

# 製図教育用ネットワークコンピュータ テストシステムの開発とその評価

赤倉 貴子<sup>1)</sup>・永岡 慶三<sup>2)</sup>

著者らはこれまでに製図教育用コンピュータテストシステムを開発し、数年間にわたり、実際に利用してその効果を検討してきた。このテストシステムは、製図の2つの能力、すなわち立体をイメージする能力と三面図への変換能力を分離測定することができるものである。そこで、テストシステムを使ってこの能力が身についているかどうかを判定するが、イメージ能力が十分に身に付いていない学習者は、何度もシステムを使ってテストを受験することで、得点の向上がはかれた。すなわち、テストシステムは自主学習システムとして役立った。さらにスタンドアロン型のテストシステムを発展させ、ネットワーク上にこのコンピュータテストシステムを構築したところ、学習者は空間的・時間的に自由にシステムを利用できるようになり、スタンドアロン型のテストシステムよりさらに自主学習者が増加した。また、自主学習システムとして利用した場合には、学習者のシステムに対する主観的評価が高まることもわかった。

## キーワード

コンピュータテスト、ネットワーク、教育評価、製図教育、システム開発

## 1. まえがき

コンピュータテストは、1960年代のアメリカにおける自動採点処理システムを嚆矢として、1980年代には、項目反応理論を基礎とする適応型テストへ、さらに1990年代になって、コンピュータの持つ能力を大いに利用し、教育におけるパフォーマンス能力を評価するという立場から、生徒の平常の学習記録、活動などを評価する「継続的測定」が主流になってきた(池田 1997)。また、コンピュータの技術的進歩により、より複雑な処理、例えば3Dグラフィック、マルチメディア、ネットワークなどの利用が可能になってきている(小林ほか 1998、藤原ほか 1994、堀米ほか 1998)。

このようなコンピュータテスト開発の流れの下で、著者らは、これまでコンピュータ上に、アイテムバンクを持ち、テスト構成、テスト実施、テスト採点、結果の分析、フィードバックを行えるコンピュータテストシステムを開発してきたが、学習者特性に応じたフィードバックが行えるシステム(Akakura & Nagaoka 1993)の開発や、コンピュータの持てる能力を大いに利用する立場から、ペーパーテストでは測定できない能力を測定するコンピュータテストシステムの開発を目指してきた。その具体的実現の一つに製図教育用コンピュータテストシステムがある(赤倉、永岡 1995a、1995b)。

この製図教育用コンピュータテストシステムは、製図能力が完全に形成されていない場合、立体をイメージする能力がないのか三面図への変換能力がないのかを把握するためのものであったが、何度もシステムを使ってテストを受験するこ

<sup>1)</sup> メディア教育開発センター研究協力者 芦屋大学

<sup>2)</sup> メディア教育開発センター

とにより、自主学習の効果が生まれることが明らかになった(赤倉、永岡 1997a)。さらに、システムをネットワーク上に構築したところ、さらに自習が促進されるようであった(赤倉、永岡 1997b、1997c)。そこで、本稿では、製図教育用コンピュータテストシステムの開発の経過と利用経過について、スタンドアロン型システムとネットワーク型システムを比較する形で検討し、ネットワーク型システムが、スタンドアロン型システムと比較して、どのような利点があるか、あるいはどのような可能性を持つかについて考察する。

## 2. 製図教育用コンピュータテストシステム

### 2-1 製図教育の課題

機械、建物などをつくる場合には、それらの形状、構造、寸法などを図形で描き、製作物を仮想した草案を作成するが、この草案を作成することを「設計」といい、さらに製作するのに有効な図面として正確にかつ詳しく描きあらためたものを「製作図」といい、そして、この図面を作成することを「製図」という(大西 1992)。

こうした製図教育は、上述したように、機械、建築、土木、デザイン(設計という意味だけでなく、芸術、意匠なども含む広い概念)の各教育で広く行われているが、その中でコンピュータ利用教育としては、CAD教育が知られている。しかしながら、最近になって、CAD教育は本当に必要なのか、と言ったような議論が行われているが、それは、設計製図教育におけるCAD教育の位置づけが明確でなく、CADの利点が活かしきれていないことが原因のようである(大村 1998)。しかし一方で、実物を表現したモデルやグラフィックによる実物の表現の要求から、3次元CADでの設計が必須のものと考えられる(小林ほか 1998)など、CAD教育の重要性を説く意見も多い。著者らの先行研究においても、CAD特有の機能、例えば、相似複写や三面図からの立体表示などを

利用した教育は、学習者の学習への動機づけや理解に効果的であった(赤倉ほか 1992)。特に、三面図から立体を想起する訓練のできていない学習者に対して、三面図が立体と同一のものであるということを知らしめるのに効果があったと思われるが、これは、物体の変形を可視化することにより、学習者がその現象に対する具体的なイメージを持つ(川村ほか 1996)という報告とも相通ずるものである。こうした事情に照らし、著者らは、製図教育におけるコンピュータ利用を、CADの操作法のみにとらわれることなく考えてみようとした。

すなわち、製図、土木の地形図、立体図や透視図のテクニカルイラストレーションの基本は投影図法であり、「図学」は投影図法の理解と、それを利用する立体や構造の図的解法を扱ってきた(中村ほか 1994)という原点に立ち、製図学習の基礎となるのは投影法であり、3次元である立体を2次元の平面に描くこと、及び2次元の情報から製作物の実態を知ることであるととらえ、ここに教育目標をおくことにしたのである。著者らが対象とするのは、大学において工学を専門とせず、幅広い教養の一環として「製図」を学ぶ学習者であるが、こうした学習者はもちろん、直接的に製図が「専門」の一環となる学習者にとっても、3次元である立体を2次元の平面に描くこと、及び2次元の情報から製作物の実態を知ることが学習の目標となるのは同じであると思われる。

