

乔姆斯基语言心智理论中的计算主义思想： 源头、实质与影响

李曙光

〔摘要〕 计算主义是20世纪中期在理性主义哲学传统、图灵机模型以及计算机科学基础上形成的一股心智哲学思潮,其核心观点是把认知过程理解为图灵可计算函数的算法执行过程。受此影响,乔姆斯基在理性主义心智天赋论框架内吸收现代科学发展成果,创立了生成语言学理论用以刻画人类关键的认知能力——语言能力,有力推动了认知心理学乃至整个认知科学的发展。生成语言学究其本质而言,是一种有关人类语言心智的计算理论,强调语言计算的人类以及领域专属性,主张自然主义一元论,反对将语言心智还原为我们目前已知的物理、化学以及生物过程。这一思想虽不乏争议,但在计算主义背景下考察其来源、实质及影响,对于我们深入理解当下认知心理学、脑神经科学以及人工智能等领域的发展有着重要的意义。

〔关键词〕 乔姆斯基;语言心智计算理论;理性主义;认知科学

计算主义是一种关于心智或认知的理论,其基本思想为:心理状态以及心理过程实质上是计算状态与计算过程;换言之,认知就是计算。(程炼,2007)心智的计算主义思想虽然最远可以追溯到古希腊哲学家毕达哥拉斯与柏拉图,后经近代哲学家笛卡尔、莱布尼茨等人进一步发展,但计算主义真正得以确立却是20世纪中期不同学科领域互动协作产生的成果,从而成为深刻影响当代包含心理学、人工智能以及脑科学在内的大认知科学发展的一个重要思想。(李健会、赵小军、符征,2016,第29—53页)

众所周知,当代认知科学虽是语言学、人类学、计算机科学以及脑神经科学等不同学科互动助推并且相互整合的结果,但首先发轫于心理学。(Boden,2006,p. 282)心理学之所以能够成为认知科学发展的策源地,主要是因为它于20世纪50年代率先将自身从行为主义的桎梏中解放出来,让一度被排除在所谓“科学心理学”之外的人类心智与认知问题重新回归心理学家的视野,从而人们“不再为谈论‘心智’‘期待’‘知觉’‘记忆’等词语而感到害怕”。(Miller,2003,p. 142)在心理学从行为主义转向认知主义的过程中,生成语言学理论的创立者诺姆·乔姆斯基(Noam Chomsky)发挥了不可忽视的作用,他为斯金纳《言语行为》一书所做的长篇书评,被著名心理学史专家托马斯·H. 黎黑(Thomas H. Leahey)视为“华生行为主义宣言发表之后最有影响力的心理学文献”。(Leahey,1992,p. 418)

李曙光,文学博士,南京师范大学外国语学院教授(南京210097)。

尽管乔姆斯基在认知心理学发展史上的地位似乎已经获得了充分的肯定,然而无论国内还是国外,鲜有学者关注乔姆斯基语言心智理论中所蕴涵的计算主义思想,忽略了他的生成语言学理论在推动计算主义发展过程中所发挥的作用。鉴于语言在人类心智中的关键地位,有必要对乔姆斯基语言心智计算主义思想的源头进行梳理,分析其语言认知计算观的内涵与实质,考察其对于当代认知科学的影响,总结其对于当前强调联通主义(connectionism)的脑神经科学以及基于统计计算范式的人工智能的看法,以期深化我们对于人类语言、心智与认知问题的理解。

一、理性主义传统中的计算主义

在当代哲学中,计算主义已经发展成为一种世界观,从认为人类心智的本质就是计算,发展到生命乃至整个宇宙的实质都是计算的过程和结果。(李建会、符征、张江,2012,第2页)尽管如此,一提到计算主义,一般还指的是当代认知科学中人类心智的“计算-表征观”(computational-representational view),即认为人类的心智过程其实就是对各类心理表征进行计算操作的过程。心智的可计算理论虽然是当代认知科学的一个核心观点,但其源头可以追溯到古希腊,后经近代理性主义哲学家在吸收科技新知识基础上给予进一步发展,终而在20世纪的大认知科学中结出了硕果。可以说当下推动脑科学以及人工智能飞速发展的计算主义是西方哲学中的理性主义思辨传统与近代工业革命以来飞速发展的经验技术相互促进的产物。

理性主义(rationalism)与经验主义(empiricism)是西方哲学中在人类知识来源问题上呈对立互补关系的两种思想,前者强调天赋理性是人类获取知识的关键,而后者则更加强调感觉经验的作用,因此在推动人类心智的研究方面,理性主义相对发挥了更为重要的作用。理性主义传统源远流长,在古希腊的主要代表人物是毕达哥拉斯、苏格拉底以及柏拉图。毕达哥拉斯忽略感官直接感知到的物质世界,把数作为万物的始基,认为一切都建立在数目及其相互关系这一根本原则之上,任何事物就其整个本性而言都是以数目为范型的。这位理性主义的先驱开创了这样一个先例:认为人类认知不是从感性经验“上升”到理性概括,而是直接从某种理性的抽象原则“下降”到经验世界的万事万物,因此他在认识论上是第一个理性主义者。在毕达哥拉斯之后,苏格拉底进一步认为这种理性原则跟身体一样都是神赋的,他可以说是西方哲学史上第一个提出“天赋观念”的哲学家。苏格拉底的天赋观念说随后被其弟子柏拉图发展成一整套理性主义体系,认为人的知识有四个等级,从低到高分别是:想象、信念、理智以及“理性”,并且认为这最高层级的知识是人的灵魂进入肉体前在“理念世界”中就已具有了的,人类出生之后的一切学习和研究都只是重新唤起这种出生之前就已经存在但暂时忘却了的“理念”。(陈修斋,2007,第33—37页)

