

No.26 September 2021

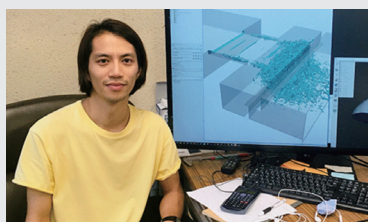
FEATURE STORY

Applying the science of air flow analysis to the prediction and prevention of viral droplet infection

Professor Akiyoshi Iida conducts research using fluid dynamics (aerodynamics) to study the phenomenon of sound generated by airflow.



Research Highlights



How Japanese speakers confuse the pronunciations of /hi/ and /si/

Real-time MRI and supercomputer simulations reveal the production mechanisms of these sounds in a Japanese dialect 5



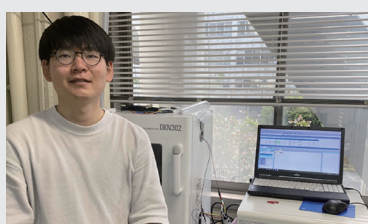
DNA barcodes decode the world of soil nematodes

To understand soil ecosystems and contribute to advanced agriculture 6



Using big data to explore the principles of people's online activities globally

What is different or the same about online human connections 7



Sodium solid electrolyte with high conductivity and electrochemical stability

Towards the development of all-solid-state sodium-ion batteries with long-term stability 8

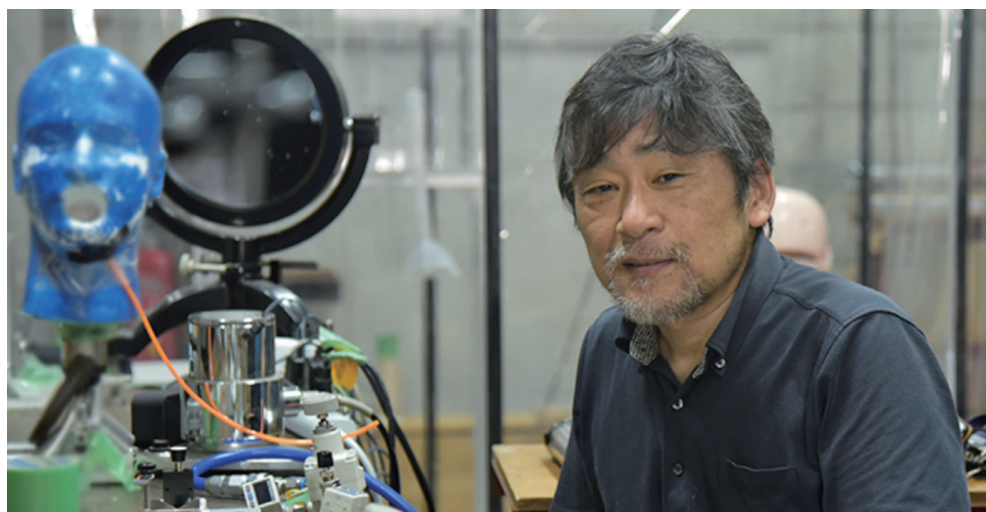
Pick Up

Symposium "Toward the University's Efforts and Future Reform in the Age of With/After Corona" 11

Applying the science of air flow analysis to the prediction and prevention of viral droplet infection



Akiyoshi Iida



Professor Akiyoshi Iida conducts research using fluid dynamics (aerodynamics) to study the phenomenon of sound generated by airflow. To date, his research achievements include helping to reduce the operating noise of automobiles and bullet trains. In 2020, the research led to an unexpected breakthrough in demonstrating the efficacy of wearing masks, which was hotly debated at the time. Moreover, by evaluating the performance of different masks and showing the risk of droplet infection in different spatial conditions, Professor Iida is making significant contributions to fighting viral infection.

Interview and report by Madoka Tainaka

Fugaku Supercomputer Simulations and Mask Experiments

Professor Iida reflects on what led to the opportunity: a March 2020 conversation with Professor Makoto Tsubokura (Kobe University, Riken) on the way back from a research conference.

"As the pandemic approached, we talked about how this wasn't the time to be doing normal research," says Professor Iida. Professor Tsubokura was researching phenomena relating to automobile engine gasoline inflow.

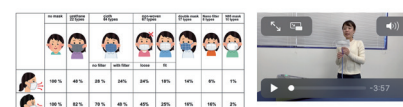
"For decades, we had been engaged in joint research to address issues such as automobile noise reduction. Since we had a computer program for droplet movement, we thought it could certainly help contribute to preventing infection from droplets. While there are significant differences in conditions between en-

gines and humans, gasoline and saliva, and the speed that droplets travel, the fundamental ideas and relevant calculations are the same," he says.

Coincidentally, at the same time, MEXT and Riken issued permission to use the computing resources of the Fugaku supercomputer (which was set to launch in 2021) on a trial basis in order to combat the novel coronavirus. With that, they decided to investigate how the virus spreads in the air.

Their focus was on mask efficacy. At that time, while manufacturers provided performance ratings for mask filters, there was no systematic evaluation of the effectiveness of actually wearing the masks. On top of that, at the time the WHO was not recommending mask usage for those without symptoms, believing that masks were not effective. So why were medical staff wearing masks if they weren't effective? Was there an etiquette-based reason to wear masks when coughing? To answer these questions, Professor Iida and the team decided they would need to clarify what masks could actually do for us.

However, the miniscule fibers of masks are measured on a micron scale, which would make it very challenging to calculate a realistic computer analysis including all conditions. To address this, they decided to conduct an experiment to obtain data prior to performing calculations with the Fugaku supercomputer.



Performance of masks (measured values) (left) and experiment movie (right)



Differences saliva flies when standing and when walking

The experiments commenced in April. Through these experiments, Professor Iida and the team determined mask pressure loss (degree of breath resistance) and permeability, and modeled the mask by measuring how much droplets a person would expel while taking into account the gap between the face and the mask.

Showing Risks in a Variety of Cases

Receiving cooperation from companies such as Kajima Corporation and Daikin, the team then used a calculation method devised by Professor Tsubokura to conduct simulations on droplet spread in locations such as offices, elementary schools, hospitals, and train cars. Superimposing the experimental mask data was, the Fugaku supercomputer then calculated the degree of mask efficacy in each location using numerous cases.

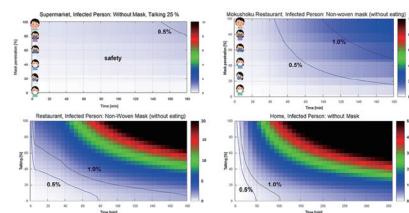
As early as June, a video was created for presentation to the press showing the efficacy of non-woven masks, droplet spread from coughing and conversation at offices and restaurants, the efficacy of opening windows in train cars, and the efficacy of partitions. These results received extensive news coverage and were widely adopted to make the infection countermeasures.

"We were in a rush for about two months leading up to the first announcement because we wanted to quickly dispel public uncertainty over the efficacy of masks and what conditions affected the risk of infection. To be honest, there was some wishful thinking that the pandemic might be reined in by summer," says Professor Iida.

From June onwards, Professor Iida and the project team surveyed around 200 types of commercially available mask, and repeated simulations across various daily scenarios. As a result, by August, the project team had been conducted over 2,000 analyses.

"To be honest, 50% of these analyses were failures. The cause of the failures was rooted in the fact that, as opposed to models for vehicles, the droplets move slower and remain in the air longer. Despite this, thanks to the Fugaku supercomputer, we were able to progress the experiment quickly through a process of trial and error. Even if a calculation failed after coming up with an idea, we were

able to keep our motivation since we could immediately move on to the next idea. This is what made our research possible," says Professor Iida."



