

WebClassの利用状況から見た本学学生の物理学への取り組み

小松 真

(受理 2022年12月9日)

Approach to the elementary physics of the freshman observed from the usage
situation of WebClass in Iwate Medical University

Makoto KOMATSU

1. 本報告の背景と目的

岩手医大物理学科では矢巾キャンパス創設以来、9月からの後期・薬学部の授業で基礎物理学を担当している。大学の物理・物理化学では微積分や対数に対する理解が必要だが、本学の受験科目の関係もありうまく理解できない学生が多かった。また物理・化学問わず、単位の換算や補助単位を含めた数値等の換算・計算に弱い学生も多く基礎物理学の講義だけでなく、11月からの物理学実習などの進行に影響がある場合も少なくなかった。

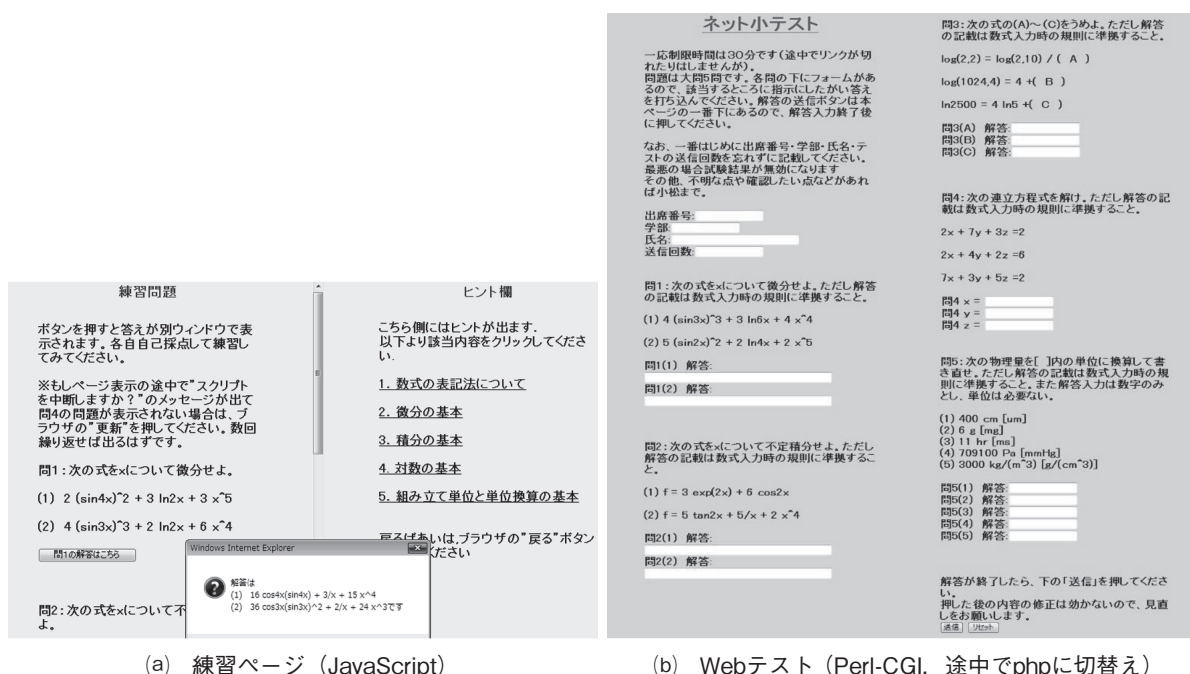
一方で物理学科では令和3年度まで前期・薬学部の情報科学の授業も担当していた。この状況を利用し、物理学科では平成22年度よりこの情報科学の授業内で6月より基礎的な高校数学を補強するようナリメディア教育を行い、後期の担当授業になるべく差し支え無くスムーズに移行できるように取り組みを行ってきた。これらの内容は岩手医科大学教養センターで発行している「学窓」にて報告をしてきた。その積み重ねの結果、令和3年度にはWebClassを用い基礎的な高校数学の自習教材を作成するに至った。令和4年度に岩手医大のカリキュラムが変わり、前期の情報科学の担当がなくなったため、同様の取り組みの継続は難しくなった。だが今後も後期担当の授業の内容には大きな変更がないため、これまでの取り組みと同様の効果がある何らかの取り組みを継続することは必須であろう。ここではこれまでの蓄積から、主に学窓で報告してきた内容を包括的かつ総括的にまとめ、最終的に運用されたWebClassの自学自習教材が有効であったかを検証する。同時に今後、物理学科で担当が続く後期の授業の取り組みとしてどのような方針が重要かを提示しておく。

