

e ラーニングシステムの構築と 分子の対称性の学習への適用

榊原 正明・相原 登史子
鳥取大学工学部物質工学科

Construction of an e-Learning System and its Application to the Study of Molecular Symmetry

Masaaki SAKAKIBARA and Toshiko AIHARA
Department of Materials Science, Faculty of Engineering
Tottori University, Tottori, 680-8552 Japan
E-mail: sakaki@chem.tottori-u.ac.jp

Abstract: An e-learning system was created using PHP (Hypertext Preprocessor) language and a database. This was applied to a lesson designed on the topic of molecular symmetry. Explanatory notes and hints were added to the problem of symmetry by the model as well as to problems concerning stereo projection, are presentation matrix, and a multiplication table. The results of this study were then discussed.

Keywords: e-Learning system, Database management system, SQL, Molecular symmetry

1. はじめに

ネットワークを使ったソフトの応用例の 1 つとして、我々は「分子の対称性学習プログラム」(e ラーニング)の開発を行ってきた[1], [2], [3].

様々な種類の対称性を例に挙げる時や対称性が同じで異なる分子を探すのは困難であり、みつかったても非常に複雑な構造を持っていることが多い。しかし、モデルで表現すれば、原子や置換基を○で表し、種類の違いを色分けして簡単に表すことができる。そこで分子の対称性を学習するためにモデルを利用し perl 言語を使って CGI プログラムを作成した[3].

今回、このほかにも、ステレオ投影図を利用した問題や、表現行列、積表など問題を追加した。

ところで、鳥取大学で導入された CALL システムの「e-sia」「ALC」といった e ラーニングサイトは、データベースを用いて作成されている。その他の e ラーニングサイトでも、データベースを利用してシステムを作成されていることが多い。これらを参考に、今回新しく PHP (Hypertext

Preprocessor) 言語とデータベースを用いた e ラーニングシステムを構築し、「分子の対称性の学習」を題材にしてその有効性を検討した。

CGI の代わりにデータベースを用いると、データの管理が容易となる。プログラム作成者と問題作成者とを分けることが出来て、問題作成者はプログラム知識が無くても使えるようになる。

データベースを Windows で用いるとライセンス料がかかるが、linux ではかからない。研究室ではデータベースを用いた薬品管理プログラムを作成しその有用性を確認している[4], [5].

2. e ラーニング

e ラーニングという言葉は、e ビジネスという言葉が一般的になった 1998 年以降に使われるようになった。同様な概念を示す言葉として、インターネットやイントラネットのブラウザ上で学習できる環境を WBT と呼んでいる。

インターネットの普及はビジネスの変革をもたらしたが同時に学習スタイルの変革をもたら

す起爆剤ともなった。

現在 eラーニングという場合, CAI, CBT, WBT だけでなく, ハイブリッド型と呼ばれる CD-ROM 教材の併用, モバイル端末としての携帯電話, PDA(携帯情報端末)の利用まで含んだ概念が定着しつつある。

eラーニングの主な特徴として, 以下の点が上げられる[6].

- ・ 講師の質に左右されず, 高品質な教材を提供できる。
- ・ 学習者のレベル, 習熟度に応じた教材が提供できる
- ・ 同時に多くの学習者に対して学習機会を与えられる
- ・ いつでも, どこでも, 自分のペースで学習できる
- ・ 学習の進歩や成績が, リアルタイムに把握できる。
- ・ 通信教育と違って, 印刷教材, CD, ビデオなどの配布の手間や解答を待つ手間が不要で, 教材の改訂もリアルタイムに出来る。

2. 1. eラーニングの現状

現在の大学等の状況は, 文部科学省メディア教育開発センターが 2000 年 12 月に実施した, 「2000 年度高等教育機関におけるマルチメディア利用実態調査」によると, 最も多く使われているメディアとしては「OHP」が 85.0%, 次いで「録画ビデオの授業への利用」が 83.1%となっており, 選択肢自体の適切不適切の議論はあるかもしれないが, およそマルチメディアと言いきり難い物が上位をしめている。

「電子メールや電子掲示板による事務連絡」は 81.5%と比較的高い割合が見られるが, eラーニン

グと呼べる「通信衛星などによる授業」は 10.2%, また「授業内容の WWW 上への掲載」でも 42.4%と 5 割にも達していない。

このほかに大学の eラーニング活用例では文部科学省メディア教育開発センターが 2003 年 4 月よりソースを無償公開する eXcampus (エクスキャンパス) を用いて, 2001 年から東京大学大学院 情報学環・学際情報学府で iii online という eラーニングサイトを立ち上げている。

小野は次のような提言を行っている[7].

ネットワークを利用した学習システム(eラーニング)と呼ばれる学習システムの導入だけでは学習は成立しない。そこには大量のドロップアウト者が残されるだけである。①学習者に対するサポート体制を確立できる運用方法も視野に入れたシステム, ②学習者同士の自律的な学習を促す学習コミュニティシステムの開発が求められている。

さらに, 日本の大学の現状や大学生の学習スタイル及びその学力から, 日本で積極的に取り入れられるネットワークを利用した学習について述べている。

◎ひとつの大学では収集困難な大量のコンテンツを必要とするような集中外国語学習

これは本学ではようやく始めたばかりである。

◎大学教員が得意としないリメディアル学習

リメディアル学習においては, マルチメディアの利点を生かし, やさしい解説と分かりやすく工夫された画像を多用した教材が適している。更に, 個別学習の利点を生かし, 小刻みに質問を入れることにより学習者が理解しているかどうかを確認しながら講義を進める学習形態が求められている。

