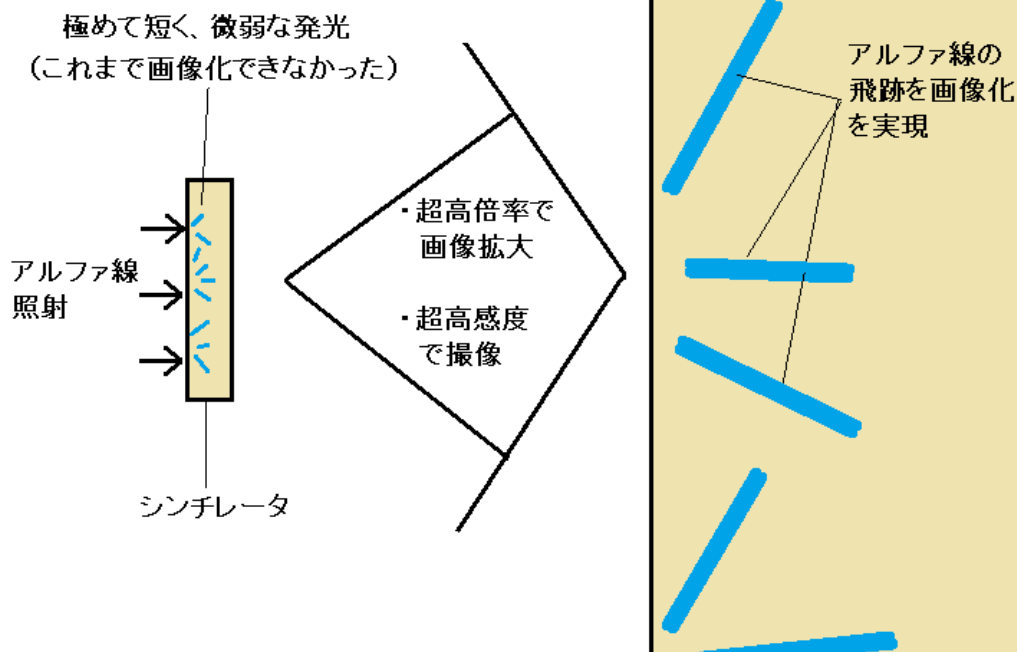




世界初 物質中のアルファ線飛跡のリアルタイム画像化に成功 ～アルファ線内用療法など、様々な研究分野への応用に期待～

発表のポイント

- 世界で初めて物質中のアルファ線の飛跡をリアルタイムで画像化することに成功
- 新しい高分解能放射線イメージング検出器の開発により実現
- アルファ線内用療法^{*1}など、今後様々な研究分野への応用に期待

国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学大学院医学系研究科総合保健学専攻の中西 恒平（なかにし こうへい）助教は、早稲田大学理工学術院の山本 誠一（やまもと せいいち）上級研究員（研究科教授）および片岡 淳（かたおか じゅん）教授らの ERATO 片岡 X 線ガンマ線イメージングプロジェクト（研究総括：片岡 淳教授）、東北大学未来科学技術共同研究センターの吉野 将生（よしの まさお）准教授、鎌田 圭（かまだ けい）准教授、吉川 彰（よしかわ あきら）教授、矢島 隆雅（やじま りゅうが）大学院生と共同で、高分解能放射線イメージング検出器を開発し、放射線の一種であるアルファ線が物質中を飛んでいる様子（飛跡）を短時間間隔の連続画像（リアルタイム画像）として可視化することに成功しました。アルファ線は、物質中では数十マイクロメートル程度と極めて短い距離しか飛ばないことから、アルファ線の物質中の飛跡をリアルタイムで観察することは、これまで不可能と考えられていました。今回、研究チームが新しいイメージング検出器を開発し、世界で初めてイメージングを可能にしたことで、今後、アルファ線を用いた放射線治療^{*2}など、様々な科学分野への応用が期待されます。

本研究成果は、2023年4月26日（水）午前10時（英国時間・夏時間）にネイチャー・パブリッシング・グループのオンライン総合科学誌『Scientific Reports』で公開されました。

【論文情報】

雑誌名：Scientific Reports

論文名：Development of an ultrahigh resolution real time alpha particle imaging system for observing the trajectories of alpha particles in a scintillator

DOI：10.1038/s41598-023-31748-9

URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-31748-9>

（1）これまでの研究で分かっていたこと

アルファ線はX線やガンマ線などの放射線の一種で、最近では放射線治療の分野で注目されています。アルファ線は、物質中で飛んでから止まるまでの距離が数十マイクロメートルと極めて短い上に、放射線のエネルギーが高く、短い距離で大きなエネルギーを与えるので、細胞などが受けるダメージが大きいと考えられています。一方で、この性質を放射線治療に利用して、アルファ線を放出する核種をがん患者に投与して治療するアルファ線内用療法の研究も進んでいます。

