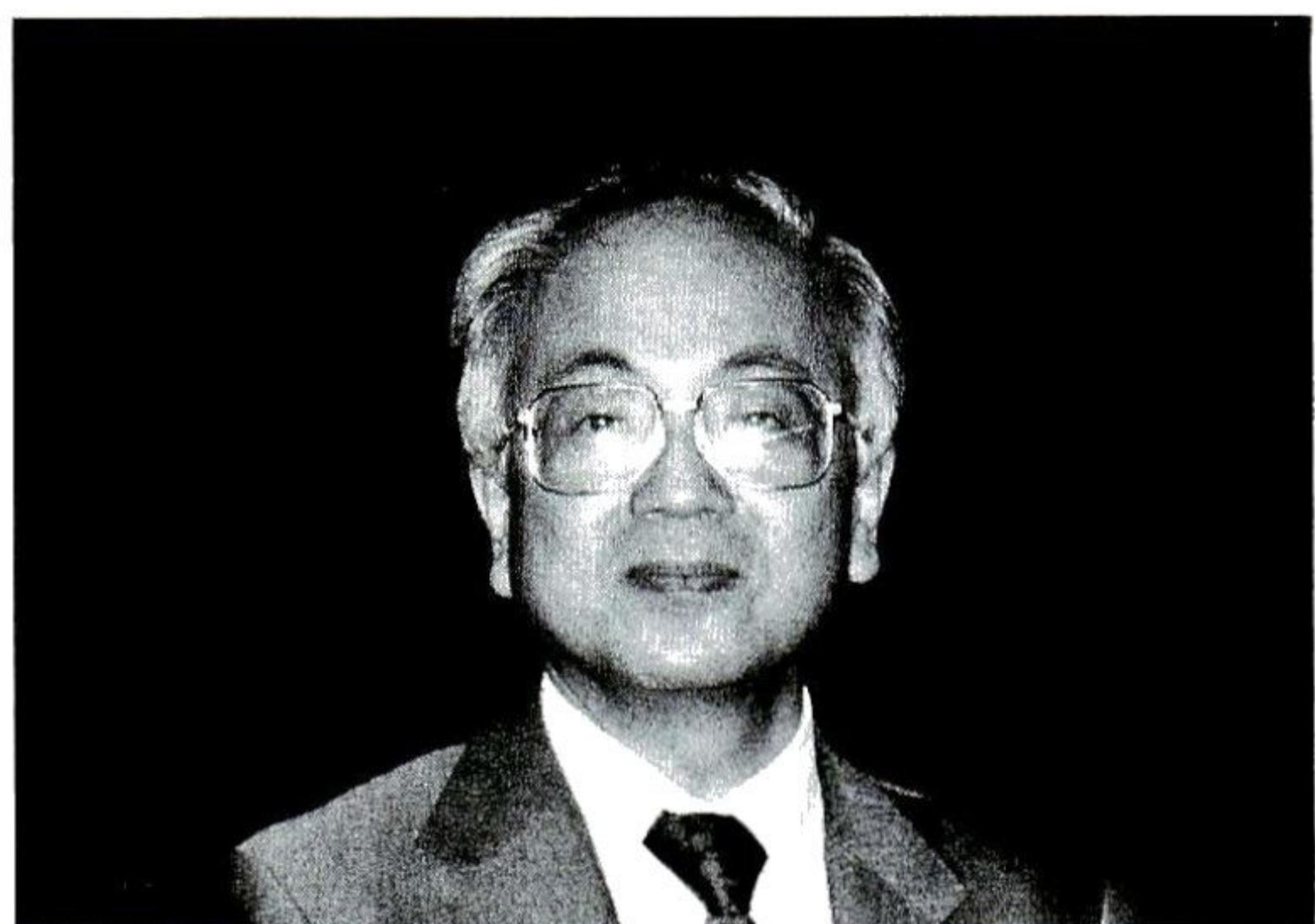




効果的な講義をするために —清水研究室～教育工学開発センター—

ふだん何気なく受けている講義。ちょっと思い出してみよう。講義を受けている学生をいくつかのタイプに分類することができる。前に座って先生の話に耳を傾けている人。その後ろで目立たぬように居眠りしている人。いちばん後ろで講義などおかまいなしにおしゃべりしている人。これは、日本の大学ではよく見られる光景かもしれない。教官と学生のコミュニケーションが十分とられていないのである。そのような状況を改善しようと研究しているのが私達の大学にある、教育工学開発センターの研究室である。そこでセンター長である清水教授の研究室を訪問し、お話をうかがった。



清水 康敬 教授



教育工学の目標——東工大の教育工学

東工大で教育工学を扱っているところは、これから取り上げる教育工学開発センター（以下センター）と教職学科、総合理工学研究科システム科学専攻の3か所がある。センターの目的は、高等教育を中心に、工学的手法によって教育の改善に関する研究・開発・実践を行なうことである。

