

No.32 Feb. 2023

FEATURE STORY

Communication via computers, and their application to architectural design

The use of computers in architectural design and urban development, starting with 3D-Computer-aided Design (CAD) and...

[Read More...](#)



Research Highlights



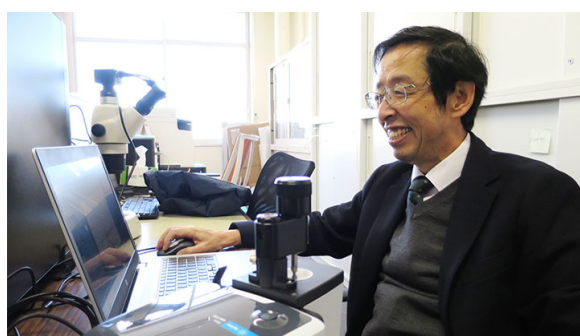
Virtual co-embodiment of a joint body with left and right limbs controlled by two people

Knowing the intention behind limb movements of a partner increases senses of ownership and agency towards that limb during virtual co-embodiment



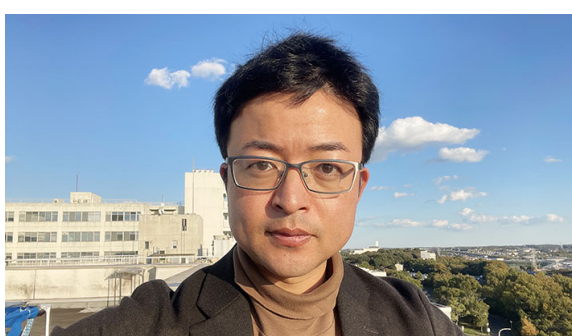
AI-powered autonomous driving vehicle

Artificial Intelligence (AI) model that handles multiple perception and control tasks simultaneously in driving a vehicle safely in diverse environments



Jakarta's River Plastic Content Revealed!

Fact-finding Survey through Joint Research



Discovery of a cyanobacterium regulating photosynthetic antennas with dual photosensors

A sophisticated mechanism for efficient photosynthesis

Pick Up

Agreement on Comprehensive Collaboration Signed with Toyohashi Rail Road Co., Ltd.



Communication via computers, and their application to architectural design

Akihiro Mizutani



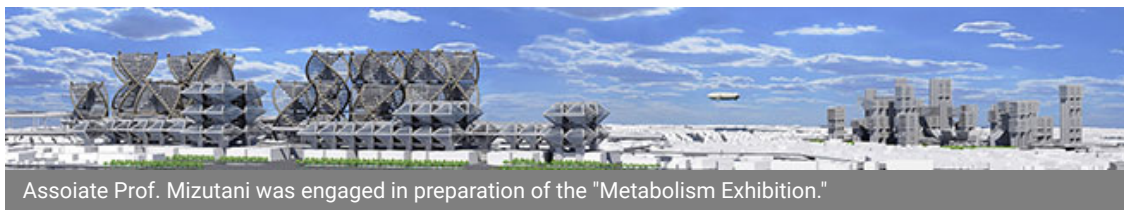
Associate Prof. Akihiro Mizutani (left) and his students

The use of computers in architectural design and urban development, starting with 3D-Computer-aided Design (CAD) and Building Information Modeling (BIM), is already common, and dates back to the Sixties, right at the dawn of the computer era. Associate Prof. Mizutani has been looking into the potential of computers as thinking tools by delving into the history of computer use in architectural design, and reassessing its significance. In addition to theoretical research, he is also working on implementation design, pursuing the optimal ways to combine our strengths with those of computers, or existing systems and computers, while working on implementation design.

Interview and report by Madoka Tainaka

Current Significance of Computer Application at the Tange Laboratory

Kenzo Tange is renowned as the architect who designed the Yoyogi National Stadium and Hiroshima Peace Memorial Park. Although considered a great master who laid the foundations for modern Japanese architecture and nurtured many protégées, including Arata Isozaki and Kisho Kurokawa, it is not widely appreciated that the Kenzo Tange Laboratory at the University of Tokyo was an early adopter of computers from around 1960. Associate Prof. Mizutani studied under Hajime Yatsuka, an architectural student of Kenzo Tange, while a graduate student at the Shibaura Institute of Technology. He was engaged in preparations for the "Metabolism Exhibition"* planned by Mr. Yatsuka (hosted by Mori Art Museum from September 2011 to January 2012), and researched the history behind the Tange Laboratory's use of computers, which sparked an abiding interest in the subject.



Associate Prof. Mizutani was engaged in preparation of the "Metabolism Exhibition."

Associate Prof. Mizutani explained, "In those days, there was already a trend towards applying computers to architectural construction and planning, but in terms of urban planning, the Kenzo Tange Laboratory at the University of Tokyo led the way. Professors Manabu Yamada and Yoshio Tsukio were primarily responsible for this, and their "Survey into the flow of employees and visitors through the Tokyo Metropolitan Government Building" in 1963 was reputedly a first. This gave rise to the development of a computer language specifically for urban design, known as URTRAN, and the means to simulate crowd flows for the 1970 Osaka Expo, etc."

An interesting side-note is that the Tange Laboratory's interest in computers was triggered by a thesis entitled "The Use of Diagrams in Highway Route Location" by C. Alexander and M.L. Manheim. The paper patterned each of the 26 determinants of highway construction (cost of land work, comfort and safety, development potential of the area...), and by painting the best areas black, the area with the darkest colour when these patterns were superimposed was shown as the best route.

"This method is interesting because by prioritizing the determining factors and adjusting the overlapping layers, we can freely select or discard different factors. Although Alexander et al. did not use computers, the Tange Laboratory had the foresight to consider that computers could be applied here to simulate macro urban design."

These efforts of the Tange Laboratory were held up by various factors. To begin with, student protests that rocked academia in the late Sixties, rendering the campus's mainframe computer unusable for two years. There were also some teething troubles for the early computers. Finally – triggered by Expo '70 – Arata Isozaki started considering architecture separately from cities related to governmental power (the so-called, "Withdrawal from the City" declaration), leading architects who sympathized with him to lose interest in cities.

"Having said that, this initiative by the Tange Laboratory was groundbreaking in terms of using computers, not only for efficiency, but also to clarify the designers' thought and design processes, and bolster the logic of the actual plans. This still holds true today, thanks to the massive development of modern computers, and has become a primary motivation for me to theorize about the role of computers in architectural design."

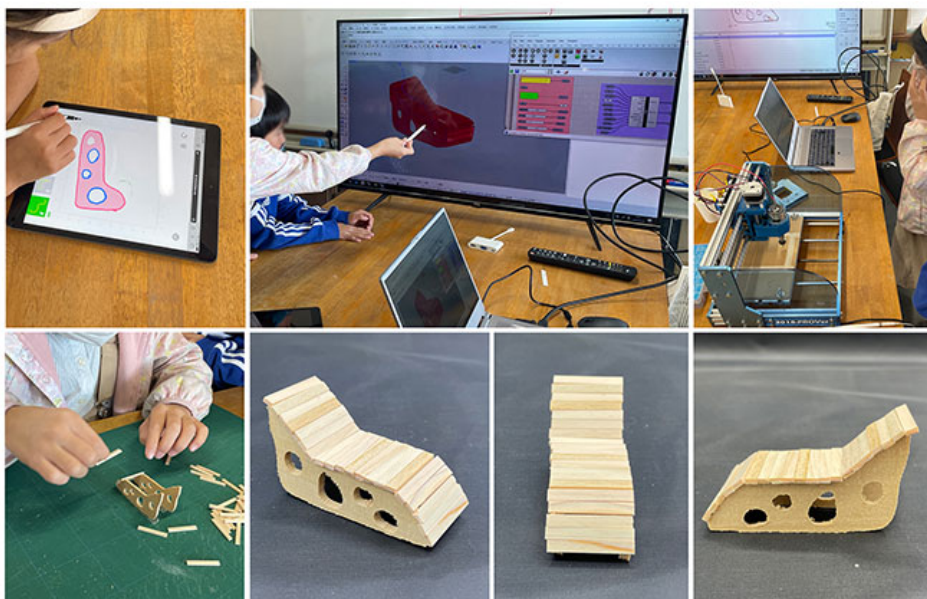
***Metabolism Exhibition**

This exhibition reviewed an architectural movement that sprang up around 1960 led by young architects, such as Kisho Kurokawa, Kiyonori Kikutake, and Fumihiko Maki. As per its name – Metabolism – it reflects changes in society and demographics, and proposed an image of cities and architecture that grow organically.

I Exploring the Potential of Digital Technology

While developing design tools, Associate Prof. Mizutani promotes research into how computers actually affect design in tandem with theorizing about computational design in architecture. One such initiative is a workshop on the digital fabrication of chairs (using software to support manufacturing).

He said, "In this workshop, we developed a support tool that presents a 3D image of a chair on the display simply by inputting three lines and specifying each component's dimensions, etc. We also developed a tool that enables input on a tablet just like drawing a picture with a pen and paper. These have enabled anyone – even elementary school students – to design original chairs of their own simply by applying designs for the sides of the chair, with the flexibility to adjust the pitch of the seat panel."



