 注意欠如・多動症	
1. 3. 自閉スペクトラム症	
1. 4. 発達性協調運動症	
第2章 磁気センサ型指タッピング装置.....	14
2. 1. 指タッピング	
2. 2. 装置の概要	
2. 3. 抽出されるパラメータ	
第3章 定型発達児における手指巧緻機能解析(研究1).....	17
3. 1. 目的	
3. 2. 方法	
3. 2. 1. 試験デザイン	
3. 2. 2. 被験者	
3. 2. 3. 指タッピング	
3. 2. 4. データ処理	
3. 2. 5. 統計解析	
3. 3. 結果	
3. 4. 考察	
3. 4. 1. 「同時タッピング」と「アンチタッピング」との比較	
3. 4. 2. 「学年」の主効果	

3. 4. 3. 「性別」の主効果	
3. 4. 4. 交互作用	
3. 4. 5. limitation	
3. 5. 小括	
第 4 章 注意欠如・多動症児における手指巧緻機能解析とメチルフェニデートの影響(研究2).....	27
4. 1. 目的	
4. 2. 方法	
4. 2. 1. 試験デザイン	
4. 2. 2. 被験者	
4. 2. 3. 指タッピング	
4. 2. 4. データ処理	
4. 2. 5. 統計解析	
4. 3. 結果	
4. 4. 考察	
4. 4. 1. 「ADHD 児」と「TD 児」との比較	
4. 4. 2. メチルフェニデートの手指巧緻機能への影響	
4. 4. 3. limitation	
4. 5. 小括	
第 5 章 総括.....	35
引用文献.....	37
謝辞.....	43
図表.....	44
資料.....	95
出典.....	102

## 論文概要

---

【背景】神経発達症群とは、自閉スペクトラム症（autism spectrum disorder : ASD）、注意欠如・多動症（attention-deficit/hyperactivity disorder : ADHD）などを含む、発達早期からさまざまな形態で見られる脳機能不全であり、その頻度は、児童生徒全体の約 6.5%とされる。神経発達症群児は、定型発達（typically developing : TD）児と比較して、日常生活で「不器用さ」を抱えている児が少なくない。彼らの不器用さは、学習、社会性、情緒の発達や自尊心とも深く関わり、日常生活からアカデミックスキル、うつ病や不安障害などの二次障害の発症にも影響する。これまで、小児微細運動発達の客観的かつ定量的な正常データがなく、小児の「不器用さ」を客観的に評価することができなかった。そのため、小児手指巧緻機能の評価方法の早期の確立が急務であった。

「磁気センサ型指タッピング装置（以下、本装置）」は、磁場発信コイルと磁場受信コイルを母指と示指に装着し、指タッピング運動を行うことによって、磁場の变化から電磁誘導の原理で 2 指間の距離、速度、加速度を瞬時に計測することができる。成人領域では、パーキンソン病や頸椎症の評価において有効性が報告されているが、これまで小児に用いた研究はない。

### 【研究 1】

#### 1. 目的

本装置を用いて、TD 児の微細運動発達の客観的かつ定量的な参照値を確立すること。

#### 2. 対象と方法

- ・対象

2015年1月から3月にかけて、7-12歳のTD小学生ボランティア110名（男児57名、女児53名）が参加した。

- ・方法

本装置を両手の母指と示指に装着し、同時タッピング（10秒間）を2回、アンチタッピング（10秒間）を2回、計4回行なった。評価項目は、「距離」、「速度」、「加速度」、「タップインターバル」、「位相差」の5つに大別され、それぞれの平均値や標準偏差（standard deviation：SD）など計23のパラメータについて、各2回の平均値を参照値とした。

- ・解析方法

被験者を、「低学年」（7-8歳）、「中学年」（9-10歳）、および「高学年」（11-12歳）の3群に分けた。学年と性別の影響を分析するために、二元配置分散分析を行った。

### 3. 結果

各被験者毎に、4回のタスクを測定するのに、約10分間要した。計測に関連する有害事象は認められなかった。

「学年」の主効果では、成長に伴い、「タップ回数」は、有意に上昇したが、「タップインターバルのSD」は、有意に減少した

「性別」の主効果では、男児は、「速度」と「加速度」のいくつかのパラメータで、女児より有意に高値を示した。女児は、「速度のSD」のいくつかのパラメータで、男児より有意に低値を示した。

### 4. 考察

TD児において、成長に伴い、すばやく規則正しくタップする能力

は、有意に向上した。男児は「速度」と「加速度」のいくつかのパラメータで、有意に高値を示した。さらに、女児は男児よりも、「速度のSD」のいくつかのパラメータが有意に低値を示し、女児は男児よりも一定の速度でタップする能力が高いことが示唆された。

## 5. 結論

本装置を用いて、日本の TD 児の微細運動発達に関する客観的および定量的な参照データを確立することができた。

### 【研究 2】

#### 1. 目的

本装置を用いて、ADHD 男児と TD 男児とで、微細もしくは協調運動発達の違いを明らかにすること。ADHD 男児において、メチルフェニデート (methylphenidate : MPH) 内服に伴う微細もしくは協調運動発達への影響を明らかにすること。

#### 2. 対象と方法

##### ・対象

2016 年 4 月から 2017 年 4 月にかけて、MPH で治療中の 7-12 歳の ADHD 男児 14 名が参加した。

##### ・方法

研究 1 と同様である。

##### ・解析方法

ADHD 男児および TD 男児を比較するため、二元配置分散分析を行った。MPH の影響を調査するため、MPH 内服時と休薬時のデータで、対応のある t 検定を実施した。

### 3. 結果

ADHD 男児は、TD 男児よりも「タップ回数」が有意に低値を示し、「距離の極大点の平均」が有意に高値を示した。MPH の内服の有無で、ほとんどのパラメータで有意差は認められなかったが、「アンチタッピング」の「位相差の SD」は、MPH の内服日では有意に減少した。

### 4. 考察

ADHD 男児の指タッピングは、TD 男児と比較して、有意に回数が少なく振幅が大きいことが明らかになった。さらに、MPH は、ADHD 男児で、「位相差の SD」が 1.0SD 以上の場合は、手指協調運動スキルを改善させる可能性を示した。

### 5. 結論

ADHD 男児の指タッピングは、TD 男児と比較して、「回数が少なく、幅が広い」ことを、明らかにした。さらに、MPH は、ADHD 男児で、手指協調運動スキルを改善させる可能性を示唆した。

【結論】本装置を用いて、7-12 歳の TD 児の微細運動発達に関する客観的および定量的な参照データを確立した。さらに、ADHD 男児の指タッピングは、TD 男児と比較して、回数が少なく、幅が広いことを、明らかにした。本研究は、探索的観点から多重検定の問題を考慮せずに、多くの統計検定を実施したため、結果は注意して解釈する必要がある。しかしながら、本装置を用いた小児手指巧緻機能解析は、発達性協調運動症をはじめとする神経発達症群の臨床評価、教育的介入、および新しい治療薬の開発などに有用であろう。



## 略語一覧

略語	英語	日本語
ID	intellectual disability	知的能力障害
ADHD	attention-deficit/hyperactivity disorder	注意欠如・多動症
ASD	autism spectrum disorder	自閉スペクトラム症
SLD	specific learning disorder	限局性学習症
DSM	Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders	精神疾患の診断・統計 マニュアル
ADHD-I	attention-deficit/hyperactivity disorder predominantly inattentive presentation	注意欠如・多動症 不注意優勢に存在
ADHD-HI	attention-deficit/hyperactivity disorder predominantly hyperactive-impulsive presentation	注意欠如・多動症 多動・衝動優勢に存在
ADHD-C	attention-deficit/hyperactivity disorder combined presentation	注意欠如・多動症 混合して存在
DCD	developmental coordination disorder	発達性協調運動症
MPH	methylphenidate hydrochloride	メチルフェニデート塩酸塩
WISC-IV	Wechsler Intelligence Scale for Children-Fourth Edition	ウェクスラー児童用知能検査 第4版
PARS	Pervasive Developmental Disorders Autism Society Japan Rating Scales	広汎性発達障害日本自閉症協 会評定尺度
SNSs	soft neurological signs	微細神経学的徴候
SD	standard deviation	標準偏差
MABC	Movement Assessment Battery for Children	
TD	typically developing	定型発達
2-way ANOVA	two-way analysis of variance	二元配置分散分析
MRI	magnetic resonance imaging	磁気共鳴映像法
IQ	intelligence quotient	知能指数

# 第1章

## 本研究の背景

---

### 1. 1. 神経発達症群（発達障害）とは

近年、医学の現場だけでなく、教育、産業、司法など様々な分野で、「神経発達症群（発達障害）」が話題になっている。平成24年度に行われた文部科学省の全国調査によると、小中学校の児童生徒 53,882人（小学校 35,892人、中学校 17,990人）のうち、「知的発達に遅れはないものの、学習面または行動面で著しい困難を示す」とされた児童生徒は、全体の約6.5%であったと報告された。この報告から、いわゆる「発達障害」の子どもは、従来想定されてきたものよりも多いのではないかと考えられている[1]。

神経発達症群（neurodevelopmental disorders）とは、知的能力障害（intellectual disability：ID）、注意欠如・多動症（attention-deficit/hyperactivity disorder：ADHD）、自閉スペクトラム症（autism spectrum disorder：ASD）、限局性学習症（specific learning disorder：SLD）などを含む、発達早期からさまざまな形態で見られる脳機能不全と考えられる。法律上の言葉としては、「発達障害」と呼ばれているが、これは神経発達症群からIDを除いた概念である。米国精神医学会が出版している精神疾患の診断・統計マニュアル（Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders：DSM-5）[2]では、神経発達症群は、発達早期（しばしば小学校に上がる前）から症状が認められる状態（condition）で、対人的、社会的、学業的、職業的な機能の障害（impairment）を生み出す発達上の欠陥（deficit）が見られること、その欠陥は、非常に特異的な学習や実行機能に関わるものから、広汎な社会スキルや知能の障害に関わるものまで、幅広い状態にあること

などが記されている。これらの状態は、併存することも多く（例えば ASD と ID、ADHD と SLD など）、また欠陥や遅延と同じくらい過度で過剰な部分が認められる（例えば ASD では社会的コミュニケーションの欠陥が認められるが、反復性・限局性は過度になっている）。

## 1. 2. 注意欠如・多動症

ADHD は、年齢にふさわしくない不注意、あるいは多動・衝動性いずれかが、幼小児期早期から複数の場面で確認される、行動と認知機能の障害である。有病率は、多くの文化において、小児では 5%（成人では 2.5%）とされ[2]、男女比は 2-10:1 の比率で男児に多い[3][4]。DSM-5 によると、主な臨床症状に基づいて、不注意優勢に存在（attention-deficit/hyperactivity disorder predominantly inattentive presentation : ADHD-I）、多動・衝動優勢に存在（attention-deficit/hyperactivity disorder predominantly hyperactive-impulsive presentation : ADHD-HI）、または混合して存在（attention-deficit/hyperactivity disorder combined presentation : ADHD-C）の 3 つに分類される[2]。診断基準を表 1 に示す。

病因として、遺伝的要因と環境因子の関与が示唆されており、前者にはドパミントランスポーター遺伝子やドパミン受容体 D4 遺伝子の多型などが、後者には胎児期の母体喫煙やアルコール摂取、周産期脳障害、感染症、虐待などが挙げられる。ADHD の確定診断に直接つながる検査は存在しないが、臨床症状と病歴、ADHD 評価スケール-IV日本語版などを参考に、ADHD の診断がなされる。

主要な臨床症状に加えて、ADHD-I と ADHD-C の子供は、ADHD-HI の子供よりも運動機能の障害を示すことが多いとされる[5]。臨床的および疫学的研究によると、ADHD 児の 50%以上が、発達性協調運動症（developmental coordination disorder : DCD）と一致する協調運

動の不器用さを示すとされる[6]。運動技能の問題は、学習および社会的成功に大きな影響を与える可能性がある。したがって、早期の診断と介入は、彼らが学問的および社会的に成功する可能性を高めるだけでなく、自尊感情の低下などの二次障害を防ぐためにも重要である[7]。

メチルフェニデート塩酸塩（methylphenidate hydrochloride : MPH、商品名コンサータ錠®）は、ADHD の治療薬の 1 つである。ドパミン及びノルアドレナリントランスポーターに結合し再取り込みを抑制することにより、シナプス間隙に存在するドパミン及びノルアドレナリンを増加させることによって効果を発揮し、ADHD 児の 60-80% で行動上の問題や不注意を改善することが示されている[8]。1 日 1 回朝内服すると、作用は服用後 12 時間持続するが、半減期は約 4 時間で、夜には効果が切れてしまう。副作用として、食欲減退、不眠症、動悸、悪心があるため、休日である週末に休薬日を設けている児も少なくない（登校日は内服、週末は休薬など）。近年の報告によると、MPH が微細運動を改善させるとする報告[9]がある一方で、ADHD 児のうち臨床的に有意な運動機能の改善を示したのはわずか 20-30% であるとする報告[8][10]や、運動機能に対する MPH の有意な効果はなかったとする報告[11]まで、様々である。ADHD 児の微細運動機能発達の特徴や、運動機能に対する MPH の有効性に関するデータは、いまだ乏しいのが現状である。

### 1. 3. 自閉スペクトラム症

ASD は、社会的コミュニケーション及び対人相互関係が複数の状況で障害されていることと、こだわりを特徴とする神経発達症である。有病率は、人口の約 1% とされ、男女比は 4:1 で男児に多い[12]。診断基準を表 2 に示す。

病因は、遺伝的要因と環境要因が想定されている。前者には、単一遺伝子の異常によるものと、複数の遺伝子変化の蓄積による多重遺伝子性に分類され、後者には、胎内での感染症や低出生体重などが挙げられる。典型的な症例では、2歳までに気づかれるが、症状が軽いと気づかれにくい。ASD 自体には、症状においても知的能力においても、連続性がある（スペクトラムである）ことが知られている。

養育者に対して、発達歴や日常生活の様子を詳細に聴取し、様々な場面での行動を観察し、ウェクスラー児童用知能検査第4版（Wechsler Intelligence Scale for Children-Fourth Edition：WISC-IV）などの認知機能検査、広汎性発達障害日本自閉症協会評定尺度（Pervasive Developmental Disorders Autism Society Japan Rating Scales：PARS）などを行い評価する。

根本的な治療法はないが、本人の適応向上や周囲の正しい理解と特性に応じた適切な支援を目的とした心理社会的治療や一部の症状を軽減させるための薬物療法がある。ADHD や SLD との合併だけでなく、ASD の協調を評価したところ、約 80% に DCD を認めた、との報告がある[13]。

#### 1. 4. 発達性協調運動症

「不器用」、「不器用さ」とは、「協調（coordination）」の稚拙さの一般的な表現である。「協調」とは、視知覚・触覚・固有覚・位置覚など、様々な感覚の入力をまとめあげ、運動意図に基づき運動計画を生成、運動として出力し、結果のフィードバックに基づき修正を行っていくという一連の「脳」の機能である。協調はいわゆる体育・スポーツに限らず、構音・発話、咀嚼・嚥下、箸やナイフ、フォークなどを使用した食事、ボタン、ファスナー、ホック、靴紐結びなど衣類の着脱、描画や書字、道具や文具の使用、楽器操

作、バランスなど姿勢制御、手と目の協応を必要とする遊びや、指先での操作を行うゲーム機、姿勢保持など、様々な日常生活や学校生活に深く関係する重要な脳機能の一つである。

この「協調」という脳機能の発達の問題が、DSM-5[2]における神経発達症群のうち、運動症群におけるDCDに該当する。診断基準を表3に示す。5-11歳の子どものDCDの有病率は、約5-6%と非常に高く、過去の研究によると、DCDがADHD[14]やASD[15]と共存することが知られている[2]。また、DCDの子ども達は、自己肯定感の低下、不安や抑うつの発生率の高さ[16]、感情的/行動障害[17]など、重大な二次障害[18]を経験することも知られている。さらに、50-70%と高い頻度で青年期・成人期になっても残存し[2]、青年期・成人期においては、小児期と異なるそのライフステージ特有の様々な課題、例えば、メイク・髭剃りなどの整容、料理、自動車運転、タイピング、細かい手作業、姿勢制御とその保持など、日常生活からアカデミックスキル、就業訓練・職業選択、生産性にも影響する。結果的に、社会参加の減少、うつ病・不安障害などの精神障害、肥満や糖尿病などの生活習慣病から心血管障害などの二次障害につながるとされる[19]。

DCDの診断には、1) 神経発達症・精神疾患などの家族歴、2) 妊娠中や早産、仮死など周産期の異常、3) 乳幼児期の発達歴、4) 現病歴など、詳細な問診に加え、5) DCDに特化したアセスメント、6) 一般的な神経学的診察、7) 発達神経学的診察により、いわゆる微細神経学的徴候 (soft neurological signs : SNSs)、8) 協調、SNSsの標準化された系統的な検査、9) 一般的な身体疾患や神経・筋疾患の除外、10) ASD、ADHD、SLDなど他の神経発達症の評価、11) 社会参加や自尊感情など、心理社会的状況とそれらによる二次障害の有無の評価、などを行い、包括的に診断する[20]。基準Aの「明らかに劣っている」ことを客観的に評価するには、「標準化された微細または粗大

な協調運動の検査における評点が、その小児の暦年齢を基にして期待される水準から、少なくとも2標準偏差（standard deviation : SD）以下」[21]とされているように、標準化された検査が必要である。DCDの子どもにおける手指巧緻機能の測定に関する系統的レビューによると、Movement Assessment Battery for Children（MABC）第2版の微細運動サブドメイン、Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency-2、および Functional Strength Measurement などが役立つ可能性がある[22]。しかし、これらの検査バッテリーは英語圏では幅広く使用されているものの、日本を含む他の国々では未だ標準化されておらず、DCDは、医療や教育現場において過小評価されているのが実情である[23]。

## 第2章

### 磁気センサ型指タッピング装置

---

#### 2. 1. 指タッピング

指タッピング運動は、これまで、微細運動の評価方法として使用されてきた。指タッピングを評価するための定量的手法には、シンプルな lever pressing [24] [25] [26]、digitomotography [27]、light-beam finger tappers [28]、および keyboards for finger tapping [29]などが知られている (図 1)。これらのデバイスは、それぞれ、lever、force transducer、beam line、または keyboard と指が接触している間は指の動きをモニタリングすることが可能であるが、それ以外の時間帯に指の動きをモニタリングすることは不可能である。

#### 2. 2. 装置の概要

磁気センサ型指タッピング装置 UB-1 (Maxell, Ltd., Tokyo, Japan) (以下、本装置) は、指のダイナミックな動きを定量的に評価するために開発された (図 2) [30]。重量は 2 kg で、持ち運びは簡単である。本装置では、被験者は両側の母指と示指に磁気センサコイルを装着し、指タッピング運動を行う。電磁誘導の原理により、発信コイルと受信コイルの距離の変化に応じた電圧を計測できる[31]。つまり、2つのコイルが近いほど電圧が高くなり、遠いほど電圧が弱くなる。この原理により、センサ出力を距離に変換することが可能になる[32]。本装置の再現性はすでに実証されており[33]、近年、パーキンソン病 [30] [32]、頸部脊髄症[34]、軽度認知障害、およびアルツハイマー病 [35]など、神経内科、整形外科、精神科領域での評価に使用されてい



たが、これまで小児の手指巧緻機能の評価に使用された研究はない。

## 2. 3. 抽出されるパラメータ

波形から 21 個のパラメータ（図 3）と、位相差の 2 つのパラメータ、計 23 個のパラメータが瞬時に算出される。

(A) 距離：距離波形から 5 つのパラメータが算出される。「距離の最大振幅」は、測定時間中の最大距離、「総移動距離」は、測定時間中のすべての移動距離の合計、「距離の極大点の平均」と「距離の極大点の SD」は、それぞれ距離の振幅の平均と SD、「距離の極大点の近似直線傾き」は、最小二乗法を使用して計算された極大点を通る回帰直線の傾きである。

(B) 速度：速度波形から 7 つのパラメータが算出される。「速度の最大振幅」は、測定時間中の最大速度、「速度のオープニング極大点の平均」と「速度のクロージング極小点の平均」は、オープニングモーション、クロージングモーションそれぞれの最大速度の平均、「速度のオープニング極大点の SD」と「速度のクロージング極小点の SD」は、それぞれのモーションの最大速度の SD、「エネルギーバランス」とは、オープニングモーションとクロージングモーションの速度の 2 乗の合計の比率、「総エネルギー値」は、測定時間中の速度の 2 乗の合計である。

(C) 加速度：加速度波形から 5 つのパラメータが算出される。「加速度の最大振幅」は、測定時間中の最大加速度、「加速度のオープニング極大点の平均」、「加速度のオープニング極小点の平均」、「加速度のクロージング極大点の平均」、「加速度のクロージング極小点の平均」は、4 つのそれぞれのピークの平均である。

(D) インターバル：「タップ回数」、「タップインターバルの平均」、「タップの平均周波数」、「タップインターバルの SD」の 4 つのパラ

メータが算出される。

(E) 位相差：右手と左手、両方の波形から2つのパラメータが抽出される。「位相差の平均」と「位相差のSD」は、右手を基準とした左手の動きのずれを度単位で示している。

## 第3章

# 磁気センサ型指タッピング装置を用いた 定型発達児における手指巧緻機能解析（研究1）

---

### 3. 1. 目的

本装置を用いて、7-12歳の定型発達（typically developing : TD）児の小児手指巧緻機能に関する客観的かつ定量的な参照データを確立し、学年と性別の要因が微細運動発達に、どのように影響するかを解明すること。

### 3. 2. 方法

#### 3. 2. 1. 試験デザイン

横断研究とした。

#### 3. 2. 2. 被験者

茨城県つくば市の郊外にある小学校の269名の日本人の小児に対して告知しボランティアを募り、2015年1月から3月にかけて、110名の小学生ボランティア（男児57名、女児53名）を被験者として実施した。（図4）。2名の小児神経専門医で、被験者が神経発達症を有していないことを確認した。被験者は、本装置を用いて、「同時タッピング」と「アンチタッピング」の2つのタスクを行った。

まず、データの解析にあたり、3名の被験者を除外（2名は身長不明、1名は年齢が6歳）した。「同時タッピング」の解析では、7名

(5名は各タスクを2回ずつ実施し損なった、2名は指タップが不正確であった)を除外した。したがって、100名の被験者(平均年齢[SD]: 10歳0か月[1歳7か月]、範囲7-12歳、男児52名、女児48名)について解析を行った。「アンチタッピング」の解析では、5名(3名は各タスクを2回ずつ実施し損なった、2名はタップが不正確であった)を除外した。したがって、102名の被験者(平均年齢[SD]: 9歳11か月[1歳7か月]、範囲7-12歳、男児53名、女児49名)について解析を行った。すべての被験者は、「低学年」(7-8歳)、「中学年」(9-10歳)、および「高学年」(11-12歳)のように、3群に分けられた(表4)。ヘルシンキ宣言に従い、すべての測定は、親と子からインフォームドコンセント/アセントを得た後に行われた。この研究は、筑波大学の倫理審査委員会によって承認を受けた。

