

## 繰り返し学習に有効な臨床工学技士国家試験のための学習支援システムの構築

小畑秀明・二見翠\*・松浦宏治・木原朝彦

岡山理科大学工学部生命医療工学科

\*Corresponding author:

### 1. はじめに

臨床工学技士を含む主な医療系国家資格の合格率の推移を図1に示す。図のように2018年3月に実施された第31回臨床工学技士国家試験の合格率は73.7%、過去5年間の平均を見て78.0%であった<sup>1)</sup>。同じ医療系国家資格である看護師の場合には、2018年の合格率は91.0%、過去5年間の平均値は89.7%である<sup>2)</sup>。同様に臨床検査技師では2018年が79.3%、5年平均が79.5%であった<sup>3)</sup>。これからわかるように、臨床工学技士国家試験の合格率は他の資格試験と比較しても低く、相対的に難しい医療系国家資格であると言える。

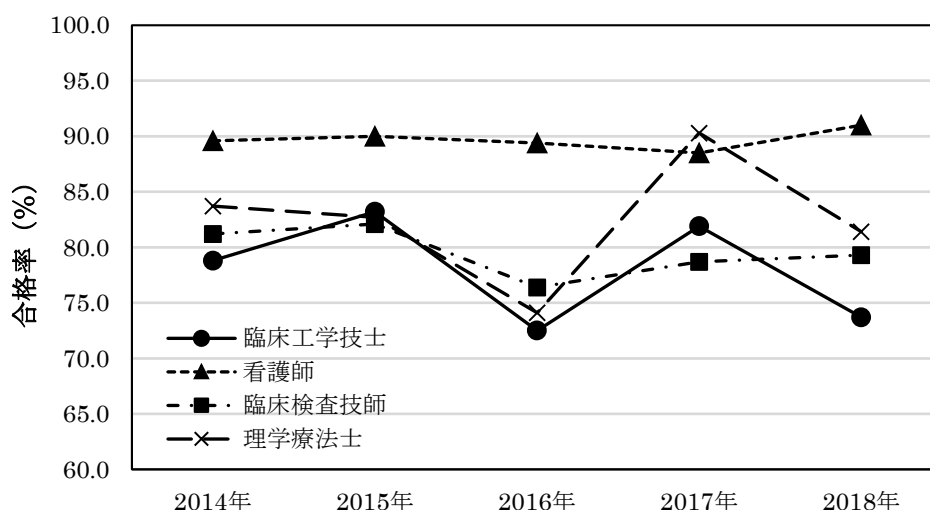


図1 主な医療系国家資格の合格率<sup>4)5)</sup>

これには様々な要因が考えられるが、その一つとして、臨床工学技士国家試験の出題領域が他の国家試験と異なり、医学のみならず工学全般にわたる幅広い知識が併せて要求されていることが挙げられる。例えば医学系では公衆衛生学、解剖学、生理学、病理学、免疫学、薬理学、臨床医学などの医学系全般についての知識が問われる。一方、工学系では電気工学、電子工学、情報処理工学、システム工学、機械工学、物性材料などの大学工学部の学科横断的な科目が出題範囲となっている。これに加え、診断機器学、治療機器学、生体材料、人工呼吸器、体外循環装置、血液浄化装置、医用安全などの医療機器分野の知識も併せて出題される<sup>6)7)</sup>。

一方、臨床工学技士を目指して養成校に入学する学生の多くは高等学校では理系クラス・文系クラスと分かれて偏った学習をしていることが多く、特に文系クラス出身の学生の中には物理や電気・電子工学、機械工学などで苦勞している学生も多い。この理系・文系といった線引きがこの領域の学習の困難さを助長していると考えられる。そのため臨床工学技士の養成校では物理系・工学系科目の教育に苦心

しており、この分野の基礎知識の教育に加え、いかに自主的にこの分野の学習を繰り返し学習させるかが国家試験対策のポイントといえる。

このような状況において、学生の一般的な受験対策は、過去の国家試験問題を解くことであるが、国家試験の出題形式が5者択一方式であるため、設問の本質を理解することなく、明らかに誤りである選択肢を排除して正解に到達することで満足したり、極端な場合には、何回も解く間に、解答番号を覚えてしまうことも多い。特に、電気工学や電子工学で出題される計算を必要とする問題では、過去問の解答の数値自体を覚えてしまうことには全く意味が無く、正解に至る理論と計算の道筋を身に着けなければ、新たに出題される問題に正しく解答することはできない。この問題を解決するために、問題多様化のいくつかの試みが報告されている<sup>8)9)10)</sup>。

昨今の学生自身の気質にも関連することかもしれないが、基礎学力不足に起因する物理系・工学系問題の学習効果の伸び悩みが見られることが臨床工学技士養成校の共通の問題として挙げられている<sup>11)</sup>。

この問題を克服するためには、原点に戻って、学生自身が正しい筋道で学習できる環境を提供し、適切な指導を行うことが必要であると考えられる。それにより、学生が自ら学習する習慣を身に着け、学習の質と学習時間の確保を実現する仕組みが必要である<sup>12)</sup>。特に、学内における講義時間だけでなく、自宅における自己学習のための時間を継続的に確保することが必要である。これまで、学生の指導には当然のように自己学習の必要性を再三にわたって説き続けているわけであるが、自己学習が定常的に行われていない現実、臨床工学技士養成に携わる教員の共通の悩みであると言っても過言ではない。

大学や自宅における自己学習を推進し、その状況を把握して、適切なフィードバックによる指導を行い、学生自身が達成感を実感できる仕組みが望まれている。国家試験対策用のe-learningシステムを作成しているコメディカル養成校は相当数あると思われるが、その大部分は非公開であるため、その実態については調査が難しい。公開された先行研究としては、北里大学や東亜大学などのe-learningシステムがあるが、いずれの例も過去5年程度の国家試験をそのままe-learning化したものである<sup>13)14)</sup>。

このような状況に鑑み、単に国家試験の過去問題を提供するのではなく、国家試験合格に向け、学生が講義時間以外に学習時間を確保して繰り返し学習を行い、その学習効果を学生と教員が共有することが可能なWeb上で稼働する学習支援システムを構築した。本報告では、その内容と試験運用の結果について報告する。

## 2. 方法

### 2-1 学習支援システムの狙い

本学科が目指す学習支援システムの位置付けに関するイメージを図2に示す。この学習支援システムを授業と連携することにより学生の自己学習を促進し、その状況を把握し、適切なフィードバックができるようなシステムの構築を目指している。また、学生が授業に縛られることなく、国家試験や資格試験の準備のために、自主的に利用するように促すこともその狙いの一つである。その具体的なシステムの特徴について以下に示す。

教員は学生に自己学習を積極的に行わせるための指導を行うわけであるが、現実的には口頭による指導だけでは期待通りの結果を得ることが出来ないことも多い。自発的に学習できる学生も勿論存在するが、同時に試験が迫るまで自発的な学習ができない学生も少なからず存在する。そこで学生への細かい指導に入る前の環境としては、図2に示したように、まず学習の習慣を身に付けさせること、そして最低限の学習時間を確保する手段が重要である。さらに初めのうちは続いていた学習意欲もしばらくすると低下してくることから、学習意欲を維持させる仕組みと努力が必要である。一方で教員にとっては学生の学習状況を早い段階から把握しておくことは学習指導を適切に行うためにも必要なことである。

