

Science Academy of Tsukuba

SAT

No. 34

September 2018

<http://www.science-academy.jp/>

つくばの明日はSATがつくる



▷鼎談：「イノベーション・コミュニティを創る

～つくばの未来を語ろう～」

▷SATフォーラム2018：

2016年ノーベル生理学・医学賞を受賞した大隅良典東京工業大学特任教授を迎えて

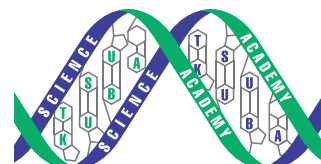
▷つくば賞その後-11：「環境ストレス応答に関わる植物遺伝子群の機能、発現の解明と
ストレス耐性植物の開発」

▷科学の散歩道：「ゴルフそして研究」

▷つくば研究情報

「医工融合研究による嚥下計の実現に向けて」

「低炭素、超高齢化、安心安全な社会への対応を意図したモビリティの開発」



つくばサイエンス・アカデミー
SCIENCE ACADEMY of TSUKUBA

鼎談

「イノベーション・コミュニティを創る ～つくばの未来を語ろう～」

つくば市長

産業技術総合研究所

ニコニコ学会β交流協会

(司会) SAT 会誌編集委員長

五十嵐立青

江渡浩一郎

くとの

餌取章男

今、注目を集めているつくば横の会の中心メンバーである江渡浩一郎氏（産総研）、くとのさん（ニコニコ学会β交流協会）、斬新な政策実行に取り組んでいる五十嵐立青つくば市長に、つくばの未来について語っていただいた。



(左から くとの氏、五十嵐つくば市長、江渡氏)

日時：平成30年8月3日（金） 午後1時30分から3時

場所：つくば市庁舎 庁議室

司会： 21世紀も5分の1を過ぎこれから先どんな社会になっていくか、どんな未来が訪れるのかはかなり多くの人々に興味を持たれているんですが、日本の将来を明るく予想する人は割と少ないのではないかと思います。実は20世紀の初め、未来予測ブームというのがありました。フランスのSF作家ジュール・ベルヌの未来予測は世界的なベストセラーになったんです。それを真似して日本でも、1901年の正月号の新聞に20世紀の予言という記事がでました。その予言では23項目の予言をしているんですが非常によく当たっているんです。例えば電気の世紀が来るとか、自動車の世の中になるとか、世界一周が七日間で出来るとか。当時の科学技術の進歩がどんな社会を実現するかを言い当てているんです。20世紀の始めには、これからの未来社会は素晴らしいんだという明るい未来を予想しているというのが、人々に迎えられた一つの理由だと思うんですが、今、ここで未来予測をしたら、どこでやったら明るい未来予測が語られるだろうかと考えた場合、私には“つくば”しかないのではないかなと思います。東京でやっても、京都でやっても未来はあまり明るくならないのではないかな。この頃売れている未来予測の本を見ても非常に暗い予測をしていますよね。人類はもうじき滅びるのではないかな、技術が行き詰まるのではないかなとか。そうした閉塞感を突破して明るい未来をつくっていくというのは私たちにとっては大事なことだと思います。今日はつくばを軸にして、明るい未来、明るい社会をつくっていかうじゃあないかなという話しになればと期待しています。まずご自分は何ものかということを短く語っていただきたいと思います。江渡さんからどうぞ。

★ 3人はなにものか

江渡： 産総研の江渡浩一郎です。普段は主任研究員として研究しています。最近はイノベーションを起こす方法について研究をしています。元々ニコニコ学会βというユーザーが参加することによって成り立つ学会をやっていたんですけれども、そこから発展して、利用者が参加することによって様々な新しい発明を生み出してそれがイノ

ベーションにつながるようにする場をつくる研究をしています。研究者であり、同時にメディア・アーティストとして作品をつくってきまして、芸術分野での活動が軸足にあります。産総研の研究員になりまして、つくばという町に引っ越してきて、主に研究に関わってきているんですが、つくばは静かな町ですね。あらゆる意味で静かで、これは多分考えることが仕事の人にとっては夢のような町なんですよ。ただお金儲けをしようと思う人にとっては砂漠のような町だとずっと思っていました。凄い研究成果も沢山出ているんですけれども、それを社会実装してビジネスに繋げようとするとなると非常に大変だと最近実感しています。つくば横の会をつくったのはその突破口のつもりです。

五十嵐： 五十嵐です。僕はつくばで生まれて、つくばで育ちましたが、生まれるちょっと前に引っ越してきました。つくば生まれ、つくば育ちの一人の人間としていろいろな活動をしています。一つには今は経営から離れていますが、障害のあるスタッフがはたらく農場ごきげんファームを立ち上げました。「働く場所がない障害者」と「担い手のいない農業」という二つの問題をマイナス×マイナスでプラスにしていこうという取り組みです。今100人以上のスタッフが活躍しています。彼ら彼女たちは社会の中で力を発揮できる場面が多くないのですが、では能力がないかというところでもない話で、すごい特徴、強みを持っています。めちゃくちゃ集中力があるとか、めちゃくちゃ細かい作業が得意とか。そういうものと農業の仕事がフィットした時には爆発的な力を発揮してくれるわけです。いま市長としての仕事は、誰も置き去りにしないということを考えてイノベーションを起こして行くということを常に頭に入れてやっています。つくば横の会には江渡さんなど変人がいるなと思っていますし、まちには変人が必要です。くとのさんはまた別の種類の変人です。僕もよく変人といわれる。そういう多様さがあって、そういう人達が各々の魅力を活かしながらまちに関わっていけたらそんな素晴らしいことは無いのではと思うわけです。変わっている人を排除しないまちでありたい、変わっている人を排除するまちならば僕なんか最初に排除される人

間ですよ。そうじゃないことが本来つくばの魅力のはずで、そういう多様性を、違いを力にしているんな仕掛けをしていきたいなと思っています。

くとの： くのとと申します。本業としては大学で研究者をしています。ニコニコ学会βの運営委員長などをしています。つくばに来たのが平成7年、1995年です。私の在学中に五十嵐さんが学生で市議会議員選挙に立候補され、変わった町だと思ったのを憶えています。私は筑波大学人文学類に入学しましたが、一年生の頃からつくばロボットコンテストという筑波大学の授業に参戦し、工学系の人達とバトルしていたという過去があります。その後は哲学という研究分野です。科学、理工系との関わりというのが増えて現在に至っています。最近はダイバーシティ推進、セクシュアルマイノリティおよび発達障害対応に大学で関わっています。つくばがイノベティブであるためにはいろんな人がいて当然、いるべき、集めるというよりは最初からいて、その力を如何に伸ばすかということが重要であろう。その時にそれが発揮されるような環境を醸成しておく、つくっておくというのが私の主な活動になっています。

★ 他の二人を観察すると

司会： 他の方々をどうみていらっしゃいますか。

江渡： くとのさんとの関わりは、ニコニコ学会βを始めてからですね。

くとの： 2012年4月ですね。最初は。

江渡： ニコニコ学会βを立ち上げて、さまざまな野生の研究者に「こういう場をつくりましたから来てください」といって来てくれた人の一人ですね。ニコニコ学会βには非常にたくさんの人が来てくれて、私自身野生の研究者との付き合いがたに戸惑ったこともありましたが、くとのさんの場合おもしろかったのが、大学の教員として籍を置きながら、それとは全然違うことをやっているということです。アカデミアに居つつもアカデミアからはずれる活動もしている人だった。ニコニコ学会βの運営委員長をお願いして、くとのさんがずっと続けてきてくれたわけですが、続けてこれたのはそれが原因ではないかなと思っています。つまりアカデミアの特性もわかっていて、

そうでない人のこともわかっていることから、気を配った運営ができたと思うのです。五十嵐さんとの関係は選挙の前でしたよね。

五十嵐： そうですね。

江渡： 共通の知人を介して五十嵐さんにお会いしてその時にとってもいい人だからということでお会いしたのですが、、、会ってみるとめちゃくちゃいい人で、要するに話がわかる人で、人の話を聞くことが出来る人というのが僕の感じたことです。多分僕的には一番の褒め言葉ですね。その後は様々な方法で応援しています。



五十嵐： くとのさんの印象はめちゃくちゃいろんなことを頭の中で考えながら、言葉を選んで話しているというのが印象でした。僕みたいになんでもべらべら話すタイプとは違う。内省していてそれを自分の思考の中でいろいろ組み立てて言語化したものが出てくるので、くとのさんと会話をしていると、無駄なコミュニケーションがないという印象を持っています。江渡さんは見たまんまですね。何でこの人はいろんな人を知っているんだろうなというのと、いろんな人が江渡さんを慕い。江渡さんに頼まれたから、呼ばれて来たとか、普通では来ないような人が来ているんですよね。何でこの人はここまで人を惹きつけるんだろうなと思ってたんですけど、、、。多分江渡さんは僕に近いタイプ、家の中はぐちゃぐちゃなタイプだし、いろんな物がいい加減で、ものとかすぐなくすタイプではないかと。あたってる？

江渡： 大体。捨ててないから家の何処かにはあるはず。ただ取り出せなくなってるだけで。

五十嵐： そういったネジのはずれた感じをすごく覚えるわけですね。そういう中で天才的に人

をつないでいく、だから「関係性のイノベーション」を一人で勝手に起こしているっていう人。そういうのが一つの表現かもしれないですね。江渡さんに紹介してもらう人はいつもおもしろいし、変な人ばかりだけどそれが心地よいというそんな関係です。

くとの： あるところに五十嵐さんと見学に行った時に、先進的な製造設備に対して結構細かいことを質問されるんですね。しかもかなり専門的な内容で。市長は会社をお持ちですので、経営的な観点から事業の将来性などを聞かれるのかと思います。意外とテクノロジー的なところ、コアなところを聞いておられた。それを見て、自治体のトップがそういうところにちゃんと見識を持っているというのはすごいことだなと思ったんですね。それは多分つくばの将来にとってものすごく大きなことなんだなと感銘を受けたのを覚えています。

江渡さんについては2012年4月のニコニコ学会βの第2回シンポジウムでお会いしたのが最初です。その時は多分懇親会の場でお話したと思うんですけども、大変失礼ながら江渡さんのすごさは何年もかけてわかってきたというのがあります。つまり先程五十嵐さんから言われたように、江渡さんのすごさの一つは人をつなぐ力、いろいろな人が集まっていて誰かにワンホップで繋がっていくというすごさです。もうひとつはニコニコ学会βシンポジウムの企画とかと一緒にやってよくわかったのですが、一種のキュレーションや目利きの力。この二つの力が高い次元で繋がっている人はそうそうお目にかかれない。そこが江渡さんについてはすごいとしか言いようがない、私にはとてもまねできないと思っています。

五十嵐： 江渡さんはその人のすごさを、それは人格が良いとかそういうことではなくて、才能を見抜いた上で繋げていくので常におもしろい人が集まっていく。

江渡： なぜそんなことができるのか、実は自分でもわからないのですが、三つ子の魂百までってありますよね。大学生の頃とかシンポジウムのトークセッションの企画立てるのが異常に好きでした。この人とこの人とこの人の鼎談だったら絶対おもしろくなるはずと考えて、実は実現まで

至った例はほとんどなかったのですが、そういうのを考えるのが好きでしたね。対談集っていうのがあるじゃないですか。対談集が大好きで、対談からその人の考えている本質が見えてくる瞬間がすごくおもしろくて沢山そういうのを読んでいました。

★つくばをヤバイ街に

司会： 少しつくばに焦点を合わせたいんですけども、皆さん方の会合で、「つくばをヤバイ街にしよう」という発言がありましたね。これは大変重要な発言だと思うんですよ。つくばをヤバイ街にするために何が必要か、一体「ヤバイ街」とはどういう街なのか。その辺について、自由に話合ってください。

五十嵐： 誰が言い出したんですか？ ヤバイ街にしようというのは。

くとの： 江渡さんじゃないんですか。

江渡： 僕じゃないと思うな。もしかしたら落合君かもしれない。

五十嵐： なるほどね。今だったら「エモい街にしよう」とか言うんだろうね。

江渡： かもしれないけど。

くとの： 「エモい」というのはエモーショナルの「エモ」ですね。最近、落合陽一さんがよく使っていますけど。

司会： 「エモい」と「ヤバイ」と、同じですか。違うんですか。

江渡： 全然違いますね。

五十嵐： 「エモい」の使い方も実はすごく自由で、すごいとも、ヤバイとも、すてきとも、気持ち悪いとも、グロテスクとも、何でもエモくなっちゃうんですけど、でも、比較的ポジティブに使われることが多くて、感情とか記憶に起因しているものを想起させたりするようなものを「すげえ、エモい」と言ったりしますし、飛び切りのイノベーションなんかも「エモい」でしょうし、結構、用途は固定していない感じかもしれないですけどね。

くとの： おそらくそこにあるのは、一種の異質性みたいなものを肯定的に受け止める、その意義を見いだすみたいなものなのかなと思ったりも

するんですね。

五十嵐： 違和感なんかを含めて、感じて表現していくような感じなんですね。

くとの： 最初は一種の違和感として来るけれども、その中に何か、いわゆる本質かなんかが見えてくる。そんなことなのかなと。

江渡： 妻木俊道さんがお話しになられていましたけれども、やっぱり街にはヤバい場所が必要なんですよ。ヤバい場所があるからヤバくて面白い人が集まる、だからそういうものは絶対必要だと言っていて、いくつか事例を語っていました。ちょっとヤバい感じの人が集まるカフェとか、そういったものがあるといいよね、イベントがあるといいよねという話をしていましたね。

五十嵐： ヤバい街にしようということは、きっと、今のつくばはヤバくないということなんだね。どの辺がヤバくないんでしょうね。

司会： つくばは静かな街だとおっしゃっていましたね。

江渡： そうですね。静かですね。本当に、夜とか誰もいないですね。

五十嵐： うん、いない。やっぱり、ヤバいカフェ、ヤバいバー、ヤバい公園とか、いろいろヤバくしていきたいんですよ。

江渡： そうですよ。

くとの： 一種の熟成された空間みたいなものが、あまりまだできていないのかなという感じはするんですね。それは私がつくばに最初に来たときから感じていることで、それが20年たっても…。

五十嵐： 上品なんでしょうね、たぶん。都市計画を一生懸命やりました、国が2.6兆円使ってくれましたと。例えば、家をきれいなインテリアとかカーテンとかで統一して、「はい、すてきなうちでしょう？」と言われても、確かに静かでいい空間なんですけど、まだ住んでいる感じがしなかったり、そこで人々の営みが行われている感じが伝わってこないような場所になっちゃっているのかなと思いますよね。

くとの： ヤバい人というか、面白い人は結構いるんですよね。つくば横の会ではそういう人たちを集めて、ある意味可視化してきました。そういう場で、そういうシンポジウムで組むと、実際にこれだけヤバい人たちがいっぱいいるということ

