

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02686

研究課題名（和文）光パステールピンセットを駆使したカイラル結晶相転移科学の創成

研究課題名（英文）Phase Transformation Science of Chiral Crystal Created by Pasteur Optical Tweezers

研究代表者

新家 寛正（Hiromasa, Niinomi）

東北大学・多元物質科学研究所・助教

研究者番号：40768983

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,700,000円

研究成果の概要（和文）：これまでの研究で、近赤外円偏光レーザー照射により局在型表面プラズモン共鳴を励振した三角形金ナノ粒子の三角形三量体ナノ構造体を核形成サイトとして塩素酸ナトリウム(NaClO<sub>3</sub>)カイラル結晶化を誘起すること大きな結晶鏡像異性体過剰率が得られることが報告されている。本研究では、有限時間領域差分法に基づく電磁場解析により近接場のOptical Chirality増強場に曝されたカイラル結晶クラスターに働く鏡像体選択的光学力を見積もり、その大きさが結晶核形成のカイネティクスに有意に働く可能性を示した。また、誘電体ナノ構造のMie共鳴の利用を見据えたSiナノ構造体の作製プロセスを確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで不明であった、金属ナノ粒子及びナノ構造体の円偏光による局在型表面プラズモン共鳴励振下でのNaClO<sub>3</sub>カイラル結晶化における結晶鏡像異性体過剰のメカニズムに対し、Optical Chiralityの空間勾配に起因する鏡像体選択的光学力の観点から検討指針を与えた。これは、未開拓な電磁場の保存量の物質科学への応用可能性の一つを示すだけでなく、光ピンセットに代表されるような光を用いた物質操作の新たな可能性を示す内容である。近接場のキラリティは広範な学術領域に関わりがあり、本研究の成果は例えばスピントロニクス、生命科学、ナノ物質科学など広範な学術領域に波及効果がある。

研究成果の概要（英文）：A previous study has shown that large crystal enantiomeric excess can be obtained by inducing sodium chlorate(NaClO<sub>3</sub>) chiral crystallization from a triangle trimer nanostructure of triangle Au nanoparticles excited by near-infrared circularly polarized laser. This study showed that the magnitude of enantioselective optical force exerted on chiral crystalline clusters, which originates from spatial gradient of optical chirality of near-field of localized surface plasmon resonance of the nanostructure, is possibly sufficient to influence on kinetics of the chiral nucleation process. In addition, fabrication processes of silicon nanostructure for chiral crystallization experiments under near-field of Mie resonance.

研究分野：結晶成長学

キーワード：Optical Chirality カイラル結晶化 局在型表面プラズモン共鳴 鏡像体選択的光学力 Mie共鳴 有限時間領域差分法

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

人類はこれまでに光の保存量を駆使することで様々な物質科学の領域を拓き、現代の生活を支える科学技術を創造してきた。光のエネルギー・運動量・角運動量といった保存量は空間反転対称性と時間反転対称性に関して、それぞれ、偶偶・遇奇・奇奇の偶奇性を持つ保存量であり、様々な科学技術に応用されている。一方、空間・時間反転対称性において奇・偶の偶奇性を持つ保存量は、1964年にLipkin's zilchとしてMaxwell方程式から物理的意味不明のまま既に導出されていたが[1]、2010年に光のキラリティの尺度を表す保存量Optical Chirality(OC)としてその物理的意味が見出された[2,3]。この発見を皮切りにOCの増強された光場とキラル物質との相互作用を調査する研究が近年急速に発展している。キラリティを示す光として円偏光が古くから知られているが、円偏光よりもOCの増強された光場が近接場で発生することが近年明らかとなっている。特に、金属ナノ構造体への光照射に伴い励振する表面プラズモン共鳴により生じる近接場ではOCが著しく増強され、キラルな光物質相互作用が円偏光よりも増強されることが理論的に示されており[2,4]、更には、キラルな生体分子を吸着させた、OC増強を示すと考えられる金属ナノ構造体表面の円偏光二色性測定のスเปクトルから、一般的な円偏光二色性測定と比較して $10^6$ 倍に及ぶ感度の高さがキラリティセンシングが可能であることが実験的に示されている[5]。OC増強場は、円偏光よりも強く左右非対称に相互作用することが強く示唆されている。そのため、OC増強場を物質キラリティ制御に応用しようとする機運が国際的に高まっている[6]。

