

认知神经科学研究及其哲学意义

殷筱

(华中师范大学政法学院, 湖北 武汉 430079)

摘要:认知神经科学是目前国内外倍受关注的科学分支,它立足于功能定位理论与神经元理论,试图揭开人类认知活动的脑机制之谜。认知神经科学在一系列认知领域的研究已取得了显著进展,但仍存在着诸多悬而未决的难题。本文在概述这一学科的形成发展过程、主要成就的基础上,从心灵哲学的视角探讨了它的理论价值及其对心身问题的解决所具有的重要意义。

关键词:认知神经科学;心灵哲学;心身问题

中图分类号:B84-06 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-2456(2001)06-0014-05

大脑的秘密像一股魔力吸引着从古至今众多哲学家和科学家探索的目光。在20世纪的最后10年里,欧美掀起的认知神经科学研究热潮再次把目光投向了这一“黑箱”。这个科学家们的新宠试图利用认知科学和神经科学的新方法、新技术揭开人类认知活动的脑机制,弄清人类大脑如何调用其各层次上的组件,包括分子、细胞、脑组织区和全脑去实现自己的认知活动。尽管该学科的研究才刚刚起步,但业已显示出十分诱人的前景。国内对此问题的研究也方兴未艾。本文拟在吸取前人研究成果的基础上,从哲学的视角对认知神经科学的学科起源、研究现状及其存在的问题和研究前景作一些初浅的探索,以期抛砖引玉,能够引起国内学人对此投入更多的关注。

一

据说“认知神经科学”这一术语是在20世纪70年代由乔治·A·米勒——现代认知学之父和米歇尔·加扎尼加共同创造的。但是,认知神经科学成为倍受关注的科学分支不过是最近10年的事情。它是认知科学之父和神经科学之母共同孕育的一朵科学奇葩。

20世纪90年代,认知科学理论发展对这一命题的迫切需要和神经科学的巨大成果使科学家们着手探索人类认知活动的脑机制成为可能。“认知科学的核心学科分支——认知心理学、心理语言

学、人工智能和人工神经网络的研究,都发现在自己的研究领域内出现许多难点,必须在人脑认知活动机制中寻求答案……人类社会对智能信息系统越来越高的需求和遇到的技术难题之间的尖锐矛盾,正是认知科学迫切希望有一个新生儿在未来继承自己未竟的事业。”^{[1][p2]}另一方面,神经科学在过去的二三十年中取得了巨大的进展。比如生物医学构像技术的运用和分子神经生物学和细胞神经科学的发展,为人脑认知障碍和动物认知行为提供脑内机制的许多科学数据,这些都使神经科学有资格孕育一个径直研究认知活动脑机制的新学科。

认知科学的迫切需要和神经科学的巨大发展催生了认知神经科学。但认知神经科学之所以能够成为一个独立的科学分支,科学家们之所以能够着手探索人类认知活动的脑机制,主要得益于认知科学和神经科学领域里的两大理论——功能定位理论和神经元理论的提出和发展。

(一)功能定位理论

心理功能的物理源头的定位是认知神经科学的一个核心问题。在古代,先哲们很形象地将大脑比作智力的宅邸,但直到18世纪后期,很少有人将特定的心理功能定位到特定的大脑区域。而只有当时的解剖学家弗朗茨·约瑟夫·盖尔解除了对骨相学的束缚,使骨相学将注意力集中在大脑

收稿日期:2001-09-19

作者简介:殷筱(1972—),女,湖北仙桃人,华中师范大学政法学院讲师,主要从事心灵哲学研究。

皮层,并将功能定位的论题带入了19世纪。直到1861年,P.布洛克指出,对位于左额叶的“语言中枢”的破坏将导致语言功能的丧失,从而在科学史上第一次对大脑皮层的功能定位作出了明确的论述。20世纪,人们又运用“缺损法”和“刺激法”来论证功能定位理论,进一步揭示了心理活动的脑解剖学和生理学基础。1973年,俄国科学家卢里亚发表《神经心理学原理》一书,总结了他对二战遗留的大量脑外伤病人所做的研究工作,明确强调了大脑和认知功能以及复杂行为之间的联系。此后,神经心理学和功能定位理论在世界上受到了普遍的重视,各种成果相继问世,从而为当代认知神经科学的研究奠定了良好的基础。