### 3. 2. 3. 指タッピング

被験者の両側の母指と示指にセンサケーブルを取り付け、母指と示指をできるだけ速くかつできるだけ大きくタップするように指示した。練習後、被験者は次の4回のタスクを行った。各タスクの間に60秒の休憩を設けた。

- 1) 同時タッピング(両手同時)、10秒間を2回: 被験者は、両手を同時にタップする(図5A)。
- 2) アンチタッピング(両手交互)、10秒間を2回: 被験者は、両手を交互にタップする(図5B)。

### 3. 2. 4. データ処理

すべてのパラメータについて、同時とアンチ、それぞれにおいて2回のタスクの平均値を統計解析に用いた。利き手と非利き手に分け

て、解析した。さらに、身体発育の影響を差し引くために、身長と掌の長さには正の相関があるとする既報告[36]に基づき、「距離」、「速度」、および「加速度」に関するパラメータの平均値を身長（m）で除した。最後に、「速度」と「加速度」に関連するすべての負の値を絶対値に変換し、それらの方向を無視した。被験者の身長は個別に示す（表 5）。

### 3. 2. 5. 統計解析

23 個のパラメータをアウトカムとし、二元配置分散分析（two-way analysis of variance : 2-way ANOVA）を使用して、「学年」と「性別」およびそれらの交互作用を調べた。すべての統計解析は、SPSS ソフトウェアバージョン 25.0（SPSS Inc., Chicago IL, USA）を使用し、 $p < 0.05$  を統計学的に有意と判断した。

### 3. 3. 結果

被験者毎に、4 つのタスクを測定するのに、約 10 分間要した。計測に関連する有害事象は認められなかった。記述統計の結果は表 6-10、学年と性別の 2-way ANOVA の結果は表 11-15 に示す。

はじめに、「同時タッピング」と「アンチタッピング」のタスクを比較した。一般に、「距離の極大点の平均」などの「距離」のパラメータは、「同時タッピング」よりも「アンチタッピング」のほうが高値を示した（表 6）。対照的に、「アンチタッピング」では「同時タッピング」よりも「タップ回数」が低値を示した（表 9）。つまり、「アンチタッピング」は「同時タッピング」よりも、振幅が大きく、タップ回数が少ない傾向があった。

「学年」の主効果が有意となったパラメータを表 16 に示す。「タ

「タップ回数」は成長とともに有意に増加し（図 6A）、「タップインターバルの平均」は有意に減少した。「タップインターバルの SD」も加齢とともに有意に減少した（図 6B、表 16D）。「加速度」のパラメータの半分以上は、成長とともに有意に増加した（表 16C）。「総移動距離」も成長とともに有意に増加したが、「同時タッピング」の「距離の極大点の SD」は有意に減少した（表 16A）。「エネルギーバランス」は成長とともに有意に減少したが、「総エネルギー値」は有意に増加した（表 16B）。

「性別」の主効果が有意であったパラメータを表 17 に示す。男児は、「速度」と「加速度」のいくつかのパラメータで、有意に高値を示した（表 17BC）。女児は、「速度のオープニング極大点の SD」および「速度のクロージング極小点の SD」など、SD のパラメータで、有意に低値を示した。「インターバル」と「位相差」には、有意差は認めなかった。

交互作用で有意となったパラメータを表 18 に示す。「アンチタッピング」の利き手の「距離の極大点の SD」では、有意な交互作用があり（ $p = 0.028$ ）、高学年と中学年の女児は、低学年の女児よりも有意に低値であった（それぞれ  $p = 0.001$  と  $p = 0.015$ ）。高学年の女児は、高学年の男児より有意に低値を示した（ $p = 0.047$ ）。「同時タッピング」の利き手の「速度のオープニング極大点の SD」では、有意な交互作用があり（ $p = 0.026$ ）、高学年の女児は中学年の女児よりも有意に低値を示し（ $p = 0.003$ ）、高学年の女児は高学年の男児より有意に低値を示した（ $p = 0.001$ ）。「距離の最大振幅」と「速度の最大振幅」パラメータの間にも有意な交互作用があった。「インターバル」または「位相差」では、有意な交互作用は認めなかった。

### 3. 4. 考察

我々は、本装置を用いて、日本人 TD 児の微細運動発達に関する客観的および定量的な参照データを確立した。計測に関連した有害事象は認められなかった。また、本研究は、さまざまな社会経済的背景を持つ小児のグループ内で実施されたため、本研究には十分な外的妥当性があったと考えられた。本装置の次世代型である磁気センサー型指タッピング装置 UB-2 (Maxell, Ltd., Tokyo, Japan) はすでに日本で市販されており、重量は約 0.2 kg と、さらに軽量化されている。本装置は、安全で簡単、コンパクトで、持ち運びしやすく、さまざまな場面で使用できると考えられる。我々の知る限り、本装置を使用した小児を対象とした研究は他にはない。

2名の被験者は、正しくタップできなかつたため、「同時タッピング」と「アンチタッピング」の両方の解析から除外された。すべての被験者の生波形を確認する過程で、上記2名の被験者の「距離の最大振幅」が 300 mm を超えていることを確認した。これは、クロージングモーションの終わりに母指と示指のコイルが平行に近い形で相対し損ねると、磁場は負の値となり、距離に変換した場合、上記の異常値を呈する。最終的に、これら2名の被験者を分析から除外したが、指を上手に相対することができなかつたことから、彼らが DCD であった可能性は否定できない。彼らが、DCD であったと仮定すると、DCD の有病率は一般集団で 5-6% と報告と報告されているため、本研究ではその割合は低かつた。その理由として、DCD の小児が、本研究への参加を希望しなかつた可能性や、さらに、DCD の客観的な診断基準は確立されていないため、境界域の小児が本研究の被験者に含まれた可能性もある。上記理由より、我々は、本研究で得られたデータは、「正常値」というよりは、「参照値」と定義する方が適切であると考えている。

### 3. 4. 1. 「同時タッピング」と「アンチタッピング」との比較

「同時タッピング」と「アンチタッピング」とを比較すると、「アンチタッピング」は、「同時タッピング」よりも、振幅が大きくタップ回数が少ない傾向が認められた。「同時タッピング」を行うには、左右の対称的な筋肉を同時に活性化するのに対して、「アンチタッピング」では、180度位相をずらした上で、対側拮抗筋の活性化が必要となる[37]。さらに、両手間の逆位相関係を維持するために、集中力を維持し続ける必要もある。これより、「アンチタッピング」では、より振幅が大きくかつ遅いタッピング運動になると考えられた。「アンチタッピング」は「同時タッピング」よりも複雑なタスクと考えられるため、今後、2つのタスクは、別々の目的に使い分けることができると考えられる。

### 3. 4. 2. 「学年」の主効果

「学年」の主効果では、成長に伴い、すばやく規則正しくタップする能力が有意に向上することが明らかとなった。速度（mean inter-tap interval）と規則性（SD of inter-tap interval）のみを検出するシンプルな示指タッピングデバイスを用いて小児のタッピング能力を調べた既報告によると、速度と規則性の両方が成長とともに向上することが既に報告されているが、本研究結果も既報告と矛盾しない結果であった[25]。

「加速度」のパラメータの半分以上が、成長とともに増加した。既報告によると、加速度は筋力と関連しているとされており[32]、これはグリップ力とピンチ力が6-19歳で成長とともに増加することを示した既報告と矛盾しない結果であった[38]。その一方で、「速度のオープンング極大点の平均」、「エネルギーバランス」、および「総エネ



ルギー値」を除くほとんどの「速度」のパラメータは、増加傾向を示したが、統計学的有意差には至らなかった。これは、指のタッピングが一部の筋肉のみを用いた短い距離の動きであるためと考えられる。速度パラメータが統計学的有意差に到達するには、動きが短すぎるものと考えられた。

Peters and Durdin [25]は、指タッピングタスクで利き手と非利き手を比較し、利き手が非利き手よりも速く、規則正しくタッピングできることを明らかにした。彼らは、利き手と非利き手の非対称性を生み出す主要なコンポーネントとして、単純な「上向き」および「下向き」のフェーズではなく、指の動きが反転するフェーズにあることを示した。さらに、これらの非対称性は、運動のプログラミングや適切なニューロンの選択と活性化などから生じると推測した[26]。この仮説は、利き手と非利き手のパフォーマンスの違いに焦点を当てているが、学年の違いにも当てはまる可能性がある。functional MRI を用いて、小児と成人の指タッピング運動を比較した研究によると、小児と成人の両方で、このタスク中に一次運動皮質、前運動皮質、および小脳の活性化を伴うことを示した。小児と成人の主な違いは、小児においては、上記領域に加えて、運動野と運動前野の幅広い領域が活性化されていた[39]。これらの研究結果は、小児では同じタスクを実行する場合でも、運動システムの未熟性と経験の欠如のために、成人よりもより幅広い領域の活性化を要することを意味しており、彼らは加齢に伴い、より効率的に成長することを示している。「タップ回数」は成長とともに有意に増加するものの、「速度」のほとんどのパラメータでは有意差がつかなかった。我々の研究結果は、この学年に関連した違いが、速度や加速度などの末梢性の要因だけでなく、中枢神経系の処理などの他の要因から生じる可能性があることを示唆していると考えられた。

「総移動距離」は成長とともに大幅に増加することが明らかとな

った。このパラメータは、理論的には、「距離の極大点の平均」に「タップ回数」を乗じて計算される。加齢に伴う本パラメータの増加は、主に成長に伴う「タップ回数」の増加によるものと考えられた。さらに、「同時タッピング」の「距離の極大点のSD」は成長とともに有意に減少し、一定の振幅でタップする能力が成長とともに向上することを示唆した。さらに、エネルギーバランスは成長とともに大幅に減少した。指を閉じる能力は、指を開く能力と比較して、より高い精度を必要とするため、指を閉じる能力は、より早い段階で向上することを示唆していた。「総エネルギー値」は、成長とともに大幅に増加した。これは、速度の絶対値の増加を反映している可能性があった。

### 3. 4. 3. 「性別」の主効果

「性別」の主効果では、「インターバル」または「位相差」のパラメータに有意な性差は認められなかった。よりシンプルなタッピング装置を用いた既報告によると、男性が女性よりも速くタップできることが示されている[25] [40]が、小児のより大きなサンプルでは、この性差は観察されなかった[24]。神鳥らは、本装置を使用し、距離、速度、加速度、および周波数のいずれのパラメータも男性と女性の間で有意差はなかったとしたが、女性では加速度がわずかに低かったと報告した[30]。おそらく、性別の影響は非常に小さいため、サンプルサイズによっては結果が定まらない可能性があると考えられた。

しかし、本研究では、いくつかの性差が明らかとなった。具体的には、男児は女児よりも、「速度」と「加速度」のいくつかのパラメータで有意に高値を示しており、これは握力とピンチ力の正常値の既報告と一致していた[38]。さらに、女児は男児よりも「速度のオープニング極大点のSD」と「速度のクロージング極小点のSD」のSDの項目が有意に低値を示し、女児は男児よりも一定の速度でタップす

ることが示された。

### 3. 4. 4. 交互作用

交互作用に関しては、「インターバル」または「位相差」のパラメータには、学年と性別の有意な交互作用はなかった。「アンチタッピング」の利き手の「距離の極大点の SD」および「同時タッピング」の利き手の「速度のオープニング極大点の SD」の結果は、規則的な振幅と速度でタップする能力は、男児よりも女児の方が早く向上することを示唆していた。ただし、この調査結果を裏付けるには、さらなる調査が必要である。他のパラメータにも統計学的に有意な交互作用を認めたが、瞬間的な最大値に起因している、一貫性がなく再現性が低い、などの理由により、意味のある結論は導き出せなかった。

### 3. 4. 5. limitation

本研究にはいくつかの **limitation** があった。まず第 1 に、調査が 1 つの学校でのみ行われたため、選択バイアスがあった可能性がある。第 2 に、結果に影響を及ぼしうる被験者情報（整形外科的疾患や怪我などの有無）や社会経済水準（習い事などに影響）などに関して、十分な情報収集を行っていない。第 3 に、DCD の客観的な診断基準が確立されていないため、DCD などの不器用さを持った児が被験者に含まれていた可能性がある。第 4 に、身体発育の影響を排除するために、「距離」、「速度」、「加速度」の平均値を、掌のサイズではなく、身長で除す作業を行った。このキャリブレーションが、結果に影響を与えた可能性がある。第 5 に、探索的観点から多重検定の問題を考慮せずに、多くの結果とグループに対して統計学的解析を実施した。したがって、結果は注意して解釈する必要がある。第 6 に、本

装置により、母指と示指を用いたタッピング運動は評価することができたが、その他の手指の微細運動や視覚との協調運動などを評価することができたわけではない。

### 3. 5. 小括

本装置を用いて、7-12 歳の日本人 TD 児の、微細運動発達に関する客観的および定量的な参照値を確立した。本装置は、有害事象も認められず、小児の指タッピングに関する詳細なパラメータを、リアルタイムでモニタリングすることができた。TD 児において、成長に伴い、すばやく規則正しくタップする能力は、有意に向上することが明らかになった。男児は「速度」と「加速度」のいくつかのパラメータで、有意に高値を示した。さらに、女児は男児よりも、「速度の SD」のいくつかのパラメータが有意に低値を示し、女児は男児よりも一定の速度でタップする能力が高いことが示唆され、小児の微細運動発達には、男女差がある可能性が示唆された。いくつかの **limitation** はあるものの、本装置は、**DCD** をはじめとする神経発達症の臨床評価、教育的介入の評価、またはリハビリテーション、および新しい治療薬の発見において、小児の微細運動発達の客観的かつ定量的な評価方法として有用性が示唆された。

## 第 4 章

### 注意欠如・多動症児における手指巧緻機能解析 とメチルフェニデートの影響（研究 2）

---

#### 4. 1. 目的

本装置を用いて、ADHD 児と TD 児とで、微細および協調運動発達の違いを明らかにすること。ADHD 児において、MPH 内服に伴う微細および協調運動発達への影響を明らかにすること。

#### 4. 2. 方法

##### 4. 2. 1. 試験デザイン

横断研究とした。

##### 4. 2. 2. 被験者

2016 年 4 月から 2017 年 4 月まで筑波大学附属病院小児科外来を受診し、ADHD と診断され、かつ既に MPH を内服している 7-12 歳の小児を対象とした。被験者は、14 名の ADHD 男児（平均年齢[SD]: 9 歳 8 か月[1 歳 4 か月]、範囲 8-12 歳）であった（図 7）。彼らは、別々の日に行われる 2 回の計測（1 回は MPH 内服日、もう 1 回は MPH 休薬日）に案内された。練習効果を除外するため、内服日と休薬日の順番は、被験者毎にランダムに割り当てた。除外基準として、WISC-IV もしくは田中ビネー知能検査で、知能指数（intelligence quotient : IQ）が 70 未満の参加者を除外した。さらに、ASD を合併

している被験者も除外した。ADHD もしくは ASD の臨床診断は、DSM-5、ADHD 評価スケール-IV日本語版および PARS に基づき、2名の小児神経専門医によって行った。

解析にあたり、2名の被験者を除外（1名は軽度知的能力障害、1名はASDの合併）した。ADHD男児とTD男児で、微細および協調運動発達を比較するため、12名の被験者のMPH休薬日のデータ（平均年齢[SD]: 9歳7か月[1歳2か月]、範囲、8-12歳）を、TD男児の参照値[21]（表19A）と比較した。被験者の内訳は、ADHD-Cが10名、ADHD-Iが2名であった。ADHD男児において、MPH内服に伴う微細および協調運動発達への影響を明らかにするため、MPH内服日に計測ができなかった1名の被験者を除外した。最終的に、11名（平均年齢[SD]: 9歳7か月[1歳3か月]、範囲8-12歳）が被験者となった（表19B）。被験者の内訳は、ADHD-Cが9名、ADHD-Iが2名であった。2回の計測日は、1-52日間隔（平均間隔[SD]: 10.3日[14.2日]）で実施された。被験者は、MPH休薬日の計測の前には、少なくとも24時間MPHの服用を中止した。他の薬を服用していた被験者は2名（1名はアトモキセチン、1名はリスペリドン）であった。MPHの投与量は、18-54mg/日（平均投与量[SD]: 27.8mg/日[10.2mg/日]）であった。すべての被験者は、「低学年」（7-8歳）、「中学年」（9-10歳）、「高学年（11-12歳）」の3群に分けられた。ヘルシンキ宣言に従い、すべての測定は、親と子からインフォームドコンセント/アセントを得た後に行われた。この研究は、筑波大学の倫理審査委員会によって承認を受けた。

#### 4. 2. 3. 指タッピング

研究1と同じタスクを行った。

#### 4. 2. 4. データ処理

研究 1 と同じデータ処理を行った。

#### 4. 2. 5. 統計解析

ADHD 男児と TD 男児の年齢分布を比較するため、フィッシャーの直接確率検定を用いた。さらに、23 個のパラメータをアウトカムとして、2-way ANOVA を用いて、グループ (ADHD か TD か) と学年の影響を調べた。学年の主効果は、臨床的にはあまり意味はないが、共変量としてモデルに追加した。また、対応のある t 検定を用いて、ADHD 男児の指タッピングに対する MPH の影響を調べた。すべての統計解析は、SPSS ソフトウェアバージョン 27 (SPSS Inc., 米国イリノイ州シカゴ) を使用し、 $p < 0.05$  は統計的に有意と判断した。

#### 4. 3. 結果

ADHD 男児と TD 男児との比較では、フィッシャーの直接確率検定で、学年の有意差が認められた ( $p = 0.018$ )。2-way ANOVA では、ADHD 男児は TD 男児と比較して、「同時タッピング」の利き手および「アンチタッピング」の両手において、「タップ回数」と「タップの平均周波数」が有意に低値を示し、「距離の最大振幅」、「距離の極大点の平均」、「タップインターバルの平均」が有意に高値を示した (表 20)。「同時タッピング」の非利き手でも、同様の傾向が認められたが、統計学的有意差は認めなかった。「エネルギーバランス」では、「同時タッピング」の利き手と「アンチタッピング」の非利き手で、ADHD 男児で有意に低かった。「速度のクロージング極小点の平均」および「加速度のクロージング極大点」は、「同時タッピング」

の利き手において、ADHD 男児で有意に高かった。「位相差」では、有意となった主効果は認められなかった。記述統計の結果は表 21-25、グループと学年の 2-way ANOVA の結果は表 26-30 に示す。

MPH 内服に伴う影響については、記述統計と対応のある t 検定は、表 31-36 に示す。ほとんどのパラメータで、MPH 内服日と休薬日とで、有意差は見られなかったが、唯一「アンチタッピング」の「位相差の SD」が有意に減少した（表 36）。被験者全員が改善したわけではなかったが、1.0 SD を超える ADHD 男児で、Z スコアが低下した（図 8）。

#### 4. 4. 考察

我々は、本装置を用いて、ADHD 男児の指タッピングを評価した。計測に関連した有害事象は認められなかった。我々は、記述的かつ探索的な観点から本研究を実施したが、我々の調べ得た範囲内では、本装置を用いて、ADHD 児の指タッピングを調査した研究は見いだせなかった。我々の被験者は男児のみであったが、ADHD-C と ADHD-I の両方で構成されており、ADHD の有病率や性差を考慮すると、妥当であると考えた。我々の研究結果は、一般的な ADHD 児を反映している可能性が示唆された。

##### 4. 4. 1. 「ADHD 児」と「TD 児」との比較

ADHD 男児の指タッピング運動は、TD 男児と比較し、「より振幅が大きく、より回数が少ない」ことが明らかになった。この傾向は、「同時タッピング」よりも「アンチタッピング」でより顕著であった。指と親指の対立運動を含む 3 つの運動タスクを使用した Mendes らの研究によると、ADHD 群では TD 群と比較して、全般的な微細運



動能力、課題を達成する時間、正確さ、流暢さ、対称性、正確さ、および協調運動、いずれにおいても、拙劣であると報告した[41]。Pitcherらは、MABCを用いて、ADHD 男児はコントロール男児と比較して、有意に運動能力が拙劣であると報告した[14]。書字に関しては、Shenらは、ADHD 群では、文字の幅と高さが増加する、つまり、手書きの文字のサイズが大きいことを示し、これは協調運動の拙劣さと不十分な視覚との協調運動によって引き起こされたと報告した[42]。さらに、ADHD の運動制御の問題は、複雑な一連の運動を実行する必要がある場合に特に顕著になる、とされる[43]。以前、我々は、「アンチタッピング」は「同時タッピング」よりも、より複雑な協調運動が必要な点と、維持するために注意力を要する点から、複雑なタスクであると報告した[44]。今回の我々の研究結果は、これらの既報告と一致していた。さらに、ADHD 児では、コントロール群よりも有意に多くのオーバーフロー運動を示すことが報告されており、これはADHD 児における意図しない運動の自動抑制の障害または未熟性を示唆している[45]。現時点では、上記研究結果の原因は不明確ではあるが、ADHD 児における自動抑制の未熟性が、ADHD 児の指タップの特徴に関係している可能性がある。

「エネルギーバランス」は、「同時タッピング」の利き手および「アンチタッピング」の両手において、ADHD 男児では TD 男児と比較して、有意に低値であった。「エネルギーバランス」は、開閉動作の速度の2乗の合計の比率であり、言い換えれば、「エネルギーバランス」が低いということは、クロージングモーションの速度がオープニングモーションの速度よりも不釣り合いに速いことを意味している。この研究結果の理由は不明確だが、「より振幅が大きく、より回数が少ない」ADHD 児のタッピング運動を代償している可能性が考えられた。

#### 4. 4. 2. メチルフェニデートの手指巧緻機能への影響

ほとんどのパラメータについて、MPHの有意な治療効果は認められなかった。Kaiserらは、ADHD児が薬を服用すると、動的バランスと微細運動能力が向上すると報告している[5]。Bartらは、MPHは、ADHDとDCDを併存する児について、協調運動を向上させると報告したが、臨床的に有意な改善をしたのは、33%だけであった、と報告した[10]。Soleimaniらによると、MPHを導入後、26.6%のADHD児で、運動機能の向上が認められたが、これはMPH群とプラセボ群の間で統計学的な有意差はなかった[8]。Harveyらは、Test of Gross Motor Development-2を用いた検討で、ADHD児の運動技能パターンにMPHの有意な影響がないことを示した[11]。我々の研究結果は、Harveyらの結果に類似していた。我々の指タッピング運動は、プランニングや行動の統合といったより高度の認知機能の関与が少ない比較的単純なタスクであるため、MPHの効果を検出することは難しかったと考えられた。

