

K y u r i z u k a i

新版 窮理図解

2020 March
no.

33

慶應義塾大学工学部広報誌

<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 ヒューマンファクターズ

すべてのデザインの原点に人間特性を

管理工学科

中西美和

(准教授)



人間特性の知見に基づき 製品や安全をデザインする

人間にとって理想的な状態を工学的に追究

ヒトの手のひらの大きさは概ね17～19センチ程度で、スマートフォンのサイズの基準になっている。身体的なサイズだけでなく、生理的、認知的、心理的な側面にも、ヒトに共通する特徴はたくさんある。中西さんは、このような人間特性を製品づくりやサービス、安全管理などに活かす方法を工学的に研究し、実社会に向けて優れた提案をしている。

製品やサービスに求められる UX (体験価値)

ヒューマンファクターズ(人間工学)は、生理的、認知的、心理的な側面においてヒトが共通して持っている「人間特性」を深く理解することにより、モノやコトに対して、より良い提案を行う学問領域だ。中西さんの研究室では、暮らしを支える「UX」と「安全管理」の2つを主なテーマとして取り組んでいる。

製品づくりやサービスに求められる重要なキーワードの1つがUX(User Experience: 体験価値)だ。「これまで、エラーなしに正しく使える、より速く目的が達成できる、など機能面が主な

価値として求められてきましたが、各メーカーがそれを追求した結果、この観点で差別化することが難しくなっています。今は、達成感や心理的適応など、ユーザーにとって、多様な体験価値(UX)の実現が求められているといえます」と中西さんは話す(図1)。

UXの要素の1つに「愛着」がある。「愛着のある製品は、私たちの暮らしに楽しさと豊かさをもたらす」と中西さん。事実、自動車や家電のメーカーは、愛されるブランドづくりを目指しているが、では、どうすれば愛着がもてる製品を作ることができるのだろうか。

“愛着”を科学する

中西さんは「モノに対する愛着」を心理学的に把握して、それをモノに植え付けることを試みた。まず初めに行ったのが「愛着」を測るためのものさしを作ること。生理的な反応に目をつけて、愛着が強いモノを見ると、特定の脳領域の酸化ヘモグロビン濃度は増大し、指尖容積脈波(指尖の血管の容積変動)の振幅は穏やかになることを統計的に確かめた。

心理学的な理解の指針として取り上げ

図1 24のUX(体験価値)

家電製品と共にある生活の中で得た価値ある体験を、一般ユーザー2,556人に対して調査したところ、24種類のUXに分類された。同様に、自動車と共にある生活の中で得た価値ある体験を、一般ユーザー616人に対して調査したところ、ほぼ同様の種類のUXが見いだされた。従って、人が生活する場面でのUXは概ね普遍的にこれらのUXカテゴリーで説明できるのではないかと考えている。研究では、家電製品や自動車のデザイン要素に基づいて、各UXが創出される確率を算出する評価手法を確立し、家電メーカーや自動車関連メーカーに提供している。

たのは、イギリスの心理学者、ボウルビー(Bowlby)の「愛着理論」だ。これによると、愛着には「近接性の維持」、「安全な避難場所」、「分離苦悩」、「安全基地」に象徴される4つの機能があり、この4機能をバランスよく備えることで、愛着形成が促される(図2)。

中西さんは、なんの変哲もない「消しゴム」を対象に、この4つの機能を促すためのユーザとのインタラクションを考えて実験した。具体的には、スマホアプリを使って「はじめまして」や「名前を書いてね」などのメッセージを消しゴムからユーザーに届ける仕掛けをする。

実験開始から30日後、60日後、90日後に、アプリを使ったグループと使わなかったグループの脳血液量変化と指尖容積脈波を測定したところ、使ったグループのほうが消しゴムに愛着をもったことが確かめられた。この研究成果は、企業との共同研究を経て、「しゃべる家電」として実用化されている。

安全管理では“うまくいく” 方法を考える

このように人間特性を利用することは、安全管理でも役に立つ。例えば航空の安全性は、機体性能もさることながら、機上、地上のクルーの対応にも大きく依存する。「人間がどう振る舞うとシステム全体がうまく働くか、そのための条件は何か、それを明らかにすることが今の安全管理の研究です」と中西さん。

