

数位学习、脑研究与学习科学

陈德怀^{1*}, 柯华葳^{2**}, 张立傑¹

台湾中央大学¹网路学习科技研究所; ²学习与教学研究

【摘 要】学习科学是一门跨领域的新兴科学。基于中央大学暨有的数位学习研究成果,本文提出学习、内容和数位三向度,包括数位学习和脑研究的学习科学研究议题。他们分别是(一)学习基础研究:脑研究、学习认知研究、学习资料分析;(二)数位前瞻技术开发:一对一无线数位教室学习环境、无线感测器网路、数位学习实物、无所不在的学习和教育机器人及教育代理人与多媒体技术。(三)数位学习内容研发,包括中小学基础科目、大学基础课程和数位内容管理。吾人期待在科技整合下,继续学习科学研究,以进一步对人脑发展和学习理论有所贡献。

【关键词】学习科学; 数位学习; 脑研究

Digital Learning, Brain Research, and Learning Science

Tak Wai Chan PhD¹, Hwawei Ko PhD², Ben Chang PhD¹

¹Graduate Institute of Network Learning Technology, ²Graduate Institute of Learning and Instruction, National Central University

Abstract Learning science is an emergent and growing research agenda. Based on National Central University's R & D strengths in digital technology for education, the authors propose a research scheme for learning science. It includes learning, content, and digital 3 dimensions. In the scheme, issues like the brain and cognition, teaching and learning data analysis, one on one wireless learning environments, wireless sensor networks, digital learning tangibles, ubiquitous learning, learning companions, education agents, elementary subjects, university core curriculum and digital content management will be explored. With an interdisciplinary approach, it is expected to further the knowledge of the human brain and learning.

Key words learning science digital learning brain research

背景与目标

二十一世纪是知识经济世纪,而知识来自于学习与创新。什么是学习?学习是人类一种活动,就如思考、走路、进食、呼吸一样,一出生就自然出现。学习的意思比教育更为广泛。教育是一个有目的的社会行动,提供一个环境让某些特定领域的学习能够发生。但学习无时无刻发生,从出生到死亡,在家里、在户外、在工作间、在休闲里,一直在发生。它是一个相当复杂的现象,整合各种学科,学习科学(learning science)已形成一个跨领域的新兴科学,被世界各国视为重点发展项目(例:OECD, 2002、The Science of Learning Centers program, NSF, 2003)。

至于数位科技,亦正以全面渗透的方式,逐渐改变人类生活各个层面,作为一个整合和丰富的媒介,它在学习中所扮演的是一个辅助和促进的角色,并正逐步改变人们的学习方式。数位学习(digital learning)是指数位科技支援学习(digital technology supported learning)的意思,即研究如何利用数位科技,促进人类的学习,让学习学得更有效和更有动机,不管是正规学习(formal learning),还是非正规学习(informal learning)。

吾人并不会乐观估计数位学习在短期内会对教育产生重大的改变,因为教育是一个稳定而且改变十分缓慢的社会部门。数位科技对教育的变革,可能需要五十年到一百年才会尘埃落定。但是从长期看,数位科技将是给教育带来变革的最主要的力量。

* 陈德怀,博士,台湾中央大学网络学习科技研究所所长。

** 柯华葳,博士,台湾中央大学学习与教学研究所所长。

的确,我们面对的是数位时代的年轻人,他们与数位科技一同出生,很快每人都拥有一个轻便的手机或多功能载具,通话之外,还可以做各种事。因此,学界必须先一步研发,一方面开发学习科技,一方面观察科技对学习、对学习者的特别是对脑发展的影响。本文为对数位学习、脑研究所构成学习科学研究的提议。

定义与领域架构

近年对于数位内容的定义,有不同的看法,在定义数位内容之前,研究者有必要先定义内容:

