

速度論的モデルによる教育反応の研究

II. 学習意欲の計量化および望ましい授業のレディネス・ 事前・事後テストの学級平均得点について

竹 友 一 成

(昭和51年10月30日受理)

The Investigation of the Educational Reaction by using the Theory of Reaction Rate.

II. On the Computation of Learning Volition and on the Marks of Readiness・Pre・Post-Testes in the Good Teaching-Learning

Kazushige TAKETOMO

(Received for Publication, October, 30, 1976)

1. 緒 言

前報¹⁾において、生徒を「学習意欲性を有するヒト生体」と定義し、神経情報理論および化学反応速度論から教育反応の機構を類推的に論じた。そして、望ましい教授・学習（授業）の一つの指標として、教育反応の反応次数が授業分析あるいは評価において問題にされるべきであることを提案した。

この望ましい教授・学習とは、無理のないそして効率的な教授・学習のことを意味し、人間としての人格・情意的側面は考慮されていない。情意的に美しい教授・学習であるような教授・学習に、さらに「望ましき」が加わった場合、その教授・学習は、素晴らしい教授・学習であるといえることができる。

本研究の主たる目的は、素晴らしい教授・学習を一応対象外とし、望ましい教授・学習の指標を、科学的手法により模索、追求しようとするものである。

最近、よく見聞する言句の一つに、「意欲」なる言葉がある。例えば、学習意欲、消費意欲、購買意欲、投資意欲、あるいは、在庫処分意欲などがそれである。「意欲」の意味するところを、最も簡単に表現すれば、「積極的にやろうとする意志」²⁾、あるいは「心の欲する所」³⁾ということになるが、「意欲」の本態が何であるかは、その基本になっているものが「意志」とか「心」のように、人間（生物）の情意、情緒にかかわっている

*長崎大学教育学部化学教室（長崎市文教町）

Chemical Laboratory, Faculty of Education, Nagasaki Univ. (Bunkyo, Nagasaki, Japan)

ことから、極めて掴みどころのないものとなっている。したがって、「意欲」の計量化は厳密に言えば不可能に近いと考えられる。しかし、「意欲」が何かの関数であることは疑うことができない。例えば、消費意欲をとってみても、経済的な所得の裏づけがなければ、消費意欲の高揚は例外を除いてはあり得ない。同様に、学習意欲についても、それは何かの関数であると考えてよい。

学習意欲について、筆者¹⁾は、学習意欲には二種類あり、その一つは学習能力を包括しており、学習能力を基盤に生起することを論じた。また、他の一つとして、学習能力とは無関係に生起する学習意欲のあることを示唆し、それを独立学習意欲と称した。

学習意欲の高揚があれば、教授・学習をスムーズに展開し得る可能性が大となることは確かである。教授・学習法の研究の目的のなかには、このため、生徒の学習意欲を如何にして高めるか、という命題が含まれている。このように考えれば、学習意欲の数量的取りあつかいが必要となる。

しかし、筆者は、これまで寡聞にして学習意欲の数量的研究を知らない。実際、用いられる言葉として、例えば、「生徒の学習意欲が高まった」とか、あるいは「生徒の学習にとりくむ意欲が……」というような表現になっている。つまり、定性的表現といってよい。しかも、判断の根拠となるものは、「一生懸命聴いていた」、「目が輝いていた」、「発言が活発であった」とかの生徒の活動で、それを教師が任意に「感覚」で受けとめて、経験的に判断するにとどまっていた。

従来、このように判断・処理されていた学習意欲を、前述のように、何かの関数として計量化することが可能であれば、教育の新しい原理や法則を科学的に導きだす基盤を提出することになる。

そこで、筆者は、化学反応の反応温度を教育反応の学習意欲と仮定し、教育反応に化学のアレニウスの式を適用することにより、学習意欲の計量化を試みた。その結果、学習意欲の計量化は可能であるが如き知見を得た。また、この知見から、望ましい教授・学習の判断の指標となり得る基準値、つまり、レディネステスト、事前テスト、および事後テストの望ましい学級平均得点を、それぞれ求めることができたので報告する。

なお、本稿では、原則として一斉授業（学習）を対象に論じていることを、予め述べておく。

2. 学習意欲の計量化および望ましい教授・学習

2.1 アレニウスの式による学習意欲計量化の可能性

分子や原子の性質から、化学反応の方向と反応速度を純理論的に予測する方法を求めて、多くの化学者が研究に従事している。教育においても、生徒や教育情報などの性質から、教育反応の方向と教育反応の反応速度を純理論的に予測することは、必ずしも不可能でないかも知れない。

筆者は、前報¹⁾において、ヒトも分子も何らかわる場所はない自然物である、との考えのもとに、化学の反応速度論を教育反応に適用することを試みたが、これは、分子、つまりヒトの性質から、教育反応の方向や反応速度を、上述の如く、純理論的に予測することができればという願いがあったからである。化学においては、この予測を可能ならしめ

る理論，すなわち絶対反応速度論が，H.Eyringにより体系づけられている⁴⁾。

学習意欲の計量化を試みるためには，この絶対反応速度論によることが，学習意欲の計量化の信頼性・妥当性をより大ならしめるであろう。しかし，他方，H. Eyring理論は，気相素反応に適用されるよう組立てられており，触媒表面が素反応に関与している不均一系反応に適用するためには無理をしなければならない⁵⁾。教育反応が触媒的反應であることは前報¹⁾で述べた。そこで，理論展開を容易ならしめるため，絶対反応速度論の前身とも考えられるアレニウス説に着眼し，アレニウスの式から，学習意欲の計量化を試みた。

アレニウス説は，実験上の経験事実から，

$$k \propto e^{-E/RT} \quad \dots\dots(1)$$

の関係があるとしたもので，アレニウス式は，

$$k = Ae^{-E/RT} \quad \dots\dots(2)$$

で示される。ここに， k は反応速度定数， A は頻度係数， E は活性化エネルギー， R は気体定数， T は温度である。なお，この関係は，説明仮説にすぎなかったが，その後，衝突論などからも，この式の妥当性が証明されている。

さて，そこで， k を教育反応速度定数¹⁾， A を頻度係数， E を学習障壁¹⁾， R を教育定数， T を学習意欲¹⁾とすれば，学習意欲 T は，

$$T = -E \cdot \frac{1}{R} \cdot \frac{1}{\ln k - \ln A} \quad \dots\dots(3)$$

で表わされることになる。

A は衝突回数(z)と通過率(κ)からなるものと解してよい。しかるに，教育反応，特に一斉授業における教育反応では，生徒と教育情報との衝突は，1回の教授・学習で1回，つまり $z = 1$ である。また，教育情報が標準的で生徒に対して同質的なものであれば，生徒の活性化状態¹⁾ $P \times M$ から，反応終了後の生徒の学習能力の状態¹⁾ PM になる容易さ，つまり， κ は大きく(1に近い)，異質的なものであれば， κ は小さく(0に近い)なるものと解される(化学反応では，反応原系の電子状態と反応生成系のそれとが変わらない場合が同質)。しかるに，教育反応では，一般に学習指導要領などによって，教育情報は少なくとも標準的なものとなっており，かつ教師の教材研究などにより同質化されている。したがって，通過率は $\kappa = 1$ とみてよい。

以上の理由により，(3)式は，

$$T = -E \cdot \frac{1}{R} \cdot \frac{1}{\ln k} \quad \dots\dots(4)$$

となる。 R は定数であるから，いま， $R = 1$ と仮定して最も簡略化すれば，(4)式は，

$$T = -E \cdot \frac{1}{\ln k} \quad \dots\dots(5)$$

となる。しかるに， k は教育反応次数が0次であれば簡単に算出できるし¹⁾，0次でなく

*本稿では，通過率に立体因子，つまり衝突の方向も合わせ含まれているものとする。

とも、微分法などから求めることができる⁶⁾, 7)。また E のディメンションは既に決定されているから¹⁾, E を実測可能な要素とどのように関連づけるかのみが、問題となり、これさえ解決し得るならば、(5)式から学習意欲の計量化は可能となる。

2.2 「学習意欲性の法則」の適用による学習意欲の計量化

学習意欲性の法則¹⁾は、

$$Xn \cdot \lambda_a \cdot a = r \quad \dots\dots(6)$$

で示される。ここに、Xn は刺激 (100点), λ_a は学習意欲変換判定活動性, a は学習意欲変換活動性, r は応答 (得点) である。応答が認められることは、 $\lambda_a = 1$ であるから、評価を100点満点とする教育では、(6)式から、

$$a = \frac{r}{100} \quad \dots\dots(7)$$

が得られる*。

しかるに、E と a との間には、

$$E \propto \frac{1}{a} \quad \dots\dots(8)$$

が成立すると考えられるから、比例項を「1」とすれば、(7)式と(8)式から、次式が得られる。

$$E = \frac{100}{r} \quad \dots\dots(9)$$

したがって、2.1の(5)式は、

$$T = -\frac{100}{r} \cdot \frac{1}{\ln k} \quad \dots\dots(10)$$

となる。

教育反応において、反応次数が0次である場合には、

$$r = 100 \cdot k \quad \dots\dots(11)$$

であるから¹⁾, (10)式は、

$$T = -\frac{100}{r} \cdot \frac{1}{\ln\left(\frac{r}{100}\right)} \quad \dots\dots(12)$$

