

報 告

医用工学教育のための Web-Learning システムの開発

本 間 達 若 松 秀 俊

## 医用工学教育のための Web-Learning システムの開発

本 間 達\*§ 若 松 秀 俊\*

**【要 旨】** 臨床検査技師は患者を安全に検査し、あるいは検体を正確に検査するために、必要十分な医用工学概論の知識を有することが要求されている。しかし、電気系に分類される医用工学概論については、学生が初めから敬遠しがちであり、基礎学力の不足も手伝って学習効果があがりにくい。本研究ではインターネット上にある特定の Web ページで、国家試験問題の解説から医用工学概論を学習するための Web-Learning システムを CGI で独自に開発した。このシステムはソフトウェアをインストールすることなく、マウスのみでほぼすべての操作が可能であり、簡潔に記述した解説を読み返して学習効果を得る。このシステムを大学の LAN から独立したサーバ上で稼働し、実際の講義・実習の中で運用して、模擬試験、小テストの成績を検定評価して有意な成績向上効果が得られることを確認した。

**【キーワード】** ウェブラーニング、臨床検査技師、医用工学、インターネット、ウェブプログラム

### はじめに

臨床検査の現場において、大半の検体検査は機器を用いた自動化がなされており、また心電図、超音波検査などの生理検査は測定機器なしで行うことはできない。臨床検査技師はこれらの検査機器を用いて患者を安全に検査し、あるいは測定原理を理解して正確な検査を行うために、必要十分な電気・電子工学知識を有することが要求されている。それゆえ、厚生労働省の行う国家資格試験(以下、国家試験)では、医用工学概論が必須科目の一つとして課されている。この科目の修得には高等学校の科目設定で数学・物理・化学を一通り修めていることが望ましいが、医学部保健衛生学科では生物関連の知識と技術の修得が優先される傾向にある。このため、電気系に分類される医用工学概論については、学生が初めから敬遠しがち

であり、基礎学力の不足も手伝って学習効果があがりにくい。

一方、近年の学生はインターネットの利用については積極的であり<sup>1)2)</sup>、ネットワークを利用した学習システムについて様々な手法が検討されている。ビデオコンテンツを提供しその内容について Web 上で試験を行うシステム<sup>3)</sup>は医療系学部において講義時間内で不足する現場の経験を補うのに有効であり、また講義の反復も含めた自主学习の一助としてシミュレーション教育システム<sup>4)5)</sup>が運用されている。さらに、学生自身の行動を促すために、必要な資料提示と相談用掲示板を提供したり<sup>6)</sup>、学生の基礎学力の不足を補うことに重点をおいたシステム<sup>7)</sup>も運用されている。

ところで、学習すべきポイントが表現を変えて繰り返し出題されている国家試験の問題を取り上げて学生の興味を引き起こし、その解説を通じて

\*東京医科歯科大学大学院 保健衛生学研究科 § hommttec@tmd.ac.jp

学習を促す手法は国家試験対策として有用である。そこで、本研究ではインターネット上にある特定の Web ページで、国家試験問題の解説から医用工学概論を学習するための Web-Learning システム<sup>8)</sup>を独自に開発し、実際の講義実習の中で運用して有効性を検討したので報告する。

### I. Web-Learning システムの概要

本システムの目的は医用工学の学習に対する苦手意識を抑制して自主的な勉学に取り組む意欲を引き出すために、簡潔に記述した解説を繰り返し読み返すことによる学習効果を得ることである。あらかじめデータ化した医用工学分野の国家試験問題を用いて一問一答式で回答を選択する学習補助システムを構築する。ところで本学医学部保健衛生学科では、ソフトウェアをコンピュータにインストールすることを躊躇する学生が多い。また、インストールした特定のコンピュータでのみ利用可能な場合、大学などコンピュータを持ち歩かない場所で余暇を利用しての学習が妨げられる。あるいはデータ化した問題・解答・解説などに誤りがある場合や問題を追加する場合などの更新作業がコンピュータの台数分発生して、トラブルの原因となりやすい。そこで本研究では、手元のコンピュータへのインストールが不要で、プログラムをサーバ上で動かす Web-Learning システムを開発する。