円偏光を不斉源とした絶対不斉合成は、光による物質キラリティ制御の研究として古くから認知されている。1970年代にKagan, Calvinらによるヘリセンの円偏光を不斉源とした液相中での絶対不斉合成において2%程度の鏡像異性過剰率(enantiomeric excess, e.e.)が実験的に得られたとする報告を契機に[7,8]、この反応スキームが種々の化学物質に適用されてきた。しかし、光の波長により決まる円偏光の螺旋ピッチとキラル分子のスケール差が大きいため、円偏光とキラル物質の左右非対称な相互作用は一般に小さく、円偏光不斉合成により誘起可能な鏡像異性過剰率は、0.5-2%程度に留まっているのが現状である[9]。このような現状の中、研究代表者はこれまでの研究でキラル結晶化する塩素酸ナトリウム( $\text{NaClO}_3$ )の水溶液と空気の界面で銀ナノ粒子凝集体を可視円偏光レーザーピンセットにより光学捕捉することで、銀ナノ粒子凝集体から晶化するキラル結晶の両鏡像体の核形成頻度に結晶鏡像異性体過剰率にして約25%に及ぶ円偏光のみでは得られない大きなキラリティの偏りが見られることを明らかにした[10]。また、ガラス基板上で二次元的に配列した金属ナノ構造体の表面プラズモン共鳴の近接場により発生する、一般的に光ピンセットの駆動原理として知られている電場勾配力により、水溶液中のアセトアミノフェン分子を濃集することにより、可逆的に結晶化を制御するプラズモン光学捕捉誘起結晶化を観測することに成功した[11]。さらに、共同研究を通じて、近赤外円偏光レーザー照射により局在型表面プラズモン共鳴を励振した三角形金ナノ粒子の三角形三量体ナノ構造を核形成サイトとして、 $\text{NaClO}_3$ キラル結晶化を誘起すると約50%に及ぶ大きな結晶鏡像異性体過剰率が得られることを明らかとなっている[12]。円偏光により表面プラズモン共鳴の励振された金属ナノ粒子の近接場ではOCが増強されるため、増強されたOCと結晶鏡像異性体過剰率との関係が期待されるが、具体的には両者の関係は明らかとはなっていない。

近年、OCの空間勾配が生じるとキラルな物質に対し鏡像体選択的な光学力が働くことが理論的に予測されている[13]。表面プラズモン共鳴の近接場ではOCが局所的かつ急峻に増強するため鏡像体選択的な光学力が発生し、キラル核形成に影響を与える可能性がある。一方、表面プラズモン近接場では著しい電場増強が伴う。そのため、一般的に光ピンセットの駆動原理として知られている電場勾配力が、非鏡像体選択的な光学力として金属ナノ粒子・構造体の近傍の物質に対して働く。非鏡像体選択的な電場勾配力を抑制し、鏡像体選択的なOC勾配力を増強することで、キラルナノ物質の鏡像体選択的な光ピンセットが実現できる可能性が指摘されている[14]。OC増強には電場と磁場の双方が同等に寄与する一方で電場増強には電場のみが寄与するため、電場増強を抑制し磁場を増強する機構が高効率な鏡像体選択的光ピンセットには有効であると考えられる。OC増強場形成には前述のように表面プラズモン共鳴の近接場を用いることが主流であるが、表面プラズモン共鳴では著しい電場増強が得られる一方で磁場増強は小さい。そのため、鏡像体選択的な光学力の増強を得た場合、非鏡像体選択的な光学力も同時に増強してしまうため、鏡像体選択的な光ピンセットの鏡像体選択性の増強には内因的な限界がある。そこで、本研究では、誘電体ナノ粒子・構造への光照射により励振されるMie共鳴による光磁場増強を応用する[15]。Mie共鳴とは誘電体ナノ粒子内部光が共鳴する現象である。媒質内が遮蔽されている金属ナノ粒子とは異なり、誘電体ナノ粒子内部では変位電流が存在することができるため、円環状の変位電流が生じた場合に磁場増強が起こる。Mie共鳴は表面プラズモン共鳴に比べて電場増強が小さく、その一方で著しい磁場増強が生じるため、鏡像体選択的な光ピンセットが要請する、電場の抑制と磁場の増強という条件を満たす光共鳴現象である。そのため、円偏光照射によりMie共鳴の励振された誘電体ナノ構造体を核形成サイトとしてキラル結晶化を誘起することで、大きな得られる結晶鏡像異性体過剰率が得られる可能性がある。