内容 = 材料 + 活动

譬如说看一本书,这是内容,因为材料是一本书,活动是阅读书本。又如教育机械人与小孩子对话学英语,也是内容,材料是机械人嘴巴说出来的语音,活动是机械人与小孩子的对话。所谓“数位内容”,是指内容的材料使用数位方式呈现或内容的活动应用数位技术支援。而数位内容的开发讲究创意。创意指材料以创新数位方式呈现,例如创新的数位艺术表现手法,或该内容所设计的活动是以创新方式应用资讯科技,例如使用无处不在运算资讯技术支援学生探究海洋生物。它的狭义意思是指其内容与学习直接相关,它的广义意思则是间接与学习相关。但与工作、生活、商业、艺术、文化等有关,并能借用数位学习的研究方法和技术丰富其研究内涵。有不少论者认为未来数位社会中,学习、工作和休闲之间的分野愈来愈模糊,这显示相关领域的方法论和技术,可以相互借鉴。

研究者所提学习科学研究架构将以学习、内容、数位为主轴,如图一。

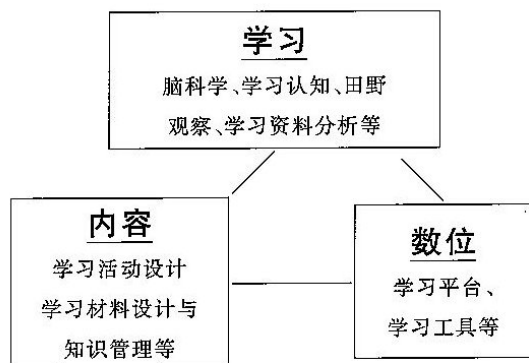


图1 研究架构图

Fig 1 Scheme for depicting research components

架构中各变项与变项间关系进一步定义如下:

学习 这个主轴的重心在于对人类学习的自然过程有深刻而持续的了解,包含的基础研究如脑科学、学习认知、学习资料分析等。

数位 这个主轴的重心在于如何利用数位科技来了解学习过程,并建立能够提升学习成效的学习平台与学习工具。

内容 这个主轴的重心在于设计适合学生的学习活动与学习材料。

学习与内容的关系 并非有多媒体的学习材料就是对学习有效,也不是有创新的学习活动就能提升学习效果。我们一定需要对人类学习这个过程有深刻而持续的了解,因此我们可以透过脑科学、认知学习的研究、学生资料分析的方法,了解人类学习的自然过程,进而以此为基础来设计数位化的学习材料或学习活动,这样的内容才会让学习效果提升、学生更乐意学习、老师也能知道如何协助学生学习。

数位与学习的关系 人类构筑建筑物,建筑物却也重塑(reshape)人类。学习活动都会在一个平台上或环境里,配合必要的工具进行。传统的学习平台与工具就是学校、教室、桌子、椅子、黑板、粉笔、书本、笔等等。数位科技具有庞大的潜力提升学习平台与工具的效能,例如无所不在的学校与教室、有感测能力的桌椅、电子白板等等。人类对学习的需求,会随着数位科技的发展,构筑更理想的学习环境。大量的研究,证明数位科技能促使学习方式创新、更具弹性、以及学习效能与效率的提升。整体来说,就是学习环境的改变,使得学习方式与效能也随之改变。

数位与内容的关系 数位技术提供改变学习方式的可能性,并透过多媒体技术,学习材料将配合崭新的学习活动,以不同的表征或创意的方式呈现,包含印刷文字以外的影像、声音、动画、模拟等。未来网络将储存所有人类的知识,因此大量学习材料的管理技术也是不可或缺的一环。除了有效管理学习材料,也使学习材料被快捷取得。此外,从某一角度来看,学习者大量被纪录下来的学习历程,可以被用来选取适合某特定学习者的学习内容的参考,同时是引导某特定学习者作反思活动的基础,所以也是学习材料的一部分,也需要数位技术进行处理。

研究议题

学习基础研究 学习基础研究在于对人类学习的自然过程有深刻而持续的了解,包含脑研究、学习认知、学习资料分析等。

脑研究 脑的研究已成为探索人类学习活动与提升学习质量中一项不可或缺的基础研究。借由非侵入型设备例如功能性磁共振造影 (Functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI)、脑电波及诱发电位定位设备 (Event-Related Potential, ERP)、正子断层扫描仪 (Positron Emission Tomography, PET)、及脑磁波仪 (Magnetoencephalography, MEG) 等精密造影仪器的应用,针对于语言、情绪、记忆、推理、注意力等脑部活动进行与学习相关之研究,了解学习经验与大脑生理的相互影响,进而发展以脑为基础的学习理论,提供一个对于学习过程的全面观点。以脑研究为基础,作为学习活动的设计、不同媒体材料的采用、学习环境的丰富化、乃至于学习的重点及目标提供概念性的方针。同时进行认知神经发展的研究,了解各成长阶段大脑各部位生理的变化以及教学介入后的变化。

