キャッチフレーズ教育法の機械系専門科目 への適用と授業評価*

柴田 隆行**

Application and Class Evaluations of Catchphrase-Based Learning Method
in Specialized Subjects for Mechanical Engineers

Takayuki SHIBATA

This paper describes a case study of a teaching method through a catchphrase named “Catchphrase-based learning” (also referred to as “Catchcopy (Slogan)-based learning” or “One-phrase-based learning”) to improve the quality of engineering education even through a traditional lecture (teacher)-based approach to teaching specialized knowledge in a large lecture class. This instructional design mainly consists of three steps as follows: (1) Students must submit a catchphrase that best describes the features of a given technical term generally until the end of each class on our university's online education system. (2) Students must select appropriate catchphrases (at least five but no more than ten) and vote them through the online education system after each class. (3) In the beginning of the next class, catchphrase awards (approximately top 7 of works) together with teacher-selected special awards (approximately 2–3 excellent works) will be given out and reviewed. The effects of this teaching method on learning effectiveness will be discussed on the basis of a class evaluation questionnaire.

Key words: engineering education, large lecture classes, lecture improvement, catchphrase-based learning, catchcopy-based learning, one-phrase-based learning

1. 緒 言

第4次産業革命 (Society 5.0) における技術革新がもたらす社会・経済構造の大きな変革の中で、我が国の産業の持続的な発展のためには、ものづくりの中核を担う精密工学の果たすべき役割は益々重要なものとなる¹⁾²⁾。一方、経済産業省 (2018年4月20日発表) が企業を対象に実施したアンケート調査によれば、5年後に技術者が最も不足すると予想される分野として「機械工学 (12.4%)」が最多となった³⁾。このように、産業界のニーズに即したもののづくり人材の育成も高等教育機関における重要課題の一つとして位置付けられる。

近年、教員による一方的な知識伝達型の講義形式による教育を見直し、学習者の「主体的・対話的で深い学び」を実現するために、大学教育においても「反転授業 (Flipped classroom)」や「アクティブラーニング (Active learning, AL)」を積極的に取り入れることが強く推奨されている⁴⁾⁷⁾。その教育効果は、工学教育においても実証されており、様々な取り組みについての報告がなされている⁸⁾¹¹⁾。さらに、大人数講義 (100名以上) においてもチーム制による討論型授業形式を導入することで、学生の潜在的学修意欲や能力を引き出す教授法 (橋本メソッド) も開発されている¹²⁾。また、最近では、スマートフォンを活用することで、双方向性を実現した効果的な教授法が開発されている¹³⁾¹⁵⁾。本教育法では、特に、学生同士の意見の相互参照が行える仕組みを導入することで、人数が多いことを逆に利点としていることが一つの特徴である。このように、授業の内容や受講生の規模に応じて、各教員が創意工夫をもって反転授業やアクティブラーニングの導入に取り組んでいる。

本論文では、従来の知識伝達型の講義形式かつ大人数講義 (100名以上) であっても、学生の興味を喚起し、学生が主体的に考えながら授業に参加する機会を与え、専門分野の技術に関わる原理・特徴を俯瞰的に捉える姿勢を醸成し、学んだ知識を記憶に定着させることを目的とし、「キャッチフレーズ」を活用した授業を実践し、授業評価アンケートに基づき教育効果を考察した。本論文で対象とした授業は、精密工学の主要分野の一つである加工技術に関する専門科目である。なお、本提案の教育手法を「キャッチフレーズ教育法」(キャッチコピー教育法、ワンフレーズ教育法なども同義) と呼ぶことにする。

2. キャッチフレーズ教育法の実践とその評価

2.1 授業の概要とこれまでの問題点

本論文で対象とした授業は、博士前期課程の専門科目「マイクロ加工学特論」(選択科目, 1単位) であり、今年度 (2019年4~6月開講) は137人 (機械工学専攻: 92人, 電気・電子情報工学専攻: 45人) が受講した。本授業 (階段教室で行う大人数対象の講義形式) は、マイクロ電気機械システム (Micro Electro Mechanical System, MEMS) に関する研究分野においてマイクロデバイスの作製に必要となる「微細加工技術 (半導体製造プロセス)」の基礎知識を修得させることを目的としている。学修到達目標は、「個々の加工技術の原理・特徴を理解し、複数の加工技術を組み合わせて簡単なデバイスのプロセス設計ができること」としている。これまでの授業のやり方は、教員が独自に作成したスライド (PowerPoint) を使用した一方的な講義形式によって行っていた。ただし、授業時間内に学生を退屈させないように、加工技術の原理・特徴などの重要なポイントについては、学生自身に穴埋めをさせてテキストを完成させるようにしていた。また、個々の加工技術についての具体的なイメージを与えるために、ビデオ教材 (実際の加工プロセスの様子を短い動画にまとめたもの) を独自に制作し、学生の理解を助けるとともに、興味を喚起する