唯一、「アンチタッピング」の「位相差のSD」が、MPH投与後の違いを示したという事実は、非常に興味深い。我々の知る限り、ADHD児の両手の位相差について言及している既報告はない。これは、DCDの国際勧告[46]でカットオフとして用いられている「1.0SD（16パーセントイル）」を超える場合、MPHがADHD男児の微細運動の位相差を改善する可能性を示唆している。この効果は、MPHがADHD児の前頭葉、大脳基底核、および小脳の活性化をもたらすという事実から生じた可能性がある[47]が、これに関しては、さらなる研究の蓄積が必要であろう。

#### 4. 4. 3. limitation

本研究にはいくつかの limitation があった。まず第 1 に、サンプルサイズが小さい。第 2 に、大学病院に定期通院中の ADHD 児のみ被験者としたが、重症度の点など ADHD 児全体を反映していない可能性がある。第 3 に、結果に影響を及ぼしうる被験者情報（整形外科的疾患や怪我などの有無）や社会経済水準（習い事などに影響）などに関して、十分な情報収集を行っていない。第 4 に、MABC 日本語版の評価ツールはいまだ標準化されておらず、DCD を合併した ADHD 児が被験者に含まれている可能性がある。第 5 に、他の薬剤を服用していた被験者が 2 名いた。これらの薬剤が、微細もしくは協調運動に影響を与えた可能性は否定できない。第 6 に、身体発育の影響を排除するために、「距離」、「速度」、「加速度」の平均値を、掌のサイズではなく、身長で除す作業を行った。このキャリブレーション方法が、結果に影響を与えた可能性がある。第 7 に、探索的観点から多重検定の問題を考慮せずに、多くの結果とグループに対して統計学的解析を実施した。したがって、結果は注意して解釈する必要がある。

#### 4. 5. 小括

ADHD 男児の指タッピング運動は、TD 男児よりも「より振幅が大きく、より回数が少ない」ことを客観的かつ定量的に示すことができた。「エネルギーバランス」は、ADHD 男児の方が TD 男児よりも有意に低かった。また、MPH は、ほとんどのパラメータで、微細運動機能に有意な治療効果がないことが、明らかとなった。ただし、MPH は、ADHD 男児の微細な協調運動スキルを改善する可能性が示唆された。今後、ADHD および/または DCD 児において、本装置を用いた微細運動機能解析の妥当性を検証するため、実行機能や DCDQ-J

のサブスケールなど、他の指標との相関関係を調査する研究を、今後行う必要がある。

## 第5章

### 総括

---

神経発達症群児の「不器用さ」は、学習および社会的成功に大きな影響を与え、自己肯定感の低下、不安や抑うつなどの二次障害に関与する。二次障害を防ぐために、早期の特定と介入が重要であるが、小児の「不器用さ」を客観的かつ定量的に評価することができず、小児手指巧緻機能の評価方法の早期の確立が急務であった。

我々は、磁気センサ型指タッピング装置を用いて、7-12歳の日本人小児の、微細運動発達に関する客観的および定量的な参照値を確立した。計測にあたり、有害事象は認められず、小児であっても、指タッピングに関する詳細なパラメータを、リアルタイムでモニタリングすることができることが明らかになった。

TD児において、成長に伴い、すばやく規則正しくタップする能力は、有意に向上することが明らかになった。男児は「速度」と「加速度」のいくつかのパラメータで、有意に高値を示した。さらに、女児は男児よりも、「速度のSD」のいくつかのパラメータが有意に低値を示し、女児は男児よりも一定の速度でタップする能力が高いことが示唆された。小児の微細運動発達には、男女差がある可能性が示唆された。

ADHD児における手指巧緻機能解析では、ADHD男児の指タッピング運動は、TD男児よりも「より振幅が大きく、より回数が少ない」ことを客観的かつ定量的に示すことができた。また、MPHは、ほとんどのパラメータで、微細運動機能に有意な治療効果がないことが、明らかとなったが、MPHは、ADHD男児の微細な協調運動スキルを改善する可能性が示唆された。

本装置は、安全で簡単、コンパクトで、持ち運びしやすく、臨床、

研究など様々な場面で使用可能である。DCDをはじめとする神経発達症群の臨床評価、教育的介入またはリハビリテーションの評価、および新しい治療薬の開発など、小児の微細運動発達の客観的かつ定量的な評価法として有用であろう。今後、ADHD および/または DCD 児において、本装置を用いた微細運動機能解析の妥当性を検証するため、実行機能や DCDQ-J のサブスケールなど、他の指標との相関関係を調査する研究を行う必要がある。

## 引用文献

---

- [1] 今村明、金替伸治、山本直毅、船本優子、田山達之、森本芳郎、松坂雄亮、山口尚宏、小澤寛樹. 神経発達症（発達障害）とは. 最新医学. 2018;73 卷:22-8.
- [2] AP. A. Diagnostic and statistical manual of mental disorders. . 5th ed. Washington, DC. : American Psychiatric Association Press.; 2013.
- [3] Scahill L, Schwab-Stone M. Epidemiology of ADHD in school-age children. Child Adolesc Psychiatr Clin N Am. 2000;9:541-55, vii.
- [4] Willcutt EG. The prevalence of DSM-IV attention-deficit/hyperactivity disorder: a meta-analytic review. Neurotherapeutics. 2012;9:490-9.
- [5] Kaiser ML, Schoemaker MM, Albaret JM, Geuze RH. What is the evidence of impaired motor skills and motor control among children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD)? Systematic review of the literature. Res Dev Disabil. 2015;36C:338-57.
- [6] Kadesjo B, Gillberg C. Attention deficits and clumsiness in Swedish 7-year-old children. Dev Med Child Neurol. 1998;40:796-804.
- [7] Goulardins JB, Marques JC, De Oliveira JA. Attention deficit hyperactivity disorder and motor impairment. Percept Mot Skills. 2017;124:425-40.
- [8] Soleimani R, Kousha M, Zarrabi H, Tavafzadeh-Haghi SM, Jalali MM. The impact of methylphenidate on motor performance in children with both attention deficit hyperactivity disorder and developmental coordination disorder: a randomized double-blind crossover clinical trial. Iran J Med Sci. 2017;42:354-61.
- [9] Flapper BC, Houwen S, Schoemaker MM. Fine motor skills and

effects of methylphenidate in children with attention-deficit-hyperactivity disorder and developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol*. 2006;48:165-9.

[10] Bart O, Podoly T, Bar-Haim Y. A preliminary study on the effect of methylphenidate on motor performance in children with comorbid DCD and ADHD. *Res Dev Disabil*. 2010;31:1443-7.

[11] Harvey WJ, Reid G, Grizenko N, Mbekou V, Ter-Stepanian M, Joober R. Fundamental movement skills and children with attention-deficit hyperactivity disorder: peer comparisons and stimulant effects. *J Abnorm Child Psychol*. 2007;35:871-82.

[12] 日本小児神経学会. 自閉スペクトラム症: 診断と治療社; 2017.

[13] Green D, Charman T, Pickles A, Chandler S, Loucas T, Simonoff E, et al. Impairment in movement skills of children with autistic spectrum disorders. *Dev Med Child Neurol*. 2009;51:311-6.

[14] Pitcher TM, Piek JP, Hay DA. Fine and gross motor ability in males with ADHD. *Dev Med Child Neurol*. 2003;45:525-35.

[15] Kopp S, Beckung E, Gillberg C. Developmental coordination disorder and other motor control problems in girls with autism spectrum disorder and/or attention-deficit/hyperactivity disorder. *Res Dev Disabil*. 2010;31:350-61.

[16] Skinner RA, Piek JP. Psychosocial implications of poor motor coordination in children and adolescents. *Hum Mov Sci*. 2001;20:73-94.

[17] Green D, Baird G, Sugden D. A pilot study of psychopathology in Developmental Coordination Disorder. *Child Care Health Dev*. 2006;32:741-50.

[18] Zwicker JG, Missiuna C, Harris SR, Boyd LA. Developmental coordination disorder: a review and update. *European journal of paediatric neurology : EJPN : official journal of the European Paediatric Neurology*



Society. 2012;16:573-81.

[19] 中井昭夫. 発達性協調運動症のそだち. *そだちの科学*. 2016;26:54-8.

[20] 中井昭夫. 協調からみた神経発達障害. *日本小児科学会雑誌*. 2017;121:817-25.

[21] 融道男、小見山実、大久保喜朗、中根允文、岡崎祐士. *ICD-10 精神および行動の障害 臨床記述と診断ガイドライン*. 東京: 医学書院; 2005.

[22] Bieber E, Smits-Engelsman BC, Sgandurra G, Cioni G, Feys H, Guzzetta A, et al. Manual function outcome measures in children with developmental coordination disorder (DCD): Systematic review. *Res Dev Disabil*. 2016;55:114-31.

[23] Blank R, Smits-Engelsman B, Polatajko H, Wilson P, European Academy for Childhood D. European Academy for Childhood Disability (EACD): recommendations on the definition, diagnosis and intervention of developmental coordination disorder (long version). *Dev Med Child Neurol*. 2012;54:54-93.

[24] Peters M, Durdning BM. Handedness measured by finger tapping: a continuous variable. *Can J Psychol*. 1978;32:257-61.

[25] Peters M, Durdning B. Left-handers and right-handers compared on a motor task. *J Mot Behav*. 1979;11:103-11.

[26] M. P. Why the Preferred Hand Taps More Quickly than the Non-preferred Hand: Three Experiments on Handedness. *Canad J Psychol*. 1980;34:62-71.

[27] Maetzler W, Ellerbrock M, Heger T, Sass C, Berg D, Reilmann R. Digitomotography in Parkinson's disease: a cross-sectional and longitudinal study. *PLoS One*. 2015;10:e0123914.

[28] Roalf DR, Rupert P, Mechanic-Hamilton D, Brennan L, Duda JE,

Weintraub D, et al. Quantitative assessment of finger tapping characteristics in mild cognitive impairment, Alzheimer's disease, and Parkinson's disease. *J Neurol*. 2018;265:1365-75.

[29] Goetz CG, Stebbins GT, Wolff D, DeLeeuw W, Bronte-Stewart H, Elble R, et al. Testing objective measures of motor impairment in early Parkinson's disease: Feasibility study of an at-home testing device. *Mov Disord*. 2009;24:551-6.

[30] Kandori A, Yokoe M, Sakoda S, Abe K, Miyashita T, Oe H, et al. Quantitative magnetic detection of finger movements in patients with Parkinson's disease. *Neurosci Res*. 2004;49:253-60.

[31] Shima K, Tsuji T, Kandori A, Yokoe M, Sakoda S. Measurement and evaluation of finger tapping movements using log-linearized gaussian mixture networks. *Sensors-Basel (in English)*. 2009;9:2187-201.

[32] Sano Y, Kandori A, Shima K, Yamaguchi Y, Tsuji T, Noda M, et al. Quantifying Parkinson's disease finger-tapping severity by extracting and synthesizing finger motion properties. *Med Biol Eng Comput*. 2016;54:953-65.

[33] Sano Y KA, Shima K, Tamura Y, Takagi H, Tsuji T, et al. . Repeatability evaluation of finger tapping device with magnetic sensors. *Transactions of the Society of Instrument and Control Engineers*. 2011;47:1-10.

[34] Miwa T, Hosono N, Mukai Y, Makino T, Kandori A, Fuji T. Finger-tapping motion analysis in cervical myelopathy by magnetic-sensor tapping device. *J Spinal Disord Tech*. 2013;26:E204-8.

[35] Suzumura S OA, Nagahama T, Kondo I, Sano Y, Kandori A. . Assessment of finger motor skills in individuals with mild cognitive impairment and patients with Alzheimer's disease: Relationship between finger-to-thumb tapping and cognitive function. *Jpn J Compr Rehabil Sci*.

2016;7:19-28.

[36] Ibegbu AO DE, Hamman WO, Umana UE, Musa SA. . Height determination using hand length in Nigerian school children. *J Morphol Sci* 2014;31:193-8.

[37] Wu T, Wang L, Hallett M, Li K, Chan P. Neural correlates of bimanual anti-phase and in-phase movements in Parkinson's disease. *Brain*. 2010;133:2394-409.

[38] Mathiowetz V, Wiemer DM, Federman SM. Grip and pinch strength: norms for 6- to 19-year-olds. *Am J Occup Ther*. 1986;40:705-11.

[39] De Guio F, Jacobson SW, Molteno CD, Jacobson JL, Meintjes EM. Functional magnetic resonance imaging study comparing rhythmic finger tapping in children and adults. *Pediatr Neurol*. 2012;46:94-100.

[40] Shimoyama I, Ninchoji T, Uemura K. The finger-tapping test. A quantitative analysis. *Arch Neurol*. 1990;47:681-4.

[41] Mendes LST, Manfro GG, Gadelha A, Pan PM, Bressan RA, Rohde LA, et al. Fine motor ability and psychiatric disorders in youth. *Eur Child Adolesc Psychiatry*. 2018;27:605-13.

[42] Shen IH, Lee TY, Chen CL. Handwriting performance and underlying factors in children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Res Dev Disabil*. 2012;33:1301-9.

[43] Kalff AC, de Sonnevile LM, Hurks PP, Hendriksen JG, Kroes M, Feron FJ, et al. Low- and high-level controlled processing in executive motor control tasks in 5-6-year-old children at risk of ADHD. *J Child Psychol Psychiatry*. 2003;44:1049-57.

[44] Enokizono T, Ohto T, Tanaka M, Maruo K, Sano Y, Kandori A, et al. Quantitative assessment of fine motor skills in children using magnetic sensors. *Brain & development*. 2020;42:421-30.

[45] Mostofsky SH, Newschaffer CJ, Denckla MB. Overflow movements

predict impaired response inhibition in children with ADHD. *Percept Mot Skills*. 2003;97:1315-31.

[46] Blank R, Barnett AL, Cairney J, Green D, Kirby A, Polatajko H, et al. International clinical practice recommendations on the definition, diagnosis, assessment, intervention, and psychosocial aspects of developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol*. 2019;61:242-85.

[47] Czerniak SM, Sikoglu EM, King JA, Kennedy DN, Mick E, Frazier J, et al. Areas of the brain modulated by single-dose methylphenidate treatment in youth with ADHD during task-based fMRI: a systematic review. *Harv Rev Psychiatry*. 2013;21:151-62.

## 謝辞

---

本論文をまとめるにあたり、終始温かい激励とご指導、ご鞭撻を賜りました筑波大学医学医療系小児科 高田 英俊 教授、大戸 達之 准教授に心より感謝と敬意を表します。

多大なご助言と温かいご支援を賜りました筑波大学医学医療系生物統計学 丸尾 和司 准教授、日立製作所 研究開発グループ 神鳥 明彦 氏、佐野 佑子 氏、マクセル株式会社 新事業統括本部 水口 寛彦 氏に、厚く感謝致します。

本研究の遂行にあたり、多大なご理解とご協力を賜りました筑波大学附属病院小児科 田中 磨衣 病院助教に、厚く感謝致します。

本研究にご協力頂いた上郷小学校の教員の皆様と、参加頂いたすべてのこども達に、厚く感謝致します。

最後に、いつも応援してくれる 4 人の両親、毎日活力と癒しを与えてくれる子どもたち（晴渚、優奈、若菜、真奈）、どんな時も前向きかつ献身的に支え励ましてくれる妻（香織）に、心から感謝致します。

研究資金：本研究のすべては、日本学術振興会 科学研究費補助金（助成金番号 JP25461538）によって行われた。

利益相反：なし

## 図表

---

- 図 1 : 従来の指タッピング装置
- 図 2 : 磁気センサ型指タッピング装置 (UB-1) の全体像
- 図 3 : 実際の波形
- 図 4 : 研究 1 被験者のながれ
- 図 5 : 同時タッピングとアンチタッピング
- 図 6 : 学年差の代表例
- 図 7 : 研究 2 被験者のながれ
- 図 8 : Z スコアの推移 「アンチタッピング」の「位相差の SD」

表 1 : DSM-5	注意欠如・多動症の診断基準
表 2 : DSM-5	自閉スペクトラム症の診断基準
表 3 : DSM-5	発達性協調運動症の診断基準
表 4 : 研究 1	被験者の内訳
表 5 : 研究 1	被験者の身長
表 6 : 研究 1	「距離」パラメータの平均と標準偏差
表 7 : 研究 1	「速度」パラメータの平均と標準偏差
表 8 : 研究 1	「加速度」パラメータの平均と標準偏差
表 9 : 研究 1	「インターバル」パラメータの平均と標準偏差
表 10 : 研究 1	「位相差」パラメータの平均と標準偏差
表 11 : 研究 1	「距離」パラメータの二元配置分散分析
表 12 : 研究 1	「速度」パラメータの二元配置分散分析
表 13 : 研究 1	「加速度」パラメータの二元配置分散分析
表 14 : 研究 1	「インターバル」パラメータの二元配置分散分析
表 15 : 研究 1	「位相差」パラメータの二元配置分散分析
表 16 : 研究 1	「学年」の主効果が有意となったパラメータ
表 17 : 研究 1	「性別」の主効果が有意となったパラメータ
表 18 : 研究 1	交互作用が有意となったパラメータ
表 19 : 研究 2	被験者の内訳
表 20 : 研究 2	「グループ」の主効果が有意となったパラメータ
表 21 : 研究 2	「距離」パラメータの平均と標準偏差
表 22 : 研究 2	「速度」パラメータの平均と標準偏差
表 23 : 研究 2	「加速度」パラメータの平均と標準偏差
表 24 : 研究 2	「インターバル」パラメータの平均と標準偏差
表 25 : 研究 2	「位相差」パラメータの平均と標準偏差
表 26 : 研究 2	「距離」パラメータの二元配置分散分析
表 27 : 研究 2	「速度」パラメータの二元配置分散分析
表 28 : 研究 2	「加速度」パラメータの二元配置分散分析

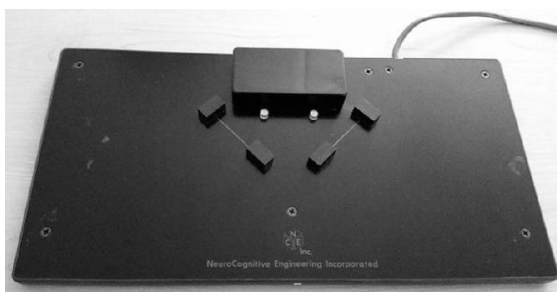
- 表 29：研究 2 「インターバル」パラメータの二元配置分散分析
- 表 30：研究 2 「位相差」パラメータの二元配置分散分析
- 表 31：研究 2 メチルフェニデートの効果 「同時タッピング」の  
「利き手」
- 表 32：研究 2 メチルフェニデートの効果 「同時タッピング」の  
「非利き手」
- 表 33：研究 2 メチルフェニデートの効果 「同時タッピング」の  
「位相差」
- 表 34：研究 2 メチルフェニデートの効果 「アンチタッピング」の  
「利き手」
- 表 35：研究 2 メチルフェニデートの効果 「アンチタッピング」の  
「非利き手」
- 表 36：研究 2 メチルフェニデートの効果 「アンチタッピング」の  
「位相差」