となる。

(10)式および(12)式の r は生徒の得点であるから、この(10)式あるいは(12)式から、学習意欲 T を求めることが可能である。特に、反応次数が0次であれば、(12)式から、簡単に T を求め得る。しかるに、前報¹⁾で述べたように、NIGHT システス実験授業 (中・理「力のは

*情報理論式をこのような処理法で取りあつかっても、得られる結果に、特に大きな不都合は生じないものと思推される。

たらき」および「電流」)では、殆んど生徒の反応次数が、0次または近似的に0次であった。したがって、(12)式により、全生徒が反応次数0次と一応仮定して、コンピュータベースで処理・計量することも可能である。

(12)式から求めた学習意欲と得点との具体的数値関係を示せば、第1表のようである。

第1表 学習意欲の計量値

$$(T = -\frac{100}{r} \cdot \frac{1}{\ln(\frac{r}{100})} \text{ による})$$

得点 (r)	36.79	49.99	60	68.39	70	80	90	100
学習意欲 (T)	2.718	2.885	3.263	3.849	4.001	5.602	10.55	∞

2.2.1 学習意欲の最小値

(12)式を r で微分すれば、

$$\frac{dT}{dr} = \frac{\frac{100}{r^2} \left\{ \ln\left(\frac{r}{100}\right) + 1 \right\}}{\left\{ \ln\left(\frac{r}{100}\right) \right\}^2} \quad \dots\dots(13)$$

となる。dT/dr = 0 から、最小学習意欲 (T_{min}) のときの得点 r は、

$$r = 36.79 \text{ (点)} \quad \dots\dots(14)$$

となる。また、最小学習意欲は、

$$T_{min} = 2.718 \quad \dots\dots(15)$$

となる。

(12)式から、Tの値は、r=36.79(点)のときに最小値(最低値)をとり、r=0(点)、および、r=100(点)で極めて大きな値(∞)となる。このことは次のように理解すればよい。つまり、事後テストの場合について論ずれば、事後テストにおいて、r<36.79(点)の生徒は、学習能力(v)とは無関係な学習意欲、換言すれば、独立学習意欲(T')により学習の場に臨んだものと考えられる。このような生徒にとっては、標準的教師が標準的教育情報として与えた教育情報が、同質化されていなかったことを意味する。したがって、本来、そのような教育情報をもって教育の行なわれる教授・学習の場に臨むべき生徒ではなかったわけで、極めて不幸な例といえよう。教育界の俗な言葉で表現すれば、所謂「お客さま生徒」である。このような生徒に、適切な教授・学習の場を与えなかった責任は、勿論、教育行政官をはじめ、広義の意味で、教育を担当する側にあることはいうまでもない。

r<36.79(点)の生徒は、主として、独立学習意欲にもとづき学習の場に臨んでいると解されるから、学習意欲を学習能力と関係ありとする「学習意欲性の法則」から導いた(12)式を用いて、その学習意欲を求めることは適当でない。しかし、他の生徒と同列・同次元で、このような生徒を取りあつかい、(12)式からその学習意欲を求めた場合には、得られた数値に負の記号(-)を付するか、あるいは虚数を意味する「i」を付することで区別

すればよいであろう。

このように処する理由は簡単である。つまり、得点が30点台以下であるような生徒は、少なくとも、かなり広範囲の学習部分で反応次数が0次とは考えられないような学習軌跡を示しており（例えば前報¹⁾第8図, No 32), その反応次数は明らかに負で、反応速度定数は比較的大きな値となる⁶⁾。この大きな値 ($k > 1$) を(10)式に代入すれば、学習意欲 T は負の値を示すようになる。また、微分法^{6), 7)}で反応次数と反応速度定数を求めることは、簡単であるとはいえ、教育現場で、生徒の1人1人についてこの作業を行なうことになると、実際上不可能である¹⁾から、上述のような便宜的方法をとることを考えてもよいのではなかろうか。

なお、このような独立学習意欲 (T') をもって、教授・学習の場に出席している生徒の独立学習意欲の計量化については、2.5で別に論ずる。

2.2.2 望ましい教授・学習

学習能力を包括した学習意欲 T で、生徒が学習にあたる場合、生徒の学習意欲が最小であれば、そのときの生徒の得点は、36.79 (点) である。この理論的事実を念頭におけば、事前テストが無得点である生徒の教授・学習上の取りあつかい方としては、教授・学習により、生徒が少なくとも学習意欲 (T) の最小値を示すところまで、その学習能力を高めるように意図すればよい。生徒の主体的活動のない教授・学習では、吸収された教育情報の定着性などに問題が生ずるのであろうから、学習障壁 E を、 $E = 1(u)$ とすること、つまり単にやさしく教しえ・与えることのみ走り、事後テストでの高得点を期待することには疑問を抱かざるを得ない。

このような考え方は、完全とはいえなくても、全く無理のない極く自然な発想といえよう。

以上の考えに従えば、教授・学習の設計は、生徒の未吸収教育情報（生徒にとって新しい情報）の部分につき、その36.79%の教育情報を生徒が吸収するように設計すればよいことになる。

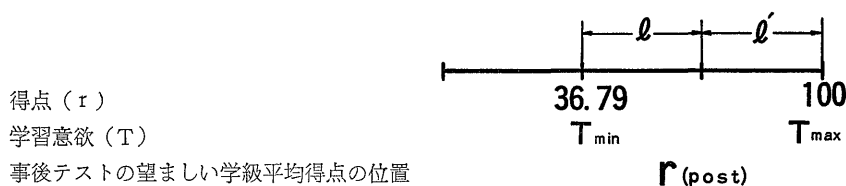
この36.79%を理解・吸収するように設計された教授・学習が、無理のない教授・学習であることは、理論的に自然なことであり、特に述べるまでもない。そこで、以下、このような教授・学習を「望ましい教授・学習」と定義することにしよう。

なお、以上の考え方は、飽迄も生徒と教育情報との衝突が、1回の教授・学習で1回起こるとの仮定によっていることはいままでもない。

2.2.3 事後テストの望ましい学級平均得点

望ましい教授・学習の基本的概念を2.2.2で論じた。この望ましい教授・学習を設計するにあたり、望ましい教授・学習が行なわれたかどうかの判断の基準になるものは、レディネステスト、事前テスト、および事後テストの学級平均得点であるから、教授・学習の内容を踏えてこれらの各テストの設計を試みる必要がある。

まず、事後テストの学級平均得点をどのレベルにおくかが問題となる。生徒の学習意欲 (T) は、36.79 (点) で最低、100 (点) で最高となるから、無理のない、つまり事後テストの望ましい得点 (学級平均) は、第1図の l と l' が等しい ($l = l'$) 得点位置に求めるべきであろう。この考え方も亦、極く自然である。



第1図 事後テストの望ましい得点（学級平均）の位置

- $r(\text{post})$: 事後テスト得点
 T_{\min} : 最小学習意欲
 T_{\max} : 最大学習意欲
 l : 得点36.78(点)から事後テスト得点までの距離
 l' : 得点100(点)から事後テスト得点までの距離

よって、求める事前テストの望ましい学級平均得点は、

$$r(\text{post}) = 36.79 + \frac{100 - 36.79}{2} \quad \dots\dots(15)$$

から求めることができる。

(15)式から、 $r(\text{post}) = 68.39^*$ (点) が得られる。この事後テスト得点（学級平均）は無理のない事後テスト得点であり、この得点を、これまでの考えにもとづき、事後テストの望ましい学級平均得点とすることができる。

つまり、事後テストの望ましい学級平均得点は 68.39 (点) である。

2.2.4 望ましい教授・学習を実施するためのレディネステストの望ましい学級平均得点

生徒は、過去の教授・学習時から、次の計画された教授・学習が実施されようとする時点（現在）まで、学校、社会、家庭などのあらゆる学習環境から、過去の教授・学習終了時までには吸収した情報に加えて、さらに新しい情報を吸収しているから、生徒のもつ情報量は、さらに増加していると考えてもよい。しかし、吸収された情報が必ず定着・保持されているとは限らない。むしろ、定着・保持されていないとする方が自然である。かくて、教授・学習前の生徒の状態を把握するため、レディネステストの必要性が生じる。

