アーチェリーのドローイング動作における疑似力覚提示

Pseudo Haptic Representation of Archery Drawing

藤田裕斗，橋本渉，西口敏司，水谷泰治
Yuto FUJITA,　Wataru HASHIMOTO,　Satoshi NISHIGUCHI and Yasuharu MIZUTANI
大阪工業大学情報科学部
Faculty of Information Science and Technology，Osaka Institute of Technology
Email: e1c16085@st.oit.ac.jp

あらまし：身体動作を実際より遅延させて表示することにより，疑似的な力覚を与えられることが知られている．本研究ではアーチェリーのドローイング動作に着目し，弦を引く時の疑似力覚について検討をおこなう．疑似力覚が与えられたかどうかという主観的な評価だけでなく，実際に力が発揮されているかどうかを調べるため，筋電センサにより筋活動量を測定した．その結果，わずかではあるが筋活動量の分散が増加していることを確認した．
キーワード：Pseudo Haptics，筋活動，モーションキャプチャ，トレーニング

1.　はじめに

身体動作などに速度変化を加えることで，疑似的な力覚を生起できることが知られている．これを疑似力覚，または Pseudo-Haptics という．疑似力覚は，アクチュエータなどの大型な外部装置を使用せずに力覚を錯覚させることができ，VR を用いた手軽なトレーニングシステムへの応用することが期待されている．例えば (1)によれば，適度な没入感を与えてタスクに集中させることで，疑似力覚を連続して生起させることができ，筋活動量が増加することが示されている．

本研究では，疑似力覚を与える箇所を上半身などに広げることで，筋肉との結びつきが大きくなり，各スポーツのりきみ問題などの改善やトレーニングシステムの向上につながるのではないかと考えた．ここではアーチェリーのドローイング，すなわち引っ張り動作に着目し，引っ張り感覚に関する疑似力覚提示について検討した．

2.　モーションキャプチャを用いた疑似力覚提示

アーチェリーのドローイング動作に疑似力覚を提示するにあたり，上腕に対して疑似抵抗感を提示している先行研究(2)を参考にした．先行研究では，モーションキャプチャを用いて身体動作を測定し，その関節角の変位を遅らせることで実現している．そこで，VR 空間内にモーションキャプチャで得た身体動作と連動するヒト型モデルを配置し，HMD を用いて一人称視点の映像を出力することにした．図 1 はモーションキャプチャ（Perception Neuron）を装着した状態を示している．このときユーザに提示される一人称視点の映像を図 2 に示す．ユーザが左手で弓を持ち，右手で矢を引いている様子である．

実際に疑似力覚が得られるかどうかを確認するため，ヒト型モデルの肩から手首までの腕の位置や関節の動作を数秒間遅延させ，複数のユーザに提示した．口頭で感想を確認したところ，「重さのような抵抗感覚があった」，「違和感を覚えた」という回答が得られた．また，遅延時間を大きくすると，違和感の度合いが強まることも明らかとなった．違和感は，図 2 のような上腕のみの表示で，弓矢のような操作対象物の表示がないことが原因の一つだと考えた．そこで弓矢の表示の有無条件で，動作の遅延を徐々に大きくしていき，違和感を覚え始めた遅延時間を記録した．その結果，図 3 のように弓矢を表示したほうが，違和感を覚える遅延時間を大きくできることがわかった．

図 1 モーションキャプチャによる身体動作の検出

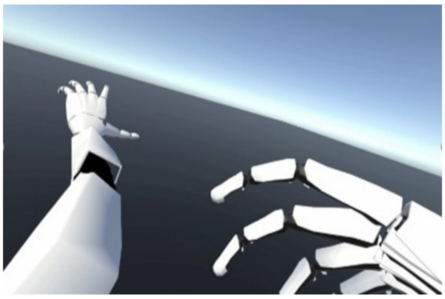
図 2　HMD に出力される一人称視点映像とヒト型モデル

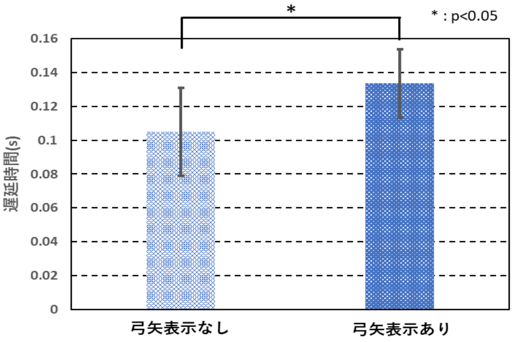

図 3　違和感を覚え始めた時間の違い

3.　VR コントローラを用いた疑似力覚提示

実際のアーチェリーのように矢をつがえ，射るまでの動作中のドローイング時に疑似力覚を提示できるか検証する．ここでは，弓矢を正確に表示し，ドローイングからリリースまでのタイミングを正確に検出するため，モーションキャプチャではなくHMD に付属する VR コントローラを使用することにした．コントローラを握っている手の位置を読みとり，ドローイング中の両手間の距離を引っ張り量とする．この引っ張り量を遅延または減衰，その両方を行うことで疑似力覚が提示できるか検証する．検証に利用したシステムを図 4 に示す．