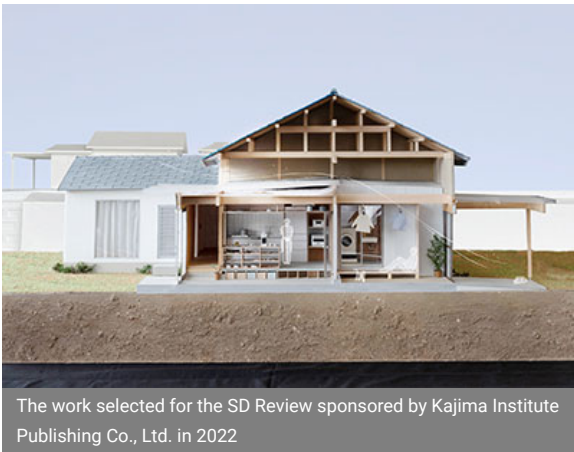
Elementary school children trying to make their original chairs using our developed tool.

In addition, Associate Prof. Mizutani proactively uses visual programming and other design tools to conduct structural analyses, such as gravity-induced deflection, while studying the model on the screen. Head-mounted VR displays also help them to draft design proposals and form a consensus.

He added, "When drawing a design on paper, you need to redraw the whole thing whenever you want to make a small change to the shape, don't you? However, digital technology enables you to simply amend the draft design by changing some parameters, or visualise and communicate our images to each other during collaborative work. In other words, the time needed for drawing and communication can be significantly reduced. As a result, we can concentrate purely on the creative elements, such as design. I believe that such "appropriate" use of computers like this leads to better design."

| Creating Better Architecture is the Goal

On the other hand, Associate Prof. Mizutani does not consider computers as indispensable to modern architectural design. He reiterated, "Models are still relevant in architectural design, and I also sometimes design without resorting to a computer. Our objective is simply to create good architecture, and computers are purely a means to that end. Actually, regarding the work selected for the SD Review sponsored by Kajima Institute Publishing Co., Ltd. in 2022, although we used computers for some environmental simulations, etc., most of the basic design derived from hand-built models. While it depends on the architectural scale, I often come up with better ideas by starting out with a hand-drawn sketch. For that reason, I think it is important to use computers appropriately by playing to their strengths."



The work selected for the SD Review sponsored by Kajima Institute Publishing Co., Ltd. in 2022

On the other hand, he also feels that we have some way to go before we can claim to be fully utilizing the strengths afforded by computers and applying our knowledge of informatics to modern architectural design. Prof. Mizutani concluded by saying, "Whether or not we use a computer will affect how a design is expressed. However, it is too soon to say that digital technology is capable of creating unique advanced architecture. Why is this? Is it due to limitations of the tools, or just how they are used? I personally believe that computers will be used to create even better architectural designs in the future, so I want to continue exploring how best to use computers to produce better architecture."

| Reporter's Note

Associate Prof. Mizutani first became interested in architecture while at junior high school – in part because his father was engaged in an architectural job. A visit to the Kisho Kurokawa Retrospective when he was at senior high school set the course for his future.

Associate Prof. Mizutani said, "I was incredibly impressed at the time by the model of the Project for a Helix City for Tokyo (1961) inspired by the double-helix structure of DNA. Later, in what seemed like fate to me, I re-encountered this model at the Metabolism Exhibition." After graduating from university, he joined Kengo Kuma & Associates as he had decided to work as an architect, but unable to give up his passion for research, he returned to university to pursue his doctorate. Subsequently, he opted for an interdisciplinary approach as a "professor architect" which allowed him to engage in both research and practical work. I am confident that he will continue to pioneer new architectural approaches in this digital era through both theoretical research and practice.

コンピュータと対話し、建築デザインに役立てる

現在でこそ、3D-CAD(Computer aided Design)やBIM (Building Information Modeling)をはじめ、建築設計や都市開発においてコンピュータは当たり前活用されているが、その歴史はコンピュータの黎明期の1960年代まで遡る。水谷晃啓准教授は、建築設計におけるコンピュータ利用の歴史を繙き、その意味を読み直すことで、思考の道具としてのコンピュータの可能性を探っている。さらに、理論研究だけでなく、実施設計にも取り組みながら、人とコンピュータ、もしくは既存のシステムとコンピュータの最適な組み合わせを追究している。

Ⅰ 丹下研究室のコンピュータ利用の今日的意義

国立代々木競技場第一体育館や広島平和記念公園などの建築で知られる丹下健三氏。日本の近代建築の礎を築き、磯崎新氏や黒川紀章氏をはじめ多くの後進を育てた大家だが、実は東京大学の丹下健三研究室で1960年頃の黎明期から、いち早くコンピュータを取り入れていたことはあまり知られていない。水谷准教授は、芝浦工業大学大学院に在籍中、丹下健三の系譜を引く建築家の八束はじめ氏に師事。八束氏が企画した「メタポリズム展※」（2011年9月～1月、森美術館にて開催）の準備に携わり、丹下研のコンピュータ利用の歴史を調べて、大きな興味を抱いたという。

「当時すでに、建築構造や建築計画についてコンピュータを取り入れる動きはありましたが、都市計画では東京大学の丹下健三研究室がリードしていました。これを担ったのが、山田学先生と月尾嘉男先生で、1963年に『東京都庁舎の庁内の職員、来客に関する流動調査』を行なったのが最初とされています。この取り組みは、URTRANというアーバン・デザイン専用のコンピュータ言語の開発や、1970年の大阪万博における群衆流のシミュレーションなどへと発展していきました」と水谷准教授は説明する。

興味深いのは、丹下研がコンピュータ利用に着目したきっかけが、C.アレクザンダーとM.L.マンハイムの"The Use of Diagrams in Highway Route Location"という論文に端を発することだ。この論文は、高速道路建設における26個の決定要因（土地作業のコスト、快適さと安全性、当該地域の発展性…など）をそれぞれパターン化し、最適な領域を黒く塗りつぶすことで、それらのパターンを重ね合わせた際に最も色が濃くなるエリアを最適なルートとして示す、というものだった。

「この手法が面白いのは、決定要因に優先順位をつけたり、重ね合わせる階層を変えたりすることで、人間が要素の取捨選択を自在にできる点にあります。実はアレクザンダーらはコンピュータを使っていないのですが、この方法にコンピュータを使い、マクロなアーバン・デザインのシミュレーションに応用できると考えたところに丹下研の慧眼がありました」

なお、こうした丹下研の試みは、1960年代末の大学紛争で学内のメインフレームが2年間ほど使えなくなったことや、1970年の万博を機に、磯崎新氏が国家権力と結びついた都市から建築を切り離して考えるようになり（いわゆる「都市からの撤退」宣言）、これに共鳴した建築家らが都市への関心を失ったこと、さらにはコンピュータの発展途上におけるさまざまな障壁で下火になっていった。

「とはいえ、この丹下研の取り組みは、コンピュータを単なる効率化のためではなく、デザイナーの思考やデザインのプロセスを明確化し、計画自体の論理性を高めるために用いた点で画期的でした。そしてそれは、コンピュータが飛躍的に発達した今日でも有効であり、私自身、建築デザインにおけるコンピュータの役割を理論化するうえでの大きなモチベーションになっているのです」

※メタポリズム展

1960年頃に、黒川紀章や菊竹清訓、横文彦ら若手建築家らが開始した建築運動を総括した展覧会。新陳代謝（メタポリズム）の名の通り、社会の変化や人口動態を反映し、有機的に成長する都市や建築の姿を提案した。

Ⅱ デジタルテクノロジーの可能性を探る

水谷准教授は建築におけるコンピューテーショナル・デザインの理論化と並行して、コンピュータが実際にデザインにどのような影響をもたらすのか、デザインツールを開発しながら研究を進めている。その一つの取り組みが、デジタルファブリケーション（ものづくり支援ソフト）を使った椅子づくりのワークショップだ。

「このワークショップでは、3本の線の入力と部材の寸法などを設定するだけで、ディスプレイ上に三次元の椅子のイメージ図を提示してくれる支援ツールを開発しました。また、紙とペンで絵を描くような感覚でタブレットに入力可能なツールも開発。これらを使うことで、椅子の側面にデザインを施したり、座板のピッチを自在に変えたりしながら、小学生でもオリジナルの椅子をデザインすることができるようになりました」

そのほか水谷准教授は、ビジュアル・プログラミングを用いて、画面上の模型を見ながら、重力による撓みなどの構造解析を行うデザインツールなども積極的に活用。さらには、ヘッドマウントディスプレイ型のVRデバイスを用いて、設計提案や合意形成に役立ててもいる。

「デザインを紙の図面に描き起こす場合、形状を少し変えるたびにいちいち描き直さなければなりませんよね。一方、こうしたデジタルテクノロジーを使えば、パラメータを変えるだけで簡単に設計図を描き変えたり、共同作業の際にお互いのイメージをビジュアル化して伝え合ったりすることができるようになります。要するに、作図やコミュニケーションの時間を大幅に短縮できるわけですね。そのことにより、人間はデザインなどのクリエイティブな作業だけに集中できる。このように、コンピュータを『正しく使う』ことで、より良いデザインを生み出すことにつながっていくと考えています」

目的はより良い建築を生み出すことにある

一方で、水谷准教授は、現代の建築デザインにコンピュータが不可欠だと思っているわけではない。

「いまだに建築デザインには模型が多用されていますし、私自身もコンピュータを使わずにデザインすることがあります。目的はあくまでも良い建築をつくることであって、コンピュータは手段にすぎません。実際に、2022年の鹿島出版会主催『SDレビュー』に選出された作品は、一部、環境シミュレーションなどにコンピュータを使いましたが、基本的なデザインについては模型主導で設計を実施しました。建築の規模にもよりますが、最初は手書きのほうがいいアイデアが浮かぶと感ずることもあります。だからこそ、コンピュータに何ができて、何ができないのかを見極めながら、うまく使っていくことが肝要だと思っているのです」

