

令和 3 年 5 月 20 日現在

機関番号：11101

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17H02794

研究課題名（和文）機能性フッ素ポリマーのフェムト秒レーザー加工基盤と3次元構築した細胞の顕微観察法

研究課題名（英文）Femtosecond laser processing of functional fluoropolymer and microscopic observation method of 3D cultured cells on chip

研究代表者

花田 修賢（Hanada, Yasutaka）

弘前大学・理工学研究科・教授

研究者番号：20435671

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,840,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、変調したfsレーザーによる機能性フッ素ポリマーCYTOPの微細加工技術開発および本技術を用いたバイオチップデバイス作製によるバイオ医用分野への応用展開を試みた。CYTOPの加工技術開発に関しては、不明であったCYTOPのfsレーザー3次元付加・除去加工技術やそのメカニズムを、空間光位相変調器やfsオシレーターを用いて検討し、異なる形状のナノ構造体作製や新規レーザー加工技術を開発した。バイオチップデバイス作製に関しては、開発したfsレーザー加工技術をもとに、CYTOPの機能性を実用化レベルまで引き上げた細胞培養基板や微小光学デバイスの作製に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

空間光位相変調器を用いて波面整形したfsレーザーのCYTOP加工により、ナノ粒子が凝集した網目構造やナノ粒子を単層分布させた表面形状をガラス基板上に堆積することに成功した。また、超撥水性を示すナノ粒子の網目構造を選択的に堆積させることで、所望する箇所に接着細胞（HeLa）が培養可能なガラスバイオチップ基板の作製にも成功している。更に、CYTOPのfsオシレーター加工の実現や未解明であったfsレーザー加工のメカニズム解明、各種レーザー加工の基本特性調査や汎用レーザーを用いたCYTOPの新規加工技術開発も行っており、高次機能バイオチップ開発を目指した微小光学デバイスの作製にも成功している。

研究成果の概要（英文）：We investigated the fundamental characteristics of CYTOP nanoparticle (NP) deposition by holographic femtosecond (fs) laser processing. The fs laser deposition revealed that interweaving fibrous network structures composed of NP aggregates and a monolayer structure of NPs can be easily formed on the glass slide. The wettability measurement revealed that the surface of the network structures behaves superhydrophobic. Consequently, the holographic fs laser processing of CYTOP NPs enabled the selective culturing of HeLa cells on the glass biochip. In the meanwhile, laser ablation with a fs oscillator and a megahertz-order repetition rate enabled the high-quality microfabrication of CYTOP due to a heat accumulation effect at the laser irradiated areas. Fabrication of a diffraction grating was also performed by the fabrication of periodic microgrooves on the CYTOP substrate using the oscillator.

研究分野：レーザープロセッシング

キーワード：フェムト秒レーザー 微細加工 フッ素ポリマー ナノファイバー ナノ粒子 バイオチップ 回折格子

1. 研究開始当初の背景

フッ素ポリマーは、光透過性や絶縁性、疎水性などの優れた特性を有することから、幅広い産業分野で利用されている。フッ素ポリマーを、バイオ医用 MEMS や NEMS に利用するには、マイクロメートル以下の微細加工技術が必要不可欠であるが、フッ素ポリマーの多くは優れた諸特性を有するがゆえに、微細加工が困難であると言われており、現状では、放射光やイオンビームなどの表面微細加工技術が研究レベルで用いられている。しかしながら、これら従来加工技術は、加工効率が低く、また、ポリマーの低い表面エネルギーにより基板が剥がれ易いため、3次元積層技術による機能集積化が困難である、などの問題点があり、未だ実用化が進んでいない。

