

M1で論文を書く研究室の運営

白木賢太郎



筑波大学に白木研究室ができて15年になる。スタッフはセンセイが私ひとり、所属している学生は例年10人ほどで、実験室がひとつ、院生室がひとつという、これぞ地方国立大学、という小グループで研究している。しかし、研究室の学生はM1で論文を書く人が多く、卒業までに2本の論文をファーストで書くのが平均像だろうか。博士号を取得してくれた学生が8人もいる。

少人数・狭いラボ・少ない予算・スタッフひとりという研究室で成果を出し続けるためには、さまざまな工夫が必要になる。本稿では、そのなかでも自立した大学院生を育てることに焦点をあて、私たちが工夫している「ゼミ」「朝輪」と、センセイの立ち位置について紹介する。

ゼミを活用するには

ゼミは毎週1回、2時間行っている。円卓に座り全員発表するのが特徴である。教室でゼミを行うと、後ろに座っている人がうたた寝していたり、内職していたりすることもあるだろう。また、発表が回ってこない人は、ただ座っているだけということもあるだろう。だが、円卓を囲み全員が発表する人として参加するため、他人事のような顔をした学生はひとりもいない。こういった場づくりも、細かいようで重要なことだと思う。

ゼミでは学生の半数が雑誌会で発表をする。最新の論文をひとつ選び、科学の型(背景・課題・目的・方法・結果・考察・波及効果)に分節し、図を2枚選んでA4片面に収まるよう準備する。このような要約編集は論旨の骨格を見抜く訓練になるため学習効果が高い。また、短いながらも書き言葉にしてもらうために、その場しのぎの発表ができないのも特徴である。

残りの半数は週例会で発表をする。隔週で回ってくるので、2週間の実験成果を発表することになる。重要なポイントとして、データを示すだけでなく、書き言葉にして説明もらうこと。実験をしたからにはその背景や課題という科学的な根拠があるはずで(センセイに言われたからとか、ひとまず試してみたというのがきっかけだったとしても)、そのために特定の目的を持って実験をしたはずである。このイントロから毎回書いてもらうことで、すべての実験を研究のなかに位置付けられるよ

うになる。

2週間に1回だと当然ながらデータ量は少ないが、それで構わない。再現性の取れる確実なデータだけを発表に使い、そうでない場合にはゼミの発表資料には出さない。実験している時に誰かと議論して解決しておくべきことだからである。2週間も待って実験に失敗した経緯を紙に書いたってしょうがない。発表資料にはデータだけでなく、データを出した方法と結果も書いてもらうが、内容の深さや密度を論文のレベルにあわせるのも重要である。そして、図表も英語で完成版を作っておく。つまり、確実に再現性の取れるデータを積み重ねる訓練をすることと、それをどう積み重ねたら論文になるのかを理解することの両輪が、ゼミでの発表形式になっているわけである。

このような仕組みなので、博士課程に進んだ上級者ともなれば、ゼミ資料の4、5回分の組合せを変えるだけで論文ができあがる。図表もメソッドも書いてあるし、結果や考察も日本語で書いてある。再編集すれば論文の骨格が完成する。論文を書くというのは大仕事どころか、ゼミで発表していれば自動的に完成するようなものなのである。こういうふうな方法に落とし込むことが重要なのである。

言い方を変えると、ゼミとは年に何度か回ってくる大イベントなのではなく、あくまでも論文として正式に世に問うための過程にすぎないのである。ゼミでの発表が年に2回であり、しかも、ひとり1時間も議論させられるとなれば、ゼミの発表のために慌ててデータを取るような人も出てくるし、「今回は実験に失敗しました、次回から頑張ります」といった科学とは無関係の発表をしてしまうこともあるだろう。科学教育から考えると、こういう発表をしなければならぬ仕組みは弊害でしかない。

ちなみに研究室のコアタイムなども設定していない。2週間に1回きっちりゼミで発表できれば自由である。スケジュール管理も貴重な学びの機会である。

朝輪の方法

私の研究室の最大の特徴は朝輪(あさりん)である。学生と朝9時から30分間、毎日欠かさず論文を読んで

いる。4年生が年に150本も論文を読まされる計算になるので、当たり前だが、教育効果はものすごく高い。自分ひとりでこれだけ読める4年生はいないだろう。必要なコストは、プリンターのトナー代と毎朝30分の時間を捻出する程度だから、ほぼゼロといっていい。なぜこれを他の研究室でやらないのか不思議でならない。私の研究室の近所では、朝輪の仕組みを取り入れているところがいくつかある。

講義や出張のない人は毎朝9時に、院生室の円卓のまわりに集まる。私が出張のときは学生だけでやるし、学会でごっそり不在のタイミングでも2人だけでやったこともある。その時間その場に行けば、必ず朝輪が行われているわけである。歯磨きをして顔を洗うのと同じ、朝のルーチンである。