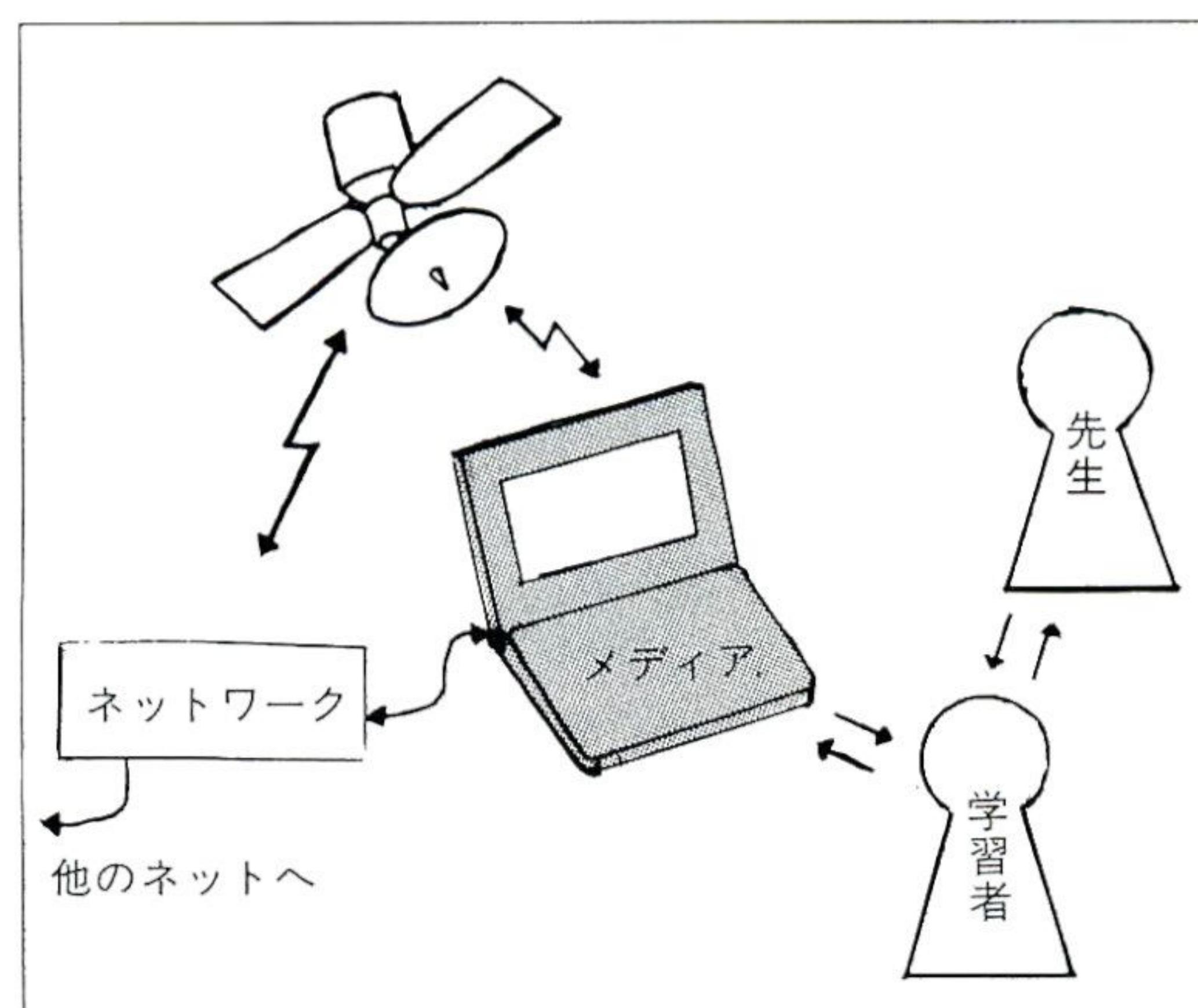


図1 先生と学生との間のコミュニケーション

ここでいう高等教育とは、主として大学における教育のことである。また、大学教育だけではなく、大学を卒業して社会に出た後も、大学の講義を受けられるといった、生涯教育や企業内教育にも力を入れている。

ところで、ここでとりあげる「教育工学」とは何なのであろうか。まず、先生と学生とのコミュニケーションについて考えてみよう（図1）。

- (1) 学生は、何々を知りたいといったようなこと、つまり学習目標を、直接先生に、あるいは学習メディアを用いて、効率よく伝える。
- (2) 先生は、直接、あるいはメディアを経由して、(1)を受け取る。
- (3) 受け取った学習目標に合わせ、どんな情報を提示するか決定する。
- (4) (3)の決定に基づいて、理解されやすい形で学生に情報を提示する。
- (5) 学生は(4)を受けとる。
- (6) (5)の活動の様子は、何らかの形で学生の行動や顔の表情などにあらわれる。

- (7) 先生は(6)を受けとる。
 - (8) 先生は、期待した結果が得られたかどうかを評価する。
 - (9) (8)にしたがって、学生に正誤を知らせ、他の考え方を提示し、また誤りへの対応を行う。この際、励ましや注意も与えたりする。このように先生と学生の間では、相互にコミュニケーションが行われている。
- 教育工学では、工学的手法を用いて、このコミュニケーションがより効果的に行われることを目指



心の動きをキャッチする——生体情報

清水研で行われている研究分野として、教育効果の測定を目的とする生体情報の利用がある。先ほどのような教授学習活動において、先生による学生の評価は、必ず行われている。この評価というものは、いわゆるテスト等で測られる学習の成果・達成度だけではない。授業中の学生の表情や姿勢などから得られるような、集中度などに関する評価も含まれる。だが、後者のような評価は、