危険な現場に臨むとき、現場での判断は難しい。マニュアルでは「安全第一」が掲げられているものの、例えば火災の現場にいる救助隊は、今そこにある命を助けに飛び込むべきか、そうすると自分の命が危ないのか、何を基準にその判断をするのだろうか。

安らぎの エクスペリエンス

01. 余裕がある
02. 安心する
03. 信頼できる
04. 懐かしい

つながりの エクスペリエンス

05. 誰かの役に立つ
06. わかりあう
07. 愛着を感じる

自己実現の エクスペリエンス

08. 達成感を得る
09. 能力が高まる
10. 優越感を抱く
11. 信頼される
12. 思い通りにできる

してもらう エクスペリエンス

13. 身体が心地よい
14. 贅沢感を味わう
15. 気が利いている

しっくりくる エクスペリエンス

16. ちょうどよい
17. ほどよい
18. 美しい

気分高揚の エクスペリエンス

19. 期待する
20. つい笑ってしまう

特別・限定の エクスペリエンス

21. 新鮮である
22. オリジナルである
23. 得をする
24. 所有する



図2 愛着理論の実際
 “愛着の4機能”を軸とした愛着形成戦略により、ユーザーに長きにわたって心理的な価値を与える製品を提案。例：三菱電機(株)製レンジグリル(RG-HS1)に搭載する音声ガイドに採用されている。

レジリエンスモードに切り替えた方が、成功確率が高まるということがわかった(図3)。これは、状況が通常より6倍程度ひどくなった時、マニュアル通りに動くよりも、状況に応じてレジリエントに動く方が結果的にうまくいくことを意味している。

人間の特性は普遍的なもの

中西さんがこの研究に取り組んだきっかけは、「マニュアルにさえ従えばうまくいくか」というのではないが、レジリエントな判断もまた難しい」という現場の声だった。失敗が許されない現場であって、マニュアル通りではない判断をあえて行って成功を狙おうとする行動には、大きなプレッシャーがかかる。「すべて定量的に把握できるとは思いませんが、レジリエンスは人間の特性であり、一定の目安は提案できると考えています。なぜならば、人間の特性はおおよそ普遍的なもののはずです」と中西さん。近く論文として発表されるこの成果は、現場での判断を支援し、さらに組織におけるマネジメントにも寄与することだろう。

身近な暮らしを豊かに楽しむことから、社会システムの支援にいたるまで、ヒューマンファクターズにはさまざまな貢献が期待されている。

(取材・構成 平塚裕子)

「人命にかかわる仕事をする人たちは、安全のためだけに仕事をしているわけではない。業務や任務の遂行とのトレードオフ(バランス)のなかで仕事をしています。そういったギリギリの状況の中で、最後は迷わず安全を選択できることが『安全第一』だと私は考えます。

そのためには、失敗を排除する「事故防止」を考えるだけではなく、どうやったらうまく(安全に)いくのかを追究し、そのケースを増やす方法で検討することが必要だという。「行動を制限することで安全を守ろうとすれば、飛行機にも乗らず、火災では救助もしないことが一番安全になってしまいます。そうならないように、どうやったらうまくいくのかを考えて、現場を支援していきたい」。

“マニュアル通り”を超えるべきタイミングを提示する

仕事の現場では、決められた手順(マニュアル)に従って行動することが大前提だ。しかし、マニュアル通りでは対処できない局面になったとき、柔軟(レジリエント)な判断が求められる。いつ、マニュアル通り(マニュアルモード)か

ら自分の判断(レジリエンスモード)に切り替えれば、成功する確率が高いのか。現場の経験と勘によって培われてきたこの判断に、科学的にアプローチすることはできるのだろうか。

