

霧箱の動画像処理による空間放射線可視化システム

北田 大樹¹ 白井 暁彦² 鈴木 孝幸³

神奈川工科大学 〒243-0292 神奈川県厚木市下荻野 1030

E-mail: ¹kitada@shirai.la, ²shirai@ic.kanagawa-it.ac.jp, ³suzuki@ic.kanagawa-it.ac.jp

概要 福島第一原発事故発生による放射性物質拡散問題は、多くの人々が今後とも長期に渡って向き合っている問題である。本研究は、目に見えない放射性物質を自作のガイガーカウンタや霧箱を用いて可視化することにより、社会に広がる「見えない恐怖」を科学理解によって克服するためのワークショップを開発している。本報告では、霧箱で観察できる自然放射線や放射性鉱石から発せられる放射線の撮影映像を動画像処理することで、方向および放射線源をより観察しやすくなる空間放射線可視化システムについて報告する。

キーワード 霧箱, 放射線, 画像処理, 科学コミュニケーション, 教育

Visualization system for radiation by the Video processing of the cloud chamber

Taiki KITADA¹ Akihiko SHIRAI² Takayuki SUZUKI³

Kanagawa Institute of Technology 1030 Shimo-ogino Atsugi Kanagawa 243-0292 Japan

E-mail: ¹kitada@shirai.la, ²shirai@ic.kanagawa-it.ac.jp, ³Suzuki@ic.kanagawa-it.ac.jp

Abstract This article reports about a new visualization system of radiation in cloud chamber using video processing. Radioactive pollution from Fukushima plant is an issue to be shared in social and global for a long time. Visualization solution has a value to tell the risk and mechanism of radiation and if it can be configured by daily materials, it can avoid radiation exposure for wider range of people like a science workshop tool.

Keyword Cloud Chamber, Radioactive, Computer Vision, Science Communication, Education

1. 研究背景

福島第一原発事故発生による放射性物質拡散問題は、多くの人々が今後とも長期に渡って向き合っている問題である。事故以前の文科省による放射線モニタリングや新学習指導要領での扱いに加え[1]、市民の草の根活動[2]やIT企業による広域モニタリング、マッピングなどの活動を通じた科学・可視化の視点を通じた安心安全および社会理解の構築は、今後より一層、幅広く、長年にわたり研究されるべき課題であるといえる。本研究はこの課題に対し、目に見えない放射線を自作のガイガーカウンタや霧箱を用いて可視化することにより「見えない恐怖」を科学理解によって克服するためのワークショップ、技術および手法について研究を行っている。

2. 霧箱ワークショップ

2.1 放射線観察装置「霧箱」

霧箱とは、Charles T. Wilsonが1897年に発明し1927年にノーベル物理学賞授賞を受賞した、初期の放射線の観察装置である。

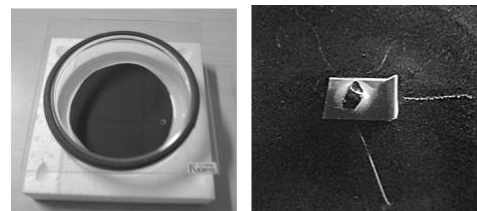


図 1 霧箱一式(左)と霧箱による可視化の例(右)

現在一般的に入手できる簡易な機材で実験する場合はウィルソンのピストンを用いた膨張霧箱ではなく、拡散霧箱を使用する(図1)。耐熱容器等のガラス容器内にアルコールを注ぎ、容器底部分をドライアイスで冷却することで、温度勾配を持った過飽和状態のアルコール蒸気を底部分に作り出すことができる。そこに観察装置内に置かれた実験用放射性鉱石等の放射線源から発せられる放射線(α , β および γ 線)や宇宙空間を飛び交い、地球に降り注いでくる宇宙線などの荷電粒子が観察装置内を通過すると、放射線が通過した道筋に沿って容器内の気体(おもに酸素・窒素)をイオン化する。そのイオンを核として、アルコール蒸気の

分子が凝結し、放射線を白い雲のような飛跡として可視化することができる。飛跡は発生から消滅まで1秒程度の生存時間を持っており、肉眼で観察可能であり連続シャッターを使うことで写真撮影もできる。β線は細くちぢれた毛糸のような飛跡、γ線は通過によってはじきだされたβ線の飛跡から存在を確認できる。

