

学习技术典型案例：从社交机器人到大脑刺激*

——学习科学国际大会“学习技术”专题综述

□徐光涛 张怀浩 任友群

摘要：学习科学作为一门研究教与学的新兴交叉学科，自诞生以来就将学习技术设计作为重要的研究方向。在最近召开的学习科学国际大会“学习技术”专题研讨中，来自不同国家和地区的研究人员重点对四个方面进行了交流研讨。在社会性学习技术方面，社交机器人RUBI通过与儿童的对话和交互能有效提高儿童语言学习的效率；社会性教学代理（TA）能帮助学生提高他们的学习和推理能力。在学习设计与分析技术方面，学习设计平台PPC能使教师在大数据的支撑下选择或设计学生学习方案；教育数据仓库DataShop能为研究者们提供研究学生学习行为、预测学生学习绩效、验证学习理论的环境。在认知描绘技术方面，CogSketch采用独特的方式促进学生对于描绘的认知理解，有利于学生高阶推理能力与空间能力的培养。在大脑刺激技术方面，经颅电刺激技术（tES）能够对大脑的功能进行塑造，有助于提高学生的数学学习效果。这些研究表明，学习技术正在从理论走向实践，逐渐影响教育决策和教育实践；学习技术的健康发展需要教育学、计算机科学、认知科学、脑科学等各领域研究者的紧密合作，只有这样才能使学习科学研究走向真实的学习境脉，促进学习者的深度学习。

关键词：学习科学；学习技术；社会性学习技术；学习设计与分析技术；认知描绘技术；大脑刺激技术
中图分类号：G434 **文献标识码：**A **文章编号：**1009-5195(2014)03-0045-08 doi:10.3969/j.issn.1009-5195.2014.03.006

***基金项目：**全国教育科学“十二五”规划教育部重点课题“国际学习科学新进展及其对基础教育课程变革的影响——以发达国家或地区为例”（DDA120192）。

作者简介：徐光涛、张怀浩，博士研究生；任友群（通讯作者），博士，教授，博士生导师，华东师范大学教育信息技术学系（上海 200062）。

2014年3月1-6日，“学习科学国际大会”在华东师范大学举行。该会议由经济合作与发展组织（OECD）、美国国家科学基金会（NFS）、联合国教科文组织、华东师范大学、上海师范大学、香港大学联合举办，主要就学习科学研究的进一步发展及如何推动教育政策和实践的变革进行了广泛交流和深入对话。

近年来，世界各国都高度关心技术促进学习的问题，并开展了大量的相关研究，取得了较为显著的研究成果。为此，本次大会设置了“学习技术”研讨专题，来自匹兹堡学习科学中心（Pittsburg Science of Learning Center, PSLC）的主任 Lauren Resnick 教授作为该专题召集人，不仅分享了自己研究团队的研究成果，还组织正式与非正式环境学习研究中心（Center for Learning in Informal and Formal Environment, LIFE）主任 Patricia K. Kuhl 教授、空间能力与学习研究中心（Spatial Intelligence and Learning Center, SILC）的 Ken Forbus 教授、香

港大学教育应用信息科技发展研究中心（Centre for Information Technology in Education, CITE）主任罗陆慧英（Nancy Law）教授以及牛津大学的高级研究员 Roi Cohen Kadosh 博士在大会上分享了各自团队在学习技术领域开展的研究，并围绕相关内容与近百名来自全球的参会者进行了深度交流。本文将围绕这几位专家所呈现的典型案例分析 and 讨论，着眼点包括学习技术的目标群体、设计思路、技术特点和应用效果等方面，重点探讨相关学习技术研究的启示以及未来发展方向。

一、学习科学视域下的学习技术

学习科学是一个研究教与学的新兴交叉学科，自1991年诞生以来，就将学习技术设计作为重要的研究方向之一。学习科学对于技术如何促进学习的认识取决于认知科学、教育技术学、脑科学、社会学等多个学科领域对于学习和技术的认识与研究。学习是大脑的生化活动，是相对持久的行为变

化，是信息加工，是记忆与回忆，是社会协商，是思维技能，是知识建构，是概念的转变，是境脉的变化，是活动，是分布在共同体中间、根据环境给养调试感知。（戴维·乔纳森等，2007）技术在早期主要是指人类制造并使用的工具、机器、武器、交通工具以及技能。（Bain, 1937）维基百科全书在回顾了技术的历史以及学者们对技术的看法后，将其定义为对于工具、机器、技巧、系统与组织等的创造、改善、使用以及其他相关知识。或者说，技术就是知识的实际应用，其目的在于解决问题、改良系统、达成目标。（Wikipedia: Technology, 2014）