* 原稿受付 令和元年9月16日
掲載決定 令和元年11月28日

** 正 会 員 豊橋技術科学大学 (愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1)

Fig.1 Flowchart of catchphrase-based learning process

よう工夫をしていた。しかし、体系的な知識を座学で一方的に伝える授業方法では、学生にとっては受け身の受講でしかなく、本質的な授業改善の必要性を痛感していた。

そこで、授業時間内に学生が教員の説明に真剣に耳を傾け、技術の本質について自ら考えるきっかけを与えることで、主体的な授業への参加を促し、自然に深い学びへと導くことを目的とし、毎回の授業でテーマとした加工技術について「キャッチフレーズ」（キャッチコピー、ワンフレーズなども同義）を作成させる試みを行った。なお、本教育法の概念は、日本物理学会第66回年次大会（2011年）にて、高本雄治氏（当時、サッポロホールディングス、麻布大学非常勤講師）と荻原利彦氏（当時、麻布大学講師）が報告した「キャッチフレーズで物理学」を参考としている^{16)~18)}。両氏は教養課程の物理学の授業において、学生の興味を持続させ、物理現象を深く考えさせることを目的として、物理学の法則や理論のキャッチフレーズ（ワンフレーズ）を作成させるという教育法を実践した。その結果、物理の概念形成に極めて有効であるなどの多くのメリットがあることがわかった。ただし、キャッチフレーズの評価法や教育効果の定量的検証などについては課題として残されていた。本論文では、これらの課題への対応方法を含めた授業デザインを設計して授業実践を試み、学生の授業評価アンケートの結果をもとに教育効果および問題点を検証した。

2.2 キャッチフレーズ教育法の授業の流れ

本教育手法の概要を図1に示す。ただし、図中の点線で囲んだ部分は授業改善後に追加したプロセスである。本授業の流れは、個々の学生によるキャッチフレーズの「投稿」、学生相互の「投票」、優秀作品の「発表」、教員の「講評」の一連のプロセスからなっている。まず、①授業の冒頭で「キャッチフレーズ」の課題を学生に提示する。②学生は教員の説明（PowerPointを使用した従来と同様の講義形式）を聞きながら授業時間中にキャッチフレーズを考え、各自の端末（スマートフォン、タブレット、ノートパソコンなど）を使って本学の教務情報システム（Webシステム）にアクセスし、いくつかの案のメモ書きを入力する。なお、キャッチフレーズを考えるための特設の時間は設けていない。授業の終わりに、学生は最終案のキャッチフレーズをWebシステム

Table 1 Given technical terms for each class and excellent catchphrases selected by mutual vote of students

第1回「MEMS」
● 小さなデバイス 大きな未来
● 微細加工技術による美細デバイス
第2回「フォトリソグラフィ」
● 小さな Photographer !!
● 光のインクで作る薄膜版画
第3回「ウェットエッチング」
● ミクロ世界の化学彫刻
● 目指せ理想のパターン!! ～マスクとエッチャンとの運命のマッチング～
第4回「プラズマ」
● 物質の第4形態プラズマ～不安定にして無限の可能性～
● エッチング世界の革命家!! ラジカルとイオン形成の担い手
第5回「反応性イオンエッチング (RIE)」
● 物理的作用×化学的作用＝RIE
● 2種のガスが守備と攻撃役割分担、深く真っ直ぐ掘ります DRIE !
第6回「PVD と CVD」
● PVD:低温粒子凝縮膜形成 CVD:高品質化学反応膜形成
● 冷静で節約家だがおつよこちよいな物理的気相成長法 (PVD)
● 熱い奴だが慎重で几帳面な化学的気相成長法 (CVD)
第7回「電気めっきと無電解めっき」
● ファラデーパワー (電気めっき) vs 化学の力 (無電解めっき)
● 金属用電気風呂 非金属用触媒風呂

