

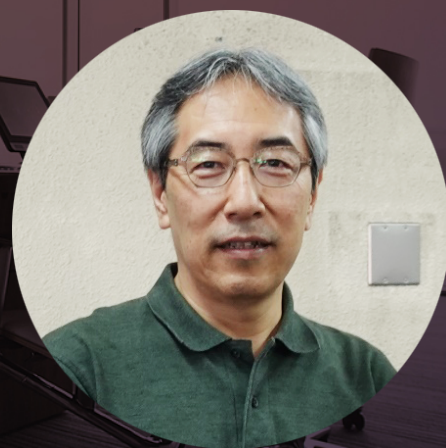
No.30 Sep. 2022

FEATURE STORY

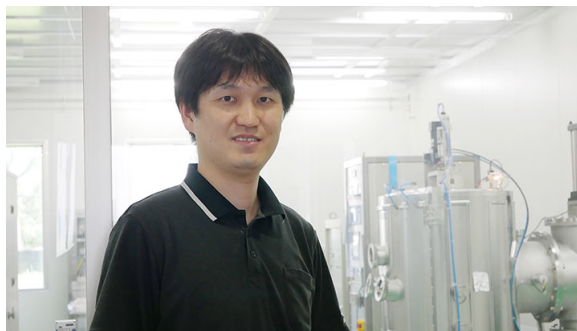
In Pursuit of Robots that Act Autonomously to Support Human Activities

Professor Jun Miura seeks to create service robots that recognize their surrounding circumstances, allowing them to act autonomously...

[Read More...](#)

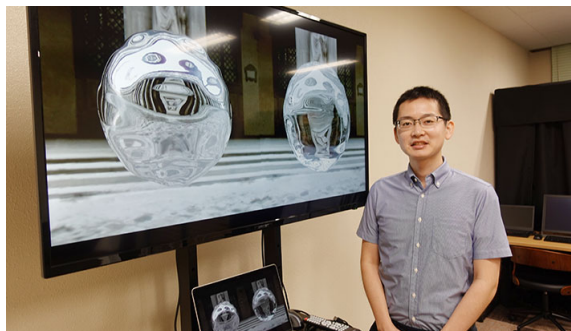


Research Highlights



Illuminating the brain with an ultra-thin, flexible, multipoint microLED array film

Development of a new optogenetic device that enables simultaneous optical stimulation at specific/multiple regions in the brain



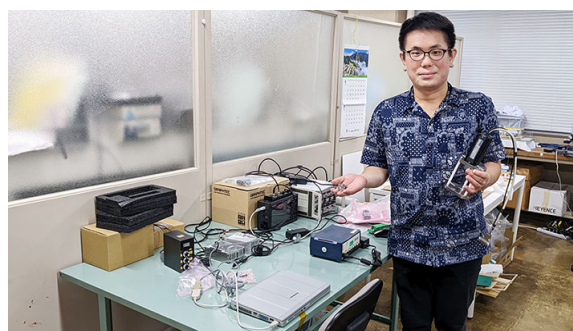
Model for distinguishing materials like a human being does

Is this material reflective or transparent?



Universality observed in preference for color composition in paintings

Color compositions that artists find beautiful are also beautiful to the viewer



A case of internal observation using X-ray CT, aiming to discover the vibration damping mechanism

Towards the development of next-generation functional rubber materials

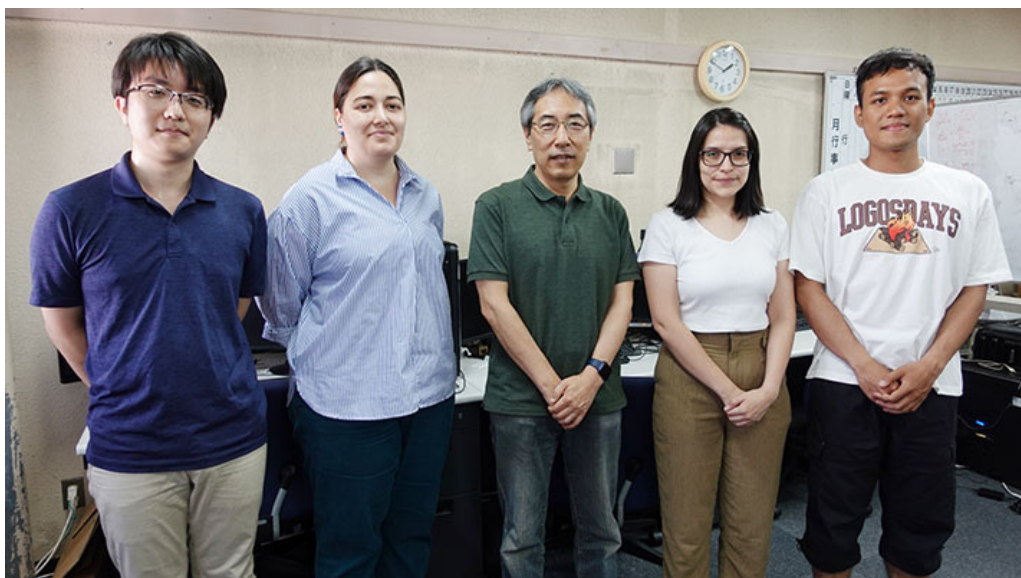
Pick Up

Integrated Green-niX Consortium for Research and Human-Resource Development, formed out of a partnership of three universities, approved by Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology as a next-generation X-NICS



In Pursuit of Robots that Act Autonomously to Support Human Activities

Jun Miura



Professor Jun Miura (center) and his lab members.

Professor Jun Miura seeks to create service robots that recognize their surrounding circumstances, allowing them to act autonomously to support people's lives. They are not humanoid robots that walk on two legs, whose development was led by Japan, nor are they communication robots that talk with a charming voice and have charming facial expressions. The robot that his research team has so far developed moves on wheels and is not designed for looks. This is the result of prioritizing the function of autonomous operation in the complexity of the real world. Professor Miura was interviewed about his research approach and the application of the robot in the agricultural sector.

Interview and report by Madoka Tainaka

Combining technologies to improve the performance of the robot

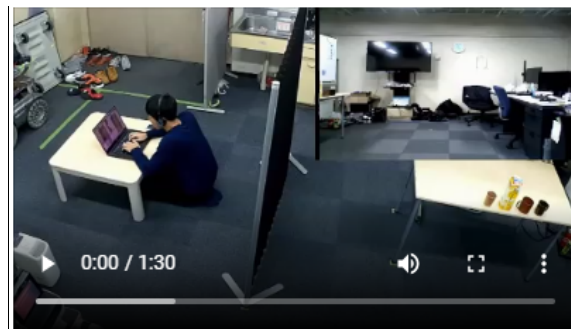
"I believe that it is the eyes that are the most important part of a robot. In other words, the ability to **view (recognize)** the surrounding environment. Based on this, the robot should employ its brain to **think (plan)** about what action to take and **move (control itself)**. These three steps are the most basic functions that allow the robot to perform different tasks in an environment where humans live," says Professor Jun Miura.

In the past, Japan led the world in industrial robots and produced the world's first humanoid and communication robots. Japan was always ahead of the game in this field. Regrettably however, it must be said that Japan's robot researchers are now outperformed by overseas competitors. One explanation is that Japan has focused on hardware for control whereas the West, in particular, developed robots with a focus on the brain of the robot. Specifically, they focused on software for recognition and planning, or artificial intelligence (AI). In this sense, the professor's research emphasizes recognition. It is cutting-edge research with the goal of increasing the intelligence of robots.

However, he says that even recognition, which is positioned as the first step, has yet to reach a sufficiently practical level. "Today, autonomous cars are reaching the commercialization phase. Robots are now capable of moving freely. However, it is still difficult to ensure their sound operation in an unknown environment. While recognition accuracy surpasses 90% in the research phase, we will still feel hesitant to immediately introduce autonomous cars in the real world. We will have no choice but to work steadily combining multiple technologies to improve the entire system with a view toward achieving that remaining 10%."

As a consequence, the robots he designs rely on more than a single eye. In addition to the RGB camera, he is combining multiple sensors to determine the positional relationship between objects and people from multiple perspectives. These sensors include a far infrared thermometer for measuring the temperature, a laser distance sensor (with light detection and ranging (LiDAR) technology) for measuring distances and shapes, and a GPS system for accurately identifying position. In addition, machine learning and deep learning are used to discover target patterns and features of objects from a large amount of data, and multiple recognition programs are automatically created and utilized in a combination with them. If the robot still lacks the information it needs to make a decision, it will act autonomously to actively obtain the information it requires.

"Several existing technologies are used together to interpret a complicated physical space. What I think is particularly significant is an approach called **sensor fusion**. This means making a comprehensive judgment based on a massive amount of collected data. We are combining this with deep learning and other **learning algorithms** and **active sensing**, which is the proactive collection of needed information, to improve the recognition performance of the entire system and to create a robot that operates soundly."



A robot which is designed to ask humans when it is unable to easily make a decision.

Developing robots that move autonomously

Professor Miura uses the research approach above to develop service robots equipped with sensors for recognizing the environment surrounding them so that they can autonomously move to escort and accompany human users. For example, the robots can go shopping together with elderly people. They can guide them to destinations, carry luggage and act as wheelchairs to bring them back home.

