

K y u r i z u k a i

新版 窪理図解

2025 December
no.

45

新版

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 光医工学

医療の未来を照らす光の可能性



電気情報工学科

お が わ え み ゆ
小川恵美悠

(准教授)

「光」の技術で医療の難題に挑む!

100年後の患者さんも救うイノベーションを

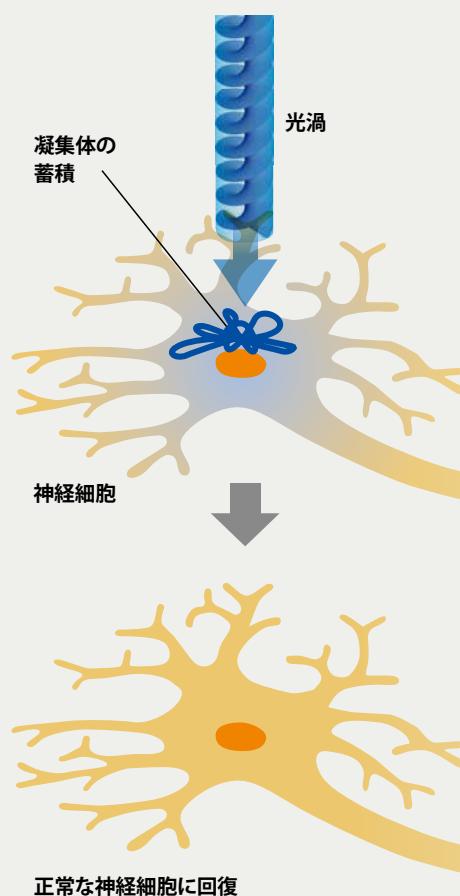
太陽の下で生きる私たちにとって、光はとても身近なものだ。一方、光は心や体に様々な作用をもたらすことから、これまでにない治療・診断技術への応用の可能性を秘めている。学生時代にそうした光の可能性に惹かれたという電気情報工学科の小川さんは、光を用いた新しい医療機器の開発を進めている。未来の医療に光はどのように役立つか、光の魅力と研究の最前線について聞いた。

光の不思議さと可能性に惹かれて

大学1年生の夏、光を用いた治療技術を研究している物理情報工学科の荒井恒憲先生（現名誉教授）の研究室を訪問した際に、光のもつ可能性に強く惹かれたという小川さん。「光は波長によって生体に様々な作用をもたらします。例えば、波長の短い青い光は目を覚ませ、波長の長い遠赤外光は体の奥まで届いて温める効果があります。直接触れるわけではないのに、こうした作用をするのは本当に不思議です。荒井研究室では、光の特性を活かして低侵襲に治療や診断を行う技術を開発しており、『まるで魔法みたい』と感銘を受けました」と振り返る。



図1 光渦を用いたパーキンソン病治療の構想
光渦の回転する力によって凝集体をほぐすとともに光の刺激で神経細胞を活性化させ、ドバミン産生能を回復させる。実用化の際には、鼻腔から内視鏡を使って光を照射することを想定している。



学と工学を融合した医工連携研究に取り組んできた。医師から臨床での困りごとや課題を聞くたびに「ここにも光が使えるのではないか」と考え、光を活用できる領域を見つけて研究を展開してきた。現在は、がんや循環器疾患、精神疾患など、様々な医療分野で、光技術を活用した新しい治療法や診断技術の提案と具現化を進めている。

