

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 18 日現在

機関番号：32671

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K02764

研究課題名（和文）知的・発達障害児の運動発達アセスメント体制の整備～画像評価支援ツールの開発と実践

研究課題名（英文）Assessment system of gross motor development for children with intellectual and developmental disabilities: Development and practice using IT support tool

研究代表者

雨宮 由紀枝（Amemiya, Yukie）

日本女子体育大学・体育学部・教授

研究者番号：40366802

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、粗大運動の質的評価の客観性・利便性を高める画像評価支援ツールを開発し、知的・発達障害のある子どもの運動発達アセスメント体制整備を試みることを目的とした。保育園・小学校において粗大運動アセスメントを継続的に実施し、開発した画像評価支援ツールを用いて採点し、その結果を基に保護者・保育者・教員とともに方策を検討して子どもへの発達支援につなげていくという運動発達支援のアセスメント体制を実現することができた。また、アセスメント普及を目指し、評価者・子ども向けeラーニングを開発して試用し、有用性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来困難であった療育・保育・教育現場における運動発達アセスメントは、利便性・客観性を高める画像評価支援ツールを開発すれば、その体制を構築しうる可能性を示すことができた。将来的には、縦断・横断データを蓄積し、介入事例を積み上げながら、動画情報をもとに粗大運動評価から支援方策の提示までを自動で行うITシステムを確立していくことが期待される。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to develop IT support tool that enhances the objectivity and convenience of qualitative evaluation of gross motor development, and to attempt to establish an assessment system for children with intellectual and developmental disabilities. We continuously conducted gross motor assessments at nursery schools and elementary schools, evaluated using the developed IT support tool, and considered with parents, nursery teachers, and elementary school teachers to lead to developmental support for children. We were able to implement an assessment system of gross motor development using IT support tool. In addition, with the aim of disseminating assessment, e-learning for evaluators and children was developed and tested, demonstrating its usefulness.

研究分野：特別支援教育、社会福祉

キーワード：知的・発達障害 粗大運動 質的評価 画像処理技術 発達支援 標準化

## 1. 研究開始当初の背景

自閉スペクトラム症 (ASD)、注意欠如多動症 (ADHD)、学習障害 (LD) との併存障害でよく知られる発達性協調運動症 (DCD) の頻度は子どもの 5~6% と高く、このうち 50~70% と高い頻度で成人になっても残存する (DSM-5)。日本では DCD の認知度は低く、本人や周囲も「困り感」を抱えながらも気づきや理解につながらず、結果、診断・治療・療育や合理的配慮を含む適切な支援が進まないのが現状である (中井、2014)。

療育・保育・教育現場で運動発達の困難を的確に捉えるためには、従来から実施されている運動能力調査のほか、基本的動作の質的な発達を評価する必要があるが、未だ日本には標準化された検査は存在しない。また、知的障害のある子どもの「不器用さ」をどう評価するかということが以前から問題となっているが、特定の IQ 値を設定して DCD の診断から除外すべきでなく (宮原、2017)、運動発達支援の対象とする。

アセスメントツールの利用実態については、発達障害児者の支援に携わる全国の 2,790 の医療機関および福祉機関を対象とした調査によると、全般的に知能検査・発達検査が比較的良好に利用されている一方で、運動機能に関するツール (DCDQ、M-ABC、その他) の利用はいずれの尺度も 0~4% とほとんど利用されていなかった。また、アセスメントツールの利用を規定する要因として、実施者や購入資金、実施時間といった資源の不足のみならず、アセスメントに対する理解の不足、ツールの利便性の問題なども影響することが推測されていた。(松本・伊藤他、2013) (辻井・明翫他、2014)

以上、療育・保育・教育現場では、知的・発達障害のある子どもの運動面の困難さを的確に把握し、科学的根拠に基づく発達支援を行うことが求められているものの、現場でアセスメントを実施することは技術的にも時間的にも極めて困難を伴い、その解決策を見出すことが課題となっている。

