

令和 2 年 6 月 29 日現在

機関番号：12608

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2019

課題番号：18K14297

研究課題名(和文)湾曲フィルムの表面ひずみ定量解析：分子配向設計による高性能フレキシブル基板の創製

研究課題名(英文)Quantitative analysis of surface strain of bent film: Fabrication of high performance flexible substrate by molecular orientation design

研究代表者

赤松 範久 (Akamatsu, Norihisa)

東京工業大学・科学技術創成研究院・助教

研究者番号：50806734

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：ソフトマテリアルの利点であるフレキシブル性を利用したフレキシブルデバイスやソフトロボットの研究が盛んに行われている。しかしながら、湾曲に伴う表面ひずみにより多くのデバイスが性能劣化する。湾曲ひずみの影響を回避するため、高伸縮性材料の開発やデバイス構造の設計が行われているが、抜本的な解決には至っていない。そこで最近、基板の設計によるひずみ制御が注目されている。特に、分子配向性液晶高分子フィルムは、異なる弾性率を示すため基板材料として有用である。本研究では、三次元的に分子配向を設計した液晶高分子フィルムを作製し、湾曲ひずみ解析により表面ひずみの制御に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、分子配向を有する液晶高分子フィルムが、湾曲方向によって異なる表面ひずみを示すことを明らかにした。湾曲に伴う表面ひずみ解析により、一軸に配向したフィルムでは、分子配向方向に依らず外面が膨張し、内面が収縮する対称な表面ひずみ挙動を示した。一方、面内で液晶分子がねじれたツイストネマチック配向フィルムでは、分子配向によって外面と内面が非対称なひずみ挙動を示した。分子配向を三次元的に設計することで湾曲に伴う表面ひずみを制御できたことから、高性能でありながら低伸縮性であった電子部材を容易に積層することができる。今後、湾曲してもひずみが軽減されたフレキシブルデバイスの基板として大いに応用できる。

研究成果の概要(英文)：As the advantage of flexibility of soft materials, next-generation electronic devices such as flexible devices, wearable devices, and soft robots have been reported. However, surface strain induced by bending causes the performance degradation of these devices. To circumvent the bending strain, many researchers developed high-stretchable materials or explored structural design in the devices, but further effort is required. As the new approach to enhance performance of devices, the strain control by design of substrate has been proposed. Liquid-crystalline polymer materials are known to exhibit unique stimuli responsive behavior because of molecular alignment. Thus, it is expected that the design of molecular alignment direction, especially three-dimensional alignment, also enables to control bending strain. In this study, the author employed liquid-crystalline polymer films with controlled molecular alignment and evaluated their surface strain by bending analysis.

研究分野：高分子材料工学

キーワード：ひずみ 分子配向 湾曲

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

高分子や液晶に代表されるソフトマテリアルは、優れた柔軟性を有することからフレキシブルデバイスへの応用が期待されている。しかしながら、電気回路を構成する硬い無機半導体や金属材料を柔軟な高分子基板上に構築しても、大きな湾曲に伴うひずみにより性能が劣化する傾向にある。三次元変形の基本モードである湾曲は、ひずみゲージなどの既存法において柔軟物質の大湾曲によるひずみを微視的かつ定量的に実測することが困難である。そのため、フレキシブルデバイスに資する材料開発は経験を頼りにしている側面がある。もちろん、湾曲挙動を解析する研究例は多数報告されている。ただし、電子顕微鏡による湾曲フィルムの機能劣化観察、湾曲形状観察による曲率半径を用いた画像解析、固体力学理論による解析¹⁾が主流であり、大きな湾曲に伴うひずみを微視的かつ定量的に実測した例は極めて少ない。高分子材料の湾曲を的確に表現できるひずみの実測と湾曲現象の本質的な理解が強く求められている。実際、延伸などの単純な二次元変形においてすら、分子の配向により特異的なひずみ挙動を示すことが明らかとなりつつある²⁾。自在に曲がるフレキシブルデバイスの研究開発が加速する今こそ、定性的な理解に加えて定量的指標であるひずみに着目し、ソフトマテリアルの湾曲挙動を体系的に説明できる新たな学理を構築する必要がある。