そこで、これらの行為、つまり3次元の立体を2次元平面に投影する行為、及び逆に2次元平面上に描かれた投影図から3次元立体を表象する行為の2つについて考えてみると、こうした行為が獲得できているかどうかを測定することは困難な場合が多い。すなわち、**図1**、**2**に示すような問題(いわゆる立体に対する正投影図の選択問題)をペーパー上で出題し、学習者が誤答であった場合、

- ①出題されている立体そのものを頭の中でイメージできないのか
- ②三面図への変換能力がないのか

がわからない。このようなとき、紙などで作成した模型を学習者に提示し、立体そのものをイメージする必要をなくすれば、純粋に②の能力を測定することができる。つまり、模型を触れば正投影図を描くことができる(多肢選択問題であれば、正しい解答を選択できる)ならば、①の能力はないが②の能力はあると判断できる。ところが、ペーパーテストにおいて、もし模型を準備するとすれば、「受験者数×問題数」の模型が必要となり、物理的に困難である。そこで、テストとして出題された立体をワイヤーフレーム及びソリッドモデルとして自由に回転表示できるシステムを構築することにした。

## 2-2 製図教育用コンピュータテストシステム概要

コンピュータテストシステムの基本構成を図3に示す。この構成は、基本的には著者らがこれまでに開発してきた製図教育以外のコンピュータテストシステム(以下、製図以外のシステムと称す; Akakura & Nagaoka 1993など)と同じであり、出題者側の作業は、まずテスト項目を作成する

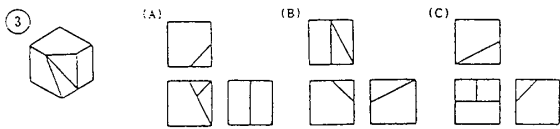


図1 立体に対する正投影図の選択問題の例  
「立体に対応する正投影図を選びなさい」という問題

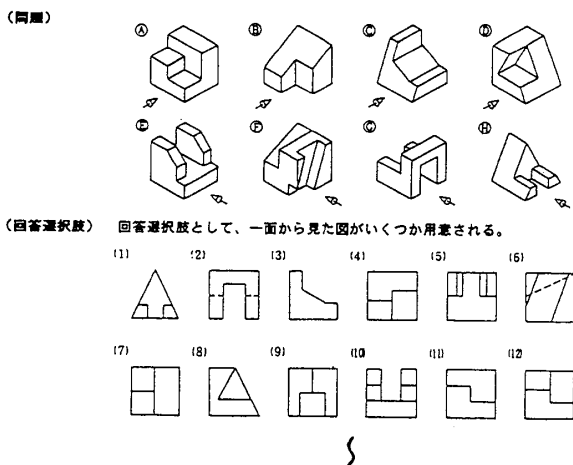


図2 立体に対する正投影図の選択問題の例  
「立体(矢からみた図)に対応する正投影図を選びなさい」という問題

(Item Writing) ことであるが、既に何度かテストを実施している場合には、テスト項目が保存されている (Item Pool) ので、これを利用することも可能である。また既に実施されたことのあるテスト項目は、項目の統計量 (Item Statistic Base) を持っているので、これを参照してテストを構成する (Test Construction)。こうして構成されたテストが、フロッピーディスクや個々のコンピュータのハードディスクなどの磁気媒体に記録され、学習者に実施される (Test Execution) が、この時、学習者の特性 (キーボード入力速度や学習者のコンピュータに対する興味など) も同時に収集される (Learner Traits Collect)。回答や所要時間などは実施した磁気媒体に記録されるので、これを回収し採点する (Test Scoring)。そして採点の結果は、個人のデータと項目のデータとして分析され (Test Analysis)、一方で学習者の特性データベース (Learner Traits Database) に照らして、学習者の関心に応じたフィードバック用の帳票が作成され (Feedback Charts Construction)、学習者にフィードバックされる。ただ、本システムが製図以外のシステムと異なっているのは、テスト実施に関連しての出題方法、回答方法などである。

図4は文字情報で出題され、文字情報で回答する製図以外のシステムの出題画面であるが、図5は、本システムの出題画面である。図に示すよう

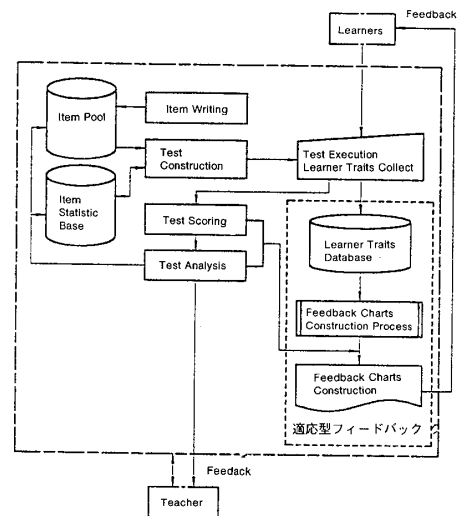


図3 製図教育用コンピュータテストシステムの構成

に、1つのウィンドウに問題が提示され、別のウィンドウでは、出題立体を回転できるようになっている。そして、さらに別のウィンドウで回答を入力する形式をとっている。立体の回転は、立体の回転ウィンドウで、学習者のマウス操作によって行うことができるが、出題された立体が回転できないように、この回転ウィンドウが表示されない問題も準備する。このような回転できる問題と回転できない問題の正誤によって、学習者の能力を判断できる(表1)。但し、「イメージ能力はあるが、変換能力はない」学習者の判断はできない。

