■ 應用論文

Journal of the Human Engineering Society of Korea
Vol.11. No.2. 1992

手指反應이 中高齡者의 學習效果에 미치는 影響

(An Analysis of Learning Effect of Finger's Reaction Time for Middle and Old Aged)

徐 承 祿* · 李 相 道**

ABSTRACT

In this paper, a mathematical model of learning curve is proposed to study the finger's reaction time. The model is a logarithmic linear type which represents a learning curve appropriately, and parameters are estimated by the linear. The learning coefficient and percentage of a reaction time cna be easily computed in the mathematical model.

This quantitative approach provieds an important information to be used fot the working capability qualification of re-employment as well as the adaptability estimation of aged workers.

I. 서 론

최근 우리 나라에서는 出產率 저하와 平均壽命의 연장에 의해서 高齡者의 비율이 점차 증가 추세에 있으며[2], 生產現場에서는 산업인력의 부족 현상과 高齡者의 요청에 의한 재취업이 절실히 요구되고 있다. 그러나 高齡者들의 산업인력화를 위해서는 高齡者에게 적합한 職業의 선정 및 高齡者에 대한 再就業의 훈련이 필요하다.

高齡者 고용에 관하여 일본의 大島[4], 横溝[5], 梁瀨[6], 高田[7]등은 高齡者 고용에 대한 職業適性, 生理的 特性, 動作特性 및 安全衛生管理에 관한 研究를 人間工學의 人類福祉 측면에서 관심을 高調시켜 왔다. 鈴木과 林[8]은 주파수 선택의 능력 저하가 高齡者군에 보여진 판별 능력의 저하에 관여하고 있는 것이 示唆 되었다. 鹽田[9]은 高齡層과 青年層간의 연대적 특이성이나 공통성에 대하여 회전조작기기 사용의 적합성이 연구되었다.

한편 美國의 Shiner and Schieber[20], Klein[17], Parasuraman and Nestor[18], Ball and Owsley[13], Barr[14]등은 高齡者와 젊은이 간에 운전하는 행동에 기여할 수 잇는

* 大邱大學校 產業工學科
** 東亞大學校 產業工學科

시각적, 注意力 및 認識的 요소에 대한 차이를 분석하여 高齡者의 可動性과 安全을 분석하였다. 그러나 국내에서는 徐 와 李[2]가 手指反應에 中高齡者의 勤勞適應力 評價를 연구한 바가 있으나 學習效果에 대한 검토는 취급되고 있지 않았다.

정신적인 反應의 速度는 Welford[21, 22], Crossman and Szafran[15], Rabbitt[19]등에 의하여 年齡層의 그룹에 따라 비교되어 왔으며, 高齡層이 젊은층에 비하여 보다 늦게 나타남을 보여주고 있다. 反應이 나타나는 현상으로는 Zomeren[23]이 年齡增加에 따라 中樞神經系의 機能低下(세포손실, 신진대사의 변화, 두뇌에 혈액공급의 감소 등)에 의해 信號에 대한 소음의 비율이 감소하고 있다는 현상을 보이고 있다.

高齡者들은 일반적으로 作業速度가 느리거나 도구의 사용 및 作業方法이 서툴어 生產性의 저하를 가져올 수 있다고 생각할 수 있다. 그러나 反復回數가 증가함에 따라 주어진 業務에 익숙하여 熟練度를 높일 수 있으며 또한 單位當 直接勞動投入量이 減少되어 보다 능률적인 效果를 기대할 수 있다. 즉 동일 작업을 장기간 反復하면 인간의 適應力에 의하여 점차 빠른 시간에 작업을 수행할 수 있게 되는 것이다.

그러므로 學習에 의한 작업의 效率增進은 특정 작업을 수행하는 데 필요한 작업시간을 減少시킬 뿐만 아니라, 運營費用과 生產費用 및 直接勞動投入量을 減少시키는 효과를 가져다 준다.

學習效果를 위한 硏究는 中山과 師岡[10]이 작업자 적성 판단을 위해 개발된 기구를 사용하여 若年子를 대상으로 인간의 손가락 운동의 습관이나 손 움직임의 습관과 눈 움직임의 습관 등에 있어서 手作業 능력의 발전과정을 학습 모델에 적용하였으며, 또한 村田과 三宅[11]은 로보트를 조종하는 작업의 學習過程에 대한 특성을 學習效果와 遂行度에 관하여 검토한 바가 있다.

