

# 三次元 CT 装置を使った冊子体データ化技術の開発

韩 忠江, 雷 溥文, 中西 徹, 小山田 耕二

## Book Visualization Development Using 3D Ct System

Zhongjiang Han, Puwen Lei, Koji Koyamada

### ABSTRACT

It is worthwhile if you can confirm the contents without opening various literatures including old documents. Therefore, we digitized the content in the literature by X-ray using CT apparatus. With reference to research on CT apparatus, we conduct various experiments and search relation between quality of visualization result and wavelength of X-ray. And in order to confirm its contents, we have been working on extracting pages from the volumetric data using Active Grid. We prepared an ink and a booklet which can be visualized and conducted experiments.

Keywords : 3DCT X-ray extracting page Active Grid

### 1 はじめに

古文献を含め、各種文献を開かず内容を確認することができれば価値は大きい。そこで、我々は CT 装置を使って、X 線による文献中のコンテンツをデジタルデータ化した。CT 装置に関する研究を参考にして、様々な実験を行いながら、可視化結果の品質と X 線の波長の関係を探索する。そして、その内容を確認するため、我々は Active Grid を用いて、ポリュウムデータからページの抽出を取り組んできた。今回、可視化が可能であるインクと冊子体を用意し、実験を行った。

### 2 X 線による冊子体データ化

#### 2.1 CT 装置によるパラメータ調整

三次元画像デバイスとして、X 線 CT、MRI、PET など、様々な試料の連続的な断層画像を撮影することができる。今回の方法として、X 線による CT 装置からの断層画像を使って可視化することでも、様々な領域で使われている。特に医療領域で、患者さんの体の内部を検査するため、X 線による断層画像を三次元でリビルドし、診察とかを行うことが普通である。我々はその“X 線による内部の内容を分かるようにす

る”技術を感じを持って、古文献の解明という問題点を注目し、今回の研究による技術の開発が役に立つだと考えられる。

冊子体の可視化に向けてX線撮像を行う際、今後は先に波長依存性を探索することが目的のため透視画像により評価を行う。

今回実験に用いたのは島津製作所製 inspeXio smxSMX-90CT puls、サンプルは0.2 mm厚の普通紙郵便はがきに、プリンターにて両面印刷したもの。今回実験には、紙と印字を可視化対象とした場合には、以下の二つの状況を区別しなければならない、

- a) 紙のみを通過する
- b) 紙とインクを通過する

結果としての印字と紙の輝度の差が大きいほど、識別やすいだと思われる。もしX線強度が強すぎると考え、枚数も増やせる、より今後の研究に貢献できるのではない



かと考える。今回 3DCT 画像を撮る際において、X線エネルギーつまり管電圧とはがきの枚数をパラメータとしてを行った。管電圧は 20 kV から 90 kV で、10 kV ごとに変化させ、管電流を  $100\mu\text{A}$  に固定し、はがきは用意した 30 枚を用いて、1 枚、2 枚、5 枚、10 枚、30 枚と変更させた。

図1 冊子体

## 2.2 実験結果及び評価

実験結果として、管電圧 20 kV の場合は、文字としての認識がほとんどできない結果になった。ほかの結果画像を比べると、30 kV から 40 kV で結果が良くなる。40 kV 以上の場合、結果としてはほぼ差がないことが分かる。

また、データを持つ全  $1024^2$  ピクセルの 99.99% が入る白側と黒側でグレースケール輝度値の最小値と最大値の差で評価した。表 1 ははがき一枚の場合である。同様の手法ではがきの枚数と管電圧を変形させ得られた結果を図 4 で示す。

結果を見ると、インクの部分と紙のみの部分によって、X線輝度値の差が大きくなる。島津製作所の開発者からも管電圧 90 kV は大き過ぎると思われる。今回の実験結果だけ見ると、波長は短ければ短いほど、X線エネルギーとして大きければ大きく、可視化結果が良くなっている。

