

twitter
@keiokyuri

facebook
はじめました!
"keiokyuri"

K y u r i z u k a i

新版

窮理図解

2013 July
no.

13

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/english/index.html>

慶應理工の 拡張現実 (AR)

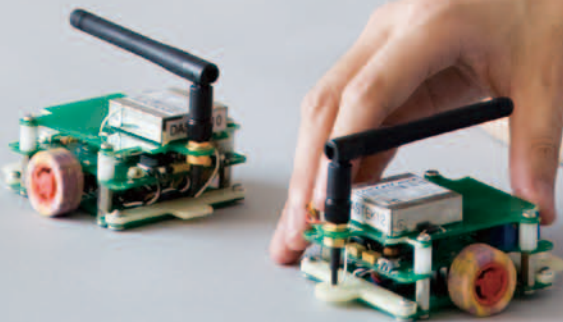
空間性と身体性が導く
人と情報のインタラクション

情報工学科

す ぎ も と ま き

杉本麻樹

(専任講師)



拡張現実で変わる コミュニケーションのカタチ

実環境と情報環境を重ね合わせる AR 研究とは？

近年、スマートフォンのアプリやゲーム、広告・販促のメディアツールなど、さまざまな分野で「拡張現実」のキーワードとともに活用が広がる Augmented Reality（AR：拡張現実感）。その具体例を紹介しつつ、AR の新しい手法を切り拓き、次代のコミュニケーションツールの研究を手がける杉本麻樹専任講師の取り組みについて紹介しよう。

エンタテインメントや広告で 普及が加速する AR 技術

現在、情報工学科の杉本さんが手がけているのは、拡張現実感（AR）と呼ばれる研究分野だ。AR とは、SF 映画やゲームの世界でおなじみの人工現実感（Virtual Reality=VR）から派生した研究の一分野である。

「VR の研究がおもにコンピュータの中に構築した情報環境（Virtual Environment）にユーザーを没入させるような感覚情報をつくりだすことを目指すのに対し、拡張現実感では、私たちが普段生活している実環境を基盤にして、その上にコンピュータからの情報を重ね合わせることで、実環境に即した感覚の拡張を実現しています（図 1 右）。つまり、現実世界の上にリアルタイムに、

コンピュータの中の情報環境を重ね合わせることで、私たちが自然に情報に触れ合える環境を目指しているのです」と、杉本さんは言う。

近年、AR への関心が高まったきっかけには、2007 年に NHK で放映されたアニメ『電脳コイル』の影響がある。『電脳コイル』では、小型の HMD（Head Mounted Display）を装着した子どもたちが、AR を日常的に体験するシーンが描かれている。

一方で、奈良先端科学技術大学院大学の加藤博一教授が開発したソフトウェア「ARToolKit」の存在も AR の普及に貢献してきた。これは、紙に印刷されたパターンをカメラで読み取り、画面上に仮想的なキャラクターやオブジェを出現させるというもの。オープンソースという

こともあり、ARToolKit によって制作されたキャラクター動画などが、動画投稿サイトに多数投稿されているほか、近年では、同様の技術を使ったゲームソフトや広告・販促のためのメディアツールが普及しつつある。

「たとえば、車のパンフレットをカメラにかざすと、画面上に車体のコンピュータグラフィックス（CG）モデルが描かれ、走行状態や内部構造を確認できるといったものもあります。あるいは、カードゲームと CG を組み合わせた対戦ゲームが人気になるなど、いまや AR は、広告やエンタテインメントに欠かせない技術になっているのです」。

ディスプレイ上だけでなく、 実空間での融合も

一口に AR と言っても、その手法はさまざま。現在、一般的なのが「ビデオ・シースルー」という方式で、先述の ARToolKit のように、カメラで撮った映像の上にディスプレイ上でコンピュータの中の情報を重ね合わせて AR を実現する。一方、透過型のディスプレイを用いた「オプティカル・シースルー」と呼ばれる方式では、ハーフミラーやシースルー型 HMD を装着し、CG と光学的に見ている実像を重ね合わせる。さらに実環境にプロジェクタで仮想映像を投影することにより実環境を変える、「空間型 AR」という方式もある。2012 年、リニューアルした東京駅丸の内駅舎で開催された「プロジェクション・マッピング」がまさにそれだ。

