

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：32708

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K05654

研究課題名（和文）フレクソエレクトリック分極を架橋固定した液晶エラストマーの開発と人工筋肉への応用

研究課題名（英文）Electric-field-induced deformation of liquid crystalline elastomers with flexoelectric polarization

研究代表者

平岡 一幸 (Hiraoka, Kazuyuki)

東京工芸大学・工学部・教授

研究者番号：50267530

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：ポリシロキサンを主鎖とし楔型メソゲンと側鎖とする液晶エラストマーを用いた。引っ張り変形下の架橋によりネッキングによる広がり変形に伴うフレクソエレクトリック分極の固定化に成功した。馬蹄変形試料では厚さ方向に広がり変形した試料が得られ、それに伴うフレクソエレクトリック分極の固定化に成功した。せん断変形試料では試料全体が曲がり変形となり、変形によるフレクソエレクトリック分極の固定化に成功した。ビベンゾエートをメソゲンとする主鎖型液晶ポリエステルにおいて、低倍率延伸ではスメックチック層が延伸方向に配向し、高倍率延伸ではメソゲンが延伸方向に配向することを見出し、延伸による配向回転の詳細を研究した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

変形過程下（引っ張り変形、馬蹄変形、せん断変形）において架橋することで、配向ベクトルが広がり変形状態もしくは曲がり変形状態で固定され、フレクソエレクトリック効果による分極を有する液晶エラストマーを得る方法を確立した。この人工的な自発分極を持つエラストマーは、アクチュエーターや人工筋肉用材料として期待される。ビベンゾエートをメソゲンとする主鎖型液晶エラストマーを8.7倍延伸した試料を作成し、延伸倍率により配向方向が90°回転することを見出した。この新たな配向回転は、今後の機能性有機材料の開発研究に有益な基礎科学的な知見である。

研究成果の概要（英文）：Flexoelectric polarization was investigated in liquid crystalline elastomers composed of wedge-shaped mesogens prepared in cross-linking under uniaxial deformation, under horseshoe-shaped deformation, and under shear deformation. X-ray diffractometry revealed that the orientational order remained at about $S = 0.2$ even in the temperature region of the isotropic phase designated tentatively as the pseudo-isotropic phase. In addition, X-ray diffractometry also revealed that splay distortion of director was induced in uniaxially deformed and shear deformed elastomers, and that bend distortion occurred in the horseshoe-shaped deformed elastomer. The electric charge due to the flexoelectric effect was confirmed in the pseudo-isotropic phase of these elastomers, while almost no electric charge was observed in the smectic A phase. We concluded that the macroscopic polarization due to the flexoelectric effect was fixed in the liquid crystalline elastomers with splay and/or bend distortion.

研究分野：化学

キーワード：液晶エラストマー 液晶 高分子 フレクソエレクトリック効果 自発分極 ネマチック液晶 広がり変形 曲がり変形

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

従前より、フレクソエレクトリック効果による分極の発現は良く知られていたが ([1] P. G. de Gennes and J. Prost, *The Physics of Liquid Crystals 2nd ed.*, Oxford Science Publications (2003) pp. 135-139. など) この効果は液晶の流動性によりすぐ消失するため、フレクソエレクトリック効果による分極を用いた機能材料の研究は殆ど検討されてこなかった。

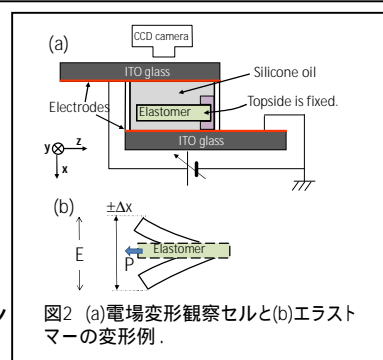
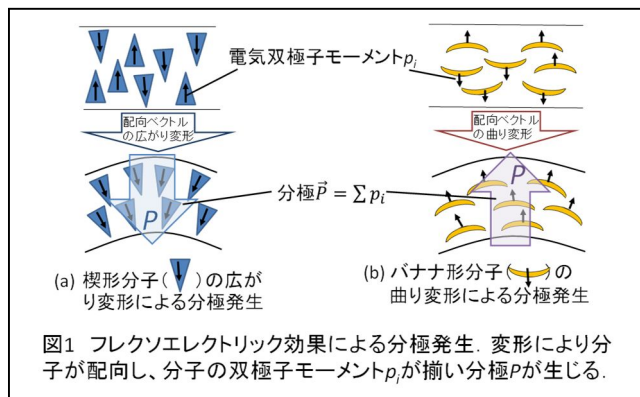
本提案では、図 1(a)に示した大きなフレクソエレクトリック効果が期待される「楔型メソゲン」や図 1(b)の「バナナ型メソゲン」を側鎖に導入した高分子液晶を、曲り変形や広がり変形下で架橋反応することで、フレクソエレクトリック効果により発生した分極を固定した「自発分極を有する液晶エラストマー」の合成を目指した。

