

投球ジェスチャーで結晶をぶつける リアルタイムシミュレーションシステム

2210566 二見 壤 成見哲研究室

1 はじめに

近年、物理現象や研究成果を、専門知識を持たない人にも体験を通して伝える「アウトリーチ」が、教育や展示などさまざまな場面で実践されている。しかし、物理現象などにおいては、数式や理論の説明だけでは、理解が難しいことがある。そこで、物理現象を仮想空間でシミュレーションすることで、理解が深める試みが教育の現場などで広く用いられている。しかし、物理シミュレーションは、キーボードやマウスの操作が中心であり、操作方法には慣れが必要である。そのため、物理現象を直感的に理解できる操作方法が求められている。

2 研究の目的

本研究の目的は、ユーザの投球ジェスチャーを取得し、その動作に基づいて仮想空間上の NaCl のイオンの衝突をリアルタイムに反映するシステムである。特に、専門知識を持たない人でも、投げる強さや投げる方向などを変えることにより衝突の様子を視覚的に理解できることを目指す。

3 既存研究

3.1 流体の性質を簡単に体験するアプリ

PhET Interactive Simulations が提供する Fluid Pressure and Flow は、流体の圧力や流れの性質を直感的に体験できる教育用シミュレーションである [1]。ユーザは配管の太さや高さ、流体の種類などを操作し、それに伴う圧力や流速の変化を視覚的に確認できる。数式を用いずに物理法則を理解できる点が特徴であり、専門知識を持たない人でもアプリを通して学習が可能である。このような体験型シミュレーションは、物理現象を視覚的に理解させる点で有効である。本研究も同様に、操作と物理現象を直接対応付けることで、専門知識がなくても理解しやすい体験型システムを目指す。

3.2 物体を投げる動作をモデリングにより解析する研究

横畑は、物体を投げる動作を対象として、投球フォームを数理モデルにより解析している [2]。人の腕や手の運動を力学的にモデル化し、初速度や回転などの条件を導出することで、投球動作を定量的に評価することを目的としている。本研究とは目的は異なるが、「投げる動作」を物理モデルとして扱い、運動結果を解析するという点で共通してい

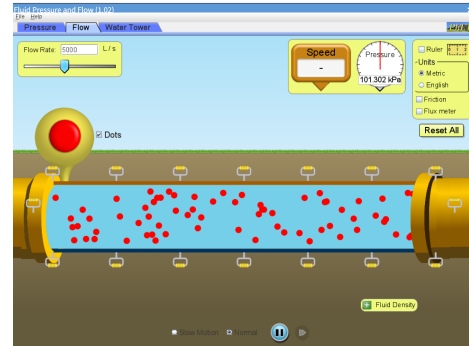


図1 流体のシミュレーションの様子 (参考文献 [1] より引用)

る。本研究は、このような解析的手法とは対照的に、投球動作を直感的な入力としてシミュレーション操作に利用する点に特徴がある。

4 システム概要

本研究で提案するシステムは、ユーザの投球ジェスチャーを入力として、仮想空間上で分子動力学シミュレーションをリアルタイムに操作する体験型システムである。Kinect [3] によって取得した人体動作情報をもとに投球動作を検出し、その結果を粒子の衝突としてシミュレーションに反映する。

図2に、本システムの利用イメージを示す。ユーザはKinectのカメラに向かって投げる動作を行い、その動作が検出されると、PC上の画面には仮想空間内で粒子が衝突する様子がリアルタイムに表示される。これにより、ユーザは「投げる」という日常的な動作を通して、粒子の運動や衝突現象を直感的に体験できる。

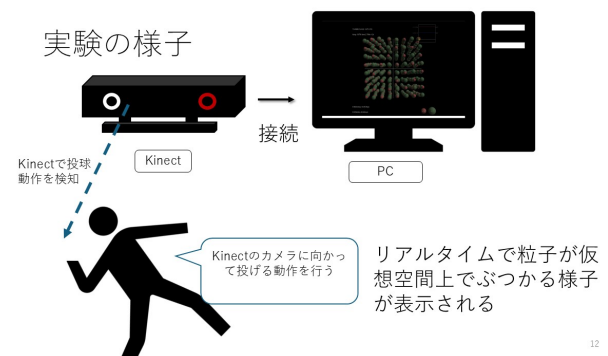


図2 システム概要

図3に、本システムの全体図を示す。まず、Kinectによりユーザの手や腕などの関節位置が取得される。Unityでは、関節位置の時間変化から手の速度を計算し、一定条件を満たした場合に投球ジェスチャーが成立したと判定する。なお、投球ジェスチャーの判定は以下の3つの条件を設けた。

- 手が肩より高い位置にある
- 手が前方向に一定の速度以上で動いている
- 手が肘より前にある

投球が成立した瞬間には、投げた際の速度や方向の情報がWebSocketと呼ばれる通信方式を利用して分子動力学シミュレーションプログラムへ送信される。シミュレーション側では、受信した情報をもとに粒子のスピードや方向を決定し、仮想空間内で粒子を発射・衝突させる。なお本研究で用いる分子動力学シミュレーションは、claret[4]をもとに作成した。claretはNaClのイオンの動きをリアルタイムに描画するものである。

