

専門基礎科目における教育効果の可視化方法の開発

中山 泰宗*

Development of evaluation system for teaching and learning effectiveness in basic science courses

by

Yasumune NAKAYAMA *

要 旨

近年、様々な教育法が教育現場に精力的に導入されている。一方でそれらの教育効果、有効な運用方法等についての客観的な説明がされる機会は少ない。海外では米国・英国において教育政策に対する科学的根拠を示すことが必要とされはじめており、日本においてもその必要性が指摘されている。またよりミクロな視点では講義レベルでの教育効果も客観化していく必要がある。以上を踏まえ、本報では専門基礎科目における教育効果の可視化方法の開発を行う。

本取り組みでは授業の1回目に授業全体の内容に関するテストを行い、定期試験の結果と比較することで客観的な教育効果の可視化方法を開発した。結果として、高大接続の基礎化学の授業において、講義内容の教育効果を確認することができた。加えて収集したデータを統計解析に供することで、教育効果の高い取り組みを抽出する方法の可能性も示した。今後、本方法を授業改善やファカルティ・ディベロップメントに活用していきたい。

Key Words : 教育効果、エビデンス、専門基礎科目、反転授業、メタ認知

1. はじめに

アクティブ・ラーニング、反転授業、ICT教育、プロジェクト・ベースド・ラーニングなど、多くの教授法が注目を集め、また教育現場への導入が盛んに行われている。一方で、どのような学習にどの教授法が適しているのか、その教育効果はどの程度なのか、などについて客観的に説明される機会は少ない。

米国では2001年に「落ちこぼれ防止法 (No child Left Behind Act)」が、2002年には「教育科学改革法 (Education Science Reform Act)」が

それぞれ成立し、教育政策に対する科学的根拠 (エビデンス) を示すことが必要になりはじめている^{1), 2)}。近年では、日本でもエビデンスに基づく政策立案の必要性が指摘されている³⁾。

上述のように、教育政策のようなマクロ教育におけるエビデンスの重要性は多方面で議論され、また一部で議論を起こしつつも社会に受け入れられている。しかし教員にとってはよりミクロな教育のエビデンスが必要である。教員は流行している教育法や自分の授業が、目の前の学生達にどれほど意味を持っているかを客観的に見積もらなければならない。

そのためには客観的で数値化されたエビデンス

*崇城大学生物生命学部応用微生物工学科准教授

スの利用を検討する必要がある。その際にアンケートのような主観的な指標は学生の受講満足度を知る上では重要な指標であるが、教育効果を測る際の指標として十分であるとは言えない。教育経済学者の中室牧子も「経済学者は(中略)人によって見方が変わってしまう主観的な表現で「教育に効果があった」といったりはしません。(中略) また子ども自身に聞いたアンケート調査の集計を「エビデンス」と呼ぶこともありません」と述べている¹⁾。

当然であるが実際の教育現場において学習効果の可視化・一般化は難しい。教育では i) 教育者、ii) 学習者、iii) 環境、の3つの要因が毎回異なるためである。しかし、だからこそ客観化した教育効果と i)、ii)、iii) のようなメタ情報の蓄積を行い、学生のために教育効果を向上させる取り組みを地道に行う必要がある。

一方で、教育効果を客観的な数値で判断するという事は、「授業の目的」がその項目に限定される危険性がある。そのため、数値化は慎重に行う必要がある。そこで今回は筆記試験で達成度を評価しやすい専門基礎科目を対象とした。

以上を踏まえて、本報では専門基礎科目の教育効果を客観的に可視化する取り組みについて報告する。具体的には授業初回に学力確認試験を実施し、その得点を中間試験、期末試験の結果と比較することで教育効果の可視化を試みた。

2. 方法と材料

2-1. 対象授業について

対象の科目は「化学」で、生命科学系の1年生を対象として、前期に開講した。高大接続の授業でもあり、高校の授業を復習しつつ、より高等な概念の理解を図ることが本科目の目的である。