一方、現状の建築デザインにおいて、コンピュータの利点や情報学の知見が十分に活かされていないとも感じている。

「同じデザインという行為であっても、コンピュータを使う場合と使わない場合では、表出されるものはちがってくるはずですが。しかし現状はまだ、デジタルならではの先進的な建築が生み出されているとは言いがたい。それはなぜなのか。ツールの制約なのか、使い方の問題なのか。僕自身は将来的には、コンピュータを使うことでより優れた建築デザインが生み出せると信じているので、これからもより良い建築を生み出すためのコンピュータの利用の仕方を追究していけたらと思っています」と水谷准教授は締め括った。

(取材・文＝田井中 麻都佳)

取材後記

建築関係の仕事をしていたお父様の影響で、中学生の頃から建築に興味を持っていたという水谷准教授。高校生のときに訪れた、黒川紀章氏の回顧展が人生を決定づけることになった。

「このときに強烈な印象を受けたのが、DNAの二重螺旋構造を用いた東京計画1961-Helix計画の模型でした。その後、この模型とメタボリズム展で再会したのは不思議な縁を感じます」と水谷准教授。大学卒業後は建築家一本でやっていくつもりで隈研吾設計事務所に入所したが、研究への思いも捨てきれず博士課程へと進み、再び大学に戻ることに。その後は、「プロフェッサー・アーキテクト」、つまり研究と実務を横断するスタイルを貫いている。ぜひこれからも、理論研究と実践の両輪で、デジタル時代の新しい建築の姿を切り拓いてほしい。期待しています。

Researcher Profile



Akihiro Mizutani

Akihiro Mizutani received PhD degree in 2013 from Shibaura Institute of Technology, Tokyo, Japan. He started his career at Kengo kuma and Associates. Since he started his career at Toyohashi University of Technology as an assistant professor in 2014, has been engaged in architectural design, architectural planning, and urban design. He is currently an associate professor at Department of Architecture and Civil Engineering of 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.

Virtual co-embodiment of a joint body with left and right limbs controlled by two people

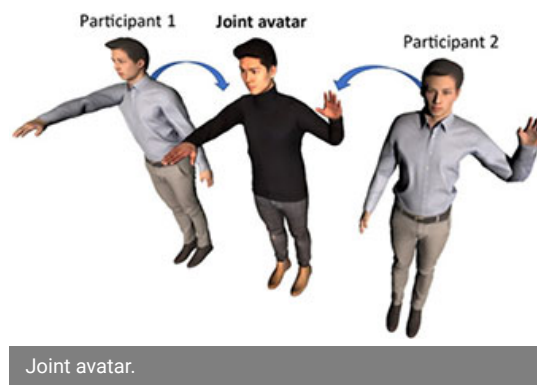
Knowing the intention behind limb movements of a partner increases senses of ownership and agency towards that limb during virtual co-embodiment

Harin Hapuarachchi

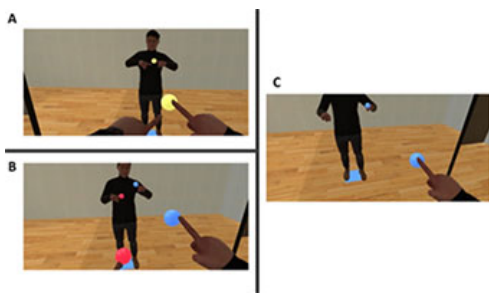


What factors influence the embodiment felt towards parts of our bodies controlled by others? Using a new "joint avatar" whose left and right limbs are controlled by two people simultaneously, researchers have revealed that the visual information necessary to predict the partner's intentions behind limb movements can significantly enhance the sense of embodiment towards partner-controlled limbs during virtual co-embodiment. This finding may contribute to enhancing the sense of embodiment towards autonomous prosthetic limbs.

Virtual reality can enable us to be co-embodied with others in a single avatar to collaboratively perform various tasks. A previously published study about a "shared avatar" that was moved by the average movements of two individuals has shown that the movements of the shared avatar were smoother and straighter than the movements of the individuals (Hagiwara *et al.*, iScience 2020). Thus, such avatars are more suitable for precision tasks. However, when it comes to users with disabilities in certain limbs, getting them partners to fully control the corresponding limbs of their virtual avatars can be an option.



Here, Ph.D. candidate Harin Hapuarachchi and Professor Michiteru Kitazaki from Toyohashi University of Technology developed a "Joint Avatar" whose left and right limbs are fully controlled by two different persons, and investigated the factors affecting embodiment towards limbs controlled by a partner.



Three goal conditions.

- A. A common target.
- B. Different visible targets.
- C. Different invisible target.

Researchers measured the senses of agency and ownership towards the two arms of the joint avatar and changes in skin conductance levels in response to visual stimuli threatening the two virtual arms. Participants in the experiment were paired and asked to collaboratively reach one or two target objects appearing at random positions with the two arms of the joint avatar. The sense of agency, ownership, and skin conductance of participants was significantly higher towards the virtual arm under their control compared to the virtual arm controlled by their partner. Furthermore, the senses of agency and ownership towards the arm controlled by the partner were significantly higher when the participants shared a common intention to reach a single target with both hands or when they were allowed to see their partner's target while reaching different targets with the two virtual hands, compared to when the partner's target was invisible (while having two different targets).

These results show that while embodiment towards partner-controlled limbs is lower compared to limbs under one's own control, visual information necessary to predict the partner's intentions can positively affect embodiment towards partner-controlled limbs during virtual co-embodiment.

The lead author, Harin Hapuarachchi, said, "The Joint avatar concept can provide a research platform for virtually studying how different factors – such as various haptic, visual, and auditory feedbacks – affect embodiment towards autonomous prosthetic limbs in the future. Amputees wearing smart prosthetics may feel some discomfort when those prosthetic limbs move autonomously without their intention. However, our findings suggest that if the target of the prosthetic limb or the intention behind movements is conveyed to the user through visual cues, they may feel less discomfort related to lack of embodiment."

Furthermore, Professor Michiteru Kitazaki added, "The senses of ownership and agency towards the non-controlled arm were still weak and the physiological responses were not significantly different among the target conditions. Thus, our findings are limited, and the research is ongoing."

The concept of this joint avatar can be applied to combining the strengths of two or more people to increase overall efficiency in multi-tasking, and may also contribute to designing autonomous prosthetic limbs with a higher sense of embodiment in the future.

This study was published in *Scientific Reports* on July 26, 2022.

This research was supported by JST ERATO Grant Number JPMJER1701 (Inami JIZAI Body Project), and JSPS KAKENHI Grant Number JP20H04489.

Reference

Hapuarachchi H., and Kitazaki, M. (2022). Knowing the intention behind limb movements of a partner increases embodiment towards the limb of joint avatar, *Scientific Reports*, <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15932-x>

Hagiwara, T., Ganesh, G., Sugimoto, M., Inami, M., and Kitazaki, M. (2020). Individuals prioritize the reach straightness and hand jerk of a shared avatar over their own. *iScience*, <https://doi.org/10.1016/j.isci.2020.101732>

左右の腕を2人が独立に操作するバーチャルアバターの身体性

他者が操作する腕の動きの意図を知ることがその腕の自己身体感を高める

ハリン ハブアーラッチ

バーチャルリアリティを用いて、2人のユーザーが1つのアバターの左右の半身を操作する結合身体アバターを開発しました。しかし、他者が操作する身体部位をどのようにしたら自己身体と感じられるのでしょうか？実験により、他者が操作する腕に対する身体性は、自分が制御する腕に比べて低いものの、他者の意図を予測する視覚情報があれば、他者が操作する腕に対する自己身体感を促進できることを明らかにしました。将来的には、自律駆動する義肢に感じる違和感を減らす設計にも貢献することが期待できます。

人は1つの身体を持ちます。しかし、バーチャルリアリティでは、2人の異なる人が1つのアバターを身体化することができます。これは、離れた場所にいる人が共同作業を行う新しい方法を提供します。これまで、2人の動きを平均化することで動きを制御する共有身体アバターが開発されています（Hagiwara et al, iScience 2020）。共有身体アバターの動きは、個々人の動きよりも直線的で滑らかであるため、精密な作業に向いています。しかし、アバターの体の一部を別の人が操作する方法については、これまで研究されていません。

そこで、豊橋技術科学大学の博士課程学生Harin Hapuarachchiと北崎充晃教授は、左右の半身を別々の人が操作する結合身体アバターを開発し、パートナーである他者が操作する腕の身体性に影響を与える要因を研究しました。

研究グループは、結合身体アバターの別々の人が操作する2本の腕に対する行為主体性と身体所有感を測定し、アバターの腕にナイフが刺さるときの皮膚コンダクタンス反応を測定しました。実験参加者はペアになり、ランダムな位置に出現する目標物体に手で到達するよう求められました。その結果、行為主体性、身体所有感、皮膚コンダクタンス反応は、他者が操作する腕と比較して自分が操作する腕に対して有意に高くなりました。さらに、二人が別々に操作する両手で1つの目標物に到達するという共通の意図がある場合や他者の目標物を見ることができるときの場合は、他者の目標物が見えない場合に比べ、他者が操作する腕に対する行為主体性や身体所有感は有意に高くなりました。

