

「工業材料」の遠隔授業

樋口 善彦*

Remote Teaching of “Industrial Material”

Yoshihiko HIGUCHI*

Synopsis: “Industrial Material” is an important subject that is related to all subjects in the mechanical engineering department. Familiar examples, famous accidental cases, and intriguing videos were adopted in the text in order to appeal to and motivate learners. As a result, attention to “Industrial Material” was created and the learners could confirm the relevance of it according to questionnaires. Moreover, relatively high satisfaction was obtained whereas the confidence of learners was partly captured. Therefore, homework assignments and feedback to learners should be improved in the future.

Key words: remote teaching, ARCS model, surface tension, water model, steelmaking

1. 緒 言

機械工学科の基本科目である材料力学、熱力学、流体力学で展開される理論は材料の持つ機械的特性などを既知のものとして取り扱われており、金属およびプラスチック、セラミックス、複合材料に大別される工業材料の個々の特性については細かくは触れられない。一方、現実の機械を対象として、設計や製作、保守などをする場合は、材料毎にその性質を把握しておく必要がある。本稿で対象とする「工業材料」ではそのような目的に対して、機械的特性の測定方法から、材料の変形・強度を支配する原理、材料そのものの特性などを修得することを目指している。そのため、学習範囲が広くなりがちであり、個々の単元に対する印象が薄くなり、理解が深まらない懸念がある。それに対して、これまで短時間で直感的に理解できるような図表を利用して、個々の単元に対して記憶に残る教材を作成してきた。また、前年度(2020年度)前期の遠隔授業では、パワーポイント上で講義資料を表示しながら解説

音声を加える形式の動画を作成し、オンデマンド方式で視聴可能にしたことは前報¹⁾で紹介した。今年度(2021年度)前期は学習効果を高めるために、動画を活用すること、および、材料に関わる実例を増やすことをテーマに教材を作り直し、遠隔授業を行った。本稿では、その内容とアンケートからみた学生の反応について述べる。

2. 科目概要と資料作製

2021年度前期に担当した工業材料は2年次学生が対象で履修登録者数は機械工学科74名、ものづくり創造工学科22名の計96名である。履修登録者総数は前年度(2020年度)の98名とほぼ同じである。

本科目は遠隔授業への移行が予想されたため、対面で実施した第1,2回の授業で、Microsoft Teams内に作成した「工業材料」チームに履修者を登録させた。2020年度と同様に配布資料であるPDFファイルを「工業材料」チーム内に毎週アップロードした。前年度の全面的な遠隔授業とは異なり、2021年度前期は週の半分程度で登校する日があるため、学生の利便性を考慮してアップロードしたPDFファイルと同じ内容の紙資料を教員室前に置いて各自がピックアップでき

* 産業技術短期大学教授 博士(工学) 機械工学科

るようにした。配布資料の作成には前年度と同様にパワーポイントを利用したが、作成方針は以下のように大きく変更した。

前年度は、図表にコメントを加えた画面上で音声解説する 60 分程度の動画形式の教材を毎回アップロードして視聴できるようにしたが、2020 年度は動画の配布をしなかった。その理由は、受講者の一部からネットワーク環境が必ずしも良好ではないというコメントがあったこと、長時間動画では学生の集中力が低下する懸念があったためである。10 分から 15 分程度の動画を作成して配信することも考えたが、むしろ、紙資料および同一内容の PDF ファイルに集中した学習の方を選択した。

従来までの資料は、緒言で述べたように図表を主体に文字情報で補足することで直感的な理解を狙っていたが、機械試験手順や製造方法のように「動作」が重要な場合には単なる図表では表現しきれない内容のものがあリ、理解に課題を残していた。そこで、配布資料の理解を深めるための補助情報として、ネットワーク上に存在する動画の中から講義内容と関連があるものを選んで資料の中に URL と QR コードの形で表記した。なお、10 から 30 分の動画が多く、全ての動画を最初から最後まで視聴すると長時間になるため、各動画のエッセンスにあたる部分の開始時間と終了時間を明示し、動画 1 つ当たり 1 から 2 分に収まるように工夫した。動画の選択にあたっては、講義内容に密接につながり、印象に残りやすく、しかも受講生のレベルに合っているという基準を設定した。第 3 回から第 14 回の資料で紹介した動画は総数 75 であり、その一覧表を Table 1 に示す。授業回毎の動画数が大きく変動しているが、これは上記の 3 つの条件を全て満たす動画の数が各単元で異なっていたためである。例えば、世の中で話題になりやすいプラスチックやセラミックス、複合材料などの「新素材」については関連する興味深い動画が多数あり、その中から受講生のレベルに合ったものを選択することは容易であった。一方、基礎的な領域である金属の状態図や強化機構などの「基盤技術」については全くの初心者向けの簡単すぎる内容か、あるいは、逆に専門家を対象とした難しすぎる内容のものが多く、選定に苦労した。動画はもともと科学教育を目的としたチャンネルが比較的多かった。また、エンターテインメント系のチャンネルや地元企業を紹介するチャンネルのものも

Table 1 List of movies for learning.