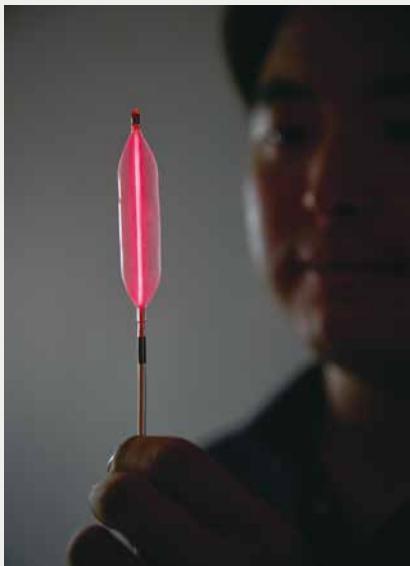
光の渦でパーキンソン病の根本治療を目指す

最近の注目すべき研究成果の1つとして挙げられるのが、特殊な光を用いたパーキンソン病治療への新たなアプローチである。

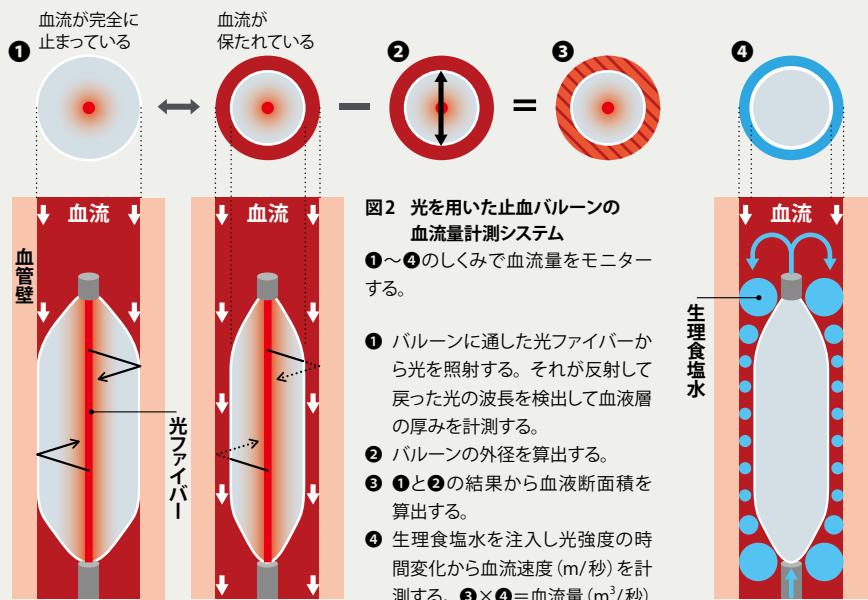
パーキンソン病はいまだに根本的な治療法が確立されていない難病だ。高齢者に多く、65歳以上では100人に約1人という高い割合で発症し、手足の震えや体が動かしにくいといった症状が現れる。発症の原因は、神経伝達物質であるドバミンの量の減少にある。脳内の黒質という部位に病気の原因となるタンパク質が凝集・蓄積し、それによって黒質の神経細胞が死滅して、ドバミンの産生量が低下するのだ。

小川さんは、「光渦」と呼ばれる特殊な光をパーキンソン病の治療に応用できないかと考えた。光渦はらせん状の波面をもつ光で、照射した物体に回転する力を与える性質がある。この力によって原因となる凝集体をほぐし、さらに光の刺激で細胞を活性化させれば、ドバミンを再び産生できる状態に戻せるのではないかと思いついた（図1）。

このアイデアは、学会での雑談の中から生まれた。「光渦の研究をされている千葉大学の宮本克彦先生とお話しをして



バルーンの実物を手で持っているところ



いた際に、光渦なら生体中に含まれるタンパク質や細胞内小器官に作用して新たな治療に使えるのではないかと思いついたのです。そのアイデアを、パーキンソン病の研究をしている北里大学の川上文貴先生にお話ししたところ、『それは可能性を感じますね。やってみましょう』と背中を押していただき、共同研究が始まりました。

実際に、パーキンソン病の原因タンパク質を凝集させたモデル細胞を作り、光渦を照射したところ、原因タンパク質が約20%減少した。さらに驚くべきことに、ドパミン前駆物質の産生量が150%に増加した。「生命科学の分野では、10%の変化でも意味のある効果と評価されます。それを踏まえると、150%というのは際立った成果です。川上先生にも『これはすごい』と驚かれました」と小川さん。

