

表象加工的容量和加工策略研究¹⁾

纪桂萍 罗春荣

中国科学院心理研究所, 北京

摘 要

本实验研究通过把汉字拆为其有机的组成成分,最少2个最多5个,在各成分顺序排列或随机排列两种条件下呈现给被试,要他们组合出原来汉字的方法对表象操作的容量和策略进行了初步的探讨。实验结果表明表象操作的容量是相当有限的,执行最优加工的容量为2—3个,上限约为4—5个。加工容量随操作复杂程度的高低可略有变化。结果还表明在本实验条件下系统对表象各成分的操作采取的是并行的同时加工,这种并行加工能大大提高表象加工的效率。

前 言

表象的研究是一个薄弱点,过去的行为主义不研究表象,新行为主义承认存在表象,但只是简单地把表象等同于一般的外部行为^[1],实际上不主张对表象进行研究。只是现代认知心理学诞生以后,表象在心理活动中的地位才被逐步认识。认知心理学对表象作了许多具体的研究。Shepard做了一系列实验表明被试能利用表象在头脑中对物体作三维旋转,从而判断两个物体图形是否相同。实验结果还表明两物体间的角度差别越大,被试的反应时越长,两者呈直线关系,这说明被试的确是“通过三维旋转”作出判断的^[2]。Cooper和Shepard以不同倾斜角度的字母R及其镜像为刺激物,对心理旋转作了进一步研究,得出类似的结论^[3]。后来,Kosslyn,Ball和Reiser进行了表象扫描的实验研究,结果同样表明,加工时间随着表象扫描距离的增加而增加^[4]。Reed的实验则表明表象和画面的不同点使表象能被分割成有一定意义的小块,这些小块可以和整体一样被再现出来^[5]。近几十年的实验研究一致表明,表象信息可以象实物一样被操作,这已是无疑的了。但是,由于过去用于研究的刺激大都是简单的、单维量的图形,表象的可操作的程度到底如何便成了一个问題,是否复杂的多维量的信息也可以被操作?表象加工系统的信息容量究竟有多大?如果能容纳多个项目,系统是一项一项串行处理表象中的每分项目呢,还是能并行地对各项目各维量进行同时的操作?这也就是信息加工的策略问题。本实验以汉字为素材研究了上述问题,试图对表象作深一层的探索。

实 验 方 法

1. 仪器和材料

实验在预先装置好的实验室中进行,实验装置由速示器、小停钟、声音开关、头架等组

1) 本文于1988年4月6日收到。

成。速示器通过一个 $17 \times 10\text{cm}$ 的矩形窗口将刺激呈现给被试,被试坐在速示器前的桌子旁,用头架固定好头的位置。头架的高低可以自行调节,以便控制头的位置,使被试正好平视速示器的屏幕。头架前面放置声音开关器和话筒,实验中利用被试的口头报告切断记录反应时的停钟。从被试的眼睛到刺激物的距离为 60cm 。

刺激材料采用汉字。通过预试我们从常用汉字表中精选出笔划不等的56个汉字,这56个汉字在小学六年级的语文课本中都能找到,是大家都熟悉的。这些汉字都能够按偏旁部首拆成几个独立的成分。例如,“委”,可拆成“禾女”两个部分;“宽”,可拆成“宀艹见”三个部分;“攀”,可拆成“木爻木大手”五个部分等。呈现给被试的这几部分按横向排列,它们只能构成事先选好的某一特定的汉字。在组字时各部分都要用上。每一部分刺激的高度为 17mm ,用视角表示则为 0.0283 弧度。

我们把56个汉字分成两个大组,每组各由28个汉字组成。第一大组(A)的汉字拆成的几个部分在实验中是按我们平时书写汉字时约定成俗的笔顺呈现,如从上到下、从左到右等。譬如“忘”字,写成“亡心”,“部”字,写成“立口卜”。第二大组(B)的汉字拆成的几个部分在实验中则以随机的次序呈现,如“愁”字,可能呈现为“心火禾”、“禾心火”,也可能呈现为“火禾心”或其它组合。A、B两组又各分成四个小组,第一组由两个部分构成,第二组由三个部分构成,如此类推,第四组由五个部分构成。实验中选定的汉字最少由两部分构成,最多由五部分构成。每一小组都包含7个汉字,这7个汉字的笔划数、出现频率都相当。

