



頭部姿勢入力を用いた 回頭行動を伴うアバタのウォークスルー操作

Avatar walk-through operation with head turning behavior using head posture input

野々宮悠人¹⁾, 森博志¹⁾, 外山史¹⁾

Yuto NONOMIYA, Hiroshi MORI and Fubito TOYAMA

1) 宇都宮大学 工学部 基盤工学科 (〒321-0904 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2, y.nonomiya@vc.is.utsunomiya-u.ac.jp)

概要 : VR 空間における自由な空間移動や視点移動を実現するウォークスルー操作においては, 移動方向に視線を向ける行動に加えて, 視覚を通して空間情報を収集するために周囲を見渡すように進行方向と異なる方向に視線を向ける回頭行動の実現が求められる. そこで本稿では, 座位姿勢における操作者の頭部姿勢入力を用いた回頭行動を伴うアバタのウォークスルー操作手法を提案する. 実験では, 単一方向への回頭行動および複数方向への連続した回頭行動の 2 つの回頭パターンにおいて操作精度評価を行い, 提案手法の有効性を確認した.

キーワード : ユーザインタフェース, アバタ, モーショントラッキング

1. はじめに

VR 空間での自由な空間移動や視点移動を実現するウォークスルー操作においては, 移動方向に視線を向ける行動に加えて, 視覚を通して空間情報を収集するために周囲を見渡すように進行方向と異なる方向に視線を向ける回頭行動 [1]の実現が求められる. ゲームコントローラを用いた記号的な操作入力ではキー入力によって視線方向と進行方向を個別に指定するため安定姿勢での操作入力が可能であるが, 操作者とアバタの身体運動の相似性が低い. モーショントラッキングを用いた操作入力では操作者とアバタの身体運動の相似性が高い一方, 操作者は現実空間での移動を伴う身体動作による操作入力[2]が必要となる.

実際の歩行時の頭部と視線の動きに関して, 視線方向は進行方向の変更の有無にかかわらず, 進行方向と一致していることが明らかとなっている[3]. この関係を利用して, 視線方向に基づいたアバタの進行方向予測を行う研究[4]が取り組まれているが, 回頭行動を含む VR 空間内の移動については考慮されていない.

そこで本稿では, 頭部姿勢入力を用いたアバタの回頭行動を伴うウォークスルー操作手法を提案する. 頭部姿勢と視線のトラッキング情報から, 移動時の進行方向の決定を意図する操作入力と, 回頭行動を意図した操作入力とを判別し, アバタの動作に反映する. これにより, 安定姿勢における身体動作入力から意図したアバタのウォークスルー操作が可能になることが期待できる.

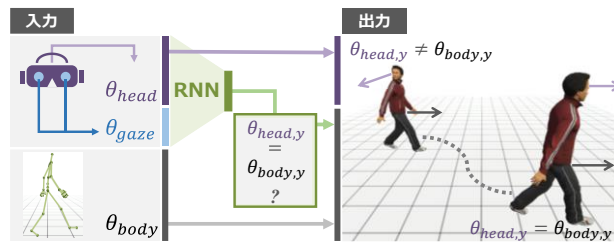


図 1: 提案手法の概要

2. 提案手法

2.1 提案手法の概要

本手法では, 頭部姿勢と視線方向のトラッキング情報, および基準動作を入力として, 視線方向と基準動作の進行方向とが連動/非連動するアバタの操作を実現する (図 1). HMD から取得した頭部姿勢 $\theta_{head} \in \mathbb{R}^3$ と視線方向 $\theta_{gaze} \in \mathbb{R}^3$ を入力として, 深層学習を用いて進行方向の決定を意図した操作入力か, 回頭行動を意図した操作入力かを出力する操作意図推定モデルを構築する.

