

氏 名	播 磨 良 子 はり ま よし こ
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 638 号
学位授与の日付	昭 和 48 年 9 月 25 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	γ 線のビルドアップファクターの近似法の研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 兵 藤 知 典	教 授 岐 美 格	教 授 清 水 栄
--------	----------------------	-----------	-----------

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、 γ 線の物質透過計算にしばしば用いられる、ビルドアップファクターの近似計算法に関する研究をまとめたものであり、7章からなっている。

第1章では、まず特定の γ 線エネルギーとしやへい体の厚さに対する γ 線のビルドアップファクターを、精度よく求める方法を概説している。この方法としてあげているのは、輸送方程式の数値解法、モンテカルロ法、多重散乱法、媒質を小平板に分割して、各平板の透過、反射から計算する方法である。これらの計算は膨大な計数時間を要するため、限られた数の γ 線源エネルギーと、しやへい体の厚さに対してのみビルドアップファクターが得られているに過ぎない。

つぎに、設計計算の便利のために工夫された経験式を列挙し概説をしている。これらの近似式を用い、任意の厚さのしやへい体のビルドアップファクターを計算することが出来る。

第2章では、等比級数法による均一層透過 γ 線のビルドアップファクターの近似について述べている。著者は、しやへい体を薄い平板に分割したと仮定し、この平板を重ね合せ、厚いしやへい体とした場合のビルドアップファクターは、近似的に無限等比級数の和の公式が用いられることを示した。これから任意の厚さのしやへい体に対するビルドアップファクターを近似する、2個のパラメータを持つ新しい経験式を導き、等比級数法と命名した。

著者は、現在、標準的な計算値とされている Goldstein と Wilkins の計算結果に合うようパラメータを水、アルミニウム、鉄、スズ、タングステン、鉛、ウランに対し決定した。著者はまた、同じ計算結果を用いて、現在使用されている他の近似式のパラメータを決定し、近似式の精度を比較検討した。

第3章では、第2章で導いた近似式の2個のパラメータの線源エネルギー、原子番号、 γ 線入射角に関する依存性について述べている。著者は、水、アルミニウム、鉄、スズ、タングステン、鉛、ウランに対し、各線源エネルギーごとにパラメータの比較をしたところ、それぞれのエネルギーについて、変動が少なく、その中間の原子番号のしやへい体に対しても、パラメータを補間で求めうることを、また同じしやへ

い体では、パラメータはエネルギーの簡単な関数としてあらわすことが可能で、中間のエネルギーに対してもパラメータが求めうることを示し、これらをグラフとして示している。次にこの近似式を斜入射方向 γ 線に適用したところ良好な結果が得られ、任意の入射角に対し補間可能であることを述べている。

第4章では、この等比級数法を多重層透過 γ 線に適用して、ビルドアップファクターを近似する方法について述べている。著者は Bowman および Trubey のモンテカルロ計算結果を基準データとして、現在用いられている式のパラメータを決定し、基準データと比較検討したところ、かなりの誤差があることが判明した。この誤差の範囲内で結果の出る、より簡単な近似式を提案した。この方法の考え方は、2重層の γ 線透過の場合は、第1層を透過する γ 線を、非散乱成分と、散乱成分に分け、散乱成分を適当な単一エネルギー γ 線と仮定して、両成分の第2層での透過を考えるということである。このような考えで導かれた近似式は、簡単な仮定を用いるわりに精度よく、3重層以上のビルドアップファクターを計算する際にも使用可能であることを述べている。

第5章は、著者が行なった、多重散乱法による、均一層を透過した γ 線のエネルギースペクトルを求める計算について述べている。本計算は、4回散乱までの散乱 γ 線と後方散乱を考慮に入れて行なわれた。これらを考慮した計算結果は、重い物質の場合、或いは高エネルギーの場合は、精度の高い計算の結果と誤差の範囲内で一致することを示している。さらに著者は、散乱 γ 線による線量と非散乱 γ 線による線量の比の対数と、散乱回数に間に一次関係があるという経験法則を見出し、4回散乱までのデータから、さらに高次の散乱による γ 線線量の推定を行ない、低エネルギー γ 線および軽い物質に対しても、多重散乱法により、ビルドアップファクターが求めうることを示している。

第6章では、第5章で述べた方法を多重層に適用した場合について、良好な結果が得られた事を述べている。

第7章は結論である。第2章から第6章までに述べた研究のとりまとめを記述している。

論文審査の結果の要旨

しやへい体を透過する γ 線の量を推定するため、その都度輸送方程式の数値解法やモンテカルロ計算などの精度の高い計算をすることは、経費の点で不可能である。このため若干個の γ 線エネルギー、若干個のしやへい体の厚さに対する、精度の高い計算結果を、ビルドアップファクター、すなわち、しやへい体透過全 γ 線（一次 γ 線と散乱 γ 線の和）と一次 γ 線の比であらわしておき、必要な都度、 γ 線エネルギーとしやへい体の厚さについて補間によりビルドアップファクターを求めている。本研究の前半、第2、第3章では、この補間のために著者が考えた等比級数法による近似式の導出、および現在最も精度が高いと考えられている Goldstein と Wilkins のモーメント法による計算値を基準データとして、近似式のパラメータの決定をした。また、同じ基準データを用いて、他の近似式により計算をし、これら相互間の誤差の評価を行なった。この結果得られた結論は次の通りである。

(1) 等比級数法による近似式は2つのパラメータを持っている。このパラメータは、 γ 線エネルギーに対し簡単な関数となり、また変動も少なく、補間により 0.5 MeV より 10 MeV までの間のどのエネルギーに対しても決定することが出来る。

(2) このパラメータは、しゃへい体の原子番号に対しても、簡単な関数となり、変動も少なく、補間により γ 線のしゃへいに必要な、どの元素についても求めることが出来る。

(3) このようにして決定された経験式は、式が比較的簡単にもかかわらず、今までに用いられている経験式と同程度または、それ以上の精度で使用可能であることを示している。

(4) 斜入射 γ 線についても使用可能なことが示されている。

第4章では、多重層のビルドアップファクターについて、第1層透過 γ 線を非散乱成分と散乱成分に分け、散乱必分を単一エネルギー γ 線とするという簡単なモデルで導いた近似式の計算値が、他の実測値より得られた式による計算値とよく一致することを示している。

第5章および第6章では、多重散乱法によりビルドアップファクターを求めている。この計算は次の点で改良がなされている。

(1) 4回散乱まで計算し、かつ後方散乱の考慮を導入したこと。このため高エネルギー γ 線および重いしゃへい体にはこのままでモンテカルロ計算結果とよく一致する精度の高い計算結果が得られている。

(2) 多数回散乱 γ 線線量を推定する方法を考案し、これを使用すれば、低エネルギー γ 線、軽いしゃへい体にも精度よく適用出来ることを示した。

(3) 多重層に適用可能な式を導き、多重層に対する多重散乱法による計算を可能とした。

以上を要するに、本論文は、 γ 線しゃへい計算に必要なビルドアップファクターの近似法をくわしく研究することにより、新しい近似法を見出し、式の導出、パラメータの決定を行ない、直ちにしゃへい体設計に応用出来るようにした。これらは、これらと同等の方法にくらべ、いずれも計算時間の短縮に寄与し、かつ精度も比較的良好である。このように γ 線しゃへいの分野に新しい近似法を示したものであり、学術上および工業上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。