

Q 1

放射線治療領域における DIR の活用方法について教えてください。

A

輪郭描出の際の異なる画像モダリティ間での画像の参照比較、自動輪郭抽出、異なる画像間での線量分布の合算、4次元線量分布合算、日々の IGRT 画像に基づく画像を利用した線量分布の合算評価、それらを複合的に利用した適応放射線治療などが挙げられます。また、画像の局所変形量に基づく機能画像の作成にも利用されています。

解説

放射線治療では、治療前の適応判断から治療終了に至る様々な過程で画像が利用され、比較・参照が行われている^{1,2)}。そのため、DIR を含めたレジストレーション技術は、これらの各過程において用いることができる。放射線治療における DIR の活用例を以下に挙げる。

- ① 治療計画 CT 画像と MR 画像や PET-CT 画像との参照比較、および手動による輪郭描出のための補助【**第Ⅲ章**参照】
- ② 治療計画 CT 画像における輪郭描出のための自動輪郭抽出（セグメンテーション）【**第Ⅳ章**参照】
- ③ ブースト治療計画を行う際の初回治療計画 CT 画像から再治療計画 CT 画像への自動輪郭再抽出（プロパゲーション）【**第Ⅳ章**参照】
- ④ ブースト治療計画や再治療計画を行う際の初回治療計画 CT 画像上の線量分布と再治療計画 CT 画像上の線量分布の線量分布合算【**第Ⅴ章**参照】
- ⑤ 4次元治療計画 CT 画像の各位相画像で計算された線量分布の線量分布合算（4次元線量分布合算）【**第Ⅴ章**参照】
- ⑥ 日々取得される CBCT 画像などを用いて計算した線量分布の治療計画 CT 画像への射影（線量分布変形）【**第Ⅴ章**参照】
- ⑦ 治療期間中の解剖学的構造や腫瘍形状の変化に伴う適応放射線治療における、上記の一連の再治療計画プロセス【**第Ⅵ章**参照】
- ⑧ 新規の治療追加部位に対する旧治療部位における線量分布の重複の確認、線量分布合算評価【**第Ⅵ章**参照】
- ⑨ 呼吸位相の異なる2画像以上の画像間における局所の変形量を生体機能情報として定量化した肺換気画像の生成【**第Ⅶ章**参照】

上記の臨床的な活用例以外にも DIR を用いた研究は日々報告されている。また、現在は AI を用いた技術にシフトしているものも増加しており、変形精度について DIR と多数比較されている（**Q114**参照）。詳しくは本書の各 Q&A の活用例をご覧ください。

● 参考文献

- 1) Brock KK, Mutic S, McNutt TR, et al. Use of image registration and fusion algorithms and techniques in radiotherapy: Report of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 132. Med Phys. 2017; 44: e43–76.
- 2) 放射線治療における非剛体画像レジストレーション利用のためのガイドライン 2018 年版 [Internet]. 2018. Available from: https://www.jastro.or.jp/medicalpersonnel/guideline/dir_guideline2018.pdf

(木藤哲史)

Q 2

本邦ではどのくらい DIR が放射線治療で活用されているか教えてください。

A

2018 年の調査では 49%の施設が DIR に関する機能を臨床利用しており、使用目的として線量合算に最もよく利用されています。

解説

本邦における DIR の臨床利用状況については、日本放射線腫瘍学会（JASTRO）で採択された DIR に関する研究課題（Deformable image registration 搭載システムの安全な臨床利用に向けた実態調査とコミッショニング及び品質管理プログラムの標準化に関する研究）の一部としてアンケート調査が 2018 年に実施された。少し古いデータになるが、そのアンケート調査結果では、161 施設から回答があり 49%の施設は DIR ソフトウェアを保有し DIR を臨床に利用していると回答した¹⁾。また、19%の施設は DIR ソフトウェアを保有しているが DIR を臨床利用していないと回答し、32%の施設は DIR ソフトウェア自体を保有していないと回答した（図 2-1）。どのような DIR ソフトウェアが使用されているかは、MIM が 25%と最も使用されており、Eclipse（16%）、iPlan（15%）、RayStation（12%）の順に多い結果であった。このアンケート調査は、2018 年時点での結果であり、現在ではこれよりも多くの施設が利用していると推測される。