学习技术的相关研究，主要通过整合交互式多媒体、人工智能、计算机网络等各种技术，以及对各种创新性课程和课堂活动结构进行设计，从而为教与学创建有效的学习环境。因此，学习技术既可以是看的到的软硬件，也可以是任何一种促进学习的技术或方法。它的发展是多个学科领域共同作用的结果。比如行为主义心理学的强化理论直接导致了程序教学以及程序教学机的产生，Web2.0技术在社会建构主义、联通主义的指导下更利于学习。另外，学习技术还作用于教育的不同层面。从宏观层面讲，它能够影响政府对于教育政策的制定、执行与实施，如可以利用大数据技术提高教育决策的科学性，运用设计研究方法完善教育系统。从中观层面讲，它能够影响学校的执教理念与方针，如由于知识是情境的、分布式的、社会建构的，在这些理念的导引下教师积极组织分布式教学，带领学生开展弹性学习活动。从微观层面讲，它能够为学习者提供多种促进深度学习的手段、技术与工具，如下文提到的Teachable Agents、CogSketch等技术。

二、学习技术典型案例分析

本次学习科学大会的“学习技术”专题从认知科学、人工智能、脑科学等不同角度探讨了学习技术对于学习的作用和影响，重点围绕社会性学习技术、学习设计与分析技术、认知描绘技术以及大脑刺激技术进行了交流研讨。该专题研讨由匹兹堡学习科学中心的主任Resnick教授组织并主持，学习技术设计是该中心的主要研究领域。作为一名认知心理学家，Resnick教授结合自己的研究工作分析了近年来工作性质的巨大变化，很多研究任务都涉及计算机技术，如数据收集、数据分析等。计算机技术在教学中的应用历程走过了程序教学到智能导师、教学演示到交互式学习、再到学习分析的过程。对于学习者来说，计算机不仅可以作为协商对

话的学习伙伴，还是重要的社会性学习与交往工具，Resnick教授在其报告引言的最后部分提出：“计算机支持的协作学习（Computer Supported Collaborative Learning, CSCL）已经成为学习科学最活跃的研究领域。”下文笔者将围绕研讨会中展示的典型案例进行详细介绍和阐述。

1. 社会性学习技术

学习是一种社会性行为，没有交流和互动就难以达成有效的学习。美国华盛顿大学Kuhl教授及其团队的一项研究显示，教师通过面对面的方式教9个月大的婴儿学习汉语，通过语言、肢体动作和眼神交流，能够达到非常好的学习效果，但是如果仅仅通过视频或音频的方式将学习内容呈现给婴儿，却发现没有任何学习效果。（Kuhl et al., 2003）如何才能借助学习技术实现社会性学习呢？LIFE、TDLC（Temporal Dynamics of Learning Center）以及斯坦福大学AAA（Awesomely Adaptive and Advanced Learning and Behavior）实验室等研究机构在这方面开展了多项研究，其中包括社交机器人（Social Robot）RUBI和教学代理（Teachable Agents, TA）。

（1）社交机器人RUBI

RUBI的全称是“使用贝叶斯推理的机器人（Robot Using Bayesian Inference）”。RUBI项目旨在开发面向儿童的交互式社交机器人（如图1所示），是由TDLC发起的一项跨学科研究项目，也是唯一涉及多家NSF下属学习科学中心的科研项目。该研究项目始于2004年9月，2004-2008年进行了第一阶段的研究，2010-2013年开展了第二阶段的研究。（Movellan et al., 2005; Forster, 2012）。通过TDLC与LIFE研究人员的协同研发，目前RUBI已具备了良好的社交能力，既能够以社会性方式教孩子学习多种语言，也能够通过摄像头获取视频信号并智能识别儿童的表情和活动，还能够通过情感计算判断儿童的情绪状态，如孩子是否在微笑或者哭闹。另外，RUBI会转头或转动眼珠朝向儿童，并用“手”接受孩子递给它的礼物（如图2所示），还能做出一些手势动作，如指示方向等。

开展RUBI项目的长远目标之一是研究儿童能否通过会说话的机器人学习外语。已有研究发现，12天时间内儿童识认10个英语词语，在RUBI的帮助下学习效率提高了27%，（Movellan et al., 2009），同样在芬兰语等外语教学中也产生了良好的效果。在RUBI的研发过程中，需要计算机、儿童发展、机械工程、语言学习等各领域专业研究人员的合

