

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 10 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24650382

研究課題名(和文) 知覚 - 運動スキルの組織化を促すエナクティブな情報環境の構築

研究課題名(英文) Development of enactive environment for promoting organization of perceptual-motor skills

研究代表者

工藤 和俊 (Kudo, Kazutoshi)

東京大学・総合文化研究科・准教授

研究者番号：30302813

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、スポーツ・ダンス・音楽演奏という具体的なフィールドにおける知覚 - 運動の相互作用に着目し、身体運動の組織化を促すエナクティブ(enactive)な環境を同定することを試みた。その結果、野球のバッティング動作、鍵盤楽器の演奏動作、およびリズムカルなダンス動作に関して、初心者の運動を制約している要因が明らかになり、さらにダンス動作に関しては、自己生成した知覚/運動情報がエナクティブな情報として運動の安定化に作用していることが示された。

研究成果の概要(英文)：This study focused on the interaction between perception and action in the field of sport, dance, and music, and tried to find enactive environment that support organization of various human movements. We found the constraints that influence organization of various motor skills, such as batting in baseball, keyboarding, and dancing. We also found that in dance movements, self-generated perceptual/motor information can act as enactive information that stabilizes movements.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・スポーツ科学

キーワード：運動スキル リズム 自己組織化 自己生成情報

1. 研究開始当初の背景

非線形数理科学を用いた運動の自己組織化に関する研究ではこれまで、カオスなど複雑な現象の背後にある数理構造の抽出に成功してきたものの、運動課題としては単純な指先動作等が用いられることが多く、現実場面への応用を試みた研究はごく少数であった。しかしながら申請者は近年、非線形数理科学を用いた運動の自己組織化に関する研究を推進し、スポーツ・ダンス・音楽演奏という実際のフィールドにおける制御パラメータの同定に成功し、環境情報の操作による運動スキル組織化の可能性を示した。

運動学習の方法論としてはこれまで、主に神経科学や行動科学の分野において、誤差や運動学的変数をフィードバックするという方法が多く用いられてきた。しかしながら、たとえばスポーツの初心者は運動が誤っていることが分かっているにもかかわらず直すことは難しく、リハビリテーションにおいても誤差を与えられることによって身体の緊張やこわばりが生じ、運動の円滑な遂行が妨げられてしまう。そこで本研究では、誤差ではなく、行為の組織化を促す情報を提示することによって運動の遂行支援を試みる。

2. 研究の目的

知覚と運動は、ダイナミックに循環するプロセスであり、知覚情報が運動を制約する一方で、運動は環境への働きかけを通じて知覚情報の生成プロセスを制約する。そこで本研究では、スポーツ・ダンス・音楽演奏という具体的なフィールドにおける知覚・運動の循環プロセスに着目し、身体運動の組織化を促すエナクティブ(enactive)な情報を抽出し、多様な情報環境を生成することによって知覚・運動スキルの学習/遂行を支援するシステムの構築を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、野球のバッティング動作、鍵盤楽器演奏に見られるような手指の複雑な系列動作、およびストリートダンスに見られるような全身によるリズム同期動作について、速度や複雑さなど運動のパラメータが動作の安定性に及ぼす影響を検討するとともに、初心者・熟練者間の比較を通して、初心者の運動組織化における制約事項を検討した。

野球のバッティングに関しては、飛来するボールの視覚情報を知覚する際の頭部の動きに着目し、熟練者・初心者間比較を行った。鍵盤楽器演奏動作においては、演奏において重要となる複数指の複雑な協調(コーディネーション)動作を対象として、運動の速度および複雑さに関する変数を操作し、これらが動作の組織化に対してどのような影響を及ぼすのかを検討した。また全身によるリズム同期動作に関しては、リズムカルな聴覚信号に対して立位での膝屈曲または伸展を同期さ

