

## 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 (II)

永野 宏\*・市川敏朗\*・森下伊三男\*\*

\*物理学教室      \*\*経営学部 情報管理学科

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

Hiroshi NAGANO, Toshiro ICHIKAWA

*Department of Physics, School of Liberal Arts, Asahi University*

and

Isao MORISHITA

*Department of Information Management, School of Business Administration, Asahi University*

#### 1. はじめに

ここ数年来、学校教育へのパーソナル・コンピュータの導入はめざましく、多くの教育者の努力によりその活用が企画され、情報処理教育が実践されてきている。平成3年2月に大学審議会より答申された「大学教育の改善について」の中にも、現在の情報化社会の進展に適切に対応し得る情報処理能力の訓練等の教育が重要であるとの指摘があり、大学教育においても、パーソナル・コンピュータを用いての情報処理教育が今後一層増加することが予想される。

日本物理学会の物理教育に関する報告書<sup>1)</sup>の中にも記述されているように、大学での基礎物理教育においても、少しずつコンピュータの利用が増えてきている状況にあり、また、利用されているコンピュータの機種としては大型計算機よりは圧倒的にパーソナル・コンピュータが多いことが分かる。更に、その内容については、主に、物理学学生実験の中でのデータの解析・シミュレーションへの利用、実験装置の制御としての利用であり、また、一部ではプログラミングに利用されていることが報告されている。最近、フロッピー付きの、物理学現象のシミュレーションの教科書<sup>2)</sup>だけでなく、物理学演習に関する教科書<sup>3)</sup>も出版されるようになり、これらの教育への導入、並びに、教育的効果についても今後研究されていかなければならないと思われる。

我々は、物理学学生実験において、実験によって得られたデータの処理及び解析の結果をチェックする機能を主とした教育システム：DASS (Data Analysis Support System=データ解析支援システム、以下 DAAS と略す) の研究開発を行っている。これに関する第1報<sup>4)</sup> (以下第1報と略す) において、DASS の構想、第1段階としての開発、並びに、この運用による教育的効果などについて報告を行った。それ以後、第2段階の開発では、実験テーマの中で DASS の利用できる範囲を拡大し、より教育的効果を高めており、また、第3段階の開発として、パーソナル・コンピュータの台数を増やし、一種の簡単な LAN (Local Area Network) を構築し、さらに、入力の方法などでより一層使い易い DASS の開発を進めてきた。ここでは、DASS の第2・第3段階の研究開発の状況、並びに、その運用による教育的効果について、その研究結果を報告する。

## 2. DASS の開発の進展

本学では現在、歯学部進学課程2年次の学生に対して物理学実験を課している。学生にとっては、半期2コマの物理学実験Iと、講義科目の物理学IIと連動していてその中で評価される4回分の物理学実験IIとがある。学生は1~2週間かけて各々のテーマ毎の実験を行い、得られたデータの処理及び解析をし、実験の主旨及び結果に対する考察等からなる実験レポートを授業中に作成して、提出することになっている。

第1報の「2. DASS の構想」の所にも記述したように、近年の高等学校の教育課程の多様化に伴って、入学してくる学生の物理学・数学に対する理解力や計算力等の基礎学力が低下し、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が増えてきている状況にある。学生が正確な実験結果を得て、適切な考察を行い、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るために、我々は本学の実情にあったデータ処理・解析に関する教育システムの研究開発を行ってきた。更にまた、単に計算の支援システムではなく、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て、学生の計算力の増強をも図れるように考慮して開発を行ってきた。第1報で報告されたように、DASS の開発の第1段階として、物理学実験Iの授業で行われている実験テーマの中から5つのテーマを選び、各々のテーマでのデータ解析処理に関する教育システムのプログラムの作成をN88BASIC (MS-DOS 版) を用いて行った。システムは会話型として、学生のデータ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、その処理結果をフロッピーディスクに記録する機能を主としたプログラムで構成された。パーソナル・コンピュータは、NEC製の本体(中央処理装置、3.5インチフロッピーディスクドライ

バー 2 台付き), 表示用の CRT ディスプレイモニター及び入力用キーボードからなり, 2~3 台を用いて運用された。第 1 報の図 2 にもあるように受講生は先づ自分の学籍番号を入力した後, 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, さらに必要に応じて追加, 修正, 削除等を行い, 最後に計算チェックを実行して, 受講生の計算結果に対する評価を行っている。これらのデータ, DASS の通算起動回数, 時刻等も全てフロッピーディスクに記録されて行くようになっている。

それ以後, 第 2 段階の開発として, DASS を利用できるテーマを増やしたこと, 第 3 段階の開発としては, パーソナル・コンピュータの台数を増やし, かつ, 一種の簡単な LAN を構築し, 入力し易いように改良を行うなど, より一層 DASS を使い易く, また, 教育的効果が上がるように研究開発を進めてきているので, それらについて以下に詳細な報告を行う。

### 1) 第 2 段階

第 1 段階では, DASS を利用できるのは第 1 報の図 2—b にあるように, 物理学実験 I 中の 5 つのテーマについてであったが, 第 2 段階としてさらにテーマを増やし, 物理学実験 I に関しては図 1 にあるような 7 つのテーマについて DASS を利用できるように開発した。新たに作成されたプログラムはこの図の中の, 6, 7 番目のテーマである。また, 物理学実験 II に関しては, 次の 3 つのテーマ

8. グラフ並びに最小二乗法によるデータ解析
9. 単振り子による重力加速度の測定
10. G—M 計数管による  $\gamma$  線の測定

で新たに DASS を利用できるようにプログラムが作成された。以下に, これらの実験テーマの

あなたの学籍番号は 89145 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。  $\Rightarrow$

- 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)
- 6 : 弾性と塑性 (最小二乗法)
- 7 : 引張強度 (確率誤差)

図 1 第 2 段階の開発での物理学実験 I の実験テーマ選択メニュー

中での、どのような部分の計算に対して DASS が用いられているかを簡単に説明する。(詳細については、実験指導書<sup>5)</sup>を参照されたい。)

### 1. レンズの焦点距離 (第1法)

光学台上に測定用レンズを置き、その両側に糸で十字線を中央の孔に張った遮光板を置いて、視差のないように移動させ、レンズからの距離  $a$ ,  $b$  を測定する。それらの値から焦点距離  $f$  を、薄肉レンズの公式  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$  より求める。距離を変えて、数回  $a$ ,  $b$  を測定し、各々の  $f$  を求めて、 $f$  の平均値、並びに、平均値の確率誤差を算出する。DASS の使用に当たっては、数回の  $a$ ,  $b$ ,  $f$  の値を各自のデータとして先ず入力し、さらに、計算結果の  $f$  の平均値、確率誤差を入力して、それらのチェックを行い、それらの誤差が許容範囲内に入っていない場合には間違いが指摘され、再度計算をやり直してから DASS を再使用することになっている。

### 2. レンズの焦点距離 (第2法)

レンズの後方に平面鏡を、前方に視差棒を置き、その視差棒と鏡面からの反射像 (倒立像) との間に視差がないようにして直接  $f$  を測定する方法であり、平面鏡の位置を変えて数回  $f$  を測定する。 $f$  の平均値、確率誤差を算出し、DASS を用いて計算結果のチェックを行っている。

### 3. レンズの焦点距離 (第3法)

ベッセルの方法と呼ばれているもので、レンズの両側に透明目盛ガラス板とスリガラス目盛板のついた遮光板をそれぞれ置き、更に、透明ガラス板の後方に光源を置いて、先ずレンズを光源よりに動かしてスリガラス板上に鮮明な像を作らせ、次に、レンズを光源から遠ざけて再び鮮明な像を作らせる。このとき、レンズの移動距離  $e$  と両ガラス板間の距離  $l$  を測定して、レンズの焦点距離  $f$  を  $f = \frac{(l-e)(l+e)}{4l}$  より求める。両ガラス板間の距離を変えて数回測定し、それぞれの  $f$  を求め、さらに  $f$  の平均値、確率誤差を算出し、DASS を用いて計算結果のチェックを行っている。

### 4. 光電管 (光電子の最大速度)

光電管の特性に関する各種実験の内の1つで、光電管の陽極に逆電圧をかけてゆき、光電流がゼロとなる時の阻止電圧をいくつかの波長の違う干渉フィルターを用いて測定し、振動数と阻止ポテンシャルとの関係のグラフよりその直線の傾きがプランク定数になることを求める実験である。任意の波長を1つ選び、それに対する阻止電圧から光電子の最大速度を計算により求める。この計算値の正誤を DASS を用いてチェックを行っている。

### 5. シンクロスコープ (RC 回路)

シンクロスコープを用いる各種実験の内の1つであり、RC 直列交流回路における各端子

電圧の比、並びに、電圧に対する電流の位相差を測定し、理論値と比較を行う実験である。端子電圧の比と位相差の理論値を算出し、それらを DASS を用いてチェックを行っている。

#### 6. 弾性と塑性 (最小二乗法)

弾性と塑性に関する各種実験の内の1つであり、手製のコイルバネを作り、弾性域での荷重実験において、荷重とコイルバネの伸びとの関係を  $y=mx$  の直線の式を用いた最小二乗法により、最確値  $m$ 、並びに、その逆数である弾性定数  $k$  を求める実験である。最小二乗法により求めた  $m$ 、 $k$  の値を DASS を用いてチェックを行っている。

#### 7. 引張強度 (確率誤差)

細い針金 (ポリエステル銅線) の切断強度を静荷重により数回測定して、切断強度の平均値、並びに、その平均値の確率誤差を求める実験である。それらの平均値、確率誤差の計算結果を DASS を用いてチェックを行っている。

#### 8. グラフ並びに最小二乗法によるデータ解析

対数グラフによる解析等を含んだ各種データ解析の内の1つで、2量  $x$ 、 $y$  との間に一次の実験式  $y=ax+b$  を仮定して、最小二乗法により  $a$ 、 $b$  の最確値を求めるものである。 $a$ 、 $b$  の最確値の計算結果を DASS を用いてチェックを行っている。

#### 9. 単振り子による重力加速度の測定

単振り子を用いて、数百回の振動の周期を測定し、それより重力加速度の値を求める実験である。針金の長さと同銅の半径を数回測定し、それらの平均値、並びに、その平均値の平均二乗誤差の値を求め、これらより、重力加速度の値、並びに、その値に伝播する誤差を算出するものである。これらの値を DASS を用いてチェックを行っている。

