

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23658285

研究課題名(和文) 昆虫嗅覚受容系を模倣した匂い識別センサの開発

研究課題名(英文) Development of an odor discrimination sensor mimicked insect olfactory system

研究代表者

神崎 亮平 (Kanzaki, Ryohei)

東京大学・先端科学技術研究センター・教授

研究者番号：40221907

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、昆虫嗅覚受容体を利用して、高感度かつ選択性の高い細胞利用型匂いセンサ構築の基礎技術の確立を目的とした。遺伝子工学技術により、昆虫嗅覚受容体をカルシウム感受性蛍光タンパク質と共発現させたSf21細胞系統を樹立し、それら細胞系統が一般的な匂い物質を蛍光強度変化量として高感度に検出できることを示した。また、微細加工技術により、2本の流路に同時に刺激物質を導入可能なマイクロ流路チップを作製し、Sf21細胞系統を並列配置しそれらの蛍光応答が検出できることを示した。これにより、昆虫嗅覚受容体を発現させたSf21細胞系統をセンサ素子とした匂いセンサチップ構築の基礎技術を示した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we aimed to establish the methodology for developing a cell-based odorant sensor with high sensitivity and good selectivity based on insect odorant receptors. Using genetic engineering technique, we demonstrated that the Sf21 cell lines expressing insect odorant receptors along with a fluorescent calcium indicator protein can sensitively detect general odorants by increasing their fluorescent intensities. In addition, using microfabrication technique we fabricated a microfluidic chip with two independent channels for simultaneously supplying odorant stimuli, and demonstrated that we were able to measure fluorescent responses of two Sf21 cell lines that were arranged in parallel with each other on the chip. Taken together, we established the basic technology for developing an odorant sensor chip by integrating the Sf21 cell lines into the microfluidic chip.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：境界農学・応用分子細胞生物学

キーワード：昆虫 生体材料 バイオセンサ 嗅覚受容体 マイクロ流路チップ

## 1. 研究開始当初の背景

近年、安心・安全な生活や快適さの向上・安全危機管理の観点から、環境中に存在する微量の匂い分子を高感度・高選択的にリアルタイムで検出する匂いセンサのニーズが高まっている。これまでに、水晶振動子や金属酸化物半導体など工学技術に基づいたセンサが実用化されているが、感度、選択性、応答時間、対象となる匂い物質の種類で生物の嗅覚の性能には及ばない。近年これらを解決する革新的な計測系として、サブ ppb レベルの高感度で自然界の様々な匂いをリアルタイムで検出可能である生物の嗅覚系が注目されつつある。

生物の中でも昆虫は多くの生命活動に匂い情報を利用しているため、環境中の多様な匂い分子を高感度かつリアルタイムに検出する機構を備えている。この検出機構は、高感度な匂いの分子認識機構を有する昆虫に特異な嗅覚受容体による。昆虫の嗅覚受容体は、哺乳類の受容体とは異なり、イオンチャネル型受容体として機能するため、匂いの受容から数 10msec もの速さで応答する。また、例えばキイロショウジョウバエは、32 種類の異なる応答特性を有する嗅覚受容体によって自然界の幅広い匂い分子を受容しており、これら受容体の応答パターンの組み合わせによって匂いの情報を取得している。つまり、自然環境に適応している昆虫の嗅覚受容体を再構築し、応答パターンを検出すれば、既存の匂いセンサを超える性能で複数の匂い物質を検出できるセンサが構築できると考えられる。

これまで代表らのグループでは、昆虫の嗅覚受容体を発現させたアフリカツメガエル卵母細胞を流路チップ上に配置することにより、高感度かつリアルタイムに対象の匂い物質を検出できる匂いセンサを開発してきた。本センサは、生物素子を利用することにより、リアルタイム性と高感度性の点で、既存の匂いセンサの性能を上回る。しかし、実用化を考えると、細胞ごとの応答のパラッキ、半日のライフタイムに問題がある。これら課題を克服するために、本研究では昆虫の培養細胞に着目した。昆虫の培養細胞は、嗅覚受容体遺伝子をゲノム DNA に導入することで恒常的に匂い応答を検出できる安定発現細胞系統の作出が可能である。

そこで、本研究では、昆虫の嗅覚受容体と昆虫の培養細胞に着目し、卵母細胞と同等の高感度性を有し、ロバスト性と長期安定性を兼ね備えた匂いセンサの構築が可能であるとの着想に至った。

