

激のVRへの応用可能性としては、感覚受容器の刺激や、脊髄運動神経に抑制性の結合を持つ感覚神経の刺激による、疑似力覚提示などが考えられます。

また、当研究室が属する情報コミュニケーション工学部のユニークなカリキュラムの一つに、3年生後期に履修するシステム製作実験があります。グループで行うミニ卒論のようなもので、毎年、違ったテーマに取り組みます。周期12秒すなわち長さ40mにおよぶ長大なブランコを仮想体験する「バーチャルハイジのブランコ」(図4)や「バーチャル三輪車」などが製作されました。装置製作から描画や機器制御のプログラミングまですべて学生自身の手で行うため、総合力がつくと好評です。

3. おわりに

本稿では、研究室で行っている研究の内容を簡単に紹介しました。誌面では紹介しきれない実際の動きを、MPEG動画で研究室のWEBサイトに掲載してありますので、興味を持たれた方はご覧下さい。

東京農工大学工学部情報コミュニケーション工学科
〒184-8588 東京都小金井市中町2-24-16
TEL 042-388-7142 FAX 042-387-4610
<http://www.tuat.ac.jp/~kfujita/>

● 研究室紹介 ●

東京工芸大学工学部 光工学科光情報処理研究室

久米祐一郎
曾根順治

1. はじめに

東京工芸大学の歴史は1923年に創設された小西写真専門学校に遡ることができる。その後、東京写真専門学校、東京写真大学と名を変えて現大学名となり、現在では工

学部と芸術学部を擁している。当研究室が所属する工学部光工学科は、以前の写真工学科が時代の要請に答えて改組されたものであり、光学、光デバイス、光通信、光計測、画像処理、光機能性材料、写真化学等の光に関する幅広い分野の教育と研究を行っている。その中で当研究室は計算機と画像処理を担当し、「サイバー空間と人間の調和」を目指して、デバイス開発や人間の感覚系を含めて幅広く研究を行っている。

本研究室の現在の構成は教員2名(教授 久米祐一郎、助教授 曾根順治)、大学院修士課程6名、研究生1名、学部4年生12名である。以下に最近の研究からバーチャルリアリティ(VR)に関連するものを簡単に紹介する。

2. 振動刺激触覚ディスプレイ

振動素子を用いる触覚ディスプレイはCyberTouchをはじめとしてVRに広く用いられているが、当研究室では複数の振動モータによるファントムセンセーション(PhS)を用いた情報提示について、感覚特性の研究や応用開発を行っている。PhSとは皮膚上で異なった2点を刺激したときに、刺激が融合して知覚されると同時に、強度が大きい刺激へ知覚位置が偏移する現象である。これを用いれば数少ない刺激素子により知覚位置を制御して、空間情報の提示が可能となる。研究の一つの方向としてPhSの多次元化を検討している。図1に立方体の頂点に取り付けた8個の振動モータを両手で包み込むように触れ、その立方体内の空間にPhSを生起させる装置を示す。これを用いて人間がその立方体内でPhSを定位する能力や、振動強度の時間的変化によるPhSが移動する方向の弁別能等の感覚特性を調べている。

PhSの応用の一つとして、触覚だけで楽しめる電子ゲームの開発も行っている。図2に示すようにゲームパッドの上端に人さし指に触れるように振動モータを取り付け、左

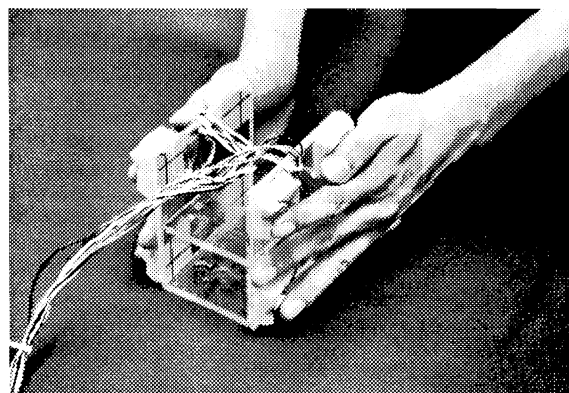


図1 8個の振動モータによる3次元ファントムセンセーション提示装置。両手で包み込むようにして立方体の各頂点に取り付けた振動モータに触れる。

右の人さし指間に生起するPhSによって、左右方向の位置を提示する。これによって2点の距離を含めた位置関係を触覚へ提示でき、視覚ディスプレイを使わないシューティングゲームも可能となる。

