

计算机音乐·音乐的本质·探索与前瞻

Computer Music · Music Essence · Exploration and Prospects

龚镇雄

(北京大学物理系音乐声学与计算机音乐研究室,教授 北京 100871)

一、计算机音乐的兴起

当前科学的发展有三个特点:一是各种门类(包括自然科学、技术科学、社会科学、人文科学、各种艺术以至哲学等学科)的交汇、融合,二是以人为中心的主体同客体的结合更加密切,三是计算机普遍渗入生产、研究、工作、生活、艺术等各个领域。计算机音乐正好体现了这些特点,是科学与艺术的结合点之一。计算机音乐几乎无日无时不出现在每个人的生活环境里。

计算机音乐是现代音乐声学的一个重要组成部分,并正在形成一门独立的学科。根据国际上的共识,广义地说,凡是用计算机或有CPU的数字电路所作的有关音乐的工作和活动都属于计算机音乐的范围。最狭义的一种说法是仅把计算机音乐作品视作计算机音乐。

计算机科学是直接基于电子技术而发展的,计算机音乐也是由电子音乐发展而来的。早在19世纪中叶,已经有了电子音乐,即由电振荡产生乐音。1904年,美国建立了第一个电子音乐实验室。1955年,美国RCA公司制成一台用纸带输入,把声音的制作、控制系统集于一体的电子音乐合成器。这是最初的计算机音乐。60年代初,合成器被装上了琴键,后来得到了不断完善并商品化。

在一个相当长的时间里,计算机音乐家们把计算机作为一个乐声发生器来使用。到70年代,特别是80年代,计算机音乐迅速发展,一方面是各种合成器日新月异,80年代初发明了乐器数字接口(MIDI),与合成器配套生产了各种音序器、鼓机、音源器、效果器等;另一方面是利用个人计算机发展其音乐功能及开发为音乐研究服务的各种个人机。

1975年成立了国际计算机音乐协会(ICMA),发行了《计算机音乐》(Computer Music)杂志。从1974年起每年在世界各地开一次国际计算机音乐

会议(ICMC)。1992年起,每三年举办一次国际音乐声学研讨会(ISMA),1983年起每十年举办一次斯德哥尔摩音乐声学会议(SMAC)。这些会议的内容都包括计算机音乐及音乐声学的各个方面。

上海交通大学于1984年建立了我国第一个“计算机音乐实验室”。天津音乐学院、上海交通大学、上海音乐学院在1986、1988年曾两次邀外国专家前来讲学,为我国计算机音乐发展起了先驱作用。1987年,北京大学成立了“音乐声学与计算机音乐研究室”,中国音乐学院等也建立了电子音乐研究室。1994年中央音乐学院成立了中国现代电子音乐中心。此期间国内许多企业也做一些商业性的开发工作。1990年,东方歌舞团举办了国内第一次计算机音乐会。1991年和1992年,北京大学北京现代物理研究中心举办了两次全国“音乐物理与音乐心理研讨会”,1994年举办了首届中日音乐声学研究会(SJMMC),进一步推动了我国音乐与自然科学的结合及计算机音乐的发展。目前全国许多理工科大学、音乐院校都已开始了有关计算机音乐各个方面的研究工作。

二、计算机音乐的涵盖及进展

几乎传统音乐所涉及的一切方面,计算机都可以渗入。计算机还给音乐开拓了前所未有的广阔天地。根据历次有关计算机音乐的国际会议的材料和杂志信息,根据国际同行的共识,计算机音乐包含以下一些主要内容:

1. 音乐声的数字合成

音乐声包括乐音、在乐音中应用的“噪声”,以及在谐波中存在的对音色起作用的一部分超声。各种音乐声都可以根据声音的原形,进行分析后,再用计算机技术予以合成,这是声音数字合成的一个方面。声音数字合成的另一个方面是可以随意产生自然声中还未有过的各种声音。按什么样的模式、要素和理论来合成新的声音,以及它们的听感如

