

AMCoR

Asahikawa Medical College Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

北海道放射線技術雑誌 (1997.07) 57号:21～24.

Stereotactic Radiosurgeryにおける微小照射野の半影測定

西部茂美、宮田武雄

《ノート》

Stereotactic Radiosurgery における微小照射野 の半影測定

Measurement of the Penumbra in Small Field for Stereotactic Radiosurgery

西部 茂美* 宮田 武雄*

Summary Using a small diode dosimeter, we investigated the significance of dosimeter direction upon the dose profile curve of a narrow photon beam for stereotactic radiosurgery. The curves were different according to the dosimeter direction, and they seemed most reliable when the sensitive portion was placed parallel to the beam axis and perpendicular to the scanning direction.

Key words: Stereotactic Radiosurgery, small diode dosimeter, diode orientation, dosimetric error, computer-aided calculation

北放技術誌 57: 21-24, 1997

I. 緒 言

電離箱, ダイオード, フィルムといった種々の検出系が光子ビームの線量測定に使用されるのが一般的である。中でもフィルムやダイオードは光子ビームのプロファイル測定に使用されることが多く, 今回ダイオードを Stereotactic Radiosurgery^{1),2),3)} における 4 MV-X 線の小照射野の半影測定に用い, 水ファントム中で測定した吸収線量プロファイルからダイオードの方向依存性を検討したので報告する。

II. 方 法

II-1 使用機器

- 1) Liner Accelerator: Varian Clinac 2100C 4 MV-X
- 2) Collimator Assembly: 10, 15, 20, 25, 30 (mm ϕ)
- 3) Film Densitometer: Wellhofer WP102
- 4) Water Phantom: Wellhofer WP600C
- 5) Phantom: Mix-Dp, Tough Water
- 6) Diode: Scanditronix DPD-10
- 7) Film: Kodak X-Omat V2

II-2 ダイオードの構造

Scanditronix DPD-10 は, 放射線エネルギーに対する水とシリコンとの阻止能比の小さい変化や微細な再結合作用を反映できる。その感度は非常に高く, 同容量の air-filled イオンチェンバの感度の 18,000 倍である。そのためセンシティブボリュームを最小限に留めることができ, 放射線検出部を入射膜のすぐ内側に配置することができる。また, P 型と n 型シリコンを比較すると, ドーピング値の最適化をはかることにより, P 型シリコンの方が放射線損傷に対する抵抗力が大きく, 初期に減少した後は, 照射継続後も感度は安定している。Table 1 に Technical Specifications を示す。

II-3 ダイオードの配置

ダイオードの配置を Fig. 1 に示す。Orientation ①はダイオードの検出面に対してビーム軸に垂直に配置 (一般的な配置) したもので, Orientation ②はビーム軸に対して平行で, スキャン方向に対してビルドアップ側が後方になるように配置し, Orientation ③は②と同じくビーム軸に対して平行で, スキャン方向に対してビルドアップ側が前方になるように配置したものである。

* 旭川医科大学医学部附属病院 放射線部
(1997年2月27日 受理)

Detector material: P-type Silicon
Thickness of the Silicon chip: 0.50 ± 0.02 mm
Detector diameter: 1.5 ± 0.1 mm
Typical effective thickness of the measuring volume: $60 \mu\text{m}$
Preirradiation level of 10 MeV electrons: 8 kGy
Build-up cap: stainless steel, 0.75 mm and epoxy plastic, 4.25 mm, equal to a total depth in water of 10 mm

Table 1 Technical Specifications of DPD-10

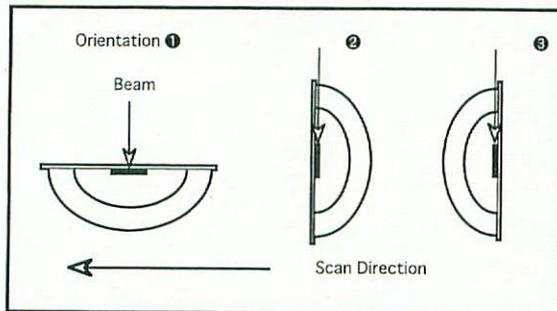


Fig. 1 Schematic diagrams of the three different diode orientations

II-4 RS 232 C によるデータの取得

スキャンデータを読み込むために Wellhofer WP 600 C を用い、ダイオードディテクタを基準深に固定し、スキャンさせた。また、この水ファントム装置の位置再現精度は ± 0.1 mm である。データの出力方法は、DPD-3 のコントロール側リアパネルにあるシリアル RS 232 C 端子と PC 系パーソナルコンピュータとを接続し、ベーシック言語でプログラミングし、スキャンスピードを考慮し、経時的に測定値を記録した (Fig. 2)。



