

学士課程における PBL 型天文教育の実践

田中 幹人

〈東北大学学際科学フロンティア研究所 〒980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉6-3〉
e-mail: mikito@astr.tohoku.ac.jp



本稿では東北大学の学士課程において筆者が実践している天文学と科学コミュニケーションの Project-Based Learning (PBL) 型講義をアクティブラーニングの成功例として紹介する。二つの講義に共通していることは、答えのないテーマに対して、学生がチームを組んで主体的に取り組み、2度の社会的なアウトプットを経験するところである。つまり、PBL 科目成功の秘訣は、学生が「選択」できることと、「責任」を追う仕組みを講義に取り入れることである。また、筆者の民間企業で経験した教育手法に基づいて、学習の目標設定と振り返りも取り入れており、アクティブラーニングに深みをもたせている。PBL に基づく授業手法の教育効果として、科目本来の教養を深めるだけにとどまらず、一人の市民として人間的に成長するために必要なジェネリックスキルの育成にも効果が見られた。

1. はじめに

東北大学には、全学教育における授業や教育方法などについて、優れた業績を挙げた者や創意工夫にあふれる取り組みにより大きな教育上の成果をあげた東北大学の職員を表彰する制度として、全学教育貢献賞が設置されており、毎年、全職員の中から数名が選ばれる。今回、平成26年度東北大学全学教育貢献賞を、筆者が受賞することになったので、大学の学士課程における天文教育の成功例として本稿で紹介させていただくこととなった。受賞理由は「問題解決型の授業実践により、かねてより学生からの評価が非常に高く、基礎ゼミFDにおいて実践事例の報告をするなど、全学教育に対する積極性が見て取れました。また、受講学生が基礎ゼミ成果発表会へ自主参加し、主体性を育む授業として成功を収め、全学教育に貢献していると評価されました」となっており、問題解決型の授業を教養教育において展開し、大学生の主体性をうまく引き出せたところで

ある。

まず2章において筆者が民間企業で働いていたときに体験し、有用だと感じた教育方法について紹介し、3章ではその教育方法が大学教育とどのようにつながるのかについて述べる。4章では、授業を立ち上げた経緯について筆者自身の想いについて述べ、5章では、受賞対象となった二つの教養科目でのPBL型授業と、専門科目における導入についてご紹介する。6章では、まとめを行う。

2. 民間企業での就業経験から学んだ教育方法

筆者は、2009年、天文学の博士課程修了後、半年間ではあるが株式会社リクルートという民間企業で営業マンとして働いており、現在の筆者の教育方法はそのときの経験に大きく影響を受けているので、就業時の経験について述べておかなければならない。読者は、「なぜ筆者は、天文学の博士課程修了後、民間企業に就職したのか」「な



ぜ、よりによって営業職に就いたのか」そして「なぜ、半年で天文業界に戻ってきたのか」について、大いに興味があるかもしれないが、本題とは大きくずれるので興味がある方は筆者に直接問い合わせていただきたい。

普通、新卒で企業に入社すると、学生気分から一人前の社会人へと成長し、自立的に実務をこなせるようにさまざまな研修が行われる。自律的に仕事をこなすためには、自分は何がやりたくて、やりたいことを達成するためには何をいつまでにする必要があるのか見積もり、実際に行動し、行動の結果を客観的に振り返り、必要に応じて目標や行動を改善していかなければならない。いわゆる「Plan→Do→Check→Action→Plan→…」のPDCAサイクルであり、研究者にとっても、研究の流れを当てはめてみれば、自然とPDCAサイクルを回して研究を進めていることに気づくであろう。しかし、研究者はもちろん、20代後半の一般的な社会人であれば、自律的に仕事をこなすことは当たり前のことかもしれないが、就職するまで目の前の与えられた課題をひたすらにこなすだけの学校生活を送ってきた今時の大卒新入社員にとって、自律的に仕事を進めることはとても難しいことである。そして、一人前の社会人になるため、仕事の進め方や社会人としての心構えは、体験学習を中心に教育されることになる。

以下では、筆者が受けた新人教育の中で大学教育や授業運営に活かそうなものを紹介する。まず、「目標設定」と「振り返り」について紹介し、その二つをうまく機能させるためのスキルとして「コーチング」を紹介する。また、会議や授業の運営において機能するスキルとして「ファシリテーション」を紹介する。

2.1 目標設定

入社すると同部署・他部署の同期だけでなくグループ会社の同期などとグループワークをする機会が多くある。グループワークのテーマは、1カ月後、半年後、数年後の自分がどんな社会人に

なっていたいか、といった自分の今後のことについて深く考えさせられる。また、同期同士で話し合うだけでなく、配属先のグループリーダー、マネージャーとも定期的に面談を行い、仕事を通じてどう成長したいか、という目標設定をしっかりとさせられる。さらには一日ごとの目標設定とその評価も業務として位置づけられるのである（次のリフレクションの項目も参照）。その結果、他人の前で目標を宣言することによって責任感が生まれ、また達成することが自分のメリットへとつながり、決めた目標を達成しようと仕事を頑張ることになる。

しかし、効果的な目標設定は、人のモチベーションを上げることができるが、高すぎる目標や、達成することに意味を感じられない目標はモチベーションを上げる材料とはならない。例えば、年間論文1本出すことがやっとなりの人が、年10本出版を目標として掲げても途中で挫折することはたやすいだろう。また、プログラミングに嫌悪感ある人がプログラミングの習得を目指してもなかなか行動に移せないし、実験嫌いの人が実験器具の扱い方の習得を目指すことも難しい。難しい物理学や数学を学ぶことも同じである。プログラミングを習得し、自分の興味がある天体の観測データを解析できる、などという意味づけがあって初めて目標達成に向かうことができる。このように目標達成の向こう側の価値をはっきりと認識させることをフューチャーペイシングと呼ぶ。さらに、目標設定で注意しないといけないことは、目的と目標の区別である。旅行に例えれば、「東北地方の温泉巡り」が旅行の目的であるとすれば、「いつこの温泉にどの路線で行って、1日目はどこに宿泊するか」などという計画が目標となる。科研費の申請や観測プロポーザルでも、銀河の歴史を解明するという目的の意義をひたすらに述べても、研究で何をどこまでどうやって明らかにするのかという目標をハッキリさせておかないとパスすることは難しいのと同じである。つま

