



# 転がり 2 軸モーションベースを用いた並進運動および回転運動への運動知覚

Motion Perception For Parallel Motion And Rotational Motion Using a Rolling 2-Axis Motion Base

福山 陸<sup>1)</sup>, 脇田 航<sup>1)</sup>

Riku FUKUYAMA and Wataru WAKITA

1) 広島市立大学大学院情報科学研究科 (〒731-3194 広島県広島市安佐南区大塚三丁目 4 番 1 号, fukuyama@ics.info.hiroshima-cu.ac.jp)

**概要:** 本稿では並進運動と回転運動をともなう転がり 2 軸運動を行うモーションベースを用いて, VR 空間内での前後左右上下方向への移動に対して視覚補正の有無によって並進運動および回転運動の知覚に変化があるかどうかについて明らかにする. 具体的には, 転がり運動の際にシートの傾斜角度分だけズレた目線をキャンセルするよう補正をかけることによって, 回転運動の知覚を軽減できるかどうかについて主観評価実験を行った結果について報告する.

**キーワード:** 人工現実感 (VR), モーションベース, 運動知覚

## 1. はじめに

近年, 人工現実感 (VR) 技術が普及し, さまざまな分野に応用されている. HMD を利用しコミュニケーションなどを行うメタバースの現状は, 視覚と聴覚を使った体験が殆どであるが, 触覚デバイスやモーションベースを用いた体性感覚, 前庭感覚呈示によって, よりリアルな体験が期待できる. 中でも VR 空間内で乗り物に乗った感覚を呈示可能なモーションベースが広く用いられており, 様々な乗り物のコンテンツにおける活用が期待できる.

このような背景のもと, 我々はこれらを低コストかつ高臨場に行うため, 転がり運動を用いたモーションベース[1]を各コンテンツに発展させることを目標に研究開発を進めている. 本モーションベースは従来手法のように並進運動や回転運動による基本 6 軸運動とは異なり, ピッチ方向とロール方向に対して転がる特性をもつ. 転がり運動は, 並進運動と回転運動をともなった運動であるため, 基本 6 軸運動のように並進運動と回転運動を独立させた運動とはならない.

しかしながら, 転がり運動において, シートの傾きを視覚的に補正することで並進運動と回転運動をそれぞれ独立にどの程度高臨場に錯覚できるかどうかについては明らかになっていない.

そこで本研究では, 先行研究[2]を拡張し, VR 空間内で前後左右上下方向に移動する際, 転がり運動時にモーションベースが傾斜することによって生じる目線のズレに対してズレをキャンセルするよう視覚的に補正を入れるこ

とにより, 回転運動の知覚をどの程度軽減できるかどうかについて主観評価実験を行った. 本稿では作成した実験用システムおよび主観評価実験結果について報告する.

## 2. 実験概要

### 2.1 構築・設計

本システム概要を図 1 に示す.

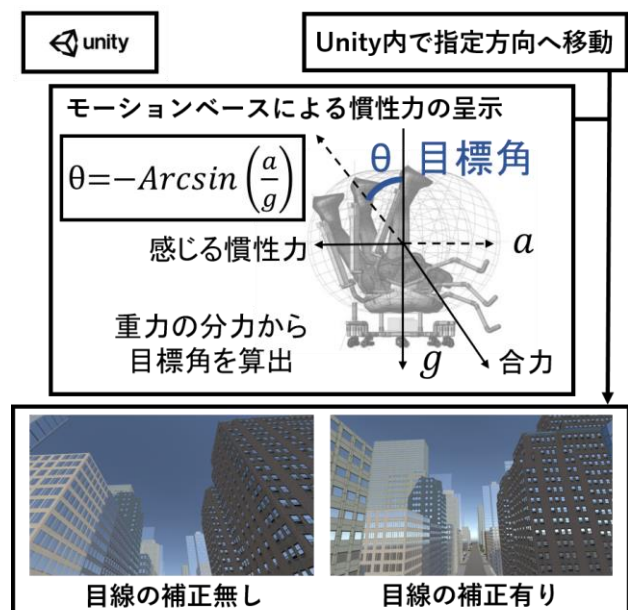


図 1: システム概要

VR 空間内で前後左右上下の各軸方向に向けて移動した際、転がり運動によって生じる並進運動や回転運動の知覚を評価するために、具体的には、HMD に HTC VIVE Pro を使い、現実世界が見えないような状況において、映像が各軸に向けて移動するタイミングに合わせて目標角  $\theta$  へモーションベースを傾かせることで実験を行った。

