

報告番号	甲 第 号
------	-------

主 論 文 の 要 旨

論文題目 上空における放射線測定値の解析手法に関する研究
(DEVELOPMENT OF ANALYSIS
METHOD FOR AIRBORNE RADIATION
MONITORING)

氏 名 佐々木 美雪

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、上空における放射線測定値を地上 1m 空間線量率へ換算するための新たな換算手法の開発についてまとめたものである。

2011 年の福島第一原子力発電所 (1F) における事故以降、環境中に放出された放射性物質の分布調査のため、有人ヘリコプターや無人ヘリコプターを用いた上空からの放射線モニタリングが行われてきた。上空からの放射線測定は、迅速に広範囲を測定できる利点があり、人の立ち入りが困難である森林エリア等の測定を行うことが出来るため、上空放射線測定で得られたデータは様々な研究や政策決定の基礎データとして用いられている。一方、上空からの放射線測定は地上からの影響を平均化した値として測定値が得られるため、地上におけるサーベイメータ等を用いた測定に比べ測定解像度が劣る。また従来から用いられている上空値から地上値への換算手法は、遮蔽物は空気のみで平面かつ、線源が均一に分布していることを仮定したモデル (FSM) を用いた解析手法であり、森林等の遮蔽物、斜面等の地形の影響が考慮されていなかった。よってローカルなホットスポット探査や放射性物質の挙動調査には十分なデータを提供することは難しい課題があった。

本論文では上空における放射線測定値を地上 1m 空間線量率へ換算するための新たな換算手法として、森林遮蔽を考慮した換算計算を行うための森林遮蔽パラメータの取得及び適用 (第 2 章)、地形効果を考慮した換算計算を行うための最尤推定-期待値最大化 (ML-EM) 法による換算手法の開発及び評価 (第 3 章)、合わせて換算計算高速化のための人工ニューラルネットワーク (ANN) を用いた換算手法の開発及び評価 (第 4 章) を行った。以下に、

本研究の成果を総括する。

(1) 森林による遮蔽を考慮した換算手法の開発 (第 2 章)

本研究では、上空における放射線測定値を地上 1m 空間線量率へ換算するための新たな手法として、森林遮蔽を考慮した換算手法 (FSFM) の開発を行った。上空放射線測定において森林が存在した場合、樹木や葉の存在によって地上から得られる放射線は減衰するため、実際の地上値よりも上空測定換算値が低めの値となる課題があった。本研究では、放射線物質で汚染された森林エリアにおけるガンマ線測定を実施し、上空におけるガンマ線測定値、地上における空間線量率測定値、測定エリアの地形情報から、森林の存在によるガンマ線の遮蔽は樹木の樹高と関係性があることを導出した。樹高との関係性から得られた森林の遮蔽パラメータを用いることで、従来の換算手法 (FSM) に比べ、FSFM は森林エリアをより地上測定値に近い値に換算できることが分かった。

(2) ML-EM 法を用いた換算手法の開発 (第 3 章)

本研究では、地形効果を考慮した換算計算を行うため、従来医療分野で画像再校正に用いられている ML-EM 法を応用し、上空における放射線測定値を地上 1m における空間線量率に換算するための新たな手法を開発した。本研究では ML-EM 法を用いた換算アルゴリズムの開発、換算精度及び特性の評価を行った。換算評価では、実験室内における線源測定結果、シミュレーション結果及び 1F 周辺の放射性物質で汚染された複数のフィールドにおける放射線測定結果を用いて換算の適用及び評価を行った。ML-EM 法を用いることにより、FSM 及び FSFM では考慮できなかった地形による放射線遮蔽効果等を反映することが可能となり、FSM に比べより地上測定値に近い値を算出可能であることが分かった。また各種遮蔽パラメータを細かく設定することで、換算精度が向上することが分かった。

(3) ANN を用いた換算手法の開発 (第 4 章)

ML-EM 法による換算は、各種遮蔽パラメータを考慮することで換算精度が向上するが、個々のパラメータを導出するためには多くのシミュレーションと実験が必要であり、また計算量が多く FSM に比べて計算時間を要する課題があった。本研究では解析時間を必要とせず、FSM に比べより精度の高い換算を行うことができる換算手法として、ANN を用いた新たな換算手法を開発した。

ANN を用いた学習では、上空からの放射線測定値や周辺地形の状況等 (入力データ) と、地上において取得した放射線測定値 (正解値) の多くの訓練データセットから、換算傾向を取得し、入力データから地上 1m 空間線量率を推定する ANN を構築した。

本研究で構築した ANN の換算傾向を評価した結果、FSM 及び FSFM と同様に、測定高度及び樹高に関連した減衰傾向を示した。ANN の換算傾向から得られた空気による放射線の減衰率は、FSM による換算で従来得られていたパラメータ値に比べ、より地上測定値に

近い換算を行うことができるパラメータ値であった。森林による放射線の減衰率は(1)で得られた樹高に則った減衰率と同様の傾向が得られた。

また構築した ANN を用いて換算を適用した結果、ML-EM 法に比べ、より短時間で換算を行うことが可能となり、また ANN の学習が十分行われている場合、FSM 及び ML-EM 法に比べより地上値に近い値の算出が可能であることが分かった。

以上の研究成果によって、上空からの放射線測定値を地上 1m 空間線量率へと換算する新たな手法を開発し、妥当性を評価した。成果(1)では FSM では考慮できなかった森林遮蔽を加味した換算計算を行うことが可能となった。成果(2)では ML-EM 法を用いた新たな換算手法の妥当性を評価し、FSM に比べてより地上測定値に近い分布を得られることを確認し、また遮蔽因子のパラメータを増やすことで精度向上することを確認した。成果(3)では ML-EM 法に比べ、計算時間を必要としない換算手法を開発するために ANN を用いた換算手法の妥当性を評価した。ANN による換算では ML-EM 法と同程度、またはそれ以上の換算精度を得られ、ML-EM 法で数時間の計算時間を要していた換算計算が数分に短縮されることを確認した。これらの換算技術開発を進めることにより、緊急時における放射線モニタリング等において、放射線源の分布情報を瞬時に把握することが可能となり、より安全でかつ高精度な放射線測定が可能となると考えられる。