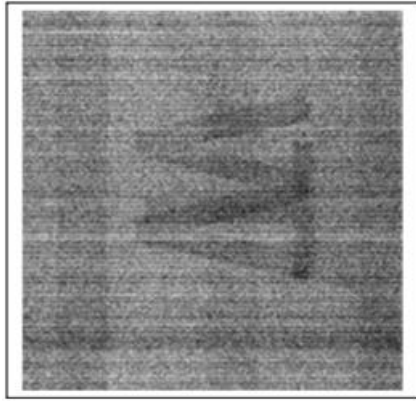


図2 一枚 30 kV

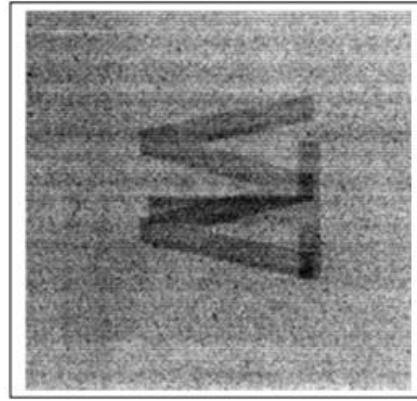


図3 一枚 40 kV

X-ray Tube Voltage (kV)	minimum X-ray wave length $\lambda_{\min}$ (pm)	Gray Scale Brightness Range (-) *	minimum Gray Scale Brightness	max Gray Scale Brightness
20.0	62.0	428	231	659
30.0	41.3	489	1730	2219
40.0	31.0	365	4541	4906
50.0	24.8	487	9849	10336
60.0	20.7	446	17030	17476
70.0	17.7	624	25501	26125
80.0	15.5	624	35576	36200
90.0	13.8	980	44582	45562

表1

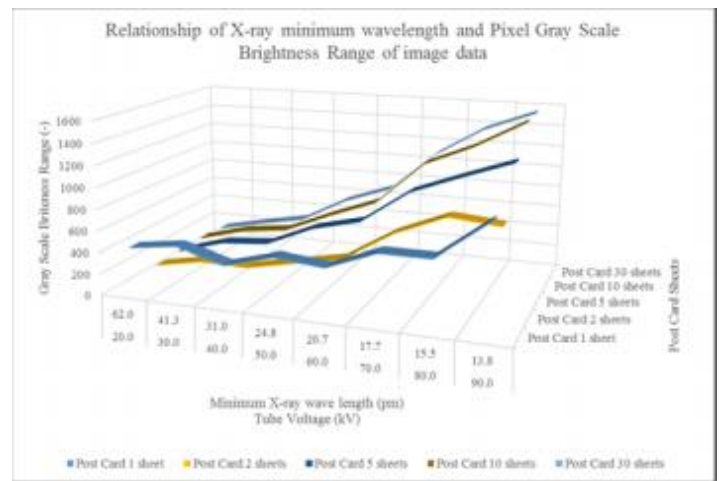


図4

### 3 Active Grid によるボリューム抽出

#### 3.1 Active Grid 技術

医療分野で行われる手術シミュレーション、医療診断とか、様々なところで CT 装置に

よる三次元画像データが応用されている。具体的に三次元画像データから骨、内蔵、表皮等の組織を三次元幾何モデルとしての抽出が、いろんな手法で行われている。今回実験はボリューム内部の抽出を目的とし、Active Grid という手法で行った。

3D Active Grid は内部ノードを持つ 3 次元格子モデルから成り、ボリュームデータ内部の 3 次元領域に整合するように各格子が変形する。格子の変形には格子を縮小

させる格子の内部エネルギーと 3 次元領域内部のイメージエネルギーを対象にしたエネルギー最小化問題を解くことを行う。

### 3.2 実験

今回実験は Active Grid において、ボリュウムからの抽出を評価するため、金属元素が多いインクを用意し、印字の大きさも実験を通し、輝度値と画像解像度を考えた上、改めて冊子体を用意した。今後に関する研究もこのデータで実験する予定である。

