

facebook
"keiokyuri"

新版

K y u r i z u k a i

窮理図解

2018 October
no.

28

慶應義塾大学理工学部広報誌

<https://www.st.keio.ac.jp/education/kyurizukai/>

English versions are also available:

<https://www.st.keio.ac.jp/en/kyurizukai/>

慶應理工の 電気電子 工学

電気の力で、世界を動かす。

システムデザイン
工学科

の ざ き た か ひ ろ

野崎貴裕

(専任講師)



ロボットがあなたに寄り添う社会の実現に向かって

リアルハプティクスとパワーエレクトロニクスが鍵に

少子高齢化による人手不足を解消してくれると期待が集まる“ロボット開発”。しかし、ロボットと人間が共存するためには技術的に解決しなければならない課題が多い。野崎さんは、恩師である大西公平先生から受け継いだリアルハプティクス技術と、自ら開拓しているパワーエレクトロニクス分野の技術で問題解決に挑んでいる。

ようやく登場した器用なロボット

未来の道具をいろいろ出して助けてくれる猫型ロボット“ドラえもん”。子供の頃、アニメを見た人も多いだろう。ドラえもんの誕生日は2112年9月3日だ。今から100年足らずのうちに、こんなロボットが登場するのだろうか。

慶應義塾大学理工学部 システムデザイン工学科の野崎さんのホームページを訪れると、トップページにロボットが登場する(図1)。コックピットに座った人間が操作をすると、ロボットは片方の手でプラスチックコップを一つ取り上げ、もう一方の手でペットボトルを持って水を注ぐ。その様子に「こんなロボット見たことない!」と驚いてしまう。開発者の野崎さんは、私たちがこのロボットに驚かされる理由を「とても器用でしょ。プラスチック製の柔らかいコップを潰さないのに、水が注がれて徐々に重さが増

わっても落としたりしない。実は、こういうロボットはこれまでなかったからです」と話す。

今までのロボットは、ブルーベリーを摘もうとすると潰してしまう。これを野崎さんは不器用と呼んでいるが、“触れた”という感覚をもたず、力の加減ができないために起こることだ。ロボットではないが、エスカレーターや電車などと接触したら大怪我をするのも、エスカレーターや電車に“触れた”という感覚がないためである。

「触れた」という感覚を獲得する難しさ

「掃除をしたり受付で案内をしてくれるロボットはあるのに、介護をしてくれるロボットはありません。“触れた”という感覚がないのが危険で、人間に触れるロボットはいまだに生活に入ってこれ

ないのです」と野崎さん。では、どうしたら“触れた”という感覚を獲得できるのだろうか。

まず、“触れる”という感覚の特徴を考えてみよう。触覚は、人間が身の回りの環境を感じ取るのに使っている5つの感覚(五感)の1つである。ほかに視覚・聴覚・嗅覚・味覚の4つがある。これらがいずれも受け身であるのに対して、触覚だけは、ものを動かすなど外の世界を変えられることができる能動的な感覚である。だからロボットに、少子高齢化による労働力不足を補うなど、これまで人間がやってきたことを代行してほしいと期待するのであれば、触覚を獲得して力加減ができるようになってもらわなくてはならない。

ところが、「触覚を伴った力加減のできる動き」をつくるのは簡単ではない。というのも動きには硬い側面と、柔らかい側面があるからだ。硬い側面とは、何があっても決められた位置に行こうとする性質で、柔らかい側面とは、何かに触れて力を受けたら加減するという性質のことだ。産業用ロボットなど人間に直接触れることのない従来のロボットは、動きが正確であればいいので、動きの硬い側面が重要とされてきた。ところが、「触覚を伴った力加減のできる動き」をつくり出すには、両方の性質を兼ね備えていなければならない。しかし、この2つの性質はそもそも矛盾するため、両立させることが技術的に難しい。