事後テストの望ましい学級平均得点が 68.39 (点) であることは明らかになった。そこで、過去の教授・学習が望ましい状態で行なわれ、生徒が吸収した情報をそのまま定着・保持しているとすれば、計画された次の教授・学習が望ましい状態で実施された場合、その事後テストの学級平均得点は 68.39 (点) となることが推定される。しかるに、当然のことながら、教授・学習は常に過去の教授・学習の基盤の上^にた^って^行な^われる。したがって、教授・学習の前提条件がどのようであるかを探ぐるレディネステストの望ましい学級平均得点は、必然的に、68.39 (点) 以上と判断することができる。

ここに、68.39 (点) 以上としたのは、要求される前提条件は可能な限り整えられていることが望ましいと考えられるからである。

*小数点以下の第3位目切りすて

2.2.5 事前テストの望ましい学級平均得点

事後テストの望ましい学級平均得点が68.39（点）であり、また、望ましい教授・学習の目標は、生徒が未だ知識として吸収していない教育情報（生徒にとって新しい情報）の36.79%を、教授・学習により知識として吸収させることにある。このことを前提にすれば、事前テストの望ましい学級平均得点は次式で求めることができる。

$$r_{(p.r.o)} + 0.3679(100 - r_{(p.r.o)}) = 68.39 \quad \dots\dots(16)$$

ここに、 $r_{(p.r.o)}$ は求める事前テストの望ましい学級平均得点である。

(16)式から、 $r_{(p.r.o)} = 49.99$ （点）が得られる。

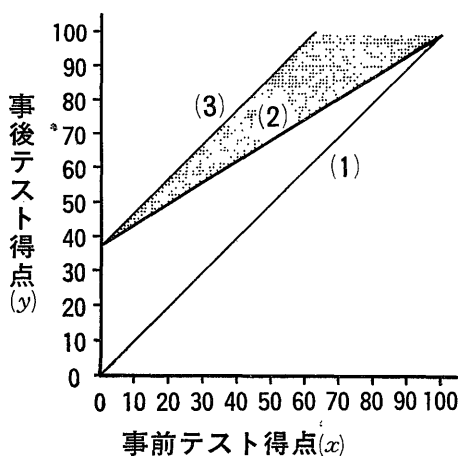
かくて、事前テストの望ましい学級平均得点は49.99（点）ということになる。

なお、これらのレディネステスト、事前テスト、および事後テストの問題内容・レベルが標準的であらねばならないことはいうまでもなからう。

2.2.6 望ましい教授・学習分析直線（式）

事前テストおよび事後テストの望ましい平均得点は、以上のように、それぞれ、49.99（点）および68.39（点）であるから、実際に得られた事前・事後テストの得点を、これら望ましい学級平均得点と比較することにより、実施された教授・学習の分析を行なうことができる。さらに、これを発展させれば、生徒の事前テスト得点（ y ）と事後テスト得点（ x ）との相関近似直線（回帰直線）式、

$$y = ax + b \quad \dots\dots(17)$$



第2図 望ましい教授・学習分析直線

√ : 教育実践上予想される期待範囲

(1) 効果のない教授・学習分析直線 ($y=x$)

(2) 望ましい教授・学習分析直線

$$(y=0.632x+36.8)$$

(3) : (1)を平行移動した直線 ($y=x+36.8$)

を求め、この直線（以下、教授・学習分析直線）から、教授・学習における生徒の得点上の変動を平均像として知ることができる。また、同時に、教授・学習の望ましき方向および質的レベルを推定することもできる。

事前テスト100（点）の生徒は事後テストでも、理論的には、間違いなく100（点）であることから、また、これまで、2.2.2.などで論じたことから、第2図の(2)の直線を望ましい教授・学習分析直線と称することができる。これからして、望ましい教授・学習分析直線が、結果的に得られるような教授・学習を望ましい教授・学習ということもできよう。

望ましい教授・学習分析直線は、第2図の(2)の示す勾配などから、

$$y=0.632x+36.8 \quad \dots\dots(18)$$

とすることができる。

よって、得られる a と b の値を、(18)式の $a=0.632$, $b=36.8$ と比較すればよいことになる。この比較による教授・学習の分析を試みる場合には、原則的には相関係数が比較的大きな値であって、はじめて信頼性があることに注意する必要があるだろう。

2.3 「学習意欲の法則」の適用による学習意欲の計量化

「学習意欲の法則」の前提として「学習意欲性の法則」がある¹⁾。「学習意欲性の法則」は次式で示される。

$$Xn \cdot {}_r\lambda_a \cdot a_r = T \quad \dots\dots(19)$$

ここに、 Xn は教育情報（刺激，100点）， ${}_r\lambda_a$ は学習意欲変換判定活動性， a_r は学習意欲変換活動性， T は学習意欲である。

また、「学習意欲の法則」は

$$Xn \cdot T = r \quad \dots\dots(20)$$

で表わされる。

(19)式と(20)式から、応答がある場合、

$$a_r = \frac{r}{Xn^2} \quad \dots\dots(21)$$

が得られる。この(21)式を(8)式に適用し、比例項を「1」とすれば、 E を

$$E = \frac{Xn^2}{r} \quad \dots\dots(22)$$

と表わすことができる。

(20)式と(22)式から、 E は、

$$E = \frac{1}{T} \cdot Xn \quad \dots\dots(23)$$

となる。(23)式を(5)式に代入すれば、

$$T = -\frac{Xn}{T} \cdot \frac{1}{\ln k} \quad \dots\dots(24)$$

となる。(24)式を(10)式と比較すれば、 Xn/T の T は r でなければならない。

$T=r$ としてよい場合は、次のような条件付けがあるときであろう。

① 教育においては、教育情報（ Xn ，刺激）は常に一定である¹⁾。したがって、(20)式の Xn を $Xn=1$ と条件付ければ、 $T=r$ となる。

② (24)式の T は学習能力を包括しているわけであるから、 T と r との関係は、 $T \propto r$ であってよい。比例項を「1」と条件付ければ、 $T=r$ となる。

したがって、(24)式は(10)式と変わるところはない、と考えてよい。

学習能力（ ν ）についても同様に理解してよいであろう。

つまり、 $\nu \propto T \propto r$ で、比例項を「1」とすれば、 $\nu = T = r$ となるわけで、(24)式を、

$$T = -\frac{Xn}{\nu} \cdot \frac{1}{\ln k} \quad \dots\dots(25)$$

と書きかえることができよう。 $Xn=1$ と条件付けられているから、

$$T = -\frac{1}{\nu} \cdot \frac{1}{\ln k} \quad \dots\dots(26)$$

が得られる。 $Xn=1$ なるときの応答 r は、 $r \leq 1$ であることはいうまでもない。

なお、同じ考え方 ($\nu = T = r$) をとれば、(26)式から、

$$\nu = -\frac{1}{r} \cdot \frac{1}{\ln k} \quad \dots\dots(27)$$

が得られる。

2.4 教育定数を考慮した学習意欲の計量化

2.4.1 教育定数 (R) について

理想気体では、

$$R = \frac{p \cdot V}{m \cdot T} \quad \dots\dots(28)$$

が成立する。ここに、 R は気体定数(教育定数)、 p は圧力、 V は体積、 m はモル数、 T は温度(学習意欲)である。いま、 V を学習範囲、 p を V に含まれる教育情報の分布密度とすれば、 $p \cdot V$ は教育情報量を意味し、刺激(Xn)を表わすことになる。

教育では、一般に、教育情報量は一定である。特に、一斉学習においては、生徒の学習能力は1人1人異なっているが、1人1人の生徒に与えられる教育情報量は同じである*1。つまり、

$$p \cdot V = C \quad \dots\dots(29)$$

となる。ここに、 C は定数である。

さて、 m を学習能力(ν)に関係ある項とすれば、学習意欲 T は学習能力とかかわりがあるから、 R が定数であるためには、 $m \propto 1/\nu$ の関係が必要である*2。この比例定数を「1」とすれば、(28)式は、

$$R = \frac{p \cdot V \cdot \nu}{T} \quad \dots\dots(30)$$

となる。

いま、 $R=1$ とすれば、(30)式から

$$p \cdot V \cdot \nu = T \quad \dots\dots(31)$$

*1 一斉授業では、教育情報量が同じということで、応個学習(あるいは個別学習)では、生徒ごとに違う。

*2 応個学習(あるいは個別学習)の場合、教育情報量は、学習能力に合わせて、近似的に最適の設定がなされるから、1人1人の生徒の学習意欲も、恐らく、近似的に同じであろう。とすれば、この場合は、 $m \propto \nu$ となる。したがって、応個学習(あるいは個別学習)こそ、教育としては、本質的に自然な形態であるといえることができる。

が得られる。

ところで、 $p \cdot V = Xn$ であるから、(31)式は

$$Xn \cdot \nu = T \quad \dots\dots(32)$$

となる。(32)式は「学習能力の法則」を意味し、 ν が学習意欲変換活動性 (a_r または a) と関係あることを示している。

このように、「学習能力の法則」が導きだされることから、 V を学習範囲、 p を教育情報の分布密度、 $m \propto 1/\nu$ とする仮定に多少とも妥当性を見出すことができよう。