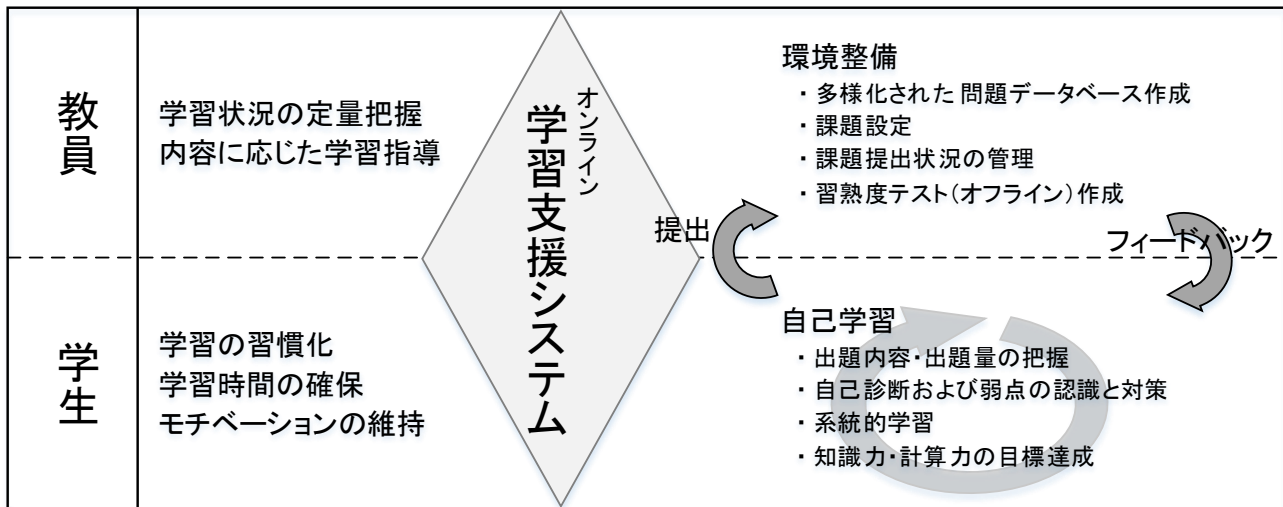


図 2 学習支援システムの位置付け

これらの学生に対する指導環境と教員側の要望を共に満たすことが出来るツールとして、インターネット環境を利用した学習支援システムが有効であると考えられる。

この学習支援システムでは国家試験に合格するだけの実力をつけるため、学生に自己学習を促し、学習意欲を維持させるような様々な仕組みを組み込んだ環境を整備し、学生指導に役立てることが出来る。教員は普段の授業における課題や、定期・不定期に行う試験などの方法により、学生が学習支援システムを用いて授業外学習を繰り返し行う必要が生じるように授業計画を作成する。さらに教員は、学生の学習支援システム利用状況や、定期的に設定されたシステムを介した課題提出情報により、学生の状況を把握することができる。その現状結果を学生にフィードバックしてさらに自己学習に繋げることで、学習効果を高めることが可能となる。

図2の環境整備の欄に示したようにこの学習支援システムは五者択一形式の過去の国家試験をそのまま利用するのではなく、出題内容と形式を自動的に変更できるように多様化された設問データベースを作成し、学習分野・項目ごとに学生に出題する課題を設定出来るシステムを準備した。さらにその課題の実施状況を教員が把握すると同時に学生の理解度を学生にもフィードバックできるようになっている。最終的に学生が学習内容を理解しているかを計るための習熟度テストとして、活用できるようなシステムも作成した。

この学習支援システムを通じて学生は国家試験合格のためにはどのような学習内容が必要で、国家試験でどの程度の問題の質と量が出題されているかを把握すること、今現在その内容をどこまで把握しているかを理解し、自分の苦手なところを認識することで、国家試験対策に役立てることが出来る。その際、系統的に項目が分類されているため細かい分類で自分の苦手な項目を学ぶことが出来る。そうして国家試験に合格するだけの知識と計算力を身に付けることが出来るシステムとなっている。

## 2-2 学習支援システムの構成

本学科で作成した学習支援システムの構成を図3に示す。

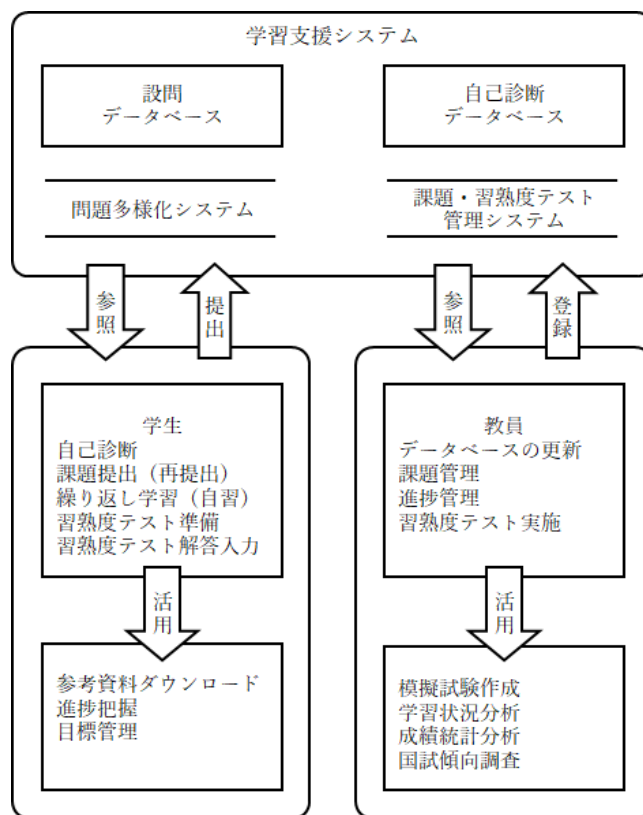


図3 学習支援システムの構成

### 2-2-1 設問データベースと問題多様化システム

設問データベースは、臨床工学技士国家試験で出題された問題を分野別にデータベース化したものである。主として、過去10年分の臨床工学技士国家試験と一般社団法人日本臨床工学技士教育施設協議会作成の統一模擬試験で出題された問題を参考にして作成した。

臨床工学技士国家試験では、多岐にわたる分野についての知識が問われるため、出題分野を「大項目」・「中項目」・「小項目」に分類した。データベースに登録されている項目別の設問総数と過去5年間の国家試験出題数を表にまとめその一部を表1に示す。

設問には「5者〇×問題」と「一問一答問題」の二種類がある。「5者〇×問題」は出題された5つの設問それぞれについて正しいものを選択する形式の設問である。「一問一答問題」は、出題された5つの設問のうち、正しいものを1つ選択する問題、または計算により数値を求め、その値を回答する設問である。いずれの場合も、問題、キーワード、正解、解説から構成されている。また問題によっては、図の提示が必要となるため、問題図も登録できる。登録済み問題の分類の変更や再編成を行うことも可能である。

これまでの多くのシステムでは過去に出題された問題をそのままユーザーに提示していることが多く、ユーザーが繰り返し学習すればするほど、「正解」をそのまま記憶することになり、問題を解くことによる当該知識の深耕という本質から逸脱してしまうことが多く見られた。この問題を解決するためには、オリジナル問題を数多く作成することが考えられるが、教員側の作業時間の増加という問題がある。これを解決するために、以下に述べる問題の多様化システムを考案・実装した。

表 1 設問データベースの項目と設問登録数 (抜粋)