#### A. システムの必要条件

本システムはインターネットブラウザを問題用紙・回答用紙・解説書とするために Web フォームを動的に構築する<sup>1)2)</sup>。

具体的には、Perl で記述した Common Gateway Interface (以下、CGI) によって、ランダムな出題、回答チェック、解説の提示、達成度とパスワードの管理などを行う。回答チェックにより正解した問題数を記録し、学習進行状況の目安として達成度を表示する。学生はこれが 100% となるまで繰り返し問題に取り組むように講義・実習の中で誘導する。国家試験問題は紙に印刷されており、例えば臨床における機器の動作状況の動画で示しながら問うような問題は存在しない。したがって、

本システムでは必要に応じて図を表示し、動画などの表示は考慮しない。

ところで、学生が日常用いるコンピュータは自分専用、家族と共用、大学内に設置の学生用などがあり、OS の種類、CPU・メモリ容量など、性能は多岐にわたる。このため、インターネットを閲覧できる程度の古いコンピュータでもシステムを利用できるのが望ましい。また、問題・解説の著作権保護および達成度などの成績管理のために ID とパスワードを配布された学生のみ利用可能でなければならない。

#### B. CGI の構成

本研究で開発する Web-Learning システムはパスワード変更も含めて 4 つの CGI で構成する。ID およびパスワードの入力から問題演習までの流れを図 1 に示す。

CGI ① は ID およびパスワードのチェックを行い、登録された学生の場合には、これまでの学習状況に相当する達成度を表示する。CGI ② は学生の達成度記録ファイルを参照し、該当する学生に

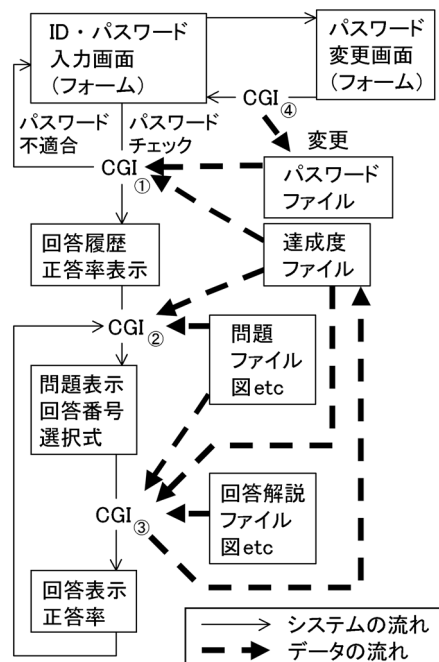


図 1 Web-Learning システムの流れ図

よる正解の履歴を持たない問題からランダムに選択した問題に必要な問題ファイルと図ファイルを用いて動的に Web ページを作成する。CGI ③は学生が選択した選択肢と回答番号を比較し、その結果と解説文を表示する。さらに正解の場合には、達成度ファイルにその情報を記録する。学生はあらかじめ登録された ID を使用するが、パスワードは CGI ④によって任意に変更可能とする。

CGI ①が認証した ID は全ての CGI で継承する。このため認証を受けずに、例えばパスワードチェックをすり抜けるために、CGI ②の Web アドレスをブラウザで直接入力してもシステムは正常に動作しないので、登録されていないユーザがシステムを利用することはできない。

**C. データファイルの形式**

臨床検査技師の国家試験問題は、主文に続いて 4 ないし 5 の選択肢が与えられる。この選択肢に a~e の番号を割り当てた場合、図 2 中に示した表の形式 1 から 3、① から⑤ の番号を割り当てた場合は、形式 4 もしくは 5 の組み合わせで選択肢が提示され、受験者はこの組み合わせの中からマークシートに回答をマークする。CGI で動的に作成する問題表示ページで、回答用のラジオボタンを配置するために、問題の主文および選択肢とあわせ、問題ファイルに回答形式を登録する。また、図を参照する問題もあるので、問題と 1 対 1 で対

応する画像ファイルを準備し、その利用について同様に登録する。

回答ファイルには問題に対する解答番号と解説の他、必要に応じて利用する解説用の図の有無も登録する。問題ファイルと回答ファイルはそれぞれ独立したテキストファイルであり、画像ファイルも含めて問題数の上限なく登録可能である。