## 2. 研究の目的

本研究では、遺伝子工学技術及び微細加工技術を用いて、昆虫の嗅覚受容体を発現させた昆虫培養細胞をマイクロ流路チップ上に並列配置することで、匂いを応答のパターンとして検出できる匂いセンサチップの構築

を目的とする。これにより、所望の匂いを ppb レベルの高感度かつ高選択性でリアルタイムに検出可能な匂いセンサ開発に向けた基礎技術の確立を目指す。

## 3. 研究の方法

### (1) 昆虫の嗅覚受容体を発現させた Sf21 細胞系統の作出

昆虫の嗅覚受容体は補助タンパク質である Orco (Olfactory receptor co-receptor) とともに共発現し、カルシウムイオンを透過するリガンド作動性イオンチャネルとして機能する。そこで本研究では、昆虫の嗅覚受容体、Orco 及びカルシウム感受性蛍光タンパク質 (GCaMP) を Sf21 細胞に共導入することで、匂い物質に対して蛍光強度変化を示す Sf21 細胞系統の樹立を試みた。

まず、キイロショウジョウバエ成虫触角 totalRNA から cDNA を合成し、成虫触角で機能発現する全 32 種類の嗅覚受容体遺伝子、及び Orco 遺伝子を増幅した。増幅した嗅覚受容体遺伝子、及び Orco 遺伝子の翻訳領域を Sf21 細胞の発現用ベクター pIB/V5-His (Invitrogen 社) にサブクローニングし、2 遺伝子を同時に発現できるデュアル発現ベクターを構築した。並行して、GCaMP3 遺伝子は、別の発現ベクター pIZ/V5-His (Invitrogen 社) にサブクローニングした。構築した 2 種類の発現ベクターを、Cellfectin (Invitrogen 社) を用いて、Sf21 細胞に遺伝子導入した。

次に、嗅覚受容体、Orco、及び GCaMP3 を共発現する Sf21 細胞系統 (安定発現系統) を樹立するため、pIB、pIZ に組み込まれた抗生物質 (プラストサイジン、ゼオシン) 耐性遺伝子の発現を指標にしたスクリーニングを実施した。スクリーニングにより得られた細胞群 (コロニー) は、徐々に培養スケールを拡大することで Sf21 細胞系統を単離した。

各 Sf21 細胞系統における導入遺伝子の発現は RT-PCR 法により確認した。Sf21 細胞系統ごとに totalRNA を抽出し、各遺伝子に特異的なプライマーセットを用いて PCR を実施し、導入遺伝子が転写されていることを確認した。これにより、嗅覚受容体、Orco、及び GCaMP3 を安定に発現する Sf21 細胞系統を樹立した。

### (2) カルシウムイメージング法による Sf21 細胞系統の匂い検出性能の評価

匂いセンサ素子としての匂い検出性能を評価するため、樹立した Sf21 細胞系統の匂い物質に対する蛍光強度変化量をカルシウムイメージング法により測定した。樹立した Sf21 細胞系統は計測チャンバ (WARNER INSTRUMENTS 社) に導入し、ペリスタポンプを用いて測定用リンガー溶液を 1ml/min の流速で灌流した。匂い物質は dimethyl sulfoxide (DMSO) に溶解し、測定用リンガー溶液に DMSO 濃度が 1% となるよう希釈した。

希釈した匂い物質は、灌流系に 15 秒間添加することで細胞へと供給した。細胞の蛍光強度変化量は、蛍光顕微鏡（オリンパス社）及び高感度冷却 CCD カメラ（Andor 社）を用いて、励起光（488nm）で照射し GCaMP3 の蛍光（515nm）を取得した。取得した蛍光画像は画像解析ソフト（ImageJ、MatLab）を用いて解析し、匂い物質を供給した時の Sf21 細胞系統の蛍光強度変化量を算出した。Sf21 細胞系統ごとに匂い物質に対する応答特性及び濃度応答を測定することで匂いセンサ素子としての検出性能を評価した。

### （3）マイクロ流路チップの設計と試作

Sf21 細胞系統を導入した匂いセンサチップの開発のため、複数種類の Sf21 細胞系統を並列配置でき、各細胞系統の蛍光応答が同時に取得できるマイクロ流路チップを設計・試作した。検出系として蛍光顕微鏡を用いるため、 $\mu\text{m}$  オーダの流路を用いて Sf21 細胞系統の蛍光観察に必要な倍率で蛍光顕微鏡視野内に複数種類の細胞系統を並列配置できるマイクロ流路チップとした。

