

令和 6 年 9 月 14 日現在

機関番号：12301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H03477

研究課題名（和文）経皮電気刺激による漿液分泌制御インタフェースの構築とその応用

研究課題名（英文）Development and Application of an Interface for Controlling Secretion by Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation

研究代表者

青山 一真（Aoyama, Kazuma）

群馬大学・情報学部・准教授

研究者番号：60783686

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、唾液、涙、鼻汁、汗等の漿液分泌機能を調節しうる経皮電気刺激の手法を構築し、それをバーチャルリアリティなどの体験を変容させるシステムとして組み込んだアプリケーションの開発を目指す。

本研究の中でユーザスタディやシミュレーションを通して、唾液や涙の分泌を促進しうる経皮電気刺激の手法を構築することができ、それらを食事に適用できるハードウェアや、物語の読み上げをしつつ経皮電気刺激を同期して適用させることのできるシステムを開発した。また、鼻腔内化学感覚の側方化や口腔内味覚の空間分布を形成する刺激を構築し、分泌の分泌位置を制御しうる新たな手法の開発に挑戦し、一定の成果を上げることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果の学術的意義は、これまでインタフェース研究の対象となっていなかった、人の漿液分泌をデジタル技術によって調節するインタフェースの研究開発に挑んだことである。また、この研究は様々な体験を創出するVR等の技術において、人の体験に寄与する漿液分泌をデジタルに制御することで、映画やゲーム、食事などのコンテンツの魅力さをさらに引き上げる新たな手法を創出し、そのプロトタイプシステムを構築したところに社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed a novel method of transcutaneous electrical nerve stimulation that modulates the serous secretion (e.g. saliva, tears, nasal discharge, and sweat), and developed an application that embeds this method as an applied system to alter the experience of virtual reality and other contents.

Through user studies and simulations, we were able to construct a method of transcutaneous electrical stimulation that can promote saliva and tear secretion, and developed hardware that can be applied during meals and a system that can synchronously apply transcutaneous electrical stimulation while reading out a story. We also constructed stimuli that form the lateralization of nasal chemosensation and the spatial distribution of oral gustatory sensation, and tried to develop a new method that can control the location of secretion.

研究分野：バーチャルリアリティ

キーワード：バーチャルリアリティ ヒューマンコンピュータインタラクション 神経刺激

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

本研究では、唾液、涙、汗などの人の効果器出力によって分泌される漿液の分泌量を調節するインタフェースを構築し、バーチャルリアリティ(VR)やヒューマンコンピュータインタラクション(HCI)において、漿液分泌に伴って変容しうる感覚や心理の変化を検証し、体験変容をもたらす漿液分泌制御型インタフェースを構築する。このインタフェース構築において、コアとなる技術が経皮電気刺激である。経皮電気刺激は、皮膚表面に設置した皿やゲルのような電極から微弱な電流を印可し、その電流によって神経を刺激する手法である。本研究では、経皮電気刺激において神経の走査方向と電流の印可の方向によって神経への刺激効果が変わる例が多数あることから、刺激電流の場がもたらす神経刺激の効果はイオンの泳動によって説明しうるという仮説を提唱している。この仮説に則り、本研究では神経組織上に形成される電場の分布を意識しつつ、その効果を検証していくという方針にて、研究を推進し、漿液分泌の促進と抑制の双方向性をもたらす刺激の設計を目指していく。一方で、オーラルヘルス等の分野において、唾液の分泌を促進する刺激手法は既に開発されている[1]。しかしながら、この手法における唾液分泌促進効果は、口腔乾燥症の対象者に対して1分程度の刺激後に、唾液の自然分泌量が増加するというものであり、VR等に利用するためには、その即時性と効果量の観点から課題があった。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、VRやHCIにおいて利用できる漿液分泌制御型インタフェースを構築することである。また、分泌のような随意的にその効果を調節しえない効果器の活動は、心理的な効果をもたらしえると考えられる。これは、人は悲しいから泣くのではなく、泣くから悲しいと説明されるJames-Lange説[2]のように、分泌を含めた身体状態の変化が心理的な変容効果を生起しうると考えられるためである。そこで、本研究では構築した神経刺激による漿液分泌の調節手法をVR等の体験に対して適用可能なアプリケーションを開発するような、応用的研究を実施する。