作,充分体现了学习科学领域跨学科、跨机构、多元化的研究特点。以往认知科学在学习领域的研究备受诟病,原因就在于实验室的研究环境与真实的教育实践相差太远,对教育教学没有太大的参考和借鉴价值。对此, Kuhl 教授在研讨会上提出:“近年来的学习科学研究表明,通过实验室研究能够影响学前教育的实践研究,而实践研究反过来也可以影响实验室研究。”



图 1 社交机器人 RUBI (Forster, 2012)



图 2 托儿所中的孩子与 RUBI 玩游戏 (Meltzoff et al., 2009)

(2) 社会性教学代理

社会性教学代理 (Teachable Agents, TA) 是由斯坦福大学 AAA 实验室、范德比尔特大学电子工程和计算机科学系、范德比尔特大学 Peabody 学院、麦吉尔大学 SMART 实验室联合研发的一项学习技术。该技术基于社会性隐喻,让学生充当“小老师”,让计算机代理充当“学生”,通过绘制概念图“教授”计算机代理的方式进行学习。概念图是一种用节点代表概念,用连线表示概念间关系的图示法。个人所绘制的概念图能够体现其对某一主题相关概念的理解情况,很多研究表明概念图有助于知识保持和知识的综合运用。(Horton et al., 1993; Hilbert et al., 2008) 当“小老师”“教”过他的“学生”后,通过人工智能技术,“学生”就可

以“理解”“小老师”绘制的概念图并据此回答问题,从而实现交互性,建构思维模型并给出反馈(如图 3 所示)。

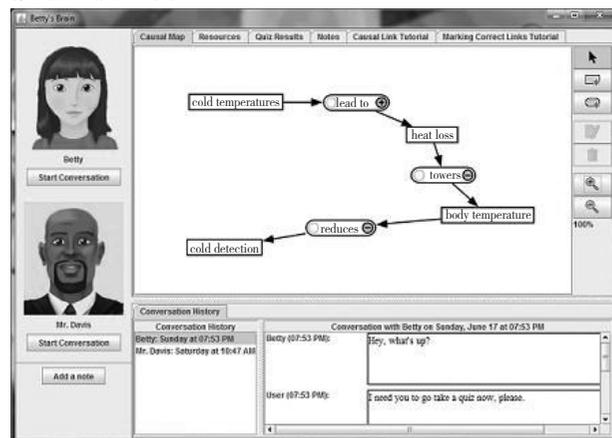


图 3 教学代理 (Teachable Agents Group, 2014)

通过 TA 实现社会性学习的关键在于反馈,所有反馈都是基于因果链推理而作出的,这依赖于系统所使用的定性推理引擎 (Qualitative Reasoning Engine) (Forbus, 1984) 机制,引擎所采用的遍历算法能够帮助代理基于概念图进行因果推理。(Biswas et al., 2005) 交互式反馈的信息来源于计算机“学生”对于问题回答的情况,而判断“学生”表现的依据在于真实教师事先输入的隐藏在系统背后的专家概念图。当学生绘制好概念图后,点击提交按钮,就会有一系列问题呈现给“学生”,同时“学生”给出的答案会与教师提供的专家概念图进行比较,接着系统会将“学生”的表现反馈给“小老师”。对于“学生”错误的作答,系统并不直接呈现正确答案,而是给出更详尽的反馈和提示。系统能够对“小老师”的概念图进行自动评分,并给出反馈和指示。系统的社会性互动功能除了具备“小老师”教计算机代理“学生”之外,还允许教师通过系统提供的程序模块将多个“学生”的概念图呈现在教室的大屏幕上;还可以同时向所有代理问同一个问题,比较“学生”们的表现,进而开展班级层面的讨论和交流,实现班级层面的互动。(Chin et al., 2010)

借助 TA 这样的社会性教学代理技术,究竟能否提升学生的学习状况? Chase 等 (2009) 的研究发现,学生在教授他们的 TA 时,为了让“学生”学到更多的知识,他们表现出很强的责任感,并且更乐于接受错误并找出失败的原因。Chin 等所做的一项关于小学生借助 TA 学习科学的研究显示,尽管占用了教学时间,但这不仅不会影响常规课程学习的效果,还会带来额外的学习收益。TA 能够提

高学生的学习能力，从而帮助他们更好地应对常规课堂中新的科学内容的学习，甚至当他们不再使用这个软件的时候，这种学习能力仍旧可以保持。（Chin et al., 2010）在一项历时两年、针对四年级儿童使用TA进行生物分类和生态系统学习的研究中，Chin等发现通过TA软件能够帮助年幼的儿童学会运用科学的方式进行推理。（Chin et al., 2013）