それを可能にしたのが、野崎さんの恩

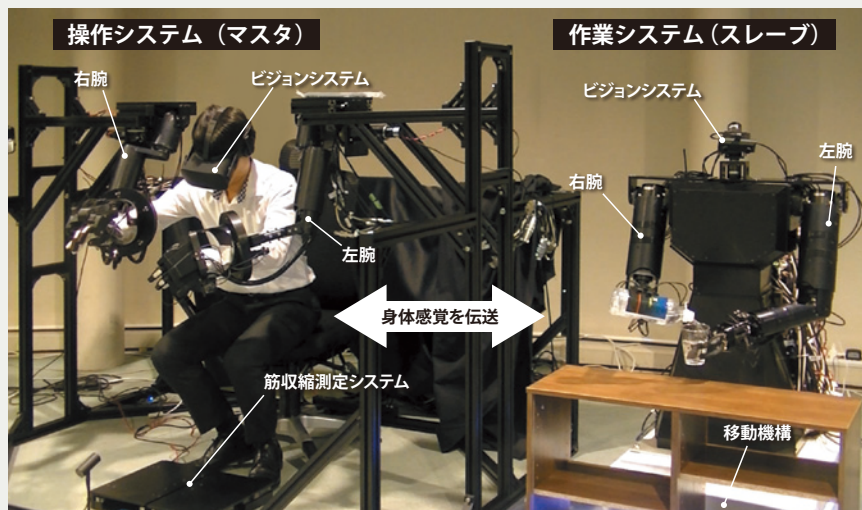


図1 「触れた」感覚を持つロボット

操作システム(マスタ)の動きが作業システム(スレーブ)に“伝わって”コップに水を注いでいる。作業システム側の触覚が操作システムの人間に“伝わる”のでコップをつかんだりペットボトルを持ち上げたりする力の加減ができる。

師である大西公平先生が開発した「リアルハプティクス技術」だ。ロボットを動かすのに使われるモータの動いた量と、何かに接触した時のモータの回りにくさをデータ化し、触れたものの硬さを感じることができる。この画期的な技術によって、冒頭に紹介したホームページのロボットも誕生した。

よりよいロボットを開発するための パワーエレクトロニクス研究

実は、ロボットを思い通りに動かすことは簡単ではない。単に腕を曲げるだけでも、関節部分のモータは「徐々に加速して一定の速度に達し、その後、速度を落として止まる」という一連の加速・減速をスムーズに行わなくてはならないからだ。こうした1つひとつの動きが協調してはじめて、ロボットは動くことができる。

「結局、ロボットを動かすモータは電気で動いています。よりよいロボットを開発するには、電気をどう使うかが重要なのです」。このように考えるようになった野崎さんは、2014年の1年間、横浜国立大学の河村篤男先生のもとでパワーエレクトロニクスを学んだ。そして慶應義塾に戻ってからも、将来的に役に立ちそうなパワーエレクトロニクス技術の開発をしている。

「電源をはじめ、電気を変換し、電力を効率よく使用者のもとに届けることが目的のパワーエレクトロニクスの研究は、昔から行われていました」。

そして、「電力が届いたら、それでモータを回してみようということになり、モータドライブが生まれます。次にモータを正確に回転させようとか、いくつかを同時に動かそうということになって、制御工学やロボット工学が生まれました。こうして社会システムの求めに応じて、次々に新しい技術や学問分野が誕生しました。その最先端にあるのが、リアルハプティクス技術なのです」と野崎さん(図2)。

