

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：10102

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2021

課題番号：18K17797

研究課題名（和文）小学生の投動作の類型化とデータベースの構築

研究課題名（英文）Classification and database construction of overarm throwing motion for the Japanese elementary school children

研究代表者

小林 育斗（Kobayashi, Yasuto）

北海道教育大学・教育学部・准教授

研究者番号：90779026

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）：本研究の目的は、小学生の投動作を定量的方法により類型化し、投動作の指導に活用できるデータベースを作成することであった。小学生男女の投動作を3次元動作分析し、投球腕や体幹の角度を変数としてクラスター分析をおこない、類型（群）ごとの平均的な動作を構築した。動作パターンに分けられた各群をみると、平均投距離が大きい群ほど高学年児が多く存在する傾向にあり、平均投距離が小さい群では体幹の水平回転の動作範囲が小さい、リリース直前での肩の水平内転が大きいなどの特徴がみられた。また、平均投距離が小さい群には、低学年児だけでなく高学年児も存在した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

小学生の投能力低下の要因の1つとして、学校体育における動作指導が十分ではないことが指摘されている。学校体育で投動作はドッチボールなどに含まれるが、それらの指導書では集団技能についての記述が多い。小学生の投動作に関する先行研究をみると、観察に基づく評価・分類法が用いられており、素早く複雑な動きを伴う小学生の投動作を分類することは容易ではない。そこで本研究では、小学生の投動作を定量的方法によって類型化し、投動作の指導に活用できるデータベースを作成することを目的とした。高い投能力を示す動作パターンという基準があれば、動きを正しく評価・指導できるので、小学生の投能力向上に貢献できる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to classify the overarm throwing motion by quantitative methods and construct a database that could be used for teaching a motion technique to elementary school children. The throwing motion of the children was analyzed three-dimensionally. A cluster analysis was conducted using throwing arm and trunk angle as variables, and the standard motion for each group was constructed. The groups with larger throwing distances tended to have more upper-grade children, while those with smaller throwing distances had a smaller range of horizontal rotation of the trunk and greater horizontal adduction of the shoulder just before the ball release. In addition, the group with smaller throwing distances was comprised of not only younger children but also older children.

研究分野：スポーツバイオメカニクス

キーワード：小学生 投動作 動作分析 類型化

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

児童期は身体の著しい発達に運動経験が加わり、様々な運動技能の基礎となる動作の調整機能が備わり始める時期である。したがって、この時期に多様な動きを経験することは、子どもの身心の発達のために重要と言える。しかし近年では、子どもの運動参加頻度の二極化や、少年期からの早期専門化などの傾向がみられ、子どもが投動作を経験する機会が減少し、新体力テストにおけるソフトボール投げの記録は低下・停滞している。我が国では、投能力の発達は家庭よりも学校などの公共の場における身体運動と強く結びついているとされる(海老原・宮下、1989)。また、池田・田原(2012)は、子どもの投能力低下の要因の1つとして、学校体育における投動作の指導が十分ではないことを指摘している。これらを考慮すると、小学校の体育授業が子どもの投能力の発達に関して今後の重要な役割を果たすと考えられる。

学校体育の指導において、動きの評価の際に最もよく用いられる方法は、教師のもつ動作のイメージと評価すべき子どもの動作を比較することである。しかし、この方法によって作られる基準は教師や指導者の運動経験や主観に大きく影響をうけ、明確な評価基準を提示しにくいなどの問題がある。特に、投動作は動作自由度の大きな上肢を高速で動かす3次元動作であるため、その評価は容易ではない。

2. 研究の目的

これまでの子どもの投動作の類型に着目した研究(宮丸、1980など)では、動作の質的な評価による分類法が用いられてきた。これは投動作を観察によって評価・分類する方法であり、幼児の投動作分析に多用されてきた。しかし、幼児よりも動作が速く、動き方が複雑になる小学生の投動作をこの方法のみで評価することは難しくなる。また、画像解析による詳細な量的分析を行った研究(関根、1999)は、発達による関節角度の変化などを詳細に記述するには適している。しかし、賀川(2006)が指摘するように、体育教師は運動のイメージを学習者にどの様にして把握させるかに最も関心が高いことを考えると、このような量的分析法は教師へ指導の手がかりとなる具体的な動作パターンを示すには適していない。

