



CAI学習における反応時間の分析： 正誤反応との関連において

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 北海道教育大学 公開日: 2012-11-07 キーワード: 作成者: 山崎, 正吉 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.32150/00002543

CAI学習における反応時間の分析

—— 正誤反応との関連において ——

山 崎 正 吉

1. 目 的

教授学習過程における反応時間を対象とした研究の経過はまだ浅く、教育工学の立場からレスポンス・アナライザーやCAI (Computer Assisted Instruction) が開発されて初めて取り上げられるようになった。レスポンス・アナライザーを用いた研究では、Fujita and Naruse (1971) や藤田・成瀬 (1976) 等が、質疑応答の場面あるいはテストの場面における反応時間の解析に大きな貢献をした。また、CAIによるものでは、中川ほか (1978) が、学習時間や学習得点の合計によって2つのグループに分けるものを基準とするとき、その判別に全時間や正答時間が寄与することを示している。

さて、CAIシステムが、学習の個別化・最適化を達成する最良の機器であるといわれている一方で、いまだに個別化・最適化がなされたCAIシステムがわが国において完成していない。その大きな原因に次のような理由が考えられるであろう。

(1) 学習中に得られる学習者の反応を表わすデータによって、学習が完了したかどうかを判定することがむずかしい。

(2) 学習者の能力を表わすデータあるいは学習者の学習経過で得られたデータによって、学習すべき内容やその難易度を予測することがむずかしい。

(3) 学習者の特性を表わすデータによって、ある学習者がある内容を学習するときに取られるべき教授方法を選択することがむずかしい。

また、これを解決する方向での研究も着手あるいは継続されている。(1)と(2)の解決のためには佐伯 (1973), (1976) の提案する方法が有効であると考えられるし、(3)の解決のためには、鈴木ほか (1976), 山崎 (1978a), (1978b) の示した方法が有効であると考えられる。反応時間の分析にあたっては、先述の理由としてあげた問題を解決する方向で行われる研究でなければならない。

本研究で扱う反応時間とは、次のようなものをさす。それは、答の最初の入力の際の設問の提示を時間計測の起点として答の最初の入力を始めるのに要した時間である。つまり、設問が提示され何度かヒントを参照したとしても、それらの時間は除いて考えるということである。反応時間としてのこのようなものを採用した理由は、学習者全員に共通する変数であり、データ収集しきわめて都合がよいことがあげられる。つまり、分岐するたびに場合分けをして層別化することにより、場合ごとの標本数の減少を防ぐということが第1の理由である。また第2の理由としては、なんらかの結果が得られた場合にその有用性がきわめて高いということである。つまり、CAIシステムにはハードウェアの面で計時装置があり、ソフトウェアの面でタイム・アップの処理が可能であるため、反応時間を用いて分岐のさせ方が明確になった場合に、裏づけのある分岐のさせ方が導入され

るというわけである。

本研究で検討する事項は次のとおりである。

- (1) 反応時間と学習得点あるいは事後テストとの間にどのような関係が認められるか。
- (2) 正反応群と誤反応群に分けたときに反応時間の平均値に差が認められるか。それには、どのようなタイプが考えられるか。
- (3) 反応時間より、CAI学習の特徴的な傾向は認められるか。

2. 方 法

(1) 被験者

学習プログラムによるCAI学習実験に参加した被験者は、函館市立五稜中学校2年生58人である。

(2) 実験期間・実験場所

実験期間は、昭和52年3月26日から4月2日までのうちの5日間であり、午前10時より午後5時までのうちに行われた。実験場所は、本分校Multi-media Research Centerである。

(3) 実験装置・計時方法

使用した装置はプリンター、キーボード、ランダムアクセス・スライドから構成される学習者端末装置、それを集中制御する端末結合装置、および、システム全体を制御する超小型電子計算機(HITAC-10, 16 KW, 増設記憶装置としてフロッピー・ディスク, 1.9 Mビット)から成る日立CAIシステムである。

反応時間はCAIシステムにおける学習記録編集ルーチンにより出力される、「HISTORY RECORD LIST」の思考時間を反応時間として採用した。すなわち、TEACHTRANの言語のレベルでの説明ではPresentation Statementのうちの教材提示に関するステートメントの実行の完了を思考時間の起点としてある。つまり、ここではスライドが投像されたときに学習者思考時間の起点であり、測定単位は秒単位でなされている。次に、メッセージキーにより答の入力があるが、メッセージキーによる最初の入力から思考時間の終点であり、ここにとりあげた反応時間である。また、メッセージキーによる最初の入力からファンクションキーのANSキーを入力するまでの時間を打鍵時間とよび計測は行われているが、ここでは扱っていない。反応時間をみるにあたって注意すべき点は、次の点である。1枚のスライドに複数の設問があるとき、2問目以後の設問も投影されたままになっているが、計算機内部では、打鍵時間の終了からただちにあるいは正答を指示したメッセージの出力からただちに思考時間の計測にはいっていない点である。実際には、プリンターにより「* * O. K. * *」が出力されてから被験者がただちに次の設問に対する解答へ思考が移っていたとしても、累積器の初期値の設定、問題番号の出力、スライドの投影のプログラムが計算機で実行されており、その間の時間は計測されていないという点である。

