原著論文

物理現象可視化の必要性に関する一考察

—波動問題への対処状況分析を通じて—

仲野 純章¹

【要 約】

物理問題を解く際の有効なアプローチとして、作図、すなわち問題の設定条件などを可読性に富んだ図として表現すること（物理的描写）が要求される。物理的描写は、対象となる物理現象に対する本質的理解を伴った上でなされるべきであることはいうまでもない。しかし、物理教育で扱う物理現象の中には、観察が難しい現象（難観察現象）も種々存在し、それらについては、学習者の本質的理解を助ける演示や実験に大きな制約がかかる。そして、その結果として、物理問題への対処過程での物理的描写とそれに基づく思考に支障をきたす可能性が懸念される。本研究では、難観察現象ではない弦の振動と難観察現象である気柱の振動を一般的な方法で指導した後、両物理現象に関する類似問題に取り組み、それぞれの対処過程を比較した。その結果、弦の振動に関する問題に比べて、気柱の振動に関する問題の方が物理的描写を行う者が少なかった。また、物理的描写と計算処理で対処した場合でも、気柱の振動に関する問題では物理的描写の不備が非常に多く見られた。以上の結果から、物理教育の中でなされる物理現象の可視化が不十分であれば、当該現象に関する物理問題に対処する際、物理的描写の段階でつまずきが発生するリスクが増えることが示唆された。

【キーワード】物理教育、物理的描写、難観察現象、可視化

1. はじめに

1.1 本質的理解を伴った物理的描写の必要性

人間の思考過程を追求する認知科学では、特定の目標が達成されずに残されている状態を「問題」といい（栗津、2006）、通常我々が対処すべき問題は、誰が対処しても（正解であれば）同じ答えに至る収束的問題と、対処する人によって答えが異なる、あるいはそもそも正解など存在しない発散的問題の2種類に大別されるとされている（伊藤・古郡、1994）。作図行動などにより視覚化されたイメージが人間の思考過程に影響を与えているとする研究は、こうした認知科学などの分野において古くからなされてきた（Greeno, 1978 など）が、伊藤・大西・杉江（1993）は、収束的問題に対処する際の作図行動について研究し、作図には下記1）～3）の働きがあることを示している。

1) 保持性

人間の作業記憶容量は限られていて、全ての図的

情報を細部に渡って保持しつつ問題に対処することは困難である。そのため、図的表現を用いることによって、紙面などの外部に情報を一時的に保持し、作業記憶の負担を軽くする。

2) 操作性

式や論理ではステップを踏んで情報を変化させねばならないところを、図的表現を用いることによって、操作（推論など）が簡単になる。

3) 全体性

図的表現を用いることによって、文的表現ではばらばらになっていた個々の情報を全体的に捉えられる。

ところで、物理教育の現場では、他の教科教育同様、導入・内容の学習・問題演習、といった過程をたどることが多い（平山・小野・高木、1996）。こうした問題演習、あるいはその先の各種試験で扱われる物理問題は、基本的には図的情報を含む収束的問題である。従って、それらへの対処時には、作図、すなわち問題の設定条件などを可読性に富んだ図として表現すること（以下、物理的描写と呼ぶ）が

¹ 奈良県立奈良高等学校

有効に働く」と期待される。理科教育学研究の立場からもこれを支持する報告があり、例えば、原田・坂本・鈴木（2017）は、物理の問題解答に至る過程をモデル化した Heller and Hollabaugh（1992）の研究や Heller, Keith, and Anderson（1997）の研究を踏まえ、物理問題を解く際、問題解答に向けての計画や数値処理の実行、答えや単位の確認といった過程に先立ち、正しい作図が要求されるとしている。

物理的描写を行うにあたっては、対象となる物理現象の本質を正しく理解していることが望ましいのはいうまでもない。本質的な理解が伴っていないければ、物理的描写の段階での誤謬可能性が高まるだけでなく、仮に物理的描写ができたとしても、問題解答に寄与しない単なる作図作業に終始する可能性も懸念される。本質的理解を欠いた単なる作図作業を象徴する事例として、「レンズを通る光線と結像」に関する報告例がある。例えば、千葉大学が高等学校で物理を履修した理系学生を対象に調査した結果、9割以上が凸レンズを通る光の道筋を正しく作図できる一方、作図の意味までは分かっていない傾向が見られることが報告されている（山下，2011）。また、中学生を対象とした別の研究でも、凸レンズを通る光の道筋とできる像の作図を指導することで、大部分が凸レンズを通る光の道筋の作図をするという作業はできるようになる一方、凸レンズによる結像に関して十分な理解が伴っておらず、像の大きさと位置の両者を満足に答えられない者が大部分を占めるということが報告されている（佐久間・定本，2010）。このような報告例からも、物理的描写を行うことと本質を理解していることは別問題であることが確認できる。