大項目	中項目	小項目	国家試験 2015~2019					総問題数	
			2015	2016	2017	2018	2019		5年計
力と運動	力と運動					1	2	3	29
	物体の落下		1		1	1		3	13
	等速円運動			1				1	7
	モーメント		1	1	1			3	8
	ばね・単振動・振り子					1		1	18
応力とひずみ	応力とひずみ		1	1			2	4	26
	応力とひずみ：計算問題			1			1	4	20
	応力とひずみ：ポアソン比				1			1	8
	応力とひずみ：安全率							0	5
熱の物理	熱の物理					1		1	19
	熱量の計算		1				1	2	18
	熱伝導の計算問題		1	1				2	2
	ボイルシャルルの法則		1		1			2	26
音波の物理	音の基礎		1		2			3	36
	ドップラ効果			1		1		2	9
流体の物理	圧力と流体の物理			1	1	3	1	6	27
	レイノルズ数		1				1	2	18
	ハーゲン・ポアズイユの法則		1	1				2	11
	水銀柱・水柱に関する問題			1				1	10
電流と磁界	クーロン力						1	1	18
	電界		1	1	1	1	1	5	20
	電流と磁界					1	3	4	23
	電磁波		2	1				3	18
	単位			1		1		2	25
生体の諸特性	細胞の興奮			1		1		2	16
	生体の電気的特性		1	1	1	1	1	5	26
	生体の力学的特性			1	1	2	1	5	21
	生体の光学的特性		1	1	1	1	1	5	26
	生体の熱特性		1	1	1	2	2	7	32

「5者〇×問題」について説明する。選択肢を5つ提示し、それぞれ正誤を問う形式の問題である。「5者〇×問題」における問題の多様化では、「正しいものはどれか。」という設問以外に、「誤っているのはどれか。」という設問により問題の多様化を図っているものもあるが、問題が取り扱う当該項目に関する知識の整理が学習における最大の目的であることを考慮して、本システムでは「正しいものはどれか。」という設問に限定した。

また、国家試験では該当するものが複数ある場合、その組み合わせを5種類提示する方式を採用しているため、「5者択一」形式の問題となっている。これに対し、本システムにおいては、「該当するものは2つある。」という形で正解の個数を指示する方式をとった。これにより、学生は全ての選択肢についてより正しい知識レベルを要求される。また学生の到達レベルによっては、正解個数を提示しないことも可能で、より厳密な習熟度の確認を行うことができる。

この形式の問題登録の2例を図4-1、4-2に示す。図4-1は、半導体についての問題である。5つの設問全てについて正答・誤答の選択肢が登録されている。図4-2は、血液浄化療法のトラブルに関する問題である。この例では、正答選択肢が4問、誤答選択肢が4問登録されており、そのうち2問について正答と誤答の選択肢が重複して登録されている。学生に出題する際には、登録された選択肢の中から、ランダムに5つの選択肢を選び、各選択肢において、もし正答と誤答が登録されている場合には、そのうちの何れかをランダムに決定する。ただし、全てが正答もしくは誤答選択肢とならないようにする。また、選択肢の提示順もランダムに行う。

この多様化方式により、例1では、全てが正答または誤答の組み合わせを除いて、選択肢の組み合わせの数は、 $2^5 - 2 = 30$ 通りとなる。選択肢の提示順には $5! = 120$ 通あるので、提示順まで考慮すると、問題の種別は $30 \times 120 = 3600$ 通りとなる。例2の場合では、正答と誤答の両方が登録された選択肢は3

つであることから、選択肢の組み合わせは  $2^3 = 8$  通り、提示順まで考慮すると、 $8 \times 120 = 960$  通りの問題が自動作成される。なお、図 4-1、4-2 にある解説は、学生が回答した際に解答の正誤と合わせ表示され、設問の理解を深めるためのものである。

「一問一答問題」について説明する。この形式の設問は、シンボルが意味する内容や電気回路図の中の電圧などを計算し、正解を数値で回答する設問である。この形式の問題登録の 2 例を図 4-3、4-4(a) (b) に示す。例 1 は、2 進数の演算に関する設問である。この例では図 4-3 に示す 2 つの設問の何れかがランダムに選択されて出題される。学生は、設問に従って計算し、その計算結果を解答する。例 2 は、医療ガスの配管端末に関する問題である。この例では、5 種類の医療ガスの配管端末の形状が図として提示されるとともに、5 つの一問一答形式の設問の中から 1 つが選択されて出題される。学生は、示された図の中から設問に該当する配管のアダプタ形状を選択し、その番号を解答する。

図 4-5 に、設問データベースに登録されている問題の内、2018 年度の臨床工学技士国家試験で出題された 180 問を利用して作成した設問について、上述の問題多様化方式の適用数を示す。

設問	半導体について正しいのはどれか。	
選択肢	正答選択肢	誤答選択肢
1	半導体の抵抗は温度とともに低くなる。	半導体の抵抗は温度とともに高くなる。
2	P形半導体の多数キャリアは正孔である。	P形半導体の多数キャリアは電子である。
3	シリコンにリンを加えるとN形半導体になる。	シリコンにリンを加えるとP形半導体になる。
4	トランジスタは能動素子である。	トランジスタは受動素子である。
5	理想ダイオードの逆方向抵抗は無量大である	理想ダイオードの逆方向抵抗はゼロである

解説
<p>・半導体の基本事項を以下に示す。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.不純物を含まない半導体を真性半導体とよぶ。</li> <li>2.Si（シリコン）に第3族のB（ボロン）やGa（ガリウム）を加えるとp形半導体になる。</li> <li>3.Si（シリコン）に第5族のP（リン）やAs（ヒ素）を加えるとn形半導体になる。</li> <li>4.半導体中で電子を受け取って、半導体本体に正孔をつくる不純物をアクセプタと呼ぶ。</li> <li>5.半導体の本体に余分な電子を与える不純物をドナーと呼ぶ。</li> <li>6.n形半導体の多数キャリアは自由電子であり、少数キャリアは正孔である。</li> <li>7.p形半導体の多数キャリアは正孔であり、少数キャリアは自由電子である。</li> <li>8.半導体は温度が上昇すると導電率が增加する。</li> </ol> <p>・ダイオードの基本事項を以下に示す。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.p型半導体とn型半導体を接合したものがダイオードである。</li> <li>2.接合面には空乏層ができる。</li> <li>3.ダイオードには整流作用がある。</li> <li>4.p型半導体側の端子をアノードといいn型半導体側の端子をカソードという。</li> <li>5.アノードにカソードより高い電圧を加えると電流が流れる。</li> <li>6.カソードにアノードより高い電圧を加えても電流が流れない。</li> <li>7.電流が流れる状態を順方向バイアス、流れない状態を逆方向バイアスという。</li> <li>8.逆方向電圧を加えると空乏層は広がる。</li> <li>9.順方向バイアス時でもカットオフ電圧以下では電流はほとんど流れない。</li> <li>10.逆方向バイアスで電流が急激に大きくなる時の電圧を降伏電圧という。</li> <li>11.ツェナーダイオードは定電圧ダイオードである。</li> </ol> <p>補足：トランジスタやオペアンプなど、電源が必要な素子を「能動素子」という。抵抗、コイル、コンデンサなどを「受動素子」という。</p>

図 4-1 5 者○×問題の設問登録例 1

設問	血液浄化療法中に体内に空気が流入した際の対処法で正しいのはどれか。	
選択肢	正答選択肢	誤答選択肢
1	酸素吸入を行う。	酸素吸入を停止する。
2		血管拡張薬を注射する。
3	血液ポンプを停止する。	血液ポンプの動作は維持する。
4	高気圧酸素治療を検討する。	
5	左側臥位にして頭を低くする。	左側臥位にして頭を高くする。