"Robots like these need to accurately recognize the circumstances and operate autonomously. For this purpose, we operate robots under different assumed conditions for a long time to solve problems one by one."

For instance, his team developed a system that integrated three-dimensional LiDAR technology with machine learning to distinguish humans from other objects. In the development process, they paid attention to human traits.

"Take the sensing of a town using LiDAR technology for example. Utility poles look like bars. In contrast, the human silhouette is characterized by a rather small head, wide shoulders and tapering towards the legs. We then sliced the human data horizontally in the direction of height, extracted the feature values in each cross-section, and used a machine learning program to automatically investigate what kind of feature values can be combined to distinguish between people and non-humans. By applying this learning program, we were able to discriminate people from LiDAR information in real time."

They also invented a robot designed to recognize objects using deep learning in a room with chairs, a desk, a television set, apples and other items and to pick up and retrieve the item chosen by the user after measuring the distance to the item using LiDAR technology. They also succeeded in creating a robot with multiple sensors that could follow a specific person without losing them.

"As I said earlier, the key to our research is sensor fusion. The accuracy of identification of a specific person can be massively increased by combining multiple factors such as height, color of clothing and the way they walk instead of focusing on a single factor. That enables the robot to follow the person without missing them in a situation where the image of the person is not very discernible due to backlighting."

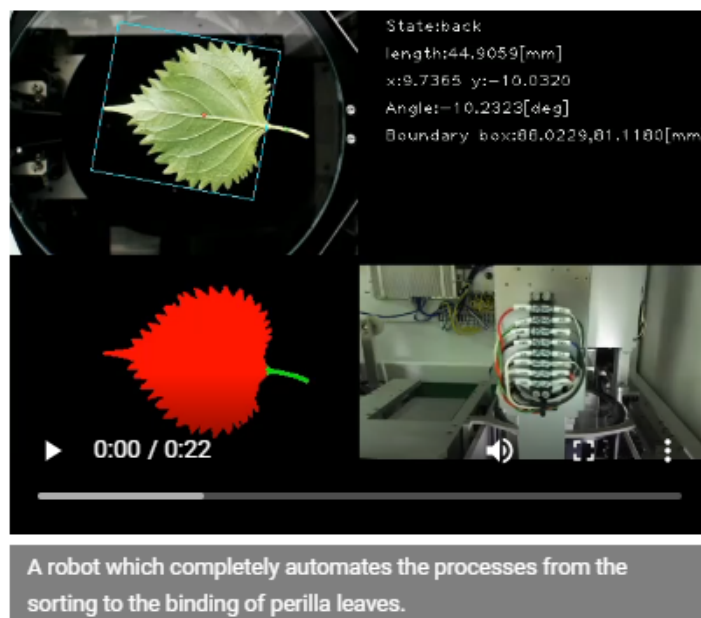
Furthermore, he and his fellow researchers are working to develop a robot that leverages sensor fusion to draw maps. It is a robot that autonomously collects data using LiDAR technology to draw a map of the route that it has traveled. It is effective for the exploration of unknown places.

"Another advantage of creating a map is that the current whereabouts of the robot can be visually indicated on the map when it is traveling through a place it has passed through before. We have already created a map of the university campus using three-dimensional LiDAR technology. In the future, we will use this technology to create a robot that can move more freely."

Introducing robotics to the agricultural sector prior to full-scale application in society

Professor Miura's various research achievements are starting to be applied in the agricultural sector. For example, he is using deep learning to analyze information collected by robots in horticultural facilities, and is working to predict the cultivation environment and yield based on this information.

He explains, "One robot has already been commercialized. It completely automates the processes from the sorting to the binding of perilla leaves. It was released by Sinfonia Technology Co., Ltd. this past spring. It incorporates an image recognition system based on deep learning to determine the size of leaves and whether they conform to standards. It achieves a level of accuracy that is comparable with highly skilled workers." However he is also willing to admit that "their applications in society are still limited."



To address this issue, he is taking another approach. This is the development of robots that can collaborate with humans. "One example is a robot we have developed which is designed to ask humans when it is unable to easily make a decision. When it is ordered to fetch a cup from another room, the robot observes the shapes, colors and materials of multiple cups and autonomously figures out a question to get an appropriate answer. If there is more than one cup with a similar color and shape, it will ask the person what material is desired to ensure that it will carry the right cup to them."

In a sense, it may be seen as a way of using humans as a sensor for collecting data. "We will use anything we can use in order to somehow create robots that will work in society." His earnest dream is gradually coming closer to reality.

Reporter's Note

Jun Miura loved railways as a child and chose to study mechanical engineering in university. This was at a time when robot research was expanding. Gradually, he became interested in intelligent robots. As a graduate student, he studied computer science.

"After getting a job, I began fully studying image recognition under the guidance of Dr.Yoshiaki Shirai at Osaka University. At Carnegie Mellon University, I was hugely inspired by Dr.Takeo Kanade and Dr.Katsushi Ikeuchi, who are both pioneers in computer vision. Then, I realized that robots would be meaningless if they did not move," reminisces the professor. He continues, saying that while moving robots involves far more difficult problems that must be resolved they can do more and support people's lives. We hope to see reliable robots like these become a reality.

自律的に動き、人の活動を支援するロボットを

三浦純教授がめざすのは、周囲の状況を認識して自律的に動き、人々の暮らしを支援するサービスロボットの実現である。それらは、日本が牽引した二足歩行の人型ロボットでも、愛嬌のある声と表情で話しかけるコミュニケーションロボットでもない。三浦教授らが手がける現状のロボットは車輪で動く無骨な姿をしているが、それは複雑な現実世界を認識し、自律的に動くことに重きを置いてきた結果だ。三浦教授の研究アプローチと農業分野への応用などについて聞いた。

技術を組み合わせてロボットの性能を上げる

「私がロボットで一番重要だと思うのは、ロボットの眼です。つまり周囲の環境をしっかりと見る（認識）ということ。そのうえで、自らの頭で考え（計画）て、動く（制御）こと。この三つのステップが、人間の暮らす環境でロボットがさまざまなタスクをこなす際に、もっとも基本となる機能だと思います」と、三浦純教授は語る。

かつての日本は、産業用ロボット業界をリードし、その後も世界に先駆けてヒューマノイドロボットやコミュニケーションロボットを世に送り出すなど、ロボット分野の先頭をつねに走ってきた。しかし残念ながら、現在の日本のロボット研究は海外勢に押され気味と言わざるを得ない。その一つの原因は、制御を担うハードウェアを重視してきた日本に対し、とくに欧米では認識・計画を司るソフトウェア、すなわちロボットの頭脳（AI）に重きを置き、開発を進めてきた点にある。そうした意味で、三浦教授の研究は後者の「認識」をメインにしており、ロボットの知能化をめざす先端の取り組みと言える。

しかし、最初のステップの認識すらも、まだ十分な実用段階にはないと三浦教授は言う。

「いまや自動運転車が実用段階に入りつつあるように、ロボットはかなり自在に動けるようになってきました。しかし、未知の環境下で確実に動くのはまだまだ難しい。研究段階で認識精度が9割を超えたと言われても、いまずに自動運転車を実社会には受け入れる気にはなりませんよね。残りの1割の穴を埋めるために、システム全体で改良を重ね、いくつもの技術を組み合わせながら地道に取り組むほかないと思っています」

そうしたことから、三浦教授が手がけるロボットの「眼」も一つではない。RGBカメラに加え、温度を測る遠赤外線温度計や距離や形状を調べるレーザー距離センサ（LiDAR=Light Detection And Ranging）、正確な位置を知るためのGPSなど、複数のセンサを組み合わせ、モノや人との位置関係を多面的に把握する。さらに、機械学習や深層学習を用いて、大量のデータから対象のパターンや特徴量を見出し、認識プログラムを自動で生成して、それらを複数組み合わせ使う。それでも判断材料が足りなければ、ロボットが自らアクションを起こすことで欲しい情報を能動的に取りに行く、といった具合だ。

「現実の複雑な空間を認識するために、すでにある技術をいくつも組み合わせる使うわけですね。なかでも私が重要だと考えるのが、多数のデータを集めて総合的に判断する**センサフュージョン**というアプローチです。そこに、深層学習などの**学習アルゴリズム**や、欲しい情報を自ら取りに行く**アクティブセンシング**を組み合わせ、システム全体で認識性能を高め、確実に動くロボットをつくらうとしているのです」

Ⅰ 自律的に移動するロボットの開発

こうした研究アプローチの下、三浦教授がめざすロボットとは、センサで周囲の環境を認識し、自律的に移動しながら、案内や付き添いをするサービスロボットである。たとえば高齢者と一緒に買い物に出かけて道案内をし、荷物を持ってついてきて、帰りには車椅子となって人を乗せて自宅まで送り届けてくれるようなロボットだ。

「このようなロボットには、状況をしっかり認識して自律的に動くことが求められます。そのために我々は、想定されるさまざまな条件下でロボットを長時間動かしながら、一つずつ課題をクリアしています」

たとえば、人とそれ以外のものを区別するために、三浦教授らは三次元LiDARと機械学習を組み合わせたシステムを開発した。このときに着目したのが、「人らしさ」の特徴だという。