学习认知 从认知的角度来看,学习的历程相当于一连串学习素材的输入、选择性注意、工作记忆、输出知识与能力并送入长期记忆中储存的程序。因此对于学习的研究需要考虑注意力与记忆的本质、知识建构的过程、环境社群的影响、以及个体间的差异等。研究方向拟着重于多管道学习、学习动机、社群以及合作学习、互动式学习材料的呈现、以及知识建构的鹰架方法等。另一项重点是后设认知的研究。后设认知指的是学习者了解自身学习历程、目的、所拥有的知识、以及所面临限制的能力。将借由了解如何获得与提升后设计认知,设计合适的学习材料与活动,培养独立、具自我调控能力、终生学习的学习者。

在学习基础研究中,研究者亦将发展研究方法,在学习现场作密集时间的观察、访问与纪录;包括在教室、校园、户外、居家,甚至是虚拟空间如网站、数位游戏环境之中等等。研究方法将建基于人种志访谈 (ethnographic interviews)、田野观察研究 (field re-

search)、自然探究 (naturalistic inquiry) 等质化研究方法,并用以协助我们建立理论、改进内容与系统。除此以外,将建立特殊的学习实验环境与实验教室,来进行需要控制的实验。

学习资料分析 数位学习系统储存数以万计的学习者资料,除了个别学生的学习资料外,还有不同学生学习相同教学内容的资料。如何以统计方法自庞大资料中粹取出重要的讯息,让研究者与教师们分析学生的资料,掌握每个学生的学习状态,进一步引导学生进行学习,成为一个充满挑战性的课题,在电脑容量允许下,分别进行统计分析,加以整合,达到去芜存菁的功效。

数位前瞻技术 数位前瞻技术乃利用数位科技来了解学习过程,并建立能够提升学习成效的学习平台与学习工具。传统的学习平台与工具就是学校、教室、桌子、椅子、黑板、粉笔、书本、笔等。数位技术具有庞大的潜力提升学习平台与工具的效能,例如无所不在的学校与教室、有感测能力的桌椅、电子白板等等。这些学习环境的改变促使学习方式的效能提升。

一对一无线数位教室学习环境 一对一数位学习的无线数位教室环境是一个结合各项无线技术与具无线连结能力的学习辅具与教学设备所形成之硬体环境,搭配各式各样的数位内容、软体工具与教学法所组成的软体环境,组合而成的一个无线数位教室环境。透过此无线数位教室环境,学生可以更主动地掌握学习资源、参与更多的社会互动模式,进而改善学习成效;而老师可以透过此环境的记录与诊断,有更多的机会了解每个学生,给予个别合适的指导。

无线感测器网路 (wireless sensor network) 感测器能够帮助电脑充分感知学生的动作与学习过程。一个将学习环境中许许多多的感测器连结起来的网路,便称之为无线感测器网路 (wireless sensor networks)。这个网路统整学习环境里的各个学习资源,并使每个学习资源都能够交换资讯。除此之外,学生能够在这个环境下使用肢体动作来进行学习。举例来说,当教室内的地板布满了感测器,学生就可以利用身体的移动来进行学习,不再拘泥于受限的电脑形式。

数位学习实物 (digital learning tangibles) 数位学习实物改变以往学生使用电脑的方式,将运算能力嵌入学生日常生活可碰触到的物体,因此学生能够透过操纵物体的方式来存取电脑,而不必局限于滑鼠与键盘的操作。举例来说,当七巧板都被赋予了电脑运算能力,则电脑就可以协助学生学习各式各样的创意图形。换言之,电脑以非侵入的方式成为学生日常生活的一部分。

