大学初年級微分積分学のCAIコースウェア

2X－5

東京工科大学　大学院
下地貞夫　堅田 志野

1．はじめに

ＣＡＩは通常の一斉学習の形態と比べると，学生の能力や思考方法に応じて，教授方法を個別化でき，有効な形態である．各教科に対して色々な型のコースウェアが研究されている．これまで実現が望まれていたチュートリアル型コースウェアを研究し，数式処理を応用して大学初年級の微分積分学のコースウェアを試作した．以下，システムの概要と評価結果を述べる．

2．微分積分学のチュートリアル型コースウェア

工科系の大学の場合，数学教育の目的は，工学の問題を数学的手法を用いて解析できるようにする事にある．また，微分積分学では関数の性質を理解し，式の扱いに習熟させることを重要視する．

これまで数学教育ＣＡＩコースウェアはドリル型のものが殆どであった．これは数学のように知識への理解を積み重ねて，応用力を身につけさせることを目的とする科目には不満がのこる．学生に数学への興味を喚起させ，理解を深めさせるためには，学生と対話しながら，自力解決を助けるチュートリアル型のものが適している． 数式処理を応用することにより，チュートリアル型のコースウェアが実現できる．

3．システムの概略

システムはAllegro Common Lispで記述した．学生は微分，積分のそれぞれのボタンを選択し，システムに実行させる．その操作と表示を表１に示す．

問題の解決にあたって，学生はシステムから順に解法の指針やヒントを得て，解答に到達する．学生へのヒント項目を次の表２，３に示す．各問題毎のヒントと補足説明はシステムが生成するので、学生が持ちこんだ問題に対しても同様の応答が可能である．いま，我々のプログラムは通常の演習書の問題の95%強が解答できている．

操作と表示
1　数式の入力
2　積分法の選択・実行
3　解の表示，積分法変更の指示
4　ヒントボタン（置換，部分）
5　解答ボタン

表１．基本方針に対する学生の応答

ヒント項目
1　置換積分の指示&公式の表示
2　置換部分の指示
3　置換後の式の表示
4　積分後の式の表示
5　変数を元に戻した式の表示
6　置換積分全体の解説

表２．置換積分に関する指示

ヒント項目
1　部分積分の指示&公式の表示
2　ｆとｇ’の振り分け
3　公式への導入
4　解へのまとめ，解の表示
5　部分積分全体の解説

表３．部分積分に関する指示

4．システムの評価実験

４月下旬に１年次生と２年次生からそれぞれ１０人程度，４年次生から５人募集し，プロトタイプ１の評価実験を行った．学習への助け，数学への興味を喚起するためのこのシステムにたいして，新入生と微分積分を既修した２，４年次生の評価に相違が見られるかどうかに関心がもたれた．そのご，システムの研究・改良を行ったプロトタイプ２にたいして，１２月下旬に１年次生１０数人を募集して，現在学習中の微分積分の理解度向上の手段としての評価を求めた．

評価実験はいずれも同じ形式で行った．学生達にシステムの働きを説明してから，不定積分の問題を６問与え，３０分程度の考慮時間ののちに，システムを実際に操作して，アンケートの項目に５段階で評価点を

記入させるという方法をとった．

5．評価実験の項目

アンケートの項目を次に示す．

1．学習への有効性：

1.1 微分積分学の学習に役立つと思いますか，

1.2 置換積分でもっとも役に立った応答項目，

1.3 部分積分でもっとも役に立った応答項目，

2．追加したい応答項目を書いて下さい．

3．理解度への有効性：

3.1 不定積分の求め方が理解できると思いますか．

3.2 システムに要望する点を書いて下さい．

4．興味喚起：数学が面白くなりますか．

5．入出力形式について，改善案を書いて下さい．

6．これを授業で使うべきものと思いますか

7．利用形態：

7.1 時間外に計算機室で使用したいと考えますか．

7.2 自宅での学習に使用したいと考えますか．

8．このようなシステムは他の授業科目でも有効か．

6．評価実験の結果

学習への有効性の評価結果を図１に示す．１，２年次とも評価が高く，４年次生では際だって高い．興味喚起の評価結果を図２に示す．学年が進むにつれて評価が高くなっている．また学習への有効性と理解度向上への有効性について，４月と１２月の１年次生の評価結果を図３，４で比較した．学習および理解度への有効性ともに評価は非常に高くなった．学習中の１年次生から高い評価を得たことが注目される．

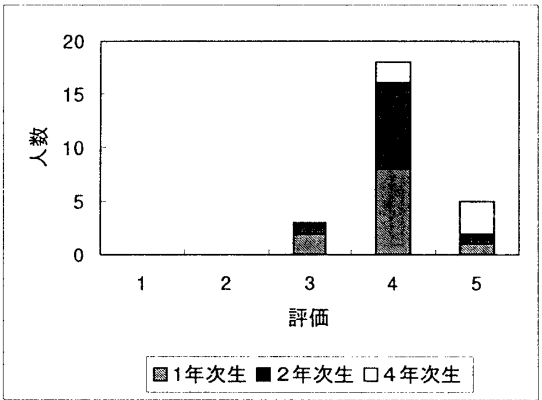

図１．学習への有効性

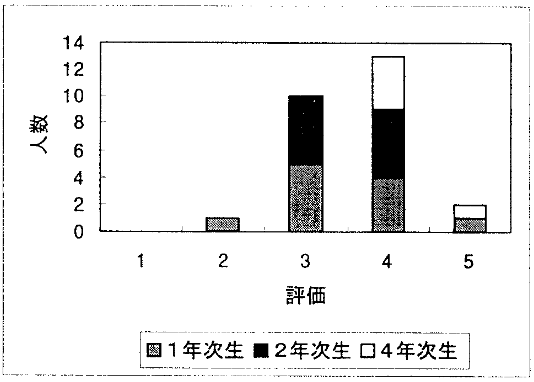

図２．数学への興味喚起

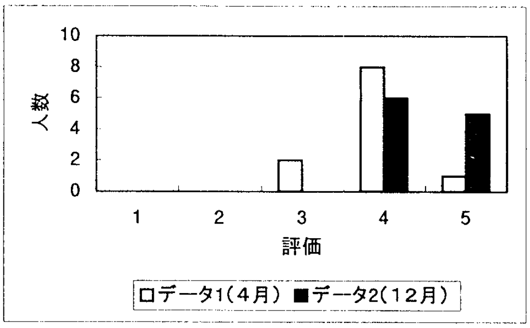

図３：学習への有効性（１年次生）

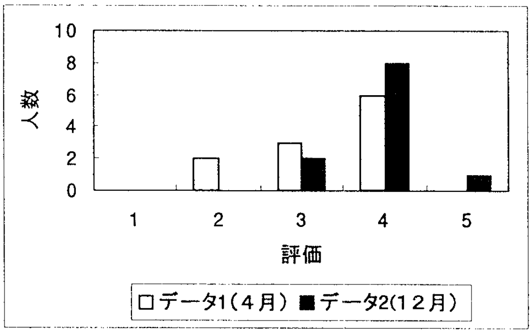

図４：理解向上度への有効性（１年次生）

7．まとめ

評価結果から，我々のＣＡＩシステムの開発を学生達が支持していることが確かめられ，学習意欲の向上に非常に有効であるといえる．このシステムは微分積分の応用問題，偏微分や重責分の問題に使うことができ，カリキュラムへの広い結びつきが展望される．

<参考文献>

1　下地貞夫著：「数式処理」，森北出版，1991.

2　下地，堅田：“数学教育のためのＣＡＩ”，数値解析シンポジウム講演予稿集，pp. 105-108.