

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 18 日現在

機関番号：35411

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25560309

研究課題名(和文) 運動観察事態で生じる力動的制御パラメータの伝搬と学習の可能性

研究課題名(英文) Possibility of learning and propagation of the dynamical control parameter created by movement observation.

研究代表者

山西 正記 (YAMANISHI, MASAKI)

福山平成大学・公立大学の部局等・教授

研究者番号：40335716

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、被験者に呈示する刺激を聴覚情報と視覚情報に分離した上で、人間が他者の運動を観察することによって創出する運動変数(時間と力の構造)の特徴を検討した。その結果、時間の構造は呈示する情報源が視覚や聴覚であっても正確に知覚されていた。しかし力の構造は不安定で変動性が高く、実験者が設定した諸条件に対応する規則性に言及できるものではなかった。これらの結果から、人間が運動観察によって運動を学習する事態では、まず運動に関する時間的なフレーム構造が優先的に獲得され、その後、力の発揮パターンが創出されると考えられた。

研究成果の概要(英文)： In this study, an experimenter examined the aspect of motor variables (tempo and force) created by observing movement of others, on the condition to show separately the stimulation of auditory information and visual information to Subject. As a result, the temporal structure was exactly perceived even if an stimulus source to show to Subject was the auditory or visual information. But, the output pattern of force was not able to refer to the regularity corresponding to the conditions that an experimenter arranged.

These results are suggesting that, in the motor learning situation composed by movement observation, the output pattern of force would be created after the temporal structure of movement was acquired preferentially.

研究分野：スポーツ運動学

キーワード：運動リズム コーディネーション ダイナミカル・システム 運動制御 運動学習 体育心理学 身体教育学 人間工学

## 1. 研究開始当初の背景

## (1) 研究の背景と概要

本研究は、運動リズムの伝搬能を肯定的に捉える立場から、他者観察による運動学習事態の「模倣」や「なぞり」を誘発する機序に関して検討するものであった。人間が産出する運動は、弾道的な非循環運動であれ、又同一型動作が反復される循環運動であれ、観察者に運動リズムを知覚させる。この観察者によって知覚された運動リズムは、観察者自身の運動創出に利用・活用されることが想定されており、客観的には「運動リズムが他者に伝搬する」と考察されている。近年では、この他者観察による運動リズムの伝搬現象を背景に、全身を使う複雑な運動スキルの時空間的構造さえも伝搬する可能性が、又ある特定（個人）の運動リズムが複数の他者と共鳴し、集団としてのグループ・リズムが創出される可能性が指摘されている。更には、これらの指摘を是とする形で、児童を対象に、運動観察によるリズム化能力の獲得を「めあて」とした教授-学習モデルの検討も試みられている。

## (2) 時空間的変数である運動リズム

一般に運動リズムは、時空間的運動変数と理解されている。これに関する検証実験では、主に、示指のタッピングや四肢の周期運動が運動課題として採用され、タップ間隔にみられる時間的分節構造の正確性や安定性から、運動リズムの恒常性や類似性が言及されていた。ところが K. マイネルにより指摘される運動リズムは時空間的運動変数であるが故に、上述した時間的分節構造の恒常性や類似性に言及するとともに、空間的変数である力動性 (e. g. 力の入れ方・抜き方, 相対的力, 動作変容, パフォーマンス得点の変化) などの様相についても、力動的分節構造として、同時に議論することが指摘されている。

## (3) 運動リズムの伝搬現象

著者は本研究に先立ち、運動リズムの伝搬現象のメカニズムを検討するべく検証実験を実施した。その結果、個人また集団における運動リズムの伝搬現象を確認した。しかしながら、運動リズムの伝搬が、必ずしも要求した運動課題のパフォーマンス向上に結びつく運動様式の改善にまで及んでいないことを明らかにした。つまり、これまで「運動リズムが伝搬した」と考察された事態では、運動の始まりと終わりや運動のアクセントを規定する時間的分節構造だけが伝搬したと解釈でき、運動の様式や力の発揮構造などの力動性 (i. e. 力動的分節構造) に関する伝搬は確認されたとは考察できなかつた。