何,是一个正在不断研究、开拓的课题。音乐声的数字合成常见的是用于合成器、数字音源器、鼓机(节奏发生器)等成件仪器以及用于合成器的含各种音色及特殊效果的音源块(已制成的有ROM及软盘)、电子琴或其他地方用的音源片、声音卡等。

声的数字合成有许多种方法,如压控方法、FM(调频)方法、PCM(脉冲数码调制)方法、AFM(进一步的调频)方法、AWM(直接波形记忆)方法、LA(线性合成)方法、NLA(非线性合成)方法,以及把以上种种方法互调、加减、组合等。1994年又发展了S/VA(自震荡虚拟真实合成技术)合成器VLI,更加接近真实的演奏。采样合成器可以直接从真实乐器的演奏采样后分析合成,可以乱真,许多公司几乎每年都推出新的算法,新的合成器。合成器正向采用更先进的音色合成方法,扩展容量,扩展功能,功能综合化以及更加小型,使用方便,价格降低方向发展。模拟歌唱也已进行多年,目前男声较像,女高音最差。

2. 音乐的数字录音

数字录音是计算机技术在录音领域的应用。DAT、DCC数字录音机、激光唱片都属此类,现已推出DDDD激光唱盘及可多次录音的激光唱片。

数字录音与一般的模拟录音相比,其优点有:频率特性好,因此保真好;动态范围大;可使抖晃趋于零;信噪比高,使信号失真极小;对失落信号可以补偿恢复;经过多次复制后不会降低声音质量;节目搜索时间短,几乎是瞬时的;重放精度高;记录密度高;记录时间长;体积小等。

目前已有成套的,包括录音、放音、编辑功能的数字录音机系统,还有把模拟带变为数字带的复制系统,与录像机配合的视频跟踪系统等。数字压缩技术也正在进展。

3. 音乐声的数字控制

声音的数字控制指的是对数字化了的的声音信号进行加工、编辑或控制,把通过A/D转换数字化了的信号给予调整或补偿。多轨数字录音的合成、等时、同步等也是一种数字控制。在电脑音乐系统中,作为音乐计算机的主机或音序器,都是实行对声音的数字控制。目前多是对音乐的强度信号进行控制,也可以设想通过音高、时值、相位,甚至音色等去控制。也可以把任何有变化的节律或参量转化为音乐。例如,把流水、海浪、语言、色彩、明暗,以至物质结构的有序排列等通过计算机变成音乐。

在人机合奏、实时伴奏时如何用某种节拍信息,如拍手、周期性的重音、手势、光棒等去掌握计算机控制的伴奏音乐速度的变化,以跟上演唱者的节拍,也是正在探索的课题。用合成器系统实时伴奏,随意变化调高、节奏、速度、音量和音色,人机联奏,这是一个伴奏发展的方向。

4. 乐器的数字接口(MIDI)

MIDI(Musical Instrument Digital Interface)的直译是乐器的数字接口,是为实时地传输音乐的定时和控制信息的一组数字编码,以及传输这些数码的硬件接口的技术规范。戴维·斯密司和切特·伍德于1981年在美国第70届音频工程协会会议上,提出了数字“乐器互连标准”或“通用合成器接口”,1982年改名为“乐器数字接口”,同时八家生产乐器的厂家取得了技术指标上的一致意见。随后几年里MIDI得到极迅速的发展。在舞台上,把合成器、鼓机、音序器进行联调;在实验室或演播室、录音棚里,用MIDI支撑的软件把个人计算机用于制作乐曲;在学校里,用MIDI接口使音乐教育更趋于方便;在家庭里,可以把电子琴与计算机进行联调,进行高层次的作曲游戏,通过MIDI改变“卡拉OK”曲子的调高、速度。

现在,所有的合成器、音序器、音源器、鼓机等数字乐器都有MIDI,许多通用的个人计算机也带有MIDI。MIDI的接口技术也在不断改进。各种MIDI控制器、混合器、处理器、编辑器、检查器等也在开发。随着个人计算机的普及,MIDI系统将会进入一般家庭。远程的MIDI工作站也正在开发。MIDI也有死板、操作复杂等缺点,现在人们已在考虑“MIDI以后”了。