つまり、 $R = p \cdot V \cdot \nu \cdot T$ なる教育定数 R を考えてもよいのではなかろうか。

(20)式と(32)式とを合わせ考えれば、教授・学習における応答（得点） r は、次の機構で生ずることが明らかである。

$$\begin{aligned} Xn \cdot \nu &= T \\ Xn \cdot T &= r \end{aligned}$$

2.4.2 (24)式への考慮

(24)式に教育定数を考慮して、学習意欲の計量化を試みれば、まず、 $T = - (Xn/T) \cdot (1/R) \cdot (1/\lnk)$ となるから、この式に(30)式を代入して、次式を得ることができる。

$$T = - \frac{Xn}{p \cdot V} \cdot \frac{1}{\nu} \cdot \frac{1}{\lnk} \quad \dots\dots(33)$$

しかるに、 $p \cdot V = Xn$ であるから、(33)式は、

$$T = - \frac{1}{\nu} \cdot \frac{1}{\lnk} \quad \dots\dots(26)'$$

となる。

(26)'は(26)と形式上、同一式である。

2.4.3 (10)式への考慮

(10)式に教育定数を考慮して、学習意欲の計量化を試みれば、まず、 $T = - (100/r) \cdot (1/R) \cdot (1/\lnk)$ となるから、この式に(30)式を代入して、次式を得ることができる。

$$T = - \frac{100}{p \cdot V} \cdot \frac{T}{\nu} \cdot \frac{1}{r} \cdot \frac{1}{\lnk} \quad \dots\dots(34)$$

ここに、 $100 = Xn = p \cdot V$ であるから、(34)式は

$$\nu = - \frac{1}{r} \cdot \frac{1}{\lnk} \quad \dots\dots(27)'$$

となる*。

したがって、この方法では、学習意欲を計量することのできる関係式を導きだし得ない。しかし、(27)'により、学習能力を計量することが可能となる。

なお、(27)'は(27)と形式上、同一式である。

* (27)'の式からも、事前・事後テストの望ましい学級平均得点などを求めることができる。

2.5 独立学習意欲の計量化

学習意欲には、学習能力と深くかかわりのある学習意欲と、学習能力とは全くかかわりのない学習意欲つまり独立学習意欲のあることを前報¹⁾で述べた。

そこで、学習能力とは全く無関係な独立学習意欲変換活動性 ($a_{T'}$) および独立学習意欲変換判定活動性 ($_{T'}\lambda_a$) の存在を設定すれば、

$$Xn \cdot {}_{T'}\lambda_a \cdot a_{T'} = T' \quad \dots\dots(35)$$

が成立する。ここに、 Xn は刺激、 T' は独立学習意欲である。

他方、「学習能力・独立学習意欲積の法則」¹⁾を意味する式は、

$$Xn \cdot \nu \cdot T' = r \quad \dots\dots(36)$$

であらわされる。ここに、 ν は学習能力、 r は応答（得点）である。

(35)式と(36)式から、次式が得られる。

$$Xn^2 \cdot {}_{T'}\lambda_a \cdot a_{T'} \cdot \nu = r \quad \dots\dots(37)$$

応答があれば、 ${}_{T'}\lambda_a = 1$ であるから、次式が得られる。

$$a_{T'} = \frac{r}{Xn^2 \cdot \nu} \quad \dots\dots(38)$$

(38)式に(8)の関係を利用して、学習障壁 E を求めれば、

$$E = \frac{Xn^2}{r} \cdot \nu \quad \dots\dots(39)$$

となる。(36)式と(39)式からして、 E は

$$E = \frac{1}{T'} \cdot Xn \quad \dots\dots(40)$$

となる。(4)式を利用して、

$$T' = \frac{1}{T'} \cdot Xn \cdot \frac{1}{R} \cdot \frac{1}{\ln k} \quad \dots\dots(41)$$

を得ることができる。

しかるに、教育定数については、単純に(30)式から、 $R = p \cdot V \cdot \nu / T'$ と考えられな
いことはないであろうが、 T' は ν とは無関係に完全独立的に生ずる独立学習意欲である
から、むしろ、 ν を全く無視すべきであろう。

したがって、この場合、教育定数 R は、

$$R = \frac{p \cdot V}{T'} \quad \dots\dots(42)$$

となる。いま、 $R = 1$ とすれば

$$p \cdot V = T' \quad \dots\dots(43)$$

となる。(43)式の意味するところは、刺激（ $p \cdot V = Xn$ ）がそのまま T' になることである。この場合の刺激は、恐らく、教育情報からの学習上意味ある質的刺激ではなく、単なる面白さあるいは単なる好みによる刺激と考えられる。

さて、(41)式に(42)式を代入すれば、

$$T' = -\frac{Xn}{p \cdot V} \cdot \frac{1}{\ln k} \quad \dots\dots(44)$$

が得られる。 $p \cdot V = Xn$ であるから、(44)式は、

$$T' = -\frac{1}{\ln k} \quad \dots\dots(45)$$

となる。

(45)式で独立学習意欲を計量することが可能である。この式には、学習能力 ν あるいは学習能力と直接的関係がある応答 r は含まれていないことに注目すべきであろう。

反応次数が0次であれば、(45)式は

$$T' = -\frac{1}{\ln\left(\frac{r}{100}\right)} \quad \dots\dots(46)$$

となる。ただし、 T' による学習の場合には、反応次数が0次である可能性は、非常に少ない、と考えられる。

2.6 小括および考察

化学の反応速度論および神経情報論を、教育反応に適用し、学習意欲の計量化を試みたところ、学習意欲の計量化が可能であるとする一連の結果を得た。そこで、この得られた結果に検討・考察を加えて、これを要約すれば次のようになる。

1) 学習意欲 T は次式で求めることができる。

$$T = -\frac{100}{r} \cdot \frac{1}{\ln k} \quad \text{または、} \quad T = -\frac{1}{\nu} \cdot \frac{1}{\ln k}$$

ここに、 r は得点（評価 100 点満点）、 k は教育反応速度定数、 ν は学習能力である。反応次数が0次の場合には、学習意欲は次式で簡単に求めることができる。

$$T = -\frac{100}{r} \cdot \frac{1}{\ln\left(\frac{r}{100}\right)} \quad \text{または、} \quad T = -\frac{1}{\nu} \cdot \frac{1}{\ln\left(\frac{r}{100}\right)}$$

ただし、これら式のうち、 ν を含む式では、 ν の値は最大値「1」と設定しなければならない。

2) 上式の、 $100/r$ および $1/\nu$ の項は学習能力に関する項であることを勘案すれば、 $1/T$ をヨコ軸に、 $\ln k$ あるいは $\ln(r/100)$ をタテ軸に、それぞれとって、得られる直線の勾配から学習障壁 (E) を求めることができる。

3) 上式の、 $100/r$ の100を Xn (刺激) とすれば、 $Xn/r = 1/\nu$ が成立する。これから、 $Xn \cdot \nu = r$ なる関係式を導き得る。この式の意味するところは、「学習能力の

法則」にはかならない。「学習能力の法則」のいま一つの式、 $Xn \cdot \nu = T$ は教育定数の内容から導くことができる。

4) 望ましい教授・学習の判定基準に、次の①および②を用いることができる。特に①は簡単かつ迅速に求めることができることから、極めて実用的である。

① 事前テストおよび事後テストの学級平均得点が、それぞれ49.99 (点) および68.39 (点) であること。

② 事前・事後テスト得点間の相関が大で、教授・学習分析直線 (回帰直線) が、

$$y = 0.632x + 36.8$$

であること。ただし、 y は生徒の事後テスト得点、また x は生徒の事前テスト得点である。

5) 望ましい教授・学習を実施可能ならしめるためには、レディネステストの学級平均得点が、68.39 (点) 以上であることが望ましい。

6) 未吸収教育情報の36.79%を、生徒に吸収・定着せしめるような教授・学習が、効率的で最も無理のない教授・学習ということが、

$$T = -\frac{100}{r} \cdot \frac{1}{\ln\left(\frac{r}{100}\right)}$$

の関係式から、思惟される。

7) 学習能力 ν は次式で求めることができる。

$$\nu = -\frac{1}{r} \cdot \frac{1}{\ln k}$$

反応次数が0次の場合には、

$$\nu = -\frac{1}{r} \cdot \frac{1}{\ln\left(\frac{r}{100}\right)}$$

ただし、この式で求めた ν の値は、1) 項の式の ν にはそのままでは適用し得ない。

8) 独立学習意欲 T' は次式で求めることができる。

$$T' = -\frac{1}{\ln k}$$

反応次数が0次の場合には、

$$T' = -\frac{1}{\ln\left(\frac{r}{100}\right)}$$

9) 上式を用いて、 T' を求める場合には、 T との数的連なりを重視して、便宜上、次式を用いるとよいであろう。

$$T' = -\frac{2.718}{\ln\left(\frac{r}{100}\right)}$$

T' 計量の必要を生ずる生徒は、恐らく、その得点が36.79（点）以下のもので、 $r \leq 36.79$ （点）の場合に、便宜的ではあるが、この式を用いた計量法が好都合である。