解説	
<p>空気混入時の症状は、咳嗽、胸部不快感、呼吸困難、血圧低下であり、これらの症状がみられた場合、回路を遮断し、左側臥位のトレンデレンブルグ体位(頭を低く、下肢挙上)とし、脳、肺への空気の流入を防止しつつ、酸素投与などの救命救急処置を行う。</p> <p>酸素吸入は必要である。 血管拡張薬を注射しても空気混入時の対処にならない。 空気の流入をそれ以上させないために、直ちにポンプを停止しなくてはならない。 高気圧酸素療法で、血液内の空気の除去を行う。 左側臥位にし、頭部を低く下げ、下肢を挙上する(トレンデレンブルグ体位)。</p>	

図 4-2 5者○×問題の設問登録例 2

	設問	解答
1	2つの16進数A8と2Bの和を2進数で表わせ。	11010011
2	2つの16進数A8と2Bの和を16進数で表わせ。	D3

解説	
<p>色々な解法があるが、ここでは、16進数を10進数で表して和を求め、それを2進数に変換する。  <math>A8 = 10101000 = 128 + 32 + 8 = 168</math>  <math>2B = 00101011 = 32 + 8 + 2 + 1 = 43</math>  <math>168 + 43 = 211</math> を二進数に変換すると  <math>211 = 128 + 64 + 16 + 2 + 1 = 11010011</math> となる。                  これは16進数では、D3である。</p>	

図 4-3 一問一答問題の設問登録例 1



	設問	解答
1	JIS T7101 「医療ガス配管設備」において、ビン方式を壁取付け式のアダプタプラグ差し込み方向から見たとき、二酸化炭素を示すのはどれか。	1
2	JIS T7101 「医療ガス配管設備」において、ビン方式を壁取付け式のアダプタプラグ差し込み方向から見たとき、酸素を示すのはどれか。	2
3	JIS T7101 「医療ガス配管設備」において、ビン方式を壁取付け式のアダプタプラグ差し込み方向から見たとき、治療用空気を示すのはどれか。	3
4	JIS T7101 「医療ガス配管設備」において、ビン方式を壁取付け式のアダプタプラグ差し込み方向から見たとき、吸引を示すのはどれか。	4
5	JIS T7101 「医療ガス配管設備」において、ビン方式を壁取付け式のアダプタプラグ差し込み方向から見たとき、亜酸化窒素を示すのはどれか。	5

図 4-4(a) 一問一答問題の設問登録例 2

解説	
医療ガス配管端末器における誤接続防止のピン方式を表している。ガスごとに孔の数・角度が異なり誤ったガスの配管端末器に接続できないようになっている。また、標準送気圧力もJIST7101で規定されており、選択肢の配管端末形状のガスにおける送気圧力は以下の通りである。また、酸素、亜酸化窒素、治療用空気、二酸化炭素の標準送気圧力は400±40kPaである。また、安全管理上、静止状態において酸素が30kPa程度高くしてある。	
1:	2本のピンが45°の角度で配置されており、二酸化炭素である。
2:	2本のピンが180°の角度で配置されており、ガスの種類は酸素である。送気圧力は選択肢のガスにおいて酸素が最も高い。
3:	3本のピンが120°の角度で配置されており、治療用空気である。
4:	2本のピンが90°の角度で配置されており、吸引である。吸引圧は水封式で70kPa、油回転式で50~80 kPaである。
5:	2本のピンが135°の角度で配置されており、ガスの種類は亜酸化窒素である。

図 4-4(b) 一問一答問題の設問登録例 2 (続き)

出問形式	重複する選択肢の数	出問時の組み合わせパターン数	設問登録数
5者○×	0	1	73
	1	2	4
	2	3	20
	3	7	16
	4	15	14
	5	30	16
一問一答	-	-	14
計算問題	-	-	23
総計			180

図 4-5 問題多様化方式別の設問登録数 (2018 年度国家試験)

### 2-2-2 自己診断データベース

自己診断データベースは、学生が学習範囲の認識、学習方針の立案・確認、および到達度・習熟度の確認のために使用する「自己診断」のためのデータベースである。

自己診断データベースは、表 1 に示したような設問データベースの項目ごとに、出題要点を自己診断項目リストとして整理したものである。過去の臨床工学技士国家試験と統一模擬試験で出題された問題を参考にして作成した。図や数式が必要な場合には、それらについても画像として登録されている。

### 2-2-3 課題管理システム

「課題」は、主に 2 年～3 年次前半の専門科目の授業において、教員が学生に対して、時間外学習、特に、復習時間の確保を通じて、知識の深耕を促すためのシステムである。

課題管理を利用している科目では、教員は授業の進捗を考慮して、表 1 に示す「大項目」、「中項目」、または「小項目」単位で、課題項目とその提出期限を設定する。一般的には、比較的小さな学習単位に分野を限定し、知識の整理と復習が実施しやすいようにする。授業期間の適当な時点で、それまで学習した分野の理解度を確認するための中間試験的な課題を設定することも可能である。

学生は、決められた提出期限までに課題が提示する問題を開き、システムを介してその回答を提出する。この際、先に述べた問題多様化システムの機能により、学生ごとに違う問題が提示されることとなる。学生の提出状況は E メールにより教員に通知される。教員は、解答結果をチェックし、所定の正答率に達していれば合格と認定するが、そうでない場合には、「再提出」を指示する。「再提出」を指示された学生は、再度、課題に取り組み、課題提出期限までに合格レベルに到達しなければならない。上述の学生による課題提出と教員によるチェックは、全てインターネットを利用して端末上で実施される。



## 2-2-4 習熟度テスト管理システム

「課題」が学生個々の時間外学習の確保に焦点を当てたものであるのに対し、「習熟度テスト」はクラス全体に同一の問題を解かせることにより、クラス全体の習熟度の統計分析と個人の習熟度の測定を目的として実施するものである。主に3年次後半～4年次の臨床工学コースの学生の授業において、病院での『臨床実習』のための知識の整理と準備や、臨床工学技士国家試験対策のために、時間外学習を確保させることを目的として利用する。

クラス全体に同一問題を実施するため、現状では習熟度テストは紙媒体で実施する。習熟度テストで使用する問題と解答用紙は、本システムを使用して作成できる。図5に「血液浄化」を例に自動作成した問題と解答用紙を示す。

学生は、習熟度テストを受験した後、解答用紙を提出し、問題は各自持ち帰る。その後、学生本人が、各自の解答を速やかにシステムに入力し、その結果を自身で知るシステムとなっている。これにより、教員にとっては採点の負荷を軽減することができるが、それに加えて、学生が自己の試験結果を入力し、成績を自分の目で確認することにより、それまでの学習姿勢、例えば授業外学習の量や学習方法の適否を考えさせ、以後の学習姿勢の改善を促すことが、この仕組みの主要な目的の一つである。

### 血液浄化

問題1：血液浄化療法について正しいのはどれか。該当するものは4個ある。

- (1) 血漿分離器には中空糸型が多く用いられる。
- (2) 血液透析による尿毒素物質の除去は主に吸着作用による。
- (3) β<sub>2</sub>ミクログロブリンはクレアチニンよりクリアランスが低くなる。
- (4) 逆浸透膜は理論上パイロジェンを阻止出来る性能をもっている。
- (5) 血液浄化療法施行の目的の一つに体内の余剰水分の除去がある。

問題2：血液浄化療法の原理はどれか。該当するものは3個ある。

- (1) 濾過
- (2) イオン交換
- (3) 吸着
- (4) 電導度
- (5) 拡散

問題3：吸着療法に用いられる吸着剤と適応疾患の組合せで正しいのはどれか。該当するものは4個ある。

- |                     |               |
|---------------------|---------------|
| (1) デキストラン硫酸        | 家族性高コレステロール血症 |
| (2) 酢酸セルロース顆粒球吸着ビーズ | 潰瘍性大腸炎        |
| (3) 石油ピッチ系活性炭       | クローン病         |
| (4) フェニルアラニン固定化ゲル   | 全身性エリテマトーデス   |
| (5) ポリミキシンB固定化繊維    | エンドトキシン血症     |