代數回歸式은 學習現狀을 線形式으로 적절하게 표현할 수 있으므로 反復에 의한 反應時間의 學習效果를 분석하는 모델로 사용할 수 있다. 특히 反應時間이 평균치로부터 변동이 심한 高齡者의 경우 學習曲線의 본질을 수식모델로 전개하고 이를 圖示한 傾向線을 해석하는데 代數回歸式에 의한 학습모델이 有用한 수단이 될 수 있다[3, 16]. 學習의 定義는 "동일한 機能을 수행하기 위한 행위의 反復에 따른 效果가 있을 때 學習이 있다"는 것이다[1]. 이 정의로부터 學習을 手指反應에 적용할 때, 동일한 機能이란 주어지는 刺戟에 대한 反應이고, 行爲의 反復이란 刺戟이 주어질 때 나타나는 反應時間의 反復回數이며, 그것에 따른 效果란 刺戟에 대한 필요한 시간이 減少하는 效果이다. 이러한 學習의 적용을 좁게는 작업의 微細動作에서 넓게는 회사 전체에 이르기까지 생각할 수 있다.

反應時間은 외부의 刺戟에 대하여 즉시 일정한 反應을 보이는 單純反應에서 刺戟에 대한 情報의 처리과정을 거쳐 다양한 反應을 하는 複雜反應까지 포함한다[12]. 인간이 외부환경의 刺戟인 켜진 램프를 보고 버튼을 누르는 反應을 할 때 반드시 生體의 Feedback이 필요하다.

그러므로 本 硏究에서는 反應時間을 生體의 Feedback을 포함하여 神經回路를 통과하는데 소요되는 시간과 손가락을 움직이기 위한 시간을 합한 것으로 定義한다. 즉 랜덤으로 램프가 點燈될 때부터 이를 보고 反應하는 손가락으로 버튼을 눌러서 끄는 동작을 완료할 때까지의 시간－刺戟에 대한 遲滯時間(delay time)－을 反應時間으로 測定하였다.

따라서 本 硏究에서는 反復的인 훈련에 따른 手指反應時間의 學習效果를 學習曲線에 의한 數學的 모델로서 評價하고, 주어지는 刺戟數와 難易度에 대한 反應時間의 學習效果와 年齡에 따른 反應時間의 遂行成就度의 차이를 比較分析하고자 한다. 本 硏究의 結果는 中高齡者의 雇傭에 필요한 勤勞能力의 評價 및 手指機

能을 必要로 하는 作業環境에서의 職業訓練에 관한 參考的인 資料를 提供할 수 있으리라 생각된다.

II. 實驗裝置 및 方法

손가락의 反應時間을 측정하는 實驗裝置를 블록다이어그램으로 나타내면 Fig. 1과 같다. 實驗裝置는 각각에 5개의 버튼과 赤色 LED의 램프가 있고 A/D 變換機와 함께 컴퓨터에 연결된다. 컴퓨터는 入力된 프로그램에 따라 램프의 위치에 對應하는 信號를 兩手反應器로 電送하면 해당 램프가 켜지고, 被實驗者가 버튼을 누르면 反應에 따른 信號를 받아 遲滯時間(램프가 켜진후 버튼을 누를 때까지의 시간)을 저장하게 된다. 이 램프가 켜지는 刺戟에 대한 遲滯時間(dalay time) 즉, 손가락을 자신이 생각한 바와 같이 움직일 때까지의 시간을 反應時間으로 하였다.

램프가 켜지는 위치는 實驗方法別로 모든 경우가 한번씩 발생되며 그 순서는 랜덤하게 정해진다. 켜진 램프수에 따라 對應하는 버튼을 모두 동시에 누르면 램프가 꺼진다. 즉 각 施行마다 操作이 독립되어 있어 豫測이 불가능한 것이다. 그리고 켜진 램프 이외의 어떤 다른 버튼을 누르고, 켜진 램프를 함께 눌러도 램프는 꺼지지 않는다. 램프가 꺼지면 다음 램프는 0.1초후에 켜지며 反應精度는 0.001초이다.

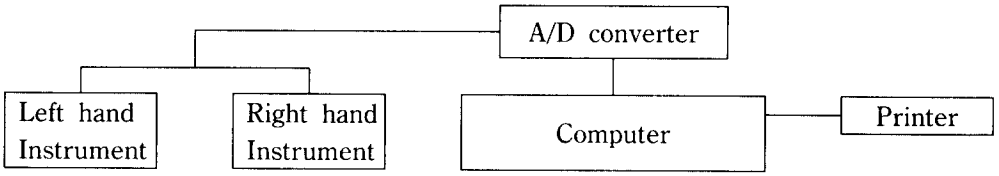

Fig. 1 Blockdiagram of Instrument System

被實驗者는 實驗裝置의 정면에 있는 의자에 편안한 자세로 앉게 하고 손은 버튼을 누르기 쉬운 위치에 자연스럽게 올려놓게 하였다. 上體는 램프를 보기 쉬운 위치로 정하고 손끝으로 가능한 빠르게 누르도록 하였다.

