

## 化学教育におけるCAIを用いた補習授業

## Network Mediated CAI for Supplemental Chemistry Education

堀合公威\* 石井 宏\*

城西大学理学部

埼玉県坂戸市けやき台1-1

TEL 0492-86-7963

E-mail : horiai@josai.ac.jp

Abstract: The present paper reports Internet and Intranet mediated CAI for chemistry education. The 1st year students are not trained how to run laboratory experiments, since high schools in Japan tend to focus their education on university entrance examinations. Thus it is important for us to train the 1st year students to administer the laboratory works. Our network mediated CAI for chemistry education offers virtual laboratories for the 1st year students applying strong network background and technologies.

Keywords: network technology, intranet, CAI of chemical education, virtual World Wide Web(WWW)

## 1. はじめに

最近化学を専攻する学生の質的変貌が「実験に裏打ちされた知識の不足」と「受動的な学生の増加」という二つの点で顕著になってきた。

その原因として、「中・高等学校の進路指導が進学を目標とした教育に傾き、中等教育に実験に裏打ちされた知識を身に付ける指導ができなくなっている。また、以前は自然の中で遊び、その遊びを通して道具を操る技術や自然観察力を習得していたが、そのような機会が減少している。」などが考えられる。

したがって、従来のカリキュラムで設定した授業内容や実験項目を、変更しないまま教育することは年々困難になってきた。

このような現状認識のもとに、ここ数年は予備的補習を行ってから授業や実験を開始してきた。しかし、従来型の教育手法による補習授業には、多くの労力と時間が必要であり、その効果は労力と時間の割にはあまり実効的でなく、それに替わる手段を模索していた。

一方、情報教育環境の最近の進歩は著しく、数年前までは考えられなかった大容量のファイルがネットワークにより容易に送受信できるようになっている。本学においても情報化時代に即した図1に示すような情報教育環境の整備が、平成10年4月に行われた。

このように整備された学内のネットワーク環境と、高性能のパーソナルコンピュータ群を利用して、「学生が参加する能動的なCAIによる補習授業」の具体化を試みた。

この情報環境は、今回試みるような大容量ファイルから構成されるCAI(Computer Assisted - Instruction)による授業および補習を側面から支援するものであった。

## 2. 改善の方法

以前から多くの教員によって化学の授業や実験に、ビデオ教材やCAIの利用が試みられており、その教材は市販の

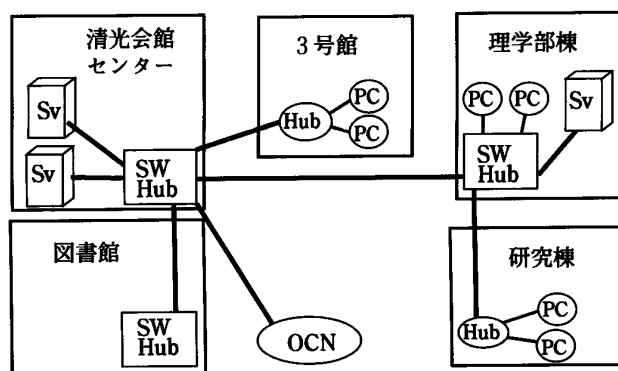


図1 本学のnetwork構成図

LANは、各建物内にスイッチングハブを設置し建物間を100Mbpsの光ファイバーで結んでいる。WWWサーバは、センター内に学内全域用1台、本CAIの主な利用場所である理学部棟に1台設置されている。

ものも含めて増加している。

実験に関していえば、これらの教材は実際に使用する器具および機器が異なるなど、実験実習で効果が上がるものはほとんどなかった。

今回目標に定めた授業は、3年次に設定されている物理化学の学生実習であり、対象の学生は1・2年次でかなり実験での実習体験を積んできている。しかし、先の事情で道具を操る技術や自然観察力は、この段階でも十分養われない学生が多数を占めていた。したがって未知の器具に対し、想像力を働かせて利用することができない者がほとんどであった。

本実験では、今まで体験していない実験器具や、装置を多く使用する。そのため、実験器具や装置の取り扱いおよびそれらの原理について、基礎的な知識を十分持っていなければ、実際の実習をすることができない。したがって、従来も何らかの方法で予備的知識を持たせなければならなかった。