はよく分かるけれども、いざつくばをもうちょっと広く見てしまうと、それがあまり目立たなくなってしまうのかなというのが残念に思えるところではあります。

五十嵐： だから、ダイバーシティで、今、くとのさんがいろんなことをやっていると思うんですけど、そういう「ダイバーシティこそ価値だ」みたいなことがもっと分かってくるといいと思うし、僕はイギリスの大学にいたんですけど、向こうの大学というのは、いかにわれわれがダイバーズであるかということを自慢するわけですよ。こんなに世界中から、こんなふうにしてこうでと。それはなぜかという、ダイバーシティが価値が高く、そこからイノベーションも生まれるし、そこから新しいものも生まれてくるんだということが分かっているからなんですけどね。

★ イノベーションをおこすには

五十嵐： それから、ちょっとイノベーションの話をする、今、いろんな投資家がつくばに注目してきてくれています。この間、サンブリッジというベンチャーキャピタルの、日本がシリコンバレーに行くときにいつもアドバイスをしてくれる、世界中を知っているアレン・マイナーという人が来てくれて、つくばの特長について話していたんですけど、ここまで狭いエリアにこれだけの知が集積している場所というのは、MITがあるボストンかイギリスのオックスフォードぐらいだと話をしていたんですよ。ものすごい可能性がある。

文部科学大臣の補佐官をやっている鈴木寛さんにこの話をしたら、「いや、そうなんだ」と。「僕はソーシャルイノベーションが専門なんだけど」という話をし始め、イノベーションというのは数じゃないと。数だったら、東京が一番だけど、イノベーションは数じゃなくて濃度で決まるんだという話をしていました。

つくばというのは、本当に狭いところにもものすごくいろんな知だったり、種だったりがあるんですよ。これが原子や分子のようにガンガンぶつかっているわけです。そのぶつかりが、広い中でちょこちょこやるのと違って、つくばでは化学

反応が起きやすいはずなわけです。そのはずなんですけど、実はこのぶつかりを今まではあまり戦略的に設定されてこなかったから、研究者はいるけれどもイノベーションはあまり生まれてこないよねとか、新しいビジネスが生まれていないよねみたいなことがあって、たぶん「横の会」というのは一つのガチャガチャの大きなプラットホームなんだろうなと思っています。

くとの： 自己着火できる濃度はどうやって立て付けるか、集めるかということだと思うんですよね。大学なんかにも、みんながみんな変なこととか、変わったこととか、新しいことをやるわけじゃない。もちろん従来型の研究、伝統的な研究、基盤的な研究をずっとやっていくことも必要ではある。でも、その一方で新しいことを誰かがやっていく必要もあると。

そういう人たちは、ある程度集めて自己着火するような環境をつくらないと、なかなか伸びていかないというのか、ともするとつぶされるみたいな感じがしていて、そこは今、結構心配しているところではあります。

司会： その自己着火するような環境をつくる具体的な方策というのは、考えられませんか。

★ スタートアップの重要性

江渡： 先ほどお話にあったみたいに、多様な人がいて、そこでガチャガチャやり合う環境が大事で、だけど、そのようなものを一時的につくっても、すぐなくなっちゃうんですよね。それが継続的に行われるようになるためには、そこから何か新しい経済的価値が生まれて、この環境が大事だからもっと進めていこうという状況にならないといけないわけですが、なかなか難しいと。

僕が考えたのは、やっぱりスタートアップなんですね。そこからイノベーションが生まれるようにする。イノベーションが生まれるというのは、すなわち、それがちゃんとビジネスになって、事業化して、社会に対する価値として認められるようになる。それは、新しい企業ができて、スタートアップとして成長していったら、経済的な価値がどんどん生まれる。そのための環境をどうつくるかということを真剣にやる以外にないなと思っ



て、スタートアップ戦略を実施するべしと言いつけてきたという感じですね。

五十嵐： そんな思いを受けて、今、スタートアップ戦略を策定中です。

江渡： やった！

五十嵐： 「つくばで科学技術の恩恵を感じますか」という市民意識調査を去年やったんですね。要は、あなたは科学の街の住人ですけど、科学の街の住人としてそういう恩恵を受けていますかという質問をしたら、半分以上の人は「感じていない」という答で、研究学園都市のレーゾンデートルが崩壊しているわけなんです。

けれども、それもしょうがなく、研究所の中で研究が行われていても、それはたぶん市民は分からない。本来的には恩恵はいろいろ受けているはずなんですけど、それを一番見やすい形にするためには、サービスなりプロダクトにすることが一番なのだと思うし、それはまさにスタートアップでやっていくところなんだろうと思うんですよね。そのために、この4月から新しくスタートアップ推進室というのをつくって、いろんな取り組みを始めています。

その中でも、つくばならではのものは何かを考えていくと、当然テック系の話になってきますが、この間、また別の個人投資家で、かなり実績のある、ひょっとしたら1番かもしれませんけど、佐俣アンリさんというベンチャーキャピタリストがつくばに来てくれたんです。

それで、どこからアプローチするの、どのステージからアプローチするのと聞いたら、「僕らは“どシーズ”からやりますよ」と。どシーズ＝まさにつくばじゃんみたいな話で、そのどシーズに対してどういうアプローチをしていくかという、彼らには、論文を読むチームがいて、これは

面白そうだなと思ったら会いに行く。そういうところからどんどん着火していけば、自己着火というのも本当におこるでしょう。

これは僕の個人的な考えなんだけど、研究者が経営することには基本的に反対で、つくばが本当の意味でスタートアップシティになるために必要な要素は、研究者と経営者と出資者を三つ分けることだと思っています。山海先生みたいな天才的な例外はあるけれども、そこは全部分離させていくべきだと思う。

今までは、つくばには研究者はいたけれども、経営する人材と投資家がいなかった。その二つを、今、よそからでも引っ張ってこようということで、いろんなアプローチを仕掛けています。つくばと組みたいとか、今度つくばに行ってもうちょっと話を聞かせてとか、徐々にそういう動きが始まっていると思います。

くとの： シーズがたくさんあるということで言った場合に、大学で私が最近考えているとかやらなきゃいけないなと思っていることは、学生をいかにつなげていくかということなんですね。これもそのうち若干動いていくと思うんですけども、例えば、大学で私が授業をやっている中でも、ある程度自己着火に近いようなことが起こるんですね。

江渡： さっきの話で、VCとか投資家の人が論文を読むチームをつくっているというのはいい話ですね。おそらく、研究者の側は、VCや投資家が論文読んでると思ってない人が多いかもしれませんね。新しい会社ができる時、その手前は研究と呼ばれ、ここから先は事業と呼ばれるすごくコアとなる瞬間があります。闇の中で何か一つの新しいものが生まれる瞬間があるんですね。

例えば、Googleみたいに大きくなった会社だと、創業物語として、2人の大学院生がどうやって検索エンジンの原理を思い付いて、どうやってお金を調達して会社として成長してきたのかみたいなことが分かる。それ以外の会社は大体その部分がブラックボックスになっているので、どのようにしてその会社が生まれたのかがよくわからない。でも掘り起こしていくと核があるんですね。その部分がすごく大事なんです。僕はそのブラックボックスの部分に興味があるのでいろいろ調べ

てみると、やはり研究としての核があって出発しているケースが多い。

本当に面白い発見や、ちゃんとした研究成果があって、それを核として会社が成長していくというパターンが結構あって、そのようなテック企業の成長パターンをもうちょっと共有して見えやすいようにするといいいのかもしれないね。

五十嵐： 本当にそうだと思います。それを誰がやっていくかということVCがやってくれるのならVCがやってくれるのもいいし、僕らも、そういう意味ではいろんな付き合いがあるので、こんなのがありますよ、この人が最近面白いことをやっていますよみたいな情報をどんどん提供していく。だから、今、まちづくりアドバイザーで三浦さんというスタートアップ担当がいるんだけど、彼女が筑波大に行ったら、「信じられないです、宝の山ですよ」みたいな。「何でこれを誰もビジネスにしようとししないのか、意味が分からない」と言っていました。

そういう数がものすごくあると、どんどん、どんどんイノベーションが生まれていくでしょうから、江渡さんなんかはまさにその目利きをしていく、「この辺、いいんじゃないの？」なんていうのを、逆にVCにつないでいくことをやってもらえたら、また面白いかもしれないですね。

江渡： それは面白そうですね。はい、いいと思います。

司会： 江渡さんなんかは、そういう意味では、つなぐ人の代表選手なんだろうと思うんですけど、そういうつなぐ人をさらにこれから育成していくというのは、どうしたらいいでしょう。それは育つものですか、つくるものですか、それとも、そういう人が現れなければできないものですか。

江渡： ……。正直言うと、分からないですね。

★ 科学コミュニケーションの大切さ

司会： それからもう一つ、さっき五十嵐さんのお話でちょっとショックを受けたのは、科学技術というか研究と一般市民の生活との乖離みたいなことが意外に大きいとおっしゃっていましたが、それは何が原因かということ、科学コミュニケーションの問題かなという感じがするんですね。つ

くばにおける科学コミュニケーションは十分ですか。



くとの： その話は「つくば横の会」でも何度もやってきているわけですがけれども、私を感じるところでは、一つの科学コミュニケーションの大きなやり方というのは、みんな科学者になるということなんですよ。それが、ニコニコ学会βがやってきたことのひとつだったかなとは思っています。

やはりつくばという街で見た場合、他のところとおそらく全く違うのは、例えば、研究者の家族とか、もともと研究向きの人がものすごく多いこと。なので、誰もが研究をするというところでは、ものすごく恵まれた街であるはずなんですよ。

五十嵐： 僕がこれから力を入れていこうと思っている一つにSTEAM教育があって、STEM教育がいわゆる理系教育、Science、Technology、Engineering、Mathematicsで、プラスA、Artですよ。それでSTEAMということで、今、新しく教育大綱をつくっていて、つくばの大きな教育の方向性を定めていっているんですけども、今の公教育は限界にきている。近代公教育は限界にきているんじゃないかということを入りにしています。これは別に僕が言っているわけじゃなくて世界中の教育者たちが同じような問題意識を持っているんですね。

経営者とか研究者とか政治家とか、名だたるベンチャー企業の社長とか役員とかが集まる会場で、自分たちの子どもの話になったんです。みんな、子どもをどこへ行かせるかということ、インターナショナルスクールなんですよ。「何でインターナショナルスクールなの？ 何で公立に行かせないの？」と言うと、一人の天才プログラマーが、「俺

らは公教育にいい思い出がないでしょ」みたいに言ったんです。僕はそこで、「分かった」と。「つくばでは公教育でみんなが子どもを入れたくなるような環境を整えていくから」とたんかを切ってきたんです。そういう中でもSTEAM教育で、子どものころから当たり前に科学技術なんかに触れ合って、自分たちがそれを使って、アートとクリエイティブな話と組み合わせながらやっていくことで、子どもたちの発想が変わっていけばいいなと思うので、科学コミュニケーションの入り口として教育を考えたいと思っています。

教育は時間がかかるとも言われているんですけど、一方で、投資の回収が早いといえは早い。ある意味、子どもたちは10年で変わっていくわけだから、10年で回収できる投資というのは、回収期間としては実はものすごく早いんじゃないかというアプローチもできると思うので、そんなこともどんどんやっていきたいと思っています。つくばの学校も授業も面白くてしょうがないみたいな、そんな街にしたいですよ。

くとの： たぶん、つくばの特徴的なところは、アートがあるということなんですよ。例えば、筑波大学であつたら芸術があつたり、体育があつたり、私のほうは人文系ですけども、そういうものすごく広いジャンルがある。

★ アートを生かそう

五十嵐： 今、つくば市の文化芸術の基本方針の見直しをかけているんですけど、委員会の皆さんへの諮問文の担当課の案文の中に、「芸術は癒やしで何とかで」みたいなことが書いてあったので、「それは駄目、もっと芸術は人間の精神活動の根本なんだ」というふうに書き直してもらったんです。それぐらい、根本であり、それと同時に都市としての成熟を示すものでもあると思うので、いろんな場面でもっとアートの部分と関わりたいですよ。

くとの： まさに人間の精神活動の根本というか基盤を、もっとこの街が打ち出せていけたらいいなとは、いつも思っているんです。

五十嵐： だから、そういう取り組みをどんどんしていきたい。でも、こんなことを言っても、こ

こでは話が通じるかもしれないけど、よそで言う
と引かれるわけですね。「何を言っているんだ
ろう、この人たちは」みたいな感じで。

江渡： この間、筑波大学卒のメディア・アー
ティストの方とお会いして、筑波大学でどのよう
に学んだんですか、どんな環境だったんですかと
いう話を伺いました。一言で言えばすごくいい環
境だったんですよ。総合造形という素晴らしい専
攻があって、でもそれだけじゃなくて、デザイン
とか、芸術系にきら星のようなスターの先生がた
くさんいて、その環境で学ぶことができて非常に
面白かったとおっしゃってました。

しかし、今は総合造形も当初持っていたよう
な総合という感じがだいぶ薄れてきていて、芸術
の世界的な拠点という感じがだいぶなくなってき
ています。

おそらく、総合造形をつくったときは、全く
新しい芸術分野を切り開くんだという人が集まっ
てきたわけですね。そして見事に成功したと。
でも、なかなかそういうのは続かないんですよ。
続かないというのは、さっきの着火点の話と同じ
ですけれども、一番最初にできた、新しいものを
つくったときに集まった人がある価値をつくって
も、でも、その人たちは退官されるので、その後
に新しいものをつくり続けようとはしないんです
よね。なので、新しいものをつくり続けようとす
る動きをある程度つくらないといけないんですけ

れども、それって難しいなと思って、すごく悩ん
でいたところですよ。

五十嵐： そもそも筑波大学が新構想の大学とし
てできて、それこそ新しい価値だったり学問領域
を提示しようということやってきて、確かに開
学当初というのは本当にすごい先生たちが来てい
た。もちろん今も素晴らしい先生方がいるけれ
ども、何か社会に対して新しいものをどんどん出し
ていこうかという雰囲気が残っているかという
と、少し違ってきている感じがします。

江渡： そうですね。

★ 失敗できる実験フィールドを

五十嵐： バブソン大学という、ビル・ゲイツや
いろんな人が出ているまさにアメリカの起業家教
育ではナンバーワンの大学に、Dr. Failureと呼
ばれている日本人の教授がいます。彼は、失敗学
の専門家で、彼の授業ではまず起業させるそう
なんです。まず起業させて、どれだけ失敗をしたか
で評価を与える。逆に、起業してうまくいっちゃ
うと大して評価は高くなくて、失敗することを奨
励するという話をしていて、なるほど、そうだな
と思いました。

最初から成功なんか、別にしてもいいけど、た
ぶん学生時代に起業で成功するなんていうこと
にはあまり価値はなくて、でも、そうやっていろん



な経験をどんどんしていくような環境をもっと整えたいし、もっと「とりあえず会社をつくってみました」だけでもいいと思うんですよね。そういうことをやりながら、そういうことが当たり前な選択肢になってくる街でありたいなと思っていますね。

