

物理エンジンを用いた新しい力学学習教材開発

Development of the new type educational system for elementary dynamics By means of physical engine libraries

藤井 研一, 宮本 優, 内之倉 和美, 塩谷 和之

Ken-ichi FUJII, Masaru MIYAMOTO, Kazumi UCHINOKURA, and Kazuyuki SHIOYA

大阪工業大学情報科学部

Faculty of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology

Email: kfujii@is.oit.ac.jp

あらまし：2次元運動シミュレーションが可能なソフトウェア Phun の教育効果を鑑み、3次元運動の可視化が可能なシミュレーションソフトウェアの意義を考察し、開発を目指す。実験とシミュレーションを中心とした新しい学習環境についても考察する。

キーワード：物理教育、シミュレーション、3次元、実験

1. 物理教育におけるシミュレーション

コンピュータシミュレーションは研究手法として物理学に重要な位置を占めており、宇宙、素粒子分野から物性分野まで幅広く研究に利用され、研究に欠かせない存在となっている。シミュレーション手法自体に関しても様々な研究がなされている。一方、物理教育においても、シミュレーションソフトウェアの有効性は古くから注目され、コンピュータのハードウェア自体の性能向上とともに、教育に携わる多くの人々の手で様々なものが開発され独自に利用されてきた。実験が困難な条件での物理現象を確認するためのものから、教育支援まで幅広い教育目的での利用が行なわれてきている。

教育分野におけるコマーシャルベースで利用可能なソフトウェアとしては、古くは Interactive Physics があるが、近年 Phun¹⁾ (現在の Algodoo) がその機能性と操作性により広く利用されている。(以下では本来の名称 Phun を用いて、このソフトウェアを表すこととする。)

Phun はスウェーデンの Emil Ernerfeldt が開発した物理シミュレーションソフトウェアである。この名前がすでに登録済みで混乱を招くおそれもあったため、現在は Algodoo と名称を変更しているが、力学を中心とした2次元の物理現象を手軽にシミュレート可能なソフトウェアである。質点や剛体の物理のみならず、流体の運動も近似的に再現可能である。物理定数も手軽に変更可能であり、高校生や大学生はもちろん、直感的に理解可能な操作性も相まって、知育教育用ツールとして幼児の興味も引きつけることができるようになっている。これにより物理学習にも大きな効果が期待できるものであり、現在、幅広い利用者を獲得している。利用者によるシミュレーション結果は保存可能であり独自の AlboxyouTube²⁾ という公式サイトや YouTube など

の動画投稿サイトに利用者の作品が動画として多数登録され自由に閲覧可能となっている。

Phun は現時点では、物理教育用として非常に効果的で、教育用途への使用では最適なソフトウェアの一つであると思われる。

ただ、本来 Phun が追求していた目的からすれば、問題ないことではあるが、シミュレート可能な運動が2次元のみであることと複雑な形状の運動物体の作成等に制約があることにより、リアリティを追求する上では制約がある。

一方、コンピュータゲームでは、高精細コンピュータグラフィックスが当たり前となっている。このため、ゲームに慣れ親しんだ物理学習者の自発的な関心と呼び覚ますためにはよりリアルな運動物体形状作成が可能であれば、より広い利用者獲得が可能になると思われる。

本研究では、教育用3次元運動のシミュレーションソフトウェアを検討し、開発を目指すものである。

2. 物理（演算）エンジン

近年、コンピュータ及びゲーム機のハードウェアの著しい性能向上により、コンピュータグラフィックス等に対する要求水準も高まり、ゲーム自体に非常に高いリアリティが要求されるようになってきた。これに伴い様々なゲームにおいて、より物理法則に忠実な運動の表出が要求されるようになってきている。このような要求を制作者側の負担増とならずに実現するために、物理演算エンジン（以下、物理エンジンと呼ぶ）が複数の企業により開発され、一般に提供されるようになってきた。これは、物理の知識を必要とすることなく、衝突などの運動を数値的に精度良く計算し、可視化するものである。この物理エンジンは物理演算専用のライブラリとして提供されている。代表的な物理エンジンとしては、Havok³⁾, Bullet⁴⁾, Box2D⁵⁾ などがある。このうち、Box2D は2

次元運動のシミュレーションのみを行うが他は3次元運動のシミュレーションも可能となっている。

これらは、いずれも C, C++, Java 等の言語を用いたプログラム開発時にライブラリとして使用可能となっているもので、Phun のように誰もが簡単に利用可能な応用ソフトウェアではない。このため、これら物理エンジンを利用するためには、プログラムの開発の経験が必要となる。これらのライブラリは様々なゲームに使用されており、その流麗なコンピュータグラフィックスと合わせ、物理エンジンの魅力を伝えている。また個人で物理エンジンを用いた開発を行なっているものもあり、成果が公開されているが、ユニークな物理シミュレーションによりその魅力を印象づけている。⁶⁾

3. 3次元運動シミュレーション開発

このように、物理エンジンの魅力は動画やゲーム等を通して広まっているにも関わらず、物理エンジンの基礎から説明する文献やサイトは未だ充分とは言えず、個々の制作者の努力に依存している部分が大きい。このため、物理エンジンをより手軽に利用出来る環境を作ることは、単に学校教育における物理理解を支援するに留まらず、広く物理への関心を呼び起こす意味でも価値があると考えられる。

我々は、物理エンジンとして Bullet を用いて、直感的な graphical user interface (GUI)を持つアプリケーションの開発を行なっている。

4. 3次元シミュレーションの教育応用

シミュレーションとその可視化がどれほど高精度、高精細になっても、本来の物体の運動に対する実験抜きに物理理解は困難である。物理理解のためには、運動の身体的な理解が不可欠で、運動方程式を理解するためには、質量に関する感覚的な把握を避けて通れない。このような身体による運動理解がなければ、運動のイメージ形成は困難と思われる。この意味でも実験と理論は相互に補い合うが、特殊な機器を擁せずに実験を行った場合、必要な要素抽出が難しい。例えば、自由落下とニュートンの運動の第二法則の対比においても、まず空気抵抗を排除することが不可欠であり、この上で初めて原因となる重力とその力による等加速度運動とが比較できることとなる。しかしながら、学習者の日常で観測できる落下運動では、空気の排除が非常に困難である。要素還元が本質的な意味をもつ物理学習において、このように天降りではなく、要素分解が学習者個人の経験世界における物理理解につながると考えられる。

物理シミュレーションはこのような実験と理論を結びつける上で非常に重要な位置を占める。個人が手軽に利用できる物理シミュレーションソフトウェア開発はこのような物理学習に大きな意義を加えるものと考えられる。

参考文献

- (1) Phun.jp : <http://www.phun.jp/>
- (2) Algodoo のサイト : <http://www.algodoo.com/algobox/>
- (3) Havok のサイト : <http://www.havok.com/jp>
- (4) Bullet のサイト : <http://bulletphysics.org/wordpress/>
- (5) Box2D のサイト : <http://box2d.org/>
- (6) http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=NjVVunOZEO8