### 3. 研究の方法

本研究では、唾液、鼻汁、涙液、汗の分泌を調節しうる神経刺激手法を開発する基礎研究と、それをVRなどの体験変容に応用したアプリケーションの開発を実施する。

本研究では、唾液、鼻汁、涙、汗の4種類の漿液を対象とする。ただし、鼻汁は漿液としてはやや粘性が高いが、本研究では内分泌ではないという意味を含めて漿液として取り扱う。

本研究においてはこれらの漿液分泌を促進または抑制する経皮電気刺激手法を構築する基礎研究を実施しつつ、これらをVR等のアプリケーションとして応用可能なシステムを開発する。感覚や筋肉等を含めた多くの神経刺激において、神経活動を誘発して感覚を惹起したり筋活動を誘発する刺激はこれまでに多く開発されてきた。一方で、神経活動を抑制して受容される感覚を減衰させるなどの手法はほぼ開発されていない。つまり、多くの神経刺激は神経活動の惹起と強化を達成しうるが、活動抑制は難しい。これに対して本研究は神経に対する電場の向きが神経活動の抑制をもたらすものと考えている。

また、分泌を起こす組織の多くは自律神経の支配を受けており、随意的に分泌活動の調節をすることは困難である。一方で、これらの組織は感覚との間に多様な相互作用を持っている。例えば、涙の分泌は眼球を保護するために角膜の神経との間に相互作用を持っており、目にゴミが入ると涙が出る。また、鼻汁も鼻腔内三叉神経との間に相互作用を持っており、鼻腔内の刺激に対して鼻汁の分泌が促進される。つまり、感覚入力に対する反射によって分泌が調節されることを示している。

よって、本研究では下記の基礎研究を実施し、構築した新たな刺激手法をVR等の体験アプリケーションに利用したシステムの開発を実施する。

#### (1) 唾液分泌を調節する経皮電気刺激手法の構築

先行研究において、口腔乾燥症の対象者に対して経皮電気刺激によって唾液分泌を促進させる手法は存在しているものの、VRやHCI等のアプリケーションに利用することを考えると、その即時性と効果量について解決すべき課題がある。そこで、本研究では即時的で効果量の大きな新たな刺激手法の構築を行う。唾液分泌は口腔周辺にある唾液腺で起こるが、多くの唾液は耳下腺・顎下腺、舌下腺にて分泌される。これ以外にも、唾液は口腔に広く分布する小唾液腺でも分泌される。本研究では、これらの分泌腺とその支配神経を効果的に刺激できる経皮電気刺激手法を電流の電場分布を考慮しつつ電極位置を設計し、その刺激パラメータについて検討する。

#### (2) 鼻汁分泌を調節する経皮電気刺激手法の構築

鼻腔内三叉神経を刺激した場合、刺激臭のような鼻腔内化学感覚が生起する。また、鼻腔内化学感覚は鼻腔外からの経皮電気刺激によって生起できる手法をすでに構築できている。さらに、鼻腔内三叉神経は側方化可能つまり、刺激の空間分布がある程度可能である。このことから、鼻腔内三叉神経の空間分布によって、局所的な分泌を引き起こしうる可能性もある。そこで、本研究では鼻腔内三叉神経の側方化を経皮電気刺激で達成可能な、

空間分布を持った刺激手法の構築を行う。

(3) 涙液分泌を調節する経皮電気刺激手法の構築

涙の分泌は涙腺にて行われる。涙腺は眼球の外側上部に位置しており、その活動は顔面神経の枝である涙腺神経の支配を受ける。また、上述のとおり、涙腺の分泌は眼球の角膜上に位置する感覚神経の入力に対して反射的に涙の分泌を起こす。このことから、涙液の分泌を調節するためには、涙腺・涙腺神経・角膜のいずれか、あるいはいずれをも刺激することで、それを達成しうるものと考えられる。そこで本研究ではこれらを効果的に刺激しうる手法の設計を行う。

(4) 汗分泌を調節する経皮電気刺激手法の構築

汗の分泌は、汗腺にて起こるものである。汗腺は大唾液腺や涙腺と比較して小さな分泌腺であり、全身に分布している。このため、一つ一つの汗腺に対する刺激によってもたらされる分泌量は微小であり、その計測は困難となるものと考えられる。よって、汗の分泌をもたらし刺激を設計するために、汗腺の密度が高いとされる手掌や手甲を最初の対象として刺激を検証する。

