Title	ピアノを用いて行った把持曲線に関する解析的研究
Sub Title	The retention curve for mastering piano-technique of simple passages
Author	印東, 太郎(Indo, Taro) 久野, 麗(Kuno, Ulara)
Publisher	三田哲學會
Publication year	1956
Jtitle	哲學 No.32 (1956. 3) ,p.A155- A172
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00150430-00000032-0179

ピアノを用いて行った把持曲線に関する解析的研究

印東太郎
久野麗

忘却に関する実験は古くエビングハウス以来、無意味綴り、一連の数字、単語、短文等を記銘材料として行なわれ、いずれの材料にあっても把持曲線は略々同一の法則に従う事が知られている。又、完全学習に達する迄学習するという事を一定の時間間隔をおいて何回か反復していくと、学習完成迄に要する時間又は回数が反復を重ねるにつれて次第に減少する事も同時に調べられていた。しかし従来の忘却曲線の研究は上述のように主として言語を中心とする比較的限られた記銘材料についてのみ行なわれている。其処で同じく〃覚える〃乃至〃忘れる〃と言ってもそのメカニズムが言語材料を用いたものと或は相当に異っているかもしれないピアノのテクニックの記憶について把持曲線を実測し、更に反復学習を行い何回か完全学習に達するまで記銘をかためた後の把持曲線と、ただ一回完全学習に達するまで記銘した後の把持曲線の間の関係を調べ、その結果に数量的な解析を加えてみようと思う。

記銘材料として、コルトーの「ピアノ技法教本」の中の一節、「合成楽句の練習」を用いた。(1) 図1に示した例のように各合成楽句は各々二小節で、数個の連結音（全音階及び半音階）と数個の分離音とを含み、各音符の長さは全部等しく、音符の続き方にはメロディーとしてのまとまりが感じられない。(註二) 運指法も普通あまり使われていないものが使われており、実験には数字で示した指使いで右手のみを用いた。

被験者はすべて相当にピアノを弾いた経験があり、楽譜を読む事、始めて読む楽譜を始めから一定の相当速いテン

Fig. 1. Two examples of the material to be learned and retained in the Experiments I to Ⅳ. (From Alfred Cortot, Principes Rationnels de la Technique Pianoforte.),

ポで弾く事にあまり困難を感じない人を選んだ。被験者は記銘材料の楽句をこの実験以前には聞いた事も、又楽譜で読んだ事も無い。被験者は四名で、心理学について何ら知識を持たない二人(OとT)、忘却について多少の知識を持つ一人(E)と、他に久野自身(K)が被験者となった(註二)。実験は本年五月から七月にかけて行なわれた。

〔実験 I〕

完全学習に達するまで記銘を一回だけ行った場合におけるピアノのテクニックの忘却過程を調べる事を目的とした。この実験はその完成に相当の時間を要するのでTとKの二人だけについて行われた。先ず一個の合成楽句を学習完成まで途中で休む事なく学習させ、それに要する時間を測る。一定の時間間隔tをおいて再び同一楽譜を学習完成迄学習させ、再び学習時間を測り、節約法により把持量Rをあらわした。即ちx_0を最初の学習に要した時間、xをそれからt分経過後に把持量測定の為に学習した場合に要した時間(註三)とすれば、$R=(x_0-x)/x_0$ である。

学習させる時には常に楽譜を見て弾かせ、音色、弾き方のぎごち無さは顧慮せず、打鍵の正誤のみを問題にした。速度については「始めから終り迄一定の速度で弾くように、馴れても途中から速くならないように」強調し、学習を始める直前に10秒位メトロノームでテンポを知らせ、足で拍子をとらせてそれを崩さずに弾かせた。メトロノームの速度は毎