自動作成された解答用紙：

### 血液浄化

問題1： (1) (2) (3) (4) (5)

問題2： (1) (2) (3) (4) (5)

問題3： (1) (2) (3) (4) (5)

図5 試験問題・解答用紙の自動作成

## 2-3 学習支援システムの利用形態

学習支援システムの利用について、利用形態について述べる。

### 2-3-1 ログイン

図 6-1 に学生による学習支援システムへのログイン後の画面を示す。画面に示すように、学生は、学習目的に応じて、「自己診断」、「小項目単位で学習」、「中項目・大項目単位で学習」、「課題提出」、および「習熟度テスト解答入力」を実施する。



図 6-1 学習支援システム\_ログイン (ユーザー)

### 2-3-2 自己診断

学生が活用できる本システムの機能の一つに、前述の自己診断用データベースを用いた自己診断がある。自己診断は学習内容を小項目で分類しているため、ピンポイントで各教科における自分の弱点を見つけることができる。図 6-2～6-4 に、例として、学生が自己診断機能を利用して「遺伝子」について自己診断を行う場合を示す。

ログイン画面の「自己診断」を選択すると、図 6-2 の自己診断メニューのトップ画面が表示される。学生は、この画面で、臨床工学技士国家試験で学習すべき項目の全体を把握できる。

この中から、例えば、基礎医学 1 を選択すると、図 6-3 に示すように、基礎医学 1 の画面が表示される。ここには、表 1 で示した大項目である「基礎医学 1」に含まれる生理学・医学的知識の基本的な知識が中項目として列挙されている。この中から、遺伝子を選択した例が図 6-4 である。臨床工学技士国家試験対策で最低限必要な遺伝子に関する知識が、チェック形式で提示されている。「遺伝子」の学習の前後に、自身の知識レベルを確認することができる。自己診断で提示される項目と内容は、PDF ファイルとしてダウンロードして利用することも可能である。

自己診断を活用することで、臨床工学技士国家試験で学習すべき項目の全体について、学習計画全体を立案し、個別学習の前後に、必要とされる最低限の知識の整理を効果的に行うことを期待している。

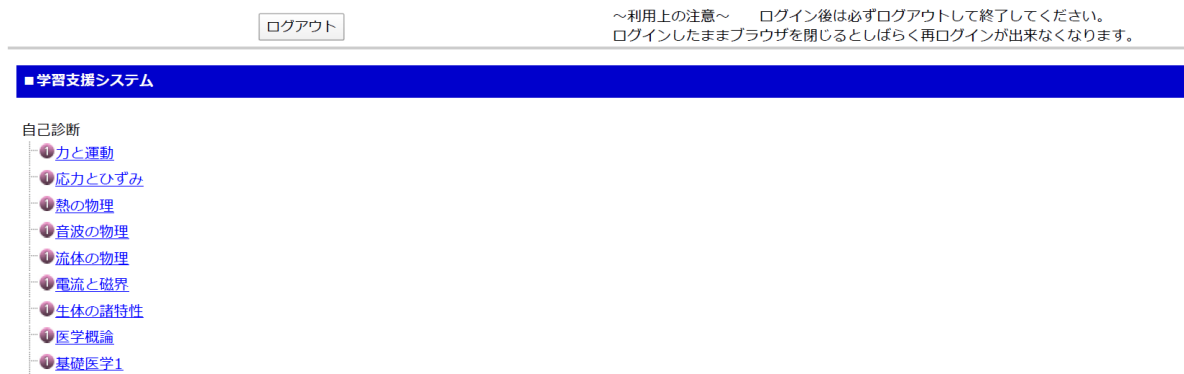


図 6-2 自己診断\_トップ (ユーザー)



図 6-3 自己診断\_基礎医学 (ユーザー)



図 6-4 自己診断\_遺伝子 (ユーザー)

## 2-3-3 大項目・中項目・小項目単位の自習

自己診断とは別に、授業外学習を支援する自習ツールとして、大項目・中項目・小項目単位での問題解答がある。例えば大項目単位で教科全体の理解度を確認することもできるし、各教科の苦手な分野について、中項目・小項目単位で繰り返し学習することができる。これらの問題は同じ設問が選択された場合でも、問題多様化システムにより、出題のたびに出題内容が自動的に変化するため、問題そのものを覚えてしまうことを回避できる。図 6-5、6-6 に小項目単位で「半導体」について学習した例を示す。学生は提示された問題（この例では 5 者○×問題）に対して回答した後、終了ボタンを押す。システムは、回答内容に応じて正誤を表示し、問題理解のための「解説」を提示する。

2020/3/10

学習支援システム

~利用上の注意~ ログイン後は必ずログアウトして終了してください。  
ログインしたままブラウザを閉じるとしばらく再ログインが出来なくなります。

[ログアウト]

■学習支援システム >

出題元(No.3765) : 【電子工学】 > 【半導体】 > 【半導体】

1. 正しいのはどれか。  
※該当するものは2個ある

	正	誤
トランジスタは受動素子である。	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
P形半導体の多数キャリアは電子である。	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
理想ダイオードの逆方向抵抗は無限大である	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
半導体の抵抗は温度とともに高くなる。	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
シリコンにリンを加えるとN形半導体になる。	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

図 6-5 大項目・中項目・小項目単位の学習\_正誤の選択 (ユーザー)

2020/3/10

学習支援システム

~利用上の注意~ ログイン後は必ずログアウトして終了してください。  
ログインしたままブラウザを閉じるとしばらく再ログインが出来なくなります。

[ログアウト]

■学習支援システム >

出題元(No.3765) : 【電子工学】 > 【半導体】 > 【半導体】

1. 正しいのはどれか。

【解答一覧】

	正	誤	答え
1. トランジスタは受動素子である。	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	○
2. P形半導体の多数キャリアは電子である。	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	× →不正解です。再確認してください。
3. 理想ダイオードの逆方向抵抗は無限大である	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	○
4. 半導体の抵抗は温度とともに高くなる。	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	× →不正解です。再確認してください。
5. シリコンにリンを加えるとN形半導体になる。	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	○

【解説】  
解説：半導体、ダイオードに関する基本的な項目を整理しておく必要がある。  
・半導体  
1.不純物を含まない半導体を真性半導体とよぶ。

図 6-6 大項目・中項目・小項目単位の学習\_結果表示 (ユーザー)

### 2-3-4 課題提出の実施

先に述べたように「課題」は、主に2年～3年次前半の専門科目の授業において、教員が学生に対して、時間外学習、特に、復習時間の確保を促すために用いるシステムである。図6-7～6-9に課題の実施形態を示す。

ログイン後、学生がログイン画面中にある「課題提出」を選択すると、図6-7に示すように学生が履修している科目のうち、学習支援システムによる課題が設定されている科目が表示される。この例では、『生体計測装置学Ⅱ』、『生体機能代行装置学実習Ⅰ』、『生体機能代行装置学実習Ⅱ』、『生体機能代行装置学実習Ⅲ』の4つの科目がそれに該当する科目である。学生はこのリストから、提出したい科目の課題、例えば、『生体計測装置学実習Ⅱ』を選択し、実施したい課題項目を選択する。大項目と中項目が課題に設定されている場合には、その項目に含まれる小項目から各1問ずつが提示される。課題項目として小項目が設定されている場合には、その小項目に該当する問題が3問提示される。提示される問題は、問題多様化システムにより、学生ごと、また、実施ごとに異なった問題が提示される。学生は提示された問題に解答して提出する。提出された情報はシステムに記録されるとともに、Eメールにより教員に報告される。学生に対しては、提出結果の正誤情報とその解説が表示される。図6-8は、『生体計測装置学Ⅱ』の課題のうち、「画像診断」と「生体の超音波特性」を提出した結果である。2つの課題の成績と共に「実施済み」のステータスが表示されている。

