

インターネットを利用した 科学実験システムの一構想

税 所 幹 幸

インターネットの急速な発展に伴い、インターネットを利用した教育も次第に整備されてきている。特に、実験を伴う理科教育においては、学習者が教師の説明を実験で確かめることができれば、教育効果をさらに高めることができると考える。そこで、学習者がインターネット上で実験を進めることができる科学実験システムを提案し、その実現化について検討を加え、さらにその実験システムに対する考察をおこなった。検討の結果、科学実験システムの実現化に対する見通しをつけることができた。

1. はじめに

インターネットを取り巻く環境はこの数年で急速に変化してきている。その変化としては、インターネットへの接続をサービスするプロバイダーの増加、インターネットを利用するためのコストが低下したことによるユーザの増大、インターネットを利用するためのハードウェアやソフトウェア（ブラウザやサーチエンジン等）の改良・開発、インターネットを利用する企業・大学研究機関・個人によるホームページの充実などが挙げられる。今後もインターネットの利用環境はネットワークの高速化など一段と整備されていくので、インターネットは一層発展していくであろう。また、コンピュータのハードウェア、プロバイダーへの接続料や通話料などのインターネットを利用するコストは徐々に低下し、使いやすい状況になっていくので、特に家庭からインターネットを利用する機会が次第に増加していくと考えられる。^{1) 2) 3)}

教育へのインターネット利用の草分けは、1994年から通産省と文部省が支援して、情報処理振興事業協会と(財)コンピュータ教育開発センターが中心となって推し進めた「100校プロジェクト(正式名称:ネットワーク利用環境提供事業)」である。このプロジェクトは、全国の小・中・高等学校の100校がインターネットに接続し、教育におけるインターネットの活用方法を探るものであった。このプロジェクトは1996年まで続けられ、その成果がインターネット上にも公開されている。また、このプロジェクトで明らかになった課題を解決すべく、1997年より「新100校プロジェクト」が始まっている。このように小・中・高等学校においては、徐々にではあるが教育へのインターネットの利用が広がりつつある。⁴⁾

教育現場でのインターネットの利用法としては、これまで情報収集、情報交換、ホームページの作成やオンライン教育の取り組みなどが実施されている。特に、オンライン教育では、理科などの教科を学習するコースウェアが徐々に整備されてきている。^{5) 6)}近い将来、学校以外の公共施設などや自宅でインターネットを利用できる環境がさらに充実されていくと考えられるので、学習者がインターネット上にあるコースウェアを自宅などから利用する機会が次第に増えるであろう。したがって、インターネット上に各教科のコースウェアを整備していくことはオンライン教育の重要な課題の一つである。

本稿では、インターネットを利用した理科教育、特に実験を伴う理科のコースウェアの現状と問題点を指摘し、その問題点を解消する新しい科学実験システムを提案する。また、その科学実験システムの実現化について検討し、さらにその科学実験システムの特徴について考察する。

2. インターネットを利用した理科教育の現状と問題点

インターネットを利用した理科教育、特に実験を通して性質や法則などを学習するコースウェアは、Webページ上にHTML言語を使って作成されているものが多い。その解説には文字あるいは図による説明ばかりでなく、実験の様子を撮った静止画像も併せて利用されているので、学習者は実験の様子を垣間

見ることができるようになっている。ところが、現状のインターネットを利用した理科実験の実現方法を検討してみると、以下のような問題点をあげることができる。

- (1) 現状のような理科実験の実現方法は、学習者が教師の説明を実際に確かめることは難しい場合がある。

理科教育では、学習者が実験を行なうことで抽象的な理論を具体的な現象に結び付けて考えられるので、学習内容の理解を深めることができる。学習者が教師の説明を確かめるために学習者の身の回りで実験装置などを常に調達できるとは限らず、困難な場合があると考えられる。したがって、その場合現状のコースウェアを読むだけでは、学習者が実験を進めているという実感を持つことが難しいので、学習内容を理解しにくい場合がある。

- (2) 学習者が実験の様子を観察するには静止画像だけでは充分ではない。

実験の様子をうかがえる静止画像は実験の一場面の様子なので、実験全体の流れを観察することが充分でないため、学習者は実験内容を理解しにくい場合がある。

- (3) 学習者同士でコミュニケーションを取ることができない。

学習者は、個別に Web ページを読んで実験の内容を理解していくため、学習者同士で実験の内容および結果に対する意見交換などを行うことができないので、学習効果を高めることができない場合もある。

3. 提案する科学実験システムの概要

本科学実験システムでは、学習者は Web サーバコンピュータから提供される Web ページであるコースウェアを読んだ後、そのコースウェアを通して Web サーバコンピュータに接続されたアームロボットに指示を出して、科学実験装置を操作することにより実際に実験を進めることができる。なお、本科学実験システムを利用する対象者は、小学生から中学生を考えている。