## 2. 研究の目的

これまで、われわれは療育・保育現場で知的・発達障害のある子どもの運動発達支援に関わり、いくつかのアセスメントツールの利用を試みたが、評価の客観性を保つことの難しさ、日常の運動遊び場面で複数同時評価が不可能など、難問に直面してきた。その解決策を探る中で、IT を利用したアセスメントの実施に取り組んできた。本研究では、粗大運動の質的評価の客観性・利便性をさらに高める画像評価支援ツールを開発し、知的・発達障害のある子どもの運動発達アセスメント体制整備を試みることを目的とした。

## 3. 研究の方法

### A. 運動発達アセスメントの実施と発達支援

#### (1) 運動発達アセスメントの実施

保育園、小学校、学童保育に在籍する児童を対象に、粗大運動発達検査 TGMD-2/TGMD-3 (Ulrich、2000/2019) を継続的に実施し、その様子を複数台のカメラで撮影する。

TGMD-2 は移動系運動 6 項目 (走る、ギャロップ、片足跳び、跳び越し、立ち幅跳び、サイドステップ)、操作系運動 6 項目 (ティーバッティング、ドリブル、キャッチ、キック、上手投げ、ボール転がし)、合計 12 項目の基本的運動スキルで構成され、運動発達の質的な変化を観察により評価できる。米国で開発・標準化され、信頼性・妥当性も検証済みで、近年世界各国で頻繁に用いられている (Iivonen ら、2014)。下位 12 項目は幼児にとって解りやすい動きであり、仲間と遊んだりスポーツをしたりするときに必要な基本的運動スキルである。2019 年に TGMD-3 が発表され、移動系運動 6 項目 (飛び越し⇒スキップに変更)、操作系運動 7 項目 (ボール転がし⇒ワンバウンド片手打ちに変更、下手投げ追加)、合計 13 項目に変更された。

#### (2) 画像評価支援ツールを用いた評価と発達支援

粗大運動発達検査 TGMD を実施している場面を撮影した記録動画より、開発した評価支援ツールを用いて採点を実施する。その結果に基づいて、保護者・保育者・教員とともに方策を検討して子どもへの課題志向型介入を行い、運動発達支援のアセスメント体制を実現して発達支援への有用性を検証する。

### B. 画像技術を用いた評価支援ツールの開発

#### (1) 評価支援ツールの開発

粗大運動の質的評価を行う「運動発達アセスメント」の利用普及と標準化のために、効率的に入力・評価作業を行ってデータベースを構築する評価支援ツールの開発を進める。IT の利用は、利便性を高めるとともに、評価の再現性・客観性を担保し、データ収集・分析の向上なども期待できる。利用者からの要望もあり、タブレット版で動画コンテンツ埋込式とする。

#### (2) 画像解析による粗大運動評価手法の開発

カメラ画像を解析することにより運動の評価を行うアルゴリズムを応用し、粗大運動の評価と発達支援へのフィードバックを自動的に行うシステムを目指していく。

### C. 評価者育成とアセスメントの普及

#### (1) 保育者、教員への評価支援

保育者・教員への評価支援も行いながら、アセスメントを進め、保育者・教員・学生を対象に、評価支援ツールを用いて評価者育成と利用普及を図る。粗大運動発達検査の標準化に向けて、広く定型発達児も対象にアセスメントを実施して、データを収集する。

#### (2) 子ども向け e ラーニングの開発と利用

TGMG-2 実施マニュアル (Ulrich, 2000a) には使用する用具や言葉がけなどの方法が指示されているが、子どもたちの個性にあわせて最大のパフォーマンスが発揮できるように、工夫する必要がある。視覚優位の子どもの多く、ピクチャータスクカード (Breslin ら、2015) をヒントに、子ども向けの e ラーニングを開発して有用性を明らかにする。