Infection risk in each scene; supermarket, restaurant (with talking and without talking), and at home.

They subsequently publicized numerous guidelines showing the efficacy of masks made from non-woven fabrics, gauze and urethane, the effects of double masking using non-woven fabric and urethane masks, and infection risk from speaking or singing loudly.

"For example, loudly conversing at restaurants or karaoke produces 10-14 times more droplets than regular conversation, so ample precaution is required. On the other hand, our demonstration of mask efficacy created new issues, such as the peer pressure placed on people who would not wear non-woven fabric masks. Wearing a high-performance mask can sometimes lead to heat stroke, and also increases the amount of carbon dioxide in the mask, which increases the risk of anoxia.

To start, masks are only helpful when there is someone infected within the group, so for the most part, their purpose goes unfilled. Nonetheless, to reduce infection, it is best to wear a mask. Cloth masks are also effective to a certain extent, and I think it is important to continue to take reasonable measures based on each situation as long as the risk is present"

Experiments and Simulations in Conjunction

"Professor Iida and the team are continuing their research into coronavirus countermeasures. Recently, an experiment that generates droplets using artificial vocal cords has shown that droplets significantly increase when the speaker converses by vibrating their vocal cords, compared to when their vocal cords do not vibrate. Based on this finding, the team applied a formula to determine infection probability, which examined the degree of virus inhalation required for infection, and showed the infection risk for each event per infected

person.

"One hour in a karaoke bar increases the probability of infection by 25%. At 90 minutes, the risk rapidly increases, so when dining it is best to finish up as quickly as possible. In addition, we recently discovered that seat configuration at restaurants affects the infection risk potential."

In the future, the team intends to create computer models for the throat, respiratory tract, and lungs to investigate how the virus attaches and how infection spreads when inhaled. There will also be an investigation of vaccine efficacy.

"This research should prepare us for the next infectious disease. Ultimately, I would also like to continue with my main research on vehicles and wind turbines. In particular, my research into giant ocean-based wind turbines, which I began some time ago, is a challenging topic that will be essential to utilizing natural energy. That said, since the foundations use aerodynamics, the approach is the same." Addressing the appeals of his research, Professor Iida says that "while not all of my research is immediately helpful to the world, the reward of fundamental research is that it can be applied to various issues."

Reporter's Note

Professor Iida was admitted to Toyohashi University of Technology after graduating from Tokyo Metropolitan College of Aeronautical Engineering (now Tokyo Metropolitan College of Industrial Design). With a desire to work with vehicles, upon graduation he began research at Hitachi Ltd., where he used aerodynamics to develop bullet trains.

"It was a good company, but with corporations, as the years go by, it is hard to do your own work, since you may move into a managerial position or the company may restructure. I thought it would be boring if I could no longer conduct experiments, so I moved to a university," says Professor Iida.

While his skills with experiments ended up helping to evaluating the performance of masks, his research intentions at the university were not solely focused on applications for society.

"If you study the fundamentals, it can end up being helpful in some way. I mean, at one point I found myself researching the flight of dragonflies. It's difficult to know what that could lead to," says Professor Iida with a laugh. The fun of fundamental research is that it can lead to discovering problems that are shared across various phenomena.

空気の流れの解析を、ウイルス飛沫感染の予測と対策に役立てる

空気の流れによって音が出る現象について、流体力学(空気力学)を使って研究している飯田明由教授。これまで、自動車や新幹線の走行中の音の低減などに、研究成果を役立ててきた。2020年、この研究が思わぬことに役立つ。パンデミックの最中、注目のアイテムとなったマスクについて、その着用の効果を明らかにしたのだ。さらに、マスクごとの性能評価や、空間条件ごとの飛沫感染リスクなどを示すことにより、ウイルス感染症対策に大きく貢献している。

「富岳」によるシミュレーションとマスクによる実験

きっかけは、2020年3月、ある研究会の帰り道に、理化学研究所／神戸大学の坪倉誠教授と会話したことだったと、飯田教授は振り返る。

「パンデミックが迫るなか、通常の研究だけをしている場合じゃないだろうと話したんですね。坪倉教授は自動車のエンジンのなかにガソリンを吹き込むときの現象について研究をされていて、十数年にわたり、自動車の音の低減などをテーマに共同研究をしてきた間柄です。我々は飛沫の動きに関するコンピュータ・プログラムを持っていますから、飛沫感染の防止策に必ず貢献できると思っていました。エンジンと人間、ガソリンと唾液、飛沫の飛び速度など、条件こそ大きく違いますが、基礎的な考え方や計算すべき対象はまったく同じですからね」

ちょうど文部科学省と理化学研究所から、2021年から供用を開始するスーパーコンピュータ「富岳」の一部の計算資源について、新型コロナウイルス対策に試行的に活用するように、通達が出されたタイミングでもあった。そこで、空間のなかでウイルスがどう拡散するのかを調べることにした。

ここで焦点となったのがマスクの効果だ。これまでマスクに関しては、各メーカーによるフィルターの性能評価はあっても、マスク着用に関する性能評価は存在しなかった。しかも当時、WHOはマスクには効果がないとして、とくに症状のない人の利用を推奨していなかった。しかし、効果がないのならなぜ医療従事者はマスクをするのか。咳エチケットとしてのマスクの装着に意味はあるのか。こうした疑問を解き明かすため、マスクの性能を明らかにする必要があると飯田教授らは考えた。

しかし、マスクは繊維の目がミクロン単位と細かく、リアルな解析のために条件をすべてコンピュータに入れて計算するのは困難だ。そこで、マスクについては、富岳で計算する前に、実験でデータを得ることにした。

「飛沫の計算は坪倉先生、ウイルスがどう飛ぶかについては京都工芸繊維大学の山川勝史教授、そしてマスクの実験は私が担当しました。偶然、私の研究室で人間の発音について研究している吉永司助教が、自身の研究のために頭部のマネキンを購入した直後だったこともあり、これにマスクをつけて実験することにしました」

こうして4月には実験を開始。飯田教授らは、実験を通じてマスクの圧力損失(息苦しさ)や透過率を求め、顔とマスクの隙間を考慮しながら、人がどれだけ飛沫を排出するのかを計測して、マスクのモデル化に取り組んだ。

さまざまなケースでのリスクを明らかに

続いて、鹿島建設やダイキンなど企業の協力も得ながら、オフィスや小学校、病院、電車内などについて、坪倉教授の

計算法を用いて飛沫の拡散のシミュレーションを実施した。そのうえで、マスクの実験データと重ね合わせて、それぞれの場所でマスクをするときの程度の効果が得られるのか、数多くのケースについて富岳で計算して調べていった。

そして早くも6月には、不織布マスクの効果をはじめ、オフィスや飲食店での発話や咳による飛沫の拡散、電車内での窓開けの効果、パーティションの効果などを、動画で見える化し、記者勉強会で発表したのである。これらの成果は、ニュースにも大きく取り上げられ、感染対策に広く活用されることになった。

「最初の発表まで約2カ月と急いだのは、マスクが有用なのか、どういう状況で感染するリスクがあるのか、皆が疑心暗鬼になっている状況を早く解消したいと思ったからです。正直、夏頃までにはパンデミックは収まっているだろうという希望的観測もありました」と飯田教授は語る。

6月以降も、飯田教授らは200種類もの市販のマスクを調べるとともに、日常のさまざまな場面に合わせてシミュレーションを繰り返した。その結果、8月頃にはプロジェクトチームが行った解析の数は2000ケースにも上ったという。