5. 电脑音乐系统

电脑音乐系统是把音乐电脑作为主机,同音源或音乐输入系统或效果器等,用MIDI连接起来,实行音乐的作曲、制作和演奏。由于是用MIDI连接,电脑音乐系统也常被称为MIDI系统。严格意义上两者还有区别,国际上现常把用MIDI系统做成的音乐系统称电子音乐。电子音乐可以是高雅音乐,但更多用于流行音乐。

电脑音乐系统由以下几个基本部分构成:

(1)音乐电脑 这是MIDI系统的中枢和头脑,可以由专用的音乐电脑音序器(Sequensor)充当,或者由个人计算机(PC机)充当。加上其他专用硬件和配套软件,还可以扩展成为多功能的音乐工作站及多媒体等。常用的音乐电脑主机是Macintosh和IBM机。

(2)音源 音源可以用专用的“音源模块”(即不带键盘的合成器),还有鼓机、键盘式合成器、数码钢琴等。

数码钢琴最近几年有越来越被重视的趋势,它的音色好,可以变调、储存、自动演奏、编程、作曲等。目前,其力度、手感已与传统钢琴相似。鼓机,可以产生各种打击乐或非乐音的音色,有预置的节奏型可供选择,还可以随意编辑成各种节奏音型。现在鼓机常常装在音源器上,作为一个通道发声。

(3)效果器 效果器可以产生人工延时、人工

混响、体现厅堂深度效果的预延时、回声效果、合唱效果、镶边效果、走调、失真等效果。

(4) 音频输出部分包括调音台, 功放和音箱。

6. 计算机作曲

计算机作曲包括利用计算机产生由音符、音色或节奏组成的创作乐曲, 并把它演奏出来。计算机作曲可以分为:

(1) 随机作曲 实际上, 不存在纯粹的随机作曲, 总是要规定一定的音名序列(半音阶, 或全音阶, 或 $1/4$ 音阶等)、音高范围、时值取值, 然后让计算机随机产生旋律。许多人都做过这种尝试, 但迄今尚未听到很好的随机计算机作曲的音乐作品。

(2) 逻辑作曲 把作曲规则或其他限制一一加到随机作曲方法上, 可以得到尚能听得过去的旋律。目前无大的应用价值。

(3) 智能作曲 这是人们总在梦想实现的, 即让计算机代替作曲家作曲。目前神经网络计算机正在研究, “算法作曲”也有开拓。美国也曾有人试图用作曲者的脑电波来产生音乐, 权且称此为一种特殊的“智能作曲”。看来距计算机代替作曲家作出好曲子来还遥遥无期。

7. 计算机辅助作曲

许多音乐电脑系统上所说的计算机作曲, 实际上是计算机辅助作曲。计算机辅助作曲可以有以下几类:

(1) 音乐的输入、显示、储存和重放, 还包括修改和乐谱的打印 在计算机上输入音乐可用机键输入, 可以用琴键输入, 也可以用鼠标器在屏幕上摘取音符摆在五线谱或简谱上输入, 还可以由磁带或软盘输入。每个通道里允许有多声部输入。有的计算机还有多通道输入。用计算机输入和重放音乐的优点在于, 可以改变速度、音色, 可以修改、编辑。

(2) 自动伴奏、配器 现有的音乐软件已经有按照某种调式、和弦变化、曲式、节奏型、旋律型、织体结构和整体风格等编就的程序, 只要任意输入一些音符, 就可以奏出酷似该风格、体裁的音乐。

(3) 背景音乐 在电影、电视、舞台剧、配乐诗朗诵以及一些展览会或其他工作或休息场合, 常需要长时间的、不间断的、有变化而不重复, 并且风格适宜的音乐背景, 但又不要很规整的曲式或很优美的旋律, 可以用计算机去产生这种旋律。实践表明, 这是行之有效的。