#### 10. G—M 計数管による $\gamma$ 線の測定

放射線源  $Cs^{137}$  の放射する  $\gamma$  線を G—M 計数管により 10 秒間の計数を多数回測定し、そのカウント数がポアソン分布になっていることを確かめる実験である。ポアソン分布の理論値を計算し、それらの値を DASS を用いてチェックを行っている。

6. 弾性と塑性 (最小二乗法) と 8. グラフ並びに最小二乗法によるデータ解析では計算結果をグラフに表示して、計算間違いなどが視覚的に理解できるようにした。例えば、図 2—a は弾性と塑性 (最小二乗法) の例で、計算結果をチェックしたときの画面であり、この画面でリターンキーを押すと図 2—b のように受講生の入力したデータ、並びに、計算結果による直線 (破線) と、正しい結果による直線 (実線) とがグラフ表示されるようになっている。実際のディスプレイではカラー表示であり、2つの直線は異なる色で示されている。

以上のように、第2段階として、DASS を利用できるテーマを増やして、より教育的効果が高まるように開発を進めた。

弾性と塑性（最小二乗法）のあなたの計算結果をチェックします。

mの計算が間違っています。 19.10%の誤差でわたしの計算と違いました。 計算をやり直してください。

kの計算が間違っています。 12.84%の誤差でわたしの計算と違いました。 計算をやり直してください。

それではグラフを見てみましょう。

リターンキーを押してください？

図2-a 弾性と塑性（最小二乗法）の計算結果のチェック画面

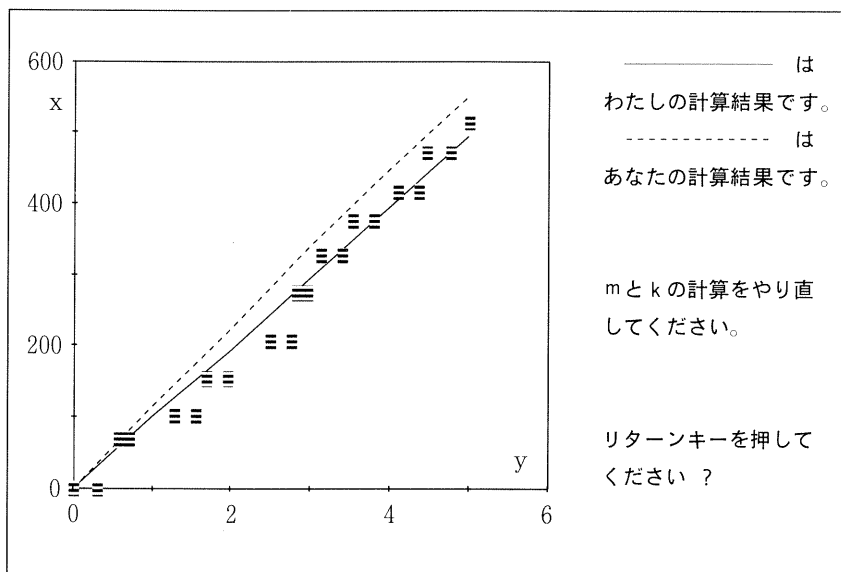


図2-b 弾性と塑性（最小二乗法）の計算結果のグラフ表示画面

## 2) 第3段階

第1報の表1のDASSについてのアンケート結果の中にあるように、「パーソナル・コンピュータの台数が少なすぎて不便である」「順番待ちに時間がかかり過ぎるので、もっと台数を増やしてほしい」等という要望が強く出されており、また、同じ意見は、後述の3. DASSの運用とその教育的効果の中の1) 第2段階でのDASSについてのアンケート結果の中の質問Vにも多数の回答が出されていた。台数の不足がDASSのシステムの有効活用を妨げる要因となっており、このシステムを運用して、より一層教育的効果を増大させるには、コンピュータの台数を増強する必要がある、また、このシステムがサポートする実験テーマも第2段階で

増加してきており、この点からも台数を増やすことが必要とされた。更に、後述の第2段階でのDASSのアンケート結果の質問Vの中の多数回答の「入力したデータをどのパーソナル・コンピュータからでも再利用できるとよかった」とあるように、より一層の教育的効果を上げるためには、各コンピュータをネットワークで結び、共通のソフトウェアやデータをどのコンピュータからでも自由に活用できるようにシステムを拡張することが必要とされた。このような事情により、平成3年度の教養部に係る設備費に関してこれらの点の新規申請を行い、それが認められたので、上記の点の研究開発を行ったことについての報告を以下に行う。

パーソナル・コンピュータ（本体はNECの9801DX21、ディスプレイはサンヨーのCMT-A14H2）を6台増加でき、その結果、総台数10台となり、受講者の不満が多かった「台数が少な過ぎて待ち時間が長くなり過ぎる」という点については解消ができたことになった。次に、ネットワークのシステム構築についてであるが、予算の制約もあり、REXAS gear (Refined & Expanded Architecture for Software development and management gear) [(株)ケイエスディーの開発製品] を用いて一種の簡単なLANを構築することになった。図3は3台のREXAS gearの2レベルのカスケード接続により10台のパーソナル・コンピュータを接続し、ネットワークを構築した図である。親機のREXAS gearは80MBのハードディスク内臓型のもの [(株) アイテムの gear 80EX] であり、子機は増設用のもの [(株) ケイエスディーの gear SBX-100A] で、各々1台につき4台までのパーソナル・コンピュータが接続できる

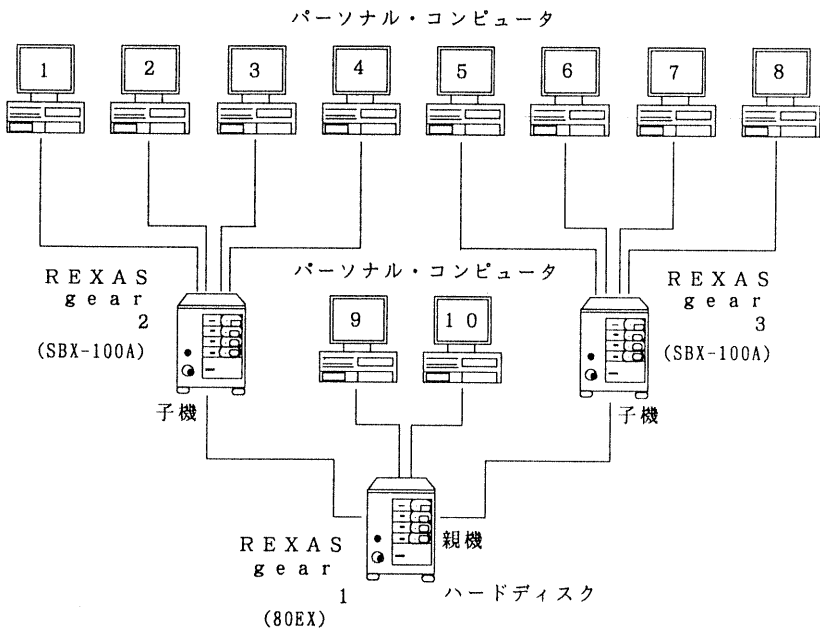


図3 REXAS gear の2レベルのカスケード接続

ので、図のように構築すると、10 台のパーソナル・コンピュータが1 台のハードディスク装置を共有していることになる。本来の意味での LAN は、個人単位に独立した仕事の組織的な運営、並びに、オフィス環境でのマネージメントのためのデータ交換（電子メール）等を目的として発展してきており、それゆえ、ここでの REXAS のネットワークは本来の意味での LAN とは少し違っていることになる。REXAS は LAN における分散処理のメリットは持っているが、むしろ TSS (Time Sharing System) におけるマルチユーザ、マルチターミナル的なものも併せ持っていると言える。但し、一般に TSS と云う場合には、大型計算機、あるいは、ミニコンピュータによる単一ホストのマルチユーザシステムである。REXAS の解説書<sup>9)</sup>にはファイルネットワーク & マルチユーザ・マルチターミナルシステムと説明されているが、我々は、分散型マルチユーザシステムを一般的な理解が得られ易いように、“一種の簡単な LAN” と呼ぶことにする。

ハードディスクの中をいくつかのパーティションに分け、そのうちの1つを読み出し可・書き込み不可のスーパーバイザーボリュームとして全ユーザー共通のソフトウェアリソースを格納する領域とし、他のボリュームは読み書き自由のユーザー領域としている。各ボリューム毎に読み書き用のパスワードが付いているので、ログイン時にはパスワードを指定してアクセスできるボリュームを決めることになる。実験データのボリュームでは実験テーマ毎のディレクトリをもうけて、その下に受講者別のデータファイルを形成している。本来、パーソナル・コンピュータはスタンドアロンでの個人的な使い方のものであり、それをマルチユーザーで利用できるよう変更するのであるから、色々工夫を加えなければならない訳である。データファイルをオープンしている時間をなるべく短くし、バッファフラッシュするようにプログラムを工夫したり、ハードディスクのデータボリュームをバッファリング OFF にしたり等々をして改良を加えていったが、最初は、ファイルの排他制御がなかなか思うようにはうまく行かなかった。パーソナル・コンピュータはスタンドアロンの使い方であるので、CPU で処理したファイルもすぐにはバッファフラッシュせずにメモリー上に残るようになっており、そのために1つのパーソナル・コンピュータで利用した直後に、別のコンピュータで再利用しようとするとデータが新しいものに変更していない等の問題が生じたりした。この点に関しては、バッファ数を最小の2にするなどして解決してきており、ほぼ10台での使用に耐えられるようにはなっているが、完全には未だ排他制御ができていない状況にある。今後は、REXAS システム用に作成されている言語別排他制御のソフトウェアを用いて、本格的な排他制御が行えるようにしなければならない。

この第3段階としての開発の際には、実験テーマで DASS を利用できるものを更に増やした。新しく DASS 利用のプログラムが作成されたものは、以下のものである。

実験 I については 弾性と塑性 (振動の周期の確率誤差)



弾性と塑性 (剛性率  $G_{el}$  の計算)

弾性と塑性 (剛性率  $G_{os}$  の計算)

光電管 (光束—光電流特性)

\* 光電管 (阻止電圧, 光電子の最大速度)

実験 II については G—M 計数管による  $\gamma$  線の測定 (吸収実験)