我々が目指しているのはまさしくこのリメディアル学習である。

我々が採用した e ラーニングの形態は、授業と混ぜて(ブレンドして)学習する「ブレndィング」形式である。

3. データベース

データベースとはコンピュータに蓄積されたデータのことである。どの情報(レコード)がどこにあるのかを把握していくだけでも大変な作業である。必要があればすぐに目的のデータを引き出して修正できなくてはならない。また、機密情報のデータベースを勝手に変更されたり盗まれたりしないようにデータの安全性は最大の課題である。

こうした問題を解決し、真に使いやすく堅牢なデータベースを構築・運用するためのデータベース専用のアプリケーションが必要になる。それが DBMS(Database Management System)「データベース管理システム」である。

データベース管理システムはユーザとデータベースの間に立ってデータベースを管理するソフトウェアである。

この DBMS という専用のアプリケーションを使うことによって大量のデータを効率よく扱うことが可能になる。

そのほかにも DBMS には目的のデータをすばやく引き出すための工夫や、同時に何人もの人が利用できるような仕組み、データが破損しないための仕掛け、それから万一破損してもすぐにデータを復旧できる機能やデータが変更されたときに間違いが無いかチェックする機構などのいろいろな仕組みが組み込まれている。

現在の主要なデータベースには、この DBMS が組み込まれている。情報産業やコンピュータ業界では「データベース」は、単に「データの集合体」というよりは、この DBMS とそれによって管理さ

れるデータそのものを指すことが多い。

SQL (Structured Query Language) 文とは、データベースに「～の情報を見たい」「～のデータを更新したい」といった問い合わせの処理を構造化プログラミングで記述した文である。

4. e ラーニングシステム

ユーザがクライアントのアプリケーション(ブラウザ)に言葉を入力したり、ボタンを操作したりすると、サーバに組み込まれたアプリケーションが SQL に翻訳してサーバの DBMS に伝える。サーバの DBMS は SQL で書かれた命令を受け取って実行し、データを処理して結果をクライアントに伝える。

「3層アーキテクチャ」でいえば、サーバの DBMS は「データ層」、クライアントの「WWW ブラウザ」で表示された文章が「プレゼンテーション層」、サーバに組み込まれたアプリケーションが「ファンクション層」に相当する。

このようにクライアントとサーバ間で処理を行うシステムのことを「クライアント・サーバ型システム」という。(図 4.1)

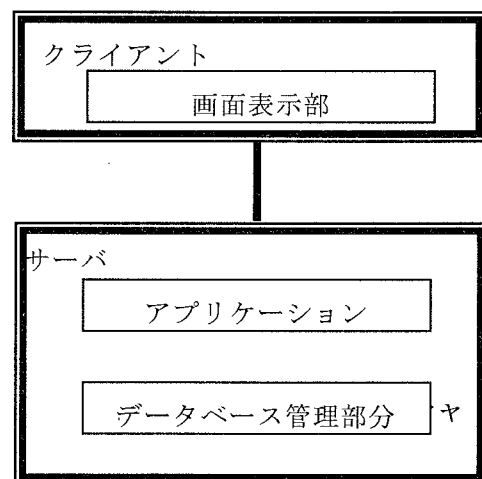


図 4.1 3層アーキテクチャ

今回、作成した部分は「アプリケーション」(分子の対称性学習プログラム)と「データベース」である。(図 4.2)

問題、ヒントなどの画面表示に関しては HTML, その他の処理については PHP[9]を利用した。

PHP は HTML ファイルに直接記述する(埋め込む)ことができ、データベースとの連携に優れている。

サーバは自作したものを使用した。サーバのオペレーティングシステムは RedHat Linux 7.2. データベースシステムは PostgreSQL7.1.3 を用いた。

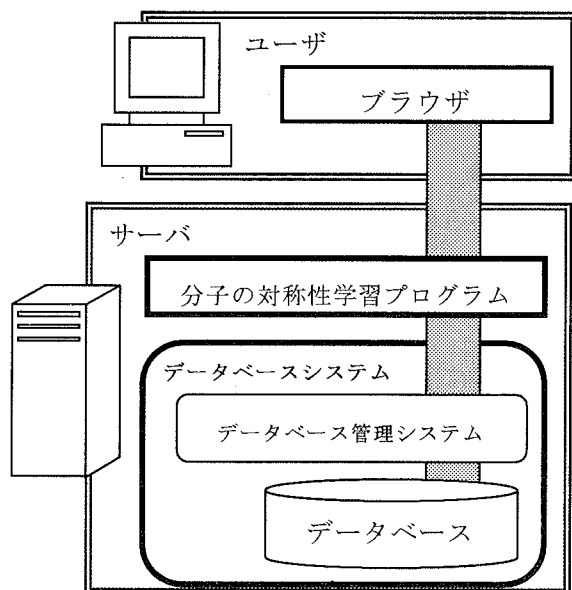


図 4.2 システム図

4. 1. 学習プログラムの流れ

本学習プログラムでは、分子の対称性、対称操作、行列の問題などを出題した。学習プログラムの流れは、**ログイン**→**問題選択**→**解答**→**採点**のようになっている。

特に、問題選択・解答・採点については、種々の方法を試行してみたが、以下の方法を選択した。

データベース上で使用したテーブル(テーブル名)を示す。

meibo(名簿登録テーブル),
t_log(ログイン時間記録テーブル),
ten(合計点記録テーブル),
re(行列の問題の解答登録テーブル 1),
re2(行列の問題の解答登録テーブル 2),
re3(行列の問題以外の解答登録テーブル 1),
re4(行列の問題以外の解答登録テーブル 2),
mo(行列の問題の正答登録テーブル),
mon(行列の問題以外の正答登録テーブル)

