

twitter
@keiokyuri

facebook
はじめました!
"keiokyuri"

K y u r i z u k a i

窮理図解

新版

2012 November
no.

11

慶應義塾大学理工学部広報誌

<http://www.st.keio.ac.jp/kyurizukai>

English versions are also available:

http://www.st.keio.ac.jp/kyurizukai/top_eng.html

慶應理工の ユビキタス センシング

「思い」の可視化に挑む～
脳波を見る、視る、診る

システムデザイン工学科

みつぐらやすえ

満倉靖恵

(准教授)



社会のあらゆるところで 利用される信号処理

生体ユビキタス信号解析が切り拓く未来

脳波を計測・解析して、リアルタイムに快・不快やストレス、眠気などの状態を測定するブレイン・コンピュータ・インタフェースや、小型のwebカメラで顔の動きや表情を検出し、瞬時に画面上のアバターに投影できるアバターシステム。高度な信号処理技術を基盤に、こうした画期的なシステムを開発する満倉准教授に話を聞いた。

脳波の周波数の組み合わせから 心身の状態を瞬時に測定する

「この装置を額に装着するだけで、快・不快、好き嫌い、ストレス、眠気、集中度、興味度などを測ることができます。おそらく現状ではもっとも簡易で、装着しやすい装置でしょう。性能も他の装置に引けを取りません」と言って満倉さんが見せてくれたのは、ヘアバンド型の脳波測定器だ。測定器からスマートフォンに情報を送ることにより、画面上に計測結果が瞬時に表示される仕組みになっている。

例えば、ストレスを感じていれば、画面上の白い顔のアイコンが青色に変化し、ストレス度がパーセンテージで示される。同様に、集中度や眠気を表示できるアプリケーションを立ち上げれば、時々刻々と移り変わる被験者の状態が手に取るよ

うにわかる。

画面には、取得している生のデータも同時に表示されている。折れ線グラフで示された複数の波形が表わすのは、脳波を一般的に示す言葉として用いられる、周波数の帯域である α 波や β 波、 θ 波など。脳波の周波数の組み合わせを解析することで、被験者の状態が測定できるという。

「額につけたセンサで左前頭葉のFP1と呼ばれる感情や感性を司る場所の状態を測定します。計測されるのはマイクロボルトというごく小さな電圧ですが、これを周波数に変換することにより脳波の種類がわかる。脳波の周波数は1～30Hz（ヘルツ）程度に限られていて、このわずかな情報の組み合わせから、心身のさまざまな状態がわかるのです」。

例えば、触覚について、○Hzと×Hzの組み合わせが大きければ「好き」、△Hzと◇Hzの組み合わせが大きければ「嫌い」と判定できるといった具合だ。こうしたルールを発見し、最適化手法により瞬時に状態を導き出せるのがこのシステムの最大の特長である。

現在、脳を測定する装置には、脳波計（EEG）のほか、f-MRI（機能的磁気共鳴画像法）やNIRS（近赤外分光法）などの装置があるが、それぞれに観測する対象が違う。f-MRIなら脳の血流量を、NIRSなら血中酸素濃度を測定して脳の状態を調べるが、何か心的変化が起こったときに即応性が高いのが脳波であり、リアルタイムの計測に向いているという。

また、従来の脳波計測装置では、頭皮に複数の電極を密着する必要があるため、時間がかかり、装着自体がストレスになって正しい計測ができなかった。この装置なら簡便に取りつけられ、人が感じていることを正確に測ることができる。すでに、音や味、製品への興味度などに関するマーケティングに、この装置が活用され始めている。

波形の定式化によって、 厳密な計測結果を得る

しかし、こんな簡易な装置で、本当に正しい計測結果が得られるのだろうか。じつは、他の装置と変わらない精密な計測を可能にしているのが、満倉准教授の専門である信号処理の技術なのである。「現在、ゲームなどで採用されている簡易型脳波計のほとんどが、まぶたを動かしたときなどに発生する筋電を取得するもので、脳波計とは言い難い。脳波には多くのノイズが混入し、そのほとんどが筋電ノイズです。純粋な脳波だけを取り



