

理系学生に必要なとなる論理的思考の涵養について

押鐘 浩之・甲斐 由理子

[研究紹介] 理系学生に必要となる論理的思考の 涵養について

押鐘浩之^{1,2}・甲斐由理子³

- 1 神奈川県立大学非常勤講師
- 2 大阪大学大学院薬学研究科
- 3 独立行政法人日本学生支援機構東京日本語教育センター

Educational Attempts for Enhancing Logical Thinking Skills Required for Japanese Students Majoring in Science

Hiroyuki OSHIKANE^{1,2}, Yuriko KAI³,

Abstract

In Japan, although it has been long since the issues about improving logical thinking skills in university students were raised, the current situation appears to be still lagging behind other countries. This ability is not only necessary when drafting experimental reports at universities, but also indispensable when the students grow up to start working in societies. In this report, we herein introduce educational attempts at Kanagawa Institute of Technology with the aim of improving logical thinking skills. In the series of lectures, a boundary between "what is interesting" and "what is not interesting" was intensively focused, a cautious observation of which could lead students to the awareness about how "interesting" and "logic" are closely related to each other. We hope that this report can promote active discussions about the educational aspects of practical scientific wording in Japanese universities.

Keywords: early exposure, experimental report, logical thinking/writing, self-expression, verbalising

1. はじめに

論理的思考は、理系系の学問領域の歴史を見ても明白な様に、特に理系学生にとって重要な能力の一つである。論理性は科学的であることの重要な要件の一つであり¹⁾、科学の要件に対して明確な定義はないものの²⁾、客観性、再現性、実証性と並んで科学の柱となる概念であることは間違いないであろう。一般的に、論理が明快な文章は読み手に対して大きな説得力を有することから、理系学生に限らず文系学生を含めて必要な技術であるにも関わらず、所謂作文に対する集団的なスキル養成は欧米の大学と比較すると日本では遅れているのが現状と言わざるを得ない³⁾。さらに、実習レポートや卒業論文といった大学での日常的な提出物において科学的な文章を起草できることは不可欠であり、加えて大学生にとって企業インターンや就職活動を控えていることから、とりわけ「良い文章とは何か?」を追求することは極めて重要な課題であるといえる。かといって、絶対的に良い文章というものが存在しないという意味で、更に良い文章を追求することは社会人としての一種のライフワークともいえる。したがって、キャリア教育的に人生の出来るだけ早い段階でその基礎となるポイントだけでも習得し(いわゆる early exposure)、日常生活の中で意識的に実践し、反芻していくことが肝要であると考えられる。

Logical thinking についての著書は、ビジネス本を含

め非常に多く出版されていることから、論理的思考を高める方法論は決して一つではないことがうかがえる。筆者は文章やキャリア形成のプロフェッショナルでもなく、また科学史や哲学、論理学、教育学の研究者でもないが、神奈川県立大学において2022年度に「物理・化学ユニットプログラム」の一つの講義として「理系的文章作成講座」を担当させて頂く機会を有した。その中で筆者は、所定の講義時間内で基礎となる部分を十分に伝達できる様に、できるだけキーワードを絞りつつ、アクティブラーニングを取り入れて問かけや学生同士のディスカッションを活発にする様にしながら、科学の要件に基づいた作文講座を展開した。本稿は、オリジナルの試みである本講義内容について教育学研究的な研究レポートの形で紹介・共有すると共に、問題点についても列記することを通して、大学生における論理的思考の涵養についての議論を喚起することを目的としている。

2. 講義内容について

2.1 アイスブレイク「面白くない」に対する考察

先ず本講義では「面白いとは何か?」について学生に考察・議論してもらうことから始めた。例えば、ある人の文章や喋りが論理的に明快であれば(つまり相手にとって分かり易ければ)、その人は「面白い」と他者に映るはずである。しかし、話を「面白くする」ためには何が必要かを