2. WebClassによる教材導入の経緯と教材の概要

2.1 WebClass導入前の物理学科の取り組みと変遷

物理学科で担当する講義、特に薬学部基礎物理学に関し、高校数Ⅲ・対数・単位換算などに関する基礎学力が不足している学生は、矢巾キャンパスが設置された当初より一定割合で存在していた。このような学生の割合を低減させることは、入試での選抜をもってしても解決が難しく、前期のうちにリメディアル教育を実践することが重要であった。物理学科の担当授業について高校分野の学力が不足している分野は、理科の分野も当然あるものの問題視されるのは数学関連の分野が多かった。しかしこれについて正課の授業で対応するには、時間数の関係からカリキュラム全体にかかわる問題となりやすくマイクロレベル¹⁾での対応が困難と考えられた。また本来は2年生以降の物理関連科目との調整をつけることが理想でもあったが、これもまたマイクロレベルでの対応が難しい環境であった。

そこで高校数Ⅲ・対数・単位換算などに関するリメディアル教育については、各自で自主学習のスタイルを確立し実践してもらうことを促進し、学生が自己解決できる環境と流れを作ることを目標に、平成21年度より当該内容にかかわる記述式テストを前期のうちにやることとした。4月入学後、授業内でこのテストを6-7月に行うとアナウンスし、それに向け4-6月の2-3ヶ月程度の期間で自己学習により準備してもらうこととした。だがこの取り組みはうまくいったとはいいがたく、テスト内容を提示したとしてもそもそも何の学習をすればよいのか、目的の問題集などを自分で探すことすら難しい、といった学生の存在が明らかとなった。またこれらの取り組みは正課の授業時間を削減しないように配慮した場合、シラバスの記載方法、ならびに教員の正課以外の教育に対する学生フォロー時間の確保について限界があり、学生の自己学習だけに期待するのも難しい状況となっていた。



(a) 練習ページ (JavaScript)

(b) Webテスト (Perl-CGI, 途中でphpに切替え)

図1 平成22年度に設置したphpによるWebテストと練習ページ²⁾

そこで平成22年度より、紙媒体の記述式テストをWebによる記述式テストに切り替え、同時にテスト内容を模擬した練習ページを作成して学生の自己学習教材として提供し、既述の自主学習が困難な学生に対する選択肢の一つを用意するという方針に切替えた（図1参照）。矢巾キャンパス設置当初から図書館でPCを貸し出していたこともあり、受験率は90%を超え、この受験率は今と比しても遜色はない。ただしサーバ管理を物理学科で行っており、個人情報等を当方だけで扱うことは法的な制約などもあり難しく、アクセス解析は完全にはできない状況であった。

表1 過去のWebテストの問題別平均正解率（調査人数延べ201人、平均解答時間 43.8 min）

問題の内容	学習時期	正解率（%）
簡単な微分 （多項式＋三角関数＋対数）	高校数Ⅲ	68.66
簡単な積分 （多項式＋三角関数＋対数＋指数）	高校数Ⅲ	70.40
対数の計算	高校数Ⅱ	75.62
3元1次連立方程式（やや複雑）	高校数Ⅰ	63.68
単位換算（長さ）	小学校高学年	72.14
単位換算（重さ）	小学校高学年	76.62
単位換算（時間）	小学校高学年～中学前半	64.18
単位換算（圧力）	高校化学Ⅰ，物理Ⅰ	58.21
単位換算（密度）	小学校高学年～高校化学Ⅰ，物理Ⅰ	48.26