實驗方法은 컴퓨터의 信號音에 따라 켜지는 램프를 보고 左·右手를 이용하여 刺戟에 대한 反應을 하도록 하였다.

① B1은 左·右側反應器에 랜덤하게 램프가 1개씩 켜질 때, 對應하는 손가락으로 누르는 동작.

② B2는 左·右側反應器에 랜덤하게 램프가 2개씩 켜질 때, 對應하는 손가락으로 누르는 동작.

③ S1은 左·右側反應器의 同一한 위치에 각각 1개씩 램프가 동시에 켜질 때, 對應하는 양손가락으로 누르는 동작.

④ AS는 左·右側反應器의 서로 다른 위치에서 각각 1개씩 램프가 동시에 켜질때, 對應하는 양손가락으로 누르는 동작이다.

실험 1일째 실제 反應時間을 측정하기에 앞서, 實驗方法을 익히기 위하여 被實驗者들에게 實驗方法別로 연습을 1회씩 시켰다. 실험은 매일 오전 10시부터 각 被實驗者별로 24일간을 測定하였다. 被實驗者는 연령이 많은 事務職으로서 남자 국민학교 교사 2명(62세와 64세)과 成長期에 있는 남자 국민학생(12세와 13세)이며, 이들은 예비 실험 결과에 의하여 手指反應이 빠른 사람과 늦은 사람을 각각 선정한 것이다.

III. 學習曲線의 數學的 Model

反應時間의 學習現像을 代數線形의 형태로 생각할 경우, 실시회수 x에 대한 所要時間 y의 母平均 $E(\log y_i)=\mu_i(i=1, 2,\cdots,n)$는 $\log t_1 x_i^B$ $(i=1, 2,\cdots,n)$의 관계에 있는 것으로 假定하면 $\mu_i=\log t_1 x_i^B (i=1, 2,\cdots,n)$이 된다.

그런데 실제로는 여러 종류의 조건에 따라 각 回數에 대한 所要時間 y_i는 平均으로부터 흩어지고 있다. 그 誤差變量을 $e_i(i=1, 2,\cdots,n)$라고 하면 자료의 構造는 (1)식으로 표시된다.

$$\log y_i=\log t_1 x_i^B+e_i(i=1, 2,\cdots, n)$$

여기서 t_1 ; 제 1 회째의 所要時間(旣知) (1)

B ; x에 대한 y의 母回歸係數

e_i ; 誤差變量

그런데 B는 未知로서 이들은 實際資料에서 推定할 수 있고, 그 推定値를 b(學習係數)라고 하면 (1)식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\log y_i=\log t_1 x_i b+e_i$$
$$e_i=(\log y_i-\log t_1 x_i b) \quad (2)$$

여기서 回歸式 $\log t_1 x_i^b$의 推定은 각 回數 x_i에 對應하는 y_i의 實測値 y_i와 回歸線 $\log t_1 x_i^b$로부터의 차이, 즉 殘差의 自乘의 합은 (3)식을 最小化하면 된다.

$$S=\sum_{i=1}^{n} e_i^2=\sum_{i=1}^{n}\log y_i-\log(t_1 x_i)^2 \quad (3)$$

(3)식의 계산을 正規方程式으로 나타내면 (4)식으로 된다. (4)식에서 學習係數 b를 구하면 그 결과로부터 (5)식을 얻을 수 있다.

$$\sum_{i=1}^{n}\log y_i\log x_i=\log t_1\sum_{i=1}^{n}\log x_i+b\sum_{i=1}^{n}(\log x_i)^2 \quad (4)$$

$$b=\frac{\sum_{i=1}^{n}\log y_i\log x_i-\log t_1\sum_{i=1}^{n}\log x_i}{\sum_{i=1}^{n}(\log x_i)^2} \quad (5)$$

이들로부터 回歸線(學習曲線)은 (6)식으로 되고, (7)식으로 나타낼 수 있다.

