

第23回EGS研究会 アブストラクト集

2016年8月9日

(会場) 研究本館小林ホール

(主催) 高エネルギー加速器研究機構放射線科学センター

目次

ライナック出力放射線情報の収集と線量計算アルゴリズムへの実装.....	1
	真崎 敬大
異なるモンテカルロコードの相互比較.....	2
	森下 雄一郎
EGS5 を用いた牛の放射性セシウムによる内部被ばく線量評価.....	3
	茂木 郁佳

ライナック出力放射線情報の収集と線量計算アルゴリズムへの実装

真崎敬大¹、土橋卓¹、石澤儀樹¹、佐藤清和²、
角谷倫之²、伊藤謙吾²、千葉瑞己²、武田賢¹

¹ 東北大学大学院医学系研究科、² 東北大学病院

1. 背景・目的

放射線治療における線量計算では、治療装置から出力される放射線の特徴を線量計算アルゴリズム上で再現できなければ誤差要因となる。放射線の特徴は治療装置内部の物理現象をモンテカルロシミュレーションすることで正確に得られることが報告されている¹⁾。本研究ではモンテカルロシミュレーションにより自施設のライナックの放射線情報を収集し、モンテカルロ線量計算システムに実装することを目的とする。

2. 方法

Varian 社製ライナック CL23EX 光子線 6 MV モードの照射ヘッド内構造をメーカーの仕様書を元に CG (Combinatorial Geometry) で再現した。作成したジオメトリーに対して偏向電磁石の影響を考慮した電子線を入射させ、ライナックから出力される放射線情報を収集した。収集した放射線情報を用いて水中線量分布を算出し、測定値との比較により放射線情報の信頼性を確かめた。最後に、収集した放射線情報を用いて臨床例（肺体幹部定位照射）の線量計算を行った。臨床例の計算では EGS5-MPI（産業技術総合研究所）を使用し、計算時間の短縮化を図った。

3. 結果

モンテカルロシミュレーションにより算出した水中の PDD (Percentage Depth Dose) と測定値を示す (図 1)。収集した放射線情報は測定値と精度良く一致することが確認できた。また、モンテカルロシミュレーションで計算した臨床例の線量分布を示す (図 2)。

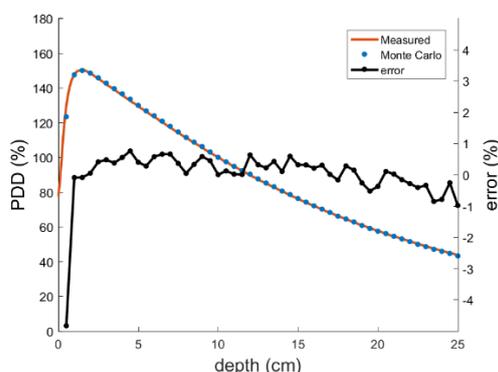


図 1. PDD 比較

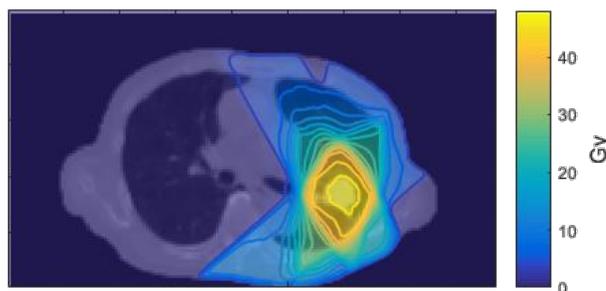


図 2. 臨床例線量分布

4. 結論

装置出力放射線情報を実装した臨床例のモンテカルロ線量計算システムを構築できた。

参考文献

1. Radhe Mohan, Chen Chui, and Leon Lidofsky, “Energy and angular distributions of photons from medical linear accelerators”, Medical Physics 12, 592-597 (1985).