図6-9は、教員が利用する課題提出の管理画面のうち、『生体計測装置学Ⅱ』を履修している学生の課題提出状態に関するものである。この例では、IDとユーザー名は空白として表示している。学生の提出結果は、達成率（正解率）に応じて色付けして表示される。必要であれば「日付」をクリックすることにより、提出結果そのものの確認を行うことも可能である。教員は、先のEメールによる課題提出情報とこの画面で得られる学生の成績を確認し、成績が授業のガイダンスで指定した達成目標に達していない場合、「再提出依頼」ボタンにより、再提出を指示する。

「再提出」以外で学生との連絡が必要な場合には、図6-9の各ユーザーの3列目にある「メール」ボタン、および履修者リストの上部にある「一括メール送信」を用いて、提出期限の再確認など、個別連絡や課題受講者全員への同報連絡が可能である。



図 6-7 課題 1\_リスト (ユーザー)

ログアウト

～利用上の注意～ ログイン後は必ずログアウトして終了してください。  
ログインしたままブラウザを閉じるとしばらく再ログインが出来なくなります。

■メニュー > 課題一覧

科目名：生体計測装置学Ⅱ

課題	期限	ステータス	成績
画像診断	2020/03/31	実施済み 2020-03-03	7/9
生体の超音波特性	2020/03/31	実施済み 2020-03-03	2/3
生体計測	2020/03/31	未実施	/
肺機能の測定	2020/03/31	未実施	/

メニューへ

図 6-8 課題 1\_実施画面 (ユーザー)

管理者メニューへ

ログアウト

■管理者メニュー > 提出状況：課題の一覧

課題一覧へ 科目名：生体計測装置学Ⅱ 一括メール送信

ID	ユーザー名	メール	提出状況	画像診断	生体の超音波特性	生体計測	肺機能の測定	履歴 消去	
		メール	2/4	2020-03-03 (7/9) 再提出依頼 提出回数:1	2020-03-03 (2/3) 再提出依頼 提出回数:1	×	×	消去	100
		メール	2/4	2020-03-03 (8/9) 再提出依頼 提出回数:1	2020-03-03 (1/3) 再提出依頼 提出回数:1	×	×	消去	90-99
		メール	0/4	×	×	×	×	消去	80-89
		メール	1/4	2020-03-03 (8/9) 再提出依頼 提出回数:1	×	×	×	消去	70-79
									60-69
									59

図 6-9 課題 1\_管理画面 (管理者)

### 2-3-5 習熟度テストの実施

「習熟度テスト」は、主に3年次後半～4年次の臨床工学コースの学生の授業において、クラス全体に同一の問題を解かせることにより、クラス全体の習熟度の統計分析と個人の習熟度の測定を目的として実施するものである。図6-10～6-16に課題の実施形態を示す。

現状、習熟度テストは自動作成した問題と解答用紙を用いて紙媒体で実施する。習熟度テストの実施後、学生は、ログイン画面の下段の「習熟度テスト解答入力」をクリックし、図6-10に示すように習熟度テスト一覧を表示する。これから、例えば、「3年次秋実習-習熟度テスト12/10」をクリックすると、図6-11に示すように、実施した習熟度テストが大項目単位で表示される。学生は、習熟度テスト受験の後、持ち帰った問題を参照しながら、各自の解答を入力する。図6-12は「血液浄化」での解答入力例であり、正解と自分の解答を比較して、正答であればその問題にクリックを入れる。図6-13は解答入力後の「3年次秋実習-習熟度テスト12/10」のリスト表示である。解答に対する正誤と成績が表示されている。

図6-13に示すように、学生は習熟度テストの結果をグラフで確認することも可能である。青色の棒グラフが当該学生の成績であり、橙色の折れ線グラフがクラス平均値を示している。クラス平均と比較することにより、各自の習熟度レベルを認識し、その後の学習計画の参考にする。

図6-15は、教員が利用する習熟度テストの管理画面である。「3年次秋実習-習熟度テスト12/10」を

履修している学生の成績の一覧である。図 6-15 は、ある学生の解答入力詳細である。学生全員の解答入力詳細は csv ファイルとして出力することができ、クラス全体の正答率の統計分析を行うことが可能で、例えば、正答率が低い設問をピックアップして補講を行うなど、学生の理解度に応じた指導を実施することができる。



図 6-10 習熟度テスト\_解答入力\_習熟度テスト一覧 (ユーザー)



図 6-11 習熟度テスト\_解答入力\_トップ (ユーザー)

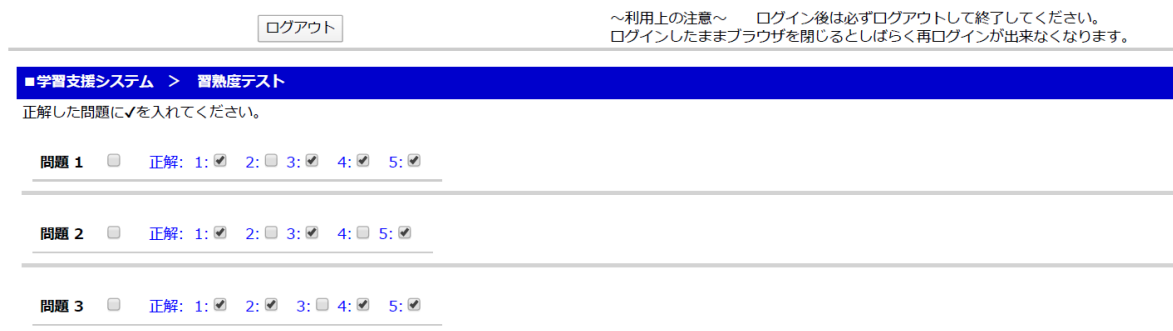


図 6-12 習熟度テスト\_解答入力 (ユーザー)

ログアウト

～利用上の注意～ ログイン後は必ずログアウトして終了してください。  
ログインしたままブラウザを閉じるとしばらく再ログインが出来なくなります。

■メニュー > 習熟度テスト一覧

3年次秋実習－習熟度テスト12/10

テスト名	期限	実施	問数	実施状況	問1	問2	問3	問4	問5	問6	問7	問8	問9	問10	問11	問12	問13	問14
腎機能と腎疾患	2020/03/31	実施	9															
血液透析	2020/03/31	実施	14															
血液浄化	2020/03/31	実施	3	66% 2/3	○	×	○											

習熟度テスト一覧へ

図 6-13 習熟度テスト\_解答入力\_トップ\_入力後 (ユーザー)

