

電子工学実験における理解度の調査

(1989～1991年度調査結果)

茨城職業能力開発短期大学校 竹内 生 公

A Investigation of the Understanding of Electronics Experiments
(Investigation for 1989～1991)

Seikou TAKEUCHI

要約

電子工学実験における実験内容の理解度を定義し、それをアンケート方式で調査している。これを分析した結果、実験内容の物理的意味やデータの精度と解析などを十分把握できない学生は測定機器の取扱いに慣れていないことに原因の一つがあること、高校での物理学や物理実験の履修分野や履修進度によって電子工学実験の理解度は大きな影響を受けないこと、短大で履修している数学系科目の成績と理解度との相関が高いことなどを明らかにしている。

I. はじめに

自動機械科（1992年度の再編整備により制御技術科に転科、同時にカリキュラム内容も改訂されている）の学生に対して機械系および電子情報系の科目とそれらに関する実験実習が開講されている。複数ある実験実習科目の中で電子工学実験 I、II は電子工学と制御工学の内容を主体に実施している。1988年度（昭和63年度）より実験内容と運営・指導システムの計画が進められ、電気、電子および情報系の先生方の協力を得て共同研究、討議がなされ1989年度（平成元年度）より順次実施されている。実験内容の理解度をアンケート方式により調査を実施し、これを基にしてテキストの改訂や教官による指導方法の改善に役立てている。また、現在検討中の実験指導への視聴覚教材システムの導入計画の資料としても活用していきたい。

一方、高校教育においては「ゆとりある教育」を目指して指導要領が改訂され、生徒による履修科目の選択の幅が広がっている。このことから、短大へ入学してくる学生の学力に科目ごとの格差が生じており、これからも拡大する可能性がある。この問題に関して短大および能開大を含めて対策を検討する必要がある。現在でもその問題は内在しており、現在の状況を分析、把握することによりこれから入学してくる学生に対して十分な対処ができるものと思われる。また、少なくともここで述べる分析調査の手法はすぐに生か

せると考えている。

本報告では実験内容の理解度の分析結果、理解度と高校における物理学や物理実験の履修状況、短大で履修した数学関係の成績との関係などについて述べる。

II. 調査方法

調査方法としてはアンケート方式を採用している。アンケートは実験テーマごとに物理的現象やその概念、実験器具、電子部品、電源および測定機器の取扱い方法（使用方法）などについて重要なものを全て取り上げている。

アンケートの項目の一部を付図1～3の集計例に示してある。付図1は実験内容以外の項目に関するもので、出身高校やそこでの履修状況についての質問事項である。実験内容についての質問は付図2の細目にあたる集計結果（全体集計結果）に載せてあり、大項目は次の4種類である。

- A：各テーマに含まれる物理的現象、概念
- B：計測機器以外の各テーマの実験装置の取扱方法
- C：実験で使われた計測機器、電源などの使用方法
- D：実験データの精度と解析方法

これらに対して、次の小項目6段階の中から理解度を選択し回答できるようにしてある。

- 1：テキストなしで理解できた
- 2：テキストを読んで理解できた
- 3：テキストと参考書を読んで理解できた

- 4：教官の説明があつて理解できた
- 5：教官の説明を聞いても理解できなかった
- 6：テキストでわからなかったが、教官にも聞かなかった

したがって、ここでいう理解度とは学生自身の判断によるものである。この調査は全テーマの実験が終了した時点で無記名で行い、対象とした年次と回収率を表1に示してある。表より、全体としては82.3%の回収率で、1989年度(平成元年度)に比べて1991年度(平成3年度)のそれは低い値を示している。これはアンケート用紙の配布・回収方法の違いであり、主に留年生の未回収によるものである。

表2は出身高校の課程別学生数である。表より、全体の81.5%の学生が普通科の卒業生である。集計は付図2、付図3に示したごとく全体集計と条件別集計とに分けて行なう。

III. 実験の実施要領

1. 実施方法

表1 調査対象年度と学生数

年 度	実験科目名	開講時期	履修者数	回収数	回収率(%)
平成元年	電子工学実験Ⅰ	Ⅰ期	17	17	100
	電子工学実験Ⅱ	Ⅱ期	17	16	94.1
平成2年	電子工学実験Ⅰ	Ⅰ期	23	20	87.0
	電子工学実験Ⅱ	Ⅱ期	23	20	87.0
平成3年	電子工学実験Ⅰ	Ⅰ期	25	17	68.0
	電子工学実験Ⅱ	Ⅱ期	25	17	68.0
合 計			130	107	82.3

表2 出身高校の課程別学生数

年 度	普通課程	工業課程			
		機械系	電子情報系	その他	
平成元年	12	2	1	2	農業土木 建築
平成2年	22	0	1	0	
平成3年	19	2	2	2	工業化学 化学
合 計	53	4	4	4	

表3に実験の全テーマ名が示してあり、電子工学実験ⅠはⅠ期、電子工学実験ⅡはⅡ期に開講している。各期の第1週と第2週はガイダンスと報告書の書き方についての授業を行い第3週から実験を開始している。クラス内を1班約4名で4～6班の編成としている。教官は複数のテーマを同時に担当している。なお、本実験科目の単位数は各4単位である。

また、学生が行う各実験テーマについてテキストおよび参考書を事前に読み、不明な点を明らかにして来るよう指導している。

2. 報告書の提出方法

報告書は次回の実験開始前までを提出期限(実験終了後1週間以内)として、それまでに完成させて提出させている。未完成および内容が貧弱な報告書は適当な指導をして学生に返却し、さらに次回までに再提出を求めている。

3. 欠席および遅刻の取扱い

実験開始後に出欠調査を行い、実験開始後20分までは遅刻として取扱い、それ以上過ぎた場合は如何なる事情でも欠席として取扱った。この場合、特定の日に欠席者のみを集めて補講実験を実施している。

IV 実験テーマ別の理解度

アンケート調査により得られた回答全体に対して、大項目(A、B、C、D)と小項目(1～6)に分けて学生の理解度を求める。理解度には次の2つを考慮することにする。1つはテキスト、参考書などで勉強し、独力で理解できた学生の割合「独力理解度」(回答1、2、3の和)、もう1つは教官に説明されてはじめて理

