

# 学习科学的学习观与方法论:范式与实践

张婧婧, 牛晓杰, 黄一橙

(北京师范大学 教育学部, 北京 100875)

**[摘要]** 关于“人是如何学习的”这个问题,学术界经历了从关注认知和脑的“学习的科学”到关注情境的“学习科学”的变迁。这种变迁背后的逻辑与研究者的学习观、研究范式及相关实践息息相关。行为主义与第一代认知科学的发展推动了实证主义范式与实验方法的蓬勃发展;第二代认知科学强调真实情境,建构观和解释主义范式受到重视;20世纪90年代起,旨在解决真实问题的实用主义范式与设计研究成为学习科学重要的研究方法。当下,大数据推动下学习分析领域的发展催生了指向复杂性的“新经验主义”范式。以复杂系统建模为主的数据密集型研究旨在打开学习发生的“黑箱”,深入探索学习的交互关系和演化机制。文章系统回顾与比较了学习科学领域四大发展阶段中的学习观、研究范式与相关实践,旨在推动学习科学理论与实践融合创新。

**[关键词]** 学习科学; 学习理论; 研究方法; 研究范式

**[中图分类号]** G434

**[文献标志码]** A

**[作者简介]** 张婧婧(1983—),女,四川广元人。教授,博士,主要从事学习科学和学习分析研究。E-mail:jingjing.zhang@bnu.edu.cn。

## 一、引言

有关学习的科学研究可追溯至古代哲学,是一门将学习作为对象来研究的科学,通过理论演绎来认识人类学习的本质,称之为“学习的科学”(Sciences of Learning)。20世纪70年代认知科学诞生,关于学习的研究开始关注知觉、注意、表征、图式、记忆等,对学习的认识以信息加工理论为主。随后,第二代认知科学与脑科学得到快速发展,学术界开始关注学习认知过程中的身心发展与神经机制研究。第二代认知科学,特别是具身认知,推动了实验室中的认知科学家与真实情境中的学习科学家在理论上形成共识。但以实验室干预控制和因果验证为主的实证主义仍占据这一流派研究范式的主流。

20世纪90年代初,聚焦真实情境中的学习科学(The Learning Sciences)逐渐兴起。真实情境中的“学习科学”倡导走出实验室,认为认知科学研究范式往

往过于“纯净”和“规范”,并不能真正有效地指导真实情境中的学习<sup>[1-3]</sup>。此时的研究者提倡更加注重情境的复杂性和个体经验的作用,将研究范围扩大至正式和非正式环境中的各种外显的或内隐的学习活动。不同于“学习的科学”中对学习的定位<sup>[4]</sup>，“学习科学”强调学习方式、教学手段或方法是在真实的场景中通过不断迭代来改进的，而非通过实验评估就可推广使用。由此衍生出了概念转变、认知导师、专家新手、认知学徒制、游戏化学习、计算机支持的协作学习、知识建构和大规模在线交互等多个理论派系，反映出研究者所持有的研究范式各不相同，主要涉及解释主义、实用主义以及新经验主义等。

真实情境中的学习科学是一门通过跨学科研究来促进学习的科学，“跨学科”是学习科学的一个显著特点<sup>[5]</sup>。然而，由其跨学科性导致的理论和方法论的争论已经持续了数十年。“学习的科学”与“学习科学”采用了不同的理论基础、方法论与研究成果来证明其对

学习的理解与思考,造成对学习的阐释也有了一定的分歧,这并不能促进学习科学领域的良好发展<sup>[9]</sup>。因此,本文旨在厘清学习科学领域的学习观与方法论,更好地推动这一领域的发展。

## 二、干预和因果验证:实证主义

20世纪初,美国心理学家反对内省法及其对内部意识经验的关注,创建了行为主义心理学,主张采用实验方法观察和测量人的外在行为。行为主义作为一种“现代”学习理论,曾是教育心理学的主流思想,它以生物体一切外显的反应或活动(行为)作为研究对象,认为学习就是建立外显行为(反应)与环境可观察到的事件(刺激)的联接<sup>[9]</sup>。行为主义的代表人物包括爱德华·桑代克(Edward Lee Thorndike)和“教学机器之父”伯尔赫斯·斯金纳(Burrhus Frederic Skinner)。行为主义认为人的行为是后天习得的,个人的行为模式由环境决定,是典型的“环境决定论”,忽略了人的主观能动性。

20世纪50—70年代,认知革命推翻了行为主义,认知心理学获得了迅速发展。与行为心理学关注人的外在行为而忽略心理活动不同,认知心理学非常重视对心理表征和心理过程的理解。1976年,《认知科学》期刊的出版为认知科学这个新领域提供了学术交流的阵地。与认知心理学不同,认知科学是一个跨学科领域,融合了心理学、神经科学、人工智能、语言学、哲学等多个领域的研究成果。认知心理学和认知科学这两个领域有重叠,但又在研究方法等方面存在不同。认知心理学主要采用实验室行为研究来认识认知过程,认知科学则更倾向于使用逻辑分析和计算机模拟认知过程的计算机建模研究。信息加工理论(Information Processing Theory)作为第一代认知科学的重要思想,最早由罗伯特·米尔斯·加涅(Robert Mills Gagné)提出,他认为学习本质上是一个信息加工的过程,在学习动作进行的多个不同过程中,每个学习过程都对应不同的加工方式<sup>[7]</sup>。赫伯特·西蒙(Herbert Alexander Simon)认为,信息加工理论主要解释了人如何注意和选择信息,如何认识和存储信息,如何利用信息制定决策、指导外部行为。信息加工理论视角下的学习被认为是知识习得,并且能够应用知识来解决问题<sup>[8]</sup>。

### (一)对教学手段或方法进行实验评估后再应用于课堂

在行为主义和第一代认知科学的年代,干预控制与因果验证的实证主义研究范式蓬勃发展。实证主义

基于现实主义立场,认为研究的对象是真实存在的,并遵循某种自然法则和规律。实证主义的研究通常提出的是:什么、什么时候、多少等问题。在方法论层面上,实证主义研究方法包括了实验研究、单一被试研究、相关研究、原因比较研究、调查研究<sup>[9]</sup>,以及元分析。学习的科学认为新的教学手段与方法所产生的因果关系往往需要通过实验评估,再进入课堂并指导实践,因此,实验一直是学习的科学研究中使用的重要研究方法。例如:北京师范大学卢春明团队使用随机组间对照实验的方式研究了教学过程中的师生互动,这项研究中的一个子研究分析了三种教学方式(讲授式教学、讨论式教学、视频教学)中教师和学生脑间同步现象的不同,结果发现,第三种教学方式中师生脑间同步要显著低于前两组,而前两组的师生脑间同步现象并无明显差别<sup>[10]</sup>。

