

Java3D による演示用 3 次元物理シミュレーション

徐 丙鉄

近畿大学 工学部 情報システム工学科

講義で演示することを目的に、Java3D を活用して、3 次元物理シミュレーション教材を制作した。物理のリアリティを実感させるには演示実験が最も効果的であるが、演示実験では実現が難しい場合や観察が困難な場合には、シミュレーションが効果的である。また、演示実験では困難なパラメータ変更も容易で、見せたいものを見せることができ、3 次元表現と相まって、学生の理解を深めることができる。

Computer Simulations using Java3D for Demonstrations in Lectures on Physics

Byon Chol SO

Department of Information and Systems Engineering
School of Engineering, Kinki University

Abstract

3D-simulations using Java3D are produced for demonstrations in lectures of physics. Though demonstrations of real experiments are the most effective to realize reality of physics, in some cases there are difficulties in achieving or observing experimental demonstrations. Such cases, PC-simulations are more useful and effective.

Because parameters changes are easy in PC-simulations, we could show the phenomena what we want to show. Students can deepen the understanding of physics by the simulations.

1. 工学部の物理教育の目標

物理学は、自然現象の観察とそれに基づく論理的思索と実験を通して、多様な自然現象を普遍的法則に基づき統一的に理解しようとする試み・態度であり文化である。物理教育においては、「科学は全て実験科学であり、法則の正しさは実験で検証される」ことを認識させることが先ず重要である。科学は知識の単なる集積ではない、「科学する」行為である。故に「科学する」態度を養うことが教育目標となる。

そのためには、リアリティを伴った学習が行われ、今学んでいる対象は目の前にある自然であると認識する必要がある。物理学を座学で教科書をベースに教え授けるだけでは、単なる知識と

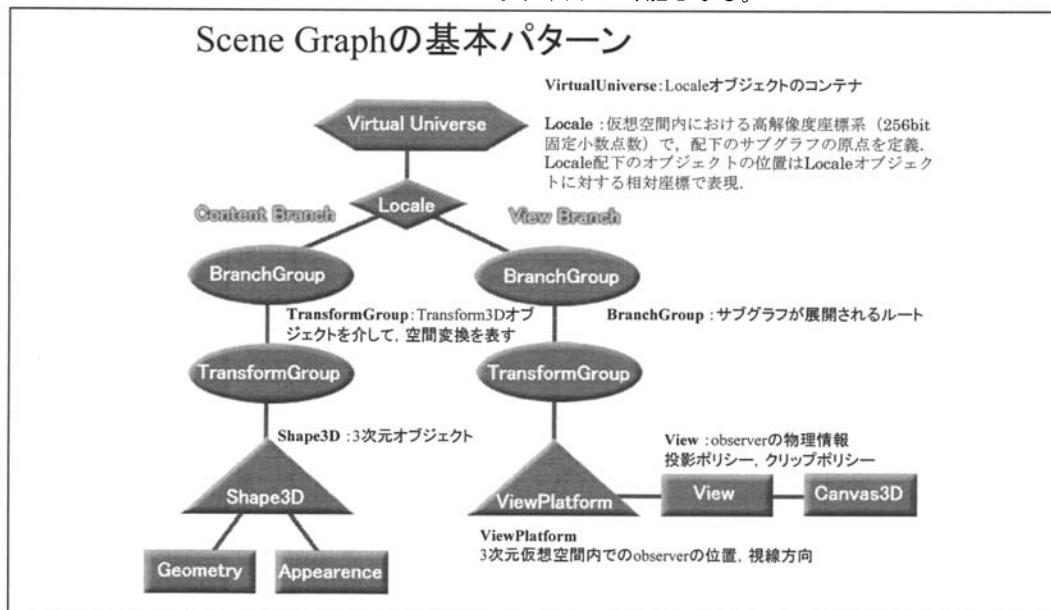
しての理解に留まりがちで、数学の文章題を学ぶように物理学を学ぶことになる。このような自然現象に対するリアリティを欠いた学習は、物理法則の普遍性に対する認識も現象の実体に対する把握も不十分になり、現象を基本法則に従って解釈することを忘れ、学んだはずの物理法則に反することでもおかしいと思わずに、誤った迷信や直感で判断してしまうことにもなりかねない。このような状況は物理学の学習が行われたとはいえない。