表3 実験テーマ名

電子工学実験Ⅰ	電子工学実験Ⅱ
1 直流計器	1 トランジスタの動特性
2 交流計器	2 デジタル演算回路の実験
3 ブラウン管オシロスコープ	3 TTLを用いた論理回路の実験
4 半導体の光電効果	4 サーボ機構の実験Ⅰ
5 熱電対の校正	5 自動調節計の実験
6 単相電力の測定	6 周波数応答の実験
7 交流ブリッジによる測定	7 演算増幅器を用いた回路の実験
8 電磁誘導回路	8 A-D変換器の実験
9 ダイオードの静特性	9 D-A変換器の実験
10 サイリスタの静特性	10 サーボ機構の実験Ⅱ
11 トランジスタの静特性	11 ステップモータの実験
12 FETの静特性	12 動的システムの特性実験Ⅰ
13 直列・並列回路の共振	13 動的システムの特性実験Ⅱ

解できた学生を含めた割合「理解度」(回答1、2、3、4の和)である。各項目別の数値は断りのない限り3年間分の平均値で示してある。これはサンプル数が少ないと正確な解釈ができないためである。

図1と図2に理解度の一例を示す。図より、テーマによってはばらつきが生じているが、教官の説明を受ければ60~80%の理解度を示している。しかし、この数字は筆記試験による調査ではないため、現象・概念についていえば定性的に内容の把握ができたというのがこの「理解度」の示す意味と解釈できる。一方、回答1~3の和と1~4の和を比較すると教官の説明を受けて理解できた学生の割合の方が多い。

図3に、各実験テーマの現象・概念の理解度を示す。図より、テーマ番号が進むにつれてI期の場合は理解度が落ち、「VI:回路の基礎」が特にそれが低い。これは後述するが、測定機器の使用方法に十分慣れていないためと思える。I期で使用する実験装置や測定機器

は取扱いの難しいものはない。II期では関連科目の講義を受けた後に実験を行うことが多くなるため、理解度は少しずつ高くなる傾向にある。

図4、5に大項目B:各テーマの実験装置(計測機器以外)、電子部品の取扱い方法やC:実験で使われた計測機器、電源等の使用方法に関する理解度(回答1~4の和)を示す。図4より、サーキットボードからダイオードまでは90%以上の理解度を示すがLSI、自動調節計(PID制御)やA-D、D-A変換実験装置では60%程度である。

図5の計測機器の取扱方法(使用方法)についてはオシロスコープ、単相電力計、直流安定化電源の理解度が低い。このオシロスコープ、直流安定化電源やマルチメータは大項目Aの「V:素子の特性」、「VI:回

