

令和 6 年 6 月 26 日現在

機関番号：34416

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01298

研究課題名(和文)インプリントとインサートによる微細成形法の提案と蚊を模倣した医療用無痛針への応用

研究課題名(英文) Proposal of micro injection molding method using imprint and insert and its application to a painless medical needle mimicking a mosquito

研究代表者

青柳 誠司 (AOYAGI, Seiji)

関西大学・システム理工学部・教授

研究者番号：30202493

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：インプリントとインサートを組み合わせた成形手法を提案し、蚊を模倣した中空微細針の作製を行った。1) マスター形状を光造形で作製し、これを転写してフレキシブルなゴム型を作製した。熱ナノインプリントを行い外径、内径、長さが0.2、0.1、1.5mmのポリ乳酸(PLA)製の針を作製した。2) 金型先端に微細針を組み込み、樹脂を射出成形して根元部を繋げ、先端から根元まで全てPLA製の針を作製した。3) セラミック型を作製して射出成形によりPLA製の針を作製した。4) 神経モデルを有する人工皮膚を作製した。人工皮膚と動物皮膚を用いて穿刺実験を行った。5) FEM解析により微細針と穿刺方法の効果を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生分解性プラスチックを材料として、ステント等の留置具や無痛針の開発が進んでいる。これらの製品は数～十mmの大きさの3D形状を有し、数百nm～数十μmオーダーの精度が要求される。通常の成形法ではこれらを得ることは困難である。本研究では先端部分をナノインプリント等の微細成形加工により作製し、それを金型に組み込み、これに樹脂をインサート成形することで支持部を継ぎ、全てがポリ乳酸製の部品を作製する手法を提案し、蚊を模倣した中空微細針を開発した。医療にとどまらずナノやマイクロの精度が要求される微小な電子・機械部品をプラスチック成形で作製する新たな手法を提案したところに学術的・社会的意義がある。

研究成果の概要(英文)：A molding method that combines thermal imprinting and insert molding was proposed and a hollow microneedle that mimics a mosquito was fabricated. The results are as follows:

1) a master shape was created by laser stereo-lithography, transferred to create a flexible rubber mold. Thermal nanoimprinting was conducted, e.g., the mold was pressed against a polylactic acid (PLA) sheet applied heat and pressure, realizing a hollow microneedle with high aspect ratio, of which outer and inner diameters and length are 0.2, 0.1, 1.5 mm, respectively. 2) A microneedle was embedded in the tip of mold, followed by injecting resin to connect the base, creating a needle made entirely of PLA. 3) A ceramic mold was created, on which PLA resin was injection molded to create a PLA needle. 4) Artificial skin with nerve model was created. Puncture experiments were conducted using this skin and animal skin. 5) The effectiveness of the microneedle and the puncture method was confirmed by FEM analysis.

研究分野：ロボット・マイクロシステム

キーワード：マイクロナノデバイス 生体模倣 精密部品加工 FEMシミュレーション 医療・福祉

1. 研究開始当初の背景

近年、プラスチック製の微細な3D形状を成形加工により作製し、これまでになかった機能を持った製品を開発することが着目されている。医療用途では、生体内で安全な物質(二酸化炭素と水)に分解するプラスチックであるPLA(Polylactic Acid, ポリ乳酸)を材料として、ステント等の留置具や本申請で取り組む無痛針の開発が進んでいる。これらの製品は数~十mmの大きさの3D形状を有し、その作製には数百nm~数十μmオーダーの精度が要求される。

成形加工には、金型に加熱溶解した樹脂を流し込み、冷却した後にこれを離型する射出成形、金型を加熱した樹脂に押しつけて離型するナノインプリント加工、等がある。製品の負型となる金型を作製し、これをプラスチックに転写して多数個の製品を得る。射出成形の問題点として、バリとヒケの発生が挙げられる。微細な型の先端まで樹脂を流し込むためには、樹脂温度を高くして流動性を高め、これを高い射出圧力で押さないといけない。このため、先端部分でパーティング面(上型と下型の接触面、図1の左下図参照)の隙間から樹脂があふれて、バリが生じてしまう。これを防止しようとして温度、圧力を低減すると、今度は先端まで樹脂が届かず、ヒケが生じてしまう。通常サイズのプラスチック製品では 200 μm (0.2 mm、1 μmは1,000分の1 mm)程度のバリは許容されるが、本研究で目標とする無痛針(直径100 μm以下)をはじめとして微細製品ではこれが致命的となる。いわば「バリを射出成形する」精度が要求され、これを実現した例は国内外問わず無い。また、先端の微細部分でバリやヒケが生じない温度、圧力等の最適な成形条件が得られたとしても、この条件で数mmのサイズの本体部と先端部を同時に成形することが難しい。樹脂が流れる空間が大きくなるほど、先端における圧力と温度をコントロールすることが難しいからである。すなわち、先端部分と根元部分で最適な成形条件が異なっている。

ナノやマイクロの領域で転写ができるナノインプリント加工も近年話題となっている。単一の型をシート部材に押し付けるため、パーティング面はなく、バリは原理的に発生しない。しかしながら、アスペクト比(縦横比)が2程度以下の形状しか転写できず、またミリサイズの形状の転写には適さない。この問題を解決すれば、微細部品の先端部分の作製に利用できる。本研究では、上記の状況を踏まえて、ミリサイズの3D形状のプラスチック製品を数十μmの精度で作製するためにはどうすればよいかを学術的な問いとする。

