

Title	微少遅延聴覚フィードバックを用いたドラム演奏フォーム改善支援システム
Author(s)	池之上, あかり; 小倉, 加奈代; 西本, 一志
Citation	情報処理学会研究報告, 2012-HCI-147(28): 1-8
Issue Date	2012-03-22
Type	Journal Article
Text version	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/10624">http://hdl.handle.net/10119/10624</a>
Rights	<p>社団法人 情報処理学会, 池之上あかり, 小倉加奈代, 西本一志, 情報処理学会研究報告, 2012-HCI-147(28), 2012, 1-8. ここに掲載した著作物の利用に関する注意: 本著作物の著作権は(社)情報処理学会に帰属します。本著作物は著作権者である情報処理学会の許可のもとに掲載するものです。ご利用に当たっては「著作権法」ならびに「情報処理学会倫理綱領」に従うことをお願いいたします。 Notice for the use of this material: The copyright of this material is retained by the Information Processing Society of Japan (IPSJ). This material is published on this web site with the agreement of the author (s) and the IPSJ. Please be complied with Copyright Law of Japan and the Code of Ethics of the IPSJ if any users wish to reproduce, make derivative work, distribute or make available to the public any part or whole thereof. All Rights Reserved, Copyright (C) Information Processing Society of Japan.</p>
Description	

# 微少遅延聴覚フィードバックを用いた ドラム演奏フォーム改善支援システム

池之上あかり<sup>†</sup> 小倉加奈代<sup>†</sup> 西本一志<sup>††</sup>

ドラム演奏において、ドラムスティックを制御する技術は重要な要素の1つである。スティック制御において要になるのは手首の動きであり、この動きは手首を曲げる際に縮む屈筋と手首を返す際に縮む伸筋によって担われている。これらの筋肉のうち伸筋を優位に働かせることによって、無駄な力みをなくすことができ、高速で長時間の演奏が可能になるだけでなく、ドラムの音色も良い音になる。しかしながら、伸筋優位のスティック制御を獲得するのは困難である。本研究では、微少遅延聴覚フィードバックを利用したスティック制御矯正システムを提案する。システムを長期間利用した実験の結果から、提案システムは遅延による演奏の混乱をおこすことなく、伸筋をより使用する演奏動作にすることが示唆された。

## A supporting system to improve drumming form using insignificantly-delayed auditory feedback

Akari Ikenoue<sup>†</sup> Kanayo Ogura<sup>†</sup> and Kazushi Nishimoto<sup>††</sup>

How to use drum sticks is one of the important elements for playing drums. The motion of wrists plays the most important role in manipulating the drum sticks. By using extensor muscles of the wrists superior to its flexor muscles, a drummer can achieve a better performance. However it is usually difficult to use the extensor muscles mainly. This paper proposes a system that rectifies wrong usage of the wrist muscles by exploiting effects of insignificantly-delayed auditory feedback. Results of experiments suggest that the extensor muscles come to be used more by using our system without disruption by delayed auditory feedback.

## 1. はじめに

ドラム演奏において、ドラムスティックを制御する技術は重要な要素の1つである。ドラム奏者はスティック制御によって正確なテンポを適切な強さで打拍するだけでなく、ドラムの音色も操っているからである。スティック制御において要になるのは手首の動きであり、この動きは手首を曲げる際に縮む屈筋と手首を返す際に縮む伸筋によって担われている。これらの筋肉のうち伸筋を優位に働かせることによって、無駄な「力み」をなくすことができ、高速で長時間の演奏が可能になるだけでなく、ドラムの音色も良い音になる[1]。

しかしながら、伸筋優位のスティック制御を獲得するのは困難であり、伸筋優位のスティック制御に関する教本[1]も出版されている。この教本では伸筋を使うためのフォームなどが紹介されているが、一般的なフォームとは異なるため、慣れるのに時間がかかる。また、伸筋を優位に働かせるための練習方法として、スティックを持ち上げることに意識を向けさせるために、普段よりも重いスティックを用いて練習台を叩く方法がある。しかし、重いスティックは負荷がかかりすぎて手首を痛めることがある。さらに、重いスティックは楽器も痛めてしまうため、スティック制御練習用のスティックと楽器を叩くスティックを分ける必要があり、それぞれでの練習が必要である。このように、結局余計手間がかかってしまうので、この練習法は近年ではあまり行われていない。本研究では、微少遅延聴覚フィードバックを利用することにより、普段演奏時に使っているスティックでも伸筋優位のスティック制御練習を行えるようにするシステムを提案する。

## 2. 関連研究

ドラムの練習システムとして、岩見らのシステムがある[2]。このシステムは、MIDIドラムから入力される演奏情報から、演奏のメトロノームからのズレや音量変化などをリアルタイムに視覚化し、演奏に対するアドバイス等を奏者にフィードバックするものである。このシステムで評価対象にしているのはリズムや音量などであり、スティック制御については特に対象としていない。

スティック制御の改善を目的としたシステムとして、辻らが開発した、打拍フォームのずれや手首の振り幅などのフィードバックシステムがある[3]。しかしながら、このシステムではフォームの間違いに気づくことはできるが、フォームの間違いを修正するための具体的指導は与えられない。また、この研究でフィードバック対象として

