

平成 30 年 9 月 5 日現在

機関番号：12612

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K16418

研究課題名(和文)複雑な演奏を支える精緻な聴覚-運動モデルの解明

研究課題名(英文)Elucidation of elaborate auditory-motor model for performance

研究代表者

小幡 哲史(OBATA, SATOSHI)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・協力研究員

研究者番号：40631099

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：バイオリンの指板を押さえる位置について熟達者と未熟達者を対象に実験を実施したところ、熟練者は未熟者に比べ、聴覚情報がない状態でもより正確にターゲットとなる音の高さに押弦できること、先行して押弦する音がある場合、その位置を手がかりとしている可能性が示唆された。本結果は、本研究の目的である聴覚-運動モデルの解明について、長年の演奏経験がより強固なモデル獲得につながっていることを示していると考えられる。また、ターゲットとなる音の直前の音が押弦の正確性に影響していることから、バイオリニストは直前の音を頼りに常に押弦位置の更新を行っていることも示唆された。

研究成果の概要(英文)：Experiments on experts and novices about the position to pressing the strings of the violin showed that experts can strum the pitch of the target sound more precisely even in the absence of sound information compared to the novices. If there is a sound to be pressed in advance, it is suggested that the position may be used as a clue. This result seems to indicate that long-term performance experience leads to a more robust model acquisition for elucidation of auditory-motor model which is the object of this research. Also, since the sound immediately before the target affects the accuracy of the string pressing, it was suggested that the violinist is constantly updating the string pressing position depending on the previous sound.

研究分野：演奏科学

キーワード：運動制御 聴覚フィードバック バイオリン 熟練度

1. 研究開始当初の背景

ヒトの運動学習は一般的に視覚優位と考えられている。脳で運動を計画し、実行した結果を目で見て脳へとフィードバックし、次の運動を修正することの繰り返しによって学習する。一方で、聴覚を用いた運動学習経路も存在することが知られている。最もよく知られているものが言語(発話)学習である。言語は発話した結果を聴覚によって脳へフィードバックし、学習する。このような聴覚フィードバックを用いて運動を学習するような聴覚運動モデルは発話以外の研究ではほとんど知られていないのが現状である。そこで、本研究は聴覚運動モデルを明らかにすることを目的に、楽器演奏者の演奏技術の学習に注目した。

2. 研究の目的

本研究の最終的な目的は、ヒトの精緻な運動制御を支える聴覚-運動モデルのメカニズムを明らかにすることである。卓越した演奏者は、意図した音の実現のために音と結びついた複雑な運動制御を行っており、Zatorre (2007) は楽器演奏が聴覚-運動統合のメカニズムを調べるために非常に興味深いモデルであると述べているが、その運動制御の複雑さゆえに未解明な点が多い。そこで、本研究では聴覚-運動モデルとして非常に精緻な運動制御を行っているバイオリン演奏をとりあげる。バイオリンを演奏する際に、演奏者は弦を押さえることで音の高さを表現しているが、弦の上に高さを示す目印は存在しない。つまり、バイオリン奏者は常に演奏音からのフィードバックをたよりに押弦位置を修正していると考えられる。このようなバイオリン演奏の特徴を利用し、バイオリン奏者の音高と対応する押弦位置の正確さを測定し、音高と運動に関する既知の表象がどの程度強固なものなのかについて明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

バイオリン奏者の押弦位置がどの程度正確なのかを調べるためには、まず実際に擦弦した音を録音し、その音高が狙った音に対してどれだけ正確かを解析する方法が考えられる。しかし、この方法で得られる位置情報はあくまで押弦した音の高さから推定した位置である。そこで、実際に押弦した位置そのものを計測する手法を確立する必要があった。また、バイオリン奏者がどの程度押弦の位置を正確に記憶しているか明らかにするためには、実際に擦弦せずに押弦位置測定が可能な実験用バイオリンの開発および計測システムを確立する必要があった。押弦位置測定について Chen ら (2008) は、擦弦しない状態での押弦位置の測定を可能にするため、金属を巻きつけてある擦弦楽器の弦の特性を利用し、薄い銅箔を貼りつけた指先が、微弱な電流を流した弦に触れることによ



(図1: 試作した押弦位置測定バイオリン)

て、弦長に応じた抵抗値から押弦位置を測定した。申請者はこのシステムを応用し、指先に銅箔を貼ることによる演奏者の違和感を軽減し、自然な状態での押弦を実現するため、指ではなく指板上に薄い銅箔を貼り、演奏者が弦を指板に押さえつけることで抵抗値を計測し、位置情報を得ることにした(図1)。しかし、このシステムでは十分な抵抗値を得られなかったため、市販の接触位置センサ(SoftPot 接触位置センサ 200mm)を貼り付けたところ、十分な抵抗値を得ることができた。この実験用バイオリンを用いて指板を押さえる位置の測定実験を熟達者3名と未熟達者3名に対して実施した。熟達者の平均年齢は28(±3.2)歳、演奏経験年数は15年以上であった。未熟達者の平均年齢は25.2(±2.2)歳、演奏経験年数は3年未満であった。

実験条件は以下の通りであった。

3.1 演奏条件

ターゲットとなる音を実際に擦弦し、押弦位置を測定する。擦弦した際に位置の修正は行ってよいものとする。

3.2 演奏なし条件

ターゲットとなる音を擦弦せずに押弦し、位置を測定する。

3.3 先行音あり条件

ターゲットとなる音自体は擦弦しないが、その前の音については擦弦してよいものとしたターゲットとなる音は2番線のAの弦上のD音(587.3 Hz)、F音(698.5 Hz)、およびA音(880.0 Hz)の3音とした。また、押弦する指についてはD音とF音は第3指(環指)、A音については第4指(小指)とした。これは、演奏者が普段よく使用している指に準じている。先行音あり条件では、それぞれの音に対して第1指(示指)に相当する音(D音に対してB、F音に対してD、A音に対してE)を弾いてから押弦するものとした。