2. 学习设计与分析技术

目前，国内外教师都是通过设计学习活动、准备或开发相关学习资源、开展教与学活动并给予相应的反馈与评估来促进学生学习的。另一方面，教师在专业发展过程中，并不像教育研究者那样运用科学的方法研究教学，而是根据各自的实践经验发展各自的教与学理论并加以践行。教师在职前和职初对于教学目标、教学设计、教学策略等有较为统一的理解，但是随后的教学生涯将因各自的教学实践不同而千差万别。这也许就是有人认为教学是艺术的原因。

然而，伦敦大学教育学院的Diana Laurillard教授认为教学不仅仅是一门艺术，还是一门设计科学。（Laurillard, 2012）香港大学教育应用信息科技发展研究中心的Nancy Law教授在本次会议上提出：教师们运用技术变革教与学的过程中，应把教师作为学习设计师来看待。为此，她为教师们开发了一种可以共同开展学习设计的PPC（The Pedagogical Pattern Collector）平台，营造了教学设计支持环境（Learning Design Supported Environment）。（LDSE Project, 2014）这不仅使教师可以在大数据的支撑下通过选择或设计不同的教学设计模型和教学策略来为学生提供更为科学的学习方案，还能对自己已经设计及开展的的教学设计方案进行分析对比，以此进一步借助集体智慧来促进自身的专业发展。

此外，在学习分析方面，PSLC的DataShop专门为那些致力于研究学习的研究者们提供了研究项目的数据存储与共享服务，以及数据分析与可视化工具等服务。（PSLC, 2014）DataShop对所有人免费开放，在注册时只需同意其服务条款便可自由使用该平台上的所有服务。在数据存储与共享方面，研究者不仅可以上传研究数据，而且可以查看其他人开展项目的研究概况以及相关的研究数据，并将其导出成Excel、SPSS等软件需要的格式，以供自己的项目使用。另外，DataShop所提供的在线工具与服务，使得研究者能够将研究数据可视化，如查看学习者的学习曲线，运用统计工具对研究数据进行建模。这为研究者们提供了一个

研究学习者学习行为、预测学习者绩效水平、验证某种学习理论的平台与社区。

3. 认知描绘技术

SILC专注于空间学习能力的研究，目前所开展的空间学习理解工具等8个项目无一不与空间能力的研究与培养有关。来自SILC的Forbus教授在本次大会上和与会者们分享了一种认知描绘技术——CogSketch。描绘是人类思考与交流时进行的自然活动，能够把人们的思想外化，尤其是与空间相关的想法。对于描绘的理解涉及可视化、空间、概念性知识以及推理方面的能力，这给认知科学对其进行建模和诠释带来了挑战。（Forbus et al., 2011）CogSketch是SILC研究团队开发的开放领域描绘理解系统，利用图形对象、标签和关系线三种元素创建描绘对象，并采用独特的方式促进学生对于描绘的认知理解，尤其注重高阶推理能力与空间能力的培养。此外，Forbus教授强调指出CogSketch的完善离不开其他诸如人工智能等学科及研究团队的支持。

在人与人之间描绘诸如几何图形、自行车等物体时，往往会使用一些语言来指代某种图形对象，如三角形、齿轮。但是图形往往与指代对象之间存在一对多的关系，如圆形在几何学中是一种几何图形，而在地理学中可能代表地球、月亮或金星等。因此，为了使人机间能够像人与人之间那样对描绘进行感知、空间和概念上的理解，CogSketch基于以下两点假设进行推理：一是有效感知有赖于有质量的空间表征；二是结构绘图（Structure-Mapping）理论可用于可视化推理。它运用图形对象、标签和关系线三种元素创建绘图并表征图中各对象间的空间和逻辑关系，并以结构绘图理论为基础，使用结构绘图引擎对所描绘对象进行可视化类比。（Forbus et al., 2011）换言之，CogSketch主要具有可视化思维和类比两种核心功能。

CogSketch主要应用于认知模拟和教育教学中。在认知模拟方面，CogSketch应用于模拟可视化的空间推理任务。此方面的典型研究有运用矩阵解决几何类比问题、（Lovett et al., 2007）识别异类图形的空间推理能力（Lovett et al., 2008）以及空间语言的学习。（Lockwood et al., 2008）在教育教学方面，CogSketch作为一种教育软件平台，主要提供“工作单”和“设计伙伴”两种服务。其中，“工作单”能够使学习者通过类比自己与专家对于物体的描绘来评测并促进其对于物理和空间概念的学习；（Yin et al., 2010）“设计伙伴”本质上是一种教学代理，能够帮助学习者在设计初期诠释其所设计的内容。（Wetzel et al., 2009）