当時のWebテストは情報リテラシーにかかわる技量と知識の差があまり出ないような対応をするため（半角と全角の違いによる誤答が生じないように配慮するなど）自動採点の形式はとらず、入力結果を手動で採点していた。そのため問題は記述式と同じような形式で出題が可能であった。問題は大学枠としては同形式または類似のフレームを持ち、指定した単位・係数・数値などがアクセス毎にランダムに変わる方式を採用した。これにより解き方は同じであっても、まったく同じ問題は出題されないように配慮した²⁾。

受験回数は3回までで、最も良い点数を採用した。その結果、表1のように入学後3ヶ月が経過した時点で基礎学力にかなり問題があることが浮き彫りとなった。

Webテストはその後3年間同じような傾向が続き、設問全体を平均して60-68%の正答率であった。これは期待していたよりも低い数値の推移であり、改善の必要性があると考えられた。これに際し、学生からの意見で「送ったあとに間違いに気づいた」「自分が当たっていたのかどうか確認したい」「一度解いた後に見直す時間があるとありがたい」という意見が毎年散見していたことから、平成25年度から見直しページとテスト直後に自己採点できる正答公開ページを新たに設置した（図2参照）。この設置の効果は非常に大きく、正答率が急上昇し採用以降10ポイント程度の上昇が見られるようになった（図3参照）。これについて試験の受験回数によらない延べ正答率ではなく、最終的に学生が獲得したWebテストの得点をより詳細に解析したところ、見直しページと正答公開ページの設置の有無により平均得点に統計的有意差が認められ、設置の効果があったと判断された³⁾。

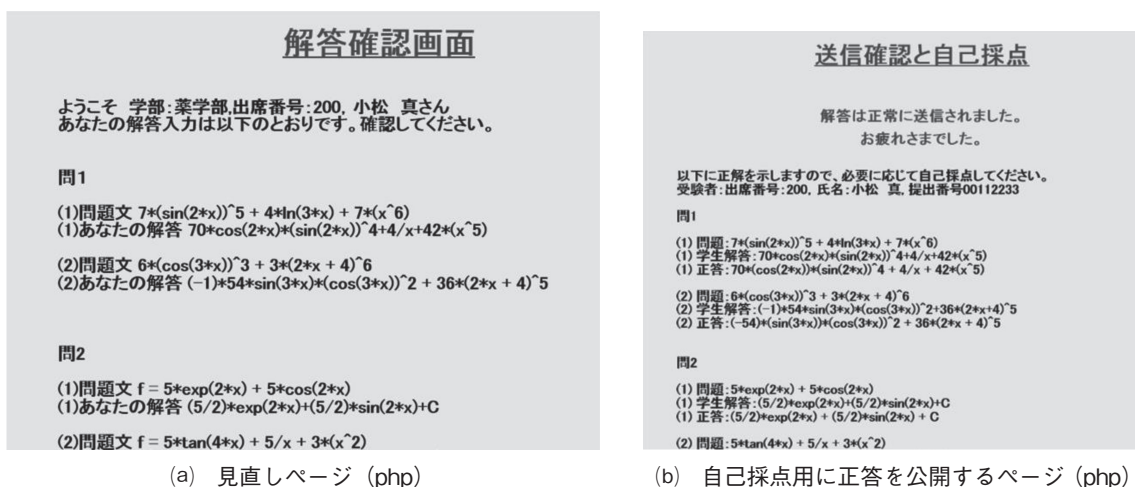
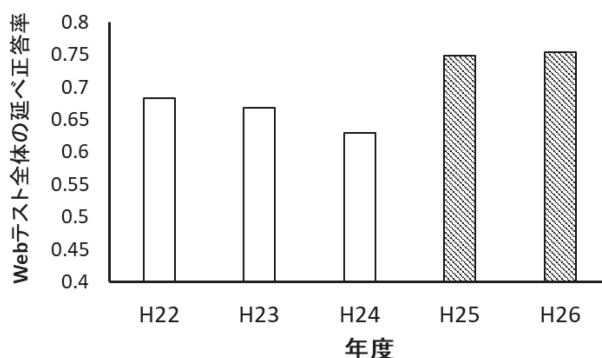
図2 回答送信時に設置した見直しページと自己採点ページ³⁾