以上のことから、物理問題に対処する際の有効なアプローチとして要求されるのは、あくまで本質的理解を伴った物理的描写といえよう。

1.2 本質的理解を助ける演示や実験の限界

物理教育現場でなされる演示や実験は、学習者の概念形成を助け（石原・森井，1998）、あるいは、彼らが既に有している素朴概念を科学的概念へと変容させていく（田中・定本，2003）手立てとして、最も直接的で効果的なものの一つである。しかし、物理教育で扱う物理現象の中には、観察が難しい現象（以下、難観察現象と呼ぶ）も種々存在する。例えば、抵抗値やコンデンサーに蓄えられる電荷量などといった物理量を扱う電気回路に関する学習では、そもそも電気が流れるという物理現象が直接観察できない難観察現象であり、抽象的で理論的な指導に

なりがちであることが以前から指摘されている（福田，1993；井上，1999）。そして、以下に述べる気柱の振動も、難観察現象の一つといえる。

教科書で扱う気柱の振動は、定常波を形成した状態の「気柱共鳴」が主体である。一般的な教科書の一つ、実教出版「物理基礎新訂版」では、気柱共鳴について、「試験管の縁を強く吹くと音が出る。これは、試験管内の気柱に生じた音波が底と管口で反射し、管内に定常波の固有振動が発生するからである。」との説明がなされている（佐藤・小牧，2017）。これに限らず、いずれの教科書でも、開口端や閉口端で気柱の振動が反射して気柱の定常波ができ、このとき、開口端では自由端反射し、閉口端では固定端反射している旨の説明がなされている。そして、この考えに基づいた概念図として、図1のような定常波の図が多用される。

以上のような説明と概念図で指導が展開される気柱共鳴であるが、気柱の振動状態や形成された定常波を直接観察することは困難である。更に、定常波形成の前提となる開口端反射についても当然直接観察できず、教科書内でのメカニズム説明も皆無である。仮に、直接観察をするのであれば、屈折率のわずかな差に起因する光線の進行方向の変化を利用して密度構造を可視化する Schlieren 法を始め、Fresnel 法や光弾性法、鋭敏色可視化法（安達・泉野・昌本・山本，2010；山本，2012）などが考えられようが、いずれも特殊な装置が必要であり、物理教育現場での使用は難しい。

気柱の振動を指導する中で一般的に用いられる演示や実験としては、メロディパイプを振り回す演示、気柱共鳴実験、そしてクントの実験などが挙げられる。メロディパイプを振り回す演示や気柱共鳴実験はあくまで気柱共鳴の発生を聴覚的に実感するものであり、視覚的な物理現象観察はできない。一方、クントの実験は気柱共鳴が発生している際、空気が振動していない節部に粉末が集まることを視覚的に確認し、定常波の存在を間接的に実感させようとするものであるが（安達・新井・松田，1980）、気柱

図1 気柱共鳴の指導で多用される定常波の概念図；(a) 開管内での基本振動，(b) 閉管内での基本振動

の振動そのものを視覚化できている訳ではない。つまり、あくまで「結果」として引き起こされるものを見ているに過ぎず、気柱の振動という「過程」との関係付けに課題が残る。同様の課題は冒頭触れた「レンズを通る光線と結像」に関する指導においても指摘されている。佐久間・定本・牧井(2011)は、物体と凸レンズの距離が変化するに伴い、像の大きさや位置が変化することを観察し、像の大きさや位置について定性的に学習しようとする教科書記載の実験について論考している。その中で、この実験では光の道筋を見ることができないため、学習者は実験と光の道筋の作図とを関係付けることができないと指摘しており、物理現象が引き起こす結果のみを観察する実験では、当該物理現象そのものに対する思考との関係付けに課題が残ることが示されている。

