

从在线协作到面对面协作： 基于多点触摸桌面的 CSCL 研究综述*

丁杰¹² 吴焕庆³ 马宁¹

- (1.北京师范大学 现代教育技术研究所,北京 100875;
- 2.江苏师范大学 教育研究院,江苏徐州 221116;
- 3.曲阜师范大学 信息技术与传播学院,山东日照 276826)

[摘要] 新兴的多用户交互式触摸桌面技术,正逐渐成为 CSCL 研究关注的热点问题。多点触摸桌面技术与现有课堂的融合,引发了 CSCL 研究的视角转变:从关注虚拟环境中的交互,转向计算机支持的面对面人际交互。多点触摸桌面的技术特性表现出支持社会性交互、促进多用户协作、丰富学习者动手体验等教育适应性。对已有研究梳理发现,桌面技术在技术架构、课堂交互分析的理论框架两方面已取得可直接指导实践应用的成果。桌面技术教学实证研究的结论表明,该技术能有效支持真实课堂环境中的协作学习。未来此领域的研究焦点将集中在技术与教学两个方面:桌面技术与现有课堂信息技术系统协同工作机制;桌面技术支持下的教师教学组织能力与技术准备。

[关键词] 多点触摸技术;交互桌面;教学应用;CSCL;研究综述;在线协作;人际交互;协作学习

[中图分类号] G434 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672—0008(2013)01—0045—09

一、研究背景

多用户共享的交互式桌面环境(interactive tabletop environment),目前正逐渐成为 CSCL 研究的热点问题。对于交互式桌面的关注,起源于 2009 年 11 月在德国举行的主题为“教育中的桌面技术”的工作坊。该工作坊由欧洲 STELLAR (Sustaining Technology Enhanced Learning at a Large scale) 项目^①支持。本次工作坊活动中来自欧洲各国的 CSCL 学者集中探讨了交互式桌面这一新兴技术在教育领域中的应用前景。Higgins^[1]将多点触摸交互式桌面界定为“双侧或多侧的,可以供两人以上同时使用的,交互式的计算机操作平面设备,该设备具有非垂直摆放的显示界面,并具备直接的、物理性的交互操作功能”。Dillenbourg^[2]进一步归纳了“多点触摸交互式桌面”的基本技术特征:以桌台(table)形式存在的、水平(或倾斜)放置的、其物理尺寸允许多个用户同时进行交互活动的计算机操作界面。交互式桌面输出方式为 LCD 显示屏,输入方式为手指触摸为主,并可连接其他多种外接输入设备。

交互式桌面技术的出现,引发了研究者和教育家利用此项技术提升教学的乐观期待。由于交互式桌面技术独有的操作交互性,它在协作学习方面的影响成为研究关注焦点。通过与现有 CSCL 领域研究中 Stahl^[3]、Dillenbourg^[4]等人的研究

对比发现,交互式桌面技术引发了全新的研究变化:促使 CSCL 研究对象从“在线环境中的虚拟交互”转向计算机支持下,面对面的“真实人际交互”。目前,大多数计算机辅助协作学习环境设计均以在线虚拟设计中协作活动为主,而交互式桌面则可实现面对面的基于计算机支持的协作活动。通过真实环境下,实地触摸、移动虚拟对象,学习者之间的协作、互动和交流将得到极大程度的促进与丰富。与在线虚拟世界中的协作活动不同,真实环境下的协作活动将促使学生更好地感知小组成员的个人情感、语气、手势、姿态和意图等人性化信息。通过交互桌面技术对多用户的物理性协作与协同活动的支持,将使得学习者的协作学习活动真正实现“计算机技术与真实世界的完美融合”(Weiser^[5])。

从技术层面看,多点互动桌面技术已经拥有良好的稳定性,足以形成大规模的产业化生产,并支持使用开源驱动程序定制桌面环境。尽管形式多样,但由于交互式桌面环境的新特性,使得其成为了一种完全不同于以往电子设备(如,个人电脑、智能终端、交互式电子白板等)的全新信息技术应用。目前,交互式桌面技术已经在国内外商业、广告、传媒等领域得到广泛应用,但其在教育领域,特别是正式学习环境中的应用方式与效果还亟待深入探讨。

* 基金项目:本研究系教育部人文社会科学研究青年基金项目“一对一”环境下的班级文化建设研究(项目编号:11YJC880077)的系列研究成果之一。

^①http://www.stellamet.eu

二、多点触摸桌面技术的教育适用性

美国著名教育与技术变革专家 Cuban^[6]认为,任何新技术融入教育场景的主要动力来自于技术特性对学习效果的促进。在 CSCL 领域中,存在两个对待技术在教育场景中应用的误区:过分泛化(over-generalization)与过分预期(over-expectation)。在技术应用的早期,使用者总是对新技术抱有极大的热情。随着技术被更广泛地应用,若缺乏结论性证据来说明技术应用对可测量的学习结果会产生影响,必然会导致技术应用热情的衰减,造成设备投资浪费。Cuban^[7]、Higgins^[8]等多位学者都指出,“技术本身并不包含内在的和固有的教学法属性”,为了避免一项新技术的盲目应用,必须在其投入教育场景之前探讨其教育适用性。而对于多点触摸桌面技术来说,还需要详细分析它独特的功能属性,探讨其与现有数字化设备的区别与联系。

多点触摸桌面实质上就是水平放置的带有触摸屏功能的计算机(见图1),因此,常见的教育应用软件都可运行在多点触摸桌面环境中,实现操练、模拟仿真、建模、多媒体呈现等功能。在实际课堂中可进行选择题测试、文本阅读活动或单纯的识记练习等学习活动。单纯从软件与功能层面看,多点触摸桌面环境与其他数字化设备一样,自身并不具备促进协作学习和知识建构的固有特性。深入分析多点触摸桌面技术与其他设备的区别则可以发现,虽然只是简单地改变了交互界面(屏幕)的放置方式,但却带来了全新的教育应用。



图1 多点触摸桌面支持学生协作
(图片来源:英国杜勒姆大学 SynergyNet 项目^②)

