

# 赤外線を用いた導電性素材の抵抗率測定に関する考察

- 電気的特性と応用に関する考察 -

04D9031 後藤 元 指導教員 齋藤 兆古教授

## 1. はじめに

本論文は導電性新素材（繊維・骨材）の物性定数で最も重要な電気抵抗率の測定方法およびそれらの応用に関する考察である。

導電性素材とは通電可能な素材であり、その主な用途は静電気防止や電磁遮蔽などである。例えば、病院や、管制塔、コンピュータ室などの通信障害を回避したい建物では電磁シールドや帯電防止のため炭素繊維を混入した外壁材でビル全体をシールドしている。また、核磁気共鳴イメージング（MRI）装置など磁気を利用し、鉄板などの影響を嫌う場合は特に、アルミニウム、ステンレス又はカーボンシールド等を使用しているが、いずれもバージン原料の高価な物質を必要とする為、コスト高になり未だ普及するには至っていないのが現状である。従来の導電性素材の多くは発熱に耐えられないため、熱エネルギーのハンドリングが不可能である。また、素材自体リサイクル性は考慮されていない。

近年は、地球温暖化で代表される環境問題が重視され、省資源、省エネルギーが叫ばれる時代的背景にある。本論文で研究題材として取り上げる導電性新素材は環境負荷となっている産業廃棄物を原料としている。このため、環境に優しい時代に相応しい素材であると言える。この新導電性素材の電気・機械的特性の中で、導電性素材として基幹物性である電気抵抗率を、赤外線の熱画像を用いた全く新しい測定法と素材の具体的な応用例に関する展望を提供することが本論文の目的である。

## 2. 電気抵抗率の赤外線測定

### 2.1 方法

赤外線とは可視光の波長よりも長く、目に見えない電磁波であり、熱線としての性質を持つ。熱エネルギーを有する物体から赤外線は必ず放射されており、赤外線の放射源はモノクロ画像の熱分布として可視化でき、熱画像を撮影する装置をサーモグラフィという。

本稿では、赤外線カメラによる電気抵抗率分布の測定を主に述べる。まず、赤外線 CCD で通電中の導電性新素材の赤外線画像を撮影する。このとき、基準温度を同時に写しこむことで、素材の正確な温度分布画像を得る。次に、導電性素材の電位分布を測定する。最後に得られた電位分布と温度画像から電気抵抗率の分布を可視化する。

### 2.2 赤外線 CCD による絶対温度分布の可視化

通常、赤外線 CCD カメラは、被写体の熱分布を自動的に最大コントラストで撮影するために、AGC(Automatic Gain Control)機能が組み込まれている。これは熱分布の走査範囲を自動的に最適化することで広範な熱分布画像を取得可能とするが、相対的な表示であるため正確な絶対温度測定を不可能とする。逆に AGC が機能しない場合、赤外線情報が欠落した可視化情報しか得られない。

この問題点を克服する方法として、温度測定対象（導電性素材）と既知の温度を有する被写体を複数、同時に撮影する。既知の温度を持つ被写体の画像を構成する画素値と絶対温度の関係を用いて、赤外線熱画像から絶対温度分布画像を得ることが可能となる。

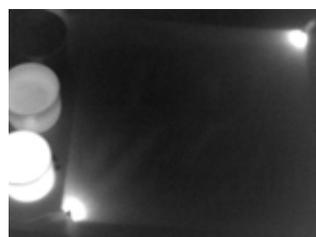


図1 基準温度と導電性繊維

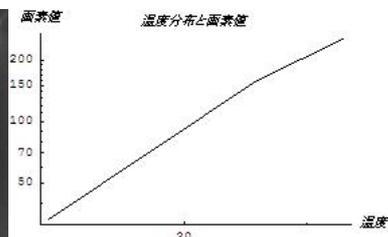


図2 温度と画素値の関係

図1は、左側の上から順に 21.8、35.5、43.5 をもつ熱湯を入れたコップと、通電中の導電性繊維の赤外線画像である。熱湯を入れたコップ、それぞれの熱画像を構成する画素値は、上から順に、255、160、33 である。自然界の熱拡散は時間・空間に対して指数関数で表わされることが多い。そこで、赤外線画像を構成する画素値と温度が指数関数的に仮定し、両者を両対数グラフで表してみる。その結果、図2に示すように、明らかに画素値と温度の関係は指数関数である。すなわち、図1のように温度が既知の対象物を同時に撮影することで、図2に示すような温度と画素値の校正曲線を得ることが可能となる。

