

特集 アクティブ・ラーニングの実質化に向けて

# 大規模授業でのアクティブ・ラーニングとICTの活用



北海道大学理学部教授 鈴木 久男

## 1. 導入

### (1) 講義の限界

講義形式の授業は、科目の内容などの情報を学生に伝える方法として適している。このことから講義は長い間授業の主流となっており、それは現在もあまり変わっていない。しかし、講義で実際に学生に伝えられている情報は驚くほど少ないことも広く知られるようになってきた。

Meyers and Jones<sup>[1]</sup>の調査では以下のことがわかった。平均的な学生では、

- 1) 講義時間の40%は教員の言ったことを聞いていない。
- 2) 最初の10分間では70%を記憶しているが、最後の10分間では20%しか記憶していない。
- 3) 入門心理学の授業では、コース終了の4ヶ月後には、受講生の心理学に関する知識について、授業を受けなかった学生に比べてわずか8%の差しかない。

つまり多くの学生が、たとえレポートやテストをこなして単位を取得したとしても、コース終了後に教科で学んだ多くを忘れてしまっているのである。

一方、自ら疑問を持ち主体的に取り組んだ課題は、記憶の定着率が高いことが確認されている。こうしたことから、アメリカにおいては、講義形式が変わって、自ら考えさせるアクティブ・ラーニングが研究され、そして実施されてきた。いわば、教員が授業で何を話したのかということから、学生が何を習得したかを重視する学修者中心の教

育への変換とも言われている。ただし、授業でアクティブ・ラーニングを実施すると、授業で伝えるべき情報量が減少するといった欠点もある。そのため、どの程度の情報量で、どの程度考えさせるのかもアクティブ・ラーニング実施での重要な要素となる。

### (2) 大規模授業でのアクティブ・ラーニング

現在どのような形態のアクティブ・ラーニングが必要なのであろうか？多くの大学においてアクティブ・ラーニングの重要性が認識され、通常の講義形態のクラスからアクティブ・ラーニングクラスへの変換が検討されている。もっとも、学生参加型で議論などを取り入れた少人数形の授業は、ゼミ形式で随分以前から行われていた。アクティブ・ラーニングとして少人数クラスを増加させるのは教員コストがかかることになり、教員サイドの負担や教員コストの増加などから避けたいところである。したがって多くの大学にとって、どのようにして大規模授業をアクティブ・ラーニングクラスに変貌させるかが重要な課題なのである。このような需要は海外でも同様であるので、大規模授業におけるアクティブ・ラーニングの研究も海外では様々な知見が得られている<sup>[2]</sup>。

### (3) 教員負担

教育研究関係者による大学教育学会などでの発表を聞くと、新しい試みにより理解度の向上を示すデータが出る場合が多い。しかし、それは実施

する教員側に多くの労力を伴う場合が少なくない。多くの労力をかければ理解度は向上するのはいわば当然でもある。このような教育研究目的の教育法はいわば「ハイエンド」の製品であって、教員の誰でもが取り組みやすい教育法というわけではない。一般に、教員の労力が増加する教育法は普及しない。したがって、大規模授業でのアクティブ・ラーニングでは、教員側の負担を可能な限り増加させないことが必要である。ただし、現実的には導入の際に労力が増えないということはないのも事実である。そのため、アクティブ・ラーニング導入の翌年からの労力は、導入以前に比べて増加しないことを一つの目標とするべきだろう。実際に筆者は、教育の研究者ではなく教育の実践者に属す。最小の努力で最大の効果を得ようとするのは学生も教員も同じであろう。