## 2. 研究の目的

本研究では、電磁場のキラリティの尺度を表す保存量である OC の勾配を起源とする光学力による鏡像体選択的な光学捕捉技術により、水溶液中の分子クラスターを鏡像体選択的に濃集し鏡像対称性の破れを伴う結晶核形成を人為的に誘起する技術の開発を目的とし、円偏光により表面プラズモン共鳴が励振された金属ナノ粒子及び構造体からの  $\text{NaClO}_3$  キラル結晶化において見られた大きな結晶鏡像異性体過剰の機構をキラル結晶クラスターに働く鏡像体選択的な光学力の観点から調査する。また、誘電体ナノ構造体の Mie 共振における磁場増強を活用することで、表面プラズモン共鳴の場合よりも鏡像体選択性の増強された光場中でのキラル結晶化を誘起することで、従来よりも大きな結晶鏡像異性体過剰を得ることを目的とする。また、OC の増強された近接場を鏡像対称性の破れた外場とみなし、本来熱力学的に等価な結晶鏡像異性体を熱力学的に区別することが可能であるか検証する。

## 3. 研究の方法

OC 増強場の励振により発生する鏡像体選択的な光学力を見積もるため、有限差分時間領域法 (FDTD 法) による電磁場解析を行った。Mie 共振を示す誘電体ナノ構造として結晶シリコン(c-Si) ナノ構造体を作製し、Mie 共振を励振した Si ナノ構造体を核形成サイトとして水溶液からの  $\text{NaClO}_3$  結晶化を誘起することで両結晶鏡像異性体の核形成頻度に統計的に有意な偏りが見られるか調査する。

## 4. 研究成果

**(1)電磁場数値解析による三角形金属ナノ構造体の三角形三量体への円偏光照射により励振される表面プラズモン共鳴の近接場における OC 増強解析とキラル結晶クラスターの鏡像体選択的な光学捕捉による結晶鏡像異性体過剰の可能性の理論検証**

研究代表者は、これまでの共同研究で、近赤外円偏光レーザー照射により局在型表面プラズモン共鳴の励振された三角形型金ナノ粒子の三角形三量体ナノ構造体を核形成サイトとして水溶液からの塩素酸ナトリウム ( $\text{NaClO}_3$ ) キラル結晶化を誘起すると、約 50% に及ぶ巨大な結晶鏡像体過剰率が得られることを明らかとしてきたが、その機構は不明である。研究代表者は表面プラズモン近接場における OC と OC の空間勾配によりキラル粒子に働く鏡像体選択的な光学力の観点からキラル結晶化における結晶鏡像異性体過剰の機構を調べるため、時間領域差分法 (FDTD 法) に基づく電磁場解析を行った。電磁場解析の結果、三角形三量体ナノ構造体中心部のナノ間隙において入射円偏光の 30 倍以上の OC 増強が見られることが明らかとなった (図 1)。OC の空

