

産学連携を目指す電気通信大学の研究室紹介誌

OPAL-RING

ダイジェスト版 **VR・AI・ロボット**
～エンターテインメント～

IV

学術相談・共同研究
—はじめの一步—



「見る」「触る」「振る」 スマホ向け入力インタフェースの開発

板倉 研究室



板倉 直明
Naoki ITAKURA

スマートフォンやPCタブレットの小さな画面で文字を入力する際、その作業が煩わしいと感じることがはなから多い。端末がどんどん小さくなっても、文字の入力に関してはいまだに従来のパソコンのキーボードの入力方式を引きずっているのが現状です。

視線入力インタフェース

ヒューマンインタフェースに基づく入力方式を研究している板倉直明教授は、現在、スマホにも使

えるような視線を使った入力インタフェースを開発中です。スマホに内蔵されている自撮り用のインカメラで顔を撮影しながら、「目の動き」によって非接触で文字を入力するという新しい方法です。

視線入力インタフェースとえば、従来は画面上に文字を表示して入力したい文字をじっと見つめる「Eye gaze (注視) 入力」方式の研究が主流でした。しかし、この方法は文字そのものを見て入力するために、画面をある程度大きくしなければならず、また、注視位置を測定する高価な装置を使う必要がありました。

「チラッと見」で簡単入力

これに対して、板倉教授が開発

した「Eye glance (チラッと見) 入力」方式は、画面の四隅を二瞬見るだけで簡単に入力できます。四隅をチラッと(0.5秒以内)、または長めに(1秒程度)見ること合計8選択の入力が可能です。この8選択を2回繰り返せば64通りの文字を入力できます。入力方法を指示する文字プレートは小さくてよく、スマホなどの小型画面に表示してもスペースを取りません。認識率が約9割と高いのも特徴です。

現状では、顔の正面がカメラに映らないと認識しにくかったり、手ぶれの補正機能が十分でなかったりといった画像処理上の課題があります。内蔵カメラの性能も向上しつつあり、スマホのアプリ

として実用化できる段階にきています。

指や手首の動作でも

もっとも8選択肢で十分なら、視線入力以外の手法も可能ではないか。こうした発想から続いて開発したのが、現在のスマホでも使われている、指先で軽くはじく「フリック入力」と、手首動作入力のインタフェースです。四つの文字プレートから上下2方向を選択できるフリック入力を2回繰り返



開発したスマホ向け
視線入力インタフェース

の選択を2回繰り返すだけでよいのです。画面中央にボールを表示しておけば、ボールをころがすようなイメージで、その方向にある文字などを直感的に入力できるでしょう。「見る」「触る」「振る」の3



オークション研究の概念図

キーワード

Eye glance入力、ジェスチャ入力、脳波入力、多チャンネル表面筋電図

所属	大学院情報理工学研究所 総合情報学専攻
メンバー	板倉 直明 教授
所属学会	電子情報通信学会、計測自動制御学会、日本生体医工学会、日本生理人類学会、人類動態学会
E-mail	ita@se.uec.ac.jp



手首動作入力インタフェース

通常の視覚誘発脳波研究では、点灯間隔が一定の点滅パターンを使用するのが一般的ですが、板倉教授は、点灯間隔を変動させた独自の点滅パターンを見せることによって、特徴的な視覚誘発脳波を検出し、わずか2秒以内に8選択の入力を可能にしました。よく知られるブレイン・マシン・インタフェース(BMI)は、外部から指

性を秘めています。次代のデバイスの進化は、このようなテキスト入力インタフェースのイノベーションと同時に起こるのかも知れません。

さらに板倉教授は、筋萎縮性側索硬化症(ALS)患者など、手足だけでなく眼球も動かさなくなったユーザー向けに、脳波によって入力する脳波インタフェースも研究しています。後頭部に電極をつけて、脳の視覚野から出てくる視覚誘発脳波を測定し、ユーザーがディスプレイのどの場所を見ているのかを判定するこの方式では、画面上にどのような点灯パターンを映し出すのが鍵になります。

2秒で入力できる脳波インタフェース

示された時に入力するため、主体的に操作することができませんが、開発手法は入力したい対象がある場所の点滅パターンを見るだけで入力できるため、自分のタイミングで操作できます。



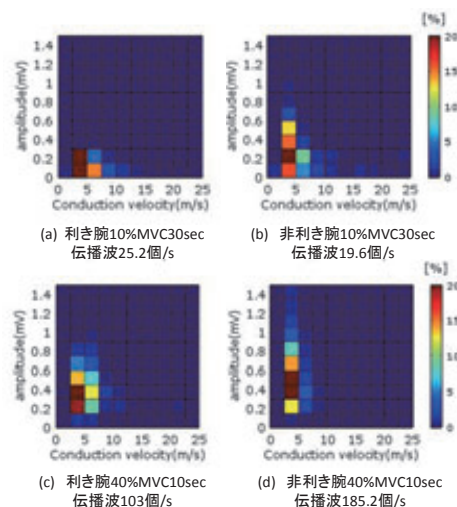
脳波入力インタフェースの仕組み

筋電位の測定や信号機開発もこのほか、運動時など筋線維が収縮する際に観測される活動電位(筋電位)を16チャンネルで計測し、その伝播波を解析することによって、運動後の筋肉の性質の変化を自動でマップ表示できるインタフェースなども開発しています。アスリートの体作りや、シムのトレーニングなどに導入できると板倉教授は期待しています。

また、信号機メーカーと長年取り組んできたヒューマンインタフェースを考慮した信号機開発でも、現行の「押しボタン式」に代わる、「見つめるだけで変わる」新開発の歩行者用の信号機システムが実用化の一手前まで来ています。

常識を疑い、人間に寄り添う「使える」インタフェースを追究する――。板倉教授はこうした姿勢で研究に取り組み、開発した技術の大半は特許を取得せずにオープンにしているそうです。それは「新しい技術の可能性を世の中に示すことが大学の使命だ」と考えているからです。

【取材・文】藤木信穂



筋電位変化の自動マップ表示の例

触覚インタフェースで世界を「遊び場」に変える

梶本 研究室



梶本 裕之
Hiroyuki KAJIMOTO

タッチパネルをたたくと、表面が木のような触感になったり、あ
る時はゴムになったり、はたまた
金属になったり……。梶本裕之准
教授は、そんな触覚インタフェー
スの研究に取り組んでいます。
「触覚」とは文字通り、モノに触
れた時に起こる感覚です。視覚や
聴覚などに比べて、触覚インタ
フェースの開発は難しく、いまだ
本格的な普及までに至っていま
せん。梶本准教授は「リアリティは
多感覚の統合によって生まれる」
と考えており、従来の感覚に触覚

を加えることで、リアリティのあ
る「究極のディスプレイ」が完成す
るといいます。

タッチパネルは指先や専用ペン
で画面に触れて入力を行う装置で
あり、入力のしやすさという観点
から見るとまだ課題があります。
触覚を与えることで、これを改善
しようというのが梶本准教授の研
究の動機です。方向性は二つあ
り、一つは触覚ディスプレイ、も
う一つは触覚センサの開発です。
触覚ディスプレイは触感を提示
する装置です。これはディスプレ
イの画面上に100個以上の電極
を置き、電圧をかけて直接指に電
気刺激を与えています。この時に
生じる振動感覚をうまく制御する
ことによって、木やゴム、アルミ

ニウムの三つの感覚の違いを作り
出しました。弦の感触なども出せ
るといい、例えば、ディスプレイ
上でも琴のような楽器を臨場感を
持って弾くことができます。梶本
准教授は「これらの触覚を与える



