

物理シミュレーションを用いた ビリヤードによる力学学習支援アプリの開発

長崎大学工学部工学科情報工学コース

瀬戸崎研究室 中村智紀

研究背景 - 今後の社会と教育 -

Society5.0

仮想環境と物理環境を融合させ経済発展と社会的課題の解決を目指す

(内閣府2016)

技術革新や価値創造の源となる知識を発見・創造できる人材の育成



教育現場において先端技術を積極的に活用

(文部科学省2019)

活用事例

VRを活用した方策では、通常では経験できないことを疑似体験させることで、言葉や映像を通じた指導だけよりもより効果的な学びを得る

(文部科学省2019)

研究背景 - VRと教育 -

研究事例と成果

学習意欲向上のためのVR 物理実験支援システムの開 発研究(村上ら2020)

学習意欲の向上
より深い理解を促す

VR技術を用いたドップラー効果 の学習手法(中野ら2020)

現実では実験を行うことが難し
い現象の学習教材としての効果

バーチャルリアリティ教育研究センター(VRセンター)

- ・ VRを活用した先進的教育システムの導入を推進
- ・ VRの基盤研究を推進
- ・ VRの社会実装と文化創造を推進

(東京大学2018)

研究目的

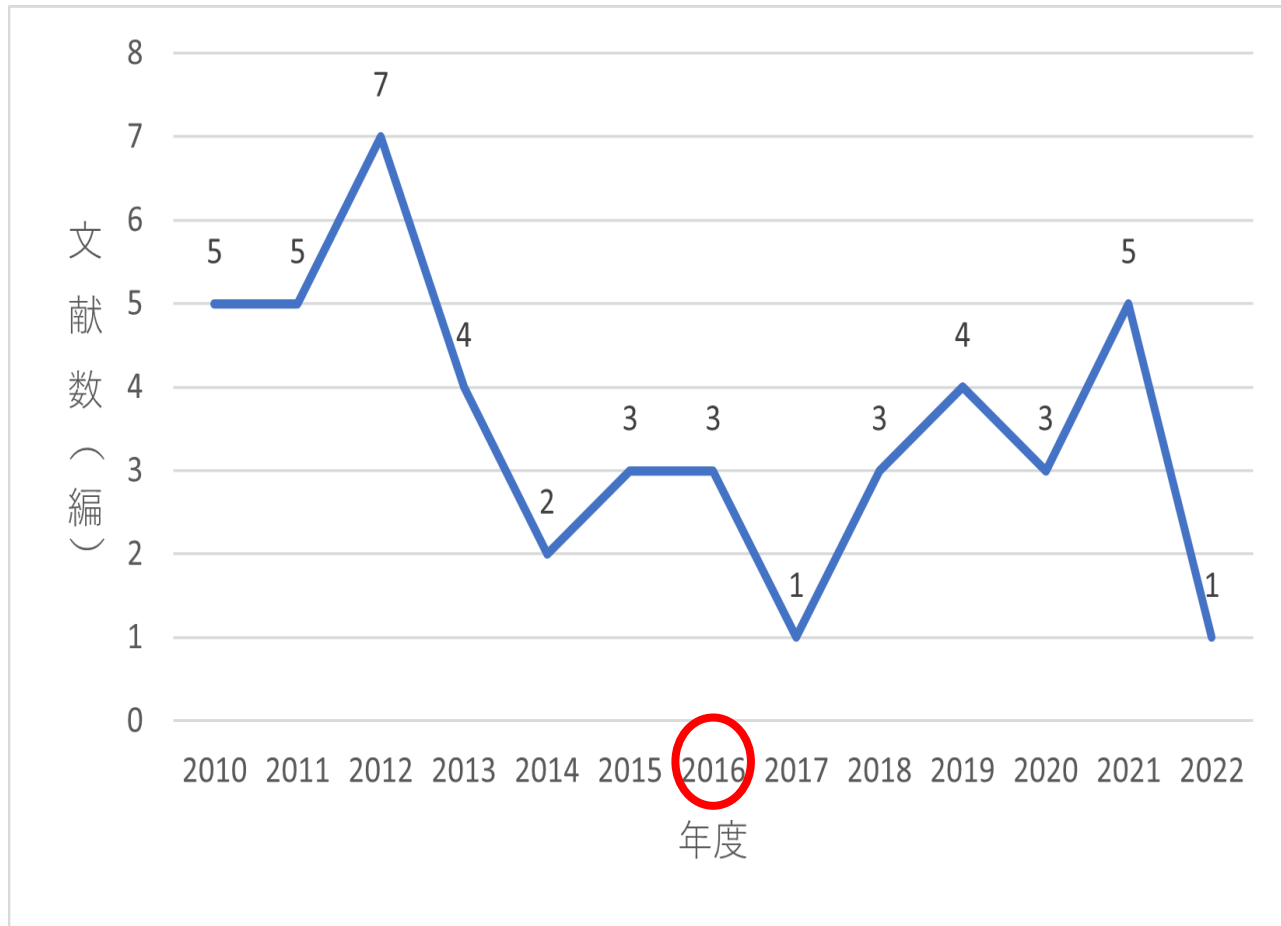
**現在のVR関連の技術を活用した研究に関して
動向調査**



求められているVR教材の開発と評価を試みる

動向調査 - 研究の増加と要因① -

VR関連の研究の増加
(日本教育工学会論文誌)



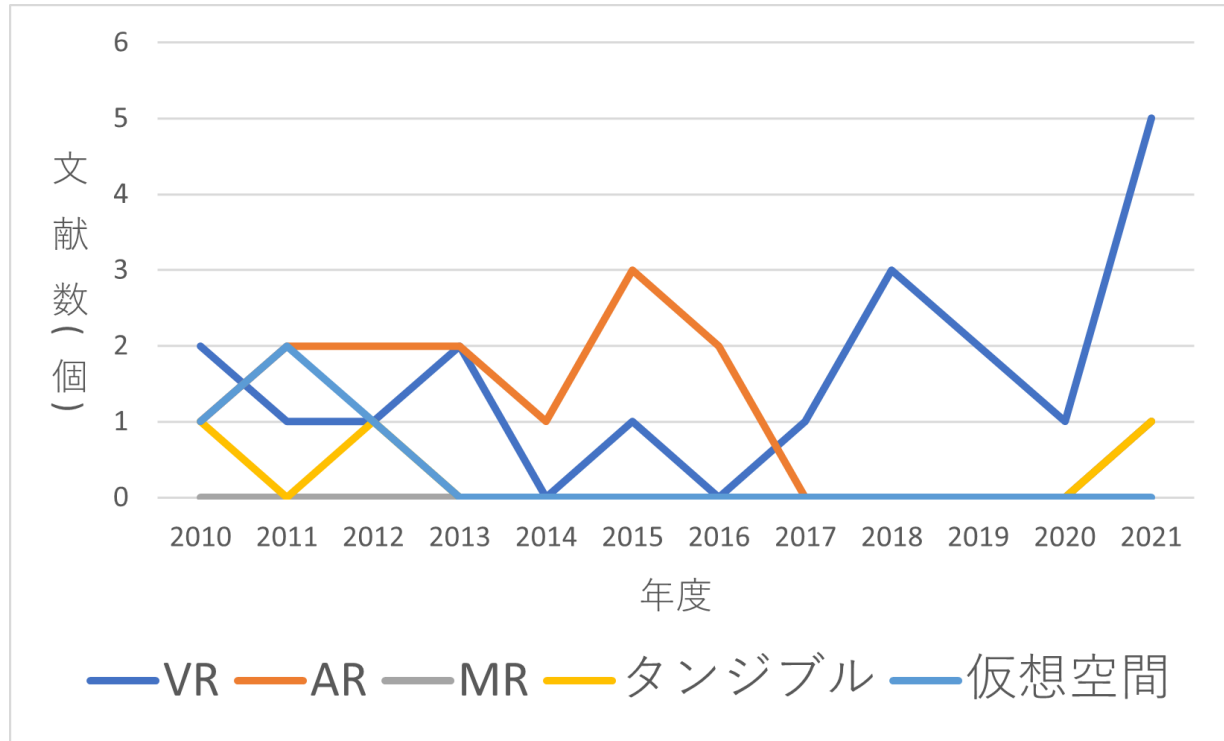
「VR」「AR」「MR」「タンジブルユーザインタフェース」「仮想空間」などのVRに関連するキーワードが入っている文献を抽出