加速度は重力の分力を用いることでモーションベースを傾斜させることで疑似的に呈示を行う。例えば前進であれば -Pitch 方向 (進行方向とは逆方向) にキーボード操作によってモーションベースを傾斜させる。

本実験では、加速度の変化を大きく設定し、急発進をする形としている。上下方向に関しては、三半規管の向きを考慮し、上昇する際には -Pitch 方向に、下降する際には +Pitch 方向に計算上の加速度から目標角を決定し、わずかにモーションベースを傾斜させる。

また、視覚の補正のために、モーションベースの傾斜に合わせて Unity 内の映像をモーションベースの角度と逆向きに同期させる。実験においては補正ありの場合と無しの場合で比較検証を行う。図 1 下部は VR 空間内で前進する際の補正の有無を示している。

2.2 評価方法

被験者 5 名に対して主観評価実験を実施し、実験の際には全員に同じように声掛けを行い、基本 6 軸方向に感じた進行方向とその強度について、-5 から +5 の範囲で評価してもらった。その際、図 2 に示す評価シートを用いて回答してもらった。

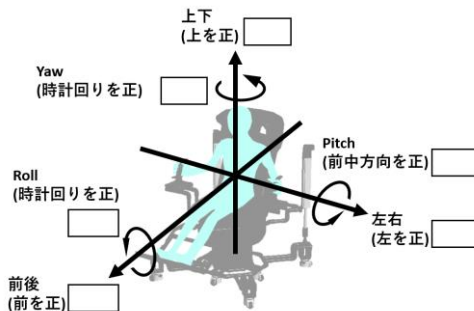


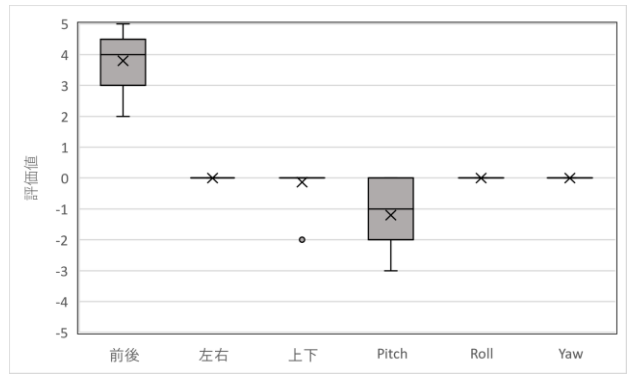
図 2: 評価シート

本実験では、前後左右上下方向のそれぞれに向けて VR 空間内を移動する際、視線の補正の有無含めた 12 パターンについて 1 人当たり 3 回ずつランダムに計 36 回実験を行った。