提案する科学実験システムの機能、その実験システムを実現するためのハー

ドウェア構成およびソフトウェア構成を検討する。

3.1 科学実験システムの機能

提案する科学実験システムは、2章で述べた問題点を解消するいくつかの機能を備えている。

- (1) 間接的ではあるが、学習者はインターネット上で実験を行うことができる。

インターネット上で実際に実験器具や装置を操作して教師の説明を確かめることができれば、学習者は学習内容を理解し易くなると考える。

- (2) 学習者はリアルタイムで実験の様子を動画で観察できる。

学習者が実験の経過を動画で観察できれば、学習者は学校の実験室で実験を進めている実感を持つことができ、学習内容の理解を高めることができる。動画はあらかじめ教師が行った実験を記録したビデオではなく、学習者自身が実験しているリアルタイムの画像であるため、学習者は実験を進めているという実感を強く持つことができる。

- (3) 学習者同士で実験に関してコミュニケーションを取ることができる。

学習者同士で実験の内容などに関する意見交換、すなわち学校で行われている共同実験の雰囲気を実現できれば、学習者はお互いに実験の内容の理解を深めることができる。

3.2 システムのハードウェア構成

図1に提案する科学実験システムの構成図を示す。科学実験システムは、Webサーバコンピュータ、科学実験装置、アームロボットおよびビデオカメラから構成される。アームロボットは人間の代わりに科学実験装置を操作する役目を持っている。また、ビデオカメラは実験の様子とアームロボットの動きなどを観察するためのものである。アームロボットとビデオカメラは、インタフェースボードまたはRS232Cポート等を使ってWebサーバコンピュータと接続されている。学習者は、インターネット上にあるコースウェアを通して、アームロボットやビデオカメラに指示を与えて

