

## インターネットを利用した科学実験システム

—アームロボットとビデオカメラ装置制御用CGIプログラムの作成—

税 所 幹 幸

### 1. はじめに

従来、インターネットを利用した理科教育では、実験の経過を文字と静止画等で説明し、実験の様子をうかがう方式が一般的であった<sup>1) 2)</sup>。この方式では教師側からの一方向の説明となっているので、学習者にとっては受身的な教育となるおそれがあり、理科教育における学習効果は十分でないと考えられる。そこで、筆者らは、科学実験装置、それを操作するアームロボット装置および実験を観察するためのビデオカメラ装置をWebサーバコンピュータ側に配置しておき、学習者が遠隔地からその科学実験装置を操作する指示を出し、実験を進めることができるインターネットを利用した科学実験システムを提案した<sup>3)</sup>。このシステムでは教師からの一方向の説明だけではなく、学習者自身が実際に実験を行い、教師の説明を確かめることができる。また、科学実験装置の置かれている環境等により科学実験がうまく行かない場合もあり、その場合には学習者がうまく行かなかった理由を考える機会となる。以上の理由により、提案したシステムの利用は学習効果を高めることができると考えられる。

筆者らはシステムの開発を順次進めており、本稿では、Webサーバ側において実験装置を操作するアームロボット装置と実験の様子を観察するビデオカメラ装置とを制御する各プログラムを作成して動作を確認し、科学実験装置を操作するためにアームロボット装置の動作情報を収集したので、その概要を報告する。

## 2. 科学実験システム

科学実験システムでは、学習者がクライアントコンピュータからWebブラウザを通してコースウェアを表示させ、そのコースウェアで概要を学習した後、インターネットを介してその学習内容を実験で確かめることができる。

図1は、科学実験システムの構成図である。アームロボットとビデオカメラの各装置はWebサーバコンピュータに接続されている。また、学習者はコースウェアであるWebページから指示を出してアームロボット装置およびビデオカメラ装置を操作可能となっており、学習者はWebサーバ側から送られてくるビデオカメラの画像を見ながらアームロボット装置を操作して科学実験を進めることができる。

