

Topics 福島

2020.4.17 No.98



機構広報動画「JAEA チャンネル」^(注1)で公開している「iRIS-V」

環境中の放射性物質分布をパノラマで可視化

全方位型の3次元放射線測定システム車 iRIS-V を開発

廃炉環境国際共同研究センター(Collaborative Laboratories for Advanced Decommissioning Science:以下、「CLADS」・富岡町)^(注2)は、車輻に放射線源の位置推定が可能なコンプトンカメラ¹⁾を多数配置することで全方位型の3次元のコンプトンカメラシステムとし、レーザ光を用いた3次元距離測定センサ(3D-LiDAR²⁾)や GPS システム等による空間・位置情報システムとを統合した放射線イメージングシステム(以下、「iRIS-V³⁾」)を開発しました(図1)。

福島県内の帰還困難区域や福島第一原子力発電所(以下、「1F」)サイト内で作業する方々にとって、作業環境の線量率や環境中に飛散した放射性物質の分布を把握することは、被ばく線量の低減や除染計画の立案の観点からとても重要です。しかし、従来のサーベイメータを用いた放射性物質分布の測定では放射線の飛来方向が分からないため、放射性物質のある場所やその広がりを把握するためには、広範囲の測定をする必要があり、測定に時間がかかりました。また、作業現場では除染や解体が日々進められていることから、周りの空間線量率や放射性物質の分布を迅速にモニタリングすることが求められています。