実験参加者は実験用のバイオリンに慣れた状態から実験を開始した。実験者からランダムに提示される3音について、計3回ずつ押弦(条件によっては擦弦)を実施した。実験結果から押弦位置の正確さ(運動の記憶)について熟練度および聴覚情報の有無および

先行音の有無との関連について考察した。

4. 研究成果

4.1 演奏条件

ターゲットとなる3音について実際に擦弦した状態での押弦位置のずれについて算出した。このずれとは、実験開始前に実験者がターゲット音を演奏し、ターゲットの音高を正確に押弦した際の位置からのずれとした。

結果、熟練者3名の平均は0.12 mm (± 0.04)、未熟達者の平均は0.18 mm (± 0.08)であった。このことから、擦弦状態での押弦位置は、熟練者、未熟練者ともに小さなずれであることがわかった。

4.2 演奏なし条件

擦弦せずに押弦のみを行った際のずれは熟練者で平均1.12 mm (± 0.75 mm)、未熟達者では2.70 mm (± 1.81 mm)であった。また、音の高さとずれの大きさについて明らかにするために、各音のずれの大きさを算出した。その結果、熟練者ではD音で平均0.32 mm、F音で0.92 mm、A音で1.85 mm、未熟達者ではD音で0.89 mm、F音で2.82 mm、A音で4.03 mmであった。このことから、音が高くなるほどこのずれは大きくなる傾向にあることがわかった。

4.3 先行音条件

先行する音を擦弦した後にターゲットとなる音を押弦した場合、熟練者では平均で0.54 mm (± 0.34)、未熟練者では2.01 mm (± 1.13)であった。また、各音のずれの大きさは熟練者ではD音で平均0.21 mm、F音で0.44 mm、A音で1.31 mm、未熟達者ではD音で0.49 mm、F音で1.52 mm、A音で2.14 mmであった。演奏なし条件では、演奏なし条件と同様に音が高くなるにつれてずれが大きくなる傾向にあることがわかった。ただし、そのずれの大きさは全体的に演奏なし条件に比べて小さい傾向にあることがわかった。

考察とまとめ

熟練者と未熟練者においてターゲットとなる3つの音について実際に演奏音を聞きながら押弦を行った際と、演奏音を聞かずに押弦を行った際の位置について距離を算出し、それぞれの演奏者群における演奏音の有無と、群間にどのような傾向がみられるか検討を行った。その結果、演奏音ありの場合に比べて演奏音無しでの押弦では、熟練者・未熟練者両群でずれが大きくなることが明らかになった。ずれの大きさについては、ターゲットとなる音が高い (= 押弦の位置が遠くなる) ほど、より大きくなることが明らかになった。さらに熟達者に比べて未熟達者群はより大きくずれることが明らかになった。このことは、音が低い (押弦の位置が近い) ほどバイオリニストの押弦位置がより正確で

あることを示唆するものと考えられる。一方、演奏音ありでの課題においては、両群ともにずれは非常に小さいことがわかった。このことは、演奏者が演奏音の高さに対して非常に正確であることを示していると考えられる。また、ターゲットとなる音を押弦する前に、先行する音を演奏した状態から課題を行ったところ、両群においてずれが小さくなる傾向が見られた。これは、演奏者が押弦を行う際には先行する音の押弦位置を手がかりとして使用していることが示唆された。このことについて実験後に演奏者にインタビューを実施したところ、意識的に手がかりにしているつもりはないが、無意識に頼っている可能性がある、というコメントが得られた。以上の結果から、バイオリニストは聴覚によるフィードバックがある状態では、熟練によって聴覚情報がない状態でもより正確にターゲットとなる音の高さに押弦できることが示唆された。また、押弦の正確さには先行する音の高さを手がかりとしている可能性が示唆された。本研究の目的である聴覚-運動モデルの解明について今回の結果は、長年の演奏経験がより強固なモデル獲得につながっていることを示していると考えられる。また、ターゲットとなる音の直前の音が押弦の正確性に影響していることから、バイオリニストは直前の音を頼りに常に押弦位置の更新を行っていることも示唆された。本結果については、今後国内・外の学会において発表予定である。また、実験参加者の人数が少ないことから、今後は測定する演奏者を増やして実験を行う予定である。

<引用文献>

Robert J. Zatorre, Joyce L. Chen & Virginia B. Penhune When the brain plays music: auditory-motor interactions in music perception and production *Nature reviews Neuroscience*, 2007, vol.8, 547-558
Jessie Chen, Marjorie H. Wollacott, Steven Pologe, and George P. Moore Pitch and space maps of skilled cellists: accuracy, variability, and error correction, 2008, *Experimental Brain Research*, 188, 493-503
Chie Ohsawa, Takeshi Hirano, Satoshi Obata, Taro Ito, and Hiroshi Kinoshita 2012, 12th International Conference on Music Perception and Cognition and the 8th Triennial Conference of European Society for the Cognitive Sciences of Music, Thessaloniki, Greece, 744-745

5. 主な発表論文等

〔その他〕

ホームページ等

<https://sites.google.com/site/satoshiobata/home>

6 . 研究組織

(1)研究代表者

小幡 哲史 (OBATA, Satoshi)

電気通信大学大学院 情報理工学研究科

協力研究員

研究者番号 : 40631099