

# HMD 装着時の VR 環境内での動的な視野角の変化を用いた歩行可能な VR 空間の拡張

大塚 眞柊\*      瀬川 典久\*

**概要.** HMD (Head Mounted Display: ヘッドマウントディスプレイ) を用いた VR (Virtual Reality: ヴァーチャルリアリティ) は, 実際に歩行して移動可能な VR 空間の広さは現実の移動可能な空間の広さと等価であるという制限がある. この制限を緩和するための技術として現実の空間よりも広い VR 空間を歩行して移動しようとする SharifRazzaque らの RedirectedWalking (RDW) がある [3]. 本研究では視野角の広さが人間の移動速度感覚に影響を及ぼすことを利用し, RDW のみで拡張できる VR 空間の広さよりもさらに拡張することを目的としている. VR 体験中の視野角の動的変化が人間に違和感なく行えるかを検証するためにプロトタイプを作成して実験を行った. その結果は視野角の動的変化に気が付く人は少数派である可能性があることが判明した.

## 1 研究の背景と目的

近年, 人と直接会わなくてもコミュニケーションが取れるバーチャルリアリティの需要が高まっている. その VR (Virtual Reality: ヴァーチャルリアリティ) の中で HMD (Head Mounted Display: ヘッドマウントディスプレイ) を用いる VR は仮想的な世界に入り込み, 没入感が大きく得られるものである.

特に, 現実での移動が VR 内の移動と連動している VR 体験は, ユーザに仮想的な世界の中に居る自己存在感を感じさせることができ, VR 体験の臨場感を増大させることができる. しかし, そのような VR 体験には自足歩行して移動できるのはユーザが定めた現実空間 (以降プレイエリアと呼称) の中に限られるという制限がある.

本研究の目的は RDW と HMD の視野角の動的変化を利用することで, RDW のみを用いる場合よりも広い VR 空間を歩行可能にすることである.

### 1.1 先行研究

#### 1.1.1 RedirectedWalking(RDW)

1章で述べた制限を緩和するための技術として, SharifRazzaque らの RedirectedWalking (RDW) がある [3]. この技術はユーザが定めたプレイエリアよりも広い VR 空間を歩行可能にする技術である.

RDW の仕組みは, 被験者の現実での運動と被験者が視覚で知覚した運動の間に多少の誤差が含まれていても被験者は違和感を感じることなく許容することを利用するものである.

#### 1.1.2 視野角の広さが人間の知覚に与える影響

視野角とは目で見える範囲の指標を指すものである. HMD を用いた VR 内ではこの視野角の広さを変更することが可能である.

視野角の広さが人間の体感する速度に影響を与えるという P.Pretto らの先行研究がある [2]. その研究では視野角が広い時は体感速度が速くなり, 反対に視野角が狭い時は体感速度が遅くなるという結果が出ている.

## 2 システム概要

### 2.1 視野角の動的変化と RDW の利用

本システムで実装する, 視野角の動的変化と RDW の2つを利用して VR 空間を拡張する方法について述べる.

1.1.1 節で述べた通り視野角を狭くすると被験者の体感する速度が遅くなる. システムは視野角を狭くすると同時に VR 環境内の被験者の移動速度を速くするように操作する. この操作を行うことで, VR 環境内での被験者の移動速度は速くなるが, 被験者の体感する速度は変わらないという状況を作り出せると考えられる. VR 環境内での被験者の移動速度が速ければ, 被験者が VR 環境内で移動して到達しようとする目標地点に通常よりも短い時間で到達できる. 短時間で移動が終了すれば, 現実での移動距離は短く済ませることが可能である.

このように, RDW と VR 体験中に視野角の広さを動的変化させることを利用して VR 空間を拡張する.

### 2.2 プロトタイプシステム

図1は, 2.1 節の考え方で実装したプロトタイプシステムである.

本システムは, HMD (MetaQuest) を用いて実装

した. 本システムでは, HMD コントローラのボタン 2 つに「2 往復目の視野角の動的変化のフラグ管理」と「移動速度や視野角の変化値のリセット」の機能を割り当てた.

作成したプロトタイプの VR 環境内では, 私は開始地点と歩行して目指す到達目標地点に赤線を引き, その 2 点間にも赤線を引いた. さらに, 私は開始地点と到達目標地点の 2 点間を結ぶ赤線の延長上の両方に木のオブジェクトを配置し, その木のオブジェクトの目線の高さ程の所に赤点を配置した. 私は引いた赤線と配置した赤点を後に記述する実験を行う時の被験者が歩行するためのガイドと被験者の注視点を指定する目的で配置した.

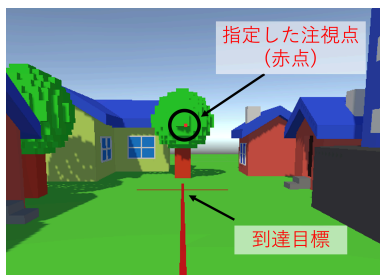


図 1. 作成したプロトタイプの VR 環境内

### 3 評価実験

#### 3.1 実験の概要

私は HMD を用いた VR 体験中に移動速度と視野角の広さを動的に変化させて, そのことに被験者が気が付くかを検証するために, 評価実験を行った.