(4) 学習プログラム

学習プログラムは、筆者等の作成したもので、二次方程式 $x^2 + px + q = 0$ を完全平方式に変形して解を求める「二次方程式の解法」P1とP2であり、共に3つのステージから構成されている。学習プログラムP1とP2は、内容は同一であるが、教授方法がステージ2において異っており、そのために今回の反応時間の分析からは除外してある。分析の対象となった設問は、前提ステージのスライド6, 7, 11における設問計10題、ステージ1のスライド8, 9, と13から22までにおける設問計41題、およびステージ3のスライド42から48までにおける設問計18題、総計69題で

ある(第1表)。また、学習プログラムの基本的フローは、第1図のとおりであり、同じスライドの2問目以後は、スライドの番号は出力されない。またスライドによるヒントの用意されていない設問もある。その他、学習プログラムの概要、フローの説明や配点の方法、プログラム作成上で考慮した点や事前・事後テストの問題の詳細は、山崎(1978a)を参照されたい。

(5) 手続

(I) CAI 学習実験の手続の詳細については、山崎(1978a)を参照されたい。

(II) 学習実験により得られたデータは、各ステージにおける反応時間と学習得点との関係について検討され、さらに各ステージにおける反応時間と事後テストとの関係について検討された。次に設問に対する最初の答の入力が正反応であるもののグループ1と誤反応であるもののグループ2との2つのグループに分けて、2つのグループの間で各設問の反応時間の平均値に差があるかどうかの検定を行なった。

3. 結果と考察

反応時間が学習得点あるいは事後テストとどのような関連を持っているのか、そのおおよその傾向を把握するために、相関係数を算出しその有意性の検定を行った。

まず、各ステージにおける反応時間と学習得点とその有意水準を求めた。ステージ1において相関係数は、 -0.293 、その有意水準は 0.029 であり、ステージ3において相関係数は、 -0.139 、その有意水準は 0.305 であった。次に、ステージ1とステージ3における反応時間と事後テストとの相関係数とその有意水準を求めた。ステージ1との相関係数は、 -0.372 、その有意水準は 0.005 であり、ステージ3との相関係数は -0.221 、その有意水準は 0.102 であった。

以上の結果より、経験的に総学習時間が学習得点や事後テストとの間に負の相関があることが推測されていたが、ステージ1においては反応時間が学習得点や事後テストとの間で有意な負の相関があることが確認された。またステージ3においては、学習得点や事後テストと反応時間の間で求めた相関係数が負であることが示されたが有意水準が 0.05 より小さくならず、有意な相関とはいえなかった。学習得点や事後テストと反応時間との間には負の相関があるであろうということは、おおよそ予測されていたものであるが、学習得点や事後テストと反応時間との間で求めた相関係数とが、共にステージ1よりステージ3で相関の度合いが弱まっているという傾向は予測しなかった結果である。先の筆者の報告(1978b)では、学習得点と事後テストの相関係数が、ステージ1においては 0.511 、ステージ3においては 0.585 というように、ステージ1よりステージ3で相関の度合いが強まっており、今度の学習得点や事後テストとの反応時間の相関の場合はこの逆の傾向を示しているのである。この点についての詳細な考察は、再度この後においてなされるが、ここでは、先の報告とは逆にステージ1よりステージ3において相関が弱まったという点を指摘するにとどめる。

次に、2つのグループの反応時間について平均値の差の検定を行った。その結果が第1表である。t検定にはいる前にF検定により等分散の検定を行っている。そこで有意水準が 0.05 以下のとき、すなわち母集団の分散が等しいとみなせないときは、tの値を計算できないが、tの近似を計算することができ(separate variance estimate)、スチューデントのt分布をしなないが、特定の自由度のもとにtとして取り扱う方法による検定を行っている。

第1表の結果から、設問を3つの型に分類した。

まず第1の型は、グループ1の反応時間がグループ2の反応時間よりも小さく、t検定の結果差が有意である設問、つまり正反応群の反応時間が誤反応群の反応時間よりも小さい設問であり、こ