せる課題を用いて、動作の周波数の影響を検討するとともに、関節間協調における熟練者・初心者間比較を行った。また、リズム同期運動を安定させる情報として、自ら生成しうる運動/聴覚情報に着目し、全身運動と同時に発声が発声リズム動作を安定させる情報として作用しうるか検討した。さらに、初心者では不安定化することが明らかになっているリズム音への膝伸展同期動作を安定化させる情報として、動作と同時に自ら生成する触覚情報および外部(他者)からの触覚情報の影響を検討した。

4. 研究成果

野球のバッティング動作に関して、熟練者・未熟練者間の比較から、野球の熟練者ではインパクト付近の頭部動揺が小さいことが明らかになった。このことは、未熟練者の打動作が、運動自体の不安定性が高いことに加えて、ボールの知覚という点からも不利になっていることを示唆している。したがって、頭部の動きを安定させるというフォームの改善によって、運動自体の安定性向上のみならず、ボール軌道の視覚的知覚の向上も期待できる可能性が示唆された。

鍵盤楽器演奏動作では、3指以上の系列動作において動作速度が増大すると指のグルーピングパターンが変化する新たな相転移現象および系列順序に依存して安定性が変化する系列効果を見出した。これらの変化は無意図的に生じるため、たとえば打鍵すべき鍵盤を視覚的に示す等の運動遂行支援を行っても十分な効果は得られないと考えられる。したがって、練習にあたっては、運動組織化の制御パラメータとなっている速度の設定が重要となることが示唆される。

全身を用いたリズム動作に関しては、1)発声を伴わず立位でのリズムカルな膝屈伸のみ行う条件(膝屈伸条件)、2)リズムカルな発声のみ行う条件(発声条件)、3)リズムカルな膝屈伸と発声を同時に行う条件(膝屈伸・発声条件)の3条件におけるリズムの変動性を比較した。その結果、膝屈伸・発声条件における周期間隔の標準偏差(SD)は、膝屈伸および発声条件のSDよりも小さくなることが示された。また、ヘッドホンから白色雑音を提示することにより発声時の聴覚フィードバックを遮断した条件においても、発声による動作の安定化現象が確認された。更に、膝屈伸動作と発声を同時に行う際、これらの周波数を高めて行くと、両者が特定の位相関係で安定することが示された。

これらの結果は、リズムカルな全身動作および発声の協調的組織化において、周波数(テンポ)が重要な役割をはたすとともに、両者の引き込みによってリズムの時間的安定化が可能になることを示唆している。また、これらの結果は、自ら生成した情報がエナクティブな情報となって運動組織化の安定化を促すという原理の存在を示唆する有力な

知見であると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 5 件)

Sasagawa, S., Shinya, M., & Nakazawa, K. (2014) Interjoint dynamic interaction during constrained human quiet standing examined by induced acceleration analysis. *Journal of Neurophysiology*, 111(2), 313-322. doi: DOI 10.1152/jn.01082.2012, 査読有.

Miura, A., Kudo, K., Ohtsuki, T., & Nakazawa, K. (2014) Effects of long-term practice on coordination between different joint motions in street dancers. *Arts Biomechanics*. https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=47763&osCsid=fbd49de38fe98e4b388fe5ae24c403, 査読有.

Miura, A., Kudo, K., Nakazawa, K. (2013) Action-perception coordination dynamics of whole-body rhythmic movement in stance: A comparison between street dancers and non-dancers. *Neuroscience Letters*, 544, 157-162. doi: 10.1016/j.neulet.2013.04.005, 査読有.

Miura, A., Kudo, K., Ohtsuki, T., & Kanehisa, H., Nakazawa, K. (2013) Relationship between muscle co-contraction and proficiency in whole-body sensorimotor synchronization: A comparison study of street dancers and non-dancers. *Motor Control*, 17, 18-33. <http://journals.humankinetics.com/mc-back-issues/mc-volume-17-issue-1-january/relationship-between-muscle-cocontraction-and-proficiency-in-whole-body-sensorimotor-synchronization-a-comparison-study-of-street-dancers-and-non-dancers>, 査読有.

