

# 研究タイトル： レーザースペックルを利用した顕微 観察法の研究



氏名： 平川 靖之 / HIRAKAWA Yasuyuki E-mail: hirakawa@kurume-nct.ac.jp  
 職名： 教授 学位： 博士（工学）

所属学会・協会： 応用物理学会、レーザー学会、日本分析化学会、日本分光学会、Optical Society of America

キーワード： レーザー， レーザースペックル， 顕微鏡， テラヘルツ， 分光分析， 医療応用， 産業応用  
 技術相談  
 提供可能技術： レーザー， レーザースペックル， 顕微鏡， テラヘルツ， 分光分析， 医療応用， 産業応用

## 研究内容： レーザースペックルを利用した顕微観察法の研究

### 1. 研究の概要

レーザーを使った通常の顕微観察では、ノイズと見なされているレーザースペックルを逆に利用し、様々な物質のありのままの状態を簡易評価する手法の研究を行っている。

### 2. 仕組みや原理

レーザースペックルは、ホログラフィと同じ光の干渉現象の一種であり、この現象を利用するには、レーザー光を利用する必要がある。

観察対象物に、光の波長と同じ程度の何らかの物理的な変化（凹凸でも屈折率変化でもよい）があれば、観察対象物が散乱されたり、透過されたり、反射されたりしたレーザー光同士が干渉を起こし、ヒトの目にはまだら模様が見える。これがレーザースペックルである（図1）。

レーザーを使った通常のレーザー顕微鏡では、観察対象物に対して強烈にレーザー照射するのにに対し、本手法では緩やかに照射してあげる点がポイントである。

観察されるまだら模様の干渉縞は、観察対象物が動けばそれに従って動く。よって、観察対象物が生物であれば、縞模様が活発に動くことになる。現在では、この特長を生かすことのできる細胞や生体組織を観察対象として研究を行っている。

### 3. これまでの研究成果

これまで観察対象としてきたものは、主に生物（細胞、組織）である。細胞や組織を観察することで、細胞や組織の活動度（元気の度合い）により、観察される縞模様の動きに変化のあることが分かった。ここにいくつかの例を挙げておく。

#### 3-1. 細胞<sup>1,2</sup>

培養したヒトのガン細胞を、レーザースペックルを利用して観察すると、細胞の活動が活発であるかどうかを一目で判断することができる。

この様子を示したのが、図2である。この場合には、生きた細胞と死んだ細胞の極端に異なる場合を比較しているが、明らかに縞模様の動きが異なることが分かる。肉眼で観察すれば、この処理画像よりもより明確に差を実感できる。

#### 3-2. 植物<sup>3,4</sup>

植物の葉を切り取った時、その枯れていく様子を観察したのが図3である。肉眼では、まだまだ青々としている葉が、レーザースペックルで観察すると、時間とともに確実に枯れていっていることが分かる。

### 4. 参考文献

- [1] Y. Hirakawa et al., Jpn J. Appl. Phys., Vol. 44 (No. 2) part2, L85 - L87 (2005).
- [2] 平川靖之, レーザー研究, 第34巻, 第12号, pp.828-832 (2006)
- [3] 平川靖之, 日本レーザー医学会誌, 第28巻, pp.129-135 (2007)
- [4] Y. Hirakawa, Y. Matsuki, The Review of Laser Engineering (APLS The Review of Laser Engineering Supplemental Volume 2008), 36, pp.1355-1357 (2008).

研究室 HP : [http://apollo.cc.kurume-nct.ac.jp/~hirakawa/world/Lab\\_Files/index.html](http://apollo.cc.kurume-nct.ac.jp/~hirakawa/world/Lab_Files/index.html)

