

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：17102

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2019～2023

課題番号：19H05680

研究課題名（和文）ポストコッホ微生物の分離・培養の技術革新

研究課題名（英文）Advanced microbiobes sepallation and cluturing techniques for post-Koch ecology analysis

研究代表者

佐々 文洋（Sassa, Fumihiro）

九州大学・システム情報科学研究院・准教授

研究者番号：30722681

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 72,100,000円

研究成果の概要（和文）：ポストコッホ微生物培養技術の開発として、様々な菌種・培養条件・分析用途に合わせた材質・設計の異なる19種類のゲル充填培養アレイデバイスを開発した。また、各デバイス種類に対応した、一括植菌操作デバイスなど10種類の補助ツールの開発、微生物培養アレイ操作を目的としたマイクロロボットの基礎技術を確立した。他の計画班との共同研究にて本デバイスを用いた新規微生物種が発見されるなど大きな進展を見せた。これら開発したすべてのデバイスの加工プロセス・設計データをまとめたライブラリ化しおよび誰でも簡便に扱うことのできるデバイスとしての本マイクロ培養デバイスの標準実験操作マニュアルを作成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来にない高効率の微生物の培養・分離操作の実現を目的とし、微細加工技術を用いたポストコッホ培養分離ツール群の開発を行った。このデバイスは従来のシャーレを用いた培養と比べ1/5000程度の体積で同等の数の個別培養を可能とする。このデバイスを実証するために領域内を含む国内外の共同研究先で実証実験を行いその有効性、ツールとしての操作性・実用性を実証した。また、この培養アレイを操作するための多数の培養チャンバーを一括して操作する補助ツールの開発やマイクロロボット技術と組み合わせた新規培養操作技術など次世代の大規模集積微生物培養技術の基礎技術を構築した。

研究成果の概要（英文）：As part of the development of post-Koch microbial culture technology, we have created 19 different types of gel-filled culture array devices tailored to various microbial species, culture conditions, and analytical applications. Additionally, we have developed ten types of auxiliary tools, such as devices for batch inoculation, and established foundational technology for a microrobot designed for microbial culture array operations (Patent No. 7460053, US Patent Application: US.2021388299.A1). Collaborative research with other project teams has led to significant advancements, including the discovery of new microbial species using these devices. We have compiled the processing methods and design data for all developed devices into a comprehensive library and created a standard experimental procedure manual for these microculture devices, ensuring they are easy to use for anyone.

研究分野：BioMEMS

キーワード：BioMEMS ポストコッホ ゲル充填マイクロウェルアレイ マイクロロボット 微生物

1. 研究開始当初の背景

(微生物分離培養・分析に用いる実験装置に関して)

1930年代より始まった分子生物学の発展によりゲノム・プロテオーム等の解析ツールが出現し、微生物学・生態学・医学等の研究の分野においても大きな革新が起きてきた。しかし、そのような分子生物学的解析技術の発展とは裏腹に、微生物学研究に特有の微生物の分離・培養と代謝解析の操作の多くはシャーレやウェルプレート、マイクロチューブなど従来の器具(ツール)を用いたままとなっている。G. Whitesides が指摘する様にこれらの多くは19世紀にコッホとパスツールが発明した時代から大きく変わっていない。これらのツールを用いて一人の実験者が同時に分離・培養し、分析できる微生物は数 $10\sim 1,000$ 個に限定される。また代謝物を解析する際には、扱う培地・溶液の容量は多くの場合 mL オーダーであり、 $1\sim 100$ 細胞程度の微小な代謝では分析に十分な代謝物濃度を得ることができない。このため、十分な菌体数を得るために長時間の培養が必要であった。また、これは増殖速度の遅い微生物の大部分が研究対象から取りこぼされていることを意味する。注目すべきは、これらのツールは人間の手のサイズを基準に設計されていることであり、その量的・時間的制限は微生物ではなく人間のスケールに由来している。一方、微生物からすれば、もっと小さい環境で生育可能であり、わずかな個体数でも確実に代謝を行っている。

(マイクロマシニングに関して)

19世紀と比べ大幅に発展した現在の工学技術を用いれば、桁違いに効率的で大規模な微生物培養機器の開発が可能である。申請者はこれまで、nm ~ μm オーダーの機械構造体を作製するマイクロマシニング、特に細胞培養や生化学分析を行うバイオMEMSの研究を行ってきた。この技術を用いて作製した微小なゲル充填培養チャンバーのアレイは、同時に10万個の独立した培養を直径3インチのデバイス上で行うことができる。このサイズの世界では単純に小さいだけでなく様々な物理・化学現象が質的に変化する。これは”スケール効果”と呼ばれ、例えば、10 pL 程度の水滴・ゲルは高湿度環境下においても瞬時に蒸発してしまう。また、微生物にも細胞サイズ、栄養や呼吸等のリソース、代謝速度の相互関係から生育環境のサイズに限界があると考えられるが詳細は未解明である。