図1の観察装置は家庭でも手に入る材料(パイレックス容器、洗浄用無水エタノール(95%),ドライアイス)で構成しており、実験用試料であるユークセン石から発せられるα線(太い飛跡)を撮影したものである。このように霧箱を使うことで、主にα,β線といった放射線の種類を分かりやすく理解することができるだけでなく、放射線源の方向を可視化することができるため、「放射線と放射能の違い」といった基礎的な用語理解も、観察を通して説明することで実感しやすくなる。

2.2 「霧箱ワークショップの実施」と新たな知見

本研究では、福島原発事故発生直後からニーズが増加し、入手が難しくなっていたガイガーカウンタの代価手段として、技術のみでは解決できない市民の科学理解向上、すなわち「科学コミュニケーション」に重点を置き、霧箱やガイガーカウンタを使った霧箱ワークショップを神奈川工科大学大学主催の2011年5月21日の「科学のひろば」や11月19日の「KAITシンポジウム」にて行ってきた。

現在、重たる放射線の測定方法として、ガイガーカウンタおよび半導体等による放射線カウンタから得られたシーベルト毎時[Sv/h]単位で表された計測値をもとに「多い・少ない」をディスカッションするケースが多く見受けられる。本研究では、放射線の科学および、市民レベルでの危険を理解する方法として、「はかること」に注目し、「ガイガーカウンタ」の仕組み解説に加え、放射線を視覚的に観察できる「霧箱」を使って一般市民との双方向的な議論のおこなう科学コミュニケーションに重点をおいたワークショップの開発および実施をおこなってきている。

複数回のワークショップでの参加者との対話、比較対象として大学公開講座でのアンケートによる理解度統計的調査との比較を通して、ガイガーカウンタによる数値とその説明だけでは放射線の危険性を理解する上で重要な「α,β,γ線など放射線の種類」、「放射線(放出されるエネルギー)と放射能(放射線を出す能力)の違い」を理解することは2時間の座学を持っても不十分であることがわかった。本調査の対象は公開講座に自主的に参加した市民および工科大生であり、物理学や電子回路知識のない子供や、理数系教科の苦手な経験がある親などを含む、一般家庭にとって、座学で放射線科学に関する情報を詰め込むことはより難

しいといえるだろう。またヒアリングでは一般向けワークショップを通じた参加者との対話から、「とにかく危険なので食べない」、「何も信じられない」など、見えない恐怖に対して『危険性を感じていても難しく、思考停止する』といった現象が発見できた。

3. 放射性物質拡散と科学コミュニケーション

3.1 可視化による放射線科学理解向上の重要性

ワークショップを通じた対話から、科学理解については複数の段階をもった人々と接する機会も得ることができた。リスク意識の高い人々からは「今後、大気中に放出された放射性物質が、生物濃縮を経て、ガンを発症するのでは」という意見が多く聞かれた。

ガイガーカウンタで観測できる空間線量は「外部被ばく」に対して食物等の体内に残留する被ばくを「内部被ばく」と呼ばれている。福島原発事故に限らず、過去の大気圏内核実験(1961-1962年)や、チェルノブイリの事故(1986年)においても¹³⁷Csと¹³⁴Csなどの放射性セシウムが環境中に放出された。これらは食物連鎖をたどって生物濃縮され、米、野菜、牛乳や肉、魚等の食物中に入り、人体へ移行した。広域汚染の場合、摂取した放射性セシウムが身体の外に出ないうちに、次の食物を食べることになる可能性が高く、体内放射能は実効半減期が長いほど高くなり、食物中の放射能が大きいほど、体内放射能は大きくなる。内部被ばくを測定する方法は、家庭レベルの計測方法では現状、確立した方法がなく、放射線医学総合研究所では血液検査や尿検査に加えて、全身計数装置等を用いて長年にわたり、核実験とチェルノブイリ事故による体内放射能の調査を行っている[3-7]。チェルノブイリ事故の場合は日本人の体内放射能は15か月で半減したというデータが報告されているが、事故汚染地域であるベラルーシ、ロシア、ウクライナの汚染地域の住民500万人を対象とした1986年から1995年までの期間に受けた推定集団実効線量は、外部被ばくから24200人・Sv、内部被ばくから18400人・Sv、合計で42600人・Svと報告されており、平均実効線量は8.2mSvと推定されている[8]。