无所不在的学习 (ubiquitous learning) 一个良好的学习环境,必须支援学习者无缝式的学习。也就是说,学习者的学习不能因为时间、空间的转换或改变而中断。无所不在学习的远景即在于此。现今关于无所不在运算的研究主要有两个方向。其一是行动运算 (mobile computing),其二是无形运算 (invisible computing)。

教育机器人 教育机器人是可触实体学习同伴 (tangible learning companion) 的其中一种呈现方式。教育机器人将原本的虚拟学习环境中学习同伴的研究实体化,而能够进入学校班级当中,以人形或是动物的样貌与学生互动。当机器人技术成熟且发展普及后,教育机器人更能够达成与学生进行 1 对 1 的数位实体教学。

教育代理人与多媒体技术 教育代理人是电脑模拟的角色人物,具有特定的能力与性格,扮演许多不同的社会性角色,在学习过程中提供更多的社会性互动来学习。教育代理人的研究包含持续性发展平台、多媒体呈现机制、学生模型架构。第一项旨在为虚拟平台上的教育代理人设计一个具持续性的研究架构;第二项目标为利用多媒体技术,设计元件式的教育代理人,快速整合于不同的平台;第三项则将发展一个以信心为基础的学习阶层理论,应用于学生模型的学习评量架构。

数位学习内容 数位学习内容主要包括创新学习活动设计、学习材料设计等。未来的学习活动将会针对不同的学习情况,有更多样的选择。此外,让老师可以充分了解与掌握学生的学习状况。

未来学习活动将会利用无缝网路技术,将学习、工作、生活与娱乐无缝地串接起来,并促进协同合作,加速创意激发,增加跨距离与跨时的连结。在教室、户外、图书馆、博物馆等地方都可以使用随身携

带的电脑与无缝连结网路来进行学习。透过单机、无线或有线网路,来进行面对面或远距离互动、二人或小组互动、整班同学的互动,甚至在网路上与庞大的学习社群互动。个人独立学习包括个人与单机 (独立电脑) 互动学习,而电脑可以只是一个微型世界 (micro world) 或电脑模拟智慧型家教,或是多个模拟的学习同伴,或是未来个人与机器人学习等。小组学习分为合作学习、游戏式学习、专题式学习、探究式学习、问题解决式学习、同齐教学相长学习等,这些学习方式,都可以用电脑做为媒介 (mediator) 进行。班级学习包含讲述式学习、班级高互动学习、班级内小组间互动学习等。大型网路社群学习包括社区式学习、知识建构学习、跨班学习等。其中可以针对下列各项先进行研究。

中小学基础科目 数学、自然科学、语文这三大领域一直是中小学最重要的学习科目。相对的这些课程的老师所面临的挑战度也更艰难。因此为了帮助国中小学生提升对数学、科学及语文的学习兴趣,并且减少教师的教学负担,让教师更能掌握学生的学习进度。我们计划设计一连串的数学、科学、语文学习活动,并且应用无线行动技术,开发相对应的数位学习内容与课程架构。以数学为例,学习活动分为:观念建立、程序了解、技巧熟练等可以通过各种小组合作的学习活动,并依照学生兴趣与动机开发相对应的创新数位学习内容。

大学基础课程与创意教学 与中小学相比较,大学的课程科目以及类别则显得多样,大学的教师自主性也较高。创意与创造力是知识经济的驱动力。如何鼓励大学教授应用资讯科技于基础课程与创意教学,并提高学生的学习兴趣及创造力是一大挑战。透过基本课程示范,鼓励大学教授从事创意基础课程教学,让学生有更多的课程类型可供选择并期提升学生的创造力。透过基础课程,如物理、天文、数学、机械等,研究如何采用创意教学的内容,来改善学习现况。以物理为例,现行的大学普通物理教育大多以讲授式的授课方式,教师主要仍是以单向式的传授知识为主。如何增加学生的参与度、促进学生主动学习、找出学生错误的直觉认知、制造认知的冲突、订正学生错误的认知、进一步地提供知识和概念等,如此才能产生有效率的教学与学习。以