(一)支持“共场性”(co-location)和社会性交互

交互问题是 CSCL 研究的核心问题之一,而学习者面对面交互并不是一个全新的研究切入点。CSCL 领域中的早期研究,如, Roschell^[9]所关注的正是两名学习者共同分享一个电脑屏幕的场景,但之后的研究重心则逐渐偏离物理环境中的学习者交互,多侧重在虚拟环境中的在线交互活动。主流 CSCL 学者大多倾向于考查协作小组成员通过网络平台,以非面对面的形式进行同步或异步的交流、问题解决、知识分享等活动,所关注的技术工具多为网络平台、即时通讯软件,并由此衍生出虚拟学习空间与交互界面的设计与应用理论。然而,学习者在物理空间中的共场性问题却伴随 CSCL 研究

发展一直存在。所谓“共场性”,英文称之为 co-location 或 co-presence,是指“两个或两个以上的人或事件,在同一时间、同一物理空间内的并存”。Stewart^[10]的单屏显示群件、Koschmann^[11]的多屏显示群件或者 Inkpen^[12]的多点输入设备等,都是 CSCL 学者们对用户“共场”中的计算机支持交互活动进行探讨时所关注的技术设备。

多触点交互桌面正是这条研究思路演化的最新技术形式。在正式学习场所,如学校教室,学生们在计算机支持下的协作活动必然会带来“共场性”交互问题。学习者在 CSCL 环境中的孤独感问题和以协作加工为目的社会性交互,一直是传统 CSCL 研究中的薄弱领域。在教室场所中,CSCL 学习者“共场交互”的高度社会性是远程学习者在网络虚拟社区中不可比拟的。学习者在同一物理空间中的 CSCL 活动虽然仍然存在利用计算机支持在线交互,但更多则是通过目光、手势、语气等社会性交互来促进协作交流。而现有数字化设备大多以“垂直”摆放的、独立分割的“个人桌面”(desktop)为主,无法从技术角度适应和支持学习者共场性条件下的社会性交互。因此,从理论上讲,在正式学习场所中引入水平放置、多人共享的“多点触摸桌面”(multi-touch tabletop),确实能改善技术对真实环境中社会性协作交互的支持效果。

(二)支持多用户协作

多点触摸桌面技术背景下的多用户(multi-users)与虚拟学习环境中的“多用户”含义有所不同:在网络学习平台上,每个用户都有一个独立账号,而使用多点触摸桌面的用户一般情况下则不需要拥有个人账户。由于用户登录模式不同,多点触摸桌面与个人终端设备(如,个人电脑、笔记本电脑、智能终端等)在课堂应用中的本质也有区别。Dillenbourg 生动地指出,“多点触摸桌面(multi-touch tabletops)和个人数字桌面终端(digital desktops)的差异充分体现在两者英文单词差异所代表的隐喻:“table”是一个社交性场所,而“desk”则是一个私人空间。个人电脑或笔记本电脑在课堂教学中也可以支持学生的协作活动,但本质上这些设备是以个人应用为设计出发点的。个人电脑可以通过网络和软件实现多用户协作,但其设备的物理属性却是适于个人操作的。多点触摸桌面由于其输入技术、物理尺寸和屏幕摆放方式等方面的特性,则可以实现多个用户实时的、共享的、协同的操作。针对这一“多用户协同”的特性,Kaplan^[13]指出,触摸桌面技术在本质上是一种更加促进人际交流,而不仅仅是人机交互的计算机(intrinsically interpersonal computers)。

由于多点触摸桌面在最大程度上实现了多用户的分享展示,这一特性很容易让人联想到目前在教室中广泛应用的电子白板技术。单纯从技术层面考虑,交互式电子白板会被认为就是一台“垂直”摆放的触摸桌面。但两者教育应用的设计理念却完全不同:电子白板在课堂上更多的作用是提高教师讲授的效率,本质上是一种促进教学的工具;而触摸桌面的设计出发点则是一种促进学生动手参与、亲身体验协作的学习工具。但经过适当的设计,两者可以在教室环境中相互补充

^②<http://tel.dur.ac.uk/synergynet>



图2 多点触摸桌面支持的课堂教学
(图片来源:英国杜勒姆大学 SynergyNet 项目^③)

使用,共同促进教与学的质量和效率提高(见图2)。

(三) 获得亲自动手的体验

触摸桌面更自然的操作方式,使得它能更好地起到支持动手实践活动。多点触摸桌面在课堂环境中,最主要的交互操作为通过手指或其他点触设备(如,笔、指针等)移动界面上的虚拟对象或物理对象(见图3)。基于此项技术特点,英国杜勒姆大学历时三年的研究结果显示,触摸桌面适用于需要具体动手操作的学习任务和带有问题解决性质的学习过程。因此,目前运行在触摸桌面上的软件主要针对儿童学习者或需要学习操作技能的新手学习者。



图3 学生移动桌面图标和对象
(图片来源:英国北部新闻与图片媒体中心^④)

如果作为一个新兴的教学支持技术,根据以上分析可以看出,多点触摸桌面技术特性支持了社会建构主义课堂教学理念。对比现有课堂中的数字化设备,多点触摸桌面的优势

主要体现在:以更自然的方式支持“共场同伴”(co-located peers)之间的动手操作,促进协作问题解决活动的效率。然而,我们知道,技术应用需要始终抱有服务教学的理念,Dillenbourg^[14]反复强调,基于触摸桌面开展的教学活动性质并不一定必须是社会建构性的,教师应将此技术应用视为在设计课堂教学建构性活动时需要考虑的一种崭新思路。

三、多点触摸技术的基本设计架构

根据研究现状分析,有部分学者对课堂 CSCL 研究的交互式界面研究,集中在多点触摸桌面的设计与开发架构方面。多点触摸桌面开发涉及的硬件技术要素众多,实现技术也较为复杂,本文简要回顾 Higgins^[15]根据课堂教学需求所提出的总体技术构架。触摸桌面的操作性定义为“带有非垂直放置显示界面,并允许直接的、物理方式交互的计算机系统”,因此,触摸桌面环境最基本的要素为:显示界面、直接交互区和连接区(见图4)。

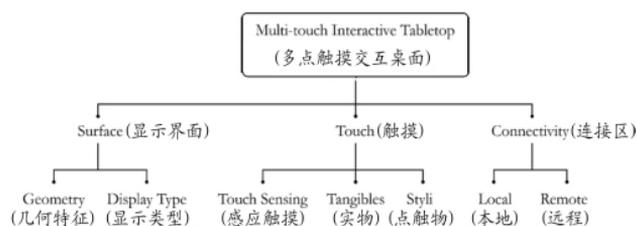


图4 多点触摸屏基本技术架构^[16]