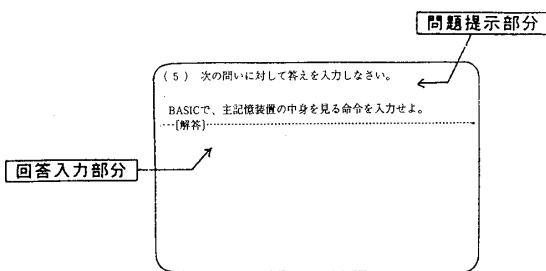


図4 文字情報のみのテスト出題、回答画面

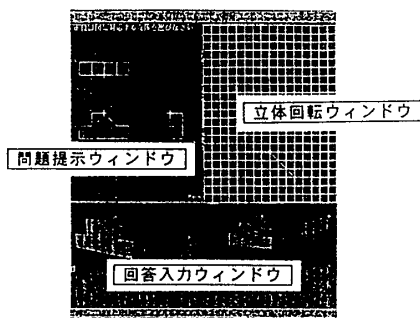


図5 製図教育用テストシステムの出題、回答画面

表1 システムによる能力の判断

学習者のタイプ	立 体		学習者の能力		備考
	回転できる	回転できない	イメージ能力	変換能力	
A	○	○	○	○	
B	○	×	×	○	
C	×	○	×	×	でたための回答
D	×	×	×	×	

### 2-3 ネットワーク型テストシステム

前節でのシステムは、テストを受験する際にコンピュータのある部屋へ来て利用するスタンドア

ロン型のシステムであった。つまりそれは、図3に示すItem PoolやItem Statistic Baseなどをサーバ機のハードディスク上に構築し、それを室内LANを使って共有することはあっても、外部からこのシステムに接続することは無理であった。したがって、システムを利用するためには、このテストシステムが設置してある部屋に来る必要があった。しかし、第1章に述べたように、システムを何度も使ってテストを受験することにより、自主学習の効果が生まれるようであったので、学習者が「時間的・空間的」に自由にシステムを使えるようにしたいと考えた。そこで、テストシステムをネットワーク上に構築することにした。それがネットワークテストシステムである。

ネットワークテストシステムの構成は、前節でのスタンドアロン型システムと大きく変わるところはないが、メモリやファイルの占有を減らして、表示をスムーズにするため、問題提示ウィンドウや回答ウィンドウに提示される図は、投影図で書かれていても、3次元のデータは持たない、単なるイメージデータとした。このことによって、大きな負荷を感じることなく、表示が可能となっている。

サーバ機に図3に示したシステムを構築し、学習者は、学内LANを通じて、ネットワーク内に入ることができる。原理的には、公衆回線を使って全くの外部からでも接続は可能であるが、現在のところは許可しておらず、学内の教室以外のコンピュータを使って自由に受験できる、というシステムとなっている。また、学習者はそれぞれパスワードを持っているが、学習者間でそれがやりとりされれば、誰が利用したのかはわからないという欠点がある(個人認証ができていない)。

テスト項目や画面表示(出題、回転)のためのファイル群は全て共有であり、read onlyファイルとなっている。また、学習者の回答及びその履歴などは、それぞれのwrite onlyディレクトリの下に書き込まれるようになっている。

### 3. システムの利用結果の比較

#### 3-1 方法

本章では、数年間にわたる製図教育において、スタンドアロン型のテストシステム、ネットワーク型テストシステムの両方を利用してきた結果を通して、テストシステムの効果について比較検討する。

前述したように、ここでの製図教育は、工学を専門としない大学生が広く教養の一環として製図を学ぶものであり、学習者は、製図に関する知識はほとんどない。こうした学習者に対し、1年間の製図教育を行うが、その達成目標は、第2章に述べたように、3次元である立体を2次元の平面に描くこと、及び2次元の情報から3次元物体の実態を知ることであるが、最初は、製図のための製図規格(JIS)や製図器材の使い方、用器画法、投影法などの基礎的講義を行う。そして実際に製図の実習を行うが、工学を専門とする学習者ではないので、複雑な物体は避け、単純な物体での学習の達成を目標としている。第三角法による投影図の製図実習の教材例を図6に示す。

このような講義の中で、学習者の達成度に関して、第2章に述べたような課題、すなわち、図1、2に示すような問題(いわゆる立体に対する正投影図の選択問題)をペーパー上で出題し、学習者が誤答であった場合に、①出題されている立体そのものを頭の中でイメージできないのか②三面図への変換能力がないのか、を判断するためにコンピュータテストシステムを利用する。

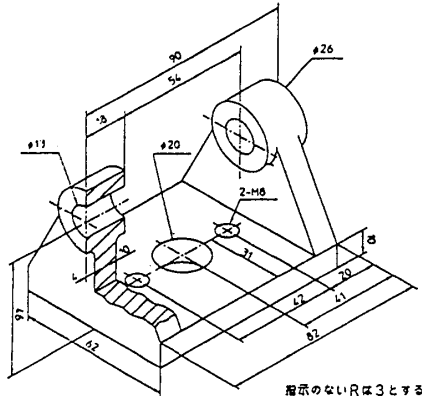


図6 実習用教材の例

当初は、製図以外のテストシステム同様、成績評価を行う正規のテスト時にのみ、システムを利用して利用していた。しかしながら、このシステムを何度も利用してテストを受験した学習者には、自習効果があるようであったので、自習用としても開放することにした。スタンドアロン型テストシステムの場合は、それが設置してある部屋に来て利用し、ネットワークテストシステムの場合は、学生が自由に使えるコンピュータが設置された場所のどこからでも、あるいは情報コンセントがある場所に、ノート型パソコンなどを持ち込めば、自由に利用することができるようにした。

そこで、スタンドアロン型コンピュータテストシステムをテストの時にのみ使用した場合、スタンドアロン型コンピュータテストシステムをテストの時及び自習用としても使用した場合、ネットワーク型コンピュータテストシステムをテストの時及び自習用に使用した場合の3通りのデータを比較する。比較するデータは表2に示す通りである。

これらのデータは、①→②→③の順で経年的に収集されたものである。すなわち、①当初は正規テスト時のみにコンピュータテストシステムを利用して利用していたが、再試などで何度かそのシステムを利用した学習者は、システムでの自習効果があると考えられたため、②前期は通常の授業を行い、前期末のテスト(ペーパーテスト)で成績がよくなかった学習者に対して、後期の中間テストにおいて、コンピュータテストシステムを利用し、達成度を判定して、自主学習用にテストシステムを供したが、自主学習の効果があると思われたので、③さらに次の段階では、自主学習がよりやりやすくなるようネットワーク型テストシステムを開発し、前期の段階で製図教育用テストシステムを利用したものである。したがって、比較するデータは、同一の条件で収集されたものではないが、テストシステムの効果を学習者との関係で比較検討する目的の下では問題ないと思われる。