## 2. 大規模授業でのアクティブ・ラーニングの実践

### (1) 大規模授業でのクリッカー

筆者がアクティブ・ラーニングに関心を持ったのは、それほど以前のことでない。それは、2003年にアメリカのカリフォルニア大学のバークレー校での授業を視察したときからである。そこで見た化学の授業形態は、それまで考えてきた授業とはあまりにも違ったのである。まず、60分授業で説明で使うスライドはわずかに4枚である。情報量も非常に少ない。しかもそのうち1枚はデモ実験に連動するなどしたクイズであり、学生はクリッカーで答える。意見が割れた場合は隣同士で議論してからもう一度投票する。教員は蝶ネクタイなどしており、まさにクイズ番組のショーなのである。後に担当教員に聞いたが、授業で多くのことを説明しても意味がない。それよりも授業では、重要な概念のみを理解させることにしているとのことであった。逆に言うと、テキストを読むなどは自習や演習に任せることになり、この授業は自習込みで全体として非常に優れた教育プランとなっているのである。筆者はそのとき初めて、教育とは日々進歩していつていることを実感したのである。

2003年に視察からの帰国後から、筆者もクイズ形式の授業を始めた。ただし、クイズ形式の授業では、説明する時間が短くなってしまふ。一方、

当時既にマサチューセッツ工科大学（以下、MIT）の物理の授業ではTEAL(Technology Enabled Active Learning)が徐々に開始されていた。MITのTEALはCGによるビジュアルなイメージ、実験とディスカッションを融合させた授業という大変先進的なものであった<sup>[3]</sup>。クイズ形式の授業では、短い時間に効率よく説明するために、CGによる動画による説明は有効であった。こうしたこともあり、筆者は2004年頃からCGを用いた動画によって物理現象を説明するプロジェクトを始め、様々なコンテンツを作成していった<sup>[4][5]</sup>。そして、2007年度から日本で初めてクリッカーを導入した授業を開始した<sup>[6]</sup>。ちなみに本学では、物理共通テキストが導入され、教員用コンテンツサーバーにより授業用スライドなどが共有されており、初めて物理を教えることになった教員でも、ある程度の質を保った授業が提供できるようになっている。

### (2) 自習管理の重要性

日本では週1時間半の授業が標準的であり、しかも演習などもつかない。これは、アメリカなどの週3時間の授業と対照的である。また一般に日本の多くの授業では、授業時間数に比べて情報量が多い。そのため、アメリカと同様のアクティブ・ラーニングを取り入れてしまうと、アメリカ以上に授業における教科の情報量が減少してしまうことになるのである。この減少分はどうしても自習に頼ることになる。つまり、アメリカでも自習は重要であるが、日本のアクティブ・ラーニングでは、授業のアクティブ・ラーニング化による授業情報量の減少から、自習の重要度がますます高まるのである。アクティブ・ラーニングでは、授業の到達目標における知識と理解項目の多くは、授業ではなく自習によって保証されなければならない。そのため、アクティブ・ラーニングで恐らくもっとも重要なのは、自習の管理なのである。アメリカでも自習管理の重要性は早くから認識され、1990年代から“Just in Time Teaching”などの手法で研究、実践されてきた。

## 3. 統合科学授業でのアクティブ・ラーニング

### (1) 授業の目的とそのスタイル

担当する授業における実践例を報告しよう。担

当する授業の一つに「ゼロから始める科学力養成講座 I、II」がある。この授業はアメリカで1980年代に始められた科目である。なぜこのようなコースが大学教育に必要なのかは、コースを制作したJames TrefilとRobert M. Hazenによって以下のように語られている<sup>[7]</sup>。

例えば放射性廃棄物の問題では、放射性崩壊（物理）、放射性物質の化学的性質（化学）、生物への影響（生物学）、保存する場所（地球科学）などが関係している。これら全体をバランスよく学んでおかないと偏った判断となってしまう。また現実にはコストなど経済的な問題にも関係して正解のない問題とも言える。このような統合的なサイエンスの理解の重要性から、アメリカで「統合科学」<sup>[8]</sup>の授業が普及してきている。学士力という意味では、自然科学に関する知識と理解を保証する科目である<sup>[9]</sup>。

さて、本学での同授業では、120～180名程度の受講者がある。授業導入当初は自習システムとクリッカーによる講義を組み合わせただけの授業であったが、2012年から本学高等教育推進機構の教員（小笠原正明氏、細川敏幸氏）によりデザインされたアクティブ・ラーニングを実施している。