### 4. 研究成果

#### A. 粗大運動発達アセスメントの実施と発達支援

##### (1) 粗大運動発達アセスメントの実施

保育園、小学校 (通常の学級、特別支援学級)、児童保育において、TGM2/3 によるアセスメントを3年間で合計11回実施し、保育園児25名、小学生約200名の縦断的・横断的なデータの蓄積を行った。

##### (2) 画像評価支援ツールを用いた評価と発達支援

図1に運動発達アセスメント体制を示す。以下の①~⑤のフローを一定期間 (年2回) ごとに繰り返し、運動発達支援のアセスメント体制を実現した。

- ① 児童を対象として粗大運動発達検査 TGMG-2 を実施し、その様子を複数台のカメラで撮影する。
- ② 記録動画を、開発した画像評価支援ツールを利用して採点する。記録動画と採点結果は順次蓄積し、データベース化する。
- ③ アセスメント結果を個別レポートにまとめる。
- ④ 個別レポートを保護者・保育者・教員に報告し、カンファレンスを行って特別な支援が必要な子どもへの支援方策を検討する。
- ⑤ 検討結果を基に子どもへの課題志向型介入を行う。

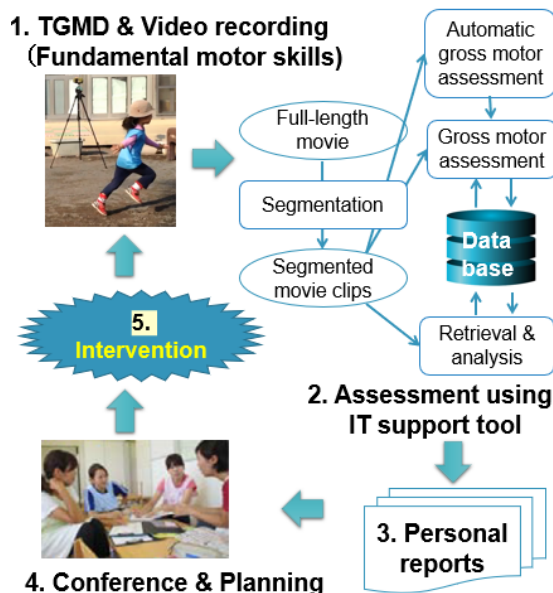


図1 運動発達アセスメント体制

[雨宮 他, Yokohana2020] [雨宮 他, 国際DCD学会2019] [雨宮 他, 日本体育学会2019]

### B. 画像技術を用いた評価支援ツールの開発

#### (1) 評価支援ツールの開発

データベース構築のためには、記録動画から一人分の粗大運動を項目毎に切り出す動画編集+アノテーション作業が欠かせないが、本作業は煩雑であり研究作業場のネックであった。そこで、これらの前処理作業を効率化すべく、図2の評価支援ツールを開発した。

本ツールは、異視点の動画2本を同時再生・コマ送りでき、TGMGの運動項目毎の動作開始・終了時刻と採点の判断・記録がタブレット操作により素早く実施できる。これにより、従来の手作業では粗大運動動作1つに対して平均約10分要していたものが数十秒に短縮でき、作業効率を大幅に向上できた。さらに、計測データセットに混入した不適合データを自動除去してデータベースの質を向上させた。

本評価支援ツールを用いてパイロットスタディを行った結果、①記録動画と採点結果を同じ画面で簡単に検索して表示できる、②複数のユーザーが同時に評価を実行できる、③評価結果を後で確認して修正することも簡単であるなどの利点を確認した。保育者・教員・OT/PTとともに発達支援方法を検討する際に有用であった。

[雨宮 他, 日本女子体育大学スポーツトレーニングセンター紀要2019] [雨宮 他, IEEE IECON2018] [鈴木聡 他, IEEE IECON2018]