但し, \*印のついたものは, 以前からあったプログラムの内容を深めたものであり, これらにより DASS の利用できるプログラムがあるのは実験 I では 11 テーマ, 実験 II としては 4 テーマとなった。新たなこれらの 6 つのものについて, 実験テーマの中でどのような部分の計算に対して DASS が用いられているのかを, 以下に簡単に記述する。

#### 1. 弾性と塑性 (振動の周期の確率誤差)

自製のコイルバネにおもりを付けてつるし, その振動の周期を数回測定して, この周期よりバネ定数を求める実験であり, 周期の平均値, 並びに, 確率誤差を算出し, それらの値を DASS を用いてチェックを行っている。

#### 2. 弾性と塑性 (剛性率 $G_{el}$ の計算)

コイルバネの弾性域での荷重実験において, 弾性定数  $k$  を求めた後, 針金の剛性率  $G_{el}$  を  $G_{el} = \frac{64nkR^3}{d^4}$  の式から算出する。ここで,  $n$  はコイルの巻数,  $R$  はコイルの半径,  $d$  は針金の直径である。 $G_{el}$  の値として, g 重/cm<sup>2</sup> の単位で計算し, 次にこれを N/m<sup>2</sup> に換算して求めているが, 3 乗・4 乗の計算並びに複雑な単位のため学生の計算ミスがよく見られるところである。DASS により  $G_{el}$  の両単位での計算値のチェックを行っている。

#### 3. 弾性と塑性 (剛性率 $G_{os}$ の計算)

コイルバネにおもりを付けてその振動の周期を測定して弾性係数  $k$  を算出し, これより針金の剛性率  $G_{os}$  を g 重/cm<sup>2</sup> と N/m<sup>2</sup> の単位で計算し, DASS を用いてチェックを行っている。更にまた, 上記の  $G_{el}$  の値との比較を行っている。

#### 4. 光電管 (光束—光電流特性)

陽極電圧をある一定の値に保って, 光電管と光源との距離をいろいろ変えることにより, 光電面に入射する光束と光電管内を流れる光電流とを測定して, それらからルーメン感度を求める実験である。求めたルーメン感度の値を DASS を用いてチェックを行っている。

#### 5. 光電管 (阻止電圧, 光電子の最大速度)

光電管の陽極に逆電圧をかけていって, 光電流がゼロになるときの阻止電圧をいくつかの波長の違う干渉フィルターを用いて測定し, 振動数と阻止ポテンシャルとの関係のグラフよりその直線の傾きがプランクの定数になることを求める実験である。以前には, 光電子の最大速度のみを DASS でチェックしていたが, ここでは新たに最小振動数や仕事関数をも含

めて、DASS を用いてチェックを行っている。

#### 6. G—M 計数管による $\gamma$ 線の測定 (吸収実験)

放射線源と G—M 計数管との間に鉛板またはアルミニウム板を挿入して、各々の吸収板の厚さに対する 1 分間のカウント数を測定し、その対数をとって最小二乗法により片対数グラフでの直線の傾き、即ち、線吸収係数を求める実験である。鉛とアルミニウムでの線吸収係数の計算結果を DASS を用いてチェックを行っている。

以上のテーマが加わったことにより、現在行われている学生実験の中で DASS を利用できるものとしては、ほぼ揃ったことになった。更に、物理学実験 I のテーマ選択のためのメニュー画面としては、今迄のものを変更し、MS-DOS のメニュー画面を利用して MENU コマンドを用いて作成された。レンズの焦点距離は第 1 法から第 3 法までを 1 つのプログラムとしてその後書き直したので、現在、図 4 のようなメニュー画面となっている。これにより、カーソルを動かして、簡単にメニュー選択ができるようになった。更にまた、あるテーマを選択し実行した場合、そのテーマがメニュー画面の一番上に来るように作成したので、同じテーマを続けて実行するようなどきには便利になった。

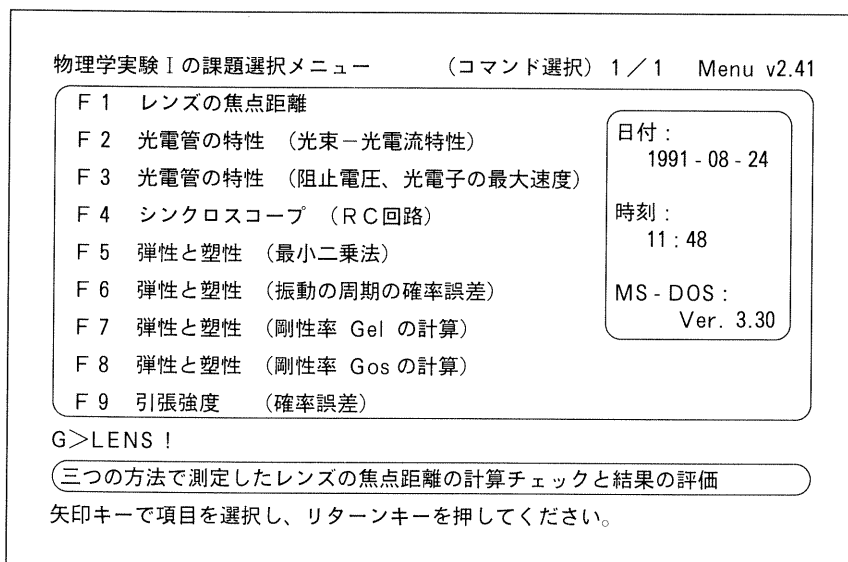


図 4 第 3 段階の開発での物理学実験 I の実験テーマ選択メニュー

第 1 報にあるように、入力時に数字の小数点(ピリオド)(.)と(コンマ)(,)とを入力ミスして、システムが停止し、注意書きを読まずにリセットキーを押してしまうためにせっかく入力したデータが無効になってしまったりと、受講生のキーボードの使い方の不慣れが原因による

トラブルが生じていた。これに関しては、コンマのキーに白紙を貼ってキーボードを使用させたところ、ピリオドとコンマとの間違いによる入力ミスは殆んど生じなくなった。また、ライン入力では入力ミスに気がついても、既に次のデータを入力しているときには訂正を後回しにしなければならず不便であり、更に、学生はゲーム感覚ですぐにカーソルを動かしてしまうためにシステムが停止し、その度毎に再起動させなければならない等の手数がかかっていた。そこで、この第3段階の開発として、手始めにいくつかのテーマに関してのデータをスクリーン入力できるようにソフトウェアの開発を行ってきた。開発されたものは、物理学実験 I に関しては図4の中でのF1からF3までのテーマのもの、物理学実験 II に関しては単振り子による重力加速度の測定とG—M計数管による $\gamma$ 線の測定(吸収実験)のテーマのものであり、言語としてはQuick BASICを使用して作成された。図5はそのうちの1つの例で、物理学実験 I のレンズの焦点距離のテーマのものである。図5—aは、このテーマ中のメニューであり、第1

**レンズの焦点距離**

あなたが利用したいプログラムの番号を入力して下さい。

1 : レンズの焦点距離 (第1法)  
 2 : レンズの焦点距離 (第2法)  
 3 : レンズの焦点距離 (第3法)  
 4 : 実験結果の総合評価  
 9 : 終了してメインメニューに戻る

番号を入力して下さい。  $\Rightarrow$

図5-a レンズの焦点距離のメニュー

学籍番号 : 90151 共同実験者 : 90164 計算開始時刻 : 15 : 21 : 55 試行回数 : 4

**レンズの焦点距離 (第1法)**

	a	b	f
1	37.62	51.39	21.72
2	37.54	50.94	21.61
3	40.11	47.10	21.66
4	35.64	55.00	21.62
5	37.99	50.00	21.59
平均	*****	*****	21.64
確率誤差	*****	*****	0.0155

データの入力または、修正ができます。  
 ESC を押すと計算のチェックをします。

図5-b レンズの焦点距離(第1法)の入力画面

法から第3法までを一緒のプログラムとし、また、4番目に実験結果の総合評価の項をも付け加えた。図5-bは、第1法の入力画面であり、枠を作り、その枠内でしかカーソルが動かないようにしてある。データを入力してリターンキーを押すとカーソルは自動的に次のデータ欄の所に移動するようになっており、また、訂正の場合でもその欄にカーソルを移動させて変更すればよいので、データ入力がかし易くなったと云える。データを全て入力し終わった後、ESC

学籍番号：90151 共同実験者：90164 計算開始時刻：15:21:55 試行回数：4

レンズの焦点距離（第1法）

	a	b	f
1	37.62	51.39	21.72
2	37.54	50.94	21.61
3	40.11	47.10	21.66
4	35.64	55.00	21.62
5	37.99	50.00	21.59
平均	*****	*****	21.64
確率誤差	*****	*****	0.0155

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0.18%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。

どれかキーを押して下さい。

図5-c レンズの焦点距離（第1法）のチェック画面

学籍番号：90151 共同実験者：90164 計算開始時刻：15:21:55 試行回数：4

3つの方式によるレンズの焦点距離測定結果の比較

	焦点距離	確率誤差	注意事項
第1法	21.64	0.02	
第2法	21.68	0.09	
第3法	21.31	0.02	
第1法と第2法との差	-0.04	0.10	
第1法と第3法との差	0.33	0.03	焦点距離の差が大きすぎます
第2法と第3法との差	0.37	0.10	焦点距離の差が大きすぎます

注意事項が示されている場合は、その原因を考察し、レポートに記入せよ。  
どれかキーを押して下さい。

図5-d レンズの焦点距離の結果の総合評価画面

キーを押すと図5—cのような画面になり、計算結果のチェックを行うことになっている。第3法まで全てチェックし終わると、図5—dの画面のように、3つの方法による焦点距離の結果の比較を示し、更に、注意事項なども付して、系統誤差の有無など学生が検討・考察をし易いように配慮して作成された。

以上のように、第3段階の開発として、パーソナル・コンピュータの台数を増やし、一種の簡単なLANを構築し、また、スクリーン入力にするなど改善をしてきてはいるが、まだ完成の域には達しておらず、一層の開発が求められている状況にある。