くとの： それで、まさに「つくば横の会」で何度か出た内容だと思うんですけども、すなわち、失敗できる実験フィールドみたいなものを何らかの特区とかでつukれないかということが何度かありましたよね。例えば、ドローンをいくら飛ばしてもいいとか。

江渡： 実験ができないんですよね。失敗するためには実験しないといけない。

五十嵐： 実験がね。僕らも今、いろいろ国に働き掛けているんですけど、国がサンドボックスという制度をつくったので、少しそこでいろいろなことができるかなと思っています。動かしてみないと分からないですけどね。絶対死人は出しては駄目ですけど、多少のリスクを取ってでもいろんなことができる場所をつくっていくというのはすごく大事だと思います。

昨日、梶山地方創生大臣と会ったんですが、とにかくつくばには期待しているからどんどん提案してほしいと。そういう中で新しい挑戦をしていかなければいけないわけだからと。国もつくばに対してすごく期待をしてくれているし、SDGs未来都市にも選ばれ様々な場面でいろんな取り組みをやっていききたいと思うし、そういう中でちょっとやってみようかなという学生たちが出てきてくれるといいなと思いますね。

くとの： そう。それを如何に例えば大学の中でうまくエンカレッジして、引き込んでいくか。それがさっきの自己着火の鍵になるのかなと、大学から見ると思いますね。

★ 20年後のつくば

司会： 本当につくばをイノベーション・コミュニティとして伸ばしていくためには、ある程度国際条約なんかに抵触するようなところまで踏み込まなきゃいけないところもあるかもしれない。そういう覚悟というか方向性について、例えば、



20年後のつくばはどんなイメージにしたいのかということも含めてお話し下さい。

くとの： 私は、今の時点で予測できないものを大事にしたいなと思うんですね。今考えつくものというのは、たぶん5年とか10年ぐらいで賞味期限が切れちゃうような気がする。今思いつかないものにいかに気づいて、そこに取り掛かっていけるかが鍵かなと思っています。

今、私が大学でダイバーシティ関係でやっていることなんかは、ある意味それに近いんですね。つまり、現状から予測でき得るものではない何かというのを、時々つかみかけることがあるんです。それは一見、現段階からすると常識とか思考の範疇に入っていないようなものだったりするんですけども、100に一つぐらいは何か面白いかもしれない。それでもかなり高い確率だと思うんですが、そういうものを見逃さないでしっかり引っ張ってやっていきたいなと、考えているところです。

五十嵐： 私は、「世界のあしたが見えるまち」というつくば市のビジョンを掲げています。要するに、世界中の自治体で少子高齢化などが進んでいて、でも、世界のどこもその問題を解決できていない。日本が少子高齢化のフロントランナーですから。ここでいろんなモデルの提示をしていけば、世界中のヒントになると思っており、いろいろ実践を始めています。

少し前だと、RPA (Robotic Process Automation) といって、市役所の単純な作業をロボットにやってもらいましょうということを日本で初めて共同実験という形でやって、非常に注目を浴びたんですけど、その対象業務の8割、時間が削減された

という実績が出ましたのでこれからもっと他の分野にも広がっていきます。2～3日前にプレスリリースしたのは、ブロックチェーンとマイナンバーカードを使ってインターネット投票をする実験です。これは将来的には世界を変える力があると思っていて、究極的には自分の意思を直接みんなが瞬間的に表明できるようになっていくもので、民主主義の根幹にも関わってきます。間接民主主義はひょっとしたらなくなるかもしれないという議論も、当初からありました。社会保障にしても決済にしても、いろいろなものがこれから変わっていくわけですね。

江渡： 20年後の未来でしたっけ。じゃあ20年前は何をやっていたかということ、Windows 98を使っていたんですね。Windows 95が出て、それでインターネットが普通に使えるようになって、多くの人がインターネットを使い始めて、98年もまだ普及し始めたぐらいの時期でしたよね。

それからの20年間でみんながスマホを使っている世の中になった。その変化をどれだけ予測できたとか、その経済圏の大きさがどのくらいか分かっていたかということ、それは分かっていたし、予測がつかなかった。

僕は1993年ごろにWorld Wide Webのブラウザの画面を見た時に、これは間違いなく大きく伸びると思った。これは世界中の大学に導入されるに違いないと思ったんですよ。僕の予測はその時点としてはかなり過大な予測だったんだけど、現実起こったことからするとかなり甘かった。全世界の大学にではなくて、全世界の会社とか、全世界の個人とか、全世界の物に導入されるというのが実際に起こったことで、それは全く予測できていなかったんですね。

なので、今予測できないものを大事にしたほうがいいのかというのは、確かに全くそのとおりなんですけど、予測できないものを大事にするというのは実は矛盾しています。

くとの： そう、矛盾しているんです。

江渡： なので、やっぱり予測はしなくちゃいけないんですよ。僕が20年前を振り返ってみてなぜWorld Wide Webやインターネットが絶対来ると分かったのか。僕は分かっていたんですよ。分かっていたんだけど、読みが甘かった。

今、何が来るかというのを20年後に向けて考えるとすると、ブロックチェーンとか、人工知能とか、個々の技術が挙げられますよね。でも、もっと大事なものは、歴史というのは進展していくということなんです。なので、一番大事なものは歴史認識なんですね。

先ほど五十嵐さんもおっしゃっていたE-デモクラシーの話とか、本当に90年代に議論していましたよね。

五十嵐： そうなんですよ。

江渡： 電子投票で何がかわるかとか。僕がパソコン通信やインターネットをやり始めたのは、実はそれがあったからなんですよ。僕はそのようなテクノロジーによって民主主義はどう変わるか、代表制や決定がどのように変わっていくのかに興味があって、実はそれが先にあったんですね。

なので、人の意識というのは歴史的な認識によって動かされているということを理解する必要がある。例えばなぜ国があるのか、なぜ国の中で代表制が発展して、今こういう制度になっていて、その結果としてなぜ国や地方公共団体が落ち込んでしまっているかといった認識があって、その中で、テクノロジーの発展を考えなくてはいけない。

一番大きな視点で言うと、国として技術なり科学なりにどう投資して、それを活かす環境をどうつくるかということが一番大事なことだと思っています。それに失敗すると国が落ち込むし、成功すると国が伸びる。そういうすごく単純な関係がある。だから僕は、これを絶対にやるべきだと思っています。

それから見ると、20年という単位のスパンはちょうどいいスパンかなと思うんですけども、ありとあらゆる手段を使って科学技術を経済に活かすということをやれば、何とかなる。たぶん、20年ぐらいかかると思うんですよ。20年ぐらいたつと、あのとき言っていたあれは嘘じゃなかったなみたいな感じの状況になる。それを、今、あらゆる手を使って実現したいなと思っています。

SATフォーラム2018

2018年7月3日（水）に、つくば国際会議場で開催

2016年ノーベル生理学・医学賞を受賞した大隅良典特任教授を迎えて

SATフォーラム2018は、2018年7月3日（水）午後、講演者に2016年ノーベル生理学・医学賞を受賞した東京工業大学科学技術創成研究院 特任教授 大隅良典博士を迎えて、つくば国際会議場大ホールで開催された。

演題は、「30年のオートファジー研究から見えてきた生命像」であった。

講演の前に、つくば サイエンス アカデミーの江崎玲於奈会長の挨拶があった。1時間の講演の後に、丸山清明総務委員長の司会で質疑応答が行われた。

参加者数は569名、うち3割は高校生であった。提出された質問数の7割が高校生で、高校生の関心の高さが伺えた。

【江崎玲於奈会長の挨拶】



本日は多数お集まり頂きまして、有り難うございます。

今回のSATフォーラム2018には、東京工業大学特任教授大隅良典先生をお迎えし、ご講演をいただきます。

先生は2016年に、「オートファジーのメカニズムの解明」という理由で、ノーベル生理学・医学賞を受賞されました。

大隅先生には、お忙しい中お越し頂いてご講演賜ることに厚くお礼申し上げます。

大隅先生のご経歴を簡単にご紹介させていただきます。大隅先生は日本が戦争に負けた1945年の2月に、福岡でお生まれになりました。福岡高校卒業後、東京大学教養学部に進学され、1974年に理学博士号を取得されました。その後ロックフェラー大学で3年間博士研究員をおやりになり、帰国後は一貫して分子細胞生物学の研究を続けていらっしゃいます。

先生は30年前から、酵母の液胞を使ってオートファジーの基本的なメカニズムを解明され、これがノーベル生理学・

医学賞に結びついたわけです。

本日は、「30年のオートファジー研究から見えてきた生命像」と題してご講演いただきます。

【大隅良典教授の講演】

演題「30年のオートファジー研究から見えてきた生命像」



科学は人類の歴史の中で培ってきた知の体系

皆さん、こんにちは。大隅でございます。

こういう場でお話しする機会をいただきまして有り難うございます。

東京大学の大学院を出て50年間基礎生物学の研究をしてまいりました。その歴史を振り返りながら、私の思いを語らせていただこうと思います。

私はこの頃、科学というのは人類が蓄積した何千年という歴史の中で培ってきた知の体系そのものであると思っています。

私は1945年、終戦の半年くらい前に、福岡県の田舎で生まれました。自然がたくさん残っていました。それは私の人生にとって意味があったのだろーと思っています。

東京大学に入学した1960年ころ、分子生物学が勃興して、確立していく時代でありました。生命現象が1つの原理に基づいて説明できると言うことにとても魅力を感じて、分子生物学者になりたいと思いました。

1974年12月から3年間アメリカのロックフェラー大学へ留学の後、東京大学理学部植物学教室で酵母液胞の研究を始めました。1988年に東京大学教養学部でラボを持てたことを契機に、今日お話しする酵母のオートファジーの研究がスタートして、今日に至っています。

今日の話にはキーワードが2つあります。タンパク質と膜です。

全ての生命機能に関わっているタンパク質

生物学者にとってタンパク質は生命を担っているとても大事な分子で、全ての生命機能にタンパク質が関わっています。タンパク質は20種類のアミノ酸が直鎖状に繋がった分子で、多様な分子を作ることが出来て、様々な機能を持っています。

地球上のバクテリアからヒトに至るすべての生物は選ばれた20種類のアミノ酸でタンパク質を形成しています。ということは、地球上の生命は1つの細胞から発生したことを示唆しています。

私たちの遺伝情報はDNAの塩基配列で決まっています。DNAにはどういうタンパク質をいつ、どれだけつくれという情報が書かれています。

DNAからタンパク質は直接合成できません。分子生物学の基本原則であるセントラルドグマは、遺伝情報はDNAの転写→RNA→翻訳→タンパク質の順に伝達されるという分子生物学の概念です。

生物は軟らかい脂質二重層の膜を有する細胞から構成

地球上で原始の海に生命が誕生した時、海の中で細胞が自分自身を外界から分ける必要がありました。全ての地球上の生物はとても軟らかい脂質二重層の膜を有する細胞から構成されています。隙間なく並んだリン脂質が、疎水性部分を内側にそして親水性部分を外側に向けた二重層です。

生命というのはいつも外界からの物質やエネルギーや情報をやりとりしないと生きていけません。生体膜の中にもタンパク質が埋め込まれていて、いろいろな分子や情報のやりとりをしながら細胞の中をコントロールしています。さらに細胞の中には多様な膜系が発達していて、それによって様々な機能の分化や効率化が図られています。

タンパク質は、リボソームという細胞内の構造であるタンパク質合成装置の上で作られます。この数十年間、リボソーム上で作られたタンパク質がミトコンドリアに行くか、核に行くか、どこへ行くか、その位置情報がどうやって決まっているかは、細胞生物学の非常に大きな問題でした。タンパク質は自身がどこに行くという情報をもって合成されます。あるタンパク質はミトコンドリアの2つの膜を超えて行って、初めて機能します。

50年間単細胞生物である酵母に問いかけてきた液胞の膜が細胞の中の恒常性維持に重要な役割を担っていることを発見

私は酵母という単細胞生物に50年間、色々問いかけてきました。酵母はビール・酒などの醸造やパンの発酵などに大事な役割を果たしている生物です。同時に、酵母は私

たちの体の細胞の真核生物のモデルとして、大変大事な役割を果たしています。

私は1976年、東京大学理学部植物学教室に帰ってきた時、オルガネラという細胞小器官の1つである液胞の膜の研究をしてみたいと思いました。当時、液胞は細胞の中のごみ溜めのように見られていて、ほとんどの人があまり注目をしていませんでした。植物細胞は、9割ぐらいが液胞で占められています。今まで、液胞は様々な機能を持っていることが分かってきました。それで、私は酵母の液胞も何か大事な役割を果たしているに違いないと思い、この膜の研究をしてみようと思ったわけです。

この膜を単離して、この膜の上にアミノ酸やカルシウムイオンなどを溜めこむトランスポーターというタンパク質があることを見つけました。能動的な輸送を司ります。この膜は細胞の中の恒常性を維持するために大事な役割を果たしています。ATPは生体内のエネルギーの貯蔵・供給・運搬を仲介している重要な物質です。液胞膜に存在し、ATPにより駆動されるV-ATPaseと呼ばれるプロトンポンプが機能しています。細胞生物学上重要なV-ATPaseを、私たちは発見したわけです。



アミノ酸とタンパク質のリサイクルシステムが備わっている体の中

生命はタンパク質の合成と分解の平衡により維持

私は1988年に教養学部生物学教室に移った時、タンパク質の分解に興味を持ちました。

赤血球は体の末端まで酸素を運ぶヘモグロビンという分子をたくさん持っています。ヘモグロビンは計算してみると1秒間に1000兆個作られています。これだけ作られているということは、それに相当するタンパク質が1秒間に壊れているということを意味しています。

栄養学では1日70グラムのタンパク質が必要とされています。摂取されたタンパク質は全部、胃と腸で分解されて、アミノ酸として体の中に吸収されます。ところが、私たちの体の中では毎日、200~300グラムのタンパク質が合成されています。摂取した70グラムから300グラムのタンパク質ができるわけはありません。タンパク質を合成するアミノ酸の大半は、実はタンパク質が分解をされたアミ

ノ酸です。つまり私たちの体には、アミノ酸とタンパク質の非常に効率のいいリサイクルのシステムが備わっているのです。

タンパク質の分解は何故かネガティブなプロセスに思われて、あまり研究が進みませんでした。しかし、生命というのは、タンパク質の合成と分解の平衡によって支えられています。タンパク質の合成にはたくさんの遺伝子関わっていますが、同時にタンパク質の分解にもたくさんの遺伝子関わっています。

ド・デューブが1955年に細胞のオートファジー現象を発見

細胞の中のタンパク質の分解に関する研究は難しくて進みませんでした。しかし、クリスチャン・ド・デューブが1955年に、ライソソームという構造を発見しました。ライソソームは膜構造で、多様な加水分解酵素を含む細胞の小器官です。彼は、細胞が自分のタンパク質を小胞としてライソソームと融合して分解する現象をオートファジー(自食作用)と命名しました。その小胞をオートファゴソームと言います。

