

独立検証の最近の動向

- 基準ビームデータ利用時の独立検証, 線量分布の独立検証 -

東北大学病院 診療技術部放射線部門 ○佐藤 清和(Sato Kiyokazu)

【はじめに】

近年の科学技術の進歩は目覚ましく、放射線領域に限らず様々な分野でその恩恵を受けている。放射線治療領域では、治療装置、治療計画装置等の性能向上があり、新しいソフトや知見を得た際には、ユーザー側でも運用方法や考え方について、いろいろと立ち止まって考える必要がある。また、実際に新しい技術やソフトを使用する際には、事故の無いよう医療安全には特に気を付ける必要がある。本シンポジウムは医療安全上重要なテーマである「独立検証を考える」ということで、本稿では独立検証の最近の動向について、基準ビームデータ利用時の独立検証、線量分布の独立検証について、性能の向上する治療装置や治療計画装置と「独立検証」がどのように向き合っていくべきか考察したいと思う。

【基準ビームデータ利用時の独立検証】

一般的な独立MU検証に必要なビームデータは、手計算による場合やソフトウェアを使用する場合でも多くのビームデータ入力が必要となる。通常、それらのビームデータ測定は治療装置を導入した際に治療計画装置を運用する上で必要なビームデータと重複する領域が多く、同一のタイミングで測定を行うことが多い。しかし、近年、基準ビームデータを利用したコミッショニングのニーズが高まっており、基準ビームデータを利用することで今まで行っていたビームデータ測定を省略することが可能となる。基準ビームデータを利用するには、施設の装置データと基準ビームデータが同等のビーム特性となるようにビーム調整を行う必要がある。また、治療計画装置におけるモデリングの工程を経ると、基準ビームデータと計算値は必ずしも一致しないということもあり、必ず様々な条件で確認する必要がある¹⁾。このように基準ビームデータを治療計画装置に利用した場合、独立MU検証用のビームデータ測定を別に行う必要性が出てくるため、装置導入時のウェイト的には従来よりも負担が増える。また、基準ビームデータはプロファイルの形状も含めて検証済みであり、モデリングされた計算値と基準ビームデータは別のデータであることから、当院では独立MU検証用のデータについて基準ビームデータの一部を利用した。具体的にはスキャンデータは基準ビームデータを利用し、ノンスキャンデータは実測した測定値を採用した。そうすると治療計画装置に入力されたパラメータエラー確認の意味合いは薄れてくる。ただし、これは当院の一例であり、基準ビームデータを利用する施設においても、独立MU検証用のビームデータは独立して取得すべきとの意見もあるので注意が必要である。

元来、独立MU検証の役割は治療計画装置に起因する予期せぬ事故を防ぐことが第一目的である。その中には①系統的なエラーの確認である治療計画装置の入力パラメータの確認と、②偶発的なエラーの確認がある。②偶発的なエラーの確認の中には治療計画ごとの個別のエラー確認が含まれる。当院では、立案した治療計画に対して、チェックシートを利用した治療計画ごとの確認を行っているが、時折それらのチェックをすり抜けることがある。チェックシートの中にはMU、エネルギー、MLC、JAWの位置など、さまざまな確認項目などがあるが、すり抜けたエラーが独立MU検証時に発見されることがある。例えば、独立MU検証の結果からMU値の相違が大きい場合があり、この場合は線量基準点の位置に問題があった(Fig.1)。他にもMU値の結果自体は悪くなかったが、Beams eye viewを確認するとJAWの位置がMLC照射野の辺縁とフィットしておらず、余分な漏洩線量を投与してしまう照射野が