図5のように、実験のため、ボリュウムデータとして、画素  $1024^2$  の CT 画像を 557 枚で、三次元モデルとして再構成。

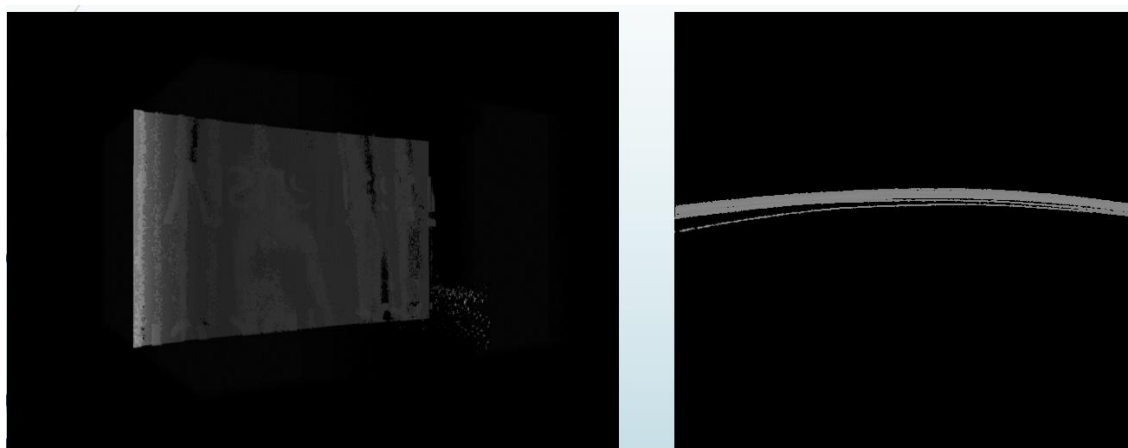


図5 構築したモデル

図5 鳥瞰図

構築した三次元モデルを解析するため、以下三つの手順で実験を行った。

Step 1 : 可視化したモデルを参考し、Active Grid より冊子体モデルを抽出する

Step 2 : 抽出したモデルから、Active Grid よりページを抽出する

Step 3 : 抽出したページの正確性を確認する

Step 1 ～ 3 のそれぞれの作業及び重要性を説明する。

Step 1 では冊子体モデルの抽出である。557 枚の CT 画像より構築されたモデルが大きい、その中の一部だけ（冊子体モデル）が研究対象となるため、必要ない部分をクリッピングすることを行う。その次の手順に関わる作業が減られる、モデルのサイズも小さくなる、Active Grid の効果の証明にも役に立つこと。

Step2 では抽出した冊子体モデルから、ページの抽出をすること、最も重要な手順となる。Active Grid より始めの計算範囲をピクセル一つずつ調整し、あるページを完全に抽出するのは目的となること。抽出した結果を Step 3 で評価し、十分でない結果が出たら、Step2 に戻り、やり直すこと。最も作業量が多い段階である。

Step3 では抽出したページを評価する段階である。今の段階で科学的の方法では

なく、いくつかの特徴で（ページの曲がる角度、ページの印字）評価することになっている。この段階の評価より、Active Grid よりの抽出も評価し、この手法で冊子体データ化の研究の可能性も評価すると考える。

以上三つの手順で実験を行い、結果より本研究の評価を行った。評価より研究中の不足及び改善すべきところを検討し、今後の研究も役に立つと考える。

### 3.3 実験結果と評価

図6はstep1の収束回数より、gridがモデルに収束することを示している。直方体の六面をそれぞれの色で表す、白側は上の面である。500回から2500回は変化し、3000からはほぼモデル本体に合うこと。3000回以上は回数が多すぎて、収束モデルが外部力より崩れることが多いため、ここは示さない。図7は最終結果とモデル本体の比較、結果として、収束回数は3000回とし、次の実験を行うことにする。

図8は冊子体モデルからのページの抽出した結果。前文説明したことのように、ピクセル一つずつの調整より結果を出したため、それ以外の結果はここで示さない。例え始めに収束する範囲のピクセルが一つだけ違うことになっても、違う結果が出るとなっている。Step2とstep3を繰り返す作業より、一番良い結果を出すことは本研究に役に立つと考えられる。図9は抽出したページの印字とモデル本体可視化した文字の比較。