「AR は作業支援でもきわめて有用です。たとえば、手術時に患者さんの体にあらかじめ撮影しておいた CT や MRI 画像を重ねて見せることで、切除箇所を



図 1 実環境での身体性・空間性を考慮したインタフェース

（左）手のひらにのるサイズのクマ型のロボットがジェスチャによってコミュニケーションを支援するインタフェース「Stickable Bear」。形状は 3D プリンタによる造形。

（右）空間型 AR 環境において距離画像カメラを活用してマーカレスでの位置・姿勢の計測を実現する試み。プロジェクタから投影したテクスチャが 3 次元の形状に追従する。

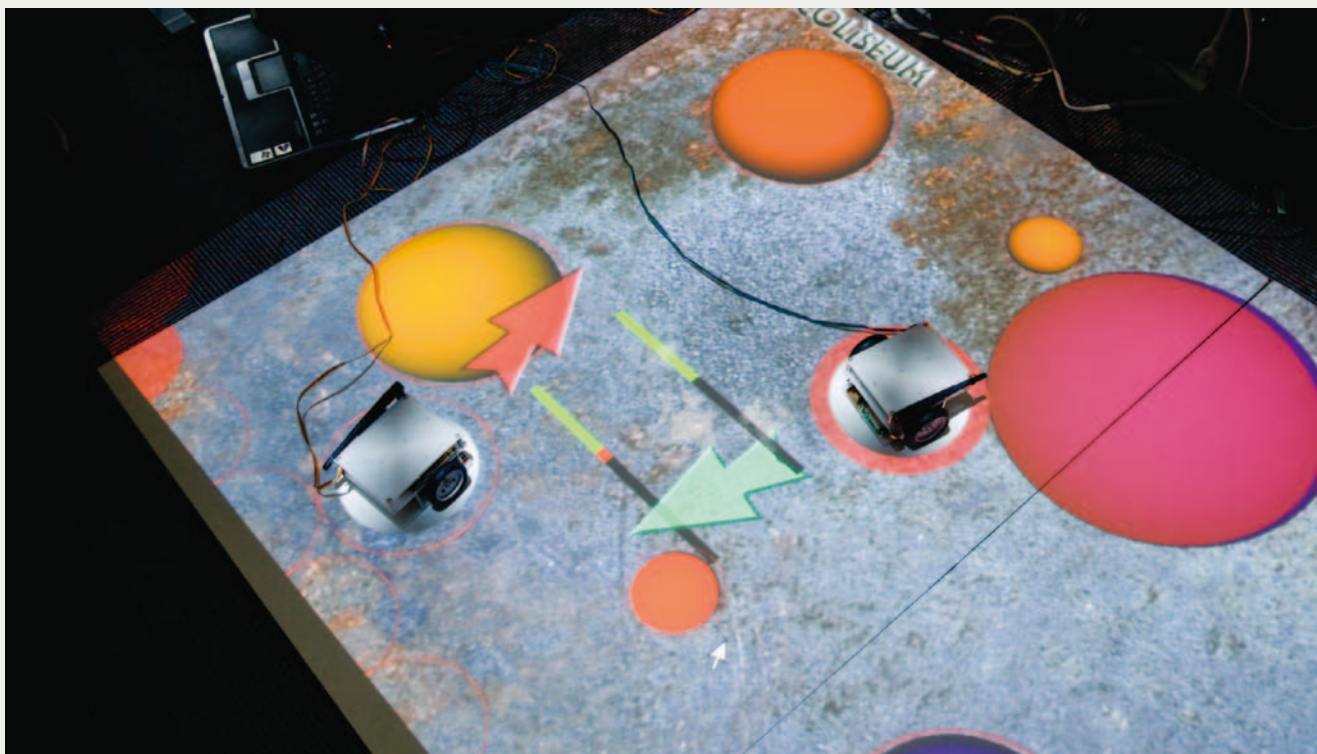


図2 AR環境と協調するロボット

(上) プロジェクタと車両型ロボットに装着された光センサによって計測・制御を行う Display-Based Computing の概念を用いたエンタテインメント環境「Augmented Coliseum」。

