

令和 5 年 6 月 1 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K05614

研究課題名(和文) 金色調光沢を発現する3-メトキシチオフェン重合体の新展開

研究課題名(英文) New developments of 3-methoxythiophene oligomer exhibiting gold like luster

研究代表者

星野 勝義 (Katsuyoshi, Hoshino)

千葉大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：50192737

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)：研究代表者は、3-メトキシチオフェン重合体の塗布膜が金色調光沢を発現することを発見していた。本研究では、重合体をアクリル樹脂とブレンドすることにより、膜表面が黒色光沢、裏面が金色調の色度を発現すること、及び新たに合成された水溶性重合体が従来よりも強い金色調を発現することの機構について調べた。その結果、ブレンド膜においては、金色調の要因となる重合体のラメラ結晶が膜表面では少なく、裏面では多いことが色度の相違を生じることを示した。また、水溶性重合体においては、重合条件を変えた検討により、従来重合体と比較して膜中により多くのラメラ結晶が形成されることがより強い光沢発現の要因であることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日常生活に用いられる金属調光沢塗料には金属微粉末が含有されており、金属の使用に伴う多くの問題点を内蔵している。研究代表者が開発した金色調光沢重合体は金属を含まないためのそうした問題点を解決する可能性がある。本研究においては、水溶性でありかつ強い金色調光沢を示す物質の開発とその機構の解明を行うことができた。また、汎用樹脂とのブレンドにより、金色調光沢塗料と並んで高級感を演出する黒色光沢塗料の開発にも成功し、黒色光沢発現の要因にも迫ることができた。

研究成果の概要(英文)：We had discovered that the coating films of 3-methoxythiophene oligomers developed a gold-like luster. In this study, we investigated the mechanisms for blending the oligomer with acrylic resin to develop a black luster on the film surface and a gold tone on the reverse (back) side, and for the newly synthesized water-soluble oligomers to develop a stronger gold-like luster than our previously developed oligomers. The results showed that in the blend films, the chromaticity difference is caused by the fact that the lamellar crystallites of the oligomer, which are responsible for the gold tone, are less on the surface of the film and more on the back side of the film. For the research on the water-soluble oligomers, the study of varying polymerization conditions and evaluation of physical properties revealed that the formation of more lamellar crystallites in the films than in conventional oligomers is a factor for the stronger lustrous appearance of the former films.

研究分野：電気化学、薄膜材料化学

キーワード：金色調光沢 チオフェン重合体 ラメラ結晶 塗布膜 導電性ポリマー ポリマーブレンド

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

金色調色は、“高級”および“優秀”を反映する色であり、高級感やデザイン性の付与のほか、光沢再現が難しい特性を利用した偽造防止コーティング、あるいは光を反射させるエコロジーコーティング材などへ応用されている。商用金色調光沢塗料は、アルミニウム金属などのフレーク状微小金属片を顔料や展色剤などを含む複合材料中に分散させたものであるが、種々の要因による光沢ムラの発生や金属の比重が高いことに伴う分散不安定性などの課題を内蔵している。

研究代表者らは、2014年に、金属を含まないにもかかわらず、塗布することによって金色調を発現する3-メトキシチオフェン重合体を発見した (Tagawa, Hoshino et al. *RSC Advances* 2014)。この重合体は、金属を含まないので、上記の商用光沢塗料の課題を克服し社会実装要件を満たす可能性がある。そして、基盤研究(C) H29 ~ R 元年度により、重合体の加飾応用に向けた研究基盤を確立しつつある。

### 2. 研究の目的

基盤的研究の成果により、研究代表者らは上記3-メトキシチオフェン重合体に関する重要な事象が見出された。1つは、重合体とアクリル樹脂が相溶して塗布ブレンド膜を形成することができ、ブレンド膜の表がピアノブラック、基板と接している裏面が金色調となる事象である。ピアノブラック色調は、キッチンや自動車の内装加飾で最も高級とされ、その塗装が職人芸であることを考慮すると、上記事象の発見は非常に意義深い。2つ目の事象は、水溶性の3-メトキシチオフェン重合体を開発したところ、それが強い金色調を示す塗布膜を与える事象である。その光沢のレベルは、市販金色折り紙と同等であり、これもまた光沢機構確立のための意義深い事象である。そこで、具体的な研究目的として、( )ブレンド膜の表がピアノブラック、裏が金色調になることと(事象 )膜内に存在するエッジオンラメラ微結晶の存在量・存在位置との関連はどのようになっているのか、および( )水溶性チオフェン重合体の塗布膜が、なぜ金色折り紙相当の高い光沢(反射率40%)を発現するのか(事象 )を明らかにすることとした。また、付加的な目的( )として、水溶性チオフェン重合体と汎用樹脂とのブレンドにより新奇事象が発現するのかについても調べた。