「たとえば、LiDARで街の様子をセンシングすると、電信柱は棒状に見えるのに対して、人の頭はやや小さく、肩で広がって、また足に向かって細くなるという特徴を備えています。そこで人のデータを高さ方向に水平に輪切りにし、それぞれの断面における特徴量を抽出して、どういう特徴量を組み合わせれば人と人以外を判別できるかを、機械学習プログラムを使って自動的に調べました。この学習プログラムを適用することで、LiDARの情報からリアルタイムに人を判別できるようになりました」

そのほかにも、椅子や机、テレビ、リングなどさまざまなモノが置かれた部屋で、ロボットが深層学習を使って物体を認識すると同時に、その物体までの距離をLiDARで測ることにより、所望のものを手に取り持ってくるロボットも開発。さらには、複数のセンサを活用して、特定の人を見失うことなく追隨して動くロボットの開発にも成功している。

「先述したように、我々の研究の肝はセンサフュージョンにあります。たとえば、特定の人を見分ける際に、身長、服の色、歩き方など、一つの要素だけに注目するのではなく、これらを複数組み合わせることで、判別の精度を格段に上げることができます。それによって、逆光で映像が判別しづらい状況でも、特定の人を見失うことなくついていくことができるというわけです」

さらに、三浦教授らは、センサフュージョンを活用して、地図をつくるロボットの開発も進めている。これは、LiDARを使い、ロボットが自ら情報を集めながら、移動した経路を地図として描くというシステムで、未知の場所の探索に有効だ。

「地図をつくるもう一つの利点は、再び同じ場所をロボットが通った際に、現在どの場所を移動しているのかを、地図上にプロットして可視化できる点にあります。すでに三次元LiDARを使って、大学のキャンパス構内の地図を作成していて、今後はこの技術を使い、より自在に動けるロボットを実現していきたいと考えています」

Ⅱ 農業分野を手始めに社会実装へ

三浦教授のこうしたさまざまな研究成果は、農業分野で応用され始めている。たとえば、ロボットが園芸施設内で集めた情報を深層学習で解析し、これをもとに栽培環境や収量などを予測する取り組みを進めている。

「すでに商品化されたロボットもあります。これは、大葉の選別から結束までを完全自動化したロボットで、今春、シンフォニアテクノロジー株式会社から販売されました。サイズの判別や良否の判定には、深層学習による画像認識システムを採用して、これにより熟練の人と変わらない精度を出すことができるようになりました。もっとも、実社会への応用はまだ限定的なのが実情です」と三浦教授は課題を語る。

そこでもう一つ別のアプローチとして三浦教授が進めているのが、人間と協調作業を行うロボットの開発だ。

「一例として、ロボットが判断に迷ったときに、人間に尋ねるロボットを開発しました。別室にあるコップを取ってくるようにロボットにお願いすると、ロボットは複数のコップの形状や色、素材を見て、どのような質問をすれば正しい答えが得られるのかを自ら考えます。色や形状が似たコップが複数あれば、『どんな素材のコップですか？』と人に尋ねて、無事に正解のコップを持ってくることができるというシステムです」

これも、ある意味、人間を情報を得るための一つのセンサとして使うやり方と言えるかもしれない。「使えるものはなんでも使い、とにかく現実社会で動くロボットをつくりたい」。その三浦教授の切実な願いは、一歩ずつ実現に近づきつつある。

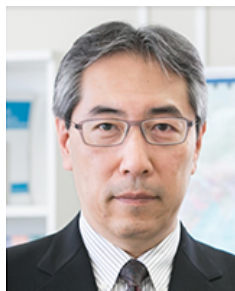
（取材・文＝田井中 麻都佳）

取材後記

幼い頃から鉄道が好きで、大学では機械系の学科に進学した三浦教授。ちょうどロボット研究が盛り上がりを見せていた頃だが、次第にロボットの知能化に興味を持つようになり、大学院から情報系に転向したという。

「就職後は、大阪大学の白井良明先生の下で画像認識を本格的に手がけるようになり、カーネギー・メロン大学ではコンピュータビジョンの草分けである金出武雄先生、池内克史先生から多大な影響を受けました。そのなかで実感したのは、やはりロボットは動かなければ意味がない、ということでした」と三浦教授。動くことで解くべき問題は格段に難しくなるが、できることも増え、人々の暮らしを支えることができるようになる、と言う。そのような頼れるロボットの実現に期待しています！

Researcher Profile



Jun Miura

Jun Miura received Dr. Eng. degree in Information Engineering from the University of Tokyo in 1989. From 1989 to 2007, he had been with Department of Mechanical Engineering, Osaka University, first as a Research Associate and later as an Associate Professor. In 2007, he became a Professor of Department of Computer Science and Engineering, Toyohashi University of Technology.

Reporter Profile



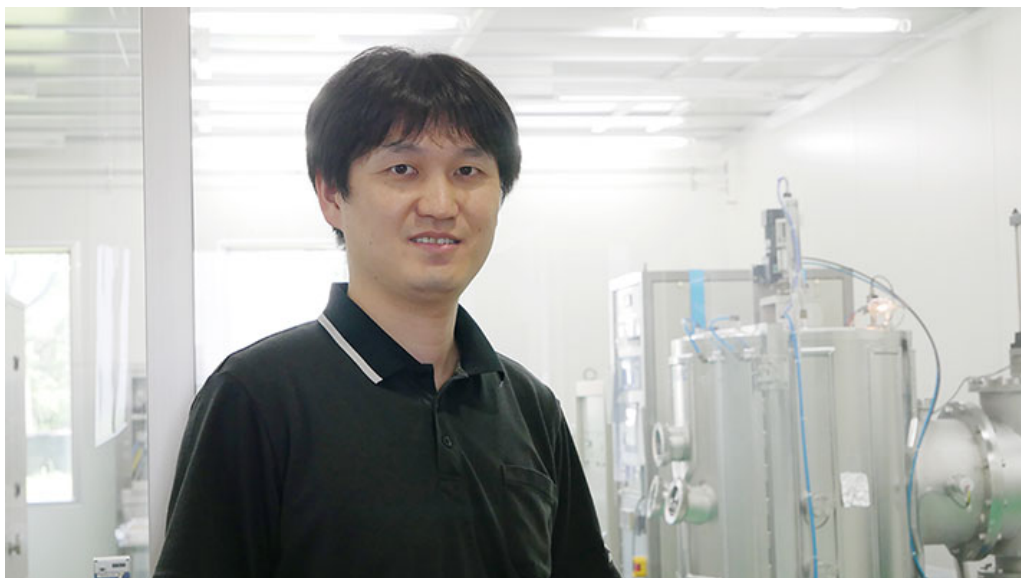
Madoka Tainaka

Editor and writer. Former committee member on the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology Council for Science and Technology, Information Science Technology Committee and editor at NII Today, a publication from the National Institute of Informatics. She interviews researchers at universities and businesses, produces content for executives, and also plans, edits, and writes books.

Illuminating the brain with an ultra-thin, flexible, multipoint microLED array film

Development of a new optogenetic device that enables simultaneous optical stimulation at specific/multiple regions in the brain

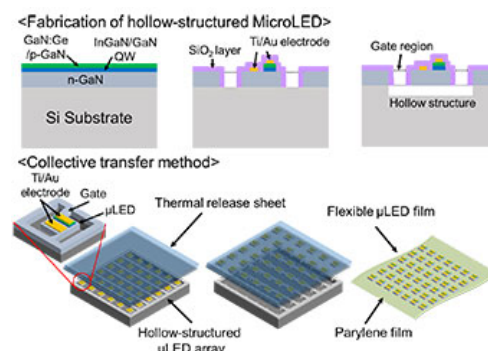
Hiroto Sekiguchi



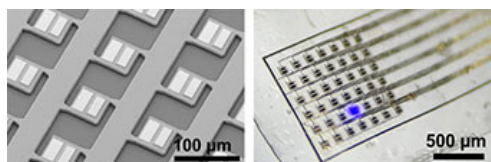
Researchers including Associate Professor Hiroto Sekiguchi in the Department of Electrical and Electronic Information Engineering at Toyohashi University of Technology, Associate Professor Noriaki Ohkawa in the Comprehensive Research Facilities for Advanced Medical Science at Dokkyo Medical University, and Assistant Professor Izumi Fukunaga in the Sensory and Behavioural Neuroscience Unit at Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University, have developed a flexible, multipoint microLED array film. The film can be flexibly attached to cover the brain and can illuminate specific regions of the brain using microLEDs arranged along multiple points.

In recent years, optogenetics^(Note 1) has enabled the manipulation of neural activity by light. This technique requires a light-emitting device, but until now, there has been no implantable optical device that can be attached to cover the entire tissue of the brain or other organs, illuminate only the target neurons, and manipulate their activity with light at will. To implement this device, a thin, lightweight, and flexible body is required. It was thus necessary to establish a technology to precisely arrange an LED layer a couple of micrometers thick highly on an ultra-thin biocompatible film. This time the research group has established both (1) a technology to form a hollow structure of microLEDs with high density and in minute detail, and (2) a high-precision batch transfer technology using a thermal release sheet. With these technologies, it has also successfully developed an ultra-thin, lightweight multipoint microLED array film that maintains lighting performance even when the film is bent. The application of the developed device is expected to create a new area of neuroscience research aimed at comprehensively understanding the brain information that underpins how neural activity, behaviors, and disorders are linked.

