

臨床検査技師養成大学における 医用工学講義・演習の再立ち上げと実践

本間 達*

(東京医科歯科大学大学院保健衛生学研究科)

Restart of the medical engineering education in an university for medical technologist training

Satoru Honma* (Tokyo Medical and Dental University, Graduate School of Health Care Sciences)

New curriculum for medical engineering lecture and exercise is made up in 'A'-university for medical technologist training. The curriculum follows the newest standards of the certification exam for medical technologist. Hereby, the medical engineering lecture and exercise restarts as the independent subjects in 'A'-university. The results of the education suggest that the new curriculum is effective except for the students in the humanities.

キーワード：医用工学，臨床検査技師，カリキュラム

(Medical engineering, Medical technologist, Curriculum)

1. はじめに

臨床検査技師(以下、技師)は厚生労働省が国家資格試験(以下、国家試験)により選抜して免許する医療従事者資格の一つである。この国家試験は、法律⁽¹⁾で定められた 10 科目について出題基準が設けられており、多くの技師養成校では出題基準を網羅して教育できるようにカリキュラムを構成している。大学の場合、文部科学省の設定する単位数と教育時間を考慮し、出題基準の「大分類」を参考に受験科目を分割して、それぞれの科目を設定する。その配分は大学の人員配置や設備などを考慮して決められるので、同一の科目名でもその内容は一定ではない場合がある。一方、国家試験の受験科目に直接対応する科目がない場合でも、該当科目の内容が他の関連する数科目に分割して含まれ、シラバス全体でその内容が全て含まれているとみなせる場合は、該当科目の教育がおこなわれると読み替え、技師養成校としての教育内容を充足していると認定される。

3 年制の短期大学から 4 年制に改組した、首都圏に存在する技師養成校の A 大学は、改組の時点で教育内容の重複を整理して時間を有効に利用できるようにカリキュラムを編成した。このとき、教養課程の「物理学」や他の専門科目中で取り上げる検査機器の原理などの講義内容に読み替え可能であるとして、医用電気電子工学を専門的に取り扱う

科目を設定しないまま、技師教育をおこなってきた。さらに検査技術の発達と実用化を考慮して出題基準の改定が数年おきに繰り返された時も、シラバスの修正で対応してきた。しかしながら 2015 年度実施予定の国家試験から反映される出題基準は複数科目にわたる大幅な改訂が含まれるので、A 大学においても教育内容の検討とカリキュラムの大幅な見直しが必要になった。その結果、短期大学時代に設置されていた医用工学講義を独立の科目として再立ち上げる必要が生じた。

ところで、著者は臨床検査技師を対象とした医用工学概論の教育に従事しており、A 大学の読み替え講義の一部も非常勤講師として担当してきた。再立ち上げる A 大学の医用工学講義は、この担当部分を基礎に構成することになり、同時に教養課程でおこなっていた医用工学演習という名称の実習の内容を講義に合わせて再構成して、その実践まで担当することになった。これは、医療従事者の予備軍である学生のレベルを理解して、教育可能な電気工学系の教員が不足していることがその一因である。

本稿では、工学系大学における電気電子工学の教育と異なる部分を持つ、この一連のプロセスによって編成した新カリキュラムにより講義実習をおこない、その成績評価から教育効果を分析して、臨床検査技師教育における電気工学教育の手法について検討する。

2. カリキュラムの構築

〈2・1〉 シラバスの再構築 医用工学科目の講義と演習は国家試験を前提とするので、その出題基準を満たす必要がある。すなわち、医用工学概論として出題される範囲のうち、情報科学と検査機器総論を除いた、医用電気電子回路に関連する項目を本科目の内容として充足する必要がある。さらに、A大学のシラバスで確立されている他の科目の講義および実習・演習の時間を削減することなく、本科目の必要時間数を確保しなければならない。この観点から、1.5時間で行う大学の1コマを2時間相当と定義し、講義は8コマ、演習は15コマを実施する。さらに、それぞれ最後のコマを試験に充当することがA大学で規定され、これに合わせてシラバスの内容を設定した。

表1 医用工学講義の内容

Table 1 The contents of lecture for medical engineering

コマ	内容
1	電気の基礎 電気抵抗の接続
2	コンデンサの機能 フィルタ回路の特性(CR回路)
3	半導体の性質 ダイオードの特性
4	トランジスタ・FETの性質 基本的な増幅回路
5	オペアンプの性質と基本回路 オペアンプを用いた演算回路
6	ブール代数と2進数の計算 さまざまなデジタル回路
7	センサの性質 検査機器の安全対策
8	まとめ(試験)