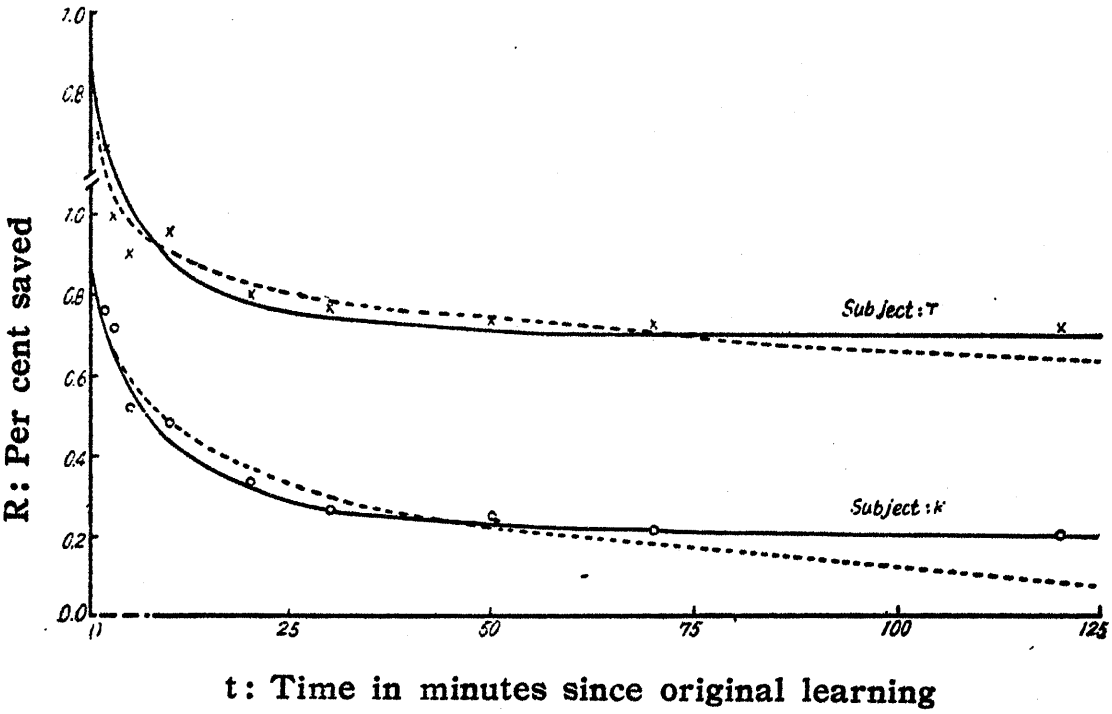


Fig. 2. Retention curve showing percentage of original learning saved in the amount of time when relearning is at various intervals following original learning. ×, Subject T; ○, Subject K; ……, Equations (2) and (3); ——, Equations (6) and (7). The ordinate is vertically displaced from K to T.

分80~120で、楽句の難かしさによって楽句毎に変えてあるが、同一楽句の二回の学習の間ではテンポは常に等しい。二回の学習の間には本を読む、或は実験と関係の無い雑談をする等、指をあまり使わないようにさせてある。記銘後再学習までの時間tは2分から120分にわたって変化し、tに関する実験の順序はランダムに行われている。但し各tにおける測定は一回で、用いられる合成楽句はすべて異る。

無意味綴りの把持量を節約法で測ったエビングハウスの把持曲線(2)、日常語の忘却を再認法で表したストロングの把持曲線(3)等が対数曲線

$$R=a-b\log t \quad (1)$$

で近似出来る事は既に指摘されている(4)(5)。其処でこの実験結果、図2に(1)式を当はめると

被験者 T $R=0.65-0.25\log t$ (2)

〃 K $R=0.84-0.36\log t$ (3) (図の点線)

が成立ち、図から明らかなようにかなりよく当はまる事が分る。しかし実測値と対数曲線の間には僅か乍ら系統

的なはずれが見られ、実測値を対数方眼紙の上にプロットすると(1)式に従えば直線になるべきところが下に凸に歪んでくる。これはエビングハウス、ストロングの場合にも看取される事実で、この事実と $t=\infty$ で把持曲線がある値 R_∞ (>0) に漸近的に (asymptotic) 接近する事実とを基礎にフェルスターとロンドンとは独立に把持曲線に対し次の理論式を提唱した。(6)(7) 即ち

$$R=\frac{R_0(\mu R_0-\lambda)}{\mu R_0-\lambda e^{-(\mu R_0-\lambda)t}} \qquad (4)$$

これは忘却の進行について

$$\frac{dR}{dt}=-\lambda R+\mu R(R_0-R) \qquad (5)$$

を仮定し、この微分方程式を解いた結果である。R_0 は完全学習直後の記銘量を示す。(5)式の第一項は記憶の減退がその瞬間における把持量Rに比例して進行する事を意味し、λは把持の減退係数、一方、第二項はその瞬間における把持量Rと、その瞬間までに既に忘却された量 (R_0-R) の相乗積に比例する記憶の回復過程の存在する事を意味し、μ は回復係数である。(註四) この実験結果に対し（4）式を当はめると、節約法の定義からこの場合 R_0 は1になって

被験者 T　$R=\dfrac{0.05}{0.25-0.20e^{-0.05t}}$　（6）

(図の実線)

〃　K　$R=\dfrac{0.04}{0.20-0.16e^{-0.04t}}$　（7）

となる。T、Kともに実験値に対する当はまりは(1)式よりも(4)式の方がかなり良く、その相違は特にtの大きいところで著るしい。

〔実験Ⅱ〕

次に完全学習に達するまで学習するという事を一定の時間間隔Δtをおいて何回か反復した場合、其処にあらわれる学習曲線の形とその時間間隔Δtとの関係を調べる為に次のような実験をO、T、K、E四名の被験者について行った。前述の記銘材料を用い〔実験Ⅰ〕と同一条件の下で学習を行うのであるが、今回は左図のように先ず或る材料を用い完全学習に達するまで学習させる(最初の学習)。ついで一定時間Δtだけ休憩をおいてから再び同一材料を学習完成迄学習させるという反復学習を、次の反復学習の第一回試行から一回の誤りもなく弾けるようになる迄、即ちもはやΔt分間に何ら忘却のおこらなくなる迄s回繰返した。

$\boxed{\text{最初の学習 } x_0 \text{ (完全学習迄)}}$

休憩 Δt

$\boxed{\text{第一回目反復学習 } x_1 \text{ (完全学習迄)}}$

休憩 Δt

$\boxed{\text{第二回目反復学習 } x_2 \text{ (完全学習迄)}}$

以下同様

Δtを2分、3分、5分、10分、20分とした五系列の実験が行われ、系列の実験順序はランダムにしてある。各系列毎

に節約法を用いて、s回目の反復学習時、即ち最初の学習から $s\Delta t$ 分後の把持量をあらわし、その基準は常に最初の学習時間とした。即ち $R=(x_0-x_s)/x_0$。

一例として被験者Tの結果を対数方眼紙の上にプロットしたものを図3にかかげた。図中の各点は異る合成楽句を用いて五回繰返えされた実測値の平均である。この図から次の四つの事実が看取されるであろう。