## (4) 研究の意義

学校教育課程の体育実践やクラブ活動を含めた競技スポーツの運動学習は、学習者自

身の試行錯誤によって技能が向上する場合もあるが、秀逸な運動技能を有する児童・生徒や選手らの動作、更には教師や指導者らの示範運動を観察・模倣することで運動学習レベルが促進されることが期待される。又近年、体育科教育で積極的に試みられる「教え合い・学び合い」という学習場面の設定は、他者観察による運動への気づき（思考・判断）を促進・醸成する最良の機会とも捉えられる。M. ボラニーが主張するように「運動は言語による情報伝達が難しい『暗黙知』である」という指摘を念頭に、その多くの運動学習事態が、他者観察による「模倣」や「なぞり」によって成立していると仮定した場合、人間が他者の運動リズムを知覚し、そのリズムを自らの身体に反映させる機序について、多様な角度から検証する必要があると考えられた。この研究の成果によっては、運動リズムの伝搬能に立脚した運動学習の方略や具体的な実践例を全国的に普及できると期待した。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、観察者が他者の運動を観察することによって創出される運動リズムの時間的・力動的分節構造の振舞いを検証し、延いては、学習の可能性についても言及することであった。学習の可能性に対するアプローチに際しては、観察者が他者から運動リズムを獲得する情報源を聴覚情報と視覚情報に分離し、それぞれの情報源の変数操作によって創出される時間的・力動的分節構造の様相を特定し、総じて、それぞれの情報源の組み合わせ（又は組み替え）によって想定できる合目的的で、且つ効率的な運動リズムの伝搬法について考察することであった。具体的には、下記の (1) と (2) のとおりである。

## (1) 運動リズム伝搬にみる聴覚情報の影響

聴覚情報として被験者に呈示した音響刺激は、電子音を用いた周期的音響刺激（音響リズム）とし、その音響刺激の刺激間隔の遅速（テンポ）、音響刺激呈示時間の長短（音価）、音響刺激音の高低（音調）そして音響刺激音の大小（音圧）という4変数であった。それぞれ個別に検証し、各変数の諸条件下にみる時間的・力動的分節構造の振舞いについて検証した。しかし特に、力動的分節構造に影響を与える変数・条件を特定することを目的とした。

## (2) 運動リズム伝搬にみる聴覚情報の影響

視覚情報として被験者に呈示した視覚刺激は動画であった。動画は単純な示指によるタッピング動作をサンプル動画とし、被験者に呈示するディスプレイのサイズを変更した。被験者が観察するサンプル動画の大きさによって影響を受ける時間的・力動的分節構造の変化を検討することを目的とした。

### 3. 研究の方法

(1) 聴覚情報によって創出された時間的・力動的な分節構造の振舞い

①音響刺激間隔の違いが示指による等尺性力発揮に与える影響 (実験 1)

被験者は呈示される音響刺激に同調しながら示指による等尺性の力発揮課題が要求された。具体的に、実験システムを図 1a と図 1b に示した。課題は座位によって行われ、力を発揮する右腕と右手の示指はマジックテープで固定された。被験者に呈示された音響刺激は、呈示音の間隔により、40, 60, 80, 100 そして 120BPM の 5 条件であった。被験者は実験態勢が整ったことが確認されると、ヘッドフォンとアイマスクが装着され、本実験で呈示される同じ音響刺激を 1 分間傾聴した。その後、30 秒の休息を経て、先に傾聴した同じ音響刺激が呈示される中、その音響刺激に同調しながら示指による等尺性力発揮課題に従事した。音響刺激に同調して力を発揮する課題は 1 分間とした。この実験手続きは、後述する実験 2 から実験 4 まで、共通するものであった。又これらの実験で導出される力動変数は被験者が示指より発揮した力 (PF : peak force) を、又時間変数は力の発揮間隔 (PPI : peak-to-peak interval) を分析プログラムで導出した (図 2 を参照)。