上で「投稿」する。ただし、授業時間内で考えがまとまらなかった学生のために、授業終了後2時間程度の締切の猶予を与えている。次に、③教員（筆者）は、投稿された全てのキャッチフレーズに目を通し、第一次選考を行った後、通過作品をWebシステム上で公開するとともに、不採択となった作品の不採択理由を一覧表にまとめて同時に公開する（Web公開は授業実施日）。その後、④学生は第一次選考を通過した作品に対してWebシステム上で「投票」を行う（投票期間は授業の翌日から2日間）。なお、投票の準備ができた段階で、受講生にはメールでその旨配信ができるようになっている。また、教員はWebシステム上で投票を行っていない学生を確認することができるため、未投票者には適宜メールを一斉配信することで投票を促した。投票プロセス終了後に、⑤教員は「キャッチフレーズ大賞」（得票数の上位作品）と「審査員特別賞」（教員選考作品）を確定し、⑥翌週の授業の冒頭で結果を発表し、授業の復習を兼ねた「講評」を行う。

本教育法の狙いは、授業時間内に与えられたキーワード（微細加工技術）の意味を適切に表現する「キャッチフレーズ」を考えさせることで、授業への興味を喚起し、主体的な参加を促すとともに、技術の本質を理解し、様々な特徴の中から最も重要な原理的ポイントを抽出して言葉で表現する能力を養うことにある。また、キャッチフレーズを作成して学生相互の投票（評価）によって大賞作品（7作品程度）を選出するという一種のゲーム感覚の中で、主体的に学ぶ学修態度を誘発する。さらに、他者の作品への投票を課すことで、他の学生の様々な視点（キャッチフレーズ）に触れることができ、技術の捉え方や考え方の多様性を知ることにつながる。また、投票というプロセスは、授業内容の復習も兼ねており、知識の定着を期待している。さらに、翌週の授業冒頭での「キャッチフレーズ大賞」の発表は、学生のやる気を喚起するための一つの仕掛けである。また、大賞から漏れた作品の中から、着眼点がよく、技術の特徴を的確に捉えている作品を教員が選出して「審査員特別賞」（2～3作品程度）を授与している。これは、選出した作品についての講評（選定理由）を通じて、技術の本質を改めて復習する機会をつくり、学んだ知識の定着を促す

Fig.2 Effectiveness of catchphrase-based learning estimated on the basis of class evaluation questionnaire

という意図がある。加えて、教員自らも作品を投稿し、その投票結果（順位と得票数）を公表することで、学生と教員との一体感を醸成し、開放的なクラスの雰囲気づくりを行っている。

表1に授業7回分のキャッチフレーズの課題（キーワード）と学生が投稿した主な作品（キャッチフレーズ大賞または審査員特別賞の受賞作品）を示す。第1回目は、本授業で対象とする技術分野である「MEMS」をキーワードとした。これによって、ほとんどの学生にとっては初めて耳にする技術分野への興味を喚起し、そのイメージを記憶として定着させることを狙った。第2回目以降はMEMSを実現するために必要となる個々の微細加工技術に関するキーワードを課題としている。また、学生がキャッチフレーズの作成に慣れてきた第5回目には、少し難易度を高めた課題として、ドライエッチング技術の一つである「反応性イオンエッチング（RIE）」に限定してみた。学生には授業で学んだ他のドライエッチング技術と異なる原理や特徴に注目してキャッチフレーズを作成するように指示した。第6回目と第7回目はさらに難易度を高め、対比される二つの加工技術の原理や特徴の違いをいかに短い言葉で表現するのかという点にポイントを絞って考えるように指示した。期待以上に多くの学生が真剣に考えており、秀作が集まったと実感している。

2.3 授業評価アンケートの分析

授業の定量的評価のために第6回目の授業の際に授業評価アンケートを実施した。なお、教育効果の優劣を明確に測るために回答は4択とした。その結果を図2（回答者数：123人）に示す。なお、自由記述欄には72%（123人中89人）の学生が本教育法についての感想、意見、要望などを記述しており、良くも悪くも本教育法に興味・関心をもった結果と言える。まず、設問1の結果（肯定的評価84%）が示すように、第一の目的である授業への興味を喚起することには大きな効果があったと言える。例えば、学生の意見（原文のまま記載）として、「授業内でキャッチフレーズを考えることはその講義の重要な点を探し、理解しようとする習慣に繋がりました。」「キャッチフレーズにすることで、その授業で一番言いたいことを要約した言葉を考えるので、授業の理解は深まると思う。」など狙い通りの効果が見受けられた。