第1表 正反応群と誤反応群の反応時間に関する平均値の差の検定

スライド	問	グループ	ケースの数	平均値	標準偏差	F 値	有意水準	t 値	自由度	有意水準
6	1	1	45	48.5	27.5	1.05	1.000	0.68	54	0.498
		2	11	42.2	26.9					
7	1	1	44	23.7	15.2	1.67	0.224	-2.24	54	0.029
		2	12	35.5	19.6					
7	2	1	40	9.0	18.2	10.34	0.000	1.49	52.20	0.143
		2	16	4.2	5.6					
7	3	1	42	5.5	1.2	1.80	0.151	-0.17	54	0.862
		2	14	6.0	2.8					
7	4	1	38	3.4	5.3	1.08	0.893	-0.07	54	0.944
		2	18	3.5	5.1					
7	5	1	43	3.9	4.8	5.94	0.000	-0.65	13.24	0.527
		2	13	6.1	11.7					
8	1	1	53	18.0	6.0	3.96	0.049	-1.52	2.06	0.268
		2	3	28.7	12.0					
9	1	1	50	13.2	5.7	8.25	0.000	-0.68	5.15	0.527
		2	6	17.8	16.5					
9	2	1	46	3.7	8.6	1.23	0.607	-0.35	54	0.730
		2	10	4.8	9.5					
9	3	1	47	3.6	7.1	3.30	0.009	-0.58	8.95	0.573
		2	9	6.2	12.9					
9	4	1	43	2.7	4.0	3.36	0.004	-1.16	14.23	0.265
		2	13	5.2	7.5					
9	5	1	28	3.7	5.2	5.10	0.000	2.01	37.19	0.051
		2	28	1.5	2.3					
11	1	1	28	32.6	19.1	1.50	0.298	-0.27	54	0.789
		2	28	34.2	23.3					
11	2	1	44	4.5	9.9	2.98	0.055	-0.26	54	0.793
		2	12	5.3	5.7					
11	3	1	48	4.5	5.9	20.28	0.000	-1.62	7.12	0.150
		2	8	19.9	26.8					
11	4	1	49	2.6	3.3	1.43	0.695	-0.17	54	0.866
		2	7	2.9	2.8					
13	1	1	32	49.7	20.3	1.48	0.304	-0.30	54	0.768
		2	24	51.5	24.7					
13	2	1	43	5.0	5.7	5.59	0.000	-2.87	13.32	0.013
		2	13	16.0	13.5					
13	3	1	38	18.6	11.9	5.02	0.000	-0.21	20.28	0.834
		2	18	19.9	26.6					
13	4	1	45	11.0	30.2	1.90	0.140	-1.05	54	0.299
		2	11	22.5	41.7					
13	5	1	41	9.4	8.7	3.23	0.004	-0.88	17.27	0.390
		2	15	13.2	15.6					
13	6	1	42	5.0	6.4	3.73	0.001	-0.90	15.39	0.382
		2	14	8.1	12.3					
15	1	1	46	22.6	9.1	1.51	0.343	-0.60	54	0.554
		2	10	24.6	11.2					
15	2	1	42	11.5	11.6	3.45	0.020	1.71	42.36	0.095
		2	14	7.3	6.4					