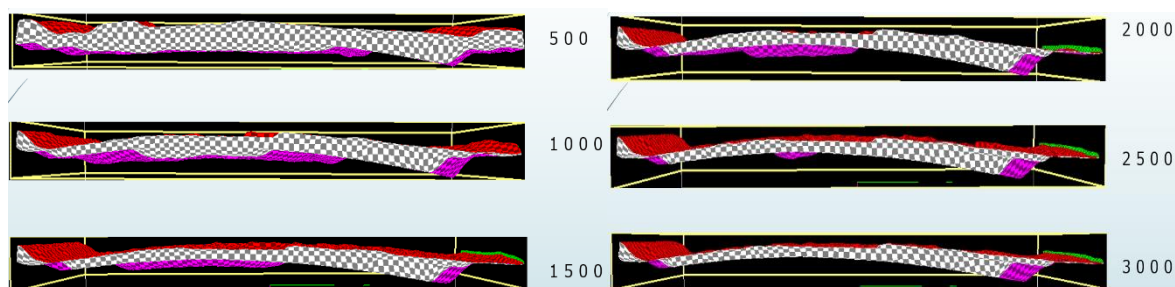


図6 収束回数 500～3000

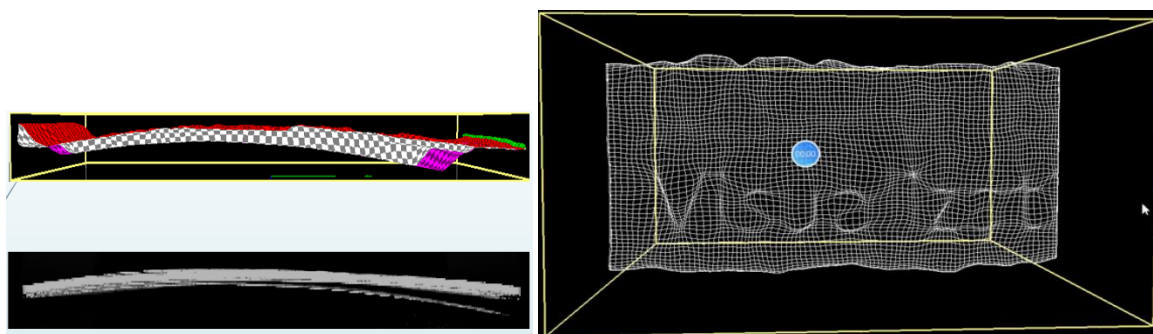


図7 結果比較

図8 抽出したページ

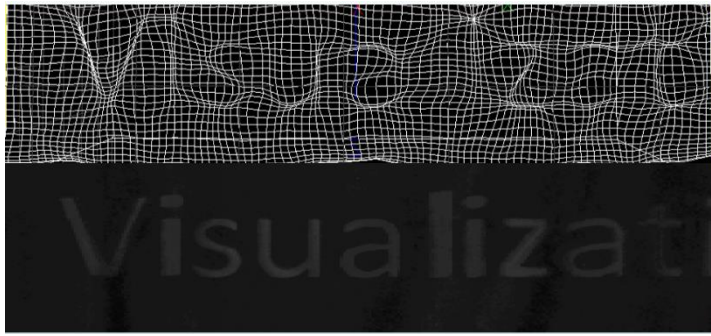


図9 印字の識別

#### 4 まとめと今後の課題

本研究では、CT装置を使って、X線による冊子体データ化に関する研究を行った。ページの枚数、X線のエネルギーによるデータ化結果についての影響を評価した。今の技術でどこまで行けるかを検討したいと考える。そしてActive Gridより冊子体モデルの抽出、及びモデルからページの抽出、印字の識別に関する実験を行った。結論は以下になる：

- a). Active Gridによる冊子体のCTデータからページを抽出するのが可能です。
- b). 抽出したページを平面に反映すると、ページの内容が分かるようになる。
- c). さらに格子数を増やすと、精度も高くなる、字が小さくなっても対応できる。

実験の過程及び結果より、検討すべきところもあると考える。CT装置における技術的の不足は専門家でないため、ここでは検討しない。ただソフトウェア技術、つまりActive Gridよりモデル及びページの抽出は役に立つが、作業量が多すぎと考える。また、画像データのノイズ対応は不足と考え、実験する前に、データのノイズ除去などの処理が必要と考えられる。

その他、データ化を目的とし、印字の識別は他の手法もあると考えられる。例えば機械学習とかの手法で、データ化に関する研究及び実験を行うことが今後の方針である。



#### 参考文献

- 1) Vito Mocella, Emmanuel Brun, Claudio Ferrero & Daniel Delattre : Revealing letters in rolled Herculaneum papyri by X-ray phase-contrast imaging, NATURE COMMUNICATIONS,1995, 6:5895
- 2) Albert Redo-Sanchez, Barmak Heshmat, Alireza Aghasi, Salman Naqvi, Mingjie Zhang, Justin Romberg & Ramesh Raskar: Terahertz time-gated spectral imaging for content extraction through layered structures, NATURE COMMUNICATIONS,1996, 7:12665
- 3) Oksana Samko, Yu-Kun Lai, David Marshall and Paul L. Rosin : Virtual unrolling and information recovery from scanned scrolled historical documents, Pattern Recognition 47 (2014) pp. 248–259.
- 4) 千田 浩一, 石屋 博樹, 斎 政博, 永坂 竜男, 佐藤 弘之, 佐々木 正寿 : X 線高電圧装置における管電圧管電 流モニタ機構の精度に関する検討, 日本放射線技術学会 53(2), (1997), pp.265-271.
- 5) 滝 克彦, 高塩 創 : ボリュームデータ処理をサポートするソフトウェア技術の実験研究シンポジウムものづくり情報技術統合化研究(第 5 回)論文集, 独立行政法人理化学研究所, (2005)245.
- 6) 土井章男, 小向順, 小山田耕二 : “3D Active Grid を用いた 3 次元ボリュームの抽出”, 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.3, pp.570-576 (2000).
- 7) 周欣欣, 安田孝美, 横井茂樹, 鳥脇純一郎 : “3 次元画像データに基づく手術シミュレーションシステムの基本データ構造とソフトウェア機能”, Medical Imaging Technology, Vol.12, No.1, pp.74-83 (1994).