### 3. DASSの運用とその教育的効果

第1報にあるように、第1段階での開発によるDASSの運用での教育的効果については次のようであった。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易い箇所でも、運用時間の経過に伴い、計算間違いによる試行回数が減少していく傾向にあった。DASSの利用についてのアンケート調査の結果においても、「計算の間違いが指摘され、再計算がし易かった」「利用していく内に、計算を丁寧にを行うようになった」等の回答が多かった点からも、受講生はDASSを使用してゆく内に、計算結果が物理的に意味のある値かどうかをあらかじめ自分で判断する習慣が身についたものと思われる。また、教える側としては、学生が犯し易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点もあげられていた。但し、このような大きな教育的効果があったにもかかわらず、コンピュータの台数が少なかったために、全体としてはせっかくの効果も半減していたと思われる。

第2段階、第3段階の開発においても、その教育的効果を調べるために、受講生にアンケート調査を行ったので、それらの結果についての報告をし、更に、考察を試みる。

#### 1) 第2段階

第2段階の開発の際にDASSの教育的効果を調べるためのアンケート調査を、受講生全員を対象として受講期間の終了時に行った。アンケートの調査率は100%（受講生60名中60名）であり、そのアンケート並びに結果を表1に示す。

表1. DASS (Data Analysis Support System) についてのアンケート並びにその結果

(平成3年1月12日調査)

受講者数 60名, アンケート調査数 60名, 調査率 100%  
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。

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、受講者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こと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っておりますので、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、該当する項目の番号もしくは英文字を○で囲んでください。

質問 I. あなたが、DASS を利用した実験のテーマは何ですか。

[実験 I]

- |                     |          |
|---------------------|----------|
| A. レンズの焦点距離         | [回答数 59] |
| B. 光電管 (光電子の最大速度)   | [回答数 36] |
| C. シンクロスコープ (RC 回路) | [回答数 50] |
| D. 弾性と塑性 (最小二乗法)    | [回答数 59] |
| E. 引張強度 (確率誤差)      | [回答数 60] |

[実験 II]

- |                             |          |
|-----------------------------|----------|
| F. グラフ・最小二乗法によるデータ解析        | [回答数 58] |
| G. 単振り子による重力加速度の測定          | [回答数 60] |
| H. G—M 計数管による $\gamma$ 線の測定 | [回答数 59] |

質問 II. あなたは、上記の A~H の実験テーマのすべてに DASS を利用しましたか。

- |                         |          |
|-------------------------|----------|
| 1. はい→質問 IV に進んでください。   | [回答数 29] |
| 2. いいえ→質問 III に進んでください。 | [回答数 31] |

質問 III. 利用しなかった主な理由をお答えください。

A~H の利用しなかったテーマの英文字、並びに、具体的な回答も自由に書いてください。

- |                           |          |
|---------------------------|----------|
| 1. 実験 II を受講していない。(       | [回答数 0]  |
| 2. 実験に欠席した。(              | [回答数 2]  |
| 3. 利用の方法がよくわからなかった。(      | [回答数 0]  |
| 4. 利用するのが面倒であった。(         | [回答数 1]  |
| 5. 利用者が混んでいて利用するのをあきらめた。( | [回答数 2]  |
| 6. その他 (                  | [回答数 27] |

[授業時間の不足のため、先生の指示により実験をしなかった (24 名)]

[共同実験者が DASS に入力したので、自分は入力しなかった]

以下、利用したテーマについてお答えください。

質問 IV. 利用したときの様子をお答えください。

(1) 何回でパスしましたか。

\*A. レンズの焦点距離

- |          |          |
|----------|----------|
| 1. 1 回   | [回答数 28] |
| 2. 2 回   | [回答数 18] |
| 3. 3~5 回 | [回答数 9]  |
| 4. 6 回以上 | [回答数 4]  |

5. パスする前にやめてしまった。 [回答数 0]
- ◎やめた理由は何ですか。
- a. 利用する人がいっぱい混んでいた。 [回答数 0]
- b. 入力するのが面倒になった。 [回答数 0]
- c. 時間がなくなってしまった。 [回答数 0]
- d. その他 (具体的に書いてください。) [回答数 0]
- \*B. 光電管 (光電子の最大速度)
1. 1回 [回答数 13]
2. 2回 [回答数 11]
3. 3～5回 [回答数 10]
4. 6回以上 [回答数 2]
5. パスする前にやめてしまった。 [回答数 0]
- ◎やめた理由は何ですか。
- a. 利用する人がいっぱい混んでいた。 [回答数 0]
- b. 入力するのが面倒になった。 [回答数 0]
- c. 時間がなくなってしまった。 [回答数 0]
- d. その他 (具体的に書いてください。) [回答数 0]
- \*C. シンクロスコープ (RC回路)
1. 1回 [回答数 27]
2. 2回 [回答数 16]
3. 3～5回 [回答数 6]
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 0]
- ◎やめた理由は何ですか。
- a. 利用する人がいっぱい混んでいた。 [回答数 0]
- b. 入力するのが面倒になった。 [回答数 0]
- c. 時間がなくなってしまった。 [回答数 0]
- d. その他 (具体的に書いてください。) [回答数 0]
- \*D. 弾性と塑性 (最小二乗法)
1. 1回 [回答数 27]
2. 2回 [回答数 19]
3. 3～5回 [回答数 9]
4. 6回以上 [回答数 2]
5. パスする前にやめてしまった。 [回答数 2]
- ◎やめた理由は何ですか。
- a. 利用する人がいっぱい混んでいた。 [回答数 0]
- b. 入力するのが面倒になった。 [回答数 0]
- c. 時間がなくなってしまった。 [回答数 1]
- d. その他 (具体的に書いてください。) [回答数 1]

[コンピュータが故障していたためにできなかった]

## \*E. 引張強度 (確率誤差)

- |                       |          |
|-----------------------|----------|
| 1. 1回                 | [回答数 32] |
| 2. 2回                 | [回答数 18] |
| 3. 3～5回               | [回答数 8]  |
| 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 1]  |
| ◎やめた理由は何ですか。          |          |
| a. 利用する人がいっぱい、混んでいた。  | [回答数 0]  |
| b. 入力するのが面倒になった。      | [回答数 0]  |
| c. 時間がなくなってしまった。      | [回答数 0]  |
| d. その他 (具体的に書いてください。) | [回答数 1]  |

[友達にしてもらった]

## \*F. グラフ・最小二乗法によるデータ解析

- |                       |          |
|-----------------------|----------|
| 1. 1回                 | [回答数 22] |
| 2. 2回                 | [回答数 21] |
| 3. 3～5回               | [回答数 12] |
| 4. 6回以上               | [回答数 3]  |
| 5. パスする前にやめてしまった。     | [回答数 0]  |
| ◎やめた理由は何ですか。          |          |
| a. 利用する人がいっぱい、混んでいた。  | [回答数 0]  |
| b. 入力するのが面倒になった。      | [回答数 0]  |
| c. 時間がなくなってしまった。      | [回答数 0]  |
| d. その他 (具体的に書いてください。) | [回答数 0]  |

## \*G. 単振り子による重力加速度の測定

- |                       |          |
|-----------------------|----------|
| 1. 1回                 | [回答数 30] |
| 2. 2回                 | [回答数 22] |
| 3. 3～5回               | [回答数 7]  |
| 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 0]  |
| ◎やめた理由は何ですか。          |          |
| a. 利用する人がいっぱい、混んでいた。  | [回答数 0]  |
| b. 入力するのが面倒になった。      | [回答数 0]  |
| c. 時間がなくなってしまった。      | [回答数 0]  |
| d. その他 (具体的に書いてください。) | [回答数 0]  |

\*H. G—M 計数管による $\gamma$ 線の測定

- |         |          |
|---------|----------|
| 1. 1回   | [回答数 28] |
| 2. 2回   | [回答数 20] |
| 3. 3～5回 | [回答数 10] |



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 0]
- ◎やめた理由は何ですか。
- a. 利用する人がいっぱい、混んでいた。 [回答数 0]
- b. 入力するのが面倒になった。 [回答数 0]
- c. 時間がなくなってしまった。 [回答数 0]
- d. その他(具体的に書いてください。) [回答数 0]
- (2) 利用することによって、どのような良い点または悪い点がありましたか。
- \*A. レンズの焦点距離
1. 計算の間違いが指摘され、再計算がし易かった。 [回答数 22]
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 35]
3. あまり役にたたなかった。 [回答数 4]
4. その他( [回答数 4]
- [計算の間違いが指摘されたので再計算できて後のデータに影響を及ぼさなくてよかったが、しんどかった] [他の人にやってもらった] [入力するまでの計算過程が多くて、どこを計算間違っているのかわからなかった] [いちいちコンピュータに入力しなければならぬので困った]
- \*B. 光電管(光電子の最大速度)
1. 計算の間違いが指摘され、再計算がし易かった。 [回答数 13]
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 22]
3. あまり役にたたなかった。 [回答数 1]
4. その他( [回答数 3]
- [他の人にやってもらった] [計算の間違いが指摘されたので再計算できて後のデータに影響を及ぼさなくてよかったが、しんどかった] [しんどかった]
- \*C. シンクロスコープ(RC回路)
1. 計算の間違いが指摘され、再計算がし易かった。 [回答数 14]
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 33]
3. あまり役にたたなかった。 [回答数 4]
4. その他( [回答数 2]
- [他の人にやってもらった] [1回で通ったから分からない]
- \*D. 弾性と塑性(最小二乗法)
1. 計算の間違いが指摘され、再計算がし易かった。 [回答数 16]
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 33]
3. あまり役にたたなかった。 [回答数 2]
4. グラフの表示が出て分かりやすかった。 [回答数 15]
5. その他( [回答数 1]
- [自分でバネを作ったのでおもしろかった]
- \*E. 引張強度(確率誤差)
1. 計算の間違いが指摘され、再計算がし易かった。 [回答数 24]

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 32]  
 3. あまり役にたたなかった。 [回答数 6]  
 4. その他 ( [回答数 1]

[針金がよく切れて実験するのが途中でいやになった]

\*F. グラフ・最小二乗法によるデータ解析

1. 計算の間違いが指摘され、再計算がし易かった。 [回答数 23]  
 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 32]  
 3. あまり役にたたなかった。 [回答数 0]  
 4. グラフの表示が出て分かりやすかった。 [回答数 11]  
 5. その他 ( [回答数 1]

[再計算がしにくかった]

\*G. 単振り子による重力加速度の測定

1. 計算の間違いが指摘され、再計算がし易かった。 [回答数 23]  
 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 36]  
 3. あまり役にたたなかった。 [回答数 3]  
 4. その他 ( [回答数 1]

