

令和 4 年 5 月 12 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17H02757

研究課題名(和文) 血中がん細胞を無染色識別する「イメージング・バイオマーカー」解析技術の開発

研究課題名(英文) Development of "Imaging Biomarker" cell sorter system for identification of CTCs

研究代表者

安田 賢二 (YASUDA, Kenji)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：20313158

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：細胞の「集団化(塊)状態」や「形状の違い」などの、従来のセルソーターの光散乱強度計測や蛍光強度計測などでは取得できない、画像情報から得られる「かたち」情報に基づいて細胞を選別する「マルチイメージング・セルソーター技術による血中がん細胞回収技術の開発を行った。本研究では、複数の光学像を同時に比較解析することによって、細胞の形状のみならず微細流路での移動速度も見積もることで、正常な血中では存在しない細胞塊の「かたち」を指標として末梢血中を流れる転移がん細胞の回収を用い、従来の抗体標識/細胞サイズ分画技術では定量的解析・回収が困難であった血中がん細胞の高速リアルタイム解析判定手法の開発に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

末梢循環がん細胞(circulating tumor cell: CTC)は、がん患者の末梢血から発見され、転移がんの原因と考えられている。近年、CTCの検出技術の開発が急速に進み、血中での濃度が非常に低いCTCを検出するために、すでに50種類を超える手法が開発されているが、がん細胞の普遍的なバイオマーカーが存在しないことが大きな障壁となっている。本研究の成果は、血中の細胞塊はがん細胞などの異常細胞であるというユニークな視点で無染色で血中の細胞塊を同定して回収する技術の開発であり、その成果は転移がんのより正確な病理検査を実現することが期待される。

研究成果の概要(英文)：We examined the distribution of circulating tumor cell (CTC) clusters in blood over time using an on-chip multi-imaging flow cytometry system, which can obtain morphometric parameters of cells and those clusters as "imaging biomarkers". Both bright-field (BF) and fluorescent (FL) images were acquired within the intervals for real-time cell sorting. A GFP-transfected prostate cancer cell line was implanted into Copenhagen rats, and the blood samples were collected 2 to 11 days later and measured. The results showed that cells having larger BF area increased in number seven days after the cancer cell implantation, as confirmed by FL measurements, and they constituted more than 1% of all white blood cells. These results indicate that the mapping of cell size distribution is useful for identifying an increase of irregular cells such as cell clusters in blood, and show that CTC clusters become more abundant in blood over time after malignant tumor formation.

研究分野：生物物理学

キーワード：ナノマイクロバイオシステム 血中がん細胞

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

転移は悪性腫瘍のみが持つ深刻な特徴であり、固形がんの死因の90%が転移に起因するものである。血行性転移のある乳癌、大腸癌、前立腺癌などでは、転移癌末梢循環癌細胞 (circulating tumor cell: CTC) の存在が知られており、これを定量的に正確に確認することは、予後不良や、抗癌剤治療の効果の判定に有効であると考えられている。歴史的にはCTCの存在は1869年のAshworthの報告まで遡ることができる<sup>1)</sup>。また、原発巣から他臓器への転移のメカニズムについても120年以上も昔にPagetがseed and soil (種と土壌) 仮説を提唱し、実際に血中を流れる癌細胞の研究も仮説の検証とともに推進されてきた<sup>4)</sup>。特に1980年代から、まずはRT-PCR法を中心にした研究によって予後診断などでCTC検査が有効であることが示されてきた。しかし、その当時から、コンタミネーションの問題等から定量的な精度を高めるためには、癌細胞を直接回収する必要が示唆されていた<sup>8)</sup>ところが実際に血中を循環する癌細胞を用いて多くの研究を進めるためには、数mlの全血中に数細胞程度といわれる極微量のCTCを同定して回収する技術の実用化を待たねばならなかった。そして、癌の転移性を定量的に計測することを目指したCTC研究については、近年の細胞関連の処理技術の急速な発展によって飛躍的に研究成果の報告が増大しつつある。これは後述するヴェリデックス社が製品化した磁性微粒子による癌細胞抽出法を活用した手法の米国食品医薬品局 (FDA) 認可によって臨床レベルでの研究成果の報告が一気に増大したことと、これに触発されたさまざまなCTC検出技術の実用化開発の進展に由来するものと考えられる。実際に、現時点で50以上もの異なる手法が提案、報告されている。しかし、現在、報告されている成果は、ターゲットとする癌細胞の存在の可能性を確認する技術として発展中のものであり、これらの報告には明確には書かれていない偽陰性・偽陽性のリスクの問題、そして定量性の問題が課題として残っており、今後の技術の改良や淘汰が進んでゆくものと考えられる。また、上皮細胞由来の分子標的を用いる現在の抗体ベースのCTC測定技術の原理の妥当性の根幹にも関わる上皮間葉転換 (epithelial-to-mesenchymal transition, EMT) 仮説の検証もまだ最終的な結論には至っていない。

### 2. 研究の目的

本研究では、細胞の「集団化 (塊) 状態」や「形状の違い」などの、従来のセルソーターの光散乱強度計測や蛍光強度計測などでは取得できない、画像情報から得られる「かたち」情報に基づいて細胞を選別する「マルチイメージング・セルソーター技術 (特許3898103/USP 8703457)」による血中がん細胞回収技術の開発を行う。本研究では正常な血中では存在しない細胞塊の「かたち」を指標として末梢血中を流れる転移がん細胞 (CTC) の回収を用い (特許5580117)、従来の抗体標識 / 細胞サイズ分画技術では定量的解析・回収が困難であった血中がん細胞の高速リアルタイム解析判定手法の開発を推進し、さらに従来の上皮細胞分子マーカーでは判定不能であった血中の「転移がん細胞」の上皮間葉転換 (EMT) 仮説についての生物学的観点からの機構の解明を進めた。