At present, attempts are being made to use light to manipulate the activity of various functional molecules inside an organism. In particular, optogenetics - a technique to activate neural activity with light by expressing photosensitive proteins that react to a specific color of light in neurons - has a high temporal resolution and has been utilized to elucidate brain function. However, to comprehensively elucidate the complex neural network created by neurons in the brain, it is necessary to employ light stimulation that will enable free manipulation of certain regions of neurons distributed across a wide range of the brain. The application of conventional optical fibers and microscopes is not sufficient to illuminate certain or multiple regions at the same time and also restricts the free movement of animals. Although this meant high hopes for the application of an implantable LED device, the size of commercial LEDs is as large as 200 μm with thickness of tens to one hundred micrometers, so that it cannot cover a wide range of the brain. As such, it was considered unsuitable as a device to stimulate specific neurons in the regions.



Technology to fabricate a flexible microLED film.
Technology to form a hollow structure of microLED
(Upper) MicroLED array batch transfer technology
(Lower).

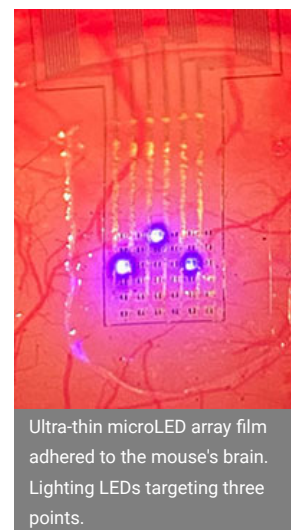


A Photo of the developed microLED array. Hollow structure of a microLED array (Left) Lighting image of an ultra-thin microLED array film (Right).

Given this, the research group sought to utilize a flexible film that is thin, lightweight, and bendable, and took the challenge of fabricating microscopic and ultra-thin microLEDs less than 100μm in size and a couple of micrometers in thickness and arranging them on multiple points. To achieve this, the group adopted the anisotropic wet etching method^(Note 2) using potassium hydroxide to selectively remove the bottom LED layer, which led to the formation of a hollow structure of microLEDs that are arranged at high density. Since the LED layer is separated from the substrate by the formation of the hollow structure, only the LED layer is peeled off in a batch using a thermal release sheet, and the microLEDs are successfully arranged on the film without damaging either the microLEDs or the parylene film^(Note 3). By applying this technique, the group has

successfully fabricated a microLED array on the film. This microLED-mounted film maintains its lighting performance even when being bent. It has also been verified that bright blue light can be obtained and used in actual optogenetic experiments with the film adhered to the surface of a mouse's brain.

The multipoint microLED film developed through this study has potential broader applications in neuroscience and will facilitate the control of complex brain activity freely in the spatiotemporal aspects. The brain has diverse functionalities in various regions and serves to manipulate the whole body in a complex way. It is anticipated that this technology, when combined with measuring technology, will create a new area of neuroscience research aimed at comprehensively understanding the brain information that underpins how neural activities, behaviors, and disorders are linked. Furthermore, further development of light-sensitive functional molecules in vivo is expected to lead to the application of phototherapy technology using implanted devices in vivo, in which drugs can be applied to targeted areas at desired times by irradiating them with light. The results of this research will be published online at Applied Physics Express on March 18, 2022 (8am GMT). In addition, this work was supported by the Precursory Research for Embryonic Science and Technology Agency (JPMJPR1885) of the Strategic Basic Research Programs in Japan Science and Technology Agency (JST), under the project title "Innovation of invasive LED devices for biological optical stimulation" in the research area "Development of optical control technologies and elucidation of biological mechanisms."



Ultra-thin microLED array film adhered to the mouse's brain. Lighting LEDs targeting three points.

Glossary

Note 1: Optogenetics

Optogenetics is a technique to manipulate the activity of target neurons with light. This is achieved by gene transfer technology with which the illumination of light with specific wavelengths can express proteins that changes their activity. Channelrhodopsin-2, known as a typical protein, can introduce sodium ions into cells during neural activity when applying blue light and can artificially induce the activity of target neurons.

Note 2: Anisotropic wet etching

Anisotropic wet etching is a technique to selectively dissolve certain crystal orientations of semiconductors using chemicals. In this project, potassium hydroxide was used to selectively remove a certain crystal orientation of Si substrates.

Note 3: Parylene film

Parylene is the generic term for paraxylene-based polymers and is known as biocompatible material. The ultra-thin film can be formed by vapor deposition. It is applied as a coating material for biomedical devices such as pacemakers.

Reference

Hiroto Sekiguchi, Hayate Matsuhira, Ryota Kanda, Shuto Tada, Taiki Kitade, Masataka Tsutsumi, Atsushi Nishikawa, Alexander Loesing, Izumi Fukunaga, Susumu Setogawa, Noriaki Ohkawa (2022). Adhesionable flexible GaN-based microLED array film to brain surface for in vivo optogenetic stimulation, Applied Physics Express.
<https://doi.org/10.35848/1882-0786/ac5ba3>

薄くて曲げられる多点マイクロLEDアレイ極薄フィルムで脳に光照射

脳の特定位位や複数部位を同時に光照射できる新しい光遺伝学用デバイスを開発

関口 寛人

豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学系の関口寛人准教授と獨協医科大学 先端医科学統合研究施設 大川宜昭准教授、沖縄科学技術大学院大学 知覚と行動の神経科学ユニット 福永泉美准教授らは、脳を覆うように柔軟に取り付けがで、多点に配置したマイクロLEDで脳の特定部位を狙って光を照射できるフレキシブルフィルムを開発しました。

近年では、光遺伝学的手法（注1）を利用して、生体の外部から光のみを当てることで、神経細胞の活動を制御することが可能になっています。この手法では光を照射するデバイスが必要になりますが、脳などの組織全体を覆うように取り付けて、目的の神経細胞のみに光を当て、その活動を自在に光操作できる生体埋め込み型的光デバイスはありませんでした。

このデバイスの実現には、薄さと軽さ、柔軟性を持たせるために、厚さ数μmのLED層のみを、極薄の生体適合性フィルム上に高精度で配置する技術の確立が必要でした。今回本研究グループは、（1）高密度かつ微細にマイクロLEDの中空構造を形成する技術、（2）熱剥離シートの適用による精度の高い一括転写技術の双方を確立し、薄くて軽く、曲げても光を照射する性能が低下しない多点マイクロLEDアレイ極薄フィルムを開発することに成功しました。開発されたデバイスは、神経活動と行動や疾患との因果関係に裏打ちされた脳情報の包括的な理解を目指す、新しい神経科学研究の開拓への応用が期待されます。

現在、生体内で働く様々な機能分子の活性を光で制御する試みが進んでいます。中でも、特定の色の光に反応する光感受性タンパク質を神経細胞に発現させることで神経活動を光で制御できる光遺伝学的手法は、時間分解能が高く、脳機能の理解に向けて活用されています。神経細胞が作る複雑な脳の神経ネットワークの包括的な理解に向けて、脳の広範囲に分布する特定の神経細胞の部位を自在に制御できる光刺激技術が求められていました。しかし、従来の光ファイバや顕微鏡を用いた方法では特定の部位や複数の部位を同時に光照射することは困難であり、自由行動中の動物への利用も限られていました。そのため、生体に埋め込むことのできるLEDデバイスの活用が期待されていましたが、市販のLEDのサイズは200μmと大きく、厚さも数十μm～100μmと厚いため、脳の広範囲を覆うことができず、部位上の特異的な神経細胞を光刺激できるデバイスとしての利用は不向きと考えられていました。

本研究グループは、薄くて軽くて曲げることができるフレキシブルフィルムの利用を目指し、その上にサイズが100μm以下と小さく厚さ数μmとなる極薄のマイクロLEDの多点配置を試みました。そのために、水酸化カリウム溶液による異方性ウェットエッチング法（注2）を適用することで、LED層下部を選択的に除去し、高密度に配置されたマイクロLED中空構造を形成しました。中空構造の形成によりLED層が基板から分離されたため、熱剥離シートを用いて一括でLED層のみを剥がし、マイクロLEDおよび生体適合フィルムであるバリレンフィルム（注3）のどちらも損傷することなく、フィルム上にマイクロLEDを配列させることに成功しました。この実装マイクロLEDフィルムは曲げても光照射特性が劣化することなく、実際にマウスの脳表面に密着して光遺伝学実験に利用可能な明るい青色発光が得られることが実証されました。

本研究で開発された脳の広範囲に適用可能な多点マイクロLEDフィルムは、光によって時空間的に自在に複雑な脳活動の制御を実現するものです。脳は様々な領域がそれぞれ異なる機能性を持つことで複雑に全身のコントロールを司っています。今後計測技術と組み合わせることで因果関係に裏打ちされた脳活動と行動や疾患との包括的な理解を目指す、新しい神経科学研究の開拓への適用が期待されます。さらに、光感受性の生体内機能分子の開発がさらに進むことによって、光を照射することにより、薬剤を狙った部位で好きなタイミングに効かせることができる、生体埋め込みデバイスによる光治療技術へと応用されることが期待できます。