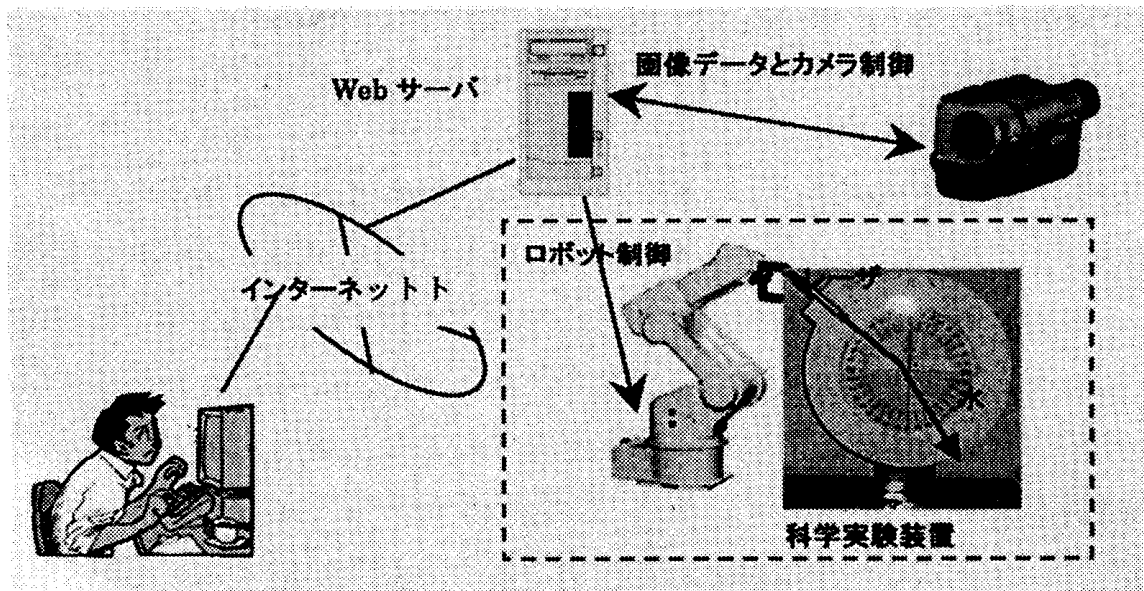


図1. インターネットを利用した科学実験装置システム

### 3. アームロボット装置

#### 3.1 装置構成

アームロボット装置 (サン・マイテック社製) は, 図2のようにアームロボット本体 (4軸ロボット), IB-ARMインターフェースボード (アームロボット本体とAB-10mk II I/Oボードを接続), AB-10mK II I/Oボード (Webサーバコンピュータからの制御を処理) およびIB-1098インターフェースボード (WebサーバコンピュータとAB-10mK II I/Oボードを接続し, Webサーバコンピュータに内蔵されている) から構成されている。

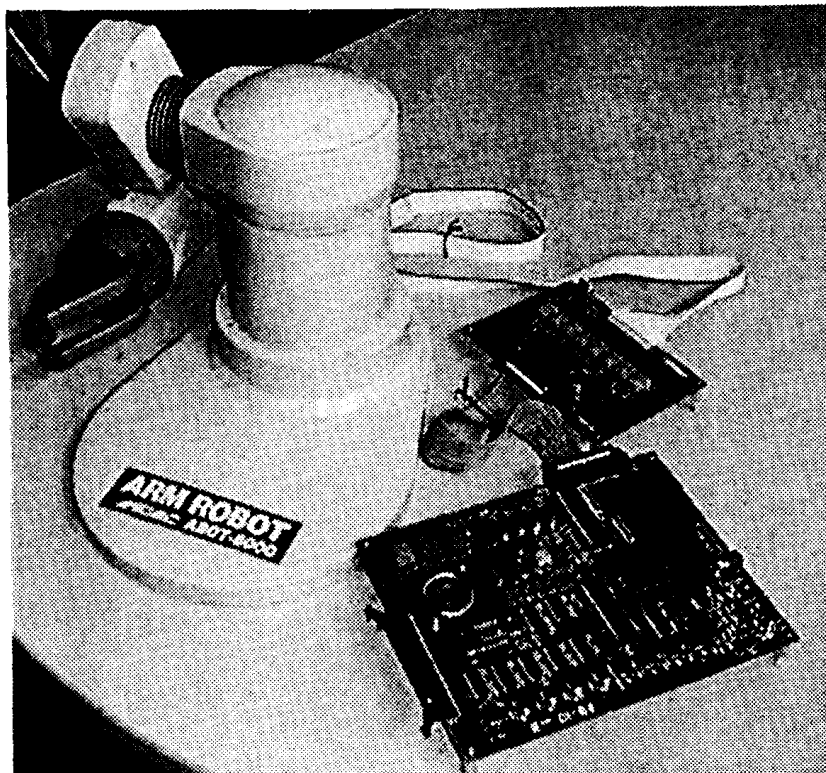


図2. アームロボット装置

このアームロボット装置は4軸の自由度を持つ構造になっており, その基本動作は胴の左・右回り, 腕の上・下, 指の開閉および手首の左・右回転となっている。

### 3.2 アームロボット装置制御用CGIプログラム

学習者がコースウェアであるWebページからアームロボット装置を操作するには、アームロボット装置に対してアームの動作の方向などの情報をWebブラウザからWebサーバコンピュータへ転送する必要がある。その場合、ブラウザの要求に応じてWebサーバコンピュータとそのコンピュータにあるプログラムとの間のやり取りを手助けする仕組みであるCGI (Common Gateway Interface) を利用する。このプログラムはCGIプログラムと呼ばれ、Webサーバコンピュータに格納されており、学習者の指示によりWebページから送られてきた情報を受信した後、操作するための信号をアームロボット装置に送信する機能を持っている。筆者らは、高速処理が可能でプログラム開発環境等が整っている理由により、このCGIプログラムをDelphi言語で作成した<sup>4)</sup>。

