

令和 5 年 10 月 23 日現在

機関番号：32621

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B)）

研究期間：2019～2022

課題番号：19KK0252

研究課題名（和文）技能の熟達と喪失に関わる感覚運動機能の神経可塑性の包括的理解

研究課題名（英文）Unveiling neuroplasticity of sensorimotor functions subserving acquisition and loss of musical skills

研究代表者

古屋 晋一（FURUYA, Shinichi）

上智大学・上智大学・准教授

研究者番号：20509690

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,200,000円

研究成果の概要（和文）：本国際共同研究は、巧緻運動技能が熟達や疾患に伴いどのように変化するかを、行動実験と神経生理実験と数理モデリングを用いて、熟練度の異なる音楽家と局所性ジストニアを罹患した音楽家を対象に調べた。その結果、局所性ジストニアの発症に伴うフィードフォワード制御の機能異常や、熟達に伴う体性感覚運動統合機能の向上が背景機序として明らかになった。また技術的には、カメラ画像を用いた局所性ジストニアの診断補助システムのプロトタイプの開発と評価を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳神経系は学習や過剰訓練に伴い機能を変化する可塑性を有する。しかし、可塑性が技能の獲得や洗練、失調に及ぼす影響は十分に明らかにされていない。本国際共同研究は、異なる生体状態にある群の技能や中枢神経機能を比較することで、脳神経可塑性と技能の関連についての新しい知見を創出した。これらの知見は、教育プログラムやリハビリテーションの開発といった社会的意義を生み出す潜在性を有する。

研究成果の概要（英文）：In this international collaboration project, we investigated effects of expertise and development of neurological disorders on fine motor control through a comparative study between pianists with different skill levels and pianists with task-specific focal dystonia. The results demonstrated malfunctions of feedforward control of movements in association with focal dystonia and improvement of somatosensory-motor integration functions in pianists compared with unskilled individuals. In addition, we developed and assessed a prototype of diagnosis system of focal dystonia based on camera images.

研究分野：身体運動学

キーワード：可塑性 巧緻性 感覚運動統合 ジストニア

1. 研究開始当初の背景

高精度の動きを生み出すスキルは、異なる道具の巧緻操作や、多彩な人工物の生成、豊かな表現の生成に不可欠である。トレーニングに伴い、高精度の動きを頑健に生成できる一方、過剰な訓練に伴う脳神経疾患の発症により、課題特異的に巧緻技能が喪失することが知られている。しかし、その背後にある生体機序や病態生理機序は不明であり、最適な訓練法や介入法は確立されていない。先行研究は、運動技能の獲得や失調の神経機序として、大脳皮質運動野の機能変化や (Hirano et al. 2018 J Neurophysiol.; Furuya et al. 2018 J Physiol.; Furuya et al. 2014 Ann Neurol.), 体性感覚野の機能変化 (Furuya and Hanakawa 2016 Neurosci Res.) といった可塑的変容が報告されてきた。しかし、中枢神経系の感覚運動統合機能と巧緻運動技能の獲得や失調の関係は、未だ十分に明らかにされていない。そのため、最適なトレーニングやリハビリテーションが確立されておらず、技能の獲得や失調に苦しむ問題は様々な職業において解決されていない状況である。

2. 研究の目的

本研究は、「高精度な動きを生成する技能の背景にある感覚運動統合機能の仕組みを明らかにする」ことを目標に掲げ、行動・神経生理評価、機械学習、介入を用いて検証する。熟練度の異なる音楽家と、局所性ジストニアを罹患した音楽家の感覚運動機能を運動課題中に評価し、熟練と疾患の影響を評価する横断研究と、介入による各機能の向上が巧緻技能に及ぼす影響を各群で評価する縦断研究を行う。機能評価の結果から介入効果を説明できるか検証し、テイラーメイド機能訓練の開発のための知見を得ることを目指す。