刺激组成成分的多少不同,呈现时间的长短也不同。由两部分构成的汉字其呈现时间为 200 毫秒,刺激每增加一部分,呈现时间也相应增加 100 毫秒,以保证不同刺激容量下都有同等的时间对每一刺激单元进行编码。

2. 实验设计和程序

整个实验采用被试内设计,每个被试都参加所有条件下的测试。为了消除各种实验误差,如上8组刺激材料对每个被试呈现的顺序是不同的。实验开始时,被试自己按键使刺激呈现,同时,小停钟开始计时,当被试口头报告组合出汉字时,语音信号使小停钟停止计时。这时便可记录被试的反应时及反应对错情况。

3. 被试

被试共18人,男女各半,均为大学一年级文科学生,视力正常。实验要求被试在正确的前提下,尽快回答刺激可以构成什么汉字。正式实验前,每个被试都先做多次练习以便熟悉实验程序和实验要求。

实验结果

1. 在刺激各部分顺序和随机两种排列方式下,反应错误率和表象加工容量的关系如表1和图1所示。

2. 不同排列方式下表象操作的数目(容量)和反应时间的关系如表2、图2所示。由图可知,随着表象操作数目的增加反应时间直线增加,但顺序呈现时反应时比随机呈现时明显要短。图2中还给出了两种排列方式下反应时的最佳拟合方程。由图还可以发现,表示反应时随容量变化的两条线基本平行。

表1 不同容量和排列方式下的反应错误率(%)

刺激排列方式 \ 容量	2	3	4	5
顺序排列	3.97	8.73	21.43	38.10
随机排列	8.73	22.22	37.30	47.62

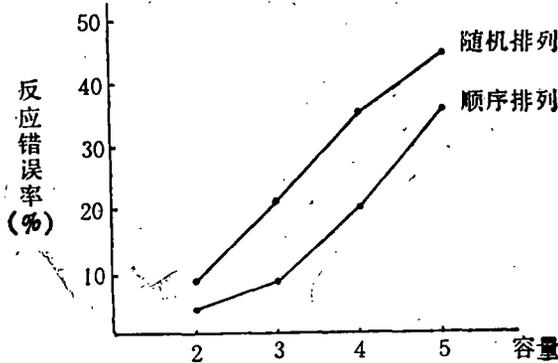


图1 不同排列方式下反应错误率和容量的关系

表2 不同排列方式下反应时和表象加工容量的关系 (ms)

刺激排列方式 \ 容量	2	3	4	5
顺序排列	1818	2634	3486	4281
随机排列	2997	3898	4651	5526

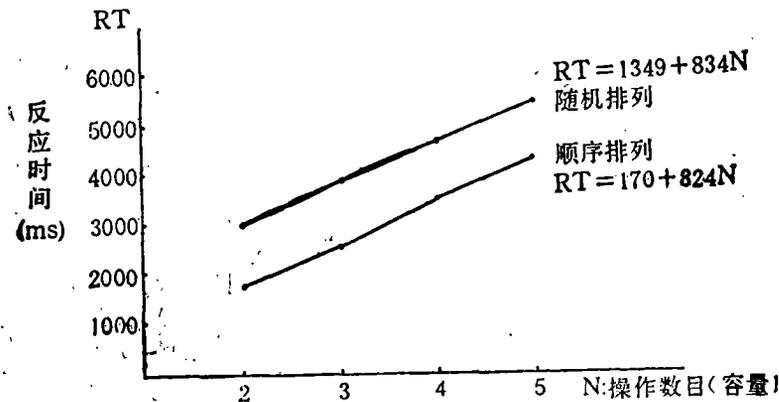


图2 反应时和表象操作数目间的函数关系

3. 方差分析的结果表明, ①不同操作数目(容量)间的反应时间差异非常显著, $F = 28.702 (p < 0.01)$; ②刺激各部分按顺序排列和随机排列两种条件下的反应时差异也非常显著, $F = 13.367 (p < 0.01)$ 。

