

短期記憶の連続時間モデルに基づいた文字列の最適提示速度

正員 横井 博一[†] 非会員 久間 英樹[†]

Optimum Presentation Speed of Character Sequence Based on Time Continuous Model of Short-Term Memory

Hirokazu YOKOI[†], *Member and* Hideki KUMA[†], *Nonmember*

あらまし 筆者の一人が提案した短期記憶の連続時間モデルに基づいて、CRT ディスプレイの画面上の同一位置に順次提示される文字列の最適提示速度を決定した。ここで、文字列はランダムに選んだ英大文字6個より成り、最適提示速度とは、これらの文字が提示された直後にそれらを自由再生したときの平均再生文字数が最大となる提示速度を指し、具体的には各文字の提示時間で表される。まず、7名の被験者で簡単な記憶実験を行い、その結果とモデル中の四つのパラメータの値をそれぞれ11通り変化させて得られた11⁴個のシミュレーション結果とから、残差2乗和が最小となるパラメータ値を個々の被験者ごとに決定した。次に、それらの値を用い、6文字を順次提示した場合のシミュレーションを、各文字の提示時間を100ミリ秒から1000ミリ秒まで10通り変化させて各被験者について10⁶回行い、再生文字数の期待値が最大となる提示速度を求めた。最後に、この速度で実際に提示したときの内観報告をもとに少し修正した提示速度を新たに8種類用意し、再度実験することにより最終的な最適提示速度を決定した。このときの再生文字数の平均値は、提示速度一定の場合の最大値より平均7.7%大きくなった。

1. ま え が き

近年、情報システムの普及に伴い、人間がCRT ディスプレイを介して情報を受け取る場合が増えてきており、この傾向は今後ますます著しくなることが予想される。しかしながら、これと同時に、使用者の目がしょぼついて涙が出たり、頭痛や色の幻覚を感じたり、無気力になったりする等の問題も指摘されるようになり⁽¹⁾、人間とCRT ディスプレイの整合性の改善が強く望まれている。

CRT ディスプレイからの情報提示には、空間的な面と時間的な面とがあり、従来の人間工学的研究は、文字あるいは図形の大きさ、配置、色彩、背景とのコントラスト等、空間的な面に重きが置かれてきた^{(2)~(6)}。時間的な面に関しては、動画像を表示するのに必要な毎秒像数^{(6),(7)}、静止画像の提示時間^{(6),(8)}など、画像品質や認識可能性といった立場からの検討のみである。しかし、静止画像を順次画面上に提示していくような

場合には、各々の画像の提示時間をそれぞれの画像を認識するのに必要十分な長さにするだけでは足りない。それらが人間の思考過程と整合するものでなければ、心理的負担のより一層の軽減と作業効率の向上は期待できない。

ところで、心理学特に記憶心理学の分野では、1960年のSperlingによる文字配列の瞬間提示の実験⁽⁹⁾を契機として、注目すべき研究が次々に行われ、1960年代の終わり頃から情報処理という新しい観点が導入され始めた。このような立場の心理学は認知心理学と呼ばれ、コンピュータからの類推をもとに、人間の記憶システムにおける情報の表現形態、消失、検索、転送等の問題が取り扱われる。この結果、人間の心的活動がこれまでになく明確に記述できるようになり、思考過程は短期記憶と長期記憶との間の複雑な情報交換であることが明らかにされた。

従って、CRT ディスプレイを見ながら作業をするような場合、必要な情報ができるだけ多く短期記憶の中に保持されることが、使用者の思考を円滑に進めるための一つの重要な要因となる。そのため、静止画像の順次提示においては、画像情報が最も多く短期記憶に

[†]九州工業大学工学部電気工学科, 北九州市
Faculty of Engineering, Kyushu Institute of Technology,
Kitakyushu-shi, 804 Japan

残るように各画像の提示時間を決めなければならない。しかし、このような意味での画像最適提示速度を求めするためには、時間要素を含んだ短期記憶の定量的モデルを必要とする。そこで、筆者の一人は先に、短期記憶の保持過程が時間的に連続な形で記述され、短期記憶によって起こる複雑な諸現象の時間変化をシミュレーションできる連続時間モデルを提案した^{(10)~(13)}。

このモデルを用いて、文字画像を順次提示する場合の最適提示速度を決定することを最終目標とし、本論文では、最も簡単な場合として一つの文字だけから成る画像を考え、CRT ディスプレイの画面上の同一位置に6個の英大文字を順次提示するときの各個人に対する最適提示速度を決定する。そのためにまず、7名の被験者に簡単な記憶実験を行い、実験結果とシミュレーション結果を比較しながら、試行錯誤的にモデル中の四つのパラメータのおおよその値を求める。次に、その値を中心にしてパラメータ値を変化させ、最小2乗法により個々の被験者のパラメータ値を決定する。更に、それらの値を用いてシミュレーションを行うことにより6個の文字の最適提示速度を各被験者ごとに求め、最後に実際に試し、修正する。

2. 短期記憶の連続時間モデル

2.1 心理学的知見

図1は一般に認められている人間の記憶システムの概念図である。感覚情報貯蔵(sensory information storage:SIS)は、提示された刺激を感覚的な表象(representation)として短時間保持する機能を持ち、視覚刺激の場合1秒以内で消失する⁽⁹⁾。これを崩壊(decay)という。ここで、表象とは刺激が心理的諸過程内に取り込まれたときの形態を指し、各過程に特有な存在形態ないし表現形態があると考えられている。感覚的表象が感覚情報貯蔵中に存在するときに注意が働けば、パターン認知の過程によりそれは意味づけされ、意味的表象として短期記憶(short-term memory : STM)に

転送される。命名(naming)できる場合は音響的表象としての形態をもとる。刺激が多くの項目から構成されている場合には、どの項目を短期記憶へ転送するかを選択が注意の過程でなされる。