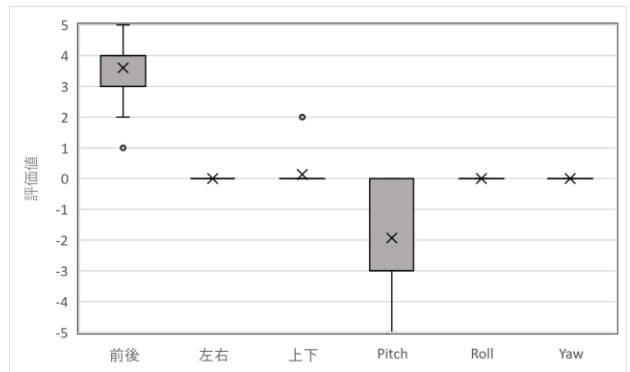
3. 実験結果

3.1 主観評価実験結果

実験結果を図 3~8 に示す。

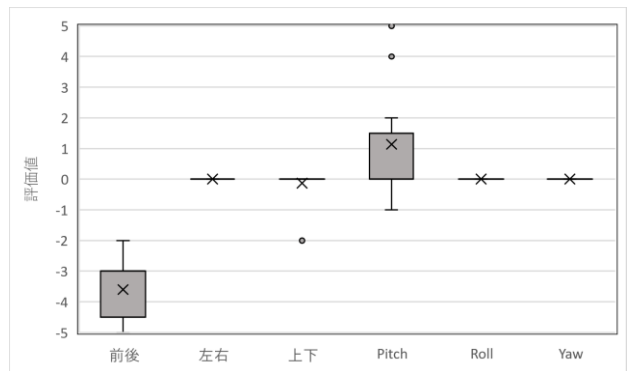


(a) 補正あり

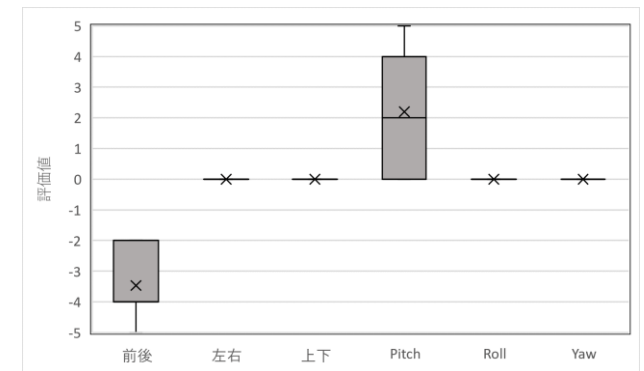


(b) 補正無し

図 3: 前方向

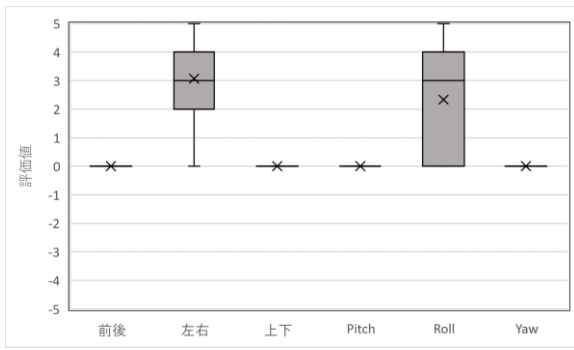


(a) 補正あり

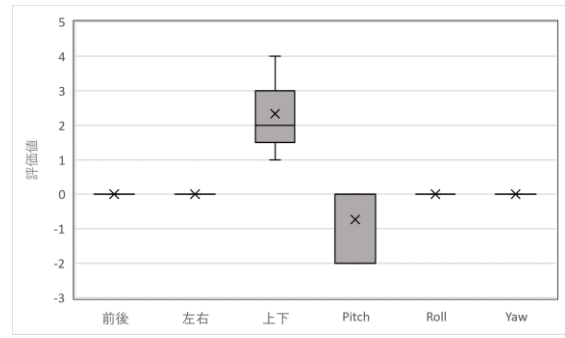


(b) 補正無し

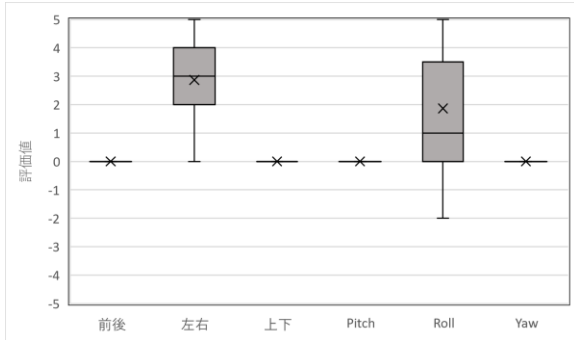
図 4: 後ろ方向



(a) 補正あり

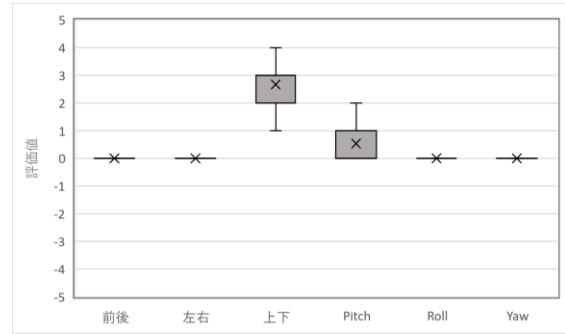


(a) 補正あり



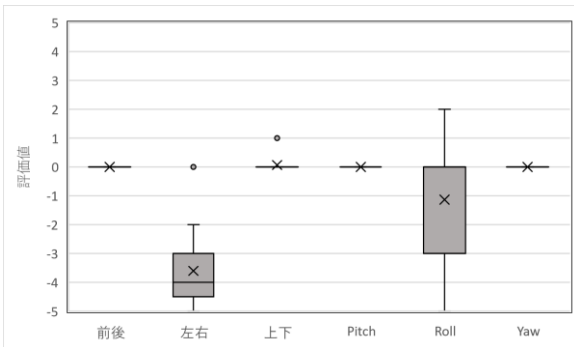
(b) 補正無し

図 5: 左方向

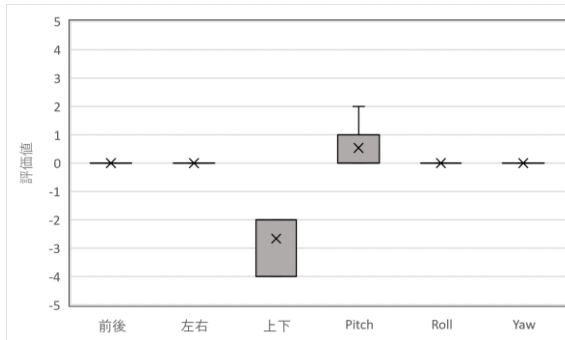


(b) 補正無し

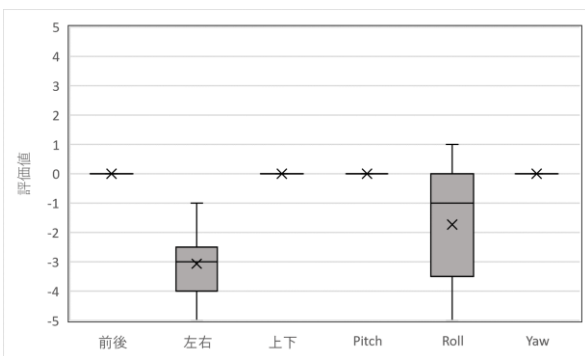
図 7: 上方向



(a) 補正あり

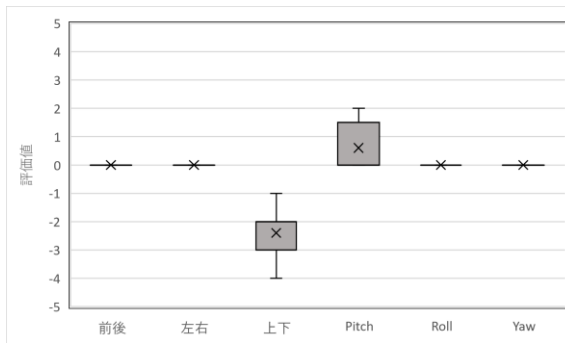


(a) 補正あり



(b) 補正無し

図 6: 右方向



(b) 補正無し

図 8: 下方向

モーションベースの傾斜は進行方向とは逆方向に傾斜することとなるが、視覚的な補正の有無にかかわらず、すべての結果において同様の傾向が見られた。また、視覚的な補正ありの方が補正無しに比べて回転運動への感じ方が小さくなっていることがわかる。

前後左右方向への移動について、前後よりも左右のほうが回転知覚のばらつきが大きいことがわかるが、これは前後に関しては車や電車等の乗車経験があるのに対し、左右については乗車中に左右に移動することはないため、経験的なものによるのではないと思われる。