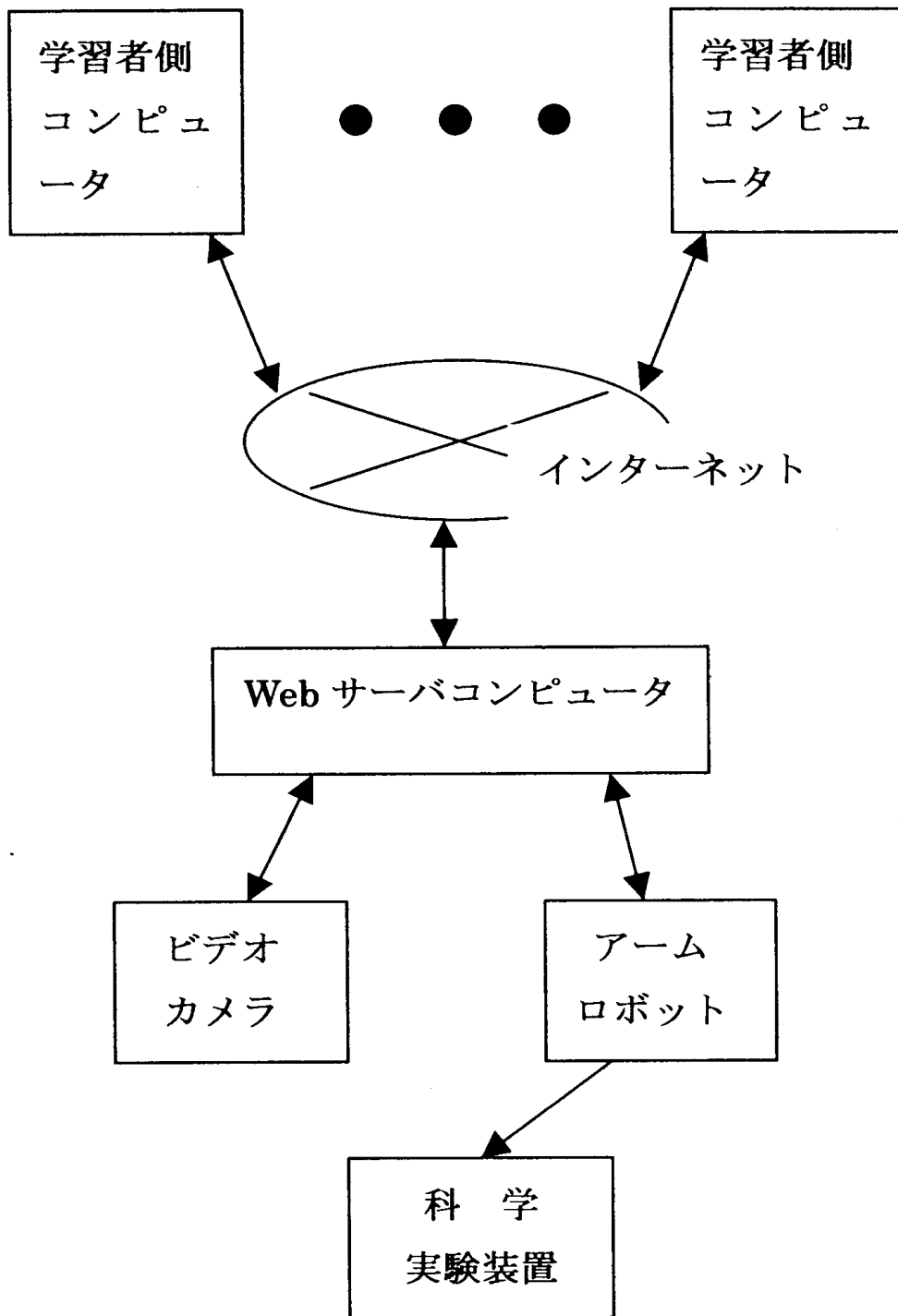


図1. 科学実験システム

操作し、実際に実験を進めることができる。

3.3 システムのソフトウェア構成

提案する科学実験システムには、Webサーバコンピュータと学習者側（クライアント）に準備するソフトウェアがある。

まず、Webサーバコンピュータに備えるソフトウェアについて説明する。

(1) Webサーバ

これは、インターネットを通して発信する情報を公開する仕組みを提供してくれたり、またブラウザからの要求に対して処理を実行したり、応答のための情報をブラウザへ送ったりする機能を持ったプログラムである。

本科学実験システムでのWebサーバの役割は、実験の内容を記述したコースウェアを公開したり、学習者がアームロボットあるいはビデオカメラを操作するための情報を受け取った後、それらの操作を実行するプログラムを起動する役目を持つ。

(2) コースウェア（実験書）プログラム

コースウェアはWebページで構成されており、実験の目的、実験に関する内容、実験方法、パラメータの変更（アームロボットへの動作指示）、実験の様子を観察するためのビデオカメラへの方向指示および練習問題などがHTML言語で記述されている。

(3) アームロボット制御用プログラム

これは、学習者がアームロボットを操作するためのプログラムである。アームロボットを制御するためのプログラムをCGI (Common Gateway Interface) プログラムとして、Webサーバコンピュータ上に格納しておく。学習者がWebページでアームロボットに動作の指示を出すと、Webサーバコンピュータ上にあるアームロボット制御用CGIプログラムが起動され、学習者はアームロボットを介して科学実験装置を操作できることになる。

本科学実験システムでは、科学実験装置の操作に混乱を与えないために、一人の学習者が科学実験装置を操作中であれば、新たな学習者が科学実験装置を操作できない機能を付加しておく。

(4) ビデオカメラ制御用プログラム

このプログラムは、学習者が Web ページからビデオカメラの方向を操作するためのものである。学習者はビデオカメラで実験の様子を観察することができる。前項のアームロボット制御用プログラムと同様に、Web サーバコンピュータ上にビデオカメラ制御用プログラムを CGI プログラムとして準備しておく。

本科学実験システムでは、前項のアームロボットの制御と同じ理由で一人の学習者が実験中であれば、新たな学習者はビデオカメラの操作をできない機能を付加しておく。

(5) ビデオ送信用プログラム

これは、学習者が実験の様子を観察したり、科学実験装置を操作するためのビデオ画像を学習者に送信するためのプログラムである。本科学実験システムでは、複数の学習者に対して実験中のビデオ画像を配信することができるようにしておく。

(6) コミュニケーション管理プログラム

これは、学習者同士が実験に関してコミュニケーションを取れるように学習者間のやり取りを管理するためのプログラムである。コミュニケーションの手段としては、音声やメッセージ交換などが考えられる。

また以下のソフトウェアは、学習者側のコンピュータ（クライアント側）に準備しておく必要がある。特に、本科学実験システムを利用する学習者は不特定多数と考えられるので、学習者がこれらのプログラムを容易に手に入れることができるように作成したソフトウェアをダウンロードできる仕組みを整えておく必要がある。

(1) ビデオ受信用プログラム

このプログラムは、Web サーバコンピュータ側から学習者側に配信

されたビデオ画像を受信し、表示するためのものである。本科学実験システムでは、学習者はこの画像で実験の様子を観察できる。

(2) 学習者同士のコミュニケーション交換用プログラム

これは、学習者同士が実験に関してコミュニケーションを取るためのプログラムである。Webサーバ側にあるコミュニケーション管理プログラムとのやり取りを行う機能を持つ。コミュニケーションの方法としては、音声やメッセージ交換などが考えられる。