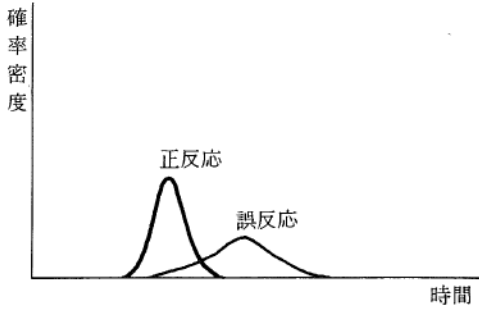
CAI 学習における反応時間の分析

スライド	問	グループ	ケースの数	平均値	標準偏差	F 値	有意水準	t 値	自由度	有意水準
15	3	1	34	5.9	14.2	8.10	0.000	-2.37	24.39	0.026
		2	22	27.1	40.4					
17	1	1	43	12.5	4.5	31.10	0.000	-1.52	12.23	0.156
		2	13	23.0	24.8					
17	2	1	0	0.0	0.0	0.0	1.000	-3.93	55.00	0.000
		2	56	4.0	7.6					
17	3	1	49	8.3	18.5	1.37	0.492	-2.49	54	0.016
		2	7	27.3	21.6					
17	4	1	43	3.5	11.2	18.43	0.000	1.27	52.51	0.209
		2	13	1.2	2.6					
17	5	1	51	17.0	27.1	10.57	0.039	0.87	15.27	0.398
		2	5	12.4	8.3					
17	6	1	52	1.7	4.3	8.29	0.113	0.20	54	0.840
		2	4	1.3	1.5					
17	7	1	51	2.9	5.8	11.38	0.000	-1.44	4.07	0.223
		2	5	15.6	19.6					
17	8	1	51	1.4	2.5	31.02	0.008	2.97	37.54	0.005
		2	5	0.2	0.4					
20	1	1	41	36.8	24.2	2.14	0.125	-0.12	54	0.902
		2	15	37.6	16.6					
20	2	1	47	8.6	7.6	5.75	0.000	-1.57	8.54	0.151
		2	9	18.3	18.3					
20	3	1	51	4.3	8.0	1.20	0.647	-0.71	54	0.478
		2	5	7.0	8.8					
20	4	1	37	9.9	10.2	1.46	0.328	-0.21	54	0.832
		2	19	10.5	12.4					
20	5	1	46	9.5	7.9	5.90	0.000	-0.07	9.67	0.944
		2	10	9.9	19.2					
20	6	1	41	6.9	9.2	2.31	0.039	-1.89	18.63	0.074
		2	15	14.3	13.4					
20	7	1	43	6.7	8.5	2.10	0.077	-2.38	54	0.021
		2	13	13.8	12.3					
20	8	1	52	2.3	3.8	1.10	1.000	-1.02	54	0.310
		2	4	4.3	3.6					
20	9	1	52	3.0	5.4	1.64	0.767	0.10	54	0.932
		2	4	2.8	4.2					
22	1	1	51	32.0	12.8	7.11	0.000	-1.55	4.11	0.197
		2	5	55.6	33.9					
22	2	1	41	28.8	45.2	3.30	0.020	0.51	45.18	0.615
		2	15	24.0	24.9					
22	3	1	48	1.4	2.5	16.81	0.000	-1.30	7.14	0.235
		2	8	6.1	10.2					
22	4	1	27	15.3	9.5	2.63	0.016	-0.97	47.09	0.335
		2	29	18.6	15.3					
22	5	1	21	10.6	19.6	2.70	0.010	0.84	29.03	0.408
		2	35	6.6	11.9					
22	6	1	39	70.9	67.3	1.36	0.424	-0.13	54	0.894
		2	17	73.7	78.5					

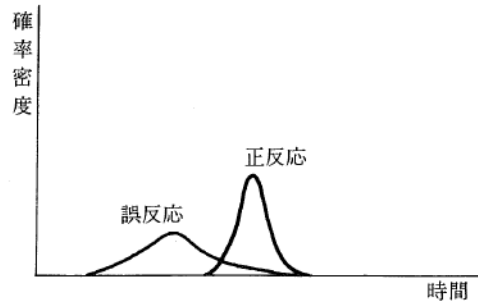
山崎正吉

スライド	間	グループ	ケースの数	平均値	標準偏差	F 値	有意水準	t 値	自由度	有意水準
22	7	1	34	18.3	46.2	6.24	0.000	0.46	46.85	0.645
		2	22	14.2	18.5					
22	8	1	44	31.9	33.8	2.29	0.052	-1.17	54	0.248
		2	12	46.3	51.1					
22	9	1	34	17.1	46.6	1.49	0.337	-0.67	54	0.505
		2	22	25.0	38.2					
42	1	1	54	19.6	7.2	1.03	1.000	-4.33	54	0.000
		2	2	42.0	7.1					
42	2	1	35	25.1	39.7	1.23	0.586	-0.43	54	0.670
		2	21	30.0	44.0					
42	3	1	43	17.4	23.4	2.26	0.052	-1.66	54	0.102
		2	13	31.4	35.2					
42	4	1	38	15.9	21.1	3.62	0.007	0.18	53.28	0.857
		2	18	15.2	11.1					
44	1	1	52	18.3	12.1	1.76	0.328	-0.62	54	0.536
		2	4	22.3	16.1					
44	2	1	28	18.1	27.4	3.99	0.000	0.46	39.72	0.647
		2	28	15.5	13.7					
44	3	1	45	9.3	17.2	2.06	0.098	-1.19	54	0.239
		2	11	16.8	24.7					
44	4	1	44	11.6	18.7	5.21	0.000	-1.14	12.17	0.278
		2	12	25.9	42.6					
46	1	1	31	52.5	38.0	1.86	0.122	2.44	54	0.018
		2	25	30.3	27.8					
46	2	1	21	13.3	15.5	1.28	0.566	0.41	54	0.687
		2	35	11.5	17.5					
48	1	1	44	34.1	24.7	1.87	0.141	-0.25	54	0.805
		2	12	36.3	33.7					
48	2	1	34	4.1	5.5	5.64	0.000	-1.46	25.88	0.157
		2	22	8.4	13.1					
48	3	1	37	25.4	21.7	1.42	0.428	0.73	54	0.467
		2	19	21.2	18.2					
48	4	1	46	6.6	16.0	4.50	0.022	0.00	29.58	0.998
		2	10	6.6	7.5					
48	5	1	49	23.3	27.1	6.56	0.000	-2.03	6.26	0.088
		2	7	77.3	69.5					
48	6	1	39	9.5	18.7	4.90	0.000	-1.78	18.91	0.091
		2	17	28.2	41.4					
48	7	1	47	29.6	47.3	1.77	0.214	-0.80	54	0.429
		2	9	44.1	63.1					
48	8	1	45	4.6	6.4	3.86	0.027	1.19	31.42	0.245
		2	11	3.0	3.3					