[1] 各系列(i)内部における学習の反復(s)にもとずく把持量の変化(R_i)、即ち Δt_i 分おいて反復された学習の学習曲線はいずれも対数方眼紙の上で直線になって

$$R_i=\alpha_i+\beta_i\log(s\Delta t_i) \qquad (8)$$

という経験式が成立つ（図の左下から右上へ向う実測値の五本の系列)。

[2] しかも各系列(i)における学習曲線は対数方眼紙の上で平行になり、従って(8)式の β_i の値は Δt の大きさ、即ち系列の相違によらない常数 β と認められ、

$$R_i=\alpha_i+\beta\log(s\Delta t_i) \qquad (9)$$

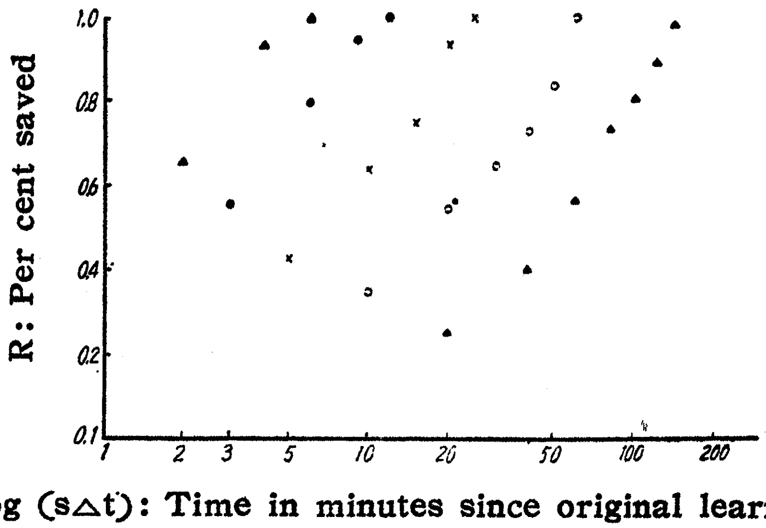


Fig. 3. (Subject T) Retention curve showing percentage of original learning saved in the amount of time when relearning is repeated at △t interval following original learning.

△ 2 minute interval series; ● 3 minute interval series; × 5 minute interval series; ○ 10 minute interval series; ▲ 20 minute interval series. Each shows the average of five measurements.

［3］ 以上はこの実験の操作から直接に定る学習曲線に関して見出された事実であった。しかし図を眺めていると、左上から右下へ向う実測値の幾本かの系列、即ち(9)式の系列をほぐし、そのs回目の学習反復時における把持量R_sをつなげた系列を考えれば、これも亦略々直線状になっていることが目につくであろう。従ってR_sをΔtの函数と考えて

$$R_s=a_s-b_s\log(s\Delta t) \qquad (10)$$

但し$s=1$、即ち最初の学習だけが行われてから$t=\Delta t$分後における把持量の場合にはこの系列は〔実験Ｉ〕に於ける忘却曲線に相当し、これが対数方眼紙の上で直線になることは(1)式の再確認に他ならない。(註五)

［4］ 更に図から明らかなことは(10)式はすべて$s=1$に当る(1)式に平行になっている事実で、R_sを最初の学習からその時点までの経過時間$s\Delta t$の函数と考えれば、これは(1)をその中に含む一般式

$$R_s=a_s-b\log(s\Delta t) \qquad (11)$$

としてあらわすことが出来るように思われる。

上記の四事実は被験者E、O、Kについても全く同様に認められる。そのうち［4］は全く予期していなかったところであり、実験結果を整理している間に自然に見出されたのである。しかしこれはこの実験における基本的事実である［2］と(1)式から導出出来ることがやがて明らかになった。即ちΔt_a, Δt_bの二系列について、最初の学習だけで反復学習を行なわない$s=1$の場合Rと、s回反復学習を行った場合R_sとを考えれば、図4に於てR_a、R_bは直線で平行、Rも直線という事からR_sもRに平行な直線になる事を示せばよい訳で、図4から

$$X=R(\Delta t_a)+\beta_a\{\log(s\Delta t_a)-\log(\Delta t_a)\}-R(\Delta t_b)-\beta_b\{\log(s\Delta t_b)-\log(\Delta t_b)\}$$

$$=\{a-b\log(\Delta t_a)\}-\{a-b\log(\Delta t_b)\}+\log s(\beta_a-\beta_b)$$

$$=b\left(\log\frac{\Delta t_b}{\Delta t_a}\right)+\log s(\beta_a-\beta_b) \qquad (12)$$

且つ $X=\tan\theta\left(\log\frac{\Delta t_b}{\Delta t_a}\right)$ (13)

故に $\beta_a=\beta_b$ であれば、$\tan\theta=b$ となり、［2］の事実と（1）式から（11）式が導出出来るのである。次に（11）式の a_s について考えれば、

$$a_s=\tan\theta\log(s\Delta t_a)+\alpha_a+\beta\log(s\Delta t_a)$$

$$=(b+\beta)\log(s\Delta t_a)+\alpha_a$$

$$=(b+\beta)\log s+\alpha_a+(b+\beta)\log\Delta t_a \qquad (14)$$

一方、$\alpha_a=a-b\log\Delta t_a-Y$

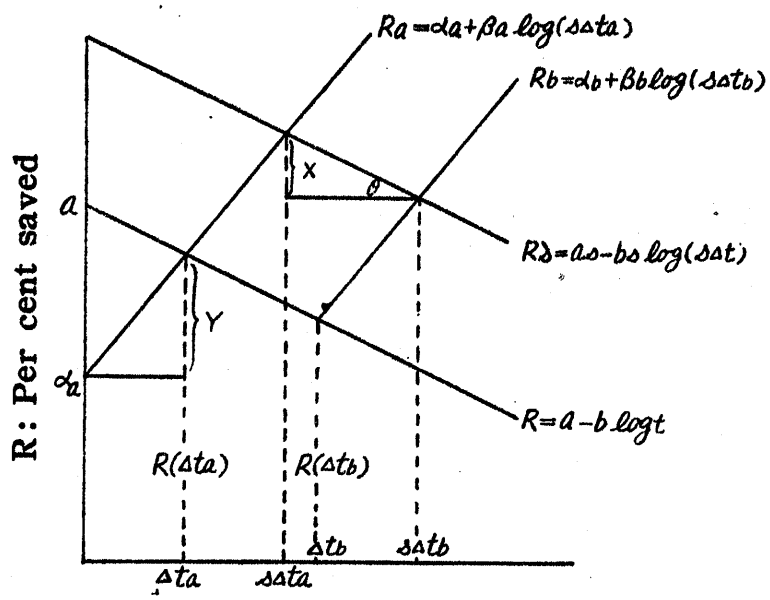


Fig. 4.