## (2) LMSによる自習管理

先に述べた通り、自習管理がアクティブ・ラーニングに非常に重要である。そのため、自習管理システムMoodleを用いて立ち上げた。ここでテキストの配布、小テスト、レポートの提出などを行っている。

### 1) テキスト

テキストは、DTPソフト（Adobe InDesign）を用いて制作し、フルカラーで毎回10～20ページあり、学生は、LMSからPDFファイル化されたテキストをダウンロードする(図1)。ただし、学生がプリントアウトするとインク代がかかるので、タブレット端末（iPad）やノートパソコンなど画面でできるだけ読めるようにしておくことを推奨している。また、一部動画を埋め込んでおり、パソコンなどでは動画を見ることができる。なお、このテキストは北海道大学オープンコーススウェアとしても公開されている<sup>[10]</sup>。

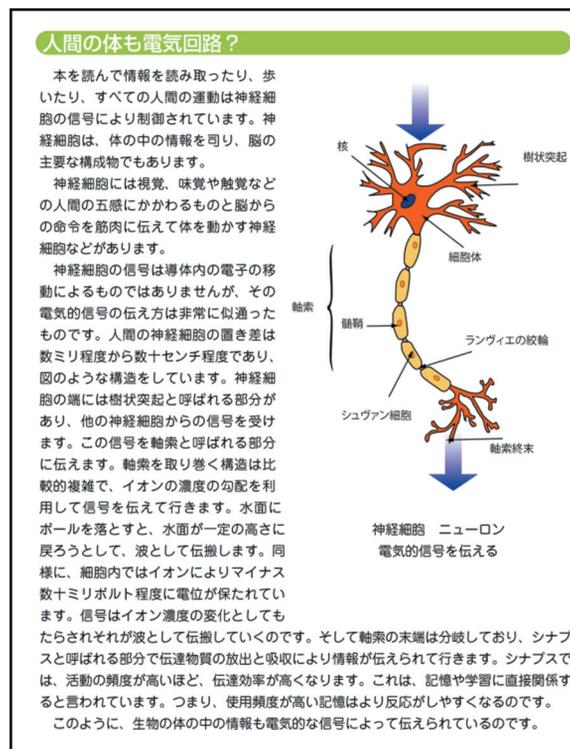


図1 テキストの一例  
電気の説明（ニューロン内での電気伝導）

### 2) 小テスト

現在の授業形態において、教員負担の軽減に最大に寄与しているのが、小テストの機能である。自習管理として、各回に4択の小テストを10題から20題用意している（図2）。

