



X線CT測定

岡田 詩歩， 渡邊 将太
名古屋大学, (株)U-MAP

キーワード：複合樹脂材料， AlN ウィスカー， 高熱伝導， 配向性

1. 背景と研究目的

近年、電子デバイスの小型化・高集積化に伴い、発熱の増大が問題となっており、絶縁性高熱伝導複合樹脂の開発が必要不可欠である。本研究ではフィラーとして絶縁性・高熱伝導性・高アスペクト比を有する繊維状窒化アルミニウム(AlN ウィスカー)を用いた。AlN ウィスカーはアスペクト比が高いため、樹脂中でフィラー同士が接触しやすい。本研究では、フィラーがネットワーク構造を形成しやすく、かつ、厚み方向に配向しやすいよう成型方法を工夫しており、厚み方向の熱伝導率が向上している。BL8S2を用いて、繊維状フィラーの配向性の定量評価手法の確立を試みた。

2. 実験内容

作製した試料を 1 mm×1 mm 程度に切り出し、試料ホルダー上に紫外線硬化樹脂を用いて固定した。試料ホルダーを測定台にセットし、位置の調整を行った。パソコン上で位置、回転軸の調整を行い、測定台を回転させながら試料に白色 X 線を照射した。透過した X 線を CMOS カメラで測定し、透過像を得た。測定時の露光時間は 20 msec とし、1つの試料につき計 1801 枚(180°撮影)の透過像を得た。これを再構成することにより CT 像を得た。また、試料の透過像を得る前に試料をセットしていない試料台を撮影し、バックグラウンドの透過像を得た。

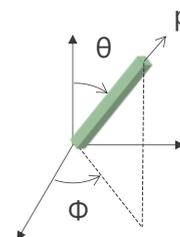
3. 結果および考察

複合樹脂中の繊維状フィラーの配向性を定量評価する手法として、配向テンソルを用いた。配向テンソルの導出について、Fig.1 に概要を示す。ある繊維について、 p_1, p_2, p_3 を求める。任意の方向を i, j とし、解析領域内に含まれるすべての繊維についての積 $p_i p_j$ の平均を $\langle p_i p_j \rangle$ とすると、配向テンソルは次のように表される。

$$A = \begin{bmatrix} \langle p_1 p_1 \rangle & \langle p_1 p_2 \rangle & \langle p_1 p_3 \rangle \\ \langle p_2 p_1 \rangle & \langle p_2 p_2 \rangle & \langle p_2 p_3 \rangle \\ \langle p_3 p_1 \rangle & \langle p_3 p_2 \rangle & \langle p_3 p_3 \rangle \end{bmatrix}$$

特に、直交する3つの主軸方向に、繊維が配向している割合として対角成分で代表させる場合がある。本研究では、厚み方向の配向性を確認するために、 $\langle p_3 p_3 \rangle$ を確認している。

ただし、実際の解析においては、繊維状フィラーはネットワーク構造を形成しているため、繊維状フィラーのベクトル成分 p_1, p_2, p_3 を求めるのは容易ではない。まず繊維状フィラーをネットワーク構造から分離して検出する必要がある。完結に手順を示す。フィラーの X 線 CT 像を二値化することで、0 と 1 からなる三次元配列となる。こうして得られた繊維状フィラーが形成するネットワーク構造に対し、細線化処理を行い、ネットワーク構造の幅を 1 ボクセルにする。さらに、細線同士の交点を調べることにより、ネットワーク構造から個々の繊維状フィラーを分離することが可能であり、個々の座標を取り出すことが可能である。



$$p = \begin{pmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\phi \sin\theta \\ \sin\phi \sin\theta \\ \cos\theta \end{pmatrix}$$

Fig.1 配向テンソル導出の概要