そこで本研究は、学童期における子どもの投動作を定量的方法により類型化し、投動作の指導に活用できるデータベースを作成することを目的とした。すなわち、まず動作分析によって小学生の投動作の3次元座標値を多量に収集し、それらを変数としてクラスター分析を用いて定量的に動作を類型化する。そして、分類した群(対象者のまとまり)ごとに、複数名の平均的な動きを示す標準動作モデル(Ae et al., 2007)を作成する。これらは体育授業における投動作の適切な評価や、個々の児童に応じた修正法を検討する際に活用できるので、小学生の投能力の向上に貢献できる。

3. 研究の方法

(1) データ収集

対象者は、小学2年生、4年生、6年生の男女計200名を対象とし、その内データが適切に収集できた試技を分析対象とした。新体力テストの実施要項に従い、半径1mのサークル内からソフトボール(1号球)を遠投させ、この時の動作を高速度カメラ2台(撮影スピード毎秒240コマ、シャッタースピード1/000秒)で撮影した。各カメラは無線式LED同期ランプを用いて同期した。撮影した動画は、動作解析ソフトウェア(Frame-DIAS)を用いて手動でデジタル化し、測定点の2次元座標値を求めた。既知の座標値からパラメータを求め、DLT法によって測定点の3次元座標値を算出した。そして、Wells and Winter(1980)の方法で最適遮断周波数を決定し、Butterworth digital filterによって平滑化した。分析区間はテイクバックでボールが最も下がった時点からボールリリース時までとした。分析開始から踏み出し脚接地、踏み出し脚接地からボールリリース時までをそれぞれ踏み出し局面と投げ出し局面とし、それぞれ100%時間で規格化した。なお、左投げの試技は身体重心を基準に左右肢を反転し、右投げとして扱った。

(2) データ分析

すべての分析対象試技において、以下の関節角度の時系列データを算出した。

- ① 上肢6つ(右肘関節角度、右肩関節の内外旋角度、左右肩関節の内外転角度と水平内外転角度)
- ② 下肢6つ(左右膝関節角度、左右股関節の内外転角度と屈曲伸展角度)
- ③ 体幹3つ(体幹の前後傾角度と側屈角度、回転角度)

各時刻の関節角度(すなわち、規格化時間数×関節角度数)を変数としてクラスター分析を行った。クラスターの分類方法には階層的な方法を、クラスター間の距離には平方ユークリッド距離を、クラスターの合併法にはWard法を用いた。そして、クラスター間の距離に対する評価値(コーフェン相関係数)に基づき、全対象者を複数の群に分類した。

各群の対象者の座標データを用いて、Ae et al.(2007)の方法で標準動作モデルを作成した。その手順としては、身体各部位の3次元座標値から身体重心を求めた後、身体重心を基準点とし、対象者の身長に応じて座標データを規格化および平均した。群間の比較には、Kruskal-Wallis検定とBonferroniの調整をとるMann-Whitney検定を用いた(有意水準5%未満)。

4. 研究成果

小学生男子では 86 名の試技が分析対象となった。各学年の投距離をみると、1 年生 (13 人) は $7.4 \pm 2.6\text{m}$ 、2 年生 (11 人) は $13.0 \pm 6.6\text{m}$ 、3 年生 (15 人) は $14.6 \pm 3.9\text{m}$ 、4 年生 (13 人) は $18.9 \pm 7.4\text{m}$ 、5 年生 (18 人) は $17.2 \pm 4.5\text{m}$ 、6 年生 (16 人) は $28.3 \pm 7.7\text{m}$ であった。

図 1 はクラスター間距離の評価値を、図 2 は階層クラスター分析で得られた樹形図を示したものである。評価値は 2 が最も高かったが、2 つの群に分けると人数の偏りが著しくなることから、次に大きな 4 を採用した。1 年生から 6 年生の分析対象試技を 4 つの群に分けると、各群の人数は第 1 群が 42 人、第 2 群が 15 人、第 3 群が 15 人、第 4 群が 14 人であった。