オートファジーの研究は、電子顕微鏡以外に解析手段がなかったため、長い間分子生物学者の手の届かない領域でした。

その後、ユビキチン/プロテアソーム系によるタンパク質分解機構の研究が進み、多くの生理機能の制御に関わっていることが発見されました。しかし、ライソソームの系の研究は電子顕微鏡以外に検出方法がなかったため、なかなか進展を見ませんでした。

1992年に出芽酵母のオートファジー現象を発見 その後の私の運命を決めた瞬間

私は長い間、液胞の小器官・オルガネラの研究をしてきました。この中には多くの分解酵素があることは知られていました。液胞がライソソームと同様な分解を担うとしたら、どういうタンパク質がいつ、どうやってこの膜を超えて、分解酵素に出会って分解されるかということが問題になります。

私は次のように考えました。酵母の細胞は栄養があれば出芽という方法で増えていくが、細胞をアミノ酸に大事な元素の1つである窒素源のない培地に移し替えると、減数分裂をして4つの胞子を作るという過程が誘導される。これは外に栄養がないので、必要なタンパク質は全部自分のタンパク質を分解しなければならない。それで、液胞が窒素源飢餓状態でもし分解コンパートメントとして機能しているとしたら、一番ドラマチックな分解が見られる条件である。

実際に液胞のタンパク質分解酵素欠損株を窒素源飢餓状態に置くと、分解酵素欠損のため分解されずに液胞に蓄積した多数の小さな黒い球形の粒がブラウン運動で激しく動き回っているのを観察しました。これが私のその後の運

命を決定した瞬間です。

私は更に電子顕微鏡の専門家の馬場美鈴さんと一緒に観察を続けました。その結果、この顆粒は一重膜の構造体であることが判りました。それをオートファジックボディと名付けました。飢餓に応答して隔離膜が出現し、膜の伸張と共に細胞質のタンパク質を取込み、オートファゴソームを形成します。オートファゴソームは直ちに液胞と融合します。オートファゴソームの内側の膜に囲まれた部分が液胞に放出され、一重膜のオートファジックボディとなります。これが出芽酵母で観察されたオートファジーです(図1)。

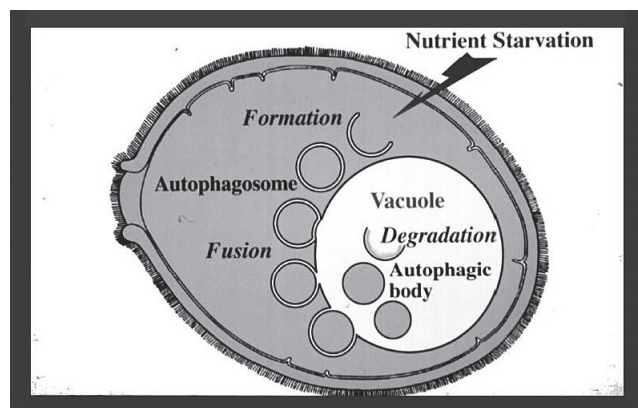


図1 酵母細胞のオートファジーの模式図

オートファジーに必要なAtg遺伝子の機能の詳細を解明

次の段階として、出芽細胞を突然変異誘導剤で処理し、ランダムに遺伝子を傷つけることで、オートファジー不能変異体の作成を試みました。何千個の突然変異体の中から1個だけ、突然変異株が見つかりました。apgl(後にatg1に変更)と名付けました。詳しい解析により、役割が知られていない遺伝子に傷がついていることが分かりました。さらに実験方法を改良し、14種類のオートファジー不能変異体を同定し、それらの遺伝子を解析した結果オートファジーに必要な少なくとも14種類の遺伝子が存在することを発見しました。そして現在では、18種類のAtg遺伝子が必要な遺伝子と分かりました。

1996年に、岡崎国立共同研究機構 基礎生物学研究所に移りました。これを契機に研究が進展し、ATG遺伝子は何かということが一気に解ってきました。

例えば、次のようなことを明らかにしました。

Atg12タンパク質はユビキチンというタンパク質と同じような機能をもっていて、E1酵素で活性化され、E2酵素に渡されてAtg5と共有結合し、T字型の分子を作ります。それがAtg16で束ねられて、6つの分子からなる二量体が機能している分子です。そしてどの反応が1つ欠けても、オートファゴソームができないことが解ってきました。

Atg8もユビキチン様タンパク質で、最初にアルギニンという末端がAtg4で切られてグリシンになると、E1酵素

で活性化されて、Atg3に移されます。タンパク質が脂質の頭にあるアミノ基とアミノ結合していたのです。つまり、Agt8はタンパク質と結合するのではなく、脂質分子と結合する反応系であることが解りました。

この発見は大事な意味を持っており、膜形成に脂質化反応があることが解ったと同時に、Atgタンパク質の中には、他のものと共有結合するという反応系が2つあったことが解ったのです。

オートファジーは進化の過程で古くからある重要な機能

私たちは長い間、酵母のATG遺伝子群の解析をしてきたのですが、岡崎の研究所に移って以降、酵母以外にマウス・ヒト・植物のATG遺伝子の研究が出来るようになりました。その結果、前述の結合反応系を中心に、この分子群は酵母から哺乳動物・植物に至るまで見事に広く保存されていて、オートファジーは進化の上で古い装置だということが解りました。これを契機に、オートファジーの研究の質ががらりと変わりました。

例えば、東大に移った水島昇教授たちは、LC3, Atg8のホモログにGFPをくっつけたタンパク質を全身で発現させるマウスをつくることができました。このマウスの色々な臓器を調べて、オートファジーが何処でどれだけ起っているかが解ることになります。

遺伝子を潰したノックアウトマウスのオートファジーを調べたことによって、哺乳動物は母胎から離れるという出産が非常に大きなストレスになっていて、それを克服するためにオートファジーが必須だったということが推定されたわけです。

栄養素のリサイクル:

飢餓下の生存に必須

アミノ酸、エネルギー源

大規模で非選択的な分解

過剰なものの有害な成分の除去、細胞の浄化:

細胞質の品質管理

選択的な分解

特異的なタンパク質、タンパク質凝集体

超分子構造: リボソームなど

オルガネラ: ミトコンドリア、ペルオキシソーム、

小胞体、リソソーム、核

感染性細菌、ウィルス

図2 オートファジーの2つの主要な機能

今日では毎日のようにオートファジーの研究が多数報告されているという時代になりました。栄養のリサイクル以外に、いつも細胞の中をきれいにしようとする浄化、細胞の中に進入してきたバクテリアをオートファゴソームで取り囲んで分解する経路、胚発生の初期に母親由来のタンパク質を分解してステージが進むのに必要なオートファ

ジー、がん細胞増殖に関与するオートファジー、細胞の寿命制御に関与するオートファジーなどに関する研究が報告されています(図2)。

私が酵母でオートファジーの研究を始めた1988年頃は、多くの研究者はあまり興味を示しませんでした。オートファジー関連論文は年20報ぐらいでしたが、今は1年間に6,000報ぐらい出ており、細胞生物学の中でも大変大きな領域になっています。基礎生物学というのは多分このような展開をするものなんだろうと、私は思っています。

2009年4月に、東京工業大学に移りました。私たちはもう一度、何が・何処で・どれだけ分解されているかという最初の問題に立ち返っています。例えば、亜鉛飢餓になると、オートファジーが誘導されることが解りました。タンパク質が分解されることで、液胞から亜鉛イオンが出てくる。つまり、タンパク質の分解を通して、オートファジーは細胞の中のイオンの分布にも大きな役割を担っていることを示唆しています。

オートファジーの分解は沢山の様々な生理機能を持っていて、まだまだ解っていないことが多数あると、私は思っています。

自分のやりたいことを大切にしよう

素直な疑問を持ち続け、繰り返し立ち返ろう

自分の眼で確かめ、小さな発見を大切にしよう

常識や権威だけに頼るのはやめよう

人と違うことを恐れずに進もう

はやりだけを追うのはやめよう

失敗を恐れずにチャレンジしよう

図3 若者へのメッセージ

若い人たちへのメッセージ(図3)を述べて、最後にします。

「自分のやりたいことを大切にしよう／素直な疑問を持ち続け、繰り返し立ち返ろう／自分の眼で確かめ、小さな発見を大切にしよう／常識や権威だけに頼るのはやめよう／人と違うことを恐れずに進もう／はやりだけを追うのはやめよう／失敗を恐れずにチャレンジしよう」

【質疑応答】

「私は高校時代、生物を選択していません。」

しかし、大学入学時、分子生物学の黎明期に遭遇

提出された質問のうち、高校生2名、社会人2名の質問に回答いただいた。質問と回答の一部を紹介する。

質問1 小池優華(高校生) どのようなきっかけで分子生物学に興味を持ったのですか。

大隅 私は高校時代、生物を選択していません。しかし、

子供の頃から自然の中である昆虫採集などが好きでした。分子生物学に興味を持った最大の理由は、大学に入った頃、地球上の生物すべてに共通する原理が分子生物学的に解明されていく時代に遭遇したことです。

質問2 岩崎ゆい(高校生) 何十年も研究を続けられたのは何故ですか。研究していて一番感動するのはどういう時ですか。

大隅 科学に終わりがありません。感動するようなことが毎日あるわけがありません。研究は1人ではできません。世界中で私が初めてこの問題を解いたというその瞬間が一番楽しいです。

江崎 科学とは自然界のルールを解明することです。科学は自分が勝手にやるようなものではなく、先人の成果に積み重ねていくことです。科学の面白さの1つはサプライズです、つまり予期しないことが起こることです。

質問3 鈴木かな依(製薬会社) 大きな発見には越えなければならないハードルがある場合が多いと思います。ハードルはありましたか。どのようにして超えましたか。

大隅 1つの目標に向かって着実に歩を進められる手立てを考えることが大事です。実験科学では予想とは違う結果が出てきても、そこから色んなことが学べます。

江崎 自分の人生のシナリオを書くということ、それを学ぶのが高等学校や大学の教育の目的の1つだと思います。しかし、卒業後シナリオ通り進むとは限りません。それをいかに乗り越えるかが人生では重要です。私の場合、自分の思うような研究ができる環境が大きなボトルネックでした。

質問4 緑川光春(大学職員) オートファジックボディーの膜は何故一重なのですか。

大隅 生体膜というのは水の中では端があったらエネルギー的に不利なので細胞質の一部を新しく隔離膜で囲もうと思うと、どうしても袋で囲まないといけないので、オートファゴソームは二重膜になります。二重膜の構造が液胞膜と融合して中の一重膜の構造が液胞の中に入るのも必然的に一重膜の構造になります。オートファジーは必然的に中身とその膜を一緒に分解するというので、中身を分解するという過程になっています。

財団設立の動機は日本の基礎科学研究の危機的状況打開への貢献

江崎 最後に大隅先生がつくられた財団のお話を伺えないでしょうか。

大隅 アメリカの大学は多くの人の寄付で支えられています。日本には寄付の文化がありません。基礎科学の研究には金がかかります。今、限られたパイを奪い合っているのが現状です。研究には博士号取得者が必要ですが、企業がかれらをあまり採用しないので、博士課程に行く若者が激減しています。日本の基礎研究は危機的状況にあります。現状打開に少しでも役立てようと思って、財団(図4)を設立しました。個人の方の寄付と企業の協力を期待してい

基礎科学研究者の支援：研究者の目線に立って

研究費が得にくい研究の支援
長期間かかる研究
継続が困難な研究者の支援
すぐには出口が見えない研究

大学・研究所の基礎科学研究者と企業との新しい連携のシステムの構築

相互交流、気づきの場の構築

図4 大隅基礎科学創成財団 —新しい社会実験—

ます。

(文責 編集委員 角田方衛)

つくば賞その後-11

「環境ストレス応答に関わる植物遺伝子群の機能、発現の解明とストレス耐性植物の開発」

理化学研究所 環境資源科学研究センター センター長 篠崎一雄
東京大学大学院 農学生命科学研究科 教授 篠崎（山口）和子

2002年に植物の環境ストレス応答に関わる遺伝子研究に関してつくば賞を共同受賞しました。受賞対象になった研究は1989年に名古屋大学から理化学研究所ライフサイエンス筑波研究センター（当時）に赴任した時に開始した植物の環境ストレス応答や耐性獲得に関わる遺伝子研究ですが、最初の10年間での主な成果に関して与えられた賞でその後の研究の展開に大きな励ましとなり大変感謝しています。

モデル植物を用いた環境ストレス応答の遺伝子研究の幕開け

植物は光合成によって二酸化炭素から炭水化合物を合成します。また、根から窒素、リン、カリウムなどの成長に必要な化合物を取り込んでアミノ酸、脂質など様々な有機化合物を合成します。植物が作り出す代謝産物が栄養となって人や動物などの生存を支えています。このような植物は移動できないため、四季を通して、あるいは毎日の環境変化に対応して成長しています。特に生存に関わるような厳しい環境変化（環境ストレス）にどのように応答して生育しているのか、分子レベルや遺伝子レベルでの研究は進んでいませんでした。私たちは名古屋大学でのタバコ葉緑体ゲノム研究やニューヨークのロックフェラー大学で植物の遺伝子研究を進めた経験を生かして、理化学研究所で植物の環境ストレス応答に関わる遺伝子の機能と発現に関わる調節のメカニズムを解明することを目的に研究を始めました。モデル実験植物として注目されたシロイヌナズナはゲノムサイズが植物で最も小さいことから将来のゲノム研究への発展を考えてシロイヌナズナを実験材料に用いました。シロイヌナズナに乾燥ストレスを与えて誘導される遺伝子を多数クローニングしてそれらの構造と機能を解析することから始めました。その中で特徴的な2段階の発現パターンを示し乾燥処理により強く誘導される遺伝子RD29を用いて乾燥ストレスによる転写誘導に関わるプロモーターのシス配列DREとそれに結合して転写を誘導する転写因子DREBを明らかにしました。乾燥ストレス応答に植物ホルモンのアブシジン酸（ABA）が重要な役割を果たしていることはすでに報告がありましたが、この転写制御システムはABAに依存しない新規の経路であることを明らかにしました。さらに、これらのストレス誘導性

のDREB遺伝子を植物に導入し過剰に発現することにより植物の乾燥耐性や低温耐性、さらに塩耐性が向上することを明らかにしました。この結果は、環境ストレス誘導性遺伝子を用いて作物へ乾燥、低温、塩に対する耐性を付与する技術として利用できることを実験的に示した成果であり、国際的な注目を得ることができました。

