

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：13102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K12577

研究課題名（和文）新体操審判における身体運動認知の熟達化過程とその脳科学的基盤の解明

研究課題名（英文）Investigation into the neural basis of expertise in bodily motion processing in judges of rhythmic gymnastics

研究代表者

土居 裕和 (Doi, Hirokazu)

長岡技術科学大学・工学研究科・准教授

研究者番号：40437827

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、研究 新体操審判を対象とした脳機能計測研究と、研究 競技力の差を生み出す選手の個人属性の分析に取り組んだ。これらを通じ、鑑賞者と競技者（演技者）の双方を含む複合的な視野から、身体運動情報処理のメカニズムを解明することが本研究の目的である。新型コロナウイルスの感染拡大と、研究代表者の異動に伴い、大人数の脳機能計測を必要とする研究 を完了させることはできなかった。一方、研究 では、競技実績が高い選手に共通する心理特性と、その心理特性に関連する生物学的基盤の一端を明らかにできた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、個人での競技実績が高い選手は、競技中のパフォーマンスに対して強い精神的負荷を感じる一方で、強い競争心を有していることが示された。また、これらの心理特性が、ホルモンレベルの影響を受けて変動している可能性を見出した。トップアスリートの心理特性に関する知見は、トップレベルの選手に対する心理的介入法の立案にもつながるため、競技力向上において、重要な知見である。したがって、社会的・学術的意義は大きいと考えられる。

研究成果の概要（英文）：The present study aimed to elucidate the mechanisms of bodily motion perception from a comprehensive perspective that includes both spectators and performers (athletes). To achieve this goal, we pursued two research theme. In study 1, we conducted brain function measurement of involving rhythmic gymnastics judges, and in study 2, analyzed the individual attributes of athletes that engenders individual differences in competitive performance. Due to the spread of COVID-19, we were unable to complete Study 1, which required the brain function measurement of a large number of participants. However, in Study 2, we succeeded in partially elucidating the psychological traits common to high-performing athletes and the biological foundations related to these psychological traits.

研究分野：認知科学

キーワード：身体運動認知 新体操 ホルモン 競技力 心理特性

1. 研究開始当初の背景

他者の身体運動情報の処理に関しては、バイオロジカル・モーション刺激や、可能・不可能姿勢刺激の処理を中心に精力的に研究が行われてきた。その成果として、ヒトの身体および身体運動情報処理に特異的に関与する脳機能領域の存在が示唆された他、ヒトは新生児期から、他者の身体運動に対して特異的反応を呈することが明らかにされている。これらの知見は、身体運動情報処理を担う脳機能の生得性を示唆していると考えられる。その一方で、少数ではあるが、ダンスなどの身体運動鑑賞・演技経験により、他者の身体運動情報処理過程が変化する可能性を報告した研究が存在する。しかし、身体運動鑑賞経験により、身体運動認知を担う脳機能活動に、いかなる可塑的变化が生じるかを明らかにした研究はほとんど存在しない。

2. 研究の目的

本研究は、視覚情報処理のモデルとして、身体情報処理の訓練を積んだ身体審判を対象に、演技鑑賞中の脳機能を計測することで、他者の身体情報認知における知覚的熟達化の神経科学的基盤を明らかにすることを目的としている。この目的を達成するため、国内～国際大会を担当するレベルが異なる審判をリクルートし、新体操の演技採点中の脳波計測を行う。そのデータを、審判レベル・審判経験が異なる審判間で比較することで、身体認知の熟達化に伴う脳機能活動の可塑的变化を検証することが当初の目的であった。

3. 研究の方法

研究① 新体操審判を対象とした脳機能計測研究に加え、競技者自身に着目し、研究② 採点競技における競技力の差を生み出す個人属性、及び、身体運動特徴の分析に取り組んだ。これらを通じ、鑑賞者と競技者（演技者）の双方を含む複合的な視野から、身体運動情報処理のメカニズムを解明することが当初計画であった。