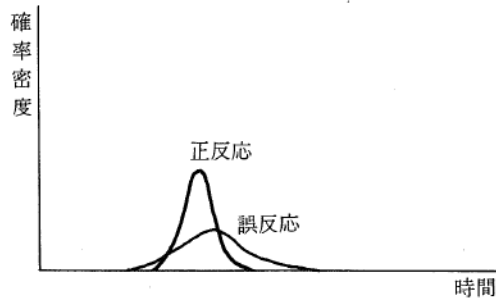
第2図 正反応早発型のモデル図



第3図 誤反応早発型のモデル図



第4図 正誤反応併発型のモデル図



の型を正反応早発型と呼ぶことにする。

次に、第2の型は、第1の型の正反応早発型とは逆に、グループ2の反応時間がグループ1の反応時間より小さく、 t 検定の結果、差が有意である設問、つまり誤反応群の反応時間が正反応群の反応時間よりも小さい設問であり、この型を誤反応早発型と呼ぶことにする。

最後に、第3の型は、グループ1あるいはグループ2のどちらかの反応時間が小さくとも、 t 検定の結果、統計的に差が有意とならない設問、つまり正反応群と誤反応群の反応時間の間に差があると認められない設問であり、この型を正誤反応併発型と呼ぶことにする。

ここに述べた3つの型のモデルとして図2から図4をそれぞれ対応させて考えている。分布は正規分布を考えているが、その妥当性については標本数が小さいために検定してはいない。3つの図においては正反応群の分散が誤反応群の分散より小さいものとして表現されているが、実際には、設問に依存するものであって、その設問ごとに分散は決まるものである。

以上のように設問を、正反応群と誤反応群の反応時間に有意差があるかどうかを検定した結果により3つの型に分類した。次にそれぞれの型に属する設問を取り上げて、そこに共通する傾向をさぐっていく。

(1) 正反応早発型

正反応群の反応時間が誤反応群の反応時間よりも小さい設問は、スライド7の間1(第5図)、スライド13の間2(第7図)、スライド15の間3(第8図)、スライド17の間3(第9図)、スライド20の間7、スライド42の間1(第10図)の計6問である。

この6問に共通していえることは、設問の内容がきわめて容易である点であろう。個々の設問について検討すると、スライド7の間1については、一次方程式か否かの判別であり、これを判別するためのルーチンを理解しているかどうか解を求める要点になっていると考えられる。また、スライド13の間2は、方程式の解であることを確認するための代入した後の計算であり、スライド20の間7の内容も同様のものである。この2問は、共に負の数の計算であることが特徴であり、計算のルーチンを理解しているかどうか、解を求める要点になっていると考えられる。スライド15の間3は、2乗して9となる数を問うものであり、一方の解3が答えられたときに、絶対値が同じで符号を変えろというルーチンを理解しているかどうか、解を求める要点になっていると考えられる。スライド17の間3は、2乗して25となる数を求めさせるものであり、平方根の解を求めるルーチンを理解しているかどうか、解を求める要点になっていると考えられる。スライド42の間1は、ステージ2での学習にひきつづき、二次方程式を完全平方式に変形するため定数項を移項するだけの内容であり、このルーチンを理解しているかどうか解を求める要点になっていると考えられる。

以上のように、解を求めるためのなんらかの単純なルーチンをあてはめればできるような内容が容易と思われる設問が、正反応早発型に属しているものと考えられる。また、正反応早発型として取り上げられた設問が、同じスライドにある前の設問や前のスライドにある設問と比較して、特に内容的あるいは質的に異なっていると考えられる点は、みあたらなかった。一方、藤田・成瀬(1976)が「テスト項目の多くは重さの保存についてかなり直観的な判断を求める問題」で、「テスト項目に対する平均反応時間は、自信、正答、誤答、不安群の順に長くなり」と述べている。速断は避けなければならないが、藤田等のいう「かなり直観的な判断」と、筆者の「解を求めるための何らかの単純なルーチン」というものが、それほど異なるものでないことを予想している。