また、DIR の活用方法については、DIR を臨床利用しているという施設に対して図 2-2 に示すような 4 つの活用方法（変形画像、セグメンテーション、プロパゲーション、線量合算）について臨床利用しているかについて調査した。ここで、それぞれの活用方法について簡単に説明する。まず、“変形した画像”は、DIR によって作成される CT 画像に一致するような MR 画像や PET 画像などを表す。この画像は計画 CT 画像を用いた治療計画時の参照用 MR 画像や PET 画像として活用することができ、変形した画像自体を利用するという活用法である。“セグメンテーション”は、計画時の輪郭入力時に自動で輪郭を作成する時に使用する方法であり、プロパゲーションとは、再治療計画を行う際に初回治療計画 CT 画像上の輪郭を再治療計画 CT 画像に変形させることで再治療計画 CT 画像の輪郭を自動で作成することを表し、再治療計画時の自動輪郭抽出として活用される（Q65, Q67 参照）。線量合算は、異なる CT 画像で計画された線量分布について、DIR を行うことで線量合算するという

- DIRソフトウェアを臨床利用している
- DIRソフトウェアを保有しているが、臨床利用していない
- DIRソフトウェアを保有していない



図 2-1 DIR ソフトウェアの利用状況

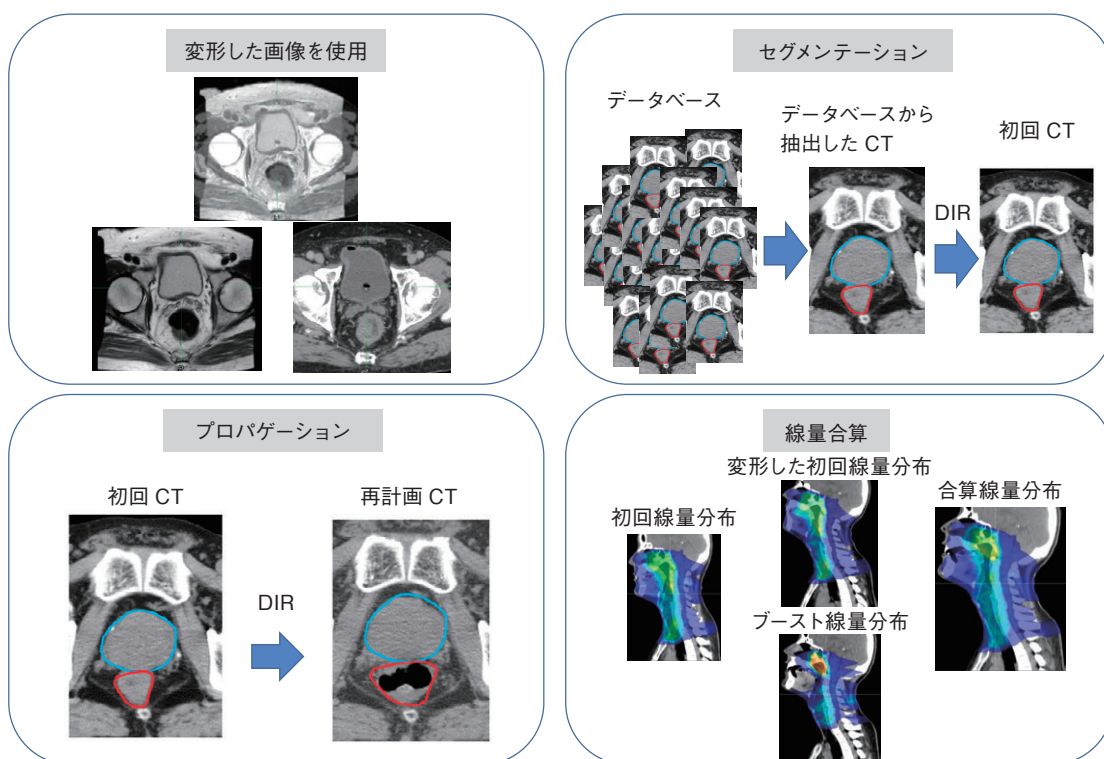


図 2-2 DIR ソフトウェアの活用方法

活用法である（Q78 参照）。結果としてそれぞれの利用状況は、変形した画像（56%）、セグメンテーション（63%）、プロパゲーション（53%）、線量合算（73%）であった。また、誰がその操作を行っているかについては、セグメンテーション以外は医学物理士が最も操作を行っており、セグメンテーションについては医師と医学物理士が最も操作を行っているという結果であった。なお、国内外の DIR の使用状況についてはデータとして正確な数字は公表されていない。

● 参考文献

- 1) Kadoya N, Kito S, Kurooka M, et al. Factual survey of the clinical use of deformable image registration software for radiotherapy in Japan. J Radiat Res. 2019; 60: 546-53.