以上のように、難観察現象の一つである気柱の振動の指導は、十分な直接的観察が実現できないがゆえに、学習者の本質的理解を助ける演示や実験に大きな制約がある。すなわち、物理教育の中でなされる物理現象の可視化が不十分なものとなりかねず、その結果として、物理問題への対処過程での物理的描写とそれに基づく思考に支障をきたす可能性が懸念される。

2. 研究の目的

本研究では、難観察現象の一例として気柱の振動を取り上げ、物理教育の中でなされる物理現象の可視化が不十分であれば、当該現象に関する物理問題への対処過程でどのような特徴が見られるかを調査し、物理現象可視化の必要性について議論することを目的とした。

3. 方法

3.1 対象

対象集団は、物理基礎を履修するX高等学校第1学年8学級に属する320人(各学級、男子22人・女子18人構成)とした。X高等学校は奈良県立の全日制高等学校で、県内有数の進学校の一つである。

3.2 基本概念の指導と物理問題への対処状況調査

対象集団は、表1に示すように、全5時限で弦の振動や気柱の振動を含む「音源の振動」分野について学習した。通常の指導方法を経験した学習者のパフォーマンスを把握するため、授業に取り入れる演示や実験は、後述のようにごく一般的なものとした。まず、1, 2時限目は、適宜、弦定常波実験装置(MVI-300, 島津理化)を用いた演示を取り入れなが

ら、弦の振動について学ぶ時間とした。続く3時限目は、気柱の振動について学ぶ時間とした。その際、図1に例示するようなイラストを板書しながら基本概念を指導し、その後、メロディパイプを振り回す演示を行い、基本音やそれに続く倍音を聴覚的に確認しながら、イラストとの対応を図った。そして、4時限目にうなりについて学ぶ時間を挟んだ後、5時限目で気柱の振動に関する実験(気柱共鳴実験)を行った。実験は5人1グループ体制の下、気柱共鳴装置(RA-88, 島津理化)を用いて行われ、第一共鳴点と第二共鳴点の位置から、管内に形成された定常波の波長、開口端補正、そして用いた音叉の振動数を求めるという内容であった。以上のように、弦の振動に関しては物理現象を直接観察する演示を取り入れ、気柱の振動に関しては物理現象の直接観察ではなく、あくまで間接的に確認するに留まった。

表1の授業展開で「音源の振動」分野についての一連を学んだ後、表2記載の問題Ⅰ～Ⅲに取り組ませ、学習者が各問題に対してどのように対処するかを調査・比較した。このうち、問題Ⅰは難観察現象ではない弦の振動に関する問題であり、問題Ⅱ、Ⅲは難観察現象である気柱の振動に関するものである。ただし、表2から明らかなように、問題Ⅰ～Ⅲはいずれも1.5mの区間内で5倍振動が起こっているという設定の下、定常波の波長を求めるという共通の問いかけをしており、同質の類似問題といえる。なお、当該調査には6人の欠席者を除いた314人が参

表1 「音源の振動」分野に関する授業展開(全5時限)

時数	授業形式	学習内容
1	講義+演示	弦の振動(前半)
1	講義+演示	弦の振動(後半)
1	講義+演示	気柱の振動
1	講義+演示	うなり
1	実験	気柱共鳴実験

表2 弦の振動、開管での気柱の振動、閉管での気柱の振動に関する調査問題

問題Ⅰ	両端が固定された長さ1.5mの弦が5倍振動の定常波を形成している。この定常波の波長は何mか。
問題Ⅱ	長さ1.5mの開管(※直径一定の円筒状)内で、気柱が5倍振動の定常波を形成している。この定常波の波長は何mか。
問題Ⅲ	長さ1.5mの閉管(※直径一定の円筒状)内で、気柱が5倍振動の定常波を形成している。この定常波の波長は何mか。

加し、10 分間の制限時間の間に、解きやすい問題から取り組むよう指示した。

3.3 意識調査

問題Ⅰ～Ⅲへの取り組み終了後、続いて弦の振動と気柱の振動のいずれを難しく感じるかの意識調査を行った。そして、気柱の振動の方が難しいと回答した者を対象として、その理由を追加質問した。

4. 結果と考察

4.1 対処方法の内訳

問題Ⅰ～Ⅲにどのように対処したかを、「未着手」、「計算処理のみ」、「物理的描写と計算処理」の3パターンで分類した結果を表3に示す。

表3 問題Ⅰ～Ⅲへの対処方法の内訳

	未着手	計算処理のみ	物理的描写と計算処理
問題Ⅰ	5.4%	13.4%	81.2%
問題Ⅱ	14.0%	16.9%	69.1%
問題Ⅲ	15.6%	20.4%	64.0%