### 3. 研究の方法

研究目的(I)を達成するために、アクリル樹脂の分子量を2,000, 15,000, 35,000, 350,000 および996,000と変えて3-メトキシチオフェン重合体とのブレンド膜を作成し、膜表面が黒色、裏面が鮮やかな金色調光沢色となる塗布膜を作成した。なお、有機溶媒可溶の3-メトキシチオフェン重合体は、3-メトキシチオフェンを過塩素酸鉄を用いた酸化重合によって合成した。そして、その塗布膜物性として、測色、正反射スペクトル測定、X線回折測定、走査型電子顕微鏡(SEM)観察、光学定数スペクトル測定等を行った。

研究目的(II)においては、3-メトキシチオフェン溶液に、無水塩化鉄あるいは塩化鉄6水和物の溶液を滴下することによって酸化重合反応を進行させ、2種の水溶性の重合体を得た。このとき、滴下時間を2秒、2分、8分、30分、90分等として重合体を合成した(反応時間は2時間固定)。そして重合体塗布液から塗布膜を作製し、測色、正反射スペクトル測定、X線回折測定、原子間力顕微鏡(AFM)観察、光学定数スペクトル測定等により膜物性の測定を行った。

### 4. 研究成果

#### 4-1. アクリル樹脂と3-メトキシチオフェン重合体のブレンド膜

図1に、アクリル樹脂/3-メトキシチオフェン重合体のブレンド膜の画像を示す。左から重量平均分子量が2,000 (a)、15,000 (b)、35,000 (c)、350,000 (d)および996,000 (e)のアクリル樹脂を用いたブレンド膜、そして3-メトキシチオフェン重合体単独膜 (f)である。上段が表面 (Front side) 下段がガラス基板と接している面 (Back side) を示す。分子量2,000のアクリル樹脂の場合、その膜は基

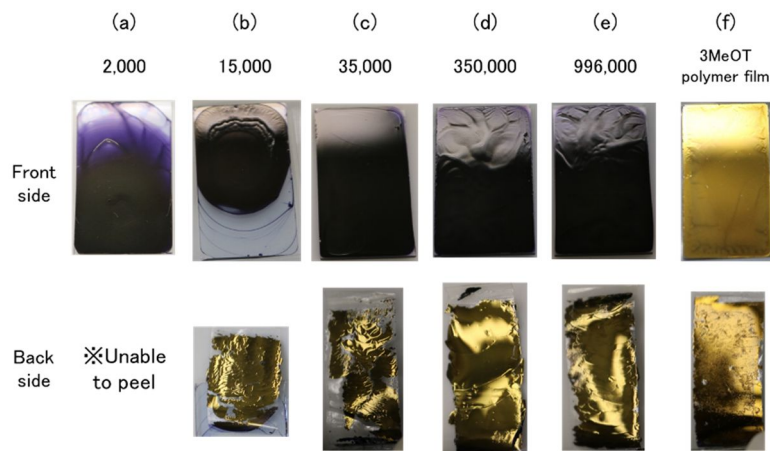


図1 種々の分子量のアクリル樹脂と3-メトキシチオフェン重合体のブレンド膜(a~e)および3-メトキシチオフェン重合体単独膜(f)の表面(上段)および裏面(下段)の写真

板との接着性が強固であり剥離はできなかったが、その他の分子量では剥離が可能であった。そして、分子量に係わらず膜表面は黒色光沢、裏面は金色調光沢を発現した。

図 2 に、図 1 で提示したブレンド膜表面の正反射スペクトル(A)と拡散反射スペクトル(B)を示す。比較対象として 3-メトキシチオフェン重合体単独膜(f)と金蒸着膜(g)のスペクトルも示した。ブレンド膜の正反射スペクトルは 3-メトキシチオフェン重合体単独膜と金蒸着膜とは異なり、ほぼ波長に依存しない正反射特性を持つことがわかり、その反射色は無彩色であることがわかる。また、拡散反射スペクトルは、正反射スペクトルと比較して反射率が小さい、換言すれば膜が光沢をもつことがわかる。また、図 3 には分子量 350,000 のアクリル樹脂を用いたブレンド

