

# 大脑两半球在信息处理上的异同及其他(下)

## Differences between Brain's Two Hemispheres in the Information Process

汪云九

(中国科学院生物物理所, 研究员 北京 100101)

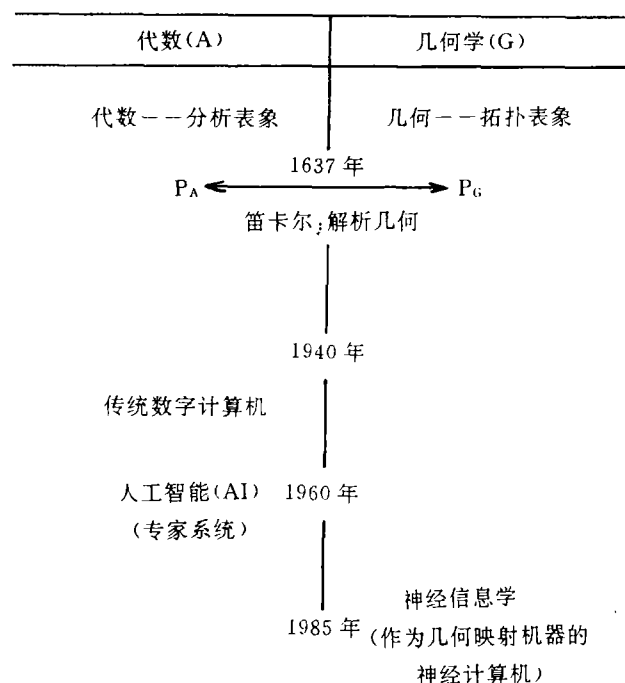
### 数学和右脑计算机

按恩格斯的提法,数学是研究客观世界中数量关系和空间形式的科学。当然数和形不能绝然分开,但在具体问题上有侧重。纵观数学发展史,粗线条来看,数学是由两大分支派生出来的。一支是代数—分析数学(AAM),另一支是几何—拓扑数学(GTM)。前者研究数量关系而后者研究空间形式,两者似乎是各自独立地发展的,到了16世纪,笛卡尔建立坐标系,用方程式描述几何形体,创立解析几何学,开始把这两大分支有机地联系起来。现代数学中,这两大支之间的交互影响越来越大(表2),也越来越不可分割了。数学虽是研究客观世界中的数和形的科学,但不是物质世界的简单反映,而是人脑创造性思维的产物。欧洲神经网络协会主席Eckmiller认为:大脑本身记录了客观世界中(包括数量和形状)的一些规律和法则,这些规律和法则最终形成数学这一门学科。客观世界中的问题和过程可用代数—分析数学(AAM)来表达,也可用几何—拓扑数学(GTM)来表达。对许多问题,这二种表达可以互相转换,是等价的。也有专家认为二者之间能否互相转换还有疑问。但是,学术界对于这一点看法基本上是一致的:即凡是用AAM表达的问题,用数学计算机都可以模拟和求出解答来;反之,用GTM表达的问题,如拓扑连通问题,用现有的数学机求解却相当困难。同时,人的神经系统的认知和控制功能,如模式识别、机器人控制等,现在还没有一种AAM工具能够简单地加以形式化、数学化。认知科学家、人工智能专家以及脑科学研究发现,神经系统驾轻就熟的这类功能都是在高度平行的、动态的、多层网络中用拓扑映射和交换方式来实现的。而这种拓扑映射方法是动物神经系统长期进化和个体学习的结果。这类功能看来使用GTM表达法比较合适。对人类来说拓扑这一功能

也是右脑的专长。研究这类问题的科学称为神经信息学(Neuroinformatics)。实现这类功能的机器称为几何映射机。但是,恰当描述这一类功能的数学现在还没有正式形成。Eckmiller建议发展神经信息学的几何—拓扑数学理论。陈霖与笔者在1983年用心理物理实验证明视觉系统具有识别图形拓扑性质的自发功能,并试图用容限空间的数学工具加以说明。陈霖在此方向上发展了一种视觉感知的拓扑理论。笔者所在研究组把初级视觉看作一种多层次网络中的信息处理过程,提出用一族广义Gabor函数描述空间变换的核函数,而Gabor函数是近年来日益引人瞩目的子波变换中的一类优良母函数。

表2 数学以及相应的信息技术发展史

(引自 Eckmiller 的观点)



在神经计算机发展中起开创性作用的美国理论物理学家 Hopfield 认为:应当把计算

(Computational)一词的含义推广,不应单指用公式符号表达的数值计算,而应当把一切物理过程都理解为一种计算。这一观点实际上把过程、信息等都包括在计算范畴之内。这样对新近文献中出现的计算视觉、计算神经科学等名词,就会容易接受了。显然,在Hopfield含义下的计算,包括早期的模拟计算机和现在发展起来的神经计算机,右脑专长的空间和图象信息的处理也是一种计算。