2. 研究の目的

本研究では微生物を培養・機能解析する分析サイズを手作業の限界ではなく、培養デバイスの物理・化学的限界および微生物の生育の限界を基準に設計することで、1回の実験操作で膨大な数の独立した同時培養および単菌または数菌レベルの相互作用の分析を可能とするアレイ型の新規培養デバイスを構築する。

これら「独立した極微小環境中での培養・分析」およびそのアレイ化技術の開発を通し、サイズに依存しない純粋な生育応答と微生物間相互作用情報を取得し、分離されたそれぞれの微生物に独立した培養環境を与えることで生育速度による競合を取り除くとともに、微生物の培養・分析の種数と時間をハイスループット化するポストコッホ型の微生物培養・分析のプラットフォームを構築する。

3. 研究の方法

本研究では代表者がこれまでに開発した微細加工技術に基づく高密度細胞培養デバイスに関する基礎技術を統合・発展させることで、従来では不可能であった大規模単離培養分析技術(量的飛躍)および数細胞オーダーの同種・異種生物間インタラクションの操作・分析技術(質的飛躍)の開発を行う。これにより、これまで分離できなかった微生物(微生物ダークマター)を分離可能とするポストコッホ技術・微生物培養分析ツールを確立する。

4. 研究成果

従来にない高効率の微生物の培養・分離操作の実現を目的とし、微細加工技術を用いたポストコッホ培養分離ツール群の開発を行った。このデバイスは従来のシャーレを用いた培養と比べ $1/5000$ 程度の体積で同等の数の個別培養を可能とする。このデバイスを実証するために領域内を含む国内外の共同研究先で実証実験を行いその有効性、ツールとしての操作性・実用性を実証した。また、この培養アレイを操作するための多数の培養チャンパーを一括して操作する補助ツールの開発やマイクロロボット技術と組み合わせた新規培養操作技術など次世代の大規模集積微生物培養技術の基礎技術を構築した(図1)。

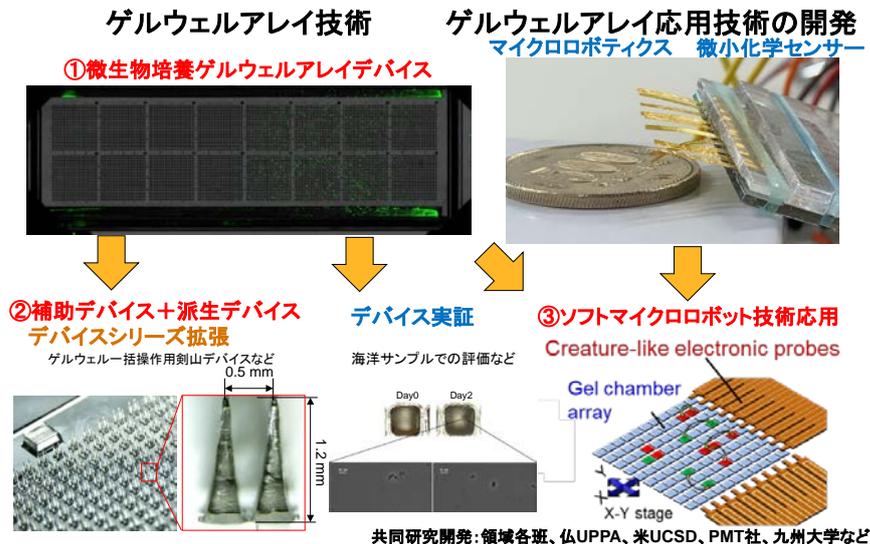


図 1. 主な研究成果。開発した一連の微生物培養マイクロゲルアレイデバイス群と、培養実験高度化ツール。

①マイクロ培養ゲルアレイデバイスの開発

簡便な操作で使用可能な微生物培養マイクロアレイデバイスの特に、個別の微生物種、環境、培養条件に合わせた、サイズや素材の異なる複数のバリエーションデバイスを開発した。これまでに領域各班と共同して 15 Type の樹脂製デバイス、4 Type の耐熱ガラス製デバイスを開発し評価を行ってきた (表 1)。これらは各班の得意とする分析・スクリーニング対象に合わせ機能要件を抽出し、次の全体的な設計にフィードバックするというサイクルを繰り返しており、現在計画当初から数え第三世代目のデバイス群となっている。また、これら開発サイクルとは別に、環境中の小さな生態系の組み合わせを一括して分析するための耐熱ガラス製下層連結型マイクロ培養チャンバーアレイを開発した。本項目では他の計画班との共同研究にて本デバイスを用いた新規微生物種が発見されるなど大きな進展を見せた。