り、目標は目的をブレイクダウンし、より具体的であることが大切である。

2.2 振り返り

新入社員は、毎日、退社前に先輩社員と「振り返り」という作業をする。振り返りでは、自分が一日どんな仕事をしていたのか先輩に報告する。例えば、テレアポ（電話で企業に営業訪問させてもらうアポイントを取ることで何件約束を取り付けられたか報告すれば、予定より少なかった場合には「なぜ少なかったのか」質問され、次回予定通りアポを取るためにはどんな営業トークを展開すればよいのか、考えさせられる。先輩からこうしろああしろと一方的に言われるわけではなく、まず自分の考えを必ず述べさせられる。営業訪問へ行った場合は、先方が抱える課題をヒアリングすることが第一目標であるので、先方から聞きたいことが聞き出せたのかどうかの振り返りが行われる。そして、その振り返りの内容を日報にまとめて、グループ内のメーリングリスト（大学で言えば、専攻の教員と院生全てに流れるALL）に投稿することが義務づけられていた。投稿すれば、他の先輩社員からだけでなく、時に部長から賞賛や改善のフィードバックが来ることもある。

この振り返り業務は、教育手法としてもよく取り入れられており、リフレクション、または反省と呼ばれ、経験した認知プロセスの外化を行う作業である。経験から学んだことを言葉にし他人に伝えることによってフィードバックが得られ、経験が改善される。そして、経験が深まるとともに学習内容も深められ定着していく。例えば、いわゆるラーニングピラミッドで示されるように、教科書や論文を読んで勉強するだけでなく、輪読によって勉強したことを誰かに説明すれば、とりわけ記憶として定着しやすいだろう。また、リフレクションの他の例として、小学校で言えば、夏休みの日記や感想文、大学で言えば、コメントシートやミニットペーパー、そして期末テストやレポート、もアウトプットして学習を外化するとい

う意味でリフレクションの効果がある。

2.3 コーチング¹⁾

目標設定や振り返りは個人でもできるが、先輩や上司と進めることが多かった。新人だと仕事の要領や自分の力量がわかっていないため、達成することが困難な大きすぎる目標を立ててしまいやすいし、目標達成の先を見据えることや、目標を達成するための具体的な計画を立てることも難しい。そこで、先輩や上司との面談によって今の自分の身の丈に合った（楽勝ではなく、頑張れば届きそうな）目標に設定し直すのである。振り返りのプロセスにおいても同じように、上司や先輩とのやりとりは知識の外化を助ける。いずれにしてもコーチングで大事なことは、他者から一方的に答えを与えることではなく、相手が自分なりの答えを作ることをサポートするところである。つまり、上司や先輩は、客観的かつ定期的にフィードバックするコーチの役割を担っているのである。一流のスポーツ選手でもコーチをつけている場合が多く（例えば、プロゴルファーのタイガーウッズなど）、プレイがうまくできなかった場合、コーチは選手に「なぜプレイがうまくいかなかったのか?」「どうすればプレイがうまくいくのか?」問いかけ、選手を改善へと自発的に導くのである。

このように対話によって相手のモチベーションを高める技法をコーチングと呼ぶ。コーチングを機能させるためには、相手の行動を承認し、相手の話を聴く、適切な質問をする、といった会話力が重要である。相手の話を遮ったり、一方的に上から目線のアドバイスをしてしまうと、コーチングは機能しない。しかし、コーチングは確かに人間のモチベーションを高めることに機能するが万能ではない。機能することもある、程度に止めておくべきである。ただ、研究室での指導など学生とのコミュニケーションに行き詰まったときは、スキルの一つとして試してみる価値はあるだろう。



2.4 ファシリテーション²⁾

ファシリテーションは、会議を効果的に進めるスキルである。会社の会議ではファシリテーターという人を毎回設定し、ファシリテーターが会議の進行役となっていた。会議を効率よく進めるためには、会議の計画が明確であることと、全員がアクティブに会議に参加することが重要である（読者は、会議の発言者はいつも同じで、内職する人が多く、何のために集まったのかわからないようなよく遭遇する退屈な会議を思い出していただきたい）。ファシリテーターは、会議の目的・目標、アジェンダ、グラドルールを会議の始めに宣言する（参加者が一緒に決める場合もある）。例えば、ブレインストーミングが会議の目的であれば、アイデアを何個以上出すという目標、何時から何時までは全体でプレストするといったタイムスケジュールがアジェンダ、どんなアイデアでも褒める、否定しないという上下関係なく全員で守る決まり事がグラドルールとして、最初に全員で共有するのである。また、参加者同士が初対面であったり、上下関係にある場合、会議をいきなり始めず、アイスブレイク（発声練習や、他己紹介、簡単なゲーム、などさまざま）という作業をすることによって、全員が発言しやすい空気感を意図的に作る。アイスブレイクをしても発言しにくい雰囲気がある場合は、最初から全員で話し合うのではなく、個人ワークで考えを紙に書き出してもらおうといった作業を取り入れる場合もある。話し合いが始まれば、ファシリテーターは会議のゴールへ向けて、参加者の発言を促すために適切な質問を投げかけ、傾聴し、そして発言を論理的につないで、全体の意見へと形成していく。

会社の会議では常にこのファシリテーターが設定されており、チームの会議では上司のファシリテーションがとりわけ上手であった。自分もチームの一員であるという意識、発言してチームにコミットしたいという意識、が湧いてくるので、ただいだけの会議ではなく参加している実感が

あった。会議の司会進行者が、一方的に考えを押しつけるのではなく、メンバーそれぞれが意見を形成し、一つの結果をアウトプットすることができて初めてファシリテーションが成功していると言える。コーチングが個と個のコミュニケーションであるならば、ファシリテーションは、個と全体をつなぐコミュニケーションスキルと言えるだろう。