表3から、弦の振動に関する問題Ⅰに比べ、気柱の振動に関する問題Ⅱ、Ⅲでは「未着手」が多く、理解度合いが低いことが窺える。また、問題Ⅰに比べ、問題Ⅱ、Ⅲでは「計算処理のみ」も多い傾向が見られ、これらの結果として、問題Ⅰに比べて問題Ⅱ、Ⅲでは物理的描写を行う者が少ない傾向が現れている。母集団全体（N=314）に対する McNemar 検定により問題Ⅰと問題Ⅱとの間、及び問題Ⅰと問題Ⅲとの間でそれぞれ物理的描写の実行率を比較したところ、いずれも統計的有意差（ $p < 0.001$ ）が見られ、弦の振動に比べて気柱の振動の方が物理的描写の実行率が低いといえる。

4.2 対処方法ごとの正誤状況

問題Ⅰ～Ⅲへの対処方法ごとの正答率を表4に示す。

表4より、気柱の振動に関する問題Ⅱ、Ⅲでは、物理的描写と計算処理で対処したとしても、弦の振動に関する問題Ⅰに比べ正答率が低いことが読み取

表4 問題Ⅰ～Ⅲへの対処方法ごとの正答率

	未着手	計算処理のみ	物理的描写と計算処理
問題Ⅰ	0%	52.4%	82.0%
問題Ⅱ	0%	56.6%	61.3%
問題Ⅲ	0%	40.6%	53.7%

れる。このとき、問題Ⅰ～Ⅲに対して物理的描写と計算処理で対処したものの誤答を導いた者は、それぞれ46人、84人、93人であった。彼らの誤答要因が物理的描写不備であるのか、計算処理不備であるのかについての内訳を表5に示す。

表5 問題Ⅰ～Ⅲへ物理的描写と計算処理で対処した際の誤答要因内訳

	物理的描写不備	計算処理不備
問題Ⅰ	58.7%	41.3%
問題Ⅱ	83.3%	16.7%
問題Ⅲ	87.1%	12.9%

表5から、問題Ⅰに比べ、問題Ⅱ、Ⅲでは物理的描写不備の割合が非常に高いことが見受けられ、問題Ⅰ、Ⅱに関する母集団間、及び問題Ⅰ、Ⅲに関する母集団間に対する McNemar 検定でもそれぞれ物理的描写不備の割合に有意差が存在することが示される（問題Ⅰ－Ⅱ間： $p=0.002$ ，問題Ⅰ－Ⅲ間： $p < 0.001$ ）。以上のことから、弦の振動に比べて気柱の振動の方が物理的描写の不備が多いといえる。なお、弦の振動に関する物理的描写不備としては、誤った倍振動状態を描いている事例が目立った。ただし、その場合でも、両端を節とする図は概ね描けており、弦定常波実験装置での演示などを通じ、弦の振動に関するイメージが具体的にできていることが窺えた。一方、気柱の振動に関する物理的描写不備としては、誤った倍振動状態を描いている事例に加え、両端の節・腹の状態を誤る事例も多く、気柱の振動に関する具体的なイメージが保有されていないと思われる結果が散見された。また、計算処理不備の内容としては、正しい物理的描写がなされている状況下で、立式を誤っている場合と、正しく立式した後に計算間違いをしている場合の2種類が見られた。

以上、4.1、及び4.2の結果から、演示や実験といった直接観察を含めた物理現象可視化の必要性が示唆された。佐藤・稲福・後藤（2014）は、小学校・中学校・高等学校の教員805人に対して、理科の様々な学習指導場面でのどのような教材群が有効であるかを調査した結果を報告している。この中で、実験・実習・観察といった学習場面やあるいは一般的な授業における講義・説明の場面では、現物教材が最も有効だという認識が広がっており、一方で、動画などのデジタル教材の有効度は低いと考えられていることが報告されている。しかし、気柱の振動のような演示や実験が難しい難観察現象については、ICT

を駆使して可視化する手段、例えば特殊な装置で観察した映像データを教材化する方法やシミュレーションデータを教材化するといったような手段など、デジタル教材の積極利用を考える余地は大きいはずである。