図3 見直しページの有無によるWebテスト正答率の違い(受験回数によらない延べ正答率, 斜線グラフが図2の見直しページ・自己採点ページ設置年度)

2.2 WebClassを用いた教材の設計と目的

これによりWeb教材の作成は成果が出て落ち着いたかに見えた。しかし以下の新たな問題が生じた。

- 1) Webの発展により個人情報を使わずサーバ管理することの負担が激増
- 2) 個人のWeb教材利用などのアクセスログの解析が困難で教材の有効性は不明
(あくまでWebでテストをする有効性しか見いだせず)
- 3) 採点の手間が記述式とほぼ同じだったため、薬学部の人数が多かったことによる採点の負担が改善されない

特に1)の問題が非常に大きくその負担を軽減することが重要となった。そこで岩手医科大学にすでに導入されていたEMSのWebClassを採用し、教材を新たに作成することとなった。岩手医大ではアイアシスタントもあり、スケジュールの管理や連絡通知等の面では非常に有益だったものの、ドリルページのバリエーションの関係で、「個人情報を取り扱えて信頼できる管理を実現できる」EMSとして考えた場合、目的を達成しやすいのはWebClassのほうだと判断し採用した。ただしWebClassではcgiやphp, 各種スクリプトを導入しWebブラウザで動作するプログラムを実装できない。これにより試験形式の変更は必至で、あくまでWebClassの中にある形式を利用しつつ問題を考案する必要があった。そのため記述式ではなく、選択式の問題に変更することを余儀なくされた。以上に留意し

ながら、平成27年度からWebClassを用いたWebテストページと自主学習ページの作成を実施した。選択肢作成については、当初平成27年度では係数や三角関数のみを変えるなどの、他の選択式テストでよく採用される手法で選択肢を作成していたが、選択群の正答率が統計的に有意に高く、選択肢の内容に「潜在的ヒント」がある可能性が高いと判断された。そこで平成28年度以降は平成24年度～平成26年度の誤答をリストアップ（平成23年度の基礎物理学の誤答傾向の調査と同様の方法⁴⁾）しランキングを作成して、上位3位までを採用し選択肢に反映した。これはEMSの黎明期であった当時から、過去と間違える傾向が変わらないという他大学のデータ⁵⁾を参考にし、かつ当方でも同傾向が見られると判断したことから採用した方法である。ただしランキングの詳細と選択肢生成ルーチンの公開は、学生の勉強以外での正答導出につながるのここでは差し控える。

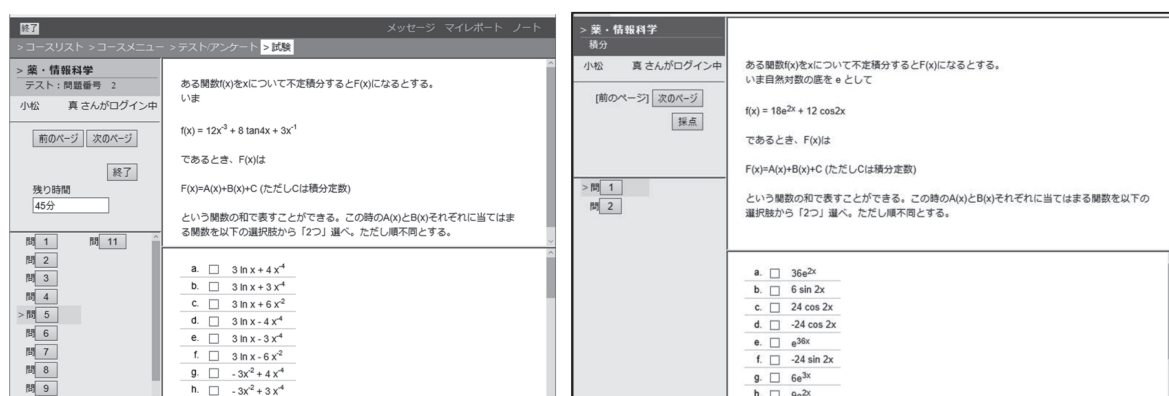


図4 WebClassを用いたWebテストページ⁶⁾(左)と練習ページ⁷⁾(右)