ロボットひとつを動かすだけでもパワーエレクトロニクス、熱工学、モータドライブ、制御工学、モーションコント

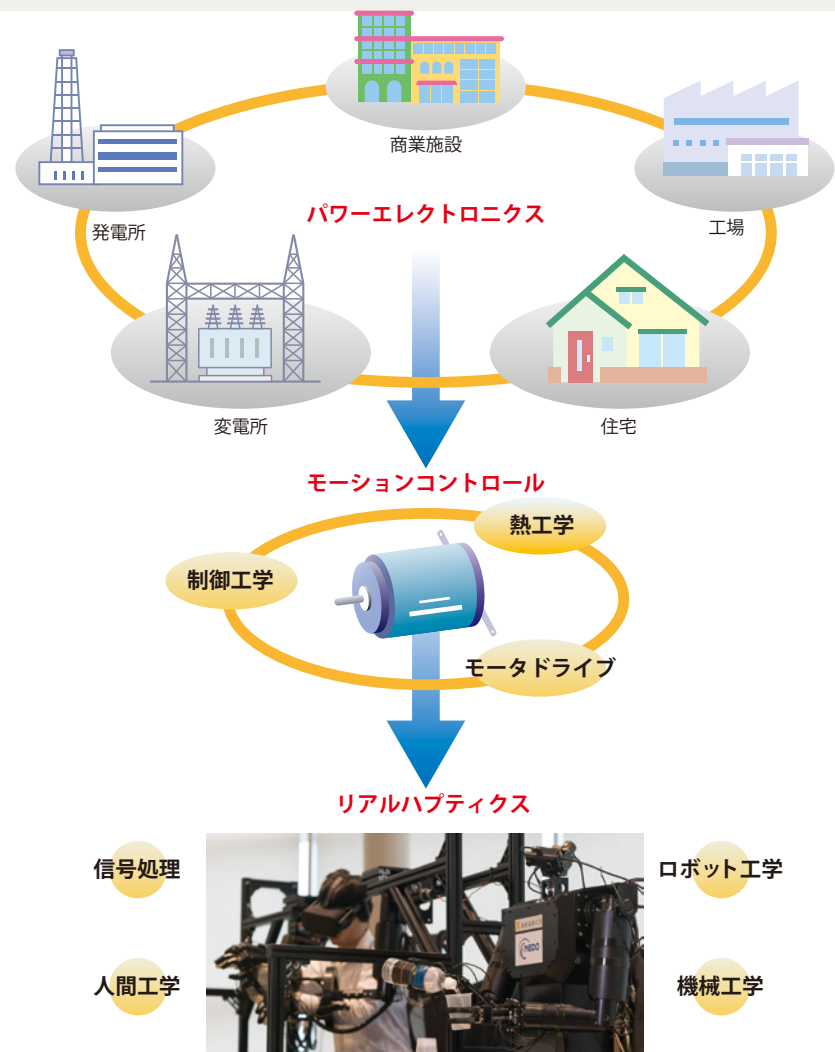


図2 パワーエレクトロニクスとロボット 社会システムの求めに応じて次々と誕生した新しい技術や学問分野。その成果がロボットに集約されている。

ロールが、さらに、ロボット工学、機械工学、人間工学、信号処理など多様な学問が必要になる。社会の複雑化や非定常化が高度に進行し、従来の学問分野単独では現代の諸問題に対処をすることが難しくなってきた。これを解決するのがシステムデザイン的なアプローチであり、それを学ぶのがシステムデザイン工学科というわけだ。

触覚や動作を十分に活用する未来

師から受け継いだ「リアルハプティクス」と新たな強みとして自ら研究を進める「パワーエレクトロニクス」を2つの軸に、これからも研究者として頑張りたいという野崎さんだが、一方で、リアルハプティクス技術の実用化に向けて、多くの企業と製品開発を進めている。現在、航空会社とは、現地に行かなくても遠く離れた場所で釣りをしている感覚を味わ

えるシステムを、選果機メーカーとは、傷んだ果物を潰すことなく取り除く青果選別機を開発している。

すでに視覚が捉えるものは映像として、聴覚は音声として保存されたり伝達されたりしてきたように、リアルハプティクス技術の広がりとともに、今後は、さまざまな触覚や動きが保存されたり伝達されたりするだろう。その時にどんな未来が訪れるのか。「例えば『タイタニック』という映画を見るのに船を用意して、監督と役者を連れて来たりはしないですよね。それと同じで、朝起きてオムレツを自分でつくことはなくなります。オムレツをつくる動作データをインターネットからダウンロードし、ロボットにつくってもらえばいいのですから……」と野崎さん。

この技術は、想像を超える未来を私たちにもたらしてくれそうだ。

(取材・構成 池田亜希子)



誰も答えを知らないから、研究では 自分に向き合い、自分を見つけることができる

『北風と太陽』だったら、私は学生に対して北風ですね」と話す野崎さん。研究を基本的に学生の自主性に任せるのは、研究を、これまで“本当にモノを考えること”が必要のなかった学生たちが、自分に向き合い、自分を見つける大事な経験の場だと考えているから。その考えの根底には、のびのびと育ててくれた両親と、個性を尊重する恩師から受け継いだ思いがある。