私は被験者 4 人 (内訳: 男性 3 人, 女性 1 人) で実験を行った. 実験は 7m × 7m の現実空間で行い, その内の 2 点間を被験者に往復してもらった (図 2).

1 往復目の往路時にシステムが被験者の VR 環境内の移動速度を動的に速めて, 被験者が到達目標地点に到達する時には通常の 4 倍まで変化させた. その復路時に被験者は通常の 4 倍の移動速度のまま移動した.

2 往復目もシステムが 1 往復目と同様に被験者の VR 環境内の移動速度を変化させた. それに加えて, 2 往復目の往路時はシステムが HMD の視野角の広さも変化させ, 視野角の広さを 90 度から 60 度へ動的に変化させた. その復路時にはシステムが HMD の視野角の広さを 60 度に固定した. (図 3)

本研究では実験後に, (1) 移動速度に変化を感じたか (2) 視野角の変化を感じたかの 2 項目についてアンケートを, 評価を行った.

#### 3.2 結果および考察

結果としては, 2 往復目の移動速度の変化に気づいた者は 4 人中 3 人であり, 視野角の変化に気づいた者は 4 人中 1 人であった.

7m×7mの現実空間のある2点間で2往復する

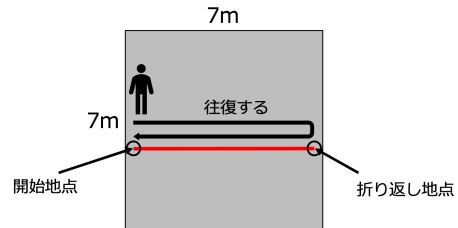


図 2. 現実空間での実験手順

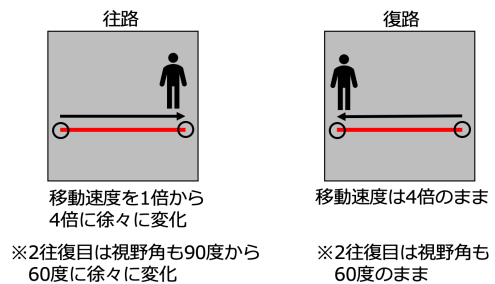


図 3. VR 空間での実験操作

この実験結果から, 視野角の変化に気付く人は少数派である可能性がある. また, 移動速度を通常の 4 倍にすることはこの条件では厳しいが, 1 人がその変化を感じなかったことから, 移動速度や視野角の変化率を小さくすることで変化に気付く人の割合を減少させることができる可能性がある.

### 4 まとめと今後の課題

HMD を用いた VR の歩行移動できる VR 環境の範囲はプレイエリア内に限られるという制限がある. その制限を緩和させ, プレイエリアよりも広い VR 空間を歩行移動するための技術として RDW (Redirected Walking) という技術がある. 本研究の目的は RDW と視野角の動的変化を利用することで RDW のみを利用する場合よりも広い VR 空間を歩行移動することである. 今回行った実験の結果から, VR 体験中に視野角を動的に変化させて違和感を感じる人は少数派であることが推測される.

今回行った実験では, 私は被験者の酔いがどの程度現れるかを検証するためのアンケートを取った. しかし, 実験は 7m 程の空間を 2 往復するのみで実験時間が短かったためか, 4 人の被験者は酔いをほぼ訴えなかった. 次回の実験は被験者の酔いを検証するために実験時間を長くする必要があると思われる.

### 謝辞

本研究は, JSPS 科研費 20K11780 の助成および (株) 数理設計研究所の研究助成金の助成を受けたものです.

## 参考文献

- [1] E. Hodgson, E. Bachmann, and D. Waller. Redirected walking to explore virtual environments: Assessing the potential for spatial interference. *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, 8(4):1–22, 2008.
- [2] P. Pretto, M. Ogier, H. H. Bühlhoff, and J.-P. Bresciani. Influence of the size of the field of view on motion perception. *Computers & Graphics*, 33(2):139–146, 2009.
- [3] M. C. W. Sharif Razzaque, Zachariah Kohn. Redirected Walking. In *EUROGRAPHICS 2001*, Vol. 9, pp. 105–106, 2001.

## 未来ビジョン

HMD を用いた VR 体験において、没入感を妨げる要因として最たるものは現実と VirtualReality の齟齬であると私は考えている。例えば、コントローラーを把持する必要があることや HMD を被り、HMD 本体の重量を頭で支える必要があることに加えて、本論文で述べた歩行して移動できる範囲に限界があることなどがある。それらの制限の中で私が普段 HMD を用いて VR 体験を行っている時に最も違和感を感じることが移動可能範囲の制限であった。その制限を無くすためにトレッドミルを利用することや靴にセンサを取り付けるなどの技

術が既にあるが、私は自身の足で実際に歩行して移動がしたいと考えている。その理想に近い手段が参考文献にもある RedirectedWalking を用いることであった。RedirectedWalking を用いた研究で一般の学校の体育館程のスペースがあれば、ユーザの直進移動も円を描くような移動に変換することが可能であるという先行研究もある [1]。このことから、将来に RedirectedWalking を利用することで、ある一定以上のスペースがあればユーザに歩行移動の制限を感じさせずに VR 体験ができる可能性があると考え、私はその未来を叶えるために少しでも手伝いをしたいと考え、本研究を行っている。