### 3. 研究の方法

(1) マルチイメージング・セルソーター装置技術の開発: 本研究では、3つの要素技術の開発を並行して推進して最終的にシステムの構築を目指した。まず、本研究の対象となる「細胞塊」をマイクロ流路系で用いる場合には、微小な1細胞から巨大な細胞塊までのサイズの異なるターゲットを同時に流す事ができる巨大な流路断面積を持った流路系を用いる必要が有る

が、この場合の課題は被写界深度の幅を増大させて像ぼけが起きにくい観察光学系を構築する必要があった。これについてはズームレンズ系と開口数の小さな対物レンズ、そして画像処理技術を組み合わせることで必要な細胞集団の形状、細胞核の形状を同定することができるアナログ+デジタル画像処理技術を最適化した。高い時間処理能力を持った細胞形状識別技術の開発として、明視野像と蛍光像を同時に取得し、これをカメラの1つの受光素子で同時取得・解析する技術の開発を行った。これまで開発・設計してきたマルチビュー光学系システム（複数の単色光明視野同時取得/比較計測技術）に、新たにFPGA技術と高速デジタルカメラを組み合わせ每秒5千個以上の細胞を実時間判別する技術の原理検討を進めた。さらに細胞の分離精製技術として、従来の中での細胞表面の持つ微弱な負の電荷を利用する従来手法から、マイクロ流路中にアルギン酸カプセルで包んだ細胞を流して、これを微弱外部静電場のスイッチングで効果的に分離する流路チップ系を開発した。

上記、ハードウェア技術の開発に並行して、システムのソフトウェア技術開発である「細胞塊」「核状態」などの高速同定アルゴリズム（「イメージング・バイオマーカー」抽出技術）の開発を推進した。「3細胞以上のクラスター」をその輪郭あるいは内部の核の分布、形状などから総合的に解明、判断する画像処理アルゴリズムを開発し、明視野像で得られる細胞の輪郭は、その輝度に分布があるため既存の自動しきい値による切り出しを行うと周囲形状が欠損する可能性があるため、局所でのしきい値設定を重ね合わせて、正確な「細胞（塊）」の周囲形状の凹凸を数値化する新規のアルゴリズム開発を実現した。また、核の空間分布から、分裂細胞の核形状であるのか、多核細胞であるのか、細胞集団であるのかを識別するアルゴリズムの開発などもあわせて推進した。

#### 4. 研究成果

(1) マルチイメージング・セルソーター装置技術の開発：本研究で予定した3つの要素技術については、それぞれ独自の技術として開発に成功した。まず、①ズームレンズ系と開口数の小さな対物レンズ、そして画像処理技術を組み合わせることで必要な細胞集団の形状、細胞核の形状を同定することができるアナログ+デジタル画像処理技術を最適化することに成功した。特に微細加工技術によって構築した微細流路系にサイドシースによって適切に細胞塊を配列させることで細胞塊を含むダイナミックレンジの高い試料観察系を構築することができた。

次に、②高い時間処理能力を持った細胞形状識別技術の開発として、明視野像と蛍光像を同時に取得し、これをカメラの1つの受光素子で同時取得・解析する技術の開発を行った。これについては、すでに開発・設計してきたマルチビュー光学系システム（複数の単色光明視野同時取得/比較計測技術）に、新たにFPGA技術と高速デジタルカメラを組み合わせ每秒5000個以上の細胞を実時間判別する技術の原理検討を進めた。FPGA技術には市販のNI社LabViewによって高速処理を確認することができた。特に、フィードバック制御に必要な細胞の流路中での流速を実時間で検出することも可能になり、正確なタイミングでの細胞分画が可能となった。さらに③細胞の分離精製技術として、当初は計画していたシリコン油が流れるマイクロ流路中に、細胞を含んだ荷電水滴を流して、これを微弱外部静電場のスイッチングで効果的に分離する流路チップ系を開発して検討を進めていたが、アルギン酸によって細胞を包むことによって細胞の損傷を最小限にして回収する技術の原理検討に成功した。また、異なるパルス長の2波調の単色光を同時に用い各粒子の流速を正確に計測する新規技術の原理検討にも成功し、最終年度には、これらの要素技術を組み込んだ試作システムの稼働を可能にした。

また上記、ハードウェア技術の開発に並行して、システムのソフトウェア技術開発である

「細胞塊」「核状態」などの高速同定アルゴリズム（「イメージング・バイオマーカー」抽出技術）についても、分析機能を実際に評価するために、動物にがん細胞を移植した転移がんモデルの血液サンプルを用いて「3細胞以上のクラスター」をその輪郭あるいは内部の核の分布、形状などから総合的に解明、判断する画像処理アルゴリズムを評価、改良した。明視野像で得られる細胞の輪郭は、その輝度に分布があるため既存の自動しきい値による切り出しを行うと周囲形状が欠損する可能性があるため、画面全体で判別するのではなく、局所ごとにローカルにしきい値設定を重ね合わせて、正確な「細胞（塊）」の周囲形状の凹凸を数値化する新規のアルゴリズム開発に成功した。また、核の空間分布から、分裂細胞の核形状であるのか、多核細胞であるのか、細胞集団であるのかを識別するアルゴリズムの開発などもあわせて推進した。また、これらの開発中のアルゴリズムを用いて得られた分析結果を論文とした。この論文では、従来の手法では比較解析できなかった細胞クラスター数の転移がん移植後の増加傾向や多核細胞の増加などを詳細に報告することができた。

