

物理学学生実験のデータ処理等に関する 教育システムの研究開発

森下伊三男・永野宏・市川敏朗

Study of Data Analysis Support System (DASS) for Student Laboratory Experiments in Physics

Isao MORISHITA, Hiroshi NAGANO

and

Toshiro ICHIKAWA

Department of Physics, Asahi University

1. はじめに

ここ数年来、教育現場へのパーソナル・コンピュータの導入はめざましく、多くの教育者・研究者により、その活用がなされている。しかし、その利用状況を把握することはたいへん困難である。その理由の一つとして、パーソナル・コンピュータは一般性に乏しいきわめて身近な環境において、個人的な道具のような状態のもとで利用されることが多い点を挙げることができる。

一方、大型の汎用コンピュータによる情報教育は既に多くの大学で行われており、情報処理教育センターや大型計算機センターなどが設置されている大学も増加しており、その教育体制や現状について多くの報告がなされている。例えば、全学を挙げて情報学教育に取り組んでいる京都大学の報告書¹⁾には、大型計算機を利用した教育の実践について多くの記事が掲載されている。しかし、パーソナル・コンピュータを大型計算機やネットワークの端末機としてではなく単体で教育に利用している例としては、その報告書のなかでは、医学部教育において医学教育システムと電子教科書の紹介及びオンライン文献検索の実習、教養部においては物理学教室の BASIC (または FORTRAN) 言語による計算物理学の実験、農学部での数値の取扱法の実習等が紹介されているにすぎない。その他、物理学実験に限っては、例えば、武蔵工業大学や東海大学理学部での報告^{2,3)}などがなされているが、この場合には、コンピュータを実験装置の一部として扱い、教育システムとしての利用には至っていない。

教育現場にコンピュータを導入する場合、単に「そこにコンピュータがあるから利用する」というのではなく、佐伯胖氏⁴⁾の言うように何らかの目的の達成のために必要不可欠な条件としてコンピュータを導入するのが当然のことであろう。コンピュータを導入する場合、それを実験装置の一部として利用するための導入、あるいは、情報処理教育の一環として、プログラ

ム作成や各種ソフト・パッケージの利用方法を教育するための導入などがある。ここでは、教育上の支援装置としてコンピュータを利用し、教育効果を向上させるという立場に立ち、コンピュータの導入を考えた。その第一歩として、本学での物理学学生実験におけるコンピュータ利用の可能性について検討した。その検討結果の一つとして、実験によって得られたデータの処理及び解析に関する教育システム；DASS (Data Analysis Support System, 以下DASSと略す)の研究開発をおこなった。ここに、DASSの研究開発の現況並びにその利用による教育効果について、その研究結果を報告する。

2. DASSの構想

本学では、歯学部進学課程2年次の学生に対し物理学実験を課している。学生は1～2週間かけて一つのテーマに関した実験を行い、得られたデータの処理及び解析、実験及び結果に対する考察などからなる実験レポートを作成し提出することになっている。

ところが、近年の高等学校の教育課程の多様化に伴い、学生の物理学・数学に対する理解力や計算力等の基礎学力の低下が目立ってきている。そのような学生は実験自体にも多くの時間を必要とするばかりでなく、データの処理・解析にも多くの時間をさかなければならない現況にある。その結果、学生の提出するレポートの中にデータ処理や計算に関する誤りが多く見られるようになり、また、実験自体や結果に対する考察をおろそかにする学生も増えてきている。学生が正確な実験結果を得て、適切な考察を行うことは、実験の授業を通して物理的な物の見方・考え方を養ううえで重要な課題の一つである。更に、受講生が歯学部専門課程に進学するにあたり、自然科学の基礎的な素養を身につけることも進学課程での重要な課題であり、教員が重点的に指導しているところでもある。そのような課題を達成するうえで、学生の基礎学力の低下によって生じる問題点は、教員の指導によってある程度は解決されているが、それに費やされる時間が増大し、授業の進行に支障をきたしかねない現状となっている。

そこで、授業の本来の目的とは異なる面での学生の負担を軽くし、計算に振り回されることなく、物理的な思考力を養ってゆけるような授業が実現できる環境を整えてゆくことが、早急に望まれるところであった。そのため、本学の実情に合ったデータ処理・解析に関する教育システムの研究開発を行い、又、その教育効果を研究することが必要となり、ここにその対応策としてDASSの構想が考え出された。