<sup>†</sup>北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科

School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

<sup>††</sup>北陸先端科学技術大学院大学 ライフスタイルデザイン研究センター

Research Center for Innovative Lifestyle Design, Japan Advanced Institute of Science and Technology

いるのは、スティックや手首の視覚的な動きのみであり、伸筋優位の動きになっているかはわからない。

### 3. 提案手法

本研究では、電子ドラムの発音時に微少な遅延聴覚フィードバックを与えることで生じる演奏動作の変化を利用した、伸筋優位の手首の動きを発生させる、新規なドラム演奏練習支援システムを提案する。遅延聴覚フィードバック (DAF: Delayed Auditory Feedback) とは、一般には話者の話し声を 100~200msec 程度遅らせて話者の耳にフィードバックすることを言う。これにより、発話が円滑にできなくなり、音を繰り返したり伸ばしたりする吃音のような症状が現れることが知られている[4]。これを楽器演奏に適用すると、演奏動作が普段と比べて変化する。例えば、人差し指を使ったタップ動作では、人差し指を振り上げる高さが増加する傾向がみられる[5]。この結果をドラム演奏動作で考えてみると、スティックの振り幅が増加し、より伸筋を使った動きになると考えられる。しかしながら、100~200msec 程度の大きな遅延聴覚フィードバックを楽器演奏に用いると、リズムを刻むことが困難になり、練習を阻害しかねない[6]。そのため本研究では、遅延させる時間を認知できるかどうかの限界まで短くした、微少遅延聴覚フィードバックを使用する。

#### 3.1 微少遅延聴覚フィードバック

人間が動作と音のズレを認知し始めるのは 30msec 程度からである[7]。30msec 以下の遅延聴覚フィードバックを本研究では微少遅延聴覚フィードバックと呼ぶ。このような短い遅延がもたらす影響について研究した事例は、著者らの知る限り存在しない。本研究では、微少遅延聴覚フィードバックがドラム演奏動作に与える影響と長期使用時の影響について調査・分析する。

#### 3.2 システム概要

システムの概要を図 1 に示す。本システムは電子ドラムパッド(YAMAHA TP80S)、トリガーモジュール(YAMAHA DTXPRESS)、MIDI 音源(Roland SD-50)、USB MIDI インタフェース(YAMAHA UX-16)と PC (Windows Vista)で構成される。電子ドラムパッドからの信号は、トリガーモジュールによって MIDI 信号に変換される。その後 PC に送信され、信号を遅延させたい時間だけ一時停止して、MIDI 音源に送信することで遅延を発生させる。また、PC がノートオンの MIDI 信号を受信した際、シリアルポートからパルス信号を発し、筋電位測定時の同期信号として利用した。一般的に Windows の時間分解能は 10msec 程度であるが、本研究では微少な遅延を発生させるために Windows API を用いて時間分解能を 1msec に設定している。上記の PC で行われる処理は全て C#によって実装した。なお、実験で使われるメトロノーム音や演奏音はヘッドホンから発音され、演奏音色にはスネアドラムを使用した。

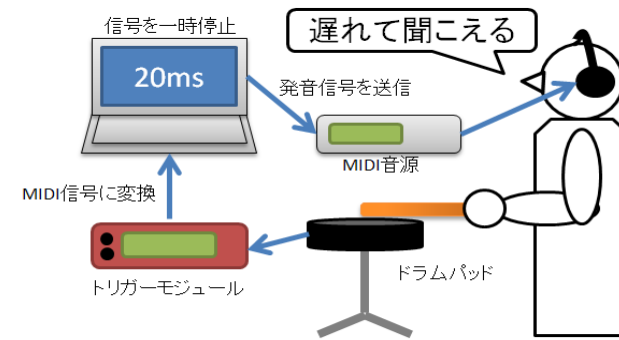


図 1 システム概要

### 4. 微少遅延聴覚フィードバックの影響実験

本実験では微少遅延聴覚フィードバックを発生させた際、演奏動作にどのような変化が起きるのか、また微少遅延聴覚フィードバックによる混乱がおきていないかを調査することを目的とする。

#### 4.1 被験者と演奏課題

ドラム経験者 12 名により実験を行った。被験者の性別、年齢、音楽歴を表 1 に示す。演奏課題は、250msec 間隔で発音する電子メトロノームにあわせ、左右の手に持ったドラムスティックを用いてドラムパッドを叩いてもらうというものである。スティックの持ち方は全員マッチドグリップ (左右対称の握り方) である。