(左下) 空間型 AR 環境構築のためのプロジェクションシステム。投影パターンを工夫することでロボットとの連携を容易に。

(右下) ビデオ・シースルー型の AR 技術を活用した遠隔操縦のための車両型ロボット。周囲の環境とロボットの身体との相互作用を考慮した未来予測映像を確認しながらの操縦が可能。

明確に示すといった応用が始まっています。また、最近ではスマートフォンやモバイル情報端末の普及により、位置情報とカメラを組み合わせた『Layar』など、一般の人が気軽に使えるサービスも増えてきました。

AR は近年の普及に伴いディスプレイ上の感覚情報だけでなく、実環境そのものをダイレクトに変化させることを含む、幅広い概念「拡張現実」として捉えられるようになってきた点が面白く、研究のしがいがあるのだと杉本さんは言う。

「光の定規」を用い、ロボットの動きを計測・制御

そうしたなか、杉本さんが現在、手がけているのが、実環境に視覚情報を投影する動的な空間型 AR の試みだ。

「プロジェクタやロボットといったデバイスを使うことにより、コンピュータ

の中の情報を直接、実空間に投影しようとしています。

たとえば、車両型のロボットによる対戦ゲーム『Augmented Coliseum』では、プロジェクタから投影される目印となる画像（指標画像）をロボットにつけた光センサで読み取ることによって正確な位置と姿勢を割り出し、動きを制御します（図2上）。いわば“光の定規”を動的に投影することで、高精度な AR 環境を実現しているのです」。

この方式の最大のメリットは、ロボットにつけられた5つのセンサが読み取る情報だけで、高い精度で位置を割り出せることにある。一般的な画像センサに比べて、大幅にコンピュータの計算量を減らすことができ、リアルタイムにロボットを動かすことが可能なのだという。

また、AR 環境において手元のロボットと遠隔のロボットの動きをリアルタイ

ムに同期させる研究も手がけている。

「たとえば、テーブルの上で建物内部のモノの配置を決めようというときに、目の前のオブジェを実際に手で動かすと、遠隔にいる人の目の前にある同形のオブジェも同期して動くというわけです。ぐっとリアリティが増します」。

関連して、コンピュータの画面上の情報を、小型のクマ型ロボットに装着した光センサで読み取り、その情報に合わせて多様なジェスチャをさせるコミュニケーションツールの開発も手がけている。

「拡張現実感を用いて実現したいのは、人と情報の間の柔軟なインタフェースです。実環境にある身体性を大切にしながら、空間性をもった情報提示を行うことで、抽象化された情報を具現化し、人と人との円滑なコミュニケーションに貢献できたらと考えています」。

(取材・構成 田井中麻都佳)



コンピュータと バーチャルリアリティへの情熱

幼い頃、家にテレビがなかったという杉本さん。その反動か、中学時代からコンピュータの魅力に取りつかれ、大学ではバーチャルリアリティの学生コンテストで活躍。趣味もCGデザインと、コンピュータへの情熱は止まらない。好きを研究に結びつけてきた杉本さんの姿は、学生たちが共感できる存在でもあるのだろう。研究室は若い活気に溢れている。

——長野県飯田市のご出身ということですが、どんな子ども時代だったのでしょうか？

両親は美大の出身で、父と母は東京のインダストリアルデザインの会社に勤めていたのですが、あるとき、田舎で自給自足の生活をしたいと東京から長野へ。のびのびと自然豊かな環境の中で子どもを育てたいという両親の教育方針もあって、小学校の高学年くらいまでテレビのない暮らしをしていました。幼い頃はそれこそ、毎日、野山を駆け回って遊んでいましたね。

テレビがなかった反動か、中学からはコンピュータにとても興味をもつようになりました。小学校の高学年のときに、従兄弟の家に遊びに行った際、MSXという初心者向けのコンピュータがあって、それに触れたのが私のコンピュータとの最初の出合いです。以来、まだコンピュータも持っていないうちから、コンピュータ雑誌を毎月買っては、熱心に読みふけるようになりました。