(二)神经元理论

神经元理论认为,神经元是特化的细胞类型,是神经系统功能的基本单元。这是现代认知神经科学的主要基础之一。该理论正式为人们所接受,应归功于C·高尔基。1873年,他发明了硝酸银浸染法,用来有选择地标记单个神经元,使得细胞运动的形象化成为可能,并使不同类型的神经元能够彼此区别开来。1887年,西班牙科学家卡雅运用这一方法,初步证实了纤维末梢与其他神经细胞之间存在着非偶然联系方式,但在接触点上不存在原生质的连续体;并且指出,细胞可在接触点(即突触)上互相影响,从而否定了与神经元学说相对立的网状理论(认为脑内过程是原生质的连续变化),这对于神经元理论的发展具有极为重要的意义。1921年,奥托·洛伊又进一步证实了突触之间信息传达的化学方式。随后几十年对突触以化学方式传达信息的机能的研究取得了重大突破,包括通过受体激活发现了先前假想存在的神经元传送体及其活动机能、通过释放神经元传送体而对分子活动的揭示,这些为解释神经元计算和存储外界信息的方式提供了很好的基础。

随着神经元标识技术的出现,细胞结构学和神经束勾绘技术的发展成为可能。前者通过大脑外皮层毗邻区域的细胞形态来识别功能特性的替补方式,其发展进一步加强了功能定位主义的观点;后者则通过特化组织浸染技术揭示了不同大脑区域之间以及大脑区域内部的联系方式,这对于我们理解大脑信息流动与管理方式大有裨益。

此外,神经元理论还为理解神经细胞通过其电学属性而描绘的信息扫清了道路——这已成为当代认知神经科学的基石。神经组织的电学属性早在19世纪初就已众所周知,19世纪末,杜波伊

斯·雷蒙德等人证实了神经组织(神经传导)中电学潜能的扩散机能、神经膜在维持并传导电荷(负电波)的过程中所承担的角色以及传导速率。20世纪20年代,洛德·亚德里安又运用新型阴极射线管和增强技术,发展了记录单个神经元“活动”潜能的手段,通过该手段,他发现了通过活动潜能所进行的神经传导的“全或无的属性”,并证实活动潜能的频率就是神经元所传导信息的通过时间。1947年,芬兰生理学家R.格拉尼特直接将电极置于皮肤表面来记录神经元活动(通过该方法,格拉尼特发现了视网膜电图或称ERG,它能反映视网膜中大范围的神经细胞活动),从而最终导致了研究大脑活动的非损伤方法的建立,成为当代认知神经科学实验研究中最主要的手段之一。

随着单个神经细胞记录和大范围电生理学技术的掌握,20世纪中叶,对哺乳动物的单个神经元的研 究导致了“中心—外围感觉领域”概念的发展,并突出了空间对比检测在早期视觉中的关键角色,进而发现了对行为上意义重大的感觉传入的神经元“特征检测器”。这些研究成果大大地推动了当代认知神经科学的发展。

二

20世纪90年代,认知神经科学采用一系列新的实验工具和方法——尤其是单细胞电生理学、功能性脑成像、分子遗传学控制和神经元运算等等,在下述几个方面取得了很大的进展。

(一)感觉

感觉在当代认知神经科学中得到了最为深入的研究。而大脑皮层在过去40余年一直是感觉研究的主要焦点之一。随着各种先进技术应用到对大脑皮层的“视觉解剖学和生理学”研究,它们与感觉经验的关系得到了进一步的理解,并出现了几种一般性原理:

感受野 在外周感官系统存在若干不同类型的感受器,当感受野(感受器的效应范围)的一部分受到刺激时,会诱发神经电学状态的变化。一般认为,感受野就是对感觉神经元过滤属性的描述,这些属性通常是多维的,它包含对物理刺激的空间位置、强度和频率之类参变量的选择性。感受野的特征将有助于理解大脑所描述的信息,并证实神经元在特定的知觉和认知功能中的作用。

对比探测 通过感受野所实现的基本感觉作用,是探测即时信号的空间与时间变化。感觉神经元始终都在作迅速的调整,其结果是可论证的感

觉丧失。另一方面,沿感觉维度的反差标志着外界的变化,将会反过来推动行动。

地形编织 对感受野内活性空间形式的描述是视觉、听觉和触觉感官的一个关键特征,这符合局部运功导航和对象识别的行为目标,这些描述部分是通过在地形图上神经元图的识别来完成的。研究发现,在视觉系统中,视网膜在丘脑后部膝状核上的投射具有很强的空间秩序,这表明,与空间上毗邻的感受野相应,大脑中的神经元也是一个个紧邻的。在主要的视觉皮层和若干连续高级处理中可以见到类似的视觉局域地图。相对于视觉区而言,这些地图通常被曲解,使得描述视觉区中部的神经元数量大大超过了那些描述视觉末梢的数量。