乾燥ストレス関連遺伝子研究の発展と作物への展開

私たちの開始した植物の乾燥ストレス応答における遺伝子発現と機能解析の研究は多くの研究者に注目されて、いろいろな環境ストレス条件で誘導される遺伝子の研究が始まりました。多くの研究者が私たちの成果をもとに研究を開始しましたので、私たちの論文の引用度が高くなり、2000年頃には当該分野をリードすることができました。つくば賞を受賞した当時、一雄は理化学研究所（理研）、和子は国際農林水産業研究センター（国際農研、JIRCAS）と研究場所は別れて研究を行っていましたが、国際農研の貝沼圭二所長（当時）のご支援をうけて共同研究をさらに発展させることができ、シロイヌナズナだけでなく、イネやコムギなどの作物に研究を展開することができました。これらの成果に関して農林水産省から特別なプロジェクト経費が付与されて国際共同研究（通称はDREBプロジェクト）に発展しました。2007年には国際農研を中核拠点にして理研、国際イネ研究所、国際熱帯農業センター、国際トウモロコシ／コムギ改良センターの連携でシロイヌナズナのストレス応答性遺伝子を利用して乾燥耐性のイネやコムギの開発と乾燥圃場での乾燥耐性や収量増加を付与する研究が開始されました。この研究はその後発展して、コロンビアの国際熱帯農業センターで、実際の乾燥した圃場で栽培されて、ガラクチノール合成酵素遺伝子を遺伝子導入した陸稲では比較対象の陸稲より乾燥条件でも収量が10%～50%も増加することが示されました。実際の乾燥圃場での収量増加は将来の応用展開へつながる研究成果となりました。また、科学技術振興機構（JST）・国際協力機構（JICA）のSATREPSプロジェクトによって、ブラジルの農牧公社（EMBRAPA）と共同研究を行った結果、乾燥耐性のダイズやサトウキビなどが開発され、現在では圃場試験が行われています。

植物ホルモンアブシジン酸の制御機構の解明

植物の複雑な環境ストレス応答のメカニズムを明らかにするために、植物ホルモンアブシジン酸 (ABA) の制御に関わる遺伝子の探索を進めました。乾燥時のABA合成や、給水時のABA分解に関わる酵素遺伝子 (NCED3やCYP707A3) をシロイヌナズナよりクローニングしました。また、遺伝子発現に関わる転写因子AREBとその活性化に働くタンパク質リン酸化酵素SnRK2などの重要な制御遺伝子を初めて明らかにしました。また、ABA応答に重要な役割を担うABA受容体とその下流のリン酸化による活性化のシグナル応答のメカニズムを明らかにすることにも貢献できました。国際的な競争でしたが、その中でも独自の貢献ができたと考えています。さらに、DREB2転写因子の修飾と安定性にかかわるタンパク質分解系の役割も見つかりました。このように細胞レベルでのシグナル伝達や転写制御の研究により植物の環境ストレス応答の複雑な分子制御メカニズムが次々と明らかになりました。乾燥ストレス耐性に関わる遺伝子の機能を解析して、環境ストレス応答に関わる細胞レベルでのシグナル伝達系、転写系の制御システムの主要な因子群の決定と相互関係の全体像をネットワークとして理解することに成功できたことに達成感がありました。

細胞レベルから個体レベルでの環境ストレス応答の制御機構の解析

器官レベル、個体レベルでの環境ストレス応答に関する重要な因子の研究も進展しました。特に細胞間のABA輸送に関わるトランスポーターに関しては、ABAの合成部位の維管束系の細胞からABAを排出するタイプのトランスポーター AtABCG25を発見しました。ABAを気孔に取り込む遺伝子も発見されてABAの組織間の移動と輸送が乾燥ストレス応答に重要な役割を果たしていることも明らかになりました。さらに根で感じた水分欠乏のストレスシグナルを葉へ長距離で伝えるCLE25ペプチドを明らかにしました。この論文は最近Nature誌に掲載されて、注目されました。植物の個体レベルでの制御に関してシグナルを伝える分子の同定と機能解析は重要な課題となっています。このような植物の複雑な環境ストレス応答と適応の分子機構の解析は植物の生き様を示しているようで興味深いと思います。

さらなる研究の発展

一雄は理化学研究所でシロイヌナズナのゲノム研究を進展させることができました。1999年からゲノム科学総合研究センターの植物ゲノム機能情報研究のプロジェクトリーダーとして、シロイヌナズナの機能ゲノム研究を進めました。シロイヌナズナの遺伝子破壊変異体の解析と表現型解析による遺伝子機能解析を進めました。また、完全長cDNAを収集しマイクロアレイを作成して遺伝子の発現応答に利用しました。これは林崎良英博士との連携研究の成

果です。これらのゲノムリソースは理研バイオリソースセンター (BRC) の基礎的な植物遺伝子研究関連の生物資源となり、多くの研究者に利用されています。2002年の理研バイオリソースセンターの設立に貢献できたことは意義があったと考えています。その後に2005年には植物科学研究センター (PSC) のセンター長として、植物科学分野でのオミックス解析や植物ホルモンの機能解析を進めて植物科学の発展に尽くしました。研究だけでなく、研究拠点の運営責任者としての役割が増えました。理研が植物科学分野で世界トップクラスのセンターへ発展することに貢献できました。トムソンロイター (現在はClarivate Analytics) の論文引用度調査で理研の植物科学は日本でトップとなり、さらに国際的にも注目される拠点として発展しました。現在は、環境資源科学研究センター (CSRS) のセンター長として、植物科学、バイオテクノロジー、ケミカルバイオロジー、合成化学分野の研究者を連携することで持続的な有用物質生産や農業生産に貢献する科学・技術を推進しています。 <http://www.csrs.riken.jp/jp/about/index.html>

一方、和子は国際農研で作物への応用展開の研究開発プロジェクトのリーダーとして活躍しましたが、2004年に東京大学農学生命科学研究科の教授として赴任し、大学では基礎的な植物分子生理学を進めて環境ストレス応答の遺伝子発現とシグナル伝達の分子メカニズムの解明に大きな成果を上げることができました。さらに研究を進展させて、乾燥ストレス応答の研究にとどまらず、高温ストレス応答や低温ストレス応答に関わる遺伝子発現の制御メカニズムを解析して新規の制御システムを明らかにしました。最近では基礎的な研究だけでなく、イネやトマトなど作物での環境ストレス耐性の応用研究も展開しています。さらに、国際農研で始めた国際連携での乾燥ストレス耐性作物の開発に関しては実際の圃場でストレス耐性を示すダイズ、イネ、コムギやサトウキビなどの開発に成功しています。また、東大では多くの優秀な若い人材を輩出しており、次世代を担う人材の育成でも成果を上げています。 <http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/pmp/>

幸い、一雄も和子もそれぞれの研究成果は、高く評価されて思いもかけず様々な顕彰を受けました。2009年には日本植物生理学会賞を共同受賞できました。共同受賞は、つくば賞以来でした。また、一雄は2016年に紫綬褒章、文化功労者として顕彰されました。一方、和子は2018年にみどりの学術賞を受賞しました。それぞれの独自の研究成果も高く評価されたこととして充実感がありました。また、二人ともにトムソンロイターの Highly Cited Researchersに4年連続で選ばれています。今までの研究を振り返ってみると、一雄の新しい研究分野への挑戦の姿勢と和子の緻密で論理的な研究姿勢が相補って研究を進展させることに役立ったと感じています。また、業績を続けてあげられたことは優れた共同研究者の貢献が大きく感謝しています。

私たちの研究の発展の初期につくば賞を受賞したことは大きな励ましになりました。つくばで開始した研究は理研、国際農研、東大の研究室でさらに発展したことをうれしく思っています。さらに、日本の植物科学の発展に貢献でき

たことも誇らしく思っています。二つの研究室からは多くの研究リーダー、研究者が巣立っています。共同研究者たちが様々な分野で新たな発見を進めて魅力ある分野を発展させていただきたいと願っています。

著者略歴

篠崎 一雄（しのざき かずお）

1972年	大阪大学理学部生物学科卒業
1977年	名古屋大学大学院理学研究科博士課程満了退学 理学博士（名古屋大学）1979年
1978年	国立遺伝学研究所、分子遺伝部、研究員
1983年	名古屋大学理学部生物学科、助手
1986年	名古屋大学遺伝子実験施設、助教授
1989年～2005年	理化学研究所、植物分子生物学研究室、主任研究員
1999年～2005年	理化学研究所、ゲノム科学総合研究センター、植物ゲノム機能情報研究グループ、プロジェクトディレクター（兼務）
2005年～2013年	理化学研究所、植物科学研究センター長
2010年～2015年	理化学研究所、バイオマス工学研究プログラムディレクター（兼務）
2013年～現在	理化学研究所、環境資源科学研究センター長



兼務での職務

ロックフェラー大学客員研究員（1987年～1989年）
筑波大学大学院、生物科学研究科、客員教授（1993年～2013年）
東京大学大学院、総合文化研究科、客員教授（2003年～2006年）
慶応義塾大学大学院政策メディア研究科、特別研究教授（2005年～2013年）
名古屋大学特別教授（2017年～現在）

篠崎 和子（しのざき かずこ）

1977年	日本女子大学家政学部家政理学科（現理学部物質生物学科）卒業
1982年	東京工業大学大学院総合理工学研究科博士課程修了（理学博士）
1982年	日本学術振興会特別研究員（国立遺伝学研究所）
1984年	名古屋大学遺伝子実験施設特別研究員
1987年	ロックフェラー大学ポスドクターフェロー
1989年	理化学研究所基礎科学特別研究員
1993年	農林水産省国際農林水産業研究センター生物資源部主任研究官
2000年	（独）国際農林水産業研究センター生物資源部主任研究員
2004年～現在	東京大学大学院農学生命科学研究科教授



兼務での職務

国際農林水産業研究センター、特定主査（2004年～2012年）

科学の散歩道

「ゴルフそして研究」

物質・材料研究機構 名誉フェロー
産業技術総合研究所 名誉リサーチャー 立石哲也

1. はじめに

2018年1月1日、私はついに満76歳になりました。これは数え年で77歳、つまり喜寿を迎えたことになります。日本人の平均寿命は天井知らずで、男女ともに80歳をはるかに超えていますのでことさら珍しいことでもありません。はるか昔に学生生活を終えた後、工業技術院機械技術研究所を皮切りに、産業技術融合領域研究所、産業技術総合研究所、東京大学工学部、東京電機大学理工学部、物質材料研究機構と勤め先を変えながら69歳で月給生活に別れを告げた後も、東京電機大学理工学部の客員教授やNPO法人医工連携推進機構理事長などの役職をこなしてきました。しかしながら自分の後期高齢者としての年齢を考えた時、老醜をさらす前に残りの人生を如何に楽しむかと考えること自体ごく自然なことだと考えるようになり、これらの役職から身を引くことにしました。

これまでに経験してきた生業としての研究・教育という労働に対し、いわゆる再生産することの主な手段はなんと酒、ゴルフ、カラオケだったのです。私が30歳前半に東大医学部整形外科の宮永先生とお会いし、それ以後バイオメカニクス、医工学の研究と普及に二人で努力して参りました。その宮永先生が晩年のある会合で「立石先生にスポーツ、芸能を教えたのは私です」とユーモアあふれる挨拶をされました。そのスポーツとはゴルフであり、芸能とはカラオケのことです。1975、6年頃のカラオケと言えば、レコードのジュークボックスかピアノバーで歌うことくらいだったでしょう。8トラックのテープが出たのはずっと後のことです。

宮永先生行きつけのピアノバーは確か「繭」という名前で、はっきりした場所は思い出せませんが新宿歌舞伎町界隈にありました。さすが東大病院の先生は気の利いた場所を知っていると妙に感心した次第です。それまでは、酒を飲んだ時「デカンショ、デカンショで半年あ暮らす、後の半年あ寝て暮らす」程度の歌しか経験がなかったのです。

その後、機械研のバイオメカニクス課長になったとき、カラオケとゴルフは課の必須科目という無茶なリーダーシップを発揮しました。今では違うと思いますが、当時の国際会議などでは日本人の講演者の声は小さく、態度も何となく弱々しい、そのことへの反省からもっと内面から鍛えなければと考えたからです。もっとも「健全なる精神は健全なる身体に宿る」というギリシャの詩人ユウエナリスの言葉は誤解されて後世に伝わったとされており、ほんとは「……宿れかし」。つまり、宿ったらいいなということの誤訳とも言われています。体だけ鍛えてもダメというの

が彼の本心だということです。

2. マイゴルフ

それはともかく、ゴルフとカラオケによる珍妙な心身の鍛錬を最後までやり通した者は提唱者の私以外誰もいませんでした。私だけがこれを一心不乱に実行し、喜寿の高齢に至るまで自己流を通し続けてきたのです。思い起こせば、1980年、それまで杉並区井荻にあった工業技術院・機械技術研究所（当時）が茨城県桜村に移転しました。当時まだ30歳後半、研究に脂がのっている最中でゴルフなど全く頭の片隅にもありませんでした。それどころか、ゴルフなるものは小市民的でナンセンスな遊戯であり打倒すべき対象であるとすら思っていました。

高校、大学の頃は軟式テニスを少々、その後硬式テニスの普及でボールとラケットを変えたりもしましたが、趣味の段階を一步も出ず、いわゆる競技テニスらしいこととは無縁なスポーツ人生でした。つくばの新研究所は近代的なケミカルコートを備えており、ダッシュ、ストップの連続を要求される体に厳しいテニスに変貌していたのです。仲間の中にはアキレス腱を断裂する者も出て、40歳を超えたら別のスポーツを探さねばと考えていました。それがゴルフでした。

さて、私のゴルフデビュー戦ですが、筑波東急GCを94で回り、初参加者としてハンデ40をもらっていましたからなんと、ネット54となってしまう優勝はお預けとなりました。その後も100以上叩くことはほとんどなく、幸か不幸か100の壁とは無縁のゴルフ人生となりました。次の年には、80台でバスグロも経験し順風満帆のように見えたが、70台を出すのには5、6年かかりました。

50歳の後半から東大工学部教授が本務となりましたが、つくばにも研究室があり、おまけに2000年頃から異常に注目を集め始めた再生医工学の旗振りをやっていたため、尼崎に再生医工学関連のセンターを作りそのセンター長を兼任したためゴルフをやる余裕はほとんどありませんでした。ただ、東大には夏休みがあり2か月間ほど講義がなく、また会議の数もほんのわずかという状態になるので、土、日だけでなくウィークデイにもプレーが可能でした。実際には、夏休みではなく自己研修日という名目なので大っぴらにゴルフをすることは具合が悪いのです。

71歳の時に、玉造若海コースをスコア71で回りエージシュートを初めて記録しました。その後5年間で14回エージシュートを達成しました。相変わらず、ウェッジで寄せてパーを拾いまくるゴルフを続けています。ウッドやアイ

アンは随分道具を変えてきましたが、パターは長い間タイトリストのスコッティーキャメロン・カリフォルニアデルマーを使ってきました。これはL字型とマレット型の中間のタイプで方向性を出しやすいパターです。手の動きが鈍くなる冬場のグリーンでは、やや重めのテラーメイドのスパイダー型を使っています。

