



2017 年 9 月 27 日

報道関係者各位

慶應義塾大学

ゴム材料の定量ひずみイメージングに成功

ーこれまで見えなかった黒いゴム内部の非破壊検査に期待ー

慶應義塾大学大学院理工学研究科の森脇淳仁（修士課程 1 年）、同理工学部物理学科岡野真人専任講師および渡邊紳一准教授の研究グループは、テラヘルツ偏光計測法^{*1}による黒色ゴム材料の定量的なひずみイメージングに成功しました。

黒色ゴムはタイヤや防振ゴムなどに幅広く利用されていますが、光は透過しないため、その内部ひずみ検査は困難です。今回、黒色ゴムを透過するテラヘルツ光を用いることで、ひずみ量をあらわすひずみテンソル各成分の定量的なイメージング計測を実現しました。本研究成果を用いることで、より定量的に黒色ゴム材料内部のひずみ状態が理解できるようになりました。今後、各種ゴム材料の新しい非破壊検査ツールとして期待されます。

本研究成果は、2017 年 9 月 22 日（現地時間）に『APL Photonics』で公開されました。

1. 本研究のポイント

- ・可視光や近・中赤外光を透過しない黒色ゴム材料内部をテラヘルツ光で検査。
- ・光計測情報を、力学的なひずみ情報に変換することに成功。
- ・タイヤや防振ゴムなど各種ゴム材料の定量的な内部ひずみ検査方法として期待できる。

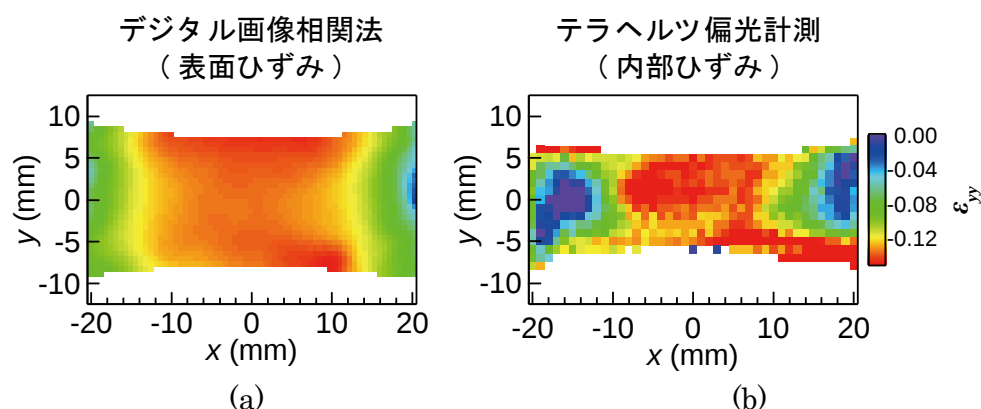
2. 研究背景

黒色ゴム材料は、タイヤや防振ゴムなど、身近の様々な箇所で利用されています。ゴム製品の内部に応力またはひずみが集中すると、予期しない亀裂などが発生する可能性があるため、安全上その内部ひずみ状態を非破壊で可視化する技術の確立が必要です。渡邊准教授らのグループは、これまでにテラヘルツ偏光計測を用いた黒色ゴムの新しいひずみ計測手法の提案を行いました[1]。しかし同研究は原理検証と手法提案にとどまっており、定量的なひずみ量の測定には至っていませんでした。提案した手法の有効性の検証とあわせてひずみの空間分布を視覚的に捉えるためには、光計測情報を力学的なひずみ情報に定量的に変換するアルゴリズムの開発が必要でした。

3. 研究内容・成果

本研究では、黒色ゴム試料の各点を透過したテラヘルツ光の偏光計測結果を、力学的なひずみ情報に変換するアルゴリズムの開発に成功し、定量的なひずみ量イメージ計測を実現しました。さらに、従来技術であるデジタル画像相関法^{*2}によって計測された『ゴム表面』のひずみ量イメージ結果と、今回の方法で得られる『ゴム内部』のひずみ量イメージ計測結果を比較しました。図(a),(b)で、同じ条件で引っ張った黒色ゴムのひずみ量イメージを、従来手法と今回の手法で比較しています。実験においては、図中 x 軸方向にゴムを引っ張っており、x 軸方向のゴムの両端をクランプで固定しています。なお、図ではゴムを引っ張った方向とは垂直方向成分のひずみ量を図示しています。図を比較すると、試料の中央では両者の値が一致する一方、ゴムを挟んだクランプに近い両端の部分($x=\pm 20$ mm 付近)では内部のひずみ量のほうが小さくなる結果となりました。これは、ゴムの表面と内部とではひずみのかかり方が違う

ことを捉えていると解釈されます。このように、従来技術であるゴム表面の画像情報では捉えられなかったゴム内部のひずみが、テラヘルツ偏光計測で定量的に可視化できたものと考えています。



4. 今後の展開

今後産業界からの要望が多い反射型計測装置を開発し、金属部品上のゴム材料など、透過測定では計測できないサンプルに対してのひずみ計測を試みます。

<参考文献>

[1] M. Okano and S. Watanabe, "Anisotropic optical response of optically opaque elastomers with conductive fillers as revealed by terahertz polarization spectroscopy," Sci. Rep. **6**, 39079 (2016).

<原論文情報>

A. Moriwaki, M. Okano, and S. Watanabe, "Internal triaxial strain imaging of visibly opaque black rubbers with terahertz polarization spectroscopy", APL Photonics, **2**, 106101, (2017).

doi: 10.1063/1.4993731

<用語説明>

※1 テラヘルツ偏光計測：

テラヘルツ光は周波数 10^{12} ヘルツを中心にした、電波と光波の境界に位置する電磁波のこと。物質によって可視域の光とは異なる透過特性を示すため、新しい非破壊・非接触検査光源として期待されている。さらに偏光計測と組み合わせることにより、物質の屈折率固有軸の向きや複屈折の大きさを調べることができる。

※2 デジタル画像相関法：

ゴムの表面にスプレーなどであらかじめ模様をつけておき、その模様の変化から試料表面のひずみを観察する方法。

※ご取材の際には、事前に下記までご一報くださいますようお願い申し上げます。

※本リリースは文部科学記者会、科学記者会、各社科学部等に送信させていただいております。

・研究内容についてのお問い合わせ先

慶應義塾大学 理工学部 物理学科 准教授 渡邊 紳一（わたなべしんいち）

TEL：045-566-1687 FAX：045-566-1672 E-mail：watanabe@phys.keio.ac.jp

・本リリースの配信元

慶應義塾広報室（竹内）

TEL：03-5427-1541 FAX：03-5441-7640

Email：m-koho@adst.keio.ac.jp <http://www.keio.ac.jp/>