一方、フェムト秒 (fs) レーザー微細加工技術は、空間光位相変調器 (以下、SLM) を用いた波面制御による3次元多点同時除去・付加加工や多光束干渉を用いた表面ナノ加工が、加工効率を向上させる技術として、国内外において脚光を浴びている。その加工対象は、ガラスや金属などの従来材料が用いられているが、機能性フッ素ポリマーを用いた fs 秒レーザー加工に関する報告はなく、我々の研究グループは先行研究にて、水 (培地) とほぼ等しい低屈折率フッ素ポリマーCYTOPに着目し、fs レーザー直接描画による CYTOP 基板内部への3次元マイクロ流体構造作製に成功した。その結果、未解明であった細胞が有する微小器官の固体境界面における動態観察に成功している。しかしながら、様々な細胞種の高次機能観察や分析には、CYTOP 流体構造への機能付加および集積化が必須であり、フッ素ポリマー製機能デバイス作製や、それらデバイスを高効率に作製する fs レーザー微細加工技術など、検討することが未だ数多く存在している。

2. 研究の目的

上記の背景を踏まえて、本研究では、空間的・時間的に変調した fs レーザーによるフッ素ポリマーCYTOPの微細加工技術開発および本技術を用いたバイオチップデバイス作製により、バイオ医用分野への応用展開を試みる。加工技術開発に関しては、CYTOP加工における未だ不明な fs レーザー3次元付加・除去加工技術やそのメカニズムを、SLMやfsオシレーターを用いて検討し、CYTOPのfsレーザー微細加工技術に関する基礎研究を完結する。デバイス作製に関しては、確立したfsレーザー加工技術をもとに、CYTOPの機能性を実用化レベルまで引き上げた細胞培養基板や微小光学デバイスの作製を試みる。

3. 研究の方法

3. 1 CYTOP ナノ構造体作製およびそのバイオチップ応用

図1に、CYTOP ナノ構造体作製で使用した実験装置の概要図を示す。先行研究によるCYTOPのfsレーザー加工では、ナノファイバーやナノ粒子がCYTOPのレーザーアブレーションにより生成されることを確認していた。よって、本実験では、CYTOPのfsレーザーアブレーションにより生成されたナノ構造体の詳細について調査を行った。光源には、fs秒レーザー (Ti:Sapphire レーザー: 775 nm, 180 fs, 1 kHz) を使用し、レーザー出力は、ND フィルター、1/2 波長板、偏光子によって調整した。レーザーはコンピューターを通してCGH画像を入力したSLMにより、5ドットのビーム形状に整形された状態で、対物レンズを介し、CYTOP基板表面に集光照射され、アブレーション加工を行った。CYTOP基板およびCYTOP基板上に設置したスライドガラスは、コンピューターにより制御可能な3軸電動ステージにそれぞれ固定され、CYTOP-スライドガラス基板間距離が調節可能となっている。CYTOPアブレーションにより飛散したナノ構造体は、スライドガラス裏面に収集され、ナノ構造体の観察には、走査型電子顕微鏡 (以下、SEM) や原子間力顕微鏡 (以下、AFM) を使用した。

