

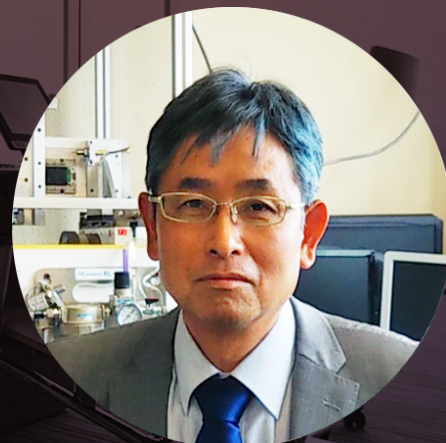
No.29 May 2022

FEATURE STORY

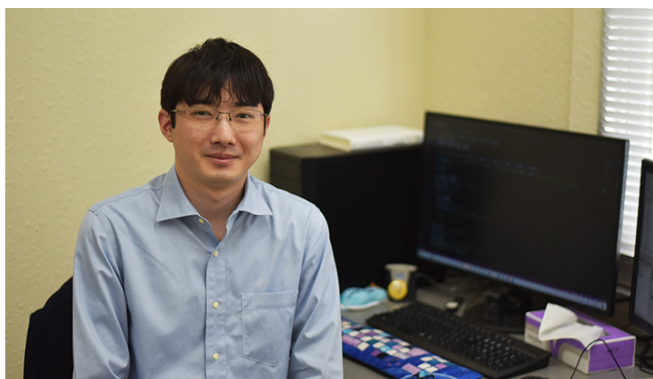
Systems Engineering to Enhance the Performance of Industrial Machines and Robots

Professor Naoki Uchiyama's Systems Engineering Laboratory conducts research that can benefit industry, with a focus on sites....

[Read More...](#)



Research Highlights

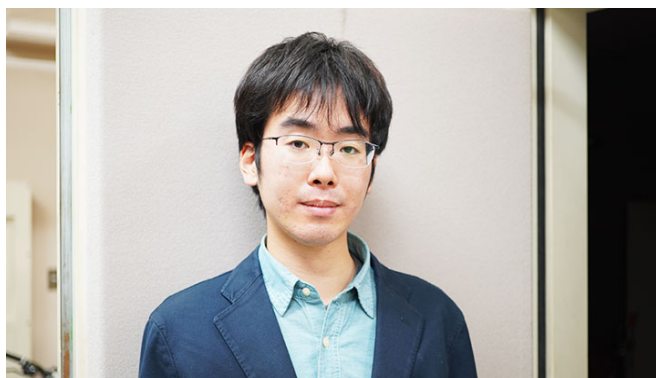


A robot assisting elderlies in standing up, walking, and sitting down

Recognizing the state of users through few sensors



Development of rapid and simultaneous diagnosis of COVID-19/influenza diseases by manipulating microfluidic flow with a microfluidic chip



Walking in a 360° video with foot vibrations for seated observers

Walking sensations and ground-material perceptions are enhanced by scene-congruent vibrations



Ultra-high-rate plasma coating to improve surface function

Reduces friction and extends product life

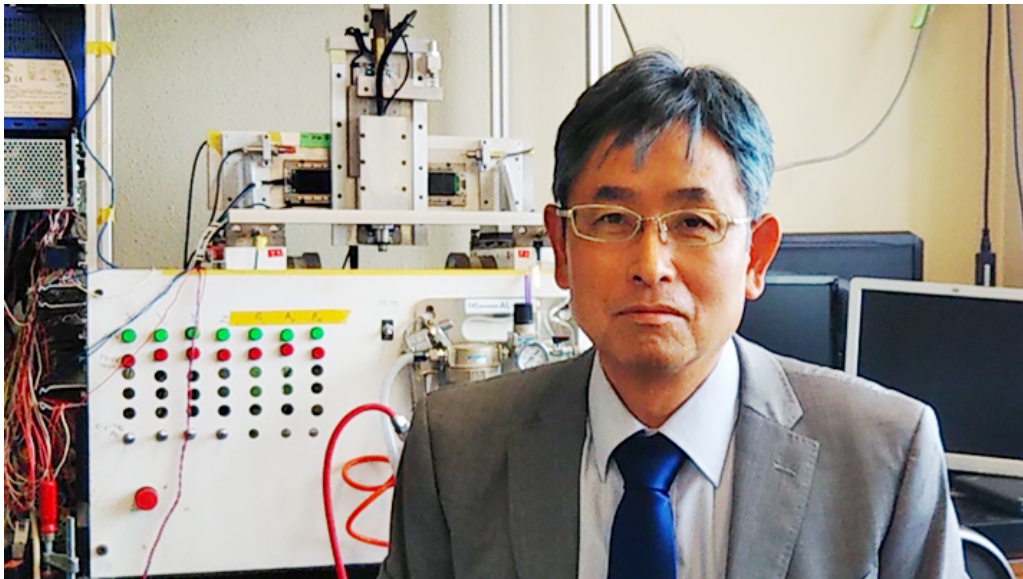
Pick Up

Toyohashi University of Technology and Nagoya City University Sign an Agreement on Comprehensive Collaboration



Systems Engineering to Enhance the Performance of Industrial Machines and Robots

Naoki Uchiyama



Professor Naoki Uchiyama's Systems Engineering Laboratory conducts research that can benefit industry, with a focus on sites. Amidst the growing labor shortages that sites are facing, Professor Uchiyama's Laboratory focuses mainly on working towards optimizing controls and improving efficiency and automation in the mechanical systems of industrial machines and robots. I spoke with Professor Uchiyama about how he connects his work to external organizations, for instance through his Collaborative Research Laboratory that aims to incorporate both research and education.

Interview and report by Madoka Tainaka

I Academia that solves problems at sites

The word "system" means all component factors that collectively interact with and affect each other within a mechanism, but the term is used in a variety of situations, so many people might assume that the word is not well defined. Naturally, the scope of system engineering is incredibly vast. Beginning with machines and electricity that form the foundation of mechanical engineering, Professor Uchiyama utilizes a vast range of lateral fields like information, management, and construction to describe system engineering as an academic pursuit that aims to optimize all those fields.

"Essentially, we attempt to understand a real-life phenomenon, create mathematical models, then work to optimize and control that phenomenon. Because we're looking to optimize the issue or problem we've been given, some people may consider the field to be lacking in direction. However, from the perspective of taking the approach that leads from the problem to the solution, I would say that this academic pursuit is very close to how society works."

Collaboration with companies that operate manufacturing sites is indispensable when carrying out research that works backwards from a problem. The laboratory has always carried out joint research with multiple companies, but in 2019, Toyohashi University of Technology offered their first "Collaborative Research Laboratory." It partnered with Kobelco Construction Machinery, a company involved in the development, production, and sales of backhoes and crawler cranes, to develop next-generation cranes.

"Because it was established with funding from an external organization facing the same problems we encounter here at the university, the Collaborative Research Laboratory not only conducts research, but also confers degrees to students. That is to say, it works to develop human resources."

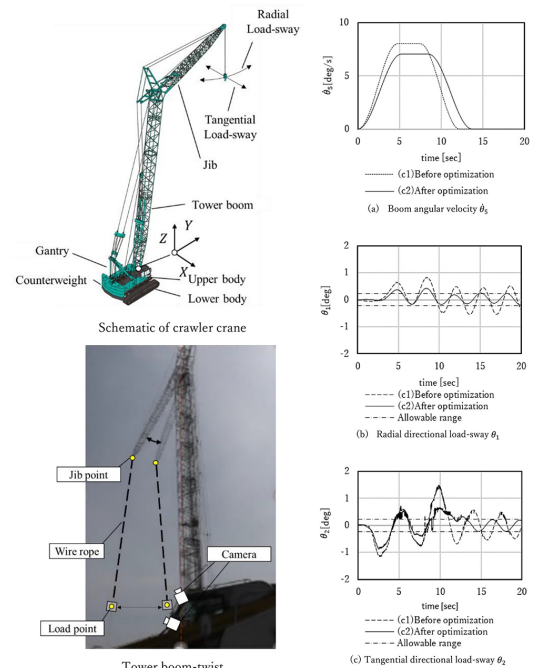
The Collaborative Research Laboratory is funded by external organisations, such as companies, that share a common agenda with the university. In normal joint research, the main focus is on research, and in the case of endowed laboratories, the benefits to the company are not clear, as in principle the intellectual property gained from the research basically belongs to the university. In comparison, the Collaborative Research Laboratory is an excellent initiative that enables both companies and universities to enhance both intellectual property and human capital. In fact, some of our PhD students are currently conducting research under this collaboration.