本研究成果は、2022年3月18日（GMT:8時）に「Applied Physics Express」にオンライン掲載されました。また、本研究は、科学技術振興機構（JST）戦略的創造研究推進事業 さきがけ「生命機能メカニズム解明のための光操作技術」研究領域 研究課題名「生体光刺激のための侵襲型LEDデバイスの革新」（JPMJPR1885）からの支援により行われました。

<用語解説>

注1：光遺伝学的手法

遺伝子導入によって特定の波長の光を当てると活性が変化するタンパク質を発現させることで、狙った神経細胞の活動を光で制御する手法である。代表的なタンパク質として知られるチャネルロドプシン2は、青色の光によって神経活動時のナトリウムイオンを細胞内に流入でき、人為的に標的の神経細胞の神経活動を誘発できる。

注2：異方性ウェットエッチング

化学薬品を用いて半導体結晶のある特定方向だけを選択的に溶解する技術である。本研究では、水酸化カリウム溶液を用いることでSi基板の特定の結晶方位を選択的に削られた。

注3：バリレンフィルム

ポリシリレン系ポリマーの総称であり、生体適合性材料として知られる。蒸着法により成膜することで極薄のフィルムを形成することができる。ペースメーカーを始めとする生体医療機器のコーティング材料として活用されている。

Researcher Profile

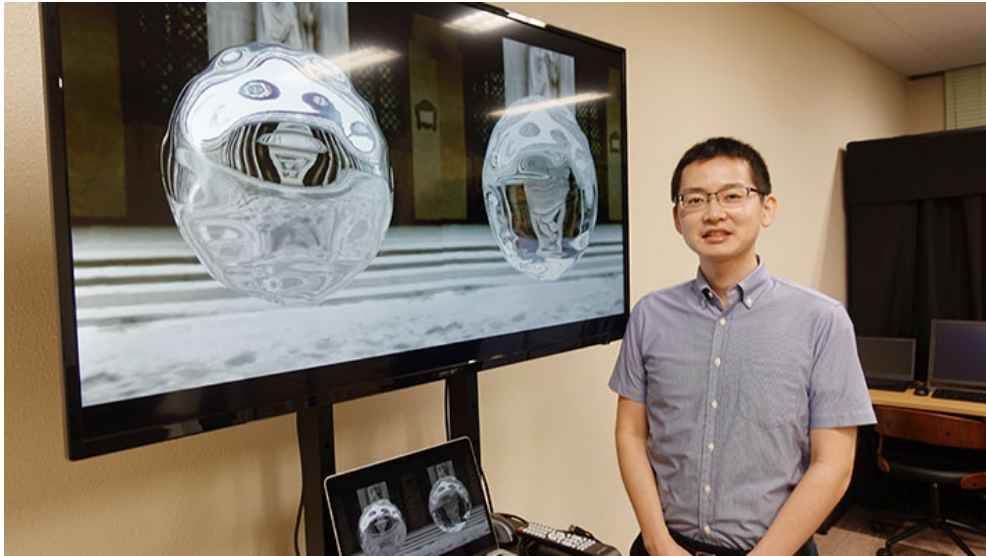


Name	Hiroto Sekiguchi
Affiliation	Department of Electrical and Electronic Information Engineering
Title	Associate Professor
Fields of Research	Light-Emitting Device / Semiconductor Engineering

Model for distinguishing materials like a human being does

Is this material reflective or transparent?

Hideki Tamura



A research team including Hideki Tamura, an assistant professor in the Cognitive Neurotechnology Unit of Toyohashi University of Technology's Department of Computer Science and Engineering and Justus Liebig University Giessen's Faculty of Psychology has proposed a model that makes it possible to distinguish materials using computer imaging based on judgment criteria similar to the criteria used by humans. This research used two different types of material to be distinguished: a reflective material that reflects its surroundings like a mirror or metal surface, and a transparent material that allows the view of its surroundings to pass through it like glass or ice. The research suggested that humans use the existence of imagery clues when distinguishing between these different materials. The results of the research may have applications in imaging technologies for the accurate depiction of textures at low cost.

Humans have the ability to sense texture in order to estimate the conditions of a surface or the quality of a material. This enables us to sense rich texture from, for example, the beautiful glitter of a precious metal or the colored, translucent line of light from a jewel. Throughout history, humans have always prized high quality textures and the intricate reflections and transmissions of light on the surfaces of objects. Against this backdrop, the effort to understand the human brain's processing of texture sensing has actively been conducted across various academic fields such as engineering, psychology and neuroscience.

A reflective material like a mirror or polished metal has specular reflections on its surface. Transparent materials like glass or ice allow light to pass through and light refracts inside them. For these two types of material, the image visible on the surface of the material may change in significant and complicated ways depending on the material's surroundings. Therefore, there are countless possible permutations, and it has been largely unclear how humans distinguish between them.

This led the research team to conduct psychophysical tests to discover how accurately humans distinguish between reflective and transparent materials. The team also verified how accurate convolutional neural networks (CNNs) could be when making the same distinction. The test showed that a human being could distinguish between reflective and transparent materials at 78% accuracy while the CNN could make the same distinction at 94% accuracy, which is considerably more accurate than humans.

From these results, we can see that the CNN's accuracy is great enough to create potential for industrial applications where it may replace human observers. However, the question we really want to solve is, "How do humans distinguish between the two different types of material?" The research team concluded that it would be hard to outperform humans in identifying the image clues that humans perceive from the structure or behavior of a model.

Therefore, we tuned the CNN not only to answer correctly as humans do, but also to dare to "make mistakes as humans do," and verified what is used as a cue based on the structure of the model and its similarity to humans. The results showed that a relatively shallow model with three layers of CNN convolution structure was the most similar to that of humans, suggesting that the model may use image changes that appear on the top of the object as a cue. These findings support the insights into human texture sensing reported in previous studies.



Mirror

Glass

Examples of reflective and permeable materials. A reflective material (mirror, left) and a permeable (glass, right).

This research became the first to successfully structure a model that enables image computing and distinguishes between reflective and transparent materials while imitating a human being's correct and incorrect answers. Applying this model may make it possible to distinguish between materials and reproduce textures based on summarized data without having to use all of the data in an image. In other words, we can expect that there will be applications for this model in technologies achieving the highly accurate reproduction of textures at low cost.

Reference

Tamura, H., Prokott, K. E., & Fleming, R. W. (2022). Distinguishing mirror from glass: A "big data" approach to material perception. Journal of Vision, 22(4):4,1-22.
<https://doi.org/10.1167/jov.22.4.4>

ヒトのように物体材質を識別するモデル

この物体は反射／透過している？

田村 秀希

豊橋技術科学大学情報・知能工学系認知神経工学研究室の田村秀希助教と独ユストゥス・リービヒ大学ギーセン心理学科の研究チームは、ヒトと同じような判断基準で物体材質を識別する画像計算可能なモデルを提案しました。特に、鏡や金属の表面のように周囲の空間像を反射する「反射材質」と、ガラスや氷のように周囲の空間像が透過する「透過材質」の2つの材質を、今回の識別対象とし、ヒトがこれらの材質を識別する際に利用する画像手がかりの存在が示唆されました。本研究の成果は、質感を高精度かつ低コストに表現する画像技術への応用が期待されます。

私たちには物体の表面状態や材質を推定する「質感認知」の能力が備わっています。それにより、貴金属が生む美しい輝きや、宝石からこぼれる色づき透き通る光の道筋から、私たちは豊かな質感を感じられます。太古から現代まで常に人類全体で、良質な質感を追求し、光が物体表面で複雑に反射・透過することに価値を感じてきました。このような背景から、脳内の質感認知処理の理解が工学・心理学・神経科学といった様々な学問領域で積極的に進められています。

鏡や研磨された金属のように光がその物体表面で鏡面反射する「反射材質」と、ガラスや氷のように光がその物体を透過・屈折する「透過材質」は、それらの物体表面に映る画像が、物体の周りに何があるかによって大きく複雑に変化します。そのため想定される状況は数え切れないほど存在し、ヒトがどのように両者を見分けているか、ほとんど明らかになっていませんでした。

そこで研究チームは、ヒトがどれくらいの精度で反射・透過材質を見分けているかを心理物理実験で調査すると同時に、畳込みニューラルネットワーク(CNN)のモデルがどの程度の精度で識別できるかも検証しました。実験から、ヒトは78%の精度で反射・透過材質を識別できるのに対し、CNNは94%とヒトと比較してかなり高い精度で識別できることがわかりました。

以上の結果は、単にモデルの識別精度という点では申し分なく、ヒトを代替する存在として産業応用できる可能性を秘めています。しかしながら、私たちが本当に明らかにしたいのは「どのようにヒトが両者の材質を識別しているか」という点であり、ヒトを凌駕するモデルの構造や振る舞いからは、「ヒトが使っている画像手がかり」を見つげ出すことは難しいと考えました。

そこで、ヒトと同じように正解するだけでなく、あえて「ヒトと同じように間違える」ようにCNNをチューニングし、そのモデルの構造やヒトとの類似性から、何が手がかりとして使われているのかを検証しました。その結果、CNNの畳み込み構造は3層という比較的浅いモデルがヒトと最も似ており、モデルは物体の上部に表れる画像変化を手がかりとしている可能性が示唆されました。これらは先行研究で報告されている、ヒト質感認知の知見を支持するものでした。