並列化する流路は Sf21 細胞が容易に導入できるよう幅  $200\mu\text{m}$ 、深さ  $100\mu\text{m}$  とし、流路の中央に流速の変化から細胞がトラップされるよう流路幅を 2.5 倍（幅  $500\mu\text{m}$ 、深さ  $100\mu\text{m}$ ）広くした培養部位をもつように設計した。各流路は独立した出入口をもつようにし、2 本の流路を  $100\mu\text{m}$  の間隔で並行に設置することで、2 種類の細胞系統が混ざることなく蛍光強度変化を同時に測定することができるように設計した。

設計したマイクロ流路チップは、ソフトリソグラフィ技術を用いて作製した。なお、本マイクロ流路チップの試作は、三澤宣雄助教（豊橋技術科学大学、エレクトロニクス先端融合研究所）にご協力いただいた。ここでは、ソフトマテリアルとしてマイクロ流路作製で多用されているポリジメチルシロキサン（PDMS）を使用した。まず、フォトレジスト（SU-8）で鋳型（流路部）を作製した。作製した鋳型に PDMS を流し込み、熱硬化させた後、PDMS をはがし、プラズマ処理でスライドガラスと接合させることでマイクロ流路チップを試作した。

### （4）Sf21 細胞系統を導入した匂いセンサチップの応答測定

（3）で試作したマイクロ流路チップに嗅覚受容体を発現させた Sf21 細胞系統を導入することで、匂いセンサチップを試作した。Sf21 細胞系統はシリンジを用いてマイクロ流路チップ中に導入し、約 1 時間静置することで細胞を培養部位に接着させた。匂い物質の供給は流路入口に刺激溶液を滴下し、シリンジポンプで流速  $10\mu\text{l}/\text{min}$  となるように設定し、培養部位の細胞系統へと供給した。培養部位を蛍光顕微鏡下で観察することで各流路の細胞系統の蛍光画像を取得し、（2）

と同様に画像解析ソフトを用いて蛍光画像を処理することで匂い検出性能を評価した。

## 4. 研究成果

### （1）昆虫嗅覚受容体を発現させた Sf21 細胞系統の樹立

匂いセンサ素子として匂い物質を検出し蛍光応答を示す細胞系統を作出するために、昆虫の嗅覚受容体、Orco、及び GCaMP3 を共発現させた Sf21 細胞系統の樹立を試みた。まず、キイロショウジョウバエの触角で機能する全 32 種類の嗅覚受容体のうち、触角 total RNA から遺伝子増幅が確認できた 30 種類を対象に、遺伝子の単離、及び発現ベクターの構築を実施し、Sf21 細胞へ遺伝子導入を行った。遺伝子導入を行った Sf21 細胞から、抗生物質を用いたスクリーニングにより、各嗅覚受容体ごとに複数のコロニーに由来する細胞系統を単離した（表 1）。

次に、得られた細胞系統について、RT-PCR を用いて各導入遺伝子の転写解析を実施した。その結果、単離した系統においても各系統で遺伝子の転写量に差が見られることが分かった（表 1）。RT-PCR により遺伝子転写が確認できた Sf21 細胞系統を安定発現系統として（2）匂い検出性能の評価に用いた。

遺伝子名	系統数	RT-PCR	応答測定
Or2a	14	11	3
Or7a	4	3	1
Or9a	4	2	1
Or10a	4	4	0
Or13a	2	1	1
Or19a	4	-	2
Or22a	8	4	0
Or22b	7	3	1
Or23a	3	0	0
Or33a	11	4	0
Or33b	10	4	1
Or35a	8	7	3
Or42b	7	1	0
Or43a	4	-	-
Or43b	6	2	-
Or47a	4	-	-
Or47b	3	0	0
Or49b	6	6	-
Or56a	7	3	-
Or59b	2	1	0
Or67a	6	5	1
Or67c	10	-	-
Or69b	2	1	-
Or82a	10	-	-
Or83c	2	1	-
Or85a	6	-	-
Or85b	6	3	0
Or85f	4	1	1
Or88a	5	1	1
Or98a	6	6	2