図1 脳波による眠気の検出

脳波を簡易に取得し、瞬時に解析し、オンラインで眠気を検出する。

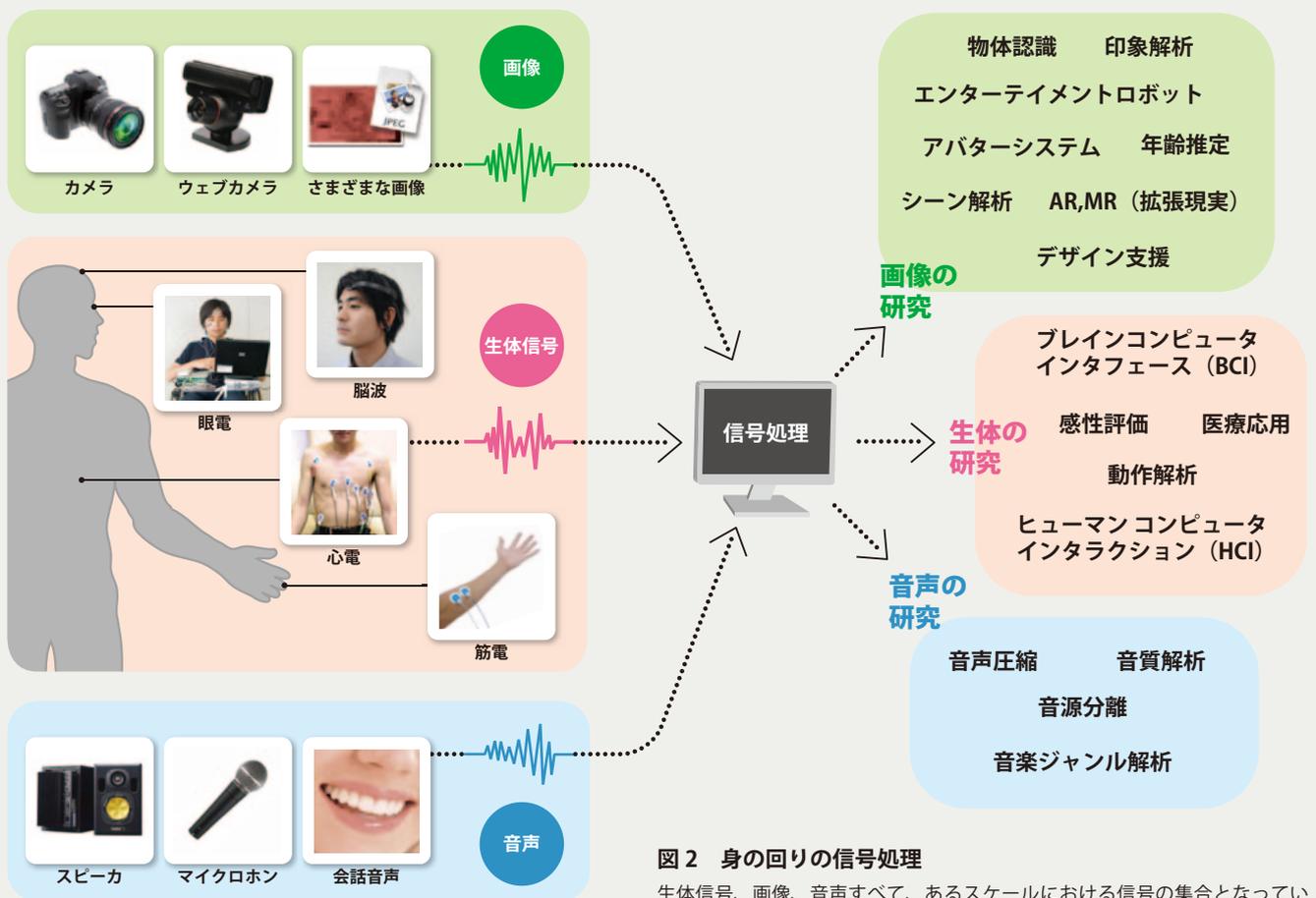


図2 身の回りの信号処理

生体信号、画像、音声すべて、あるスケールにおける信号の集合となっている。これらの信号から特徴をとらえ、パターンを分類し、意味付けをしている。一般に生体だとマイクロボルトからミリボルトの電圧値、画像だと0-255のRGB値、音声だと20Hz-20kHzあたりのスケールの信号を扱っている。これらを信号解析する研究は、身の回りのさまざまな製品と深く関わっている。