テスト形式としては複問選択式で、WebClassに搭載された基本機能を利用したものである（図4参照）。これにより採点が自動化され教員の時間的負担が軽減されたほか、回答傾向とアクセスログのデータ整理と解析が可能になった。加えて練習ページに限っては自己学習時の使い勝手が向上している。一方でWebテスト時に自分の回答の見直しと自己採点が出来なくなったという欠点が生じており、平成25年度に有効とされた手法の採用が不可能になった。そのため、WebClassでのテストと自己学習用教材を作成したことに対し、その効果と教材の有効性を再度検証する必要性が生じた。

2.3 WebClassの教材の妥当性と検証について

WebClassで選択式の試験をするにあたり、自己学習を促すうえで選択式特有の「潜在的ヒント」による誤った実力の計測をなるべく回避するため、複問選択式だとしても記述式やphpによるWebテストに近い実力の計測能力を要することが望ましい。そこで2種類の検証を行い実力の計測能力を検討した。

一つ目の検証では数Ⅲ微積について、平成26年度に行った記述式の正答率と平成27年度のWebClass選択式の正答率を比較した。問題は記述式、選択式とも同程度の問題を微分2問、積分2問出題した。問題数が少ないため、正答と誤答の比についてFisher直接確率計算で有意差の有無を検証した。これによりランキングに基づいた選択肢生成の生成ルーチンの妥当性を検討した。

この手法だけだと検査年度以前のデータと検査年度の年較差が含まれているので、当該年度内での定期試験において、記述式の正答率とWebClassと同様の選択式の正答率を比較した。薬学部の情報科学の定期試験内に、成績に一切反映されない微積の問題を含めておき、全く同一の微積の問題につ

いて記述群と選択群に分割し、その正答率を比較した。群分割は出席番号によりランダムとした。問題数が少ないため、正答と誤答の比についてFisher直接確率計算で有意差の有無を検証した。これにより選択式で記述式に近い効果が表れるか否かを検討した。

その他、自己学習教材について有効に活用されそれが効果的だったかの検証が重要である。最終的な目的は後期の基礎物理学や2年時以降への円滑な接続であるため、本来は当該内容と関連する科目について関連を検証すべきなのだが、現状のカリキュラム上検証できる授業設計になっていないと判断し、今回は学生の練習ページの使用回数とWebテストの結果の関連の有無にとどめた効果確認とした。ログ解析データから練習ページの使用回数ごとにWebテストの平均点を求め、Steel-Dwass法で有意差を検証した。

3. WebClassによる教材導入の結果

3.1 完成したWebClassの教材の概要について

平成27年度から平成29年度までの期間において、WebClassの選択式の正答率を平成26年度の記述式の正答率と比較した結果が表2である。平成27年度の全問題ならびに全対象年度の単位換算については、平成26年度と比較した場合のp値が0であるため記載していない。全問題について記述式と選択式の正答率に5%水準で明確な有意差があるものの、選択群の正答率のほうが低く潜在的ヒントがある可能性は低い。だが選択肢の内容に潜在的ヒントの可能性と年較差の影響が混在しており、この比較から本手法での選択肢生成が適切かどうか論ずるのは難しいと判断した。