「実はそのうち半分は失敗でした。失敗の原因は、車と違って空気の流れの速度が遅く、飛沫が滞留するためです。それでも、富岳を活用できたおかげで、すぐさまTry & Errorができた。アイデアを考えて、計算して失敗しても、またすぐに次のアイデアにつなげることができたからこそ、モチベーションを保ちながら研究できたと思っています」

こうして飯田教授らは、不織布、ガーゼ、ウレタンと、マスクの素材ごとの性能を明らかにしてガイドラインを示したほか、不織布とウレタンマスクを二重にしたダブルマスクの効果、大声で話したり歌ったりした際の感染リスクなど、感染防止策に役立つ知見を次々に明らかにしていった。

「たとえば、飲食時やカラオケなどの大声での会話は、通常の会話と比較して飛沫数が10～14倍にもなるため、十分な注意が必要です。」

一方、我々がマスクの効果を示したことで、不織布マスクをしない人への同調圧力など、新たな問題も生じました。高性能なマスクをつけられ、熱中症になる場合があります。また、マスク内の二酸化炭素量が増え酸欠のリスクが高まります。そもそもマスクというのは、集団のなかに感染者がいた場合に役立つもので、ほとんどは空振りなのです。それでも感染症を抑え込むためにはマスクはつけたほうがいい。布マスクにも一定の効果はありますし、こうした状況が長期にわたる以上、場面ごとに無理のない対策をしていくことが肝要だと思っています」

実験とシミュレーションの両輪で

飯田教授らのコロナ対策研究はいまも継続中だ。最近、人工声帯を使った飛沫生成実験により、声帯が振動しない

呼吸よりも、声帯が振動する会話の方が飛沫が大きく増えることを明らかにした。この知見をもとに、どれくらいウイルスを吸ったら感染するのかという感染確率を求める式に当てはめて、感染者が1名いた場合の各イベントごとの感染リスクを示した。

「カラオケ喫茶に1時間いれば、感染確率は25%と高確率になります。これが90分になると急激にリスクが高まるため、飲食はできるだけ短い時間で済ませたほうがいい。さらに最近では、居酒屋のどの席だと感染リスクが高いかといったこともわかってきました」

今後はさらに、コンピュータ上に喉、気道、肺などのモデルをつくって、ウイルスを吸い込んだ際にどこに付着し、どう感染が広がるのかを調べる予定だ。併せて、ワクチンの効果も調べていくという。

「こうした研究は、次の感染症への備えにもなるはずですが、もともと、そろそろ本業である風車や車の研究も並行して進めたい。とくに、以前から手掛けてきた洋上の巨大風車の研究は、自然エネルギーの利活用に欠かせないチャレンジングなテーマです。とはいえこれも、基礎の部分は空気力学を使うため、アプローチは同じです。すぐに世の中の役に立つ研究ばかりではありませんが、さまざまな問題に応用できるのが基礎研究の醍醐味なのではないでしょうか」と飯田教授は、自身の研究の魅力を語った。

(取材・文＝田井中麻都佳)

取材後記

東京都立航空工業専門学校(現・都立産業技術高専)を経て、豊橋技術科学大学へ進学した飯田教授。乗り物に関わる仕事がしたいと、卒業後は日立製作所で新幹線の開発に空気力学を生かす研究に携わった。

「いい会社でしたが、企業の場合、年を取ると管理職につくかリストラされるかで、いつまでも自分で手を動かして続けるのは難しいんですね。実験ができなくなるのはつまらないと思い、途中で大学へ移りました」

その実験屋としての腕が、マスクの性能評価にも繋がった。一方で、大学では役立つ研究をしなければならないと思っているわけではないという。

「基本的なことさえ学んでおけば、いずれ役に立つこともある。私だって以前はトンボの飛翔について研究していたこともあります。それが何になるのかと言われても困りますけどね(笑)」と飯田教授。さまざまな事象に共通する問題を見出せるところに、基礎研究の面白さがあるのだろう。

Researcher Profile

Akiyoshi Iida

Akiyoshi Iida graduated from Tokyo Metropolitan College of Aeronautical Engineering (Current: Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology), and then entered Toyohashi University of Technology(TUT) as 3rd course student. He received PhD degree in 1998 from TUT. He started his career at Hitachi, Ltd., Mechanical Engineering Research Laboratory and, After retiring from that company, he also researched at Kogakuin University from 2001 to 2008. In 2008, he has been working at TUT as a professor.



Reporter Profile

Madoka Tainaka is a freelance editor, writer and interpreter. She graduated in Law from Chuo University, Japan. She served as a chief editor of "Nature Interface" magazine, a committee for the promotion of Information and Science Technology at MEXT (Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology).



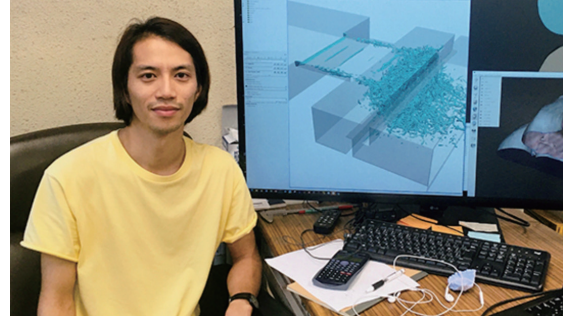
How Japanese speakers confuse the pronunciations of /hi/ and /si/

Real-time MRI and supercomputer simulations reveal the production mechanisms of these sounds in a Japanese dialect



by Tsukasa Yoshinaga

According to a linguistic survey report, people often confuse the pronunciation of /hi/ ([çi] in the IPA phonetic alphabet) with that of /si/ ([çi]) in the dialect of Tokyo and the Tohoku region of Japan. A team of researchers at Toyohashi University of Technology and the National Institute for Japanese Language and Linguistics (NINJAL) found that the confusion is resulted from the articulation of the tongue varying in the transverse direction while the tongue tip is positioned at the same place of articulation.



In the Japanese language, the consonant /s/ followed by vowel /i/ is pronounced [çi], distinct from /s/ followed by other vowels [sa], [sw], [se], and [so], because of the palatalized tongue articulation. Similarly, /h/ followed by /i/ is pronounced [çi], distinct from /h/ followed by the other vowels [ha], [φw], [he], and [ho]. In both cases, the articulation is palatalized and often confused. For example, the initial syllables of Japanese words /higasi/ “east” and /hige/ “mustache” are often pronounced /sigasi/ and /sige/, respectively, in Tokyo and a wide area of the Tohoku region of Japan. In addition, the initial syllable of /sichigatsu/ “July” is variably pronounced as /hichigatsu/ throughout Japan. This phenomenon has already been known by researchers in linguistics. However, it was still unclear how the acoustic contrast between the two sounds /hi/ and /si/ was reflected from their articulation.

In this study, the research team observed the tongue movement during the articulation of a Japanese sentence “korega hisi gata” (“This is a rhomboid shape.”) by 10 Japanese subjects using real-time MRI, and found that 3 subjects pronounced /hi/ and /si/ with almost identical places of articulation, while

the acoustic contrast between /hi/ and /si/ was audible.

To examine how the acoustic contrast was formed with an apparently identical place of articulation, the research team conducted numerical flow simulations on oral models using a supercomputer. The results demonstrated that the acoustic contrast between /hi/ and /si/ can be produced by the difference in tongue shape in the transverse direction without changing the place of articulation.