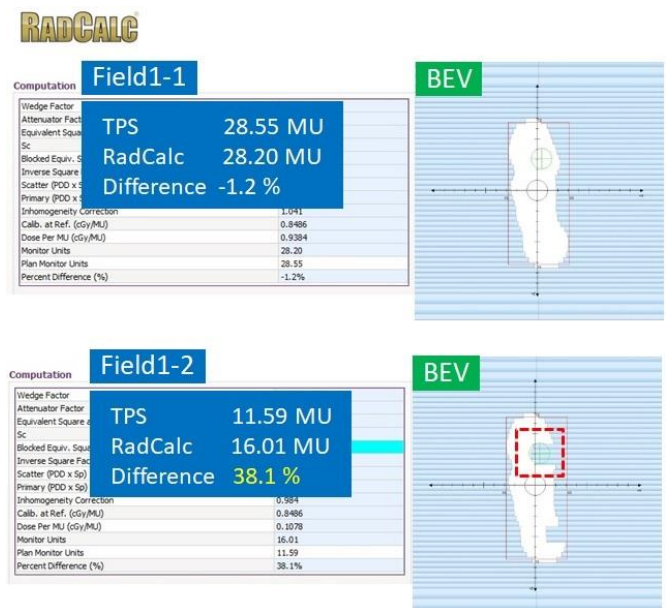


Fig.1 線量基準点位置のエラー

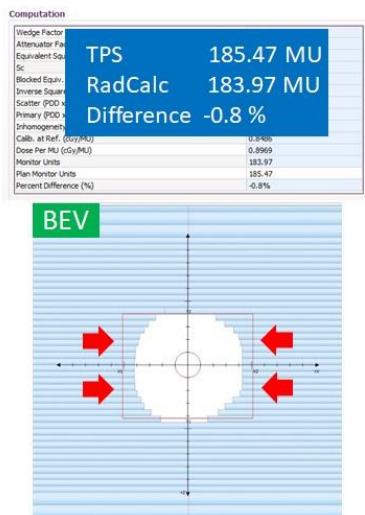


Fig.2 JAW 位置のエラー

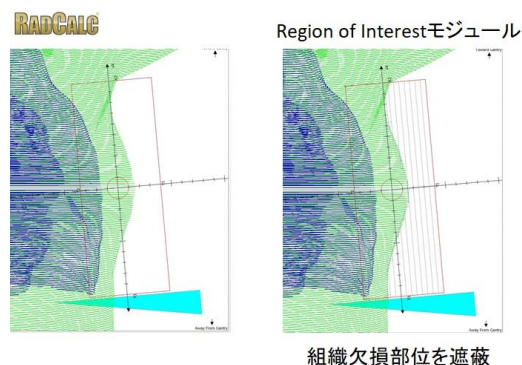


Fig.3 組織欠損部位の対応

あった(Fig.2). このように、独立MU検証には治療計画装置の系統的なエラーの確認とともに治療計画ごとの偶発的なエラーを発見する役割もある。

近年の治療計画装置においては、ビームモデリングの元となる線源モデルが登録されており、絶対線量のパラメータや出力係数等を除いては、モデリングという工程の中で入力ビームデータのエラーが発見しやすい環境になっていると考える。その点を考慮すると、MU独立検証の役割について、入力ビームデータのエラーである系統的なエラーの確認から治療計画ごとの偶発的なエラーの確認の方へウェイトがシフトしてきていると感じる。ただ、いずれにしても独立MU検証が治療計画装置に起因する予期せぬ事故を防ぐという第一目的に変わりはなく、今回取得したアンケート結果においても独立検証の必要性を感じている施設が多いということは上記のことを感じての意見と考える。

【線量分布の独立検証】

近年、治療計画装置の線量計算アルゴリズムは進化しており、相互作用点周囲の媒質の密度変化によりカーネルが変形するアルゴリズムを採用する治療計画装置が増えている。そのため、一般的な治療計画装置は照射体の周りは空気、照射体の中は不均質体として計算が行われるが、手計算や一般的な独立MU検証ソフトにおいては、照射体が一般的な水と想定して計算が行われる。したがって、独立MU検証を行う際には、このような線量計算アルゴリズムによる差による相違が時折発生する。AAPM TG-114²⁾でも組織欠損のある乳房における独立MU検証の場合、1.均一な立方体ファントムを使用、2.補正係数を使用する、3.照射野を縮小した散乱補正を行うなどの提案がされている。当院では独立MU検証ソフトとしてLAP社製RadCalcを使用しているが、オプションの1つであるRegion of Interestモジュールを使用して、組織欠損部位を遮蔽した計算を行っている(Fig.3)。また、線量基準点の設定位置はICRU基準点に基づいて決定されるべきとされており^{3, 4)}、線量計算の信頼性があり、線量勾配の小さい領域に設定することが望まれる。低・高密度領域、境界面には基準点の設定は避け、