2. 研究の目的

ひずみの定量解析によるソフトマテリアルの湾曲挙動解析と精密分子配向設計による高性能フレキシブル基板の創製を目的とする。独自に開発した湾曲ひずみ実測法(ラベル法)³⁾を用いて、分子配向を制御した高分子フィルムの湾曲ひずみを定量解析する。また、分子の配向を空間的に精密設計することにより、湾曲しても表面がひずまない高性能フレキシブル基板を創製する。フレキシブルデバイスに関する先行研究では、湾曲ひずみによる機能劣化を低減するために高伸縮な導電性材料の開発やデバイス全体の薄型化が活発に行われている。それに対し本研究では、これまでなおざりにされてきた基板材料のひずみへ着目し、分子配向設計により劣化しない基板を創製する。

3. 研究の方法

[1] ひずみ解析法の一般化による汎用フィルムの湾曲挙動解析

汎用高分子フレキシブル基板を測定対象として、湾曲ひずみを解析した。周期構造体を有するラベルをフレキシブル基板に貼り付け、レーザー光を入射すると回折光が現れた(図1)。フレキシブル基板の湾曲に伴いラベルの格子周期と共に回折角が変化するため、フレキシブル基板の表面ひずみを回折角の変化から解析することができる。具体的には、フレキシブルデバイスの基板として多用されるポリエチレンナフタレート、ポリエチレンテレフタレートを測定対象とした。格子周期 $4\ \mu\text{m}$ 、膜厚 $1\ \mu\text{m}$ 程度の薄膜ラベルを作製し、フレキシブル基板に貼り付けることにより表面ひずみを測定した。ラベルには粘着性に優れ、柔軟で透明性の高いポリジメチルシロキサン(PDMS)を用いた。PDMSの主剤と硬化剤の混合溶液をフレキシブル基板上に滴下し、周期的な凹凸構造を有する鋳型を重ね、加熱することで無色透明な薄膜PDMSラベルを形成した。得られた湾曲ひずみ挙動と配向方向の関係性を、画像解析により算出した曲率半径を用いて解析した。

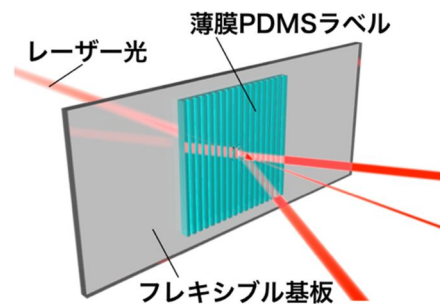


図1. 薄膜ラベルを用いたひずみ解析：回折光の角度変化によりひずみを算出

[2] 空間的に分子配向を精密制御した高分子フィルムの作製

表面ひずみを制御した高分子フィルムを作製するために、分子配向を空間的に精密制御したフレキシブル基板の設計を試みた。容易に配向制御でき、配向方向により異なる弾性率を示す液晶分子を用いることで精密な分子配向制御が可能となり、湾曲に伴う両面のひずみが非対称になると期待できる。そこで、表面に水平配向処理を施したガラス基板を用いてセルを組み、分子配向を有するフィルムを作製した。具体的には、一軸配向および面内方向に 90° ねじれたツイストネマチック配向を有する単層の液晶高分子フィルムを作製し、引張試験により弾性率を評価した。

[3] 空間精密分子配向制御した高分子フィルムの湾曲ひずみ解析と設計

作製した分子配向制御フィルムの湾曲に伴う表面ひずみを解析した。一軸配向およびツイストネマチック配向を有する単層の液晶高分子フィルムに、周期構造体を有する薄膜PDMSラベルを表面に貼り付けることにより表面ひずみを測定した。また、光重合条件や組成が分子配向へ与える影響を詳細に調べ、膜厚、弾性率についても検討した。空間的に分子配向を制御することにより、湾曲による表面ひずみを制御した。