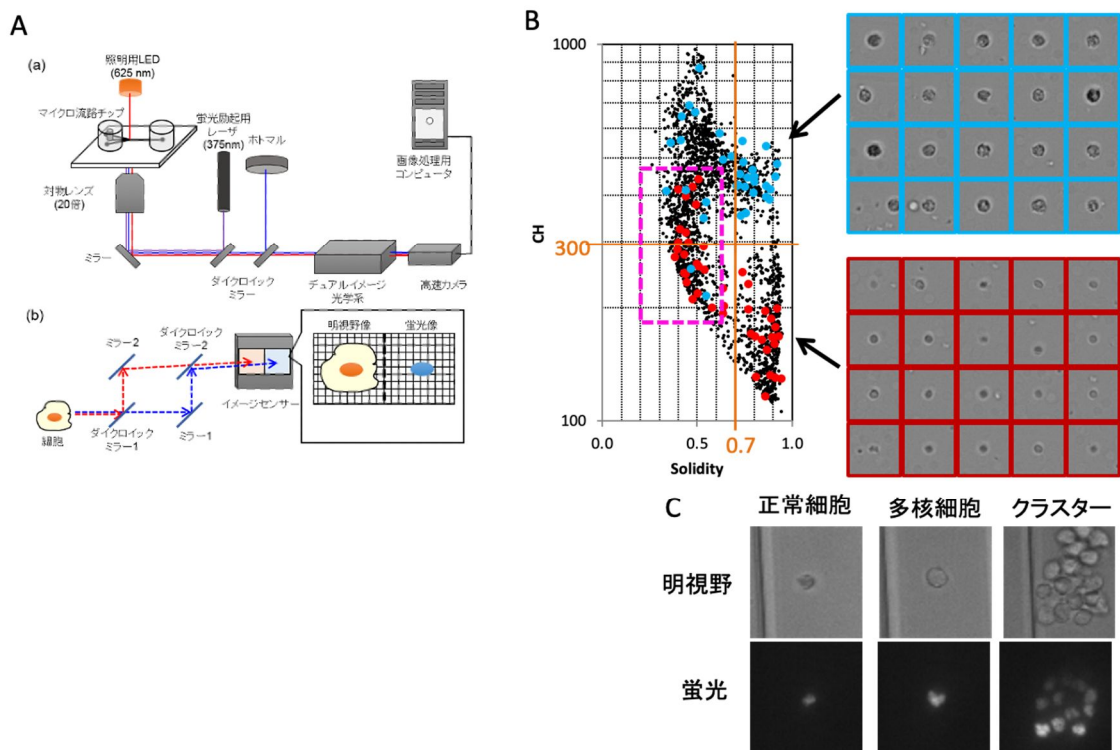


図1 画像から細胞を識別するマルチイメージングフローサイトメトリー技術。A: 超高速カメラを用いたイメージングフローサイトメトリー技術の概念図。インレットから導入された細胞溶液は、マイクロチップ内で配列されて明視野/蛍光同時計測光学顕微鏡観察系から超高速カメラによって毎秒1万細胞の画像として取得され、そのデータはリアルタイムで形状判別されて、ソーティング処理を行うことができる。B: 高速カメラで取得した連続で流れる血液細胞の計測結果例。リアルタイムで取得されたデータは、画像データをリアルタイムで処理することで従来の光散乱では得られない多くの情報をもたらすことができる。X軸(solidity)は、細胞内の充填度、Y軸(CH)は、細胞の断面積。赤枠の写真は赤血球と判定されたもの、青枠は白血球と判定されたもの。C: 明視野像と蛍光像を同時計測することで血中の正常細胞、多核細胞、クラスターなどの識別をリアルタイムで行うことができる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 Sawa Shuya, Sentoku Mitsuru, Yasuda Kenji	4. 巻 11
2. 論文標題 On-Chip Multiple Particle Velocity and Size Measurement Using Single-Shot Two-Wavelength Differential Image Analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 1011
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/mi11111011	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 Sakamoto Kazufumi, Aoki Shota, Tanaka Yuhei, Shimoda Kenji, Hondo Yoshitsune, Yasuda Kenji	4. 巻 11
2. 論文標題 Geometric Understanding of Local Fluctuation Distribution of Conduction Time in Lined-Up Cardiomyocyte Network in Agarose-Microfabrication Multi-Electrode Measurement Assay	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 1105
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/mi11121105	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 Yasuda Kenji	4. 巻 12
2. 論文標題 Dominant rule of community effect in synchronized beating behavior of cardiomyocyte networks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biophysical Reviews	6. 最初と最後の頁 481～501
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12551-020-00688-3	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 Takano Mitsunori, Yura Kei, Uyeda Taro, Yasuda Kenji	4. 巻 12
2. 論文標題 Biophysics at Waseda University	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biophysical Reviews	6. 最初と最後の頁 225～232
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12551-020-00638-z	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 Asahi Yumiko, Hamada Tomoyo, Hattori Akihiro, Matsuura Kenji, Odaka Masao, Nomura Fumimasa, Kaneko Tomoyuki, Abe Yasuyuki, Takasuna Kiyoshi, Sanbuissho Atsushi, Yasuda Kenji	4. 巻 8
2. 論文標題 On-chip spatiotemporal electrophysiological analysis of human stem cell derived cardiomyocytes enables quantitative assessment of proarrhythmia in drug development	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 14536
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-32921-1	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 Odaka Masao, Hattori Akihiro, Matsuura Kenji, Yasuda Kenji	4. 巻 57
2. 論文標題 Selective digestion of Ba <sup>2+</sup> /Ca <sup>2+</sup> alginate gel microdroplets for single-cell handling	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 06HH02
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.57.06HH02	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 Odaka Masao, Kim Hyonchol, Nakamura Yoshiyasu, Hattori Akihiro, Matsuura Kenji, Iwamura Moe, Miyagi Yohei, Yasuda Kenji	4. 巻 10
2. 論文標題 Size Distribution Analysis with On-Chip Multi-Imaging Cell Sorter for Unlabeled Identification of Circulating Tumor Cells in Blood	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 154
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/mi10020154	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