(一) 显示界面

根据多点触摸技术的物理特性,需要考虑显示界面的两方面问题:几何特征与显示类型。几何特征描述涉及桌面物理结构的几何属性,例如:桌面的大小,形状和倾斜角度。显示类型则指许多不同的用于平面显示的技术,如,从顶向下的投影系统,集成液晶显示器(LCD)。文献显示,在显示界面部分,几何特征的差异,对于特定学习活动和学习者间的交互都有显著的影响。

1. 几何特征

在考虑桌面放置方位时,一个重要问题是水平表面或者倾斜表面的选择。虽然最初一些桌面设计为倾斜的,但这是因为早期的技术限制(尤其是投影技术的限制)。随着显示技术的进步,现在可以实现完全水平的清晰显示效果。然而,Muller-Tomfelde^[17]等总结早期对倾斜桌面的研究发现,倾斜桌面对于任务完成会有积极的影响。通过建模,研究者发现,在进行协作任务时大多数学习者倾向使用倾斜桌面,因为他们觉得倾斜桌面更便于触及和观察。因此,需要设计人员在实际的互动设置和不同任务类型设置中进行深入分析,以确认桌面放置方式对于任务交互和结果的影响。

2. 显示类型

从物理光源类型划分上看,显示类型可分为视频投影(间接显示)和显示器(直接显示)。从光源方向划分上看,触

^③<http://tel.dur.ac.uk/synergynet>

^④<http://www.northnews.co.uk/article/557>

摸桌面的投影又可分为前投影、后投影。但是一般来说,投影设备的分辨率比较低。研究显示,分辨率是易读性的重要指标之一。而且由于阴影问题,前方投影效果不如下投影好。

(二)直接交互区

由于开发技术的多样性和教学需求的差异性,支持多点触摸桌面交互区的软件形式非常丰富和灵活。因此,Higgins的技术框架中重点聚焦于桌面的物理和硬件特征。根据触摸方式不同,常见的多点触摸交互实现方式分为三大类:感应触摸、实物操作、点触物(如,触摸屏书写笔)。感应触摸指操作者使用手指直接接触桌面,操作对象为桌面系统中的虚拟对象。实物操作指操作者利用实物投影与桌面程序进行互动。感应触摸最主要的优势在于,手指操作被认为是“最自然的人机交互方式”(Shneiderman^[18]、Ryall^[19])。而在手写文字输入的可读性方面已有研究显示,点触物的效率要优于手指操作(Forlines^[20])。但另有研究结果显示,直接操作(手指或实物)能在协作任务中提升操作者对他人动作的意识,这有助于促进小组成员之间的协作(Ha^[21])。

(三)连接区

连接区的硬件主要分为本地与远程两类。本地连接主要指触摸桌面直接控制着本地输入/输出设备,例如,鼠标、键盘、话筒、摄像头等。远程连接则指通过有线或者无线(WIFI或蓝牙)信号,将本地桌面系统与其他设备相连接。由于远程连接功能,单个触摸桌面可以与其他笔记本电脑、其他桌面或移动设备进行连接。因此,触摸桌面学习环境的构建被赋予了极大的灵活性和可选择性。

四、多点触摸桌面课堂交互应用的分析框架

为了使触摸桌面的设计更规范,更符合教育特有需求,Dillenbourg^[22]和 Evans^[23]提出了基于交互式桌面教育应用的交互层级体系框架,将多点触摸桌面支持的课堂协作学习交互分为四个层级:用户—系统交互(user-system interactions)、社会性交互(social interactions)、课堂整体协同互动(classroom orchestration)以及场所境脉(institutional context),每个层级关注的具体内容如表1所示:

表1 多点触摸桌面支持的课堂交互层级

	交互层级	关注内容
1	用户—系统交互	人机交互、个体认知负荷、先前知识准备、体验、动机、学习投入度
2	社会性交互	协作小组成员之间构建良好的知识分享机制,促进协作任务的完成
3	课堂整体协同互动	课程相关性、时间分配、物理空间设计、课堂纪律、安全等
4	场所境脉	技术对不同学习类型(正式/非正式)场所的适用性

层级1、2、4所关注的内容在传统CSCL研究中都有涉及,但层级3却是多点触摸桌面特有的关注内容。“课堂整体协同互动”重点关注计算机支持的协作学习过程设计与课堂现场制约因素之间的关系。只有深入理解这两者间关系,才能真正实现技术在课堂层面的可用性(usability at classroom level)。对于多点触摸技术介入下的课堂教学,课堂环境中融

入了个人学习、人机协作和计算机支持下的人际协作等多层面的互动活动,需要教师能够像一个交响乐队指挥家一样协调管理发生在课堂上的多层面、多因素的学习活动。这四个交互层级从微观层面的设备到宏观层面的物理环境,甚至对于学生在技术使用中的心理因素均有涉及,在每一层面都强调了多点触摸技术特性对设计学习活动的影响。

(一)用户—系统交互

在此层面主要关注人机交互相关问题以及基于多点触摸桌面的学习任务设计。Evans在研究中列出了设计多点触摸桌面需要重点考虑六个方面的人机交互问题:触点运动(movement)、操作对象(Objects)、问题属性(problem states)、反馈时机(feedback timing)、遮挡与阴影(occlusion and shadow)、输入/输出耦合(input/output coupling)。

1.触点运动(movement)

触摸桌面最大的特色在于支持多对象时的多手势操作(移动、缩放和旋转)。这些手势更加自然和人性化,但相比传统的鼠标操作,还是存在精准度和反应速度的问题。在人机交互的便捷性方面,手势更无法与鼠标右键的强大功能相比。因此,在针对具体学习任务设计软件时,必须权衡触摸操作的利弊以及桌面互动行为与学习目标的相关性。适用于触摸桌面技术的学习任务需要具备以下特点:学习目标中强调对任务整体性的感知;构成学习对象的变量因素数量不能过多;学习对象要具备一定的空间组织结构;任务要有连续的操作过程。

2.操作对象(objects)

根据界面上的操作对象属性不同,多点触摸桌面可以分为两类:实物对象(见图5)与虚拟对象(见图6)。从人机交互的技术层面上考虑,处理两种不同属性操作对象的计算速度不同,而目前的技术现实是处理实物对象的速度要高于虚拟对象(Lucchi^[24])。在这一技术现实条件下,Evans提出了教育应用时必须考虑的设计问题:如何选择不同属性的操作对象?解决该问题的考虑因素也可进一步细化为三个子问题:(1)学习内容与目标中需要理解和记忆的内容在多大程度上可以嵌入到感知和操作实体对象过程?(2)学习内容的抽象程度如何?(3)实物对象与虚拟对象相比,能为学习者提供哪些额外信息?这些额外信息对理解学习内容,达成学习目标有无帮助?