在近代,对于人类心智与认知问题给予系统思考的无疑是以笛卡尔和莱布尼茨为代表的理性主义者。笛卡尔继承了柏拉图的“天赋观念”说,并明确提出世界存在两种实体——精神实体和物质实体,前者的唯一本质属性就是思想,后者的唯一本质属性就是具有空间上的广延性;因精神问题在哲学文献中常常被称为“心”的问题,物质问题被称为“身”的问题,从而笛卡尔上述有关世界本原的观点被称为“心-身”二元论(mind-body dualism)。作为坚定的理性主义者,笛卡尔认为由感官经验获得的知识是靠不住的,只有凭借理性才能获得确实可靠的知识;另外,我们还可以凭借理性直观得到关于我们自己心灵本性的知识。在方法上,笛卡尔推崇以几何学方法为蓝本的理性演绎法,认为集数学和逻辑学方法的种种优点之大成的这种方法是唯一正确的认识方法。与柏拉图类似,他也将我们心中的观念进行等级划分:认为我们心中的观念分为三类,有些是与生俱来的(即天赋的),有些是通过感官从外界得来的,有些则是心灵自己生成的,其中唯有简单自明的“天赋观念”才是我们进行

推理的正确前提和可靠基础。尽管笛卡尔认为身心虽属两种彼此独立的实体,但二者之间实际上存在着某种“组合的统一”:心智凭借大脑中的“松果腺”,可以与身体发生相互作用,即产生“身心交感”。(陈修斋,2007,第69页)除了对人类心智的本质与来源给以系统论述之外,笛卡尔还提出了人类知识是以心理表征的形式存在的,认为“心智是表征的场所”,因此“他有关心智的观点构成了现代认知科学的基础”(Seager,2016,p.33)。

在近代哲学史上,笛卡尔之后另一里程碑式的人物非德国哲学家莱布尼茨莫属。莱布尼茨继承了自古希腊并经笛卡尔发展的观念天赋论,对于这种继承关系,他曾有过如下明确的交代:“我一向是并且现在仍然是赞成由笛卡尔先生所曾主张的对于上帝的天赋观念,并且因此也认为有其他一些不能来自感觉的天赋观念的。现在,我按照这个新的体系走得更远了;我甚至认为我们灵魂的一切思想和行动都是来自它自己内部,而不能是由感觉给与它的。”(莱布尼茨,1982,第36页)不过,莱布尼茨并不否认感觉经验在心智形成中所发挥的作用;天赋观念尽管客观存在于大脑之中,但需要感觉经验的诱发才能由潜在变为现实。为了说明心智和经验之间的关系,莱布尼茨曾经做了这样一个类比:人的心智相当于暗室中的幕布,这间暗室有一些小孔,可以透进光线,从而幕布可以接受外来影像,但幕布不是平直的,而是存在许多褶皱,这些褶皱在光线未透进暗室时并不显现出来,但当光线透入时它们就显现出来了。这些褶皱就代表着各种潜在的天赋知识,光线就代表着感觉经验。(徐瑞康,1992,第389页)

理性主义者除了强调心智的作用和地位之外,还表现出对于数学的偏爱,他们要么将数视为世界的本原,要么将数学推理视为最高层次的心智能力,有些在数学研究方面还取得了巨大的成就。(徐瑞康,1992,第40、152、379页;陈修斋,2007,第33—37、69页)从而,对于心智的理解总是跟对于数学能力的理解联系在一起。因此,寻找一种精确的符号系统来刻画人类心智过程就成了他们心智理论的一个重要课题。这一点在莱布尼茨身上表现得最为突出,“莱布尼茨在致力于建立经典的数学观念——每一事物的形式化——的研究时,曾寻求支撑物来发展一个普适的符号系统,使‘我们能够对每一客体指定一个确定的特征数’”(H. L. 德雷福斯, S. E. 德雷福斯, 2001, 第419—420页)。对于莱布尼茨而言,如果有了这一普适的符号系统,就可以对人类的逻辑推理进行有效的刻画,因为在他看来,“人类的推理总是通过符号或者文字的方式来进行的。实际上,事物自身,或者事物的想法总是由思想清晰地辨识是不可能的,也是不合理的。因此,出于经济性考虑,需要使用符号。因为,每次展示时,一个几何学家在提及一个二次曲线,他将被迫回忆它们的定义以及构成这些定义的项的定义,这并不利于新的发现。如果一个算术家在计算过程中,不断地需要思考他所写的所有的记号和密码的值,他将难以完成大型计算。同样地,一个法官,在回顾法律的行为、异常和利益的时候,不能够总是彻底地对所有这些事情都做一个完全的回顾,这将是巨量的,也并不是必要的。因此,我们给合同、几何形状赋予了名字,在算术中给数字赋予了符号,在代数中,对量纲,从而使得所有的符号都被发现为事物,或者通过经验,或者通过推理,最终能够与这些事物的符号完全融合在一起,在这里提及的符号,包括单词、字母、化学符号、天文学符号、汉字和象形文字,也包括乐符、速记符、算术和代数符号以及所有我们在思考过程中会用到的其它符号。这里,所谓的‘文字’即是书写的,可追踪的或者雕刻的文字。此外,一个符号越能表达它所指称的概念,就越有用,不但能够用于表征,也可用于推理。”(转引自陈鹏,2017,第4—5页)实际上,在莱布尼茨看来,心智活动就是对于表征事物的符号的计算操作,即根据某种预先设定的规则通过公式变换产生的关系,而公式是由一个或者多个符号组成,可以说莱布尼茨的这种心智计算理论孕育着现代认知科学所需要的逻辑学思想。(陈鹏,2017)

除了将人类心智活动视为人脑对于表征事物的符号的计算操作以外,近代理性主义哲学家也已

经开始考虑其物理或者生物实现(implementation)问题,并且开始试图制造出机器来模拟心智计算活动。尽管笛卡尔被公认为唯心主义二元论哲学家,但如上文所述,笛卡尔其实并未完全割裂“身”与“心”,相反他在当时的脑解剖知识的基础上,试图利用“松果腺”将二者关联起来:身体活动引起松果腺的活动,而后者每一次振动都会产生心智活动;相反心智活动引起松果腺的活动,后者将心智的观念和情感传递给“生命的精气”,“生命的精气”便带着这些运动往外传,经过神经和动脉、血管到达肌肉里,从而产生身体活动。(徐瑞康,1992,第143页)另外,受到当时的机械主义精神以及钟表制造技术的影响,笛卡尔参照钟表的构造把人类的身体视为自动机,他的这一看法开启了“把人的心灵还原为机器”的努力(杜·舒尔兹、西德尼·埃伦·舒尔兹,2005,第35页),从而为当代认知科学中人工智能的研究埋下了伏笔。莱布尼茨则更是身体力行,于1672年提出了不用连续相加实现机械乘法的方案,并于1673年制成了第一台通用的机械计算器。(周兴铭、徐明,2013,第3页)莱布尼茨对于计算机科学的另一大贡献是,他还发明了二进制,从而冯诺依曼后来在此基础上能够使得电子计算机中数字的存储和运算获得最简的物理实现。(刘韩,2018,第100页)可以说,正是笛卡尔以及莱布尼茨等理性主义哲学家关于人类心智问题的计算思想以及试图利用机器来模拟人类心智的尝试,为以图灵为代表的现代心智计算主义以及人工智能技术的发展奠定了坚实的基础。