短期記憶は、刺激を意味的および音響的表象として保持し、特に後者の形態が可能な場合にはリハーサルにより短期記憶内に無限に留めておくことができる。しかし、リハーサルしなければ比較的短時間で消失する⁽¹⁴⁾。これを忘却という。忘却の原因としては少なくとも3種類存在することが明らかにされている。すなわち、受動的崩壊(passive decay)⁽¹⁵⁾、順向干渉(proactive interference)⁽¹⁶⁾、逆向干渉(retroactive interference)⁽¹⁷⁾である。なお、短期記憶の容量については、7項目かあるいは4ないし5項目か種々の議論がなされているが、まだ決着がついていない⁽¹⁸⁾。しかし、容量に限界がある原因に関しては、短期記憶に保持される項目数と忘却率の関係⁽¹⁹⁾から判断して、忘却の場合と同じである可能性がある。また、リハーサルは短期記憶内の表象を長期記憶に転送する方法の一つにもなっている。

長期記憶(long-term memory : LTM)は、短期記憶から転送された意味的あるいは音響的表象を体制化し、永久的に保持することができる。

2.2 モデル

図2は短期記憶の連続時間モデルである。リハーサルは再生された項目が再び短期記憶に入力される過程と考える。図中の V_p は感覚情報貯蔵の中から選択され、意味づけ、更には音声化されて、 p 番目に短期記憶に入力された項目の短期記憶内での表象の完全さの程度(以後これを表象強度と呼ぶ)である。但し、意味づけ、音声化と短期記憶への入力の過程は徐々に進行するものとし、 p 番目の項目の入力により短期記憶内でのその項目の表象強度は1秒間に K_p の割合で強化されるとする。 V_p は表象が完全であるとき最大となり、このときの値を1、また、表象が短期記憶内から完全に消

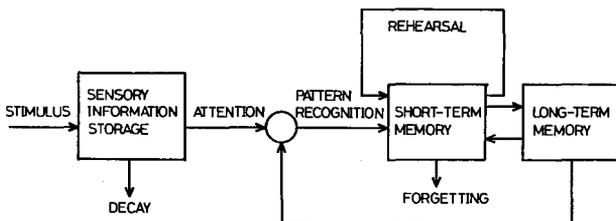


図1 人間の記憶システムの概念図

Fig. 1 Schematic diagram of human memory system.

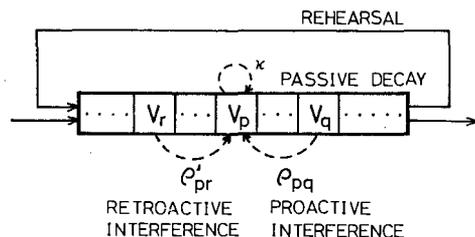


図2 短期記憶の連続時間モデル

Fig. 2 Time continuous model of short-term memory.

えたときは最小となり、このときの値を0とする。従って、 V_p は0以上、1以下の実数値をとることになる。本モデルではパターン認知および再生の確率は V_p の値に等しいとする。

ところで、短期記憶内の項目の表象強度はその項目が入力されることにより強められるだけではない。それと同時に、受動的崩壊と干渉によって弱められる。そこで、これらの過程は時々刻々継続的に起きるとし、受動的崩壊の係数を x 、 q 番目の項目から p 番目の項目への順向干渉の係数を ρ_{pq} 、 r 番目の項目から p 番目の項目への逆向干渉の係数を ρ'_{pr} として、 V_p は次式に従って変化すると仮定する。

$$\frac{d}{dt} V_p(t) = K_p(t) - xV_p(t) - \sum_{q=1}^{p-1} \rho_{pq} V_q(t) - \sum_{r=p+1}^L \rho'_{pr} V_r(t) \quad (1)$$

但し、 $V_p=1$ のとき、式(1)の右辺が正になっても V_p は増加せず1のままとし、また、 $V_p=0$ のとき、式(1)の右辺が負になっても V_p は減少せず0のままとする。 x の値はMeltonの論文⁽¹⁹⁾より、0.005となる。 K_p ($p=1, 2, \dots, L$)の値は短期記憶に入力されている最中には一定と考えられ、Sperlingの実験結果⁽²⁰⁾から、英大文字の場合100と推定される。短期記憶に入力中でないときには0である。 L は短期記憶に入力された項目の総数で、本モデルにおいては、短期記憶内に同時に保持できる項目数に制限を設けず、短期記憶の容量は $\sum_{p=1}^L V_p(t)$ の最大値とし、主として項目間の干渉により制限されると考える。

更に、 ρ_{pq} 、 ρ'_{pr} は次式に従うと仮定する。

$$\rho_{pq} = R \exp\{-(T_p - T_q)^2 / (2\sigma^2)\} \quad (2)$$

$$\rho'_{pr} = R' \exp\{-(T_r - T_p)^2 / (2\sigma'^2)\} \quad (3)$$

$$(1 \leq q \leq p-1, p+1 \leq r \leq L)$$

ここで、 R と R' は順向および逆向干渉度、 σ と σ' は順向および逆向干渉の時間範囲、 T_p は p 番目に短期記憶に入力された項目の入力開始時刻と終了時刻のちょうど中間にあたる時刻である。 ρ_{pq} を $T_p - T_q$ の関数とした理由は、より最近になって入力された項目がより以前に入力された項目よりも干渉しがちであるという実験結果⁽²¹⁾が得られているからである。この結果は、順向干渉に関するものであるが、逆向干渉に関しても同様であろうと考え、 ρ'_{pr} も $T_r - T_p$ の関数とした。干渉係数を式(2)、式(3)のような形で表したのは、他の項目の表象が雑音として表象中に混入し、表象の完全さを低下させるように働くと考えたためである。

3. パラメータ値の決定

3.1 実験

x の値と入力中の K_p の値には個人差があると思われるが、それらの値が多少変化しても再生率にはほとんど影響しない。しかし、他の四つのパラメータ(R, R', σ, σ')の値に関しては、少しの違いも再生率に大きく影響する。そこで、 x と入力中の K_p の値に対しては先に決めた標準値を用い、残りの四つのパラメータについては各個人ごとにその値を求めることにする。そのため、簡単な記憶実験を行う。CRTディスプレイ(NEC PC-KD851)を被験者の前方45cmのところに置き、図3に示すように、画面の中央に26種類の英大文字(A, B, ..., Z)をパーソナルコンピュータ(NEC PC-9801VM)によりランダムに1個ずつ計6個あるいは7個連続して提示する。但し、同一文字が一つの文字列中に2回以上現れることはない。

