

陽子線治療におけるパッチ照射のQAに関する基礎的検討

- 2次元電離箱検出器とラジオクロミックフィルムの比較検証 -

南東北がん陽子線治療センター ○加藤 雅人(Kato Masato)

加藤 貴弘 大内 久夫 原田 崇臣 武政 公大 山崎 雄平

東北大学大学院医学系研究科 土橋 卓 武田 賢

【目的】

当院では陽子線治療の線量分布検証に2次元電離箱検出器(以下、2D検出器)を用いている。2D検出器は取扱いが簡便であり、即時にデータを取得できるといった利点がある一方で、フィルムに比べ空間分解能が劣るといった欠点もある。そのため、当院では急峻な線量分布検証を行う際には、空間分解能を高められるmerge機能を積極的に利用している。しかし、複数の照射野をつなぎ合わせる、いわゆるパッチ照射QAにおいては手技が煩雑になることから、現状ではmerge機能を利用できていない。パッチ接合面における線量分布は急峻であるため、merge機能を利用せず2D検出器を用いる場合、空間分解能の制限により線量誤差を過小評価する可能性がある。そこで本研究では、パッチ照射QAにおいて2D検出器とラジオクロミックフィルムを用いて両者の結果を比較することでパッチ照射QAにおける2D検出器の精度限界について検討した。

【使用機器】

陽子線治療装置	: 陽子タイプ(三菱電機)
治療計画装置(以下、TPS)	: Xio-M(ELEKTA)
2D検出器	: OCTAVIUS Detector 729XDR(PTW)
ラジオクロミックフィルム	: EBT3(ASHLAND)
フィルム解析装置	: DD-system(アールテック)
固体ファントム	: TMファントム(タイセイメディカル)

【方法】

スノート位置を変化させた複数のパッチ照射治療計画を立案し、プラトー領域および拡大ブラッグピーク(以下、SOBP)領域におけるパッチ接合面のprofileを2D検出器、フィルム、TPSを用いて比較評価した。パッチ接合面を測定中心とし、頭側、足側にそれぞれ5 cm動かした位置を測定位置とした。頭側、足側それぞれの位置で測定した結果を合算することでパッチ接合面のprofileを作成した。測定深がSOBP領域における、2D検出器を用いた際の実験の外観をFig.1に示す。実験条件は、以下のA)~D)に示す4条件とした。

- A) 測定深: プラトー領域、スノート位置: 250 mm (最下流)
- B) 測定深: プラトー領域、スノート位置: 670 mm (最上流)
- C) 測定深: SOBP領域、スノート位置: 250 mm (最下流)
- D) 測定深: SOBP領域、スノート位置: 670 mm (最上流)

照射条件は、以下の条件で行った。

- ・ガントリー角度 : 0°
- ・エネルギー : 150 MeV
- ・SOBP幅 : 60 mm
- ・MU : 40000 count
- ・照射野サイズ : 10 cm × 10 cm

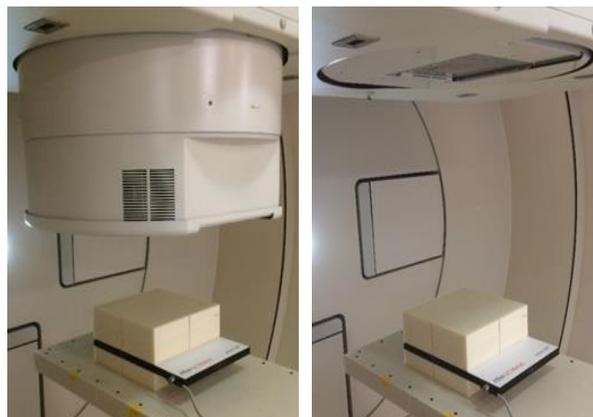


Fig.1 実験外観(左:最下流、右:最上流)

【結果】

プラトー領域において、スノート位置が最下流のとき、パッチ接合面における2D検出器とフィルムの結果は13%の乖離が認められたが、スノート位置が最上流のときには同等の結果が得られた(Fig.2,3)。SOBP領域においては、スノート位置に依存せず、2D検出器とフィルムで同等の結果が得られた(Fig.4,5)。パッチ接合面における線量分布はスノート位置が最下流に位置すると急峻となり、TPSとの相違が見られた。スノート位置が最上流に位置すると線量分布は緩やかとなり、スノート位置が最下流に位置する場合よりもTPSとの相違は小さくなった。また、頭側、足側それぞれの照射野において、測定深やスノート位置に関係なく、2D検出器とフィルムでおおよそ同様な結果を示した。