log (s△t): Time in minutes since original learning

$$=a-b\log\Delta t_a-\beta\log\Delta t_a$$

$$=a-(b+\beta)\log\Delta t_a \qquad (15)$$

故に一般に

$$\alpha_i=a-(b+\beta)\log\Delta t_i \qquad (16)$$

が成立ち、特に（15）式を（14）式に入れると、

$$a_s=a+(b+\beta)\log s \qquad (17)$$

以上の考察をまとめてみると次のように言えるであろう。忘却は記銘が一度だけ行われた場合には（1）に従って a（<1）から速度 b で進行してゆく。しかし Δt_i 分ずつ間隔をおいて $(s-1)$ 回の反復学習を終えた後の s 回目反復学習時における把持量 R_s を最初の学習からその時点までの時間 $t=s\Delta t_i$ の函数と考えれば、この値は（17 式により反復学習間の時間間隔 Δt_i とは無関係に反復学習の回数のみで定る値 a_s（>1）からやはり速度 b で忘却が進行しているものと想定した場合に現れる把持曲線（11）式の上にのって来るのである。この曲線に入っている t は普通の把持曲線の場合と異なり、最終回の記銘から把持量の測定される時点までの時間ではなく、最初の学習からの経過時間 $t=s\Delta t_i$ であるから、以下これを汎把持曲線 (generalized retention curve) と呼びたい。一回だけ記銘が行われた後の普通の把持曲線を $s=1$ の特別の場合としてその中に含むという意味である。この汎把持曲線を $(s-1)$ 回反復学習を行った後の普通の把持曲線に変形することは容易である。（11）式に（17）式を入れれば

$$R_s=a+(b+\beta)\log s-b\log s\Delta t$$
$$=(a+\beta\log s)-b\log\Delta t$$

Δt は最終回の記銘からの経過時間となり、この場合もやはり忘却は反復学習の回数 s で定る常数から速度 b で進行していることが分る。

最後に［1］、［2］の事実、即ち（8）、（9）式が成立する為の条件を考る。

$$I_{is}=R\{(s+1)\Delta t_i\}-R(s\Delta t_i)$$

とすると、これは学習後 Δt_i 分間に忘却すべき分量が反復学習の回数が $(s-1)$ 回の場合にくらべて s 回目の反復学

習を加えた結果減少したその量を示す事になり、図5から明らかなように

$$I_{as}=\tan\varphi_s\{\log(s+1)\Delta t_a-\log(s\Delta t_a)\}$$
$$=\tan\varphi_s\log\frac{s+1}{s}\qquad(18)$$

故に（8）式が成立って学習曲線が対数方眼紙の上で直線になる為には

$$I_{as}=k\log\frac{s+1}{s}$$

でなければならず、又同様に $I_{bs}=\beta_b\log\frac{s+1}{s}$ であるから（9）式が成立って $\beta_a=\beta_b=\beta$ になる為には $I_{as}=I_{bs}$ 一般に I_{is} が Δt_i によらない常数 I_s である事が必要である。（9）式の成立つ範囲に於ては時間間隔 Δt の大きさにかかわらず s 回目の反復学習により記憶がかためられ、その結果 Δt 分の間におこるべき忘却が減少する絶対量は一定で且つそれは $\frac{s+1}{s}$ の対数に比例している事になる。(註六)

