

No.11 Dec. 2017

FEATURE STORY

How Capturing the Movement of Ions can Contribute to Brain Science and Improve Disease Diagnosis

Professor Kazuaki Sawada's work focuses on the development of biosensors that combine integrated circuit technology and sensor technology.



Research Highlights: "Social Implementation of TUT Innovated Technology!"



Preface to the Special Issue

Social Implementation of Technology and the Role of Toyohashi University of Technology in Society

5



"Resonance Q Theory" – A Breakthrough Discovered by TUT

Corroborating technology with science supporting implementation of wireless power supply

6



Tackle Rat-run Traffic in Residential Areas in Collaboration with Road Administrators

Implementing traffic safety management methods using traffic big data

7



The Progress of Machine Translation and How it Changes the World

8



Robotic Support for Regional Agriculture

Automating labor-intensive and costly processes of harvest in greenhouse horticulture

9



Utilizes Biomass from Organic Waste

Versatile composite system effectively uses biomass, residual heat, and waste CO₂

10

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/>

TUT Research: e-Newsletter from Toyohashi University of Technology

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

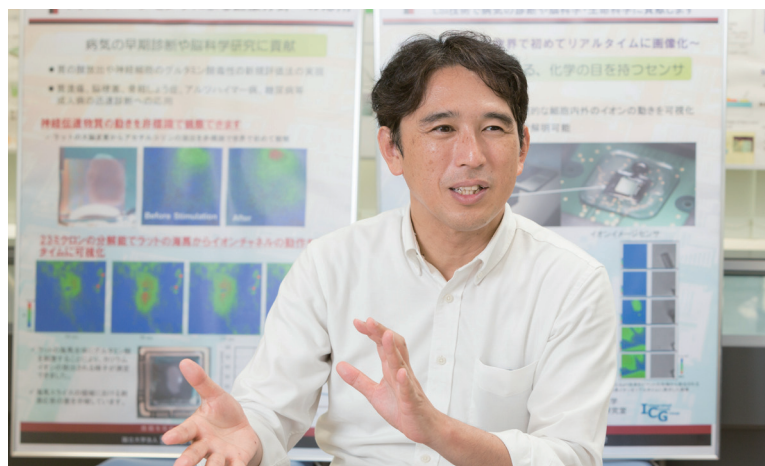
Editorial Committee

Takaaki Takashima, Chief Editor, Institute for Global Network Innovation in Technology Education (IGNITE)
Kunihiko Hara, Research Administration Center (RAC)
Kojiro Matsuo, Department of Architecture and Civil Engineering
Eugene Ryan, Center for International Relations (CIR)
Yuko Ito, Research Administration Center (RAC)
Tetsuya Oishi, International Affairs Division
Tomoko Kawai, International Affairs Division



How Capturing the Movement of Ions can Contribute to Brain Science and Improve Disease Diagnosis

Kazuaki Sawada



Professor Kazuaki Sawada's work focuses on the development of biosensors that combine integrated circuit technology and sensor technology. Currently Prof. Sawada's main project is working on a "bio image sensor", which he hopes to use to directly observe ion distribution and movement as visual images, in order to contribute to the development of brain science and disease diagnosis. There is growing excitement in the scientific community regarding the potential practical applications of this innovative sensor, which Prof. Sawada is striving to fulfill by establishing research associations and incorporated associations through industry-university.

Interview and report by Madoka Tainaka

Development of world's first sensor that can detect ion reactions

Today, the major types of image sensors for acquiring two-dimensional images by sensing are CCD (Charge-Coupled Device) and CMOS (Complementary metal-oxide-semiconductor). These semiconductor devices are mounted on digital cameras and smartphone cameras. They capture the amount of light as an amount of electric charge and process it after converting it to an electric signal and are widely used not only for cameras but also for measurement of magnetic fields and voltages. However, until now, there were no sensors that could directly capture the distribution and movement of ions, in the way that Prof. Sawada's bio image sensor is now able to do.

"As a means for measuring ions, using litmus paper for measuring hydrogen ions is well established, but what sets our device apart is that it can measure the amount. This is the world's first sensor that can directly observe the movement of ions," says Prof. Sawada.

The trigger for development dates back

to Prof. Sawada's fourth undergraduate year when he was a student at Toyo-hashi University of Technology. In response to a request from a company, he worked on the development of a hydrogen ion sensor through an industry-university collaboration that became his graduation thesis. However, the sensor didn't achieve the desired performance and the research ended there. After that, Prof. Sawada worked for a time on material development, but after doing some research on image sensors at Shizuoka University more than ten years later, he decided to once again take on the challenge of becoming the first person to successfully image ion changes.

"As a mechanism, we read the movement of ions from the change in potential of a semiconductor (ISFET: Ion Sensitive Field Effect Transistor) by means of a sensitive membrane of ions placed on the surface of the semiconductor. It's a little complicated, but at that time, depending on the concentration of hydrogen ions, a state called a "potential well" in quantum theory is formed on the semiconductor surface. To put it simply, the depth of the cup changes

according to the concentration of ions. To measure the depth of the cup, we inject a lot of electric charge into it and measure the amount of charge that accumulates. We can then measure the electric charge by converting it into a voltage like a CCD or CMOS image sensor. In this way, we can read the ion concentration with a high level of sensitivity," explains Prof. Sawada.

In 1997, Prof. Sawada acquired a patent for this innovative method, and since then has continually strived to further develop and improve the bio image sensor.



As the accuracy improved we became aware of the potential goals

Unfortunately it was not possible to achieve the target accuracy straight away. "At the beginning of the development, the number of pixels was just

1×8, and by 2005 we achieved 10×10, but at this level we could just about sense the change in ions when we dropped orange juice on the sample. At this level, nobody was really interested. However, at a scientific meeting in 2007, when we increased the number of pixels to 32×32 and used the sensor to show rice roots emitting citric acid, everyone got excited. There was a theory that plant roots emitted citric acid and dissolved nutrients in the soil to absorb them, but until then no one had been able to observe the phenomenon. After that breakthrough, researchers in various fields came to me saying they wanted to use the sensor."

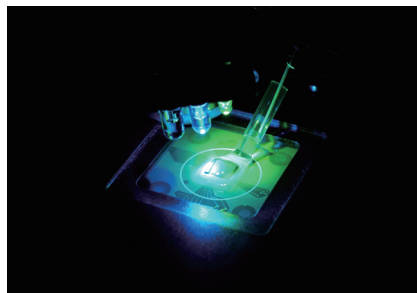
Originally, the research started from the pure interest of Prof. Sawada, who wanted to try to simply observe the movement of ions. But based on people's reactions, he began to understand how the research would be useful for society. "Doctors at the medical department told me that the ability to see ion reactions could be revolutionary in medicine. I was surprised when people told me it was so groundbreaking. So, when I brought them a prototype that I had managed to make, they were unsatisfied, explaining that they needed at least 100 pieces. If we do not raise the accuracy and usability to a level that has the impact of making potential users want to use the technology, it will not become widely used. This revelation changed the philosophy of my research. Since then, my goal has been to fulfill my responsibility to contribute to society, whether or not the research can be published as a paper."

After that, in 2011, Prof. Sawada succeeded in observing the release of acetylcholine from a rat cerebral cortex without labels with a 128×128 (16,000 pixels) element. Furthermore, in 2014, he observed the release of potassium ions by stimulating a rat hippocampus with glutamic acid.

"Usually, a wet sample will break as soon as you place it on a chip. That was the tricky part, which explains why it took time to develop the initial idea. However, by enhancing the waterproofing of the chips, we made it possible to capture the appearance of ions leaking out of a cell, which no

one had ever seen before. With these unprecedented tools that enable us to look at cells from the outside, we anticipate the potential for creating new academic fields."

In addition to that, Prof. Sawada is also working on research such as the development of a sensor that separates excitation light and fluorescent light. The key point is that it does so without using the kind of expensive optical filter that is usually indispensable for fluorescence microscopy. What is more, it can visualize the fluorescence of samples with the same accuracy as a fluorescence microscope. As a result of such discoveries, Prof. Sawada explains that he receives endless daily inquiries from companies and research institutions, especially from the medical field.



Promoting social implementation through two pillars: the study group and the council

At present, the number of pixels of the element of the bio image sensor has reached 1.3 million (1280×960). This has been achieved through industry-university collaborative development. In order to advance implementation in society, in 2012, Prof. Sawada established the "Multimodal Bio Image Sensor Study Group", of which he is the chairman. About 25 organizations including companies such as semiconductor manufacturers, universities, and national research institutions have participated and are deepening consideration of the industrial contribution of multimodal bio image sensors and the creation of new businesses.

