

平成17年度高知大学教員顕彰制度「教育奨励賞」受賞にあたって —理学部専門教育「量子力学C」に関して—

理学部物質科学科物質基礎科学講座・津江保彦

1 はじめに

平成17年度高知大学教員顕彰制度「教育奨励賞」を、理学部専門科目「量子力学C」の授業実践で受けました。はじめに、授業を支持してくれた受講生諸君、授業を支えてくれたティーチングアシスタントの大学院生、推薦していただいた方々、選考していただいた選考委員の方々に感謝したいと思います。受賞理由が明示されていなかったのですが、聞くところによると講義ノート、演習問題を電子ファイル化(pdf fileとして作成し、電子メールで受講生に配付)したことが評価されたとのことでした。ここでは、「量子力学C」の授業の報告と私の考えるところを、この場を借りて述べたいと思います。

2 留意したこと

「量子力学」という物理学の1分野は、現代文明に欠かせない必須の知識を与えてくれる。私たち程度の大きさの物体の運動は、古典物理学、たとえばニュートン力学や古典電磁気学、古典統計力学などで理解できるが、特にミクロの世界では通常のニュートン力学の適用範囲外となり、量子力学の知識が必要となってくる。しかし、日常生活では感じにくい量子力学的世界像を修得することはなかなか困難であり、私自身振り返ってみると、学部学生時代に3年近く自主ゼミでランダウ・リフシッツの量子力学の教科書を読んだり、図書館にこもって朝永振一郎の量子力学のテキストを読み通したり、さらにはメシアだのシッフだのといった海外の著者達の当時標

準的であった大部の教科書を読んでいるうちに、分かったというより慣れたというのが実情で、その後、量子力学を当たり前利用する研究分野に進んで、とうとう講義することにまで至ってしまった次第である。

「量子力学C」という講義は理学部専門科目であるが、C(コア)という名前がつけられているように、理学部コア科目の歴史的経緯を持っており、将来物理学を専門にしない理学部学生さんたちも受講してくる。そこで、いくつか留意して講義を行うことを心がけた。以下で簡単にその内容を俯瞰したい。ただし、「量子力学C」という物理学の講義であるので、この講義に特有の部分と、そうではなくてどの講義にも通用するであろう一般的な事柄が混在するが、ご了解願いたい。

2.1 内容の精選

現代物理学の柱である量子力学だが将来物理学を専攻しない学生も受講する。そこで、初めて触れる量子力学の内容に、量子力学を以ってして初めて理解できる化学的事項や生物学的事項なども織り交ぜるように留意した。たとえば、化学的要素では、通常は元素の周期律などは、量子力学の基礎的事柄をみっちりやった後で多粒子系の扱いを勉強して、ようやく後ろのほうで出てくるのが通例なのだが、初めて学ぶ量子力学Cの講義中に含むようにした。また、分子軌道法序論なども加え、化学をするにしても量子力学は基本だなあと感じてもらえるようにした。また、生命関係の要素では、なぜ私たちを代表とする地上の生物はおおよそ 4000×10^{-10} m から

$8000 \times 10^{-10} \text{ m}$ の波長を持つ可視光領域が“見える”のかを、量子力学誕生の発端となったプランク分布から理解するという話などを織り交ぜ、興味を喚起するように努めた。

その結果、学生アンケートの自由記述で、“自分で量子力学を勉強するとき、おそらく扱わないであろう範囲の事（たとえば工学への応用、化学とのつながり）まで、この講義ではカバーされていたので、とても有意義でした。”あるいは、“量子力学という新しい物理学分野をいろいろな分野とリンクさせて授業をしてくださいました。例えばトンネル効果を利用した最先端技術、そして s p 軌道の量子力学的解釈など、授業の内容を工夫してくださいました。楽しかったですが、内容はとても難しかったです”といった感想を頂いている。初学者には確かに難しい内容を含んでいたかもしれないが。