これらの結果は、他者に制御された腕に対する自己身体性は自分が制御する腕に比べて低いものの、他者の意図を予測することを可能とする視覚情報が他者に制御された腕に対する自己身体感を改善することを示しています。

筆頭著者のHarin Hapuarachchiは、「結合身体アバターは、2人以上の能力を組み合わせることで、マルチタスクの効率化や障害者支援に活用できる可能性があります。さらに、将来的には自律駆動型義肢の研究プラットフォームにもなりえます。たとえば、義肢がユーザーの意思に関係なく自動的に動くとは違和感を覚えます。しかし、今回の研究結果は、義肢の目標や意図がユーザーに共有・視認されれば、ユーザーはより違和感を感じなくなることを示唆しています」と述べています。

北崎充晃教授は、自分が制御していない腕に対する所有感や行為主体感は他者の意図が伝わる場合でも、自分が操作する場合に比べるとかなり弱いことを指摘しています。生理反応にも、意図や目標の共有条件による有意な差は見られず、今回の成果は未だ限定的であり、研究は現在も進行中であるとのこと。

結合身体アバターは、2人以上の人がそれぞれの得意な身体部位や技能を組み合わせるといった新しいタイプの共同作業方法を提供します。また、将来的には、より自然に感じられる自律駆動型義肢の設計にも貢献することが期待されます。

本研究は、2022年7月26日付のScientific Reportsに掲載されました。

本成果は、科学技術振興機構（JST） 戦略的創造研究推進事業 ERATO「稲見自在化身体プロジェクト」（課題番号：JPMJER1701）および、JSPS科研費（課題番号：JP20H04489）によって得られたものです。

Researcher Profile

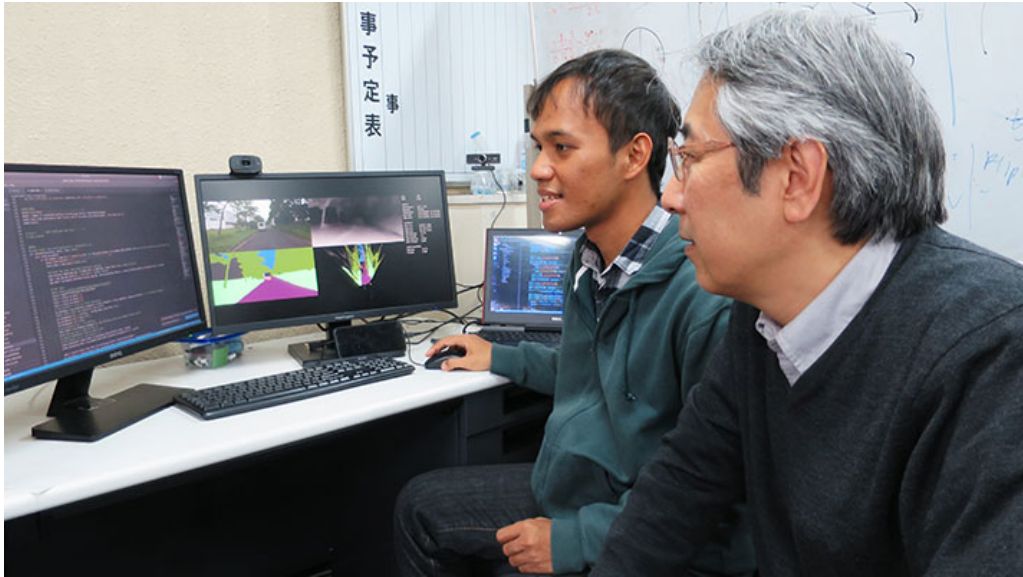


| | |
|--------------------|--|
| Name | Harin Hapuarachchi |
| Affiliation | Department of Computer Science and Engineering |
| Title | Doctor Course Student / TUT-DC Fellowship |
| Fields of Research | Humanities & Social Sciences / Experimental Psychology |
| Graduated KOSEN | National Institute of Technology, Toyama College |

AI-powered autonomous driving vehicle

Artificial Intelligence (AI) model that handles multiple perception and control tasks simultaneously in driving a vehicle safely in diverse environments

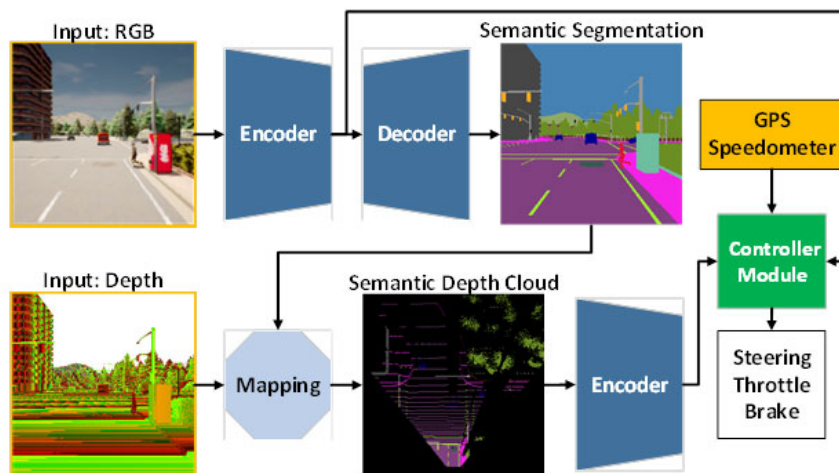
Jun Miura and Oskar Natan



Prof. Jun Miura (Right) and Oskar Natan (Left)

A research team consisting of Oskar Natan, a Ph.D. student, and his supervisor, Professor Jun Miura, who are affiliated with the Active Intelligent System Laboratory (AISL), Department of Computer Science and Engineering, Toyohashi University of Technology, has developed an AI model that can handle perception and control simultaneously for an autonomous driving vehicle. The AI model perceives the environment by completing several vision tasks while driving the vehicle following a sequence of route points. Moreover, the AI model can drive the vehicle safely in diverse environmental conditions under various scenarios. Evaluated under point-to-point navigation tasks, the AI model outperformed its rivals in this field in terms of drivability in a standard simulation environment.

Autonomous driving generally entails a complex system consisting of several subsystems that handle multiple perception and control tasks. However, deploying multiple task-specific modules is costly and inefficient, as numerous configurations are still needed to form an integrated modular system. Furthermore, the integration process can lead to information loss as many parameters are adjusted manually. With rapid deep learning research, this issue can be tackled by training a single AI model with end-to-end and multi-task learning techniques. Thus, the model can provide navigational controls solely based on the observations provided by a set of sensors. As manual configuration is no longer needed, the model can manage the information all by itself.

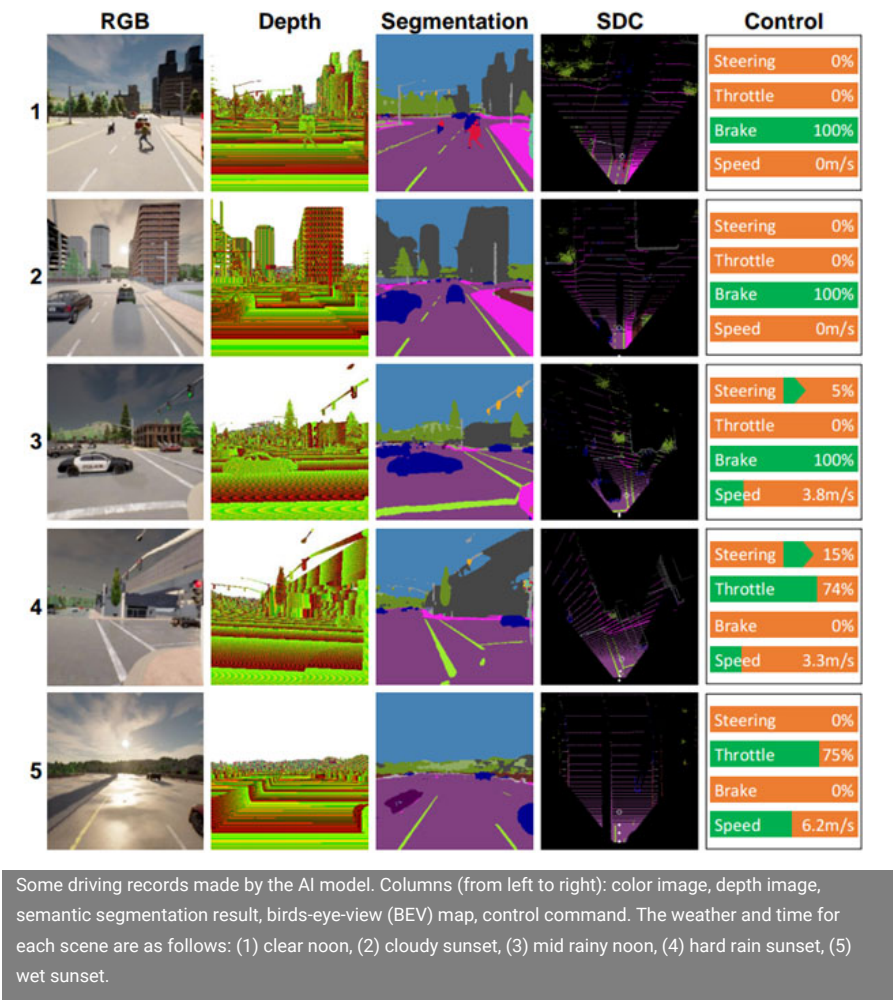


The AI model architecture is composed of the perception module (blue) and the controller module (green). The perception module is responsible for perceiving the environment based on the observation data provided by an RGBD camera. Meanwhile, the controller module is responsible for decoding the extracted information to estimate the degree of steering, throttle, and braking.