2.7 その他補遺事項

これまで、化学における温度を学習意欲（T）と仮定する前提のもとに理論展開を行ってきた。これは飽迄も仮定であって、学習意欲を化学における温度以外の他の要素とする仮定にもとづく研究が、当然あってよいわけである。モル濃度を学習意欲とする理論があってもよい。この仮定の場合には、温度を、勿論、教育上の他の要素としなければならない。いま、例えば、温度を学習環境としてとらえてみれば、2.4.1で論じた教育定数Rなどは、非常に都合よく説明することができるように思う。つまり、 $R = P \cdot V \cdot / m \cdot T$ の式で、Vを学習範囲、PをVに含まれる教育情報の分布密度、mを学習意欲（あるいは学習能力）、Tを学習環境と仮定すれば、VやTは、一般に、教育上一定であるから（ある時代のある教育の場における学習ではVやTを一定としてよい）、mが高まりやすい生徒（学習能力が大なる生徒）に対しては、Pを大（教育情報量を多くする。あるいは、教育情報のレベルを高くする）にしてよいわけである。このことは、すなわち、Rが常に一定であることを意味している。このRが一定であることを、裏側からみれば、教授・学習においては、Rが一定となるような教育情報の設定を行わなければならない、ともいうことができよう。つまり、この場合、学習意欲（学習能力）にあわせた教育情報を生徒に提供せよ、というように理解することができる*。したがって、このようなRを教育定数と定義してもよいわけである。

その他、化学上の内部エネルギーを学習意欲とするようなとらえ方もできるであろう。

要するに、如何なる仮定をとろうとも、得られた結果が、教育上の諸現象、あるいは教育上得られたデータなどを矛盾なく説明・解釈することができれば、研究としては、一応満足してよいのではなかろうか。

なお、学習意欲、学習能力、反応次数、あるいは反応速度定数などの計量化を、化学の理論をモデルとして研究しようとする試みは、恐らく、はじめてのことであろうから、種々様々な仮定にもとづく研究があってもよいであろう。

筆者は、化学における温度を学習意欲とする仮定に、いつまでも固執する考えは全くない。考え方の角度を変えた、弾力的な姿勢で今後の研究にあたりたいと思っている。

3. 実験授業への適用

再修正学習プログラム・単元「力のはたらき」（中1・理）による実験授業*が、1975年度に NIGHT 対象地域で実施された。この実験授業の授業分析に、2で論じた望ましい学級平均得点（事前・事後）および望ましい教授・学習分析直線の適用を試みた。

*だから、この仮定は個別学習や応個学習の必要性を説明するためには、特に好都合である。教育の本来の望ましい姿は、かくあるべきであろう。これが教育の原理かも知れない。しかし、教育は、多くの場合、一斉授業であることを忘れてはならない。

*授業形態は一斉授業

3.1 実験協力校

協力校数は離島部7校，都市部4校の合計11校であった。また協力学級数では，離島部17学級，都市部11学級の合計28学級であった（第2表）。参加生徒数は総数1,151名（1学級平均41.1名）で，そのうちわけは，離島部で664名（1学級平均39.1名），都市部で487名（1学級平均41.4名）であった。

第2表 実験協力校および協力学級

地 域	実験協力校数	学級数
N*（長崎市）	3	8
I（壱岐）	3	6
G（五島）	1	5
H（平戸）	—	—
T（対馬）	3	6
S*（佐世保市）	1	3
合 計	11	28

*都市部

3.2 実験授業の実施時期

協力校の全体的カリキュラムの都合にあわせ，それぞれ任意の時期に実施された。

3.3 学習データの収集および組織的集積

前報¹⁾の如く行なわれた。ただし，サマー・スクールは開催しなかった。また，学習データの集積はコンピュータ（TOSBAC-40C）によった。なお，学習データは本学部付属教育工学センターの磁気テープに記録され保存されている。

3.4 再修正学習プログラム・単元「力のはたらき」（19時間分）

1974年度の実験授業に用いられた修正学習プログラム・単元「力のはたらき」（16時間分）を微に再修正した。これに，レディネステスト，事前テスト，事前テスト，および事後テストの各1時間分を，あらたに作成して加えた。

事前テストと事後テストとの問題は全く同一である。テストは22問で構成され，その構成法としては，学習プログラムの各具体目標についての問題を，少なくとも，各具体目標について，それぞれ1問以上出題する方法をとった。

この事前・事後テスト問題を論文末尾の付録（その1）に示す。

また，この再修正学習プログラムの指導案フローチャート（記号I），その教材（記号J），および評価（記号K）のうち，第4授業時のI，J，およびKを付録（その2）に示す。

3.5 事前テストおよび事後テストの実施について

これら両テストの実施時期については，事前テストを実験授業実施前の任意の時期に，また，事後テストは実験授業終了後2週間以内の任意の時期に，それぞれ行なうよう予め指示した。テスト問題の発送時期およびテスト実施期日，また実験授業実施期日（期日の明確でないものもあるが）などから推定して，恐らく，殆どどの学級において，事前テストは実験授業実施直前に，また事後テストは実験授業終了直後に，それぞれ行なわれたと思惟される。

事前・事後テストは付録（その2）で明らかなように，選択法問題で，かつどの問題にも，選択肢アイテムとして「わからない」が設けられておる。

テスト結果の信頼性を特に大ならしめるため、各学級担当教師に『このテストは学業成績に関係ないから、わからない人は、必ず「わからない」の選択肢を選ぶこと』の生徒への指示を与えた。

3.6 授業分析

本稿では、収集された学習データのうち、事前・事後テストに関するデータの分析の結果から、実験授業が望ましい授業（教授・学習）であったか、どうかについて論ずる。

3.6.1 事前・事後テストデータの収集

これら両テストのデータを、同一学級につき両テスト合わせて入手し得た学級は15学級であった。つまり、入手率（本学部附属教育工学センターへの送付率）は53.57%であった（第3表）。

したがって、分析はこの15学級のデータについて学級単位に試みた。

なお、これら15学級の所属地域は、平戸地域を除く NIGHT 対象全地域（N.I.G.T.S）にわたっていた。

第3表 事前・事後テストデータの離島・都市別送付状況

テスト	離 島 部		都 市 部		合 計	
	学級数	百分率	学級数	百分率	学級数	百分率
事前テスト	17	100	10	91	27	96.43
事後テスト	10	58.82	5	45.45	15	53.57

3.6.2 分析結果および説明

15学級の事前・事後テストデータの分析結果を第4表および第5表にそれぞれ示す。ただし、教授・学習分析直線（式）および相関係数は電卓使用による手作業で求めたものである。

第4表より明らかなように、離島部学級の各平均値は、望ましい教授・学習の理論値と近似的に一致する。特に、事前テスト得点において完全に同一であるとしてよい結果であった。

以上のことは、離島部学級を平均像としてみれば、学習プログラム・単元「力のはたらき」による実験授業が、もういうまでもなく、望ましい状態で行なわれたことを意味している。つまり、望ましい授業が行なわれたと理解してよい。

離島部学級で事後テストの学級平均得点が、事前テストの学級平均得点から理論的に求められる得点期待値*より、下まわる学級は、C-1、およびD-1の2学級で、他の8学級はすべて期待値を上まわっている。しかし、C-1、およびD-1にしても、殆んど期待値（期待値はC-1で71.9点、D-1で72.1点）と一致しており、その差は僅かに、それぞれ0.6点および2.1点にすぎなかった。

*事後テストの得点期待値＝事前テスト得点＋(100－事前テスト得点)×0.3679

第4表 学級別 事前・事後テストデータの分析

(離 島 部)

学校 名	学級 組名	生徒*1) 数	テスト得点*2)		教授・学習分析直線式*3) ($y=ax+b$)	相関 係数
			事 前	事 後		
A	1	23	45.7	73.7	$y=0.630x+44.9$	0.785
B	1	11	48.8	76.4	$y=0.807x+37.0$	0.421
C	1	22	55.5	71.3	$y=0.397x+47.2$	0.390
D	1	44	55.9	70.0	$y=0.679x+32.0$	0.674
D	2	44	54.6	73.0	$y=0.834x+27.7$	0.771
E	1	37	49.3	73.5	$y=0.815x+33.3$	0.776
E	2	36	47.1	73.2	$y=0.768x+37.1$	0.503
E	3	35	48.1	76.2	$y=0.573x+48.8$	0.586
E	4	35	50.5	77.5	$y=0.492x+52.7$	0.406
E	5	35	52.2	75.1	$y=0.598x+43.9$	0.633
平 均		32.2	50.8	74.0	$y=0.659x+40.5$	0.594
望ましい授業の理論値			49.99	68.39	$y=0.632x+36.8$	