出すことは非常に難しく、現在出回っている簡易な装置では筋電がほとんど除去されていない状態です。ノイズを除去しないと使えないため、私たちは信号処理により、瞬時にノイズを除去して、厳密な処理を可能にしているのです。

そもそも満倉さんはプラントや装置などの挙動を定式化する研究に長年携わっ

てきた。波形を見て定式化するなかで培われた経験が、今回のシステムの開発に大いに生かされることになったという。

「このシステムをつくるきっかけになったのは、あるALS（筋委縮性側索硬化症）の患者さんとの出会いでした。ALSが進行すると、患者さんはやがて眼球の動きだけでしか外界とコミュニケーションがとれなくなってしまいます。私たちの脳波計測システムを使って患者さんがYes/Noを示すことができたとき、ご家族がたいへん喜ばれたのを見て、研究を加速させなければと思いました。今後は、さらに簡便な装置にして、思ったことをそのまま文字にするシステムの開発を目指しています」。

人の顔の動きに瞬時に追従するアバターシステム

もうひとつ、信号処理技術を用いたシステムに、満倉さんの研究室で開発したアバターシステムがある。これは、PCに取り付けたwebカメラで人の顔の

動きを認識し、PC画面上のアバターが、その人の顔の動きにリアルタイムに追従するものだ。

「顔の動きや表情を0.1秒以内で追跡しようと始めた研究ですが、瞬時に反応させるために、追跡点を目の両端や口の両端など数点程度に絞って計算速度を速めた点がポイントです」という。

このアバターシステムに初音ミクを登用し、動画サイトのYouTube上にアップしたところ300万件を超えるアクセスがあり、現在、アニメやイベント、CM制作会社など、さまざまな企業からの引き合いが来ているそうだ。

「そのほかにも、口笛でPC画面をスクロールする技術や筋電を利用して車椅子を動かす技術など、さまざまなシステムを手掛けています」。

いずれも、そのベースには信号処理技術がある。今後も信号処理技術を武器に、社会に貢献できるシステムを開発していきたいと、満倉さんは力強く語った。

(取材・構成 田井中 麻都佳)



図3 オンラインアバターシステムであなたも瞬時に人気キャラクターに

身近で安価なカメラ（図はプレステ用カメラ）とPCさえあれば、顔の動きと表情を瞬時に解析し、アバターで表現できる。



楽しいことを見つけて 研究にも遊びにも 全力投球で臨む

信号処理技術をベースに画期的なシステムの開発に取り組む満倉さん。ショートスリーパーで、研究も遊びも決して手を抜かない満倉さんのエネルギーの源は、楽しいことを見つけて、とことん追求するという前向きな姿勢にあるようだ。

—ご出身は奈良県ですが、その後、松江に移られて、理系の高校に進学されたんですね？

はい。これまで転々として来ましたが、ようやく安住の地を見つけました。理系に進んだのは、父が理系で、母が医療系という家庭に育った影響でしょうか。家の本棚には絵本ではなく、数学や物理の本、医学書などが並んでいました。休日にこれらの本をずっと読んでいる勉強熱心な父の姿が心に焼き付いています。今でも記憶に残っているのは、ガラスでできたものを落として割ったとき。父が「なぜ割れるか」を、子どもの私相手に延々と語り、その話が面白かったので、興味から他のいろいろな物も壊して、母に叱られていました。その流れで高校も理系を選択し、大学では電気電子系を専攻しました。

その後、さまざまな所へ移動してきました。修士までは岡山県立大学で、博士を取ったのが徳島大学です。そして、東京大学大学院医学系研究科で学び、岡山大学、東京農工大学などを経て、2011年に慶應義塾大学に移りました。

—研究者になろうと思ったのはいつ頃ですか？

大学4年生のときに、通信関連の国際学会に参加する機会があり、そこでベストペーパー賞とベストプレゼンテーション賞をダブル受賞したときです。このときの研究で、今考えれば大した問題ではないのですが、当時はたいへん大きな壁を感じていて、何日も徹夜することに。でも、受賞して苦しかったことがすべて吹っ飛び、大きな喜びに変わったことが心に残っています。そして、何か問題にぶつかったとき、それを解決するために必要となる努力と根性は、ここで教えられました。

