

反应时实验对心理学发展的贡献及其缺陷

罗 春 荣

中国科学院心理研究所

[提要] 本文对反应时实验诞生和发展的历史背景作了综合评述, 分析了各种反应时实验技术对实验心理学发展的贡献及其存在的缺陷。文章还对该实验方法的最新进展——“速度/正确性权衡及其分解技术”作了专门介绍, 以便大家了解当前的最新动态。

我们常把心理过程称为“黑箱”, 因为想对它进行直接的研究是非常困难的, 一般只能采取在“输入-输出”间进行推论的方法。那么凭借什么进行这种推论呢? 传统的内省法能提供许多有关心理活动是如何进行的素材, 但由于其主观性、不稳定性, 其可靠性常常受到怀疑。因此为了对心理现象进行真正科学的探讨必须寻找到某种客观的、可以精确度量的指标。反应时实验的出现就是适应了这一要求。在认知心理学看来, 心理活动是一连续进行的、分阶段的信息加工过程, 而各个阶段所需的时间通过某种途径可以客观地测量到, 如此我们便可以利用这一客观指标对各阶段的信息加工特点和规律作比较可靠的推论。

把反应时作为指标用于研究人的心理现象早在一百多年前就开始出现了。但这一方法的改进和完善则是近几十年甚至近几年的事情。从对这一方法的不断改进和完善中我们可以看出心理学研究中研究手段的更新对科学研究进步的巨大影响。

反应时实验对理解人类心理活动作出了巨大贡献, 然而与此同时我们也必须对这一方法的缺陷得持清醒认识。它的两个基本前提, ①信息加工是一继时的串行过程; ②一个加工阶段的性质和持续时间不受其它加工阶段的影响, 都是有疑问的。虽然利用这一方法已经获得了许多很有价值的实验资料和发现, 但同时也留下不少有争议的问题。下面我们就对反应时实验的产生、发展、完善及其存在的问题作一简要评述。

一、减法反应时实验的诞生及其应用

“反应时”(Reaction Time, RT)这个概念是奥地利生理学家Exner于1873年提出来的。但是最早将反应时测量用于心理实验的则是荷兰生理学家Donders, 他1868年就曾利用这类实验来测量包含在复杂反应中的辨别、选择等心理过程所需要的时间。假如两项作业(P_1 和 P_2)其中一项包含另一项所没有的某个特定心理过程(S_x), 而两者在其它方面都相同, 则两项作业的反应时之差即被认为是完成那个特定心理过程所需要的时间。“减法反应时”一说也即由此而来。

$$PT_1 = P_1 (S_1, S_2, \dots, S_n), RT_2 = P_2 (S_1, S_2, \dots, S_n, S_x)$$

$$RT_x = RT_2 - RT_1$$

在早期，减法反应时实验主要被用于感知觉中辨别过程的测量，后来逐渐应用到注意，表象，短时记忆和言语识别等研究中。减法反应时既可用于研究信息加工的某个特定阶段或其操作，也可用来研究一系列连续的信息加工阶段。但它也有难以克服的缺陷，即存在前面所说的两个有疑问的前提，同时它所得到的反应时都是间接取得的，并且要求两项作业在其它方面严格匹配，这也很难做到。

二、加法反应时实验

Sternberg (1969) 在短时记忆信息提取的研究中，在减法反应时思想的基础上发展了所谓的“加法反应时”及其实验。在他看来，完成一项作业所需的时间是一系列信息加工阶段分别需要的时间的总和，如果对影响作业的不同阶段的因素进行操作，各因素的不同效应就可以在作业反应时中表现出来。他认为，如果影响被试作业的两个因素互相制约，那么表明两个因素作用于同一个信息加工阶段，反之如果两因素的效应相互独立，那么两个因素各自作用于不同的信息加工阶段，即两因素的效应具有可加性。Sternberg在一系列实验的基础上确定了对短时记忆信息提取过程有独立作用的四个因素：①探测词的性质、②识记项目的数量 N ③反应类型（肯定的或否定的）和④各个反应类型的相对频率，它们分别对四个独立的加工阶段起作用，即①刺激编码阶段（设所需时间为 e ）；②顺序比较阶段（如果每个项目的比较耗时为 b ，则 N 个项目需花时 Nb ）；③决策阶段和④反应组织阶段（设共需时为 C ），如图1所示。