各文字の提示時間 T は同一とし、100ミリ秒、200ミリ秒、300ミリ秒、400ミリ秒、500ミリ秒、600ミリ秒、700ミリ秒の7種類を選んだ。これらの提示時間は直前に提示された文字の感覚情報貯蔵内での表象を

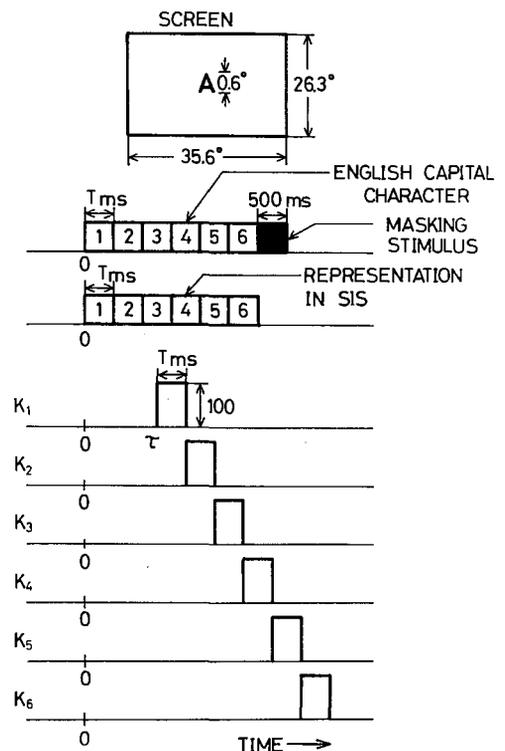


図3 実験方法
Fig. 3 Experimental method.

消去するのに十分な長さで、各文字の感覚情報貯蔵内での表象強度は、図3のように変化するとみなしてよい。最後の文字に関しては続けて提示される文字がないので、提示直後にマスキング刺激(ドットパターン)を500ミリ秒提示し、感覚情報貯蔵内でのその表象を消去する。従って、各文字の短期記憶内での表象は、図3に示されるように強化率100で T ミリ秒だけ強化

されると考えられる。図中の τ は意味づけが開始されるまでの時間である。さて、被験者には、マスキング刺激の提示と同時に記憶している文字をすべてキーボードから入力させる。但し、提示された文字以外に提示順も覚える必要がないように、提示された順番通りでなくてもよい自由再生方式とする。

実験は静かな部屋の中で、絶対にリハーサルしないという条件の下で、各提示時間について50回行った。

表1 パラメータ値の変化範囲

R	R'	σ	σ'
2	0.09	0.04	1.1
3	0.10	0.05	1.2
4	0.11	0.06	1.3
5	0.12	0.07	1.4
6	0.13	0.08	1.5
7	0.14	0.09	1.6
8	0.15	0.10	1.7
9	0.16	0.11	1.8
10	0.17	0.12	1.9
11	0.18	0.13	2.0
12	0.19	0.14	2.1

表2 各被験者のパラメータ値と残差2乗和

被験者	パラメータ値				残差2乗和		
	R	R'	σ	σ'	P_6	P_7	P
KY	7	0.07	0.08	1.5	0.225	0.231	0.456
HK	9	0.11	0.10	1.3	0.111	0.076	0.187
HY	10	0.11	0.09	1.3	0.220	0.145	0.365
NN	9	0.10	0.09	1.6	0.117	0.174	0.291
IH	4	0.11	0.11	1.2	0.092	0.028	0.120
JT	6	0.09	0.10	1.2	0.124	0.134	0.258
TY	7	0.10	0.12	1.7	0.141	0.294	0.435

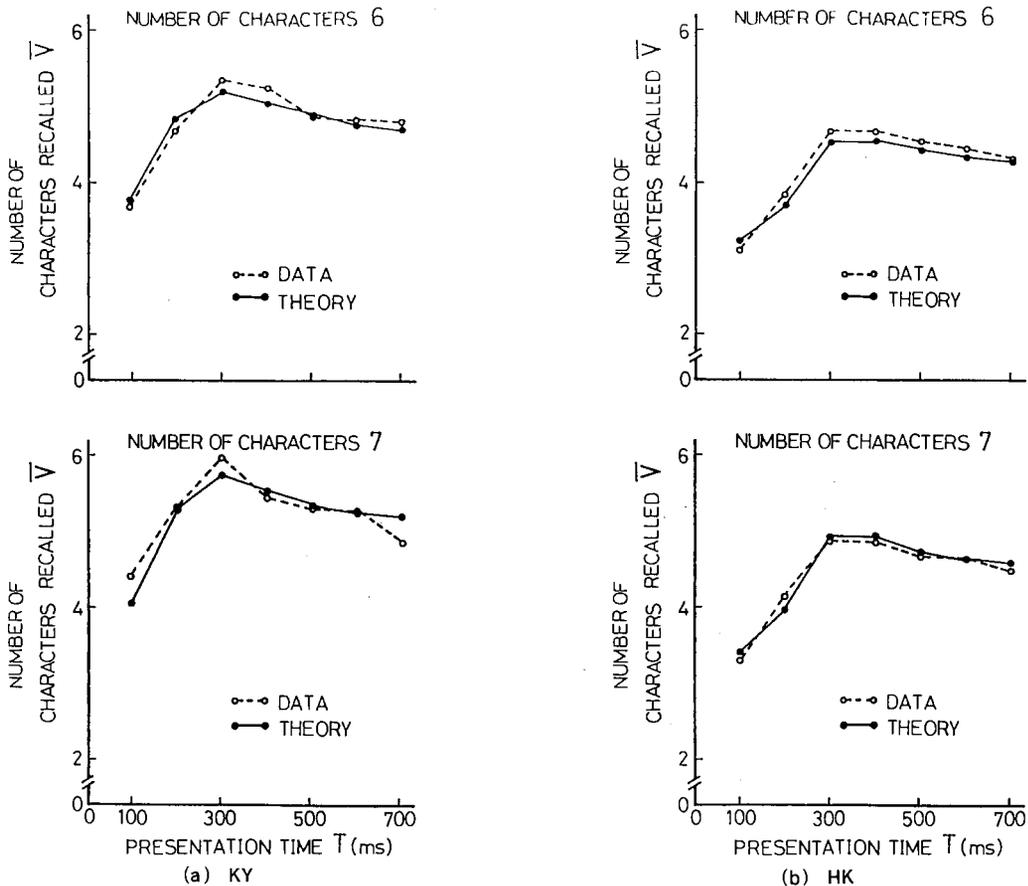


図4 提示時間の関数として表された再生文字数
Fig. 4 Number of characters recalled as a function of the presentation time.

