

横 1 列に逐次表示される文字の最適表示速度

正 員 横井 博[†]

Optimum Display Rate of Letters Displayed Sequentially in a Row

Hirokazu YOKOI[†], Member[†]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

あらまし 無作為に選んだ意味をなさない6個の英文字を横1列に逐次表示する場合について、それらが短期記憶に最も保持されやすくなる最適表示速度を、短期記憶の連続時間モデルに基づいてシミュレーションを行うことにより個人ごとに決定した。

1. ま え が き

脳の情報処理系において、パターン認知より内部の処理過程は短期記憶の働きが基礎になっており、短期記憶での情報の保持されやすさが、脳内の情報処理を円滑に進めるための一つの大きな要因となる。従って、表示装置の設計においては、従来のように人間のパターン認知特性だけでなく、短期記憶特性についても十分考慮する必要がある。

ところで、短期記憶では情報が直列的に入力され、情報間の入力時間差が短期記憶での保持されやすさに大きく影響する。そのため、表示装置から情報を次々に表示する場合には、表示速度が短期記憶との整合を図る上で重要なパラメータの一つになる。また、短期記憶の特性は特に年齢によって大きく変化するので、短期記憶との整合は究極的には幼児や高齢者をも含めて使用者一人一人に対して図られるべきである。

そこで本論文では、まず無作為に選んだ意味をなさない6個の英文字を横1列に逐次表示する簡単な場合について、それらが短期記憶に最も保持されやすくなる最適表示速度を、短期記憶の連続時間モデル^{(1),(2)}に基づいて個人ごとに決定する。

2. 短期記憶の連続時間モデル

短期記憶の連続時間モデルは次式によって記述される。

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

$$(0 \leq V_p(t) \leq h_p, 1 \leq q \leq p-1, p+1 \leq r \leq L) \\ \rho_{pq} = R e^{-(T_p - T_q)^2 / 2\sigma^2} \quad (2)$$

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

$$P_p(t) = \frac{1}{h_p} V_p(t) \quad (4)$$

但し、 K_p は p 番目の項目の情報が1秒間当り短期記憶に入力される量であり、短期記憶に入力中のとき ε 、それ以外のとき0である。 V_p は p 番目の項目の短期記憶内での情報量であり、この項目の全情報量 h_p で頭打ちになる。 L は短期記憶に入力された項目の総数、 x は崩壊の定数、 ρ_{pq} は q 番目の項目から p 番目の項目への順向干渉係数、 ρ'_{pr} は r 番目の項目から p 番目の項目への逆向干渉係数、 R と R' は順向干渉度および逆向干渉度、 σ と σ' は順向干渉範囲および逆向干渉範囲、 T_p は p 番目の項目の情報が短期記憶に入力される時の入力開始時刻と入力終了時刻のちょうど中間にあたる時刻である。 P_p は p 番目の項目の短期記憶からの再生確率である。英文字の場合、文字1個の全情報量を h_ε とすると、 ε の標準値は $100h_\varepsilon$ 、 x の標準値は150である。

3. 定数の決定

3.1 自由再生実験

短期記憶の連続時間モデルに含まれる六つの定数の中で、 ε と x は標準値から多少変化させても短期記憶からの再生確率にはほとんど影響しない。それに対して、 R 、 σ 、 R' 、 σ' は文献(2)で得られた標準値から少し変化させても再生確率に大きく影響する。そこで、 ε と x は標準値を用い、残りの四つの定数については個人ごとにその値を決定する。決定法は文献(2)と同じ方法を用いる。

すなわち、まずCRT表示装置の画面の中央付近に、無作為に選んだ6個あるいは7個の英大文字を横1列等間隔に1個ずつ左から右へ時間的に一定の速度で逐次表示し、最後の文字の表示直後、被験者に自由再生させる。被験者はHK、KY、HYの計3名で、KYとHYの2名が30代の男性、HKが20代の男性である。視力は全員正常(矯正も含む)である。