Meanwhile, in September 2016, Prof. Sawada founded a general incorporated association named "Toyohashi Sensor Council". The council is accelerating initiatives to create bio sensor markets, such as determining standards and specifications, holding technical lectures and providing con-

sultancy.

"Since our research group is after all a university organization, there were aspects that were difficult to control from the perspective of fairness, such as how to handle patents in promoting commercialization. So I decided to devote myself to research and transferred the license of approximately 70 patents owned by the university to the council, and we made the council responsible for its development as a business," says Prof. Sawada.

Incidentally, since the press release, more and more people are asking to participate in the council, but Prof. Sawada says not everyone can join.

"Since our goal is not to make money, but to return the intellectual property of the university to society and to maximize the social utility of the sensor, I select companies to participate based on their willingness to get involved on a volunteer basis. We're expecting to be able to announce a new product next year, so hopefully that's something we can all look forward to."

It is indeed exciting to have such innovative achievements on the horizon, especially when they are the product of a researcher's simple passion to know the unknown, and to be of service to society.

[Reporter's Note]

Prof. Sawada's goal to become a researcher started from his love of Antarctica. "I wanted to join the Japanese Antarctic Research Expedition, but I didn't feel I could become a geologist or meteorologist. However, I thought that I might be able to work in communications, so I joined the engineering department. Actually, I joined the new Department of Electrical and Electronic Information Engineering. In the end, I did not study communications at all, and my teacher advised me that sensors will become important in various fields in future, so I proceeded down the road of sensor development," says Prof. Sawada.

Although Prof. Sawada says he has "completely moved on from his early goal," he has not thrown away his dream of traveling to Antarctica. "Sensors should be indispensable for measuring ice sheets and soil. I would like to see this unknown world that nobody has seen yet. I would be delighted to go if I was asked," he laughs. In this way, Prof. Sawada shows himself to be a researcher who is driven by curiosity and who purely wants to explore the truth.

イオンの動きを捉え、病気の診断や脳科学に役立てたい

澤田和明教授が手がけるのは、集積回路技術とセンサ技術を融合させた、さまざまなバイオセンサの開発である。その代表が「バイオイメージセンサ」で、イオンの分布や動きをダイレクトに画像として見ることで、脳科学の進展や病気の診断などに役立てたいという。従来になかった画期的なセンサとして、実用化への期待が高まる中、澤田教授は産学連携で研究会や社団法人を設立、実用化に向けた動きに取り組む。

■ 世界初、イオン反応を見るセンサを開発

現在、センシングにより二次元の画像を取得するイメージセンサといえば、デジカメやスマートフォンのカメラに搭載されている半導体素子 (CCD=Charge-Coupled DeviceやCMOS=Complementary metal-oxide-semiconductor) が主流である。これは光の量を電荷の量として捉え、電気信号に換えて処理するので、カメラのほか、磁界や電圧の計測などにも幅広く活用されている。しかしこれまで、澤田教授が手がける「イオン」の分布や動きをダイレクトに捉えるようなセンサは存在しなかった。

「イオンを測るものとしては、水素イオンを測るリトマス試験紙が有名ですが、これは量を測るもの。イオンの動きを直接目で見えるセンサの開発は世界初の試みです」と澤田教授は言う。

開発のきっかけは、澤田教授が豊橋技科大の在学だった学部4年次に遡る。企業からの要請を受け、産学連携で水素イオンセンサの開発を手がけて卒論にまとめた。しかし、思うような性能は出せず、そのまま研究は終了。その後は材料開発の研究をしていたが、十数年後、静岡大学でイメージセンサの研究をする中、まだ誰も手がけていないイオン変化のイメージングにふたたび挑戦することにした。

「仕組みとしては、半導体中にイオンの感応膜を置いた半導体 (ISFET: Ion Sensitive Field Effect Transistor) の電位の変化からイオンの動きを読み取ります。少し難しい話になりますが、その際に水素イオンの濃度に応じて半導体表面に、量子論で言うところの「ポテンシャルの井戸」と呼ばれる状態が形成されるのです。噛み砕いて言えば、イオンの濃度によってコップの深さが変化するということです。そのコップの深さを測るためには、コップにたくさん電荷を注入して、そこに溜まった電荷量を計測すればいい。そうすれば、CCDやCMOSイメージセンサと同じように電荷量を電圧に変換して計測することができます。これにより、イオンの濃度を高感度に読み取ることができるのです」と澤田教授は説明する。

1997年、澤田教授はこの画期的な方式の特許を取得して、以後、バイオイメージセンサの開発に邁進していくことになる。

■ 精度が向上するにつれ出口が見え始めた

しかし、最初から狙った精度を出せたわけではない。「開発当初は画素数が1×8と少なく、2005年には10×10が開発できましたが、みかんの汁を落としたことによるイオン変化がなんとなくわかる程度で、誰にも見向きもされませんでした。ところが2007年にある学会で、32×32に画素数を増やした素子を使

って、稲の根がクエン酸を放出している様子を映したら、会場がざわついたのです。植物の根がクエン酸を出し、土壌の養分を溶かして吸っているという説はありましたが、それまでその様子を誰も見たことがなかったからです。その後、さまざまな分野の研究者から、使ってみたくて声がかかるようになりました」

当初は、イオンの動きを見たいという澤田教授の純粋な興味で始まった研究だったが、まわりの反応に触れるにつれ、研究がどう社会に役立つかを意識するようになっていったという。

「医学部の先生から、イオンの反応が見えれば医学の常識が変わる。それくらい画期的なことだよ、と言われて驚きました。そこで、なんとか作った試作品を持参すると、『少なくとも100個はないと使えない』と怒られてしまいました。使いたい人が、使ってもいいと思うようなインパクトのあるレベルまで精度と使い勝手を上げなければ、社会に浸透することはありません。以来、たとえ論文にはならなくても、社会との橋渡しをしていくことも、研究者の務めだと強く感じるようになりました」

その後、2011年には、128×128(1.6万画素)の素子でラットの大脳皮質からアセチルコリンが放出される様子を非標識で観察することに成功。さらに、2014年には、ラットの海馬をグルタミン酸で刺激することでカリウムイオンが放出される様子を捉えた。

「通常、ウェットな試料をチップに載せるとすぐに壊れてしまいます。構想から開発まで時間がかかったのはそのためです。チップの耐水性を高めたことで、これまで誰も見たことのない、細胞の外側にイオンが浸み出す様子を捉えることができるようになりました。細胞を外側から見ると、これまでになかった道具ができたことで、新しい学問領域を生み出すことができるのではないかと期待しています」

そのほかにも澤田教授は、蛍光顕微鏡に欠かせない高価な光学フィルタを使用することなく、励起光と蛍光光を分離し、蛍光顕微鏡と同程度の精度で試料の蛍光を可視化するセンサの開発なども手がけている。こうした成果を背景に、医学分野を筆頭に、企業や研究機関からの引き合いが絶えない日々だという。

■ 研究会と協議会の二本柱で社会実装を推進

現在、先のバイオイメージセンサの素子の画素数は130万(1280×960)にまで達している。その背景にあるのが、産学連携による開発だ。澤田教授は社会実装を進めるために、2012年、自らが会長を務める「マルチモーダルバイオイメージセンサ研究会」を設立。半導体メーカーなどの企業、大学、国の研究機関

など約25の組織が参画して、マルチモーダルバイオイメージセンサの産業貢献や新規事業創出に向けた検討を深めている。

一方、2016年9月に「一般社団法人 豊橋センサ協議会」を設立。規格や仕様の決定、技術講習会の開催、コンサルティングなど、バイオセンサの市場創出に向けた取り組みも加速させている。

「研究会はあくまでも大学の一組織なので、製品化を進めるうえで、特許の扱いをどうするかなど、公平性の観点からコントロールするのが難しい面がありました。そこで、私は研究に専念することにして、大学が持つ約70の特許の実施権を協議会に移し、ビジネスとしての発展は協議会が担うかたちにしました」と澤田教授。

ちなみに、報道発表以来、協議会に参加したいという申し出が増えているが、誰でも加入できるわけではないという。

「お金儲けではなく、大学の知財を社会に還元し、開発したセンサを社会に広めていくことが目的なので、実際に手を動かして、手弁当で関わってくれる人たちに参加してもらいたいという思いから、企業を選別しています。来年には、新製品の発表ができると思いますので、期待してください」

未知のものを知りたいという研究者の思いと、それが社会に還元されることの喜びが原動力となって、大きな実を結びつつある成果の発表が待ち遠しい。

(取材・文=田井中麻都佳)