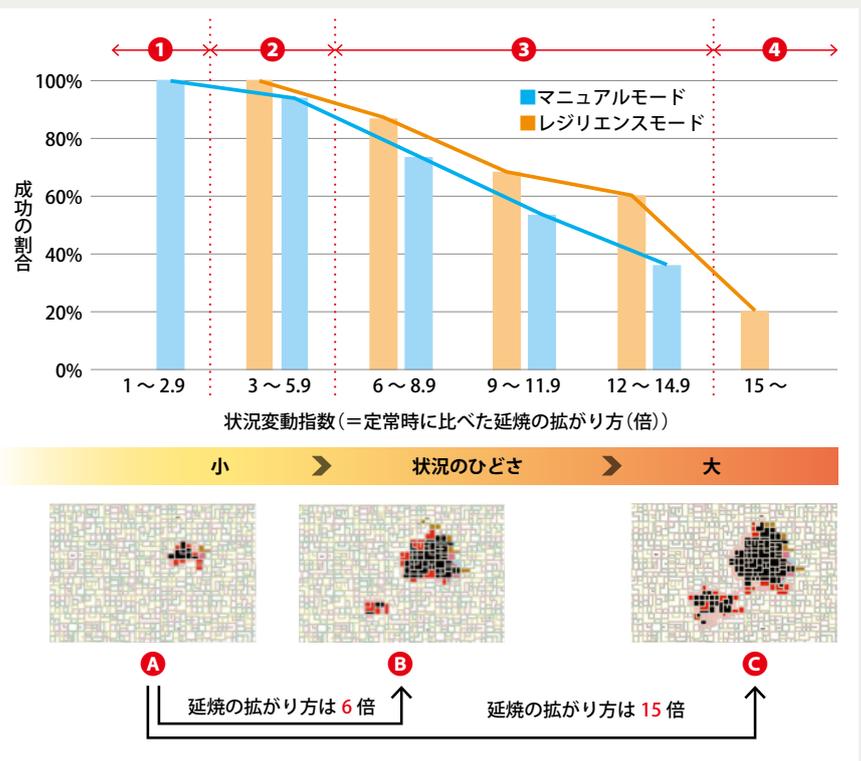
中西さんは、火災の現場を例に、シミュレーション実験を行った。風速、風向、消防リソース(水、消防車、機材、作業員)を様々な変化させ、異なる状況を作り出す。その中で、被験者が、火災の進行に伴い、どのくらい状況がひどくなった時に、マニュアルモードからレジリエンスモードに切り替えて消火するかを観察し、その場合の成功の可否を見た。

風も穏やかで消防リソースも十分にあり状況での30秒間の延焼面積を1として、それらが変化した時、同じ30秒間の延焼面積がその何倍になるかで、状況のひどさ(状況変動指数)を表す。その結果、状況変動指数が6を超えると、レ

図3 火災の現場を模擬して人間の意思決定を観察するシミュレーション実験

- ① 定常時はマニュアル通りの対応が基本
- ② マニュアル通りの対応で十分成功する
- ③ 定常時より6倍を超えて状況がひどくなると、マニュアルにはないレジリエントな対応をした方が成功の割合が高くなる
- ④ 定常時より15倍程度まで状況がひどくなると、マニュアル通りに対応してもレジリエントに対応してもはや成功は困難

- A 初期消火において風も穏やか(3m/s以下)で消防リソースも十分にある状況
- B 延焼が拡がり、かつ強風(平均7m/s)で消防車が渋滞で遅延する状況
- C さらに延焼が拡がり、かつ強風(平均11m/s)で消防車も機材も枯渇した状況





現場を知ること、現場を見ること

研究のテーマに関わる人間たちのことをいろいろ考える。早く、間違いなく仕事を行えることだけが、生活の本質なのだろうか。パイロットや消防隊員たちは、どんな困難ややりがいを感じて仕事をしているのか。人間の抱える具体的な問題に、工学で貢献したいと願う中西さんが最も大事にしているのは、現場の人間たちの声に耳を傾けることだ。

—幼いときは、どんな子どもでしたか。

今も子どものときから、あまり変わっていません。このままでした。小学校から高校まで、授業中は「いの一番」に手を挙げて、質問をしていました。自由でしたね。両親からも、学校の先生からも「自信を持って自由にやればいい」と言われて育ちましたので、常に自分で考えて面白いと思うことをやってきました。

—人間工学に進んだきっかけは？

言葉の響きです。「人間工学」という言葉ですね。科学的なものを作ったり、いろいろなものごとを解決したりする工学という領域で、人間に関わることができるのは、非常に面白いなと思いました。