2-2. 授業概要

対象科目のスケジュールは表-1の通り。全体を5回毎に3つのセクションに区切り、4回授業毎にセクションの授業内容に関する中間試

験を実施した。また16回目に科目全体の内容に関する試験を実施した。

授業形態は反転授業で、事前に概念の解説動画を閲覧させて授業中は演習や問題解説を主に行った。授業は予習のない1回目を除き表-2のように進めた。

反転授業にはe-learningによるコストダウンの可能性があり、また学生が自分のペースに合わせて理解できるまで動画を視聴しながら考えることができる。小学生に対する簡単な実験では、「理解が遅いとみなされた学生」がマイペースな学習により、一部の「理解が早い学生」の学力を追い越すケースも示されている⁴⁾。

表-1 授業の実施内容

| 授業回 | 内容 |
|-----|---------------------|
| 1 | オリエンテーション, 確認試験, 授業 |
| 2 | 授業 |
| 3 | 授業 |
| 4 | 授業 |
| 5 | 中間試験, 解説 |
| 6 | 振り返り, 授業 |
| 7 | 授業 |
| 8 | 授業 |
| 9 | 授業 |
| 10 | 中間試験, 解説 |
| 11 | 振り返り, 授業 |
| 12 | 授業 |
| 13 | 授業 |
| 14 | 授業 |
| 15 | 中間試験, 解説 |
| 16 | 期末試験 |

表-2 授業での学習内容

| 期間 | 学生の学習内容 |
|-----|--|
| 授業前 | <ul style="list-style-type: none"> 予習動画を閲覧する(WebClass*, YouTube**) 予習問題を解く(WebClass*) 教科書の指定範囲を読む |
| 授業 | <ul style="list-style-type: none"> 演習問題を解く(授業後にワークシートを提出) 演習問題についての解説を受ける グループワークを行う |
| 授業後 | <ul style="list-style-type: none"> 復習問題を解く(WebClass*) |

*Learning Management Systemの一種

**動画ストリーミングサービスの一種

2-3. 試験

対象の科目では3種類の試験、確認試験、中間試験、期末試験をそれぞれ1回、3回、1回実施した(表-1)。

確認試験では学生が本科目の中で学習する内容かつ各授業の基礎的な知識を問う問題で構成した。試験は3つのパートに分けており、それぞれ中間試験1回目、2回目、3回目の基礎的な内容と対応させた(図-1)。

中間試験はそれぞれ2つのパートに分けており、前半のパートは前述のとおり確認試験と同程度の問題を同数含ませた。一方で後半パートはその応用問題で構成させた。この前半パートの正答率と確認試験の対応するパートの正答率を比較することで授業の教育効果を確認した(図-1)。

期末試験はそれぞれの中間試験の応用部分をベースとして作成した(図-1)。

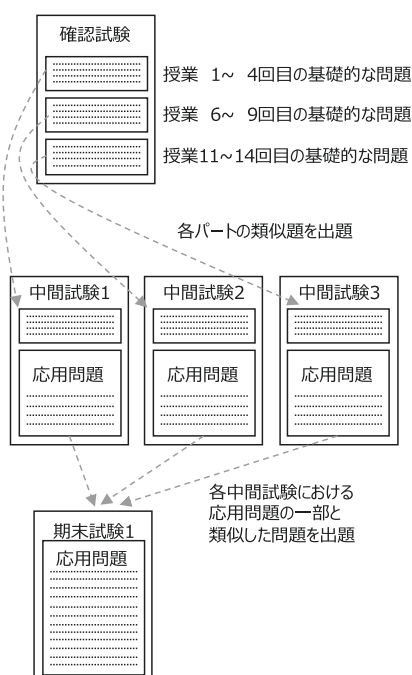


図-1 実施した試験の概要

試験を5回実施している理由は学習効果の確認のためだけではない。学習自体のためでもある。試験等で学んだ内容を脳から呼び起こすことは、知識の定着を促進することが知られている^{5), 6)}。このことは「検索練習 (retrieval

practice)」と呼ばれ、100年近く前に学習効果を実証されている^{5), 6)}。試験は学ぶために活用することができるのである。また中間試験の解説は試験の直後に行った。学習効果が更に高まると言われているためである⁵⁾。