4. 大脑刺激技术

来自牛津大学的Kadosh博士介绍了他们使用经颅电刺激技术(transcranial Electrical Stimulation, tES)配合数字视频游戏提高认知效果从而改善学习的研究。17世纪末以来,人们了解到当电流刺激神经组织时,有利于缓解与改善脑瘫、癫痫等神经系统疾病患者的症状,电刺激技术作为治疗和诊断手段逐步得到推广应用。经颅电刺激技术(tES)是最新的大脑刺激技术之一,和深部脑刺激技术不同,它是非侵入性的。tES设备会产生微小的电流,通过电极可以瞄准大脑的特定区域,也可以应用于整个大脑,从而实施刺激。微弱的电流降低了副作用风险,从而开启了将其用于普通认知促进器、甚至用于没有认知障碍的人的可能性。这一研究领域近年来逐步进入研究人员的视野,Kadosh博士是该研究领域的先行者之一。

Kadosh博士在报告一开始播放了影片《黑客帝国》中主人公脑部连接设备可直接下载知识的片段,并提出或许在不远的未来这将成为现实。在第一项研究中,Kadosh团队的研究成员通过一款无线tES头套(Starstim Neuroelectronics)刺激特定的脑区,同时借助一款Kinect游戏软件进行每天半小时的训练,结果发现tES能够明显改善反应时,特别是2个月以后,反应时明显缩短。Kadosh博士的另一项研究显示,借助tES技术,即使通过较少的训练也可以取得较高的算术成绩。Kadosh团队开展的一系列研究表明,在不存在数学学习困难的成年人身上,借助tES技术有助于提高他们执行多种数学任务的学习速度。现在他们在存在数学学习困难的人身上也找到了初步证据。Kadosh博士的实验室和其他实验室的研究结果已经表明,即使刺激停止,那些从中受益的人仍将维持高于未受刺激者的成绩水平,最久可维持到一年之后。如果后来没有继续训练,那么所有人的成绩都会随着时间的推移而下降,但受刺激组的成绩依然好于未受刺激组。(Snowball et al., 2013)

诸如tES这样的大脑刺激技术似乎让人振奋,但必须配合一定的认知训练才能达到改善学习的目的。然而,经颅电刺激技术可能存在一定的危险,比如某些人在认知领域的快速发展常伴有其他能力的相应下降。这种技术可能会让孩子或他们的父母过早地做出选择,从而造成使用者某一功能的过快发育,如语言能力等。另一方面,这种技术也可能使孩子们在一些有价值的功能领域付出代价,如面部识别等。正如Kadosh所指出的,“这种技术就

像药品一样,可能存在副作用。”(Miller, 2013)

三、分析与讨论

本次“学习技术”专题研讨会表明:学习是一种社会性行为,社交机器人RUBI通过与儿童对话、交互、玩耍,有效提高了儿童语言学习的效率;社会性教学代理能够使学生负责任地以“教授”的方式进行学习,藉此提高他们的概括和推理能力。通过学习设计与分析平台PPC,教师们不仅可以在大数据的支撑下选择或设计学生学习方案,而且还可以借助集体智慧促进自身的专业发展;教育数据仓库DataShop通过所提供的在线服务和工具,为研究者们提供了一个研究学习者学习行为、预测学习者绩效水平、验证学习理论的开放平台。认知描绘技术CogSketch采用独特的方式促进学习者对于描绘的认知理解,尤其注重高阶推理能力与空间能力的培养。在认知训练的基础上,通过经颅电刺激技术这样的大脑刺激技术有助于提高学生的数学学习效果。

综观上述关于学习技术的典型案例,国际学习科学研究在技术促进学习方面的总体状况与启示可以概括为如下五点:

1. 社会性学习技术不断深化社会认知研究

在本次大会上,华盛顿大学学习与脑科学研究所主任Andrew Meltzoff教授从神经生物学、临床行为、教育等层面的跨学科研究出发,提出社会认知是学习科学研究的中心。社会性学习的神经生物学基础在多项研究中已得到证实,人的脑是“社会性的脑”(Social Brain)。同样对社会性学习技术的关注刚好呼应了Meltzoff教授的研究发现,无论是社交机器人RUBI,还是能够扮演“学生”角色的TA,或者是能够支持教师进行协同学习设计的平台PPC,都展现了社会性功能的相关设计理念。实证研究的结果也印证了社会性学习工具支持下的社会性学习的学习效果。随着自然交互技术的不断发展,社会性学习工具的交互功能必将进一步加强,同样随着使用数据的不断积累,如果在此基础上将这些机器人、代理、平台进一步改进和演化,它们将变得越来越“聪明”,真正的、自然的人机交流与对话或许在不远的未来将变为现实。

