

平成 30 年 6 月 1 日現在

機関番号：33917

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01538

研究課題名(和文) オン・オフタイミング制御における運動頻度とノイズの違いによる時間産出

研究課題名(英文) Tapping interval by on-off timing control with the differences of movement frequency and noise

研究代表者

平川 武仁 (Hirakawa, Takehito)

南山大学・経済学部・教授

研究者番号：50404942

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,000,000円

研究成果の概要(和文)：本課題では、オン・オフタイミング行動2種に加え、一定の時間間隔、誤差を有した時間間隔(1/f型揺らぎ、白色ノイズ)への同期3種と、運動頻度(周波数)7種、との関係を検討することを主たる目的とした。さらに、これらの測定条件を用いて、小筋群運動として指タッピング(2016年度実施)、大筋群運動として肘屈伸運動によるタッピング(2017年度実施)を課題として実施した。これらを解明する理論的背景に非線形力学系理論を援用し、同期タイミングにおける運動制御の現象を解明することが最終到達点であった。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to investigate the relationship among a constant temporal interval, temporal intervals which include each of noises (1/f type fluctuation or white noise), and seven movement frequency in order to study a tapping behavior by two timing controls (on- and off-timing controls). So, I carried out the finger tapping task as a group of small muscles (in the 2016) and the flexion and extension movement task of the elbow (in the 2017) with these measurement condition. Moreover, I applied the nonlinear dynamical system theory as the theoretical background to analyze these data, the ultimate goal was to investigate the structure of motor control with the coincident timing behavior to metronome sound by these temporal intervals.

研究分野：運動心理学

キーワード：タッピング 運動制御 力学系 状態空間

1. 研究開始当初の背景

これまでに、スポーツでの時間間隔の産出の検証では、呈示される時間間隔に対するオン・タイミングとオフ・タイミング一致の運動制御機構が十分に解明できていない。つまり、力量発揮のタイミングとして、力を込めるタイミング(オン)か、力を抜くタイミング(オフ)か、を検証することがスポーツなどを含め、身体運動における新たな研究課題といえる。一方、実験室課題である示指の周期的なタッピングでは、内的タイマー(Timekeeper)(引用文献4)や、内的タイマーを基準としたメトロノーム音声へのタイミング誤差制御による1/f型揺らぎの存在(引用文献2)が確認されてきた。これらの知見を拡張するため、タイミングの制御様式(オンとオフ)と外乱の有無を含んだメトロノーム音声との関係を検討することが、人間の身体運動においてタイミング誤差制御における新たな知見を得ることを可能にする。

2. 研究の目的

本課題では、示指および肘のオンセットとオフセットの運動様式として、それぞれの関節の屈曲と伸展でのタッピングを用いて、一定のメトロノーム音声あるいは誤差(1/f型揺らぎ、あるいは白色ノイズと言われる一様分布、の誤差)を加えたメトロノーム音声に対する一致タイミング制御する実験を行い、内的タイマーとメトロノーム音声に対する誤差制御の関係を検討する。まず1つ目の課題として、小筋群運動である示指のオン・オフ実験を複数の運動頻度(周波数)と呈示するリズムの時間構成の違い(等間隔、フラクタル、一様分布)で測定した。2つ目の研究課題として、大筋群運動である上肢での屈曲進展運動によるオン・オフ実験に発展させた。これらの解析では、非線形力学系アプローチに依拠し、前述のトレンド除去揺らぎ解析(DFA、引用文献3)、パワースペクトラム密

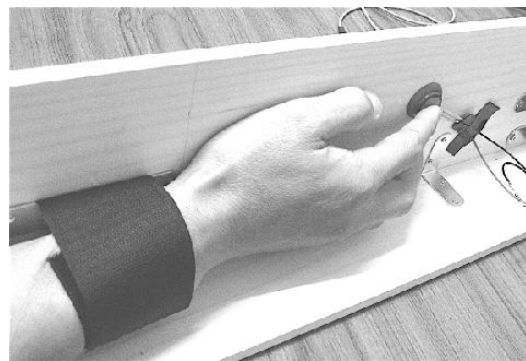
度解析(PSD)解析を用いて検討をすすめることを目的とした。

3. 研究の方法

測定参加者に呈示するリズム音声では、リズム制御用PCで、一定の時間間隔のリズム、その時間感覚に揺らぎあるいは誤差を加えた時間間隔(1/f型揺らぎを加えたリズム、白色ノイズと言われる一様分布の誤差を加えたリズム)の3種のLabViewプログラミングを作成した。

測定参加者がリズム生成したデータの取得では、測定参加者のリズム生成を、示指(2016年度)および前腕の尺骨頭と橈骨茎状突起の midpoint 部(2017年度)で押せるスイッチを使って、9Vの直流電圧の回路を開閉してタイミングを測定できる測定装置(例、下図)を作成し、用いた。この装置では、9Vの電圧を半減させる電圧降下器も作成し、A/D変換機(LabView cDAQ-9174、NI9201モジュール)を経由してデータ取得用PCに保存できる機器構成とした。

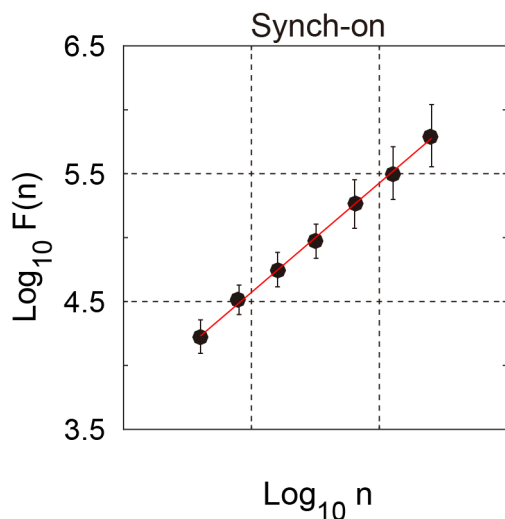
データ解析では、DFAによって指数、周波数領域の解析としてPSD解析によって指数を計算した。