さらに事前の確認試験には、教育効果の可視化以外の目的もある。授業の学習効果を高める可能性が示唆されている⁶⁾。原因は明らかではないが、事前テストにより学生が授業における重要箇所に基づき授業中に意識が向く、または解答を推測することがその後の学習を手助けする、などの可能性が挙げられている⁶⁾。

2-4. 振り返り

中間試験の結果は、間違いに印をつけ、各試験後の授業で返却した。1回目、2回目の試験結果の返却では振り返りシートも渡した。振り返りシートは表-3の項目から構成されている。

シートは学生が回答した後に回収し、学生の主観データとして収集した。また次の試験前の授業時にシートを本人に返却し、試験準備の参考にさせた。学生に自身の行動を振り返らせ、改善させることでメタ認知のトレーニングを図った⁵⁾。

2-5. 学科SALC

本校は文部科学省「大学教育再生加速プログラム」に採択されており、各学科に自律学修センター(学科SALC)を整備している。学科SALCは学生が自習に利用できる他、学生の自律学修をサポートする教員(FDer)や高学年の学生(学生FC)が特定の時間に待機している。今回はこの学科SALCの利用も学生に推奨し、各学生の利用状況もモニターした。本文中の「学科SALCへ参加」は学科SALCでの自学、もしくはFDerや学生FCのサポートを受けることを指す。

2-6. データ取得

教育効果の可視化を行うにあたって次のデータを取得した。確認試験、中間試験、期末試験の得点を学生毎に取得した。振り返りの回答を学生毎に取得した。WebClass (Learning

Management System の一種) 上の予習クイズ、復習クイズの合計得点を試験区間毎に集計し学生毎に取得した。各学生の学科SALCの利用時間を試験区間毎に分けて集計したデータも取得した。

2-7. データ解析

データ解析には Microsoft Excel version 1809 (Microsoft, USA)、R 言語の R version 3.5.1⁷⁾、Statistics in Microsoft Excel⁸⁾ を用いた。

データクリーニングとして、試験を試験当日に受験しなかった学生、振り返りに回答していない学生のデータは解析前に除外した。

表-3 振り返りの内容

| 回答内容 | 項目 |
|-------------|---|
| 学習時間 (分) | <ul style="list-style-type: none"> ・予習 ・授業内容の振り返り ・復習 ・学科 SALC への参加 ・その他 |
| 得点への寄与 (%) | <ul style="list-style-type: none"> ・予習 ・授業内容の振り返り ・復習 ・学科 SALC への参加 ・高校までの知識 ・その他 |
| 失点の理由 (%) | <ul style="list-style-type: none"> ・ある概念を理解していなかった ・問題を解くアプローチを構成できていなかった ・注意力が欠けていた ・時間が足りなかった ・その他 |
| 改善提案 (自由記載) | <ul style="list-style-type: none"> ・次回の試験に向けて学習方法をどのように変えるか |

3. 結果と考察

3-1. 授業効果の可視化

確認試験の3パートを、それぞれ対応する中間試験の前半パートと比較することで、図-2の結果が得られた。

授業による学習の変化がない場合は、データは左下から右上の対角線上にプロットされる。一方で学生が学習をした場合は、データは対角線より上部にプロットされる。よって、今回の結果より本授業は学習効果があったといえることができる。

