

令和 4 年 6 月 1 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K11097

研究課題名(和文) 重心動揺により身体異常や体調不良を評価しうるか

研究課題名(英文) Can body sway be used to assess physical abnormalities and ill health?

研究代表者

出村 慎一 (DEMURA, Shin-ichi)

金沢大学・人間社会研究域・客員研究員

研究者番号：20155485

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)：本研究は、重心動揺変数の標準偏差X及びYのパーセンタイル値区分クロス表と等確率楕円に基づく2種類のパターン分析手法を考案し、個人の動揺パターンの特定(重心動揺パターン分類)後、性別・年代別各集団の動揺パターン特性に加えて、姿勢変化、視覚制限、運動負荷(自転車エルゴメーターを用いた下肢運動)、及び身体的・精神的疲労による重心動揺変動や動揺パターンの変化を検討した。9歳以下は他の年代に比べ動揺パターンが異なること、また片側バッグ保持による姿勢変化、視覚制限、運動負荷、及び身体的・精神的疲労時には重心動揺もしくは動揺パターンが変動することを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で考案した重心動揺パターン分類法により、性別・年代別各集団の重心動揺パターンの特徴、及び姿勢変化、視覚制限、運動負荷時に加えて身体的・精神的疲労時に重心動揺パターンが変動することを客観的・具体的に明らかにした。前述の結果により、重心動揺を利用して、自覚的な身体的疲労や精神的疲労の客観的評価の可能性が高くなった。2000名余りの重心動揺データは、今後、標準値作成のために活用可能であろう。

研究成果の概要(英文)：Two methods of pattern analysis (a cross-table created based on the percentile rank categories of the standard deviation X and Y axes of the center-of-pressure [COP] sway variables and an equal probability ellipse) were developed to examine sway patterns and fluctuations during a postural change, visual restriction, exercise load (leg exercise using a bicycle ergometer), and physical and mental fatigue, in addition to sway pattern characteristics of each group according to gender and age, after identifying the individual sway pattern (COP sway pattern classification). This study clarified that the sway pattern or fluctuations of children ≤ 9 years old differed from that of the other age groups and changed due to postural change with unilateral bag holding, visual restriction, exercise load, and physical and mental fatigue.

研究分野：測定評価学

キーワード：重心動揺 疲労 健康状態

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。

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ヒトの静止立位時の重心動揺は、足圧中心 (Center of pressure: COP) を利用して評価されている。立位姿勢時の重心動揺パターンは、身長や体重、あるいは血液型や性格特性のように個人毎に異なる。つまり、各個人はそれぞれ独自の動揺パターンにより自己の姿勢の安定性を保っている。例えば、前後や左右の変動が小さい者もいれば、大きい者もいる。健常者における静止立位姿勢の動揺パターンの違いは、バランス能力の優劣を示すものではなく、身長や性格の違いと同様にその個人の特性であり、いずれの動揺パターンがよいとは言えない。しかし、動揺パターンが日頃とは異なる他のパターンに大きく変動した場合、身体に何らかの異常や変化が生じている可能性がある。

個人の動揺パターンは、短期的には、極度の疲労や体調不良時に、長期的には、体型変化 (過度の肥満や痩せ) や姿勢変化 (脊柱彎曲) 姿勢調節機能 (視覚、体性感覚など) の加齢変化などにより変動すると仮定される。身体の継続的で極度のだるさ (倦怠感) や疲労は、重大な疾病や労働力の低下等をまねくため、現在、大きな社会問題となっている。だるさは、睡眠や休養の不足、精神的ストレス、急性の場合、風邪などの細菌・ウイルス感染が原因で起こる。だるさや疲労は、自覚的に体感するが、簡便かつ客観的に評価する方法がない。身体的疲労は仕事や運動等の活動後の生理的な疲労であり、自覚しやすい。精神的疲労は心理的ストレスが大きな要因であり、精神的疲労の蓄積は、うつ病や睡眠障害等の精神疾患を患うリスクが高くなる。重大な病気や障害に至る前に、早期にその可能性を発見することが重要となる。極度の精神的疲労時の重心動揺は、体調良好時と異なる可能性が高く、動揺パターンの変動は、身体的疲労や精神的疲労の客観的指標になりうると考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、性、年齢段階を考慮した大標本に基づき、個人の動揺パターンを特定 (パターン分類) し、男女、年代 (幼児、青年、高齢者等) により動揺パターンがいかに異なるか、また体調良好時の動揺パターンが、様々な状況下 (体調不良時、疲労時、運動負荷時や姿勢変化時等) でいかに変動するかを明らかにすることであった。