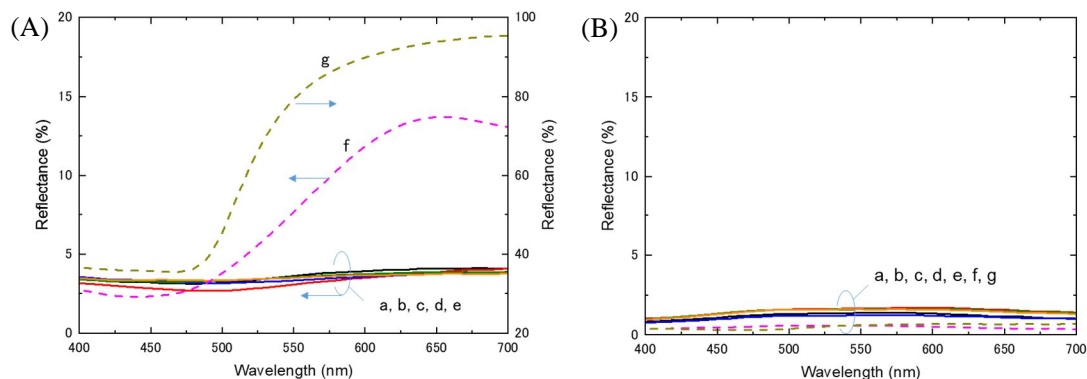


図 2 種々の分子量のアクリル樹脂と 3-メトキシチオフェン重合体のブレンド膜 (a~e)、3-メトキシチオフェン重合体単独膜 (f) および蒸着金属金表面 (g) の正反射 (A) および拡散反射スペクトル (B)

膜の正反射スペクトルを示す。比較として 3-メトキシチオフェン重合体単独膜と金蒸着膜のスペクトルも示した。ブレンド膜の裏は金蒸着膜と同様に、緑、黄、橙、赤領域の光を反射し、紫及び青領域の反射が低いことから金色調を発現していることがわかる。このことは、測色によって得られる  $a^*, b^*$  色度図のデータからも裏付けられた。さらに 3-メトキシチオフェン重合体単独膜と比較し概形が類似しているが、全体として正反射率が大きくなっていることがわかる。また拡散反射スペクトル(ここでは省略)においては、いずれの膜においても正反射率と比較して反射率が小さいことがわかり、表も裏も光沢を持つことが示された。

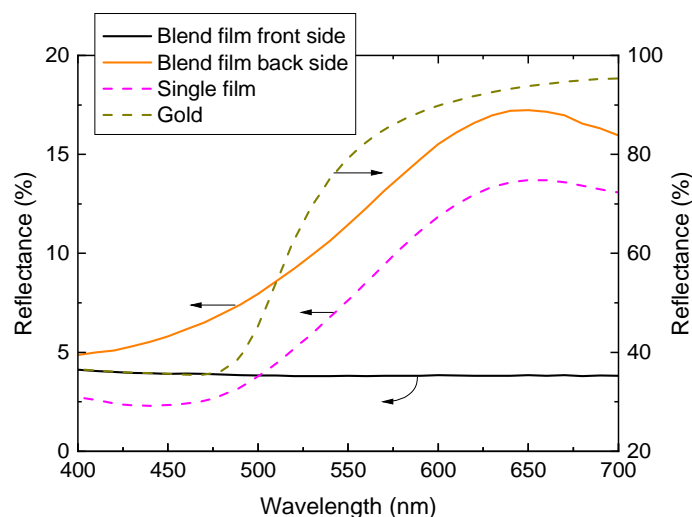


図 3 分子量 350,000 のアクリル樹脂と 3-メトキシチオフェン重合体のブレンド膜の表面および裏面の正反射スペクトル  
比較のための重合体単独膜および蒸着金属金のデータを含む

次に上記のようなブレンド膜表裏の光沢色の違いを調べるために、エリプソメトリーによる光学定数の測定を行った。図 4(a)に示されるブレンド膜表面の屈折率( $n$ )スペクトルと消費スペクトル( $\kappa$ )は波長に依存せず、これら光学定数から算出された反射率の計算値(cの黒線)は実測値(cの赤線)と極めてよく一致した。また、裏面についても同様な解釈ができた (b および d)。従って、ブレンド膜の表、裏の光沢と色調の違いは、光学定数とその波長依存性の違いに起因することがわかった。