1. 著者名 Asahi Yumiko, Nomura Fumimasa, Abe Yasuyuki, Doi Masafumi, Sakakura Tomoko, Takasuna Kiyoshi, Yasuda Kenji	4. 巻 842
2. 論文標題 Electrophysiological evaluation of pentamidine and 17-AAG in human stem cell-derived cardiomyocytes for safety assessment	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 European Journal of Pharmacology	6. 最初と最後の頁 221 ~ 230
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ejphar.2018.10.046	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

1. 著者名 Hayashi T, Tokihiro T, Kurihara H, Yasuda K.	4. 巻 7
2. 論文標題 Community effect of cardiomyocytes in beating rhythms is determined by stable cells.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 15450
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-017-15727-5	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 Hayashi T, Tokihiro T, Kurihara H, Nomura F, Yasuda K.	4. 巻 437
2. 論文標題 Integrate and Fire Model with Refractory Period for Synchronization of Two Cardiomyocytes.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Theoretical Biology	6. 最初と最後の頁 141-148
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jtbi.2017.10.008	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 Tanaka Yuhei, Watanabe Haruki, Shimoda Kenji, Sakamoto Kazufumi, Hondo Yoshitsune, Sentoku Mitsuru, Sekine Rikuto, Kikuchi Takahito, Yasuda Kenji	4. 巻 11
2. 論文標題 Stepwise neuronal network pattern formation in agarose gel during cultivation using non-destructive microneedle photothermal microfabrication	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 18197
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-93988-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 -

1. 著者名 Sentoku Mitsuru, Hashimoto Hiromichi, Iida Kento, Endo Masaharu, Yasuda Kenji	4. 巻 12
2. 論文標題 Photothermal Agarose Microfabrication Technology for Collective Cell Migration Analysis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 1015
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/MI12091015	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 Sakamoto Kazufumi, Hondo Yoshitsune, Takahashi Naoki, Tanaka Yuhei, Sekine Rikuto, Shimoda Kenji, Watanabe Haruki, Yasuda Kenji	4. 巻 11
2. 論文標題 Emergent synchronous beating behavior in spontaneous beating cardiomyocyte clusters	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 11869
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/S41598-021-91466-Y	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 Shimoda Kenji, Watanabe Haruki, Hondo Yoshitsune, Sentoku Mitsuru, Sakamoto Kazufumi, Yasuda Kenji	4. 巻 13
2. 論文標題 In Situ Agarose Microfabrication Technology Using Joule Heating of Micro Ionic Current for On-Chip Cell Network Analysis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/M113020174	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79件(うち招待講演 3件/うち国際学会 15件)

