

G-003

3DCT 画像の投影画像と X 線画像との位置合わせと前立腺癌 治療用線源カプセルの位置同定支援

Registration between Projection-Image of 3DCT and X ray image and Configuration Support of RI Capsule for Prostate Cancer Treatment

横山 恭平† 小倉 久和† 黒岩 丈介† 小高 知宏† 白井 治彦‡ 石田 智一§

Kyohei Yokoyama Hisakazu Ogura Jousuke Kuroiwa Tomohiro Odaka Haruhiko Shirai Tomokazu Ishida

1 はじめに

前立腺癌治療では、微弱な放射線を出す線源カプセルを体内に挿入し、放射線治療を行うこともある。挿入の際には、医師は、被曝量を最小限に抑えるために、適切な線量となるカプセル数及びそれらの配置を計画する。しかし、カプセルは約 4.5mm と極小であるため、日常生活動作の中でカプセルの位置がずれたり、膀胱に侵入し尿として体外に排出されたりする恐れがある。そのため、医師は、定期的にカプセルの配置や個数を管理する必要がある。

配置や個数を管理するために、通常 X 線画像と複数のスライス CT 画像を用いる。具体的には、対象領域を複数の横断面で CT 撮影するとともに、3 方向から X 線画像を同時に撮影する。医師は、これら複数のスライス CT 画像を 3 次元的に表示し、X 線画像と見比べながら、直接視認することで、3 次元空間内でのカプセルの配置や個数を明らかにする。このような、カプセルが 3 次元空間内でどのように配置されているのかを同定し、その上でカプセルの個数を同定する作業は、多大な労力と時間を必要とし、医師にとって大きな負担となる。そこで、本研究では、予備的に、X 線画像と 3DCT 画像の投影画像を融合し、カプセルの位置情報を得ることで、カプセルの 3 次元空間内での位置同定可能であることを示すことを研究目的とする。

2 線源カプセル同定の支援方針

2.1 対象画像

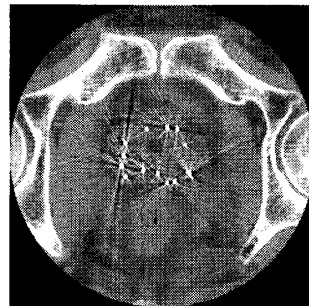
前立腺部を撮影した CT 画像は、dicom 形式で記述され、512 × 512 の 80 枚のスライス画像で、最大階調値は 4095 である。ピクセル間隔は、0.3125mm、スライス間隔は 3mm である。カプセルの直径は約 0.8mm、長さは約 4.5mm である。図 1 に、実際のカプセルが埋め込まれている部位のあるスライスの CT 画像を与える。図より分かるように、カプセルの周り全体に放射線状にアーチファクトが発生している。

X 線画像は CT 画像と同時期に撮影した画像で、前立腺部を 3 方向、正面、右斜め前方及び左斜め前方から同時に撮影している。画像サイズは、正面、右斜め前方及び左斜め前方それぞれ、615 × 748、620 × 510 及び 620 × 510 である。また、最大階調値は 255 であり、ピクセル間隔は 0.035mm である。図 2 に、3 方向の X 線画像を与える。

2.2 カウント支援の方針

本研究では、3DCT 画像の投影画像と複数の方向から撮影された X 線画像を融合し、X 線画像内のカプセルの位置情報を位置合わせ後の投影画像に付加することで、3DCT 画像で

(a) あるスライス全体



(b) カプセル周辺で拡大

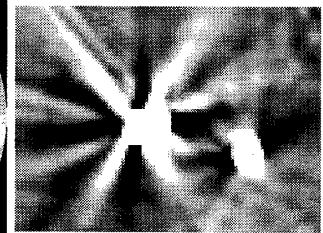
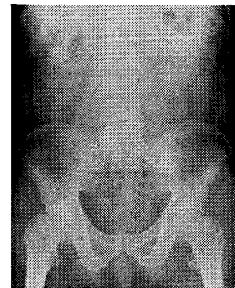


図 1: 線源カプセルの CT 画像

(b) 右斜め



(a) 正面



(c) 左斜め



図 2: X 線画像

同定が困難なカプセル同定を支援可能と考える。例えば、体動等でカプセルが斜めになったりすると、連続するスライス間での位置ずれが大きくなることで同一のカプセルであるかどうかの同定が困難である。このような場合でも、カプセルが斜めである領域が容易に分かり、その情報を 3DCT 画像に反映させることで、カプセルの位置同定が可能になると考える。

まず、オリジナル 3DCT 画像から X 線画像に対応する投影画像を生成し、その投影画像と X 線画像の位置合わせを行なう。この作業を、3 枚全ての X 線画像に対して行う。その後、投影画像中のカプセルの位置情報を用いて、X 線画像中の対応する位置に色付け処理を施す。また、融合画像に対し

† 福井大学大学院工学研究科

‡ 福井大学工学部

§ 福井大学高エネルギー医学研究センター

て、カプセルが斜めと確認できた領域にチェックを入れることで、その情報を3DCT画像に付加する。その上で、融合画像と3DCT画像を比較することで、カプセルの3次元空間内での位置同定支援を行う。

3 X線画像と3DCT画像を用いた線源カプセルの位置同定支援

3DCT画像の投影画像とX線画像との融合を実現するためにはX線画像における前立腺部の位置と投影画像における前立腺部の位置が一致する必要がある。そのため、投影画像とX線画像との位置合わせ処理を施す。その後、X線画像と投影画像の融合処理を施す。