$$\log y=\log t_1+b\log x \quad (6)$$
$$y=t_1 x^b \quad (7)$$

다음에 t_1 및 b가 未知인 경우는 (3)식을 偏微分하여 正規方程式으로 나타낼 때 (8)식으로 된다. (理論的으로 旣知인 경우와 같다)

$$\begin{cases}\sum_{i=1}^{n}\log y_i=n\log t_1+b\sum_{i=1}^{n}x_i \\ \sum_{i=1}^{n}\log y_i\log x_i=\log t_1\sum_{i=1}^{n}\log x_i+b\sum_{i=1}^{n}(\log x_i)^2\end{cases} \quad (8)$$

따라서 學習係數 b 및 제 1 회째의 所要時間 t_1은 (8)식의 方程式을 풀면 그 결과로 (9)식, (10)식이 된다.

$$b=\frac{\sum_{i=1}^{n}\log y_i\log x_i-\sum_{i=1}^{n}\log y_i\sum_{i=1}^{n}\log x_i/n}{t_1\sum_{i=1}^{n}(\log x_i)^2-(\sum_{i=1}^{n}\log x_i)^2/n} \quad (9)$$

$$t_1=\exp\left\{(\sum_{i=1}^{n}\log y_i-b\sum_{i=1}^{n}\log x_i)/n\right\} \quad (10)$$

이들로부터 學習曲線은 (11)식이 되며, (12)식으로 나타낼 수 있다.

$$\log y=\log t_1+b\log x \quad (11)$$
$$y=t_1 x^b \quad (12)$$

다음에 學習率 P를 구하기 위해서는 (5)식, 또는 (9)식에서 얻어진 學習係數 b를 (13)식으로 두고, (13)식을 (14)식에 적용하면 所定의 學習率 P값을 얻을 수 있다.

$$b'=-b \quad (13)$$
$$P=(1/2)^b\times 100(\%) \quad (14)$$

IV. 實驗結果 및 考察

Table 1은 10대의 Child A, Child B의 실험결과와 60대의 Old A, Old B의 실험결과를 생략하여 그 일부를 實驗條件에 따라 刺戟數와 難易度로 구분하여 나타낸 것이다.

Table 1. Both hands test of the child and the old.

(unit ; sec)

Subject	Days	Experiment case			
		Number of stimulus		Degree of difficulty	
		B1	B2	S1	AS
Child A	1	0.512	0.820	0.692	1.206
	2	0.516	0.736	0.582	1.000
	3	0.458	0.745	0.492	1.026
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	23	0.292	0.524	0.308	0.477
	24	0.273	0.471	0.280	0.462
Child B	1	0.512	0.720	0.524	1.020
	2	0.515	0.666	0.482	1.917
	3	0.428	0.663	0.436	1.809
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	23	0.267	0.457	0.284	0.432
	24	0.321	0.526	0.260	0.394
Old A	1	0.809	1.476	1.136	2.302
	2	0.667	0.980	0.862	1.834
	3	0.583	0.971	0.626	1.677
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	23	0.612	0.814	0.524	0.829
	24	0.512	0.757	0.556	0.890
Old B	1	0.991	2.015	1.550	2.703
	2	1.124	1.684	1.144	2.261
	3	0.772	1.334	1.040	2.212
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	23	0.481	0.651	0.508	0.768
	24	0.430	0.598	0.496	0.763

Table 1의 기초자료를 이용하여 學習係數 b는 (9)식에 적용하였으며, 學習率 P는 學習係數 b를 (13)식에 대입하여 (14)식에서, 그리고 初期時間 t_1은 (10)식에 적용하여 표로 나타낸 것이 Table 2이다.

1. 刺戟數 및 難易度에 따른 學習效果

Table 2는 피실험자별 實驗條件을 刺戟數와 難易度로 구분하여 각 피실험자에 대한 學習率, 學習係數, 初期時間 및 決定係數이다. 또한 Table 2의 자료를 이용하여 10대 국민학생의 學習曲線을 그림으로 나타낸 것이 Fig. 2, 3이며, 60대의 高齡者에 대한 것은 Fig. 4, 5이다.

그림에서 初期時間 t_1에 대한 刺戟의 反應時間은 日常的으로 알고 있는 개념과 같이 刺戟數(B1, B2)에서는 B1이, 難易度(S1, AS)에서는 S1이 보다 빠르게 나타나고 있다. 반면에

Table 2. The results of learning rate and learning coefficient.

