

交互式电子音乐在音乐教育中的应用研究

柴庆伟, 刘 敏

(集美大学音乐学院, 福建 厦门 361021)

〔摘要〕交互式电子音乐在发展过程中所出现的新思维、新技术, 在音乐教育的“智能化”“虚拟仿真”等方面有着巨大的应用前景, 但该领域的研究还处在探索阶段。以交互式电子音乐作品中交互方式的某些功能为研究对象, 来讨论这些新技术在音乐教育领域内应用的可能性、必要性以及意义, 同时针对不同的教育环节举例说明了“实验”“教学”“自修”三种不同的应用模式, 另外提出了音乐学科部分实验教学中实验项目的名称划分的思路。

〔关键词〕电子音乐; 交互; 音乐教育

〔中图分类号〕G 642

〔文献标识码〕A

〔文章编号〕1671-6493(2018)04-0043-06

“交互式电子音乐”作为电子音乐的一个分支, 在创作理念、设计思维、实现方式、听觉体验等方面都包含着音乐与科技结合发展的最新成果, 因此作为电子音乐的主要发展方向, 在我国各大音乐院校中迅速发展。本选题的研究以近年来在我国专业舞台上演的交互式电子音乐作品为研究对象, 着重考察其交互方式以及实现的功能, 并结合音乐教育的目的和要求, 以此来探讨交互式电子音乐在音乐教育领域中应用的可能性、必要性和可操作性。本文将以实验教学、课堂教学、课后自学三种学习模式为主线, 以交互平台实现的功能为依据来探讨交互式电子音乐在音乐教育中的应用。但由于本课题经费的局限, 以及知识产权方面的问题, 部分程序设计的内容不便在此列出。

一 交互式电子音乐及其作品

(一) 关于交互式电子音乐

所谓“交互”是指几个方面的对象互相作用与影响而共同完成一个任务, “交互式电子音乐”是电子音乐在信息时代的必然表现和应用趋势, 它通过不同类型的传感器将外部的音乐或具有音乐意味的信息送入计算机, 通过交互设计软件(如MaxMsp)制定的程序, 对信息进行识别、解析、

处理, 最终生成音响, 实现人机对话, 从而完成音乐创作。从音乐的构思、程序设计、演出形式等方面来看, 交互式电子音乐是“在音乐创作或即兴的同时, 通过交互装置实时采集数据并且对声音产生影响与变化的电子音乐形式”^①, 交互装置是其核心部分。从国内上演的交互式电子音乐作品(后简称作品)来看, 其工作流程依次为: “交互对象”“输入装置”“交互算法”“输出装置”“交互对象”^[1]。

“交互对象”可以是人也可以是机器, 因此可以产生“人机交互”“人人交互”“机机交互”和“混合交互”等交互方式。

“输入装置”包括键盘、鼠标、MIDI 控制器、话筒等传统输入设备; 虚拟现实体感游戏的控制设备; 基于平板电脑或智能手机开发的控制器; 其他传感器构成的触发设备等^[1]。

“交互算法”主要依托 MaxMsp 交互媒体制作平台来进行编程和设计。

“输出装置”可以是多声道音响系统、光影播放系统、机械装置系统等。

(二) 关于作品

现今在我国专业音乐舞台上涌现出大量的作品, 每年一次的北京国际电子音乐节和两年一次的

〔收稿日期〕2017-11-15

〔基金项目〕福建省教育厅社科类课题“交互式电子音乐在音乐教育中的应用研究”(JAS150309)