3. 研究の方法

本研究の目的を達成するために以下の4つの研究課題を設定した。研究課題1及び2は、平成30年度と令和元年度、研究課題3は令和2年度、そして研究課題4は令和3年度に検討を計画した。なお、令和2年からの新型コロナウイルス感染拡大による被験者確保の困難性により、研究課題3では一部、既存データを利用し検討を実施した。

各研究課題の具体的検討の詳細に関しては「4. 研究成果」にて説明する。

研究課題1: 幅広い年齢段階の重心動揺について各種重心動揺変数を利用し重心動揺パターンの分類を検討する。

研究課題2: 幼児、青年、高齢者、男女、等の集団の動揺パターンの特徴を明らかにする。

研究課題3: 各種状況下の動揺パターンの変動を明らかにする。

研究課題4: 運動負荷前後の重心動揺の変動を明らかにする。

4. 研究成果

課題1 各種重心動揺変数を利用した重心動揺パターンの分類

自立した生活を営んでいる3歳~90歳までの男女2412名 (男性1176名、女性1236名) を対象に、重心動揺パターンの分類を試みた。被験者は、重心動揺計上で1分間の静止立位姿勢 (ロンベルク姿勢) を保持した。測定中の各種重心動揺変数を算出し、前後方向 (Y方向) と左右方向 (X方向) の動揺を捉えられる分散変数、つまりX及びY方向動揺の標準偏差の2変数をもとにして、以下の2手法による分類を考案した。

(1) 標準偏差X及びYのパーセンタイル値に基づくクロス表の作成

対象とした2412名を母集団と仮定し、全データを用いて標準偏差X及びYのパーセンタイル順位をそれぞれ算出し、個人の詳細な変動評価を可能にするため、パーセンタイル順位2.5%刻みに区切った (40区間)。標準偏差X及びYは、前後左右と方向が異なる。よって、両者の変動が同時に評価可能になるように2次元クロス表を作成した。この区分に基づく、標準偏差XとYにより40×40のクロス表が作成できる (図1)。

一方、パーセンタイル値に基づくヒストグラムは正規分布に従う。多くの人は、中央に位置し、稀な人が分布の裾に位置することになる。よって、個人のパターンの同定を目的とした場合、均等区分することに問題が生じる。そこで、本研究では前述の40等区間を便宜的に5%、20%、50%、20%、及び5% (A~E) に5区分し、5×5のクロス表を作成した (図2)。40×40クロス表は、個人内の変動を詳細に捉えること、また、5×5クロス表は特定集団の動揺パターンを把握するために有効と考えられる。以下の表1は5×5クロス表に基づいた男性 (n=1176) 及び女性 (n=1236) のパターン分布 (相対度数) を示している。女性のA-A区分が男性より高い傾向にあったが、男女ともに、クロス表の対角線上の区分に度数が集まる傾向にあり、大きな違いは認められなかった。

(2) 等確率楕円に基づくパターン分析

標準偏差X及びYの散布図の中心点 (各変数の平均値) からのばらつきを捉えるために等確率楕円 (95%信頼域楕円) 及び散布図の各データと楕円中心点とのマハラノビスの距離 (D2) を算出した。図3は等確率楕円とマハラノビスの距離について説明している。散布度が大きい、または外れ値が多い場合、等確率楕円は大きくなり、マハラノビス

の距離の平均値も大きくなる。この等確率楕円及びマハラノビスの距離により特定集団の重心動揺パターンを把握できると考えられる。図4は(プロット点: 、等確率楕円: 実線)及び女性(プロット点: ○、等確率楕円: 点線)の等確率楕円を示している。