2.2 講義ノート作成・配布

色々な講義をしてきた中で、板書での講義では、「黒板を写すのに精一杯になり、話を聞き逃す」という学生さんの感想が多く見られていた。そこで、以前なら OHP、今ならパワーポイントなのだが、いわゆる「視聴覚教材」で講義をしてみたところ、そうすると今度は、「黒板を写す作業がないので眠くなる」という感想であふれた。“何でも感想や要望を書いてよ”、と呼びかけて感想を書いてもらっているのではあるが、なにをやっても批判してくれて、今の学生さんはいいよなぁとばかりも言っておれない。

物理学関連の主要科目の一つである量子力学を担当するようになったのだが、数式を変形していくのでパワーポイントでぼんやり見せておくわけにもいかない。「ほら、ここでこうなるから、この式のこの部分がこうなって」と、やはり黒板を使うのが良い。しかし、すべてそれでやってしまうと、また、「黒板を写すのに精一杯になり、話を聞き逃す」と言われるだろうからなにか工夫が必要になった。

講義内容の選択を多少アレンジしたこともあり、講義にぴったりマッチした従来の教科書も見当た

ないので、板書すべき内容をあらかじめ配って置いて、同じ内容をもう一度黒板で再現するという方法をとることにした。それで、講義ノートを入力して、pdf ファイルとして受講者に電子メールで配布することにした。その際に、時間の関係で講義ではやれない部分も記載し、また、標準的な教科書に負けないように難しい部分や数学的なところもごまかさずに記載した。もっと言えば、どの量子力学の教科書にも書いていないことも実は含まれている。講義しない部分を含めて pdf ファイルの講義ノートだけ使えば従来のテキストに載っている量子力学の内容を全て網羅でき、自学自習可能なように配慮した。

従来の板書講義であるが、板書の内容のより詳しいものは pdf ファイルで受講生はすでに手元に持っているという環境にしたわけである。数式変形・誘導など板書の利点は非常に多い。配付した pdf ファイルは講義中にパソコンで見られる環境にしたが、紙に打ち出して、そこに書き込む学生さんが多く見られた。この方法で教育効果が上がったものと期待している。板書と電子ファイルで配付する講義ノートという講義スタイルが評価されて教育奨励賞を頂けたと思っている。

学生さんからはこの方法に大きな批判は無く、“ノートが pdf ファイル化されているのが良かったです。板書に必死になって聞きのがす…という事が無いので非常に良いと思います。”“講義ノートが配分(ママ)されていたので、ノートをあまりとる必要がなく、自分で考えながら講義を聞くことができました。そのため、ややこしい量子力学が理解しやすかった”といった学生アンケート自由記述に現れているように、こちらの思惑通りであった。

2.3 レポート提出

講義だけではなかなか理解が進まない分野であり、また将来物理学を専門にする学生さんに、より本格

的な学習を促すためにも、毎日に近く（14回中、9回）レポートを課すことにした。あちこちから集めた、あるいは作ったレポート問題も pdf ファイルで配付しており、レポート課題を指定して提出してもらった。レポート作成には複数名で議論することを可とし、学生相互の学習を奨励した。ただしレポートは個人個人で提出のこととし、共同で行った場合は謝辞を入れるように指導した。レポート問題用の pdf ファイルには課題以外の問題や、復習事項としての例題も記載し、自学自習の一助となるように努めた。

理学部は数学的思考力、英語力、情報処理能力を理学士が備えるべき資質と位置付けている。「数学的思考力の涵養」はもちろん量子力学の学習には必須であり、レポート課題により実行できる。そこで、「英語力の涵養」のために一部、英文による問題も載せて課題を与え、さらに「情報処理能力の涵養」のためにも、一部、数値処理・グラフ作成の課題を用意し与えた。

学生さんの感想としては“レポート課題を解いてみることで授業内容の復習になり、より理解が定着しやすかったと感じた。”“正直、非常に難しい分野だと思うが、構（ママ）義にそったレポートで多少なり理解できた。”“毎回レポートを出しそれをこなすことに大変な時間を要しましたが実力はついていていると思います”という評価の反面、“内容が難しく理解できずに、レポートはなんとなく解いている、という感じになった”という評価もあり、まだまだ工夫すべきであると感じられる。幸い、私の属する理学部物質科学科物質基礎科学コースでは、「量子力学C」のためにティーチングアシスタント(TA)を1名付けて下さった。そのTAが優秀だったこともあり、提出されたレポートに赤で添削してくれたので、学生さんにはとても好評であった。年齢の近い(修士1年生)TAを身近に感じて、受講学生さんに良い刺激になったのではないかと想像している。ただ、“いつまでかかっても良いからレポート課題をやっておいで”、というふうに指導し、レポート提出を優先したので、安易に解答を与えることは避けた。そのため、