4. 2. ログイン

ブラウザを起動して学習のページにアクセスする。学生番号入力欄に学生番号を入力し、「テスト開始」をクリックする。

このとき、クライアントからサーバに学生番号が送信される。

データベースシステムに学生番号が送られ、その番号がデータベースの「名簿登録テーブル」に存在しているか確認する。

存在していればログインを認める。

「ログイン記録テーブル」に学生番号とログインした時間を記録する。

学生番号と名前をダイアログボックスで確認する。

名前・学生番号が Cookie として保持される。

4. 3. 問題グループ選択

まず、もう一度ログイン状態にあるかを確認する。ログイン状態で無い場合はログイン画面に戻る。次に、「解答登録テーブル」にログインしたユ

一ザ名の解答が登録されている場合には「解答登録テーブル」の内容を「解答登録テーブル2」へバックアップして学習履歴を残すようにする。そして「問題選択画面」(図 4.3)が表示され、問題グループを選択して解答する。

クリックすると、「出題画面」が表示される。画面構成は、画面左端が、メニュー画面、画面上側が問題表示画面、画面下側が解答画面となっている。(図 4.4)

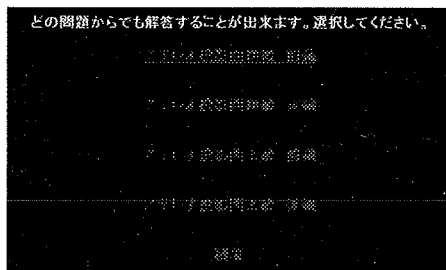


図 4.3 問題選択画面

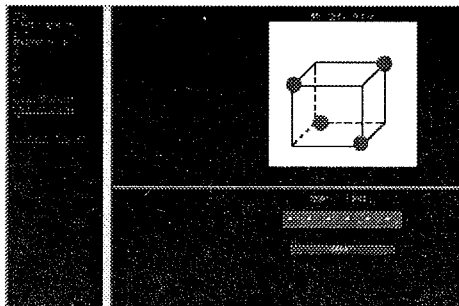


図 4.4 出題画面

4. 4. 解答

「行列の問題」は1と0だけで表現できる行列であり、解答欄はテキスト入力を利用すると、入力間違いが生じやすいと考えられたので、チェックボックスを利用してマウスクリックのみで解答できるようにした。(図 4.5)

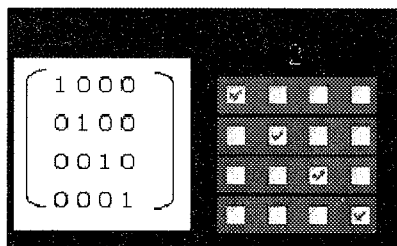


図 4.5 解答欄

図のようにチェックボックスにチェックを行った場合は1, 無い場合は0としている。

解答を「1行1列, 1行2列, 1行3列, 1行4列, 2行1列・・・」とチェックボックスの値をつなげて1つの値にしている。しかし, 1行1列目が0から始まると, integer型では表現できないのでtext型とした。

行列以外の問題の解答はラジオボタンをクリックしてチェックをつけ; ラジオボタンの選択した番号の値をinteger(整数)型として扱っている。

4. 5. 採点

①採点方法の種類

以下に示す2種類の方法で採点した。

1. 1問ごとに解答を送信し, 1問ごとの正誤を表示
2. 解答をまとめて送信し, 合計点を表示

◎「行列の問題」だけは, チェックボックスが多く並ぶと画面が全体的に狭くなって入力間違いをしやすいと考えたので「1の方法」を採用した。

◎対称性を答える問題で, 問1: 主軸, 問2: 側軸, 問3: 対称面と順に解答するとき, 一つ一つの要素を正しく見つけることができているかを確認するために「1の方法」を利用した。また, 問4で対称性を解答した後で1から4までの合計点も表示するようにしたので「2の方法」も利用した。

◎残りの問題では類似の問題を複数練習していたので, 「2の方法」を採用した。

なお, 「対称性を答える問題」では, 問1から問3での解答を表示し, 対称性を答えやすいように配慮をした。

②解答の登録から採点への流れ

◎問題番号と解答をCookieに保持された学生

番号ともに送信する。

◎学生番号, 問題番号, 解答を「解答登録テーブル」に登録する。

ここまでは共通で以下が異なる。

採点方式1 (行列の問題・対称性の問1から3)

「解答登録テーブル」に登録された解答と, 「正答登録テーブル」に登録されている正答と比較して正解ならば1, 不正解ならば0を「解答登録テーブル」の maru 列に記録する。

次に maru 列(正誤)の値を抽出する。

データベースから得点情報を取り出し送信して, 解答画面を結果表示画面に切り替えて0ならば「不正解」, 1ならば「正解」と表示する。

採点方式2

「解答登録テーブル」に登録された解答と, 「正答登録テーブル」に登録されている正答と比較して正解ならば1, 不正解ならば0を「解答登録テーブル」の maru 列に記録する。

同一学生番号の解答だけを抽出する。

正解ならば1点を加算する。

その後, 合計点と学生番号, 終了時間を記録する。

データベースから得点情報を取り出して送信して, 解答画面を結果表示画面に切り替えて結果を表示する。

④採点方式3 (対称性の問4)

問4が正解かどうかだけを「解答登録テーブル」の maru 列から取り出ししておく。

「解答登録テーブル」から, 同一学生番号のデータのみを抽出し, 合計点を計算する。

「合計点記録テーブル」に合計点を現在の時刻, 学生番号, テスト番号とともに登録する。

データベースから得点情報を取り出し, 解答画

面を結果表示画面に切り替えて結果を表示する。

もう一度同じ問題グループを選択したいときは, 「もう一回」をクリックすると, 解答画面が表示される。全問正解時には「もう一回」を表示させないようにした。

違う問題グループを選択するときは「メニューへ」をクリックすると, 問題グループ選択画面に切り替わる。

テストを終了するときには「もう終わりにしたい」をクリックするとログアウトする。

5. 問題作成

5. 1. 立体図(モデル)

立体図(モデル)を用いた対称操作の出題例を示す(図5.1)

