



上肢運動ディスプレイによる バーチャルリアリティ歩行の表現

末田 岳¹⁾, 阪 直幸²⁾, Yem Vibol¹⁾, 池井 寧¹⁾, 雨宮智浩³⁾, 北崎充晃⁴⁾

1) 首都大学東京 (〒191-0065 日野市旭が丘 6-6, {sueta., ikei, yem}@vr.sd.tmu.ac.jp)

2) 元首都大学東京 (〒191-0065 日野市旭が丘 6-6, saka@vr.sd.tmu.ac.jp)

3) NTT コミュニケーション科学基礎研究所 (〒243-0198 神奈川県厚木市森の里若宮 3-1, amemiya.tomohiro@lab.ntt.co.jp)

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

概要 : 歩行 VR において旋回歩行を可能にする手法を腕振り運動提示の観点から検討した. 実際歩行における腕振り動作は, 胴体のねじれやバランスを調整する効果があり, 腕振り運動提示によるバランス制御は, VR 空間における歩行感覚の向上に有効であることが示唆された. 本研究では, 刺激条件を変えた腕振り運動を複数提示し, その時の歩行感覚の変化について述べる.

キーワード : 歩行運動, 旋回歩行, 腕振り運動提示, 歩行 VR

1. はじめに

VR 空間への没入体験を行う際, 移動の感覚を作り出すことが重要であり[1], 没入感を高めるには視覚情報と整合した身体感覚提示が必要となる. 本研究では, 受動的な刺激を提示することで歩行感覚を生成する研究を行っている. これは能動的な VR 歩行に比べて[2], 使用者が実際の歩行運動を行う際の身体的負担や, 使用者を実空間の一定範囲に保持する構造が必要である, といった問題を解消するほか, 他者体験の伝承も可能であり有用性が高い.

現在までに下肢運動や前庭感覚刺激の提示による歩行 VR システムが開発されてきた. しかし歩行は全身運動であるため, 下肢運動提示だけでは不十分である. そこで本研究では歩行時の身体のねじれやバランスに関係する上肢(腕)振り運動に着目する. 腕振り運動には歩行時に発生する身体のねじれを抑制し, 運動効率を向上させる効果がある[3]. 本研究では腕振り運動提示を導入し歩行感覚を向上させ, バランスやねじれを操作することで直進以外の歩行を表現することを目的とする.

2. 腕振り運動提示を用いた旋回感覚生成

これまでの研究で腕振り運動提示は身体の前変位やねじれを引き起こし, 移動感覚を高めることが示唆された. 腕振り運動提示で身体変位を操作することで旋回歩行の表現を行うことも想定可能である. ここでは旋回歩行の感覚を生成する手法とその特徴について検証する.

Gaku SUETA, Naoyuki SAKA, Yem VIBOL, Yasushi IKEI, Tomohiro AMEMIYA, and Michiteru KITAZAKI

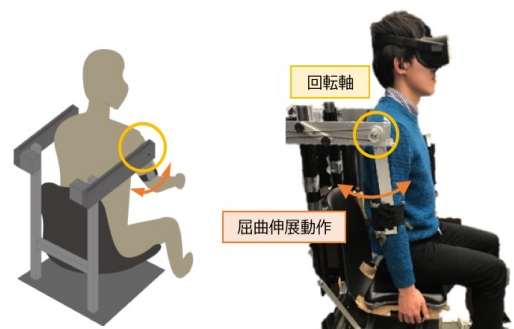


図 1 腕振り運動提示装置

2.1 腕振り提示装置

本研究では, 歩行時の腕振り運動の感覚生成のための装置として, 既に存在する腕振り運動提示装置(図 1)を使用した. 本装置は着座部後方に位置するモータからベルト伝導によって回転力を肩関節の位置まで伝達し, 肩関節とほぼ同軸の回転軸で上肢を駆動する. これにより上腕部を受動的に動作させ, 腕振りを表現する.

2.2 実際旋回歩行時の腕振り運動

2.2.1 計測

モーションキャプチャシステムを用いて実際の旋回歩行時の腕振り運動を計測した. 旋回歩行は回転半径 1 m の円周上の左/右回りとした. 実験参加者は 4 名(平均年齢: 22.8 歳, 平均身長: 1695±60.3mm)である. 肩関節の平均動作角度および平均屈曲比率は, 左回り時{左腕 45.5±3.5(SE)°, 58.0±4.8(SE)%, 右腕 50.0±4.9(SE)°, 62.0±11.7(SE)%}, 右回り時{左腕 47.7±4.0(SE)°, 60.6±6.6(SE)%, 右腕 57.9±1.9(SE)%}であり, 旋回時の内/外側の肩関節の動作角度および屈曲比率につ

いて t 検定を行ったが有意差は見られなかった。

2.2.2 主観的運動知覚

実際旋回歩行時に腕振り運動がどのように知覚されているか主観評価を行った。実験参加者（9名、平均年齢23.1歳）は、回転半径{1, 2, 3}mの円周上の左/右回りおよび直線歩行を行い、その時の腕振り振幅量の左右間の比率について評価した。評価結果を図2に示す。1元配置分散分析では歩行の種類要因に有意差がみられたが($p < 0.01$)、多重比較(holm法)では有意差はみられなかった。