表2 H26の記述式正答率とH27-H29のWebClass選択式正答率比較

問題	H26 正答率	H27 正答率	正答率	H28 H26比較時 p 値	正答率	H29 H26比較時 p 値
簡単な微分 (多項式+三角関数+対数)	75.13%	40.24%	64.47%	0.00207	66.48%	0.0218
簡単な積分 (多項式+三角関数+対数+指数)	66.79%	36.02%	56.29%	0.00476	54.68%	0.00191
対数の計算	87.61%	67.02%	76.90%	0.000128	78.40%	0.00165
単位換算 (圧力/H27以降は選択式のみ対象)	55.90%	67.94%	80.00%	-	85.39%	-
単位換算 (密度/H27以降は選択式のみ対象)	72.31%	33.59%	54.78%	-	38.20%	-

p 値はFisher直接確率計算

表3 記述テストにおける選択群と記述群の年度別正答率比較 (成績に関与しないデータ)^{6), 8), 9)}

	選択	H27 記述	p 値	選択	H28 記述	p 値	選択	H29 記述	p 値
全 体 数	77	80	-	65	64	-	52	49	-
微分正答	27	19	0.12	29	29	0.937	20	19	0.974
積分正答	15	3	0.002	16	19	0.517	15	16	0.678

p 値はFisher直接確率計算

表3は平成27年度から平成29年度までの期間に、定期試験のうち成績に関与しない問題のデータを用い、数Ⅲ微積に関する問題の記述群と選択群に分割し正答率を比較した結果である。選択式問題に

については図4練習ページと同形式であり、選択肢生成の手法が前述 2.2 WebClassを用いた教材の設計と目的 で言及した内容に基づき、平成27年度は一般的な選択肢生成、平成28年度－29年度は誤答のランキングからの選択肢生成となっている。平成27年度の係数を変えただけの選択肢生成では、特に積分について記述群と選択群の正答率に明確な有意差があり、選択肢の内容に何らかのヒントがある可能性が高いと判断された。一方でランキングを基にした年度はやはり選択式の方が正答率はやや高いものの、明確な統計的有意差がなく選択群が幾分記述群に近い正答率になると判断された。なお、前年度における高校前の数Ⅲ履修状況の影響が、記述群と選択群には反映されていないことは別途調査で確認済みである^{6), 8), 9)}。以上より、平成28年度以降に採用しているランキングを基にした選択肢生成では、それ以前に採用していた典型的な選択肢生成よりも記述式に少し近づいた学力判定能力があると推測できた。但し比較的ということであり、明確に記述式と同等ではないことには十分注意すべきである。