〔作者简介〕柴庆伟(1978—), 男, 甘肃庆阳人, 集美大学音乐学院讲师, 主要研究方向为电子音乐作曲。

① 托德·温克尔(Todd Winkler)在《交互音乐作曲》中对交互式电子音乐的定义。

上海国际电子音乐周，展示了来自全球的优秀作品，另外我国各大音乐院校的师生也创作了大量的作品，其中不乏经典之作。本课题将选取较为熟悉

的 10 部作品为例，来考察其交互方式及其实现的功能，表 1 列举 5 部作品的情况。

表 1 五部音乐作品的交互方式及其实现的功能

作品	作者	交互对象	输入装置	输出装置	交互平台	交互功能
奉献	刘健	大提琴	话筒	多声道 音响系统	Max/Msp	1. 记录与播放大提琴的声音；2. 触发和控制插件效果器；3. 自动生成音乐片段
灵舞—— 为琵琶， 人声和 iPad 而作	刘灏	琵琶、人声、 iPad	话筒、iPad	多声道 音响系统、 多媒体视频 播放系统	Max/Msp	1. 实时控制无线网络；2. 拾取和储存乐器演奏信号；3. 合成电子音像
暗度成仓	李鹏云 ^[2]	打击乐 演奏者	蜂鸣器 拾音头	多声道 音响系统	Max/Msp	1. 无线网络实时控制；2. 触发信号接收与声音触发；3. 预制音频的有序或随机组合
弦外之音 ——为古琴 与计算机 而作	冯坚	古琴	话筒	多声道 音响系统	Max/Msp	1. 拾取记录演奏声音信号；2. 将声音信号送入到不同的效果器处理模块，使声音获得变形；3. 根据实时控制来决定变形音响的触发播放
道痕	刘江	舞者、光源	摄像机	多声道 音响系统、 多媒体视频 播放系统	Max/Msp /jitter	1. 捕获实时影像，获得影像三维数据；2. 使用影像数据合成音响；3. 根据捕获实时影像处理生成多媒体影像并输出

从作品的交互方式和实现的交互功能来看，绝大多数作品使用 Max/MSP 为交互平台，输入装置多为音视频采集系统等，随着手机智能化程度的提高和平板电脑的普及，青年一代作曲家开始使用手机或平板电脑的传感器来作为触发装置，相应的 app 应用程序也纷拥而出，如 touchable、touchosc、C74 等。其实现的功能主要有音视频采集、存储、数据流分配、效果器处理变形、音视频信号生成、各类信号之间的相互触控等等。其交互的最终结果多为“多声道音频”加“多媒体视频播放”加“实时表演”（演奏或演唱或舞蹈）的综合艺术表现形式。

二 可能性必要性分析

（一）应用的可能性

交互式电子音乐作为当代音乐的一个分支，是艺术创作、科学技术、艺术融合、学科交叉等要素相互影响充分发展的结果，代表着这个时代音乐艺术发展的最高成就。它将音乐创作从形式上带入了一个全新的境地，极富个性、自由、趣味和多样，具有创造性、包容性和科学性的特征。因此，在音

乐教育领域内实践交互式电子音乐中的交互技术，使其在教育领域内发挥一定的作用，这具有一定的可能性。具体表现在以下几个方面：

1. 音乐本身就是一种互动的艺术，表演者即为互动的参与者。艺术表达本身就是在艺术感知后所作出的回馈反应，二者相互关联。因此欣赏音乐是艺术感知、信息输入的过程，演奏演唱是艺术表达、结果输出的过程，这使得音乐常常是人与人、人与乐谱、人与乐器之间的互动。音乐的各个维度都可以成为互动的要素，如音高、节奏、速度、力度、音色等等，都可以在人的控制之下相互影响。

2. 音乐教育的内容是以音乐作品为载体的，无论是声乐器乐的表演还是理论学术研究都必须首先面对特定的音乐作品。交互式电子音乐作为艺术与科技高度结合的产物，作为这个时代的声音，必将成为现实，因此这类音乐进入课堂被更多的人认识和接受只是时间的问题。

3. 创造性是音乐课的基本课程属性，无论哪个层面的音乐教育都把创造或再创造摆在非常重要的位置。交互式电子音乐作为现代音乐的一个分支，其创造性特征表现在音乐的诸多层面，如任何

声音都可以作为音乐的材料,最大限度地解放了人们对音乐形态的想象;作品呈现的可变性,同一作品在不同条件下获得不同的音响结果,每一次演出都是一个全新的创造过程;交互手段的多样性,随着科学技术的不断发展,交互方式的选择也更加多样,从而推动音乐科技的创造性发展。

4. “实践参与”是音乐教育过程中获得艺术体验、品味艺术美感的重要环节,交互式电子音乐中最为重要的一种交互形式为“人机交互”,即人的某一特定行为触发传感器使计算机做出判断,并生成音频或视频的结果进行输出,因此人的作用至关重要,在音乐教育中,“人机交互”可将音乐的某一要素交给学生控制,使学生由被动接受的学习状态转变为主动参与的创作状态。