In the classification of the International Phonetic Alphabet (IPA), the place of articulation is mainly defined by the position of the narrowing of the oral passage in the anterior-posterior direction. However, the current findings show the possibility of changing the sounds of /hi/ and /si/ with different tongue shapes in the transverse direction, suggesting the necessity of including a new parameter for the IPA.

“The pronunciations of /hi/ and /si/ are often used in Japanese and articulated unintentionally in a daily conversation,” says the lead author Tsukasa Yoshinaga, assistant professor at Toyohashi University of Technol-

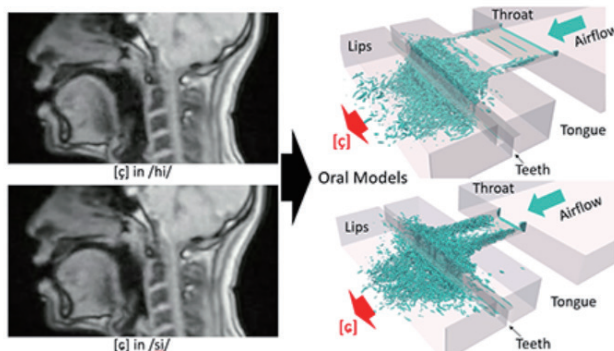
ogy. “However, to simulate the production of these sounds in our mouths, we need to precisely calculate the generation of many small vortices in turbulent airflow and the sound propagation from these vortices. To simulate them, approximately 80 million computational grid points were set, and the formulas were solved on the grids using a supercomputer. We were excited when we found small vortices causing the acoustic contrast between /hi/ and /si/ in the simulation results.”

For future research, the research team believes that understanding the cause of the acoustic contrast between /hi/ and /si/ will provide useful information for obtaining fluency in Japanese articulation. In addition, this knowledge can be useful for the rehabilitation of articulation disorders with speech therapists. Currently, coauthor Kikuo Maekawa, professor at NINJAL, is developing a database of articulatory movies of real-time MRI. Additional analysis for the other syllables will provide us useful information for speech therapists as well as learners of Japanese as a second language.

This work was supported by MEXT as “Program for Promoting Research on the Supercomputer Fugaku” (hp200123, hp200134), JSPS KAKENHI (Grant numbers: JP17H02339, JP19H03976, JP19K21641, JP20H01265, and JP20K14648), and the research budget of the Center for Corpus Development, National Institute for Japanese Language and Linguistics.

Reference

Tsukasa Yoshinaga, Kikuo Maekawa, and Akiyoshi Iida. Aeroacoustic differences between the Japanese fricatives [ç] and [Ç]. *The Journal of the Acoustical Society of America* 149, 2426 (2021)
<https://asa.scitation.org/doi/10.1121/10.0003936>



Numerical simulations of the speech productions of /hi/ and /si/. Observation on the real-time MRI and flow vortices in the oral models.

DNA barcodes decode the world of soil nematodes

To understand soil ecosystems and contribute to advanced agriculture

By Toshihiko Eki



Professor Toshihiko Eki, a member both of Toyohashi University of Technology's Department of Applied Chemistry and Life Sciences, and the Research Center for Agrotechnology and Biotechnology, led a research team which used a next-generation sequencer to develop a highly efficient method to analyze soil nematodes. This method focused on using the 18S ribosomal RNA gene regions as DNA barcodes. They successfully used this method to reveal characteristics of nematode communities that inhabit fields, copses, and home gardens. In the future, the target will be expanded to cover all soil-dwelling organisms in agricultural soils, etc., to allow accurate investigations into a soil's environment and biodiversity. This is expected to contribute to the advancement of agriculture.



The United Nations (UN) declaration of 2015 as the 'International Year of Soil', was symptomatic of a worldwide push to raise awareness of the vital role played by the soil that covers our Earth, and the need to preserve it. Diverse groups of organisms such as bacteria, fungi, protists, and small soil animals inhabit the soil, and together they form the soil ecosystem. Nematodes are a representative soil animal; they are a few millimeters long and have a shape resembling a worm. They play an important role in the cycling of soil materials.

Many soil nematodes are bacteria feeders, but they have a wide variety of feeding habits, such as feeding on fungi, plant parasitism, or being omnivorous. In particular, plant parasitic nematodes often cause devastating damage to crops. Therefore, the classification and identification of nematodes is also important from an agricultural standpoint. However, nematodes are diverse, and there are over 30,000 species. Additionally, because nematodes resemble one another, morphological identification of nematodes is difficult for anyone but experts.

The research team focused on "DNA barcoding" to identify the species based on their unique nucleotide sequences of a barcode gene, and they established a method using a next-generation sequencer that can decode huge numbers of nucleotide sequences. They used this method to analyze nematode communities from different soil

environments. Initially, four DNA barcode regions were set for the 18S ribosomal RNA genes shared by eukaryotes.

The soil nematodes used for analysis were isolated from an uncultivated field, a copse and a zucchini-cultivated home garden. The PCR was used to amplify the four gene fragments from the DNA of the nematodes and determine the nucleotide sequences. Additionally, the nematode-derived sequence variants (SVs) representing independent nematode species were identified, and after taxonomical classification and analysis of the SVs, it was revealed that plant parasitizing nematodes were more prevalent in the copse soil whereas bacteria feeders were more prevalent in the garden soil. It was also determined that predatory nematodes and omnivorous nematodes were abundant in the uncultivated field, in addition to bacteria feeders.

This DNA barcoding method using a next-generation sequencer is widely used for the analysis of intestinal microbiota, etc., but analyses of eukaryotes such as nematodes are still in the research stage. This research provides an example of its usefulness for the taxonomic profiling of soil nematodes.

Research team leader Professor Toshihiko Eki stated, "In my work on genetic research, I have been dealing with nematodes (mainly *C. elegans*) for around 20 years. I came up with this theme as a suitable candidate for agriculture based research on behalf of our university's Research Center for Agrotechnology and Biotechnology. As a test, we isolated nematodes from the university's soybean field and an unmanaged flowerbed and analyzed the DNA barcode for each nematode. I found that in contrast to the soybean fields, which were dominated by bacterivorous nematodes, the flower beds were dominated by plant-parasitic nematodes that parasitize weeds and nematodes

that prey on them.

This discovery was the start of our research (Morise et al., PLoS ONE, 2012). If we consider this method of using one-by-one DNA sequencing as being the first generation, the current method of using the next-generation sequencer can be considered as the second generation. With this method we were successfully able to clarify the characteristics of the nematode communities from each of the three soil environments."

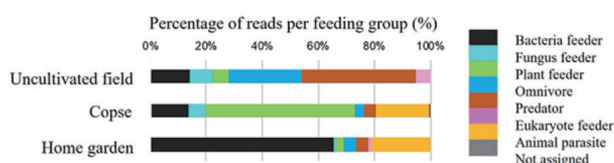
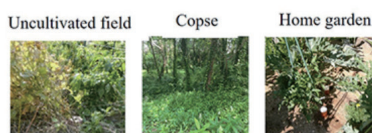
Rather than isolating and analyzing soil nematodes, the research team is now developing a third-generation DNA barcoding method that directly extracts DNA from the soil and analyzes the entire organism inhabiting the soil. We are currently analyzing the soil biota of cabbage fields, and other areas. Our goal is to analyze how soil biota, including microorganisms, change with the growth of crops with a high degree of accuracy, to elucidate the relationship between crops and soil biota, and to clarify the effects of cultivated plants on soil biota and the biota associated with plant diseases at the genetic level.

If this research progresses, it will enable rational crop cultivation and management based on the results of soil organism analysis, which will contribute to the promotion of smart agriculture in Japan and overseas, including the Higashimikawa region, one of the most important agricultural areas in Japan.

