

## DSA 画像における逐次近似法を利用した画質の改善

4M-7

船上 頼光\* 廣嶋 恭一\* 西野 順二\*\* 小高 知宏\*\* 小倉 久和\*\* 福島 哲弥\*\*\*  
西本 康宏\*\*\* 田中 雅人\*\*\* 伊藤 晴海\*\*\* 山本 和高\*\*\*\*

(\*福井大学大学院工学研究科) (\*\*福井大学工学部)

(\*\*\*福井医科大学放射線部) (\*\*\*\* 若狭湾エネルギー研究センター医療研究室)

## 1 はじめに

医用画像の一つである DSA(Digital Subtraction Angiography) における画質改善について検討した。DSA は、血管造影剤投与前に撮影した MASK 画像と、血管造影剤投与後に撮影された LIVE 画像の差分から血管像のみを得る手法である。MASK 画像と LIVE 画像は撮影手法の制限により時間差を持つ画像である。このため、患者の体動などによるモーションアーチファクトが発生する。モーションアーチファクトは医師による診断の妨げとなるため、その除去が必要とされる。我々は、局所領域の動きから画像の歪みベクトルを求め、アーチファクトを除去する手法として [1][2] を提案している。しかしながら、その手法は歪みベクトルの変化が大きい領域において、適切な位置合せが行えない場合がある。そこで、前処理として剛体モデルを使用した位置合せを行うことにより、回転移動等の動きを除去することを検討した。

剛体モデルを使用した位置合せ手法として、周波数空間上で回転移動量と平行移動量を求める [3][4] がある。これらの位置合せ手法は、同一の画像の移動について解を求める手法である。しかし、我々の扱う MASK 画像と LIVE 画像は異なる画像である。また、これら二つの画像には撮影の際に多くのノイズが付加するため、既存の位置合せ手法を使用することは困難であると考えられる。そこで、主に実空間上で逐次的に移動量を求めることで位置合せを行なう逐次近似法を提案する。

本論文では、シミュレーションによる提案手法と既存の位置合せ手法との比較と、頭部 X 線写真を対象とした実験、および局所移動量を用いたレジストレーション法の前処理として提案手法を用いた結果について報告する。

The quality of image improvement in DSA applying the successive approximate algorithm

Raiko Funakami\*, Kyouichi Hiroshima\*, Junji Nishino\*\*, Tomohiro Odaka\*\*, Hisakazu Ogura\*\*, Tetuya Fukushima\*\*\*, Yasuhiro Hishimoto\*\*\*, Masato Tanaka\*\*\*\*, Harumi Ito\*\*\*\* and Kazutaka Yamamoto\*\*\*\*

\*Graduate School of Engineering, Fukui University

## 2 提案手法のアルゴリズム

剛体モデルを用いた位置合せを行う場合に問題となることは、回転軸が不明であることである。そこで提案手法では、パワースペクトルを使用し回転移動量を求める手法 [4] を使用する。パワースペクトルは実空間上での平行移動に依存しないため、平行移動と分離して回転移動量を求めることが可能である。次に、平行移動量を実空間で求める。まず、ノイズ除去のためにメディアンフィルタを適用する。以後、LIVE 画像と MASK 画像は、それぞれメディアンフィルタを適用した画像とする。次に、先に求めた回転移動量 ( $\theta$ ) だけ MASK 画像を回転させる。回転軸は画像の中心とする。

座標  $(i, j)$  における LIVE 画像の濃度値を  $f_l(i, j)$ 、 $\theta$  だけ回転させた MASK 画像の濃度値  $f_m(i, j; \theta)$  とすると、平行移動量は次の式から求められる。

$$g(tx, ty; \theta) = \frac{G(tx, ty; \theta)}{L(tx, ty; \theta)}$$

$$G(tx, ty; \theta) = \sum_{i,j} |f_l(i, j) - f_m(i + tx, j + ty; \theta)|$$

$g$  を最小にする  $(tx, ty)$  が求める平行移動量である。ただし、LIVE 画像と MASK 画像の重なる領域のみで和をとり、 $L$  は画像の重なる領域内の pixel 数であるとする。ここまでの位置合せ処理を 0 次近似と呼ぶ。

さらに精度の高い位置合せを行なうために、実空間上での回転移動と平行移動の位置合せを逐次的に行なう。初期段階で問題となった回転軸の位置は、0 次近似での位置合せ処理により画像の中心付近にあると考えられる。そこで回転軸を画像の中心として位置合せを行なう。まず、0 次近似により求められた移動量  $(tx, ty, \theta)$  だけ MASK 画像を移動させる。座標  $(i, j)$  における LIVE 画像の濃度値を  $f_l(i, j)$ 、移動させた MASK 画像の濃度値  $f_m(i, j)$  とすると、回転移動量は次の式から求められる。

\*\*Faculty of Engineering, Fukui University

\*\*\*Department of Radiology, Fukui Medical University

\*\*\*\*Medical Division, The Wakasawan Energy Research Center

$$h(\theta_n) = \frac{H(\theta_n)}{L(\theta_n)}$$

$$H(\theta_n) = \sum_{i,j} |f_i(i,j) - f_m(i,j,\theta_n)|$$

$h$  を最小にする  $\theta_n$  が求める回転移動量である。ただし、LIVE 画像と MASK 画像の重なる領域のみで和をとり、 $L$  は画像の重なる領域内の pixel 数であるとする。

