

Python を用いた霧箱の飛跡自動計測の研究

防衛大学校 本科67期 応用物理学科 尾崎 有駿

1 はじめに

霧箱は放射線の飛跡を可視化できる装置であり、防衛大の必修科目である基礎科学実験における放射性ラドンの半減期測定などに用いられている。本研究では、教育現場における飛跡計測の効率化を目的として、画像処理による自動計測プログラムの開発と評価を行った。プログラミング言語には Python を、画像処理ライブラリとして OpenCV を使用した。

2 実験と画像解析

ラドン 220 は、半減期 55.6 秒で α 崩壊し、6.288 MeV の α 線を放出する。放出された α 線は霧箱内の窒素原子や酸素分子を電離し、飛跡に沿って電子と陽イオンの対を多数発生させる。このときエタノール蒸気が過飽和状態であれば、エタノールが陽イオンに凝集し霧滴を作る。この霧滴が高輝度光源の光を散乱することで、 α 線の通った跡に沿った明瞭な飛跡となる。

基礎科学実験と同様に、実験装置としてラド社製液体窒素冷却型拡散霧箱 C-111 及び Panasonic 社のハイビジョンカメラ HC-V480MS、ラドン 220 線源としてランタン用マントルを使用した。ラドンガスを霧箱に 2~3 cc 注入してから約 10 分間動画を撮影した。動画は 1 秒あたり 30 フレームの静止画で構成され、1 フレームの画素数は 1920×1080 画素である。

図 1 は注入から約 3 分後のある 1 フレームの画像である。 α 線の飛跡が 10~20 本確認できるが、飛跡は数秒間漂うため、単純にすべてのフレームで飛跡を検知すると同じ飛跡を繰り返し数えることになる。そこで 1 フレーム前との差分を取った画像に対して処理を行い、新たに発生した飛跡のみを計数することにした。具体的には、バイラテラルフィルタによるノイズ除去と飛跡の輪郭を抽出するための二値化（しきい輝度 38）を施し、面積 80 画素以上の輪郭を持つ飛跡を計数条件とした（図 1 中の赤線）。

飛跡ができた場所は、一時的にエタノールの蒸気圧が下がり霧滴を作らない。このため付近を通過した α 線の飛跡は二本に途切れることがある。そこで二重計数を抑制するために、直線を検出する手法であるハフ変換を利用してこの問題を解決しようと試みた。



図 1 α 線の飛跡と画像処理で検出された飛跡の輪郭（赤線）

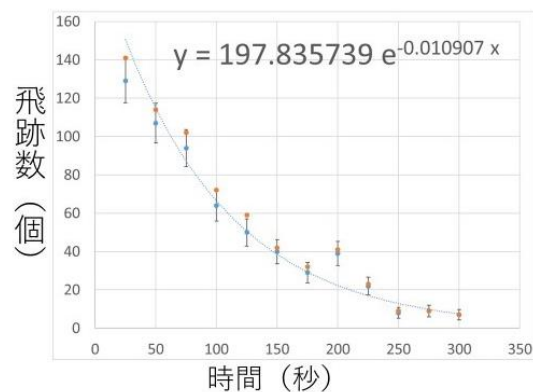


図 2 25 秒間に検出した飛跡数の時間変化。（青点）ハフ変換あり（橙点）ハフ変換なし。曲線はハフ変換ありのデータを指数関数で当てはめたもの。

3 結果

図 2 に、25 秒間の飛跡数の時間変化を示す。自動計数でも、予想通りラドンの崩壊による指数関数的な減衰がみられることが分かった。ハフ変換を使うことで特に飛跡数が多い初期に、わずかではあるが二重計数の抑制効果がみられた。指数関数の近似式の当てはめにより、この図の場合半減期が 63.6 秒であると求められた。また、教育現場で飛跡自動計数の様子がある場所で確認できるように、経過時間画像埋め込み、検出された飛跡の表示、図 2 のようなグラフを表示する機能をプログラムに実装し、動作することを確認した。