実際に自分のパーソナルコンピュータを手に入れたのは、高校に入学してからです。私のコンピュータ熱を見かねた父が、

志望高に合格したお祝いとして買ってくれました。

コンピュータを手に入れてからは、ますます情報学の面白さに魅せられて可逆圧縮の専門書が高校時代の愛読書だったりも。ちなみに、父に買ってもらったコンピュータは今でも大切に持っています。

——研究者になろうと思ったきっかけは？

学部1年のときに、当時、東京大学にいらした館^{たちすむ}嶂先生（現・慶應義塾大学特任教授／東京大学名誉教授）らが主宰していたIVRC（国際学生対抗バーチャルリアリティコンテスト）という大学生向けのコンテストに出場したのがきっかけです。

大学入学と同時に入ったサークルの先輩たちが、前年度にこのコンテストで優勝していたことから興味を持ちました。

大学1年のときに最初に手がけたのは、水槽の中にある操作対象に自己投射した感覚をつくりだすトレイグジスタンス（遠隔臨場感）のシステムでした。初挑戦でしたが、日本バーチャルリアリティ学会奨励賞を受賞しました。翌年以降も多くの仲間や、その後に卒論でお世話になる先生方の助けを借りながら出場し、3年目には、3次元空間として表現したコンピュータの記憶装置のフォルダ構造の中を自由に歩き回れるシステムを制作し、奨励賞と技術賞を獲得しました。

このコンテストを通じて、修士課程修了後にお世話になった前田太郎先生・安藤英由樹先生（現・大阪大学）、博士課程の恩師である稲見昌彦先生（現・慶應義塾大学）など、最先端のヒューマンインタフェース研究者と一緒に研究する機会を得たことで、研究の面白さを実感するようになりました。

——現在はIVRCの運営を手がけていらっしゃるんですね。

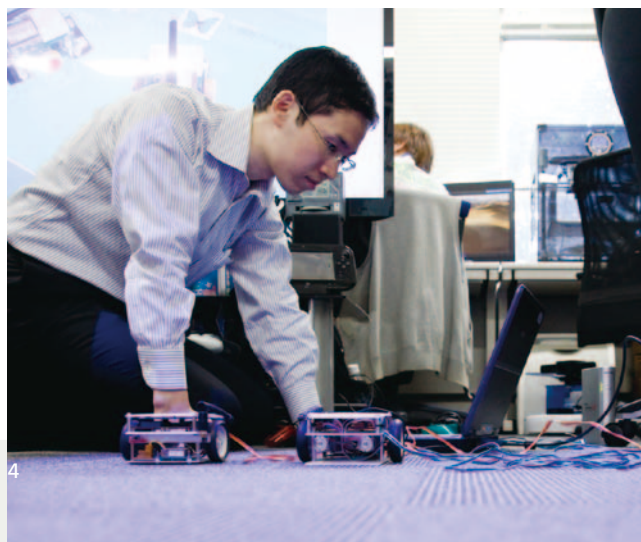
大学4年からは運営側に回るようになり、現在は実行委員として運営をサポートしています。

ちなみに現在は私の手を離れていますが、IVRCのWebページをデザインしていたことも。というのも、研究の息抜きというか、趣味でもCGデザインを手がけているのです。学生時代には、数カ月分の生活費を投げ打って、とても高価だった3D CGのソフトウェアを購入したほど。当時はまさに清水の舞台



図3 ひので (Soloar-B)

宇宙航空研究開発機構 (JAXA) が2006年に打ち上げた太陽観測用衛星。可視光・磁場望遠鏡、X線望遠鏡、極端紫外線撮像分光装置など、太陽表面や外層大気(コロナ)の磁場・温度・プラズマを高精度に観測可能な装備を持つ。こちらのCGは杉本さんの制作。



から飛び降りる覚悟でした。最近では、教育機関だと無料で使える高機能なソフトウェアが多数出ているので、今の学生さんたちがうらやましいです。

先日、博士課程時代に国立天文台からの依頼で制作した人工衛星「ひので (Solar-B)」のCGモデルがNASAのWebに掲載されているのを見つけました。自分の作ったCGが多くの方の目に触れる機会があるというのはとても嬉しいことです。