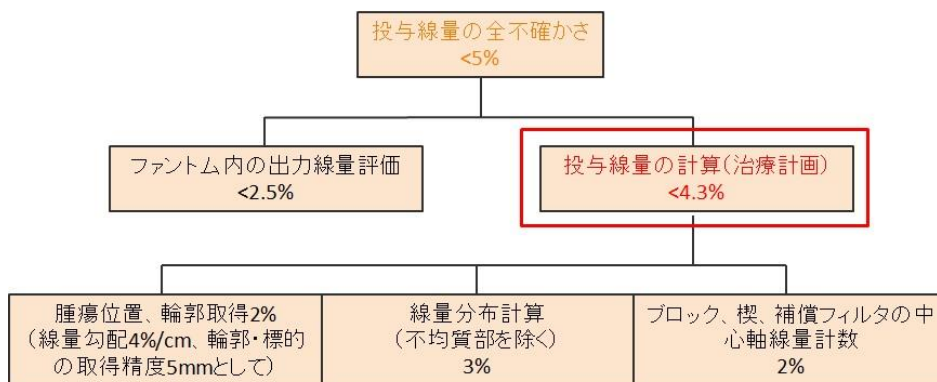


Fig.4 放射線治療における不確かさ

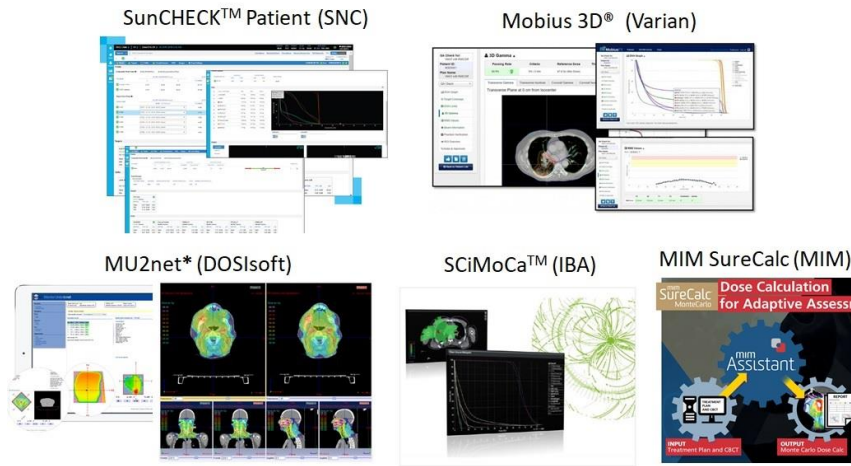


Fig.5 3次元独立検証ソフト

線量計算アルゴリズム間でMU値の相違が小さい場所や、線量計算精度が確保された場所を選択することが望ましいとされ、深さ及び側方において不均質領域から1cm以上離れた位置を推奨されている²⁾。しかし、臨床では様々なプランがあり、線量基準点をICRU基準点に設定することが難しい場合もあり、独立MU検証時に線量計算アルゴリズムの差による相違が出ることもある。

従来から線量管理の臨床的意義について議論されており、投与線量5%の差が臨床結果に強く影響するとされている。そこで、放射線治療における投与線量の全不確かさを5%以内にするためには、投与線量計算の不確かさは4.3%以内を担保する必要がある(Fig.4)⁵⁾。しかし、各施設ごとに不均質、組織欠損のある部位における対応(部位ごとの許容値を設けることも含む)を怠ると、線量計算アルゴリズムによる差の相違も相まって、本来発見し得るエラーが埋もれてしまう可能性も考えられる。

近年、独立検証ソフトも進化しており、線量計算アルゴリズムについては、Collapsed Cone Convolution / Superposition, Monte Carlo法等、治療計画装置と同等であり、更にはMU値の計算だけでなく、線量分布自体の独立検証を行えるソフトウェアも発売され始めている(Fig.5)。それらのソフトを使用すると治療計画の線量分布について、総合的な2次評価が可能になると考える。治療計画の総合的な2次評価が行えると、線量計算の不確かさを確認することも容易となり、結果として堅牢な線量管理の実現に繋がると考える。3次元独立検証ソフトの中には、線量基準点の線量差、DVH、線量分布のガンマ解析などについて自動解析が行えるものもある。現在、当院でも3次元独立検証ソフトであるSunnuclear社製SunCHECK Patientを導入しており、現在コミッションングの段階である。SunCHECK Patientに治療計画のプランを送ると自動で解析を行えるという利便性が良いものではあるが、治療計画における線量以外の項目の確認については今まで以上に注意する必要がある。実際に運用するに当たっては治療計画ごとのチャートチェックがより重要になると考える。

【まとめ】

基準ビームデータを利用した場合の独立検証の一例や3次元線量分布検証など、最近の独立検証に関する動向を紹介、考察した。性能の向上する装置や治療計画装置に関連した新しい手法・技術のメリットを最大限に生かすためにも、中身をよく理解して使用する必要があると考える。

【参考文献・図書】

- 1) 広木 智之, その他.: ゴールデンビームデータを用いた効率的な治療計画装置コミッションング, 日本放射線技術学会雑誌 75(8), 727-735, 2019
- 2) Stern RL, et al.: Verification of monitor unit calculations for non-IMRT clinical radiotherapy, report of AAPM Task Group 114. Med Phys. 38(1), 504-530, 2011.
- 3) ICRU Report 50 Prescribing, recording and reporting photon beam therapy, 1993.
- 4) ICRU Report 62 Prescribing, recording and reporting photon beam therapy (supplement to ICRU report 50), 1999.
- 5) AAPM Report No.13. Physical aspects of quality assurance in radiation therapy, 1984