第3回 機械試験 (1)金属材料の引張試験 (2)溶接部材の曲げ試験 (3)非金属材料の曲げ試験 (4)シャルピー衝撃試験 (5)温度と衝撃エネルギー (6)ピッカース硬さ試験	第10回 マグネシウム(Mg) (1)燃やしたMgに水をかけたら (2)難燃性マグネシウム
第4回 疲労とクリープ (1)疲労破壊事故、エキスポランド・ジェットコースター (2)疲労破壊再現実験 (3)疲労試験機(2種類) (4)超音波探傷の原理 (5)クリープ試験方法	第11回 Ti, Ni, Pb, Sn, Zn (1)夢の材料、チタン (2)チタン生産工場見学 (3)陽極酸化でチタン着色 (4)無電解Niめっきの実際 (5)超耐熱合金の単結晶鋳造 (6)RoHS指令への取り組み (7)すべり軸受の静粛性
第5回 破壊現象他 (1)応力集中係数 (2)応力集中を避けるには (3)プレス加工時の (4)深絞り加工 (5)塑性変形と転位の動き (6)アルミ合金の熱処理	第12回 高分子材料 (1)高分子とは？ (2)プラスチックの射出成形 (3)発泡スチロール製造方法 (4)アクリル製造工場見学 (5)天然ゴムの木から採取 (6)炭素繊維による強化 (7)ペットボトル・リサイクル (8)マイクロプラスチック (9)プラスチックを食べる酵素
第6回 強化機構と熱処理 (1)金属強化の鍵「転位」 (2)亜共析鋼の金属組織 (3)焼入れの実験 (4)急冷と徐冷で異なる組織	第13回 セラミックス (1)ファインセラミックス (2)ウォータージェットで切断 (3)金属より硬いセラミックス (4)セラミックス:耐熱性 (5)セラミックス:耐熱衝撃性 (6)板ガラスの製造工程 (7)ガラス瓶の製造工程 (8)強化ガラスの限界は？ (9)化学強化ガラスの原理 (10)生コンクリートとは？
第7回 焼入れ焼き戻し (1)焼入れ性判定試験 (2)焼入れ後の焼き戻し (3)高周波焼入れ (4)ガス炎焼入れ	(11)コンクリート造形用の3Dプリンタ
第8回 鋼の種類 (1)快削鋼:旋盤加工(高速撮影) (2)各種ばねの紹介 (3)玉軸受の構成と動き (4)応力腐食割れに強い	第14回 複合材料 (1)黒鉛/ダイヤモンドの違い (2)脅威の特性「新素材」 (3)コンクリート:中性化とは (4)摩擦攪拌接合 (5)引張に強いコンクリート (6)繊維でコンクリート補強 (7)フィラメント編みの実際 (8)物理蒸着法の原理 (9)防犯用合わせガラス (10)制振鋼板
第9回 アルミと銅 (1)アルミ地金の製造方法 (2)アルマイト処理実演 (3)新幹線車体はアルミ (4)アルミサッシは時効処理 (5)アルミダイカスト鋳造工程 (6)粗銅電解精錬 (7)銅管のろう付け作業	

あった。後者では、特徴はあるが世間ではあまり知られていない企業の貴重な工場見学の動画が紹介されているものも散見された。動画以外の改善点としては、具体的な事例や事故事例、製造事例を大幅に拡充した。

教材とともに配布した課題も前年度から変更した。前年度は資料中で説明された内容をまとめた文章の一部を空欄にして、その単語を埋める形式であった。これは遠隔授業での課題として多用される方式であるが、学習内容の定着が十分でない可能性があったため、2021年度は資料の中から選んだ「技術用語」をこちらから指定し、文章で説明させる形式に変更した。実質的には前年度と同じ課題ではあるが、文章構成を考える行為を加えることで、「技術用語」と深く向き合う時間を作ることを意図したものである。なお、最初は大量の文章書かせることはせずに、当初は解答欄を短く設定して慣れさせ、回を追うごとに徐々に解答欄を長くして詳細に説明文を書けるように誘導した。

3. 学生アンケート結果

学生アンケートアンケートは課題の最後に自由記入欄を設けてコメントしてもらったが、履修者数のうち約 30%の学生が記入していた。以下にその内容について説明する。

一つめは、動画の感想について述べたものが多かった。コメント例を以下に示す。「QR コードですぐに動画が視聴できたので理解が深まった」、「試験方法の原理が理解できた」、「超音波探傷は動画でイメージしやすかった」、「転位の挙動をバスの移動に例えた動画がわかりやすかった」、「焼入れ焼き戻しがよく理解できた」、「アルマイト処理の動画をみて自分でもやりたくなった」、「燃えているマグネシウムに水をかけると危険だとわかった」、「表面処理中に金属表面の色がみるみる変わっていくのを興味深く見た」、「マイクロプラスチックの動画で環境に与える悪影響がよくわかった」、「ウォータージェットで金属を切断する動画を見なければ理解できなかったと思う」、「コンクリートを造形する 3D プリンターは衝撃的だった」、「強化ガラスの特徴がよくわかった」などである。教材作成の狙いが理解されたものと考えられる。