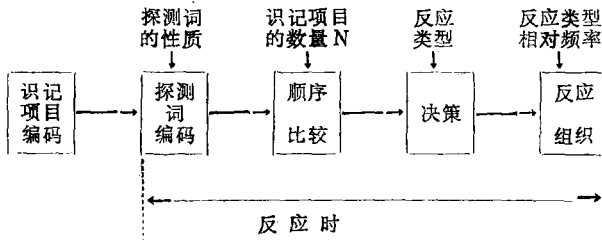


图1 加法反应时实验:STM信息提取

根据Sternberg的加法反应时原理，整个信息提取过程的时间应为：

$$RT = e + bN + C = bN + (e + c); \text{ 设 } a = e + c$$

则 $RT = a + bN$ ，这是一个以 b 为斜率 a 为截距的直线方程，识记项目 N 的大小只影响顺序搜寻阶段，表明短时记忆信息提取是一串行搜寻过程。

Sternberg的加法反应时实验为揭示STM信息提取过程作出了很大贡献，发现了许多令后人多方探索的问题，也引起不少争议和批评。其主要问题是，加法反应时和减法反应时一样都是以信息的串行加工为前提的。已有不少证据表明在心理过程的某些方面进行同时并行加工是可能的，并且对整个过程的某个阶段施加影响也往往能使其它阶段发生某种变化，这对反应时实验是一个挑战。

另外，无论是减法反应时还是加法反应时实验都不能直接得到某个特定加工阶段所需的时间，而只能通过间接地比较获得，并且该加工阶段也是在推理的基础上确定的。为了解决这一问题，一些研究者曾发展出了所谓的“开窗”实验。

三、“开窗”实验

为了直接测量作业中每个加工阶段的时间，Hockey, Hamilton等人(1981)在一项字母转换实验中采用了让被试进行出声转换以记录整个转换过程中每一阶段的持续时间(开始和结束)的新形式。这种方法能使整个过程都清楚地暴露出来，犹如在黑箱上打开了一个窗口，故称为“开窗”实验。他们在实验中给被试呈现1—4个字母并在字母后面标上一个数字，如“F+3”，“KENC+4”等。当呈现“F+3”时，意思是要求被试说出英文字母表中F后面第三个位置的字母，即“I”同理，“KENC+4”意即要求将之转换为“OIRG”。实验要求被试进行出声转换，在转换“KENC+4”时被试先看K，说出“LMNO”，然后看E，说出“FGHI”，为此直至转换结束，最后说出最终结果“OIRG”。在该实验过程中出声转换的开始和结束都在时间记录中标起来。根据这一结果可以清楚地看到字母转换作业所包含的三个加工阶段：①从被试看到字母到开始出声转换的时间为字母编码阶段；②出声转换的持续时间为转换阶段；③从出声转换结束到开始看下一个字母的时间为贮存阶段，贮存前面转换得到的结果。通过这样的实验手段我们可以看到完成字母转换所经过的所有加工阶段。

“开窗”实验和传统的反应时实验相比是一很新颖的形式，它能比较直接地获取某个特定加工阶段所需的时间，但它也存在一些问题，一是不同的加工阶段可能相互影响，在下一阶段出现对前一阶段结果的复查、再加工及整合等过程。二是要求作出声转换本身可能对作业发生影响，一方面减缓了转换的速度，同时也排列了除系列逐个转换以外的其它转换方式，为直接转换，并行转换等。这与其它反应时实验一样，和其“前提”是有关的。