2.3 旋回感覚生成要素の調査

2.3.1 実験目的, 参加者, 刺激

左右で異なる腕振り運動を複数条件提示し、旋回感覚、歩行感覚を評価した。実験参加者は6名(平均年齢: 23.5歳)である。刺激は肩関節駆動角度{(左[°], 右[°])=(30,45),(30,30),(45,30)}と屈曲比率{(左[%], 右[%])=(30,90),(60,60),(90,30)}の2要因9通りとした。評価項目は、{歩行感覚(直線・左/右旋回), 旋回感覚}である。

2.3.2 実験結果

実験結果を図3に示す。旋回感覚・歩行感覚について2元配置分散分析を行った結果、屈曲比率要因に有意差および有意差傾向が見られた($p(\text{旋回感覚}) < 0.05$, $p(\text{歩行感覚(直線)}) < 0.01$, $p(\text{歩行感覚(左)}) < 0.1$, $p(\text{歩行感覚(右)}) < 0.05$)。また旋回感覚と左/右旋回歩行感覚間に相関がみられた(左旋回: $r = -0.82$, $p < 0.01$, 右旋回: $r = 0.73$, $p < 0.01$)。

2.4 回転半径による腕振り提示量の変化

2.4.1 実験目的, 参加者, 手法

VR歩行における旋回運動感覚提示のため、回転半径に対応する腕振り運動の提示量を調整法により調査した。実験参加者は平均年齢22.7歳の15名である。回転半径{1, 2, 3}m(左/右回り)の実際旋回歩行時の感覚と一致するように左右の腕振りの屈曲比率を調整させた。

2.4.2 実験結果

調整結果を図4に示す。曲率と左右の腕振り提示の調整値の間には強い相関がある(左腕: $r = 0.71$, $p < 0.01$, 右腕: $r = 0.64$, $p < 0.01$)。回帰分析の結果、屈曲比率(y)は曲率(x)を変数として

$$\text{左腕: } y = 10.19x + 62.68 \quad (R^2 = 0.51)$$

$$\text{右腕: } y = -9.2x + 62.01 \quad (R^2 = 0.40)$$

となる。また左右の屈曲比率の間にも相関がある($r = 0.393$, $p < 0.01$)。

2.5 考察

駆動角度変化ではなく屈曲比率変化に旋回感覚を生成する効果が見られた。これは屈曲比率変化に身体のおねじれを生み出す効果があるためと考える。しかし歩行計測の結果では左右間の腕振り量に差異は見られなかったことから、主観的運動認識と一致した運動を提示することで旋回時の感覚が生成されていると考える。

3. おわりに

歩行VRにおいて、左右の腕振り提示量に差異をつけ

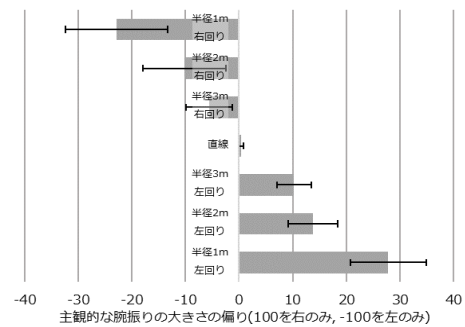


図2 主観的な腕振り運動の知覚量

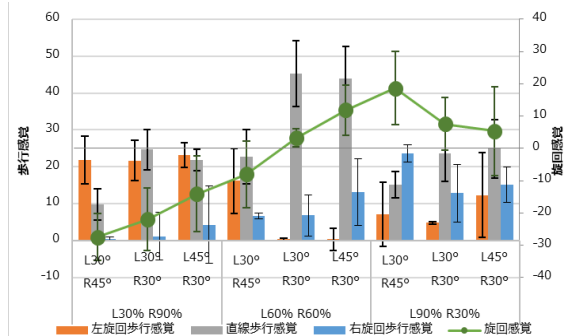


図3 左右で異なる腕振り提示条件における歩行感覚および旋回感覚

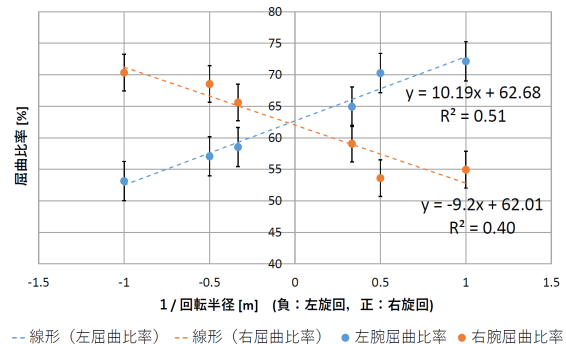


図4 屈曲比率と曲率の関係

ることで旋回歩行時の感覚生成が可能だと考え、その手法および効果について検証を行った。回転半径に合わせ、左右の屈曲比率に差異を設けた腕振り運動を提示することで旋回感覚を生成できることが示唆された。今後は調整法の結果から得られる屈曲比率を提示した際に、どのような感覚が得られるかを実験する必要がある。

謝辞 本研究は、科学研究費補助金基盤研究(A)(課題番号26240029, 18055498), 総務省SCOPE(受付番号141203019)の支援を得ていることに謝意を表す。

参考文献

- [1] Slater M., Usoh M., Steed A.: Taking steps: the influence of a walking technique on presence in virtual reality. ACM Trans. on CHI 2 (1995), pp.201-219.
- [2] 岩田 洋夫. 全方向無限平面を用いたロコモーションインタフェース, TVRSJ Vol5 No. 2 (2000), pp.853-862
- [3] Bruijn S. M., Meijer O. G., Beek P. J., Dieen J. H. V.: The effects of arm swing on human gait stability. Journal of Experimental Biology 213, 23 (2010), pp.3945-3952.