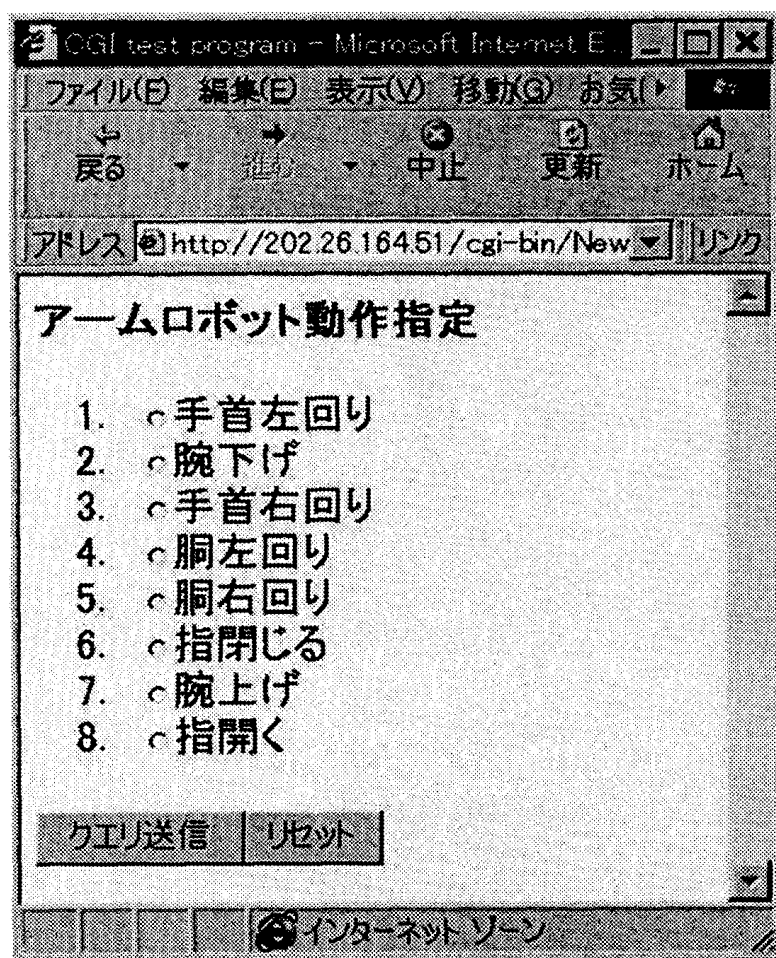


図3. アームロボット装置制御用画面

図3は、学習者がアームロボット装置に指示を与えるための画面であり、HTML言語で作成されている。アームロボット装置への指示の実行順序は以下のようなになる。学習者がWebページ上のradioボタンを利用して指示を選択し、クエリ送信ボタンをマウスでクリックすると、Webサーバ上のCGIプログラムが起動され、アームロボット装置へ学習者の指示が伝えられる。実際の実験では実験の流れを容易にするために、アームロボット装置の基本的な動作からなる一連の動作をプログラム化することを検討している。このアームロボット装置を動作させるプログラムは個々の実験で異なるので、実験項目ごとに準備することになる。

## 4. ビデオカメラ装置

### 4.1 装置構成

使用するビデオカメラ装置（VC-C3：キャノン社製）は、カメラ本体とカメラコントロールユニットからなり、コンピュータとはRS-232C端子を通して接続され、Webサーバコンピュータからビデオカメラ装置を制御可能となっている。図4にその概観を示す。

