

令和 5 年 5 月 16 日現在

機関番号：21602

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K11892

研究課題名(和文) 発達障害児を対象とした自動書字認識システムの開発

研究課題名(英文) Development of an automatic handwriting recognition system for children with developmental disabilities

研究代表者

慎重弼 (SHIN, JUNGPIL)

会津大学・コンピュータ理工学部・教授

研究者番号：40315677

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：発達障害は、障害者基本法によると、学習障害(LD)、注意欠陥多動性障害(ADHD)、自閉症スペクトラム障害(ASD)等を指す。LDとは、知的な能力の遅れがないにもかかわらず読みの問題を抱えていたり、計算することが苦手であったりといった特徴がある。一方、ADHDは不注意、多動、衝動といった症状をもち、ASDはこだわりやコミュニケーションの問題といった行動上の問題を有するのが特徴的である。これら発達障害では、字形バランスの悪さや筆圧の過度な強弱などの書字の特異性が示唆されている。しかし、それらの書字特徴から前述の3つの発達障害を見分けるためのシステムはこれまでに存在していない。

研究成果の学術的意義や社会的意義

発達障害の手書きの特異性を明確にすることにより、作成されたシステムを用いて、発達障害児を見分けることが高確率で可能になる。

研究成果の概要(英文)：According to the Basic Law for Persons with Disabilities, developmental disabilities include learning disabilities (LD), attention deficit hyperactivity disorder (ADHD), and autism spectrum disorder (ASD), etc. LD is characterized by reading problems and difficulty with calculation despite the absence of intellectual delays. On the other hand, ADHD is characterized by symptoms of inattention, hyperactivity, and impulsivity, while ASD is characterized by behavioral problems such as obsessiveness and communication issues.

These developmental disorders have been suggested to have specific characteristics of handwriting, such as unbalanced letter formation and excessive pressure on the strokes. However, no system has yet been developed to distinguish the three developmental disorders based on these writing characteristics.

研究分野：医療分野

キーワード：発達障害 書字認識 機械学習 個別画情報 画間相互情報

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

本研究は、書字から**神経発達障害群(発達障害)を識別するための自動書字認識システムの開発**を目的とする。発達障害では、字形バランスの悪さや筆圧の過度な強弱などの書字の特異性が示唆されているが、書字から発達障害を識別するためのシステムはこれまでに存在していない。

申請者らはこれまでに、人間の手書きから得られる情報を用いた様々な認識システムを開発しており、**署名認証、病気判別などの性能を向上させるための文字生成に関するシステムについて国内および国際特許を取得している**(特許JP 2011-018668,特許KR 10-2011-0113797)。また、行動および**脳機能計測を用いた発達障害を対象とした検査システムについて国内および国際特許を取得している**(特許JP 6128651,特許US 9848811)。さらに、パーキンソン病などを判別することが可能な自動書字認識システムも開発中である。

本研究では、これら発達障害を対象とした研究および書字識別システム開発の経験を活用し、**書字のどのような特徴が発達障害の特異性と関連しているのかを明らかにすることで、新たに書字によって得られたデータから発達障害を自動識別することができるシステムを開発する。**

本システムは、学校などにおける**発達障害児のスクリーニング検査として非常に有用性の高いシステムとして用いることができる。**

発達障害は、障害者基本法によると、学習障害(Learning Disabilities: LD)、注意欠陥多動性障害(Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: ADHD)、自閉症スペクトラム障害(Autism Spectrum Disorder: ASD)等を指す。LDとは、知的な能力の遅れがないにも関わらず読みの問題を抱えていたり、計算することが苦手であったりといった特徴がある。一方、ADHDは不注意、多動、衝動といった症状をもち、ASDはこだわりやコミュニケーションの問題といった行動上の問題を有するのが特徴的である。これら発達障害では、字形バランスの悪さや筆圧の過度な強弱などの書字の特異性が示唆されている(江田, 2010; 増田, 2007)。しかし、それらの**書字特徴から前述の3つの発達障害を見分けるためのシステムはこれまでに存在していない。**

### 2. 研究の目的

本研究は、**発達障害を識別するための自動書字認識システムの開発を目的とする。**

発達障害では、字形バランスの悪さや筆圧の過度な強弱などの書字の特異性が示唆されているが、書字によって発達障害を識別するためのシステムはこれまでに存在していない。また、書字障害と脳機能との関連性は未だ明らかとなっていない。そこで、LD、ADHD、ASDといった各発達障害児の書字の特徴を明らかにし、相違点を検証する。

### 3. 研究の方法

発達障害を識別するための自動書字認識システムを開発する。図1にシステムの構成を示す。初めに、ペンタブレットを用いて対象者の手書き文字をデジタルのデータに変換する。

