

LabVIEW を用いた波動シミュレーションの教材開発と授業実践

池口 良太¹, 内山 哲治²¹ 宮城教育大学大学院 教科教育専攻理科教育専修² 宮城教育大学 教育学部理科教育講座

物理離れの原因の一つに、イメージする能力の欠如が挙げられる。そこで、視覚的に捉えられイメージを作りやすいデジタル教材に着目した。しかし、現存のデジタル教材では、パラメータ変更の不可能なものや、プログラムの再起動を必要とするものが多く、授業で自在に扱えない。そこで本研究では、イメージ作成が困難な分野の一つである波動において、自由に操作でき、授業で扱いやすいシミュレーション教材の開発を行った。開発環境には、初心者でも扱いやすいプログラミング言語 LabVIEW を用いた。その結果、従来のシミュレーション教材の良さを活かしつつ、直感的に操作でき、パラメータを自在に変更できるといった利点を持つ波動シミュレーション教材を開発することができた。開発したプログラムの有用性を確かめるために、高等学校において授業を行った結果、動く波を見てイメージしやすかったなどの意見が多く、非常に有効であることが分かった。

キーワード: LabVIEW, シミュレーション, 教材開発, 波動, 授業実践

1. 背景と研究目的

現在、理科離れ、特に物理離れが問題視されている。原因の一つに、数式の意味を読み取り、イメージする能力の欠如が考えられる。現象に対してイメージを作成するには、実験が最適である。しかし、現状の教育現場では、授業時間や実験設備の制約などもあり、普通の授業で実験まで行うことは難しい。

そこで、簡単に準備でき、視覚的に捉えられるデジタル教材に着目した。デジタル教材は Web 上でも入手可能である [1-3] ので、限られた授業時間の中でも使用しやすい。また、結果が明確であり、視覚的に現象を捉えることができるため、生徒がイメージを持つことが期待される。

しかし、現存のデジタル教材には難点も挙げられる。動画や FLASH アニメでは、パラメータの変更が不可能で、現象を自在に表示できない。パラメータの変更が可能なシミュレーション教材もあるが、プログラムを一旦止め、再起動が必要で

あるものが多い。また、操作ボタンが分かりにくいものも多く、直感的に操作しづらい。これでは、授業者が自在に操作できず、思うように授業に取り入れられない。

そこで、本研究では、初心者でも扱いやすいグラフィック型言語 LabVIEW を用いて、自由に操作でき、授業で扱いやすいシミュレーション教材の開発を行った。教材開発の分野は、動的なイメージが困難と考えられる波動分野を中心とした。また、開発したシミュレーション教材の有用性を探るために、授業の実践を行った。

2. 開発したシミュレーション教材

これまで LabVIEW は、理工系分野の測定・制御用言語として広く開発されてきたが、今回、高等学校教育における教材開発に適用した。その理由は、次に挙げる LabVIEW の特長による。

1) テキストベースとは異なり、配線を繋げて視覚的にプログラムを構築する (図 1) ので、

- 初心者にも扱いやすい。
- 2) プログラムの再起動の必要がなく、実行中に制御パラメータの変更が可能である。
 - 3) スイッチやメーターなど多種多様な操作ボタンがあり、それらを自由に配置できる。
 - 4) プログラム構築部とグラフ表示・パラメータ操作部分に分かれている。

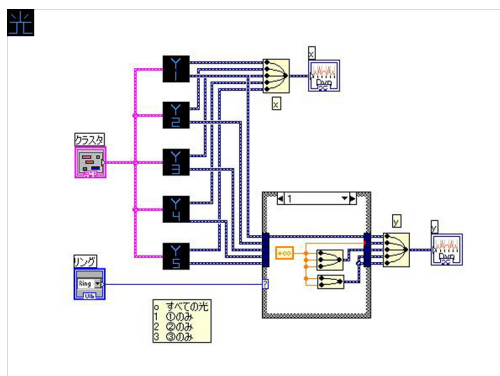


図1 LabVIEW プログラム構築部

これらの特長により、直感的に操作でき、自在にパラメータの変更が可能な教材が開発できるようになる。開発した波動シミュレーションは、『波の性質』・『ドップラー効果』・『レンズ』・『顕微鏡』・『円運動』・『ボーアの量子論』など多岐に渡る。ここでは、その中で授業実践に使用した『波の性質』・『レンズ』および『顕微鏡』について述べる。『波の性質』は、波の基本的な性質を動的に表示できる波動シミュレーション教材である(図2)。タブ操作により、「定常波」「波の反射」「縦波」の3種類のモードに切り替えられる。各モードにおいて、進行方向・振幅・波長・周期・自由端/固定端・合成波や縦波の表示/非表示および実行速度など、様々なパラメータを再起動の必要なく変更することができる。その変更は時間差無く反映されるため、振幅を変更すると波の高さ方向が伸縮し、振幅は波の高さに対応していることが直感的に学べる。

「定常波」のモードでは、横波2つとその合成波をそれぞれ別々に表示できる。パラメータを自在に変更することで、単振動と波形・重ね合わせの原理・定常波などの高校物理のさまざまな内容