表 1. 各嗅覚受容体を導入した細胞系統の発現解析及び応答測定。系統数；単離した細胞系統数、RT-PCR；発現解析により遺伝子転写が見られた系統数、応答測定；10mM の匂い物質に対して 5%以上の応答が取得できた系統数。

## (2) カルシウムイメージングによる細胞系統の匂い検出性能の評価

(1)で樹立した Sf21 細胞系統を対象に、匂い物質に対する蛍光強度変化量をカルシウムイメージング法により測定した。導入した嗅覚受容体が強く応答する匂い物質を各細胞系統に添加し蛍光強度変化を測定した結果、12 種類の嗅覚受容体を導入した Sf21 細胞系統において、蛍光顕微鏡視野内の全細胞中の 5%以上の細胞が蛍光強度変化を示した(表1)。

次に、樹立した Sf21 細胞系統が、導入した嗅覚受容体の匂い応答特性に従い蛍光応答を示すかどうかを検証するため、複数の匂い物質に対する細胞系統の蛍光応答を取得した。ここでは樹立した細胞系統のうち、比較的多くの細胞が応答を示した Or35a 及び Or98a を発現する Sf21 細胞系統 (Or35a-1、Or98a-2) を用いて複数の匂い物質に対する蛍光応答を測定した(図1)。その結果、Or35a-1 は 1-octanol に強い応答、benzaldehyde に弱い応答を示し、ethyl lactate、geranyl acetate には応答を示さなかった。同様に、Or98a-2 は 1-octen-3-ol に強い応答、1-pentanol に弱い応答を示し、1-butanol、1-propanol には応答を示さなかった(図1)これらの匂い応答特性は、キヨロショウジョウバエ生体を用いて機能解析された嗅覚受容体の匂い応答特性とほぼ一致する。以上の結果から、樹立した Sf21 細胞系統は生体で示す嗅覚受容体の匂い応答特性に従い蛍光強度変化を示していることが分かった。

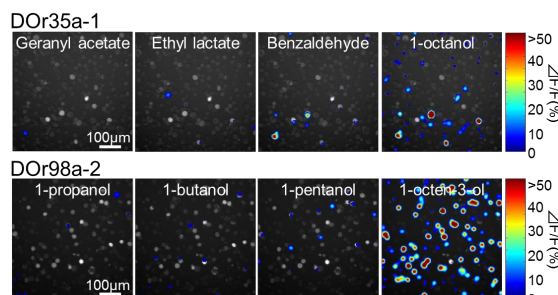


図1. 一般臭嗅覚受容体 (Or35a、Or98a) を導入した Sf21 細胞系統の匂い物質に対する蛍光応答。各匂い物質を添加した際の蛍光強度変化量を疑似カラーで示す。

しかし、各 Sf21 細胞系統の濃度依存応答を測定した結果、応答閾値が 1mM と高く、低濃度の匂い物質の検出には不十分であった。また、同様の手法で遺伝子導入を行い樹立した Sf21 細胞系統においても、RT-PCR による発現解析において、遺伝子の転写が確認できない系統が存在することが分かってきた。このことから、Sf21 細胞系統ごとに嗅覚受容体の発現量が異なり、発現量の少ない細胞系統では S/N 良く嗅覚受容体の応答を検出できていない可能性がある。そこで、各嗅覚受容体を発現させた Sf21 細胞系統における匂い物

質に対する蛍光応答の S/N 向上のため、嗅覚受容体遺伝子の挿入位置を変更した発現ベクターへ改良し、Sf21 細胞系統を樹立した。樹立した Sf21 細胞系統の匂い物質に対する濃度依存応答を測定した結果、導入した嗅覚受容体が応答する匂い物質に約 100nM の応答閾値で蛍光強度変化を示すことが分かった。このことから、匂い物質を効率的に発現させ、S/N 良く匂い物質を検出できる Sf21 細胞系統を作成できる基礎技術を示した。今後、同様に発現ベクターに改良することで、各嗅覚受容体を発現させた Sf21 細胞系統を樹立する予定である。

## (3) Sf21 細胞系統を並列配置可能なマイクロ流路チップの設計と試作

複数の匂い物質を検出可能な匂いセンサを構築するためには、センサ素子となる各嗅覚受容体を発現させた Sf21 細胞系統を別々に並列配置し、それらの蛍光計測が可能なマイクロ流路チップを構築する必要がある。