なお、現在の国家試験では形式 1 の組み合わせは利用されていない。しかし、本システムでは知識の修得を目的とするので、この形式の問題も有効に活用し、全部で 278 問の問題を登録した。

**D. システムの画面デザイン**

作成した Web-Learning システムの画面デザインを図 3 に示す。使用するコンピュータおよびブラウザの性能によらず利用可能とするために、スタイルファイルなどで画面のサイズ、配置などを固定せず、CGI で動的に作成する HTML のみで記述した。

問題出題領域ならびに解答・解説領域は表組みによって左右に分割した。問題文を左欄に記述し、回答用ラジオボタンもしくは解説を右欄に配置した。背景色を切替えて、ID・パスワード確認画面、出題画面、解答・解説画面、および問題に対する採点結果を示した。

**E. システムの評価手法**

本システムを評価するために、本学医学部保健

形式	選択肢の組み合わせ
1	①a,c,dのみ ②abのみ ③b,cのみ ④dのみ ⑤a~dのすべて
2	①a,b,c ②a,b,e ③a,d,e ④b,c,d ⑤c,d,e
3	①a,b ②a,e ③b,c ④c,d ⑤d,e
4	① ② ③ ④ ⑤
5	①② ①③ ①④ ①⑤ ②③ ②④ ②⑤ ③④ ③⑤ ④⑤

**問題ファイル形式**

- L1. 解答形式(1~5)
- L2. 図の有無(1 or 0)
- L3. 問題文
- L4. 選択肢1
- L5. 選択肢2
- L6. 選択肢3
- L7. 選択肢4
- L8. 選択肢5(解答形式1の時はBLANK)