図2 評価支援ツール

(2) 画像解析による粗大運動評価手法の開発

6-7 歳児を対象に実施した TGMD の項目のうち「上手投げ」という項目に焦点を当てて、粗大運動能力のビデオ分析の予備試験を試みた。

図3に粗大運動の自動ビデオ分析を示す。OpenPose (動画の各フレームから実時間で、複数人物の 2D 姿勢の推定を可能にした手法)を用いて、子どもたちの動きをリアルタイムに可視可し、定量的な比較を行った。短投型と遠投型の動きの特徴を見出すとともに、自動化にあたり解決すべき課題を明らかにした。[森山 他, Yokohama2020]

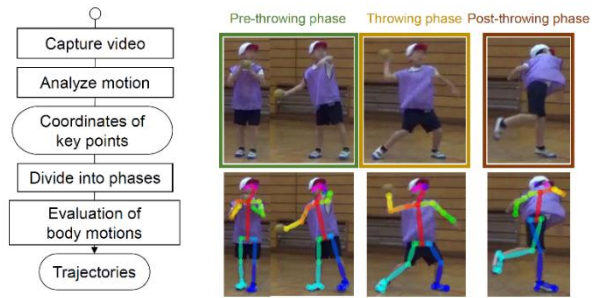


図3 粗大運動の自動ビデオ分析

なお、画像解析による粗大運動評価手法の開発については、別途 JSPS 科研費 18K11444 (H30~R2 年度 研究代表者: 鈴木聡、研究分担者: 雨宮由紀枝) の課題と重なるところもあり、並行して進めたので、概要を以下に記す。

研究課題名: 運動発育アセスメント AI のための行動識別理論/発達数理モデルの研究と実証  
 研究成果の概要: 子どもの身体運動機能アセスメントのための行動識別(Activity Recognition: AR)に関して、粗大運動 AR・アセスメント AR・運動発育 AI の確立に段階的に取り組み、それら機能のロバスト化(識別機能の向上)と運動発育 AI 化(評価機能の実現)を達成した。具体的成果は、TGMD-3 に準じた現地測定の実施とデータベースの整備(図1)、AI 用データセットの作成支援のアプリの完成(図2)、各種 AR 深層学習アルゴリズムの提案(図4)、そして Grad-CAM・VAE を用いた識別理由・不具合動作の可視化用ネットワーク設計法の提示(図5)である。  
 [鈴木聡 他, IEEE ICM2021] [鈴木聡 他, IEEE HSI2020] [鈴木聡 他, IEEE SII2020]  
 [鈴木聡 他, IEEE IECON2020] [鈴木聡 他, IEEJ SAMCON2019] [鈴木聡 他, IEEE IECON2019]

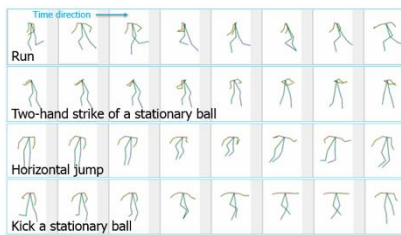


図4 ディープラーニングによる自動姿勢推定の例



図5 粗大運動アセスアプリ: GM Grande

**C. 評価者育成とアセスメントの普及**

(1) 保育者、教員への評価支援

未熟練者を被験者とし、子どもの粗大運動を運動技能評価について、熟練者によるそれとの差異を検証したところ、単純な運動では差異は小さかったが、「ティールボールバッティング/スウィング中、肩と腰が回転する」「ワンバウンド片手打ち/利き足と反対の足をボールの方へ踏み出す」といったやや複雑な運動では差異が見られた。ただし、評価実施に際して、評価の着眼点について説明を加えることで、この差異は小さくなった。これらの結果を基に、評価の未熟練者の課題や評価力の育成法を検討した。

[佐藤 他, 日本女子体育大学スポーツトレーニングセンター紀要 2020]