This research was performed with the support of the Takahashi Industrial and Economic Research Foundation.

Reference

Harutaro Kenmotsu, Masahiro Ishikawa, Tomokazu Nitta, Yuu Hirose and Toshihiko Eki. Distinct community structures of soil nematodes from three ecologically different sites revealed by high-throughput amplicon sequencing of four 18S ribosomal RNA gene regions. PLoS ONE 16(4), e0249571 (2021) <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249571>



Soil sampling sites (top) Classification of soil nematode communities by feeding group (results for barcode region 4) (bottom)

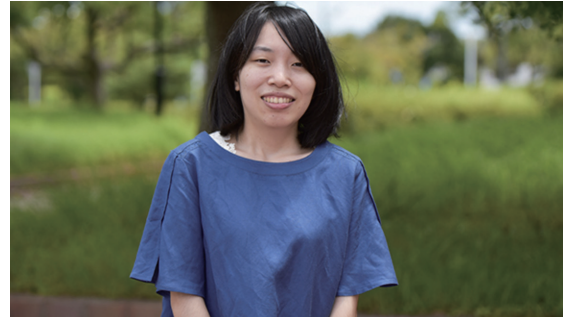
Using big data to explore the principles of people's online activities globally

What is different or the same about online human connections

By Shiori Hironaka



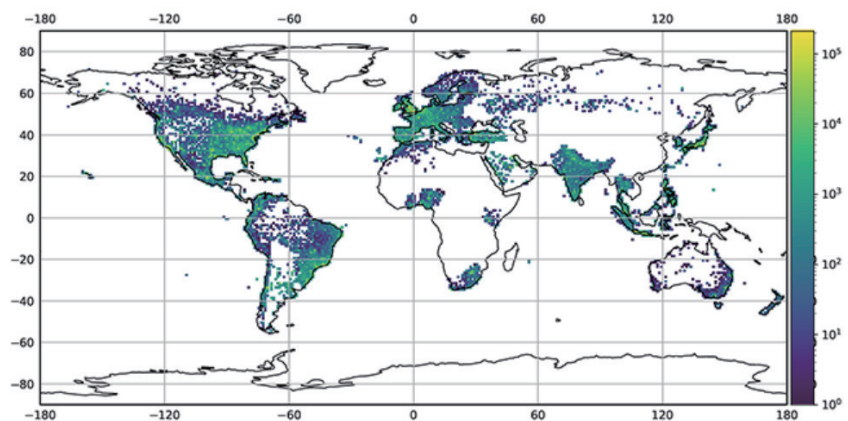
A research team led by Shiori Hironaka, a project assistant professor in the Department of Computer Science and Engineering at Toyohashi University of Technology, has collected big data on social media across 10 countries and analyzed the relationship between the connections people make online and their behavior. As a result, they found that the follow ratio, which reflects the behavior of users, is common in each country. We believe that finding common features and differences in data that reflect the diversity of society will lead to the utilization of data that is tailored to the differences in each culture, such as marketing and effective information dissemination.



The team collected data on the activities of more than 4,000,000 Twitter users in ten countries (Japan, the U.S.A., Brazil, the U.K., Philippines, Turkey, Indonesia, India, Mexico, and Saudi Arabia) and statistically analyzed the online relationships between the connections and behaviors of users. This is the first analysis of its kind in the world.

As more and more people use social media, ever increasing efforts are being made to use social media data for various surveys and analyses. This is because it is felt that social media data can provide an indirect perspective on the condition of society. However, even if the data on social media is gathered in identical fashion, the nature of the data will still vary by country due to cultural differences and other factors. This is because user behaviors are generally considered to reflect the cyberculture of the group to which they belong. Therefore, if we are to make effective use of social media data for research purposes, we should first try to understand its characteristics.

In this study, we focused on the proximity of users to each other's activity areas and analyzed the connections among users. This is because we believe that the purpose of social media use is closely related to the proximity of activity areas between the people connected on social media. For example, users who use social media to interact with friends are more likely to be close to each other, while users who use social media to post about celebrities or subscribe to news are less likely



The global action area map shows geographical disparities in the use of social media despite worldwide utilization.

to be close to each other. We examined the relationship between the proximity of the area of activity and the behavior of users on social media, and compared the characteristics of each country.

As a result, we found a common feature among the 10 countries that is related to the proximity of the user's area of activity. This characteristic is called the follow ratio, which is the ratio of the number of accounts a user is following to the number of followers of the user himself. A user with a large follow ratio is considered to be a subscription-oriented user. We also found that the longer the user's profile is, the farther from home the action area tends to be, but this finding was not replicated across all ten countries.

Essentially, data on social media connections can express information about users around the world in the same way. However, this may not ensure the expected precision for such functions

as friend recommendations and attribute estimations as the nature of the data individually differs due to cultural differences. The characteristics identified by this analysis are expected to help provide the best information to users of different countries and cultures.

For future research, the aim of the research team will be to examine the characteristics of social media big data in more detail, so as to clarify the cultural differences in the use of social media, and to contribute to the development of the next-generation social media.

This research project was sponsored by JPMJMI20B4, a JST-Mirai Program.

Reference

Shiori Hironaka, Mitsuo Yoshida and Kyoji Umemura (2021). Cross-Country Analysis of User Profiles for Graph-Based Location Estimation. IEEE Access, doi: 10.1109/ACCESS.2021.308652. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9446911>

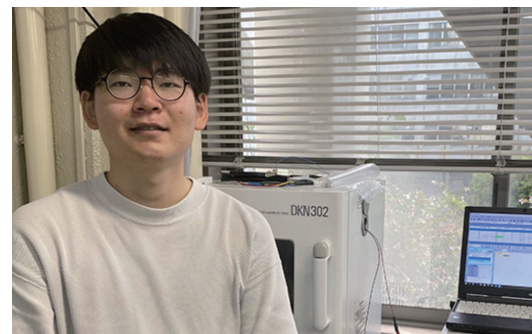
Sodium solid electrolyte with high conductivity and electrochemical stability

Towards the development of all-solid-state sodium-ion batteries with long-term stability

By Hirotada Gamo



A research team led by Hirotada Gamo, a doctoral student in the Department of Electrical, Electronic and Computer Engineering at Toyohashi University of Technology, has developed Na_3SbS_4 , in which part of the sulfur (S) is substituted with chlorine (Cl), as a solid electrolyte for all-solid-state sodium (Na) ion batteries. The ionic conductivity of Cl-substituted Na_3SbS_4 was improved by a factor of 3 at room temperature compared with that of the sample without Cl substitution. In addition, the crystal structure of Cl-substituted Na_3SbS_4 has a crystal structure framework that facilitates the three-dimensional migration of Na ions. Furthermore, the Cl-substituted Na_3SbS_4 showed better stability against Na anode.



The increasing demand for large-scale energy storage has stimulated research on developing all-solid-state sodium (Na) ion batteries using low-cost and abundantly available Na resources. The development of solid electrolytes that exhibit high ionic conductivity at room temperature is essential for the practical application of all-solid-state Na-ion secondary batteries. In order to meet this challenge, interest both in Japan and overseas has been focused on Na_3SbS_4 as the most promising candidate amongst the various solid electrolytes due to its high conductivity of 1 mS cm^{-1} or higher at room temperature. However, in order to achieve the high conductivity, post processing is required through ball milling, and achieving high ion conductivity through a simpler synthetic process has been notably problematic.

