

# 생체정보의 3차원 가시화와 소프트웨어의 현상

발행인 \_ 이성수 \_ 건국대학교 기계설계학과 \_ sslee@konkuk.ac.kr / 글 \_ Katsuhiko TAKI and Hajime TAKASHIO

## 1. 서론

오늘날, 생체정보를 파악하기 위하여 여러 가지 화상 디바이스가 이용되고 있다. 이중에서도 CT(Computerized Tomography) 스캔이나 MRI(Magnetic Resonance Imaging)로 대표되고 있는 의료진단장치는 비침습(非侵襲)으로 인체의 연속적인 단층화상을 촬영하여 그 내부구조를 3차원적으로 입체화할 수가 있다. 이러한 3차원 화상디바이스로는 이외에도 PET(Positron Emission Tomography), 초음파, 공초점 레이저현미경, 전자현미경 Tomography 등, 여러 가지 장치가 실용화되어 각종 시료의 3차원 화상을 얻을 수 있다.

각각의 장치는 화상화하는 메카니즘이 전혀 달라서

시료의 사이즈나 조성도 여러 가지 있기 때문에 목적에 따라 나누어서 사용하지만 얻어진 화상을 처리하는 소프트웨어 기술은 공통이라고 할 수 있다.

본 기사에서는 몇가지의 3차원 가시화 예를 들어서 소프트웨어 기술의 현상에 대하여 기술하려고 한다.

## 2. 마이크로 X선 CT에 의한 가시화

X선 CT는 1972년에 영국방사선학회에서 G.Hounsfield 박사에 의하여 발표되어, 그 이후, 의료용 화상진단이나 비파괴검사를 중심으로 급속하게 보급되었다.

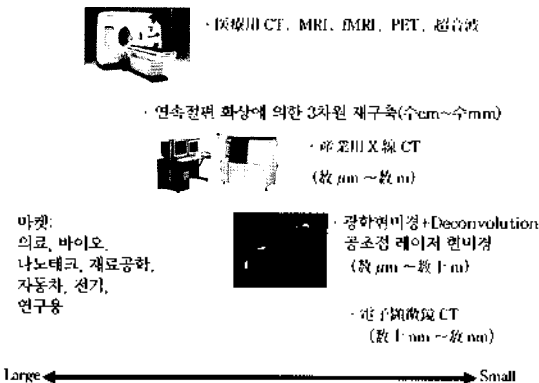


그림 1. 여러 가지 3차원 화상 디바이스

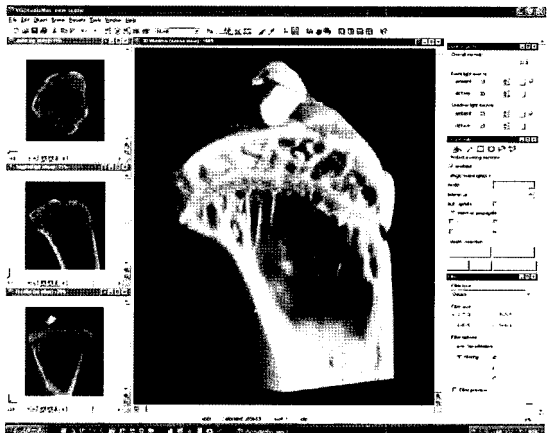


그림 2. 인공적으로 골다공증화시킨 쥐의 무릎관절 경골의 X선 CT상

측정의 원리는 우선 아주작게 모은 X선을 시료에 투과시켜서 검출기로 측정하여 기록한다. 이 조작을 360도의 전방위에 걸쳐서 실행하여, 얻어진 데이터를 컴퓨터로 수학적으로 재구성하여 연속적인 단층화상을 얻는 것이다. 그 결과는 물체내부의 구조, 정확하게는 빔의 감쇠율의 분포를 나타내고 있다.

여기에 수년, 의료용과 다른 마이크로 X선 CT장치의 시장이 급성장을 하고 있다. X선의 Focus Size가 수십 $\mu$ m~서브미크론 레벨로 작고, X선의 線量이나 線質을 자유로이 바꿀 수가 있어서 수cm 이하의 소형 시료를 촬영하여, 높은 정밀도의 상세한 화상을 얻을 수가 있다.