### (二)设计教学干预并检验效果的“准”实验研究

学习科学中以学校为场景的实验研究多为“准”实验研究。因为在真实情境中难以实施随机分组,因此,“准”实验多以选取不同类型班级来作为实验组与控制组。例如:在一项关于检验有效失败理论的“准”实验研究中,首先,为了避免前测可能对实验过程的影响,研究收集了一周前学生用于生物考试的评估成绩作为学生的先前知识水平;匹配不同班级成绩选择实验组和控制组,实验组中学习者先被要求完成具有难度的挑战任务,教师再提供指导,最后完成一项探索任务;控制组中则没有挑战任务,教师先指导,学习者再完成学习任务。结果显示,实验组中学生的知识迁移水平显著高于控制组,验证了有效失败理论对促进学习者知识迁移的积极作用<sup>[11]</sup>。除实验研究外,实证主义范式下的测量和评估也是学习科学领域重要的研究组成部分,其中,量表的开发研究较为典型。

## 三、聚焦真实情境中的学习者:解释主义

自20世纪80年代以来,随着语言学、生物学、神经科学、计算机科学、现象学等多学科研究的深入推进,以计算为隐喻的离身认知观开始受到学术界的批判,其历史合理性逐渐被削弱。特别是镜像神经元的发现为认知的具身性提供了神经生物学的依据<sup>[12]</sup>,从根本上颠覆了传统的认为身体不参与认知过程的假设。美国认知语言学家乔治·莱考夫(George Lakoff)和马克·约翰逊(Mark Johnson)的经典著作《涉身哲学:具身心智及其对西方思想的挑战》中提出“具身认知”的概念。此概念为我们理解个体的认知过程奠定了新的视角,并强调了认知活动是一个与个体的生物学、

社会文化环境及具体情境紧密相连的复杂过程。学生不是头脑空空地进入课堂接受教师讲授的知识,而是带着自身独特且多样的先前经验去理解他们所学的内容,因此,不同学生对于同样的知识的理解可能大相径庭<sup>[6,13]</sup>。

基于第二代认知科学和建构主义学习理论的兴起,加之20世纪80年代初发生的激烈的范式之争,解释主义范式下的质性研究开始在学习科学研究领域崭露头角,得到了广泛的认可<sup>[14]</sup>。与实证主义不同,解释主义认为社会“现实”并不是一成不变的,现实是人类智力的产物。解释主义认为知识是在社会和境脉中、研究者与研究对象的互动中建构生成的,它主张从知情人的视角去认识事物的规律,通常在研究中尝试回答“为什么”和“怎么样”的问题。解释主义范式与学习科学研究所倡导的重视“真实情境中的学习”不谋而合。

### (一)解释主义下的多人协作学习

协作分析一直以来都是真实情境中学习科学研究的重点。它秉持社会建构主义的学习观,关注群体学习中的知识建构过程与结果。根据 Enyedy 和 Stevens 的分类<sup>[15]</sup>,协作学习目前可分为以下四个类别:

#### 1. 作为观察思维过程“窗口”的协作

第一类类别将协作学习作为观察思维的途径,使用协作学习过程来更好地了解整个思维过程,因此,它并不关注协作过程本身,只关注协作过程中个体的认知过程和思维发展。采用的协作分析方法类似于认知科学早期采用的口头报告(出声思维)方法<sup>[16]</sup>。例如:一项采用微观发生法的研究分析了120名8~12岁不等的四年级儿童在176次讨论中产生的32,511次协作推理对话,用以细致地理解同伴支持如何推动儿童的关联性思维发展过程<sup>[17]</sup>。这个研究中,儿童群体成员之间的协作互动仅被认为是一种用于观察关联性思维的附带现象,不会对学习结果产生影响。

这类研究通常只关注协作对话的内容,通常对单独的话轮进行编码、聚类、量化和统计分析<sup>[18]</sup>。因此,这类研究经常在人为干预的情境中(如实验室条件下)研究学习者协作过程的对话,目的在于控制其他影响协作对话的因素,从而只关注个体认知过程。因此,这种协作研究实际上忽视了协作本身的重要性,应将其归属于传统认知科学的研究范畴,而不是真实情境中学习科学研究的重点。

#### 2. 作为促进(或限制)远期学习结果的情境

这类研究将协作视为一种学习情境,认为不同类型的协作与个体的学习结果存在相关性,这里的学习结果指在协作后通过认知任务测量的远期学习结果。已有

研究中考察的协作类型包括三轮对话序列<sup>[19]</sup>、探究性对话和可解释对话<sup>[20]</sup>、转述<sup>[21]</sup>、知识建构对话<sup>[22]</sup>,以及促进或约束协作互动的社会规范(权力、角色和责任)<sup>[23]</sup>。对远期学习结果的测量包括协作学习结果的人工制品、学生成绩、学生发展性的成长、学生的学习投入和动机水平等,例如:一项旨在通过指导与反思促进职业教育学生协作学习的研究中,前后测均采用了测量学生领域知识的成绩以作为协作学习结果的表征<sup>[24]</sup>。

这一类别下,研究者往往把协作交互看作一个反复的交流过程,并将其视为个体持续贡献的过程,和第一类研究类似,都会对个体的话语进行孤立的编码和分析。但不同的是,这类研究更关注交互过程,研究者通常会采用建立事件索引、转录、叙述性总结、图示<sup>[25]</sup>等各种表征方式记录协作学习过程。研究可以是纯质性的<sup>[21]</sup>,也可以采用聚类、量化编码、相关分析等进行量化研究<sup>[26]</sup>,更常见的是混合式研究<sup>[27]</sup>。