一般教育における物理学実験は、受講学生数及びテーマ数が多いこと、各大学によってそれぞれ事情が異なり、授業の行い方もまちまちなことから、このようなシステムの一般化はなされていない。従って、既成のシステムは全く利用できず、本学独自のシステムの開発が必要となった。

一方、全国的にみて、物理学実験のためのコンピュータの導入はめざましく、導入されるコンピュータの種類も大型で汎用のものから、中型や小型で端末装置がいくつか設置できるもの、そしてパーソナル・コンピュータとさまざまである。しかし、複数の端末装置が付いた汎用のコンピュータを利用する場合、その導入や維持に膨大な費用が必要となり、一研究室単位では現実には不可能に近いと思われる。従って、DASS構想では、パーソナル・コンピュータを何台か用いて、それぞれ独自に活用していくシステムをめざすことにした。

また、現在、歯科医療機器等においてもマイクロ・コンピュータの組み込まれた計測装置の

普及が進んでおり、早い時間から学生がコンピュータ等によるデータ処理システムに親しんでおくことは、将来のためにも有効な事であると思われる。そのために、教育システムの研究開発に伴い、将来において学生が利用するであろう様々な医療機器における各種のデータ処理システムを利用するときにも、十分に役に立ち得るような基礎的な技術が得られるシステムを構築することも同時に目標とした。

今回の研究開発では、DASS の試験的な運用を目標として、歯学部進学課程 2 年生を対象とした物理学実験の授業で行われている 10 のテーマの中から五つのテーマを選び、それぞれのテーマでのデータ解析処理に関する教育システムプログラムの作成を行った。

更に、DASS を実際の授業で利用し、学生に対してそれについてのアンケート調査を行い、その教育効果や今後の課題などについても調査し、今後の研究開発（すべてのテーマについての支援システムの完成とシステムの増強）への基礎を築くことも目標とした。

3. DASS の開発

本研究で開発したシステム DASS は、学生の実験データ解析の実習に対する補助的役割りをコンピュータを利用して行おうとする教育の支援システムである。従って、学生が DASS を用いて何らかのプログラムを作成したり、オペレーション・システム (OS) を利用したりすることは考えていない。

DASS では、学生の計算力の増強も図れるように考慮した。すなわち、学生が自ら行ったデータ処理及び解析の結果をチェックする機能を主としたシステムとし、単に計算の支援をするシステムとはしなかった。例えば、学生が実験データを単に入力することで、システムから計算結果を機械的に取り出すことができるような支援をするだけでは、学生の計算能力は養えないし、単に学生は処理システムの一部となってしまう。そのようなことは教育的にも好ましいこととは思われない。

更に、DASS を用いることによって、学生がデータ処理及び解析に関して物理的な理解をも深められ得るようにした。そのため、システムは会話型にし、各実験テーマごとに、それぞれの学生の必要に合った対応ができるようにした。例えば、学生の解析結果が明らかに物理的におかしい（不合理な）場合、単に計算間違いを指摘するだけではなく、物理的に考えても不自然であることを学生に伝えられるようにした。具体的には、あるテーマの実験で、光電管を利用して光電子の速度を求める実験があり、学生は時々データ処理を誤り、光電子の速度として光の速度より速い結果を算出するときがある。そのようなとき、単に計算間違いであることを指摘するだけではなく、明らかに自然法則に合っていないのであるから、むしろその点を強調して、学生に誤りを指摘し考えさせる方が教育的であると思われる。

今回開発した教育システム DASS は、図 1 に示すように、パーソナル・コンピュータの本体（中央処理装置、3.5 インチフロッピーディスクドライバ 2 台付き）、表示用の CRT ディスプレイモニター及び入力用のキーボードからなっている。図中、破線の部分は今後の研究開発で予定しているプリンター出力装置である。今回の研究開発は、学生の行ったデータの解析処理が適切に行われているかどうかをチェックし、その結果を受講生に知らせるとともに、その処理経過を記録する機能を主としたプログラムで構成されている。プログラムに使用した言語は N 88 BASIC である。受講生は実験で得られたデータを解析処理し、平均値とその誤差、目的と