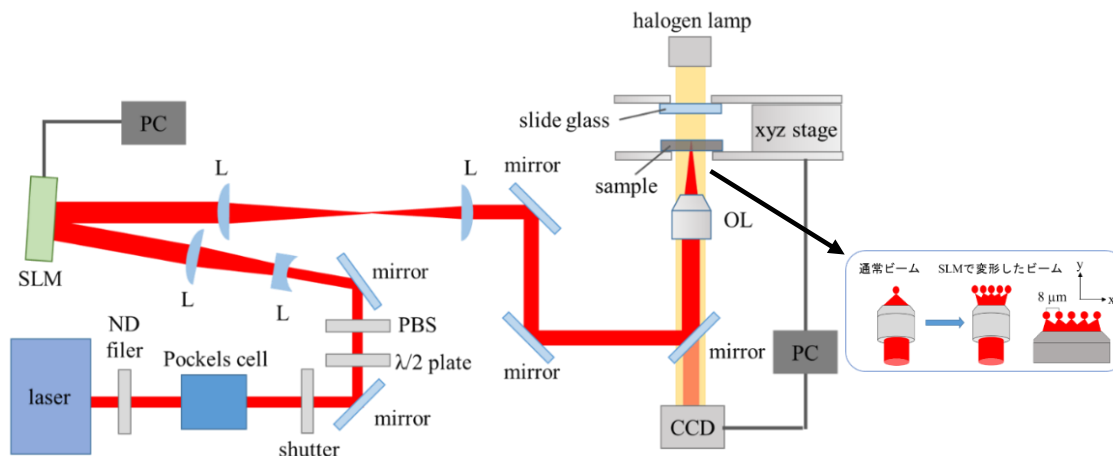


図1 SLMを用いたCYTOPのfsレーザーアブレーション装置

3. 2 CYTOP 基板上への回折格子作製

本実験では、産業利用されつつある fs オシレーターを用いた CYTOP アブレーション加工の基礎特性を調査し、その応用例として、CYTOP 基板の透過型回折格子の作製を試みた。光源には、fs オシレーター(波長 1060 nm、パルス幅 100 fs、繰り返し周波数 75.6 MHz)を使用した。パルスエネルギーを、40.0~52.9 nJ/pulse と変化させ、走査速度 100 $\mu\text{m/s}$ とし、対物レンズを介して CYTOP 基板表面へレーザーを集光照射し、直接描画加工を試みた。なお、回折格子作製時の加工溝ピッチは、5 μm 一定としている。レーザー出力および加工対象の操作制御については、前述した実験装置図とほぼ同様である。アブレーション加工を行った CYTOP 基板については、レーザー顕微鏡および透過顕微鏡、AFM を用いて観察を行った。

4. 研究成果

4. 1 CYTOP ナノ構造体加工の基本特性およびバイオチップ作製

CYTOP 基板の fs レーザーアブレーションにより生成される CYTOP ナノ構造体の加工基礎特性を調査することを目的として、CYTOP-スライドガラス間距離やパルス数、パルスエネルギーなどのレーザー照射条件を変化させ、ナノ構造体が堆積したスライドガラスを SEM および AFM により観察・評価した。

図 2 に、パルスエネルギーを 5 $\mu\text{J/pulse}$ 、パルス数を 10000 パルス一定とし、CYTOP-スライドガラス間距離を 100、4000 μm とした際のスライドガラスに堆積したナノ構造体の SEM 像を示す。

図 2 より、CYTOP-スライドガラス間距離を変化させることで、スライドガラス表面にナノ粒子が凝集した(a)網目構造や (b)単層構造を作製することに成功した。作製条件の詳細については、Ozaki et al., *Micromachine* 2019 [1]に記載しているが、CYTOP-スライドガラス間距離やその他レーザー照射条件を変化させることで、スライドガラス基板上に 2 種類の異なるナノ表面形状を堆積させることが可能であることを明らかにした。

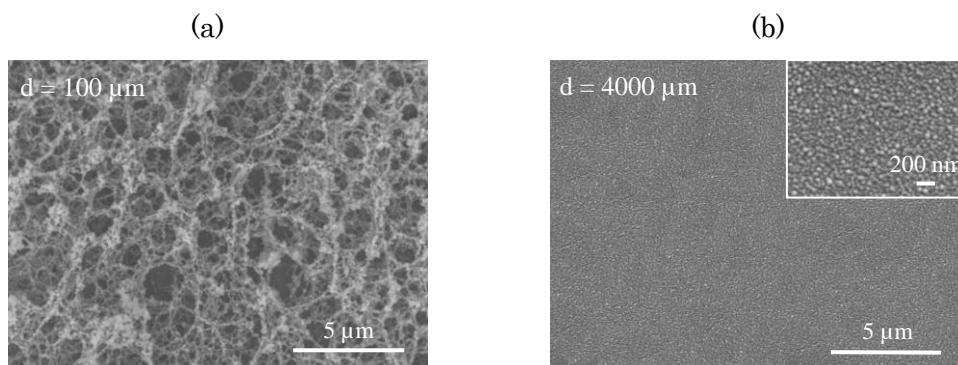


図 2 スライドガラス上に堆積した CYTOP ナノ粒子
CYTOP-ガラス間距離 $d=(a)100 \mu\text{m}$ 、 $(b)4000 \mu\text{m}$