②ポストコッホ型培養・化学分析技術高度化

新たなポストコッホ技術の開発のために有望な分離・培養・分析技術の探索的研究として、BioMEMS 技術をベースに生物代謝物等を測定するための技術開発として、生物代謝ガスセンサ、電気化学微小センサの開発を行っている。これまでにインクジェットプリントのみで形成可能な完全印刷型ケミレジスタガスセンサアレイの開発や高速な貴金属ナノ粒子を用いた LSPR 型光学ガスセンサの開発してきた。また、微生物培養アレイ操作を目的としたマイクロロボットの基礎技術を確立した (特許第 7460053 号、米国特許出願中: US. 2021388299. A1)。さらにこの技術をベースとした培養アレイと組み合わせ使用するための電気化学酵素センサを搭載したソフトロボティックプローブを開発した。また、本計画の核となる微小計測技術の網羅的調査を行った 32 ページにわたる分野総括的ロングレビューが BioMEMS 分野のトップジャーナルである Lab on a Chip 誌に採択され掲載された。

③培養や実験の高度化のためのツール群の開発

デバイス上で培養した微生物アレイのレプリカ形成用デバイスなど、操作性や機能拡張のための周辺技術の開発も同時に行った。レプリカ形成デバイスはアレイのすべてのウェルに対応し 196-6400 本の PDMS エラストマー製ニードルで構成されるの剣山様デバイス、および培養アレイと剣山様デバイスの位置合わせ-コンタクトを行うガイドデバイスから構成される。本デバイスを用いた領域内での共同研究による評価では 3600 ウェルのガラスデバイスにて 90%以上の精度でのレプリカ作製に成功している。これら開発したすべてのデバイスの加工プロセス・設計データをまとめたライブラリ化しおよび誰にでも簡便に扱うことのできるデバイスとしての本マイクロ培養デバイスの標準実験操作マニュアルを作成した。

表 1. 本プロジェクトで開発したゲル充填マイクロウェルアレイ一覧

通し番号	シリーズ	材質	型番	孔サイズ	ピッチ	孔数	特徴
1	厚型・高密度	エポキシ/耐熱ガラス	型番なし	80	160	約10万	A01-3班フォトソングラフイーによる高密度デバイス
2	樹脂プロトタイプ	PMMA	P001 A500 1600	500	750	1600	試作品
3	樹脂プロトタイプ	PMMA	P001 A250 6400	200	375	6400	試作品
4	S002	PMMA	S002 P750 1600	325	750	1600	保湿度領域改良/穴サイズ調整
5	S002	PMMA	S002 P375 6400	200	375	6400	保湿度領域改良/穴サイズ調整
6	S003	PMMA/PET	S003WT-P2200 196	1500	2200	196	密閉構造改良/プロセス・材料調整(mmスケール大ウェル)
7	S003	PMMA/PET	S003WT-P1500 400	1000	1500	400	密閉構造改良/プロセス・材料調整(mmスケール大ウェル)
8	S003	PMMA/PET	S003WT-P1000 900	600	1000	900	密閉構造改良/プロセス・材料調整(領域内多くの班と共同研究)
9	S003	PMMA/PET	S003WT-P750 1600	325	750	1600	密閉構造改良/プロセス・材料調整
10	S003	PMMA/PET	S003WT-P375 6400	200	375	6400	密閉構造改良/プロセス・材料調整
11	S003	PMMA/PET	S003WTN-P750 1600	325	750	1200	A02-1班用試薬設置部付
12	S003	PMMA/PET	S003WTN-P375 6400	200	375	4800	A02-1班用試薬設置部付
13	S003	PMMA/PET	S003WTI-P2200 196A	1500	2200	196	A01-6班用貫通孔形成タイプ
14	S003	PMMA/PET	S003WTI-P2200 196B	1500	2200	196	A01-6班用半透膜設置用タイプ
15	全PDMS	PDMS	型番なし	1500	2200	324	A01-4班用前PDMSデバイス(正方形)メカニカルアライメント機構付き
16	全PDMS	PMMA/PET	型番なし	1000	1500	729	A01-4班用前PDMSデバイス(正方形)メカニカルアライメント機構付き
17	ガラスデバイス	ホウケイ酸ガラス	単孔	200	500	3600	A02-2班用耐熱ガラスデバイス
18	ガラスデバイス	ホウケイ酸ガラス	2孔下部流路連結	200	500	3600	下部連結流路付(2孔連結)耐熱ガラスデバイス
19	ガラスデバイス	ホウケイ酸ガラス	4孔下部流路連結	200	500	3600	下部連結流路付(4孔連結)耐熱ガラスデバイス