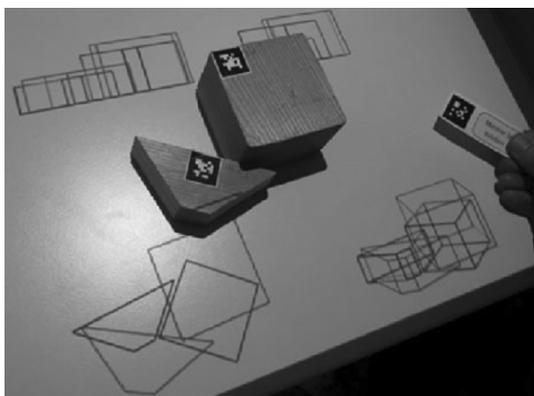


图5 实物操作对象

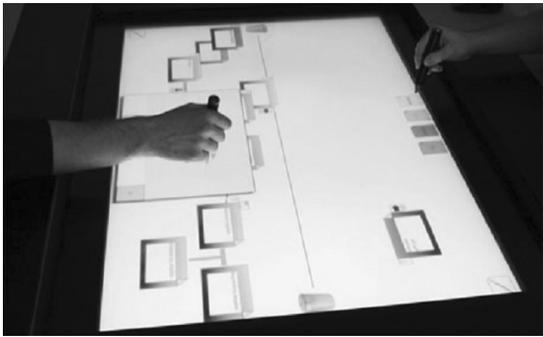


图6 虚拟操作对象

3. 问题属性 (problem states)

触摸桌面的技术特性决定了它更适用于支持问题解决的学习任务,并且要求问题能以位置和方向(location and orientation)属性进行表征。触摸桌面中的实物操作完全通过手部动作实现,“撤销”和“返回之前状态”也都必须通过手部动作来完成。因此,触摸桌面的学习任务应该是单任务,任务操作的简易性是首要考虑要素。如果问题在物理空间上有多个水平层面,或者问题带有多任务管理性质,那么,它们都不适合采用触摸桌面进行学习。

4. 反馈时机 (feedback timing)

学习场景中的技术应用都必须面对两个层面的系统反馈:对使用者行为的非语言性反应和对使用者回答的语言性评价反馈。Rogers^[25]认为,触摸桌面技术更适合提供即时的非语言性反应,从而使得人机交互更具沉浸性(engaging),而在触摸桌面环境下,无需总是提供即时的语言性反馈。即时反馈能为行为与结果之间建立良好的关联性,但延迟反馈却能促进深度反思。即时/延迟反馈的选择,应依据具体的学习目标。例如,学习者在进行游戏操作时不会自觉地、有意识地进行反思,该项任务的反馈设计就可以考虑即时反馈。

5. 遮挡与阴影 (occlusion and shadow)

如果投影光线在桌面上方,必须考虑的人机交互方面的问题有:使用者用手指移动对象时会遮挡投影,导致对象暂时消失。设计开发人员必须考虑由于遮挡产生的操作对象在视觉上的不稳定问题。如果操作对象为实物则会带来投影问题,物体阴影将会影响摄像头的图像处理功能。这些技术问题虽然不会对学习任务产生直接破坏作用,但会影响到触摸桌面整体的易用性。

6. 输入/输出耦合 (input/output coupling)

传统计算机的输入/输出设备之间存在分离现象,例如,鼠标操作区域与垂直摆放的电脑屏幕之间没有物理性接触,而触摸桌面则将这两部分区域融为一体:不仅输入/输出设备在同一水平面上,而且操作区域也重合。因此,触摸桌面技术比传统电子设备更适合需要迅速移动对象的学习任务。鼠标操作与实物操作最大的区别在于,鼠标运动与光标运动之间是“相对”性关联;而实物操作则是通过操作具体实物进行直接的“绝对”定位。由于这一特点,Dillenbourg提出需要引起设计人员与教师注意的问题是:必须结合学习目标和学习者特征考虑对象操作的运动与定位问题。例如,低龄学习者或技

术新手学习者采用直接的实物操作方式更有利于知识和技能掌握。

(二) 社会性交互

CSCL研究的基本内容就是促进学习者之间的交互,因此在社交性交互层面,触摸桌面的设计者需要考虑以下五个方面因素:

1. 相互依赖性 (Interdependence)

学习者之间的相互依赖性一直是影响协作学习的重要考虑因素。在多点触摸桌面环境下,不同桌面操作动作要求学生之间的协作程度不同,有些操作需要一个手指的运动(如,移动目标),有些则需要更多手指的运动(如,放大目标)。设计学习任务时必须考虑软件能够支持的相互依赖程度问题。

2. 共享的工作空间 (Shared workspace)

原则上,触摸桌面环境中学生互动也应遵循计算机支持协同工作(CSCW)的基本原理:“你见即我见”(what you see is what I see)。通过触摸桌面,不仅所见内容一致,学习者还可以看到同伴在共享工作区域中的动作行为。由于桌面摆放位置条件不同会导致不同学习者实际的视角不同,Higgins更倾向于将触摸桌面视为一种“准——你见即我见”环境。在大型触摸桌面环境中、任务内容过于复杂或学习者数量较多等情况下,学习者很可能是在各自工作区域中完成自己的子任务之后,再进行成员间的共享与协作。因此,设计学习任务内容和程序时,必须要考虑到协作工作区域转变的问题。

3. 展示方位 (Display orientation)