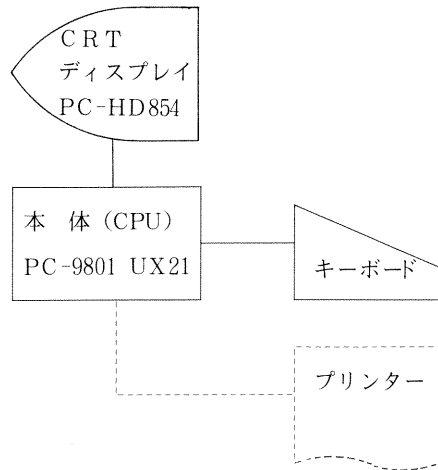


図1 DASS装置概略図

する物理量（例えば、電子の速度や凸レンズの焦点距離）等を各自で求めた後、DASS の利用を開始する。このとき、DASS は初期状態にあり、図2—a に示すような受講生の学籍番号の入力要求のメッセージをディスプレイに表示して、受講生からの入力待ちの状態となっている。以下、DASS の具体的な仕様及び操作手順を述べる。

あなたの学籍番号を入力してください (例 88189) ==>

図2—a DASS の初期状態の表示

(1) DASS の利用は、まず受講生が自分の学籍番号をキーボードから入力することにより始まる。これに対し、DASS は受講生がどの実験テーマのデータ処理に関する支援が必要である

あなたの学籍番号は 88145 です。あなたのデータ登録番号は 145 です。
あなたが利用したいプログラムの番号を入力してください。 ==>

- 0 : 学籍番号の変更または終了
- 1 : レンズの焦点距離 (第一法)
- 2 : レンズの焦点距離 (第二法)
- 3 : レンズの焦点距離 (第三法)
- 4 : 光電管 (光電子の最大速度)
- 5 : シンクロスコープ (RC 回路)

図2—b 実験テーマ選択のためのメニュー

かを選択するためのメニューを表示する。図2—bは、例として、学籍番号 88145 の受講生が DASS を開始したときのメニューを示す。受講生はこのメニューの中から自分に必要なものを選択し、その番号を入力する。入力(2)の手順を除きすべて必要な数値をキーインした後、リターンキー(復回キー)を押下することによって行う。一般には、INKEY\$のような関数を利用すればリターンキーを押す必要がなく効率が良い。しかし、受講生の多くがキーボードに慣れていない現状を考慮し、入力した数値が確認でき、入力ミスがあった場合にはリターンキーを押す前に訂正ができるように、ここではすべて INPUT 文による入力形式を用いた。

(2) ここで、DASS は入力された学籍番号が正しいかどうかの確認を受講生に促すためにディスプレイに図2—cのように表示する。受講生が確認の応答(「*」の入力)をすることにより、次の段階に進む。もし学籍番号の入力ミスがある場合には「*」以外のキーを押下することにより再びシステムの初期状態に戻る。

あなたの学籍番号は 88145 です。
もし、間違っていたらリターン・キーを押してください。
正しければ、*を押してください。

図2—c 学籍番号を確認するための入力要求表示

このステップは、受講生の単純な入力ミスにより、誤入力された学籍番号を持つ受講生の既に入力してあるデータが破壊されることを防ぐための処置である。また、初めに学籍番号を入力した直後、すなわち図2—bのメニューを表示する前にこの学籍番号の確認をする方法もあるが、受講生の注意を引きつける意味も含めて意識的に、実験テーマの選択の後にこの確認の手順を入れることにした。

(3) 学籍番号が確認された後、DASS は選択された実験データ処理の支援の開始をする。受講生が DASS に入力するデータは、2種類あり、一つは実験によって得られた資料(実験データ)、もう一つはその実験データを処理することにより求められた平均値や物理量などの計算結果である。この2種類のデータ(実験データと計算結果)は DASS を起動したときに同時に入力されることもあるし、別々に入力されることもある。すなわち、実験データは大抵の場合は、最初に DASS を起動したときに入力され、その後はほとんど変更されないことが多い。しかし、計算結果については受講生の計算ミス等により何回か入力をし直す可能性が高い。したがって、DASS は、データを入力するための処理として次のような項目を主体とした図2—dに示すようなメニューを表示する。