考えることは、今から面白い話をして下さいと突然振られる位に非常に難しいことは容易に想像がつく。そこで、これまで学生が「面白くない」と感じた経験についてグループディスカッションして頂き、面白くない原因・理由を考察することで、「面白い」を浮き彫りにする作業をして貰った。

「面白くない」事例として、「自慢話」や「相手の表情・視線を見ていない」、「教科書の棒読みをする先生」など多岐に渡る意見が出てきた。では、何故人はそうしてしまうのか？について、教師が適宜質問をしつつ、その理由・原因についての深掘りをすることで学生間の議論をファシリテートした。例えば「教科書を棒読みする先生」については、「学生の表情や視線を見ていない」傾向があり、その理由として「学生に理解を促す気がない」、その理由として「学生が理解しないのが悪いと思っているのではないか」、またその理由について「そうやって自分を守りたいのではないか」といった、筆者も思わず唖ってしまう程の深掘りする意見が出た。そういった深掘りこそが、「面白くない」に対する論理的な説明となる。しかし、この「面白くない」事柄は、否定形で表現されることが多い。「～ではない」という否定形のままでは、自分の行動規範の参考とするにも学びが少ないことが多い。そこで筆者は、これら「面白くない」という反面教師の深掘りが出尽くしたタイミングで、これら否定形要素を、単純に文法的に肯定形に変換することを提案した。例えば「面白くない」要素として「相手の目や表情を見ない」が挙げたとすれば、裏返し表現が「相手の目や表情を見ること」となる。この様に単純な裏返しをすることで、他者だけではなく自分に対して「面白い」コツを言葉で以て表現できることとなる。これが上述の「面白い」を浮き彫りにする作業の具体的内容である。

この様に、物事を肯定形で表現することは難しい反面、否定形で表現することは容易いことが多い。他人の良い面よりも悪い面が気になってしまう構図である。しかし、反面教師という否定形を“裏返し”することで肯定形を作るという一種の簡単なレトリック（修辞）を使えば、極めて容易に肯定形表現にすることができる。否定形で表現される反面教師を“裏返し”することで、自分への学びへと繋がる。ロジック（論理）というとなしに聞こえるが、肯定形への変換というレトリックというちょっとしたスパイスをふりかけることで、相手に伝わりやすくなるばかりか、何よりも自分自身を納得させる上で“しっくりくる”ことを実感して貰えた様子であった。

以上、日常的なコミュニケーションにおける「言語化」、つまり自分が頭の中に描いている「絵」を的確に相手に伝えるために、言葉・単語を生成する（wording）において、どの様に頭を働かせると良いかを学生に経験して頂くことを通して、日常生活における wording そのものに対する興味が湧く様に工夫した。

2.2 論理性「風が吹けば桶屋が儲かる」

「風が吹けば桶屋が儲かる」は昔から伝わる諺であり、世の中何処でどう繋がっているか分からないものだ、という喩えとして使われるが、本講義においては「論理性がない例」として例示した。本人は「風が吹けば桶屋が儲かる」ことは当然他人にも伝わると思っているかもしれないが、「風が吹けば桶屋が儲かる」と言っただけでは当然他人に伝わるとは言えない。「桶屋が儲かる」と言っている本人にしてみれば、「風が吹けば砂埃が舞い、それによって目の不自由な方が増えて…最終的に増えたネズミが桶を齧るので、桶屋が儲かる」という「絵」を頭に抱えているかもしれないが、その全てのプロセスを相手に伝えなければ

相手との「絵」の共有は出来ないであろうし、「絵」の共有ができないことで相手は自分の話を「面白くない」と判断してしまう、と考えられる。この「風が吹けば桶屋が儲かる」を喩えとして、「全てのプロセスを step by step で余すことなく言葉にすること」が論理を構築する作業であるとの解説をイントロダクションとして行い、文章の論理性を担保するという目的で、以下の作文演習を実施した。