（角谷倫之）

Q3

DIR ソフトウェアはどのような流れで使用されるか教えてください。

A

DIR によって画像を変形させる前処理として、RIR によって目標画像と被変形画像の骨構造や体輪郭を位置合わせする必要があります。RIR および DIR 実施後は、視覚評価や物理的指標を用いた定量評価によってレジストレーションの実施精度を必ず確認しなければいけません。

解説

臨床における DIR の活用方法については、Q1 で簡単に解説されているが、それらの目的を果たすために DIR ソフトウェアで実行される処理は、以下の3つに大別される。それぞれの処理の流れを図 3-1 に示す。

- ① 被変形画像上の輪郭を目標画像に合わせて変形させ、目標画像上へ移行する。（輪郭のプロパゲーション）
- ② 被変形画像上の線量分布を目標画像に合わせて変形させ、目標画像上へ移行する。（線量分布変形）
- ③ 被変形画像上と目標画像上の線量分布を、目標画像上で合算する。（線量合算）

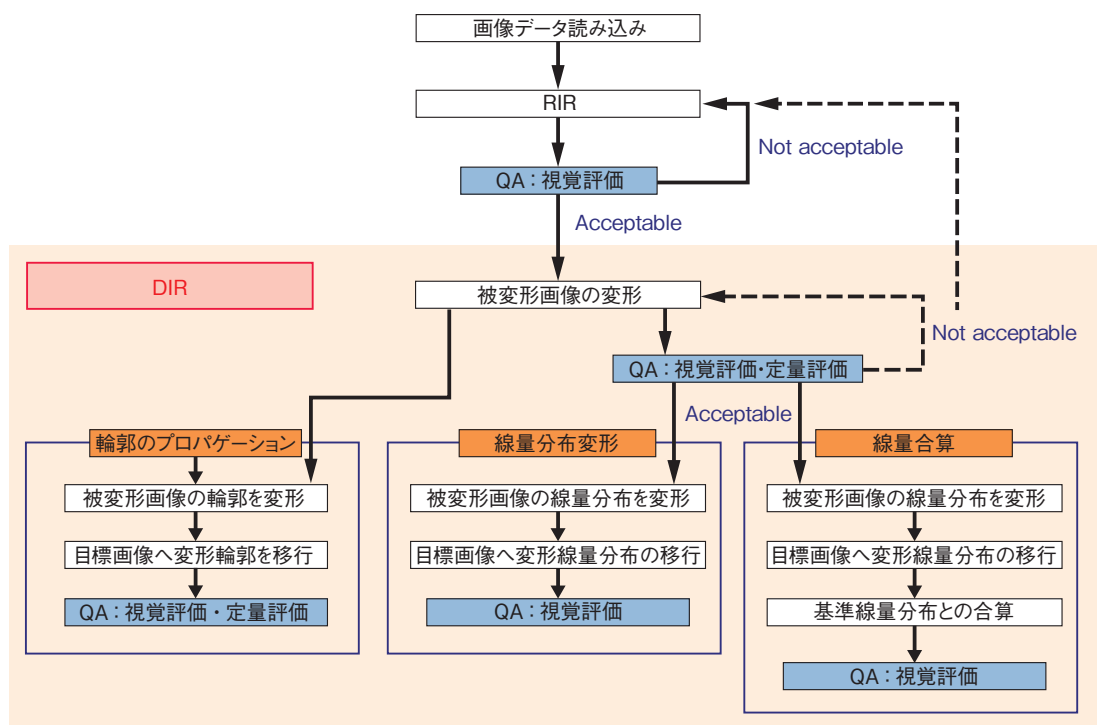


図 3-1 臨床における DIR の処理の流れ

被変形画像の変形の QA 結果が許容されない場合、“被変形画像の変形” もしくは “RIR” のいずれかの処理を再度実行する（図中破線）。