*1) 事前・事後テストを合わせて受験した生徒数

*2) 学級平均得点(無答を含めて算出)

*3) 学級平均得点をベースに求めた

第5表 学級別事前・事後テストデータの分析

(都 市 部*1))

学校 名	学級 組名	生徒*2) 数	テスト得点*3)		教授・学習分析直線式*4) ($y=ax+b$)	相関 係数
			事 前	事 後		
F	2	45	60.4	75.4	$y=0.740x+30.7$	0.788
F	4	44	57.1	68.6	$y=0.761x+25.1$	0.752
G	1	39	54.4	70.4	$y=0.600x+37.8$	0.500
G	2	42	49.2*5)	76.5*6)	$y=0.260x+63.7$	0.334
G	3	37	55.1	76.4	$y=0.927x+25.3$	0.668
平 均		41.4	55.2	73.5	$y=0.658x+36.5$	0.608
望ましい授業の理論値			49.99	68.39	$y=0.632x+36.8$	

*1) 特殊な学校, 例えば大学附属学校などを含まない

*2) 事前・事後テストを合わせて受験した生徒数

*3) 学級平均得点(無答を含めて算出)

*4) 学級平均得点をベースに求めた

*5) 完全無答の生徒が2名いる

*6) 事前テスト下位生徒で事後テスト得点が著しく伸びた生徒4名がいる

事前テスト学級平均得点から求めた事後テスト学級平均得点の期待値という観点のみにたてば、これら両学級C-1とD-1が、D-2学級（期待値71.3）とともに、最も望ましい授業が行なわれたとすることができる。

A, B, およびE校では、事前テスト得点から期得される事後テスト得点（学級平均）より、実際に得られた事後テストの学級平均得点がかかなり高くなっている。しかし、いずれの学級も、期得値より、+10点以下であり特に問題とされることはないであろうと思われる。新しい学習法が、離島部生徒を刺激したのかも知れない。

とにかく、こうしたA, B, およびE校学級の事後テスト学級平均得点の高まりが、離島部の事後テスト平均得点と都市部のそれとの間に殆んど差を見出し得ない原因となっている。

いずれにしても、事後テストにおいて、離島部学級と都市部学級とが殆んど同一得点であった事実は、離島・都市部地域間教育事情の格差解消の方法に重要な示唆を与えるものである。しかも、上述の如く、離島部学級では、平均像として望ましい授業が行なわれているわけであるから、この事実は、特に重視されてしかるべきであろう。

しかし、問題は都市部学級で望ましい授業が行なわれたか否かである。

第5表から明らかなように、都市部学級の平均値は、望ましい教授・学習の理論値と比較した場合、教授・学習分析直線で完全に一致している。事前・事後テストの学級平均得点は理論値より高くなっているが、事後テストに関しては、得られた実際の得点と期待値とは殆んど一致しており、その差は前者が+1.8点上まわるにすぎない。

これらのことから思惟して、都市部学級についても、平均像としては、望ましい授業が行なわれたものと理解してよいのではなかろうか。

都市部学級では、事前テストの得点が理論値より高く（5.2点）表われている。事前テスト得点のみからすれば、都市部生徒にとって、学習プログラムの学習内容レベルが、やや低くきに過ぎる感がしないでもない。しかし、事前テスト得点も大切ではあるが、さらに重要視されるべきことは、事後テスト得点と、事前テスト得点から理論的に求められる事後テストの得点期待値との同一値化である。この点は、前述の如く完全に満足されている。

しかし、都市部学級を個々でみれば、問題点がないわけではない。F-4では、事後テスト得点が期待値より4.3点低くなっている。また、G-2では、教授・学習分析直線の a 値が小さく、 b 値が大に過ぎる傾向が認められる。相関係数も小に過ぎるきらいがある。G-2のこうした傾向は、恐らく、事前テスト下位生徒において、事後テスト得点が著しく高くなっている生徒4名の存在が影響して、表われたものと思惟される。

3.6.3 小括および考察

学習プログラム・単元「力のはたらき」による実験授業を実施し、事前・事後テストデータの送付があった学級、15学級について、事前・事後テストの望ましい学級平均得点および望ましい教授分析直線（式）の観点から、授業分析を試みた。その結果、本学習プログラムによる実験授業は、離島・都市部学級とも、全体的平均像として、望ましい授教・学習（授業）であったと推定することができた。特に、離島部学級の授業において、このことが歴然としていた。

ところで、事前・事後テスト得点間の相関が、離島・都市部学級とも、いま少し高くなってよいと思われる成績であった。これは恐らく、16時間というロング・ランの実験授業にその原因があるように思惟される。事前テストと事後テストとの間の期間が、短期日であれば、相関係数もより大きな値になったものと考えられる。

本実験授業では、事前・事後テスト学級平均得点が、大よそ理論値と一致し、特に、事前テストでは、離島部学級平均得点の平均点が50.8(点)で、理論値の49.99(点)と完全に一致する成績であった。こうした事前・事後テスト得点について、身近にある報告文献から、実験授業2例をあげてみる。

平国⁹⁾は小学校5年算数(小数のかけざん)の学習プログラムを作成し、都市部の小学校2学級で実験授業を試行している。その結果は、事前テスト学級平均得点は1組50.2(点)および2組46.1(点)、また事後テスト学級平均得点は1組70.2(点)および2組67.0(点)であった。この成績が、筆者のいう理論値と近似的に一致していることはいうまでもない。

また、西田⁹⁾は知能と学力との比較研究を事前・事後テストから行なっているが、そこにみられる事前・事後テストの学級平均得点は、それぞれ55(点)および76(点)となっている。これも亦、筆者のいう望ましい授業の理論値(特に事後テストの得点期待値)と近似的に一致しているとしてよいであろう。

筆者の実験授業においては、学習プログラムの作成・および修正、また事前・事後テスト問題の作成・検討に、それぞれ現場教師の参加協力方をお願いした。このようなことが、上記2例の場合と同様、得られた値と理論値との一致をみる原因となっているものと考えざるを得ない。要するに、長年の熱心な研究および貴重な教育経験が、望ましい学級平均得点を得るような教授・学習の設計に連なるものと思惟される。

最後に次の2点を特に述べておきたい。

①学習プログラム「力のはたらき」の作成・修正、および事前・事後テスト問題の作成は、本稿で明らかにした理論値および理論式を予め知って行なわれたものではない。

②教授・学習の設計およびその実施は、教師の自由裁量にゆだねられるべきで、本稿の理論値および理論式が妥当なものであるとしても、理論値および理論式に近い値および式が得られるような教授・学習を強要すべきでない。

4. 要 約

化学の反応速度論および神経情報理論を教育反応に適用し、学習意欲および独立学習意欲などの計量化を試み、これらが可能である知見を得た。

この知見にもとづき、望ましい教授・学習のあるべき姿を、事前・事後テスト学級平均得点およびその回帰直線などに求めた。例えば、レディネス・事前・事後テストの望ましい学級平均得点は、それぞれ、68.39(点)以上、49.99(点)および68.39(点)となった。

また、これらの結果を、実験授業のデータと比較し、試みられた授業は、全体的平均像として、望ましい教授・学習であったと推定することができた。しかも、離島僻地・都市部学級との間に、事後テストにおいて得点差を見出し得なかった。

付記：国立大学共通第一次試験の望ましい平均得点

国立大学共通第一次試験の実施機関が、所要の法令等の整備を行ない、昭和52年4月に創設されるべく、国大協などで検討されている。また、共通第一次試験の実施を昭和54年度を目標にして、研究的試験がすでに数回実施されているようである。この共通第一次試験を実施するにあたっては、機関の機構・組織をはじめとして、試験問題の作成・印刷保管など、十分に研究検討されなければならない点が山積しているやに聞く。筆者も、試験問題作成に関して、1976年のはじめ、化学試験問題に対する意見を求められたことがある。その際、共通第一次試験の問題内容としては、ややレベルが高いように思うとの意見、および平均得点が68.39（点）前後となるようにすることが望ましいとの意見を、その理由とともに簡単に述べておいた。

平均得点がどの得点レベルに設定されているか、知るよしもないが、本稿で論じた内容に、特に本質的誤謬がなければ、第二次試験が各大学ごとに行なわれるものとして、また共通第一次試験の巻間聞くところの性格とも合わせ考えて、その平均得点が原則として68.39（点）前後に落ち着くような、受験生の質にあわせた試験問題内容であって欲しいと願うものである。