Nakata, H., Miura, A., Yoshie, M., & Kudo, K. (2012) Differences in the head movement during baseball batting between skilled players and novices. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, 2632-2640. doi: Doi 10.1519/Jsc.0b013e3182429c38, 査読有.

Nakata, H., Miura, A., Yoshie, M., & Kudo, K. (2012) Differences in the head movement during baseball batting between skilled players and novices. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, 2632-2640. doi: Doi 10.1519/Jsc.0b013e3182429c38, 査読有.

[学会発表](計 8 件)

宮田紘平, & 工藤和俊. (2014.4.26) リズミカルな発声と全身運動の協調による双方向的安定化. 第14回東京大学生命科学シンポジウム, 東京.

Sasaki, A., Hirashima, M., & Nozaki, D. (2014.3.12-13) Relationship between force direction and amplitude under a constant level of sense of effort. *5th Conference on Systems Neuroscience and Rehabilitation*. Tokorozawa, Japan.

Imagawa, H., Hirashima, M., & Nozaki, D. (2014.3.12-13) Force field adaptation is accomplished by flexible combinations of muscle synergies. *5th Conference on Systems Neuroscience and Rehabilitation*, Tokorozawa, Japan.

Miyata, K., & Kudo, K. (2014. 1. 30) The entrainment in rhythmical coordination between whole-body movement and self-vocalization. *The 34th Annual Meeting of the Australasian Neuroscience Society*, Adelaide, Australia.

宮田紘平, & 工藤和俊. (2014.3.16-18) Stability of whole-body rhythmic movement is enhanced by self-vocalization. 第91回日本生理学会大会, 鹿児島.

Miyata, K., & Kudo, K. (2013.4.3-5) Coordination modes in synchronization between vocalization and whole body movement. *2013 International Symposium on Education and Psychology*, Kitakyusyu International Conference Center, Kitakyusyu City, Fukuoka, Japan.

宮田紘平, & 工藤和俊. (2013.6.20-23) 発声と全身運動協調における相転移. 第36回日本神経科学大会, 国立京都国際会館, 京都市, 京都府.

Miura, A., & Kudo, K. (2013.6.24-25) Gravity field acts as constraint on pattern formation of whole-body action-perception coordination. *EuroMov Inaugural Conference*, Montpellier, France.

[図書](計 2 件)

工藤和俊 (2014) 中枢神経系の再組織化. 望月久・山田茂 (編) 筋機能改善の理学療法とそのメカニズム (第3版), ナップ. pp. 311-326.

工藤和俊. (2013) 協応する身体. In 佐々木正人 (Ed.), 知の生態学的転回 第1巻: 身体 (pp. 115-131). 東京: 東京大学出版会.

[その他]

アウトリーチ活動 (計5件)

工藤和俊. (2014, 2月4日) アスリートの「こころ」とメンタルトレーニング. 江東区総合区民センター講座 (東京都、江東区).

工藤和俊. (2014, 1月11日) スーパーサイエンスハイスクール講師. (東京都、目黒区)

2013年11月4日 第3回音楽家医学研究会開催、東京大学 (東京都、目黒区)

2012年11月3日 第2回音楽家医学研究会開催、東京大学 (東京都、目黒区)

工藤和俊. (2012, 7月2日) 巧みさと上達の科学. 第19回東京大学身体運動科学シンポジウム, 東京大学 (東京都、目黒区).

ホームページ等

<http://www.dexterity-lab.c.u-tokyo.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

工藤 和俊 (KUDO Kazutoshi)
東京大学・大学院総合文化研究科・准教授
研究者番号：30302813

(2) 研究分担者

平島 雅也 (HIRASHIMA Masaya)
東京大学・大学院教育学研究科・助教
研究者番号：20541949

笹川 俊 (SASAGAWA Syun)
東京大学・大学院総合文化研究科・助教
研究者番号：90551565