問27 次の立体図の点を対称操作行ったときの点の番号を選択する。

操作: 2番を σ_v' してから, σ_v'' 。
 答えは...
 1 2 3
 4 5 6

正三角形に3つの垂線。
 ただし, 対称面は例のように指定する。
 σ_v 点1,4を通る面
 σ_v' 点2,5を通る面
 σ_v'' 点3,6を通る面

図 5.1 立体図の出題例

図形に対称操作を行ったとき, 1つの点がどこに移動するか解答する問題を出題した。対称操作を2つ連続で行う問題も出題した。

5. 2. ステレオ投影図

対称操作の問題用に作成したステレオ投影図の例。(図5.2, 5.3)

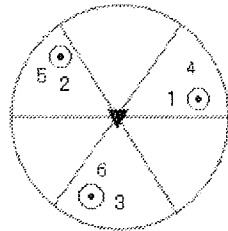
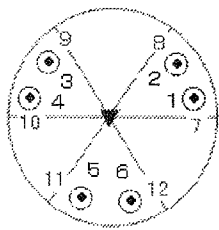


図 5.2 ステレオ図① 図 5.3 ステレオ図②

ステレオ投影図を用いた対称操作の出題例
ステレオ投影図を使つての出題例を図 5.4 に示す。

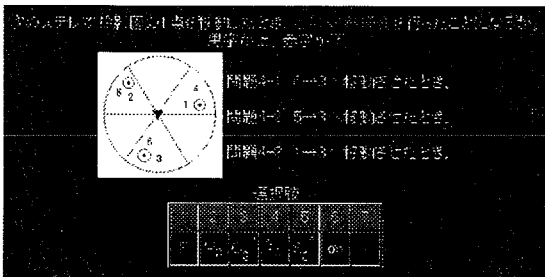


図 5.4 ステレオ投影図の出題例

図形に対称操作を行ったとき、1 つの点がどこに移動するか解答する問題を出題した。対称操作を2つ連続で行う問題も出題した。

また、点の移動から対称操作を答える問題も出題した。

5. 3. 対称性

・対称性の出題例

問1から問3までに対称要素を解答し、問1から3で解答した対称要素を踏まえて、対称性を答える問題を作成した。(図 5.5)

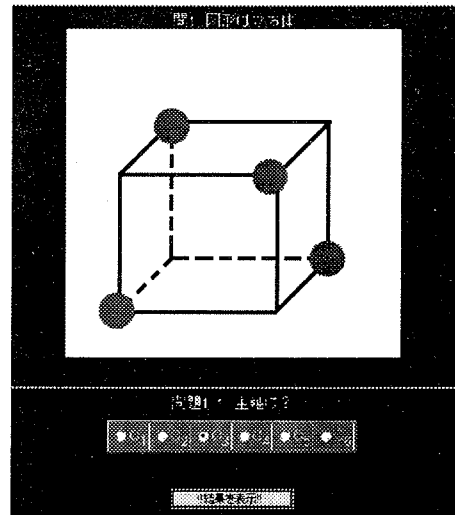


図 5.5 対称性の出題例

5. 4. 行列

行列のかけ算の問題。

図 5.6 のような図形の点の移動を表現行列で解答する問題を作成した。

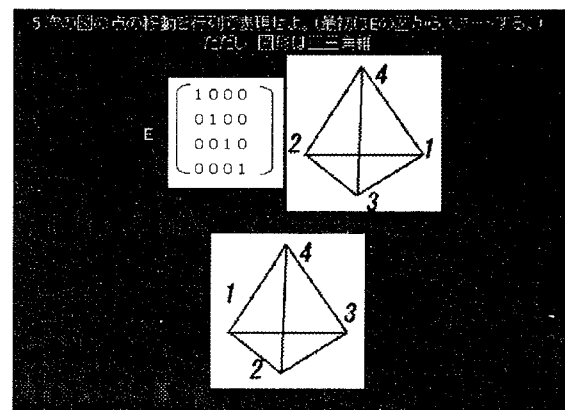


図 5.6 行列の出題例

5. 5. 積表

図 5.7 のような積表の要素を答える問題を作成した。

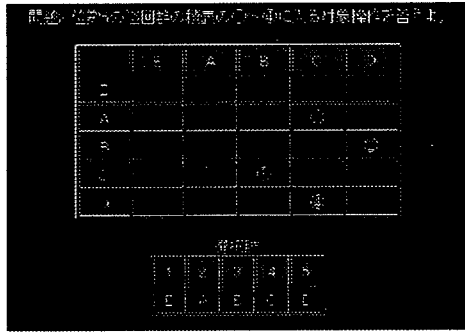


図 5.7 積表の出題例

6. ヒントの作成

6. 1. 対称操作

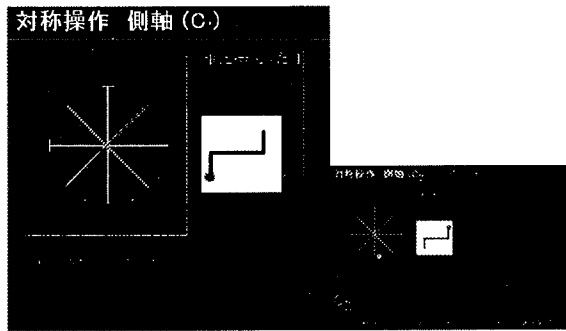


図 6.1 対称操作のヒント例

今回、対称操作のヒントは、分子の対称性学習用プログラムのために作成されたヒント[1],[2]を改良して利用した。図 6.1 のようなヒントをすべての対称操作について改良した。クリックすることで、左と右が交互に表示され、点の移動を確認できる。

図 6.2(1~5)のように1つのモデルを例にして、対称要素を見つけて対称性を決定するためのヒントを追加した。これにより講義中の小テストの正解率が5割弱から9割近くまで上がった。

