

斜方投射 VR アプリを用いた教育実践とその評価

藤井 美珠妃^{1,a)} 大西 建輔²

概要: 近年、バーチャルリアリティ (VR) はエンターテインメントや社会人向け教育教材として普及しつつある。しかし、学校教育の現場にあまり普及していない。その原因の一つとしては、初期投資の高さがあげられる。また、学校教育にどのような効果があるのかという問題もある。これまでに、我々は学校教育、特に中等教育に導入可能な VR 教材の枠組みを提案した。その上で、斜方投射 VR アプリ “Fly Ball” を作成し、その有効性を大学生を対象とした予備実験で確かめた。今回は、高等学校の 3 つのクラスで Fly Ball を用いた授業をおこなった。その後、アンケートを用いて、生徒による評価をおこなった。この評価を基に VR 教材の有用性やクラス間での違いなどについて考察をおこなう。

1. はじめに

近年、ヴァーチャルリアリティ (以下 VR と略す) の技術は遊園地やゲームセンターなど、エンターテインメントとして体験できる場が増加し、広く認知されつつある。例えば、池袋サンシャイン 60 展望台では TOKYO 弾丸フライト^{*1}という VR アトラクションが稼働中である (2019 年 10 月現在)。このアトラクションは、筒型の筐体に入り込み自身が弾丸となり、池袋の街並みを空から楽しめる。

また、そのような特別な施設でなくとも、一時的なイベント会場や自宅などで VR が体験可能で安価な VR ゴーグルが販売されている。例えば、Google の提案してる Cardboard^{*2}は 1000 円前後で購入できる。また、Daydream^{*3}という VR の規格が Google より提案されている。Daydream は Daydream View や Mirage Solo といった Daydream 機器を使うことで利用できる。これらの価格は、それぞれ 12,000 円、55,296 円である。

VR はエンターテインメントだけでなく、医療や土木産業などの研修でも用いられている。例えば VR 手術トレーニングシステム OssoVR^[1]では、最先端の医療機器の操作をシミュレーションできる。Osso VR を用いることで、手術ミス等のリスクなしで、多くの機器の練習を積むことが可能である。Osso VR は大学病院などで利用されている。このように VR にはエンターテインメントだけでなく様々

な利用法がある。

教材として作成された VR アプリを用いた例として、天体を VR で間近に観察することができるアプリ [2] や、VR を利用し立体図形を様々な方向から見て考察するアプリ [3] がある。[4] では、天体物理学を題材とした VR アプリを使用し、VR の教育効果を検証している。VR アプリを使用した授業をおこなったクラスと従来の授業をおこなったクラスに同じテストを受けさせ、その成績を比較している。その結果、VR アプリを使用したクラスのほうがテストの成績が良かったと報告されている。また、後日にテストをおこなった別のクラスでも、VR を利用したクラスの方が成績が良かった。そのため、VR 教材を用いることで生徒の理解度を向上させ、定着率も良くなるという結果が得られている。これらの研究では、HTC Vive や Play Station 等の機器を用いている。

中等教育の現場で VR を用いた授業をおこなうことを考えた時、生徒が能動的に参加できる授業をおこなうためには、ある程度の台数の機器が必要となる。しかし、多くの研究で用いられている VR 機器は高価であるだけでなく、高性能パソコンも必要である。これらを中等教育機関が十分な台数用意することは困難である。また、アプリにはネット環境が必要なものも多い。しかし、中等教育の現場ではネット環境が制限されることがある。そのため、ネットを利用するアプリは中等教育の現場では使えない可能性がある。

我々は Cardboard などの比較的安価な VR ゴーグル向けの VR アプリを作成している。このアプリを生徒自身の Android 端末にアプリをインストールし、Cardboard を用意すれば、各自で VR を体験できる。このような枠組みで