本研究は、ヒトの正解／不正解を模倣しつつ、反射・透過材質を識別する、画像計算可能なモデルの構築に初めて成功しました。これを応用することで、画像中のすべての情報を使わずとも、要約された情報で材質識別や質感再現が可能になるかもしれません。すなわち、高精度な質感再現を、低コストに実現する技術への応用が期待されます。

Researcher Profile



Name	Hideki Tamura
Affiliation	Department of Computer Science and Engineering
Title	Assistant Professor
Fields of Research	Vision Science / Kansei Informatics
Graduated KOSEN	National Institute of Technology, Oshima College

Universality observed in preference for color composition in paintings

Color compositions that artists find beautiful are also beautiful to the viewer

Shigeki Nakauchi



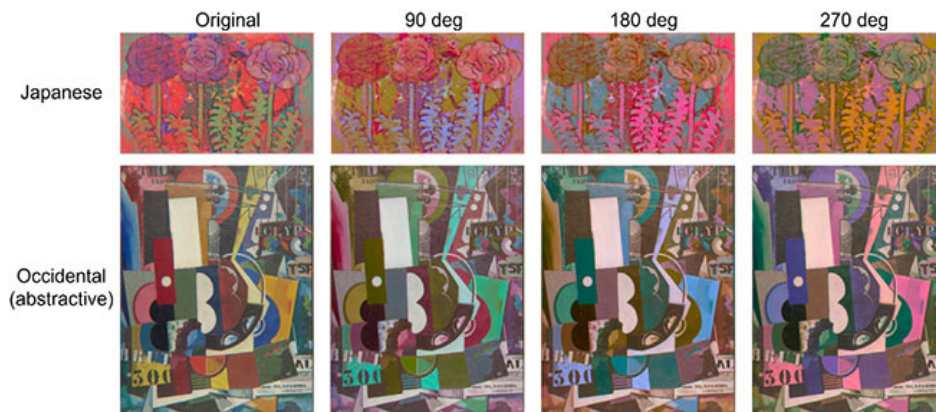
Professor Shigeki Nakauchi's research team at Toyohashi University of Technology worked with researchers from the University of Minho (Braga, Portugal) to examine preferences for color composition of Japanese and Western paintings among Japanese and Portuguese subjects through experiments using the original paintings and fake versions with artificially altered color compositions. The results showed that many people preferred the color scheme of the original painting even if they had never seen it before, regardless of nationality, whether the painting was Japanese or Western, figurative or abstract, and that this tendency was also observed for images created by assembling several different paintings in a patchwork fashion. The universality in preference for color composition in paintings found in this study suggests that the "beauty" we perceive in paintings may have a common biological basis, which goes beyond cultural background or educational experience.

Color is one of the visual elements that has the most influence on personal preference. For example, it has a major influence on a person's decision-making process when selecting clothing or imagining a company's character from the company's logo. Product designers are well aware of the effect color has on consumer behavior and work to maximize its effect. There are even professional organizations that predict color trends.

The importance of color is no less significant with paintings. Artists attempt to express their personal aesthetic experience unless there is a commercial reason to do otherwise. As a result, it can be said that the color composition of paintings simply reflects the artist's sensibilities and preferences for color. Ample research has been conducted on color preference, but preferences vary widely among individuals, and most studies have focused on a single color. For this reason there has been little progress in gaining a scientific understanding of preferences for a balance or harmony of many colors (color composition) such as is found in paintings.

To clarify preferences for color composition in paintings, this study rotated the hue of each pixel counterclockwise around the average color, so that only the colors were changed while the spatial composition and lightness of the paintings remained the same (**Figure 1**). Although the interrelationships among the colors in the painting and the average vividness of the colors remain unchanged from the original, the impression of the color scheme of the painting is markedly altered by such manipulations. We prepared images by rotating the color hue by 90, 180, and 270 degrees counterclockwise, and alongside the original, asked participants which of the four had the most pleasing color composition (four-alternative forced choice). For the experiment, 40 paintings were prepared, of which 20 were Western and Japanese paintings photographed in Portugal and Japan (Toyohashi City Museum of Art and History) and the remaining 20 were taken from art galleries on the internet. 90 people from Japan and 45 people from Portugal participated in the experiment. Participants had not received any special education in art.

From the results of the experiment, we discovered that around 70% of both Japanese and Portuguese participants preferred the color composition of the original painting the most, even for paintings that they had never seen before (dropping to 25% when they chose at random). This trend was the same for abstract painting depicted without objects associated with a specific color, for example the sky or human faces.



Top: Masayoshi Nakamura "Hana," late twentieth century; Bottom: Amadeo de Souza-Cardoso "Brut (300 TSF) 2" (1917)

Figure 1: Manipulation of color composition in paintings through color hue rotation
The color hue was rotated counterclockwise around the average color without altering spatial composition or lightness. The impression of the color composition in the paintings was greatly altered, while the lightness, average color, and the relationship between colors remained unchanged. Around 70% of the participants preferred the original painting the most, even for paintings that they had never seen before. Top: Masayoshi Nakamura "Hana," late twentieth century, housed at the Toyohashi City Museum of Art and History; Bottom: Amadeo de Souza-Cardoso "Brut (300 TSF) 2", 1917, public domain, source: WikiArt (<http://wikiart.org>)

Similar experiments were also conducted on images created by dividing a painting into smaller pieces and shuffling the positions of the pieces so that it was difficult to determine what was depicted in the painting, as shown in **Figure 2**, and on images created by assembling portions of 20 paintings together like a patchwork. We discovered that about 60% of participants favored the scrambled painting of the original painting or the color composition of the patchwork painting of original paintings the most.

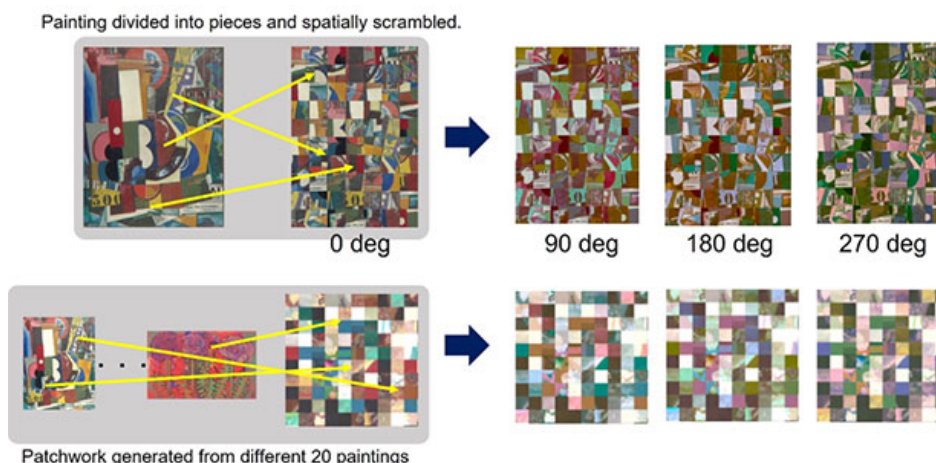


Figure 2: Spatial composition of the painting was scrambled to make what was painted difficult to distinguish
We examined preferences for color composition of paintings where the original painting was divided into pieces which were scrambled, as well as for a patchwork image made from pieces of 20 different paintings, and carried out the same experiment. We discovered that about 60% of participants favored non-rotated color compositions the most.

These results indicate the following:

1. The color compositions that the participants chose according to their own preferences matched those of the painters' drawings, suggesting that the painters and the general public share a certain level of standards for the attractiveness or beauty of color schemes, despite differences in art education and cultural backgrounds.
2. The fact that the original painting is still preferred even after shuffling indicates that some information indicating the originality of the painting exists in the color composition itself, rather than the memory color being a clue, such as the depiction of objects that remind us of a particular color.
3. The fact that the original color scheme was preferred over the patchwork of original paintings suggests that paintings by completely different artists have some common features, and that there is a biological mechanism by which both painters and observers perceive them as beautiful (attractive), whether they are aware of it or not.

The research team believes that everyone has a mechanism for perceiving the attractiveness and beauty of color compositions, and that these characteristics may be surprisingly common to all people. By clarifying the mechanisms behind such decisions, we hope to answer questions such as what factors influence beauty, which is considered to be an extremely personal and subjective entity, and why humans are equipped with the mechanisms to perceive beauty in the first place.

Measurements of Japanese paintings were carried out in cooperation with the Toyohashi City Museum of Art and History. This research received the following support: JSPS KAKENHI Grant Number JP19H01119 and 20H05956 and the Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT) in the framework of the Strategic Funding.

