1. はじめに

習熟とは、「同じ作業を何回も繰り返すことによって、作業に対する慣れ、動作や作業方法の改善によって次第に作業時間が減少していく現象」と定義されている［1］。人間は同じ作業を繰り返し行えば、次第により短い時間で作業を終わらせることができるようになる。今回は実験を通じて本当に人間は習熟しているのかを検証する。

2.実験方法とその実施

2,1　実験の目的

習熟効果を測定、検証する実験として、健常な大学生４名を対象にアルファベットを記述する作業を繰り返しさせ、その作業時間の変化について検証することとした。

2.2実験の手順

本実験に用いた器具は、筆記用具、ストップウォッチ、記入用紙である。これらの器具を用い、アルファベットを１８０度回転させた２６種類の記号を、被験者の利き手と逆の手で記入するのに要した時間を記録した。具体的な手順は以下の通りである。

　・事前作業として、被験者には記入用紙にアルファベットを１８０度回転させた図形の見本を記入させた

　・被験者が見本を参考に２６種類の記号を記入することを1回の試行とし、これにかかった時間を計測した

　・以降、直前に記入した図形を見本として、記号を記入する試行を25回繰り返させたなお、本実験においては、正確な習熟効果の検証を試みるため、以下の点に注意した。

・習熟の退化が起こらないよう、記号の記入はできるだけ連続して行わせた

・25回の記入のうち、各記入の間に10秒間のインターバル（休憩）を取らせ

た

・被験者に記入時間の意図的なコントロールを行わないよう、また、実験を通じてできるだけ同じ品質の図形を記入するよう教示した

3.実験結果の分析

3.1実験結果

　4名の被験者に対する実験結果を表1に示す。

表1　実験結果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 試行回数[回] | 測定時間pi[s] | | | |
| 被験者A | 被験者B | 被験者C | 被験者D |
| 1 | 69 | 86 | 47 | 93 |
| 2 | 55 | 82 | 45 | 70 |
| 3 | 51 | 77 | 42 | 70 |
| 4 | 54 | 72 | 40 | 60 |
| 5 | 51 | 73 | 40 | 61 |
| 6 | 50 | 63 | 38 | 55 |
| 7 | 47 | 61 | 37 | 49 |
| 8 | 35 | 57 | 37 | 56 |
| 9 | 36 | 62 | 39 | 59 |
| 10 | 39 | 68 | 36 | 53 |
| 11 | 37 | 59 | 35 | 57 |
| 12 | 37 | 58 | 40 | 51 |
| 13 | 38 | 57 | 32 | 52 |
| 14 | 28 | 57 | 34 | 51 |
| 15 | 40 | 56 | 32 | 40 |
| 16 | 37 | 57 | 31 | 37 |
| 17 | 38 | 50 | 32 | 39 |
| 18 | 34 | 47 | 30 | 46 |
| 19 | 35 | 46 | 36 | 43 |
| 20 | 33 | 40 | 31 | 51 |
| 21 | 35 | 43 | 30 | 42 |
| 22 | 35 | 42 | 29 | 41 |
| 23 | 33 | 42 | 27 | 45 |
| 24 | 34 | 43 | 26 | 49 |
| 25 | 33 | 40 | 27 | 39 |

3.2　実験結果の分析

3.2.1　平均作業時間の算出

　実験の試行回数をとし、その作業時間をとすると、番目の試行までの平均作業時間は、次式で表せる。

(1)