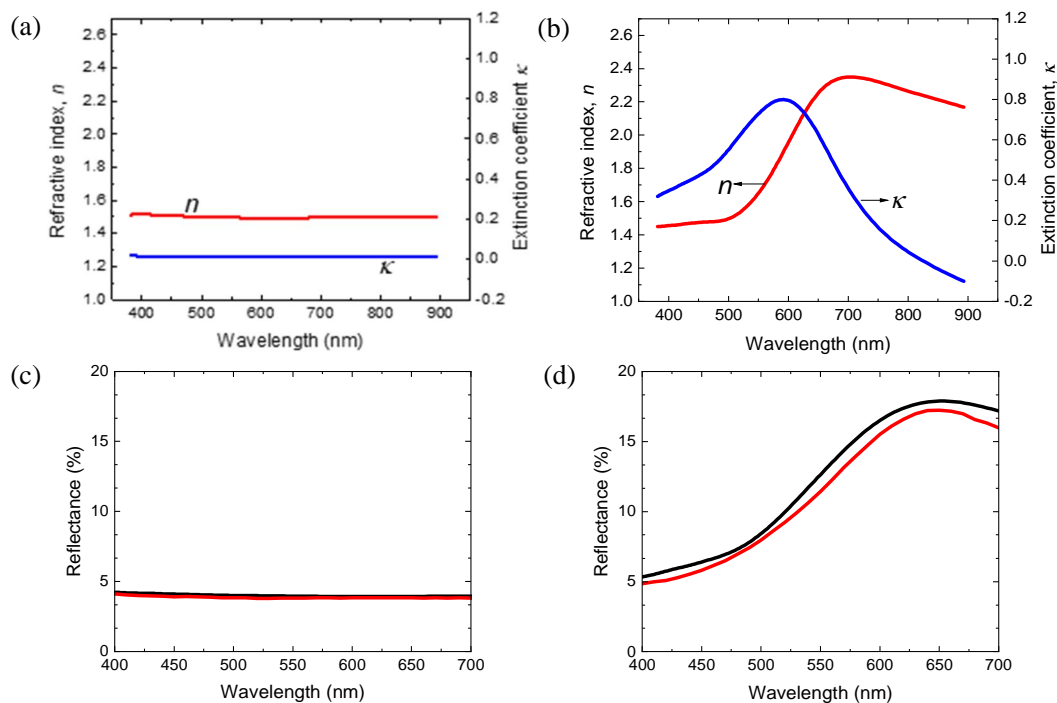


図 4 分子量 350,000 のアクリル樹脂と 3-メトキシチオフェン重合体のブレンド膜表面(a)および裏面(b)の光学定数スペクトル  
 (a)および(b)からそれぞれ算出された膜表面(c の黒線)および膜裏面 (d の黒線)の正反射スペクトル (赤線は実測値を示す)

そこでその光学定数とその波長依存性の違いが生じた要因を探る目的で、ブレンド膜の電気伝導度測定、走査型電子顕微鏡による膜断面観察、膜表面の X 線光電子分光分析 (XPS)、X 線回折 (XRD) 測定を行った。膜の表裏における電気伝導度測定においては、膜表面の値が  $1.6 \times 10^{-8}$  S/cm であるのに対し、裏面は  $1.6 \times 10^{-4}$  となり、4 桁もの違いが観察された。3-メトキシチオフェン重合体が導電性ポリマーであり、アクリル樹脂が絶縁体であることを考慮すると、この結果は 3-メトキシチオフェン重合体が膜裏面により多く存在していることが示唆された。そこで、そのことを確認する目的で、ブレンド膜の断面観察を行ったところ、アクリル樹脂の“海”の中に 200 ~ 400 nm の 3-メトキシチオフェン重合体の“島”が点在する構造が確認された。そして、その島は膜表面には少なく、膜バルクと基板との界面(裏面)に多く存在することが判明した。実際、膜表面における XPS 測定では、3-メトキシチオフェン重合体に起因する硫黄と塩素元素のシグナルは観察されず、裏面においては観察されることが判明した。

以上の 4 - 1 項の結果より、ブレンド膜表面が黒色光沢を発現したのは、表面近傍における 3-メトキシチオフェン重合体の結晶領域 (金色調反射色) とアモルファス領域 (青紫反射色) の量が適度にバランスし、それぞれが互いに補色関係にあるためとのモデル提出に至った。一方、膜裏面は結晶領域の量が相対的に多いため、金色調光沢の発現に至ったものと考えられた。

#### 4 - 2 . 水溶性 3-メトキシチオフェン重合体の合成条件とその塗布膜物性の関係

3-メトキシチオフェン溶液に無水塩化鉄溶液を滴下し、水溶性 3-メトキシチオフェン重合体を合成した。このときの滴下時間  $t$  を、2 秒、2 分、8 分および 30 分とし、それぞれ重合体 A、B、C および D を得た。また、それぞれの重合体から得た塗布膜を膜 A~膜 D と記すこととする。