そのため、これまでも実験前の補習には多くの時間を割いてきたが、最近とくに受け身の学生が多くなり、補習時

\*Kouji Horiai, Hiroshi Ishii  
Josai University

間を年々増加することが必要であった。

この状況を解消するため、今回制作するCAI教材は、学生が能動的に補習するようなCAI教材であること、原理についての基礎的な知識を十分学べること、実際に実験で使用する機器による擬似的体験ができること

を目的とし、多くの画像データを取り入れることで、視覚にうったえる「理解しやすい予備学習教材の制作」とすることに目標を定めた。

この目標を実現するための環境および作業は、本学において平成10年度に整備される予定だった図1に示した情報教育環境JOSEFINE（現在は整備されて稼働している）の活用を想定して準備を進めた。

この計画の教材中には、学生の理解を高めるためにビデオ画像を用いるなど、マルチメディア化を大いに取り入れた。そのため、取り扱う情報量が大きくなったが、学内のネットワーク環境はかなり充実しており、この目標を十分実現できると判断した。

物理化学実験は、表1に示すように12項目の実験テーマが設定されている。今回は著者が実際に担当している下線の四つの実験項目についてCAI化をはかった。ネットワークシステムを用いて実際に実行する手段は、HTML文書により実現をはかることとした。

これにより、学生が、教材のWebページを開示するという能動的な作業を通して、授業に参加している状況が、実現できると考えたからである。

表1 物理化学実験のテーマ

物理化学実験 実験テーマ	
1. 可視紫外分光	2. 赤外分光
3. 液体の密度	4. 表面張力
5. 二次反応	6. 光化学反応
7. 中和熱	8. 放射線測定
9. 氷点降下	10. 吸着平衡
11. 分解電圧	12. コンピューター演習

### 3. 教材の準備

近い将来、全テーマのCAI化を想定し、他の教員スタッフが特別な道具なしに、CAI教材作りに参加できることを目標として準備を進めた。

教材は、画像教材・音声教材・テキスト教材から構成することとし、一般的に普及した手持ちの機器を用いた。

動画は、家庭用ビデオカメラ（松下電気産業製：S-VHS-C MOVIE CAMERA NV-S77）を用いて撮影し、説明用音声はステレオコンポ（ソニー製：V-750システム）を用いて動画を再生しながら説明をテープに録音した。その後、このようにして用意した動画および音声は、ビデオデッキ（三菱電気製：HV-S10）を用いて再編集した。

再編集の終わったビデオ教材は、Macintoshパフォーマ630にプレインストールされている、動画および静止画取り込み用ソフト（アップルビデオプレーヤ）によってムービーファイル化した。

静止画は、デジタルカメラ FUJIFILM（Fine Pic 700）で撮影した。静止画の説明用音声もステレオコンポ（ソニー

製：V-750システム）を用いてテープに録音した。用意した教材をまとめると、次の通りである。

#### 画像教材・音声教材

動画：家庭用ビデオカメラを用いて装置および器具の実際の操作状況の撮影を行い、その映像に、後からシステムコンポを用いて音声をカセットテープに録音し、この映像および音声をビデオデッキで再編集する。

このように再編集したビデオ画像をMacintoshのソフトによってムービーファイルとした。

静止画：デジタルカメラを用いて装置および器具を撮影した画像をJPEGファイル化した後、MS-WordまたはMS-PowerPointに読み込んで説明文を書き込み、静止画教材ファイルとした。その画像の説明用音声は、説明音声を収録したカセットテープを再生して音声ボードから入力し、音声ファイルとした。

#### 文書教材・質問事項教材：

ワープロソフトを用いて実験の原理および操作などの実験指針のデジタル文書化を行った。

このようにして用意した各々の教材は、MS-Wordなどのワープロソフトを用い各CAIを構成するHTML文書を作成し、最終的にCAI教材の統合化をはかった。

CAIを構成する各HTML文書を作成する段階で、それぞれのページにムービー・静止画・音声などのファイルを効果的に表示するとともに、各HTMLページには、評価用質問事項とは別に、能動的な要素を高めるために、適切な質問事項を用意した。このことにより、各ページを単調に鑑賞することが防げ、内容の把握も向上する。

評価は、各実験項目CAIの最終HTMLページに評価用の質問事項を用意し、その解答はメールを用いて受け取ることとした。

設問は、選択解答式問題と筆記解答式問題を用意した。受け取った解答は、現在個別に採点している。

### 4. 動作環境

教材および管理用ソフトなどを含む全ての教材は、独自に用意したWWWサーバ上に置き、ネットワーク利用によるCAI環境を設定した。

授業形式での補習では、1時間半という限られた時間帯に約100人もの学生が、WWWサーバ上に置かれた全CAI教材を、ネットワークを利用して開示する。したがって、500~2,000MBの容量のCAI教材を、一斉に参照しに行くことが予想され、かなり充実したネットワークシステムでも、ネットワークに著しい負荷がかかると予想される。