Subject	Analysis Method	Experiment case			
		Mumber of stimulus		Degree of difficulty	
		B1	B2	S1	AS
Child A	Learning rate P(%)	85.860	88.930	82.930	80.110
	Learning coefficient b	−0.223	−0.188	−0.274	−0.320
	Initial time t_1	0.568	0.871	0.708	1.316
	Coefficient of determination	0.825	0.833	0.890	0.917
Child B	Learning rate P(%)	87.660	92.020	90.750	81.790
	Learning coefficient b	−0.192	−0.127	−0.142	−0.299
	Initial time t_1	0.552	0.725	0.515	1.134
	Coefficient of determination	0.829	0.703	0.380	0.938
Old A	Learning rate P(%)	92.660	87.600	86.450	79.560
	Learning coefficient b	−0.113	−0.192	−0.213	−0.337
	Initial time t_1	0.737	1.297	0.953	2.486
	Coefficient of determination	0.503	0.718	0.588	0.894
Old B	Learning rate P(%)	85.260	77.920	80.670	76.850
	Learning coefficient b	−0.238	−0.362	−0.320	−0.383
	Initial time t_1	1.055	2.011	1.392	2.755
	Coefficient of determination	0.734	0.919	0.763	0.867

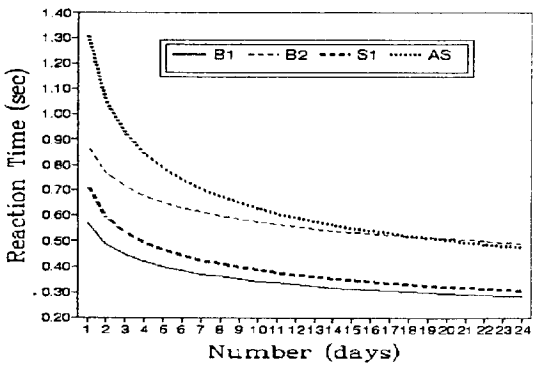

Fig. 2 Learning curve of old A

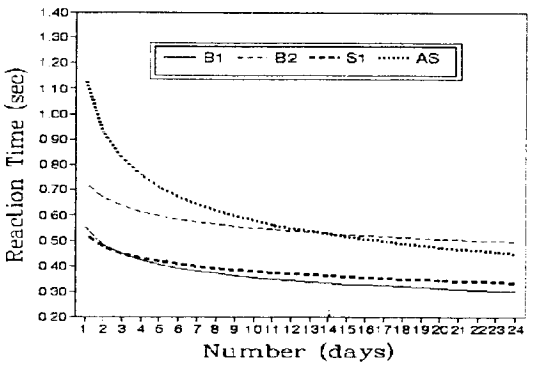

Fig. 3 Learning curve of child B

10대 국민학생의 刺戟數(B1=85.86, B2=88.93, B1=87.66 B2=92.02)에 대한 反應을 제외하고는 刺戟數의 증가와 難易度가 높을 때 學習效果는 더 높다.

Fig. 4, 5에서 60대 高齡者의 경우, 刺戟數(B1)와 難易度(S1)의 初期時間은 다르지만 反復回數의 증가에 따라 거의 동일한 時間値의 형태를 취하고 있다. 그러나 實驗條件이 까다로운 刺戟數(B2)와 難易度(AS)에서는 反復回數가 증가하여도 그 차이는 큰 변화가 없이 거의 일정 형태를 유지하고 있다. 한편 Fig. 2, 3에서 10대 국민학생의 경우는 B1, S1과 B2, AS가

