



リダイレクテッドウォーキングにおける 日本人の並進・回転移動の知覚特性

Perceptual aspect of translational and rotational movements of Japanese in redirected walking

伊藤泰輝¹⁾, 小方博之²⁾, 安田晶子³⁾

Hiroki ITO, Hiroyuki OGATA, Shoko YASUDA

- 1) 成蹊大学 理工学研究科 (〒180-8633 東京都武蔵野市吉祥寺北町 3-3-1, dm206303@cc.seikei.ac.jp)
 2) 成蹊大学 理工学部 (〒180-8633 東京都武蔵野市吉祥寺北町 3-3-1, ogata@st.seikei.ac.jp)
 3) 一橋大学 森有礼高等教育国際流動化機構 (〒186-8601 東京都国立市中 2-1, s.yasuda@r.hit-u.ac.jp)

概要: 狭い実空間を歩行するユーザが広大な VR 空間を歩行していると錯覚させるリダイレクテッドウォーキングにおける人間の知覚特性について調査した。先行研究では、西洋人を対象に実験し移動量が知覚されないゲインの閾値を導出したが、日本人が同等の知覚特性を有するかは不明である。そこで、本報では日本人を対象に計測を行った。結果、ゲインの閾値は西洋人と比較して狭く人種による特性の違いがあることが示唆された。今後は歩幅や歩行速度を加味した調査も行いたい。

キーワード: 感覚・知覚・心理

1. はじめに

現在、省スペースの観点から実空間の物理的移動量を最小限にとどめながら、VR 世界の大きな距離を歩くことが課題として挙げられている。これを改善すべく歩行時の移動量を相殺することで実空間では移動しないにも関わらず、歩行しているかのように錯覚させるようなロコモーションインターフェイスが登場した。しかし、これでは装置が大掛かりになり VR ゴーグル装着者(ユーザ)の動きが限られてしまう問題がある。この課題の解決策として、実空間でのユーザの位置と向きを VR 世界に反映させる手法を応用したリダイレクテッドウォーキング(Redirected Walking, RDW)と呼ばれる手法が提案されている[1]。RDW は、ユーザが知覚不可能な範囲内でその人の位置と向きを微小にずらした映像を提示することで、限られた実空間を歩行しているにも関わらず、広大な VR 世界を歩行しているとユーザに知覚させる。本研究では RDW において、ユーザに知覚されずに操作可能なゲインの閾値を恒常法の絶対閾を用いて特定し、実空間及び VR 世界での動きを同一として認識する主観的等価点(Point of Subjective Equivalence, PSE)も確かめた。先行研究には Steinicke らのもの[2]があるが、そこでは西洋人が対象であり、日本人が同等の知覚特性を有する保証が無いため、ここでは日本人について確認した。

2. リダイレクテッドウォーキング

RDW の操作は並進移動量操作、回転量操作、曲率操作の 3 つ[3]が基本となる。本研究では並進移動量操作と回転量操作の 2 つを実験対象とする。

2.1 並進ゲイン

(1)式でユーザの実空間の位置の変化を検出する。

$$\Delta T_{real} = P_{cur} - P_{pre} \quad (1)$$

P_{cur} は現在位置、 P_{pre} は 1 時刻前の位置で、その差分(ΔT_{real})を求めることで(2)式で映像をずらす量 W_{shift} を算出できる。

$$W_{shift} = \Delta T_{real}(1 - g_T) \quad (2)$$

ここで g_T は並進ゲインである。 g_T は VR 世界と実空間での移動の配分として表される。

2.2 回転ゲイン

(3)式でユーザの実空間の向きの変化を検出する。

$$\Delta \theta_{real} = \theta_{cur} - \theta_{pre} \quad (3)$$

θ_{cur} は実空間の向き、 θ_{pre} は 1 時刻前の向きで、その差分($\Delta \theta_{real}$)を求めることで (4)式で映像をずらす量 θ_{shift} を算出できる。

$$\theta_{shift} = \Delta\theta_{real}(1 - g_R) \quad (4)$$

g_R は回転ゲインである。 g_R はVR世界と実空間での回転の比率をスカラーで表している。

3. 実験

現実世界の位置推定の手掛かりになる要因を排除するために部屋を暗闇にして男性10名、女性5名の計15名を対象に実験を実施した。実験時間は2操作合わせて3時間程かかる。そのため、VR酔いの影響を考慮し2操作目は別日を設けて実験を実施した。

3.1 実験機器

実験ではVRゴーグルとしてHTC Viveを使用した。周囲の音や反響などからユーザが位置推定をできないようにヘッドホンからホワイトノイズを流し、VRゴーグルの中の映像の提示には、Unity2017を用いた。