4.3 意識調査

弦の振動と気柱の振動のいずれが難しく感じるかを問うた結果を、表6に示す。当該意識調査では未記入が散見され、有効回答数は297人であった。

表6 弦の振動と気柱の振動のいずれが難しく感じるかに対する回答内訳

選択肢	割合
弦の振動の方が難しい	10.4%
気柱の振動の方が難しい	41.1%
どちらも同程度	48.5%

表6から、難易度に差がないと回答したものが約半数を占める一方、気柱の振動の方が難しいと感じる者が、弦の振動の方を難しいと感じる者の4倍程度存在する実態が把握できた。そして、気柱の振動の方が難しいと回答した41.1% (122人) を対象として、その理由を用意した選択肢の中から複数選択可で選択させた結果を表7に示す。

表7 気柱の振動の方が難しいと感じる原因(複数選択可)

選択肢	割合
1) 横波の振動に比べ、縦波の振動というものがそもそも苦手だから	34.4%
2) 空気が振動するという状況がイメージしにくいから	13.9%
3) 気柱の両端で、反射が起こる状況がイメージしにくいから	20.5%
4) 気柱の定常波が形成されている状況がイメージしにくいから	29.5%
5) 開管と閉管で公式が異なり、弦の振動より計算が複雑だから	58.2%
6) その他	4.1%

表7の結果から、気柱の振動・反射・定常波の形成という各物理現象のイメージが持ちにくいという個別的な理由以前に、縦波に対する苦手意識が大きく存在することが分かった。対象集団に対する縦波の指導では、つるまきばねを用いた演示を導入しているため、縦波そのものは各人、直接観察を経験しているはずである。しかし、縦波を考えると、往々にして横波表示という便宜上の変換を持ち出す

ことがあり、これが観察結果と乖離した概念図であることから、学習者の苦手意識に繋がる一因となっている可能性は否めない。そして、意識調査の結果において最も特徴的な結果が、計算処理で対処しようとする姿勢が目立つことである。以前より、日本の物理教育現場において、学習者は入試やテストといった試験に適応した物理学習観を持ち、教科書の質問レベルに応じた学習活動に留まりがちであることが指摘されている(山下, 1996)。そして、公式を丸暗記したりする「過程無視(山下, 2004)」という物理学習観を抱く傾向があると指摘されている。こうした物理学習観を助長する要因の一つとして、物理現象が直接的に確認できないということが影響していることは十分考えられる。

5. まとめ

今回、難観察現象ではない弦の振動と難観察現象である気柱の振動を一般的な方法で指導した。その後、両物理現象に関する類似問題に取り組み、その対処過程を比較した。その結果、弦の振動に関する問題に比べて、気柱の振動に関する問題の方が物理的描写を行う者が少なかった。また、物理的描写と計算処理で対処した場合でも、気柱の振動に関する問題では物理的描写の不備が非常に多く見られた。こうした結果から、物理教育の中でなされる物理現象の可視化が不十分であれば、当該現象に関する物理問題に対処する際、物理的描写の段階でつまづきが発生するリスクが増えることが示唆された。

また、今回実施した意識調査の結果からは、物理問題に計算処理のみで対処しようとする姿勢も目立った。単に試験のためだけに問題解答できればいいという道具的動機付け(Instrumental motivation)に基づく物理学習観を変革させ、本質的動機付け(Intrinsic motivation)に基づく深い学びを促していくことが本来重要であろう。そのためにも、物理現象可視化は有用に働く位置付けにあると考えている。

引用文献

- 安達健・新井洋二・松田和久(1980)「クントの実験における粉の動きと縞の形成」『NAGARE』第11巻、第4号、25-29.
- 安達牧希・泉野香奈・昌本慶彦・山本健(2010)「波動の教材開発を目指した超音波の光学的可視化」『第27回物理教育学会年会物理教育研究大会予稿集』102-103.
- 栗津俊二(2006)「問題解決における知識利用—レビューと展望—」『実践女子大学人間社会学部紀要』第二集、193-211.

