

文章编号:1001-9081(2007)09-2101-02

## 基于 Cult3D 的交互式虚拟内耳显微解剖

Jim X. Chen<sup>1</sup>, 戴培东<sup>2</sup>, 邢 琪<sup>3</sup>, 张天宇<sup>2</sup>, 王正敏<sup>2</sup>

1. 乔治梅森大学 计算机科学系, 弗吉尼亚 费尔法克斯 22030-4444, 美国;
2. 复旦大学 附属眼耳鼻喉科医院, 上海 200031;
3. 西南交通大学 信息科学与技术学院, 成都 610031)  
(jchen@cs.gmu.edu)

**摘 要:** Cult3D 是一个实现基于普通电脑的交互式人体结构三维显示的有效平台。在对内耳结构三维数据处理的基础上, 使用 Cult3D Designer 编辑器, 采用组织事件、动作与对象的关联的编程手段实现了对内耳三维对象的复杂交互动作控制, 完成基于普通电脑的交互式虚拟内耳显微解剖浏览系统。

**关键词:** 内耳; 颞骨; 显微解剖; Cult3D

**中图分类号:** TP391.9 **文献标志码:** A

## Application of Cult3D technique in interactive 3D inner ear microanatomy

Jim X. Chen<sup>1</sup>, DAI Pei-dong<sup>2</sup>, XING Qi<sup>3</sup>, ZHANG Tian-yu<sup>2</sup>, WANG Zheng-min<sup>2</sup>

- (1. Department of Computer Science, George Mason University, Fairfax Virginia 22030-4444, USA;
2. Eye Ear Nose and Throat Hospital, Fudan University, Shanghai 200031, China;
3. School of Information Science & Technology, Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan 610031, China)

**Abstract:** We presented our work on constructing an interactive virtual inner ear surgery simulation system. The work was based on exploiting Cult3D's Designer functionalities to integrate multiple activities and objects in an inner ear. The system achieves inner ear virtual surgery and browsing with magnification.

**Key words:** inner ear; temporal bone; microanatomy; Cult3D

Cult3D 是瑞典 Cycore 公司发布的一种全新的 Web 3D 技术, 它具有一个纯软件、跨平台的渲染引擎。由于其内在的高质量数据压缩和流式传输特征使得 Cult3D 文件较小, 适合网络传输。Cult3D 支持三维场景物体的多种运动方式和交互控制。用户还可以通过 Java 对 Cult3D 场景物体进行更强大、更复杂的交互控制。Cult3D 对象可以嵌入到 HTML 页面、Office 文档、Adobe Acrobat PDF 文档以及 Macromedia Director 等软件之中使用。目前 Cult3D 多应用于虚拟机械装配与设计、城市规划、仿真技术等方面<sup>[1-3]</sup>, 在医学教育领域中的应用报道很少。但 Cult3D 的特性说明它是一个实现交互式人体结构三维显示的有效平台, 如建立三维虚拟人体解剖或手术实验室、展示分子结构等。

人类听觉器官主要位于颅底的颞骨内, 包括外耳、中耳和内耳等结构, 特别是内耳, 其结构微小, 空间结构十分复杂, 传统的二维图片、图像描述方法难以表现其立体形态。我们应用医学组织切片方法获得内耳结构连续图像, 并进行 3D 建模, 结合 Cult3D 技术实现了内耳虚拟显微解剖的交互式显示, 为临床医师研究内耳结构、耳科显微手术设计以及耳蜗机械力学提供重要基础。

### 1 内耳显微结构的精确三维建模

取新鲜成人颞骨标本块, 不脱钙聚合物包埋, 骨切片机连续薄切片<sup>[4]</sup>, 片厚 50  $\mu\text{m}$ , 数字化处理, 经图像处理、精确对位

后, 用 SURFdriver 软件提取颞骨内各结构轮廓, 并对轮廓线闭合处理, 得到内耳各结构的轮廓曲线数据集<sup>[5, 6]</sup>。重建的结构包括内耳道底、前庭神经及其分支、骨迷路、膜迷路、耳石器官、鼓室内侧壁以及毗邻结构等, 最小建模的结构如微小血管、神经或其他结构的直径达到 0.1 mm 以下。各结构数据文件用 DXF 文件格式保存。以上各结构均可以颞骨骨质为背景显示, 为了便于从多个角度观察相关结构, 在重建时切除了内耳道上壁、鼓室外侧壁的前部、上壁。