#### 4. 研究成果

本研究の成果の概略は下記の通りである。

(1) 唾液分泌を促進する経皮電気刺激の構築とその応用的システムの開発

唾液腺の大部分は上述の通り、耳下腺、顎下腺、舌下腺の3つの大唾液腺から分泌される。これらの唾液腺は単一で動作しているわけではなく、ある程度相互作用があるものと考えられる。そこで、本研究ではこれらの唾液腺とその支配神経を同時に刺激できるように、経皮電気刺激を設計し、COMSOL Multiphysics によって有限要素法によるシミュレーションを実施してこれらの組織上に形成される電流密度分布を可視化した。その結果、我々の設計した耳の前(おおよそ頬の上)に設置した電極と、顎先と顎角点の中間位置に設置した電極の対を用いての経皮電気刺激は、これらの3つの大唾液腺と唾液腺の支配神経上に比較的高い電流密度が分布することが示された。また、この刺激は片側の唾液腺に対する刺激であるにも関わらず、通常的な自然な唾液分泌と比較して 1.5 倍程度の唾液分泌をもたらし刺激であることが示された。

また、唾液は大唾液腺だけではなく、口腔に広く分布する小唾液腺を含めた多くの腺によって分泌される。つまり、唾液は口腔内に空間的な分泌位置の分布を広く持っていると言える。唾液分泌は唾液腺にて起こるものであるが、唾液は味覚の入力に対する反射的な分泌も起こり、本研究で構築した刺激が唾液腺を刺激したものであるか、味覚入力を電気刺激で引き起こしたことによるものであるかは未解明である。一方で、味覚の神経系も口腔に広く分布しており、口腔内での味覚入力の空間的な分布を形成することができれば、唾液の分泌にも空間的な分布を形成することができる可能性があると考えられる。これは、食事中に食品の局所的な湿度変化をもたらし、新たな食体験を形成する手法となりうると考えられる。そこで本研究では、口腔周辺への経皮電気刺激によって口腔内に味覚の空間的な分布を形成する手法の構築にも着手した。その結果、食品を口腔に含んでいる食品(塩水)の呈する味が口腔外からの経皮電気刺激によって左右で異なる味覚強度になるような味覚分布を形成することができる手法を構築することができた。さらに、本研究では口腔周辺への温度刺激等の電気刺激以外の物理刺激によって唾液分泌量が変化する効果[3]にも着目し、その最適な設計に向けた口腔周辺の温度シミュレーションも実施した。

本研究において構築した刺激手法を使用して VR 等の体験を変容させうるアプリケーションを開発するにあたり、最も重要な課題は食事を阻害することなく唾液や味を変容させうる刺激を適用可能な、刺激ハードウェアシステムの開発であると考えられる。これは、本研究においては刺激さえできれば、食事にそのまま経皮電気刺激を持ち込むこと自体は容易だからである。そこで、本研究では図 2 に示すような首掛け方の刺激装置を開発した。この装置は、現状有線にて刺激を制御するものであるが、刺激回路中に組み込んでいるマイクロコントローラーが Wifi、Bluetooth の両方に対応しており、バッテリーを組み込めば容易に無線制御も可能なものとなっている。

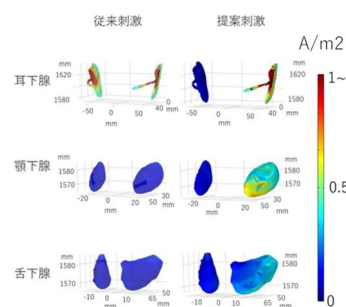


図 1 大唾液腺上に形成される電流密度分布

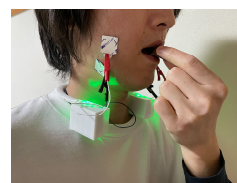


図 2 首掛型唾液腺刺激装置

。一方で、味覚の神経系も口腔に広く分布しており、口腔内での味覚入力の空間的な分布を形成することができれば、唾液の分泌にも空間的な分布を形成することができる可能性があると考えられる。これは、食事中に食品の局所的な湿度変化をもたらし、新たな食体験を形成する手法となりうると考えられる。そこで本研究では、口腔周辺への経皮電気刺激によって口腔内に味覚の空間的な分布を形成する手法の構築にも着手した。その結果、食品を口腔に含んでいる食品(塩水)の呈する味が口腔外からの経皮電気刺激によって左右で異なる味覚強度になるような味覚分布を形成することができる手法を構築することができた。さらに、本研究では口腔周辺への温度刺激等の電気刺激以外の物理刺激によって唾液分泌量が変化する効果[3]にも着目し、その最適な設計に向けた口腔周辺の温度シミュレーションも実施した。