在单屏展示的协作小组中,所有学习者面对展示屏幕的视角完全相同。触摸桌面环境下学习者则是围绕在桌面四周,就像在现实世界中真正的圆桌会议一样,每个人看向桌面的视角不同,在协作过程中会不断地自动调整内容以达到有效分享与交流。因此,在设计协作任务时存在一个关键性的展示问题:桌面软件是以复制或旋转的方式为不同视角的学生提供完全相同的展示内容,还是充分利用学习者视角差异,结合教学内容、教学方法设计出具有不同的展示内容。

4. 集体工作记忆 (Group working memory)

当学习者在触摸桌面上操控实物或虚拟对象时,对象就代表了要解决的任务的当前状态。因为在触摸桌面上进行协作时对象呈现的是“你见即我见”状态,因此,操作对象就成为了“集体协作交流内容的基本来源”(Dillenbourg^[26]和Traum^[27])。触摸桌面能呈现共享的问题表征,学习者在交流沟通时面对的是共同的工作内容。因此,在设计协作活动时,必须仔细考量操作对象(实物或者虚拟对象)的结构和表现方式等特征,以及对象特征与问题解决方案之间的关系。

5. 个人空间边界 (Territoriality)

在触摸桌面支持的协作学习活动中,个人学习(操作)空间设计是另外一个必须面对的问题。学习者是否有必要接触并操作到整个桌面环境?还是仅仅能在个人物理空间附近进行操作?学习者是否可以沿着桌子边缘走动?操作对象是否应该分配给特定的学习者还是任意选取?Dillenbourg^[28]给出的解决这些问题的思路为:根据CSCL脚本中不同的角色(roles)划分个人空间边界,在任务进行的过程中按照桌边方



向进行角色轮换。

(三) 课堂整体协同互动

由于触摸桌面的技术特性,在传统教室环境中放置4-5台桌面设备,将会给教师的课堂管理带来巨大的挑战(见图1)。教师在这一全新的技术生态环境中,需要承担起更加复杂的统筹协调作用。教师作为触摸桌面学习环境的主导者,需要考虑协调的基本要素有如下五个方面:

1. workflow 整合 (Workflow integration)

在触摸桌面学习环境中,技术设备众多,教师首要考虑的问题就是:基于触摸桌面的学习活动如何与传统的课堂学习环节结合?教师必须认真分析学习目标,分析复习导入、阅读或教师讲解等传统环节中的教学内容,并以此为依据设计恰当的触摸桌面学习活动,选择合适环节插入这些活动。教师需要面对的另一个关键问题是:如何评价触摸桌面学习活动的学习结果?由于学习者身处桌面的不同位置,教师必须要设计协作学习结果的保存、呈现方式,保证所有学生,尤其是当学生完成的个人任务内容不同时,都能有良好的视线条件。

2. 过度视听影响 (Over-hearing and Over-seeing)

当教室里有多个触摸桌面学习小组时,学习者容易在听觉和视觉上受到环境的影响。但也有 CSCW (计算机辅助协同工作) 学者 (Schmidt^[29] 与 Bannon^[30]) 认为,从促进成效的效度来看,同伴的语言与操作过程也可以成为与主任务关联的相关任务 (articulation work)。根据这样的环境特点,教师需要考虑的问题为:是为不同组间设计不同的任务以避免抄袭,还是设计相同的任务以促进组间协作与竞争;一些设计人员利用学习者倾向于环顾四周的视觉习惯,在教室中放置公共显示设备,来提供与任务相关的补充信息。

3. 互联性 (Networking)

多台触摸桌面可以把教室空间分割为多个子空间,教师可以通过设计,将这些子空间联结起来,组成一个有机的教学整体,在全班层面开展更大规模的协作活动(组间协作)。例如,在日本学者 Sugimoto^[31] 的研究中,学习者在一个触摸桌面上创建的虚拟城市中产生了具有污染效果的风,通过软件连接与模拟,“污染风”吹向在另外一个桌面上创建的虚拟城市。在考虑互联性问题时,连接效果与学习内容必须紧密相关,并在教师的控制之下。在英国杜勒姆大学的“新力量网”项目 (The SynergyNet project) 中,所有的触摸桌面都与教师的协调控制台相连。

4. 诊断和评价 (Diagnosis and Assessment)

鉴于触摸桌面的跟踪与记录功能,研究者们对该项技术在提升学习结果诊断与评价方面的潜力,持非常乐观的态度。每个阶段学习过程记录都可以实现电脑自动评分,或保存起来作为日后教师进行人工评估的数据。Dillenbourg^[32] 建议,将智能专家系统与触摸桌面技术结合起来以实现更好的学习评价。

5. 设备与互操作生态系统 (Ecology of devices & interoperability)

目前,多点触摸技术已经相当稳定和精确,已经可以满足课堂教学层面的多用户并发使用需求。这一技术进入传统教室,正改变着学习者在教室环境中对个人数字化设备的感

受与使用习惯。可以说,触摸桌面技术与现有数字化设备构成了更加复杂的课堂技术生态环境,这将为教师维护、管理、协调这些设备之间的相互操作带来挑战。

(四) 场所境脉

多点触摸桌面可以在多种场合应用。如前文已经提到的,在非教育场所中该技术已经发挥了巨大的展示、娱乐和教育的功能。教育研究者们可以充分从这些不同场景的应用现状中获取对教育活动设计的启发。

1. 正式场所中的非正式学习

多点触摸桌面外形以及操作特点,使得该技术在教育场所中表现出更大的激趣功能。相关研究发现,学生更乐于将该桌面当成一个娱乐游戏环境,而不仅是电子化的学习环境。通过触摸桌面,学生可以在传统教室中获得更轻松有趣的学习体验。Dillenbourg^[33] 注意到,在课堂上能够站立着学习,并可以走动激发了低年级学生很高的学习积极性和投入度。触摸桌面技术形式的新颖性再配合相关的学习软件,更加模糊了课堂上学习与游戏的界限。学生们可以利用触摸桌面技术,以协作游戏的方式完成学习过程,同时,仍然可以发挥传统课堂中教师监控的优势作用。

2. 文化性

触摸桌面技术的“公开”展示性带来了一个课堂“错误敏感文化”的问题。“公开展示性”的优势在于学生良好的操作技能可以更大范围地被展示,但随之而来的问题就是学生的错误操作或偶尔的学习错误也会被暴露给全体小组成员。不同文化环境中的课堂对“容错”有着不同的处理方式。Sugimoto^[34] 研究发现,学生更习惯于把学习结果呈现在触摸桌面上之前,先在自己的个人电子设备上完成学习任务。因此,教师设计活动时要充分考虑班级文化中对“公开”错误的接受程度。