実際の問題として、被ばくをすれば、だれでも必ずガンになるというわけではなく、発病の確率が高くなる「確率的影響」が指摘されている[9]。被ばく後、すぐに症状が現れないガンや白内障、寿命短縮、不妊といった潜伏期間があるものを晩発効果といい、放射線によって細胞の中のDNAなどの遺伝物質が損傷し、細胞再生産がうまく行われな現象である。DNA自体には修復能力があるため、放射線の量や被ばくした部位・年齢などで異なるため一概には判断できないが、10~30年程度とタイムスパンが長く、また死に到るよ

うな発ガンの可能性は、全身に 10 ミリシーベルトの放射線を一度にあびた場合、1 万人に 1 人程度とされている。放射線による遺伝的影響や身体的影響のうち白血病や固形ガンなどの症状は、被ばく線量が増加するほど発生確率も単調に高くなり、発病した場合の重篤度は被ばく線量の大小には関係しないという特徴がある。

つまり現状の福島原発事故を起因とする放射性物質拡散問題の実質的健康被害は、継続的かつ広域の全身計数装置等を用いた調査を実施しない限り、「問題がある」とも「全く問題ない」とも言えない確率的影響であり、10 年から 30 年という長い期間にわたって、社会が受け止めなければならない課題である。実際の被害者は子供たちや将来の子供たちの健康であり、ポストリサーチの結果によって、事態を改善できる見込みは少ない。この問題に対して、解決技術や投薬のような直接的な対処方法が見つからない以上は、科学コミュニケーションや公教育による市民理解の向上が得られる効果は具体的であり、特に印象ではなく、「はかること・みえること」を中心に科学の視点をもった体験理解を助力する手法の開発の意味は大きいといえる。

3.2 霧箱ワークショップにおける問題点

複数回の霧箱ワークショップを通して、霧箱の持つ問題点も明らかになっている。まず機材準備における問題では、ドライアイスが必要とする点である。実験では工業用ドライアイスを購入し使用しているが、CO2 排出増加や一般には入手しづらいといった問題がある。簡易に作成・入手できる電氣的な冷却方法があれば望ましい。また、霧箱内の飛跡をより明確に視認するためにドライヤーによる加熱や、塩ビパイプを用いた静電気による雑イオン除去作業を行っているが、「見やすい・実験を自分で操作する体験ができる」という利点に対して、科学的な意味を説明することがより複雑になるデメリットもある。

このような視点において、現状の霧箱による実験装置はその視認性において「霧箱を同時に観察できる人数が限られる」、「周囲の光源の関係で観察しにくいときがある」、「放射線の飛跡が出ている瞬間の写真撮影するのは難しい」といった問題が存在することが指摘できる。特にこの「現象を写真におさめる」という問題は、過去の物理学での霧箱研究においても課題になっているだけでなく、観察が難しい実験において映像を使って解析する方法としても報告されている[10]。加速器実験施設のような大掛かりな半導体検出装置でなくとも、現代ではデジタルメディアおよびソフトウェア技術によって解決できる可能性があるため、本報

告ではこの問題の解決策として、画像処理ライブラリ OpenCV を使ったワークショップ支援を目的とした放射線可視化システムの提案および霧箱の動画像処理による手法の開発をおこなった。

4. システムの提案および手法の開発

本報告での提案システム目的は、霧箱容器内をカメラで撮影し、その映像を動画像処理することにより、放射線を観察しやすくし、放射線の飛跡画像の自動撮影やプロジェクター等による外部出力によって同時に観察できる人数を増やすという点である。

実験のためのソース動画像として、ユークセン石から発せられる α 線の飛跡を一眼レフデジタルカメラによって 306 フレーム (640x480・30FPS・10 秒程度) 録画し、オフライン処理によって飛跡が視認できるフレームのみ抽出する動画像処理アルゴリズムの実装をおこなった。処理の手順としては、放射線の飛跡がでていない参照元画像を使い、1 フレームごとに参照元画像との差分処理→差分画像生成→RGB 値でのピクセルカウント処理によって、「白い放射線の飛跡」が一定の閾値 (30 ピクセル以上) 出ている映像のフレームを画像として保存をおこなう。

結果は、記録した任意の動画・全フレーム数 306 のソース映像から 79 フレームの放射線の飛跡が観察されていると判定されたフレーム抽出を自動化できた (図 2)。

主に差分処理といった動画像処理を用いることで、前回の報告[11]での画像処理に関する報告から、撮影された写真から雑イオンによるノイズを全て取りきれているとは言えないが、放射線の飛跡 (今回はユークセン石から発せられる α 線) のみを差分画像として抽出することが可能となり、特に入射してきた方向が鮮明に分かるようになった。