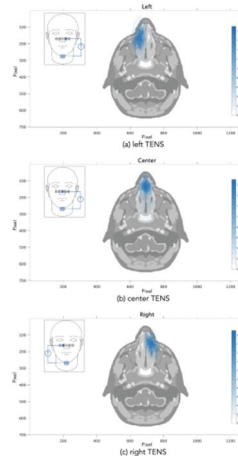


図 3 鼻腔内化学感覚の側方化

## (2) 鼻汁分泌を調節する経皮電気刺激手法の構築

鼻汁は鼻腔内の鼻腺にて分泌される。鼻腺は大唾液腺や涙腺と比較して小さな組織であり、鼻腔内に刺激電極を設置しない方法での刺激は困難であると考えられる。しかしながら、上述の通り、鼻汁の分泌は鼻腔内三叉神経の入力に対して相互作用があり、鼻腔内三叉神経の感覚入力を通して鼻汁の分泌を促進することは可能であるものと考えられる。我々の以前の研究において、鼻梁に設置した電極から電流を印可する経皮電気刺激によって鼻腔内三叉神経を刺激して鼻腔内化学感覚を惹起する手法を構築している。本研究ではこの鼻腔内三叉神経を刺激する経皮電気刺激を活用して、鼻腔の左・右・中央のそれぞれに空間的な分布を持った鼻腔内化学感覚を惹起する手法を構築した。これによって、鼻腔内の分泌にも空間性を持たせ、鼻腔の吸気によって感じる外界の湿度の空間分布の体験を変容させうる刺激を構築するための基礎手法を構築できた。一方で、これが空間的な鼻腔内分泌の分布を変容させうるかどうかについてや、それが外界の湿度の推定に対してどの程度効果を持つのかについての検証まではかなわなかったため、引き続きこの成果を基にした研究を実施していく予定である。

## (3) 涙液分泌を調節する経皮電気刺激手法の構築とその応用的アプリケーションの開発

涙を分泌する涙腺は、眼球の外側の上部に位置しており、同様にその支配神経も近傍を走査する。そこで、本研究では涙腺の直上に電極を設置して、電流を印可する手法を構築した。この手法の設計指針は涙腺と電極の距離を最小化するというものである。この手法の効果を検討するために、COMSOL Multiphysics を使用した有限要素法によるシミュレーションを実施したところ、涙腺、涙腺神経、角膜(眼球)のいずれの組織に対してもほかの組織と比較して高い電流密度が分布していることが示された。

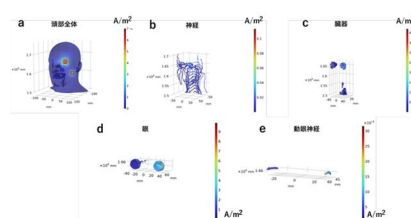


図4 涙腺電気刺激が形成する電流密度分布

また、十分なユーザスタディではないものの、研究者自身が極性や電流波形等を試したところ、この電極配置においては 20-30 秒程度で瞳から涙がこぼれる程度には涙が分泌されることが目視で確認できる程度の効果量があることを確認した。本研究においては、これを客観的に示せるような試験を実施することはかなわなかったが、今後涙を分泌させる手法を確立させる基盤となる知見が得られたと考えている。

また、コンテンツを視聴した際にそのコンテンツの体験によっては様々な情動の変化に伴って涙が流れる。つまり、James-Lange 説に従うと、涙の分泌はコンテンツの魅力や体験を変容させうる効果があると考えられる。この体験を成立させるための応用的システムのプロトタイプとして、本研究では python をベースとしてテキストファイルを読み上げ、指定した時間に電気刺激の印可を開始するソフトウェアシステムを開発し、構築した電気刺激装置と通信しつつ、コンテンツを聴きながら電気刺激を適用できるシステムを開発した。これは、涙腺への電気刺激において、目を閉じたときに涙分泌促進効果が強くみられるためである。このシステムのテストとして、青空文庫から太宰治の葉桜と魔笛を読み上げつつ、電気刺激装置と通信が適切にできるかどうかを検証したところ、テキストの音声を読み上げつつ電気刺激が印可できることを確認することができた。このシステムについても、ユーザスタディによるコンテンツの体験変容効果の検証や学会等でのデモ展示実施はかなわなかったが、本研究で構築したシステムを基にして開発した装置を活用してさらなる研究を実施していく予定である。