論文1本を読み切る場合、スピードラーニングの要領で、まず要旨の和訳を2人くらいで分担する。要旨というのは論文の全体構造が要約された目次なので、5分くらいかけて丁寧に読み、目的と3つほど並んでいる結果、著者が強調している結論を理解する。

続いてイントロだが、ここは一字一句を読まずにパラグラフ速読法を使うと良い。たとえば、英語のパラグラフは最初の文章が鍵であるし、略号があれば重要な専門用語であり、数字があれば定量化されている、などの目の付け所がある。HoweverやIn other wordsやNeverthelessなどのしっかりした道標があれば著者がそこを意識しているので重点的に見たり、リファレンスが密に詰まっていれば科学的な根拠があるところなのでチェックしておく。このようにパラグラフを鑑賞するようにして読み解き、著者の言いたいことを誰かが30秒くらいで解説する。この解説もいろいろなレベルや見方がある方が面白く、D2あたりが完璧に解説するのを聞くのもためになるし、4年生のたどたどしい解説も注意が向いて、かえって理解が深まるものである。

結果のパートは、図表だけを読み解き、本文は読まない。なぜなら結果のセクションに書かれている文章は、図表を正しく読み取れば、そのままの内容が書かれているはずだからである。ひとり1つの図をざっと読み解き、理解が困難であれば本文に戻ったり、別の人がコメントを入れたりして多くの目と頭で一気に読んでいく。パラグラフの構造と同じように図なども“絵柄”が決まっています。たとえば折れ線グラフがあるとすれば、図に描かれている数や曲率もパターン化されているので、眺めるとほぼ結論がわかるものである。こういうふうパラ見て概要をとらえ、必要などころを細かく見ると読む方をM1やM2がやってみせることで、4年生にいち早くつかんでもらうことが重要である。こうして、Natureのアーティクルを読むことがYahoo!ニュースを

見るのと同じくらいの敷居の低さになれば、知識も急速に増えていくし、科学的な思考も速やかに身につくことにもつながっていく。

朝輪のすすめ

4月は新人が配属されるので、研究室から出た論文を20本ほど新しいものから順に読んでみるというだろう。1か月間の分量だ。4年生は先輩が使う専門用語や研究室にある装置の使い方が一挙に理解でき、あっという間に即戦力になっていく。M1以上にすれば、内容は完璧に理解しているので、論文の型や英文の構造に集中して読めるので学びになる。私にとっては最近出た論文をざっと復習できるので、ボケ防止にちょうどいい。

5月以降は新しい原著論文を1本読み切ることが多い。題材選びも面白いところなので、センセイがみんなやってはもったいない。大学院生に5本セットの論文を選んでもらうと良い。テーマは色々でよく、自分の研究に関わるものでも、流行しているものでも、ある分野が誕生したころの古典などでも、なんだって楽しめる。レベルの低い論文に当たっても、なぜこの論文のレベルが低いのかという見方で議論するので、これもまた学びになる。ときどきはM1が書いたデビュー作の論文を読んで校正を試みたり、査読が回ってきた論文を読んでコメントを考えたりするが、4年生でこういう経験を積んでおけば、自分で論文を書いたりレフリーへの返事を書いたりもできるようになる。

復習も重要である。朝輪が終わったあと4年生は私と“感想戦”をする。4年生に理解したことを話してもらって理解を深めてもらい、また、分かりにくかったことを質問してもらい私がそれにどんどん答える。さらに、重要な専門用語や孫引きすべき論文、先輩たちや共同研究先との関連など目の付け所も伝える。たった10分や15分のこの時間は、4年生にとって最上の学びになる。これを毎日やるのだから、どう考えたって成長する。

このように朝輪を毎日やれば、やる気があろうがなからうが、筑波大学に入学して4年生に上がってくれるくらいの基礎学力があれば、1年後には自分で原著論文を英語で書けるようになるのだ。実際、修士卒が5人いるが、去年と一昨年では全員が2本以上の論文をファーストで書いている。こういう学生ばかりなので、ゼミや朝輪もクオリティが高い。学会のポスター会場よりもゼミの方がはるかにレベルの高い議論ができる。

誰が教えるべきなのか？

新人の4年生を誰が教えるのか。ここも考える余地のあるところである。センセイが個別に教えたり、または先輩の研究の見習いや手伝いのような形で技術を学んだ

りするケースが多いだろうが、そういうやり方ではもったいない。なぜなら、教えるということこそ最上の学びになるからである。だから4年生に教えるのはひとつ上のM1がいい。4週間におよぶ計画をM1たちで立案して“新人研修”として指導する。どのようなテーマで何の測定をし、どのように分析するのかも、センセイが指示するのではなく、去年受けた新人研修をベースにM1が計画する。学んでいるのは4年生のようであって実はM1で、新人研修を教え終わったとき、本当の意味で新人研修が終わったことになる。

