

基礎数学科目の学習自己点検結果による数学学習状況の推測

高橋 琢理 (東京医科歯科大学 大学院保健衛生学研究科, tck.ind@tmd.ac.jp)

高原 健爾 (福岡工業大学 電気工学科, takahara@fit.ac.jp)

足立 孝仁 (福岡工業大学 電気工学科, mem11001@bene.fit.ac.jp)

小田部 貴子 (福岡工業大学 電気工学科, t-otabe@fit.ac.jp)

若松 秀俊 (東京医科歯科大学 大学院保健衛生学研究科, wakamatsu.bse@tmd.ac.jp)

Speculation of students' achievement from the self-inspection score of basic mathematics classes

Takuri Takahashi (Graduate School of Health Care Sciences, Tokyo Medical and Dental University, Japan)

Kenji Takahara (Department of Electric Engineering, Fukuoka Institute of Technology, Japan)

Takahito Adachi (Department of Electric Engineering, Fukuoka Institute of Technology, Japan)

Takako Otobe (Department of Electric Engineering, Fukuoka Institute of Technology, Japan)

Hidetoshi Wakamatsu (Graduate School of Health Care Sciences, Tokyo Medical and Dental University, Japan)

要約

本研究の目的は、社会的に大きな課題となっている大学生の基礎的学力低下に対する支援の指針として、基礎数学科目の学習状況から学生の理解の様子を推測し、その結果に基づいて支援を実施しようとするものである。福岡工業大学電気工学科で開講された2つの数学基礎科目で、学習自己点検を実施し、受講生に各自の学習について振り返らせて、その改善点に気づかせ、継続的な学習を促す取り組みを行ってきた。また、知識の定着度を確認するために、講義ごとの内容について小テストを実施した。ここでは、小テストの得点および期末試験の得点との相関と、一週間の学習時間と期末試験の得点の相関について検討した。その結果、小テスト得点と期末試験得点には有意な相関が見られたが、学習時間と期末試験の得点には明確な相関は示されなかった。一方で、多くの学生に、図形的な理解力が不足傾向であることがわかり、学習量が少ないだけでなく学習方法にも問題があることがわかった。

キーワード

基礎学力, 自己点検, 推測, 数学, リメディアル教育

1. はじめに

大学生の学力低下が大きな社会問題となっており、大学では様々な対応に苦慮している(読売新聞教育取材班, 2009)。それは、知識詰め込み型の教育からの脱却を目指した「ゆとり教育」の「負の成果」のひとつと考えられるが、例えば電気技術に関わる調査として中学校技術科目における電気に関する素養についての調査によれば、大学生の「工夫創造」に関する問題の正答率が低く、本来「ゆとり」によって育まれるはずであった「基礎・基本となる知識を活用することで生活を工夫し創造する力」が十分に育成されていないことが指摘されている(江口他, 2011)。また、数学の学力国際調査からは、高校一年における日本の成績は2000年の調査で参加国中第1位であったが、2006年には10位まで後退(国立教育政策研究所, 2007)し、我が国の学生・生徒の学習習慣の欠如が深刻であることが明らかとなっている(ベネッセ未来教育センター, 2007; 2009; 2010)。その結果、大学での勉強の前提となる基礎的内容も学習習慣も入学以前に身につけていない学生が少なくないことから、多くの大学でリメディアル教育が一般的なものとして定着してきた。

福岡工業大学電気工学科では、質の高い技術者を育成することを目的として、基礎的知識の確実な習得を重視している。入学生は多様な教育背景を持っていることから、リメディアル教育の一環として、専門科目を理解するために最低限必要な高校程度の数学や物理の理解を確認し、その定着を図る「基