In response to this challenge, the research team lead by the Doctoral student Hirotada Gamo used a liquid-phase synthesis method suitable for mass production to develop a Cl-substituted Na_3SbS_4 solid electrolyte. By partially substituting S in the Na_3SbS_4 with Cl, the ionic conductivity at room temperature was enhanced by a factor of three (0.9 mS cm^{-1}) compared to the sample without substitution (0.3 mS cm^{-1}). In order to elucidate the effect of the structural change caused by the Cl substitution on the ionic conduction properties, the ionic conduction path was visualized by precise analysis of the crystal structure.

As a result, it was demonstrated that the partial substitution of Cl for S in Na_3SbS_4 results in the formation of a crystal structure framework in which Na ions are loosely bound to S (or Cl), i.e., there is a weak electrostatic interaction between Na and S (or Cl),

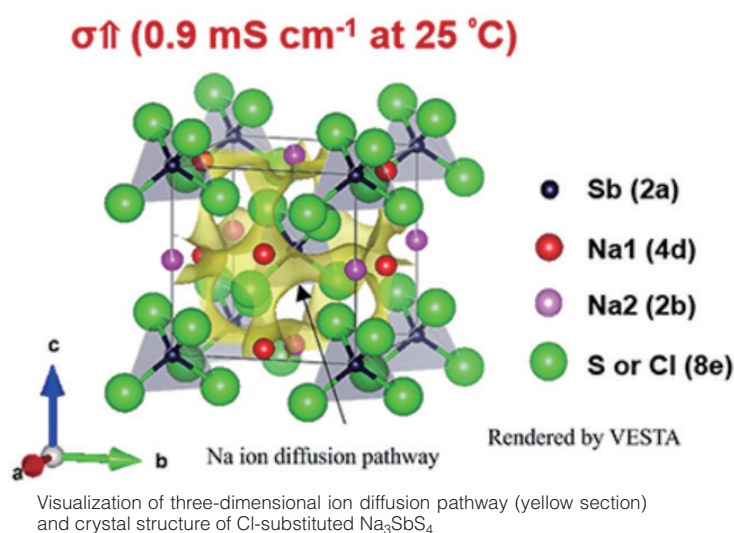
which promotes ion diffusion, especially in the crystallographic c-axis direction. The increase in ionic conductivity by Cl substitution is attributed to the formation of a crystal structure with a three-dimensional ion diffusion pathway.

Additionally, the team discovered that the Cl-substituted Na_3SbS_4 solids exhibit better stability against the Na anode than the non-Cl substituted samples. This improvement in electrochemical stability leads to a reduction in the interfacial resistance between the anode and the solid electrolyte, demonstrating that Cl substitution in large amounts is effective in improving the stability against the anode.

The research team has pointed the way towards future research by discovering important design guidelines for developing an ideal solid electrolyte with desirable characteristics such as high ionic conductivity and superior electrochemical stability. They believe that the solid electrolyte developed in this research could be combined with liquid-phase coating technology to realise all-solid-state Na-ion batteries with a high storage capacity and stable cycling.

Reference

Hirotada Gamo, Nguyen Huu Huy Phuc, Hiroyuki Muto, and Atsunori Matsuda, Effects of Substituting S with Cl on the Structural and Electrochemical Characteristics of Na_3SbS_4 Solid Electrolytes, *ACS Applied Energy Materials* 4(6), 6125-6134 (2021).
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsaem.1c00927>



「ヒ」と「シ」の発音を混同するメカニズムをリアルタイムMRIとスーパーコンピュータにより解明

吉永 司

豊橋技術科学大学の吉永司助教、飯田明由教授と国立国語研究所の前川喜久雄教授からなる研究チームは、関東や東北地方の方言などで観察される「ヒ」と「シ」が混同して発音される現象に関して、リアルタイムMRIとスーパーコンピュータを用いた解析により、舌の位置は変えずに舌の左右方向の形状を変化させて発音していることが原因であることを明らかにしました。

日本語の発音では、サ行の「シ」音声記号[ɕi]の子音は、「サ」[sa]や「ス」[su]の子音と異なっています。「サ」の子音は舌の先端を歯茎に近づけて発音するのに対し、「シ」の子音は舌の位置を歯茎の辺りから少し後方にずらすことで、「サ」や「ス」と区別しています。一方、八行の発音の中で「ヒ」[çi]の子音は、「ハ」[ha]や「ヘ」[he]の子音に比べて舌の位置が歯茎に近い前寄りになっています。そのため、「シ」と「ヒ」の舌の位置は似ており、東京や東北の広い地域において、「東」を「ヒガシ」ではなく「シガシ」と発音したり、「髭」を「ヒゲ」ではなく「シゲ」と発音することが知られています。また、「7月」を「シチガツ」ではなく「ヒチガツ」と発音する人は日本中で見られます。この2つの発音が混同してしまう問題は広く知られており、その原因は発音時の舌の位置が似ているためと言われていましたが、具体的にどのように音を区別して発音しているのかは明らかではありませんでした。

そこで研究チームは、発音時の舌が動く様子を観察できるリアルタイムMRIにより、東京方言話者の被験者10名が「これがヒシがた」と発音する際の「ヒ」と「シ」の舌の位置を観察しました。その結果3人の被験者において、「ヒ」と「シ」を発音する際の舌の前後の位置はほとんど同じであることを発見しました。この時、被験者らの舌の位置は同じであるにもかかわらず、

「ヒ」と「シ」の音の違いは聞き分けることができました。

これらの子音がどのように区別して発音されているかを調べるため、研究チームはさらに、口の形を模擬したモデルを構築し、発音時の空気の流れと音の発生をスーパーコンピュータでシミュレーションすることにより、舌の前後の位置が同じでも、舌の左右方向の形状が異なることによって「ヒ」と「シ」の子音の違いが生まれることを明らかにしました。

これまで音声学では、子音の分類は主に舌の前後方向の位置の違いにより行われてきましたが、左右方向の舌の形状が重要となることは新たな発見です。一方、舌が前後方向に同じ位置であって発音が区別できるということは、方言の一部に見られるような「ヒ」と「シ」の混同の原因にも成り得ます。

筆頭著者の豊橋技術科学大学・吉永司助教は次のようにコメントしています。

「日本語の「ヒ」や「シ」は何気なく会話に用いている発音ですが、その音の発生をシミュレーションするには、口の中で発生する乱気流の小さな渦を一つ一つ計算して、その渦から発生する音を予測する必要があります。そのため、研究で構築した口のモデル一つに対して、約1億点の計算格子を設定し、スーパーコンピュータで解析する必要があります。そして、その計算した渦の中で、「ヒ」と「シ」の音の違いを生み出す渦を発見したときは、とても興奮しました。」

今回の研究で観察された日本語の「ヒ」と「シ」の混同が知られ、音の違いが生まれる要因が理解されるようになれば、日本人の滑舌がより良くなると共に、この知識が、構音障害など特定の発音が区別できない人に対して行う言語聴覚士の訓練にも応用されることが期待できます。また同様の解析を、外国語を発音する日本人話者に応用することにより、外国語の発音向上に用いることができます。現在、共著者の国立国語研究所・前川喜久雄教授は、リアルタイムMRIによる調音動画データベースを構築しており、このデータベースを用いたさらなる発音メカニズムの解明が期待されます。

本研究は、文部科学省「富岳」成果創出加速プログラム(hp200123, hp200134)を通じて、大阪大学が提供するスーパーコンピュータSX-ACEの計算資源の提供を受けるとともに、日本学術振興会科学研究費(JP17H02339, JP19H03976, JP19K21641, JP20H01265, JP20K14648)、国立国語研究所コーパス開発センターの助成によって実施されたものです。