その上で、固定した分極の電界応答を利用した電界誘起変形機能を有する液晶エラストマーの開発を目指した。具体的には図 2 に示した実験装置を用いて

(a)観察セルと(b)自発分極 P に起因する電場誘起変形 Δx の観察を計画した ([2] K. Hiraoka *et al.*, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **646** (2017) 168.)

本提案の「自発分極を有する液晶エラストマー」は自発分極の電場応答を用いるため、従前の電歪誘電ゴムに比べより低い電場による変形機能の付与が期待できるため、実用可能な低電場駆動に焦点を当て、人工筋肉やソフトアクチュエーターに用いる自発分極を持つ液晶エラストマーを開発し実用材料の試作を目指した。

本研究開始当初の段階において、ビベンゾエートをメソゲンとするスメクチック相を呈する主鎖型液晶ポリエステルが低倍率の延伸ではスメクチック層が延伸方向に配向し、高倍率の延伸ではメソゲン分子が延伸方向に配向することを見出したので、「スメクチック液晶高分子の延伸機構の解明」についても本研究の推進テーマとして加えた。



2. 研究の目的

液晶エラストマーは「液晶の異方的機能」と「ゴム弾性などエラストマーの力学的性質」を併せ持つ材料である。液晶に特有なフレクソエレクトリック効果は変形により分極が発現する現象であり (図 1 参照) 通常、液晶の流動性のため発現後すぐに消失する。本研究では液晶エラストマーが液状ではなくソフト固体であることに注目し、フレクソエレクトリック効果を架橋により固定した自発分極を持つ液晶エラストマー合成し、電場で駆動できる人工筋肉やソフトアクチュエーター用材料の設計と試作を行うことを目的とした。具体的には、ポリシロキサン高分子主鎖に楔型メソゲンであるコレステロール誘導体を側鎖として導入し、広がり変形や曲り変形下で架橋することで自発分極をもつ液晶エラストマーを合成し研究を推進した。

上述のように、従前よりフレクソエレクトリック効果による分極の発現は良く知られていたがこの効果は液晶の流動性によりすぐ消失するため、フレクソエレクトリック効果による分極を用いた機能材料の研究は殆ど検討されてこなかった。

本提案では、図 1(a)に示した大きなフレクソエレクトリック効果が期待される「楔型メソゲン」や図 1(b)の「バナナ型メソゲン」を側鎖に導入した高分子液晶を、様々な変形下で架橋することにより配向ベクトルの曲り変形 (bend) や広がり変形 (splay) を固定し、フレクソエレクトリック効果により発生した分極が固定された「自発分極を有する液晶エラストマー」を合成することを目的とした。