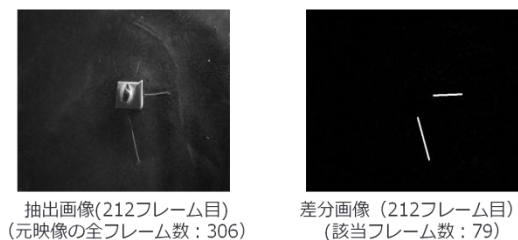


図 2 結果

この実験においては、画質およびアルゴリズムの検討のためにオフライン処理を行っているが、ピクセルカウント処理以外は OpenCV 上でリアルタイム動作が可能であり、今後判定アルゴリズムの高速化や GPU 処理を利用したリアルタイム化は可能であり、実験系ワークショップのライブ感を維持できると考えている。

今後の展望としては、検出後の軌跡に対してハフ変

換を用いて放射線の飛跡をカウントし、その結果を校正済ガイガーカウンタと比較することで、絶対空間線量の算出や、放射線源方向精度の推定も可能である。またリアルタイム化とは反対に、デジタルカメラをつかった方法の利点として、高速カメラを用いた撮影も可能であり、肉眼では判断しづらい「入射から放射の方向」を判別する画像認識装置を安価に構成することもできる可能性がある。これは本来、肉眼では可視化することが難しい速度の放射線を物理現象によってディレイを持たせて可視化した上で認識処理するという試みであり、現在の加速器の先端研究である Belle 実験における検出器でのシリコン崩壊点検出器やシリカエアロジェル・チェレンコフカウンター、TOFカウンターといった研究に通じる要素でもある[12]。

一方で、デジタルコンテンツ、アートメディアとしての応用の可能性もある。実際の空間線量とその場所における自然放射線のベクトルが取得できれば、AR(Augmented Reality)技術と組み合わせることにより、重畳表示が可能になるだろう。今後、Scritter[13]等の多重化隠蔽映像を用いた映像表現技術を利用し、より分かりやすく、体感しやすく、科学的に正しい体験型実験の手法の開発に繋げ、幅広い人々に科学理解の価値を広めていきたい。

参考文献

- [1] 文部科学省, 新学習指導要領,
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/cha/ri.htm#1bunya
(アクセス日:2012年2月15日)
- [2] ガイガーカウンターミーティング,
<http://g-c-m.org/>
(アクセス日:2012年2月15日)
- [3] 高度情報科学技術研究機構, 原子力百科事典, 放射線影響と放射線防護,
http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=09-01-04-09
(アクセス日:2012年2月23日)
- [4] Iinuma, T. A., M. Uchiyama, T. Nagai et al. Body burden of cesium-137 in Japan, *Nature, Lond.*, 214, 133, 1967.
- [5] Richmond, C. R. and J. F. Furchner. Cesium-137 body burdens in man: January 1956 to December 1966, *Radiat. Res.*, 32, 538, 1967.
- [6] Uchiyama, M., T. Iinuma and M. Saiki. Relationship between body burden and urinary excretion of cesium-137 in man following fallout cesium-137 ingestion, *Health Phys.*, 16, 2, 77, 1969.
- [7] Uchiyama, M., T. Iinuma and S. Akiba. Body burdens of cesium-137 in a selected group of male adult residents in Chiba, Japan from 1967 to 1976, *Health Phys.*, 42, 145, 1982.
- [8] 放射線医学総合研究所監訳: 放射線の線源と影響(下)、実業公報社(2002.3) p544, p601
- [9] 放射線科学センター, 暮らしの中の放射線,
<http://rcwww.kek.jp/kurasi/index.html>
(アクセス日:2012年2月23日)
- [10] 林 熙崇:”磁場入り高感度霧箱を用いた原子物理分野の実験教材開発”,*物理教育*, 55, 4, pp297-302 (Dec.2007)
- [11] 北田 大樹,白井暁彦:”放射線可視化を通じた科学コミュニケーション活動”,第27回 NICOGRAPH 論文コンテスト, 2011.9.6.
- [12] 高エネルギー加速器研究機構, Belle 検出器,
<http://belle.kek.jp/welcome/detector0.html>
(アクセス日:2012年2月23日)
- [13] 宇津木健,長野光希,谷中一寿,白井暁彦,山口雅浩,「多重化映像表示における隠蔽映像生成アルゴリズム」,第15回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集(2010.9)