その後、研究者としての転機となったのが、徳島大学時代の赤松則男先生との出会いです。外からうるさく聞こえてくる工事現場の騒音に対して、「この音と逆位相の音を作ってみたら騒音が消えますよね」と先生にお話したところ、当たり前のことなのですが、自分の研究を常に生活で意識していることを褒めてくださいました。そういった姿勢は研究者として成長できる、と太鼓判を押していただき、今に至っています。音や画像を周波数に変換し、定式化するというのをやり続けるなかで、

まわりの種々の現象と周波数が結びつくようになり、音を聴いたり、画像を見るだけで、自然と、そこにどんな周波数成分が含まれているのか見当がつくようになったのです。もうほとんど職業病というか、今や、身の回りの現象はなんでも周波数や式で見えるようになってしまいました。

赤松先生にアドバイスをいただいたことで、以来、脳波の研究に携わるようになりました。当時はもう、夢中で周波数のことばかり考えていましたね。博士課程では顔の画像の周波数解析の研究を行いました。これは、画像を定式化することで、個人を識別するというものです。個人の顔がそれぞれ個別の式で区別できるなんて面白いでしょう？ 結局、1年半でドクター（博士号）を取得しました。

—どんな研究生活だったのですか？

朝8時には研究室へ出て、夜中2時くらいまで研究に没頭するという毎日でした。もともとショートスリーパーで、5時間も寝たら完全に復活するので辛いと思ったことはありません。しかも、赤松先生と一緒に、夕方1時間ほどジョギングをするのが日課でした。おかげで、今もマラソンを続けています。毎年、湘南国際マラソンなど、大きな大会にも出ているんですよ。



よく食べ、よく学び、よく遊び、
よく感動し、よく笑い、たまに泣く…

——パワフルですね。そのエネルギーの源はどこにあるのですか？

そもそも何かを決めるとき、私はすべて「好きか嫌い」で判断しており、好きなことだけをやっているから、ストレスがたまらないだと思います。面白そうだと思うから、全力でチャレンジする性質で、岡山から上京する際も、まったく不安はありませんでした。

それから、じつは私は一卵性双生児で、弘恵という名の姉がいたのです。その姉を亡くしたことが、私の人生を大きく変えました。以来、姉の分まで、楽しい思いも辛い思いも苦しい思いも、2人以上生きようと心に決めているのです。

だから、研究も精一杯やるけれど、遊ぶときも徹底して遊ぶ。よほど仕事が詰まっていたり出張が入っていたりしない限りは、日曜日は自由の日と決めて、目一杯遊ぶことにしています。

今月も1カ月先まで、休みの日のスケジュールは一杯です(笑)。でも、どんなに遊んでも、疲れは翌日まで引きずらないのが鉄則です。

あとは、美味しい料理をたくさん食べること。もっぱら食べる役専門ですが(笑)。よく食べ、よく学び、よく遊び、よく感動し、よく笑い、たまに泣く……。そんな毎日です。

——でも、それだけ全力投球していたら、くたびれてしまいうのですが……。

走っているのがいいんでしょうね。体力だけは自信があります。日曜日にはできる限り走るようにしていますし、海外出張に行くときも、ランニングシューズを持って行って、走ることで訪れた街を肌で感じるようにしています。走ると、移動の疲れも吹き飛ばしてしまいます。学生たちにも走ろうとって声を掛けますし、私と同じように、よく学んで、よく遊びなさいとアドバイスしています。走ったり、仕事を離れて遊ばないと、新しい考えは浮かばないと思うからです。

——慶應義塾大学での研究生活はいかがですか？

慶應はじつに自由で、個性豊かな研究者が多いし、私ものびのびと研究をさせていただいています。学生を大事に育てよう



満倉靖恵 Yasue Mitsukura

生体信号処理、脳波解析、画像処理、画像意味解析、印象解析などをキーワードに、マルチメディア信号処理や生体信号解析に関する研究を行っている。1999年、徳島大学工学部知能情報工学科助手、2002年、岡山大学情報教育コース専任講師、05年、東京農工大学大学院助教授、07年、同大学院准教授となり、11年より慶應義塾大学理工学部准教授。