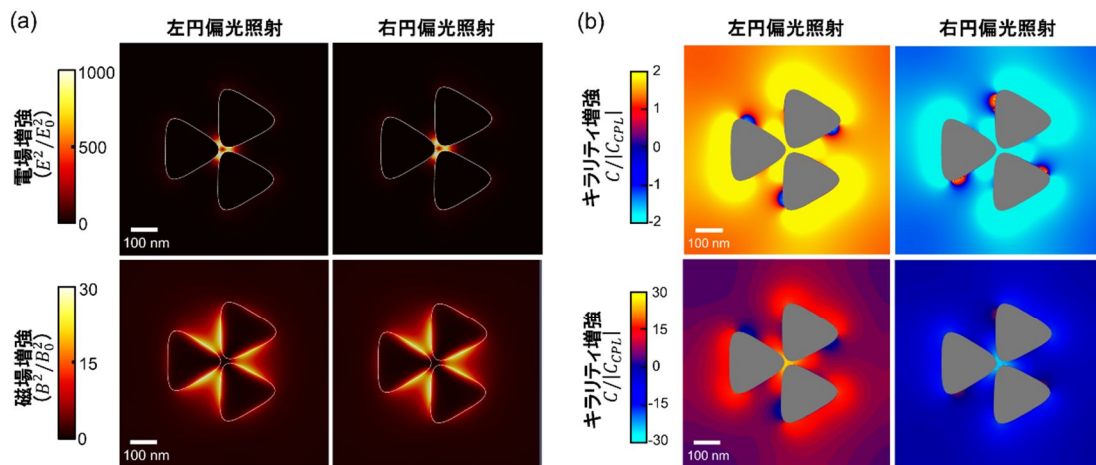


図 1. FDTD 電磁場解析による三角形金ナノ粒子の三角形三量体構造の電場及び磁場増強と Optical Chirality 増強. (a) ナノ構造体の表面プラズモン共鳴近接場の定常状態における励振光に対する電場増強度 (上) と磁場増強度 (下). (b) 近接場における入射円偏光に対する Optical Chirality 増強度.

間勾配が存在すると、キラルな粒子には鏡像体選択的な光学力が働くことが Canaguier-Durand らにより理論的に指摘されている [13]。OC によりキラルな粒子に働く鏡像体選択的な光学ポテンシャルを三角形三量体ナノ構造の高さ方向の中心位置において計算したところ、三角形三量体ナノ構造中心のナノ間隙において急峻なポテンシャル勾配が生じることがわかった (図 2)。また、 $\text{NaClO}_3$  結晶クラスターを模擬したキラルナノ粒子に働く鏡像体選択的な光学力を見積もり、不飽和水溶液からのレーザー光学捕捉誘起結晶化誘起に成功した先行研究におけるアキラルな光学力である電場勾配力と比較したところ、両者は比較可能な大きさであることを明らかにし



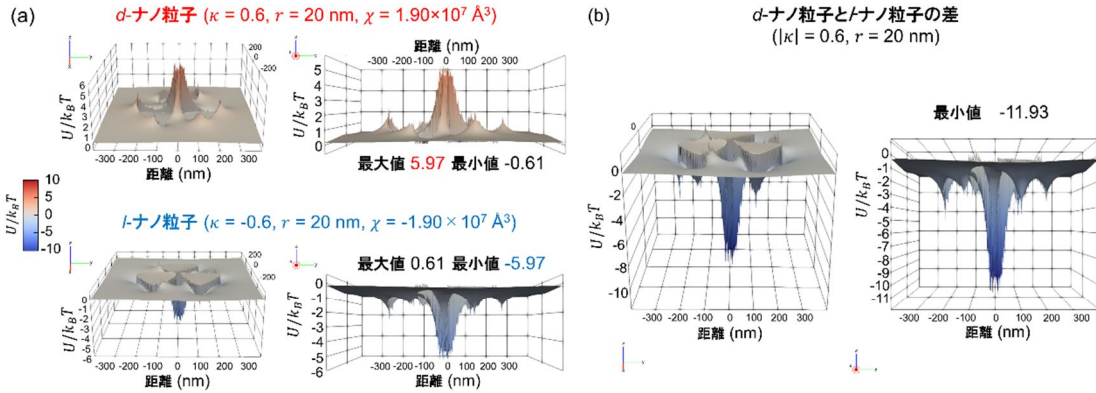


図2. キラル粒子のキラルティパラメータの絶対値 $|\kappa| = 0.6$ 、粒子半径を $r = 20 \text{ nm}$ と仮定した場合の三角形三量体ナノ構造への右円偏光照射により励振された近接場の Optical Chirality 増強場によるキラル粒子に働く鏡像体選択的な光学ポテンシャルランドスケープ. (a) 右手型キラルナノ粒子に働く鏡像体選択的な光学ポテンシャルランドスケープ(上)と左手型キラルナノ粒子に働く鏡像体選択的な光学ポテンシャルランドスケープ(下). (b) 右手型及び左手型粒子間の鏡像体選択的な光学ポテンシャル差.