The challenge that remains for an end-to-end model is how to extract useful information so that the controller can estimate the navigational controls properly. This can be solved by providing a lot of data to the perception module so that the ambient environment recognition part of the model can learn sufficiently. In addition, a sensor fusion technique can be used to enhance performance as it fuses different sensors to capture various data aspects. However, a number of problems in model design and training need to be solved, including the increased computational complexity of handling large amounts of data, the need to design data preprocessing to combine different forms of information, and the need to balance the learning of multiple tasks.

In order to answer those challenges, the team proposed an AI model trained with end-to-end and multi-task manners. The model is made of two main modules, namely perception and controller modules. The perception phase begins by processing RGB images and depth maps provided by a single RGBD camera. Then, the information extracted from the perception module along with vehicle speed measurement and route point coordinates are decoded by the controller module to estimate the navigational controls. So as to ensure that all tasks can be performed equally, the team employs an algorithm called modified gradient normalization (MGN) to balance the learning signal during the training process. The team considers imitation learning as it allows the model to learn from a large-scale dataset to match a near-human standard. Furthermore, the team designed the model to use a smaller number of parameters than others to reduce the computational load and accelerate the inference on a device with limited resources.

Based on the experimental result in a standard autonomous driving simulator, CARLA, it is revealed that fusing RGB images and depth maps to form a birds-eye-view (BEV) semantic map can boost the overall performance. As the perception module has better overall understanding of the scene, the controller module can leverage useful information to estimate the navigational controls properly. Furthermore, the team states that the proposed model is preferable for deployment as it achieves better drivability with fewer parameters than other models.



The team is currently working on modifications and improvements to the model so as to tackle several issues when driving in poor light, such as at night, in heavy rain, etc. As a hypothesis, the team believes that adding a sensor that is unaffected by changes in brightness or illumination, such as LiDAR, will improve the model's scene understanding and result in better drivability. Another future task is to apply the proposed model to autonomous driving in the real world.

Reference

O. Natan and J. Miura, "End-to-End Autonomous Driving with Semantic Depth Cloud Mapping and Multi-Agent," in IEEE Transactions on Intelligent Vehicles, vol. 8, no. 1, pp. 557-571, Jan. 2023.
<https://doi.org/10.1109/TIV.2022.3185303>

最新AIによる自動運転

道路シーン解析と運転制御を同時に行う新たなAIが多様な環境での安全な自動運転を実現

三浦 純、オスカー ナタン

豊橋技術科学大学 情報・知能工学系 行動知能システム学研究室の三浦純教授と大学院博士後期課程2年のOskar Natanは、道路シーン解析と運転制御を同時に行う新たなAIモデルを開発しました。このAIモデルは、カメラからの入力情報を解析して周囲の状況を認識すると同時に、進むべき経路を計算し、車を誘導します。本モデルは、標準的な自動運転シミュレーション環境での実験を行い、さまざまな状況下で安全な自動運転を行うことができ、他の最新の手法より優れた運転性能を示すことができました。

自動運転システムは、複数のシーン認識や運転制御処理を行う必要があり、一般に複雑なシステムとなります。まず個々の処理を実現し、それらを組み合わせるアプローチでは、個々の処理の調整や最適な組み合わせの探索が必要となり、システム開発に時間がかかります。そこで、最新の深層学習技術を利用し、複数の処理を同時に学習するマルチタスク学習手法と、入力の画像データから出力の運転制御量を直接計算するEnd-to-end方式を用いた単一のAIモデルで自動運転を行う手法を開発しました。提案手法では、複数処理の設計や組み合わせを考慮する必要はなく、また、学習は1つのモデルに対してのみ行うだけで済みます。

そのようなAIモデルの設計において課題となるのは、最終的に必要となる運転制御量の計算に役立つ情報をどのようにして得るかです。そのためには、複数センサ情報を組み合わせて多様な情報を得るためのセンサフュージョン技術を利用するとともに、モデル中の周囲環境認識部が十分学習できるように多くのデータを与えることが基本的なアプローチになります。しかしながら、大量のデータを扱うための計算量が増大すること、異なる形の情報を組み合わせるためのデータ前処理の設計が必要になること、そして、複数種類の処理の学習をバランスよく進めることなど、モデルの設計と学習における多くの問題を解決する必要があります。

そこで、研究チームは、次のようなシーン認識部と運転制御部からなるAIモデルを提案しました。シーン認識部は、1つのRGB-Dカメラから得られるカラー画像と距離画像を処理します。運転制御部は、シーン認識部の結果、及び車の速度と目標とする移動経路の情報を得て、運転制御量を計算します。各部のバランスの取れた学習を行うために、修正勾配正規化法（MGN）というパラメータ修正手法を用い、シミュレーション環境上で収集された多数のデータを用いて模倣学習を行います。作成したモデルのパラメータ数は他のモデルよりかなり少なく、性能の限られた計算機でも十分に機能します。

自動運転に関する標準的なシミュレーション環境であるCARLA環境で実験を行い、他の最新の手法に比べ、小規模のモデルであるにもかかわらず、高い運転性能が得られることを示しました。また、カラー画像と距離画像を組み合わせて作成した鳥瞰地図を利用することで、運転に必要な情報をうまく取り出すことができ、運転性能に極めて有効であることも示しました。

研究チームは現在、夜間や強い雨など照明条件が悪い環境下での運転性能向上に取り組んでいます。そのために、照明条件に左右されないレーザ距離センサなどの新たなセンサ情報を追加することにより、シーン認識と運転制御の性能を向上させることを考えています。また、実環境での自動運転への適用も今後の課題です。

Researcher Profile



| | |
|--------------------|---|
| Name | Jun Miura |
| Affiliation | Department of Computer Science and Engineering |
| Title | Professor |
| Fields of Research | Intelligent Robotics / Robot Vision / Artificial Intelligence |

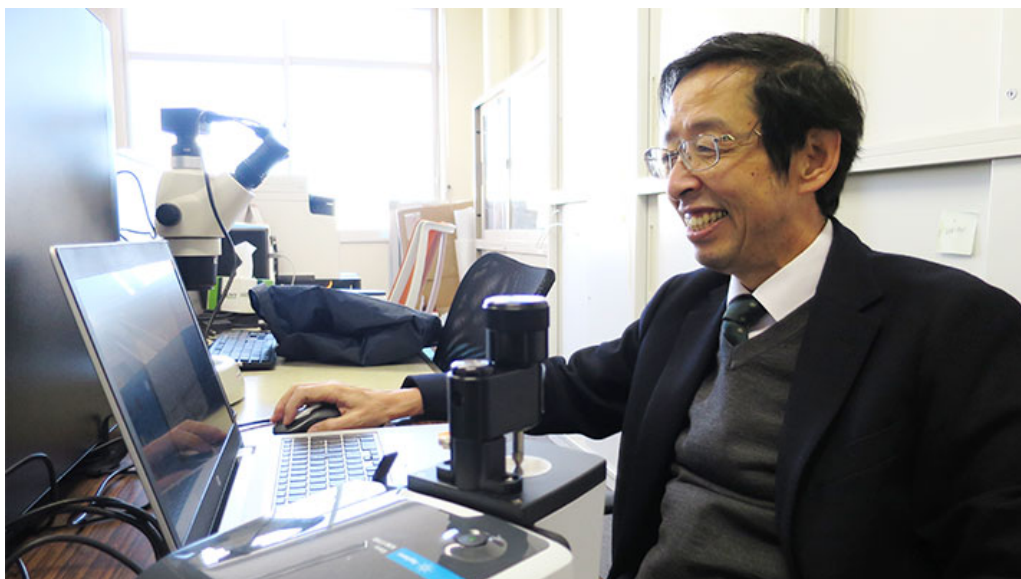


| | |
|--------------------|---|
| Name | Oskar Natan |
| Affiliation | Department of Computer Science and Engineering |
| Title | Doctor course student |
| Fields of Research | Intelligent Robotics / Robot Vision / Artificial Intelligence |

Jakarta's River Plastic Content Revealed!

Fact-finding Survey through Joint Research

Takanobu Inoue



Prof. Takanobu Inoue of Toyohashi University of Technology conducted a joint research project with his research team entitled "Estimation of amount of release of plastics to the ocean in Indonesia" (2019 - 2022) under the Japan Society for the Promotion of Science Bilateral Exchange Program. In Jakarta (Indonesia), waste being carried downstream is trapped by a floating contraption involving floats attached to the top of fence posts across the river. The collected garbage was sorted to clarify how much plastic was in the waste. As a result, some 78% was deemed to be plastic, equating to an estimated daily discharge rate into the ocean of 7.7 - 12.6g/person/day.



Garbage collection equipment across a river (floating booms).