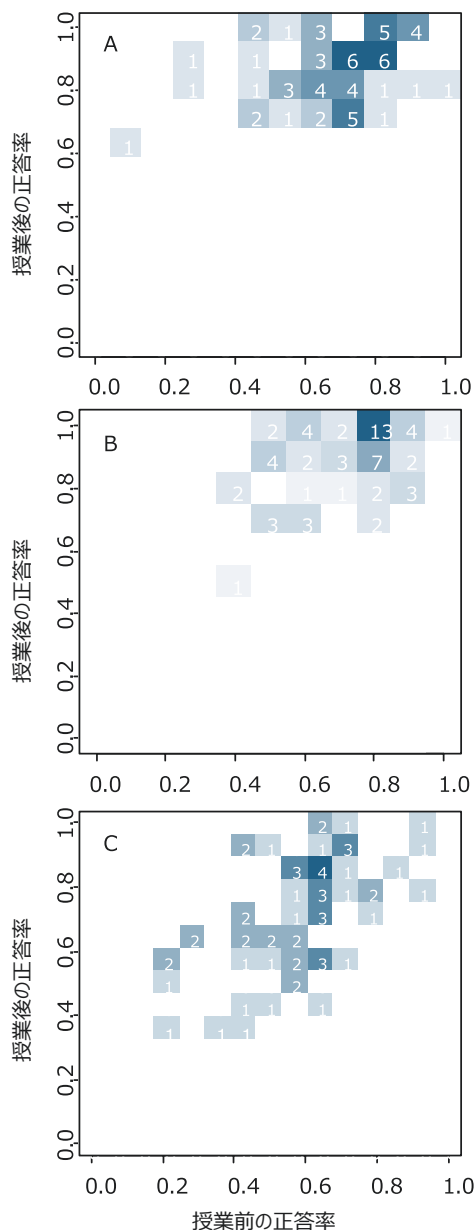


図-2 教育効果の可視化マップ
それぞれ (A) 1回目の中間テスト (n = 60), (B) 2回目の中間テスト (n = 62), (C) 3回目の中間テスト (n = 63), における正答率の2次元ヒストグラム。各マス内の数字は学生の数を表している。

本方法の利点は、受講前の学生の習熟度に依らず、学習効果の確認が行える点である。授業前の習熟度が入学年度や学生毎に異なる状況においてこの利点は重要である。また介入による学習効果の確認はランダム化試験により行うのが適切である。一方で本手法では精度は下がるが年度別の比較等も可能だと考えられる。

更に中間試験の得点とその前半パートの得点

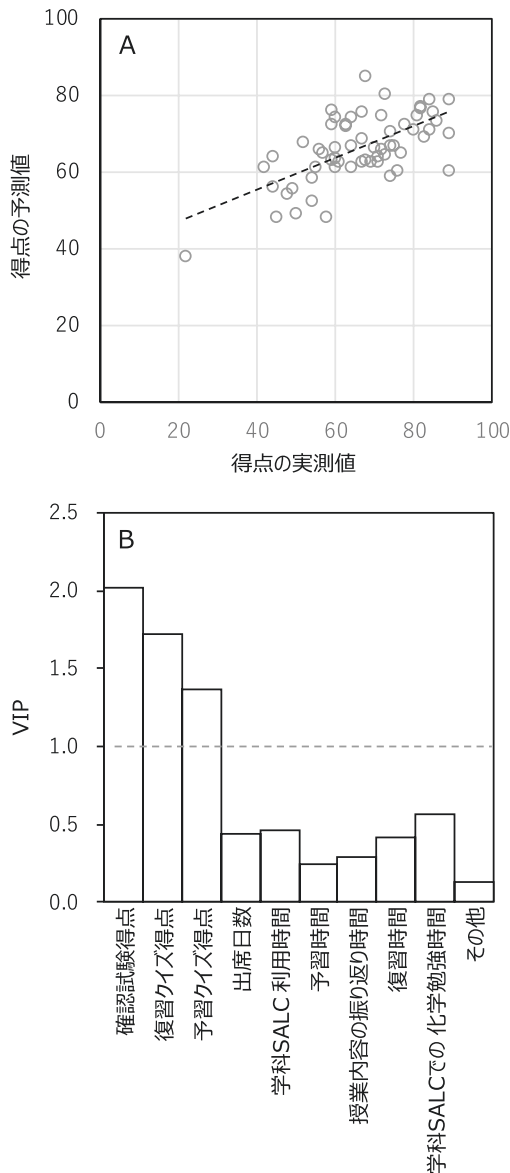


図-3 中間試験のPLSRモデル

中間試験を各種変数で予測した際の、(A) PLSR予測モデル、(B) VIP値をそれぞれ示している。Aの白抜きの点はそれぞれの学生の得点とモデルによる予測値、点線は実測値と予測値の近似線を示している。Bの点線はVIP = 1を表している。