光渦を生体組織に対して使用した研究は前例がなく、凝集体をほぐすという物理的作用と、細胞内で起こる化学反応を光で活性化させる生物学的作用を組み合わせたのは、世界初の試みだった。この目を見張るような成果は、新たな研究分野を切り開く可能性を示している。小川さんは光を用いる革新性について「ターゲットとする細胞内小器官のサイズに合わせた周波数と波長の光を用いると、その小器官のみにピンポイントで光を照射できます。従来の薬による化学的な治療とはまったく違うアプローチができま

す」と説明する。

救急医療で活躍する 「光を活用した止血バルーン」

すでに実用化が目前に迫っている研究がある。外傷などで大量出血が起きた場合、緊急に止血する必要がある。その処置として近年普及しているのが、血管内でバルーンを膨らませ、血管の中から血流を遮断し止血する方法だ。しかし、バルーンを膨らませすぎると血管が破裂する危険や過度な血流遮断による障害が生じるリスクがあり、逆にバルーンの膨らみが足りないと十分な止血はできない。現状では、医師の感覚に頼ってバルーンの膨らみを調整しており、客観的な基準は存在しない。小川さんはこの課題に光が使えるのではないかと考えた。

「バルーンに光ファイバーを通して光を照射します(図2)。バルーンと血管壁の間に血液がある場合、光は血液に吸収されて戻ってきません。一方、バルーンが血管壁に密着して血液がない場合は、光は吸収されず反射して戻ってきます。戻ってくる光を検出することで、バルーンと血管壁の間の血液層の厚みがわかり、これを基準にバルーンの膨らみを適切に調整できる仕組みです」。また、血流量(m³/秒)も算出でき、血流量をモニターしながら処置を行えば、すでに述べたリスクを抑えることができる。この光を用いた止血バルーンシステムは、北里大学の医師とメーカーと協働して救急医療の

現場でも使用を目指しており、間もなく製品化される予定だ。

志ある学生を育て、 共に未来をつくる

小川さんの光への興味は、幼いころから好きだったというクロード・モネの絵にも通じている。モネは「光の移ろい」を追求し、睡蓮や庭園風景などを描いた。「モネは、傷ついた人々の心を癒やす絵を描きたいと、生涯にわたり創作活動を続けたといわれています。ちょうどその100年後に生きる私たちは、まさにモネの絵に癒やされ、希望をもらっています。私も光技術によって、100年後も人々を癒やしたり命を救ったりできるような医療機器をつくれたらと、モネに思いを重ねています」。

そうした思いを胸に研究に邁進する一方、学生の指導や育成にも力を入れている。「研究競争に勝つことも大事ですが、『世の中をよくしたい』『医療に役立つものをつくりたい』という志をもった学生を育てることも、教育者として非常に重要な価値があると考えています。チームワークの中で互いに協力し合い、みんなでよりよいものを生み出していく。医療に携わる世界中の人が、命を救うことには挑戦する大きな1つのチームだと考えており、その一員として共に学び、共に成長できる学生を育てていきたいと思っています」。

(取材・構成 秦千里)



やりたいことを追求し、挑戦を楽しむ

大学1年生の頃から、現在の研究分野に進むことを決めていた小川さん。やりたいことを貫き、困難にも果敢に挑む姿勢は、どのようにして育まれたのか。過酷な経験も人生の糧とし、人のつながりを広げながら歩み続けている。

——子供時代はどのような家庭で育ちましたか？

両親とも音楽家で、父はチェロ奏者、母はピアノ講師という家庭で育ちました。私も3歳からチェロを弾いていて、今でも趣味で続けています。たまに「朝食の時にクラシック音楽を流しているのでは？」と言われますが、実際は反対で、両親にとって音楽は仕事なので、家ではあまり音楽を聞きません。家族みんな野球が好きなので、野球の中継をテレビで流していることが多かったです。