(二) 必要性

1. 从政策层面来看,义务教育音乐课课程标准要求使用现代教育技术。合理运用现代教育技术手段,以信息技术为代表的现代教育技术扩展了音乐教学的容量,丰富了教学手段和教学资源,在音乐教育中有着广阔的应用前景。因此,音乐教师不仅应该合理利用现代教育技术,而且还要能够主动整合、改造利用现有教学手段,同时发现新的手段来解决教学过程中出现的问题,这对于一个未来的音乐教师来说是非常必要的。

2. 自主学习需要交互平台。自主学习是与传统的接受学习相对应的一种现代化学习方式。顾名思义,自主学习是以学生作为学习的主体,通过学生独立地分析、探索、实践、质疑、创造等方法来实现学习目标。而音乐课的特殊性在于学习的对象是客观的,而学习的结果却是主观的,因人而异,因此就需要互动平台来给予学生判断和引导,比如音高节奏是否准确,速度力度是否恰当,发声音色是否有缺陷等问题,互动平台都会相应的做出信息的回馈。

3. 改善课堂教学需要互动机制。教师教唱学生学唱的教学模式已经不能适应当前的课堂教学,全面提高学生的学习兴趣和学习效果,就需要改变学生强制听课、被动接受的状况。交互平台可提高学生的音乐参与度,给他们机会和空间来发挥自己的音乐想象,从而激发音乐的创造能力,这是音乐课最高目标和要求,让学生参与音乐的过程之中,实际体验音乐的形成,控制音乐的发展变化,从更高的层面去感知、理解和学习。

4. “学科综合”是义务教育阶段音乐课“课程标准”的明确要求,包括音乐课程不同教学领域之间的综合;音乐与诗歌、舞蹈、戏剧、影视、美术等不同艺术门类的综合;音乐与艺术之外的其他学科的综合。从近年来交互式电子音乐的作品来看不乏有舞蹈、戏曲、影视、美术等媒体作为交互对象,恰恰符合“新课标”的要求。

(三) 意义

将交互手段在音乐教育领域内应用其理论意义在于探索一条将音乐科技的新成果应用于音乐教育实践的途径,主要包含两个层面,其一是随着音乐科技的发展,音乐艺术的表现形式逐渐发生变化,这种新的音乐类型应该成为音乐教育的内容;其二是音乐科技的发展必然影响传统音乐教育的方式和方法。

其实际意义也包含两个层面,其一是应用交互式电子音乐的构成要素和实现手段,使学生能够主动参与到音乐形成的过程中,从而提高对音乐的认知程度,启发学生的音乐想象力和创造力;其二是应用交互式电子音乐中的某些技术构件,直观地解释音乐教育中的某些抽象概念,比如音色的构成、音准问题、感觉问题等,从而提高学生的学习质量。

三 应用模式构想

(一) 软硬件环境

1. 软件系统。基本软件包括交互音乐软件 Max/Msp/Jitter, 音频工作站软件 Cubase (或 Nuendo、Protools、logic 等), 虚拟乐器软件 Kontakt 及其音色库, 效果器软件 Waves 等等。

2. 硬件系统。主要硬件包括核心处理设备——计算机, 最低配置处理器为 intel Core i5 CPU M480@2.67GHz、内存 4GB、硬盘 320G (该配置经笔者测试, 可以正常安装运行上述软件), 音频信号控制设备——外置声卡, 音频信号拾取设备——话筒, 视频信号拾取设备——摄像头, 音乐信息输入设备——MIDI 键盘, 信息输出设备——扬声器、投影机。

从目前我国计算机的发展程度来看, 上述软硬件设备的配置非常经济, 普通学校利用自身现有的设备就能够搭建, 因此对于大多数学校而言设备问题不会有太多的困难。

(二) 系统集成

所谓系统集成就是将诸多要素为实现一个统一

的目标、具备一种特定的功能而产生的新的组合体。交互式电子音乐在音乐教育中能够成功应用,最理想的结果就是将上述硬件要素重新整合,可将各种信号拾取装置、信号转换装置、信号输出装置等硬件要素与计算机整合为一体,将音乐作品中的交互程序进行解构,分离出具有某种特殊功能的、能够解决音乐教学过程中特定问题的程序,将其整合成一个多功能的软件互动教学平台,从而形成一种具有一定的可靠性和稳定性、并且有别于普通计算机工作站的专业化教学装备。