1. 発表者名 Haruki Watanabe, Yuhei Tanaka, Kenji Shimoda, Kenji Yasuda
2. 発表標題 Evaluation of an improved um resolution agarose microfabrication technology for long-term individual neurite elongation observation.
3. 学会等名 第58回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kenji Shimoda, Yuhei Tanaka, Haruki Watanabe, Kenji Yasuda
2. 発表標題 Optimization of the long-term cultural environment of isolated single neurons for micro- multielectrode analysis.
3. 学会等名 第58回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 Yuhei Tanaka, Haruki Watanabe, Kenji Shimoda, Kenji Yasuda
2. 発表標題 A method to differentiate neurite non-invasively with needle agarose microfabrication technology.
3. 学会等名 58回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kaito Asahi, Moe Iwamura, Masao Odaka, Akihiro Hattori, Kenji Yasuda
2. 発表標題 Development of continuous non-clogging cell fractionation technique using pillar arrangement and AC electric field.
3. 学会等名 58回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Toshinosuke Akimoto, Shuya Sawa, Masao Odaka, Akihiro Hattori, Mitsuru Sentoku, Hiromiti Hasimoto, Kaito Asahi, Kenji Yasuda
2. 発表標題 Simple precise flow speed measurement in an on-chip flow cytometer with simultaneous two-wavelength differential image analysis.
3. 学会等名 第58回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Amane Yoshida <sup>1</sup> , Yuya Furumoto <sup>1</sup> , Toshiki Azuma <sup>1</sup> , Tomoyasu Sakaguchi <sup>1</sup> , Kenji Yasuda
2. 発表標題 Ligand is not necessary for progress of engulfment in IgG-coated and non-coated mixture of antigen cluster.
3. 学会等名 第58回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yumeno Tanaka, Yuya Furumoto, Toshiki Azuma, Amane Yoshida, Tomoyasu Sakaguchi, Dan Horonushi, Kenji Yasuda
2. 発表標題 Hysteresis is not remained in macrophages after engulfment in fluctuation of movement angles with a single-point series phagocytosis assay.
3. 学会等名 第58回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiromichi Hashimoto, Mitsuru Sentoku, Syun Koide, Kento Iida, Kenji Yasuda
2. 発表標題 Width-dependent concave velocity distribution in collective migration is explained by two fluid-like behavior rules.
3. 学会等名 第58回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuya Furumoto, Toshiki Azuma, Amane Yoshida, Tomoyasu Sakaguchi, Yumeno Tanaka, Dan Horonushi, Kenji Yasuda
2. 発表標題 PM2.5 antigens maintains efficiency of engulfment ability in serial phagocytosis of single macrophages with on-chip free-flow method.
3. 学会等名 第58回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mitsuru Sentoku, Hiromichi Hashimoto, Kento Iida, Kenji Yasuda
2. 発表標題 Velocity split after passing through the wide-narrow-wide capillary tube caused by short-term memory in collective cell migration.
3. 学会等名 第58回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名	Dan Horonushi, Yuya Furumoto, Toshiki Azuma, Amane Yoshida, Tomoyasu Sakaguchi, Yumeno Tanaka, Kenji Yasuda
2. 発表標題	Maximum limit of phagocytosis is explained by the shortage of consumable cell membrane with 0.9 $\mu\text{m}$ envelope in phagosome.
3. 学会等名	第 5 8 回日本生物物理学会年会
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	Shun Koide, Mitsuru Sentoku, Kento Iida, Hiromichi Hashimoto, Masao Odaka, Akihiro Hattori, Kenji Yasuda
2. 発表標題	Measurement of the temporal rotation change of individual cells' trajectory in collective cell migration in agarose microchannels.
3. 学会等名	第 5 8 回日本生物物理学会年会
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	Toshiki Azuma, Yuya Furumoto, Amane Yoshida, Tomoyasu Sakaguchi, Kenji Yasuda
2. 発表標題	Dominant factor for cease phagocytosis after excess intake of antigens is explained by the volume regulation with 0.62- $\mu\text{m}$ encapsulation.
3. 学会等名	第 5 8 回日本生物物理学会年会
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	Tomoyasu Sakaguchi, Yuya Furumoto, Toshiki Azuma, Amane Yoshida, Kenji Yasuda
2. 発表標題	Dominant factor for cease phagocytosis after excess intake of antigens is explained by the volume regulation with 0.62- $\mu\text{m}$ encapsulation.
3. 学会等名	第 5 8 回日本生物物理学会年会
4. 発表年	2020年