DNAバーコードが読み解く土壌線虫の世界

土壌生態系の解明やスマート農業の発展に向けて

浴 俊彦

豊橋技術科学大学応用化学・生命工学系(先端農業・バイオリサーチセンター兼務)浴 俊彦 教授の研究チームは、次世代シーケンサーを活用し、18SリボソームRNA遺伝子領域をDNAバーコードとして用いた高精度な土壌線虫の分析法を開発しました。この方法を用いて、畑、雑木林、家庭菜園に生息する線虫集団の特徴を明らかにすることに成功しました。今後、対象を農地等の土壌生物全体に拡張することで、土壌環境や土壌生物多様性の高精度な調査が可能となり、農業のスマート化にも貢献できると考えられます。

国連が2015年を国際土壌年として設定したように、近年、地球を覆う土壌の重要性とその保全を再認識する動きが国際的に盛んになっています。土壌には、細菌、糸状菌、原生動物、土壌小動物など多種多様な生物群が生息し、それらが土壌生態系を形成しています。線虫は、体長数ミリのミミズに似た体型を持つ代表的な土壌動物であり、土壌物質の循環に重要な役割を果たしています。

多くの土壌線虫は、細菌を食べる細菌食性ですが、糸状菌食性、植物寄生性、雑食性など多様な食性を持つ線虫が存在し、とくに植物寄生性線虫は、作物の連作障害の原因にもなっています。そのため、農業の観点からも線虫の分類・識別は重要な課題ですが、線虫には3万種を超える種の多様性がある上、互いに形が似ているために線虫の形態による識別は、専門家でないとなかなか難しいのが実情です。

そこで、研究チームは、遺伝子における生物種固有の微小な塩基配列の違いに基づいて生物種を識別する「DNAバーコード法」に着目し、飛躍的な塩基配列解読能をもつ次世代シーケンサーを導入した手法を確立し、異なる環境土壌に生息する線虫集団の分析に応用しました。はじめに、真核生物が共通に持つ18SリボソームRNA遺伝子に4つのDNAバーコード領域を設定しました。

分析対象には、非耕作畑、雑木林、ズッキーニ栽培

中の家庭菜園から分離した土壌線虫集団を用い、各線虫集団のDNAから、PCRで4つの遺伝子断片を増幅し、それらの塩基配列を解読しました。さらに、線虫に由来する塩基配列を抽出、系統ごとに分類・分析した結果、雑木林土壌では、植物寄生性線虫が、一方、家庭菜園土壌では、細菌食性線虫が多く生息していることを明らかにしました。また、非耕作畑には、細菌食性線虫のほか、動物捕食性や雑食性の線虫が多く存在することが判りました。

このような次世代シーケンサーを使ったDNAバーコード法は、原核生物である腸内細菌叢の分析などに広く応用されていますが、線虫などの真核生物を対象とした分析は、いまだ研究段階にあり、普及するには至っていません。今回の研究では、土壌線虫を例に、その有用性を示すことができました。

研究チームのリーダーである浴 俊彦教授は

「これまで、遺伝子研究を通じて、20年近く線虫と関わってきました。本学の先端農業・バイオリサーチセンターのメンバーとして、農業に関わる研究を何かできないかと思索する中で、このテーマを思いつきました。試みに、大学の大豆畑と(放置状態の)花壇から線虫を分離し、1頭ごとにDNAバーコード解析を行ったところ、細菌食性線虫が多かった大豆畑とは対照的に、花壇では、雑草に寄生する植物寄生性線虫と、それらを捕食する線虫で占められているこ

とを発見したことがこの研究のスタートになりました(Morise et al., PLoS ONE, 2012)。この方法を第1世代とすると、今回は次世代シーケンサーを導入した第2世代の方法になりますが、期待通り、3つの土壌環境を反映した線虫集団の姿を明らかにすることができました。」と述べています。

現在、研究チームは、土壌線虫を分離・分析するだけではなく、土壌から直接DNAを取りだし、そこに生息する生物全体をまとめて分析する、第3世代のDNAバーコード法を開発し、キャベツ畑などの土壌生物相の分析を進めています。作物の生長に伴い、微生物も含めた土壌生物集団がどのように変動するか高精度に分析し、作物と土壌生物群との関係を解明するとともに、栽培植物による土壌生物への影響や植物病害と関連する生物群を遺伝子レベルで明らかにすることを目指しています。

この研究が進めば、土壌生物の分析結果に基づいた合理的な作物栽培・管理が可能となり、日本でも有数の農業地帯である東三河地域を含めた国内外のスマート農業の推進に貢献できると考えています。

本研究は、公益財団法人 高橋産業経済研究財団のご支援を受けて実施されました。

ビッグデータで世界の人々のオンライン活動の原理に迫る

オンライン上の人々が作るつながりの相違点と共通点

廣中 詩織

豊橋技術科学大学情報・知能工学系 廣中詩織特任助教の研究チームは、ソーシャルメディア上で世界10カ国にわたるビッグデータを収集し、人々がオンライン上で作るつながりとふるまいとの関係を分析しました。その結果、ユーザーのふるまいを反映するフォロー比が各国で共通するという特徴を発見しました。社会の多様性が反映されたデータの中で、共通の特徴や違いを見つけることは、それぞれの文化の違いに合わせたデータの活用、例えばマーケティングや効果的な情報発信等につながると考えています。

研究チームは、10カ国（日本、アメリカ、ブラジル、イギリス、フィリピン、トルコ、インドネシア、インド、メキシコ、サウジアラビア）にまたがる400万を超えるユーザーのTwitter上での活動データを収集し、統計処理を用いて、オンライン上で作るつながりとユーザーのふるまいの関係を分析しました。これは世界初の分析となります。

多くの人々がソーシャルメディアを利用するようになったことで、ソーシャルメディアデータを様々な調査や分析に利用する取り組みが増えてきています。これは、ソーシャルメディアデータが社会の様子を間接的に観測しているとみなされているからです。しかし、同じようにソーシャルメディア上で観測されたデータであっても、国ごとに異なる文化やその他の様々な要因によってデータの性質が変化します。ユーザーのふるまいには、そのユーザーが属している集団でのオンライン文化が反映されていると考えられるからです。以上より、ソーシャルメディアデータを様々な調査に利用するためには、その特性を知ることが重要です。

本研究では、ユーザー同士の活動地域の近さに

着目し、ユーザー同士のつながりを分析しました。ソーシャルメディア上でつながっている相手との活動地域の近さには、ソーシャルメディアの利用目的が密接に関わると考えられるからです。例えば、友人との交流に利用する場合は活動地域が近くなりやすく、有名人などの投稿やニュースのフォローを目的とする場合は活動地域の近さとあまり関連がありません。活動地域の近さと、ソーシャルメディア上でのユーザーのふるまいとの関係を調べ、その特徴を国ごとに比較しました。

その結果、活動地域の近さと関係するユーザーの特徴として、10カ国間での共通点を発見しました。その特徴はフォロー比というもので、ユーザーがフォローしている数のフォローされている数に対する比です。フォロー比が大きいユーザーは情報収集目的のユーザーだと考えられます。その他には、自己紹介文が長いと活動地域が遠い傾向にあるなどの発見がありましたが、10カ国間で共通な特徴と判断するには至りませんでした。本来、ソーシャルメディア上のつながりのデータは、世界中のユーザーを同じように表現することができるものです。しかし、