Transporting suspended loads in the shortest possible time while controlling sway

Professor Uchiyama and his group are working on a Collaborative Research Laboratory with Kobelco to control swaying in giant cranes.* When working with giant cranes that have 80 m long cables, even a slight swing of the tip of the crane could result danger from causing the suspended load to sway significantly. That's why they are looking for ways to transport suspended loads in the shortest time possible, and with minimum sway.

Professor Uchiyama said, "Tackling vibration has been a persistent issue for factories and large-scale construction sites. We've created some methods and theories to address that, but these sites still face numerous issues. And with the giant cranes used at outside construction sites, the environment changes each time. Right now, crane operators carefully watch loads and rely on their experience and intuition to operate cranes, but if we can use software to control safety and efficiency, then even inexperienced people could operate cranes and that would help address the labor shortage."

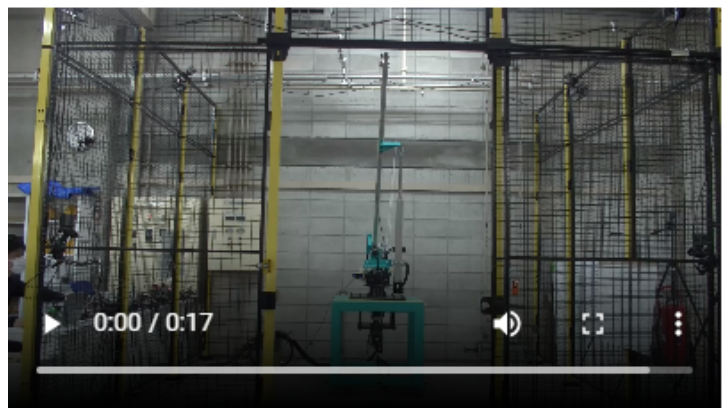
They have already achieved some results. Each part of a giant crane is transported individually and assembled on site, so they are made of lightweight materials to reduce load during transportation. This means, however, that the main frame shakes easily when the crane is moving, which makes it difficult to control sway in the load. To address this, Professor Uchiyama and his team developed a software program that will optimize the crane's ability to move as swiftly as possible within the limitations set by the need to control speed with regard to vibration periods and to accelerate smoothly to minimize contortions in the crane body.



Crawler crane and tower boom-twist (left).
Comparative experimental results with an elastic crane (right).

"Eliminating sway at the destination point is particularly important for safety, but we also had to consider the maximum performance capabilities of the hydraulic motors that move the crane. We input these factors and used our formula to determine the shortest time and smallest amount of sway. We then reproduced the distortion and load sway in a 2 meter crane and verified our results in an experiment. We also tried this in an experimental capacity with a giant crane and obtained a response that we think can be used at construction sites. Our next step is to develop an interface that considers operability on the company side.

Professor Uchiyama's team are not contenting themselves with only trying to optimize time efficiency however. They are also taking on the challenge of how to move the crane with the least amount of energy while using friction during deceleration and minimising vibration. Doing so would enable them to contribute to increasing energy efficiency.



Optimal motion trajectory of an experimental automated crane in TUT

* The "KOBELCO CONSTRUCTION MACHINERY ADVANCED CRANE LABORATORY" also conducts research in different laboratories within the university for environmental recognition and feedback control using other image processing methods.

■ Working towards automation to address labor shortages

He is also working on automation. This came about because construction companies are facing such a shortage of labor that they are almost at the point of asking manufacturers to supply experienced operators when purchasing industrial machines.

"Automation will be mandatory in the future, but fully automating something like a giant crane operating outside will be difficult because of the real-time sensing and feedback to account for the effects of wind and other factors. Therefore, I want to only automate simple tasks and rely on humans for complex operations in accordance with vehicle autonomy Level 2, and then gradually build upon that."

In addition to that goal and the Collaborative Research Laboratory, he is also working with the metal recycling business ToyoMetal (Toyohashi) and the construction equipment rental business Rentec Daikei (Toyohashi) to conduct experiments on using large-scale equipment to automatically transfer accumulated metal recycling materials to containers or other locations.

"This uses image processing to detect the edges of the material based on colour change, recognize it as a single item, and then retrieve it with heavy machinery. We've had some successes in site tests and are currently conducting research that could be applied to actual job sites."

Accelerating processes like these could eventually simplify operation to the extent that it could be managed by unskilled operators, or even by older people who might work from home for a few hours at a time."



Automatic recognition and transportation of material for recycle
(2x speed)

■ A double degree program in collaboration with the University of Stuttgart

The actual joint research field work is carried out by master's students, doctoral students, and foreign postdoctoral researchers, and it is essential for these human resources to collaborate with foreign educational institutions as well as the joint research companies.

"The University established a master's double degree program with the University of Stuttgart in Germany. In this program, students study for one year in Toyohashi and one year in Stuttgart and earn credits from both institutions. The students from Stuttgart tend to have a better grounding in basic math and physics, while the students from Toyohashi tend to be adept at conducting experiments and programming. The students inspire each other when they visit each other's countries and collaborate on research."

The programs were carried out remotely while COVID-19 prevented international travel. The postdoctoral researchers who take part in Collaborative Research Laboratory also come from Egypt, Indonesia, and a variety of other countries. Studying in such a cosmopolitan laboratory will be of great use to them after they enter the workforce.

Talking of his future plans, Professor Uchiyama explained that "Our work does not always produce ground-breaking knowledge, but we do make things that help factories right away. Of course, I also hope that we establish theories for control and optimization. I want to keep working toward research that is theoretically guaranteed and beneficial to society."

Reference

Hideki Takahashi, Abdallah Farrage, Kenichi Terauchi, Shintaro Sasai, Hitoshi Sakurai, Masaki Okubo, Naoki Uchiyama, "Sensor-less and time-optimal control for load-sway and boom-twist suppression using boom horizontal motion of large cranes," Automation in Construction, 2022, Volume 134.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580521005379>

M. S. Finkbeiner, N. Uchiyama and O. Sawodny, "Shape Recognition of Material Heaps in Outdoor Environments and Optimal Excavation Planning," 2019 International Electronics Symposium (IES), 2019, pp. 58-62
<https://ieeexplore.ieee.org/document/8901670>

Reporter's Note

Professor Uchiyama's parents operate a factory that produces automobile parts. Thinking that he might continue the family business, he entered the Shizuoka University Faculty of Engineering through the National Institute of Technology, Numazu College. He eventually discovered an interest in research, earning his PhD at Tokyo Metropolitan University where a teacher of his transferred to, and has been teaching at TUT since 1995. His younger brother currently manages the family business.

The family business faced financial difficulties while he was a student and so he worked a variety of part-time jobs to save money for school and pay for his daily expenses.

"Honestly, back then I sometimes felt that I was wasting my time working at those part-time jobs." Professor Uchiyama says with a wry laugh. However, working at the family business and the part-time jobs taught him about real working conditions on factory floors, and that has helped him with his current research. We hope that he will continue to play an even more active role as a bridge between the university and industry.