4. 科学実験システムに対する考察

本科学実験システムの特徴としては、次のことが挙げられる。

(1) 学習者がインターネット上で実際に実験を行うことができる。

学習者が遠隔地から間接的ではあるけれども、インターネット上で科学実験を行なうことができるので、学習者は教師側からの一方向の説明だけでなく教師の説明を実験で確かめることができる。

(2) 学習者が自分のペースで学習できる。

学習者は、学習者の都合のよい時間、学習者のペースで本実験システムを個別に利用できるのもので、学習者の要求に応じた学習ができる。

また、本システムは遠隔地からの利用ができるので、最近問題視されている不登校の生徒に対しても有効な学習手段の一つとなるであろう。

(3) 教育的効果を高めることができる。

本実験システムでは、実験装置を使って学習者が実験を進めていくので、ある原因（例えば、温度、湿度などの影響）のために常に実験がうまくいくとは限らない。したがって、学習者は実験が成功しなかった場合の原因を考えることになるので教育的効果を高めることができる。また、学校の授業での実験と同様に繰り返し実験できるため学習効果を上げることが期待できる。

(4) 学習者同士による共同実験を行なえる。

実験装置を操作できるのは一人の学習者に限るが、他の学習者はその

実験の様態を観察できるようにする。また実験装置を操作する学習者と他の学習者がコミュニケーションを取れるのでお互いに実験を共有できる。さらに学習者は実験の内容や実験結果などに対する意見，感想などを相互に交わすことができる。

(5) 実験装置の共有化ができる。

特別あるいは高価な理由で各学校では準備できない実験装置を使う場合には，Webサーバコンピュータの設置場所のみにその実験装置を準備すればよいので，本実験システムの利用はコストの軽減となる。

(6) オンライン教育の一斉授業に組み込むことが可能である。

本科学実験システムでは，遠隔地から学習者のペースで実験を進めることができることを目的と考えているが，インターネットを利用できる設備を整えることにより教室やオンライン形式での一斉授業にも充分利用可能である。

一方，本システムには次に挙げるような問題点が考えられる。

(1) 精密さを要求する科学実験には不向きである。

学習者の指示によりアームロボットを制御して実験装置を操作するためアームロボットによる細かな動きやビデオ画像を通した精密な測定などは難しいと考えられる。

(2) 学習者の指示に対して速い応答が必要となる科学実験には不向きである。

インターネットを利用して実験を進めていくのでネットワークの利用状況次第では，学習者の指示に対する応答時間が長くなる場合がある。したがって，速い応答が必要となる科学実験に対しては不向きである。

5. まとめ

本稿では，インターネットを利用した理科教育，特に実験を通して学習するコースウェアに対して現状の問題点を明らかにし，それらの問題点を補う科学

実験システムを提案した。また、本システムのハードウェア構成とソフトウェア構成について検討し、システムの実現化への方向性を見出した。

本システムを利用することにより以下の利点がある。

- (1) 遠隔地から間接的ではあるが実際に実験を行えることは、オンライン教育において一方向になりがちな教師からの説明を学習者自身で確かめることができるので、学習者にとって有効な学習手段となるであろう。
- (2) 学習者同士が共同実験を行えることは、学習者同士でコミュニケーションを取り、実験の内容、実験方法および実験結果などについて意見交換ができるので、学習内容の理解をさらに深めることが期待できる。
- (3) 学習者のペースで実験を進めることができるのは、学習内容の理解を深めることが期待できるし、さらに不登校の生徒に対しても本科学実験システムの利用が可能と考える。

今後の課題は、提案した実験システムの開発に取り組み、実現上の問題点を明らかにしていくことである。

参考文献

- 1) 日本インターネット協会編：“インターネット白書’96”，インプレス(1996).
- 2) 日本インターネット協会編：“インターネット白書’97”，インプレス(1997).
- 3) 日本インターネット協会編：“インターネット白書’98”，インプレス(1998).
- 4) 財コンピュータ教育開発センター(CEC)ホームページ：
“<http://www.cec.co.jp>”
- 5) インターネット版【理科の部屋】ホームページ：
“<http://www.edu.ipa.go.jp/mirrors/rika/index#ja.html>”
- 6) インターネット版【お薦め実験】ホームページ：
“<http://www.edu.ipa.go.jp/mirrors/rika/JKEN/index.html>”
- 7) M. Saisho, Y. Tsutsumi, & R. Matsuno, “A Web-based Remote Controlled Scientific Experiment System”, Proceedings of WEBNET 98, 831(1998).

- 8) M. Saisho, Y. Tsutsumi, & R. Matsuno, "Issues in the Development of WWLab: A System for Scientific Experiments through the Web", Proceedings of ED - MEDIA 99, pp.1346 - 1347(1999).