[他の人にやってもらった]

\*H. G-M 計数管による $\gamma$ 線の測定

1. 計算の間違いが指摘され、再計算がし易かった。 [回答数 21]  
 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 32]  
 3. あまり役にたたなかった。 [回答数 4]  
 4. その他 ( [回答数 3]

[他の人にやってもらった] [装置が難しかった]

[1回で通ったから分からない]

(3) データの入力について、いかがでしたか。

\*A. レンズの焦点距離

1. 入力しやすかった。 [回答数 42]  
 2. 複雑であった。 [回答数 4]  
 3. 入力をよく間違えた。 [回答数 12]  
 4. 分かりづらかった。 [回答数 1]  
 5. その他 ( [回答数 1]

[他の人にやってもらった]

\*B. 光電管 (光電子の最大速度)

1. 入力しやすかった。 [回答数 24]  
 2. 複雑であった。 [回答数 5]  
 3. 入力をよく間違えた。 [回答数 7]  
 4. 分かりづらかった。 [回答数 1]  
 5. その他 ( [回答数 1]

[他の人にやってもらった]

## \*C. シンクロスコープ (RC 回路)

- |               |          |
|---------------|----------|
| 1. 入力しやすかった。  | [回答数 37] |
| 2. 複雑であった。    | [回答数 7]  |
| 3. 入力をよく間違えた。 | [回答数 6]  |
| 4. 分かりづらかった。  | [回答数 1]  |
| 5. その他 (      | [回答数 1]  |

[他の人にやってもらった]

## \*D. 弾性と塑性 (最小二乗法)

- |               |          |
|---------------|----------|
| 1. 入力しやすかった。  | [回答数 40] |
| 2. 複雑であった。    | [回答数 9]  |
| 3. 入力をよく間違えた。 | [回答数 9]  |
| 4. 分かりづらかった。  | [回答数 1]  |
| 5. その他 (      | [回答数 0]  |

## \*E. 引張強度 (確率誤差)

- |               |          |
|---------------|----------|
| 1. 入力しやすかった。  | [回答数 46] |
| 2. 複雑であった。    | [回答数 7]  |
| 3. 入力をよく間違えた。 | [回答数 6]  |
| 4. 分かりづらかった。  | [回答数 1]  |
| 5. その他 (      | [回答数 0]  |

## \*F. グラフ・最小二乗法によるデータ解析

- |               |          |
|---------------|----------|
| 1. 入力しやすかった。  | [回答数 38] |
| 2. 複雑であった。    | [回答数 9]  |
| 3. 入力をよく間違えた。 | [回答数 9]  |
| 4. 分かりづらかった。  | [回答数 3]  |
| 5. その他 (      | [回答数 0]  |

## \*G. 単振り子による重力加速度の測定

- |               |          |
|---------------|----------|
| 1. 入力しやすかった。  | [回答数 45] |
| 2. 複雑であった。    | [回答数 7]  |
| 3. 入力をよく間違えた。 | [回答数 5]  |
| 4. 分かりづらかった。  | [回答数 3]  |
| 5. その他 (      | [回答数 1]  |

[他の人にやってもらった]

\*H. G—M 計数管による  $\gamma$  線の測定

- |               |          |
|---------------|----------|
| 1. 入力しやすかった。  | [回答数 37] |
| 2. 複雑であった。    | [回答数 13] |
| 3. 入力をよく間違えた。 | [回答数 5]  |
| 4. 分かりづらかった。  | [回答数 3]  |
| 5. その他 (      | [回答数 2]  |

[他の人にやってもらった] [できれば日本語にしてほしい]

(4) クリーンの表示について、いかがでしたか。

\*A. レンズの焦点距離

- |              |          |
|--------------|----------|
| 1. 分かりやすかった。 | [回答数 50] |
| 2. 分かりづらかった。 | [回答数 6]  |
| 3. 目がチカチカした。 | [回答数 3]  |
| 4. その他 (     | [回答数 1]  |

[他の人にやってもらった]

\*B. 光電管 (光電子の最大速度)

- |              |          |
|--------------|----------|
| 1. 分かりやすかった。 | [回答数 31] |
| 2. 分かりづらかった。 | [回答数 4]  |
| 3. 目がチカチカした。 | [回答数 1]  |
| 4. その他 (     | [回答数 1]  |

[他の人にやってもらった]

\*C. シンクロスコープ (RC 回路)

- |              |          |
|--------------|----------|
| 1. 分かりやすかった。 | [回答数 43] |
| 2. 分かりづらかった。 | [回答数 4]  |
| 3. 目がチカチカした。 | [回答数 2]  |
| 4. その他 (     | [回答数 1]  |

[他の人にやってもらった]

\*D. 弾性と塑性 (最小二乗法)

- |              |          |
|--------------|----------|
| 1. 分かりやすかった。 | [回答数 51] |
| 2. 分かりづらかった。 | [回答数 4]  |
| 3. 目がチカチカした。 | [回答数 2]  |
| 4. その他 (     | [回答数 0]  |

\*E. 引張強度 (確率誤差)

- |              |          |
|--------------|----------|
| 1. 分かりやすかった。 | [回答数 52] |
| 2. 分かりづらかった。 | [回答数 5]  |
| 3. 目がチカチカした。 | [回答数 2]  |
| 4. その他 (     | [回答数 0]  |

\*F. グラフ・最小二乗法によるデータ解析

- |              |          |
|--------------|----------|
| 1. 分かりやすかった。 | [回答数 48] |
| 2. 分かりづらかった。 | [回答数 6]  |
| 3. 目がチカチカした。 | [回答数 3]  |
| 4. その他 (     | [回答数 1]  |

[計算量が多すぎて計算間違いが多くなり、疲れた]

\*G. 単振り子による重力加速度の測定

- |              |          |
|--------------|----------|
| 1. 分かりやすかった。 | [回答数 50] |
| 2. 分かりづらかった。 | [回答数 6]  |
| 3. 目がチカチカした。 | [回答数 2]  |

4. その他 ( [回答数 1]  
[他の人にやってもらった])

\*H. G—M 計数管による  $\gamma$  線の測定

1. 分かりやすかった。 [回答数 48]  
2. 分かりづらかった。 [回答数 5]  
3. 目がチカチカした。 [回答数 4]  
4. その他 ( [回答数 1]  
[他の人にやってもらった])

## 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。 [回答数 23]  
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 41]  
3. A~H 以外のテーマについても利用できると思う。 [回答数 17]  
4. 利用していく内に、自分で計算を正確にやるようになった。 [回答数 20]  
5. 最初の内は使いにくかったが、その内に慣れていき、使いやすくなった。 [回答数 18]  
6. 入力したデータをどのパソコンからでも再利用できるとよかった。 [回答数 24]  
7. 計算結果を用紙にも出力してほしかった。 [回答数 13]  
8. 無駄であった。 [回答数 0]  
9. 邪魔くさかった。 [回答数 11]  
10. 計算機の台数が少なすぎて、不便であった。 [回答数 28]  
11. 順番待ちに時間がかかった。 [回答数 31]  
12. 計算間違いの内容が具体的にわからない。 [回答数 20]  
13. その他 (具体的に書いてください。) [回答数 1]

[別に改良しなくてもよいと思う]

## 質問 VI. 今後、DASS の改良につき、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。

- [計算のどこが間違っているのかを指摘してほしかった]  
[DASS に正解が出るか、間違いが具体的に指摘されるとかなれば便利だと思う]  
[HELP キーを押すとヒントを与えてくれるとか、もうちょっと手助けがほしかった]  
[計算間違いの内容が具体的にわかるものとわからないものがあった]  
[入力するときエラーなどが出たときがあったのでそれをなくしてほしい]  
[入力するデータがどの数値か入力ミスを治すために指示してほしい]  
[1 回打ち間違えると修正の仕方がわからなくて何回か消してしまったことがあった]  
[ $\pi$  や  $10^x$  をもっと簡単に入力できるようにしてほしい]  
[学籍番号の確認がリターンではなかったのでよく間違えた]  
[実験結果の最後にでてくるグラフをもっと詳しくしてほしい]  
[もう少し合格の範囲を広くしてほしい]  
[誤りのアピールや正解のアピールをもう少し大きくしてほしい]  
[正誤については言語より花丸などがスクリーンにでてくるといい]  
[プリンタを使って、出た答えと結果をプリントアウトした後でチェックできるようになるといい]  
[実験 II で誤差が E で指数表示されていたので間違っていたと思って何度もやり直した]

[音が出るように改良したらいいと思う]

[台数を増やしてほしい]

[3台とも接続してそれぞれどれでも使えるようにしてほしい。1回データを入れたらそのパソコンしか使えないのが不便である]

[データはパスワードを入れて出すようにしたほうがいい]

[これらの実験以外のことも入力できるようにしてほしい]

[パソコンのわかる人にはいいが、わからない人には少し不親切なところがあった]

[機械いじりの練習ができてよかった]

[非常に長い時間の物理実験で DASS が唯一の楽しみだった]

[いまで十分である]

ご協力ありがとうございました。

この期間の受講生は全員が DASS のシステムをほぼ全ての実験テーマで利用したと云える。質問 I での実験 I の B. 光電管 (光電子の最大速度) と C. シンクロスコープ (RC 回路) とが利用者数が少なかったのは、質問 III の 6. その他の所に回答があるように、授業時間数の不足のために教員の指示によりその実験をしなかったためである。第 1 報の第 1 段階でのアンケート調査結果では、受講生の若干名が全く DASS を 1 回も利用していなかったが、今回はそのようなこともなく、ほぼ全員が教員の指示に従って DASS のシステムを利用したことが分かる。