を学習することができる。例えば、媒質を1つハイライトできるので、1つの媒質に注目させた場合、その媒質は単振動を繰り返すことになる。各媒質を考えると、各々位相がずれた単振動を繰り返している。しかし、各媒質をつなげた場合、全体として、進行波を形成することが学習できる。さらに、波形の配色においても、授業で黒板に記述しやすいように、白・赤・緑を使用した。また、作成者以外でも直感的に使えるように、振幅のパラメータ操作部は縦スライドを、波長は横スライドを使用するなど、パラメータ操作部の形も工夫した。

「波の反射」モードでは、波の反射の様子が表示できる。自由端反射と固定端反射を切り替えることができ、どちらの場合も合成波は定常波となることが観測できる。

「縦波」モードでは、縦波を動的に表示できる。教科書や黒板での静止した形では、イメージがわきにくい縦波だが、動的に表示すると現象を捉えやすい。また、縦波を横波に変換した波も同時に表示でき、縦波と横波の対応を観察することができる。

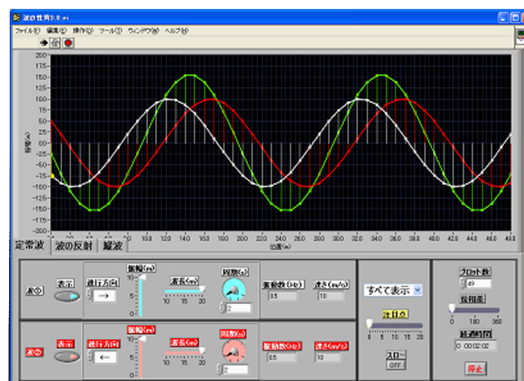


図2 波の性質 グラフ表示・パラメータ操作部
白が右進行波、赤が左進行波、緑が合成波を表す。

『レンズ』は、物体から出た光がレンズによって屈折し、結像するまでを表示するシミュレーション教材である(図3)。物体の位置はドラッグで変更できるため、結像の位置と種類・大きさを直感的に学ぶことができる。さらに、「凸レンズ」「凹レンズ」のモードを切り替えることができ、

凸レンズと凹レンズの関係を同一光学配置において、連続的に学習することが可能である。

高校物理では、単純化のために、レンズの厚みをゼロとして教える。しかし、シミュレーションでは、異なる媒質の境界で光が屈折するという屈折の本質を教えるために、光が空気からレンズに入る境界および、レンズから空気に出る境界の2段階で屈折するようプログラムを作成した。また、レンズの厚さと焦点距離を変更することもできるようにした。この結果、レンズの厚さを連続的に変化させ、レンズの厚さをゼロにすると、光の屈折が1回になることが分かる。これにより、高校物理でレンズの厚さをゼロとして扱っている意味が明確に理解できるようになる。

「凸レンズ」のモードでは、代表的な3つの光線①光軸に平行にレンズに入射する光②レンズの中心を通る光③物体側の焦点を通過してレンズに入射する光が表示される以外に、レンズの上下の頂点を通る光も表示される。これにより、代表的な3つ以外の光がどのように進むかを考えやすい。また、表示する光線はプルダウンで選択でき、すべての光線を表示することも、各光線1本ずつ表示することもできる。1つの光線だけを表示し、どのような法則を持って屈折するかを生徒に観察させたり、またそのヒントとして、表示させる光を変更したりと、シミュレーション教材を柔軟に扱うことが可能となる。

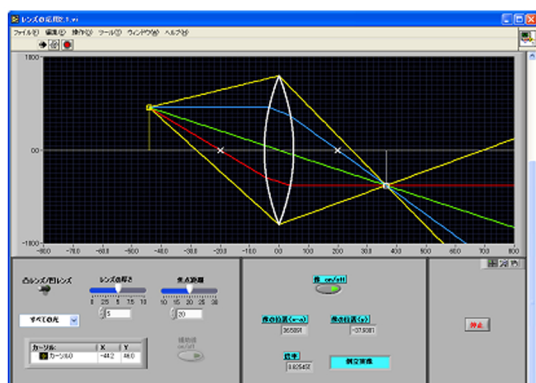


図3 凸レンズ グラフ表示・パラメータ操作部
青が①光軸に平行にレンズに入射する光、緑が②レンズの中心を通る光、赤が③物体側の焦点を通過してレンズに入射する光である。

「凹レンズ」のモードでは、補助線の表示/非表示が切り替えられ、光の屈折の法則性が視覚的に理解できるようになっている。補助線のボタンは、「凸レンズ」モードでは必要ないため、ボタンが無効になり、操作が不可能になるように設定した。

『顕微鏡』は、物体から出た光が2枚の凸レンズによって屈折し、結像するまでを段階的に説明できるシミュレーション教材である。シミュレーションでは、次の順番で段階的に表示される。①対物レンズの焦点の外側にある物体から出た光が、対物レンズで屈折する。②接眼レンズの焦点の内側で倒立の実像を結ぶ。③実像から出た光が、接眼レンズで屈折し、倒立の虚像を結ぶ。以上のように、対物レンズで実像を作り、接眼レンズでその実像が拡大できることを学習する。