尽管笛卡尔认为人的心智能力最重要的一部分就是能够“凭借理性直观而得到关于我们自己心灵的本性的知识”(陈修斋,2007,第69页),莱布尼茨也试图努力寻求普适性的符号来刻画心智过程并且建立了计算器来模拟人的计算心智,然而对于人类智能给予真正明确的界定则要等到20世纪中期,其时英国数学家阿兰·M.图灵(Alan M. Turing)提出了著名的通用图灵机构想,从此计算主义进入了历史上一个崭新的形态,推动了大认知科学的飞速发展。图灵机的工作原理建立在以下几个关键概念的基础上。首先是具有表征事物或者观念的符号,例如,印在纸上的一组字母Socrates表征“苏格拉底”这个人,isa表征“是什么”这个概念,man表征“人”这个概念,这样Socrates isa man这些符号的序列就表征“苏格拉底是人”这个概念。类似,every man is mortal这个符号序列表征“凡人皆会死”这个概念。其次是计算推理的递归性(recursivity),有效计算可以视为Lambda-定义,Lambda-定义与递归函数等价,递归函数又与图灵机计算等价,因而有效性就是图灵机计算。(R. M. 哈尼什,2010,第119页)尽管能够做逻辑推理的通用图灵机还只是一个理论模型,但给上世纪50年代开始兴起的认知科学带来了以下主要启示:1)人类心智活动从本质上而言是对表征概念的符号施以无限递归计算操作的过程,因此人类心智是一个“计算-表征系统”(computational-representational system);2)计算机与大脑之间在数学功能上是一致的,区别仅仅在于前者是在纯物理的媒介上运行而后者是在生物神经系统上运行,因此计算机的运行可以在抽象的层面来解释人脑,并且功能强大的计算机将会体现出智能。(李建会、赵小军、符征,2016,第54页)

二、生成语言学中的计算主义思想

在认知科学各个领域的著名学者中,明确将自己的研究归结为继承笛卡尔所代表的理性主义传统的除了乔姆斯基估计找不出第二个人,为了表明这一立场,他除了在不同场合做出明确的说明以外,还专门为此写了一本题为《笛卡尔语言学:理性思想史的一个篇章》的专著。在这本书中乔姆斯基承认,虽然笛卡尔在其著作中很少直接论及语言问题,但其关于人类创造性语言使用的有关论述却是抓住了语言与心智问题的根本。在笛卡尔看来,不管人类的智力如何,都能够没有任何外界刺激的情况下说出别人没有说过的话;即便天生的聋哑人,仍然可以发明出能够表达自己思想的手势,而这种语言能力却是不管如何聪明的动物(包括能够模仿人类语言的鹦鹉)都是不具备的。因

此,笛卡尔认为人类的语言能力只能归结为天赋的心智能力,只有这样上述现象才能获得真正的解释。可以说,语言的创造性使用问题是笛卡尔理性主义心智天赋论的一个有力的经验性证据。(Chomsky, 2009, pp. 59—60)笛卡尔另外一个有关语言能力的贡献在于,他的著作中蕴含着“刺激贫乏”(poverty of stimulus)以及普遍语法(universal grammar)的思想:外界经验的刺激不能决定人类的语言知识,语言知识是天赋内在的,而且专属于人类的普遍理性的一部分,经验刺激的作用只是在于触发这些内在天赋知识的发展。实际上,笛卡尔的这一观点是理性主义者所共同接受的观点,例如,“莱布尼茨在不同的地方都曾明确表述过这样的观点——如果我们大脑中没有这些观念,那么没有什么东西能够把它们教给我们”。(Chomsky, 2009, p. 100)众所周知,刺激贫乏说、普遍语法以及语言的创造性使用是乔姆斯基语言理论的基石,而他将这些思想均归结为以笛卡尔为代表的理性主义哲学传统,认为自己的工作只是试图恢复被行为主义抛弃了的正确传统,并把笛卡尔等人的工作称为历史上的“第一次认知革命”。(Chomsky, 2000a, p. 6)

在认知科学中,特别是在人工智能领域,自然语言处理始终是一个重要的难题。在推动这一领域的发展方面,没有人能够否认乔姆斯基在理性主义传统基础上提出的语言心智计算理论曾经做出过巨大的贡献。然而,乔姆斯基的计算主义思想也是在受到图灵等人有关人工智能理论的启发下形成的。(Biggs, 1994)如上所述,图灵在心智的计算理论上的一个重要贡献就是清晰地提出了递归函数理论用以刻画心智的计算操作,这对乔姆斯基的启发无疑是巨大的,因为这为他解释所谓语言使用中的洪堡特问题——“有限手段的无限运用”,提供了可靠的数学工具。(Chomsky, 1986, pp. 29—30)可以说,乔姆斯基用以刻画人类天赋语言能力的普遍语法的一个重要部分就是作用于具有心理表征性质的语言成分的“生成程序”(generative procedure),而递归性是该程序的一个本质特征。乔姆斯基明确指出,语言递归性的首次发现是20世纪50年代中期,“当时哥德尔、图灵以及丘奇等人已经将计算理论建立在牢固的基础之上,使得生成语法研究有可能在其研究对象的方方面面获得相当明确的理解。”(Berwick & Chomsky, 2016, p. 91; Chomsky, 2017, p. 296)正是因为乔姆斯基在研究语言心智的时候,严格区分“能力”(competence)以及“使用”(performance)两个层次并且利用递归函数的思想来刻画前者,他的生成语言学理论被著名的视觉计算理论创立者大卫·马尔(David Marr)认为“是名符其实的计算理论”。(D. 马尔, 1988, 第28页)