——どのようなことがきっかけで研究の道に進もうと思われたのですか？

あまりよく覚えていないのですが、小学校の卒業文集を見たら、10年後の自分について「大学で医学の研究をしている」と書いてありました。その頃から生物や人体への純粋な興味があったのだと思います。両親が好きなことを仕事にしている姿が小さい頃から強く印象にあったので、自分も好きなことを追求する姿勢が自然と身についていた気がします。

——妹の小川愛実さんも慶應義塾大学理工学部で教員をされているそうですね。

妹はシステムデザイン工学科で、健康で安全な生活を支援する建築システムの研究をしています。分野はかなり異なりますが、将来、日用品や家具などに光技術を組み込んだ「健康ハウス」を作りたいと、2人でよく話しています。

——ダブルディグリープログラム（※1）で在学中に留学をされたそうですね。

学部3~4年の2年間、フランスのリヨンにあるグランゼコレ（専門性の高い教育を行う高等教育機関）に留学しました。そこでは、現地の学生と同じ授業をすべてフランス語で受けます。8時から18時まで1コマ2時間の授業が4コマと長めの昼休みがあり、数学から制御工学、物性物理学などの理系科目のほか、心理学や経営学まで幅広く学びます。膨大な量の勉強をしなくてはならないので、要領よく勉強するすべが身につきました。

——フランス語で授業を受けるのは大変だったのでは？

最初は授業で何を言っているのか全くわかりませんでした。それが3か月くらい経った頃、フランス語で夢を見るようになり、授業もだんだんわかるようになってきました。日本人は私だけだったので、フランス語で話すしかない環境がよかったです。留学経験を通じて、何事にもチャレンジできる精神的な成長ができました。

留学は大変なこともありますし、苦しんだり頑張ったりした経験は自分を支える柱になります。人生の財産となるような経験をし、一生の友人もできるので、学生さんには留学の機会があったらぜひチャレンジしてほしいと思います。

——研究室に入ってからの生活はどうでしたか？

とにかく毎日が楽しかったです。私は実験のプロトコルにこだわりがあり、ミスなく無駄なく、効率よく進められるように計画を考え、朝から晩までの実験スケジュールをエクセルで組みます。まず、その計画を熟考すること自体も楽しいですし、計画通りにいくことも楽しい。特に好きな瞬間は、実験データからグラフが描けたときです。なので、実験が終わると待ちき





れなくて、帰りの電車の中で座れると、「やった！データ整理ができる」と思って膝の上にパソコンを開き、エクセルファイルのデータを解析していました。縦軸と横軸を設定してグラフが表示された瞬間が自分の中ではいちばん盛り上ります。早く荒井先生に見せたいと、ニヤニヤしながらプレゼンのパワーポイントを作っていました。

——学生さんを指導する上で大事にしていることはありますか？

少し変わっているかもしれません、とにかく「健康第一」ということです。体調を崩すと良い研究も楽しい学生生活もできないので、心身ともに健康に過ごしてほしいと強く願っています。生活面の悩みなどはなかなか気づきにくいので、研究のミーティングとは別に、半年に1回程度、個人面談の機会を設けています。今の生活をどう感じているか、今後どう成長していきたいかなど、1人ひとりと向き合いながらサポートしていきたいと思っています。

また、大学院や4年生の研究生活は、社会に出る前の最後の教育の場なので、指導者として重要な役割を担っていると考えています。研究に取り組むだけでなく、自分の適性や強みを見つけて、世の中で活躍できる人間になってほしいと思っています。研究活動を通して、文章を書く力やプレゼンテーション能力、スケジュール管理能力など、社会で役立つスキルを身につけてほしいですね。