**解答ファイル形式**

- L1. 解答
- L2. 図の有無(1 or 0)
- L3. 解説文

図 2 問題ファイルと解答ファイルのデータ構造

臨床検査技師国家試験 医用工学分野演習ページ		出題															
<p>♪医用工学・情報科学・検査機器学を勉強したい方のために♪</p> <p>ID番号 <input type="text"/> / パスワード <input type="text"/></p> <p>性別 <input type="radio"/> 男 <input type="radio"/> 女 <input type="radio"/> 不詳</p> <p>パスワードの変更はコチラ</p> <p>システムを試したい方はID番号 guest / パスワード guest でお試しください。</p> <p><input type="button" value="送信"/> <input type="button" value="全部やり直し"/></p> <p>Firefoxでは正常に動かないようです。 現在原因究明中ですので、それまで「Internet Explorer」をご利用ください。</p> <p>製作:東京医科大学大学院 保健衛生学研究科 本間 達</p>		<p>guestさんの挑戦。正答率100%を目指して頑張ろう。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>問題</th> <th>選択肢を選んで「採点する」ボタンを押してください。</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>次のうち正しいものを選び。</td> <td></td> </tr> <tr> <td>① 家庭用交流電源電圧の最大値は約100[V]である。</td> <td><input type="radio"/> ①</td> </tr> <tr> <td>② 心臓カテーテル検査に使用する心電計はE型心電計が用いられる。</td> <td><input type="radio"/> ②</td> </tr> <tr> <td>③ 心電図を増幅する差動増幅器は筋電図のような雑音を除去することができる。</td> <td><input type="radio"/> ③</td> </tr> <tr> <td>④ 差動増幅器の入カインピーダンスは皮膚と電極との間の接触抵抗よりも十分に小さいことが必要である。</td> <td><input type="radio"/> ④</td> </tr> <tr> <td>⑤ 時定数が小さいほどフィルターの遮断周波数は大きくなる。</td> <td><input type="radio"/> ⑤</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="button" value="採点する"/></p>		問題	選択肢を選んで「採点する」ボタンを押してください。	次のうち正しいものを選び。		① 家庭用交流電源電圧の最大値は約100[V]である。	<input type="radio"/> ①	② 心臓カテーテル検査に使用する心電計はE型心電計が用いられる。	<input type="radio"/> ②	③ 心電図を増幅する差動増幅器は筋電図のような雑音を除去することができる。	<input type="radio"/> ③	④ 差動増幅器の入カインピーダンスは皮膚と電極との間の接触抵抗よりも十分に小さいことが必要である。	<input type="radio"/> ④	⑤ 時定数が小さいほどフィルターの遮断周波数は大きくなる。	<input type="radio"/> ⑤
問題	選択肢を選んで「採点する」ボタンを押してください。																
次のうち正しいものを選び。																	
① 家庭用交流電源電圧の最大値は約100[V]である。	<input type="radio"/> ①																
② 心臓カテーテル検査に使用する心電計はE型心電計が用いられる。	<input type="radio"/> ②																
③ 心電図を増幅する差動増幅器は筋電図のような雑音を除去することができる。	<input type="radio"/> ③																
④ 差動増幅器の入カインピーダンスは皮膚と電極との間の接触抵抗よりも十分に小さいことが必要である。	<input type="radio"/> ④																
⑤ 時定数が小さいほどフィルターの遮断周波数は大きくなる。	<input type="radio"/> ⑤																
<p><b>採点</b></p> <p>guestさんの回答は 5 です。解答は 5 です。</p> <p><b>正解です。</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>問題</th> <th>解説</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>次のうち正しいものを選び。</td> <td></td> </tr> <tr> <td>① 家庭用交流電源電圧の最大値は約100[V]である。</td> <td rowspan="5">①最大値は約141[V]である。②CF型心電計を用いる。③筋電図は生体信号であるので除去できない。④入力インピーダンスは高いことが必要である。</td> </tr> <tr> <td>② 心臓カテーテル検査に使用する心電計はE型心電計が用いられる。</td> </tr> <tr> <td>③ 心電図を増幅する差動増幅器は筋電図のような雑音を除去することができる。</td> </tr> <tr> <td>④ 差動増幅器の入カインピーダンスは皮膚と電極との間の接触抵抗よりも十分に小さいことが必要である。</td> </tr> <tr> <td>⑤ 時定数が小さいほどフィルターの遮断周波数は大きくなる。</td> </tr> </tbody> </table> <p>正答率 11 %です。</p> <p><input type="button" value="成績を見る"/></p>		問題	解説	次のうち正しいものを選び。		① 家庭用交流電源電圧の最大値は約100[V]である。	①最大値は約141[V]である。②CF型心電計を用いる。③筋電図は生体信号であるので除去できない。④入力インピーダンスは高いことが必要である。	② 心臓カテーテル検査に使用する心電計はE型心電計が用いられる。	③ 心電図を増幅する差動増幅器は筋電図のような雑音を除去することができる。	④ 差動増幅器の入カインピーダンスは皮膚と電極との間の接触抵抗よりも十分に小さいことが必要である。	⑤ 時定数が小さいほどフィルターの遮断周波数は大きくなる。	<p><b>成績</b></p> <p>hommtecさんは 278 問中 278 問正答しました。</p> <p>正答率 100 %です。</p> <p><b>おめでとうございます。</b> <b>あなたはコンプリートしました。</b></p> <p>この後、ランダムで反復練習ができます。もし間違えたら、その問題を続けて練習できます。100%を維持できるように繰り返し練習してください。</p> <p>問題は随時追加します。</p> <p>よろしければ「コメント」から本システムに関するアンケートにお答えください。</p> <p><input type="button" value="次の問題へ"/></p> <p>このシステムは東京医科大学大学院保健衛生学研究科の本間 達が作成しました。問題は臨床検査技師国家試験問題より抜粋して全て入力しなおしています。</p> <p>このシステムに関して、ご意見をお寄せください。このシステムのご利用も随時受け付けております。連絡先はhommtec(アットマーク)tmd.ac.jpまで。</p>					
問題	解説																
次のうち正しいものを選び。																	
① 家庭用交流電源電圧の最大値は約100[V]である。	①最大値は約141[V]である。②CF型心電計を用いる。③筋電図は生体信号であるので除去できない。④入力インピーダンスは高いことが必要である。																
② 心臓カテーテル検査に使用する心電計はE型心電計が用いられる。																	
③ 心電図を増幅する差動増幅器は筋電図のような雑音を除去することができる。																	
④ 差動増幅器の入カインピーダンスは皮膚と電極との間の接触抵抗よりも十分に小さいことが必要である。																	
⑤ 時定数が小さいほどフィルターの遮断周波数は大きくなる。																	