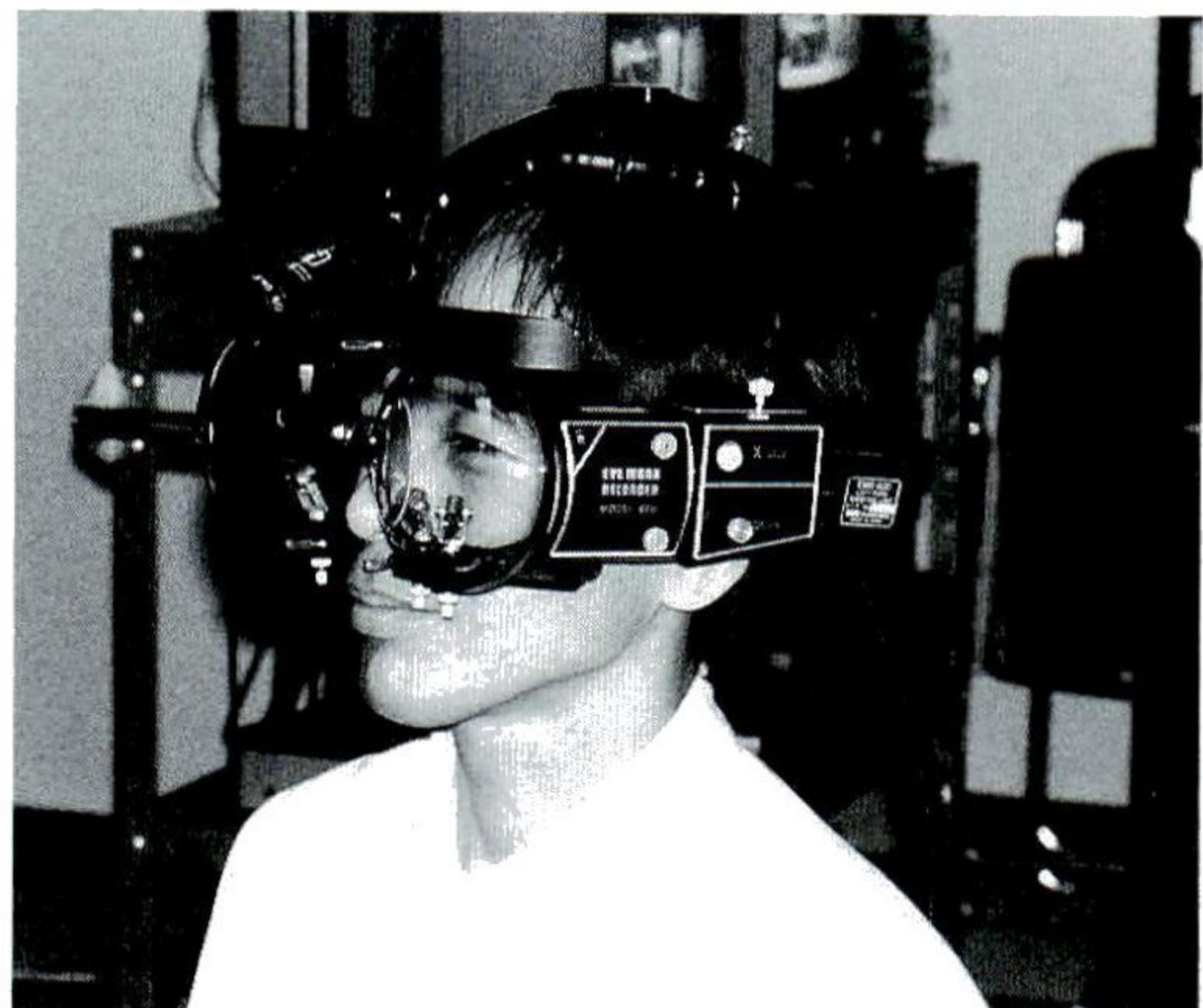


写真1 アイマークレコーダーとそれを用いて撮影した瞳孔の様子

しているのである。工学的手法を用いる対象としては、以下のようなものがある。いかに学生を集中させ、いかに記憶に残りやすくするかといった指導・提示方法。学生がどれだけ講義・授業に関心を示しているか、そしてどれだけ理解しているか、といったような評価方法。先生と学生との間の情報のやりとりをするメディア。これらの、いろいろなメディアやシステムを開発し、うまく統合することが教育工学の目的である。

心の動きをキャッチする——生体情報

先生の主観によるものが多く、また、リアルタイムな評価ではない。そこで、客観的かつリアルタイムな評価を可能するために、生体情報を利用しようとするのである。

一口に生体情報と言っても、脳波や眼球運動、心拍、血圧など様々なものが考えられる。清水研では、これらのうち瞳孔の反応を取り上げた。瞳孔の面積が見ている対象物の明るさによって変化するというのは、みなさんご存知だろう。明るいとき、すなわち輝度が大きいときには面積は小さくなり、暗いとき、すなわち輝度が小さいときには面積は大きくなる。ところが、この面積は見る人の精神状態によっても変化するのである。授業やTVを見る人が、それに興味を持っていれば、瞳孔の面積は大きくなるのである。

さて、瞳孔の面積はどのようにして測るのであろうか。写真1が、清水研で使用されている、瞳孔の面積を測る装置である。これは視点の動きを測定するアイマークレコーダーを改造して、瞳孔の面積も測定できるようにしてある。我々日本人でいう目の黒い部分というのは、瞳孔とそのまわりの虹彩をあわせた部分のことである。この測定で対象となるのは瞳孔の面積なので、虹彩の部分と区別する必要がある。しかし、実際にテレビカメラで目を見ると、虹彩の部分はほとんど白に近い色で映り、瞳孔の部分だけが黒く映るので問題はない（写真1）。また、まつげも画像処理をして白く覆ってしまう。瞳孔以外の部分を全て白く覆ったところで、テレビ信号を使って、黒い部分である瞳孔の面積を計算する。装置には、眼球の正面にハーフミラーが置かれていて、そこで屈

折させたものを小型カメラでとらえる（図2）。

瞳孔の面積を測定する実験について、いくつか例を挙げよう。

グラフの静止画をみせ、そのグラフの数値を声を上げて読ませる、という課題を与える。このとき、静止画であるので画面の明るさ、つまり輝度は一定のままである。結果は、被験者がグラフを読み出すと瞳孔面積は大きくなり、読み終わると小さくなる。つまりこの実験では、輝度に関係なく、被験者がどれだけ興味を持っているかによって、瞳孔面積が変化することがわかる。

記憶量と瞳孔の面積の関係についても実験してみた。まず、被験者に電話番号のような数桁の数字を記憶させる。数秒たってから、声に出して、この数字を再生させる。この時、瞳孔の面積は数字の記憶とともに大きくなり、最後の数字を記憶したとき最大になる。再生したあと、1桁ごとに瞳孔面積は小さくなる。つまり記憶する量に対応