質問 IV の (1) については、DASS を利用した殆どの受講生は 1~2 回の DASS の起動でパスして計算結果のチェックを終了している。このことは第 1 報での調査結果と同じであり、やはり受講生が DASS を利用することを意識し、計算を丁寧に行った結果の現れであると判断できる。ただし、B. 光電管については 1~2 回でパスした受講生は 7 割弱と低かったが、これは入力画面が分かりにくかったためと、入力すべき物理量を受講生が十分に把握していなかったためであり、次に低い割合を示している F. グラフ・最小二乗法によるデータ解析については、計算が少し複雑で正しい結果が簡単に得られにくかったためと思われる。(2) の利用することによる良い点・悪い点の質問については、「計算の間違いが指摘され、再計算がし易かった」「利用していく内に、計算を丁寧に行うようになった」という良い点の指摘が圧倒的に多く、これは第 1 報での調査結果と同じ傾向にある。また、D. 弾性と塑性 (最小二乗法) と F. グラフ・最小二乗法によるデータ解析においては、計算結果をグラフに表示して間違いなどを視覚的に理解できるようにしたため、「グラフの表示が出て分かりやすかった」という意見も多くみられた。但し、A. レンズの焦点距離の 4. その他の回答にあるように、「入力するまでの計算過程が多くて、どこを計算間違っているのかが分からなかった」という意見は、今後のソフトウェアの強化の際にはその対策を考慮して行かねばならない点であると思われる。(3) のデータの入力については、約 7 割の受講生が「入力しやすかった」と回答しているが、「複雑

であった」「入力をよく間違えた」「分かりづらかった」という意見も3割ほどあり、今後に残された課題であると思われる。次に、(4)のディスプレイの表示については、約85%の受講生が「分かりやすかった」と回答しており、「分かりづらかった」という回答は約9%であった。

質問VのDASS全体についての意見としては、「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」(回答者の68%)、「計算間違いの箇所が具体的に指摘されて、非常に良かった」(38%)、「利用していく内に、自分で計算を正確にやるようになった」(33%)等の物理学実験におけるDASSのシステムの導入に賛成し、その効果を肯定的に受けとめている受講生が多かった。その一方で、第1報のアンケートの回答の中にもあったように、「計算機の台数が少なすぎて、不便であった」「順番待ちに時間がかかった」等の不満も多数回答された。また、「入力されたデータをどのパソコンからでも再利用できるとよかった」「計算間違いの内容が具体的に分からない」等も多数回答され、今後のDASSの開発の残された課題でもあると思われる。

質問VIでは、DASSのシステムの改良すべき点などについて自由に書いてもらったが、質問Vでの回答同様に「計算のどこが間違っているのかを具体的に指摘してほしい」等の要望が何名かから回答されていた。これについては、少し複雑な計算では何回計算してもDASSのチェックに合格できない受講生が時々存在しており、このような場合にはやはり途中の計算のチェックも必要であると思われる。但し、1回目からこのようなチェックを行っては教育的効果が減じるので、例えば3回挑戦してもまだDASSに合格できないときに始めて途中の計算チェックを行うようなソフトウェアをも開発していくことが必要であると思われる。その他の複数の要望としては、入力に関するものが多く、DASSの今後の開発課題でも考えられる。

## 2) 第3段階

第3段階での開発の際にも、DASSの教育的効果を調べるためのアンケート調査を、受講生全員を対象として受講期間の終了時に行った。アンケートの調査率は95%(受講生64名中61名)であった。下記の表2は、そのアンケート並びに結果を示したものである。

表2. DASS (Data Analysis Support System) についてのアンケート並びにその結果

(平成3年9月7日調査)

受講者数 64名, アンケート調査数 61名, 調査率 95%  
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。

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、受講者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ことが

期待されております。今期はパーソナルコンピュータの台数を増やし、どこからでもアクセスできるような一種の簡単な LAN (Local Area Network) を構築してきており、さらに、入力しやすいように改良を加えつつあります。この DASS をより一層良いシステムにしていくための参考資料にしたいと思っておりますので、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、該当する項目の番号もしくは英文字を○で囲んでください。

質問 I. あなたが、DASS を利用した実験のテーマは何ですか。

[実験 I]

- |                       |          |
|-----------------------|----------|
| A. レンズの焦点距離           | [回答数 60] |
| B. 光電管の特性             | [回答数 57] |
| C. シンクロスコープ (RC 回路)   | [回答数 44] |
| D. 弾性と塑性 (最小二乗法)      | [回答数 46] |
| E. 弾性と塑性 (振動の周期の確率誤差) | [回答数 45] |
| F. 弾性と塑性 (剛性率の計算)     | [回答数 45] |
| G. 引張強度 (確率誤差)        | [回答数 46] |

[実験 II]

- |                                      |          |
|--------------------------------------|----------|
| H. グラフ・最小二乗法によるデータ解析 (最小二乗法)         | [回答数 58] |
| I. 単振り子による重力加速度の測定                   | [回答数 58] |
| J. G—M 計数管による $\gamma$ 線の測定 (ポアソン分布) | [回答数 57] |
| K. G—M 計数管による $\gamma$ 線の測定 (吸収実験)   | [回答数 57] |

質問 II. あなたは、上記の A~K の実験テーマのすべてに DASS を利用しましたか。

- |                         |          |
|-------------------------|----------|
| 1. はい→質問 IV に進んでください。   | [回答数 24] |
| 2. いいえ→質問 III に進んでください。 | [回答数 37] |

質問 III. 利用しなかった主な理由をお答えください。

A~K の利用しなかったテーマの英文字、並びに、具体的な回答も自由に書いてください。

- |                                     |          |
|-------------------------------------|----------|
| 1. 実験 II を受講していない。(                 | [回答数 4]  |
| 2. 実験に欠席した。(                        | [回答数 3]  |
| 3. 利用の方法がよくわからなかった。(                | [回答数 0]  |
| 4. 利用するのが面倒であった。(                   | [回答数 0]  |
| 5. 利用者が混んでいて利用するのをあきらめた。(           | [回答数 0]  |
| 6. 授業日数の不足により、その実験テーマはやらなかった。(      | [回答数 15] |
| [シンクロスコープの DASS を使う実験をしなかった (15 名)] |          |
| 7. 利用しなくてもよいという先生の指示があった。(          | [回答数 15] |
| [先生がコンピュータの入力をしなくてよいと言ったから (15 名)]  |          |
| 8. その他 (                            | [回答数 2]  |

[授業で使用しなかった] [準備が十分にできていなかった]

質問 IV. あなたが利用したテーマについて、DASS でのパスの状況にお答えください。

- |  |          |
|--|----------|
| 1. 全てにパスした。→質問 V に進んでください。             | [回答数 54] |
| 2. パスする前にやめてしまったテーマがある。→以下の質問にお答えください。 | [回答数 7]  |



◎パスする前にやめてしまった理由は何ですか。

A～K のパスする前にやめてしまったテーマの英文字，並びに，具体的な回答も自由に書いてください。

a. 利用する人がいっぱい，混んでいた。( [回答数 1]

b. 入力するのが面倒になった。( [回答数 1]

[入力したデータが消えてしまったので面倒になった]

c. 時間がなくなりました。( [回答数 2]

[何度入力してもパスできず先生の許しがでたため (2名)]

d. その他 ( [回答数 3]

[何度入力してもパスできず先生の許しがでたため (3名)]

質問 V. あなたが利用したテーマについて，利用したときの様子をお答えください。

(1) 利用することによって，どのような良い点または悪い点がありましたか。

\*A. レンズの焦点距離

1. 計算の間違いが指摘され，再計算がし易かった。 [回答数 24]

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 31]

3. あまり役にたたなかった。 [回答数 4]

4. その他 ( [回答数 1]

[値の入力ミスでなかなか OK がでなかった]

\*B. 光電管の特性

1. 計算の間違いが指摘され，再計算がし易かった。 [回答数 25]

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 32]

3. あまり役にたたなかった。 [回答数 1]

4. その他 ( [回答数 1]

[画面内に操作手順の例や方法を表示した方がよいと思う]

\*C シンクロスコープ (RC 回路)

1. 計算の間違いが指摘され，再計算がし易かった。 [回答数 19]

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 20]

3. あまり役にたたなかった。 [回答数 3]

4. その他 ( [回答数 1]

[データの入力ミスをしたときの修正をする時，パソコンを触れたことのない人のためにカーソルの動かし方の説明が必要なのではないか]

\*D. 弾性と塑性 (最小二乗法)

1. 計算の間違いが指摘され，再計算がし易かった。 [回答数 21]

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 14]

3. あまり役にたたなかった。 [回答数 0]

4. グラフの表示がでて分かりやすかった。 [回答数 10]

5. その他 ( [回答数 0]

\*E. 弾性と塑性 (振動の周期の確率誤差)

1. 計算の間違いが指摘され，再計算がし易かった。 [回答数 19]

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 23]
3. あまり役にたたなかった。 [回答数 2]
4. その他 ( [回答数 1]
- [何度もデータの打ち直しをして困った]
- \*F. 弾性と塑性 (剛性率の計算)
1. 計算の間違いが指摘され、再計算がし易かった。 [回答数 20]
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 24]
3. あまり役にたたなかった。 [回答数 2]
4. その他 ( [回答数 0]
- \*G. 引張強度 (確率誤差)
1. 計算の間違いが指摘され、再計算がし易かった。 [回答数 19]
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 24]
3. あまり役にたたなかった。 [回答数 1]
4. その他 ( [回答数 0]
- \*H. グラフ・最小二乗法によるデータ解析 (最小二乗法)
1. 計算の間違いが指摘され、再計算がし易かった。 [回答数 23]
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 22]
3. あまり役にたたなかった。 [回答数 2]
4. グラフの表示がでて分かりやすかった。 [回答数 16]
5. その他 ( [回答数 1]
- \*I. 単振り子による重力加速度の測定
1. 計算の間違いが指摘され、再計算がし易かった。 [回答数 31]
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 21]
3. あまり役にたたなかった。 [回答数 15]
4. その他 ( [回答数 1]
- \*J. G—M 計数管による  $\gamma$  線の測定 (ポアソン分布)
1. 計算の間違いが指摘され、再計算がし易かった。 [回答数 30]
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 25]
3. あまり役にたたなかった。 [回答数 2]
4. その他 ( [回答数 0]
- \*K. G—M 計数管による  $\gamma$  線の測定 (吸収実験)
1. 計算の間違いが指摘され、再計算がし易かった。 [回答数 28]
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 24]
3. あまり役にたたなかった。 [回答数 2]
4. その他 ( [回答数 1]
- (2) データの入力について、いかがでしたか。
- \*A. レンズの焦点距離
1. 入力しやすかった。 [回答数 46]
2. スクリーン入力がよかった。 [回答数 4]