実際に大学で学んだ人間工学は、思っていたものとはいい意味で違っていました。人間は周囲のあらゆる環境から影響を受けて、心理状態が変わり、それによってパフォーマンスが変わります。

寝心地がいいベッドとか、書きやすいペンとか、そのような身体的特性だけでなく、心理的な特性や認知の特性が非常に大きく関わっていることを学びました。

—その後、千葉大学ではデザイン学科で研究をされたのですね。

デザイナーを志望する学生も多くて、彼らは一生懸命に魅力的なものを作ろうとしていましたが、それがなぜ魅力的なのか、なぜいいのかを説明したり、その意義を明らかにしたりすることには、それほど興味はなさそうでした。そんな彼らと接しながら、この「なぜ」をテーマにしたら研究のよいシーズになるのではないかと、密かに思っていました。

—それが現在の研究につながったのですね。

家電メーカーが新製品を作るとき、デザイナーが斬新なアイデアを出しても、最終形では、結局ほとんど従来と変わらないモデルに収束してしまうことが多いのです。

それは「間違いなく使えるか」を測るものさしはあっても、「魅力」や「感動」を測るものさしがありません。けれどもこれは、今、現実にユーザが求めているもので、研究紹介(2ページ)でも「愛着」をデザインしたモノの例を紹介しました。

—ユーザの視点に立った研究といえるでしょうか。

そうですね。ヒューマンファクターズや人間工学の領域では、





時代が変われば社会的なニーズも変わるので、それに沿った解を提案することが求められます。人間の特性は普遍的でも、それを応用する先はどんどん変わるので。

応用先が変わるという点は、時代に限りません。同じ時代の同じ職種であっても、それぞれの状況は全然違います。そういう意味で私が研究で一番大事にしているのは、「現場を知ること、現場を見ることです」。

先日は消防の救助に使われるホイスに吊られてきましたし、あちこちの空港の航空管制塔にも行きました。可能な限り現場を見て、現場の人たちの価値観を理解して研究をしたいとも思っています。

——母校でもある慶應義塾大学の良さをお聞かせください。

仲間だと思います。学生のときも、そして教員として仕事をしている今も、お互いが良き先輩、良き後輩であり、一緒に切磋琢磨できる環境です。

また、私が慶應で働くことができ本当に良かったなあと思う点の一つは、教員だけでなく事務職員や技術職員の方々とも様々な仕事を団結してできるということです。私はこれまで慶應を含めて3つの大学を経験しましたが、このようなチーム力

というのは、慶應が次々と新しいことにチャレンジできる大きな強みであると誇らしく思っています。

——学生の皆さんにメッセージをお願いします。

私自身が「自信をもって自由に」と言われ続けてきましたから、学生にもいつもそのように言っています。私の研究室では、学生は私のことを「中西さん」と呼びます。私は研究のリーダーではありますが、学生から学ぶことも少なくありません。自分たちでどんどん、得意な分野を開拓して行ってほしいです。

◎ちょっと一言◎

学生さんから：

● 研究室の雰囲気は明るくて、中西さんがいてもいなくても、毎日、みんなで一緒に昼のご飯を食べに行きます。中西さんが、意識してよい雰囲気をつくってくださっているのを感じますね。研究室でコミュニケーションができていると、研究もスムーズに進みます(修士2年生)。

(取材・構成 平塚裕子)

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

自信を持って自由にやればいい。
 仲良く楽しく、一流の研究を。

中西美和

Miwa Nakanishi

専門はヒューマンファクターズ、人間工学。人間工学の視点から、実場面の問題を解決・緩和したり、新たな付加価値を創出したりする可能性を探究。2000年慶應義塾大学理工学部管理工学科卒業。2004年同大学大学院理工学研究科後期博士課程修了、博士(工学)。2005年より東京理科大学第一部工学部経営工学科助手。2008年より千葉大学大学院工学研究科デザイン科学専攻講師。2010年より慶應義塾大学理工学部管理工学科専任講師。2014年より現職。





運輸安全委員会

学外活動の一つとして、国の運輸安全委員会の委員（航空）を務めています。航空の事故・重大インシデントが生じた際、その原因の究明や再発防止の検討をすることが使命で、私はヒューマンファクターズの立場から参画しています。ヒューマンファクターズの歴史は航空安全の歩みとともにあるといってもよく、この委員会の仕事の中で事実から学ぶところは非常に大きいですし、また、ヒューマンファクターズの知見や研究を還元する場としても責務の大きいものだと思っています。