礎教育科目」を設置している。これらの「基礎科目」のうち、数学では2009年度からアンケート形式により学習状況の自己点検を実施している(高橋他, 2010)。これは、学生が自己の理解度について振り返る機会を与え、理解が進まない学生に、自らの学習習慣の形成や学習方法に問題があることを自覚させるためのものである。自己点検で申告された学習状況は、定期的にグラフ化して学生にフィードバックするなどして、直感的にも学習習慣を「振り返らせる」工夫を行ってきた。その結果を分析することで、このようなリメディアル教育における学習自己点検の取り組みが、学生の学習習慣形成の一助となることがわかった(高橋他, 2011a; 2011b)。また、講義だけで内容を理解するのが困難な学生に対しては、ティーチングアシスタント(TA)を導入して補講を実施することで理解が促進されることを報告した。さらに、通常の講義でも、TAに対する質問の機会を十分に確保することが科目内容への理解を助け、学力の向上に繋がることを報告してきた(高橋他, 2011c)。

しかしながら、このような試みにもかかわらず、科目内容への具体的な理解を教科の期末テストにおける成績として求めた場合、全体としてはまだ満足に足る結果とは言いがたい状況も示された。そして、このことから学習時間を確保しているにもかかわらず、成績が伸び悩む学生が増加していることが推測された。それらの学生にとって、ただ「勉強せよ」と指導されることだけでは解決策は得られず、どのような学習をすべきかについても含めた指導が必要となる。

そこで、本論文では小テストと期末試験の結果から学生の理解度を推測し、学習援助の介入を早期に実現できる環境を

整備する。これまで実施した一年生に対する基礎数学科目で学習自己点検について簡単に触れたうえで、再履修者クラスにおける自己点検について述べる。続いて、一年生の自己点検における理解度と学期末試験の関係を示す。そして、この関係から自己点検点数によって学生の理解度を推測するとともに、学生の学習方法における問題点について学生の自由記述から検討を行う。

2. 学習自己点検および再履修クラスの実施

2.1 数学基礎科目と自己点検内容

福岡工業大学電気工学科では、2012年度入学生から新カリキュラムで教育を行っているが、2011年度まででは、1年次前期に高校から大学の専門科目への接続として、数学基礎演習A、数学基礎演習B、線形代数Ⅰ、解析Ⅰの基礎数学科目を前期に開講していた。また、このうち、線形代数と解析については後期でもそれぞれ線形代数Ⅱ、解析Ⅱとして基礎科目を開講していた。各講義の学習内容は表1の通りである。

それぞれの講義では、毎回各単元に関して教科書や参考書の基本例題程度の小テストを実施している。また、補習や再テストを繰り返すことにより、学生に理解させるように心がけている。

表1：基礎数学科目とその主な学習内容

科目	主な学習内容
数学基礎演習A	三角関数, 複素数
数学基礎演習B	集合, 数列, 指数, 対数
線形代数Ⅰ	ベクトルの演算, 行列, 掃き出し法による連立一次方程式, 逆行列の計算
線形代数Ⅱ	ベクトルの1次結合と1次独立性, ベクトル空間の基底, グラム-シュミットの直交化法, 部分空間とその基底, 線形写像とその表現行列, 平面上の座標系の変換
解析Ⅰ	関数の基本事項, 基本的な初等関数, 関数の極限, 微分係数, 導関数
解析Ⅱ	平均値の定理, 関数の増減と凹凸, 関数のグラフ, 定積分の定義と性質, 不定積分, 原始関数, 積分計算の基本公式と置換積分法, 有理関数の積分

これらの基礎科目では、既に述べたように学習状況を自ら改善する機会を提供するために2009年度から講義中に自己点検を実施し、弱点の把握と必要な再学習を促すように試みている。自己点検は、講義終了時に行うものとし、学生の負担にならないように5分程度で記述できるように質問項目を厳選した。具体的には、まず前回の講義内容の定着度を確認する小テストの結果の得点を記載させ、これに対し①十分満足している、②少し満足している、③少し不満である、④非常に不満である、の四段階で自己評価を行わせた。さらに、学生自身が自らの学習の姿勢や方法に対する客観的な視点で振り返る「気づき」の機会を与えるため、その自己評価の理由を自由記述させた。そして、小テストで結果を出すために取り