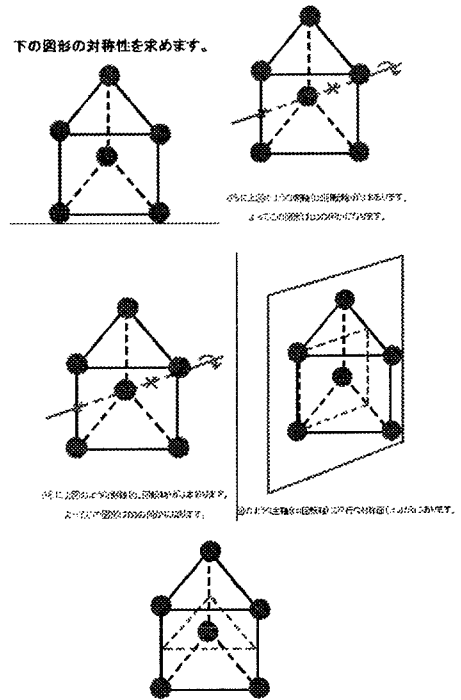


図 6.2(1~5) 対称性のヒント

6. 2. 行列

講義で理解度の低かった行列のかけ算について、丸印の「次へ」をクリックするごとに計算が一段階ずつ進み、行列のかけ算を詳しく説明するヒントを作成した。(図 6.3)

このヒントによって講義中の小テストの正解率が4割から6割にあがった。

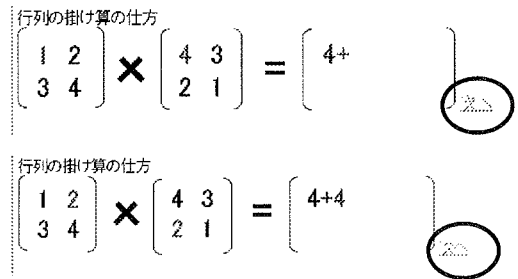


図 6.3 行列のかけ算のヒント

6. 3 表現行列

対称操作を行列で表現すると、2つの操作の組

み合わせ(積)を行うときに, 図形に頼ることなく表現行列の積で知ることが出来る.

しかしその時, ベクトルを1行行列(行ベクトル)で表すか, 1列行列(列ベクトル)で表すかによって, その計算で得られる表現行列が, どの対称操作に相当するか変わってしまう. その例が(図6.4)である.

だから, 表現行列を使って, 対称操作の組み合わせを考えるときには, 必ずどちらのベクトルを用いるかを決める必要がある.

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & 3 & 1 & 4 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 1 \\ 4 \end{pmatrix}$$

図 6.4 行ベクトルと列ベクトル

また, どちらのベクトルを用いるかによって, 2つの表現行列をかける順番が変化する. それを(図6.5)に示す. 図より行ベクトルの場合は操作した順にかけるが, 列ベクトルの場合は, 操作した順と逆にかけることが分かる.

行ベクトル

$$\begin{pmatrix} 10000000 \\ 00010000 \\ 00100000 \\ 01000000 \\ 00001000 \\ 00000001 \\ 00000010 \\ 00000100 \\ 00000010 \\ 00000100 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 00000100 \\ 00001000 \\ 00000001 \\ 00000010 \\ 01000000 \\ 10000000 \\ 00010000 \\ 00100000 \\ 00100000 \\ 10000000 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 00000100 \\ 00000010 \\ 00000001 \\ 00001000 \\ 00000000 \\ 00100000 \\ 01000000 \\ 00010000 \\ 00010000 \\ 10000000 \end{pmatrix} = D(S_4)$$

列ベクトル

$$\begin{pmatrix} 00000100 \\ 00001000 \\ 00000001 \\ 00000010 \\ 01000000 \\ 10000000 \\ 00010000 \\ 00100000 \\ 00100000 \\ 10000000 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 10000000 \\ 00010000 \\ 00100000 \\ 01000000 \\ 00001000 \\ 00000001 \\ 00000010 \\ 00000100 \\ 00000100 \\ 10000000 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 00000001 \\ 00001000 \\ 00000100 \\ 00000010 \\ 00000000 \\ 00010000 \\ 01000000 \\ 00010000 \\ 01000000 \\ 00100000 \end{pmatrix} = D(S_4)^T$$

図 6.5 行列の積の順

7. 実施の結果

7. 1. 実習の実施回数・参加人数・問題の種類

実習の実施状況

構造化学の講義の補習として, 受講生 56 人に対して, 計 11 回, のべ 185 人に実施した. 表 7.1 に問題内容, 実施日, 参加人数などを示す.

問題を変更するごとに, 問題グループに A, B, C とグループ名をつけた.

表 7.1 実施の内容

実施日		10/19	10/22	12/3	12/10	12/17	12/18	12/20	1/31	2/3	2/11	2/11
参加人数(人)		35	8	3	12	9	24	7	18	25	20	24
問題の種類		A	A	B	B	B	C	C	行列	行列	対称性	対称性
問題	ステレオ				20		20					
	操作を 解答する											
	位置を 解答する		19		14		14					
	操作を 解答する		3									
立体	位置を 解答する		13									
	要求を 解答する		4		14		14					
対称性											8	
行列	表現行 列を 解答する								8			
	掛け算								2			
ヒント	対称操作	△	△		○	○	○	○	○	○	○	○
	対称性										○	○
	行列の掛け算								○	○		

*問題の欄の数字は, 問題数を表す.

*ヒントの△は未完成

一回あたりの平均出席人数 16.8 人

一人当たりの平均出席回数 3.3 回

7. 2. 平均解答時間・平均点

問題の種類ごとに, 解答時間と正解率の関係を考える.

学生は同じ問題を何度も解くことが出来るため, ここでは総得点は使用しないで, (問題の総正解数/問題の総回答数) を%で表したものを正解率と呼び, また, 正解率の受験者全員の平均を平均正解率と呼ぶことにする.