二つめは、具体的な事例に言及するコメントが多かった。コメント例を以下に示す。「タイタニック

沈没の原因が靱性の問題と分かり興味深かった」、「ジェットコースターやジェット旅客機の事故例で疲労現象の重要性がわかった」、「製造方法の図が多数あり理解しやすかった」、「JIS の記号が理解できた」、「ステンレスの利点・弱点がわかった」、「電車車両でアルミ製とステンレス製が使い分けられている理由が理解できた」、「耐熱合金を単結晶にする鑄造方法を考えた人はすごいと思った」、「飛行機でのチタン使用率の増加の理由がわかった」、「RoHS 指令で環境を考慮した材料選択の必要性がわかった」、「芳香族ポリアミドが防刃ベストに使われていて驚いた」、「セルロースナノファイバーなどの新素材の知識が得られて良かった」などである。

三つめは、自主的に勉強や調査をする姿勢を示すコメントが多かった。コメント例を以下に示す。「硬さ試験を自分で調べると試験方法毎に狙いがあることがわかり理解が深まった」、「自分で探した本やネット情報で理解を深めました」、「試験方法などを調べながら課題に取り組んだので勉強になった」、「課題をする際、参考文献を調べると新しい発見が度々あり役に立った」、「材料について調べて、知れば知るほど面白いと感じた」、「高分子材料の学習をきっかけに、自発的に調査して最近の開発事例がわかり興味深かった」などである。

四つめは、課題を説明方式にしたことに対するコメントを以下に示す。「用語や現象を説明することで、理解を深めることができた」、「ニュースで見た事故の原因を論理的に説明できるようになった」、「課題のおかげで要点をまとめながら学習できた」、「課題を通じて学習内容を整理できて良かった」などである。説明方式に変えたことで課題の提出状況が悪化することが危惧されたが、結果的に前年度とほとんど変わりはない。解答欄に書かれた文章もしっかりしており、学生からも文章を書かせることに問題があるとしたコメントはなかったことから、文章で説明するという意図は伝わったものと考えられる。

最後に、本講義全般についてのコメントを以下に示す。「難しかったが興味深い話がたくさんあった」、「学習の仕方のコツがつかめてきた」、「身の回りの金属が何で出来ているのか興味を持つようになった」、「工業材料を詳しく学ぶことができてよかった」などである。

学習教材の作成において、注意(A:Attention)、関連性(R:Relevance)、自信(C:Confidence)、満足感(Satisfaction)の4つの要因を学習者の学習意欲に結びつけるARCSモデルが提案されている²⁾。そこでは、まず学習対象が面白いということを提示し、学習者自身との関連した事項を取り扱っていることを知らせることが重要である。これに関連して、鈴木³⁾はeラーニングを活用した教授法についての論説の中で、「ネタ探し」の重要性を述べている。これは、学習を補助する、あるいは、学生の興味を引く素材をインターネットから探し出して授業に組み込むことをも含んでいる。本講義では、学習対象である工業材料に関する身近なエピソードや印象に残る事故事例をピックアップし、さらに興味深い動画を選択するという「ネタ探し」を通じて、「注意」と「関連性」についてはある程度成功したと考えられる。また、「満足感」についても、肯定的なコメントが多かった。一方、「自信」については本稿の第3章の三つめの項目で述べたように、一部の履修生の自発的に学習しようとする意欲を通じて兆候が認められたが、それは必ずしも全体的な広がりをもつものではなかった。大学のような高等教育においては、自発的学習者を育成することの重要性が指摘⁴⁾されており、自信は自発性を発揮するために必要な項目の一つであるが、この点で十分なコメントが得られなかった理由として、課題の中で応用的な問題

の設定少なかったために学習者が自信を確認する機会をもてなかったこと、および、対話や学生へのフィードバック不足していたこと、が影響していたと考えられる。そのため、次年度以降での課題の出題方法および授業運営について改善を加える予定である。

4. 結 言

「工業材料」の遠隔授業について、従来の方法に加えて実例を多く紹介すること、および、動画を積極的に活用すること、を基本とした修正を加えた。その結果、工業材料が身近な存在として認識され、産業界を含む実社会との関連性が明確になったことで、本科目への興味を喚起し、学習意欲の向上や学習内容への満足感につながったことが学生アンケートからうかがわれた。今後は、学習者の自信を高め、主体的に学習できるように課題の出題方法及び授業運営を改善する予定である。

参考文献

- 1) 二井見博文, 樋口善彦, 竹内誠一, 牧田太郎, 堀靖仁, 浅尾慎一, 森 英喜, 松原孝典: 産業技術短期大学誌, **54**(2021),9-21.
- 2) 鈴木克明: 教育メディア研究,**1**(1995),50-61.
- 3) 鈴木克明: 工学教育, **61**(2013),No.3,14-18.
- 4) 鈴木克明: 日本教育工学会論文誌, **43**(2019), No.3,187-196.