模块和柱状组织 在感觉新皮质中,模块和柱体构成了其功能组织的基础。在 20 世纪 70~80 年代,出现了将感觉皮质尤其是视觉皮质再分成不同的功能模块的技术手段。有证据显示,猴子的视觉皮质就是由 30 个以上这样的部位组成,包括 V1、V2、V3、V4 和 MT(运动传导区)等,各种较大运算就是再分给这些功能模块来处理的。但到目前为止,对大部分皮质视觉区的功能还所知甚少。

分级处理 在对信息的运算方面,神经系统一个恒定的组织特征是多级运算阶段的存在,因此所输入的感觉信息被以越来越复杂或抽象的形式描述。比如,在视觉系统中,物理刺激传导之后第一阶段的处理是对光亮强度作出简单抽象,即对光亮作对比描述;而在视觉图像处理路径的顶端——颞下视觉区,独特的神经元将复杂的、行为上重要的对象,如面貌等,译成电码。

并行处理 除分级处理外,视觉系统还以并行方式组织。不同类型的输入信息经过大量的“视觉处理层流”疏导,使每一个输出信号具有唯一的意义。这些疏导方式中最显著的就是到不同大脑区的视网膜投射——包括基因条纹投射和经过大脑上丘的视网膜投射,后者已被证实定位反应、视觉运动控制和多重感觉整合中发挥着作用。

(二) 知觉

知觉所反应的是感知者从感觉经验中提取涵义的能力。我们可以根据内部表征的本质将感觉与知觉区别开来:前者将近侧感觉刺激(比如视网膜图象)的物理属性译成电码,后者反映的是引发感觉刺激(如视觉刺激)的世界。由于感觉和知觉活动之间的映射从来就不是唯一的——多种景象

能够产生相同的视网膜图象——知觉必然只是关于感觉的可能原因的一种推测。

理解感觉神经元所描述信息的标准方法,是考察神经元感应的特征和感觉刺激的某种物理参数(如光线的波长)之间的相互关系。在过去 30 余年中,单神经元记录方法与视觉心理物理学的结合产生了认知神经科学的主要实验范例之一,它使得根据感觉神经元的辨别力解释某项知觉任务在行为上的执行成为可能。20 世纪 60 年代,芒卡斯尔在研究中直接将行为辩识的阈值与相同刺激方向的神经元阈值相比较。此后,科学家们运用先进的检测手段,来测量行为和神经元活动,并进行神经元知觉的比较,业已获得了关于知觉辨别力的神经元基质的有力证据。

研究还发现,在感觉活动与知觉经验之间存在着一种不确定性,这种不确定性通常以两种形式出现:单一感觉活动引出多种不同知觉即“知觉亚稳定性”;多种感觉活动引出相同的知觉状态即“感觉同义性”。这两种情况非常普遍,而第二种则更为常见,又被称为知觉恒定性,它反映了感觉系统在行为上对外界重要属性的重构,尽管这些属性沿着不相关的维度在变化。尺寸恒定性——所察觉的某个物体尺寸在不同视网膜大小上的不变性,以及光亮或颜色的恒定性——在不同照明条件下所察觉的反射或外观颜色的不变性,就是经典例子。知觉恒定性具有重要意义,它暗示了在特定图象变化下的一个潜在的神经元的不变性。

关于知觉解释的阶段,实验证明,在从感觉信息中提取涵义的路径上存在多级步骤。就视觉而言,感觉通常是与“早期”或“低级处理”相一致的,另外两个步骤是:(1)中级视觉处理,包括对环境外观的空间联系的重构。它依赖于近侧感觉背景,而不是先前的经验。中级视觉使得感觉经验开始具有某些涵义。(2)高级视觉处理,其界限非常宽泛,但在对感觉活动的涵义进行陈述——即在关于外界的先验经验基础之上的识别和分级时,有很大的跳跃性。与情感陈述和语义描述一样,对客体的认知就是通过这种处理形成的。该阶段就在感觉处理和记忆中起着桥梁的作用。对灵长类的研究已证实,颞叶对于高级知觉解释是一个至关重要的区域。

