

上小教研理科分科会

力学教育の改革

力学現象を力積の法則から理解する

2013年10月5日（土）

上田高校 渡辺規夫

市民教育としての物理教育

2013年度から上田高校では1年生全員に「物理基礎」を必修とした。これまでの理系の生徒のみが大学入試科目として物理を選択するという状況から、文理を問わず全員が2単位の物理基礎を履修することになったのである。新指導要領では物理基礎、化学基礎、生物基礎、地学基礎、科学と人間の内から少なくとも3科目を履修しなければならない。そのため、物理基礎を全員に履修させるということは、本校に限らず全国的な傾向なのである。ここで、改めて、「良識ある市民を育てる教育としての物理教育はどうあるべきか」という問題が浮上している。新教育課程となる以前からもこうした問題は存在したのであるが、現実には物理は大学入試対策のための科目として扱われてきたため、市民教育として物理教育をどうするかということは強く意識されなかった。

指導要領より拘束力が強い大学入試

高校で現場を強く拘束しているのは指導要領ではなく、大学入試である。「大学入試が高校教育を荒廃させている元凶」と言われ続けてきた。しかし、

現実には高校教育が成り立っているのは大学入試があるからなのである。大学入試がなくなれば高校教育が崩壊する恐れがある。

大学入試が高校生の学力保証をしている時代は終わった

現在は私立大学の半数以上が定員割れを起こしている。受験生を確保するために、受験しやすくして受験科目を減らすという措置をしている大学も少なくない。そのために、これまでは物理が必修だった工学部で、受験科目から物理をはずすというところも出てきている。それどころか、高校で物理を履修していない生徒も受験できるようになっているのである。大学の経営上やむを得ない判断なのだろう。しかし、工学部でやることは物理学の応用である。そのため、高校で物理を履修したことがない学生が過半数という工学部では、入学後どのような教育ができるのだろうか。入学させてから高校程度の物理を教えているが、成果は上がっていないと聞く。

大学全入時代は高校教育崩壊の時代である。大学教育も崩壊している。入試制度が高校生の学力を保証しているという時代は去ったのである。

「市民教育としての物理教育」の困難

現在の高校物理教育は、大学入試のための物理教育から市民のための物理教育への転換が求められている時代なのである。しかし、求められたからと言ってすぐ対応することができるわけではない。これまで全国の高校で物理Ⅰを履修した生徒は32%、物理Ⅱを履修した生徒は15%である。しかも物理の授業を受けた生徒もその多くは受験対策に特化した授業を経験しているのみである。新採の教員の多くは受験物理しか知らずに教員になってしまうのである。

各県の教育委員会は物理の教員不足になることを見越して、物理の教員の

囲い込みを計っているが、実は新採の先生たちも、目指す物理教育ができるわけではないということに注意を向ける必要がある。

高校生のとき物理を履修せず、その後高校の理科の教員になった人が物理基礎の授業を持たざるを得ないという状況も生じている。

力積概念の成立を力学教育の中心課題に据える

こうした背景のもとで改めて物理教育はどうあるべきかを考えてみよう。これまで物理教育では伝統的に力学、熱、波動、電磁気学、原子物理学が教えられてきた。^{*1} こうした教え方は物理学の体系、大学で教えられている物理学の体系と一致しているので疑問を感じずる人もいないようだ。事実、教育課程が改定されても、物理についてはほとんど内容の変化がない。(生物、地学、化学で大きく内容も大きく変化しているのと好対照である。)

力学教育は何のためにあるのだろうか。力学を知らないと何か困ることがあるのだろうか。特に力学の最も中心的課題と言われる運動方程式を学ぶ意義はどこにあるのだろうか。物理を選択しない生徒はそのために何か困ることがあるのだろうか。

塚本浩司氏によれば、現在の物理の教科書はこのトムソン&テートの書いた『自然哲学論』の書き方を踏襲しているという。^{*2}

*1 このうち原子物理学はこの10年間ほどほとんどの高校では教えられて来なかった。大学入試の範囲からはずされたからである。この10年間で原子物理学の教え方についてのノウハウが失われたことによる損失は無視できない。

*2 「現在」ニュートン力学」と呼ばれている体系は、出発点が“ニュートンの運動法則”であるだけではなく、エネルギー概念、剛体力学、解析力学までふくめた広範な体系となっているが、たとえばエネルギー保存則の解析的な動力学への統合も、ハーマンによればトムソン&テート『自然哲学論』(1867)においてなされた。」(塚本浩司氏博士論文「1800年代英国物理教科書における“運動の3法則”の形成」)