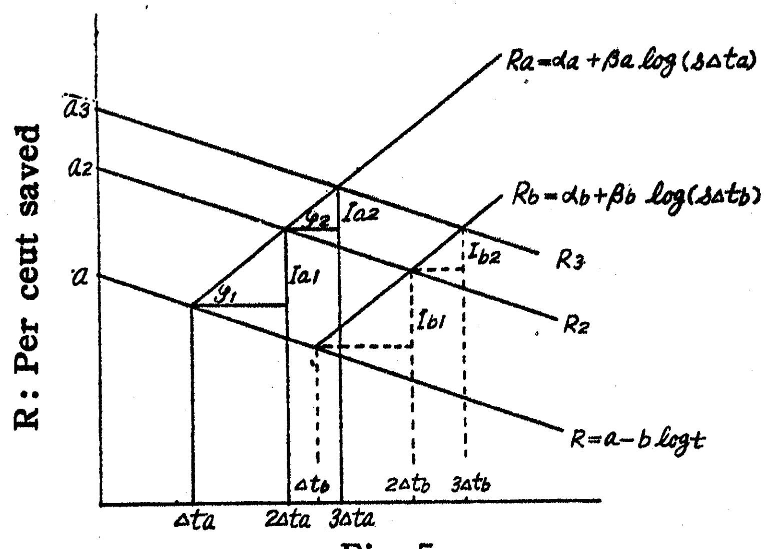
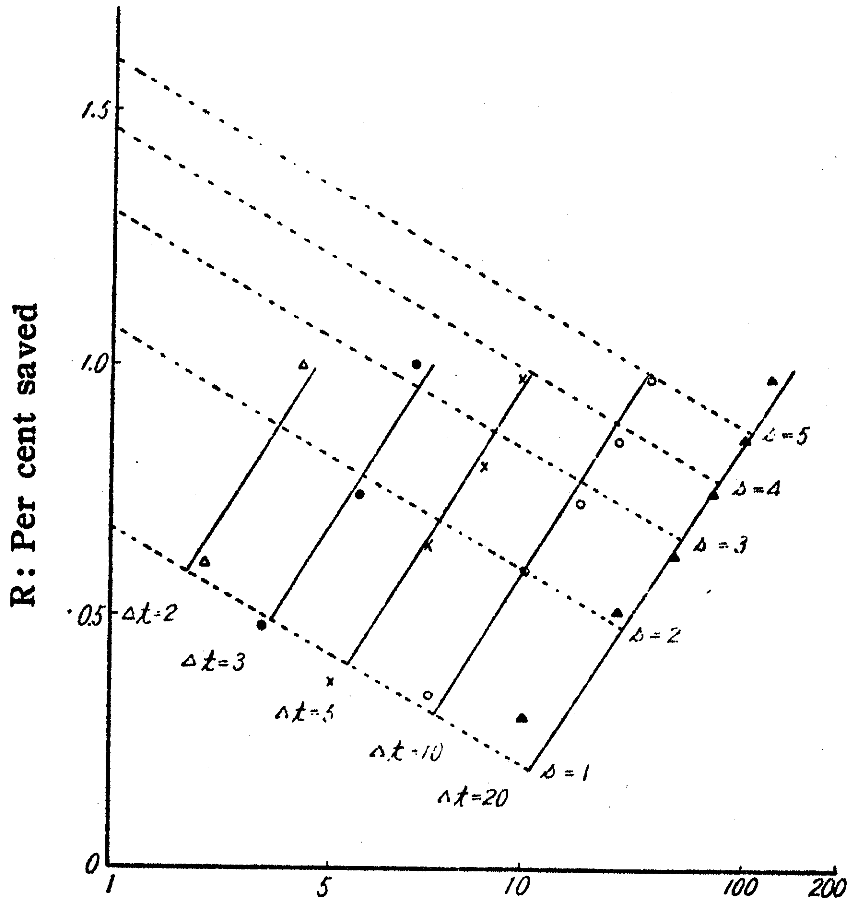


Fig. 5.
log (s△t): Time in minutes since original learning

実験Ⅱの結果に一連の（9）式（11）式を当はめてみる時に経験的に決定されるべきパラメーターは b、β と a のみであって α_i と a_s の値は（16）、（17）式によりこの三つのパラメーターの値から定ってしまうのである。被験者Oの結果に（9）式及び（11）式を当はめたものを例として図6に示した。他の被験者の結果に対しても同程度の当はま



log (s△t); Time in minutes since original learning

Fig. 6. (Subject O) Retention curve showing percentage of original learning saved in the amount of time when relearning is repeated at Δt interval following original learning.
△ 2 minute interval series;
● 3 minute interval series;
× 5 minute interval series;
○ 10 minute interval series;
▲ 20 minute interval series. Each shows the average of five measurements. The lines and the dotted lines represent respectively Equations (9) and (11) which are fitted to the data under the conditions given by Equations (16) and (17). Nunber of parameters of which values are to be newly determined are three for the whole lines and dotted lines.

りが見られるのである。

以上で各学習曲線内部の値を横につなげて汎把持曲線（11）式というものを考えると、これは最初の学習だけを行った後の普通の把持曲線（1）式と深い関係の有る事が分った。しかし〔実験I〕に於て考察したように普通の把持曲線に対しては（1）式よりもフェルスター・ロンドンにより提唱された（4）式の方がよりよく当はまるのである。

から、此処で考えられた汎把持曲線に対しても亦（4）式が当はまるであろうという事が期待出来る。即ち今度は各汎把持曲線（s）毎に

$$R_s = \frac{R_{so}(\mu_s R_{so} - \lambda_s)}{\mu_s R_{so} - \lambda_s e^{-(\mu_s R_{so} - \lambda_s)s\Delta t}} \quad (19)$$

となり、此処に入ってくるパラメーター、R_{so}, λ_s, μ_s の値は普通の把持曲線（4）式に含まれている各々に対応するパラメーターの値と一定の関係に立っているであろう。先ず（11）式に於て記銘直後（一分後）の把持量を示すパラメーター a_s が（17）式によって学習を反復する回数 s の増加函数になっているのと同じように、（19）式の R_{so}, 即ち記銘量をあらわすパラメーターの値も s の函数になると考えられるので、（11）式からの類推で

$$R_{so} = R_o + (b+\beta)\log s \quad (20)$$

とおいてみる。ついでその他のパラメーターについても経験式として次の関係を得た。

$$\lambda_s = \lambda(1 - m\log s) \quad (21)$$

$$\mu_s = \mu(1 - n\log s) \quad (22)$$

被験者Kの結果を例として図7にかかげた。（21）、（22）式としてこの被験者においては次の式が成立つのである。

$$\lambda_s = 0.16(1 - \log s) \quad (23)$$

$$\mu_s = 0.20(1 - 1.1\log s) \quad (24)$$

R_o、λ、μ、b、βにはいずれも既に得た値が用いられるのであるから、此処に新たにその値を決定されるパラメーターは一つもない事に注意されたい。それにもかかわらず（19）式は五本のすべてに対して満足すべき当はまりを示