“レポートの答えが何週間か先でもいいので知りたかった”という感想があり、そのさじ加減が難しい。

2.4 質問・感想のフィードバック

学生さん達の理解度や勘違いを把握するために、講義の最後に紙を配って、質問・感想などを記名の上で何でも書いてもらうようにした。全てではないが、主だった質問には次週の講義時間冒頭に回答するようにして、双方向性をなくさないように努めた。質問を書いてもらうことで、こんな勘違い・思い違いをしてしまうのか、といったことが良く分かり、こちらとしても非常に講義改善の役にたった。学生アンケートで“授業の終わりに質問などを紙に書いて提出したものを次以降の授業で説明してくれたりしたので、わかりやすかった”と書いてくれた学生さんがいるのが励みである。なかには、即答できない質問もあり、自分で調べて逆に教えてくれる学生まで現れたことは驚きであった。

3 一般的な課題

以上が主な授業実践であり、そんなことは多くの教員の方々が日々すでに為されていることであろうから、ここで取り立てて報告する意味合いは無いのであろうと思う。しかしながら、教育奨励賞受賞者の義務として「受賞者はその教育の内容について『高知大学教育研究論集』に寄稿するものとする。」という一項があるので、これを機に、「報告」を超えて、若干の問題提起を寄せておきたい。

3.1 授業改善が個人の努力に任されている

平成16年度教育奨励賞を受賞された理学部の藤原滋樹さんは、学生さんの質問をホームページに掲載し、そこに回答を与えられている。とても素晴ら

しい!! 私も真似をしてやろうと思ったけれど、ホームページ上でのアクセス制限やセキュリティ問題をクリアするには個人の努力だけでは大変であることに気づき、もちろん藤原さんはそれをされているのではあるが、なかなか私には簡単にはいかず、結局、従来どおり学生さんに紙を配って記入してもらい、次の講義で回答するという今のスタイルを続けている。2.4で述べた通りである。ホームページの技術的な面を勉強して開設すれば良いのであるが、もちろんそのことだけに多くの時間を割くわけにはいかない理論物理学の研究者であるのが大学での私の別の面でもある。こういうときにさりと、こんなことをしたいんだけどやってくれない?とか、教えてくれる?とか、授業改善などを専門にサポートしてくれる機関(「サポート機関」)があれば理想だが¹、現状では難しいのだろうか。

要するに、授業改善が個人の努力に任されてしまっている²。

3.2 時間・人・費用のサポート、成果の蓄積・発信

少しでも学生さんのためになる授業をしようとする教員は研鑽されているが、3.1で見たように、個人の努力に任されており、教育奨励賞でこんな取り組みがありましたと紹介されて、よし真似てみようと思っても、そこからは個人の努力であり、特段の援助は無い。授業改善への掛け声は聞こえてくるが、空虚な「精神主義」に聞こえる。

時間・人・費用のサポートが必要であろう。

まず、講義ノートとレポート問題集を電子ファイルにして受講生に配付したが、教科書風に作成するには時間がかかる。2.1、2.2で述べたことであるが、大変な作業量になる。高等教育機関である大学で学

¹総合教育センター大学教育創造部門(高知大学大学教育創造センター)には、設置の目的にこのようなことは想定されていないようである。(http://www.kochi-u.ac.jp/JA/daikyo/gaiyou.html)

²講義ノート・演習問題集をwebからdownloadするシステムにするためにもアクセス制限が必要となるが、理学部の菊地時夫さんとその指導学生さんが私の目的に叶うwebを立ち上げてくれようとしている。いわば有志の努力である。この場を借りて菊地さんとその学生さんに感謝申し上げます。