8. 计算机记谱、读谱, 机械手演奏

(1) 记谱 实现计算机实时记谱的困难是很大的。首先, 没有伴奏的实时歌唱的音高标准很难确定, 常常是距标准音调很远, 而且不时游动。这样就会造成按谱上或主观唱出的应是同一个音高, 但记下的谱上却会出现在两个或更多个半音上。按固定唱名法记下的谱又常常有许多升降号, 看起来很不

习惯, 也不实用。即使是用“浮动定调归整”方法, 也难完全解决。还有, 多长时间是一拍也无法规定。

(2) 读谱 曾经有人设想开发一种计算机读谱演奏系统, 让机器人“眼”看着乐谱就能演奏, 这将对扫描器提出极高的技术要求。

(3) 机械臂演奏 已实现机器人用机械臂演奏钢琴。目前仅作为一种表现高科技水平的显示手段, 尚无实用价值。

9. 计算机音乐作品分析

用计算机分析音乐作品, 现包括对作品中旋律的音程分析、上下行规律的分析、各级和弦出现次数或累计时值的分析等。通过这些分析能发现作品的特点。还有调式分析、节奏分析、模式识别、动态分析等。对音乐作品的长时间谱分析, 即 $f^{\sim}$ 谱, 也是正在进行的一种结合作品分析的音乐心理研究。

对音乐作品的计算机分析应选择哪些参量作分析? 数据如何处理? 分析的目性如何确定? 如何通过作品分析结果寻求听觉心理与音乐的关系等, 都是正在探讨的课题。

10. 用计算机作音乐的理论研究和探索

这包括两个方面的工作:

(1) 把计算机作为计算工具的音乐研究 有的把一些数学方法、数学模式用于乐器声学, 如用有限元方法计算钢琴、提琴音板的振动; 有的用于音律学, 如用数论方法探求律制的选择; 有的用于音乐现象本身的研究, 如用分形、自相似原理等研究音乐的非线性现象; 还有的把模糊数学理论用于音乐的评价等。

(2) 用计算机进一步探求音乐的本质 音乐的本质是什么? 音乐本身有些什么内在的规律? 音乐与数学的关系到底如何? 音乐与自然、与其他科学、与人类的其他活动有哪些共同的规律? 这些都是人们, 特别是科学大师及哲学家们关注的课题。这方面仍有待于数学家与音乐家的合作。

11. 用计算机作音乐的实验研究和探讨

这也包括两个方面的工作:

(1) 把计算机作为实验手段的音乐研究 用计算机可以作频谱分析、包络分析、波形分析、瞬态分析, 绘制三维声图, 测量基频等; 也可以作为声学工作站, 直接研究乐器的振动模式、应力分布和结构参量。在音乐电声中, 室内声场效果的自动调整与均衡也是常常通过计算机完成的。在制作音质主观评价的试听带中, 如把握短的时值、微小的音差、小的声强差等, 用单板机控制可以更为准确方便。利用计算机作音乐生理及音乐心理的实验也是常用的, 如利用“脑电图”及“脑电地形图”研究音乐对大脑左、右半球的各个部位的活动影响等。

(2) 用计算机进一步探索音乐和听觉的本质 例如, 为研究听觉暂留的存在与否, 要研究声的起

始、结束状态,要系统地重现各种音色。

12. 计算声学

现有人提出,物理学除了理论物理、实验物理两大门类以外,还有一类计算物理,认为计算声学是计算物理的一个分支。计算声学实际上是一种计算机模型,可以用于计算剧院、家庭居室或汽车音响的室内声场分布,计算律管音孔位置、形状、管径的变化,吹口边棱状况及管尾长短等对于音高或音质的影响,还可以设计出可以直接听到上述结果声音的计算机程序。计算机模拟与实验结果结合起来,可以有效地研究音乐声学中的许多问题。

13. 计算机音乐教学

用计算机进行音乐教学可以把图形、文字、符号、谱表与发声结合起来,还可以是实时的、动态的,并可进行提示。可以进行乐理知识、视唱、练耳、作曲、乐器学习等。利用计算机还可以做习题和练习,如记谱、识谱,辨别音程,辨别和弦、和弦的转位和连接等。