取材後記

澤田教授が研究者を目指したきっかけは、南極への憧れだったという。「南極越冬隊員に加わりたかったのですが、地質学者や気象学者にはとてもなれそうもなく、でも、もしかしたら通信士ならできるかもしれないと思い、工学部へ進学しました。ところが、入ったのは新しくできた電気電子工学科。結局、通信の勉強は一度もすることなく、恩師から、今後、さまざまな分野で重要になるとアドバイスを受けて、センサ開発の道に進みました」と澤田教授。

「すっかり初心を忘れてしまいました」と言うものの、南極への夢は今も捨てていない。「氷床や土壌の計測にセンサは欠かせないはず。まだ誰も見たことのない未知の世界をぜひ見てみたい。声がかかれば、喜んで行きますよ」と笑う。そこには、好奇心に駆られ、純粋に真理を探究したいという研究者の姿があった。

Researcher Profile

Dr. Kazuaki Sawada

Dr. Kazuaki Sawada received his B.A. and M.S. degrees in electrical and electronic engineering in 1986, 1988, respectively, and he received a Ph.D. degree in system and information engineering in 1991, all from Toyohashi University of Technology, Aichi, Japan. From 1991 to 1998, he was a Research Associate in the Research Institute of Electronics, Shizuoka University, Shizuoka, Japan. Since 1998, he joined the Department of Electrical and Electronic Engineering, Toyohashi University of Technology, where he is now serving as a Full 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).



Preface to the Special Issue

Social Implementation of Technology and the Role of Toyohashi University of Technology in Society

By Kazuhiko Terashima

Toyohashi University of Technology (TUT) is a university that studies and researches "technology" in order to create new "technology", "products" and "systems". We boast a diverse student body, with 80% of our students being graduates of the engineering focused Colleges of Technology (KOSEN), and the remaining 20% being graduates of technical high schools, general high schools, as well as a high proportion of overseas students. At TUT, the student body use their scientific background and engineering skills as a basis for studying more advanced technological science. The goal is to develop creative technological advancements, and each student has an important mission to incorporate that technology into society. In order to achieve this mission, academic-industrial alliances and interdisciplinary integration play a vital role, as there is only so much that tertiary studies can achieve. In light of the above, we have established the "Research Institute for Technological Science and Innovation", where we systematically conduct cooperative research in collaboration with industry, by means of our flagship "Cooperative Projects for Innovative Research".



On April 1, 2016, we reorganized our on-campus research centers and founded the Research Institute for Technological Science and Innovation. The institute is made up of three research divisions: the Emergent System Research Division, the Social System Research Division, and the Advanced Research Division, which were established to develop the research activities of our existing Electronics-Inspired Interdisciplinary Research Institute (EIIRIS) and our four research centers. The institute aims to achieve innovation through the growth of state-of-the-art integrated research.

With this institution now at the heart of our University's research system, we have set ourselves a new challenge of a strategic research conducted by the University in addition to actively promoting faculty initiated research. The research topics for these research divisions were carefully selected by committee members of the University from internal applications, and we launched 16 Cooperative Innovative Research

Projects in 2016. Backed by equal funding from research institutions and companies in and out of Japan, these new projects will develop cutting-edge technology in specific fields and boost the implementation and contribution of research results within society. In principle, each project will be implemented for three years, and our university funding will be matched by external funds. Many projects among the 16 are large-scale collaborations between academia and industry that involve global corporations or local companies. In 2017, four new projects were added, bringing the total number of projects to be implemented to 20.

The research topics of these 20 projects vary greatly, from sensing, robots, the environment, the brain, life, vehicles, disaster prevention, to farming and industry technology. It is our hope that the founding of this Cooperative Innovative Research institution will establish our University as a research hub for studies in many different types of

fields. In addition, we aim to use the results of the Cooperative Project for Innovative Research and other post-collaborative projects to bring about new inventions, products, startups and large-scale projects, and to develop Toyohashi University of Technology's technologies so that they may be successfully implemented into society.

Toyohashi University of Technology is a university that not only develops technology but also emphasizes the importance of its integration into society. It is because of this that we have become a shining beacon amongst the other more than 700 universities in Japan. We truly believe that this is our role in society.

The five research topics featured in this special issue are parts of the Cooperative Project for Innovative Research and are currently making headlines as projects with the important end goal of implementing the technologies developed during research to enhance society.

- Professor Takashi OHIRA: "Resonance Q Theory" – A Breakthrough Discovered by TUT
- Assistant Professor Kojiro MATSUO: "Tackle Rat-run Traffic in Residential Areas in Collaboration with Road Administrators"
- Professor Hitoshi ISAHARA: "The Progress of Machine Translation and How it Changes the World"
- Professor Jun MIURA: "Robotic Support for Regional Agriculture"
- Project Associate Professor Yoichi ATSUTA: "System That Effectively Utilizes Biomass from Organic Waste"

We hope you enjoy this special edition and find it informative.

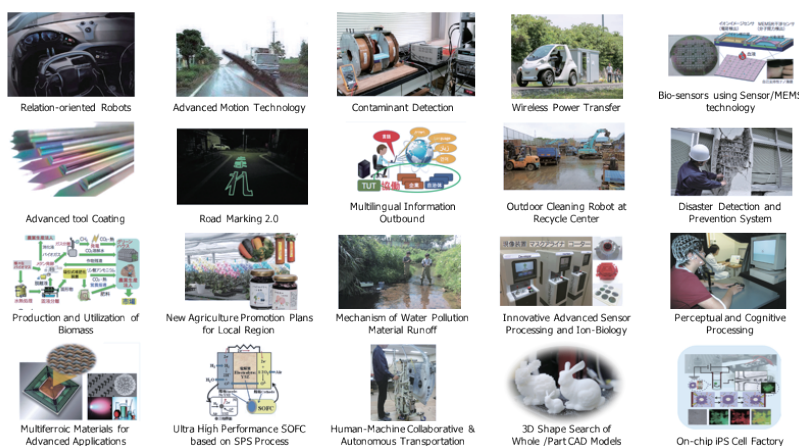


Fig.1 20 Cooperative Innovative Research Projects

“Resonance Q Theory” – A Breakthrough Discovered by TUT

Corroborating technology with science supporting implementation of wireless power supply

By Takashi Ohira

“Societal implementation” is defined as developing practically oriented research designed to solve problems in society. As such, it is assumed that “research results” have been obtained in order for this integration to succeed. What comes to mind when you hear the phrase “research results?” Perhaps you picture hardware such as a newly developed machine or an electronic device? Or do you think of software for computers and information processing? These are all examples taken from our everyday lives which are the fruit of invention and manufacturing research. The R&D departments of corporations also produce these kinds of products. What kinds of research results does the world expect from Toyohashi University of Technology?

Corroborating technology with science. This is the basic concept behind science and technology. Instead of stopping at just manufacturing, we develop breakthrough theories that no one else has discovered. This is the true result of scientific and technological research. Needless to say, new theories are not created every day. Researchers need to review existing scientific theories and generalize basic theories found in our current textbooks in order to move on to higher-level concepts. Below, we will have a look at one example of a breakthrough theory that will force textbooks on electronic circuits to be rewritten.

If you open a textbook on electronic circuits for high school or university, you will come across the following equation:

$$Q = \frac{\omega L}{R}$$

This is a Q factor formula for a series circuit comprising a resistor and a coil shown in Fig. 1. Students generally memorize formulae and how to apply them verbatim. It is important to become familiar with equations such as the one above when you first start your studies, so this technique is somewhat useful. However, once you start to use these equations, you begin to wonder why they are written as they are. There is always some reasoning behind any physical phenomena. Finding out what that is, or “corroborating technology with science” is the true mission of technical universities.

Now, let's look at Fig. 2. A condenser has been added to the circuit. We have learned that resonance occurs between a coil and a condenser in our last year of high school. The problem to solve here is to “calculate the Q factor in the circuit's resonance state.” Although the problem itself is quite simple, it actually requires a lot of thought. Textbooks do not readily provide a formula that can be used to solve this problem. So, what are you supposed to do?

