

意识的实验研究和方向

Experimental Research on and Direction of Consciousness

周 曙

(广州第一军医大学南方医院神经内科, 广州 510515)

探讨今后的工作方向。

意识研究已进入可实验阶段

曾几何时,意识还仅仅是哲学家们思辩的对象,但随着神经科学的发展和技术的进步,意识研究已开始迈入实验科学的殿堂。而需要指出的是,这一切进展都离不开正确的哲学思维。意识是人们对外部世界以及内部世界(情感、思维等)的主观体验,包含反映主观能动性的自由意志。它是一个具有自然科学—哲学双重性的重大课题,探讨这个课题的学者不可避免地直接受到哲学的支配并同时进行哲学的思考。长久以来,在这个领域,不同的哲学观点尖锐对立:唯物主义和唯心主义,一元论与二元论,可知论与不可知论,有机论与机械论,甚至无神论与有神论等。错误的哲学观念限制人们的思维,压抑人们的创造性。但仅有正确的哲学观念也是远远不够的,有时人们并不欠缺这些,倒是经年累月的老问题往往迫切需要某种新方法。在脑科学家们的不懈努力下,一类新的实验方法成为探索意识的有力武器,这类方法不同于传统心理学所使用的黑箱方法。黑箱方法只考虑研究对象的功能而不顾其结构。因提出DNA结构模型而荣获诺贝尔奖的美国学者克里克(Crick)和其同事科克(Koch)认为,仅仅将脑作为黑箱来研究是不可能真正了解意识和其他精神现象的,只有研究神经元及它们之间的相互作用,才能积累起精确的经验知识来构建意识的模型。这种模型对人类真正认识自身是非常必要的,它对意识研究所起的促进作用将如同DNA结构模型对分子生物学所起到的巨大推动作用一样。这类方法就是计算神经科学和认知科学所使用的方法。它综合了数理科学、计算机科学、神经科学、心理科学和非线性科学等学科的理论 and 实验方法。这样,意识的研究就有了一个扎实的“硬”科学的基础。

本文试图评述意识实验研究的成果和进展,并

意识实验研究的最新动向

通常人们在解决某个问题时首先需要把问题明确起来,找出可能有助于解决这个问题的种种条件和限制。但是,要使意识问题明晰化却并不容易。一个面面俱到,包罗万象的理论或概念长远看也许是必要的,但过早地勉强界定出意识问题的概念,人们囿于认识上的局限,定出的框架很可能限制人们的想象。另一方面,空洞庞杂的定义也只能使研究者无所适从。下面我们分析一些与意识问题有关的实验研究,以探索意识的实验研究所涉及的方方面面。

美国学者利贝(Libet)应用电脉冲直接刺激清醒病人皮层的躯体感觉运动区,发现刺激脉冲平均须持续半秒才被病人意识到。在他的另一个实验中,让被试者进行随意运动(屈伸手指等),同时在被试者的头皮记录他们的准备电位(事件相关电位的一种),结果发现,早在意识性意向(又称意动(intention))出现之前,就可以记录到与随意运动相关的神经电活动,也就是说这些神经活动虽然与此次随意运动有关,却不能及时被被试者察觉。基于上述事实,利贝提出“time-on”理论,认为一个无意识的事件向意识性事件的转变(至少部分)取决于适当对应的神经活动有无充分的持续期。利贝的理论并没有阐明其中的机制,只是说明意识性知觉的一个与时间有关的限制,他的实验表明意识在某种程度上是可以客观测量的,他的工作推动了意识的实验研究。在19世纪,人们曾认为记忆是不能测量的,因此利贝在意识实验研究领域的贡献也许可以同艾宾浩斯首次对记忆的测量相媲美,重要的是,他的工作是建立在实验科学的基础上的,其结果是可重复检验的,理论也是可否证的。

英国学者魏斯克兰茨(Weiscrantz)对盲视(blindsight)病人进行了详细的研究,这类病人往往

由于某种原因,初级视觉皮层(V1)受损害,他们看不见物体,不能报告外界物体的形状或颜色,却能感知到运动物体的方位及其运动方向,甚至能抓住运动中的物体,准确性超过随机水平,但他们仍一直自认为看不见任何东西。他的实验说明外界信息虽然可以到达其他皮层,但完好的视觉皮层是意识性察觉(awareness)所必需的。他的研究开拓了人们的视野,显然仅仅依靠思辩和抽象的分析是推导不出千变万化的现实的,完整的意识理论需要这些经验科学的积累,这些现象对意识实验研究的启发也是多方面的。