2016年=VR元年

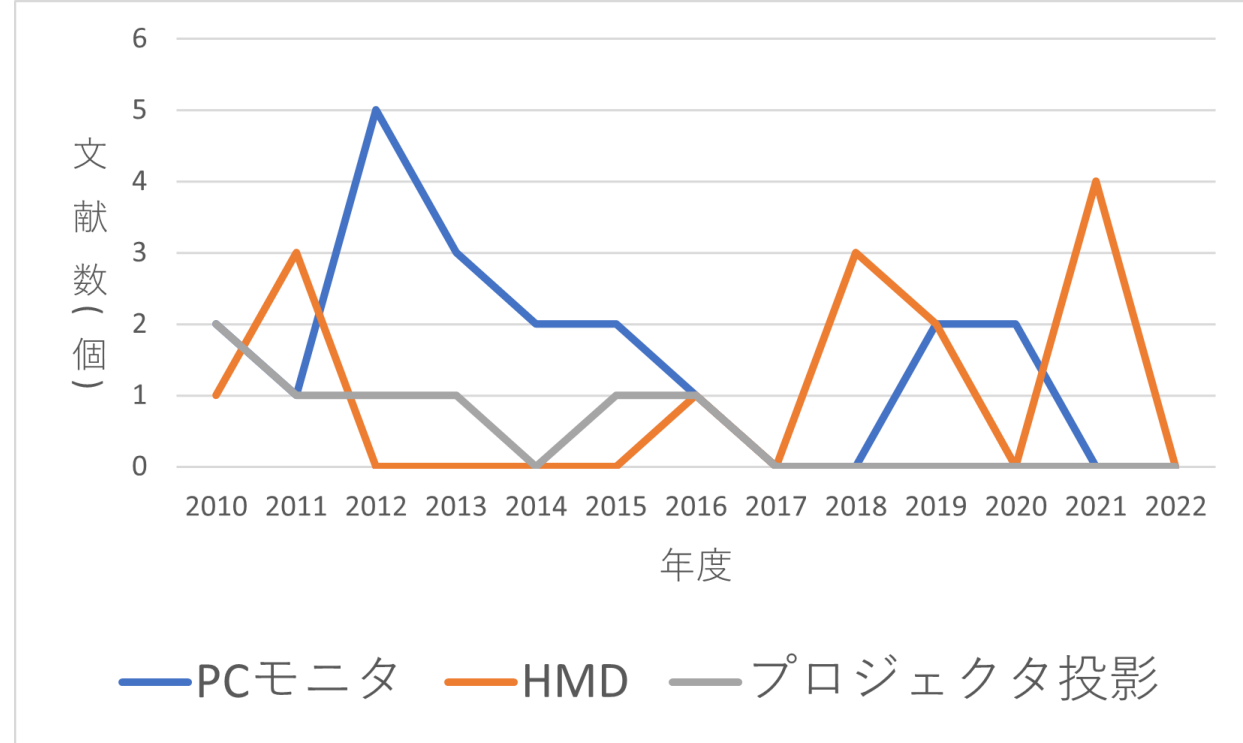
HMDなどの商品が多く開発され一般人に手が届く価格で発売された

動向調査 - 研究の増加と要因② -

キーワードごとの文献数



端末ごとの文献数

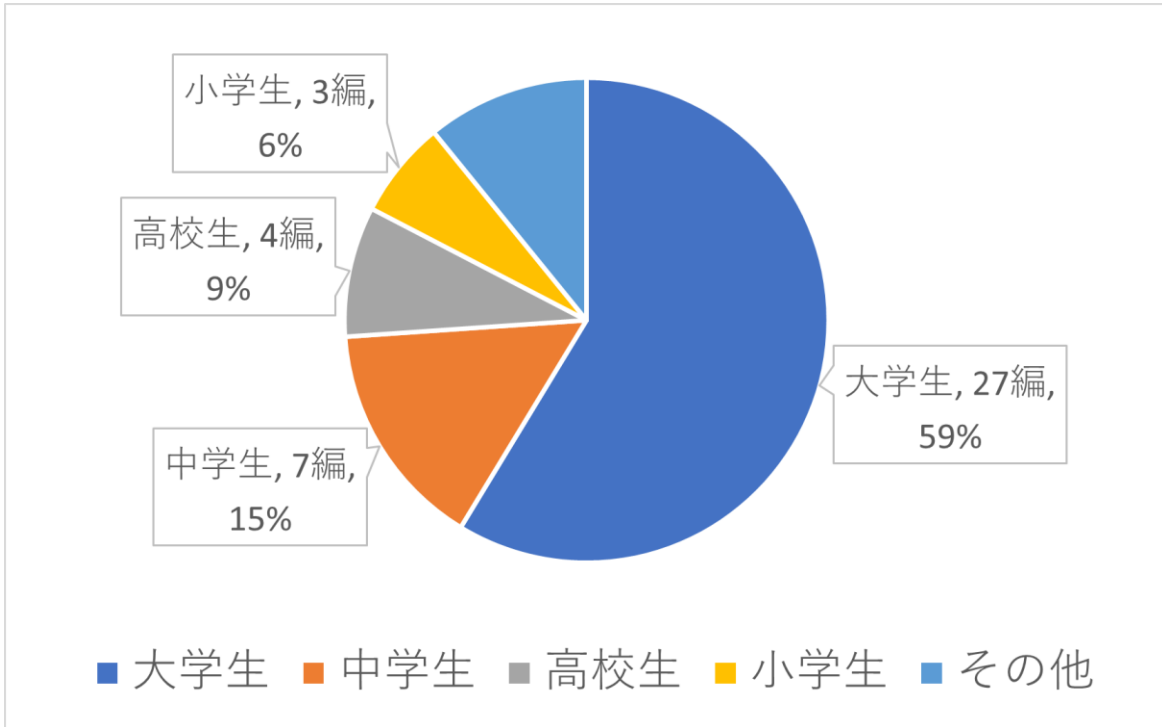


端末の普及が増加の要因

動向調査 - 学校教育における活用 -

実践研究の対象となった 年代と教科の対応

研究の対象となった年代



小学生向けの
研究の不足

教科	小学生	中学生	高校生	大学生
理科・物理	2	3	2	0
社会科	1	0	0	0
情報	0	0	1	1
技術科	0	1	0	0
美術科	0	1	0	0
英語	0	1	0	0
平和教育	1*	1*	0	1
防災	0	1	0	0
デザイン	0	0	0	1

理科教育が積極的に行われている

*同一研究で対象が小中学生に渡る

動向調査 – 理科教育における研究事例 –

小学生を対象にした研究

「太陽の動きとかけ」の理解を支援するソフトウェアの開発と評価
(久保田ら2020)

児童が保持する電流の素朴概念の
明確化と科学概念への変容を支援
するAR教材および指導法に関する
一考察(木下ら2022)

中学生を対象にした研究

凸レンズ実験と作図を関連させる
AR教材の開発(小松ら2014)

凸レンズが作る像の規則性の理
解を促すAR教材の開発と評価
(小松ら2015)

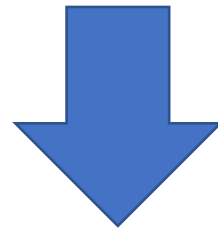
Kinectを用いたARによる鏡像シ
ミュレーション教材の開発と試
行(中野ら2015)

理科教育における
力学的学習の不足

動向調査－開発するコンテンツ－

不足している研究

**小中学生を対象として力学的学習を題材
とした実践的研究**



開発と評価を行う

開発概要①

開発ツール

ゲーム開発エンジン(Unity)
Unity 2021.3.16f1

プログラムの記述(C#)