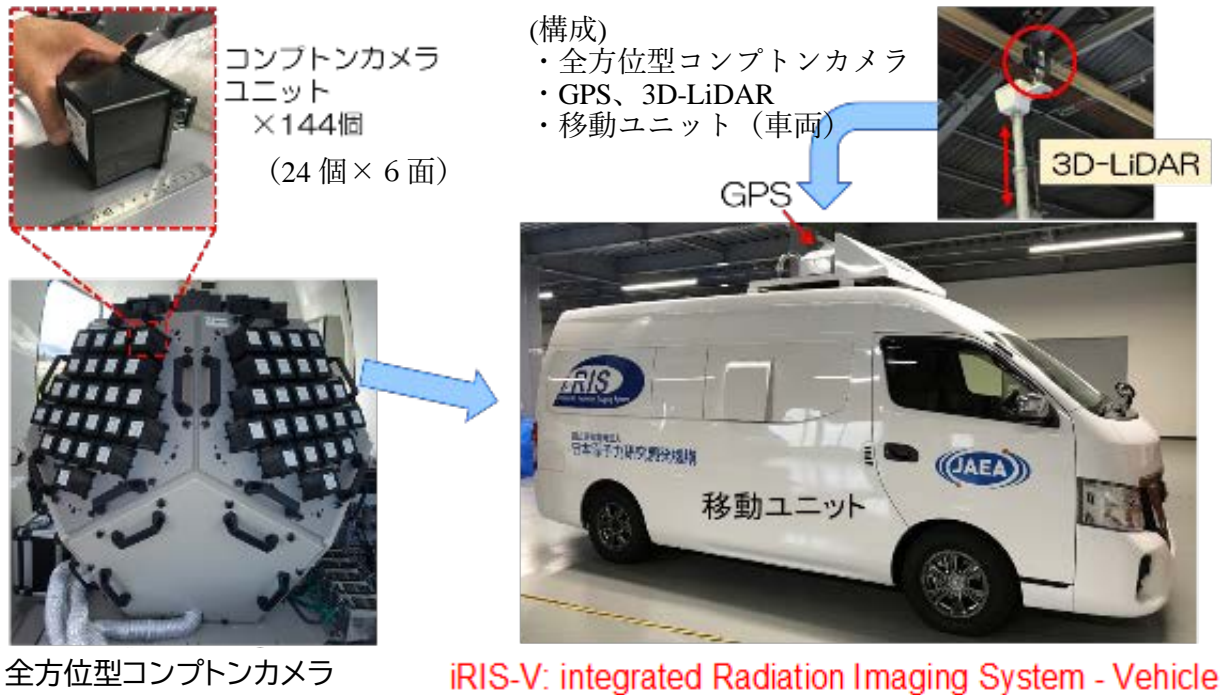


図1 統合型放射線イメージングシステム iRIS-V

多数の小型コンプトンカメラ（左上）を正十二面体の上側6面に配置することで、放射性物質の分布を全周囲にわたって可視化します。また車輻の上部に設置された3次元距離測定センサ（3D-LiDAR）を利用することにより、放射性物質分布の3次元的な表示が可能となります。

この車輻には、多数の小型軽量コンプトンカメラが車輻周囲に向けて配置されていることから、測定場所に移動してあらゆる方向の放射性物質の分布をパノラマ的に可視化することができます。また、車輻が走行したルート上の空間線量率を地図上に表示できるようにしています。

今後、1F サイト内や帰還困難区域等での放射性物質の分布測定を行うことにより、廃炉作業や除染作業の円滑な進捗に貢献できると考えています。

■ 放射性物質の在りかをパノラマで可視化

CLADS は、これまでに小型軽量のコンプトンカメラを開発し、ドローンにも搭載して放射性物質分布の3次元可視化を行ってきました。しかし、通常のコンプトンカメラでは装置の前方しか測定できません。そこで、小型コンプトンカメラを正十二面体（正五角形を12個組み合わせ合わせた立体図形）の上側6面に配置することにより、高感度であらゆる方向の放射性物質分布をパノラマ的に可視化できる全方位型コンプトンカメラを搭載した車輻 iRIS-V を開発しました。

CLADS 敷地内の駐車場で行った実証試験では、放射線源（密閉型の試験用小型放射線源⁴⁾）を搭載した車を短時間で特定することに成功しました（図2）。この結果では、放射線源がある場所を赤く示すカラーコンター（等高線）図⁵⁾で表示しています。

従来のコンプトンカメラでは線源前方からの限られた範囲での測定で可視化に 10 分程度を要しましたが、今回実施した全周囲の測定はわずか 80 秒で完了しました(図 2 の下図)。

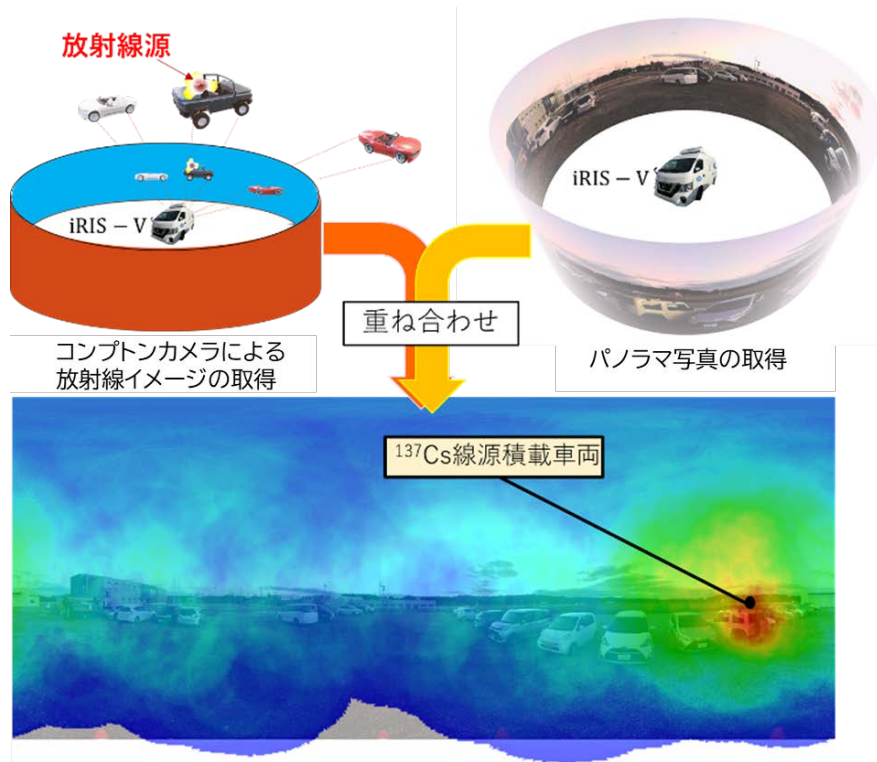


図2 iRIS-V を用いた放射線源の可視化(パノラマ画像)