タッチパネル上の透明電極マトリクスを用いた触覚提示

ことで操作性が劇的に変わること
はないけれども、リアリティはか
なり向上してきた」とみていま
す。

一方、触覚センサは、触感を提
示するためにユーザの動作を計測
するシステムです。梶本研究室で
は、高速応答を特徴とするシステ
ムを開発しています。触覚センサ
を取り付けたスティックでタッチ
パネルをたたくと、たたいた瞬間
に振動子が振動して木やゴム、ア
ルミニウムの感触を伝えることが
できます。

普通のタッチパネルは、接触し
てから計測結果が触覚に反映され
るまでに100ミリ秒程度かかり
ますが、このシステムはスティッ
クのたたく前の動きを計測して接

触の瞬間を予測するため、たたいたと同時に「触覚を与えることが
できます。これによって、タッチ
パネル自体の材質感を瞬間的に変



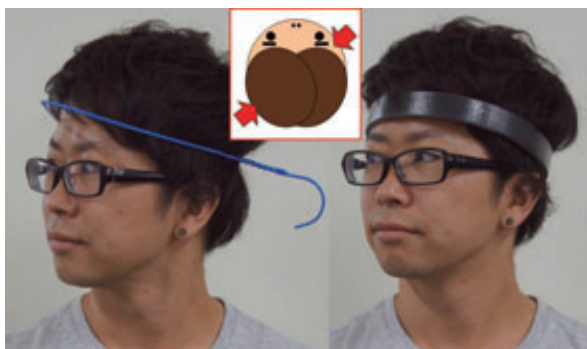
超高応答タッチパネルと振動提示を用いた材質感の提示

キーワード

ヒューマンインタフェース、バーチャルリアリティ、触覚ディスプレイ

所属	大学院情報理工学研究所 総合情報学専攻
メンバー	梶本 裕之 准教授
所属学会	日本バーチャルリアリティ学会、 計測自動制御学会、ヒューマン インタフェース学会、日本ロボッ ト学会、米電気電子学会(IEEE)、 米計算機学会(ACM)
E-mail	kajimoto@hc.uec.ac.jp

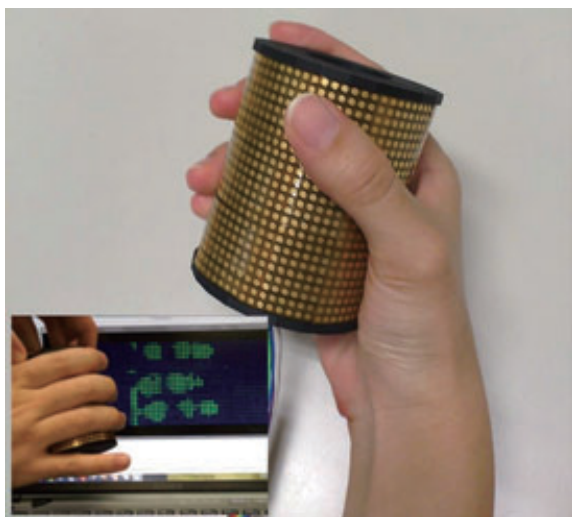
特許情報：特許5709110号



ハンガー反射を用いた痙性斜頸への臨床応用



擬似透過的状况を用いたくすぐり感の伝送



手のひら全体に触覚提示を与える世界一高密度な装置

えられることが分かっています。
このほかにも、梶本准教授は多様なインタフェースを作っています。視覚障害者向けの感覚代行装置としては、スマートフォンカメラを使って周辺環境を撮影し、画像処理を行い、電気触覚ディスプレイに変換するシステムを作製しています。これは視覚を触覚に変換する装置です。最近ではスマートフォンのカメラが3D化しつつあり、奥行き方向の遠近感まで与えられるようになってきています。

ハンガーをかけると、錯覚現象によって、頭が自分の意志とは関係なく自然に回ってしまう現象です。これと同等の機能を持つ装置を開発し、病気で首が傾いてしまう痙性斜頸の患者に使ってもらうため、病院と共同研究を進めています。

遊び心があふれているのも梶本研究室の特徴です。ハンドルを回すと鉛筆を削ったような振動が伝わる「バーチャル鉛筆削り」や、トクトクと注いでいる感じが出せる「バーチャルとっくり」、遠隔地にいる人の手のひらをくすぐっているような感覚を与えられる装置、

無限に上昇するような感覚を与えるエレベーターなど、ここでは全ては紹介しきれません。研究内容は頻繁に更新しているもので、最新の成果については研究室のホームページをぜひご覧ください。
触覚を与える箇所は手のひらや指先だけでなく、腕全体や全身にまで広がっています。関節に振動子をつけてギシギシする感覚を与えれば、自分がまさにロボットのよう

に歩いてしまいます。梶本准教授によれば、「自分の身体全体をキャンバスにすれば、変身することも可能」なのです。
さらに進むと、自分の身体を内側から変える拡張現実 (Augmented Reality: AR) の世界があります。身体の変身だけではなく、心までコントロールできるのです。例えば、われわれ人間は驚くと毛が逆立つことを経験的に知っています。そこで、皮膚の知覚器官に高電圧源を置いてこの状態を人工的に作り出し、その上でその人を驚かせると、実際に発汗量が増えて「びっくり量」が増幅することが分かりました。普通の状態で驚かせた場合に比べて、より驚きが増すように心を制御できたことが出来るのです。そのほか、自分のかすかな笑いを周りに伝えると、自分の笑いもそれにつられて増幅するような楽しい装置も作っています。

【取材・文】藤木信穂

「精密」ではなく、「正確」な判断を導く多次元ファジィ

西野(順) 研究室



西野 順二
Junji NISHINO

どが発売されて話題を集めました。

AIブームが追い風

「ファジィ(曖昧な)」という言葉
を聞くと、今では懐かしいと感じ
る人が多いかもしれません。人間
の思考や行動にある「曖昧さ」を取
り入れたファジィ技術は、
1960年代に登場し、80年代後
半には地下鉄やエレベーターの運
転制御などに応用されました。90
年代になると、「ファジィ家電」の
ブームに火がつき、絶妙な火加減
で炊きあげるファジィ炊飯器や、
洗濯物の量や汚れの度合いから洗
濯時間を決めるファジィ洗濯機な

あまり耳にしなくなりりましたが、
技術自体が廃れたわけではありません。
経済産業省の情報処理推進
機構(IPA)認定の「天才プログラ
マー」の称号を持つ西野順二助
教は、ファジィ一筋に25年以上も
研究を続けてきました。さまざま
な問題を大局的かつ正確にとら
え、人間のように柔軟にモノを考
えられる機械は、むしろこれから
より必要とされるでしょう。昨年
の人工知能(AI)ブームで改めて
見直されていますが、もともと
ファジィは古くからAIの一翼を
担う技術だったのです。

ファジィ理論の本質は、「精密

にはとらえきれない実世界を、よ
り正確にモデル化すること」だと
西野助教は考えています。最近で
は、世の中のさまざまな事象の数
理的な解析が進み、コンピュータ
の計算能力が飛躍的に向上したこ
ともあって、それまで困難だった
問題が数理モデルに置き換えられ
解けるようになりました。

飛行機と鳥

しかし、我々の住む世界すべて
を、このような精密な数式で表す
ことは到底不可能です。複雑な要
素が絡み合う現実の世界を忠実に
表現しようとするれば、必ずある程
度の「曖昧さ」を含むでしょう。そ
の曖昧さを取り除かず、きちん
と考慮して表すことこそが「正