次に挙げる2つの語句をそれぞれ論理的に繋げなさい。

- (1) 「種を蒔く」、「芽が出る」
- (2) 「雨が降る」、「虹が出る」
- (3) 「勉強する」、「単位が取れる」

例えば(1)で、「種を蒔いたら芽が出た」が何故稚拙に聞こえてしまうのだろうか？この感覚を大切にしながら、「種を蒔く」と「芽が出る」の間にある論理ステップを書き出してもらった。

「種を蒔く」→「土を被せる」→「水をやる」→「数日間世話をしながら待つ」→「芽が出る」

というようにステップが埋められ、これを文章にすると、

種を蒔き、土を被せて水をやった。そして数日間世話をすると芽が出た。

となる。結果として当然の文章が出来上がるのだが、この step by step で埋める作業を忘れてしまうと「桶屋が儲かる」文章になり、相手に伝わらないばかりか、「面白くない」と思われてしまう。聞き手の立場に立って、自分の頭の中で想像している「絵」が聞き手に伝わるためには、意識的に step by step の説明を施す作業が必要であるとの理解を促し、論理性に対する具体的なトレーニングを行った。ちなみに(3)は一種の言葉遊びではあるが、「どうやったら単位が取れるか」については、当然のことながら人によって色々な意見が出てきた。何故人によって説明が異なるのか、その理由についての考察を臨機応変に促す様にした。

2.3 客観性「できるだけ定量表現にする」

筆者の経験では、「主観」と「客観」について辞書的な意味を答えられる学生の割合は多いが、「定性」と「定量」という単語については初めて聞いたという学生が多い。そこで、定規などを手にとって「この定規は長いのか？短いのか？」という問いをし、人によって長いとも短いとも言うかもしれないが、「この定規の長さは30 cmである」と言えば、誰もが「ウン」という。この様に、定量的表現（つまり客観的表現）は“強い”ということ定規の例で示しつつ、定性→主観、定量→客観の構図について説明した。続いて下の演習問題を行った。

以下の文章を出来るだけ定量的な表現にしなさい

（数値は適当につけて良い）

- (1) メダカにエサをやったら、メダカが大きくなった。
- (2) タマネギを長い時間炒めたら、とても美味しくなった。
- (3) あの新機はとても速いという話だ。

先述の「2.2 論理性」と同様に、(1)のメダカの文章が何故稚拙に聞こえてしまうのだろうか？という感覚を意識づけながら、演習をファシリテートした。特に定量表現に落とし込むためには、例えば疑問詞“how”を文章に投げかければ良く、(1)の例文で言えば、エサをどの位？(how much?)、メダカがどの位大きい？(how big?)、どのくらいの期間？(how long?)、どのくらいの頻度？(how often?)などを用いて定量表現に変換していく。この様に how を投げかけていくと、(1)は下記の様な文章になると思われる。

メダカに毎日1gずつエサを与えたら、1か月で1cmから2cmと大きくなった。

これも当然の作文の結果ではあるが、論理性の時の「桶屋が儲かる」と同様に、定量性・客観性を意識しないと(howを投げかけることを意図的に行わないと)、元の文の様に稚拙な文章になってしまう。この様に、論理性・客観性をもたせるためには、どんなことをキーワードとして気を付けるべきか?をアクティブラーニング形式で実施した。

また、(2)「美味しくなった」(3)「～という話だ」は主観的な表現であるが、これを定量表現に落とし込むためには統計的処理(アンケートの実施など)をすると良いと指導した。例えば「100人に聞いた内80人が美味しいと回答した」などとすれば、「美味しい」という主観的なものも客観的な記載ができるようになる。だからこそ、大学において統計学を履修する必要がある、という形で他科目の勉強する意義についても紐づけをしていった。

