

K-014

VR 技術を用いたドップラー効果の学習手法 Approach of Learning About Doppler Effect Using Technology of VR

中野 文太*¹干川 尚人*²下馬場 朋禄*¹伊藤 智義*¹白木 厚司*^{1,3}

Bunta Nakano

Naoto Hoshikawa

Tomoyoshi Shimobaba

Tomoyoshi Ito

Atsushi Shiraki

1. はじめに

近年, VR (Virtual Reality) 技術が急激に進化を遂げつつある. 特に 2016 年は「HTC Vive」, 「Oculus Rift」, 「PlayStation VR」など, VR を利用するための機器が多く市場に現れたことから, VR 元年と呼ばれている. VR 技術の利点として, VR 機器である HMD (Head Mounted Display) を装着することで外界からの情報を遮断し, HMD に表示される画像のみが視覚情報として与えられるため, 使用者は深い没入感が得られるという点がある. また, 現実世界では体験しがたいことを仮想空間上で体験できることも挙げられる. この利点を活用し, 内視鏡手術のシミュレーション[1]や, 高所恐怖症の改善を試みたシステムの開発[2]といった, 様々な研究が行われている.

また, 教育分野では数学や理科などの一部について頭の中でイメージ化しにくい科目が存在する. そこで我々の研究グループでは, VR の利点を用いて, 理科分野における 3D 天体教材[3]や力の合成[4]など, 使用者の理解を促進するような VR 教材を開発してきた. また, VR を用いて学習を行うことにより効果が期待できる分野として, 他に高校物理のドップラー効果が挙げられる. ドップラー効果は身近な現象でありながら, 実験でドップラー効果を確認するには音源と観測者の速度を安定して制御する必要があり, 現実の環境で実験を行うことが難しいという問題がある. そこで, この問題を改善することを本研究の目的とし, 問題解決の方法として, VR 空間上で実験環境を構築したドップラー効果の学習教材を開発し, 学習効果の検証を行う. また, ドップラー効果の理解には波動が深く関係するが, 音波は現実世界では不可視なものであり, 学習者にとってイメージしがたいものである. しかし, 仮想空間で音波を可視化することによりドップラー効果の理解を促進できると考えられる.

2. 研究手法

HTC 社と Valve 社が共同開発した VR ヘッドセットである HTC Vive と, ユニティ・テクノロジー社が提供する仮想の 3D 空間を作成することが可能なゲームエンジンである Unity を用いて VR 教材の開発を行う. その際, 学習者が操作を誤って間違った知識を得ないように, 操作の指示や理解を促す指示を画面に表示しながら学習を行う「学習モード」と, 学習者が音源と観測者を自由に操作し, 音の変化を観測して学習を行う「フリーモード」の 2 つの学習方法を実装する.

また, 開発した教材の評価方法として教材使用後に使用感に関するアンケート調査を行い, 加えて使用前後に被験者にテストを行い, 学習効果を検証する. テスト内容は, 図 1 のような音源と観測者の運動を示した 2 つのパターンを比較し, どちらの方がより音が高く聞こえるか, もしくは

*¹ 千葉大学工学研究院, Graduate School of Engineering,

Chiba University

*² 国立高等専門学校機構 小山高専, National Institute of Technology, Oyama College

*³ 千葉大学統合情報センター, Institute of Management and Information Technologies, Chiba University

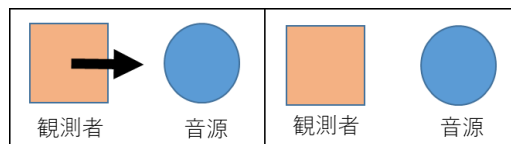


図 1 2 対の音源と観測者の運動パターン例

同じ高さかを回答するものである. 運動パターンは全部で 14 通り存在し, 計 30 問を回答する.