前記の問いを解決する作製法が開発されれば、従来のステンレス製のものに比べて、安全、低コストで形状付与性が高い生分解性プラスチック製の部品の大量生産が視野に入る。この技術は、研究代表者が取り組んでいる蚊を模倣した医療用無痛針の研究開発に応用できる。人間は蚊に刺されても、ほとんど痛みを感じない。蚊の口針のうち、吸血に用いる針(上唇)の外径は50~70 μmであり、現行の最小径の中空針(テルモ社、商品名ナノパス、外径180 μm)に比べて外径で1/3~1/4、断面積で1/9~1/16と、非常に細い。このため皮膚の痛点を避ける可能性が格段に高まる。蚊はこの細い針を、0.1 mm/s という低速で徐々に皮膚に挿入している。その際、針を回

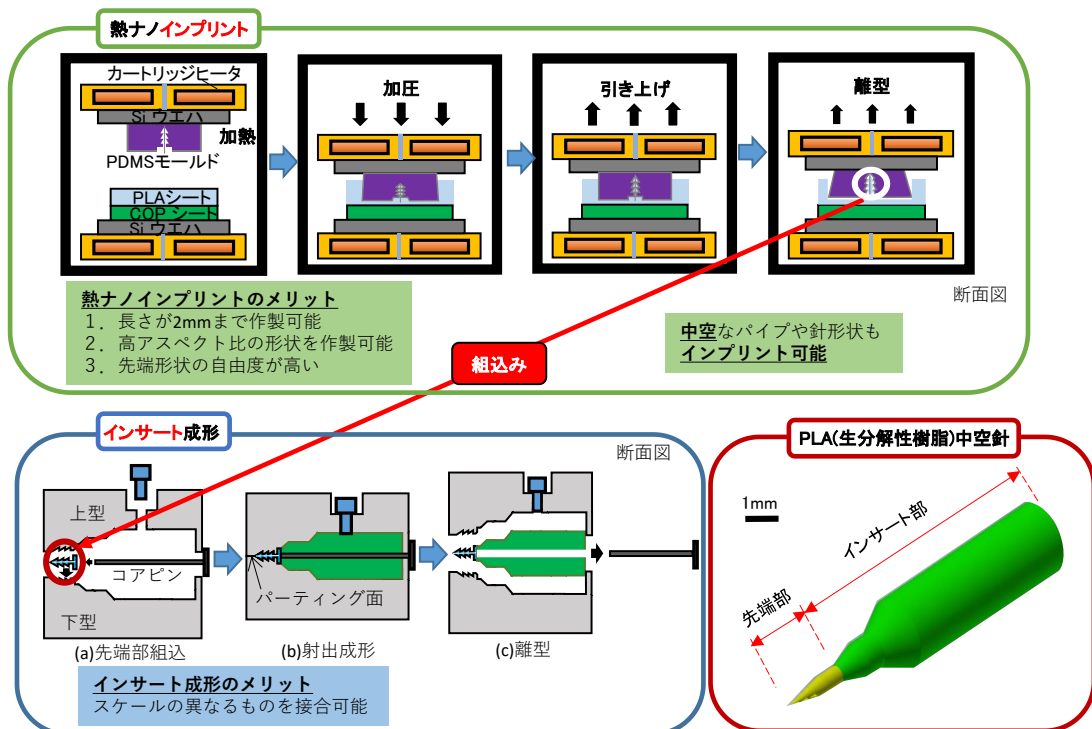
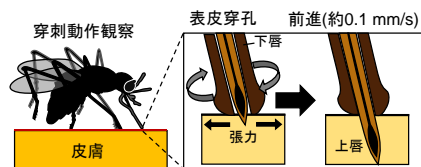


図1 インプリントとインサートによる3Dプラスチック微細形状の作製法の提案

転させる、皮膚に張力を与える等の動作により、針が座屈することを防止している(図2)。蚊を模倣して中空微細針を作製し、これを低速で皮膚に刺入すれば、無痛穿刺が工学的に実現できるのかが問われている。目指す採血・薬液注入システムを模式的に図3に示す。



- 針が細い(直径50 μm)
- 鞘状の器官(下唇)で皮膚のたわみを防止
- ねじり回転動作で固い角質層を突破
- 低速穿刺で痛みを抑制

図2 蚊の無痛穿刺メカニズム

## 2. 研究の目的

本研究では以下を目的とする。

### 【目的1】インプリントとインサートを併用した微細部品の作製法の提案

インプリント技術でバリの無い任意形状の先端部を高精度で作製し、精度がさほど必要とされないがサイズが大きい根元部分を射出成形で作製して、両者を結合する。完成部品を金型の先端に設置し、その根元部分を射出成形で作製して継ぐ技術は、インサート成形と呼ばれている。すなわちインプリントとインサートによる微細成形法を新規に提案し(図1)、その技術を実験的に確立する。先端部分と根元部分の最適成形条件の違いの問題が解決できる。プラスチック材料として生分解性のPLAを採用する。

### 【目的2】中空微細針を用いた無痛穿刺の実現

動物や人間の皮膚への穿刺実験を行い、痛みの少ない針の形状と穿刺方法について検討する。

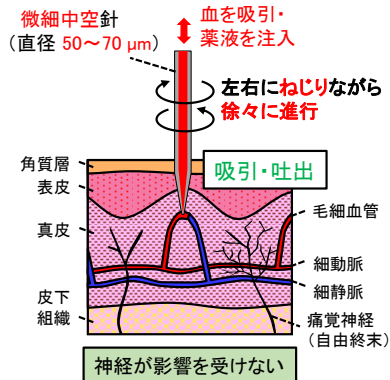


図3 中空微細針による無痛穿刺の概念図

## 3. 研究の方法

本研究で行う内容を以下に示す。

**(1) 熱ナノインプリントによる高アスペクト形状の作製法の確立:** 製品のマスター形状は、高精度光造形装置(独 Nanoscribe 社製、分解能 0.2 マイクロメートル)で作製する。マスター形状から転写することで、フレキシブルな PDMS (Polydimethylsiloxane、シリコーンゴム的一种)製の型を作る。この型をポリ乳酸製のシートに熱と圧力を印加して押し付けて離型する熱ナノインプリントを行う。これにより蚊の針と同様にギザギザ形状を持ち、外径 0.2mm、内径 0.1mm、長さ 1.5mm のポリ乳酸製中空微細針の作製を行う。