4. 研究成果

[1] 測定対象である汎用高分子フレキシブル基板に周期構造体を有する薄膜ラベルを貼り付け、レーザー光を入射した際に生じる回折光を利用して、表面ひずみを定量的に解析することに成功した。ポリエチレンナフタレートフィルム、ポリエチレンテレフタレートフィルムの湾曲における表面ひずみは、湾曲時のフィルム形状を画像解析して得られた曲率半径より算出した理論表面ひずみと同様の傾向を示すことがわかった。本結果より、高分子フィルムの湾曲に伴う表面ひずみをラベル法により定量的に解析できることがわかった。

[2] 次に、一軸配向およびツイストネマチック配向を有する単層の液晶高分子フィルムの作製条件を検討するにあたり、重合収縮の少ないオキセタン液晶モノマーと架橋剤の熱物性を評価した。得られた熱物性をもとに、ラビング処理により分子配向が一様な一軸配向およびツイストネマチック配向フィルムを作製した。フィルムの引張試験を行ったところ、一軸配向フィルムでは分子配向と平行方向への引張が垂直方向の場合よりも高い弾性率を示した。一方、ツイストネマチック配向は両成分を持ち合わせていることから、その間の弾性率を示した。引張試験結果より、配向方向による弾性率の違いを明らかにした。

[3] ラベル法を用いて作製したガラス状態の配向フィルムの表面ひずみ解析を行い、分子配向方向による湾曲表面ひずみへの影響を評価した。一軸配向フィルムでは、湾曲方向に対して分子配向を垂直または平行となるように湾曲し、ツイストネマチック配向フィルムでは、湾曲外面の分子配向が垂直または平行となるように湾曲した。図2に示す合計4パターンの湾曲方式で、表面ひずみを測定した。その結果、一軸配向フィルムでは、分子配向によらず、外面の膨張と内面の収縮が対称なひずみ挙動を示した。一方で、ツイストネマチック配向フィルムでは、分子配向によって外面と内面が非対称になるひずみ挙動が現れた。また、ラベル法によるツイストネマチック配向フィルムの表面ひずみ結果は、巨視的な観察である画像解析と異なることから、曲率半径のみでは説明できないひずみ挙動を示すことがわかった。したがって、分子配向方向による弾性率の違いにより中立面の位置が変化し、表面ひずみが異なったものと考えている。さらに、異硬度フィルム積層の理論式を用いて表面ひずみを解析したところ、膜厚中間に存在する膨張も収縮もしない中立面の位置が湾曲により異なる位置に移動することを明らかにした。

分子配向方向が顕著に力学機能に影響を及ぼしやすいエラストマーフィルムについて湾曲表面ひずみ解析を行い、ガラス状態のフィルムと比較した。フィルムをガラス転移点以上のエラストマー状態とするため、曲率半径を規定した円形金属板にヒーターを設置して湾曲表面ひずみを評価した。同様に、分子配向方向によって異なる4パターンの湾曲方式で表面ひずみ測定を行った。一軸配向フィルムにおいて、湾曲方向が分子配向に対して垂直である場合と平行である場合を比較すると、外面では垂直の場合に大きく膨張した。一方、ツイストネマチック配向フィルムでは、湾曲外面の分子配向が垂直の場合にひずみが少し大きくなったが、外面と内面で同様のひずみ挙動を示した。このことから、ガラス状態のフィルムとエラストマー状態のフィルムで、ひずみ挙動が異なることを明らかにした。

本研究では、配向フィルムの力学的な異方性に注目して表面ひずみを測定することにより、分子配向がひずみ挙動へ与える影響を明らかにした。さらに、熱印加によってエラストマーフィルムにすることにより、力学特性が変化することがわかった。分子配向を設計することにより、表面ひずみを制御できることから、今後は分子配向のパターニングによって局所的なひずみ制御が可能になると考えている。フレキシブルデバイスの基板としての応用が期待でき、さらなるフレキシブルデバイスの発展に貢献できると確信している。

参考文献

- 1) Park, S. I.; Ahn, J. H.; Feng, X.; Wang, S.; Huang, Y.; Rogers, J. A. *Adv. Funct. Mater.* **2008**, *18*, 2673.
- 2) Ware, T. H.; Biggins, J. S.; Shick, A. F.; Wamer, M.; White, T. J. *Nat. Commun.* **2016**, *7*, 10781.
- 3) Akamatsu, N.; Tashiro, W.; Saito, K.; Mamiya, J.; Kinoshita, M.; Ikeda, T.; Takeya, J.; Fujikawa, S.; Priimagi, A.; Shishido, A. *Sci. Rep.* **2014**, *4*, 5377.