車輦周囲(360 度)の放射線イメージをコンプトンカメラで測定し、全周囲パノラマ画像と重ね合わせることで、放射線源位置を特定します。iRIS-V を取り囲むように駐車された複数台の車の中から、放射線源を搭載した車を特定することに成功しました。線源強度はおよそ 10 MBq、コンプトンカメラから線源までの距離は約 5.5 m です。

■ 放射線作業環境を仮想空間に再現

3次元距離測定センサで取得した周辺の3次元画像と、コンプトンカメラで取得した放射線イメージを統合することにより、放射線源の位置や広がりをも3次元的に推定することができました(図3)。さらに、放射線源のある場所を様々な方向、位置から3次元的に表示することも可能です。また、これらの装置が全て車輦に搭載されていることから、測定場所に移動して全てのデータが取得でき、その場で放射性物質の分布を可視化できます。

これにより、作業者がホットスポットや放射性物質の位置を事前に把握した中で、作業内容をシミュレーションすることが可能となり、作業者の被ばく線量を低減させることに加えて、効果的な除染計画の立案に役立つことが期待されます。

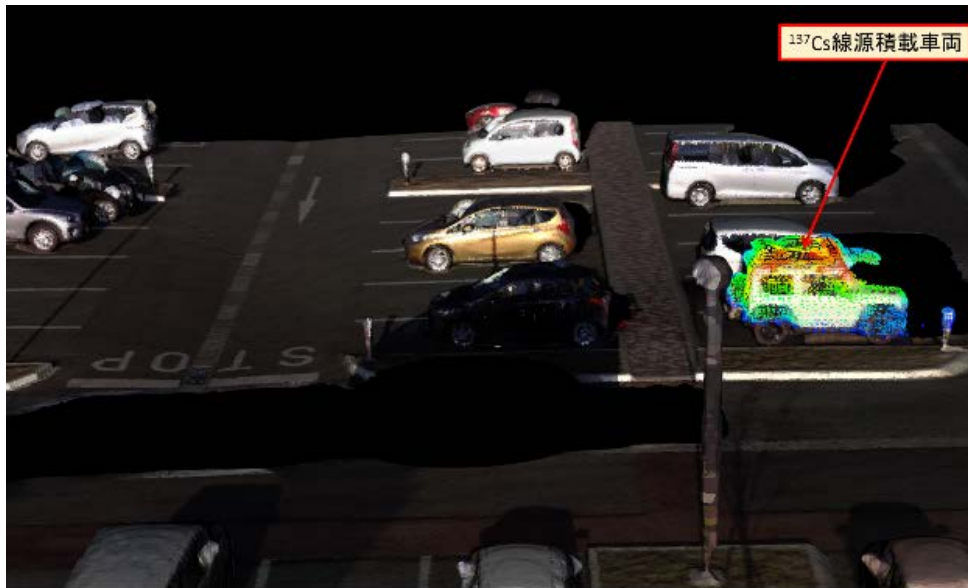


図3 放射線イメージと3次元距離測定センサで取得した画像の重ね合わせ

コンプトンカメラの放射線イメージとレーザを用いた3次元距離測定センサの画像を重ね合わせることで、放射線源を様々な視点から3次的に表示することができます。図3は、1台の車の上に試験用放射線源を置いたときの3次元画像です。