¹ 東海大学大学院
神奈川県平塚市北金目 4-1-1

² 東海大学

^{a)} 8bsfm002@cc.u-tokai.ac.jp

^{*1} <https://hashilus.co.jp/works/tokyo-bullet-flight/>

^{*2} <https://arvr.google.com/cardboard>

^{*3} <https://arvr.google.com/daydream>

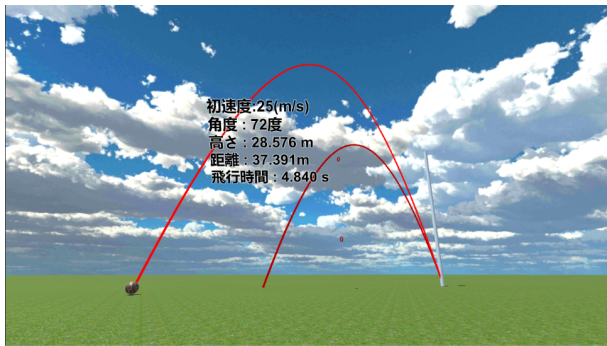


図 1 Fly Ball 使用中の画面

あれば、授業中だけではなく自宅での学習にも活用できると考えている。特に理数系科目は従来の授業だけでは、理解が難しい生徒も多くなっている。我々は、VRを用いて理数系科目に興味を持たせたり、理解の手助けをおこなうことを目的としている。そこで、中等教育向けVRアプリケーションFly Ballを制作し、教材としての評価をおこなった。

本稿では、まず斜方投射を体験できるVRアプリFly Ballの紹介する。次に、高等学校で使用した際の評価について説明する。

2. アプリ概要

作成したVRアプリFly Ball(図1)は、VRゴーグルのCardboardやDaydream機器に対応した、斜方投射のシミュレーションをおこなうAndroidアプリである。ユーザーは初速度と投射角度を設定しボールを投射(空気抵抗は考えない)ができる。投射中は自身の視線が投射されているボールと一致しているため、視覚から浮遊感を体感できる。本アプリは斜方投射を学習する際の導入や復習に使われることを想定としている。そのため、物理の授業で斜方投射を扱う際の基本的な情報である飛行距離、最高到達点や飛行時間を画面上に表示している。また、ボールの軌跡(放物線)も表示される。投射をおこなった回数分の軌跡が表示されるため、投射角度による軌跡の違いを見比べることも可能である。Fly Ballの狙いとして、繰り返し投射することで直感的に飛行距離や角度などに法則性があることを気づいてもらうことがある。

Fly Ballの使用方法を説明する。最初に決定ボタンを押すと、投射する初速度の選択をおこなう速度選択モードになる。初速度は5m/sから50m/sまで選択でき、一定時間で速度が5m/s増える。50m/sに達したら5m/sに戻る。指定したい速度に達したとき、決定ボタンを押すとで初速度が決定できる。次に投射する角度の選択をおこなう角度選択モードになる。角度の選択ではユーザーの視線の向き、つまり端末の傾きを角度とする。希望する角度になるようユーザーは頭を動かし、決定ボタンを押す。角度が決定されると直ちにボールが投射される。投射中はユーザー

の視点は投射中のボールとなり、浮遊感を体感できる。

ボールが着地した後は自動的に歩行モードと移る。歩行モードでは、水平線よりも下に視線を向けることで、ユーザーが向いている方向へと歩くことができる。これにより様々な角度から投射したボールの軌跡を見ることができる。歩行モードで再び決定ボタンを押すとまた速度の選択に移り、再度投射ができるようになる。Fly Ballではこの3つモードを繰り返す。

Fly Ballは、決定ボタンとしてCardboardでは端末本体の音量調節ボタンを用いる。Daydream機器では、決定ボタンとして専用コントローラーのタッチパッドを用いる。Daydream機器のコントローラーでの操作は直感的で理解しやすいが、Daydream機器自体がCardboardよりも高額であり、対応する端末がかなり限られる。そのため本アプリは、ユーザーの環境に応じて使い分けができるように、Fly BallはCardboardとDaydream機器の双方に対応させた。

本アプリは、中等教育の現場で利用可能なことを念頭に置いて作成した。そのため、本アプリはオフラインで使用でき、ネット環境を必要としない。また、安価なCardboardに対応しているため、学校としても教具として用意しやすく、生徒自身も自宅での学習に使いやすいと考えている。Fly BallはGoogle playストアに公開されており、無料で入手できる。

3. 予備実験 [5]

予備実験は、2018年に東海大学理学部物理学科の1年生を対象としておこなった。力学1の講義の中でVRと本アプリの説明をおこない、後日希望者(7名)に本アプリを使用してもらった。その上で、本アプリの評価をおこなってもらった。アンケート結果から被験者が本アプリを楽しんで使ったことがわかった。しかし、被験者の人数が少なく、一般的に評価実験として不十分である。また、被験者が本来の対象である中高生ではなかった。更に、アンケート結果から予備実験の時点でのFly Ballの飛行距離や飛行時間の表示は、見えにくく酔いやすいという問題点があった。