組んだ内容について、今回の学習時間、取り組んだ学習内容を記載させて振り返らせた。また、現状から次回の演習に対する取り組みとして、予定学習時間、予定する学習内容について記載させた。その上で、今後の演習に対する改善として①教科書・ノートなど読む、②問題を解く、③先生・先輩に訊く、の三項目から選ばせた。③先生・先輩に訊く、は2010年度に追加した項目である。自己点検に書かれた項目のうち小テストの得点と学習時間の推移は科目ごとにグラフとして可視化し、定期的に学生にフィードバックした。なお、講義や補習には積極的にTAを配置し、質問しやすい環境の提供に努めた。

2.2 再履修クラス

数学基礎演習Aについては補講などを実施し、不合格の学生に対しては翌年度に再履修のクラスを開講することで知識の定着を図ってきた。再履修クラスでは、学習計画を予め提出させた。そこには、一週間の曜日ごとの学習予定時間と、教科書、講義ノート、問題集での学習内容を記載させ、提出時には担当教員あるいはTAがその内容を確認し、実行可能なものとなるように、学生と話し合って修正した。その際、苦手な単元とその理解度を記述させることで、自己の弱点を認識する機会とした。毎回の講義では、終了時に自己の学習に関する自己点検を実施し、実際に学習を行った時間を記載させ、計画を実現できたかを振り返らせた。具体的には、教科書、講義ノート、問題集での取り組み状況を記述させ、学習計画の実現の度合いを「自己達成度」として評価させた。結果は正規クラスと同様グラフとして可視化し、学生にフィードバックした。

3. 正規クラスにおける自己点検の分析と結果

本章では、自己点検に書かれた内容と学期末試験との関係から学生の理解度の推測を試みる。特に、学生の合格率が例年低い数学基礎演習Aを対象として、2010年度と2011年度のデータについて解析する。小テスト得点を各単元の理解度の指標とみなし、それらの平均点、自己点検に書かれた学習時間と期末試験の結果の対応について分析する。

3.1 2010年度の結果

2010年度の解析結果を表2に示す。小テスト平均得点と期末試験の得点の関係を図1に、小テストに対する平均学習時間と期末試験の得点の関係を図2に示した。本科目での小テストは20点満点である。

3.2 2011年度結果

2011年度の解析結果を表3に示す。小テスト平均得点と期末試験の得点の関係を図3に、小テストに対する平均学習時間と期末試験の得点の関係を図4に示した。

4. 再履修クラスについての分析と結果

4.1 分析方法

数学基礎演習Aでは1年次の正規クラスでの合格者が少ないので、再履修クラスを開講している。2011年度には103名

表2：2010年度解析結果

2010年度数学基礎演習A	結果
対象数	102
期末試験得点の平均	28.90
期末試験得点の標準偏差	20.95
小テスト平均得点の平均	4.57
小テスト平均得点の標準偏差	3.33
期末試験得点との相関係数	0.86
無相関検定棄却境界値(5%)	1.66
無相関検定統計量	16.65
有意差	あり
回帰直線式	$y = 5.40x + 4.50$
推定値標準誤差	10.83
小テスト平均学習時間の平均	0.88
小テスト平均学習時間の標準偏差	0.51
期末試験得点との相関係数	0.27
無相関検定棄却境界値(5%)	1.66
無相関検定統計量	2.77
有意差	あり
回帰直線式	$y = 11.00x + 19.50$
推定値標準誤差	20.28

表3：2011年度解析結果

2011年度数学基礎演習A	結果
対象数	86
期末試験得点の平均	17.92
期末試験得点の標準偏差	17.21
小テスト平均得点の平均	4.52
小テスト平均得点の標準偏差	3.08
期末試験得点との相関係数	0.83
無相関検定棄却境界値(5%)	1.66
無相関検定統計量	13.43
有意差	あり
回帰直線式	$y = 4.62x - 2.91$
推定値標準誤差	9.76
小テスト平均学習時間の平均	1.28
小テスト平均学習時間の標準偏差	0.81
期末試験得点との相関係数	0.05
無相関検定棄却境界値(5%)	1.66
無相関検定統計量	0.49
有意差	なし
回帰直線式	$y = 1.12x + 16.48$
推定値標準誤差	17.28