- |                        |          |
|------------------------|----------|
| 3. 複雑であった。             | [回答数 4]  |
| 4. 入力をよく間違えた。          | [回答数 3]  |
| 5. 分かりづらかった。           | [回答数 5]  |
| 6. その他（                | [回答数 0]  |
| *B. 光電管の特性             |          |
| 1. 入力しやすかった。           | [回答数 45] |
| 2. スクリーン入力がよかった。       | [回答数 1]  |
| 3. 複雑であった。             | [回答数 3]  |
| 4. 入力をよく間違えた。          | [回答数 4]  |
| 5. 分かりづらかった。           | [回答数 4]  |
| 6. その他（                | [回答数 0]  |
| *C. シンクロスコープ (RC 回路)   |          |
| 1. 入力しやすかった。           | [回答数 39] |
| 2. 複雑であった。             | [回答数 1]  |
| 3. 入力をよく間違えた。          | [回答数 2]  |
| 4. 分かりづらかった。           | [回答数 1]  |
| 5. その他（                | [回答数 0]  |
| *D. 弾性と塑性 (最小二乗法)      |          |
| 1. 入力しやすかった。           | [回答数 37] |
| 2. 複雑であった。             | [回答数 1]  |
| 3. 入力をよく間違えた。          | [回答数 3]  |
| 4. 分かりづらかった。           | [回答数 2]  |
| 5. その他（                | [回答数 0]  |
| *E. 弾性と塑性 (振動の周期の確率誤差) |          |
| 1. 入力しやすかった。           | [回答数 38] |
| 2. 複雑であった。             | [回答数 3]  |
| 3. 入力をよく間違えた。          | [回答数 4]  |
| 4. 分かりづらかった。           | [回答数 0]  |
| 5. その他（                | [回答数 0]  |
| *F. 弾性と塑性 (剛性率の計算)     |          |
| 1. 入力しやすかった。           | [回答数 35] |
| 2. 複雑であった。             | [回答数 3]  |
| 3. 入力をよく間違えた。          | [回答数 5]  |
| 4. 分かりづらかった。           | [回答数 0]  |
| 5. その他（                | [回答数 0]  |
| *G. 引張強度 (確率誤差)        |          |
| 1. 入力しやすかった。           | [回答数 37] |
| 2. 複雑であった。             | [回答数 2]  |
| 3. 入力をよく間違えた。          | [回答数 5]  |

4. 分かりづらかった。 [回答数 1]
5. その他 ( [回答数 0]
- \*H. グラフ・最小二乗法によるデータ解析
1. 入力しやすかった。 [回答数 50]
2. 複雑であった。 [回答数 2]
3. 入力をよく間違えた。 [回答数 3]
4. 分かりづらかった。 [回答数 3]
5. その他 ( [回答数 0]
- \*I. 単振り子による重力加速度の測定
1. 入力しやすかった。 [回答数 48]
2. スクリーン入力がよかった。 [回答数 2]
3. 複雑であった。 [回答数 1]
4. 入力をよく間違えた。 [回答数 5]
5. 分かりづらかった。 [回答数 2]
6. その他 ( [回答数 0]
- \*J. G—M 計数管による $\gamma$ 線の測定 (ポアソン分布)
1. 入力しやすかった。 [回答数 52]
2. 複雑であった。 [回答数 2]
3. 入力をよく間違えた。 [回答数 0]
4. 分かりづらかった。 [回答数 2]
5. その他 ( [回答数 0]
- \*K. G—M 計数管による $\gamma$ 線の測定 (吸収実験)
1. 入力しやすかった。 [回答数 48]
2. スクリーン入力がよかった。 [回答数 4]
3. 複雑であった。 [回答数 3]
4. 入力をよく間違えた。 [回答数 0]
5. 分かりづらかった。 [回答数 1]
- [傾きなどを絶対値などで入力しなくてはならなかったため]
6. その他 ( [回答数 0]
- (3) スクリーンの表示について、いかがでしたか。
- \*A. レンズの焦点距離
1. 分かりやすかった。 [回答数 47]
2. 枠があり見やすかった。 [回答数 9]
3. 分かりづらかった。 [回答数 1]
4. 目がチカチカした。 [回答数 6]
5. その他 ( [回答数 0]
- \*B. 光電管の特性
1. 分かりやすかった。 [回答数 45]
2. 枠があり見やすかった。 [回答数 9]

3. 分かりづらかった。 [回答数 1]
4. 目がチカチカした。 [回答数 3]
5. その他 ( [回答数 0]
- \*C. シンクロスコープ (RC 回路)
1. 分かりやすかった。 [回答数 39]
2. 分かりづらかった。 [回答数 3]
3. 目がチカチカした。 [回答数 2]
4. その他 ( [回答数 0]
- \*D. 弾性と塑性 (最小二乗法)
1. 分かりやすかった。 [回答数 38]
2. 分かりづらかった。 [回答数 4]
3. 目がチカチカした。 [回答数 3]
4. その他 ( [回答数 0]
- \*E. 弾性と塑性 (振動の周期の確率誤差)
1. 分かりやすかった。 [回答数 40]
2. 分かりづらかった。 [回答数 4]
3. 目がチカチカした。 [回答数 1]
4. その他 ( [回答数 0]
- \*F. 弾性と塑性 (剛性率の計算)
1. 分かりやすかった。 [回答数 42]
2. 分かりづらかった。 [回答数 1]
3. 目がチカチカした。 [回答数 2]
4. その他 ( [回答数 0]
- \*G. 引張強度 (確率誤差)
1. 分かりやすかった。 [回答数 37]
2. 分かりづらかった。 [回答数 1]
3. 目がチカチカした。 [回答数 3]
4. その他 ( [回答数 0]
- \*H. グラフ・最小二乗法によるデータ解析
1. 分かりやすかった。 [回答数 48]
2. 分かりづらかった。 [回答数 0]
3. 目がチカチカした。 [回答数 2]
4. その他 ( [回答数 0]
- \*I. 単振り子による重力加速度の測定
1. 分かりやすかった。 [回答数 50]
2. 分かりづらかった。 [回答数 5]
3. 目がチカチカした。 [回答数 3]
4. その他 ( [回答数 0]
- \*J. G—M 計数管による  $\gamma$  線の測定 (ポアソン分布)

- |              |          |
|--------------|----------|
| 1. 分かりやすかった。 | [回答数 53] |
| 2. 分かりづらかった。 | [回答数 1]  |
| 3. 目がチカチカした。 | [回答数 3]  |
| 4. その他 (     | [回答数 0]  |

\*K. G—M 計数管による  $\gamma$  線の測定 (吸収実験)

- |              |          |
|--------------|----------|
| 1. 分かりやすかった。 | [回答数 51] |
| 2. 分かりづらかった。 | [回答数 2]  |
| 3. 目がチカチカした。 | [回答数 2]  |
| 4. その他 (     | [回答数 0]  |

質問 VI. 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。      | [回答数 27] |
| 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。   | [回答数 29] |
| 3. 利用していく内に、自分で計算を正確にやるようになった。       | [回答数 13] |
| 4. 最初の内は使いにくかったが、その内に慣れていき、使いやすくなった。 | [回答数 23] |
| 5. 入力したデータをどのパソコンからでも再利用できるのはよかった。   | [回答数 19] |
| 6. データのスクリーン入力はやり易かった。               | [回答数 8]  |
| 7. グラフの表示がでて分かりやすかった。                | [回答数 16] |
| 8. プリンタを使って、計算結果を用紙にも出力できるようにしてほしい。  | [回答数 10] |
| 9. DASS を使うのが楽しみであった。                | [回答数 5]  |
| 10. 無駄であった。                          | [回答数 0]  |
| 11. 邪魔くさかった。                         | [回答数 10] |
| 12. 計算間違いの内容が具体的にわからないのが不便であった。      | [回答数 12] |
| 13. その他 (具体的に書いてください。)               | [回答数 3]  |

[誤差があると何度も表示されて頭にきた] [自分のデータが通ったとき嬉しかった]

[普通にワープロを打つ感じで難しいキーを打つこともなく、ある程度誰でも使えるのがよかった]

質問 VII. 今後、DASS の改良につき、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。

[どこの計算が間違っているか表示してほしい (7名)]

[もう少し合格の範囲を広げてほしい (4名)]

[数値を入力するとき、1箇所間違えただけでも、もう一度画面を出し直さなければならないところがわずらわしかった (2名)]

[求めるべき値を出し忘れていたときなども、途中で画面を消すことができなかったところがわずらわしかった]

[突然止まったりすることがたびたびあったようなので、そのようなことがあまり起こらないようにしてほしい (2名)]

[計算は合っているのに DASS が OK を出してくれないときがあった]

[ときどきバグがあったのが欠点だった]

[計算の採点が厳しいときとそうでないときがあった]

[Y/N の入力をテンキーの 0 (Yes) とリターンキー (No) でもできるようにしてほしいと思います]

[数字以外にも文字を使えるようにしてほしい]

[音楽をつけるとおもしろい]

[DASS を通過することによって実験が終了したという実感がわいてきてよかった]

[DASS のおかげで計算能力などがついてとても役だったと思う]

[1つ1つの計算チェックができてよかったと思う]

[計算もわりと正しくて使いやすかった]

[その場でミスがわかってよかった]

[とても便利だった]

[よかったと思う]

[小数点以下の取り方によって、何度も計算しなくてはならないときはなかなか大変だったが“おめでとう”とでたときは嬉しかった]

[すべての実験において DASS に入力して計算が合っていたときは非常に嬉しかった]

[DASS を使うと本性が現われるので個人的にはいやだった]

[BASIC は遅い]

ご協力ありがとうございました。

質問Ⅰでの実験ⅠのCからGまでの実験テーマに関しての利用者数が少なかったのは、質問Ⅲの6と7の所の回答にあるように、この期間の授業日数の不足のために教員の指示によりその実験をしなかったり、時間の制約により DASS を利用できなかったりしたためであった。質問Ⅴの(1)の利用することによる良い点・悪い点の質問については、全体的に「計算の間違いが指摘され、再計算がし易かった」「利用していく内に、計算を丁寧に行うようになった」という良い点の指摘が圧倒的に多く、これは第1報での調査結果、並びに、第2段階での調査結果と同じ傾向を示し、これにより DASS の教育的効果が十分に現れていると考えられる。また、D. 弾性と塑性(最小二乗法)と F. グラフ・最小二乗法によるデータ解析においては、第2段階の調査結果と同様に「グラフの表示が出て分かりやすかった」という意見が多くみられた。計算結果をグラフに表示して視覚的に理解できるようにすることは教育的効果が大きく、他の実験テーマについても今後このような方向で開発していくことが重要であると思われる。(2)のデータ入力については、約83%の受講生が「入力しやすかった」と回答しており、「複雑であった」「入力をよく間違えた」「分かりづらかった」という意見は約14%であった。これらを第2段階での調査結果と比較すると、全体的に向上していることが分かり、入力面での改良の効果が現れていると判明できる。次に、(3)のディスプレイの表示については、約86%の受講生が「分かりやすかった」と回答しており、「分かりづらかった」という回答は約4%であった。これらに関しても、第2段階での調査結果と比較すると、やはり改良による効果が見られることになる。また、A. レンズの焦点距離と B. 光電管の特性については、スクリーン入力画面で枠を設けて枠内にのみ次々にデータを入力できるように改良を加えたが、それにより