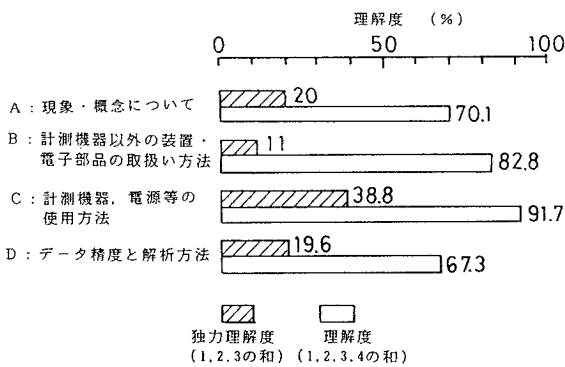


図1 大項目(A, B, C, D)別の理解度

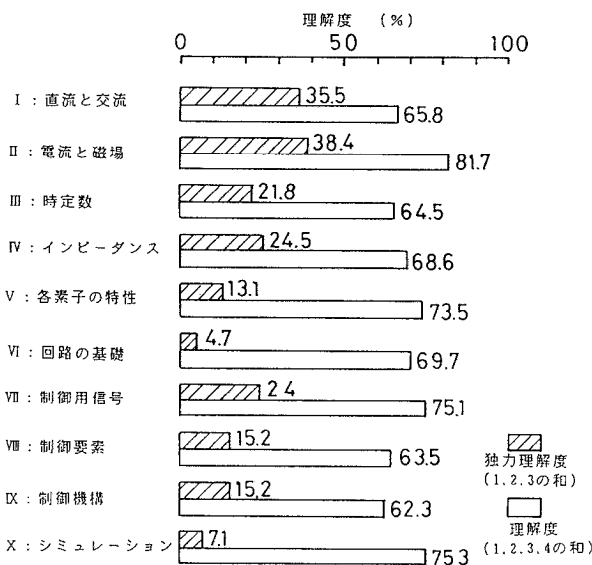


図2 現象、概念のメインテーマ別理解度

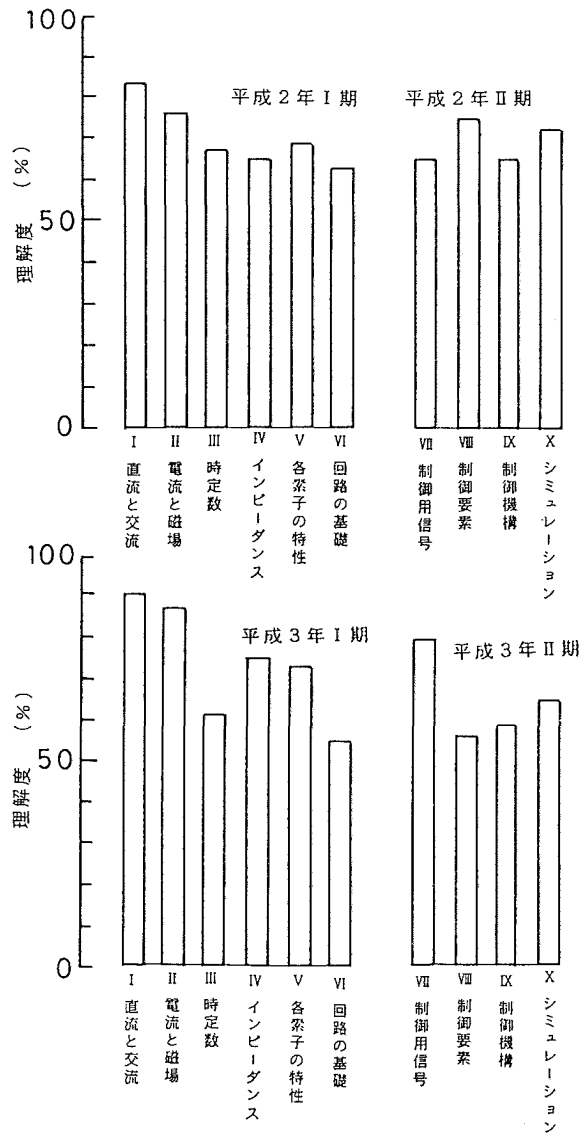


図3 各学期ごとのメインテーマ別理解度

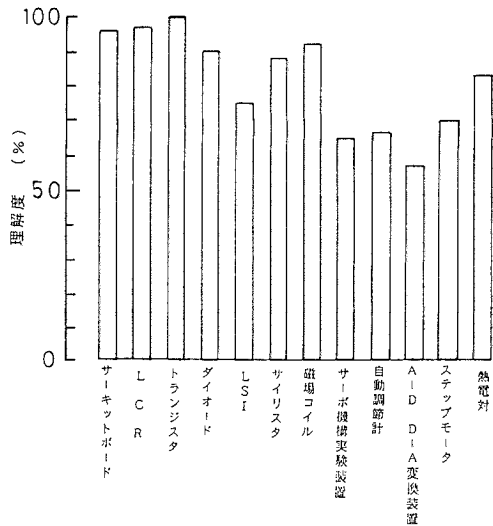


図4 テーマ別実験装置の取扱い方法（使用方法）の理解度

路の基礎」の実験に欠くことのできない計測機器である。これらが十分使いこなせないために実験テーマの物理的内容にまで理解がおよばないものと思える。

また、付図2の全体集計結果より「V：素子の特性」、「VI：回路の基礎」について、回答5、6と答えた学生の割合が前者24%、後者29.2%と高い割合を示している。これを参照して、理解度の特徴をあげると電流の磁気作用や電磁誘導などがよく理解されているのに対して、磁束密度の理解度が低い。時定数やインピーダンスについては教官の説明があって理解できた学生は独力で理解できた学生より多い。回路の基礎においては全般的に独力理解度が低い。これに関する実験テーマはオシロスコープやマルチメータなどの取扱いができないと内容を理解することは難しい。しかし、回答4（教官の説明があって理解できた）と答えた学生が全体の半分以上いることから、教官は実験装置や測定機器の使用方法を親身になって指導する必要がある。

これらから、教官の説明の軽重が実験テーマによって異なり、「V：素子の特性」、「VI：回路の基礎」、「VII：制御用信号」、「X：シミュレーション」では特に入念な説明を必要とする。実験装置や計測機器の取扱方法（使用方法）をビデオテープなどで常に学生が必要に応じて繰り返し学習できるようにするなどの対策を講ずる必要がある。さらに、報告書の提出時に学生と教官が実験内容や考え方などについて検討できる時間帯を設け、学生個々の指導強化方法を考える必要がある。

