

## 高等学校物理におけるデジタル・コンテンツを活用し、 物理概念を可視化する授業の提案

東京理科大学大学院 理学研究科 理数教育専攻

出口英二

### 1 研究背景

#### 1.1. 教材としてのデジタル・コンテンツ

教育用デジタル・コンテンツは画像、映像資料を使う場合はビデオとほとんど同じであるが、デジタル・コンテンツの使い方はそれだけでなく、実験データの処理や実験シミュレーションなどのインタラクティブな活用が可能である[1]。小学校、中学校においては ICT を活用した授業を行い、活用しなかった授業と比較した結果、「知識・理解」、「意欲・関心」、「思考力・表現力」が向上したという報告がある[2]。また、高等学校物理においては、デジタル・シミュレーション実験がどの程度の学習効果を持つのか明確になりつつある[3][4]。

#### 1.2. 国の方針、学習指導要領

2009年7月に公表された新高等学校学習指導要領「物理」の目標には、

物理的な事物・現象に対する探究心を高め、目的意識を持って観察、実験などを行い、  
物理学的に探究する能力と態度を育てるとともに、物理学の基本的な原理・法則の理解  
を高め、科学的な自然観を育成する。

と記されている[5]。「物理学的に探究する能力と態度を育てる」とは自然の事物現象の中から物理学的な立場で問題を見だし、観察、実験を中心に科学の方法を適用しながら問題を解決していくという探究の過程をたどらせることによって、科学の方法を習得させ、物理学的に探究する能力や態度を育てることを示している。

また、指導計画の作成にあたって、「コンピュータや情報ネットワークを有用な道具として適切に活用すること」を求めている。

### 2 授業論と認知科学

効果的な授業を計画するために、理科・物理授業論および授業実践例だけでなく、認知科学や学習科学の知見も生かして考察し、デジタル・コンテンツの活用法を検討する。

#### 2.1. 仮説実験授業

仮説実験授業は科学史・科学認識論の研究成果をもとに1967年に板倉聖宣によって提唱された授業論である。この授業論は、授業書を用い「問題—予想（仮説）—討論—実験」を繰り返して行い、1つの法則・概念を教えるのに1つだけの問題を課すだけでなく、もっと多くの一連の問題を課す方法である[6]。

仮説実験授業〈もしも原子がみえたなら〉では、目に見えないものをイメージとして捉えさせるように授業を展開するため水分子模型を使うなど、視覚化するための工夫がされている。ま

た、原子論の教育を小学校低学年で成立させた[7].

## 2.2. TEAL(The Technology Enabled Active Learning)Project

MIT の物理入門コース改革プロジェクト TEAL の目的は、物理学的な現象を数式で表現するだけでなく、グラフィカルに表現できるようにすること。概念を暗記するのではなく、理解すること。近似、単純化、理想化といった問題解決能力を持つこと。概念的・数学的なことのモデルにすること。批判的に物事を考えることである[8]。これらの目的を果たすために、TEAL は予習、講義、口頭試問、実験、宿題を統合し、PC、プロジェクタ、TEAL のために開発されたデジタル・コンテンツ、Studio Physics と呼ばれる教室を活用するなど、テクノロジー的にもコラボレーション的にも豊かな環境を提供している。

授業では、実験とテクノロジーで理解させ、その後概念的問題を解いていく中で、さらに深い理解をさせている。電場や磁場のような不可視なものをデジタル・コンテンツを用いて可視化することで、抽象的な概念の理解を促すことができ、可視化したものを見せ合うことにより、学生同士が互いに学び合うことができている。また TEAL の授業は伝統的な教育より、学生の成績が向上していることを示した[9].