確」だと言えるわけです。そこで、
ファジィ理論が威力を発揮するの
です。

空を飛ぶ「飛行機」と「鳥」の違い
を例に挙げて考えてみましょう。
近年、囲碁や将棋で人間に勝つA
Iが注目されていますが、これは
「ある問題を解くための知能を実
現する」という目的で開発されま
した。言ってみれば、これは空を
飛ぶ知能、すなわち飛行機を開発
することに似ています。それに対
して、「鳥の羽ばたきを再現しよ
うとする」のがファジィ技術であ
り、人の行為をまねする知能の実
現がその目的です。「空を飛ぶ知
能を作る」という同じ目標を掲げ
ていても、そのアプローチは全く
異なるのです。

キーワード

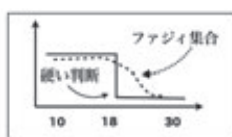
ファジィ、ファジィ理論、ファジィ制御、
ファジィ集合、ロボカップ、サッカー、
大貧民、トランプ、R言語、制御理論、
現代制御理論、最適制御理論、AI、
ミニ四駆AI

所属	大学院情報理工学研究所 情報・ネットワーク工学専攻
メンバー	西野 順二 助教
所属学会	日本知能情報ファジィ学会、 情報処理学会
E-mail	nishinojunji@uec.ac.jp

多次元の『このへんファジィ』

西野助教が進めているのは、日
本唯一ともいえる「多次元ファ
ジィ」の研究です。従来のファジィ
研究は、1次元(1変数)のファ
ジィ集合だけを扱っていました。
そこで例えば、「暑い」という感覚
的で曖昧な状況をコンピュータに
判断させるために、「温度」だけで

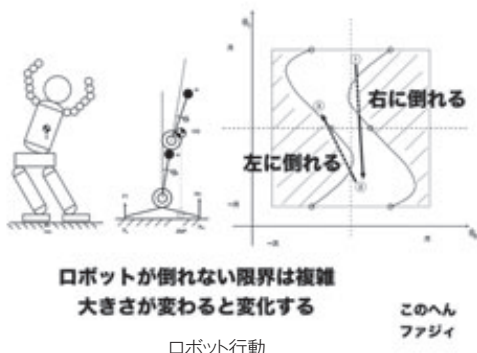
ファジィ集合



「寒い」を数字で言えますか？

18度きっかりで寒くなくなるわけではありません

ファジィ集合



ロボットが倒れない限界は複雑 大きさが変わると変化する

ロボット行動

ミニ四駆AIが応用を開く
また、西野助教は「世界一安いロボット」の実現を目指し、動力



ミニ四駆AI

付き自動車模型「ミニ四駆」にAIを載せた小型で高速な四輪ロボットを開発しました。市販の安いプロセッサを使って10000円程度でロボットを作り、多少の不具合があっても、AIで学習させることでうまく制御します。ファジィ理論を使ったこうした操縦技術は、将来、自動運転車などにも活用できるかもしれません。

最近では、企業とミニ四駆向けの専用コンピューターボードを開発しました。ロボットの「知能に当たるこのボードをミニ四駆に搭載すれば、誰でも「ミニ四駆AI」を走らせることができます。時速20キロメートルで走るミニ四駆は、実寸大の車と言えば、時速300キロメートルの速さに相当します。高速に移動し、かつ壁などに激突しても壊れない「過酷な



2017年開催の「ミニ四駆AI大会」の様子

環境」で、自律的に動く安価で賢い小型ロボットが実現すれば、将来、衣服や靴など身近なところにAIを導入する上で必ず役立つでしょう。

スピードやブレーキのかけ方、カーブを曲がる技術など、ミニ四駆AIは1台1台、異なる個性を持っていきます。AIには、こうした個体差を吸収して均一にする役目を与えるのではなく、個性を伸ばす学習を行わせるのだそうです。西野助教は、「今後はこれまでの画一的な大量生産から、AIを駆使したモノの「個性化」へとニーズがシフトしていくだろう」とみています。



サッカーの曖昧な状態評価

「やわらかい」情報処理を行うファジィ理論を採用することで、機械をより賢くすることが可能になったのです。

ファジィとは、「人間らしさ」と言い換えてもよいかもしれません。人間が曖昧である以上、機械が人間に近づくためには、ファジィを使いこなす必要があります。あらゆるモノにAIが搭載される将来に向けて、西野助教は「ファジィ技術はすべての産業にとって、これまで以上に有用になるかもしれない」と考えています。

多彩なゲームにも応用できます。トランプのゲーム「大貧民」において、他人の手に依存せず、最短で手札をさばける最善の手順をファジィ理論によって割り出しました。対戦相手の強さを自動で認識し、それに合わせて適度に負けてくれる「接待くまぶらぶら」なども考案しています。人間と同様の

また、最近ではAIの専門家として、哲学や法律、経済学の専門家と「AIを搭載した自律機械」が起こした問題の責任について考える国家プロジェクト研究を進めています。日本の歴史的、文化的背景からAIを社会的に位置づけた上で、例えば、自動運転車の事故や、AIが作曲した曲の盗作といった問題が起きた際に、人間が納得する責任追及のあり方を模索するものです。そこでは、「人間とは何か」という哲学的な考察を必要としています。

【取材・文】藤木信徳

自在に動くスマートヘア(人工毛)と、新世代スポーツの追究

野嶋 研究室



野嶋 琢也
Takuya NOJIMA

を感じる」という魅力があります。

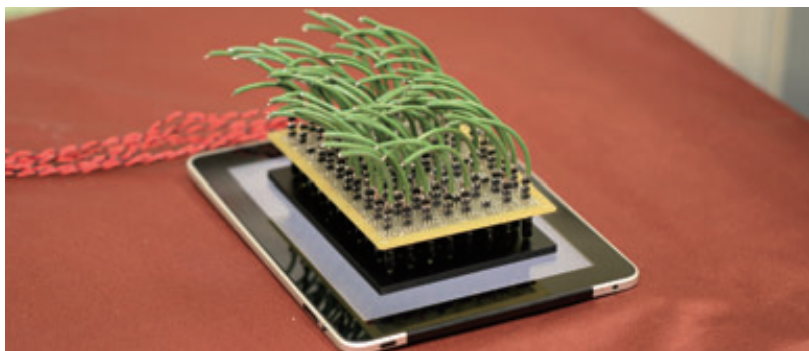
生き物のように動く毛状インタフェース

「毛は、生物学において「生物体の表面から突出した糸状の構造物」と定義されています。人間の髪の毛や鳥の羽毛、植物の毛茸、獣毛など、毛は人工物には存在しない生物特有のものです。

だからこそ、人工物で毛を再現することには大きな意味があります。野嶋琢也准教授は、毛をモチーフにした柔らかい毛状インタフェース(スマートヘア)を研究しています。毛には「柔軟で親しみやすく、触れた時に独特の温かさ

開発したスマートヘアの一つは、草のようにサワサワと動く80本の細いアクチュエータ(駆動装置)の集合体です。iPadなどのタブレット端末をその下に置き、映像を流すと、各アクチュエータがそれぞれ異なる挙動を示します。

温めると形が変わるワイヤ状の形状記憶合金にチューブをかぶせ、このチューブの下に、光に対応する光センサと小型の駆動回路を内蔵させます。端末に流す映像のシーンなどによって光の強度が