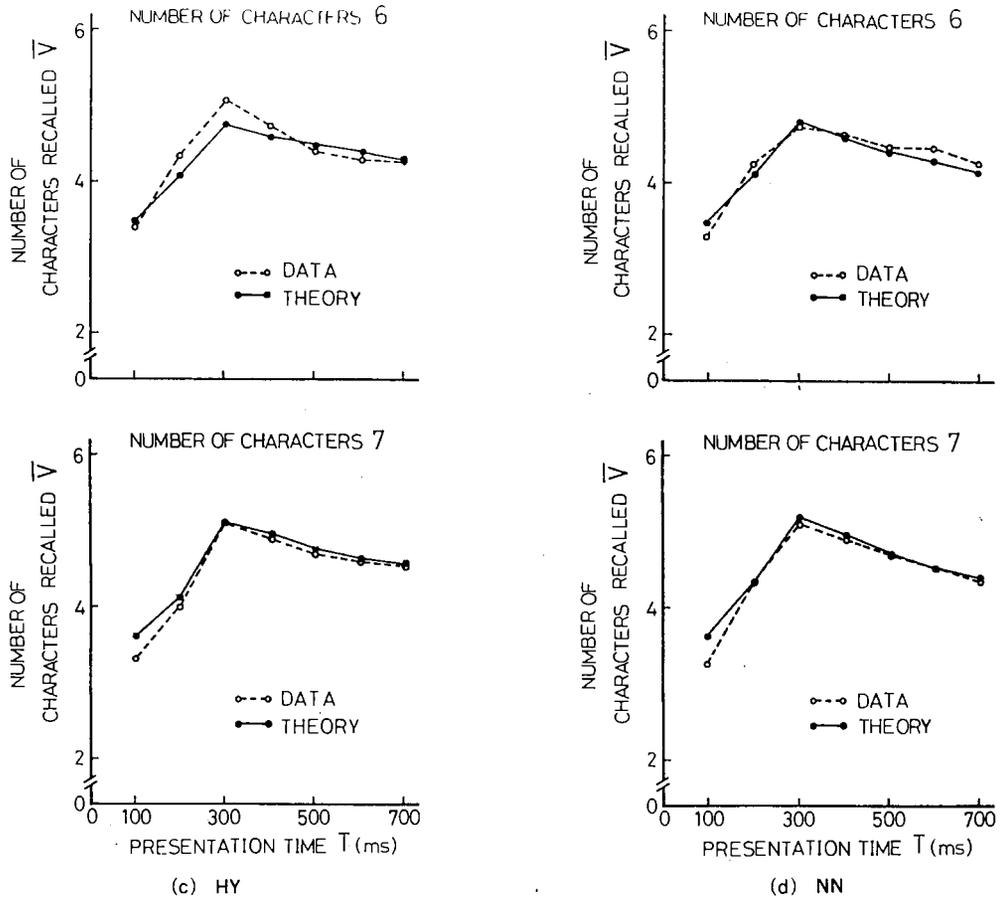


図4 (つづき)

また、実験の時間帯は、平均的な結果が得られるよう、午前、午後、夜となるべく変えるようにした。被験者は7名で、そのうち5名が20代から30代までの男性、2名が20代の女性である。視力は全員正常(矯正も含む)であった。なお、キーボードに慣れていない被験者には、覚えている文字を紙に書くようにさせた。図4の(a)から(d)は、6文字および7文字提示したときの各個人ごとの提示時間 T と再生文字数 \bar{V} との関係を示したもので、点線が実験結果で、50回の測定 averages である。

3.2 個人ごとのパラメータ値

以上の実験から得られた平均再生文字数の被験者全員に関する平均値を求め、この値にシミュレーションにより求めた再生文字数の期待値が近づくように、パラメータ ($R, R'\sigma, \sigma'$) の値を試行錯誤的に変えたところ、 $R=7, R'=0.14, \sigma=0.09, \sigma'=1.6$ のとき、両者がかなり良い一致を示すことがわかった。

そこで、この値を中心にして各パラメータ値を表1

に示す範囲で変化させ、最小2乗法により各被験者のパラメータ値を決定した。このとき、微分方程式の数値解析にはルンゲ・クッタ法(時間 t のきざみ幅は0.01秒)を用い、最小にすべき量 P を文字数6個の場合の残差2乗和 P_6 と7個の場合の残差2乗和 P_7 の和とした。なお、パラメータ値の組合せは全部で 11^4 (14641) 通りである。

表2は、以上の方法で決めた各被験者のパラメータ値とそのときの残差2乗和を示したものである。また、この値でシミュレーションを行って得られた再生文字数の期待値は、図4に実線で示してある。

4. 文字列の最適提示速度の決定

4.1 モデルから得られる最適提示速度

各個人のパラメータ値が決定されたので、次に画面の同一位置に6個の英大文字が順次提示され、最後にマスキング刺激が十分な時間提示される場合について、再生文字数の期待値が最大となる各文字の提示時