次に、スライドガラス上に堆積した CYTOP ナノ粒子の網目構造および単層構造の濡れ性を評価した。図 3 に、(a)スライドガラス、(b)CYTOP 薄膜、ナノ粒子の(c)単層構造、(d)網目構造を堆積させたスライドガラスに、純水 1 μl を滴下した際の光学顕微鏡観察像を示す。

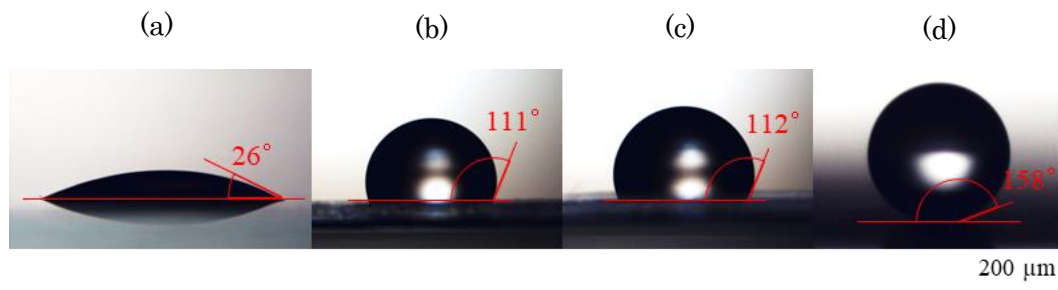


図 3 各種基板の濡れ性評価 (a)スライドガラス、(b)CYTOP 基板、スライドガラス上に堆積させたナノ粒子の(c)単層構造および(d)網目構造

図 3 より、レーザー照射条件を制御することでスライドガラス基板表面の濡れ性を親水性から超疎水性に制御できることを明らかにした。次に、親水性のスライドガラスに超疎水性を示す CYTOP 網目構造を選択的に堆積させ、局所的な接着細胞培養が可能なバイオチップ作製を試みた。具体的には、ナノ粒子の網目構造をスライドガラス基板上に堆積させた後、SLM を用いて fs レーザーをライン状にビーム整形し、網目構造を選択的にアブレーション除去する。その結

果、選択的に親水（スライドガラス）・疎水（ナノ粒子網目構造）領域をスライドガラス基板表面に形成できる。バイオチップ作製後、HeLa 細胞を培養した際の培養前後の光学顕微鏡像を図 4 に示す。

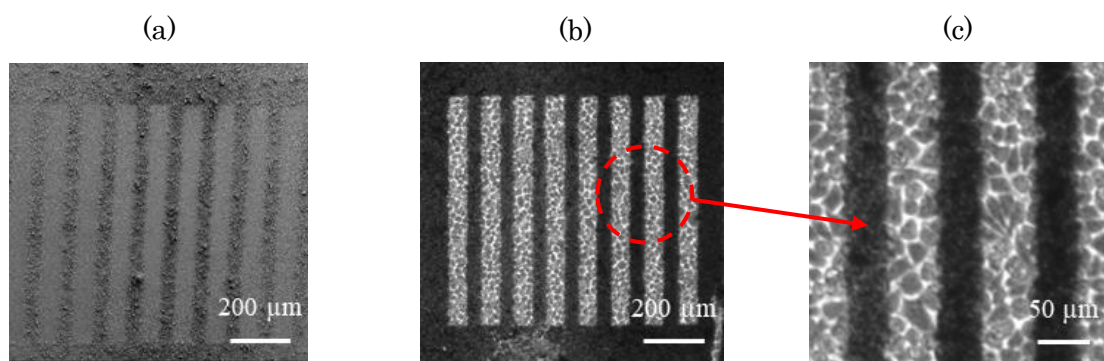


図 4 HeLa 細胞の選択培養(a)前および(b)後の CYTOP ナノ粒子を堆積させたスライドガラス。(c)(b)の拡大図

図 4(a)より、ナノ粒子の網目構造が堆積したスライドガラス基板にライン状の fs レーザー照射を行うことで、網目構造を選択的に除去し、ガラス面および網目構造面を区分けすることに成功した。その結果、図 4(b, c)より、親水領域のガラス面へののみ HeLa 細胞が接着し、超撥水領域の網目構造面には細胞が接着しないことを確認した。