——やはり子供の頃からロボットが好きだったのでしょうか。

こういう研究をしているとよく聞かれますね。ロボットが好きだったとか、秋葉原に出かけていたといった答えを期待されているんだと感じるのですが、そんなことは全くありませんでした。唯一、ドラえもんは好きで、絵本に囲まれて嬉しそうにしている写真が残っています(下の写真)。

とにかく、先生という存在が嫌いで、中学・高校の頃には学校をサボったりしていました。両親は放任主義だったので、特に咎められることもありませんでした。逆に、友達の影響で中学受験をしたいと話したら、「やめとけ」と言われてしまったほどです。

——自らの意思で浪人して慶應に進学したそうです。

現役時代にも大学は受かったのですが、なんとなく受験したせいか「ちょっと待てよ」という気分になりました。「自分が何をやりたいか、これから何が必要か」をちゃんと考える必要があると思って、そのために一浪したのです。そのときロボットをやりたいんだと気づきました。ロボット開発に必要な制御工学が強い大学はどこか調べたら、慶應が日本では1位、世界でもトップ5位に入っていました。それで慶應を選びました。

しかし、いざ大学に入るとそんなことはすっかり忘れて、テニスサークルに入って学生生活を楽しみました。仲間たちと飲みましたし、2年生の時にサークルに入ってきた後輩と10年ほど付き合って、結婚しました。



——研究室への配属では、大西公平先生のところを志望されましたね。

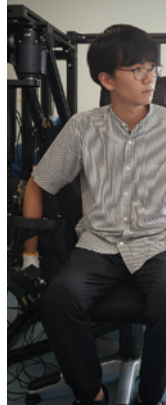
研究室配属を決める段になって、「そうだ、やりたいことがあったんだ」とロボットのことを思い出して、大西先生の研究室を志望しました。A4用紙1枚に志望動機などを書いて面接に臨んだのですが、それを見た大西先生から「お前、中野なのか。中野区立桃園第二小学校って知っているか?」と聞かれ、出身小学校が同じだと分かりました。それからは、母校の話ばかりしてしまいました。絶対に落ちたなと思いましたが、この思いに反して、採用していただきました。

実は、面接が終わって教室を出る時に大西先生から「お前、これ線を引いて書いたのか?」と聞かれました。私は、書類を綺麗に書くために、まずA4用紙に鉛筆で線を引いてから文字を書いて、その後に線を消していました。面接では研究には全く触れなくても、書類にはちゃんと目を通して、そこから私のやる気を感じ取っていただいたのだと気づき、感激しました。

——どのような研究室だったのでしょうか。

『北風と太陽』の北風のような先生でした。それは、面倒見のいい先生がいるのに対して、大西先生は放任だったということです。“学生の個性を尊重する”という考えから、そうしていたようです。ただ、たくさんいい言葉を掛けていただきました。「目の前に種が植わっているとしよう。芽が出た時、どうしたら育つと思うか」と問われたことがありました。「大きくしようと芽を無理に引っ張ってしまえば、芽は抜けて死んでしまう。芽を育てるには日光を当て、十分な水と肥料を与えること。真に成長を願うなら、教員ができる最大のことは環境を整えてあげることだ」とおっしゃっていました。

“青春の悩み”について話されたこともありました。「今お前は、誰が好きだとか、成績が落ちるとか悩んでいるかもしれないけれど、他人から見たらどうでもいいことだ。こういうのを“青春の悩み”という。本当の悩みとは人のために悩むことだ」とおっしゃるのです。「ただ、本当の悩みの時に頑張れるのは“青春の悩み”で悩みぬいた人だけだから、今、大いに悩みなさい」といっていただきました。この言葉で、その後、何回も悩みを乗り越えられました。





——野崎さんはどのようなタイプの教員でしょうか。

大西先生が格好よかったから、私も基本的には放任主義です。ただ、中には面倒を見てあげたほうが伸びる学生もいるので、学生に合わせるように心がけています。

最近の学生に対しては、あまり自分で物事を考えてきていない、と思います。高校までの試験や入試では覚えた答えを書けばいいわけですから、仕方がないのですが、相変わらず周りの大人の価値観で生きているのです。研究は、それを崩すひとつの方法です。研究という答えのない新しいことに向き合ううちに、学生たちは自分に向き合って、自分を見つけていく。成長していくのが本当にすごいと思います。