次に、他の学生のキャッチフレーズへ投票することで復習の効果と多様な考え方に触れることを期待していたが、設問2の結果（肯定的評価64%）から、やや評価が低いことがわかった。例え

ば、「受講生の中にはキャッチフレーズを真面目に考えず、面白おかしいものを考えている人達がいる、そういうキャッチフレーズが受講生の票を集めているように感じました。」との意見があった。該当する具体的な例として、「プラズマ」を課題とした際に第1位（120作品中）となった作品が「プラズマ、パワーマシンでっ」であった。この作品はくだけた表現（ウケ狙い）に終始しており、プラズマの特徴を技術的に正しく表現ができていないと言え難い。また、同じ課題で、「プラズマクラスターはアークだけ」が第5位となった。本授業では成膜プロセスに利用する「グロー放電」を「アーク放電」と対比させて説明しているため、このキャッチフレーズは本授業の内容に限っては技術的に間違った表現となる。さらに、「プラズマクラスター」というキーワードも某電機メーカーの技術であり、本授業で対象としたプラズマとの関連性はない。このように、必ずしも全てのキャッチフレーズがよく考えられたものではなく、技術を正しく理解・表現できていないものや、単にウケを狙った作品などもあり、真面目に取り組んでいる学生には、その点がマイナスの印象を与えてしまったと思われる。このため、この問題を回避する対策として、後述する教員による「第一次選考」のプロセスを追加することとした。一方、「他人のキャッチフレーズをみて、評価することは講義内容の復習になるだけではなく自分があまり意識しなかったことまで気づかせてくれました。」と本来の狙い（多様な視点の共有）を感じてもらえた学生もいた。

学生間の投票によってキャッチフレーズ大賞を選出する評価法そのものについては、設問3の結果（肯定的評価75%）が示すように、概ね理解が得られた。学生からは「キャッチフレーズで授業の内容を深く理解できて役に立ったと思う。投票という形で評価するのが大変よかったと思う。」との意見があった。ただし、「大して練られていない適当に考えたと思われるキャッチフレーズが上位にあると不服である。学生による投票では真面目に考えた者が報われない。」と感じた学生もあり、教員による第一次選考を行うことでキャッチフレーズの質を一定レベル以上に保つ必要がある。また、教員が選出する審査員特別賞については、設問4の結果（肯定的評価87%）が示すように、教員の評価には概ね納得したようである。このことは、技術の原理・特徴を正しく表現していることに納得したことを意味しており、授業の復習を兼ねた技術の再確認と知識の定着につながっているものと考えられる。学生からは「キャッチフレーズを翌週の授業で紹介すること

Table 2 Examples of reasons for rejection in first screening

●金属以外でもできるめっき、できないめっき
【不採択理由】少し言葉が足りないようです。被膜対象の違いだけではなく、めっきの原理の違いを特徴づけるキーワードがあるとよかったです。
●電子の移動が膜を作る電気めっき 電子がなくても溶液中で膜を作れる無電解めっき
【不採択理由】少し解釈に間違いがあるようです。無電解めっきにおいても金属イオンは還元剤から電子をもらって金属として析出します。
●クーロン力の電気、酸化還元は無電解
【不採択理由】少し解釈に間違いがあるようです。電気めっきも無電解めっきも「酸化還元反応」によって、金属が析出します。違いは、電子の供給源が「電源」からなのか「還元剤」からなのかとなります。

第7回キャッチフレーズ (2019/5/31) 投票

Q1 「電気めっきと無電解めっき」の特徴を最もよく表現するキャッチフレーズを書きなさい。Write a catchphrase that best describes the features of "Electroplating and Electroless plating". (5個以上10個以内) 【必須入力】