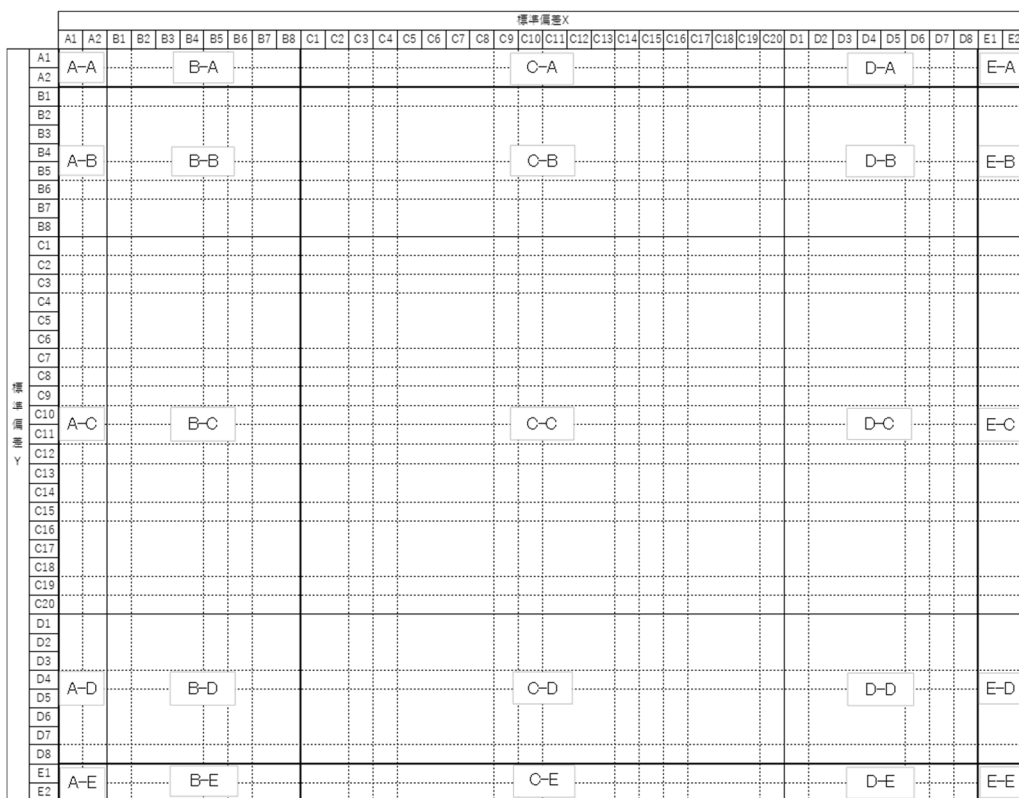


図1 40×40 クロス表

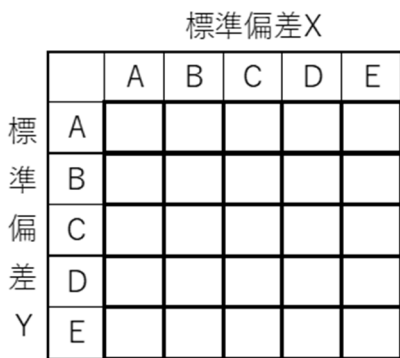


図2 5×5 クロス表

表1 男性(左)及び女性(右)のパターン分布(相対度数)

		標準偏差X					
		A	B	C	D	E	計
標準偏差Y	A	0.9	2.1	0.6			3.7
	B	0.5	7.9	9.4	0.7		18.5
	C	0.5	7.7	29.3	11.4	2.0	50.9
	D		1.6	8.7	7.1	3.7	21.1
	E		0.2	1.2	2.6	1.9	5.9
計		2.0	19.6	49.1	21.9	7.5	100.0

		標準偏差X					
		A	B	C	D	E	計
標準偏差Y	A	5.8	2.5	0.1			8.4
	B	1.7	10.0	8.2	0.6	0.1	20.6
	C	1.0	10.0	29.0	8.4	0.6	49.1
	D	0.2	1.1	9.2	6.7	1.0	18.2
	E		0.1	1.1	1.6	0.9	3.7
計		8.7	23.7	47.7	17.3	2.6	100.0