讨 论

一、从表1图1中可以看出被试反应的错误率随操作对象数目(容量)的增加而增加。在刺激的各部分按顺序排列的情况下,当容量超过3个时,反应错误率开始明显上升(超过20%),当 $N=5$ 时,错误率已接近 $2/5$;而在随机排列的情况下,当容量超过2个时,反应错误率便开始明显上升了(达20%以上),当 $N=5$ 时,错误率已接近 $1/2$ 。从这样的结果看来,表象加工的容量似乎是相当有限的,仅限于2—3个,也就是说其最优加工的限量为2—3个,否则,加工的可靠性便难以保证。如果对准确性的要求不是很高的话,容量达4—5个时,系统也能在一定程度上对信息进行处理。从实验结果的趋势来看,如果容量超过5个的话,表象加工的能力可能大大减弱。

表象加工的容量小于短时记忆的容量(7 ± 2),这是很自然的,因为和单纯保存信息不同,它还必须对贮存的信息根据汉字结构要求进行进一步的组合加工操作,对信息加工的负担要大得多。因此,如上获得的表象加工容量的结果还是可信的,也许我们可以把它粗略地归纳为(3 ± 1)。

从表1图1还可以看出,和随机排列时相比,刺激顺序排列时由于信息负担大为减小,反应正确率要高一些;由表2图2可知,其反应速度也快一些。这一结果似乎表明表象的加工容量和加工的复杂程度也有一定的关系,即在操作数目少的时候,可以进行比较复杂复杂的表象操作,反之则只能进行简单的操作,如此看来,也许用容量和操作复杂度的乘积来表示系统的表象加工能力更适当:加工能力 $C = \text{容量} \times \text{操作复杂度}$, C 为常数。

上面的讨论仅仅是对表象加工容量问题的初步探讨,想通过这样一个简单的实验便精确确定表象加工的能力范围是不大可能的,这个问题有待于将来进一步探讨。

二、实验结果2和3表明,随着操作对象数目 N 即表象加工容量的增加,反应时间直线增加。这样的结果是否表明表象加工是一种串行的继时加工呢?为澄清这个问题,让我们对构成反应时的诸过程作一分析。从实验程序可知,被试必须先对呈现给他的刺激进行编码,以表象的形式把它保持在头脑中,然后对这些表象成分进行某种操作将之组成一个特定的汉字,最后作出决定并说出这个字。由此可见,被试反应时由三个亚过程用时组成:编码和保持表象的过程 c 、表象操作过程 o 、和决断过程 d ,即 $RT = c + o + d$ 。

在这儿存在几种可能性。一种是编码过程和表象操作过程都采用继时的串行加工策略,那么这两个亚过程将与刺激的数目(容量)有关: $C = C_1N, O = O_1N$,即 $RT_1 = C_1N + O_1N + d_1 = (C_1 + O_1)N + d_1 \dots \dots$ ①第二种情况是编码过程采取串行加工而操作过程是并行加工,那么 $RT_2 = C_2N + (O_2 + d_2) \dots \dots$ ②第三种假设是编码过程采取并行加工而操作过程采取串行加工,那么 $RT_3 = O_3N + (c_3 + d_3) \dots \dots$ ③还有第四种假设即假定两过程皆为并行的同时加工,那么 $RT_4 = c_4 + o_4 + d_4 \dots \dots$ ④

由实验结果2可知,反应时和刺激容量 N 是直接相关的,因此第四种可能性首先可以排除。进一步分析图2中顺序排列和随机排列时的反应时: $RT_{\text{顺序}} = 824N + 170$ 和 $RT_{\text{随机}} = 834N + 1349$,我们可以发现两种情况下与刺激数目 N 相关的亚过程所花的时间基本相同,分别为每个项目 824ms 和 834ms (图中两线基本平行)。由于刺激物顺序排列和随机排列的不同在于操作过程,对编码过程并没有什么影响,因而如上结果似乎表明,

与N有关的这个大致相同的亚过程是编码和保持表象信息的过程,而非表象操作过程。基于这样的分析,我们的结论是编码过程是一个串行加工过程(与N有关),而表象操作过程是一个并行加工的过程(与N无关)。相反,如果假设表象加工采取串行加工的策略,那么这一亚过程所用的时间将与N有关。这样的话,随机排列时由于加工复杂程度大,这一亚过程花的时间应比顺序排列时多得多,而实验结果表明与N有关的亚过程在两种排列方式下所花的时间基本相同,这就说明表象加工过程不大可能是一个串行的继时加工过程。因此,第一种和第三种假设也基本上可以排除,也就是说只有第二种假设能最好地说明现有实验结果。