操作時には, 操作意図推定モデルの出力結果から視線方向と基準動作の進行方向との連動/非連動を制御する. 連動する場合, 基準動作の進行方向が視線方向に一致するようにアバタの旋回動作を構成する. 非連動の場合, 進行方向を維持するアバタの前進動作の頭部レイヤに頭部姿勢のトラッキング情報に応じたアバタの頭部姿勢を合成することで回頭動作を構成する.

2.2 操作意図推定モデル

操作意図推定モデルは、頭部姿勢と視線方向から、進行方向と視線方向の連動の有無に対応した動作状態を推定する推論モデルと本稿では定義する。時系列データの時間的特徴を考慮するために Long short-term memory(LSTM)ユニットを用いたリカレントニューラルネットワークにより構成した。

入力は頭部と視線の回転量の 6 次元ベクトル、出力は視線方向と進行方向との連動の有無に対応するクラス分類情報である。出力層の活性化関数にはソフトマックス関数を用い、進行方向が視線方向と連動/非連動である確率がそれぞれ出力される。LSTM 層のユニット数は 20、Backpropagation Through Time(BPTT)は 30 とし、30 フレームの時間依存性を考慮した。学習時の損失関数には交差エントロピー誤差を用いた。

2.3 訓練データセットの作成

操作意図推定モデルの学習に用いる訓練データセットは、次の手順で作成する。

- (1) 視線方向と進行方向の連動/非連動を固定したそれぞれの設定において、対象動作を想定したアバタ操作時のユーザの頭部姿勢と視線方向を記録する。
- (2) 頭部姿勢と視線方向を入力データ、連動/非連動の動作状態を教師データとする。

なお、非連動時の動作状態の分類情報は、視線方向に放出したレイが追跡対象オブジェクトに衝突した場合は連動、衝突していない場合は非連動として記録する。

3. 実験

3.1 実験概要

提案手法により、操作者の操作意図に基づいたウォークスルー操作が可能であるかを検証するための評価実験を実施した。基準動作を歩行動作とし、被験者の操作に依らず自動で実行される。操作意図推定モデルの学習には 7 名の操作者による操作情報を 30fps で記録した計 229,420 フレームの訓練データを用いた。

被験者は回転椅子に座った状態で HMD を装着して操作入力を行う。操作入力情報の取得とアバタ主観視点映像の提示には HTC 社の VIVE Pro Eye を使用した。被験者は視界前方に表示される進行方向を決定する操作を誘導する追跡対象オブジェクト（赤球体）を注視することによって進行方向の決定を意図する操作を行う。また、被験者の周辺視野付近に表示される回頭行動を誘導する注視対象オブジェクトに視線を移すことによって回頭行動を意図する操作を行う。注視対象オブジェクト（図 2 (a), (b)）は開始から 100, 380, 900, 1220, 1540, 1900 フレーム後の計 6 回出現する。

ユーザの操作入力から構成されたアバタ動作の成否判定は、操作意図推定モデルの推定結果と、視線方向に放出されたレイが、追跡対象オブジェクトに衝突した場合は連動、注視対象オブジェクトに衝突または追跡対象オブジェクトに衝突していないときは非連動とする構成結果との照合により行う。

本実験では、単一方向への回頭行動および複数方向への

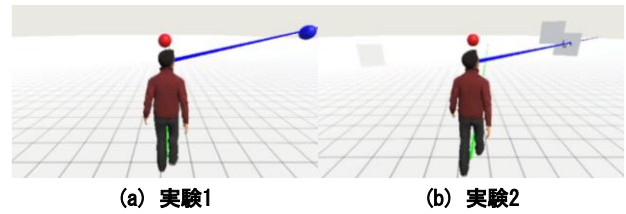


図 2: 注視対象オブジェクト。

連続した回頭行動の 2 つの回頭行動について検証した。

3.2 実験 1: 単方向への回頭行動を含む操作結果

被験者には、視界前方に表示される追跡対象オブジェクト（赤球体）を注視し追跡することで進行方向を定めつつ、周辺視野の前方左右一方向に現れる注視対象オブジェクト（図 2 (a)）に進行方向を維持したまま視線を移すことを意図して操作を行うように指示した。被験者は訓練データに自身の操作データが含まれる 5 名と訓練データに自身の操作データが含まれない 10 名の計 15 名である。