——横浜国立大学のポストに就いたり、ベンチャー企業を立ち上げたりいろいろ経験されていますね。

パワーエレクトロニクスを学びたくて、横浜国立大学に1年間、ポストを得ました。この時も、大西先生の以前からの教えである「未来は3秒で変わる。チャンスは絶対に逃してはいけない」という言葉が背中を押してくれました。慶應に戻ってからは、学生の指導はもちろん、研究成果の実用化や企業との製品開発などで日々忙しくしています。特に、論文を書くことが第一の“大学の研究”と、利益を出さなくてはならない“企業の開発”の間には大きな溝があって、それを埋める大変さを日々実感しています。ただ、論文を書いて成果を出しながら、世の中に意味のあるものを出していくのは、生半可なことではありません。どちらも手を抜かないために、パワフルでなくてはと常々思っています。

——野崎さんにとって慶應とはどのような場所でしょうか？

一般入試を受けて入ってきた学生のほかに、附属の高校から進学してきた内部生がいたり、海外からの帰国学生がいたり、学力も個性もバリエーション豊かな大学だと思います。学生たちを見ていると、隣に英語が得意な友達がいれば、自分も英語

をやらなくてはと思ったり、おしゃれな学生を見て自分も服装に気を使ったり。お互いに刺激し合いながら成長していると感じます。

今年の2月に、男の子が生まれました。慶應義塾の“義”に私の“裕”で、義裕と名付けました。どれだけ慶應が好きなのかと思われるかもしれませんが、先生を嫌っていた私が、ここで博士号を取り、とうとう予想もしていなかった教員にまでなったのですから、慶應は人生を変えてくれた大切な場所だと思っています。学生よりも早く帰りたいはありませんが、時々子供をお風呂に入れるために早く帰ることはあります。とても可愛いです。初めてプレゼントしたぬいぐるみは、もちろん「ドラえもん」です。でも、私が歩んだ道を進んで欲しいと思っているわけではありません。

◎ちょっと一言◎

学生さんから：

- 面接で「覚悟はある？」と聞かれ、先生について行きたいと思って「頑張ります」と答えました。ロボットに興味があるのですが、これから発展する分野だと思っています(学部4年生)。
- 好きなことをやらせてもらっているので、満足しています。研究の姿勢には厳しいですが、背中を後ろから押してくださる人です。先生がいないなと思ったら、アメリカにいたりします(修士1年生)。
- ロボット技術を広めるために怖いくらい熱心です。ここでは、研究すべき誰もやっていないテーマを自分で探さなくてはいいけません。「そのテーマは研究じゃない」と言われたことがあります。不安もありましたが、研究というプロセスをすべて自分でやったことが、大きな自信になりました(修士2年生)。

(取材・構成 池田亜希子)

さらに詳しい内容は
<https://www.st.keio.ac.jp/education/kyurizukai/>

慶應義塾は、私が研究を続け、
大学教員になると
決意した場所。
学生にも人生の目的を見つけてほしい。

野崎 貴裕

Takahiro Nozaki

慶應義塾大学理工学部システムデザイン工学科専任講師。博士(工学)。専門は電気電子工学、制御工学、ロボット工学。2014年に慶應義塾大学大学院理工学研究科総合デザイン工学専攻後期博士課程を修了後、横浜国立大学大学院工学研究院の研究教員を経て、2015年より慶應義塾大学理工学部システムデザイン工学科助教(有期)、2018年より現職。