(2) 子ども向け e ラーニングの開発と利用

子ども向け e ラーニング用として、プロの漫画家に依頼して漫画タスクカード(図6)を作成してタブレットにセットし、小学1年生を対象に試行した結果、動きの定着が促進され、有効性が示唆された。e ラーニングをテレビ画面に転送し(図7)、子ども達自身が意識すべ投球フォームのポイントを確認して言語化することも効果的であった。

[森山 他, Yokohama2020] [鈴木俊介 他, Yokohama2020]

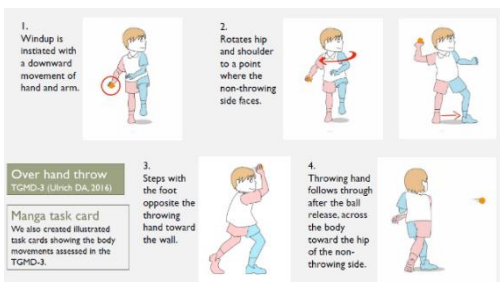


図6 TGMD-3「上手投げ」の漫画タスクカード

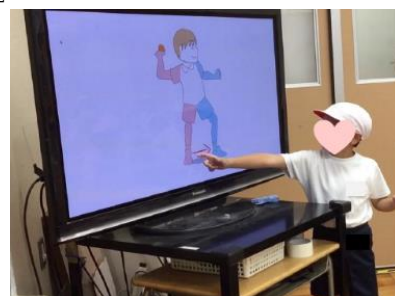


図7 漫画タスクカードによる動きの確認

この手法をさらに児童生徒に身につけさせたい日常生活動作に応用し、子ども向けeラーニングを作成した。動作の要所を手順ごとに分節化し、それらを漫画表現にしたタスクカード(図8)を作成後、タブレットにセットして指導を行った。動作の例示と言葉での指導に比べ、動作獲得スピードも正確性も増し、動作獲得後はeラーニングを見ずとも状態が継続され、その有効性が示唆された。



図8 「ヒモ結び」の漫画タスクカード

[中島, 関東甲信越地区肢体不自由教育研究協議会 2019] [中島 他, 日本発達障害支援システム学会 2018]

以上、当該研究計画は概ね遂行できたものの、コロナ禍の影響で、データの蓄積および評価者育成とアセスメントの普及は道半ばとなっている。将来的には、縦断・横断データを蓄積し、介入事例を積み上げながら、動画情報をもとに粗大運動評価から支援方策の提示までを自動で行うITシステムを確立し、客観的・効率的な運動発達アセスメント体制を構築していくことが期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2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 佐藤麻衣子・雨宮由紀枝	4. 巻 23
2. 論文標題 児童の基本的な動きの質的評価：非熟練者による評価の課題	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本女子体育大学スポーツトレーニングセンター紀要	6. 最初と最後の頁 9-16
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 雨宮由紀枝・佐藤麻衣子	4. 巻 22
2. 論文標題 4～6歳児を対象とした粗大運動発達テストTGMD-2による評価：パイロットスタディ	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本女子体育大学スポーツトレーニングセンター紀要	6. 最初と最後の頁 1-7
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 -