乔姆斯基的语言心智计算理论(即转换生成语法或生成语言学理论)从上世纪50年代开始提出到现在,虽然先后经历过所谓的经典理论、标准理论、原则参数理论、最简方案以及当前的生物语言学框架等不同模型或阶段(李曙光, 2013),但其核心思想却是连贯一致的:那就是秉承理性主义传统,在一定抽象层次上明晰地刻画作为人类心智核心的语言“计算-表征”知识,并且考虑这知识的来源与使用,从而使自己的理论达到所谓的描写充分性以及解释充分性,因为在乔姆斯基看来,语言的“计算-表征理论要比在其他层次建立的理论有更强的经验支持,并且有更强的解释力;相比其他研究,计算-表征理论在更大程度上属于自然科学的研究范畴”。(Chomsky, 2000a, p. 25)乔姆斯基理论认为,人类具有天赋的语言机能(faculty of language),即普遍语法:这机能只有人类才有,而且全人类是一致的。这种理论构想乍一听虽然有些不可思议,然而却是建立在可靠的经验事实之上的,因为它很好地解释了以下两个无法忽略的事实:1)只有人才能学会人类的语言;2)出生在中国的婴儿,放到英语家庭抚养,自然而然就能习得地道的英语。前一个事实,如上文所述,笛卡尔等近代理性主义哲学家就已经观察到,而且就此坚定了其天赋理性的观点;尽管信奉行为主义的心理学家进行了多次尝试,试图教人类的近亲黑猩猩说话,但无不以失败而告终。(史迪芬·平克, 2004, 第354—361页)后一个事实是任何了解跨国儿童收养的人都能够理解的。因此,在基因科学高度发达的今天,我们完全可以为柏拉图以及笛卡尔当时还只能作为神秘事物而提出的“天赋理念”找到一个

更为坚实的生物学基础——包括语言能力在内的人类心智是人类基因遗传所决定的,这种基因为整个人类所共享,没有种族差异。

在乔姆斯基看来,人类语言机能是一个高效的计算系统,具体包含两个部分。第一个部分为一套供系统进行计算操作的原子性成分(atomic element)——最小的表征意义的符号,类似于我们通常所说的“词”,但其表征的意义不具有一般意义上的指称作用(即不指称心智以外的客体),有点类似于杰瑞·福多(Jerry Fodor)所提出的“思想的语言”(language of thought),另外这些原子成分在大脑中具有一定的结构,构成一个数目有限但有结构的库藏(structured inventory),类似于我们日常生活中所说的词典。第二个部分就是上述具有图灵意义上的递归计算程序,这个程序对原子性的表征思想的符号进行递归操作,从而生成无限的具有层级结构的表达式,这些表达式一经生成就交付给感觉-运动系统(sensory-motor system)与概念-意向系统(conceptual-intentional system),以便获得语音与语义解读;一旦表达式获得了上述解读,语言就得以外化(externalized),人类不同语言之间在语音以及结构上的差异,很大程度上是语言在外化的过程中产生的,而外化之前的语言则是人类所共享的普遍形式。(Chomsky, 2005; 2017)在以上两个部分当中,乔姆斯基对于接受计算操作的原子性成分的实质还没有提出系统的理论,他曾明确承认“这些原子性成分的性质还是一个个谜题……其来源还完全不清楚,从而给任何想认真研究人类认知能力进化问题的尝试都提出了重大的挑战”。(Chomsky, 2017, p. 295)而对于第二个部分,即语言系统的计算程序,乔姆斯基一直作为生成语言学的重点研究课题,在图灵等人提供的数学工具的基础上,不断修正自己的理论模型,发现语言计算操作的本质就是两两合并(dyadic merge)的无限递归组合操作,其结果是生成数量无限的具有层级结构的表达式(expressions with hierarchical structure)。

在乔姆斯基计算主义语言理论中,上述组合操作大致以如下形式进行。选取两个成分 X 和 Y,将它们合并起来形成一个新的句法表达式 Z,构成 Z 的 X 与 Y 可以是原子性成分,也可以是先前已经合并构建的表达式。简单来说, $M(X, Y)$ 形成了一个包含 X 和 Y 的集合,并且在合并计算过程中, X 与 Y 都不会有什么改变。如果 X 与 Y 被合并,那么就存在两种逻辑上的可能性:一是, X 与 Y 有着明显的不同,不互相构成对方的一个项(term);二是, X 构成 Y 的一个项或者 Y 是 X 的一个项。乔姆斯基把第一种计算操作称为外部合并(external merge),第二种计算操作称为内部合并(internal merge)。为了具体展示这两种合并计算操作, Everaert, Huybregts & Chomsky (2015) 给出了如下示例:

1. $M(\text{read}, \text{that book}) \rightarrow \{\text{read}, \text{that book}\}$

2. $M(\text{which book}, \text{John read which book}) \rightarrow \{\text{which book}, \text{John read which book}\}$

(1) 显示的是两个互不构成对方项的不同项 X“that book”与 Y“read”进行的外部合并,二者合并后形成的 Z 就是包含 X 与 Y 的集合性表达式 $Z\{\text{read}, \text{that book}\}$ 。(2) 显示的是 X“John read which book”与构成其一个项的 Y“which book”进行的内部合并,合并后形成集合性表达式 $Z\{\text{which book}, \text{John read which book}\}$;与外部合并不同,内部合并的结果包含 Y“which book”的两个拷贝(copy),当这个表达式交付感觉-运动系统外化为语音表达式时, Y 的两个拷贝当中,只有在结构上突显的那个获得外化拼读,即形成类似于以下(3)中的外化表达式:

3. (Guess) which book John read

然而,在概念-意向系统中,(2)会得到如(4)所示的解读:

4. (Guess) for which book x, John read the book x

内部合并是语言中无处不在的一个特征,通常被称为“移位”(displacement):即外化后的语言表达式中在一个地方听到的结构成分,其成功解读依赖把其所在的位置与它的那个因没有外化而听不到的