마이크로 X선 CT 장치 중에도 쥐나 토끼 등 비교적 소형의 동물을 산재로 관찰하는 용도에 적합한 제품이 존재한다. SkyScan 1076은 마취약을 주사한 쥐를 마취시킨 상태에서 X선원과 검출기가 Cantilever에 의하여 회전하며 연속적인 투과화상을 촬영한다.

생체 모니터시스템에 의하여 호흡 등의 움직임에 동기시켜서 단속적인 데이터 수집이 가능하고, 시료의

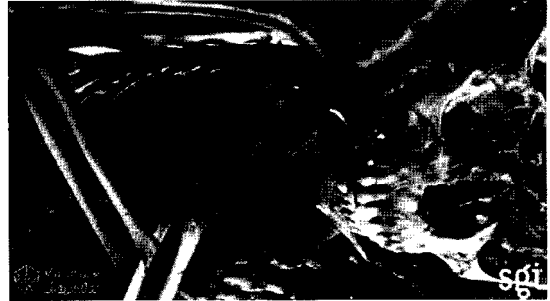


그림 4. 미이라의 Volume Rendering 화상

움직임에 따른 상의 흔들림을 억제할 수가 있다. 또, 측정중의 생리상태가 관찰가능하여 체온을 일정하게 유지하는 것도 가능하다.

이러한 촬영은 in-vivo측정이기 때문에 동일 검체가 시간이 경과함에 따른 변화를 측정할 수 있는 점이 특징이 있다.

### 3. 고해상도의 미이라 CT 화상의 가시화

2000년전의 미이라를 세계 최고의 유수의 분해능을 갖는 CT 스캐너로 촬영하여, 컴퓨터 그래픽스로 3차원적으로 가시화한 사례를 소개한다.

우선, Rosicrucian 이집트 박물관으로부터 제공된 어린이의 미이라를 스탠포드 대학 의학부의 방사선의가 지멘스 Axiom CT스캐너를 사용하여 촬영하였다. 미이라의 전체상으로서 해상도는 0.4mm $\times$ 0.4mm, 16bit $\times$ 512 $\times$ 512pixels $\times$ 2500장의 화상데이터를 취득하였다. 이나 손과 같은 부분적인 관심영역에 대해서는 0.2mm $\times$ 0.2mm $\times$ 0.2mm의 해상도로 촬영하여, 전체의 해상도는 6000장, 데이터용량은 92GB에 달하였다.

이 3차원 데이터를 24개의 1.6GHz Itanium II 프로세서와 30GB의 메인메모리를 탑재한 SGI Prism 워크스테이션과 64bit Linux, VGStudio MAX 1.2.1 및 VG13.2 모델소프트웨어를 이용하여 Volume Rendering을 하였다.



그림 3. 쥐의 in-vivo 촬영장치의 예

그 결과, 미이라나 미이라를 둘러싼 마포의 모태, 금박을 두른 가슴에 댄 것, 얼굴마스크를 높은 품질로 인터러티브한 3차원 동화로 관찰할 수 있었다. 그리고, 손, 이, 다리, 두개골, 추경부, 척추, 가슴 등의 부위의 상세한 해석을 한 결과, 연구자는 이 미이라에 대하여 다음과 같은 몇 가지의 결론을 얻었다.

- ① 미이라는 여자아이이고, 사망시의 추정연령은 4세 반에서 5세반이다.
- ② 사체(死體)에 외상이 없는 것으로 보아 사망원인은 당시에 유행한 장질환 또는 그 외의 질병으로 추정된다.
- ③ 향료를 침투시킨 수지가 미이라의 황금의 얼굴마스크부분에 사용되었으나 이것은 이 여아의 가족이 유복하였다는 증거이다.
- ④ 둘러싼 천에 상형문자로 아버지의 이름이 쓰여 있었다.
- ⑤ 마스크 상부에는 스프링크스의 그림이 그려져 있다.