た(図3)。例として  $20 \text{ nm}$  の粒子に対しておよそ  $10 \text{ fN}$  程度の鏡像体選択的な光学力が働くことを明らかにした。水中における約  $150 \text{ nm}$  の大きさのナノ粒子にかかる粘性抗力と釣りあう力の大きさが約  $7 \text{ fN}$  であったり[16]、生細胞中に分散された約  $40 \text{ nm}$  の大きさの磁性ナノ粒子が数  $\text{fN}$  の磁場勾配力により濃集される実験事実[17]、また、酢酸ナトリウム三水和物の過飽和水溶液中のイオンネットワークの生成・消滅により発生する力場の大きさが数  $\text{fN}$  のスケールであること[18]が示されている状況を鑑みると、 $10 \text{ fN}$  の大きさの鏡像体選択的な光学力は両結晶鏡像体の結晶クラスターのカイネティクスに有意な影響を及ぼす可能性があると考えられる。一方、OC 増強場が外場として結晶核形成に及ぼす熱力学的な影響について、OC 増強場によって生じる鏡像

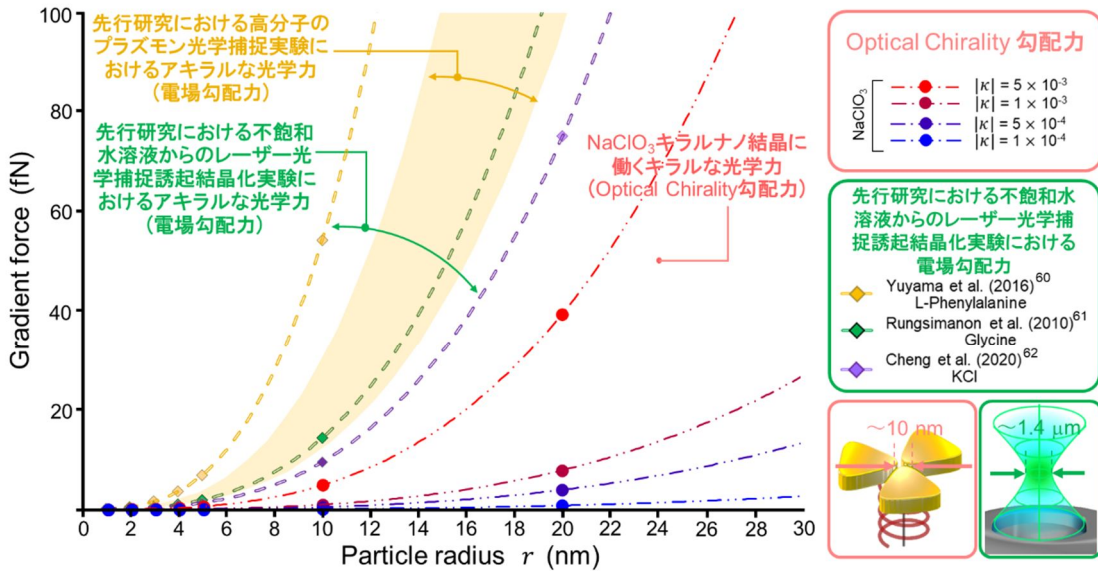


図3. キラル結晶化する塩素酸ナトリウム( $\text{NaClO}_3$ )結晶クラスターを模擬したキラルティパラメータのキラルナノ粒子に働く鏡像体選択的な光学力の粒子サイズ依存性と先行研究における不飽和水溶液からの光学捕捉誘起結晶化における電場勾配力の比較.