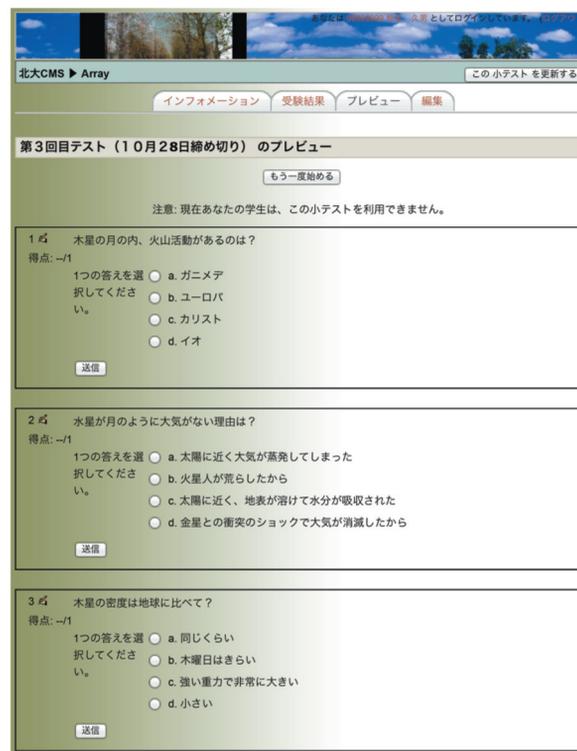


図2 小テストの例

テストは3回まで挑戦可能としているので、最終的にはほとんどの学生は満点近くなる。したがって、この小テストは理解度の試験というより、自習補助のテストである。テキストを読ませ、小テストを受講させることにより、学生の自習を促すことになる。また、小テストの採点結果もここで自動集計されるので、LMS利用により成績評価の負担が大幅に軽減される。統合科学授業でのアクティブ・ラーニングでは、LMSが「自然科学全般に対する知識と理解」という学士力項目を保証しているとも言える。また、LMSはむろん使い方によってはディスカッションに使うことができるのだが、現状では議論の制御に不安があることと、教員負担が増加する可能性が高いことから使用していない。

### (3) 授業

授業は1時間の講義と30分の討論（20分討論＋10分発表）から構成されている。つまり講義と討論のハイブリッド形態により、講義での情報量の多さと、議論での主体的思考のバランスをとっている。

#### 1) クリッカーを使用した講義

60分の講義でも学生の集中力は持たない。講義では10分後あたりから学生の集中力が切れてくる。そのため、ときどきクリッカーによるクイズや、学生生活でのアンケートなどを実施している。例えば、クイズでは「生物学的な種で同一なのは？」「1. カブトムシとクワガタ、2. イチョウとポプラ、3. アカウミガメとアオウミガメ、4. ドラゴンボールのサイヤ人と地球人」など、まじめなものだけでなく冗談を入れて受けを狙うものも多い。授業でも時々くつろぐことも重要であり、全員が興味を引くようなアンケートを入れる。それでも無駄話をしてしまったりして、後半が途中で終わってしまうこともある。その場合でも、詳しくはテキストを読んで欲しいということで対処する。自習システムがあるので、授業では内容のすべてを話すことは、それほど意味はないのである。講義部分では内容の理解よりも、内容に興味を引かせ

るという迫力が最も重要な部分でもあるだろう。つまり、自分で勉強してみたいという気にさせることが目標である。ただし、寝ている学生もいるので、すべての学生に有効ではないし、教育とはもともと限られた時間内に科目の目標を達成した学生の数を最大化する作業なのである。



図3 相対性理論で用いるCG例

#### 2) 講義での動画利用

授業では動画を使うことも多い。原理を説明するためには、CGを用いたほうがよい場合がある。これは、先にも述べたがMITのTEALでのCGによる可視化を参照して、自作のものを利用している（図3）。制作ソフトとしては3ds-maxとaftereffectを用いてきた。また、それらの多くはテキストに埋め込んで学生に公開している。

### (4) 討論の進め方

グループで得た知識や理解は、一人で得た知識よりも長期記憶になりやすいというのは認知心理学ではよく知られたことであろう。討論では実験を組み合わせることもある。つまり、どうなるかを討論させ、その後実際に演示実験してみるというパターンである。例えば、バンデグラフの上に3枚のアルミ皿を重ねておき、電荷をためていくとどのようになるかを討論させた後、ティーチングアシスタント（以下、TA）が実際に実験して見せる（次ページ写真1）。この例は正解のある問題であるが、こうした問題だけでなく、正解のない問題も出す。また、演示実験で失敗する場合があるが、なぜ失敗したのかを課題とすることも