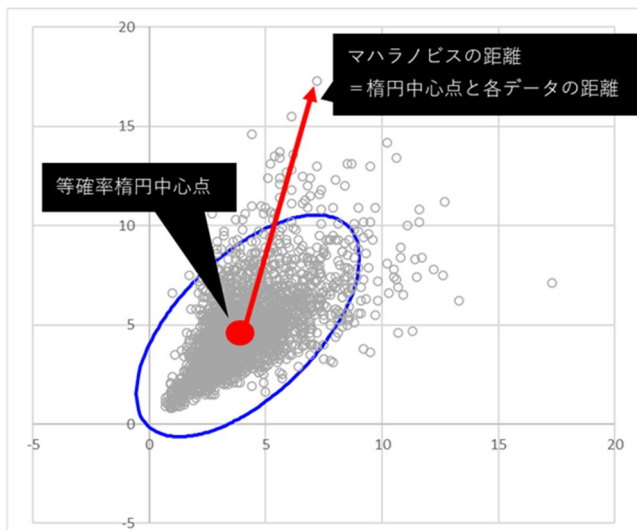


図3 等確率楕円とマハラノビスの距離

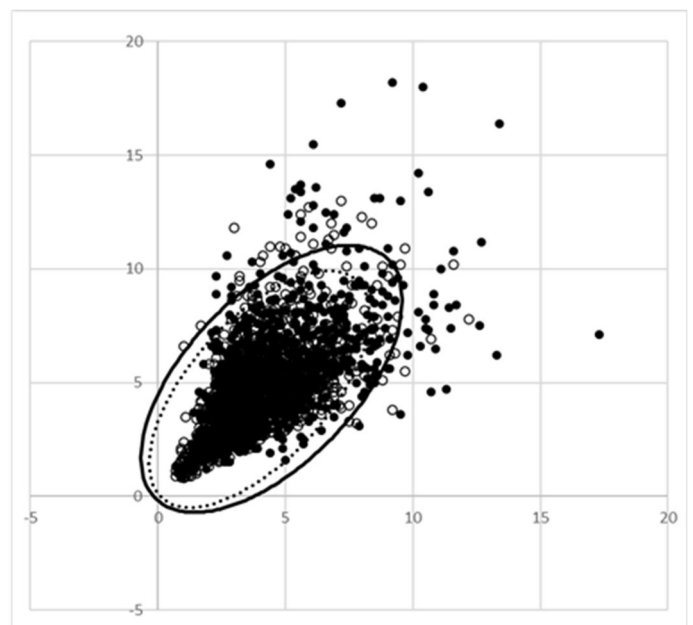


図4 男性と女性の標準偏差 X と標準偏差 Y の等確率楕円

: 男性、○: 女性、楕円; 黒実線; 男性、黒点線; 女性

課題2 各種集団における動揺パターンの特徴

課題1で考案したパターン分類方法に基づき、性別・年代別集団の重心動揺パターンの違いを検討した。解析には課題1で使用したデータを利用した。年代は、9歳以下、10～19歳、20～29歳、30～49歳、50～64歳、及び65歳以上の6群に分類した。

(1) 5×5クロス表による性別・年代別動揺パターンの特徴

年代間の比較では、9歳以下の年代は図2におけるC-C、D-C、及びD-D区分に偏る傾向があった。一方、10歳代以降は、B-B、B-C、C-B、C-C、C-D、及びD-Cのいずれかの区分に集中しており、D-D区分に集中する年代はなかった。5×5のパターン分類では、9歳以下以外は年齢の影響はあまり考慮する必要はなく、性差に関しては、パターン出現に大きな性差はないと判断された。

(2) 等確率楕円による性別・年代別動揺パターンの特徴

9歳以下、10～19歳、50～64歳、及び65歳以上は男性が女性よりも楕円が大きく、また、全年齢段階において男性の方が楕円から外れる者が多い傾向にあった。また、全年齢段階において男性の方が女性より等確率楕円から外れる者が多い傾向が認められた。しかし、マハラノビスの距離は性別及び年代間で有意な差はなかった。

課題3 各種状況下の動揺パターンの変動

課題3は、姿勢変化、視覚制限、及び身体的・精神的疲労前後の重心動揺や動揺パターンの変動を検討した。ただし、精神的・身体的疲労時は、新型コロナウイルス感染拡大の影響で十分な資料を取集することができなかった。