図6(a)~(d)は大項目（A、B、C、D）別の理解度を年度別に集計した結果である。これは付図3(1)の

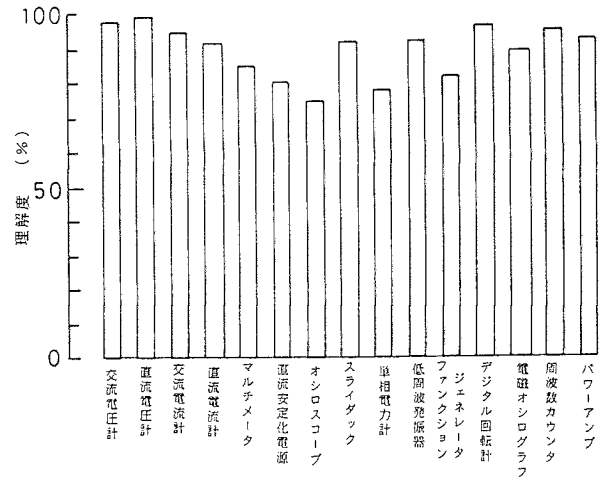


図5 計測機器の取扱い方法

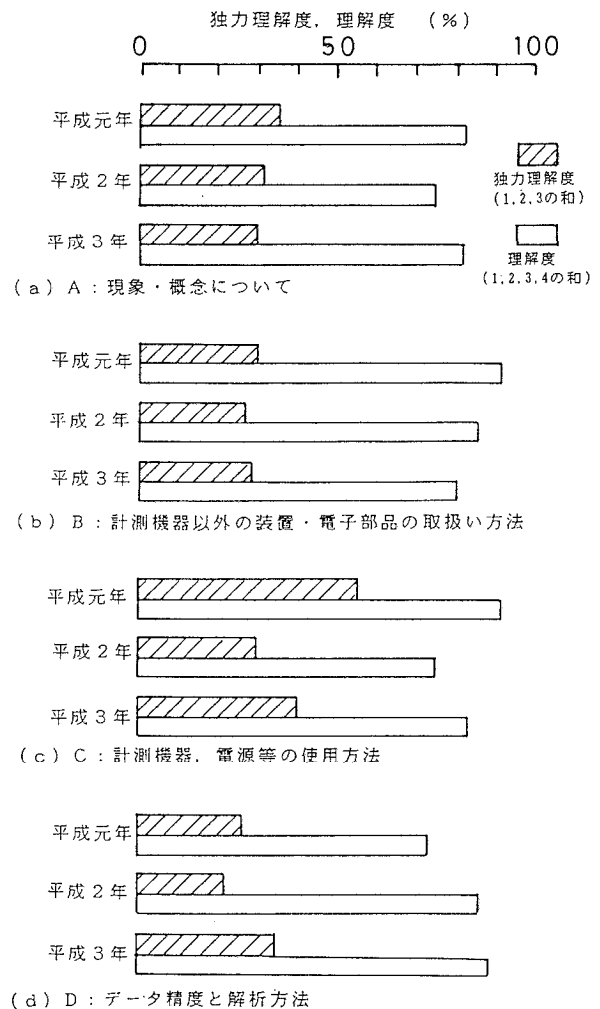


図6 大項目別（A、B、C、D）別の独力理解度と理解度

データをもとにしており、電子工学実験IとIIの算術平均値で示してある。図より、大項目AとDが比較的独力理解度と理解度との差が大きい。

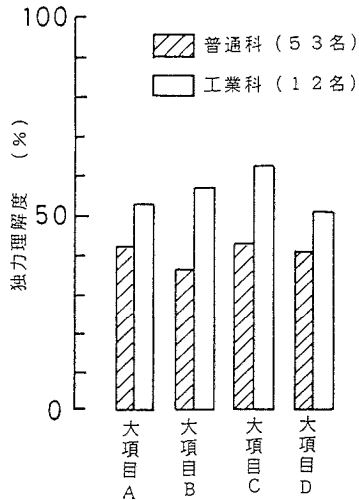


図7 大項目別 (A, B, C, D) 別の出身高校の課程別による独力理解度

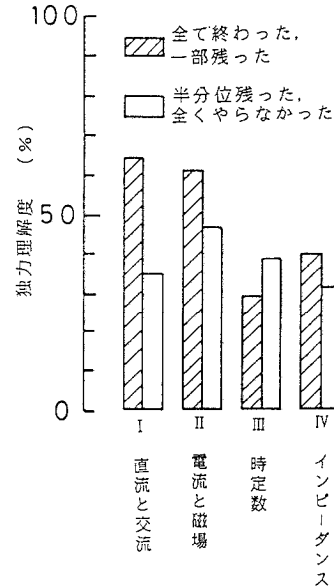


図8 物理の履修状況と独力理解度の関係

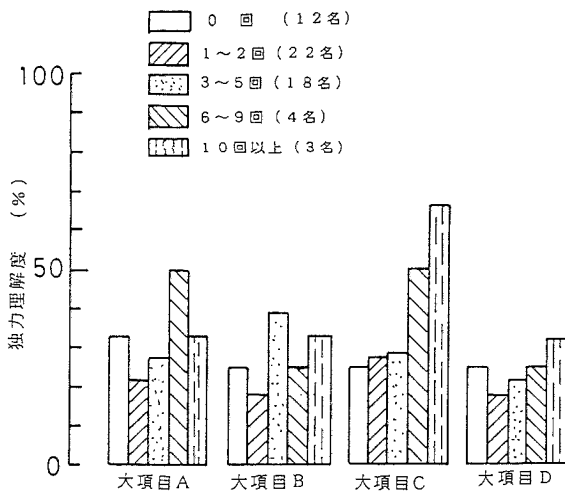


図9 大項目別 (A, B, C, D) 別の独力理解度と物理実験の回数との関係

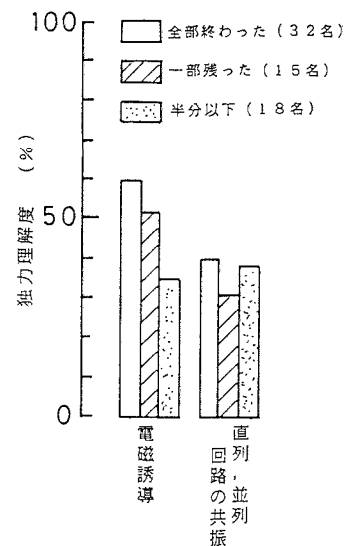


図10 高校の単元別履修度と独力理解度

図7は、出身高校の課程別に集計した結果である。普通科出身以外の学生は全て工業科として集計してある。図より、工業科出身の学生の方が普通科出身の学生よりも高い独力理解度を示している。特に付図3(2)の「C：計測機器、電源等の取扱方法」で、テキストなしで理解できた学生の割合が普通科出身の学生では16.3%であるのに対し、工業科出身の学生は約42%と倍以上である。工業科出身の学生の理解度の良さは普通科出身の学生に比べ、実験や実習を多く経験していることが一因であると思える。

V 高校での物理学および物理実験の履修状況と理解度の関係

高校での物理学や物理実験の履修状況は付図3の(3)、(4)に示してある。この基礎集計結果から文部省学習指導要領にある「I：直流と交流」、「II：電流と磁場」、「III：時定数」、「IV：インピーダンス」の4つのテーマについて独力理解度と履修状況の関係を図8に示す。この図において、半分残った、ほとんど残ったと回答した学生数が4名と少ないため、全くやらなかったと回答した学生とを合計した数で示してある。図より、直流と交流のテーマを除いては高校で物理学

を履修してきた有利さは現れていない。ただし、テキストのみで理解できた（回答2）と答えた学生の割合は付図3の(4)より、物理学を履修した学生の方が多い。

図9に、高校で履修した物理実験の回数と独力理解度との関係を大項目（A、B、C、D）別に示す。図より、物理実験の回数と独力理解度との間には特別な関連がないようである。

そこで、再度高校での物理学の履修状況が電子工学実験の理解度に影響を与えるかを調べる。付図1のアンケート項目(3)の高校での履修進度状況のデータを使用し、ある単元の履修状況がその単元と関連する電子工学実験のテーマの理解度にどのような影響を与えているかを調査する。一つの集計方法として、付図3の(4)に示す方法を試みた。しかし、「半分くらい残った」と「ほとんど残った」の履修状況欄にサンプル数が少ないため異常な傾向がみられる。そのために、ここでの分類は「全て終わった（回答1）」、「一部残った（回答2）」、「半分以下（回答3、4、5の和）」の3つに分けることにする。

図10に、適当なサンプル数を持つ「電流」と「インピーダンス」の2単元の実験テーマの独力理解度を示す。図より、多少のばらつきはあるが単元の履修度が高い学生ほど独力理解度も高い傾向にある。これに関

してはさらに多くのサンプル数が得られたときに再検討したい。

VI 独力理解度と数学系科目の成績との関係

図11に、短大で履修した数学と解析Iの成績と独力理解度の関係を示す。図中の成績は各年度ごとのクラス平均点である。成績のクラス平均点は学生の成績表に記載されている優、良、可、不可を5、3、1、0点と換算し、クラス別（年度別）にその合計点を求めそれをクラスの人数で除した値で示してある。図より、大項目A、B、Cでは独力理解度と数学系科目の平均点はおよそ正の相関にあるが、大項目Dは逆である。独力理解度の差は入学年度別の学生の性格による差というよりは、学生の基礎能力との関連が深いと推定される。なお、大項目Dの特異性の原因を探るデータは現在のところないが、ここでの平均点とは「答が決まっている問題を解く能力」の目安にはなるが、「数学を実際の現象へ応用する能力」の目安には必ずしもならないことが一因ではないかと思われる。実際の実験データの解析では単位、尺度など注意を要することが多く、単に $\log x^a = a \log x$ 的な公式を暗記していても実験データの処理に正しく応用できないためと考えられ