Marine pollution caused by microplastics has become a global environmental issue, with ever more plastics being detected in the bodies of marine and avian wildlife. Indonesia is the world's second largest emitter of plastics into the ocean, while Southeast Asian countries in general also lag behind in creating and managing plastic waste. Away from urban areas, waste is not generally collected, with domestic waste typically being thrown away behind houses or along rivers. Although the proportion of plastic in such waste has recently increased, there has not been any change in how it is being disposed of, while the actual volume of garbage disposed is also increasing due to economic growth. Such waste is carried downstream to the ocean via rivers, especially when currents surge after heavy rainfall. In order to clarify the true situation, Prof. Inoue's research team initiated a study using a variety of methods to estimate how much plastic is being discharged into the ocean.

As this research was the first study into waste runoff conducted by this team, they began by assessing the best way to collect data. Various methods were tried, including having students line up across the river and collect floating garbage for 10 minutes, or by using nets to collect the trash. However, while assessing some rivers in Jakarta, it was observed that floating waste was being trapped as it flowed downstream by floating booms installed on fence posts across rivers. A hydraulic shovel was set up on the riverbank to remove the accumulated waste, which was then loaded onto trucks to be transported to a waste disposal site. The research team sampled this collected waste, and after sorting, determined that the average ratio of plastics in this waste was 78%; of which, PET bottles and store-issued plastic bags accounted for more than half. However, the proportion of straws – currently considered problematic in Japan – was small.

Based on the amount recovered, we estimated that the daily amount that would be discharged into the ocean if there were no collection equipment would be in the range 7.7 to 12.6g/person/day. The most widely used estimate at the moment for the daily amount of plastic discharged into the ocean from Indonesia is 18.9g/person/day. Although this is a lower value, it nonetheless indicates that a vast amount of plastic is being discharged into the ocean via river systems.

These research results have been published in the Marine Pollution Bulletin (Issue 182) – an international journal.

This research team has been conducting a "Survey into Plastic Volume Discharged via Rivers in Indonesia" as Grant-in-Aid for Scientific Research since this fiscal year. The research targets rivers in cities and nearby rural areas in Indonesia – from which waste is not collected directly. A similar survey is also to be conducted in Japan, and by comparing the results, we intend to clarify more accurately how much plastic is discharged across Indonesia, while also discussing measures with Indonesian researchers to reduce plastic discharge into the ocean.



Garbage collection from surface water of rivers in Jakarta.

Furthermore, through this research, we also strive to bolster the skills of environmental engineering researchers by teaching basic research methodology for environmental engineering to young Indonesian researchers with environmental engineering credentials.

This research was supported by JSPS (JPJSBP 120198104).

Reference

Mega Mutiara Sari, Pertiwi Andarani, Suprihanto Notodarmojo, Regil Kentaurus Harryes, Minh Ngoc Nguyen, Kuriko Yokota, Takanobu Inoue, Plastic pollution in the surface water in Jakarta, Indonesia, Marine Pollution Bulletin, 182 (2022).
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114023>

ジャカルタの河川のプラスチック量が明らかに！

共同研究による実態調査

井上 隆信

豊橋技術科学大学 井上隆信教授らの研究チームは、日本学術振興会二国間交流事業により「インドネシアにおけるプラスチック類の海洋への排出量の推計」（2019-2022年）を研究課題に共同研究を実施しました。インドネシアのジャカルタでは、フェンスの上部にフロートを取り付けて浮かせた装置を河川の横断面に設置して、流下するゴミを回収しています。ゴミの中に含まれるプラスチックの量を明らかにするため、この回収物を分別したところ、78%がプラスチックであり、また海洋への流出量の推計値の範囲は、7.7～12.6g/人/日であることが分かりました。

マイクロプラスチックによる海洋汚染は世界的な環境問題であり、海洋生物や鳥類の体内からのプラスチックの検出が報告されています。インドネシアは世界で2番目にプラスチック類の海洋への排出量の多い国であり、また東南アジアの国々ではプラスチックゴミに限らず、廃棄物対策そのものが遅れています。都市部を除けばゴミの収集すらなく、家庭から出るゴミは家のうらや河川沿いに廃棄されています。近年、ゴミ中のプラスチック含有量は増加しているにもかかわらず、ゴミは従前通りに廃棄されていることに加え、経済発展に伴うゴミの廃棄量も増加しており、これらのゴミはスコールなど水の移動とともに河川に流出し、そのまま海洋へと流出しています。井上教授ら研究チームは、海洋へ排出されるプラスチック類の量を様々な手法を用いて推計し、その実態を明らかにすることを目的に研究を開始しました。

研究チームは、ゴミの流出に関する研究は初めてであったため、まず、データの取得方法から検討しました。学生が川の横断方向に並び、流れてくるゴミを10分間回収する方法やネットを用いた回収など、いろいろな方法を試しました。そして、ジャカルタ市内のいくつかの河川を見に行くなかで、フェンスの上部にフロートを取り付けて浮かせた装置(Floating booms)を河川の横断面に設置して、流下するゴミを回収していることに気づきました。川岸には油圧ショベルが設置され、溜まったゴミを陸揚げし、トラックに積んでゴミ堆積場に運んでいました。この回収したゴミの一部を譲り受けて分別をしたところ、ゴミに含まれるプラスチックの割合は平均78%で、その内訳は、商店などで渡されるレジ袋とペットボトルが半分以上を占める一方、日本で現在問題視されているストローの割合は僅かでした。

回収量から、このような回収装置がない場合の海洋への流出量を試算したところ、推計値は7.7～12.6 g/人/日の範囲であることが分かりました。現在、広く用いられているインドネシアからの海洋への流出量の推計値は18.9g/人/日であり、その値よりは少ないものの多量のプラスチックが河川を通じて海洋に流出している実態を明らかにすることができました。

研究チームは、科学研究費「インドネシアを対象としたプラスチック類の河川からの流出量の実態調査」を今年度から実施しており、河川で直接ゴミの回収を実施していないインドネシアの都市とその近郊の農村地帯の河川を対象として、プラスチックの流出量の調査を実施しています。また、日本でも同様の調査を実施し、比較することで、インドネシアの流出量の多さを明らかにするとともに、プラスチックの海洋流出量を削減する方策について、インドネシアの研究者と共同で検討していきます。

またこの研究を通じてインドネシアの若手の環境工学研究者に環境工学の基本的な研究手法を伝えることにもつながり、環境工学研究者の質の向上を図ることも目指しています。

なお、この研究結果は、国際誌のMarine Pollution Bulletin の182号に掲載されました。

Researcher Profile

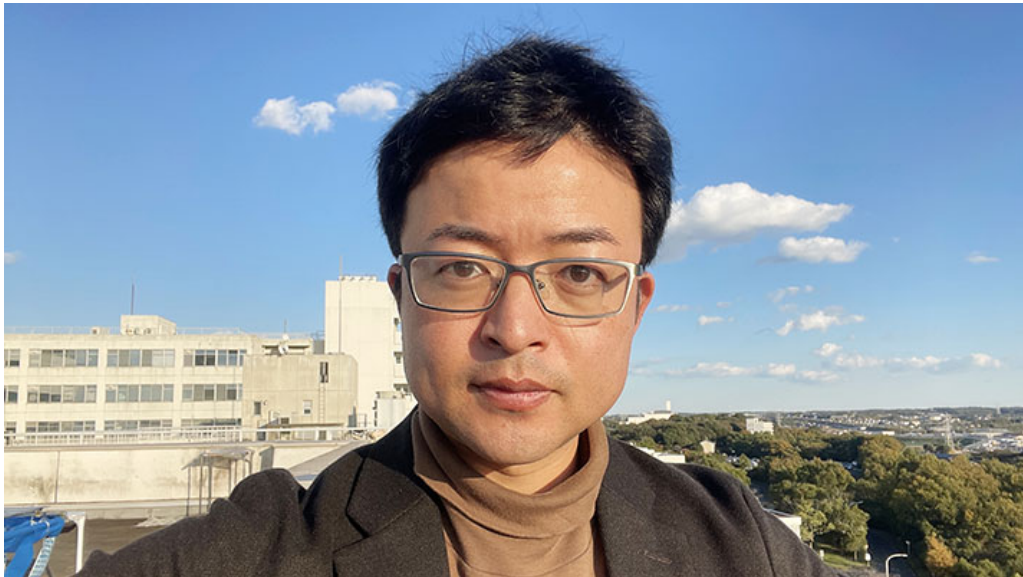


| | |
|--------------------|--|
| Name | Takanobu Inoue |
| Affiliation | Department of Architecture and Civil Engineering |
| Title | Professor |
| Fields of Research | Water Environment Engineering / Sanitary Engineering |

Discovery of a cyanobacterium regulating photosynthetic antennas with dual photosensors