あろう。

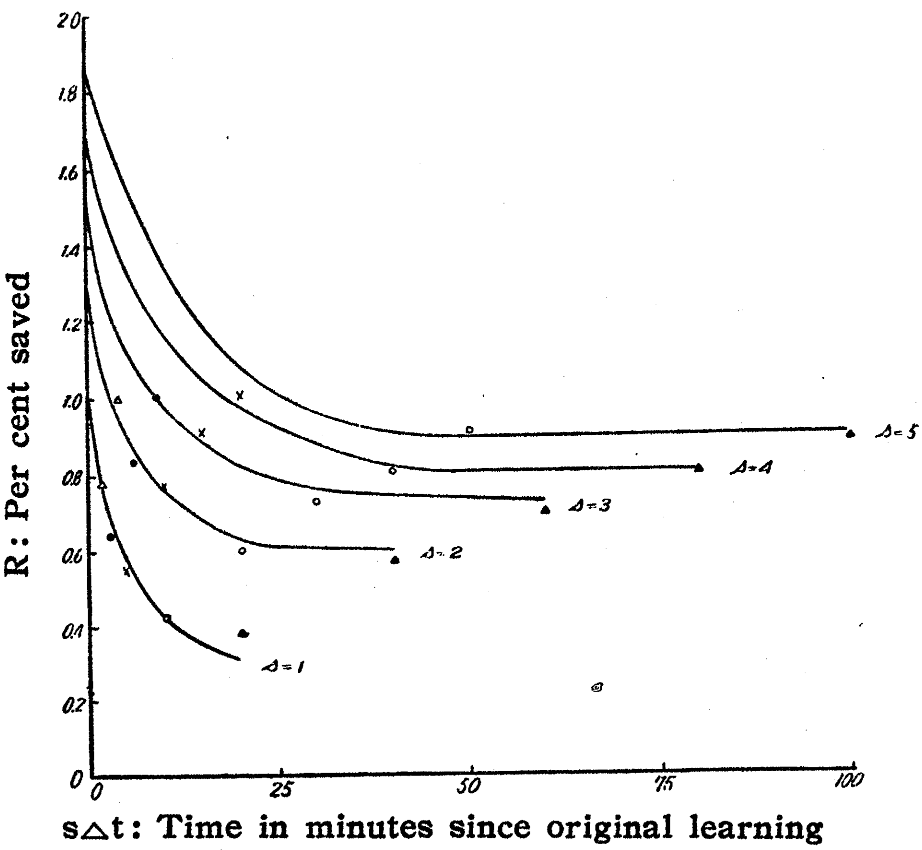


Fig. 7. (Subject K) Generalized retention curve showing percentage of original learning saved in the amount of time when relearning is repeated at Δt interval following original learning.
△ 2 minute interval series; ● 3 minute interval series;
× 5 minute interval series; ○ 10 minute interval series;
▲ 20 minute interval series. Each shows the average of five measurements. The curved lines represent Equation (19) which is fitted to the data under the conditions given by Equations (20), (21) and (22). None of parameters is newly estimated.

している。他の被験者についても全く同じ結果が見出されるのである。従って汎把持曲線も普通の把持曲線と同じく(4)式の形であらわせる事になり、(20)(21)(22)式が示すように(19)式のパラメーターと(4)式のそれとの間には非常に密接な関係が有るように思われる。

〔実験Ⅲ〕

前節で考えた汎把持曲線というものの性格を追求する為には次のような実験を行い直してみることも一つの方法で

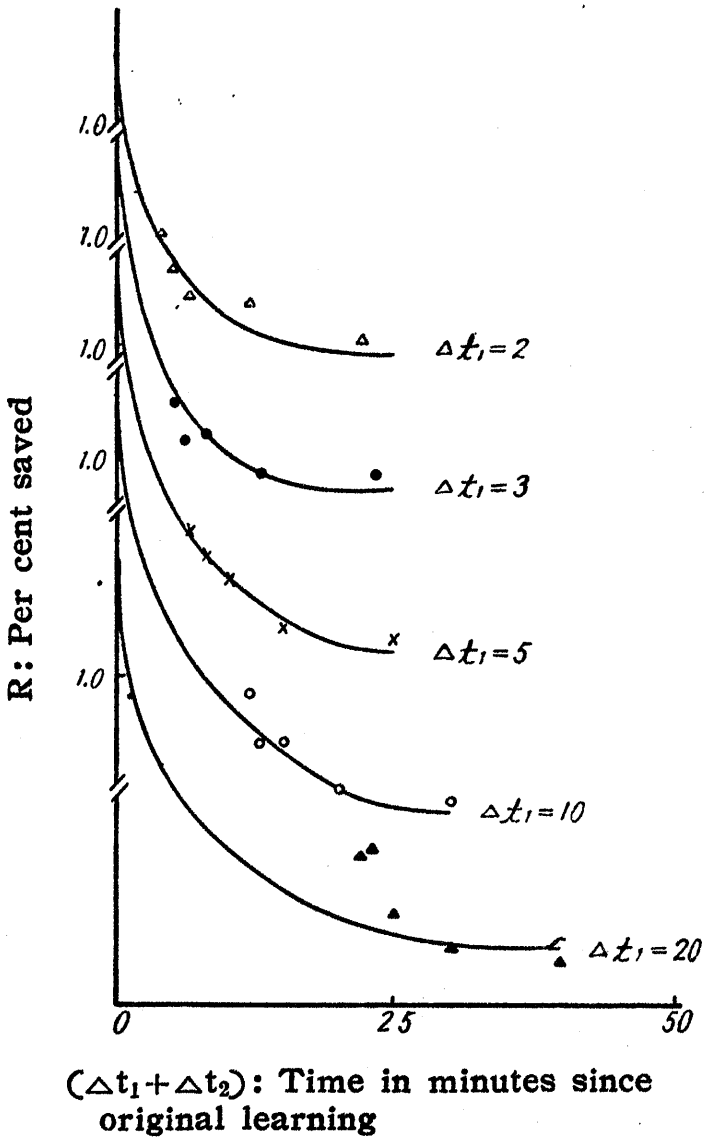


Fig. 8. (Subject K) Generalized retention curve showing percentage of original learning saved in the amount of time when first relearning is at Δt_1 interval following original learning and second relearning is at Δt_2 interval following first relearning. △ $\Delta t_1=2$ minute series; ● $\Delta t_1=3$ minute series; × $\Delta t_1=5$ minute series; ○ $\Delta t_1=10$ minute series; ▲ $\Delta t_1=20$ minute series. Each shows result of one measurement. The curved lines represent Equation (25). Only one parameter to be newly estimated is μ_{2j}. The ordinate is vertically displaced arbitrarily from series to series.