4. 2 fs レーザーを用いた CYTOP 基板上への回折格子作製

背景で述べたように、CYTOP に代表される高機能フッ素ポリマーは難加工材料と言われており、特殊微細加工技術により表面加工が行われているが、産業化が進んでいない。よって、本研究では、産業利用が進みつつある高繰り返し fs オシレーターを用いた CYTOP の表面微細加工技術について検討を行い、その応用として透過型回折格子の作製を試みた。

図 5 に、fs オシレーターアブレーション加工により CYTOP 基板表面に形成した加工溝の(a)レーザー顕微鏡像、(b)透過顕微鏡像、(c)AFM 像を示す。図 5(a)より、fs オシレーターを用いて作製した加工溝周辺には、アブレーションによるデブリが観察されず、高品質加工が可能であることが確認できる。AFM 測定の結果、加工領域の算術平均面粗さは 21 nm となり、CYTOP の極めて良好な表面微細加工を実現した。

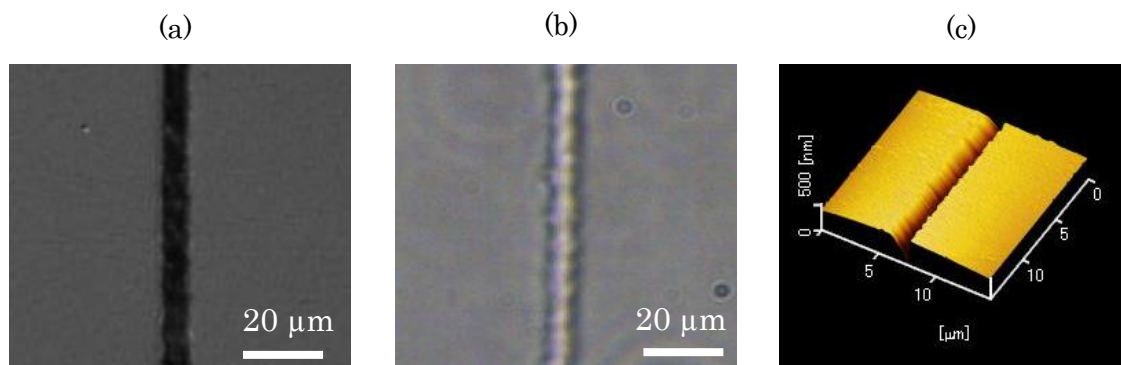


図 5 fs オシレーターによりアブレーション加工された CYTOP 基板 (a)レーザー顕微鏡像、(b)光学顕微鏡像、(c)AFM 像

また、図 5(b)より、アブレーション加工領域は、透過性があることが確認できる。よって、図 6 に、CYTOP バルク基板および fs オシレーターアブレーション加工領域の透過率特性を示す。図 6 より、アブレーション加工領域は、波長 250 nm から 800 nm の範囲において、CYTOP バルク基板とほぼ同等の高い透過性を維持していることが確認できる。

高品質加工を実現する CYTOP の fs オシレーターアブレーションの加工メカニズムについては、Ozaki et al., Appl. Sci. 2019 [2]で、その詳細について述べているが、本実験で使用した fs オシレーターの繰り返し周波数が 75.6 MHz であることから、CYTOP の fs オシレーター加工では、加工領域周辺で熱蓄積が起き、熱可塑性である CYTOP のガラス転移温度を超えることで加工領域が熔融する。その結果、CYTOP が流動することで、加工領域の表面粗さが改善したことを明らかにしている。