「システム工学」で産業機械やロボットの高性能化に貢献

「システム工学研究室」を率いる内山直樹教授は、ものづくりの現場を中心に、産業応用に役立つ研究を手がけている。対象とするのは、主に産業機械やロボットなどで、深刻化する現場の人手不足を背景に、機械システムの最適な制御や効率化、自動化に向けた取り組みを進める。研究と教育の両輪をめざす「共同研究講座」など、外部機関との連携を中心に話を聞いた。

現場の課題解決に役立つ学問

システム（系）とは、相互に影響をおよぼし合う要素で構成される仕組み全体を表す言葉だが、さまざまな場面で使われるため、漠然と感じる人も多いだろう。当然のことながら、システム工学の対象も幅広い。内山教授は、機械工学を基盤とする機械や電気をはじめ、情報、経営、建築土木といった、幅広い分野を横断的に扱い、その最適化をめざす学問だと説明する。

「基本的には、現象を理解して、数理的にモデル化をし、最適化する、あるいは制御する、という取り組みをしています。与えられた対象や課題の最適化が目的なので、根無し草のように思われるかもしれません。もっとも、課題から答えを導くアプローチを取るという意味では、社会に近いところにある学問と言えます」

課題からバックキャストで研究を進めるためには、産業の現場を持つ企業との連携が欠かせない。研究室ではつねに複数の企業との共同研究を進めているが、2019年からは、豊橋技術科学大学初となる「共同研究講座」にも参画。ショベルやクローラークレーンの開発・製造・販売を手がけるコベルコ建機と連携して、次世代クレーンの開発に取り組んでいる。

「共同研究講座というのは、大学と共通の課題を持つ企業などの外部機関からの資金で設置するもので、講座とあるように、研究だけでなく、学位の授与、すなわち人材育成も目的としています。通常の共同研究ではあくまでも研究がメインになりますし、寄付講座の場合は、原則的に研究で得られた知財は大学に帰属するため、企業にとってのメリットが明確ではありません。それらに比べて、共同研究講座は知財と人材の両方を企業と大学双方で充実させることができる、たいへん優れた取り組みです。実際に現在、コベルコ建機から派遣され、博士をめざして研究をしている学生もいます」

吊り荷の揺れを制御しながら、最短時間で運ぶ

内山教授らがコベルコ建機の共同研究講座で担当しているのは、大型クレーンの振動の制御だ[※]。ロープの長さが80メートルにもなる大型クレーンの場合、先端がわずかに揺れただけで、吊り荷が大きく揺れて危険を伴う。そこで、吊り荷をできるだけ振動させないように、かつ最短時間で運ぶための方法を探っているのだという。

「産業現場や巨大建造物では、長きにわたり振動が課題となってきました。その解決のための理論も方法もある程度は確立されていますが、現場にはまだまだ多くの課題が残されています。とくに、建設現場などの屋外で使われる大型クレーンの場合、都度、環境が変わるため、現状は操縦者が吊り荷の揺れ具合を逐一目視しながら、経験と勘を頼りにクレーンを操縦している。これをソフトウェアによって安全に効率よく制御できれば、熟練者でなくてもクレーンを操作できるようになり、人手不足に一役買うことになるでしょう」と内山教授は語る。

すでに成果も出始めている。大型クレーンの場合、各パーツにばらして運び、現地で組み立てるが、運搬時の負荷を軽減するために比較的軽量なのだという。そのため、クレーンを動かす際に本体にねじれが生じやすく、吊り荷の揺れの制御が難しい。そうしたなか、内山教授らは、本体のねじれを最小限に抑えるためになめらかに加速しつつ、振動の周期を考慮して速度をコントロールしながら、最短時間で動かすソフトウェアを開発した。

「とくに安全面で重要なのが、運び先の地点で絶対に振動させないということです。一方、クレーンを動かす際の油圧モーターの性能限界も考慮する必要があります。これらの要素を入れながら、最短時間と揺れの少なさを数式によって導き出しました。さらに高さ2メートル程度のクレーンの模型でねじれや吊り荷の揺れを再現し、実験で検証しました。試験的に大型クレーンでも試し、現場で使えそうだという手応えも得ています。今後は、操作性などに考慮したインターフェイスの開発を企業側で進めていくことになります

さらにここで使った数式を応用して、最短時間を求める代わりに、減速の際の摩擦を最大に生かしつつ、振動を抑えながらクレーンを最小のエネルギーで動かすチャレンジもしている。これにより、エネルギー効率の向上にも貢献できるようになるという。

※「コベルコ建機次世代クレーン共同研究講座」では、そのほか画像処理などを用いた環境認識とフィードバック制御に関して、それぞれ学内の別の研究室で実施している。

■ 人手不足で期待される自動化への取り組み

自動化の取り組みも行っている。その背景には、建設会社がメーカーから産業機械の購入などをする際に、熟練のオペレーターも一緒につけてもらえないかと言うほど、現場で人が足りていないという背景がある。

「今後、自動化は必須ですが、屋外的大型クレーンの場合、風などの影響を受けるため、リアルタイムにセンシングをしてフィードバックをしなければ完全自動化は難しいでしょう。したがって、単純な作業だけ自動化して、複雑な工程は人間が担うような、自動車の自動運転レベル2くらいから始めて、徐々に進展させたいと思っています。」

自動化についてはそのほか、共同研究講座とは別に、金属リサイクル業のトーヨーメタル（豊橋市）、建設機器レンタル業のレンテック大敬（同）と共同で、金属リサイクル原料の堆積を、大型重機を使って自動的にコンテナなどに移し替える実験も行う。

「こちらは画像処理を使い、色の変わり目からエッジ検出をして一塊であると認識して、重機でつかみ取るという方法を採用しています。実験場で成功したので、今後は現場に実装できるよう研究を進めています。このような取り組みを加速することで、将来的には熟練者でなくても簡単に操作できたり、高齢者が自宅から3時間だけ操作するなんていう働き方も可能になるかもしれません」

■ ダブルデグリープログラムで独シュツットガルト大学と連携

ところで、共同研究の現場で実働を担うのは、修士や博士課程の学生、海外からのポスドクたちだが、こうした人材についても、共同研究の企業のほか、海外教育機関との連携が不可欠だという。

「とくにドイツのシュツットガルト大学とは、博士前期ダブルデグリープログラムを設置しています。これは、1年は豊橋、もう1年はシュツットガルトで研究することで、それぞれの大学から学位が授与されるというもの。シュツットガルトの学生は数学や物理の基礎に強く、豊橋の学生は実験やプログラミングなどに長けている。学生が行き来しながら共同で研究を行うことで、互いに大いに刺激を受けているようです」

コロナ禍で海外渡航ができない間は、遠隔でプログラムを実施した。共同研究講座に参加しているポスドクもエジプトやインドネシアなど、海外からの人材だ。こうした国際色豊かな研究室での学びは、社会人になってからも大いに役立つだろう。

「うちの取り組みは、学問的には必ずしも先端研究というわけではありませんが、現場ですぐに役立つものばかりです。もちろん、制御や最適化の理論を打ち立てたいという展望もあります。理論的に保証されていて、かつ社会に役立つ研究をめざして、これからも取り組んでいきたいですね」と内山教授は展望を語った。

（取材・文＝田井中 麻都佳）

■ 取材後記

内山教授のご実家は、自動車部品の加工工場を営んでいる。いずれ家業を継ぐかもしれないと、沼津工業高等専門学校を経て静岡大学工学部へ。結局、研究の方が面白くなってしまい、恩師が移籍した先の東京都立大学で博士を取得し、1995年から豊橋で教鞭を執るようになった。なお、家業は弟さんが継ぐことになったそうだ。

学生時代、家業の経営が一時的に苦しくなった折には、学費や生活費を稼ぐために、さまざまなアルバイトをしたこともあるという。

「正直、バイトで時間を無駄にしたと思うこともあります」と苦笑いする内山教授だが、家業にしろアルバイトにしろ、現場の苦勞を知る環境に身を置いたことが、いまの研究に生かされているように思う。今後も大学と企業の架け橋として、一層の活躍を期待しています。

Researcher Profile



Naoki Uchiyama

Naoki Uchiyama received PhD degree from Tokyo Metropolitan University in 1995. He started his career as a research associate at Toyohashi University of Technology, had been involved in systems engineering, control engineering, and mechatronics. He has been worked as a professor since 2015.