3. そして研究

さて、2013年度の秋の叙勲につきましては、11月12日東京プリンスホテルにおいて経済産業大臣から勲記・勲章の伝達を受け、引き続き皇居に参内し天皇陛下に拝謁の栄を賜り、無事授賞式を終了しました。私の長い研究人生において、その節々で多くの方々からお礼の申しようもないほどの暖かく力強いご支援をいただき今日に至りました。

思いおこせば、生体・医工学の研究者としての研究人生をほぼ全うすることができましたが、その背景には私自身にとっては劇的な決断がいくつかありました。そもそも、1968年当時、私は東大青医連問題に端を発した大学紛争（学生側は大学闘争）が吹き荒れていた東大で、工学系大学院博士課程に在籍しており、地味ではあるが産業界にとっては重要な材料強度問題の基礎研究と格闘していました。当然のことながら、紛争状態の大学では教授連と学生の間にはぎすぎすしたわだかまりがあり、進歩的な若手講師や学生たちは旧来の大学の研究・教育体制を厳しく批判しており、大学のありようを「文献実証主義」と痛烈に揶揄していました。これは、先進諸国で解明・発展された学術的諸問題を翻訳して、日本的な形態に適したかたちで解釈し直し、我がもの顔で解説・普及させるという明治以来脈々として継続されてきたわが国の大学の研究・教育体制の権威を批判したものです。このこと自体は文句なしに妥当そのもので、明治以降とくに戦後のなりふり構わぬわが国の経済発展を支援してきた大学当局が真摯に受け止めて改革しなければならなかったことです。まだ時には催涙弾のガスが漂い目にしみる大学構内を歩きながら、自分の将来像などとても描き切れる状況ではなく、逮捕された仲間の救援活動の手伝いなども細々とやっていたあの当時のことが懐かしく思い出されます。

そんな時、図書室の外国雑誌の中にH. チェグラーが書いた変形の熱力学という論文を目にし、徹底した現象論的考察により、物体の変形の非可逆過程を記述するという新

しい視点に強く心をひかれ、彼の力学教室があるチューリッヒのスイス連邦工科大学（ETH）に留学したいという思いが日に日につのっていった様な次第です。幸運にも1970年のスイス政府留学生試験に合格することが出来、7月に仲間の見送る中、羽田空港（当時唯一の東京国際空港）からジュネーブに向けて飛び立ったのでした。

1970年はチェグラーのお弟子さんでその後、渡米してスタンフォード大学に勤務していたM. アンリカーという教授がETHに里帰りしてバイオメカニクスの講義を始めた年でもありました。日本にいた時にもバイオメカニクスという言葉聞いたことはあったのですが、それをなりわいとして食べている大学人はおそらくいなかったのではないかと推察します。私はバイオメカニクスの講義を聴講する一方で、相変わらず力学理論をいじくり回して一応数編の論文を仕上げることに成功しましたが、具体的なバイオメカニクスの研究の開始は帰国後、工業技術院機械技術研究所に就職してはじめて日の目を見る事になりました。

工業技術院の研究所に入所して以来、東大工学部を経て物質・材料研究機構で二度目の退職をするまでの約40年間にわたって医工学の研究開発に従事してきましたが、その間、痛切に感じたことは、日本の工学者は医療技術の研究開発に部分的には大変良く貢献してきたとはいえ、医療産業の振興という最終目標に至るまで主体的に取り組んできたかと言うとはなはだ疑わしいと言わざるを得ません。2010年からは、幸いにも古巣の産総研東事業所（旧機械技術研究所）からやり残した仕事を成し遂げるための便宜を受け、同所名誉リサーチャーとして医工学発展を支援するために微力ながら残りの人生をささげています。

以上述べたように40数年間、材料力学からバイオメカニクス、バイオマテリアル、再生医工学まで波乱の研究人生を送ってきましたが、すべてはETHで出会ったバイオメカニクスに始まります。最後に手掛けた再生医工学は将来性豊かな発展途上の医工学の一つであり、基礎生物学が臨床医学に直結するという意味で魅力あふれる分野です。その展開と成功をここで明言することは出来ませんが、医工学の先覚者たちが寝食を共にしてその実現を夢見た真の医工連携がわが国ではいまだ十分に達成されたとは言えません。今こそ、医と工の更なる相互理解と献身的な協力が望まれているのです。

著者略歴

立石 哲也（たていし てつや）

工学博士、瑞宝小綬章受章。東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。工業技術院機械技術研究所バイオメカニクス課長、同産業技術融合領域研究所総合研究官、産業技術総合研究所ティッシュエンジニアリングセンター長、東京大学大学院工学系研究科教授、東京電機大学理工学部教授、物質・材料研究機構フェロー、同生体材料センター長を経て、同名誉フェロー。NPO法人医工連携推進機構理事長、産業技術総合研究所名誉リサーチャー。



つくば研究情報

「医工融合研究による嚥下計の実現に向けて」

筑波大学 システム情報系 教授 鈴木 健嗣

1. はじめに

我々の生活の中で、食物を飲んだり食べたりする行為は、日常的に行うものである。食物を認識し、それを口に運び、喉の奥で飲み込んで胃に届ける動作を総称して摂食・嚥下（えんげ）と呼ぶ。嚥下とは、この飲み込みのことを言う。食物が通る喉の奥には咽頭と呼ばれる管があり、ここには呼吸により取り入れる空気の通り道でもある。胃に向かう通り道である食道の入り口には喉頭蓋と呼ばれる蓋があり、これを適切に開閉することで、食物と空気の通り道を分岐させている。そこで、本来であれば口から食道へ入るべき食物が気管の方へ入ってしまうことを誤嚥と言う。加齢による嚥下能力の衰えや、脳卒中に起因する嚥下障害は、我が国での死因の3位である肺炎に関わる。誤嚥が原因で起こる肺炎である誤嚥性肺炎は、65才以上における肺炎の6-7割、75才以上では9割にもなる。年間12万人余りが肺炎で死亡しており、高齢者の増加に伴い1975年頃より増加の一途をたどっている。

山脇らは在宅患者において嚥下障害の罹患頻度が17.7%と高頻度であり、脳血管障害疾患が原因の約55%を占めることを明らかにしている¹⁾。一度、誤嚥性肺炎になると、入院治療のみならず、口から食事をとる経口摂取を中止しなければならないこともあり、患者本人や家族などにも負担のかかる治療が必要である。これより、これを予防するための取り組みが大きく期待されている。

2. 嚥下を測る方法と嚥下計

しかしながら、個々人の嚥下する能力を測ることは必ずしも容易ではない。一般的な分析方法として、病院にて行う侵襲的なX線造影検査（VF）や、嚥下内視鏡検査（VE）などがある。VFはバリウムを含む液体を飲用し、食道を通過していく様子をX線で透視し動画を記録する手法である。一方VEは、内視鏡を用いて動画を見ながら着色水が咽頭を通過する様子を確認する手法である。両手法とも専門性が高く、医師が実施し、病院で必要とされた場合にしか計測しない。また侵襲性が高く、特にVFではバリウムを飲めない場合もあり、普段の食事について毎回計測することは考えられていない。

そこで我々は、日常生活の中で嚥下（飲み込み）機能を計測・記録でき、手軽で高齢者でも容易に利用可能な頸部装着型の嚥下計測機器を開発してきた（図1）²⁾。これは、頸部からの音を計測することにより、簡易に実時間で嚥下を計測するセンシング技術、AI（深層学習）技術により嚥下を抽出する技術、ビッグデータ解析による嚥下機能を

判定する技術からなる。これまで、提案技術とVFの同時撮影により、本機器の医学的な妥当性検証に関する臨床研究を行ってきた。ここでは、スマートフォン等の携帯端末を用いて、嚥下の有無、正常な嚥下かどうか、むせや咳の実時間判定が可能である。また、水飲みテスト（RSST）の自動計測や客観評価を支援する役割も果たすことができるよう、現場の医療従事者や栄養士、介護士の方々の意見を取り入れながら機器開発を行ってきた。また、本技術は、これまで手作業で行われているVF動画の食塊通過に関する専門家のタグ付けの判断の正確性を助けることも期待される。

現在、高齢者を中心として嚥下に不自由のある人やその予備群までを含め、広く現場での計測データの蓄積とその解析を進めている。これにより、嚥下能力の定量化とデータ集積による解析結果を含めた情報の共有を中核とするデータベース構築に基づく新たな摂食・嚥下支援ネットワークサービスの事業化を進めている。

3. 摂食・嚥下支援ネットワーク

計測後に記録した嚥下の音響データ、嚥下回数や平均嚥下時間などの解析結果は、ネットワーク経由でサーバにデータの蓄積し、データベースを構築する。データベースのデータは後にオフラインでの解析や症状進行の経過などを見るために利用されることを想定している。なお食事介助中において、嚥下動作は外界から判断することは容易でないため、食事介助を行う家族や介護士の負担となっている³⁾。そのため、嚥下動作を光によってフィードバックすることで、他者に対して現在正常に嚥下が行われたかを容易に示すことが可能である。嚥下障害者の介護やリハビリテーションにおいて嚥下が行われたかどうか重要な情報であり、このように簡易的にLEDの点灯のみで情報提示を行うことで直感的な理解を助けるものと考ええる。これまでの研究により、誤嚥性肺炎のリスク要因の一つとして過去3ヶ月の嚥下機能低下との関連性が明らかになっており、そのリスクは約3.58倍という報告がある⁴⁾。このように、嚥下機能を継続的に計測することができれば、誤嚥性肺炎の早期発見・予防という観点からも、特に施設や在宅などにおいての有用性は高い。

4. まとめ

物理学を学び、人工知能やロボット工学を専門としている私が、嚥下に関する専門的な文章を書くことになるとは予想もしていなかった。本研究は、本学附属病院松村教授



図1 頸部装着型嚥下計測機器GOKURI

(脳神経外科学・元病院長)より、「多くの脳卒中患者が誤嚥性肺炎で亡くなっていくことを何とか出来ないだろうか」という問いを聞いたことから始まった。その際の私の回答は、「「嚥下」とは何でしょうか？」であったことを良く覚えている。筑波大学には医工融合分野における研究を進める基盤があり、臨床医学と工学・情報学といった学際的な分野の研究開発が進められている。厚生労働省や文科省の支援を受け、患者さんを含む多くの協力の下、多くの先生方や大学院生らとともに推進してきた本研究を社会実装するために、企業を立ち上げて社会の中で挑戦を続けている。

今から30年前、血圧は医療従事者が病院内にて測定するものであり、診断を支える検査機器によって行われていた。その中で一般市民を対象とし、家庭内で血圧を自身で測定するという世界的にも有名な大迫研究が始まった⁵⁾。ここでは、地域の病院、大学の研究者、そして民間企業による機器の提供がなされ、長期にわたる疫学研究がなされ

ている。その後、約2,000名の住民を5年間追跡することで家庭血圧の「基準値」が導き出された。また、家庭血圧値の上昇と脳卒中リスクの相関を見出し、当該地域において脳卒中発症率が1/3に減少するなどの成果が出ている。これら長年の研究成果に基づき、2014年には日本高血圧学会より、条件により家庭血圧を優先しても良いという高血圧治療ガイドラインが出された。このような長期的な視野に基づき社会問題を解決するための研究は、大学での研究に留まらず一般市民とともに基礎・応用研究を社会で実証していく取り組みが必要不可欠である。現状の嚥下を取り巻く環境も同様であると考えており、スタートアップを立ち上げた後、我々も日本の複数の地域で1,000名規模の疫学研究に参画し始めることができた。食事は栄養摂取のために行われるものであるが、経口で食事を摂取することは、人々の尊厳に関わることである。病院での診察から家庭で家族とともに嚥下を計測する未来では、1日でも長く食事を楽しめることが出来ると信じて、基礎研究と嚥下計を社会実装する取り組みを続けていきたい。

引用文献

- 1) 山脇正永 (2016) 高齢者の摂食嚥下障害とその食支援. 老年医学. 54:7-10
- 2) Jayatilake, et al. (2015) Smartphone-Based Real-time Assessment of Swallowing Ability From the Swallowing Sound, IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine, 3:2900310, 2015.
- 3) Kuramoto, et al., (2018) Mealtime Assistance and Caregivers' Checking Frequencies of the Residents in Nursing Homes: A Questionnaire Survey, Japanese Journal of Comprehensive Rehabilitation Science (in press)
- 4) Manabe, T., et al., (2015) Risk Factors for Aspiration Pneumonia in Older Adults, PLoS One, 10 (10): e0140060
- 5) Fukunaga, H., et al., (2008) Cost-effectiveness of the introduction of home blood pressure measurement in patients with office hypertension, J Hypertens, 26 (4):685-690.

著者略歴

鈴木 健嗣 (すずき けんじ)

筑波大学 システム情報系 教授・PLIMES株式会社 代表取締役社長

筑波大学 サイバニクス研究センター長、附属病院未来医工融合研究センター副部長



「低炭素、超高齢化、安心安全な社会への対応を 意図したモビリティの開発」

国立環境研究所 地域環境研究センター 主席研究員 近藤 美則

1. はじめに

低炭素社会の実現に向けて自動車メーカーは、電気自動車、（プラグイン）ハイブリッド車、燃料電池車等（以下、次世代車と呼ぶ。）の開発と市場投入を鋭意進めるとともに、環境負荷低減、省エネ化につながる自動運転技術開発を加速している。自動運転バスの公道実証実験は既に始まっており^{1)~2)}、8月下旬には自動運転タクシーも開始された³⁾。一方、環境省は、環境配慮行動に着目し、エコドライブの実施や自転車・徒歩と公共交通機関とを組み合わせる等のスマートムーブ活動を推奨している。ただ、現実的なスマートムーブ活動の内容は地域により異なる。車からの代替手段として、公共交通機関の利用が選択できる大都市等と公共交通機関の衰退もしくはそもそもバス等の公共交通機関がない地方との差異は大きい。大都市等では、エコドライブよりも公共交通機関の利用が環境負荷低減に大きな効果がある一方で、地方では移動手段としては車を選択せざるを得ず、環境負荷低減策としてはエコドライブの実施のみとなる。次世代車が普及すれば、地方でも大きな環境負荷低減を見込むことが可能となるが、その実現にはまだ時間がかかる。

また、世界の中で超高齢化社会の先端を走る日本においては、高齢者、身体の不自由な人が安心・安全に無理なく利用できる移動手段が求められているが、十分ではない。さらに、移動手段のみ提供されても、その利用空間が

不適で利用条件に制限が多くあれば、折角の移動手段も利用されない。例えば、車の運転に自信がなくなった高齢者等が自発的に運転免許証を返納した際、それらの対象者に車に代わる魅力的な移動手段を提供できないのが現実である。実際には、シニアカーという代替移動手段があるが、100kgほどの重量があるため一度転倒すると起こすことが出来ない、比較的高額である、手段を利用している姿を他者に見られることで自身のプライド（自分はそのまでの高齢者ではないという誇り）が傷つけられる、こと等のため、利用が進まない状況にある。高齢化社会対応は世界的な問題であり、数年後に高齢化社会になると予測しているタイでは、その社会に向けた対応が検討されており、日本の取組には大きな関心を示している⁴⁾。