うち、研究①に関しては、K 大学に所属する新体操選手を対象に、ボール・クラブを用いた演技を撮影した。撮影した動画を編集し、脳波計測実験に用いる刺激映像を作成するとともに、分担研究者との協議により、脳波計測実験パラダイムを確定した。また、被験者 5 名を対象に、作成した刺激・実験系を用いたデータ計測の予備実験と、データの試解析を行った。解析のために、各周波数帯域における脳波の機能的結合性、サンプルエントロピー解析のためのスクリプトを作成した。しかしながら、新型コロナウイルスの感染拡大により、実験者と被験者との接触時間が長い脳波計測実験を、当初予定していた人数の被験者に対して実施するのは困難な時期が続いた。このため、研究①は半ばで断念せざるを得なかった。

一方、研究②に関しては、K 大学に所属する新体操選手を対象に、質問紙尺度による性格検査、及び、毛髪中ホルモン（コルチゾール、テストステロン）レベル計測を実施し、新体操選手の競技力を規定する心理・生物学的特性の探索的解明に取り組んだ。さらに、パンシェ・ローテーションと呼ばれる動作に着目し、3次元モーションキャプチャを用いた身体動作解析を実施した。また、本研究を発展させる基盤として、新体操と同様に採点競技の一つである少林寺拳法に着目し、段位が異なる少林寺拳法演者の 3次元身体動作計測・解析を行った。

4. 研究成果

以下では、最終的に必要数のデータを取得することが出来た、新体操選手の競技力と関連する心理・生物学的因子に関する研究成果の概要を紹介する。

実験では、K 大学に所属する新体操選手計 30 名を対象に、質問紙による背景情報・性格評価、及び、毛髪サンプルからのコルチゾール・ホルモンレベル計測を実施した。背景情報調査には独自質問紙を利用した。性格評価には、多面的競争心尺度（太田，2010）・日本語版 Grit 尺度（竹橋ら，2019）・スポーツにおける競技特性不安尺度（TAIS；橋本ら，1993）を利用した。

分析では、すべてのデータが揃った 29 名の研究対象者を、個人・団体それぞれにおいて、国際大会・全日本大会出場経験があり、相対的に競技力が高いと見做すことが出来る High 群と、これらの大会への出場経験がなく、相対的に競技力が低い Low 群に分類し、ホルモンレベル及び各性格尺度の下位尺度得点を群間比較した。

個人競技の実績により群分けした時の、ホルモンレベルの群間比較結果を表 1 に示す。同じく、個人競技の実績に着目した性格下位尺度得点の群間比較の結果を表 2 に示す。探索的な分析であるため、多重比較補正は行っていない。表 2 にある通り、個人競技の競技実績が高い選手は、TAIS における「精神的動揺」「身体的不安」、及び、多面的競争心尺度における「負けず嫌い」得点が有意に高かった。

表 1. 個人競技実績による毛髪中ホルモンレベルの群間差

	Cortisol [pmol/mg]	Testosterone [pmol/mg]	Ratio
High	0.046	0.008	673.896
	0.022	0.005	326.347
Low	0.039	0.008	536.803
	0.017	0.004	193.824
<i>p</i> -value	0.351	0.915	0.192

表 2. 個人競技実績による性格評価下位尺度得点の群間差. M は平均, SD は標準偏差. 各下位尺度得点の合計を項目数で除してある.