Reporter Profile



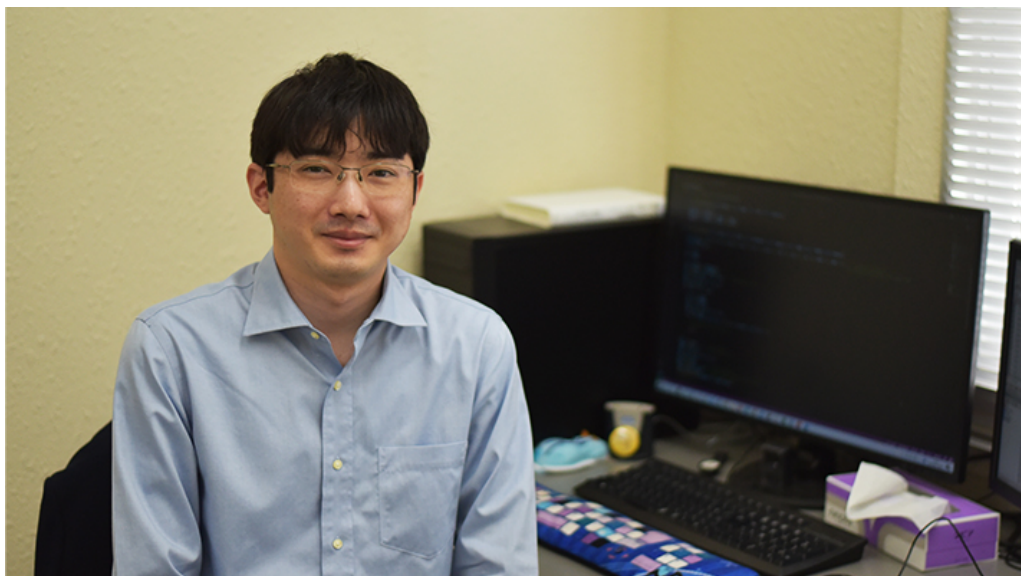
Madoka Tainaka

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.

A robot assisting elderlies in standing up, walking, and sitting down

Recognizing the state of users through few sensors

Mizuki Takeda



A research team led by Mizuki Takeda, an assistant professor at the Department of Mechanical Engineering in Toyohashi University of Technology has developed a robot that can assist people in standing up, walking, and sitting down by estimating the user's state using a small number of sensors. They have developed a technique for a robot to estimate a user's state with few sensors by calculating center of gravity candidates. Knowing the state of the user, such as whether they are trying to stand up or sit down, makes it possible to provide assistance as necessary. Moreover, it can prevent accidents by detecting irregularities, such as the user almost falling over.

Elderly people, whose muscle strength weakens with age, may need to receive assistance in their daily lives, so robots are being developed to assist with especially frequent actions such as standing up and walking. Conventional robots have normally assisted in one of these actions, but since standing up, walking, and sitting down are done in sequence, it is desirable to have a single robot assist with them all.

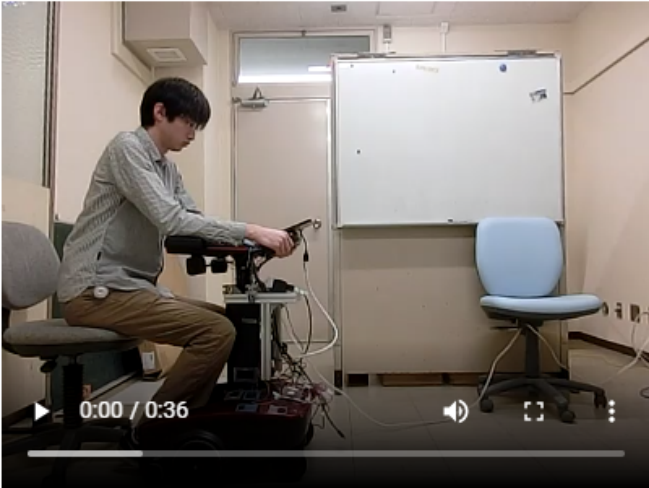
Moreover, large-scale systems are often constructed to produce great force or recognize the user's state in detail, but systems for household use should ideally be small and have few sensors. If all movements are initiated by the robot, it may lead to dissatisfaction on two counts: muscular weakening and a reduced sense of independence on the part of the users. As such, they have developed a robot that allows the user to initiate movement and assists as appropriate by recognizing the user's situation and adding the force that is missing.



Assisting standing up. When the robot user leans forward, the robot detects it and assists in standing up by elevating the armrests.

The research team focused on center of gravity as a key to estimating the robot user's state. Center of gravity is effective as an indicator of a person's state, cannot be accurately assessed with only a few sensors, so they developed a technique for calculating the range where center of gravity candidates can be found by considering data such as the motion range of joints. They produced a robot that uses these center of gravity candidates to estimate the user's state and detect irregularities through a type of machine learning called support vector machine and then move according to that information.

The research team believe that estimation of people's states using center of gravity candidates can be applied to welfare robots of various shapes and uses. Moreover, they want to make robots easier to use for elderly users by better understanding what movements the robots are expected to perform and how they should communicate with the users.



Assistance for standing up, walking, and sitting down. By estimating the user's state, a single robot can assist different movements like standing up, walking, and sitting down as a seamless sequence.

Reference

Mizuki Takeda, Kaiji Sato, Yasuhisa Hirata, Takahiro Katayama, Yasuhide Mizuta, and Atsushi Koujina (2021). Standing, Walking, and Sitting Support Robot Based on User State Estimation Using a Small Number of Sensors. IEEE Access. doi: [10.1109/ACCESS.2021.3127275](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3127275)

高齢者の起立・歩行・着座を支援するロボット

少ないセンサで使用者の状態を認識する

武田 洸晶

豊橋技術科学大学機械工学系 武田 洸晶助教らの研究チームは、少数のセンサを用いて使用者の状態を推定して動作する起立・歩行・着座支援ロボットを開発しました。重心位置の候補点を計算することで、少ないセンサでロボット使用者の状態を推定する手法を開発しました。使用者が立とうとしている、座ろうとしているなどの状態が分かることで、それに応じて必要な支援を行うことを可能とします。また、転倒しそうな状態などの異常を検知することで、事故を防ぐ機能も実現しました。

筋力の衰えた高齢者の日常生活の支援が望まれており、特に頻繁に行う起立や歩行などを支援するロボットの開発が進んでいます。従来のロボットはこれらの動作一つ一つを支援するものが主流ですが、起立・歩行・着座は一連の動作として行われるため、一台のロボットで支援することが望ましいです。また、大きな力を発生させたり使用者の状態を詳細に認識したりするために大掛かりなシステムが作られる事が多いですが、家庭で使うには小型でセンサも少ないシステムが望まれます。動作を全てロボットが主体となって動かしてしまうと、筋肉の衰えを促進したり運動主体感の減少による不満を発生させたりします。そこで、ロボット使用者が主体となって動作をし、その様子を把握することで足りない力を適切に支援するロボットを開発しました。

研究チームはロボット使用者の状態を推定するために、重心位置に着目しました。重心位置は人の状態を表す指標として効果的ですが、少ないセンサでは正確な重心位置を求めることはできません、そこで関節の可動域などを考慮することで、重心位置の候補が存在する範囲を計算する手法を開発しました。この重心候補を使って、サポートベクターマシンという機械学習により使用者の状態推定および異常検知を行い、それに応じて動作するロボットを製作しました。

研究チームは、重心候補を用いた人間の状態推定は様々な形状・用途の福祉ロボットに適用可能であると考えています。また、使用する高齢者にとってより使いやすいロボットとするために、ロボットがすべき動作や、人間とのコミュニケーション方法を明らかにしたいと考えています。

Researcher Profile



Name	Mizuki Takeda
Affiliation	Department of Mechanical Engineering
Title	Assistant Professor
Fields of Research	Robotics / Human-Robot Interaction / Care Robot / Robot Ethics

Development of rapid and simultaneous diagnosis of COVID-19/influenza diseases by manipulating microfluidic flow with a microfluidic chip

Daigo Natsuhara



Daigo Natsuhara (right) and his adviser, Prof. Takayuki Shibata.

A research team consisting of Daigo Natsuhara, a second year Ph.D. student and Professor Takayuki Shibata etc. at the Department of Mechanical Engineering, Toyohashi University of Technology, and Professor Hiroataka Kanuka, etc. of the Jikei University School of Medicine has developed a microfluidic chip which is capable of simultaneous diagnosis of COVID-19 and influenza diseases, by applying the microfluidic chip technologies. The team has built a theoretical model that manipulates microfluidic flow with an extremely simple microchannel design and has established an optimal design theory for microfluidic chips. Further, using the diagnostic device they developed, they performed genetic amplification experiments on four types of infectious diseases, including COVID-19, and demonstrated that multiplexed rapid and simultaneous diagnosis was possible within 30 minutes. The device is not limited to human infectious diseases, but can be utilized for genetic diagnoses in a range of fields (e.g. agriculture, farming, and fisheries industries, food industry, and health and medical care).