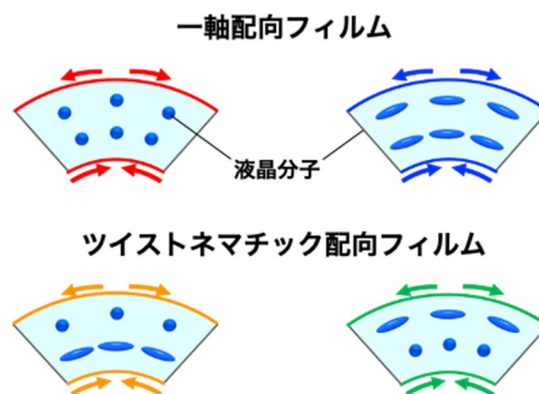


図2. 一軸およびツイストネマチック配向の液晶高分子フィルムの湾曲方式

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kishino Masayuki, Akamatsu Norihisa, Taguchi Ryo, Hisano Kyohei, Tsutsumi Osamu, Shishido Atsushi	4. 巻 33
2. 論文標題 Out-of-plane Strain Measurement of a Silicone Elastomer by means of a Cholesteric Liquid Crystal Sensor	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Photopolymer Science and Technology	6. 最初と最後の頁 81 ~ 84
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 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 Matsumoto Kohsuke, Usui Koji, Akamatsu Norihisa, Shishido Atsushi	4. 巻 33
2. 論文標題 Nonlinear Molecular Reorientation of Polymer-Stabilized Dye-Doped Liquid Crystals by Depolarized Laser Beam	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Photopolymer Science and Technology	6. 最初と最後の頁 77 ~ 80
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 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 Kobayashi Yoshiaki, Taguchi Ryo, Akamatsu Norihisa, Shishido Atsushi	4. 巻 33
2. 論文標題 Effect of the Concentration Gradient on Molecular Alignment by Scanning Wave Photopolymerization	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Photopolymer Science and Technology	6. 最初と最後の頁 291 ~ 294
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 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 Kuwahara Kohei, Taguchi Ryo, Kishino Masayuki, Akamatsu Norihisa, Tokumitsu Kayoko, Shishido Atsushi	4. 巻 13
2. 論文標題 Experimental and theoretical analyses of curvature and surface strain in bent polymer films	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 056502 ~ 056502
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ab8346	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 Hashimoto Sayuri, Aizawa Miho, Akamatsu Norihisa, Sasaki Takeo, Shishido Atsushi	4. 巻 46
2. 論文標題 Simultaneous formation behaviour of surface structures and molecular alignment by patterned photopolymerisation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Liquid Crystals	6. 最初と最後の頁 1995 ~ 2002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/02678292.2019.1610980	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 Akamatsu Norihisa, Fukuhara Motoyuki, Fujikawa Shigenori, Shishido Atsushi	4. 巻 31
2. 論文標題 Effect of Hardness on Surface Strain of PDMS Films Detected by a Surface Labeled Grating Method	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Photopolymer Science and Technology	6. 最初と最後の頁 523 ~ 526
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2494/photopolymer.31.523	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 Ishizu Masaki, Aizawa Miho, Akamatsu Norihisa, Hisano Kyohei, Fujikawa Shigenori, Barrett Christopher J, Shishido Atsushi	4. 巻 12
2. 論文標題 Effect of surface treatment on molecular alignment behavior by scanning wave photopolymerization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 041004 ~ 041004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1882-0786/ab040d	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 該当する