図 1 : 従来の指タッピング装置



digitomotography

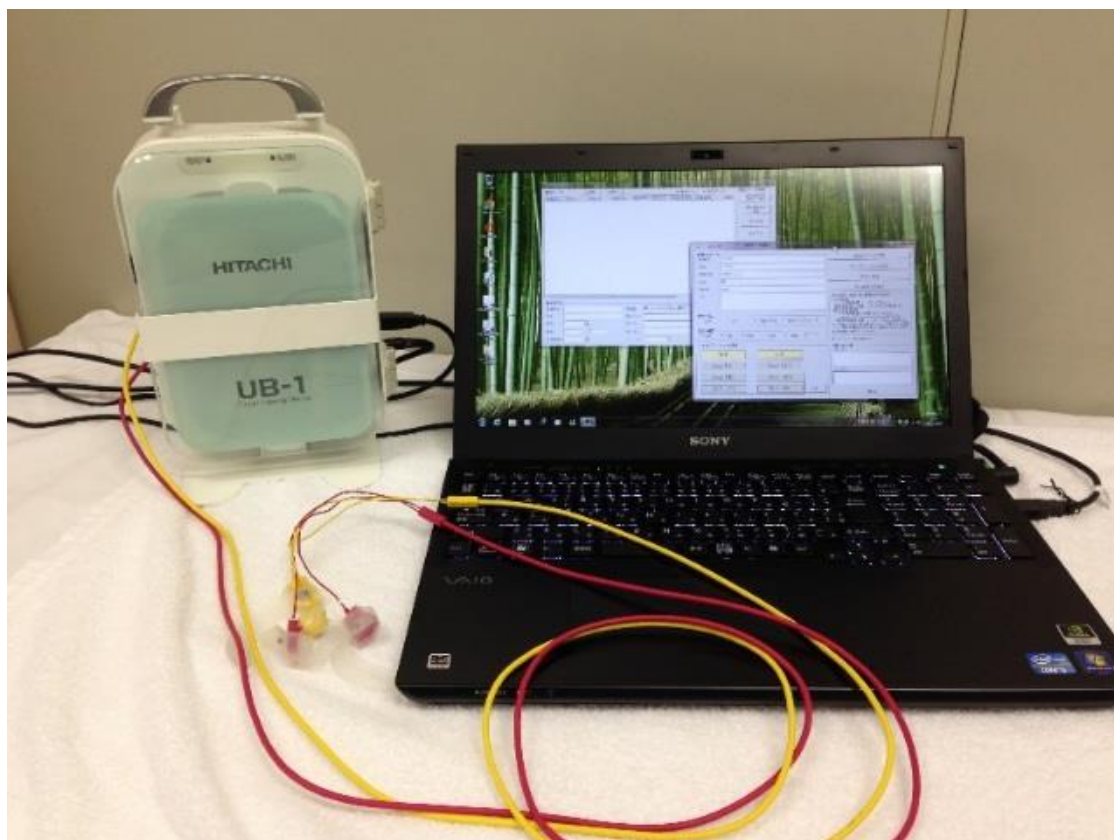


light-beam finger tapper



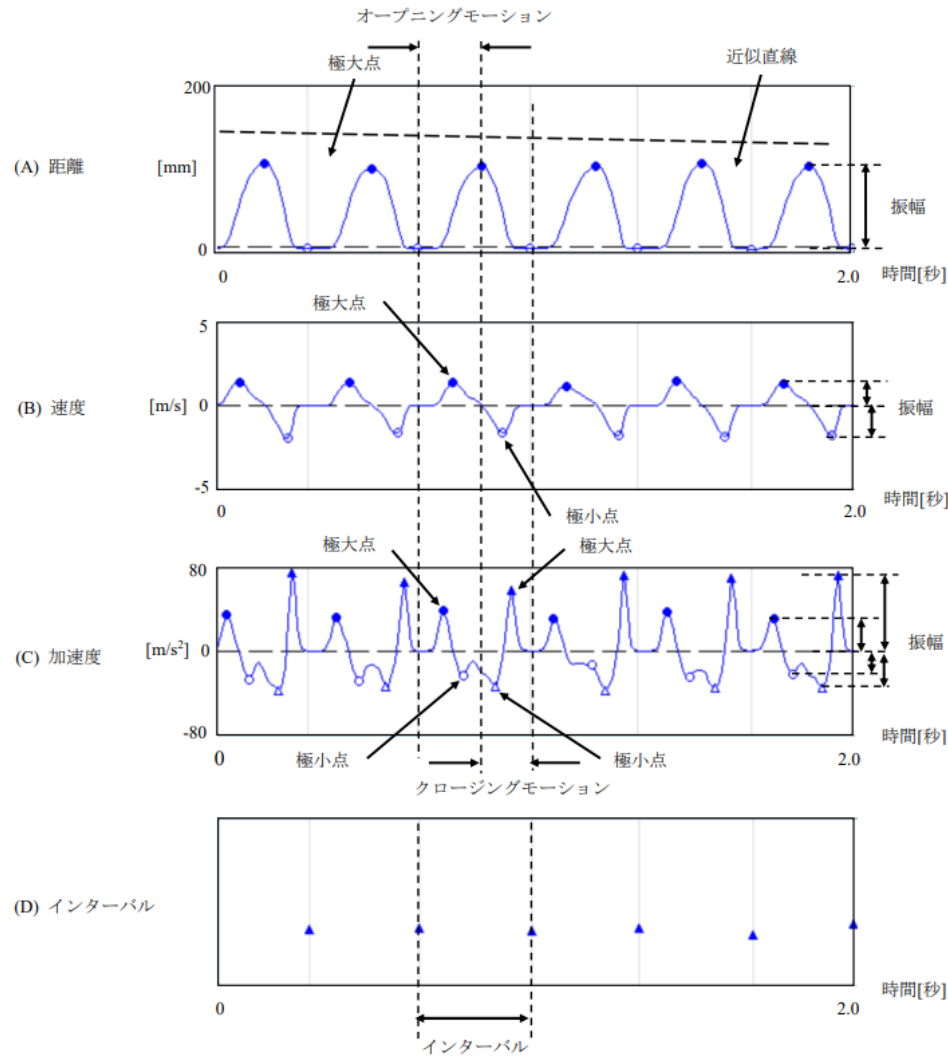
keyboard 型

図 2：磁気センサ型指タッピング装置（UB-1）の全体像



黄色と赤色のセンサケーブルを、それぞれ左手と右手の母指と示指に取り付ける。本装置に接続されたコンピューターは、指タッピング運動の波形をモニタリングできる。

図 3：実際の波形



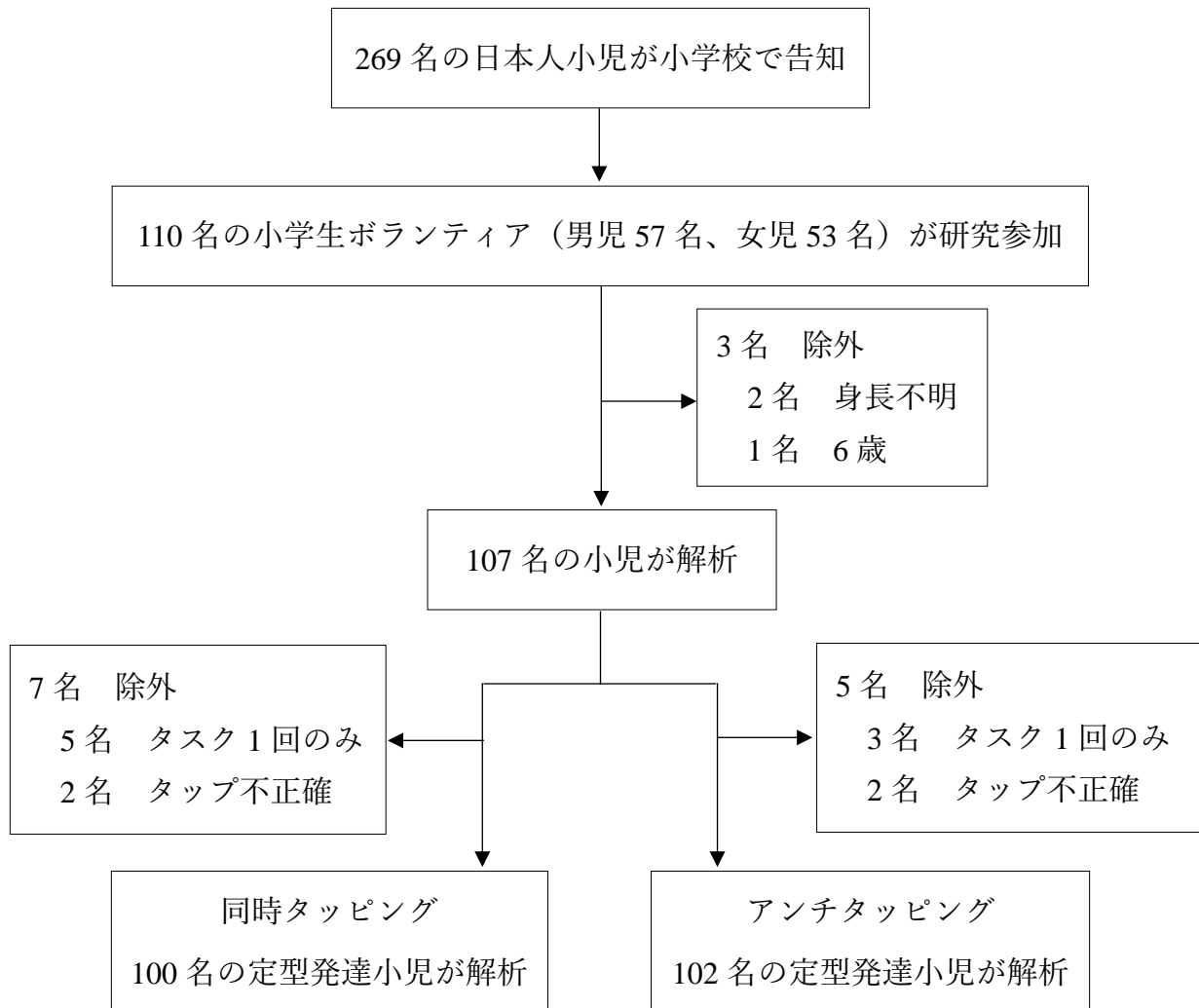
- [1] 距離の最大振幅 [mm]
- [2] 総移動距離 [mm]
- [3] 距離の極大点の平均 [mm]
- [4] 距離の極大点の標準偏差
- [5] 距離の極大点の近似直線傾き

- [6] 速度の最大振幅 [m/s]
- [7] 速度のオープニング極大点の平均 [m/s]
- [8] 速度のクロージング極小点の平均 [m/s]
- [9] 速度のオープニング極大点の標準偏差
- [10] 速度のクロージング極小点の標準偏差
- [11] エネルギーバランス  $[\sum_t v_{open}^2 / \sum_t v_{close}^2]$
- [12] 総エネルギー値  $[\sum_t v^2]$

- [13] 加速度の最大振幅
- [14] 加速度のオープニング極大点の平均  $[m/s^2]$
- [15] 加速度のオープニング極小点の平均  $[m/s^2]$
- [16] 加速度のクロージング極大点の平均  $[m/s^2]$
- [17] 加速度のクロージング極小点の平均  $[m/s^2]$

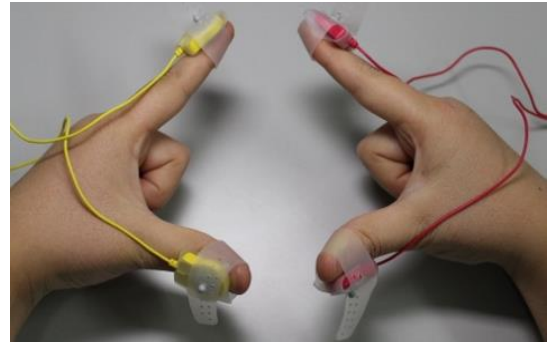
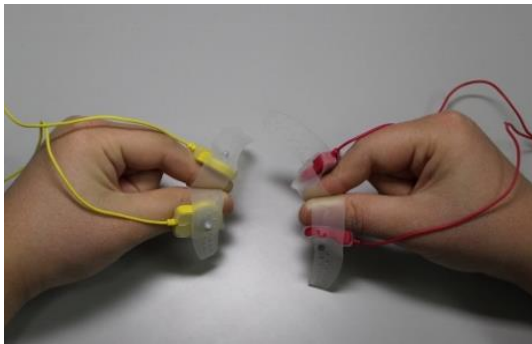
- [18] タップ回数
- [19] タップインターバルの平均
- [20] タップの平均周波数
- [21] タップインターバルの標準偏差

図 4 : 研究 1 被験者のながれ

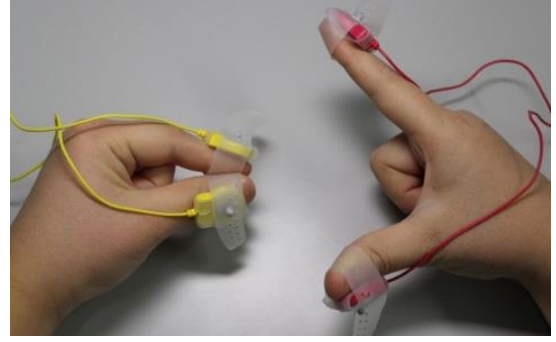
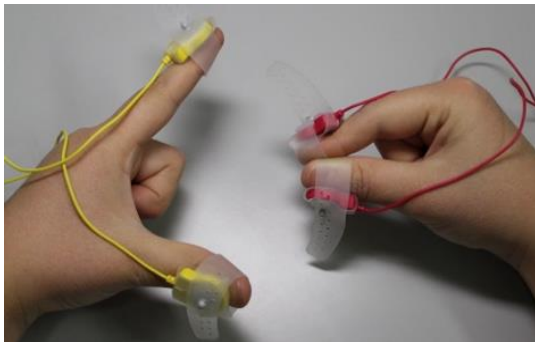


## 図5：同時タッピングとアンチタッピング

(A) 同時タッピング（両手同時）



(B) アンチタッピング（両手交互）

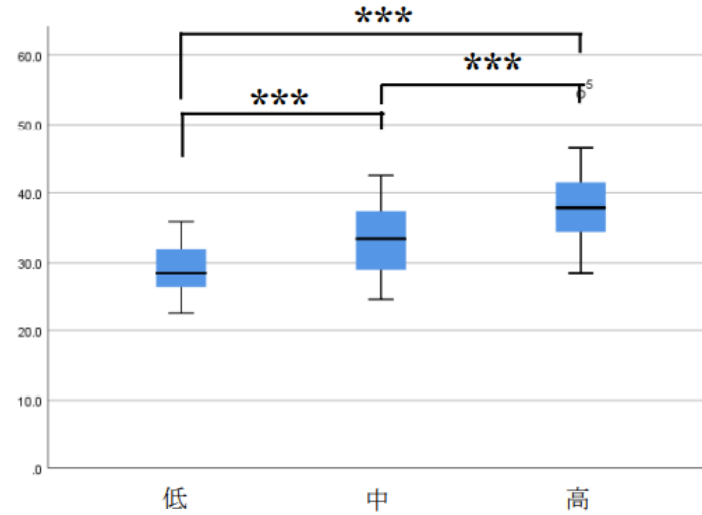
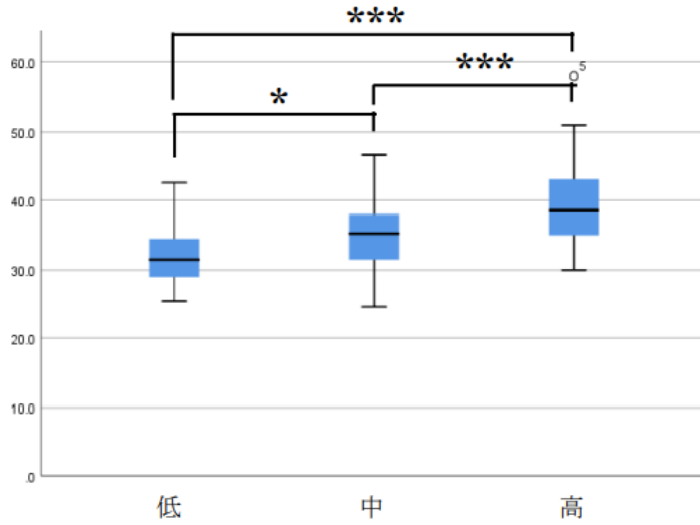


(A) 同時タッピング（両手同時）：被験者は、両手同時に、できるだけ大きくできるだけ速く指タッピングを行う。

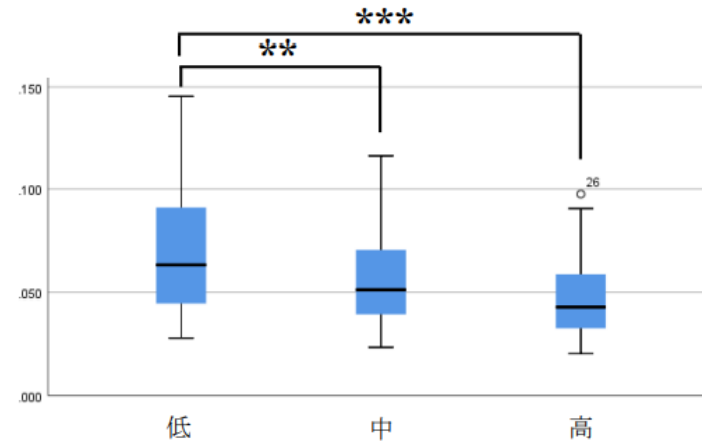
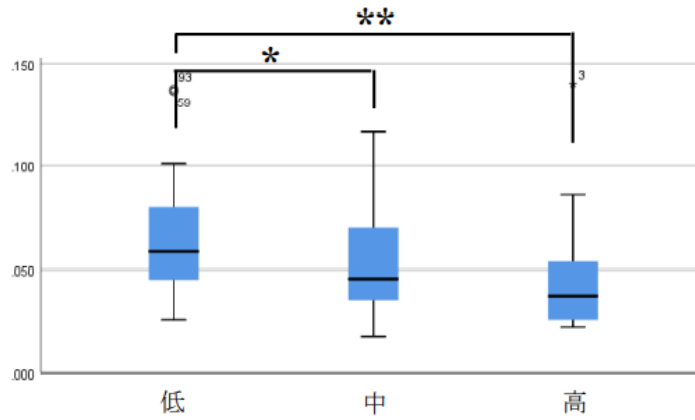
(B) アンチタッピング（両手交互）：被験者は、両手交互に、できるだけ大きくできるだけ速く指タッピングを行う。

図 6 : 学年差の代表例

(A) 「同時タッピング」の「タップ回数」(左: 利き手、右: 非利き手)



(B) 「アンチタッピング」の「タップインターバルのSD」(左: 利き手、右: 非利き手)



\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$

図7：研究2 被験者のながれ

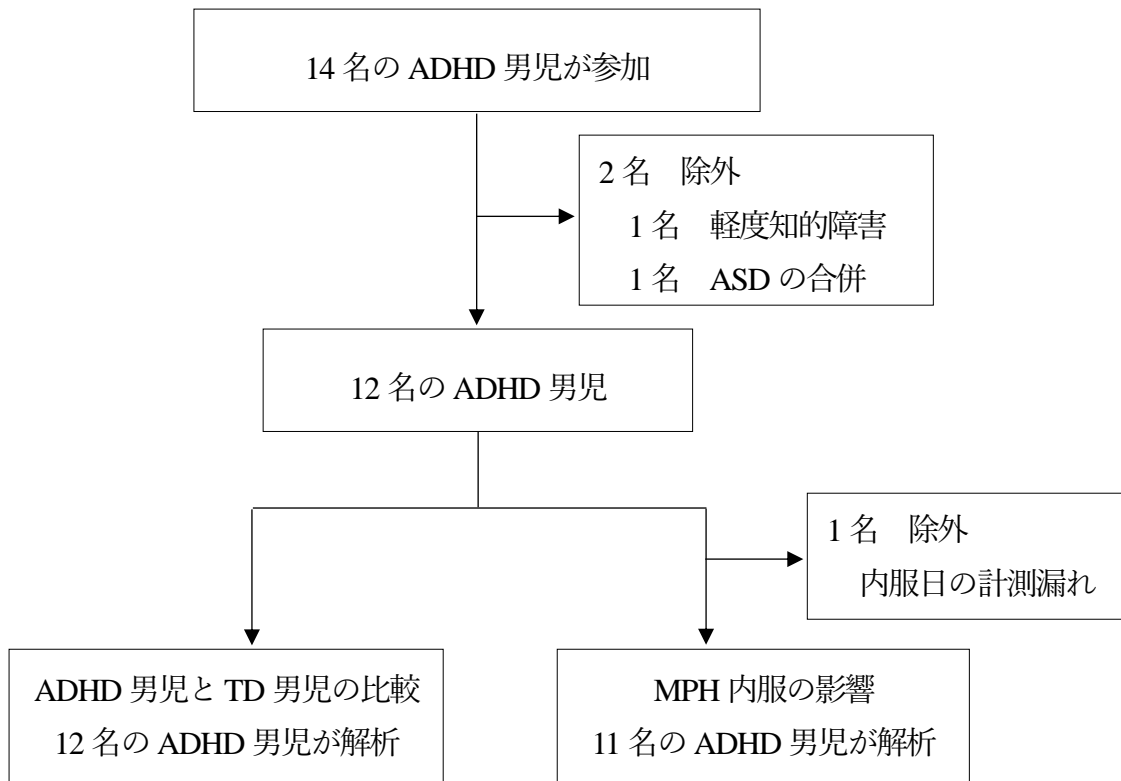
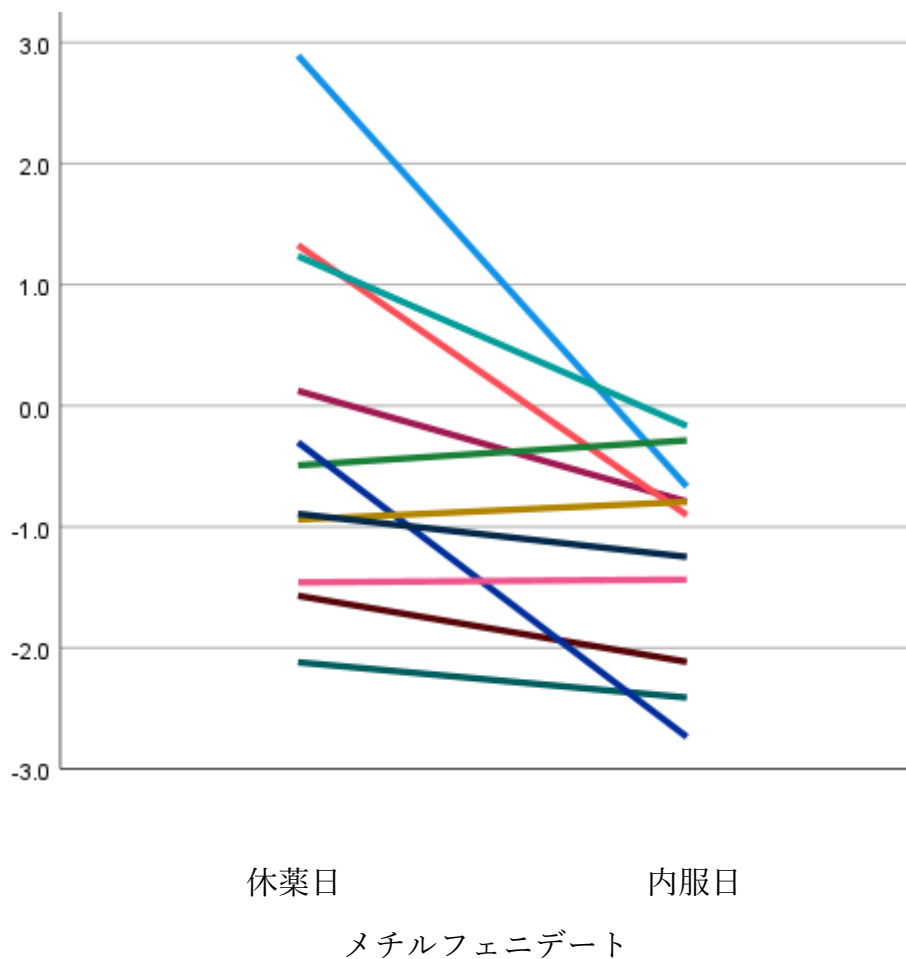


図 8 : 研究 2 Z スコアの推移 「アンチタッピング」の「位相差の SD」





**表 1 : DSM-5 注意欠如・多動症の診断基準**

A. (1) および/または (2) によって特徴づけられる、不注意および/または多動性-衝動性の持続的な様式で、機能または発達の妨げとなっているもの。

(1) 不注意：以下の症状のうち 6 つ（またはそれ以上）が少なくとも 6 か月以上持続し、その程度は不適応的で、発達水準に相応しないもの。

- (a) 学業、仕事、その他の活動において、しばしば綿密に注意することができない、または不注意な過ちをおかす。
- (b) 課題または遊びの活動で注意を持続することがしばしば困難である。
- (c) 直接話しかけられたときにしばしば聞いてないように見える。
- (d) しばしば指示に従えず、学業、用事、または職場での義務をやり遂げることができない。
- (e) 課題や活動を順序立てることがしばしば困難である。
- (f) 精神的努力の持続を要する課題に従事することをしばしば避ける、嫌う、またはいやいや行う。
- (g) 課題や活動に必要なものをしばしば失くしてしまう。
- (h) しばしば外的な刺激によってすぐ気が散ってしまう。
- (i) しばしば日々の活動で忘れっぽい。

(2) 多動性および衝動性：以下の症状のうち 6 つ（またはそれ以上）が少なくとも 6 か月以上持続し、その程度は不適応的で、発達水準に相応しないもの。

- (a) しばしば手足をそわそわと動かし、または椅子の上でもじ

もじする。

- (b) しばしば教室や、その他座っていることを要求される状況で席を離れる。
- (c) しばしば不適切な状況で、走り回ったり高い所へ上ったりする。
- (d) しばしば静かに遊んだり余暇活動につくことができない。
- (e) しばしば“じっとしていない”、またまるで“エンジンで動かされるように”行動する。
- (f) しばしばおしゃべりすぎる。
- (g) しばしば質問が終わる前に出し抜いて答え始めてしまう。
- (h) しばしば自分の順番を待つことが困難である。
- (i) しばしば他人を妨害し、邪魔する。

- B. 多動性-衝動性または不注意の症状のいくつかが、7歳以前に存在し、障害を引き起こしている。
- C. これらの症状による障害が2つ以上の状況（学校または家庭）において存在する。
- D. 社会的、学業的または職業的機能において、臨床的に著しい障害が存在するという明確な証拠がある。
- E. これらの障害は、知的能力障害（知的発達症）または全般的発達遅延ではうまく説明されない。

