



宮城県泉館山高等学校 加藤 徳 善*

目的

惑星運動、分子運動など実験・観察が難しいものや、波動の重ね合わせなどでは、コンピュータシミュレーションが現象の理解に大変有効な手段となる。

そこで、最近のコンピュータの性能を生かして、従来は計算能力が不十分でシミュレートできなかった分野も取り上げ、操作もマウスを用いて簡略化して、誰でも簡単に利用できる物理関連のコンピュータシミュレーション教材ソフトを作成した。

また、これらをインターネット上で公開することで、いつでもどこからでも利用できるようにした。

概要

I. 作成したソフトの特徴

惑星運動、分子運動、波動などのテーマで複数ソフトを作成したが、次のような特徴をもつ。

1. 最新のプログラミング言語Javaを用いたことで、インターネットのWWW閲覧ソフトを用いて簡単に利用でき、しかもOSの種類を選ばない。
2. マウスで直感的に操作でき、生徒などが容易に楽しみながらシミュレーションを体験できる。
3. 惑星運動などの、運動方程式を数値的に解くシミュレーションでは、4次のRunge-Kutta法を用いたことで、運動を精度よく求めている。

II. 作成したソフトの紹介

1. 万有引力のもとでの惑星運動、太陽・惑星・衛星運動 (図1、2)

運動方程式と万有引力の法則を基に数値計算によって天体の座標を求め、なめらかに動くようにグラフィックス表示をするソフト。既存の同様のソフトでは、計算誤差のため軌道が徐々にずれることがあったが、本ソフトでは、4次のRunge-Kutta法を用いたことでそのような問題点が大幅に改善されている。操作も、マウスで目的の星を引っ張るようにして位置や速度を直感的に変えることができ、ケプラー運動をさまざまな初期条件について試したり、仮想の太陽系を作ってみることができる。

惑星運動のシミュレーション(万有引力で遊ぼう)

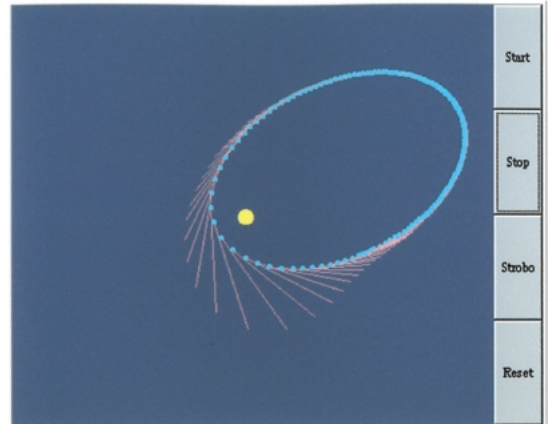


図1 万有引力のもとでの惑星運動
黄色い円が太陽、水色の点が惑星を示している。ピンクの線は速度ベクトルである。

惑星運動シミュレーション2(太陽系をつくろう)

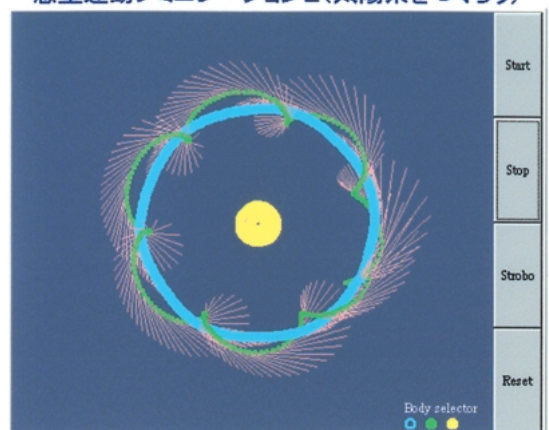


図2 万有引力のもとでの太陽・惑星・衛星運動
黄色い円が太陽、水色の点が惑星、緑の点が衛星を示している。

* かつう のりよし 宮城県泉館山高等学校 教諭 〒981-3211 宮城県仙台市泉区長命が丘東1番地

☎ 022 378-0975 E-mail norimari@mx.mesh.ne.jp

2. クーロン力による散乱 (図3)

原子核によって 粒子が散乱されるようすのシミュレーション。 粒子の初速度を変えられるだけでなく、原子核の電荷の広がりも変えることができる。

クーロン力による散乱(原子の構造を見るには?)