3. 研究の方法

健常ピアニスト、非音楽訓練経験者、局所性ジストニアを罹患したピアニストの3群を対象とした行動実験と神経生理実験を行った。

行動実験は、巧緻運動技能の評価と、体性感覚運動統合機能評価を実施した。特に、鍵盤重量を変化させたピアノを打鍵する運動適応課題を用いて、体性感覚と運動の統合に関わる機能の熟達や疾患に伴う変容を評価した。

神経生理実験は、脳波を用いた体性感覚誘発電位の記録と非侵襲脳刺激を用いた体性感覚運動統合機能の評価を行い、応答を群間で比較した。

4. 研究成果

感覚運動適応課題を用いた行動実験の結果、局所性ジストニアに伴う体性感覚運動統合の異常が認められた (Furuya et al. 2020)。また、心理物理実験の結果、体性感覚機能そのものの異常を認める知見は得られなかった (in preparation)。熟達に伴い、体性感覚運動統合機能の可塑的变化を示唆する知見が認められた (Hirano et al. 2020)。国際共同研究の一環として、若手ポストドク研究員を日本からドイツに派遣し、長期滞在を通じた体系的な実験の実施を含む取り組みを行った。その結果、局所性ジストニアに伴う手指運動技能の異常をカメラ画像と深層学習を用いて同定するシステムを開発し、疾患の推定精度80%以上を実現した (in preparation)。さらに、得られた運動データを用いて数理モデリングに基づくデータドリブンな解析を行い、健常ピアニスト、非音楽訓練経験者、局所性ジストニアを罹患したピアニストで比較した結果、局所性ジストニアに伴い、特に高速度の手指連続動作におけるフィードフォワード制御機能の異常を同定した (図1) (Takiyama et al. 2022)。同様の研究を横軸展開し、口腔の局所性ジストニアを対象とした巧緻運動制御の異常を調べた結果、音響情報に基づく巧緻性低下を示すバイオマーカーを同定した (Mantel et al. 2023)。