人类和高级哺乳类动物都是相当依赖视觉的动物,据估计有80%以上的信息来自视觉,这方面的实验积累的经验相对于理论也比较丰富,意识的实验研究自然而然地从视觉目标意识性察觉方面入手,也有可能在这里首先取得突破。经过长期研究,神经科学家们发现,外界目标在视觉加工的初级阶段被分解成不同的特征(颜色、形状、运动和深度等),这些特征在不同的通道或视觉子系统内(即分散在脑内不同部位,由不同的神经元)进行加工,这些分散加工的特征最后如何装配合成为该目标统一的独特表征仍是个谜,这就是困扰神经科学界的“整合问题”(binding problem)。英国学者巴洛(Balrow)曾猜测一个目标的所有特征最终会聚在脑内某个神经元进行整合,该猜测克服不了纷繁世界无穷无尽的特征所带来的组合爆炸问题,并且在大脑迄今并没有找到行使这种功能的神经元。如果一个视觉目标由单纯基于赫布规则的神经元集群来表达,虽然可以较好地克服组合爆炸问题,但在某一时刻兴奋的神经元集群仅能表示一个目标,因而不能区别复杂背景中的多个目标,所以还得寻找新的规则。美国学者马尔斯伯格(Malsburg)在80年代初提出神经元可能通过其活动模式的同步来实现特征的整合,使大脑皮层在同一时刻可并存多个兴奋的神经元集群对应多个目标。德国学者辛格(Singer)等和埃克霍姆(Eckhorn)等在80年代末,分别在视觉皮层发现的40赫同步振荡对马尔斯伯格的理论提供了证据。他们在猫视觉皮层的实验中发现,在视觉皮层内相距相当远(可以不在同一功能柱,甚至不在同一侧皮层)的两个部位进行加工的特征,如果来自同一个目标,这两个部位的神经元的活动即发生同步振荡,如果加工的特征来自不同的目标则不存在这种同步活动。克里克和科克大胆地将这个发现与意识问题联系起来,认为这种同步机制有可能存在于负有其它更高级使命的神经元之间,神经元的同步可能也是意识产生的机制,从而提出了基于神经生物学的意识理论。其理论可贵之处在于坚持了唯物主义,指出了意识实验研究的一条可行道路。克里克在其专著中写道:“你的喜

怒哀乐,你的记忆,你的雄心,你的个性,你的自由意志,事实上不外乎是大量神经细胞集群及其相关分子的行为。”目前已在多种感觉皮层(听觉,视觉,嗅觉等)以及运动皮层发现了与刺激或行为相关的同步振荡现象,同步振荡的频率也不限于40赫左右。有学者认为,克里克和科克的设想可能过于简单,没有考虑脑的可塑性(plasticity)等因素在意识中的作用。意识确实不能简单地与神经元集群的同步化划等号。40赫同步振荡现象的研究还在深入进行。许多学者利用这个原理构筑了人工神经网络,这种网络可以实现动态图形的识别等复杂功能。有些学者(如英国剑桥大学的泰勒)已开始讨论建造具有意识的人工神经网络问题。

美国学者弗里曼(Freeman)对动物的嗅觉进行了长达30年的研究。在他的研究中,早已观测到40赫振荡现象(频带在30~90赫,称为伽玛振荡),在某种意义上可以说辛格的工作是弗里曼的工作在神经元水平上的拓展。弗里曼提出的知觉模型对于意识模型的建立尤其具有参考价值,他在动物的嗅觉皮层放置了记录脑电活动的电极阵列,研究动物在嗅入气味前后对应的脑电的动态变化,发现在给予嗅觉刺激以前的脑电活动处于一种低幅的貌似随机噪声的混沌状态中。当动物嗅入熟悉气味时,所有电极记录的脑电同步快速“爆发”(burst)变得较为规则,具有较高的波幅和频率。由此勾画出的相图说明脑电处于接近极限环的低维混沌状态。虽然同一种气味诱发的脑电波形次次不同,但它们的空间模式却是相同的,而不同气味所对应的空间模式却不相同。因此这些特殊模式可能代表着特定的记忆模式。这也从一个侧面说明目标刺激是由神经元集群编码表征的。当动物嗅入新奇的气味时,脑电的空间模式和相图首先在不同的记忆模式间进行混沌式漫游检索,然后产生一个迥然不同于以往任何熟悉气味的新的空间模式和相图。弗里曼提出在所有知觉过程中,集体性神经活动的基本形式为混沌,其作用是三方面的:可以作为噪声的控制源,检索先前已习得的模式以及学习新模式。在另一组相似的研究中,美国学者斯金纳(Skinner)报告新奇的刺激使嗅球脑电的相关维数增高,而熟悉的刺激降低相关维数。混沌理论给人类理解复杂性现象提供了新的思路和原理。依据混沌理论,信息、生命以及伴随而来的意识(包括自由意志)在一个决定论的世界里产生是完全有可能的。

意识实验研究的对象 选择条件与时机

对克里克和科克理论的另一个批评是,意识的理论怎么能建立在动物实验的基础上?我们认为,

这个批评是站不住脚的。既然人和动物都是进化的产物,意识也不例外。如同生物学的中心法则在二者身上起作用一样,意识发生的某些机制也一定具有普遍性。因此,意识的实验研究不应放弃动物实验这一重要的知识来源。动物实验具有可控、精确、容易重复等特点,当然其结论推广到人类也须慎重。基于伦理原因,许多实验无法以人为对象,但无论如何人类意识的理论和模型的正确性最终要以能否在人类身上解释已观测到的事实以及预测未知规律来判断。