また、表2中の②③における学習者の分類は、図7に示すように、システム使用の時間的推移の

表2 比較するデータ

使用したシステム	学習者数	使用形態(自習の有無)	学習者の分類
①: スタンドアロン型	52	正規テスト時のみの使用	なし
②: スタンドアロン型	48	テスト(後期中間)の時に使用し、その後自習用としてシステムを開放し、再度テスト(後期末)の時に使用	理解度と自習の有無で5群に分類
③: ネットワーク型	47	テスト(中間)の時に使用し、その後自習用としてシステムを開放し、再度テスト(期末)の時に使用	理解度と自習の有無で6群に分類

2時点での状況に基づいており、指導者側の恣意に基づいて分類したものではないが、前述したように②の時には、前期末テストにおいて成績がよくなかった学習者に対してのみ自習を指示しており、③の時には、前期からテストシステムを利用したため、成績の良否に関わらず、自習を指示したことになる。それぞれのシステム使用の流れをまとめたものが、図8、9である。つまり、自習を行った学習者は、テストを何度も受験する形式をとって、立体を動かしてみながら、立体を三面図にする練習を繰り返し行ったことになる。

また、ここで「自習した」と判断した学習者は、

授業時間以外に1回以上、システムを利用した学習者であり、②ではシステムの設置部屋へ来て利用し、③ではLANに接続されているコンピュータのある部屋、または情報コンセントがある部屋からの利用である。一方、システムを自習用として利用するか否かの決定は学習者の意志によった。但し、②のスタンドアロン型の場合は、前期末テストで高得点だった学習者には、自習用として使ってよいことを知らせなかったため、「能力があって自習した」学習者はいなかった。また、③のネットワーク型の場合は、全ての学習者に自習用として使ってよい旨を告げた。