2.4 フェルミ推定 ー論理性・客観性のまとめとしてー

フェルミ推定とは1938年にノーベル物理学賞を受賞したエンリコ=フェルミに因んだ演算法であり、途方もなく大きい数字について論理的に絞り込むことによって概算を出すというものである。就職試験でも良く出題されるということで認識している学生もいる。本講義でも将来的な就職試験を見据え、論理性・客観性のまとめとしてフェルミ推定に関する問題を演習形式で解くこととした。

ここでフォーカスしたのは「数的根拠」である。インターネット上にも就職活動対策としてフェルミ推定を扱うサイトが多く見受けられるが、数的根拠に乏しいものが多い。ここでいう数的根拠とは、何故その数値を持ち出すことが妥当と考えたか?という共通理解を相手に促す記載、つまり誰もが「ウン」と頷ける客観的な文言が必要となる。したがって、数的根拠の記載には客観的な表現が必要となる。例えば、「日本における小学校の数」という題目でフェルミ推定が課され、「1学年が4クラス」という仮定を使いたいとする。この際、自分の持ちだした仮定は誰もが「ウン」というか?自身に対して疑問を投げかけること、すなわち主観的ではないということを担保するために、例えば2.3で紹介したアンケートを使用して「班員4人でアンケートを取った平均が4クラスであったことから」など、出来るだけ主観的な表現を削ぎ落とし、客観的な表現に落とし込むことで説得力が増すことを、演習中に適宜対話方式で指導を行った。

なお、本講義では「日本の蕎麦屋の数」というテーマでフェルミ推定の方法を説明した後、グループワークの演習課題として「日本の自家用車の台数」、「日本にあるタピオカ屋さんの数」を、レポート課題として「日本の高等学校の数」をそれぞれ課した。

2.5 再現性・実証性「教員になったつもりでレポートを添削する」

レポートの形式について、オーソドックスな形式は背景、方法・材料、結果、考察の4パートからなることから、本講義でもこの4パートに分けて記載のルールについて、演習形式での習熟を目指した(なお、「ルール」というと堅苦しいため、講義内では「お作法」と称した)。演習問題においては、筆者の経験上よくある間違いをわざと含ませた文章を、学生が教官の立場になって添削することで、論理性・客観性のみならず再現性・実証性を担保したレポートの書き方の学習を取り入れた。

レポートにおいては時制のルールがあるが、背景は現在形で、方法・材料は過去形で…と無暗に記憶するのではなく、基本的に「読み手にとってその記載が起こったのは過

去か?現在か?で判断する」と伝達するなど、出来るだけ知っておくべきルールの数は少なく、またルールの根拠についても紹介する様にし、学生にイメージ化ができるように工夫をした。次に背景、方法・材料、結果、考察において必要最低限なルール(※本稿ではページ数の関係上割愛し、筆者のウェブページ上に掲載する⁴⁾)を紹介しては、学生には上記の演習問題に取り組んで貰うことを繰り返すことで、教員はレポートのどういった部分を見ているのかを客観的に学ぶ機会を作った。

2.6 レポートの中でも最も難しい「考察」

上記の方法で、背景から結果まではスムーズにルールの伝達出来るものの、考察における「～と考えられる」という wording のニュアンスを伝達するのは一般的に難しい。「～と考えられる」を敢えて“翻訳”するのであれば、「今回この実験(実習)を通してこのような結果が得られた原因としては～と考えられるが、ひょっとしたら他の原因の可能性もある(かもしれない)、ということニュアンスとして盛り込みたい」といった所と思われる。そこで本講義では、ゴール(示したいもの・作りたいもの)に対してのアプローチは沢山あるという実践的な例を通して、「～と考えられる」のニュアンスの共通理解を深めることを行った。