#### 4.2 実験方法

実験に先立ち、尺側手根屈筋および橈側手根伸筋の最大随意収縮 MVC (Maximum Voluntary Contraction) を 3 回測定した。実験では、1 セットを 1 分 30 秒とし、遅延を 0, 20, 10, 30msec の順で変えながら演奏課題を 4 セット行った。また、奏者によって演奏音をメトロノームに合わせる者や、スティックがドラムパッドにつく瞬間をメトロノームにあわせる者、拍打時のスティックから伝わる衝撃をメトロノームに合わせる者などばらつきがあったため、被験者には目隠しを装着してもらい、できるだけ演奏音をメトロノームにあわせてもらうよう指示した。また、測定前には特にウォーミングアップは行わなかった。実験中は両腕の尺側手根屈筋 (図 2) および橈側手根伸筋 (図 3) の表面筋電位と同期信号を生体アンプ・収録装置 (Polymate AP1532) を用いて計測した。また、ハイスピードカメラによる撮影を行い、分析の参考として使用した。被験者には、1 セット終わるごとに何か普段と変わったことや気づいたこと

表 1 被験者の音楽歴

被験者 (性別)	年齢	ドラム歴	その他の楽器歴
被験者 1 (女)	25	13 年	ピアノ 13 年
被験者 2 (男)	27	6 年 6 か月	ギター 6 年
被験者 3 (男)	25	4 年 6 か月	なし
被験者 4 (男)	23	2 年 6 か月	ピアノ 5 年
被験者 5 (女)	25	11 年	ピアノ 10 年
被験者 6 (男)	20	2 年 10 か月	なし
被験者 7 (男)	20	5 年 6 か月	ベース 2 年
被験者 8 (女)	17	4 年 7 か月	ピアノ 10 年
被験者 9 (女)	16	3 年 4 か月	エレクトーン 2 年
被験者 10 (男)	16	6 か月	ピアノ 2 年
被験者 11 (女)	17	4 年 7 か月	ピアノ 3 年
被験者 12 (男)	17	10 年 7 か月	ピアノ 4 年

があるか確認した。実験終了後、アンケートにより音楽歴を調査した。

### 4.3 分析方法

実験の結果として得られた尺側手根屈筋および橈側手根伸筋の表面筋電位信号は、同期信号以前の 250msec の範囲で加算平均法によるノイズ除去を行った後、RMS (Root Mean Square) 値を求めた。その後、各筋から得られた MVC の最大値を 100% として正規化した。さらに対象とする筋肉・遅延量ごとに、全被験者における筋電位波形の平均と活動量の平均をとった。また同期信号から遅延量ごとに全被験者の IOI (Inter-Onset Interval) の平均を算出した。なお解析の対象区間は最初の 30 秒を除く 1 分間とする。次に、Heuer らの研究[8]をもとに、手首屈筋-伸筋間の共収縮指標として、手首屈筋-伸筋間の相対差分信号 RDS (Relative Difference Signal) を以下の式により算出した。

$$RDS = \frac{F - E}{F + E} \quad (4.1)$$

式 4.1 において、F と E はそれぞれ屈筋 (Flexor) と伸筋 (Extensor) の RMS 値を表している。RDS の分散が大きい場合には交互収縮傾向、分散が小さい場合には共収縮傾向を表す。本研究では、各被験者の 250msec 間隔での RMS 値平均から RDS 値を算出しその標準偏差値を、屈筋、伸筋間の共収縮指標とした。

### 4.4 結果

全被験者の IOI 平均には、遅延をかけた時とかけない時の間に一元配置分散分析を



図 2 尺側手根屈筋の位置と電極貼りつけ位置



図 3 橈側手根伸筋の位置と電極貼りつけ位置

行ったところ、有意差は見られなかった ( $F(3, 44) = 0.4, p < 0.754$ )。また、遅延聴覚フィードバックによる混乱の指標としてよく用いられる変動係数 CV (Coefficient of Variation) についても、遅延をかけた時とかけない時の間に有意差は見られなかった ( $F(3, 44) = 0.436, p < 0.728$ )。これらのことから、通常の遅延聴覚フィードバックで見られるような混乱は、微少遅延聴覚フィードバックでは起きないと考えられる。また、被験者には 1 セット終わるごとに何か普段と変わったことや気づいたことがあるか確認したが、遅延を発生させても違和感を訴えた被験者はほとんどいなかった。

図 4 はある被験者の各セット計測開始から 1 分経過後、最初にスティックが最高点に達した際のハイスピードカメラ写真である。各写真で、動きの対象とするスティックの先端部分は●で表している。これを見ると、スティックの振り幅は遅延を増やすごとに増加傾向にあることがわかる。このような傾向はほとんどの被験者で見受けられた。前述の結果から、被験者本人はドラム音に遅延が発生していることには気づい