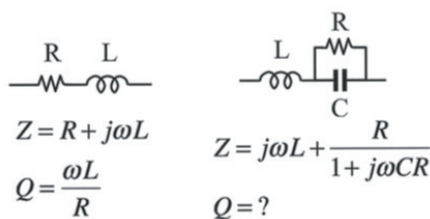


Fig. 1 Series RL circuit

Fig. 2 Series LC resonator with loss R in parallel to C

In order to solve this problem, you need to take a step back and really think about what a Q factor is. Throwing away our preconceived notions and ignoring general knowledge, we reached the concept of “natural logarithm impedance.” This is expressed as follows:

$$\zeta = \log Z$$

At first glance, this equation seems mysterious or enigmatic to solve, and is likely to be labeled as unorthodox. Generally speaking, Z is a complex number, and so ζ is also a complex number. By using this ζ , the Q factor in a resonance circuit of any structure can be determined by using the following equation:

$$Q = \frac{\omega_0}{2} \left| \frac{d\zeta}{d\omega} \right|$$

Here ω_0 represents resonance angular frequency of the circuit, and the two vertical lines represent the absolute value of the complex number. This theoretical expression was used in our IEEE journal and was selected for a Commendation for Science and Technology by the Minister of Education, Culture, Sports, Science and Technology. The physical meaning of the logarithm impedance ζ is explained in “What in the world is Q?” (Ohira, 2016).

First, try and calculate the Q factor of the circuit shown in Fig. 1 using the above equation. You will need to derive the complex numbers part way through, and our second-year students learn how

to do this. If your answer matches the following textbook equation, you have passed the first stage:

$$Q = \frac{\omega L}{R}$$

If you were able to calculate this, have a go at the problem in Fig. 2. The answer can be found in “Enigma on resonant quality.” (Ohira, 2017)..

This theory applies not only to resonance circuits, but can also be expanded to various functional circuits such as those for filters or oscillators. The discovery of Log Z has given us engineers the ability to derive a Q factor equation under a resonance state from a given circuit diagram with just a pencil and paper.

The discovery of this resonance Q theory will contribute greatly to R&D into revolutionary systems that use the principle of resonance, such as those for telecommunications and wireless power transfer, and the implementation of those research results into society.

Editor's Note

On November 29th, TUT and DENSO unveiled the result of their cooperative venture - a compact high-speed robot that conveys parts on DENSO's assembly line. Electrical power is supplied wirelessly from the guideway to the robot by means of a practical application of “Resonance Q Theory”. DENSO is looking to use this robot in not only in its own factories, but also planning to sell it as part of a logistics systems that can operate non-stop around the clock.
<https://www.nikkan.co.jp/articles/view/00452670> (Japanese version only)

References

- [1] Takashi Ohira, “What in the world is Q?” IEEE Microwave Magazine, vol. 17, no. 6, pp. 42-49, June 2016.
- [2] Takashi Ohira, “Enigma on resonant quality,” IEEE Microwave Magazine, vol. 18, no. 2, p. 119, March 2017.



Tackle Rat-run Traffic in Residential Areas in Collaboration with Road Administrators

Implementing traffic safety management methods using traffic big data

By Kojiro Matsuo

Using a type of traffic big data, namely, probe vehicle data, we have developed a method capable of capturing the state of rat-run traffic in residential areas in qualitative, wide-ranging, and efficient ways. We have called this new technique GRATT, which stands for Grasping RAT-run Traffic. We are currently working on a traffic safety management project in collaboration with the road administrator of Toyohashi City (Road Maintenance Section, Department of Construction) with the aim of its implementation contributing to traffic safety in the area.



Assistant Professor Kojiro Matsuo (1st from right, 2nd row) with his laboratory members

Compared to Western countries, Japan has a high rate of car accidents involving pedestrians and bicycles traveling in residential areas. Creating a safe community street space for pedestrians and cyclists is one societal issue we are currently facing in Japan. The importance of both lowering vehicle speeds in residential areas and limiting transit traffic that does not necessarily need to use such areas, or so-called "rat-run" traffic, is now recognized as an issue both domestically and overseas.

In order to implement effective rat-run traffic control measures, it is necessary to properly understand what kind of state the traffic is in. However, conventional surveying methods require a lot of time and manpower to qualitatively assess the state of rat-run traffic.

By using probe vehicle data, which is classified as one type of traffic big data, our urban & transportation systems laboratory has developed the technique for Grasping RAT-run traffic (GRATT), a method capable of grasping the state of rat-run traffic in residential areas in qualitative, wide-ranging, and efficient ways. Probe vehicle data is data that records the temporal position (longitude and latitude), travel state (speed, acceleration, direction), and other information of a vehicle as it travels. In the last few years, the amount of data being gathered on ordinary vehicles (limited to vehicles with drivers who agree to data collection) has increased due to the use of ETC 2.0, car navigation systems, smartphones, and other devices. With conventional field surveying methods, it is only possible to observe a part of each trip (movement from origin to desti-

nation). However, probe vehicle data can track and monitor the whole trip trajectory (Fig. 2). This particular feature of probe vehicle data is what inspired us to develop GRATT.



Fig.2 Example of grasping the state of rat-run traffic using GRATT within a "Zone 30": 30km/h limit zone (Line width: amount of rat-road traffic, Green line: average speed less than 30 km/h, Red line: average speed 30 km/h or more)

At present, we are conducting a traffic safety management project in collaboration with the road administrator of Toyohashi City (Road Maintenance section, Department of Construction) with the aim of implementing GRATT and improving traffic safety in the area. Introducing GRATT will help the road administrator more effectively and efficiently achieve the following PDCA cycle for traffic safety management (Fig. 3).

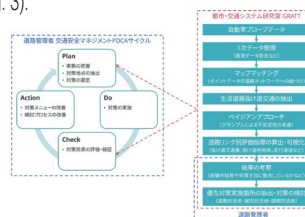


Fig.3 Flow of the implementation of the collaboration project with the road administrator

GRATT first extracts data on rat-run traffic in residential areas from probe vehicle data that has undergone primary data processing and map-matching processing. It then calculates an evaluation index (amount of rat-run traffic, rat-run usage rate, vehicle speed, etc.) for each segment of the road, and then visualizes this data using a geographic information system (GIS). The results are then discussed between our lab and the road administrator, after which we consider appropriate measures for areas in which priority measures are to be taken. At this step,

we suppose 1. "Complementary use" for quantitatively assessing areas that the road administrator has already determined as candidate areas, 2. "Exploratory use" for extracting prioritized areas from the data, and 3. "Explanatory use" for communicating to local citizens the significance and effect of implementing the measures in question. The measures will then be actually implemented, and their effectiveness will be evaluated by GRATT through comparisons between the state of traffic before and after the measures were carried out.

Based on the fact that data analysis results cannot tell us everything, we place importance on sufficiently discussing GRATT results in terms of whether they match the experience and knowledge of the road administrator, as well as the intent of the measures. We believe that this way of analyzing results is very important, especially when applying engineering technology to the planning processes of governments and other institutions.

In addition to GRATT, our lab is also conducting research on various other traffic safety management methods, including traffic accident risk evaluation systems for small intersections with no traffic lights, and limiting vehicle speeds with Intelligent Speed Adaptation (ISA), with the aim of implementing these projects sometime in the future.

Our research on rat-run traffic issues on residential areas has been made possible thanks to MEXT's Grant-in-Aid for Scientific Research #16K18168. Our project in collaboration with the road administrator of Toyohashi City was also made possible thanks to financial aid from Toyohashi City's Innovation Support Project (local problem-solving field).

Reference

Yuki Sakuragi, Kojiro Matsuo, and Yasuhiro Hirobata (2016). Extraction and analyses of rat-run traffic based on floating car data, Proceedings of 23th World Congress on Intelligent Transport Systems.

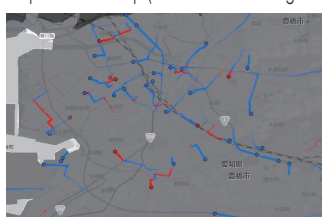


Fig.1 Example of visualization with probe vehicle data (Red: rat-run traffic trajectories, Blue: arterial traffic trajectories)

The Progress of Machine Translation and How it Changes the World

By Hitoshi Isahara

We aim to strengthen Japanese companies competitiveness in global industry and increase the number of visitors to Japan, by implementing machine translation technology in society. We are currently working with collaborating companies on a system that assists with the translation of uncommon words, which is one issue plaguing AI-powered machine translation, and a method that can realize high-performance machine translation from a small amount of bilingual data.



In the last couple of years, machine translation has vastly improved in accuracy as a result of the development and release of artificial intelligence systems (neural machine translation systems). Their output is now almost perfect, and is even said to be at the same level as human translation. However, machine translation requires a large amount of bilingual text, it can still produce omissions and errors, and words that are not used very often such as proper nouns are often mistranslated. As a result, machine translation is still a flawed tool, and the world's researchers are striving to fix its problems.