図3 ID・パスワード入力画面 / 問題出題画面  
(解答・解説表示画面/回答率表示画面)

衛生学科検査技術学専攻の2年生(以下、MT2)の医用システム情報学(I)実習と4年生(以下、MT4)の国家試験対策補講で本システムを試行した。具体的にはMT2とMT4のカリキュラムと並行して、任意で一定期間本システムを利用後、小試験・国家試験模擬試験、およびアンケートによってシステムの評価を行った。小試験は本システムに登録した問題から、システム使用前後の問題数が同数となるようにランダムに選択し編集・作成した。なお、アンケートは本システムの達成度が100%に達した時、自動的にサーバ内に用意したフォームに誘導して回答を得た。このアンケートは、本システム使用後の学生の主観的な意見を4段階評価と自由回答(コメント)によって得た。なお、本システムは学生の自由意志により任意に離脱可能なので、眼精疲労などをはじめとする体調の変化については評価しなかった。

## F. 国家試験問題の著作権について

本システムは、国家試験問題の正答を得るための知識を解説として表示する。このため問題文を引用するが、① 学術・教育目的であること、② 国の刊行物からの引用であること、③ ID・パスワードを発行された一部の人間のみが利用可能であることに加え、④ 本システムのために独自に作成した解説文のために、出題ごとに1問のみを引用する形式であることなどの理由から著作権侵害には該当しない。

## II. 運用データ

MT2は、2008年10月1日から2009年1月30日までの正規カリキュラムにある実習期間内に、本システムを使用した自己学習を行った。実習開始時と実習期間最終日に、本システムに登録した問題データおよび実習カリキュラムに準拠した国家試験形式の独自問題による小試験(20点満点)

を行った。MT4は2008年10月31日および11月7日に行った医用工学分野の国家試験対策補講に先がけて2008年10月17日より3週間にわたって同様の自己学習を行い、11月15日に行った医歯薬出版株式会社の臨床検査技師国家試験対策模擬試験での医用工学分野(12点満点)の成績のみ抽出した。模擬試験の結果は、学生自身の判断により問題集のみで勉強した群と、問題集および本システムを並行して利用して勉強した群に分類し比較した。これらの群はランダムに分けることはせず、学生自身の判断により分かれた群を利用した。MT2においては、実施前の平均点4.4点から実施後の平均点8.7点になり、MT4については問題集のみの群が平均点2.9点に対して、本システム利用群が5.3点であった。それぞれの結果から本システム利用による成績の向上が認められ、MT2は一对の標本による平均の $t$ -検定を、MT4は等分散を仮定した2標本による $t$ -検定をそれぞれ行い、 $p < 0.01$ で有意な学習効果が確認された。

### III. 考 察

アクセスログより学生は基本的に帰宅後に本システムを用いて学習したと考えられるが、大学の休憩時間のアクセスが比較的多いことから、休講などの空き時間も利用して学習したことが分かる。この点から「どこでも手軽に学習する」という本システムのコンセプトは満たされたと考えられる。

小試験および模擬試験の結果より、MT2については同一の集団が本システムの利用により有意の学習効果を得ることが確認できた。またMT4については同一の問題に対して本システムを利用した学生のグループに有意の学習効果を得ることが確認できた。これらの点から本システムを利用したことによる学習効果があったことが示された。資格試験の勉強は個人の資質にもよるが学習時間相応の成果が得られやすい。本システムの利用により、空き時間を有効活用し、学習時間を増加したことが成績向上につながっていると考えられる。MT4については、本システムの利用を学生の自主性にゆだねたので、もともと熱心な学生がさら

なる勉強の機会を求めて本システムを利用した可能性も考えられる。しかしながらMT2については有意の学習効果が認められていることから、MT4についても本システム利用による効果があったものと考えられる。