異なるモンテカルロコードの相互比較

^A産業技術総合研究所分析計測標準研究部門

^B高エネルギー加速器研究機構放射線科学センター

^A森下雄一郎、^B桐原陽一、^A清水森人、^B波戸芳仁、^B平山英夫

[背景・目的]

前回の研究会で大規模計算機を使って統計不確かさを実験並みに小さくした EGS5 の計算結果と、実際の測定を比較した結果を報告した。この結果、光子の直線偏光の取り扱いに不具合があることがわかり、コードの修正が行われた。このような実際の測定と計算の比較は EGS5 の正しさを検証するために必要なことではあるが、測定と計算が一致しない時、その原因を特定することは、通常、非常に難しい。これは線源や検出器の詳細を完璧に EGS5 上に再現することが最初に現れる最も厄介な問題となるためである。そこで、今回は別の方法として、異なるモンテカルロコードを用いて、EGS5 との比較を行うことにした。この場合、結果の一致・不一致が直接コードの不具合を示すものではないが(最終的には実際の測定が再現できなければならない)、実験的な検証を経ているコード同士を比較することは有用である。

[方法]

異なるモンテカルロコードとして、主にヨーロッパで開発・利用されている PENELOPE (PENetration of Energy LOSS of Positrons and Electrons)を比較対象とした。この比較の場合、線源や検出器はまったく現実的である必要が無く、次のように単純化した。一辺が 20 cm の水ファントム中の 5 cm 深さに様々な形状と体積をもつ“水検出器”を設置し(これは data ファイルで領域設定をするだけである)、ファントム表面から単色、点状ペンシル光子線ビームを検出器に向けて照射し、水検出器へのエネルギー付与、フルエンススペクトルを計算した。

[結果]

図 1 は、2 MeV の光子線を照射した時、5 cm 深さの直径 0.1 cm の水検出器における体積平均したフルエンススペクトルを EGS5(実線)と PENELOPE(破線)で比較している。光子については、ほとんど違いが無いため重なって