■ 若手研究者が推し進める統合型システム開発

本システムの開発は主に若手研究者が中心となって推し進めています。放射線計測や環境認識、画像解析といった多岐にわたる分野の技術を統合するために、個々が自らの専門分野を越えて異分野との融合に力を注いでいます。開発チームはこれまでに、異分野技術を組み合わせることにより、これまでにない新しい放射線イメージング技術の開発を進めて、1F 原子炉建屋内部といった過酷環境でのホットスポット検知に成功してきました。

今回開発した iRIS-V についても、1F サイト内や帰還困難区域等において実証試験を積み重ねて、廃炉作業や除染作業の現場への導入を目指します。1F サイト内では、廃炉作業の進展に応じて放射線源の分布状況が変わっても、迅速にその変動を把握できることから作業者の安全や被ばく低減にも貢献できると考えています。帰還困難区域等では、除染計画の策定や除染のチェックに用いることにより、より安全で安心な作業に寄与できます。さらに、通常のモニタリングカーは空間線量率の連続測定を行っていますが、iRIS-V は空間線量率に加えて、放射性物質の位置や変動を短時間で把握し可視化できることから次世代型のモニタリングカーとして整備していきます。

【用語解説】

1) コンプトンカメラ

放射性物質を可視化するための装置としてガンマカメラがあります。ガンマカメラは大別して「ピンホールカメラ」と「コンプトンカメラ」があります。ピンホールカメラは簡便ですが、大型、高重量となり、狭い現場での測定には向いていません。コンプトンカメラは、入射したガンマ線(放射線の一種)が散乱体と吸収体の各々で相互作用した位置と、受け取ったエネルギーから、ガンマ線の飛来方向を特定します。解析的に放射線源を求める手法を採用しているため、高重量の遮蔽体が必要なく小型・軽量化が実現可能で、技術的には高度なものです。

2) LiDAR センサ(LiDAR: Light Detection and Ranging の略)

パルス状に発光するレーザー光を用いて対象物を走査し、反射した散乱光が戻ってくるまでの時間から距離を計測するセンサです。これを車輻に搭載することにより、作業環境の3次元的な地形モデルを取得することができます。

3) iRIS-V

統合型放射線イメージングシステム車(integrated Radiation Imaging System-Vehicle)の略です。

4) 密閉型の試験用小型放射線源

放射性物質が漏れないように安全に設計された容器(プラスチック、金属、セラミック等)に密封された試験用の放射線源のこと。放射線測定器の動作試験等で、広く利用されています。

5) コンター(等高線)図

図面上で、ある量の値が同じであるような点を結んだ線のことです。一定値ごとに等値線を描いた図面を等値線図(とうちせんず)とよび、属性・分布状況が感覚的にわかるようになっています。等値線図を見やすくするため、各等値線の間を帯ごとに段階的に色彩を施す場合もあります(カラーコンター図)。

本記事は、令和2年3月27日にプレス発表した内容を編集したものです。

(注1)

原子力機構ホームページでは、機構広報動画「JAEA チャンネル」で、機構各拠点の研究開発状況等を動画で分かり易く解説しています。

本件に係る「目に見えないホットスポットを 3 次元的に“可視化”する～放射性物質の分布をつかみ、福島環境回復に貢献する技術の開発～」(2020年2月掲載)を公開しております。



公式動画：JAEA Channel

機構広報動画「JAEA チャンネル」:

https://www.jaea.go.jp/atomic_portal/jaea_channel/



(注2)

福島研究開発部門は、令和2年4月1日付けで、福島環境安全センターと廃炉国際共同研究センターを統合し、廃炉環境国際共同研究センター(Collaborative Laboratories for Advanced Decommissioning Science:CLADS)に改組しました。

Topics 福島 No.98

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 福島研究開発部門 福島事業管理部

〒970-8026 福島県いわき市平字大町7-1 平セントラルビル8階

TEL : 0246-35-7650 FAX : 0246-24-4031 HP : <https://fukushima.jaea.go.jp/>