まず、市販のホウケイ酸ガラス製マイクロ化学チップ(マイクロ化学技術株式会社製)において、蛍光ビーズや GFP 発現 Sf21 細胞系統の蛍光観察、及び培養の可能性を検討した。その結果、蛍光顕微鏡下でマイクロ化学チップ中の蛍光ビーズや GFP 発現 Sf21 細胞の蛍光観察、また培地の灌流により 6 日目まで GFP 発現 Sf21 細胞の培養が可能であることが分かった。このことから、マイクロ流路で Sf21 細胞を長期間保持し、蛍光観察が可能であることを示した。しかし、本チップを CMOS イメージセンサと組み合わせ蛍光観察を試みた結果、蛍光ビーズの蛍光取得が可能であることを示したが、Sf21 細胞の蛍光取得や複数の流路からの同時計測には至らなかった。そこで、蛍光顕微鏡の視野内で複数種類の細胞系統を並列配置し蛍光計測が可能な系の構築を目指し、2 種類の細胞系統の蛍光を同時に計測可能なマイクロ流路チップを設計・試作した(図2)。

本マイクロ流路チップは、ソフトリソグラフィ技術を利用して、PDMS 及びホウケイ酸ガラスから成るチップである(図2)。まず、GCaMP3 を発現する Sf21 細胞系統を用いて、マイクロ流路チップ中に保持した細胞の蛍光観察が可能であるかどうかを調べた。その結果、2 本の流路に導入した各細胞系統の蛍光観察が可能であることが分かった(図3A)。

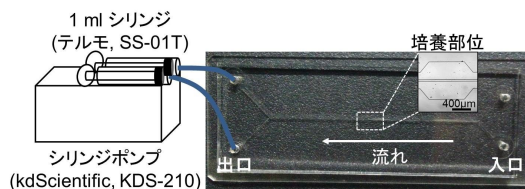
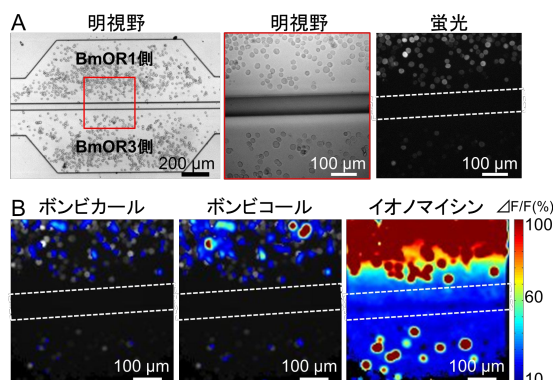


図2. 試作したマイクロ流路チップと灌流系の概略図。マイクロ流路チップの入口に刺激物質を滴下し、シリンジポンプで吸引することで刺激物質を培養部位の細胞系統へ供給した。

次に、試作したマイクロ流路チップにおいて、2本の流路に同時に刺激物質を供給可能かどうか評価した。色素を用いて顕微鏡下で培養部位における色素の到達時間を計測した結果、2本の流路に250msec以内の誤差範囲内で刺激物質を供給することが可能であった。以上の結果から、試作したマイクロ流路チップは Sf21 細胞系統の蛍光観察が可能であり、2本の流路にほぼ同時に刺激物質を供給できることが分かった。



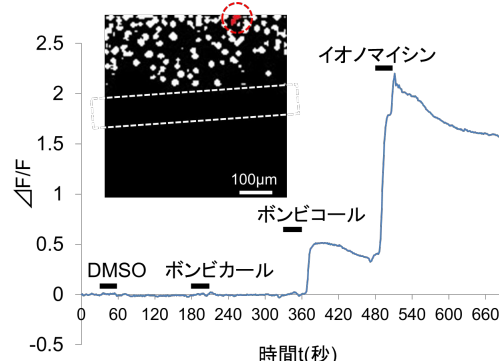
**図 3. 匂いセンサチップ上の細胞の蛍光強度変化。**(A) マイクロ流路チップに導入した細胞系統の明視野、蛍光画像を示す。赤枠の部分の明視野、蛍光画像を右に示す。(B) 各匂い物質を添加した際の蛍光強度変化量を疑似カラーで示す。DMSO は 1%、その他の物質は 10 $\mu$ M の濃度で供給した。