2. 多様な教育手法の必要性：演示シミュレーションの役割

近年、理工系であっても物理を履修せずに入学する学生、物理を履修はしたが受験科目としては選択せず、物理に対して受験勉強というハードトレーニングの機会を逃した学生、が結構な割合で存在するようになった。さらには、論理的な思考に慣れていない、基本的な計算能力が不足している学生も見受けられるようになってきている。このような学生に対して、有効な物理教育を実施するに講義のみでは困難で、多様な手法を様々に組み合わせる必要がある。動機づけとして講義への演示実験の積極的導入、理解を深め興味を持たせるために PC シミュレーションの活用、理解を深めるとともに確認と定着のための e-Learning の活用など多様な手段を多重に組み合わせた教育を用意することが必要な状況となってきた。

3. Java3D とは

Java3D は、3 次元空間内の物体の geometry と appearance, 配置や視点を tree 構造の Scene Graph で記述し、レンダリングエンジンがそれを描画するというプログラミングモデルである。3 次元空間内の物体の運動は Scene Graph を変更することで表現する。また、3 次元空間のサウンドスケープもレンダリングできるので、Java3D を活用すれば、プラットフォームに依存せずに、物理教育に役立つ力学シミュレーションの 3 次元表示が可能となる。



4. 演示シミュレーションにおける Java3D の活用

Java3D を活用し、大学初年級の物理学の講義で活用する「演示用シミュレーション」として、「コマの歳差運動」、「フーコーの振り子」、「ドップラー効果」などを制作した。

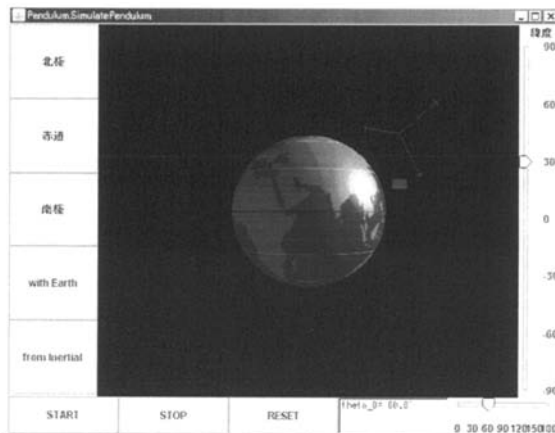
4-1. コリオリの力：地球は回っている。見かけの力とは

地球の極においては、振り子の振動面の回転運動は直感的にも理解しやすい。地球の自転の角速度を ω とすると、地球の極において、振り子の振動面は地表に固定した座標系から見ると自転とは逆向きに ω で回転する。講義では、慣性系では振り子の振動面は回転しないから、地表から見ると振り子の振動面は地球の自転とは逆向きに ω で回転すると解説することが多いのではないだろうか。

一方、赤道上では地表から見て振り子の振動面は回転しないが、これには少し悩む

学生がいる。この現象を説明するのに極における論理をそのまま使うわけにはゆかない。さらに緯度 α における振り子の振動面の回転の角速度が $\omega \sin \alpha$ となることは直感的には理解しづらい。