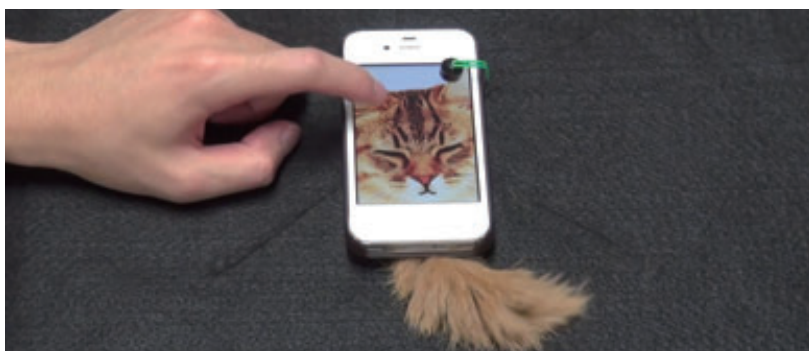
草のように動くスマートヘア

変わり、80本のアクチュエータがこれに連動して思い思いに動くため、全体を眺めると、まるで生き物が動いているかのように見えるから不思議です。

ネコのしっぽをまねたアクチュエータなども開発しています。これも同様に、形状記憶合金を毛で覆って光センサを内蔵させており、なでるとしっぽが動きます。スマートフォンのアクセサリのほか、怒ると毛が逆立つペットロボットの毛皮などに使えそうです。

教育への応用やイベント演出なども

その愛らしい動きから、こうしたスマートヘアを教育に活用する



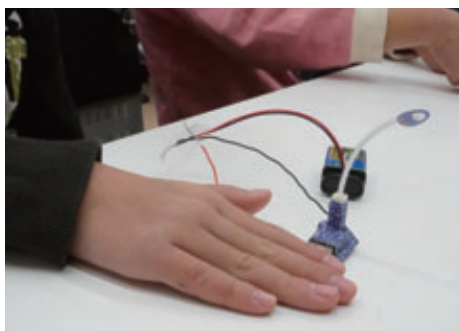
猫のしっぽのように動くスマートヘア

キーワード

バーチャルリアリティ、ヒューマンインタフェース、エンターテインメント

所属	大学院情報システム学研究科 情報メディアシステム学専攻
メンバー	野嶋 琢也 准教授
所属学会	バーチャルリアリティ学会、 情報処理学会、 ヒューマンインタフェース学会、 米電気電子学会 (IEEE)、 米コンピュータ学会 (ACM)
E-mail	tnojima@nojilab.org

特許情報：特許6218221号



ワークショップでのスマートヘアを活用した授業

取り組みも始めました。理工系に進学する女子生徒が少ないことに対し、「小学校の学習指導要領に沿った形で、女子をより意識した理科教育が行えないか」というのが野嶋准教授の問題意識です。「電気を通り道」という基本的な理科の授業で、一般的な豆電球ではなく、スマートヘアを用いることで、子どもの興味・関心をより引き出すことに成功しています。

スマートヘアの毛の密度は簡単に増やせます。数千本、数万本のアクチュエータでも大型ディスプレイが1台あれば動きをコントロールできます。イベントの演出などに適しているかもしれない。「例えば、動く壁や動くじゅうたん」など、スクリーンビリティ



女子美大と共同製作したスペース・クロス
写真提供：女子美術大学

(拡張性)によって、ダイナミックに躍動するインタフェースを作り、新たな価値を作り出したい」と野嶋准教授は考えています。

コミュニケーションツールとしての宇宙服

最近さらさらに進んで、女子美術大学と共同で、スマートヘアを取り入れた宇宙ファッションの研究も手がけています。「30年後に宇宙旅行が身近になったときに、どんな衣服が求められるか」という観点から研究しているのです。

無重力状態になって、まず乗り越えるべき壁が「宇宙酔い」です。そこで、体にセンサーを装着して心拍や胃電図をとり、そこから酔いの兆候を捉え、これによって衣服の襟や袖の飾りを光らせた

り、色を変えたりする宇宙服(スペース・クロス)のデザインを考案しました。

「服で表現することにより、周りの人が体調の変化に気づき、気遣える、そんなコミュニケーションのツールができた」と野嶋准教授は展望しています。

スポーツとゲームを融合し、価値を提供する

一方、野嶋准教授の研究のもう一つの柱は、スポーツとゲームとの融合です。最近、非接触で口と舌の動きを検出する装置を開発し、口腔動作が鈍る高齢者などを想定した口腔トレーニング用ゲーム『スカッチ』を開発しました。舌を左右に振るとラケットが動き、口をすぼめると球が打て、こ

りほほ笑むと初期位置に取りま

す。子どもからお年寄りまで楽しめるようさまざまな工夫をしています。

例えば、力の強い人は攻撃力を「低め」に、弱い人は「高め」に設定すれば、双方のチーム力を拮抗させられます。プレーヤはセンサを内蔵した専用のヘルメットをかぶり、ボールを頭上に掲げるとボールが認識されます。ボールに一度当たってもアウトにならず、ヒットポイントがゼロになるとアウト

また、どんな相手でも対等な試合ができるドッジボールの対戦法も開発しました。各プレーヤに攻撃力や防御力、体力(ヒットポイント)などの概念を導入し、個人の身体能力に合わせて自由に設定できるようにしました。



開発した口腔トレーニング用ゲーム「スカッチ」



新しいドッジボール対戦法の試み

【取材・文】藤木信穂

になるというルールです。

「勝負の世界」であるスポーツにこのような「平等を促す概念」を持ち込むことには違和感があるかも知れません。しかし、野嶋准教授は「スポーツはどうしても身体能力が強調されてしまうが、個人の持ち味を生かしたチームを編成すれば、スポーツの可能性や世代を超えた楽しみ方が広がるのではないか」と考えています。

野嶋准教授は、人間とシステムを一体化して増強する、いわゆる「オーグメンテッド・ヒューマン(人間強化)」時代の新しいスポーツのあり方を追究しているので

「空中映像」と「質感のデザイン」で表現の世界を変える

小泉 直也 研究室



小泉 直也
Naoya KOIZUMI

実空間に映像を提示

懐中時計でパッと空間を照らすとフッとお化けが現れる……。小泉直也助教は、一世を風靡したゲームソフト『妖怪ウォッチ』の世界観を再現した空中映像システム (Passive Midair Display) を手がけ、この成果が評価されてコンピュータエンターテインメントに関する国際学会で表彰されました。これは人間の動きに連動する形で、立体映像が現実の空間に映し出されるといっ仕組みです。

このような「空中像ディスプレイ」を研究する小泉助教は、VR (仮想現実感) / AR (拡張現実感) 分野の中でも、特に実空間に映像を提示することで、人間と情報とをインタラクション (相互作用) させることを目指しています。メガネやヘッド・マウント・ディスプレイ (HMD) を装着して立体映像を見る従来の没入型のシステムに対して、小泉助教は「公園やホールなど公共空間に映像を映して多くの人に見て触れて楽しんでもらいたい」と考えています。



後ろの壁側にお化けの立体映像が現れた様子

つ再帰透過型素子と呼ばれる最新の光学素子を使って、「実像鏡式」で空中像を提示しています。ジオラマのような博物館の展示などに使う「ハーフミラー方式」は、ガラスの壁の奥に像を映しています

が、実像鏡式はガラスの手前に像を映し出せるため、より現実感のある立体映像が得られ、映像のある場所に手を出して触るようなことも可能です。

日常空間に映像をポンと表示でき、実物と映像とを共存させられることから、「モノの存在感」と同じような存在感を「情報」にも与えられます。光学装置だけで構成し、検出器などを用いていないため、「光を照らす」というユーザーの行動にすぐ反応して映像を投影できます。また、「人間の視覚のメカニズムを考慮し、空中映像をより魅力的にみせるためのインタラクション技術も工夫している」そうです。