(三) 运动控制

感觉信息的输入最终将导致行为,反过来,行为的实施通常又是为了获取进一步的感觉信息。目前,越来越多的观点认为感觉处理和运动控制

是同一过程的不同阶段。从感觉处理到运动控制的转变过程包括空间描述从感受野的坐标系转到行动的坐标系的过程以及神经元联系感觉和行动的过程,其中后者是可以调整的,以便使“运动学习”成为可能并对运动器官衰减的感觉变化和结构变化作出应对。现已发现,专于运动控制的大脑组织包括:部分大脑皮层,该部分有助于对随意运动作出精确控制;上丘,负责感觉运动的整合、定向反应以及视觉运动控制;此外还有大量脑干运动细胞核,它们将运动信号传送到效应器。

(四)记忆

对外界信息进行储存并在需要时予以恢复的神经元机制是现代认知神经科学研究的核心问题之一,而记忆则是二者中的关键,因为它约束并决定了大脑信息处理的几乎每一个方面,包括知觉、决定、运动控制、情感以及意识等。同时,根据这些外界信息与其他认知功能的联系、它们被译成代码并在各种环境中的有效性和寿命等,记忆又可分成不同类别。随着技术的发展,人们还发现,记忆的长期增效和长期抑制现象与突触功效的变化有关,对不同皮层组织(或基质)及其次区域或突触的破坏会产生不同的记忆损伤后果。

(五)语言

按照生物学的观点,语言是大脑最早的认知功能之一,而左右半球对语言的产生和理解的作用是不对称的。研究进一步发现,语言的不同方面,依赖于不同的、专门的神经结构;此外,研究还表明“感觉通路神经”区是存在的,它们在语言通过任意感觉通路而被处理时是具有活性的。而关于左右半球的不对称性,有证据显示,左半球能够单独促进语言及其形式和感觉通路的发展——如果在孩提时代对语言加以学习的话。反过来,所学语言的性质又有助于大脑语言系统的形成。研究还发现,语言的发展在某种程度上是无序的,这种无序可能单独出现,也可能由于对语言认知与调节极为重要的某种能力上的缺陷而产生。

(六)意识

意识是我们对外部世界、我们自己的身体及心理过程体验的整合,它依赖于遍布前脑的神经网络中的局部电化学变化,由在很宽的时间段内、广泛分布于大脑皮层的激活表征所产生。研究发现,在大脑皮层中优势兴奋灶的不断更替决定了意识的内容,前额叶损伤患者会因为缺乏抑制能力和对新事物的检测能力而导致注意力分散、注意损伤和时间编码的障碍,这表明有意识评价和

调节行为的“延时”能力依赖于前额叶皮层。对于意识与记忆、行为的关系,通过对海马的研究发现,海马只对有意识的事件进行编码,而对无意识的事件不予编码。海马及其相连的记忆结构把控制意识的各种神经元连接或整合成为一个记忆的痕迹,在提取信息时,意识随着记忆痕迹中的其他信息一起被提取出来。那些不由海马结构控制的记忆,由于内部结构的关系,不能把意识与记忆连接在一起,这些结构能够随经验而改变,从而影响着人的行为,但不能引起有意识的回忆。但是,意识是为某些神经元所具有、还是为一个神经元子集中瞬现的活动形式所具有,尚待进一步研究。

三

综上所述,随着无创伤性脑功能成像技术和认知生理心理学研究方法的广泛运用,认知神经科学业已取得了显著的成就。但是,由于受到人脑高度的精密性与复杂性,认知神经科学仍然面临着许多不解的难题。

作为基本的理论立足点,当代认知神经科学在阐明认知过程的脑机制中,存在着多元化的理论观点,有些可分别用于分析不同层次的机制中,它们之间并无根本对立或排他性;但有些理论观点则很难相容,比如,在该学科发展过程中,不断出现脑功能定位论和等位论的矛盾观点。尽管功能定位论已越来越多地为人们所接受,但从脑区到脑细胞水平,乃至神经信息传递的分子神经生物机制中,对某些悬而未决的问题仍存在着特异的定位观点或非特异的等位观点。因此,如何建立统一的认知神经科学理论是今后认知神经科学发展的重大问题。此外,还有大量的具体问题有待于认知神经科学的进一步发展。比如,对枕颞皮层区的前向、后向和局部联系及其交互作用的功能、在对客体完整的识别和辨别中,腹侧通路皮层区和部分其他结构之间的功能关系以及这些皮层区中的神经细胞如何参与客体识别等问题至今还很难作出解释。再如为什么会有意识?意识如何得到对它的体验、如何获得它正在意识到的东西等问题,都是今后认知神经科学将要面临的巨大挑战。

认知神经科学面临着众多悬而未决的问题,但仍展示出了十分诱人的前景。如它对于意识的分类、意识的模型以及意识的本质等问题的探讨,必将大大推动心灵哲学中意识问题的研究。