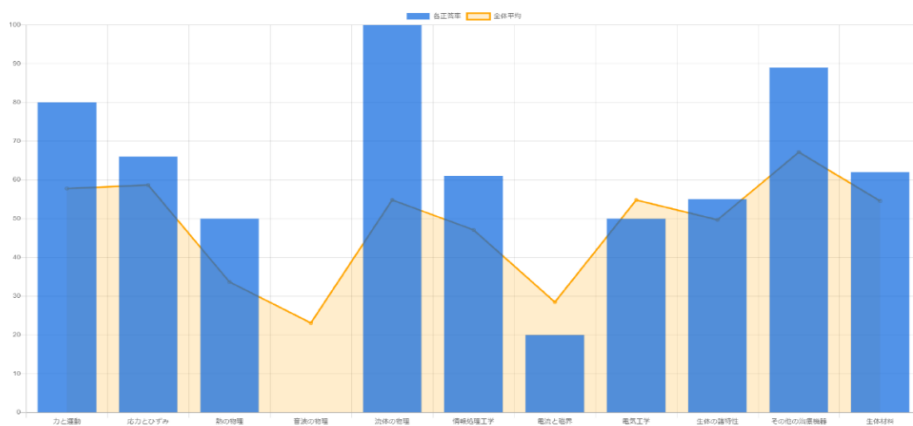


図 6-14 習熟度テスト\_解答入力\_トップ\_グラフ表示 (ユーザー)

管理者メニューへ

ログアウト

■学習支援システム > 管理者メニュー > 習熟度テスト実施状況 (一覧)

CSVダウンロード

ID	氏名	3年次秋実習－習熟度テスト12/10	詳細
		73% 19/26	詳細
		69% 18/26	詳細
		88% 23/26	詳細
		76% 20/26	詳細
		96% 25/26	詳細
		88% 23/26	詳細
		61% 16/26	詳細
		0% 0/26	詳細

図 6-15 習熟度テスト\_管理 \_トップ (管理者)



管理者メニューへ ログアウト

---

■メニュー > 習熟度テスト実施状況 (詳細)

ID: 3年次秋実習-習熟度テスト12/10

テスト名	期限	リセット	解答入力	問数	実施状況	問1	問2	問3	問4	問5	問6	問7	問8	問9	問10	問11	問12	問13	問14
腎機能と腎疾患	2020/03/31	<input type="button" value="リセット"/>	<input type="button" value="解答入力"/>	9	66% 6/9	○	○	○	○	×	×	○	×	○					
血液透析	2020/03/31	<input type="button" value="リセット"/>	<input type="button" value="解答入力"/>	14	71% 10/14	○	○	×	○	○	×	○	○	×	○	○	×	○	○
血液浄化	2020/03/31	<input type="button" value="リセット"/>	<input type="button" value="解答入力"/>	3	100% 3/3	○	○	○											

図 6-16 習熟度テスト\_管理\_個人 (管理者)

### 3. 結果・考察

#### 3-1 学習支援システムを利用中の授業

2017 年度より、3 年・4 年の全ての学生に本システムを開放するとともに、2 年生春学期の『電子工学演習』や『情報処理演習 I』、3 年生春学期の『生体機能代行装置学実習 I、II、III』などでの科目について、授業の中で学習支援システムを利用することを開始した。授業中における利用は順次拡大し、2019 年度現在、11 科目で利用している。図 7 にその詳細を示す。

科目名	開講期	範囲	形式	目的	開始時期
電子工学演習	2年春2	電気工学・電子工学			
情報処理演習 I	2年春1	情報処理工学	課題提出	授業内容の理解と整理	2017~2019
生体計測装置学 II	2年秋2	生体計測・画像診断			
生体機能代行装置学実習 I	3年春1	肺機能と肺疾患・人工呼吸器			
生体機能代行装置学実習 II	3年春2	心機能と心疾患・酸素療法・医療ガス・人工心肺・補助循環	課題提出	当該実習の知識の整理	2017~2019
生体機能代行装置学実習 III	3年春	腎機能と腎疾患・血液浄化・血液透析			
医用生体計測装置学実習	3年秋1	生体計測装置に関する分野	課題提出	当該実習の知識の整理	
医用機器安全管理学実習	3年秋2	医用安全に関する分野	習熟度テスト	3年次までの学習の整理	2018~2019
医用治療機器学実習	3年秋	治療機器に関する分野とその他の全ての分野			
臨床工学特別講義 I	4年春	全分野	課題提出	病院実習前の知識の整理	2018~2019
臨床工学特別講義 II	4年秋	全分野	習熟度テスト	国家試験準備	
自己学習	3・4年 通年	全分野	自由	学生の自由裁量	2017~2019

図 7 学習支援システム利用科目

#### 3-2 国家試験合格率の推移による評価

図 8 に、学習支援システムの導入前と導入後の 2016~2019 年度の本学科新卒卒業生の臨床工学技士受験者数、および合格者数 (合格率) の推移を示す。また、図 9 に、同期間の合格者の国家試験における最高、最低、および平均得点率を示す。2017 年度から本システムの利用を開始したが、導入前に比較して、合格率の顕著な改善がみられる。特に、直近の 2 年間の合格率は 100% であり、受験者数が 10 名以上の臨床工学技士養成 4 年制大学 31 施設の中で同様の合格率を達成しているのは、本校を含めわずか 2 校である。また得点率については年度ごとの国家試験の出題レベルに相違があるため一概に比較することはできないが、本システムの利用期間が長くなるにつれて最低点が上昇し、最高点との差が縮まっていることが分かる。このことから、合格率、および得点率の改善に対して本システムが一定程度寄与できたと考える。

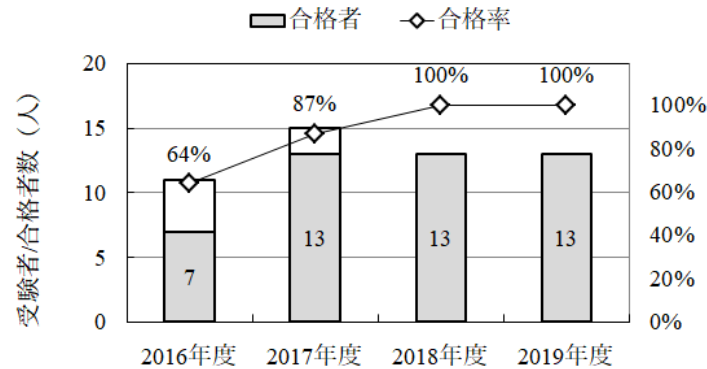


図8 臨床工学技士国家試験受験者・合格者の推移 (2016～2019年度 新卒卒業生)

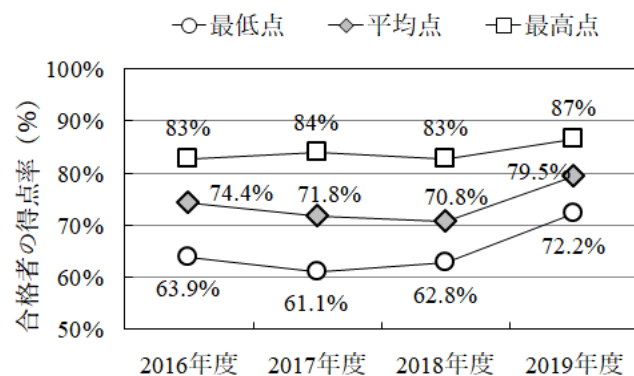


図9 臨床工学技士国家試験合格者の得点率の推移 (2016～2019年度 新卒合格者)

### 3-3 学習支援システムの改善 記述式設問の追加

学習がある程度進んでくると、「5者〇×問題」形式の学習がマンネリ化し、効果的な学習が期待できない現象が見受けられた。学習のマンネリ化の打破に加えて、このレベルに達した学生には、単に提示された問題文の正誤を正しく解答するだけでなく、当該分野について、その内容を系統だって自分の言葉で説明できる能力を身に付けて欲しいと考える。