**(2) インサート成形による先端部と根元部の結合:** 前記熱ナノインプリントまたは別の方法により微細な精度が要求される針先部分を作製する。これを射出成形の金型の先端に組み込む。樹脂を射出し、先端部と根元部を結合する。

**(3) CIM (Ceramic Injection Mold) の手法を用いたセラミックス型の開発とそれを用いたワンショットによる射出成形法の開発:** 上記(1)(2)のインサート成形では、先端部分と根元部分を継ぐが、先端部分の金型を精緻に作製して、射出成形の金型に入れ子型として組み込み、根元部分から先端部分までを PLA のワンショットの射出成形で作製することに取り組む。マスター形状を転写し、CIM の手法を用いてセラミックス製の入れ小型の作製を行う。

**(4) PDMS 型を用いたワンショットによる射出成形法の開発:** マスター形状を転写し、フレキシブルな PDMS 製の先端部分の型を作製する。これを前記したセラミックス型と同様、射出成形の金型に入れ子型として組み込み、PLA 製の針をワンショットの射出成形で作製することに取り組む。ゴム製の型を射出成形に用いることは世界初である。

**(5) 微細針の先端形状と穿刺方法の実験的検討:** 人工皮膚や動物の皮膚への穿刺を行い、針が確実に皮膚を貫けるか、穿刺抵抗力や皮膚の撓みがどの程度かの評価を行う。その際 MEMS 技術を用いて人工皮膚内に神経を模擬したモデルを作製し、その変形を画像処理で定量的に評価することで、痛みの程度を評価する。

**(6) FEM (有限要素法) 解析による検討:** 非線形 FEM 解析ソフトウェア LS-DYNA を用いて、皮膚内を針が進行する際の穿刺抵抗力や皮膚の応力分布をシミュレーションする。針を回転させることで皮膚に早期に刺入でき、その後回転を止めて皮内を進行させることにより、神経への応力伝播を低減できることを確認する。

**(7) 臨床研究に向けた医師との意見交換:** 分担者の高澤医師にコーディネートしてもらい、医師との意見交換を行う。

## 4. 研究成果

**(1) 熱ナノインプリント法による蚊を模した中空微細針の開発** 高精度光造形装置でマスター針を作製し、これに PDMS 樹脂を流し込みモールドと呼ばれる型を作製する。その型を PLA シートに熱ナノインプリント法で押し付け転写する。PDMS が柔らかいため、中空部分を転写するためのモールドの軸部分が傾き、熱ナノインプリント時の作製物が不完全な形状になる。この問題を解決するため、軸部分のみを硬いネガ型光硬化性樹脂 (IP-S) にする PDMS 型の作製法を提



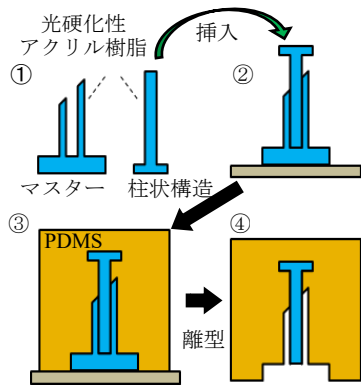


図4 異相性素材を組み合わせたモールドの作製プロセス

案し(図4)、これを用いることでPLA製の中空微細針の作製に成功した(図5)。先端は三面を持つランセット形状であり、切刃として有効な蚊と同サイズの鋸歯状突起が設けられている。

(2)インサート成形による先端部と根元部の結合  
熱インプリントによる針先端部を射出成形の金型に組み込む準備段階として、研究協力企業である山田精工(株)に作製を依頼したPLA製中空微細針を組み込んで、PLA樹脂の根元部分のインサート成形を行い、これに成功した(図6)。

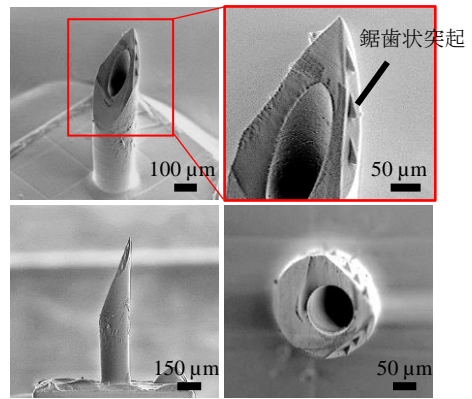


図5 熱ナノインプリントにより作製した鋸歯状突起を有するPLA中空針

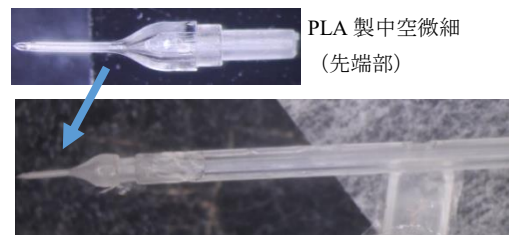


図6 インサート成形によるPLA製針(根元+先端)

(3)セラミックス型の開発とワンショットによる射出成形  
CIMを活用したセラミックス入れ子型の作製工程を図7に示す。鋸歯状突起を有する先端部のみを光造形装置を用いて作製し、これと切削加工で作製した金型とを組み合わせ、そこにセラミック粉末を含んだ樹脂を射出成形し、脱脂する。この型を入れ子として金型先端に組み込み、本研究で導入した射出成形機でワンショット成形を行った。この結果、微細な鋸歯突起を有するPLA製の針の成形に成功した(図8、図9)。