4. 高校生を対象とした評価実験

予備実験[5]の後、Fly Ballの問題点である画面の表示を固定し、表示方法を改善した。その上で、高校生を対象とした評価実験をおこなった。被験者は、神奈川県柏陽高等学校の1年生(38名)、東海大学付属高輪台高等学校の1年生SSHクラス(40名)と普通科クラス(44名)の3クラス計122人である。以下ではそれぞれのクラスを群1、群2、群3と呼ぶ。

リセマム^{*4}によると、群1の偏差値は70、群2と群3の

^{*4} <https://resemom.jp/feature/hensachi/>

表 1 評価実験の指導案

項目	時間	内容
導入	5 分	Fly Ball の操作方法と今日は VR を使って投射実験をすることを伝える。 この時、「一番速くに飛ぶ角度を探す」という課題を与え、取り組んでもらうことを伝える。
展開	32 分	ペア 5 組毎に Fly Ball を使った投射実験をおこなう（1 回 8 分）。これを繰り返しおこなう。 ペアの一人は VR で投射実験をおこない、もう一人はその結果をプリントに記録する。
まとめ	5 分	一番速くに飛ぶ角度が 45 度であることを教える。 また、今回の記録をプロットすると放物線になることを教える。

偏差値は 58 である。また、群 2 はスーパーサイエンスハイスクール（SSH）に認定されている理数系の科目に興味のある生徒が集まったクラスである。

評価実験は授業 1 コマ分を用い、表 1 の指導案に従いでおこなった。まず、各クラスで生徒達にペアを作ってもらった。ペア毎に 1 台の VR 機器を使用し、課題に取り組んでもらった。課題として、「VR アプリを使って最も速くに飛ばすことのできる角度を探す」を与え、本アプリを各ペア毎に 6 分から 10 分程度使用してもらった。その際、ペアの片方は VR アプリを操作し投射実験をおこない、もう 1 人は速度、角度、飛行距離、最高到達点や飛行時間を配布プリントに記録してもらった。途中で役割を交代し同じことを繰り返した。その上で、本アプリに関するアンケートに答えてもらった。

アンケート項目は次のようにした。

項目 1 本アプリを使用して楽しかったですか？

項目 2 本アプリを使用し、放物運動について興味を覚えましたか？

項目 3 アプリの操作は簡単でしたか？

項目 4 高さや初速度などの表示は見やすかったですか？

項目 5 今回の VR アプリが無料で使えたら、あなたはどの程度使いますか？

項目 6 あなたが VR 機器を購入すると考えたとき、予算はいくらですか？

項目 7 本アプリを使用しどのように感じましたか？

- (1) かなりリアルに感じた
- (2) 目や首などが疲れた
- (3) 酔った・酔いそうだった
- (4) 勉強に向かない気がする

このアンケートの各項目の評価値を説明する。まず項目 1 から項目 5 は 4 段階評価の項目である。4 段階の評価は「そう思う」「まあまあそう思う」「あまりそう思わない」「そう思わない」となっている。この評価を順に 4, 3, 2, 1 と変換し、加重平均を計算した。そのため、加重平均が 4 に近いほど良好な評価であり、1 に近いほど良くないという評

価になっている。項目 5 は「自分のスマートフォンにダウンロードして使う」「インストールされたスマートフォンがあれば使う」「授業内でなら使う」「使わない」となっている。この評価を 4, 3, 2, 1 と変換し加重平均として計算した。

項目 6 は 6 段階評価の項目である。項目 6 は VR 機器の購入希望の価格帯の項目となっている。項目 7 は複数回答可の項目で、該当する場合のみ選択する項目となっている。ここでの割合は「そう思う」と回答した生徒の割合となっている。表 2 から表 3 は、群 1 から群 3 を合わせた全体での評価である。表 2 は項目 1 から項目 5 に関する評価、表 3 は項目 7 の複数回答可の項目の評価、表 4 は項目の相関となっている。