なお、本システムは問題・回答データをテキスト形式のファイルで登録しており、問題・回答の追加や修正が容易である。したがって国家試験が行われるたびに問題・回答データを追加できるので最新の問題に対応が可能であり、試験運用後、2009年2月に実施された第55回国家試験問題をただちに追加して問題数を290問としている。またCGIプログラムを含めても本システムの全データは100kB未満であり、サーバトラブルの際のシステム再構築も短時間で行うことができる。なお、本研究では著者らが担当する講義・実習にあわせて解説を作成したので、医用工学分野に対応したが、問題・回答の内容を入れ替えれば、臨床検査技師国家試験の他分野および同形式の回答方式を持つ他の資格試験練習にも対応する。

ところで、費用などの理由からインターネット環境を自宅・下宿等に導入していない学生は概ね大学内に設置された有線LAN回線などでシステムを利用したと考えられる。このため大学外での学習が困難であり、これに対応したシステムの改良は重要である。本システムは、現時点で画像を含む問題への対応と通信費用を考慮して携帯電話でのアクセスに対応していない。しかし、ほぼすべての大学生が所有する携帯電話に配信可能な無料コンテンツを作成し提供できれば、上述の問題を解決可能であり、今後の検討課題である。

近年の学生の学力レベルの低下に伴って、国家試験の指導が大学の役割として求められる傾向にあるが、大学・大学院の果たすべき役割は学術的な研究・開発を前提とした思考力を育む教育に重点が置かれるべきであり、この点において、専門学校や短期大学とは教育の手法が異なっており当然である。国家試験取得に必要な知識は思考力育成のための基礎知識を習得するうえで重要であるが、単純な反復学習による自習の管理は、学生の自主性と本システムのような時間・場所を選ばない自

動化したシステムに委ね、大学においては思考力・応用力を要する高度な教育に尽力すべきであり、本システムはこの目的のために有効である。

本研究では、研究室内に設置した光回線で接続する独自サーバ上でシステムを運用したが、PerlによるCGIをサポートしているサーバであればシステムの設置が可能なので、国内のみならず世界中のサーバを利用して検査技師教育に利用可能であり、本システムの普及については今後の検討課題である。

### おわりに

本研究では過去に出題された臨床検査技師国家試験の医用工学概論問題を一問一答形式で回答し、その解説から学習効果を得るWeb-Learningシステムを開発した。大学で行っている実習および国家試験対策補講の中で、本システムを用いた学生らの学習効果を検討し、有意な成績向上効果が認められ、医用工学概論の学習に有効であることを確認できた。

### 文 献

- 1) 若松秀俊, 本間 達. インターネットを利用した食習慣の調査法の開発. *Journal of Japan Society of Health Sciences* (第21回日本健康科学学会抄録集) 2005; 21: 454.
- 2) 本間 達, 若松秀俊. IT 調査システムを用いた大学生と一般人の食習慣の比較. *Journal of Japan Society of Health Sciences* (第22回日本健康科学学会抄録集) 2006; 22: 597.
- 3) 大喜雅文, 井上 仁, 石川邦夫, 大池美也子, 吉田素文. 九州大学におけるWBTによる医療系教育. *Journal of Multimedia Aided Education Research* 2006; 2: 29-36.
- 4) 木下淳博. 医歯学シミュレーション教育システムを用いた医学・歯学・口腔保健学・保健衛生学教育. *Journal of Japan Society of Health Sciences* (第23回日本健康科学学会抄録集) 2007; 23: 259.
- 5) 窪田哲朗, 長 雄一郎, 梶原道子, 馬場佳子, 菊池久美, 木下淳浩. シミュレーション教育システムを使った臨床検査技師卒前教育. *臨床病理* 2007; 55: 517-21.
- 6) 高橋知音. e-Learningを学習支援に利用した統計学の授業. 信州大学教育学部附属教育実践総合センター紀要『教育実践研究』 2006; 7: 139-48.
- 7) 齋藤純一, 山方竜二. 講義の補助を目的としたe-Learningシステムの開発と活用方法. *Journal of Higher Education and Lifelong Learning* 2007; 15: 61-6.
- 8) 本間 達, 若松秀俊. 医用工学教育のためのWeb-Learningシステムの開発. 電気学会教育フロンティア研究会資料 2009; FIE-09-8: 37-40.