#### 3. 作为促进近期学习结果的交互过程

这类研究关注交互本身,以及交互如何促进近期学习结果。但这类研究并不否认第二类研究关注远期学习结果,因为它认为协作交互与远期和近期的学习结果都是存在相关性的。例如:Roschelle 的研究发现,协作中集体理解的过程不仅与近期对话的学习结果(主体间性)正相关,也与远期的学习结果(概念转变)正相关<sup>[28]</sup>。这类研究是真实情境中学习科学研究的重点。一项研究分析了不同国家的五年级儿童通过在线协作完成童话故事写作的过程,研究发现,在这种在线协作写作的形式中,学生会更充分地利用元认知推理,思考协作同伴对故事内容的理解,推断协作同伴的隐藏意图和期望,从而建构自身的主体间性<sup>[29]</sup>。这项研究反映出参与协作童话故事写作任务的重要作用在于:基于对话发生的空间,建立主体间性的空间,这并非由某个人主导,而是通过多主体之间的不断交互实现的。

与前面两类协作研究不同,这一类研究非常重视捕捉协作交互的细节,用以识别不同的活动单元,来分析协作交互对主体间性互动的影响。例如:研究者会记录谈话开始和结束的时间,说话的韵律以及特定单词的音高,互动中使用的多种模式(如手势、语言等)和符号资源(文本、图片等)等。因此,这类研究需要建立一些合作机制、速记约定和话语分析的转录规范等来研究协作交互本身。例如:杰斐逊式转录规范要求记录会话内容的同时,还要记录说话的方式,详细说明话语内容及其呈现方式之间相互作用的复杂性质。滞后序列分析和社会网络分析也常被用于进行交互的过程挖掘。

#### 4. 作为分布式交互的系统变化

在这类研究中,学习被认为是系统(集体)层面的变化,系统由人和环境中的多个元素组成。学习可以被看作是这些组成部分“在复杂系统中进行适应性重组的过程”<sup>[30]</sup>。与前文所述三类不同,将协作视为分布式交互系统变化的研究者认为,人、物体和工具在社会文化系统中相互作用,这种观点与社会文化导向的研究者相似,都强调参与集体行动的重要性。例如:埃德温·哈钦斯(Edwin Hutchins)基于社会文化系统中的互动视角提出了分布式认知理论,认为对协作学习的影响并不是由个体信息加工过程决定的,而是复杂性、群体性、系统性的综合作用结果<sup>[30]</sup>。

布里吉德·巴伦(Brigid Barron)的研究《当聪明小组失败时》(When Smart Groups Fail)发现,小组中个体之间的关系会影响问题解决的结果,这种现象不能简单地归因于之前对小组个体能力的测量<sup>[31]</sup>。他发现交互的质量,如对有价值建议的反应(成功的小组往往积极回应和讨论正确的建议,而失败的小组会忽视和拒绝这些建议)与问题解决的结果呈正相关。与第三类研究不同,这类研究关注的是小组作为一个集体的表现以及小组如何协调互动和活动,而不是仅关注多轮话语的细节以实现个人近期结果。因为这些研究者秉承了社会文化系统的观点,认为将协作简化为个人的话语、行为和能力时,集体的作用就被忽视了。2010年,安妮塔·威廉姆斯·伍利(Anita Williams Woolley)团队在《科学》上发表的一项实证研究,证明了集体中确实存在集体智慧(被称为C因素),与个人智力无关,可用于评估协作的综合能力<sup>[32]</sup>。麻省理工学院集体智慧中心在《集体智慧手册》(Handbook of Collective Intelligence)中指出,集体智慧被认为是人类群体通过交互使得群体智慧高于个人智力的现象,主要包括三种类型:认知、合作和协调<sup>[33]</sup>。集体智慧的存在与测量为将协作视为分布式交互系统变化这一理解提供了协作学习评估的方法,具有重要意义。

尽管学习科学研究重视社会文化系统观,并认为将协作作为系统变化的分析十分重要,但在过去的研究中,第二类和第三类研究仍占据主导地位。这可能与学习科学研究围绕学校教育展开有关。学校教育仍然以个体评价为主,只在某些方面强调群体评价,如选拔考试仍然以个体评价为主。这与过去三十多年来学习科学家多采用的制度化心理学研究思路密切相关。然而,随着真实情境中的学习科学越来越重视非正式学习,并将学习情境从课堂学习拓展至博物馆学

习、在线学习、游戏化学习等,系统论视角下的分布式协作分析为协作学习分析引入一种“内生性”方法,抛弃了学校教育等外在评价指标的影响,真正将协作视为持久的、被个体所认同的、能够产生集体智慧的团队。在非正式情境中的协作学习,每个个体都是集体的一分子,我们更应该关注个体如何团结合作,这也体现了中国传统文化中的集体主义精神。因此,可以看出,内生性的协作分析是学习科学研究的新方向,具有引领性与创新性。

#### (二) 强调社会文化历史的民族志研究

聚焦非正式学习情境中的协作学习乃至更大规模的在线学习,民族志研究也是重要的研究方法之一。教育民族志研究者采用参与式观察、深入访谈和文献分析等方法,通过对教育情境的观察和互动收集数据,并尝试从这些数据中提取抽象的概念和理论,用于解释和评估教育方案的效果和影响。互联网时代,民族志研究也融入了数字化技术,并产生了一些小的分支。网络民族志(Netnography)是其中之一,将民族志的理论与方法应用于互联网情境中,以探究用户在网络空间中的行为和认知<sup>[34]</sup>;量化民族志(Quantitative Ethnography)则更注重利用行为和文本数据分析来探究人类文化的普遍性和差异性<sup>[35]</sup>;互动民族志(Interactional Ethnology)则强调采用互动性的方法,如访谈、焦点小组和观察等对特定社会现象展开研究<sup>[36]</sup>。这些分支的兴起,为民族志的研究和发展带来了新的思路和方法,也更贴近当今数字化时代的社会现实。

#### (三) 纵向探索认知的发展与变化:微观发生法

横向研究(Cross-sectional Study),又称横剖研究、横断研究,通过在同一时间点上对不同群体进行比较,来探究他们的发展趋势。它具有易于实施、省时省力、调查面广、指标体系统一等优点。但是,在调查的群体中,每个个体只被研究一次,因此,难以反映个体的变化。为了解决横向研究所面临的困境,发生法应运而生。发生法(Genetic Method)是一种心理学领域中的纵向研究方法,用于研究某种心理现象的起源和发展过程。纵向研究(Longitudinal Study),也叫追踪研究,它与横向研究不同,通过在相对较长的时间内对同一组或同一批被试进行反复测量,以获得对个体发展的深入认识。微观发生法则是发生法的一种特殊形式,能够更为精细化地研究认知变化的过程<sup>[37]</sup>,可追溯至20世纪20年代中期海因茨·沃纳(Heinz Werner)的“微观发生学实验”<sup>[38]</sup>,以及列夫·维果茨基(Lev Semenovitch Vygotsky)对该实验及其使用方法的