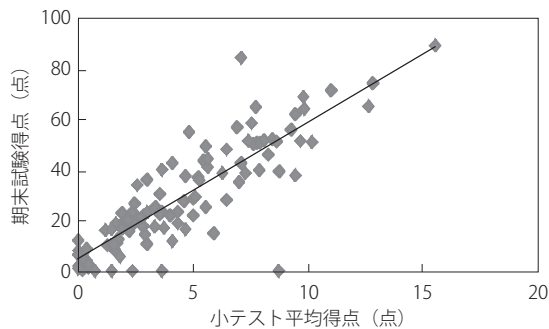


図1：2010年度の小テスト平均得点と期末試験得点の関係

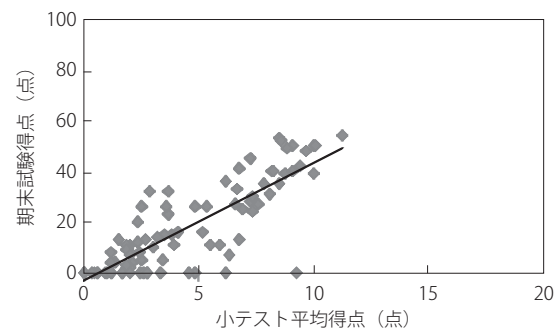


図3：2011年度の小テスト平均得点と期末試験得点の関係

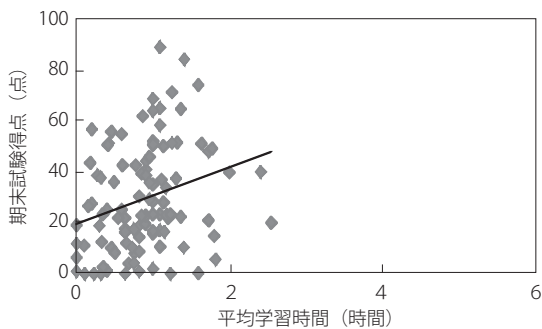


図2：2010年度の小テスト平均学習時間と期末試験得点の関係

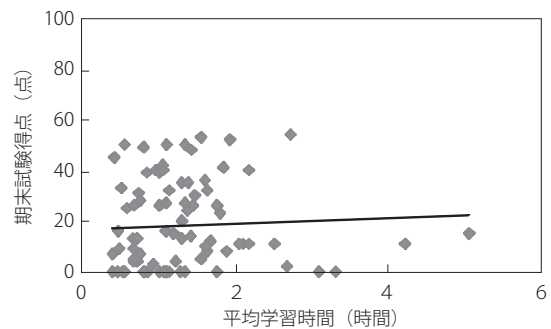


図4：2011年度の小テスト平均学習時間と期末試験得点の関係

が受講し、そのうち2年生が34名、3年生以上が69名であった。
 正規の講義時間で習得できなかった学生の学習状況を明らかにするため、試験の点数を理解度とみなして分析することにした。また、受講回数の違いは、単位取得に対する意識も変えると考えられるので、2011年度を受講生を2年生と3年

生以上に分け、履修回数による変化を分析することにした。
 ここでは、学習自己点検用紙の学習計画における週あたりの学習計画時間とその実施状況から、実施時間を計画時間で割った商を「達成率」として着目する。さらに、自己点検用紙中の「自己達成度」を学習進捗状況とみなし、「達成率」と「自

己達成度」の相関関係を把握し、これに学期末試験の合格状況を加味してこれらの関係を分析することにした。

4.2 2年生学習状況

2年生受講者の「達成率」と「自己達成度」を図5に示す。対象となる学生は34名で、「達成率」と「自己達成度」の平均はそれぞれ62.4と44.2であった。これらの相関は0.63であった。「達成率」と「自己達成度」について有意水準を5%とした無相関検定を実施したところ、棄却境界値1.69に対し検定統計量 $t = 4.56$ と有意であったために両者が無相関であるとした帰無仮説は棄却され、相関が有意であることが示された。