ディスカッションのタイミングも考えるべき点である。センセイが実験室をまわってその場で議論するようなスタイルはあまり良くない。学生が自分で考える貴重な時間を奪ってしまうからである。センセイが教えるべきことは、具体的なデータを見ながら次に何をするかという指示を適切に出すことではない。それでは学生は育たない。データを解釈し、方向性を自分で考えるための“方法”をこそ教えなければならないのだ。その方法は、朝輪で読んでいる論文の型であり、朝輪での感想戦であり、毎週書いてもらっているゼミの原稿なのである。

M1がデビュー作の論文を書くころにはほとんど自立しており、新しいテーマも自分で思いついている。それを次の研究として自分でやってもいいし、次年度の新人の卒論に転用してもいい。そうするとM2で卒論の指導をすることになり、これもまたきわめて高度な学びになる。ただし、新テーマは論文のアウトラインにまとめてもらい、ゼミで徹底的に揉む。これが重要なプロセスである。ここをクリアすれば必ず素晴らしいテーマになる。そんな感じなので、私の研究室でのテーマは、センセイが思いついたものは少ない。たいていは学生の着想から始まったものである。

卒論はそのまま論文になる

卒論がそのまま論文になった例をいくつか紹介したい。最近では、西奈美君が新しいタイプの凝集抑制剤の研究で、卒論を書く前に原著論文を投稿している¹⁾。卒論より先に論文が出たというのはさすがに先例がない。栗之丸君の高分子電解質を利用する酵素機能スイッチは、卒論がACSの雑誌に記載された初めてのケースだった²⁾。ちなみに彼はいま産総研の研究者になっている。井上君のアルギニンによる粘度低下の論文は5年間で50

回も引用されているから、卒論としてはちょっとしたものである³⁾。彼は博士号を取ってもおかしくない分量の業績を上げて、修士で製薬会社に就職して研究をしている。宮武君のアルギニンによる凝集抑制のメカニズムも一連の研究のコアとなるすぐれた成果で、タンパク質溶液の専門誌 (Impact Factorでいうと4.7) に記載されている⁴⁾。卵白の加熱凝集という食品系のテーマに展開したのが岩下君で、90°Cで30分間加熱しても卵白が凝集しないという発見⁵⁾や、それがアルギニンでも実現するというホン君の発見⁶⁾なども卒論であった。

こうして研究室に配属された4年生は、毎朝の朝輪や毎週のゼミをいわばルーチンとしてこなしながら科学リテラシーをきっちり身につけ、1年後には卒論であり原著論文である論文を書き、新人研修として次の4年生の指導しながら実験するという方法を完成させ、M2になれば自分で考えたテーマの研究を進めながら4年生の新テーマの指導もする。このくらいの速度感である。学生の多くがこんな感じだから、たとえば学会の要旨なども完璧で、赤ペンを入れる余地がないことも多い。修士論文も基本的には査読を受けた論文がベースなので、「修論ができました」「はいよく頑張りましたね」で終わる。

内容ではなく方法を

研究には内容と方法がある。学生には方法をいち早く伝授し、自分で研究の内容やテーマを着想し遂行できるように教育するのがいいと思っている。ピアレビューに耐える論文を自分で書けるようになり、レフリーとのバトルもきっちりこなし、自分でやってみたい研究を自分で考えて実験する。そういう方法をいち早く身につければ、大学院生時代など楽しみに決まっている。

紙面の都合でひとまずこんなところにしますが、使えそうな仕組みがあればぜひお試ください。

文 献

- 1) Nishinami, S. *et al.*: *Int. J. Biol. Macromol.*, **114**, 497 (2018).
- 2) Kurinomaru, T. *et al.*: *Langmuir*, **28**, 4334 (2012).
- 3) Inoue, N. *et al.*: *Mol. Pharm.*, **11**, 1889 (2014).
- 4) Miyatake, T. *et al.*: *Int. J. Biol. Macromol.*, **87**, 563 (2016).
- 5) Iwashita, K. *et al.*: *Protein J.*, **34**, 212 (2015).
- 6) Hong, T. *et al.*: *Food Res. Int.*, **97**, 272 (2017).

<略歴> 1994年 大阪大学理学部生物学科卒業、1999年 大阪大学大学院理学研究科生物科学専攻博士後期課程修了、1999年 科学技術振興事業団博士研究員、2001年 北陸先端科学技術大学院大学材料科学研究科助手、2004年 筑波大学大学院数理物質科学研究科助教授、2007年 筑波大学大学院数理物質科学研究科准教授、2016年 筑波大学数理物質系教授、現在に至る