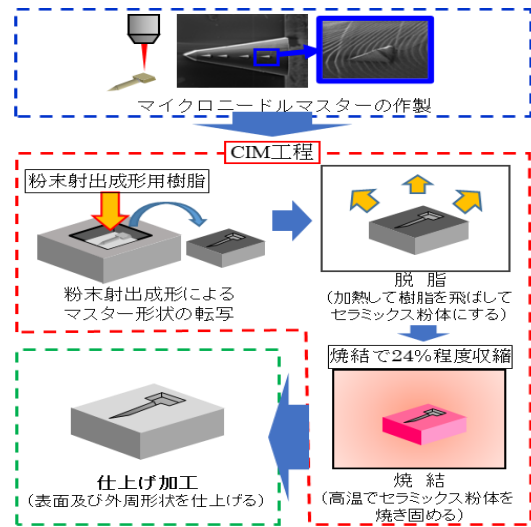


図7 CIMによるセラミックス型製造工程

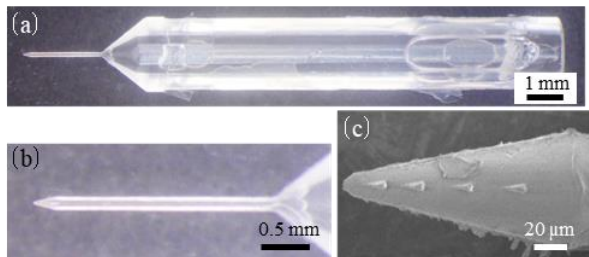


図9 PLA製針 (a) 針全体 (b) 先端部拡大 (c) 突起部拡大

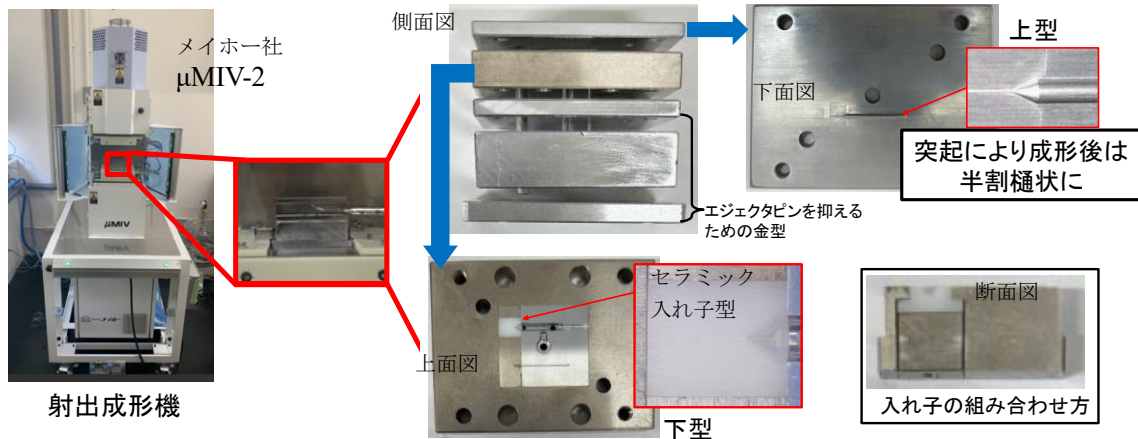


図8 射出成形機と金型(上型、入れ子型を含む下型、エジェクタピン保持型を組み合わせたもの)

**(4)PDMS 型の開発と射出成形** PDMS 製の入れ子型も作製し、同様に射出成形を行った (図 10)。バリとヒケが生じたものの、PDMS が射出成形の金型の材料として使用できる可能性が示された。PDMS はフレキシブルなので、微細針に限らず、離型が難しい様々なマイクロ形状の成形に将来的に適用できると考える。

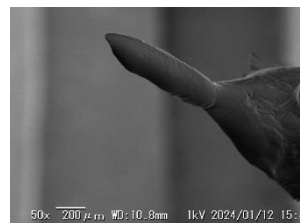


図 10 PDMS 型による PLA 製針

**(5)微細針の先端形状と穿刺方法の実験的検討** 作製した針の人工皮膚 (ヤング率 0.4MPa) への穿刺実験を実施した。穿刺方法は通常穿刺 (直進のみ)、回転穿刺を採用した。穿刺の様子と穿刺抵抗力の推移を図 11、図 12 に示す。これより針を回転させることにより、皮膚のたわみが低減し、穿刺抵抗力も 1/2 程度に低減することが判明した。

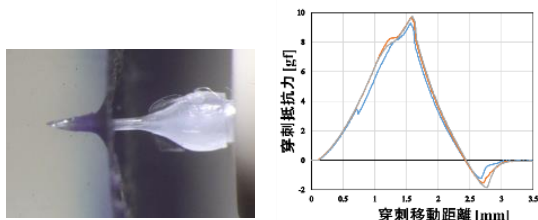


図 11 通常穿刺 (最大穿刺抵抗 10 gf)

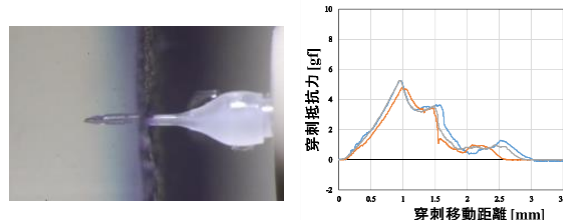


図 12 回転穿刺 (最大穿刺抵抗 5 gf)