左は、運輸安全委員会設立10周年（航空・鉄道事故調査委員会と海難審判庁の原因究明部門を統合再編して発足後）の記念シンポジウムのパネルディスカッションで、恐れ多くも重鎮委員の発言をザックザックと斬ってタイムマネジメントに奮闘している様子。右は、夏に御巢鷹山の慰霊登山に行ったときのものです。



中西美和の ON と OFF

いつもなんでも全力投球。
仕事も遊びも本気でやるから面白い。



国際会議の合間に…

上はポーランド（クラクフ）での一コマ。右はイタリア（ヴェネツィア）での一コマ。いま思い返せば、この仕事に就くモチベーションの一つは、たくさん海外に行けることだったかもしれませんが、研究室から卒業していったOBたちとは折々に会いますが、あのときこうだったね、ああだったねと笑って思い出せるシーンが、国際会議の合い間にはたくさんあります。



お昼ご飯はみんな一緒に

研究室では、基本的にお昼ご飯はみんな一緒に食堂に食べに行きます。直前までゼミですったもんだの議論をしていますが、この時間は全てを忘れてプロ野球の話、アイドルの話、家族の話、などなど。（私自身がそうであったように）研究室の学生にとって、ここが一生の友を得る場であってほしいと思っています。

私の My favorite books 本棚



● 三島由紀夫の本たち

子供のころ、家の近くに移動図書館（小さいバスの中に本棚が取り付けられた図書館）が来ていて、気に入った本を限度冊数まで選ぶのが楽しみでした。今でも本は乱読で、直感で選び、読み終わったら誰かにあげる、というような感じです。今たまたま手元にあったのが、三島の本というそれだけの理由ですが、三島の文調は好きです。

● パスカルのパンセ

私の人生の中で最も大切な一冊です。パスカルは、ご存知の通り、「パスカルの定理」で知られる数学者・物理学者であると同時に、「人間」の存在の本質を深く見つめた哲学者・神学者でもあります。「パンセ」の中でよく知られたフレーズの一つに「人間は考える葦である」がありますが、私が最も好きな箇所は、この直前の一節、「人間はひとときの葦にすぎない。自然の中で最も弱いものである。」の部分です。人間工学/ヒューマンファクターズの研究では、しばしば、強力な科学技術上のツールを使って人間について解き明かそうとしますが、一方で人間は自然の中でゆらゆらと揺らぐ不安定な存在であり、因果律に当てはめて説明することなど本質的にはできないものであるということも心に留めています。

であるからこそ、生活をもっと良くしようとする人たち、また仕事をよりやりやすくしようとする人たちの実際を、揺らぎも含めて現場^{つばさ}に見聞きし、本音の課題に対して一歩前進できる策を提供できるような研究を続けていきたいと思っています。

そしてまた、私自身も様々な大風大波にやまもすると傾き流されかける弱い人間ですが、そうである自分についてよく知りながら、信念を持って仕事をしていきたい。そういう戒めと希望を与えてくれる大切な一冊です。

● 素人のように考え、玄人として実行する

大学院生のころ、なんとなく手に取って読んだ本ですが、現在の研究生活においても、このタイトルの通りのスタンスを持ち続けています。人間工学/ヒューマンファクターズ分野は、生身の人間が動く生活や仕事の実際の場に近い研究テーマが多く、そういう意味ではアイデアは分かりやすい方がいい。一方で、この分野にはセオリー的な手法は基本的にはなく、情報科学や統計学、心理学、生理学など他領域の知識や方法を、そのテーマに応じて合理的に適用することで課題遂行を図ることが多いため、それら他領域の知識や方法も、そこでの専門的な手技、相場感を持って扱うことがしばしば必要になります。このタイトルの文言は学生を鼓舞するときにもよく言います。ちなみに、もう一つ学生によく言うのは、「明日やろうはばかやろう」です。