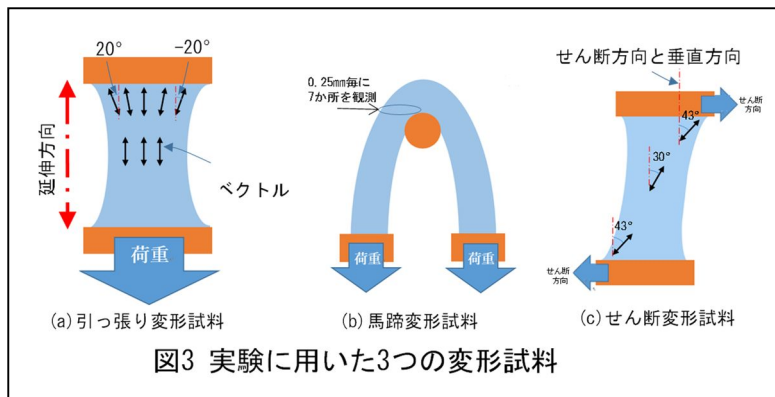
3. 研究の方法

(1) 液晶エラストマーの合成と配向試料の作成

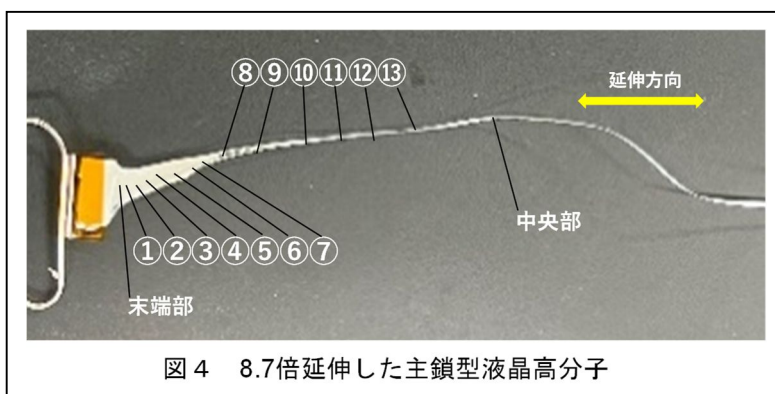
「ポリシロキサンを主鎖とした側鎖型液晶エラストマー」と「ポリエステル系主鎖型液晶高分子ならびに液晶エラストマー」を主な試料とした。

前者は主鎖ポリマーにポリメチルヒドロシロキサンを用い、反応性メソゲンとしてコレステリック相及びキラルスメクチック A (SmA^* : * はキラルの意味) 相を呈するコレステロール誘導体モノマー (undecylenic acid cholesteryl ester) を、架橋剤 (クロスリンカー) には二官能性の undecylenic acid 4-undec-10-enoyloxy-phenyl ester (以下、U10) を用いた。これらをヒドロシリル化反応により主鎖ポリマーに側鎖として導入した。尚、このコレステロール誘導体モノマーは分子長軸方向に 1.1 D 程度の電気双極子モーメントを持つことを、Gaussian 09 Revision E.01 の PM6

法を用いた計算により確認している（図 1 参照）。試薬をトルエン溶媒に溶かし、GELEST.INK 製白金触媒（Platinum-Divinyl Tetramethyl-Disiloxane Complex 50°C以下活性）をトルエンで 10 倍希釈した溶液（72 μ l）を加え、回転速度 6000 rpm、温度 48°C、合成時間 6 時間の条件で遠心しながら反応させフィルム化し、架橋反応完了前に合成物を取り出し、その後、応力印加架橋を行った。具体的には、フレクソエレクトリック効果による分極発現が期待できる配向ベクトルの広がり変形（splay）や曲がり変形（bend）を有する試料を得るために、(a)引っ張り変形下で架橋した試料、(b)馬蹄変形下で架橋した試料、(c)せん断変形下で架橋した試料、の三種類の試料を作成した（図 3）。



後者は、メソゲンとして Dimethyl 4,4'-biphenyldicarboxylate を、柔軟鎖としてアルキルジオールを、光架橋剤として Dimethyl 1,4'-phenylenediacrylate を用い、触媒として Titanium tetraisopropoxyde を加え窒素雰囲気下、230°Cの条件で 8 時間溶融重合し前駆体高分子を合成した。得られた試料をホットステージ上で 200°Cまで加熱し溶融させフィルム状試料を作成した。作成したフィルム状試料を 180°Cに昇温した定温乾燥機内で、クリップを錘として延伸させ配向を施した（図 4）。延伸した試料を 10 分間の UV 照射によって光架橋を施し液晶エラストマー試料を得た。



(2) 配向状態と相転移挙動の評価

得られた試料について、X線回折、偏光顕微鏡観察、さらに赤外分光分析法を併用し、配向条件と配向秩序（スメクチック層と層内メソゲン分子の両方における配向秩序）との関係を定量的に評価した。

相転移挙動を検討するため、示差走査型熱量測定（DSC）、熱機械分析（TMA）、X線回折、ならびに顕微鏡観察を行った。

(3) フレクソエレクトリック分極の評価

分極の発生の確認するため、KISTLER 製の Charge Meter Type 5015 を用いてサンプルの電荷量を測定した。電極に用いたワニ口クリップ接触面積は 1.5mm²であった