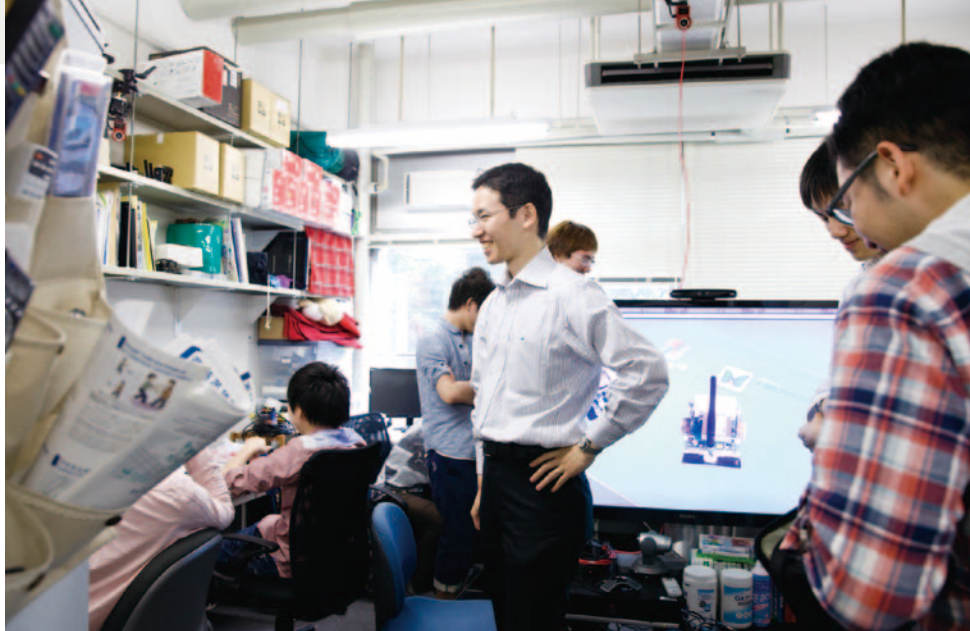
最近では、CGデザインの応用として、3次元造形装置「3Dプリンタ」を研究室に導入しています。研究に使用する装置の固定具などもCGモデルとして設計して、その場で作ることができます。趣味のデザインが研究の上でも実際に役立っていて、嬉しい限りです。

もっとも、研究でも趣味でもコンピュータばかりというわけではありません。3～4年前から、富士スピードウェイを軽自動車で行く「エコラン」に研究者仲間のチームと出場しています。自宅には液晶プロジェクタによる130インチ画面のホームシアターがあり、SF映画やアニメをよく見えています。幼い頃にテレビがなかった反動かもしれません(笑)。

——今、研究室には何名の学生さんがいらっしゃるのですか？

学部生が4名、大学院生が6名の計10名です。皆、育ちがよく素直で、とても教え甲斐があります。

ただ、大学の授業は受け身で聞いているだけではほとんど身につかないものです。学生たちには、興味のある分野に関連し



た趣味を持って、何でも「自分の問題」として実践してみたいと思っています。とくに、情報学の分野は、コンピュータと情熱さえあれば、すぐに自分のアイデアを形にすることができます。ぜひ、身近なところから実践することで有意義な学生生活を送ってもらいたいですね。

◎ちょっと一言◎

学生さんから：

●何か相談すると、いつも学生側の目線に立って、親身になって答えてくださる、とてもやさしい先生です。フランクに何でも言い合える雰囲気なので、研究室はいつも和気あいあいとしています。

(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>

興味のある分野に
関連した趣味を持って、
何でも「自分の問題」として
実践してみたい。

杉本麻樹

Maki Sugimoto

長野県飯田高等学校卒業。電気通信大学大学院電気通信学研究科 博士課程修了。東京大学大学院情報学環研究補佐員、NTT コミュニケーション科学基礎研究所客員研究員、日本学術振興会 特別研究員、MIT CSAIL 客員研究員 (Visiting Scholar) などを経て、2008年、慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科特別研究講師。2011年より慶應義塾大学理工学部情報工学科専任講師。博士(工学)。