位置结合起来:也就是,例(3)中前移的、在结构上具有突显性的 *which book* 的解读需要将它与处于及物动词 *read* 的宾语位置上因没有外化而听不到的它的那个拷贝(即 *which book*)结合起来。

如上所述,人类语言的合并操作具有两个明显的特征:递归性与结构依存性(structure-dependency)。正是因为递归性的发现才有可能从数学上充分理解洪堡特意义上的“有限手段的无限运用”,而这则要归功于哥德尔、图灵等人对于递归操作数学原理的发现:“图灵机计算的构想就语言具有从有限元素生成无限表达式问题给我们提供了有用的解释”(Everaert, Huybregts & Chomsky, 2015, p. 731)。在图灵机中,对于某一个输入的值 *x*,函数 *f* 根据前一个得到定义的值通过逐步计算(stepwise computation)给出输出值:以这种方式,图灵机纸带上先前得到定义的信息不断作为输入而递归性地输出新的信息。图灵机首次以直观的形式给出了递归计算是如何进行的,从而为我们理解语言合并操作提供了明晰的形式化说明。合并计算操作形成的语言表达式表面上看起来是一个线性的符号序列,但这只是表面情况,实质上表达式存在内部的层级组构关系,这种结构依存性是人类语言计算系统的一个独特的属性。例如:

5. a. Birds that fly instinctively swim; b. Instinctively, birds that fly swim.

6. a. The desire to fly instinctively appeals to children; b. Instinctively, the desire to fly appeals to children. 不难看出,(5a)与(6a)这两个句子都具有歧义,因为在(5a)中副词 *instinctively* 既可以被理解为修饰 *fly*,也可以被理解为修饰 *swim*;在(6a)中 *instinctively* 既可以被理解为修饰 *fly*,也可以被理解为修饰 *appeals*。然而,一旦将两句中的副词 *instinctively* 都移到句首,分别形成(5b)和(6b),那么歧义就都消失了,副词只会解读为修饰主句中的动词 *swim* 以及 *appeals*,不会理解为修饰嵌入的分句中的动词 *fly*。(5b)与(6b)揭示了语言合并计算产生的表达式具有结构依存性特征:尽管副词 *instinctively* 离动词 *fly* 在线性距离上更近,但它却“舍近求远”去修饰主句中的动词 *swim* 和 *appeals*。仅仅从计算简洁性上来看,语言的这种设计是非常不合理的,因为明显增加了计算的复杂性,但是学习语言的儿童在不用大人教授的情况下却能轻松习得这样的结构,这只能说明结构依存性是语言计算区别于其他计算模式的一个特征,这种计算模式是通过基因遗传先天内在于人类语言机能当中的。(Chomsky, 2017)

三、乔姆斯基语言心智计算主义对认知科学的影响与启示

回顾当代认知科学的发展史,有学者认为上世纪中期认知心理学的兴起与此前半个世纪物理学领域取得的成绩紧密相关。在20世纪初期的物理学中,爱因斯坦、波尔以及海森堡等人的工作彻底改变了自伽利略、牛顿时代以来的机械宇宙模型。该模型也是从冯特到斯金纳以来的心理学家一直支持的机械论、还原论和决定论的原型。物理学中这种新的世界观抛弃了纯粹客观的苛求,认为外部世界同观察者不可能完全分离。物理学家承认,我们对自然世界的任何观察都可能对它产生干扰,因此他们不得不弥合观察者和被观察的对象、内部世界和外部世界、心理的东西和物质的东西之间的间隙。(杜·舒尔兹、西德尼·埃伦·舒尔兹, 2005, 第402—403页)物理学的上述发展,为人们抛弃以经典物理学客观观察性为榜样的行为主义,从而为让心智重新回归心理学做好了准备。

然而,一般认为心理学发生认知转向是从语言研究开始的。如上所述,从笛卡尔等近代理性主义哲学家开始,语言一直被认为是人类特有的心智能力的重要部分,莱布尼茨更是认为“语言是心智最好的镜子”(Boeckx, 2010, p. 27)。然而,心理学和语言学之间的关系在20世纪中期之前一直处于隐性状态,直到1951年部分心理学家和语言学家在康奈尔大学联合举行了一个研讨会,直接促成了1952年“语言学与心理学研究会”(Committee on Linguistics and Psychology)的成立,至此语言作为重要心理学研究课题才得以真正确立,从而有了心理语言学(psycholinguistics)这样的跨学科分支。作

为推动这项工作的主要心理学家,乔治·A. 米勒(George A. Miller)对乔姆斯基提出的生成语言理论特别感兴趣,尤其赞同其背后的计算主义思想以及理性主义心智天赋论观点,导致他在心理学家圈子里到处宣讲乔姆斯基的观点。(Harris, 2010)正因如此,1959 乔姆斯基针对斯金纳《言语行为》的长篇书评一经发表,立即在心理学界引起轰动,直接推动了心理学领域的认知转向。作为认知科学奠基者的其中一员,乔治·A. 米勒在回顾认知科学发展史时,明确指出推动认知革命发生的力量有两个:1)控制论以及人工智能的发展,特别是马文·明斯基(Marvin Minsky)以及约翰·麦卡锡(John McCarthy)等人对于人工智能的探索,以及埃伦·纽厄尔(Alan Newell)和赫伯特·A. 西蒙(Herbert A. Simon)利用计算机来模拟认知过程;2)乔姆斯基的生成语言学。这两股力量首次合流发生在1956 年麻省理工学院组织的一次有关信息理论的专题研讨会上:在会议上乔姆斯基“利用信息理论作为包装”(used information theory as a foil)报告了他的转换生成语法,这篇论文的思想第二年扩展成书,从而“开启了语言研究中的认知革命”。(Miller, 2003, pp. 142—143)可能正是在这种意义上,著名认知科学史专家玛格丽特·博顿(Margaret Boden)在其两卷本巨著《作为机器的心智:一部认知科学史》(*Mind as Machine: A History of Cognitive Science*)中明确指出,“认知革命始自心理学”,而“心理学则是受到乔姆斯基的启发”(Boden, 2006, pp. 282—283)。