Fig. 2 For data acquisition RS232C cable

III. 結果

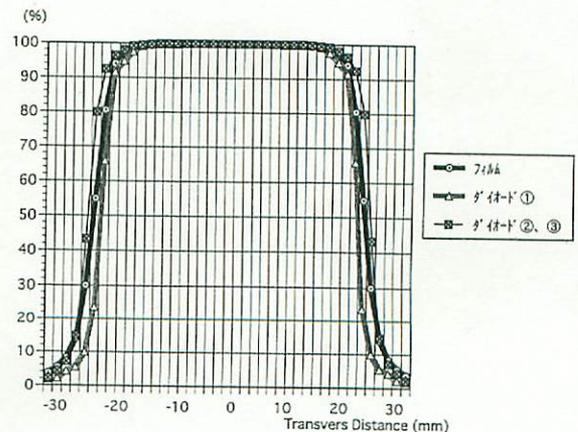
III-1 30 mmφ の OCR 測定

通常の Stereotactic Radiosurgery と同一条件で、すなわち、主コリメータを矩形照射野 40×40 mm で一定とし、特注した円形補助コリメータ各照射野サイズ $30 \text{ mm}\phi$, $25 \text{ mm}\phi$, $20 \text{ mm}\phi$, $15 \text{ mm}\phi$, $10 \text{ mm}\phi$ についてのプロフィールカーブを求めた。尚、測定は SSD を一定とし、ファントム中の基準深にフィルムを線錐方向に垂直に挟んで行い、各照射野の中心線量をいずれも 100 とした。

Fig. 3 は $30 \text{ mm}\phi$ の OCR の値をプロットしたもので、曲線の内側からダイオード①、次にフィルム、外側の曲線はダイオード②&③に配置して得た値である。

III-2 30 mmφ の半影と幾何学的な誤差

Table 2 に示すように、OCR の 80%~20% における半影は、フィルムで ± 2.6 mm, ダイオード①で ± 2.3 mm, ダイオード②&③で ± 1.7 mm, OCR の 90%~10% における半影は、フィルムで ± 4.5 mm,

Fig. 3 Dose profile for the $30 \text{ mm}\phi$ stereotactic collimator cone

	Penumbra width in mm		
	80%~20%	90%~10%	50%
Film	±2.6	±4.5	30.4
Diode ①	±2.3	±3.0	28.8
Diode ②&③	±1.7	±2.5	31.5

Table 2 Discrepancies in penumbra widths between diode orientation 1 and diode orientation 2 & 3 in 30 mmφ Cone

ダイオード①で±3.0 mm, ダイオード②&③で±2.5 mm となり, ダイオード②&③の配置条件の時に, 一番半影幅が小さい値を示した.

III-3 15 mmφ の OCR 測定

Fig. 4 は 15 mmφ の OCR の値をプロットしたもので, 曲線の内側からダイオード①, 次にフィルム, 外側の曲線はダイオード②&③に配置して得た値である.

III-4 15 mmφ の半影と幾何学的な誤差

Table 3 に示すように, OCR の 80%~20% における半影は, フィルムで±2.5 mm, ダイオード①で±2.3 mm, ダイオード②&③で±1.6 mm, OCR の

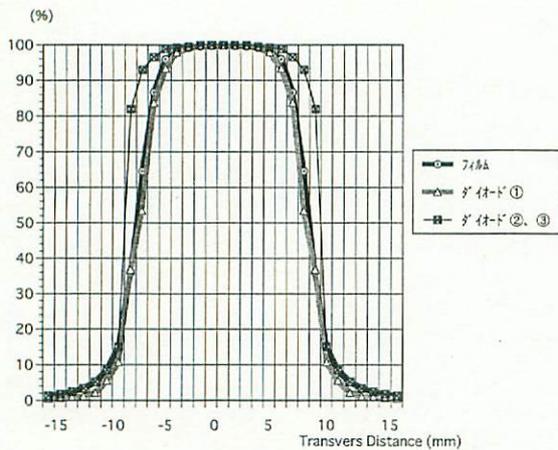


Fig. 4 Dose profile for the 15 mmφ stereotactic collimator cone

	Penumbra width in mm		
	80%~20%	90%~10%	50%
Film	±2.5	±4.0	15.0
Diode ①	±2.3	±4.0	14.4
Diode ②&③	±1.6	±2.5	16.0

Table 3 Discrepancies in penumbra widths between diode orientation 1 and diode orientation 2 & 3 in 15 mmφ Cone

90%~10%における半影は, フィルムで±4.0 mm, ダイオード①で±4.0 mm, ダイオード②&③で±2.5 mm となり, ダイオード②&③の配置条件の時に, 一番半影幅が小さい値を示し, どのコーンサイズにおいても同様の傾向を示した.