式(1)を用いて算出した全被験者の平均作業時間を表2に示す。

表2　平均作業時間

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 試行回数[回] | 平均作業時間 [s] | | | |
|  | 被験者A | 被験者B | 被験者C | 被験者D |
| 1 | 69 | 86 | 47 | 93 |
| 2 | 62 | 84 | 46 | 81 |
| 3 | 58 | 81 | 44 | 77 |
| 4 | 57 | 79 | 43 | 73 |
| 5 | 56 | 78 | 42 | 70 |
| 6 | 55 | 75 | 42 | 68 |
| 7 | 53 | 73 | 41 | 65 |
| 8 | 51 | 71 | 40 | 64 |
| 9 | 49 | 70 | 40 | 63 |
| 10 | 48 | 70 | 40 | 62 |
| 11 | 47 | 69 | 39 | 62 |
| 12 | 46 | 68 | 39 | 61 |
| 13 | 46 | 67 | 39 | 60 |
| 14 | 44 | 66 | 38 | 59 |
| 15 | 44 | 65 | 38 | 58 |
| 16 | 44 | 65 | 37 | 57 |
| 17 | 43 | 64 | 37 | 56 |
| 18 | 43 | 63 | 37 | 55 |
| 19 | 42 | 62 | 37 | 54 |
| 20 | 42 | 61 | 36 | 54 |
| 21 | 41 | 60 | 36 | 54 |
| 22 | 41 | 59 | 36 | 53 |
| 23 | 41 | 58 | 35 | 53 |
| 24 | 40 | 58 | 35 | 52 |
| 25 | 40 | 57 | 34 | 52 |

3.2.2　データの対数化と相関係数の算出

実験の試行回数の対数を、平均作業時間の対数をとすると、次式で表せる。

(2)

(3)

式(2)(3)を用いて算出した全被験者の,を表3表4に示す。

表3　試行回数の対数

|  |  |
| --- | --- |
| 試行回数[回] | () |
| 1 | 0 |
| 2 | 0.693 |
| 3 | 1.098 |
| 4 | 1.386 |
| 5 | 1.609 |
| 6 | 1.791 |
| 7 | 1.945 |
| 8 | 2.079 |
| 9 | 2.197 |
| 10 | 2.302 |
| 11 | 2.397 |
| 12 | 2.484 |
| 13 | 2.564 |
| 14 | 2.639 |
| 15 | 2.708 |
| 16 | 2.772 |
| 17 | 2.833 |
| 18 | 2.890 |
| 19 | 2.944 |
| 20 | 2.995 |
| 21 | 3.044 |
| 22 | 3.091 |
| 23 | 3.135 |
| 24 | 3.178 |
| 25 | 3.218 |

表4　平均作業時間の対数

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 試行回数[回] | () | | | |
| 被験者A | 被験者B | 被験者C | 被験者D |
| 1 | 4.234 | 4.454 | 3.850 | 4.532 |
| 2 | 4.127 | 4.430 | 3.828 | 4.400 |
| 3 | 4.066 | 4.402 | 3.799 | 4.352 |
| 4 | 4.047 | 4.372 | 3.772 | 4.293 |
| 5 | 4.025 | 4.356 | 3.756 | 4.259 |
| 6 | 4.007 | 4.324 | 3.737 | 4.221 |
| 7 | 3.986 | 4.296 | 3.720 | 4.180 |
| 8 | 3.941 | 4.267 | 3.707 | 4.162 |
| 9 | 3.907 | 4.253 | 3.702 | 4.153 |
| 10 | 3.885 | 4.249 | 3.691 | 4.136 |
| 11 | 3.863 | 4.235 | 3.679 | 4.128 |
| 12 | 3.844 | 4.221 | 3.680 | 4.113 |
| 13 | 3.830 | 4.209 | 3.665 | 4.102 |
| 14 | 3.801 | 4.198 | 3.656 | 4.090 |
| 15 | 3.794 | 4.187 | 3.644 | 4.068 |
| 16 | 3.784 | 4.179 | 3.632 | 4.045 |
| 17 | 3.776 | 4.165 | 3.623 | 4.026 |
| 18 | 3.763 | 4.150 | 3.612 | 4.016 |
| 19 | 3.753 | 4.135 | 3.610 | 4.004 |
| 20 | 3.742 | 4.11 | 3.602 | 4.000 |
| 21 | 3.734 | 4.103 | 3.594 | 3.989 |
| 22 | 3.726 | 4.089 | 3.584 | 3.978 |
| 23 | 3.717 | 4.076 | 3.573 | 3.971 |
| 24 | 3.710 | 4.064 | 3.562 | 3.968 |
| 25 | 3.702 | 4.052 | 3.553 | 3.958 |

さらにとの間にどの程度の直線関係があるのかを相関係数を用いて表す。相関係数はこれから平均作業時間を元に作成する習熟曲線の精度に関係する。なお、相関係数は、次式で表せる。

(4)