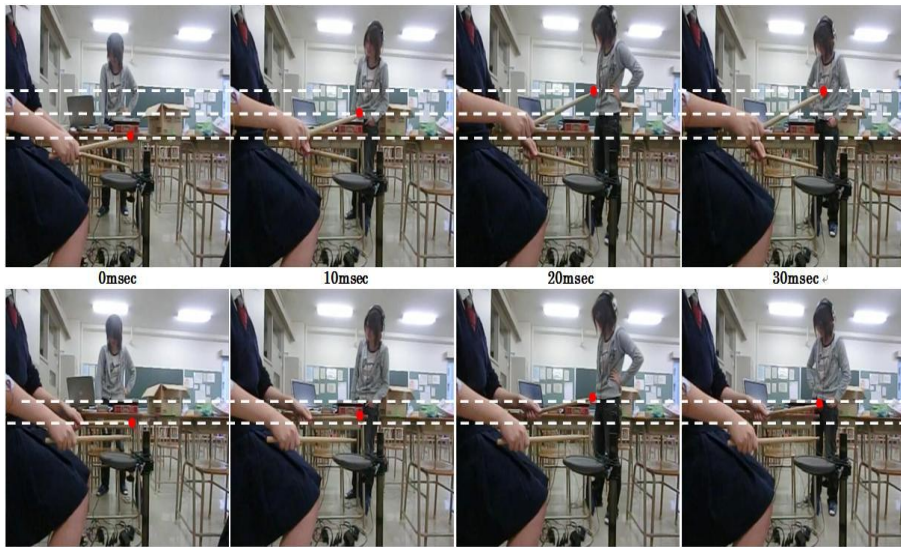


図 6 スティック最高点でのハイスピードカメラ写真 上：右手 下：左手

ていないが、それにもかかわらず演奏動作には変化が現れるという結果になった。

左右の腕側手根伸筋において、遅延量ごとに全被験者を平均した筋電位波形を図 5、図 6 に示す。図中の黒い実線は拍打されたタイミングを示している。つまり 0 と 250msec のタイミングでドラムが拍打されているということである。左手の腕側手根伸筋の筋電位波形（図 5）を見ると、遅延なしの時よりも全ての遅延量において若干最大ピーク値高いことが分かる。特に 10msec の遅延をかけた時は遅延なし時よりも 0.6%ほど高い。一方、右手の腕側手根伸筋における筋電位波形（図 6）を見てみると、遅延なしの時に最大ピーク値が最も高くなっている。このように波形を比べてみると若干の差があるが、これらに有意差があるのかは判断できない。そのため同期信号以前の 250msec の範囲で各遅延量における活動量の平均を求め、同一筋において遅延なしの場合と遅延ありの場合との間で t 検定を行った。その結果、左手では 10msec の遅延で遅延無しの場合に対して有意傾向が見られた ( $t(11) = -1.892, p < 0.085$ )。また、右手では有意差は見られなかった上に、右手伸筋の平均活動量は遅延を発生させるといづれも減少傾向にあった。スティックを振り上げる動作が誘発されていることから、より伸筋が使われるようになっているはずであるが、結果としては有意な差は見られなかった。