Reference

Shigeki Nakauchi, Taisei Kondo, Yuya Kinzuka, Yuma Taniyama, Hideki Tamura, Hiroshi Higashi, Kyoko Hine, Tetsuto Minami, João M. M. Linhares & Sérgio M. C. Nascimento, Universality and superiority in preference for chromatic composition of art paintings. *Scientific Reports* **12**, 4294 (2022).
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-08365-z>

絵画配色の好みに見られる普遍性

画家が美しいと感じる配色は見る人も美しいと感じる

中内 茂樹

豊橋技術科学大学 中内茂樹教授の研究チームは、ミーニョ大学（ポルトガル・ブラガ）の研究者らと協力して、日本人とポルトガル人を対象に、日本画と西洋画の配色に対する選好を原画および配色を人為的に操作した偽の絵画を使って実験的に調べました。その結果、国籍や日本画と西洋画、具象画と抽象画の違いによらず、見たことが無い絵画に対しても多くの人が原画の配色を好むこと、またこの傾向は複数の異なる絵画をパッチワーク状に寄せ集めて作った画像に対しても見られることを明らかにしました。今回発見した絵画配色に対する選好の普遍性は、私たちが絵画に対して感じる「美しさ」が文化的背景や教育経験だけでなく、これらに依らない生物学的な共通基盤を有していることを示唆しています。

色は個人の好みにも最も影響を与える視覚的要素の一つです。例えば、洋服を選ぶときや、ロゴマークから企業の性格を想像するときなど、色は人の意思決定に大きな影響を与えます。プロダクトデザイナーは、色が消費者行動に与える影響をよく理解し、その効果を最大化するために活動しており、色のトレンドを予測する専門機関も存在するほどです。

色の重要性は絵画においても同様です。商業的な理由がない限り、画家は自分の個人的な美的経験を作品として表現しようとします。したがって、絵画の配色は純粋に画家の感性や色彩の好みで反映されたものと言えます。これまで、色に対する選好（好み）に関して多くの研究がなされてきましたが、好みは個人間の差異が大きく、また単一の色に対する研究がほとんどであったため、絵画などのように、多くの色のバランス（配色）に対する選好の科学的理解は十分には進んでいませんでした。

本研究は、絵画配色に対する選好を明らかにするために、絵画の空間構成、明度は変化させず、色だけを変化させるように、平均色を中心に各画素の色相を反時計回りに回転させました（**図1**）。こうした操作によって絵画に含まれる色の相互関係や、平均的な鮮やかさなどは原画からは変わらないものの、絵画配色に対する印象が大きく変化します。この操作によって、90度、180度、270度色相を回転させた画像を用意し、原画を含めた4種類の画像に対して最も好きな配色を参加者に尋ねる実験を行いました（4肢強制選択法）。実験には、ポルトガルおよび日本（豊橋市美術館）において撮影した西洋画および日本画合計20作品、およびインターネット絵画ギャラリーから入手した20作品、合計40作品の絵画を用い、それぞれ日本から90名、ポルトガルから45名が実験に参加しました。なお、実験参加者は芸術や美術について、特別な教育は受けていませんでした。

実験の結果、日本人もポルトガル人も、それまで一度も目にしたことがない絵画に対しても、およそ70%の参加者が原画の配色を最も好むことがわかりました（もし、ランダムに選んでいたならば、25%となります）。この傾向は、空や人の顔など、特定の色と結びつくような物体が絵画に描かれていないような、抽象画の場合でも同様でした。

また、**図2**に示すように、絵画に描かれている内容が分かりにくくなるよう1枚の絵画を小片に分割し、その位置をシャッフルした条件や、20枚の絵画の一部をパッチワークのように寄せ集めて作った画像に対しても同様の実験を行ったところ、約60%の参加者が原画をシャッフルしたもの、あるいは原画を継ぎはぎしたパッチワークの配色を最も好むことがわかりました。

これらの結果から、次のようなことが示唆されました。

- 実験参加者が自分の好みにしたがって選んだ配色が、結果として画家の描いたものと一致したということは、美術教育の有無や文化的背景の違いにも関わらず、配色の魅力あるいは美しさに対する基準が画家と一般人の間で一定程度、共通している。
- シャッフルしても原画が好まれることから、特定の色を連想させる物体が描かれているなど、記憶色が手がかりとなったのではなく、配色そのものに原画らしさを示す何らかの情報が存在する。
- 原画をパッチワーク状に継ぎはぎした画像に対しても原画配色が好まれたことから、全く別の画家が描いた絵画にも何らかの共通した特徴が存在しており、それらを画家も観察者も、意識する・しないに関わらず、美しさ（魅力）として感じる生物学的な仕組みが存在する。

研究チームは、配色の魅力や美しさを感じるメカニズムは誰にでも備わっていて、その特性は意外と人に共通であろうと考えています。SNS等の写真に「良いね」と反応したり、衣服を選んだり、部屋の内装を決めたり、そうした意思決定の背後にあるメカニズムを明らかにすることで、極めて個人的で主観的な存在と考えられている「美しさ」について、どのような要因が美しさに影響を与えているのか、そもそもなぜ美しさを感じる仕組みが人間に備わっているのか、そうした問いに答えていきたいと考えています。

日本画の計測は豊橋市美術館のご協力により実施されました。また、本研究は次の助成を受けて行われました。科学研究費補助金（基盤研究(A)JP19H01119;学術変革領域研究(A)20H05956）、ポルトガル政府 科学研究費助成金（UIDB/04650/2020）。

Researcher Profile

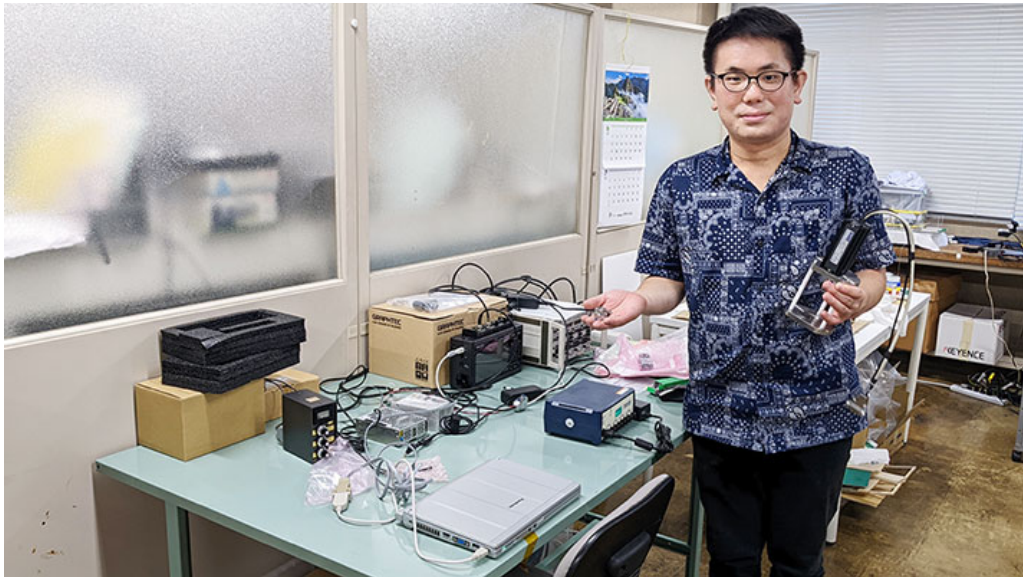


Name	Shigeki Nakauchi
Affiliation	Department of Computer Science and Engineering
Title	Professor
Fields of Research	Vision Science & Technology / Spectral Color Imaging
Graduated KOSEN	Takuma National College of Technology

A case of internal observation using X-ray CT, aiming to discover the vibration damping mechanism

Towards the development of next-generation functional rubber materials

Masami Matsubara



A research team led by Professor Nobuyoshi Tsujiuchi and Professor Akihito Ito of the Faculty of Science and Technology, Doshisha University, and Dr. Asahiro Hase (currently at the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology) of the Department of Mechanical Engineering, Toyohashi University of Technology and Hyogo Prefectural Industrial Technology Center, has used synchrotron radiation X-ray CT to reveal that the improved vibration damping of rubber materials due to the composite of fine particles is related to the deformation behavior of microstructure. They discovered that performing deformation evaluations at the macroscale (in the order of mm) and at the microscale (space resolution when using the X-ray CT: 500nm) at the same time can obtain the internal nonuniform deformation of a material in the scale of tens of mm. The results of the research were released online on May 9, 2022 in *Polymer Testing*.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142941822001490>

For machine structures, it is vitally necessary that vibrations and noises be appropriately controlled to ensure performance and safe operation. There are many cases where design limits and operating limits are determined by damping properties, which control the amount of vibration. Generally, energy loss caused by the deformation of rubber (a determination factor in vibration damping) is described as a loss caused by the change of the arrangement of the filler particles blended into the polymer (pain effect). As an experimental rule of macro mechanical properties, it is believed that its main control factors are the diffusion, interface and orientation of the filler. However, technologies predicting damping properties based on these main control factors have not yet been established. One of the reasons for this is the difficulty of observing three-dimensional structures.

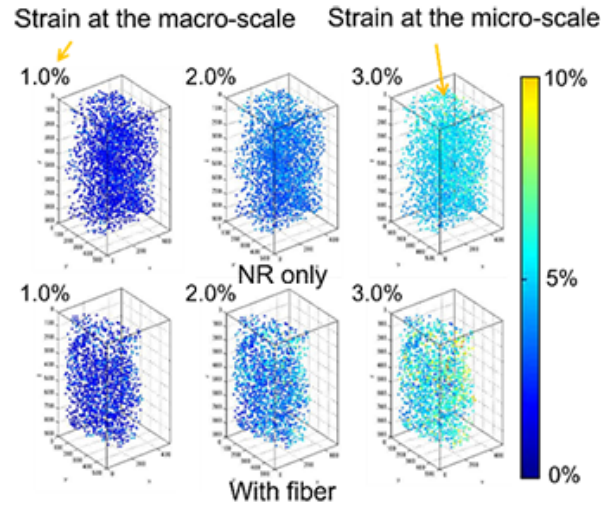
Transmission electron microtomography (TEM) and X-ray Computed Tomography are methods of observing the three-dimensional structure of a high polymer material. TEMT requires the thickness of a specimen to be several hundreds of nm, and one problem with it is that it tends to generate artifacts (false images). It is difficult to obtain image contrast in X-ray CT, and there are fewer cases of application for polymer materials when compared to TEMT. Furthermore, when examining rubber materials, another problem of X-ray CT is that the sample's physical properties change due to a curing reaction caused by exposure to X-ray radiation. Because the sensitivity of image sensors and high-speed radiographic technologies have improved gradually in recent years, it is now possible to obtain CT images with contrast with only short-term X-ray radiation exposure.