1枚のレンズでは実現不可能だった倒立実像が、2枚のレンズを用いることで、初めて実現でき、「虚像＝正立」という生徒の誤った概念を覆すことができる。倒立のため、顕微鏡のプレパラートの動きは上下左右反対であることにも言及できる。

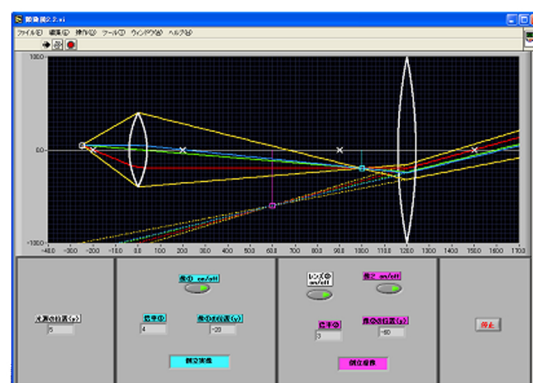


図4 顕微鏡 グラフ表示・パラメータ操作部

また、物体の位置をドラッグにより移動可能にすることもできたが、ここでは顕微鏡の仕組みに重点を置き、余分な要素を取り除いた。さらに、最初のボタンを押すまで次のボタンが無効になるようにプログラムし、ボタンを押す順番を間違えないように工夫した。

3. 授業実践

開発したシミュレーション教材の有用性を探るために、仙台高等学校にご協力いただき、理系3年生に対して3回の課外授業を行った。

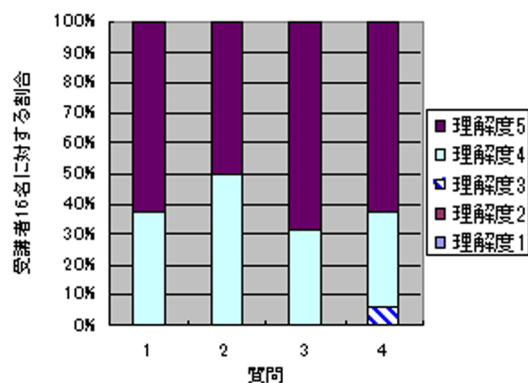
1・2回目の授業では、発問の正解発表にシミュレーションを用いた。結果を即時提示し、明瞭に答えを提示できる、といったデジタル教材の利点や、プログラムの実行中にパラメータを変更し、動的な変化を提示するといったLabVIEWでの利点により、生徒たちからは、現象をイメージやすかったとの回答が多く寄せられた。

生徒から自分で操作したいとの意見があり、3回目の授業では、生徒1人に1台のパソコンを用いて、シミュレーション教材を操作し、物理の動的な変化のようすを体験してもらった(図5)。



図5 仙台高等学校での授業の様子

表1 第3回授業 アンケート結果



授業後のアンケート結果を表1に示す。質問内容は、1:授業が分かりやすかったか、2:シミュレーションにより理解は深まったか、3:凸レンズでの光の進み方は理解できたか、4:凹レンズでの光の進み方は理解できたか、である。これを見ると、不慣れな凹レンズのところでは若干理解度が落ちるが、全体にわたって理解度1・2の人が居らず、非常に理解できていると考えられる。また、アンケートの自由記述欄には、自分で操作・体験して学べたというような、実現が困難な実験を、シミュレーションを通して体験し理解できたという意見が多かった。

4. まとめ

これまで測定・制御用に特化して開発されてきたLabVIEWを、教育用シミュレーション教材として展開した。LabVIEWにより開発した教材は、簡単に準備ができ、動的変化を捉えられるといった従来のシミュレーション教材の良さに加え、操作部分も視覚的に配置できるので扱いやすいといった利点があることを確認した。授業では、シミュレーションの実行中にパラメータを変更できるので、より詳細な運動の変化を明示することが出来た。さらに、操作方法が分かりやすく、直感的であるので、生徒自身が個人学習で扱うことも出来た。

これらの開発したシミュレーションソフトは、現在、広く使って頂くために、宮教大内山研究室のホームページ[4]でフリーソフトとして公開している。プログラムの変更にはLabVIEWの製品版が必要だが、シミュレーションのパラメータは変更可能なので、課外授業で行った内容は再現することができる。

研究授業の協力とご指導を頂いた仙台高等学校の石井正樹校長、物理の阿部正幸先生、ならびに授業に参加して頂いた仙台高等学校の生徒のみなさんに感謝いたします。

プログラムの開発にあたり、日本ナショナルインスツルメンツ株式会社の鴨志田敦史さんにお世話になりました。ここに感謝いたします。

参考文献

- [1] 理科ねっとわーく：
<http://www.rikanet.jst.go.jp/>
- [2] 高校物理のイメージ教材：
<http://www.btvn.ne.jp/~yuasa/index.htm>
- [3] 愛知教育大学 牛田研究室ホームページ：
<http://physics.aichi-edu.ac.jp/ushida/simu/simu.html>
- [4] 宮城教育大学 内山研究室ホームページ：
<http://supercond.miyakyou-u.ac.jp/FreeSoft.html>