　式(4)を用いて算出した全被験者の相関係数を表5に示す。

表5　相関係数

|  |  |
| --- | --- |
| 被験者 | 相関係数 |
| A | -0.989 |
| B | -0.967 |
| C | -0.977 |
| D | -0.997 |

3.2.3　回帰式の算出

表5よりとの間に負の相関が高いとわかった。そこで、回帰式を算出する。すなわち、回帰直線の傾きと切片を算出する。なお、回帰直線の傾きと切片は、次式で表される。

(5)

(6)

式(5)(6)を用いて算出した全被験者の回帰直線の傾きと切片を表6に示す。

表6　回帰直線の傾きと切片

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 被験者 | 傾き | 切片 |
| A | -0.174 | 4.275 |
| B | -0.135 | 4.538 |
| C | -0.097 | 3.899 |
| D | -0.178 | 4.539 |

3.2.4　理論値の算出

　回帰式から算出された結果を理論値とする。平均作業時間の対数の理論値と平均作業時間の理論値を算出する。とは次式で算出できる。

(7)

(8)

式 (7)(8)を用いて算出した全被験者の理論値を表7表8に示す。

表7　平均作業時間の対数の理論値

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 試行回数[回] |  | | | |
| 被験者A | 被験者B | 被験者C | 被験者D |
| 1 | 4.275 | 4.538 | 3.899 | 4.540 |
| 2 | 4.154 | 4.444 | 3.832 | 4.416 |
| 3 | 4.084 | 4.389 | 3.793 | 4.344 |
| 4 | 4.034 | 4.350 | 3.765 | 4.293 |
| 5 | 3.995 | 4.320 | 3.743 | 4.253 |
| 6 | 3.963 | 4.295 | 3.725 | 4.221 |
| 7 | 3.936 | 4.275 | 3.710 | 4.193 |
| 8 | 3.913 | 4.256 | 3.697 | 4.169 |
| 9 | 3.892 | 4.240 | 3.686 | 4.148 |
| 10 | 3.874 | 4.226 | 3.675 | 4.130 |
| 11 | 3.858 | 4.213 | 3.666 | 4.113 |
| 12 | 3.842 | 4.201 | 3.658 | 4.097 |
| 13 | 3.828 | 4.191 | 3.650 | 4.083 |
| 14 | 3.816 | 4.181 | 3.643 | 4.070 |
| 15 | 3.804 | 4.171 | 3.636 | 4.057 |
| 16 | 3.792 | 4.162 | 3.630 | 4.046 |
| 17 | 3.782 | 4.154 | 3.624 | 4.035 |
| 18 | 3.772 | 4.146 | 3.618 | 4.025 |
| 19 | 3.762 | 4.139 | 3.613 | 4.015 |
| 20 | 3.753 | 4.132 | 3.608 | 4.006 |
| 21 | 3.745 | 4.126 | 3.603 | 3.997 |
| 22 | 3.737 | 4.119 | 3.599 | 3.989 |
| 23 | 3.729 | 4.113 | 3.594 | 3.981 |
| 24 | 3.722 | 4.107 | 3.590 | 3.973 |
| 25 | 3.715 | 4.102 | 3.586 | 3.966 |

表8　平均作業時間の理論値

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 試行回数[回] |  | | | |
| 被験者A | 被験者B | 被験者C | 被験者D |
| 1 | 71.884 | 93.541 | 49.374 | 93.688 |
| 2 | 63.711 | 85.149 | 46.155 | 82.799 |
| 3 | 59.368 | 80.593 | 44.370 | 77.026 |
| 4 | 56.468 | 77.509 | 43.146 | 73.175 |
| 5 | 54.316 | 75.199 | 42.220 | 70.322 |
| 6 | 52.618 | 73.362 | 41.478 | 68.073 |
| 7 | 51.225 | 71.845 | 40.860 | 66.228 |
| 8 | 50.048 | 70.555 | 40.333 | 64.670 |
| 9 | 49.032 | 69.437 | 39.874 | 63.327 |
| 10 | 48.140 | 68.452 | 39.467 | 62.148 |
| 11 | 47.348 | 67.573 | 39.103 | 61.101 |
| 12 | 46.636 | 66.781 | 38.773 | 60.161 |
| 13 | 45.991 | 66.060 | 38.473 | 59.309 |
| 14 | 45.401 | 65.399 | 38.197 | 58.530 |
| 15 | 44.859 | 64.790 | 37.941 | 57.815 |
| 16 | 44.358 | 64.225 | 37.704 | 57.154 |
| 17 | 43.892 | 63.700 | 37.482 | 56.539 |
| 18 | 43.457 | 63.208 | 37.274 | 55.966 |
| 19 | 43.050 | 62.746 | 37.079 | 55.429 |
| 20 | 42.667 | 62.311 | 36.894 | 54.925 |
| 21 | 42.306 | 61.900 | 36.719 | 54.449 |
| 22 | 41.965 | 61.511 | 36.554 | 54.000 |
| 23 | 41.641 | 61.141 | 36.396 | 53.573 |
| 24 | 41.334 | 60.789 | 36.246 | 53.169 |
| 25 | 41.041 | 60.454 | 36.102 | 52.783 |