運動方程式から力学体系を説明する方法は、問題を解くという点で有効で、多くの高校物理の教員はこれが最もわかりやすい力学の理解のしかたであると考えている。しかし、それは本当だろうか。

多くの生徒が物理の授業についていけず、大学入試で必要とする生徒以外は物理を選択しようとしなないという事実が「運動方程式がわかりやすい」ということを否定しているのではないだろうか。

本レポートは力学教育を運動方程式を中心に教える方式から力積を中心に教えるということに転換することを提案しようとするものである。これにより、生徒にとって「力について学び、考えてみること」が、さまざまな日常生活経験や事象とつながり、力学がわかると感じられるようにすることができると考える。

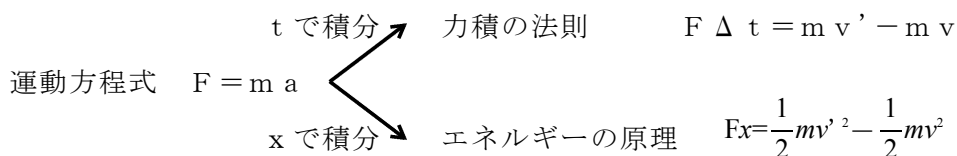
本日は、別紙授業記録 《力は時間と一緒にたたく》を用いた授業 1 時間（5 5 分）を報告する。その後の授業「授業書《衝突》第 1 部第 2 部を用いた授業 3 時間」については、まとめることができなかった。教研では実験の一部を紹介する。

今後の研究課題

力積から始めた力学教育と運動方程式の関連

力学教育全体の構想

これまでの力学の体系を図示すると



ということになる。この体系をどのように再構成するかが今後の課題である。

先行研究

- ◆塚本浩司・板倉聖宣共著《衝突》の授業書
- ◆板倉聖宣・塩野広次 著サイエンスシアターシリーズ 力と運動編2
『吹き矢の力学——ものを動かす力と時間』 仮説社
- ◆板倉聖宣・塚本浩司 著サイエンスシアターシリーズ 力と運動編3
『衝突の力学——瞬間のなぞ』 仮説社
- ◆板倉聖宣・湯澤光男共著『吹き矢で科学 ものを動かす力』（いたずら博士の科学だいすき3） 小峰書店
- ◆川勝博・飯田洋治三井伸雄共著『学ぶ側からみた力学の再構成—物理教育「力学」の視点と実践』
- ◆三井伸雄氏の発言
「加速度をすべての高校生に」という教育目標ではなく、「速度が変わることがわかる」ということを目標とすべきではないか。」
- ◆渡辺規夫「高校物理教育における仮説実験授業——《衝突》の授業を例として」1997年

DVDの推薦文（長野県理化学会で紹介）

DVD BOOK

イメージでわかるたのしい物理学入門 1

力は時間と一緒にたたく

牧衷／長谷川智子／長谷川高士 仮説社 3800円（税別）

教育映像祭 優秀作品賞 受賞

教育映像祭 優秀作品賞 受賞

イメージでわかるたのしい物理学入門 1 を推薦します

渡辺規夫

力学を教えるというと、ニュートンの運動方程式をいかに教えるかが問題になるが、ニュートン自身は運動方程式を提唱していない。運動方程式という形式はニュートンから100年ほど後に定式化されたものである。トムソンとテートが書いた教科書『トムソン&テートの教科書』で運動方程式により力学を教えるというスタイルが確立したのである。しかし、この教え方は理解しやすいものだろうか。理解が困難なことは日々の教室の授業の中で示されているのではないだろうか。

このDVD BOOKは、力積と運動量の関係を教えることを力学教育の中心課題と位置づけて作られたものである。多くの教科書では運動方程式から力積と運動量の関係式を導いているが、力積と運動量の関係の方が先に出てくる方が理解しやすいと考えているのである。

岩波映画制作所では多くの科学教育映画を作ったが、1970年代に倒産してしまった。科学教育映画の制作は採算の取れない仕事になってしまったのである。以後、40年近くもの間、科学教育映画は作られなかった。今回、ルネッサンス・アカデミーがシナリオライター牧衷氏に依頼して40年ぶりに科学教育映画の制作に取り組んだ成果がこのDVD BOOKである。多くの先生方が活用して、生徒を物理好きにしてもらいたいと思う。