As one method to solve the problem of mistranslating proper nouns, we are looking into a method that treats a character string, instead of a word, as one unit. As a result, we have developed a method that can translate proper nouns while simultaneously using information on character strings and morphemes [1]. We have also developed a method that can realize high-performance machine translation from even a small amount of bilingual data in individual fields. In fields for which not a lot of bilingual data has been produced, we have developed a method that involves first using the translation results of an existing commonly-used translation system to then create a machine translation system for a specific field. If a human manually edits the machine translation output, the system tries to post-edit [2] using cloud based volunteer support,

and translation results improve.

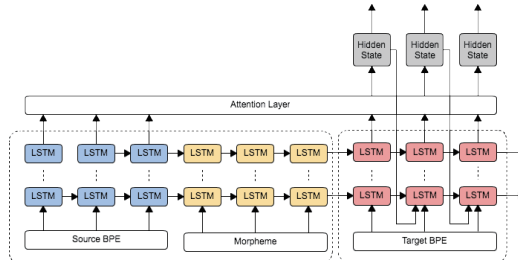


Fig.1 Neural machine translation system that simultaneously uses character strings and morphological information

For a long time, we have conducted collaborative research on the implementation of machine translation in cooperation with airline companies and automotive companies [3]. Making use of the great improvements made to the accuracy of neural machine translation, we have begun the implementation of this technology into society through collaboration with corporations by co-developing a new service that utilizes machine translation technology, providing translation services aimed at foreign visitors to Japan, and providing technological support for improving translation systems.

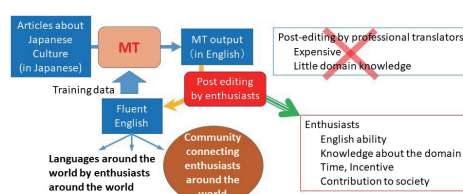


Fig.2 Creation of a global community utilizing cloud based post-editing

Incorporating highly powerful machine translation systems into everyday life will make it possible, in the industrial world, for example, to provide information on products and services in different languages and achieve overseas expansion that was previously not possible. In the tourism sector, it will become possible to provide information on areas and establishments which are not widely known overseas to hopefully increase the number of tourists visiting Japan. This technology will also benefit foreign residents in Japan by providing them with information that was previously only available in Japanese in different languages.

References

- [1] Nakamura N. and H. Isahara. "Effect of Linguistic Information in Neural Machine Translation", ICAICTA 2017 - International Conference on Advanced Informatics: Concept Theory and Applications, Bali, Indonesia, August 16 - 18, 2017
- [2] Aikawa, T., K. Yamamoto, and H. Isahara. "The Impact of Crowdsourcing Post-editing with Collaborative Translation Framework," The Proceedings of the 8th International Conference on Natural Language Processing, Japan., 2013.
- [3] Tatsumi, M., A. Hartley, H. Isahara, K. Kageura, T. Okamoto and K. Shimizu. "Building Translation Awareness in Occasional Authors: A User Case from Japan." Proceedings of the 16th Annual Conference of the European Association for Machine Translation Conference, Trento, Italy, May 28-30, 2012.
- [4] Hitoshi Isahara, "Machine Translation Opening Japan to the World", TUT Research No. 5, June, 2016.

Robotic Support for Regional Agriculture

Automating labor-intensive and costly processes of harvest in greenhouse horticulture

By Jun Miura

An academia-industry collaborative team is now developing harvest support robots for greenhouse horticulture. The target crops for these particular robots are green perilla and cut flowers, which are very popular crops in local agriculture. These robots are expected to be commercialized in the near future.



Prof. Jun Miura (right)

Labor shortage has become one of the most serious problems in Japanese agriculture as the portion of elderly workers in agriculture significantly increases. Producing high quality agricultural products at a reduced production cost is another issue to resolve if we wish to make Japanese agriculture competitive in the world market in this age of international trade liberalization. Aichi prefecture and its East Mikawa region, where Toyohashi University of Technology (TUT) exists, are famous for producing a large variety and amount of agricultural products, especially in greenhouse horticulture. An academia-industry collaborative team is now carrying out a project to develop robots for harvest support, which are expected to contribute to this regional agriculture.

The team is composed of TUT researchers and engineers from industry (Sinfonia Technology Co. Ltd. and KER Co. Ltd.). The leader of the research project is Prof. Miura from the Department of Computer Science and Engineering. He explains that, "Since completely automated harvesting is still difficult to realize even with the state-of-the-art robotics and computer vision technologies, we analyzed the process of harvesting crops, and designed robots that can perform certain parts of

that process so as to significantly improve its cost effectiveness."

One of the target crops is green perilla ("Ooba" in Japanese), for which Aichi prefecture has over 60% share in Japan. Fig. 1 shows the steps in harvesting green perilla from reaping and packing. The most costly and time-consuming parts are selection and bundling, which are usually carried out by in-house workers. The team is developing a compact and movable robotic system that can automate these steps, using soft object handling and visual inspection technologies (see Fig. 2).

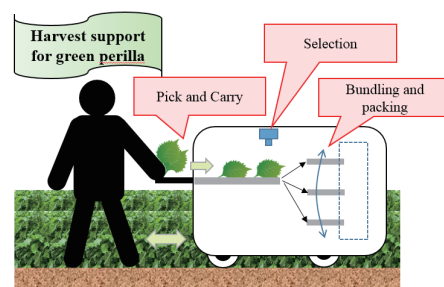


Fig.2 Conceptual figure of harvest support for green perilla.

The other target is cut flower harvesting. Aichi prefecture is the biggest producer in the country of many types of flowers such as roses and chrysanthemums (kiku in Japanese). One of the key issues for improving the quality of flowers is to

shorten the time between harvesting the flowers and putting them into water. For

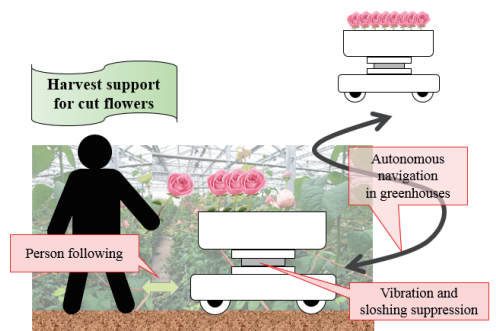


Fig.3 Conceptual figure of harvest support for cut flowers.

this purpose, the team is developing a mobile robot which automatically follows a worker, and is equipped with a water tank fitted with suppression control for sloshing and vibration. It also automatically returns to its station once a sufficient amount of flowers has been harvested. (see Fig. 3).

Prof. Miura says, "Resolving the problems of Japanese agriculture is an important and urgent task, and we believe robotics technologies will contribute to it. Our strong academia-industry collaborative team is now working hard to realize commercially-available products in the near future."

This project is supported by Knowledge Hub Aichi, Priority Research Project (Second Term) PR4, Aichi Prefecture, Japan.



Fig.1 Process of harvesting green perilla.

Promoting a System That Effectively Utilizes Biomass from Organic Waste

Versatile composite system effectively uses biomass, residual heat, and waste CO₂

By Yoichi Atsuta and Hiroyuki Daimon

We are in dire need of popularizing anaerobic digestion technology (methane fermentation) that effectively utilizes biomass containing a large amount of water from renewable resources such as livestock waste and organic waste. For the last five years, our research group has tried to convince society through experiments showcasing the efficacy of composite systems that not only generate power using biogas, which is a by-product of anaerobic digestion, but also effectively utilize the digestive juices, residual heat, and waste gas (carbon dioxide) that are generated during this process, and even produce manure and crops. As a result, alongside the private corporations we have collaborated with we have succeeded in developing equipment which can be expected to achieve the implementation of anaerobic digestion technology as the core of this system at a lower price than conventional equipment. This will hopefully lead to our technology being used at domestic small-to-medium-sized pig farms, and boost its integration into society.

The introduction of the feed-in-tariff law for electric power greatly increased the amount of power being generated by renewable resources such as solar power across Japan. However, Japan lags behind the rest of the world in terms of implementing technology for anaerobic digestion that effectively utilizes biomass with a high water content, such as that from livestock waste and organic waste, which are also renewable resources. In order to solve this issue, we came to the conclusion that it was necessary to focus on improving existing technologies to create a system for effectively utilizing biomass that provides greater benefits.

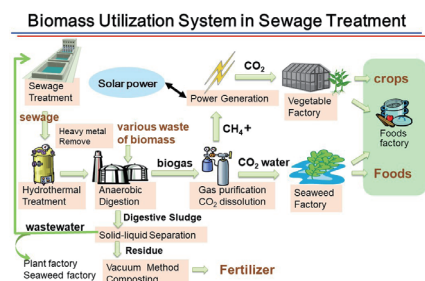


Fig.1 Carbon flow in a composite system for effective biomass usage extrapolated from experimental results.