フォトリソグラフィーにより神経モデルを PDMS 内に作製し、これに針を穿刺した際の神経の変形により痛みを評価した (図 13)。これより針の回転により神経の変形が低減する、すなわち痛みの低減が期待できることが判明した。

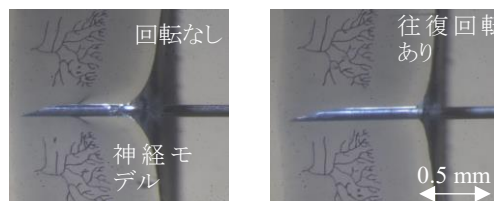


図 13 人工皮膚に MEMS 技術で作製した痛覚神経モデル。針の回転により神経の変形が低減するので、痛みが少なくなることが予想される。

**(6)FEM 解析** 針を回転させながら穿刺することで、皮膚に生じる応力が低減することが判明した (図 14)。この結果は上記実験結果と符合する。鋸歯状突起を有する針を振動させながら穿刺することで、皮膚の応力や穿刺抵抗力が低減することも確認した (図 15、図 16)。

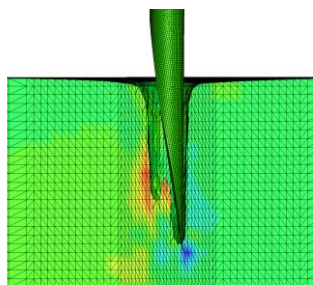


図 14 FEM による皮膚のたわみと応力分布 (回転穿刺時)

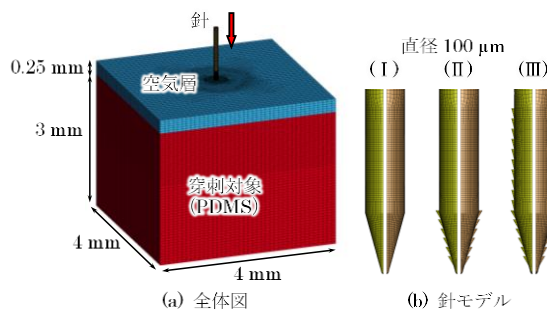


図 15 鋸歯状突起を有する針のモデル

**(7)医師との意見交換** 蚊を模倣した無痛針の意義、臨床現場で細い針を回転させることの効果について確認した。また臨床研究の手法や規模等についてプランを練り、現在実施を検討中である。

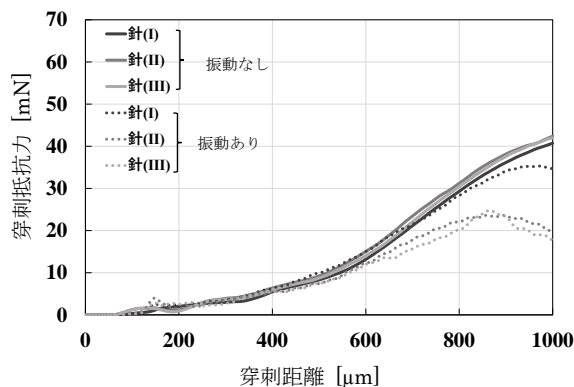


図 16 振動の有無での穿刺抵抗力の比較

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6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 Mizutsu Akira, Okumura Yuki, Ueda Atsushi, Yamamoto Shunki, Takahashi Tomokazu, Suzuki Masato, Aoyagi Seiji, Nagashima Toshio, Chiyonobu Makoto, Nishikawa Hideki, Sudo Fumio, Ohdaira Toshiyuki, Seshimo Satoshi	4. 巻 18
2. 論文標題 Effects of Mosquito-Imitated Microneedle's Reciprocating Rotations on Puncture Resistance Forces-Evaluations by Puncturing Experiments and Nonlinear FEM Analyses-	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 International Journal of Automation Technology	6. 最初と最後の頁 276 ~ 286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/ijat.2024.p0276	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 Yamamoto Shunki, Hara Yasuhiro, Mizutsu Akira, Takahashi Tomokazu, Suzuki Masato, Aoyagi Seiji	4. 巻 360
2. 論文標題 Development of three bundled microneedles mimicking mosquito's mouthparts and characterization of effect of their synchronous movements and serrations on decreasing puncture resistance	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Sensors and Actuators A: Physical	6. 最初と最後の頁 114541 ~ 114541
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sna.2023.114541	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 Derouiche Sandra, Li Tianbang, Sakai Yuya, Uta Daisuke, Aoyagi Seiji, Tominaga Makoto	4. 巻 163
2. 論文標題 Inhibition of transient receptor potential vanilloid 1 and transient receptor potential ankyrin 1 by mosquito and mouse saliva	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Pain	6. 最初と最後の頁 299 ~ 307
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1097/j.pain.0000000000002337	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 Jinya, Shiratori Toshihiro, Suzuki Masato, Takahashi Tomokazu, Aoyagi Seiji	4. 巻 63
2. 論文標題 Fabrication of hollow microneedles with jagged edges mimicking mosquitoes' needles using a thermal nanoimprinting method and a mold combining soft and hard materials	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 05SP15 ~ 05SP15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ad3e04	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 Shiratori Toshihiro, Sakamoto Jinya, Kanazawa Yuma, Suzuki Masato, Takahashi Tomokazu, Aoyagi Seiji	4. 巻 123
2. 論文標題 Micro-adhesive structure inspired by tree frog toe pads fabricated by femtosecond laser processing of PVA sponge	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0160377	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 Shiratori Toshihiro, Kanazawa Yuma, Sakamoto Jinya, Takahashi Tomokazu, Suzuki Masato, Aoyagi Seiji	4. 巻 371
2. 論文標題 Development of a vision-based tactile sensor with micro suction cups	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Sensors and Actuators A: Physical	6. 最初と最後の頁 115276 ~ 115276
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sna.2024.115276	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49件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 酒井勇輔, 鈴木昌人, 高橋智一, 福永健治, 青柳誠司, 高澤知規
2. 発表標題 血管付き人工皮膚を用いたマイクロニードル穿刺時の血管の変形挙動の観察
3. 学会等名 第63回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 五十嵐遼, 井阪俊介, 鈴木昌人, 高橋智一, 青柳誠司
2. 発表標題 低侵襲性自動穿刺システムの開発における穿刺位置推定と枠内座標補間技術
3. 学会等名 第63回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 稲葉光紀, 高橋智一, 鈴木昌人, 青柳誠司, 細見亮太, 福永健治, 高澤知規, 松本一
2. 発表標題 アルカリエッチングによる先鋭化手法を援用したPET樹脂製マイクロニードルの作製と評価
3. 学会等名 2023年度精密工学会関西地方定期学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 酒井勇輔, 鈴木昌人, 高橋智一, 福永健治, 青柳誠司, 高澤知規
2. 発表標題 マイクロマシン技術を利用した神経モデル付き人工皮膚の開発と回転の効果 - 針穿刺時の痛みの検討 -
3. 学会等名 2023年度精密工学会関西地方定期学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 今西将也, 高橋智一, 鈴木昌人, 青柳誠司, 福永健治, 高澤知規
2. 発表標題 蚊を模倣した2本一対の半割針に回転と交互振動を個別に付与可能な携帯型穿刺装置の開発
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 谷川義博, 山本圭一朗, 芳賀善九, 山口大輔, 白鳥俊宏, 鈴木昌人, 青柳誠司
2. 発表標題 CIM (CeramicInjectionMolding) を活用したマイクロニードル成形用金型製造技術に関する研究
3. 学会等名 2023年度精密工学会秋季大会学術講演会
4. 発表年 2023年