(三) 应用模式

目前在音乐教育领域中,越来越强调对学生动手能力的培养,实践教学成为音乐教育的一个至关重要的环节。然而,随着扩招所带来学生人数的增多,课程改革所导致的实践内容的扩充,传统的教学方式在教师数量和设备效能两个方面很难满足学生的需求,在教学过程和学生使用上的不便之处更加突出。根据交互式电子音乐所表现出来的功能,结合目前音乐教育领域内所亟待解决的问题,加之音乐教育的对象、目的的不同,笔者将其应用模式暂且分为大、中、小三种模式,分别为实验模式、教学模式、自修模式。

1. 实验模式。该模式是基于高校虚拟仿真实验室的建设而提出的,属于实验平台建设的大模式。由于传统音乐教育的模式很难与虚拟仿真技术有交集,因此借助交互式电子音乐的某些成熟技术来开展音乐专业的实验教学,就可以将音乐专业中某些课程的教学与实践实现虚拟仿真。这主要体现在目前音乐交互技术可以实现对声音的捕捉、分析、修正、合成等,通过视频传感器可以实现对动作的捕捉、分析、数据映射等,综合这些功能可以对音高、音量、音色、音长、节奏、速度等多个音乐要素的准确控制,这是构建音乐虚拟仿真实验教学平台的理论基础。

该模式的应用需要配置专用机房一间,设备台套数可根据授课人数来增减,也可在现有电脑音乐教室的基础上进行软硬件升级。具体来说需要增配传感器接口,使常用的音频视频传感器以及其他类型的控制器传感器等装置能够接入计算机,另外还需要将现有的交互程序进行解构并分类整合,集成出新的虚拟仿真教学平台软件。当然此项工作需要专业的程序员以及电子音乐设计师协作完成,也需要一定规模的资金支持,因此这种模式需要获得

高校实验室建设的立项,才有可能实现。

在此模式下可以开设的虚拟仿真课程和实验项目有以下类型:

(1) 虚拟乐器实验。如虚拟小提琴音源,虚拟三角钢琴音源,虚拟扫弦吉他音源,虚拟架子鼓音源,虚拟马林巴音源,虚拟非洲打击乐音源等。通过使用虚拟仿真教学平台结合现有的采样音源软件,学生将面对全世界几乎所有的声学乐器,从中了解乐器的演奏法以及对应的音色,并通过 MIDI 键盘或电脑键盘鼠标触发来感知其音响内容,从而达到提高学生音乐动手能力和拓展专业知识面的目的。可以服务的课程及其实验项目:“配器学”课程实验项目有小提琴弓法实验、乐队音色组合实验等。“世界音乐”课程实验项目有甘美兰音节体验、西塔尔音色演奏。“器乐”课程实验项目有长笛音色演奏、单簧管音色演奏、邦戈鼓演奏等。

其他音乐创作类课程,如“歌曲作法”“电脑音乐”“室内乐”“乐队排练”等课程都可以在此平台上通过虚拟乐器来对创作的思路来进行模拟和验证。

(2) 声音分析实验。通过对演奏演唱的音响采集,交互系统可以对采集对象的音高、音色、音量、音长等发声要素进行分析,生成客观的数据,从而使受测试者得到一个客观准确的评价,达到学习的目的。可以服务的课程有“声乐”的实验项目男高音高声区音色比较等。“视唱练耳”的实验项目音准测量实验等。“合唱”的实验项目自动伴唱实验等。

2. 教学模式。该模式直接服务于课堂教学,属于中模式,教师可以使用交互平台来上课,软硬件的配置要求不高,在教室的多媒体系统中安装交互平台软件就可以使用,有条件的学校可以增配 MIDI 键盘,无论在基础教育阶段还是在高等教育阶段都可发挥出不可替代的作用。从教学内容出发结合交互平台的功能,教学模式的应用可以起到以下作用:概念验证、统计分析、虚拟乐器、互动体验等。

(1) 概念验证。音乐作为一门抽象艺术,有许多概念使用传统方式无法便捷的在课堂上演示,有些概念甚至无法演示,因此学生对许多概念没有感性认识,从而造成对概念理解的偏差,比如频率对音高的影响、振幅对音量的影响、纯音的影响是什么等等。通过使用 Max 构件的功能来生成实例,

