

逐次近似法によるDSA画像の画質改善の検討

6P-6

船上 頼光* 西野 順二* 小高 知宏* 小倉 久和* 福島 哲弥** 西本 康宏**
 田中 雅人** 石井 靖**

(*福井大学工学部) (**福井医科大学放射線部)

1 はじめに

DSA(Digital Subtraction Angiography)は造影剤投与前の像(MASK画像)と、造影剤投与後の像(LIVE画像)の差分をとることによって血管像のみを得る撮影法である。一般に造影剤投与の前後で被験者の体動や呼吸などによりモーションアーチファクトが生じる。このアーチファクトは本来の血管の形の認識を困難にするため、画像診断の妨げとなる。位置ずれによるアーチファクトを除去するためには、差分操作を行なう前にMASK画像とLIVE画像の位置合わせを行なうことが必要である。位置合わせを行なうアルゴリズムに剛体の平行移動量と回転移動量を抽出する方法があるが[1], そのアルゴリズムだけの適用では、位置合わせの精度が良いとは言えない。そこで本研究では、従来法による位置合わせの後、さらに平行移動量と回転移動量抽出を繰り返し行なうことで、精度の高い位置合わせを行ない、DSA画像のアーチファクトを削減した。

2 逐次近似法によるレジストレーション

逐次近似法は従来の方法に加え、実空間での位置合わせを繰り返し行なうことにより、従来法よりも精度の良い位置合わせを行なう。

2.1 逐次近似画像の生成アルゴリズム

逐次近似法は0次近似と1次以上の近似のアルゴリズムからなる。

0次近似では、MASK画像とLIVE画像をFFTにより周波数空間に変換し、パワースペクトルにより可視化する。可視化したLIVE画像とMASK画像をそれぞれFFT-MASK画像、FFT-LIVE画像と呼ぶことにする。FFT-MASK画像を回転させFFT-LIVE画像との相関をとり、回転移動量を求める。次に回転移動量を基

に実空間でMASK画像を回転させ、回転させたMASK画像とLIVE画像とで平行移動量を求める。

N次($N \geq 1$)以上の近似では、実空間上で移動量の抽出を行なう。N-1次により得られた回転移動量と平行移動量を基にしてMASK画像を移動させ、移動させたMASK画像とLIVE画像の相関値から回転移動量と平行移動量を求める。

2.2 0次近似の位置合わせ

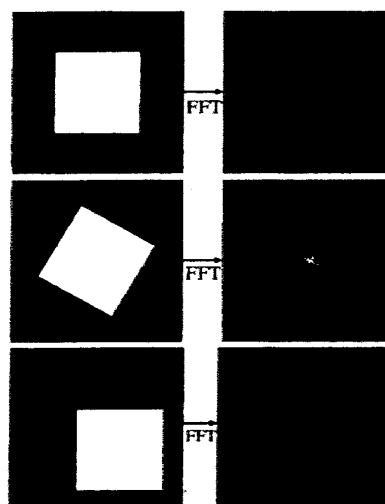


図1: 周波数空間での回転移動と平行移動

第0次近似における画像の回転移動量の抽出は、平行移動に依存しない周波数空間においておこなう。画像の周波数空間への変換は2次元離散フーリエ変換を使用した。2次元離散フーリエ変換しパワースペクトルを用いて可視化した画像は周期性と共役対称性の特性をもつ。この性質を図1に示す。この性質のため実空間での平行移動に依存せず、純粋に回転移動量を抽出することができる。

回転移動量抽出のための相関値は次に示す式で定義した。相関値を W_2 、FFT-MASK画像とFFT-LIVE画像の対応する画素値をそれぞれ f_1 、 f_2 とし、画素(ピクセル)は横方向(x方向)にM個、縦方向(y方向)に