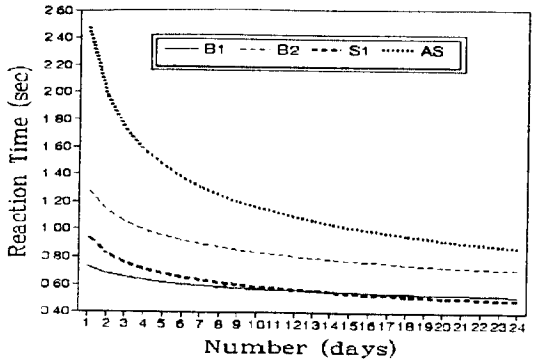

Fig. 4 Learning curve of cld A

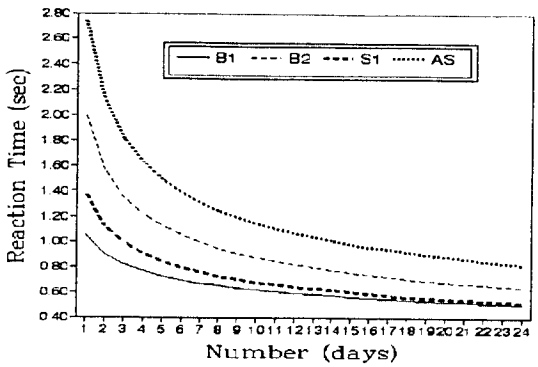

Fig. 5 Learning curve of child B

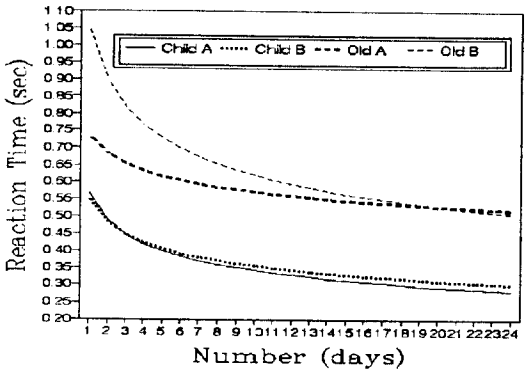

Fig. 6 Learning curve of B1 by each subject

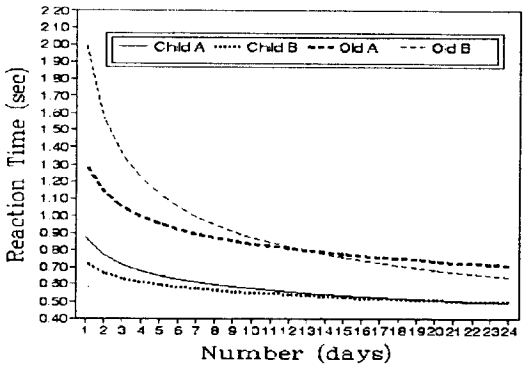

Fig. 7 Learning curve of B2 by each subject

그 반대 현상으로 末期에 거의 동일한 時間値의 형태를 취하고 있다.

刺戟數가 증가하고 難易度가 높아짐에 따라 初期反應時間이 높은 이유는 大腦에서 순간적으로 意思決定을 해야 할 시간이 遲滯되기 때문이며, 學習效果가 刺戟數와 難易度가 증가함에 따라 대체로 높아지는 것은 相對的으로 높은 初期反應時間에 의한 것으로 보인다. 그러나 10대 국민학생의 경우 刺戟數의 감소에 따라 學習效果가 높아지는 것은 單純刺戟에 빨리 適應하기 때문인 것 같다.

2. 年齡에 따른 遂行成就度

Fig. 6, 7은 刺戟數에 (B1, B2)에 의한 피실험자별 자극에 대한 반응시간의 학습곡선이며, Fig. 8, 9는 난이도 (S1, AS)에 따른 피실험자별 자극에 대한 반응시간의 학습곡선을 나타내고 있다.

實驗條件에 따라서 각 피실험자별 初期時間에는 個人差에 의하여 시간치의 차이를 보이고 있으나, 末期에는 거의 동일한 시간치의 형태를 취하고 있다. 또한 年齡大別로 보아 60대의 高齡과 10대 국민학생의 初期時間에는 현격한 차이가 나타나고 있으나 반복회수의 증가에 따라 시간치의 폭이 줄어들고 있다. 그러나 단순한 反應(B1)은 반복회수가 증가하여도 그 차이는 初期時間과 末期時間에 거의 변화가 없다.

Table 3은 實驗條件과 遂行成就率(末期學習率－初期學習率)을 각 被實驗者別로 나타낸 것이다. 여기서 遂行成就率이 높으면 높을수록

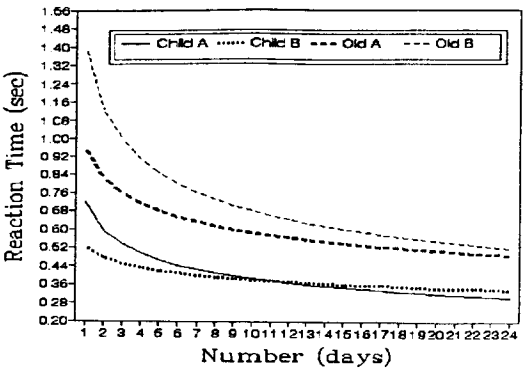

Fig. 8 Learning curve of S1 by each subject

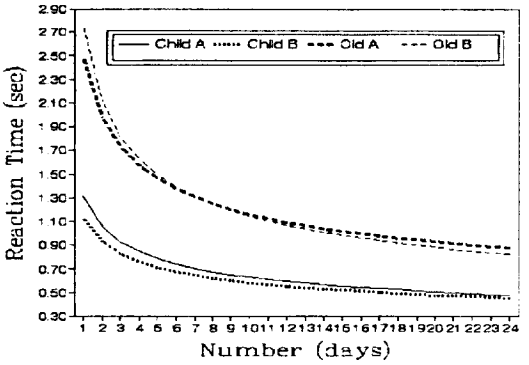

Fig. 9 Learning curve of AS by each subject

Table 3. The performance accomplishment rate of subjects.