稿を終るに臨み、実験授業に対し絶大なるご協力を賜りました各中学校長および実験授業担当教諭に深甚の謝意を表します。また、学習プログラムの修正および事前・事後テスト問題作成にあたり、自主的に参加していただき、ご協力を賜りました江平中学校・岩見栄吉教頭、桜馬場中学校・池永清英教諭、本学部附属中学校・本田真一教諭、および事前・事後テスト問題内容についてご意見を賜りました県教育センター・井手義道指導主事、山澄中学校・塚谷芳弘教諭、内院中学校・内野俊也教諭に、それぞれあわせて深甚の謝意を表します。

また、データ処理については、本学部附属教育工学センターのセンター長・八田昭平教授、西岡幸一教官および熊谷惟明教官のご協力をいただいた。厚く御礼申し上げます。

本論文の要旨は、電子通信学会（1976.4.19、於長崎大学教育学部）および日本理科教育学会第26回全国大会（1976.8.19、於熊本）において口頭発表した。

本研究の一部は、文部省科学研究費特定研究科学教育（教育工学を含む）によって賄われた。謹しんで謝意を表します。

文 献

- 1) 竹友一成，長崎大学教育学部教育科学研究報告，第24号 p.211（1977）
- 2) 西尾実，岩渕悦太郎編，岩波国語辞典，第7刷，p.61，岩波書店（1965）
- 3) 金沢庄二郎編，辞林，13版，p.93，三省堂（大正13年）
- 4) 触媒学会編，触媒反応速度論，6版，p.163，地人（1973）
- 5) 同上，p.182
- 6) 竹友一成，電子通信学会技術研究報告，76〔4〕，43（1976）
- 7) 日本化学会編，実験化学講座，6，27，丸善（1956）
- 8) 平国康彦，NIGHT システム学習プログラム研究，No.3，p.1（1976）
- 9) 西岡裕至，日本理科教育学会第26回全国大会（於熊本）講演要旨集，p.96（1976）

付録（その1）学習プログラム・単元「力のはたらき」の事前・事後テスト問題

注意；選択肢は必ず1箇選ぶこと。2箇選んではならない。

問00 つぎの場合、何が何に力をくわえているか。「A君が、体重計にのったら50kgの目盛を示した」

- (1) 体重計がA君に力をくわえた。
- (2) A君が体重計に力をくわえた。
- (3) A君が体重計に、体重計がA君に同時に力をくわえた。
- (4) わからない。

問01 「^{なまたまご}生卵を1mぐらいの高さから床に落とした」

生卵を手からはなしたときの生卵の変化はどれか。

- (1) 生卵の形が変わった。
- (2) 生卵の運動の状態が変わった。
- (3) 生卵の形も運動の状態も変わった。
- (4) その他。
- (5) わからない。

問02 「生卵を1mぐらいの高さから床に落とした」

生卵が床に落ちたときの生卵の変化はどれか。

- (1) 生卵の形が変わった。
- (2) 生卵の運動の状態が変わった。
- (3) 生卵の形も運動の状態も変わった。
- (4) その他
- (5) わからない。

問03 「ボールを手からはなしたところ、ボールが床に向かって落ちてゆきました」

この場合、力がはなれて、はたらいっている関係は、何とか。

- (1) ボールと手。
- (2) ボールと床。
- (3) ボールと地球。
- (4) 手と地球。
- (5) わからない。

問04 地球上の人間が鉄球を持っている。

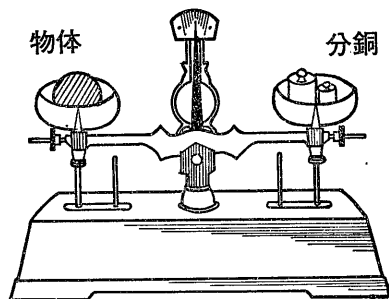
この鉄球を空中ではなすと鉄球は下に向って落ちました。この場合、何が何に力をくわえたか。つぎのうち、最も適当なものはどれか。

- (1) 地球が鉄球に力をくわえた。
- (2) 鉄球が地球に力をくわえた。
- (3) 地球が鉄球に、鉄球が地球に同時に力をくわえた。
- (4) わからない。

問05 地球上で60gを示した物体を月面上にもってゆくと、ばねはかりが示す目盛はどうなるか。

- (1) 変わらない。
- (2) 小さくなる。
- (3) 大きくなる。
- (4) わからない。

問06 地球上でつりあわせたてんびんを月面上にもってゆくと、つりあいはどうなるか。



- (1) 物体の方がさがる。
- (2) 物体の方があがる。
- (3) 変わらない。
- (4) わからない。

問07 4 g 重で 1 cm のびるばねに 16 g 重のおもりをつるすと、ばねは何cmのびるか。

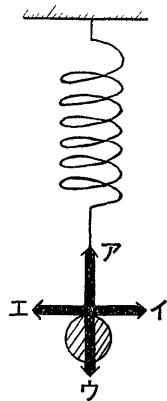
- (1) 1 cm。
- (2) 2 cm。
- (3) 3 cm。
- (4) 4 cm。
- (5) わからない。

問08 56kg 重の力を 8 cm の矢印にあらわすと、1 cm の矢印は何kg 重になるか。

- (1) 1 kg 重。
- (2) 7 kg 重。
- (3) 8 kg 重。
- (4) 56 kg 重。
- (5) わからない。

問09 下図で、物体がばねを引く力を図示すると、つぎのどれか。

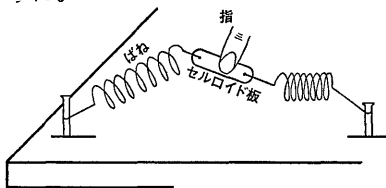
- (1) ア。
- (2) イ。
- (3) ウ。
- (4) エ。
- (5) わからない。



問10 問09の図で、ばねが物体を引く力を図示すると、つぎのどれか。

- (1) ア。
- (2) イ。
- (3) ウ。
- (4) エ。
- (5) わからない。

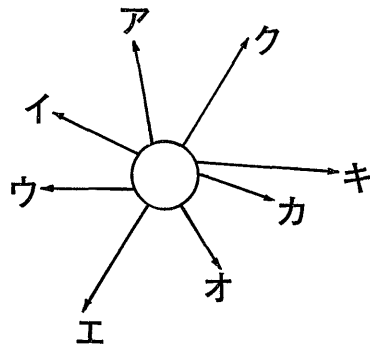
問11 同質のばねにセルロイド板をとりつけた。



指をはなすと、セルロイド板は、どんな状態をとまるか。最も適当なものを選びなさい。

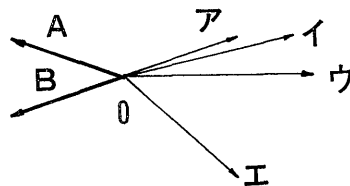
- (1) そのままで動かない。
- (2) ばねの長さが左右同じ長さでとまる。
- (3) ばねの長さが左右同じ長さで、一直線になってとまる。
- (4) ばねが一直線になってとまる。
- (5) わからない。

問12 つぎのうち、2つの力がつりあっているのは、どれとどれか。正しいものを選びなさい。



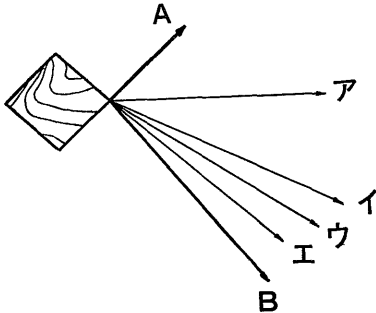
- (1) アとオ。
- (2) イとカ。
- (3) ウとキ。
- (4) エとク。
- (5) わからない。

問13 点0に力Aと力Bがはたらいているとき、点0が動かないようにするためには、どの力を加えるとよいか。



- (1) ア。
- (2) イ。
- (3) ウ。
- (4) エ。
- (5) わからない。

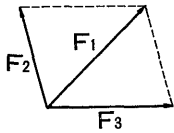
問14 物体に力Aと力Bがはたらいている。物体はどの方向に動こうとするか。



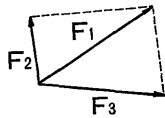
- (1) ア。
- (2) イ。
- (3) ウ。
- (4) エ。
- (5) わからない。

問15 力 F_1 を2方向の力 F_2 , F_3 に分解する方法で正しいものはどれか。

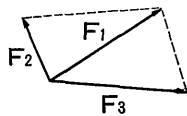
(1)



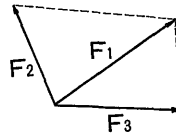
(2)



(3)



(4)

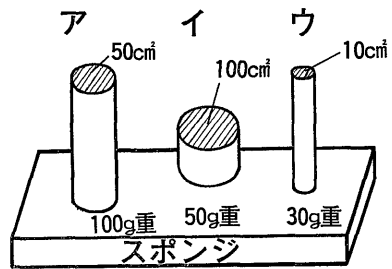


(5) わからない。

問16 動まさつの力の大きさは、次のどれによって変わるか。1つだけ選びなさい。(ただし、面の性質とは、面のなめらかさを意味するものとする。)