		High		Low		<i>p</i> -value
		M	SD	M	SD	
Grit 尺度	興味の一貫性	2.7	0.5	2.8	0.6	0.715
	粘り強さ	4.0	0.6	3.5	0.8	0.062
TAIS	精神的動揺	2.2	0.6	1.7	0.3	0.01*
	勝敗の認知的不安	2.2	0.8	2	0.6	0.35
	身体的不安	2.4	0.8	1.9	0.3	0.028*
	競技回避傾向	1.7	0.6	1.7	0.7	0.853
	自信喪失	2.5	0.9	2	0.6	0.132
多面的 競争心 尺度	手段的競争心	4.4	0.5	4.1	0.6	0.073
	負けず嫌い	4.6	0.5	4.1	0.7	0.031*
	社会的承認	3.8	0.8	3.8	0.5	0.888
	過競争心	2.8	0.9	2.6	0.8	0.49
	競争回避	2.5	1.1	2.6	0.9	0.798

団体競技の実績により群分けした時の、ホルモンレベルの群間比較結果を表 3 に示す。同じく、団体競技の実績に着目した性格下位尺度得点の群間比較の結果を表 4 に示す。表 4 にある通り、団体競技の競技実績が高い選手は、多面的競争心尺度における「負けず嫌い」得点が有意に高かった。

表 3. 団体競技実績による毛髪中ホルモンレベルの群間差

	Cortisol [pmol/mg]	Testosterone [pmol/mg]	Ratio
High	0.041	0.006	664.224
	0.019	0.002	289.479
Low	0.028	0.006	473.808
	0.016	0.002	157.112
<i>p</i> -value	0.179	0.487	0.189

表 4. 団体競技実績による性格評価下位尺度得点の群間差. M は平均, SD は標準偏差. 各下位尺度得点の合計を項目数で除してある.

		High		Low		p-value
		M	SD	M	SD	
Grit 尺度	興味の一貫性	2.7	0.5	2.8	0.6	0.773
	粘り強さ	3.8	0.7	3.8	0.5	0.923
TAIS	精神的動揺	2.0	0.6	1.6	0.3	0.244
	勝敗の認知的不安	2.1	0.8	1.9	0.4	0.621
	身体的不安	2.0	0.6	1.8	0.3	0.341
	競技回避傾向	1.6	0.6	1.6	0.3	0.994
	自信喪失	2.2	0.9	2	0.4	0.634
多面的 競争心 尺度	手段的競争心	4.3	0.4	4.2	0.5	0.647
	負けず嫌い	4.5	0.4	3.9	0.9	0.045*
	社会的承認	4.0	0.5	3.6	0.4	0.165
	過競争心	2.8	0.9	2.5	0.6	0.508
	競争回避	2.5	1.0	2.8	0.7	0.549

次に、各下位尺度得点とホルモンレベルとの積率相関係数を計算した。その結果を表 5-7 に示す。表 6 に示す通り、毛髪中コルチゾールレベルと、TAIS 「精神的動揺」「勝敗の認知的不安」「自信喪失」得点との間に正の相関があった。同じく、毛髪中テストステロンレベルと TAIS 「身体的不安」「競技回避傾向」との間に正の相関がみられた。このように、コルチゾールとテストステロンは、同一の下位尺度に対し拮抗的に作用するのではなく、各下位尺度に独立に影響を与える傾向にあった。

表 5. 毛髪中ホルモンレベルと Grit 尺度下位尺度得点の相関

		Cortisol [pmol/mg]	Testosterone [pmol/mg]	Ratio
興味の一貫性	<i>r</i>	0.058	0.129	-0.083
	<i>p</i>	0.766	0.506	0.668
粘り強さ	<i>r</i>	-0.218	-0.068	-0.111
	<i>p</i>	0.257	0.726	0.566

表 6. 毛髪中ホルモンレベルと TAIS 下位尺度得点の相関

		Cortisol [pmol/mg]	Testosterone [pmol/mg]	Ratio
精神的動揺	<i>r</i>	0.538	0.251	0.324
	<i>p</i>	0.003**	0.189	0.087
勝敗の 認知的不安	<i>r</i>	0.668	0.297	0.413
	<i>p</i>	<.001**	0.118	0.026*
身体的不安	<i>r</i>	0.225	0.539	-0.159
	<i>p</i>	0.24	0.003**	0.409
競技回避傾向	<i>r</i>	0.364	0.471	-0.045
	<i>p</i>	0.052	0.01*	0.818