は有意に相関しており、1回目、2回目、3回目における両者のR²値はそれぞれ、0.531 ($p = 1.29E-05$)、0.789 ($p = 1.54E-14$)、0.597 ($p = 1.97E-07$)であった。精度について議論が必要だが、本方法では応用力についても学習効果への言及が可能である。

3-2. 効果が高い取り組みの抽出

続いて、各種データを用いて、中間試験得点の回帰分析を試みた。分析には多変量解析の一

種であるPLSR (partial least square regression) を用いた。PLSRは潜在変数を用いることで、重回帰における多重共線性の問題を回避する回帰分析である⁹⁾。今回は前処理としてunit varianceを行い、7 step cross validationにより回帰式のvalidationを行った。結果としてcomponentが1のとき、Q²値が最も高く0.324となり、root mean squared error of estimation (RSMEE) が10.68の予測モデルが構築された(図-3A)。このモデルにおける説明変数のVIP (variable importance in projection) 値を図-3Bに示す。VIP値にはgreater than one ruleがあり、VIP > 1の説明変数は回帰モデルに重要な変数である¹⁰⁾。つまり、本授業では、予習クイズ、復習クイズの教育効果が高いといえる。今後、さらなる検討が必要だが、このような方法で、教育効果が高い取り組みを明らかにできる可能性がある。

3-3. 振り返りについて

最後に学生の振り返りについて考察する。中間試験後、学生には表-3の項目について回答させた。この中で、学生が“得点に寄与したと回答した取り組み”、“失点に寄与したと回答した事項”の比率をそれぞれ各学生の得点、失点と掛け合わせた(図-4、図-5)。

学生の主観では学科SALCへの参加、復習クイズの実施が得点に寄与していると答えている。またPLSRにおいても復習クイズは中間試験の得点予測に重要な説明変数であった。以上より振り返りとPLSRにおいて、復習クイズが重要であるという一致した結果が得られた。

一方で、齟齬が生じた結果も得られた。確認試験は初回授業で行うため、高校までの知識と考えることもできる。PLSRにおいて確認試験得点は最もVIP値が高かった説明変数である。一方で高校までの知識は、一部の学生においては寄与が大きかったが、全体としては寄与したと考える学生は少なかった。この齟齬の原因については今後、さらなる検討が必要である。

教育効果は複雑な変数であるため、多面的に解析するのが望ましいと思われる。また、これらの情報を学生にフィードバックし続けること

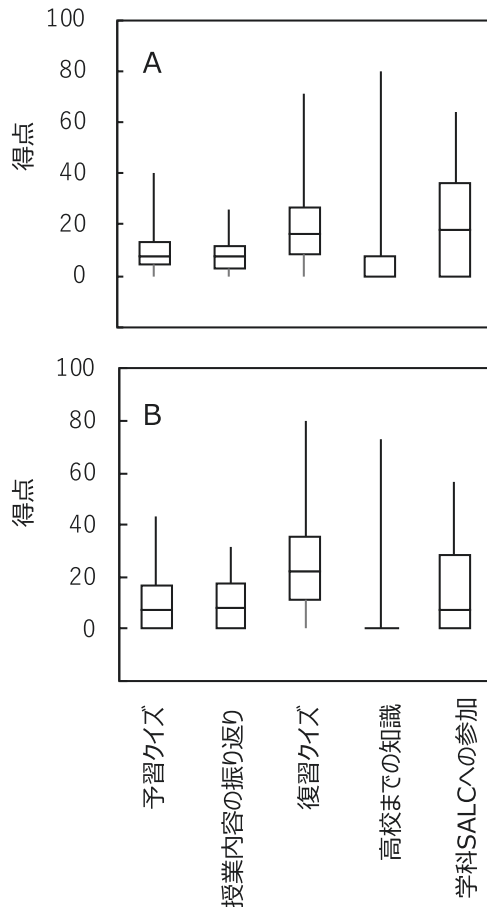


図-4 学生が感じる試験得点への寄与

それぞれ (A) 1回目 (n = 59), (B) 2回目 (n = 55), において学生が感じた各取り組みの得点への寄与. 箱ひげ図は上から値の最大値, 75%, 中央値, 25%, 最小値を示している.