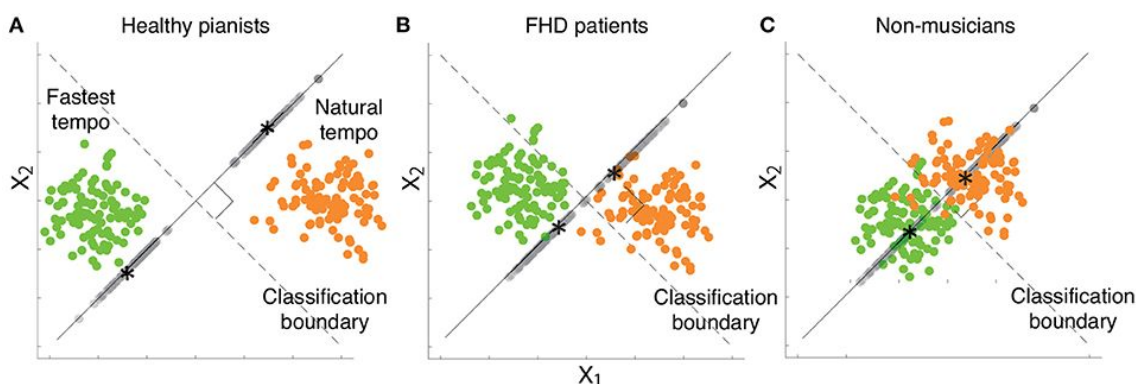


図1：機械学習に基づいて同定した局所性ジストニアに伴う巧緻運動技能の異常

<引用文献>

- Thomas Mantel, Andre Lee, Eckart Altenmüller, Shinichi Furuya, Masanori Morise, Bernhard Haslinger (2023) Validation of the video-based Embouchure Dystonia Severity Rating Scale (EDSRS). *Journal of Movement Disorders* (in press)
- Ken Takiyama, Shuta Mugikura, Shinichi Furuya (2022) Impaired feedforward control of movements in pianists with focal dystonia. *Frontiers in Neurology* 13: 983448
- Takanori Oku, Shinichi Furuya (2022) Noncontact and high-precision sensing system for piano keys identified fingerprints of virtuosity. *Sensors* 22(13): 4891
- Yudai Kimoto, Masato Hirano, Shinichi Furuya (2022) Adaptation of the corticomuscular and biomechanical systems of pianists. *Cerebral Cortex* 32(4): 709-724
- Shinichi Furuya, Takanori Oku, Yudai Kimoto, Hayato Nishioka, Masato Hirano (2020) Skillful and pathological movement coordination in musical performance. *Advances in Exercise & Sports Physiology* 26(2): 23-26
- Shinichi Furuya*, André Lee*, Takanori Oku, Eckart Altenmüller (2020) Aberrant somatosensory-motor adaptation in musicians' dystonia. *Movement Disorders* 35(5): 808-815
- Masato Hirano, Yudai Kimoto, Shinichi Furuya (2020) Specialized somatosensory-motor integration functions in musicians. *Cerebral Cortex* 30(3): 1148-1158

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Takiyama Ken, Mugikura Shuta, Furuya Shinichi	4. 巻 13
2. 論文標題 Impaired feedforward control of movements in pianists with focal dystonia	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Neurology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fneur.2022.983448	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 Tobias Mantel, Andre Lee, Eckart Altenmuller, Shinichi Furuya, Masanori Morise, Bernhard Haslinger	4. 巻 -
2. 論文標題 Reliability and Validity of the Embouchure Dystonia Severity Rating Scale	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Movement Disorders	6. 最初と最後の頁 -
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 該当する
1. 著者名 Kimoto Yudai, Hirano Masato, Furuya Shinichi	4. 巻 32
2. 論文標題 Adaptation of the Corticomuscular and Biomechanical Systems of Pianists	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cerebral Cortex	6. 最初と最後の頁 709 ~ 724
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/cercor/bhab229	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 Oku Takanori, Furuya Shinichi	4. 巻 22
2. 論文標題 Noncontact and high-precision sensing system for piano keys identified fingerprints of virtuosity	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 1 ~ 12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1101/2022.02.17.480858	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 Furuya Shinichi、Lee Andre、Oku Takanori、Altenmuller Eckart	4. 巻 35
2. 論文標題 Aberrant Somatosensory-Motor Adaptation in Musicians' Dystonia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Movement Disorders	6. 最初と最後の頁 808 ~ 815
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mds.27985	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 該当する

1. 著者名 Furuya Shinichi、Ishimaru Reiko、Nagata Noriko	4. 巻 16
2. 論文標題 Factors of choking under pressure in musicians	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0244082
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0244082	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6件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Shinichi Furuya
2. 発表標題 Somatosensory communication between the brain, body, and tool in pianists across the lifespan
3. 学会等名 Neurosciences and Music VII (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masato Hirano, Shinichi Furuya
2. 発表標題 Surmounting limits of musicians' expertise through a novel somatosensory training
3. 学会等名 Neurosciences and Music VII (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yudai Kimoto, Masato Hirano, Shinichi Furuya
2. 発表標題 Distinct neuromuscular and anatomical constraints on the finger dexterity in pianists
3. 学会等名 Neurosciences and Music VII (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takanori Oku, Shinichi Furuya
2. 発表標題 High-resolution sensing of the piano key motions for characterizing motor virtuosity of expert pianists
3. 学会等名 CHI 2021 Human Augmentation for Skill Acquisition and Skill Transfer (HAA2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shinichi Furuya
2. 発表標題 Data science for describing neuromuscular adaptation of hand motor control.
3. 学会等名 International Society of Electrophysiology and Kinesiology (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古屋晋一
2. 発表標題 局所性ジストニアの脳神経可塑性
3. 学会等名 関東脳核医学研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021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	平野 雅人 (HIRANO Masato) (40852223)	上智大学・上智大学・研究員 (32621)	
研究分担者	上原 一将 (UEHARA Kazumasa) (90746661)	生理学研究所・システム脳科学研究領域・助教 (63905)	
研究分担者	瀧山 健 (TAKIYAMA Ken) (40725933)	東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授 (12605)	
研究分担者	尾崎 有飛 (OZAKI Yuhi) (70789924)	昭和音楽大学・音楽学部・講師 (32716)	

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