

教科横断的内容を取り入れた物理学の授業の取り組み

－教養科目としての実践－

中村元彦

(奈良教育大学 理科教育講座 (物質科学))

Practice cross – curriculum class in Physics
Practice as Liberal Arts

Motohiko NAKAMURA

(Department of Science Education, Nara University of Education)

要旨: 物理学の専門研究者になるための大学の授業ではなく、一般に受け入れられる物理学の授業とは何かを検討するため、学生が自主選択できる教養科目で授業を展開した。今回着目するものとして、ひとつは、物理学を学ぶこと、またはその過程で、どのような汎用的能力が得られるのかである。もうひとつは、原理や公式にこだわらず、ある自然現象、ここでは光に着目し、いろいろな視点で捉えていく方法である。その時代時代に応じて、理科、国語、数学、社会、芸術、音楽、保健体育、技術、家庭など各科目で、その現象の知見はお互いに織りなして、人々に影響する。すべての学生に適した一つの授業方法は存在しないが、通常の授業と異なる授業方法を行ったので報告する。

キーワード: 論理的思考力 Logical Thinking

物理学 Physics

教科横断 Cross-curriculum

1. はじめに

多くの小学校、中学校、高等学校での理科教育は、何のためにあるのだろう。アメリカでは、1990 年ごろから徐々に、学問のエリート候補の増産育成ではなく、科学を身につけた市民を社会に送り出すというように考えられるようになった。例えば、米国科学振興協会が 300 名以上の科学者や教育者の努力により 1989 年に出したプロジェクト報告書では、科学的リテラシーを備えた市民とは何かなどが詳細に提言されている¹⁾。また、理数科離れは危機なのかということで、その主張の根拠を検証し、児童生徒の大多数は実生活と何もかわりがない科学を教えられているのはなぜかなどを議論し提言している²⁾。日本でも 2011 年に小学 5 年から中学 3 年までの児童生徒を対象にした「大人になったら役に立つと思う授業」は何かを複数回答で聞いたランキングが新聞に掲載された³⁾。理科は 7 位と主要 5 教科の中では最低である。そこで、研究者視点ではなく、科学を一般の市民の視点から捉え直すことによる授業があってもいいように考える。

一方、いわゆる「ゆとり教育」が実施され始めた著者が高校生の頃、今の高校生は、数学の問題を丁寧に説明すると解けるのに、同じような問題を独力で読んで理解して解くことができない生徒が増えたと聞かされた⁴⁾。読解力の問題なのだろう。数学の知識を物理学の問題解法に使用できない、つまり、文脈依存性がないことも問題視され始め

た⁵⁾。

近年、汎用的能力を身につける重要性も指摘される。科学教育などで実施される通常の授業に比べ、実験や実習が、汎用能力獲得に大きな効果があることが報告されている⁶⁾。

これらを踏まえ、物理学の知識や問題計算できることだけを目的とせず、様々な学問、教科と関連付けてみていくとどのように学生の理解が変わるかを、教養科目として展開を試みた。光を通して物理学の歴史を概観でき、神話、宗教にも出てくることから、光に絞った「光にかかわる世界」を 2007 年から、物理学と数学と国語（特に文学）のかかわりに絞った「サイエンスガイド」を 2010 年から、2016 年にそれらを合体させた「論理と物理科学」を実施した。

2. 方法

2. 1. 調査対象

光をキーワードとして、多くの教科に触れることを目指した奈良教育大学における教養科目「光にかかわる世界」（2007 年度～2013 年度）、名称変更して「光の科学と人間」（2014 年度～2015 年度）の受講生 64 名、139 名、258 名、299 名、272 名、130 名、130 名、57 名、71 名に対して実施したもの。

物理学と数学と国語、汎用能力にかかわった奈良教育大学における教養科目「サイエンスガイド」（2010 年度～

2011年度)、名称変更して「論理サバイバルと文学の中の科学」(2012年度～2013年度)、名称変更して「論理サバイバル」(2014年度)、「ジェネリックスキルサバイバル」(2015年度)の受講生35名、59名、126名、133名、177名、63名に対して実施したもの。

これらを合体させた奈良教育大学における教養科目「論理と物理科学」(2016年度～)の受講生34名に対して実施したもの。

遠隔地双方向授業による大阪教育大学と京都教育大学の受講生は含めていない。

2. 2. 内容

「光にかかわる世界」では、以下の内容で行った。

- (a) 光の精神的な面の歴史を紀元前から現代まで概観。光と神話、宗教、迷信などに触れる。
- (b) 光とその視覚の科学的な面の歴史を紀元前から現代まで概観。光の性質の解明の歴史、哲学、芸術なども含む。
- (c) 感覚生理学からの視点。心理学、人の眼の仕組み、昆虫などの動物の眼や光が果たす役割、体内時計のリセットなどについて
- (d) 生物にみる戦略的な色の使い方
- (e) 錯視現象
- (f) 色について、様々な視点。例えば、食品の色、色の歳時記、光と色にかかわることわざなど。
- (g) 光と色の物理現象
- (h) 相対性理論
- (i) 宇宙に関する物理
- (j) 錯聴(サイエンスガイドから移動)
- (k) 人間の心理から戦略的な光と色の使い方