1. 発表者名 今西将也, 鈴木昌人, 高橋智一, 青柳誠司
2. 発表標題 2本一組の半割針の交互穿孔における針側面への鋸歯状突起付与の影響評価 - 鋸歯状突起を付与する位置の検討 -
3. 学会等名 2023年度精密工学会秋季大会学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 水津聖, 山本峻己, 高橋智一, 鈴木昌人, 青柳誠司, 長嶋利夫
2. 発表標題 非線形有限要素法による鋸歯状突起を有する2本一組の微細針の交互振動が穿孔抵抗力に及ぼす影響の検証 - 針側面部の鋸歯状突起の影響 -
3. 学会等名 2023年度精密工学会秋季大会学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 稲葉光紀, 鈴木昌人, 高橋智一, 青柳誠司, 松本一
2. 発表標題 ぜんまいばねを利用した微細針回転機構の開発とその評価性能
3. 学会等名 2023年度精密工学会秋季大会学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 酒井勇輔, 稲葉光紀, 今西将也, 鈴木昌人, 高橋智一, 青柳誠司
2. 発表標題 痛覚神経パターンを付与した人工皮膚を用いた微細針の穿孔が皮膚へ与える痛みの推定
3. 学会等名 第14回マイクロナノ・工学シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山口大輔, 加来慎太郎, 鈴木昌人, 高橋智一, 青柳誠司, 鈴木康一郎, 芳賀善九
2. 発表標題 PDMSモールドを用いた射出成形によるポリ乳酸製マイクロニードルの作製 - 微小パリの発生を抑制する手法の開発 -
3. 学会等名 第14回マイクロナノ・工学シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 青柳誠司, 坂本陣也, 大寺夏生, 高橋智一, 鈴木昌人
2. 発表標題 ソフトモールドと熱ナノインプリント法の援用による蚊の口針を模倣した低侵襲性マイクロニードルアレイの作製
3. 学会等名 第28回関西大学先端科学技術シンポジウム
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 大寺夏生, 坂本陣也, 白鳥俊宏, 鈴木昌人, 高橋智一, 青柳誠司
2. 発表標題 熱ナノインプリント法による蚊の口針を模倣した中空マイクロニードルの作製
3. 学会等名 2024年度精密工学会春季大会学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 稲葉光紀, 今西将也, 酒井勇輔, 鈴木昌人, 高橋智一, 青柳誠司, 松本一
2. 発表標題 レーザー加工技術を用いた中空PET樹脂製マイクロニードルの作製と評価
3. 学会等名 2024年度精密工学会春季大会学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 五十嵐遼, 鈴木昌人, 高橋智一, 青柳誠司
2. 発表標題 血管位置推定を枠内座標補間の技術を備えた低侵襲性針穿刺システムの開発
3. 学会等名 2024年度精密工学会春季大会学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 S.Aoyagi, H.Hamada, T.Takahashi, M.Suzuki
2. 発表標題 Step-And-Repeat UV Nanoimprint Using PFP Gas for Realizing Microneedle Array with Jagged Tip Shape Bioinspired by Mosquito
3. 学会等名 The 22th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems(Transducers2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 J.Sakamoto, T.Shiratori, M.Suzuki, T.Takahashi, S.Aoyagi
2. 発表標題 Fabrication of Hollow Microneedles with Jagged Edges Mimicking Mosquito by Thermal Nanoimprinting Method Using Soft Mold
3. 学会等名 MNC2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 M.Suzuki, S.Kotani, M.Ohashi, T.Takahashi, S.Aoyagi
2. 発表標題 Highly Sensitive Slip Sensors Using Flexible and High Aspect Ratio Micro-Wall Structure Arrays
3. 学会等名 2022 JSME-IIP/ASME-ISPS Joint Conference on Micromechatronics for Information and Precision Equipment(MIPE2022), C2-2-05 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M.Imanishi, M.Suzuki, A.Ueda, Y.Okumura, T.Takahashi, S.Aoyagi
2. 発表標題 Evaluation of Infulence of Shape of a Pair of Half divided mironeedle Mimicking Mosquito on Minimally Invasive Puncture Charecteristics
3. 学会等名 The 19th International Conference on Precision Engineering(ICPE2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 A.Mizutsu, S.Yamamoto, T.Takahashi, M.Suzuki, S.Aoyagi, T.Nagashima, M.Chiyonobu
2. 発表標題 Simulation of microneedle puncture by nonlinear Finite Element Analysis
3. 学会等名 The 19th International Conference on Precision Engineering(ICPE2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T.Shiratori, J.Sakamoto, Y.Kumokita, M.Suzuki, T.Takahashi, S.Aoyagi
2. 発表標題 Suction Cup Array Working Also as Tactaile Sensor to Detect Cups Deformation Using KCF and CNN