体選択的な光学ポテンシャルを考慮することで解析を行ったところ、有意な熱力学的寄与を認めることはできなかった。以上のように、数値計算上では、三量体ナノ構造における Optical Chirality 増強場は両結晶鏡像体の核形成において熱力学的にではなく速度論的に寄与することで結晶鏡像体過剰を引き起こす可能性が示唆された。

一方で、キラルな光物質相互作用においては四重極子遷移などの高次の遷移の寄与が重要であることが知られているが[19]、本研究の解析では、キラルな粒子をキラルな双極子として仮定することで計算を行っており、重要とされている高次遷移の寄与を計算の簡単化のために無視をしている。また、今回の解析では、 $\text{NaClO}_3$  バルク結晶の旋光度の実験値からを基に、 $\text{NaClO}_3$  キラル結晶クラスターのキラルティパラメータを設定している。旋光度の実験値は一般的な検光子法による測定の結果であり、すなわち、円偏光とキラル結晶の相互作用の値を参照していることになる。OC 増強近接場と  $\text{NaClO}_3$  キラル結晶の相互作用の結果生じる旋光性に相当する物

性は、円偏光で測定される旋光性と同じであるかは必ずしも自明ではない。そのため、今後もお検討の余地があると考えられる。

## (2) ナノインプリントリソグラフィによるシリコンナノ構造体の加工プロセスの構築

研究代表者は、誘電体ナノ構造への光照射により励振する Mie 共鳴の近接場における Optical Chirality 増強場を活用するべく、c-Si のナノ構造体の微細加工プロセスの構築を行った。特に、高効率・低コスト・大面積にナノ構造体を作製可能であるナノインプリントリソグラフィによる c-Si ナノ構造体のプロセス構築を行った。その結果、可視光照射により Mie 共鳴を励振する c-Si ナノ構造体をガラス基板上に作製することができた。今後、Mie 共鳴を励振した c-Si ナノ構造体を核形成サイトとしたキラル結晶化実験を行う予定である。

## 参考文献

- [1] Lipkin, J. Math. Phys. 5, 696, (1964)
- [2] Tang et al., Phys. Rev. Lett. 104, 163901, (2010)
- [3] Tang et al. Science, 332, 333. (2011)
- [4] Hu et al., ACS Omega, 3, 1170. (2018)
- [5] Hendry et al. Nat. Nanotechnol. 5, 783. (2010)
- [6] Solomon et al., Acc. Chem. Res. 53, 598. (2020)
- [7] Kagan et al., J. Am. Chem. Soc., 93, 2353, (1971)
- [8] Bernstein et al., J. Am. Chem. Soc., 94, 494, (1972)
- [9] Feringa et al., Angew. Chem. Int. Edit., 38, 3419, (1999)
- [10] Niinomi et al., CrystEngComm, 18, 7441. (2016)
- [11] Niinomi et al., Cryst. Growth Des., 19, 529. (2019)
- [12] Cheng et al., J. Phys. Chem. Lett., 11, 4422. (2020)
- [13] Canaguier-Durand et al., New J. Phys. 15, 123037, (2013)
- [14] Zhao et al. ACS Photonics, 3, 304. (2016)
- [15] Kuznetsov et al. Science 354, 6314. (2016)
- [16] Pin et al. ACS Appl. Nano Mater. 3, 4127. (2020)
- [17] Etoc et al. Nano Lett. 15, 3487. (2015)
- [18] Matsushita et al. Sci. Rep. 5, 17647. (2015)
- [19] Yang et al., J. Phys. Chem. B, 2011, 115, 5304-5311.