- 福田浩三 (1993) 「中学校・高等学校物理教材開発—電流回路の水流モデル実験装置の製作とその活用例について—」『日本科学教育学会研究会研究報告』第7巻, 第6号, 89-94.
- Greeno, J.G. (1978). A study of problem solving. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology* Vol. 1 (山口修平・東洋 (共訳) (1985) 『問題解決の過程—幾何の課題による研究—』サイエンス社)
- 原田勇希・坂本一真・鈴木誠 (2017) 「数的処理が要求されない作図スキルの個人差と物理分野の期待信念との関連」『理科教育学研究』第58巻, 第1号, 65-80.
- Heller, P., & Hollabaugh, M. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 2: Designing problems and structuring groups. *American Journal of Physics*, 60(7), 637-644.
- Heller, P., Keith, R., & Anderson, S. (1997). Teaching problem solving through cooperative grouping (Part 1): Group versus individual problem solving. *MAA NOTES*, 159-172.
- 平山修・小野啓一・高木隆司 (1996) 「教科書の練習問題の段階別分類」『物理教育』第44巻, 第1号, 21-24.
- 井上賢 (1999) 「コンデンサーの電気容量をカウントしよう—大容量コンデンサーから豆電球への放電を活用して—」『第16回物理教育学会年会物理教育研究大会予稿集』44-45.
- 石原武司・森井清博 (1998) 「物理教育における実験はどうあるべきか—物理実験の意味を問い直す—」『物理教育』第46巻, 第5号, 276-280.
- 伊藤毅志・古郡廷治 (1994) 「発散的問題解決における作図利用の効果について」『情報処理学会 第49回全国大会講演論文集 (情報科学一般)』37-38.
- 伊藤毅志・大西昇・杉江昇 (1993) 「作図すると何故ひらめくのか?」『情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI)』第49号, 25-31.
- 佐久間彬彦・定本嘉郎 (2010) 「レンズを通る光線の作図と結像の理解」『物理教育』第58巻, 第1号, 12-15.
- 佐久間彬彦・定本嘉郎・牧井創 (2011) 「レンズを通る光の道筋と像に関する教材開発と授業実践」『物理教育』第59巻, 第1号, 14-19.
- 佐藤文隆・小牧研一郎 (2017) 『物理基礎新訂版』実教出版, 156.
- 佐藤正明・稲福純夫・後藤忠彦 (2014) 「デジタル・アーカイブ技法を活用した理科教育用デジタルメディアの開発について (5)」『第30回日本教育情報学会年会論文集』118-119.
- 田中照久・定本嘉郎 (2003) 「素朴概念の実態を基に開発した円運動教材を用いた授業実践」『物理教育』第51巻, 第2号, 79-84.
- 山本健 (2012) 「超音波の光学的可視化—シュリーレン, フレネル, 光弾性及び鋭敏色可視化法による音場の観察—」『電子情報通信学会技術研究報告』第112巻, 第146号, 29-34.
- 山下修一 (1996) 「物理学学習困難の要因から見た個別指導のあり方」『千葉大学教育実践研究』第3号, 71-81.
- 山下修一 (2004) 「物理学学習観が興味・関心・事後成績に及ぼす影響」『千葉大学教育学部研究紀要』第52巻, 131-139.
- 山下修一 (2011) 「凸レンズが作る実像・虚像に関する作図能力と理解状況」『理科教育学研究』第51巻, 第3号, 145-157.

(2018年4月7日受付, 2018年5月22日受理)

Consideration of the Necessity of Visualizing Physical Phenomena —Analysis of Students' Answering Behaviors on Wave Problems—

*Sumiaki NAKANO*¹

¹ Nara Upper Secondary School, Nara

SUMMARY

When solving a physics problem, incorporating established conditions into one drawing rich in readability (physical description) is required as an effective approach. It is indisputable that the physical description should be done with the essential understanding of the physical phenomenon under consideration. In order to help students establish essential understanding of the physical phenomenon, demonstrations or experiments are useful. However, among physical phenomena dealt with under physics education, there are various difficult-to-observe phenomena, which make the demonstrations or experiments difficult to conduct. Consequently, this leads to affecting the physical description and subsequent thinking in the process of solving the physics problem. In this study, after teaching a lesson involving vibrations of a string and an air-column in an extremely common way, students' answering behaviors on relevant wave problems were analyzed. The results showed that the number of the students who give physical descriptions for the air-column problems were fewer than those who did so for the string problems. Furthermore, even when solving the air-column problems by utilizing the physical descriptions and calculations, many students make mistakes at the physical description stage. These results indicate that the risk of stumbling over the physical descriptions increases when students cannot observe the physical phenomenon itself sufficiently.

<Key words> Physics Education, Physical Description, Difficult-to-observe phenomenon, Visualization