この実験 1 における仮説は、被験者に呈示する音響刺激のテンポが速くなるほど、力発揮量は減衰すると仮定した。

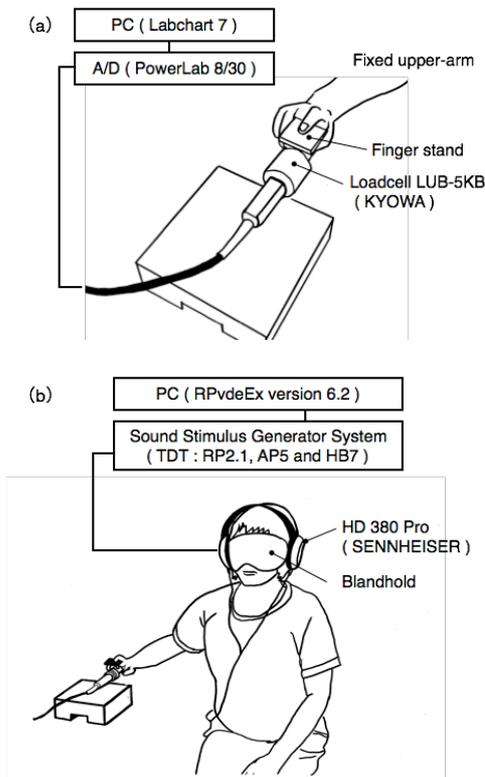


図 1. 実験システム

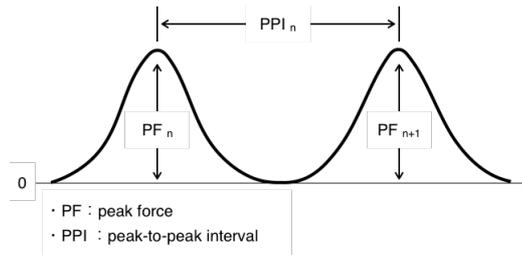


図 2. 実験測定

②音響刺激長の違いが時間的・力動的な分節構造に与える影響 (実験 2)

実験 2 において採用した音響刺激は実験 1 の知見を参考に、呈示テンポを 80BPM (750m 秒/周期) に固定した上で、被験者にヘッドフォンで呈示する音響刺激長の長さを変更した。呈示条件は大きく 2 系統に分類され、一方は Inside 条件として、750m 秒/周期の時間フレームの中で 100, 200 そして 300m 秒の刺激音を挿入した (図 3a)。他方は Outside 条件として、750m 秒の周期的な時間フレームは保持したまま、その時間フレーム外に刺激音 (100, 200 そして 300m 秒) を追加した (図 3b)。この実験 2 では、750m 秒/周期という時間フレームの内部と外部で音響刺激音の長さが変わるため、ある刺激音から次の刺激音が発信されるまでの時間圧が圧縮される条件 (i. e., Inside 条件) で示指による等尺性力発揮量は減衰すると仮定した。

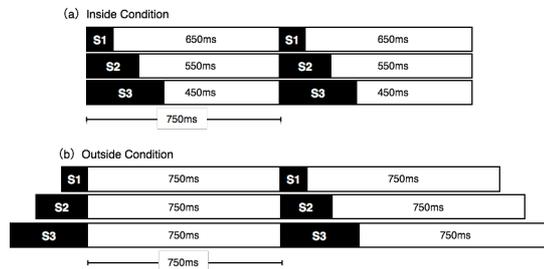


図 3. 実験 2 における音響刺激呈示条件

③音刺激の音調の違いが時間的・力動的な分節構造に与える影響 (実験 3)

実験 3 における音響刺激は、呈示テンポを 80BPM に固定した上で、音調条件を 500, 1000 そして 2000Hz に設定し、被験者にヘッドフォンより呈示した。この実験では、重低音の 500Hz 条件のとき、示指による等尺性力発揮量は大きくなり、高音域になるに従って力の発揮量は小さくなると仮定した。