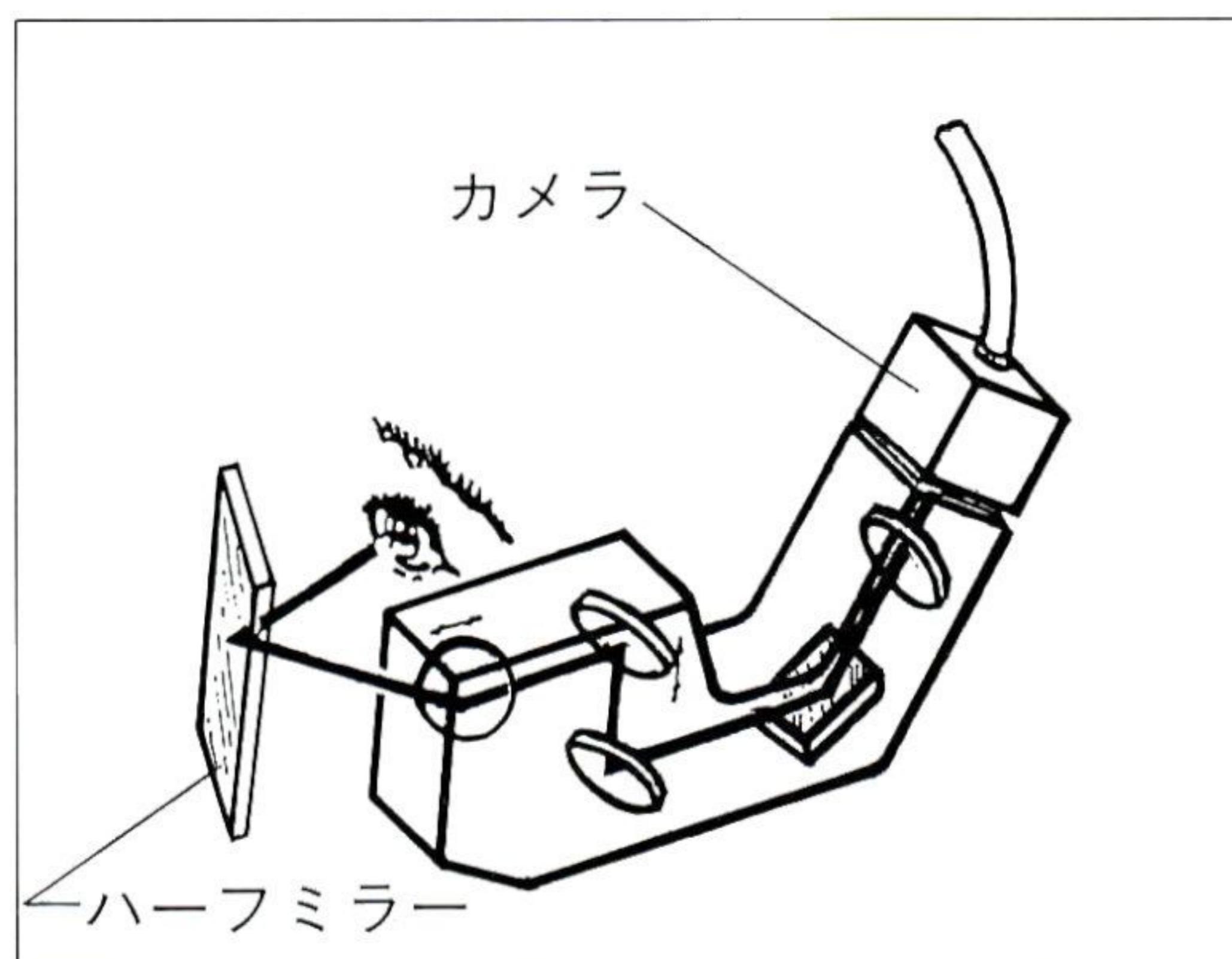


図2 瞳孔の面積を測定する機構

して、瞳孔面積が変化していることがわかる。また、数字の記憶に失敗したり、記憶したものの再現に失敗すると、瞳孔面積の変化にもその兆候があらわれる（図3）。

この瞳孔面積の測定の最終的な目標は、テレビの教育番組の評価である。先程述べたように、瞳孔面積の測定によって、その人個人がどのくらい興味を持っているのかを測定できるとともに、多くの人が興味を持つようなプレゼンテーションの方法はどのようなものであるのかを探ることもできる。実際のテレビ番組では、画面の輝度が時事刻々と変化している。それゆえに、瞳孔の面積の変化から輝度による影響を除去する必要がある。輝度自体は、テレビ信号からすぐにわかる。そこで、瞳孔の面積が輝度とどのように対応しているのかが問題となってくる。清水研では、この輝度に関する、いわばブラックボックスをモデル化するという試みを続けてきた。現在ではこのブラックボックスについて、かなりのところまでわかつてきたそうである。