Corti 器位于内耳的耳蜗管内, 附着在基底膜表面。通过对其组织切片进行扫描电镜和透射电镜观察<sup>[7]</sup>, 可以获得 Corti 器的二维图像信息, 但难以表现其三维形态结构及其各组织细胞之间的空间关系。为了深入认识和研究 Corti 器微观力学特性, 应首先建立 Corti 器的三维结构模型并实现可视化, 在此基础上结合计算机辅助设计技术、虚拟现实技术和有限元分析技术等进一步建立其力学模型, 为研究 Corti 器生物力学机制奠定基础。

Corti 器内各组织细胞形态结构比较复杂, 各类细胞根据不同生理特性与功能, 其物理形态也有较大不同, 因此建模过程中应分析每个细胞的结构, 根据细胞的具体形态来重建三维模型。我们先应用多边形建模、面片建模、NURBS 建模等方法对 Corti 器单层切面的细胞和耳蜗管腔进行建模, 再调用阵列、弯曲修改器等高级建模方法组合装配基本模型, 最终重建了 Corti 器三维模型<sup>[7]</sup>。

收稿日期: 2007-07-02。 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30570454)。

**作者简介:** Jim X. Chen (1962-), 男, 四川成都人, 教授, 博士生导师, 博士, 主要研究方向: 图形处理、可视化、虚拟现实; 戴培东 (1963-), 男, 安徽潜山人, 副研究员, 博士, 主要研究方向: 计算机医学、生物医学工程; 邢琪 (1982-), 男, 陕西西安人, 博士研究生, 主要研究方向: 计算机图形学、生物医学工程; 张天宇 (1965-), 男, 河南洛阳人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向: 听觉医学、耳鼻喉科学; 王正敏 (1935-), 男, 浙江宁波人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向: 耳鼻喉科学、颅底外科、听觉医学。

## 2 内耳 3D 模型预处理与格式转换

使用 3DS MAX 对内耳各结构赋予伪彩色, 并做预处理, 如对各相关结构编组、材质处理、切割等, 在对整个场景安排好之后, 通过 Cult3D Exporter 插件输出为一个 Cult3D Designer 文件(\*.c3d)。

## 3 3DS Max、Cult3D 和 Internet 之间的接口

3DS Max 和 Cult3D 是两个不同的应用软件平台, 它们分别完成 3D 建模和 3D 交互动作编辑的功能, 最终产品要发布到 Internet 上进行浏览。Cycore 公司提供了 Cult3D Exporter 和 Cult3D Viewer 两个插件分别用于 3DSMAX 和 Cult3D Designer 以及 Cult3D Designer 和 Internet 之间的接口(图 1)。

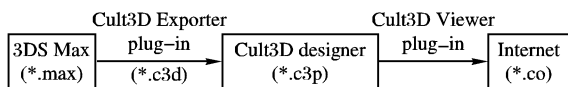
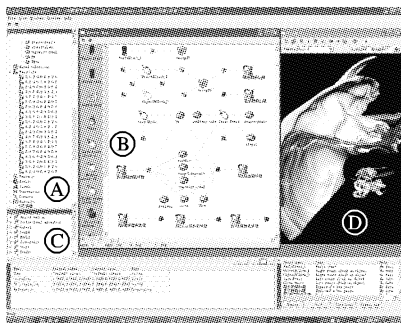


图 1 3DS Max、Cult3D 和 Internet 三种软件平台之间的接口

## 4 交互式虚拟内耳显微解剖的实现



注: A—场景图 B—事件地图  
C—动作窗口 D—预览窗口

图 2 Cult3D Designer 编辑界面

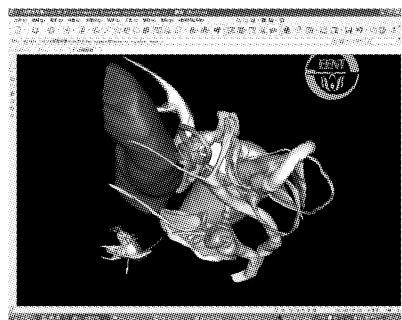


图 3 基于 Cult3D Viewer 在 Internet Explorer 中浏览虚拟内耳

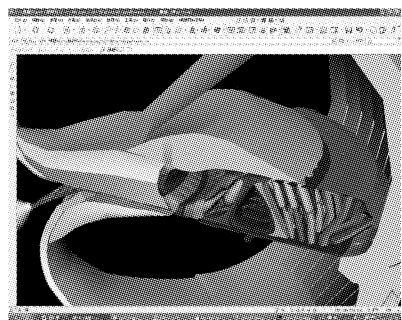


图 4 基于 Cult3D Viewer 在 Internet Explorer 中浏览虚拟 Corti 器

将生成的 Cult3D Designer 文件载入到 Cult3D Designer 编辑器(图 2)中。Cult3D Designer 软件包括许多窗口。从场景图(Scene Graph)窗口选中将要操作的对象, 拖入事件地图(Event Map)窗口, 然后在动作(Actions)窗口中选择要实施的