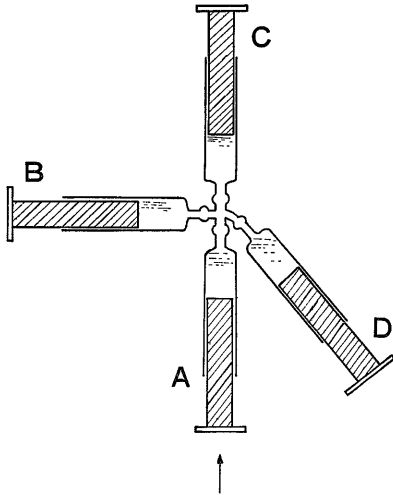
- (1) 物体の重さにも、面の性質にも関係する。
- (2) 物体の重さにも、面の性質にも関係しない。
- (3) 物体の重さに関係し、面の性質には関係しない。
- (4) 物体の重さには関係なく、面の性質によって変わる。
- (5) わからない。

問17 ア～ウのうち、圧力がいちばん大きいのはどれか。



- (1) ア。
- (2) イ。
- (3) ウ。
- (4) みなおなじ。
- (5) わからない。

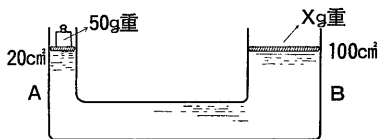
問18 同じ大きさの注射器 4 本 A, B, C, D を、なかに水を入れて、図のようにつないだ。



A のピストンをおすと、B, C, D のそれぞれのピストンはどのような動きをするか。

- (1) C が動き、B, D は動かない。
- (2) C がもっとも大きく動き、B は小さく動き、D は動かない。
- (3) C がもっとも大きく動き、B は小さく動き、D はもっとも小さく動く。
- (4) B, C, D とともに同じように動く。
- (5) わからない。

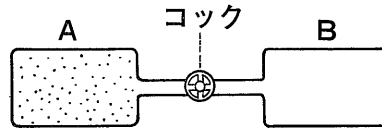
問19 図のような水圧機がある。



ピストン B に何 g 重のおもりをのせると、つりあうか。ただし、ピストンの重さは考えない。

- (1) 10 g 重。
- (2) 50 g 重。
- (3) 100 g 重。
- (4) 250 g 重。
- (5) わからない。

問20 図のように、同じ大きさの容器 A, B がある。A には 1 気圧の空気がとじこめてあり、B は真空になっている。



コックを開くと、容器のなかの圧力は何気圧になるか。

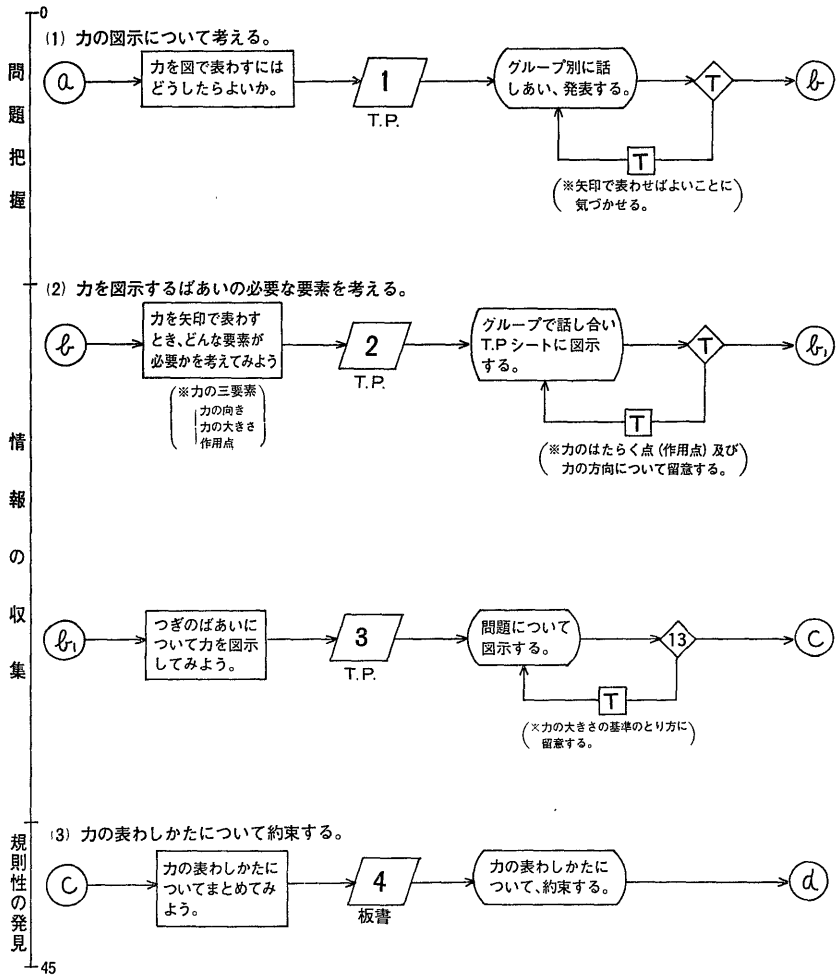
- (1) A, B とともに 1 気圧。
- (2) A, B とともに $\frac{1}{2}$ 気圧。
- (3) A は 1 気圧、B は $\frac{1}{2}$ 気圧。
- (4) A は $\frac{1}{2}$ 気圧、B は 1 気圧。
- (5) わからない。

問21 かるく、くぼませたピンポン玉を湯につけたところ、ピンポン玉がふくらんだ。ふくらんだ原因はどれか。もっとも正しいと考えられるものを選びなさい。

- (1) 温度があがったので、ピンポン玉がのびた。
- (2) 温度があがったので、ピンポン玉のなかへ空気がはいつてきた。
- (3) 温度があがったので、ピンポン玉のなかの空気が収縮した。
- (4) 温度があがったので、ピンポン玉のなかの空気が膨脹した。
- (5) わからない。

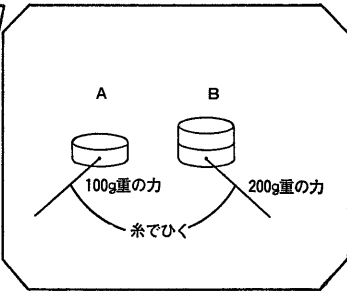
付録(その2) 再修正学習プログラム・単元「力のはたらき」(第4授業時)

I 4 力を約束にしたい、図示できるようにする。
 3 力を図にかき表わすにはどうしたらよいか。



J 4

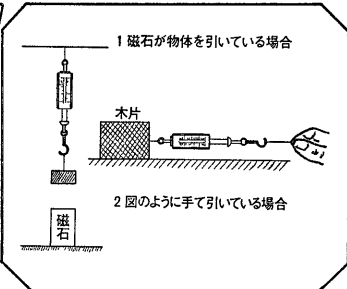
1
T.P.



4
板書

力の向き……………矢の向き
 力の大きさ……………矢の長さ
 [基準に比例する]
 力のはたらいた点(作用点)
 ………………矢の根もと
 力のよびかた……力AB, 力F
 力の表示…………… \vec{AB} , \vec{F}

2
T.P.



3
T.P.
13

(1) 4g重で1cmのびるばねに
 16g重のおもりをつるした。
 力の大きさ(矢の長さ)は何cmにすると
 よいか。
 (基準 4g重 → 1cm)

(2) 30kg重のおもりをかけ
 たら木片が動いた。
 力の大きさ(矢の長さ)は
 何cmにするとよいか。
 (基準 10kg重 → 1cm)

(3) 56kg重の荷物に加えた力を図示したら
 8cmの矢印になった。何kg重を1cmに
 するとよいか。

① 1 cm
 ② 2 cm
 ③ 3 cm
 ④ 4 cm
 ⑤ 5 cm

① 1 kg 重
 ② 7 kg 重
 ③ 8 kg 重
 ④ 10kg 重
 ⑤ 56kg 重

K 4

チェックコード 7401 04

N	男							
	女							
F	行	1	2	3	4	5	6	
	列	12345678	12345678	12345678	12345678	12345678	12345678	M.C.
◇ 13	F131							サ
	F132							シ
	F133							ス

13

3

T.P.

(1)、(2)について、それぞれチェックする。

① 1 cm.....	①	(1) { ④	2
② 2 cm.....	②	{ ①②③⑤	0
③ 3 cm.....	③	(2) { ③	2
④ 4 cm.....	④	{ ①②④⑤	0
⑤ 5 cm.....	⑤		

(3)

① 1 kg 重.....	①	(3) { ②	2
② 7 kg 重.....	②	{ ①③④⑤	0
③ 8 kg 重.....	③		
④ 10kg 重.....	④		
⑤ 56kg 重.....	⑤		