という環境も素晴らしい。そんな慶應が好きです。これからも信号処理技術を基盤に、自由な発想で、社会に役立つさまざまな研究に精力的に取り組んでいきたいですね。

◎ちょっと一言◎

学生さんから：

●研究に対しては、本当にストイックな方ですが、一方で、僕らの突拍子もないアイデアでも面白がって、「やってみなさいよ」と自由にやらせてくれます。それでいてちゃんとフォローもしてくださる。僕らも先生を見習って、研究にも遊びにも全力投球しています。

(取材・構成 田井中麻都佳)

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



満倉研、学会に行く

大学院生に4年生も含め、10名で青森県に乗り込み、全員発表しました。4年生にとっては初の学会。ドキドキしたそうです。



わが家の愛犬

1匹のつもりが気づいたら4匹。とても癒されています。

やんちゃ姫な留学生

フランスから留学生が来ました。今年も浜田研と満倉研合同で合宿に行きました。



満倉および満倉研のONとOFF

普段外からは見えていない満倉と満倉研をほんの少しですがご紹介します。

研究室の中間発表が終わりました

満倉研では年に何度か大きな懇親会をします。「研究もしっかり、懇親会もしっかり」が基本です。



夏合宿

浜田研と合同で行く合宿。夜は長く続きます。

ハワイでの学会

3月にハワイで開催された学会にも乗り込みました。写真はフェアウェルの時。学生が受賞するとお母さんのように喜びます。



雪山でも満倉研

「全力で直滑降、行きます!」。卒論、修論が落ち着いたら、ぜひ行きませんか!?



私の 本棚

My favorite books



● The Boundaries of Consciousness: Neurobiology and Neuropathology

理学・医学・工学の分野から「意識とは何か」に迫った書です。特に、脳を勉強していく人にとっては脳機能の基礎から病理の世界まで幅広い領域の勉強ができます。40ものトピックがあり、それぞれ完結しています。なかには臨死体験の話もあり、読み物としてはたいへん面白いと思います。専門用語が分野によって異なるため、これを読破すれば、理学・医学・工学分野から脳にアプローチする際に扱われる用語を理解できます。

● EEG Signal Processing 脳波信号処理について、とても詳しく書かれた専門書です。ノイズ除去の話から脳波信号の解析まであらゆる手法が紹介されています。満倉研に配属され、生体信号班になった学生は必ず手にすることになる一冊です。

● パターン認識と機械学習（上・下） このビショップの本は、私が知り得る限りでも幅広い分野の研究者が勉強会などに用いています。特に若い世代（博士学生を含む）の有志が集まって毎週きっちり勉強会なども行っているようです。原著と読み合わせると、英語の細かいニュアンスを学ぶこともできます。ベイズ理論を基盤とした視点で機械学習やパターン認識の理論と応用を詳しく説明しています。知識をたっぶり得ることができる一冊です。

● モモ 一見、柔らかい文章で子供のために書かれた児童書です。しかしながら、大人になって読むと捉え方が全く変わってくる不思議な一冊です。価値観に関する本で、何を大切にすることが幸せなのか、現在自分が大切にしているものによって本当に幸せになっているかといった問題を投げかけた本です。この本はミハエル・エンデの著書ですが、実は「時間＝お金」と置き換えて経済界では重要な教科書と言われており、資本主義に対する警告とまで言われている奥の深い一冊です。読者それぞれの年代で価値観や考え方は違いますが、大人になって読んでみるととても考えさせられる一冊でした。

● 感覚・感情とロボット 本書は、感覚・感情・感性について様々な分野の専門家が、自分の専門分野の見地から分かりやすく解説している本です。どうしても理工学の立場で考えやすい感覚・感情・感性を、心理学、芸術、歯学、医学など広範な視点からのアプローチで分かりやすく紹介し、コンピュータやロボットに適用するためのシステム設計、デザイン工学など、多岐にわたる応用例なども紹介されています。これから本格的に研究を始めようとする学生にとっては、とても興味深い一冊だと思います。

● 心と脳 心は、感情や社会性や記憶や思考のような、いろいろな要素的な機能が相互

作用して働く情報処理システムです。この情報処理システムを分かりやすく丁寧に、しかしながら他のこの種の本と違い、理論的に非常に広範な学問領域からの学説や著者の知見について書かれており、読んでいて全く飽きることなく知的好奇心をかきたてられる一冊でした。著者は認知科学の専門家、言わずと知れた我が前塾長、安西祐一郎先生の一冊です。