从而获得音响体验,证实概念的客观性。例如“纯音”这一概念就无法方便自如的来举例,使用Maxp平台中cycle~和ezdac~两个构件连接,更改cycle后的参数就可以实现任意频率的纯音音响,不但能感知纯音的音响效果,还可以同时使学生有机会感受到微小频率差所带来的音高差异,验证频率对音高的影响,同时还可以体验到人类听觉的边界(20-20KHz)。

(2) 统计分析。统计分析是计算机特有的优势。在音乐理论的教学中,部分概念的理解和掌握需要教师善于归纳和总结,例如对于某音节的结构构成来说,初学者往往需要对其内部相邻两个音二度音程的伴音关系来做总结,如大调音节为“全全半全全半”,多利亚调式为“全半全全全半”,在特定的软件程序中,当演奏MIDI键盘D音时,该程序会自动反馈出C多利亚调式的二级三和弦的构成方式,并播放音响。

(3) 虚拟乐器。教师在上音乐欣赏、配器等需要示范乐器的课程时,不可能将所有乐器带到教室里,同时一般的教师也不具备演奏所有乐器的能力,因此传统课堂采用播放录音的方式来解决此类问题,教学效果僵化,不能触类旁通、举一反三。使用虚拟乐器的功能,只要教师具备一定的键盘演奏能力,通过MIDI和其他MIDI控制器,可以灵活便捷地演奏任何一种音色,并且模拟其独特的演奏法,使教学效果生动高效。

(4) 互动体验。有别于传统课堂上的师生互动,使用Max平台可实现音乐课堂上的人机互动。通过对人的声音或者动作的捕捉,Max平台将捕获的数据进行分析整理,将其转换成不同维度的信息数据,再通过输出端生成交互结果。例如“Pitch to MIDI”是一个将话筒采集的音高数据转化成MIDI信号,从而驱动MIDI乐器发声的程序,它将产生多种交互结果,如话筒原声与MIDI乐器音高上做同度叠加进行、在音高上做隔开一定音程的平行进行、在音高上做一定延迟的模仿进行等等,也可以调换不同的音色,从而形成原声与不同音色结合的效果,使学生获得主宰音乐的能力,无论话筒采集到什么样的声音都会对应地生成一个交互的音响结果。

又如对于声乐课而言,学生发声后传感器将信号送入Max平台的频谱分析构件,就可以得到一个声音的频谱,再将频谱中的特征性数据送给音

源,就可以得到计算机回应的新的声音,这就完成了一个简单的交互,结果是学生通过观察频谱和计算机回应的声音,可以建立自己的声音模型,从而客观地观察和认识自己的声音,进而有针对地进行纠正和学习。再如在一个交互式电子音乐作品中,学生可以直接参与对音乐某一要素的控制,比如音色、力度、速度,甚至和声对位等,使学生在课堂上的被动接受变为主动表达,得到的音响结果可以强化学生的音乐认知,启发对音乐的想象力和创造力。

3. 自修模式。自修模式是将交互系统安装在个人计算机上的一种应用模式,服务个人,属于小模式。当学生在课程开始前或结束后,在没有教师的情况下,通过使用交互学习软件进行训练学习,并且由交互平台做出学习评价并进行学习指导的一种模式。学生可以带着耳机在寝室、琴房、图书馆等地使用自己的电脑甚至是手机来进行自修。

如在MaxMsp中运行的音程听辨练习程序,通过点击“Create interval”随机创建一个和声音程,再次点击就产生一个新的和声音程,点击发声之后,练习者可以在音程列表中选择一个正确的答案,“correct”或“incorret”将通过闪烁绿色或红色来指示正确与否,当没有听清楚时还可以点击“replay interval melodically”(重听旋律音程)和“replay interval harmonically”(重听和声音程),同时键盘上会显示音程中两个音的具体音高位置,从而达到强化练习的目的。

四 教学效果预估

在音乐教育的过程中,能力的培养和知识的积累都很重要,无论是在基础教育阶段还是在高等教育阶段,都对学校不同程度的提出了创新意识和创新能力的培养要求。交互是电子音乐在教育领域内的应用,将会极大地促进实验教学在音乐学科中的普及,同时也将树立文科实验室建设和文科实验教学的典范。