**表 2 : DSM-5 自閉スペクトラム症の診断基準**

- A. 複数の状況で社会的コミュニケーションおよび対人的相互反応における持続的な障害。
- ①社会的・情緒的な相互関係の障害。
  - ②他者との交流に用いられる非言語的コミュニケーションの障害。
  - ③年齢相応の対人関係性の発達や維持の障害。
- B. 限定された反復する様式の行動、興味、活動（以下の少なくとも2点以上）。
- ①常同的で反復的な身体運動、物の使用、あるいは話し方。
  - ②同一性へのこだわり、日常動作への融通の効かない執着、儀式的行動様式。
  - ③強度または対象において、異常にきわめて限定的な執着する興味。
  - ④感覚刺激に対する敏感さあるいは鈍感さ、または環境の感覚的な側面に対する並外れた興味。
- C. 症状は発達早期の段階で必ず出現する（後に、明らかになるものもある）。
- D. 症状は社会や職業その他の重要な機能に重大な障害を引き起こしている。
- E. これらの障害は、知的能力障害（知的発達症）または全般的発達遅延では説明できない。

**表 3 : DSM-5 発達性協調運動症の診断基準**

- A. 協調運動技能の獲得や遂行が、その人の生活年齢や技能の学習および使用の機会に応じて期待されるものよりも明らかに劣っている。その困難さは、不器用（例：物を落とす、または物にぶつかる）、運動技能（例：物をつかむ、はさみや刃物を使う、書字、自転車に乗る、スポーツに参加する）の遂行における遅さと不正確さによって明らかになる。
- B. 診断基準 A における運動技能の欠如は、生活年齢にふさわしい日常生活活動（例：自己管理、自己保金）を著明および持続的に妨げており、学業または学校での生産性、就労前および就労後の活動、余暇、および遊びに影響を与えている。
- C. この症状の始まりは発達段階早期である。
- D. この運動技能の欠如は、知的能力障害（知的発達症）や視力障害によってはうまく説明されず、運動に影響を与える神経疾患（例：脳性麻痺、筋ジストロフィー、変性疾患）によるものではない。

表 4 : 研究 1 被験者の内訳

タスク	学年 (年齢)	男児	女児	計
同時タッピング	低学年 (7 - 8歳)	21	8	29
	中学年 (9 - 10歳)	11	27	38
	高学年 (11 - 12歳)	20	13	33
	計	52	48	100
アンチタッピング	低学年 (7 - 8歳)	23	9	32
	中学年 (9 - 10歳)	11	27	38
	高学年 (11 - 12歳)	19	13	32
	計	53	49	102

表 5 : 研究 1 被験者の身長

性別	値	同時タッピング			アンチタッピング		
		低学年	中学年	高学年	低学年	中学年	高学年
男児	M	124.36	135.61	145.96	124.38	135.61	145.15
	SD	5.69	7.22	9.82	5.45	7.22	9.39
女児	M	119.60	134.18	146.69	120.20	134.01	146.69
	SD	4.53	8.02	7.44	4.61	7.97	7.44

M 平均、SD 標準偏差

表 6 : 研究 1 「距離」 パラメータの平均と標準偏差

パラメータ [単位]	サイド	性別	値	同時タッピング			アンチタッピング		
				低学年	中学年	高学年	低学年	中学年	高学年
距離の最大 振幅 [mm]	利き手	男児	M	57.62	52.30	56.95	64.82	60.84	63.37
			SD	11.62	8.58	12.23	8.03	9.16	11.91
		女児	M	59.50	59.82	47.12	70.66	66.98	57.24
			SD	14.96	11.65	10.09	17.40	10.44	10.44
	非利き 手	男児	M	60.13	57.11	58.93	65.17	60.08	65.42
			SD	11.38	10.35	9.84	12.12	9.03	9.73
		女児	M	53.68	60.12	49.62	61.44	65.10	56.86
			SD	16.69	12.36	12.39	12.37	9.24	11.21
総移動距離 [mm]	利き手	男児	M	2520	2368	3096	2328	2435	2850
			SD	710	526	792	359	535	711
		女児	M	2266	2823	2623	2319	2712	2653
			SD	640	825	530	361	597	535
	非利き 手	男児	M	2395	2310	2950	2075	2232	2675
			SD	737	651	582	440	546	603
		女児	M	1754	2571	2550	1886	2462	2454
			SD	764	790	815	510	610	522
距離の極大 点の平均 [mm]	利き手	男児	M	39.02	33.25	39.05	48.85	44.74	47.22
			SD	11.00	5.95	12.17	10.25	6.64	12.65
		女児	M	37.11	40.12	34.74	50.35	51.87	45.18
			SD	12.91	11.15	8.76	8.08	12.13	9.99
	非利き 手	男児	M	39.10	34.37	38.16	46.85	42.21	45.00
			SD	11.00	8.78	8.92	11.86	7.55	10.81
		女児	M	31.10	37.16	33.56	42.56	47.42	41.77
			SD	15.68	9.50	11.96	12.79	11.14	9.76
距離の極大 点のSD	利き手	男児	M	8.683	7.912	7.551	8.085	7.362	7.864
			SD	1.995	2.996	1.951	2.322	2.040	2.619
		女児	M	8.984	8.548	5.730	10.050	7.476	5.900
			SD	2.962	2.516	1.869	5.411	2.352	1.935
	非利き 手	男児	M	9.435	9.238	8.623	9.085	8.338	8.674
			SD	2.318	2.481	2.318	2.937	2.693	2.522
		女児	M	8.268	9.339	6.873	8.577	8.664	7.268
			SD	2.121	2.554	2.222	2.331	2.196	2.135
距離の極大 点の近似直 線傾き	利き手	男児	M	-0.134	-0.735	-0.463	-0.658	0.108	-0.558
			SD	1.310	0.504	0.790	1.143	0.979	0.756
		女児	M	0.323	-0.169	-0.050	0.257	-0.571	-0.129
			SD	0.411	0.812	0.909	2.301	0.971	0.767
	非利き 手	男児	M	-0.281	-0.759	-0.652	-0.788	-0.461	-0.288
			SD	1.404	0.514	1.040	1.192	0.876	1.185
		女児	M	0.236	-0.213	-0.351	-0.906	-0.723	-0.890
			SD	0.868	1.085	0.724	0.711	1.050	0.670

M 平均、SD 標準偏差

表7：研究1 「速度」パラメータの平均と標準偏差

パラメータ [単位]	サイド	性別	値	同時タッピング			アンチタッピング		
				低学年	中学年	高学年	低学年	中学年	高学年
速度の最大 振幅 [m/s]	利き手	男児	M	1.922	1.763	2.147	1.984	1.938	2.171
			SD	0.454	0.316	0.585	0.350	0.374	0.494
		女児	M	1.756	1.981	1.672	1.859	2.036	1.805
	非利き 手	男児	M	1.922	1.907	2.193	1.902	1.944	2.183
			SD	0.420	0.334	0.350	0.368	0.365	0.418
		女児	M	1.592	1.937	1.778	1.690	1.897	1.877
速度のオー プニング極 大点の平均 [m/s]	利き手	男児	M	0.594	0.550	0.692	0.578	0.596	0.671
			SD	0.163	0.092	0.166	0.122	0.128	0.208
		女児	M	0.533	0.644	0.570	0.537	0.632	0.589
	非利き 手	男児	M	0.584	0.562	0.698	0.531	0.529	0.655
			SD	0.165	0.129	0.140	0.141	0.121	0.152
		女児	M	0.455	0.604	0.603	0.466	0.579	0.585
速度のク ロージング 極小点の平 均 [m/s]	利き手	男児	M	-0.702	-0.637	-0.798	-0.864	-0.828	-0.909
			SD	0.209	0.120	0.241	0.196	0.197	0.266
		女児	M	-0.627	-0.756	-0.701	-0.782	-0.894	-0.829
	非利き 手	男児	M	-0.697	-0.660	-0.775	-0.784	-0.753	-0.863
			SD	0.206	0.169	0.155	0.213	0.172	0.219
		女児	M	-0.544	-0.687	-0.655	-0.700	-0.788	-0.757
速度のオー プニング極 大点のSD	利き手	男児	M	0.121	0.109	0.122	0.109	0.099	0.111
			SD	0.029	0.034	0.035	0.025	0.027	0.038
		女児	M	0.105	0.116	0.079	0.104	0.094	0.073
	非利き 手	男児	M	0.126	0.126	0.136	0.111	0.110	0.123
			SD	0.026	0.023	0.046	0.030	0.031	0.048
		女児	M	0.109	0.124	0.106	0.102	0.107	0.104
速度のク ロージング 極小点の SD	利き手	男児	M	0.168	0.149	0.154	0.172	0.160	0.178
			SD	0.046	0.047	0.040	0.046	0.041	0.047
		女児	M	0.143	0.154	0.154	0.171	0.155	0.125
	非利き 手	男児	M	0.168	0.173	0.175	0.172	0.176	0.180
			SD	0.046	0.040	0.051	0.043	0.051	0.045
		女児	M	0.141	0.162	0.131	0.168	0.164	0.157
エネルギー バランス	利き手	男児	M	0.702	0.655	0.619	0.562	0.553	0.521
			SD	0.078	0.084	0.087	0.090	0.099	0.075
		女児	M	0.730	0.650	0.571	0.590	0.540	0.498
	非利き 手	男児	M	0.698	0.646	0.632	0.567	0.539	0.538
			SD	0.078	0.094	0.099	0.075	0.125	0.084
		女児	M	0.735	0.672	0.642	0.587	0.559	0.546
総エネル ギー値	利き手	男児	M	166.2	150.6	268.7	156.1	177.0	256.8
			SD	90.9	50.0	129.9	51.6	71.9	125.3
		女児	M	134.7	219.5	194.8	140.2	215.5	212.8
	非利き 手	男児	M	157.9	155.6	249.6	131.9	150.4	230.4
			SD	90.2	74.0	84.7	57.4	63.7	99.3
		女児	M	92.8	185.4	197.3	104.1	178.1	191.3
SD	70.9	106.1	123.6	54.7	83.9	74.1			

M 平均、SD 標準偏差



表 8 : 研究 1 「加速度」パラメータの平均と標準偏差

パラメータ [単位]	サイド	性別	値	同時タッピング			アンチタッピング		
				低学年	中学年	高学年	低学年	中学年	高学年
加速度の最大振幅 [m/s <sup>2</sup> ]	利き手	男児	M	72.50	72.12	93.65	76.91	79.67	87.34
			SD	17.92	15.26	39.03	15.72	21.08	20.91
		女児	M	67.39	79.72	71.43	68.19	78.27	72.75
			SD	27.50	20.23	15.27	20.94	18.39	17.66
	非利き手	男児	M	73.62	77.97	93.32	73.42	77.61	87.85
			SD	16.46	16.82	15.67	16.20	19.63	18.51
		女児	M	57.19	78.02	76.42	62.98	72.98	76.76
			SD	18.34	19.86	19.67	18.73	16.84	16.05
加速度のオープニング 極大点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	利き手	男児	M	15.58	14.38	18.73	14.19	14.85	17.40
			SD	4.31	2.63	4.31	3.38	3.94	5.75
		女児	M	13.85	16.96	15.25	13.63	15.59	15.02
			SD	3.50	4.73	3.94	3.50	5.10	3.99
	非利き手	男児	M	14.65	14.59	18.52	12.68	12.92	16.36
			SD	4.84	3.23	4.04	3.62	3.34	4.35
		女児	M	12.10	15.45	16.15	11.50	13.93	14.55
			SD	3.70	4.50	5.34	3.75	3.81	3.49
加速度のオープニング 極小点の平均[m/s <sup>2</sup> ]	利き手	男児	M	16.47	17.80	23.46	11.46	13.74	17.24
			SD	5.52	4.20	5.21	3.89	5.22	6.47
		女児	M	13.92	20.79	19.23	9.59	13.32	13.92
			SD	4.56	7.29	3.91	2.79	4.99	4.04
	非利き手	男児	M	16.77	18.87	26.02	11.75	12.95	18.86
			SD	5.07	5.16	5.21	3.76	4.93	6.50
		女児	M	12.56	20.50	21.98	9.13	13.67	16.04
			SD	3.14	7.55	7.62	2.48	5.13	4.60
加速度のクロー징 極大点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	利き手	男児	M	27.89	25.37	32.66	35.06	33.72	37.49
			SD	9.06	5.42	10.62	8.57	8.59	11.21
		女児	M	23.92	30.59	28.57	29.65	36.23	33.82
			SD	8.09	8.86	9.48	7.12	11.45	9.15
	非利き手	男児	M	27.76	26.29	31.54	31.47	29.91	35.27
			SD	8.99	6.95	6.59	9.23	7.28	9.82
		女児	M	21.24	27.43	26.50	28.03	31.30	30.76
			SD	8.03	7.13	9.39	8.63	8.34	7.58
加速度のクロー징 極小点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	利き手	男児	M	16.62	18.61	24.18	16.47	18.33	21.29
			SD	4.99	5.31	5.30	3.78	5.83	6.26
		女児	M	14.66	22.13	21.91	14.58	18.07	18.81
			SD	5.08	7.47	3.63	3.86	5.15	3.75
	非利き手	男児	M	16.70	19.36	26.17	15.54	17.33	21.85
			SD	4.93	4.84	5.05	4.18	5.04	5.81
		女児	M	12.82	21.04	22.91	13.06	16.93	17.84
			SD	4.06	7.58	6.36	3.48	5.45	3.24

M 平均、SD 標準偏差



表9：研究1 「インターバル」パラメータの平均と標準偏差

パラメータ [単位]	サイド	性別	値	同時タッピング			アンチタッピング		
				低学年	中学年	高学年	低学年	中学年	高学年
タップ回数	利き手	男児	M	31.93	35.14	40.20	23.39	26.50	30.16
			SD	3.80	5.32	6.80	3.90	4.67	5.96
		女児	M	31.06	34.93	38.35	22.50	26.02	29.39
			SD	4.65	5.23	3.33	2.17	4.26	3.51
	非利き手	男児	M	29.71	33.32	38.53	22.20	26.32	29.37
			SD	3.76	5.55	6.59	3.95	4.99	5.25
		女児	M	27.81	33.65	37.96	21.67	25.43	29.15
			SD	2.28	4.83	3.80	2.65	3.54	2.85
タップインター バルの平均 [s]	利き手	男児	M	0.310	0.286	0.251	0.429	0.380	0.335
			SD	0.034	0.042	0.039	0.038	0.073	0.056
		女児	M	0.324	0.285	0.258	0.438	0.383	0.336
			SD	0.052	0.042	0.023	0.038	0.056	0.037
	非利き手	男児	M	0.334	0.300	0.261	0.454	0.386	0.343
			SD	0.046	0.049	0.043	0.085	0.074	0.058
		女児	M	0.356	0.295	0.262	0.457	0.390	0.340
			SD	0.030	0.040	0.025	0.054	0.050	0.031
タップインター バルの平均周 波数 [Hz]	利き手	男児	M	3.271	3.580	4.090	2.410	2.721	3.083
			SD	0.383	0.513	0.691	0.397	0.475	0.591
		女児	M	3.174	3.585	3.912	2.304	2.676	3.012
			SD	0.484	0.498	0.325	0.200	0.430	0.352
	非利き手	男児	M	3.053	3.429	3.931	2.290	2.680	3.003
			SD	0.392	0.561	0.668	0.407	0.492	0.538
		女児	M	2.850	3.457	3.863	2.225	2.608	2.966
			SD	0.210	0.453	0.368	0.270	0.342	0.280
タップインター バルのSD	利き手	男児	M	0.047	0.042	0.035	0.064	0.061	0.051
			SD	0.029	0.018	0.019	0.028	0.022	0.029
		女児	M	0.049	0.045	0.032	0.070	0.048	0.036
			SD	0.028	0.029	0.017	0.029	0.021	0.014
	非利き手	男児	M	0.062	0.053	0.042	0.079	0.064	0.055
			SD	0.053	0.025	0.024	0.043	0.022	0.023
		女児	M	0.073	0.049	0.033	0.071	0.054	0.040
			SD	0.019	0.030	0.020	0.046	0.023	0.013

M 平均、SD 標準偏差

表 10 : 研究 1 「位相差」パラメータの平均と標準偏差

パラメータ [単位]	性別	値	同時タッピング			アンチタッピング		
			低学年	中学年	高学年	低学年	中学年	高学年
位相差の平均 [度]	男児	M	-17.97	-18.81	5.83	158.14	173.81	158.87
		SD	43.56	27.18	81.20	39.86	31.73	30.53
	女児	M	-0.76	-8.62	-3.59	146.39	176.70	179.13
		SD	94.32	52.63	85.83	32.87	33.01	29.43
位相差の SD	男児	M	57.69	58.20	67.20	62.68	59.44	65.63
		SD	43.62	23.83	39.37	33.43	16.63	33.86
	女児	M	61.57	62.90	44.74	60.43	59.45	41.51
		SD	24.56	60.25	24.94	40.24	28.98	15.02

M 平均、SD 標準偏差

表 11 : 研究 1 「距離」パラメータの二元配置分散分析

パラメータ [単位]	サイド	性別	同時タッピング						アンチタッピング					
			平均			二元配置分散分析			平均			二元配置分散分析		
			低学年	中学年	高学年	学年	性別	学年×性別	低学年	中学年	高学年	学年	性別	学年×性別
距離の最大 振幅 [mm]	利き手	男児	57.62	52.30	56.95	0.112	0.954	<b>0.013*</b>	64.82	60.84	63.37	<b>0.042*</b>	0.404	<b>0.049*</b>
		女児	59.50	59.82	47.12				70.66	66.98	57.24			
	非利き手	男児	60.13	57.11	58.93	0.350	0.104	0.109	65.17	60.08	65.42	0.730	0.287	<b>0.042*</b>
		女児	53.68	60.12	49.62				61.44	65.10	56.86			
総移動距離 [mm]	利き手	男児	2520	2368	3096	0.061	0.566	<b>0.034*</b>	2328	2435	2850	<b>0.016*</b>	0.839	0.233
		女児	2266	2823	2623				2319	2712	2653			
	非利き手	男児	2395	2310	2950	<b>0.004**</b>	0.104	0.059	2075	2232	2675	<b>0.001**</b>	0.610	0.206
		女児	1754	2571	2550				1886	2462	2454			
距離の極大 点の平均 [mm]	利き手	男児	39.02	33.25	39.05	0.886	0.927	0.106	48.85	44.74	47.22	0.487	0.343	0.246
		女児	37.11	40.12	34.74				50.35	51.87	45.18			
	非利き手	男児	39.10	34.37	38.16	0.961	0.159	0.153	46.85	42.21	45.00	0.875	0.852	0.226
		女児	31.10	37.16	33.56				42.56	47.42	41.77			
距離の極大 点のSD	利き手	男児	8.683	7.912	7.551	<b>0.002**</b>	0.563	0.088	8.085	7.362	7.864	<b>0.010*</b>	0.948	<b>0.028*</b>
		女児	8.984	8.548	5.730				10.050	7.476	5.900			
	非利き手	男児	9.435	9.238	8.623	<b>0.035*</b>	0.073	0.296	9.085	8.338	8.674	0.425	0.325	0.398
		女児	8.268	9.339	6.873				8.577	8.664	7.268			
距離の極大 点の近似直 線傾き	利き手	男児	-0.134	-0.735	-0.463	0.092	<b>0.017*</b>	0.943	-0.658	0.108	-0.558	0.879	0.361	<b>0.026*</b>
		女児	0.323	-0.169	-0.050				0.257	-0.571	-0.129			
	非利き手	男児	-0.281	-0.759	-0.652	0.191	0.051	0.885	-0.788	-0.461	-0.288	0.570	0.141	0.658
		女児	0.236	-0.213	-0.351				-0.906	-0.723	-0.890			

SD 標準偏差、太字は有意差のついた p 値 \* $p < 0.05$ 、\*\* $p < 0.01$

表 12 : 研究 1 「速度」パラメータの二元配置分散分析

パラメータ [単位]	サイド	性別	同時タッピング						アンチタッピング						
			平均			二元配置分散分析			平均			二元配置分散分析			
			低学年	中学年	高学年	学年	性別	学年×性別	低学年	中学年	高学年	学年	性別	学年×性別	
速度の最大 振幅 [m/s]	利き手	男児	1.922	1.763	2.147	0.854	0.164	<b>0.014*</b>	1.984	1.938	2.171	0.804	0.155	0.106	
		女児	1.756	1.981	1.672				1.859	2.036	1.805				
	非利き手	男児	1.922	1.907	2.193	0.132	<b>0.010*</b>	0.090	1.902	1.944	2.183	0.090	<b>0.028*</b>	0.428	
		女児	1.592	1.937	1.778				1.690	1.897	1.877				
	速度のオー プニング極大 点の平均 [m/s]	利き手	男児	0.594	0.550	0.692	0.308	0.398	<b>0.028*</b>	0.578	0.596	0.671	0.207	0.389	0.336
			女児	0.533	0.644	0.570				0.537	0.632	0.589			
非利き手		男児	0.584	0.562	0.698	<b>0.015*</b>	0.090	0.113	0.531	0.529	0.655	<b>0.008**</b>	0.362	0.189	
		女児	0.455	0.604	0.603				0.466	0.579	0.585				
速度のクロ ウジング極小 点の平均 [m/s]		利き手	男児	0.702	0.637	0.798	0.302	0.694	0.084	0.864	0.828	0.909	0.721	0.502	0.343
			女児	0.627	0.756	0.701				0.782	0.894	0.829			
	非利き手	男児	0.697	0.660	0.775	0.176	<b>0.044*</b>	0.148	0.784	0.753	0.863	0.433	0.226	0.331	
		女児	0.544	0.687	0.655				0.700	0.788	0.757				
速度のオー プニング極大 点のSD	利き手	男児	0.121	0.109	0.122	0.313	<b>0.033*</b>	<b>0.026*</b>	0.109	0.099	0.111	0.208	<b>0.019*</b>	0.071	
		女児	0.105	0.116	0.079				0.104	0.094	0.073				
	非利き手	男児	0.126	0.126	0.136	0.762	0.052	0.352	0.111	0.110	0.123	0.776	0.185	0.701	
		女児	0.109	0.124	0.106				0.102	0.107	0.104				
速度のクロ ウジング極小 点のSD	利き手	男児	0.168	0.149	0.154	0.171	<b>0.047*</b>	0.155	0.172	0.160	0.178	0.266	<b>0.048*</b>	0.051	
		女児	0.143	0.154	0.154				0.171	0.155	0.125				
	非利き手	男児	0.168	0.173	0.175	0.395	<b>0.007**</b>	0.344	0.172	0.176	0.180	0.980	0.152	0.711	
		女児	0.141	0.162	0.131				0.168	0.164	0.157				
エネルギー バランス	利き手	男児	0.702	0.655	0.619	<b>0.000***</b>	0.644	0.266	0.562	0.553	0.521	<b>0.014*</b>	0.892	0.488	
		女児	0.730	0.650	0.571				0.590	0.540	0.498				
	非利き手	男児	0.698	0.646	0.632	<b>0.009**</b>	0.239	0.868	0.567	0.539	0.538	0.308	0.404	0.951	
		女児	0.735	0.672	0.642				0.587	0.559	0.546				
総エネル ギー値	利き手	男児	166.2	150.6	268.7	<b>0.022*</b>	0.603	<b>0.029*</b>	156.1	177.0	256.8	<b>0.002**</b>	0.710	0.186	
		女児	134.7	219.5	194.8				140.2	215.5	212.8				
	非利き手	男児	157.9	155.6	249.6	<b>0.001**</b>	0.166	0.128	131.9	150.4	230.4	<b>0.000***</b>	0.428	0.194	
		女児	92.8	185.4	197.3				104.1	178.1	191.3				