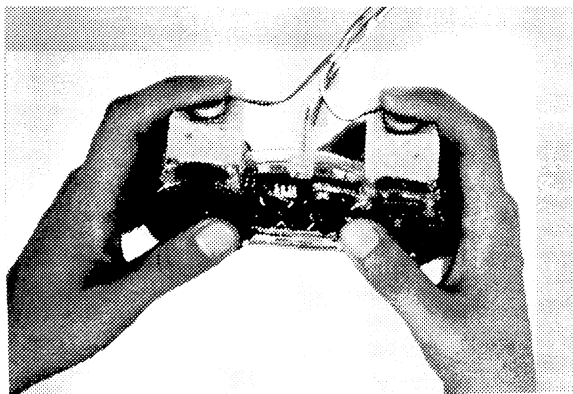


図2 2個の振動モータによるファントムセンセーションを提示できるゲームパッド。両人さし指が振動モータに触れるようになっている。

3. 鉛直方向移動提示

人間は視覚、前庭感覚、体性感覚の情報を総合して自己運動を知覚している。最近ではVRにもモーションベースに代表される前庭感覚ディスプレイが多く導入されるようになったが、より効果的に移動感覚を仮想環境下に提示するためには、提示刺激とこれらの感覚、特に感覚間の相互作用を詳細に明らかにする必要がある。

ここでは鉛直方向移動に注目し、加速度と視覚刺激と自己運動感覚の関係について調べている。図3は実験装置の外観であり、昇降台によって人を昇降させるとともに、プロジェクタへ上または下へ移動する視覚刺激を表示

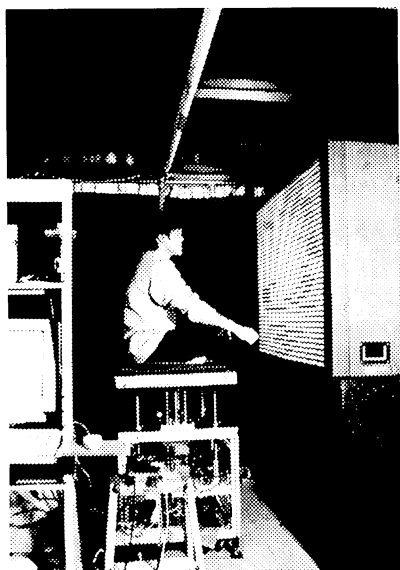


図3 昇降台と大画面表示による鉛直方向移動感覚実験装置。

する。大画面表示の他に、HMDも用いて、提示する画像や視野の影響も調べている。

4. 足操作ポインティングデバイス

マウスが考案されたとき、脚を計算機操作に使うことも検討されたが実用には至らなかった。当研究室では足や脚に負担が少なく、使い易い、足で操作するポインティングデバイスの開発を行っている。

図4に試作した装置を示す。ポインティング作業は足を移動させて指示するのではなく、図のようにピボット支持されたプレートの上に両足をのせて、足の加重を変えることによりプレートの傾きを変化させ、その傾きによってポインタを移動させて作業を行う。これまでの評価ではポインティング特性はマウスと同等であったが、ドロー等のなぞり作業では、なぞる方向によってはマウスに劣ることが明らかになっている。現在、視覚障害者補助機器の操作インターフェイスとしての応用を検討している。

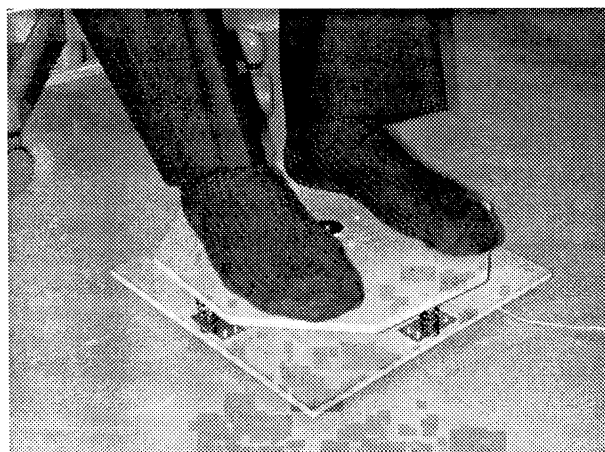


図4 両足で操作する傾斜指示型ポインティングデバイス。

5. 光学式モーションキャプチャ

当研究室では人体に装着するものが小さく、装着感の小さい無線光学式モーションキャプチャの開発を試みている。装置構成は照明系、反射指標と検出系からなり、センサーとして半導体位置検出素子(PSD)を用いている。人体に装着する指標として配線が不要である受動光学素子である再帰性反射素子を用い、照明系と同一光軸上のPSDによりアナログ演算で座標測定を行っている。PSDはその原理から同時に1点計測しかできないために、波長の異なった複数の光源と、分光反射率の異なった反射指標を用い、波長・時分割方式で複数点の計測を行っている。図5に実験系を示すが、同一光軸上にPSDと照明系を配置するためにハーフミラーを用いている。両手の指先には再帰性反射指標をつけている。現在は2点を毎秒300