④音刺激の音量の違いが時間的・力動的な分節構造に与える影響 (実験 4)

実験 4 における音響刺激は、呈示テンポを 80BPM に固定した上で、音圧条件を 60, 80 そして 100dB に設定し、被験者にヘッドフォンより呈示した。当該実験も実験 3 と同様、音圧が高い (音が大きい) とき、示指による等尺性力発揮量は大きくなり、低いとき、小

さくなると仮定した。

## (2) 視覚情報によって創出された時間的・力動的な分節構造の振舞い (実験 5)

被験者には 80BPM 頻度でタッピングする動作の動画を呈示した。被験者に呈示するディスプレイのサイズは 8, 13 そして 32 インチの 3 条件としたが、呈示するサンプル動画は全ての条件で同じであった。又被験者からのディスプレイの距離は、全ての条件で 1m とし、外界の聴覚情報を遮断するため、イヤードیفENDER (EVERNEW 製 EGA220) を装着させた。被験者は、ディスプレイに呈示されるタッピングのサンプル動画を見ながら、示指による等尺性力発揮課題が要求された。その後、この力発揮間隔 (PPI) を分析することで当該課題における周期的な時間的分節構造が算出された。この実験では、被験者に呈示する動画サイズの大きさが、示指による等尺性力発揮量に与える影響を検証するものであった。

## 4. 研究成果

### (1) 聴覚情報によって創生された時間的・力動的な分節構造の振舞い

図 4 は、音響刺激間隔 (テンポ) を 40 から 120BPM まで 20BPM 毎に漸増したとき、被験者が示指により発揮した等尺性力発揮量を示した。この図から、音響刺激の呈示テンポが速くなるに従い、力の発揮量が減衰する傾向が確認される。しかしながら、統計上の有意差は 40 と 120BPM の間にのみ 0.5% 水準で確認された ( $F(4, 12)=5.396, p<.05$ )。又詳細な分析から、40~100BPM と 60~120BPM のレンジ帯に、有意差が確認されなかったことから、60~100BPM までの力発揮制御は、40~100BPM レンジと 60~120BPM レンジにおける重層レンジ制御の様相を呈した。又この実験で観測された重層レンジ制御帯である 60~100BPM の中央値: 80BPM (750m 秒/周期) は、山西ら (1999) が指摘した「動作振幅が動作頻度に従属し始める臨界域 (74BPM)」と近似しており、動作主体 (空間変数) による制御から時間変数に従属する動作制御へと制御様式が移行する帯域と推測できた。よって、山西らの知見に対する近似性を根拠とし、以下の実験 2~5 において、被験者に呈示する音響リズムを 80BPM で統一した。

図 5 は、Inside 条件と Outside 条件における時間的分節構造の様相を示した。750m 秒/周期内で音響刺激音の音価を増加させた Inside 条件は、750m 秒/周期の時間フレームを正確に維持していることがわかる。他方音響刺激音の音価を 750m 秒に追加した Outside 条件は、追加される音響刺激音 (100, 200 そして 300m 秒) の増加に伴って周期的な時間フレームが延長していることが明らか

となった (それぞれ、条件要因:  $F(1, 7)=777749.326, p<.001$ ; 音価要因:  $F(2, 14)=6845.761, p<.001$ ; 条件要因×音価要因の交互作用:  $F(2, 14)=4854.424, p<.001$ )。つまり人間は、連鎖する音響刺激から周期的な時間フレームを把握するとき、音響刺激の音価による長短によって影響されることはなく、ヘッドフォンから音刺激が聴覚として知覚された時点をもって時間的分節を把握していることが示唆された。他方、当該実験における示指による等尺性力発揮量に関しては、すべての条件間で有意差は認められなかった。