3. 跨学科教育应用

在恰当的教学法与配套教学软件支持下,多点触摸桌面能以一种整合的、跨学科的方式呈现学科知识。在触摸桌面学习环境下提倡跨学科的整合学习,除了教学法因素,桌面软件设计人员和教师应该重点考虑各学科知识点的交叉融合点、多视角地呈现学习问题,以及学习活动中协同知识建构的问题。例如,目前全球教育领域中备受关注的科学、技术、工程和数学 (STEM) 的整合教育形式,就非常适合在交互式触摸桌面环境下实施。

五、多点触摸桌面技术的研究现状

最早在 CSCL 领域中探讨触摸桌面技术的研究为科罗拉多大学博尔德分校开展的“增强视觉与发现合作实验室” (Envisionment and Discovery Collaboratory, 以下称 EDC) 项目。Arias^[35] 和 Eden^[36] 探讨了交互式桌面环境下以兴趣驱动为主的“共场”探究协作学习活动。该研究采用的交互桌面在现今技术条件下看略显粗糙,但研究理念却十分新颖有趣。研究者将一块普通的交互式电子白板水平放置,显示方式为置顶投影,采用实物操作对象作为输入方式,让被试者在这一共享的屏幕环境下协作设计所居住小区环境中的建筑物以

及景观布局(见图7),同时,在教室环境中又垂直放置了第二块电子白板作为提供补充信息的展示。研究结果发现,当时简陋的互动桌面技术条件带来众多影响协作效果的问题,其中包括只支持单用户轮流操作、实物感知效率低下、界面操作不流畅、实物模拟与思维建模之间的不连续等。EDC 研究团队根据“实现自然、流畅的操作”这一原则,针对这些问题进行了技术改造,解决了多点触摸、自动感应实物、并发交互等技术局限。该项研究作为 CSCL 中交互桌面技术的前期探索,其研究结论、技术思想为后来大量的多点触摸桌面技术研究与开发奠定了基础。



图7 EDC 桌面环境^⑤

在早期研究中多把重点放在技术层面,而随着技术手段的提高,以及对技术应用于教学的实践活动大量开展,研究者们已经开始在很多不同教育场景中探索触摸桌面技术的应用效果。从研究对象上看,由于强调交互过程的自然性,触摸桌面技术研究的关注对象大多为儿童,因此,所开发的应用程序有明确的适用年龄划分。从技术适用学科的角度看,物理、数学、逻辑和艺术等都在研究考查范围内。从研究结论上看,在早期多点触摸技术的应用研究中,Mansor^[37]与 Rick^[38]分别调研了儿童在学校环境中使用多点触摸桌面开展学习的基本情况,研究结论中并没有给出多点触摸桌面支持的新型协作交互方式对学习产生的具体影响。

Rick^[39]在“数字拼板”项目(The DigiTile Project)中,针对9-11岁的小学生,设计了一套探究数学与艺术关系的软件工具包(见图8)。该研究把“在触摸桌面上使用该工具包,并在学习过程中分享各自手中不同形状和色彩的图形”作为实验条件,两组同时完成相同的数学任务,实验组使用触摸桌面和学习软件工具包,控制组则完全不使用以上条件。参与研究的学生要完成三个难度逐渐递增的数学任务:任务1为摆出一个一半红色、一半黄色的图形;任务2为摆出一个4*4的正方形,其中有3/8部分为橙色、3/8棕色,余下部分颜色自选;任务3为摆出一个5*5的正方形,其中1/10为红色、4/10为绿色、3/10为黄色、2/10为蓝色。

任务组与控制组前后的测试对比结果显示,实验组学生对分数知识的理解要明显优于控制组。尽管该研究仍然存在诸多局限性,但是研究者们仍然对触摸桌面支持协作学习的

有效促进作用抱有积极态度。

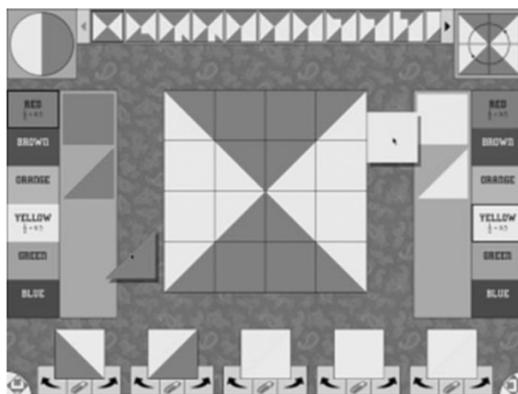


图8 数字拼图软件工具包的应用桌面

在多触点桌面技术应用效果方面颇具影响力的实证研究为英国杜勒姆大学开展的“新力量网”项目。该项目针对小学生设计了带有联网功能的多点触摸桌面,并以此桌面设备为主,构建了多点触摸教室环境。除多点触摸桌面以外,该教室环境中还配有摄像头、音频设备、交流软件、教师协调台等设备(见图9)。该项目旨在通过将设计良好的触摸桌面技术与传统课堂教学形式相结合,实现教师与学生之间更好的数字资源共享与交流,有效提升学生课堂的协作学习效果。目前,该项目已经在小学历史、数学课程中进行了多项教学效果实证研究。

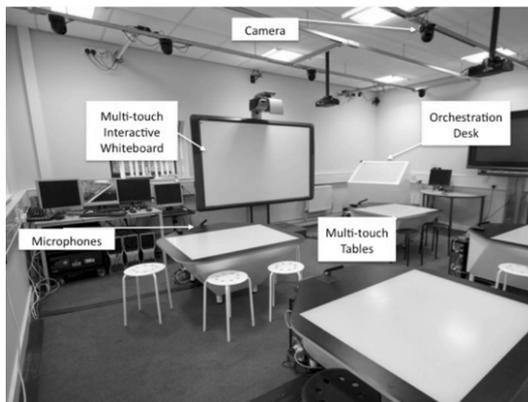


图9 多点触摸桌面组成的教室环境^[40]