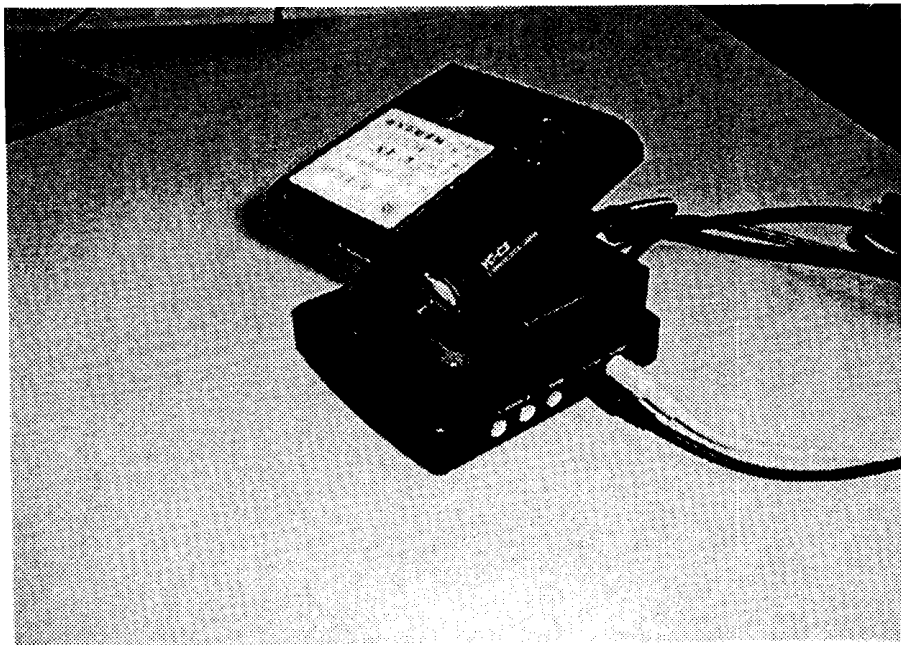


図4. ビデオカメラ装置

このビデオカメラ装置は、パン（左右方向）・チルト（上下方向）・斜め方向の動きおよび広角・望遠の制御ができる。

#### 4.2 ビデオカメラ用CGIプログラム

ビデオカメラ装置制御用CGIプログラムは、学習者が実験の様子を観察しやすいようにビデオカメラの角度を変えたり、ズーム等の指示を実行するものであり、アームロボット装置制御用CGIプログラムと同様にWebサーバコンピュータに格納されている。このCGIプログラムは、アームロボット制御用CGIプログラムと同様にDelphi言語で作成されている<sup>4)</sup>。