乔姆斯基之所以有如此影响,是因为其计算主义语言理论从来都不是为了语言而研究语言才建立的,尽管他从未放弃语言学这个标签用以指称自己的工作,也从来没有否认自己是一名语言学家,但是他给语言学研究设定的以下任务完全是跨学科的:1)语言知识是什么? 2)语言知识是如何获得的? 3)语言知识是如何使用的? 4)语言知识的生物基础是什么? 对于这四个任务的本质与相互之间的关系,乔姆斯基曾有过以下说明:“前三个问题属于语言学和心理学范畴,这两个领域我倾向不作区分,因为我将语言学(或者更准确说,我关注的那些语言学领域)看成是关注这三个问题的心理学的一个部分……有了前三个问题的回答,脑科学家才能开始探究语言学家构建的抽象理论所描述的那些特征的物理机制”。(Chomsky, 1988, p. 6)正因如此,乔姆斯基把语言学看成是心理学而且最终是生物学的一个部分,并据此认为笛卡尔的“心-身”(mind-body)问题在当下应该表述为“心/身”(mind/body)问题或者“心/脑”(mind/brain)问题,并且“期待有一天隔开‘心’与‘脑’当中的斜线‘/’会获得实质性内容”。(Chomsky, 2000a, p. 2)由此可见,乔姆斯基的语言心智计算主义理论从一开始就具有跨学科属性,他在抽象的心理表征层面对语言机能计算机制的刻画旨在引导我们最终获得对于人类心智与大脑的正确认知,正因如此其理论除了在心理学领域具有重要影响之外,还推动了属于大认知科学的脑神经科学以及人工智能的发展,但由于其坚持从抽象的符号表征层次来进行理论构建,从而也在相关领域引起了不小的争议。

在大脑科学领域,认知神经科学家大卫·珀普尔(David Poeppel)认为“乔姆斯基提出的上述研究问题已经产生了深刻的影响”(Poeppel, 2017, p. 156)。在他看来,乔姆斯基的计算主义语言理论对于脑神经科学的影响主要分宏观和微观两个方面。在宏观方面,乔姆斯基提出的语言能力的人类专有性(species specificity)以及语言机能的领域专有性(domain-specificity)或曰模块性(modularity)给脑科学家提供了非常好的研究课题。进入新世纪以来,前一个课题已经引发了大量的基因科学研究,乔姆斯基理论对于有关大脑认知的基因科学的推动作用也明确得到了承认。例如,2001 年当首个被认为跟人类语言能力有关的基因 FOXP2 被发现时,《自然》杂志子刊《自然·神经科学》(*Nature Neuroscience*)第 4 卷第 11 期的“编者案”(Editorial)一开篇就指出:“自从乔姆斯基提出人类具有‘语言本能’以来,人们一直在争论的一个问题就是——决定我们语言能力的基因是否可能存在。目前,我们已经找到了一个这样的基因,这是新兴的‘认知基因科学’领域所取得的首个重大胜利。”(p. 1049)对于后一个课题,从神经生物学的角度来看,认知能力上的模块性观点必然引发解剖学上模块性的

联想,尽管脑成像技术在某种程度上也支持大脑存在不同的功能区,然而在现有条件下,神经网络的连通性似乎更能为人所接受,联通主义在论争中似乎占据了上风,但争论并未结束。正是这些争论,使我们对人类大脑结构与功能的理解越发深入,这一切成果的取得与乔姆斯基语言心智计算主义理论所预设的大脑模型是分不开的。(Poeppel, 2017, pp. 160—162)在微观方面,乔姆斯基就人类语言提出的一些具体计算机制,例如有限状态语法与短语结构语法的加工问题(processing of finite-state grammars and phrase-structure grammars)、语言组构性问题(constituency)、语言计算的循环性问题(cyclicity),都引发了大量的认知神经实验研究,尽管这些研究所获得的发现不一定都支持乔姆斯基的观点,但“这些新的洞见都是因研究源自生成语言学传统(也就是,过去 60 年的语言学研究)的一些基本问题而获得的;重要的是,生成语言学的一些基本观点(不包括发展过程中的一些临时的技术模型的变化)已经产生一些新的洞见,这些发现明显不同于历史传统中的那些固有观点。”(Poeppel, 2017, p. 168)

在人工智能领域,乔姆斯基的影响则更为显著,因为如上文所述,乔姆斯基语言心智计算主义理论其实是在与人工智能研究的相互影响中发展起来的。然而,与其跟脑神经科学研究的关系相似,乔姆斯基语言心智计算理论对人工智能的发展产生的推动作用要从正反两个方面来看。由于乔姆斯基在 1950 年代努力采用图灵等人提供的数学工具建立一个明晰的语言计算生成模型,再加上他在麻省理工学院这个理工科为主的环境中有机会参与大量跨学科的交流活动,所以他的语言心智计算理论在理工科领域比传统的人文科学领域更加容易为人所接受。(Otero, 1994, pp. 18—19)值得一提的是,乔姆斯基提出的形式语法模型“乔姆斯基等级”(Chomsky hierarchy)对于开发计算机程序语言的科学家的影响是巨大的,因为“他利用数学形式表达的上下文无关语法 $A \rightarrow \gamma$ (一个单一的非终端符号 A 被一个终端和/或非终端符号串 γ 替代)是一个刻画编程语言句法的理想模型”。(Pfrehm, 2018, p. 137)对于乔姆斯基与早期人工智能领域的密切关系,1975 年的图灵奖得主赫伯特·A. 西蒙还曾做出过这样的说明:“从历史发展来看,现代的产生生成语言学理论以及认知信息-加工理论是在相同的学科氛围中诞生的,这个氛围是由现代数字电子计算机的发展所带来的,另外二者都认为虽然电子计算机的躯体是硬件,而其灵魂则是软件。”(Simon, 1996, p. 75)正是因为上述原因,乔姆斯基的语言心智计算理论一经提出马上成了机器翻译研究者的宠儿,有力地推动了自然语言机器处理的发展。(Harris, 2010)