表2 医用工学演習の内容

Table 2 The contents of practical trainings for medical engineering

回	コマ数	内容
1	1-2	はんだ付けの練習とテスターの製作
2	3-4	
3	5-6	オームの法則, ホイートストンブリッジ
4	7-8	ダイオードの特性と整流回路
5	9-10	CR回路(フィルタ回路)
6	11-12	デジタル回路(半加算器と全加算器)
7	13-14	センサの特性と利用法
8	15	まとめ

〈2・2〉 テキストの選定 2013年3月に医学書院から発行された標準臨床検査学シリーズの「臨床医学総論」⁽²⁾が、そのうちの一章として医用工学概論を含み、講義時間数とつりあう内容量であったことと、最新の出題傾向を網羅するように改版された直後であることを考慮して、講義

用の教科書として採用した。また、演習については、その内容が詳細に解説されている共立出版の「医用工学」⁽³⁾を実習参考書として採用した。

〈2・3〉 演習用教材の選定 上述のシラバスで設定した医用工学演習のカリキュラムを実施するための必要機材として、オシロスコープ、低周波発振器、電源装置、はんだごてなどの備品を選定し、また各実習で利用するための基本的な道具として、ブレッドボード、ワニロクリップなどに加え、消耗品として、抵抗器、コンデンサ、ダイオードなどの電子部品をリストアップした。これに学生の人数から想定される実習班の数を考慮して、必要数を算出した。その後A大学の教養課程などで保有している機材の数と利用の可否などを確認し、不足している機材を購入するように手配した。このため、当初は実習班ごとの機材の条件を一定とすることを予定していたが、結果として各班ごとに条件を変えた演習を遂行するように内容をそれぞれ調整する必要が生じた。

なお、電圧・電流・抵抗を測定する装置として組み立て式のテスター(SANWA, KIT-8D)を選定した。これははんだ付けの技術の習得をねらいとした実習用教材であり、かつ完成品は実習終了後に学生個人の所有物として活用することを念頭に置いている。このため教科書と同時に学生が購入するように手配した。

さらに、演習に当たっては相応の電力を要するので、医学系の実習室が多いA大学で、安全係数を考慮して必要量の2倍程度の電力を利用でき、かつ実習中の安全のために学生が空間的な余裕がある環境を確保できる実習室の候補とその空き時間と利用の可否を確認した。

〈2・4〉 時間割の設定 カリキュラムの見直しにより、設定されている科目の多くがその内容を改正したが、削減された科目はないので、実質的に増えた科目を時間割に組み込むために、従来の時間割の空き時間もしくは夏季休業中の集中講義方式から選択することになった。A大学の非常勤講師としてこれらを担当するので、外部の非常勤講師が担当する他の科目と時間調整し、1週あたり1コマで毎週もしくは隔週で講義の枠を確保した。また演習はA大学では実習を意味するので、1週あたり2コマで7週を実施後1コマの試験とするカリキュラムを設定したが、学生が不慣れな科目であるので時間延長も念頭に、空き時間と連続するように配置することが必要条件とした。このため、午後のコマに配置されるのが理想であったが、従来の実習枠をずらすことは困難であり、試行錯誤の結果、午前中2コマを正規の枠とし、延長した場合は昼休みを活用する方針で時間割を設定し、2013年度に試行することになった。

〈2・5〉 講義と演習の評価方法 講義は出席点やレポート等の評価を考慮せず記述式の本試験で評価し、基準点を満たさない学生について国家試験に倣って記号選択式の

再試験をおこなって再評価すると設定した。一方、演習は出席状況、レポート、演習内容のテスト、Web-Learning⁽⁴⁾⁽⁵⁾を利用した自己学習の状況を総合的に判断して評価すると設定した。演習の評価についての基本方針は、出席と自己学習の基準を満たせば、単位認定に必要な最小限の成績を保障する点数配分とし、レポートと小テストにより評価が向上するように配慮した。このため、再試験はおこなわないとした。小テストは実習が良好に進行した場合の結果として確認できる画像や、素子の外観など実物を見て判断しなければならないものを写真で示し、これに対して解答する形式で、実習内容に即した試験とした。レポートは検査技師養成校であることを念頭に、実習の成否によらずその作成能力を第一に評価するとして、報告書としての様式を守っているかを中心に評価した。評価する教員が学外にいるので、レポートはPDFファイルをeメールに添付して提出することを基本とした。これは、ワードプロセッサによる文書作成能力の向上を意図している。なお、学生からの質問で、「手書きしたレポートをスキャナで読み込んでPDF化して提出する手法」の可否を問う声があったので、A大学のメールサーバで定められている、メール添付可能なファイル容量に収まる場合のみ認めるとした。これは、ワードプロセッサのソフトウェアを所持していない学生の存在を考慮したからである。