SD 標準偏差、太字は有意差のついた p 値 \* $p<0.05$ 、\*\* $p<0.01$ 、\*\*\* $p<0.001$

表 13 : 研究 1 「加速度」パラメータの二元配置分散分析

パラメータ [単位]	サイド	性別	同時タッピング						アンチタッピング					
			平均			二元配置分散分析			平均			二元配置分散分析		
			低学年	中学年	高学年	学年	性別	学年×性別	低学年	中学年	高学年	学年	性別	学年×性別
加速度の最大 振幅 [m/s <sup>2</sup> ]	利き手	男児	72.50	72.12	93.65	0.172	0.221	0.059	76.91	79.67	87.34	0.283	0.043	0.385
		女児	67.39	79.72	71.43				68.19	78.27	72.75			
	非利き手	男児	73.62	77.97	93.32	<b>0.001**</b>	<b>0.005**</b>	0.119	73.42	77.61	87.85	<b>0.012*</b>	<b>0.021*</b>	0.728
		女児	57.19	78.02	76.42				62.98	72.98	76.76			
加速度のオー プニング極大 点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	利き手	男児	15.58	14.38	18.73	0.134	0.337	<b>0.016*</b>	14.19	14.85	17.40	0.167	0.450	0.396
		女児	13.85	16.96	15.25				13.63	15.59	15.02			
	非利き手	男児	14.65	14.59	18.52	<b>0.005**</b>	0.164	0.252	12.68	12.92	16.36	<b>0.004**</b>	0.420	0.312
		女児	12.10	15.45	16.15				11.50	13.93	14.55			
加速度のオー プニング極小 点の平均[m/s <sup>2</sup> ]	利き手	男児	16.47	17.80	23.46	<b>0.001**</b>	0.310	<b>0.036*</b>	11.46	13.74	17.24	<b>0.001**</b>	0.075	0.501
		女児	13.92	20.79	19.23				9.59	13.32	13.92			
	非利き手	男児	16.77	18.87	26.02	<b>0.000***</b>	0.102	0.120	11.75	12.95	18.86	<b>0.000***</b>	0.135	0.290
		女児	12.56	20.50	21.98				9.13	13.67	16.04			
加速度のク ロージング極 大点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	利き手	男児	27.89	25.37	32.66	0.160	0.633	0.078	35.06	33.72	37.49	0.431	0.304	0.278
		女児	23.92	30.59	28.57				29.65	36.23	33.82			
	非利き手	男児	27.76	26.29	31.54	0.112	<b>0.045*</b>	0.150	31.47	29.91	35.27	0.334	0.242	0.370
		女児	21.24	27.43	26.50				28.03	31.30	30.76			
加速度のク ロージング極 小点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	利き手	男児	16.62	18.61	24.18	<b>0.000***</b>	0.852	0.095	16.47	18.33	21.29	<b>0.004**</b>	0.146	0.659
		女児	14.66	22.13	21.91				14.58	18.07	18.81			
	非利き手	男児	16.70	19.36	26.17	<b>0.000***</b>	0.162	0.149	15.54	17.33	21.85	<b>0.000***</b>	<b>0.029*</b>	0.341
		女児	12.82	21.04	22.91				13.06	16.93	17.84			

太字は有意差のついた p 値 \* $p < 0.05$ 、\*\* $p < 0.01$ 、\*\*\* $p < 0.001$

表 14 : 研究 1 「インターバル」パラメータの二元配置分散分析

パラメータ [単位]	サイド	性別	同時タッピング						アンチタッピング					
			平均			二元配置分散分析			平均			二元配置分散分析		
			低学年	中学年	高学年	学年	性別	学年×性別	低学年	中学年	高学年	学年	性別	学年×性別
タップ回数	利き手	男児	31.93	35.14	40.20	<b>0.000***</b>	0.382	0.814	23.39	26.50	30.16	<b>0.000***</b>	0.448	0.983
		女児	31.06	34.93	38.35				22.50	26.02	29.39			
	非利き手	男児	29.71	33.32	38.53	<b>0.000***</b>	0.504	0.706	22.20	26.32	29.37	<b>0.000***</b>	0.530	0.947
		女児	27.81	33.65	37.96				21.67	25.43	29.15			
タップインター バルの平均 [s]	利き手	男児	0.310	0.286	0.251	<b>0.000***</b>	0.432	0.785	0.429	0.380	0.335	<b>0.000***</b>	0.724	0.970
		女児	0.324	0.285	0.258				0.438	0.383	0.336			
	非利き手	男児	0.334	0.300	0.261	<b>0.000***</b>	0.543	0.469	0.454	0.386	0.343	<b>0.000***</b>	0.927	0.975
		女児	0.356	0.295	0.262				0.457	0.390	0.340			
タップインター バルの平均周 波数	利き手	男児	3.271	3.580	4.090	<b>0.000***</b>	0.417	0.772	2.410	2.721	3.083	<b>0.000***</b>	0.434	0.967
		女児	3.174	3.585	3.912				2.304	2.676	3.012			
	非利き手	男児	3.053	3.429	3.931	<b>0.000***</b>	0.443	0.683	2.290	2.680	3.003	<b>0.000***</b>	0.505	0.984
		女児	2.850	3.457	3.863				2.225	2.608	2.966			
タップインター バルのSD	利き手	男児	0.047	0.042	0.035	0.076	0.917	0.857	0.064	0.061	0.051	<b>0.002**</b>	0.172	0.229
		女児	0.049	0.045	0.032				0.070	0.048	0.036			
	非利き手	男児	0.062	0.053	0.042	<b>0.005**</b>	0.892	0.518	0.079	0.064	0.055	<b>0.004**</b>	0.104	0.914
		女児	0.073	0.049	0.033				0.071	0.054	0.040			

SD 標準偏差、太字は有意差のついた p 値 \*\* $p < 0.01$ 、\*\*\* $p < 0.001$



表 15 : 研究 1 「位相差」パラメータの二元配置分散分析

パラメータ [単位]	性別	同時タッピング						アンチタッピング					
		平均			二元配置分散分析			平均			二元配置分散分析		
		低学年	中学年	高学年	学年	性別	学年×性別	低学年	中学年	高学年	学年	性別	学年×性別
位相差の平均 [度]	男児	-17.97	-18.81	5.83	0.650	0.671	0.724	158.14	173.81	158.87	<b>0.036*</b>	0.600	0.207
	女児	-0.76	-8.62	-3.59				146.39	176.70	179.13			
位相差の SD	男児	57.69	58.20	67.20	0.910	0.628	0.394	62.68	59.44	65.63	0.573	0.172	0.225
	女児	61.57	62.90	44.74				60.43	59.45	41.51			

SD 標準偏差、太字は有意差のついた p 値 \* $p < 0.05$

表 16 : 研究 1 「学年」の主効果が有意となったパラメータ

パラメータ	タスク	サイド	平均			二元配置分散分析 年齢	学年の多重比較			評価
			L	M	H		ペア	p 値		
(A) 総移動距離 [mm]	同時	非利き手	2218	2495	2792	0.004	L	H	0.003	増加
		利き手	2325	2632	2770	0.016	L	M	0.021	増加
	アンチ	非利き手	2021	2396	2585	0.001	L	H	0.004	増加
		利き手	8.766	8.364	6.834	0.002	L	M	0.005	増加
		非利き手	9.113	9.31	7.934	0.035	L	H	<0.001	減少
		利き手	0.548	0.592	0.661	0.015	M	H	0.007	減少
(B) 速度のオープニング極大点の平均 [m/s]	同時	非利き手	0.548	0.592	0.661	0.015	L	H	0.080	増加
		利き手	0.513	0.564	0.627	0.008	L	H	0.002	増加
	アンチ	非利き手	0.710	0.651	0.600	<0.001	L	M	0.007	減少
		利き手	0.708	0.664	0.636	0.009	M	H	0.014	減少
		非利き手	0.570	0.544	0.512	0.014	L	H	<0.001	減少
		利き手	139.9	176.8	229.0	0.001	L	H	0.007	減少
(C) 加速度の最大振幅 [m/s <sup>2</sup> ]	同時	非利き手	139.9	176.8	229.0	0.001	M	H	0.024	増加
		利き手	151.7	204.4	239.0	0.002	L	M	<0.001	増加
	アンチ	非利き手	124.0	170.1	214.5	<0.001	L	H	0.016	増加
		利き手	69.09	78.01	86.66	0.001	L	M	<0.001	増加
		非利き手	70.48	74.32	83.34	0.012	M	H	0.045	増加
		利き手	13.95	15.20	17.59	0.005	L	H	0.033	増加
(D) タップ回数	同時	非利き手	12.34	13.64	15.62	0.004	M	H	0.026	増加
		利き手	15.60	20.02	24.43	<0.001	L	H	0.002	増加
	アンチ	非利き手	10.93	13.44	15.89	0.001	M	H	0.031	増加
		利き手	11.02	13.46	17.17	<0.001	L	M	0.001	増加
		非利き手	16.08	21.12	23.29	<0.001	L	H	0.038	増加
		利き手	15.63	20.55	24.88	<0.001	M	H	<0.001	増加
(E) 位相差の平均 [度]	同時	非利き手	15.94	18.14	20.28	0.004	L	H	<0.001	増加
		利き手	14.84	17.05	20.22	<0.001	L	M	0.040	増加
	アンチ	非利き手	16.08	21.12	23.29	<0.001	M	H	<0.001	増加
		利き手	15.94	18.14	20.28	0.004	L	H	<0.001	増加
		非利き手	14.84	17.05	20.22	<0.001	M	H	0.001	増加
		利き手	31.69	34.99	39.47	<0.001	L	M	0.003	増加
(D) タップインターバルの平均 [s]	同時	非利き手	29.19	33.55	38.30	<0.001	L	H	<0.001	増加
		利き手	23.14	26.16	29.84	<0.001	L	M	<0.001	増加
	アンチ	非利き手	22.05	25.68	29.28	<0.001	M	H	<0.001	増加
		利き手	0.314	0.285	0.254	<0.001	L	H	0.001	減少
		非利き手	0.34	0.296	0.261	<0.001	M	H	<0.001	減少
		利き手	0.431	0.382	0.335	<0.001	L	M	0.001	減少
(D) タップインターバルの平均周波数 [Hz]	同時	非利き手	0.455	0.389	0.342	<0.001	L	H	<0.001	減少
		利き手	3.244	3.583	4.02	<0.001	M	H	0.002	減少
	アンチ	非利き手	2.997	3.449	3.904	<0.001	L	M	<0.001	増加
		利き手	2.38	2.689	3.054	<0.001	L	H	<0.001	増加
		非利き手	2.272	2.629	2.988	<0.001	M	H	0.001	増加
		利き手	0.065	0.05	0.038	0.005	L	M	<0.001	増加
(D) タップインターバルのSD	同時	非利き手	0.066	0.052	0.045	0.002	L	H	0.002	減少
		利き手	0.766	0.568	0.487	0.004	L	M	0.019	減少
	アンチ	非利き手	154.8	175.9	167.1	0.036	L	H	0.001	減少
		利き手	0.066	0.052	0.045	0.002	L	M	0.001	減少
		非利き手	0.766	0.568	0.487	0.004	L	H	<0.001	減少
		利き手	154.8	175.9	167.1	0.036	M	H	0.011	非特異的

SD 標準偏差、L 低学年、M 中学年、H 高学年、(A) 距離、(B) 速度、(C) 加速度、(D) インターバル、(E) 位相差

表 17 : 研究 1 「性別」の主効果が有意となったパラメータ

	パラメータ[単位]	タスク	サイド	平均		二元配置分散 分析 性別	評価
				男児	女児		
(A)	距離の極大点の近似直線傾き	同時	利き手	-0.388	-0.055	0.017	女児は男児より有意に高い
(B)	速度の最大振幅 [m/s]	同時	非利き手	2.023	1.836	0.010	男児は女児より有意に高い
		アンチ	非利き手	2.012	1.853	0.028	男児は女児より有意に高い
	速度のクロージング極小点の平均 [m/s]	同時	非利き手	0.719	0.655	0.044	男児は女児より有意に高い
	速度のオープニング極大点のSD	アンチ	利き手	0.108	0.090	0.019	女児は男児より有意に低い
	速度のクロージング極小点のSD	同時	利き手	0.159	0.142	0.047	女児は男児より有意に低い
			非利き手	0.172	0.150	0.007	女児は男児より有意に低い
アンチ	利き手	0.171	0.150	0.048	女児は男児より有意に低い		
(C)	加速度の最大振幅 [m/s <sup>2</sup> ]	同時	非利き手	82.12	74.11	0.005	男児は女児より有意に高い
		アンチ	非利き手	79.46	72.15	0.021	男児は女児より有意に高い
	加速度のクロージング極大点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	同時	非利き手	28.90	26.15	0.045	男児は女児より有意に高い
	加速度のクロージング極小点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	アンチ	非利き手	18.17	16.46	0.029	男児は女児より有意に高い

SD 標準偏差、(A) 距離、(B) 速度、(C) 加速度

表 18 : 研究 1 交互作用が有意となったパラメータ

	パラメータ	タスク	サイド	性別	平均			二元配置分散分析			p値	評価
					低学年	中学年	高学年	学年	性別	学年×性別		
(A)	距離の最大振幅 [mm]	同時	利き手	男児	57.62	52.30	56.95	0.112	0.954	0.013	0.002	女兒において、高学年は中学年より有意に低い
				女兒	59.50	59.82	47.12				0.019	女兒において、高学年は低学年より有意に低い
		アンチ	利き手	男児	64.82	60.84	63.37	0.042	0.404	0.049	0.019	高学年において、女兒は男児より有意に低い
				女兒	70.66	66.98	57.24				0.009	女兒において、高学年は中学年より有意に低い
			非利き手	男児	65.17	60.08	65.42	0.730	0.287	0.042	0.005	女兒において、高学年は低学年より有意に低い
				女兒	61.44	65.10	56.86				0.023	女兒において、高学年は中学年より有意に低い
	総移動距離 [mm]	同時	利き手	男児	2520	2368	3096	0.061	0.556	0.034	0.027	高学年において、女兒は男児より有意に低い
				女兒	2266	2823	2623				0.008	男児において、高学年は中学年より有意に高い
	距離の極大点のSD	アンチ	利き手	男児	8.085	7.362	7.864	0.010	0.948	0.028	0.012	男児において、高学年は低学年より有意に高い
				女兒	10.050	7.476	5.900				0.001	女兒において、高学年は低学年より有意に低い
	距離の極大点の近似直線傾き	アンチ	利き手	男児	-0.658	0.108	-0.558	0.879	0.361	0.026	0.042	低学年において、女兒は男児より有意に高い
				女兒	0.257	-0.571	-0.129				0.015	女兒において、中学年は低学年より有意に低い
(B)	速度の最大振幅 [m/s]	同時	利き手	男児	1.922	1.763	2.147	0.854	0.164	0.014	0.029	男児において、高学年は中学年より有意に高い
				女兒	1.756	1.981	1.672				0.005	高学年において、男児は女兒より有意に高い
	速度のオープニング極大点の平均 [m/s]	同時	利き手	男児	0.594	0.550	0.692	0.308	0.398	0.028	0.021	男児において、高学年は中学年より有意に高い
				女兒	0.533	0.644	0.570				0.036	高学年において、男児は女兒より有意に高い
	速度のオープニング極大点のSD	同時	利き手	男児	0.121	0.109	0.122	0.313	0.033	0.026	0.003	女兒において、高学年は中学年より有意に低い
				女兒	0.105	0.116	0.079				0.001	高学年において、女兒は男児より有意に低い
	総エネルギー値	同時	利き手	男児	166.2	150.6	268.7	0.022	0.603	0.029	0.004	男児において、高学年は中学年より有意に高い
				女兒	134.7	219.5	194.8				0.003	男児において、高学年は低学年より有意に高い
	加加速度のオープニング極大点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	同時	利き手	男児	15.58	14.38	18.73	0.134	0.337	0.016	0.007	男児において、高学年は中学年より有意に高い
				女兒	13.85	16.96	15.25				0.018	男児において、高学年は低学年より有意に高い
					0.022	高学年において、男児は女兒より有意に高い						
	加加速度のオープニング極小点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	同時	利き手	男児	16.47	17.80	23.46	0.001	0.310	0.036	<0.001	男児において、高学年は低学年より有意に高い
女兒				13.92	20.79	19.23	0.009				男児において、高学年は中学年より有意に高い	
				0.003	女兒において、中学年は低学年より有意に高い							
				0.040	女兒において、高学年は低学年より有意に高い							
				0.038	高学年において、男児は女兒よりも有意に高い							

SD 標準偏差、(A) 距離、(B) 速度、(C) 加加速度

表 19 : 研究 2 被験者の内訳

(A) ADHD 児と TD 児の比較

学年(年齢)	ADHD	TD
低学年(7 - 8歳)	2	21
中学年(9 - 10歳)	8	11
高学年(11 - 12歳)	2	19
計	12	51

(B) MPH の影響

学年(年齢)	ADHD
低学年(7 - 8歳)	2
中学年(9 - 10歳)	7
高学年(11 - 12歳)	2
計	11

ADHD 注意欠如・多動症、TD 定型発達、MPH メチルフェニデート

表 20：研究 2 「グループ」の主効果が有意となったパラメータ

	パラメータ [単位]	タスク	サイド	平均		二元配置分散分析	評価	
				TD	ADHD			
(A)	距離の最大振幅 [mm]	同時	利き手	55.77	65.18	0.040*	ADHD > TD	
			アンチ	利き手	62.77	71.54	0.037*	ADHD > TD
			非利き手	63.51	72.87	0.039*	ADHD > TD	
	距離の極大点の平均[mm]	同時	利き手	37.22	46.71	0.027*	ADHD > TD	
			アンチ	利き手	47.03	55.49	0.042*	ADHD > TD
			非利き手	44.48	55.07	0.017*	ADHD > TD	
(B)	速度のクロージング極小点の平均 [m/s]	同時	利き手	0.717	0.932	0.008**	ADHD > TD	
	エネルギーバランス	同時	利き手	0.658	0.575	0.027*	ADHD < TD	
		アンチ	非利き手	0.550	0.470	0.026*	ADHD < TD	
(C)	加速度のクロージング極大点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	同時	利き手	28.85	38.06	0.010*	ADHD > TD	
(D)	タップ回数	同時	利き手	35.72	30.94	0.025*	ADHD < TD	
			アンチ	利き手	26.70	20.60	0.002**	ADHD < TD
				非利き手	26.01	20.50	0.004**	ADHD < TD
	タップインターバルの平均 [s]	同時	利き手	0.283	0.322	0.018*	ADHD > TD	
			アンチ	利き手	0.380	0.496	0.001**	ADHD > TD
				非利き手	0.392	0.499	0.003**	ADHD > TD
	タップインターバルの平均周波数	同時	利き手	3.642	3.175	0.031*	ADHD < TD	
			アンチ	利き手	2.739	2.130	0.002**	ADHD < TD
				非利き手	2.664	2.106	0.004**	ADHD < TD

TD 定型発達、ADHD 注意欠如・多動症、(A) 距離、(B) 速度、(C) 加速度、(D) インターバル、\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$

表 21 : 研究 2 「距離」 パラメータの平均と標準偏差

パラメータ [単位]	サイド	グループ	値	同時タッピング			アンチタッピング		
				低学年	中学年	高学年	低学年	中学年	高学年
距離の最大 振幅 [mm]	利き手	TD	M	57.62	52.30	57.38	64.12	60.84	63.37
			SD	11.62	8.58	12.40	7.87	9.16	11.91
		ADHD	M	66.97	60.88	67.68	67.90	71.91	74.81
			SD	20.17	12.96	7.33	16.41	15.41	5.67
	非利き 手	TD	M	60.13	57.11	59.18	65.04	60.08	65.42
			SD	11.38	10.35	10.05	12.61	9.03	9.73
		ADHD	M	62.46	60.78	73.49	62.26	65.16	84.18
			SD	27.52	15.64	3.23	22.58	12.17	20.41
総移動距離 [mm]	利き手	TD	M	2520	2368	3114	2344	2435	2850
			SD	710	526	809	372	535	711
		ADHD	M	2837	2460	3523	2227	2135	2699
			SD	864	588	270	73	621	371
	非利き 手	TD	M	2395	2310	2936	2108	2232	2675
			SD	737	651	594	447	546	603
		ADHD	M	2463	2284	3432	2184	1844	2932
			SD	1394	779	87	619	641	22
距離の極大 点の平均 [mm]	利き手	TD	M	39.02	33.25	39.39	49.12	44.74	47.22
			SD	11.00	5.95	12.40	10.20	6.64	12.65
		ADHD	M	44.58	40.34	55.20	51.54	54.17	60.76
			SD	20.99	10.86	3.14	15.38	10.42	9.00
	非利き 手	TD	M	39.10	34.37	38.30	46.22	42.21	45.00
			SD	11.00	8.78	9.15	11.72	7.55	10.81
		ADHD	M	40.30	39.10	54.36	51.80	46.36	67.06
			SD	26.93	12.53	1.53	26.22	11.33	13.67
距離の極大 点のSD	利き手	TD	M	8.683	7.912	7.501	7.746	7.362	7.864
			SD	1.995	2.996	1.991	2.130	2.040	2.619
		ADHD	M	10.031	7.910	6.474	7.713	8.185	6.498
			SD	1.531	2.096	2.758	0.586	3.999	0.417
	非利き 手	TD	M	9.435	9.238	8.690	8.987	8.338	8.674
			SD	2.318	2.481	2.362	3.018	2.693	2.522
		ADHD	M	9.849	8.947	8.974	8.586	9.701	10.167
			SD	3.057	2.214	1.601	1.409	2.871	2.770
距離の極大 点の近似直 線傾き	利き手	TD	M	-0.134	-0.735	-0.415	-0.617	0.108	-0.558
			SD	1.310	0.504	0.782	1.116	0.979	0.756
		ADHD	M	0.819	-0.593	-0.009	-0.273	-0.328	-0.502
			SD	1.730	1.264	0.508	-0.328	1.630	1.755
	非利き 手	TD	M	-0.281	-0.759	-0.650	-0.751	-0.461	-0.288
			SD	1.404	0.514	1.068	1.242	0.876	1.185
		ADHD	M	0.407	-0.447	-0.207	-0.692	-2.467	-1.831
			SD	1.657	1.350	1.657	1.875	1.283	1.865