3.2.5　習熟係数と習熟率の算出

　習熟曲線を作るために習熟係数と習熟率を求める。習熟係数は回帰直線の傾きの絶対値を指している。また習熟率とはどのくらいの比率で作業時間が低下しているのかを表す。さらに、この習熟係数から習熟率を次式で表す。

　　　　　　　　　　 (9)

式(9)を用いて算出した全被験者の習熟係数と習熟率を表9に示す。

表9　習熟係数と習熟率

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 被験者 | 習熟係数α | 習熟率β |
| A | 0.174 | 0.886 |
| B | 0.136 | 0.910 |
| C | 0.097 | 0.935 |
| D | 0.178 | 0.884 |

3.3習熟に関する散布図の作成

3.2にまとめた情報より対数の散布図と習熟曲線を作成する。習熟曲線とは「横軸に作業の繰り返し回数、縦軸に作業時間をとり、作業時間の減少を表した曲線を習熟曲線（learning curve）という。対数線形習熟モデルで習熟曲線を両対数グラフに表すと直線になって、その直線のこう配を習熟係数という。」と定義されている［1］

図1に試行回数の対数を横軸、平均作業時間の対数を縦軸にとった平均作業時間の対数グラフを描く。図2に試行回数を横軸、作業時間を縦軸にとった習熟曲線のグラフを描く。

図1　平均作業時間の対数グラフ

図2　習熟曲線

4.考察

4.1対数グラフの考察

図1より傾きが急なグラフの方が平均作業時間の短縮率が高い。傾きの絶対値が習熟係数なので習熟係数の値が大きい人の方が少ない回数で習熟するということがわかる。習熟率は習熟係数から求められるが習熟率とはどのくらいの比率で作業時間が短縮されているかを表す値であるので習熟係数が小さいものほど習熟率は高くなる。

表9と図1よりもともとの作業時間の速さは習熟率に影響を与えないと考えることができる。これによりもともとの被験者の能力は習熟に関係ないと考えられる。

4.2習熟曲線の考察

　習熟曲線とは横軸に試行回数、縦軸に作業時間をとり平均作業時間の理論値と実験値をグラフに表したものである。

図2よりグラフは初め勢いよく減少しているが次第になだらかになっている。これはどの被験者にも変わりはない。縦軸は平均作業時間を表しているため初めは大幅に作業時間が短縮しているが次第に作業時間が短縮しなくなってくるということである。従って習熟はいつまでも続かずある一定のところで止まることが考察できる。

また人によって習熟効果に差が出ることも図2よりわかる。なぜなら図2の被験者Bと被験者Cに注目すると初めの作業時間はほとんど同じである、しかし最後には平均作業時間に約8秒の差が見られるからである。

5．おわりに

今回は実験を通じて人間は本当に習熟するのかを調べた。そのために逆さ向きのアルファベットを聞き手とは逆の手で書きその時間を測定した。その結果下のようなことが明らかとなった。

・繰り返し作業することによって確かに作業時間は少なくなる。

・習熟は一定まで進むと止まる。

・習熟効果はもともとの被験者の能力との関係は確認されなかったが個人差　　　　は確認された。

参考文献

［1］日本規定協会：【「JISハンドブック57品質管理」】、日本規定協会p.191（2002）