導電性繊維、導電性骨材、それぞれの温度分布画像を図3、4に示す。

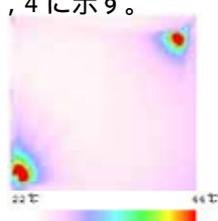


図3 導電性繊維温度画像

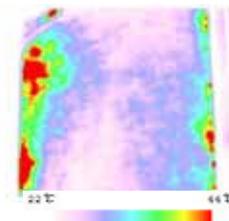


図4 導電性骨材温度画像

### 2.3 電位分布と抵抗分布

図5は通電時の導電性繊維の表面電圧分布の実測値である。図3に示す温度分布は電氣的抵抗損失分布に対応する。このため、相対的であるが図3の熱画像と図5の電圧分布画像から電氣的抵抗分布を求めることができ、その結果を図6はに示す。図6の電気抵抗分布は、電極部を除いて、均一であることがわかる。

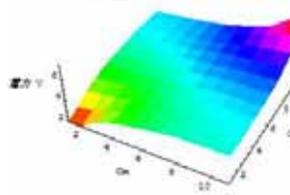


図5 電位分布

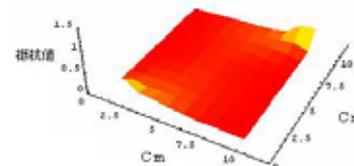


図6 抵抗分布

## 3. おわりに

本研究で取り上げた導電性繊維は、抵抗値が均一であることから、静電気防止シールドや発熱材としての応用が期待できる。他方、導電性骨材は抵抗値にムラが存在するが、その不均一性により岩盤浴などに自然な温かみを提供可能と期待できる。

### 参考文献

1) 鈴木剛, 齋藤兆古: 過度熱伝達分布測定による金属欠損の可視化, 可視化情報 Vol.27 Suppl.No.1 C211

# 赤外線を用いた導電性素材の抵抗率測定に関する考察

- 導電性新素材の基礎特性 -

04d9098 渡邊 大輝 指導教員 齋藤 兆古教授

## 1. 緒論

本論文は導電性繊維・骨材の最も重要な物性定数である電気抵抗率測定に関する研究である。

既存の導電性材料の多くは通電機能を達成することが目的であるため、発熱には耐えられない。例えば導電性ゴムなどは静電気防止が開発目的であり、また、素材そのものが資源リサイクル性は前提とされていない。この意味で既存の導電性素材の多くは地球環境に優しいとは言えない。また、建築物用導電性素材は炭素繊維を混入した外壁材が大部分であり、主として帯電防止や電磁シールドが目的とされている。このため、熱エネルギーのハンドリングは不可能である。さらに特殊な用途として、核磁気共鳴イメージング(MRI)装置など強磁場応用機器では磁界分布を乱す鉄板などの強磁性体材料は使えない。このため、アルミニウム、ステンレス又はカーボンシールド等を導電素材として使用しているが、いずれもバージン原料の高価な物質を必要とする為、コスト高になり未だ普及するには至っていないのが現状である。

本論文で取り上げる導電性素材は環境負荷となっている産業廃棄物を原料としている。このため、環境に優しい時代に相応しい素材である。この新導電性素材の電気・機械的特性の中で、導電性素材として基幹物性である電気抵抗率を赤外線の熱画像を利用して測定する技術基盤を提供することが本論文の目的である。

## 2. 電気抵抗率の赤外線測定

### 2.1 原理

赤外線は可視光の波長よりも長い波長領域の光であり、被写体の熱分布をモノクロ画像として可視化する機能をもつ。このため、サーモグラフィイとして知られる被写体の温度分布測定に広汎に使われている。

本研究では、最初に、赤外線 CCD から得られる熱画像から、熱画像中に熱電対で直接温度を測定する基準温度画像を同時に撮影することで、正確な温度分布画像を得る。次に、導電性素材中を流れる電流による熱損失が絶対温度画像の熱源になることを利用して、導電性素材中の電流分布を可視化する。最後に得られた電流分布と温度画像から電気抵抗率の分布を可視化する。