3. 講義と演習の実際

〈3・1〉 講義の試験結果とその分析 2013年5月中旬から7月下旬に講義を実施し、その本試験を講義の最終週に実施した。本試験の得点分布を図1に示す。平均値は67点で、最頻値は82点であり、受講者の6割の学生は基準点に到達して合格と判定した。講義中に説明のために繰り返し使用した回路記号やSI単位、接頭辞、論理演算記号などは正答率が高かった。さらに、その平衡条件について「公式」として暗記できるホイートストンブリッジに関する問題の正答率は高かった。一方、(1)増幅度や遮断周波数および時定数、抵抗の直並列回路などの計算問題と(2)医療機器の安全対策、(3)商用交流波形に関する用語と実際の値(表3)などについては正答率が低かった。なお、商用交流に関する解答で、実効値という用語を知らないのにもかかわらず、実際の値の正答率が高かった。これは、どの用語についても解答を100[V]とした学生が多くいたことによる。正弦波の最大値、周期、周波数などは数学の知識から解答できたものと判断できる。これらから、新規に学習した知識については得点率が低く、一方、既存の知識で対応できる場合は一定以上の得点率を維持していると判断できる。基準点に到達していない学生については、既存の知識も少ないと考えられた。

〈3・2〉 演習の実施状況と評価 2013年10月初旬から12月上旬に演習を実施した。初回のみ定刻で修了したが2

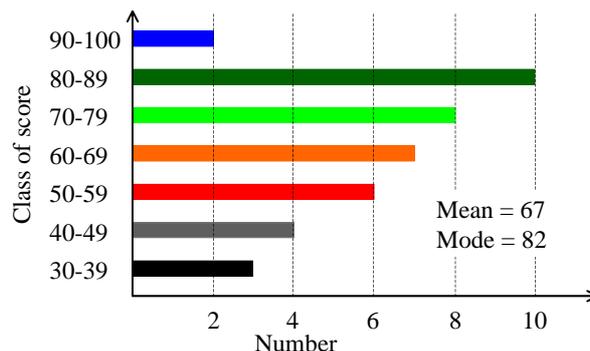


図1 医用工学講義試験の得点分布

Fig.1 Score distribution of medical engineering lecture exam.



図2 過電流により焦げたケーブル

Fig. 2 Burnt cable by the overcurrent

表3 商用交流に関する出題の正答数 (n = 40)

Table 3 The number of correct answers related to the commercial AC (n = 40)

	最大値	実効値	周期	周波数
用語	31	17	23	26
実際の値	24	24	7	19

回目以降は昼休みの終了まで時間延長が必要であった。

カリキュラムの内容を一通り実践したが、内容的には講義で学んだ電気の基礎知識が定着していないことによる失敗と、実習に類する経験の不足による失敗が多かった。

例えば、はんだ付けの手技について説明し練習をおこなってからテスターを製作したにもかかわらず、はんだに含まれるペーストが加熱されて出る白煙に驚いてこてを離し、冷えたはんだに追加して盛り上げながらも、素子と基板が固定せず通電も不良となる事例が多く見られた。逆にこてを離さぬまま加熱しすぎて、プラスチックの部品を溶かしたり、ヒューズが熱で切れる場合もあった。

ブレッドボードについて一通りの説明をしたが、仕組みが理解できず、部品や配線がうまく接続しなかったものや、回路図から接続状態を想像できないためにボードを使いこなせない場合があった。このためワニ口クリップを用いて冗長な回路を作成し予期せぬ短路を形成して、電源装置の破損や配線の加熱による焼損を生じる場合もあった。

実験がうまくいかない場合に原因を追及し、これを改善するために考え、様々な手法を試行することを期待したが、

多くの学生は大学入学以前に電気回路の実験を体験していないので、このプロセスを経ることなく教員を頼る傾向が見られた。時間的な制約もあったので、最初は学生なりに考えてみるものの、結果的にすべての班で教員が順次回路を構成し、学生がこれを用いてデータを測定するという流れで実習は進行した。また学生の意識として、教科書に記載のデータと類似した「良い」データを測定できなければレポートを作成できないと考える傾向が強く認められた。

レポートと小テストは、一部の学生を除きおおむね低評価であったが、出席率と Web-Learning の実践率はほぼ 100% であった。すなわち、学生の実力については高い評価とは言い難く、ノルマをこなすという点のみが評価できた。