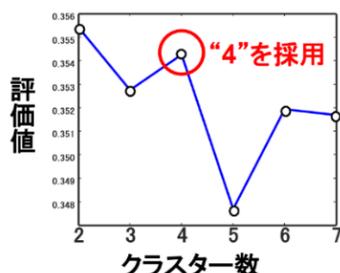


図 1 クラスター数の評価値

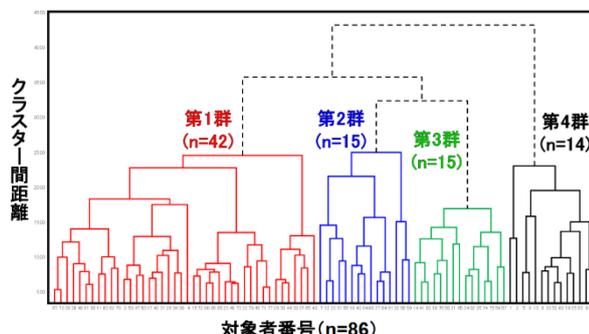


図 2 クラスター分析によるパターン分け

表 1 は各群における各学年の児童数と平均学年について示したものである。第 1 群は高学年の割合が高く、1~6 年生の順に 3、4、10、7、9、9 人で、平均学年は 4.0 ± 1.5 年生であった。同じく第 2 群は 2、2、2、2、5、2 人で平均学年が 3.8 ± 1.7 年生、第 3 群は 0、4、1、3、2、5 人で平均学年が 4.2 ± 1.7 年生であった。第 4 群は低学年の割合が高く、8、1、2、1、2、0 人で、平均学年が 2.1 ± 1.6 年生であった。第 4 群の平均学年は第 1 群と第 3 群よりも有意に低かった。また、第 4 群の平均学年は 10% 水準で第 2 群より低い傾向にあった。

表 1 各群における各学年の児童数と平均学年

	1年生	2年生	3年生	4年生	5年生	6年生	平均 学年	群間差
第1群	3人	4人	10人	7人	9人	9人	4.0 ± 1.5	第4群<第1,3群* 第4群<第2群†
第2群	2人	2人	2人	2人	5人	2人	3.8 ± 1.7	
第3群	0人	4人	1人	3人	2人	5人	4.2 ± 1.7	
第4群	8人	1人	2人	1人	2人	0人	2.1 ± 1.6	

表 2 は各群のパフォーマンスと体格を示したものである。投距離は、第 1 群が $20.1 \pm 8.5\text{m}$ 、第 2 群が $17.6 \pm 8.2\text{m}$ 、第 3 群が $17.2 \pm 7.5\text{m}$ 、第 4 群が $10.2 \pm 3.8\text{m}$ であった。第 1 群の投距離は第 4 群よりも有意に大きかった。また、第 2 群と第 3 群の投距離は、10% 水準で第 4 群より大きい傾向にあった。ボール初速度は、第 1 群が $15.3 \pm 3.6\text{m/s}$ 、第 2 群が $14.8 \pm 3.7\text{m/s}$ 、第 3 群が $14.5 \pm 3.6\text{m/s}$ 、第 4 群が $10.5 \pm 2.6\text{m/s}$ であった。第 4 群の投距離は、第 1、2、3 群よりも有意に小さかった。

次に体格をみると、身長は、第 1 群が $1.33 \pm 0.10\text{m}$ 、第 2 群が $1.35 \pm 0.10\text{m}$ 、第 3 群が $1.38 \pm 0.12\text{m}$ 、第 4 群が $1.23 \pm 0.10\text{m}$ であった。第 4 群の身長は第 1、2、3 群よりも有意に小さかった。体重は、第 1 群が $31.1 \pm 8.5\text{kg}$ 、第 2 群が $34.7 \pm 11.2\text{kg}$ 、第 3 群が $30.5 \pm 7.0\text{kg}$ 、第 4 群が $23.8 \pm 5.1\text{kg}$ であった。第 4 群の体重は第 1、2、3 群よりも有意に小さかった。