時々に応じて、NASAの発表する動画などを用いたその時々トピックスを随時。

「論理サバイバル」は以下の内容で行った。

- (a) 適切な接続表現を考える内容。ここでは、7～10行程度の文章で、その中の接続詞を選択、または、記入する。適切な接続表現の考え方を教える前後で、学生がどのように答えを導きだしているのかをみた。
- (b) (a)で学んだ接続表現を使って、文章を構成している文、または短くした文間の関係を、矢印を用いて図示することで、文章の構造を明らかにする内容。
- (c) 中休みとして、これまでに知られている論理パズル、確率パズル、パラドックスをそれぞれ紹介する内容。
- (d) 7～10行程度の文章を使って、その中で導出された過程と結論に対して、反論を試みる内容。レポートや卒論を意識させ、自分の考えや文章で予想される質問などを想定する。また、これを論理的におこなうために、以下の内容をおこなった。
- (e) 3～7行程度の文章で、展開されているのは、演繹なの

か、または、推測なのかを見極める内容。演繹は、主に3段論法の内容。

- (f) 数学の集合を意識して、主張に対しての否定と両立可能な結論を考える内容。
- (g) 数学のド・モルガンの法則を用いて、導出された結論が演繹として正しいか正しくないかを考える内容。
- (h) 児童や仲間などよく知っている人同士の共通の認識や世間の常識なことは、文章の中で省略されることが多い。そのような演繹の隠れた前提を考える内容。
- (i) 以上の内容において、記述式と選択式をおこなった。

「サイエンスガイド」「論理サバイバルと文学の中の科学」は、「論理サバイバル」の内容に、音に関する物理学、錯聴、オックスフォード・サイエンス・ガイド⁷⁾の内容、文豪のサイエンスアイとして、宮沢賢治「春と修羅」、「注文の多い料理店」、「双子の星」、「銀河鉄道の夜」、夏目漱石「それから」、「草枕」と落椿、「吾輩は猫である」の寒月と力学、「三四郎」と光、「明暗」と三体問題、などを取り上げた。

「ジェネリックスキルサバイバル」では、「論理サバイバル」の内容に、河合塾のPROGの講義編の内容を足したもの。

多くの配布プリントのため、予算削減のため、継続が困難になり、「論理と物理科学」は、物理学で学習する過程で得られる様々な能力を、汎用能力とどう結びついているかを例示する目的で、「光にかかわる世界」と「論理サバイバル」「ジェネリックスキルサバイバル」を合体させたものを行った。人数制限を実施、毎回の小テストはタブレットを用いて行った。

3. 結果

3. 1. 光の現象に着目した授業「光にかかわる世界」「光の科学と人間」について

光に関するいろいろな事柄をまとめたような授業はこれまでなく、受講学生からも内容の要望が出るなど受け入れられ、2007年から2015年まで続けることができた。

特に、受講学生の関心が高かったのは、①ギリシャ神話から、最先端の光の考え方までの科学史をストーリー仕立てに展開した中で、ユークリッド幾何光学と中世の絵画技術や錯視、心理学の関係、②昆虫の偏光、紫外線の視覚、体内時計などを扱った感覚生理学、③宮沢賢治の文学作品などを取り入れてストーリー仕立てに展開した特殊相対性理論、④ギリシャ神話から、最先端の光の考え方までの科学史をストーリー仕立てに展開した中で、デカルトの物心二元論の考え方など倫理社会との関係、⑤ギリシャ神話から、最先端の光の考え方までの科学史をストーリー仕立てに展開した中で、小中高で使用される教材との関係、⑥自然界で見られる光のさまざまな現象とそれにまつわる歴史的逸話、⑦女性には、ファッションなどの色彩にかか

わる物理学をはじめとする研究者の歴史と規則性、錯視などである。

さまざまな視点から、光の現象とは何かを考えることで、学生は、身近な事柄とも結びつきやすくなるようだ。ある現象に着目して、さまざまな視点から考えを広げて学習していく方法は、物理学などの学問、教科の枠を超える方法の一つであろう。しかし、力学、熱学というようにまとまった物理学の体系にしたがって学習してきている、たとえば高校、大学物理既習の学生にとっては、このような授業方法に、あまり興味を持たない傾向にあることも分かった。これは、理科系の履修者がかなり少なかったことからわかる。

3. 2. 汎用能力などに絞った授業「サイエンスガイド」「論理サバイバルと文学の中の科学」「論理サバイバル」「ジェネリックスキルサバイバル」について

汎用能力に関するいろいろな事柄をまとめたような授業はこれまでになく、これは受講学生から多くの改善の指摘のおかげで、2015 年まで継続できた。名称変更がなされているのは、大阪教育大学と京都教育大学との双方向遠隔授業によるものもあるが、主に改善による内容変更のものである。

