

2021年度東京工業大学「数学科／理科教育法実践演習Ⅱ」 における教育実践研究の指導と高大連携の試み

松田 稔樹^{1) 2)}

1. はじめに

1.1 東京工業大学「教科教育法実践演習Ⅱ」の概要

東京工業大学(以下、本学)では、中学校および高等学校の数学と理科、高等学校の情報と工業の教職課程認定を受けている。本学では、従来、中学校と高等学校の免許取得で、(振替規定を用いない場合の)最低限必要な教科教育法の単位は、いずれも3単位であった。しかし、平成31年度から施行された教育職員免許法で、中学校の免許取得には8単位の修得が必須となったため、新たに「数学科／理科教育法実践演習Ⅰ」「同Ⅱ」(いずれも2単位)を必修とした。

このうち、「数学科／理科教育法実践演習Ⅱ」は、教育実習を終了した者を対象とし、学校現場での教育実践研究を行うことを求めている。以上の履修条件から、学部入学者が本科目を履修するのは、早くても2022年度からであるが、本学では大学院進学後に一種免許を取得する学生もいることから、2020年度から授業は始まっている。

実践研究は、文字通り研究であるから、研究成果を文書化し、公表・発表して審査を受けたり、批判的意見をもらったりすることが重要である。それ故、筆者が客員教授をしている江戸川大学情報教育研究所の情報教育研究会で発表し、紀要に投稿して審査を受けることを最終ゴールとしている。2020年度は、神里ほか(2021)として、その研究成果が報告されている。

一方、学生に教育実践研究の指導を行うには、機会さえ提供すれば自ずと方法論を見出し、修得するだろうという楽観論では、限られた時間数で目指す力を育成することはできない。Bruer(1993)が指摘するように、汎用的な問題解決力の育成にはインフォームドな指導が必要だとする考え方に基づけば、教育実践研究の方法論を明示的に指導する必要がある。

そこで、当該授業では、「問題解決の縦糸・横糸モデル」(以下、単に「縦糸・横糸モデル」と「新・逆向き設計」手法に基づく数学「課題学習」／理科「探究活動」用の教材開発・授業設計の方法を指導している(松田・野本2021)。そして、2021年度は、開発した教材や指導計画に基づき、教師教育用の仮想授業ゲームを開発させ、数学科／理科教育法の履修生を対象とした実践を行った。

1.2 問題解決の縦糸・横糸モデル

縦糸・横糸モデルは、本学の教職課程の2年目に履修する「教育学」(免許法上では「教育の方法及び技術に関する科目」)で最初に指導する。より詳しい解説は松田・野本(2021)に譲るが、前述したBruer(1993)の「インフォームドな指導」の意味を「修得すべき資質・能力の学習者モデルをメタ認知知識として明示的に指導すること」と解釈し、そのモデルとして提案したものである。各教科に共通する問題解決過程を定義し、その中のどこで教科の見方・考え方や領域固有知識を活用すべきかを明示している。図1が教科によらない抽象化・一般化されたモデルの図式であるが、各教科等では、図中の各要素を特殊化・具体化した表現に言い換えたモデルが提案されている。それを単純に丸暗記するのではなく、文脈に即して言い替える方法を指導することで、真に汎用的に活用されるように促す。

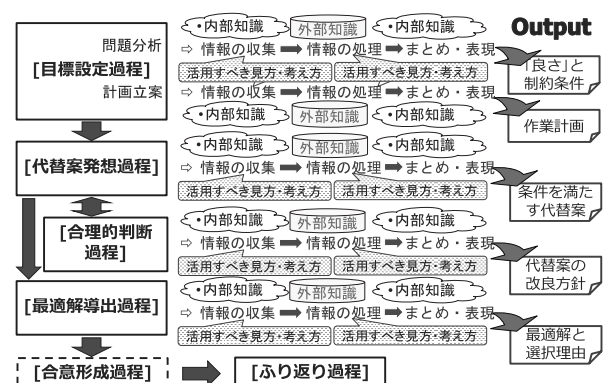


図1 問題解決の縦糸・横糸モデル (概要版)

2022年1月11日受付 2022年1月20日受理

1) 東京工業大学リベラルアーツ研究教育院

2) 江戸川大学情報教育研究所

教育工学の授業は、授業の設計・実施・評価・改善方法を指導し、1時限分の指導案を書き、模擬授業を実施して、自己改善する手順や観点を修得させる。しかし、学習指導要領が示す「育成すべき資質・能力」は曖昧であり、評価論や段階論をベースにしているため、「通常授業⇒探究的活動⇒総合的な学習の時間」と分担・連携して問題解決力や自己学習力を育成するには不向きである。「教育工学⇒総合的な学習の時間の指導法⇒教育課程編成の方法」という一連の教職科目で一貫した授業・カリキュラム設計の方法を指導するために、導入の教育工学の授業で図1を明示的に指導している。