さらに、少子高齢化時代において、介護はハードワークであり、真剣に対応すべき課題である。介護を必要とする人（被介護者）が自力で移動するための快適な手段を提供することはもちろん、被介護者の世話をする人（介護者）も快適に世話（ここでは、散歩等に被介護者を連れ出すこと）ができることが必要である。即ち、自力では移動できない被介護者が気兼ねなく散歩等を介護者に依頼できて、介護者はその依頼を気持ちよく受け入れて世話（散歩等）ができる環境を創出することが、来たるべき社会において考慮すべき重要な視点である。

そのようななか我々は、免許返納者を含む高齢者や誰も

表1 現行の徒歩以上車未満の移動手段の整理

名称・俗称	最高速度 動力	利用者	利用場所	道路交通法 上の扱い	重量 価格	公共交通機関 への持込
① シルバーカー （ウォーカー、手押し車） 	2km/h 人力	高齢者	歩道	歩行者	約5kg 約2万円	可能
② 電動車椅子（シニアカー） 	6km/h 電動	高齢者 （免許返納者）		歩行補助車	約100kg 40~100万円	可能（補助必要）
③ 次世代パーソナルモビリティ （セグウェイ等） 	10km/h 電動	16才以上	歩道(制限有) 私有地	自動車	約20kg 約80万円	不適（重量、形状）
④ 自転車 	~20km/h~ 人力	若者~高齢者	車道 （一部歩道）	軽車両	10~20kg 約1万円~	可能 （キャリア/分解）
⑤ 電動アシスト自転車 	~20km/h~ 電動補助				15~25kg 約6万円~	
⑥ 電動キックスケーター 	~20km/h~ 電動	若者など 13才以上	私有地	自動車	約10~40kg 約2万円~	不適（形状）
⑦ 電動原付バイク 	~30km/h~ 電動	若者~高齢者 （要免許）	車道	自動車	約50~100kg 約10万円~	不可
⑧ 超小型モビリティ 	60~80km/h 電動				約400kg 約60万円	

が日常の数百メートル以内の短距離移動において利用する軽量・コンパクトな移動手段、大都市等においては公共交通機関と連携してシームレスな移動を実現する徒歩や自転車を補完する移動手段の開発を行っている。また、この移動手段は、自身の移動とともに他者の移動支援機器としての利用も目的としている。そして、この移動手段を現行の社会システム内に組み込み、既存システムをより効率的に活用する新たな社会システムの構築を含む研究を行っている。

2. 移動手段の現状

- ①公共交通機関が利用できる状況でも自転車や徒歩との連携が悪い、ドアツードアで移動できる車が利用される。荷物がある場合、徒歩や自転車は利用しにくいことがある。
- ②老若男女が快適、便利、そして安心安全に利用できる魅力的な低炭素の移動手段がない。自転車は乗り手を選ぶ。足が不自由な場合、徒歩・自転車は選択できない。
- ③自転車を利用して駅等に行く場合に、駐輪場などのインフラが不十分である。インフラの建設・維持には高額な費用が必要。
- ④公共交通機関から最終目的地まで（ラスト1マイル）の移動手段が不十分である。レンタサイクル等がいつでもどこでも利用できるわけではない。
- ⑤高齢者が加害者となる交通事故が増加しているが、車依存の高い地方では車を手放すことが難しい。高齢者が安全に利用できる移動手段が少ないうえに、利用できる道路環境は少ない。
- ⑥高齢者等の代替移動手段の1つである電動シニアカーは、プライドの高い一部の高齢者には利用されにくい。他者の目を特に気にする日本人。
- ⑦1～2名乗車の超小型モビリティが提案されるも、既存の車と共存することは、道路環境や性能・機能の面で極めて難しい。低い加減速性能が交通渋滞の原因。低い乗員保護機能。

3. コンパクトな多目的移動手段とそれを核とする未来の社会

1) 開発中の移動手段が狙う領域

表1に徒歩以上車未満の移動手段を整理した。開発中の移動手段は、徒歩以上自転車未満（表の①～③）を対象としている。これまでの領域毎の移動手段開発から、基本型確立により一台で複数用途対応、結果として生産増による低コスト化、一領域のみを対象とした特殊品扱いにしないこと（2⑥のプライドに関係）を想定している。図1に示すように形態変化（Transform）が特徴であり、価格と重量の量産時の目標は、衝突防止や自動停止等の機能やバイオセンサ等の装備の有無で10～15万円、10～15kgを想定している。なお、開発中の移動手段は、多目的対応から、マルチパーパスモビリティ（mPm）と称している。詳細は、文献⁵⁾を参照されたい。

2) 開発中の移動手段を核とする未来社会の移動のイメージ
徒歩から自転車の間の速度と大きさのこれまでにない移動手段（mPm）を現行の社会システムに導入した場合の未来社会の移動のイメージを図2に示す。移動手段は、運転者の体調や走行状況を記録するとともに、運転者に普段とは異なる体調等の情報が確認されると、通信ネットワークを介して家族等にその情報を提供、異常事態には駆けつけ支援等を行うことで、安心安全な移動と見守りを提供する。郊外型大型ショッピングセンター（SC）内の移動手段、SCが来客のために準備する移動手段としての利用も想定される。

自宅から公共交通機関を利用して目的地に向かう場合、軽量・コンパクトな移動手段の公共交通機関への持ち込み若しくは公共交通機関との接続点付近のコンビニ等で預ける又は借りる（混雑時に移動手段の車内持ち込みは避ける）方法により、地域の交通事情に対応する。コンビニが接続点の場合、荷物の配送業者が従来品の配送に加えて、移動手段の回収と調整、再配置を担当することで、新たな管理システム（と費用投資）をほぼ不要としている。

3) 車椅子と連結して介護/福祉分野で利用

自らの移動手段として使うだけでなく、他者の移動支援を行うことができるのがmPmの特徴である。図1のa)、b)、c)のいずれの形態でも、汎用車椅子に連結することを目指し、現在、東京都市大学医用工学科の和多田雅哉教授と共同研究を実施している。図3にb)形態で試作品を取り付けた使用例を示す。

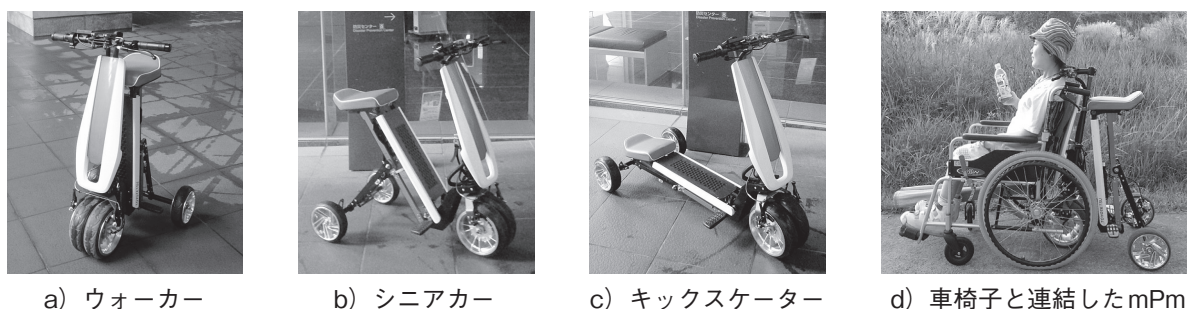


図1 開発中の移動手段（mPm）の形態変化3種と車椅子と連結したイメージ⁵⁾

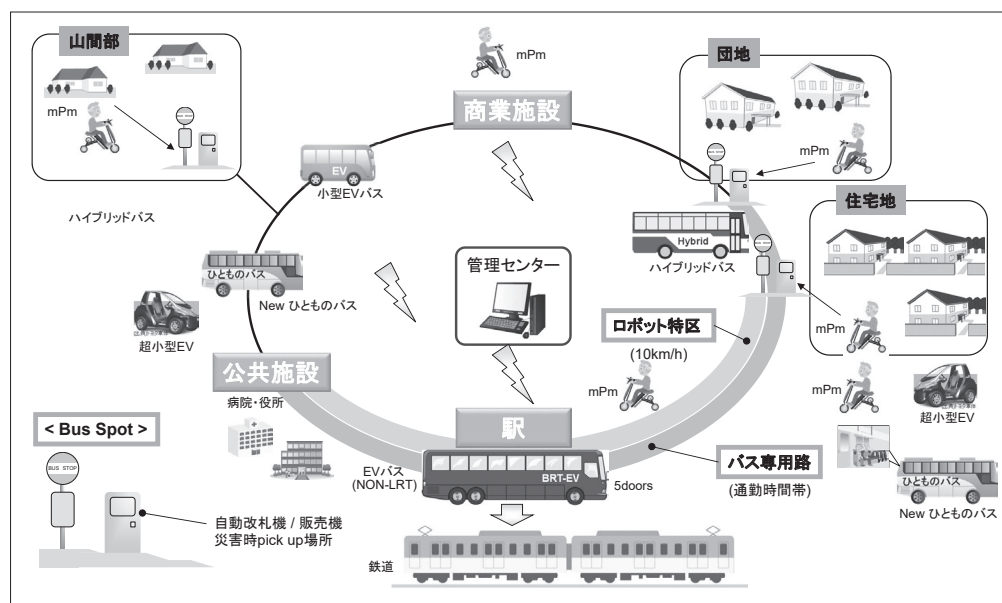


図2 移動手段 (mPm) を核とした未来社会の移動のイメージ図



図3 汎用車椅子と連結したmPmの介護使用例

4. おわりに

誰でもが快適に、格好良く利用でき、かつ法規制を変更することなく「歩行者との共存」を可能とする移動手段の実現は、移動手段の選択肢を広げる。さらに「高齢者に見られたくない」という意識のバリアの解消は、急増する運転不適・不能な高齢者の移動手段の確保に繋がり、自動車事故の抑制に貢献する。

移動手段の確保により、安全に快適に外出できる環境が実現され、自身の健康に配慮した生活が可能となる。車椅子と連結して使用可能な移動手段は、介護・福祉分野の従事者の負担軽減に役立ち、介護者と被介護者の双方の気持ちよい移動を実現する。利用者の見守り機能（バイオセンサ、カメラ等）を備えた移動手段を使った外出は、利用者周囲の防犯にも役立ち、無理なく地域社会の一員としての活躍（例えば、通学帰宅時の子供たちの見守り、普段の防犯パトロール）を実現する。

結果として、人工（化石）エネルギーへの依存度が極めて小さい新たな移動手段の基盤が生成され、世代を超えて低炭素に寄与する現実的な手段が提供される。さらに子供のうちから環境配慮行動が無意識に認知（Imprinting）されることは、社会的な意義が大きいことと考えている。

謝辞

本研究は、株式会社アキュレイトシステムズの安淳一・イノベーション推進室長、東京都市大学医工用学科・和多田雅哉教授との共同研究である。資料や写真等の利用に関して快く承諾して頂いた。ここに記して謝意を示す。

引用文献

- 1) 沖縄タイムスプラス、沖縄で全国初のバス自動運転実験 ビーチ周辺を走る (2017年3月20日 14:13)、<http://www.okinawatimes.co.jp/articles/-/89360>
- 2) 沖縄タイムスプラス、全国初、石垣島でバス自動運転の実証実験 きょうから一般試乗 (2017年6月26日 09:11)、<http://www.okinawatimes.co.jp/articles/-/105675>
- 3) 産経ニュース、ZMPと日の丸交通 世界初の自動運転タクシー営業走行へ (2018年7月18日)、<https://www.sankei.com/economy/news/180718/ecn1807180025-n1.html>
- 4) 私信、平成29年度JICA 中小企業海外展開支援事業～案件化調査～「移動弱者ゼロの未来型都市におけるパーソナルモビリティ (PM) 案件化調査」(タイ国) 株式会社アキュレイトシステムズ活動報告より、2018
- 5) 近藤美則、安淳一、多様な人々の移動を支援する極小モビリティ、日本AEM学会誌、第25巻、第3号、299-306、2017

著者略歴

近藤 美則 (こんどう よしのり)

1988年 神戸大学 大学院 計測工学専攻 修士課程修了
 1988年－2001年 環境庁国立公害研究所 (1990年7月、国立環境研究所に改組)
 1996年 博士 (工学) 神戸大学
 2001年－現在 独立行政法人国立環境研究所 (2015年4月～国立研究開発法人)



SAT 活動報告

SAT フォーラム 2018 開催報告

2016年のノーベル生理学・医学賞を受賞されました大隅良典先生（東京工業大学特任教授）をお招きし、平成30年度のSATフォーラムを開催いたしました。

開催日時：平成30年7月3日（火）
15時～16時40分
会 場：つくば国際会議場大ホール
参加者数：569名

「30年のオートファジー研究から見えてきた生命像」と題して、主に細胞がタンパク質を分解して再利用する

「オートファジー」と呼ばれる生命現象の基本的な仕組みについてご講演いただきました。大隅先生、江崎会長とのトークセッションでは、丸山清明総務委員長の進行で、会場質疑が行われました。今回は講演終了後の休憩時間に質問票を回収する方式に改めたことから約100件の質問があり、その中の4件について大隅先生、江崎先生から回答していただきました。

354名の方からのアンケート結果では、「とても参考になった」、「参考になった」合わせて86%でした。

大隅先生の講演内容につきましては、本号に掲載されていますSATフォーラム2018をお読みください。

第19回 SAT 賛助会員交流会開催報告

賛助会員交流会はSATを支援していただいています賛助会員同士および賛助会員とつくばの研究者との交流会です。賛助会員の事業紹介とともにつくばの研究者による研究紹介を行い、賛助会員と研究者との交流による新しい「知の触発」に繋げていくことも目的としています。

第19回SAT賛助会員交流会を開催しました。以下報告します。

参加者は26名でした。

開催日時：2018年7月26日（木）
午後1時20分～6時45分
会 場：つくば国際会議場 303室 および
サロンレオ

岡田雅年SAT副会長から開会の挨拶がありました。

賛助会員の事業紹介は、以下のお二人にお願いし、

- ①カゴメ株式会社 イノベーション本部
イノベーション開発部 開発企画G 主任 東浦拓磨氏
「カゴメ株式会社の事業紹介とイノベーション創出に向けた取り組み」
- ②株式会社日立製作所 研究開発グループ
材料イノベーションセンタ長 村上 元氏
「日立の研究開発の概要とEV社会に向けた取り組み」

研究者の講演は、以下のお二人にお願いしました。

- ①農研機構 野菜花き研究部門
野菜生産システム研究領域 領域長 岡田邦彦氏
「施設園芸生産システムへのICT・AI活用」
- ②物質・材料研究機構
ナノ材料科学環境拠点 運営総括室長、
リチウム空気電池特別推進チーム長 久保佳実氏
「究極の二次電池『リチウム空気電池』」