在数学课教学研究中(Hatch^[41]),研究者设计了一个具有三个不同阶段的数学协作任务,每个阶段的难度递增,根据前后测试结果考查32名六年级小学生,在多点触摸桌面为主的教室环境中对数字理解、计算能力的掌握情况以及灵活运用能力。研究结果发现,小学生可以通过同伴观察、协作,掌握解决数学问题的创新策略,从而获得对数学知识灵活运用能力。

在历史课教学研究中(Higgins^[42]),研究者采用混合研究方法,对比了在多点触摸桌面技术与纸质学习材料两种不同条件下,32名10-11岁小学生对历史事件材料的理解效果。

^⑤<http://firstmonday.org/htbin/cgiwrap/bin/ojs/index.php/fm/article/view/1323/1243>



研究设计的学习任务是：学生根据教师提供的历史资料线索，找出导致 18 世纪英国一次矿难的主要原因。学生可以在触摸桌面上寻找相关历史资料的“电子纸条”，而对照组则采用纸质字条。研究结果发现：通过良好的桌面软件设计和学习任务设计，触摸桌面技术可以有效促进小组内学生的协作交互，从而促进他们对历史知识的理解和掌握。

另外还有一些较为有名的触摸桌面研究都积极探索触摸桌面这一技术在不同学科教学中的适用性。Dillenbourg^[43]使用“智慧桌面”系统(The SMART Table System)来考查实物操作对象与虚拟操作对象在小学低年级数学学习中的不同效果。在另外一个名为“七巧板桌面系统”(The Tangram Tabletop System)的研究中，桌面提供了三种操作对象模式，从完全的实物操作到完全的虚拟对象操作，小学生可根据学习需求选择不同的操作模式^⑥。Streng^[44]的“辩论桌”(ArgueTable)项目，则探讨了触摸桌面支持两名学习者在辩论过程中的协同知识建构过程。学习者通过拖拽“虚拟笔记”建立各论点之间的关系，实现自己的论证过程(见图 6)。而 Kharrufa^[45]在“数字谜团”项目(The Digital Mysteries Project)中关注改善触摸桌面活动设计方法，最大限度地外化学习者思维过程和高阶思维技能。该项目设计、开发和评估了针对 11-14 岁学生的交互式桌面学习活动，通过对学生交互过程的话语分析，发现有效的触摸桌面活动设计方案会对学生的思维技能发展产生积极影响。

分析现有触摸桌面课堂应用的研究可以发现，要想取得良好的协作学习效果，该技术与教学结合时需要从物理环境和教学法两个层面考虑以下三个要素：交互桌面操作与学生协作活动的关系；交互桌面与传统教室物理环境的关系；教师调控小组协作与整体课堂学习任务的能力。

六、前景与展望

触摸桌面技术比以往 CSCL 研究领域关注的任何一种技术手段都更加“实体化”，学习者在此环境中进行的操作更加真实、互动性更强。学习者如何在更实体化的技术支持下组织、实施协作活动，教师如何在教室环境中设计、协调学生协作活动等一系列挑战，都将为 CSCL 研究领域注入更新、更有活力的研究问题。

目前在 CSCL 领域中，国外多点触摸桌面技术研究已经全面展开，在技术实现、教学理念和应用实践方面都进行了细致的研究。相较于电脑、电子白板等设备，多点触摸桌面仍然是一种新型技术形式。Dillenbourg^[46]将不同交互层面的技术特点形象地描述为“个人电脑桌面(desktop)是个性化的，桌面(tabletop)是社交性的，电子白板是公共性的，这三者组成了课堂技术生态环境”。因此，从技术角度来看，如何实现这三种典型技术在课堂技术生态环境中无缝互操作，将是多点触摸桌面研究的核心关注点。从教学角度来看，教师面对复杂的课堂技术环境所带来的挑战该具备何种教学技能、技术知识以及协调、组织和管理技能，将成为影响多点触摸技术应用的

重要因素，值得相关研究人员在此方面开展深入探讨。

致谢：

感谢北京师范大学教育技术学院院长、博士生导师余胜泉教授的悉心指导，在论文撰写过程中提供了富有建设性的意见！

[参考文献]

- [1]S.Higgins, E.Mercier, L. Joyce -Gibbons, A.Burd, Multi-touch tables and collaborative learning[J].British Journal of Educational Technology, 2012, (6): 1041-1054.
- [2][4][14][22][23][28][32][33][43][46]P.Dillenbourg, M.Evans, Interactive tabletops in education[J].Computer-Supported Collaborative Learning, 2011, (6):491-514.
- [3]C.Stahl, T.Koschmann, D.Suthers, Computer-supported collaborative learning: An historical perspective [M]. Cambridge handbook of the learning sciences, 2006.
- [5]M.Weiser. The computer for the 21st century [J].Scientific American, 1991, (3):94-104.
- [6][7] L.Cuban, Oversold and underused: Computers in the classroom[M]. Cambridge, Harvard University Press, 2001.
- [8]S.Higgins, E.Mercier, A.Hatch, Multi-touch tables and the relationship with collaborative classroom pedagogies: A synthetic review [J]. Computer-Supported Collaborative Learning, 2011, (6):515-538.
- [9]J.Roschelle, Learning by collaborating: Convergent conceptual change [J]. The Journal of the Learning Sciences, 1992, (2):235-276.
- [10]J.Stewart, E.Raybourn, B. B.Bederson, A.Druin, When two hands are better than one: Enhancing collaboration using single display groupware. In Proceedings of Extended Abstracts of Human Factors in Computing Systems (CHI 98) ACM Press, 1998:287-288.
- [11]T.Koschmann, Computer support for collaboration and learning[J]. The Journal of the Learning Sciences, 1999(8):495-497.
- [12]K. M.Inkpen, W.Ho-Ching, O.Kuederle, S.Scott, G. B.D.Shemaker, "This is fun! We're all bestfriends and we're all playing", Supporting Children's Synchronous Collaboration. In Proceedings of Computer Supported Collaborative Learning, Stanford, CA, 1999.
- [13]F.Kaplan, S.Do Lenh, K.Bachour, G.Kao, C.Gault, P.Dillenbourg, Interpersonal computers for higher education. Collaborative artefacts and interactive furniture, Springer: Computer-Supported Collaborative Learning Series, 2008:129-146.
- [15][16]S.Higgins, E.Mercier, A.Hatch, Multi-touch tables and the relationship with collaborative classroom pedagogies: A synthetic review [J]. Computer-Supported Collaborative Learning, 2011, (6):515-538.
- [17]Muller-Tomfelde, C., Wessels, A., & Schremmer, C. Tilted tabletops: In between horizontal and vertical workspaces. In 2008 3rd IEEE International Workshop on Horizontal Interactive Human Computer Systems(pp. 49-56). IEEE. doi:10.1109/TABLETOP.2008.4660183.
- [18]B. Shneiderman, The future of interactive systems and the emergence of direct manipulation [J]. Behaviour & Information Technology, 1982, (3):237-256.
- [19]K.Ryall, M.Morris, K.Everitt, C.Forlines, C. Shen, Experiences with