ゴールとして講義内で設定したのは、「三角定規の直角の部分が確かに直角であることを示して下さい」というものであった。小学校の頃から当たり前の様に三角定規の1つの角は直角であることを“与えられて”きたが、直角であることに対して自発的に「アプローチすること」は恐らく経験がなく、盲点であろうと考えての出題である。しかしながら、理系学生としては“与えられる”のではなく、設定したゴールに対して自発的にアプローチする姿勢こそが研究開発に必要な視点であり、発想力・課題解決能力と言われる要素のものであることから、考察のニュアンスの共通理解にプラスして、科学的発想の方法についてもアクティブラーニング方式で涵養を図った。

学生からは、例えば三平方の定理を使うというアイディアが出たが、ではその長さの正確性はどの様にして担保するのか?特に三角定規では無理数が出てきてしまうので、単純に長さを使うことは難しいと返答し、長さを違うものに置き換えてみては?というヒントを出した。「aの2乗」は翻訳すれば「1辺の長さがaの正方形」であり、紙と鋏があればその様な正方形が作れそうである。b、cも同様にして正方形を作り、「1辺の長さがaの正方形」と「1辺の長さがbの正方形」の重さの和が「1辺の長さがcの正方形」の重さと釣り合うならば、この三角形は直角三角形であるといえる。他にも、「静かな水面に対して鉛直に物体を落下させれば直角ができる」というアイディアや、「電磁誘導を使ってはどうか」など活発な意見が出た。

この三角定規の出題に対して色々な実験アイディアが出てきたが、どの実験を採用したとしても角を間接的に計測しているという点で、「少なくともこの実験結果は、直角であることを示した数ある実験の中の一つに過ぎない」ということであり、「～と考えられる」という表現のニュアンスの共有を図った。

さらに、本課題は科学的アプローチの経験も目的とした。これらのアイディアが出たのも、学生が三平方の定理など過去の偉人が発見してきた数々の定理・原理を勉強してきたからであることを説明した上で、学問を修める意義とは、科学的アプローチ・創意工夫を通じたものづくりを可能にする極めて重要な手段となり得ることを伝え、学生の勉学へのモチベーションの喚起にも心掛けた。

3. 講義を運営する上での工夫

本講義は一般的な座学や演習とは趣きが異なることから、学生の到達度については当初不安があった。そこで、講義に先立ち、学生の予習・復習に役立つ様に講義動画を作成し、YouTube で自由に閲覧できる様にした。また提出されたレポートに関しては出来るだけ丁寧な添削を行い、必要に応じてレポート再提出を促した。再提出されたレポートについても、初回のコメントと照らして改善点が見られていれば、フィードバックとしてコメントを付す様にした。さらに、講義スライドについては神奈川工科大学で用いられている学習管理システム“manaba”に予めアップロードしておき、予習・復習への活用は勿論のこと、講義中でもパソコンやスマートフォンで自分のペースで視聴できる様に工夫をした。

4. まとめと問題点

以上の様に、筆者は科学の要件に基づいた作文指導を行うことによって、大学における実習レポートは勿論のこと、就職活動や社会人になってからも必要となる文章スキルの基礎を提供することを目標とした。

講義が終わった後に挙がった学生の声には、

- ・自分が教職課程を取っていることから、本授業での切り口や声掛けの仕方が非常に参考になった
- ・普段使っている日本語に対して、どういう所に注意すべきかが明瞭に分かった

といった嬉しい声も聞かれた。また改善点としては、

- ・喋りが非常に速く聞き逃すことも多くあったが、スライドがスマートフォンで閲覧できたこと、また重要な部分は2度3度と繰り返して言ってくれたために講義内容の理解ができた

といった声も聞かれた。講義スライドを事前に掲載しておくこと、また講義中に自分のペースで見返しが出来る様に工夫することは、理解度の向上の観点からも重要であることが分かる。また何よりもこうした学生のフィードバックが教師にとって、より良い講義運営を考える上で重要なヒントとなることから、今後活かしていきたいと考えている。