初めての国際会議

会議 (@サラエボ) に向かう途中で立ち寄ったスロベニア。首都リュブリャナのシンボル「三本橋」の前での一枚。世界の大きさに衝撃を受け、視野が一気に広がりました。



6 研究室合同の勉強会合宿

毎年蓼科山荘で開催されている6研究室合同の勉強会合宿。朝から晩まで頑張る分、休憩時間は全力で楽しみます！



長男との一枚

慶應義塾の「義」と、自分の名前の「裕」を合わせて、義裕と名付けました。可愛すぎます！！



修士のときに行ったドイツ

ミュンヘンに建つフラウエン教会の前での一枚。その後に博士課程をともに過ごす同期の友人と撮影しました。

野崎 貴裕 history



北海道旅行

サークルの同期2人が結婚をするということで北海道へ。大学時代を思い出しながら久々にテニスをしました。

締めくくりの集合写真

毎年秋に開催されている8大学合同のパワーエレクトロニクス勉強会。頑張った後はみんな仲良く、集合写真で締めくくります！



助教のとき

学生とともに訪れたイタリア。フィレンツェにあるドゥオーモ (サンタ・マリア・デル・フィオーレ大聖堂) の前での一杯です。(いちばん左は神戸大学の元井先生)



蓼科山荘での卓球

コートが空いていれば、テニスやバスケットボール、フットサルもできます。勉強がメインなのであまり時間はありませんが、張り切りすぎて荷物の半分以上がスポーツ用品だった年も……。



輪講後の温泉

輪講後、横浜みなとみらいの温泉 (万葉倶楽部) でひとつ風呂。風呂上がりにはビールも飲んで、みんな幸せそうです。しかし、この元気があればもっと発表を頑張れたのでは？ (笑)



私の 本棚

My favorite books



外部環境との接触、 そしてロバストモーション コントロールへ

●応用制御工学

在学時の指導教員である大西公平先生が執筆された本です。最大の見所はオブザーバ理論に基づくロバストな制御系の構築法ですが、パラメータの同定手法や現代制御についても書かれており、非常にお薦めの一冊です。同シリーズ『制御工学の基礎』と合わせ、制御工学者必読の参考書です。

電気を伝える

●基礎パワーエレクトロニクス

横浜国立大学に勤めていた際にたいへんお世話になった河村篤男先生が翻訳された本です。このほかにも河村先生が執筆された『パワーエレクトロニクス学入門—基礎から実用例まで—(コロナ社)』や『現代パワーエレクトロニクス(数理工学社)』も非常に勉強になります。お薦めです。

電気で力を生み出す

●電気力学Ⅰ

マサチューセッツ工科大学のコアカリキュラムで使用されていた教科書です。電気力学Ⅰ(集中定数電気機械系)、電気力学Ⅱ(場、力、運動)、電気力学Ⅲ(弾性媒質と流体媒質)の三部構成です。一流の本と名高い参考書です。

回転運動を制御する

●Modern Control Engineering Fifth Edition

私自身が研究室に配属された際、制御工学の基礎を学ぶために読んだ本です。英語で書かれているため初学者は少し抵抗を感じるかもしれませんが、基礎的な専門用語の英語表現も学べるため、とても勉強になります。

回転運動をつくる

●電動機・発電機の理論

毎年春に行っている研究室の勉強会において、基礎理論を学ぶために使用しています。わかりやすい解説や図に加え、インターネット上で動画を観ることもできるため、学生から好評です。

専門書ではないですが……

『ぼくは勉強ができない』(山田詠美)や『君たちはどう生きるか』(吉野源三郎)も好きです。ステレオタイプな考え方に洗脳されてはいけない、と気づかせてくれる本です。

ありの儘の物をありの儘に見過ごして少しも心に留めざるは馬にも等し

野崎 貴裕

この冊子の名前の「窮理図解」の正式名称は『訓蒙 窮理圖解』と言うそうです。これは福澤諭吉先生が明治元年に出版した日本初の科学読み物で、上のタイトルはその中の文章の一部です。窮理とは今でいうところの物理に当たる言葉であり、訓蒙は子供や初心者^{きんもろう}に教えるという意味です。

一生を学問や研究に捧げられた先生方からすれば、どちらかという私自身もまだ初心者に近い立場の人間ですので、あまり偉そうなことは言えません。

ただ、学生の皆さんに対して何か一つだけお伝えするとすれば、それは「全力で生きてほしい」ということです。

パワーエレクトロニクスは、電力を変換したり、伝えたりする学問です。そして、その電力によって電動機を回転させ、上手く制御し、さらに外部環境に対して作用をさせることで現実世界を変えていくことができます。当然、何もしなければ何も変わりません。