3. 学校と社会をつなぐ大学教育

本章では、企業で学んだ教育スキルがどのように大学教育とつながるのかについてジェネリックスキルとPBLというキーワードを軸に考えておきたい。

読者には信じられないかもしれないが、近年の大学教育において（特に2008年の中央教育審議会答申以降）、知識の習得だけでなく、ロジカルシンキング、問題解決力、コミュニケーション能力などの汎用的スキル、チームワーク、リーダーシップ、責任感など、つまり一人の市民として人間的に成長することが目標として掲げられている。「大学で教えることではない」という意見や「アカデミックな環境だけでキャリアパスを積んできた大学教員には教えられない」と言った意見もあるだろうが、筆者の少ない社会経験の雑感としても、複雑に入り組んだ現代社会にいち早く適応するためには前もって身に付けておいて損はない汎用性の高いスキルであると思う。このような背景に至ったのは、「高等教育の大衆化」「学生の多様化」という大きな社会問題があり、大学で学ぶことの意義、目的意識が希薄であったり、伝統的な方法で講義しても学生が関心を示さなかったりする様子が、東京大学や東北大学など、入学に競争力のある大学においても見られるようになってきたことにある。

このようなジェネリックスキルに焦点を当てた教育目標に対応するために、アクティブラーニングを導入することによって大学教育の質を保証しよ

うとする試みが近年なされている。溝上³⁾による定義によれば、アクティブラーニングは「一方向的な知識伝達型講義を聴くという（受動的）学習を乗り越える意味での、あらゆる能動的な学習のこと。能動的な学習には、書く・話す・発表するなどの活動への関与と、そこで生じる認知プロセスの外化を伴う」とある。つまり、能動的になるための学習の意味づけ（目標設定）と、認知プロセスの外化を助けるためのリフレクション（振り返り）はアクティブラーニングの根幹をなすと言っても良いだろう。とりわけ、中央教育審議会（中教審）で求められるようなジェネリックスキルの育成に効果がある授業形式として、（高次）のアクティブラーニングの一種であるPBL（Project-Based Learning）がある。PBLは、昔ながらの教員から学生へ一方通行に教授する放送型講義ではなく、学生が少人数チームを組織し、ある課題を解決するようなプロジェクトを進める形式であるので、主体性が必要となり、またメンバー同士でコミュニケーションを取り合う必要もある。ゆえに、PBLは知識の習得だけでなく社会的なスキルの育成に効果があると考えられるのである⁴⁾。

要するに、筆者は、前述したコーチングやファシリテーションの技能を取り入れて大学教育でPBL型教育を推進しているという話である。PBLは、学習者が自ら学びをマネジメントし知識を構築していかなければならず、教員から、一方的に学生に答えを与えるわけではない。だからといって放置すれば良いというわけではなく、教員は学生の意見をうまく引き出し授業を運営しなければならないので、ファシリテーションのスキルが必要となる。また、PBLというアクティブラーニングを進める、つまり学習の動機づけおよび認知プロセスの外化をサポートし、学生の主体性を引き出すためにコーチング技能が必要となるのである⁵⁾。

4. 筆者が大学教育でPBLを取り入れる理由

前章では、社会的な背景に基づいて大学教育にPBLを取り入れる理由を述べたが、本章では、筆者自身の経験で感じた大学でPBL型教育を実践するに至った二つの理由（研究者の職業教育の観点と大学生が夢中になれるような講義を作りたいという想い）について述べておきたい。

4.1 君天・もし天で感じた違和感

筆者は、仙台市天文台と協力し、高校生向けの天文学研究体験企画「もしも君が杜の都で天文学者になったら…（通称：もし天⁶⁾）」を2010年に東北大学で立ち上げた。もし天は、国立天文台の「君が天文学者になる4日間（通称：君天⁷⁾）」をモデルとしており、2015年現在でも、東北大学天文学教室の教員および学生によってアップデートされ続けオリジナルな企画へと進化している。もし天にしても君天にしても、高校生同士で研究チームを組んで、大学生・大学院生の指導の下、研究テーマの設定から、実験（天体観測）、データ解析、考察、プレゼンテーションと一連の研究活動を短期間で行う、というプロセスは共通しており、とりわけ大きな特徴は高校生自らが研究テーマを決め、勉強とは違った答えがない「研究」を主体的に進めるところである。つまり、もし天の形式がプロジェクト学習であり、アクティブラーニングでなのである。ゆえに、科学的思考の育成だけでなく、チームワークや課題発見・解決能力などの社会的なスキルの育成も期待できる。

筆者は、もし天を進める中で昔から感じていた違和感というか想いが一つあった。それはもし天では大学院生や大学生がTAとして高校生の天文学研究の指導を行うのだが、ほとんどのTAは研究活動を行ったことがないので、大学生自身がもし天を受講することは意義があるのではないだろうか？ ということである。少なくとも筆者の知



る限りでは、今の学士課程において「研究」についての体系的な教育が行われていないように思える。なぜなら、学生は卒業研究で研究室に配属後初めて研究に触れるが、研究に関する教育はそれぞれの指導教官にゆだねられており、ほとんどの研究室では指導教官がいくつか（または一つ）の研究テーマを用意し、それを学生が選んで研究を進める場合が多いからである。なかには、先輩から引き継いだ研究テーマを、研究目的も手法もそのまま続けてこなすだけの場合もある。学士や修士の段階で、主体的に研究テーマを考えることは難しいかもしれないが、研究者という職業教育の観点から考えると、研究という仕事について早期に理解しておくことは極めて重要であると筆者は考えているし、大学生の進路決定のタイミング（学士課程であれば3年次、修士課程であれば1年次）を考慮に入れると、学士課程のうちに「研究という行為はどういうものか」について深く理解しておく必要があるだろう。

