WWWを用いたコンピュータ援用による 基礎数学教育の実践

Fundamental Mathematics Education Supported by a
WWW-based Computer System

吉岡 貴芳

Takayoshi YOSHIOKA

西澤 一

Hitoshi NISHIZAWA

基礎数学における個別化演習を支援するために開発されたコンピュータ・システムについて述べる。システムは、従来の紙と鉛筆を用いた従来型の演習を支援し、またオンライン演習を提供する。従来型の演習で、各学習者毎に学習進度に合った問題を出題するために、システムは、問題情報、演習日程、学習進度情報等を記録し、学習者、T.A.、教員間のコミュニケーション手段を提供、これを支援する。オンライン演習では、学習者に文字式入力を許し、数式処理により正誤以上の有意味情報を即時フィードバックする。即時フィードバックとオンライン助言機能により、効果的な演習を目指す。

キーワード：基礎数学、進度別個別演習、WWW、数式処理

A WWW-based computer system has been developed for supporting individualized exercises of fundamental mathematics. The system supports two types of exercises, one of which is traditional one with paper and pencils, and the other is an interactive exercise on the computer.

The traditional exercise is individualized in a way where each student solves the problem optimized for his/her level of understanding. The system stores the data related to the exercise, and serves necessary information to the users. The students have more opportunities to improve their understandings.

The interactive exercise might improve the exercise by faster response to the student's input and on-line suggestion. It receives symbolic expressions as the input and returns meaningful comments than correct or not.

Keywords : Fundamental Mathematics, Individualized Exercise, WWW, CAS

1. はじめに

工学（特に、電気・電子工学）の基礎科目としての基礎数学の重要性は、万人が認めるところであるが、近年、理工学系学生の基礎数学力低下と専門教育への影響が問題とされている[1],[2]。本校においても、学生の基礎数学力のばらつきは学年進行と共に拡大している[3]。小中学校の学習指導要領改訂に伴い、今後、新入生の基礎数学力ばらつきが拡大することが想定され、学科として早急な対応を迫られている。

本校のカリキュラムでは、広範な教授項目に対して授業時間が不足し、授業時間内に十分な演習時間を確保することは難しく、従来の演習方法では、なかなか実効が上がりなかった[4]。また、出題範囲の限られる中間、定期試験による評価では、一夜漬けの学習で合

格点を確保するものの、学習内容が定着していないのではとの懸念も残る。

そこで、本校電気・電子システム工学科では、平成10年度より演習主体の新科目「電気基礎数学」、「電気数学」を設け、授業内の演習と時間外演習を連携させ、時間外演習ではティーチング・アシスタント（T. A.）の補助を受けながら、学習者個々に進度別管理の問題を提供する個別演習を導入した。筆者等は平成7年度よりWWWを用いた数学のオンライン演習システムの開発を行ってきたが、このシステムの機能を拡大して、個別演習の支援機能を追加した。本稿では、これら基礎数学演習へのコンピュータ支援の概要について報告する。

2. 教育支援システムとコンピュータ援用

2.1 基礎数学教育におけるコンピュータ援用

情報通信技術の急速な発展に伴い、基礎数学教育におけるコンピュータ援用も広がりつつある。コンピュータ援用の形態は、教材提示、演習またはテスト、学習関連情報の提供、教員、学生間のコミュニケーション等があるが、学習者側から見たコンピュータ援用の利点は、インタラクティブ化、個別化にある。特に、近年のWWW関連技術の利用により、コンピュータ援用の導入は容易になった。

しかし、例えば、多枝選択式問題のコンピュータ化は、成績処理や達成度評価には役立つものの、数学演習用として有益であるか否か疑問がある。システムが学習者に提供する情報が、各問題の正答/誤答のみでは、誤りの理由を考えるという学習行動には結びつかず、また、単なる解答例の提示では、学習者を解法の暗記へと導きがちであり、学習者に一連のやや複雑な思考を要求する数学演習とは相性が悪い。また、システム側に集積される学習者情報も、特定問題に対する正/誤情報だけで、各学習者の理解度を判定することは難しく、学習進度を誤って判定しやすい。

筆者らは、数学の演習では最終解答のみでなく、途中計算や各演算の理由説明等に関する学習者と教授者(システムを含む)との対話が必要ではないかと考える。数式処理プログラムの利用により、学習者入力の自由度を増し、その数学的分析により、正誤以外の有意味な助言を学習者にフィードバックすることが可能と考えた。

2.2 教育支援システムの機能

教育支援システムは、本校電気・電子システム工学科の全学生を利用者登録し、各種コンピュータ援用を実施している(図1)[5]。登録利用者毎に種類と内容

図1 WWWを用いた教育支援システムの機能

の異なるサービス(Webページ)を提供可能であり、利用者はWWWブラウザを介してシステムにアクセスし、認証を経て各自のホームページを表示、システムを利用する。利用者は、学生、教員(著者)、スタッフ(管理者、開発者、編集者)に分かれ、それぞれシステムの異なる機能を利用する。例えば、学生はシラバスのページで、最新の講義日程を確認でき、一部のページでは、講義中に用いたメモ、電子教材を再度閲覧できる。当該科目が、後述のオフライン演習支援機能に対応している場合には、更に、演習支援のページに移動できる。また、基礎数学等のオンライン演習ページでは、各学習者の進度に応じた個別演習が可能である。