人生も同じことなのだと思います。パワフルに元氣よく頑張って、ひた向きに学んだり研究をしたりすれば、少しずつかもしれませんが現実世界を変えていけるのだと思います。何も考えず、何もせず、ただボーッと過ごしていたのでは何も変わりません。極論かもしれませんが

が、何も変わらないのであれば、それって生きていないのと大差ないのかもしれない。

ちなみにですが、私の研究室の方針は「大学に思い出を！世界に足跡を！」です。思いっきり楽しみ、思いっきり生きた証を残し、学生たちには全力で大学生活や研究室生活を満喫してもらいたいと心から願っています。皆さんのパワーこそが世の中を変える源だと確信しています。自我作古^{*}の気概をもって、ともに世界を変えていきましょう。大学に思い出を！世界に足跡を！

^{*} じがさつこ：われよりいにしえをなす。「前例にとらわれず、常識、手本になるようなことを自分で作り出す」というような意味。これも福澤諭吉の言葉で、慶應義塾の草創期に塾生たちが、西洋文明をいち早く取り入れて日本の近代化に貢献しようとした気概を示した言葉。「独立自尊」とともに建学の精神をなす考え方。

理 工 学 Information

KEIO TECHNO-MALL 2018 第19回 慶應科学技術展「beyond imagination ~ススム未来へ」

KEIO TECHNO-MALL(慶應科学技術展)は、慶應義塾大学理工学部・理工学研究科の研究成果を広く発信し、共同研究や技術移転など、産官学連携のきっかけとなる出会いの場を提供するイベントです。大学最大規模の

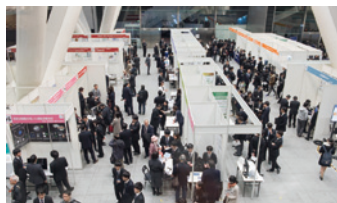
100件を超える実演中心の展示、研究者によるショートプレゼンテーション・ラウンドテーブルセッションなどを実施し、毎年、企業や官公庁、他大学などから、多数ご来場いただいています。

日時：2018年12月14日(金) 10:00～18:00

場所：東京国際フォーラム地下2階(ホールE2)

内容：実物・実演重視の展示と魅力的な企画を予定
入場無料 ※すべてのイベントで事前登録不要です。

詳細：www.kll.keio.ac.jp/ktm/



＜スペシャルインタビュー、トークイベント(予定)＞

1. スペシャルインタビュー

ゲスト：福澤克雄氏(TBSテレビ制作局 ドラマ制作部 ドラマ・映画監督)

2. ラウンドテーブルセッションI

ゲスト：石川繁樹氏(日本アイ・ビー・エム株式会社 研究開発・アカデミック・アドボケート 担当)
森正弥氏(楽天株式会社 執行役員 兼 楽天技術研究所 代表 兼 楽天生命技術ラボ所長)
清水亮氏(ギリア株式会社 代表取締役社長)

3. ラウンドテーブルセッションII

ゲスト：篠原弘道氏(日本電信電話株式会社 取締役役会長)
中村知美氏(株式会社SUBARU 代表取締役社長)

編集後記

本誌の発行も今年で10年目を迎えました。10年目の第1号は、10年前はまだ大学生だった野崎専任講師の登場です。小さい頃は先生が嫌いだったという野崎専任講師。教員になったことは「予想外だった」と話をされていましたが、研究室では多くの学生から声をかけられ、教員の顔をしていました。当初1人の学生から先生についてのインタビューをする予定でしたが、最終的には10人弱の学生から話を聞くことができました。(萩原いずみ)



新版 窮理図解

No.28 2018 October



編集 新版窮理図解編集委員会
写真 邑口京一郎
デザイン 八十島博明、石川幸彦 (GRID)
編集協力 サイテック・コミュニケーションズ
発行者 伊藤公平
発行 慶應義塾大学理工学部
〒223-8522 横浜市港北区日吉 3-14-1
問い合わせ先 (新版窮理図解全般)
kyurizukai@info.keio.ac.jp
問い合わせ先 (産学連携)
kll-liaison@adst.keio.ac.jp

web版
https://www.st.keio.ac.jp/education/kyurizukai/
facebook
https://www.facebook.com/keiokyuri