一般的には、文字や筆圧を認識するために、それぞれの各画の情報(**個別画情報**)を使い、パターン内の部分的な伸び縮みを考慮しながら、最適化した後の距離を計算するDP (Dynamic Programming) マッチングで文字間の差を比較している。個別画情報では、書字時間、筆圧、書字座標、ペンの角度などの個々に定義される情報を使用する。慎研究室は、さらに、文字の特徴として、個別画情報のほかにそれぞれの画同士の相対的な配置の関係(**画間相互情報**)を使用している。画間相互情報では、画間の始点同士・終点同士の位置関係や点からの8方向と交差する数(図2で、8方向と交差する数、それぞれの方向と交差する数)などの相対的な情報を使用する(J. Shin 1999/3, IEICE; J. Shin 2014/7, IJDSN)。文字のバランスや画間の相対的な長短が文字を識別するとき重要に

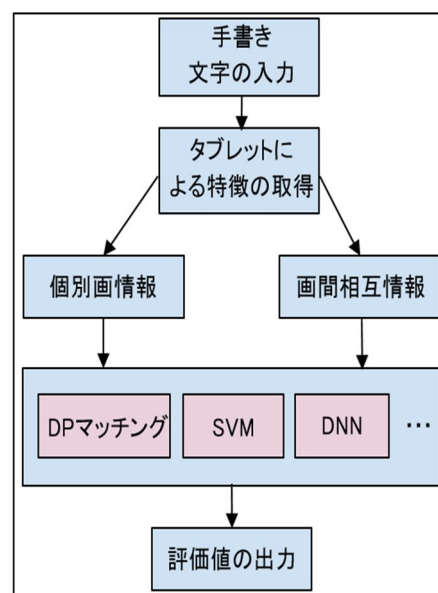


図 1. システム構成

なり、個別画情報と画間相互情報を組み合わせることにより、**識別の精度が2倍近く向上することが確認されている**(J.Shin 2017/3, ACM SIGAPP)。また、これまでの研究により、DP マッチングを改良した **DPW (Dynamic Positional Warping)により認識の精度が20%改善することも確認されている**(J.Shin 2009/7, IJPRAI)。このような、文字や筆者を認識するために使われる手法を組み合わせ適用することにより、書字の特徴を抽出することが可能になると予想される。また、得られた情報をもとに、**機械学習やディープラーニングを使い、発達障害を特定し、発達障害児の書字の特徴を調査する。**

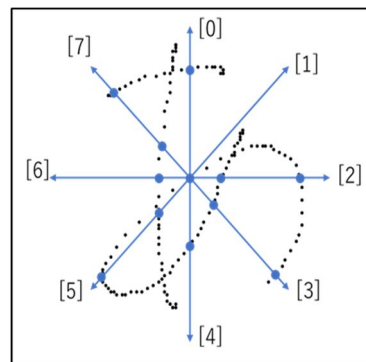


図2 . 画間相互情報

#### システムの開発とデータ収集

本研究では、これまでに報告されてきた文字の形状の悪さや筆圧の不適切さといった発達障害児の特徴に加え、書字時間、文字サイズ、文字の角度といった他の定量的な評価値も調査する。そのために、手書き文字のデジタルデータを収集する方法として、ペンタブレットを用いる。流れは以下になる。まず、決められた日本語の文字や図形が表示されるので、それを子供になぞらせたり、書かせたりする。そこから、**書字時間、筆圧、書字座標、ペンの水平軸の傾き、ペンの垂直軸の傾きの6次元データを時系列に得る(図3)。**図4に、開発予定の手書きプロトタイプを示す。

発達障害を特定するための定量的な特徴の抽出:

集められたデータから、発達障害の特異性を即座に計算することができる。個別画情報や画間相互情報などの幾何学的特徴から、文字と図形の形状のバランスがわかる。また、画の位置関係や、画の長さの関係などの画間相互情報と、形状の変化や座標の位置や動きなどの個別画情報が計算される。

発達障害によく現れる過度な筆圧は、筆圧の平均、筆圧のヒストグラム、筆圧の変動係数などから測定可能である。同様に、**書字スピードやペンの傾き**も測定し、新たな発達障害の特徴を調査する。図5に書字する図形と文字、図6に測定されたペンの筆圧、筆圧の加速度、書字の速度を示す。