(一) 推进实践环节,培养创新意识

音乐专业本身属于文科,实践教学的要求是其天然的属性。交互式电子音乐技术的使用,将对音乐表现的各个维度进行拓展,使学生获得更为宽广的音域、更多样的音色、更自由的材料组织方式等等,使学生在唱好歌练好琴的基础上更加注重自身对音乐要素控制意识和控制能力的培养,从而将实

实践教学推进到高水平高质量的发展阶段,改变音乐实践课固有的机械性练习,将以“唱熟”“练熟”为目标的训练升级为“探索”“思考”“组织”“构建”,学生将着重考虑怎样唱会更加与众不同、更有特点,从而为学生创新意识和能力的培养提供操作的抓手和思考的方向。

(二) 改变教学模式,提高教学效率

现在常用的多媒体教学系统看似应用了许多科技手段,但说到底它仍然是一种辅助方式,教师仍然是课堂的主角,多媒体仅仅取代了过去的粉笔和黑板,教学效果完全仰仗教师的知识水平和经验能力。交互式电子音乐系统的使用可将某些课程的教学交由相关教学系统来完成,教师处于辅助地位,负责准备实验、组织课堂、答疑解惑即可。比如视唱练耳课,长期以来,教师通过自己的经验用耳朵来进行聆听,具有很强的主观性,而人耳的判断无法做到百分之百的稳定和准确,而前述声音分析系统,就可以非常准确地判断音高程度,并反馈结果,或偏高或偏低,给出具体的数据,学生可以非常清楚地了解到自己音高的客观情况,同时还可以反馈出修正后的音高结果,实现纠错的功能。

另外,学生可以不受学习时间和学习地点的限制,只要有交互式电子音乐的教学系统,随时随地进行学习,实现了学习的自主性。同时根据不同学生的学习进度,可以选择课程的难度,真正实现因材施教。

(三) 发掘实验项目,完善教学体系

在高等教育领域,文科专业经常抱怨实验室建设过程中的种种困境,尤其在多科性综合大学中,

音乐专业的实验教学常常被套用理工科实验教学的管理模式,这一点已被相关管理者所诟病。但交互式电子音乐教学系统的应用,将可协调二者之间的矛盾,如前所述,部分音乐专业的理论课可以开发出不同的实验项目,同时这些实验项目的目的也具有一定的验证性,这一点与理工科的实验目的是一致的。如配器课,具有极强的理论性,但常规的验证途径复杂,代价昂贵,只有少数专业院校的专业同学在拿到一定经费资助的情况下才有可能对其配器作品进行乐队演奏,实现验证。而前述虚拟乐器部分就可以进行虚拟乐队演奏,从而实现配器结果的验证。因此交互式电子音乐系统将给众多的理论课带来实验验证的可能,在课程建设的过程中编写实验教学大纲,开发设计实验项目,同时有意识地参考借鉴理工科的实验教学管理模式,将使具有显著文科特征的音乐专业实验室与全校的实验教学管理模式协调一致,从而获得更多的发展资源和空间。

总之,交互式电子音乐在音乐的模式、理念、技术手段等在教育领域中的应用,将使教学的诸多方面发生巨大的变化,同时,其自身也在快速地向发展,新的作品、新的交互方式、新的控制手段,都会对教学过程产生深远的影响。

[参考文献]

- [1] 冯金硕. 基于光学多点触摸技术的交互式电子音乐探索与实践 [D]. 北京: 中央音乐学院, 2012.
- [2] 李鹏云. 刘健交互式电子音乐“奉献”中的创作思维与技术 [J]. 黄钟, 2012 (2): 48-55.

(责任编辑: 上官林武)

On the Application of Interactive Electronic Music in Music Education

CHAI Qing-wei

(Music College, Jimei University, Xiamen 361021, China)

Abstract: The new thinking and new technologies emerging in the development of interactive electronic music have great application prospects in the “intelligentization” and “virtual simulation” of music education, but the research in this field is still in an exploring stage. This paper takes some of the functions of the interactive mode in interactive electronic music works as the research object to discuss the possibility, necessity and significance of the application of these new technologies in music education, and illustrates the different educational links. There are three different application modes: “experiment”, “teaching” and “self-study”. In addition, the idea of dividing the names of experimental items in experimental teaching in music subject is proposed.

Key words: electronic music; interaction; music education