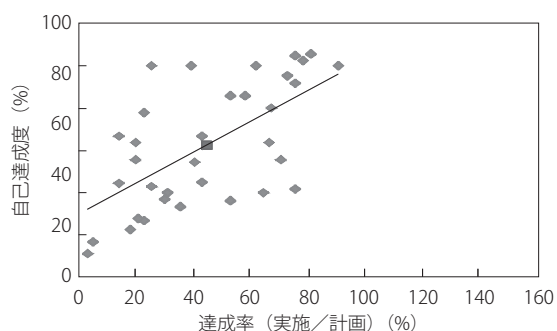


図5：再履修クラス2年生の自己達成度と達成率の関係

4.3 3年生以上の学習状況

3年生以上受講者の「達成率」と「自己達成度」を図6に示す。対象となる学生は69名で、「達成率」と「自己達成度」の平均はそれぞれ80.0と59.2であった。これらの相関は0.46であった。「達成率」と「自己達成度」について有意水準を5%とした無相関検定を実施したところ、棄却境界値1.67に対し検定統計量 $t = 4.42$ と有意であったために両者が無相関であるとした帰無仮説は棄却され、相関が有意であることが示された。

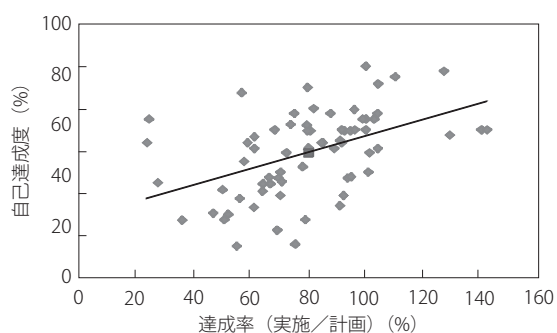


図6：再履修クラス3年生以上の自己達成度と達成率の関係

4.4 合格者の分布

これまでみた再履修者のうち、合格者の分布について調べた。最終的に24名が合格し、達成率と自己達成率の平均は達成率80.0%、自己達成率59.2%であった。このラインでグラフを分割し、それぞれの領域に含まれる合格者を数え上げた。

2年生では、達成率と自己達成度がそれぞれ80.0%以上、59.2%以上であった学生のみが最終的に合格していた。その

他の領域に分布していた学生は合格しなかった。3年生以上でも、達成率と自己達成度がそれぞれ80.0%以上、59.2%以上の領域にあった学生が合格しており、その割合は38%(9名)であった。しかし、他の領域にあった学生も合格していた。

4.5 自己点検での自由記述

再履修者の苦手な単元の克服の評価について、その選択理由を自由に記述させた。この欄には、苦手に関する学生自身の考え方が示されているので、そこに現れる言葉は学習内容を評価するためのヒントになると考えられる。そこで、KH Coder 2.beta.29eを用い、2年生および3年生以上の自由記述欄に記載された内容から、単語の抽出し出現頻度を解析した。抽出語リストは出現回数の上位10種を出力した。結果を表4に示す。

表4：自由記述欄にみられた上位10単語

2年生	出現頻度	3年生以上	出現頻度
複素数	41	複素数	98
関数	20	三角	75
部分	18	関数	71
三角	17	平面	33
平面	12	複素	31
複素	11	最大	26
形式	10	グラフ	24
分野	10	範囲	19
解き方	9	解き方	18
グラフ	8	最少	15

結果から、「複素数」が最も言及される単語であることが示された。また複合語である「三角関数」「複素平面」が記述で上位を占めた。2年生と3年生以上を比較すると、「最大」と「最小」が3年生以上ではそれぞれ6位と10位の出現頻度であった。また、グラフについての記述が2年生では10位であったのに対し、3年生以上では7位へと上昇していた。グラフに対する具体的な記述内容としては「グラフの描き方がわかった」があり、このような理解が進んだことを示すものが3年生以上では24件中19件を占めた。2年生では、同様のグラフ理解が進んだことを示す記述は10件中5件と半数に留まり、残りはグラフが分からないという訴えであった。2年生で第3位出現頻度である「部分」は、たとえば「まだ理解できていない部分がある」といった表現、あるいは「分かる部分が増えた」といった表現で用いられていた。2年生で第7位の出現頻度である「分野」も「まだ少し苦手分野がある」にみられるように、どちらも具体性に乏しい記述で用いられていた。2年生の同7位である「形式」は「極形式」として用いられており、「極形式が分かった」のような極形式への理解がなされたことを示す記述が、全10件のうち8件を占めた。