孔サイズとピッチの単位は μm

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 8件／うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Otsuka Riku, Zhang Shiyi, Hayashi Kenshi, Sassa Fumihiro	4. 巻 7
2. 論文標題 Active Optical Sensor Microrobot Equipped With Multi-DoF Gripper Arm Based on Kinetic Electronics	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Sensors Letters	6. 最初と最後の頁 1~4
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/LSSENS.2023.3303076	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 Yang Zhongyuan, Sassa Fumihiro, Hayashi Kenshi	4. 巻 23
2. 論文標題 An Odor Trace Visualization System Using a Two-Dimensional Backside Scattering Localized Surface Plasmon Resonance Gas Sensor	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 9525 ~ 9525
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/s23239525	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 Chen Lin, Guo Hao, Wang Cong, Chen Bin, Sassa Fumihiro, Hayashi Kenshi	4. 巻 24
2. 論文標題 Two-Dimensional SERS Sensor Array for Identifying and Visualizing the Gas Spatial Distributions of Two Distinct Odor Sources	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 790 ~ 790
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/s24030790	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 Chen Lin, Guo Hao, Matsuo Takuya, Sassa Fumihiro, Hayashi Kenshi	4. 巻 19
2. 論文標題 Visualization of the Gas Spatial Distribution of the Odor Source by SERS Gas Sensor	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 876 ~ 881
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/tee.23988	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 Matsuoka Masato, Lingpu Ge, Sassa Fumihiro, Hayashi Kenshi	4. 巻 7
2. 論文標題 Spatiotemporal Visualization of Gases Using 2-D LSPR Gas Sensor	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Sensors Letters	6. 最初と最後の頁 1~4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LSSENS.2023.3301847	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 Jiang Tianshu, Ye Xiao, Ge Lingpu, Guo Hao, Sassa Fumihiro, Hayashi Kenshi	4. 巻 7
2. 論文標題 Subpixel Patterned LSPR Gas Sensor Array With Using Inkjet Printing Au/Ag Nanoparticle to Enhance the Selectivity	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Sensors Letters	6. 最初と最後の頁 1~4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LSSENS.2023.3300820	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 Duran Clelia, Zhang Shiyi, Yang Chongyang, Falco Maria Lorena, Cravo-Laureau Cristiana, Suzuki-Minakuchi Chiho, Nojiri Hideaki, Duran Robert, Sassa Fumihiro	4. 巻 13
2. 論文標題 Low-cost gel-filled microwell array device for screening marine microbial consortium	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Microbiology	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmicb.2022.1031439	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 Ge Lingpu, Ye Xiao, Yu Zeping, Chen Bin, Liu Chuanjun, Guo Hao, Zhang Shiyi, Sassa Fumihiro, Hayashi Kenshi	4. 巻 6
2. 論文標題 A fully inkjet-printed disposable gas sensor matrix with molecularly imprinted gas-selective materials	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 npj Flexible Electronics	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41528-022-00168-6	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 Tahara Yusuke, Sassa Fumihiro, Takigawa Ryo, Kurihara Yuma	4. 巻 62
2. 論文標題 Development of a microfluidic-based taste sensor using lipid polymer membrane	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SG1014 ~ SG1014
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/acb4fa	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 Zhang Shiyi, Wang Joseph, Hayashi Kenshi, Sassa Fumihiro	4. 巻 11
2. 論文標題 Monolithic processing of a layered flexible robotic actuator film for kinetic electronics	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 20015
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-99500-9	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 Nakai Ryosuke, Kusada Hiroyuki, Sassa Fumihiro, Morigasaki Susumu, Hayashi Hisayoshi, Takaya Naoki, Tamaki Hideyuki	4. 巻 10
2. 論文標題 Draft Genome Sequence of Novel Filterable Rhodospirillales Bacterium Strain TMPK1, Isolated from Soil	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Microbiology Resource Announcements	6. 最初と最後の頁 e00393-21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1128/MRA.00393-21	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 Ge Lingpu, Ye Xiao, Chen Bin, Liu Chuanjun, Guo Hao, Sassa Fumihiro, Hayashi Kenshi	4. 巻 6