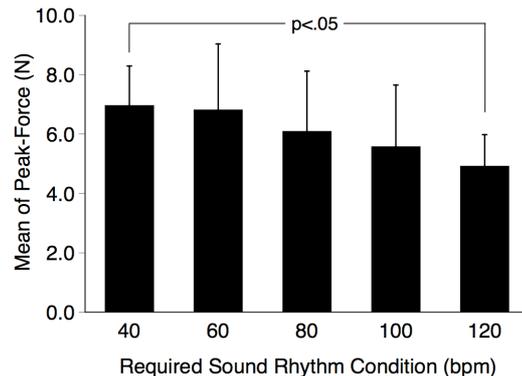


図 4. 呈示した 5 つの音響テンポに対応する示指による等尺性力発揮様相

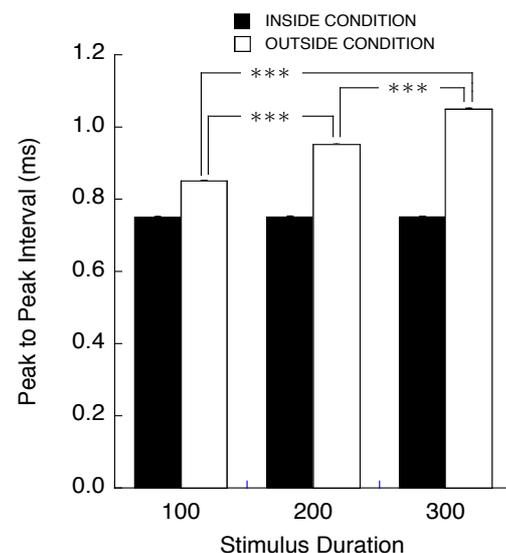


図 5. Inside 条件と Outside 条件にみる時間的分節構造

図 6 は、80BPM で呈示される音響刺激の音調の高低によって観測された示指による等尺性力発揮量の様相である。音調は 500, 1000 そして 2000Hz の 3 条件であった。図から音調が高くなるに従って力発揮量は減衰する様相を呈したが、標準偏差 (個人差) が大きく、いずれの条件間にも有意差は認められなかった ( $F(2, 14)=2.859, n. s.$ )。この結果から、傾聴する音調の高低は、力発揮などの力動性に影響を与える変数ではないことが示唆された。

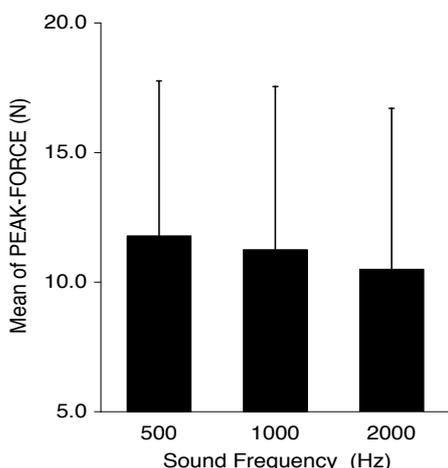


図 6. 音響刺激の音調と示指による等尺性力発揮様相

そして図 7 は、80BPM で呈示される音響刺激の音圧の大小によって観測された示指による等尺性力発揮量の様相である。音圧は 60, 80 そして 100dB の 3 条件とした。図から、音圧が大きくなるに従って、力の発揮量が大きくなる様相を呈するが、この事態でも標準偏差が大きく、いずれの条件間に有意差は認められなかった ( $F(2, 26)=0.957, n. s.$ )。又この実験に参加した全被験者から、当該課題における最大努力による力の発揮量を測定し、その値をもとに相対的力としてデータの標準化を施し、同様な統計処理を行った。しかしながら図 7 に示す実測値と同様に有意差は認められなかった ( $F(2, 26)=1.374, n. s.$ )。この結果でも、実験 3 の音調変数と同様に、音圧の大小が人間の力発揮様相に影響を与える変数ではないことが示唆された。