2. 学习技术研究逐渐影响教育决策和教学实践

技术的智能化发展趋势以及国内外对于技术影响教育的愈加重视,使得研究者们有更多机会运用技术来保障与促进学习的分析、设计、开发、实施与评价。目前研究者们对于学习技术的研究已经不

满足于停留在理论研究层面。本文提到的LDSE所提供的学习设计支持环境，可以为教师提供教学设计的资源与环境；大数据技术已经发展到直接用来分析与评价学生在课堂内的学习活动与产出，如上海市静安区开展的社会情绪项目运用大数据技术甚至可以记录学生在提交最终答案之前，在哪几个选项之间进行过多长时间的犹豫这类往常无法获取的信息；（罗阳佳，2013）学生不仅可以运用“电子书包”开展个性化学习，（郁晓华等，2012）还可以使用3D技术制造自己满意的作品以促进其空间能力与创新能力的培养。（黎加厚等，2013）

3. 神经技术成为学习技术研究的新亮点

神经科学已成为近20年来发展最快的科学领域。脑科学研究表明，神经机能对学习、教学和绩效具有根本性的作用。本次学习科学大会呈现的前沿研究几乎都使用到了神经影像技术，而在“学习技术”研讨部分，Kadosh博士所介绍的通过电刺激技术改善学习的研究是一个全新的研究领域，引起了与会者的强烈兴趣与激烈讨论。笔者检索发现，Kadosh博士所带领的团队开展的有关大脑刺激技术的研究，引起了包括Science、Nature等顶级学术刊物及BBC、英国每日邮报等大众媒体的普遍关注。目前功能磁共振成像技术（fMRI）、功能近红外光谱技术（fNIRS）以及脑电图（EEG）与事件相关电位（ERPs）等脑扫描、脑成像技术已趋成熟，并已广泛应用于学习科学的相关研究中。如果说神经影像技术是对大脑机制的解读，那么经颅电刺激技术、磁刺激技术等神经刺激技术则是对大脑功能的塑造。相关研究不仅是对人类大脑学习机能的探索和发现，从某种意义上说，这也会影响到人类未来的发展和走向，既是一个科学问题，也是一个伦理问题。

4. 学习技术的演化历程是传承并发展的

技术在飞速发展，不论是硬件设备还是软件技术都更新换代很快。对于大多数技术产品的设计研发来说，比如硬件设备，在很多时候新的方案完全可以替代旧的方案。但是，透过本次大会呈现的这些学习技术典型案例，我们发现对于学习技术而言，其设计和研发是一个传承并发展的过程。比如关于智能导师系统的相关设计与研发，这方面的研究最早可追溯到上个世纪50年代由斯金纳研发的“教学机器”。Resnick教授那时曾在哈佛大学斯金纳的实验室做过研究助理，她认为借助“教学机器”的学习是一种非常个性化的学习方式，能够即时记录学生的按键行为，并做出解释分析。虽然当

今基于计算机的学习环境已经发生了很大的变化，现在的计算机导师系统也已经不是当时教学机器的模样，但其核心思想是类似的。在每一种学习技术身上都有着早期人工智能教育应用研究的印记，也体现着近百年来教学理论研究和实证研究的真知灼见。由此可见，学习技术的演变与进化历程是怀有改进人类学习美好愿望的研究者们薪火相传并创新发展的过程。

5. 跨学科合作研究是学习技术研发的必要条件

多学科、跨领域的研究群体，拓宽了学习科学研究的广度，也加深了学习科学研究的深度。跨学科合作研究改变了研究者原来单一学科角度看待问题的弊端，而可以使他们从多学科视角更加全面地了解学习发生的机制，以及运用一些综合技术手段干预学习的发生，进而改进学习的效果。一项有效的学习技术的研发，往往需要教育学、计算机科学、认知科学、脑科学等各领域专业人员的合作。专题研讨中的各位专家均对此形成共识，如Resnick教授提到PSLC项目体系中超过50%的工作内容与计算机的运用能力有关，大量工作需要计算机科学家和认知科学家合作才能完成；Forbus教授也表示CogSketch的发展离不开其他学科专家的支持。显然，跨学科合作研究已经成为学习技术研发的必要条件，这也恰恰是当前国内学习科学研究最值得借鉴的地方。