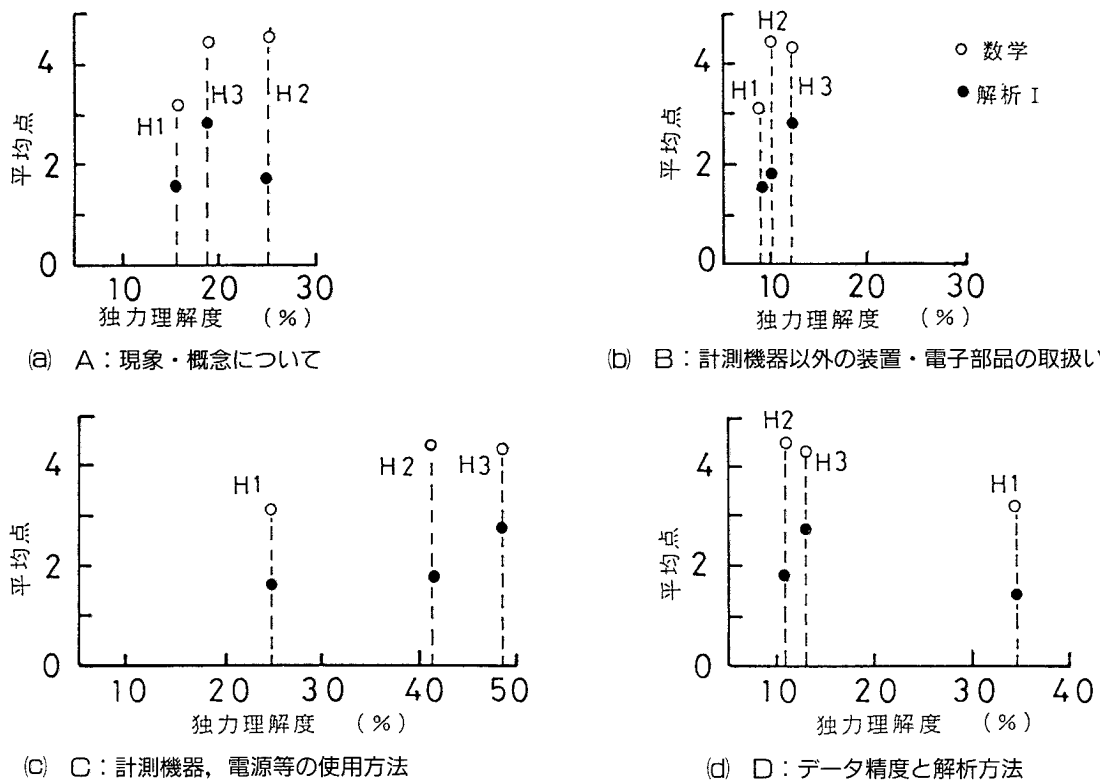


図11 独力理解度と数学、解析Iのクラス平均点の関係

る。したがって、この面からの十分な指導の必要性がある。

VII おわりに

実験内容の理解度をアンケート方式により調査し、その回答を分析した結果、以下のことを明らかにできた。

- (1) 実験内容について教官の説明を受けて理解できた学生の割合が多く、実験前の説明は今後も続けるべきである。テーマによってその軽重が異なる。
- (2) 講義を受けた後に実験を実施した方がより理解度が高くなる。
- (3) 全体的に理解度を向上させるひとつの方法として、実験終了後もしくは報告書の提出時に実験内容および実験結果について十分な検討時間を設けるとよい。
- (4) 理解度の低い実験テーマにおいてはオシロスコープやマルチメータなどの使用方法がよく理解されていないことに一つの大きな原因がある。
- (5) 高校の物理学や物理実験の履修分野、履修進度によって短大での電子工学実験の理解度は全体として大きな影響を受けていない。それよりも短大で履修している数学系の科目の成績と理解度との相関が高い。

今後は統計としてさらに十分なサンプル数の蓄積を図ることが必要ではあるが、高校での数学関係の科目の履修度および履修経験の有無のみでなく、その成績、つまりどの程度内容を把握してきたかを取り入れて分析する必要がある。さらに、短大での英語や専門科目の成績との関連性についても調査する必要がある。

一方、学生の理解度と実際の筆記試験の得点との関連性をも調査することで、アンケートでの理解度とはどのような性質を持つものかを深く掘り下げ、効果的な教育訓練の役に立てたい。また、具体的な調査項目としては上述のように高校時代の数学系の履修科目、学生の思考課程をさらに詳しく知ることのできる実験テーマを設け、それらと理解度との相関を調査していきたい。

付図1 アンケート用紙の実験内容以外の項目

平成3年度

電子工学実験Ⅰアンケート

学生諸君が行ってきた電子工学実験Ⅰについて、今後のテキスト、指導方法の参考にするためアンケートに協力ください。このアンケートは成績には全く関係ありませんので、自分の感じたままに答えてください。各項目についてあてはまるものに記入または○印を付けてください。

(1) 出身校

1	2	3
公立	私立	その他

(2) 出身校の課程

1	2	3	4
普通科	工業科(機械系)	工業科(電気系)	その他

(3) 高校での履修進捗状況(物理を履修した学生のみ)

履修内容	履修状況	全て終わった	一部残った	半分くらい残った	ほとんど残った	全くやらなかった
運動と力 (物体の運動, 運動の法則)		1	2	3	4	5
エネルギー (力学的エネルギー, 熱と仕事)		1	2	3	4	5
波動 (波動, 音)		1	2	3	4	5
電界と電子 (電界, 電子と原子)		1	2	3	4	5
運動とエネルギー (固体に働く力, 回転運動, 気体の分子運動)		1	2	3	4	5
波動 (光 波)		1	2	3	4	5
電流 (電圧と電流, 電流と磁界, 電磁誘導, 交流と電気振動)		1	2	3	4	5
原子の構造 (波動性と粒子性原子と原子核)		1	2	3	4	5