最初の学習 x_0 (完全学習迄)

休　憩　Δt_1

第一回目反復学習 x_1 (完全学習迄)

休　憩　Δt_2

第二回目反復学習 x_2 (完全学習迄)

例えば Δt_1 を2分に固定しておき Δt_2 を2分、3分、5分、10分、20分と変化するのである。Δt_1 として2分、3分、5分、10分、20分の五種類をおいたので Δt_1 と Δt_2 との組合せとしては25通り出来るが、$\Delta t_1=\Delta t_2$ の場合には〔実験Ⅱ〕の測定値がそのまま用いられるので、新しく行われた測定は20種各一回ずつである。実験順序はランダ

ムでO、T、E、K四名の被験者について行われた。

一例としてKの結果を図8に示した。他の被験者についても大差のない結果が得られている。Δt_1 の大きさを添字 j によって示すと $s=2$ 回目の反復学習時における把持量 R_{2j} は前節の汎把持曲線が成立する限り

$$R_{2j}=\frac{R_{20}(\mu_{2j}R_{20}-\lambda_2)}{\mu_{2j}R_{20}-\lambda_2 e^{-(\mu_{2j}R_{20}-\lambda_2)(\Delta t_{1j}+\Delta t_2)}} \qquad (25)$$

となる筈で、R_{20} と λ_2 には既に〔実験Ⅱ〕に於て得られた値を用い、μ_{2j} のみ Δt_{1j} に従って変化するパラメーターとしてその値を新に決定した。図8から明らかなようにこの式は Δt_1 が10分以内の各データに当はまる事が分る。しかし Δt_1 が10分を越すともはや当はまらず（図の▲印）、又 $\mu_{2j}=f(\Delta t_{1j})$ について経験式を得る事は出来なかった。この場合（23）式の考え方は常に一定の範囲内についてのみ可能であるらしい。

この汎把持曲線を普通の把持曲線に直す事も出来る。即ちRを節約法であらわす基準も、また経過時間の原点も最終記銘時に移し、従ってこの〔実験Ⅲ〕においては $R'_{2j}=(x_1-x_2)/x_1$, $t=\Delta t_2$ とする。こうすれば $R'_{20}=1$ として（4）式を用いることが出来、この式は $\Delta t_1=20$ 分のところをも含めてすべての R'_{2j} によくあてはまる。しかしこの場合パラメーター λ_{2j}, μ_{2j} はその都度経験的に決定されなければならず、しかもその値の間に経験式をたてることは出来なかった。

〔実験Ⅳ〕

〔実験Ⅲ〕と同様な考え方が更に高次の汎把持曲線にも適用出来るであろうか。最初の学習から Δt_1 分をおいて第

一回目の、更に Δt_2 分をおいて第二回目の反復学習を行ってから Δt_3 分後の把持量を取扱う為に〔実験Ⅲ〕とほぼ同様の手続きで実験を行ってみる事にする。この実験では常に $\Delta t_1=\Delta t_2$ としてこれは3分、10分の二種に固定しておき、Δt_3 のみを2分、3分、5分、10分、20分と変化する。従って10通りの組合せが出来るが、$\Delta t_1=\Delta t_2=\Delta t_3$ の場合は実験Ⅱの結果をそのまま用いて、新たに8種類一回ずつ測定を行った。実験順序はランダムにし、被験者E、O、T、Kの四人について行われた。Tの結果を一例として図9に示す。他の被験者の場合も全く同様である。$\Delta t_1=$