作品の展示も積極的に

このほかにも、カードの動きに同期して立体映像を空中に表示するシステム (EnchanTable) なども開発しています。タッチスクリーンの上に置いたカードを動かす



机の上に空中像を映し出す

キーワード

バーチャルリアリティ、空中像、クロスモーダル、デジタルアプリケーション

所属	大学院情報理工学研究所 情報学専攻
メンバー	小泉 直也 助教
所属学会	日本バーチャルリアリティ学会、 情報処理学会、米コンピュータ 学会 (ACM)
E-mail	koizumi.naoya@uec.ac.jp

と、カードの位置を即座に認識できるため、これをインタフェースとして使えば、スクリーンの上方に好きな空中像を自在に映し出せます。カードを使ったゲームの可能性が広がるかもしれません。



指を動かすと空中像が変化する

小泉助教は実験室ではなく、日常空間に映像を映し出すことに意味があると考えており、作品の展示も活発に行っています。例えば、日本科学未来館で催した『シキルとハイドのインタフェース』展では、「透明人間」を体験できる光学迷彩のシステム（光学迷彩2・0）を披露しました。「実験で

は分からなかったことが見えてくるのが展示の面白さであり、実際に体験してくれた人の感想や提案などが、次の研究へのモチベーションになる」と小泉助教はいいます。



質感デザインのイメージ
(図提供：共同研究者 Dr. Daniel Saakes 氏)

デジタル+モノづくり

一方、コンピュータ上のデータを基に素材を加工したり造形したりする、デジタルとモノづくりを融合した「デジタルファブリケーション」の研究にも取り組んでいます。3Dプリンタやレーザ加工機といった形状のデザイン技術の普及などを背景にして、昨今、デ

ジタルデータから手軽に形を作れるようになっており、モノづくりに新風が巻き起こっています。

小泉助教は、温度によって色が変わるフリクシオンインキを使って、モノの表面に自由に文字や絵を描ける技術を開発しました。インキを塗った製品や服、靴などに加熱用のレーザで模様を描いたり、また、ヒーターを搭載した口

ポットを使って、壁や建物など大型の物に自在にペインティングしたりすることも可能です。

使用後は冷却スプレーや冷凍庫などで冷やすと、描いたものを消せるのがこの素材の特徴です。最近ではより多くの色を出せるようになり、「服などをその日の気分に合わせてデザインしたり、広告の新しい表現方法として使えるかもしれない」と小泉助教は期待しています。空中映像と質感のデザイン。これらは、デジタル表現のあり方を根底から覆す大きな可能性を秘めています。

【取材・文】藤木信穂



携帯電話の漆塗りのケースに模様を描いた様子

VR空間で「手」を使う

廣田 研究室



廣田 光一
Kouichi HIROTA

近々、VR(仮想現実感)技術が再びブームを迎えています。現在では、頭部に装着するヘッド・マウント・ディスプレイ(HMD)を使った視覚的なVRの提示手法がその開発の中心になっていますが、廣田光一教授によれば、「VRの概念が提案された20年ほど前は、『手を使う』ことが当然のように想定されていたそうです。

廣田教授は、現状では実用性に課題があるこの「VR空間における手を使った操作」の実現を目指す

手を高精度に計測

まずは手を「つくる」、すなわち、手をモデル化することがその前提となりますが、モデルをつくるためには、手を「測る」ことが必要です。廣田教授は、骨と密着していることから、最も安定的に手の動きを測れる手の爪と、手の甲の計6カ所に磁気センサを貼り付けて手を計測しました。

センサによって、手の位置と姿勢が分かるため、これによって手



爪にセンサを取り付けた様子

の骨全体の曲げ角を推定できま

モデル化する

この手を「測る」技術を基にして、廣田教授は、手の柔らかい皮

膚の変形まで考慮できる柔軟な手モデルの構築に取り組みました。その結果、骨が皮膚に対して固定の境界条件を持ち、かつ皮膚と皮膚が触れる物体との接触力を計算できる手モデルが完成しました。

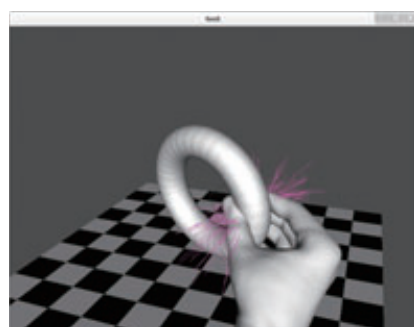
このようにして、物を持ったり触れたりした時の皮膚の変形を、初めてリアルタイムにVR空間上で精度良く表現できるようになりました。これが手を「つくる」技術



柔らかい皮膚を持つ手モデル

です。廣田教授は、「VR画像としての手」に皮膚のシワやくぼみまで表現することは、見た目の「それらしさ」だけでなく、物体の操作にも重要だ」ととらえています。

手を「測る」技術には、ユーザー自身の手を忠実に再現するという研究もあります。手のひらや指の



皮膚の変形を落とし込んだ手モデル

キーワード

触力覚提示、バーチャルリアリティ、ヒューマンインタフェース

所属	大学院情報理工学研究所 情報学専攻
メンバー	廣田 光一 教授
所属学会	日本バーチャルリアリティ学会、 電子情報通信学会、ヒューマン インタフェース学会、日本音響学 会
E-mail	hirota@vogue.is.uec.ac.jp

長さなどは個人差があり、個人にカスタマイズされた手をVR空間上に写し出すことができれば、手モデルの動きの精度も高められます。広田教授は今後、磁気共鳴断層撮影装置(MRI)などの非侵襲な計測法を使って手の3次元モデルをつくり、「将来はオーダーメイドの手モデルを簡単に作れるようにしたい」と考えています。

実空間にフィードバックする触力覚デバイス

一方、逆にVR空間内での動作や振る舞いを実空間にフィードバックするためには、実空間において、人間の身体に触覚や力覚を与えることが有効です。これが手で「触る」技術です。広田教授は、空気圧によって手指に力を提示する微小な風船型の触覚デバイスを開発しました。



風船型の触覚デバイス

5本の指に各16個、計80個のデバイスを取り付け、それぞれを独立に制御します。これで、例えばVR空間内で物をつかむ動作などを行うと、デバイスを通じて実際に物を触ったような感覚が手に伝わる仕組みです。風船は高密度に配置できるため、手の広い領域に触覚を与えられるだけでなく、電気刺激や振動子などの従来手法では出しにくかった、「実際の力に近い」押されたような感覚を提示できる「そう」です。

このほか手の代替として、足など他の部位に触力覚を提示する技

術も開発しています。これは、足などで代わりの感覚を得ながら、手は自由に動かすことができるという点でメリットがあります。

柔らかい物体をVRの手で操作する

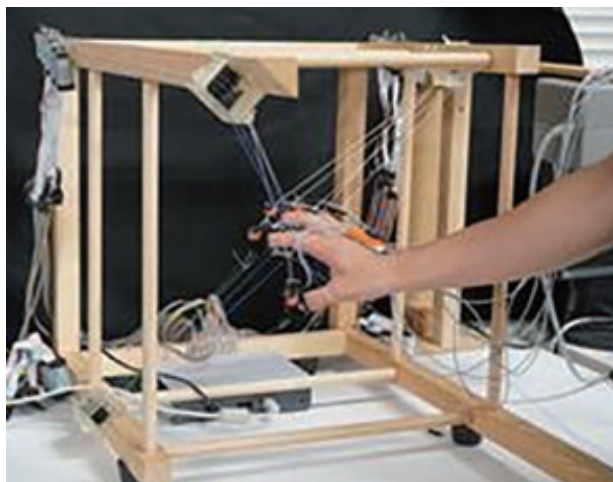
今後は、手を「使う」研究にも発展させていく予定です。ここでは応用のニーズによってさまざまな題材が考えられますが、硬い物体をつかむことはもちろん、柔らかく変形しやすい物体の操作や遠隔での物体操作の補助なども、将来は可能になるかもしれません。