心の在りか—脳の不思議

満倉靖恵

心はあらゆる動物の中で人間だけが持っているものと言われていました。最近では、犬などの動物が笑ったり、悲しんだりするのではないかと、言われていますが、まだきちんと解明されているわけはありません。わが家には4頭の犬がいます。私には彼らが笑っているように見えたり悲しんでいるように見えたりしますが、それはあくまでも人間の勝手な思い込みであって、人間がそう解釈しているにすぎないのです。

ところで、人間の心ってどこにあるかご存知ですか。心臓?いいえ、脳です。

そう考えると、人間の脳はとても不思議なものです。喜怒哀楽を感じ、五

感で捉えたおびただしい量の情報をうまく処理しています。あ、それから第六感もありますね。第六感を解明する「第六感工学」をやられている先生もいらっしゃいましたが…。そこまでいくと、哲学も絡んでくるので難しいですね。

よくイルカは賢いと言われていますが、イルカの大脳は人間の大脳に比べてはるかに大きくて、その脳は人間にない能力、例えば超音波を聞き分けて自分と相手との距離を測ることなどに使われています。また、チンパンジーは人間と似た構造に進化した脳をもっており、いずれその脳が発達して人間なみの心を持つようになるかもしれません。映画『猿の惑星:創世記ジェネシス』みたいな世界です。

話は戻りますが、人間が持つ五感センサ(視覚、聴覚、触覚、嗅覚、味覚)に入っ

てくる刺激のなかでいちばん脳に影響があるのは視覚だそうです。目の疲労が脳に大きな影響を及ぼすことも分かっています。現在、インターネットでメガネを購入する場合、度数さえ申告すればメガネを購入できます。それが過去の情報であっても使えるのです。でも、これは危険なことで、度数が合わないメガネをかけていると、脳のストレス状態が続き、物忘れなどにつながるという研究結果もあります。

一口に脳と言いますが、脳はたいへん奥が深く、まだまだ分かっていないことがたくさんあります。究極は「なぜ、心(感情)が生まれたか」です。よね。

たまに、感情さえなかつたら…と思うこともあります。でも一晩寝たら、感情があつてよかった!と思っています。これも感情のはたらきですね。

理工学 Information

KEIO TECHNO-MALL 2012

第13回慶應科学技術展「理学の熱情、工学の情熱」

<http://www.kll.keio.ac.jp/ktm/>

2012年12月7日(金) 10:00~18:00

東京国際フォーラム 地下2階(展示ホール2)

入場無料・事前登録不要

慶應義塾先端科学技術研究センター(KLL)主催の科学技術展。本年度も約80テーマの実物展示やデモンストレーションのほか、研究者によるラウンドテーブルセッションを開催。メインイベントとして、作家 瀬名秀明氏による基調講演と理工学部研究者を交えた「サイエンス・創造・エモーション」をテーマとするトークセッションを行います。

第16回KLL 慶應義塾産学連携セミナー

<http://www.kll.keio.ac.jp/>

2013年2月22日(金)

機械工学の基盤テーマとも言える「精密加工」「アクチュエーション」「シミュレーション」等の研究活動をご紹介します。詳細は上記 Web サイトにて順次公開予定です。

編集後記

満倉准教授は一言では説明が難しいほど、さまざまな側面を持っている人物です。とてもパワフルなので、仕事も勢いよく片付ける「ブルドーザー」型かな、と思っていいたら、ブルドーザーが通過したあとには、ローラーのごとく、きちんと調整が入ります。考えてみれば研究者は、設計はもちろん、パワーショベル、ブルドーザー、ローラーやクレーンなど、一人で何役もこなさなければならないのかもしれないですね。

これまでに複数の大学での勤務経験がある満倉准教授ですが、インタビューで「安住の地を見つけました」と語ってくれました。研究室にはすでに、博士課程の学生も所属しており、慶應の自由で団結した校風のなか、ますます研究が発展していくことを願っています。

(平良沙織)



©慶應義塾大学

第15回産学連携セミナーの様子

新版 窮理図解



No.11 2012 November

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 青山藤詞郎

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 <http://www.st.keio.ac.jp/kyurizukai>

twitter <http://twitter.com/keiokuri>

facebook <http://www.facebook.com/keiokuri>