重いスティックを使用した場合と 20msec の遅延をかけた場合、及び遅延なしの場合

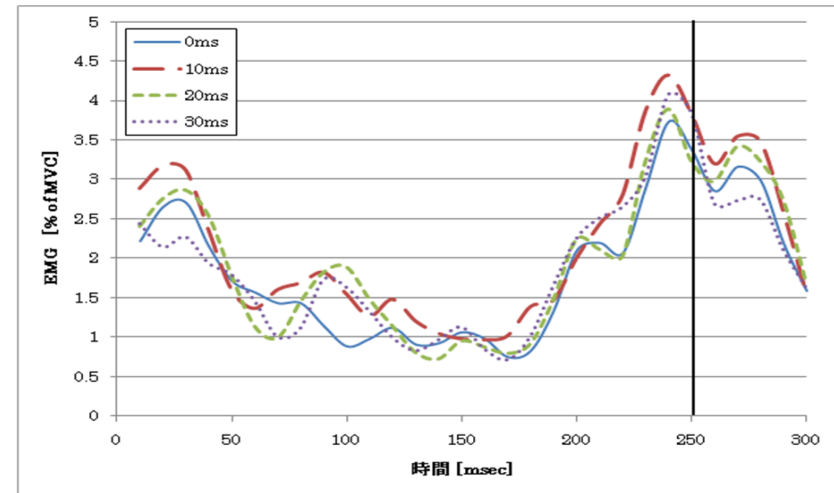


図 4 腕側手根伸筋（左）における遅延量ごとの筋電位波形

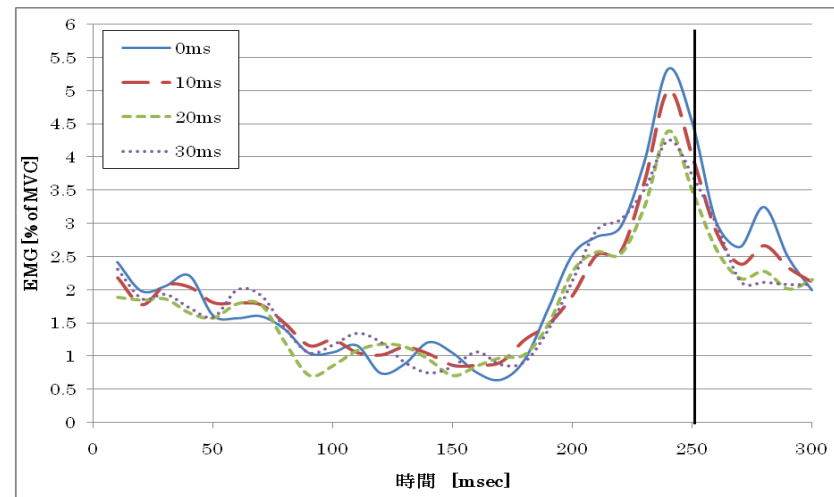


図 5 腕側手根伸筋（右）における遅延量ごとの筋電位波形

合における RDS 値の標準偏差を棒グラフにしたものを図 7 に示す。図から、重いスティックを使用した場合が最も RDS 値の標準偏差が小さく、筋肉が共収縮していることがわかる。また遅延なしの場合と提案手法、重いスティックを用いた場合のそれぞれの間で対応のある t 検定を行った。その結果、右手における遅延なしの場合と重たいスティックを用いた場合との間に有意差が見られた (右 :  $t(4) = 3.004, p < 0.04$ )。一方、提案手法と遅延なしの場合には遅延量に関わらず、有意差はみられなかった。

#### 4.5 考察

今回の実験では遅延をかけた際の伸筋の活動量に大幅な差は見られなかった。一方、図 4 を見ると、スティックの振り幅は遅延を増やすごとに増加傾向にあり、遅延を増やすほど手首を振り上げ、伸筋をより使っているように思われる。このような予想に反して、伸筋の活動量平均をみると右手は遅延をかけるほど減少し、左手は 10msec を境に減少する。この理由は遅延をかけすぎると、間をとるため手首だけでなく肘の関節も動かしてスティックを振り上げているからではないかと推察される。肘の関節を動かさないようにするためには上腕を固定する方法が考えられるが、その場合伸筋への負荷が大きくなり、重たいスティックと同じく手首にダメージを与えてし

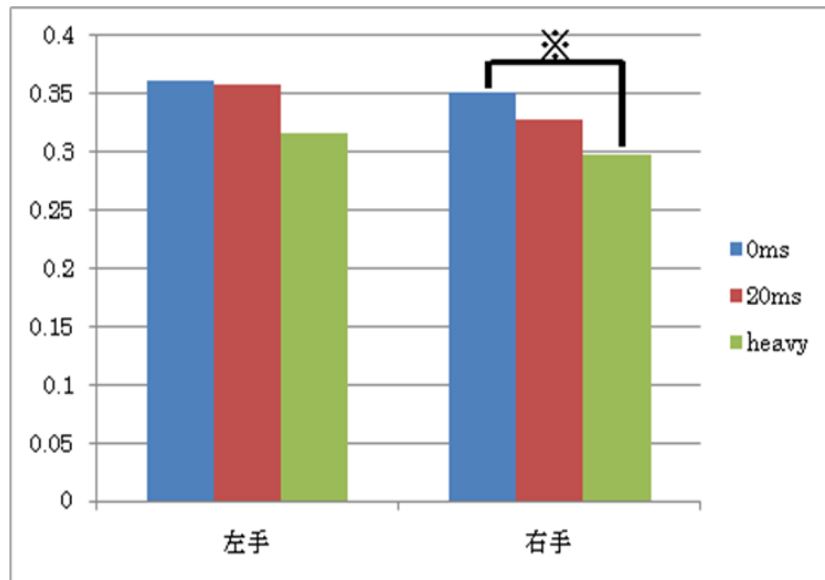


図 7 RDS 値標準偏差における遅延なし時と重たいスティック使用時・提案手法との比較

まう可能性があり、あまり良い方法だとは言えない。そのため、スティックの振り幅があまり大きくなり過ぎないように打拍間隔を短めに調整する、つまり演奏速度を速くすることで、手首の伸筋により微少遅延による影響を及ぼすことができると考えられる。またシステムによる変化が大幅でないことから、上記のような工夫をすれば、無理をせずに少しずつ伸筋を使うことができるということも考えられる。一朝一夕で効果が期待できるものではないが、打拍間隔の調整を行い、長期的に使用することによって、伸筋優位のスティック制御習得に役立つ可能性がある。

次に、RDS 値について考察する。重いスティックを用いた場合は遅延なしの場合や提案手法と比べて共収縮度合いが大きいことがわかった。屈筋と伸筋が同時に収縮し、関節が硬直してしまうことは、打撃面からの反力が上手く吸収されず、関節へのダメージが大きい。また共収縮は、動かそうとする筋肉の活動により発生するはずのトルクをキャンセルするという一面もある。今回の結果から従来行われてきた重いスティックを用いた練習は、けがを誘発する危険性があるだけでなく、スムーズなスティック制御を阻害する無駄な収縮を癖づけてしまう可能性があり、改めてあまり良い練習法とは言えないことがわかった。一方、RDS 値の標準偏差において、提案手法と遅延がない場合の共収縮には有意な差は見られないことが分かった。このことから提案手法は共収縮を防ぎながら伸筋優位のスティック制御に矯正できる可能性が期待できる。

## 5. システム長期使用実験

前章において、微少遅延聴覚フィードバックは伸筋優位のスティック制御を誘発する可能性が示唆された。しかしながら、伸筋優位のスティック制御が身に付かなければ意味がない。もし、練習を重ねるにつれ、システムの使用によって伸筋優位のスティック制御が習慣づけられるならば、当初は遅延なしの状態では非常に低かった伸筋の活動量が、最終的には遅延なしの状態でも遅延ありの状態と同等の高い活動量を持つに至ると考えられる。そこで、本実験ではシステム長期使用によって伸筋をより使用した演奏動作が習得できるか調査することを目的とする。