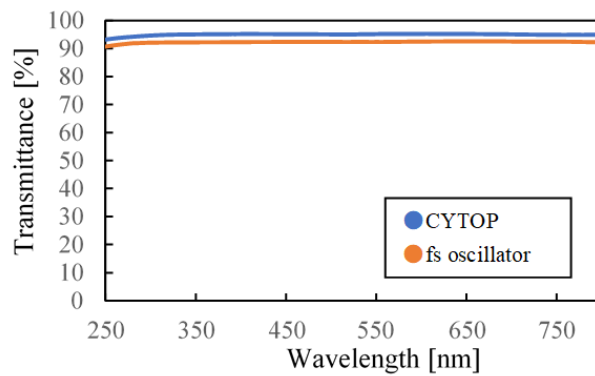


図 6 CYTOP 基板および fs オシレーター加工された CYTOP 基板の透過率測定結果

CYTOP の fs オシレーター加工に関する基本特性を調査した後、CYTOP 基板表面への回折格子作製を試みた。図 7 に、(a)回折格子の全体像、(b) He-Ne レーザーの回折像を示す。

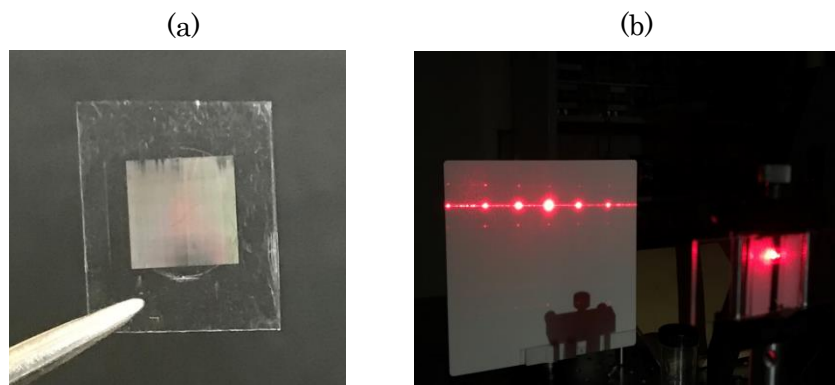


図 7 (a)CYTOP 基板上に形成された回折格子及び(b)その He-Ne レーザー回折像

図 7 より、CYTOP 基板表面に多数の加工溝を形成することで回折格子の作製に成功した。表 1 に、fs オシレーターのパルスエネルギーを変化させて作製した回折格子の 1~3 次光それぞれの回折効率測定結果を示す。

表 1 より、パルスエネルギーの増加に伴い 1 次光の回折効率が増加し、また、パルスエネルギーが減少することで高次数の回折効率が増加する結果となった。これらの結果により、レーザー照射条件を変化させることで、回折効率を制御できることを明らかにした。

回折格子の加工条件や回折効率の向上については、現在もその詳細について検討を行っている。

以上の結果より、本研究課題では、fs レーザーを用いた機能性フッ素ポリマーCYTOP の微細加工技術確立やバイオチップデバイス作製を試みた。SLM を用いた CYTOP のナノ構造体作製では、fs レーザーアブレーションにより 2 種類のナノ表面構造をガラス基板上に堆積することに成功し、その応用として選択的細胞培養が可能なバイオチップ作製を行った。また、産業化が進みつつある fs オシレーターを用いた CYTOP 微細加工技術開発では、高品質な CYTOP 表面の微細加工を実現し、CYTOP 製透過型回折格子を作製することに成功した。本研究課題では、上記した研究結果以外にも、汎用ナノ秒レーザーを用いた CYTOP の新規表面微細加工技術開発や各種レーザーを用いた CYTOP 加工の基本特性についても検討しており[3]、CYTOP の各種レーザー微細加工技術開発について明らかにしている。

表 1 照射パルスエネルギーに対する回折効率結果

pulse energy [nJ/pulse]	diffraction efficiency [%]		
	1-order light	2-order light	3-order light
40.0	42.5	17.6	15.6
45.0	50.4	17.8	13.7
48.9	60.3	16.1	8.79
50.3	64.5	15.5	5.61
52.9	77.2	15.0	4.04