5. 考察

2010年度と2011年度の数学基礎演習Aの自己点検と期末試験結果を分析した。

小テストの平均得点と期末試験結果に着目すると、2010年度では相関係数0.86、2011年度では0.83といずれも強い有意な相関を示し、推定値の標準誤差はそれぞれ10.83と9.76であった。数学基礎演習Aでは、既に報告したように、毎年、単元ごとの得点傾向が同じであり、学生にとって、回答できる問題とできない問題が明確に現れている科目であり、小テスト平均得点と期末試験結果の関係は図1および図3で示したように、導き出された回帰直線上に分布している。自己点検での小テスト平均点から導かれた理解度の推測精度は高かったが、期末試験において合格点数に達していないことは課題である。

学習時間については2010年度に弱い有意な相関が示された。しかしながら回帰直線は $y = 11.00x + 19.50$ と切片が大きく、また、推定値の標準誤差が20.25であった。これらの結果から、2010年度において、学習時間から学習状況を精密に推測するのは困難である。さらに、小テストに対する実際の平均学習時間を学習習慣の指標としてみなした場合、2011年度では、実際の学習時間と得点に有意な相関関係は示されなかった。また、平均学習時間である1.28時間は、のちに議論する再履修クラスの状況や、期末試験における結果からは、学生にとって数学基礎演習Aの単元内容を理解するために不十分であると考えられた。

自己点検における小テストの平均得点は、数学基礎科目の理解度を把握する指標として機能していることが示された。一方、学習時間から理解度を把握するのは困難であることが示された。小テストと学期末試験に関係がみられた原因としては、既に報告したように、図示やグラフなど幾何的要素が要求される問題に対して苦手意識を感じると思われるものが含まれていたことが挙げられ、その理解不足が期末試験にも反映されたと考えられる。これは、再履修学生の自由記述欄にもみられた「グラフの描き方が分かった」とする記述が示すように、通常の講義を履修した時点ではグラフなどへの理解が十分でなかったことから推測される。同様に、2年生では極座標表現が分かった、との記述が多いことから、極座標表現も1年生時点での理解が不十分であることが考えられる。ところで、3年生以上では最大・最小への記述が増加している。これは、再履修を繰り返すことで、関数を図形的に理解することを苦手としていた学生の理解が深まった可能性が考えられる。これらの結果からも、数学基礎演習Aは図形的に問題を把握する必要がある三角関数、複素数の習得が難しく、得点に伸び悩みが見られる科目として特徴付けられる。

これまでに報告したように、学生の自己点検の自由記述欄には、勉強時間を確保しているにもかかわらず結果に結び付いていないと思われる例が示されていた。具体的には、「理解できない」あるいは「勉強しても分からない」などの記述が増えている一方で、「勉強不足」とする記述が減少していた(高橋, 2011a)。ここから、学生は、時間をかけて学習しているにもかかわらずその努力が結果に結び付いていない、と考える傾向にあることが示され、試験得点と学習時間の解析結果もその裏付けになっていると考えられる。一方で、先に述べたように、再履修を繰り返す中で図形的な理解が深まっている状況から、多くの学生の学習量が圧倒的に不足しているこ

とが考えられる。

数学基礎演習Aの再履修についての分析からは、図6と図7より、学習計画を着実に実施する力である「達成率」と、学習の進捗状況である「自己達成度」に相関が示され、再履修での学習内容の十分な理解とその定着には、自らの学習計画の堅実な実行が不可欠であることが示された。特に2年生は学習計画の実行と進捗状況が欠かせない傾向が表れていた。一方、3年生以上になると、この相関関係は弱まっている。これについては、再履修により学習の定着が進んでいる可能性のほか、三角関数や複素数について、他の教科でも関連する話題や問題に接する機会があり、その中で理解が進んだ可能性が考えられる。ところで、再履修学生は1年生より多くの学習時間を費やしているにも関わらず、2年生での合格者が少ない。これは、これまでの考察からも示されるように、基礎的な内容に対する学習時間が圧倒的に不足していることが原因であると考えられる。すなわち、基礎的内容から応用まで、段階的かつ反復的に、十分な学習時間を確保する必要性が考えられる。また、この学習時間は、学生が通常想定しているよりも、大幅に確保するように指導する必要性が考えられる。