ゲル浸透クロマトグラフィーを用いて重合体 A~D の分子量測定を行ったところ、 $t$  の増加とともに分子量が増加する結果が得られた。この傾向は重合体の紫外可視吸収スペクトル測定によって裏付けられた。そしてこの結果は、 $t$  が小さい場合には、合成反応初期において 3-メトキシチオフェンダイマーが非常に多く生成されるのに対し、 $t$  が大きい場合には 3-メトキシチオフェンダイマーの生成量が少なく、酸化剤の添加は主にダイマーの成長に使われるためと解釈された。

図 5 に、膜 A~膜 D の分光測色によって得られた  $a^*, b^*$  色度図 (a) と正反射スペクトル (b) を示す。各図には比較のために蒸着金属金および金属銅のデータも示した。 $a^*$  および  $b^*$  の値は  $t$  とともにそれぞれ増加および減少した。このことは膜の色相を金色調 (ブルーゴールド) からブロンズ (レッドゴールド) まで  $t$  によって任意に制御できることを示している。正反射スペクトルにおいて、膜 A は黄色 (570-590 nm)、オレンジ (590-620 nm)、赤色 (620-750 nm) の光をよく反射し、また緑色 (495-570 nm) の光をわずかに反射する挙動を示し、この挙動が金属金と同



様であることから金色調を示すことがわかる。ブレンド膜の反射の立ち上がり波長を見ると、膜 A、B、C および D の順でレッドシフトし、それぞれ 475、491、499 及び 509 nm であったが、このことも上記の色制御が可能であることを示す。また最大反射率の値は、膜 A、B、C および D に対してそれぞれ 27、31、35 および 43% であり、 $t$  と正の相関を示した。

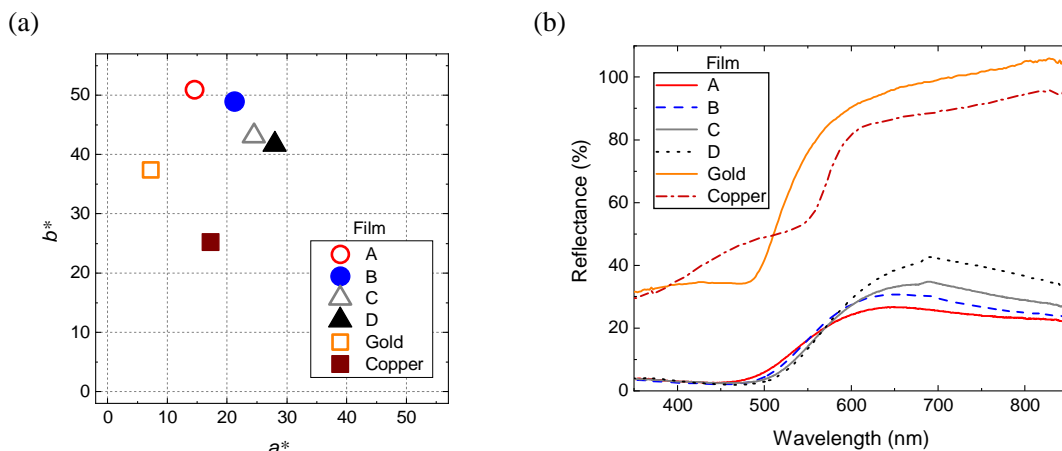


図5 膜 A~D に対する色度 (a) および正反射スペクトル (b) 比較のための蒸着金属金および金属銅のデータを含む

次に上記のような光学特性の  $t$  による系統的変化の要因を探る目的で、光学定数の測定を行った。図 6 に、屈折率スペクトル(上図)と消衰係数スペクトル(下図)を示す。双方のスペクトルとも、スペクトルは  $t$  とともにレッドシフトし、かつ  $n$  および  $\kappa$  の最大値の値は  $t$  に対して正の相関を示した。一般に、光が膜面に対して垂直に入射する場合、反射率  $R$  は以下の式で与えられる。そこで図 5 から得られる  $n$  およ

$$R = \frac{(n - 1)^2 + k^2}{(n + 1)^2 + k^2}$$

び  $\kappa$  の値を上式に代入し反射スペクトルの計算値を得た。計算値は、スペクトルの波形および最大反射率においてほぼ実測値(図 5b)を再現しており、膜の色相および反射率が  $t$  とともに変化する現象は光学定数の変化により説明できることがわかった。