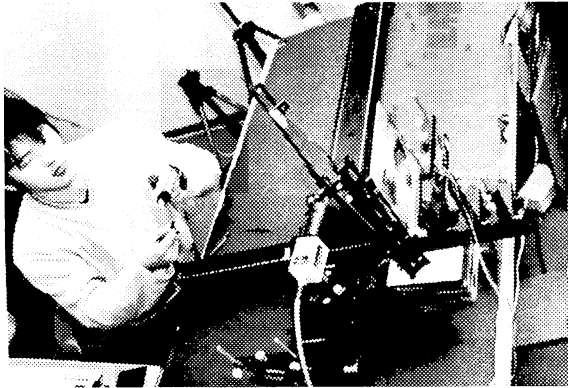


図5 PSD、照明光学系、反射指標によるモーションキャプチャシステム。人の指先にあるものが波長選択性反射指標。

回計測できており、より高速化と多点化を目指している。

6. 混相流による自由空間ディスプレイ

3次元空間中の任意の点で、発光や反射を制御できれば、3次元ディスプレイとしては理想的であり、両眼視差方式ディスプレイに付随する調節と輻輳不一致に起因する問題も解決する。そのために、当研究室では水滴と空気の混相流（ミスト流）を層状にして空間中に流して、それをスクリーンとして映像を投影する自由空間ディスプレイの開発を試みている。

スリット状のノズルから高速でミスト流を静止している空气中に噴出させると、乱流が発生して層が乱れ、そこへ投影する映像の画質が劣化してしまう。ミスト流を層状に、できるだけノズルから長く保持するために、ミスト流を噴出するスリットを両側からミスト流と同速で空気を噴出するスリットで挟み、ミスト噴流の層流領域（ポテンシャルコア）を長くする工夫をしている。このミスト流のスクリーンを奥行き方向に走査し、奥行標本化方式による3次元ディスプレイの構築も可能となる。図6に異なった径の円を奥行き方向に投影した場合の映像を示す。現在は機械的なスリット移動機構の限界やスリット走査によるミスト流の乱れ等の問題があり、画像の解像度や走査速度は十分ではない。しかし手でスクリーンに触れるとミスト流が乱れ映像が歪むと同時に、手には流体によって触覚が生じるインタラクションもあり、現在、これらの問題点の改良をしつつ、VRへの応用も検討している。

7. 3次元形状設計と試作

製品設計やコンピュータグラフィックスの分野においては、デザイナーの意図した3次元形状を忠実にコンピュータモデル化し、またその形状を修正しながら設計を完成させる必要がある。そのために、人間のイメージと形状の関係性を明らかにして、3次元形状を入力する方法の研究や、形

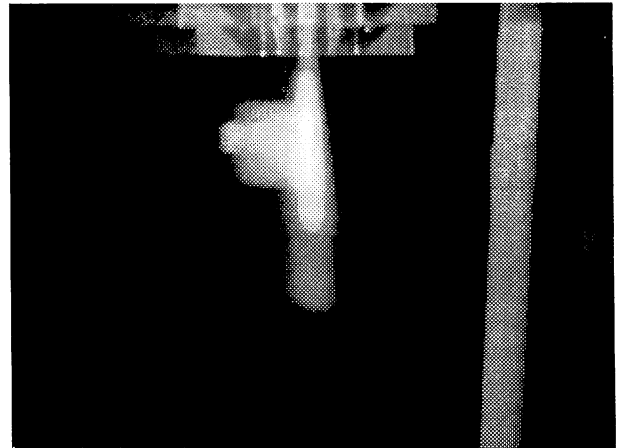


図6 ミスト流スクリーンを奥行き方向に走査しながら、径の異なる円を投影した状態を横から見た様子。

状の変形を簡易に行う手法の開発を行っている。また、コンピュータモデルの形状を確認するためには、光造形などのラピッドプロトタイプ法により試作を行っているが、現在の光造形法は、形状精度が低い問題を持つ。そのため、造形精度を向上させる制御方法の研究も行っている。

8. おわりに

本稿では当研究室の概要とVRに関連する研究の一端を簡単に紹介したが、他にも弱視障害者のための拡大読書器（CCTV）の開発、塗り絵によって弱視児が残存視力を使う作業の訓練のための、評価システム等の研究も行っている。

【連絡先】

東京工芸大学 工学部 光工学科 光情報処理研究室
〒243-0297 神奈川県厚木市飯山1583
TEL 046-242-9508、FAX 046-242-3000
<http://laplace.photo.t-kougei.ac.jp/>