(4) 流路チップ上に並列配置した Sf21 細胞系統の匂い物質に対する蛍光応答

最後に、試作したマイクロ流路チップ中に Sf21 細胞系統を導入した匂いセンサチップを構築し、匂い物質に対する蛍光応答が取得できるかどうかを評価した。ここでは、昆虫の嗅覚受容体として性フェロモン受容体である BmOR1 (ポンピコール受容体)、BmOR3 (ポンピカール受容体) を発現させた 2 種類の Sf21 細胞系統 (以下、それぞれ BmOR1 系統、BmOR3 系統) を、試作したマイクロ流路チップ上に並列配置することで匂いセンサチップを試作した (図 3A)。試作した匂いセンサチップに DMSO、ポンピコール、ポンピカール、イオノマイシン (カルシウムイオノフォア; ポジティブコントロール) で刺激した結果、一方の流路に導入した BmOR1 系統は 10 $\mu$ M のポンピカールにはほとんど蛍光強度変化を示さず、10  $\mu$ M のポンピコールに対して最大 60% 程度の蛍光強度変化を示した (図 3B、4)。また、イオノマイシンで刺激した結果、各マイクロ流路に導入した BmOR1 系統および BmOR3 系統から同時に蛍光強度変化を取得できた。

以上の結果から、昆虫嗅覚受容体を発現させた Sf21 細胞系統を導入した匂いセンサチップは、現段階では 1 種類ではあるが匂い物質の検出が可能であること、そして異なる 2 種類の細胞系統の蛍光応答を取得できるこ

とが分かった。これにより、複数種類の細胞系統を並列配置でき、匂い物質に対して細胞系統の蛍光応答が取得できる匂いセンサチップが構築できることを示した。



**図 4. マイクロ流路チップ中の BmOR1 系統の経時蛍光強度変化。**挿入図の赤点線で囲った細胞の蛍光強度変化量を示す。黒横棒で示された時間に匂い物質を添加した。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 5 件)

神崎亮平、光野秀文、昆虫に学ぶ匂いセンサの開発、*応用物理*、査読無、83(1)、2014、38-42

光野秀文、神崎亮平、昆虫の嗅覚受容系を再現した高機能な匂いセンサの開発、*ナショナルバイオリソースプロジェクト「カイコ」情報誌「おかいこさま」*、査読無、2012、22、1-3

神崎亮平、昆虫の嗅覚機能を再現した匂いセンサと匂い源探索ロボットの構築、*AROMA RESEARCH*、査読無、45、2011、70-75

櫻井健志、光野秀文、神崎亮平、昆虫嗅覚受容体を利用した匂いセンサの構築、*ブレインテクノニュース*、査読無、147、2011、23-29

Sakurai T, Mitsuno H, Haupt SS, Uchino K, Yokohari F, Nishioka T, Kobayashi I, Sezutsu H, Tamura T, Kanzaki R, A single sex pheromone receptor determines chemical response specificity of sexual behavior in the silkworm *Bombyx mori*, *PLoS Genetics*、査読有、7、2011、e1002115

[学会発表](計 16 件)

光野秀文、櫻井健志、岩松琢磨、田中亜紀子、並木重宏、神崎亮平、昆虫の嗅覚受容体を利用した細胞利用型匂いセンサ素子の性能評価、*日本農芸化学会 2014 年度大会 (招待講演)*、2014 年 3 月 30 日、明治大学、神奈川県

Mitsuno H, Sakurai T, Namiki S, Kanzaki R, Performance evaluation of Sf21 cell lines expressing insect odorant receptors as odorant sensor elements, *International Conference on BioSensors, BioElectronics, BioMedical Devices, BioMEMS/NEMS and*

Applications 2013 (Bio4Apps 2013) and 5<sup>th</sup> Sensing Biology Symposium, 2013 年 10 月 31 日、東京医科歯科大学、東京

光野秀文、櫻井健志、並木重宏、神崎亮平、匂いセンサ素子としての昆虫嗅覚受容体を発現させた Sf21 細胞系統の長期匂い検出性能の評価、日本味の匂学会第 47 回大会、2013 年 9 月 6 日、仙台市民会館、宮城

Mitsuno H、Sakurai T、Namiki S、Mitsuhashi H、Kanzaki R、Development of a novel cell-based odorant sensor based on insect odorant receptors、International Chemical Ecology Conference2013 (招待講演) 2013 年 8 月 22 日、Melbourne、Australia