1. 受講生の得たデータ及び計算結果の新規入力
2. 以前に入力したデータや計算結果が存在する場合はそれらの表示
3. 以前に入力した実験データの修正、取消及び追加
4. 以前に入力した計算結果の修正

受講生は、メニューを選択することによって、自分の実験データと計算結果を DASS に入力していく。追加も含めて受講生の入力したデータはすべてフロッピーディスクに記録されるが、修正されたデータは更新され、削除されたデータは消去される。また、データに加えて

レンズの焦点距離（第1法）のデータ処理のプログラムを実行します。

あなたが利用したいプログラムの番号を入力してください。 →

- 0 : 終了してメインメニューに戻る
- 1 : データと計算結果の新規入力をする
- 2 : データの追加をする
- 3 : データの訂正をする
- 4 : データの削除をする
- 5 : 計算結果の訂正をする
- 6 : データと計算結果の表示をする
- 7 : 計算の実行（あなたの計算のチェック）をする

図2—d データ・計算結果の入力・訂正等及び計算チェックのためのメニュー

DASS の通算起動回数や時刻等も記録していく。

(4) 最後に、データの入力が終了した段階で、図2—dのメニューに戻る。そこで、メニューの7を選択することによって、DASSは受講生が入力した実験データを解析処理し、その結果と受講生が入力した計算結果とを比較する。その際、受講生の求めた計算結果が適切であったかどうかを判断し、その評価をディスプレイに図2—eに示すように出力する。この段階で、受講生の計算結果が明らかに不自然である場合にはそれを指摘し、再考を促す。また、計算結果

レンズの焦点距離（第1法）のあなたの計算結果をチェックします。

あなたの学籍番号は 88145 です。あなたのデータ登録番号は 145 です。

あなたのデータは次の通りです。

a	b	f	a	b	f
1 : 50.35	46.87	24.274	4 : 57	43.38	24.252
2 : 43	55.35	24.2	5 : 50	46.48	24.088
3 : 45	52.28	24.184			

あなたの計算による 平均値は 24.2
確率誤差は .215

あなたの計算による平均値は 0.00% の誤差でわたしの計算と一致しました。

先に進んでもよろしいです。

あなたの計算による確率誤差は完全に間違っています。まったくの見間違いです。

もう一度、計算をやり直してください。

どれかキーを押してください。

図2—e 計算結果をチェックしたときの表示例

が誤りの場合、それがどの程度であるのか、すなわち、全くの見当違いなのか、有効数字の範囲内での誤差なのかを表示することによって、受講生の計算結果に対する評価とする。

(5) ここまでで、DASSの利用は終了したことになるので、受講生はシステムを終了させて、初期状態に戻し、別の受講生によるシステムの起動を可能にする。

(6) 受講生は、出力結果をみて、自分の計算に間違いがあればそれを修正し、改めてDASSを起動し、その修正が適切であったかどうかを同様の手順でチェックする。もし、間違いがなく、DASSのチェックをパスすれば、次の実験に進むなり、新たなデータの解析処理を行う。

以上の操作手順でDASSが運用されるが、フロッピーディスクに入力されたデータ等は、実験の授業終了後に、教員によって読み出すことができる。これにより、受講生の間違いやすい点、再計算の結果をチェックするためにDASSを起動させた回数、それに要した時間等の調査や実験データの不正使用などのチェックができ、学生の評価や次回以降の実験指導等に役立てることができる。

4. DASSの運用とその教育的効果

教育システムDASSの開発・作成後、実際に授業において運用し、受講生に自由に利用させた。以下に、その教育的効果について考察する。

まず、DASSを運用して、最も顕著に現れた効果として次の点が挙げられる。フロッピーディスクに記録された各受講生の利用回数や時刻のデータより、DASSを利用し始めた初期の段階では、数回の試行を繰り返してパスするような計算間違いをしやすい箇所でも、運用時間の経過に伴い、計算間違いによる試行回数が極端に減少していく。これは、実験テーマによらず、また、各学期で共通した傾向でもある。このことは、計算結果が物理的に意味のある値かどうかあらかじめ自分で判断する習慣が身に付いていったものとみられ、DASS開発の所期の目的を達成したものと思われる。また、教師側の意見として、学生が犯しやすい誤りがよく分かり、指導がより適切に行えるようになったこと、また、学生のレポート評価の時、学生の入力したデータが簡単にチェックできるので学生のデータの捏造や他人のデータの盗用等の発見がしやすくなったことがあげられる。後者については、不正の発見が目的ではなく、簡単に発見され得るという事実を学生に知らしめることによって、そのような不正の防止に大いに役立つと思われる。