TD 定型発達、ADHD 注意欠如・多動症、M 平均、SD 標準偏差

表 22 : 研究 2 「速度」 パラメータの平均と標準偏差

パラメータ [単位]	サイド	グループ	値	同時タッピング			アンチタッピング		
				低学年	中学年	高学年	低学年	中学年	高学年
速度の最大 振幅 [m/s]	利き手	TD	M	1.922	1.763	2.175	2.000	1.938	2.171
			SD	0.454	0.316	0.587	0.363	0.374	0.494
		ADHD	M	2.148	1.917	2.556	2.093	2.030	2.439
			SD	0.450	0.504	0.529	0.195	0.475	0.091
	非利き 手	TD	M	1.922	1.907	2.199	1.929	1.944	2.183
			SD	0.420	0.334	0.358	0.372	0.365	0.418
		ADHD	M	1.932	1.943	2.466	1.869	1.879	2.435
			SD	0.956	0.467	0.229	0.669	0.439	0.359
速度のオー プニング極 大点の平均 [m/s]	利き手	TD	M	0.594	0.550	0.698	0.588	0.596	0.671
			SD	0.163	0.092	0.169	0.123	0.128	0.208
		ADHD	M	0.700	0.575	0.856	0.609	0.596	0.725
			SD	0.304	0.197	0.136	0.134	0.190	0.079
	非利き 手	TD	M	0.584	0.562	0.703	0.545	0.529	0.655
			SD	0.165	0.129	0.142	0.139	0.121	0.152
		ADHD	M	0.605	0.577	0.828	0.548	0.517	0.718
			SD	0.390	0.178	0.086	0.225	0.169	0.007
速度のク ロージング 極小点の平 均 [m/s]	利き手	TD	M	0.702	0.637	0.811	0.872	0.828	0.909
			SD	0.209	0.120	0.240	0.201	0.197	0.266
		ADHD	M	0.843	0.760	1.193	0.878	0.910	1.207
			SD	0.244	0.205	0.115	0.053	0.171	0.104
	非利き 手	TD	M	0.697	0.660	0.777	0.795	0.753	0.863
			SD	0.206	0.169	0.159	0.216	0.172	0.219
		ADHD	M	0.700	0.725	1.011	0.791	0.791	1.206
			SD	0.398	0.212	0.102	0.280	0.170	0.377
速度のオー プニング極 大点のSD	利き手	TD	M	0.121	0.109	0.122	0.110	0.099	0.111
			SD	0.029	0.034	0.036	0.025	0.027	0.038
		ADHD	M	0.129	0.115	0.108	0.124	0.114	0.114
			SD	0.033	0.532	0.453	0.035	0.049	0.015
	非利き 手	TD	M	0.126	0.126	0.138	0.112	0.110	0.123
			SD	0.026	0.023	0.046	0.030	0.031	0.048
		ADHD	M	0.125	0.130	0.118	0.111	0.122	0.124
			SD	0.074	0.043	0.040	0.046	0.044	0.001
速度のク ロージング 極小点のSD	利き手	TD	M	0.168	0.149	0.154	0.171	0.160	0.178
			SD	0.046	0.047	0.041	0.048	0.041	0.047
		ADHD	M	0.184	0.151	0.145	0.164	0.158	0.139
			SD	0.014	0.039	0.060	0.004	0.053	0.001
	非利き 手	TD	M	0.168	0.173	0.176	0.171	0.176	0.180
			SD	0.046	0.040	0.052	0.044	0.051	0.045
		ADHD	M	0.177	0.175	0.170	0.176	0.182	0.179
			SD	0.052	0.035	0.000	0.055	0.053	0.012
エネルギー バランス	利き手	TD	M	0.702	0.655	0.617	0.562	0.553	0.521
			SD	0.078	0.084	0.089	0.090	0.099	0.075
		ADHD	M	0.625	0.605	0.496	0.527	0.502	0.400
			SD	0.143	0.153	0.007	0.094	0.117	0.080
	非利き 手	TD	M	0.698	0.646	0.639	0.572	0.539	0.538
			SD	0.078	0.094	0.096	0.065	0.125	0.084
		ADHD	M	0.626	0.650	0.556	0.501	0.503	0.406
			SD	0.119	0.109	0.018	0.020	0.114	0.113
総エネル ギー値	利き手	TD	M	166.2	150.6	272.4	158.8	177.0	256.8
			SD	90.9	50.0	129.3	53.3	71.9	125.3
		ADHD	M	229.3	165.2	403.1	162.9	153.6	278.0
			SD	130.2	71.1	80.3	20.6	73.8	44.5
	非利き 手	TD	M	157.9	155.6	248.1	136.3	150.4	230.4
			SD	90.2	74.0	86.7	58.1	63.7	99.3
		ADHD	M	186.9	156.3	362.0	150.1	119.3	313.6
			SD	179.6	85.8	56.5	84.5	63.2	44.8

TD 定型発達、ADHD 注意欠如・多動症、M 平均、SD 標準偏差



表 23 : 研究 2 「加速度」 パラメータの平均と標準偏差

パラメータ [単位]	サイド	グループ	値	同時タッピング			アンチタッピング		
				低学年	中学年	高学年	低学年	中学年	高学年
加速度の最大 振幅 [m/s <sup>2</sup> ]	利き手	TD	M	72.50	72.12	94.75	77.69	79.67	87.34
			SD	17.92	15.26	39.79	16.24	21.08	20.91
		ADHD	M	84.57	74.04	118.41	75.77	76.18	95.43
	SD		3.32	17.94	28.91	5.98	16.44	0.74	
	非利き手	TD	M	73.62	77.97	92.83	73.96	77.61	87.85
			SD	16.46	16.82	15.95	16.64	19.63	18.51
ADHD		M	70.17	74.49	94.72	72.92	69.01	97.02	
	SD	26.95	17.31	1.61	20.89	13.32	22.36		
加速度のオー プニング極大 点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	利き手	TD	M	15.58	14.38	18.94	14.51	14.85	17.40
			SD	4.31	2.63	4.32	3.35	3.94	5.75
		ADHD	M	18.02	14.95	23.48	14.94	15.24	18.30
	SD		7.15	5.29	5.98	2.80	5.43	2.95	
	非利き手	TD	M	14.65	14.59	18.72	13.02	12.92	16.36
			SD	4.84	3.23	4.05	3.57	3.34	4.35
ADHD		M	15.21	15.14	21.74	11.73	13.01	16.87	
	SD	8.94	4.45	3.03	2.45	4.77	0.92		
加速度のオー プニング極小 点の平均[m/s <sup>2</sup> ]	利き手	TD	M	16.47	17.80	23.59	11.52	13.74	17.24
			SD	5.52	4.20	5.32	3.92	5.22	6.47
		ADHD	M	18.91	15.07	23.79	12.07	11.26	12.53
	SD		3.17	6.99	0.76	0.75	5.02	4.35	
	非利き手	TD	M	16.77	18.87	25.99	12.00	12.95	18.86
			SD	5.07	5.16	5.35	3.64	4.93	6.50
ADHD		M	16.70	15.72	22.11	11.14	9.99	12.08	
	SD	7.38	6.06	1.16	0.56	3.70	2.28		
加速度のクロ ージング極大 点の平均[m/s <sup>2</sup> ]	利き手	TD	M	27.89	25.37	33.29	35.41	33.72	37.49
			SD	9.06	5.42	10.52	8.75	8.59	11.21
		ADHD	M	33.90	29.88	50.41	34.91	35.77	51.08
	SD		9.71	9.54	3.92	0.13	8.27	4.68	
	非利き手	TD	M	27.76	26.29	31.64	32.09	29.91	35.27
			SD	8.99	6.95	6.76	9.23	7.28	9.82
ADHD		M	26.83	29.13	41.86	30.36	31.03	49.53	
	SD	16.99	8.79	5.21	12.55	6.68	16.90		
加速度のクロ ージング極小 点の平均[m/s <sup>2</sup> ]	利き手	TD	M	16.62	18.61	24.36	16.55	18.33	21.29
			SD	4.99	5.31	5.39	3.96	5.83	6.26
		ADHD	M	19.01	17.50	28.38	16.93	16.52	22.12
	SD		3.50	3.69	0.95	3.82	2.39	0.70	
	非利き手	TD	M	16.70	19.36	25.78	15.57	17.33	21.85
			SD	4.93	4.84	4.87	4.39	5.04	5.81
ADHD		M	16.06	16.63	23.29	15.26	15.35	21.46	
	SD	1.76	4.14	0.51	1.46	2.34	6.92		

TD 定型発達、ADHD 注意欠如・多動症、M 平均、SD 標準偏差

表 24 : 研究 2 「インターバル」 パラメータの平均と標準偏差

パラメータ [単位]	サイド	グループ	値	同時タッピング			アンチタッピング		
				低学年	中学年	高学年	低学年	中学年	高学年
タップ回数	利き手	TD	M	31.93	35.14	40.08	23.43	26.50	30.16
			SD	3.80	5.32	6.96	3.63	4.67	5.96
		ADHD	M	31.05	30.56	30.75	21.50	18.81	21.50
			SD	5.66	5.49	0.35	6.36	5.63	6.36
	非利き手	TD	M	29.71	33.32	38.13	22.33	26.32	29.37
			SD	3.76	5.55	6.53	3.89	4.99	5.25
		ADHD	M	30.00	28.69	30.75	20.75	18.75	22.00
			SD	4.24	4.64	0.35	5.30	4.99	5.66
タップインター バルの平均 [s]	利き手	TD	M	0.310	0.286	0.252	0.426	0.380	0.335
			SD	0.034	0.042	0.040	0.065	0.073	0.056
		ADHD	M	0.316	0.335	0.316	0.476	0.552	0.460
			SD	0.061	0.064	0.008	0.132	0.157	0.120
	非利き手	TD	M	0.334	0.300	0.264	0.448	0.386	0.343
			SD	0.046	0.049	0.042	0.769	0.074	0.058
		ADHD	M	0.329	0.350	0.316	0.484	0.550	0.464
			SD	0.043	0.065	0.009	0.119	0.163	0.115
タップインター バルの平均周 波数 [Hz]	利き手	TD	M	3.271	3.580	4.077	2.414	2.721	3.083
			SD	0.383	0.513	0.707	0.366	0.475	0.591
		ADHD	M	3.236	3.124	3.166	2.187	1.950	2.254
			SD	0.631	0.575	0.086	0.602	0.532	0.589
	非利き手	TD	M	3.053	3.429	3.890	2.308	2.680	3.003
			SD	0.392	0.561	0.661	0.397	0.492	0.538
		ADHD	M	3.088	2.955	3.169	2.134	1.958	2.227
			SD	0.426	0.483	0.090	0.526	0.499	0.553
タップインター バルのSD	利き手	TD	M	0.047	0.042	0.034	0.061	0.061	0.051
			SD	0.029	0.018	0.019	0.024	0.022	0.029
		ADHD	M	0.056	0.051	0.025	0.061	0.100	0.046
			SD	0.032	0.033	0.008	0.007	0.054	0.019
	非利き手	TD	M	0.062	0.053	0.043	0.072	0.064	0.055
			SD	0.053	0.025	0.025	0.039	0.022	0.023
		ADHD	M	0.055	0.065	0.022	0.099	0.127	0.039
			SD	0.038	0.034	0.010	0.029	0.102	0.014

TD 定型発達、ADHD 注意欠如・多動症、M 平均、SD 標準偏差

表 25 : 研究 2 「位相差」パラメータの平均と標準偏差

パラメータ [単位]	グループ	値	同時タッピング			アンチタッピング		
			低学年	中学年	高学年	低学年	中学年	高学年
位相差の平均 [度]	TD	M	-17.97	-18.81	8.72	157.61	173.81	158.87
		SD	43.56	27.18	82.36	41.75	31.73	30.53
	ADHD	M	-12.72	-14.90	23.35	195.41	175.13	190.43
		SD	6.23	19.06	12.23	31.39	23.32	10.40
位相差のSD	TD	M	57.69	58.20	67.70	62.07	59.44	65.63
		SD	43.62	23.83	40.38	34.80	16.63	33.86
	ADHD	M	57.96	55.46	26.73	49.04	60.49	32.62
		SD	52.30	20.44	13.63	25.12	27.73	23.15

TD 定型発達、ADHD 注意欠如・多動症、M 平均、SD 標準偏差

表 26 : 研究 2 「距離」パラメータの二元配置分散分析

パラメータ [単位]	サイド	グループ	同時タッピング						アンチタッピング					
			平均			二元配置分散分析			平均			二元配置分散分析		
			低学年	中学年	高学年	グループ	学年	グループ×学年	低学年	中学年	高学年	グループ	学年	グループ×学年
距離の最大 振幅 [mm]	利き手	TD	57.62	52.30	57.38	<b>0.040*</b>	0.372	0.986	64.12	60.84	63.37	<b>0.037*</b>	0.822	0.715
		ADHD	66.97	60.88	67.68				67.90	71.91	74.81			
	非利き 手	TD	60.13	57.11	59.18	0.139	0.367	0.539	65.04	60.08	65.42	<b>0.039*</b>	0.063	0.366
		ADHD	62.46	60.78	73.49				62.26	65.16	84.18			
総移動距離 [mm]	利き手	TD	2520	2368	3114	0.313	<b>0.017*</b>	0.852	2344	2435	2850	0.377	0.121	0.911
		ADHD	2837	2460	3523				2227	2135	2699			
	非利き 手	TD	2395	2310	2936	0.496	<b>0.019*</b>	0.701	2108	2232	2675	0.930	0.008	0.336
		ADHD	2463	2284	3432				2184	1844	2932			
距離の極大 点の平均 [mm]	利き手	TD	39.02	33.25	39.39	<b>0.027*</b>	0.091	0.605	49.12	44.74	47.22	<b>0.042*</b>	0.625	0.601
		ADHD	44.58	40.34	55.20				51.54	54.17	60.76			
	非利き 手	TD	39.10	34.37	38.30	0.078	0.132	0.370	46.22	42.21	45.00	<b>0.017*</b>	0.064	0.187
		ADHD	40.30	39.10	54.36				51.80	46.36	67.06			
距離の極大 点のSD	利き手	TD	8.683	7.912	7.501	0.901	0.129	0.594	7.746	7.362	7.864	0.843	0.862	0.615
		ADHD	10.031	7.910	6.474				7.713	8.185	6.498			
	非利き 手	TD	9.435	9.238	8.690	0.881	0.794	0.926	8.987	8.338	8.674	0.443	0.906	0.740
		ADHD	9.849	8.947	8.974				8.586	9.701	10.167			
距離の極大 点の近似直 線傾き	利き手	TD	-0.134	-0.735	-0.415	0.216	0.091	0.676	-0.617	0.108	-0.558	0.977	0.605	0.682
		ADHD	0.819	-0.593	-0.009				-0.273	-0.328	-0.502			
	非利き 手	TD	-0.281	-0.759	-0.650	0.296	0.446	0.937	-0.751	-0.461	-0.288	0.361	0.391	0.244
		ADHD	0.407	-0.447	-0.207				-0.692	-2.467	-1.831			

TD 定型発達、ADHD 注意欠如・多動症、SD 標準偏差、太字は有意差のついた p 値 \* $p < 0.05$



表 27 : 研究 2 「速度」パラメータの二元配置分散分析

パラメータ [単位]	サイド	グループ	同時タッピング						アンチタッピング					
			平均			二元配置分散分析			平均			二元配置分散分析		
			低学年	中学年	高学年	グループ	学年	グループ×学年	低学年	中学年	高学年	グループ	学年	グループ×学年
速度の最大 振幅 [m/s]	利き手	TD	1.922	1.763	2.175	0.180	0.056	0.869	2.000	1.938	2.171	0.351	0.224	0.884
		ADHD	2.148	1.917	2.556				2.093	2.030	2.439			
	非利き手	TD	1.922	1.907	2.199	0.505	0.068	0.783	1.929	1.944	2.183	0.783	0.067	0.647
		ADHD	1.932	1.943	2.466				1.869	1.879	2.435			
速度のオー プニング極大 点の平均 [m/s]	利き手	TD	0.594	0.550	0.698	0.126	<b>0.014*</b>	0.616	0.588	0.596	0.671	0.691	0.346	0.933
		ADHD	0.700	0.575	0.856				0.609	0.596	0.725			
	非利き手	TD	0.584	0.562	0.703	0.384	<b>0.024*</b>	0.722	0.545	0.529	0.655	0.743	<b>0.041*</b>	0.838
		ADHD	0.605	0.577	0.828				0.548	0.517	0.718			
速度のクロ ウジング極小 点の平均 [m/s]	利き手	TD	0.702	0.637	0.811	<b>0.008**</b>	<b>0.006**</b>	0.349	0.872	0.828	0.909	0.128	0.131	0.401
		ADHD	0.843	0.760	1.193				0.878	0.910	1.207			
	非利き手	TD	0.697	0.660	0.777	0.172	0.052	0.477	0.795	0.753	0.863	0.123	<b>0.019*</b>	0.204
		ADHD	0.700	0.725	1.011				0.791	0.791	1.206			
速度のオー プニング極大 点のSD	利き手	TD	0.121	0.109	0.122	0.993	0.726	0.803	0.110	0.099	0.111	0.410	0.744	0.916
		ADHD	0.129	0.115	0.108				0.124	0.114	0.114			
	非利き手	TD	0.126	0.126	0.138	0.692	0.983	0.732	0.112	0.110	0.123	0.768	0.842	0.907
		ADHD	0.125	0.130	0.118				0.111	0.122	0.124			
速度のクロ ウジング極小 点のSD	利き手	TD	0.168	0.149	0.154	0.874	0.369	0.867	0.171	0.160	0.178	0.364	0.900	0.650
		ADHD	0.184	0.151	0.145				0.164	0.158	0.139			
	非利き手	TD	0.168	0.173	0.176	0.921	0.997	0.951	0.171	0.176	0.180	0.843	0.953	0.990
		ADHD	0.177	0.175	0.170				0.176	0.182	0.179			
エネルギー バランス	利き手	TD	0.702	0.655	0.617	<b>0.027*</b>	0.094	0.685	0.562	0.553	0.521	0.050	0.164	0.626
		ADHD	0.625	0.605	0.496				0.527	0.502	0.400			
	非利き手	TD	0.698	0.646	0.639	0.151	0.357	0.448	0.572	0.539	0.538	<b>0.026*</b>	0.356	0.474
		ADHD	0.626	0.650	0.556				0.501	0.503	0.406			
総エネル ギー値	利き手	TD	166.2	150.6	272.4	0.070	<b>0.000***</b>	0.402	158.8	177.0	256.8	0.986	<b>0.024*</b>	0.826
		ADHD	229.3	165.2	403.1				162.9	153.6	278.0			
	非利き手	TD	157.9	155.6	248.1	0.159	<b>0.001*</b>	0.347	136.3	150.4	230.4	0.449	<b>0.000***</b>	0.227
		ADHD	186.9	156.3	362.0				150.1	119.3	313.6			

TD 定型発達、ADHD 注意欠如・多動症、SD 標準偏差、太字は有意差のついた p 値 \* $p<0.05$ 、\*\* $p<0.01$ 、\*\*\* $p<0.001$

表 28 : 研究 2 「加速度」パラメータの二元配置分散分析

パラメータ [単位]	サイド	グループ	同時タッピング						アンチタッピング					
			平均			二元配置分散分析			平均			二元配置分散分析		
			低学年	中学年	高学年	グループ	学年	グループ×学年	低学年	中学年	高学年	グループ	学年	グループ×学年
加速度の最大振幅 [m/s <sup>2</sup> ]	利き手	TD	72.50	72.12	94.75	0.222	<b>0.020*</b>	0.639	77.69	79.67	87.34	0.900	0.215	0.771
		ADHD	84.57	74.04	118.41				75.77	76.18	95.43			
	非利き手	TD	73.62	77.97	92.83	0.791	<b>0.028*</b>	0.929	73.96	77.61	87.85	0.982	<b>0.044*</b>	0.513
		ADHD	70.17	74.49	94.72				72.92	69.01	97.02			
加速度のオープニング極大点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	利き手	TD	15.58	14.38	18.94	0.132	<b>0.004*</b>	0.566	14.51	14.85	17.40	0.745	0.327	0.992
		ADHD	18.02	14.95	23.48				14.94	15.24	18.30			
	非利き手	TD	14.65	14.59	18.72	0.414	<b>0.020*</b>	0.800	13.02	12.92	16.36	0.877	0.073	0.894
		ADHD	15.21	15.14	21.74				11.73	13.01	16.87			
加速度のオープニング極小点の平均[m/s <sup>2</sup> ]	利き手	TD	16.47	17.80	23.59	0.989	<b>0.012*</b>	0.522	11.52	13.74	17.24	0.269	0.476	0.626
		ADHD	18.91	15.07	23.79				12.07	11.26	12.53			
	非利き手	TD	16.77	18.87	25.99	0.249	<b>0.012*</b>	0.752	12.00	12.95	18.86	0.065	0.165	0.504
		ADHD	16.70	15.72	22.11				11.14	9.99	12.08			
加速度のクロージング極大点の平均[m/s <sup>2</sup> ]	利き手	TD	27.89	25.37	33.29	<b>0.010*</b>	<b>0.003**</b>	0.281	35.41	33.72	37.49	0.166	0.066	0.294
		ADHD	33.90	29.88	50.41				34.91	35.77	51.08			
	非利き手	TD	27.76	26.29	31.64	0.199	<b>0.034*</b>	0.412	32.09	29.91	35.27	0.198	<b>0.013*</b>	0.189
		ADHD	26.83	29.13	41.86				30.36	31.03	49.53			
加速度のクロージング極小点の平均[m/s <sup>2</sup> ]	利き手	TD	16.62	18.61	24.36	0.357	<b>0.001**</b>	0.447	16.55	18.33	21.29	0.916	0.105	0.785
		ADHD	19.01	17.50	28.38				16.93	16.52	22.12			
	非利き手	TD	16.70	19.36	25.78	0.284	<b>0.003**</b>	0.876	15.57	17.33	21.85	0.631	<b>0.027*</b>	0.890
		ADHD	16.06	16.63	23.29				15.26	15.35	21.46			

