

继续教育

# Simpleware 软件功能及其在数字骨科的应用

## 数字骨科入门(三)

尹庆水, 万 磊

【关键词】数字骨科学; 软件

中图分类号: R68, R319.1 文献标识码: A 文章编号: 1674-666X(2010)01-0072-03

Simpleware 软件是医学图像三维处理软件, 它具有强大的三维处理和建模功能, 内容丰富, 实用性强, 为骨科医生进行数字骨科学实践提供了理想的平台。2009年, 总部位于英国的 Simpleware 公司推出了 Simpleware 3.2 版本, 可以对二维平面序列图像(CT/MRI)进行提取、分割、合并等操作, 生成表面重建后的三维图像, 并将其输出到第三方软件进行快速成型(rapid prototyping, RP)制造; 同时面向三维影像数据提供各种可供选择的模块来生成有限元分析(finite element analysis, FEA)或计算机流体动力学(computational fluid dynamics, CFD)模型; 并可与其他计算机辅助设计(computer aided design, CAD)软件的接口直接读取三维设计文件, 实现手术过程的三维模拟与设计。

Simpleware 软件的解决方案以扫描图像处理(scan image processing, ScanIP)模块为核心, 同时提供用于有限元网格生成的基于扫描图像的有限元(scan finite element, ScanFE)模块以及 CAD 植入的基于扫描图像的 CAD(ScanCAD)模块。Simpleware 软件涵盖了三维重建模型生成、有限元网格模型生成、RP 制作以及 CAD 设计的全过程, 从而为数字骨科的临床应用提供了一体化解决方案。

### 1 ScanIP 模块

ScanIP 是三维重建模块, 其功能是将二维平面序列图像(图1)转换为三维重建模型(图2)。它提供了一系列用于图像可视化、图像处理以及图

像分割的工具, 可以帮助用户将 CT/MicroCT/MRI 数据中感兴趣的区域可视化并对相关区域进行分割操作。分割后的图像以 STL 文件的格式输出后用于 CAD 分析或 RP 生产; 也可结合 ScanFE 生成体网格, 直接输出到常见的商业有限元软件中进行后续分析。

ScanIP 可支持 DICOM、Interfile、ACR-NEMA 1、ACR-NEMA 2、Analyze、Meta-Image、Raw image data、Stack of 2D image(\*.jpg、\*.tif)等多种文件输入格式, 提供多个二维/三维可视化模式的用户平台, 拥有包括水平集方法在内的强大的分割工具, 提供去除金属伪影算法, 进行体保留/拓扑保留光滑, 生成精确的多部分表面网格以及 STL 文件等。其主要优点在于: 提供直观化的

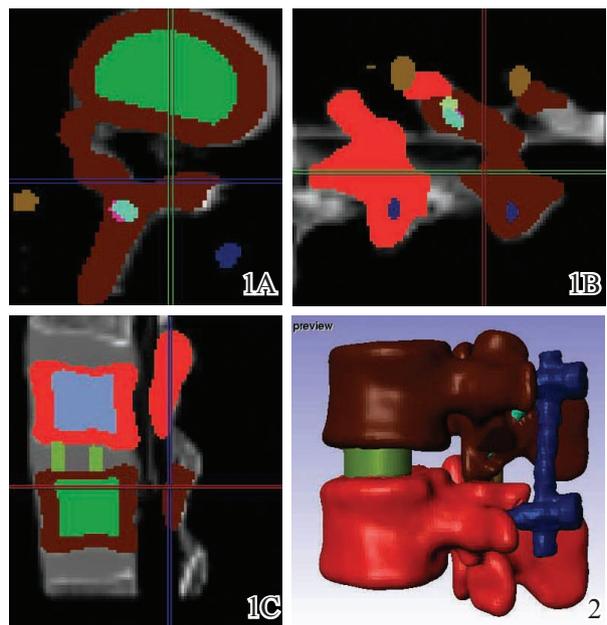


图1 Simpleware 二维界面 1A 水平面 1B 冠状面 1C 矢状面  
图2 Simpleware 三维重建图像

DOI: 10.3969/j.issn.1674-666X.2010.01.018

作者单位: 510010 广州军区广州总医院骨科医院

E-mail: gz\_yqs@126.com

用户界面,具有对复杂数据集的可视化功能,生成封闭的STL模型,保证低扭曲度的高质量表面网格的生成,确保生成的多部分STL文件的一致性以便于组装,可直接输入到第三方CAD软件等。

ScanIP提供的图像处理工具包括图像重采样、噪声过滤器、金属伪影过滤器、形态过滤器、绘制/擦除工具、相连区域、增长、孔洞填充、阈值算法、布尔运算、重叠检查、网格光滑过滤器以及缩减网格数目等,这些高质量图像处理工具可对三维图像进行可视化和分割操作,并可生成多部分具有复杂内部结构的CAD模型,从而为逆向工程、非破坏性的工业制品检测以及生物结构分析提供新的解决方案。

## 2 ScanFE 模块

ScanFE模块是有限元前处理工具模块,它为已分割好的三维图像数据转换成多部分有限元体模型提供了精确的方法,其独特的三维网格划分技术使得生成的有限元模型具有无可比拟的精确度和复杂度。