As shown during the global COVID-19 pandemic, viral diseases cause immense public concern and have a massive impact on economic activity. In this research, with the goal of creating technology to make our lives safer and more secure, the team developed a diagnostic technology that enables anyone to detect viral diseases in a rapid, simple, and low-cost way. What is more, it can be carried out anywhere and at any time.

The LAMP (Loop-Mediated Isothermal Amplification) method^{*1} is a genetic test technology. This simple test method, unlike the commonly used PCR test, does not require expensive equipment, such as for accurate temperature control. Moreover, the test can be conducted on site because it allows genetic amplification at a constant temperature for a constant length of time (60 to 65°C, 30 minutes to an hour or so). However, to diagnose multiple types of viruses, the conventional LAMP method entails considerable effort to perform as many preparations of samples and reagents and genetic amplification reactions as the number of analytes, requiring expert knowledge and skills.

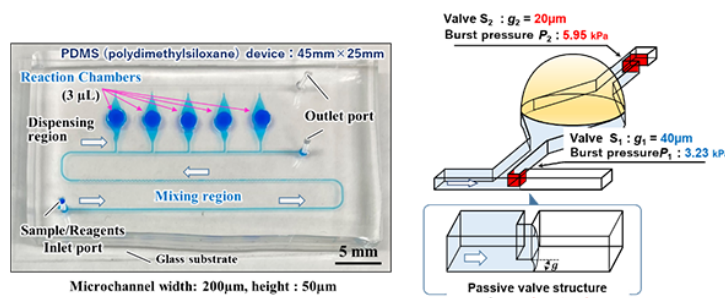
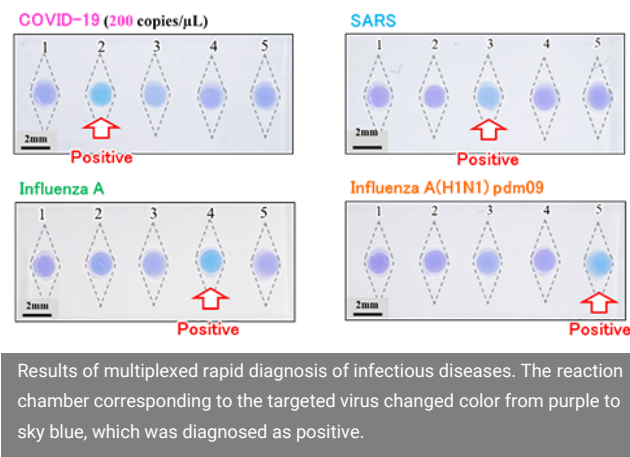


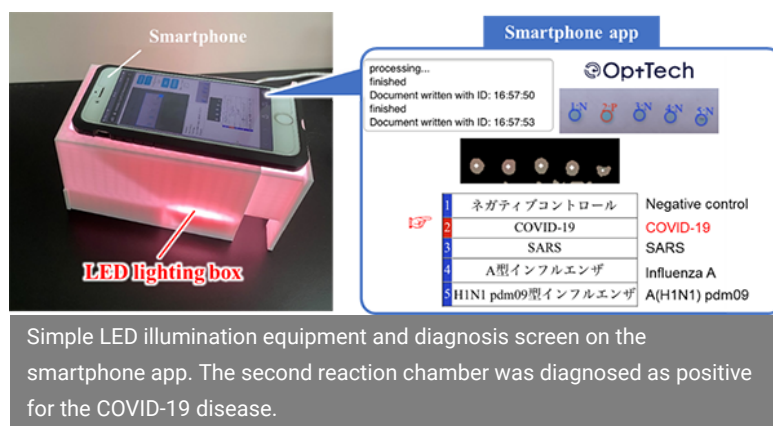
Photo of the multiplexed genetic diagnostic device and detailed design of the reaction microchamber

Therefore, the research team of Toyohashi University of Technology and the Jikei University School of Medicine developed a polydimethylsiloxane (PDMS)-based multiplexed genetic diagnostic device (size: 45mm x 25mm, reaction chamber: 3μL x 5 pieces) (refer to the photo in the figure) by applying microfluidic chip technology. It autonomously, equally, and accurately dispenses samples and reagent into an array of reaction chambers simply by introducing the liquid, a mixture of an extremely small amount of sample extracted from the analytes and a reagent, into the diagnostic device. By heating the device in warm water (at 60 to 65°C, for 30 minutes to an hour or so), it is capable of achieving simultaneous diagnoses of multiple types of viruses with only one operation (one work process per sample).



The genetic diagnosis result shown in the figure indicates that four types of infectious diseases including the COVID-19 (seasonal influenza A, SARS, and influenza H1N1 pdm09) have been successfully detected with this diagnosis device. Only the reaction chamber that reacted when a sample containing the gene of each virus was introduced turned sky blue (denoting a positive reaction) after 30 minutes, which means that visual detection is possible.

In addition, to support on-site diagnoses, the team has developed a smartphone app, which automatically diagnoses the reaction as positive or negative based on photographs taken with a smartphone camera, jointly with OptTech LLC. (Toyohashi, Aichi; founded by a graduate from the university). As shown in the figure, the diagnosis device is capable of producing an easy automatic test result diagnosis (positive or negative), by placing the device after LAMP reaction in a simple LED illumination device and taking photographs with a smartphone. As a result, it is expected that anyone will be able to easily perform the test, anywhere and at any time.



Note: The LAMP method is a loop-mediated isothermal amplification method developed by Eiken Chemical Co., Ltd. (<https://www.eiken.co.jp/>). Four to six types of primers are set for six to eight areas of a targeted gene to amplify the gene at a constant temperature (60 to 65°C) through strand displacement reaction.

In the future, aiming to commercialize the diagnosis device, the research team will develop devices capable of multiplexed rapid diagnosis of variants of the COVID-19 and human infectious diseases for a safe life during and after the COVID-19 pandemic. To provide technologies that contribute to food safety and security, it will aim to realize multiple simultaneous diagnoses of food allergic substances (seven specific raw materials: wheat, soba, peanut, egg, milk, shrimp, and crab) and food poisonous fungi (e.g. salmonella and O-157).

This research was partially supported by the Japan Agency for Medical Research and Development (AMED) under Grant Number JP20he0622021 (Development of μTAS-based device for rapid detection of SARS-CoV-2; representative: Professor Hirotaka Kanuka). We express our cordial gratitude for the support.

Reference

Daigo Natsuhara, Ryogo Saito, Hiroka Aonuma, Tatsuya Sakurai, Shunya Okamoto, Moeto nagai, Hirotaka Kanuka, and Takayuki Shibata, (2021) A method of sequential liquid dispensing for the multiplexed genetic diagnosis of viral infections in a microfluidic device. Lab on a Chip, 21(24), 4779-4790. [10.1039/d1lc00829c](https://doi.org/10.1039/d1lc00829c)

マイクロ流路チップで微小流体を自在に操り、新型コロナ・インフルエンザ同時迅速診断を実現

夏原 大悟

豊橋技術科学大学機械工学専攻 博士後期課程1年の夏原大悟、機械工学系 柴田隆行教授らと東京慈恵会医科大学 嘉糠洋陸教授らの研究チームは、マイクロ流体チップテクノロジーを応用し、新型コロナウイルスとインフルエンザウイルスを同時に診断できるマイクロ流路チップを開発しました。マイクロスケールの微小な流体を極めて単純な流路形状で制御する理論モデルを構築し、マイクロ流路チップの最適設計手法を確立しました。さらに、開発した診断デバイスを用いて、新型コロナウイルスを含む4種類の感染症ウイルスの遺伝子増幅実験を行い、30分以内での多項目同時迅速診断が可能であることを実証しました。本デバイスは、ヒト感染症に限らず、様々な分野（農業・畜産・水産業、食品産業、健康・医療など）での遺伝子診断に活用可能です。

新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の世界的な大流行（パンデミック）が引き起こしたように、ウイルス感染症がもたらす人々への恐怖や、経済活動へ与える影響は計り知れません。本研究では、安全・安心な暮らしを守るための支援技術として、迅速・簡便・低コストに誰でも、いつでも、どこでも手軽に感染症検査ができる診断技術を開発しました。