认可<sup>[39]</sup>。学习科学家认为,学习不只是发生在教学观察中的罕见或者典型的事件,它是伴随着思想持续不断的、小步骤的、每时每刻发生的活动。微观发生法旨在高频率地研究学习全过程,因此,常被用于研究概念转变。有代表性的微观发生法研究涉及 Schoenfeld<sup>[40]</sup>和 Disessa 的概念转变研究<sup>[41]</sup>。

#### 四、学习是一门设计的科学:实用主义

真实情境中的学习科学秉承的是实用主义范式。实用主义范式下的研究并非热衷于发现真理与规律,而是致力于帮助人类解决问题<sup>[42]</sup>。这类研究多在真实情境下开展,研究者与实践者之间是合作关系,遵循理论的发展与设计原则,这与张羽等人提出的研究目的是“实践改进”不谋而合<sup>[43]</sup>。在本体论层面上,实用主义认为现实是各种思想在实践中的产物。在认识论层面上,实用主义认为任何想法和行动,只要能产生实用的解决方案就是有用的。在方法论层面上,实用主义认为单一的量化或质性的研究方法具有局限性,所以倡导混合研究,但这并不是将不同的研究方法简单地组合,而是强调方法的开放性和研究人员的多元化,以解决真实情境中的复杂问题<sup>[44]</sup>为抓手来选取具体的研究工具。

##### (一)基于设计的研究

早在20世纪80年代,一部分认知科学家开始从教学实验向设计实验转变,这意味着研究从“控制”取向转而关注“设计”取向。安·布朗(Ann Brown)在促进

学习者共同体(Fostering a Community of Learners, FCL)的研究中,确定了基于设计的研究基本框架<sup>[45]</sup>。同时,阿伦·柯林斯(Allan Collins)在“迈向一门教育设计科学”的汇报中详细阐述了怎样开展基于设计的研究<sup>[46]</sup>。这两位学习科学家的贡献推动了基于设计的研究的发展。

基于设计的研究(Design-based Research, DBR)是真实情境中的学习科学研究所倡导的典型研究方法,认为学习与生产力是设计的产物,设计的范畴包括人、环境、技术、信念等。这类基于设计的研究与工程研究和设计研究类似,聚焦在某一特定的真实环境中,设计、构建、实施和采用某一学习活动、技术方案、实施策略、理念等。研究是一个迭代的过程,关注过程、干预、合作、多层次,以实用为导向,以理论为驱动,产生新的理论以指导实践。DBR的特点包括:(1)适合真实教学情景;(2)关注干预的设计和测试;(3)使用混合方法,产出设计原则、关注对实践的影响<sup>[47]</sup>;(4)从问题出发<sup>[48]</sup>。

DBR在真实情境中会对设计干预进行灵活迭代<sup>[49]</sup>,Hoadley和Campos利用简单的要素表征了DBR的研究过程<sup>[50]</sup>,其中,循环迭代是DBR的关键。在迭代中,研究者会结合经验对他们设计的学习工具、方案或者干预措施进行考量<sup>[51]</sup>。在每个周期中,研究者收集新的数据,发现新的需求,调整现有设计(即在下一个周期中需要重新设计哪一方面以及为什么这样做),并修订实施方法(如参与者的角色、任务、反馈

表1 交互式视频学习系统的三个版本介绍

核心组件	1.0 版本	2.0 版本	3.0 版本
链接感知机制	发布评论后,内容文本下方的浅色提示“x分x秒”	发布评论后,评论框右上角的黑色提示“x分x秒”	发布评论时,“确定”按钮旁提示“在x分x秒发布”
视频时间轴节点	圆点表示评论节点 颜色区分评论发布主体	条形图 Bar 表示评论节点, 高度表示评论数量 不区分评论发布主体	条形图 Bar 表示评论节点可链接的 视频粒度更为精细
评论区	评论可回复 每条评论均以弹幕视频飘过	区分评论和笔记 区分评论和弹幕	消息盒子实时弹出 评论回复层级折叠 每条评论下设置回复框
专家评论提示	专家评论对应的视频时间轴 节点用红色突出表示	视频播放至专家评论对应的 时间节点强行停止视频	设置专家评论分区 专家评论置顶并高亮 视频下方增加“重点片段”
评论标签反馈	评论不分类	增加评论标签 增加评论排序选项 (按发布时间或视频位置)	更新评论标签类别 (认知:重点、难点) (情感:困惑、无聊等)
课程体系建设	视频组件	更为友好的用户界面	增加文字和问卷组件 增加课程目录和导航栏 增加学习仪表盘

等)。每次迭代过程中都展开反思行为,使得 DBR 研究者能够不断调整理论、设计和实施之间的契合度,以便更好地提出新的原则与理论。

## (二)指向“实践改进”的学习技术设计案例

这里以本团队自主研发的在线交互式视频系统为例介绍指向“实践改进”的设计案例。在基于设计的研究范式指导下,该系统主要经历了三个重要的迭代设计,每个版本的主要变更见表 1。

这种技术的迭代并非临时起意,而是根据实践中用户的反馈,结合一系列的测试与研究结果产出的合理迭代方案。在平台设计探索中,对每个版本都进行了相关的课程实践与案例研究。具体的目标、案例与参与者以及数据来源可见表 2。1.0 版本最初用作实验的研究平台,验证了基于超视频的“准”同步交互对增强社会临场感、降低认知负荷的重要作用。2.0 版本通过自然语言处理(Natural Language Processing, NLP)学习等多个实证研究收集学习者的反馈以对平台做测试改进。3.0 版本正式投入实践,与多所大学的研究团队合作,提供在线课程。三个迭代周期的研究和实践积累了大量的用户平台点击流、评论内容文本等数据,案例研究中还对参与者进行了认知负荷、社会临场感等问卷调查,实验成绩前后测以及学习体验访谈,并基于此对平台做出迭代完善。