## 5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 An-Chieh Cheng, Hiromasa Niinomi, Takashige Omatsu, Shutaro Ishida, Keiji Sasaki*, Teruki Sugiyama*	4. 巻 11
2. 論文標題 Plasmonic Manipulation-Controlled Chiral Crystallization of Sodium Chlorate	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 4422-4426
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acs.jpcllett.0c01041	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 Hiromasa Niinomi*, Teruki Sugiyama, Miho Tagawa, Toru Ujihara, Takashige Omatsu, Katsuhiko Miyamoto, Hiroshi Y. Yoshikawa, Ryuzo Kawamura, Jun Nozawa, Junpei T. Okada, Satoshi Uda	4. 巻 20
2. 論文標題 Plasmonic Manipulation of Sodium Chlorate Chiral Crystallization: Directed Chirality Transfer via Contact-Induced Polymorphic Transformation and Formation of Liquid Precursor	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Crystal Growth and Design	6. 最初と最後の頁 5493-5507
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acs.cgd.0c00693	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 Hiromasa Niinomi*, Teruki Sugiyama, An-Chieh Cheng, Miho Tagawa, Toru Ujihara, Hiroshi Yoshikawa, Ryuzo Kawamura, Jun Nozawa, Junpei Okada, Satoshi Uda	4. 巻 125
2. 論文標題 Chiral Optical Force Generated by a Superchiral Near-Field of a Plasmonic Triangle Trimer as Origin of Giant Bias in Chiral Nucleation: a simulation study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 6209-6221
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acs.jpcc.0c11109	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12件（うち招待講演 4件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 新家寛正
2. 発表標題 キラルプラズモン近接場を駆使したキラル結晶化制御
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中川原英亜, 新家寛正, 石川晃平, 後藤和泰, 野澤純, 岡田純平, 宇田聡
2. 発表標題 光電子ピンセットにより制御されたコロイド結晶化のその場観察
3. 学会等名 第49回結晶成長国内会議 (JCCG-49)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 新家寛正, 杉山輝樹, 田川美穂, 宇治原徹, 尾松孝茂, 宮本克彦, 吉川洋史, 川村隆三, 野澤純, 岡田純平, 宇田聡
2. 発表標題 プラズモン光ピンセットによる塩素酸ナトリウムキラル結晶化クリープ操作—接触誘起多形転移によるキラリティ転写制御・高密度液相前駆体形成—
3. 学会等名 第49回結晶成長国内会議 (JCCG-49)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 新家寛正, 杉山輝樹, An-Chieh Cheng, 吉川洋史, 川村隆三, 野澤純, 岡田純平, 宇田聡
2. 発表標題 キラル核形成に巨大鏡像異性過剰を誘起するプラズモン構造体のキラル近接場と鏡像体選択的光学力の解析
3. 学会等名 第49回結晶成長国内会議 (JCCG-49)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hao-Tse Su, An-Chieh Cheng, Hiromasa Niinomi, Teruki Sugiyama
2. 発表標題 Enantioselective control in plasmonic trapping-induced chiral crystallization of sodium chlorate: Gold nanoparticle size dependence
3. 学会等名 2021 International Workshop on Emergence of Life-Nano-Bio Science (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hao-Tse Su, An-Chieh Cheng, Hiromasa Niinomi, Teruki Sugiyama
2. 発表標題 Enantioselective crystallization in NaClO <sub>3</sub> solution including gold nanoparticles by circularly polarized laser irradiation
3. 学会等名 2021 Chemical Society National Meeting
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiromasa Niinomi
2. 発表標題 Nanostructured Plasmonic Metasurface Gives a “Hand” to Chiral Self-Assembly
3. 学会等名 Photomask Japan 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiromasa Niinomi, An-Chieh Cheng, Teruki Sugiyama, Miho Tagawa, Hiroshi Yoshikawa, Satoshi Uda, Tomoya Oshikiri, Masaru Nakagawa
2. 発表標題 Chiral Crystallization Directed by Chiral Near-Field Force with Nanostructured Plasmonic Metasurfaces
3. 学会等名 Nanoimprint and Nanoprint Technology Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 新家寛正, An-Chieh Cheng, 杉山輝樹, 吉川洋史, 宇田聡, 押切友也, 中川勝
2. 発表標題 キラル結晶化に巨大な鏡像異性体過剰を誘起するプラズモン構造体におけるキラル近接場の数値解析
3. 学会等名 第22回東北大学多元物質科学研究所研究発表会
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 新家寛正
2. 発表標題 キラリティ増強近接場によるキラル結晶化制御
3. 学会等名 青葉工学振興賞等受賞者講演会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高野修綺, 新家寛正, 森田伊織, 後藤和泰, 押切友也, 中川 勝
2. 発表標題 UV ナノインプリントリソグラフィによるシリコンナノディスク配列体の作製
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 新家寛正
2. 発表標題 キラリティ増強近接場でのキラル結晶化
3. 学会等名 小澤・吉川記念エレクトロニクス研究助成基金 小澤・吉川記念賞授与式（招待講演）
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔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
研究分担者	後藤 和泰  (Kazuhiro Gotoh)  (40821690)	新潟大学・自然科学研究科・准教授    (13101)	

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
---------	---------