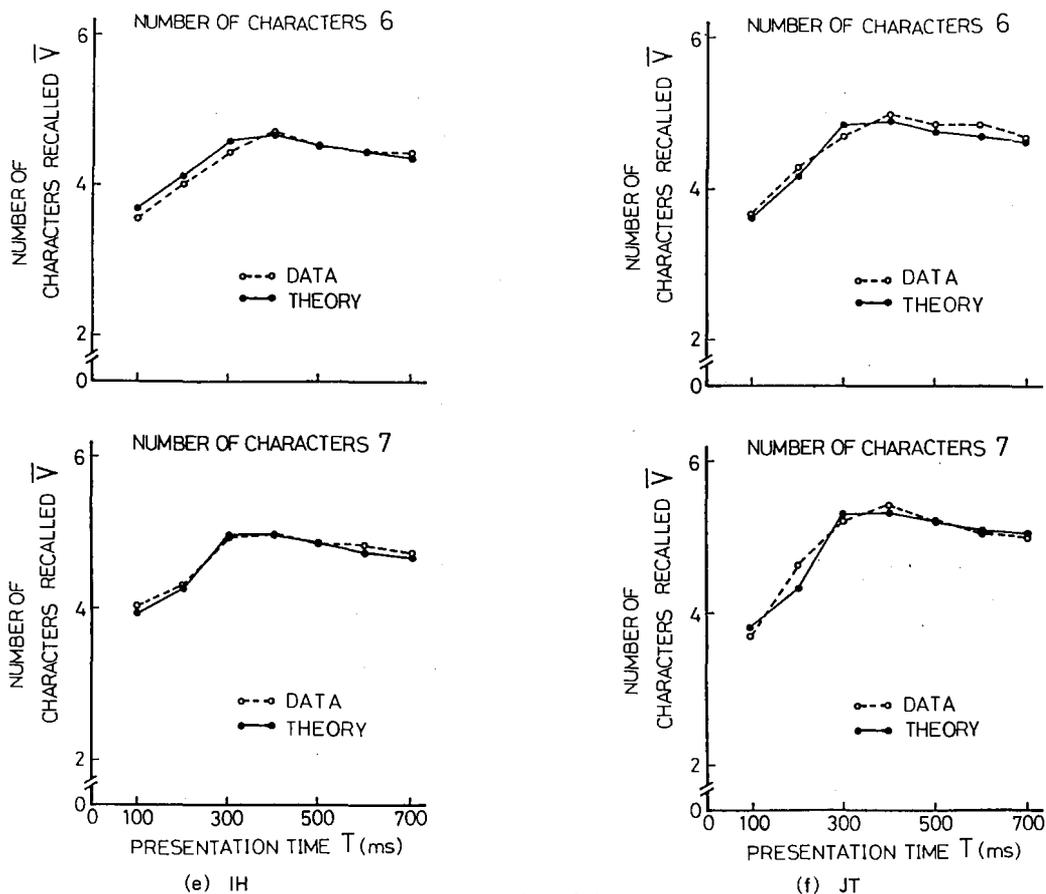


図4 (つづき)

間すなわち最適提示速度を個人ごとにモデルから計算機シミュレーションにより求める。ここで、各文字の提示時間は100ミリ秒から1000ミリ秒まで100ミリ秒間隔で変化させ、計 10^6 個の組合せの中から再生文字数の期待値が最大となるものを1個選ぶ。文字提示時間の下限を100ミリ秒としたのは、これ以下の時間で各文字を提示した場合、文字が非常に読みにくくなるためである(但し、文字を1個だけ提示しその後にはマスクング刺激を与える場合には、文字の提示時間が約10ミリ秒まではほぼ100%正しく認知できることを、LEDディスプレイを用いて確かめてある)。次に、上限を1000ミリ秒としたのは、これ以上長く1個の文字を見続けていると心理的苦痛が大きくなるという被験者の内観報告が得られたからである。

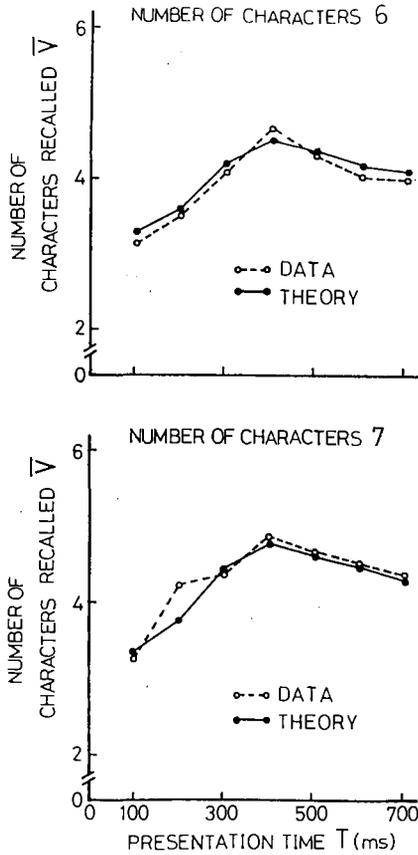
図5はモデルから得られた各被験者の最適提示速度を示したものである。図中の \bar{V}^* はこの速度での再生文字数の期待値であり、 \bar{V}^{**} は実際にこの速度で提示したときの平均再生文字数である。但し、マスクング

刺激の提示時間は500ミリ秒とした。 \bar{V}^{**} は \bar{V}^* より平均7.4%小さくなっているが、提示速度を一定としたときの平均再生文字数(図4の点線)と比較すると、その最大値(これを \bar{V}^{***} と記す)より \bar{V}^{**} の方が平均2.0%大きくなっている。

表3は各被験者ごとに \bar{V}^{***} と \bar{V}^{**} について有意水準0.01で有意差検定を行った結果を示したものである。これら二つの平均値に有意差があり、しかも $\bar{V}^{***} < \bar{V}^{**}$ と判定できるのは7名中4名の実験結果についてである。但し、標本数 $n \geq 25$ であるので、検定値としては $(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) / \sqrt{s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2}$ を用いた。ここで、 \bar{x}_1 , \bar{x}_2 は標本平均、 s_1 , s_2 は標本標準偏差である。なお、 \bar{V}^{***} と \bar{V}^{**} の7名の平均について有意差検定を行うと、検定値は4.57となるので、両者には有意差がある。

4.2 実験による修正

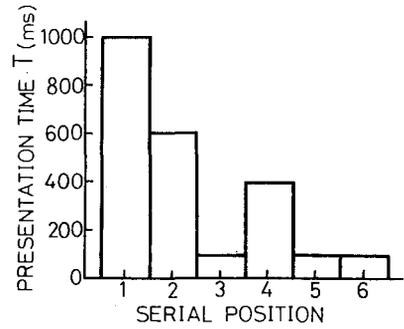
さて、以上の実験について内観報告を求めたところ、すべての被験者が第3文字と第5文字が読みにくいと答えた。そこで、これらの2文字については100ミリ



(g) TY
図4 (つづき)

