

# 第26回EGS研究会 アブストラクト集

2019年8月6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

$^{137}\text{Cs}$ , $^{134}\text{Cs}$ および $^{40}\text{K}$ による野生動物の内部被曝算出用 Web アプリケーションの作成..	1
	遠藤 大二
ODROID-MC1 Solo ベースによる PIs での EGS5 の実行.....	2
	辻 修平
頭部 X 線 CT 検査における水晶体の被ばく線量の評価方法の検討.....	3
	山崎 健大
定位放射線治療装置サイバーナイフの装置内シミュレーションによる線源情報取得の試み .....	4
	真崎 敬大



# Cs-137, Cs-134 および K-40 による野生動物の内部被曝算出用 Web アプリケーションの作成

遠藤 大二<sup>1</sup>、平山 英夫<sup>2</sup>、石庭 寛子<sup>3</sup>、大沼 学<sup>3</sup>

1 酪農学園大学、2 高エネルギー加速器研究機構、3 国立環境研究所

## 1. 背景・目的

国立環境研究所では、福島第一原子力発電所から漏出した拡散放射性同位元素による野生動物への影響を、帰還困難区域において日本固有種の野生齧歯類であるアカネズミを対象動物として推定してきた。2018 年度 EGS 研究会において、本研究グループは 2012 年から 2016 年におけるセシウム 137 による内部被ばく線量の推移を報告した。このような野生動物の内部被ばく線量の予測は、今後も対象種を追加しつつ継続的になされることが想定される。

内部被ばく線量の算出方法として EGS5 は実績があり、信頼性が高い。一方、EGS5 は FORTRAN が稼動するコンピューターと基本的操作スキル、さらに特定のファイルへの放射性同位体核種、放射線種別、体組織の元素組成および、対象組織のサイズを設定した上、コマンド上での実行と結果の読み取りが必要となるため、一般的な生物学者には、実施に至るまでの敷居が高い。Web インターフェースが整備された場合、操作するための Web ブラウザがほとんどのコンピューターにインストールされているため、様々な環境での実行が可能になる。近年実用性が高まっている Ruby on Rails などの構造的 Web アプリケーション開発プログラムを利用することにより Fortran プログラムの実行インターフェースの開発も可能であることが予想される。

本研究では、Ruby on Rails を用いて、Web 上で野生動物の体内被曝線量を算出するプログラムを開発した。

## 2. 材料・方法

体型データ設定のための動物としてアカネズミを想定した。放射線としては  $\beta$  線および  $\gamma$  線を対象放射線とし、放射性同位元素としては、Cs-137, Cs-134 および K-40 を想定した。放射線の種別および放射性同位元素の種別は、Web インターフェース上で設定可能とした

内部被曝線量を算出する組織としては、円筒状の軟組織を想定し、体全体についても円筒状を想定した。被曝組織内では、放射性同位体像が均等に分布することを想定した。

EGS5 のソースコードは平山によって開発された。Cs-137, Cs-134 および K-40 の  $\gamma$  線 エネルギーおよび  $\beta$  線のエネルギー分布については、ICRP Publication107 を参照した。

EGS5 の実行設定として、`akan_3.f` というユーザーコードが、`akan_3_s.data` という放射線、放射性同位元素および体組織の各種サイズを読み込むように設定された。この設定により、一度、コマンドラインで `akan_3.f` を実行すると、その後は、`akan_3_s.data` を変更するだけで、各種条件での線量が算出されるように設定された。出力については、生物学者が内部被曝を算出する際に必用なデータのみが、`egs5job.ou2` というファイルに出力されるよう、設定された。

Web インターフェース用のソフトとしては、Ruby on Rails2.5 が用いられた。Rails では条件設定として放射線種別、放射性同位元素の種別、臓器の形状、臓器の直径・高さ、体全体のサイズおよび対象組織の種別を入力するように設定された。EGS5 は、Ruby on Rails の `lib` フォルダに設置し、`lib` フォルダ内の EGS5 を Rails が実行するように設計された。入力された条件について、リストとして表示し、研究者が選択した条件での計算が、表示された条件の横の「Calculate dose」というリンクをクリックすることにより、`data` ファイルの書き換え後ユーザーコードが実行され、続けて計算結果が表示されるという仕様とした。