一方、DASSの教育効果を調べるためのアンケート調査を受講生全員に対して、受講期間の終了後に行った。資料1にそのアンケートの内容を示す。アンケートの回収率は82%（受講生83名中68名）であった。アンケートの結果を表1に示し、以下にその考察を試みる。

表1. DASS (Data Analysis Support System) についてのアンケート結果

受講者数 83名、アンケート回収 68名、回収率 82%

集計結果および回答文は [] の中に示した。数字は回答数である。

質問I. DASSの利用について。

1. はい [回答数 63]

2. いいえ [回答数 5]

質問II. 利用しなかった主な理由。

- | | |
|-------------------------|---------|
| 1. 利用の方法がよくわからなかった | [回答数 3] |
| 2. 利用するのが面倒であった | [回答数 0] |
| 3. 利用者が混んでいて利用するのをあきらめた | [回答数 1] |
| 4. その他 | [回答数 2] |

[コンピュータが壊れていた] [利用しなくても良いと思った]

質問 III. 利用した実験テーマ。

- | | |
|----------------------|----------|
| A. レンズの焦点距離 (第一法) | [回答数 60] |
| B. レンズの焦点距離 (第二法) | [回答数 56] |
| C. レンズの焦点距離 (第三法) | [回答数 56] |
| D. RC 回路の電圧比, 位相差の計算 | [回答方 40] |
| E. 光電子の速度の計算 | [回答数 14] |

質問 IV. 利用したときの様子。

*何回でパスしたか。

- | | |
|------------------|----------|
| 1. 1回 | [回答数 38] |
| 2. 2回 | [回答数 30] |
| 3. 3～5回 | [回答数 20] |
| 4. 6回以上 | [回答数 1] |
| 5. パスする前にやめてしまった | [回答数 2] |
- やめた理由
- | | |
|------------------------|---------|
| 1. 利用する人がいっぱいいて, 混んでいた | [回答数 1] |
| 2. 入力するのが面倒になった | [回答数 0] |
| 3. 時間がなくなってしまった | [回答数 1] |
| 4. その他 (具体的に書いてください。) | [回答数 0] |

*よい点, 悪い点。

- | | |
|--------------------------------|----------|
| 1. 計算の間違いが指摘され, 再計算がしやすかった。 | [回答数 27] |
| 2. 利用していく内に, 計算をていねいに行うようになった。 | [回答数 18] |
| 3. あまり役にたたなかった。 | [回答数 9] |
- [台数が少なすぎて逆効果] [どこが違っているのか分からない (2名)]
- | | |
|--------|---------|
| 4. その他 | [回答数 4] |
|--------|---------|
- [混んでいた] [順番待ちに時間がかかった] [時間がかかりすぎた]
[待つ時間が長かった] [待たされた]

*データの入力について。

- | | |
|--------------|----------|
| 1. 入力しやすかった | [回答数 38] |
| 2. 複雑であった | [回答数 8] |
| 3. 入力をよく間違えた | [回答数 13] |
| 4. 煩雑であった | [回答数 1] |
| 5. 分かりづらかった | [回答数 3] |
| 6. その他 | [回答数 3] |

[コンマとピリオドを入力ミスするとコンピュータが止まってしまう]
[他人の順番待ちがじれったい] [押し間違えると訂正がむずかしい]

*スクリーンの表示について。

- | | |
|-------------|----------|
| 1. 分かりやすかった | [回答数 54] |
| 2. 分かりづらかった | [回答数 6] |
- [目がチカチカする] [少しわかりづらい]
- | | |
|--------|---------|
| 3. その他 | [回答数 0] |
|--------|---------|