1.3 新・逆向き設計手法

教職課程履修生は、「総合的な学習の時間」の適切な課題や単元計画を立てられない。これに対応するために、新・逆向き設計手法を考案し、2020年度の本授業で指導した。2021年度からは「総合的な学習の時間の指導法」等でも指導している。

学生は、教科の学習成果を入試問題には適用できるが、SDGsのように現実の正解が無い問題に適用する方法は思いつかない。これは、学習指導要領が、総合的な学習の時間との連携を意識して設計されていないことに起因する。それ故、教科の延長上で総合的な学習の時間を設計することは困難である。

当該手法では、総合的な学習の時間に行うSDGsの政策評価課題を考え、そのサブ課題を各教科の探究的活動で行うと想定し、それに役立つように教科の通常授業を設計させる。なお、手法の名前に「新」が付いている理由は、Wiggins & McTighe(2005)による逆向き設計の理論と区別するためである。

以上のアイデアを示すだけでは、学生はSDGsの政策評価課題というものを想像できないし、教科の学習成果の何をどう活かすかも想像できない。結果的に、SDGsに関係する課題を与え、何らかの学習成果が活用されることを期待するだけになる。

2020年度の本授業では、水質改善というテーマで、それに関連する政策評価課題を設計させた。その際、数学は複数の政策の優劣を定量的に評価する方法を扱い、理科是水質評価の良し悪しを科学的に考察する方法を扱うよう指導した。作成された課題や教材については、神里ほか(2021)に譲るが、その成果は必ずしも期待したものとは言えなかった。その原因を分析し、2021年度は各教科の成果を以下のように活用することとした(Matsuda and Nagahara 2021)。

- ・理科：複数政策が異なるデータの引用・解釈をし

ている状況設定にし、データの信頼性や妥当性を科学的知見と関連づけて考察させる。

- ・数学：政策の良さを定量的に比較・評価させる。具体的には、数値データによる数量化、関数的／数列的／統計的見方・考え方を使ったデータの数式化と補間や予測、変化やデータの信頼性等による影響を確率的に評価させるなど。

また、このような方針の明確化に伴い、昨年度学生が作成した教材を改善したり(松田2021)、新たに理科用の教材(浅野・松田2021)を開発するなどして、今年度の授業に向けた準備を進めた。

2. 目 的

本稿では、2021年度の「数学科／理科教育法実践演習Ⅱ」で行った教育実践研究の指導について報告する。当該授業では、高校生向けの「課題学習」／「探究活動」用ゲーミング教材開発をさせ、実際に生徒対象の実践を行って、その効果を検証させた。実際に開発した教材の内容や効果検証の結果は、別途、教科別の研究報告(小山・山城ほか2022、小山・浅野ほか2022)に譲る。

また、高校生向けの実践活動を附属高校で行うことを通じて、授業を通じて大学と附属高校との共同後研究を行うという連携活動を行った。本学では、数年に附属高校が大岡山キャンパスに移転することを契機に、高大連携を深める計画である。その端緒として、今回の実践を行い、今後の参考とする。

3. 2021年度の授業実施概要

当該授業は2単位で開設しており、集中講義形式で、毎回2コマの授業を7回行う。各回の内容は、おおよそ表1の通りであり、6回目には教材をおおよそ完成させる。その後、実践を行い、ログ解析などで効果検証した結果を論文化し、第7回に発表会を行う。そこで指摘された事項を改善し、江戸川大学情報教育研究所の

表1 数学科／理科教育法実践演習Ⅱの授業計画

回	各回に予定した活動内容
1	「総合的な探究の時間」の課題(政策)検討
2	「課題学習」「探究活動」の課題検討
3	モデルに即したシナリオ検討
4	スライド(各画面の提示情報)の確定
5	ゲーム盤の作成(対話方法・内容の具体化)
6	ゲーミング教材の形成的評価と改善方針検討
7	成果発表会(江戸川大学情報教育研究会)