生さんを引き付ける授業をするための最低条件は、教える教員が一線の研究者であることであると私は考えている。高度な学問内容を教えるために教育だけに専念しても、学問の背景が希薄では、迫力、説得力も無く、学生さんに魅力を感じてもらえないのではないかと恐れている。当たり前なことだが、研究者としての研究活動があり、すべての時間を教育に回せる訳ではない。幸い、数年前に私のノートを見た博士後期課程の大学院生が興味を持ち、是非テキストにしましょうと言って、ボランティアで入力や英文の演習問題探しを手伝ってくれたので、電子ファイルとして完成に近いものになったのである。また、教育効果を高めるために、2.4で述べたようにレポートをどんどん課してチェックできたのは、さほど高くない賃金で頑張ってくれたティーチングアシスタントの助けがあったからである。2年生以上の講義であったので電子ファイルを配付したが、1年生1学期であれば少ない運営交付金を割いて、コピーを配らないといけないかもしれない。

例えば、多くの教員は教科書を作成されたり、あるいは研究内容を色々な出版社から出版されたりしている。他大学でも多く見られるように、「高知大学出版局(高知大学学術出版会)」のようなものがあって、専門の編集者がいて、「高知大学出版局」から教科書などが出版されて、それらが市場の本屋さんや大学生協の書籍部の店頭に並んでいればと思う。多くの優れた教員を抱えて、知を集積しているはずなのだから、「高知大学」ブランドで知の発信ができれば、講義ノートを発展させて電子ファイルにしようかな、それがゆくゆくは出版物という形になるかな、といった展望も持てるのではないだろうか。

3.3 一面的な評価

最近の風潮として、すぐに評価ということが言われる。言い尽くされているとは思いますが、これも曲者である。一つだけ例を挙げよう。対象となった講義に対する理学部専門科目での学生アンケートの項目では無いが、共通教育学生アンケートの項目には、

「4. 配布資料や視聴覚教材、テキストは適切に利用されていますか」というものがある。5段階評価で「5: はい、4: どちらかと言うとはい、3: どちらとも言えない、2: どちらかと言うといいえ、1: いいえ」の回答があり、数字の大きいほうが評価点が高い。ということは、配付資料・視聴覚教材・テキストを「適切に」用いた授業が、学生ではない誰かの「評価」が高いということである³。私は既存のテキストは使わないし、たまに実験データを見せるためにコピーを配る程度で、適切な配付資料でも無い。視聴覚教材にも功罪があるのは、2.2で述べたように自分の講義経験から感じることである。このアンケート項目からは「板書のよさ」は評価対象でないことが見て取れる。しかし、2.2で述べたように、数式変形をとまなう講義では板書の良し悪しも重要である。一例のみあげたが、とにかく評価が一面的である。学生アンケートに意味はあるが、向かい合っている学生さん以外の「評価」に萎縮せず、より良い授業を志す気概が必要であると感じられる⁴。この程度のアンケートであるならば、各回の講義時間の最後に毎回学生さんに書いてもらっている“私的に”、“個人の努力で”行っている質問感想紙で十分であり、半年の講義の最後の「学生アンケート」よりよほど授業改善の役に立っている。

アンケートをとるのであれば、もう少し丁寧にすべきであろう。私は研究上でアンケート調査をした経験は無いが、アンケートをとって統計調査をして、それを分析するという手法で研究を進めていく学問分野は多くある。そこではアンケート（統計）を取

³学生さんは真摯に回答するだけで、学生さん個々人が当該授業に評価基準を設けて「評価」し、「評点」をつけているわけでは無い。

⁴「教育奨励賞」の応募に際して、「学生による授業評価」が求められている。平成17年度には「以下の二つの条件を満たした場合についてのみ選考の対象となる。但し については、学部によって評価項目や評価の素点が異なる場合があることから、今回は見送り、今後検討することといたします。」「学生による授業評価」の回収率が試験受験者の90%以上、各評価項目を5点満点で平均し、評価項目全体の平均値が4.2以上」とあり、⁵は今回は見送られているものの、「評点」を取るものである。理学部専門科目の授業アンケートは概ね4段階(AからD)が多く、Aを5点、Dを0点として評点は等間隔として私の学生アンケートを採点してみたら、3.44点しかなかった。応募以前のダメ講義であったのかなあ。ちなみに、平成18年度からは、⁶の条件項目は共に削除されている。