1. 発表者名 Kazufumi Sakamoto, Yoshitsune Hondo, Kenji Yasuda
2. 発表標題 Fluctuation distribution of propagation time was conserved during excitation conduction in lined- up cardiomyocyte networks.
3. 学会等名 第58回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshitsune Hondo, Kazufumi Sakamoto, Rikuto Sekine, Yuhei Tanaka, Haruki Watanabe, Kenji Shimoda, Kenji Yasuda
2. 発表標題 Observation of synchronized beating cycles of cardiomyocytes during three cell network formation in on-chip single cell measurement assay.
3. 学会等名 第58回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kenji Yasuda
2. 発表標題 On-chip Cellomics Technology
3. 学会等名 A*STAR IBN Seminar Series (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 尾高 正朗、服部 明弘、安田 賢二
2. 発表標題 オン・チップマルチイメージングフローサイトメトリーを用いた血中の循環腫瘍細胞の同定のためのサイズ解析
3. 学会等名 第57回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田 周、古本悠也、吾妻 利紀、尾高 正朗、服部 明弘、安田 賢二
2. 発表標題 オンチップ 1 細胞計測系によるマクロファージの貪食戻り現象に関する研究
3. 学会等名 第57回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橋本 広道、山中 悠希、高野 隆治、尾高 正朗、松浦 賢志、飯田 健斗、服部 明弘、安田 賢二
2. 発表標題 血管内皮細胞の二次元平面構造内における単一細胞の運動特性の観察
3. 学会等名 第57回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古本悠也、吾妻利紀、吉田周、尾高 正朗、服部 明弘、安田 賢二
2. 発表標題 On-chip analysis of two-step phagocytosis in sequential phagocytosis on identical position of single macrophages
3. 学会等名 第57回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吾妻 利紀、古本悠也、吉田 周、尾高 正朗、服部 明弘、安田 賢二
2. 発表標題 キャピラリー吸引法を用いた一連の貪食における単一マクロファージの余分な体積増加について
3. 学会等名 第57回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂本 一史、青木 肖太、本堂 義常、尾高 正朗、服部 明弘、安田 賢二
2. 発表標題 Observation of direction-dependent asymmetrical propagation velocities in excitation conduction in a same cardiomyocyte networks on a chip
3. 学会等名 第57回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 青木 肖太、坂本 一史、本堂 義常、服部 明弘、尾高 正朗、安田 賢二
2. 発表標題 心筋細胞ネットワークにおける局所伝導ゆらぎの幾何学的理解
3. 学会等名 第57回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中 悠平、青木 肖太、渡部 治樹、下田 賢司、服部 明弘、松浦 賢志、尾高 正朗、安田 賢二
2. 発表標題 アガロース微細構造を用いた海馬細胞から伸長する神経突起の相互作用の解析
3. 学会等名 第57回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡部 治樹、田中 悠平、青木 肖太、下田 賢司、菊池 隆仁、服部 明弘、尾高 正朗、安田 賢二
2. 発表標題 単一神経突起伸長特性測定のためのスポット吸収マイクロニードルを用いたum精度のアガロース微細加工技術
3. 学会等名 第57回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 飯田 健斗、橋本 広道、尾高 正朗、服部 明弘、安田 賢二
2. 発表標題 3次元構造のトポロジーが血管内皮細胞のシート進行速度を決定する
3. 学会等名 第57回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋直樹、山下晶洸、坂本一史、尾高正朗、服部明弘、松浦賢志、安田賢二
2. 発表標題 Community effect of cardiomyocytes in synchronous behavior of beating by constructing cell cluster (1): Experimental approach
3. 学会等名 第56回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 菊池隆仁、青木肖太、田中悠平、尾高正朗、服部明弘、松浦賢志、安田賢二?
2. 発表標題 A 1064/1480-nm photo-thermal etching system with fiber optics for an accurate and non-invasive micropatterning of an agarose thin layer
3. 学会等名 第56回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 青木肖太、菊池隆仁、田中悠平、松浦賢志、服部明弘、尾高正朗、安田賢二
2. 発表標題 Extracellular field potential change analysis of spontaneous firing of an isolated neuron by an on-chip multi-electrode array system.
3. 学会等名 第56回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中悠平、菊池隆仁、青木肖太、服部明弘、松浦賢志、尾高正朗、安田賢二
2. 発表標題 Repulsive interactions of two neurites elongated from two isolated hippocampal cells in agarose width-length-controlled microchannels.
3. 学会等名 第56回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 古本悠也、中田吉紀、吾妻利紀、吉田周、尾高正朗、服部明弘、松浦賢志、安田賢二
2. 発表標題 Development of free-flow assay for precise evaluation of phagocytosis efficiency of macrophages.
3. 学会等名 第56回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吾妻利紀、中田吉紀、古本悠也、吉田周、服部明弘、松浦賢志、尾高正朗、安田賢二
2. 発表標題 Hysteresis of single point sequential phagocytoses in macrophages using on-chip single cell measurement assay
3. 学会等名 第56回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉田周、中田吉紀、古本悠也、吾妻利紀、服部明弘、松浦賢志、尾高正朗、安田賢二
2. 発表標題 Identifying the maximum size of phagocytosis in macrophages using on-chip single cell measurement assay
3. 学会等名 第56回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 橋本広道、飯田健斗、山中悠希、高野隆治、尾高正朗、松浦賢志、服部明弘、安田賢二
2. 発表標題 Evaluation of photo-thermal three-dimensional gelatin-gel microfabrication technology for clarification of endothelial cells' dynamics
3. 学会等名 第56回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中田吉紀、古本悠也、吾妻利紀、吉田周、尾高正朗、松浦賢志、服部明弘、安田賢二
2. 発表標題 Analysis of neglecting phase in phagocytosis of macrophages using on-chip sequential single-point phagocytoses measurement assay
3. 学会等名 第56回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 飯田健斗、山中悠希、橋本広道、高野隆治、尾高正朗、服部明弘、松浦賢志、安田賢二
2. 発表標題 Direct observation of blood vein formation dynamics exploiting flexible three-dimensional gelatin-gel microfabrication technology
3. 学会等名 第56回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 坂本一史、関菜月、青木肖太、高橋直樹、尾高正朗、松浦賢志、服部明弘、安田賢二
2. 発表標題 Development of a method to track conductions in cardiomyocyte network with a multi-electrode system
3. 学会等名 第56回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川合絢子、岩村萌絵、松浦賢志、服部明弘、尾高正朗、安田賢二
2. 発表標題 Quantitative evaluation of preciseness in design copy in microfabrication procedures of circulating tumor cell cluster size-filtration
3. 学会等名 第56回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩村萌絵、松浦賢志、川合絢子、尾高正朗、服部明弘、安田賢二
2. 発表標題 Development of size filtration-imaging cell sorter for real time selective collection of circulating tumor cells (CTCs) in blood
3. 学会等名 第56回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 尾高正朗、岩村萌絵、川合絢子、服部明弘、松浦賢志、安田賢二
2. 発表標題 Selective digestion of Ba <sup>2+</sup> /Ca <sup>2+</sup> alginate microdroplets for single-cell-analysis
3. 学会等名 第56回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山中悠希、飯田健斗、高野隆治、橋本広道、尾高正朗、服部明弘、松浦賢志、安田賢二
2. 発表標題 Development of sprouting vascular endothelial cell collection method using flexible design of Matrigel for expression analysis
