

アフィン変換による差画像の抽出について

環境建設技術系 松本 英敏

1. はじめに

今回あるフォーラムで実験前後の差画像を取ることに
なった。図 1 がその図である。ところが極力努力しても
X 線 CT 撮影の際に、実験前後の装置を全く同じ位置に
置くことははなはだ難しいのが現状である。そこでズレ
がある場合、幾何補正の基本変換であるアフィン変換を
用いて補正を行った上、差画像を取ったので紹介する。

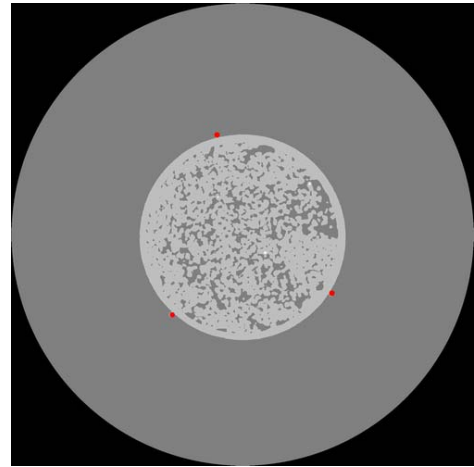


図 1 実験前の画像

2. アフィン変換

アフィン変換は異方性縮尺歪み、回転歪み、スキュー
歪みの幾何補正等に用いられる。次式がアフィン変換式
であり、線形変換に平行移動を加えて表される。¹⁾

$$\begin{aligned} u &= \alpha_1 + \alpha_2 x + \alpha_3 y \\ v &= \alpha_4 + \alpha_5 x + \alpha_6 y \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_2 & \alpha_3 \\ \alpha_5 & \alpha_6 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x \\ y \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_4 \end{Bmatrix}$$

式(1)の u について最小自乗法を適用すると

$$\begin{bmatrix} \sum n & \sum x & \sum y \\ \sum x & \sum x^2 & \sum xy \\ \sum y & \sum xy & \sum y^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \sum u \\ \sum ux \\ \sum uy \end{Bmatrix} \quad (2)$$

同様に v について解くと

$$\begin{bmatrix} \sum n & \sum x & \sum y \\ \sum x & \sum x^2 & \sum xy \\ \sum y & \sum xy & \sum y^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \alpha_4 \\ \alpha_5 \\ \alpha_6 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \sum v \\ \sum vx \\ \sum vy \end{Bmatrix} \quad (3)$$

以上により、アフィン変換の係数 α を求めた。

3. 画像処理手順

最初に、図 1 に示すような実験前後にマーカの座標を
与える。そのマーカ付近の画像を数値化し、パターン認
識により計算する。表 1 はその座標 x, y と u, v を式(2),(3)
に代入し、gauss の消去法により求めた結果である。

最後の 3 行は、求めた α を再度式(1)に代入して、
チェックした u, v であり、重心より求めた座標に帰着し
 α が正しく求まっていることを確認した。

$\alpha 1$	$\alpha 2$	$\alpha 3$
-0.778275e+01	0.999693e+00	0.869575e-02
$\alpha 4$	$\alpha 5$	$\alpha 6$
0.638746e+01	-0.842161e-02	0.100042e+01
平行移動	$\alpha 1$	$\alpha 4$
	-7.783	6.387
直ひずみ	$\alpha 2$	$\alpha 6$
	1.000	1.000
せん断 : ϵ_{xy}	回転 : ω_{xy}	
0.000	-0.490 °	
=====		
903.000	581.000	
1419.000	1285.000	
712.000	1381.000	