3. 研究結果

3.1. システム概要

3D 空間上の音源と観測者を HTC Vive 専用のコントローラを 2 つ用いて操作し, ドップラー効果を体験できる学習教材を開発した. 図 2 に学習者が正面より右に 45°方向を向いた状態で, さらに右 45°方向に進行する様子とその場合のコントローラの状態を示す. このように移動操作時に観測者の視界方向を考慮することで, 学習者は自身や音源の絶対座標を考慮する必要がなく, 直感的に操作できると考えられる. また, 以下の図では観測者の移動について説明したが, 音源についても同様に, もう 1 つのコントローラ中央にある円形のタッチパッドを用いて操作を行う.

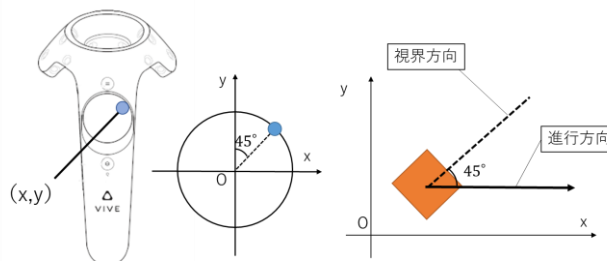


図 2 観測者の視界と移動方向例

また, 画面の指示に従って学習を進める「学習モード」と, 自由に音源や観測者を操作して学習を進める「フリーモード」の 2 つの学習方法を実装した.

学習モード使用時の画面を図 3 に示す. 画面の指示に従って音源もしくは観測者を操作することで, 理解を促す文章と次の指示が表示される. 学習者が指示に反した操作をした場合, 音源と観測者の位置を修正して画面に再度操作の指示が表示されるため, 学習者が間違った知識を獲得することなく学習することが可能となっている. 学習は, 音源のみが動く場合・観測者のみが動く場合・同時に動く場合の 3 種について, 同一線上で動く・初期位置を変える等, 動かし方を適宜変えるという流れに沿って進められる.

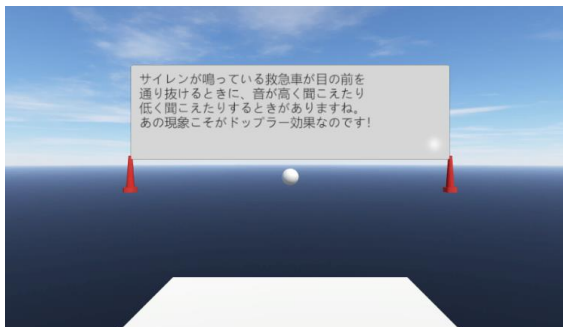


図3 学習モード使用中の画面

続いてフリーモード使用中の画面を図4に示す。3D空間中に設置されている音源と観測者を学習者が自由に動かし、ドップラー効果を観測することで学習を進めていく学習形式である。学習モードとは異なり、音源と観測者の移動を制限せず学習者が任意に動かすことができるため、主体的に学習することが可能となっている。