A sophisticated mechanism for efficient photosynthesis

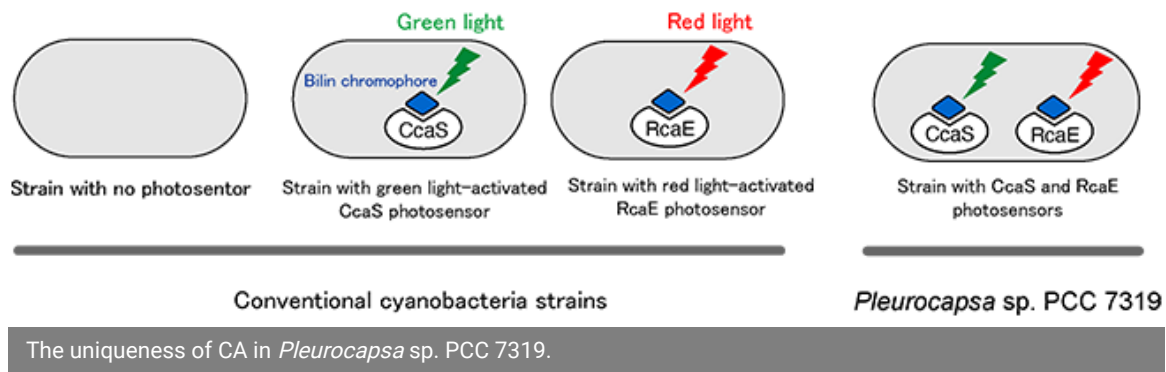
Yuu Hirose



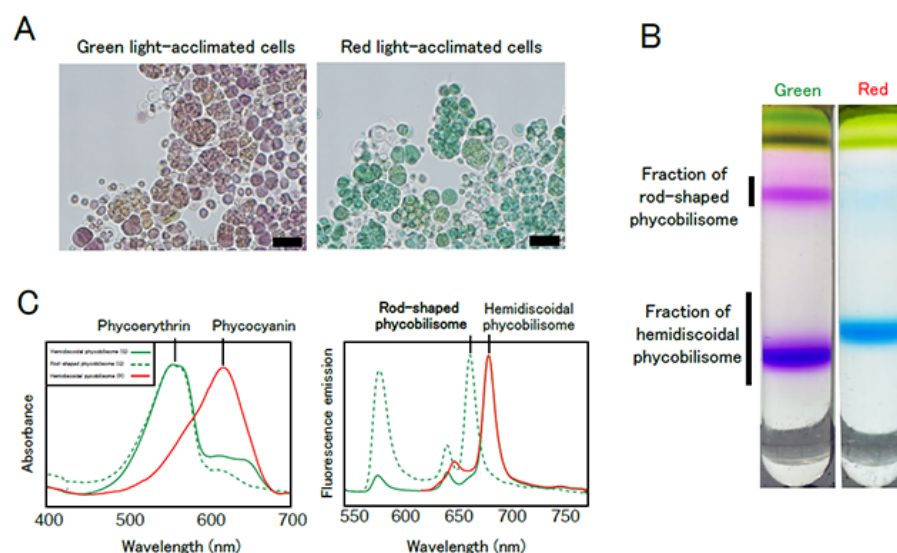
Cyanobacteria are photosynthetic prokaryotes that regulate the components of light-harvesting protein complexes, phycobilisomes, in response to green and red light. This ability is called chromatic acclimation (CA) and is known to be regulated by a single photosensor that perceives green and red light. A research group led by Yuu Hirose, Associate Professor at the Department of Applied Chemistry and Life Science, Toyohashi University of Technology, discovered a unique cyanobacterium that regulates CA with dual photosensors based on genome information. They investigated the responses of this cyanobacterium to green and red light in detail, and demonstrated that the dual photosensors regulate the morphology and absorption wavelength of the phycobilisomes, respectively. The discovery of the "hybrid type" of CA with dual photosensors provides new insights into how cyanobacteria can flexibly combine multiple photosensors to acclimate to light environments. The results also contribute to the development of the photoswitching system with multiple photosensors in optogenetics.

Cyanobacteria are prokaryotes that perform oxygenic photosynthesis. They are found in almost every environment on earth and have a significant impact on global ecosystems. To survive in these diverse light environments, they have evolved the ability to alter their photosynthetic apparatus. In particular, they have a light-harvesting protein supercomplex called "phycobilisome" that captures the light energy and transfers it to the photosynthetic reaction center complex. Some cyanobacteria can regulate the structure and absorption wavelengths of the phycobilisomes in response to the change of the ambient light colors, which is a process called chromatic acclimation (CA).

Recently, various types of CA responding to different light colors have been discovered. A CA-type responding to green and red light was reported over a century ago. This type of CA is also called complementary CA, as the cell color changes complementary to the color of the illuminated light. This type of CA is regulated by RcaE or CcaS, which are a type of phytochrome-related photosensor protein called cyanobacteriochromes. RcaE and CcaS bind a bilin chromophore and sense green and red light to induce the gene expression of phycobilisome. RcaE induces the phycobilisome components under red light, whereas CcaS induces the different phycobilisome components under green light (the figure below). Cyanobacteria that perform CA using "either" RcaE or CcaS are already known; however, cyanobacteria that have both photoreceptors had not previously been reported (the figure below).

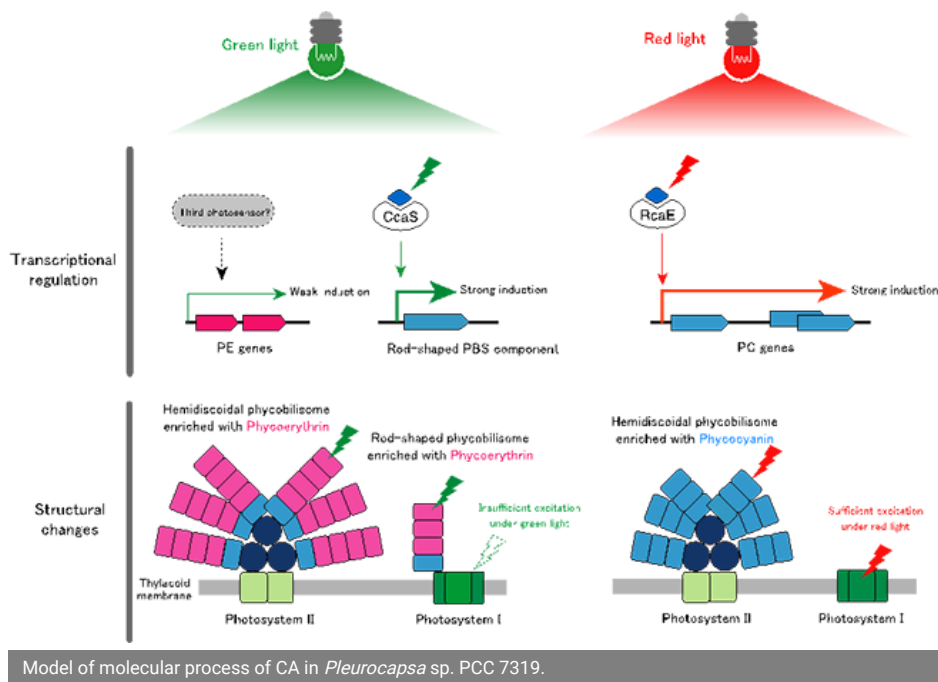


The research group, including master course student Takuto Otsu, Professor Toshihiko Eki, and Associate Professor Yuu Hirose of the Department of Applied Chemistry and Life Science, Toyohashi University of Technology, explored the genome information of cyanobacteria accumulated in the database and discovered that a cyanobacterium *Pleurocapsa* sp. PCC 7319 has both RcaE and CcaS photosensors (the figure above). The color of green-acclimated cells of strain PCC 7319 became red, whereas that of red-acclimated cells became green. This is the typical response of the CA (A in the figure below). The research group investigated the composition of phycobilisome genes and found that the strain PCC 7319 has genes for phycocyanin and phycoerythrin, which absorb red and green light, respectively, in the rod part of the phycobilisome. They also found that strain PCC 7319 has genes for two different types of phycobilisomes; hemidiscoidal phycobilisomes and rod-shaped phycobilisomes. They isolated phycobilisomes from the green- and red-light acclimated cells (B in the figure below) and confirmed through absorption and low-temperature fluorescence spectral analyses and LC-MS/MS analysis that the response at the transcriptional level is reflected in the regulation of phycobilisome components (C in the figure below).



A: Microphotographs of *Pleurocapsa* sp. PCC 7319 performing CA. Scale bar: 10 μ m.
 B: Photographs of phycobilisome fractions isolated by sucrose density-gradient ultracentrifugation.
 C: Absorption and low-temperature fluorescence spectra of the isolated phycobilisome fractions.

The research group revealed by RNA-Seq and promoter motif analyses that CcaS induces rod-shaped phycobilisome gene under green light, and RcaE induces the synthesis of phycocyanin gene clusters under red light (the figure below). These results showed that RcaE optimizes the composition of phycoerythrin and phycocyanin to maximize light absorption under green and red light. On the other hand, CcaS produces the rod-shaped phycobilisome that is predicted to be attached to PSI under green light, where the excitation of photosystem I is insufficient. These findings demonstrated that strain PCC 7319 performs a "hybrid type" of CA which regulates the absorption wavelength and the morphology of the phycobilisomes via dual photosensors. How strain PCC 7319 acquired these dual photosensors has not been revealed in detail; however, it could have acquired such an ability by a mechanism whereby the genes are exchanged between cyanobacteria (horizontal gene transfer). In addition, the RNA-Seq analysis suggested that a third photosensor other than RcaE and CcaS may induce the expression of phycoerythrin genes under green light.



The structural changes in the hemidiscoidal and rod-shaped phycobilisomes will be elucidated using cryo-electron microscopy in future research. In addition, it is also important to identify the third photosensor involved in the induction of phycoerythrin genes under green light. The elucidation of the complex photosensing mechanism in cyanobacteria is expected to have a ripple effect on a wide variety of research, ranging from the understanding of the fundamental mechanisms of photosynthesis to the optogenetic control of living organisms with illumination of colorful light.