天文为例,透过网路的协助,连接全球各地的天文台,可以建构一个全天候的观测天文台,进行全天候的观测。在此天文台,可以进行许多不同种类的学习活动,例如任务式学习的观测活动,以鼓励学生完成特定的任务。以数学为例,透过资讯科技的协助,提供教师进行创意数学教学,提升学生对于数学的兴趣并降低学生学习数学的挫折感。以机械教学为例,透过将技术创造力的提升融入教学中,使学生能够获得适当的科技训练并同时具有弹性、有创意的问题解决能力,已成为老师教学的一大挑战,而一个设计良好且有创意的内容,对于教与学都扮演着很重要的角色。

数位内容管理 由于网络无远弗届,如果网络上资讯缺乏有效的管理,虚假资料、侵犯著作权、入侵个人账户等轻重不一的事情就会发现。数位内容管理是学习内容在应用过程中的管理,包括提供学习内容,并记录使用者的各种资料,例如学生的学习档案、学习历程、成绩等等,同时收集教师们的使用记录。

结 语

自 80 年代后期,中央大学一直致力于数位学习的前沿研究,以下为其中几项重要成果:

1. 虚拟学习同伴 (virtual learning companion): 在 80 年代后期提出的概念和原型系统,是一项开创性的研究工作 (seminal work), 现在成为人工智慧与教育领域中一个子领域, 此项研究牵涉学习档案、反思性学习、合作或社会学习、学习动机、多媒体等议题。投入此子领域研究的美国大学有 MIT, Stanford, Vanderbilt、南加大。还有加拿大、英国、法国、西班牙、芬兰、日本等国家的实验室。

2. 教室小组连线学习系统 (computer supported group learning in classrooms): 1992 年发表使用 RS232 连接两台黑白 IBM PC386 Compatible 的同步合作或竞争游戏式学习系统原型,就同步连线小组学习系统来说,这是全球第一台系统,欲达成的理想是建构智慧型未来教室 (futuristic intelligent classroom)。其后十多年来进行一连串的在教室中进行的同步学习系统的设计和实验,包括在教室使用无

线行动学习辅具的研究。不同于今天仍以非同步远距离为主,已作出大量研究的网际网路学习,在教室中以电脑作为沟通中介进行的面对面互动学习,在可预见的将来是一个方兴未艾的重要研究议题。

3. 无线行动学习 (wireless and mobile learning): 这是一个新兴起的研究领域,无论是在教室内或在户外的无线行动学习,中央大学的研究团队是此领域的先驱。举例来说,2002 年在瑞典举行的第一届 IEEE 无线行动科技教育应用研讨会,接受发表九篇长论文中,有三篇来自中央大学团队的研究。之后,中央大学教授建议此领域之著名期刊以无线行动学习作为特刊 (special issue), 此期刊连续三年都有此议题的特刊,成为此新领域的权威刊物。

4. 亚卓市 (EduCities): 目前可能是一个全世界最大的教育实验网站,探讨未来网路学习社会一个架构,一方面反映现实中小学社群组织,另一方面用各种不同方式建构网路学习社群。它建立了一个庞大的网路学习社群,包括 150 万亚卓市市民 (Edu Citizens)、2500 个亚卓镇 (Edu Towns, 即学校) 和 22000 个亚卓村 (Edu Villages, 即班级)。网站提供大量的服务功能、学习教材和学习活动,例如当中的全民学校是由来自各地的老师所成立的一个网路社群,提供多项线上课程;夫子学院提供教师共同合作设计教学计划 (lesson plans) 的平台,目前累积超过 12000 份教学计划 (请参见: <http://www.educities.edu.tw>)。亚卓市亦和台北市及宜兰县建立姊妹市关系,第一届市长是由诺贝尔奖得主李远哲博士担任,第二届则由曾志朗院士担任。第一次卓越计划之后,亚卓市仍由中央大学拥有,由中华电信公司经营。

在上述基础上,我们提出以学习、内容、数位为主轴的学习科学研究架构与议题,期冀能继续研发并与世界各先进国家齐头并进,对促进此新兴科学与人类学习理论有突破性的贡献。

参考文献

- [1] OECD (2002). Understanding the brain: Towards a new learning science. OECD.
- [2] Science of Learning Centers (2003). (http://www.ehr.nsf.gov/ehr_pgm_detail.cfm?pgmPimsid=5567&pgmPubid=5816).