図1の破線は、6文字表示の場合の被験者HKの実験結果で、再生文字数を文字の表示速度の関数として表してある。但し、再生文字数は50試行の平均であり、文字の表示速度は1文字当りの表示時間で表されている。他の被験者についても同様な結果が得られた。ここで、以上の実験で得られた6文字表示の場合の再生文字数の最大値を W^* とする。

3.2 各被験者の定数

次に、6文字表示と7文字表示それぞれの場合の再

生文字数の実験値に、シミュレーションで得られる理論値が近づくように、四つの定数 R , σ , R' , σ' を変化させる。試行錯誤的に変えた結果、両者は $R=6$, $\sigma=0.1$, $R'=0.07$, $\sigma'=1.7$ で、どの被験者についても比較的良い一致を示すことがわかった。そこで、この

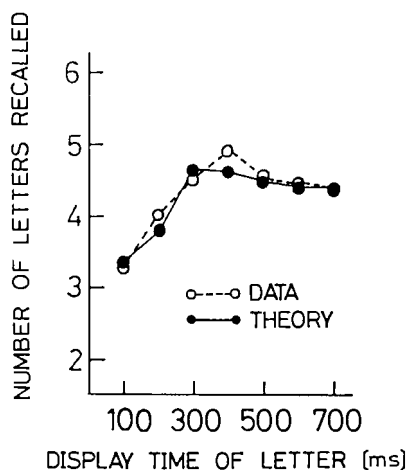


図1 表示速度の関数として表された再生文字数
(6文字表示, 被験者 HK)

Fig. 1 Number of letters recalled as a function of the display rate.

表1 四つの定数の変化範囲

R ステップ	σ ステップ	R' ステップ	σ' ステップ
1	0.01	0.01	0.1
1~11	0.05~0.15	0.02~0.12	1.2~2.2

表2 最小2乗法によって決定した四つの定数

被 験 者	定 数			
	R	σ	R'	σ'
HK	8	0.10	0.11	1.2
KY	4	0.09	0.04	1.2
HY	7	0.09	0.06	1.8

値を中心にして四つの定数を表1に示す範囲で変化させ、最小2乗法により被験者ごとにその値を決定する。表2は、このようにして決めた四つの定数である。図1の実線は、この定数を用いたときの被験者 HK の再生文字数の理論値であり、実験値とよく合っている。他の被験者についても同様である。

4. 最適表示速度の決定

4.1 理論最適表示速度

モデルに含まれる定数が決定されたので、無作為に選んだ6個の英文字を横1列に逐次表示する場合の最適表示速度を決定する。決定法は文献(1)と同じ方法を用いる。

すなわち、まず各文字の表示時間を100 [ms] から1,000 [ms] まで100 [ms] 間隔で変え、計 10^6 種類の表示速度の中からシミュレーションにより再生文字数が最大となる表示速度を被験者ごとに求める。図2は以上のようにして求めた最適表示速度で、本論文ではこれを理論最適表示速度と呼ぶ。

次に、各被験者に対し実際に理論最適表示速度で英文字を表示し、自由再生実験を行う。表3は、この実験で得られた再生文字数 W^* と既に述べた W° について、有意水準0.01で有意差検定を行った結果である。但し、 W^* は W° と同様50回の試行の平均であり、標本平均を \bar{v}_1 , \bar{v}_2 , 標本標準偏差を s_1 , s_2 とすると、検

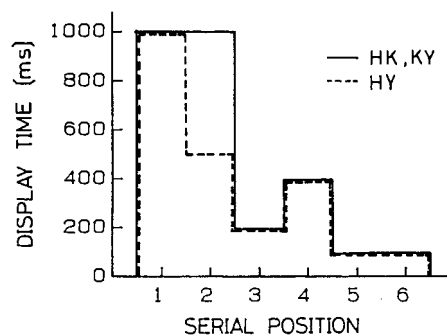


図2 理論最適表示速度

Fig. 2 Theoretical optimum display rate.