3. 学会等名 第56回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安田賢二
2. 発表標題 オンチップ・セロミクス：「履歴・記憶」と「集団効果」から見た細胞ネットワークの後天的情報の理解
3. 学会等名 第56回日本生物物理学会年会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 尾高正朗、服部明弘、松浦賢志、安田賢二
2. 発表標題 Study of Seamless Combination of Imaging Cell Sorting and Gene Analysis Technology Utilizing Characteristics of Alginate Microdroplets
3. 学会等名 The 31th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 飯田健斗、山中悠希、橋本広道、高野隆治、尾高正朗、服部明弘、松浦賢志、安田賢二
2. 発表標題 Direct observation of blood vein formation dynamics exploiting flexible three-dimensional gelatin-gel microfabrication technology
3. 学会等名 CREST「生命動態の理解と制御のための基盤技術の創出」研究領域 第7回領域会議
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山中悠希、飯田健斗、高野隆治、橋本広道、尾高正朗、服部明弘、松浦賢志、安田賢二
2. 発表標題 Development of sprouting vascular endothelial cell collection method using flexible design of Matrigel for expression analysis
3. 学会等名 CREST「生命動態の理解と制御のための基盤技術の創出」研究領域 第7回領域会議
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 K. Matsuura, M. Iwamura, N. Takahashi, Y. Yamanaka, N. Seki, M. Odaka, A. Hattori, H. Terazono, K. Yasuda.
2 . 発表標題 Evaluation of cell-to-cell conduction on one-dimensional line of cardiac muscle cells network for in vitro predictive cardiotoxicity measurement beyond cell-based drug discovery electrophysiology.
3 . 学会等名 The 5th International symposium for Bioimaging Joint symposium on Bioimaging between Singapore and Japan. (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 M. Girault, H. Kim, K. Matsuura, M. Odaka, A. Hattori, H. Terazono, K. Yasuda.
2 . 発表標題 Real time on-chip imaging cell sorter for shape recognition of target cells in droplets.
3 . 学会等名 The 5th International symposium for Bioimaging Joint symposium on Bioimaging between Singapore and Japan. (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 M. Iwamura, Y. Yamanaka, K. Iida, M. Odaka, A. Hattori, K. Matsuura, H. Terazono, K. Yasuda.
2 . 発表標題 On-chip multi-imaging flowcytometry for non-labeled detection of cell clusters in blood with imaging biomarkers.
3 . 学会等名 The 5th International symposium for Bioimaging Joint symposium on Bioimaging between Singapore and Japan. (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 M. Odaka, M. Iwamura, A. Hattori, K. Matsuura, H. Terazono, Y. Yamanaka, K. Iida, K. Yasuda.
2 . 発表標題 Time course change of circulating tumor cell clusters in blood evaluated by imaging biomarkers of on-chip multi-imaging cell sorter
3 . 学会等名 The 5th International symposium for Bioimaging Joint symposium on Bioimaging between Singapore and Japan. (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 N. Takahashi, N. Seki, H. Terazono, M. Odaka, A. Hattori, K. Matsuura, K. Yasuda.
2 . 発表標題 Origin of cardiomyocyte cluster beating rhythms: Elucidation of selection rule of interbeat intervals of cardiomyocyte network from single cells.
3 . 学会等名 The 5th International symposium for Bioimaging Joint symposium on Bioimaging between Singapore and Japan. (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 T. Kikuchi, S. Aoki, M. Odaka, A. Hattori, K. Matsuura, H. Terazono, K. Yasuda.
2 . 発表標題 Minimum width of artificial neuronal circuit patterns for stable elongation of neurites.
3 . 学会等名 The 5th International symposium for Bioimaging Joint symposium on Bioimaging between Singapore and Japan. (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Y. Nakata, Y. Furumoto, M. Odaka, A. Hattori, K. Matsuura, H. Terazono, K. Yasuda.
2 . 発表標題 Studies on spatiotemporal adaptive regulation mechanism of macrophage phagocytosis: response of multiple stimulations due to physical contacts with multiway optical tweezers.
3 . 学会等名 The 5th International symposium for Bioimaging Joint symposium on Bioimaging between Singapore and Japan. (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 A. Hattori, N. Takahashi, M. Odaka, K. Matsuura, H. Terazono, N. Seki, K. Yasuda.
2 . 発表標題 Development of on-chip dual measurement system for quasi-in vivo screening of cardiotoxicity using extracellular field potential recording and optical displacement analysis of single cells.
3 . 学会等名 The 5th International symposium for Bioimaging Joint symposium on Bioimaging between Singapore and Japan. (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 M. Odaka, A. Hattori, K. Matsuura, M. Iwamura, Y. Yamanaka, K. Iida, K. Yasuda
2 . 発表標題 Time Course Change of Clustered Circulating Tumor Cell in Cancer Metastasis Blood Investigated with Imaging Biomarkers by on-Chip Multi-Imaging Cell Sorter.
3 . 学会等名 The 30th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2017) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Shota Aoki, Takahito Kikuchi, Kenji Matsuura, Akihiro Hattori, Masao Odaka, Kenji Yasuda.
2 . 発表標題 Extracellular electrophysiological measurement of spontaneous firing of single neurons in neuronal circuit using expandable on-chip assay.
3 . 学会等名 第55回日本生物物理学会年会
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Takahito Kikuchi, Shota Aoki, Hideyuki Terazono, Kenji Matsuura, Akihiro Hattori, Masao Odaka, Kenji Yasuda.
2 . 発表標題 Neurite elongation characteristics in the width-controlled channels using an in situ on-chip photothermal microfabrication assay.
3 . 学会等名 第55回日本生物物理学会年会
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Masao Odaka, Akihiro Hattori, Kenji Matsuura, Moe Iwamura, Yuki Yamanaka, Kento Iida, W.Davis Ronald, D.Crosby Laurel, Kenji Yasuda.
2 . 発表標題 A simple method for encapsulating single cells in alginate microspheres.
3 . 学会等名 第55回日本生物物理学会年会
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 Kento Iida, Yuki Yamanaka, Moe Iwamura, Masao Odaka, Kenji Matsuura, Akihiro Hattori, Kenji Yasuda.
2. 発表標題 Development of real time microfabrication technology of gelatin with focused photo-thermal etching.