光学定数スペクトルが  $t$  とともにレッドシフトすることは、重合体の分子量増加に伴う有効共役長の変化により説明できる。また光学定数の値が  $t$  とともに増加する要因としては 3-メトキシチオフェン重合体の持続長の変化が考えられる。重合体の分子量、従って共役長は  $t$  とともに増加するので、持続長も  $t$  とともに増加するはずである。この持続長増加が振動子強度の増加につながり、従って光学定数の増加につながったものと解釈できる。また、詳細については省略するが、膜の XRD 測定から、 $t$  に伴って膜中に形成されるラメラ結晶の体積密度が増加することがわかった。この要因も光学定数の増加に寄与すると考えられる。すなわち、 $t$  とともにラメラ結晶の層間距離が減少し、体積密度が増加した結果光学定数が増加する要因である。

以上、4 - 2 項の研究により、水溶性 3-メトキシチオフェン重合体塗布膜が高い反射率(光沢)をもつのは、膜のもつ大きな光学定数に起因し、光学定数が大きい要因は膜中に存在するエッジオンラメラ結晶の量が多いことであることがわかった。また、 $t$  とともに光沢色が変わり、かつ反射率が増加することは、光学定数の  $t$  に伴う変化により説明できることがわかった。

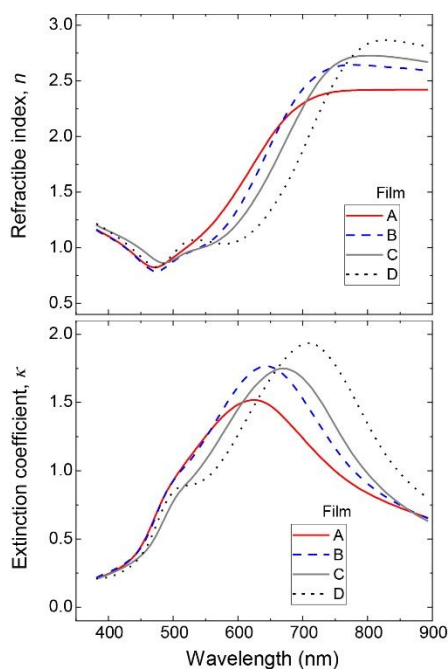


図6 膜 A~D の屈折率スペクトル(a)および消衰スペクトル(b)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Sugiura Satoya, Mitogawa Terumasa, Saito Kota, Tamura Rihito, Tsukada Satoru, Horiuchi Takahiko, Hoshino Katsuyoshi	4. 巻 12
2. 論文標題 Slippage- and load-induced changes in the crystalline orientation of oligo(3-methoxythiophene) powder to develop a gold-tone luster	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 19965 ~ 19973
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2RA03538C	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 Tamura Rihito, Miyamoto Katsuma, Tsukada Satoru, Hoshino Katsuyoshi	4. 巻 3
2. 論文標題 Edge-on lamellar crystallization of oligo(3-methoxythiophene) in polyester matrix films and a gold tone development thereof	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Materials Advances	6. 最初と最後の頁 3428 ~ 3437
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1MA00994J	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 星野勝義	4. 巻 70
2. 論文標題 革新的新素材！金属を含まない金色の塗料・プラスチックの開発	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 JETI	6. 最初と最後の頁 51 ~ 55
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 星野勝義	4. 巻 98
2. 論文標題 千葉大学大学院工学研究院物質科学コース 星野・塚田研究室	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 フォトポリマー懇話会 ニュースレター	6. 最初と最後の頁 4 ~ 6
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 Minako Tachiki, Satoru Tsukada, Katsuyoshi Hoshino	4. 巻 190
2. 論文標題 Effect of polymerization rate on the chemical and optical properties of solution-cast metal-like lustrous films of water-soluble 3-methoxythiophene oligomer dyes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Dyes and Pigments	6. 最初と最後の頁 109302
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dyepig.2021.109302	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 Minako Kubo, Hiroataka Doi, Ryota Saito, Kenta Horikoshi, Satoru Tsukada, Katsuyoshi Hoshino	4. 巻 53
2. 論文標題 Effect of Polymerization Conditions on Physicochemical Properties of Gold-Like Lustrous Films of Organic Solvent Soluble 3-Methoxythiophene Oligomers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 1019-1029
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-021-00496-w	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 Minako Kubo, Minako Tachiki, Terumasa Mitogawa, Kota Saito, Ryota Saito, Satoru Tsukada, Takahiko Horiuchi, Katsuyoshi Hoshino	4. 巻 11
2. 論文標題 Mechanistic Study on Gold-Like Luster Development of Solution-Cast Oligo(3-methoxythiophene) Film	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Coatings	6. 最初と最後の頁 861
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/coatings11070861	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 杉浦聡哉, 田村理人, 土井浩敬, 佐野凌平, 塚田学, 星野勝義	4. 巻 60
2. 論文標題 3-メトキシチオフエンオリゴマーの溶解挙動とその金属光沢発現に及ぼす影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本画像学会誌	6. 最初と最後の頁 458-466
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11370/isj.60.458	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 星野勝義	4. 巻 69
2. 論文標題 金属を含まない金色調・ブロンズ調の水性塗料を開発 - 人や環境に優しい金属調加飾・印刷の実現へ-	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 JETI	6. 最初と最後の頁 53 - 58
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 星野勝義	4. 巻 60
2. 論文標題 金属を使わず金属調光沢を発現する塗料・インクの開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本画像学会誌	6. 最初と最後の頁 497-510
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11370/isj.60.497	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 Minako Tachiki, Reo Tagawa, Katsuyoshi Hoshino	4. 巻 5