## (4) 汗分泌を調節する経皮電気刺激手法の構築

汗の分泌については、汗腺の密度が高い手掌や手甲に対する刺激がもたらす分泌効果を研究者自身で、様々な刺激パラメータ(極性、波形、電流値並びにそれらの組み合わせ)にて検証した。しかしながら、これらの刺激においては、唾液や涙などのように、分泌の促進がみられなかった。これは、唾液や涙が比較的大きな分泌腺から分泌されるため、効果の計測できる程度の効果量がみられるが、汗腺のような微小組織がもたらす効果は今回実施した低強度・短時間刺激の範囲内の刺激では計測が困難な程度に小さかったためであると考えられる。今後より詳細な検証は必要であるが、本研究においては VR 等の体験を変容させるインタフェースとして、汗の分泌を調節する経皮電気刺激の構築は現状では困難であるものと判断した。

本研究では、分泌を調節するインタフェース構築を目指し、分泌の促進と抑制の双方向性を持った刺激の構築を一つの目標としていた。上述の唾液、涙、汗、鼻汁のいずれにおいても、刺激極性や刺激パラメータを様々な変化させ、分泌の促進効果とともに分泌の抑制効果が表れるかどうかを検証したが、少なくとも即時性を持つ分泌の抑制効果は確認できなかった。これは、分泌の抑制効果は促進と比較して、その効果を計測することが難しいためであると考えられる。涙腺や鼻腔内三叉神経に対する刺激においては、その効果は刺激対象組織近傍の電極極性が非常に重要な刺激パラメータとなるが、分泌促進や感覚惹起の効果を持った刺激と異なる極性の刺激は、少なくともそれらの効果をもたらすことがない。つまり、ある程度長い時間その刺激を適用し、自然状態との間の分泌量を比較すれば、分泌の抑制効果が期待できる可能性もあると考えられる。一方で、本研究においては少なくともその顕著な効果は確認できなかった。

以上より、本研究では唾液、涙、鼻汁、汗の分泌を調節するインタフェースの開発とその応用アプリケーションの開発に取り組んだ。本研究は新型コロナウイルス感染症による社会状況の変化を受け、特に漿液分泌を対象とする本研究の特性上、十分な実験実施が困難であった。一方で、当初予定では効果器組織とその支配神経に対して分泌の促進と抑制を目指すという研究計画であったが、研究の進展に伴い、感覚反射応答としての分泌制御の可能性を見出し、その空間的分布を制御するという、予定以上の研究進展も見られた。本研究で構築した基礎的な手法をVR等に応用した際のアプリケーションの開発もプロトタイプまでは達成できた。今後は構築したこれらの基礎的手法を多くの人に体験してもらえようようなデモ展示等のアウトリーチ活動も積極的に実施していく予定である。

参考文献：

1. Jagdhari. Smiriti. B, Patni V.M., Motwani Mukta, and Gangotri Shweta. To evaluate the effectiveness of transcutaneous electric nerve stimulation(TENS) in patients with hyposalivation: A pilot study. IOSR Journal of Dental and Medical Sciences, Vol. 13, No. 9, pp. 74-77, 2014.
2. James W., “The Physical Basis of Emotion”, Psychological Review 101, 2, pp. 205-210 (1994)
3. 木口らん, 藤島一郎, 松田紫緒, 大野友久, “寒冷刺激器による唾液腺上の皮膚アイスマッサージが健常成人の唾液分泌に及ぼす影響” 日本摂食嚥下リハビリテーション学会誌, Vol.11, No.3, pp.179-186 (2007)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Ayari Matsui, Tomohiro Amemiya, Takuji Narumi, Kazuma Aoyama	4. 巻 11
2. 論文標題 Intranasal Chemosensory Lateralization Through the Multi-electrode Transcutaneous Electrical Nasal Bridge Stimulation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 110899-110909
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ACCESS.2023.3322421	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 高橋希実, 中村裕美, 雨宮智浩, 鳴海拓志, 葛岡英明, 廣瀬通孝, 青山一真	4. 巻 27
2. 論文標題 経皮電気刺激による効果的な唾液分泌促進手法の構築	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本パーチャルリアリティ学会論文誌	6. 最初と最後の頁 130-14-
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18974/tvrsj.27.2_130	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 青山一真	4. 巻 125
2. 論文標題 ニューノーマルな生活様式を支える神経刺激インタフェース	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本機械学会誌	6. 最初と最後の頁 6-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1299/jsmemag.125.1244_6	査読の有無 無
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 -