表3 W^* と W° の比較

被験者	W^*	W°	検定値	有意差 (有意水準0.01)
HK	4.88	4.88 ($T=400$ [ms])	0.00	無 ($W^*=W^\circ$)
KY	5.82	5.80 ($T=300$ [ms])	0.27	無 ($W^*=W^\circ$)
HY	5.54	5.44 ($T=400$ [ms])	0.97	無 ($W^*=W^\circ$)

表4 W^* と W^\oplus の比較

被験者	W^*	W^\oplus	検定値	有意差 (有意水準0.01)
HK	5.26	4.88 ($T=400$ [ms])	2.94	有 ($W^* > W^\oplus$)
KY	5.94	5.80 ($T=300$ [ms])	3.07	有 ($W^* > W^\oplus$)
HY	5.92	5.44 ($T=400$ [ms])	7.59	有 ($W^* > W^\oplus$)

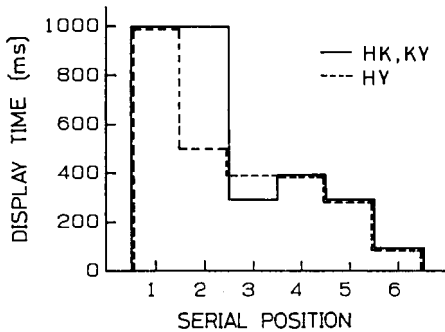


図3 修正された理論最適表示速度

Fig. 3 Modified theoretical optimum display rate.

定値は $(\bar{v}_1 - \bar{v}_2) / \sqrt{s_1^2/50 + s_2^2/50}$ である。表3の W^\oplus 欄の丸括弧の中は、再生文字数の実験値が最大となる1文字当りの表示時間を示す。表3より、どの被験者も W^* と W^\oplus に有意差はない。

4.2 修正された理論最適表示速度

以上の理論最適表示速度での自由再生実験について、どの被験者も3番目の文字と5番目の文字が再生しにくいと答えた。そこで、これらの2文字については表示時間を100 [ms] および200 [ms] だけ長くし、その他の文字の表示時間はそのままにして、各被験者に対しそれぞれ8種類の表示速度で英文字の自由再生実験を行う。

図3は、この実験で再生文字数が最大となった表示速度である。本論文では、これを修正された理論最適表示速度と呼ぶ。表4は、この表示速度での再生文字数の実験値 W^* と W^\oplus について、有意水準0.01で有意差検定を行った結果である。被験者全員について、 W^* と W^\oplus に有意差があり、しかも $W^* > W^\oplus$ と判定できる。従って、本論文では修正された理論最適表示

速度を最適表示速度と決定することにする。

5. むすび

本論文では、無作為に選んだ英文字を横1列に逐次表示する場合を考え、まず6文字あるいは7文字を時間的に一定の速度で表示して自由再生実験を行い、短期記憶の連続時間モデルに含まれる干渉に関する四つの定数を被験者ごとに決定した。次に、6文字表示するときにそれらが短期記憶に最も保持されやすくなる理論最適表示速度を被験者ごとにモデルより求めた。更に、被験者の内観報告をもとに理論最適表示速度を少し修正した表示速度を各被験者とも8種類用意し、その中で自由再生実験で再生文字数が最大となるものを修正された理論最適表示速度とした。この表示速度での再生文字数を時間的に一定の表示速度での再生文字数の最大値と比較した結果、被験者全員について両者に有意差があり、前者の方が大きいと判定できたので、これを各被験者の最適表示速度と決定した。

今後は、もっと被験者の数を多くして実験の有効性を高めると同時に、表示項目の種類や数あるいは被験者の年齢等による最適表示速度の違いについて検討したい。

謝辞 本研究を進める上で御指導を頂いた東京大学医学部斎藤正男教授に深謝致します。

文 献

- (1) 横井博一，久間英樹：“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”，信学論(D)，J70-D，11，pp. 2327-2337 (昭62-11)。
- (2) 横井博一，斎藤正男：“短期記憶の連続時間モデルにおける干渉係数の検討”，信学論(D)，J71-D，6，pp. 1151-1154 (昭63-06)。

(平成2年4月16日受付，6月20日再受付)