3. 学会等名 第55回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuki Yamanaka, Kento Iida, Moe Iwamura, Masao Odaka, Kenji Matsuura, Akihiro Hattori, Kenji Yasuda.
2. 発表標題 Development of real time microfabrication technology of nano-particle suspended agarose microstructures with focused photo-thermal etching.
3. 学会等名 第55回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Moe Iwamura, Masao Odaka, Yuki Yamanaka, Kento Iida, Kenji Matsuura, Akihiro Hattori, Kenji Yasuda.
2. 発表標題 Monitoring of circulating tumor cell clusters in blood using size classifying imaging cell sorter.
3. 学会等名 第55回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuya Furumoto, Yoshiki Nakata, Masao Odaka, Kenji Matsuura, Akihiro Hattori, Kenji Yasuda.
2. 発表標題 Optimization of antigen of macrophage phagocytosis using on-chip single cell measurement assay.
3. 学会等名 第55回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Natsuki Seki, Naoki Takahashi, Masao Odaka, Kenji Matsuura, Akihiro Hattori, Kenji Yasuda.
2. 発表標題 Adaptation of field potential duration in cardiomyocyte clusters under forced electrical stimulation intervals.
3. 学会等名 第55回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshiki Nakata, Yuya Furumoto, Masao Odaka, Kenji Matsuura, Akihiro Hattori, Hideyuki Terazono, Kenji Yasuda.
2. 発表標題 Analysis of sequential single point phagocytosis in macrophages using on-chip single cell measurement assay.
3. 学会等名 第55回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Naoki Takahashi, Natuki Seki, Masao Odaka, Hideyuki Terazono, Kenji Matsuura, Akihiro Hattori, Kenji Yasuda.
2. 発表標題 Origin of cardiomyocyte cluster beating intervals: Elucidation of selection rule of interbeat intervals of cardiomyocyte network.
3. 学会等名 第55回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 安田賢二
2. 発表標題 構成的アプローチによる細胞ネットワークの集団効果の理解とその応用展開.
3. 学会等名 応用物理学会 有機分子・バイオエレクトロニクス分科会 3月研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 Kazufumi Sakamoto, Shota Aoki, Yuhei Tanaka, Kenji Shimoda, YoshitsuneHondo and Kenji Yasuda
2. 発表標題 Geometric understanding of local fluctuation distribution of conduction time in lined-up cardiomyocyte network in agarose-microfabrication multi-electrode measurement assay.
3. 学会等名 1st International Conference on Micromachines and Applications (ICMA) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiromichi Hashimoto, Mitsuru Sentoku, Kento Iida and Kenji Yasuda.
2. 発表標題 Development of gelatin-based flexible three-dimensional capillary pattern microfabrication technology for analysis of collective cell migration.
3. 学会等名 1st International Conference on Micromachines and Applications (ICMA) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Mitsuru Sentoku, Shuya Sawa, and Kenji Yasuda.
2. 発表標題 On-chip multiple particle velocity and size measurement using single-shot two-wavelength differential image analysis
3. 学会等名 1st International Conference on Micromachines and Applications (ICMA) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuhei Tanaka, Haruki Watanabe, Kenji Shimoda, Kazufumi Sakamoto, Yoshitsune Hondo, Kenji Yasuda.
2. 発表標題 Flexible microfabrication on a chip during cultivation for a neuronal network direction control using stepwise photo-thermal etching of an agarose architecture.
3. 学会等名 1st International Conference on Micromachines and Applications (ICMA) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazufumi Sakamoto, Yoshitsune Hondo, Kenji Yasuda.
2. 発表標題 Can overdrive suppression explain the synchronized beating behavior of spontaneous beating cardiomyocyte clusters?
3. 学会等名 第59回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Mitsuru Sentoku, Hironichi Hashimoto, Kenji Yasuda.
2. 発表標題 Application of photothermal agarose microfabrication technology for spatiotemporal analysis of collective cell migration.
3. 学会等名 第59回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoshitsune Hondo, Kazufumi Sakamoto, Kenji Yasuda.
2. 発表標題 Emergent slower synchronous beating behavior in spontaneous beating cardiomyocyte clusters.
3. 学会等名 第59回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Haruki Watanabe, Kenji Shimoda, Yuhei Tanaka, and Kenji Yasuda.
2. 発表標題 Stepwise neuronal network pattern formation in agarose during cultivation using non-destructive microneedle photothermal microfabrication.
3. 学会等名 第59回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kenji Shimoda, Haruki Watanabe, Kenji Yasuda.
2. 発表標題 Development of agarose microfabrication technology using Joule heat of micrometer-sized ionic current.
3. 学会等名 第59回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Dan Horonushi, Sota Suzuki, Kenji Yasuda.
2. 発表標題 Examination of backtracking engulfment mechanism in macrophages using on-chip single cell observation assay.
3. 学会等名 第59回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Toshinosuke Akimoto, Kenji Yasuda.
2. 発表標題 Development of Damage-free Imaging Cell Sorter Exploiting Alginate Capsules.
3. 学会等名 第59回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masaharu Endo, Mitsuru Sentoku, and Kenji Yasuda.
2. 発表標題 Effect of sudden change of confined environment in collective cell migration of epithelial cells.
3. 学会等名 第59回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Souta Suzuki, Dan Horonushi, Kenji Yasuda.
2. 発表標題 Emergence of coordinated migration behavior of isolated single macrophages in confined geometries of microstructures.
3. 学会等名 第59回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 細胞分析装置システムおよび細胞分析方法	発明者 安田 賢二	権利者 早稲田大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-151212	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔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

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