1. 著者名 Aizawa Miho, Ota Megumi, Hisano Kyohei, Akamatsu Norihisa, Sasaki Takeo, Barrett Christopher J., Shishido Atsushi	4. 巻 36
2. 論文標題 Direct fabrication of a q-plate array by scanning wave photopolymerization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Optical Society of America B	6. 最初と最後の頁 D47 ~ D47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/JOSAB.36.000D47	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 該当する

1. 著者名 Hisano Kyohei, Ota Megumi, Aizawa Miho, Akamatsu Norihisa, Barrett Christopher J., Shishido Atsushi	4. 巻 36
2. 論文標題 Single-step creation of polarization gratings by scanning wave photopolymerization with unpolarized light	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Optical Society of America B	6. 最初と最後の頁 D112 ~ D112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/JOSAB.36.00D112	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 該当する

〔学会発表〕 計36件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 桑原恒平, 徳光香代子, 田口諒, 赤松範久, 藤川茂紀, 宍戸厚
2. 発表標題 光の回折を利用した高分子フィルムの湾曲ひずみ解析と理論による検証
3. 学会等名 プラスチック成形加工学会第30回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岸野真之, 久野恭平, 堤治, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 コレステリック液晶フィルムを利用した湾曲シリコンエラストマーの面外方向ひずみ解析
3. 学会等名 プラスチック成形加工学会第30回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岸野真之, 久野恭平, 堤治, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 Inner Strain Analysis in Bending Silicone Elastomer by Cholesteric Liquid Crystal Sensor
3. 学会等名 The 19th International Meeting on Information Display (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤澤愛樹, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 分子配向を制御した液晶高分子フィルムの作製と湾曲挙動解析
3. 学会等名 2019年日本液晶学会討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岸野真之, 久野恭平, 堤治, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 選択反射を示すコレステリック液晶センサーを導入したシリコンエラストマーのひずみ挙動解析
3. 学会等名 2019年日本液晶学会討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤澤愛樹, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 三次元分子配向を有する液晶高分子フィルムの作製と変形に伴う力学挙動解析
3. 学会等名 第80回応物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 機能性高分子フィルムの三次元変形に伴う力学挙動解析
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田口諒, 桑原恒平, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 湾曲ひずみを抑制した積層高分子フィルムによるクラック発生防止
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤澤愛樹, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 分子配向を制御した液晶高分子フィルムの微視的湾曲挙動解析
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 桑原恒平, 田口諒, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 力学特性が異なる高分子フィルムの湾曲ひずみ挙動解析
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岸野真之, 久野恭平, 堤治, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 コレステリック液晶のらせんピッチ変化を利用した面外ひずみの定量可視化
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金原優里奈, 桑原恒平, 田口諒, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 一軸延伸ポリエチレンテレフタレートフィルムの湾曲定量解析
3. 学会等名 第9回CSJ化学フェスタ2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤澤愛樹, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 液晶高分子フィルムの湾曲挙動における分子配向効果
3. 学会等名 第29回日本MRS年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 赤松範久
2. 発表標題 高分子フィルム基板の湾曲挙動解析～曲がるデバイス創製を目指して～
3. 学会等名 東京学芸大学教育学部自然科学系分子化学分野学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岸野真之, 久野恭平, 堤治, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 選択反射を示すコレステリック液晶を利用した湾曲シリコンエラストマー内部の面外ひずみ解析
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田口諒, 桑原恒平, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 フレキシブルエレクトロニクスに資する高分子フィルム基板の湾曲表面ひずみの制御
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金原優里奈, 桑原恒平, 田口諒, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 高分子フィルムの湾曲ひずみにおける分子配向方向依存性
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 機能性フレキシブルフィルムの湾曲に伴うひずみ解析