これらのことから、第 1、2、3 群の間には平均学年や体格に顕著な差はみられないものの、第 1 群は投能力の高い群であると言える。また、第 4 群は平均学年が低いことから、体格面での不利もパフォーマンスに影響したと考えられるが、同群には 5 年生 (2 名) が含まれていることは注目すべき点である。

表 2 各群のパフォーマンスと体格

	第1群	第2群	第3群	第4群	群間差
投距離 [m]	20.1 ± 8.5	17.6 ± 8.2	17.2 ± 7.5	10.2 ± 3.8	第4群<第1群* 第4群<第2,3群†
ボール 初速度 [m/s]	15.3 ± 3.6	14.8 ± 3.7	14.5 ± 3.6	10.5 ± 2.6	第4群<第1,2,3群*
身長 [m]	1.33 ± 0.10	1.35 ± 0.10	1.38 ± 0.12	1.23 ± 0.10	第4群<第1,2,3群*
体重 [kg]	31.1 ± 8.5	34.7 ± 11.2	30.5 ± 7.0	23.8 ± 5.1	第4群<第1,2,3群*

図3は各群における標準動作のスティックピクチャーを示したものである。第1、2、3群と比べると、第4群は踏み出し脚のステップ幅が小さく、投球腕の動きも小さいことがわかる。また、第1群と第3群は、踏み出し局面の最初の時点で体幹を大きく右側（投球方向と反対側）へ側屈している。このような下肢と体幹の大きな動きは、投げ出し局面における投球腕の振りを高めることに貢献すると考えられる。次に、各群の動作について詳細に検討する。

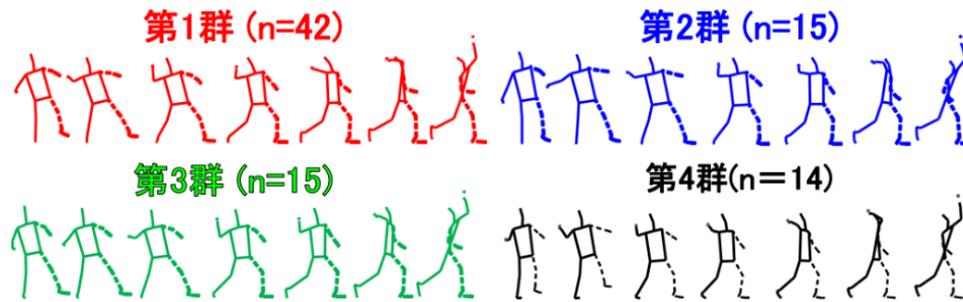


図3 各群の標準動作

図4は右肘関節角度と第2群の特徴をスティックピクチャーで示したものである。第1、3、4群では、踏み出し局面から投げ出し局面中盤までの右肘角度は最大でも110°前後であったが、第2群は150°を超える肢位になる時点があった。このようにテイクバック時に右肘を大きく伸展させる投げ方は、いわゆる“アーム投げ”と呼ばれる投動作である。第2群のような投げ方の小学生に対する指導では、特に肩の怪我を防止する目的として、テイクバックでトップの形（手がしっかりと上がった状態）が出来てから、体幹を回転し始めているかに留意すべきであろう。