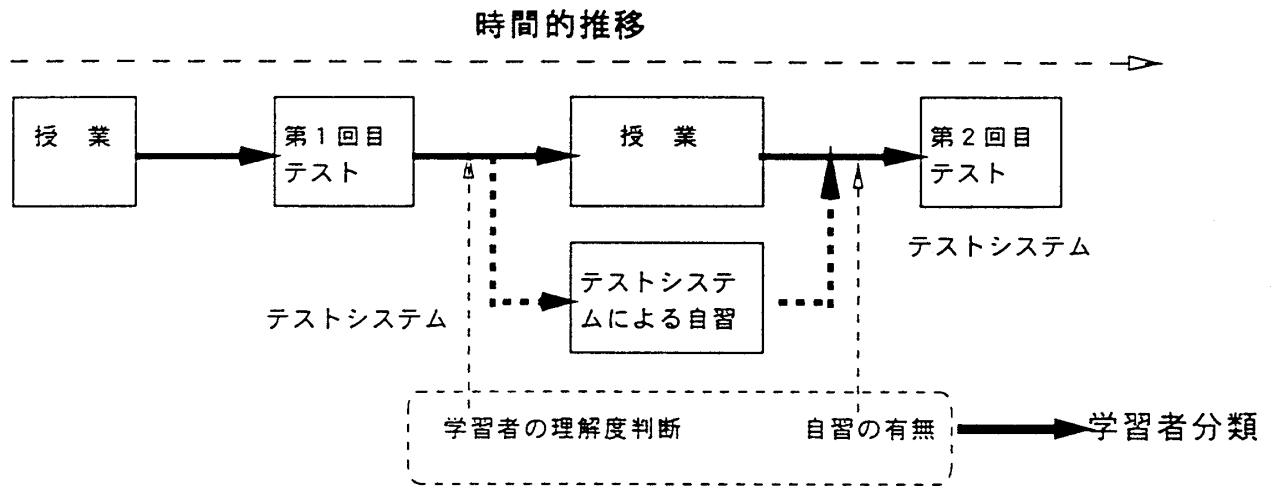


図7 システム使用の時間的推移と学習者分類の基準

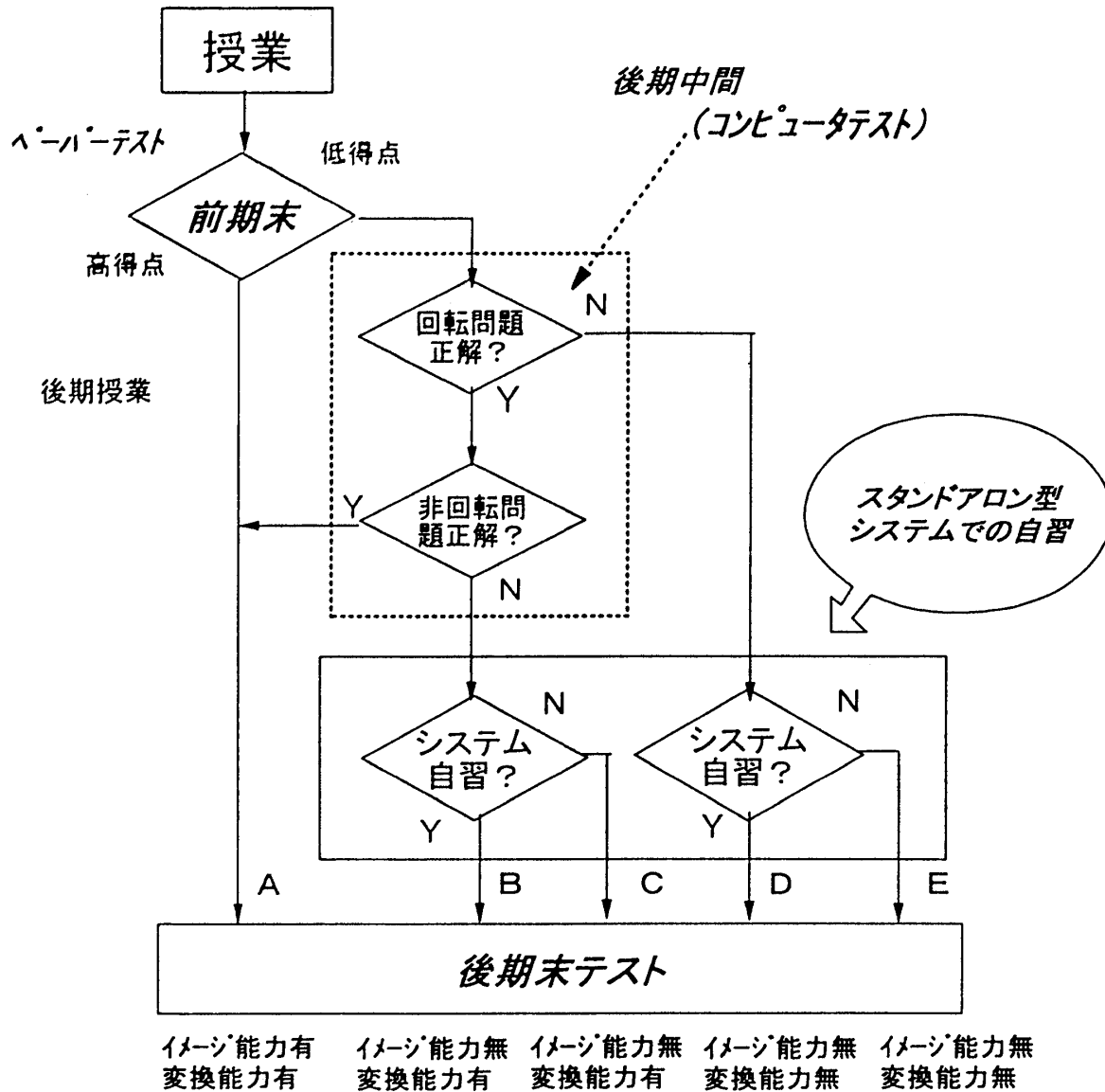


図8 システム利用の時間的流れ(スタンドアロン型：表2中の②)

図8、9のようにして分類された学習者の人数とその能力の判定を表3に示す。

こうした状況下での、テスト得点、及び学習者の主観的評価を比較する。比較する主観的評価は2種類で、1つは「①：今後テストを受けるときには、コンピュータとペーパーのどちらがよいか」で、回答選択肢は、「5. コンピュータ、4. や

やコンピュータ、3. どちらとも言えない、2. ややペーパー、1. ペーパー」であり、もう1つは「②：システムを自習用に利用したいか」で、回答選択肢は「1：使いたくない、2：どちらとも言えない、3：積極的に利用したい」であるが、これらの主観的評価は、最終テスト終了後に、調査用紙を配布する形式で収集した。

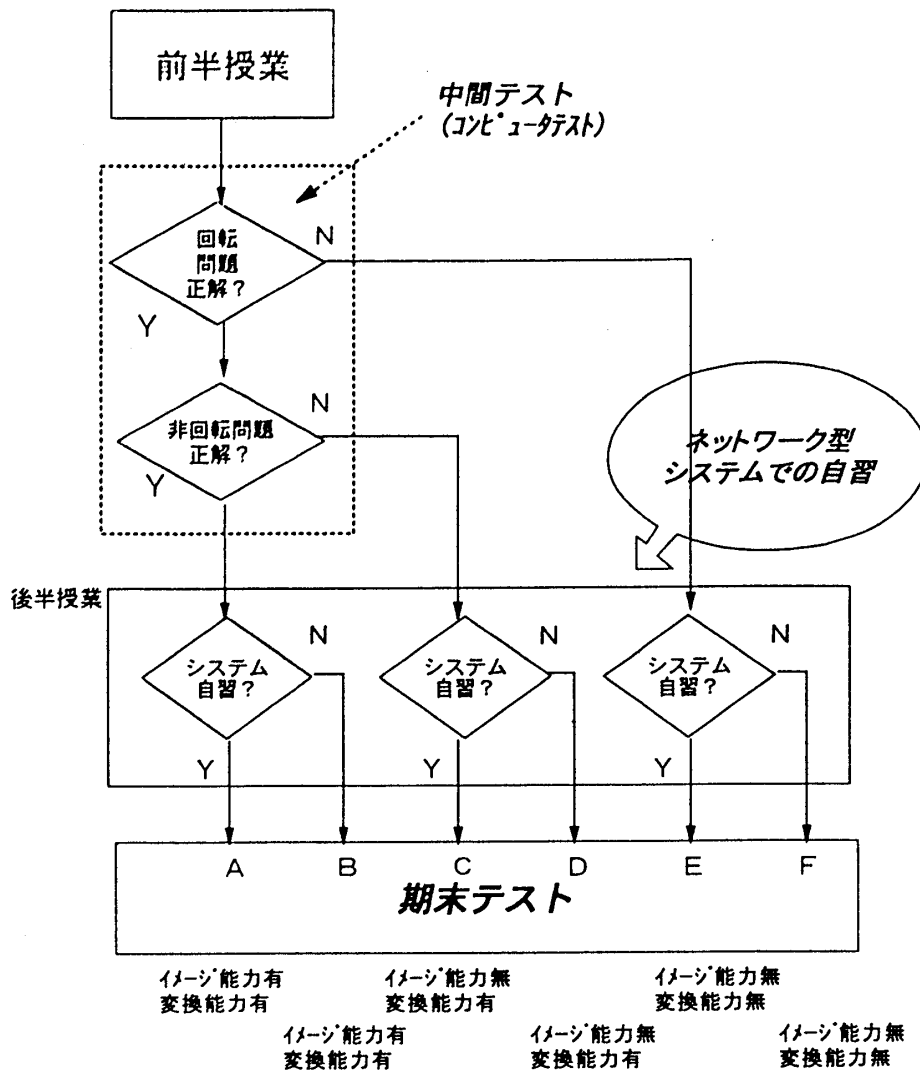


図9 システム利用の時間的流れ(ネットワーク型：表2中の③)