あり、学生は課題の正確な意味を自分なりに設定してレポートにまとめる。これはProblem Based Learningの簡略版である。

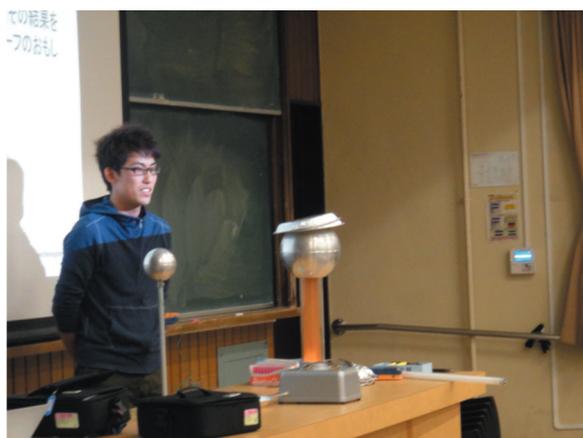


写真 1 TAによる演示実験

その他に話題の例として、以下のようなものがある。

初期の銃弾は鉛が用いられていた。鉛が用いられた理由として、330度程度で溶けること、比重が大きく破壊力があることなどが上げられる。さて、アメリカでは西部劇で登場する、球状の鉛の銃弾は、鑄型を用いずに比較的簡単に大量に作られた。どのようにしたら簡単に球形の銃弾が作られるのか議論しなさい。

また、情報収集能力も重要であるので、スマートフォンなどで調べながら議論させる話題として、

地球上の生命体全体をいったんキャンセルした上で生命誕生のときと同じ条件を与えることができるとしたら、いまと同じような生命体の進化が起こったと思うか、またヒトのような知的生命体へと進化すると思うか。思うとしたら、それを進める原動力は何か。思わないとしたら、その理由は何か。

などである。

授業中は様々な方法を考えさせ、自宅で調べたことと併せてレポートにさせる話題は、以下の通りである。

水素ガスを燃料とする燃料電池車の時代が到来したら、燃料の製造、保管、供給のためにどのような施設・設備が必要になるか、具体的に想像したり、調べたりしてみましょう。また、将来人類が化石燃料を使い果たしたときに水素ガスを燃料とする燃料電池は、主力の電源となりうるのだろうか？

討論では3～5名程度、席の近い人をTAが組にして割り当てていくので、学生にとって知らない学生と話す良いチャンスにもなる。学生は最初は戸惑うが、数回経験すると慣れてきてかなり話し合うようになる。もちろん議論する能力がこの授業だけで身につくことはない。また、そうしたことに積極的な学生ばかりではない。そのため、大学在学中、就職時、また就職後にいかに重要になるか、またそうした能力は就職前になって身につけようと思っても間に合わないなど、議論することは学生にとって役に立つという動機付けとして何回か行っている。

課題によっては難しすぎて議論が盛り上がらないこともあって、年によって改良していく。

また協働による情報収集が必要で、かつ正解のない課題では、Problem Based Learningなどと言われるようだが、あまり堅苦しいことは言わずに、ただ学生が議論するのに任せている。学生によっては正解のない問題にどう答えたらよいのか戸惑うが、授業に慣れてくるとあまり気にならなくなるようである。討論では議論が収束しないときへの対処法への様々なテクニックがあるが、20分程度の議論のため、ほとんど議論誘導の技量を要しないので教員の負担は少ない。

### (5) レポートの評価法

グループ学修でもっとも困難なのは、成績評価である。グループの答えをどの程度個人の成績に反映させるかが難しいところである。また、現在教員3名とTA2名で採点にあたっているが、成績評価基準を明確にしておく必要があるため、いわゆるルーブリック評価を用いている。

例えば、前記の鉛玉の作り方の評価では、以下のようにしている。

観点1	字数が指定された範囲(400～600字)に入っているか？	2点
観点2	討論でどのような意見が出たのか記述しているか？	2点
観点3	自分で考えた独自の方法があるのか？	2点
観点4	調べたことを書いているか？	2点
観点5	全体がわかりやすくまとまっているか？	2点

つまり議論の内容を書いているかだけでなく、その後自分なりの考えや明かにまとめているかなどによって、グループの議論評価と個人評価のバランスをとっているのである。また、自然科学に関係する課題であっても、人文科学との接点となる課題では、正解のない課題となることが多い。正解のない問題に対して自然科学の知識をもとにどのようなアプローチをするのかについて、主に論理構造などをチェックして採点する。