TD 定型発達、ADHD 注意欠如・多動症、太字は有意差のついた p 値 \* $p<0.05$ 、\*\* $p<0.01$





表 29 : 研究 2 「インターバル」 パラメータの二元配置分散分析

パラメータ [単位]	サイド	グループ	同時タッピング						アンチタッピング					
			平均			二元配置分散分析			平均			二元配置分散分析		
			低学年	中学年	高学年	グループ	学年	グループ×学年	低学年	中学年	高学年	グループ	学年	グループ×学年
タップ回数	利き手	TD	31.93	35.14	40.08	<b>0.025*</b>	0.408	0.303	23.43	26.50	30.16	<b>0.002**</b>	0.314	0.353
		ADHD	31.05	30.56	30.75				21.50	18.81	21.50			
	非利き手	TD	29.71	33.32	38.13	0.053	0.207	0.359	22.33	26.32	29.37	<b>0.004**</b>	0.212	0.336
		ADHD	30.00	28.69	30.75				20.75	18.75	22.00			
タップインター バルの平均 [s]	利き手	TD	0.310	0.286	0.252	<b>0.018*</b>	0.315	0.382	0.426	0.380	0.335	<b>0.001**</b>	0.180	0.256
		ADHD	0.316	0.335	0.316				0.476	0.552	0.460			
	非利き手	TD	0.334	0.300	0.264	0.084	0.185	0.384	0.448	0.386	0.343	<b>0.003**</b>	0.237	0.269
		ADHD	0.329	0.350	0.316				0.484	0.550	0.464			
タップインター バルの平均周 波数	利き手	TD	3.271	3.580	4.077	<b>0.031*</b>	0.409	0.325	2.414	2.721	3.083	<b>0.002**</b>	0.261	0.403
		ADHD	3.236	3.124	3.166				2.187	1.950	2.254			
	非利き手	TD	3.053	3.429	3.890	0.060	0.223	0.377	2.308	2.680	3.003	<b>0.004**</b>	0.255	0.378
		ADHD	3.088	2.955	3.169				2.134	1.958	2.227			
タップインター バルのSD	利き手	TD	0.047	0.042	0.034	0.783	0.207	0.697	0.061	0.061	0.051	0.318	<b>0.049*</b>	0.160
		ADHD	0.056	0.051	0.025				0.061	0.100	0.046			
	非利き手	TD	0.062	0.053	0.043	0.698	0.259	0.606	0.072	0.064	0.055	0.161	0.059	0.144
		ADHD	0.055	0.065	0.022				0.099	0.127	0.039			

TD 定型発達、ADHD 注意欠如・多動症、太字は有意差のついた p 値 \* $p < 0.05$ 、\*\* $p < 0.01$

表 30 : 研究 2 「位相差」パラメータの二元配置分散分析

パラメータ [単位]	グループ	同時タッピング						アンチタッピング					
		平均			二元配置分散分析			平均			二元配置分散分析		
		低学年	中学年	高学年	グループ	学年	グループ×学年	低学年	中学年	高学年	グループ	学年	グループ×学年
位相差の平均 [度]	TD	-17.97	-18.81	8.72	0.706	0.374	0.975	157.61	173.81	158.87	0.077	0.990	0.379
	ADHD	-12.72	-14.90	23.35				195.41	175.13	190.43			
位相差のSD	TD	57.69	58.20	67.70	0.313	0.818	0.461	62.07	59.44	65.63	0.209	0.722	0.450
	ADHD	57.96	55.46	26.73				49.04	60.49	32.62			

TD 定型発達、ADHD 注意欠如・多動、SD 標準偏差

表 31 : 研究 2 メチルフェニデートの効果 「同時タッピング」の「利き手」

	パラメータ [単位]	メチルフェニデート		差 (95%信頼区間)	p値
		平均 (SD)			
		休薬日	内服日		
(A)	距離の最大振幅 [mm]	63.34 (13.17)	62.47 (12.84)	0.87 (-6.87 to 8.61)	0.807
	総移動距離 [mm]	2728 (706)	2901 (934)	-172 (-617 to 272)	0.408
	距離の極大点の平均 [mm]	44.03 (12.64)	42.64 (10.73)	1.39 (-6.10 to 8.90)	0.687
	距離の極大点のSD	8.031 (2.316)	8.606 (2.843)	-0.575 (-2.161 to 1.011)	0.438
	距離の極大点の近似直線傾き	-0.321 (1.314)	-0.133 (1.152)	-0.188 (-1.492 to 1.115)	0.754
(B)	速度の最大振幅 [m/s]	2.080 (0.538)	2.127 (0.605)	-0.047 (-0.321 to 0.227)	0.71
	速度のオープニング極大点の平均 [m/s]	0.650 (0.226)	0.683 (0.279)	-0.033 (-0.143 to 0.762)	0.515
	速度のクロージング極小点の平均 [m/s]	0.860 (0.253)	0.850 (0.244)	0.010 (-0.138 to 0.158)	0.882
	速度のオープニング極大点のSD	0.116 (0.048)	0.112 (0.043)	0.005 (-0.019 to 0.028)	0.668
	速度のクロージング極小点のSD	0.156 (0.041)	0.172 (0.058)	-0.017 (-0.057 to 0.024)	0.383
	エネルギーバランス	0.586 (0.142)	0.570 (0.125)	-0.014 (-0.084 to 0.056)	0.667
	総エネルギー値	223.8 (119.3)	243.8 (139.9)	-20.7 (-81.3 to 39.8)	0.464
(C)	加速度の最大振幅 [m/s <sup>2</sup> ]	84.58 (24.49)	85.85 (21.94)	-1.26 (-14.37 to 11.84)	0.834
	加速度のオープニング極大点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	16.94 (6.34)	18.15 (7.88)	-1.20 (-4.15 to 1.74)	0.383
	加速度のオープニング極小点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	17.72 (6.34)	19.31 (8.88)	-1.58 (-5.71 to 2.56)	0.413
	加速度のクロージング極大点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	34.95 (11.38)	34.74 (11.05)	0.21 (-6.09 to 6.50)	0.943
	加速度のクロージング極小点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	19.97 (5.26)	20.33 (5.69)	-0.35 (-3.99 to 3.29)	0.833
(D)	タップ回数	30.96 (4.89)	32.36 (4.54)	-1.41 (-4.52 to 1.71)	0.337
	タップインターバルの平均 [s]	0.328 (0.058)	0.309 (0.045)	0.019 (-0.021 to 0.060)	0.317
	タップの平均周波数 [Hz]	3.165 (0.520)	3.301 (0.455)	-0.136 (-0.458 to 0.186)	0.368
	タップインターバルのSD	0.040 (0.020)	0.041 (0.028)	-0.000 (-0.023 to 0.022)	0.982

SD 標準偏差、(A) 距離、(B) 速度、(C) 加速度、(D) インターバル

表 32 : 研究 2 メチルフェニデートの効果 「同時タッピング」の「非利き手」

	パラメータ [単位]	メチルフェニデート		差 (95%信頼区間)	p値
		平均 (SD)			
		休薬日	内服日		
(A)	距離の最大振幅 [mm]	62.68 (16.45)	64.76 (16.25)	-2.08 (-11.46 to 7.30)	0.632
	総移動距離 [mm]	2521 (909)	2757 (1002)	-237 (-681 to 208)	0.263
	距離の極大点の平均 [mm]	42.02 (14.83)	41.33 (12.33)	0.70 (-6.86 to 8.26)	0.842
	距離の極大点のSD	9.018 (2.159)	9.497 (2.119)	-0.480 (-2.197 to 1.238)	0.548
	距離の極大点の近似直線傾き	-0.341 (1.366)	-0.521 (1.021)	-0.180 (-1.139 to 1.500)	0.767
(B)	速度の最大振幅 [m/s]	2.020 (0.542)	2.053 (0.564)	-0.034 (-0.333 to 0.265)	0.807
	速度のオープニング極大点の平均 [m/s]	0.624 (0.220)	0.676 (0.258)	-0.052 (-0.166 to 0.062)	0.330
	速度のクロージング極小点の平均 [m/s]	0.775 (0.249)	0.774 (0.245)	0.001 (-0.131 to 0.133)	0.993
	速度のオープニング極大点のSD	0.125 (0.044)	0.129 (0.038)	-0.005 (-0.035 to 0.026)	0.749
	速度のクロージング極小点のSD	0.174 (0.036)	0.170 (0.037)	0.004 (-0.021 to 0.028)	0.728
	エネルギーバランス	0.623 (0.103)	0.648 (0.090)	-0.026 (-0.084 to 0.033)	0.356
	総エネルギー値	200.4 (123.3)	226.7 (137.2)	-26.29 (-83.37 to 30.79)	0.329
(C)	加速度の最大振幅 [m/s <sup>2</sup> ]	76.98 (18.96)	79.86 (23.11)	-2.87 (-15.79 to 10.05)	0.631
	加速度のオープニング極大点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	16.14 (5.46)	17.35 (6.94)	-1.21 (-4.20 to 1.79)	0.390
	加速度のオープニング極小点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	17.19 (6.08)	19.93 (7.92)	-2.74 (-6.84 to 1.36)	0.168
	加速度のクロージング極大点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	31.12 (10.71)	30.55 (10.70)	0.58 (-5.05 to 6.20)	0.824
	加速度のクロージング極小点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	17.99 (4.30)	18.91 (5.74)	-0.92 (-4.25 to 2.41)	0.552
(D)	タップ回数	29.27 (4.21)	31.00 (4.36)	-1.73 (-3.96 to 0.51)	0.116
	タップインターバルの平均 [s]	0.342 (0.058)	0.322 (0.052)	0.020 (-0.011 to 0.051)	0.181
	タップの平均周波数 [Hz]	3.010 (0.437)	3.184 (0.457)	-0.174 (-0.410 to 0.062)	0.132
	タップインターバルのSD	0.050 (0.029)	0.050 (0.033)	0.000 (-0.025 to 0.025)	0.987

SD 標準偏差、(A) 距離、(B) 速度、(C) 加速度、(D) インターバル

表 33 : 研究 2 メチルフェニデートの効果 「同時タッピング」の「位相差」

パラメータ [単位]	メチルフェニデート		差 (95%信頼区間)	p値
	平均 (SD)			
	休薬日	内服日		
位相差の平均 [度]	-9.75 (21.88)	-15.30 (28.40)	5.54 (-10.73 to 21.82)	0.465
位相差のSD	47.18 (22.95)	49.32 (29.26)	-2.13 (-20.31 to 16.05)	0.799

SD 標準偏差

表 34 : 研究2 メチルフェニデートの効果 「アンチタッピング」の「利き手」

	パラメータ [単位]	メチルフェニデート		差 (95%信頼区間)	p値
		平均 (SD)			
		休薬日	内服日		
(A)	距離の最大振幅 [mm]	72.72 (13.71)	71.26 (13.52)	1.46 (-10.54 to 13.46)	0.792
	総移動距離 [mm]	2343 (455)	2368 (735)	-25 (-382 to 331)	0.877
	距離の極大点の平均 [mm]	55.44 (10.60)	54.56 (10.50)	0.89 (-8.49 to 10.26)	0.837
	距離の極大点のSD	7.896 (3.412)	7.126 (2.604)	0.770 (-0.974 to 2.514)	0.348
	距離の極大点の近似直線傾き	-0.378 (1.471)	-0.509 (1.420)	0.131 (-1.046 to 1.307)	0.809
(B)	速度の最大振幅 [m/s]	2.134 (0.425)	2.026 (0.552)	0.108 (-0.182 to 0.398)	0.426
	速度のオープニング極大点の平均 [m/s]	0.626 (0.173)	0.610 (0.237)	0.016 (-0.081 to 0.113)	0.724
	速度のクロージング極小点の平均 [m/s]	0.963 (0.191)	0.917 (0.178)	0.047 (-0.063 to 0.156)	0.366
	速度のオープニング極大点のSD	0.115 (0.043)	0.106 (0.049)	0.009 (-0.015 to 0.033)	0.425
	速度のクロージング極小点のSD	0.155 (0.045)	0.144 (0.054)	0.010 (-0.011 to 0.032)	0.318
	エネルギーバランス	0.484 (0.113)	0.473 (0.128)	0.011 (-0.051 to 0.073)	0.702
	総エネルギー値	186.1 (72.1)	186.6 (97.4)	-0.499 (-47.3 to 46.3)	0.982
(C)	加速度の最大振幅 [m/s <sup>2</sup> ]	79.95 (15.81)	75.16 (15.12)	4.79 (-3.62 to 13.20)	0.233
	加速度のオープニング極大点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	15.61 (4.88)	14.96 (6.55)	0.65 (-1.88 to 3.17)	0.580
	加速度のオープニング極小点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	11.81 (4.40)	11.04 (5.71)	0.77 (-2.15 to 3.70)	0.569
	加速度のクロージング極大点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	38.69 (9.31)	36.59 (7.93)	2.10 (-2.67 to 6.88)	0.350
	加速度のクロージング極小点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	17.56 (3.25)	16.44 (3.44)	1.12 (-0.37 to 2.61)	0.126
(D)	タップ回数	20.55 (4.79)	20.27 (4.57)	0.27 (-3.23 to 3.78)	0.866
	タップインターバルの平均 [s]	0.492 (0.093)	0.497 (0.109)	-0.006 (-0.076 to 0.065)	0.860
	タップの平均周波数 [Hz]	2.122 (0.448)	2.099 (0.437)	0.023 (-0.318 to 0.364)	0.884
	タップインターバルのSD	0.074 (0.035)	0.065 (0.042)	0.009 (-0.017 to 0.036)	0.447

SD 標準偏差、(A) 距離、(B) 速度、(C) 加速度、(D) インターバル

表 35 : 研究 2 メチルフェニデートの効果 「アンチタッピング」の「非利き手」

	パラメータ [単位]	メチルフェニデート		差 (95%信頼区間)	p値
		平均 (SD)			
		休薬日	内服日		
(A)	距離の最大振幅 [mm]	69.10 (15.94)	73.94 (12.15)	-4.84 (-12.94 to 3.26)	0.212
	総移動距離 [mm]	2155 (669)	2329 (586)	-174 (-518 to 171)	0.287
	距離の極大点の平均 [mm]	50.51 (15.67)	55.37 (13.77)	-4.86 (-12.13 to 2.41)	0.167
	距離の極大点のSD	9.800 (2.538)	8.724 (1.857)	1.076 (-0.438 to 2.591)	0.144
	距離の極大点の近似直線傾き	-0.702 (1.441)	-0.905 (1.351)	0.203 (-1.310 to 1.716)	0.771
(B)	速度の最大振幅 [m/s]	1.982 (0.493)	1.989 (0.415)	-0.063 (-0.250 to 0.237)	0.955
	速度のオープニング極大点の平均 [m/s]	0.555 (0.178)	0.582 (0.179)	-0.027 (-0.129 to 0.075)	0.571
	速度のクロージング極小点の平均 [m/s]	0.867 (0.265)	0.874 (0.182)	-0.007 (-0.122 to 0.108)	0.892
	速度のオープニング極大点のSD	0.116 (0.037)	0.121 (0.033)	-0.005 (-0.031 to 0.021)	0.687
	速度のクロージング極小点のSD	0.182 (0.047)	0.165 (0.031)	0.017 (-0.005 to 0.038)	0.120
	エネルギーバランス	0.483 (0.109)	0.486 (0.097)	-0.003 (-0.073 to 0.067)	0.920
	総エネルギー値	164.6 (119.3)	175.2 (78.8)	-10.6 (-57.9 to 36.7)	0.629
(C)	加速度の最大振幅 [m/s <sup>2</sup> ]	75.40 (18.13)	70.60 (13.27)	4.80 (-3.73 to 13.33)	0.239
	加速度のオープニング極大点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	13.37 (4.43)	13.74 (4.75)	-0.37 (-3.06 to 2.31)	0.764
	加速度のオープニング極小点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	10.45 (3.29)	10.31 (4.26)	0.14 (-2.85 to 3.14)	0.917
	加速度のクロージング極大点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	34.32 (11.50)	33.94 (8.03)	0.38 (-4.65 to 5.41)	0.868
	加速度のクロージング極小点の平均 [m/s <sup>2</sup> ]	16.51 (3.85)	15.59 (3.30)	0.92 (-0.61 to 2.45)	0.211
(D)	タップ回数	20.46 (4.05)	20.45 (4.30)	0.00 (-3.43 to 3.43)	1.000
	タップインターバルの平均 [s]	0.489 (0.083)	0.494 (0.107)	-0.005 (-0.070 to 0.061)	0.876
	タップの平均周波数 [Hz]	2.116 (0.390)	2.110 (0.435)	0.007 (-0.303 to 0.326)	0.965
	タップインターバルのSD	0.084 (0.037)	0.060 (0.026)	0.024 (-0.004 to 0.052)	0.085

SD 標準偏差、(A) 距離、(B) 速度、(C) 加速度、(D) インターバル

表 36 : 研究 2 メチルフェニデートの効果 「アンチタッピング」の「位相差」

パラメータ [単位]	メチルフェニデート		差 (95%信頼区間)	p値
	平均 (SD)			
	休薬日	内服日		
位相差の平均 [度]	181.6 (24.0)	182.3 (18.9)	-0.7 (-14.0 to 12.5)	0.907
位相差のSD	53.54 (27.98)	35.56 (15.21)	17.98 (3.50 to 32.47)	<b>0.020*</b>

SD 標準偏差、太字は有意差のついた p 値 \* $p < 0.05$



# 資料

# 「小児の手指巧緻性機能に関する観察研究（磁気センサによる定量評価）」に関する

## 説明書

### 1. この研究の概要

#### 【研究の目的】

発達障害や不随意運動、また手先の不器用さを持つ小児では、重度の神経機能障害は認められないものの軽微な神経機能異常を呈することが知られています。これらの所見はさまざまな診察法により評価されますが、いずれも診察者の主観が拭いきれません。

本研究は、磁気センサ型指タッピング装置を用いて、指の巧緻運動および協調運動を定量的に計測し、新たな治療法の開発を目的としています。

#### 【研究の方法】

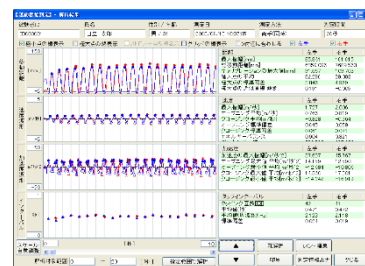
図1のように磁気センサを母指と示指に設置し、児にタッピングを教示します(図2)。時間は10秒で、右手のみ、左手のみ、両側同時タッピング、両側交互タッピングをできるだけ早く繰り返す課題を行います。痛みや危険な行為は伴いません。上記課題が難しい場合、メトロノームを併用し、タッピングの補助を行います。図3のように指の動きが表示されます。すべての課題は、約10分ほどで終了します。



【図1】



【図2】



【図3】

## 2. 個人情報 の保護

この研究に関わる成果は、他の関係する方々に漏れることのないよう、慎重に取り扱う必要があります。あなたの情報・データは、分析する前に名前・住所などの個人情報を削り、代わりに新しく符号をつけ、どなたのものか分からないようにした上で、当科および研究分担者の日立製作所において厳重に保管・解析します。ただし、必要な場合には、当科においてこの符号を元の名前などに戻す操作を行い、結果をあなたにお知らせすることもできます。

## 3. 研究結果の公表

研究の成果は、あなたの氏名など個人情報が明らかにならないようにした上で、筑波大学及び日立製作所が学会発表や学術雑誌などで公表します。ご自身の情報が公表されることはありません。

## 4. 研究参加者にもたらされる利益及び不利益

この研究が、あなたに直ちに有益な情報をもたらす可能性は高いとはいえません。しかし、この研究の成果は今後の小児神経疾患研究の発展に結び付くことが期待されます。この研究が進むことにより、運動機能から小児神経疾患の治療効果や安全性が予測可能となり、患者さんにより良い治療がなされるという面で、将来、あなたに利益をもたらす可能性があると考えられます。

## 5. 研究終了後のデータ等の取扱

あなたからいただいたデータは、この研究のためにのみ使用します。しかし、もしあなたが同意していただければ、将来の研究のための貴重な資源として、研究終了後も引き続き保管します。符号により誰の資料かが分からないようにした上で、使い切られるまで保管します。なお、将来、当該資料を新たな研究に用いる場合は、改めて筑波大学附属病院臨床研究倫理委員会の承認を受けた上で用います。

## 6. あなたの費用負担

今回の研究に必要な費用について、あなたに負担を求めことはありませんが、通常の外来診療における自己負担分はご負担いただきます。なお、僅かではありますが、謝金をお渡しします。

## 7.その他

この研究は、筑波大学附属病院臨床研究倫理審査委員会の承認を受けて実施するものです。また、研究資金は、科学研究費補助金(基盤研究(C)「小児の手指巧緻性機能障害に関する治療法の開発-磁気センサによる定量評価-」)によるものです。

ご意見、ご質問などがございましたら、お気軽に下記までご連絡ください。

### 【本件に関するお問い合わせ先】

本研究の責任者： 大戸 達之 (小児内科診療グループ・講師)

あなたの担当医師： (小児内科診療グループ・)

連絡先： 筑波大学附属病院

住所： 〒305-8575 茨城県つくば市天王台1-1-1

電話： 029-853-3877 (小児外来、平日8:30～17:15)

： 029-853-3110 (救急外来、上記以外の時間帯)

※ 担当医師または小児内科の医師を呼び出して下さい。

# 同意書

筑波大学附属病院長 殿

私は、「小児の手指巧緻性機能に関する観察研究(磁気センサによる定量評価)」について説明を受け、以下の点も確認しました。

- ・この研究に協力してもいつでもやめることができること
- ・検査で得られたデータは、筑波大学で保管・解析されること
- ・匿名化(個人情報がかんからぬ)されたデータは、日立製作所でも保管・解析されること
- ・匿名化されたデータは、筑波大学および日立製作所により学会発表や論文発表されること

当院に通院されている方の場合

- ・この研究に協力しなくても、今までどおり診療・治療を受けられること

その上で、この研究に協力することにします。

平成 年 月 日

本人の氏名(自署) \_\_\_\_\_

保護者(親権者等)代諾者

(自署) \_\_\_\_\_ (本人との続柄) \_\_\_\_\_

## 本件に関するお問い合わせ先

本研究について何かお知りになりたいことや、疑問な点がありましたら、担当医師に遠慮なくおたずねください。

本研究の責任医師：大戸達之 (小児科診療グループ・講師)

あなたの担当医師： \_\_\_\_\_ (小児科診療グループ・ \_\_\_\_\_)

連絡先：筑波大学附属病院

住所：〒305-8576 茨城県つくば市天久保 2-1-1

電話：029-853-3877 (小児外来, 平日 9:00~17:00)

同意撤回書

筑波大学附属病院長 殿

私は、「小児の手指巧緻性機能に関する観察研究（磁気センサによる定量評価）」研究への参加に同意し、同意書に署名しましたが、その同意を撤回いたします。

平成 年 月 日

本人の氏名（自署）\_\_\_\_\_

保護者（親権者等）代諾者

（自署）\_\_\_\_\_（本人との続柄）\_\_\_\_\_

平成 年 月 日

確認者

所属 筑波大学附属病院 小児科 \_\_\_\_\_

医師名（自署）\_\_\_\_\_

## 出典

本学位論文では、Brain and Development 2020;42:421-30.(DOI : <https://doi.org/10.1016/j.braindev.2020.03.004>)、Brain and Development に掲載予定の論文の内容を、Elsevier 社の規定にしたがって、再利用している。