

研究タイトル:

材料の異方的変形特性に関する離散 Finsler 幾何モデルによる研究



氏名:	鯉淵 弘資 / KOIBUCHI Hiroshi	E-mail:	koi-hiro@sendai-nct.ac.jp
職名:	嘱託教授	学位:	博士(理学)

所属学会・協会:

キーワード: 材料物性(ポリマー, セラミクス, 金属など), 数学的モデリング, 離散 Finsler 幾何, 流体

技術相談: ・(ある程度までは説明されている)複雑すぎてよく分からない物理現象の数学的モデリング

提供可能技術:

研究内容:

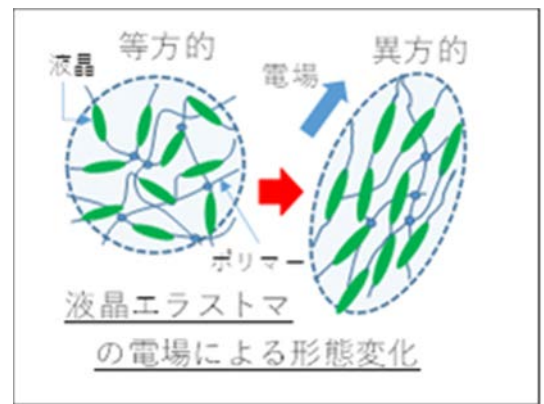
具体的な例としては液晶エラストマー(LCE)というゴム分子に液晶分子が化学結合した物質で, LCE はその液晶分子の向きに応じて異方的に変形する。液晶分子の向きは外部電場などで制御できるためその変形も制御することができるが, その理論的な計算が難しいのは容易に想像できる。このような複雑な現象を簡単に計算できるのが筆者らが開発してきた離散 Finsler 幾何モデルである。

その基本的な考え方を述べたい。LCE の変形は弾性変形であるから, 弾性エネルギーによって理解するのが分かりやすい。その弾性エネルギーは, ばねにおける $(1/2)kx^2$ のように, 3次元のLCEでも「弾性係数 x 分子間距離の2乗」の積分または和の形になる。そのLCEの弾性エネルギーは, LCEが液晶分子の方向に依存して変形することから, 液晶分子の向きに依存していなければならない。

しかし, 長さの2乗の部分は液晶分子の位置のみに依存するため, 弾性エネルギーが方向依存になるとすれば弾性係数の部分になるはずである。この考えを推し進めると, 弾性係数は液晶の位置と向きに依存していなければならないことになる。ではどうすればそのような状況が自然に説明できるか? その一つの答えは, 材料内部の長さの単位を決める計量が液晶分子の向きに応じて変化すると考えることである。このように考えると, 図のような変形がうまく説明できる。実際, Finsler 幾何モデルによる LCE の弾性エネルギーは, 分子間の距離の2乗だけでなく弾性係数も, LCEの変形に依存して変化する。さらに弾性係数が小さい(大きい)ところでは分子間の距離が大きく(小さく)なる。これにより, 弾性係数は液晶分子の向きの揺らぎで決まる様々な分子間距離で平均されるというメカニズムが働く。このことから, 弾性エネルギーのその場所での平均値, さらに, LCE全体の弾性エネルギーが決まり, マクロな変形が決まる。

マクロには複雑に見える現象もミクロな現象に分解できると仮定すると, そのミクロな現象に関しては単純に計算できるため, その結果を集めるとマクロな性質が分かる。ここで基本的なのは, 物質の「マクロな性質」が, その物質に分布して場所によって変化するような「ミクロな物理量」に依存して変化する, という事実である。実は, このようにして決まるマクロな性質は, そのミクロな物理量が方向自由度を持っているかどうかというようなことには無関係であり, しかも, そのミクロな物理量の原子や電子に関連する細かい情報には依存しない。これが簡単に計算できるという意味である。

この Finsler 幾何モデルの考え方は方向依存の現象を扱う Finsler 幾何の考え方を応用したもので, それは方向に依存しない均一な場合を含む一般的な方法である。これまでいくつかの問題に適用されてきたが, 更に多くの問題に適用可能と考えている。



提供可能な設備・機器:

名称・型番(メーカー)

Studies on anisotropic deformation characteristics of materials by discrete Finsler geometry modeling



Name Hiroshi Koibuchi E-mail koi-hiro@sendai-nct.ac.jp

Status Part-time professor

Affiliations

Keywords

Material characteristics (polymers, ceramics, metals), Mathematical modeling, Discrete Finsler geometry, Fluids

Technical Support Skills

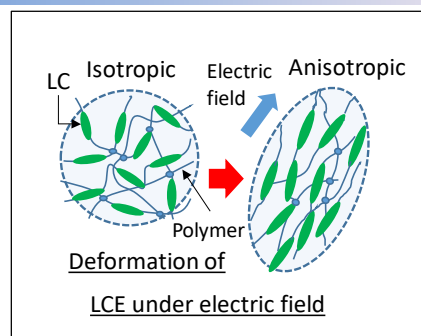
- Mathematical modeling of physical phenomena, which are too complex to calculate (but partly understood)

Research Contents

The so-called liquid crystal elastomer (LCE), as a concrete example, is a chemical compound of polymers and liquid crystals and anisotropically deforms depending on the direction of LC molecules. The direction of LC can be controlled by electric fields, and hence, the deformation of LCE can also be controlled. However, it is almost clear that the theoretical calculation of deformation is a very hard task. To such a complex phenomenon, an applicable technique is the discrete Finsler geometry (FG) model, which has been developed by the authors.

I would like to express the outline of basic idea. Since LCE undergoes elastic deformation, it is better to use elastic energy. The elastic energy, like the spring energy $(1/2)kx^2$, is of the form of the sum of “elastic constant x squares of distance between molecules”. This elastic energy should be dependent on the LC direction, because LCE deformation is dependent on the LC direction. However, since the latter part “squares of distance” depends only on the LC position, the former part “elastic constant” should be dependent on LC direction, otherwise the elastic energy has to be direction-independent. Pushing forward this consideration further, we find that the elastic constant is dependent on both position and direction of LC molecules. Then, how should we naturally explain such a situation? One possible answer is to consider that the metric for length unit inside the material varies depending on the direction of LC molecules. Then, the deformation like shown in the figure can be well understood. Indeed, the elastic energy of FG model of LCE becomes dependent on not only the squares of distance but also the elastic constant. Moreover, the distance becomes larger (smaller) for the small (large) elastic constant. From this, the elastic constant is automatically determined by averaging over scales of molecular distance altered by fluctuations of LC direction.

If a phenomenon, which looks macroscopically complex, is assumed to be decomposed into microscopic phenomena, each microscopic phenomenon is easy to calculate, and therefore, the macroscopic property can be clarified by summing over those obtained microscopic results. The basic point here is the fact that the macroscopic property varies depending on some position-dependent microscopic physical quantity inside the material. Actually, the macroscopic property obtained like this, in the FG modeling, is independent of not only whether the microscopic quantity has a directional degree of freedom but also the detailed information of its physical process. This is the reason for why FG modeling technique is considered to be implemented easily in many models for physical phenomena.



Available Facilities and Equipment