以人类为实验对象进行意识的实验研究是一条最直接的道路,实验结果也更有说服力,我们可以直接获得被试者的口头报告。我们认为,目前意识的实验研究开展得还不普遍与人们对意识问题的认识有关,有许多学者认为时机还没有成熟。事实上,有学者认为,意识只是各种形式的察觉的同义语,包括对外界事物以及内心抽象概念的察觉,意识的潜在机制可能同复合的注意与短时记忆的机制完全相同。因此基于这个简明的认识,实验心理学和认知心理学中,关于知觉、注意和记忆的研究有许多范型(paradigm)可以提供给意识研究丰富的素材。充分利用可以得到的实验方法,特别是一些无损伤检测手段,例如电生理学和神经影像学方法,在现阶段以人类为实验对象的意识研究是完全可行的。既往人们没有领悟到研究自身意识的时机已经到来,才形成现在“不识庐山真面目”的状况。从这个意义上讲,克里克的大声疾呼是有道理的。笔者就自己较熟悉的神经电生理领域谈谈目前可以开展的工作。近十多年来诱发电位的研究已基本成熟,人们已经清楚知道其许多成分的起源。例如,应用阈上电脉冲刺激人的手指,只要 20 毫秒就可以在对侧体感皮层记录到刺激诱发的皮层电位,按照利贝的研究此刻还未产生意识性察觉,何时产生只须结合被试者的口头报告很容易得到明确的答案。可以预测,结果肯定短于利贝以病人为实验对象所得的结果(利贝的结果平均约为 500 毫秒)。

美国学者热万斯让被试者从事某种“选择性刺激—选择性反应”式的任务,同时在其头皮记录伴随的脑电活动。结果发现,在错误反应和正确反应出现之前,脑波具有不同的特定模式,而某些脑波成分可能对应着对错误反应的评价(意识性察觉?)。这方面的研究已产生了一些称为精神控制系统的新技术,例如用脑波去驱动计算机、轮椅等,显然在这些过去属于生物反馈的领域也存在着大量探讨意识问题的机会。这些新的技术进步使得人们已无须单纯依据外部可观测的事件(刺激或行为反应)来分析实验结果,特定的脑波模式可成为一类新的标记,这意味着我们对心理过程又深入了一步。有文献报告利用超导量子干涉仪(SQUID)已检测到人类听觉刺激诱发的伽玛频段的电磁振荡。美国学者希尔(Sheer)在自发脑电研究中观察到当被试者从事猜字谜等智力活动时,其脑电功率谱中 40 赫成分显著升高。这些研究促使我们设想在人类头皮直接检测 40 赫同步振荡。可以设计一种交替表现为一个或两个物体的图像(或应用知觉实验中类似“花瓶—人脸”一样的交变图),呈现给被试者,同时监测头皮各部位的脑电活动是否按照被试者对图像的不同理解而产生或退出同步活动,试探有无对应的特定的脑电模式。当然这些无损伤检测方法的应用尚有一些技术难题需要解决,例如进一步提高空间分辨率和事件相关电位的单次提取问题。现在已有一些新的处理方法陆续提出(如 ARMA 和神经网络等)。今后随着时空分辨率的不断提高,神经影像学的方法,如单光子发射断层成像(PET)和功能核磁共振(MRI)等在人类意识及思维研究中也发挥日益重要的作用。

综上所述,在正确的哲学思维指导下,实验科学的方法完全可以在意识的研究中占据基础性的一席并不断地取得进展,而且人类终将能深刻地而不是肤浅地认识自身及其意识。

(责任编辑 蔡德诚)

科技动态

美国将研制高温超导输电电缆

[本刊讯]据英刊《新科学家》1994 年 10 月 29 日报道:研制和试验由高温超导体制成的电力电缆将在美国的一项为期 4 年的研究计划中付于实施。投资 580 万美元制造原型电缆的计划将由美国能源部、Pirelli 电缆公司、美国超导公司和美国电力公司联合企业等几个部门联合完成。

合作者们将研制陶瓷超导体,其工作温度要比金属

基超导体高得多,故而在长期使用时更廉价。美国能源部还资助一些研究小组开发用于发动机、发电机和电源限幅器的高温超导体。

美国超导公司负责制造电缆,Pirelli 电缆公司负责并入地下电缆,将用液氮使电缆温度冷却到超导温度。

第一阶段将建成一条 30 米长的电缆,1995 年进行试验。到 1997 年,研究小组计划通过 100 米长的地下电缆输送三相电力,期望其输电能力是同样规格铜电缆的 5 倍,而电力损失较小。工程师们希望到 90 年代末超导技术将走向商业化。

(肖庆山)