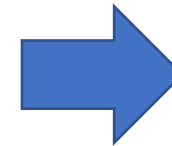
テキストエディタ(Atom)
Atom 1.63.1

開発する教材に求められていること

- ・ 小中学生向けに力学的学習を促す
- ・ 物理的な実験の手間の削減
- ・ 通常では実現できない現象の疑似体験
- ・ 物理現象の変化の可視化

教材の学習効果を高める機能

- ・ 力学的学習における球体の衝突を再現
- ・ ゲーミフィケーションによる意欲の向上

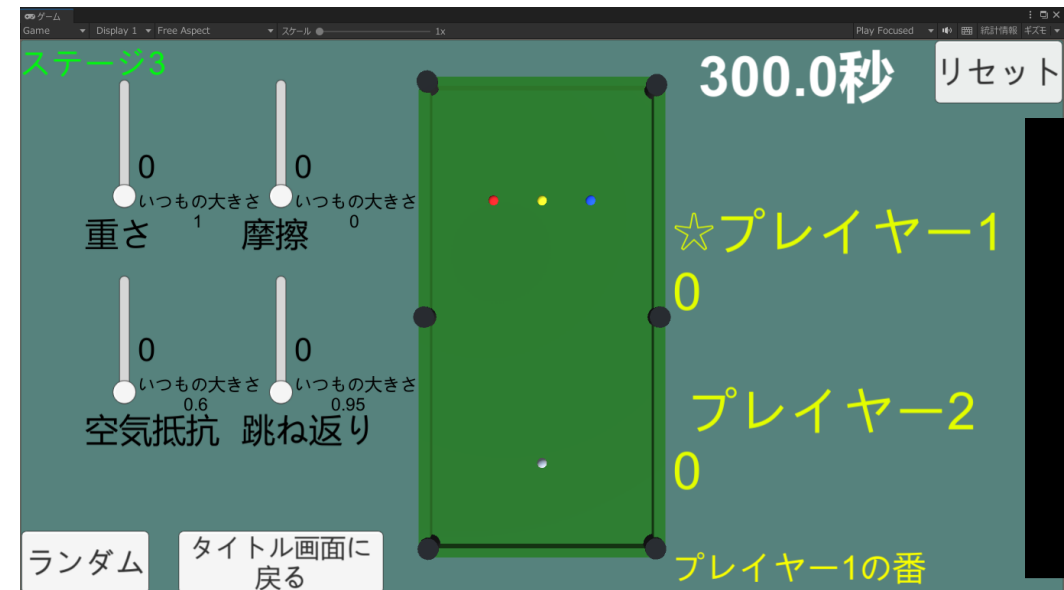


ビリヤードを採用

開発概要②

必要な機能

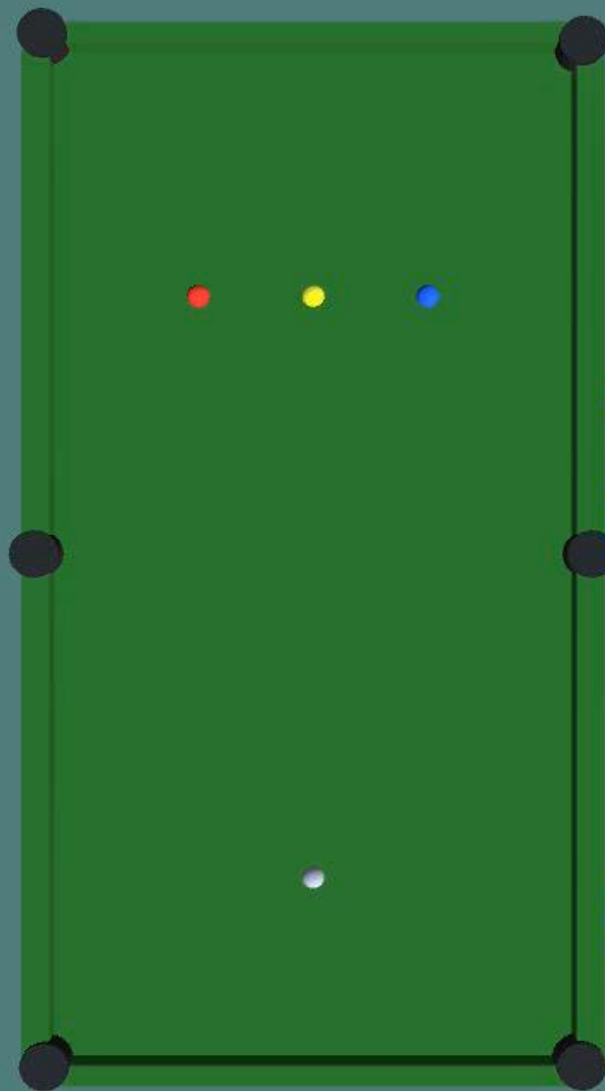
- ・マウスで球を弾く
- ・穴に入った球を消してポイントを追加する
- ・「重さ」「摩擦」「空気抵抗」「反発係数」の値を変更し球の動きの変化を学ぶ
- ・ステージを3つに分けることで球の変化を予測する力を段階的に学ぶ
- ・ポイントを表示して勝敗をつける
- ・制限時間を作ることで全体の進行をスムーズにする
- ・弾く力をゲージとして画面右に表示
- ・弾く方向に方向線を表示
- ・小中学生向けに表示する文字を簡単にする
(例: 「反発係数」→「跳ね返り」など)
- ・背景色やポイント表示の拡大で順番をわかりやすく