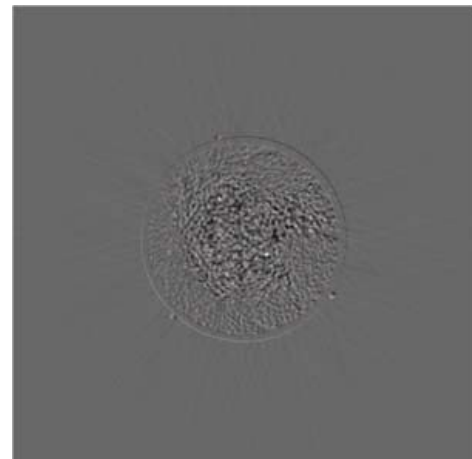


図 2 差画像

4. 差画像の抽出

図2は実験前後のCT値の差を取った画像である。容器の輪郭やマーカが見えており、位置が合致しているとは言い難い。そこで実験後のCT値に、先ほど求めた α を用いてアフィン変換を施した。具体的には、 2048×2048 Voxelの全ての座標について式(1)を適用した。その後、CT値をその座標に配置する必要がある、逆変換に基づく再配置を行った。

5. データの内挿

データの内挿には、リモセンで使われている最近隣内挿法から、複雑な共3次内挿法や3次たたみこみ内挿法など提案されているが、ここでのCT値の内挿は図3に示す共1次内挿法を使用した。

式は次のように4点で表わされる。

$$f(x, y) = f(u, v) \cdot (1 - \alpha) \cdot (1 - \beta) + f(u + 1, v) \cdot \alpha \cdot (1 - \beta) + f(u, v + 1) \cdot \beta \cdot (1 - \alpha) + f(u + 1, v + 1) \cdot \alpha \cdot \beta \quad (4)$$

図4は以上の変換および再配置、内挿を施した後、CT値に戻し、差を取って図化した結果である。図2と比べ、全体的に随分改善されているが、任意の位置を抽出しても差画像が抽出できるように改善の余地が残されている。ここでは、中央の画像が問題であり全体のズレは致し方ないところである。

6. おわりに

これが本当に、実験前後が同じ位置に来た撮影画像の差を取っているのだろうかと思ったりもする。判断は、皆さんに委ねるとして、同じような悩みを持たれた方の参考になれば幸いである。

尚、弁解の余地があるとすれば、計算は小数点以下の細かな計算まで行っているが、実際の座標に戻す際は1Voxel単位であり、ある意味では画像処理分解能の限界ともいえる。結論から言えば、実験前後に位置を変えないことがベスト、あるいは極力同じ位置に置くようなシステムの開発が望まれる。

【参考文献】

- 1) 新編 画像解析ハンドブック 高木幹雄、下田陽久 東京大学出版会 pp.1078-1080

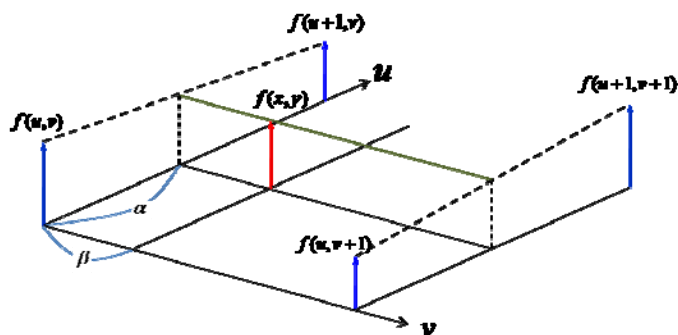


図3 共1次内挿法 (bi-linear 法)

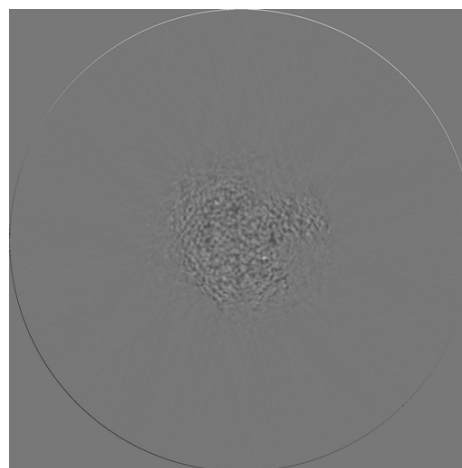


図4 アフィン変換による差画像