☐ 電気めっき～電気力で厚く成膜；無電解めっき～化学力で薄く成膜

☐ プラスチック？不導体？誰でも可能な鍍層さん無電解めっき 更に電気めっきでパワーアップもできる！

☐ 導通性を求める電気めっき 絶縁を求める無電解めっき

☐ 電気力で素早く処理する電気めっき、化学変化でキレイに処理する無電解めっき

☐ 電流で！素早く！！電気めっき！！還元剤で！ゆっくり！！無電解めっき！！

☐ 電気めっき～電気めっき～高い！遅い！でも複雑な形状もOK！

☐ 厚膜長穴の電気めっき、超薄短小の無電解めっき

☐ Q.金属イオン還元の際、どんな状況が理想ですか？ A.電気めっき「効率よく電子を沢山貰えるなら」無電解めっき「反応性がいい還元剤がいてくれたら」

☐ ファラデー（電気めっき）VS 化学力（無電解めっき）

☐ 電気を利用する短時間メッキ 電気を使わない長時間メッキ

☐ 金属材料なら俺に任せろ電気で還元；電気メッキ 電気がダメなら化学で還元；無電解メッキ

閉じる

Fig.3 Webpage for voting appropriate catchphrases

で、前回の内容の復習になって良かったと感じた。」、「特別賞に選ばれるほうが先生からの評価なので嬉しい。」などの意見があった。さらに、キャッチフレーズ大賞の選出という競争原理の導入については、設問5の結果(肯定的評価85%)が示すように、肯定的な印象をもっている学生が多かった。学生からは「ものすごく良いと思います。キャッチフレーズ大賞を目指しているの、他の授業より真剣に聞いています。」、「授業に面白みが出てくるだけでなく、優勝を目指してみんな競争するので、そこでさらに授業に対する理解度が上がった。」などの意見があった。

最後に、本授業全体の印象としては、設問6の結果(肯定的評価81%)が示すように、授業への興味と関心をもたせる効果はあったと考えられる。例えば、「画期的なことだったので、新鮮で良かったと思います。」、「キャッチフレーズを考えるために普段より熱心に授業に取り組んだ。」などの印象をもってくれた学生が多かった。また、教員自らもキャッチフレーズを投稿して学生の評価を受けることは、「先生のキャッチフレーズがごとごとく入賞しなかったのがとても面白かったです。」と教員との距離感を縮めることに役立ったと実感した。

2.4 授業の課題と改善案

授業評価アンケートの自由記述から見てきた問題点として、主に次の2項目に集約されることがわかった。一点目は、キャッチフレーズの投稿期限と投票期限が短いということであった。しかし、本教育法の大きな特徴としては、授業時間を最大限有効に活用して、学生に考えさせながら講義を聴講させるのが狙いである。仮に期限を延ばした場合には、必ずしも授業中に真剣に考えなくてもよくなることから、授業への集中力を醸成できなくなる。

Fig.4 Influence of presentation order on number of votes

また、学生によっては締切間際まで決断ができずに無駄に時間を費やすことにもなる。このため、学生には、授業時間内で適切に技術のポイントを読み取る思考力・判断力と作品を完成(言葉で表現)させる決断力を養う目的があると説明をして理解を求めた。

二点目は、学生間の投票によってキャッチフレーズ大賞(審査員特別賞も含む)に選ばれた場合に成績に加味(100点満点に2点×受賞回数を加算)することであった。前述したように(図2の設問3参照)、大多数の学生は相互投票による評価方法を受け入れているものの、例えば、「学生の投票によってランキング上位者に加点することは、学生が真剣に投票を行う保証が無いためあまり良くないかと思う。」という否定的な意見をもった学生がいたことも事実である。特に、成績が左右されるという点に敏感に反応しているようであり、「講義を受ける側としてはすべての人が加点可能な機会が欲しい。」といった意見からも読み取れる。当初の目的としては、大賞受賞者に加点することは、競争心を刺激して、やる気(授業への集中力)を喚起することが目的であったが、一部の学生に対してはむしろ逆効果に働いたことがわかった。このため、第7回目の授業では、全ての学生に加点のチャンスを与えるやり方に変更した。具体的には、教員による第一次選考(図1の点線枠内のプロセスを追加)を行い、通過した学生にはこの時点で加点をすることにした。これによって、学生が真面目に取り組めばその努力が報われるシステムに改善した。第一次選考を通過する要件としては、①単なるウケ狙い、②技術が正しく理解・表現されていない、③単なる説明文になっている、④与えられた課題(例えば、二つの技術の比較など)が適切に表現されていない、という4項目のいずれにも抵触しないことが判断基準であると学生には伝えた。ただし、この方法では、第一次選考を通過できなかった学生から不満がでることが大いに懸念された。このため、「異議申立て」のチャンスを与えることとした。学生は教員宛にメールにて、自分の作品(キャッチフレーズ)に込めた真意を説明し、教員がその説明に納得すれば加点対象とするという方法である(結果として、落選した45人の学生からの異議申立てはなかった)。また、「不採択理由」を公表する方法によって学生のやる気を損なわないよう留意した。表2に教員からのコメントの例を示す。問題点を単に指摘するのではなく、できるだけどこをどう改善すればよいのかというポイントを伝えるように配慮した。なお、全ての受講生が不採択理由をWeb教務システム上で閲覧することが可能になっており、自分だけが不採択になった孤立感を与えないように配慮した。さらに、第一次選考を通過した学生も含めて、他の学生の不採択理由を確認させることで、自分の作品との違いや改善点について考察する機会を与えるという意図も含んでいる。