表3 学習者群の意味

学習・システム 使用形態	学習者群	学習者の製図学習能力		自習の有無	
		イメージ能力	変換能力		
表2中の②	A (n=23)	○	○	×	完全習得自習無
	B (n=8)	×	○	○	不完全習得自習有
	C (n=5)	×	○	×	不完全習得自習無
	D (n=5)	×	×	○	未習得自習有
	E (n=7)	×	×	×	未習得自習無
表2中の③	A (n=15)	○	○	○	完全習得自習有
	B (n=14)	○	○	×	完全習得自習無
	C (n=5)	×	○	○	不完全習得自習有
	D (n=2)	×	○	×	不完全習得自習無
	E (n=7)	×	×	○	未習得自習有
	F (n=4)	×	×	×	未習得自習無



## 3-2 結果

### 3-2-1 スタンドアロン型システムで自習あり (表2②)の場合の得点について

まず、表2中②(図8)の前期末試験、後期中間試験、後期末試験での各得点の相互比較を表4に示す。前期末試験と後期中間試験の得点は相関が高いが、後期末試験の得点はいずれの得点ともあまり相関が高くない。

表4 表2中の②の得点相互の比較(相関)

学習者群	前期末	後期中間	後期末
前期末	1.000		
後期中間	0.617	1.000	
後期末	0.491	0.411	1.000

そこで、これらの相関の意味を考えるために、学習者を図8に示したように、「A：イメージ能力・変換能力とも有、B：イメージ能力無・変換能力有・後期中間テスト後システムで自習有、C：イメージ能力無・変換能力有・後期中間テスト後システムで自習無、D：イメージ能力無・変換能力無・後期中間テスト後システムで自習有、E：イメージ能力無・変換能力無・後期中間テスト後システムで自習無」のように分けて得点を比較した(表5)。表5中の得点は、各テストごとに得点を偏差値に換算し、各学習者群ごとに平均をとったものである。

表5 スタンドアロン型システムを利用した学習者の得点(標準得点)比較

学習者群	前期末	後期中間	後期末
A	54.417(0.000)	54.348(11.240)	54.327(10.524)
B	51.229(2.130)	47.568(4.939)	53.833(4.472)
C	50.924(1.704)	49.369(5.912)	49.934(9.378)
D	39.729(6.814)	42.786(6.776)	43.526(6.466)
E	40.846(7.095)	45.748(5.199)	42.408(9.091)

各得点の後の( )内は標準偏差

システムを自習用として利用することが有効であるかどうかを検討するために、後期中間テストと後期末テストの得点を比較した。得点は各テストごとの偏差値であるから、上昇したとすれば、全学習者の中での相対的位置が上がったということになる。検定(一对の標本によるt検定)の結果、B群においては、 $t=3.674$ ,  $d.f.=7$ ,  $p<0.01$  ( $p=0.008$ )であり、B群の学習者には、システムを自習用として利用することが有効であったと考えられる一方で、変換能力がないと考えられる学習者(D群)では、自習用には、あまり役立たないことがわかった( $t=0.385$ ,  $d.f.=4$ ,  $p=0.720$ )。前節に述べたように、自習をするか否かの選択は学習者自身に委ねられているから、B、D群の学習者は、自ら進んで自習をした学習者であり、条件的には変わらないはずである。それにも関わらず、D群の学習者にはあまり自習の効果が表れなかったのは、システムの想定する学習者がB群のような学習者であるからであろう。なお、E群では得点が下降しているが、これは前述したように相対的位置であるため、B群の位置が上がったことによるものと思われる。

また、B群の学習者は、後期末試験で前期末試験や後期中間試験より、よい得点をとっているため、A～Eの学習者全てでの相関をとった場合、後期末試験の得点が、いずれの試験とも相関があまり高くなかったと考えられる。

### 3-2-2 ネットワーク型システムで自習あり(表2③)の場合の得点について

次に、表2中の③の学習者を、図9に示したように、「A：イメージ能力有・変換能力有・自習有、B：イメージ能力有・変換能力有・自習無、C：イメージ能力無・変換能力有・自習有、D：イメージ能力無・変換能力有・自習無、E：イメージ能力無・変換能力無・自習有、F：イメージ能力無・変換能力無・自習無」のように分けて得点を比較した(表6)。

ネットワーク型システムの場合、1度以上自習

に利用したのは、表3に示す通り27名(A、C、E群)であるが、スタンドアロン型の時には、ネットワーク型でのA群にあたる学習者がいないため、スタンドアロン型のB、D群とネットワーク型のC、E群の自習者の比率を比較すると、スタンドアロン型の場合、 $B/(B+C)=61.5\%$ 、 $D/(D+E)=41.7\%$ 、ネットワーク型の場合、 $C/(C+D)=71.4\%$ 、 $E/(E+F)=63.6\%$ で、システムをネットワーク上に構築したことによって、スタンドアロン型よりも自習者が増えていることがわかる。そして、前項同様に得点について検討してみると、自習を行ったC群、E群の学習者の得点が上昇しているが、C群の学習者( $t=2.512$ ,  $d.f.=4$ ,  $p=0.066$ )にとって、自習の効果があったことがわかる(E群： $t=0.403$ ,  $d.f.=6$ ,  $p=0.701$ )。なお、得点が下降している学習者群があることについての解釈は前項同様である。

表6 ネットワーク型システムを利用した学習者の得点(標準得点)比較

学習者群	中間	期末
A	56.227( 8.196)	53.714(7.418)
B	57.335( 8.886)	52.641(5.600)
C	45.247(10.621)	50.376(8.426)
D	46.034( 2.326)	45.286(2.188)
E	41.943( 6.558)	43.469(8.831)
F	42.802(13.807)	39.653(8.177)