アルファ線が放出される場所を短時間で特定し、飛ぶ範囲を確認するためには、アルファ線が物質中を線状に飛んでいる様子（飛跡）を観察する必要があります。しかし、短時間間隔の連続画像（リアルタイム画像）で観察する技術は、これまで存在しませんでした。

（2）今回の研究で新たに実現しようとしたこと、明らかになったこと

今回の研究では、新しいイメージング検出器の開発により、アルファ線が実際に物質中を飛ぶ様子をリアルタイムで画像化することに成功しました。

（3）そのために新しく開発した手法

開発したアルファ線飛跡イメージング装置では、図1のように、放射線が当たって光を放出する透明な材料（シンチレータ^{*3}）にアルファ線を当てます。これまで、アルファ線がシンチレータに入射しても飛跡が短く発光も微弱なため、この発光から線状の飛跡を明瞭に画像化することは困難と考えられていました。今回、アルファ線の飛跡画像化に適したシンチレータを開発し、これに超高感度カメラと超高倍率の画像拡大装置を組み合わせ、アルファ線がシンチレータ中を飛んだときに発生する短い飛跡の微弱な発光を、細長い鮮明な線状の画像として得ることに成功しました。

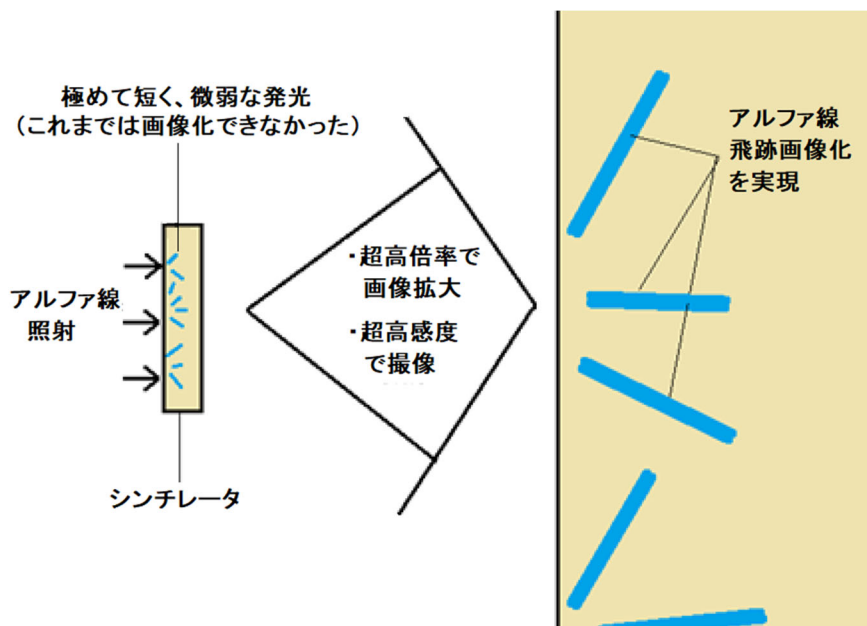


図 1 開発したイメージング装置の原理図：アルファ線入射によりシンチレータ中に生じる短く微弱な発光を、超高感度カメラと超高倍率画像拡大装置の組み合わせにより、細長い線状の飛跡画像として測定