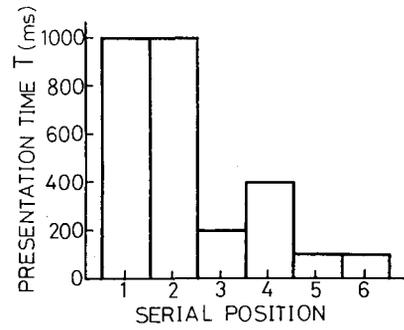
秒および200ミリ秒長い提示時間二つを追加し、その他の文字の提示時間はそのままにして、各被験者それぞれについて新たに8種類 ($3^2 - 1$) の提示速度を用意した。これらの提示速度で実験を行う前に、再生文字数の期待値が \bar{V}^* に比べてそれほど小さくならないことを確かめるためシミュレーションを行った結果、どの提示速度でも \bar{V}^* との差が \bar{V}^* の5%以内に入ることがわかった。

図6は、8種類の提示速度それぞれについて50回の測定を行い、再生文字数の平均値が最大となる提示速度を各被験者ごとに示したものである。ここでは、これらの提示速度を、英大文字を同一位置に6個連続提示するときの各個人に対する最終的な最適提示速度と決定する。図中の $\bar{V}^\#$ はこの最適提示速度での再生文字数の期待値であり、 $\bar{V}^{\#\#}$ は実際にこの速度で提示したときの再生文字数の平均値である。 $\bar{V}^{\#\#}$ は $\bar{V}^\#$ より平均0.1%小さいだけで、両者は極めて良い一致を示す。個人差は第2文字から第5文字までに現れているが、第



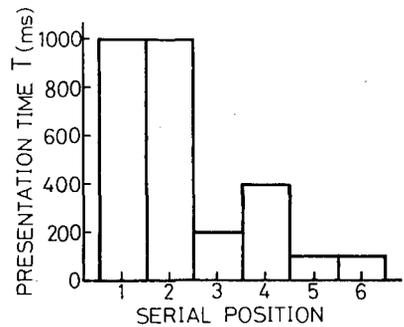
$\bar{V}^* = 5.55$ $\bar{V}^{\#\#} = 5.10$

(a) KY



$\bar{V}^* = 5.31$ $\bar{V}^{\#\#} = 5.00$

(b) HK



$\bar{V}^* = 5.33$ $\bar{V}^{\#\#} = 5.20$

(c) HY

図5 モデルから得られた最適提示速度
Fig. 5 Optimum presentation speed obtained based on the model.

4文字で一度提示時間が長くなるという傾向が一般に見られる。第1文字と第6文字については、どの被験

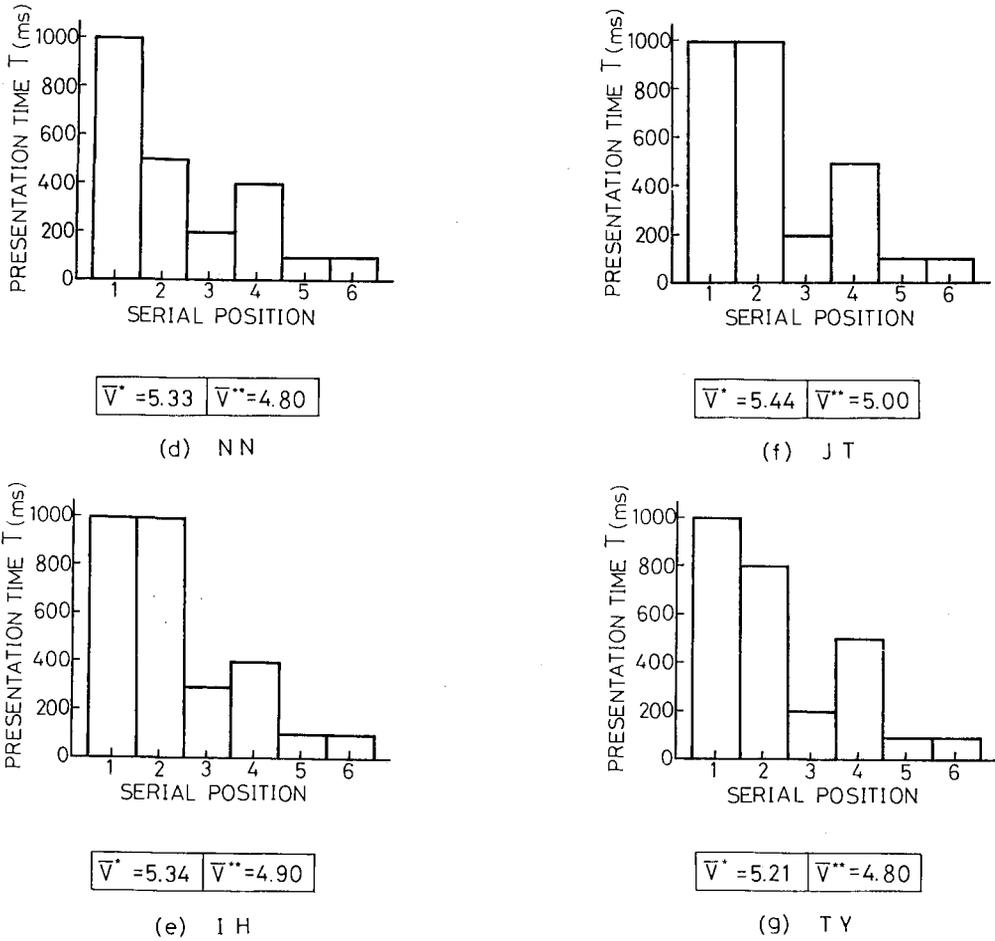


図5 (つづき)

者もそれぞれ1000ミリ秒と100ミリ秒である。

表4は各被験者ごとに $\bar{V}^{@@}$ と \bar{V}^{**} を比較し、両者について有意水準0.01で有意差検定を行った結果を示したものである。被験者全員について、 $\bar{V}^{@@}$ と \bar{V}^{**} に有意差があり、しかも $\bar{V}^{@@} < \bar{V}^{**}$ と判定できる。 \bar{V}^{**} は $\bar{V}^{@@}$ より平均7.7%も大きくなっている。

4.3 考 察

提示速度が一定の場合の平均再生文字数の最大値 $\bar{V}^{@@}$ に比べて、 \bar{V}^{**} はわずかではあるが大きくなる傾向がみられ、 \bar{V}^{**} に関しては、すべての被験者でかなり大きな値となった。モデルから得られた最適提示速度ではなく、これを少し修正した速度で実際の再生文字数が大きくなったのは、モデルがまだ不完全なためである。現時点では、モデルによって最適提示速度の大きかな予測を行い、最終的には実験によって決定せざるをえない。しかしながら、すべての提示速度について実験を行って最適提示速度を決める場合に比べて、