表 2 交互式视频学习系统的迭代实施情况

版本	目标	案例与参与者	数据来源
1.0	实验平台研究使用	准同步交互实验的北京某高校 38 名本科生 <sup>[52]</sup>	平台点击流 评论文本 用户体验问卷 用户访谈
2.0	测试改进研究使用	NLP 学习支持实证研究两轮实验的 14 名和 52 名学习者	
3.0	作为开放课程平台投入实践	康奈尔大学“自然教育”等数十门在线课程的国内外 2052 名学习者	

## 五、视数据为“经验”的数据密集型研究： 指向复杂性的“新经验主义”

通过不同研究范式及其折射出的学习观可以看出,在有关学习的研究领域,理论和方法论的争论已经持续了几十年,如行为和认知与情境的关系、个体与集体的关系、时间尺度等。不同的阵营各自使用不同的理论基础、方法论与实证研究来证明各自对学习的观点与立场,造成了理论的断层现象,这使得大多数的研究变得仅仅着眼于证明、改善或驳斥某一理论以及其实证研究发现。

我们亟待对学习科学领域的学习观与方法论进行系统化的整合。基于复杂系统观,我们需要从分析的视角转到综合的视角,重新去审视学习理论的概念框架。复杂系统是由多个主体之间的交互形成的网络,这些交互关系同时会遵循一些基础的规则,如神经元电信号之间的传导、蚂蚁觅食、鸟类迁徙等行为。复杂性研究中,一方面从集体视角关注多个交互个体涌现出了何种复杂集体行为,另一方面从个体视角关注单个个体是如何从集体交互中适应并开展行动的。这些观点可推广至学习的情境中。迈克尔·J.雅各布森(Michael J. Jacobson)也指出,学习发生的情境是一个复杂系统,该系统中包含不同层次的元素与主体,从微观的神经、认知层次,到个人层次,再到宏观的人际、文化等层次,不同层次之间存在交互、反馈和适应,从而使整个系统产生在个体或局部层次上所不具备的集体复杂特征<sup>[53]</sup>。从复杂系统的视角来看,学习可以理解为:“在对各类复杂系统中涌现出的符号表征、结构模式以及社会文化实践的认知过程中产生的变化”<sup>[53]</sup>。陈丽等人将复杂系统观作为“互联网+教育”的世界观,指出应以现代系统论为基础认识复杂教学关系、以耗散结构理论认识教育生态、以协同学视角认识教学新规律<sup>[54]</sup>。田浩等人也提出了复杂性科学视域下的学习干预模型<sup>[55]</sup>。

与此同时,数据革命的爆发,使得人们开始重新思考在这样的时代知识是如何产生的。在对知识是什么,知识是怎么产生的,和如何获取知识的反思中,大数据使得各个研究领域开始审视一种新的研究范式出现的可能性。教育领域中的数据密集型研究代表了一种新的研究范式,称为新经验主义<sup>[56]</sup>。它在本体论层面上认为,数据即为分布式的“经验”;在认识论层面上认为,这些数据经验受简单规则的约束,需要对数据间关系进行建模去发现人类尚未认识的这些基本规律;在方法论层面上,以复杂系统建模为主,旨在深入认识教育复杂系统中不同层次的元素和主体,以及它们之间的交互关系和演化机制。在学术界,与极端的新经验主义不同,数据密集型研究仍然奉行科学的方法,但是更包容溯因、归纳和演绎混合的方式去推动我们对现象的认识。基于新经验主义范式的数据密集型研究不同于实证主义范式下传统的实验研究所采用的演绎逻辑,并不是基于理论提出研究假设,而是在数据中提炼研究假设<sup>[57]</sup>。复杂性研究框架下的数据密集型研究为了解不同尺度和应用场景中学习的机制、驱动效应、演化机理提供了充当“放大镜/望远镜”“显微镜”“撬动地球杠杆”的工具。

### (一)作为“放大镜/望远镜”的数据密集型研究

放大镜/望远镜的作用是辅助我们看清一些不容易看见的细节。作为“放大镜/望远镜”的数据密集型研究主要被用作精细化地记录学习,提供关于学习过程和结果的“高分辨率”量化数据。相比于传统的自我报告问卷和量表测试方法,透过数据这个“放大镜/望远镜”,研究者更有可能捕捉到学习过程中关于交互、脑、眼动等行为和生理层面的证据。这类研究的立场偏实证主义范式,数据驱动的分析技术扮演提升研究者工作效率的工具角色。例如:静态社会网络分析(Social Network Analysis, SNA)常用来研究行为主体彼此之间的关系,或是表征整个社区的网络结构和特征属性,可用于在线学习社区提供学习状态可视化、学习成效监控及预测、协作学习评估、同伴支持推荐、学习者声誉管理和社会临场感知等学习支持<sup>[58]</sup>。

### (二)作为“显微镜”的数据密集性研究

与放大镜/望远镜的作用不同,显微镜帮助我们看到另一个与我们处于完全不同尺度的世界。透过显微镜可以看到微观细胞层面的世界,没有显微镜,即使费时费力,我们也没有办法研究这类尺度的世界。在学习科学领域,我们正需要作为“显微镜”的数据密集型研究。

学习科学领域存在“路灯效应(Streetlight Effect)”,醉汉只会在有光的地方搜索他丢失的钥匙,但实际上还有许多没有被光照到的“黑巷子”。学习科学领域,认知、情境、文化历史活动等理论和方法可以被视为“路灯”,但发生在“黑巷子”里的学习还没有被照亮。现有的理论和方法不能完全解释学习的发生规律。而作为“显微镜”的数据密集型研究则致力于探索“黑巷子”里的学习,发现尚未观测到或认识到的学习规律。

举例来讲,心理学中的注意力研究主要对个体能力进行评测,神经科学研究中的注意力研究关注有意识的神经竞争和选择<sup>[59]</sup>,都是在实证主义范式下开展的研究。最新发表在《自然》子刊的研究成果<sup>[60-61]</sup>其实在很大程度上预示着,在互联网这样一个全新的信息空间下,简化论与回归论模型难以解释不同层次上的学习交互。从作为“显微镜”的数据密集型研究出发,可以将在线空间视为一个开放的生态系统,从复杂系统的视角去表征集体的行为。2007年,Wu和Huberman首次采用“集体注意力(Collective Attention)”这一概念来表征在互联网这样一个自然、非实验情境下大规模群体与有限信息资源的交互动态过程<sup>[62]</sup>。自此,一些研究开始关注集体注意力在资