3.2 実験方法

表1 被験者の試行

	①男性5名	②男性と女性5名ずつ
並進	$g_T \in [0.7, 1.3]$	$g_T \in [0.6, 1.4]$
回転	$g_R \in [0.6, 1.4]$	$g_R \in [0.6, 1.4]$

恒常法の絶対閾を用いるために、各ゲインの刻み幅を0.1とし試行回数を8回にした。各条件ともゲインをランダムな順に設定し、計72回歩行させた。10回に1度、5分間の休憩を挟んだ。また各歩行の終わりには以下の質問を行い2肢強制選択をさせた。

並進：感覚と比べて進み具合が早かったか遅かったか

回転：感覚と比べて曲がり具合が大きかったか小さかったか

本実験では並進の場合は4[m]、回転の場合は90°を標準刺激(つまり $g_T, g_R = 1$)とした。各日、実験の終わりにVR体験の酔いについてシミュレータ酔いの指標であるSSQ[4]を用いて回答させた。表1の①は当初行った試行の条件だがデータ数が少ないと感じた且つ被験者への質問内容が的確に伝わっていない可能性があった。また並進、回転いずれも質問内容を変更したことから、条件②のように男性と女性をそれぞれ5名追加して再度実験を実施した。しかし、被験者に大きな影響は見られなかったため15人を分析対象とした。

4. 分析

どの被験者のSSQのトータルスコアも低かったのでVR酔いの影響はなかったと判断し、全ての被験者のデータを利用した。得られた並進と回転の2肢強制選択法の結果をロジスティック関数で近似した(図1)。並進の場合、進み具合が遅いと正しく回答する確率が75%の場合のゲイン、進み具合が早いと誤って回答する確率を25%の場合のゲインとし、回転の場合、曲がり具合が大きいと正しく回答する確率が75%の場合のゲインと、曲がり具合が小さいと誤って回答する確率を25%の場合のゲインとした。ユーザに知覚されずに操作可能な

ゲインの範囲は、並進ゲイン $g_T \in [0.84, 1.07]$ 、回転ゲイン $g_R \in [0.91, 1.15]$ となった。実空間及びVR空間での動きを同一として認識するPSEは並進ゲイン $g_T = 0.96$ 、回転ゲイン $g_R = 1.03$ という結果が得られた。

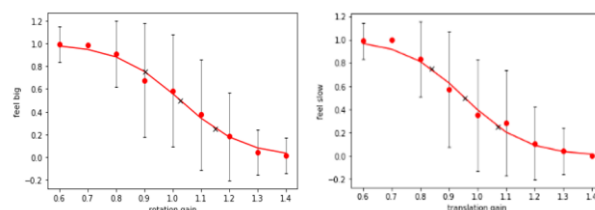


図1 分析結果

5. 考察

アンケートによると並進では3Dゲームに対する慣れの有無で結果が大きく変化したと考えられる。0.9では進み具合が遅いと回答するのが正解である。3Dゲーム経験が少ない被験者は進み具合が早いと答える傾向にあった。回転では普段の歩行を再現してもらったのでほとんどの被験者が正解の答えを出す或いは標準刺激 $\pm 10\%$ であれば知覚されずに操作が可能であることが分かる。また、標準偏差 $\pm 20\%$ 点での散らばりを見ると、VR環境を変えることで知覚されないゲインの範囲が変化する可能性がある。

先行研究の西洋人対象の実験では $g_T \in [0.78, 1.22]$ 、回転ゲイン $g_R \in [0.67, 1.24]$ であり、我々の結果と比較して範囲が広い。増田らの研究[5]では、東アジア文化圏の人々の方が西洋文化圏の人々よりも背景情報に敏感であるという報告があり、ゲインの幅が狭いこととの関連が考えられる。

6. 結論

本研究ではRDWの操作を用いて、ユーザに知覚されずにどれだけ操作可能かを検証するために恒常法の絶対閾を用いてゲインの範囲の特定、実空間及びVR空間での動きを同一として認識するPSEも確かめることができた。今後はユーザを限られた実空間内で自然に誘導していきたい。

参考文献

- [1] S. Razzaque et al. : Redirected walking, Proc. EURO GRAPHICS, vol(9), 2001.
- [2] F. Steinicke et al. : Estimation of Detection Thresholds for Redirected Walking Techniques, IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics, vol(16), 2010.
- [3] F. Steinicke et al. : Taxonomy and implementation of redirection techniques for ubiquitous passive haptic feedback, Int. Conf. on Cyberworlds, 2008.
- [4] Robert Kennedy et al. : Simulator Sickness Questionnaire : An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness, Int. J. of Aviation Psychology, vol(3), 1993.
- [5] 増田貴彦 他 : 状況要因が眼球運動パターンに及ぼす影響—日本人と西洋人の周辺情報への敏感さの比較研究—, 心理学研究, 第79巻, 第1号, 35-43, 2018.