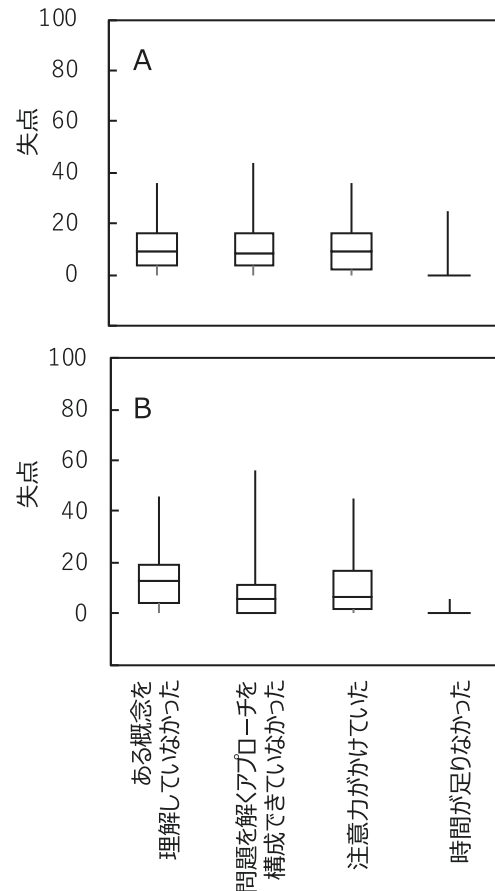


図-5 学生が感じる試験失点への寄与

それぞれ (A) 1回目 (n = 59), (B) 2回目 (n = 55), において学生が感じた失点の原因. 箱ひげ図は上から値の最大値, 75%, 中央値, 25%, 最小値を示している.

で、学生のメタ認知のトレーニングにもつながると期待している。

4. おわりに

今回、教育効果を客観的に評価するために、教育効果の可視化を行った。今後は本方法を用いて各種介入操作の教育効果を評価し、授業をよりよいものにするのと合わせ、他の教員と連携して一般性を評価することで、大学全体としての教育の質の向上に繋がることを期待している。

参考文献

- 1) 中室牧子 (2015), 『「学力」の経済学』 デイスカヴァー・トゥエンティワン
- 2) 石井英真 (2015) 『教育実践の論理から「エビデンスに基づく教育」を問い直す－教育の標準化・市場化の中で－』 *教育学研究*, 82
- 3) 株式会社三菱総合研究所 (2018) 『平成29年度「教育改革の総合的推進に関する調査研究～エビデンスに基づく教育政策の在り方に関する調査研究～」調査報告書』 文部科学省
- 4) サルマン・カーン (2013) 『世界はひとつの教室』ダイヤモンド社
- 5) Annie Murphy Paul (2016) 『教育改革に挑む米国』 *日経サイエンス*, 2月号
- 6) ベネディクト・キャリー (2015) 『脳が認める勉強法——「学習の科学」が明かす驚きの真実!』ダイヤモンド社

- 7) URL: <https://www.r-project.org/>,
accessed on 2018/10/01
- 8) Matsuo, T., Tsugawa, H., Miyagawa, H., & Fukusaki, E. (2017). Integrated strategy for unknown EI-MS identification using quality control calibration curve, multivariate analysis, EI-MS spectral database, and retention index prediction. *Analytical Chemistry*, 89 (12), 6766-6773.
- 9) Wold, S., Sjöström, M., & Eriksson, L. (2001). PLS-regression: a basic tool of chemometrics. *Chemometrics and intelligent laboratory systems*, 58(2), 109-130.
- 10) Chong, I. G., & Jun, C. H. (2005). Performance of some variable selection methods when multicollinearity is present. *Chemometrics and intelligent laboratory systems*, 78(1-2), 103-112.