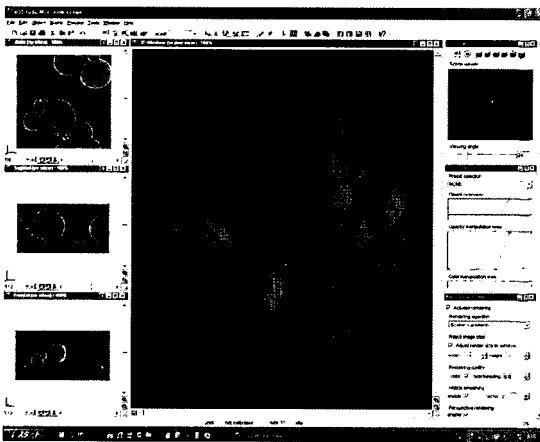


그림 5. 라텍스와 금기후의 3차원 구조

#### 4. 전자현미경 Tomography에 의한 가시화

최근, 투과전자 현미경(Transmission Electron Microscope:TEM)에 CT(Computerized Tomography)의 메

카니즘이 도입된 장치(TEM Tomography)가 실용화되어 미세 구조의 관찰에 이용되고 있다.

전자현미경에 의한 광원은 전자선이다. 고진공중에 놓여있는 시료에 전자총으로 전자선을 조사하면 여러 가지 현상이 생긴다. 이 때에 시료가 아주 얇으면(대강 100-500nm), 전자선은 시료를 투과한다. TEM은 이 투과 전자를 전자렌즈로 집광 또는 발산시켜서 시료의 내부 정보를 갖는 확대상을 형광면에 연결하여 촬영한다.

1장의 TEM상은 투과상이고, 두께 방향의 정보를 얻으려고 하는 시도로서 전자선 회절을 이용한 구조 해석이나 초박연속절편에 의한 3차원 재구성 등이 이루어졌다.

TEM에 있어서 CT를 실현하기 위해서는 Stage를 경사시키면서 시료를 연속적으로 촬영함으로써 3차원 재구성에 필요한 여러 방향에서의 투과상을 얻을 수가 있다. 그러나 시료의 경사각도가 커지면, 전자선의 방향에 대하여 시료의 두께가 증가하여 투과가 곤란하여진다.

그렇기 때문에 Stage의 경사는 일반적으로  $\pm 60$ 도 정도로 제한한다.

이상과 같이 TEM Tomography는 기본적으로 X선 CT와 동일한 메카니즘으로 성립하지만, 시료가 아주 작으면 발생하는 TEM 특유의 문제로서 Stage의 경사에 따른 시료 위치의 나노오더의 틀어짐을 들 수 있다.

이것을 회피하기 위하여 화상정보로부터 대상물의 이동이나 회전을 추정하여 경사축을 확정하는 처리가 불가결하여 이 부분의 알고리즘이나 자동화가 각사별 노우하우로 되어 있다. TEM Tomography는 1 $\mu$ m~수  $\mu$ m의 시료를 촬영할 때, 1화소당 0.2 ~ 0.5nm의 분해능을 갖는다. 생물조직, 고분자재료, 반도체재료 등의 나노미터오더의 관찰에 이용되고, 1방향에서의 단면이나 박막에서는 충분히 평가할 수 없는 경우에 특히 유효하다.

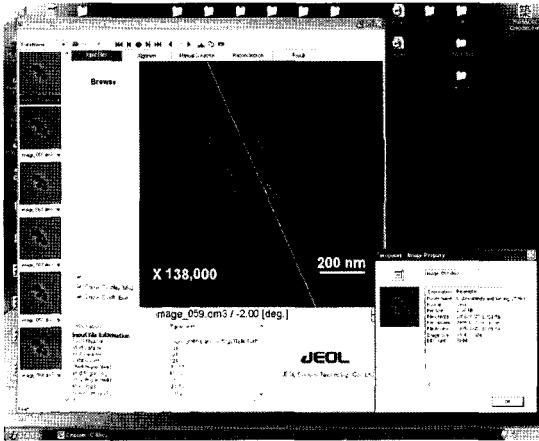


그림 6. 화상중에서 확정한 경시축

## 5. Volume Rendering

X선 CT 등의 3차원 화상 디바이스로부터 최종결과로서 얻어지는 데이터는 단층화상, 즉, 화소가 격자상의 연속된 Volume Data이다. Volume Data의 가시화 기술로는 Volume Rendering이 알려져 있고, 부정형인 물체나 공간을 용이하게 아름답게 표현할 수 있다. 시료를 컴퓨터 상에서 임의로 절단하거나 반투명 표시를 구사하는 등으로 내부구조를 묘사하는 것이 가능하다. Volume Rendering은 시점에서 각 화소에 이르는 광선을 추적하여, 대상물을 그리는 Ray·캐스팅이라고 부르는 수법이 일반적으로 알려져 있다.