——慶應義塾大学の良さはどんなところだと思いますか？

卒業してから特に感じるのは、“慶應の仲間”というつながりの強さですね。もちろん他大学にも同窓のつながりはあると思いますが、慶應義塾大学はとりわけ結びつきが強いと感じます。人と人との関わりは、どんな仕事においても根底にあるものでし、様々な技術やAIが進化しても失われないものです。その

意味で、このネットワークは大きな強みだと思います。

同窓会組織である「三田会」は、日本各地だけでなく、世界各地にあり、心強い存在です。友人がパリに留学中、インターンシップの受け入れ先が見つからなくて困っていたときに、パリの三田会に相談したところ、紹介してもらえたと言っていました。

ダブルディグリープログラムや国際的な活動を奨励する「藤原奨学基金」や「藤原賞」のつながりでも、同窓会や懇親会が定期的に行われています。私も藤原賞の受賞と藤原奨学基金で奨学金を頂いたことがあります。懇親会では世代を超えた交流をしています。こうした交流は大きな励みとなり、「自分も頑張ろう」と前向きな気持ちにさせてくれます。

◎ちょっと一言◎

学生さんから：

- 小川先生の研究室を選んだのは、独自性のある研究に取り組んでおられることに惹かれたからです。卒業後は大学院に進学する予定です。就職か進学かで迷っていた際、先生に相談したところ、私の性格も踏まえた的確なアドバイスを頂きました。そのおかげで、社会で活躍するために自分に必要なことが明確になり、進学を選ぶ決め手になりました(学部4年生)。
- 私は、ワクチンの免疫反応を高めるために光を用いる方法を研究しています。研究室は10時から15時までがコアタイムとなっており、集中しやすい環境が整っているので、オンとオフの切り替えがしやすいです。研究の合間には、小川恵美悠研究室・小川愛実研究室合同でチームを組んで理工学部のソフトボール大会に参加するなど、体を動かして息抜きもしつつ研究に取り組んでいます(修士2年生)。

(取材・構成 秦千里)

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

研究のすべての プロセスが楽しい

小川恵美悠 Ogawa Emiyu

専門は生体医工学、光診断治療システム学。光を用いた新しい診断・治療技術の開発に取り組み、がん・循環器・神経疾患など多領域への応用を推進している。慶應義塾大学ダブルディグリープログラムにより2012年フランスEcole Centrale de Lyon修了、2015年に慶應義塾大学大学院理工学研究科後期博士課程修了、博士(工学)。2015年から2018年まで同大学理工学部特任助教、2018年から2023年まで北里大学医療衛生学部医療工学科講師。2024年より慶應義塾大学理工学部電気情報工学科准教授(現職)。



小川恵美悠の ONとOFF

大切な人たちと
美しいもの、美味しいもの

マジックアワー

旅や学会で訪れた6月の欧州。夜22:00近くに現れる空の色は光の物理が織りなす魔法の色彩です。



研究室

今年(2025年)4月にオープンしたばかりの研究室。初年度からとても素敵な学生さんたちが来てくれて、早くも良い研究室になりました!

留学仲間とゴルフ

留学プログラムの仲間(DD仲間)とは、毎年必ずゴルフに行きます。青空の下、近況報告や思い出話を楽しむのは、気持ちも晴れやかになります。下の写真は伊藤塾長とご一緒にしたときの一枚。強烈なイーグルショットを見せていただきました!



藤原懇親会とチェロ

藤原奨学基金懇親会にて、創立20周年を記念して、特に交説社で演奏の機会を頂いた思い出の一枚。父親の影響で3歳から始めたチェロは、今でも大切な趣味のひとつです。



美しいもの

パリの美術館で大好きなモネの絵画を堪能。同じ絵でも年齢を重ねて鑑賞すると新しい発見があるのも面白いところ。お気に入りの場所のひとつです。

母としての日々

先日1歳を迎えた息子は、毎日目まぐるしく成長中。重力の存在を見つけて何度もそれを確かめる様子や、様々なものに興味を持つ目線、そのまますぐな目を通して世界と一緒に再発見しているような、かけがえのない日々です。



