

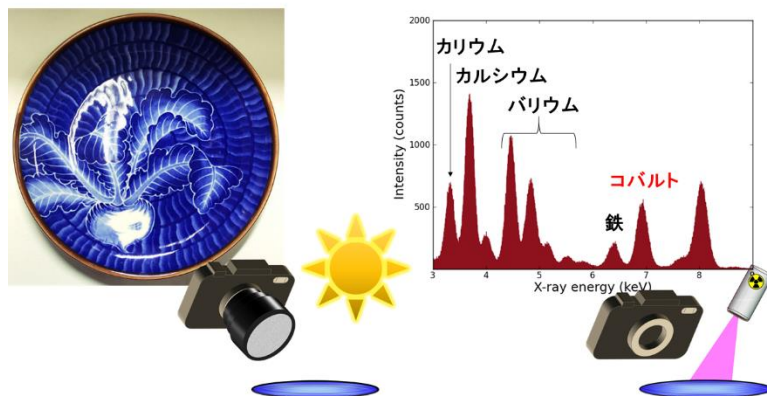
デジカメで X 線を計測し、元素分析・イメージングを行う技術を開発

～いつでもどこでも X 線分析するユビキタス新時代～

配布日時：平成 29 年 4 月 10 日 14 時
国立研究開発法人 物質・材料研究機構

概要

1. 国立研究開発法人物質・材料研究機構 先端材料解析研究拠点 桜井健次首席研究員と趙文洋 NIMS ジュニア研究員は、通常の可視光用途のデジタルカメラをほぼそのまま用いながら、画像処理により X 線スペクトルを測定し、元素分析や元素イメージングを行う新技術の開発に成功しました。本研究成果により、X 線分析はこれまで以上に手軽に行えるようになり、一層広い分野でいつでもどこでも使えるようになると期待されます。
2. 物質はさまざまな元素から構成されており、その組成によって物理的・化学的性質が大きく左右されます。このため、物質の理解や新材料開発のために、含まれている元素の種類や量を分析することは重要です。物質に X 線を照射した際に出てくる蛍光 X 線のエネルギーから元素の種類が、その強度から量がわかることが知られています。この蛍光 X 線分析を行うためには、専用の X 線分光器や X 線検出器が用いられています。さらに通常の分析に加え、どの元素が試料内のどの場所にあるかを調べる場合には、より高価な検出器や光学素子が必要でした。
3. 今回、研究チームは、光学顕微鏡などに搭載されることの多い可視光用の CMOS 素子を搭載したデジタルカメラをほぼそのまま利用して、蛍光 X 線による元素分析やイメージングを行う方法を見出しました。まず、レンズとセンサの間に、X 線のみを透過させる不透明な薄い窓を取り付けます。試料から出てくる蛍光 X 線が、この窓を通して CMOS 素子に入ると電荷が作りだされます。作りだされた電荷の数を瞬時に計測すると、入ってきた X 線のエネルギーを知ることができます。ただ、生じた電荷は複数の画素に別れて記録され、また、ある時は失われてしまうこともあります。そこで、電荷の複数画素への分散状態を調べ、本来持っていた電荷量と入射位置の両方を画像処理により復元する方法を確立しました。これにより、信頼性の高い X 線スペクトルが安定に取得できるようになりました。実際に今回開発した手法で図のようなお皿を蛍光 X 線分析したところ、青の顔料が塗られている表側からのみコバルトが検出され、裏側からはコバルトは検出されませんでした。
4. 研究チームは、さらにピンホールカメラの原理を利用し、その元素がどのように分布しているかを画像化することにも成功しました。今後は元素の移動を可視化する動画の取得に活用し、化学反応の過程を追跡する研究などで材料開発に貢献したいと考えています。
5. 本研究成果は、Scientific Reports (Springer Nature 社のオンライン論文誌、DOI: doi:10.1038/srep45472) に掲載されます (オンライン公開：現地時間 2017 年 3 月 31 日)。



左図は測定のサンプルに用いたお皿の写真を示しています。可視光用のカメラですので、視覚的な形状や色彩を画像として記録することができます (本研究で用いたカメラでは白黒画像になります)。右図はまったく同じカメラを使い X 線のスペクトルを取得したものです。X 線領域における色にあたるエネルギーの違いを識別し元素の分析ができます。