事業紹介、研究者講演では活発な質疑応答が行われました。

引き続きの総合討論では、次のテーマで討論を行いました。「カゴメ(株)と産総研との間で締結された包括的な共同研究のねらいと現状」、「施設園芸の現状と今後、イノベーションとの関係について」、「顧客協創の具体例」および「リチウムイオン電池・次世代電池を含む電池分野の動向」。

第1部の交流会の閉会にあたり、久野SAT総務委員から、つくばでの包括的な共同研究への期待、食農における話題、日本の電池技術の話題などで、つくばらしい意見交換ができた交流会でしたとの挨拶がありました。

第2部の懇親会は会場をサロンレオに移して、和やかな雰囲気の中で終始講演者を囲んでの情報交換が行われました。

詳細に関しましては、以下のURLをご覧ください。

<http://www.science-academy.jp/pdf/sanjo-19-2.pdf>

SATからのお知らせ

第13回つくばスタイル交流会 開催案内

つくばスタイル交流会は、会員の交流とともに、日頃は科学に馴染みにない方にも科学に興味と親しみを持っていただくために、科学&芸術を楽しんでもらおうという企画です。

今回は、甘みを感じさせる成分を多く含んだトマト、血圧上昇を抑える健康トマトなどこれまでとは違ったトマトを誕生させた今話題の筑波大学江面 浩先生に科学講話を、芸術では笑いあり、涙あり、細やかな芸道（一昨年は太鼓のバチさばき、昨年は扇子を使つての膳を漕ぐ時の擬音、今年は何？）による感銘ありの三笑亭夢花師匠による落語独演会を予定しています。師匠は5年連続の出演となります。

皆様のご来場をお待ち申し上げます。

開催日時：平成30年11月17日（土）

13時30分～17時30分

13時30分～14時45分

筑波大学 生命環境系 教授 江面 浩氏

「トマトの果実デザイン研究の最前線」

15時～16時15分

三笑亭夢花独演会

16時30分～17時30分

茶話会

会 場：つくば国際会議場中ホール300

参 加 費：500円（SAT会員及びその家族、学生は無料）

茶話会 500円（学生は無料）

第15回江崎玲於奈賞・第29回つくば賞・第28回つくば奨励賞授賞式

平成30年9月3日に今年度の各賞受賞者の発表がありました。授賞式では各賞受賞者の受賞記念講演が行われます。会員の皆様奮ってご参加ください。

開催日時：平成30年11月22日（木）午後

会 場：つくば国際会議場

受賞者は以下の通りです。

◆江崎玲於奈賞

平川一彦氏 東京大学生産技術研究所

光ナノ物質科学研究センター 教授

研究主題

「テラヘルツ技術の開拓によるナノ構造の電子物性解明の先導的研究」

◆つくば賞

受賞者なし

◆つくば奨励賞（実用化研究部門）

中津欣也氏 株式会社日立製作所 研究開発グループ

制御イノベーションセンタ 主管研究長

齋藤隆一氏 日立オートモティブシステムズ株式会社

佐和事業所 パワートレイン事業部

主管技師

研究主題

「直接水冷型両面冷却パワーモジュールの開発」

◆つくば奨励賞（若手研究者部門）

桜庭裕弥氏 物質・材料研究機構

磁性・スピントロニクス材料研究拠点

磁性材料研究グループ グループリーダー

研究主題

「室温高スピン分極ハーフメタルホイスラー合金材料に関する先駆的研究」

SATテクノロジー・ショーケース2019

同時開催：いばらき先進技術展（主催：茨城県）

異分野交流による「知の触発」を目指して、これがSATの基盤となる考えです。

つくばをはじめ首都圏で活躍する研究者・技術者が最新の研究成果、技術成果、アイデアを相互に発表し交流する、つくばならではの“異分野交流の場”を提供します。

ポスター発表（全員の1分間プレゼンテーション及びポスター展示）と特別講演とで構成されます。

今回の主な特徴は

1. つくばの研究機関に所属する研究者をはじめとする、研究者・技術者のイノベティブな研究発表・展示会とします。
2. 「AIが創る持続可能な未来社会」と題した特別講演を設定し、次世代のスマートコミュニティの形成、Society5.0の実現を目指した「AI研究」に関する最新

の成果と今後の展望についての情報を紹介します。

3. 来場者は全ての発表を聞くことによって、つくばで行われている研究全体を俯瞰することができ、ポスター会場では研究者、技術者と直接議論することができます。

どなたでも参加できます。

主 催：つくばサイエンス・アカデミー

SATテクノロジーショーケース2019

実行委員会

協力機関：筑波大学

開催日時：2019（平成31）年1月29日（火）

会 場：つくば国際会議場

共 催：茨城県、茨城県教育委員会、つくば市 他

後 援：文部科学省、経済産業省、環境省 他

平成30年度総会・運営会議報告

つくばサイエンス・アカデミーの総会が、平成30年6月15日（金）つくば国際会議場で開催されました。江崎会長ご挨拶の後、平成29年度事業報告及び決算報告、平成30年度事業計画及び収支予算案、役員の選任について議案提案され、すべての議案について全会一致で承認されました。つくばサイエンス・アカデミー役員は以下の通りです。なお、総会に先立って開催されました運営会議におきまして、特別会員（今回は一名）が承認されました。

つくばサイエンス・アカデミー役員名簿（平成30年6月15日）**◆会長**

江崎玲於奈 （一財）茨城県科学技術振興財団理事長・つくば国際会議場館長

◆副会長

村上 和雄 （公財）国際科学振興財団理事／筑波大学名誉教授

岡田 雅年 （国研）物質・材料研究機構名誉顧問

◆運営会議委員

石田 瑞穂 （国研）産業技術総合研究所客員研究員

五十嵐立青 つくば市長

餌取 章男 科学ジャーナリスト

大井川和彦 茨城県知事

大久保博之 茨城県商工会議所連合会会長

太田 敏子 筑波大学名誉教授

岡田 安弘 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構理事

鬼澤 邦夫 株式会社常陽銀行取締役会長

小幡 裕一 （国研）理化学研究所バイオリソース研究センター長

貝沼 圭二 （公社）大日本農会理事

金山 敏彦 （国研）産業技術総合研究所特別顧問

岸 輝雄 新構造材料技術研究組合理事長／東京大学名誉教授

☆久間 和生 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構理事長

久野美和子 電気通信大学客員教授／内閣府地域活性化伝道師

小玉喜三郎 （国研）産業技術総合研究所特別顧問

佐藤 一彦 （国研）産業技術総合研究所触媒化学融合研究センター長

関 正夫 関彰商事株式会社代表取締役会長

中鉢 良治 （国研）産業技術総合研究所理事長

津村 聡一 日本電気株式会社 システムプラットフォーム研究所長

永田 恭介 筑波大学学長

中原 徹 （公財）つくば科学万博記念財団理事長

中村 道治 （国研）科学技術振興機構顧問

☆新山 哲 （一財）茨城県科学技術振興財団専務理事

西川 和廣 （国研）土木研究所理事長

西村 暉 筑波大学生命科学動物資源センター客員研究員

沼尻 博 沼尻産業株式会社代表取締役会長

橋本 和仁 （国研）物質・材料研究機構理事長

林 純一 筑波大学名誉教授

林 春男 （国研）防災科学技術研究所理事長

板東 義雄 （国研）物質・材料研究機構エグゼクティブ・アドバイザー

丸山 清明 元（国研）農業・食品産業技術総合研究機構理事

三木 幸信 （国研）産業技術総合研究所副理事長兼つくばセンター長

三村 信男 茨城大学学長

村上 元 株式会社日立製作所研究開発グループ材料イノベーションセンタ長

渡辺 知保 （国研）国立環境研究所理事長

渡戸 満 （国研）宇宙航空研究開発機構筑波宇宙センター所長代理

☆新任

計 39 名（五十音順）

つくばサイエンス・アカデミー特別会員（平成30年6月15日）

若田 光一 （国研）宇宙航空研究開発機構理事

つくばサイエンス・アカデミー賛助会員一覧

(五十音順)

- あ** アステラス製薬株式会社 つくば研究センター
荒川化学工業株式会社 筑波研究所
家田化学薬品株式会社 筑波支店
育良精機株式会社
株式会社池田理化
一般社団法人茨城県経営者協会
茨城県信用組合
国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 筑波宇宙センター
株式会社エア・リキード・ラボラトリーズ
株式会社 S・Labo
オークラフロンティアホテルつくば
- か** 国立研究開発法人科学技術振興機構
カゴメ株式会社 イノベーション本部
株式会社カスミ
キッコーマン株式会社 研究開発本部
株式会社クラレ つくば研究センター
株式会社クレフ
公益財団法人国際科学振興財団
- さ** 株式会社 Scientific Language
株式会社 JTB
株式会社常陽銀行
株式会社常陽産業研究所
新日鐵住金株式会社 鹿島製鐵所
関彰商事株式会社
株式会社セノン 茨城支社
- た** 大鵬薬品工業株式会社 研究本部(つくばエリア)
大陽日酸株式会社 つくば研究所
高橋興業株式会社
田中貴金属工業株式会社 筑波事業所
株式会社つくばエッサ
公益財団法人つくば科学万博記念財団
一般社団法人つくば観光コンベンション協会
株式会社筑波銀行
株式会社つくば研究支援センター
つくば国際会議場
株式会社つくば山水亭
つくば市
つくば市商工会
ツジ電子株式会社
テスコ株式会社
東京化成工業株式会社
戸田建設株式会社 技術研究所
- な** 日京テクノス株式会社
日清製粉株式会社 つくば穀物科学研究所
日本ハム株式会社 中央研究所
日本エクシード株式会社
日本電気株式会社 筑波研究所
日本電子株式会社
- は** 浜松ホトニクス株式会社 中央研究所 筑波研究センター
日立化成株式会社 先端技術研究開発センター
株式会社日立製作所 日立研究所
不二製油グループ本社株式会社
国立研究開発法人 物質・材料研究機構
ペンギンシステム株式会社
国立研究開発法人 防災科学技術研究所
- ま** 三菱ケミカル株式会社 阿見センター
水戸商工会議所
- や** 公益財団法人山田科学振興財団
- ら** 楽天株式会社 楽天技術研究所
理想科学工業株式会社 理想開発センター
(60 企業・団体)
2018年8月31日現在

編集委員

- 餌取章男/つくばサイエンス・アカデミー総務委員(編集委員長)
■ 川添直輝/国立研究開発法人物質・材料研究機構
■ 河野良治/国立大学法人筑波大学
■ 五藤大輔/国立研究開発法人国立環境研究所
■ 迫田登稔/国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
■ 角田方衛/元科学技術庁金属材料技術研究所
■ 東口 達/日本電気株式会社
■ 松崎邦男/国立研究開発法人産業技術総合研究所

SAT 編集事務局

- 洪尾 篤/つくばサイエンス・アカデミー事務局長
■ 伊ヶ崎文和/つくばサイエンス・アカデミーコーディネーター

表紙写真説明：鼎談(左から、くとの氏、五十嵐つくば市長、江渡氏)

編集後記

記録的な猛暑、水害などに見舞われた2018年の夏でした。被災されました皆様には心からお見舞い申し上げますとともに、被災地の一日も早い復興を祈念いたします。

会誌34号。「イノベーション・コミュニティを創る～つくばの未来を語ろう～」というテーマで、五十嵐立青つくば市長、産業技術総合研究所江渡浩一郎氏、ニコニコ学会β交流協会くとの氏の鼎談(司会は餌取章男編集委員長)を企画しました。今、注目されているつくば横の会の中心的なメンバーでもある江渡氏、くとの氏、斬新な政策の実行に取り組んでいる五十嵐市長のつくばの未来を語った鼎談をじっくりお読みください。

今年のSATフォーラムは2016年ノーベル生理学・医学賞を受賞された大隅良典先生の「30年のオートファジー研究から見えてきた生命像」と題した講演でした。淡々とした語りで聴衆に深い感動を与えるものでした。若者へのメッセージは高校生に深い感銘を与えたようです。今年も角田方衛編集委員にまとめていただきました。

つくば賞その後-11は「環境ストレス応答に関わる植物遺伝子群の機能、発現の解明とストレス耐性植物の開発」の業績で共同受賞された篠崎一雄氏と篠崎(山口)和子氏ご夫妻に環境ストレスに応答する遺伝子研究の幕開

け、その発展と作物への展開、環境ストレス応答の制御機構解析など、つくば賞受賞の業績を基盤とし、その後の発展について執筆いただきました。つくば賞受賞が研究発展の大きな励みになったことはSATとして嬉しく思いました。

科学の散歩道は医工学分野で活躍されている立石哲也氏に「ゴルフそして研究」と題する随筆をいただきました。研究には人との出会いが重要なことは勿論ですが、そればかりではなく、趣味を持ち楽しむこともそれに劣らず大切です。

つくば研究情報に関しましては、超高齢化社会を迎えようとしている日本における社会問題の解決を目指す研究の紹介となりました。筑波大学の鈴木健嗣氏には「医工融合研究による嚥下(食べ物を飲み込むこと)計の実現に向けて」の取り組み、国立環境研究所の近藤美則氏には「低炭素、超高齢化、安心安全な社会への対応を意図したモビリティの開発」について紹介いただきました。社会ニーズの解決に向けた研究成果が社会実装される日が一日も早く来ることを期待しています。

鼎談参加者、執筆者の皆様には心から御礼申し上げます。
(伊ヶ崎記)

表2	●鼎談 「イノベーション・コミュニティを創る ～つくばの未来を語ろう～」 つくば市長 五十嵐立青 産業技術総合研究所 江渡浩一郎 ニコニコ学会β 交流協会 くとの
11	●SATフォーラム2018 2016年ノーベル生理・医学賞を受賞した大隅良典東京工業大学特任教授を迎えて
16	●つくば賞その後-11 「環境ストレス応答に関わる植物遺伝子群の機能、発現の解明とストレス耐性植物の開発」 理化学研究所 環境資源科学研究センター センター長 篠崎一雄 東京大学大学院 農学生命科学研究科 教授 篠崎（山口）和子
19	●科学の散歩道 「ゴルフそして研究」 物質・材料研究機構 名誉フェロー、産業技術総合研究所 名誉リサーチャー 立石哲也
21	●つくば研究情報 「医工融合研究による嚥下計の実現に向けて」 筑波大学 システム情報系 教授 鈴木健嗣 「低炭素、超高齢化、安心安全な社会への対応を意図したモビリティの開発」 国立環境研究所 地域環境研究センター 主席研究員 近藤美則
26	●つくばサイエンス・アカデミー活動報告/お知らせ SATフォーラム、第19回SAT賛助会員交流会/第13回つくばスタイル交流会、 第15回江崎玲於奈賞・第29回つくば賞・第28回つくば奨励賞授賞式、SATテクノロジーショーケース2019
28	●つくばサイエンス・アカデミー役員他
29	●つくばサイエンス・アカデミー 賛助会員一覧/編集委員/編集後記