留学時代の親友

離れていても今でもやり取りが続く大切な友人が世界中にいてくれるのは、かけがえのない財産です。



美味しいもの

食べ物は私たちの体を作っていることはもちろん、旅先や日常の美食と共に過ごした時間もまた忘れられない思い出です。

私の 本棚

My favorite books



①『Oeuvres d'Antoine de Saint-Exupéry』

(Saint-Exupéry著 Gallimard)

『星の王子さま』で知られるサン=テグジュペリの作品集も、詩集を贈ってくれた友人からフランス留学中に頂いたものです。フランスの代表的な出版社であるガリマール社から1953年に刊行された作品集で、私が頂いたのは刊行翌年1954年2月の初版第二刷です。今では手に入れることの難しい貴重な一冊で、薄く繊細な紙に刷られたページの質感、光を通して透けた文字が浮かび上がる様子は単なる書物というよりもひとつの工芸品のような美しさがあります。

②『安全学』

(村上陽一郎著 青土社)

科学技術の進歩を支える合理性の背後に潜む「安全という神話」を問い直した一冊。科学技術の研究を進めるうえでは、常に社会への影響を広い視野で捉えることが欠かせず、安全もその中で極めて重要な主題のひとつです。この本では安全を制度や手順の問題としてではなく、他者や社会に対する倫理的姿勢として捉えることの重要性を説いています。その思想は、医療現場や工学研究における判断の根底を支える指針です。科学技術を“便利さ”や“進歩”としてだけではなく、人間の倫理と想像力を映す鏡として見つめ直す視点を与えてくれます。

③『技術システムの神話と現実』

(吉岡斉著 みすず書房)

④『Monet vie d'artiste』

(GRUND)

パリのオランジュリー美術館を訪れた際に購入した画集。やはり実物の絵画を目にする経験には及ばないのですが、ふとした瞬間に絵画の美しさに触れるお気に入りの一冊です。睡蓮の連作や、サンラザール駅のシリーズなど、世界の美術館に点在している作品を一度に比べてみることができるのは画集ならではの楽しみかたです。

⑤『Lasers in Medicine』

(Leon Goldman著 Gordon and Breach)

⑥『The Biomedical Laser』

(Leon Goldman編 Springer-Verlag)

恩師の荒井恒憲先生が、東京女子医科大学の故 桜井靖久名誉教授から譲り受けたという上記の2冊。私が教員としてのキャリアをスタートした際に荒井先生から頂いた貴重な贈り物です。内容は新しい書籍や研究に塗り替えられている部分もありますが、医用光工学のバトンを受け継いでまた次世代に繋げていくのだという決意を新たにすることのできる、お守りのような書籍です。

⑦『Opéra-ci Opéra-là』

(Dorian Astor著 Gallimard)

⑧『Mendelssohn』

(Trio Minstrels 演奏 小川剛一郎 イラスト)

私が最も好きな曲のひとつがメンデルスゾーン作曲のピアノトリオ第一番です。印象的なチェロの旋律から始まる第一楽章が特にお気に入りで、学生時代にサークルの演奏会で演奏した思い出の一曲です。このCDは父が主宰するトリオ・ミンストrelsが2022年に発売したもので、父が訪れたライブツイヒにあるメンデルスゾーンの家にお邪魔しているトリオのメンバーを、父自身が描いたイラストが表紙になっています。

『Recueil』

フランスでの2年間を共に過ごした親友から、日本帰国直後の誕生日に頂いた贈り物。実はこの詩集はその友人が編纂して作成した、世界にたった2冊しかない本なのです! 当時あまり親しみがなかった私に、丁寧な言葉で教えてくれた poésie の世界、フランスを離れた後にもその美しさに触れるよう作ってくれた、私の宝物のひとつです。