さらに、筆者が懸念していた点は投票の方法である。図 3 に示すように、学生が投稿したキャッチフレーズを単純に上から順番に選択肢として表示しており、その中から 5~10 個（必須条件）の範囲内で投票をさせるようにしている（各作品の先頭のチェックボックス□印にチェックを入れる）。このため、学生は膨大な選択肢（110~130 作品程度）の中から投票を行うことになり、必然的に選択肢の最初の方に現れる作品に得票数が多く集まってしまうという懸念があった。ただし、作品を提示する順番については、毎回、乱数によってランダムに並び替えを行っており、学生間での不公平が極力生じないように配慮した。

図 4 に第 1 回~第 6 回の投票結果を示す。グラフは、横軸を選択肢として提示した作品の順番とし、縦軸は 6 回分の得票率の総和として表している。図から、選択肢の最初から 10 作品程度までは得票数が著しく高くなっていることがわかる。これは、投票する作品数を 5~10 個に制約したことに影響を受けているものと思われる。一方、選択肢の最後の方に提示されていた作品（111 番目以降）では、得票率が下がっているように見える。これは、毎回の授業で投稿される作品数が異なっていたためである。そこで、選択肢の最後に提示された作品から最初の方にさかのぼって数えたときの順番を横軸とし、得票率の総和を再集計したデータについても評価を行った（同右図参照）。図から、選択肢の最初の方に提示された作品ほどではないが、選択肢の最後の方に提示された作品（6 作品程度）についても得票率がやや高くなる傾向が認められた。しかし、最初の方から数えた 10 作品と最後の方から数えた 6 作品を除けば（図中の 11~110 番目の範囲内）、選択肢の表示順による得票率の優位性はほぼ認められないと言える。解決策としては、教員による第一次選考によって作品数をできるだけ絞り込むこと、選択肢の最初と最後の方にはダミーの作品を意図的に配置するなどが考えられる。

3. 他教科での試行による教育効果の検証

本提案のキャッチフレーズ教育法が他教科でも一定の教育効果を示すことを検証するために、加工学に関する他の授業（2019 年 6 月~8 月開講）においても実践した。対象とした科目（講義形式）は、学部 3 年次の「生産加工学」（選択科目、1 単位、受講生 134 人）と学部 4 年次の「精密加工学」（選択科目、1 単位、受講生 36 人）である。表 3 に授業 7 回分のキャッチフレーズのキーワードを示す。生産加工学は切削加工に関する講義であり、精密加工学は砥粒加工と特殊加工に関する講義である。

Table 3 Given technical terms for each class in Manufacturing Process (B3) and Precision Machining (B4)

	生産加工学 (学部 3 年次)	精密加工学 (学部 4 年次)
第 1 回	切削加工	砥粒加工
第 2 回	旋削	研削加工
第 3 回	マシニングセンタ	ラッピングとポリッシング
第 4 回	せん断角	放電加工
第 5 回	切りくず	レーザ加工
第 6 回	超硬合金	電子ビーム加工
第 7 回	工具損傷と工具摩耗	ケミカルミーリング