参考文献

[1] Ryo Ozaki, Kotaro Ishida, Eiji Morita and Yasutaka Hanada, Appl. Sci., 10, 7243, 2020.
 [2] Ryo Ozaki and Yasutaka Hanada, Appl. Phys. A, 126, 116, 2020.
 [3] Keisuke Nemoto and Yasutaka Hanada, Micromachines, 9, 662, 2018.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Ryo Ozaki, Kotaro Ishida, Eiji Morita and Yasutaka Hanada	4. 巻 10
2. 論文標題 Nanoparticle Deposition of Fluoropolymer CYTOP via Holographic Femtosecond Laser Processing and Its Biochip Application	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Science	6. 最初と最後の頁 7243～7254
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/app10207243	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 Ryo Ozaki and Yasutaka Hanada	4. 巻 126
2. 論文標題 Microfabrication of UV-transparent fluoropolymer using high-repetition femtosecond oscillator	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics A	6. 最初と最後の頁 116～170
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00339-019-3252-y	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 Nemoto Keisuke, Hanada Yasutaka	4. 巻 9
2. 論文標題 Etching-Assisted Ablation of the UV-Transparent Fluoropolymer CYTOP Using Various Laser Pulse Widths and Subsequent Microfluidic Applications	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 662～662
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/mi9120662	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 Y. Aomi and H. Sawada	4. 巻 16
2. 論文標題 Preparation of Amphiphobically Modified Poly(vinyl alcohol) Film by Fluoroalkyl End-Capped Vinyltrimethoxysilane Oligomer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Coat. Technol. Res.	6. 最初と最後の頁 651～660
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11998-018-0148-2	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 Yamada Katsuya	4. 巻 41
2. 論文標題 Aberrant Uptake of a Fluorescent L-Glucose Analogue (fLG) into Tumor Cells Expressing Malignant Phenotypes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Biological and Pharmaceutical Bulletin	6. 最初と最後の頁 1508 ~ 1516
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1248/bpb.b18-00089	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 Takuma Niioka, Yasutaka Hanada	4. 巻 11
2. 論文標題 Surface Microfabrication of Conventional Glass using Femtosecond Laser for Microfluidic Applications	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Automation Technology	6. 最初と最後の頁 878 ~ 882
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/ijat.issn.1883-8022	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 Y. Aomi, Y. Oishi, Y. Shibasaki, Y. Aikawa, M. Jikei, M. Nishida, S. Yamazaki, and H. Sawada	4. 巻 85
2. 論文標題 Preparation of fluoroalkyl end-capped vinyltrimethoxysilane oligomeric silica/boric acid/poly(N-methyl benzamide)-b-poly(propylene oxide) block copolymer nanocomposites - No weight loss behavior of the block copolymer in the nanocomposites even after calcination at 800	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Sol-Gel Sci. Technol.	6. 最初と最後の頁 318 ~ 329
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10971-018-4655-5	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 Yamada, K., Sato, D., Nakamura, T., Amano, H., and Morimoto, Y.	4. 巻 67
2. 論文標題 Unknown biological effects of L-glucose, ALA, and PUFA	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J. Physiol. Sci.	6. 最初と最後の頁 539 ~ 548
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12576-017-0544-x	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 該当する