杉本研と杉本麻樹の オンとオフ

2012年に立ち上げたばかりの杉本研。
たくさんの人が集う研究環境を目標に、
親しみやすい研究室を築いています。

海外研修

拡張現実環境のための計測技術について共同研究を行っている南オーストラリア大学での1枚。実践を通じて語学力を伸ばす機会に。



3D プリンタ

研究室には3次元形状を自由に造形できる3Dプリンタと、2次元の形状を素早く切断できるレーザーカッターを導入済み。想いを形にする「速力が武器」です。



歓送迎会

斎藤英雄先生の研究室との合同の送別会。おなじみ日吉の銀玉の前での1枚。今後の卒業生の活躍が楽しみです。



雪山の杉本研

蔵王での冬合宿。昼はスキー・スノーボードを楽しみ、夜は研究のディスカッション。筋肉痛と捻挫にはご用心!?



CG デザイン

実務と趣味の複合領域のデザイン。実行委員を務める国際会議のWebデザインをサポートしたりも。



ホームシアター

自宅の映画観賞用ホームシアター。学期の終わりには、学生さんも交えて映画鑑賞なども。

ドライビング

研究の合間に趣味のドライビング。メディアデザイン研究科の杉浦先生のチームで、夏と冬の2回、富士スピードウェイでの耐久レースを走っています。安全第一!



私の 本棚

My favorite books



● **人工現実感の基礎** パーチャルリアリティ研究の第一人者である館先生の監修による書籍です。現在、絶版になってしまっていますが、生理的な観点を踏まえて、どのように現実感を設計すればいいのかを示唆する実践とそれに基づく興味深い知見がまとめられています。この分野に興味を持った方は、同じく館先生監修で入手しやすい『バーチャルリアリティ学』を手にとっただけだと思います。

● Spatial Augmented Reality

近年、商業的にも注目を集めているプロジェクションマッピング技術の原典ともいえる書籍で、拡張現実感の中でもプロジェクタを用いた空間型 AR システムについての概念と数理を含めた包括的な記述が行われています。特に著者の一人である MIT メディアラボの Ramesh Raskar 教授は、常に新しい地平を拓く革新的な研究を行っているので目が離せません。

● **Ready Made: How to Make (Almost) Everything** 研究室ではコンピュータを用いたプログラミングをするだけでなく、実験に必要なデバイスを設計することも学生さんに実践してもらっています。ラピッドプロトotyping技術やフィジカルコンピューティングなどの最先端の技術を活用しながら、DIY (Do-It-Yourself) の考え方を大切にしたいと思っています。この書籍は、いろいろなモノを身近にある素材から自分で創りだしていくことを考える上で、良い刺激になります。

● 実例で学ぶゲーム 3D 数学

人工現実感や拡張現実感の技術は 3 次元の空間性を考慮したゲーム開発技術と密接につながっています。本書は、コンピュータ上の座標系の取り扱い、行列演算による幾何変換や交差判定など 3 次元空間情報とのインタラクションを考える上で必須となる数理を体系的に説明した書籍です。非常によくまとまっているので、研究室に最初に配属された学生さんに一読を勧めています。

● The Laws of Simplicity

MIT に滞っていた時の友人から記念にもらった書籍です。彼が出入りしていた研究室の John Maeda 教授の著書です。新しい技術を手に入れた時に無闇に情報を加算するのではなく、逆に減算することによって使いやすさを設計することができます。研究

上で情報提示法を設計する上でも忘れてはならない理念である「シンプルであることの重要性」をわかりやすく説いてくれる書籍です。

● **PATLABOR** 日常世界に「レイバー」という大型ロボットを持ち込むことによって、現代社会の有り様と主人公たちのチームワークを描き出したゆうきまさみさんの作品です。OS (オペレーティングシステム) によって性能が変わるロボット、大学の研究室を通じて高度な技術を紡ぐ人材が繋がっている様子、開発した優れた機体よりそれを設計した開発チームに価値があるという考え方などなど、ストーリーにちりばめられた工学的な面白さも大学で理工系に進む興味につながりました。

想像力の拓く地平

—科学と創造性—

杉本麻樹

人工現実感の研究では、私たちの五感をはじめとする感覚情報を再構成して提示することにより、あたかも自分の身体が実世界と異なった別の世界にいるかのような体験を創り出すことが行われます。このような人工現実感の「創造」の原点は、Lewis Carroll 氏の物語（フィクション）として知られる『不思議の国のアリス』です。