然而,对于自己的理论是否能够直接应用于当前的脑科学以及人工智能,乔姆斯基持有保留意见(Chomsky, 2000b),这不仅仅因为上述两个领域的研究者认为其大脑认知功能模块说缺乏来自实验或者经验科学的支持,不如联通主义具有解释力,其基于规则的自然语言机器处理模型被发现不如基于大数据的统计模型有效,更重要的原因在于他对于自身理论目标的设定以及因其特定的科学史观而产生的理论自信。乔姆斯基始终反对还原论,尽管现在的物理学已经改变了我们对于物质的传统看法,基因科学也取得了前所未有的进展,但他还是反对把人类心智还原成我们目前所理解的生物化学过程。这一点跟笛卡尔当年反对把心智问题还原为机械论物理学何其相似:他认为人的身体跟动物都是机器,可以用机械论来解释,但是心智却不可以。然而,与笛卡尔提出“心”是一个独立的实体不同,乔姆斯基主张一元论,认为心智跟身体一样都是自然客体,“心智的”这一术语与“化学的”“光学的”“电学的”在本体论层面没有什么实质上的不同,不含任何形而上学的含义,“都是用来描述同一世界的不同方面”(乔姆斯基, 2006, 第 161 页)。一元论的一个自然结果就是要追求学科的统一,但乔姆斯基认为统一的方向不是“心”向下对于“身”的还原,而是要努力改变我们对于物质、对于“身”的认识,使之向上与在抽象层面上构建的科学理论统一。

在 2012 年 11 月份刊登于著名《大西洋》(*The Atlantic*)杂志的一次访谈中,乔姆斯基坦言,当前人

工智能过度依赖统计技术从海量的数据里面找出规律的做法仍然属于行为主义范式,不太可能获得科学所要取得的解释性洞察力。我们不需要教会计算机“物理学家艾萨克·牛顿爵士”这个短语真正的意思,即便我们完全有能力建立一个很好的网络搜索引擎,给键入这个短语的用户找到很多有用的搜索结果。神经科学家应该关注大脑的计算层次,这个层次是大脑里面真正存在的东西,图灵机是其最简单的计算模型。目前的人工智能研究所努力的方向只是工程实现,虽然其取得的成就的确给我们的生活带来了很大的便利,但仍然无助于我们对人类智能的真正理解。例如,instinctively, eagles that fly swim,这里的 instinctively 虽然在线性距离上跟 fly 更近,但跟它却没有什么关系,而是跟距离更远、但在结构上更突显的 swim 相关。这是一种难度更大的计算,但对于人类语言来说,这却是唯一存在的计算,线性计算虽然更加容易,但人类语言心智却从来没有用过。这方面的证据成千上万,也有一点神经语言学的证据,但这些证据都指向同一方向——人类的语言心智计算具有独特的结构依存性。在乔姆斯基看来,关注这种计算是发现我们语言系统真正工作方式的路径,这是对数据进行统计分析所不能得到的,但可以通过精心设计的实验得到,这跟伽利略通过想象现实数据中并不存在的没有摩擦力的平面,揭示了运动规律没什么两样。在这种意义上来说,认知科学还处于前伽利略阶段。认知科学要想取得真正的突破,将心理简化为神经活动是不可取的,科学发展史告诉我们,化学曾经一度被认为只是一门对实验结果进行计算的活动,不是真正的科学,没法归结为物理学,但是当量子物理学出现之后,化学与物理就获得了统一,此前没法统一不是因为化学错了,而是物理学错了。现在神经科学远没有化学与物理学统一之前物理学所获得的发展水平。科学领域的统一不能依靠抽象层次(计算层次)向物质层次简化还原,而是在各自平行发展之后,当我们对物质机制层次获得突破性认识之后,才能将在不同层次上对于世界所获得的理解统一起来。(Chomsky & Katz, 2012)

四、结语

著名视觉认知计算科学家大卫·马尔曾经提出,心智的研究从上到下应该分为计算理论(computational theory)、算法(algorithm)和硬件实现(implementation)三个层次,并且认为尽管要想真正认识视觉问题,要将三个层次融为一体才行,但是“认识到计算理论这一层次的存在及其重要性,乃是视觉计算方法的最重要的特点之一,只有有了这一认识以后,才能阐明解释的三个层次(计算理论、算法和硬件实现),进而才能搞清楚不同层次与不同类型的实验观察结果和理论分析是怎样联系起来的。”(D. 马尔, 1988, 第 346 页)很显然,乔姆斯基是非常赞同马尔的这一观点的,因此同马尔一样他坚持把重点放在相对抽象的计算理论层次,并且认为计算层次与硬件实现层次需要向上与计算理论层次寻求统一。

乔姆斯基认为包括语言在内的心智是自然客体,坚持自然主义一元论,反对将人类心智活动还原为目前我们所认知到的物理、化学以及生物过程,坚持在计算理论的抽象层次上研究人类的语言与心智问题,认为人类具有不同于动物以及机器的心智,并且认为目前的人工智能与脑科学,虽然在算法和硬件实现层次做出了很多工作,取得了巨大的成绩,但由于其采用的方法明显偏离计算理论指引的方向,因此离真正理解人类语言心智问题还很遥远。他对于自己提出的语言心智计算主义思想的这份理论自信,虽然我们可以对之进行质疑和批判,但无疑对于我们思考当今飞速发展的人工智能领域中产生的一些重要问题,特别是将来机器是否会超越人、控制人这类伦理问题有着巨大的启发;另外,还推动我们进一步思考这样的问题:人类是否具有动物与机器所不能具有的独特人性?