実験結果を図 3 に示す。俯瞰視点で表示されている視線方向を表すレイは操作意図の推定結果を示しており、連動の場合は赤色、非連動の場合は青色で表示される。すなわち、赤色オブジェクトに対して赤色のレイが、青色オブジェクトに対して青色のレイが示されていれば推定結果が正しいことを示している。図 3 より、注視対象オブジェクトが出現し視線を移した際に、意図した通りに進行方向を保ちつつ視線のみを移す動作が構成されていることが確認できる。各推定結果におけるフレーム数を基準とした評価結果を図 4 に示す。F 値の平均が連動・非連動の両方において 0.96 以上であることから、操作者の操作意図を高い精度で推定できていることがわかる。一方、非連動の F 値および適合率の平均は連動の結果に比べて約 2% 低く、非連動の操作意図を連動として誤推定する傾向があることがわかる。

3.3 実験 2: 2 方向への連続した回頭行動を含む操作結果

左右前方の 2 方向への連続した回頭行動を意図した操作を誘導するために、単語を構成する各文字の記載されている複数枚の看板（図 2 (b)）を左右前方に表示し、被験者には各看板を見て、その文字の組み合わせで構成される単語を回答するように指示した。なお、各看板は出現直後には文字が非表示であり、視線を向けると文字が 1 文字表示される。進行方向の決定を意図する操作は実験 1 と同様である。被験者は訓練データに自身の操作データが含まれる 2 名と訓練データに自身の操作データが含まれない 2 名の計 4 名である。

実験結果を図 5 に示す。注視対象オブジェクトが出現し視線を移した際に、意図した通りに進行方向を保ちつつ視線のみを移す動作が構成されていることが確認できる。各推定結果におけるフレーム数を基準とした評価結果を図 6 に示す。非連動の F 値の平均が連動に比べて約 4% 低いことがわかる。また、非連動は連動と比較にして適合率の平均が約 2% 低く、再現率の平均が約 6% 低いことから、非

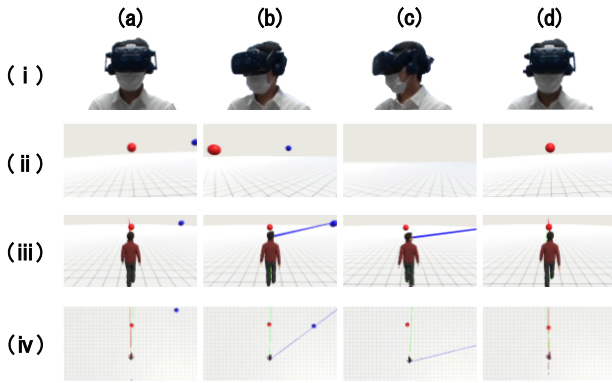


図 3: 実験 1 の結果, (i) 操作入力の様子, (ii) 主観視点映像, (iii) 俯瞰視点映像 (後方), (iv) 俯瞰視点映像 (上方)