### 2.2 赤外線 CCD による絶対温度分布の可視化

通常、赤外線 CCD カメラは、被写体の熱分布を自動的に最大コントラスト撮影するために、AGC(Automatic Gain Control)機能が組み込まれている。この AGC は熱分布の走査範囲を自動的に最適化することで広範な熱分布画像を取得可能とするが、正確な絶対温度測定を不可能にしている。逆に AGC が機能しない場合は最適化された赤外線画像自身が得られない。

赤外線 CCD カメラの持つ本質的機能による問題点を克服する方法として、温度測定対象と同時に既知の温度をもつ被写体を同時に赤外線画像に写しこみ、既知の温度を撮影した画像を構成する画素値と絶対温度の関係を用いて、赤外線熱画像から絶対温度画像をえる。

図 1 は、それぞれ後列左から順に 39.0, 58.2, 65.3, 23.3, 29.2 の温度を持つ対象物の赤外線画像である。それぞれの表面熱画像を構成する画素値は、高温から順に、213, 159, 70, 32, 15 となる。これは絶対

温度と画素値は比例しないことを意味する。このため、赤外線画像を構成する画素値と絶対温度が指数関数的に関係すると仮定し、図 2 に示すように両者を両対数グラフへプロットする。図 2 から明らかに画素値と温度の関係は指数関数である。すなわち、赤外線画像に既知の温度を持つ物体を同時に撮影し、図 2 に示す温度と画素値の校正曲線を用いて熱画像から絶対温度分布画像を得ることが可能となる。

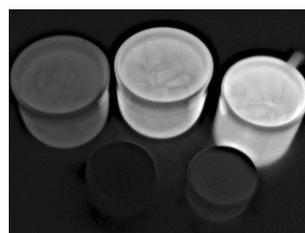


図 1 赤外線イメージ

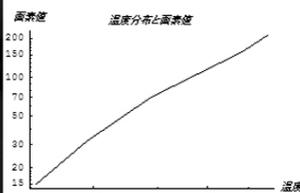


図 2 温度と画素値の関係

図 3 と図 4 はそれぞれ、導電性繊維と導電性骨材の絶対温度画像を示す。

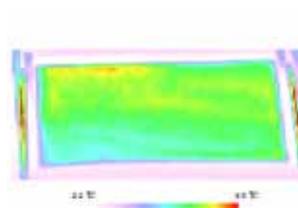


図 3 導電性繊維温度画像

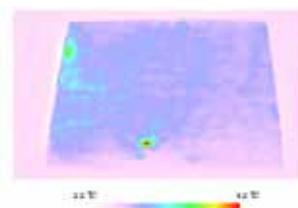


図 4 導電性骨材温度画像

### 2.3 電位分布と抵抗分布

図 5 は直流通電時の導電性繊維の表面電圧分布の実測値である。図 3 に示す絶対温度分布は導電性繊維の熱源分布、すなわち、電気的抵抗損失に比例する。このため、相対的であるが図 3 の熱画像と図 5 に示す電圧分布から電気的抵抗分布を求めることができる。図 6 は導電性繊維の抵抗分布を示す。

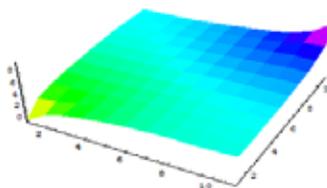


図 5 電位分布

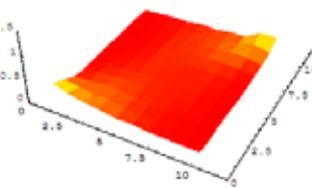


図 6 抵抗分布

## 3. 結論

本論文では、赤外線 CCD を用いた導電性繊維の抵抗分布測定を行い、原理的には赤外線 CCD で導電性素材の抵抗率が測定可能であるが、対象の厚みが無視できる 2 次元形状に限定される問題点が判明した。

## 参考文献

1) 鈴木剛, 齋藤兆古: 過度熱伝達分布測定による金属欠損の可視化, 可視化情報 Vol.27 Suppl.No.1 C211