る際の基本事項があるはずであり、また結果は因子分析をしたり相関係数を求めてみたりなどの方法できちんと分析されているはずである。そのようなこともやはり「サポート機関」があって、そこで分析が行われてこそ初めて意味をもつアンケート調査になるのではなからうか。評点をつけた「評価」ではなく、授業改善に繋げるアンケートでは無かったのだろうか。

ついでながら、講義ノートを電子ファイルにしたのはあくまでも板書を写して話が聞けなくなるという学生さんの声に耳を傾けたからであり、なにかと持ち出される「ペーパーレス」の為ではない。実際、多くの学生さんはそれを打ち出し、冊子にしてそこに講義の内容を書き込んで勉強していたようであった。ペーパーレスも曲者で、自分で手を動かさないとためにならない学問領域では宜しくない。その意味でも、3.2で述べたように「高知大学学術出版会」で書物としてテキストが出版されていればと感じる。

4 おわりに

高知大学附属図書館中央館には、フランス啓蒙思想時代のデイドロ・ダランベールによる「百科全書」の初版本が揃っている。ダランベールが書いた“dynamique (動力学)”の項目に、現在「ダランベールの原理」という名で知られる物理学の或る物理理論が初めて記載されているので、授業で使おうと思って図書館の方をお願いして写真を撮らせて頂いたことがある。貴重な書物を所蔵していることに改めて感心した。私は仁科記念財団の援助でパリ大学で1年間の研究生生活を過ごさせてもらったが、そのときパリ第6、第7大学に所属していた。パリ第6大学はピエール・マリー・キュリー大学、第7大学はデニ・デイドロ大学と呼ばれており⁵、デイドロの名前には何となく親しみを持っていた。パリ大学は12世紀末から13世紀にかけてセーヌ川左岸に成立したもので、世界で2番目に設立された大学である⁶。少し

⁵パリ第3大学が新ソルボンヌ大学

⁶1番目はイタリアのボローニャ大学

遅れてスペインにサラマンカ大学、ポルトガルにコインブラ大学が設立される。世界で4番目に古いコインブラ大学には私の知己があり、10年以上共同研究が続いていて再々訪問できているのは、私にとって幸いなことである。イベリア半島のスペイン、ポルトガル両国は、13世紀にイスラム教徒の支配から逃れるべくレコンキスタを始め13世紀半ばに完了する。大学史、ヨーロッパ史の専門家で無いので分からないが、おそらくイスラム支配の下でイスラム社会が保持・継承・発展させていたギリシャ以来の高度な学問・知識体系に接していた両国はアラビア科学を再発見し、ルネッサンスの始まりを担うのであろう。大学という知識の集積・伝達を行う組織がすでに整備されていたおかげか、イスラム社会が保持していた知識の蓄積をアラビア語からラテン語に翻訳し、圧倒的に進んだイスラム社会の知識を吸収していく上で大学が果たした役割は想像に難くない。このようにして、イベリア半島の2国は他のヨーロッパの国々に先駆け、世界に大航海という形で乗り出す基盤を得たのであろう⁷。学問の力である。大学の懐の深さと広さでもあろう。

2002年度ノーベル物理学賞を受賞された小柴昌俊氏は、「その研究がどのようなことに役立つのか」と問われて、「まあ普通の生活には全く役に立ちませんね」とだけ仰ったそうだ⁸。教育・研究の成果を近視眼的に、効率・経済性・実用性などの尺度で測るのだけは止めたいと思う。

2節では、教育奨励賞の対象となった授業の実践を報告した。しかし、この程度のことは多かれ少なかれ、教員は皆実践されていることではないかと思う。3節では勝手なことを述べたが、日々授業をしていて感じることである。このような機会に私見を述べさせていただいたことをお許し願いたい。

⁷世界で2番目のパリ大学を要するフランスはローマ帝国の後継たるべく、世界で1番目の大学を持つイタリア経営に余念が無く、大航海には遅れる。

⁸ものの大きさ、須藤靖（東京大学出版会）