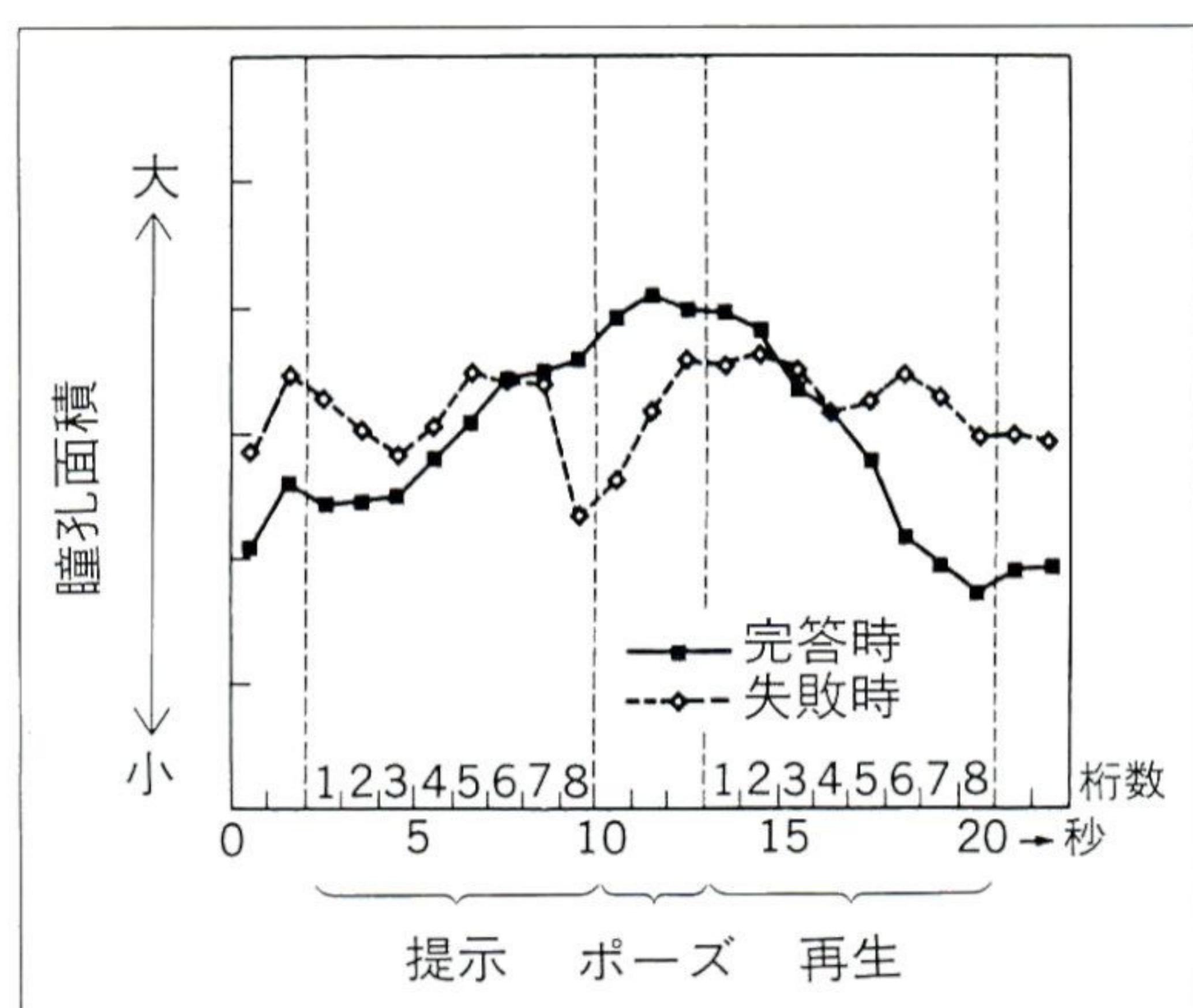
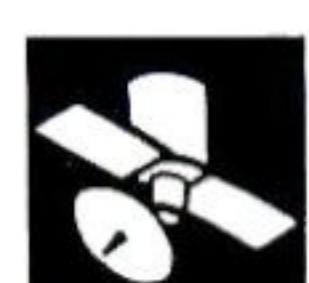


図3 数字列の記憶と瞳孔面積の変化。記憶に失敗すると、面積の低下がみられる。



わかりやすくみせるために——表示効果

清水研で行なわれている2つめのテーマに、表示を工夫することによって得られる効果、いわゆる表示効果がある。これは、立体テレビ等を用いると、教育においてどのような効果があるかを調べる研究である。

まず立体テレビの仕組みから説明したい。以前雑誌等に、ステレオグラムがよく掲載されていたのをご存じであろう。これは、一目見ただけでは

わからないが、目の焦点を前後にずらすことによって、絵が立体的に見えてくる。立体テレビにおいてもほぼ同じ原理が用いられている。ただ、人間のほうが焦点をずらすといった特殊なことをしなくとも、立体に見えるように工夫されている。仕組みのポイントは2つある。1つは、人間の目が左右にあるのと同じく、左目用と右目用のカメラ2台を用いることである（写真2）。もうひとつは、

偏光板を用いることである。

2台のカメラで撮られたそれぞれの画像は、合成され、重ね合わさってテレビ画面に表示される。この合成された画像を肉眼で見ると、2枚の画像が左右に少しだけずれた感じで重なっているようにしか見えない。ところが、あるメガネをかけると、とたんに立体に見えてくる。メガネのレンズについた偏光板のおかげで、左目用のカメラで撮った画像は、左目側のレンズのみ通過でき、左目にしか入ってこないのである。同様に、右目用のカメラで撮った画像も、右目にしか入ってこない。つまり、2台のカメラが2つの目に対応しているから、立体に見えるわけである。

では、教育の場面において、表示の工夫によって、たとえば立体に見えることによって、どのような効果がもたらされるのであろうか。ここで、以下の実験を試みた。

テレビ画面に、図4のように、2つの立体图形を表示する。被験者はこれをみて、この2つの立体图形が同一のものであるかどうかを判断する。この判断に要した時間、つまり反応時間を測定すると、2つの立体图形の置かれている相対角度に反応時間が比例していることがわかった。この現象は、心的回転（メンタルローテーション）と呼ばれているもので、頭の中で立体图形を回転させて2つの立体图形を重ねているのである。この実験を普通のテレビを用いて、平面的に图形を表示した場合と、立体テレビを用いて、图形を表示した場合とで比較する。結果は、图形の角度差によらず、立体テレビを用いた方が反応時間が短くなっ