2. 論文標題 Chemiresistor sensor matrix prepared by full-printing processes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Flexible and Printed Electronics	6. 最初と最後の頁 015013 ~ 015013
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2058-8585/abec19	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 F. Sassa, G.C. Biswas, H. Suzuki	4. 巻 20
2. 論文標題 Microfabricated electrochemical sensing devices	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Lab on a Chip	6. 最初と最後の頁 1358-1389
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9LC01112A	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 Chen Lin, Chen Bin, Matsuo Takuya, Sassa Fumihiro, Hayashi Kenshi	4. 巻 24
2. 論文標題 Recognition of Mixture Vapors Using SERS Gas Sensor Fabricated by the Sputtering Method	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEEE Sensors Journal	6. 最初と最後の頁 15773 ~ 15783
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JSEN.2024.3383053	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 0件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 Shiyi Zhang, Kenshi Hayashi, Joseph Wang, Fumihiro Sassa
2. 発表標題 Fabrication of Biosensing Film Robot Based on Kinetic Electronics
3. 学会等名 Advances in Functional Materials2023 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Zhang, S., Wang, J., Hayashi, K. & Sassa, F.
2. 発表標題 A Robotic Electrochemical Biosensor Based on Kinetic Electronics Technique
3. 学会等名 2021 IEEE Sensors (国際学会)
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 Sawada, A., Sassa, F. & Hayashi, K
2 . 発表標題 Estimation of Distributed Concentration of Mixed Gases Using Au/Ag Core-Shell 2D LSPR Gas Sensor
3 . 学会等名 2021 IEEE Sensors (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Ye, X., Jiang, T., Ge, L., Sassa, F., Liu, C. & Hayashi, K.
2 . 発表標題 Paper-based Chemiresistive Gas Sensor Using Molecularly Imprinted Sol-Gels for Volatile Organic Acids Detection
3 . 学会等名 2021 IEEE Sensors (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Chen, L., Guo, H., Sassa, F., Chen, B. & Hayashi, K.
2 . 発表標題 Sers gas sensors based on multiple polymer films with high design flexibility for gas recognition
3 . 学会等名 2021 IEEE Sensors (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Y Kusuda, Z Yang, K. Semas, F Sassa, K Hayashi
2 . 発表標題 Odor Source Detection with High Speed Multi Gas Sensing Robot System using AuNPs-Fluorescent Molecular coupling Opt-Chemical LSPR Sensor
3 . 学会等名 2020 IEEE Sensors (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1. 発表者名 Lin Chen, Noriko Shiramatsu, Bin Chen, Fumihiko Sassa, Shoichi Sameshima, Tatsuya Seki, Kenshi Hayashi
2. 発表標題 Ultra-high Sensitive SERS Gas Sensor to detect Geosmin
3. 学会等名 2020 IEEE Sensors (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K Semasa, F Sassa, K Hayashi
2. 発表標題 2D LSPR gas sensor with Au/Ag core-shell structure coated by fluorescent dyes
3. 学会等名 2020 IEEE Sensors (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y Kusuda, Z Yang, T Soeda, F Sassa, K Hayashi
2. 発表標題 Invisible Odor Trace Tracking with LSPR based High Speed Gas Sensor Robot System
3. 学会等名 18th IEEE Sensors, SENSORS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 L Ge, B Chen, H Kawano, F Sassa, K Hayashi
2. 発表標題 Inkjet-printed Gas Sensor Matrix with Molecularly Imprinted Gas Selective Materials
3. 学会等名 18th IEEE Sensors, SENSORS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 L Chen, B Chen, F Sassa, K Hayashi
2. 発表標題 Multi-layer Filter Structure for Molecular Selective SERS Gas Sensor
3. 学会等名 18th IEEE Sensors, SENSORS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T Soeda, Z Yang, F Sassa, Y Tomiura, K Hayashi
2. 発表標題 2D LSPR multi gas sensor array with 4-segmented subpixel using Au/Ag core shell structure
3. 学会等名 18th IEEE Sensors, SENSORS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 MANIPULATION APPARATUS AND MANIPULATION METHOD	発明者 SASSA F., TAKEI O., MOGI H.	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、米国特許公開US 20210388299 A1	出願年 2021年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 操作装置及び操作方法	発明者 佐々文洋, 武居 修, 茂木一	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-102019	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

九州大学-研究者情報[佐々文洋] https://hyoka.ofc.kyushu-u.ac.jp/search/details/K006203/index.html Fumihito Sassa- 九州大学 https://kyushu-u.pure.elsevier.com/ja/persons/fumihito-sassa ポストコッホ生態 https://postkoch.jp/

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