This work was supported by MEXT KAKENHI Grant Number 19K06707 "Analysis of diverse structural changes in the phycobilisome during chromatic acclimation (Principal Investigator: Yuu Hirose)." This work was also supported by research grants from JGC-S Scholarship Foundation and the Foundation for the Promotion of Ion Engineering.

Reference

Takuto Otsu, Toshihiko Eki, Yuu Hirose, "A hybrid type of chromatic acclimation regulated by the dual green/red photosensory systems in cyanobacteria," *Plant Physiology*, DOI : [10.1093/plphys/kiac284](https://doi.org/10.1093/plphys/kiac284)

2つの光スイッチによる「ハイブリッド型」の光合成調節を行うシアノバクテリアを発見

効率よく光合成を行うための巧妙な仕組み

広瀬 侑

光合成を行う原核生物であるシアノバクテリアは、周囲の光の色を感知して集光タンパク質複合体であるフィコビリソームの構造や吸収波長を調節します。この能力は光色順化と呼ばれ、赤色光によって活性化される光スイッチタンパク質、若しくは、緑色光によって活性化される光スイッチタンパク質によって制御されることが知られています。豊橋技術科学大学応用化学・生命工学系の広瀬侑准教授らの研究グループは、ゲノム情報を手掛かりに2つの光スイッチを併せ持つユニークなシアノバクテリアを発見しました。このシアノバクテリアの緑色光及び赤色光への細胞の応答を詳細に調査し、さらに、フィコビリソームを単離して構成成分の変化を確認しました。これらの結果から、このシアノバクテリアが2つの光スイッチを用いてフィコビリソームの構成成分を制御する「ハイブリッド型」の光色順化を行うことが初めて明らかとなりました。今後は、これらの光スイッチの構造やシグナル伝達経路の解明を進めると共に、光照射による生体活動の光操作への応用も期待できます。

シアノバクテリアとは、酸素発生型の光合成を行う原核生物であり、植物の葉緑体の起源となった生物として知られています。シアノバクテリアは、海洋、湖沼、陸上、極域、温泉、砂漠など、地球上のあらゆる環境に進出し、物質循環や生態系に大きな影響を与えています。シアノバクテリアはこれらの多様な環境下で生存するために、光条件に応じて光合成機能を柔軟に調節する能力を進化させてきました。中でも、光の色を感知する仕組みや、光エネルギーを集める仕組みについては、他の生物種には見られない優れた能力を持つことが、近年の研究によって明らかとなりつつあります。これらのシアノバクテリアの優れた光スイッチを利用して生体活動を光操作する研究や、バイオマス生産の効率を高めるための研究なども進められています。シアノバクテリアは光合成に必要な光エネルギーを集めるために、「フィコビリソーム」と呼ばれる集光タンパク質複合体を持ちます。また、シアノバクテリアの一部は、周囲の光の色を感知してフィコビリソームの形状と吸収波長を調節する能力を持ちます。この能力は「光色順化」と呼ばれ、様々な波長の光に応答するタイプの存在が明らかとなっています。

その中でも、緑色光と赤色光に応答するタイプの光色順化は、100年以上も前に存在が報告されるなど、光合成の環境応答の代表的な例として知られています。近年の研究により、この光色順化が、光スイッチとして機能する光受容タンパク質であるRcaE若しくはCcaSによって制御されることが明らかとなっています。これらの光スイッチは、シアノバクテリオクロムと呼ばれる光受容体の一種であり、ビリン発色団を結合して緑色光と赤色光を感知します。これまでの研究で、RcaEは赤色光に応答し、CcaSは緑色光に応答して、制御下にあるフィコビリソーム遺伝子群の転写を誘導することが知られています。RcaE若しくはCcaSの「どちらか」を用いて光色順化を行うシアノバクテリアは知られていましたが、2つの光受容体を「併せ持つ」シアノバクテリアはこれまで報告例がありませんでした。

豊橋技術科学大学応用化学・生命工学専攻博士前期課程2年の大津卓人氏、浴俊彦教授、広瀬侑准教授らの研究グループは、データベースに蓄積されたシアノバクテリアのゲノム情報を探索し、シアノバクテリア（*Pleurocapsa* sp. PCC 7319）がRcaEとCcaSの両方の光スイッチを持つことを見いだしました。フィコビリソーム遺伝子の詳細な組成解析を行い、PCC 7319株が、半円状フィコビリソームとロッド状フィコビリソームという異なる形状のフィコビリソームを作るための遺伝子を有していること、また、フィコビリソームの主な色素タンパク質として、赤色光を吸収するフィコシアニンと、緑色光を吸収するフィコエリスリンを持つことを明らかにしました。次世代DNAシーケンサーを用いたRNA-Seq解析により、CcaSが緑色光下でロッド状フィコビリソームの遺伝子群を誘導し、RcaEが赤色光下でフィコシアニン遺伝子群の合成を誘導することを明らかにしました。実際に、細胞からフィコビリソームを抽出して単離し、吸収スペクトル及び低温蛍光スペクトル解析とLC-MS/MS解析によって、転写レベルの応答がフィコビリソームの構成成分の調節に反映されていることを確認しました。

これらの結果から、RcaEは緑色光及び赤色光下での光の吸収効率が最大となるように、フィコエリスリンとフィコシアニンの比率を調節していることがわかりました。一方で、CcaSは緑色光下でロッド状フィコビリソームを合成することで、緑色光条件で不足する光化学系Iの励起バランスを補っていることがわかりました。つまり、PCC 7319株はフィコビリソームの吸収波長と形状を2つの光スイッチを用いて制御する「ハイブリッド型」の光色順化を行っていることが初めて明らかとなりました。PCC 7319株がこれらの2つの光スイッチをどのように獲得したのか、その詳細は明らかではありませんが、シアノバクテリア同士で遺伝子を交換する仕組み（遺伝子水平伝播）によってこのような能力を獲得した可能性が考えられました。また、今回、RcaEとCcaS以外の第3の光スイッチが存在し、フィコエリスリン遺伝子群の発現を緑色光下で誘導する可能性が示唆されました。

今後は、今回の研究によって明らかにしたフィコビリソームの構造変化をクライオ電子顕微鏡等の手法を用いて分子レベルの分解能で解明することが必要です。また、緑色光下でフィコエリスリン遺伝子群の発現誘導に関わる第3の光スイッチの同定も重要です。シアノバクテリアは地球上の生物の中で最も優れた光応答能を持つ生物の1つであり、それを可能とする分子メカニズムを解明できれば、光合成の基本機能や環境応答を理解する基礎研究から、光照射によって生物機能を操作する応用研究まで、幅広い研究に波及効果を与えることが期待できます。

本研究は、文部科学省科研費基盤研究（C）19K06707「補色順化におけるフィコビリソームの構造変化の多様性の解明（代表者：広瀬侑）」、公益財団法人日揮・実吉奨学会、一般財団法人イオン工学振興財団の研究助成による支援を受けて行われました。

Researcher Profile



| | |
|--------------------|--|
| Name | Yuu Hirose |
| Affiliation | Department of Applied Chemistry and Life Science |
| Title | Associate Professor |
| Fields of Research | Photobiology / Genome Biology |

Pick Up

▶ [Agreement on Comprehensive Collaboration Signed with Toyohashi Rail Road Co., Ltd.](#)

■ Agreement on Comprehensive Collaboration Signed with Toyohashi Rail Road Co., Ltd.

Toyohashi University of Technology has signed an Agreement on Comprehensive Collaboration with Toyohashi Rail Road Co., Ltd., under which the parties will cooperate with each other in their respective fields and work toward solving regional issues.

At the agreement ceremony held on Tuesday, October 25, 2022 at the Toyohashi Railway City Line Ekimae stop, representatives from each organization signed the agreement, including Kazuhiko Terashima, President of Toyohashi University of Technology, and Toshihiko Ogasawara, President and CEO of Toyohashi Rail Road Co., Ltd.

The main points in the collaboration and cooperation are as follows:

1. Matters concerning education
2. Matters concerning research
3. Internships and other matters concerning mutual human resource development



Agreement ceremony at the Toyohashi Railway City Line Ekimae stop.

Based on the agreement, the parties plan to undertake extensive collaborative cooperation including, for example, the analysis and evaluation of the state of public transportation and its various values. They will also pursue initiatives with "sustainable development of public transportation and town development" as the theme.

As a community-based university, Toyohashi University of Technology will continue to engage in activities in cooperation with the local community.

■ 豊橋鉄道株式会社と「包括連携に関する協定書」を締結しました。

本学は、豊橋鉄道株式会社と、それぞれの分野において相互に連携協力を図り、地域の課題の解決等に向け、取り組んでいくこととする「包括連携に関する協定書」を締結しました。

10月25日（火）に豊橋鉄道市内線駅前電停にて執り行われた協定式では、本学の寺嶋一彦学長や、豊橋鉄道株式会社の小笠原敏彦取締役社長など、機関の代表者がそれぞれ協定書に署名しました。
連携・協力事項は主として次のとおりです。

1. 教育に関する事項
2. 研究に関する事項
3. インターンシップ、その他相互の人材育成に関する事項

今後、本協定に基づき、さまざまな連携協力を実施する予定で、例えば、公共交通の在り方と多様な価値の分析評価を行うなど、「公共交通の持続的発展とまちづくり」をキーワードに取り組みを推進していきます。

引き続き本学は、地域に根ざした大学として、地域と連携した活動を行います。