## 3. 結果・考察

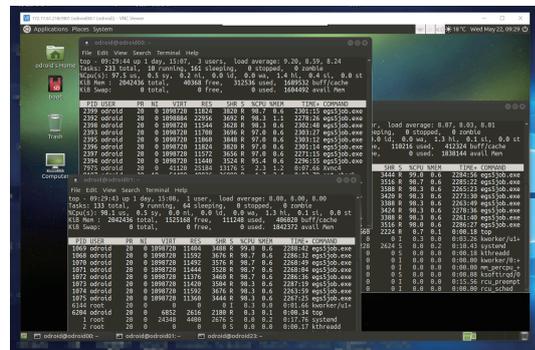
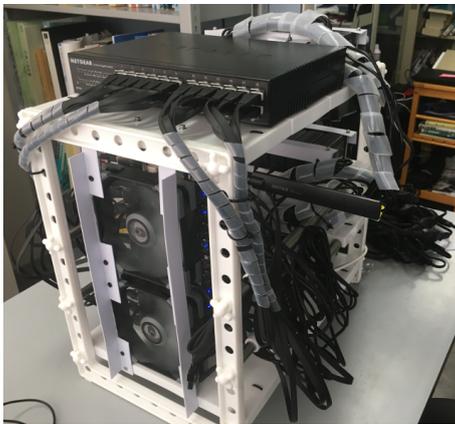
作成されたプログラムはローカルマシン上で稼働が確認され、専用ユーザーコードの準備、条件の `data` ファイルへの書き込みと Web インターフェースを想定した出力ファイルの作成、という方法の有効性が示唆された。本構築方法では、ローカルマシンまたはサーバーにおいて、一旦、コマンドラインでの EGS5 の実行は必用であるが、それ以降は Web インターフェースのみで稼働が可能となった。この実行仕様のため、EGS5 および Rails についての一定の知識を持つ作業員によるプログラムを設定後には、一般の生物学者が利用可能であることが示唆された。本プログラムは、操作の簡便さから、想定と異なる用途に利用される場合も考えられ、計算の性質上、誤解を与える可能性がある。そのため、提供方法については、ログインの制限とパスワードの配布やコンピューター自体を研究者に配布するという方法を含め、検討を進める必要がある。

# ODROID-MC1 Solo ベースによる PIs での EGS5 の実行

辻 修平  
川崎医科大学

コンピュータ・クラスタ「並列統合システム」PIs を Banana Pi BPI-M3 23 個と Raspberry Pi 3 Model B 1 個を使って、組み上げ、EGS5 を実行した [1, 2]。ところが、これは、長時間の計算を実行すると計算が止まることが多かった。

8 コアの CPU で 2 GB の RAM を搭載しているシングルボードコンピュータのうち、メジャーなものに ODROID-XU4 がある。さらに、これと同じ CPU と RAM を持っており、クラスタ製作専用のものに ODROID-MC1 Solo がある。この ODROID-MC1 Solo は、USB ポート 1 個、LAN ポート 1 個、microSD カードスロット 1 個と極端に I/O を制限されたものである。



左図: コンピュータ・クラスタ PIs 本体。

右図: MPI で複数の EGS5 を走らせている様子。

今回、ODROID-MC1 Solo を 24 台組み合わせて、新たなる PIs を組み上げた。これは、192 コア分の並列計算が可能で、一般の PC(Corei7, クロック周波数 4.5GHz)1 コアの計算能力と比較すると約 26 倍の計算能力を持つ。しかも前回の PIs と比べて、ネット上での操作性、長時間の計算における安定性は格段に向上した。

ODROID-MC1 Solo を使った PIs の構成とともに、PC と比較した計算結果、消費電力、製作コスト等を発表する。

## 参考文献

- [1] 辻 修平, “コンピュータ・クラスタ「並列統合システム」の開発”, 川崎医学会誌 一般教養篇 43 号:37-48 (2017)
- [2] S. Tsuji, Running EGS5 with the Computer Cluster PIs, Proc of the 25rd EGS Users' Meeting in Japan 2018-13 1-10 (2019)