表 5 と表 6 は、それぞれ群 1 の評価と群 1 の項目の相関である。同様に表 7 と表 8 は群 2 の、表 9 と表 10 は群 3 の評価と相関である。表 11 は、全体と群 1 から群 3 までのそれぞれの、項目 6 の購入金額に関するアンケート結果である。表 12 は、群 1 から群 3 までのそれぞれの、項目 7 の複数回答可の項目の評価である。

5. 議論

5.1 全体の評価

表 2 について議論をおこなう。項目 1 では、「楽しかった」との回答が全体の 73% 「まあ楽しかった」との回答は 24% となっている。2 つの評価を合わせ 97% (117 人) の被験者が VR を用いることで楽しく学習できたと回答した。項目 2 では、34% の被験者が「大変興味を覚えた」、53% の被験者が「やや興味を覚えた」と回答した。本アプリを使用することで、被験者の 87% (104 人) から斜方投射に対する興味を引き出すことができた。一方、13% (16 人) の被験者の興味を引き出すことができなかった。項目 3 では、「簡単であった」「やや簡単だった」と回答した被験者は合わせての 91% (110 人) であった。視線の向きと音量調節ボタンを用いた入力操作、またコントローラーを用いた操作は、初めて FlyBall を利用する場合でも簡単におこなえることがわかった。

項目 4 では、86% (103 人) の被験者が見やすいと回答した。予備実験での同一項目の評価は 29% であったため改善の効果があったと言える。しかし、今回の評価実験で

表 2 アプリに関する評価 項目 1 から項目 5(全体, $N = 120$)

項目番号	項目	加重平均	評価値/%			
			4	3	2	1
1	本アプリを使用して楽しかったですか？	3.72	74.17	23.33	2.50	0.00
2	本アプリを使用し、放物運動について興味を覚えましたか？	3.17	33.33	53.33	1.00	3.33
3	アプリの操作は簡単でしたか？	3.56	66.67	25.00	5.83	2.50
4	高さや初速度などの表示は見やすかったですか？	3.46	61.67	24.17	12.50	1.67
5	今回の VR アプリが無料で使えたら、あなたはどの程度使いますか？	2.89	34.45	28.57	28.57	8.40

表 3 アプリに関する評価 項目 7 (全体, $N = 120$)

項目番号	項目	割合 (%)
7(1)	かなりリアルに感じた	52.50
7(2)	目や首などが疲れた	30.83
7(3)	酔った・酔いそうだった	19.17
7(4)	勉強に向かない気がする	4.17

も 13% (17 人) の被験者は見えにくいと回答しており、教材として使うには更に改良が必要だと考えられる。項目 5 では、「自分でダウンロードして使う」が 34% (41 人)、「インストールされたスマートフォンがあれば使う」が 28% (34 人) であった。能動的に利用する生徒は合わせて 63% (75 人) であった。

表 3 の項目 7(1) で「かなりリアルに感じた」と回答した被験者は全体の 53% (63 人) であった。約半分の人が本アプリを利用することで現実感を持った投射を体験した。今回の評価実験は一人当たり高々 5 分程度の VR の使用であった。しかし、項目 7(2) で目や首の疲れを感じたと回答した被験者は 31% (37 人) であった。また、項目 7(3) においても酔いそうだったと回答した被験者が 19% (23 人) であった。そのため、教材として利用する際には、利用者の体調を考慮して使用する必要がある。一方で、項目 7(4) で「勉強に向かない気がする」と回答した被験者は 4% (5 人) であり、96% (115 人) は VR アプリを教材として受け入れたと考えられる。

今回の実験で得たアンケート結果の各項目の相関係数を計算した (表 4)。強い相関 (相関係数 0.5 以上) がみられた項目の組は見つからなかった。相関関係がある (相関係数 0.4 以上 0.5 未満) といえる項目の組が 2 組あった。項目 1 と項目 2 の相関係数は 0.423 であり、正の相関関係があることがいえる。アプリを使用し楽しいと回答した被験者は、斜方投射にも興味を持ったと考えられる。また、項目 1 と項目 6 の相関係数は 0.414 である。そのため、アプリを利用して楽しかったと回答した被験者はアプリを能動的に利用しようと考えている。

一方、相関関係がほとんどなかった (相関関係 0.1 未満) 項目の組は 8 組あった。例えば、項目 3「操作は簡単でしたか？」と項目 7(2)「目や首などが疲れた」の相関係数が -0.004 なので、操作方法と疲労は関係がないといえる。また、項目 5「購入するのならいくら VR ゴーグルを購入す