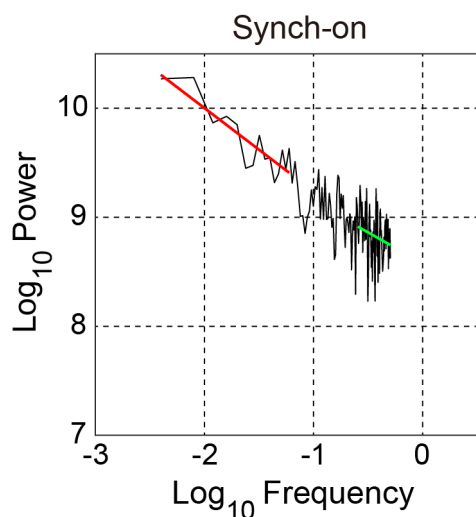
4. 研究成果

下図は、結果の例として、メトロノーム音声に対するオンセットについて、DFAで解析した結果()を示している。他の2種の運動様式(オン・オフ)条件および3種のメト

ロノーム（等間隔、フラクタル、一様分布）条件による2要因分散分析の結果、メトロノーム条件において単純主効果が認められた。この結果は、示指および肘のいずれの身体部位においても、同様の結果であった。



下図は、結果の例として、メトロノーム音声に対するオンセットについて、DFAで解析した結果（ ）を示している。他の2種の運動様式（オン・オフ）条件および3種のメトロノーム（等間隔、フラクタル、一様分布）条件による2要因分散分析の結果、メトロノーム条件において単純主効果が認められた。この結果は、示指および肘のいずれの身体部位においても、同様の結果であった。



これらの結果は、特に人間の一致タイミング制御が内的タイマー（引用文献4）だけでなく、タイミング誤差制御による1/f型揺らぎを加えた内在的なダイナミクスに起因し

ている可能性を示したものである。

今後、この内在的なダイナミクスの要因の検討に発展させていくことが、スポーツを含め、人間の身体運動におけるタイミング誤差制御の機構を明らかにしていくことになると思われる。

<引用文献>

- Delignières et al. (2008) Acta Psychol., 127, 382-397
 Delignières et al. (2009) PLoS ONE, 4(11), e7822
 Peng, et al. (1995) Chaos, 5(1), 82-87
 Wing and Kristjerson (1973) Percept Psychophys., 13(3), 455-460

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)

Hirakawa, T., Suzuki, H., Gohara, K., Yamamoto, Y., Inverse Proportional Relationship Between Switching-time Length and Fractal-like Structure for Continuous Tracking Movement, International Journal of Bifurcation and Chaos, 査読有, Vol.27No.12, 2017, 1730040

DOI: 10.1142/S0218127417300403

平川武仁, 漸増歩行速度条件で保持される競歩の上肢と下肢の協応パターンの安定性, アカデミア人文・自然科学編, 査読無, 第13号, 2017, 133-147

DOI: 10.15119/00000904

Hirakawa, T., Suzuki, H., Okumura, M., Gohara, K., Yamamoto, Y., Switching Dynamics Between Two Movement Patterns Varies According to Time Interval, International Journal of Bifurcation

and Chaos、査読有、Vol.26No.10、2016、
1630026

DOI: 10.1142/S0218127416300263

平川武仁、切替時間長と左右方向への投
動作パターンの規則的關係、アカデミア
人文・自然科学編、査読無、第12号、2016、
105-115

DOI: 10.15119/00000849

平川武仁、ストロークレートの差異によ
るハンドル牽引力の揺らぎと安定性、ア
カデミア人文・自然科学編、査読無、第
10号、2015、119-135

DOI: 10.15119/00000524

〔学会発表〕(計5件)

平川武仁、山本裕二、連続・離散力学系
におけるポアンカレ断面における運動パ
ターン切替の遷移状態と切替時間長との
規則的關係、日本体育学会第68回大会、
2017年9月9日、静岡大学

平川武仁、示指のオン・オフセットによ
る一致タイミング制御での1/f型揺らぎ、
日本スポーツ心理学会第43回大会、2016
年11月5日、北星学園大学

平川武仁、漸増歩行速度条件で保持され
る競歩の上腕と大腿の協応パターンの安
定性、日本体育学会第67回大会、2016年8
月26日、大阪体育大学

Hirakawa, T.、Fluctuation of
Continuous Pursuit Tracking Movement
Excited by Different Switching Time
Length、Integrated Understanding for
Emergent Property of Cooperation and
Competition Dynamics、International
Symposium、supported by JSPS KAKENHI
24240085, 25242059, and 20240060、2016
年3月3日、東京大学

平川武仁、競漕選手による漕周期の長期
相関と1/f型揺らぎ、日本体育学会第66
回大会、2015年8月25日、国土館大学

〔その他〕

平川武仁、廉価なウェアラブル・デバイ
スによる運動学習の可能性、運動学習研
究会報告集、第25巻、2017、64-68

平川武仁、ストロークレートの差異によ
るハンドル牽引力の安定性、運動学習研
究会報告集、第23巻、2015、49-51

6. 研究組織

(1) 研究代表者

平川 武仁 (HIRAKAWA Takehito)

南山大学・経済学部・教授

研究者番号: 50404942