(1) 认知神经科学认为意识的概念还是一个不完整的、模糊的概念。但是目前我们可以根据已

经掌握的材料把意识分为三个大类:有意识的觉察、较高级的官能和意识状态。每一个大类又可以分成若干个亚类,如意识觉察可分为概括性觉察、元认知觉察和有意识回忆,较高级的官能可分为注意、推理和自我控制,意识状态又可分为有意识的和无意识的、综合性调节和可感受的特性。然后,对每一个大类和该大类所包含的亚类进行实证研究。随着对意识的各个类别和亚类的研究的深入,一个完整而清晰的“意识”概念就会呈现在人们面前。这样一种思路是符合概念演化标准的。同时,也使我们在对意识的研究中避免泛泛地讨论“意识”一词。

(2)关于意识的模型即脑内是串行还是并行的问题,传统的以大脑为中心的串行层次模型受到了现代认知神经科学的严峻挑战。现代认知神经科学研究表明,许多表征以并行方式被激活,其中一些被激活的表征由于皮层内部的双向相互作用而形成一个优势兴奋灶,这种兴奋灶不断地形成就决定了意识的内容。也就是说,“意识的神经心理学基础将不会建立在单向作用的脑模式上,而会建立在表征的相互作用的模式上。”^[1](p769-776)]

(3)认知神经科学还探讨了有关意识本质的几个问题。第一,对意识加工过程的觉知问题,认知神经科学认为我们不能像觉知到加工的产物那样也觉知到加工的过程,即使能够觉知,也是很少的。第二,意识经验是否有局限性?答案是肯定的。意识经验受到材料本身的特性、人们能将竞争的信息分离开来的程度、他们的知觉和注意的技能以及他们投入当前作业的努力和内在加工过程的自动化特性等的限制。第三,意识能否超越外界给予的信息的问题。认知神经科学认为有意识觉知不是世界的直接反映。不仅意识的局限迫使人们去选择他们想注意的东西,而且心理过程的建构

本身也使得人们可以超越外界所给予的信息而觉知到刺激中所没有的东西。第四,哪些东西和多少东西可以得到无意识的加工?少数认知神经科学家和弗洛伊德一样认为无意识具有意义水平的加工,而大多数的认知神经科学家却认为无意识加工只限于低层次的分析,无意识不能进行意义水平的加工。第五,是什么指引无意识加工?认知神经科学认为人们试图完成的目标(任务)指引着无意识加工。第六,无意识是否影响行为?答案是肯定的,无意识的浅层加工限制了无意识加工对有意意识行为的影响。认知神经科学对于人类认知活动中最为复杂的意识问题的专注和研究,使得最终揭开人类意识之谜不再成为幻想。

此外,认知神经科学关于认知活动的脑机制的探索,将有助于传统的心身问题的解决。在对心身问题的众多解决方案中,有一种主张全面的还原,美国哲学家、认知心理学家 P. M. 丘奇兰德和 P. S. 丘奇兰德即执此种观点。他们认为心身问题中的一个主要问题是:是否可能找到心理现象的神经机制、能否对心理过程作出神经生物学的说明。他们对此给予了肯定的回答,并指出,在神经科学充分发展的基础上,心理现象和心理过程最终都可还原为神经生理现象和过程。因此主张将我们通常所说的心理现象、状态、事件和过程还原为大脑中的神经生理现象、状态、事件和过程。展现在我们面前的认知神经科学似乎正沿着这个方向在前进。如果真如认知神经科学家们所预期的那样,人类的认知活动都能找到对应的脑机制,那么心身问题的真正解决就并不遥远了。

[参考文献]

- [1] 加扎尼加. 认知神经科学[M]. 沈政等译. 上海:上海教育出版社,1998.

[责任编辑] 陈银娥

The Study of Cognitive Neuroscience and Its Philosophical Significance

YIN Xiao

(College of Political and Law, Central China Normal University, Wuhan 430079, China)

Abstract: As a scientific branch with redoubled attention, Cognitive Neuroscience is based on the theory of Functional Location and Neuron Doctrine and is trying to reveal the secrets of the cognitional mechanism in the human brain. Although a great progress in a series of cognitive fields has been made, many difficult problems are still unresolved. The paper summerizes the formation and major achievements of this subject, and also, from the angle of Philosophy of Mind, it makes an inquiry into the subject's theoretical significance for mind-body problem.

Key words: Cognitive Neuroscience; Philosophy of Mind; Mind-body problem