表3 各被験者における $\bar{V}^{@@}$ と \bar{V}^{**} の比較

被験者	$\bar{V}^{@@}$	\bar{V}^{**}	検定値	有意差 (有意水準0.01)
KY	5.32 (T=300)	5.10	-3.02	有 ($\bar{V}^{@@} > \bar{V}^{**}$)
HK	4.66 (T=300)	5.00	8.48	有 ($\bar{V}^{@@} < \bar{V}^{**}$)
HY	5.06 (T=300)	5.20	2.85	有 ($\bar{V}^{@@} < \bar{V}^{**}$)
NN	4.76 (T=300)	4.80	0.82	無 ($\bar{V}^{@@} = \bar{V}^{**}$)
IH	4.70 (T=400)	4.90	3.20	有 ($\bar{V}^{@@} < \bar{V}^{**}$)
JT	5.00 (T=400)	5.00	0	無 ($\bar{V}^{@@} = \bar{V}^{**}$)
TY	4.68 (T=400)	4.80	2.65	有 ($\bar{V}^{@@} < \bar{V}^{**}$)

最適提示速度をある程度絞り込める点で、モデルを使った方がやはり便利である。

ところで、モデルから得られた最適提示速度で実際に提示したとき、第3文字と第5文字が読みにくいという内観報告があったが、これらの文字はどの被験者とも、提示時間が大体100ミリ秒か200ミリ秒で非常

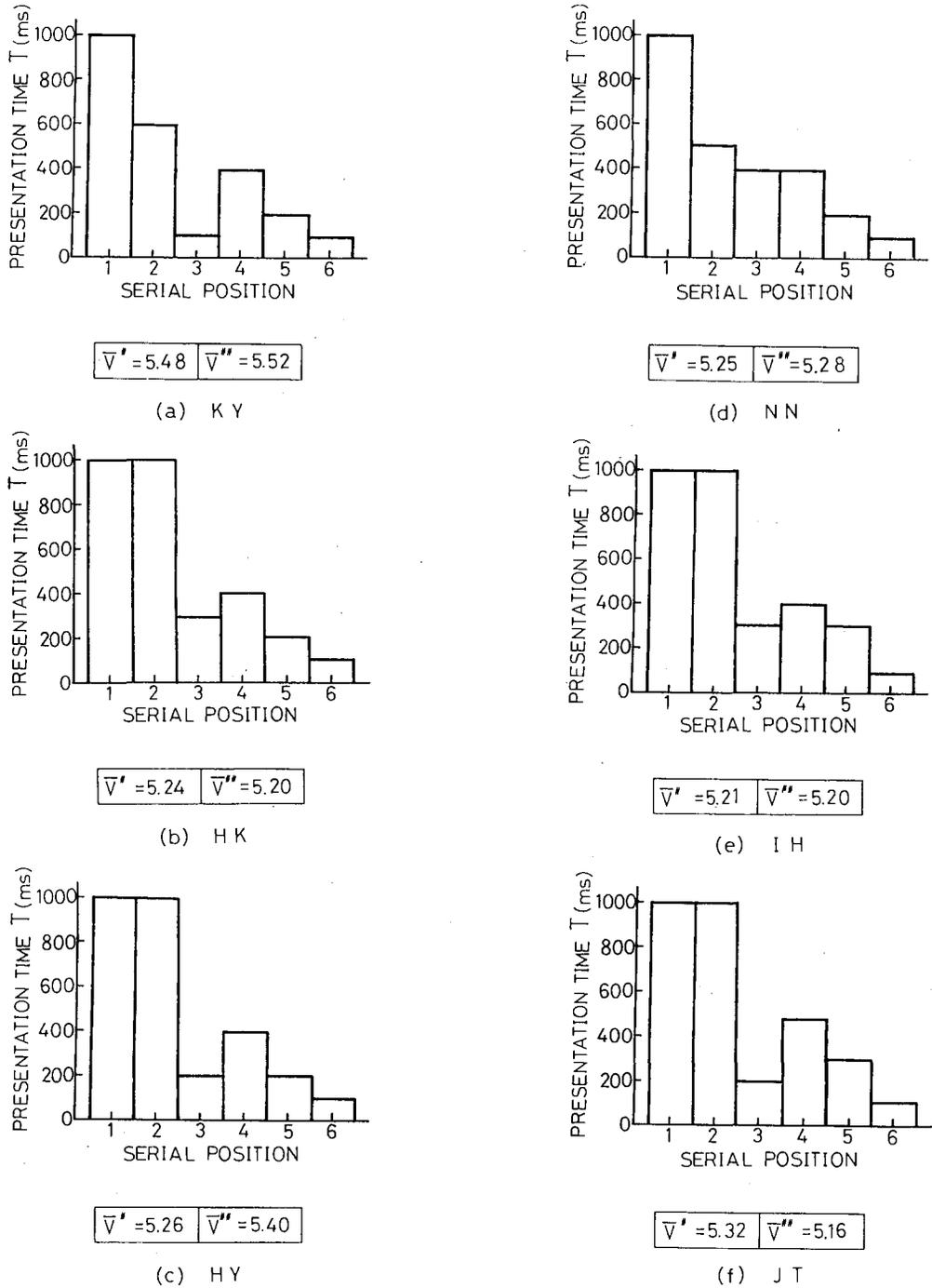
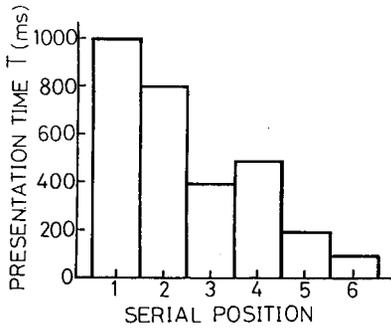


図6 修正された最適提示速度
Fig. 6 Corrected optimum presentation speed.