4.2 つまらなかつた大学の講義

また、純粋に大学でもっと夢中になれる講義はないのだろうか？ とかねがね考えていた。勉強をやるぞと意気込んで大学に入学したものの、「自分の世界に入り込んでお経を聞いているだけの退屈な講義」「難しい言葉を並べて学生に分からせる気がない講義」「板書が読めなくてノートさえ取る気が失せる講義」「つまらないくせに出席を重視する講義」など、大学の講義にガッカリしたことをよく覚えている。これは京都大学・大阪大学・大阪外国語大学の学生に対するアンケート調査の結果（溝上2014の参考文献を参照）でもあるが、筆者もほぼほぼ同感であるし、今でもそのような授業が多いことは想像できる。付け加えるとすれば、最近ではパワーポイントでスライドを見せるだけの講義も増加しており、わかりやすさ、見やすさの改善が進んでいるのかもしれないが、紙芝居のようにひたすら受動的に聞いているだけの授業が存在していることも事実である。そ

の結果、（授業のつまらなさだけが直接的な理由ではないと思うが）大学生は正課科目よりも課外活動が大学生活の中心となっていく印象を受ける。

このような研究者の職業教育の観点、および大学生が夢中になれるような講義を作りたい、という二つの思いが相まって、高校生が夢中になっていたもし天を大学でやってみたい、と思うようになり、2011年に東北大学の高度教養教育・学生支援機構（当時の高等教育開発推進センター）の協力を得て、学士課程においてもし天と同等の講義を立ち上げるに至った。また、協力を得る際、できるだけ汎用性のある講義を設計して欲しいという要望もあったので、次章で紹介する科学コミュニケーションの分野にもPBL型講義を展開していくことになる。PBL自体は工学部、看護学部（看護系の場合、Problem-Based Learningが一般的）をはじめとするあらゆる学部ですでに取り入れられており、また文系の教養科目にもゼミ形式で取り入れられている例はある。しかしながら、いまだに一方通行の講義が中心である理学教育において本格的なPBL型講義を取り入れる例はほとんどみないので、理学教育においてPBLを実践すること自体に新しい意義があるだろう。なお、アクティブラーニングやPBLなどの概念は、起ち上げを行っている段階で、今の大学教育で求められていることを調べるうちに知ったことであり、筆者がやりたいと考えていた講義はたまたま時代にフィットしたと言える。

5. 理学教育におけるPBLの実践例

本章では筆者が大学教育において実践しているPBL型授業についていくつか紹介する。今回の全学教育貢献賞の対象となったのは、教養科目において実践した天文学研究と科学コミュニケーションにかかわる二つの講義であるが、同じような観点で専門科目でも実践しているので併せて紹介する。

5.1 教養科目における天文学PBL

2012年度、東北大学全学教育転換・少人数科目「基礎ゼミ」の一つのクラスとして「君が天文学者になるセメスター」という講義を開講した。基礎ゼミは、大学に入学したばかりの初年次学習者向けの授業で、高校までの知識伝達型の学びから、大学での主体的な学びへの転換を目的としており、2012年度は東北大学で計165個ものクラスが開講されていた。講義名として、もし天が東北大学で走っていたので、高校生向けのもとの区別するためにすでに終了していた君天から名前を拝借した。短期集中型であったもし天をセメスターを通じた講義にするために、生物系のPBLの先例である北海道大学一般教育演習（フレッシュマンセミナー）の「蛙学への招待」⁸⁾を参考にしている。大学生向け君天の詳細な解説は、文献5に詳しいので、そちらも併せてご覧いただきたい。

5.1.1 初回ガイダンス

初回のガイダンスでは、授業理解に重きを置いたワークショップを行っている。学習目標、授業の進め方、評価方法など、詳しい授業内容の説明を筆者から提供し、学生同士で、君天とはどのような授業であるのか、君天に対する期待感や不安感をグループワークで共有させている。新入生はまだよいが、学年が進むにつれてシラバスをよく読まない学生は増加するし、また、シラバスのスペースで授業内容をすべて伝えきことはできないので、ガイダンスをしっかりと行うことは非常に重要である。言わば、ガイダンスは学生と教員の間で契約を交わす儀式のようなもので、契約どおりに授業が行われないと当然授業評価は下がる。一方で、教員が提供できるコトをあらかじめ学生に理解してもらっておくことによって、「こんなはずじゃなかったのに…」と学生の期待を裏切るリスクも減少させることができるであろう。

5.1.2 プロポーザル審査会まで

君天で大きな通過ポイントは、プロポーザル審

査会（研究テーマの設定）と研究成果発表会である。ガイダンス終了後は、1チームあたり4,5人のチームに分かれ、自分たちの興味に基づいた研究テーマ決めを行い、観測プロポーザルの制作を行う。プロポーザル審査会は、14回中6回目（5月末）の回に設定している。東北大学の基礎ゼミは、全学授業第一週目は抽選期間にあたり、授業開始は2週目からなので通常の全15回ではなく全14回である。テーマ決めの際し、研究テーマの立て方、プロポーザルの書き方、天体観測の概要などの講義は行っているが、個々の天体についての講義は行わない。チームによって関心のある天体が違うので、TAや教員と個別にコンタクトを取って、チームごと（つまり天体ごと）に教える内容を変えている。もちろんテーマを決めるときにTAや教員から、「○○天体の△△を調べてみれば？」というアドバイスはしておらず、「何に興味があるのか？」「なぜ興味をもったのか？」といった学生の興味を引き出す質問を重視し、「○○という天文現象が知りたいんだったら△△という教科書や××さんの論文を読んでみるといいよ」というアドバイスを行ったり、テーマを調べるために理解しておかなければならない、また学部1年生が短期間で独学で勉強するにはハードルが高そうな物理や天文の知識については個別に直接教えている。

審査会は、学生チームを個室に呼んで、審査委員の前でプロポーザルを元にプレゼンしてもらい、質疑応答を行う形式である。審査員には、授業担当の教員やTAだけでなく、天文学専攻の教員や大学院生にも参加してもらい、外部からの目も取り入れることによって、なるべく内輪だけの評価で終わらないように工夫をしている。

5.1.3 研究成果発表会まで

プロポーザル審査を通過したチームから天体観測を行うことができる（本来の観測プロポーザルなら1回の審査で合否が決まるが、授業なので合格するまで何度も再提出させている）。ただ、前