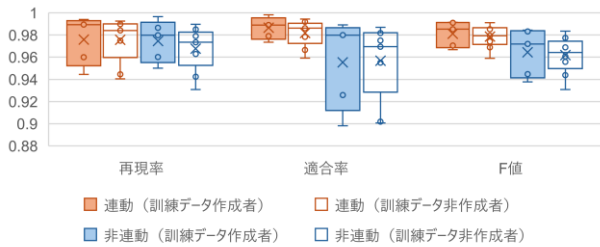


図 4: 実験 1 の評価結果

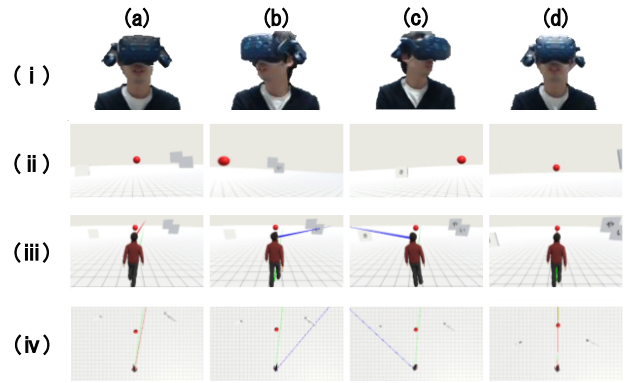


図 5: 実験 2 の結果, (i) 操作入力の様子, (ii) 主観視点映像, (iii) 俯瞰視点映像 (後方), (iv) 俯瞰視点映像 (上方)

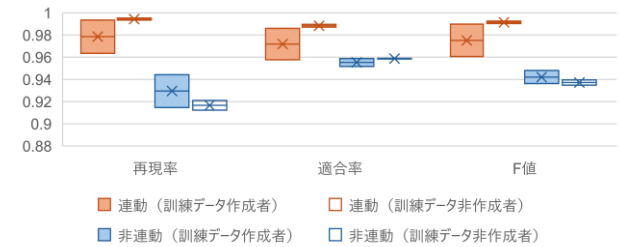


図 6: 実験 2 の評価結果

連動の操作意図を連動として誤推定する傾向があることがわかる。

3.4 考察

実験 1, 2 の連動・非連動の再現率, 適合率, F 値において, 訓練データ作成者, 非作成者間の t 検定から有意差 ($p < 0.05$) は認められなかった. このことから, 訓練データ作成の有無は推定精度に影響しないことが示唆された. また, 実験 1, 2 の非連動推定間の F 値の比較では, 有意差 ($p < 0.05$) が認められた. このことから 2 方向への連続した回頭行動の操作入力の推定精度は, 単方向の回頭運動の推定精度より有意に低いことが確認できる. これは, 連続した回頭行動実行中の視線と進行方向が一致する数フレームにおいて, 動作状態が連動と推定されることによって進行方向が意図せず変化しているためであると考えられる.

4. おわりに

本稿では頭部姿勢入力を用いたアバタの回頭行動を伴うウォークスルー操作手法を提案した. 実験結果から単方向への回頭運動では操作者の操作意図を高い精度で推定することができた. 一方, 2 方向への連続した回頭行動では単方向のみへの回頭に比べて非連動の推定結果の精度が低く, 連続した回頭行動中の視線が進行方向と重なるフレームにおいて, 非連動が正解であるにもかかわらず連動と推定される傾向がみられた. 本実験の訓練データセット

作成時における動作状態の分類方法は, 追跡対象オブジェクトへのレイの衝突に基づいているが, この方法は追跡対象オブジェクトの大きさに依るため, 改善が必要である.

今後の課題として, 進行方向の決定を誘導する追跡対象オブジェクトを非表示にした場合の推定精度の検証や注視対象オブジェクトが移動する場合での操作意図推定に関する取り組みが挙げられる.

参考文献

- [1] 三浦金作, 佐野浩史, 田邊和義: 歩行経路選択と探索行動: 街路空間における探索歩行時の注視に関する研究 その 1, 日本建築学会計画系論文集, Vol. 68, No. 569pp. 131-138, 2003.
- [2] Jiwan Bhandari, Sam Tregillus, Eelke Folmer: Lagomotion: Scalable Walking-based Locomotion, Proceedings of the 23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and technology, pp. 1-8, 2017.
- [3] Hollands M, Patla A, Vickers J, : "Look where you're going!": gaze behavior associated with maintaining and changing the direction of locomotion, Exp Brain research, Vol. 143, pp. 221-230, 2002.
- [4] Gandrud J, Interranted V: Predicting destination using head oriented and gaze direction during locomotion in VR, Proceedings of the ACM Symposium on Applied Perception, pp. 31-38, 2016.