文化などの違いによって、データの性質が異なることで、友達推薦や属性推定などの機能に期待される精度が出ない場合があります。今回発見された特徴から、国や文化の異なるユーザーに、最適の情報を提供することが可能になると期待できます。

研究チームは、ソーシャルメディア上で観測されるソーシャルメディア上のビッグデータの性質をより詳細に調べることで、ソーシャルメディアを活用する文化の違いを明らかにし、次世代ソーシャルメディア創出のための手がかりの解明をめざします。

本研究は、JST未来社会創造業、JPMJMI20B4の支援を受けたものです。

高伝導性と電気化学安定性を兼ね備えたナトリウム固体電解質

長期安定な全固体ナトリウムイオン二次電池の開発に向けて

蒲生 浩忠

豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学系の博士後期課程に在籍する蒲生浩忠をリードとする研究チームは、全固体ナトリウム(Na)イオン二次電池用の固体電解質として、硫黄(S)の一部を塩素(Cl)置換した Na_3SbS_4 を開発しました。Cl置換 Na_3SbS_4 は、Cl置換なしの試料と比較して、室温におけるイオン導電率が3倍まで向上しました。またCl置換した Na_3SbS_4 の結晶構造は、Naイオンが3次元的に移動しやすい結晶構造フレームワークを持つことを実証しました。加えて、Cl置換はNa負極に対してより優れた安定性を示すことを見出しました。

大規模なエネルギー貯蔵に対する需要の高まりにより、低コストかつ埋蔵量の豊富なNa資源を用いた全固体Naイオン二次電池の研究が加速しています。全固体Naイオン二次電池の実用化には、室温で高いイオン伝導性を示す固体電解質の開発が必要不可欠です。Na固体電解質の中でも、 Na_3SbS_4 固体電解質は、室温で 1 mS cm^{-1} 以上の高い導電率を示すことから、国内外で広く研究されています。しかしながら、その高い導電率の達成にはボールミリング処理による後処理が必要であり、より簡易な合成プロセスで高いイオン導電率を実現することが大きな課題となっていました。

そこで、蒲生浩忠らの研究グループは量産に適した液相合成法を用いて、Cl置換した Na_3SbS_4 固体電解質を開発しました。 Na_3SbS_4 のSの一部をClで置換することで、置換なしの試料(0.3

mS cm^{-1})と比べて、室温でのイオン導電率が3倍(0.9 mS cm^{-1})に向上しました。また、Cl置換に伴う構造変化がイオン伝導特性に与える影響を解明するために、結晶構造の精密解析によりイオン伝導経路を可視化しました。

その結果、 Na_3SbS_4 中のSの一部をClで置換することで、NaイオンがS(またはCl)と局所的に緩く結合した、つまりNaとS(またはCl)との間で弱い静電相互作用を持つ結晶構造フレームワークが形成され、特に結晶学的なc軸方向へのイオン拡散が促進されることを実証しました。したがって、Cl置換に伴うイオン導電率の向上は、3次元的に開けたイオン拡散経路を持つ結晶構造が形成したことに起因します。

さらに、Cl置換した Na_3SbS_4 固は、Cl置換なしの試料と比べて、Na負極に対して優れた安定性

を示すことを見出しました。この電気化学的な安定性の改善は、負極と固体電解質の間の界面抵抗の低減に繋がり、Clの多量置換が負極に対する安定性の改善に効果的であることを実証しました。

研究チームは、高いイオン伝導性や優れた電気化学的な安定性など望ましい特性を備えた理想的な固体電解質の開発に向けて、重要な設計指針を見出しました。また、本研究で開発した固体電解質と液相コーティング技術を組み合わせることにより、全固体Naイオン二次電池の高い蓄電容量および安定なサイクル特性を達成できると考えています。

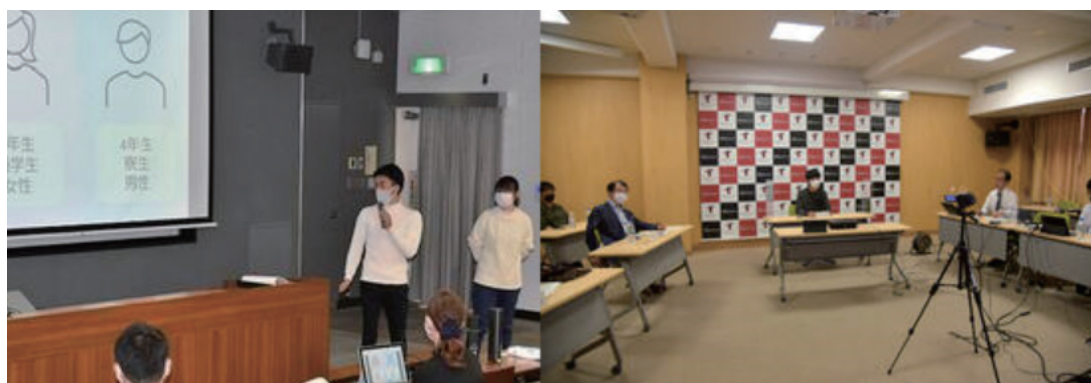
Pick Up



Symposium “Toward the University’s Efforts and Future Reform in the Age of With/After Corona”

Toyohashi University of Technology is holding a total of six symposia from FY 2020 to FY2021 for the purpose of sharing information on responses to new coronavirus infections and proposing new approaches for the future. The symposium is a valuable opportunity to get student feedback on the university’s corona response strategy, as well as an opportunity for the university and students to exchange their opinions and consider how best to support students.

At the 4th symposium held on August 5, students shared their confusion from the early days of the introduction of online classes and made suggestions for improvements. Holding the symposium was a positive step forwards for both the university and the students. Toyohashi University of Technology will continue to listen to the voices of students and faculty while striving to achieve the optimal education and research conditions possible under the pandemic.



■ シンポジウム「ウィズ／アフターコロナ時代における本学の取組および将来改革に向けて」

豊橋技術科学大学では、新型コロナウイルス感染症への対応状況の情報共有や、今後の新たな取組を提案することを目的として、2020年度から2021年度にかけて全6回のシンポジウムを開催しています。シンポジウムは、大学のコロナ対応に対する学生からの要望を聞く貴重な機会となっている他、大学と学生が意見交換を通じて、学生に寄り添う支援を考える機会にもなっています。

8月5日に開催された第4回シンポジウムでは、学生がオンライン授業導入初期に戸惑ったことや、改善点の提案などがあり、大学と学生の双方にとって、将来に向けた前向きなシンポジウムとなりました。豊橋技術科学大学は、今後も学生や教職員の意見を取り入れながら、コロナ禍でのより良い教育や研究の在り方を検討していきます。



■ Toyohashi University of Technology

The Toyohashi University of Technology (TUT) is one of Japan's most innovative and dynamic science and technology based academic institutes. TUT Research is published to update readers on research at the university.

1-1 Hibarigaoka, Tempaku, Toyohashi, Aichi, 441-8580, JAPAN

Inquiries: Committee for Public Relations

E-mail: press@office.tut.ac.jp

Website: <https://www.tut.ac.jp/english/>

■ Editorial Committee

Hideyuki Uehara, Committee Chairman

Department of Electrical and Electronic Information Engineering

Takaaki Takashima, Chief Editor

Global Engagement Center

Ryoji Inada, Associate Editor

Department of Electrical and Electronic Information Engineering

Saburo Tanaka Research Administration Center

Kojiro Matsuo Department of Architecture and Civil Engineering

Eugene Ryan Institute of Liberal Arts and Science

Yuko Ito Research Administration Center

Shino Okazaki General Affairs Division

Tomoko Kawai General Affairs Division