自信喪失	<i>r</i>	0.685	0.369	0.378
	<i>p</i>	<.001**	0.049*	0.043*

表 7. 毛髪中ホルモンレベルと多面的競争心尺度下位尺度得点の相関

		Cortisol [pmol/mg]	Testosterone [pmol/mg]	Ratio
手段的競争心	<i>r</i>	-0.156	-0.007	-0.081
	<i>p</i>	0.419	0.97	0.678
負けず嫌い	<i>r</i>	0.073	-0.073	0.21
	<i>p</i>	0.708	0.707	0.275
社会的承認	<i>r</i>	-0.004	-0.077	0.106
	<i>p</i>	0.984	0.692	0.584
過競争心	<i>r</i>	-0.052	-0.139	0.096
	<i>p</i>	0.791	0.473	0.62
競争回避	<i>r</i>	0.195	-0.058	0.165
	<i>p</i>	0.31	0.766	0.394

以上のように、とりわけ個人での競技実績が高い選手は、競技中のパフォーマンスに対して強い精神的負荷を感じる一方で、強い競争心を有していることが示された。競争心が強く失敗を恐れるがゆえに、競技に対する不安感が亢進するのだと考えられる。これら競技成績が高い選手の心理特性に関する知見は、トップレベルの選手に対する心理的介入法の立案にもつながるため、競技力向上において、重要な知見であると考えられる。

一方、競技不安の下位尺度のいくつかは毛髪中のコルチゾール・テストステロンレベルと正の相関を示していた。ストレスホルモンの一種であるコルチゾールと、闘争心・攻撃性などの行動特性と関連するテストステロンは、人間行動・心理に対して拮抗的に作用すると提唱されているが、本研究の知見は、同説とは異なり、これらのホルモンが競技不安の各側面に独立に作用する可能性を示唆している。本研究の知見は現象論の域を出ていないため、今後、その背景にある機序の解明が必要になると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Doi, H., Iijima, N., Furui, A., Soh, Z., Yonei, R., Shinohara, K., Iriguchi, M., Shimatani, K., & Tsuji, T.	4. 巻 12
2. 論文標題 Prediction of autistic tendencies at 18 months of age via markerless video analysis of spontaneous body movements in 4-month-old infants	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 18045
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-022-21308-y	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 Doi, H.	4. 巻 12(24)
2. 論文標題 Multivariate ERP Analysis of Neural Activations Underlying Processing of Aesthetically Manipulated Self-Face	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 13007
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/app122413007	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 Doi, H., Yamaguchi, K., Sugisaki, S.	4. 巻 75
2. 論文標題 Timbral perception is influenced by unconscious presentation of hands playing musical instruments	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Quarterly Journal of Experimental Psychology	6. 最初と最後の頁 1186-1191
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1177/17470218211048032	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 Kato, M., Doi, H., Meng, X., Murakami, T., Kajikawa, S., Otani, T., Itakura, S.	4. 巻 21
2. 論文標題 Baby's Online Live Database: An Open Platform for Developmental Science.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Psychology	6. 最初と最後の頁 729302
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 -

1. 著者名 Nagasawa, T., Masui, T., Doi, H., Ogawa-Ochiai, K.	4. 巻 27
2. 論文標題 Continuous estimation of emotional change using multimodal responses from remotely measured biological information.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Artificial Life and Robotics	6. 最初と最後の頁 19-28
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 -

1. 著者名 Doi H.	4. 巻 25
2. 論文標題 Digital phenotyping of autism spectrum disorders based on color information: brief review and opinion	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Artificial Life and Robotics	6. 最初と最後の頁 329-224
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 -

