

# 物理現象を可視化する バウンドボールゲーミング教材の開発

長崎大学工学部工学科情報工学コース

瀬戸崎研究室 河邊桜

## 背景-理科教育

- **観察・実験**の結果を分析して解釈するなど科学的に探究する学習活動が**重視**されている



生徒自身が**観察・実験**を中心とした探究の過程を通じて、課題解決や課題発見の経験を増やすことが、**理科の面白さを感じ、理科の有用性を認識することにつながる**と考えている

(中央教育審議会, 2016)

# 背景-理科教育の現状

- 理科への関心

理科の内容はわかっているが楽しいとは思っていない  
学年が上がるほど、**関心が低くなる**

(国立教育政策研究所 TIMSS, 2019)

- 理科実験の現状

小中学校において観察・実験の回数が**減少**している

(国立教育政策研究所, 2022)

授業時間の確保・実験器具の不足

# 背景-先行事例

## VR物理実験支援システム(村上ら, 2020)

現実では再現しづらい事象をバーチャル環境で実現することで、学習意欲の向上や深い理解を促す新しい学習法になりうる

## 物理シミュレーション教材の事例

- ・直感的な操作で物理現象の理解を深める教材(加藤, 2004)
- ・間違ったシミュレーションを実行させることで本来の自然現象を再認識させる教材(内山, 2009)



高校生を対象とした教材

## ゲーミフィケーション教材

ゲーミフィケーションの要素を取り入れた教材は学習者のモチベーションの向上に効果的(福山ら, 2017)

## 背景-本研究の目的

**理科の面白さを発見させ、興味・関心を高めるために、  
物理シミュレーションを利用した理科教材にゲーミフィケーション  
を導入する**

### 目的

- 直感的に物理現象を学ぶことをねらいとした「バウンドボールゲーミング教材」を開発
- 小中学生を対象に評価する
- 本教材の利点や改善点を抽出し、今後の教材開発に向けた基礎データを得る

# 開発

- ゲーム開発エンジン「Unity」
- 小中学生を対象とする
- 4つのステージを通して  
摩擦・跳ね返り・重力・衝突角度を考える教材

重力: 地球ver

✓ 重力: 地球ver

重力: 月ver

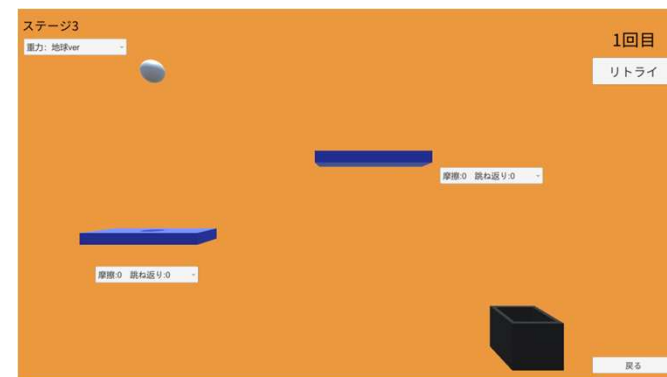


摩擦は「0, 1」の2つ

跳ね返りの値は「0, 0.5, 1」の3段階

重力は「地球重力と月重力」の2つ

板の角度は360度変更



スタート

ステージ1

ステージ2

ステージ3

ステージ4

# 活動内容

- 【チュートリアル】
- ・操作方法の確認
  - ・跳ね返りと摩擦の値によるボールの跳ね方の違いを確認

- ・ステージ1  
→地球重力
- ・ステージ2  
→月重力
- ・ステージ3  
→月重力
- ・ステージ4  
→地球重力

## 【ステージ】

- ・ 指定した重力のバージョンで  
5分間実施
- ・ 板の係数や角度を変更し,  
記録用紙に記入しボールを落下

ステージ4まで繰り返す

ボールが  
箱に入るまで  
繰り返す



# 評価方法

調査対象：本教材を体験した小中学生16名

- 4件法による主観評価(11問)

[興味関心・操作性・思考したか]

→肯定回答と否定回答に分け直接確率計算

「思考したか」に関する項目

→1要因参加者内比較

- 自由記述

[本教材の感想や改善点について]

→カテゴリ分類・集計

## 結果・考察-4件法（興味関心）

質問	肯定		否定		結果 (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	
興味深い教材だった	11	5	0	0	**
意欲的に取り組めた	16	0	0	0	**
摩擦や跳ね返りの値を変更することで 試行錯誤することができた	14	2	0	0	**