いるのに対して、電子、陽電子では高エネルギーのエッジ部分で明らかな違いが観察された。当日の発表ではエネルギー付与についても系統的に調べた結果を報告する。

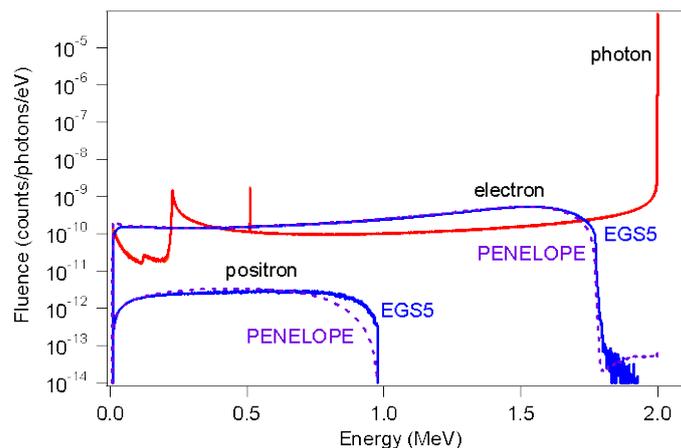


図 1 :EGS5(実線)と PENELOPE(破線)のフルエンススペクトルの比較

EGS5 を用いた牛の放射性セシウムによる内部被ばく線量評価

北里大学獣医学部*¹、高エネルギー加速器研究機構*²

○茂木郁佳*¹、小林枝里子*¹、今井光*¹、島岡千晶*¹、伊藤伸彦*¹、武藤頭一郎*¹、
柿崎竹彦*¹、和田成一*¹、平山英夫*²、夏堀雅宏*¹、

1. はじめに

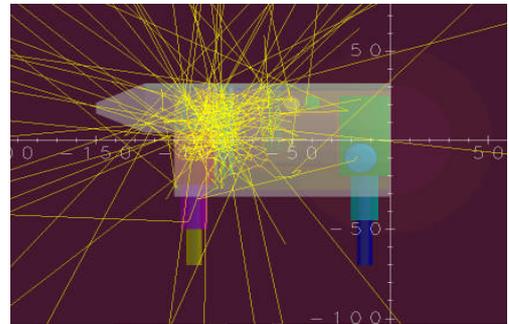
本学ではこれまでの研究で、福島県の旧警戒区域内の牧場牛に汚染飼料を継続給餌後、解剖し各臓器・組織における ^{137}Cs 、 ^{134}Cs および ^{40}K の放射線量 (Bq/kg) を計測してきた。過去に牛の内部被ばくに関する研究報告はないことから、本研究では EGS5 を用い、 ^{137}Cs 、 ^{134}Cs および ^{40}K の 3 核種について吸収線量率の違いを考察した。さらに、 ^{137}Cs 、 ^{40}K 、については、それぞれ一定期間の総吸収線量 (人の実効線量に相当) を算出し内部被ばくの評価を行った。

2. 実験方法

CGview を用いて、牛の全身 (体重 478 kg) の数学ファントムを作成した。臓器の大きさは実際の解剖で得られたデータを参考にし、位置関係は解剖学書を参照した。組織の元素組成や密度は人間のデータ (ICRP pub. 23) を用いた。 ^{137}Cs 、 ^{134}Cs および ^{40}K の 3 核種のβ線とγ線それぞれについて吸収線量率 (Gy/h per Bq) を算出した。

^{40}K については、EGS5 の計算結果、実測値、放射線加重係数および人の組織加重係数を使用し、牛における人の預託実効線量に相当する線量を算出した。

^{137}Cs については、一定期間汚染飼料を給餌された牛が解剖されるまでの期間の実効線量を算出した。汚染飼料 (5kBq/day) を 20 日間給餌後、清浄飼料を 50 日間給餌した後の解剖で得られた実測値から、一日ごとの体内 ^{137}Cs 濃度を推定し、当該 70 日間の実効線量を算出した。



3. 結果及び考察

^{137}Cs 、 ^{134}Cs および ^{40}K について、シミュレーションで得られた各臓器・組織の吸収線量率 ($\mu\text{Gy/h per Bq}$) は、β線とγ線とで各臓器・組織への寄与に違いが認められた。β線に関して 3 核種の中で ^{40}K による吸収線量率がすべての臓器においても最も大きく、最大値を示した膀胱では ^{40}K による吸収線量率が 1.2×10^{-3} ($\mu\text{Gy/h per Bq}$) で $^{137}\text{Cs} : ^{134}\text{Cs} : ^{40}\text{K} = 0.6 : 0.4 : 1$ であった。γ線は全ての検出領域において ^{134}Cs による寄与が 3 核種中で最も大きく、最大値を示した右腎臓では ^{134}Cs による吸収線量率が 3.3×10^{-4} (Gy/h per Bq) で $^{137}\text{Cs} : ^{134}\text{Cs} : ^{40}\text{K} = 4.6 : 11.6 : 1$ であった。

^{40}K が牛体内で定常状態にある場合を想定し等価線量を算出すると、左大腿部の値が最も大きく $0.04 \mu\text{Gy/h}$ であった。他の部位に関しても筋肉における等価線量が他臓器に比べ高い結果となった。これは筋肉における ^{40}K 濃度が高いことによる自己吸収線量の影響だと考えられる。また ^{40}K の年間実効線量は牛一頭あたり 0.25mSv/year と推定された。(人の年間実効線量は 0.17mSv)

^{137}Cs 汚染飼料を 20 日間給餌し続けた場合の実効線量は 70 日間で約 $14.3\mu\text{Sv}$ と推定された。また ^{40}K と同様、組織ごとの等価線量は筋肉の値が他臓器に比べ高く、実効線量には筋肉の寄与が大きいことが判明した。