参考文献：

- [1] [美]戴维·乔纳森,简·豪兰,乔伊·摩尔(2007).学会用技术解决问题——一个建构主义者的视角[M].任友群,李研,施彬飞.北京:教育科学出版社:6-7.
- [2] 黎加厚,杨晓哲,杨高云(2013).三维打印技术的发展对教育的启迪[J].中国医学教育技术,(1):1-5.
- [3] 罗阳佳(2013).静安区试点“社会性与情绪能力养成”课程 [EB/OL].[2014-4-20].<http://www.shedunews.com/zixun/shanghai/quxian/jingansi/2013/04/26/511903.html>.
- [4] 郁晓华,祝智庭(2012).电子书包作为云端个人学习环境的设计研究[J].电化教育研究,(7):69-75.
- [5] Bain,R.(1937).Technology and State Government[J].American Sociological Review,2(6):860-874.
- [6] Biswas,G.,Leelawong,K.& Schwartz,D. et al.(2005).Learning by Teaching:A New Agent Paradigm for Educational Software[J].Applied Artificial Intelligence,19(3-4):363-392.
- [7] Chase,C.,Chin,D.B.& Oppezzo,M. et al.(2009).Teachable Agents and the Protégé Effect:Increasing the Effort towards Learning[J].Journal of Science Education and Technology, 18(4): 334-352.
- [8] Chin,D.B.,Dohmen,I.M.& Cheng,B.H. et al.(2010).Preparing

Students for Future Learning with Teachable Agents[J].Educational Technology Research and Development,58(6):649-669.

[9]Chin,D.B.,Dohmen,I.M.& Schwartz,D.L.(2013).Young Children Can Learn Scientific Reasoning with Teachable Agents[J].IEEE Transactions on Learning Technologies,6(3):248-257.

[10]Forbus,K.D.(1984).Qualitative Process Theory[J].Artificial Intelligence,24(1-3):85-168.

[11]Forbus,K.D.,Usher,J.M.& Lovett,A. et al.(2011).CogSketch: Sketch Understanding for Cognitive Science Research and for Education[J].Topics in Cognitive Science,3(4):648-666.

[12]Forster,D.(2012).A TDLC SIN: Socially Mediated Learning and/or Learning to Be Social[DB/OL].[2014-04-16].http://tdlc.ucsd.edu/events/sfi/Deborah_Forster_Lecture.pdf.

[13]Hilbert,T.S.& Renkl,A.(2008).Concept Mapping as a Follow-Up Strategy to Learning from Texts:What Characterizes Good and Poor Mappers?[J].Instructional Science,36(1):53-73.

[14]Horton,P.B.,McConney,A.A.& Gallo,M. et al.(1993).An Investigation of the Effectiveness of Concept Mapping as an Instructional Tool[J].Science Education,77(1):95-111.

[15]Kuhl,P.K.,Tsao,F.M.& Liu,H.M.(2003).Foreign-Language Experience in Infancy: Effects of Short-Term Exposure and Social Interaction on Phonetic Learning[C].Proceedings of the National Academy of Sciences,100(15):9096-9101.

[16]Laurillard,D.(2012).Teaching as a Design Science: Building Pedagogical Patterns for Learning and Technology[M].New York:Routledge:1-10.

[17]LDSE Project[EB/OL].[2014-04-16].<https://sites.google.com/a/lkl.ac.uk/ldse/>.

[18]Lockwood,K.,Lovett,A.& Forbus,K.D.(2008).Automatic Classification of Containment and Support Spatial Relations in English and Dutch[A].Freksa,C.,Newcombe,N.S.& Gärdenfors,P. et al.(Eds.).Spatial Cognition VI. Learning,Reasoning, and Talking about Space[C].Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 5248:283-294.

[19]Lovett,A.,Forbus,K.D.& Usher,J.M.(2007).Analogy with Qualitative Spatial Representations Can Simulate Solving Raven's Progressive Matrices[A].Proceedings of the 29th Annual Conference of the Cognitive Science Society[C].Tennessee,Nashville.

[20]Lovett,A.,Lockwood,K.& Forbus,K.D.(2008).A Computational

Model of the Visual Oddity Task[A].Proceedings of the 30th Annual Conference of the Cognitive Science Society[C].Washington,DC.

[21]Meltzoff,A.N.,Kuhl,P.K.& Movellan,J.R. et al.(2009).Foundations for a New Science of Learning[J].Science,325(5938):284-288.

[22]Miller,G.(2013).The Hidden Costs of Cognitive Enhancement[EB/OL].[2014-04-16].<http://www.wired.com/2013/03/cognitive-enhancement/>.

[23]Movellan,J.R.,Tanaka,F.& Fortenberry,B. et al.(2005).The RUBI/QRIO Project: Origins,Principles, and First Steps[A].Proceedings of the 4th International Conference on Development and Learning[C].IEEE:80-86.