4. 初年度の反省点

〈4・1〉 講義における反省点 東京医科歯科大学やその他の検査技師養成校での経験から、医用工学に対する学生の学力や苦手意識は十分に理解して、無理のないようにカリキュラムを編成した。その一方で、A 大学の教養課程における教育の不足により大学入学以前の基礎教育の不足を補填していないことや、補填しないことによる基礎教育不足の認知不足など想定外の事案もあった。A 大学ではセンター試験を入学試験に取り入れているが、主要 5 科目と小論文および面接試験で選抜するので、実際には理系科目の得点配分は 1/3 であり、文系科目の得意な学生も入学することが可能である。演習中におこなった聞き取り調査では、文系進学の子であったが進路変更して臨床検査技師の養成校に進学した学生が多く含まれることが判明した。しかしながら講義の際にはこの点について十分な考慮がなされておらず、十分な成果を上げたとは言いがたい。

また、学生がノートをとることを期待して板書主体の講義をおこなったが、黒板が消される前にスマートホンなどで写真をとる手法が A 大学では許可されており、ノートをとる学生は少なかった。さらに次々と見せられるスライドと比較して板書は整然としていないので、講義の進行状況を理解していない学生もいた。また、総講義時間を考慮して、小テストの実施を省略したので、講義の焦点が不明瞭になり、講義時間内での反復学習による知識の定着に至らなかった。

〈4・2〉 演習の反省点 演習は講義で習得した知識を経験し、その過程で自ら考える事が重要であるが、この点が学生に明確に伝わらず、教科書通りの結果を出すこと自体に学生が重点をおいており、このために安易に教員に頼る傾向が強かった。また、想定以上に機材の性能差が大きく、各班ごとに細かな調整が必要であったことも、これに拍車をかけた。さらに、機械が故障するものであるという認識が学生に不足していることに加え、実施手順を配布しても学生が単純ミスにより手順や回路を変更してしまうことなどを想定していなかったため、安全対策が不十分であ

った。とくにケーブルの焼損の際には、学生がその状況を報告せず、またその原因を検討することなくケーブルの交換だけおこなった結果、再度焼損を生じて初めて配線ミスに学生が気づき、その対応策を考えていたが教員が気づくまで報告はされなかった。学生が自ら取り組むべき場面で教員を頼り、報告すべき場面で報告を怠ることを念頭においた教育が必要であることが明確になったといえる。

これらの対応策については今後の検討課題である。

5. おわりに

首都圏にある A 大学における医用工学講義と演習を再立ち上げし、カリキュラムの編成とこれに基づいた実践をおこなった。

カリキュラム自体は、厚生労働省の定める国家試験の出題基準を、文部科学省の定める基準時間内で教育するうえで必要十分な内容であった。しかしながら、その効果については、大学入学以前に受けた教育の影響が現れていると考えられ、必ずしも良好な結果が得られたとは言いがたい。

また、その実践においては、大学ごとに異なる教養過程での基礎教育の内容や準備されている機材の格差および、実際に講義をおこなって明確になった学生の意識の格差など、カリキュラム編成時に考慮していなかったことが明確になった。特に意識の格差は、一般生活に対する感覚の相違に由来すると考えられ、医学系大学に進学した学生の多くが内包する問題点であると考えられる。

医学系大学における電気工学教育について検討すべき点が明確になったので、この対応については今後検討して行く予定である。

文 献

- (1) 臨床検査技師等に関する法律施行規則、昭和三十二年七月二十一日厚生省令第二十四号、最終改正：平成二五年一月九日厚生労働省令第二号(2013)
- (2) 本間達：「臨床医学総論(戸塚実、小山高敏編集)、医用工学(pp.238-280)、医学書院、(2013)
- (3) 若松秀俊、本間達：「医用工学—医療技術者のための電気・電子工学—」、共立出版、(2003)
- (4) Satoru HONMA, Hidetoshi WAKAMATSU : "Effect of Web-Learning system on Medical Engineering Education", The Transactions of the Institute of Electrical Engineers of Japan A , Vol.130-A, No.5, pp.481-486(2010)(in Japanese)
本間達、若松秀俊：「医用工学教育における Web-Learning システムの利用効果」、電気学会論文誌、Vol.130-A, No.5, pp.481-486(2010)
- (5) Satoru HONMA, Hidetoshi WAKAMATSU, Nobue SAKAI, Kyouko ARAKAWA, Takayuki SEKI, Kiyoko SHIBA : "Web-Learning for Improvement of Medical Engineering Exercise", The Transactions of the Institute of Electrical Engineers of Japan A , Vol.132, No.12, pp.1079-1085(2012)(in Japanese)
本間達、若松秀俊、酒井伸枝、荒川恭子、関貴行、芝紀代子：「医用工学実習拡充のための Web-Learning の活用」、電気学会論文誌 A, Vol.132, No.12, pp.1079-1085(2012)