四、速度-正确性权衡及其分解技术

反应时实验除了前面说到的困难以外，还有一点即研究者发现人类被试具有一种“速度-正确性权衡”(Speed-accuracy trade-off)的反应倾向，它指的是人类被试可以通过牺牲正确性而大大提高反应速度，反之，如要保证反应正确则速度就会降低。这种状况可以用一条曲线来表示，如下图2所示。这一曲线表明，任何反应时都必须同与它相连的

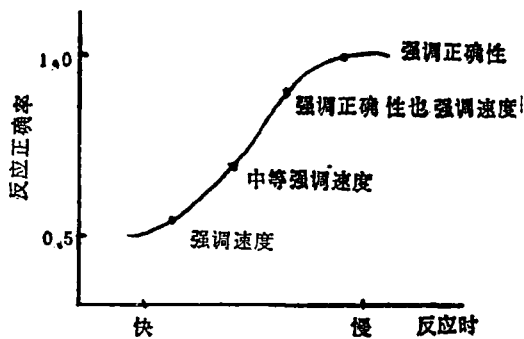


图2 速度-正确性权衡曲线

正确率一起来解释。有趣的是恰恰由于存在速度-正确性权衡现象,使一些研究者发展出了所谓的“速度-正确性分解技术”(Meyer, Irwin, Osman & Kounios, 1988)。利用这一技术可以求出猜测过程的正确率,从而了解认知过程中信息的积累情况,以此推测其信息加工的特点。

速度-正确性分解技术包括混合程序和数量分析两个部分。混合程序包含两类试验,一是普通试验,它要求被试在保证正确的前提下尽快反应;另一称信号试验,刺激呈现后在不同的时间间隔内出现一信号,要求被试觉察到该信号即迅速作出反应,不要求一定正确,只要猜一下即可。在正式实验中如上两类试验随机混合进行,其要点是要求被试在没有信号的情况下要保证反应正确,听到信号则尽量快速反应。可以设想,在普通试验的情况下由于要求保证反应正确可以认为被试的判断是根据完整的信息作出的,而信号试验中被试的判断则有可能是根据完整信息而作出,也可能是根据部分不完整的信息由猜测过程而作出。对猜测而言,不完整信息愈多,反应正确率就愈高。数量分析过程就是参照普通试验的结果,从各种不同时间间隔的信号试验结果中分解出猜测过程的作用,从猜测正确率大小的变化了解不完整信息的多少变化,从而了解整个认知过程中信息的积累情况。

速度-正确性分解的具体数量分析步骤如下:

1. 求出普通试验的反应时 t_n 的分布;
2. 求出一定时间间隔下信号试验反应时 t_s 的分布;
3. 根据 t_n 、 t_s 的分布,求猜测过程反应时 t_{gs} 的分布:

$$\begin{aligned} \because ts &= \text{Min}(t_n, t_{gs}) \\ \therefore P(t_s > C) &= P(t_n > C) \cdot P(t_{gs} > C) \\ \therefore P(t_{gs} \leq C) &= 1 - P(t_{gs} > C) \\ &= 1 - [P(t_s > C) / P(t_n > C)] \end{aligned}$$

其中C为常数。

4. 计算猜测过程的正确率 $P(\text{correct}/t_{gs} < t_n)$:

$$\begin{aligned} \therefore P(\text{correct}/L_{gs}S) &= P(t_n \leq t_{gs}) \cdot P(\text{correct}/t_n \leq t_{gs}) \\ &\quad + P(t_{gs} < t_n) \cdot P(\text{Correct}/t_{gs} < t_n) \\ \therefore P(\text{Correct}/t_{gs} < t_n) &= [P(\text{Correct}/L_{gs}S) - \\ &\quad P(t_n \leq t_{gs}) \cdot P(\text{Correct}/t_n \leq t_{gs})] / P(t_{gs} < t_n) \end{aligned}$$