For the last five years, our research group has tried to convince society of the benefits of this system. We conducted experiments which showcased the efficacy of composite systems that not only generate power using biogas, which is a by-product of anaerobic digestion, but also effectively utilize the digestive juices, residual heat, and waste gas (carbon dioxide) that are generated during this process, and even produce manure and crops.

The system we developed from 2011 to 2015 with the help of a MEXT grant performed anaerobic digestion using sewage sludge and organic waste from homes and supermarkets as raw materials. The biogas generated in this process was then partially separated into methane and carbon dioxide using a gas-dissolving apparatus. A large amount of this carbon dioxide was dissolved in water, and this water was used to promote seaweed photosynthesis. The methane gas, which had increased in purity, was used as fuel to generate power. The waste carbon dioxide generated in this step was used as a photosynthesis accelerator, and residual heat was used for heating. With this, we managed to cultivate vegetables in a greenhouse. We are currently carrying out similar experiments based on collaborative research with

private corporations.

Through these experiments, we were able to gain important knowledge on factors such as the materials and energy balance of the entirety of systems that combine element technologies with different properties. The element technologies forming our system do not always have to follow the process shown in Fig. 1, and may be freely changed depending on area characteristics and the state of the business using the system. Therefore, it is possible to carry out experiments hypothesizing as many different situations as possible and suggest a packaged system with various types of anaerobic digestion technologies suited to the respective area. We have already drawn up plans for domestic and foreign municipalities and organic waste disposal companies (Fig. 2).

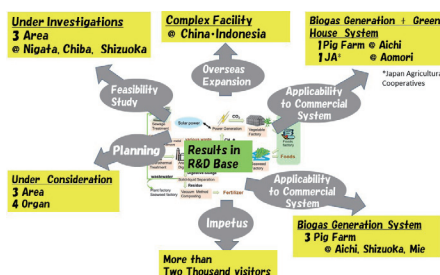


Fig.2 Development of this system in different areas

When expanding the use of such a system, it is important to reduce equipment costs. Therefore, we are currently developing a versatile facility alongside the private corporations we collaborate with (Fig. 3) that utilizes our anaerobic digestion technology, which is the heart of our system. This facility boasts a very simple structure, and we have been able to achieve installation at small-to-medium-sized pig farms and food factories domestically.

Since it was first implemented (in 2016), it has been introduced at three small-to-medium-sized pig farms, and we are currently making plans for its implementation in many more places. The farms currently using this facility have been able to earn additional income by selling power from manure, as well as reduce odor problems and composting work, stabilize their water processing capability, and most importantly strengthen their presence as farmers. Our plant has also been recognized by England's



Project Associate Professor Yoichi Atsuta (2nd from left, first row) with his lab member.



Fig.3 Versatile small-scale anaerobic digestion facility

Anaerobic Digestion and Bioresources Association, winning their Best International Small-scale Plant Award in July 2017.

Project Associate Professor Yoichi Atsuta, who has been conducting experiments and forming plans for expanding this system into other areas, says, "I'm surprised at the demand for our biomass usage system. We would like people to know that they can convert their unused biomass into power and products such as vegetables, and improve the negative reputation waste products and manure have had."

Professor Hiroyuki Daimon, Project Manager, believes that, "Effectively using biomass is usually achieved by forming alliances between various institutions in academia and industry. Universities actively playing a central role in the planning stage to organize information in an objective manner will improve the feasibility and sustainability of this business."

Our system contributes to generating renewable energy and reusing regional resources, and is an extremely useful tool for local farmers and local production. We will continue to aim to achieve further exposure.

This project was made possible thanks to the Development of Leading Creation of Science and Technology Grant we received from MEXT entitled "Creating a Base for Effective Use of Biomass, CO₂, and Residual Heat" (2011 to 2015), and the collaboration of the following companies:

Collaborative Research Companies:

- Meiki Cleaner Ltd.
- Icnam Ltd.
- Komatsu Ltd.
- e-power corp.
- All Japan Creation Corp.
- Lemming Corp.
- Genec Ltd.

技術の社会実装と豊橋技術科学大学の社会的役割

—姿勢推定ビッグデータの効率的生成法—

寺嶋 一彦

豊橋技術科学大学は、「技術」というものを科学的に学問、研究し、新しい「モノ/や」システムを創造していく大学です。本学の8割の学生は、モノづくりを目指した高等工業専門学校からの学生です。そのほか、普通高校、工業高校からの学生や各国からの留学生等、本学は多様な学生からなります。このように、モノづくりが得意であるという特色ある学生に、更に高度な技術科学を勉強させ、創造的な技術を生みだし、それを社会実装まで持っていけることが大きな使命であります。その実現には、大学単独では限界があり、産学連携・異分野融合が不可欠になります。そこで、本学では、技術科学イノベーション研究機構を構築し、イノベーション協働研究プロジェクトを軸に産学連携共同研究を組織的に進めています。

2016年4月1日に、学内の研究センター等を再編し、「技術科学イノベーション研究機構」を新設しました。本機構では、従来からあるエレクトロニクス先端融合研究所(EIIRIS)、4つのリサーチセンターの研究活動を発展させると共に、創発型システム研究部門、社会システム研究部門、先端(融合)研究部門の3部門からなる戦略研究部門を設け、先端的・融合的研究の強化によりイノベーションを創出することを目指しています。

この研究機構を本学の研究組織の中心に置き、従来の教員のボトムアップな研究に加え、大学がトップダウンで戦略的に研究を推進していくこととする新しいチャレンジを開始しました。その戦略研究部門の研究テーマの選定においては、学内公募を行い、厳選の上、2016年度は16件のイノベーション協働研究プロジェクトを立ち上げました。新しいこのプロジェクトは、国内外の研究機関や企業とのマッチングファンドにより、特定分野の最先端を切り開くと共に、研究成果の社会実装・社会提言を強化します。プロジェクトの実施期間は原則3年で、各プロジェクトは自己

資金として外部資金(共同研究費等)を用意し、大学側からはプロジェクト運営資金を配分するマッチングファンド形式です。16件の中には、グローバル企業や地元の企業など多数の大型産学連携プロジェクトが含まれています。2017年度には4件の新規プロジェクトを加え、継続と合わせ20件のプロジェクトを採択しました。

この20のプロジェクトのテーマは、センシングロボット、環境、脳、生命、ビークル、防災、農業、産業技術などと多岐にわたっています。イノベーション協働研究機構の立ち上げにより、本学に多様な分野の研究が根付き、また、研究拠点が生まれることを期待しております。さらに、このイノベーション協働研究プロジェクトの成果から、あるいはポスト協働プロジェクトから、発明、新製品、ベンチャー企業、大プロジェクトなどが生まれ、豊橋技術科学大学の技術の社会実装へと発展させていくことを目指しています。

技術開発とともに、社会実装までやり遂げていく大学であってこそ、全国

700大学の中で、「きらりと光り輝く」存在となり、その実現が、まさに豊橋技術科学大学の社会的役割であると考えています。

今回の特集号で取り上げる5つの研究は、イノベーション協働研究プロジェクトの一部であり、いずれも、開発した技術の社会実装を重要なゴールに掲げ、現在、社会的にも注目されているものです。

- ・大平 孝 教授 「ワイヤレス給電の実現を支えるTUT発の「共鳴Q理論」
 - ・松尾 幸二郎 助教 「GRATTで道路管理者と連携して生活道路抜け道交通対策に挑む」
 - ・井佐原 均 教授 「これまで来た機械翻訳とそれによって変わる世界」
 - ・三浦 純 教授 「ロボット技術による地域農業の支援」
 - ・熱田洋一 特任准教授 「糞尿や生ごみ等のバイオマスをうまく使い尽くすシステムを普及させる」
- それでは、本特集号をお楽しみいただき、ご利用ください。

ワイヤレス給電の実現を支えるTUT発の「共鳴Q理論」

技術を科学で裏付ける：世界中の誰も見いだせなかった画期的理論を構築

大平 孝

「社会実装」とは得られた研究成果を社会問題解決のために応用展開することとされています。ということは、社会実装のためには、当然ながら「研究成果」が得られていることが前提となります。研究成果と聞いてどのようなものを思い浮かべますか？新しく開発した機械装置や電子デバイスなどのハードウェアでしょうか。それとも、コンピュータ・情報処理などのためのソフトウェアでしょうか。これらはいずれもものづくりという意味でわかりやすい研究成果といえます。このようなものづくりは企業のR&D部門でも行われています。豊橋技術科学大学ならではの研究成果とはどのようなものだと期されているのでしょうか。