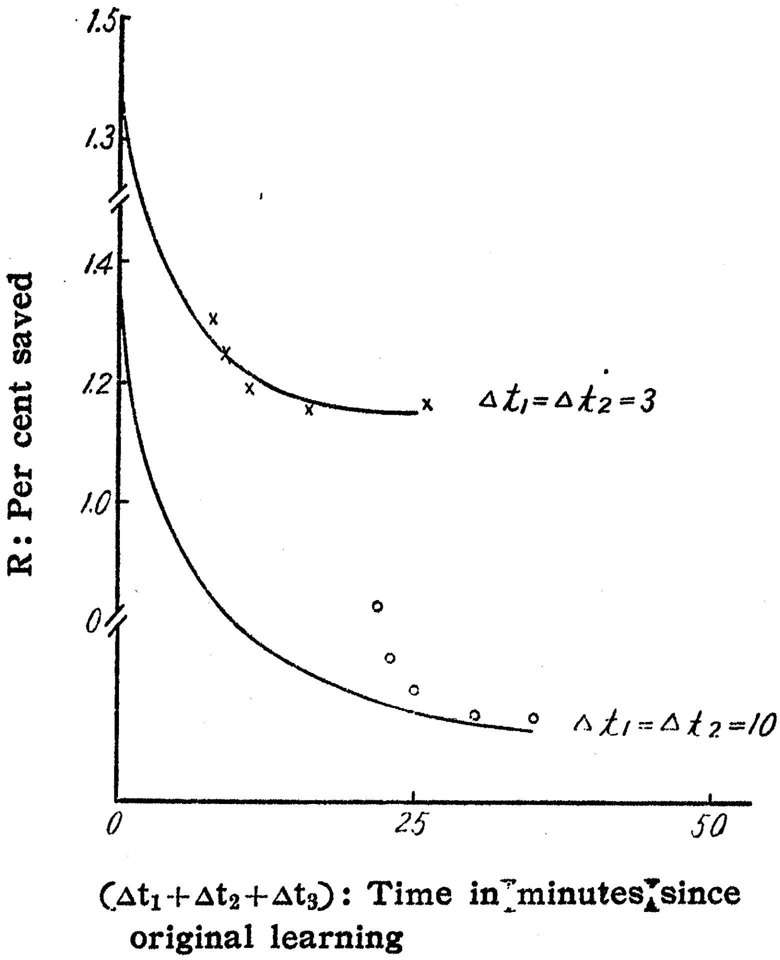


Fig. 9. (Subject T) Generalized retention curve showing percentage of original learning saved in the amount of time when first relearning is at Δt_1 interval following original learning, second relearning is at Δt_2 interval following first relearning and third relearning is at Δt_3 interval following second relearning. × $\Delta t_1=\Delta t_2=3$ minute series; ○ $\Delta t_1=\Delta t_2=10$ minute series. Each shows result of one measure ment. The curve lines represent Equation (26). Only one parameter to be newly estimated is μ_3j. The ordinate is vertically displaced arbitrarily from series to series.

Δt_3 の大きさを添字 j であらわすと第三回目の反復学習時における把持量 R_{3j} は汎把持曲線

$$R_{3j}=\frac{R_{30}(\mu_{3j}R_{30}-\lambda_3)}{\mu_{3j}R_{30}-\lambda_3 e^{-(\mu_{3j}R_{30}-\lambda_3)(\Delta t_1+\Delta t_2+\Delta t_3)}} \qquad (26)$$

であらわされる。この λ_3, R_{30} には実験Ⅱで決定されたものをそのまま用い、μ_{3j} のみを新に決定した。図9から明らかなように、Δt_1, Δt_2 を3分とした時にはこの曲線は当はまるが10分の時には〔実験Ⅲ〕の結果と同傾向のはずれが現れる。従って汎把持曲線において反復学習を何回行うにせよ、その時間間隔 Δt にはある臨界値が存在し、Δt の大きさがその臨界値より小さければ（23）、（24）式等が当はまり、Δt がこの値を越すとこれらの式が当はまらなくなるように思われるのである。しかもこの臨界値には個人差があり、この実験に参加した四名の被験者に関する限り〔実験Ⅲ・Ⅳ〕を通して $2\bar{t}$ 分前後の値をとっている。但し $\bar{t}$ は記憶痕跡に寿命の分布を仮定し（註七）、寿命のつきた要素が次第に脱落してゆくものとして（5）式の「記憶の減退」項を導いた場合における平均寿命を示し、

$$\bar{t}=\frac{1}{\lambda} \qquad (27)$$

の関係が有る。

この〔実験Ⅳ〕についても〔実験Ⅲ〕と同様に普通の把持曲線を考える事も出来るが、各測定値の測定誤差が大きくひびいて良く当はまる曲線を決定するのは困難であった。

（この実験のⅠ・Ⅱは、印東の講義からヒントを得た久野が独力で計画し、実施し、又その整理を行ったものである。その後、結果の解析に当っては印東が協力し、Ⅲ・Ⅳが追加されて一応このような形にまとめられた。実験の一報告であるから理論的内容に関する解説は行われていない。紙数の都合で、デイタのごく一部分しか掲げることが出来なかったが、実測値、計算結果の詳

細はすべて慶応義塾大学心理学研究室に保管してある。)

文献

1 Cortot, A., Principes Rationnels de la Technique Pianoforte. 1927, Salabert.
2 Ebbinghaus, H., Über das Gedächtnis. 1885.
3 Strong, E.K.Jr., The effect of time-interval upon recognition memory. Psychol. Rev., 1913, 20, 339—372.
4 Woodworth, R.S., Experimental Psychology. 1950, Methuen & Co.
5 Lewis, D., Quantitative Psychology. 1950, The Bookshop, Iowa City.
6 Förster, H., Quantum mechanical theory of memory. Transactions of the Sixth Conference on Cybernetics. 1950, Josiah Macy, Jr. Foundation.
7 London, I.D., An ideal equation derived for a class of forgetting curves. Psychol. Rev., 1950 57, 295—302.
8 London, I.D., An ideal equation of forgetting derived for overlearning. Psychol. Rev., 1951, 58, 54—59.

註一　後述の実験を行うのに必要なだけこのような学成楽句を用意することは容易である。

註二　この場合は久野自身左手を以ってストップオッチを操作して時間を測る。その他の被験者の場合にはすべて久野が実験者となった。

註三　x_0もxも共に学習完成基準達成迄の正味の時間とした。二回続けて一つの誤りもなく弾奏することを完成基準としてあるので、全学習時間から最後に二回誤りなく弾くのに要した時間を差引いてある。

註四　この記憶痕跡（trace）に回復過程の存在を仮定しなければ漸近線（asymptote）R_∞ を説明出来ないとするのがフェルスター・ロンドンの理論の骨子になっているのである。

註五　176頁に指摘したようにこの直線は、下に凸に歪んでいる事実に注意されたい。

註六　そのかわりΔt分間に忘却すべき分量はΔtの対数に比例して増大するから、Δt分をおいて加えられた反復学習の相対的効果はΔtの対数に比例して減少しているのである。

註七　寿命の分布型は一般に寿命に関係する現象について見られる指数型（exponential）であることが容易に導ける。