## 2.3. 認知学習論「構造的アプローチ」の視点でみる概念理解の学習

学習を促進させるためには、生きた知識、文脈に埋め込まれた学習、コラボレーションという「構造的アプローチ」をとることが効果的である[10][11]。これを紹介し、物理教育においてどう生かすかを検討する。

**生きた知識**——学習で知識を死んだものにしないためには、その知識を学習者が既に持っている知識と関連づけ、その知識に統合しなければならない。概念や法則がよりよく学ばれるためには、それらは「創世的に使われなければならない。つまり、それらは新たな情報を解釈し、関連づけ、説明するために何度も何度も呼び出されなければならない」

**文脈に埋め込まれた学習**——新たに導入された理論や概念を単に「覚えるべき事実」として理解しがちで、それを自分が持つその分野に関する既存の理解を変えるものとして捉えようとしめない。そのため、種々の知識を互いに有機的に関連づけ、学習者が関心を持てる日常の活動的文脈の中にいくつかの問題を埋め込むことが必要である。さらに、既に学習した概念も新たな概念と関係づけることにより、今までとは少し異なった視点から掘り起こされ、再び活性化される。

**コラボレーション**——1人より2人で問題を解いた方が正解に到達しやすくなる、1人より2人で考えた方が深い理解に達することがある。集団状況では個々の人が何を考えたのかを説明する必要があるため、内的プロセスを言語化しやすくなる。そこで言語化されたことに対して参加するメンバーは意識的な再吟味を行いやすくなる。他者の発言に対しての再吟味がなされることによって、批判的な視点や新たな観点を得ることが可能になり、理解の深まりにつながりやすくなる。

### 3 考察

仮説実験授業, TEAL に共通するのは授業の中に実験, 討論, 協同学習を取り入れているところにある。仮説実験授業では討論するための材料として実験を教員が提示しており, クラス全体で活発な議論が生まれるように発言を促している。不可視なものを考えることは初学者にとっては難しいことであったが, TEAL ではデジタル・コンテンツを用いて可視化することにより, その状況を一転させた。この両授業とも実験(具体)と言語活動(抽象)を行き来させることで, 深い概念的理解を可能に導いている。

グループ討論は科学的な思考力, 表現力の育成することになるが, 不可視なものを理解することは難しいため, 高校では討論自体が成立しにくい。そこでデジタル・コンテンツをお互いの知識, 具体と抽象を結ぶための半具体・半抽象として, グループ討論をサポートするツールとして活用することを提案する。授業参加者がデジタル・コンテンツのシミュレーションを提示したり, 操作したり, 解説したりすることで議論が活発化し, 概念的理解が可能となることが期待される。特に“電磁気学”や“原子と原子核”など不可視なものを取り扱う分野において高い効果が予測される。

#### 引用・参考文献

- [1] (独)科学技術振興機構. 理科ねっとわーく. 2009. <http://www.rikanet.jst.go.jp> (accessed 2009- 8-1).
- [2] (独)メディア教育開発センター. ICTを活用した授業の効果等の調査 結果報告書. 独立行政法人 メディア教育開発センター, 2007.
- [3] 川村康文. 理科ねっとわーくを用いた理科授業の学習効果. 第 32 回年会論文集, 日本科学教育学会, 2008.
- [4] 出口英二. 高校物理『力学』分野 自由落下における『理科ねっとわーくを利用した学習』の学習効果の検証. 第 32 回年会論文集, 日本科学教育学会, 2008.
- [5] 文部科学省. 高等学校学習指導要領解説 理科編. 文部科学省, 2009.
- [6] 塚本浩司. 仮説実験授業の理論と 1980 年以降の英米における“新しい物理教育研究”. 物理教育 Vol.52-2, 2004 .
- [7] 平林浩,津田道夫. イメージと科学教育. 績文堂出版, 2005.
- [8] Belcher, John. *Studio Physics at MIT*. MIT PHYSICS ANNUAL 2001, 2001.
- [9] Dori, Yehudit Judy, and John Belcher. “How Does Technology-Enabled Active Learning Affect Undergraduate Students’ Understanding of Electromagnetism Concepts?” *THE JOURNAL OF THE LEARNING SCIENCES* (Lawrence Erlbaum Associates) 14, no. 2, 2005.
- [10] J, D Bransford, L Brown A, and Cooking Rodney. 授業を変える-認知心理学のさらなる挑戦 *How People Learn*. 翻訳 森敏昭, 秋田喜代美. 北大路書房, 2002.
- [11] 今井むつみ, 野島久雄 . 人が学ぶということ 認知学習論からの視点. 北樹出版, 2003.