ステージ1

300.0秒

リセット



☆プレイヤー1

0

プレイヤー2

0

プレイヤー1の番

タイトル画面に
戻る

評価方法

調査対象 : 小学生 11 名, 中学生 3 名, 現役の小学校教諭 1 名



(2 名 1 組で PC を使用)

アンケート調査

○4件法による評価(10項目)

- ・教材への興味関心・学習効果
- ・操作性・ステージの難易度

直接確率計算法(両側検定)

○自由記述

カテゴリー分類

現役小学校教諭へのインタビュー

- ・仕様について
- ・具体的な対象年代について
- ・理科教育の教材として活用できるか

結果・考察 - 4件法による評価 - ①興味関心

質問		肯定		否定		直接確率計算 (両側検定)
		とても そう思う	やや そう思う	あまりそ う思わな い	全くそ う思わな い	
教材への興味関心について						
1	興味深い教材だった	9	6	0	0	**
2	意欲的に取り組めた	9	6	0	0	**

($p < 0.01$:**)

興味関心につながる
意欲的に取り組むことができる



主体的な学習を促す

結果・考察 - 4件法による評価 - ②学習効果

質問		肯定		否定		直接確率計算 (両側検定)
		とても そう思う	やや そう思う	あまりそ う思わな い	全くそ う思わな い	
教材によって与えられる効果について						
3	重さの値による球の動きの変化について考えた	9	5	1	0	**
4	摩擦の値による球の動きの変化について考えた	5	8	2	0	**
5	空気抵抗の値による球の動きの変化について考えた	7	6	2	0	**
6	跳ね返りの値による球の動きの変化について考えた	6	8	1	0	**

($p < 0.01$:**)

全ての値において球の動きの変化について考えることができた



力学的な現象についての思考を促すことができる

結果・考察 - 4件法による評価 - ③操作性と難易度

質問	肯定		否定		直接確率計算 (両側検定)
	とても そう思う	やや そう思う	あまりそ う思わな い	全くそ う思わな い	
操作性について					
7	操作方法は簡単だった				**
ステージごとの難易度について					
8	ステージ1で球を穴に入れるのは簡単だった				n.s
9	ステージ2で球を穴に入れるのは簡単だった				n.s
10	ステージ3で球を穴に入れるのは簡単だった				n.s

($p < 0.01$:** n.s.: 有意差なし)

マウスのみを使用する操作は有効

調査協力者によって本アプリの難易度が異なる



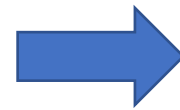
難易度を調整する機能が必要

結果・考察 - 自由記述による評価 -

カテゴリー	件数	記述内容例
値の変化と球の動きについて	6	・自分で色々変えることができるのが、とても面白かった。はね返りを少し変えることによりたくさんとんだりしているのがとてもすごかった。
再挑戦への意欲	3	・入れるときが楽しかった。勝ったときのたっせいかんやうれしきでまたやりたいと思うゲームだった
改善案	3	・もうちょっと玉をふやしたりしたらいいと思う
操作性の難しさ	1	・カーソルが画面から出るといったような方向に行かなかったり、思うように球に力を加えられなかったから、もどかしかった。
感想	1	・楽しかった

球の個数の不足

画面構成による操作性の低下



球の個数の調整機能

視覚的補助や画面構成の見直し

結果・考察 – 現役小学校教員へのインタビュー –

①仕様について

ステージによって段階的に学習ができた

②具体的な対象年代について

理解度や対応力の差によるが、小学4～6年生以降が対象になる

③理科教育の教材として活用できるか

実験の前段階に、「重さ」や「摩擦」などについて予備知識をつける補助教材として使うことができる

実際の授業での活用を想定した場合の評価

小学4～6年生以降が対象

ステージ構成によって段階的な学習が可能

授業において実験の前に予備知識をつける補助教材になる

まとめ

<研究の目的>

小中学生を対象とした力学学習支援アプリの開発
アプリの評価

<明らかになったこと>

主体的な学習を促すことができる
力学的な現象についての思考を促すことができる
簡単に操作できる
小学校4～6年生が対象
ステージ構成によって段階的な学習が可能
授業において実験の前に予備知識をつける補助教材になる

<改善点>

学習者のレベルにあわせて球の数を変更可能にする
視覚的補助や画面構成による操作性の向上