この混乱を避けるため、授業開始前にあらかじめサーバからクライアント側のハードディスクにリモートでCAI教材を送信しておき、クライアント側のハードディスク上に、仮想のWWW環境を構築し実現をはかった。クライアントは、Windows NTシステムで、Netscapeがインストールされており、ハードディスクの空き容量（2.4GB）は比較的多かった。クライアントには、他の授業の関係で初期設定維持のためクラスルームシステム<sup>(注1)</sup>が導入されている。

(クラスルームシステムのため、講義形態での利用は、その都度各クライアントへCAI教材ファイルのインストール作業が必要となる。)

授業において頻繁に開示が予想される教材は、クライアントのハードディスク上に置くことにし、開示が少ないと予想される教材その他は、WWWサーバ上のファイルを利用することとした。こうしてマルチメディアを駆使した情報量の多い教材を、補習授業という限られた時間に、受講者各々に利用させることを可能とした。また教材の修正および更新もWWWサーバ上の教材の修正および更新作業だけで済むようにした。

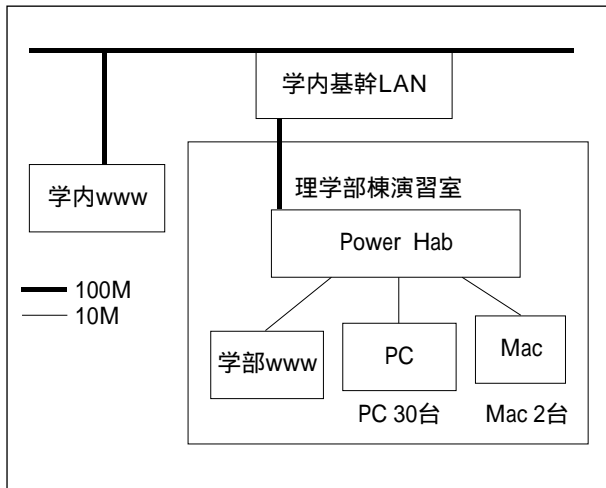


図2 1号館ネットワーク構成図

1号館は100Mbpsの光ファイバーで基幹LANを結んでいる。WWWサーバは、センター内に学内全域用1台、本CAIの主な利用場所である理学部棟に1台設置されている。

学内において、WWWサーバ上の本CAIの利用時間(注2)は、9:00~19:00で時間的制約は大幅に緩和されている。また、学内の約300台のクライアントから利用することができる。

CAI教材のファイルが置かれているWWWサーバには、学内のネットワークで利用するCAI教材の他に、授業で使用するクライアント用のCAI教材(注3)が用意してある。補習授業で用いるファイルは、授業ごとにリモートで、ここから各クライアントにファイルを送信している。クライアント用のCAI教材を送信しているのは、図2に示した1号館の演習室室内のNTクライアント30台である。

### 5. 教材の構成

実習においてその内容を説明する場合、実験室内に実際に配置されている測定機器を前にして説明した後、実際に体験させる方法と、教室で黒板を使用して説明する方法が従来行われてきた。

前者の場合、実践的で非常に理解が深まるが、一回で説明できる人数が限られてしまい、何回かに分けて説明する必要がある。後者の場合、視覚にうったえることができない分、理解不足に陥りやすいが、多数を一度に予習させることができる。それぞれ一長一短があるが、今までわれわれは、時間的・人的制約から後者の方法で補習を行ってきた。