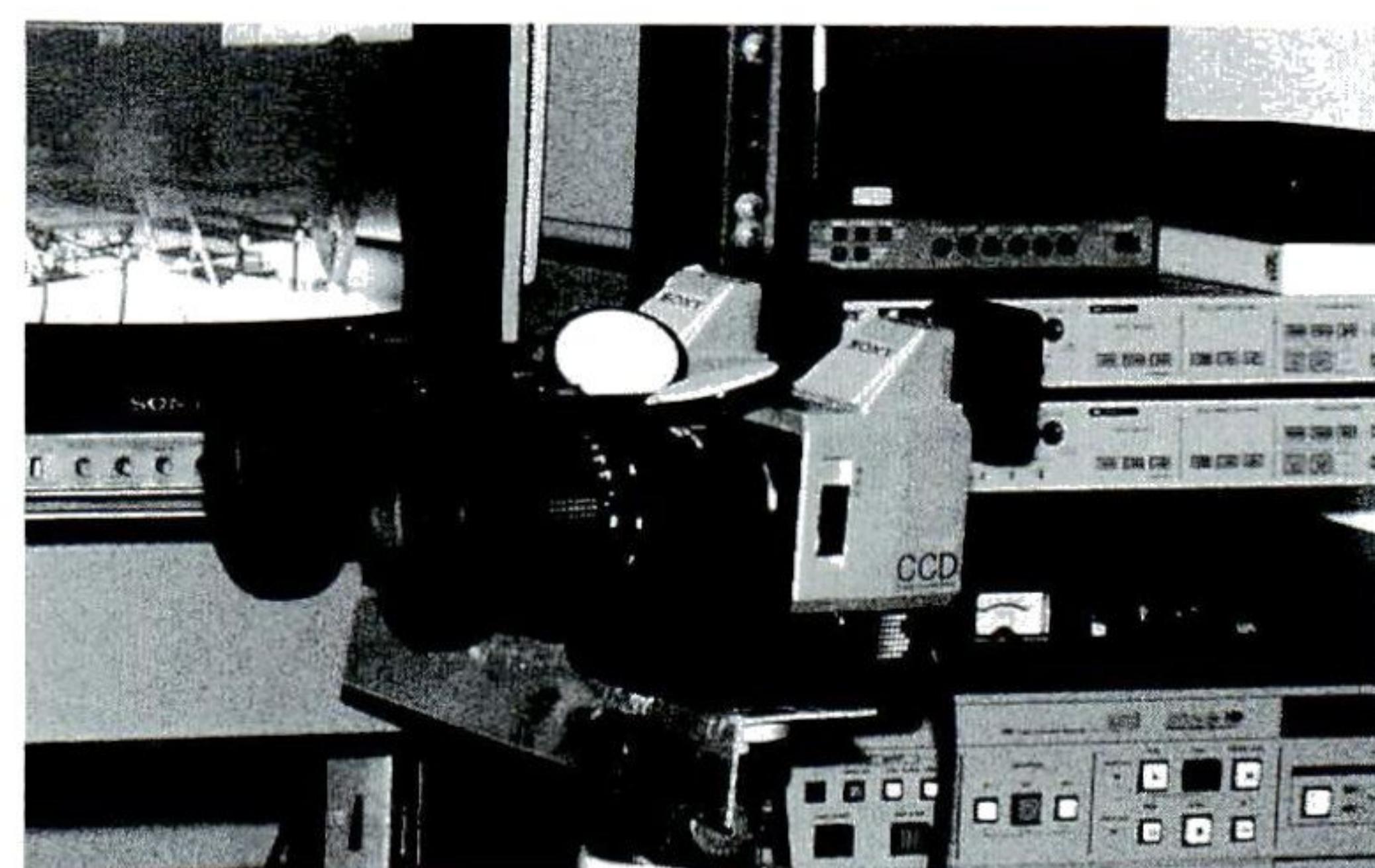


写真2 立体テレビの撮影用カメラ

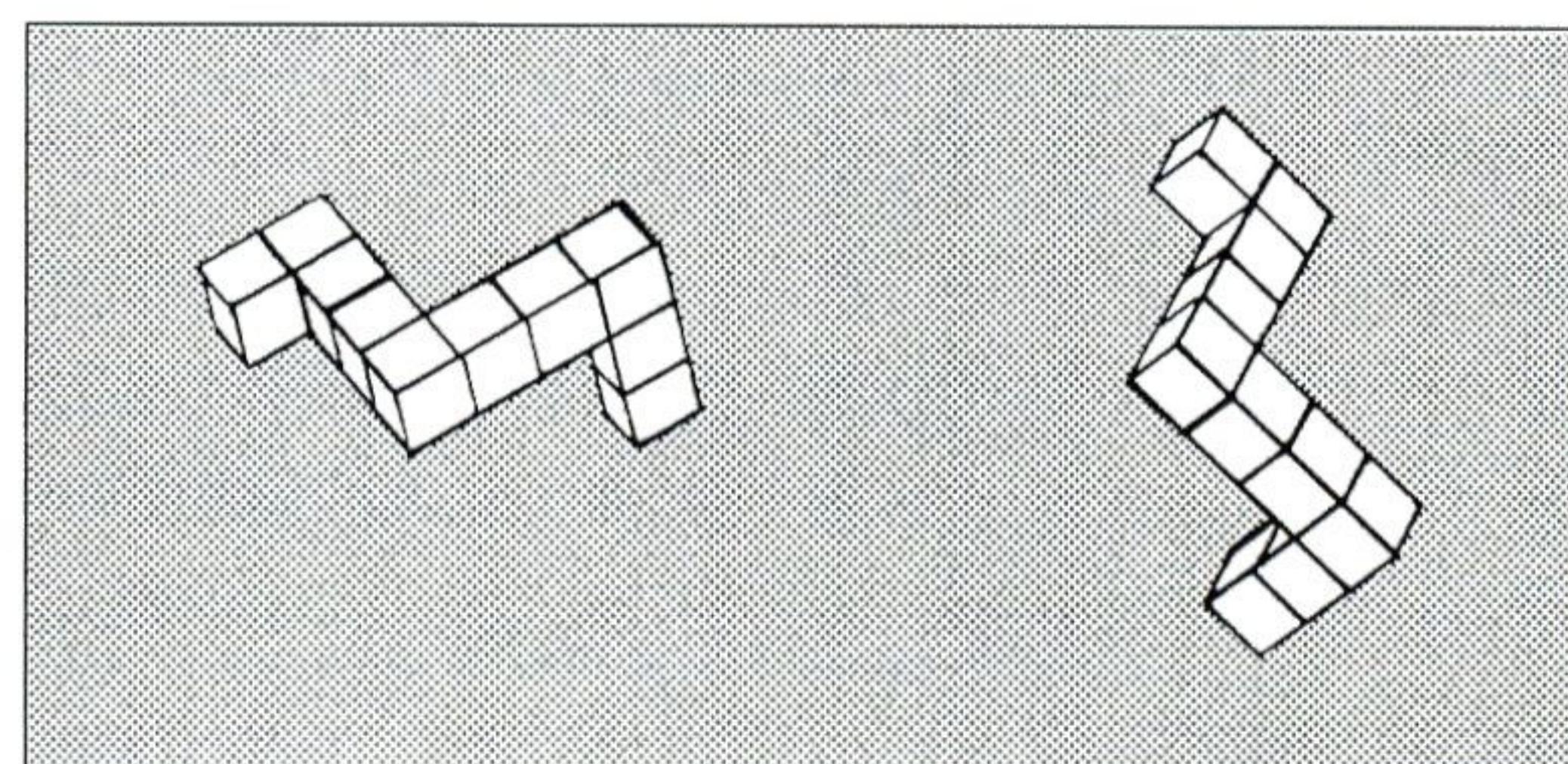


図4 角度差のある2つの立体图形

ている。つまり、立体的であれば、頭の中で图形をイメージしやすいということになる。またグラフの傾きに関しては、どちらの場合もほぼ同じであるので、頭の中での图形の回転の速さは変わらないということになる（図5左）。