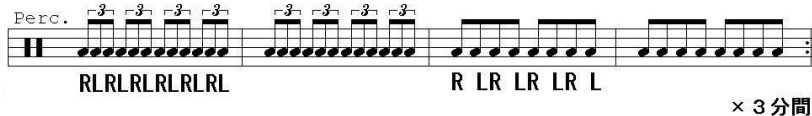
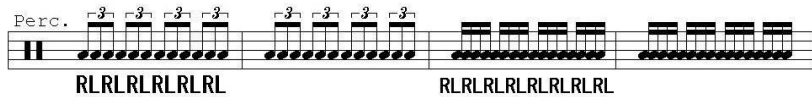
### 5.1 被験者と練習課題

被験者は 4 章における被験者 8~12 の計 5 名である (表 1 参照)。練習内容は、シングルストロークを左右 2 分間ずつ、チェンジアップを 3 分間、16 分音符連打を 3 分間の計 10 分間を毎日行う (詳細は図 8)。またシステムによる練習の前には、各自ウォーミングアップを行っている。前章において、システムを効果的に使うには演奏速度の調整が必要である可能性があると言った。しかしながら今回は、被験者全員が提示した練習を行える速度である 500ms 間隔のメトロノームを使用し、被験者間の条件を揃えた。

●シングルストローク



●チェンジアップ



●16分音符連打



図 8 練習内容

5.2 機材

練習システムとして使用した機材は 3.2 節で紹介したものに加えて、電子ドラムパッド (YAMAHA TP80S), トリガーモジュール (YAMAHA DTX), MIDI 音源 (YAMAHA MU128), USB MIDI インターフェース (Roland UM-1G) と PC (Windows XP) を使用

し、計 2 台のシステムをそれぞれ用いて行った。また、筋電位計測を行う際には 3.2 節で紹介したのと同じ機材を使用した。

5.3 実験方法

12 日間、1 日 10 分間、20msec の微小遅延聴覚フィードバックを発生させた電子ドラムパッドを用いて練習を行った。初日と中日 (6 日目)、最終日には、最初に尺側手根屈筋および橈側手根伸筋の最大随意収縮 MVC を 3 回測定した後、0msec、20msec の遅延をかけてそれぞれ 1 分半の間、250msec 間隔で発音するメトロノームにあわせ、左右の手に持ったドラムスティックを用いてドラムパッドを叩いてもらった。この際、

両腕の尺側手根屈筋および橈側手根伸筋の表面筋電位と同期信号を計測した。

5.4 分析方法

実験の結果として得られた尺側手根屈筋および橈側手根伸筋の表面筋電位信号は、同期信号以前の 250msec の範囲で加算平均法によるノイズ除去を行った後、RMS 値を求めた。その後、各筋から得られた MVC の最大値を 100% として正規化した。さらに、対象とする筋肉・遅延量ごとに、全被験者における筋電位波形の平均と活動量の平均をとった。なお解析の対象区間は最初の 30 秒を除く 1 分間とした。

5.5 結果

左右の橈側手根伸筋について、計測日ごとに全被験者を平均した遅延なし演奏における筋電位波形を図 9、図 10 に示す。図中の黒い実線は拍打したタイミングを示している。つまり、0 と 250msec のタイミングでドラムが打拍されているということである。左手の橈側手根伸筋 (図 9) について見ると、日を追うごとに最大ピーク値が高くなっていることがわかる。しかしながら、グラフからではこのような変化が有意なものか判断できないため、同期信号以前の 250msec の範囲で測定回数における活動量の平均を求め、同一筋における計測日に対する一元配置の分散分析を行った。その結果、左手において有意差が見られた ( $F(2, 12)=4.815, p<0.029$ )、一方、右手には有意差が見られなかった ( $F(2, 12)=2.062, p<0.170$ )。右手の波形 (図 10) を見るとピークが複数あるように見える。これは被験者によって伸筋の筋電位がピーク値をとるタイミングにばらつきがあるためであると思われる。

左右の尺側手根屈筋において、計測日ごとに全被験者を平均した遅延なしの場合における筋電位波形を図 11、図 12 に示す。図中の黒い実線は図 9、10 と同意である。図をみると、屈筋における筋電位波形の最大ピーク値を見ると、左右にかかわらず初日から中日にかけて大幅に低下し、最終日には初日と同じ程度に戻る。同一筋における筋電位平均値について測定日に対する一元配置分散分析を行ったところ条件間に有意差は見られなかった。