その結果、図 2 のようにシンチレータ中のアルファ線の飛跡を、一秒以下の明瞭な連続画像として得ることに成功し、動画として観察できるようになりました。

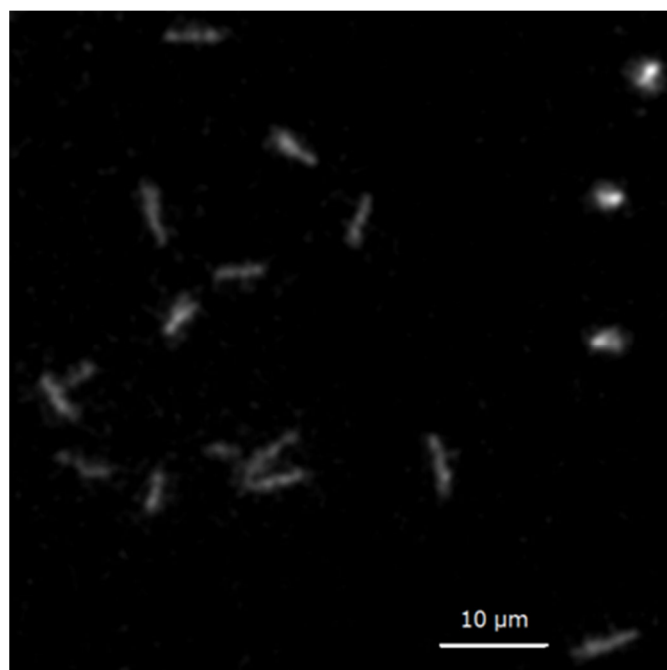


図 2 アルファ線が物質中を飛ぶ画像（0.5 秒測定）：白色の細長い部分がアルファ線の飛跡

（4）研究の波及効果や社会的影響

開発した装置を用いると、粒子状のアルファ線放出核種からは、放射状に放出されるアルファ線画像が得られるものと期待されます。またアルファ線内用療法の細胞研究に応用すれば、腫瘍細胞などに取り

込まれた核種から放出されるアルファ線の飛跡が画像化できる可能性もあります。

さらには、アルファ線の物質中の飛跡を、短時間の連続画像として画像化できるようになったことにより、高エネルギー物理実験分野などにも応用される可能性があります。今回のアルファ線飛跡の画像や動画は、霧箱^{*4}のように一般の方にもイメージしやすく、放射線に関する科学教育などへの利用も期待できます。

(5) 今後の課題

今回得られた画像におけるアルファ線飛跡はいろいろな形状をしています。これはシンチレータへのアルファ線の入射角度が異なるためです。形状の違いを利用して、アルファ線がシンチレータに入射した角度が計算できるので、アルファ線飛跡の三次元分布評価も可能と考えています。またアルファ線画像の明るさから入射したアルファ線のエネルギーを求めることもできます。

一方で、本研究グループは、今回実験に用いたシンチレータの表面状態の改良を進めています。表面状態が悪いと光の散乱が起こり、画質が低下します。表面を滑らかにすることで、より鮮明にアルファ線の飛跡が見えるようになり、画像をさらに拡大することによって、今以上に細かいアルファ線飛跡構造を観察できる可能性があると考えています。

(6) 研究者のコメント

私たちはこれまで、長年に渡り、アルファ線が飛ぶところを光学的にリアルタイムで画像化できないかと考えていました。今回、シンチレータ中を飛ぶアルファ線を一秒以下の短時間間隔で画像化できるようになり、ようやく夢が実現しました。今後も次なる夢の実現に向けて、世界初の画期的な放射線検出器を開発し続けたいと考えています。

(7) 用語解説

***1 アルファ線内用療法**

アルファ線を放出する放射性物質を患者に投与して、がんを治療する方法

***2 放射線治療**

がん患者を、放射線を用いて治療する方法。放射線の種類としては、X線やガンマ線、粒子線などが良く使われるが、最近はアルファ線を放出する放射性物質を患者に投与する治療方法の研究が進んでいる。

***3 シンチレータ**

放射線が当たることにより発光する物質。放射線の検出や画像化するときに用いられる。

*4 霧箱

荷電粒子による電離により、気体中に分散している微粒子が集まり大きな粒子をつくる現象（凝結作用）を用いて荷電粒子の飛跡を検出する装置

(8) 論文情報

雑誌名 : Scientific Reports

論文名 : Development of an ultrahigh-resolution, real-time alpha-particle imaging system for observing the trajectories of alpha particles in a scintillator

執筆者名 : Seiichi Yamamoto¹、Masao Yoshino²、Kei Kamada²、Ryuga Yajima²、Akira Yoshikawa²、Kohei Nakanishi³、Jun Kataoka¹

1. 早稲田大学 理工学術院

山本 誠一（論文責任著者）、片岡 淳

2. 東北大学 未来科学技術共同研究センター

吉野 将生、鎌田 圭、吉川 彰、矢島 隆雅

3. 名古屋大学 大学院医学系研究科総合保健学専攻

中西 恒平

掲載日時（英国時間・夏時間）：2023 年 4 月 26 日（水）午前 10 時

DOI : 10.1038/s41598-023-31748-9

URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-31748-9>

(9) 研究助成

本研究は、戦略的創造推進事業 ERATO「片岡ライン X 線ガンマ線イメージング」（R3~8 年度；グラント番号 JPMJER2102）、科学研究費補助金基盤研究(B)「チェレンコフ光閾値以下のエネルギーの放射線照射による水の発光現象の医療応用」（R4~8 年度；グラント番号 22H03019）、および科学研究費補助金基盤研究(A)「マイクロ共晶体構造を応用した量子線弁別型超高解像度イメージング装置の開発」（R1~5 年度；グラント番号 19H00672）の支援を得て実施したものです。