● ヒューマン・ファクター

原版は1987年に書かれた古い本ですが、いま手にとっても、「ヒューマンファクター」っておもしろいなあと読み進めてしまいます。現代の航空の安全性は確率的にも極めて高いことは言うまでもありませんが、それが決して航空機システムの性能の高度化によるものだけではなく、パイロットやキャビンアテンダント、管制官、その他地上スタッフを含めたヒューマンファクターの発展の上に立っているのだということに改めて思わされます。

● 誰のためのデザイン？

学部でヒューマンファクターズの授業を受けていたころ、日吉の図書館で出会った本です。なぜ、人間工学/ヒューマンファクターズの領域が、製品デザインと産業安全という、一見全く異なるように思われる課題を両手に扱うのか、この本を読むとよくわかります。ノーマンの解釈には賛否両論がありますが、この分野に関心を持つ入り口としては、良本だと思います。

人間への工学的なアプローチ

中西美和

「ハドソン川の奇跡」という映画をご覧になったでしょうか。2009年、USエアウェイズ1549便がニューヨークの空港を離陸した直後にバードストライクに遭い、両エンジンが停止したものの、機長がその時の臨機な判断と高い操縦技量で機体をハドソン川に着水させ、乗員乗客全員が無事に生還したという実話に基づいた映画です。

実話映画ですから、もう少しだけネタバレを許してもらおうとして…、機長と副操縦士は、その後の調査を行った国家運輸安全委員会（NTSB）から、川に着水

するような危険な意思決定をせず、セオリー通り、離陸した空港に戻るか、あるいは近隣の空港に代替着陸すべきだったのではないかと、そうすることが物理的には可能であることを示すコンピュータシミュレーションのデータも示しながら指摘されます。しかしそこで機長のサレンバガーを演じるトム・ハンクスは、はっきりと言います。「そのシミュレーションには、ヒューマンファクターが考慮されていない」と。

人は、常に現実の状況の中を生きていて、いま五感で得た情報、過去の経験、自分に対する評価、また信念や価値観など、多くの要因を複合的に勘案して、次の一瞬の意思決定に臨みます。そこには当然、時間がかかるし、そしてまた良し悪しの確率も事後から見たものとは違う…。

科学技術の発展によって、個々の信

号の測定技術や、測定されたものをパラメーターとして知りたい何かを予測したり評価したりする手法が著しく進化しています。でも、逆読みすると、世界は現時点で測ることができる要素だけで評価されているかもしれない。とりわけ人間が本当は何を思い何をしているのかについては、アリモノ（既存）のものさしではほとんど表せていないのかもしれない。パイロットの臨機な意思決定も、私たちの日常のささいな選択行動も。

どういものさしを使ってヒューマンファクターをとらえ、どうやって今こうして動いている人間社会に活かしていくのか、自動化システムやAIが活躍しつつある今だからこそ、生身の人間に工学的な観点からアプローチすることへの新たな使命がまた広がってきているようにも思います。

理工学 Information

理工学部のキャンパスライフを体験してみよう (Real Campus Tour)



理工学部公式ウェブサイト (<https://www.st.keio.ac.jp/>) では、理工学部のある矢上キャンパスを皆さんの端末上で巡る特設サイト「Real Campus Tour」 (<https://ct.st.keio.ac.jp/>) を設置しています。

「Real Campus Tour」へは、24時間いつでも、日本だけではなく世界中どこからでもアクセスでき、研究、学生生活、実験機器など様々な面から矢上キャンパスの雰囲気をご覧いただけます。理工学部でのキャンパスライフを、皆さんの端末上でぜひ体験してみてください。

編集後記

毎日、みんな一緒に学食でお昼を食べるという中西研究室。研究室の撮影をさせてもらった時もみなさん和気あいあいと話をしていた、先生を含めとても仲がよいのが伝わってきました。現場に足を運びコミュニケーションを大切にしている中西准教授ならではの体験談はとても興味深く、聞き入ってしまいました。(萩原いずみ)

今号の表紙: テーマのひとつ「航空の安全管理」には欠かせない研究用フライトシミュレーターの前で。

Real Campus Tour
へはこちらから



Twitter、Instagram でも
理工学部の情報をチェック!



理工学部公式
Twitter



理工学部公式
Instagram

新版 窮理図解



No.33 2020 March

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 岡田英史
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/>