2. 論文標題 Oligo(3-methoxythiophene)s as Water-Soluble Dyes for Highly Lustrous Gold- and Bronze-like Metal-Effect Coatings and Printings	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 24379-24388
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.0c02752	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 星野勝義, 立木美奈子, 塚田 学	4. 巻 94
2. 論文標題 高分子量チオフェンオリゴマーを用いた金色調・ブロンズ調を発現する水性塗料の開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 色材協会誌	6. 最初と最後の頁 40-46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4011/shikizai.94.40	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 星野勝義, 立木美奈子, 塚田 学	4. 巻 41
2. 論文標題 チオフェン重合体を用いた金色調・ブロンズ調の水性塗料の開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 機能材料	6. 最初と最後の頁 44-55
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 山田 渉, 杉浦聡哉, 星野勝義	4. 巻 20
2. 論文標題 有機金属色調光沢材料における「機能」と「意匠」を 両立する素材としての可能性について	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Material Stage	6. 最初と最後の頁 20-24
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計22件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 菅原綜太, 塚田 学, 星野勝義
2. 発表標題 水溶性3-メトキシチオフェンオリゴマー/ポリビニルアルコールブレンド膜の作製とその物性
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 土井将嗣, 星野勝義, 塚田 学
2. 発表標題 アルコキシセレノフェンオリゴマーを用いた金属調光沢膜の開発
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 菅原綜太、塚田 学、星野勝義
2. 発表標題 水溶性 3-メトキシチオフエン重合体と汎用樹脂の ブレンド膜の作製と物性
3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 土井将嗣、星野勝義、塚田 学
2. 発表標題 オリゴ 3-アルコキシセレンフェンを用いた金属調光沢膜の作製
3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 菅原綜太、塚田 学、星野勝義
2. 発表標題 水溶性を有する3-メトキシチオフエンオリゴマーとポリビニルアルコールブレンド膜の作製とその物性
3. 学会等名 第130回日本画像学会研究討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 黒田一起、塚田 学、星野勝義
2. 発表標題 3-メトキシチオフエン重合体塗布液の経時変化が金属調光沢膜物性に及ぼす影響
3. 学会等名 第130回日本画像学会研究討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加賀谷優歩、星野勝義、塚田 学
2. 発表標題 水溶性向上を指向した側鎖に水酸基を有するオリゴチオフエンの合成とその塗布膜物性
3. 学会等名 第130回日本画像学会研究討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 土井将嗣、星野勝義、塚田 学
2. 発表標題 オリゴ(3-アルコキシセレノフェン)を用いた金属調光沢材料の開発
3. 学会等名 第130回日本画像学会研究討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 杉浦聡哉、田村理人、土井浩敬、塚田 学、星野 勝義
2. 発表標題 3-メトキシチオフエンオリゴマーの溶解挙動と金属光沢発現に及ぼす影響
3. 学会等名 第127回日本画像学会研究討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐野凌平、塚田 学、星野勝義
2. 発表標題 オリゴ3-メトキシチオフエン光沢膜作製のための重合条件検討
3. 学会等名 第70回高分子討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加賀谷優歩、塚田 学、星野勝義
2. 発表標題 アルコキシチオフエン共重合体の塗布膜物性
3. 学会等名 第70回高分子討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 斉藤涼太、塚田 学、星野勝義
2. 発表標題 オリゴ3-アルコキシチオフエン金属調光沢膜における側鎖と光沢色の関係
3. 学会等名 第70回高分子討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡邉和真、塚田 学、星野勝義
2. 発表標題 オリゴ(3-メトキシチオフエン)のポリマーブレンド膜を用いた金属調光沢エレクトロクロミズム
3. 学会等名 電気化学会第89回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐野 凌平、塚田 学、星野 勝義
2. 発表標題 金色調光沢膜を与える 3-メトキシチオフエンオリゴマーの重合温度検討
3. 学会等名 第70回高分子学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 斉藤涼太、塚田 学、星野勝義
2. 発表標題 3-アルコキシチオフェンオリゴマーの合成とその塗布膜物性
3. 学会等名 第70回高分子学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 塚田 学、斉藤 涼太、星野 勝義
2. 発表標題 3-アルコキシチオフェンオリゴマーを用いた金属調光沢材料の開発
3. 学会等名 第69回高分子討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 土井浩敬、久保美菜子、塚田 学、星野勝義
2. 発表標題 金色調光沢膜物性に及ぼすドーパント種の影響
3. 学会等名 日本化学会第101春期年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 菅原 綜太、塚田 学、星野 勝義
2. 発表標題 水溶性金属調光沢ポリマーブレンド膜の作製とその物性
3. 学会等名 第 38 回 高分子学会千葉地域活動若手セミナー
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 加賀谷 優歩、星野 勝義、塚田 学
2. 発表標題 共重合によるチオフェンオリゴマーの合成と塗布膜の物性
3. 学会等名 第 38 回 高分子学会千葉地域活動若手セミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 星野 勝義
2. 発表標題 導電性光機能材料のイノベーション - 光化学的空中窒素固定材料の開発と金属を含まない金色調光沢樹脂の開発 -
3. 学会等名 光交流会オプトフォーラム (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 星野 勝義
2. 発表標題 金属を使わず金属調光沢を発現する塗料・インクの開発
3. 学会等名 色材協会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 R. Saito, S. Tsukada, K. Hoshino
2. 発表標題 Preparation of Metallic Glossy Films Using 3-Alkoxythiophenes
3. 学会等名 日本画像学会 (国際学会)
4. 発表年 2021年