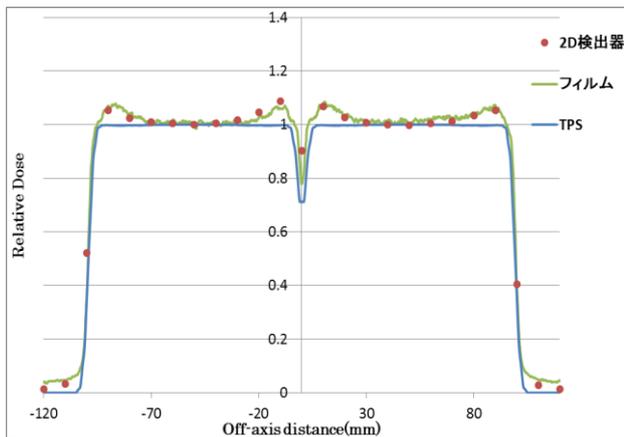


Fig.2 プラトー領域 スノート位置:最下流

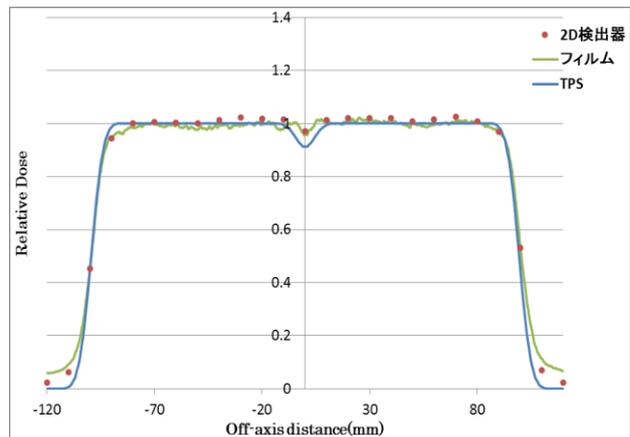


Fig.3 プラトー領域 スノート位置:最上流

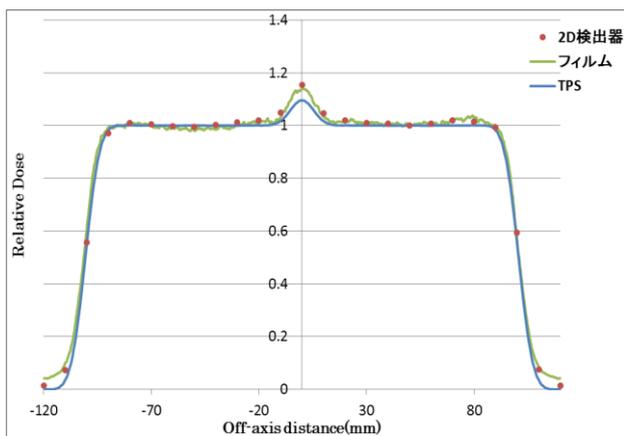


Fig.4 SOBP領域 スノート位置:最下流

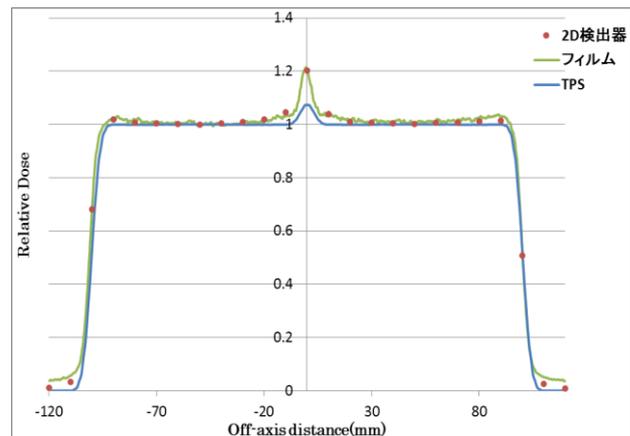


Fig.5 SOBP領域 スノート位置:最上流

【考察】

スノート位置最下流時のプラトー領域以外の条件ではパッチ接合面において2D検出器とフィルムの結果で大きな乖離は認められず、頭側、足側それぞれの照射野においてもおおよそ同じ結果が得られた。プラトー領域は測定深が浅く、低エネルギー陽子線成分の割合が相対的に少ないことに加え、スノート位置が下流側へ近づくほどコリメータからの大角散乱の影響も少なくなり、ペナンプラは急峻になる傾向にある。そのため、スノート位置最下流時のプラトー領域では2D検出器において線量体積効果の影響から相対的に誤差が大きくなるものと考えられた。したがってこのようなペナンプラが急峻となることが予想される領域を検証する際にはフィルムを併用することが望ましいと考えられる。一方で実際のパッチ照射は体幹部領域に利用されることがほとんどであり、スノートと拳上上肢や寝台、呼吸同期センサーとの干渉を避けるためにスノート位置を近接できないことが多いという現実がある。スノート位置が上流側に位置すると各照射野のペナンプラが拡大するため、パッチ接合面の線量分布は緩やかになることが想定される。従って、実臨床を想定した場合、パッチ照射QAにおいて2D検出器の利用は実用に耐え得るものと考えられる。

【結論】

パッチ照射QAにおける2D検出器の精度限界をフィルムおよびTPSの計算値と比較することで検討した。スノート位置最下流時のプラトー領域において2D検出器では過小評価する傾向が認められたが、SOBP領域においては大きな乖離は認められなかった。実臨床におけるパッチ照射の照射条件を踏まえるとパッチ照射QAにおいて2D検出器利用は実用に耐え得るものと考えられた。