図5は、学習者がビデオカメラ装置を制御するための画面で、HTML言語で作成されている。この装置への指示はsubmitボタン形式になっており、

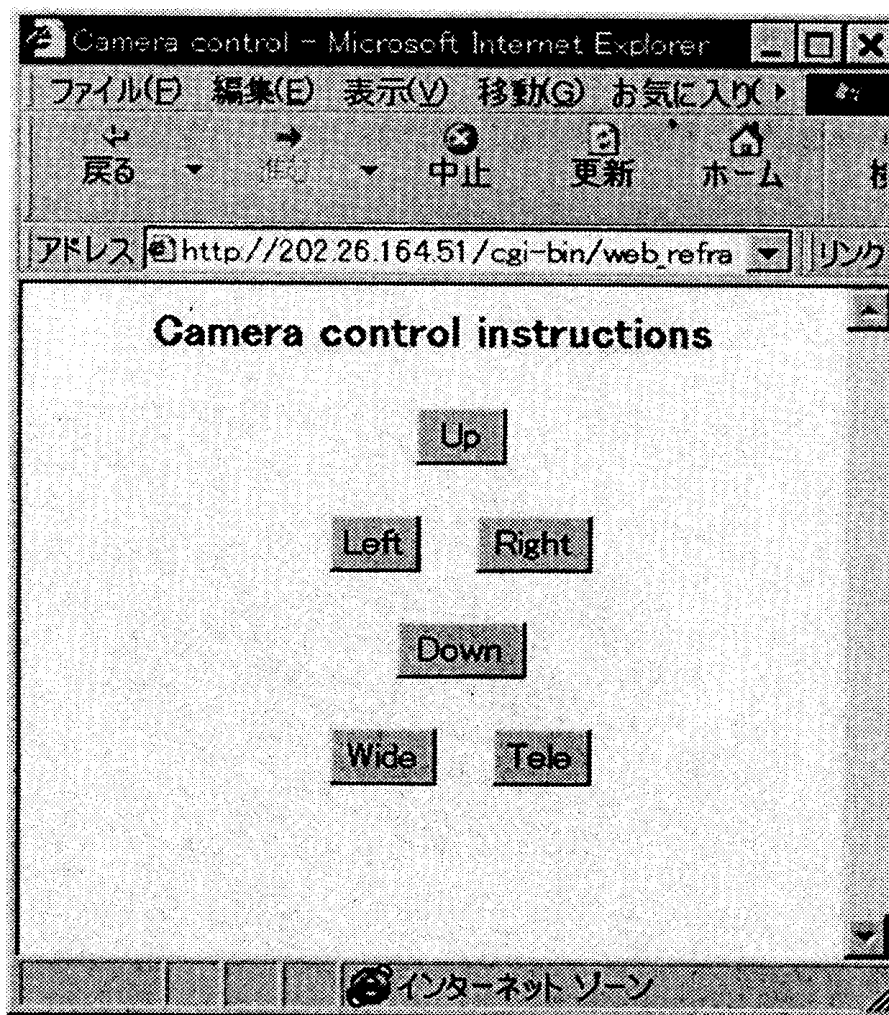


図5. ビデオカメラ装置制御用画面

学習者がボタンをクリックすると、指示内容がWebサーバコンピュータにあるCGIプログラムへ転送される。更に、このプログラムからビデオカメラ装置へ動作内容が送られることになる。

## 5. アームロボット装置の動作実験

### 5.1 動作実験の目的

アームロボット装置およびビデオカメラ装置制御用CGIプログラムの動作確認と、科学実験装置を操作するために必要となるアームの移動距離の情報を取得するためにアームロボット装置の動作実験を行なった。

### 5.2 実験の前準備

Webサーバコンピュータ上にアームロボット及びビデオカメラ装置制御用CGIプログラム、更に学習者側からそれらの装置を操作するボタンを埋め込んだWebページ（図3および図5）を格納しておく。

Webサーバ側では、コンピュータをWebサーバコンピュータとして機能させるために、Windows98にあるパーソナルWebサーバ（PWS）を利用した。また、ビデオカメラ装置の画像を学習者側に送るためにNetMeeting（一対一でコミュニケーションが取れるソフトウェア：Microsoft社製）を利用した。

学習者側では、コンピュータからWebサーバコンピュータにあるWebページ（アームロボット装置とビデオカメラ装置を操作するボタンを埋め込んだページ）を起動する。このWebページはコースウェアに相当する。また、Webサーバコンピュータ側からのビデオ画像を表示するためにWebサーバ側と同様にNetMeetingを起動し、WebサーバのIPアドレスを設定すると、ビデオカメラの画像を学習者側で受信可能となる。図6は学習者側におけるNetMeetingの画面で、Webサーバからビデオカメラ装置の画像を受信している様子を示している。



図6. 学習者側のNetMeeting画面

### 5.3 動作実験の概要

アームロボット装置は、スタート信号を受けてストップ信号を受け取るまで決められた動作を継続する。すなわち、スタート信号とストップ信号との間隔を変化させるとアームの移動距離を制御できることになる。したがって、アームを制御するためには、それらの信号の間隔を変化させた場合のアームの移動距離を知ればよい。本動作実験では、信号の間隔を200, 300, 400, 500に設定して測定する。ただし、これらの数値は、信号の時間間隔そのものではないが、単位時間に掛ける数値を表し、信号の時間間隔の数値と考えても差し支えない。

実験では、アームロボット装置の指にレーザ光発信装置を装着して、上下



方向ではアームロボット装置の中心軸からおよそ50cm離れた衝立にレーザ光をあてて、その光点の移動距離をロボットのアームの移動距離として測定した。また、胴回りの方向では、アームを水平方向に伸ばした状態で測定した。