こうした研究によって、最終的に現実と同じような形でVR空間の手を自在かつ巧緻に操れるようになれば、「人間の能力をより深く理解することにつながる」と広田教授はとらえています。精緻な手モデルおよびその器用な操作性の実現と、手の動作メカニズムの解明は、実は、科学においては表裏一体のテーマになっているのです。

【取材・文】藤木信穂



足裏に触力覚を提示する試作装置



右手の5指へ力覚を提示するデバイスなども開発

メタフィジカルVR

「知情意」を動かすVR技術の開発

広田 研究室(櫻井特任助教)

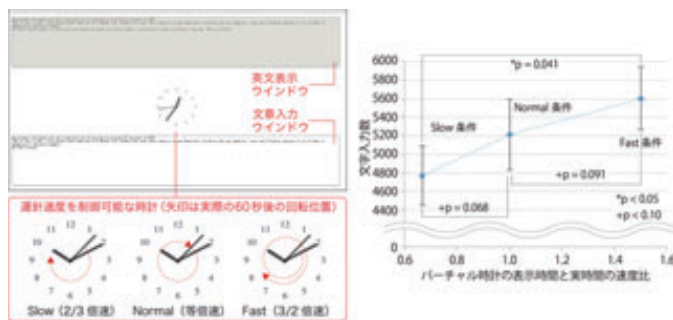


櫻井 翔
Sho Sakurai

パソコンでの作業中、画面に時計が表示されていたら、人はどう感じるでしょうか。また、その時計が通常より速く時を刻むものであったらどうでしょうか。認知心理学の観点から人工現実感（VR）を研究する櫻井翔特任助教は、最近こんな研究をしています。

時計を速く進めると…?

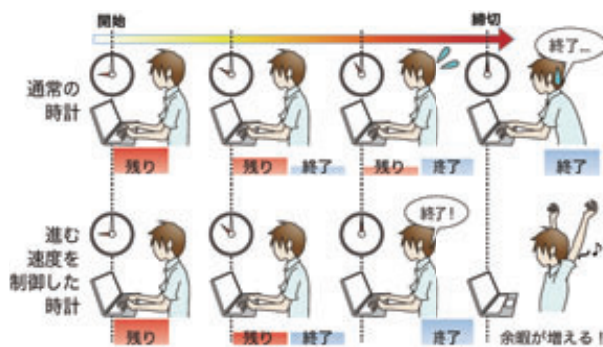
通常の時計の2分の3倍速で進む時計、つまり、本来10秒のところ



時計を使って時間感覚を操作する実験

るを15秒としてカウントする時計をパソコンの画面中央に表示し、被験者に英語の文章を入力する作業を行わせました。その結果、普通の時計を表示した場合に比べて、文字の入力数が8%増え、作業効率が上がったのです。反対に、通常の3分の2倍速と遅く進む時計を表示した場合は、入力数が8%減りました。

以上の結果は、時計の進む速さが通常と違うことに気づいた被験者でも、気づかなかった被験者でも変わりませんでした。すなわち、時計を違和感のない程度に速く回すことによって、無意識下で人の作業を効率化させられることが分かったのです。また、入力ミスの数や主観的な「疲労度」がどの



条件でもほぼ一定だったことから、入力数を基に比較すれば、時計を速く進めると、作業量だけでなく作業の質も向上することが分かりました。

キーワード

情動インタフェース、行動誘導、バーチャルリアリティ(VR)、ヒューマンコンピュータインタラクション(HCI)、認知心理学、身体性、感覚間相互作用、多感覚統合

所属	大学院情報理工学研究所 情報学専攻
メンバー	櫻井 翔 特任助教
所属学会	日本バーチャルリアリティ学会、 日本ヒューマンインタフェース学会、 米コンピュータ学会(ACM)
E-mail	sho@vogue.is.uec.ac.jp

これについて櫻井助教は、「その場に時計を置くだけで、意識していなくても、秒針のテンポに人の行動が影響されるのではないかとみています。一方、秒針と同じ速さで点滅する図形などでは、こうした傾向はみられませんでした。これは恐らく、「時計が示す時間に基づいて、我々が行動を無意識に変えるという経験則があるからでしょう。」

IAからAHへ

このように、感覚の変化(視覚が作業効率(能力)に影響を与えることが分ければ、「人間の経験則や思い込みなどをうまく利用することによって、人間をより賢くできるのではないかと櫻井助



教は考えています。つまり、VR技術を使って、人間の心や能力を制御できるシステムを開発しようというのが狙いです。

例えば、人工知能(AI)はゼロから知能を作り出すものであり、そこには自律性や正確性が求められます。一方、VRはもともと知能の能力を広げる「知能増幅(AI)の概念を踏襲した技術であり、対話性や即応性が特徴です。

AIとは異なり、ここでは、人と機械の相互作用(ヒューマンコンピュータインタラクション)が必要なのです。

その先に、五感などの情報を提示して人間を賢くする「人間拡張(AH)」という概念があります。櫻井助教は、物質を越えた「メタフィジカル(形而上の)VR」によって知性や感情、意志(知情意)を中心とする認知をコントロールし、望ましい行動を誘導するインタフェース技術の実現を目指しています。

「手に汗を握る」を作り出す

時計の実験は「能力」を拡張するものでしたが、もう一つは「情動」を喚起する実験です。ゲームのプレー時に、プレーヤーの手に水蒸気を吹きかけて汗をかいたような状態を作り出し、同時に、手の温度を制御して、感情の変化を調べました。開発したゲームコントローラシステムには、水を霧状に噴霧するための圧電素子のほか、温度制御が可能なペルチェ素子を載せています。するとどうでしょうか。疑似的な汗と温度刺激により、プレー

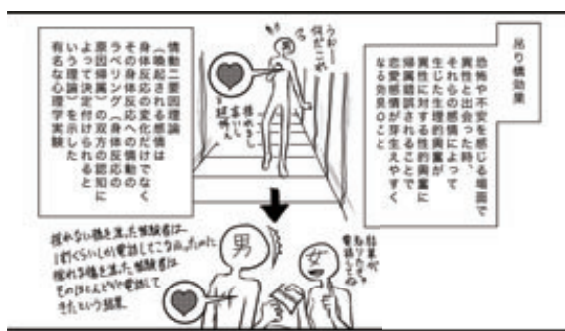
ヤーは次第に「焦り」を覚え、ゲームの難易度が上がったと錯覚したのです。すなわち、「手に汗を握る」というような状況をVRで演出し、それによって生じた身体の変化(触覚)が、焦り(情動)や操作(行動)に影響を及ぼすことを示しました。こうしたことが可能なら、行動の「難易度」といったものを操作するインタフェースが実現できるかもしれません。

ほかに、ディスプレイを通して見る相手の表情や性別の印象を変えることで、コミュニケーション時の情動に変化を起し、互いが発揮する創造性のような能力を向上させることにも成功しています。また、食事の際に皿の大きさを变更后満腹感をコントロールしたり、VR空間上における分身(アバター)の性別を変えることで現実では得られない運動能力を獲得させたりといった研究なども手がけています。