解答時間は、すべての問題を解答し終えたときの時間であり、平均解答時間とは、受験者全員の解答時間の平均である。平均解答時間と、平均正解率を問題別に表 7.2 に表す。

表 7.2 問題と平均解答時間と平均正解率

	平均解答時間	平均正解率
問題 A	45 分 55 秒	80.39%
問題 B	1 時間 4 分 8 秒	57.39%
問題 C	1 時間 13 分 21 秒	65.26%
行列	35 分 31 秒	75.89%
対称性	1 時間 26 分 5 秒	87.24%

問題 A (図 7.1) のとき解答時間が短い人の中には、途中であきらめている人もいる。正解率は平均より下のグループと平均くらい取れているグループにはっきり分かれている。解答時間が長くなればなるほど、最低点が上がってきているのは、落ち着いてゆっくり考えたからと考えられる。

問題 B (図 7.2) のときは、解答時間にかなりばらつきがあるが、得点の差は A 問題ほどでは無かった。しかし、表 7.2 に示したように他の問題に比べると平均点が低かった。

問題 C (図 7.3) では、解答時間が特別に早い二人を除いてはだいたい同じぐらいの時間に終了している。B と同じ種類の問題であったが、こちらの方が平均正解率は高かった。

行列 (図 7.4) のときは、予想より早く終了する人が多かった。また、全問正解者も数人いた。行列の掛け算のヒントは、かなり効果が高かったようだ。行列の掛け算は、ほとんどの人が正解であった。

対称性 (図 7.5) のときは、対称性の見つけ方のヒントが有効だったようで、平均正解率も 8 割後半と良かった。コンピュータを使用した方式に慣れてきたせいもあるのではないかと考えられる。

すべてのグラフを比較したところ、はっきりした関連性は見つけることは出来なかったが、全体

的に、解答時間の差が大きいものは平均点が低い傾向にあった。

また、最初はコンピュータをあまり使ったことの無い学生は、コンピュータの操作に苦労しているようであった。最初はウィンドウ操作などの基本的事項を質問する人が数人見られたが、回数を重ねるごとに慣れたようで、コンピュータ操作についてはほとんど質問しなくなかった。

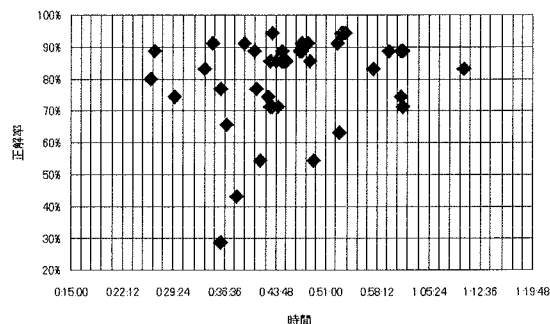


図 7.1 問題 A の解答時間と正解率の関係

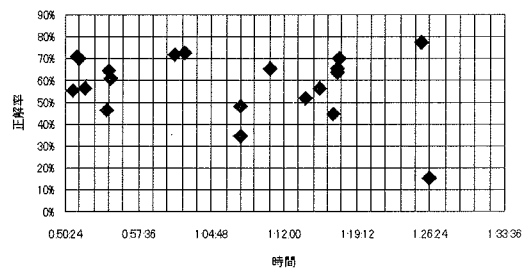


図 7.2 問題 B の総解答時間と正解率の関係

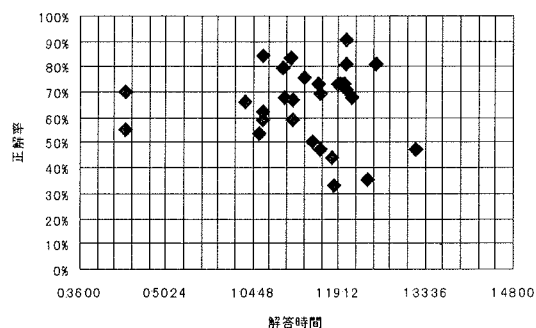


図 7.3 問題 C の総解答時間と正解率の関係

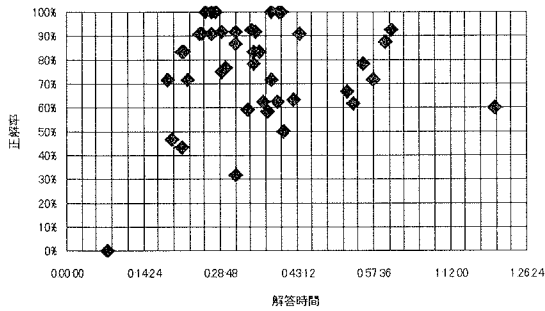


図 7.4 行列の総解答時間と正解率の関係

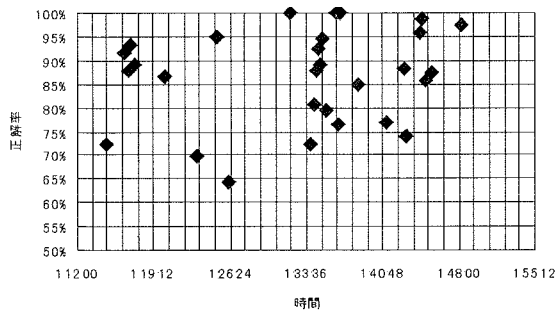


図 7.5 対称性の総解答時間と正解率の関係

7. 3. 誤答分析

特に正解率の低かった問題を問題種類別に示す.

問題 A

問題 図 7.6 の 3 番の点を σv してから, $\sigma v'$ をしたとき, 点はどこへ移動するか. 点が移動すれば, その点とともに対称面も移動すると勘違いをしている人が多いようであった.