3.1 3DCT画像の投影画像とX線画像の位置合せ

投影画像とX線画像との位置合わせを以下のような手順で行った。

1. 投影画像より骨領域抽出

CT画像はdicom形式で記述され、濃度値は12 bitsで記述されており、適当な閾値処理を行なうことで、投影画像中の骨領域を抽出することが可能である。位置合せ処理には、この骨領域を抽出した投影画像を用いる。

2. X線画像の拡大処理

X線画像のサイズは投影画像に比べて小さいので、拡大処理を施す。拡大率は、少しずつ大きな値へ変化させる。また、投影画像は約3mm間隔のスライス画像より生成されているため、拡大処理を施す際に線形補完処理は行なわれない。

3. 位置合わせ処理

拡大処理を施したX線画像と投影画像の位置合せ処理を行なう。その際、投影画像の位置を様々に変え、一致度を相互情報量により評価した。

3.2 X線画像と投影画像の融合

カプセルを抽出した投影画像中のカプセルの位置情報を用いて、X線画像中の対応する位置に色付け処理を施す。この画像をカラー表示することで、投影画像におけるカプセルと、X線画像におけるカプセルの対応関係が容易に分かるようになり、斜めである領域が存在する場合、そのような領域を指定することで、指定したカプセルが斜めであるという情報を3DCT画像に反映させることが可能になる。

3.3 予備実験

本研究では、予備実験として、3DCT画像から正面と右斜め方向における投影画像を生成し、それぞれの方向に対して撮

(a) 正面

(b) 斜め

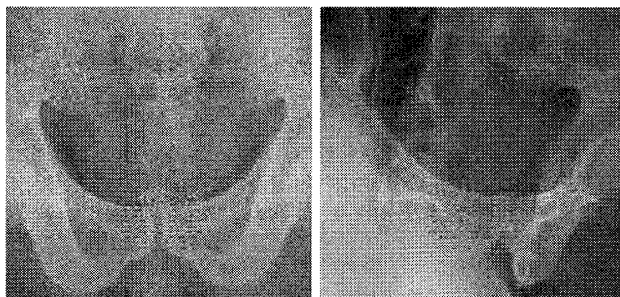


図3: X線画像と投影画像の融合

影されたX線画像と位置合わせをした。

位置合せ処理を施す際、大まかにz軸周りでの回転角、拡大率、及び位置を様々に変え、全域探索を行い、もっとも良い評価結果を与えるパラメータでの投影画像を、位置合せ処理を施した投影画像とした。評価方法として、投影画像とX線画像における前立腺の骨領域と背景の境界を視認し、近似しているか確認した。

位置合わせした結果を用いてX線画像と投影画像の融合を行う。融合画像を生成し、表示した結果を図3に示す。3DCT画像と融合画像のカプセルの位置情報を比較し、カプセルの位置同定支援について検証した。

4 考察

本研究は、スライス間隔が3mmに対してカプセルの長さが約4.5mmであるため、斜めに挿入した場合、スライス画像間において、位置ずれがおこりカプセルのカウントが困難だという問題を軽減することを目的としている。

本研究では、相互情報量を用いて一致度を評価することで投影画像とX線画像の位置合わせが可能であり、これにより、投影画像中のカプセルの位置情報を用いて、X線画像中の対応する位置に色付け処理を施すことで、X線画像と投影画像の融合を行う。図3と3DCT画像を比較したところ、ある断面では、斜めになっているため、CT画像からは同一のものか判断つかないものが、X線画像と融合することで、同一であることが分かる例が実際に存在した。

X線画像中の対応する位置にカプセルがある場合は問題ないが、X線画像中にカプセルが存在するにもかかわらず、カプセルを抽出した投影画像中にカプセルが存在しない場合が問題となる。そのような場合の検証においてもX線画像と投影画像との融合は効果的であると考えられる。融合画像を用いることで、X線画像中にはカプセルが存在するにもかかわらず、カプセルが存在しない領域が、容易に分かり、このような箇所的位置情報を、手作業により投影画像に反映させることが可能である。図3を視認したところ、そのような箇所は存在しないことが分かった。

今後の課題として、細かく刻んで探索することでより精度の良い位置合わせ画像を生成する。さらに、現在は予備実験として2方向において投影画像とX線画像の融合をしたが、X線画像は3方向から撮影しているため、3方向における投影画像とX線画像の融合をすることで、カプセルの位置同定支援がより可能になると考えている。

参考文献

- [1] 横山恭平, 小倉久和, 黒岩文介, 小高知宏, 白井治彦, 石田智一前立腺癌治療における小線源カプセルの管理支援-3次元画像におけるカプセル位置の特定-日本医用画像工学会第27回大会, 7 2008.
- [2] 小枝兼二, 小倉久和, 黒岩文介, 小高知宏, 石田智一, 山本和 前立腺癌治療用線源カプセルの視認性向上を目的とした3次元医用画像フィルタの設計IEICE technical report. 107(461) pp.371-376 20080118
- [3] 松尾成浩, 白井治彦, 高橋勇, 黒岩文介, 小高知宏, 小倉久和, 岡沢秀彦, 米倉義晴. 距離画像を用いた3次元脳画像の融合手法の検討. 信学技報, pp. 9-12, 2006.
- [4] 渡部浩司マルチモダリティの画像位置合わせと重ね合わせ Japanese Journal of Radiological Technology 59(1) pp.60-65 20030120