## 〔図書〕 計1件

1. 著者名 星野勝義	4. 発行年 2021年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 340
3. 書名 有機電解合成の新潮流	

## 〔出願〕 計4件

産業財産権の名称 表示素子	発明者 星野勝義、塚田学、 渡邊和真	権利者 国立大学法人千 葉大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-032125	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 塗工液および金属光沢膜	発明者 立木美奈子、星野勝 義	権利者 国立大学法人千 葉大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-030788	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 金属光沢を発現する膜及びその膜を生成する塗料	発明者 塚田 学、星野勝義	権利者 国立大学法人千 葉大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-123593	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 光沢膜および水性光沢塗料	発明者 菅原綜太、塚田 学、星野勝義	権利者 国立大学法人千 葉大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-189319	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

## 〔取得〕 計0件

## 〔その他〕

<p>星野・塚田研究室  <a href="https://www.f-eng.chiba-u.jp/hoshino-tsakada/">https://www.f-eng.chiba-u.jp/hoshino-tsakada/</a>            革新的新素材！金属を含まない金色の塗料・プラスチックの開発  <a href="https://www.chiba-u.ac.jp/research/coe_gp/result/engineering/result21.html">https://www.chiba-u.ac.jp/research/coe_gp/result/engineering/result21.html</a>            導電性ポリマー材料のイノベーション  <a href="https://www.chiba-u.ac.jp/research/coe_gp/files/hoshino.pdf">https://www.chiba-u.ac.jp/research/coe_gp/files/hoshino.pdf</a>            金属を含まない金色調・ブロンズ調の水性塗料を開発 -人や環境に優しい金属調加飾・印刷の実現へ-  <a href="https://www.chiba-u.ac.jp/others/topics/info/20201023metal.html">https://www.chiba-u.ac.jp/others/topics/info/20201023metal.html</a>            革新的新素材！金属を含まない金色の塗料・プラスチックの開発  <a href="https://www.chiba-u.ac.jp/research/coe_gp/result/engineering/result21.html">https://www.chiba-u.ac.jp/research/coe_gp/result/engineering/result21.html</a>            金属を含まない金色調・ブロンズ調の水性塗料を開発 -人や環境に優しい金属調加飾・印刷の実現へ  <a href="https://www.chiba-u.ac.jp/others/topics/info/20201023metal.html">https://www.chiba-u.ac.jp/others/topics/info/20201023metal.html</a>            CIRIC新着情報  <a href="https://ciric.chiba-u.jp/">https://ciric.chiba-u.jp/</a>            千葉大、金属を含まない金色調塗料を水性系に改良  <a href="https://tenbou.nies.go.jp/news/jnews/detail.php?i=30572">https://tenbou.nies.go.jp/news/jnews/detail.php?i=30572</a></p>
---

## 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
---------	---------