Cancellation of artifacts in DSA image of head
 Raiko Funakami*, Junji Nishino*, Tomohiro Odaka*,
 Hisakazu Ogura*, Tetuya Fukushima**, Yasuhiro
 Hishimoto**, Masato Tanaka**, and Yasushi Ishii**
 *Department of Information Science, Fukui University
 **Department of Radiology, Fukui Medical School

N個存在していると考えると次のようになる。

$$W_z = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f_1(x, y) f_2(x, y)$$

この式は画像が適した位置で重なった場合に相関値 (W_z) が最大となる。この相関値が最も大きい値から回転移動量を求める。

平行移動量の算出には原画像を用いる。求めた回転移動量だけ MASK 画像を回転し、回転させた MASK 画像を縦横方向に平行移動し、LIVE 画像との相関を調べる。平行移動量抽出のための相関値は次の式で定義した。相関値を W_z 、MASK 画像と LIVE 画像の対応する画素値をそれぞれ g_1 、 g_2 とし、画素 (ピクセル) は横方向 (x 方向) に M 個、縦方向 (y 方向) に N 個存在していると考えると次のようになる。

$$W_z = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} g_1(x, y) g_2(x, y)$$

画像が適した位置で重なった場合に相関値 (W_z) が最大となる。

2.3 $N-1$ 次 ($N-1 \geq 0$) 近似画像からの N 次近似画像の生成

1 次近似以降では以前の近似による回転移動量と平行移動量の値をもとにして、さらに位置合わせを繰り返す行なう。

回転移動量抽出は 0 次近似の場合と異なり、実空間上において行なう。N 次近似を行なう場合、MASK 画像を ($N-1$) 近似で求めた値をもとに、あらかじめ回転移動と平行移動をおこなう。次に MASK 画像を回転し、LIVE 画像との相関を調べることで回転移動量を求める。相関値を求める式は 0 次の平行移動量を求める際に用いた式と同等である。

平行移動量は 0 次近似の場合と全く同様の処理をおこなう。

3 逐次近似法によるレジストレーションの例

今回の実験では図 2 に示す画像を用いてシミュレーションを行ない、逐次近似法について検討した。用いた画像は 0 ~ 255 までの濃度値をもつ 512×512 ピクセルの濃淡画像である。図 2 の画像は次の式を用いて作成した。

$$f(x, y) = 255 \times e^{-(x/50)^2 - (y/70)^2} \quad (1)$$

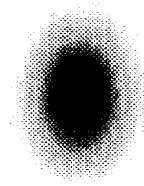


図 2: シミュレーションで用いた画像

図 2 を MASK 画像とすると LIVE 画像はこの画像を画像の中心を原点として回転、および平行移動を加えたものとして作成する。この際、図 2 を移動し LIVE 画像を作成すると、画像作成の際に補間作業が必要となりシミュレーション用の題材としては相応しくない。そこで式 1 から回転、平行移動させたデータを直接作成することで LIVE 画像を作成した。

4 結果と考察

	回転量 (真値)	移動量 (真値) (x, y)
sample 1	6.2	(5.5, 5.7)
sample 2	-5.0	(-4.0, -3.0)
sample 3	6.0	(6.0, 5.0)
	抽出された回転量	抽出された移動量 (x, y)
sample 1	6.6	(5.1, 5.4)
sample 2	-5.15	(-4.0, -3.4)
sample 3	6.3	(6.5, 4.7)

表 1: サンプルデータの結果

表 1 はサンプルデータを逐次近似法を用いて位置合わせをした結果である。回転量の単位は度で、平行移動量の単位はピクセルである。回転量は 0.15 ~ 0.4 度、平行移動量は 0.0 ~ 0.5 ピクセルの誤差にあり、位置合わせがうまくいっていることがわかる。DSA 画像についても逐次近似法による位置合わせが有効であるかどうか検討中である。

参考文献

- [1] Lisa Gottesfeld Brown 著, 白井良明 訳 “画像位置合せ手法の概観” Bit 別冊, page.79-116, Nov.1994