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 6件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 青山一真
2. 発表標題 経皮電気刺激による感覚提示と効果器アクチュエートインタフェース
3. 学会等名 第7回CREST空間識の幾何セミナー（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 青山一真
2. 発表標題 経皮電気刺激による味覚制御
3. 学会等名 Ifia Japan おいしい減塩プロジェクト10周年記念セミナー ~減塩加工食品の進化を支える技術~ (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田中 壮, 鳴海 拓志, 雨宮 智浩, 葛岡 英明, 青山 一真
2. 発表標題 低濃度塩味水溶液における口腔外電気刺激による味覚増強効果の検証
3. 学会等名 第28回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 So Tanaka, Takuji Narumi, Tomohiro Amemiya, Hideaki Kuzuoka, Kazuma Aoyama
2. 発表標題 Controlling the Distribution of Salty Taste Intensity on the Tongue Using Extraoral Galvanic Taste Stimulation
3. 学会等名 ICAT-EGVE2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中山息吹, 奥寛雅, 青山一真
2. 発表標題 食体験の変容を目指した口腔外からの熱刺激が舌に与える効果のシミュレーション
3. 学会等名 第4回神経刺激インタフェース研究会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 青山一真
2. 発表標題 涙腺への経皮電気刺激の設計に向けた電磁場シミュレーション
3. 学会等名 第4回神経刺激インタフェース研究会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 青山一真
2. 発表標題 経皮電気刺激による化学感覚調整技術
3. 学会等名 第15回 香りと味に関する産学フォーラム（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松井 彩里, 青山 一真, 葛岡 英明, 鳴海 拓志
2. 発表標題 鼻腔外からの電気刺激による擬似的な匂い方向提示に関する基礎的検討
3. 学会等名 第27回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松井彩里, 青山 一真, 雨宮智浩, 葛岡英明, 鳴海拓志
2. 発表標題 嗅覚刺激と鼻腔外電気刺激によるVR空間内の進路誘導効果
3. 学会等名 メディアエクスペリエンスとバーチャル環境基礎研究会
4. 発表年 2023年



1. 発表者名 青山一真
2. 発表標題 経皮電気刺激による感覚提示と効果器アクチュエーション
3. 学会等名 メディアエクスペリエンスとバーチャル環境基礎研究会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 So Tanaka, Takuji Narumi, Hiromi Nakamura, Tomohiro Amemiya, Hideaki Kuzuoka, Kazuma Aoyama
2. 発表標題 Dynamically Controlling Spatial Taste Location by External Galvanic Taste Stimulation
3. 学会等名 ISMAR 2022（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 青山一真
2. 発表標題 経皮電気刺激による化学感覚調整技術
3. 学会等名 第15回 香りと味に関する産学フォーラム（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazuma Aoyama
2. 発表標題 VR Application of Sensory Display and Effector Actuation by Transcutaneous Electrical Stimulation
3. 学会等名 The 29th International Display Workshops（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2022年

## 〔図書〕 計4件

1. 著者名 青山一真編著, 他10名	4. 発行年 2024年
2. 出版社 コロナ社	5. 総ページ数 176
3. 書名 神経刺激インタフェース	

1. 著者名 出川 通 ほか95名	4. 発行年 2023年
2. 出版社 日経BP	5. 総ページ数 602
3. 書名 テクノロジー・ロードマップ 2024-2033 全産業編	

1. 著者名 服部桂・宮川祥子・青山一真 他	4. 発行年 2022年
2. 出版社 日本看護協会出版会	5. 総ページ数 256
3. 書名 人工知能はナイチンゲールの夢を見るか	

1. 著者名 出川 通、他100名	4. 発行年 2022年
2. 出版社 日経BP	5. 総ページ数 608
3. 書名 テクノロジー・ロードマップ2023-2032 全産業編	

## 〔産業財産権〕

## 〔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	雨宮 智浩  (Amemiya Tomohiro)  (70396175)	東京大学・情報基盤センター・教授    (12601)	

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