(1) 姿勢変化

個人の姿勢変化と重心動揺変動の変化を縦断的に捉えることは困難であることから、荷物保持による一時的な姿勢変化の影響を検討した。21～24歳の健常若年女性30名を対象に、片側肩掛けバッグの重量及び保持肩の違いが立位姿勢時の重心動揺変動に及ぼす影響を検討した。被験者は重心軌跡測定器(竹井機器)上にロンベルク姿勢にて、バッグ[相対的重量負荷: 体重の0% (非所持)、5%、10%、及び15%の重量]を片方の肩(習慣的及び非習慣的肩)にかけ、開眼立位姿勢を1分間保持した。その際のX軸軌跡長、Y軸軌跡長、総軌跡長、及び外周面積を記録した。

解析の結果、X軸軌跡長、Y軸軌跡長、及び総軌跡長は、体重の10%以上の重量では重量が増すにつれ高値を示した。外周面積は、習慣的保持側の方が有意に低値を示し、10%及び15%重量が0%重量より、また15%重量が5%及び10%重量より高値を示した。

結論として、若年女性では、片側バック保持は、重量が体重の10%以上では重量の増大に伴いX軸軌跡長、Y軸軌跡長、総軌跡長、及び外周面積は大きくなる、また、非習慣的肩保持は習慣的保持に比べて外周面積が大きい。以上より、一時的な姿勢変化によって重心動揺パターンが変動する可能性が示唆された。

(2) 視覚制限

加齢に伴い、立位姿勢による姿勢制御における視覚の貢献度は大きくなると報告されている。そこで視覚制限の有無で重心動揺が変動するか否かを検証した。21～32歳の健常若年男女81名を対象に、立位姿勢時の重心動揺の開・閉眼差及び性差、及び男女別に動揺変数間の関係を検討した。被験者は、ロンベルク姿勢にて、開眼と閉眼の2条件で、それぞれ立位姿勢を1分間保持した。その際のX軸軌跡長、Y軸軌跡長、総軌跡長、及び外周面積（一般動揺変数）、パワースペクトル変数（スペクトル変数）として3方向（X、Y、R）におけるピークパワーが出現した周波数（ピーク）とピークパワースペクトル値（パワー）を算出した。

結論として、若年者では、動揺変数の多くは閉眼時が開眼時より、また、男性が女性より変動が大きい、そして、男女とも開閉眼時における動揺変数間に関係があり、一般動揺変数とスペクトル変数間に関係は男女で異なるが明らかにされた。

(3) 身体的・精神的疲労度

身体的・精神的疲労度に関しては、20～35歳の健常な成人男性10名を対象に、数か月にわたり身体的疲労度及び精神的疲労度の調査とロンベルク姿勢にてCOP測定を反復（1日1回、100回）した既存資料を利用し、本研究で作成した図2に基づき分析した。身体的疲労度及び精神的疲労度は5件法で調査（1:非常に良い、2:良い、3:普通、4:疲れている、5:非常に疲れている）した。個人ごとに身体的疲労度と、精神的疲労度が共に1～3を疲労なし状態とし、身体的疲労度、あるいは精神的疲労度が4～5をそれぞれ身体的疲労状態と精神的疲労状態と判断した。

分析の結果、疲労なし状態では主に図2におけるA～D区分に位置したが、身体的疲労状態と精神的疲労状態では共に主にD～E区分に変動した。

結論として、身体的疲労や精神的疲労時には動揺パターンは変動すると判断される。今後、多人数の資料に基づき詳細な検討が必要であろう。

課題4 運動負荷前後の重心動揺の変動

青年男性30名（年齢 18.4 ± 2.0 歳、身長 169.6 ± 5.5 cm、体重 61.7 ± 8.2 kg）を対象に、90秒立位姿勢保持、軽負荷運動、及び重負荷運動を課した前後でロンベルク姿勢にてCOP測定（30秒間）をした。被験者は、両負荷運動は、自転車エルゴメータパワーマックスV（コンビ社、Japan）を利用した。軽負荷運動は体重の1%の負荷（体重当たり0.01kp）で、重負荷運動は体重の7.5%の負荷（体重当たり0.075kp）で、30秒間のペダリング（80～90rpm回転）を行った。各運動負荷は、1)90秒立位姿勢保持1、2)軽負荷運動、3)90秒立位姿勢保持2、4)重負荷運動、そして5)90秒立位姿勢保持3の順で課した。前述の各負荷間は3分間の座位安静を挟み、各負荷前後に30秒間の重心動揺を測定した。前述の各負荷前後における各種重心動揺変数（X軸軌跡長(X-axis trajectory length)、Y軸軌跡長(Y-axis trajectory length)、総軌跡長(Total trajectory length)、外周面積(Outer peripheral area)、矩形面積(Rectangular area)の差の絶対値を評価変数として利用した。