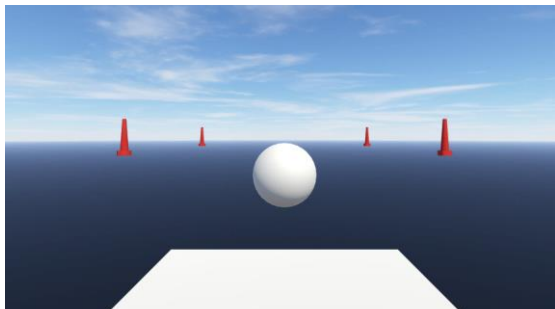


図4 フリーモード使用中の画面

3.2. 学習効果検証結果

開発した学習教材を、検証時点でドップラー効果について未習の大学生8名に使用してもらい、テストとアンケート調査を行った。結果を図5と表1に示す。

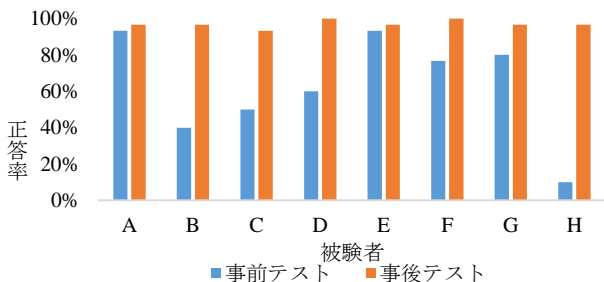


図5 学習教材のテスト結果

表1 使用感に関するアンケート結果

質問内容	4⇔1	4	3	2	1
3D 酔い	感じない⇔感じた	7	0	0	1
操作難易度	簡単⇔難しい	5	2	1	0
有用性	感じた⇔感じない	8	0	0	0

図5より、全被験者が教材使用後にテストの成績が向上したことを確認した。また、事前テストで誤答が多かった問題の共通点から被験者Eを除く全ての被験者において、「音源と観測者の位置関係により音の高さは変化して聞こえる」という誤った知識が得られていることが分かった。これらの問題は事後テストで誤答数が大きく減ったため、教材を使用することで「音源と観測者の初期位置はドップラー効果に影響を及ぼさない」という正しい知識が得られることを確認できた。一方で、音源と観測者が共に静止している状態と、観測者が斜め方向に動く状態を比較する問題については、事前・事後テストの両方で誤答が多かった。図6に誤答が多かった2つのパターンの運動図を示す。

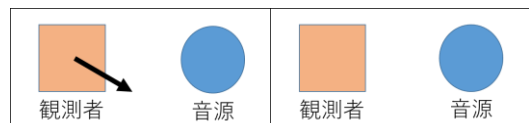


図6 事後テストで誤答の多かった問題

斜めに運動した場合のドップラー効果について学習効果が低かった理由として、「移動速度が同じとき、同一線上の動きと比べ音の高さの変化が小さい」「観測者視点だと斜め移動は音源と観測者の距離が変化しているのか分かりにくい」といったことが考えられる。そのため、音源および観測者が同一線上以外で動く際について、理解しやすくする工夫が必要であると考えられる。

また表1の使用感に関するアンケートでは、全項目の平均値が3.5以上と高く、特に「有用性」については全員が「感じた」と回答したことから、図5の結果と合わせて学習効果のある教材が開発できたといえる。しかし、現段階では高校物理で習うドップラー効果の公式の理解までは到達していないため、ドップラー効果を体験できる副教材として利用するのが好ましいと考えられる。

4. まとめ

高校で学習するドップラー効果は現実世界で実験を行うことが難しいという問題を受け、UnityとHTC Viveを用いてVRを用いたドップラー効果の学習教材を開発した。その後、開発した教材を使用してもらい、テスト・アンケート結果から学習効果があることを確認した。

今後の展望として、既存の学習方法との学習効果の比較を行い、その結果を踏まえ、より効果的な教材の開発を進めていく。

参考文献

- [1] 五味雄一, 森田圭紀, 寺田努, 東健, 塚本昌彦: 内視鏡手術における HMD 利用に関する一考察, 情報処理学会研究報告, Vol.2008, No.106, pp.75-81(2008).
- [2] 北之園育, 西野浩明: プラシーボ効果に基づく高所恐怖症改善のための VR システム, 平成 30 年度電気・情報関係学会九州支部連合大会 (第 71 回連合大会) 講演論文集, pp.118-119(2018).
- [3] 関谷信吾, 白木厚司, 大島哲平, 佐野麻里恵, 中山弘敬, 角田崇, 下馬場朋禄, 伊藤智義: 天体学習のための立体的な教材開発, 第 15 回情報科学技術フォーラム, Vol. 3, pp.483-488(2016).
- [4] 松本亮: 主体的学習促進のための ICT を用いた立体表現による教材の開発, 第八回サイエンス・インカレ研究発表会要約集, p.104(2019).