3. 学会等名 The 36th International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (IEEE MEMS 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 水津聖, 山本峻己, 鈴木昌人, 高橋智一, 青柳誠司, 福永健司, 高澤知規, 長嶋利夫, 千代延真
2. 発表標題 非線形有限要素法を用いた微細針の穿刺シミュレーション - 蚊の穿刺動作における鋸歯状突起の効果の検討 -
3. 学会等名 2022年度関西地方定期学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 濱田浩輝, 鈴木昌人, 高橋智一, 福永健治, 高澤知規 (群馬大), 青柳誠司
2. 発表標題 ステップ・アンド・リピート方式のナノインプリントによる蚊の口針を模倣したマイクロニードルのアレイ化
3. 学会等名 2022年度精密工学会秋季大会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 入潮拓樹, 神崎陽希, 鈴木昌人, 高橋智一, 福永健治, 高澤知規, 青柳誠司
2. 発表標題 血管可視化装置の開発および蚊の口針を模倣したマイクロニードルを用いた採血実験
3. 学会等名 2022年度精密工学会秋季大会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 今西将也, 稲葉光紀, 酒井勇輔, 高橋智一, 鈴木昌人, 青柳誠司, 福永健治, 高澤知規
2. 発表標題 2本一組の半割針に交互振動と回転を個別に付与可能な針穿刺装置の開発
3. 学会等名 2022年度精密工学会秋季大会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 坂本陣也, 鈴木昌人, 高橋智一, 青柳誠司
2. 発表標題 ヤモリを模倣した微細毛のフェムト秒レーザー加工による作製
3. 学会等名 第13回マイクロナノ・工学シンポジウム
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 山内陽弘, 鈴木昌人, 高橋智一, 青柳誠司
2. 発表標題 生物表面(蚊、フナムシ)を模倣したマイクロニードルの内面構造の作製とその流体抵抗低減効果の検討
3. 学会等名 第13回マイクロナノ・工学シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山口大輔, 楊湊予, 鈴木昌人, 高橋智一, 青柳誠司, 鈴木康一朗, 芳賀善九
2. 発表標題 PDMS型を用いた射出成形法の提案と任意形状のポリ乳酸製マイクロニードルの作製
3. 学会等名 第13回マイクロナノ・工学シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 青柳誠司, 入潮拓樹, 酒井勇輔, 稲葉光紀, 鈴木昌人, 高橋智一, 福永健治, 細見亮太, 高澤知規
2. 発表標題 蚊の口針を模倣したマイクロニードルの開発および血管可視化手法を用いた採血実験
3. 学会等名 第27回関西大学先端科学技術シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 濱田浩輝, 鈴木昌人, 高橋智一, 青柳誠司, 福永健治, 細見亮太, 高澤知規
2. 発表標題 ステップ・アンド・リピート法を援用したナノインプリント法による蚊の口針を模倣したマイクロニードルアレイの作製
3. 学会等名 第27回関西大学先端科学技術シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山内陽弘, 鈴木昌人, 高橋智一, 青柳誠司
2. 発表標題 生物表面（蚊、フナムシ）を模倣したマイクロニードルの内面構造の作製とその流体抵抗低減効果の検討
3. 学会等名 第27回関西大学先端科学技術シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 稲葉光紀, 鈴木昌人, 高橋智一, 青柳誠司, 細見亮太, 福永健治, 高澤知規, 松本一
2. 発表標題 アルカリエッチングによる先鋭化手法を援用したPET樹脂製マイクロニードルの作製
3. 学会等名 2023年度精密工学会春季大会学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 酒井勇輔, 鈴木昌人, 高橋智一, 福永健治, 高澤知規, 青柳誠司
2. 発表標題 マイクロマシン技術を利用した神経モデル付き人口皮膚の作製およびこれを用いた針穿刺による痛みの推定
3. 学会等名 2023年度精密工学会春季大会学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 濱田浩輝, 鈴木昌人, 高橋智一, 青柳誠司
2. 発表標題 ステップ・アンド・リピート法を援用したUVナノインプリントによる歯鋸状突起を有するマイクロニードルアレイの作製 - PFPガスによるUVナノインプリントの転写精度向上 -
3. 学会等名 2023年度精密工学会春季大会学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山口大輔, 楊溟予, 鈴木昌人, 高橋智一, 青柳誠司, 鈴木康一郎, 芳賀善九
2. 発表標題 フレキシブルな微細PDMSモールドを組み込んだ金型を用いた射出成形 - 蚊を模倣した鋸歯状突起を先端に有するポリ乳酸製マイクロニードルの作製 -
3. 学会等名 2023年度精密工学会春季大会学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 濱田浩輝, 高橋智一, 鈴木昌人, 青柳誠司
2. 発表標題 UVナノプリント用モールドの耐久性比較試験
3. 学会等名 精密工学会2021関西地方定期学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上田忠, 高橋智一, 鈴木昌人, 青柳誠司, 細見亮太, 福永健治, 引土知幸, 川尻由美, 中山幸治 (大日本除虫菊), 高澤知規 (群馬大), 松本一 (AIKIリオテック), 西川秀樹, 須戸文夫, 二九良三 (二九精密機械工業)
2. 発表標題 蚊を模倣した2本針の交互振動穿刺における鋸歯状突起の効果の検証
3. 学会等名 精密工学会2021関西地方定期学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 越智晟, 寺嶋真伍, 立川周子, 高橋智一, 鈴木昌人, 青柳誠司
2. 発表標題 UVナノインプリント法によるヤモリの足裏を模倣した構造の作製
3. 学会等名 次世代リソグラフィワークショップ (NGL2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 入潮拓樹, 鈴木昌人, 高橋智一, 青柳誠司, Cao Thang (MITECH)