(2) 誤反応早発型

誤反応群の反応時間が正反応群の反応時間よりも小さい設問は、スライド9の間5(第6図)、スライド17の間8(第9図)、スライド46の間1(第11図)の計3問である。

おのおのの設問について検討すると、スライド9の間5は、二次方程式かどうかを判別させる内容である。この前の設問問1から問4までは、一次方程式か二次方程式のいずれかであり、スライド7で1と答えた設問ではスライド9においては0、スライド7で0と答えた設問ではスライド9においては2と答えるとはよかったが、この間5は一次方程式でも二次方程式でもない式である。そこで、その設問の質的差異をきちんと認知しえ解決のための適切なルーチンをみつけてそれに従い処理した被験者の反応時間は、大きくなったものと考えられる。次に、スライド17の間8であるが、こよれは先に求めた解にマイナスの符号をつけて答えさえすればよい設問である。そのため、いち早く解を求めた被験者がメッセージキーによって入力しても、計算機がまだ応答待ちの状態になっておらず、信号にはじかれているものがあると考えられる。事実、誤反応群の標本数が5であり、その反応時間の総和はわずかに1秒で、5名中4名が反応時間0秒で入力をはじめたことを示している。以上のような理由で、スライド17の間8は設問の性格によるものと考えず、むしろ計算機の処理機能の不足によるものと考え、考察から除くことにした。最後に、スライド46の間1は、二次方程式を変形して完全平方式を求める内容である。これを前のスライド42や44と比較すると、次の点において異なっている。スライド42や44の間1に対応する設問が、スライド46には

第5図 スライド7

S7

では、以下の式の中から、一次方程式を選び、に、
 一次方程式であるものは……“1”
 一次方程式でないものは……“0”
 で答えなさい。

1. $3x + 4 = 0$ …… Q 1
2. $x^2 + 5x - 6 = 0$ …… Q 2
3. $4x - 5 = 7 + x$ …… Q 3
4. $x^2 = 4$ …… Q 4
5. $x^3 + x^2 = x + 1$ …… Q 5

第6図 スライド9

S9

では、次の式の中から、二次方程式を選び、に
 二次方程式であるものは……“2”
 二次方程式でないものは……“0”
 で答えなさい。

1. $3x + 4 = 0$ …… Q 1
2. $x^2 + 5x - 6 = 0$ …… Q 2
3. $4x - 5 = 7 + x$ …… Q 3
4. $x^2 = 4$ …… Q 4
5. $x^3 + x^2 = x + 1$ …… Q 5

第7図 スライド13

S13

たとえば、二次方程式 $x^2 + 6x - 40 = 0$ の解は、 -10 と 4 です。

なぜならば、

◦ $x = -10$ を代入してみると、

$$(\text{左辺}) = (-10)^2 + 6 \times (-10) - 40 = \boxed{\text{Q 1}} + \boxed{\text{Q 2}} - 40 = 0$$

$$(\text{右辺}) = 0$$

よって、(左辺)=(右辺)が成立、つまり方程式が成立するからです。

◦ また、 $x = 4$ を代入して

$$(\text{左辺}) = \boxed{\text{Q 3}}^2 + 6 \times \boxed{\text{Q 4}} - 40 = \boxed{\text{Q 5}} + \boxed{\text{Q 6}} - 40 = 0$$