平行移動量は 0 次近似と同様の処理により求める。以上の実空間における位置合せ手法を逐次的に適用する。この位置合せ処理を  $N$  次近似と呼ぶ。

### 3 シミュレーション実験

提案手法の有効性を検討するために、コンピュータシミュレーションを行なった。シミュレーションに使用した画像を図 1 に示す。またノイズを付加した画像を図 2 に示す。ノイズはガウスノイズであり、ノイズの標準偏差の値を  $ST$  とする。

提案手法と従来手法 [4] をそれぞれ適用し、平行移動量について検討した。LIVE 画像と LIVE 画像に対して縦横方向に (3.51, 5.34) pixel だけ平行移動した MASK 画像を作成した。さらに  $ST$  の値を 0 から 100 まで変化させノイズを付加した画像群を作成し、MASK 画像の移動量を 2 つの手法により求めた。各々の手法により求めた移動量を図 3 に示す。求めるべき値 (真値) を  $(dx_0, dy_0)$ 、位置合せにより求めた値を  $(dx, dy)$  とすると、縦軸は真値からの距離 ( $Distance = \sqrt{(dx_0 - dx)^2 + (dy_0 - dy)^2}$ ) を表し、横軸は付加したノイズの標準偏差 ( $ST$ ) を表す。

従来手法を適用した場合では、 $ST = 20$  で  $Distance$  が 1 pixel を越え、 $ST = 50$  では 5 pixel 以上となった。これに対して、提案手法を適用した場合には、 $ST = 50$  まで  $Distance$  は 0.5 pixel 以下であり、 $ST = 60$  で  $Distance$  は 1 pixel 付近まで増加したが、 $ST = 100$  においても 1 pixel をわずかに上まわる値に収まっており比較的安定した結果が得られた。

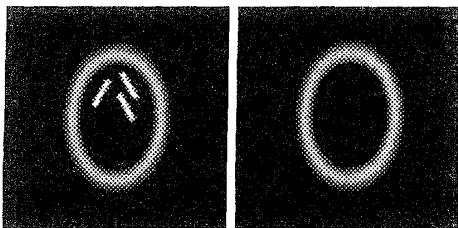


図 1: 使用した LIVE 画像 (左) と MASK 画像 (右)

### 4 考察と結論

本論文では、コンピュータシミュレーションを用いて、提案手法が従来手法よりもノイズに対して安定し

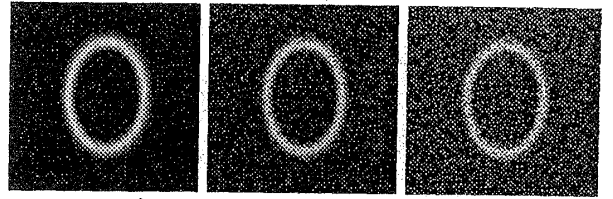


図 2: ノイズを付加した画像、左から  $ST = 20, 50, 80$

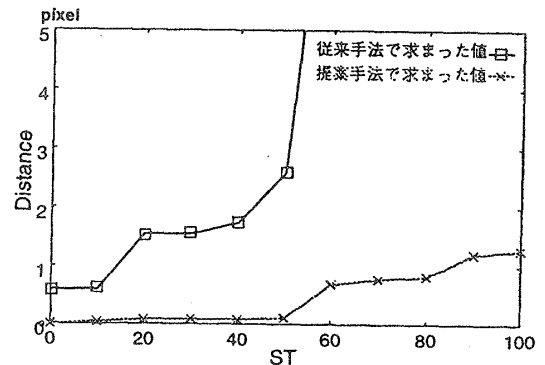


図 3: 求められた移動量

た結果を得ることが可能であることを示した。従来手法では  $ST$  の増加に従い  $Distance$  が急激に増加する。局所領域の前処理として使用する際には、できる限り  $Distance$  が小さいことが好ましく、 $Distance$  の増加は DSA 画像作成時におけるアーチファクトの原因となる。提案手法では、 $ST$  の増加に対して  $Distance$  は緩やかな増加を示し、大量のノイズが付加された場合においても、提案手法を適用することにより高精度な位置合せを行なうことが可能であると考えられる。

回転移動量を含めた実験結果および実際の DSA 画像の作成に適用した結果については口頭発表にて報告する。

### 参考文献

- [1] 西本康宏, 田中雅人, 小室裕冉, 牧野珠実, 小倉久和, “DSA 画像における不均等移動補正を用いた registration 法の開発”, 日本放射線技術学会雑誌, pp.1133, Sep., 1996
- [2] 廣嶋恭一, 西野順二, 小高知宏, 小倉久和, 福島哲弥, 西本康宏, 田中雅人, 林 信成, 小室裕冉, 石井靖, “頭頸部 DSA 画像における局所移動量を用いたレジストレーション法”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J82-D-II, No.3, pp.566-570, sep., 1999
- [3] E.DE CASTRO, C.MORANDI, “Registration of Translated and Rotated Images Using Finite Fourier Transforms”, IEEE TRANSACTION ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLEGENCE, vol.PAMI-9, no.5, pp.700-703, Sep.1987
- [4] Lee D. J., Krile T. F., Mitra S., “Digital registration techniques for sequential Fundus images”, In IEEE Processing of SPIE: Applications of Digital Image Processing X, vol.829. Page.293-300, New York, 1987