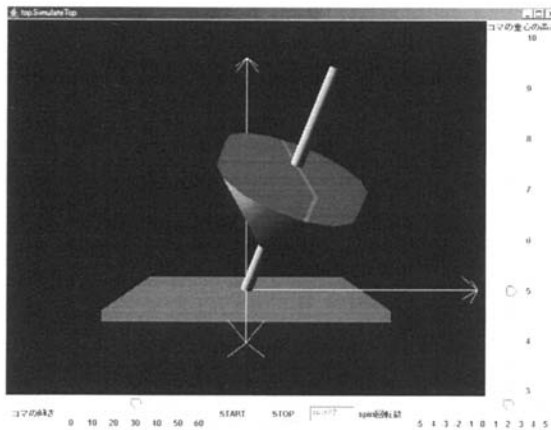
このシミュレーションでは、スライダーで緯度を指定し、その地表での振り子の振動運動を、慣性系と地表に固定した座標系で観察できる。講義では、地表に固定された座標系は地球の自転に伴って回転する。その影響は、地表に固定された座標系の $x-y$ 面が傾く成分： $\omega \cos \alpha$ と z 軸周りのスピン成分： $\omega \sin \alpha$ に分解することができる。極では、 ω の全てが z 軸回りのスピン成分であり、一方赤道では、 ω の全てが $x-y$ 面の傾き成分である。これらのことを、極、赤道、中緯度でのシミュレーションを見せながら解説する。



4-2. コマの歳差運動：回転物体は力のモーメントの方向へ首を振る

私は、大学初年級の力学における最終テーマとしてコマの歳差運動を取上げることになっている。

自転しているコマの軸は、直感に反して、力の方向ではなく、力のモーメントの方向へ首を振ること、地球も巨大なコマであり、赤道方向へ扁平した回転楕円体なので太陽からの万有引力による力のモーメントで自



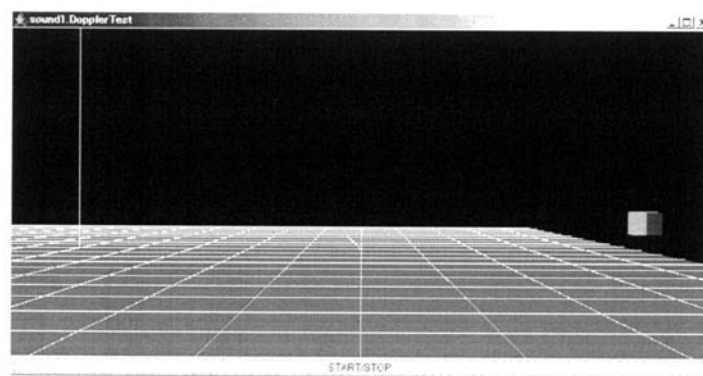
転軸が首振り運動をしており、現在は自転軸の北が北極星を指すが、13000 年経過すると琴座の α 星（織女星）を指すことなどを解説する。

コマの運動は、現象を数式で理解する例として、現象、法則、数式を相互に紐付け、しかも学生にも身近でかつ興味を持てるテーマであり、物理学の威力を実感できる事例であると思う。

ところで、実物でのシミュレーションはリアリティが高いのはよいが、大教室では視認性が悪く、パラメータの変更も一般は容易ではない。一方、シミュレーションではパラメータを自由にコントロールして、見せたい現象を見せることができる。講義においては、実物で演示実験後、PC シミュレーションを活用するのが最も教育効果が期待できるのではないかと。コマの歳差運動も、地球ゴマを使った演示の後に、理論的解説をしながらシミュレーションで現象を確認してゆくことが望ましい。

4-3. Doppler 効果

Doppler 効果の教育用シミュレーションの多くは、2次元表示で音源の運動に連れて波面が広がる様子をシミュレーションし、波長の変化する様子を可視化する。Java3D のサウンド機能を活用すると、実際の音を出し聞くことができる。従来の波面の可視化と組み合わせれば、ビジュアルな波長の変化の理解と音の体験とが紐付けられ、より一層理解が深まるのではないだろうか。



サイレンを鳴らしながら等速円運動するキューブ

5. まとめ

Java3D を利用して、講義で利用する演示用シミュレーション教材を制作した。3次元表示することにより分かりやすくなる物理テーマがある。パラメータを自由に選び、見せたいものを見せたいように見せることができるシミュレーション教材での3次元表示には教育効果を期待できる。

References

- 1) 徐 丙鉄「Java 物理シミュレーションと物理副読本、Flash と e-Learning」JUCE Journal Vol.12, No.3, pp.14-16 (2004)
- 2) 中村泰之他「Java3D を用いた科学現象の視覚化に関する勉強会の報告 2」2002 PC Conference 論文集 (2002)