源上的竞争<sup>[60]</sup>、消退<sup>[63]</sup>以及流转<sup>[64]</sup>等规律。近年来,有研究者致力于揭示这些规律背后的动力学机制。例如:Lorenz-Spreen等人揭示了集体注意力加速的动力学机制<sup>[60]</sup>;张婧婧等人以大规模开放在线课程为例,对开放灵活学习环境中的学习者集体注意力进行建模,发现集体注意力在资源间流转时会以近26%的速率流失,同时,不同绩效群体在集体注意力的积聚与耗散上也存在显著差异<sup>[65]</sup>。这些研究都证实了在线教育中的学习者与不同学习资源交互的过程可以外显地表征为注意力这一能量的积聚、流转与耗散。

### (三)作为“撬动地球杠杆”的数据密集型研究

不同于前面两种研究,作为“撬动地球杠杆”的数据密集型研究则致力于探索隐藏在真实情境之下的普适性规律。这种普适性规律是根本性的、跨尺度的、能够体现课程或者教学组织形态的基本法则。不同于简化论使用变量来表征真实世界,这类研究旨在构建一个复杂系统来表征符合真实世界的演化模型,在这样的网络模型上来发现隐藏于真实情境下的普适性规律。20世纪30年代,马克斯·克莱伯(Max Kleiber)提出著名的克莱伯定律(Kleiber's Law),指出对于很多动物,其基础代谢率水平与体重的 $3/4$ 次幂成正比<sup>[66]</sup>。这个定律无关乎生物的种属,无论是小到一只老鼠,还是大到一头大象,都近似地符合这一定律。教育领域是否也存在类似的物理法则?这其实应该是教育大数据与复杂网络建模研究的重心。类比生物学中克莱伯的 $3/4$ 定律,我们尝试将学习系统中的集体注意力流视为与外界进行“能量消耗”(集体注意力的积聚与耗散)来维系课程学习空间的“体重”(集体注意力的流量)。研究发现,课程空间中,学习者与外界交换消耗的集体注意力,会随着总注意力流量的增长呈现类似的生物体异速增长趋势。幂律法则中的参数 $r$ 可作为集体注意力保有率的指标,并且这一指标不受时间、学习者人数与点击总量的影响,是一个相对恒定的指标<sup>[69]</sup>。这类研究致力于探索隐藏在真实情境下可建构的物理世界中影响真实情境的“无形的手”,是我们真正想要发现的普适性规律。

## 六、结 语

学习科学领域的学习观和研究范式相互交织,共同推动该领域的发展。随着时间的推移,学习科学的理论演进和概念的不断演化从未停止,从实践逻辑出发,研究范式和方法论也在不断进步。学习科学家,不论他们是实证主义的支持者、解释主义的拥护者,还是实用主义的追随者,都应该真正认可新兴范式创新

所带来的机遇和挑战。教育领域的范式多元化使学习科学研究变得更加丰富,但我们需要避免误解不同研究者所持的范式,同时也应避免在研究设计中混淆本体论、认识论和方法论的立场。这不仅是范式的并存,更是对不同研究方法和理论的真正理解。我们需要以更加开放和包容的心态来接受教育领域中范式的多

元共存和相互融合的现实,努力理解解释主义所强调的个体经验、实证主义的操作性定义、实用主义中的设计原则以及新经验主义的动态建模思维。将西方理论与中国智慧相结合,更好地认识各种研究范式的意义和局限,聚焦于真实的学习情境,促进学习观与研究范式的不断创新。

#### [参考文献]

- [1] 赵健,郑太年,任友群,等.学习科学研究之发展综述[J].开放教育研究,2007,13(2):15-20.
- [2] 焦建利,贾义敏.学习科学研究领域及其新进展——“学习科学新进展”系列论文引论[J].开放教育研究,2011,17(1):33-41.
- [3] 任英杰,徐晓东.学习科学:研究的重要问题及其方法论[J].远程教育杂志,2012,30(1):26-36.
- [4] SAWYER R K. Introduction: the new science of learning [M]/SAWYER R K. The Cambridge handbook of the learning sciences. Cambridge: Cambridge University Press, 2014:1-18.
- [5] JACOBSON M J, KAPUR M, REIMANN P. Conceptualizing debates in learning and educational research: toward a complex systems conceptual framework of learning[J]. Educational psychologist, 2016,51(2):210-218.
- [6] ERTMER P A, NEWBY T J. Behaviorism, cognitivism, constructivism: comparing critical features from a design perspective[J]. Performance improvement quarterly, 1993,4(6):50-72.
- [7] GAGNÉ R M. Conditions of learning and theory of instruction[M]. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1985.
- [8] 赫伯特·西蒙. 认知:人行为背后的思维与智能[M].荆其诚,张厚粲,译.北京:中国人民大学出版社,2020.
- [9] FRAENKEL J R, WALLEN N E, HYUN H H. How to design and evaluate research in education [M]. New York: McGraw-Hill Education, 2019.
- [10] ZHENG L, LIU W, LONG Y, et al. Affiliative bonding between teachers and students through interpersonal synchronization in brain activity[J]. Social cognitive and affective neuroscience, 2020,15(1):97-109.
- [11] KAPUR M. A further study of productive failure in mathematical problem solving: unpacking the design components[J]. Instructional science, 2011,39(4):561-579.
- [12] FOGASSI L. The mirror neuron system: how cognitive functions emerge from motor organization [J]. Journal of economic behavior & organization, 2011,77(1):66-75.
- [13] BRANSFORD J D, BROWN A L, COCKING R R. How people learn: brain, mind, experience, and school [M]. Expanded ed. Washington: National Academy Press, 1999.
- [14] JOHNSON R B, CHRISTENSEN L. Educational research: quantitative, qualitative, and mixed approaches [M]. California: Sage Publications, 2019.
- [15] ENYEDY N, STEVENS R. Analyzing collaboration [M]/SAWYER R K. The Cambridge handbook of the learning sciences. Cambridge: Cambridge University Press,2014:191-212.
- [16] ERICSSON K A, SIMON H A. Protocol analysis: verbal reports as data[M]. Cambridge: Reved Bradford,1993.
- [17] LIGORIO M B, TALAMO A, PONTECORVO C. Building intersubjectivity at a distance during the collaborative writing of fairytales [J]. Computers & education, 2005,45(3):357-374.
- [18] CHI M T. Quantifying qualitative analyses of verbal data: a practical guide [J]. The journal of the learning sciences, 1997,6(3):271-315.
- [19] CAZDEN C B. Language in the classroom[J]. Annual review of applied linguistics, 1986,7:18-33.
- [20] MERCER N. The analysis of classroom talk: methods and methodologies[J]. British journal of educational psychology, 2010,80(1):1-14.
- [21] O'CONNOR M C, MICHAELS S. Shifting participant frameworks: orchestrating thinking practices in group discussion[M]/HICKS D. Discourse, learning, and schooling. Cambridge: Cambridge University Press,1996:63-103.
- [22] SCARDAMALIA M, BEREITER C. Computer support for knowledge-building communities [J]. Journal of the learning sciences, 1994,3(3):265-283.