(4) 高校で行った物理実験の回数 (物理実験を履修した学生のみ)

1	2	3	4	5
0回	1~2回	3~5回	6~9回	10回以上

(5) 高校で行った機械工学実験の回数 (機械工学実験を履修した学生のみ)

1	2	3	4	5
0回	1~2回	3~5回	6~9回	10回以上

(6) 高校で行った電気工学実験の回数 (電気, 電子系の実験を履修した学生のみ)

1	2	3	4	5
0回	1~2回	3~5回	6~9回	10回以上

(7) 上記(3)~(6)以外に行った実験の名称と回数 _____

付図2 実験内容の細目にわたる集計結果

履修者総数 130
回収率 107

1	2	3	4	5	6	7
できた	テキストなしで理解できた	テキストを読んで理解できた	テキストと参考書を読んで理解できた	教官の説明があつて理解できた	教官の説明をきいても理解できなかった	教官の説明をきいても理解できなかった

A 現象、概念について

I	直流と交流	全体							
		1 25人 23.4%	2 19人 17.8%	3 4人 3.7%	4 41人 38.3%	5 10人 9.3%	6 5人 4.6%	7 3人 2.8%	
I	直流と交流	• 直流と交流の違い	1 8 7.5	2 27 25.2	3 2 2.8	4 37 34.6	5 24 22.4	6 2 1.9	7 1 0.9
		• オームの法則	1 1 1.9	2 21 19.6	3 1 1.9	4 48 44.9	5 21 19.6	6 12 11.2	7 0 0.9
		• 正弦波	1 1 1.9	2 2 2.8	3 3 3.7	4 4 4.6	5 5 5.4	6 6 6.3	7 7 7.3
		全体	1 1 1.9	2 2 2.8	3 3 3.7	4 4 4.6	5 5 5.4	6 6 6.3	7 7 7.3
II	電流と磁場	• 電流の磁気作用	1 6 5.6	2 25 23.4	3 17 15.9	4 39 36.5	5 12 11.2	6 7 6.5	7 4 3.7
		• 電磁誘導	1 5 4.7	2 28 26.1	3 14 13.1	4 48 44.9	5 8 7.5	6 6 5.4	7 4 3.7
		• 磁束密度	1 1 1.9	2 18 16.8	3 8 7.5	4 52 48.6	5 19 17.8	6 7 6.5	7 9 8.4
		全体	1 1 4.1	2 2 22.1	3 3 12.2	4 4 43.3	5 5 12.1	6 6 4.7	7 7 1.6
III	時定数	• コンデンサの充電、放電	1 2 2.8	2 25 23.4	3 3 3.7	4 39 36.5	5 20 18.7	6 12 11.7	7 7 6.5
		• 過渡現象	1 2 12.2	2 13 12.2	3 4 3.7	4 45 42.1	5 30 28.0	6 6 14.0	7 7 14.0
		• 時定数	1 2 0.9	2 18 16.8	3 8 7.5	4 53 49.5	5 24 22.4	6 7 6.5	7 7 6.5
		全体	1 2 1.2	2 18 17.5	3 8 7.5	4 53 49.5	5 24 22.4	6 7 6.5	7 7 6.5
IV	インピーダンス	• RLCの交流的性質	1 2 0.9	2 12 11.2	3 3 4.7	4 52 48.6	5 25 23.4	6 10 9.3	7 7 6.5
		• コイルのインダクタンス	1 1 2.8	2 26 24.3	3 3 3.7	4 51 47.7	5 17 15.9	6 6 5.4	7 7 6.5
		• コンデンサの容量	1 8 7.5	2 21 19.6	3 3 2.8	4 48 44.9	5 18 16.8	6 7 6.5	7 7 6.5
		• インピーダンス	1 1 3.7	2 23 21.5	3 3 1.9	4 36 33.6	5 25 23.4	6 15 14.0	7 7 6.5
V	各素子の特性	• 位相差	1 1 1.9	2 15 14.0	3 3 1.9	4 49 45.8	5 18 16.8	6 18 16.8	7 7 6.5
		• 光と起電力の関係	1 1 3.7	2 2 18.1	3 3 3.0	4 4 44.1	5 5 19.3	6 6 10.1	7 7 6.5
		• 熱と起電力の関係	1 2 7.5	2 20 18.7	3 3 2.8	4 49 45.8	5 10 9.3	6 16 15.0	7 7 6.5
		• ダイオードの整流作用	1 2 2.8	2 8 7.5	3 3 2.8	4 58 54.2	5 30 28.0	6 8 7.5	7 7 6.5
V	各素子の特性	• トランジスタの増幅作用	1 1 1.9	2 21 19.6	3 8 7.5	4 62 57.9	5 7 6.6	6 7 6.5	7 9 8.4
		• サイリスタの作用	1 1 1.9	2 5 4.6	3 3 2.8	4 66 61.6	5 26 24.3	6 6 5.4	7 7 6.5
		• FETの性質	1 2 1.9	2 3 2.8	3 3 2.8	4 78 72.9	5 19 17.8	6 6 5.4	7 7 6.5
		全体	1 2 0.9	2 3 2.8	3 3 2.8	4 75 70.1	5 21 19.7	6 7 6.5	7 9 8.4

1	2	3	4	5	6	7
できた	テキストなしで理解できた	テキストを読んで理解できた	テキストと参考書を読んで理解できた	教官の説明があつて理解できた	教官の説明をきいても理解できなかった	教官の説明をきいても理解できなかった