るか」と項目 7(4)「勉強に向かない気がする」も相関係数が 0.003 なので、勉強に向かないと考えることと VR ゴーグルを購入する際の価格帯は関係がないといえる。

5.2 3 クラスの評価の比較

項目 1 において群 1 では「あまり楽しくない」「楽しくない」の回答はなく、全員が楽しく取り組めたことがわかる。また、どのクラスにおいても「楽しかった」と答えた人が 80% 以上であった。項目 2 において群 3 のみ「全く興味を覚えなかった」と回答した被験者が 9% (4 人) いた。項目 3、項目 4 に関しては 3 クラスの評価はほぼ差異がなく、どのクラスにも一定数は「操作が難しい」「見づらい」と感じる人がいることが分かった。

項目 7(4) において群 2 では「勉強に向いていない」と回答した被験者はいなかった。項目 6 の「30000 円以上の VR ゴーグルの購入も考える」と回答した被験者の割合は、群 2、群 3、群 1 の順であった。群 1 では高額な VR ゴーグル (30000 円以上) を購入したいと回答した被験者はいなかった。

6. まとめ

本稿では、作成アプリの対象である高校生を被験者とする評価実験をおこなった。全体に対する評価を見るとどの項目においても良好 (加重平均の値が 2.8 以上) であった。今回の結果から VR 教材の導入は、生徒の興味関心を引き出す効果があるといえる。3 群の学力は異なりアンケート結果にも群の特色が強く出ると推測していたが、大きな差異はなかった。

8 分という短い使用時間でも酔った人、疲れたと感じた人がいた。そのため、VR を用いた授業をおこなう際には、適度に VR を使わない時間を与えるような授業構成を組む必要があると考えられる。

今回、評価実験として教育現場で VR を用いた授業をおこなった。その際の知見について述べる。評価実験では、生徒 10 人に対し指導者 1 名 (群 1)、指導員 2 名 (群 2、群 3) が付き添い、VR アプリの体験をおこなってもらった。初めての VR 体験で苦戦する生徒や課題について質問する生徒などの対応をするため、生徒 10 人に対し 2 人以上の指導者が必要である。さらに、VR が苦手な生徒が一

表 4 アンケート項目の相関係数 (全体, $N = 120$)

項目番号	1	2	3	4	5	6	7(1)	7(2)	7(3)
2	0.423								
3	<u>0.010</u>	<u>0.017</u>							
4	0.267	0.161	0.202						
5	0.263	0.169	0.184	0.272					
6	0.414	0.306	<u>0.078</u>	<u>0.074</u>	0.228				
7(1)	0.261	<u>0.015</u>	0.330	0.117	0.255	<u>0.035</u>			
7(2)	<u>-0.051</u>	<u>0.055</u>	<u>-0.004</u>	-0.300	-0.138	-0.140	-0.146		
7(3)	-0.202	<u>-0.050</u>	-0.018	<u>0.056</u>	-0.199	-0.213	-0.323	0.039	
7(4)	-0.192	-0.161	-0.110	-0.177	<u>0.003</u>	-0.105	-0.218	<u>0.040</u>	0.116

表 5 アプリに関する評価 項目 1 から項目 5 (群 1, $N = 38$)

項目番号	項目	加重平均	評価値/%			
			4	3	2	1
1	本アプリを使用して楽しかったですか？	3.82	81.58	18.42	0.00	0.00
2	本アプリを使用し、放物運動について興味を覚えましたか？	3.24	31.58	60.53	7.89	0.00
3	アプリの操作は簡単でしたか？	3.45	57.89	31.58	7.89	2.63
4	高さや初速度などの表示は見やすかったですか？	3.53	60.53	31.58	7.89	0.00
5	今回の VR アプリが無料で使えたら、あなたはどの程度使いますか？	2.95	37.84	27.03	27.03	8.11