^⑥<http://vislab.cs.vt.edu/~vislab/wiki/index.php?title=Tangram>

- and observations of direct-touch tabletops [M]. In Proceedings of IEEE TableTop the International Workshop on Horizontal Interactive Human Computer Systems, 2006: 89-96.
- [20] C. Forlines, D. Wigdor, C. Shen, R. Balakrishnan, Direct-touch vs. mouse input for tabletop displays [M]. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2007: 656.
- [21] V. Ha, K. Inkpen, R. Mandryk, T. Whalen, Direct intentions: The effects of input devices on collaboration around a tabletop display [M]. Proceedings of the First IEEE International Workshop on Horizontal Interactive Human-Computer Systems, 2006: 177-184.
- [24] A. Lucchi, P. Jermann, G. Zufferey, P. Dillenbourg, An empirical evaluation of touch and tangible interfaces for tabletop displays [M]. In Proceedings of the Fourth international Conference on Tangible, Embedded, and Embodied interaction, Cambridge, Massachusetts, USA, 2010: 177-184.
- [25] Y. Rogers, Moving on from Weiser's vision of calm computing: Engaging UbiComp experiences [M]. UbiComp2006 Proceeding, Springer-Verlag, 2006: 404-421.
- [26] [27] P. Dillenbourg, D. Traum, Sharing solutions: Persistence and grounding in multi-modal collaborative problem-solving [J]. The Journal of the Learning Sciences, 2006, 15 (1): 121-151.
- [29] [30] K. Schmidt, L. Bannon, Taking CSCW seriously: Supporting articulation work [J]. Computer-Supported Cooperative Work, 1992, (1): 7-40.
- [31] [34] M. Sugimoto, K. Hosoi, H. Hashizume, Caretta: A system for supporting face-to-face collaboration by integrating personal and shared spaces [M]. In Proceedings of CHI '04, 2004: 41-48.
- [35] [36] E. Arias, H. Eden, G. Fischer, A. Gorman, E. Scharff, Transcending the individual human mind: Creating shared understanding through collaborative design [M]. ACM Transactions on Computer-Human Interaction, 2000.
- [37] E. I. Mansor, A. De Angeli, O. De Bruijn, Little fingers on the tabletop: A usability evaluation in the kindergarten [M]. In 2008 3rd IEEE International Workshop on Horizontal Interactive Human Computer Systems, 2008: 93-96.
- [38] [39] J. Rick, Y. Rogers, From DigiQuilt to DigiTile: Adapting educational technology to a multi-touch table [M]. 3rd IEEE International Workshop on In Horizontal Interactive Human Computer Systems, 2008: 73-80.
- [40] E. Mercier, E. Burd, S. Higgins, J. McNaughton, ITS in the Classroom: Perspectives on Using a Multi-touch Classroom [M]. Cambridge, Massachusetts, USA, 2012.
- [41] [42] A. Hatch, S. Higgins, A. Joyce-Gibbons, E. Mercier, NumberNet: Using Multi-Touch Technology to Support Within and Between-Group Mathematics Learning, CSCL 2011 Proceedings, Volume 1: Long Papers.
- [44] S. Streng, K. Stegmann, C. Wagner, S. B?hm, H. Hussmann, F. Fischer, Supporting argumentative knowledge construction in face-to-face settings: From ArgueTable to ArgueWall [M]. Proceedings of the Conference on Computer-Supported Collaborative Learning, 2011.
- [45] A. Kharrufa, P. Olivier, D. Leat, Learning through reflection at the tabletop: A case study with digital mysteries [M]. In Proceedings of EDMEDIA, Chesapeake, VA: AACE, 2010: 665-674.

[作者简介]

丁杰, 北京师范大学现代教育技术研究所在读博士, 江苏师范大学教育研究院讲师, 研究方向为一对一数字化学习理论与实践、学校信息化整体变革等; 吴焕庆, 北京师范大学现代教育技术研究所在读博士, 曲阜师范大学信息技术与传播学院讲师, 研究方向为信息技术与课程整合和教师专业发展; 马宁, 博士, 北京师范大学教育技术学院讲师、硕士生导师, 研究方向为信息技术与课程整合、面向信息化的教师专业发展、一对一学习与环境建构等。

From Online Collaboration to Face-to-Face Collaboration: A Review of CSCL Based on Multi-touch Tabletop

Ding Jie^{1,2}, Wu Huanqing³ & Ma Ning¹

(1. Institute of Modern Educational Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875;

2. Educational Institute, Department of Education, Jiangsu Normal University Xuzhou, Jiangsu 221116;

3. School of Information Technology and Communication, Qufu Normal University, Rizhao Shandong 276826)

[Abstract] The multi-user interactive tabletop has been attracting more and more attention in CSCL field recently. The application of multi-touch tabletop into the class causes innovation of CSCL, whose research focus is shifting from online collaboration to computer supported face-to-face interaction and collaboration. Multi-touch tabletop shows educational affordances, such as supporting social interaction, facilitating multi-users' collaboration and enriching users' hands-on experience. Based on the current literatures, the results identify that multi-touch tabletop in the aspects of technology topology and theoretical framework for classroom interaction has been directly applied into practice. Besides, many empirical studies show the positive effect of tabletop on students' collaboration in classroom environment. Also, the future study will be conducted in two fields: the collaboration of tabletop and conventional digital devices in classroom environment; teachers' pedagogical capacity and technical readiness based on multiple-touch.

[Keywords] Multiple-touch; Interactive tabletop; Instructional application; CSCL; Review; Onling collaboration; Interpersonal interaction; Collaborative learning

收稿日期: 2012年11月13日

责任编辑: 刘菊