質問 V. システム全体としての感想。

- | | |
|--------------------------------------|-----------|
| 1. 計算の間違いの箇所が具体的に指摘されて、非常に良かった。 | [[回答数 18] |
| 2. 入力すると、自分の計算結果の正誤がすぐにでて、おもしろかった。 | [[回答数 29] |
| 3. 質問 III の A～E 以外のテーマについても利用できると思う。 | [[回答数 4] |
| 4. 入力したデータを計算機に記録しないでほしい。 | [[回答数 3] |
| 5. 無駄であった。 | [[回答数 4] |
| 6. 邪魔くさかった。 | [[回答数 13] |
| 7. 計算機の台数が少なすぎて、不便であった。 | [[回答数 39] |
| 8. 計算結果を用紙にも出力してほしかった。 | [[回答数 10] |
| 9. その他（具体的に書いてください。） | [[回答数 1] |

[間違えた箇所が分からないままやり直さなければならぬのが気になった]

質問 VI. DASS 開発に対する希望事項や改めた方がよい点。

- [もっと台数を増やしてほしい (14 名)]
- [計算誤差の許容範囲がせますぎる (3 名)]
- [計算間違いの内容をはっきりさせてほしい (2 名)]
- [順番待ちがかなわない]
- [操作法をマスターしたい]
- [データ入力に時間がかかるので困る]
- [キー操作をもっとスムーズにできるようにしてほしい]
- [正解の時は音楽がなる等、もっと楽しく使いたい]
- [台数が増やせないのなら、各実験 2～3 人の利用にする等を講じてほしい]
- [このままでよい]
- [計算の正誤だけではあまり意味がない]
- [計算式が合っているか先生がみるだけではいけないのか]
- [操作の仕方を丁寧に書いて説明してほしい]
- [間違いだけを直せるようにできたら便利]

質問 I 及び II より、90% 以上の受講生がこのシステムを利用し、利用しなかった受講生は若干名であることが分かった。また、利用しなかった理由として、「利用方法がよく分からなかった」が一番多く、これは、DASS の運用がまだ試験的であったので、利用の手引き等のマニュアルが整備されていなかったことによるものと思われる。今後、実験書等に利用の手引きを掲載する事が必要であろう。

質問 III より、利用した実験テーマは、主に統計計算が主体となる凸レンズの焦点距離を求める 3 種類 (A～C) の実験が目立った。これは、統計計算は比較的単純であり、DASS のチェックを簡単にクリアできることによるものと思われる。一方、実験テーマの E は、実験データからの計算がやや複雑で、受講生が自分の計算結果に自信がなく DASS のチェックを簡単にクリアできそうにない場合、その利用をひかえてしまったことによるものと思われる。つまり、DASS を利用すると誤りが明白に指摘されてしまうが、利用しなければうやむやのままレポートを作成できるという心理によるものであろう。指導をする側としては、そのようなチェックにこそ DASS を利用してほしいと考えているのだが、これは今後の DASS 利用の指導の課題でもあろう。

質問 IV より、DASS を利用したほとんどの受講生は 1～2 回の DASS の起動で計算結果のチェックを終了している。これは、受講生が DASS を利用することを意識し、計算を丁寧にを行った結果の現れと判断できる。質問 IV では、実験テーマの回答も要求しているのであるが、

実験テーマによる違いがみられないのか、テーマ別に回答したものはほとんどいなかった。従って、ここでの回答はすべてのテーマに当てはまるものと判断できる。

次に、利用することによる、良い点、悪い点の質問に対し、「計算結果の間違ひの指摘により、再計算がしやすかった」、あるいは、「計算を丁寧に行うようになった」という良い点の指摘が多かった。また、役に立たなかったという回答でも、そのほとんどが台数が少なすぎることに由来のもので、DASS を否定的に見ているのではないことがうかがえる。

また、システムのソフト自体についての質問として、DASS へのデータ入力およびディスプレイ表示についての回答を見ると、入力に関しては6割以上は「入力しやすかった」としているが、約2割が「入力をよく間違えた」と答えている。また、その他として、「入力時に数字の小数点(．)と文章などで用いるコンマ(，)の入力ミスが目立ち、その場合システムが停止してしまって不便である」、あるいは「キーを押し間違えたときの修正が難しい」という回答があった。これらは、受講生がキーボードに慣れていないことが原因であるが、これらの入力ミスに対応するソフトウェアの強化も必要であろう。例えば、コンマは小数点と判断するようにし、ライン入力ではなくスクリーン入力の方法が良いと思われる。次に、ディスプレイの表示についてはあまり問題が無いようで、1割ほどの「分かりづらかった」という回答に、「目がチカチカする」という意見があった。これは原因がハードウェアに依存しており、その対応として、より性能の良いディスプレイの製品化が待ち望まれる。