#### 5.4 実験結果

表1は、スタート信号とストップ信号との時間間隔を200, 300, 400, 500としたときのロボットアームの移動距離を測定した結果である。ロボットアームの移動方向は、アームの上・下と胴の左・右回りの基本動作について調べた。アームの上・下方向では、アームの動作特性（アームの最上位と最下位の位置付近では動作の変動が小さくなる）のために、アームの最下位の位置と最上位の位置の中間点を挟んでおよそ上下9cmの間の測定結果である。また、胴回りの動作は回転運動になるが、測定結果はアームの直線的な移動距離となっている。測定は少なくとも各3回以上行ない、表の測定結果はそれらの平均値である。

表1. 時間間隔に対する各動作の移動距離 (mm)

| 時間間隔 \ 動作 | 200 | 300 | 400 | 500 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|
| 上方向       | 4   | 7   | 9   | 12  |
| 下方向       | 5   | 10  | 12  | 17  |
| 胴左回り      | 11  | 18  | 28  | 35  |
| 胴右回り      | 12  | 19  | 30  | 40  |

#### 5.5 考察

- (1) アームロボットおよびビデオカメラ装置制御用CGIプログラムの有効性を確認した。

アームロボットとビデオカメラ装置の動作実験により、これらの装置の制御がWebページの画面から可能であることを確認し、各CGIプロ

グラムはインターネット上で有効に動作していることがわかった。

- (2) 信号の時間間隔100に対して、アームを上げる方向の移動距離は約2 mm, アームを下げる方向は約3 mmであった。

アームを上げる場合と下げる場合では、それらの移動距離が若干ではあるが差が出てきた。しかし、この測定結果には誤差を含んでいるため、大幅なアームの移動を行なわない限り、ほぼ同じ移動距離として扱っても差し支えないと考えている。

- (3) 信号の時間間隔100に対して、アームの胴左回りの移動距離は約6 mmで、右回りは約7 mmとなった。

ロボットの胴の移動方向は回転運動となるが、測定は回転移動を直線距離として測定したので、多分に誤差が含まれている。胴の右回りでは、信号間隔が400まではそれほど移動距離の差が大きい。しかし、500になると他の信号間隔と比べて移動距離が大きくなった。この理由は、前記に述べたように回転移動を直線的に測定したので、500では回転移動が大きくなり誤差が大きくなったと考えられる。

- (4) 測定結果より、時間間隔に対するアームの上・下や胴の左・右回りの移動距離を大まかに把握できたので、実験装置を操作するための参考値を取得できた。

本実験で使用したアームロボット装置は8種類の動作が可能である。それらの動作の中でアームの上・下と胴の左・右回りの移動距離がそれほど大きくなければ、実験装置の限られた操作に充分利用できることが実験からわかった。ただし、本アームロボット装置の動作軸が4軸なので位置決めが制御が困難となる。したがって、本アームロボット装置は精確な操作を必要とする実験には向かない。

## 6. おわりに

本稿では、インターネットを利用した科学実験システムにおいて、クライアント側の学習者がWebサーバコンピュータに接続されているアームロボット

装置およびビデオカメラ装置の制御を行なうためのCGIプログラムを作成し、その動作を確認できたことを報告した。

実験結果から、信号間隔を変えることによりアームの動作をある程度制御できることが確認できた。またアームの上・下や胴の左・右回りについては、大幅な移動距離でなければ充分利用できることもわかった。しかし、本実験で使用したアームロボットは4軸の自由度なので、精確な動作の制御には限界がある。より精確な制御を必要とする実験には5軸以上の多関節ロボット装置が有効と考える。

今後も、科学実験システムの実現を進め、本システムで扱える実験項目を増やしていく予定である。

## 謝 辞

本研究を進めるにあたり、的確なコメントを頂いている熊本学園大学堤教授と本大学総合管理学部松野教授に感謝致します。

## 参考文献

- 1) 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](http://www.edu.ipa.go.jp/mirrors/rika/index_ja.html)”
- 2) 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>”
- 3) 税所：“インターネットを利用した科学実験システムの一構想”，「アドミニストレーション」第6巻1号，熊本県立大学総合管理学会，pp. 27-37(1999).
- 4) 田原孝著：“Delphiで作る高速CGI”，エーアイ出版(1998).