Subject	Learning rate	Experiment case			
		Mumber of stimulus		Degree of difficulty	
		B1	B2	S1	AS
Child A	Initial learning rate	0.917	0.918	0.874	0.747
	Learning coefficient b	0.998	0.997	0.998	0.996
	Accomplishment rate	0.081	0.079	0.124	0.249
Child B	Initial learning rate	0.930	0.941	0.950	0.796
	Learning coefficient b	0.998	0.998	0.999	0.996
	Accomplishment rate	0.068	0.057	0.048	0.200
Old A	Initial learning rate	0.945	0.843	0.870	0.584
	Learning coefficient b	0.998	0.996	0.997	0.992
	Accomplishment rate	0.053	0.153	0.127	0.408
Old B	Initial learning rate	0.845	0.606	0.741	0.484
	Learning coefficient b	0.997	0.992	0.995	0.991
	Accomplishment rate	0.151	0.386	0.254	0.507

學習效果는 높다는 것을 의미한다.

實驗條件 가운데 10대의 국민학생에 대한 刺戟數(B1, B2)를 제외한 나머지는 刺戟數가 증가하고 難易度가 높아짐에 따라 遂行成就率은 높아지고 있다. 따라서 60대의 高齡者도 10대 국민학생의 反應時間까지는 접근할 수 없으나 反復回數가 증가함에 따라 刺戟에 대한 反應의 技能을 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

Table 3의 遂行成就率에 따라 그림을 나타낸 것이 Fig.10이다. 각 被實驗者 간에는 遂行成就度에 차이가 나타나고 있으며, Old B의 遂行成就率이 가장 높고 다음으로 Child A이다.

이러한 원인은 신체적인 조건과 年齡에 따르기보다는 動機, 態度 및 意慾에 기인한 것으로 보아진다. 즉 遂行成就度가 높은 被實驗者는 자발적인 욕구가 강한 반면에, 그보다 낮은 被實驗者는 실험을 해야만 한다는 의무감으로

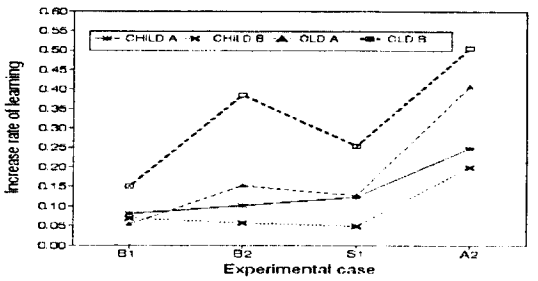

Fig. 10 Improvement ability rate of each sugject

실험에 대한 動機誘發이 적었기 때문인 것으로 판단된다.

V. 結　論

본 硏究에서는 手指反應의 反復的인 訓練으로서, 反應時間이 刺戟의 增加와 難易度의 정도에 따라 변화하는 과정을 學習曲線에 의한 數學的 모델로서 평가하였다. 그리고 주어지는 刺戟數와 難易度에 따른 遂行成就度를 年齡에 따라서도 分析하였다.

分析한 결과로부터 結論을 要約하면 다음과 같다.

1. 刺戟數와 難易度에 따른 學習效果의 分析結果, 刺戟數에 의한 影響보다는 難易度의 영향을 더많이 받으며 刺戟數가 1개일 때보다는 刺戟數가 2개일 때가 그리고 難易度가 높을수록 學習效果가 크게 나타나는 경향이 있다.

2. 實驗條件(刺戟數, 難易度)과 反復回數의 증가에 관계없이 高齡者와 成長期의 국민학생 사이에는 根本的인 차이를 보인다.

3. 같은 年齡代에서도 反應時間이나 學習效果의 差異가 많이 나는것은 신체적인 조건이나 年齡의 影響뿐 아니라 하고자 하는 意慾 즉 動機誘發에 의한 강한 욕구의 정도를 反影하기 때문인 것 같다.