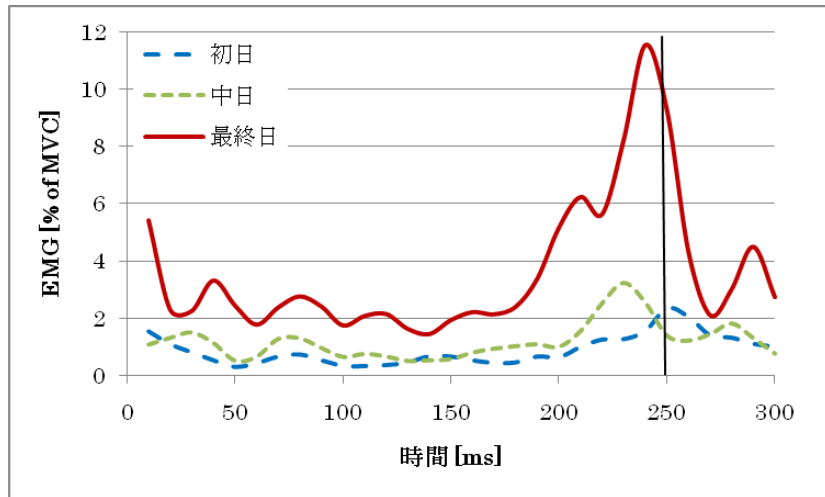


図 11 橈側手根伸筋（左）における計測日ごとの筋電位波形

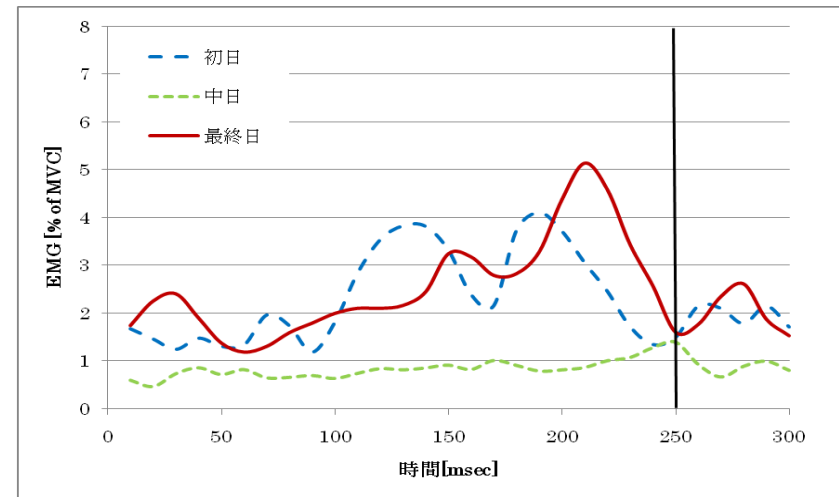


図 9 遅延なし状態での橈側手根伸筋（左）における測定日ごとの筋電位波形

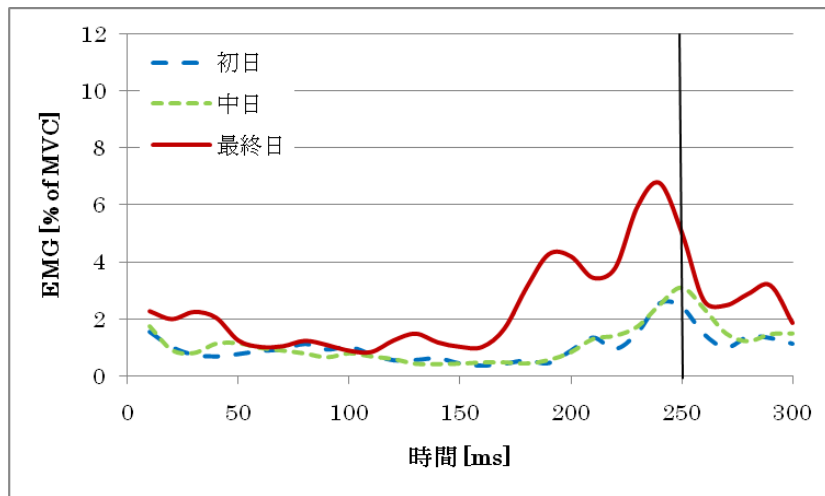


図 12 橈側手根伸筋（右）における計測日ごとの筋電位波形

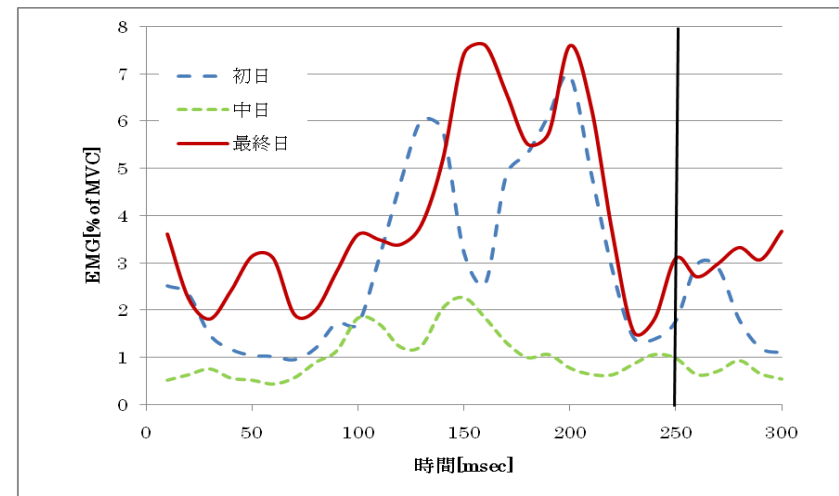


図 10 遅延なし状態での橈側手根伸筋（右）における測定日ごとの筋電位波形



## 5.6 考察

システムの利用によって伸筋がより使われるようになり、さらにその動きが身につくのであれば、遅延なしの場合でも日を迫うごとに伸筋が使われるようになると考えられる。その結果、遅延ありの場合と遅延なしの場合間において筋電位波形の差は縮まるはずである。図9及び図10から、システムを長期間使うことによって遅延なしの状態でもより伸筋を使うようになっていくことがわかる。一方、図11及び図12において、屈筋における筋電位波形の最大ピーク値を見ると、左右にかかわらず初日から中日にかけて大幅に低下し、最終日には初日と同じ程度に戻るといった結果になった。諏訪らの研究によると、ボウリングの熟達プロセスにおいて、意識を集中する部位は日々変化しており、練習時、手や足の指といった細かい部位へ意識が集中している場合、パフォーマンス向上の過渡期であるという。一方、意識が身体全体などの広い範囲になると安定して高いスコアを記録するようになる[9]。本実験の場合も筋肉の使い方が変化していることから、新しいスキルが習得されつつある過程であると考えられる。また屈筋への意識が変化していることから、細かい部位へ意識が集中している、つまり伸筋優位スティック制御習得の過渡期であると考えられる。屈筋における筋電位波形の変化が落ち着いた時、高速演奏において打拍間隔が縮まるなど目に見えた変化がおこる可能性がある。

## 6. まとめ

本研究では、微少遅延聴覚フィードバックを利用した伸筋優位のスティック制御を身につけるためのシステムを提案した。微少遅延聴覚フィードバックによる演奏動作への影響をみる実験では、IOIの平均と変動係数に遅延量ごとの差は見られなかったため、微少遅延聴覚フィードバックによる演奏の混乱は起きにくいことが分かった。また、遅延量ごとの筋電位波形には、有意な差はみられなかった。この原因はスティックの振り幅が増加したことによる動作関節の変化が原因ではないかと考えられる。このことから打拍間隔を狭め、振り幅を抑えることで、手首の伸筋により微少遅延による影響を及ぼすことができると考えられる。また、提案手法は従来行われていた重たいスティックを使った練習法よりも筋肉が共収縮せず、比較的手首に負担をかけずに伸筋優位な動きへと矯正できる可能性が示唆された。次に、長期間システムを使用した所、練習日数を迫うごとに伸筋の筋電位波形や活動量に有意な増加傾向がみられることが分かった。また、屈筋の筋電位波形において、測定日による増減が激しいことから、被験者はまだ伸筋優位スティック制御習得の過渡期であると考えられる。