質問 V より、DASS 全体としての意見は、「自分の計算結果が適切かどうかはすぐに分かる」、「もし間違っている場合にはそれが具体的に指摘されるので再計算がしやすい」、「利用することにより計算を丁寧にするようになった」等のシステム導入を歓迎する回答が多かった。一方、「装置の台数が少なすぎるため受講生の行列ができ、待ち時間が長すぎる」などの不満もみられた。

質問 VI では、自由に受講生の意見を述べてもらったが、やはり、台数の不足を挙げる意見が多かった(回答数 14)。また、DASS のチェックは、受講生の計算結果と、同じ実験データを用いた DASS による結果との比較でもって判断されるが、その判断基準は相対誤差 1 ～ 5 % ぐらいを目標にしており、それが厳しすぎるという意見も見られた(回答数 3)。

以上のアンケートの結果からも、DASS の教育的効果は十分にあるものと判断できるが、今後の課題として、台数の増設やデータの入力迅速に行えるようなソフトの作成等をあげることができる。

5. おわりに

一般教育における物理学実験は、受講学生数及びテーマ数が多いこと、各大学によってそれぞれの事情があり授業の行い方がまちまちなこと等から、DASS のようなシステムの一般化はなされていない。しかし、本研究によって開発された、本学に適した教育システムの基本概念は一般性があり、他の大学に於ける一般教育の物理学実験にも、各大学の実情に合わせてこの教育システムの最適化を行うことにより、利用が可能であると考えられる。

また、DASS 自体についても、基本的なシステム概念は十分に教育的効果を表していると判断でき、アンケート調査で明らかになったように、装置の台数の増強や、ソフトの面での入力仕様の強化、対応する実験のテーマ数の拡大等が今後の課題であろう。また、今後の研究開発

では、上記の課題の他に、図1に破線で示したようなプリンター出力装置を設置し、受講生に対し、資料解析に役立つような情報の出力を行うことなども考えられている。

謝 辞

この報告は、昭和62年度宮田研究奨励金の援助のもとに行われた研究によって得られた成果であり、ここに関係者各位に謹んで謝辞を述べる。

文 献

- 1) 笠原皓司 代表, '情報学教育の総合的方法と本学におけるその適用の研究', 京都大学, 研究報告書, (1989).
- 2) 佐竹誠也, 橋本正明, 柳井勝, '物理実験のマイクロコンピュータによるデータ処理Ⅱ', 日本物理学会第37回年会, (1982).
- 3) 鶴岡靖彦, 藤原努, 西村鷹明, 河合正之, 'コンピュータ支援による物理学実験', 日本物理学会第44回年会, (1989).
- 4) 佐伯胖, 'コンピュータと教育', 岩波新書, (1986).

資料1

DASS (Data Analysis Support System) についてのアンケート

(7/15, '88)

DASS (データ解析支援システム) は、物理学実験の授業時に、パーソナルコンピュータを利用して、受講生のデータ解析や理論計算を補助するために開発されたシステムです。このシステムによって、受講者は計算の間違いなどを早期に発見し、実験の結果を正確に導きだし、その考察を適切に進めていく事が期待されております。このDASSをより良いシステムにしていくための参考資料にしたいと思いますので、DASSについての次のアンケートにお答えください。

回答はアンケートの指示に従って、該当の項目番号を○で囲んでください。

質問I. あなたは、DASSを実験の授業の時に利用しましたか。

(一度でも利用した場合は 'はい' と回答してください。)

1. はい → 質問 III に進んでください。
2. いいえ → 質問 II に進んでください。

質問 II. 利用しなかった主な理由をお答えください。(複数回答可)