# 頭部 X 線 CT 検査における水晶体の被ばく線量の評価方法の検討

名古屋大学大学院 山崎健大

## 1. はじめに

日本は世界的にも医療ばくの多い国であり、その大部分は X 線 CT 検査における被ばくが占めている。2011 年の国際放射線防護委員会 (ICRP) のソウル声明において水晶体の等価線量限度について「定められた 5 年間の平均で 20mSv/年、かついずれの 1 年においても 50mSv を超えない」ことが勧告されており、近年の日本の法令でも取り入れようとする動きがある。

現在の水晶体の被ばく線量測定は 1cm 線量当量もしくは  $70\mu\text{m}$  線量当量で管理されており、水晶体近傍に線量計を設置して線量評価を行うため、実際の水晶体の位置と被ばく線量が異なる可能性が示唆される。

本研究ではモンテカルロシミュレーションを用いて頭部 X 線 CT 検査を受ける被検者について、目蓋の表面に置かれた線量計による線量と水晶体本来の位置の線量の差異について比較検討を行った。

## 2. 方法

EGS5 (electron gamma shower 5) を用いて、頭部 X 線 CT 検査を想定したシミュレーションを行った。ファントムには京都科学社の CT 人体ファントム (CTU-41) の X 線 CT 撮像画像から頭頸部ボクセルファントム (図 1) を作製し、CT 人体ファントム内に形成されていない副鼻腔などは解剖画像を参考に作製した。X 線 CT 装置はキャノンメディカルシステムズ社製の Aquilion ONE を想定し、スキャン方式は頭部検査を想定した条件でのヘリカルスキャンとした。Field of View (FOV) 320mm に対して pixel 数が  $512 \times 512$  であると計算量が膨大となり長い計算時間を要するため pixel 数を  $256 \times 256$  に設定し、ボクセルサイズを  $(x, y, z) = (1.25\text{mm}, 1.25\text{mm}, 5.0\text{mm})$  とした。また線量計を目蓋上部に軟部組織として設置し、この部分の吸収線量を空気の吸収線量に換算して左右それぞれ水晶体部の線量と比較を行った。なお、光子数は 16 億個とした。

## 3. 結果と考察

左右それぞれの水晶体と線量計の吸収線量値を表 1 に示す。表 1 より、水晶体と線量計のそれぞれ吸収線

量値について左右差は見られなかったが、左右両者ともに水晶体吸収線量と空気吸収線量には差異が確認された。

このことから、今回の頭部 X 線 CT 検査における目蓋上部に線量計を配置しての空気吸収線量の測定では水晶体の線量を厳密に評価できていないと考えられる。

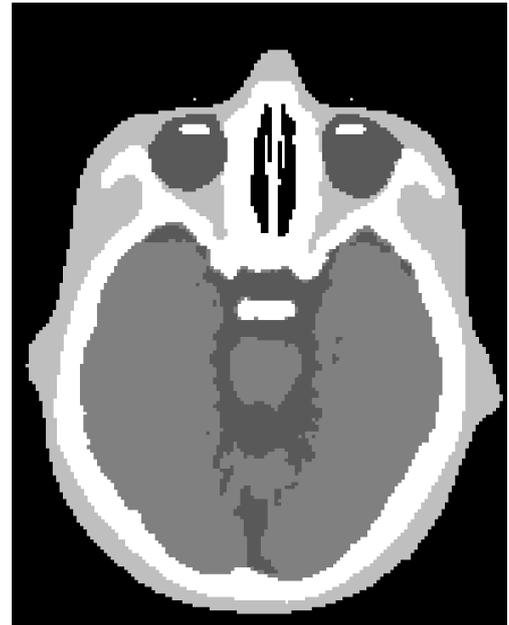


図 1. ボクセルファントム

表 1. 水晶体と線量計の吸収線量と相対値

吸収線量 (mGy)	右目	左目
水晶体	0.000715	0.000719
線量計 (空気)	0.000892	0.000861
水晶体と線量計 (空気) の比	0.803	0.836

## 4. 結論

水晶体の線量測定における目蓋上部の線量計位置の空気吸収線量と水晶体本来の位置の吸収線量には明らかな差が確認された。

X 線 CT 装置には水晶体への被ばくを低減させることができるガントリー・チルト機構が備わっている。今後は頭部用の寝台の影響も考慮し、ガントリー・チルト機構を使用した時の被ばく線量の差について検討していきたい。