表2は各種運動負荷前後の重心動揺変数の一要因分散分析の結果を示している。全ての重心動揺変数は、重負荷運動後が他の4負荷時よりも有意に大きかったが、軽負荷運動前後を含む他の負荷条件間には有意差が認められなかった。

結論として、重心動揺は、本研究で利用した重負荷運動により変動するが、数分後には元の水準に回復する。つまり、高運動負荷により重心動揺パターンが変動するが短時間で元のパターンに戻る可能性がある。

表2 重心動揺変動の条件間差

	1:立位		2:軽負荷運動		3:立位		4:重負荷運動		5:立位		F-value	Post-hoc
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD		
X軸軌跡長(mm)	26.2	21.7	39.6	26.9	25.9	19.5	60.5	35.1	24.8	16.6	11.408	4 > 1,2,3,5
Y軸軌跡長(mm)	19.9	22.9	24.5	19.7	22.0	18.7	71.6	64.2	21.8	15.3	12.610	4 > 1,2,3,5
総軌跡長(mm)	32.8	32.1	49.2	27.9	29.7	26.6	103.0	72.9	30.9	19.8	16.866	4 > 1,2,3,5
外周面積(mm ²)	98.3	60.9	145.1	121.9	106.4	87.7	262.2	245.5	58.8	46.4	10.922	4 > 1,2,3,5
矩形面積(mm ²)	160.9	122.0	237.4	193.1	160.2	145.9	488.2	562.5	91.2	66.0	9.858	4 > 1,2,3,5

*p < 0.05

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 長澤吉則、出村慎一、青木宏樹、内田雄、山次俊介
2. 発表標題 若年女性における片側肩掛けバッグ保持の重量の違いが立位姿勢時の重心動揺に及ぼす影響
3. 学会等名 日本体育測定評価学会第20回記念大会（Web開催）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 青木宏樹、出村慎一、山次俊介、長澤吉則、内田雄
2. 発表標題 足圧中心動揺の性差及び年代差
3. 学会等名 日本体育測定評価学会第20回記念大会（Web開催）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長澤吉則、出村慎一、青木宏樹、川端悠、上田修裕
2. 発表標題 若年男性における開眼及び閉眼静止立位姿勢時の 重心動揺変動
3. 学会等名 第67回日本教育医学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長澤吉則、出村慎一、青木宏樹、内田雄、川端悠、山次俊介
2. 発表標題 若年女性における開眼及び閉眼静止 立位姿勢時の重心動揺変動
3. 学会等名 日本体育測定評価学会第19回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 青木宏樹、出村慎一、長澤吉則、当麻成人、上田修裕、石川多加子
2. 発表標題 年代別及び性別にみた身長と重心動揺の関係
3. 学会等名 第67回日本教育医学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 当麻成人、出村慎一、松浦義昌、長澤吉則、青木宏樹、川端悠
2. 発表標題 青年男性および女性の静止立位時における足圧中心動揺評価変数の分布特性
3. 学会等名 日本体育測定評価学会 第18回大会
4. 発表年 2019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	山次 俊介 (YAMAJI Shunsuke) (40311021)	福井大学・学術研究院教育・人文社会系部門(教員養成)・准教授 (13401)	
研究分担者	山田 孝禎 (YAMADA Takayoshi) (60413770)	福井大学・学術研究院教育・人文社会系部門(教員養成)・准教授 (13401)	
研究分担者	青木 宏樹 (AOKI Hiroki) (90622564)	福井工業高等専門学校・一般科目(自然系)・准教授 (53401)	

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
研究分担者	内田 雄 (UCHIDA Yu) (00749418)	仁愛女子短期大学・幼児教育学科・准教授 (43401)	
研究分担者	石川 多加子 (ISHIKAWA Takako) (30422653)	金沢大学・学校教育系・准教授 (13301)	
研究分担者	長澤 吉則 (NAGASAWA Yoshinori) (40299780)	京都薬科大学・薬学部・准教授 (34306)	

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