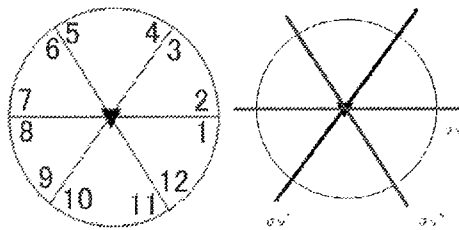


図 7.6 問題 A①

問題 次の立体図の 6 番の点を σv してから, $\sigma v'$ を行ったとき, 結果的にどの操作を行ったことになるか. (図 7.7) これも上と同様の理由と考えられる.

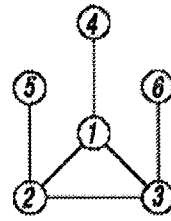


図 7.7 問題 A②

	E	C3	C3 ²	σv	$\sigma v'$	$\sigma v''$
E	E	C3	C3 ²	σv	$\sigma v'$	$\sigma v''$
C3	C3					
C3 ²	C3 ²					
σv	σv			E		
$\sigma v'$	$\sigma v'$				E	
$\sigma v''$	$\sigma v''$					E

図 7.8 問題 A③

積表の要素を答える問題 (図 7.8) は, どの回でも正解率が低かった. これは積表に対してのヒントが足りなかったためと考えられる.

問題 B

問題 図 7.9 の 5 番に S_6^5 を行ってから C_2 を行ったあとの点の位置番号を選択する. 対称操作の組み合わせの問題であるが, 点の数が多いことと, 対称操作が理解できていないため正答率が低かったものと考えられる.

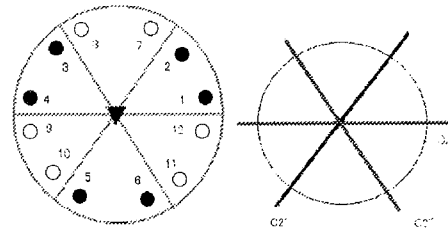


図 7.9 問題 B①

問題 図 7.10 の 3 番を C_2' を行ってから C_3^2 を行ったあとの点の位置番号を選択する. これは, 側軸回転でつまってしまった人が多いようであった.

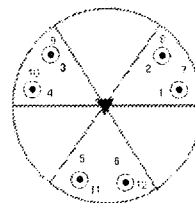


図 7.10 問題 B②

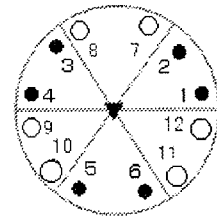


図 7.11 問題 C

問題 C

問題 図 7.11 の 1 番を C_2'' を行ってから S_6 を行

ったとき、どの対称操作に当たるか。二つの操作（側軸回転と S_n ）の操作の組み合わせであったため間違えた人がほとんどであった。

問題 図 7.11 の 10 番を i を行ってから S_6^5 を行ったとき、どの対称操作に当たるか。これも、2 つの操作の組み合わせと S_n のためと考えられる。

対称性の問題

問題 図 7.12 の σ_v , σ_h , σ_d 対称面はいくつか。 σ_v と σ_d の違いを理解しておらず、 σ_v と勘違いしている人が多かった。

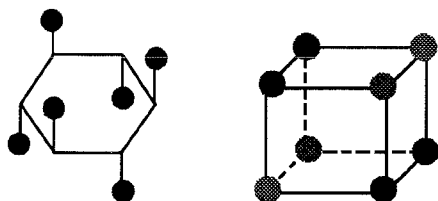


図 7.12 対称性①

図 7.13 対称性②

問題 図 7.13 の σ_v , σ_h , σ_d 対称面はいくつか。この図形では、 σ_h 面が斜めに入るのが難しかったようである。 σ_v と勘違いしている人が多かった。

このほかに、対称性の問題では、同じ図形でも人間の目の錯覚で距離感をつかみにくい点の配置があるため、同じ対称性であっても難易度が異なることに注意した。

C_{3v} (アンモニア型) を立体モデルで表現したものを例に挙げると、

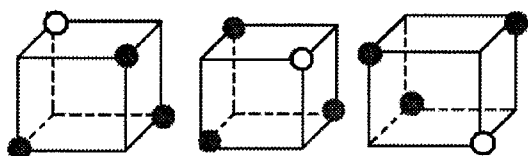


図 7.14 立体モデル比較①

図 7.14 では、1 つだけ色の異なる 1 点を中心として残りの 3 つの点と同距離に位置し、これが三角錐の形であることが比較的容易に理解しやすい。

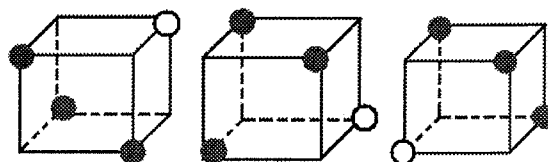


図 7.15 立体モデル比較②

しかし、図 7.15 では、1 つだけ色の異なる点と、他 3 つの点との距離が同じであることが理解しにくくなっている。また、同色同士の点をつないでも、正三角形になることに気づきにくいことも難易度を上げていると考えられる。

行列の問題

問題 図 7.16 の点の移動を行列で表現せよ。これは、列ベクトルで表現行列を解答する問題であったが、行ベクトルと列ベクトルを間違えている人が多かった。

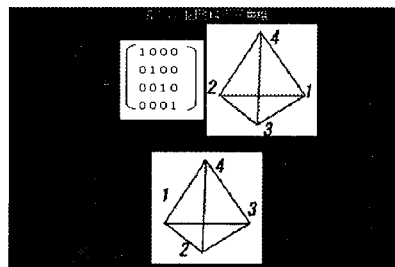


図 7.16 行列の問題①

問題 図 7.17 の点の移動を行列で表現せよ。これは、行ベクトルで表現行列を記述する問題であったが、 S_n の操作を理解していない人が多いようだった。

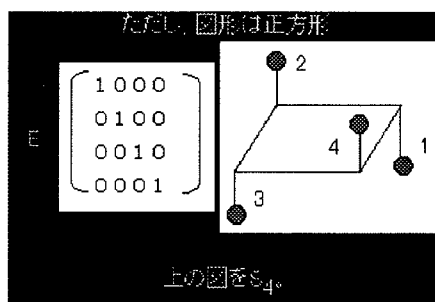


図 7.17 行列の問題②

誤答分析から以下のような事がわかる。

正解率の低かった問題は、ほとんど類似の問題であった。特に、 S_n や側軸回転のある対称操作の問題はどれも正解率が低かった。このことから、 S_n の理解度が低いことが分かる。また、主軸回転は問題なく理解できるが、側軸回転は難しいようである。