#### 4. 結論と課題

情報を有効に伝える講義と、自ら考えることを中心とするディスカッション部分に分けて実施する授業の実践について見てきた。アクティブ・ラーニングを大規模授業で実施する場合、LMSによるテキストの配布、小テスト、レポート回収、採点の集計が質保証の面から有効であることを見た。このように現状でも様々な工夫はしているが、筆者の実施する授業は、まだ改善すべき点がかかなりあると感じている。

現状の授業の負担の最大の難関はレポートの採点である。アクティブ・ラーニングを用いなくても、学生の理解度を知るにはレポートをその都度見るのが有効なので、結局この負担はアクティブ・ラーニングが負担増になるかといった議論に馴染むか不明である。また、成績評価の透明性のため、ルーブリック評価の観点を学生に公開している。多くの学生がポイントを押さえたレポートを書くようになってくるため、レポートでは点差が小差になることが多い。レポートに対して毎回コメントを返すことによって、次第に良いレポートになっていくのは当然であるとも言えるので、これは良いことであると理解している。

恐らくアクティブ・ラーニングクラス実施で一番の課題は、討論課題の設定である。できるだけWebで検索しても解答が載っていないものが理想的であるので、国内外の様々なテキストを参考に関連する問題を見つけており、問題作成の労力がかかなり必要となる。

また、反転授業の実施は効果があるのかについては、現在も検討中の課題である。講義部分については事前にビデオを見させ、1時間半の授業をすべて討論という反転授業構成で良いのではという意見もあった。しかし、このコースのデザイン

をされた小笠原正明氏の主張では、リアルタイムの60分の講義の迫力は、ビデオでは伝わらないだろうということであった。筆者もそうだが、ビデオの授業を集中力を切らさずに見るのは難しいと感じている。また、小テストやテキストを読むための自修時間が長くなりすぎてしまうことも懸念されるため、反転授業の実施では、現状の自習構成をかなり変更する必要が出てくる。こうしたことから、反転授業の実施は躊躇している。

大規模授業でのアクティブ・ラーニングをいかに円滑に進めるのかについては、まだまだ改良すべき点も多い。筆者らの試みも、基本的に多くは海外での実践手法を取り入れているに過ぎないが、この報告が同様に苦勞なさっている教員の皆様にとって、少しでも参考になれば幸いである。

#### 参考文献と関連URL

- [1]Meyers and Jones: Promoting Active Learning. Strategies for the College Classroom, 1993.
- [2]U.C. Huerta: Getting Active in the Large Lecture. Journal of Political Science Education, 3, pp.237-249, 2007.
- [3]Y. J. Dori and J. Belcher: How Does Technology-Enabled Active Learning Affect Undergraduate Students' Understanding of Electromagnetism Concepts?, The Journal of the Learning Sciences, 14(2), pp.243- 279, 2005.
- [4]鈴木久男, 山田邦雅, 前田展希, 徳永正晴: 動画だからわかる物理 DVD付 力学・波動編 / 動画だからわかる物理 DVD付 熱力学・電磁気学編. 丸善株式会社, 2006.
- [5]鈴木久男, 山田邦雅, 前田展希, 徳永正晴: 動画入り物理教科書の制作. 北海道大学高等教育ジャーナル, No.14, PP.83-88, 2006.
- [6]鈴木久男, 武貞正樹, 引原俊哉, 山田邦雅, 細川敏幸, 小野寺彰: 授業応答システム“クリッカー”による能動的学習授業: 北大物理教育での1年間の実践報告. 北海道大学高等教育ジャーナル, 第16号, pp.1-18, 2008.
- [7]Robert M. Hazen: Joy of Science. The Teaching Company DVD.
- [8]James Trefil, Robert M. Hazen.The Sciences: AnIntegrated Approach. 7th Edition, 2012.
- [9]鈴木久男: 大学生に必要なサイエンス教育とは何か?. 名古屋高等教育研究, 第10号, pp.59-76, 2010.
- [10] 鈴木久男: ゼロから始める科学力養成講座. 北海道大学オープンコースウェア.  
<http://ocw.hokudai.ac.jp/Course/LiberalArts/ Science And Technology/ScienceLiteracy1/2011/>