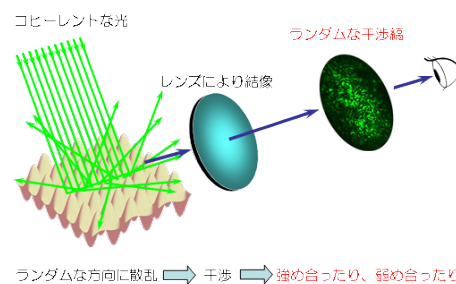


図1 レーザースペックルの原理

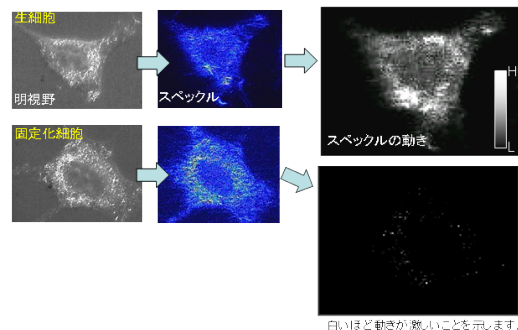


図2 細胞観察の結果

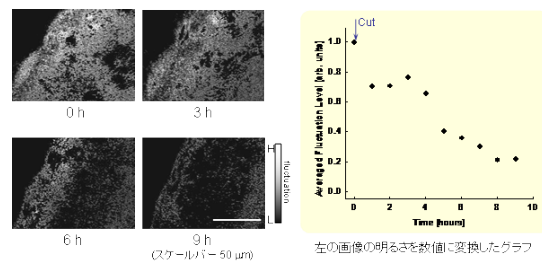


図3 植物の葉が枯れていく様子

## 提供可能な設備・機器：

名称・型番（メーカー）

名称・型番（メーカー）	

研究タイトル：

# テラヘルツ分光法によるゴム評価法の開発

氏名： 平川 靖之 / HIRAKAWA Yasuyuki E-mail: hirakawa@kurume-nct.ac.jp

職名： 教授 学位： 博士（工学）

所属学会・協会： 応用物理学会、レーザー学会、日本分析化学会、日本分光学会、Optical Society of America

キーワード： レーザー， レーザースペックル， 顕微鏡， テラヘルツ， 分光分析， 医療応用， 産業応用

技術相談

提供可能技術： レーザー， レーザースペックル， 顕微鏡， テラヘルツ， 分光分析， 医療応用， 産業応用



## 研究内容： テラヘルツ分光法によるゴム評価法の開発

### 1. 研究の背景

テラヘルツ光と呼ばれる光と電波の狭間の電磁波を用いた非破壊的なゴムの評価法に関して研究を行っている。

### 2. 研究課題

#### 2-1. 測定原理

テラヘルツ分光は、ここ10年くらいの間に大きく進歩した新しい分析法で、久留米高専では、テラヘルツ光の時間波形を直接計測して評価を行うテラヘルツ時間領域分光法を採用している（図1）。テラヘルツ光はX線や可視光に比べて、光子当たりのエネルギーが低いので、原理的に安全な電磁波であり、物質を非破壊的に分析できる特徴がある。本計測法では、物質の反射率・透過率はもちろん、そのほかの様々な物性値を算出できる利点がある。現在は、測定対象をゴムに絞って、ゴムの製造時の非破壊検査や品質管理への応用について研究を進めている。

### 3. これまでの研究成果

これまで、各種生ゴムや配合剤のテラヘルツ透過スペクトル、ゴム中のカーボンブラックの分散状況を、本手法で計測できることを確認している。

#### 3-1. 生ゴムと配合剤の透過スペクトル<sup>1,2</sup>

生ゴムと配合剤の透過スペクトルを図2に示す。生ゴムに関しては、特徴的なスペクトルピークは見られないが、極性ゴムであるNBRはテラヘルツ吸収が大きいことが分かる。配合剤については、鋭いピークをテラヘルツ領域に有するものもあるが、配合量がごく僅かであるため、ゴム製品のテラヘルツスペクトルへの影響はほとんどない。ただし、カーボンブラックのみは例外で、テラヘルツ光を反射する特性を有するため、テラヘルツ光による検出が容易になる。

#### 3-2. ゴム中のカーボンブラック分散可視化<sup>3</sup>

カーボンブラックのテラヘルツ光反射率が高い特徴を利用して、ゴム中のカーボンブラックの分散上場強の可視化を試みた結果が図3である。感度よくカーボンブラックを検出できることが明らかとなっている。

### 4. 参考文献

- [1]Y. Hirakawa, et al., "Nondestructive Evaluation of Rubber Compounds by Terahertz Time-domain Spectroscopy", J. Infrared Millimeter & Terahertz Waves, 32,(12), pp.1457-1463 (2011),
- [2] 平川靖之, 「ゴム製品の非破壊・迅速評価への応用」, テラヘルツ新産業 (ISBN978-4-7813-0289-8), 斗内政吉監修, シーエムシー出版, pp.222-225, 2010.
- [3]Y. Hirakawa, et al., "Distribution Image of Carbon Black in Tensile-Tested Rubber Vulcanizates by Terahertz Time-Domain Spectroscopy", TearaNano 2011, 28-P2, Osaka, (2011).

研究室 HP:

[http://apollo.cc.kurume-nct.ac.jp/~hirakawa/world/Lab\\_Files/index.html](http://apollo.cc.kurume-nct.ac.jp/~hirakawa/world/Lab_Files/index.html)

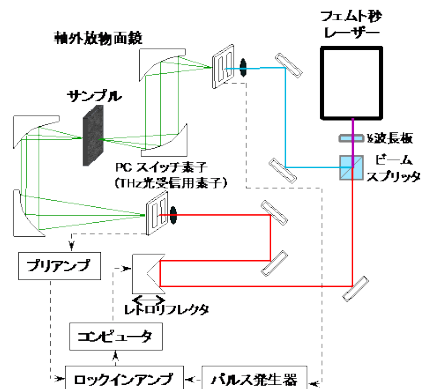


図1 テラヘルツ時間領域分光システム

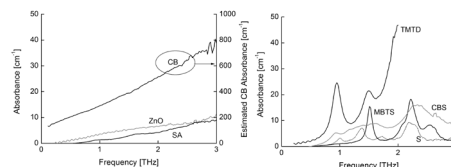
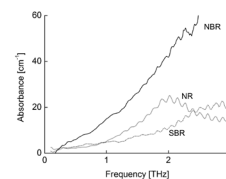


図2 生ゴムと配合剤のテラヘルツ吸収スペクトル

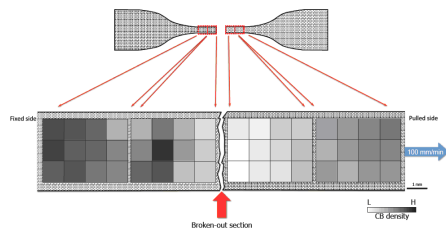


図3 ゴム引張試験片中のカーボンブラック分散の様子（黒いほどカーボンブラックが多く存在）

## 提供可能な設備・機器：

### 名称・型番（メーカー）

名称・型番（メーカー）	