研究の背景

物質・材料は含まれている元素の種類や量によって物理的・化学的性質が大きく左右されます。このため、元素分析は材料開発の必須のツールと考えられています。その方法の1つに、蛍光X線分析法と呼ばれる技術があります。この方法では、X線を照射した際に出てくる別のX線（蛍光X線）のエネルギーと強度を分析して元素の種類と量を求めることができます。測定のために特に試料を加工したり切断したりする必要がなく、ほぼそのまま、非破壊的に測定できることから、製造業の品質管理、土壌、環境水等の分析、科学研究などに活用されています。この蛍光X線分析を行うためには、専用のX線分光器やX線検出器が用いられており、通常の分析に加え、どの元素が試料内のどの場所にあるかを調べる場合には、より高価な検出器や光学素子が必要でした。

物質・材料研究機構の桜井健次上席研究員を中心とする研究チームでは、広く社会に普及しているCMOS素子を用いた可視光用のデジタルカメラをほぼそのままの形でX線検出器として使い、元素分析のツールとして利用するための研究を行っていました。

研究内容と成果

CMOS素子を用いた可視光用のデジタルカメラは、肉眼で見ることのできる可視光で使用されるのが一般的ですが、原理的にはX線領域でも使用することができます。まず、カメラの内部に、X線が当たると可視光を発光する物質（蛍光体）を塗布したものを入れ、可視光に変換して撮像する技術は広く知られ、用いられています。ただ、この場合には、X線領域における波長の違いを区別することができません。元素分析を行う蛍光X線分析のために用いるのですから、試料からの蛍光X線を直接デジタルカメラにいれ、そのX線のエネルギーを識別する必要があります。

CMOS素子のなかに蛍光X線が入ると、そのエネルギーに対応した数の電荷が作られます。従って、その電荷の数を素早く数えて記録するようにすれば、蛍光X線分析ができることとなります。ただ、CMOS素子は非常にたくさんの画素から成り立っていますので、生じた電荷は必ずしも1つの画素にはいるわけではなく、複数の画素に別れて記録され、また、ある時は全く失われてしまうこともあります。そのため、発生した電荷がどのように複数画素に分散しているかを把握し、本来持っていた電荷量とその中心の位置の情報を復元することが肝要です。研究チームは、非常に短い時間に取得された画像を解析して、そのような情報を抽出し、その繰り返しの操作を安定に行うことによって、デジタルカメラで蛍光X線分析が行なえるようにすることに成功しました。

ここまでは、CMOS素子がたくさんの画素が成り立っていることをよりも、面積が大きい1つのX線検出器として利用し、蛍光X線スペクトルを使って元素分析を行う技術を中心に説明しましたが、もちろん、それらの画素を利用して画像検出器として利用することができます。研究チームは、ピンホールカメラの原理を使い、窓のところに小さなピンホールを置き、元素別の蛍光X線像を収集することにも成功しています。

今後の展開

安価で入手が容易な可視光用のデジタルカメラをX線分析に用いることにより、これまで以上に手軽に元素分析が行えるようになると期待されます。X線分析は一層広い分野でいつでもどこでもユビキタスに使えるようになると期待されます。

研究チームは、デジタルカメラによって取得した蛍光X線スペクトルによる元素分析、元素イメージング技術をさらに高度化し、一層短い時間での動画像の計測を行う試みを進めています。その結果、これまででは困難だった非常に多数の試料の蛍光X線スペクトルを迅速解析することや、化学反応などにおける元素の移動の過程を研究することも可能になるかもしれません。

掲載論文

題目：Seeing elements by visible-light digital camera

著者：Wenyang Zhao and Kenji Sakurai

雑誌：Scientific Reports

掲載日時：2017年3月31日（オンライン公開）

本件に関するお問い合わせ先

(研究内容に関すること)

国立研究開発法人 物質・材料研究機構 先端材料解析研究拠点 桜井健次上席研究員 (さくらいけんじ)

E-mail: SAKURAI.Kenji@nims.go.jp

TEL: 029-859-2821

URL: <http://www.nims.go.jp/xray/lab/>

(報道・広報に関すること)

国立研究開発法人 物質・材料研究機構 経営企画部門 広報室

〒305-0047 茨城県つくば市千現 1-2-1

E-mail: pressrelease@ml.nims.go.jp

TEL: 029-859-2026, FAX: 029-859-2017