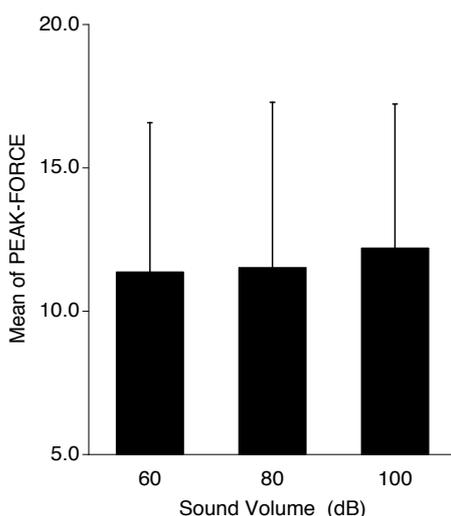


図 7. 音響刺激の音圧と示指による等尺性力発揮様相

(2) 視覚情報によって創生された時間的・力動的な分節構造の振舞い

被験者は、80BPM の頻度でタンピングする動作のサンプル動画を 8, 13 そして 32 イン

チの 3 つのディスプレイ・サイズで呈示された。被験者は、それらの動画を参照しながら、タンピングの時間的分節を把握すること、更には、その分節に同調しながら示指による等尺性力発揮が要求されていた。その結果、被験者が把握した時間的分節構造は、いずれの 3 条件を通じて約  $750.52 \pm 1.651m$  秒で推移し、750m 秒を極めて正確に再現していた。統計上の結果も、各条件間に有意差は確認されなかった ( $F(2, 26)=0.975, n. s.$ )。他方、示指による等尺性力発揮量についても同様に、3 条件間で約  $10.7 \pm 4.35N$  を推移しており、各条件間に有意差は確認されなかった ( $F(2, 26)=0.128, n. s.$ )。これらの結果から、周期的なタンピング動作を観察するという行為から、被験者が観察する動画のスケールは、時間的・力動的な分節構造に影響を与える変数ではないことが示唆された。しかし特筆すべきは、時間と力動性に関する変動性の検証から、両変数間で異なる様相が確認された。図 8 は、観察された時間的・力動的な分節構造の変動性を変動係数 (CV: Coefficient of Variation) で示した。この図からも明らかに、時間的分節構造の変動係数が力動的な分節構造のそれより有意に小さいことが示された ( $F(1, 13)=121.537, p<.001$ )。この結果は、時間的分節構造の安定化を優先する一方で、力動性の安定性を犠牲にしていると解釈でき、制御水準からすると、時間的分節の制御に力動性の制御が従属している様相と考察することができた。

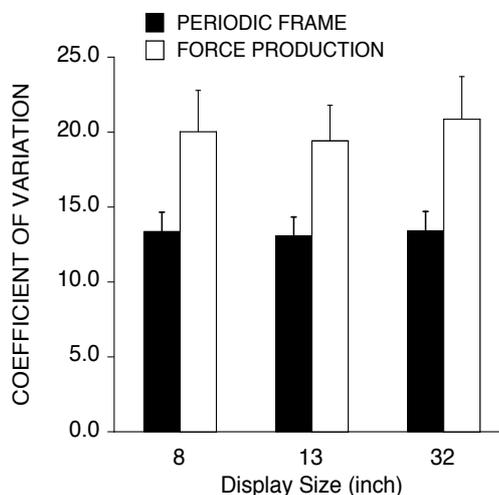


図 8. サンプル動画の表示サイズの違いによって導出された PPI と PF の変動係数

(3) まとめ

本研究は、人間が他者の動作を観察することによって運動リズムを獲得する事態に対してアプローチするものであった。この研究を進めるにあたり、他者から観察者に伝搬する情報源を聴覚情報と視覚情報に分離し、それぞれの情報源に関して個別に検証することで、他者に運動リズムが伝搬する主要な変数・条件を特定することを目的とした。又他

者に対する運動リズムの伝搬現象は、時間的分節構造の伝搬を確認できているものの、筋感覚的情報である力の強弱などの力動的分節構造の伝搬は、明確な知見が得られていなかった。そこで本研究では、特に、力の発揮様相である力動性に着目し、運動リズムの伝搬様相について考察することを主目的とした。