技術を科学で裏付ける。これが技術科学の基本コンセプトです。単なるものづくりに満足するのではなく、これまで世界中の誰も見いだせなかった画期的理論を構築。それが技術科学の研究成果です。当然ながら、新しい理論構築は一朝一夕にできるものではありません。既存の科学を見つめ直し、現状の教科書にある基本理論をさらに上位概念へ一般化することが求められます。電気回路の教科書を書き直すレベルの画期的な理論構築の例を以下に紹介します。

高専・大学課程の電気回路の教科書を開くと

$$Q = \frac{\omega L}{R}$$

という公式が見つかります。これは図1に示す抵抗とコイルからなる直列回路のQファクタ公式です。とかく公式というものは天下り式に暗記して、その使い方を覚えるのが通常です。最初のうちは使い慣れることが大切なので、それはそれで意味があります。でもしばらく使っているうちに、その公式がそもそもなぜそうになっているの理由を知りたくなってきました。どんな物理現象にもその背景になんらかの本質が潜んでいるはずですから。それを見つけたら「技術を科学で裏付ける」これこそまさに技術科学大学のミッションです。

図2を見て下さい。コンデンサが1個追加されました。コイルとコンデンサで共鳴現象が生じることは高校3年の物理で習います。問題

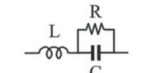
は「この回路の共鳴状態におけるQファクタを計算せよ」です。問題自体は単純。にもかかわらず意外と奥深い内容があります。教科書を見てもすぐに使えるような公式は見あたりません。はて、どうすればよいのでしょうか？



$$Z = R + j\omega L$$

$$Q = \frac{\omega L}{R}$$

Fig.1: Series RL circuit



$$Z = j\omega L + \frac{R}{1 + j\omega CR}$$

$$Q = ?$$

Fig.2: Series LC resonator with loss R in parallel to C

この問題を解くためには、Qファクタとは一体なんだろうということを純粋かつ冷静に考える必要があります。先入観を捨て、常識にとらわれず、そして最終的に到達したのが「自然対数インピーダンス」という概念です。数式で表すと

$$\zeta = \log Z$$

です。一見なんとも不可解で、ともすれば異端ともとられそうです。一般にZは複素数なのでζも複素数です。このζを用いれば、どんな構造の共鳴回路でもQファクタが

$$Q = \frac{\omega_0}{2} \left| \frac{d\zeta}{d\omega} \right|$$

で求められます。ここでω₀は回路の共鳴角周波数、縦軸2本は複素数

の絶対値を示します。この理論式がIEEE論文誌に採択され、文部科学大臣表彰に選ばれました。対数インピーダンスζの物理的意味が文献[1]に説かれています。

まず最初に、上式を使って図1の回路のQファクタを計算してみ下さい。途中で複素数の微分演算が必要ですが、それは学部2年生の教養数学で学習するレベルです。計算結果が教科書の式

$$Q = \frac{\omega L}{R}$$

と一致すれば第1関門突破です。これができれば、次に、図2の問題にアタックして下さい。正解は文献[2]に開示されています。

この理論は共鳴回路のみならずフィルタや発振器など様々な機能回路に発展可能です。Log Zの発見により、私たちエンジニアは、与えられた回路図から紙と鉛筆だけでその共鳴状態でのQファクタ公式を導き出す技を得たのです。

情報通信やワイヤレス電力伝送など共鳴原理を活用する革新的システムの研究開発、そしてそれら研究成果の社会実装に、この技科大発の共鳴Q理論が大きく貢献するのです。

GRATTで道路管理者と連携して生活道路抜け道交通対策に挑む

交通ビッグデータを活用した交通安全マネジメント手法の社会実装

松尾 幸二郎

交通ビッグデータの1つとされる自動車プローブデータを活用して、生活道路抜け道交通の実態を定量的・広域的・効率的に把握する手法: Grasping RAT-run traffic Technique (GRATT) を開発し、社会実装として、地域の交通安全に貢献するべく、豊橋市の道路管理者(建設部道路維持課)と連携した交通安全マネジメントプロジェクトを行っています。

日本は欧米諸国と比較して、生活道路における歩行者・自転車乗用中の事故が多く、歩行者・自転車利用者にとって安全な生活道路空間の創出が社会的課題の1つとなっています。生活道路においては、自動車速度の抑制はもちろんのこと、必ずしも生活道路を使う必要のない通過交通、いわゆる「抜け道」交通を抑制することの重要性が国内外で認知されています。

効果的な抜け道交通抑制対策を実施するためには、その状況を適切に把握することが必要不可欠です。しかしながら、従来の調査手法では、抜け道交通の実態を定量的に把握するために非常に多くの時間的・人的コストが必要状況にありました。

我々の都市・交通システム研究室は、交通ビッグデータの1つとされる自動車プローブデータを活用して、生活道路抜け道交通の実態を定量的・広域的・効率的に把握する手法: Grasping RAT-run traffic Technique (GRATT) を開発しました。自動車プローブデータとは、走行している自動車が自車の時々刻々の位置(緯度・経度)や走行状態(速度、加速度、方向)などを記録したもので、近年では、ETC2.0、カーナビ、スマートフォンなどを通じて一般の自動車(保有者同意済みに限る)のデータの蓄積が進んでいます。従来の現

地調査ではトリップ(出発地から目的地までの移動)を局所的にしか観察できないのに対し、自動車プローブデータではトリップ全体を把握することができる(Fig.2)という特性から着想を得て、GRATTの開発に至りました。

現在、GRATTを社会実装し地域の交通安全に貢献するべく、豊橋市の道路管理者(建設部道路維持課)と連携した交通安全マネジメントプロジェクトを行っています。GRATTを導入することにより、道路管理者が交通安全マネジメントのPDCAサイクルを効果的かつ効率的に回すことに貢献します(Fig.3)。

GRATTでは、まず1次データ処理およびマップマッチング処理を行った自動車プローブデータから生活道路抜け道交通を抽出し、その道路区間別の評価指標(抜け道交通量、抜け道利用率、走行速度など)を算出、GIS(地理情報システム)により可視化します。次に、結果について本研究室と道路管理者と合同で考察を行った上で、優先対策実施箇所の抽出・対策の検討を行います。ここでは、①道路管理者が事前に対策候補箇所として挙げている箇所についての状況を定量的に把握するための「補完的活用」、②データから優先対策箇所を抽出する「探索的活用」、③対策実施の意義や効果を市民など

に説明するための「説明的活用」などを想定しています。そして実際に対策を実施し、GRATTにより対策前事後の状況を比較することで対策効果の検証を行います。

GRATTでは、データ分析結果が全てを語るものではないという視座のもと、結果について、道路管理者の経験的知見や対策主旨に整合しているかなどを十分に議論する点を重視しています。この視点は特に行政等の計画プロセスに工学的技術を導入する上で非常に重要であると考えています。

本研究室では、GRATTの他にも、信号のない小規模交差点における交通事故リスク評価シミュレーションや、Intelligent Speed Adaptation (ISA) による自動車速度制御など、様々な交通安全マネジメント手法の研究を行っており、今後はそれらの社会実装に向け取り組んでいます。

生活道路の抜け道交通問題に関する研究は、文部科学省・日本学術振興会科学研究費第16K18168の補助を受けて実施しています。また、豊橋市道路管理者と連携したプロジェクトは、豊橋市・イノベーション創出等支援事業(地域課題解決分野)の補助を受けて実施しています。

ここまで来た機械翻訳とそれによって変わる世界

井佐原 均

急激に高性能化が進んだ機械翻訳技術を活用し、企業とともに社会実装を進めることにより、産業界での国際競争力の強化や訪日観光客の増加に有効な多言語情報発信の実現を目指しています。人工知能型機械翻訳システムの課題である低頻度語の翻訳に寄与する手法や、少数の対訳データからも高性能の機械翻訳を実現できる手法を実現し、協働企業への技術支援を行っています。

機械翻訳はここ1～2年の間に人工知能型のシステム（ニューラル機械翻訳システム）が開発・公開され、精度が大幅に向上しました。出力の流暢さは完璧に近く、人間による翻訳と同程度の性能に達したと言われています。しかしながら、大量の対訳テキストが必要である、訳の抜けや誤りが発生することがある、固有名詞などの低頻度の語句については失敗が多い、といった欠点があり、その解決に世界中の研究者が取り組んでいます。

固有名詞の問題を解決する手法としては、単語ではなく文字列を単位として取り扱う手法が検討されています。我々は、文字列と単語の情報を同時に使いつつ、固有名詞に対応する手法を開発しています[1]。また、個