一方、講義内容の動画であるが、YouTube にアップロードし、URL を manaba 上で公開することで学生が自由にアクセスできる様にした。しかし、本稿を執筆している時点(2022年8月29日)でのアクセス数が30程度にとどまっており、余り活用されていない様子であった。原因の一つとして考えられるのが、動画の長さである。元の動画の長さは30分程度であり、これを続けて視聴することは難しいと考えられる。また、これだけの内容を1つの動画としてまとめてしまうと、知りたい内容だけをピックアップすることが難しい。そこで、講義内容ごとに区切って、5~10分程度の動画を複数用意し、シリーズとして本講義内容を伝達する方が、学生にとって知りたい情報のみを抽出できるという点でアクセスし易いと考えた。本講義内容は今年度後期にも行うことから、早速コマ切りの動画製作を始め、学生からのフィードバックを得ながら試行錯誤し、随時教育現場に還元していきたいと考えている。

以上、本稿は神奈川工科大学における物理・化学ユニットプログラム「理系的文章作成講座」における実践的な取り組みを紹介した。勿論、本講義を受講したからといって直ぐに非常に論理的な文章が書けることには繋がらないが、相手に「面白い」と伝わる文章を起草するにおいて、押さえておくべきポイントを出来るだけ早い時期に経験

しておくだけでも、今後学生がさまざまな経験を通して肉付けをしていき、将来的に「面白い」ことを実現するための一助となってくれればと考えている。本講義においては今後も周りの先生方や学生とのディスカッションを多く取り入れることによって、特色ある講義運営をすることを目指したいと考えている。

本稿において「言語化」がキーワードの一つとなっている。言語化はメタ認知、つまり自己の客観的把握として必要な事柄であるが、どの様にして自身が発する言葉に対して論理性・客観性を持たせるかは非常に難しい問題である。本講義では大学における実習レポートの書き方を主眼とし、科学の要件(論理性・客観性・実証性・再現性)を担保する文章の書き方についてレクチャーを行った。このレトリックの技法を更に発展・拡張していけば、自身を含む多くの事柄について客観的に把握し、相手と「絵」が共有できる形で論理的伝達が可能になると考えている。学生の将来のキャリアに繋げるという意味においても、本稿でのアプローチがどの様に奏功し得るのかについて、今後も教育研究を続けていきたいと考えている。

謝辞

神奈川工科大学の栗田泰生先生、池田久美先生には本講義の立案・実施においてディスカッションを重ねて頂きました。この場をお借りして厚く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 浜田 嘉昭「科学的探究の方法」放送大学教育振興会(2011)
- [2] 京都大学大学院理学研究科・理学部「サイコム」<https://sci.kyoto-u.ac.jp/ja/academics/programs/scicom/2015/201602/05>(アクセス 2022年8月19日)
- [3] 館野 佐保「大学の国際化と作文教育 グローバル人材のライティング実践」化学と生物 57(10) p. 623-628.(2019)
- [4] 筆者ホームページ http://plaza.umin.ac.jp/~oshikane/oshikane/lib/exe/fetch.php?media=kait:2022kait_slides_oshikane.pdf(アクセス 2022年8月19日)

研究推進機構運営会議

議長 脇田 敏裕

構成委員 石田 裕昭

小池あゆみ

上平 員丈

高橋 勝美

星野 潤

井上 哲理

岡崎 美蘭

一色 正男

山家 敏彦

新田 晃司

山口 淳一

黄 啓新

兵頭 和人

三枝 亮

井藤 晴久

栗原 誠

高村 岳樹

井上 秀雄

塩川 茂樹

神奈川工科大学研究報告

B-47 理工学編 通巻 47 号

令和 5 年 3 月 1 日 発行

編集兼発行者 神 奈 川 工 科 大 学

〒 243-0292 神奈川県厚木市下荻野1030

電 話 046-241-6221

印 刷 者 株式会社スクールパートナーズ

当該研究報告に掲載された論文の著作権は本学に帰属する。