ScanFE网格划分模块是基于ScanIP生成的模型而进行的,可生成体网格或表面网格,自动生成接触面,并可对分割部分进行材料属性的分配。ScanFE生成的高质量网格可直接输入到一系列商用有限元软件和CFD软件中。

ScanFE支持的输出格式主要包括有Abaqus(\*.inp)、Ansys(\*.ans)、Comsol(\*.mphtxt)、I-Deas(\*.unv)、LS-Dyna3D(\*.dyn)、MSC.Patran Neutral(\*.out)、Fluent(\*.msh)以及STL(\*.stl)等。ScanFE输出的参数包括节点、体单元(四面体/六面体)、壳单元、线性节点单元和中间节点单元、接触面、基于表面灰度值的材料属性、节点/单元集。ScanFE可将任意几何形状的复杂物体的数据集生成网格,提供拓扑保留和体保留的光滑算法,对感兴趣的多结构/区域进行网格划分,保证接触表面/界面的一致性,生成用户可定义的自适应网格,根据图像信号强度实行材料属性的分配等。

ScanFE在生成模型时采用简捷精确的技术,为一些运用其他数值分析软件难以解决的复杂问题提供了新的解决途径。除了逆向工程、复杂零/组件的非破坏性检测之外,ScanFE还可用于对纳米/微米结构的复合材料和泡沫材料的逆向材料特征的描述,以及基于活体扫描的个体化医学模型等领域的研究。ScanFE能够快速自动生成精确

的模型,从原始数据到模型的生成只需要数十分钟,可在普通的个人电脑上生成复杂的网格;它还可对复杂耦合的流体结构区域进行网格化,保证低扭曲度的高质量表面网格或体网格的实现,使生成的快速成型模型与有限元网格模型的几何形态保持精确一致。此外,ScanFE还可将表面网格或者体网格直接输出到有限元软件和CFD软件求解器,操作简便,兼容性强。

## 3 ScanCAD 模块

ScanCAD是CAD工具模块,本身功能比较简单,提供了常用的CAD软件接口,可以借助CAD软件的强大功能进行常规的医学辅助设计。但骨科医生往往需要在该软件界面内进行个性化的测量与设计以节约成本和时间,因此ScanCAD本身的功能亟待加强,需要针对专业用户进行二次开发以增强其功能。

目前ScanCAD可将输入的CAD模型在图像数据中进行交互式定位,所获得的组合模型以多部分CAD模型的形式自动输出,或者利用ScanFE模块的功能自动转换生成多部分有限元网格或CFD网格。ScanCAD模块与ScanIP模块的组合使用可以为CAD模型与三维图像的融合提供一系列的工具。例如,模块可基于在术前扫描中定位不同植入物的CAD模型获得病人的个性化模型,通过组合模型的运用对术后性能进行评估,并可直接测量多种组合模型。

ScanCAD支持的文件格式主要包括IGES(\*.iges、\*.igs)、STEP(\*.step、\*.stp)和STL(\*.stl)等。其所提供的工具可用于二值化和多值检测、CAD模型植入预览、同时显示二维和三维视图、旋转/移动/用户自定义、运动约束、带有透明度功能的表面绘制和体绘制以及三维体和切层视图模式的组合等。

ScanCAD能够提供二维或三维视图的用户图形界面,支持多个CAD导入,可将大部分常见的CAD格式直接导入三维图像中,对非水密的CAD模型进行动态修复,利用实时交互式输入或键盘输入进行定位,并可沿着用户定义的矢量进行限定性运动定位。

ScanCAD为CAD模型与图像数据的融合提供了一种独特的方法,同时还能确保扫描图像的形态和保真度,较好地解决了医学设计中出现的三维仿真问题,如利用ScanCAD模块功能进行人



图3 术前CT示寰枢椎脱位 图4 应用Simpleware设计枢椎椎弓根置钉CAD安全三维钉道 图5 应用Simpleware设计寰枢椎椎弓根CAD导向模板 图6 Simpleware输出后进行寰枢椎椎弓根置钉导向模板快速成型 图7 导向模板辅助寰枢椎后路置钉术 图8 术后X线片示寰枢椎解剖复位,椎弓根钉棒内固定位置良好

工关节型号的术前三维匹配与选择等。ScanCAD提供友好的交互式用户界面环境,使骨科医生可根据病人的个性化模型预测骨科手术结果、设计新的骨科手术方式及开发新型内固定器械等。

#### 4 Simpleware应用举例

患者,女性,3岁,因车祸伤致颈痛、活动受限、左侧肢体肌力下降入院。诊断为可复性寰枢椎脱位,拟行寰枢椎后路椎弓根内固定术。患者入院即行CT扫描(图3),运用患者CT原始图像数据资

料,在Simpleware(面向我院二次开发后的版本)工作平台上进行计算机三维辅助设计(图4,5)和快速成型,制作寰枢椎椎弓根内固定个体化导向模板(图6),手术中在导向模板引导下置钉(图7)。术后可见寰枢椎解剖复位,椎弓根钉棒内固定位置良好(图8)。

(收稿日期:2009-12-25; 修回日期:2010-02-01)  
(本文编辑 白朝晖)