期授業では、ちょうど梅雨時期に天体観測の実習が重なるので観測成功率が低く、チームによってはデータが取れるまで3,4回と別日を設定し再チャレンジしている。観測が長引くとその後のデータ解析が遅れ、結果的に学期末の試験勉強を圧迫しかねないので、なるべく早くプロポーザルを通過させて、なるべく早く天体観測を済ませて欲しいと考えている。そのため、プロポーザル審査会は全14回中少し早めの6回目にあてている。教員としては（真意を言えば指導の手間がさらにかかるので）、悪天候で観測できない場合は、早めのアーカイブデータの利用を勧めたくなるが、授業後、ある学生から聞いた話では、例え時間がかかっても、例えクオリティが低いデータであっても、自分で天体観測して取得したデータのほうが思い入れや達成感が強く、その後のデータ解析の意欲が高まるという意見もあったことは注目に値する。

観測後のデータ解析はLinuxで行っている（ソフトウェアはPyRAF。特にSTScIで配布されているUrekaをインストールすることがお勧め）。東北大学の学部1年生の場合、情報基礎という別の授業でLinuxに触れ始めている段階で、また、7回目の授業時間を使ってデータ解析の解説およびIRAFの使い方の流れを講義するが、学生が自立的にLinuxで天文データ（特に分光データ）の解析をするのはたいへんである（データ解析および方法を書いたテキストも与えている）。そのため、2014年度にはTAと協力して、データ解析の解説動画をiTunes Uで配信し、課外学習をサポートしていた（いわゆる反転授業）。

データ解析以降、学生の能力に合わせて、チームの役割分担（データ解析、考察、パワーポイント制作）の傾向がより強くなる。プロジェクトを通じて自分と向き合い、得意なこと不得意なことを理解し、また自分の力を発揮できる場面を知る。プロジェクトを成功させるためにチームの中で自分の役割を見つけることは、学生の人間的な

成長を促すだろうし、学士力を育む教養教育としても重要なテーマである。実際、プロポーザル制作までの思考的な作業が不得意で、自分はチームに貢献できていないと感じていた学生が、コンピュータを用いた作業で強みを発揮し、チームになくはならない存在になり最後まで走り切れたケースもあった。

最後の研究成果発表会は、天文学教室の談話会（院生の中間発表や外部から来訪する研究者がするコロキウム）の一つとして行っている。天文学教室の教員や大学院生も参加し、卒研発表や修士論文発表のような雰囲気で行われる。そのような重々しい発表会にするとすることは、ガイダンスの時から学生に伝えてあり、成果を誰かにアウトプットする環境は、学生に責任感をもたせるきっかけとなる。また、（プロポーザル審査会と同じように）内輪で閉じず外部に向けてアウトプットする仕組みの方が社会的手抜きも防ぎやすいので、より学生の責任感を高めることができる。

5.1.4 目標設定と振り返り

個人目標は、短期的（1週間）な目標と長期的（セメスター）な目標を考えさせ、振り返りによって目標の到達度合いを評価させている。大学1年生が自分の身の丈に合った個人目標を設定することはたいへん難しいようなので、セメスター中に筆者が学生と個人面談（つまりコーチング）を行うことによって目標を調整している。振り返りも短期的（1週間）なものと長期的（セメスター）なものがある。短期的な振り返りでは、「一週間の君天に関する活動記録」や「活動で気づいたことや改善点」を振り返り、適宜TAなどからフィードバックを与えるようにしている。長期的な振り返りは、授業の最終回の振り返りワークショップで行っており、個人個人の気づきをワールドカフェ形式で全員と共有する作業を行う。振り返った内容は振り返りシートにまとめさせ提出させている。

振り返りシートから読み取ることができる教育

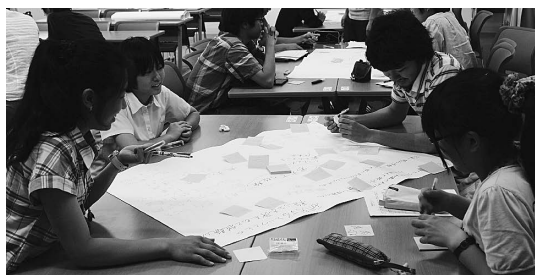


図1 振り返りワークショップの雰囲気。ワールドカフェ形式で個人での気づきを模造紙に書き出し全体で共有していく。ほかのメンバーからラベルを使用して「いいね!」や共感コメントなどのフィードバックが入る。

効果については、君天で学習した内容は、他の科目（例えば、情報基礎、物理学、自然科学総合実験など）との関連性も良いという結果が得られただけでなく、「研究者のキャリア教育」「学習意欲の向上」「ジェネリックスキルの育成」という3領域の育成に効果があるという結果となった。「研究者のキャリア教育」の育成に効果があったというのは、振り返りアンケートにおける「天文学に対するイメージの変化」「研究者を目指す動機の変化」「君天で難しいと感じた点」などから読み取ることができる。例えば、「天文学というのはもっと華やかなイメージで、1回の研究で多くのことがわかるものだと思っていたが、1回の研究で得られることはほんの僅かで、地道なデータの積み重ねで研究が進んでいくということ」「よりよい研究・解明方法を見つけるために試行錯誤を重ねることが重要であると思った」などの体験学習を通じた研究活動の本質に言及している気づきや、また、「たいへんだったけれども、予想を立てて物事を進めていくのが楽しかった」「自分が研究という舞台上でやっていく自信がなくなった」「周りの仲間達を見て研究にはかなり長い時間耐え抜く粘り強さが必要であり、長い時間かけてなかなか成果がでなく、難しいものだと感じた」など、研究活動に対するやりがいを発見するだけでなく、研究という行為にスポットを

あて、自分と他人を比較し、研究者へのキャリアの見直しを内省している回答も見られる。この結果から、君天を導入するきっかけとなった職業教育に一定の成果があると言えるだろう。