本教育法を実践する上での改善点としては、最初に試行したマイクロ加工学特論での授業評価結果を踏まえ、教員による第一次選考のプロセスを追加した（審査基準は前述した 4 項目に抵触しない条件とし、異議申し立ての仕組みも同様に取り入れた）。また、得点についても学生の努力が反映されるように、キャッチフレーズの投稿と投票を行うことで各 1 点を与えるようにした。加えて、キャッチフレーズを真剣に考えるように誘導する目的で、第一次選考を通過した作品にも 1 点を加点する仕組みとした（選考通過率：生産加工学 82%、精密加工学 96%）。したがって、学生は自分の努力次第で 7 回分の授業で合計 21 点を獲得することができる。なお、成績は、定期試験（筆記試験）との合計点で評価した。また、賛否はあったものの、多くの学生にとってはインセンティブを高める効果があったことから、キャッチフレーズ大賞および審査員特別賞の受賞者にも 1 点を加点する仕組みは残した。

図 5 に生産加工学（回答者数：127 人）および精密加工学（回答者数：31 人）の 2 科目の授業評価アンケートの結果を示す。設問 1~6（設問 2 を除く）はマイクロ加工学特論（図 2 参照）と同じである。試行した 3 科目のアンケート結果を比較すると、他の授業科目においても学生の興味・関心を高める同様な教育効果が得られることを実証することができたと言える。さらに、自由記述欄に記載の学生の反応（感想、意見、要望など）もほぼ同様な傾向を示していた。また、設問 2 については、他の学生の作品に触れることで多様な考え方に刺激を受けたのかを調査するために、質問内容を変更した。データからは、期待通りの肯定的な評価（生産加工学 72%、精密加工学 94%）が得られていることがわかる。さらに、設問 7 は新規に追加した項目であり、教員による第一次選考の妥当性について調査を行った結果であ

Fig.5 Effectiveness of catchphrase-based learning estimated on the basis of class evaluation questionnaire for Manufacturing Process (B3) and Precision Machining (B4)

Fig.6 Score distributions in regular examination for Manufacturing Process (2016–2019)

る。いずれの授業科目においても肯定的な評価(生産加工学 90%, 精密加工学 93%)が得られており, 教員の評価(不採択理由)に納得した学生が多かったことがわかる。

図 6 に過去 4 年間の生産加工学の定期試験(100 点満点)の得点分布を示す。横軸は 10 点刻みとし, 縦軸は学生の割合としている。問題の難易度はほぼ同程度に設定したが, 2016 年度(受験者数 127 人, 平均点 62.9 点), 2017 年度(受験者数 119 人, 平均点 66.2 点), 2018 年度(受験者数 125 人, 平均点 61.8 点)と比較して, キャッチフレーズ教育法を導入した 2019 年度(受験者数 134 人, 平均点 69.4 点)では平均点がやや高くなった。図の得点分布からわかるように, 比較的得点率が高かった 2017 年度に比べても, 2019 年度はさらに成績が向上していることがわかる。この理由の一つとしては, 第一次選考のプロセスを導入したことで, 教員(筆者)が学生の授業の理解度を即座に把握できたためと考えている。すなわち, 翌週の授業の冒頭で行う講評の中で, 技術が正しく理解できていない点や勘違いしやすいポイントについて学生に再確認させることができたことが教育効果の向上につながったものと考えられる。

4. 結 言

本論文では, 授業で学んだ専門知識をキャッチフレーズという短い文章で表現させるという極めてシンプルな学修プロセスを通じて, 物事を俯瞰的に捉え, 技術の原理や特徴を正しく理解し, かつ最も重要なポイントを自ら判断して抽出し, 自分の考えを他者(教員や学生)に理解できるように適切な言葉で表現するというエンジニアとして必須となる資質・能力を醸成することを目的として試行した。さらに, 他者(学生)のキャッチフレーズを評価するという方法論を導入することで, 多様な考えに触れさせる機会を学生に与え, 自己との対比の中から考えを広げ深めることも効果として期待した。授業評価アンケートの結果からは, 一定レベルの教育効果が得られていることがわかった。発展的には, 予習を目的として事前にキャッチフレーズを考え上で授業に参加させる方法も考えられる。また, 他者との対話的・協働的な学びを取り入れる簡単な方法としては, 授業時間内のグループワークとしてキャッチフレーズを話し合いの中で作成させる方法や, キャッチフレーズの得票率の上位の作品の中から, グループワークによって最優秀作品を選出させ, その理由についての簡単なプレゼンテーションを行わせるなどの方法も考えられる。