4. 研究成果

(1) 引っ張り変形下で架橋した試料の配向状態とフレクソエレクトリック効果

本研究では「ポリシロキサンを主鎖とした側鎖型液晶エラストマー」を用いた。用いるコレステロール誘導体メソゲンが大きなフレクソエレクトリック効果の期待できる楔型形状を持ち、かつ分子長軸方向に電気双極子モーメントを持つことに注目した。引っ張り変形下で架橋した試料について偏光顕微鏡観察と X 線回折により配向状態を評価するとともに分極の測定を行った（図 3(a)参照）。

引っ張り変形は、試料中央部は均一に一軸延伸されるが、上下末端部はネッキングにより試料自体が扇状に広がった形状となった。クロスニコル下の偏光顕微鏡観察により、均一に延伸された試料中央部は、サンプルステージの角度 $\theta = 45^\circ$ において最も明るくなり、 90° で暗くなることから、配向ベクトルが引っ張り方向に均一に一軸配向していることが確認された。

一方、ネッキングにより扇状となった試料の上部末端部の偏光顕微鏡観察では、左端部分ではステージを 25° 回転したときに最も明るくなり 70° で暗くなることから、延伸方向から $+20^\circ$ 傾いた方向に配向していることが分かった。また、上部末端部の右端部分では、ステージを 65° 回転したときに最も明るくなり 20° で暗くなることから、延伸方向から -20° 傾いた方向に配向していることが分かった。以上より扇型形状となった試料末端部は広がり変形していることが偏光顕

微鏡観察によりわかった。

室温の X 線回折では観察した全ての写真において広角側にメソゲンの散乱が、小角側にスメクチック層の反射が確認でき層とメソゲンのピークの位置が直交していることから SmA 構造であることが分かった。また、メソゲンの方位角プロファイルから求めた室温における配向秩序パラメータは $S = 0.5 \sim 0.81$ 程度であった。DSC より求めた融点 (概ね 110) 以上においても、 $S = 0.2$ 程度の配向秩序が残ることが確認された。X 線回折の方位角プロファイルからも、試料中央部は配向ベクトルが引っ張り方向に均一に一軸配向しており、試料末端部が広がり変形していることが確認された。

室温から 160 の温度範囲で試料の表面電荷を測定したところ、試料中央部は測定温度範囲内では表面電荷の発生は確認できなかった。一方、広がり変形した試料末端部では、SmA* 相の温度領域ではほとんど表面電荷は発生しないが、配向秩序パラメータが 0.2 程度残る等方相 (以下、擬似等方相と記す) ではフレクソエレクトリック効果による分極を反映した -809 pC/mm^2 の表面電荷が観測された。

(2) 馬蹄型変形下で架橋した試料の配向状態とフレクソエレクトリック効果

本研究においても、前節「(1) 引っ張り変形下で架橋した試料の配向状態とフレクソエレクトリック効果」と同じ試料である「ポリシロキサンを主鎖とした側鎖型液晶エラストマー」を用いた。前節と同様に試薬をトルエン溶媒に溶かし白金触媒を加え、遠心機の中で遠心しながら反応させフィルム化し、架橋反応完了前に合成物を取り出した (回転速度 6000 rpm、温度 48°C、合成時間 6 時間)。図 3(b) に示すように取り出した長方形のフィルム状試料を直径 5 mm の銅棒にサンプルをまたがせ、試料の両端に荷重をかけることで馬蹄変形させた状態で架橋を完了させた。この馬蹄型変形下で架橋した試料 (以下、馬蹄変形試料) について、X 線回折により配向状態を評価するとともに分極の測定を行った。

厚さ方向に 0.25 mm 間隔で 7 カ所 (外側から ~) について X 線回折を行い、配向ベクトルの厚さ方向の変化を検討した。尚、試料の厚さは 1.5 mm である。X 線を照射した際は 0.4mm 直径のスリットを用いた。下記は、測定結果の概要である。

記

外側表面近傍：馬蹄変形した試料の表面に最も近い では、メソゲンが表面方向と平行に並んでいる (スメクチック層は垂直)。

表面から 0.25 mm：表面より少し内部に入ると、メソゲンが表面方向と平行に並んだ領域 (領域 1) と、そこから 65° 回転した異なる領域が現れた (領域 2)。ピーク強度から領域 1 と領域 2 の割合は 3 : 1 と推定した。