# 定位放射線治療装置サイバーナイフの 装置内シミュレーションによる線源情報取得の試み

真崎敬大<sup>1</sup>、阿部良知<sup>1</sup>、相良達彦<sup>1</sup>、遠藤浩光<sup>1</sup>、太田裕樹<sup>1</sup>、  
小松俊介<sup>1</sup>、小森慎也<sup>1</sup>、加藤亮平<sup>1</sup>、大内久夫<sup>1</sup>、加藤貴弘<sup>1,2</sup>  
<sup>1</sup> 南東北がん陽子線治療センター、<sup>2</sup> 福島県立医科大学

## 1. 背景・目的

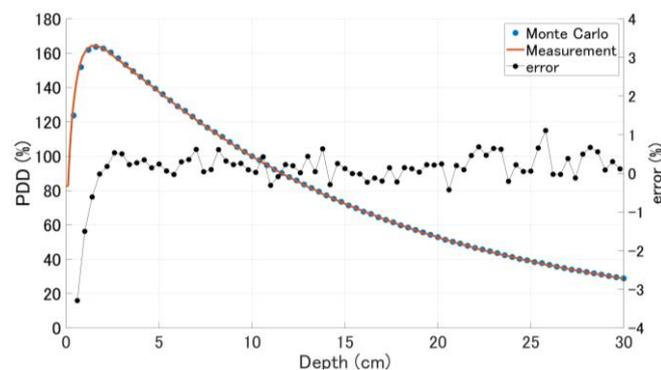
放射線治療装置の一つであるサイバーナイフは、ロボットアームを備えた直線加速器を用いることで微小な腫瘍に対する多方向からの高精度照射を可能としている。サイバーナイフにより行われる治療は定位放射線治療をはじめとする高精度放射線治療が主であり、治療計画の際に行われる線量計算にも正確さが求められる。正確な線量計算を行うためには信頼のおける線源情報が不可欠であるため、本研究では治療装置内で生じる物理現象をモンテカルロシミュレーションすることで線源情報の取得を試みた。

## 2. 方法

メーカー提供の装置図面に則り、サイバーナイフ M6 (Accuray 社)の照射ヘッド内構造をCGで作成した。ターゲット入射電子線のパラメータは Ma らの報告<sup>1)</sup>を参考に決定し、直径 10 mm、60 mm の円形コリメータを装着した際の phase space data (PSD) を取得した。その後、取得した PSD を用いて水ファントム中の線量分布を計算し、装置導入時に測定を行った水ファントム中の percentage depth dose (PDD)、off-center ratio (OCR) と比較することで PSD の妥当性を検証した。

## 3. 結果

一例として、下図に 60 mm コリメータ装着時の PDD の計算値と測定値の比較を示す。OCR の比較および他コリメータ装着時においても計算した線量分布は測定値と誤差 2%程度で一致した。



## 4. 結論

EGS5 を用いてサイバーナイフの線源情報を取得した。取得した線源情報は測定値とよく一致するものであり、臨床例の線量計算にも応用可能であると考えられる。

### 参考文献

1. C-M. Ma et al. "Implementation of Monte Carlo Dose calculation for CyberKnife treatment planning", Journal of Physics. (2008)

## 第26回EGS研究会プログラム

日時：2019年8月6日（火）

場所：高エネルギー加速器研究機構研究本館小林ホール

【実行環境など】 13:30-14:20

遠藤 大二 酪農大 Cs-137, Cs-134およびK-40による野生動物の内部被曝算出用Web  
アプリケーションの作成

辻 修平 川崎医大 ODROID-MC1 SoloベースによるPIsでのEGS5の実行

【治療計画・線量】 14:25-15:50

真崎 敬大 南東北がんセ 定位放射線治療装置サイバーナイフの装置内シミュレーションによ  
る線源情報取得の試み

山崎 健大 名大医 頭部X線CT検査における水晶体の被ばく線量の評価方法の検討

森下 雄一郎 産総研 強磁場中の線量計測

波戸 芳仁 KEK ICRU Report 90の密度効果パラメータの使用について