紀要に投稿するという流れである。

表1の授業計画では、松田(2017)の教材開発手法を用いることを前提としている。この手法では、主な提示情報はPowerPointのスライドとして作成する。実際に教員になった時、ゲーミング教材を使えなくても、スライドで情報提示しながら授業を実施する場合には必要な作業だからである。ゲーミング教材にする上で付加的な作業は、5～6回の対話方法・内容の具体化と形成的評価・改善の部分になる。しかし、これも発問内容や選択肢は、指導案の発問と生徒の反応や誤りを予測することと同様である。実際のゲーム盤の作成(記述)は、筆者とTAとで行っており、その作業の中で不適切あるいは曖昧な対話内容やスライド内容は改善するよう指示する。

なお、第1・2回は数学・理科の共同作業だが、第3回以降は教科別のグループ活動になり、授業中に経過報告して、相互にコメントし合う形で作業を進める。ただし、2021年度は理科の履修者が1名であり、5回目終了時点で提案されたシナリオとスライドが、浅野・松田(2021)の類題であったことから、第6回以降はTAである浅野との共同作業とした。

以上、全体的な流れは、昨年・今年度共通である。異なるのは、上述の理科のグループ編成に加え、以下の点が挙げられる。

まず、昨年度は数学科／理科教育法履修生に課題学習／探究活動の指導案を書かせる参考として、仮想授業ゲームを作成した。2021年度に本授業を履修した数学グループの学生は、当該仮想授業ゲームの体験者でもある。今年度は、同様の可能性とともに、附属高校との共同研究として生徒を対象とした実践を行うことも想定し、教材の完成度や実践時期(冬休み前の補講期間)に間に合うかどうかで判断することとした。結果的に、どちらも生徒用を開発し、数学科教育法の数学は生徒用教材そのものを課題学習の参考として学生に教材体験してもらった。

附属高校での実践は、数学は1年生5クラスに課題学習の導入授業として行った。附属高校では、過去にもIto and Matsuda(2013)や、それを改善した山崎・松田(2014)などのゲーミング教材で課題学習の導入を行っている。教材で取り組み方を学んだ後、各自で独自の課題を設定し、長期休業期間中に個別に課題解決に取り組む。一方、理科は、情報コース2年生の補講授業として、3年生で取り組む課題研究のテーマ発想のヒントとして行った。

生徒対象の実践を行うため、実践前には附属高校教員にも形成的評価をしてもらい、生徒の状況をふまえて、授業時間内に学習が終わるか、説明が分かりにく

い箇所や誤解しやすい箇所、誤答して先に進めなくなる恐れがある箇所などを指摘してもらい、それに対応した改善を行った。また、ログ解析や事後課題・アンケートの解析に当たっても、分析結果の解釈が適切か否かなどのコメントをしてもらい、論文を共同で仕上げる作業を行った。

4. 新・逆向き設計手法の指導改善

新・逆向き設計手法は、2020年度の本授業から指導を始めた。しかし、前述の通り、2020年度の指導は必ずしも成功したとは言えない。2021年度は、総合的な学習の時間の指導法、教育課程編成の方法でも当該手法を指導し、SDGsの政策評価に教科の学習成果を統合的に活用させる方針を示した『『総合的な学習の時間』の単元指導計画 評価・改善視点表』も提供した。しかし、学生の作成した指導計画は、2021年度の学生が作成した指導計画と大きな違いは無かった(Matsuda and Nagahara 2021)。

学生が作成した指導計画は、授業やチェックリストに示した設計指針よりも、書式の参考として提供した指導計画のサンプルを参考にしていた。授業では、サンプルの内容が適切でないことも明示しているにも関わらず、である。指導計画の作成の前には、地球温暖化対策の100の政策例を紹介したHawken(2020)を紹介し、その中から複数の政策を選んで比較評価させるよう促したり、神里ほか(2021)を改善した松田(2021)の政策評価課題例を示したりした。しかし、提出された指導計画に、探究活動で扱うSDGsの具体的政策例が示されているものは、16件中1件しか無かった。

学生は、単に、地球温暖化の100の政策から2つを選択し、数学的に評価する、または、政策の根拠となるデータを科学的に検証するという課題設定をすればいい。よって、課題設定が難しいと考えるのは無理がある。難しいのは、課題設定した後の解決方法を例示することであろう。それができないと、課題を示すことも躊躇される。生徒から質問された時に、助言ができないからである。もちろん、課題は生徒自身に発見させるから、教師が与えるのは適切ではないという反論も考えられる。しかし、課題を示す目的は、解決方法を示すためであり、生徒に解決させる課題を指定することとは異なる。

以上より、2021年度の本授業では、課題の設定から課題解決の例示まで、学生のアイデアを起点に改善していくことで、活動を支援することにした。学生のアイデアを起点にする理由は、地球温暖化で適切な単元計画を作成できなかったため、自由度を高めるのが望