表面から 0.5 mm： においても 2 つの領域が確認され両者の割合は 2:2 と同程度であった。

表面から 0.75 mm： は曲がり変形した試料のほぼ中央部であり、2 つの領域の割合は 1:3 となり、メソゲンが表面と平行に並んだ領域よりも 65° 回転した領域の方が支配的となった。

~ 内側表面近傍： から は外側の表面より内側の表面の影響が支配的となり、内側の表面に最も近い の領域では内側の表面にメソゲンが平行な領域の割合は 75% を占めた。

以上。

以上の結果から、室温の SmA* 相の温度領域では配向方向の異なる 2 つのドメインが存在することがわかった。 $S = 0.2$ 程度の擬似等方相の領域ではスメクチック層が無くなり、2 つのドメインが配向ベクトルの変形を介して連続的につながる。そのため表面では表面方向と平行だったメソゲンが内部に入るにしたがって広がり変形して行くと推察され、それに伴いフレクソエレクトリック分極の発生が期待される。この馬蹄型変形下で架橋した試料について室温から 160 の温度範囲で試料の表面電荷を測定したところ、室温ではほとんど表面電荷は観測されないが、擬似等方相ではフレクソエレクトリック効果による分極を反映した -1400 pC/mm^2 の表面電荷が確認された。

(3) せん断変形下で架橋した試料の配向状態とフレクソエレクトリック効果

液晶エラストマーは液晶の異方性とポリマーネットワークの力学的性質を併せ持つ材料である。従来の液晶性物質 (ネマチック液晶) では、広がり、ねじれ、曲がりの 3 つの変形が知られているが、流動性のため変形状態はすぐに消滅する。一方、液晶エラストマーではこれらの液晶の変形を架橋により固定化できる。本研究では、せん断応力下で架橋することにより、液晶特有のこれらの変形の固定化を試みた。さらに楔形メソゲンを用いることでフレクソエレクトリック効果により発生した分極の固定化も検討した。

用いた試料は、前節までの「(1) 引っ張り変形下で架橋した試料の配向状態とフレクソエレクトリック効果」ならびに「(2) 馬蹄型変形下で架橋した試料の配向状態とフレクソエレクトリック効果」と同じ「ポリシロキサンを主鎖とした側鎖型液晶エラストマー」を用いた。前節までと同様に試薬をトルエン溶媒に溶かし白金触媒を加え、遠心機の中で遠心しながら反応させフィルム化し (回転速度 6000 rpm、温度 48°C、合成時間 6 時間) 架橋反応が完了する前にトルエンにより膨潤した試料を遠心機から取り出した。その後、図 3(c) に示すようにせん断変形を加えな

から架橋反応を続け(24時間)反応を完了させて試料(以下、せん断変形試料)を作成した。このせん断変形試料について偏光顕微鏡観察とX線回折により配向状態を評価するとともに分極の測定を行った

せん断変形試料における配向ベクトルの変形を確認するため、クロスニコル下で偏光顕微鏡観察を行った。せん断変形試料の右上の末端部点では、サンプルステージの角度が $\theta = 47^\circ$ の時に最も暗く、 $\theta = 2^\circ$ で最も明るくなったので、せん断方向の法線方向から 43° 傾いて配向していることがわかった。試料中心部では、 $\theta = 30^\circ$ の時に最も暗く、 $\theta = 75^\circ$ の時に最も明るくなり、せん断方向の法線方向から 30° 傾いて配向していることがわかった。さらに試料の左下の末端部では、 $\theta = 47^\circ$ の時に最も暗く、 $\theta = 2^\circ$ の時に最も明るくなったので、せん断方向の法線方向から 43° 傾いて配向していることが分かった。以上より、せん断変形試料は試料全体で曲がり変形していると考えられる。

X線回折では広角側にメソゲン分子の散乱が小角側にスメクチック層の反射が確認され、メソゲンと層のピーク位置が直交していることからSmA構造であることが確認された。X線回折像におけるメソゲンの方位角プロファイルから、配向ベクトルがせん断方向の法線から 38.3° 傾いていることがわかり、偏光顕微鏡観察の結果とほぼ一致した。また、試料中心部では 30° 、試料の左下の末端部では 41.3° 傾いており、これらの結果も偏光顕微鏡観察の結果とほぼ一致し、せん断変形試料は試料全体で曲がり変形していることが確認できた。

