



多感覚フィードバック提示ドラム訓練における 運動主体感に関する研究

ヤエム ヴィボル¹⁾, 宮下 史也¹⁾, 雨宮智浩²⁾, 北崎充晃³⁾, 池井 寧²⁾

1) 東京都立大学大学院 (〒191-0065 東京都日野市旭が丘 6-6, {yem, miyashita}@vr.sd.tmu.ac.jp)

2) 東京大学大学院 (〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1, {amemiya, ikci}@vr.u-tokyo.ac.jp)

3) 豊橋技術科学大学大学院 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1, mich@tut.jp)

概要: 受動的な身体運動付与は、身体運動スキルの伝達手法としてよく使用される。本研究では、随意運動、受動運動、およびイメージ運動の3種類の腕運動において、視覚、振動触覚、聴覚フィードバックの利用条件で、バーチャルドラム訓練の際に生じた運動主体感を調査した。本稿では、この調査の結果を報告する。

キーワード: 能動感覚, 多感覚提示, ドラム訓練, スキル伝達

1. はじめに

運動主体感 (Sense of agency) は、行動を起こしたり、行動を制御したりする感覚のことである[1]。運動主体感は、臨床分野で認知的障害者の心理学的研究の対象とされてきた[2]。また、ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) およびバーチャルリアリティ (VR) の分野でも、ユーザーインターフェースまたはトレーニングシミュレーションシステムの評価のために研究されている[3]。

本研究では、ドラムスキルを伝達するシステムにおける運動主体感に着目した。視覚、振動触覚、聴覚の感覚フィードバックが運動主体感に貢献する態様を調査した。本稿では、随意運動における意思と運動コマンドの貢献、および受動運動における固有受容の貢献について報告する。

2. 装置と調査方法

2.1 実験装置

バーチャルドラム訓練環境は、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) に視覚的なフィードバック (図 1) を表示しながら、実際のドラムスティックとフットペダルを操作する構成である。スティックがドラムの表面に衝突すると、衝突音がヘッドホンに提示される。また、実際のスティックがドラムに衝突しない提示条件では、振動デバイス (図 2) によって 35 Hz, 0.1 秒間の振動がスティックを介して手に伝達される。

実際のドラムスティックの位置は、モーションキャプチャシステム (V120 Trio, OptiTrack) によって測定され、バーチャル空間にリアルタイムで反映される。バーチャルハンドは、バーチャルドラムスティックに固定されて表示されるため、手の姿勢は実際の手と正確には一致しない。実際の前腕は、ステッピングモータによって回転する駆動リンクの先端のバンドに固定されている (図 3)。ステッピン



図 1 VR空間における視覚フィードバック

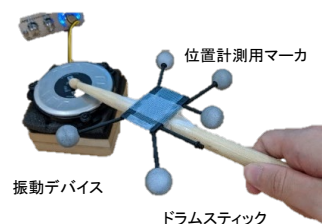


図 2 振動触覚フィードバック装置



図 3 受動運動のための前腕駆動装置

グモータは、分解能が 0.01 度/パルス、最大速度が 83 rpm、ピークトルクが 20 Nm である。回転角度と回転速度は、事

前に計画された軌道に基づいて設定された。

2.2 実験参加者

ドラムスキルを持っていない 10 人の大学生（平均 22.9 歳）が本調査に参加した。

2.3 刺激条件と手順

随意運動、受動運動、イメージ運動の 3 種類の条件でドラム訓練を比較した。随意運動では、実験参加者は自分自身で腕を動かしてドラムをたたき、受動運動では、前腕がリンクによって駆動されるようにした。駆動リンクは、ドラムを打つとき 180 度/秒、前腕を元の位置に戻すとき 100 度/秒の速度で回転させた。イメージ運動では、スティックを振動触覚デバイスに接触させた状態で固定し、前腕とリンクを静止状態とした中で、実験参加者にドラムを叩くイメージに集中するように伝えた。視覚、振動触覚、聴覚の組み合わせから 8 つの感覚フィードバック条件を設定した。合計 24 の刺激条件をランダム順で提示した。

実験参加者は HMD とヘッドホンを装着し、実験装置を操作した。カウントダウン音が鳴った後、ドラムを叩く動作を開始した。各条件の刺激提示後、実験参加者は「自発性なし (0) から自分の行為と同等の完全自発性 (100)」の VAS (Visual analog scale) で、自分の行動の程度 (運動主体感) を評価した。