神崎亮平、次代の技術を担う「昆虫力」～昆虫科学が迫る昆虫の感覚・脳・行動のしくみとその応用～、蚕糸学会公開シンポジウム特別講演(招待講演)、2013 年 3 月 18 日、つくば農林ホール、農林水産技術会議事務局筑波事務所、つくば市

光野秀文、櫻井健志、神崎亮平、昆虫の嗅覚受容体を利用した匂いバイオセンサの開発、第 57 回日本応用動物昆虫学会大会、2013 年 3 月 29 日、日本大学生物資源科学部、藤沢市

三鶯裕之、櫻井健志、藤井毅、光野秀文、石川幸男、神崎亮平、昆虫匂い結合タンパク質を利用した匂い可溶化技術の開発、第 57 回日本応用動物昆虫学会大会、2013 年 3 月 29 日、日本大学生物資源科学部、藤沢市

Kanzaki R、Insect-robot hybrid system for understanding the neural basis of odor-source localization、The 12th International Course in Chemical Ecology (招待講演) 2012 年 12 月 6 日、Max Planck Institute for Chemical Ecology、Jena、Germany

光野秀文、櫻井健志、三鶯裕之、神崎亮平、ショウジョウバエの嗅覚受容体発現 Sf21 細胞を用いた匂いセンサ素子の開発、日本味と匂学会第 46 回大会、2012 年 10 月 4 日、大阪大学吹田キャンパス、吹田市

三鶯裕之、櫻井健志、藤井毅、光野秀文、石川幸男、神崎亮平、ショウジョウバエ匂い結合タンパク質を利用した気中匂い分子の高効率可溶化技術の開発、日本味と匂学会第 46 回大会、2012 年 10 月 5 日、大阪大学吹田キャンパス、吹田市

Kanzaki R、Analysis and synthesis of odor source localization in the silkworm、International Symposium Olfaction in insects under debate:from receptors to behavior (招待講演) 2012 年 7 月 20 日、Wurzburg、Germany

Mitsuno H、Sakurai T、Mitsuhashi H、Kanzaki R、Development of an odorant sensor using living cells expressing insect odorant receptors、CIMTEC2012 (招待講演) 2012 年 6 月 13 日、Montecatini Terme、Italy

神崎亮平、昆虫の嗅覚受容から行動解発の神経機構と匂い源探索ロボット、第 56 回日本応用動物昆虫学会大会(招待講演)、2012 年 3 月 27 日、近畿大学

Kanzaki R、Analysis and synthesis of adaptive behavior in insects: from genes、neural networks、and behavior to robots、6th Asia-Pacific Conference on Chemical Ecology (招待講演) 2011 年 10 月 14 日、Beijing、China

神崎亮平、昆虫の嗅覚機能を利用した匂いセンサおよび匂い源探索ロボット、第 24 回におい・かおり環境学会(招待講演)、2011 年 8 月 22 日、千葉工業大学 津田沼キャンパス

Kanzaki R、Insect-robot hybrid system for understanding the neural basis of odor-source localization、International Society of Chemical Ecology Conference (招待講演)、2011 年 7 月 24 日、Vancouver、Canada

〔図書〕(計 1 件)

光野秀文、三澤宣雄、神崎亮平、匂いバイオセンサへの昆虫嗅覚受容体の応用、バイオセンサの先端科学技術と新製品への応用開発、株式会社情報技術協会、2014 年、6 ページ(pp.360-365)

〔産業財産権〕

出願状況(計 1 件)  
名称; 匂いセンサ  
発明者; 光野秀文、櫻井健志、神崎亮平  
出願人; 神崎亮平、セコム株式会社  
出願番号; 特願 2011-167293  
出願日; 2011 年 7 月 29 日

取得状況(計 0 件)

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者  
神崎 亮平 (KANZAKI、Ryohei)  
東京大学・先端科学技術研究センター・教授  
研究者番号: 4 0 2 2 1 9 0 7

(2) 研究分担者  
該当なし

(3) 連携研究者  
櫻井 健志 (SAKURAI、Takeshi)  
東京大学・先端科学技術研究センター・特任講師  
研究者番号: 2 0 5 0 6 7 6 1

光野 秀文 (MITSUNO、Hidefumi)  
東京大学・先端科学技術研究センター・特任助教  
研究者番号: 6 0 5 1 1 8 5 5