見やすかったと云う意見も多く見られた。

質問 VI の DASS 全体についての意見としては、「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」(回答者の 48%)、「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」(44%)、「最初の内は使いにくかったが、その内に慣れていき、使いやすくなった」(38%)、「グラフの表示が出て分かりやすかった」(26%)、「利用していく内に、自分で計算を正確にやるようになった」(21%) 等の物理学実験における DASS のシステムの導入に賛成し、その効果を肯定的に受けとめている受講生が多く、このことは第 1 報での調査結果、並びに、第 2 段階での調査結果と同じ結果であることを示している。第 3 段階での改良部分については、「入力したデータをどのパソコンからでも再利用できるのはよかった」は約 31%、「データのスクリーン入力はやり易かった」は約 13% と云う結果で思っていたよりも割合が低かったのは、受講生が以前の不便な状態を知らないために改良された便利さについては当然のことと受けとめているからであると思われる。一方、「プリンターを使って、計算結果を用紙にも出力できるようにしてほしい」「計算間違いの内容が具体的に分からないのが不便であった」等も多数回答され、DASS の次の開発段階での課題でもありと考えられる。

質問 VII では、DASS の改良すべき点などについて自由に書いてもらったが、質問 VI での回答と同様に「どこの計算が間違っているのかを表示してほしい」等の要望が何名かから回答されていた。これは第 2 段階での調査結果でも同じであり、前述したように DASS の今後の開発課題でもありと考えられる。「時々バグがあったのが欠点であった」「突然止まったりすることがたびたびあったようなので、そのようなことが余り起こらないようにしてほしい」等の意見が多かったが、これは前述したように、今期の REXAS gear を用いての一種の簡単な LAN

表 3. 実験 I の各テーマ毎の DASS をパスするまでのグループ別平均利用回数

実 験 テ ー マ	1 回 目	2 回 目	3 回 目	4 回 目
A. レンズの焦点距離	(2) 1.62	(3) 1.46	(4) 1.46	(1) 1.36
B. 光電管の特性	(2) 2.00	(3) 2.07	(4) 1.92	(1) 2.07
C. シンクロスコープ (RC回路)	(3) 1.75	(4) 1.20	(1) 1.44	
D. 弾性と塑性 (最小二乗法)	(1) 1.62	(2) 1.31	(3) 1.13	
E. 弾性と塑性 (振動の周期の確率誤差)	(1) 1.33	(2) 1.93	(3) 1.43	
F. 弾性と塑性 (剛性率の計算)	(1) 1.62	(2) 1.63	(3) 1.64	
G. 引張強度 (確率誤差)	(1) 1.69	(2) 1.31	(3) 1.87	
総 平 均	1.66	1.56	1.56	

( ) の中の数字はグループ番号を示している。



を構築して行く段階で、前半には排他処理がなかなかうまく行かずにコンピュータが時々ストップしてしまうことがあったためであった。その他、画面入力に関する要望等もあり、今後の DASS 開発の中にも取り入れて行くべき点でもあったと考えられる。

表 3 は、実験 I での DASS をパスするまでの各グループ別平均利用回数を、実験テーマ別に表したものである。実験 I に関しては、受講生を 4 つのグループに分けて、ローテーションで実験を行っている。パスするまでの DASS 利用回数は、個人差も大きく、また、グループ間でも差があるので実験回数が多くなれば利用回数が減少するとは一概には云えない点もあるが、A. レンズの焦点距離と D. 弾性と塑性 (最小二乗法) についてはその傾向が現れている。その他の実験テーマに関してはそのような傾向は見られないが、4 回目は実験テーマが少ないため除いて各回の全体のテーマの総平均を取ると、実験回数が増加していくに従って総平均利用回数は減少していく傾向が判明できると云える。

以上の第 2・第 3 段階でのアンケート調査結果からも、DASS の教育的効果は十分にあるものと判断できる。今後、DASS をより一層発展させるための開発課題としては、REXAS gear での排他処理の完全性、データ入力面での充実、計算間違いの箇所の具体的指摘の表示、並びに、プリンター装置の設置等を挙げることができる。

#### 4. おわりに

理科系学部での低学年における物理学学生実験は、各大学での事情にもより、それぞれ工夫をこらした授業のやり方を行っているが、パーソナル・コンピュータの導入に関しては殆どがデータの解析・シミュレーションへの利用、実験装置の制御としての利用であり、本学で独自に研究開発されている DASS のような教育システムはまだ一般化されていない。DASS は本学の物理学学生実験に適した教育システムとして開発されてきてはいるが、この基本概念には一般性があり、前章でみたように教育的効果も十分にあると考えられるので、他大学での物理学学生実験においても、各大学の実情に合わせて DASS のシステム構築を行えば十分に利用が可能であり、また、教育的効果を上げることができると思われる。

コンピュータの普及が進む中で、小・中学校への義務教育においてもコンピュータの活用が実施されることが決まり、教育界のコンピュータへの関心は急速に高まってきている<sup>7)</sup>。その使用法も、今までの教師のための指導・補助の道具としての CAI (Computer Assisted Instruction = コンピュータの補助による教育) という概念から、生徒や教師たちの学習や自己表現の道具としての CITL (Computer Integrated Teaching and Learning = 教師の指導と生徒の学習を促進するためのコンピュータ利用) という概念へと変わりつつある。この志向は、

コンピュータは単に教える補助だけでなく、生徒たちの学習や自己表現の道具としての利用法も含んだ、教師と生徒との間の知的活動全体をサポートするものであるという考えに基づいている。

一方、今やコンピュータ・ネットワークとして、パソコン通信、VAN (Value Added Network=付加価値通信網)、大学・企業内および相互間ネットワーク (LAN および広域ネットワーク) を始め、世界中のコンピュータと電子機器とが通信回線を介して結ばれる時代が到来しようとしている<sup>8)</sup>。スタンドアロンとして使用していたパーソナル・コンピュータもその普及とともに、LANとしてのネットワーク化による情報の交換や、仕事の効率を上げるための分散処理化等が志向されつつある。今の所、LANとしてはイーサネット・ケーブルを介して情報を共同利用する方式であり、この場合のコンピュータとしては、イーサネットに継ぐためのインターフェース内臓のワークステーションが一般的に利用されている。しかしながら、ワークステーションはパーソナル・コンピュータに較べて高価であるので、パーソナル・コンピュータを用いてのLANが今後開発されていくことと思われる。

我々のDASSのシステム開発においても、単にデータ処理や計算結果に関する正誤をチェックするだけでなく、学生が実験結果に対して適切な考察をも行なえるような、また、物理的な思考力をも養って行けるようなシステムを構築していくことが目標である。そのためにも、今後の課題としては、データ入力の仕様の強化、グラフ表示による視覚的な教育面での強化等を含め、長い導出過程による計算の場合にはその途中での計算のチェックを行ったり、他の実験者の実験結果が画面に表示できて自分の結果と比較できるようにしたり、また、他の実験者と結果が違う場合にはどのような原因が考えられるかを指摘して考察を深められるようにしたり等の面で、ソフトウェアを一層強化することが望まれる。更に、我々は、10台のパーソナル・コンピュータをREXAS gearに接続させて一種の簡単なLANを構築してきてはいるが、まだ完全には排他制御ができていない状態にあるので、その完全性をめざして一層の研究開発をも進展させることが望まれる。上述したように、パーソナル・コンピュータを用いてのLANは、今後一層いろいろな面での有効利用が想定され、重要なネットワークシステムになると考えられる。また、第1報にも述べたように、受講生の資料解析・結果に対する考察等にも役立つような情報の出力を行うためのプリンター出力装置の設置も、今後のDASSのシステム開発に残された課題でもある。

## 謝 辞

本研究の発表にあたり、物理学学生実験並びにDASSの運用に関しての学生指導について、非常勤講師をお願いしている岐阜工業高等専門学校名誉教授の中島光洋先生と岐阜大学教養部

の青木正人先生とに謝辞を述べたい。また、学生実験並びに DASS の運用の準備について、更に、本報告作成に関しての資料整理・ワープロ入力について、当物理学教室の水谷多恵子補助員に感謝の意を表したい。

## 文 献

- 1) 日本物理学会物理教育検討小委員会, “日本の大学基礎物理教育の現状(予備調査報告書)”, 日本物理学会, (1990).
- 2) 例えば  
中村敏夫, “パソコンで学ぶやさしい物理学”, 森北出版, (1987).  
平田邦男, “新/BASICによる物理”, 共立出版, (1988).  
吉沢純夫, “パソコンでみる物理シミュレーション”, 森北出版, (1989).
- 3) 例えば  
深川康平・松本定男, “パソコンで学ぶ物理演習”, 森北出版, (1990).  
近浦吉則・田中洋介・鈴木芳文・太田成俊, “コンピュータによる物理学演習=理工学基礎課程のための”, 培風館, (1991).
- 4) 森下伊三男・永野 宏・市川敏朗, “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”, 朝日大学教養部研究報告, 15, 91-104, (1989).
- 5) 朝日大学物理学教室編, “物理学実験 I・II”, 朝日大学物理学教室, (1991).
- 6) (株) アイテム東京ショールーム, “ファイルネットワーク & マルチユーザ・マルチターミナルシステム (REXAS 解説書)”, (株) アイテム, (1990).
- 7) 朝日 CAI シンポジウム事務局, “第7回朝日 CAI シンポジウムレポート”, 朝日新聞社, (1991).
- 8) 石田晴久, “コンピュータ・ネットワーク”, 岩波新書, (1991).