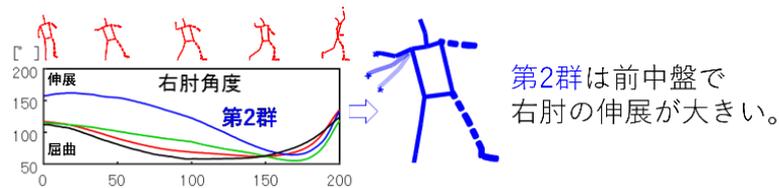


図4 右肘関節角度と第2群の特徴

図5は右肩関節内外転角度と第3群の特徴をスティックピクチャーで示したものである。第1群や2群では、踏み出し脚の接地（100%時）までに右肩を約90°に外転していたが、第3群は投げ出し局面の中盤（150%時）でも50~60°の外転位であった。そして、そこからリリースの直前にかけて急激に右肩を外転してボールを投じていた。このように“投げ上げる”ような動作は、比較的に重量の大きい投擲物を投じる際にみられる。第3群は2年生が4名含まれ、体重が第1、2、3群のなかで最も小さいことが影響した可能性がある。しかし、体幹の回転を有効活用し、右肩の内外旋など上肢の動きを大きくするためには、上腕と体幹は直角（肩90°外転位）にすることが望ましい。したがって、第3群のような投げ方の小学生に対しては、身体の発達にに応じて、右肩を約90°まで外転させるように指導することが望ましい。

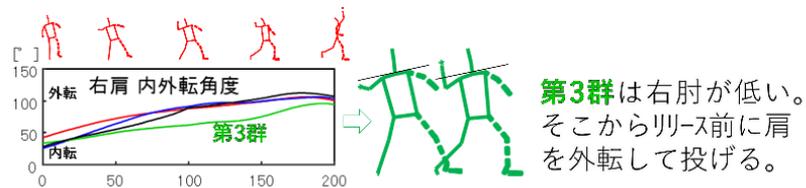


図5 右肩関節内外転角度と第3群の特徴

図6は、右肩関節水平内外転角度と体幹水平回転角度、そして第4群の特徴をスティックピクチャーで示したものである。第1、2、3群は、踏み出し脚の接地（100%時）の前後で右肩を大きく水平外転していた。これは“胸を張る”と言われる動きと関連し、投球方向とは反対方向へ投球腕を引くことで、リリースにむけて勢よく腕を振るための準備動作になる。これに比べて、第4群は局面全体を通して目立った角度変化がなく、常に約90°よりも小さい肢位であった。つまり、両肩を結んだ線の延長線よりも、肘が体幹の前側にあること示している。このような過度な肩の水平内転は、先行研究で報告されている子どもの未熟な投動作の特徴と一致している（Ishida et al., 2006）。この動きの要因は明らかになっていないが、可能性の1つとして、ダーツ投げのように肘を投球方向へむけて伸展することで、狙った投球方向へボールを投じられるようにしたことが考えられる。

体幹水平回転では、第1、2、3群は踏み出し脚の接地（100%時）前後までに、背中を投球方向にむける（体幹水平回転角度が負の値になる）ほど体幹を後方回転させ、そこからリリースにかけて前方回転させていた。動作範囲の大きい体幹の動作は、投げ出し局面における投球腕のスイング速度を高めることに貢献したと考えられる。一方、第4群は体幹の後方回転が小さく、最も後方回転した時でも0°以上であった。つまり、投球方向に対して身体が横向きになる程度が最大であり、その後は他の群よりも早く体幹が前方回転し、早期に身体正面が投球方向をむく傾向にあったことを示している。この動きの要因としては、早めに投球方向を見えるようにすることで、上述した肩の水平内転（肘を投球方向へむける）の効果と合せて、狙った方向へ投げられるようにしていた可能性が考えられる。しかし、これらの動きは素早い投球腕の振りや大きな投距離を獲得するためには改善すべきである。したがって、第4群のような投げ方の小学生への指導において、真下（地面）や目の前のネットへの全力投など、投球方向を気にしなくてもよい学習の場を設定することが推奨される。