遺伝子検査技術の一つとして、LAMP（Loop-Mediated Isothermal Amplification）法^注があります。本手法は、一定の温度・所要時間（60～65℃、30分～1時間程度）で遺伝子増幅が行えることから、広く普及しているPCR検査のように高価な精密温度制御装置などが不要で、オンサイトでも実施ができる簡易な検定法です。しかし、従来のLAMP法では、複数項目のウイルス診断を行うためには、検査対象の数だけ検体・試薬の調整と遺伝子増幅反応を行う煩雑さがあり、その作業には専門的な知識やスキルが必要です。

そこで、豊橋技術科学大学と東京慈恵会医科大学の研究チームでは、マイクロ流体チップテクノロジーを応用し、シリコン樹脂（PDMS）製のマルチプレックス遺伝子診断デバイス（サイズ45mm×25mm、反応容器3μL×5個）を開発しました（図の外観写真参照）。検査対象から抽出した極微量の検体と試薬の混合液を診断デバイスに導入するだけで、自律的に複数の反応容器内に検体・試薬を均等かつ高精度に分注し、湯中にて加温（60～65℃、30分～1時間程度）することで、1回の操作（1検体1作業工程）で複数種類のウイルスの同時診断を可能としました。

図に示す遺伝子診断結果では、新型コロナウイルスを含む4種類の感染症ウイルス（A型インフルエンザ、SARS、H1N1 pdm09型インフルエンザ）を本診断デバイスで検出することに成功しています。各ウイルス遺伝子を含むサンプルを導入したときに対応する反応容器のみが30分で陽性を示す水色に変化しており、目視での診断が可能となっています。

さらに、オンサイトでの診断に対応するために、スマートフォンの撮影画像から陽性・陰性を自動で判定するためのスマホアプリをOptTech社（愛知県豊橋市：本学卒業生が起業）と共同開発しました。図のように、遺伝子増幅後の診断デバイスを簡易LED照明装置内に設置し、スマホで写真を撮影するだけで、陽性が陰性かの検査結果を自動診断できるようになりました。これによって、誰でも、いつでも、どこでも手軽に検査ができるようになることが期待できます。

注）LAMP法は、栄研化学株式会社（<https://www.eiken.co.jp/>）が開発した等温遺伝子増幅法です。標的となる遺伝子の6～8つの領域に対して4～6種類のプライマーを設定し、鎖置換反応を利用して一定温度（60～65℃）で遺伝子を増幅します。

今後は、本診断デバイスの実用化を目指して、ウィズコロナ・アフターコロナ時代の安心な暮らしのために、新型コロナウイルスの変異株やヒト感染症ウイルスの多項目迅速診断が行えるデバイスの開発を行います。さらに、食の安全・安心に資する技術の提供を目的として、食物アレルギー物質（特定原材料7品目：小麦、そば、落花生、卵、牛乳、えび、かに）や食中毒菌（サルモネラ菌、O-157など）の多項目同時診断を目指します。

本研究は、AMEDの課題番号JP20he0622021（検査ギャップ解消を指向した新型コロナウイルス検出用マイクロ流路チップの開発／代表：嘉糠洋陸 教授）の支援を受けて行った研究です。ここに深く謝意を表します。

Researcher Profile

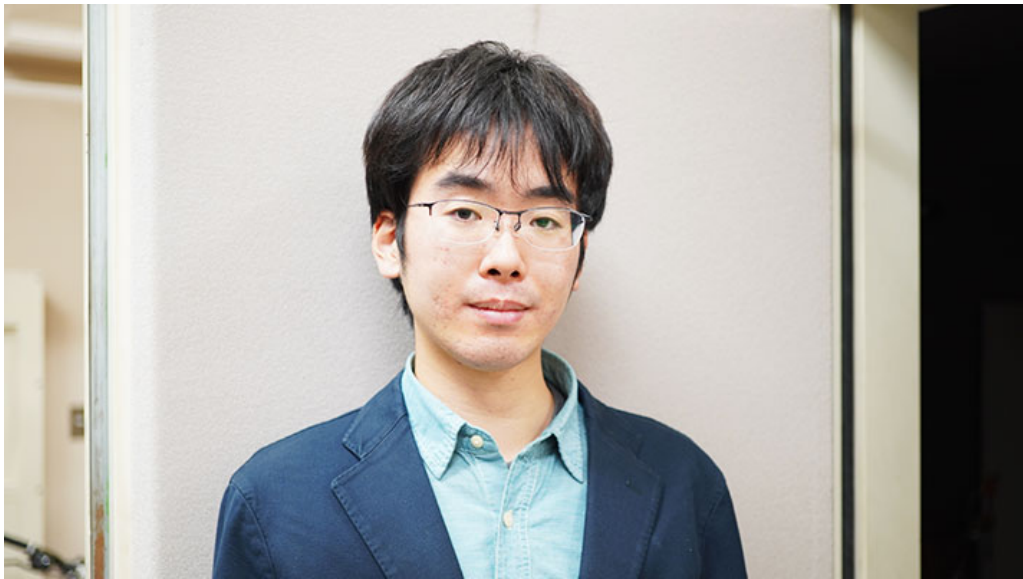


Name	Daigo Natsuhara
Affiliation	Department of Mechanical Engineering
Title	Doctor course student
Fields of Research	Microfluidics / μ TAS

Walking in a 360° video with foot vibrations for seated observers

Walking sensations and ground-material perceptions are enhanced by scene-congruent vibrations

Junya Nakamura



Walking is a basic human activity that improves human physical and mental health. However, physical disabilities and the COVID-19 pandemic have discouraged people from walking outside. To remove these limitations, a research team at Toyohashi University of Technology in collaboration with researchers at the University of Tokyo, has developed a virtual walking system for seated observers with 360° video and scene-congruent foot vibrations. The timing of foot vibrations was automatically calculated from the 360° video. They found that rhythmical scene-congruent vibrations improved the sensation of walking and the perception of ground materials. This system can convert various public and private 360° videos into realistic virtual walking experiences. This study was published in IEEE Access on 20th December, 2021.

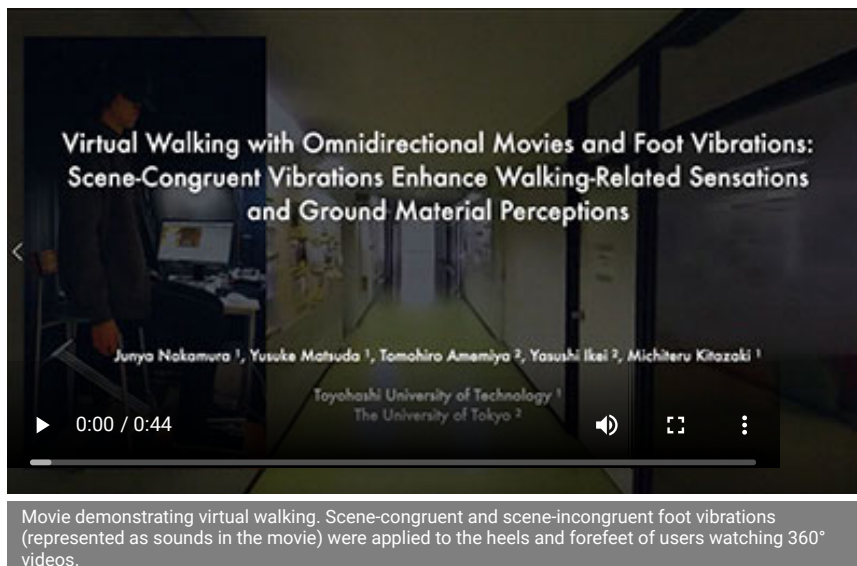
Virtual reality (VR) can provide people with walking disabilities or people during the COVID-19 pandemic with realistic walking experiences. However, most virtual walking systems use custom content that is made for a specific system.

Researchers at Toyohashi University of Technology and the University of Tokyo have proposed a virtual walking system that converts 360° videos into virtual walking experiences and provides scene-congruent vibrations on the feet at the appropriate time.