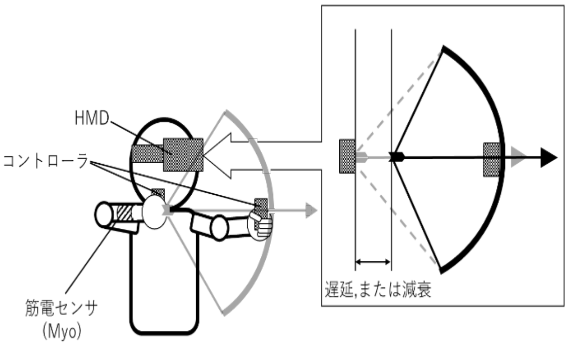

図 4　システム概要図

引っ張り量の遅延や減衰時に，筋活動に変化があるかどうかを調べるため，筋活動量の測定にアームバンド型の筋電センサである Myo を使用した．取り付け位置や個人差などにより，数値にばらつきが生じることを避けるため，最大随意筋力(MVC)を指標とした．このため，実験の前に最大筋力を発揮してもらい，その値が 100%MVC となるように正規化している．なお，弓を引くようにコントローラを動かす際，素振りだと筋活動がほとんど観察されないため，ゴムバンドを右手と左手の間で持ってもらい，ドローイング動作時に実際に引っ張ってもらうことにした．以上の環境で，｢提示なし（遅延，減衰なし）｣｢遅延あり｣｢減衰あり｣｢遅延+減衰｣という 4 条件で，8 人の実験参加者にそれぞれ 5 本ずつ行射してもらった．弓の引き始め，中間，引き終わりの分類で，筋活動量の平均を求めたものを図 5 に示す．

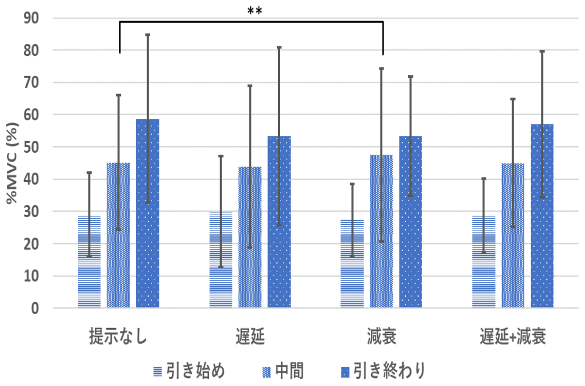

図 5 動作の遅延・減衰表示による筋活動の変化

まず，引き始めから引き終わりにかけて，筋活動が約 30%，約 45%，約 55%と大きくなっていることが分かる．これはゴムの張力によるものである．また，｢提示なし｣と各種提示あり条件とでは，一部で筋活動の上昇が見られたものの，有意な差はなかった．一方，提示なしと減衰あり条件において，筋活動量の分散が大きくなっており，分散分析の結果，有意な差が見られた($p<0.01$)．筋活動量の分散が大きい，すなわち力の強弱が大きいことから，りきみが発生していると考えられる．また，引き始めは引っ張り量を減衰していることを認識しづらく，引き終わりは引き切っているために分散は小さくなったとも考えられる．実験参加者に一番重さを感じた条件はどれかアンケートをとったところ，｢減衰｣の回答が多かった．また，自由記述として「ゴムバンドを用いての操作が難しかった」などの意見も得られた．

以上のことから，ドローイングの遅延や減衰表示は，平均的な筋活動量に影響を与えなかったが，減衰条件において，筋活動量の分散が見られ，りきみの可能性が示唆された．実験参加者からの感想でも，重さを疑似的に与えていることがわかった．

4.　おわりに

アーチェリーのドローイング動作に着目し，動作中に疑似力覚を提示することで筋活動量の増加を試みた．その結果，引っ張り量を減衰させることで筋活動量の分散が大きくなった．このことから，疑似力覚提示なしとありを組み合わせることでりきみ問題に対するトレーニングシステム開発につながると考える．

参考文献

(1) 吉ヶ谷翔，青木広宙:“エクササイズ支援システムにおける疑似力触覚生起に関する検討”，2017 年度精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集　(2017)

(2) 茂山丈太郎，小川奈美，鳴海拓志，谷川智洋，廣瀬通孝:“アバタの関節補正による疑似抵抗感提示”，情報処理学会論文誌，第 30 巻，第 8 号，pp. 1046-57 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 Vol. 22, No3，2017　(2017)