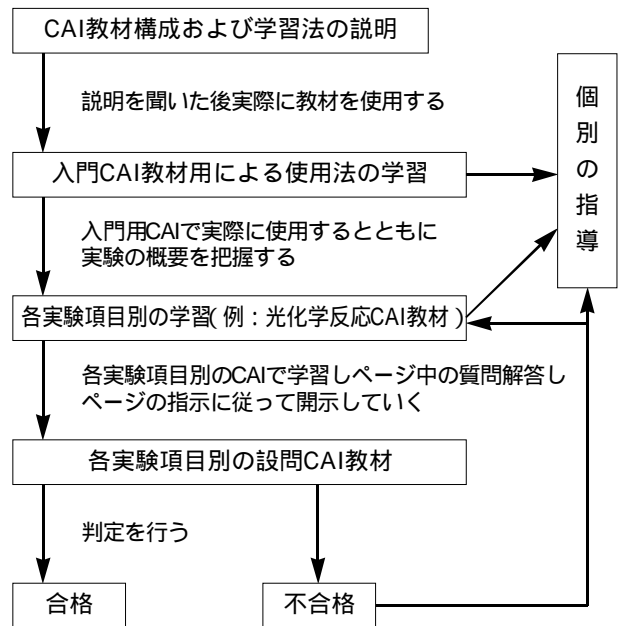


図3 CAI教材学習のスキーム

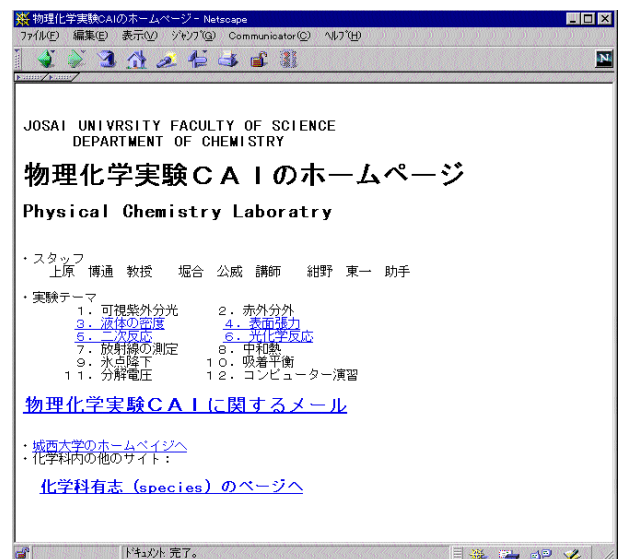


図4 物理化学実験CAIのトップページ

下線部の項目には、リンクがはっている

本年導入したシステムは、図3に示した「CAI教材学習のスキーム」のような構成とした。

本CAI教材学習の準備として、練習用CAI教材を用意し、あらかじめ基礎的な使用法を学ぶように設定した。その後、実際の本CAI教材を使用した予習授業を行った。

図4に本CAI教材学習のトップページを示した。印刷の関係上背景は白としたが、実際の画面は濃いブルーである。この画面中の下線付きの項目をクリックすると、それぞれのリンク先のページが開示する。例えば、実験テーマ6のページを図5に示すと、実験の原理その他の下線付き項目があり、それぞれの項目におけるリンク先のページが開示する。

それぞれの実験課題で使用する器具および装置については、例として図6を示した。それぞれのリンク先のページ

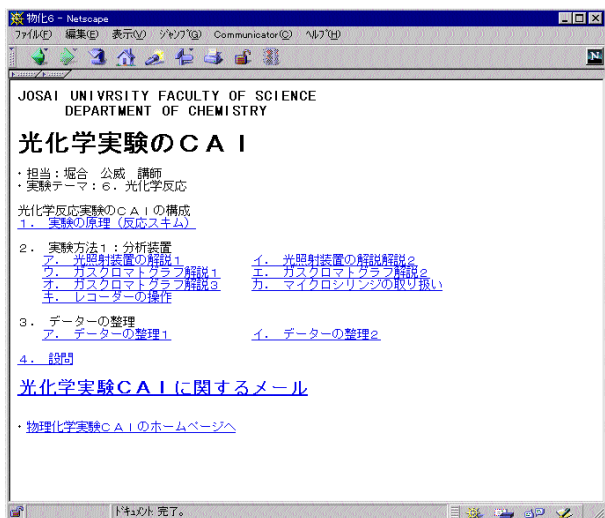


図5 光化学実験CAIのトップページ  
下線部の項目には、リンクがはってある

には、動画や静止画やテキスト教材および音声教材から構成される各HTML画面（ページ）を用意した。これらのページで、実習前の基本的知識を学ぶとともに、擬似体験をする構成になっている。

図6のような項目中でも、ムービー（動画）による構成では、器具の使用上のポイント（道具を使いこなす方法）を学ぶことができるように配慮した。また、用いる装置についても同様に、装置の外形および内部もできるだけ画像情報としておさめ、装置の原理に基づき装置内の各部の役割について学ぶとともに利用上におけるポイントの理解を深めやすいように配慮した。