サイエンスガイドは、オックスフォード・サイエンス・ガイド⁷⁾にしたがって授業を行った。しかし、受講学生には全般に不評のため改善し、内容から「論理サバイバルと文学の中の科学」とした。接続詞を省略したりするなど、文学作品はおおよそ無骨な論理的な文章とは異なるイメージがあるが、学生も知っている有名な文学作品の中に、当時の先端の科学が記載されているところは、受講学生は大変驚きその使われ方に興味を持っていた。特に、夏目漱石の「我輩は猫である」の中には、当時の科学雑誌の数式が含まれる論文の内容があるなどである。この後に、国語で見られる論理的文章を数学の集合を用いて授業する方法である。しかし、どうしても集合や数式を見るとやる気なくなる学生がいた。

双方向遠隔授業のため、文学作品を印刷したりなどで多くの配布は難しいため、文学関係を削除し「論理サバイバル」のみとした。その代わりに、授業後には小テストを行うなどして、理解度のチェックを行った。このチェックは学生に受け入れられた代わりに、教員の負担増となった。また、この授業では、論理力とその他の事柄で多くの相関をチェック^{5) 8) 9) 10)}し、本授業の効果の検討と次年の授業の改善に利用している。

この授業も学年担当などという状況を考えると、理科系の履修者がかなり少ない。

3. 3. 授業「論理と物理科学」について

受講学生数が多くなると、教員負担がかなり大きくなっ

たことから、これまでの教養の授業を合体させ、「論理と物理科学」とした。授業方法は、タブレットを用いて、配布資料は PDF で LMS よりダウンロード、閲覧できるようにし、小テストも LMS から CBT を用いて授業中やスマートフォンからもできるようにした。初めてとなる今年度の授業は CBT の作成に苦勞し、タブレットの不具合による授業時間のロスも多かったが、実施後はすぐに結果を統計処理などしてくれる。学生に正解やその考え方も表示してくれるし、問題もランダムに出してくれる。内容も刷新できるころは行った。

また、大阪府の教員採用試験に、論理的思考力を問う問題が出たということで、4 回生の受講学生には良かったようである。

できれば、問題バンクには種類別に分けた多くの問題などがあるので、間違った場合はもう一度類似問題を出すとかのアダプティブラーニング¹¹⁾ができるようになればと望む。

4. 考察

教員の授業姿勢にも関係するが、いろいろな視点を提供することが受講学生にとって新鮮さをもたらしている可能性がある。その気づきを学生自身ができれば、能動的主体的学習の始まりになるだろう。

ただ、2015 年度までは、配布プリントや小テストのチェックなどでかなり教員の負担が大きかったが、今年度実施において、かなり負担は減らせるように感じた。

謝辞

本授業を開講するのに快く尽力していただきました教務課の方々、情報館の方々、何よりも受講してくれた学生に感謝します。

参考文献

- 1) 米国科学振興協会 (2005 年), 「すべてのアメリカ人のための科学」, 1989 年に発表された「A PROJECT 2061 REPORT ON LITERACY GOALS IN SCIENCE MATHEMATICS, AND TECHNOLOGY」の日本語訳したもの。
http://www.project2061.org/publications/sfaa/SFAA_Japanese.pdf
- 2) W.W.ギブス, D. フォックス (2000 年)「理科教育の危機は本当か」, 日経サイエンス, 3 月号, pp.98~107.
- 3) 日本経済新聞 2011 年 10 月 1 日子どもニュース PLUS 1 ティーンズランキング
- 4) 恩師である門脇正人先生との私信, 「授業などでの言葉」
- 5) 北川知世理, 中村元彦 (2015 年), 「理科と数学における文脈依存性の要因の追求」奈良教育大学次世代教員養

成センター研究紀要 Vol1, pp.217~225.

6) 矢野真和 (2016 年), 「高専卒業生キャリア調査」,
日本経済新聞, 3 月 7 日

7) ナイジェル・コールダー, 屋代通子訳 (2007 年), 「オックスフォード・サイエンス・ガイド」, 築地書館 (株)

8) 阪本司毅, 中村元彦 (2015 年), 「学習者の特性や考える力が誤概念の修正に及ぼす影響」奈良教育大学次世代教員養成センター研究紀要 Vol1, pp.199~207.

9) 阪本司毅, 中村元彦 (2015 年), 「大学生にみる力学

分野の誤概念の”phase”の研究」奈良教育大学次世代教員養成センター研究紀要 Vol1, pp.209~216.

10) 中村元彦, 阪本司毅, 北川知世理 (2015 年), 「授業から見る論理力について」奈良教育大学次世代教員養成センター研究紀要 Vol1, pp.355~358.

11) たとえば, 文部科学省 (2016 年), 「教育の情報化について」, 2020 年代に向けた教育の情報化懇談会第 1 回資料, 4 月 8 日