人工現実感・拡張現実感の研究の先駆者である Ivan Sutherland 教授は、1965 年の論文「The Ultimate Display」の中で、コンピュータがすべての感覚情報を制御できる究極の提示装置は、「アリスが歩い

た不思議の国」になり得ると人工現実感のコンセプトを説明しています。教授は、コンピュータが純粋な「計算機」として取り扱われていた時代に、コンピュータの中に空間性を持った世界を見出すという極めて卓越した想像力を持っていたことが伺われます。

また、フィクションは、新しい研究を行う興味にも繋がります。再帰性投影技術を用いた透明化の研究「光学迷彩」で知られる稲見昌彦教授も、この技術について述べた 1998 年の論文「現実感融合の研究（第 2 報）」の中で、土郎正宗氏の『攻殻機動隊』を参考文献としながら研究を説明しています。これは、作品に登場する「熱光学迷彩」という技術が、研究のモチベーションとなっていたからです。

このように、多様なフィクションに親しみ想像力を育むことは、私たちの思考の限界を押しひろげ、新しい可能性を思案する素養になるとともに、それを実現する動機ともなります。科学技術とフィクションとは、常に相補的であり、科学技術に根ざして新しいフィクションが創作され、フィクションに刺激されて次世代の科学技術が創成されるとも言えます。

そして、想像を形にする創造力も研究者として欠かせない大切な要素です。想像力と創造力を兼ね備えた研究者・研究チームが新しい世界を切り拓いていく力を持っています。

ぜひ、皆さんも沢山の物語を楽しみながら、見たことのない世界を創りだす〈想像力／創造力〉を育てていただけたらと想います。

理 工 学 Information

KEIO TECHNO MALL 2013

第 14 回 慶應科学技術展「育てる産学、育つ夢」

日時：12 月 13 日（金）10:00~18:00

場所：東京国際フォーラム 地下 2 階（展示ホール 2）

内容：実演中心の展示と研究者による技術セミナー・ラウンドテーブル

イベント：理工学部創立 75 年記念パネルディスカッション

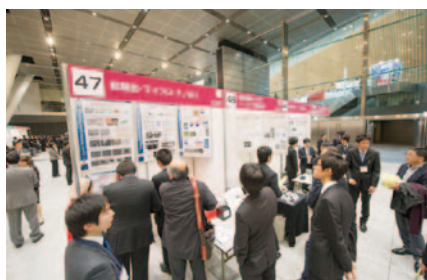
「今こそ大学に求められる世界人の育成：理系男女の挑戦」

（パネラー）辻野晃一郎氏（アレックス株式会社代表取締役社長兼 CEO）

那珂 通雅氏（ストームハーバー証券株式会社代表取締役社長兼 CEO）

遠藤 謙氏（株式会社ソーニーコンピュータサイエンス研究所アソシエイトリサーチャー）他

入場無料 ※ 事前登録は不要です



© 慶應義塾大学



新版 窮理図解



No.13 2013 July

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、石川彦彦（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）

kli-liaison@adst.keio.ac.jp

web 版 http://www.st.keio.ac.jp/kyurizukai

twitter http://twitter.com/keiokyuri

facebook http://www.facebook.com/keiokyuri

編集後記

最初に杉本専任講師にお会いした時は、表情がやさしく若くて学生のような印象を受けましたが、取材時、研究について目を輝かせて話をされ、学生には探究心を持ち続けてほしいと語る様子は、研究者であり、学生のことを思う教育者の顔でした。

取材のために車両型ロボットによる対戦ゲーム「Augmented Coliseum」などを実演する際には、研究室の学生の皆さんにいったん手を止めていただき、率先して協力していただきました。プロジェクタから 3 次元形状に映像投影する研究の紹介では、先生ではなく、学生が実演と説明をしてくれる場面もありました。

研究室の学生と杉本専任講師とは年齢に近いこともあると思いますが、研究室の雰囲気は和やかでそれでいて活気に満ちていました。

（中野祐子）