学士課程における全学教育の教育目標も「学習意欲の向上」と「ジェネリックスキルの育成」に効果が見られたことで達成している。とりわけ、学生による授業評価アンケートの課外学習で自主学习を調査する項目において、君天のスコア（5点満点中4.9点）が全科目平均（3.5点）に比べて極めて高く（授業外で本科目のために学習したと学生が回答している場合、5点になり、逆に学習していないと回答している場合1点となる。どちらとも言えないという回答の場合は3点である）、また振り返りシートからも時間外学習で創意工夫している様子が見られる。この結果から、君天は学習意欲の向上に効果があり、初年次教育の大きな目標である主体的な学びへの転換を促していると言える。

5.2 教養科目における科学コミュニケーションPBL

次に、君天型のPBLを科学コミュニケーション（アウトリーチと言うこともあるがややこしいので統一）の分野で応用し、東北大学の展開ゼミの枠で開講している「君が科学（宇宙）と社会のコミュニケーションをデザインするセメスター（長いので君社と略する）」という題目のPBL型講義について紹介する（2014年度以降、テーマを絞るために科学を宇宙という言葉に置き換えた）。展開ゼミは、全学教育の中の少人数教育であるが、基礎ゼミと違って、初年次の学生以外も受講できる。データを示すことはスペースの関係上しないが、君社についても君天同様、ほかの全学教育科目に比べて学生からの評価が極めて高く、とりわけ学生の課外学習時間を確保し、主体的な学びを育むことに貢献していることから全学で高く評価された。



5.2.1 本講義を開設した動機

本授業は、先ほども述べたように君天を開講するにあたり汎用性のある授業を設計して欲しいという東北大学からの要請も取り入れた結果であると同時に、科学コミュニケーション活動を数多く実践してきた筆者のある疑問から始まって開講に至っている。

それは、研究者がやらなくても良い、逆に言えば研究者ではなくてもできる科学コミュニケーション活動は山ほどあるのではないだろうか？現在の科学コミュニケーション活動は「やることに意味がある」という結論になってはしないだろうか？という疑問である。科学コミュニケーション活動の重要性は、今でこそ多くの研究機関が認識している一方で、それに甘んじて研究者がわざわざ研究の時間を割いて学生でもできるような科学コミュニケーション活動をやっている意味がないし、誤解を恐れずもっと突っ込んだ言い方をすれば、似たような人が似たような企画を毎年しているだけではないだろうか？科学コミュニケーション活動の量を評価するだけではなく、質も評価されなければならないのではないだろうか？自分の企画を否定したいわけではないが、あえて批判的な視点で考えれば、筆者が以前考えたアンドロメダファンタジー⁹⁾も決して研究の知識は必要ではないし、アイデアと実行力さえあれば大学生でも考えられる。事実、アンドロメダファンタジーは名前を変えつつ、東北大学や国立天文台のさまざまな大学院生によって新しいアイデアが付け足され洗練された企画へと成長している。最近では、筆者が関わっている科学コミュニケーション活動の場を、大学生主導で実践できる機会として、可能な限り大学生や大学院生に（天文学専攻だけに限らず他学部の学生にも）提供しており、学部や修士課程修了後に企業に就職することを考えている学生にとっての社会経験の場としてもらっている。実際、筆者では考えつかない大学生オリジナルの企画が生み出されており感心

させられている。

さて、授業の話に戻そう。大学生には大学生なりにできる科学コミュニケーション活動というのが存在し、かつ大学生独自の視点から既存企画のクオリティをいとも簡単に超えてしまう可能性を秘めている。大人は科学コミュニケーションの活動を体系化し、教育として転換すれば、科学コミュニケーション活動も学士課程の教養教育として十分成り立つのではないかと考えたのである。そこに君天型PBLで培ったノウハウを組み合わせることによって、君社を設計し開講に至ったのである。

5.2.2 テーマの設定からプロポーザルの審査まで

君天の受講者は、理学部や工学部の学生が中心で、中でも物理系が中心であったが（まれに医学部や経済学部の学生もいた）、君社の場合は、物理系以外の学生の方が多く、文系の学生も毎年半数程度いる。学生のタイプは、学外イベントやNPOなどの課外活動にばりばり取り組み、いわゆる意識高い系と揶揄されるような大学生と言うよりは、大学生活に行き詰まり感を覚えたり、成長はしたいと思うがどうすればよいのか分からない、特段の目的があるわけではなく何となくで受講するなど、ごく普通の今時の大学生が多い印象である。このような普通の大学生たちが、学年や専門を超えて（3年目は高大連携授業となったので高校生も授業に参加）、文化や学問的な背景も異なる者同士がチームを組みプロジェクトを進める。価値観が異なる者同士が科学コミュニケーションの企画を考えるので、科学を話すために使用する言語が異なり、コミュニケーションの摩擦が生まれる。プロジェクトを通じて、人間的な成長はもとより、これまでの自分と科学の向き合い方を見つめ直すことにより、学習者それぞれの科学への価値観がアップデートされる。

筆者は科学コミュニケーション活動が得意なほうではあると思うが専門家ではないので、専門家の仙台市天文台職員の方々の協力を得て君社を



図2 授業の雰囲気。机にじっと座って講義を受けるといよりは、学生が主体となって議論を進めるワークが中心。

進めている。君社の本質的な流れは君天と全く同じで、ガイダンス→テーマの設定→プロポーザル審査→企画の開発→企画実施→振り返り、となっており、授業理解から始まり、チームを組んで2度の社会的アウトプットを経験し、セメスターの振り返りを行うのである。

まず、テーマ設定として、科学コミュニケーションにおける課題を考えて、それを解決できるような企画を考えてプロポーザルを制作する。企画を考えるために、参考程度ではあるが、科学コミュニケーションの例として専門家（例えば、仙台市天文台の職員）に講義してもらい、過去の企画や科学館の役割について知る時間も設けている。基本的には、企画を実施することはプレゼンテーションの演習であるとも捉えることができるので、「相手の立場に立つ」ということを軸に、5W1Hの考え方で、「誰に何をいつどこでどのようにして伝えるのか」「なぜそれを伝えるのか」ということを考えさせている。相手の立場に立って企画を考えるために、相手（ターゲット）を明確にさせ、立場を理解するためにターゲットにインタビュー調査もさせている（観測データから妄想をキャリブレーションすることは科学的な立場から考えても重要である）。例えば、「科学」という言葉から受ける印象などについて調査させると、理系や文系、年代によってさまざまな回答が返ってくるので、自分の価値観で話しても真意が