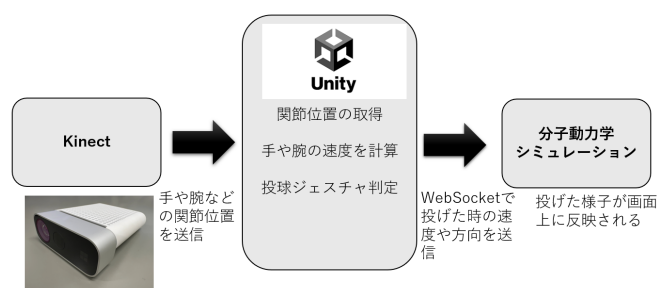


図3 システム全体図

5 評価

提案したシステムにより、投球ジェスチャーを用いたイオン衝突操作がリアルタイムに実現できることを確認した。ユーザが腕を振り、前方向に投げる動作を行うと、その瞬間にイオンが発生し、投球動作の強弱に応じてイオンの発射の速度が変化する様子を観察できた。さらに、投げるジェスチャーで方向を変えた時もその方向にイオンが発射されることを確認した。図4は、投球ジェスチャー入力に基づくシミュレーション反映の過程を示しており、左列が左方向に腕を弱く振った場合、右列が右方向に腕を強く振った場合である。上段から順に衝突前、衝突直後、衝突後しばらく経過した状態を示しており、投球動作の違いがシミュレーション結果に反映されていることが確認できる。一方で、Kinectによる骨格推定にはノイズが含まれるため、腕を素早く戻す動作や横方向への大きな動きにおいて、投球と誤認識される場合があることも確認された。

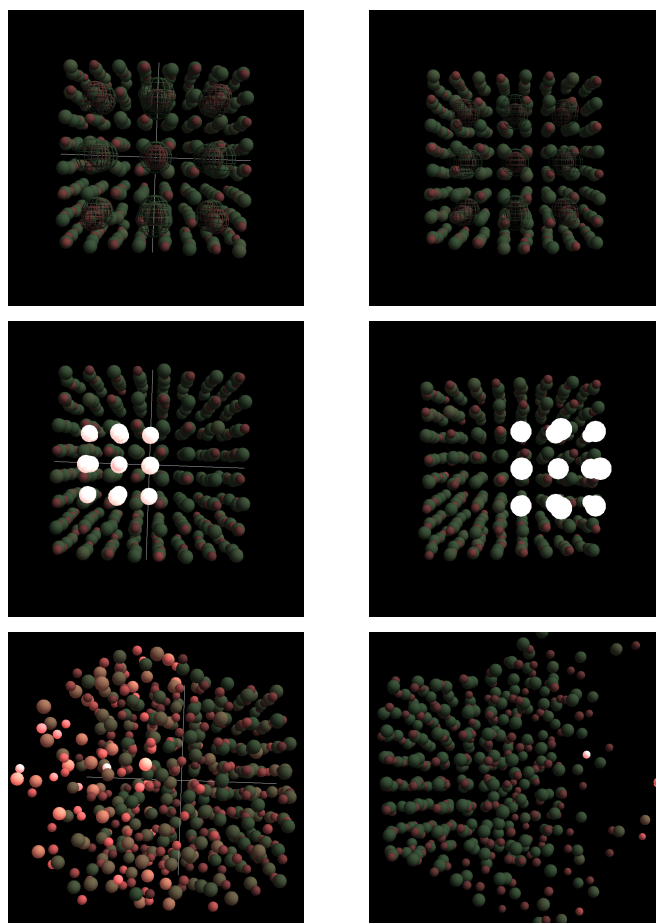


図4 投球ジェスチャーからシミュレーション反映までの過程（左列は左方向に腕を弱く振った場合、右列は右方向に腕を強く振った場合を示す。上から順に、衝突前、衝突直後、衝突後しばらく経過した状態を示す）

6 おわりに

本研究では、投球ジェスチャーを入力としたリアルタイム分子動力学シミュレーション手法を提案した。今後の課題として、まず投球ジェスチャー判定の精度向上が挙げられる。個人差や動作のばらつきにより、意図しない動作が投球として検出される場合がある。また、現在は投球動作を単純な条件で判定しているため、より自然な動作を安定して検出する工夫が必要である。

参考文献

- [1] PhET Interactive Simulations. <https://phet.colorado.edu/en/simulations/fluid-pressure-and-flow>. 2026年2月3日アクセス。
- [2] 横畑亮輔. バイオメカニクス投球シミュレーション. Master's thesis, 大阪大学大学院基礎工学研究科, 2014.
- [3] Microsoft. Azure kinect dk. <https://azure.microsoft.com/ja-jp/products/kinect-dk>, 2026. 2026年2月3日アクセス。
- [4] 古石 貴裕. リアルタイム表示 md シミュレーションプログラム claret ver.0.53. <https://polymer.apphy.u-fukui.ac.jp/~koishi/claret/index.php>. 2026年2月3日アクセス。