[24]Movellan,J.R.,Eckhardt,M.& Virnes,M. et al.(2009).Sociable Robot Improves Toddler Vocabulary Skills[A].Proceedings of the 4th ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction[C].New York,ACM:307-308.

[25]PSLC DataShop[EB/OL].[2014-04-16].<https://pslclatashop.web.cmu.edu/>.

[26]Snowball,A.,Tachtsidis,I.& Popescu,T. et al.(2013).Long-Term Enhancement of Brain Function and Cognition Using Cognitive Training and Brain Stimulation[J].Current Biology,23(11):987-992.

[27]Teachable Agents Group[EB/OL].[2014-04-16].<http://www.teachableagents.org/>.

[28]Wetzel,J.& Forbus,K.D.(2009).Automated Critique of Sketched Designs in Engineering[A].Proceedings of the 23rd International Workshop on Qualitative Reasoning[C].Slovenia, Ljubljana.

[29]Wikipedia:Technology [DB/OL].[2014-04-21].<http://en.wikipedia.org/wiki/Technology>.

[30]Yin,P.,Chang,M.D.& Forbus,K.D.(2010).Sketch-Based Spatial Reasoning in Geologic Interpretation[A].Proceedings of the 24th International Workshop on Qualitative Reasoning[C].Oregon,Portland.

收稿日期 2014-04-21

责任编辑 刘 选

(下转第 65 页)

From Neo-Behaviorism to Neuroscience: Perspectives on the Origins and Future Contributions of Cognitive Load Research

Richard E. Clark, Vincent P. Clark, translated and edited by Jiang Min

Abstract: In the development history of American psychology, the development of cognitive load theory has always been restrained by behaviorism. Behaviorism pays attention to motives and the single way of study, so step by step its limitation becomes obvious, with the result that neobehaviorism focuses on complex study problems using cognitive load theory. Cognitive load theory provides systematic ways for teaching theories and teaching methods, but there still exists some other problems, such as how to test cognitive load, how to identify germane and extraneous cognitive load. Neuroscience's research on the relationship of pupil dilation and vascular constriction, imaging methods for monitoring changes in cognitive load, provide methods for problems mentioned above. Specifically speaking, pupil dilation and vascular constriction could be a standard and alternative of testing cognitive load; the methods of event-related potentials (ERPs), magnetic resonance imaging (fMRI) can discover the basic course of brain, identifying the working model of brain as well. In future, researchers should step away from our century-long dispute and become open to the insights offered by past and future advances in cognitive psychology and neuroscience. Meanwhile, we should carefully use these methods and look for alternative hypotheses when we progress. Our ultimate goal is to achieve a unified theory that bridges the gap between cognitive psychology and neuroscience.

Keywords: Learning Sciences; Neuroscience; Cognitive Load; Behaviorism; Design for Teaching; Brain Imaging Methods

(上接第 51 页)

Typical Cases of Learning Technology: From Social Robot to Brain Stimulation

Xu Guangtao, Zhang Huaihao, Ren Youqun

Abstract: The design of learning technology has always been the important direction of science of learning since the emergence of this interdisciplinary research area in teaching and learning. During the session of "Technologies for Learning" of the International Convention on Science of Learning 2014, researchers from different countries and regions shared their research in this field focusing on the following four aspects. In terms of the social learning technology, the social robot RUBI had a significant effect on the efficiency of children's language learning through dialogues and interactions with the children. Also, capitalizing on the social aspects of learning, Teachable Agents can help students learn and enhance their learning and reasoning ability. In terms of the technologies of learning design and analysis, with the help of the learning design platform of PPC, teachers can select and design learning plans for students based on big data; DataShop is a data repository and web application for learning science researchers, providing researchers secure data storage as well as an array of analysis and visualization tools through a web-based interface. In terms of cognitive sketch technology, CogSketch has been proven helpful to develop students' higher-order reasoning and spatial ability. In terms of brain-stimulation technology, a relatively new brain-stimulation technique called Transcranial Electrical Stimulation may help people learn and improve their understanding of math concepts. These findings indicate that learning technology is moving from theory to practice, gradually affecting the decision-making and the practice in education. And the healthy development of learning technology requires close interdisciplinary cooperation among the researchers from the areas of education, computer science, cognitive science, neuroscience, etc. Then, focusing on the learning in real-world contexts, the technologies can promote the learners' deep learning.

Keywords: Science of Learning; Learning Technology; Social Learning Technology; Technologies of Learning Design and Analysis; Cognitive Sketch Technology; Brain Stimulation Technology