被试在运用表象组合汉字的过程中对表象各成分进行同时的并行加工,表现了认知系统的高效、经济的特点,也是符合经验的。由于汉字有其很强的整体性,特别是一个字很复杂有多个组成部分,而这些部分的次序又是随机的的时候,我们事先是很难确定哪个部分应该在哪个部位的。继时加工,在表象中一次只“搬动”一个成分,信息加工的效率将大为降低,同时的并行加工则可以解决这一问题,因而是一种高效的加工策略。

三、在本实验中我们把汉字拆成组成它的几个部分,把这几个部分速示呈现给被试,要求被试利用表象组合出原来的汉字,这样的表象信息加工已经具有相当的复杂性,也较多牵涉过去的知识经验。与利用几何图形、字母或简单的物体进行表象加工的研究相比,无论是对刺激进行编码形成表象的阶段,还是对表象成分进行处理的阶段,其复杂性都大大提高了。此外,被试如果不掌握有关的汉字,这种表象操作也不可能。由于加工的复杂性及其对知识经验的依赖,这儿的表象操作和思维的问题解决有着紧密的联系。实际上,把一些成分组合为一个汉字的活动其本身也可以说就是一个解决问题的过程,这种表象操作表明了形象思维的存在及其在心理活动中的重要作用。

结 论

1. 实验结果表明表象加工的能力范围是相当有限的,执行最优加工的容量约为2—3个,上限为4—5个,可以粗略地归纳为 (3 ± 1) 个。表象所能处理的刺激的多少和加工的复杂程度也有一定的关系,如果要求进行比较复杂的操作,容量会小一些,反之,加工的复杂程度低,容量则可略大一些。因此,也许用“容量”和“加工复杂度”的乘积等于一个常数来表示系统的表象加工能力更适当:加工能力 $C = \text{容量} \times \text{操作复杂度}$, C 为常数。

2. 在本实验条件下,系统对表象各成分的操作采取的是并行的同时加工策略,这种并行加工能大大提高表象加工的效率。

3. 复杂的表象操作和思维的问题解决联系在一起,是形象思维活动的一个部分。

总之,本实验研究不仅进一步证实了表象具有一般的可操作性这一特点,还对表象操作过程本身的加工能力及其策略作了初步探讨,对深入了解表象及形象思维在心理活动中的地位 and 作用具有一定的意义。

参 考 文 献

- [1] Skinner B. F., About Behaviorism, New York, Alford. A. Knopf. Inc., 1974.
- [2] Shepard R. N. and Metzler J., Mental rotation of three-dimensional objects. Science, 1971, 171, 701—703.
- [3] Cooper L. A. and Shepard R. N., Chronometric Studies of the rotation of mental images. In Chase W. G. (Ed.), Visual Information Processing, New York, Academic Press, 1973.
- [4] Kosslyn S. M., Ball T. M. and Reiser B. J., Visual Images Preserve Metric Spatial Information: Evidence from studies of image scanning. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 1978, 4, 47—60.
- [5] Reed S. K., Structural descriptions and the limitation of visual images. Memory and Cognition, 1974, 2, 329—336.

CAPACITY LIMITATION AND STRATEGY OF IMAGE PROCESSING

Ji Gui-ping Luo Chun-rong

Institute of Psychology, Academia Sinica

Abstract

The experiment was performed to investigate the capacity limitation for and strategies in image processing. The Chinese character was decomposed into its parts (stroke units) as stimulus, and these parts, arranged either in the same sequence as the stroke order of writing the character or in the random sequence, were exposed to the subjects by a tachistoscope. The subjects' task was to find the original character which was composed of these parts. There were 56 well-selected characters which were decomposed into 2, 3, 4 or 5 parts.

The results show that the capacity for image processing is quite small, limited to 3 ± 1 items, and indicate that image processing is a kind of parallel process which operates simultaneously on all the items in image storage.