

- 平成8年度入学 大学院博士後期課程 物質工学専攻（材料物理工学講座）

氏名 永田 紳一（Shinichi NAGATA）

論文題目：誘電率を用いた複合材料の構造解析

英訳題目： Analysis of structure for composite materials by using the dielectric constant

### Abstract

The orientation and the crystallinity are very important for analyzing the higher-order structure of polymer materials and several studies have been conducted on them. Typical methods such as X-ray diffraction, birefringence, infrared dichroism, polarized fluorescence and ultrasonic velocity have been used for measuring the orientation. But X-ray diffraction method can't measure the orientation of amorphous part and is not suitable for quite unknown samples. Birefringence can't be applied to opaque materials. Infrared dichroism is not applicable to thicker materials. Polarized fluorescence, which is not popular these days, costs much time and labor. Ultrasonic velocity method demands more large samples and is not suitable for thinner materials. Thus each of these methods has its merits and demerits and is selected according to its merits in reality.

In these circumstances, this dissertation focused on the anisotropy of dielectric constant. This anisotropy is mainly caused by two factors. One is anisotropy of electronic polarization, which also causes the birefringence. The other is that caused by the shape of the island in the island-sea structure. The latter was mainly studied in

this dissertation because all conventional method can't measure it. In the island-sea structure, anisotropy of dielectric constant appears in totality if the shape of dispersed phase is slender and the dielectric constant shows a maximum in the direction of the long axis. This phenomenon holds even though both the dispersed phase and the matrix are isotropic. For example, non-woven of glass fiber, foamed plastics and conductive rubber with carbon generally have anisotropy of dielectric constant. If the shape of dispersed phase is specially elliptic, maximum and minimum of macroscopic dielectric constant can be formulated by using the volume fraction, eccentricity and dielectric constant of matrix and dispersed phase.

In order to measure the dielectric constant and the orientation, microwave method was used. By using the relation between the dielectric constant and the shape of dispersed phase in the island-sea structure, the structure of composite materials was analyzed from the viewpoint of anisotropy of dielectric constant.

---

## 和文要旨

高分子材料の高次構造解析において配向および結晶化度は重要であり、従来より多くの研究が報告されている。配向測定には、X線回折、複屈折、赤外二色性、偏光蛍光法および超音波法などが従来から用いられている。しかし、X線回折は、結晶部の配向は測定できるが、非晶部の配向は測定できないし、試料が未知で結晶面などが確定できない場合も測定が難しい。複屈折は、不透明物質の測定は難しく、赤外二色性は試料が厚いと測定できない。偏光蛍光法は、最近はあまり用いられなくなったが、多くの時間と労力が必要とされる。超音波法は比較的大きな試料面積が必要であり、薄いものは測定が難しい。このように従来法にも一長一短があり、それぞれの特長に合わせて測定方法を選んでいるのが現状である。

このような状況下で、本論文では誘電率の異方性に着目した。誘電率の異方性が発現する要因は大きく分けて2つある。一方は電子分極の異方性によるものであり、これは複屈折の発現要因にもなっている。他方は海島構造における島の形状に起因するものである。従来の測定方法では後者に関しては測定が難しくほとんど報告もされていないため、主に後者について研究を行った。

海島構造において、島の形状が細長いものであれば全体として見た誘電率には異方性が発現し、島の長手方向の誘電率が最大となる。この現象は海および島の両方が等方性であっても成立する。例えば、ガラス繊維不織布、プラスチック発泡体あるいはカーボン混入の導電性ゴムなどは島の形状によって誘電率の異方性が発現する。特に島の形状が楕円体の場合は、全体としての誘電率の最大値および最小値は海および島の誘電率、楕円体の離心率および島の体積分率によって定量的に表される。

本論文では、この巨視的な誘電率を測定するためにマイクロ波法を用い、海島構造における分散相の形状と巨視的な誘電率との関係式を用いることにより、誘電率の異方性という視点から複合材料の構造解析を行った。