- [23] COBB P. Reasoning with tools and inscriptions[J]. *Journal of the learning sciences*, 2002, 11(2-3):187-215.
- [24] ESHUIS E H, VRUGTE J, ANJEWIERDEN A, et al. Improving the quality of vocational students' collaboration and knowledge acquisition through instruction and joint reflection [J]. *International journal of computer-supported collaborative learning*, 2019, 14(1):53-76.
- [25] BARRON B, PEA R, ENGLE R A. Advancing understanding of collaborative learning with data derived from video records[M]//HMELO-SILVER C E, CHINN C A, CHAN C K, O'DONNELL A M. *The international handbook of collaborative learning*. New York: Routledge, 2013:203-219.
- [26] CRESS U, HESSE F W. Quantitative methods for studying small groups [M]//HMELO-SILVER C E, CHINN C A, CHAN C K, O'DONNELL A M. *The international handbook of collaborative learning*. New York: Routledge, 2013:93-111.
- [27] PUNTAMBEKAR S. Mixed methods for analyzing collaborative learning [M]//HMELO-SILVER C E, CHINN C A, CHAN C K, O'DONNELL A M. *The international handbook of collaborative learning*. New York: Routledge, 2013:187-195.
- [28] ROSCHELLE J. Learning by collaborating: convergent conceptual change[J]. *Journal of the learning sciences*, 1992, 2(3):235-276.
- [29] LIN T J, ANDERSON R C, JADALLAH M, et al. Social influences on children's development of relational thinking during small-group discussions[J]. *Contemporary educational psychology*, 2015, 41:83-97.
- [30] HUTCHINS E. *Cognition in the wild*[M]. London: MIT Press, 1995.
- [31] BARRON B. When smart groups fail[J]. *Journal of the learning sciences*, 2003, 12(3):307-359.
- [32] WOOLLEY A W, CHABRIS C F, PENTLAND A, et al. Evidence for a collective intelligence factor in the performance of human groups[J]. *Science*, 2010, 330(6004):686-688.
- [33] MALONE T W, BERNSTEIN M S. *Handbook of collective intelligence*[M]. Massachusetts: MIT Press, 2022.
- [34] KOZINETS R V. *Netnography: ethnographic research online*[M]. California: Sage Publications, 2010.
- [35] 吴忭, 彭晓玲. 量化民族志:一种融合定性与定量的教育研究方法[J]. *现代远程教育研究*, 2021(2):63-72.
- [36] CASTANHEIRA M L, CRAWFORD T, DIXON C N, et al. Interactional ethnography: an approach to studying the social construction of literate practices[J]. *Linguistics and education*, 2001, 11(4):353-400.
- [37] 辛自强, 林崇德. 微观发生法:聚焦认知变化[J]. *心理科学进展*, 2002, 10(2):206-212.
- [38] WERNER H. Musical micromelodies and microscales[J]. *Zeitschrift psychologie*, 1925, 98:74-89.
- [39] VYGOTSKY L S, COLE M. *Mind in society: development of higher psychological processes* [M]. Cambridge: Harvard University Press, 1978.
- [40] SCHOENFELD A H, SMITH J P, ARCAVI A. Learning: the microgenetic analysis of one student's evolving understanding of a complex subject matter domain[M]//GLASER R. *Advances in instructional psychology*. London: Routledge, 1993:55-175.
- [41] DISESSA A A. Conceptual change in a microcosm: comparative learning analysis of a learning event[J]. *Human development*, 2017, 60(1):1-37.
- [42] POWELL T C. Competitive advantage: logical and philosophical considerations [J]. *Strategic management journal*, 2001, 22(9):875-888.
- [43] 张羽, 刘惠琴, 石中英. 指向教育实践改进的系统范式——主流教育研究范式的危机与重构 [J]. *清华大学教育研究*, 2021, 42(4):78-90.
- [44] KELLY M, DOWLING M, MILLAR M. The search for understanding: the role of paradigms[J]. *Nurse researcher*, 2018, 25(4):9-13.
- [45] BROWN A. Design experiments: theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings[J]. *Journal of the learning sciences*, 1992, 2(2):141-178.
- [46] COLLINS A. *Toward a design science of education* [M]//SCANLON E, O'SHEA T. *New directions in educational technology*. Berlin, Heidelberg: Springer, 1992:15-22.
- [47] ANDERSON T, SHATTUCK J. Design-based research[J]. *Educational researcher*, 2011, 41(1):16-25.
- [48] MCKENNEY S, REEVES T C. Systematic review of design-based research progress[J]. *Educational researcher*, 2012, 42(2):97-100.
- [49] WANG F, HANNAFIN M J. Design-based research and technology-enhanced learning environments [J]. *Educational technology research and development*, 2005, 53(4):5-23.