1. 著者名 Asai T, Abe D, Doi H, Tanaka C, Ohishi K, Maeda H, Wada T, Takahashi Y, Nakahata Y, Shinohara K	4. 巻 64
2. 論文標題 Characteristics of the BDNF Val66Met polymorphism in competitive swimmers and judo athletes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Acta medica Nagasakiensia	6. 最初と最後の頁 23-29
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 -

1. 著者名 Doi H, Furui A, Ueda R, Shimatani K, Yamamoto M, Sakurai K, Mori C, Tsuji T	4. 巻 13
2. 論文標題 Spatiotemporal patterns of spontaneous movement in neonates are significantly linked to risk of autism spectrum disorders at 18 months old.	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 13869
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-023-40368-2	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9件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Doi, H.
2. 発表標題 Unattractive Face Amplifies Late Frontal Slow Wave during Visual Perspective Taking
3. 学会等名 MMArt-ACM '22: the 2022 International Joint Workshop on Multimedia Artworks Analysis and Attractiveness Computing in Multimedia (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 入口真夕子, 土居裕和
2. 発表標題 乳児における色選好の性差に関するオンライン研究
3. 学会等名 日本赤ちゃん学会第22回学術集会 部会企画ラウンドテーブル「オンライン型縦断発達データベースBOLDの現状2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 土居裕和
2. 発表標題 母性と父性の生物学 ~ 子育て行動の背景にある脳活動、個人差やホルモンの関係について ~
3. 学会等名 JASM (日本社会福祉マネジメント学会) 教育セミナー第13回 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 土居裕和, 船渡和男, 平野智也, 和田匡史
2. 発表標題 自閉スペクトラム症・ダウン症児の歩行動作特徴に関する予備的検討 - 3次元動作解析による定性的比較
3. 学会等名 JASM 第3回研究大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小野寺楓凜, 土居裕和, 高橋幸雄, 飯塚重善
2. 発表標題 セラピーロボットの外観に対する印象評価
3. 学会等名 HCGシンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masui, K., Nagasawa, T., Doi, H., Tsumura, N.
2. 発表標題 Continuous Estimation of Emotional Change Using Multimodal Affective Responses
3. 学会等名 CVPR2020: International Workshop and Challenge on Computer Vision for Physiological Measurement (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柏井美貴子, 土居裕和
2. 発表標題 少林寺拳法の階級による演武動作の違い
3. 学会等名 2023年IEICE信越支部大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Doi, H
2. 発表標題 Inhibitory Control during Visual Perspective Taking Revealed by Multivariate Analysis of Event-Related Potentials
3. 学会等名 International Conference on Intelligence of Things (ICIT2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 柏井美貴子, 土居裕和
2. 発表標題 少林寺拳法習熟度を反映する身体動作特徴量の探索的検討
3. 学会等名 高専シンポジウム in Nagaoka
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 Doi, H., Masataka, N.	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Springer Nature Switzerland AG	5. 総ページ数 394
3. 書名 Evolutionary Perspectives on Infancy	

1. 著者名 Doi, H., & Masataka, N.	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 394
3. 書名 Evolutionary Perspectives on Infancy.	

1. 著者名 Doi, H.	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Springer Singapore	5. 総ページ数 348
3. 書名 The Origins of Language Revisited: Differentiation from Music and the Emergence of Neurodiversity and Autism	

1. 著者名 Doi, H	4. 発行年 2023年
2. 出版社 IntechOpen	5. 総ページ数 120
3. 書名 Testosterone - Functions, Uses, Deficiencies, and Substitution	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>【著書紹介】"The Origins of Language Revisited" https://www.kokushikan.ac.jp/faculty/SE/news/details_15378.html</p>

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	山本 里佳 (Yamamoto Rika) (40845468)	国士舘大学・体育学部・准教授 (32616)	
研究分担者	植田 一博 (Kazuhiro Ueda) (60262101)	東京大学・大学院総合文化研究科・教授 (12601)	

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