伝わらない相手がいること、伝える相手によって伝え方を工夫しないといけないことを学習しコミュニケーション能力を改善していく。できあがったプロポーザルは仙台市天文台の職員の方々からフィードバックをもらったり、台長からのヒアリング審査を受けて評価される。

5.2.3 企画の実施と振り返り

プロポーザルの修正を重ねて企画が認められれば開発を行い、最終的に公共施設でその企画を実施するのである。企画を形にするだけでなく、イベントの運営や集客をするために、学外との渉外や予算管理、広報などすべて学生チームで行う。大学生はとにかく時間管理や優先順位をつけることが苦手なようなので、教員やTAは、タイムキーパーをしたり、漏れがないように批判的なコメントをして企画が頓挫しないようにサポートしている。学内だけで閉じるPBLの場合は、失敗から学ぶことも許される（かもしれない）が、地域連携をしているPBLの場合、そうも言ってもらえないので、教員やTAの厳しい管理も必要である。

過去3年続けて、一般市民を集客し授業で考えた企画を実施できている。1年目は仙台市天文台で、宇宙に興味あっても触れる機会がない文系女子大生をターゲットに星座をモチーフにしたキャンドルホルダー作りのワークショップ（プラネタンドル教室）、2年目は石巻遊楽館で、科学に興味がない文系学生をターゲットにした物理実験教室（音と光の科学ショー）、3年目は仙台市天文台で、科学が苦手な高校生をターゲットにした色をテーマに科学と宇宙の関係性を楽しく学べる展示ツアー（ソラタビ～色のイロイロ～）を行った。設定しているターゲットは、理科離れなどの学生を取り巻く社会問題に関係していたり、身近な人物に設定する機会が多く、高校生や大学生がメインとなっている。企画の規模を考慮すると、50人から100人程度の集客となり、そのうち目標ターゲット層の来場割合は1,2割程度である。し



かしながら、科学館などの施設において、この時代のターゲット層の来場者数を増やすことは専門家でも難しいにもかかわらず、大学生のオリジナル企画に1,2割でも来場してもらえていることは評価に値するだろう。授業で作られる企画に対して、決して高いクオリティーを求めているわけではないが、最終的には筆者の想像をはるかに超えてプロ顔負けの企画を考えていることから、大学生の可能性を信じて本講義を開講したことは間違っていなかったと感じさせられている。

振り返りワークショップでは、学生の個人目標および学びについての振り返りだけでなく、企画についての振り返りもさせている。企画の参加者に対してアンケートを実施し、自分たちが想定していたターゲット層はどのくらいであったのか、企画を通じて伝えたかったことが伝わっているのか、などについて振り返ることによって企画の評価を行い、科学コミュニケーションの質について考える機会としている。また、学生の振り返りから得られた君社での学びは、君天と同じように、PBLで期待される人間的な成長や主体性を育てているだけでなく、上述したように、自分と価値観が異なる人に科学をわかりやすく解説する必要性から生じる高次のコミュニケーション能力の改善や、自分と科学との向き合い方について再考している様子がうかがえる。例えば、「今回の企画のターゲットは自分自身に近く、このイベントで成し遂げたい目標の一つである理系に興味をもつといったことは私自身の中で達成させられました。天文台に何度も赴いたり、天文に携わる人々と接したり、自分で調べたりする中で、もっと天文について知りたいし彼らともっとかかわりたいと思え、そのための物理の基礎も知っておきたいと思えました」というコメントをした文系学生は、理科は好きであったが、高校時代の授業がつまらなくて理系分野を遠く感じるようになっていた。しかし、プロジェクトを通じて自分で天文・宇宙について調べ、人に伝えるうちに理科への興味が呼

び戻されたと言うのである。これは、教養を深める動機づけとしてアクティブラーニングが機能している良い例にとどまらず、一方的に教えるのではなく、学生自らの意思で学ぶ姿勢を引き出すところに、理科離れを防ぐといった今日の理科教育が抱える諸問題を解決できるヒントが隠れているのではないかと期待している。

5.3 専門科目での実践例

筆者は専門科目においてもPBL教育を試みている。例えば、東北大学天文学教室の専門科目(天文学セミナー、学部3年後期)においても、PBL形式の授業を2011年度に行った。授業では、すばる望遠鏡の観測プロポーザルの作成を学生6人チームで行わせて、自ら興味をもったテーマに基づいて、科学論文を検索したり、ほかの教員にもアドバイスをもらいに行ったりすることによって情報を集めて知識を深めた。最初は、銀河について、ブラックホールについて、など漠然としたものから始まり、情報収集を進めつつ、最終的にM-σ関係の起源について興味をもちテーマを考えていた。すばる望遠鏡の観測プロポーザルを書くことは、最先端天文学の理解、観測装置の理解、そして科学英語のリーディング・ライティング能力も必要となるので、大学院生でも難しい作業である。そこで、当初、授業のゴールは天文学の課題を見つけ日本語で整理すれば良い、とだけ決め



図3 女子大生が女子大生のために企画したプラネタンドル教室で工作した作品「星座をモチーフにしたアロマキャンドルホルダー」(左)と、プラネタンドル教室のオリジナルキャラクター「たんごる君」(右)。

ていたのだが、学生たち自ら途中で、ゴールを“プロポーザルを英文で完成させ提出すること”に変更し、通常の授業期間終了後（東北大の場合、1月末から2月初旬）もプロポーザル締切（3月中旬）まで自主的にワークを毎日続け天文学に没頭していた。東北大学天文学教室の天文学セミナーは「科学英語に慣れる」「セミナー形式に慣れる」「天文学の知識を深める」という三つの教育目的が掲げられていたが、結果的にそれら理学教育の質を確保するだけでなく、PBLでの教育効果も得られていることから、専門教育課程においてもPBL型の授業を導入する価値はあると考えている。