VI 回路の基礎	• 電流の流れる方向	1 2 3 4 56 5 38 6 3.7 3.7 0.9 52.4 35.6 3.7
	• 各素子の配置の仕方	1 2 3 4 70 5 21 6 9 7 0.9 2.8 1.9 65.8 19.7 8.4 0.9
	• 接続抵抗	2 3 4 79 5 18 6 6 7 0.9 0.9 73.9 16.8 5.6 1.9
	• 素子間, 配線間の干渉 全体	1 2 3 4 73 5 21 6 8 7 0.9 0.9 68.3 19.6 7.5 1.9 1 2 3 4 5 6 7 1.4 2.1 1.2 65.0 22.9 6.3 1.2
VII 制御用信号	• トランジスタの動特性	1 2 3 4 59 5 28 6 7 1.9 5.6 2.8 55.1 26.2 4.7 3.7
	• しきい値電圧	1 2 3 4 57 5 28 6 7 1.9 13.1 0.9 53.3 25.2 4.7 1.2
	• モーター駆動の原理	1 7 2 38 3 4 4 48 5 8 6 6.5 35.5 3.7 44.9 7.5 1.9
	全体	1 2 3 4 5 6 7 3.4 18.1 2.5 51.1 19.6 3.8 1.5
VIII 制御要素	• 周波数応答	2 15 3 4 57 5 23 6 10 7 14.0 0.9 53.3 21.6 9.3 1.5
	• 素子を用いての加減算	1 2 12 3 4 45 5 31 6 15 2.8 11.2 0.9 43.1 29.0 14.0
	• A-D, D-A変換	1 2 13 3 4 53 5 22 6 13 7 2.8 12.1 0.9 49.5 20.6 12.2 1.9
	全体	1 2 3 4 5 6 7 1.9 12.4 0.9 48.3 23.7 11.8 0.9
IX 制御機構	• 制御方式	2 10 3 4 55 5 21 6 16 7 9.3 0.9 51.4 19.7 15.0 3.7
	• PID制御	1 2 11 3 4 48 5 28 6 12 7 2.8 10.3 2.8 44.9 26.1 11.2 1.9
	• 応答遅れ	1 2 18 1 4 48 5 22 6 14 7 1.9 16.8 0.9 44.9 20.5 13.1 1.9
	全体	1 2 3 4 5 6 7 1.6 12.1 1.5 47.1 22.1 13.1 2.5
X シミュレーション	• シミュレーションモデル	2 3 4 79 5 16 6 11 0.9 73.8 15.0 10.3
	• 線形系モデル	1 2 8 3 4 65 5 19 6 8 7 3.7 7.5 0.9 60.7 17.8 7.5 1.9
	• 数値計算モデル	1 1 4 70 5 21 6 12 7 0.9 65.4 19.7 11.7 1.9
	• 計測結果と係数の決定方法	1 2 18 3 4 65 5 14 6 7 2.3 16.8 0.9 60.7 13.2 5 4.7 0.9
	• 計測結果のシミュレーション	4 86 5 16 6 5 80.3 15.0 4.7
	全体	1 2 3 4 5 6 7 1.5 5.2 0.4 68.2 16.1 7.7 0.9

1	2	3	4	5	6	7	
できた	テキストなしで理解できた	テキストを読んで理解できた	テキストと参考書を読んで理解できた	教官の説明があつて理解できた	教官の説明をきいても理解できなかった	教官の説明がわからなかつた	無回答

B 各テーマの実験装置(計測機器以外)・電子部品の取扱い方法

1	サーキットボード	1 8 7.5	2 4 88.8	3 95	4 5 0.9	5 6 1.9	6 7 0.9	
2	抵抗, コンデンサ, コイル	1 10 9.4	2 4 3.7	3 0.9	4 89 83.3	5 6 0.9	6 7 0.9	
3	トランジスタ	1 4 3.7	2 24 22.4	3 1.9	4 76 71.1	5 6 0.9	6 7 0.9	
4	ダイオード	1 8 7.5	2 10 9.3	3 0.9	4 77 72.0	5 8 7.5	6 6 1.9	
5	集積回路(LSI他)	1 2 2.8	2 0.9	4 80 74.8	5 13 12.1	6 8 7.5	7 0.9	
6	サイリスタ	2 3 0.9	4 92 86.0	5 8 7.5	6 6 3.7	7 4	8 0.9	
7	磁場コイル	1 2 2.8	2 3 0.9	4 93 87.0	5 6 4.7	6 6 3.7	7 0.9	
8	サーボ機構実験装置	2 12 11.2	3 2.8	4 54 50.5	5 20 18.7	6 15 14.0	7 2.8	
9	自動調節計	2 16 14.9	3 3.7	4 52 48.6	5 25 23.4	6 8 7.5	7 1.9	
10	A-D, D-A変換実験装置	1 2 0.9	2 12 11.2	3 0.9	4 48 44.8	5 28 26.2	6 14 13.1	7 1.9
11	ステップモータ	1 2 2.8	2 3 0.9	4 69 64.5	5 18 16.8	6 13 12.2	7 1.9	
12	熱電対	2 0.9	4 88 82.2	5 6 2.8	6 12 11.2	7 2.8	8 0.9	
B	全体	1 2 3.2	2 6.6	3 1.2	4 71.8	5 9.6	6 6 6.4	7 1.3

C 実験で使われた計測機器, 電源等の使用方法

1	交流電圧計	1 75 70.1	2 24 22.5	3 0.9	4 5 4.7	5 6 0.9	
2	直流電圧計	1 64 59.8	2 36 33.7	3 4 5.6	4 5 0.9	5 0.9	
3	交流電流計	1 59 55.1	2 25 23.4	3 2.8	4 14.1	5 3.7 0.9	
4	直流電流計	1 58 54.2	2 20 18.7	3 1.9	4 19 17.7	5 6 5.6	
5	電子電圧計(マルチメータ)	1 10 9.4	2 3 4.7	3 0.9	4 76 71.0	5 14 13.1	6 0.9
6	直流安定化電源	1 28 26.2	2 3 4.7	3 2.8	4 50 46.7	5 8 7.5	6 9 8.4
7	オシロスコープ	1 4 3.7	2 25 23.4	3 3.7	4 49 45.8	5 11 10.3	6 13 12.1
8	スライダック	1 19 17.8	2 69 45.7	3 6 5.6	4 25 23.4	5 3 2.8	6 3 2.8
9	单相電力計	1 4 3.7	2 10 9.4	3 0.9	4 49 64.5	5 15 14.0	6 5 4.7
10	低周波発振器	1 8 7.5	2 18 16.8	3 0.9	4 72 67.3	5 6 4.7	6 7 1.9

1	2	3	4	5	6	7
できた テキストなしで理解	解できた テキストを読んで理	読んで理解できた テキストと参考書を	理解できた 教官の説明があつて	も理解できなかつた 教官の説明をきいて	かかテキストでわからな かかたが教官にも聞	無 回 答