人类设计和创造学习机的早期就十分重视对几何图形的识别和学习功能。1943年McCulloch和Pitts提出的神经网络模型(M-P模型),与当时冯纽曼设计的数学机就有许多原则的差别。冯纽曼设计思想是中央控制器指挥下的单输入的序列信息加工,而M-P模型则是研究多输入平行信息在系统内部的表达。50年代末到60年代初Rosenblatt设计的感知机,实质上是一个可学习的平行信息处理的网络系统。大多数感知机模型都用图形、文字符号作为学习对象。从这个意义上说,感知机是右脑功能的模型。国际人工智能权威Minsky从数学上论证了感知机的学习能力,指出单层感知机在图形认知上能力的局限性。这种局限性的结论后来曾一度导致对人工神经网络系统研究产生不利影响。Minsky在《Perceptron》一书的再版序言中为此做了一些解释。他指出感知机的数学是计算几何学,与Eckmiller的提法有类似之处。他还对大脑的思维方式列出一个表来(表3)。以示感知机与传递的人工智能研究的差别。

到了80年代中后期发展起来的神经网络计算机,更着重于信息的平行加工和分布式存储,其重点与右脑的专长相吻合,因此有的刊物上把神经计算机干脆称为右脑计算机。

表3 思维的两类策略

(引自M.L.Minsky:《Perceptron》一书)

|      |       |
|------|-------|
| 符号化的 | 联结主义的 |
| 逻辑的  | 模拟的   |
| 序列的  | 平行的   |
| 离散的  | 连续的   |
| 局域化的 | 分布式的  |
| 层次式的 | 非层次式的 |
| ↓    | ↓     |
| 左脑化的 | 右脑化的  |

但是,大脑中的信息处理方式究竟是平行的还是串行的,争论仍在继续。这两种方式如何相辅相成,仍在探索之中。诺贝尔奖获得者人工智能专家Simon在日本五代机试制国际专家评议会上提出:注意、决策、判断等思维过程肯定是串行进行的,而视觉听觉、运动控制等过程是平行处理的,并幽默地告诫说:当你驱车穿过交叉路口时,千万集中注意力,不要再闲聊了。

## 形象思维、开发右脑及其他

思维是认知科学研究的重点之一。钱学森认为思维分三种:抽象(逻辑)思维、形状(直觉)思维和灵感(顿悟)思维。其中抽象思维与语言有着密切关系。有的语言学家认为思维是无声的语言,也有人认为语言是思维的外壳,他们都强调语言的作用。抽象思维中某些部分可以用数学工具(如数理逻辑)加以表述,因此可以在数字计算机中实现。当代人工智能的发展主要依靠抽象思维的形式化。钱学森呼吁加以重视的后两种思维规律,现在却了解得很少。但是,在进行形象思维时使用图象、情景、形体等信息表象是毫无疑问的。值得注意的是不少伟大的科学家在进行创造性思维时,常常以直观的形象在头脑中突显出来。据科学史记载,爱因斯坦在回答哈达马德(Hadamard)的信中说:“在我的思维机构中,书面的或口头的文字似乎不起任何作用。作为思想元素的心理的东西是一些记号和有一定明晰程度的意象,它们可以由我随意地再生和组合。这种组合活动似乎是创造性思维的主要形式。上述的这些元素就我来说是视觉的,有时也有动觉。”而用图象进行思维是右脑的专长,所以有的科学家认为右脑虽然“哑”但却是具有创造性思维的大脑半球。

思维过程中必然牵涉到信息的处理、比较和存储。现代心理学研究发现,人的记忆分成两大类,一类是所谓陈述性记忆(Declarative memory),记忆的对象是事物的名称、语言符号等信息;另一类是技巧性记忆或过程性(Procedural)记忆,如骑车、弹钢琴、游泳等。这两类记忆都需要经过学习才能记住,但是第一类记忆容易遗忘,需要不时强化,而第二类记忆一旦学会以后终生难忘。一个人学会骑自行车后,即使几年不骑,到时抓过来很快就能上路。第一类记忆显然与左脑语言区有密切关系,而技巧性记忆与躯体运动和三维空间的定位有密切关系,因此右脑积极参与其间也是毫无问题的。90年代前后国际上对视皮层记录到的40赫兹同步振荡很感兴趣,推测视皮层上不同神经元间的相互通讯可能使用这种频率的信号进行联络。研究听觉在短时记忆容量时,心理学家发现,有魔数七的限制(即,人的短时记忆信息量为 $7 \pm 2$ 个信息组块),而视觉似乎没有这种限制。据估计,视听在感觉上的差别,人的思维规律的不同和记忆方式的分类,都与大脑中神经结构、参与部位、信息表达,乃至分子物质基础等方面有密切关系。