参考文献:

- 陈鹏,2017:《逻辑的计算进路——从莱布尼茨到图灵的逻辑发展》,《自然辩证研究》第3期。
- 陈修斋,2007:《欧洲哲学史上的经验主义和理性主义》,北京:人民出版社。
- 程炼,2007:《何谓计算主义?》,《科学文化评论》第4期。
- [美]H. L. 德雷福斯、S. E. 德雷福斯,2001:《造就心灵还是建立大脑模型:人工智能的分歧点》,载[英]玛格丽特·博登编,刘西瑞、王汉琦译,《人工智能哲学》,上海:上海译文出版社,第417—453页。
- [美]R. M. 哈尼什,2010:《心智、大脑与计算机:认知科学创立史导论》,王森、李鹏鑫译,杭州:浙江大学出版社。
- [德]莱布尼茨,1982:《人类理智新论》(上册),陈修斋译,北京:商务印书馆。
- 李建会、符征、张江,2012:《计算主义:一种新的世界观》,北京:中国社会科学出版社。
- 李建会、赵小军、符征,2016:《计算主义及其理论难题研究》,北京:中国社会科学出版社。
- 李曙光,2011:《乔姆斯基语言心理学的问题意识与方法论意义》,《南京师大学报》(社会科学版)第6期。
- 李曙光,2013:《Generate 与 generative grammar:生成语言学关键术语理论内涵及意义变迁》,《外语教学与研究》第4期。
- 刘韩,2018:《人工智能简史》,北京:人民邮电出版社。
- [美]D. 马尔,1988:《视觉计算理论》,姚国正、刘磊、汪云九译,北京:科学出版社。
- [美]史迪芬·平克,2004:《语言本能:探索人类语言进化的奥秘》,洪兰译,汕头:汕头大学出版社。
- [美]诺姆·乔姆斯基,2006:《乔姆斯基语言学文集》,宁春岩等译注,长沙:湖南教育出版社。
- [美]杜·舒尔兹、西德尼·埃伦·舒尔兹,2005:《现代心理学史》(第八版),叶浩生译,南京:江苏教育出版社。
- 徐瑞康,1992:《欧洲近代经验论和唯理论哲学发展史》,武汉:武汉大学出版社。
- 周兴铭、徐明,2013:《信息化社会的基石——计算机》,北京:清华大学出版社。
- Berwick, R. C. & N. Chomsky, 2016, *Why Only Us: Language and Evolution*, Cambridge, MA: The MIT Press.
- Biggs, C., 1994, "Chomsky and artificial intelligence", in C. P. Otero (ed.), *Noam Chomsky: Critical Assessments* (Vol. 4), London & New York: Routledge, pp. 67—80.
- Boden, M. A., 2006, *Mind as Machine: A History of Cognitive Science*, Oxford: Oxford University Press.
- Boeckx, C., 2010, *Language in Cognition: Uncovering Mental Structure and the Rules Behind Them*, Malden, MA: Wiley-Blackwell.
- Chomsky, N., 1986, *Knowledge of Language: Its Nature, Origin, and Use*, New York: Praeger Publishers.
- Chomsky, N., 1988, *Language and Knowledge: The Managua Lecture*, Cambridge, MA: The MIT Press.
- Chomsky, N., 1997, "Language and cognition", in D. M. Johnson & C. E. Erneling (eds.), *The Future of the Cognitive Revolution*, Oxford: Oxford University Press, pp. 15—31.
- Chomsky, N., 2000a, *New Horizons in the Study of Language and Mind*, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Chomsky, N., 2000b, "Linguistics and brain science", in A. Marantz, Y. Miyashita & W. O'Neil (eds.), *Image, Language, Brain: Papers from the First Mind Articulation Project Symposium*, Cambridge, MA: The MIT Press, pp. 13—28.
- Chomsky, N., 2005, "Three factors in language design", *Linguistic Inquiry*, vol. 36, pp. 1—22.
- Chomsky, N., 2009, *Cartesian Linguistics: A Chapter in the History of Rationalist Thought* (3rd ed.), Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Chomsky, N., 2017, "Language architecture and its import for evolution", *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, vol. 81, pp. 295—300.
- Chomsky, N. & Y. Katz, 2012, "Noam Chomsky on where artificial intelligence went wrong", *The Atlantic*, <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2012/11/noam-chomsky-on-where-artificial-intelligence-went-wrong/261637/>.

- Everaert, M. B. H., M. A. C. Huybregts & N. Chomsky, 2015, “Structures, not strings: Linguistics as part of the cognitive sciences”, *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 19, pp. 729—743.
- Harris, R. A., 2010, “Chomsky’s other revolution”, in D. A. Kibbee (ed.), *Chomskyan (R) evolutions*, Amsterdam & Philadelphia: John Benjamins Publishing Company, pp. 237—264.
- Leahey, T. H., 1992, *A History of Psychology*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Miller, G. A., 2003, “The cognitive revolution: A historical perspective”, *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 7, pp. 141—144.
- Nature Neuroscience, “Editorial”, *Nature Neuroscience*, vol. 4, p. 1049.
- Otero, C. P., 1994, “Introduction”, in C. P. Otero (ed.), *Noam Chomsky: Critical Assessments*, Vol. 4, London & New York: Routledge, pp. 1—33.
- Peoppel, D., 2017, “The influence of Chomsky on the neuroscience of language”, in J. McGilvray (ed.), *The Cambridge Companion to Chomsky*, Cambridge, UK: Cambridge University Press, pp. 155—174.
- Pfrehm, J., 2018, *Technolinguism: The Mind and the Machine*, London & New York: Bloomsbury Academic.
- Seager, W., 2016, *Theories of Consciousness: An Introduction and Assessment (2nd ed.)*, London & New York: Routledge.
- Simon, H. A., 1996, *The Sciences of the Artificial (3rd ed.)*, Cambridge, MA: The MIT Press.

(责任编辑: 蒋永华)

Computationalism in Chomsky’s Theory of Language and Mind: Its Origins, Essence and Influences

LI Shuguang

Abstract: Computationalism is a philosophical theory of mind arising from the rationalist tradition, model of Turing machine and modern computer science. Its key proposition is to regard the cognitive process as the operation of the algorithm in Turing’s computable functions. Influenced by this, Chomsky created his theory of generative linguistics on the basis of modern scientific developments and in the framework of the rationalist cognitive innatism in order to characterize the key human cognitive capacity—the human language competence, which has greatly promoted the development of cognitive sciences in general and cognitive psychology in particular. In its essence, the generative linguistics is a strand of computationalism on human language and mind, characterized by its emphases on the species-specificity and domain-specificity of the computation of human language. Despite many controversies it causes, Chomsky’s computationalism on human language and mind can help us better understand the current developments in such areas as cognitive psychology, neuroscience of the brain and artificial intelligence if we have an appropriate understanding of its origins, essence and influences.

Key words: Chomsky; computationalism on language and mind; rationalism; cognitive sciences

About the author: LI Shuguang, PhD in Linguistics, is Professor at School of Foreign Languages and Cultures, Nanjing Normal University (Nanjing 210097).