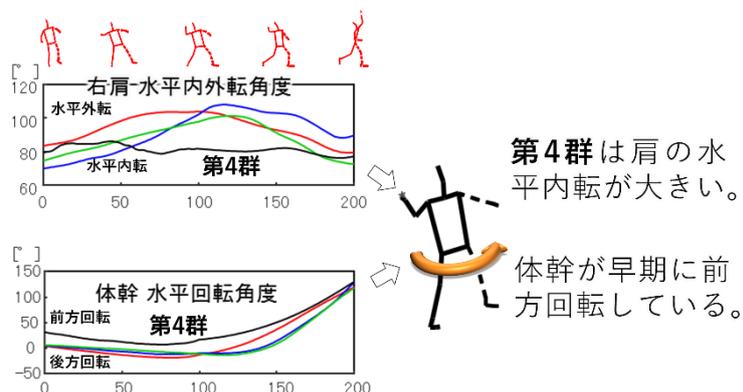


図6 右肩関節水平内外転角度および体幹水平回転角度と第4群の特徴

以上のことをまとめると、小学生男子の投動作パターンは4つの群に分けられ、投距離が中程度の2つの群では、1つはテイクバックで右肘の伸展が大きいアーム投げ型、もう1つの群は右肘が下がった姿勢からリリースにむけて外転する投げ上げ型であった。そして、平均投距離が小さい群では体幹が早期に前方回転し、リリース直前での肩の水平内転が大きいなど、未発達な投動作の特徴がみられた。なお、投距離が最も大きな第1群は、申請者が過去に構築した6年生男子の優れた投動作モデル（小林ほか、2012）と類似した投動作であった。また紙面の都合上により小学生女子の結果については割愛したが、男子と同様に複数群のパターンが確認された。これらの研究成果はデータベース化し、一部を以下のWebサイトに掲載した。

<https://www.kobayashi-yasuto.website/kaken-wakate2018-2022>

<引用文献>

- ① Ae, M., Muraki, Y., Koyama, H., and Fujii, N. (2007) A biomechanical method to establish a standard motion and identify critical motion by motion variability: With examples of high jump and sprint running. Bulletin of institute of health and sport sciences, University of Tsukuba, 30 : 5 - 12.
- ② 海老原修・宮下充正 (1989) 異なる社会的環境下におけるスポーツ参加が基本的運動動作の発達に及ぼす影響について. 渡部和彦編 第9回日本バイオメカニクス学会大会論集: スポーツパフォーマンスの環境. 杏林書院: 東京, pp. 152 - 162.
- ③ 池田延行・田原淳子 (2012) 小学生を対象とした「投げる運動」の授業実践に関する研究. 国土舘大学体育研究所報, 31 : 73 - 76.
- ④ Ishida, K., Murata, M., and Hirano, Y. (2006) Shoulder and elbow kinematics in throwing of young baseball players. Sports Biomechanics, 5 : 183 - 196.
- ⑤ 賀川昌明 (2006) 体育学習におけるパーソナルコンピュータ利用の展望と課題. 体育学研究, 51 : 409 - 419.
- ⑥ 小林育斗・阿江通良・宮崎明世・藤井範久 (2012) 優れた投能力をもつ小学生の投動作の特徴とその標準動作. 体育学研究, 57 : 613 - 629.
- ⑦ 宮丸凱史 (1980) 投げの発達. 体育の科学, 30 : 464 - 471.
- ⑧ 関根克浩・豊川琢・阿江通良・藤井範久・島田一志 (1999) 小学生男子における投動作の発達に関するキネマティクスの研究. バイオメカニクス研究, 3 : 2 - 11.
- ⑨ Wells, R.P. and Winter, D.A. (1980) Assessment of signal noise in the kinematics of normal, pathological and sporting gaits. Proceedings of the special conference of the Canadian society for biomechanics, Human locomotion, 1 : 92 - 93.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 小林育斗	4. 巻 18
2. 論文標題 動作分析から小学生の投動作指導の要点を考える	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 子どもと発育発達	6. 最初と最後の頁 271-278
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 無
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 小林育斗	4. 巻 12
2. 論文標題 幼児における投動作の学習に関する研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 作大論集	6. 最初と最後の頁 133-143
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 無
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3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 小林育斗、加藤謙一、阿江通良
2. 発表標題 小学生男子の投動作パターン
3. 学会等名 日本体育学会第70回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林育斗、阿江通良、加藤謙一
2. 発表標題 小学生女子の投動作の類型化
3. 学会等名 第69回日本体育学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yasuto Kobayashi, Michiyoshi Ae, Kenichi Kato
2. 発表標題 Classification of overarm throwing motion in Japanese elementary school girls.
3. 学会等名 The 36th International Conference on Biomechanics in Sports 2018 (国際学会)
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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------