教員ページからは、シラバスをオンラインで編集できる。担当科目がオフライン演習支援機能を利用している場合には、このページから演習問題の登録、演習日程の設定、学生およびT.A.の登録、評価結果の入力、累積得点の確認等を行うことができる。

2.3 教育支援システムの構成

教育支援システムは、学内LANを介してWWWサーバーと接続された複数の学習端末から利用可能である(図2)。学習端末には、LAN接続と、WWWブ

図2 教育支援システムの構成

ブラウザ搭載が求められる他には制約はなく、実質的には学内のほとんどのコンピュータを利用可能である。WWWサーバー上では、HTTPサーバープログラム、データベース管理ソフト、数式処理ソフトが稼動し、これらのプログラムを連携プログラムにより連携させている。

3. 進捗別オンライン演習

3.1 進捗別オンライン演習

本校電気・電子システム工学科の「電気基礎数学」(第1学年通年2単位)、「電気数学」(第2学年通年2単位)では、豊富な演習を提供するため、授業時間内外の演習を進捗別、かつ、系統的に実施している。演習には伝統的な紙と鉛筆を利用、週1回の授業時間内に、通常A4サイズの問題用紙各1枚(標準解答時間は20～30分)を配付して行う。この演習は講義の進行に合わせて一斉に(全員同一問題で)行い、ここで基準点(通常、6割正答)に達しない学生は、定期的に設けられた課外演習で当該問題、もしくは、より基本的な問題を含む類題に再度取り組むこととした。課外演習では、合格するまで(問題を事前に知ることができるので、合格には8割程度の正答を求めている)、何度でも同一問題に挑戦でき、学生は一つの教室で各自が選んだ別々の演習問題に取り組む。課外演習は進捗の遅い学生のフォローを主目的としており、授業中の演習で基準点に達した学生は、課外演習に出席する必要はない。

3.2 オフライン演習におけるシステムの役割

演習を進捗別に実施するためには、参加者の必要とする複数の問題用紙を事前に準備し、演習後すみやかに採点、可否通知を行う必要がある。まず、受講学生は、教育支援システムのオフライン演習支援のページで問題用紙を予約する(図3)[4]。T. A. は、システ

図3 オフライン演習の実施方法

ムを通じて確認した問題の予約状況を参考に問題用紙を準備し、課外演習を監督、予備採点を行う。担当教官が、本採点后、採点結果をシステムに入力すると、その直後から、受講学生は、課外演習における各問題別の可否を、システムを通じて知ることが可能となる。

この演習においては、主役はあくまで演習問題の解

答を作成する学生と、予備採点するT. A., ならびに、本採点する科目担当教官である。演習を通して各学習者が解法を理解することを重視しているため、演習問題の採点では、途中計算、理由説明を詳しく読み採点する。例えば、単なる正答(途中計算や説明を省いた)には2～3割の部分点を与えるに留めている。

3.3 オフライン演習の効果

平成10年度に「電気基礎数学」で進捗別オフライン演習を行った学生を対象に、半年後の平成11年9月にはほぼ出題範囲の重なる基礎数学の実力試験を実施、演習の累積得点との関係を調べた(図4)[6]。この実

図4 オフライン演習による学力定着効果

力試験は、基本問題ではあるが出題範囲が広く、一夜漬けの学習での効果が薄いため基礎学力定着測定に適している。このことは同時期に行われた期末試験得点との相関が以外に低い[3]ことから推測できよう。実力試験の得点は、以外にも、オフライン演習の累積得点と高い相関を示しており、演習で身に付けた学力が演習終了後半年を経過しても定着していることが確認された。実力試験の得点の(従って演習の累積得点も)極端に低い学生は、高得点の学生と同様、概して課外演習への出席率が低い学生であることが分かっている[4]。中間的な得点の学生は、授業中の演習で得点を稼げない学生ほど課外演習への出席回数が多く、本演習はこのような学生の演習を充実させる方策として機能しているようである。

4. オンライン演習

4.1 Webページ上での演習

オフライン演習は、演習問題の採点過程で個々の学生の理解度を把握でき、講義でのフォローや個々の学生への助言を通じてきめ細かい指導が可能であるが、科目担当教官の負担が重いのが難点である。一方、近年の数式処理ソフトの発達著しく、手軽に文字式処理が可能となっており、オフライン演習を一部代替できるのではないかと考えた。筆者等は、数式処理ソフト MATHEMATICA をHTTPサーバプログラムと連携させることにより、○×や多枝選択式でないオンライン演習をシステムに組み込み、課外演習での利用を試みた。

図5は、整式の展開のオンライン演習例である[7]。

図5 数式の展開のオンライン演習例

学習者は、問題式 $(x+5)(x-3)$ を展開して降べきの順に整理することを求められている。学習者が4段の途中計算式と最終解答式を文字式としてWebページの入力フィールドにタイプし「評価」ボタンを押すと、これらのデータは問題式(図5の最上段の式)と同時にサーバに送られ、評価される。評価結果は、各フィールドの右側に評価コメント(どれだけ求められた解答式に近い、または、遠いか)として返される。