ステレオ投影図を利用した問題が多かったので、主軸は必ず図の中心に来るものであり、 σ_h は画面に水平な面、 σ_v は画面に垂直な面という先入観を与えてしまったようである。

しかし、最初の対称操作の段階では、立体モデルの点の動きよりは、理解しやすかったようである。

7. 4. アンケート

10月19日、22日の問題Aの終了後、対称性プログラムについてのアンケートを実施した。以後の問題・ヒント作成の参考とした。

質問内容と結果を示す。

1. テストの難易度はどうでしたか？

まず、50%が「普通」、48%が「難しい」、「かなり難しい」が2%で、易しいと回答した人はいなかった。しかし、問題Aの平均正解率(80.39%)から見ると、苦労して正解を出していることがわかる。

2. 解答方法は分かりましたか？

分かった(95%)、いいえ(5%)より、プログラムの使い方は易しいと考えられる。

3. 問題数はどうでしたか？

問題の数については「普通」と感じた人が約半数(48%)、「多い」と感じた人38%、「かなり多い」と感じた人が18%で、「少ない」「かなり少ない」は0%であり、多く感じた人が多いようだった。し

かし、平均解答時間(45分55秒)から考えると、そのほかの実習(問題B・Cなど)ではもっと長い時間がかかることもあったので、初めてコンピュータによる実習を経験したため、通常よりも時間を長く感じて問題数が多いと感じたのかもしれない。

4. 回映軸の説明は読みましたか？(この時は、回映軸の操作のヒントしかなかったため。)

ヒントを読んだ(93%)、読まない(7%)でほぼ全員が読んでいる。この結果から、問題B以降ではヒントを増やした。

5. 回映軸の説明は役立ちましたか？(読んだ人だけへの質問)

先ほどの質問と同様に役立ったと答えた人が9割近く(89%)であったため、ヒントを増やすことにした。他の回答は役に立たない(4%)、分からない(7%)である。

6. パソコンを使ったことはありますか？

いつも使う	23%
時々使う	50%
あまり使わない	25%
まったく使ったことがない	2%

「いつも使う」、「時々使う」を合わせれば、受験した学生の約4分の3が、パソコンを使用しているようであった。しかし、タスクバーの使い方・ウィンドウの操作などの基本的事項を知らない人も少なくなかった。

7. パソコンを使用した学習はこれからもしたいですか？

パソコンが良い(48%)。どちらでも(39%)、合わせると8割くらいの方はパソコンを使用しても良いと感じている。紙がよいは14%である。

8. おわりに

CGI を利用した場合に比べて、データベースを利用したプログラムのほうがプログラムとデータをはっきり分けることが出来て内容を変更することが容易になり、いろいろな応用が考えられる。データベースを利用すれば、データの検索および集計・平均は SQL の関数を用いて容易に行うことが出来る。

立体図を使用しての対称操作の理解は必ず必要であるので、ステレオ投影図でこうなったときは、モデルはこうなったといったような、ステレオ投影図とモデルを組み合わせた問題を作成する必要があると思われる。

学習者が利用するプログラムは完成したが、今後は、問題作成者が使用する管理用プログラム（クライアント上から、問題、解答の作成とサーバへの登録できるような問題登録フォーム、配点や問題の差し替えを簡単に行うための問題管理フォームなど）を作成する必要がある。

また、学習の助けとなるヒントの充実、問題数の充実、解説の充実も必要である。今回は問題実施の途中でアンケートをとり、それに基づいてプログラムの修正・改良を行った。今後は実習の途中と最後に実施して学習者の動向をさらにつかむようにしたい。

今後はアニメーション、音声情報、3Dなどを利用した、印刷物では表現できない内容を増やして行きたい。

研究室の奥原伸康君に対して問題作成への協力を感謝します。

参考文献

- [1] 榊原正明・市位直樹・増原良子・高見和邦・立花良一：分子の対称要素と対称性についての学習プログラム，鳥取大学工学部研究報告，第28巻，1号，pp.125-132,1997.
- [2] 榊原正明・立花良一・村畑太郎：分子の対称性についての学習プログラム，鳥取大学工学部研究報告，第29巻，1号，pp.99-114,1998.
- [3] 榊原正明・東山匡史・平岡敏雄・小野幸雄・福井裕暁：モデルを利用した分子の対称性学習ソフト，鳥取大学工学部研究報告，第33巻，pp.23-32,2002.
- [4] 奥原伸康：卒業論文「化学薬品等の管理システム」(2003).
- [5] 榊原正明：鳥取大学におけるPRTTR法対応プログラム，鳥大環境広報，No.8，pp.4-6,2003.
- [6] 前田信太郎：ナレッジの活用とビジネスの創出を促進するeラーニング，知的資産創造，2002年9月号.
- [7] 小野博：大学の教育改革とネットワークを利用した学習，電子情報通信学会誌 Vol.85 No.6 pp.392-396.
<http://www.ieice.org/jpn/books/kaishiki/ji/200206/200206-1.html>
- [8] メディアミックス・プロジェクト：図解雑学データベース，ナツメ社
- [9] PHP マニュアル：<http://www.php.net/manual/ja/>

(受理 平成 15 年 9 月 30 日)