3.2 教材の使用状況と学生の回答傾向について

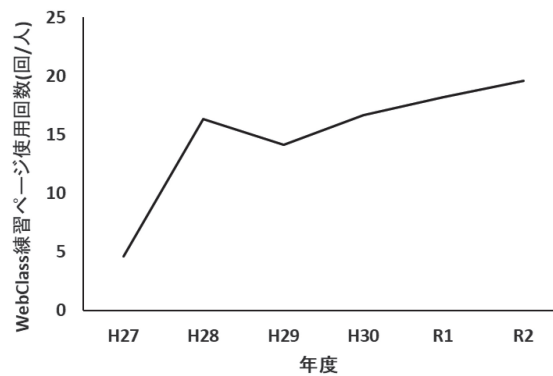


図5 WebClassの年度別練習ページ使用状況

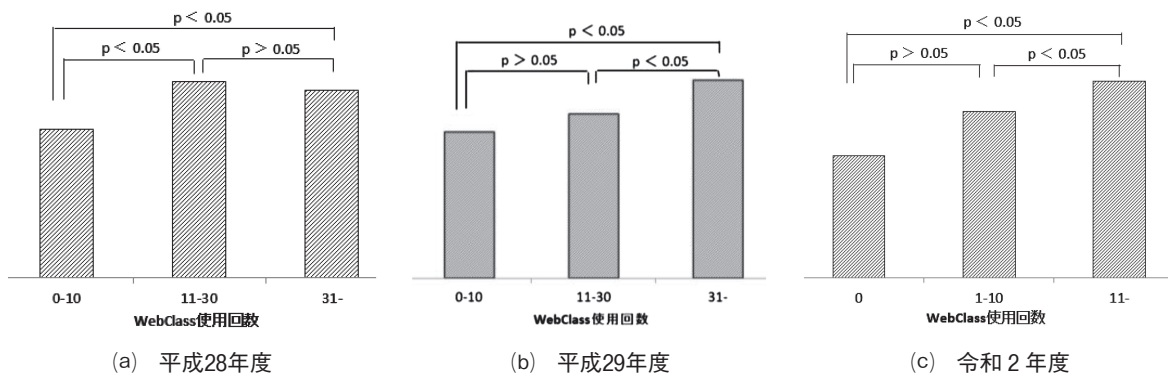


図6 使用回数と平成28年度以降の選択式Webテスト結果の関連 (p値はSteel-Dwass法で計算)^{6), 9), 10)}

アクセスログと学習履歴の大まかな解析はWebClassを導入した平成28年度より開始している。本学の学生数自体は減少しているものの、学生一人当たりの練習ページ利用回数は増加傾向にある(図5参照)。一方で年度ごとに使用回数と選択式Webテストの関連に注目すると、平成28年度においては必ずしも練習ページへのアクセスが多い学生が高い正答率だったわけでもなく、練習ページの有効性としては明確ではないと判断された。この結果について、当時はWebテストの結果はむしろ学生

の危機感の問題に結びついていると考え、利用回数が少ない学生は学力以上に危機感が欠如している一方、多すぎる学生は危機感こそあるものの基本的な学力が足りない問題を解決しきれない学生がいるのではないかと解釈していた。この場合、練習ページがWeb教材として活用されているかどうかは未知数であり、学生自身が自分に合う教材を見つけ解決するパターンも相当数あると考えていた。だが、平成29年度以降ではその傾向が大きく変わり、使用回数が多いほどWebテスト正答率が高い結果となっている。この傾向は令和となりコロナ禍の環境下でも変わっていない。これより、近年は行動履歴やログ解析から学生の成績や動向がむしろとらえやすくなった側面もあると考えている。以上を総括すると、練習ページは近年になってうまく活用されてきた傾向もみられるものの、これが学力の向上やリメディアルに役立っているかは別途調査が必要と思われ、その点での解釈には慎重さを要する。

4. WebClassを用いたテストと教材に関する考察・検討

本学の学生、特に歯学部と薬学部については物理・数学は苦手としている傾向があり、大学側からのアプローチを必要とする対策には時間やリソース面で限界があると考えられた。そのため物理学科としては自主学習を促進する教材やシステムが必要と考え、その製作設置に取り組んできた。社会の変化に伴い平成26年以前にcgi、phpで製作し、いったんはうまく動作していたものを更新する必要性が生じたが、もともとのコンテンツが持つ長所を生かせる環境の用意が難しく、結局はそれまでに得られたデータの傾向を踏まえ、ほぼ一から再開発するのに近い状況となった。その過程で考案したものが選択式でありながら、選択肢の生成方法を見直すというものであった。正答率の比較から考えて、考案した誤答のランキングに基づく選択肢の生成は、統計的に確実にまでは言えないものの、それまで典型的に行われていた選択肢生成に比べ記述式に近い実力の査定能力があると期待できる結果であった。本手法によりWebによる選択式問題は、記述式問題と同等の難易度を持つものになり近づけたものと自負している。これにより自主学習の第一歩として、危機感と自主性のある学生や慎重な学生については、危機感の誘起や弱点の洗い出しにより、リメディアル学習を促す機会を作る上では機能しているのではないかと考えている。

一方で自主学習教材として、Webによる選択式問題を採用したテストに連動した形式で、練習ページを製作した。近年の動向からみれば使用回数とテストの結果には相関があるとみられ、自分で教材を見つけられない学生やスタディスキルが不足気味の学生については、自主学習教材の一つの選択肢として機能しているのではないかと考えている。また近年の傾向としてアクセスログの解析結果と学生の動向がリンクしやすくなってきたのは、ICTやネットが学生に身近になったためとも考えられる。Society5.0への対応などが大学教育にも求められてきている環境下ではこの傾向は追い風であるとも言え、更に当方で用意した教材や教育内容に合わない学生をいち早く見つけ、個別対応を必要に応じ行いやすいという観点からは、人的リソースの有効配置という上でも利益があると考えられる。まずICTを用いた授業や教材を多数の学生が理解活用しやすいものに合わせ、その方法が合わない少数の学生への個別対応に教員を配置することができれば、ICTを用いたより幅広くきめ細かい教育を実現することにつながるだろう。またWebClassは採点の労力軽減や学生の自己学習促進という観点だけでなく、正答状況のデータやログから種々の解析を行うことが容易である利点がある。学生の動向をつかみつつ、時代の変化や高校以前の教育課程の変遷に適応した修正も、一度大枠を完成させた環境下であれば紙媒体等に比べ容易にできるメリットもある。ただ一方で、平成26年度以前に学生の実力涵養に対する有効性が確認されていた「自己採点」機能が残せなかったことは残念であった。現状の機能に回答内容確認の機能を組み込むことができるだけで、教材全体の機能がさらに向上すると期待して