最後に, 本提案のキャッチフレーズ教育法は, 現在主流となっている反転授業を導入したアクティブラーニングとは「知識の定着・深化・活用」という観点においては, 期待できる教育効果は決して高いとは言えない。しかし, 全ての授業科目で実践するには, 事前・事後の学修時間が膨大となり現実的とは言えず, 適切な授業科目に限定して適用するなどのカリキュラム全体の設計が必要となる。また, 学生にとっては, 主体的・自律的な学び(自分の興味にしたがって様々なことを自ら学ぶという意味)のための自由な時間を確保することが難しくなるとも言える。本教授法は, 授業時間内でほぼ完結するように授業デザインが設計されており(他の学生のキャッチフレーズへの投票プロセスのみ授業時間外), 本論文で対象とした授業のように, 「技術の本質(原理・特徴, 利点・欠点など)を理解し, 将来の問題解決手段の一つの選択肢として活用できる知識として確実に記憶に定着させ, 広い視点からのユニークな技術創成が行える能力を獲得する」という目標を達成することに主眼を置くと考えれば, 教育効果が大きいと期待できるものと考えている。

謝 辞

本教育法を物理学の講義で最初に適用された高本雄治氏(当時, サッポロホールディングス, 麻布大学非常勤講師), 荻原利彦氏(当時, 麻布大学講師)には, キャッチフレーズというユニークな教授法のコンセプトを筆者が継承させていただくことを快く承諾していただいた。ここに記して深く謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 青山藤詞郎: これからの精密工学会, 精密工学会誌, 83, 1, (2017) 1.
- 2) 清水伸二: IOT, インダストリ 4.0 時代に精密工学は何をすべきか, 精密工学会誌, 83, 1, (2017) 7.
- 3) 経済産業省: 「理工系人材供給状況に関する調査結果概要」(2018 年 4 月 20 日), <https://www.meti.go.jp/press/2018/04/20180420005/20180420005-1.pdf>. 2019.9.7 アクセス.
- 4) 中央教育審議会: 「新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて～生涯学び続け, 主体的に考える力を育成する大学へ～(答申)」(2012 年 8 月 28 日), http://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2012/10/04/1325048_1.pdf. 2019.9.7 アクセス.
- 5) 工藤一彦: これからの世界を生きる人材を育てる工学教育, 日本機械学会誌, 120, 1178, (2017) 26.
- 6) 三保紀裕, 本田周二, 森 朋子, 溝上慎一: 反転授業における予習の仕方とアクティブラーニングの関連, 日本教育工学会論文誌, 40 (Suppl.), (2016) 161.
- 7) 河本達毅: 「入口から出口まで質保証を伴った大学教育」とは, 工学教育, 67, 1, (2019) 11.
- 8) 谷口哲也: 高次のアクティブラーニングの評価, 工学教育, 61, 3, (2013) 10.
- 9) 坪井泰士: ラーニング・マネジメント・システムを活用した反転授業とその検証, 工学教育, 64, 2, (2016) 14.
- 10) 河津祐之介, 堤 厚博: 反転授業効果の定量的評価の試み, 工学教育, 66, 3, (2018) 88.
- 11) 大坪康郎: 実験教育への反転授業導入, 工学教育, 67, 3, (2019) 52.
- 12) 橋本 勝: 多人数講義でのアクティブラーニングの無理のない導入に向けて～ヒントとしての橋本メソッド～, 名城大学教育年報, 第 12 号, (2018) 27.
- 13) 佐野光彦, 植村 仁, 中川万喜子, 中西久雄: 受講者 100 人超の大人数講義における双方向性向上の取り組み, 大学教育と情報, 2017, 2, (2017) 2.
- 14) 大津 晶: スマートフォンを活用した大人数授業におけるアクティブ・ラーニング, 大学教育と情報, 2017, 2, (2017) 11.
- 15) 久保田裕美: 大人数講義にスマートフォンを活用した双方向性授業の展望と課題, 大学教育と情報, 2017, 2, (2017) 14.
- 16) 高本雄治, 荻原利彦: キャッチフレーズで物理学, 日本物理学会第 66 回年次大会講演概要集, (2011) 25pEB-11.
- 17) 高本雄治, 荻原利彦: キャッチフレーズで物理学 2, 日本物理学 2011 年秋季大会講演概要集, (2011) 21aRF1.
- 18) 荻原利彦, 高本雄治, 柴田明佳: ワンフレーズ教育法の実践, 日本物理学会第 67 回年次大会講演概要集, (2012) 25aCG-5.