- [50] HOADLEY C, CAMPOS F C. Design-based research: what it is and why it matters to studying online learning [J]. *Educational psychologist*, 2022,57(3):207-220.
- [51] KALI Y, HOADLEY C. Design-based research methods in CSCL: calibrating our epistemologies and ontologies [M]//CRESS U, ROSÉ C, WISE A F, et al. *Computer-supported collaborative learning series*. Cham: Springer International Publishing, 2021: 479-496.
- [52] 张婧婧,牛晓杰,姚自明,等.异步在线学习中的“准”同步视频交互实验研究[J].*远程教育杂志*,2021,39(3):52-64.
- [53] CLANCEY W J. Scientific antecedents of situated cognition [M]//ROBBINS P, AYDEDE M. *Cambridge handbook of situated cognition*. Cambridge: Cambridge University Press, 2008:11-34.
- [54] 陈丽,郭玉娟,张文梅.“互联网+教育”的世界观:复杂系统观[J].*中国远程教育*,2023(8):7-12,24.
- [55] 田浩,武法提.复杂性科学视域下的学习干预:概念解析、核心要素及模型构建[J].*电化教育研究*,2022,43(9):29-36.
- [56] 张婧婧,于玻.指向复杂性的“新经验主义”:论教育研究的范式演进与创新[J].*中国远程教育*,2024,44(2):47-61.
- [57] KELLING S, HOCHACHKA W M, FINK D, et al. Data-intensive science: a new paradigm for biodiversity studies [J]. *Bioscience*, 2009,59(7):613-620.
- [58] JAN S K, VLACHOPOULOS P. Social network analysis: a framework for identifying communities in higher education online learning [J]. *Technology, knowledge and learning*, 2019,24(4):621-639.
- [59] 张婧婧,杨业宏.在线学习中的幂律法则:基于开放与平衡流系统的新指标[J].*远程教育杂志*,2019,37(4):96-105.
- [60] LORENZ-SPREEN P, MØNSTED B, HÖVEL P, et al. Accelerating dynamics of collective attention [J]. *Nature communications*, 2019,10(1):1759.
- [61] CANDIA C, JARA-FIGUEROA C, RODRIGUEZ-SICKERT C, et al. The universal decay of collective memory and attention[J]. *Nature human behaviour*, 2019,3(1):82-91.
- [62] WU F, HUBERMAN B. Novelty and collective attention [J]. *Proceedings of the national academy of sciences*, 2007,104(45): 17599-17601.
- [63] WENG L, FLAMMINI A, VESPIGNANI A, et al. Competition among memes in a world with limited attention [J]. *Scientific reports*, 2012,2(1):335.
- [64] LEHMANN J, GONÇALVES B, RAMASCO J J, et al. Dynamical classes of collective attention in twitter [C]//The 21st International Conference on World Wide Web (WWW '12). New York: Association for Computing Machinery, 2012:251-260.
- [65] ZHANG J, LOU X, ZHANG H, et al. Modeling collective attention in online and flexible learning environments [J]. *Distance education*, 2019,40(2):278-301.
- [66] KLEIBER M. Body size and metabolic rate[J]. *Physiological reviews*,1974,27(4):511-541.

## Learning Theories and Methodology in the Learning Sciences: Paradigm and Practical

ZHANG Jingjing, NIU Xiaojie, HUANG Yicheng  
(Faculty of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875)

[Abstract] On the question of "how people learn", academics have gone through a change from the "science of learning" which emphasizes cognition and brain to "the learning sciences" which emphasizes the context. The logic behind this change is closely related to the view of learning, the research paradigm, and practical logic that researchers uphold. The development of behaviorism and the first-generation cognitive science promoted the vigorous development of the positivism paradigm and experimental studies. The second-generation cognitive science highlighted the importance of real situation, elevating constructivist and interpretivism paradigms. From the 1990s onwards, the pragmatic paradigm and design-based research, aiming at solving real problems, have become the important

research methods in learning sciences. Nowadays, the development of learning analytics, driven by big data, has given rise to the "new empiricism" paradigm that points to complexity. This data-intensive research, primarily focusing on complex system modeling, seeks to open the "black box" of learning, and explore the interaction and evolutionary mechanism of learning. This paper systematically reviews and compares learning theories, research paradigms, and related practices in the four major stages of development in the field of the learning sciences, aiming to promote the theoretical and practical integration and innovation in the learning sciences.

[Keywords] The Learning Sciences; Learning Theories; Research Methods; Research Paradigm

(上接第22页)

- [36] 黄荣怀,刘德建,阿罕默德·提利利,等.人机协同教学:基于虚拟化身、数字孪生和教育机器人场景的路径设计[J].开放教育研究,2023,29(6):4-14.
- [37] 罗生全,郑欣蕊.教师数字能力研究的现实图景与未来展望[J].现代教育管理,2023(8):19-30.
- [38] 罗生全,谭爱丽,钟奕军.人工智能教育应用中的伦理风险及其规避[J].中国教育科学(中英文),2023,6(2):79-88.
- [39] 朱旭东,朱志勇.构建循证教育体系推动教育决策和实践科学化专业化[N].光明日报,2020-09-01(13).
- [40] 苗逢春.教育人工智能伦理的解析与治理——《人工智能伦理问题建议书》的教育解读[J].中国电化教育,2022(6):22-36.

## Towards the Basic Theories of Teaching Transformation in the Digital Age: Digital Pedagogy

HUANG Ronghuai, HU Ying, LIU Mengyu, PAN Jingwen, ADARKWAH Michael  
(National Engineering Research Center of Cyberlearning and Intelligent Technology,  
Beijing Normal University, Beijing 102200)

[Abstract] With the development of emerging technologies such as artificial intelligence, the application of digital technology in education is deepening. Whether the use of technology can effectively improve the learning effect and teaching quality remains a global hot topic, especially in terms of effective methods, applicable objects, and effective scenarios, where evidence is still insufficient. Therefore, there is an urgent need to study the laws of digital learning and teaching under the digital transformation of education. The key to the transformation of digital learning is how technology facilitates learning, and its mechanisms can be summarized into three levels: technology application, skill extension, and human-machine collaboration. The key to the digital transformation of teaching is that technology serves effective teaching. In order to achieve this goal, it is necessary to follow the basic laws of teaching and learning in the digital age: (1) the essence of teaching is a bilateral activity between teaching and learning; (2) the role of technology is to effectively empower teaching and learning; (3) the root of digital teaching lies in the digital pedagogy. Based on the exploration of the basic laws of teaching and learning in the digital era, the research further clarifies that the basic path for the comprehensive teaching reform is the development of digital pedagogy, which specifically contains four dimensions: (1) technology-enabled deep learning; (2) green and robust digital learning environments; (3) evidence-oriented teaching practices; (4) human-machine collaborative education with mutual trust.

[Keywords] Technology-empowered Learning; Digital Transformation of Teaching; Digital Pedagogy; Deep Learning; Human-Machine Collaborative Teaching