IV. 考 察

ダイオード^{4),5),6)}の Orientation を変えて検討した測定値の違いは, ダイオードの水との非等価及びダイオードの有感容積の周囲を取り囲むダイオード検出器の非均一性によるものである.

ダイオードの Orientation ①の場合, 有感容積の両側の物質の量は同じである. しかし, この物質は水と等価ではなく, ダイオード自体も水と等価ではない. これら二つの物質中での電子の飛程は, 水中での飛程に比べ短い. その結果, 側方への電子の飛行が半影幅に及ぼす影響を減じることになる. 従って, 対称的な形で見掛け上のビームプロファイルをシャープなものにする.

これに競合する影響は, ダイオードの有限な大きさによる測定した半影の拡散化が考えられる.

また, Orientation ②&③の場合, 検出器の大きさの影響は無視できる. しかし, 電子飛程の影響は存在する. 水ファントム中における Orientation ②&③のときのダイオードの場合, 有感容積の片側には水が, また, 反対側にはエポキシレジンとタングステンがくる. Orientation ②でダイオードをビームの内側からビーム端に向けて動かすと, 半影領域の起点は水中の側方電子の飛程によって決まる位置で検出される. Orientation ③では, 有感容積は密度が 1 ではないダイオードの背後の物質中の側方電子の飛程によって決まる位置で半影の起点を検出する. しかし, Orientation ②と③では両者に有意差をみとめなかった.

以上の事柄は, 高エネルギー光子のナロービームの半影測定におけるダイオードの使用法に関して幾つかの問題を提起し, ダイオードの Orientation ②もしくは③のように配置することにより, 検出器の大きさは無視でき, 最も重要とされる二次電子の飛程は, 物質中での変化を受けにくく, 限りなく真の値に近いものが得られると考える.

一方, フィルム法の場合は, 上述の両者つまり Orientation ①と Orientation ②&③のほぼ中間値を示し, 一つの指標となる. 多くの施設では, フィ

ルム法の値を採用しているのが現状であり、diode法の値の採用に当たっては、さらに研究を重ね慎重に考慮する予定である。

V. 結 語

ダイオードで測定した半影領域の吸収線量は、Stereotactic Radiosurgeryで利用される光子小照射野で有意となる。この乱れは、検出器内部の材質とダイオードの構造によるものである。半影全体は光子フルエンス分布と二次電子分布の合成からなると考えられる。よって、実際の測定において、検出器が水等価でない場合には電子の飛程を変化させ、また、有限な大きさを持つ検出器は真の半影よりも測定される半影を広くしてしまう。ダイオードの方向特性を十分考慮すること、すなわち、ビーム軸に対して平行で、スキャン方向に対してビルドアップ側が後方になるように配置することによりこれらの因子の寄与を少なくすることが可能であり、より真の値に近い結果が得られると考える。

謝 辞

本研究に対して校閲を戴いた当放射線科講師、吉田弘博士に深謝いたします。

文 献

- 1) 西部茂美, 平田良昭: Radiosurgeryにおける線量分布の容積評価並びに計算値と実測値の検証., 北放技術誌, 56: 39-46, 1996.
- 2) J. C. Flickinger, J. S. Loeffler: Stereotactic Radiosurgery for Intracranial Malignancies., Oncology, Vol.8, 1994.
- 3) Osvaldo O, Betti, Claudio Munari, and Roberto Rosler: Stereotactic Radiosurgery with the Linear Accelerator: Treatment of Arteriovenous Malformations., Neurosurgery, Vol. 24, No.3, 1989.
- 4) A. S. Beddar, D. J. Mason and P. F. O'Brien: Absorbed dose perturbation caused by diodes for small field photon dosimetry., Med. Phys., Vol.21(7), July 1994.
- 5) L. Walton, C. K. Bomford, and D. Ramsden: The Sheffield stereotactic radiosurgery Unit: Physical characteristics and principles of operation., Br. J. Radiol. 60, 897-906 (1987).
- 6) B. Pike, E. B. Podgorsak, T. M. Peters, and C. Pla: Dose distributions in dynamic stereotactic radiosurgery., Med. Phys., Vol.14, 780-789 (1987).

要 旨

Stereotactic Radiosurgeryに用いられる小照射の半影測定にダイオードを利用した場合の、ダイオードの方向や構造が測定結果にあたる影響を検討した。その結果、ダイオードを線錐方向に平行で、かつスキャン方向に対してビルドアップが後方になるように配置することで、より真の値が得られるものと考えられた。

抜刷請求先

〒078 旭川市西神楽4条5号3番地11

旭川医科大学 放射線部
西部 茂美