感情を追体験する

物理的な情報だけを扱う従来のVR技術では、人間が認知している世界は再現できません。情報がどのように知覚されるかは記憶や

経験によって変わるため、同じ情報が与えられた場合でも、人によって感じ方はさまざまだからです。しかし、「人間の認知メカニズムに基づいて、VR技術によって感覚や身体の変化を作り出せば、心や行動を誘導することはできる」と櫻井助教は考えています。「楽しいから笑う」のではなく、「笑うから楽しい」と言われるように、情動は必ずしも偶発的に生じるものではないことは分かっています。つまり、「楽しいから笑う」のではなく、「笑うことで、楽しさを作り出す」ことが十分可能なのです。



VRで心を制御できるようになれば、例えば、精神疾患などの治療に役立てたり、認知を再現するシステムの開発などに寄与したりできるかもしれません。360度の動画が見られるVR空間に没入し、他人の「行動」を追体験するシステムは既にありますが、将来は、行動に加えて、昔の人などが「感じたこと」も追体験できる、「感情のタイムマシン」のようなものが登場するかもしれません。そのためには、技術開発と同時に、その倫理基盤の構築も重要なのです。

【取材・文】藤木信穂



櫻井助教はマンガ家でもあり、研究をマンガでも発信している

生体情報を用いたヒューマンインタフェースの研究

水野 統太 研究室



水野 統太
Tota MIZUNO

本や漫画を読んで感動した時の心の動きを測定できたらー。生体情報を使ったヒューマンコンピュータインタラクティブシミュレーション(HCI)を研究する水野統太准教授は、こうした目的から、現在出版社と共同で「感動」を可視化する研究に取り組んでいます。

自律神経の活動を推定

利用するのは、赤外線を使って非接触で皮膚の温度を測るサーモグラフィです。人はストレスを受

けると、自律神経のうちの交感神経が働き、反対に、リラックス状態になると副交感神経が働きます。この自律神経活動に伴って体表面の毛細血管の血流量が変化し

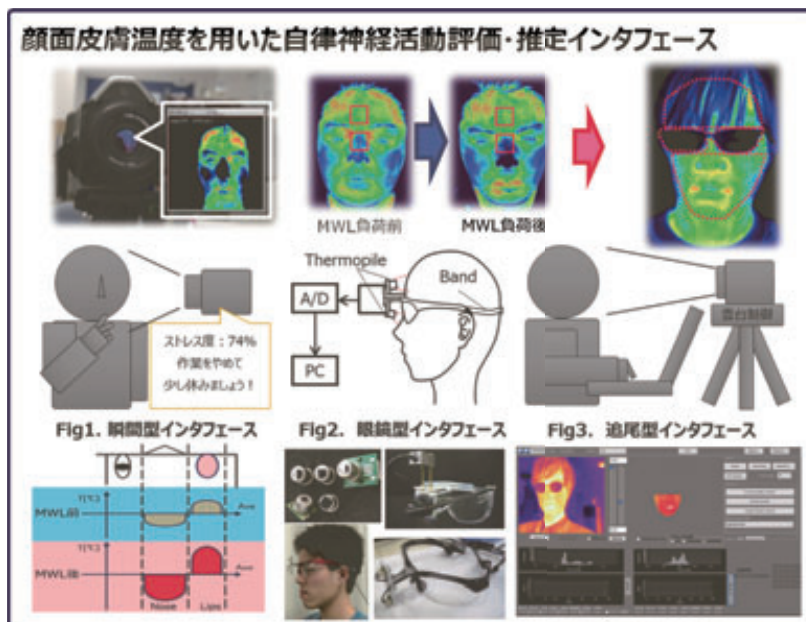
ます。皮膚温度は血流量によって変わるため、皮膚温度の変化を測れば、人の心理状態を把握することができるとです。特に手先や足先、鼻などは自律神経活動による温度変化が大きいので、過去にはこうした部位を対象にした研究が行われてきました。

水野准教授は、自律神経活動を推定する「瞬間型」「眼鏡型」「追尾型」という三つのインタフェースを研究・開発しています。鼻の温度だけを利用する従来手法は自律神経活動の評価に時間がかかって

いましたが、水野准教授は顔全体の温度を使用することで瞬時に評価できる可能性を示しました。

「感動」のパターンを明らかに

一方、眼鏡型は鼻と額の温度差を測ることで、動きながらも正確に測定できるようにしたインタフェースです。耳式温度計と同じセンサを利用して、追尾型インタフェースは、顔の下半分を自動で検出し、鼻から口にかけての温度変化をリアルタイムに追いつながら計測するものです。これまでは手動による操作が不可欠でしたが、アルゴリズムの改良によってほぼ自動化できるようになりました。眼鏡をかけていても計測できます。



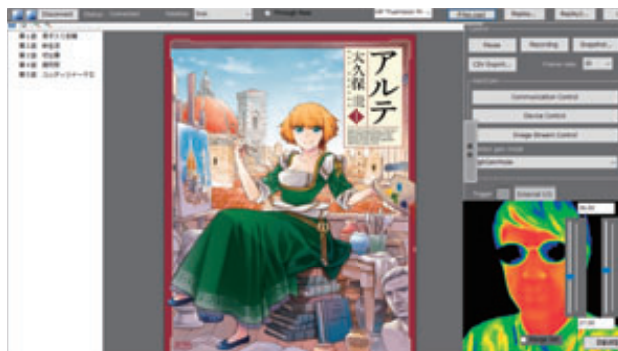
キーワード

ヒューマンコンピュータインタラクティブ、生体情報学、ヒューマンインタフェース、バーチャルリアリティ、感性情報処理

所属	大学院情報理工学研究所 情報学専攻
メンバー	水野 統太 准教授
所属学会	電気学会、日本バーチャルリアリティ学会、感性工学会、電子情報通信学会
E-mail	mizuno@uec.ac.jp

この追尾型インタフェースをデスク上に置き、その前に被験者を座らせて漫画を読んでいる時の顔の温度変化を観察したところ、感動するとある決まったパターンが現れることが次第に分かってきました。感動したかどうかは、心理学に基づくアンケートによって被験者に直接質問をしています。

さらに、手のひらの皮膚の電位活動から発汗量を計測する新しいインタフェースも開発しています。漫画本を持った時の手の位置にこのシステムを取り付けておくと、読みながら皮膚電位の変動を



皮膚電位活動インタフェース

測ることができ、そこから自律神経活動を推定することができま

す。これに加えて、カメラと人の間の距離を計測できる深度センサー「リアルセンス」を用いて、漫画により近づいて読んでいる時、すなわち対象に対して前のめりになった時に「興味度が上がっている」と解釈する興味度推定システムも考案しています。

生体情報に基づく推薦システム

これら複数のインタフェースを総合的に解釈し、人が手に汗を握り、感動しているという状況をデータとして示すことができれば、「例えば、感動する作品を作るために、これまで編集者が経験