\*\*: $p<0.01$

学習者の興味を引き主体的な学びを促す教材

## 結果・考察-4件法（操作性）

質問	肯定		否定		結果 (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	
操作方法は簡単だった	10	4	2	2	**
摩擦や跳ね返りの値の変更は簡単だった	9	4	2	1	*
重力の変更は簡単だった	11	4	1	0	**
板の回転や移動は簡単だった	8	7	1	0	**

\*\*: $p<0.01$ , \*: $p<0.05$

本教材の操作は容易であった

## 結果・考察- 4件法（思考したか）

質問	肯定		否定		結果 (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	
摩擦が有るか無いかによる物理現象の違いについて考えた	10	5	1	0	**
跳ね返りの値による物理現象の違いについて考えた	8	8	0	0	**
重力の違いによる物理現象の違いについて考えた	6	7	2	1	*
板の角度によるボールの跳ね方の違いについて考えた	12	4	0	0	**

\*\*: $p<0.01$ , \*: $p<0.05$

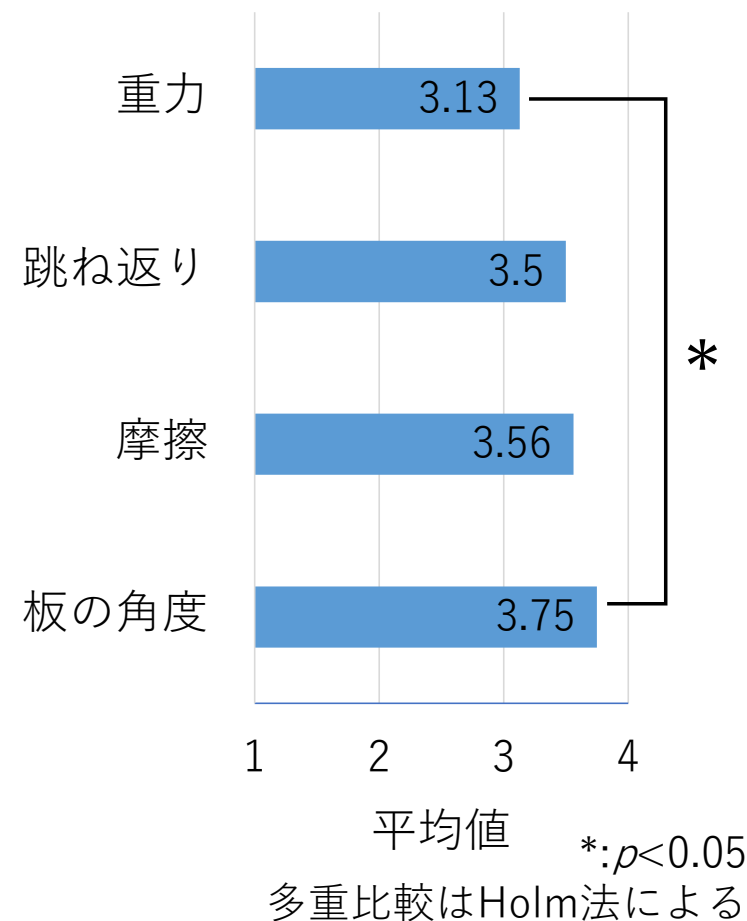
摩擦・跳ね返り・重力・衝突角度を考える教材として効果的

# 結果・考察-「思考したか」について1要因参加者内比較

「重力」と「板の角度」に有意な差があった

## 要因

- ・ 板の角度→学習者が設定
- ・ 重力→あらかじめ指定してあった  
学習者が設定することはなかった



## 結果・考察-自由記述（肯定的回答）

大カテゴリ	中カテゴリ	記述内容例
面白さ (17件)	物理現象 (9件)	はねる感じがおもしろかった
		月と地球の重力のちがいがよくわかった
		重力が月と地球で違うというところが変こうできることが「月なら」こうしよう「地球ならこうしよう」ということを考えることにもなるしひと工夫がとてもできた感じがした
	コンテンツ (3件)	ステージが4つあり、それぞれ違う所もあったので横の人と一緒にワクワクしながら取り組むことができた
操作性(2件)	その他 (5件)	たのしかった おもしろかった
		かんたんにそうさできおもしろかった

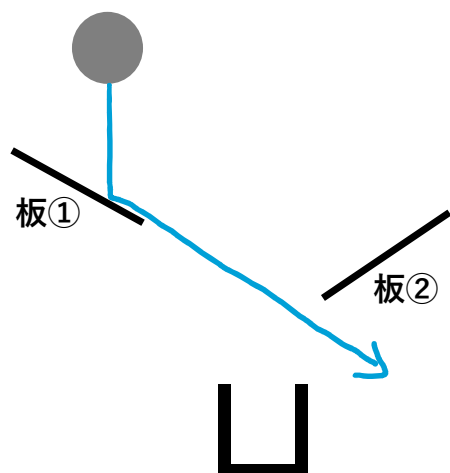
目に見える変化，試行錯誤が結果に結びつく  
→物理現象に興味を持つ教材として効果的