14. 计算机音乐作品

用音乐电脑系统可以制作计算机音乐作品。做到有无比丰富的音色,任意变化的节奏,按程序变换或交叠的序列,极其细分的微分音,非常快速的旋律进行,无限长的长音,随心移动的声像,令人“眼花缭乱”的装饰音等,这些都是常规乐器所不能达到的。

计算机音乐有自己的“音乐语言”。对于现代音乐的各种流派,如序列音乐、随机音乐、自然音乐、点描音乐、空间音乐、微分音乐、公式化音乐、噪声音乐、结构音乐等,用计算机来实现显然是最好不过的。计算机音乐作品可以具有完全不同的风格。现代派的音乐,古典音乐,高分贝的硬摇滚乐,轻柔温馨的如梦若仙的音乐等,都可以用计算机产生。

三、计算机给音乐带来的变革

计算机的问世和普及应用不仅给人类的物质文明,而且给人类的精神文明带来极其深刻的变革和影响,是继产业革命中电的应用以后又一次更为巨大、更为深刻的社会变革。这种变革还只是开始,其影响还正在扩大。计算机闯入音乐,至少会对音乐产生以下几个方面的影响:

1. 赋音乐以更广阔的天地

一直到现在,对音乐的传统理解是由乐器声和人的歌声组成的音阶、旋律、节奏、和弦、音律、调式、曲式等构成的体系,而计算机音乐则冲破了传统的对音乐的认识,赋音乐以更广阔的天地。

从传统的观点看,自然界有各种声响,人也可

以发出多种声响,音乐只是其中的一小部分,而计算机的问世,原则上可以重现自然界的一切已有的声响,并且可以制造出自然界前所未有的声响。

过去对音色的理解常常是以传统的乐器或人的歌唱声为依据的。而利用计算机的数字合成,已经出现根本无法用语言描述的无数种的音色的组合,使音色趋于无限。音律上也已经冲破了传统的五声、七声音阶和十二律、二十四律等,给实现无限的、任意变化的音律以充分自由的天地。许多自然声,如波涛声、流水声、蝉鸣声、鸟叫声,山崩地裂声等,还有其他效果声,由于可以方便地制作和储存,已开始大量地用于音乐。

2. 赋音乐以新的观念

计算机渗入音乐,使许多传统的音乐概念都产生了变化。在对作曲的思想、方法和程序上或许可以从寻求新的合适的音色或节奏入手,而不一定从旋律的“动机”开始;可以实时地从合成器上听旋律、节奏或和声的效果,予以选择,而不是在“纸上作曲”或在“钢琴旁作曲”。在音乐织体上冲破了传统的打击乐、低音、主旋律、和声等几个部分,而予以新的构架。对传统的和声学也一定会有突破,产生新的和声理论和效果。总之,音乐已不仅仅是一种艺术的范畴,而且也是一种技术的范畴;音乐不仅是一种艺术与心理的社会现象,而且是一种艺术与高科技结合的社会存在。

3. 产生新的心理感受和审美标准

对音色美,过去认为以丰满、柔和、圆润、清纯见美,现在可能加上新的因素,如怪诞、新奇等;如对旋律美,过去常常以悠扬、流畅为美,现在可能有新的因素如曲折、跳跃等。有些听众喜欢某种合成器音乐的强节奏、高分贝,发展出新的审美观点。

正如一切事物总是丰富多彩的和相互渗透的,近年来在西方流行的有一类计算机音乐,像抒情作品那样,十分清新、幽雅、恬静,曲调优美,节奏性不强,而传统音乐也有不少用合成器演奏,加强了节奏,改变了音色,显示出崭新的风格,照样风靡各地。

4. 促进音乐研究的深化

计算机的使用可以使对音乐的研究走向深化,例如:如何记录表现音乐?现有的乐谱显然是远远不够用的。又如何说明音色?音乐如何进一步量化?如何产生不同音色?音色到底有哪几个基本要素或基本函数?它们与主观听感间如何建立联系?等等。

还有促进音乐和音乐教育的普及及人们对音乐的参与,促进音乐与科学技术的结合和计算机科学的发展等。

(责任编辑 蔡德诚)