言语文字对人类社会的发展起着直观重要的作用。因此教育工作中特别注重读书写字的训练,然后加强数理化等专业知识的学习。学校教育在培

养思维方法上也着重训练逻辑思维。在西方国家如果孩子言语能力较差,常为家庭、学校乃至社会所歧视。诵读困难的儿童被看作智能上残疾者。公众领袖人物,政界要员个个都口才雄辩,出口成章。实际上这是人类对自己左脑的偏爱,对右脑的误解。上面已举出一些例子说明右脑在进行创造性思维时的天才作用。可惜因为右脑是“哑脑”,不易于显露出潜在的特定功能而被人类自己所忽视。有鉴于此,教育界中的有识之士呼吁要锻炼和开发右脑的智力,培养象达芬奇那样兼有科学家和艺术家才能的全面发展人才。日本品川嘉也教授竭力提倡加强右脑的使用和开发。国内已翻译出版了他的三本著作。他认为,应从幼儿开始加强右脑的训练,设计一系列的方法来贯彻这种教育,然后在中小学中深化这种教育。他还提出“左脑型的人今后将会被淘汰”,“不会使用右脑的人将被计算机取代”……等等引人注目的论点。前些年我国教育方法也有所偏颇,只重视语文和数理化,而绘画、手工、体育、音乐、制图等科目成为可有可无的陪衬。从神经生理的角度看,这种教学方式只能使右脑得不到充分的训练,忽视右脑形象思维和创造性思维的发展。这也许是我国近半个世纪以来在科学和艺术上没有产生世界性伟人的因素之一。

汉字是象形文字,中国的文化是建立在中国文字的基础上的。在中文的学习和使用过程中比拼音文字更多地调动和涉及到右脑的功能。国人从小用筷子吃饭,用毛笔写字,需要手的精巧动作和许多肌肉的协调配合。这样既直接训练了右脑的运动和感觉皮层,又由于汉字的认知和写作而调动了右脑的空间定位、整体概念和图像认识能力。所以,从文字的角度讲,中国人比起使用拼音文字的民族来说,大脑受到更多的训练。拼音文字容易实现机械化,也好实现输入计算机。中国的文字工作者曾一度呼吁汉字拼音化。80年代中后期一批汉字输入软、硬件的推出,汉字输入计算机的速度大大提高,有的甚至超过英文。这样一来,古老的中国文化就能够与现代信息技术接轨,在今后的文化发展史上将会如虎添翼。

从认识论的哲学观点来看,以中国为代表的东方思想更偏重于整体论(Holism),西方文明偏重于分析方法。诺贝尔奖获得者普利高津几次来华演讲

中都提到这一点。西方科学家依据实验,使用分析方法,寻求事物的深层次的原因,推断下一步的发展趋向。这在认识论上称为“还原论”(reductionism)。还原论在人类的认识发展史上确实起过重大作用。但是,世间事物是复杂的,许多事务需要用系统论、整体论加以解释。而从思维的规律的角度来看,左脑擅长使用言语、逻辑的分析性思维,而右脑擅长使用图象、景物和事物关系的整体性思维。所以,在有的文献中认为东方文明建立在右脑上,而西方文明建立在左脑上。这种说法当然过于简单化。不过在认识客观事物过程中,整体论与还原论、分析和综合应当相辅相成。实际上,大脑左右两半球也一定是协调起来工作的。斯佩利在获诺贝尔奖时,难怪他所在大学的校长向他发的贺信中幽默地说“谨向阁下大脑左右两半球一并致贺”。

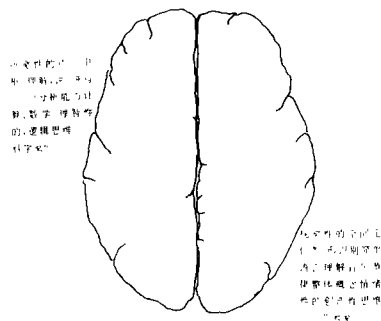


图5 左右两半球在感知、认知能力上的不同特长和风格

## 结 论

大脑两半球在结构和功能上虽有差异,但统一于同一个个体之中。它们是在适应客观世界不同信息源的环境中发展起来的。两半球在接受、处理和存储信息中具有各自的风格和特色,但又互相配合和依存。大脑两半球在信息处理上的差别,对计算机的设计无疑是有启发的。在教育和人才培养方面必须考虑到这些重要因素。大脑的结构和功能是社会文明的产物,反过来对文明的发展起着极其重要的作用。  
(责任编辑 蔡德诚)

(上接第19页)

需。世界多晶硅生产能力约10 000吨,我国仅100吨左右,预计“八五”期间,多晶硅改造工程投产后可达到180~220吨,比国外一个厂的产能都小,如德国瓦克化学电子公司的多晶硅年产量为3 000

吨。因此可先建一个年产200吨多晶硅的工厂,以满足国内单晶硅生产厂的急需,然后至少应发展成1 000吨级的大厂,非此不能缓解我国硅单晶生产原料短缺的困难。  
(责任编辑 刘先曙)