各得点の後の( )内は標準偏差

### 3-2-3 学習者の主観的評価の比較

前節に示した学習者の主観的評価④の結果を図10に示す。表2中①の形態(正規テストのみの使用)の時には、3段階で回答を求めたので、厳密に②(スタンドアロン型システム・自習有)、③(ネットワーク型システム・自習有)と比較することはできないが、「テストのみ」がペーパーと回答している者が最も多く、また「ネットワーク型・自習有」がコンピュータと回答している者が多いことがわかる。

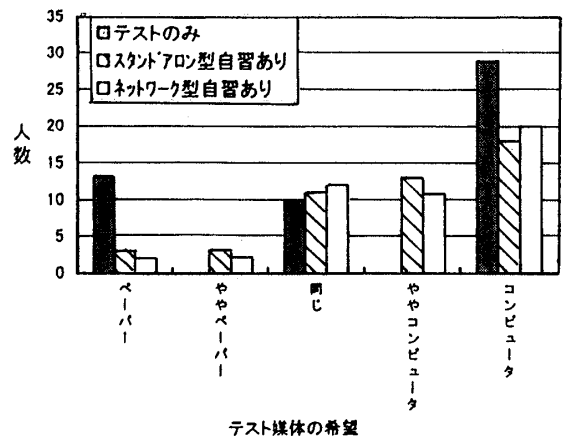


図10 学習形態ごとの主観的評価④の比較

次に、「スタンドアロン型・自習有」「ネットワーク型・自習有」に関して、回答選択肢を「1. ペーパー 2. ややペーパー 3. 同じ 4. ややコンピュータ 5. コンピュータ」のように、5段階の得点と考えて、表3に示した学習者群ごとに点数の平均値を求め、比較した結果を図11に示す(「スタンドアロン型・自習有」の時には、「完全習得自習有」の学習者はいない)。

全体としては、「ネットワーク型・自習有」の得点が高い傾向にあるが、「不完全習得自習無」の学習者だけは、評価値が低い。しかし、これはこの群の学習者数が2名と少ないためとも考えられるので、もっと数多くのデータでの検討が必要である。

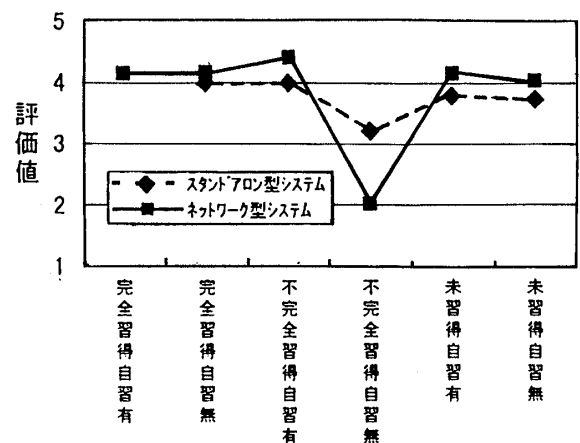


図11 学習者群ごとの主観的評価④の比較

また前節に示した学習者の主観的評価⑧の結果を図12に示す。これは「スタンドアロン型・自習有」「ネットワーク型・自習有」の時のみ尋ねたものである。ネットワーク型では「使いたくない」と答えた者が1人もいなかった。

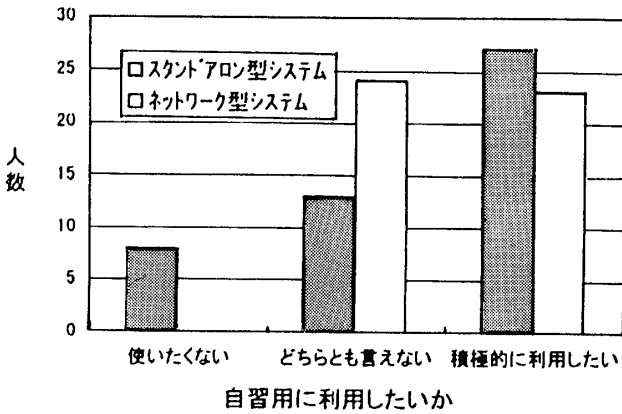


図12 学習形態ごとの主観的評価⑧の比較

さらに、積極的に利用したいと回答した学習者は、「スタンドアロン型・自習有」ではB群の、また「ネットワーク型・自習有」ではC群の学習者に多かった。つまり、自習によって得点が向上した学習者に一致しており、身につけていない能力があることを自覚し、それが補強できる手段としてシステムを利用している場合に、学習者の評価が高くなると思われる。

### 3-3 考察

製図教育用コンピュータテストシステムは、スタンドアロン型、ネットワーク型に関わらず、ペーパーテストではできなかった学習者の能力の分離測定ができ、かつ一部の学習者、すなわち変換能力はあるが、イメージ能力はないと考えられた学習者の自習用として有効であったことがわかる。特にネットワーク型システムの場合は、スタンドアロン型システムよりさらに自習が促進され、学習者の主観的評価も高いことが明らかになった。したがって、その教育的意義は大きいと言える。つまり、前節に示したように、身につけていない能力がわかり、それを補強できる場合に、これら

のシステムは効果的であったと思われるが、既にそうした能力が身につけている学習者にとっては、本稿に示したシステムは冗長であったのかもしれない。したがって、今後は能力が既に身につけている学習者にどのように対応するかを検討していく必要があると思われる。

一方、教育的効果という場合、単に成績が上がったということだけでなく、学習者その学習をどう受け止めたかということも重要であろう。そこで本稿では、学習者の主観的評価にも重点をおいたわけであるが、ここでは、2つの項目についてのみ検討した。今後は、主観的評価の内容についても吟味し、学習者がどのように学習したかの過程と照らし合わせていくことも必要であろう。

また、ここでのテストシステムの利用結果は、学習者をいくつかのグループに分けて検討したが、グループによっては、学習者の数が少なく、統計的な信頼性という意味では、十分な検討をすることができなかった。これについては、今後さらにテストシステムの利用を継続し、データの蓄積を続けていく必要があると考えている。