6. おわりに

本論文では、学習自己点検の一貫として行われた小テストの理解度としての平均得点と、学期末試験の成績に相関関係があることを示し、導き出された回帰直線から学習理解を推測できる可能性について触れた。また、再履修の状況から、学習計画を着実に実施する力である「達成率」と、学習の進捗状況である「自己達成度」に相関が示され、再履修での十分な理解には、自らの学習計画の堅実な実行が不可欠であることが示された。さらに、自己点検のコメント分析からは図形的な理解力の不足傾向が示された。

現在、自己分析結果を迅速に可視化するためのアルゴリズムを構築している。本論文で得られた知見も、学生の学習時間と小テスト得点などのデータから個々の学生に必要な学習量を示す根拠としてシステムに組みこむ予定である。さらに、弱点分野を補強するための周辺単元も有機的に学べるプログラムとして構築する予定である。今後の研究では、学習内容に関して学生が躓きやすい点を調査し、重点的に学習を行う箇所を指摘できるシステムとして構築する予定である。

謝辞

本研究の一部は、「平成21年度福岡工業大学総合研究機構情報科学研究所」および「福岡工業大学平成23年度および24年度教育研究改善事業」の補助を受けて行われました。ここに感謝の意を表します。また、数学基礎科目にてご協力いただいた、福岡工業大学電気工学科の池田和生先生、梶原寿了先生、工藤孝一先生、そしてTAの皆様から感謝の意を表します。

引用文献

江口啓・杉村竜也・渡邊肇也・紅林秀治(2011). 特定の課題に関する調査(技術・家庭)に基づく電気領域に関する大学生の素養調査. 電学論A, Vol. 131, No. 8, 615-621.

-
- 国立教育政策研究所 (2007). 生きるための知識と技能3
OECD生徒の学習到達度調査 (PISA) 2006年調査国際結果
報告書. ぎょうせい.
- 高橋琢理・高原健爾・中野美香・池田和生・若松秀俊 (2010).
福岡工業大学電気工学科における基礎数学科目における学
習自己点検の実施③. 電気学会研究会資料教育フロンティ
ア研究会, FIE-10-032, 43-46.
- 高橋琢理・高原健爾・池田和生・若松秀俊 (2011a). 基礎数
学科目での学習自己点検の実施による学習傾向の把握と学
習習慣の形成. 電学論A, Vol. 131, No. 8, 622-627.
- 高橋琢理・高原健爾・足立孝仁・池田和生・若松秀俊 (2011b).
数学基礎科目の補習での学生の自己達成度の高まりと学習
習慣の形成. 電気学会研究会資料教育フロンティア研究会,
FIE-11-005, 21-24.
- 高橋琢理・高原健爾・足立孝仁・池田和生・若松秀俊 (2011c).
TA導入による数学基礎科目での習熟度改善. 電気学会研
究会資料教育フロンティア研究会, FIE-11-020, 1-4.
- ベネッセ未来教育センター (2007). 第4回 学習基本調査
報告書・国内調査 高校生版. ベネッセ教育研究所研究所報,
Vol. 40, ベネッセコーポレーション.
- ベネッセ未来教育センター (2009). 大学生の学習・生活実
態調査報告書:2008年調査. ベネッセ教育研究所研究所報,
Vol. 51, ベネッセコーポレーション.
- ベネッセ未来教育センター (2010). 第2回 子ども生活実
態基本調査報告書 小4生～高2生を対象に. ベネッセ教
育研究所研究所報, Vol. 59, ベネッセコーポレーション.
- 読売新聞教育取材班 (2009). 教育ルネサンス 大学の實力.
中央公論新社.

(受稿: 2012年11月2日 受理: 2012年12月12日)