図6は、2次関数のグラフと、同グラフが通過する点の座標データから、関数の数式表現を確定する演習の例である[8]。学習者がタイプした式が解答式と異なるときは、学習者入力式(最新のもののみ)と解答式の両方を描いたグラフが学習者画面に表示され、両者

の図形的な差異を説明するコメントも付加される。

図6 グラフ表現のオンライン演習例

4.2 オンライン演習の試行

平成11年度後期に第1学年の学生10人を対象とした課外演習でオンライン演習を利用した。数式計算の問題では、キーボードを用いた数式入力に手間がかかるため、学習者は途中計算式の入力を省略する傾向がある。代わりに、コンピュータの横に持ち込んだ紙と鉛筆で途中計算を完了させ、最終解答式のみをシステムに入力するため、システムの持つ助言機能が必ずしも活用されない。グラフから2次関数の数式を確定する問題においても、学習者入力式のみから学習者の理解度を把握することは難しく、今後の課題である。

5. まとめ

基礎数学教育におけるWWWを用いたコンピュータ支援システムと、同システムを援用した教育実践について報告した。オフライン演習は、担当教官の負担が重い点について改善の余地があるが、所定の教育効果を上げつつある。オンライン演習は、これを軽減可能な機能であり、処理速度も実用水準に達したが、演習分野の拡大、数式入力法の改善、利用方法の検討、教育プログラム内における位置付け等の課題を有する。

参考文献

- [1] 岡部, 戸瀬, 西村, 小数ができない大学生, 東洋経済新報社 (2000)
- [2] 国専協・教育改善共同プロジェクト「高専における数学教育の見直し」第6回数学談話会資料 (2000)
- [3] 豊田工業高等専門学校の自己点検・評価 (No. 5), pp. 23-24, 30-34 (2000)

- [4] 西澤, 斎藤, 小関, ポヒオライネン, 進度別課外学習を支援するコミュニケーション・システム, 高専教育 第23号, pp. 237-242 (2000)
- [5] Nishizawa, Saito, Pohjolainen, A Implementation of a Hypermedia Learning Environment for a Small Group, 教育システム情報学会誌 vol 15 no 4 pp249-253 (1999)
- [6] 西澤, 吉岡, 塚本, 小関, 進度別演習による基礎数学力定着の試み, 高専教育 第24号 (2001)
- [7] 西澤, 斎藤, 犬塚, 学内ネットワークを用いた基礎数学演習支援システム, 高専教育 第21号, pp. 225-232 (1998)
- [8] Nishizawa, Interactive On-line Exercises of Basic Mathematical Functions, IMS99, #18 (1999)

著者紹介

吉岡 貴芳
 1986年 豊田高専電気工学科卒業
 1990年 豊橋技術科学大学大学院修士課程修了, 現デロイト・トーマツコンサルティング勤務
 現在 豊田高専電気・電子システム工学科講師

西澤 一
 1979年 豊田高専電気工学科卒業
 1983年 豊橋技術科学大学大学院修士課程修了, 日本ガイシ(株)勤務
 現在 豊田高専電気・電子システム工学科助教授

関東工教ニュース

1. 平成12年度関東地区私立大学工学部長会議

関東工教では平成11年度より, 私立大学工学部のトップマネジメントが自学の経営課題などを紹介し, 情報交換する標記会議を開催している。今年度は, 平成13年2月19日(月), 13:30~18:00, 新日本製鐵(株)代々木倶楽部において, 24大学の参加を得て開催した。プログラムは,

- 議題Ⅰ: 大学改革の現状 (西阪昇文部科学省専門教育課長)
- 議題Ⅱ: 産業界のJABEEへの期待 (小野田武三菱化学(株)顧問・JABEE副会長)
- 議題Ⅲ: 試行審査受審報告 (雑賀高工学院大学助教授, 志田茂東海大学教授, 水井潔関東工学院大学教授)
- 議題Ⅳ: 情報交換 (自学の課題紹介)

2. 平成12年度関東工学教育協会シンポジウム 「技術者教育認定制度について」

今年度は日工教およびJABEEと共催して, 標記シンポジウムを平成13年3月5日(月), 10:30~17:10, 東京電機大学7号館丹羽ホールに於いて開催した。今回は各地工教へも案内し, 参加者は221名(65大学165名, 20高専35名, 21企業団体21名)であった。

プログラムは,

- 文部科学省の技術者育成とJABEEに期待すること
(西阪昇文部科学省専門教育課長)
- 産業技術強化施策と技術者育成に期待するもの
(岡田武経済産業省大学推進課課長補佐)
- JABEEの現況と進むべき道
(小野田武JABEE副会長・三菱化学(株)顧問)
- 審査試行を終えて・平成13年度の試行・本審査について
(大中逸雄JABEE基準・審査委員会委員長・大阪大学大学院工学研究科教授)