今後の課題として、スティック制御の変化が、システムによるものなのか、普段の練習によるものなのかを調べるため、システムあり・なしの2群による長期の実験が必要である。また、長期使用時において、右手のピークにばらつきがみられた。この

原因については、詳しいことはわかっていない。さらなる調査が必要である。

**謝辞** 実験にご協力いただいた、宮崎大学軽音楽サークル関係者の皆さま、並びに熊本学園大学付属高等学校吹奏楽部の皆さまに御礼申し上げます。また、北陸先端科学技術大学院知識科学研究科の松村耕平博士には筋電位計測にあたり多くの助言をいただいた。ここに感謝したい。

## 参考文献

- 1) 長野祐亮：脱力！フィジカル・ドラミング，リットーミュージック（2011）
- 2) 岩見 直樹，三浦 雅展：MIDI 楽器を用いたドラム演奏練習支援システムの提案，情報処理学会研究報告．[音楽情報科学]，pp.85-90（2007）
- 3) 辻 康弘，西方淳博：リズム打拍とフォームに基づく打楽器学習支援システムの開発と評価，電子情報通信学会論文誌，pp. 508-516（2005）
- 4) Lee BS. : Effects of delayed speech feedback., Journal of the Acoustical Society of America, pp824-826（1950）
- 5) Pfordresher Peter Q, Dalla Bella Simone : Delayed Auditory Feedback and Movement, JOURNAL OF EXPERIMENTAL PSYCHOLOGY-HUMAN PERCEPTION AND PERFORMANCE, pp566-579（2011）
- 6) P.Q. Pfordresher , A.C. Palmer: Effects of delayed auditory feedback on timing of music performance, Psychological Research 16, pp71-79（2002）
- 7) 西堀 佑，多田 幸生，曾根 卓朗：遅延のある演奏系での遅延の認知に関する実験とその考察，情報処理学会研究報告[音楽情報科学]，pp37-42（2003）
- 8) Heuer, H : Control of the dominant and nondominant hand: exploitation and taming of nonmuscular forces. Experimental Brain Research. 178(3), pp363-373（2007）
- 9) 諏訪 正樹，伊東 大輔：身体スキル獲得プロセスにおける身体部位への意識の変遷，The 20th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence,（2006）