지금까지 소개한 사례의 가시화에는 이하의 소프트웨어를 사용하였다.

### 5.1 Volume Rendering Software의 개발환경

VGL은 Volume Rendering Application 개발용의 그래픽 라이브러리로 Window전반, Linux, Mac OSX의 각 플랫폼을 타겟으로 한다. 사용자는 OpenGL과 C++를 조합하여 프로그램을 기술하고, 독자의 Application을 개발할 수 있다.

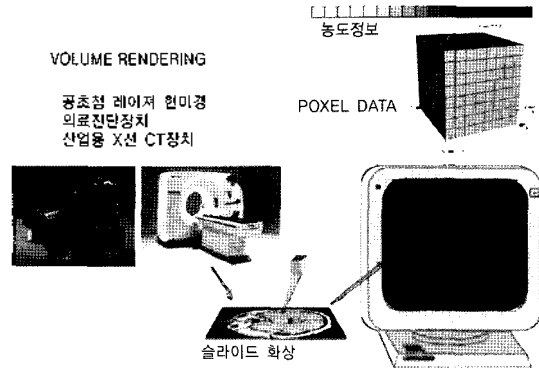


그림 7. Volume Rendering

Volume Renderer로서는 2D/3D Texture Mapping이나 Volume Pro500을 서포트하는 하드웨어베이스의 것과 ISO Surface, Ray Tracer, MIP(Max Intensity Projection) 등 여러 가지 알고리즘을 지원하는 소프트웨어 베이스의 것이 제공되어, 사용자는 어느것이나를 임의로 선택하여 사용할 수 있다. 그 중에서도 Texture Mapping을 이용한 Volume Rendering은 하드웨어에 의한 가속의 은혜를 충분히 향유할 수 있으므로 대화적으로 회전, 절단, 삽화 조건의 변경 등을 할 수 있다.

VGL은 LUT(Look Up Table)나 데이터 사이즈의 제약이 없고, 메모리만 있다면 노트북에서 GB오더의 데이터를 렌더링 할 수가 있다. 많은 데이터를 메모리 상에 저장하여 절환하여 표시함으로써 Volume Data를 연속적으로 애니메이션 표시할 수 있다. OpenGL에 의하여 그런 Polygon data와 Volume Data, 또는 Volume Data를 겹쳐서 삽화하는 것도 자유자재이다.

VGL은 대용량 데이터를 대화적으로 가시화하는 것이 가능하며, PC에서 Parallel Super Computer에 까지 대응이 가능하다. 고성능의 Volume Rendering Software 개발환경의 표준적인 존재이다.

## 5.2 Volume Rendering - Application

VGStudio/VGStudio MAX는 VGL을 API(Application Interface)로서 개발된 Volume Rendering Software로 VGL과 마찬가지로 멀티플랫폼에 대응하여 X선 CT, MRI, 공초점 레이저현미경이나 계산결과 등에서 얻어진 Volume Data를 읽어들이어서 가시화와 각종의 계측을 할 수 있다.

VGStudio는 범용 File Format의 입력, MPR(Multi Planar Reconstruction)에 의한 3면표시, Volume Data의 Real Time 회전, 확대/축소, 임의의 절단, 시점이나 조명, LUT의 설정, 입체시, 좌표축/Grid/3차원 커서의 표시 등 다채로운 기능을 갖추고 있다. 상위 버전의

VGStudio MAX는 이들에 부가하여 관심영역의 추출, 3차원적인 각종의 계측, 필터처리, Polygon Data의 생성, Animation 작성 등의 기능이 부가되어 있다.



본기사는 일본정밀공학회 2005년 12월호(Vol.71, No.12,2005)의 특집기사 pp.1502-1505를 이성수 편집위원이 번역한 내용이다.

일본정밀공학회의 연락처는 다음과 같다.

주소: 102-0073 東京都千代田區九段誠和Building2F 社團法人 精密工學會

Tel : 001-81-3-5226-5191

URL <http://www.jspe.or.jp/>