定数いると考えられる。そのような生徒が無理に VR を使い続けなく済むよう、グループを作り、グループで 1 台の VR 機器と使ってもらい体験をする形が好ましいと考えている。また、今回のアンケートや投射の記録は当初 Google フォームと Google スプレッドシートを用いて収集しようと考えていたしていた。しかし、いずれの群のネット環境でも制限がかかっており、クラウドにアクセスすることができなかった。そのため、印刷したプリントを用いてアンケートを取った。ネットワークにどのような制限があるのか、あらかじめ確認しておく必要がある。さらに、生徒自身のスマートフォンにインストールすると考えたとき、iPhone にも対応したアプリを用意する必要がある。しかし、Android 向けと iPhone 向けのアプリを一度に開発することは難しい。解決策の 1 つとして、ブラウザベースで動作するアプリを作成するという方法がある。

Fly Ball にはゲーミフィケーションの要素がある。ゲーミフィケーションとは、ゲームの考え方、デザインや要素をゲーム以外の教育などに利用することである [6]。岸本らは、ゲーミフィケーション要素を次の 6 要素としている。(1) 達成可能な目標設定, (2) 成長の可視化, (3) 称賛演出, (4) 能動的参加, (5) 即時フィードバック, (6) 自己表現。Fly Ball は要素 (1), 要素 (5) を持っている。要素 (1) として、評価実験をおこなう際に「1 番と速くへ飛ばせる角度を探す」という目標を提示している。要素 (5) として、投射中に飛距離などの情報を更新している。これが即時フィードバックに相当する。ゲーミフィケーションの要素の称賛演出や成長の可視化などを加えることで生徒が更に意欲的取り組んでもらえ、アンケート項目 6 の「無料であったらどのくらい使うか？」の評価も高くなると考えられる。

謝辞 評価実験に協力いただいた神奈川県立柏陽高等学校 間辺広樹教諭, 東海大学付属高輪台高等学校・中等部 中村仁副校長, 大塚一磨教諭, 弓削恵太教諭に深謝する。本研究は、科研費 (18K02870) の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Osso VR - Virtual Reality Surgical Training Platform, <https://ossovr.com>, 2019/08/27 最終アクセス
- [2] 田尻圭佑, 瀬戸崎 典夫, 森田 裕介, 3D 仮想モデル操作による没入型天体教材の開発に関する一検討, 日本科学教育学会研究会研究報告, Vol.32, No.5, pp.97-100 (2017).
- [3] 田中宏武, 五十嵐 悠紀, VR を用いた立体図形問題の理解支援システム, インタラクシオン 2018 論文集, 2B28, pp.629-632 (2018).
- [4] A Case Study - The Impact of VR on Academic Performance, <https://uploadvr.com/chinese-vr-education-study>, 2018/06/25 最終アクセス.
- [5] 藤井美珠妃, 大西建輔, 北林照幸, 藤城武彦, 高橋修司, 堀内翔, 放物線を体感できる VR アプリの試作とその教材としての評価, 第 17 回情報科学技術フォーラム 第 4 分冊, pp.289-290 (2018).
- [6] 岸本好弘, 三上浩司, ゲーミフィケーションを活用した大学教育の可能性について, 日本デジタルゲーム学会 2012 年次大会発表原稿, pp.91-96 (2012).

表 6 アンケート項目の相関係数 (群 1, $N = 38$)

項目番号	1	2	3	4	5	6	7(1)	7(2)	7(3)
2	0.310								
3	0.283	0.179							
4	0.498	<u>0.019</u>	0.333						
5	0.232	<u>-0.071</u>	0.385	<u>0.068</u>					
6	0.464	0.303	0.341	0.129	0.332				
7(1)	0.261	<u>-0.015</u>	0.330	0.117	<u>0.035</u>	0.255			
7(2)	<u>-0.033</u>	0.134	<u>0.021</u>	-0.329	-0.140	<u>-0.067</u>	-0.146		
7(3)	-0.124	<u>0.040</u>	-0.283	<u>0.034</u>	-0.132	-0.199	-0.553	-0.106	
7(4)	-0.192	0.107	<u>0.017</u>	-0.194	<u>-0.041</u>	-0.108	-0.347	<u>0.051</u>	0.496

表 7 アプリに関する評価 項目 1 から項目 5 (群 2, $N = 40$)

項目番号	項目	加重平均	評価値/%			
			4	3	2	1
1	本アプリを使用して楽しかったですか？	3.65	67.50	30.00	2.50	0.00
2	本アプリを使用し、放物運動について興味を覚えましたか？	3.23	37.50	47.50	15.00	0.00
3	アプリの操作は簡単でしたか？	3.63	75.00	15.00	7.50	2.50
4	高さや初速度などの表示は見やすかったですか？	3.53	65.00	25.00	7.50	2.50
5	今回の VR アプリが無料で使えたら、あなたはどの程度使いますか？	2.93	32.50	35.00	25.00	7.50