$$(\text{右辺}) = 0$$

よって、(左辺)=(右辺)が成立、つまり方程式が成立するからです。

第8図 スライド15

S15

それでは、二次方程式の解き方の勉強にはいりましょう。

最初、一番簡単な形、たとえば、

$$x^2 - 9 = 0 \text{ —— (1)}$$

のような形の二次方程式の解の求め方について勉強しましょう。

まず、定数項の -9 を右辺に移項して

$$x^2 = \boxed{\text{Q 1}}$$

2乗して $\boxed{\text{Q 1}}$ になる数は、 \longrightarrow **HINT**

$$x = \boxed{\text{Q 2}} \text{ または } x = \boxed{\text{Q 3}}$$

よって

$$\text{答 } x = \boxed{\text{Q 2}}, \boxed{\text{Q 3}}$$

第9図 スライド17

S17

では、もう一度解いてみましょう。

$$x^2 - 25 = 0$$

定数項の□Q 1を移項して、

$$x^2 = \square Q 2$$

2乗して□Q 2となる数は

$$x = \square Q 3 \text{ または } x = \square Q 4$$

$$\text{答 } x = \square Q 3, \square Q 4$$

同じように、次の二次方程式を解きなさい。

$$(1) x^2 - 81 = 0 \quad (1) \text{ の答 } x = \square Q 5, \square Q 6$$

$$(2) x^2 - 16 = 0 \quad (2) \text{ の答 } x = \square Q 7, \square Q 8$$

第10図 スライド42

S42

できるだけ、□HINTを見ずに解きなさい。次には、同じような□HINTはありません。

$$x^2 + 10x - 11 = 0.$$

$$x^2 + 10x - 11 = 0$$

$$x^2 + 10x = \square Q 1$$

Q 2. 左辺を $(x+a)^2$ に変形すると、

a は~~~~~の2分の1である

から

$$(x + \square Q 2)^2 = \square Q 1 + \square Q 3$$

Q 3. このとき、左辺に~~~~~の

2乗の□Q 3を加えたので、右

辺にも加え、

$$(x + \square Q 2)^2 = \square Q 4$$

第11図 スライド46

S46

解く順序を示した[HINT]はありますが、それ以外は、全部自分でやりなさい。

$$x^2 + 16x - 36 = 0$$

$$(x + \boxed{Q1})^2 = \boxed{Q2}$$

ないという点である。ただし、スライド44の内容は、スライド42とほぼ同じであるが、問2と問3についての簡単な説明（ヒント）が除かれ、変形されていく式に答を入力するだけになっている内容である。また、設問全体に被験者が見通しをたてた後に答の入力にかかるとすれば、スライド42や44の間3に対応する設問もスライド46にはないという点である。このように、直前までのスライドの設問の難易度のレベルとスライド46の設問のそれとでは大きな隔たりがある。そのため、設問の難易度の変化を認知し対応することのできた正反応群の反応時間は大きくなり、難易度の変化を認知しえなかったか、それに対応しえなかった誤反応群の反応時間は小さくなったと考えられる。

以上のように、誤反応早発型に属する設問に共通する傾向をスライド17の間8を除いて述べると、次のようにまとめることができるであろう。まず、直前までの設問と質的あるいは難易度において異なっている。そして、正反応群についてはそれを認知し対応する方策を立てて解決することができるため、そのための時間が必要となって反応時間が、誤反応群のそれよりも大きくなるであろう。

(3) 正誤反応併発型

正反応群と誤反応群の反応時間の間で平均値の差が有意とならない設問は、69題中正反応早発型の6題と誤反応早発型の3題を除く残り60題である。この型において、個々の設問に対する考察や、全問を通じていえる傾向をさぐることを行わない。ただ、割合において正反応群の反応時間が誤反応群のそれより小さい設問が多いという傾向がある。

以上のように、3つの型に分けたとき、特に正反応早発型と誤反応早発型に属する設問について、共通していえるような傾向を検討してきた。

ここで、CAI学習を特徴づけると考えられる傾向について検討してみる。日常の授業場面でほとんど生起しないと考えられるのは、誤反応が正反応よりも早くおこるという事態であろう。つまり、日常の授業場面においては、誤って答える可能性のある学習者が、正しく答える可能性のある学習者よりも先に挙手をするという事は、ほとんどないと考えられる。誤って答える可能性のある学習者は、先に答を求めたとしても正しく答える可能性の高い学習者を観察して挙手していない場合

には、自分の答を検討しなおすなどして挙手を見あわせるというのが、日常の授業での状況であろう。つまり、授業者の発問を分類したときに、誤反応早発型という分類にあてはまるような設問は、ほとんどないと考えられる。この点が、日常の授業における学習とCAI学習との大きな違いだと考えられる。一方、CAI学習においては、答を求めた時間が早いかあるいは遅いかを予測させる情報はほとんど与えられず、答の入力は学習者の自発的判断にまかされている。このように、自分と同一の問題における他の学習者の学習状態についての情報が学習者にほとんどはならない。この点が、日常の授業における学習と異なる点であり、誤反応早発型があらわれる原因でもあると考えられる。また、誤反応早発型をさらに生じやすくさせているものと考えられるものに、次の点が考えられる。学習が後半になると、学習を早く終了した者と次の学習者との席の入れ替りにより、先に学習を終えた者よりどの程度多くの時間がかかっているかを、おおよその時間でも情報として得ている点があるであろう。これが、学習を早く終了させなければならないという心理的圧迫となり、誤反応早発型の発生の確率を高めていると考えられる。この予測を裏づけるものとして、ステージ3における学習得点と事後テストとの相関がステージ1における学習得点と事後テストとの相関よりも高くなっていったのに反し、ステージ3における反応時間と事後テストとの相関がステージ1における反応時間と事後テストとの相関よりも低くなっていったことがあげられるであろう。つまり、学習の前半ステージ1において、反応時間と事後テストとの間にステージ3におけるよりも高い相関が得られたのは、他の学習者の学習状態に関する情報がほとんどはらないために、学習者の自然な思考に従う反応時間が得られたためと考えられる。一方、学習の後半ステージ3において、反応時間と事後テストとの間にステージ1におけるよりも低い相関が得られたのは、学習速度の遅い者にとって学習が遅れているということが心理的圧迫となり、学習者の自然な思考を大きく妨げたと思われる反応時間が得られたためと考えられる。