4. 高齡者도 刺戟에 대한 反應의 反復回數가 증가함에 따라 높은 學習效果를 보이고 있다.

따라서 高齡者에 대한 職務擴大를 위하여, 反復訓練에 의한 學習效果를 고려하고 또한 成長期에 있는 어린이와 根本的인 차이를 감안하여 적합한 職務가 부여될 때, 再就業으로 인한 産業人力難의 해소를 기대할 수 있으리라 본다.

向後, 刺戟에 대한 反應時間의 學習效果를 기초로 하여 실제 作業을 중심으로한 高齡者 學習效果에 대한 硏究가 요구된다.

參 考 文 獻

[1] 千住鎭雄 編著, 辛承憲・徐承綠 共譯, 作業管理, 서울, 螢雪出版社, pp.225－233, 1985.

[2] 徐承綠, 李相道, "手指反應에 의한 中高齡者의 勞動適應力 評價", 大韓人間工學會誌, Vol.11, No.1, pp.33－38, 1992.

[3] 師岡孝次, 習塾性工學, 建帛師, pp.7－13, 1990.

[4] 大島正光, "高齡者層用に關する問題", 日本人間工學會誌, Vol.19, No.1, pp.1－7, 1983.

[5] 横溝克己, "中高齡者の職業適性", 日本人間工學會誌, Vol.19, No.1, pp.9－20, 1983.

[6] 梁瀨度子, 松田砂代子, "高齡子の日常生活における動作特性", 日本人間工學會誌, Vol.19, No.1, pp.21－24, 1991.

[7] 高田　昴, "高齡者の勞動安全衛生管理", 日本人間工學會誌, Vol.19, No.1, pp.25－34, 1991.

[8] 鈴木 郁, 林 喜男, "雜音下における無意味語の若年者および高齡者による聽取について", 日本人間工學會誌, Vol.27, No.1, pp.25－33, 1991.

[9] 德田哲男, "押引および回轉操作機器の操作高と操作力に關する年代的特徵", 日本人間工學會誌, Vol.28, No.2, pp.69－78, 1992.

[10] 中山 俊一, 師岡 孝次, "手の要所動作習

熟について", 日本人間工學會誌, Vol.16, No.1, pp.37－40, 1980.

[11] 村田厚生, 三宅晋司, "マニピュレーツョソ作業における習熟特性の解析", 日本人間工學會誌, Vol.25, No.5, pp.293－299, 1989.

[12] 大山 正, "反應時間の歷史と現狀", 日本人間工學會誌, Vol.21, No.2, pp.57－64, 1985.

[13] Ball, K., Owsley, C., "Identifing Correlates of Accident Improvement for the Older Driver", *Human Factors*, 33, pp. 583－598, 1991.

[14] Barr, R. A., "Recent Changes in Driving among Older Adult", Human Factors, 33, pp.597－600, 1991.

[15] Crossman, E. R. F. W, and Szafran, J., "Changes with Age in the Speed of Information Intake and Discrimination", *Experientia Supplementum*, Vol.4, pp. 28－135, 1956.

[16] James, R. B., Jose, M. A. T., and Arnooldl, L. S., "Parameter Estimation Methods for Discrete Exponential learning Curves", *AIIE Transactions*, Vol.8, No.2, pp.184－194, 1976.

[17] Klein, R., "Age－Related Eye Disease, Visual Impairment, and Driving in the Elderly", *Human Factors*, 33, pp.521－526, 1991.

[18] Parasuraman, R. and Nestor, P. G., "Attention and Driving Skills in Aging and Alzheimer's Disease", *Human Factors*, 33, pp.539－558, 1991.

[19] Rabbit, P., "A Fresh Look at Changes in Reaction Times in Old Age", in D. G. Stein(Ed), *The Psychology of Old Age*, pp.425－442, 1980, Amsterdam : North－Holland.

[20] Shiner, D. and Schieber, F., "Visual Requirements for Safety and Mobility of Older Drivers", *Human Factors*, 33, pp.507－520, 1991.

[21] Welford, A. T., "Siganal, Noise, Performance, and Age", *Human Factors*, 23, pp.97－109, 1981.

[22] Welford, A. T., "Between Bodily Changes and Performance : Some Possible Reason for Slowing with Age", *Experimental Aging research*, Vol.10, pp.97－109

[23] Zomeren, A. H. Van, and Deelman, B. G., "Differential Effects of Simple and Choice Reation after Closed Head Injury", *Clinical Neurology and Neurosurgery*, Vol.79, pp.81－90, 1976.