Therefore, the research team used a synchrotron radiation facility to perform micro X-ray CT of fine particle-filled rubber materials in a tiny deformation field. They developed a compact tensile tester that can be mounted on X-ray CT machines and also evaluated deformation behavior at the macroscale using the tensile test. Based on the evaluation result at the macroscale, they discovered that in the deformation area that can be judged as an elastic deformation area, deformation at the microscale became nonuniform according to the amount of change.

In the vibration field, the damping property is a parameter that is observed under dynamic conditions. On the other hand, from the viewpoint of material development, the damping property should be determined at the time when the structure is determined. Therefore, we attempted measurement using micro X-ray CT with the expectation that some difference would appear even in static deformation.

Currently, the research team is attempting to perform dynamic X-ray CT. They expect this to clarify the deformation behavior of the internal structure at the mesoscale and the relationship between the control factors associated with a filler and its damping properties.

This research was conducted with Grants-in-Aid for Scientific Research from the Japan Society for the Promotion of Science (JP16K18041, JP18K13715) and supported by the Support Program for Formation of Strategic Research Infrastructure for Private Universities (2013 to 2017, Doshisha University). We express our gratitude to them.



Strain evaluation at the multiscale. It is observed that while natural rubber only (NR only) deforms uniformly, rubber with filling fiber (With fiber) deforms nonuniformly.

Reference

M.Matsubara, S.Teramoto, T.Komatsu, S.Furuta, M. Kobayashi, S. Kawamura, A. Nagatani, N.Tsujiuchi, A.Ito (2022). Three-dimensional strain evaluation of short-fiber-reinforced natural rubber using micro X-ray computed tomography. *Polymer Testing*, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142941822001490>.

振動減衰メカニズム解明へ向けたX線CTによる内部観察事例

次世代機能性ゴム材料の開発に向けて

松原 真己

豊橋技術科学大学機械工学系と兵庫県立工業技術センター 長谷 朝博博士（現・産業技術総合研究所）、同志社大学理工学部 辻内 伸好教授、伊藤 彰人教授の研究チームは、シンクロトロン放射光によるX線CTを用いて微粒子の複合化に伴うゴム材料の振動減衰の向上が微細構造の変形挙動に関係することを明らかにしました。マクロな変形評価（mmオーダー）とミクロな評価（X線CTによる空間分解能500nm）を同時に行うことで、材料内部の変形の不均一性が数十mmのスケールで確認できることを突き止めました。本研究成果は、*Polymer Testing*誌に2022年5月9日付けでオンライン公開されました。

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142941822001490>

機械構造物では振動や騒音を適切に抑えることは性能確保や安全な稼働を行う上で必要不可欠であり、設計限界や運用限界は振動の大きさを抑える減衰特性によって決まる事例が多くあります。一般にゴムの変形によるエネルギー損失（振動減衰の決定因子）は、ポリマーに配合された充てん剤粒子の配列変化により生じる損失（ペイン効果）として説明され、巨視的力学物性の経験則から充てん剤の分散、界面、配向が主要制御因子と考えられています。しかしながら、それら主要制御因子から減衰特性を予測する技術の確立までには至っていません。その原因の一つに三次元構造の観察が難しいという点が挙げられます。

高分子を中心とした材料の三次元構造の観察法としては透過型電子顕微鏡によるコンピュータトモグラフィ（Transmission electron microtomography, 以下TEMT）、X線CT（X-ray Computed Tomography）が挙げられます。TEMTは試料の厚みを数百nmにする必要があること、アーティファクト（偽画像）が発生しやすいという問題があります。X線CTでは画像のコントラストが得にくいという問題があり、高分子材料への応用例がTEMTなどに比べると少ない状況です。また、ゴム材料の場合、X線曝露による加硫反応によって物性変化を起こしてしまうといった問題もあります。近年、画像センサの感度が改善されてきたこと、高速撮影技術が向上したことに伴い、短い時間のX線露光でコントラストのあるCT像の取得が可能となりました。

そこで、研究チームはシンクロトロン放射光施設を利用し、微小な変形場での微粒子充てんゴム材料のマクロX線CTを実施しました。X線CT装置に搭載可能な小型引張試験機を開発し、引張試験によるマクロな変形挙動を同時に評価しました。マクロな評価から弾性変形領域と判断できる変形領域において、変形量に応じてミクロな変形は不均一になっていくことが明らかになりました。

振動分野では減衰特性は動的条件下で確認されるパラメータです。一方で、材料開発の視点から見ると構造が決まった段階で減衰特性は決まっているはずなので、静的な変形であっても何か違いが現われるだろうという期待からマイクロX線CTによる計測を試みました。

現在、動的X線CTの実施を試みています。メソスケールでの内部構造の変形挙動が明らかになり、充てん剤に関わる制御因子と減衰特性の関係が明らかになることを期待しています。

本研究はJSPS科研費（JP16K18041, JP18K13715）の助成を受けたものです。また、文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業（平成25年～平成29年、同志社大学）の支援を受けました。ここに記して謝意を表します。

Researcher Profile



Name	Masami Matsubara
Affiliation	Department of Mechanical Engineering
Title	Associate Professor
Fields of Research	Mechanical Dynamics / Vibration Dynamics

Pick Up

Integrated Green-niX Consortium for Research and Human-Resource Development, formed out of a partnership of three universities, approved by Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology as a next-generation X-NICS

Integrated Green-niX Consortium for Research and Human-Resource Development, formed out of a partnership of three universities, approved by Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology as a next-generation X-NICS

Tokyo Institute of Technology, Toyohashi University of Technology and Hiroshima University jointly announced the creation of the Integrated Green-niX Consortium for Research and Human-Resource Development with the goal of reviving Japan's semiconductor industry. The new institute was recognized by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) as being a part of the MEXT Initiative to Establish Next-Generation Novel Integrated Circuits Centers (X-NICS), which was announced on April 12, 2022. Tokyo Institute of Technology serves as the representative institution for this project while Toyohashi University of Technology and Hiroshima University are the core institutions. Together, we will collaborate on integrated research as well as the development of innovative semiconductor integrated circuits and the human resources to manage the project.

Integrated Green-niX has been defined as a key area to focus on for the integrated research and development of semiconductor integrated circuits. Aiming to revolutionize the creation of green markets, research into materials, devices, circuits, systematization and other aspects will be conducted from the additional perspective of evaluating their environmental impact. This approach is considered indispensable for new products and services to achieve reduced power consumption and a reduced carbon footprint. This is then combined with integration technologies to achieve new value creation. At this research institute, the three universities will do their utmost to prove that Green-niX can accomplish a large-scale game change in the market.

Not forgetting the importance of developing human resources, the universities are planning to systematically collaborate with other universities, educational institutions, research institutions and businesses that use the facility. In this way they hope to train a significant number of large scale integration (LSI) innovators capable of providing broad-ranging leadership of integrated Green-niX at universities, colleges of technology and businesses.



3大学が連携して取り組む「集積Green-niX研究・人材育成拠点」が文科省次世代X-nics拠点として採択

国立大学法人東京工業大学、国立大学法人豊橋技術科学大学、国立大学法人広島大学の3大学は、日本の半導体産業の復興を目指すため「集積Green-niX（グリーンニクス）研究・人材育成拠点」を立ち上げ、4月12日に文部科学省の「次世代X-nics半導体創生拠点形成事業」の対象拠点として採択されたことをお知らせします。東京工業大学が代表機関、豊橋技術科学大学と広島大学が中核機関として連携し、革新的半導体集積回路の統合的研究開発と、それを俯瞰的にマネジメントできる人材の育成に取り組めます。

「集積Green-niX」とは、グリーン関連市場の市場創造の変革を起こすために、低消費電力化、低環境負荷化という新たな製品・サービスに不可欠となるグリーン貢献度に対する評価軸を加えて、材料、デバイス、回路、システム化技術等を研究し、さらに集積化技術により新たな価値創造の実現を可能にする半導体集積回路の統合的研究開発領域、と定義しました。本拠点では、この集積Green-niXこそが大規模な市場のゲームチェンジを成し遂げられる理念である、との立ち位置から3大学が中核となり活動を強力に推進します。

さらに、人材育成の観点からも、大学・高専及び企業においても集積Green-niXを多面的にけん引できる「LSI（Large Scale Integration：大規模集積回路）イノベータ」の大量育成を目的として、当該拠点に参画する大学・教育機関や研究機関、企業と有機的に連携することを予定しています。