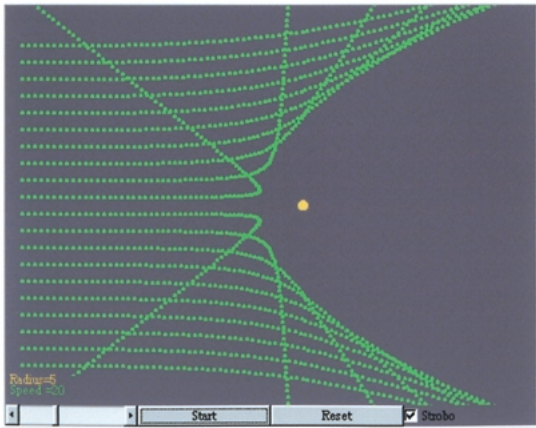


図3 クーロン力による散乱
中央の円が原子核、緑の点が 粒子を表している。

3. 気体分子運動と圧力 (図4)

なめらかに動くピストンでシリンダ内に閉じこめられた気体分子が、ピストンに衝突することによって圧力が生じるようすをシミュレート。気体の状態方程式を力学的に理解できる。

気体分子運動のシミュレーション(圧力の生じる理由)

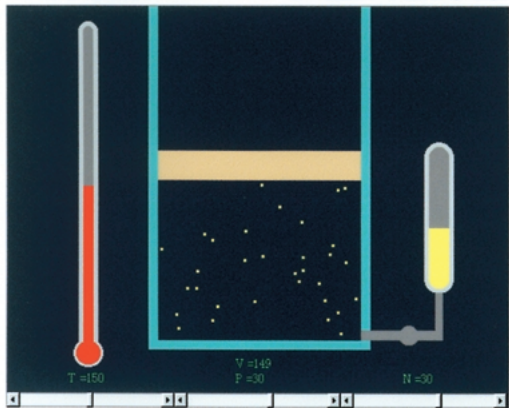


図4 気体分子運動と圧力
スクロールバーで、温度、外圧、粒子数を変えることができる。

4. 物質の三態変化 (図5)

分子間力を働かせた分子集団が、冷却されるに従い、気体から、液体、固体へと状態を変化させていくようすをシミュレート。運動方程式を8体について解いている。

分子ビリヤードで遊ぼう(気体、液体、固体って何?)

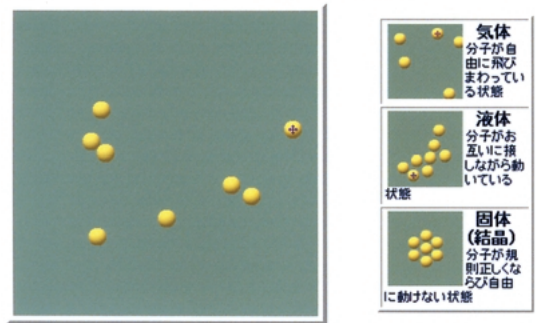


図5 物質の三態変化

お互いに分子間力で引き合っており、印のついた分子をマウスで自由に動かすことができる。

5. 波動関連のシミュレーション

(1) 等速円運動・単振動・正弦波の関係 (図6)

等速円運動・単振動・正弦波の関係を説明するのに便利なソフト。ボタンでストップ、ステップ動作、逆戻りなどができる。

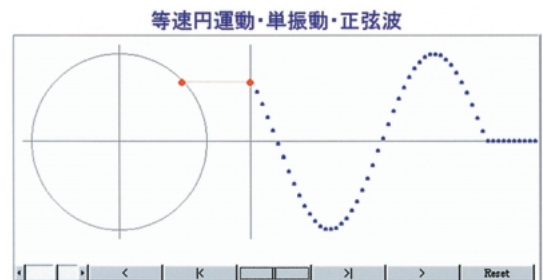


図6 等速円運動・単振動・正弦波の関係
下のボタンで、動きを自由にコントロールできる。

(2) 波の重ね合わせ、定常波、波の反射 (図7、8、9)

波の重ね合わせ、反射による現象を説明するのに便利なソフト。基本操作は(1)と同じであるが、右進行波と左進行波の成分を表示するかどうかをチェックボックスで選択できる。