6. ま と め

本稿において、筆者が東北大学の学士課程において実践している天文学と科学コミュニケーションのPBL型講義をアクティブラーニングの成功例として紹介した。二つの講義に共通していることは、答えのないテーマに対して、学生がチームを組んで主体的に取り組み、2度の社会的なアウトプットを経験するところである。つまり、PBL科目成功の秘訣は、学生が「選択」できること、「責任」を追う仕組みを講義に取り入れることであると言っても過言ではない。また、アクティブラーニングをただの体験だけでなく、体験学習へと昇華させるために、学生を能動的にするための学習の意味づけ（目標設定）と、認知プロセスの外化を助けるためのリフレクション（振り返り）を民間企業で経験した教育手法に基づいて取り入れた。目標設定と振り返りの作業を助けるスキルとしてコーチングを、授業運営・ワークショップ運営を助けるスキルとしてファシリテーションを紹介した。PBLに基づく授業手法の教育効果として、対象科日本来の教養を深めるだけにとどまらず、中教審で教育目標として掲げられているような、一人の市民として人間的に成長するために必要な汎用的なジェネリックスキルの育成

にも効果が見られた。また、教養教育だけにとどまらず専門教育においてもPBL型講義は機能し、取り入れる意義があることが実践からわかった。

ここまで筆者は理学教育においてもアクティブラーニングを導入することにもろ手を挙げて賛成してきたように見えるが、すべてにおいて導入すべきであると考えているわけではない。なぜなら、理工系の学問は、高度なディスカッションをするために必要となる前提知識が膨大であるので、既存知識を正確かつ大量に教える方法で一番効率が良いのは、やはり従来の放送型講義であるからである。とは言え、学生の多様化に伴い、従来の講義方法では興味を示さない学生も増加していることからすべてが放送型講義で十分であるかと言えばそうではなく、逆にすべての講義がアクティブラーニングであるとする学習がある程度学生任せになることから本当に必要な情報をすべて教えることが難しくなる。また、PBLは教員やTAの手厚いサポートによって成り立ち、基本的に手間がかかるので、大人数の講義には不向きである。要は、従来の講義方法とアクティブラーニングのバランスが重要であると筆者は考えている。

従来の講義をすべてアクティブラーニングにする必要もなく、一部において取り入れるだけでも効果はある。例えば、筆者が実践した例を出すのであれば、電磁気学や数理統計学の演習科目において、演習問題を初回から最終回まで解き続け、他の学生の前で発表するだけではなく、PBLの社会的なアウトプットの考え方を取り入れて、学生チームを組んで演習内容についてオープンキャンパスで高校生にわかりやすく説明させる（学会のポスターセッションのような雰囲気）、という工夫をしている。このように、工夫次第で理学系の教育においても従来の講義とPBLを共存させるやり方はいくらでもあると思う。

大学教員になるためには、初等中等教育のように教育に関する免許が必要ではなく、極端な話



し、誰でも大学教員になれるのである。つまり大学教育には体系化された方法があるわけではなく、個人個人の裁量に完全に委ねられている。大学教員は、プライドの高い者が多く、その結果保守的になりやすい。保守的な教員は、自分の教育方法を振り返ることもしない。授業を他人から評価されることさえ嫌う教員も存在し、学生の声を聞かなくてもいいのほかである。ある大学の例を見れば、授業改善を提案するPBL授業というものも存在し、その授業を受講している学生が別の授業担当教員のところへ行って直々に改善提案を行うというのである。改善提案される教員に取ってみれば、大きなお世話であるが大学教育はそこまで深刻化しているのである。幸い、競争力のある上位大学ではそのような事態にはなっていないと思うが、せめて自身の教育指導方法について振り返ってみることは必要だろうし、教育方法は十人十色である、で済ましてしまうことはあまりにも思考停止ではないだろうか？ 本稿を読んだ大学教員、またはこれから大学教員を目指そうとしている読者は、是非この機会に自身の教育方法について再考してみてもはどうだろうか？

謝 辞

東北大学天文学専攻の秋山正幸准教授には1回目の君天のときから学生指導に参加してもらいたいへんお世話になった。また、2年目の君天を主導で運営していただいた同専攻の板良房助教の協

力なしでは、基礎ゼミで君天を続けることはできなかったもので、ここで改めて感謝したい。君天・君社のTAとして、同専攻院生の増田貴大君、野間千菜美さん、小野里宏樹君、豊内大輔君、森下貴弘君、木村勇貴君、岩崎仁美さん、馬渡健君、および同大学教育情報学教育部の薄井洋子さんの協力がなければ、筆者の授業は成り立っていなかったもので多大なる感謝をしたい。そして、なによりも筆者の教育実践にかかわってくれたすべての大学生に心より感謝したい。

参考文献

- 1) 本間正人, 松瀬理保『コーチング入門』(日本経済新聞出版社, 2006)
- 2) 堀公俊『ファシリテーション入門』(日本経済新聞出版社, 2004)
- 3) 溝上慎一『アクティブラーニングと教授学習パラダイムの転換』第2版(東信堂, 2014)
- 4) 松下佳代『ディープ・アクティブラーニング』第3版(勁草書房, 2015)
- 5) 田中幹人『学士課程における天文学研究を軸としたPBLの実践と教育効果』(東北大学高等教育開発推進センター紀要, 第8号, 2013)
- 6) もしも君が杜の都で天文学者になったら…: <http://www.astr.tohoku.ac.jp/hken/MosiTen/Welcome.html>
- 7) 縣秀彦, 室井恭子, “研究機関滞在型体験学習に関する考察—「君が天文学者になる4日間」の実践とその評価より—”, 2002, 地学教育55, 37
- 8) 小田隆治, 杉原真晃編『学生主体型授業の冒険 自ら学び, 考える大学生を育む』第1版(ナカニシヤ出版, 2010)
- 9) 田中幹人『現代の子ども視点でのアウトリーチ活動: アンドロメダファンタジー』(天文月報, 2010)