興味度推定システム

に基づいて作家にアドバイスしてきたようなことを、生体情報を基にして行えるかもしれない」と水野准教授は期待しています。

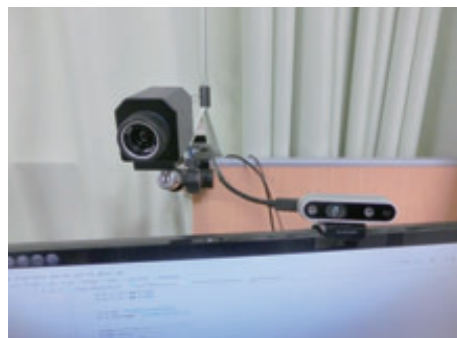
将来の作家は、こうした「感動パターン」に沿ってストーリー展開を進めるのでしょうか。漫画だけでなく、映画や音楽など文化的な創作活動の多くに取り入れることができそうです。また、「この本に感動した人はこんな本もお勧めです」という形で、ネットショッピングの商品の推薦システムにも使えるかもしれません。個人の生体情報を基にした提案は、人工知能(AI)を使った現在のシステムよりも、より深く人の心に訴えか

けることができるでしょう。

人を導くHCI

このほかにも、水野准教授は仮想現実(VR)や感性情報処理など多くの研究テーマを手がけています。例えば視覚情報によって体性感覚を変化させたり、指先に振動を与えてモノに触れた時の柔らかさを変えたりする力覚システムのほか、音楽を聴かせて聴覚を刺激することによる反応速度の変化などを研究しています。

また、人を認識して動作する信号機システムなど道路交通関係の研究や、指や手首のわずかな動作で多くの文字を入力できる少操作



赤外線サーモグラフィと深度センサ

多選択肢入力インタフェース、カメラで目の動きをとらえる低コストの視線入力インタフェースといった研究にも取り組んでいます。

すべてのテーマに共通していることは、人間を対象とし、工学的な観点から人間をモデル化することで人間の理解を深めるようにしていることです。特に「生体情報を使って、今よりもポジティブな状況を作り出せるようなHCIシステムを作りたい」と水野准教授は考えています。

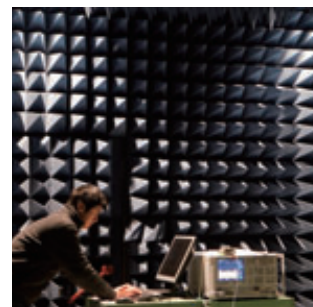
【取材・文】藤木信穂

電気通信大学の教員との 連携はお任せ下さい

産学官連携センター産学官連携支援部門では、電気通信大学の産学官連携の窓口として、教員の研究の蓄積を社会に広く展開し、企業のニーズに応じて、社会の役に立つ研究・開発を推進するため、下記のような活動をしています。

産学官連携支援部門の業務

- 教員との産学官連携をコーディネート
 - 学術相談、共同研究、受託研究など
 - 公的資金による研究プロジェクトの企画調整
- 教員の研究成果の情報発信
 - 研究室紹介誌「OPAL-RING」発刊(本誌)
 - 学内での産学官連携イベント「産学官連携DAY」の開催
 - 国内外での展示会や新技術説明会への参加
- 社会・産業界から大学へのニーズ情報の収集
- 電気通信大学産学官連携センター事業協力会、TLO(株式会社キャンパスクリエイト)および電気通信大学同窓会(一般社団法人目黒会)との連携
 - 研究開発セミナーの開催など



産学官連携の様々な進め方

詳細は、onestop@sangaku.uec.ac.jp までお問い合わせください

1 「相談・指導を受けたい」 ➡ 学術相談

本学の教員等が教育・研究及び技術上の専門的知識に基づき、企業等からの各種相談に対し助言・指導を行う制度です。

学術相談を希望される場合は、指導内容・期間・相談料等について、産学連携コーディネーターに事前に相談してください。事前相談の結果、学術相談が可となった場合には、「学術相談申込書」を提出していただき、学術相談契約を締結します。

期間：相談内容により異なりますので、依頼者と相談担当教員、産学連携コーディネーターが協議し、決定します。複数年度にわたる相談も可能です。

費用：相談料は、相談に対する対価及び相談に直接必要な経費（直接経費）と共通経費負担分（間接経費）からなります。間接経費の額は、直接経費の30%に相当する額となります。

3 「研究をしてほしい」 ➡ 受託研究

企業等からの委託を受けて、企業等（委託者）が負担する経費により、教員が職務として研究を行い、その成果を委託者に報告する制度です。

企業等と大学の間で受託研究契約を結びます。

期間：受託研究実施に当たっては、企業等と大学の間で受託研究契約を結びます。複数年度にわたる研究も可能です。

費用：研究経費は、当該研究遂行に必要な経費（直接経費）と当該研究遂行に関連し直接経費以外に必要な経費（間接経費）の合算額となります。この場合の間接経費の額は、直接経費の30%に相当する額となります。

5 「教育・研究の奨励」 ➡ 奨学寄付金

本学の教育・研究の奨励を目的として、民間企業等から寄付を受け入れる制度です。

2 「一緒に研究をしたい」 ➡ 共同研究

企業等の研究者と大学の教員が共通の課題について、対等の立場で研究する制度です。

共同研究には、企業等の研究者（共同研究員）と研究経費等を大学で受け入れ、共同して研究を行う方式（共同研究員受入型）と、大学は企業等から研究経費等を受け入れますが、研究はそれぞれの施設で分担して行う方式（分担型）があります。

期間：共同研究実施に当たっては、企業等と大学の間で共同研究契約を結びます。複数年度にわたる研究も可能です。

費用：研究経費は、当該研究遂行に必要な経費（直接経費）と当該研究遂行に関連し直接経費以外に必要な経費（間接経費）の合算額となります。この場合の間接経費の額は、直接経費の10%に相当する額となります。なお、共同研究員受入型の場合は、共同研究員1人につき年額42万円の研究料を別途お支払いいただきます。

4 「研究指導を受けたい」 ➡ 受託研究員

企業等から現職の技術者や研究者を大学に派遣し、大学院レベルの研究の指導を受けることができる制度です。

専ら個人の研究のために教員の指導を受ける「研究生」とは異なり、企業等の事業目的のために派遣されるもので、現職の技術者や研究者であって、大学院に入学することのできる資格がある者、またはこれと同等以上の学力があると学長が認めた者が対象となります。

期間：6カ月を超えて1年以内（長期）と6カ月以内（短期）があります。ただし、受入れが許可された日の属する会計年度を超えることはできません。研究の継続が必要な場合は、翌年度に更新することができます。

費用：研究期間が「長期」の場合は541,200円、「短期」の場合には270,600円となります。

6 「公的資金で共同研究したい」

➡ プロジェクト共同提案

本学の教員と共同で行う、公的資金によるプロジェクトの提案を支援します。

科学技術振興機構（略称JST）や新エネルギー・産業技術総合開発機構（略称NEDO）などの公的資金ファンディング機関では、産学官連携による研究活動へ競争的資金（公募）により様々なファンディングが行われています。

Unique & Exciting Campus

OPAL-RING

学術相談・共同研究 - はじめの一歩 -

「見る」「触る」「振る」スマホ向け入力インタフェースの開発
触覚インタフェースで世界を「遊び場」に変える
「精密」ではなく、「正確」な判断を導く多次元ファジィ
自在に動くスマートヘア(人工毛)と、新世代スポーツの追究
「空中映像」と「質感のデザイン」で表現の世界を変える
VR空間で「手」を使う
メタフィジカルVR —— 「知情意」を動かすVR技術の開発
生体情報を用いたヒューマンインタフェースの研究

板倉 直明 教授
梶本 裕之 准教授
西野 順二 助教
野嶋 琢也 准教授
小泉 直也 助教
広田 光一 教授
櫻井 翔 特任助教
水野 統太 准教授

電気通信大学 産学官連携センター

<http://www.sangaku.uec.ac.jp/>
onestop@sangaku.uec.ac.jp