々の分野における少量の対訳データからでも高性能の翻訳を実現できる手法を開発しています。対訳がほとんど無いような分野では、まず既存の汎用翻訳システムで翻訳した結果を利用して、特定分野向けの機械翻訳システムを作成する手法を開発しています。機械翻訳の出力を人手修正する場合には、クラウドを用いたボランティアベースの後編集[2]を試み、成果を上げています。

我々は従来から、航空会社や自動車関連企業[3]と協力し、機械翻訳の実用化に向けた共同研究を進めてきました。ニューラル機械翻訳による翻訳精度の大幅な向上を受けて、機械翻訳技術を利用した新しいサービスの共同開発、訪日観光客を対象とする多言語情報提供

サービスへの翻訳技術の提供、翻訳システムの改善のための技術支援などで、企業と連携し、社会実装を開始しました。

高性能の機械翻訳システムが社会に普及することで、例えば産業界においては、これまで海外展開が出来ていなかった商品・サービスの多言語での情報発信が可能となります。観光分野においては、これまで海外に知られていなかった地域や施設の情報を海外に発信することにより、訪日観光客の増加が期待されます。また、従来日本語でしか表されていなかった情報が多言語化されることは日本国内の外国人居住者へのサービス向上にもつながります。

ロボット技術による地域農業の支援

施設園芸作物の収穫作業の一部を自動化し、人手不足と高コスト化に対処する

三浦 純

産学が連携して施設園芸作物の収穫支援ロボットを開発しています。地域の主要作物である大葉と切り花を対象とし、近い将来の実用化を目指しています。

日本では農業従事者の高齢化に伴い人手不足が深刻な問題となっています。また、貿易自由化の流れの中で、高品質の農作物を省コストで生産することが世界との競争を勝ち抜くために必要となっています。豊橋技術科学大学のある愛知県、そして東三河地区は農業の盛んな地域として有名で、特に施設園芸作物が多く生産されています。産学連携のプロジェクトにより収穫支援のロボットを開発し、地域農業に貢献することを目指しています。

ロボットの開発は、本学（研究リーダー：情報・知能工学系 三浦教授）とシンフォニアテック/ロジシー（株）および（株）ケーイーアールの産学連携チームにより進められています。現在の最先端のロボットや画像認識の技術を用いたとしても収穫の完全自動

化は未だ難しい問題です。そこで、作物収穫の過程を分析した結果から、省力化に寄与し、また作物の競争力を高めるために重要な手順を自動化するロボットを設計し、開発を行っています。

対象とする作物の一つは大葉であり、愛知県の生産高は全国の6割を超えています。図1に大葉の摘み取りからパッキングまでの過程を示します。最もコストと時間がかかる過程は大葉の選別と結束であり、ほとんどの場合内職で行われています。柔軟物体の操作技術と画像による品質評価技術を基に、それらの過程を自動化することのできる可搬型のロボットシステムを開発しています（図2参照）。

もう一つの対象は切り花の収穫支援です。愛知県はバラや菊な

ど多くの花の生産高が全国一です。花の鮮度を保つには摘み取ってからできるだけ早く水につけることが重要です。そこで、水槽を搭載し、越水や振動を抑制しつつ人に追従して動き、満杯になったら自動的に集荷場所に移動するロボットを開発しています（図3参照）。

日本の農業が抱える問題を解決することは喫緊の課題であり、ロボット技術がその助けになると考えています。近い将来に商品として市場に出せるように、産学で強力なタッグを組んで研究開発を進めています。

本プロジェクトは知の拠点あいち重点研究プロジェクト（Ⅱ期）の支援のもとに行われています。

糞尿や生ごみ等のバイオマスをうまく使い尽くすシステムを普及させる

バイオマス・排熱・排CO₂を有効利用する普及型複合システムの構築

熱田 洋一・大門 裕之

再生可能資源である畜産糞尿、生ごみなどの水分が多いバイオマスを有効利用する嫌気性消化（メタン発酵）技術の普及は遅れています。我々の研究グループは、嫌気性消化により得られたバイオガスを発電だけにとどまらず、発生する消化液および発電排熱や排ガス（二酸化炭素）までも有効利用し、肥料や農作物の生産まで行う複合システムの有効性について、これまで五年間の実証試験を通して社会に広くアピールしてきました。その成果として、本システムの中核である嫌気性消化技術について、共同研究を行っている民間企業とともに従来の設備に比べて安価で普及の促進が十分に期待できる設備の開発に成功しました。これにより、国内ではじめて中小規模の養豚農家へ導入し、社会実装を進めています。

電力の固定価格買取制度の開始とともに、太陽光をはじめとした再生可能エネルギーによる発電が日本全国で急拡大しました。しかし、我が国では、同じ再生可能資源である畜産糞尿、生ごみなどの水分が多いバイオマスを有効利用する嫌気性消化（メタン発酵）技術の普及は遅れています。このような状況を打開するためには、既存の技術を改良し、よりメリットが得られるバイオマス有効利用システムを実現する必要があると考えました。

我々の研究グループは、嫌気性消化により得られたバイオガスを利用した発電にとどまらず、ここで発生する消化液および発電排熱や排ガス（二酸化炭素）までも有効利用し、肥料や農作物の生産まで行う複合システムの有効性について、これまで五年間の実証試験を通して社会に広くアピールしてきました。

2011年度から2015年度に文部科学省の補助金などを得て開発したシステムは、下水汚泥、家庭やスーパーなどの生ごみなどを原料として嫌気性消化を行いました。ここで得られたバイオガスを気体溶解装置によりメタンと二酸化炭素にある程度分離し、二酸化炭素が多く溶解した水で海藻の光合成を促進しました。一方、純度を上昇させたメタンガスを燃料として用い発電を行います。そこで発生する排二酸化炭素は、光合成の促進剤として、排熱を加温に用いて、野菜の温室栽培を実施しました。現在は、民間企業との共同研究により、同様の実証試験を継続しています。

これらの実証試験では、性質の異なる要素技術を複合化したシステム全体の物質およびエネルギーバランスなどの重要な知見を得ることができました。また、本システムを構成する要素技術

は、Fig.1に示すようなプロセスに必ずしもこだわる必要はなく、各地域特性および導入事業者の状況に合わせて柔軟に変更ができます。そのため、できる限り様々な状況を想定した試験を実施し、嫌気性消化にいくつかの技術をその地域に合せてパッケージ化したシステム提案が可能になっています。実際に海外を含む各自治体や生ごみの排出事業者などと本システム導入に向けて計画を立案しています（図2）。

このようなシステムの普及において、設備コストの削減が重要です。よって、本システムの中核である嫌気性消化技術について、共同研究を行っている民間企業とともに普及型の設備（図3）の開発を行っています。これは非常にシンプルな構造を有し、国内ではじめて、中小規模の養豚農家や食品工場等でも導入可能な設備とすることができました。

導入初年度（2016年度）から3カ所の中小規模の養豚農家で導入され、現在も複数にわたり導入に向けた準備を進めています。導入した農家では、糞尿から売電収入が得られるだけでなく、臭気問題や堆肥化作業の軽減、水処理性能の安定化ができ、なによりも農家自身のプレゼンスの向上に繋げることができています。これらが評価され、2017年7月に本プラントが英国が主体の Anaerobic Digestion and Bioresources Association から「Best International Small-scale Plant Award」を受賞しました。

実証試験の実施や本システムを各地に展開するための計画立案などを中心となって進めている熱田洋一特任准教授は、「我々のバイオマス有効利用システムの需要の大きさに驚いている。未利用の

バイオマスが電力や野菜などの生産物に変換できることを知って頂き、これまで悪かった廃棄物や糞尿に対するイメージの改善につながってほしい」と語っています。

また、プロジェクト責任者である大門裕之教授は、「バイオマス有効利用事業は、産学官の様々な機関がコンソーシアムを組んで実施することが多い。事業の計画段階においては、大学が積極的に中心的な役割を果たし、客観的な視点で情報を整理することが事業の実現性や持続性を高めることにつながる」と考えています。

本システムは、再生可能エネルギーの生産や地域の資源循環に貢献するだけでなく、地域農業や地方創生などにとっても非常に有益なものにもなるため、今後も増々注目を集めていくと思います。

このプロジェクトは、文部科学省の先導的創造科学技術開発費補助金「バイオマス・CO₂・熱有効利用拠点の構築」（2011～2015年度）の助成を受け、以下の企業の協力を得て実施しました。

共同研究企業：

- | | |
|----------------------|--------------|
| ・株式会社 明輝クリーナー | ・イクナム研設 株式会社 |
| ・株式会社 小樹屋 | ・株式会社 イーパワー |
| ・ゼネック 株式会社 | ・株式会社 東海テック |
| ・株式会社 オールジャパンクリエーション | |