# 結果・考察-自由記述（否定的回答）

大カテゴリ	中カテゴリ	記述内容例
改善点 (11件)	操作性 (7件)	ボールを落とした時板がうごかなくなったり箱がうごかなくなったりするようにしたほうがいきがする
		回転そくどが少しおそかった
	リトライをボタン一つでできるようにしたらスムーズにいてあまり不満を感じないと思います	
表示方法 (2件)	色が全部青にならないほうがいい	
	リトライボタンをスタートとまちがえておしてしまうことがあったため、リトライはリトライでアルファベットキーにするか、スタートボタンを画面に表示させるかしたほうがいいと思いました	
その他 (2件)	いろいろな人が楽しめるものにすればもっとよくなると思います	
追加機能 (7件)	パラメーター (4件)	できればほかの惑星の時の重力やより細かい値の変更ができるようにしてほしいと思った
	摩擦の0.5をふやしてほしい	
コンテンツ (3件)	いろいろな板もあったらもっと楽しめそう	
	前回の数値や球のきどうを観れるようになったらもっと質がよくなるかと思います	
その他(1件)	ボールを2つ入れるなどのステージがあればおもしろそうだった	
		とちゅうで板をうごかして1発でたまをはこに入れたけど、ズルでとくてんにならなかった(4ステージ目)

# 結果・考察-活動観察①

摩擦はなくてよさそうだが跳ね返りは必要だと思考



板①(摩擦:0,跳ね返り:1),板②(摩擦:0,跳ね返り:0.5)

## 【発話内容】

B:摩擦要らんと思う。摩擦は0のままがいいと思う。

A:僕は跳ね返りはいるかなと思う。

B:跳ね返りはいると思う。

A: (板②を指しながら)跳ね返りは0.5くらいでいいかな

B:うん。



## 結果・考察-活動観察②

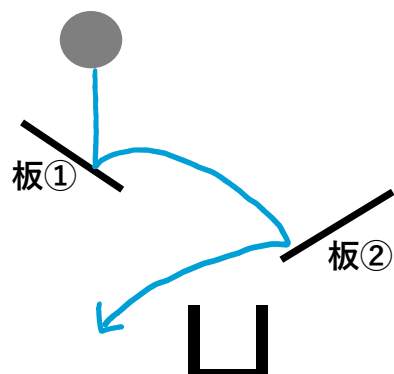


図1  
板①(摩擦:0,跳ね返り:1),板②(摩擦:0,跳ね返り:0.5)

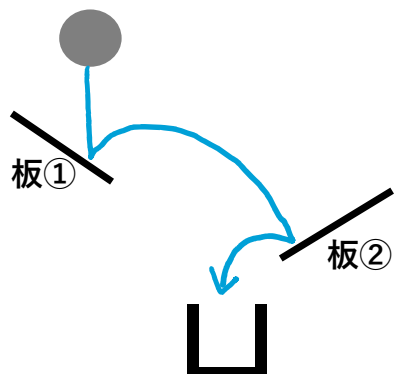


図2  
板①(摩擦:0,跳ね返り:1),板②(摩擦:0,跳ね返り:0)

板②の跳ね返りの値を小さくすると,遠くまで跳ねずに箱に入れることができるのではないかと思考

### 【発話内容】

B:跳ね返りないほうがいい気がする.

A:じゃあ0にしよう.

B:逆に跳ね返りがありすぎて,(図1のように指で示しながら)これがこうなった.これがこういくかも(図2のように指で示す).

- ・ 実験の結果を受け, 次の仮説について検討している
- ・ 対話的な学びができています

# まとめ

## 目的

- ・直感的に物理現象を学ぶことをねらいとした「バウンドボールゲーミング教材」の開発
- ・小中学生を対象に評価する
- ・本教材の利点や改善点を抽出し、今後の教材開発に向けた基礎データを得る

## 結果・考察

- ・摩擦・跳ね返り・重力・衝突角度を考える教材として効果的
- ・学習者の興味や意欲を高め、主体的・対話的な学びを促す教材

## 今後の課題

- ・コンテンツの改善（ゲーム中の操作，表示方法）
- ・パラメーターの追加や機能の追加