これらの学習の最後に、最低限理解することが必要な項目について問題を設け、それに解答するように設定してある。ここで理解が不十分と判定した学生には、各自の空き時間に再度その教材を開示させることで、理解を深めるよう指示している。

したがって本システムの場合、測定機器の原理、操作方法などを、実際に使用する機器を配置した仮想実験室で学



図6 光化学実験で使用する機器のCAI  
この図は、ガスクロマトグラフィの説明

習し、その後に実験実習に入ることになる。そのため、各実験テーマの一連の操作を擬似体験していることで、測定機器の操作に不必要に気を取られることなくなる。その分、実験に神経を集中することができ、内容の理解が深まると考えている。

## 6. 実際の補習授業

実際のCAIによる授業は下記の内容の科目である。

[ 授業科目名 ] 物理化学実験

[ 学部・学科名・単位数 ] 理学部・化学科

通年2単位

[ 授業形態 ] 必修（3年次生）、週3回

また、使用したシステムを下記に示した。

[ 授業で使用した情報教育機器の種類 ]

UNIX 1台(WWWサーバ)・Windows NT30台

・Mac機 2台・学内LAN

[ 利用環境 ] 城西大学の新情報システム

(すべてのクライアントで自習可能)

[ システムの規模 ] Windows NT

補習授業は、今年度の実験の履修者が95人と少なく3組のグループに別れるため、1グループあたり31名か32名で、若干Windows NT機での補習はできなかったが、残りの学生は変わりにMac機を用いて補習授業を行った。初め、簡単にクライアント用のCAI教材の概要と利用法を説明した。その後、実際にCAI教材の開示を行わせ、いくつかのテスト用CAIページを閲覧させた。

それぞれの実験課題に沿ったCAI教材のページの開示は、順次CAI教材の指示にしたがって、各設問に解答させながら進行させた。

1テーマの開示は、約30分でこれを一区切りとして設問の解答を求めた。メールでの解答ができないものには、筆記方式での解答を求めた。この段階で、ワープロおよびコンピュータの知識があるものとないものとの差が歴然となり、大よそ、スムーズにCAI教材を利用できる学生の選択が可能となった。それ以後の他の補習CAI教材の開示は、スムーズにCAI教材を利用できる学生については、学生の自主性に任せて、それぞれの設問に解答するように指示した。

それ以外の学生は約10人程度（3分の1）であるが、簡単なワープロの操作などを教えた後、指導しながら他のテーマのCAI教材を開示させてCAI教材の利用法を修得させることとした。このような方法で3テーマを終了する頃には、ほとんどの学生はCAI教材の利用法を修得し、操作に気を取られることなく内容を把握し集中できるようになった。

CAI教材の利用法をなかなか修得できない学生は個別に指導を行ったが、自習できる段階に達するのに、トータルの時間で6時間ほどを要した。順次寄せられた設問に対する解答は、速やかに評価した。解答が不適切なテーマについては、図7に示したようなスキムしたがって、再度CAI教材を開示し解答するように指示した。

## 7. 個別の補習

設問に対して不適切な解答（図7の判定で不合格）をした学生は、CAI教材開示中での簡単な思い違いがほとんど

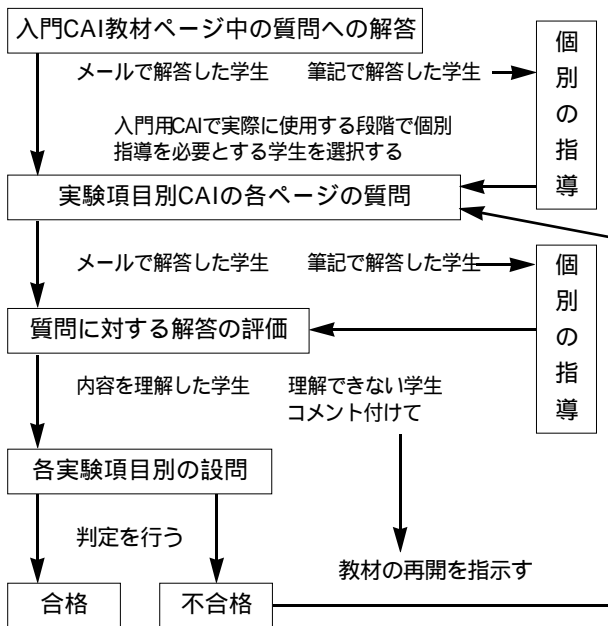


図7 CAI教材学習の評価

で、評価メール中に簡単なコメントを付けて自習が必要である旨を返信した。

返信を受け取った学生は、指摘された解釈の不適切な箇所を、再度のCAI教材の開示によって理解し適切な解答に修正されていた。

しかし、最後まで教材の内容を理解できない学生が各グループ中に若干存在し、それらの学生には個別の対応をする必要があった。個別の対応は、学生と教員の双方の時間的調整が必要であり、授業終了後の時間を利用して行っている。幸いそのような学生は数名であり、実際に装置および器具の操作を体験させたり、実験のそれぞれの項目について原理および目的について詳細に説明を行っている。