図3 . 書字の6次元データ

図4 . 手書きシステム

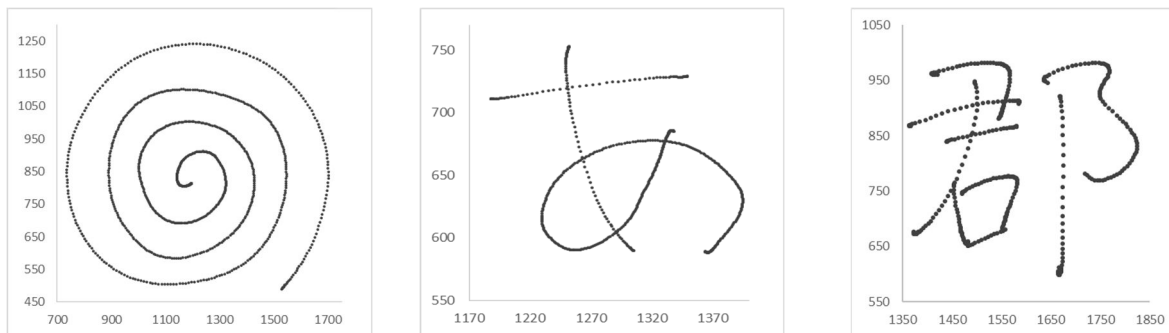


図5 . 書字する図形と文字

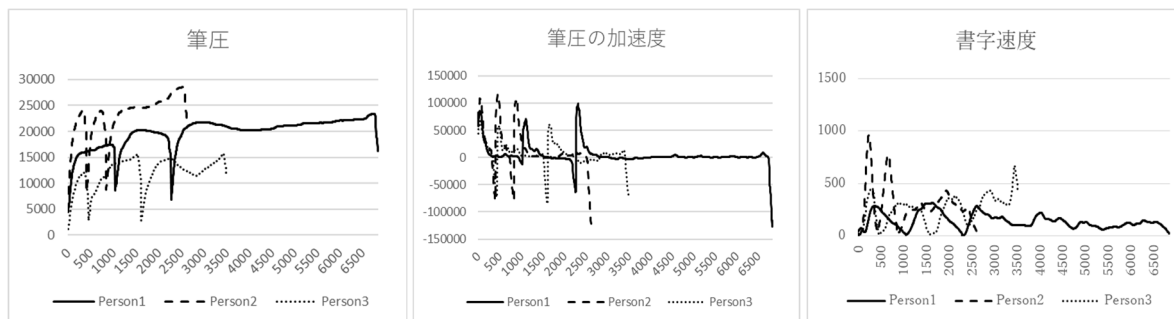


図6 . ペンの筆圧、筆圧の加速度、書字の速度

#### 発達障害の特定と分類

**抽出した特徴から発達障害を特定するための重要な特徴を調査するために、DP マッチングや、SVM(Support Vector Machine)、決定木、CNN(Convolutional Neural Network)**

などの機械学習を使い、識別システムを構築する。構築された識別システムで発達障害を分類する。

手書きシステムの評価

構築したシステムにより得られた定量的な評価と、実際の診断結果を比較し、システムの評価と診断予測の汎化性能を検証する。

#### 4. 研究成果

発達障害の手書きの特異性を明確にすることにより、作成されたシステムを用いて、発達障害児を見分けることが高確率で可能になる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Koji Yano, Jungpil Shin, Akira Yasumura	4. 巻 422
2. 論文標題 Brain activity in the prefrontal cortex during cancelation tasks: Effects of the stimulus array	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Behavioral Brain Research	6. 最初と最後の頁 113744
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbr.2022.113744	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Md. Maniruzzaman, Jungpil Shin, Md. Al Mehedi Hasan	4. 巻 12
2. 論文標題 Predicting Children with ADHD using Behavioral Activity: A Machine Learning Analysis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 2737
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app12052737	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Md. Maniruzzaman, Jungpil Shin, Md. Al Mehedi Hasan, Akira Yasumura	4. 巻 72
2. 論文標題 Efficient Feature Extraction and Selection based ADHD Detection from EEG Signal using Support Vector Machine	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 CMC-Computers, Materials & Continua	6. 最初と最後の頁 5179-5195
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 恵 明子, 鈴木 暁子, 榎 重弼, 安村 明	4. 巻 22
2. 論文標題 ペンタブレットを用いた書字動態とADHDおよびASD傾向との関連性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 認知神経科学	6. 最初と最後の頁 151, 157
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Akiko Megumi, Akiko Suzuki, Jungpil Shin, Akira Yasumura
2. 発表標題 Relationship between handwriting dynamics using pen tablet and tendencies of ADHD and ASD
3. 学会等名 8th World Federation of ADHD, From Child to Adult Disorder (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Jungpil Shin, Md. Al Mehedi Hasan, Md. Maniruzzaman, Akiko Megumi, Akiko Suzuki and Akira Yasumura
2. 発表標題 Online Handwriting Based Adult and Child Classification using Machine Learning Techniques
3. 学会等名 5th Eurasian Conference on Educational Innovation 2022 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 恵 明子, 鈴木 暁子, 慎 重弼, 安村 明
2. 発表標題 ペンタブレットを用いた書字動態と発達障害傾向との関連性について
3. 学会等名 日本心理学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	安村 明  (Yasumura Akira)  (60723468)	熊本大学・大学院人文社会科学部(文)・准教授    (17401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------