具体的な回答も自由に書いてください。回答後、質問 VI に進んでください。

1. 利用の方法がよくわからなかった (
2. 利用するのが面倒であった (
3. 利用者が混んでいて利用するのをあきらめた (
4. その他 (

質問 III. 利用した実験のテーマは何ですか。(複数回答可)

- A. レンズの焦点距離 (第一法)
- B. レンズの焦点距離 (第二法)
- C. レンズの焦点距離 (第三法)
- D. RC 回路の電圧比, 位相差の計算
- E. 光電子の速度の計算

質問 IV. 利用したときの様子をお答えください。

カッコ内には, 質問 III のテーマの記号 A~E をいれてください。

*何回でパスしましたか。

- 1. 1 回 ()
- 2. 2 回 ()
- 3. 3~5 回 ()
- 4. 6 回以上 ()
- 5. パスする前にやめてしまった ()
 やめた理由は何ですか
 - 1. 利用する人がいっぱいいて, 混んでいた
 - 2. 入力するのが面倒になった。
 - 3. 時間がなくなってしまった。
 - 4. その他 (具体的に書いてください。)

*利用することによって, どの様なよい点または悪い点がありましたか。

- 1. 計算の間違いが指摘され, 再計算がしやすかった。()
- 2. 利用していく内に, 計算をていねいに行うようになった。()
- 3. あまり役にたたなかった。()
- 4. その他 (できればテーマ別に答えてください。)

*データの入力について,

- 1. 入力しやすかった ()
- 2. 複雑であった ()
- 3. 入力をよく間違えた ()
- 4. 煩雑であった ()
- 5. 分かりづらかった ()
- 6. その他 (できればテーマ別に答えてください。)

*スクリーンの表示について,

- 1. 分かりやすかった ()
- 2. 分かりづらかった ()
- 3. その他 (できればテーマ別に答えてください)

質問 V. システム全体として、利用したことによる感想を教えてください。

1. 計算の間違いの箇所が具体的に指摘されて、非常に良かった。
2. 入力すると、自分の計算結果の正誤がすぐに出て、おもしろかった。
3. 質問 III の A～E 以外のテーマについても利用できると思う。
4. 入力したデータを計算機に記録しないでほしい。
5. 無駄であった。
6. 邪魔くさかった。
7. 計算機の台数が少なすぎて、不便であった。
8. 計算結果を用紙にも出力してほしかった。
9. その他（具体的に書いてください。）
(

質問 VI. DASS は、後期の実験 II でも利用できるように、開発が進められております。

DASS 開発に対して、希望事項や改めた方がよい点について、自由にお書きください。

ご協力ありがとうございました。

Summary

We have developed and studied a data analysis support system (called DASS) of the student laboratory experiment in physics. The experimental class is opened to the students in the predoctoral course at Asahi University and they experiment on nine main projects in a semester. The DASS is a system supporting the students in the data analysis, and statistical and theoretical calculation for five subjects which are selected out of three main projects. The hardware of the DASS consists of a micro-computer and its display monitor, and the software is a program package which works to check on the calculations carried out by the students. The main specifications are as follows. (1) The student starts the DASS after analyzing the data obtained by his own experiment. The analysis of the raw data consists mainly of the statistical calculation, e.g. getting the mean values and standard deviations, and the physical evaluation, e.g. the speed of an electron in a photomultiplier. (2) First step to use the DASS is to enter his raw data into the system and the next to enter his calculations. (3) The DASS checks his calculations by using his raw data and evaluates them. The display of the system points him out his errors in the calculations to correct them, if any. (4) If the DASS can point out no error, the display tells the student to proceed with his analysis or experiment further.

All the data entered by students are recorded in the floppy disk, and instructors can read out and investigate them after closing the class. From their access to the record, instructors can survey the weak and/or misleading points of students in calculation and in data analysis. Based on the information obtained from the record, instructors can improve their lecture plan

of the projects for the later classes. After using the DASS in the class, we have practiced a questionnaire to find out about the educational effects. According to the analysis of the questionnaire, more than 90% of the students using DASS think it desirable to introduce the system to the class because they become to analyze and calculate their data more carefully than ever by using the DASS. Furthermore, they expect that the number of computer units is increased not to wait in the line for getting access to the DASS. Based on the results derived from the questionnaire, we have a future plan for improving the DASS to be available for more subjects and to be accessible more easily.