〔学会発表〕 計19件（うち招待講演 11件 / うち国際学会 9件）

1. 発表者名 Yasutaka Hanada
2. 発表標題 Microfabrication of UV-transparent polymer CYTOP using various lasers for biochip applications
3. 学会等名 International Symposium on SSS Laser Processing (3S-LP) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長友克広、小林和人、山本欣郎、山田勝也
2. 発表標題 Brain area-dependent astrocyte heterogeneity detected in mice by dopamine receptor expressions
3. 学会等名 FAOPS2019・第96回日本生理学会大会 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 尾崎諒, 花田修賢
2. 発表標題 高繰り返しフェムト秒レーザーを用いた紫外透過性ポリマーへの回折格子作製
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 花田修賢
2. 発表標題 低屈折率フッ素ポリマーを用いた超短パルスレーザーによる3次元バイオチップデバイス作製およびその応用
3. 学会等名 第41回フッ素化学討論会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 花田修賢
2. 発表標題 フェムト秒レーザー3次元加工を用いたバイオチップ作製およびその応用
3. 学会等名 2018年度精密工学会秋季大会シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yasutaka Hanada
2. 発表標題 3D biochip fabrication of fluoroc polymer CYTOP for clear microscopic observation at the fluid boundary
3. 学会等名 Progress on Ultrafast Laser Modifications of Materials (PULMM)（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 花田修賢
2. 発表標題 超短パルスレーザーを用いた機能性ポリマーの3次元バイオチップデバイス作製
3. 学会等名 第89回レーザー加工学会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹内萌， 花田修賢
2. 発表標題 細胞分析を目的とした超短パルスレーザーによる低屈折率ポリマーの3次元加工技術
3. 学会等名 第62回光波センシング研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木内泰治, 武安伸幸, 花田修賢
2. 発表標題 フッ素系ポリマーのプラズモン誘起化学反応
3. 学会等名 第79回応用物理学会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 富田麗菜, 花田修賢
2. 発表標題 波面制御フェムト秒レーザー照射法による3次元微細構造体を用いた超撥水表面加工
3. 学会等名 2018年度精密工学会秋季大会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Sawada
2. 発表標題 Preparation and Property of Fluoroalkyl End-Capped Oligomer/Magnesium Oxide Nanocomposite
3. 学会等名 The Fifth International Conference of the Cis Countries (Sol-Gel Synthesis and Research of Inorganic Compounds, Hybrid Functional Materials and Disperse Systems - (SOL-GEL 2018)) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yamada, K.
2. 発表標題 Fluorescent L-glucose, a new tracer for imaging tumor cells having malignant potential.
3. 学会等名 15th Meeting of the Asian-Pacific Society for Neurochemistry (APSN2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小野幸輝、山田勝也
2. 発表標題 腫瘍細胞が立体的に集積しスフェロイドを自発形成する新しい培養法
3. 学会等名 第50回東北生理談話会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小川哲也、大鹿周佐、佐々木綾子、小野浩弥、石橋恭之、山田勝也
2. 発表標題 蛍光グルコースを用いたユーイング肉腫細胞の糖代謝イメージングGlucose metabolism imaging in cultured Ewing sarcoma cells using fluorescent glucose.
3. 学会等名 第33回日本整形外科学会基礎学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Hanada
2. 発表標題 3D microfluidic fabrication using a low refractive index polymer for clear microscopic observation at the fluid boundary
3. 学会等名 SPIE Photonics WEST 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yasutaka Hanada
2. 発表標題 Fabrication of glass-based biochip utilizing ultrashort pulse laser and its application
3. 学会等名 International Symposium on Micro-Nano Mechatronics and Human Science (MHS2017) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 花田修賢
2. 発表標題 フェムト秒レーザーによるバイオ応用マイクロチップの作製
3. 学会等名 第10回 バイオナノシステムズ研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 H. Sawada
2. 発表標題 Preparation of fluoroalkyl end-capped oligomeric composites possessing the superoleophilic/superhydrophobic and superoleophobic/superhydrophilic
3. 学会等名 International Conference on Advanced Materials and Building Materials (ICAMB2017) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yamada, K.
2. 発表標題 Fluorescent L-glucose (fLG) as a Potential Contrast Agent for Cancer Detection.
3. 学会等名 International Drug Discovery Science and Technology - Japan 2017 (IDDST-Japan 2017) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 透明材料加工方法、透明材料加工装置及び透明材料	発明者 花田修賢	権利者 弘前大学
産業財産権の種類、番号 特許、W02019/135362	出願年 2019年	国内・外国の別 外国

〔取得〕 計0件

〔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	山田 勝也 (Yamada Katsuya) (40241666)	弘前大学・医学研究科・准教授 (11101)	
研究分担者	澤田 英夫 (Sawada Hideo) (50259909)	弘前大学・理工学研究科・教授 (11101)	
研究分担者	武安 伸幸 (Takeyasu Nobuyuki) (90373323)	岡山大学・自然科学研究科・准教授 (15301)	

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