3. 結果と考察

図 4 は、24 の刺激条件に対する運動主体感の評価結果を示す。視覚、振動触覚、聴覚の感覚フィードバックの有無を横軸の表形式で表示している。表中の赤枠の条件は、3つの感覚フィードバックがすべて有る場合とすべて無い場合である。これを見ると、随意運動、受動運動、イメージ運動のいずれにおいても、3種の感覚フィードバックが運動主体感の生成に大きく貢献したことが分かる。これらによる運動主体感の増分は、随意運動では約 45%、受動運動では 35%、イメージ運動では 25%であった。随意運動では、意思と運動命令により腕を動かさせたとしても、感覚フィードバックが提供されなかったときの主体性は大幅に減少した。これは、スティックの衝突による音や振動が視覚情報と同時に発生するという予測状態と、実際の感覚入力の統合状態が一致しているかが、運動主体感に大きく貢献することを示している。随意運動において、運動主体感が 100%に至っていないのは、視覚と触覚のフィードバックが実際のドラム打撃で得られる感覚より劣化しているためと考えられる。

一方、受動運動の条件では、運動意思と運動命令が存在しないため、全体的に運動主体感が減少するのは合理的である。しかし、視覚、振動触覚、聴覚の感覚フィードバックを与えたとき、運動主体感は 50%程度とかなり高い値であった。これは、運動主体感は行動の意思と運動命令だけでなく、行動の経過と結果に関与する感覚フィードバックにも大きく依存することを示している。

イメージ運動条件では、腕の運動が存在しないが、感覚フィードバックも全く存在しない中で運動の意思だけを持った場合は、それ単独で約 5%だけ運動主体感の生成に貢献した。

これらのデータにおいて、視覚、振動触覚、聴覚の感覚

フィードバックがすべて提示された場合の、随意運動における運動意思と運動命令、および受動運動における固有感覚の貢献の概略を、非常に単純化した計算で求めた。随意運動と受動運動の差は約 40%で、これは運動意思と運動命令に起因したと考えられる。これから、運動命令の貢献は約 35% (40% - 運動意思の 5%) となる。一方、受動運動とイメージ運動の差は約 20%であるため、固有感覚の受容の貢献は約 25% (20% + 意思の 5%) であった。この単純計算によれば、受動運動であったとしても、固有感覚の受容が運動主体感に貢献することが示唆されている。

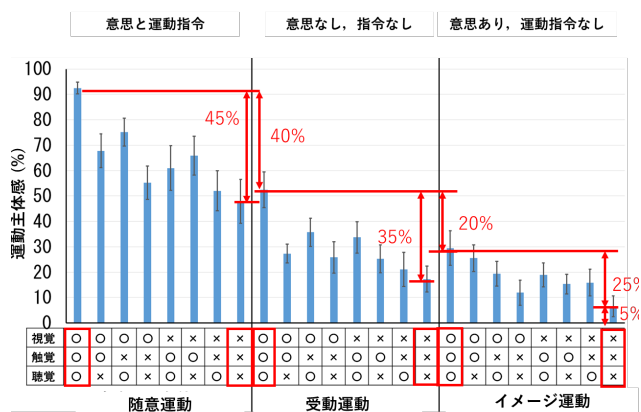


図 3 運動主体感の評価結果

4. おわりに

随意運動において、身体運動、運動意思、運動命令の存在は運動主体感の直接的な根拠であるが、身体運動の視覚情報と打撃結果の触覚と音の情報を VR 空間で除去すると、運動主体感が大きく減少した。一方、前腕が意思と運動命令なしに受動的に動かされても、固有感覚の受容の貢献で運動主体感がある程度生じた。したがって、ドラムスキルの受容を目的とした訓練において、受動運動による教示を採用した場合においても、能動運動の感覚の一部を維持し得ることが明らかになった。

謝辞 本研究は、総務省 SCOPE(191603003), JSPS 科研費 (JP18H04118, 18H03283), SCAT, JKA などの支援により実施された。ここに謝意を表す。

参考文献

- [1] James W. M.: What Is the Sense of Agency and Why Does It Matter? *Frontiers in Psychology*, Vol.7, Art.1272, pp. 1-9, 2016.
- [2] Franck, N., et al.: Defective recognition of one's own actions in patients with schizophrenia. *Am. J. Psychiatry* Vol.158, pp.454-459, 2001.
- [3] Berberian, B., et al.: Automation technology and sense of control: a window on human agency. *PLoS ONE* 7:e34075, 2012.