表 8 アンケート項目の相関係数 (群 2, $N = 40$)

項目番号	1	2	3	4	5	6	7(1)	7(2)	7(3)
2	0.493								
3	<u>-0.016</u>	-0.280							
4	0.215	<u>-0.085</u>	0.179						
5	0.288	0.173	0.307	0.445					
6	0.405	0.299	<u>0.032</u>	<u>0.093</u>	0.134				
7(1)	0.157	0.198	-0.128	0.204	<u>0.053</u>	0.238			
7(2)	-0.324	<u>-0.089</u>	<u>-0.051</u>	-0.301	-0.122	-0.278	-0.273		
7(3)	-0.319	-0.151	<u>0.056</u>	<u>0.029</u>	<u>0.086</u>	-0.316	-0.175	<u>0.067</u>	
7(4)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

表 9 アプリに関する評価 項目 1 から項目 5 (群 3, $N = 42$)

項目番号	項目	加重平均	評価値/%			
			4	3	2	1
1	本アプリを使用して楽しかったですか？	3.69	73.81	21.43	4.76	0.00
2	本アプリを使用し、放物運動について興味を覚えましたか？	3.05	30.95	52.38	7.14	9.52
3	アプリの操作は簡単でしたか？	3.60	66.67	28.57	2.38	2.38
4	高さや初速度などの表示は見やすかったですか？	3.33	59.52	16.67	21.43	2.38
5	今回の VR アプリが無料で使えたら、あなたはどの程度使いますか？	2.81	33.33	23.81	33.33	9.52

表 10 アンケート項目の相関係数 (群 3, $N = 42$)

項目番号	1	2	3	4	5	6	7(1)	7(2)	7(3)
2	0.424								
3	-0.148	<u>-0.050</u>							
4	0.208	0.348	0.109						
5	0.288	0.274	<u>-0.091</u>	0.220					
6	0.406	0.309	-0.117	<u>0.097</u>	0.204				
7(1)	0.396	0.505	<u>0.021</u>	0.378	0.319	0.260			
7(2)	<u>0.095</u>	-0.155	<u>0.099</u>	-0.308	<u>-0.098</u>	<u>0.076</u>	-0.372		
7(3)	-0.127	<u>-0.029</u>	<u>0.056</u>	-0.130	<u>0.018</u>	-0.132	-0.218	<u>-0.099</u>	
7(4)	-0.178	-0.333	-0.251	-0.208	<u>0.086</u>	-0.131	-0.240	<u>0.014</u>	-0.145

表 11 アプリに関する評価 項目 6 (全体と群 1 から群 3)

項目 6 あなたが VR 機器を購入すると考えたとき、予算はいくらですか？	割合 (%)			
	全体	群 1	群 2	群 3
	<i>N</i> = 120	<i>N</i> = 38	<i>N</i> = 40	<i>N</i> = 42
30000 円以上 (コントローラー付き VR ゴーグル・端末不要)	9.17	0.00	20.00	7.14
10000 円～30000 円 (コントローラー付き VR ゴーグル・端末不要)	17.50	21.05	12.50	19.05
1500 円～10000 円 (コントローラー付き VR ゴーグル・要端末)	22.50	26.32	20.00	21.43
1000 円～1500 円 (Cardboard・プラスチック製・要端末)	21.67	26.32	25.00	14.29
～1000 円 (Cardboard・ダンボール・要端末)	10.00	7.89	1.00	11.90
自分では購入したくない	19.17	18.42	12.50	26.19

表 12 アプリに関する評価 項目 7 (群 1, 群 2, 群 3)

項目番号	項目	割合 (%)		
		群 1	群 2	群 3
		<i>N</i> = 38	<i>N</i> = 40	<i>N</i> = 42
7(1)	かなりリアルに感じた	68.42	47.50	42.86
7(2)	目や首などが疲れた	39.47	22.50	30.95
7(3)	酔った・酔いそうだった	18.42	17.50	21.43
7(4)	勉強に向かない気がする	5.26	0.00	7.14