#### ①聴覚情報に基づいた検証

聴覚情報は、音響のテンポ、音価、音調そして音圧から検証した。ヘッドフォンから呈示した音響刺激は、その音源が聴覚に到達した時点で時間的分節構造を把握していることが確認され、いずれの聴覚情報による刺激変数を用いても、極めて正確に時間的分節構造を再現していることが確認された。このことから、人間が音響刺激によって時間的な分節構造を把握するためには、音響刺激の遅速、長短、高低そして大小は関係なく、その音響刺激が聴覚として知覚された時点で時間的セグメントが把握されることを示した。

一方、これら聴覚情報の4つの変数により条件づけられた実験で検証された示指による等尺性力発揮量についても、音響刺激の遅速、長短、高低そして大小は関係なく、被験者個人の中では一定であった。しかしながら、時間的分節と力動的分節における変動性の検証からは、常に力動的分節構造の変動性が時間的分節構造のそれより大きいことが確認された。これらの知見は、K. マイネルが運動リズムを定義するとき主張する「時間的分節構造と力動的分節構造の共時的な制御」を支持する結果ではなく、一様に、力動性が時間的分節に従属するような制御様相であることを示唆していた。よって運動リズムが他者に伝搬する機序は、まずは運動の開始や終了、さらには動作上のアクセントを表出する時間フレームの構造が先行して伝搬し、その後、力動的分節構造が観察者の中で精密に創出されると考察できた。

#### ②視覚情報に基づいた検証

従来、他者観察によって良質な運動形態や運動経過を追従することで、学習が促進されることが期待されていた。この期待を肯定的に捉えると、運動の時間的・空間的要素を他者の動きから取り込み、自らの運動に反映する機構が十分に想定できるものであった。今回の実験5では、聴覚情報を遮断し、視覚情報のみで、しかも観察するサンプル動画の表示サイズを変えることで、時間的分節構造や力動的分節構造の獲得事態に与える影響を検証した。しかしながら、サンプル動画を呈示するサイズによって、時間的分節や力動的分節の構造が影響を受けるという知見は確認することができなかった。ただ視覚情報と聴覚情報による運動リズムの創出事態では共通する事態も観察された。それは、この視覚情報による運動リズムの把握事態におい

ても、時間的分節構造より力動的分節構造の変動性が高いことであった。聴覚情報と同様に、視覚情報であっても、他者を観察することによって、まず優先的に観察者に伝搬する要素は、時間的分節構造であることが確認された。

#### ③今後の課題

人間の系列的な運動課題を教示するとき、太鼓や手拍子の強弱やその音響刺激の間によって、要求する動作課題の時間的・力動的分節構造を学習者に呈示することがある。本研究は、これらの運動学習に関わる教授-学習事態に対して有益な知見を提示することを期待していた。しかし聴覚及び視覚情報を詳細に検証した結果、上述した運動学習事態に対して有益な知見を提示することができなかった。しかしながら、今回の方法論とは別に、聴覚情報と視覚情報の各変数から力動性に影響を与える可能性のある変数を組み合わせ検証することで、又は視覚情報についても、今回のような単純なタッピング動作ではなく、バスケットボール経験者にバスケットボールのドリブル動作を観察させるなど、被験者の帰属特性を参考に実験を再構築することが考えられた。

#### 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 2件)

- ① 山西正記, 周期的な音響リズムに同調した人間の示指による等尺性力発揮の様相, 福山平成大学福祉健康学部編「福祉健康科学研究」, 査読あり, 10巻, 平成27年(2015), 32-38, ISSN: 1881-0780.
- ② 山西正記, リズミカルな周期信号における音刺激の長さが人間の示指による等尺性力発揮量に与える影響, 福山平成大学福祉健康学部編「福祉健康科学研究」, 査読あり, 11巻, 平成28年(2016), 36-46, ISSN: 1881-0780.

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

山西 正記 (YAMANISHI MASAKI)  
福山平成大学福祉健康学部・教授  
研究者番号: 40335716

##### (2) 研究分担者

( )

研究者番号:

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号: