

# 「流体の力学」(工学基礎科目)における 工業用テレビとオーバーヘッド・プロジ ェクターの教育機能の研究

山 栴 雅 信  
栗 原 敦 雄

1. 序 論
  2. 実験計画と実施経過
  3. 結果およびその評価
  4. 結 語
- 引用文献  
英文概要

## 1. 序 論

近年ドイツおよび米国の大学の授業に、工業用テレビやオーバーヘッド・プロジェクターが用いられ、その方法および効果に関する研究報告はかなりの数にのぼっている。しかし自然科学の方法<sup>(7)</sup>や内容と、視聴覚器材の機能との、内的な結びつきについて行われた実験的研究はほとんど聞かない。現に「視聴覚教材は講義内容を伝える外的手段に過ぎない」と考えられたり、また他方では「理科教育の内容すべてが視聴覚教育そのものである」と考えられているが、この差が問題として取り上げられていないのである。

筆者らは数年前に、テレビを通して児童に実験指導を行う方法を研究し、二三の放送を試みた際、以上のことを問題として感じたが、科学教育にお

ける視聴覚教材の大きい特質に気付いたのは、理工系大学に対する多数教育の試みとして工業用テレビ利用授業<sup>(11)</sup>が行われた際であった。

これはテレビカメラを教室に持ち込み、実験を行ないながら講義を進め、この実験の細部や要所を人数に応じてセットした受像機によって教室内の学生に観察させる方式である。これが有効である理由としてつぎの三つが考えられた。

第一は映像化で、現象把握を目的とし整理強調された映像がブラウン管を通して提示され、同時に黒板等に示される略図、数式とあいまって、実物や実験から抽象化にいたる科学の学習認識を円滑にすること、第二は数量的測定、計算、整理を促進させる能動化の作用、第三は学生の行った観察、記録、問題解答をすぐにテレビに映出し、学生、教師間のみならず、学生相互の対話を可能にすることなどであった。

一方もっと簡便な器材にこのような機能を発揮させる目的で、オーバーヘッド・プロジェクターを取り上げ、映写ステージ上で実験を行い投影することを試み、神奈川県の中企業技術者研修の講義に使用し、かなりの成果を得た。

筆者らはこの学習認識過程を図1のように図式化してみた。普通基礎的

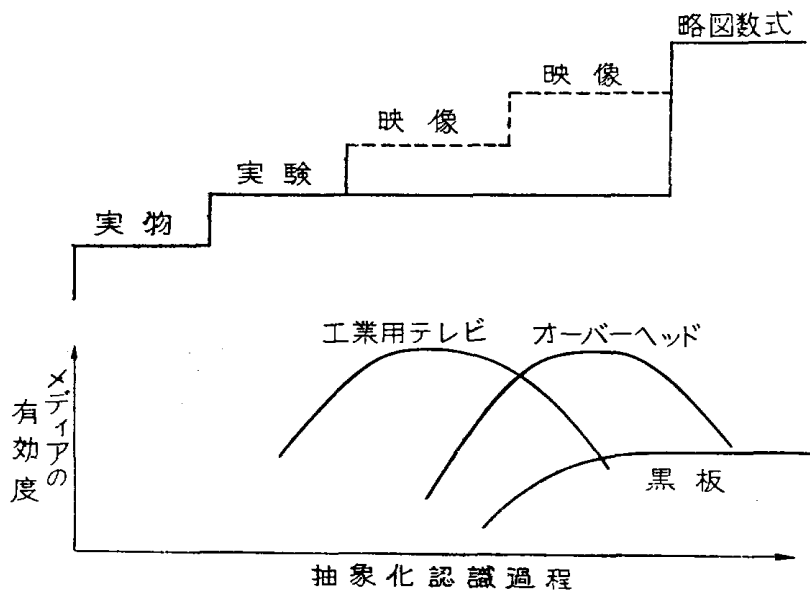


図1 視聴覚器材による理科学習の図式化

な物理を教室で教える際、ある現象を原理から数学的に導いた式、あるいは量的関係のグラフを提示して説明する。非常に親切な場合は、講義実験を行って導入あるいは検証を加える。しかしここに示されるように、実際の現象や実験から数式またはグラフにいたる実物から抽象への学習認識過程の階段の中途に大きく段が飛んでいるのが常である。老練な教師は説明でこれを補う。

この差を小さくして学習を円滑にするのが映像の作用である。器材の種類によっては有効に働く部分が異なるのであろう。つまり工業用テレビは実物実験を映像化するため実験に近い部分の映像化には非常に有利であるが図、数式、表などに近い部分の映像化は、ブラウン管の大きさや解像力に制約されてしまう。ところがオーバーヘッド・プロジェクターは、実験もいくらかはできるが、概してこの部分に弱く、図・表には強い。大きく投影され、色彩も加わりまた部分的強調も可能であり、抽象部分の映像としてはまことに強力である。

本研究は、この優劣を論ずるのでなく、両者によって行なった実験授業の効果を検討し、この図式化が妥当であるか否かを知り、科学教育におけるメディアの機能を明らかにしようとするものである。

## 2. 実験計画および実施経過

### 2.1 実験計画

従来この種の研究では、実験グループに対する統制グループが設定され、それぞれの効果を測定し、教材あるいは方法の優劣を論ずるやり方がとられてきた。本実験においてはいわゆる統制グループは用いられていない。ここでは、機能は同種であるが異なる特徴を有する二つのメディアにより二つの実験グループが設定され、同一内容の授業を同一人が実施し、効果の比較測定が行なわれる。

**授業科目** 科目は関東学院大学工学部一年の工学基礎科目<sup>(11)</sup>中、「流体の力学」である。基礎科目は、物理の基本的原理の理解と、これを応用す

る能力を身につけさせるために工学部全科の学生に教授するものである。授業は一回90分、各9回であった。

**被験者** TVクラスは、建築学科、土木工学科生を主体とする200名からなり、OHPクラスは電気工学科と建築設備工学科の学生を主体とする200名で構成される。ここから分析のための最終被験者数として、TVクラス155名、OHPクラス142名が選出された。

**設備** TVクラスでは図2-1のように240人の教室にTVカメラ1台、受像機6台を備えつけ、中央前面に講義に応じて実験装置を設置し、実験を行い、細部はTVカメラを通し受像機で全員にみせる。図や式は黒板を利用し、写真はTVを通す。

OHPクラスは図2-2のように同じ教室の中央前にオーバーヘッド・プロジェクターをおき、中央のスクリーンに投影する。実験は大きいものを教壇の上で行うか、また投影できるものはプロジェクターの映写ステージ上で行う。

**テスト** 事前テストは4選択肢法による客観テスト方式で内容は中学、高校の数学や物理の力学に関する基本的なもの12題と、これに「流れの物理」に関する基本的な8題を加えた。これらは基礎学力および両グループの等質性を検定する資料にすると同時に、「流れの物理」に関する8題は、事後テストにも出題し、授業効果測定の一助とした。

事後テストは同形式の客観テスト25題である。これらテスト問題の大半は既に別のクラスで使用され、問題自体の弁別性やテストの信頼度係数が算出され検討がなされているものである。

**ノート評価** 上記テストの他本実験ではつぎの二つの理由から、とくにノート評価を試みた。

第一は、視聴覚器材を用いる多人数教育においては、授業中ある程度の作業によって授業に積極的に参加させる必要がある。問題演習、ワークブック等を用意する方法もあるが、もともと大学の講義で図をうつし、式をノートすることは古くから行われ効果をあげているので、これを授業参加

作業と見做したのである。第二はペーパーテスト以外の授業反応測定法として用いることで、授業を理解した感動などが、ノート整理のかたちに表示されるかもしれないと考えられたからである。そこで、テレビやオーバーヘッド・プロジェクターで見せる授業の実験を予め写真とし印刷配布しておき、これらをノートの適当のところに貼附させ、ノートを整理し提出することを義務づけたのである。ノート提出は実験授業中間に一回、そして事後テスト直前に最終的に回収された。

**質問紙** 事後テスト前に質問紙が配布され、反応がとられたが、これを施行した理由はつぎの三つに大別される。

一つは、学生がこの授業の計画意図に乗ったかどうかを知るためである。4 選択肢質問法で、多分に誘導的な面もあるが、このバイアスはテレビのクラスもオーバーヘッドのクラスも同様であろう。講義の受け取り方次第では両クラスの差がででくるかも知れない。第二はテレビやオーバーヘッドで投影されたものの見易さの程度を反応としておさえたかったためである。第三は授業中に行った代表的実験について印象に残ったもの、理解できたものを報告させ、実験提示法の反応差を知るためである。

以上の実験計画、経過を図式化すると図 2-3 のようになる。

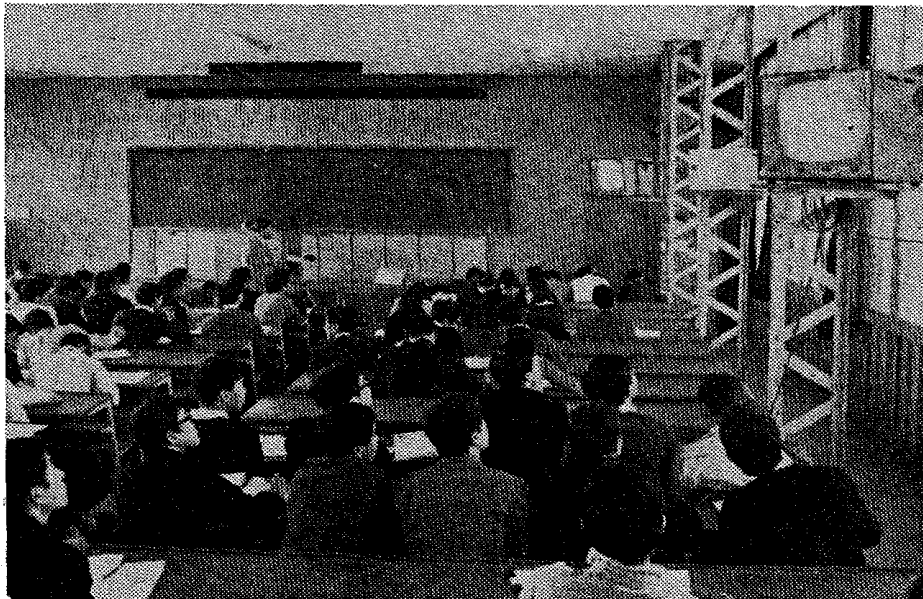


図 2.1 TV 授業

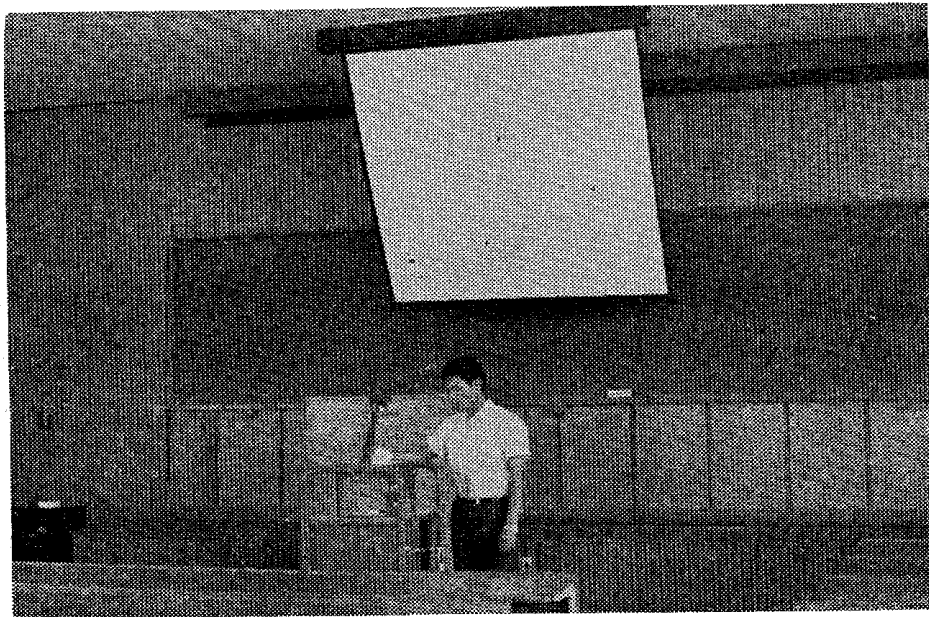
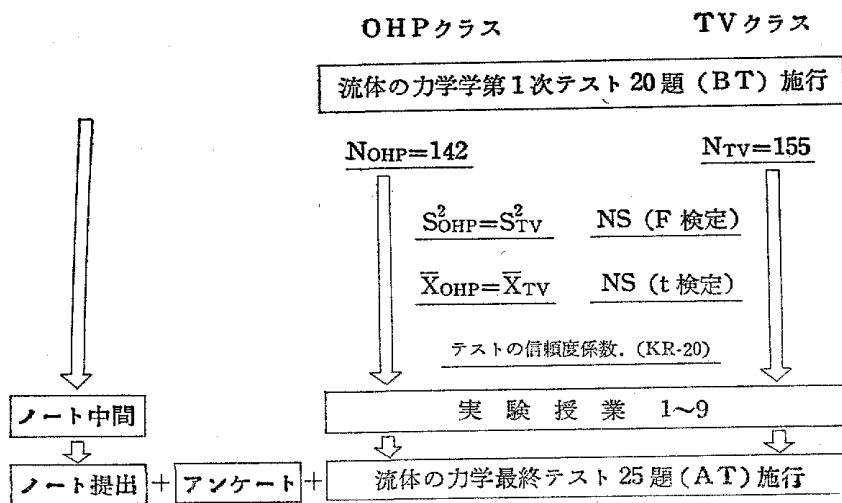


図 2.2 OHPと傾斜スクリーン



$S_{OHP}^2 > S_{TV}^2$  \* (F 検定)  
 $\bar{X}_{OHP} > \bar{X}_{TV}$  \*\* (t 検定)  
 テストの信頼度係数. 58 (KR-20)

(註)

- OHP : オーバーヘッド・プロジェクター
- BT : Before Test
- AT : After Test
- N : 被験者数
- $S^2$  : 標本 (この場合はクラス) の分散
- $\bar{X}$  : 標本の平均値

\*印は 5%, \*\*印は 1%レベルの有意性

図 2.3 実験計画と実験経過

## 2.2 実験授業内容

**工学基礎科目としての流体の力学** 本実験は工学部の学生を対象としてなされたものであるが、その工学基礎科目の主旨からいって、大学の一般教養また将来理工系に進む高校生、更には最近よく行われている高校卒に対する企業内技術研修にも適用されるものである。その主旨は、物理の基礎的原理の理解とその応用力を身につけること、個々の詳しい知識よりむしろ数少ない重要な原理的事項について深く、しかもそれによって科学の方法や技術の特質にいくらかでも触れることを目指す。

本実験の「流体の力学」はその代表的なものといえる。その理由の第一は、水とか流れは古代から現在までわれわれの生活にもっとも密着したものである。第二は、流れはギリシャのアルキメデスからパスカル、オイラーなど古くから進歩し、学問的体系が完備して今も進歩しつづけていること、第三は技術の広い範囲に応用されていることなどである。

各回の講義項目はつぎのようである。

### 第1回 流れの表記方法

ギリシャの幾何学的自然観

ベクトルと流線

絶対流のベクトルと相対流ベクトル

### 第2回 流線の定義

日常の流れ表記と学問的方法

流線の定義と連続の定理

流線語練習

### 第3回 流線観察と写真

流線と流線写真

流線写真撮影装置

相対流線，絶対流線

### 第4回 流線の重ね合せ

流線の重ね合せ

物体まわりの流線

流線型の形成

第5回 圧 力

人間の呼吸と圧力

圧力の量的体験

大気圧と水圧

第6回 流体の運動法則

運動の法則

ベルヌイの定理

噴水曲線

第7回 物体まわりの流れ

円柱まわりの圧力

圧力係数

物体の抵抗

第8回 重力の働く流体運動

重力下のベルヌイ

管系の流れのヘッド

サイフォン

第9回 粘性の働く流体運動

ホースの流れの損失

流体粘性力と流体の速度

直管の損失係数

レイノルズ数

この講義は内容によって三つに分けられる。第一の部分は、第1回から4回まで連続の定理を出発点とし、流線という流体力学特有の流れの記述方法とその理論的展開を視聴覚教材により、実験と併行して進めていくものである。第二の部分は第5回から8回までで、流れと圧力の関係が中心となる。これは力学の運動の法則から導いたエネルギー関係（ベルヌイの定



理)を提示し、この実例の現象を視聴覚教材によって提示するという普通の使い方である。第三の部分は第9回で、レイノルズ数を中心とする。粘性力を定義し、その流れに及ぼす影響、また造船、航空など流れの科学技術を通して最も重要な相似則に触れるが、この粘性の定義およびレイノルズの実験そのものが視聴覚であるので、終始視聴覚教材が用いられる。以下に第1と第3の提示教材の主なものをあげる。

### OHP による流線

自然を観察し、それを簡明正確に表現することは自然科学の基本事項の一つである。ギリシャ人が宇宙を円や球の回転運動でとらえたことを、スクリーンの上に円をつぎつぎにかき出して説明し、かれらの数学的な科学精神にふれた(図2.4)。

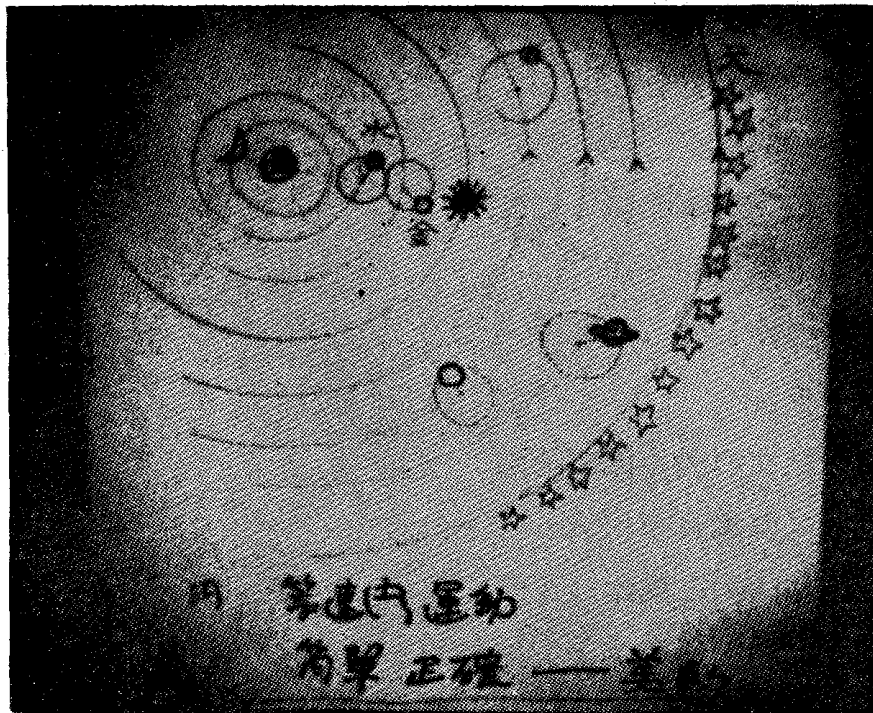


図 2.4 ギリシャ人の考えた宇宙

自動車のフロントガラスに当る風は、車からみると右上に、地面から見ると左上に流れる。この説明図を学生に描かせた。矢印を用いるもの、曲線を用いるものの二種があり、それぞれ学問的のベクトル、流線に通じるものである(図2.5)。

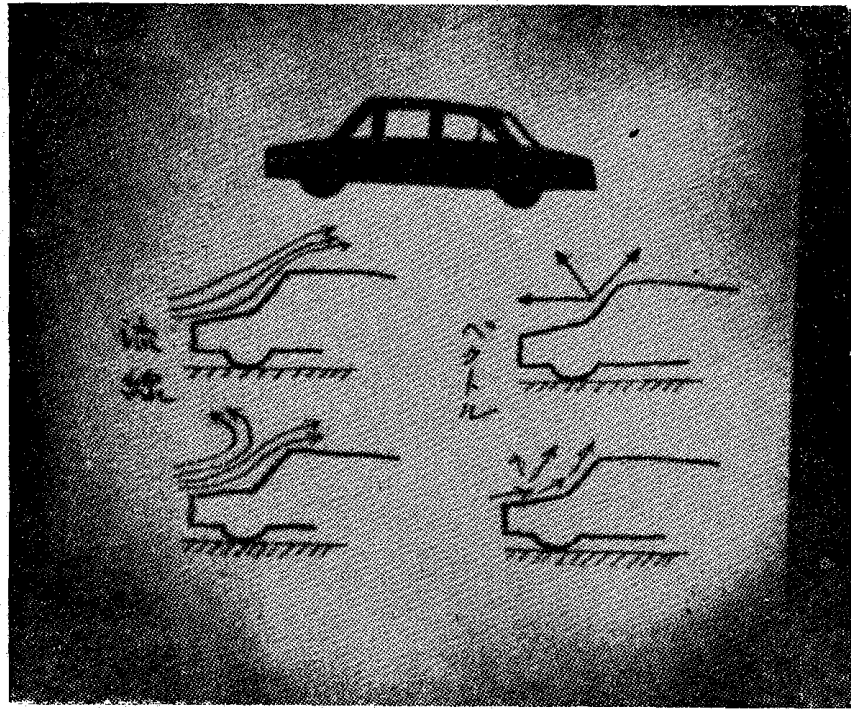


図 2.5 流れの表記例

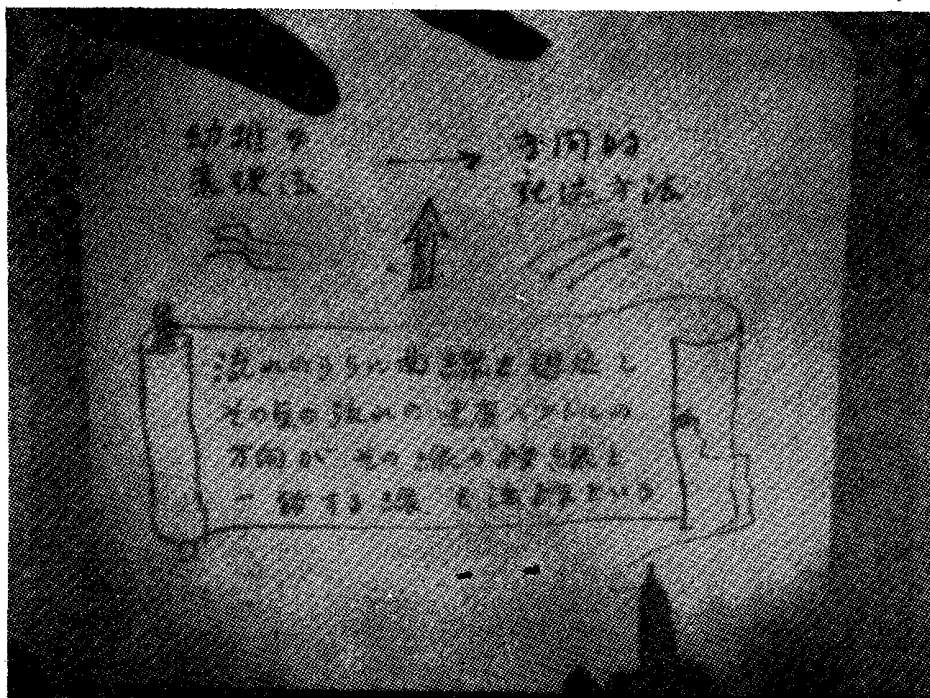


図 2.6 流線の定義

曲線によって流れを表わすことは日頃子供もすることであるが、もし流線の定義にしたがえば、これはそのまま正確で便利な学問的表記法となる。これは、忍術の呪文のようなものである（図2.6）。

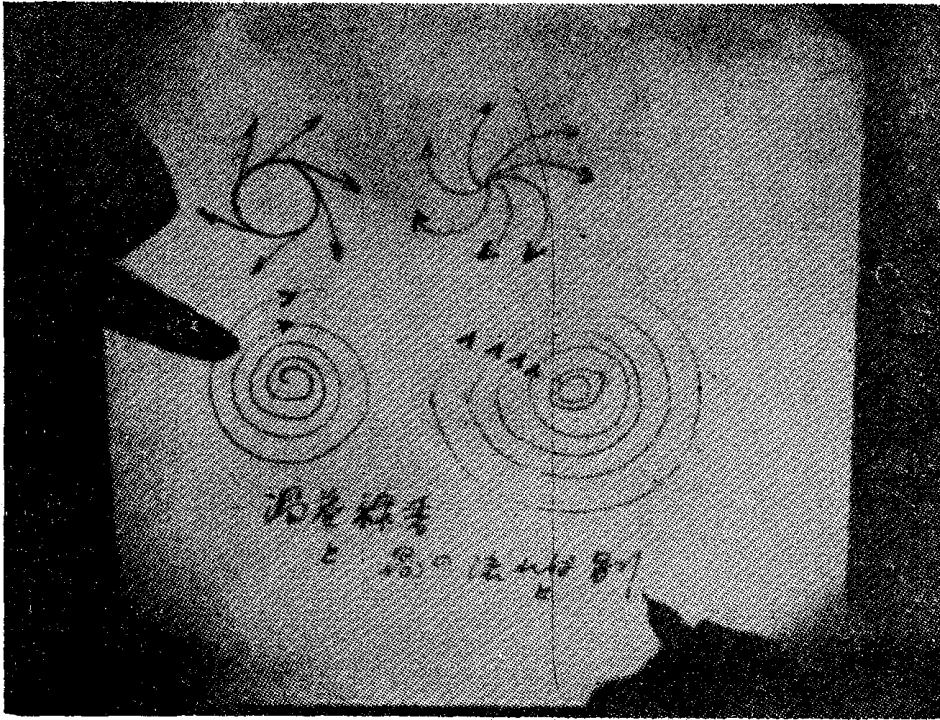


図 2.7 流線語

「1点のまわりをぐるぐる渦巻く流れの流線をかけ」という流線の定義  
 についての問題の解答例，渦の流線と渦巻線香とは相違するということか  
 ら，日常の表現と学問的表現との区別が強調された（図2.7）。

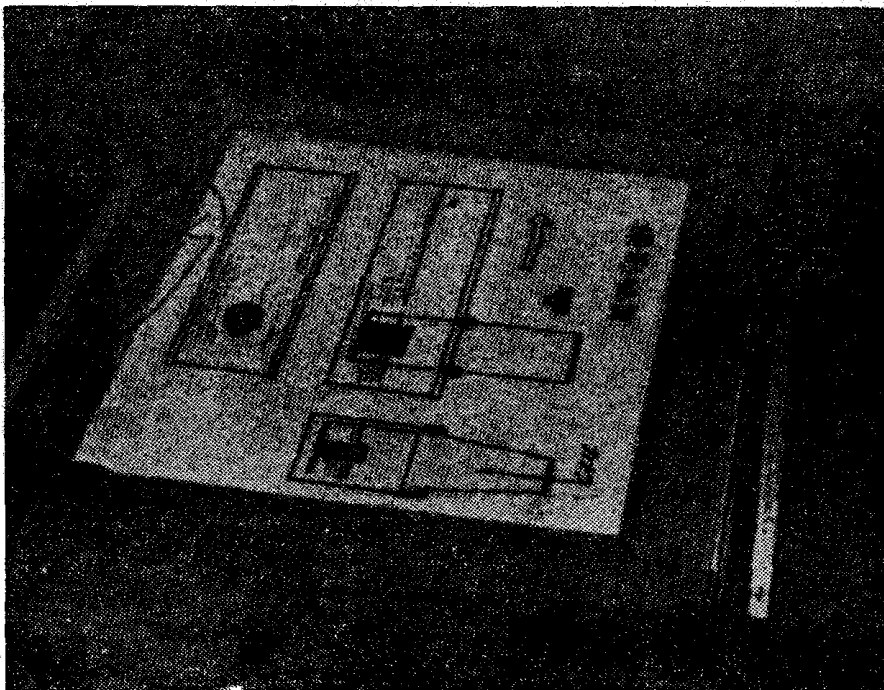


図 2.8 流線写真撮影装置

流線は、数学的定義にしたがって人間の頭の中でつくられるもので実際には存在しない。しかし流線写真はこれに近いものであり、写真から流線をつくることのできる。その撮影装置、模型、カメラの相対運動関係が、トランスパレンシーを通して動く（図2・8）。

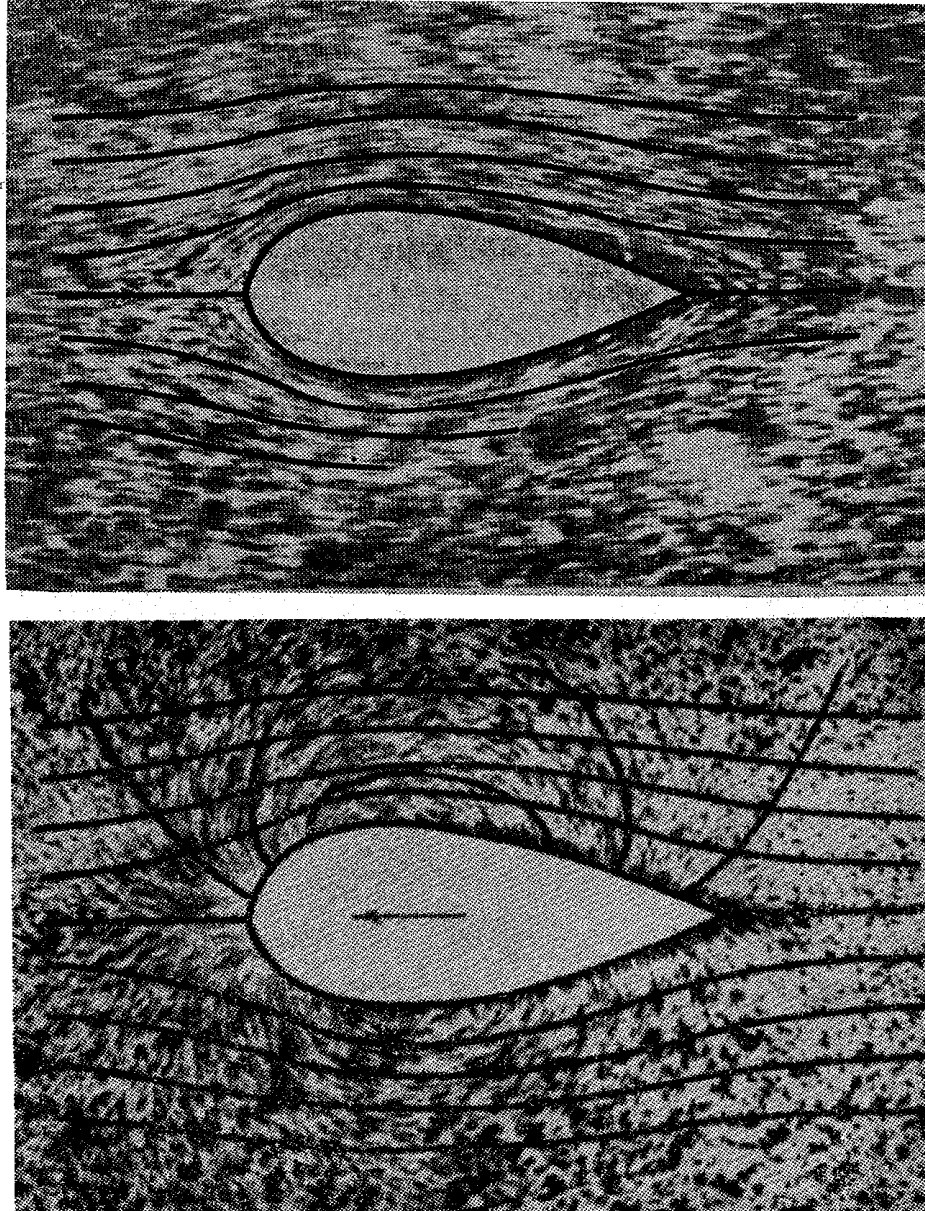


図 2・9 流線写真と流線

図 2・8 の装置で撮影された流線写真から流線を描く過程。相対流の写真から、透明フィルム上に相対流線が描かれ、絶対流線写真に重ねて、さらに絶対流が得られる（図2・9）。

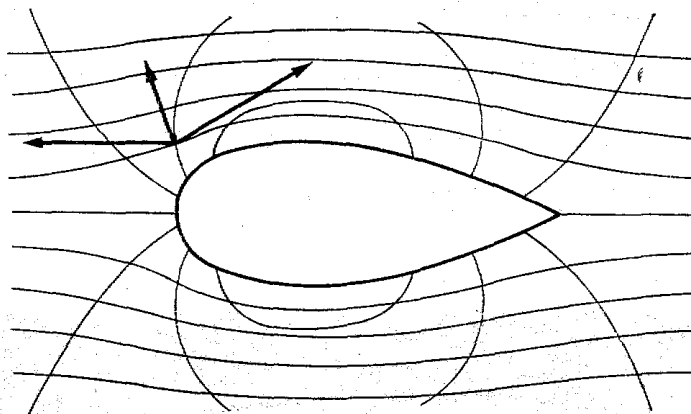


図 2.10 流線とベクトル

相対流線と絶対流線との関係，さらには，流線と速度ベクトルとの関係が，一枚の図上に明示される（図2.10）。

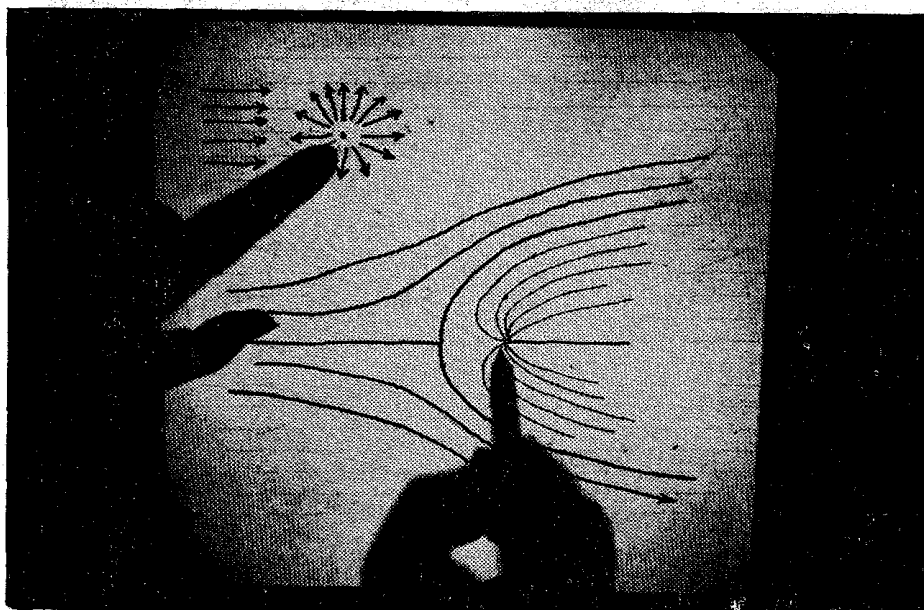


図 2.11 流線の重ね合せ

相対流線と絶対流線との関係を，流線組合せという幾何図法の操作で明らかにする（図2.11）。

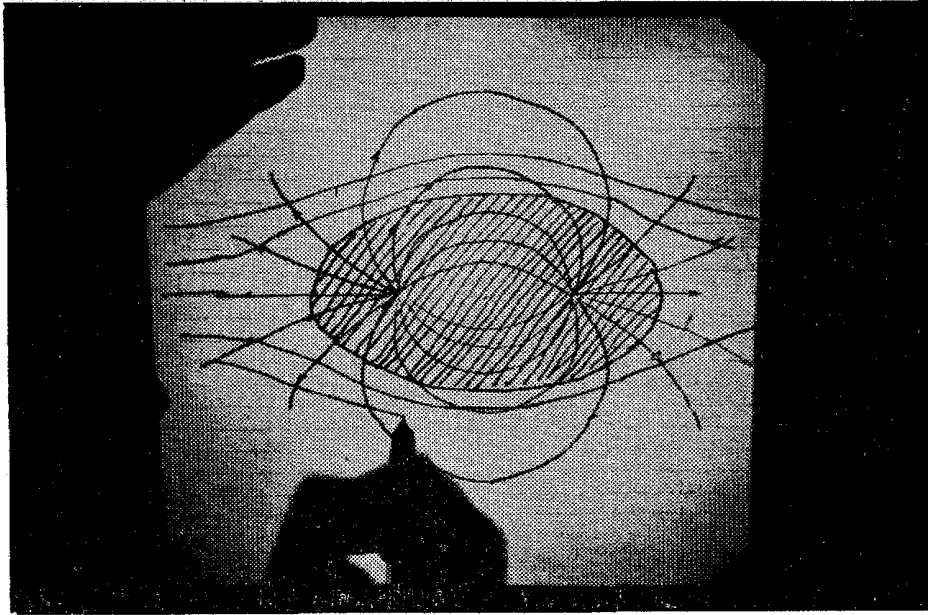
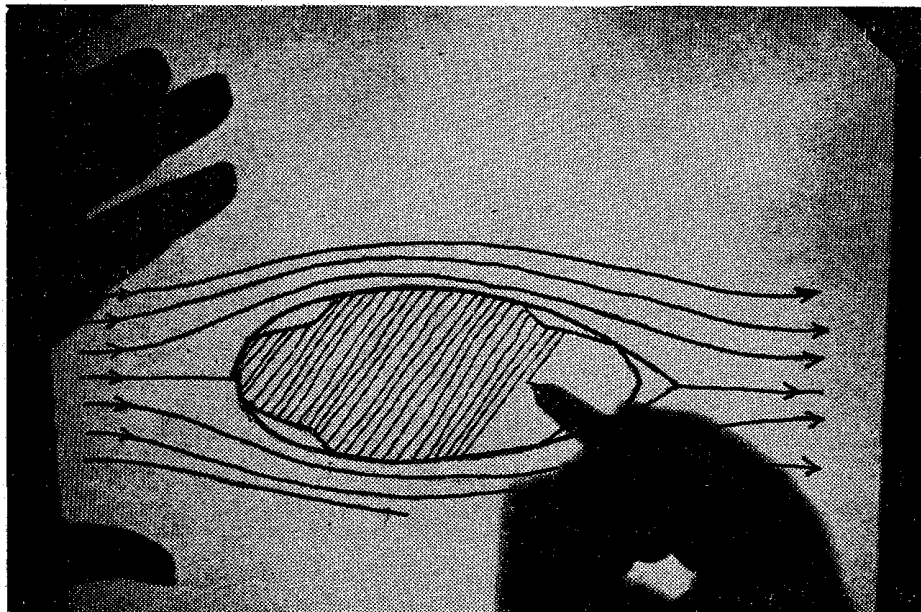


図 2.12 楕円柱まわりの流線

この操作によって物体まわりの流線を求める方法を示す（図2.12）。

この操作を発展させると流線型を形成させることができ、これは抵抗の小さい形状として自動車の設計に用いられる。

自然の記述 → 論理的展開 → 原理の発見 → 生活への応用 → 生活から科学へ → 自然の記述——というサイクルが形成された（図2.13）。



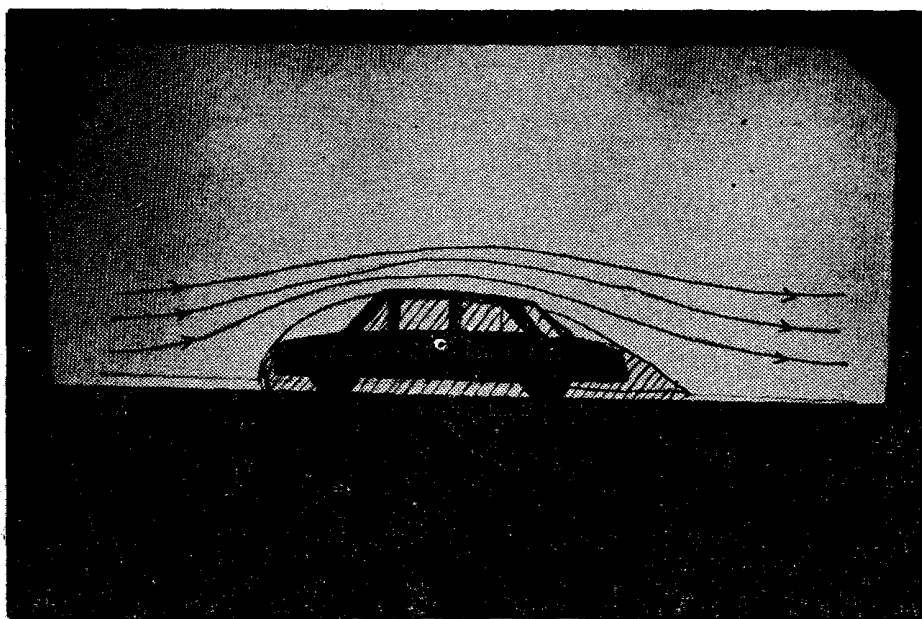


図 2.13 流線型

### ベルヌイの定理

第5回から第8回まではベルヌイの定理を中心とした流れと圧力との関係に関するものである。この部分は力学でよくとられる演繹的な進め方となった。

ここで特に考慮されたのは第5回であった。圧力が力を面積で割ったものであると定義する前に、われわれはまず圧力を認識しなければならない。つまり流れを生じさせるものは圧力である。われわれが呼吸する際の圧力差を量的に考えるため図2.14のようにビニールホースでU字管をつくり、口で吹いて圧



図 2.14 ホースによる水圧の体験

力差を水柱差で体験観察し、水中の圧力、ひいては大気圧を量的に確認するように試みた。

またベルヌイの定理の実証として、容器の底附近の孔から水平に水を噴出させ、水柱圧力より計算した速度と、拋物運動の経路より算出した速度と等しいことを示した。

第7回の圧力分布は1回から4回までの流線の後を受け、流線写真から流線数式、ベルヌイの式を適用して圧力を算出すること。さらにこの圧力を無次元の圧力係数という形とし、圧力係数の分布から、物体の抵抗を考えるとといった道筋をたどって講義が進められた。

### TV による粘性とレイノルズの実験

容器の水をホースから噴出させる際、ベルヌイの定理によれば、水を真上に向けると、容器の水位まで上るはずであるが、そこまで行かないのは損失があるためである。これを、長短、太細、様々のホースで実験する（図2・15）。

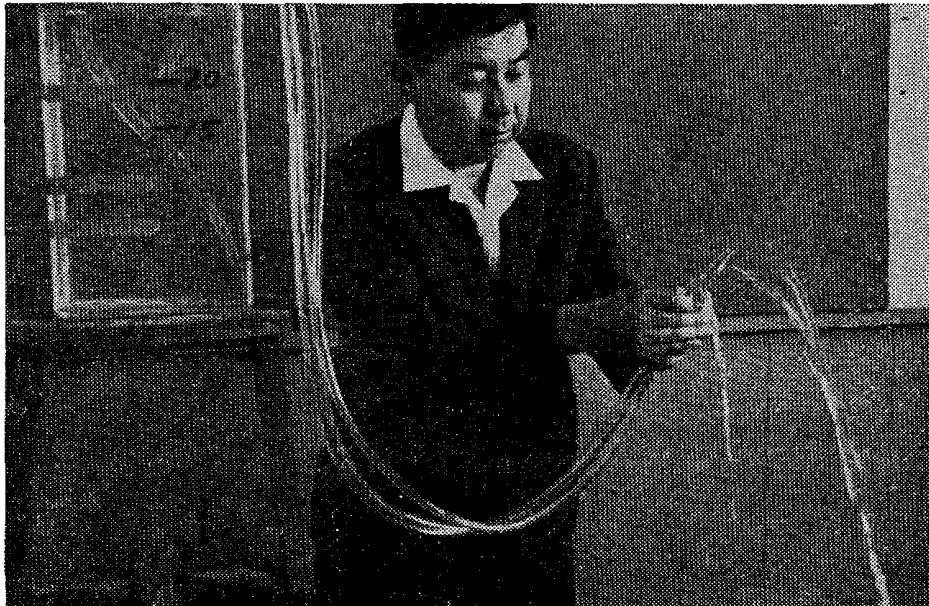


図 2・15 管の流れの損失

この損失が管径、管長、噴出口の上下位置で変ることを、黑板上に図で整理し損失の式を提示する（図2・16）。



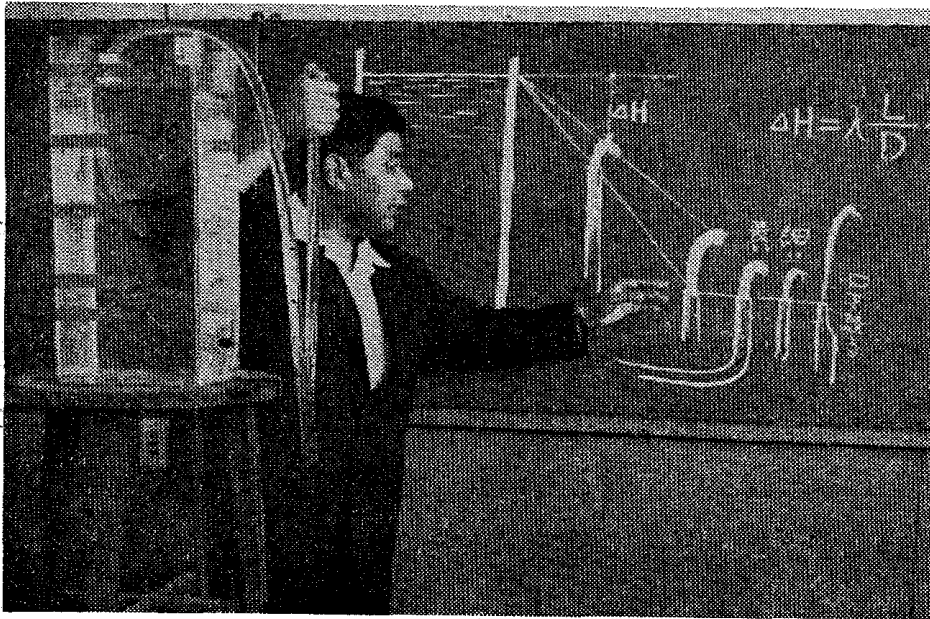


図 2-16 直管の損失の公式

ホースの中の流れも同様であるが、流れには壁からブレーキがかかり、それが中心まで及ぶ。この力が粘性力である (図2-17)。

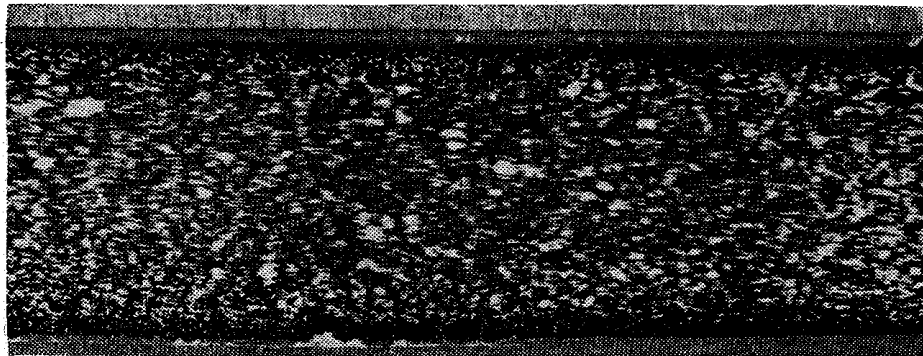


図 2-17 粘性の働く流れの速度分布

この粘性力は、流体の小部品を変形させるように働く剪断力である。折り尺を変形させて説明する (図2-18)。

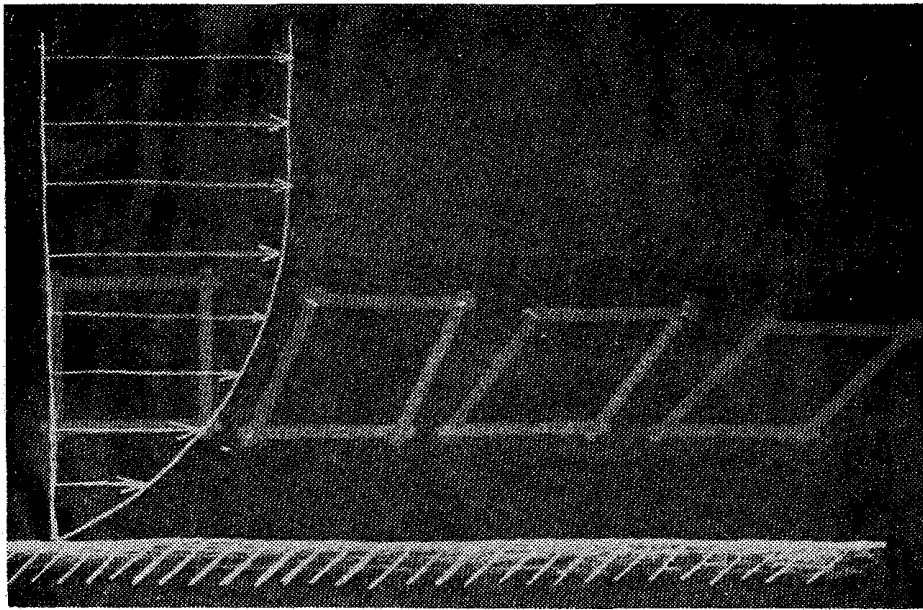


図 2 18 流体微小部分の変形と運動

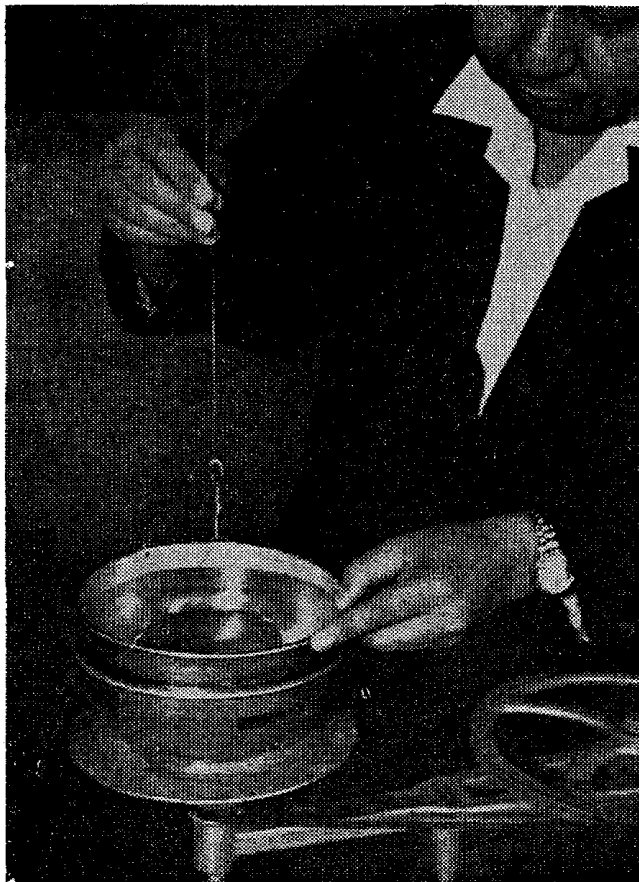


図 2・19 流体剪断力と弾性剪断力

剪断力には弾性剪断力と流体粘性剪断力とがある。写真の装置は粘性力測定器に似たもので、静止表面と回転表面の間にある水を通して働く粘性力と、針金を振る弾性剪断力の両方が釣合う状況を見せ、両者の区別を認識させる（図2・19）。

粘性力から計算した直管の損失は、実際問題においては理論式に合う場合と合わない場合がある。これは流れ方に乱流と層流の二通りがあるためである。このことを発見したレイノルズの実験が提示され、飛行機や船の模型実験を可能にしたこの実験の意義が合わせて、説明される（図2・20）。

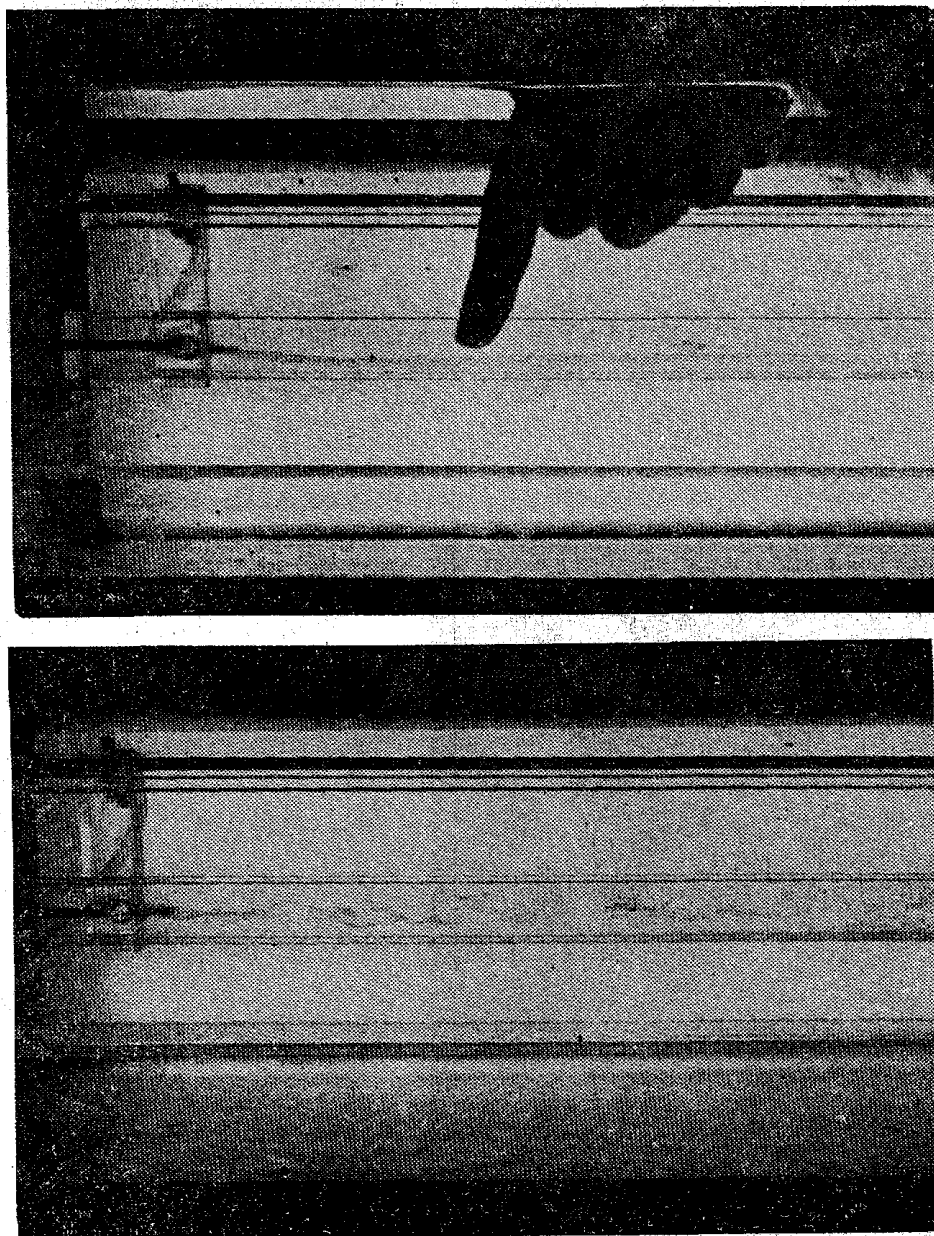


図 2・20 レイノルズの実験

### 3. 結果およびその評価

#### 3-1 BT, AT の成績比較

**BT-AT の得点変化** 図 3.1 は OHP クラスの得点相関図である。BT は 20 問， AT は 25 問あり各問の正答に 1 点を与えてある。両テストは共通問題 8 題を除き同じ流体力学に関するテストとはいえレベル内容を異にするため， この図からただちに学習効果を云々することはできない。けれども変動のはげしいと予想される中位群をみると， BT 中位で AT 下位に移行したもの， BT 中位で AT 上位に移行したもの（図中斜線部）では差が認められる（サイン検定： 5% レベル）。

図 3.1 BT-AT の得点変化  
(OHP クラス N=142)

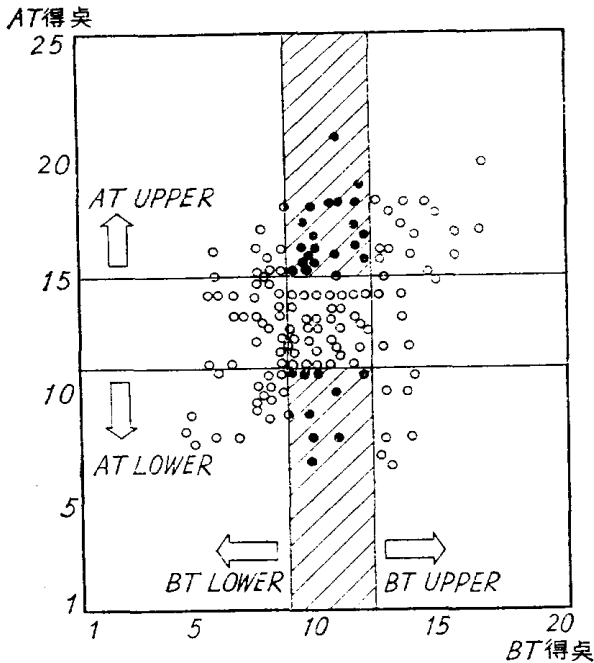
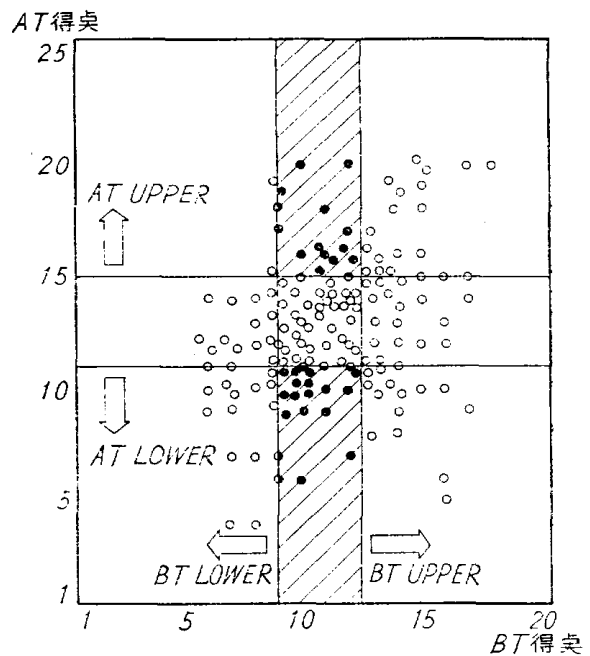


図 3.2 BT-AT の得点変化  
(TV クラス N=155)



註：BT UPPER~LOWER, AT UPPER~LOWER の区切りはそれぞれのテストの総得点分布より求めた上位 27%， 下位 27% の分岐を示す

一方 TV クラス（図 3.2）においては， BT 中位群における AT の変動に差がなく， OHP クラスと比較して， BT 上位群の AT 中位， 下位群へのマイナスの移行が目立つ。

**共通 8 題の得点変化** BT-AT には学習効果をみることを意図した同一問題 8 題が含まれていることは前に触れた。いずれも四選択肢のうちから一個の正答を選び出す客観テスト形式のため両テストにおける被験者の

正誤の変化を関連する 2×2 分割表に組み直して  $\chi^2$  検定を行った。これによると、OHP クラスで 8 問中 6 問、TV クラスで 2 問正答率の上昇が認められた。問題の中には講義中に直接取りあげられたものもあるし、直接ではないが特定単元で終止強調された理論に関係する問題もあった。しかし一部を除き常識的解釈が可能なにも拘らず難度の高いもので AT 時の正答率が 33%、低いもので 76% と意外と伸びが悪い。誤り傾向をみると問題によっては特定の選択肢への固執がみられるものもあるがここから両クラス固有の特徴を見出すことはできない。

**テストからみた両クラスの特徴** 表 3.1 は、それぞれの被験者の共通 8 題の得点変化を横軸に、AT の成績上、中、下位群を縦軸にとって各セルの頻度を求めたものである。

表 3.1 共通 8 題の得点変化 (サイン検定)

		+	○	-	有意性のレベル
OHP クラス	AT 上位群	29	12	10	↑*
	中位群	30	15	16	↑*
	下位群	10	11	9	NS
N=142	OHP 全体	69	38	35	↑*
TV クラス	AT 上位群	19	9	11	NS
	中位群	31	17	29	NS
	下位群	6	8	25	↓*
N=155	TV 全体	56	34	65	NS

ここで注意せねばならぬのは、例えば横軸の○(ゼロ)は表面上の得点においての変化なしという意味をもつことである。すなわち、共通 8 題中 BT において 4 問正解し、AT においては 4 問正解であったとすれば、その被験者は“変化なし”のコラムに分類される。ここでは BT と AT における正答問題が異なったものか、同一のものかは問題にしない。

これによると、OHP クラスの AT 上位、中位群に 5% レベルでプラス(得点上昇)の変化、クラス全体としてもプラスの変化がみとめられる。

一方 TV クラスにおいては、クラス全体で変化なく、AT 下位群において 5% レベルで逆にマイナス方向の変化が見出された。

OHP, TV 両クラスを AT の総得点で比較した場合、見出される平均得点の差はここに原因があると考えられる。

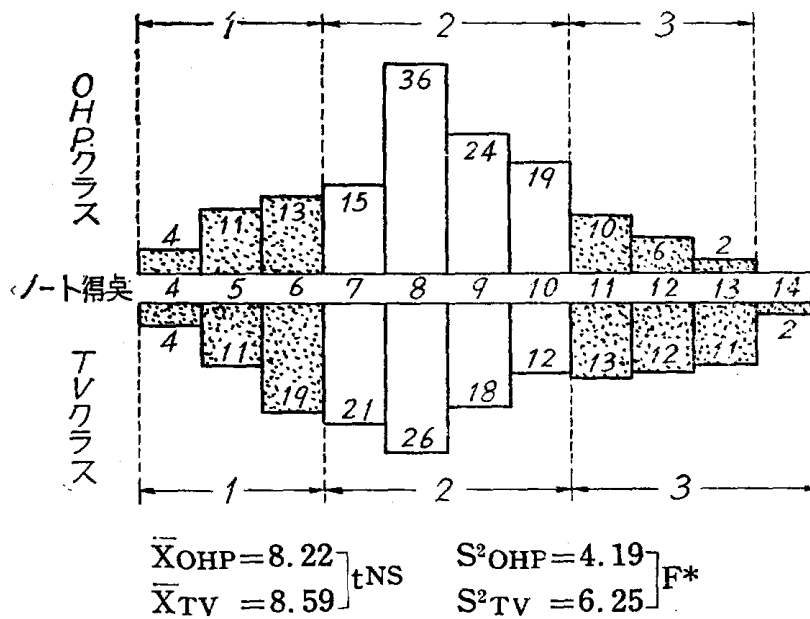
推測ではあるが、OHP 使用の場合は、投影された内容がそのまま被験者のノートにコピーされ得る。ところが TV を実験場面の情報送りの媒体として使用する場合、被験者が映像として送り出されたものをそのままノートに記録することはまずない。教師が実験装置のそばで説明をおこない、細部を TV で拡大し観察させるのであるから、必然的に黒板上での附加的説明は少くなる。TV クラスの学生達は、教室の最前部に位置するものを除き、部分的に拡大された映像と教師の言葉による説明、更に今までの学習経験などを再構成した上でノートをとらねばならないであろう。従って BT の上位群が AT で必ずしもよい成績をとるとはいえず、BT の下位群は TV クラスに配属された場合ノート自体をとることもできず、特に多人数クラスでは学習への積極的参加は望めず、AT においてよい成績をとることは無理と予想されるのである。

後半でより詳しく取りあげる予定であるが、視覚的であるが故に成績下位群に TV は有効とするアメリカでの 2, 3 の実験結果はこの場合には適用され得ない。

### 3-2 ノート評価について

図 3.3 はノート評価総得点の分布である。評価規準は、1.「講義筆記の状態」、2.「写真貼附の適切さ」、3.「着色その他のわかり易さ」の三点でそれぞれにつき 5 段階評定をおこなっている（計 15 点満点）。両クラスの分布型をみると TV クラスでは OHP のそれに比較して矩形型に近い ( $S^2_{TV} > S^2_{OHP}$ )。ノート評価は、担当教授が提出された全てのノートにつきおこなう。かれにはその所有者が OHP, TV いずれのクラスに属するかは特別の注意を払わない限り明らかではない。こうして得られた結果が OHP ク

図 3.3 両クラスにおけるノート評価得点の分布



ラスで正規型に近いものであったということは、ここでは通常の講義形態をとったと同じような学習への適応がなされたと解釈できるのである。すなわち、OHPを通して送り出された映像（一見順序だってみえる講義内容の一部）を学生達はそのままノートに記録することはできるが、ノート整理にそれ以上の力をそそぐ努力はあまりしない。一方TVクラスでその得点分布に散らばりがある理由は、前にも触れた通り、附加的作業が加わるため授業に対して積極的なものはノート評価がよい反面、学習に参加できずノート自体をとり得ぬものも数多いということからもうなずける。ノート得点とAT総得点との関連は定性相関係数ではNSであるが、評価規準の各項目について、ATの成績差、OHP、TVのメディア差を要因として分散分析をおこなうと部分的に興味ある結果が得られる。例えば、表3.2に示す通り「評価2、ノート整理に写真が活かされているか」ではTVクラス優位、「評価2、3」についてはATの成績と関連がみられるなどである。具体的数値例として表3.3に「評価2」に関する分散分析表をあげた。

表 3.2 ノート評価三規準の分散分析結果

ノート評価規準	メディア差	成績差	交互作用
評価1 講義がよく筆記されているか	NS	NS	NS
評価2 ノート整理に写真が活かされているか	OHP < TV**	UPPER > LOWER**	NS
評価3 着色その他でわかりやすくしてあるか	NS	UPPER > LOWER*	NS

表 3.3 (1) ノート評価規準2における粗集計表

(この場合の X は個々の被験者の評価 2 の得点を意味する。但し  $1 \leq X \leq 5$ )

		MEDIA	
		OHP	TV
STANDINGS	AT-UPPER	$\sum X_{11} = 130$ $\sum X^2_{11} = 418$ $\bar{X}_{11} = 2.83$ $n_{11} = 46$	$\sum X_{12} = 117$ $\sum X^2_{12} = 437$ $\bar{X}_{12} = 3.55$ $n_{12} = 33$
	AT-LOWER	$\sum X_{21} = 95$ $\sum X^2_{21} = 291$ $\bar{X}_{21} = 2.32$ $n_{21} = 41$	$\sum X_{22} = 133$ $\sum X^2_{22} = 445$ $\bar{X}_{22} = 3.02$ $n_{22} = 44$

表 3.3 (2) ノート評価規準2における分散分析表

SOURCE	SS	df	MS	F <sub>0</sub>
Rows (AT-Upper vs. Lower)	8.08	1	8.08	6.90 *
Columns (OHP vs. TV)	17.83	1	17.83	15.24**
Interaction	2.68	1	2.68	
Error (within cells)	186.65	160	1.17	
Totals	215.24			

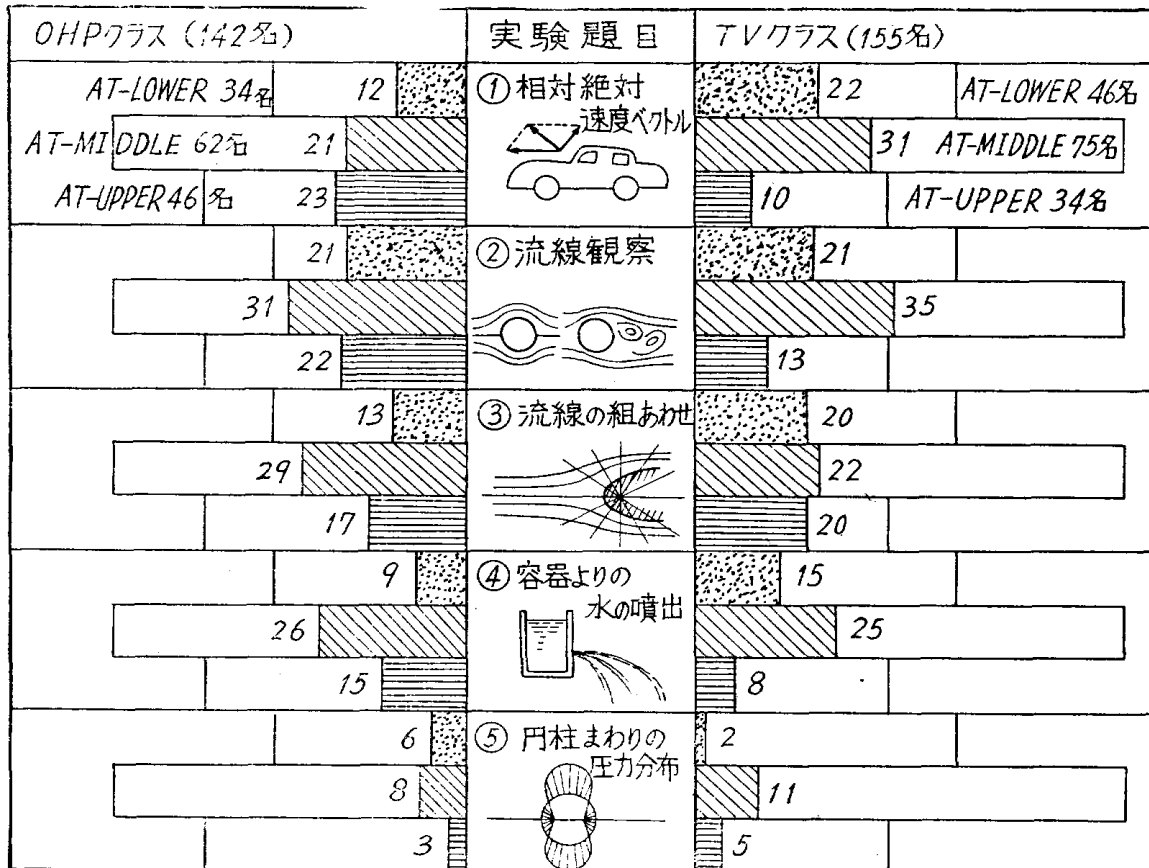
### 3-3 実験アンケートの反応

図 3.4 は、講義中に取扱われた 10 項目にわたる実験を略図化して「最



も印象に残った実験を3つ選ぶ」ように指示した結果である。従って図中の頻度の合計は、それぞれのクラスで被験者数の3倍となっている。それぞれの実験に対する反応はATの成績差で三段階に分け集計されているが、これは実験アンケートの反応と成績間に何らかの関連がみられると予想されたからである。もし、一連の実験が似たようなものであり、被験者の受けとり方、理解の程度も似通っていれば、反応分布の状態は両クラスを通じてフラットなものになるはずである。けれども興味をもって学習参加がなされ、しかも実験のレベルが学習者のレベルに適したものであれば、その実験項目に頻度の集中がみられるに違いない。また実験の種類によっては成績上位群に特に興味を引くもの、下位群であっても積極的学習参加を可能にするようなものがあるであろう。反応頻度が成績上中下群を通して著しく少いものは、他の実験に比べてアクセントに欠けていたか、内容が学習者のレベルに適さなかったかのいずれかと考えられる。

図 3.4 印象に残った実験



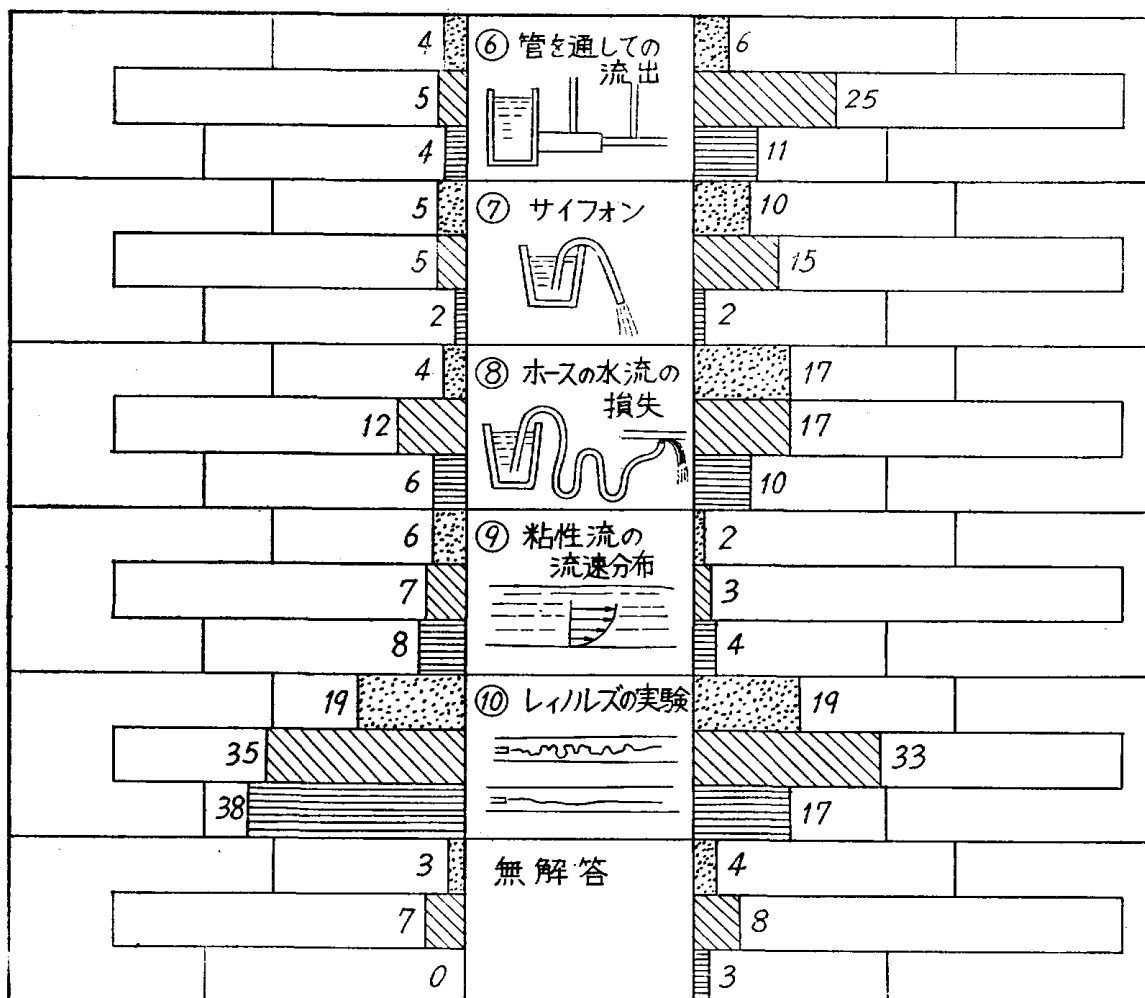


図3・4から、まず頻度の多いものは「流線」に関する実験②、③と「レイノルズの層流乱流」の実験⑩であり、それぞれ40%～60%が印象に残ったとしている。これらの実験は本講義の内容的にも方法的にも主流をなすもので、もともと工業用テレビで実験を映像化して講義をすすめる方式が生まれたところである。オーバーヘッド・プロジェクターの導入に際し、映写ステージ上でも行い得る実験装置（図3・6）が開発されたが、これらはすべてテレビ用実験装置（図3・5）を基礎として、小型に、しかも水平面で行うよう改良されただけの相違であるため被験者の興味をひいたのは当然であろう。ただ、実験⑩はアンケート施行二週間前におこなわれたという点で他よりも印象に残っていたとも考えられるが、クラス全体としての「印象に残った比率」OHP=65%、TV=45%の差が関連問題(AT 16（図3・9）の正答率差としてあらわれていることは見逃せない。

実験⑤～⑧は頻度が少ない。この部分は、ベルヌイの定理に関するもので前の二者と異なり力学的である。つまり、法則が提示説明され、その具体例として映像化した実験がでてくるものである。これは理科教育において普通おこなわれている視聴覚器材の使い方と大差がない。内容的には、例えば「流線」から「速度分布」、更に「圧力分布」、その無次元の取扱い方から「抵抗の大きさ」というように、原理から応用、応用的立場からまた自然を記述し原理を考えるとといった立場が強調された

にもかかわらず反応はきわめて小さかったといえる。「印象に残った実験」

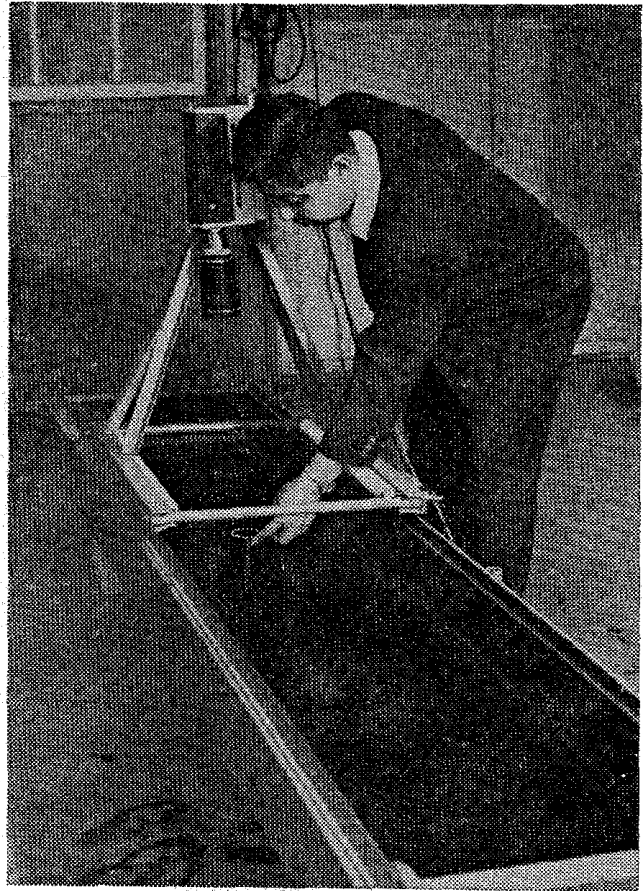


図 3.5 TV 用流線観察装置

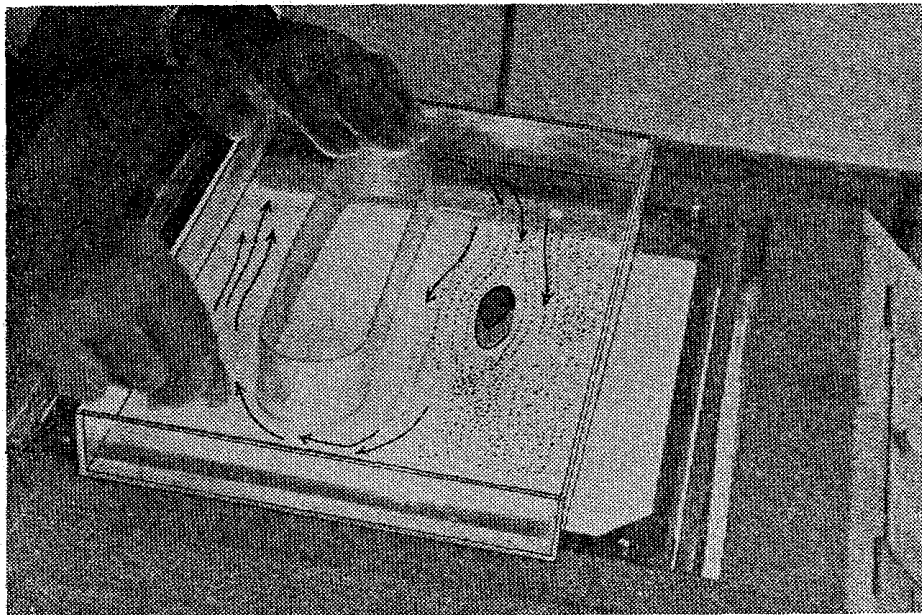


図 3.6 OHP 用流線観察装置

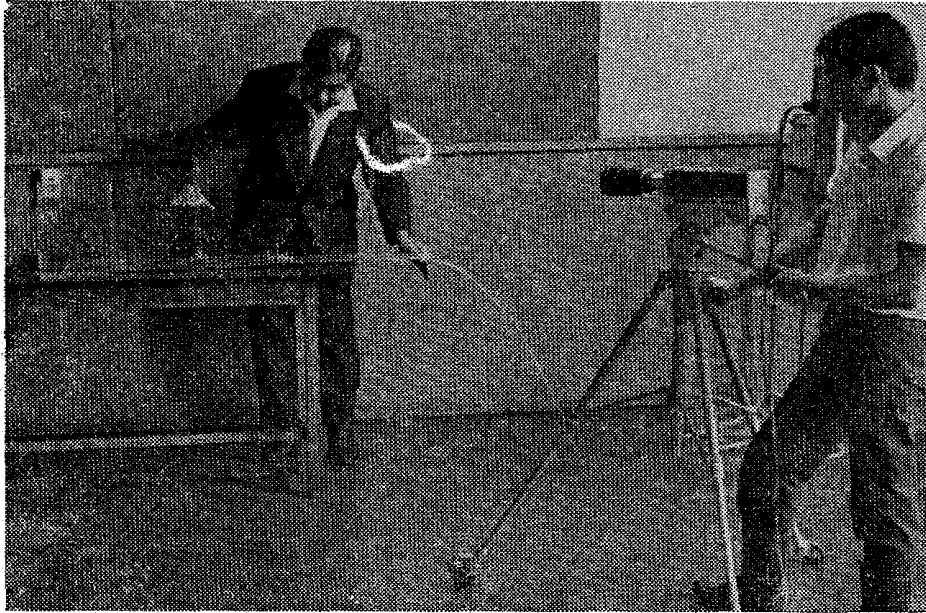


図 3.7 TV クラスにおける実験⑥「管を通しての流出」の場面

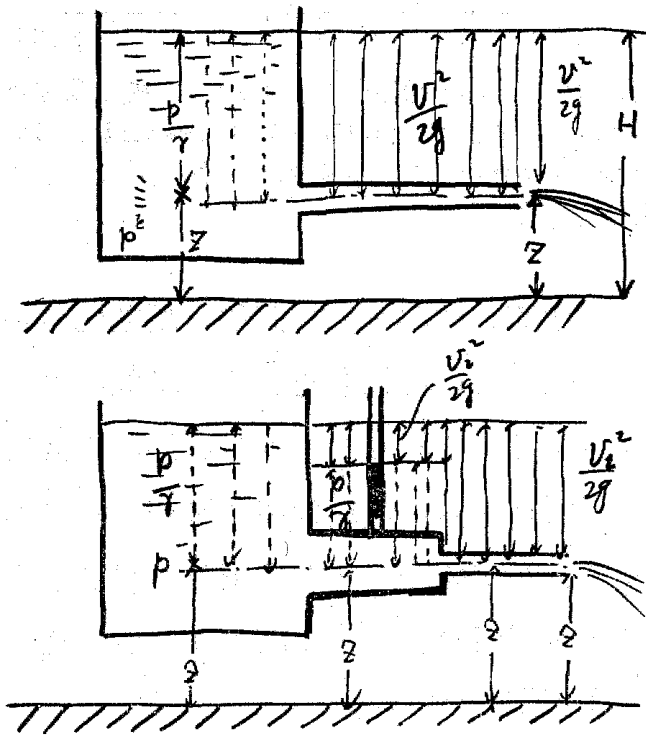


図 3.8 OHP クラスにおける実験⑥の説明例

と併行して「理解できたと思  
う実験」が同様な方法でチェ  
ックされたが反応傾向は殆ん  
ど類似したものであった。

これらの傾向はATの問題別  
正答率にも影響を及ぼしてい  
る。実験に関連して出題され  
た問題の正答率は極めて低い  
のである。

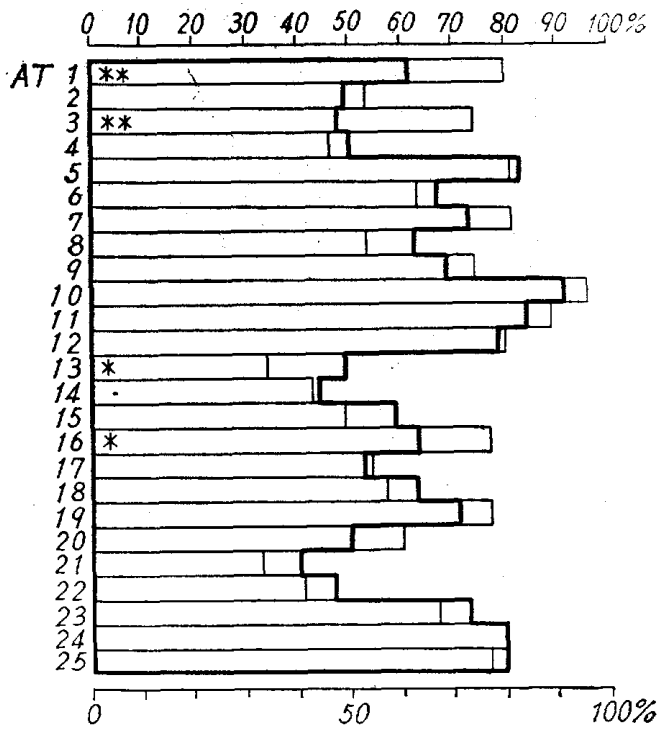
つぎに、この実験アンケー  
トのなかに TV グループと  
OHP グループ間に反応差が  
みられ、更にこれがATの正

答率にも差が現われているものがある。例えば、頻度はあまり多いとはい  
えぬが実験⑥である。TV クラスにおけるこの実験（図 3.7）は、カメラ  
を通してくり返しおこなわれ、細部もクローズアップで強調され、黒板な  
どでおこなう図式化された説明は一切省略された。OHP クラスにおいて

は、TV クラスと同一の装置が教室最前部で補助的に使用されたのみで図3.8のような図がい

くつもセロファン上に描かれ説明された。この実験に関するAT問題8, 19, 22, 23は図3.9に示す通り、AT 19を除いてTVクラスの正答率がOHPのクラスのそれを上廻っている(問題内容は紙面の関係ですべて省略した)。

図 3.9 ATの問題別正答率



**3.4 授業参加態度と成績、ノート評価の関係**

ここでの授業参加態度とは、最終テスト(AT)に先立ち施行

された質問紙の解答を、実験授業に対する好意的～非好意的、積極的～消極的、肯定的～否定的の三方向から分類した反応傾向をいう。7問について好意的、積極的、肯定的反応には+1点が与えられ、非好意的、消極的、否定的反応には-1点が与えられた。両クラスの得点分布は図3.10に示す通りである。定性相関係数によりこれと成績、ノート評価との関連をみるため上中下に区分されている。ノート評価の3区分は図3.3に示す通り、またAT成績の3区分は図3.11に示す通りである。

三者相互の関係は、3×3分割表から $\chi^2$ 値が求められ図3.12に示すCで表示された(但しCの最大値は.81)。ここからわかるように、有意な相関はOHPクラスにおけるAT成績と授業参加態度得点、更に両クラスにおけるノート評価得点と授業参加態度得点間のみであった。

学生達の新しい授業形態に対する好意的、積極的受け入れ方がかれらの

(図中——線はOHPクラス、---線はTVクラスを示す。また\*印は5%、\*\*印は1%レベルでその問題の正答率にクラス差があることを示す)

図 3.10 両クラスにおける授業参加態度得点の分布

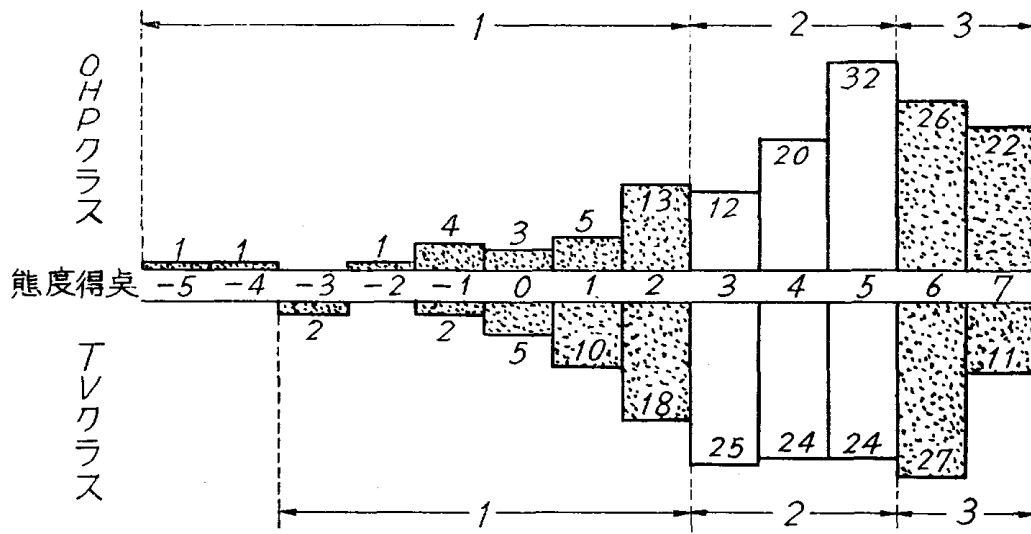


図 3.11 両クラスにおける AT 得点の分布

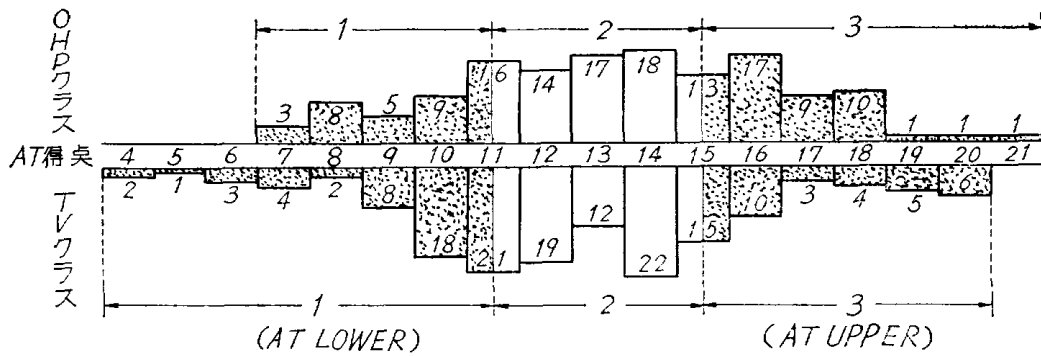
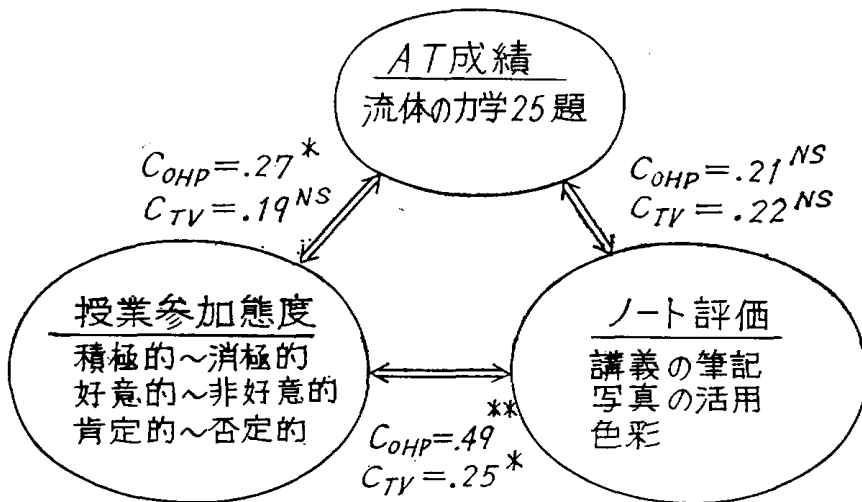


図 3.12 成績・授業参加態度・ノート評価の関係



ノート整理（この流体力学の実験授業ではテキストを使用していない）を助長することは、きわめて当然のことである。けれども、25題の最終テストからみた限り、講義をまとめ、写真を切り抜き、色鉛筆などで更にわかり易く再整理するという労力とよい成績をとることの間には正の相関ありと断定する資料は得られなかった。ATについていえば、講義で取扱われたものの中で原理的には高度なものであるが単なる記憶再生の意味しかもたない問題の正答率は高く、逆にそれら理論の応用や別の記号を使って単なる記憶再生の問題を組みかえたものが予想外に低い正答率を示しているのは皮肉な現象であった。もっとも、このテストは全般的には、図形などで視覚的補助がなされているが、単に講義内容をまる暗記しただけでは解答し得ないものが大部分であったことも、テスト成績とノート整理の間の相関を低くしている原因の一つに数えられるだろう。

これら相互の関係がTV、OHPというメディア差によるものか、あるいは被験者の科別構成その他が影響してでてきた結果なのかは、ここではいえない。今後、更に詳しい分析と別の面からの追試を必要とすると考えらる。

### 3-5 考 察

今回の実験結果を最近の大学過程におけるメディア研究の結果と比較考察する。

**TV 授業の人数について** まずTV授業の規模であるが、学生一人当りの費用の問題をとりあげた Dietmann, J. の研究<sup>(8)</sup>では120名以下のクラスではTVを用いない教育方法のほうがコストの点で有利であり、150名以上を同時に教育するような場合はTVを用いて教育効果をあげる可能性があるという結果がでていいる。Throop, J. F. ら<sup>(9)</sup>はレンセラー工科大学の材料力学のコースでTVの教育効果をみとめながらも一学期400名前後の学生に同時に教えるというように、ある程度多数を前提としないと経済的でないとしている。

今回の実験授業では、人数、規模の点でこれらと同程度のものとみられるが、この点に関しても、日本の大学として独自の立場から検討すべきである。

**記憶保持について** 学習における記憶保持と技能修得場面における TV の効果を検討した Seibert, W. F. らの研究<sup>(8)</sup>も興味深い。与えられた教授内容がどの程度の強さで、どのくらいの期間、学習者のものとして保持されているかは追試が可能であれば今後是非取りあげてみたい問題の一つである。

**解剖学における TV 授業** Diamond, R. M. の研究結果<sup>(2)</sup>からは、ニューヨーク大学の解剖学のクラスに TV を使用することで細部観察が可能となり、成績下位群に TV は有効という結果がでていいる。この場合は標本が各自の机におかれ、それと TV 画面とを比較しながら学習がすすめられるので相乗効果は大きい。ところが、Macomber, F. による大規模な研究<sup>(9)</sup>でも「TV クラスにおいては視覚提示が主体であるため下位群に受け入れられ易いようである」との結果がだされている。今回の実験では逆の結果が見出されたが、この原因として、つぎの二つが考えられる。第一は、本実験における成績下位群と Diamond, R. M. や Macomber, F. らの問題とした実験での成績下位群との質的相違であり、もう一つは視覚的提示の質的相違である。画一的講義における単なる補助教材としての視覚的提示の役割と、論理的発展→一般化→抽象化の順に学習をすすめていくのに不可欠な、講義と一体となった視覚的提示の役割とは恐らく異なるにちがいない。

以上は、いずれも ITV を使用し、本研究と特に関係深いものの一部である。

**OHP の導入** 一方、大学教育に OHP をとり入れた研究は TV の場合ほど数は多くない。現段階においては Still Media の発展として出現した比較的歴史の新しいこの器材を教育の実際場面でどう活用すべきか、あるいは活用しているかが研究の中心といえよう<sup>(1)(4)(6)(10)</sup>。つまり、



“Overhead Projection”の特質としてあげられるのは、多くの投影技術が使用中教師の主体性がなくなるのに対し、オーバーヘッド・プロジェクターは教師自身がそれを駆使せねばならず、学生とのコミュニケーションの流れを“face to face teaching”により円滑化し、強力なものとする点である。更に広い映写ステージをもつことは、単なる大型スライドとしての機能以上のものを可能にした。今回の実験に関していえば、TVでもOHP上でも実験可能なものは、迫力の点でOHPがまさり、大型スクリーン上に投影された動きをともなうシルエットがTVの細部観察という機能を代行しているのである。TVクラスでは、実験場面の一部分をクローズアップすることが主であるため、教室後部の学生は、実験器材がある程度の大きさをもつか、それをかれらが熟知していなければ、部分と全体との関係を常に頭においてノートをとらねばならないであろう。その点OHPクラスでは拡大投影そのものが実験であり学習である。

これは Still Mediam の機能をはるかに超えたものであるといわなければならない。

#### 今後の問題点

一連の継続研究を前提とした本研究の最終目的は、「大学多数教育実施上の問題点を具体的なかたちでとらえ、コミュニケーション・メディアの教育機能を解明する手掛りを得ることにある。メディアに対する学生側の反応が授業の進行（この場合は期間）につれ、受け入れ方の面でどのように変わっていくかなど科学学習の動的な過程をとらえることは必要であり、次年度にこの試みをおこなう予定である。

## 4. 結 語

工業用テレビとオーバーヘッド・プロジェクターの二種の教材比較という形でなされた本実験の成果として、つぎの二つがあげられる。第一は、TV, OHPそれぞれの理科教育における機能と、今後の使用法でとくにどの部分はTV, どの部分はOHPを使用すれば有効かなどがほぼ明らかに

なったことである。第二は、TV, OHPを通じて視聴覚教材の機能と自然科学の方法との結びつきの一部が明らかになったことである。つまり、最初にあげた「実物から抽象にいたる科学認識過程を円滑にする」という視聴覚教材の機能についての一つの仮定的考え方はそう大きな矛盾もなく、これに沿って教育をすすめてもよさそうであるということである。

本実験は工業用テレビの教育的特質として序論にあげた「映像化」, 「能動化」, 「対話化」の三つのうち第一の部分に関するものであるが、第二、第三も実験的研究により実験されねばならない。

実験全体を通じて考えられることは、視聴覚教材は流れの力学に非常に適しているということである。この理由は、流体力学が視聴覚的方法によって大きな発展をとげ<sup>(12)</sup>、現在もそれによってたえず進んでいる<sup>(13)</sup>からである。流体力学のみならず、自然科学に大かれ少なかれこの要素がある。科学の歴史、方法、応用など、科学そのものと視聴覚教材との結びつきは大きく、教育においてこの点を注目する必要は明白である。

おわりに筆者らを教育方法の研究に導き入れ、たえず教示と激励と指導を賜った日高第四郎、岡部弥太郎、西本三十二の諸先生に心から感謝を捧げる次第である。

#### 引用文献

- (1) Chance, C. W. "Transparencies for Teaching", in J. W. Brown and J. W. Thornton, Jr. eds., *New Media in Higher Education* (Washington D. C. NEA, 1963), pp. 131—132.
- (2) Diamond, R. M. *The Effect of Closed-Circuit Resource Television upon Achievement in the Laboratory Phase of a Functional Human Anatomy Course*. Doctors Thesis, New York: New York University, 1962. 106 pp.
- (3) Dietmann, J. "Cost Estimates and Comparisons for Televised and Conventional Instruction". *NAEB Journal* 18: 1E-2E; March 1959.
- (4) Eppenstein, Walter. *The Overhead Projector in the Physics Lecture*. Troy, N. Y.: Rensselaer Polytechnic Institute, 1961. 58 pp.
- (5) Macomber, F. G., and Siegel, Laurence. *Final Report of the*

*Experimental Study in Instructional Procedures.* Oxford, Ohio: Miami University, 1960.

- (6) McIntyre, K. "Transparencies and Closed-Circuit TV in Dentistry", in J. W. Brown and J. W. Thornton, Jr. eds., *New Media in Higher Education* (Washington D. C. NEA, 1963), pp. 133—134.
- (7) 中谷宇吉郎, 科学の方法, 岩波新書.
- (8) Seibert, W. F., and Horning, J. M. "A Brief Study of Televised Laboratory Instruction," *TVPR Report* No. 8. Lafayette, Indiana: Purdue University, Feb. 1959. 28pp. (Mimeo.).
- (9) Throop, J. F., Assini, L. T., and Boguslavsky, G. W. "The Effectiveness of Laboratory Instruction in Strength of Materials by Closed-Circuit Television." in J. W. Brown and J. W. Thornton, Jr., eds., *New Media in Higher Education* (Washington, D. C. NEA, 1963), pp. 40
- (10) 戸谷正造, "物理基礎教育における Overhead Projector の活用", 名古屋大学教養部紀要(自然科学篇)第10巻, 1964.
- (11) 山榊雅信 "工業用テレビ利用について", 国際キリスト教大学学報 I-A 教育研究 10, 1963.
- (12) 山榊雅信 "羽根車内水流の写真撮影", 機械学会誌, Vol. 56, 414 (昭 28—7).
- (13) 山榊雅信 "うず巻ポンプキャビテーションの写真と音による研究", 機械学会誌, Vol. 60, 459 (昭 32—4).

# The Effect of Closed-Circuit Television and Large Transparencies upon Achievements in College Fluid Mechanics

(English Résumé)

Masanobu Yamamasu

Atsuo Kurihara

Since 1962, Kanto Gakuin University has been concerned with a method for large group instruction, especially for the students majoring Engineering. During the four years, 1962 through 1966, a series of pilot studies was made for the possibilities of effective presentation of several college courses by television as by regular-sized conventional classroom teaching. Various demonstration devices for the televised lectures have been tested and made, while adequate arrangements of TV receivers and other audio-visual facilities have also been checked (Fig. 2.1, 2.19, 3.7).

This study was an attempt to investigate the nature of the contributions of closed-circuit television and of large transparencies to the acquisition of information and to the development of learning attitude associated with Fluid Mechanics, one of the college foundation courses.

The investigation compared the attainment of 155 freshman instructed over CCTV (TV class) with that of 142 equally individuals instructed with the use of large transparencies (OHP class). A series of materials and devices, especially designed for the OHP class, has also made (Fig. 2.8, 3.6).

A Before-After experimental design was used to test the hypothesis: the effectiveness of each medium could be accelerated if it was properly applied to a certain stage of the conceptualization (Fig. 1).

The Before Test (BT) consists of 20 multiple-choice questions, having four alternatives each (reliability index  $r : .68$ ). It was constructed from the view point of basic understanding and knowledge of the course. After the students of both classes had participated for five months experimentation, 25 more professional questions, eight of which were the same that tested before, were given for the After Test (AT). Quiz scores and note-book grades, along with results of a questionnaire of student opinion, were also taken into consideration for the final analysis of this study.

Selected findings were as follows :

With respect to the learning of factual information, as a whole, students of OHP class did better than those of TV.

BT :  $\bar{X}_{OHP} \doteq \bar{X}_{TV}$  (no significant difference)

AT :  $\bar{X}_{OHP} > \bar{X}_{TV}$  (1 % significant level)

The difference obtained from AT might be considered as the one resulted from the fact that low ability students in TV could not follow the lecture contents, partly because of their note-taking difficulties.

Student achievement under either method, was positively related to their active participation in the lecture. No relation, however, was found between their AT scores and the note-book grades.

From the results obtained with the questionnaire, there appeared to be some correlation between the demonstrations, which students might think impressive, and their correct answers of certain questions, particularly related to the demonstrations. That means, in a certain demonstration, the use of TV is a superior method than of OHP, and, in other case, vice versa.

In the sequence of the lecture, it is necessary to find the most effective usage of the media, whatever they are, through accumulations of such findings.