其中在某时间间隔下对信号试验的反应正确率 $P(\text{Correct}/L_{gs}S)$ 可统计得出; $P(t_n \leq t_{gs})$ 可根据 t_n 、 t_s 分布计算出;而 $P(t_{gs} < t_n) = 1 - P(t_n \leq t_{gs})$,另外, $P(\text{Correct}/t_n \leq t_{gs})$ 就是普通试验的正确率。

根据如上数量分析我们获得了反应时作业中猜测过程的正确率。通过对这个正确率随信号时间间隔变化而变化的情况分析我们就能了解信息加工过程中信息到底是怎么积累的。

基于传统的反应时实验结果而提出的有关认知过程的模型基本上可以分为两类,一是离散模型,一是连续模型,两者就信息加工是一个连续的还是非连续的过程问题长期争论,而传统的反应时实验又不能提供这种区分。速度-正确性分解技术的出现为这一问题的解决提供了手段和方法。根据连续模型,信息的积累是连续的,反映在猜测过程的正确率上也应如此,应该是渐增的,反之根据离散模型则应出现平台。最近有关句子确证的实

验倾向于支持连续模型,表明信息加工过程中信息积累是一个渐增的过程,诸如此类的新实验证据如果没有“分解技术”是不可能获得的,这进一步说明新技术、新方法对心理学研究及其发展的意义。如上的速度-正确性分解技术可以广泛应用于知觉、记忆、思维、言语等研究领域,前景是很广泛的。

总之,在现阶段反应时实验由于自身的不断完善,对揭示人类信息加工过程的特点和规律已经作出了很大贡献,业已证明是一种相当有效的研究手段和工具。但是与此同时我们也必须对反应时实验的固有缺陷保持清醒认识,在解释实验结果时小心谨慎,避免错误。另外我们还要看到,时间测量只能反映信息加工过程的一个侧面,在本质上并未深入到加工活动的本身。如果要深入而全面地揭示整个人类信息加工过程,我们还必须寻求到更为有效的研究手段和方法。因此实验心理学既要充分利用现有实验手段大量积累有用的研究资料,也要着力于开发新技术、新方法,为全面揭示人类心理活动的特点和规律作出贡献。

参 考 文 献

- [1] 赫葆源等编,实验心理学,北京大学出版社,1983年。
- [2] 林仲贤等编,实验心理学,科学出版社,1987。
- [3] Calfee, R. C., Human Experimental psychology, 1975
- [4] Hockey, G. R., Maclean A., & Hamilton, P. Attention and performance (Vol. 9) .1981.
- [5] Kling, J. W. & Riggs, L. A (Eds) Woodworth & schlosberg's Experimental psychology., 3rd ed., 1971
- [6] Meyer, D. E., Irwin, D. E., osman, A. M. & Kounios, J. psychological Review, Vol. 95, No. 2, 1988, 183—237.
- [7] Solso, R. L., Cognitive Psychology, 1979.
- [8] Sternberg, S., Acta psychologica, 1969, 30, 276—315.

(上接20页)

系统问题的争论说过:人类是一种符号处理系统的基本假设几乎为所有的思维科学家所采用,有时是明确的,有时是隐含的;但是采用并不就意味着赞同。他说,“是的,人类是符号处理系统,但是,人类不仅仅是符号处理系统”。那么,除了物理符号处理系统之外,人脑的智力思维还包括什么呢? Norman没有明确回答。

计算机科学给人类的各个领域带来了十分广泛深刻的影响,强调人脑和计算机相似一面的研究富于成果,此时,思维心理学家应注意发现那些人脑跟计算机理论模型不同的科学的证据,开阔视野,拓广思路,将思维心理学研究推进到新天地。“终有一天我们可以用实验的方法把思维‘归结’为脑子中的分子的和化学的运动”。

参考文献(略)