

# B-splineを用いたdeformable image registrationの高精度化の検討

東北大学大学院 医学系研究科 ○金井 貴幸 (Kanai Takayuki)

曹 翔永 土橋 卓 武田 賢

東北大学病院 放射線治療科 角谷 倫之 藤田 幸男 伊藤 謙吾 神宮 啓一

東北大学病院 診療技術部 岸 和馬

## 【背景・目的】

Deformable Image Registration (DIR) は、画像誘導放射線治療や適応放射線治療など活発に研究が行われている分野に用いられる。しかしDIRの精度はこれらの結果に大きく影響を及ぼすため、さらなるDIRの高精度化が求められている。そこで我々は、DIRコードである`elastix`<sup>1)</sup>に注目した。`elastix`は、Insight Segmentation and Registration Toolkit (ITK) を基に開発されたDIRコードであり、ITKから多くの機能の追加・改良がなされている。今研究では、これらの機能を用いてDIRの更なる高精度化が可能であるかを検討した。

## 【方法】

DIRの精度評価には、DIR-lab ([www.DIR-lab.com](http://www.DIR-lab.com)) から公開されている、呼吸器系統の疾患がない食道がん患者5名の4D-CT画像を用いた。このデータには、放射線科医によって決定された、呼吸の各位相で解剖学的に一致するlandmark 300対が含まれる。DIRのアルゴリズムは、サンプリング・補間・変形・類似度算出・変形の最適化などの複数の構成要素に分けることができ、それぞれにパラメータを設定する必要がある。本研究では、2000点のランダムなサンプリングを行い、画像の補間と変形にB-spline関数、類似度算出にcorrelation coefficientとbending energy penalty、最適化にAdaptive Stochastic Gradient Descent (ASGD) をそれぞれ用いた。この内、ASGDとbending energy penaltyが`elastix`で新たに導入された関数である。最大吸気相と最大呼気相間でDIRを行い、その変形量と、対応するlandmarkの移動量の差の絶対値をDIR誤差として評価した。

## 【結果・考察】

算出したDIR誤差とランドマークの移動量の関係をFig.1に示す。Landmarkの移動量が大きい程、つまり肺の変形量が大きい程DIR誤差は大きくなる傾向があった。しかし、肺の変形量が大きい場合でもDIR誤差は3mm以内に収まっており、比較的高精度なDIRを行うことが可能であった。

次に、同様な4D-CT画像を用いてlandmarkによるDIR誤差を算出した先行研究<sup>2),3),4)</sup>との比較をTable 1に示す。DIR誤差は平均値と標準偏差を記載した。Kadoyaらの結果は商業用ソフトウェア (Velocity AI: Velocity medial solutions) のものである。商業用ソフトウェアは計算時間を重視したパラメータを用いている可能性があるため単純な比較はできないが、今研究の結果は商業用ソフトウェアを大きく上回る結果であった。また、GuらとCastilloらは今研究と異なるアルゴリズムのin-houseソフトウェアを用いているが、これらとも同等の結果であり、今研究ではB-spline変形を用いた高精度なDIRが可能であったといえる。

## 【まとめ】

`elastix`に新たに導入された機能・関数により、B-spline変形を用いたDIRの高精度化が可能であり、臨床において更に高精度なDIRが実現できる可能性を示した。

## 【参考文献・図書】

- 1) S. Klein, M. Staring, K. Murphy, et al.:`elastix`: a toolbox for intensity-based medical image registration IEEE transactions on medical imaging. 29, 196-205, 2010
- 2) N. Kadoya, Y. Fujita, Y. Katsuta, et al.:Evaluation of various deformable image registration algorithms for thoracic images. Journal of radiation research, 54, 1-8, 2013
- 3) X. Gu, H. Pan, Y. Liang, et al.:Implementation and evaluation of various demons deformable image registration algorithms on a GPU. Physics in medicine and biology, 55, 207-219, 2010
- 4) E. Castillo, R. Castillo, J. Martinez, et al.: Four-dimensional deformable image registration using trajectory modeling. Physics in medicine and biology, 55, 305-327, 2010

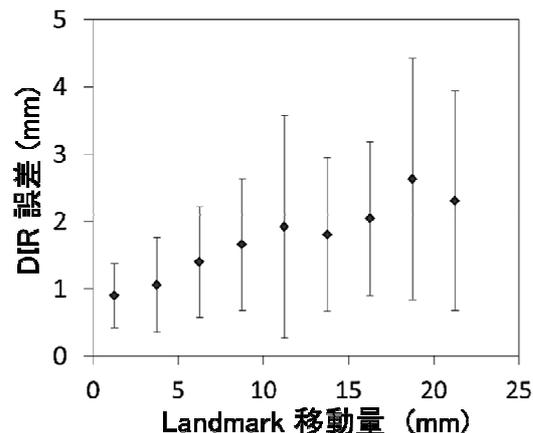


Fig.1 Landmark 移動量と DIR 誤差の関係

Table 1 先行研究との DIR 誤差の比較

Author	Algorithm	DIR error $\pm$ SD
<b>This study</b>	<b>B-spline</b>	<b>1.43 <math>\pm</math> 1.15 mm</b>
Kadoya et al.	B-spline	2.70 $\pm$ 2.24 mm
Gu et al.	Demons	1.57 $\pm$ 1.54 mm
Castillo et al.	Optical Flow	1.33 $\pm$ 1.45 mm