In the experiments, congruent vibration patterns were prepared for four ground scenes. The modulation of walking-related sensations and the perception of ground materials using congruent and incongruent vibrations was verified using psychological measurements. They found that rhythmic foot vibration improved the sensations of self-movement, walking, leg action, and telepresence irrespective of scene-vibration congruency. Moreover, congruent vibrations were better than incongruent vibrations for walking-related sensations and telepresence in indoor corridors and snowy ground scenes. The perception of ground materials was enhanced by scene-congruent vibrations, whereas it was confused by scene-incongruent vibrations.



Junya Nakamura, a graduate student and the first author of the article, said, "I came up with the idea of using existing 360° videos for our virtual walking system, which could provide a variety of travel experiences to people at home. So, I applied visual SLAM (simultaneous localization and mapping) to videos to estimate the motion trajectories of the viewpoint in the movies, and generated appropriately timed foot vibrations." Professor Michiteru Kitazaki explained, "Another important point of this study is that the congruency of foot vibrations with the ground in scenes improves the perception of ground materials and walking sensations. We can feel soft snowy ground or the hard floor of a corridor. However, we used only four common scenarios and four prepared vibrations in the experiment. We should develop a method for generating congruent vibration patterns from any movie in the future."



The developed system can convert various public and private 360° videos into realistic virtual walking experiences and provide virtual travel to various locations around the world. It could also contribute to the improvement of the mental health and well-being of people even people with walking disabilities and people who are unable to walk due to social limitations.

This research was supported in part by JST ERATO (JPMJER1701) to MK, JSPS KAKENHI JP18H04118 to YI, and JP20H04489 to MK.

Reference

Nakamura, J., Matsuda, Y., Amemiya, T., Ikei, Y., and Kitazaki, M. (2021). Virtual Walking with Omnidirectional Movies and Foot Vibrations: Scene-congruent Vibrations Enhance Walking-related Sensations and Ground Material Perceptions. IEEE Access. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3136557. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9656181>

360度動画の中を歩くためのバーチャル歩行システム

映像の中の地面と一致した足裏振動が歩行感覚と地面質感知覚を向上する

中村 純也

歩行は、人の心身の健康を増進させることが期待できます。しかし、身体的な障害やCOVID-19の影響などによって、外を歩くことが困難な場合があります。豊橋技術科学大学の研究チームは、東京大学の研究者と共同で、360度動画とシーンに合わせた足裏への振動を利用した、座っている人のためのバーチャル歩行システムを開発しました。足裏振動のタイミングは360度動画（全天周動画）から自動的に計算されます。実験の結果、リズムカルでシーンに調和した振動は、歩行感覚や地面の材質感を向上させることがわかりました。本システムを用いると、様々な360度動画をリアルなバーチャル歩行体験に変換することができます。本研究は、2021年12月20日にIEEE Access誌に掲載されました。

バーチャルリアリティを用いることで、歩行障害のある人やCOVID-19流行下においても、人にリアルな歩行体験を提供することができます。しかし、多くのバーチャル歩行システムでは、そのシステム専用のカスタマイズされたコンテンツしか体験できません。

豊橋技術科学大学と東京大学の研究者らは、360度動画をバーチャル歩行体験に変換し、適切なタイミングでシーンに調和した振動を足裏に与えるバーチャル歩行システムを提案しました。

実験では、4つの地面のシーンに対して調和した振動パターンを用意しました。調和した振動と調和していない振動によって、歩行感覚や地面の材質の知覚が変化するかどうかを心理学的測定法で検証しました。その結果、足裏へのリズムカルな振動は、シーンと振動の調和性・整合性に関わらず、自己運動、歩行、脚の動作、テレプレゼンス（遠隔臨場感）の感覚を改善することがわかりました。さらに、室内の廊下や雪の地面のシーンでは、調和した振動が不調和の振動よりも歩行関連の感覚やテレプレゼンスを向上させることがわかりました。また、地面の質感は、シーンと振動が調和していると強調され、逆にシーンと振動が調和していないと混乱して知覚されました。

筆頭著者で大学院生の中村純也氏は、「もし既存の360度動画をバーチャル歩行体験システムに利用することができれば、自宅で様々な旅行体験ができると思いつきました。そこで、自動走行などに利用されているvisual SLAM（Simultaneous Localization and Mapping）を動画に適用して、動画内の視点の動きの軌跡を推定し、適切なタイミングで足の振動を発生させる方法を開発しました。」と話してくれました。北崎充晃教授によると、この研究のもう一つの重要なポイントは、足裏振動がシーンの中で地面と一致することで、地面の質感知覚のみならず歩行感覚も向上することだそうです。これにより、雪のように柔らかい地面や廊下の硬い床などを歩いている感じがします。しかし、実験では一般的な4つのシナリオしか使用しておらず、振動も既存のパターンを利用しています。今後はあらゆる動画から調和した振動パターンを自動生成する方法を開発すべきであるとのことでした。

開発されたシステムを発展させると、様々な360度動画をリアルなバーチャル歩行に変換し、世界のいろいろな場所でのバーチャル旅行を提供することができます。また、身体的な制約や社会的な制約で外を歩けない人や状況でも、メンタルヘルスの増進に貢献することができます。

本研究の一部はJST ERATO JPMJER1701（稲見自在化身体プロジェクト）および科研費（JP18H04118、JP20H04489）の補助を受けて実施されました。

Researcher Profile



Name	Junya Nakamura
Affiliation	Department of Computer Science and Engineering
Title	Doctor course student
Fields of Research	Psychology/ tactile perception/ virtual reality/ virtual walking/ visual perception

Ultra-high-rate plasma coating to improve surface function

Reduces friction and extends product life

Toru Harigai



A Toyohashi University of Technology research team, led by lecturer Toru Harigai, have developed an ultra-high-rate coating technology for functional hard carbon films using vacuum plasma. Functional hard carbon films with low friction coefficients are used as protective films with sliding surfaces. This technology has achieved a film deposition rate of more than one order of magnitude faster than existing coating technologies, while maintaining the same degree of film quality. The technology—which can be introduced using a unique gas injection method and simple equipment configuration—can be expected to be applied in improving the functional performance of general-purpose products and other mass-produced products.

Diamond-like carbon (DLC) is a hard carbon film material with various functions such as high biocompatibility and oxygen impermeability. It is widely used in sliding parts of tools and automobiles, especially as a functional protective coating material that protects the surface of the base material while at the same time imparting sliding properties (slipperiness) to the base material due to its low friction coefficient. This hard carbon film can only be synthesized by vacuum plasma technology. Since the deposition rate for existing technologies is a few 100 nm/min, there are few advantages in terms of cost effectiveness to apply to mass-produced products, and they have mainly been applied to high added-value products. Additionally, since there is essentially a trade-off between the hardness of the film and the deposition rate, the development of technologies that improve deposition rate while maintaining the hardness (quality) of films is desirable from an applied engineering standpoint.

The research team proposed a unique gas injection method in which two kinds of gas were ejected in a jet shape and mixed in a vacuum, and achieved ultra-high-rate film formation for hard carbon films exceeding the deposition rate for existing techniques by more than one order of magnitude, with a plasma deposition device utilizing this gas injection method. By achieving ultra-high-rate film formation through this gas injection method, the team has removed the need to form a complex discharge electrode in or around the object being coated, so it can be expected to be used as a highly versatile process that can be applied to a diverse range of materials and shapes.



Coaxial gas injection plasma jet source. Coaxial gas injection plasma jet source with a circular nozzle for Ar plasma jet injection with a central C_2H_2 injection nozzle at its center (Left) side view, (right) front view.

In the initial stages of the research, problems such as carbon film adhesion in unintended places and clogging of the gas exhaust system due to large amounts of dust occurred due to the generation position and expansion of the plasma, and the desired results of hard film formation and improved deposition speed were not obtained. By making multiple improvements to the equipment based on the knowledge obtained through a process of trial and error, ultra-high-rate film formation exceeding a rate of 2μm/min was eventually achieved through plasma generation utilizing the team's unique gas injection method. This technology is based on the combination of gases and well-known existing techniques for the formation of plasma, which forms the basis for film formation. In combining these techniques, the team was able to create an environment that is very different locally from the existing methods. As a result, they could obtain new results that surpassed the need for the trade-off between film hardness and deposition speed which had previously been considered unavoidable.