いる。今後この機能をどう実装していくかを考案していきたい。

ここで論じてきた自己学習教材については、近年もう一つの問題が持ち上がっている。設問文が実験など実践的な作業手順を含んだ文章などになっている場合、その内容を読解する力に問題があり、適宜文章から式を構築できない学生が増加しているようである。平成30年度以降、上記内容のうち単位換算について追加検証しており、設問文が実践的内容を含む文章題になっている場合と、単純な単位換算の場合についてその正答率を比較したところ、文章題の正答率が有意かつ圧倒的に悪く、設問の読解力と解釈の力不足が新たに問題になっている¹⁰⁾。この問題は過去から潜在的に存在していた可能性もあるのだが、この対策を今後考えていく必要がある。しかしWebClassでこの問題に対応したシステム構築の難易度は非常に高いと考えられる。これについてはWebClassにこだわらず、今後多方面から検討して問題解決にあたる必要があるかもしれない。今のところ過去の記述解答をデータ化して、テキストマイニングで解析することなども必要かもしれないと考えている。この結果については今後別途公表する機会を作る予定でもある。

これらの取り組みは主に2021年度までの情報科学で行ってきたが、2022年度より担当が情報科学科となったため、継続した取り組みが全く同じ形では出来なくなった。但しこれらの傾向は大きく変わることはないと考えられ、これまでに得られたデータを参考にしつつ、同様の教材を物理学科で担当する授業のWebClassコース内に作成して、入学後すぐに4月から学生に自主学習を働きかけるような取り組みをしていくことができれば、うまく過去の成果を利用して後期の授業や2年時以降につなげることができるのではないかと考えている。

参考文献等

- 1) 関沢和泉, ミクロな教育改善をマクロな質保証に繋げる, 大学教育再生加速プログラムテーマⅡ・Ⅴ共同開催 “高等教育に求められる質保証を考える”, 品川THE GRAND HALL, 2018年2月16日
- 2) 岩手医科大学物理学科, 医療系総合大学における自然科学系教科の学部横断的教育カリキュラム編成と実践, 平成22年度学窓, 263-271 (2011)
- 3) 岩手医科大学物理学科, 医療系総合大学における自然科学系教科の学部横断的教育カリキュラム編成と実践, 平成25年度学窓, 251-264 (2014)
- 4) 岩手医科大学物理学科, 医療系総合大学における自然科学系教科の学部横断的教育カリキュラム編成と実践, 平成23年度学窓, 251-264 (2012)
- 5) 辻川亨, 数学の確認テスト結果から見える工学部新入生の現状, 第21回高等学校と大学との物理教育に関する連絡会, 宮崎大学工学部, 平成25年12月7日
- 6) 岩手医科大学物理学科, 平成29年度物理学科における実践教育報告, 平成29年度学窓, 95-106 (2018)
- 7) 岩手医科大学物理学科, 平成30年度物理学科における実践教育報告, 平成30年度学窓, 103-114 (2019)
- 8) 岩手医科大学物理学科, 平成27年度物理学科における実践教育報告, 平成27年度学窓, 109-120 (2016)
- 9) 岩手医科大学物理学科, 平成28年度物理学科における実践教育報告, 平成28年度学窓, 89-100 (2017)
- 10) 岩手医科大学物理学科, 令和2年度物理学科における実践教育報告, 令和2年度学窓, 101-116 (2021)