に短い。ここで、短期記憶内の項目の表象強度がわずかに低下しても100%正しく再生できるという天井効果⁽¹⁵⁾を考慮すると、モデルの干渉係数に関する四つのパラメータの値はもう少し大きくなるはずである。

その結果、提示時間の短い第3文字と第5文字の表象強度が十分に立ち上がりきれず読みにくく感じることや、それらの文字の提示時間が少し長くなると実際の再生文字数が大きくなること等が説明できるだけでな



$$\bar{V}' = 5.15 \quad \bar{V}'' = 5.10$$

(g) TY

図6 (つづき)

表4 各被験者における $\bar{V}@@$ と $\bar{V}##$ の比較

被験者	$\bar{V}@@$	$\bar{V}##$	検定値	有意差 (有意水準 0.01)
KY	5.32 (T=300)	5.52	2.66	有 ($\bar{V}@@ < \bar{V}##$)
HK	4.66 (T=300)	5.20	8.71	有 ($\bar{V}@@ < \bar{V}##$)
HY	5.06 (T=300)	5.40	6.00	有 ($\bar{V}@@ < \bar{V}##$)
NN	4.76 (T=300)	5.20	11.05	有 ($\bar{V}@@ < \bar{V}##$)
IH	4.70 (T=400)	5.20	7.46	有 ($\bar{V}@@ < \bar{V}##$)
JT	5.00 (T=400)	5.16	3.98	有 ($\bar{V}@@ < \bar{V}##$)
TY	4.68 (T=400)	5.10	7.83	有 ($\bar{V}@@ < \bar{V}##$)

く、それほど修正を必要としない最適提示速度がモデルから求められる可能性が十分考えられる。

5. むすび

短期記憶の連続時間モデルの四つのパラメータ値を7名の被験者について簡単な記憶実験を行うことにより決定した。これらの値を用いて、CRT ディスプレイの画面上の同一位置に6個の英大文字を連続提示するときの最適提示速度を各被験者ごとにシミュレーションにより求めた。この提示速度を元にして、各被験者とも8種類の提示速度を新たに用意し、実際に試してみることにより最終的な最適提示速度を決定した。このときの平均再生文字数は提示速度が一定の場合の最大値より平均7.7%大きくなった。

今後の課題は、天井効果等を考慮してモデルをより完全なものとし、最適提示速度をシミュレーションだけで求められるようにすることである。また、文字画像として1個の文字から単語へ、更には文章へと広げてゆくと同時に、音声情報を併用する場合についても検討したい。

文 献

- (1) 土屋和夫：“「ハートウェア」のすすめ”，pp. 26-35, 講談社 (昭 61-05).
- (2) 印東, 河合：“適正照度に関する心理学的実験”，*照学誌*, 49, 2, pp. 52-63 (昭 40-02).
- (3) 阪本敬彦：“字間, 行間, 行の長さはどうあるべきか”，*科学朝日*, 25, 2, pp. 91-95 (昭 40-02).
- (4) 小川, 堀口, 望月：“主観評価実験により求めた CRT 漢字表示装置への文字表示条件”，*テレビ誌*, 32, 1, pp. 40-45 (昭 53-01).
- (5) 人間工学ハンドブック編集委員会編：“人間工学ハンドブック”，pp. 99-172, 金原出版 (昭 41-09).
- (6) 鑑沢, 深津：“人間工学とディスプレイ”，*信学誌*, 61, 11, pp. 1234-1238 (昭 53-11).
- (7) 吉田, 佐々：“テレビ画像の動的情報を伝送するに必要な最少フレーム数に関する一考察”，*NHK 技研*, 11, 4, pp. 240 (昭 34-07).
- (8) 難波誠一：“画像情報量と提示時間に関する考察”，*信学技報*, IE76-74 (1977-02).
- (9) G. Sperling：“The information available in brief visual presentations”, *Psychol. Monogr.*, 74, 11, pp. 1-29 (1960).
- (10) 横井, 斎藤：“定量的記憶モデルの提案”，*信学技報*, MBE83-94 (1984-03).
- (11) 横井, 斎藤：“人間と情報端末の整合性のモデル”，第4回医療情報連合大会論文集, pp. 372-377 (1984).
- (12) H. Yokoi and M. Saito：“A mathematical model of human memory”, *Proc. 37th ACEMB*, pp. 191 (Sept. 1984).
- (13) 横井, 久間, 平田, 斎藤：“人間と情報端末の整合”, *Human Interface N & R*, 1, 3, pp. 177-178 (1986-07).
- (14) L. R. Peterson and M. J. Peterson：“Short-term retention of individual verbal items”, *J. Exp. Psychol.*, 58, 3, pp. 193-198 (Sept. 1959).
- (15) J. S. Reitman：“Without surreptitious rehearsal, information in short-term memory decays”, *J. verb. Learn. verb. Behav.*, 13, pp. 365-377 (1974).
- (16) G. Keppel and B. J. Underwood：“Proactive inhibition in short-term retention of single items”, *J. verb. Learn. verb. Behav.*, 1, pp. 153-161 (1962).
- (17) N. C. Waugh and D. A. Norman：“Primary memory”, *Psychol. Rev.*, 72, 2, pp. 89-104 (March 1965).
- (18) R. L. Klatzky：“Human Memory”, W. H. Freeman and Company ; 箱田, 中溝訳：“記憶のしくみ I”, pp. 156-160, サイエンス社 (昭 57-11).
- (19) A. W. Melton：“Implications of short-term memory for a general theory of memory”, *J. verb. Learn. verb. Behav.*, 2, pp. 1-21 (1963).
- (20) G. Sperling：“A model for visual memory tasks”, *Human Factors*, 5, pp. 19-39 (1963).
- (21) G. R. Loftus and K. K. Patterson：“Components of short-term proactive interference”, *J. verb. Learn. verb. Behav.*, 14, pp. 105-121 (1975).

(昭和 62 年 3 月 31 日 受付, 6 月 4 日 再 受付)



横井 博一

昭 47 名大・工・電気卒。昭 49 同大大学院修士課程了。昭 60 東大大学院博士課程了。医学博士。昭 61 九工大・工・講師。ザリガニの学習、学習回路網、人間の記憶、ヒューマンインタフェースなどの研究に従事。日本 ME 学会、日本動物学会、日本動物生理学会、日本動物心理学会各会員。



久間 英樹

昭 62 九工大・工・電気卒。現在、同大大学院修士課程在学中。ヒューマンインタフェースの研究に従事。日本 ME 学会会員。