11	ファンクションジェネレータ	1 2 6 1.9 5.6	4 80 74.8	5 13 12.1	6 4.7	7 0.9	
12	デジタル回転計	2 1 0.9	4 102 95.4	5 6 0.9	6 1.9	7 0.9	
13	電磁オシログラフ	2 3 4.7 0.9	4 89 83.2	5 8 7.5	6 2.8	7 0.9	
14	周波数カウンタ	1 2 3 1.9 2.8 1.9	4 95 88.8	5 1 2.8	6 0.9	7 0.9	
15	パワーアンプ	1 18 16.9	2 2 3.7	4 78 72.9	5 6 3.7	7 1.9	
C	全 体	1 21.9	2 15.1	3 1.9	4 52.9	5 6 4.8 2.3	7 1.1

D データの精度と解析方法

1	電流計, 電圧計の精度とその有効数字	1 2 28 3.7 26.2	3 3 0.9	4 38 35.5	5 26 24.3	6 8 7.5	7 1.9
2	複数の測定量から算出される物理量の精度の見積	2 3 3.7 3.7	4 42 39.3	5 35 32.8	6 21 19.6	7 0.9	
3	得られた計算結果の有効数字の決め方	1 2 37 2.8 34.5	3 3 1.9	4 35 32.8	5 15 14.0	6 14 13.1	7 0.9
4	線形グラフから2変数の関数を出す方法	1 19 17.8	2 10 9.3	3 3 1.9	4 66 61.7	5 8 7.5	6 0.9
5	片対数グラフ用紙の使い方	1 2 15 0.9 14.0	4 72 67.4	5 15 14.0	6 2.8	7 0.9	
6	片対数グラフから2変数の関数関係を出す方法	2 3 1.9 1.9	4 55 51.5	5 38 35.5	6 10 9.3	7 0.9	
7	両対数グラフ用紙の使い方	1 2 29 0.9 27.1	3 3 1.9	4 51 47.7	5 18 16.8	6 4.7	7 0.9
8	両対数グラフから2変数の関数関係を出す方法	2 3 1.9 0.9	4 49 45.8	5 49 45.8	6 3.7	7 1.9	
D	全 体	1 2 3.3 14.8	3 3 1.5	4 47.7	5 23.8	6 7.7	7 1.2

付図3 条件別基礎集計結果

1	2	3	4	5	6	7
できた	理解できた	テキストと参考書を読んで理解できた	理解できた	教官の説明を聞いて理解できなかった	教官の説明を聞いて理解できなかった	無回答

履修者総数 130
回収数 107

1)年度別集計

	A現象、概念について				B計測器以外の取扱方法				C計測器、電源等の取扱方法				Dデータの精度と解析方法																
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4											
平成元年	24.4	8	3	4	46.4	9.4	5.8	11.6	12.6	6	6	6	1	2	3	4	61.0	18.9	28.8	7.6	35.5	33	17	6	46.5	12.5	15		
平成2年	20.2	8.3	3	4	43.1	14.3	7.7	13.1	12.1	3	4	5	6	7	1	2	3	4	57.1	14.8	12.2	45.2	16.8	6	10.2	9.6	53.6	14.5	7
平成3年	17.0	10.2	3	4	50.8	10.3	6.7	15.0	10.4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	50.8	26.9	8.2	43.8	11	3	19.6	12.4	53.2	3.6	6

2)出身校の課程別集計

普通科 (53名)	25.5	11.7	3	4	39.4	12.6	7.2	15.7	12.4	5	6	7	1	2	3	4	57.5	16.3	12.8	13.0	43.5	7.2	18.4	17.3	46.3	7.2	6	
工業科 (12名)	24.6	20.9	8.3	21.3	8.3	8.3	8.3	33.3	22.4	4	5	6	7	1	2	3	4	41.6	21.1	23.9	16.9	33.3	6.7	6.7	36.6	36.4	6.7	7

3) 高校で行った物理実験の回数

	A現象、概念について						B計測器以外の取扱方法						C計測器、電源等の取扱方法						Dデータの精度と解析方法								
	1	2	3	4	5	6	7	2	3	4	5	6	7	2	3	4	5	6	7	2	3	4	5	6	7	2	3
0回	8.3	16.6	8.3	33.6	8.3	16.6	8.3	16.6	8.3	41.9	16.6	8.3	8.3	16.6	8.3	33.6	16.6	8.3	16.6	8.3	16.6	8.3	50.2	8.3	8.3	8.3	
1~2回	18		4	59.5	5	6	7	1	2	4	68.5	5	6	7	1	2	4	5	6	2	3	4	55	5	6	7	
3~5回	11.0	16.5	4	50.5	5	6	7	1	2	4	45	5	6	7	1	2	4	5	6	2	3	4	61.5	5	6	7	
6~9回	25	25	4	50	2	4	25	75	1	2	4	50	2	4	50	2	4	50	2	4	25	50	25	50	25		
10回以上	33.3	4	4	66.7	1	4	33.3	33.3	6	1	4	33.3	33.3	2	4	33.3	33.3	4	2	2	4	33.3	66.7	4	4		

4) 高校で履修した物理学の各分野の履修進度別集計

	電界と電子						電圧と電流						電流と磁場														
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6
全て終わった 一部残った	10.5	16.8	4	49.6	14.7	6.3	29.4	37.8	16.8	6.3	7.6	4.2	39.9	10.5	34.9	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
半分くらい残った ほとんど残った	4		6	75	25	2.1	75	75	6	2.1	25	25	75	75	6	2.1	25	75	75	6	2.1	25	75	75	6	2.1	25
全くやらなかった	14.2	4	4	64.5	14.2	7.1	29	49.7	14.2	7.1	7.1	7.1	71.4	7.1	14.2	7.1	14.2	7.1	14.2	7.1	14.2	7.1	14.2	7.1	14.2	7.1	14.2

	電磁誘導							時定数							インピーダンス						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
全て終わった 一部残った	12.6	31.5	6.3	24.4	12.6	10.5	2.1	8.4	25.2	6.3	33.6	21	3.4	2.1	4.2	23.7	2.1	26.6	26.6	14.7	
半分くらい残った ほとんど残った		4			6			4	75			6			4			5	6		
全くやらなかった	14.2		4	71.4	7.1	7.1	7.1	4	78.7	4	78.7	5	6	2	4			85.8	4	6	7.1