試料全体が曲がり変形していることからフレクソエレクトリック分極の発生が期待されるので、前節までと同様に、せん断変形試料についても室温から160の温度範囲で試料の表面電荷を測定したところ、室温ではほとんど表面電荷は観測されないが、擬似等方相ではフレクソエレクトリック効果による分極を反映した -1172 pC/mm^2 の表面電荷が確認された。

(4) 延伸下における光架橋型主鎖型液晶エラストマーの配向挙動

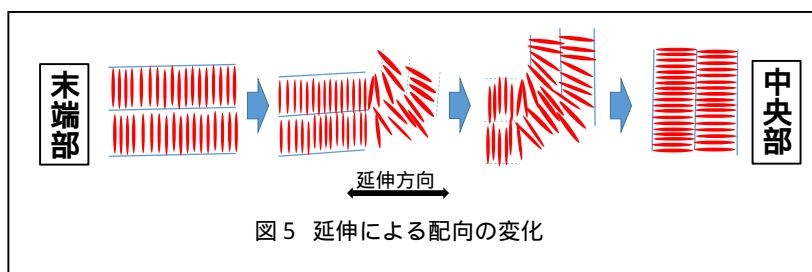
(4.1) 緒言；液晶エラストマーは液晶の異方性とポリマーネットワークの力学的性質を併せ持つ新しい材料である。特に高分子性と液晶性が直接カップリングした主鎖型液晶エラストマーの配向試料は、液晶相-等方相間で大きな自発変形を示すことで注目されている。本研究では光架橋型主鎖型液晶エラストマーの高延伸試料を作成し、その配向挙動と伸縮性について検討した。光架橋前の前駆体高分子を8.7倍に延伸し、X線回折で配向を調べた。さらに配向試料を光架橋し液晶エラストマーの作成を試みた。

(4.2) 液晶エラストマーの合成と配向試料の作成；合成に用いた試薬を次に示す。メソゲンとしてDimethyl 4,4'-biphenyldicarboxylateをモル比1に対し、柔軟鎖として1,6-hexanediolを0.9、3-methyl 1,5'-pentanediolを0.7、光架橋剤としてDimethyl 1,4'-phenylenediacylateを0.2用い、触媒としてTitanium tetraisopropoxydeを加えて窒素雰囲気下、 230°C の条件で8時間溶融重合し前駆体高分子を合成した。得られた高分子をクロロホルムで溶解させた後、メタノールを加え沈殿させ吸引濾過を行い精製した前駆体高分子を得た。その後、得られた試料をホットステージ上で 200°C まで加熱し溶融させフィルム状試料を作成した。作成したフィルム状試料を 180°C に昇温した定温乾燥機内で、クリップを錘として延伸させ配向を施した。延伸させた試料を10分間のUV照射によって光架橋を施し液晶エラストマー試料を得た。

(4.3) X線回折測定による液晶エラストマーの配向状態の評価；延伸した液晶エラストマーの配向状態を確認するため、図4に示す試料の末端部と中央部の2か所についてX線回折測定を行った。試料末端部では層の配向を示す小角のピークが延伸方向から 86° 及び 270° に存在し、スメクチック層が延伸方向に平行に配向していることが分かる。また分子の配向を示す広角のピークは 169° 、 350° に出ており分子は延伸方向に垂直に配向していることが確認できる。一方、試料中央部では小角のピークが 176° 及び 358° に存在し、層法線が延伸方向に平行に配向していることが分かる。一方で広角のピークは 86° 、 263° に出ており分子は延伸方向に平行に配向していることが確認できる。以上より、試料末端部と中央部の結果を比べると層と分子の配向が 90° 回転していることが確認された。

(4.4) スメクチック層と分子の配向挙動の検討；前述の結果より測定部位の違いによって層と分子の配向が 90° 回転していることが分かった。配向の回転の詳細を調べるため、末端部から中央部を13カ所に細分化しX線回折測定により構造を調べた(図4参照)。測定部～では小角(層の反射)と広角(メソゲンの散乱)に四つのピークが現れるが、これは層と分子が均一の配向ではなく方向の異なる2種類の配向が共存していることを示している。末端近傍の測定部では延伸方向に沿って層が配向している部分が多いが、測定部からへ進むにつれて配列