このほかにも、图形の特定の部分に色を付けたり目印になるものを付けておくと、グラフの傾きが小さくなる。つまり、頭の中で图形を回転しやすくなる（図5右）。

また、清水研では、立体テレビだけにとどまらず、ハイビジョンを用いたときの表示効果も実験

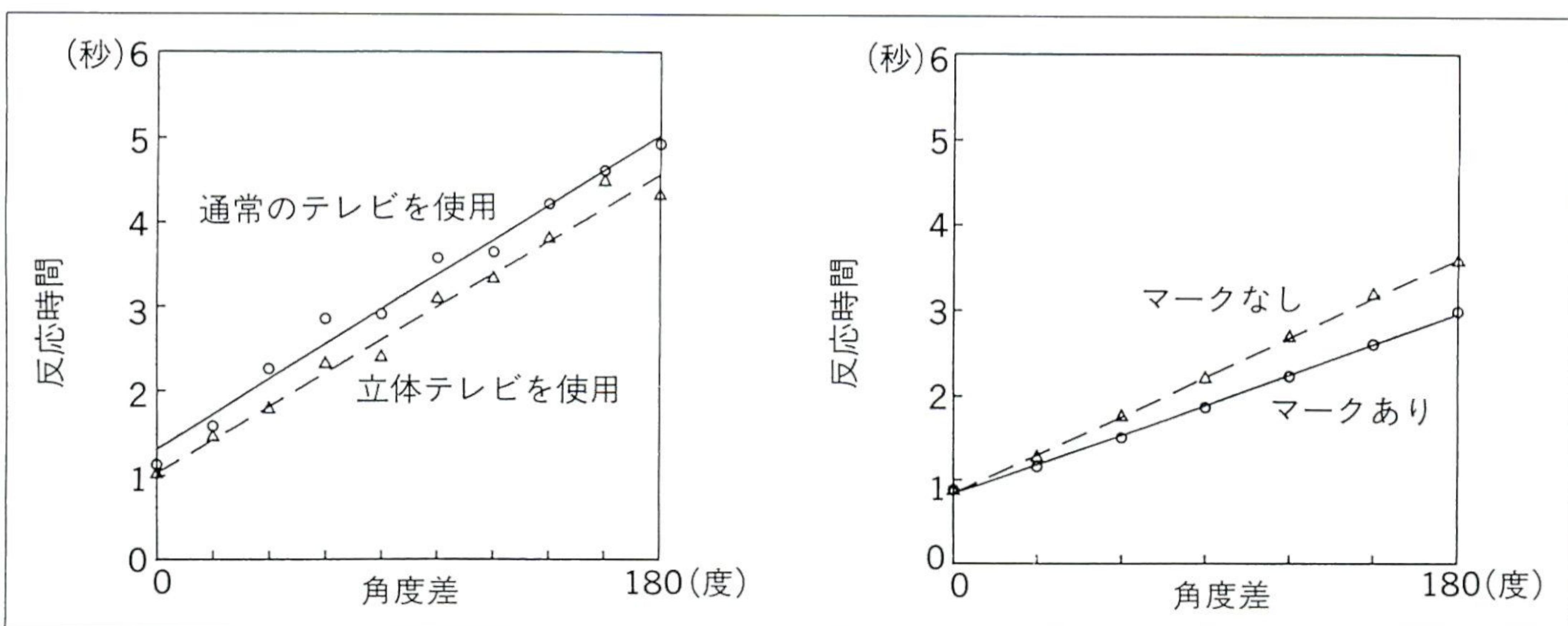


図5 2つの图形の角度差と反応時間の関係

されている。ハイビジョンは最近よく聞かれる言葉であり、一部のテレビ番組で実用化されている。このハイビジョンは、従来のテレビより高精細な画像を映し出すことができる。ただ、ハイビジョンの受信機は値段が高く、現在の段階では、家庭向けとまではいかないようである。このハイビジョンを用いて、幾何の証明問題を提示する実験を行うと、やはり普通のテレビより解答時間が短くなるということである。