## 8. システム導入による効果と課題

本システムは本年度初めて実行したもので、当初4月より学内の新システム（平成10年度整備）が稼働する予定で計画していた。しかし、整備が遅れたため、補習授業も5月末にずれってしまった。実験実習は先行しており、したがって本年度受講の一部の学生は、本システムを経験することができなかった。

また本システムは、全実験テーマ（12テーマ）の内4テーマについて実施しただけであり、これだけでは厳密な評価はできない。しかし昨年度までの、黒板を用いて説明する方法と比較すると、実験がスムーズに進行し、器具の破損が2割ほど減少した。また、装置の取り扱いにおいても、初歩的な不注意による故障および破損なども減少した。

以前は予習不足の学生が多く、実習時間中に、個別に指導しなければ実験が進まないことが多々あったが、本システム導入によりそのような学生が減少した。これにより、実習中は実験内容の理解という点に、指導の力点を置くことが可能となった。

実際にその場で体験させる方法に比べ、この方法は理解の度合いが多少劣るものと考えられる。しかし、忘れてしまう場合やその場で理解できないことなどを考慮すると、

実際に実験に使用する器具および機器による擬似体験であり、繰り返し自習できる点で「本システム」は優れていると考えている。また学生が能動的にWWWページをめくり、そのページを理解したら先に進むということであり、このような操作によって、授業に参加している状況を作り出してあり、その点でも効率よく内容を理解できると考えられる。

このシステムは、まだ導入したばかりで効果のほどは定かでないが、有効に利用すれば思いのほか効果が上がることを予感させてくれた。化学の教育において、教室における理論の講義と、その理論を応用した実験を、実際に実験室で体験することが必要である。本CAIによる実験の擬似体験教育は、ともすれば擬似体験で事足りるとの錯覚を学生に与えてしまうきらいがあったが、CAI開示後すぐに実験を行っていく過程で、何気ない操作が実際には熟練を要するなど、改めて実体験の必要性を理解したようである。

本システムは、ファイル容量が大きく、学生の自宅からのインターネット活用に難点があり、この点も課題として残った。しかし、ネットワークシステムがなくても、最近の市販コンピュータの性能は向上しているため、十分ハードディスク内に仮想インターネット環境を実現できる。したがって、CD-ROMなどの大容量記憶媒体を使えば、家庭での利用も可能で、体験を必要とする他の教育分野にも十分応用できると考えている。

近い将来、選択の問題の解答に対しては、自動的に評価できるプログラムを用意し、筆記による解答は個別に採点するようにして、採点の労力を軽減するような計画をしている。

## 注

- (1) クラブルームシステムとは、各コンピュータのインストールプログラムを起動時に常に初期状態を保持するシステムで、悪意および誤った利用による破壊から、インストールプログラムを保護されるため管理の面で優れている。反面ユーザーによるインストールができず、個人的な利用環境の整備および構築ができない。インストールソフトのバージョンアップおよび新ソフトインストールにも、ソフト代他にクラブルーム修正代も必要で、それなりの対応が要求される。
- (2) 自宅からのインターネット利用も可能であり、この場合利用時間帯に対する制限はないが、ファイル容量が膨大なため実質の利用時間がかかり、実用的ではない。
- (3) クライアント用のCAI教材は、ネットワークで使用している各HTML文書とは別に用意した。この文書は各HTML文書内で参照しているファイルの指定を、必要に応じて各クライアントのハードディスク内のファイルに指定し直したものである。

## 参考文献

- [1] 光澤舜明: インターネット技術を授業に活用. 化学, Vol.53 No.1, pp. 38-39, 1998.
- [2] 根本洋明: 授業に活用する. 別冊化学「研究者のためのインターネット読本」, pp. 54-55, 1998.
- [3] 北尾 修: インターネットに接続する. 別冊化学「研究者のためのインターネット読本」, pp. 54-55, 1998.