構造が回転し延伸方向に層法線が配向する領域が増加する。中央の測定部では完全に元の構造から 90° 回転した配向になっていることが分かった。図5に延伸による配向変化をまとめた。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Kazuyuki HIRAOKA, Toshio ISHIHARA, Hiroyuki MINAMI, Shiori TAIRA, Seiryu KOMESU and Katsumi YAMADA	4. 巻 49
2. 論文標題 Spontaneous polarisation due to flexoelectric effect in liquid crystalline elastomers prepared by cross-linking under splay distortion	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Liquid Crystals	6. 最初と最後の頁 2051-2057
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/02678292.2022.2095676	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hiraoka, K.; Ishihara, T.; Minami, H.; Taira, S.; Yamada, K.; Hiejima, T.	4. 巻 15(3)
2. 論文標題 Flexoelectric Polarization in Liquid Crystalline Elastomers Prepared by Cross-Linking under Horseshoe-Shaped Deformation.	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Symmetry	6. 最初と最後の頁 616(9pages)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/sym15030616	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 平岡一幸, 阿部 はる奈, 田島滉太	4. 巻 44巻1号
2. 論文標題 合唱のためのフーリエ音楽学：母音を構成する倍音群の解析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 東京工芸大学工学部紀要	6. 最初と最後の頁 6-15
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Kazuyuki Hiraoka , Shiori Taira , Yuka Hoshino , Toshio Ishihara , Katsumi Yamada & Masato Oshima	4. 巻 47(10)
2. 論文標題 Electric-field-induced deformation caused by electroclinic and flexoelectric effects in liquid crystalline elastomer with wedge-shaped mesogens derived from cholesterol	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Liquid Crystals	6. 最初と最後の頁 1535-1545
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/02678292.2020.1746423	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 平岡 一幸、栗原杏平、米須晴琉、関谷英喜
2. 発表標題 広がり変形下で架橋した楔型側鎖を持つ液晶エラストマーのフレクソエレクトリック分極
3. 学会等名 繊維学会年次大会（繊維学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazuyuki HIRAOKA
2. 発表標題 Spontaneous Polarization due to Flexoelectric Effect in Liquid Crystalline Elastomers Prepared in Cross-Linking under Splay Distortion
3. 学会等名 第28回国際液晶学会（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 平岡 一幸・浅田隼汰・志村直輝・飯田翼・大城洸登・武末雄樹
2. 発表標題 広がり変形下で架橋した液晶エラストマーのフレクソエレクトリック分極
3. 学会等名 日本液晶学会討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 平岡 一幸、大谷悠太、角井大士
2. 発表標題 光架橋による主鎖型液晶エラストマーの合成と配向制御
3. 学会等名 繊維学会年次大会（繊維学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazuyuki HIRAOKA
2. 発表標題 Emergence of flexoelectric polarization in liquid-crystalline elastomers cross-linked under asymmetric deformation.
3. 学会等名 18th International Conference on Ferroelectric Liquid Crystals (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平岡 一幸、米須 晴琉
2. 発表標題 非対称変形下で架橋した液晶エラストマーのフレクソエレクトリック分極の発生と電界誘起変形
3. 学会等名 日本液晶学会討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平岡 一幸、田島滉太、大谷悠太、遠藤拓、張赫珉
2. 発表標題 非対称変形下で架橋した側鎖型液晶エラストマーのフレクソエレクトリック効果
3. 学会等名 日本繊維学会討論会 (日本繊維学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田島滉太、大谷悠太、平岡 一幸
2. 発表標題 非対称変形下で架橋した液晶エラストマーのフレクソエレクトリック 効果の発現
3. 学会等名 日本繊維学会年次大会 (日本繊維学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平岡一幸・大野和樹・川崎香菜・佐藤ひな・新堀圭人
2. 発表標題 様々な変形下で架橋した液晶エラストマーのフレクソエレクトリック分極
3. 学会等名 日本液晶学会討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 平岡一幸、浅田隼汰、志村直輝、川崎香菜、佐藤ひな
2. 発表標題 様々な変形下で合成した側鎖型液晶エラストマーのフレクソエレクトリック分極
3. 学会等名 日本繊維学会年次大会（日本繊維学会）
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 電界変形する液晶エラストマー	発明者 平岡一幸	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、7101928	取得年 2022年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------