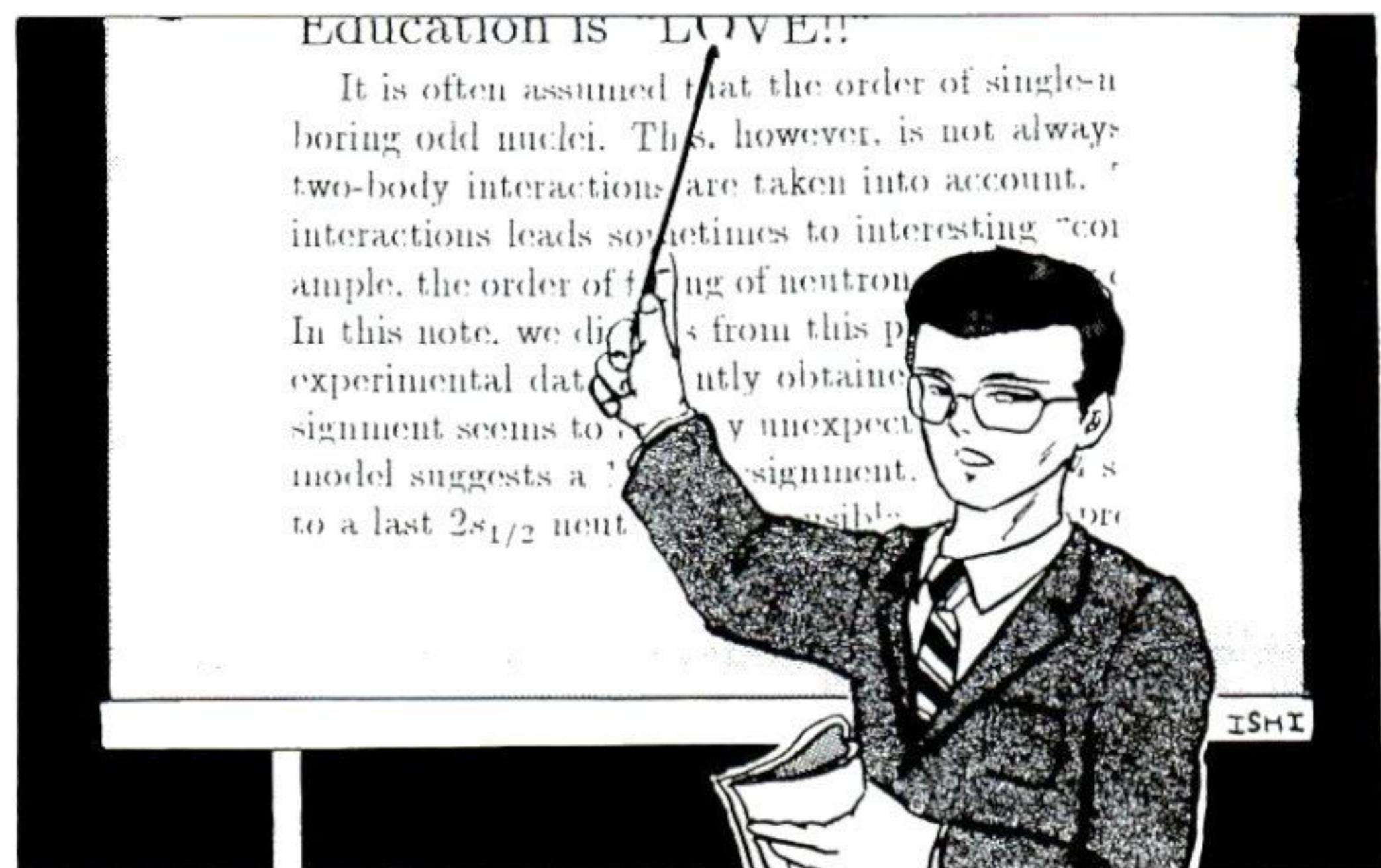
通信衛星を用いて講義する——遠隔教育

最後に清水教授は、通信衛星などを用いた遠隔教育というものにも興味を持っておられる。ここで遠隔教育とは、先生と受講者が同じひとつの部屋にいることなく、講義を行うことをいう。東工大の中でも、光ファイバーケーブル通信システムを用いて、大岡山キャンパスと長津田キャンパスの間で講義が行われている。しかし、最近の清水研の研究では、主に通信衛星を使ったものに注目している。それは、同時に多数の場所で受信ができるからである。先日、東工大とハーバード大学を結んで、ディベートを中心とした実験授業が行われた。講師はハーバード大学の先生、受講者は日本の社会人の方々で行われた。この実験授業におけるポイントは2つある。1つめは、通信衛星を用いることであり、2つめは、ディベート形式の授業である。

アメリカでは、通信衛星を用いた教育が普及しており、複数の大学が連合体をつくって番組を共同作成している。その番組を、衛星経由で多数の大学や企業が受信している。日本では、一部の企業や大手学習塾が利用している。しかし、公的機関での通信衛星教育はあまり普及していない。そこで、各大学間で共通の番組を受信したり、社会人が大学などで新しい知識や技術を学ぶことができる「リフレッシュ教育」を進めるために、通信

Education is LIVE!!

It is often assumed that the order of single-nucleon interactions is always two-body interactions. This, however, is not always true. In some cases, three-body interactions are taken into account. For example, the order of the interaction of neutrons with odd nuclei is not always two-body. In this note, we discuss the results from this paper. The experimental data are shown in Fig. 1. The result obtained by the present model seems to be very unexpected. The present model suggests a 1/2+ assignment for the last neutron, which is impossible according to a last 2s_{1/2} neutron.



衛星の導入が検討されている。

ディベート形式の授業についても、アメリカの大学では盛んに行われている。しかし、日本の大学では先生から学生へ伝えるという一方的な形がほとんどである。活発な意見交換が講義中に行われ、学生誰もが講義の魅力に引き込まれていく、そんな授業を日本の大学でも行えないだろうかと清水先生は考えている。

今回の実験授業のように、遠隔地で双方向の情報のやりとりをするときに問題になるのは、遅延時間の発生と画像や音声の劣化である。清水研では、これらが実際の現場でどんな影響を与えるかを研究している。遅延時間とは、映像や音声が発信され、相手側で受信されるまでに要するまでの時間である。今回の実験授業では、授業中の発言を全て記録し、発言時間や回数などを解析することで、遅延時間による影響の度合いを測定した。結果としては、この実験に関する限り遅延時間の影響はなかった。というのも、この実験では受講者側がマイクを手にいったん持ってから発言していたため、ひと呼吸の合間に生じ、遅延時間の影響が薄れたのである。しかし、このようなマイクの制約がなければ、遅延時間の影響が出るに違いないだろう、と清水先生は考えている。

センターは、昨年新設された石川台研究実験棟にある。真新しく、また設備の整っているスタジオや実験室、教授室を見学させていただいたが、その素晴らしさにただ感心するばかりであった。清水教授は、電気電子工学科の教授も兼務されて

いて、そちらの研究もなさっている。紙面の都合上、そのお話を伺えなかったのが残念である。大変興味深いお話を、しかもわかりやすく私たちにして下さった清水教授に感謝いたします。

(中野耕太郎)