ましいと考えからである。一方、自ら設定した課題でも、適切な政策評価・検証例を示せるとは限らない。高校でも、大学の専門科目でも、そのような方法を指導されていないからである。

そこで、数学については、松田(2021)の教材例に基づき、解決例で示すべき以下の点を明示した。

- ・2020年度の教材例は費用対効果のみに着目した1次元的な評価だったが、複数次元の評価項目を扱うこと
- ・誤差などを含むデータから、数学的な見方・考え方を明示的に用い、さまざまな関数関係を試して、より良い推定を行う方法を例示すること
- ・より単純な(少数の要因のみを考慮した)問題から、より複雑な問題へと詳細化しながら、より良い問題解決を目指す過程を示すこと

なお、学生の提案した課題は、文化祭の出店に関するものだったが、あくまでも政策評価につながるように、当該例題が政策評価に転用可能なことを明示することを求めた。

理科については、前期の大学院の授業で、同様の試み(学生自身に課題やその解決方法を提案させ、それを改善していく活動)を行い、その成果が、浅野・松田(2021)である。よって、これを例示し、本授業の履修者が、そこから類推的に課題やその解決方法を提案できれば、前述した仮説(学生が作成した教材が参考事例としてより効果的である)の傍証になると考えた。結果的に、浅野・松田(2021)の課題に、評価観点と政策例を追加するという形であり、全く新規の別の課題ということではなかったが、類題を作成することができた。

5. まとめ

本稿では、今年度、新・逆向き設計手法に基づく課題学習／探究活動用教材の開発と実践研究を指導した経緯を報告した。指導の効果は、学生の作成した教材や研究成果など、学生の論文から評価できるだろう。

今後、その教材を参考に指導案を作成した教科教育法履修生の指導案を分析し、当該手法のより良い指導指針を得る必要がある。また、将来的には、高大連携を深めるためにも、附属高校と連携して教材開発テーマや指導計画を検討し、教職課程の授業と高校の授業・カリキュラム改善を共同研究することが望まれる。

謝 辞

本研究に関し、JSPS科研費JP19K02969の支援を受けた。記して感謝する次第である。

参考文献

- 浅野智亮, 松田稔樹(2021) 新・逆向き設計に基づく理科「探究活動」用教材の開発, 日本教育工学会研究会報告集, JSET21-4, 196-203
- Bruer, J.T. (1993) Schools for Thought: A Science of Learning in the Classroom. The MIT Press.
- Hawken, P / 江守正多・東出顕子訳(2020) ドローダウン～地球温暖化を逆転させる100の方法, 山と溪谷社, 東京
- Ito, Y. and Matsuda, T. (2013) Design Framework of Problem-Based Instruction in Mathematics and Development of a Lesson Plan and an E-learning Material for the Lesson, Proceedings of HICE 2013, 2106-2117
- 神里知弥, 嶋本拓海, 堀直輝, 松浦弘毅, 村田弘樹(2021) 数学課題学習と理科探究活動の指導計画改善を促す仮想授業ゲームの開発と効果検証, Informatio, 18, 31-40
- 小山桂佑, 山城六三郎, 榎村耕佑, 岡本敬, 永原健大郎, 野本文彦(2022) 身近な題材で数学的政策評価方法を指導する「課題学習」導入教材の開発と実践, Informatio, 19, 45-56
- 小山夏花, 浅野智亮, 近藤千香(2022) 太陽光／風力発電を題材とした理科「探究活動」教材の開発と実践, Informatio, 19, 57-65
- 松田稔樹(2017) 「縦糸・横糸モデル」を基盤とするインフォードな指導を行うゲーミング教材の提案とその開発支援, シミュレーション&ゲーミング, 27(2), 49-60
- Matsuda, T. and Nagahara, K. (2021) A Backward Design Checklist for PBL Lessons to Help Development and Utilization of Gaming Instructional Materials, Proceedings of the Innovate Learning Summit 2021, 396-403
- 松田稔樹(2021) 政策評価方法を指導する数学「課題学習」教材, 日本教育工学会研究会報告集, JSET21-4, 237-244
- 松田稔樹, 野本文彦(2021) 総合から各教科への逆向き設計を促す教師教育用仮想授業ゲームの設計フレームワークの検討と実践, Informatio, 18, 19-30
- Wiggins, G., & McTighe, J. (2005) Understanding by Design (Expanded 2nd edition). Pearson Education
- 山崎浩也, 松田稔樹(2014) 数学「課題学習」用ゲーミング教材とその設計フレームワークに関する教科連携の視点に立った改善, 日本教育工学会研究会報告集, JSET14-4, 125-132