〔学会発表〕 計16件（うち招待講演 1件/うち国際学会 12件）

1. 発表者名 Satoshi Suzuki, Yukie Amemiya, and Maiko Sato
2. 発表標題 Deep learning assessment of child gross-motor.
3. 学会等名 The 13th International Conference on Human System Interaction (HSI 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Satoshi Suzuki, Yukie Amemiya, and Maiko Sato
2. 発表標題 Skeleton-based explainable human activity recognition for child gross-motor assessment,
3. 学会等名 The 46th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Satoshi Suzuki, Yukie Amemiya, and Maiko Satoh
2. 発表標題 Skeleton-based visualization of poor body movements in a child's gross-motor assessment using convolutional autoencoder.
3. 学会等名 The IEEE International Conference on Mechatronics (ICM2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yukie Amemiya, Maiko Sato, Shunsuke Suzuki, Yumi Nakajima, Tsuyoshi Moriyama, and Satoshi Suzuki
2. 発表標題 A Qualitative evaluation of fundamental movement at 6-7 years old: Evaluation and practical use of IT support tools.
3. 学会等名 The 2020 Yokohama Sport Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Satoshi Suzuki, Yukie Amemiya, and Maiko Sato
2. 発表標題 Deep learning assessment of child gross-motor using TGMD-3.
3. 学会等名 The 2020 Yokohama Sport Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shunsuke Suzuki, Yumi Nakajima, Tsuyoshi Moriyama, Maiko Sato, Satoshi Suzuki, and Yukie Amemiya
2. 発表標題 Teaching ball throwing to elementary school first graders using the TGMD-3: Effective use of illustrated task cards based on performance criteria and measurement data.
3. 学会等名 The 2020 Yokohama Sport Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tsuyoshi Moriyama, Yumi Nakajima, Shunsuke Suzuki, Maiko Sato, Satoshi Suzuki, and Yukie Amemiya
2. 発表標題 Video Analysis and Evaluation of Gross Motor Skills.
3. 学会等名 The 2020 Yokohama Sport Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Satoshi Suzuki, Yukie Amemiya, and Maiko Sato
2. 発表標題 Enhancement of gross- motor action recognition for children by CNN with OpenPose
3. 学会等名 The 45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON'19) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoshi Suzuki, Yukie Amemiya, and Maiko Satoh
2. 発表標題 Enhancement of child gross-motor action recognition by motional time-series images conversion
3. 学会等名 2020 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 雨宮由紀枝、佐藤麻衣子
2. 発表標題 TGMD-3による幼児の基礎的動きの質的評価 : IT技術を用いた評価支援ツールの開発と発達支援への適用
3. 学会等名 日本体育学会第70回大会 in慶応義塾
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 中島裕美
2. 発表標題 自立活動における日常生活動作の課題分析と指導：漫画タスクカードを用いた「ヒモ結び」の指導実践から
3. 学会等名 関東甲信越地区肢体不自由教育研究協議会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yukie Amemiya, Satoshi Suzuki, and Maiko Sato
2. 発表標題 A Support System for Gross Motor Assessment of Preschool Children
3. 学会等名 The 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON'18) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yukie Amemiya, Satoshi Suzuki, and Maiko Sato
2. 発表標題 Assessment of gross motor development of Japanese children using IT support tool
3. 学会等名 13th International Conference on Developmental Coordination Disorder (DCD13) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoshi Suzuki, Yukie Amemiya, and Maiko Sato
2. 発表標題 Action recognition of child's gross motor with LSTM and OpenPose
3. 学会等名 IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, and Motion Control (SAMCON2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中島裕美、森山剛、雨宮由紀枝
2. 発表標題 漫画タスクカードを用いた微細運動の指導支援
3. 学会等名 2018日本発達障害支援システム学会 第17回研究セミナー / 研究大会
4. 発表年 2018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	鈴木 聡  (Suzuki Satoshi)  (20328537)	東京電機大学・未来科学部・教授   (32657)	
研究分担者	佐藤 麻衣子  (Sato Maiko)  (40220040)	日本女子体育大学・体育学部・准教授   (32671)	
研究分担者	森山 剛  (Moriyama Tsuyoshi)  (80449032)	東京工芸大学・工学部・准教授   (32708)	

	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
研究協力者	小沢 慎治  (Ozawa Shinji)	慶応義塾大学・理工学部・名誉教授	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	伊賀上 知子  (Igaue Tomoko)	ベネッセ日吉保育園・園長	
研究協力者	中島 裕美  (Nakajima Yumi)	横浜市立北綱島特別支援学校・教諭	
研究協力者	鈴木 俊介  (Suzuki Shunsuke)	横浜市立川和東小学校・教諭	

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