动作, 把它也拖入 Event Map 窗口, 在 Event Map 中选择触发该动作的事件, 设置好各对象动作相关的参数及事件。Cult3D 为用户提供了鼠标和键盘两种触发事件。通过在事件地图中组织事件、动作与对象的关联而实现指定对象的复杂交互动作控制。可以随时通过预览窗口检查动作、事件以及操作对象之间相互关系的实际效果。

在交互式虚拟内耳解剖系统中, 通过鼠标和键盘的各种事件建立针对颞骨有关结构的多方位观察浏览、移动、拆分、隐藏、信息提示等动作的关联(图 2)。在 Cult3D Designer 中给对象加上各种事件、动作后, 将开发项目保存为 Cult3D Project 工程文件, 并最终输出为 Cult3D Player 文件(\*.co)压缩文件, 可将其嵌入到 HTML 网页文件中在网上发布。

我们依据 Cult3D 技术设计开发了虚拟内耳显微解剖系统(图 3, 4), 用户通过操纵鼠标左右键或键盘可以在浏览器上进行多视点、多场景浏览, 可以移开颞骨显示中耳、内耳结构, 甚至暴露内耳膜迷路及其神经分布。鼠标所到之处, 均显示颞骨结构的名称。在联想天骄 A9020 (CPU P4 3.2 GHz, 512 MB 内存, 64 MB 显卡), Windows XP 的桌面 PC 系统下取得了较为满意的运行效果。

## 5 结语

Cult3D 采用先进压缩技术, 且支持多重阴影效果、贴图和双线性滤镜, 其文件体积小、并能保证良好的画面质量, 因此非常适于在非理想网络环境下进行实时动态的产品展示。在交互性能的实现上, Cult3D 采用基于 Java 的内核, 对三维虚拟对象的交互行为设计不仅可在其开发平台上进行, 还可利用 Cult3D Java API 来自主开发和定制交互控制事件。设计平台 Cult3D Designer 具有可视化的用户界面和开发环境, 可将 3D 模型、交互控制、动画、声音和 Java 代码整合到 Cult3D 对象中, Cult3D 的中间文件(\*.c3d)和网络文件(\*.co)中使用二进制编码且为只读加密形式, 有利于软件开发者的版权保护。因此 Cult3D 技术方法方便、有效, 功能强大。

我们基于 Cult3D 技术研制的交互式虚拟内耳显微解剖系统, 基本实现了自如观察浏览复杂内耳及其内部结构的三维特征, 产品可在网络上发布, 也可制作成集 3D 颞骨解剖场景、图片、解说文字、声音为一体的多媒体内耳显微解剖教学软件, 供临床医师研究内耳结构、耳科显微手术设计以及耳蜗机械力学研究、学习之用。

## 参考文献:

- [1] 葛跃进. CAD 与虚拟现实技术结合进行产品的虚拟设计[J]. 中国制造业信息化, 2004, 33(12): 95-96.
- [2] 项晨, 刘晓, 蒋刚毅, 等. 三维数字城市的建设[J]. 计算机工程, 2003, 29(20): 69-71.
- [3] 濮青, 徐云. 应用 Cult3D 技术实现交互式三维人脸动画[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2004, 16(3): 382-384.
- [4] 戴培东, 张天宇, 王正敏, 等. 颞骨不脱钙连续大薄片制作方案[J]. 中国眼耳鼻喉科杂志, 2005, 5(6): 382-383.
- [5] DAI P D, ZHANG T Y, CHEN J X, et al. Virtual laboratory for temporal bone microanatomy [J]. Computing in Science & Engineering, 2005, 7(2): 75-79.
- [6] 张天宇, 戴培东, 王正敏, 等. 基于连续组织切片图像重建的后鼓室手术入路辅助设计与模拟[J]. 中国眼耳鼻喉科杂志, 2005, 5(2): 81-82.
- [7] 邢琪, 谢友舟, 戴培东, 等. 基于电镜图像的 Corti 器三维建模[J]. 中国眼耳鼻喉科杂志, 2007, 7(3): 144-146.