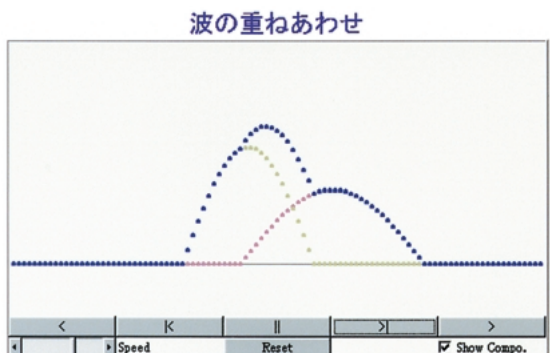


図7 波の重ね合わせ
チェックボックスで波の成分を表示できる。

定常波

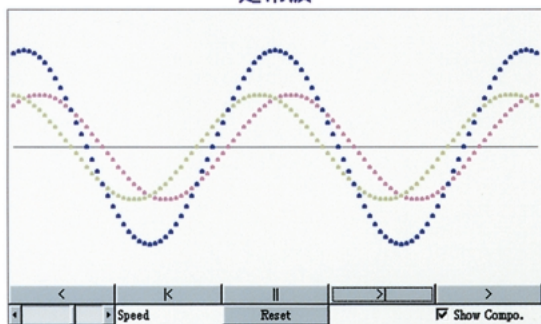


図8 定常波

波の反射1(正弦波)

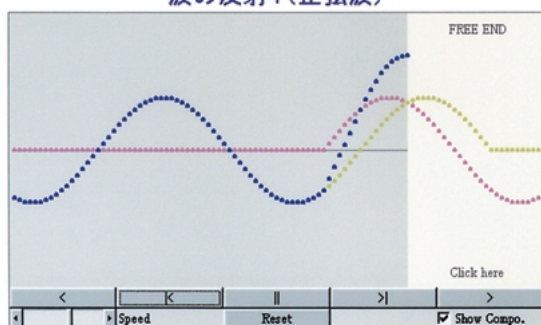


図9 波の反射

端をクリックすることで、自由端・固定端を切り換えることができる。

(3) ホイヘンスの原理による波の反射・屈折 (図10)

屈折率の違う媒質の境界における反射・屈折をホイヘンスの原理を用いて説明するのに便利なソフト。入射角や媒質の屈折率をマウスで簡単に変えることができる。

ホイヘンスの原理による波の反射・屈折

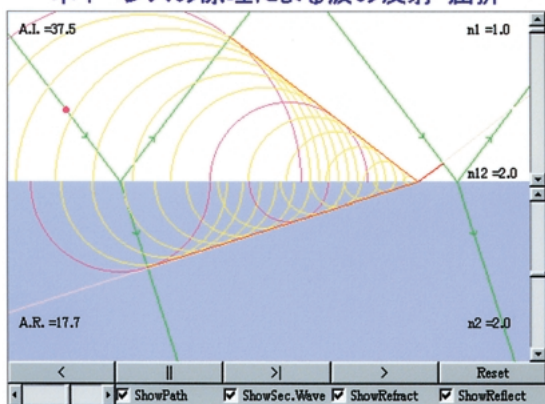


図10 ホイヘンスの原理による波の反射・屈折
チェックボックスで表示モードを、右のスクロールバーで媒質の屈折率を変えることができる。

これらのソフトは次のホームページで利用でき、ソフトをダウンロードすることもできる。

「のりさんのパソコン物理」

<http://www2.biglobe.ne.jp/~norimari/sciencenori.html>

学習指導方法

作成したシミュレーション教材は、平成9年3月から作成順に筆者のホームページで公開しており、日本や海外のさまざまな方から利用していただいている。

筆者自身は授業の中でコンピュータの画面をスキャンコンバータを介して大型のテレビに映す簡易提示装置を用い、主に波動の授業で活用している。

また、平成11年3月に、勤務校のコンピュータ室に校内LANを構築し、LANに接続されたすべてのコンピュータで利用できるようにして、生徒が自らコンピュータを操作しながら体験するかたちで分子運動等のソフトを活用している。

実践効果

- ・簡易提示装置を用いた波動分野の授業についてのアンケートによると、「大変わかりやすい」、「わかりやすい」の回答が合わせて87%に上った。
- ・校内LANを用いて生徒が操作しながらシミュレーションを体験した場合、条件をいろいろ変えながら嬉々として主体的に取り組んでいるようが見られた。
- ・コンピュータや物理シミュレーションへの興味関心が高まり、またやってみようという感想が多かった。

参考文献および関連ホームページ

- ・三島信彦：「マイコン物理」共立出版
 - ・藪下 信：「初等数値解析」森北出版
 - ・河西朝雄：「Java入門」技術評論社
- なお、作成にあたっては「Java物理教材メーリングリスト」(<http://www.nep.chubu.ac.jp/~nepjava/>)での情報交換が有益であった。その中でも特に長嶋登志夫氏(元中部大学) 神川定久氏 (<http://www.bekkoame.or.jp/~kamikawa/>) 北村俊樹氏 (<http://www.bekkoame.or.jp/~kitamura/>) などに大変お世話になった。感謝申し上げる。