The research team plans to expand the size of the high-speed deposition area to improve the practical applications of equipment utilizing this technology. They believe that coating of cylindrical inner walls and complex structures will eventually become possible through further research and development. In the future, they hope to achieve the widespread adoption of this new coating technology. In doing so, they hope to contribute to the creation of a society capable of sustainable development, by improving energy consumption through the application of the superior sliding properties of hard carbon films.

This research was conducted with the support of the Osawa Scientific Studies Grants Foundation.

Reference

Toru Harigai, Hikaru Ohhira, Ryoya Tominaga, Takahiro Bando, Hirofumi Takikawa, Shinsuke Kunitsugu, and Hidenobu Gonda. "Ultra-high-rate deposition of diamond-like carbon films using Ar/C₂H₂ plasma jet CVD in combination with substrate-stage discharge", Japanese Journal of Applied Physics (2022). [10.35848/1347-4065/ac54f8](https://doi.org/10.35848/1347-4065/ac54f8)

新たな機能を付与するプラズマ超高速コーティング

摩擦を減らし、製品寿命を延ばす

針谷 達

豊橋技術科学大学の針谷達講師らの研究チームは、真空プラズマを用いた機能性硬質炭素膜の超高速コーティング技術を開発しました。低摩擦係数を有する機能性硬質炭素膜は、摺動性表面保護膜として利用されており、本技術は、従来コーティング技術に対し、同程度の膜質を維持したまま、一桁以上速い成膜速度を達成しました。独自のガス導入法と簡易な装置構成により導入可能な本技術は、汎用品など大量生産品の機能性向上に適用可能な技術として期待できます。

高い生体適合性や酸素不透過性など多様な機能を有するダイヤモンドライクカーボン（Diamond-like carbon:DLC）とよばれる硬質炭素膜は、特に低摩擦係数材料として母材へ摺動性（滑りやすさ）を付与しつつ、母材表面を守る機能性保護コーティング材料として、工具や自動車の摺動部品などに広く用いられています。この硬質炭素膜は、真空プラズマ技術によってのみ合成が可能です。従来技術の成膜速度は、数100nm/min程度であるため、大量生産品へ適用するには費用対効果の面でメリットが少なく、主に高付加価値製品に適用されてきました。また、膜の硬さと成膜速度は、基本的にトレードオフの関係にあるため、応用的観点から、膜の硬さ（膜質）を維持しつつ、成膜速度を向上させる技術の開発が望まれています。

そこで、本研究チームは、2種類のガスをジェット状に噴出し、真空中で混合する独自のガス導入法を提案し、このガス導入法を用いたプラズマ成膜装置を用いて、従来の成膜速度を一桁以上上回る炭素硬質膜の超高速成膜を実現しました。ガスの導入法により超高速成膜を実現したことで、被成膜物自体またはその周囲に、複雑な放電電極を形成する必要がないことから、多様な材質や形状などに適用可能な汎用性の高いプロセスとして期待できます。

研究当初は、プラズマの生成位置や拡がり原因となり、意図しない場所への炭素膜付着や大量のダスト発生によるガス排気系の目詰まりなどの問題が生じ、なかなか硬質かつ成膜速度の向上という結果を得られませんでした。トライアンドエラーの繰り返しで得られた知見に基づいて複数回の装置改良を経ることで、独自のガス導入法を用いたプラズマ生成法により、2μm/minを超える超高速成膜を実現しました。本技術は、ガスの組み合わせや、基本となるプラズマの生成技術は、従来のよく知られた手法です。それらの構成の中で、局所的に従来法とは大きく異なる環境を作り出すことで、これまでの常識であった膜の硬さと成膜速度のトレードオフの関係を崩す、新たな結果を得ることができました。

研究チームは、本技術を適用した装置の実用化に向けて、高速成膜エリアの拡大に取り組んでいく予定です。今後の研究開発によって、円筒内壁や複雑構造物へのコーティングも可能であると考えています。将来的には、新たなコーティング技術として広く普及させ、硬質炭素膜の持つ優れた摺動性によるエネルギー消費の改善などによって、持続的発展の可能な社会の実現にも役立てていきたいと考えています。

Researcher Profile



Name	Toru Harigai
Affiliation	Department of Electrical and Electronic Information Engineering
Title	Lecturer
Fields of Research	Plasma Processing / Carbon Nanomaterials / Renewable energy

Pick Up

▶ [Toyohashi University of Technology and Nagoya City University Sign an Agreement on Comprehensive Collaboration](#)

Toyohashi University of Technology and Nagoya City University Sign an Agreement on Comprehensive Collaboration

On November 29, 2021, a signing ceremony was held at Nagoya City University (Sakurayama Campus) to commence comprehensive collaboration between Toyohashi University of Technology (TUT) and Nagoya City University (NCU). President Kazuhiko Terashima, President Kenjiro Kori, and other staff from both universities attended the ceremony and signed the agreement.

After the signing ceremony, a symposium commemorating the conclusion of the comprehensive collaboration agreement, "New Challenges for Pharmaceutical and Industrial Collaboration," was held at the university, with about 70 public and university staff attending.

At this symposium, Professor Shigeki Nakauchi of the Department of Computer Science and Engineering gave a lecture entitled "Human Understanding in the Age of Artificial Intelligence," and Associate Professor Rika Numano of the Department of Applied chemistry and Life Science gave a lecture entitled "Safe iPS Cells Made with Numbing Electricity."

Following the lecture, a panel discussion entitled "How Collaboration between TUT and NCU can Change the Future of the Pharmaceutical and Engineering Fields". Speaking on behalf of TUT at this lively gathering were Professor Kazutaka Shibatomi of the Electronics-Inspired Interdisciplinary Research Institute (EIIRIS), Associate Professor Takeshi Kawano of the Department of Electrical and Electronic Information Engineering, and Associate Professor Moeto Nagai of the Department of Mechanical Engineering.

By the terms of this agreement, TUT and NCU will promote collaboration focusing on each university's areas of specialization; robotics, sensing, IoT, and AI for TUT and medicine and pharmaceuticals for NCU. Both universities will welcome visiting faculty members to promote joint research that fuses different fields. In addition, they will also collaborate in education, including the mutual dispatch of faculty members to lecture courses at graduate schools. The project also includes making use of TUT's robot technology in medical facilities such as the Nagoya City University Hospital. It is expected that through this initiative, outstanding research results and education will be produced.

(Job titles correct at point of publication)



From left, President Kori (NCU) and President Terashima (TUT).



Professor Nakauchi gave a talk at the symposium

豊橋技術科学大学と名古屋市立大学との間で包括連携に関する協定書を締結

11月29日に名古屋市立大学(桜山キャンパス)において、豊橋技術科学大学と名古屋市立大学との包括連携に関する協定締結式が開催され、寺嶋一彦学長、郡 健二郎学長をはじめ両大学の関係者が出席し、協定書に署名が行われました。

協定締結式終了後には、同大学で包括連携協定締結記念シンポジウム「医薬・工連携の新たな挑戦」が開催され、約70名の一般市民、大学関係者等の参加がありました。本シンポジウムでは、本学からは「人工知能時代における人間理解」と題し、情報・知能工学系の中内茂樹教授が講演、「しびれる電気で作る安全なiPS細胞」と題し、応用化学・生命工学系の沼野利佳准教授が講演を行いました。

講演に続いて、「豊橋技科大・名市大の連携が変える医薬工分野の未来」と題してパネルディスカッションが行われ、本学からはエレクトロニクス先端融合研究所の柴富一孝教授、電気・電子情報工学系の河野剛士准教授、機械工学系の永井萌土准教授が参加し、活発な議論を行いました。

本協定に基づき、本学が有するロボット、センシング、IoT、AI等の工学系分野と名古屋市立大学における医学・薬学等のさまざまな学問分野の連携を進めるため、相互に客員教員を迎え、異分野融合の共同研究の推進、大学院の講義科目への相互教員派遣をはじめとする教育面の連携、名古屋市立大学附属病院等の医療現場における本学のロボット技術活用等を実施していくこととしています。本取り組みを通じ、卓越した研究成果の創出や教育の実施等が期待されます。

(職位は当時のもの)