また、いずれのケースにおいても回転知覚を感じることにについては、今回の実験においては大きな加速度を呈示しているため、衝撃を受けた感覚に近く、実際のシチュエーションにおいても態勢の変化によって体がふらついてしまうように、ふらつきによる影響が出てしまっていることが推測される。これについては並進運動のみのモーションベースを用いて比較検証を行う必要がある。また、時間をかけて徐々に加速していくようなシチュエーションについても検証する必要がある。

上下方向に関して回転知覚が低くなっていることについては、前後左右に比べてモーションベースの目標角度が小さいためであると考えられる。

以上により、視覚的な補正を行うことで回転運動の知覚を抑えられることがわかった。

#### 4. まとめ

本研究で、VR空間内で前後左右上下方向に移動する際、転がり運動時に生じる目線のズレに対して視覚的に補正を入れることにより、回転運動の知覚をどの程度軽減できるかどうかについて主観評価実験を行った。その結果、視覚的な補正を行うことで回転運動の知覚を軽減できることがわかった。

今後の課題として、並進運動のみのモーションベースを用いた比較検証や徐々に加速していくシチュエーションでの検証のほか、VR空間内での基本6軸運動を2軸の転がり運動で表現するための定式化があげられる。定式化のためには、視覚的な補正については傾斜角度だけではなく、並進運動のずれ補正も考慮する必要がある。さらには、傾斜角および重力の分力による疑似加速度と外力による加速度を考慮した定式化についても進めていく。

#### 参考文献

- [1] W. Wakita, T. Takano, and T. Hadama: A low-cost motion platform with balance board, In Proceedings of the 24th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST '18), No. 44, pp. 1–2(2018)
- [2] 福山 陸, 脇田 航: 「転がり2軸モーションベースを用いた進行方向への運動知覚」, 知覚情報研究会「複合現実型実応用および一般」, PI-22-029(2022)