光——世界と生命を照らす神秘

小川恵美悠

美しい絵画やマジックアワーの空(p.6参照)に出会ったとき、心が潤い、癒やされる感覚を誰もが味わったことがあるのではないかでしょうか。パリのマルモッタン美術館で、モネの《国会議事堂、テムズ川の反射》を目にしたとき(右写真)私は思わず心を奪われ、作品に吸い込まれるような経験をしました。光のきらめきがキャンパスに閉じ込められ、時を超えて永遠に輝きを放っているように感じられたのです。

スマートフォンで容易に写真を撮影できる時代になりましたが、実際の空や絵画の前に立つ体験は特別なものです。写真は撮影後に色味や明るさなどを調整できますが、肉眼で捉えた光の美しさを完全に再現することは容易ではありません。心を動かす瞬間の美しい光を描いた絵画には、作者の心情が繊細に刻まれているか

らこそ、人の琴線に触れ人を惹きつける魅力を放つのだと思います。

地球上の生命は誕生以来、太陽光という膨大なエネルギーを受け続け、常に光に包まれながら命をつないできました。人は光に魅了され、また光に生かされてきました。光と生命の間には密接な関係が存在しますが、いまだ解明されていないこともあります。その未知を探求することが、私たちの研究の使命であると考えています。

この冊子で紹介した研究が示すように、光は新しい治療法の基盤となり得ます。光によって未病を防ぎ、心身の不調を整えることや、さらに健康を促進することもできるかもしれません。将来、「光を処方する」ことが当たり前になる日が訪れるにすれば、社会はどのように変わるでしょうか。ウェアラブルデバイスを通じて日常的に光治療を行う、住宅環境に光のリズムを組み込む、都市全体の光環境によって健康を促進する——こうした取り組みが



実現すれば、病院という限定的な空間を越え、家庭や職場、都市そのものが人を癒やすプラットフォームへと進化していく可能性があります。

絵画がこれからも私たちの心を潤し続けるように、光の科学も人々の健康で幸福な暮らしに寄与できると信じて、私たちは今日も光と生命の謎解きを進めていきます。

理 工 学 Information

Yagami Innovation Laboratoryのサインデザインが
第59回日本サインデザイン賞(SDA賞)に入選

2025年に矢上キャンパスに開設した産学連携施設「Yagami Innovation Laboratory (YIL)」のサインデザインが、公益社団法人 日本サインデザイン協会が主催し、優れたサインデザイン作品を顕彰する「第59回日本サインデザイン賞(SDA賞)」に入選しました。

施設の頭文字をとった「YIL(イール)」という略称と、奥行き5mの細長い敷地がうなぎ(eel)の寝床のような空間であることから、この施設を象徴するシンボルとしての「うなぎ」を抽象化したグラフィックが、YILの空間に大胆に施されています。

案内サインは施設ロゴと連動するチューブや線を取り入れ、柱や建具に沿わせることで、限られた空間を効率的に利用するように配慮されています。



YILについての詳細は、下記のwebサイトをご参照ください。

<https://yil.st.keio.ac.jp/about/>

編集後記

聖書『創世記』に曰く、神は天地創造の第一日目に「光あれ」の言葉を発しました。また、キリスト教に限らず、多くの宗教において光は超越性の表象として教義に組み込まれています。小川先生はコラムの中で「人は光に魅了され、また光に生かされてきた」と述べられていますが、その現れのひとつであるかと思います。

今号の表紙は、人類の中でも光にとりわけ魅了された小川先生のご希望を反映した、CG合成画像です。打ち合わせ時には、先生ご自身の研究内容にちなみ、光る脳の模型を使用する案もありましたが、市販ではそのような模型が見つからなかったとのことでした。光る脳の模型が市販されていないのは意外でしたが、冷静に考えてみれば、需要がそれほど多くないのかもしれません。

(杉原史)

新版 穷理図解

No.45 2025 December



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 村上俊之
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/>