このグループの学生には一段高いレベルの学習支援を行う必要があり、そのための学習支援ツールとして、設問に対して記述形式で解答する設問データベースの構築を計画している。図4-2の「5者〇×問題」が、「血液浄化療法中に体内に空気が流入した際の対処法で正しいのはどれか。」という設問に対し、提示された5つの選択肢の正誤を解答するものであるのに対し、記述式問題では、「血液浄化療法中に体内への空気流入が疑われる際の対処法について述べよ。」という問いを採用することで、透析治療中の空気誤入時における処置を総合的に説明できるための知識の整理と、論理だって説明する思考能力、さらに、そのためのプレゼンテーション能力が養えることが期待できる。学習を支援するために、「ヒント」の参照を可能にして、解答に含むべき項目とその順番を提示する。また、学生が発展的に学習を深める導入の目的で関連する解説や論文、およびURLなどを参考資料としてダウンロードできるようにする。これまでの学習支援システムにより、知識レベルがある程度に達した学生が、「記述式問題」を利用することにより、論理的かつ効果的に当該知識を説明できる能力を身に付けることを期待している。

### 3-4 習熟度テスト統計情報の活用

習熟度テストの結果は、クラス全体の統計情報として csv ファイルとして出力することができる。学生別の受験状況や問題別のクラス内正答数などの統計情報を一覧することができる。今後は、習熟度テスト統計情報により、学生ごとの指導やクラス全体での苦手分野の補講などを実施する予定である。

### 3-5 学習記録の活用

学生の e-learning を効果的に指導するために、e-learning 利用状況のログファイルの活用が提案されている<sup>15)16)</sup>。本システムにおいてもログファイルの利用は一部実施しているが、これを更に発展させ、学生のログイン時刻、学習時間、学習項目などをログファイルとして収集し、学生ごと、およびクラス単位でのシステム利用状況が分析できるようにして、学生自身の学習管理を支援するとともに、教員による学習指導の質の向上につなげる必要がある。

### 3-6 2020 年度春学期でのリモート授業への適用の試み

最後に、図7に示す4年生春学期実施の臨床工学特別講義 I の2020年度におけるリモート授業の試みについて述べる。臨床工学特別講義 I は、7・8・9月に行われる『臨床実習』で十分な実習成果を上げることができるレベルまで、次の二つの目標 (1) 各種医療機器を実際に操作することの再確認と再点検、および (2) 臨床工学技士関連知識の再確認と再点検、を行うことを目的とする授業である。このうち後者については、学習支援システムで作成した分野別の習熟度テストを10回実施することで担保している。

しかし、今年度は新型コロナウイルス感染防止対策の一環による対面授業の自粛に伴い、これまで、教室で行っていたテストの実施が困難となった。このため、以下の手順により、習熟度テストを実施することとした。

1. テスト前日に、受験開始・終了時間とともに、問題（パスワード付きの為、受信時点で開封できない）、解答用紙を添付ファイル資料として学生にEメールで送信する。
2. 学生は受験までに解答用紙を印刷しておく。
3. 受験条件（繰り返し学習を指定した回数終了していること）を満たしている学生に、試験当日の受験開始5分前に問題のパスワードをEメールで送信する。
4. パスワードを受け取った学生は各自の責任で受験する。この際、以下のことを順守する。
  - (ア) 単独で受験し、複数の学生と一緒に受験しない
  - (イ) 参考資料などは見ないこと
  - (ウ) 学習支援システムを利用しないこと
5. 解答時間終了後5分以内に、学生は解答用紙の写真を撮影し、添付資料として担当教員にEメール送信する。
6. 解答終了時間の5分以内に解答用紙の写真提出があった学生について、習熟度テスト解答入力許可の設定を行う。学生は各自、自己採点する。それ以外の学生については、テストを放棄したものとみなす

今年度の学生に対しこれまでこの方法を採用した全10回の習熟度テストを実施した。今回の試みの最終的な評価については、期末試験および国家試験の結果を待つ必要があるが、実施状況から判断するに、同時期に行われる模擬試験で10%程度の点数の上昇がみられただけでなく、緊張感をもって学生に学習

時間を確保させ、その成果を対面学習の方式をとらずに確認する方法として有効に機能していると判断している。言い換えれば、当初このシステムが目指した目標の一つである、学生に授業の目的を自覚させ、自発的な学習を習慣化させることへの有効な手段であると考えらる。

#### 4. まとめ

本研究では臨床工学技士の国家試験対策として国家試験の過去問や模擬試験の問題を活用し繰り返し学習にも効果的な学習支援システムの開発とその利用について報告した。学生の自己学習を容易に進めるため、学習項目を細かく分類し、豊富な問題数を収録、さらには出題形式にも多くのバリエーションを有するという特徴を持つ学習支援システムを開発した。この学習システムは既にいくつかの授業で利用され、課題を設けて提出状況を管理することで、積極的に学生に自己学習のための時間を確保させ、繰り返し学習を継続させることに成功している。

#### 参考文献

- 1) “臨床工学技士国家試験の合格率・合格率の推移【第33回/2020】”, <https://www.virgo11.com/shikaku/rinshoukougakugishi-goukakuritsu>
- 2) “第107回看護師国家試験合格状況”, [https://kango.career-tasu.jp/contents/kokushi-gokaku/\\_107/](https://kango.career-tasu.jp/contents/kokushi-gokaku/_107/)
- 3) “臨床検査技師の仕事”, <http://careergarden.jp/rinshoukensagishi/exam/>
- 4) “臨床工学技士の仕事”, <https://careergarden.jp/rinshoukougakugishi/exam/>
- 5) “理学療法士の仕事”, <https://careergarden.jp/rigakuryouhoushi/exam/>
- 6) 編集：財団法人 医療機器センター, 平成19年版 臨床工学技士国家試験出題基準, 株式会社 まほろば (2006)
- 7) 財団法人 医療機器センター, 24年版臨床工学技士国家試験出題基準, <https://www.jaame.or.jp/rinsyo/rinsyosiken.html?row=4>
- 8) 中里友子, 古山佳祐, 大久保英一, 小林和生: 臨床工学技士国家試験の問題解析と独自問題の作成, 帝京科学大学紀要, Vol. 8, pp. 163-168 (2012)
- 9) 古山佳祐, 中里友子, 大久保英一, 小林和生: 臨床工学技士国家試験学習システムの構築: 計算問題出題システムの開発, 帝京科学大学紀要, Vol. 9, pp. 171-175 (2013)
- 10) 龍 則道, 古川文人, 渡辺博芳: 臨床工学技士国家試験を対象とした過去問から複数形式の問題を生成するツールの提案と評価, 情報処理学会第81回全国大会, Vol. 1, pp. 587-588 (2019)
- 11) 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”, 臨床検査学教育, Vol. 1, No. 2 (2009)
- 12) 佐々木紀子: 臨床工学技士の認知領域の向上に及ぼす試験の繰り返しによる効果, 日本保健福祉学会誌, Vol. 20, No. 2, pp. 15-22 (2014)
- 13) “北里大学臨床工学資格試験のための自己学習システム”, <http://mm.ahs.kitasato-u.ac.jp/~ce98733/me2/index.html>.
- 14) “東亜大学臨床工学技士国家試験学習システム紹介”, <http://www.toua-u.ac.jp/campus-life/tudy-support/e-learning.html>.
- 15) 松村聡, 橋本英樹, 畑明寿, 服部恭介, 三村邦裕, 藤谷登, 医療系国家試験対策CAIシステムの構築, 千葉科学大学紀要, Vol. 2, pp. 33-36 (2009)
- 16) 小嶋和恵, 福田信吾, 児玉泰, 当間健夫, 武田明, 臨床工学技士教育のためのe-learningシステムの構築と検討—臨床工学技士国家試験対策—, 中部大学教育研究, Vol. 17, pp. 83-89 (2017)