2. 発表標題 U-Netを用いた微細血管領域の検出
3. 学会等名 第24回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神崎陽希, 高橋智一, 鈴木昌人, 青柳誠司
2. 発表標題 微細針用いた低侵襲性穿刺のための自動採血装置の開発
3. 学会等名 2021年度精密工学会秋季大会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 濱田浩輝, 鈴木昌人, 高橋智一, 青柳誠司
2. 発表標題 UVナノインプリント法を用いたマイクロニードルの複製工程におけるPPFガスの影響評価
3. 学会等名 2021年度精密工学会秋季大会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 奥村雄輝, 高橋智一, 鈴木昌人, 青柳誠司, 細見亮太, 福永健治, 松本一 (AIKIリオテック), 高澤知規 (群馬大)
2. 発表標題 微細針穿刺時の皮膚のたわみを抑える吸着治具の開発と格子模様入り人工皮膚を用いた穿刺実験による性能評価
3. 学会等名 2021年度精密工学会秋季大会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上田忠, 鈴木昌人, 高橋智一, 細見亮太, 福永健治, 青柳誠司, 高澤知規 (群馬大), 松本一 (AIKIリオテック)
2. 発表標題 蚊の口針を模倣した2本針の鋸歯状突起の形状評価
3. 学会等名 2021年度精密工学会秋季大会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上田忠, 奥村雄輝, 玉置天馬, 竹内雄飛, 鈴木昌人, 高橋智一, 青柳誠司
2. 発表標題 マイクロ格子を有する人工皮膚を用いた蚊を模倣した2本針の性能評価
3. 学会等名 第12回マイクロナノ・工学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 楊漢予, 山口大輔, 鈴木昌人, 高橋智一, 青柳誠司, 鈴木康一朗 (武蔵野化学研究所), 芳賀善九 (メイホー), 大平宗幸 (山田精工), 瀬下智 (山田精工)
2. 発表標題 インサート成形によるポリ乳酸のみからなるマイクロニードルの作製
3. 学会等名 第12回マイクロナノ・工学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 入潮拓樹, 鈴木昌人, 高橋智一, 青柳誠司, Cao Thang (MITHEC)
2. 発表標題 深層強化学習を援用した微細血管自動認識システムの開発と採血用微細針の自動穿刺システムへの応用
3. 学会等名 第26回関西大学先端科学技術シンポジウム
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 青柳誠司, 上田忠, 高橋智一, 鈴木昌人
2. 発表標題 蚊の口針を模倣した微細針への鋸歯状突起付与が穿刺特性へ与える効果の検証
3. 学会等名 第26回関西大学先端科学技術シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木昌人, 高橋智一, 青柳誠司
2. 発表標題 蚊のバイオミメティクスによる無痛針穿刺と微細血管認識とを融合した自動注射システム
3. 学会等名 第26回関西大学先端科学技術シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T.Shiratori, M.Suzuki, T.Takahashi, S.Aoyagi
2. 発表標題 Hexagonal Microstructure Bioinspired by The Toe Pad of A Tree Frog for Increasing Adhesive Force in Shear Direction
3. 学会等名 The 35th IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems(MEMS2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 S.Aoyagi, M.Suzuki, T.Takahashi, T.Ito	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Jenny Stanford Publishing	5. 総ページ数 37
3. 書名 Biomimetics : Connecting Ecology and Engineering by Informatics	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 シームレス中空マイクロニードル及びシームレス中空マイクロニードルの製造方法	発明者 中西匡、山本晴輝、 青柳誠司	権利者 二九精密機械工 業株式会社
産業財産権の種類、番号 特許、特願2024-084054	出願年 2024年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 画像処理装置および画像処理方法	発明者 青柳誠司, 鈴木昌人	権利者 関西大学
産業財産権の種類、番号 特許、7357955	取得年 2023年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

関西大学システム理工学部機械工学科ロボット・マイクロシステム研究室ホームページ <a href="https://www2.itc.kansai-u.ac.jp/~t100051/">https://www2.itc.kansai-u.ac.jp/~t100051/</a>
--

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	長嶋 利夫 (NAGASHIMA Toshio) (10338436)	上智大学・理工学部・教授  (32621)	
研究分担者	高橋 智一 (TAKAHASHI Tomokazu) (20581648)	関西大学・システム理工学部・准教授  (34416)	
研究分担者	福永 健治 (FUKUNAGA Kenji) (30278634)	関西大学・化学生命工学部・教授  (34416)	
研究分担者	高澤 知規 (TAKAZAWA Tomonori) (30400766)	群馬大学・医学部附属病院・准教授  (12301)	

6. 研究組織（つづき）

	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	鈴木 昌人  (SUZUKI Masato)  (70467786)	関西大学・システム理工学部・教授     (34416)	

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