3. 学会等名 有機エレクトロニクス材料研究会 第228回研究会「フレキシブルアクチュエータ」(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岸野真之, 白井鴻志, 久野恭平, 赤松範久, 宍戸厚, 堤治
2. 発表標題 コレステリック液晶フィルムの三次元的なひずみによる反射光制御
3. 学会等名 第22回液晶化学研究会シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田口諒, 徳光香代子, 赤松範久, 藤川茂紀, 宍戸厚
2. 発表標題 Development of Strain Analysis Method for Flexible Polymer Substrates
3. 学会等名 3rd International Conference on Photoalignment and Photopatterning in Soft Materials 2018 (PhoSM 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 Three-Dimensional Strain Analysis of Bending Flexible Polymer Films
3. 学会等名 The 35th International Conference of Photopolymer Science and Technology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岸野真之, 久野恭平, 堤治, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 コレステリック液晶の選択反射を利用したソフトマテリアルの湾曲挙動解析
3. 学会等名 2018年日本液晶学会討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 桑原恒平, 徳光香代子, 田口諒, 赤松範久, 藤川茂紀, 宍戸厚
2. 発表標題 アスペクト比の異なる高分子フィルムの湾曲挙動解析と形状観察
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 徳光香代子, 田口諒, 赤松範久, 藤川茂紀, 宍戸厚
2. 発表標題 繰り返し湾曲過程における高分子フィルムのひずみ解析
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岸野真之, 久野恭平, 堤治, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 コレステリック液晶の選択反射を利用した湾曲シリコンエラストマーの面外方向変形解析
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 徳光香代子, 田口諒, 赤松範久, 藤川茂紀, 宍戸厚
2. 発表標題 Microscopic strain analysis of largely bending polymer films by a surface-labeled grating method
3. 学会等名 2018 KJF International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics (KJF-ICOMEF 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田口諒, 徳光香代子, 赤松範久, 藤川茂紀, 宍戸厚
2. 発表標題 Development of bending strain analysis method for flexible polymer films
3. 学会等名 The 79th Okazaki Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岸野真之, 久野恭平, 堤治, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 コレステリック液晶センサーによるソフトマテリアルの湾曲内部ひずみ解析
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 桑原恒平, 徳光香代子, 田口諒, 赤松範久, 藤川茂紀, 宍戸厚
2. 発表標題 高分子フィルムの湾曲挙動における形状依存性評価
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 柔軟な高分子フィルムの大湾曲に伴うひずみ挙動解析
3. 学会等名 第6回アライアンス若手研究交流会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岸野真之, 久野恭平, 堤治, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 Strain Analysis in Bent Silicone Elastomers by Selective Reflection of Cholesteric Liquid Crystals
3. 学会等名 The 9th International Forum on Chemistry of Functional Organic Chemicals (IFOC-9) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田口諒, 徳光香代子, 赤松範久, 藤川茂紀, 宍戸厚
2. 発表標題 Novel Bending Surface Strain Sensing Method for Flexible Films
3. 学会等名 The 9th International Forum on Chemistry of Functional Organic Chemicals (IFOC-9) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岸野真之, 久野恭平, 堤治, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 Out-of-plane strain analysis of deformed soft materials by selective reflection of cholesteric liquid crystals
3. 学会等名 The 4th Asian Conference on Liquid Crystals (ACLCL 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 赤松範久
2. 発表標題 フレキシブルな高分子フィルムの力学挙動解析
3. 学会等名 平成30年度東北地区先端高分子セミナー (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岸野真之, 久野恭平, 堤治, 赤松範久, 宍戸厚
2. 発表標題 コレステリック液晶フィルムを利用した湾曲ソフトマテリアルのひずみ可視化
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 桑原恒平, 徳光香代子, 田口諒, 赤松範久, 藤川茂紀, 宍戸厚
2. 発表標題 延伸高分子フィルムの湾曲形状解析
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 田口諒, 赤松範久, 宍戸厚	4. 発行年 2019年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 333
3. 書名 光機能性有機・高分子材料における新たな息吹	

1. 著者名 田口諒, 赤松範久, 宍戸厚	4. 発行年 2020年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 559
3. 書名 次世代ディスプレイへの応用に向けた材料、プロセス技術の開発動向	

〔産業財産権〕

〔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
---------	---------------------------	-----------------------	----