4. 結 論

まず、反応時間と学習得点あるいは事後テストとの相関に関しては、ステージ1においては負の有意な相関が認められたが、ステージ3においては負ではあっても有意なもの認められなかった。

次に、正反応群と誤反応群とに分けて反応時間の平均値の差が有意かどうかの検定を行った。その結果、有意なものが認められ、設問を正反応早発型、誤反応早発型、正誤反応併発型の3つの型に分類した。また、おのおのの型に属する設問について検討され、共通する傾向が抽出された。まず、正反応早発型に属する設問からは、解を求めるためのなんらかの単純なルーチンをあてはめればできるような、内容が容易と思われる傾向が抽出された。次に、誤反応早発型に属する設問からは、直前までの設問と質的にあるいは難易度において異なっているという傾向が抽出された。ただし、誤反応早発型に属する設問のうち1問は、計算機の処理機能の不足を理由に考察の対象から除外された。また、正誤反応併発型については、特に考察は加えられなかった。しかし、有意な差は認められなかったが、誤問の多くは正反応群の反応時間が誤反応群のそれよりも小さいものであった。

さらに、反応時間を用いて、CAI学習を特徴づけると考えられる傾向を、日常の授業における学習と対比して抽出した。その結果、設問を3つの型に分類するときに、誤反応早発型に属するような設問は、CAIによる学習においてしか得られないであろうと予想された。さらに、CAI学習においては、同一の設問に対する他の学習者の情報が学習者に与えられないために、学習者の自然な思考に従う反応が得られやすいことも推測された。一方、同一の設問に対する他の学習者の情報は得

られないが、学習速度の遅い者にとっては、他の学習者が学習を終了したということを知ることが心理的圧迫となり、学習者の自然な思考を妨げるのではないかと推測された。

CAI 学習プログラムの内容構成については北海道教育大学函館分校教育心理学教室鈴木教授、青木講師のご助言を、SPSS の使用については札幌分校物理学教室中野教授のご助言を受けた。また、被験者の実験参加については函館市立五稜中学校金沢前校長、斎藤校長並びに酒田・平向両先生のご協力を得た。さらに、本研究の数値計算は北海道大学大型計算機センターで行なわれた。本研究に対して与えられたこれらのご協力について感謝の意を表したい。

文 献

- 肥田野直・瀬谷正敏・大川信明 心理教育統計学，培風館，1961。
 Fujita, K. and Naruse, M. A Statistical Analysis of Response Times in Classroom Question and Answer Activities. 岐阜大研究報告(自然科学), 1971, 4, 387-395.
 藤田恵壘・成瀬正行 テスト項目の反応時間——正誤および自信との関連について——, 日本教育工学雑誌, 1976, 1, 27-36.
 岩原信九郎 新訂版 教育と心理のための推計学, 日本文化科学社, 1965。
 教育工学研究成果刊行委員会 教育工学の新しい展開, 第一法規出版株式会社, 1977。
 三宅一郎・山本嘉一郎 SPSS 統計パッケージ I 基礎編, 東洋経済新報社, 1976。
 中川正・中山伸朝・角里実・柴田治・千葉克則・高瀬輝彦 CAI 学習記録の分析(2)——反応時間の分析 その1, CAI 研究報告, 1978, 第6号, 70-83。
 佐伯胖 ベイズ診断ロジックによる CAI システム, 電子通信学会教育技術研究会資料, 1973, ET 73-7, 30-41。
 佐伯胖・大久保博 ベイズ診断による「発見的課題」の CAI 教授コースの自動生成, 日本教育工学雑誌, 1976, 1, 153-161。
 鈴木正義・中川正・山崎正吉・辻宏光 CAI システムによる適性処遇交互作用に関する研究(1)——予備の実験結果の分析——, 北海道教育大学紀要, 1976, 第26巻第2号。
 山崎正吉 CAI システムによる教授方法と学習者の適性との交互作用に関する研究, 北海道教育大学函館人文学会人文論究, 1978a, 第38号。
 山崎正吉 CAI システムによる教授方法と学習者の適性との交互作用に関する研究(2), 北海道教育大学紀要, 1978b, 第29巻第1号。
 彌永昌吉ほか 新しい数学3年, 東京書籍株式会社, 1972。

(本学助手・函館分校)