## 4. まとめと今後の課題

本稿では、製図教育用コンピュータテストの開発の経緯について、まずスタンドアロン型コンピュータテストシステムの開発について、次にこれをネットワーク上に構築したネットワークテストシステムについて述べた。そして、これらのテストシステムを数年間にわたり利用してきた実績の中から、従来のスタンドアロン型テストシステムとネットワークテストシステムについて、学習者のテスト得点及び学習者の主観的評価の比較を行った。その結果、ネットワークテストシステムでは、学習者の自習が促進され、システムに対する学習者の主観的評価も高いことが明らかになった。

しかし、一方で、ここでのネットワーク型コンピュータテストシステムはその機能を完全に活かしているとは言えない。つまり、学習者全てがネッ

トワーク対応のコンピュータを持っているわけではなく、情報コンセントがある部屋の利用は、コンピュータを所持しているかどうかで差があると思われるからである。またテストシステムは、自習用として利用することに重点を置き、中間・期末テストは、学習者を一同に呼び集めて実施している。しかし、ネットワーク型コンピュータテストシステムの利点が時間的、空間的に自由にテストが受けられることだとすれば、今後は、外部の公衆回線からの接続も認め、正規テスト自体の実施もネットワーク上で実施していくことが望まれる。但し、その場合には、自分よりよく理解していると思われる学習者に自分のパスワードを教えるといったようなケースが出てくることも考えられ、ネットワーク上の他のプログラムへのアクセスも含めて対策が必要になろう。すなわち、個人の認証の問題である。

また、コンピュータテストで短答式、論述式などの出題でキーボードからの文字入力が必要な場合、キーボードに対して苦手意識を持つ学習者のテスト得点が低くなる傾向があり、多肢選択式の場合はあまり関係がなかった(赤倉、永岡 1993)が、製図教育用のテストシステムであっても、操作が複雑になれば、苦手意識を持つ学習者が生じることも考えられる。その時の対応をどうするかについては、今後検討を進める必要がある。

今後はこれらの課題をふまえて、本システムの長期的教育効果を検討していきたい。

#### 参考文献

[1] Akakura, T. & Nagaoka, K (1993) A Discussion on the Feedback Strategies in Computerized Testing, IEICE Trans., Vol.E76A, No.7, pp.1199-1203.  
 [2] 赤倉貴子、林 圭一、大原清司(1992) CAD教育における学習者特性モデルの有効性について、日本機械学会機械力学・計測制御講演論文集(分冊B), pp.246-251.  
 [3] 赤倉貴子、永岡慶三(1993) 学習者特性とコンピュータテストの関係の数量化分析に基づくテ

スト実施方法の検討, 日本教育工学会論文誌, Vol.16, No.4, pp.223-231.  
 [4] 赤倉貴子、永岡慶三(1995a) 立体を回転できるコンピュータテストシステムの評価—2次元連続画表示するペーパーテストとの比較から—, 1995年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演集(分冊6), pp.265.  
 [5] 赤倉貴子、永岡慶三(1995b) ペーパーテストでは測定できない能力を評価するコンピュータテストシステムの開発, JET1995, pp.31-32.  
 [6] 赤倉貴子、永岡慶三(1997a) 製図教育用コンピュータテストの評価機能と教育効果の実証, 1997年電子情報通信学会総合大会(分冊6), pp.293.  
 [7] 赤倉貴子、永岡慶三(1997b) 製図教育のためのネットワークコンピュータテストシステムの開発, 1997年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演集(分冊6), pp.291.  
 [8] 赤倉貴子、永岡慶三(1997c) ネットワークコンピュータテストシステムを利用した自主学習の効果, JCET 1997(分冊2), pp.635-636.  
 [9] 藤原康宏、永岡慶三(1994) テストへのマルチメディアの利用—新学力測定のための教育評価手法の開発—, JCET 1994(分冊1), pp.399-402.  
 [10] 川村恭己、廣田一博、山田英城、角 洋一(1996) マルチメディアを用いた教育システムの開発—材料力学教育への応用—, 日本機械学会北陸信越支部33期総会講演論文集, pp.3-4.  
 [11] 小林和彦、松井 敏、竹内彰敏(1998) 3次元CADによる設計製図教育, 日本機械学会関西支部73期総会講演論文集, pp.(9-13)-(9-14).  
 [12] 堀米 哲、板倉嘉哉(1998) ネットワーク環境を用いた教材の可能性—その2—, 日本機械学会75期総会講演論文集(分冊4), pp.324-325.  
 [13] 池田 央(1997) コンピュータテスト化の必要性和その条件, JCET 1997(分冊1), pp.363-366.  
 [14] 中村貞男、前田真正、大村 勝(1994) 図学と製図, 裳華房.  
 [15] 大村 勝(1998) CAD・CAM教育の問題点と改善策, 日本機械学会関西支部73期総会講演論文集, pp.(9-7)-(9-8).  
 [16] 大西 清(1992) JISにもとづく標準製図法, 理工学社.

(1997.12.21受稿 1998.7.7受理)

# A Development of Network Testing System for Mechanical Drawing Education and Its Educational Effects

Takako Akakura<sup>1)</sup> & Keizo Nagaoka<sup>2)</sup>

A computerized testing system previously developed by the authors for mechanical drawing education can assess two different skills independently. Learners whose skills had lagged behind achieved better marks through repeated experience in the examination using this test system. In other words, the test system proved to be useful as a self-learning system. Furthermore, when used as a self-learning system, learners' subjective evaluation of the test system improved. Additionally, construction of the computerized testing system on the network enabled learners to use the system without the constraints of time and space. Compared to the results obtained with stand-alone systems, this led to increasing numbers of self-learners, better marks, and higher evaluation.

## **Keywords**

computerized testing, network, educational evaluation, mechanical drawing education, system development

---

<sup>1)</sup> Ashiya University

<sup>2)</sup> National Institute of Multimedia Education