JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	UoQA : ジェスチャ認識とエアブロワを用いたVRアプリケーション
Author(s)	高橋,誠史; 河原塚,有希彦; 桑村,宏幸; 宮田,一乗
Citation	情報処理学会研究報告 : ヒューマンインタフェース研究会報告, 2003(111): 53-58
Issue Date	2003-11
Type	Journal Article
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/3329
Rights	社団法人 情報処理学会, 高橋誠史／河原塚有希彦／桑村宏幸／宮田一乗, 情報処理学会研究報告 : ヒューマンインタフェース研究会報告, 2003(111), 2003, 53-58. ここに掲載した著作物の利用に関する注意: 本著作物の著作権は（社）情報処理学会に帰属します。本著作物は著作権者である情報処理学会の許可のもとに掲載するものです。ご利用に当たっては「著作権法」ならびに「情報処理学会倫理綱領」に従うことをお願いいたします。 The copyright of this material is retained by the Information Processing Society of Japan (IPSJ). This material is published on this web site with the agreement of the author (s) and the IPSJ. Please be complied with Copyright Law of Japan and the Code of Ethics of the IPSJ if any users wish to reproduce, make derivative work, distribute or make available to the public any part or whole thereof. All Rights Reserved, Copyright (C) Information Processing Society of Japan.
Description	

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

社団法人 情報処理学会 研究報告
IPSJ SIG Technical Report

2003－ＨＩ－106 (8)
2003－MUS－ 52 (8)
2003／11／7

UoQA
－ジェスチャ認識とエアブロワを用いたＶＲアプリケーション

高橋 誠史　河原塚 有希彦　桑村 宏幸　宮田 一乘

ただ歩きながら目にする風景の移り変わりを、泳ぐという行為で置き換えてみたらどうなるのだろうか。本報告では、そのような身体運動に伴うさまざまな視覚体験を、コンピュータを用いて置換する試みを提案する。両腕に装着された反射板で参照光を反射し、その反射光を CCD カメラで観測する。次に、観測された反射光を画像処理して腕の動きをベクトル表現し、その動きの変化にあわせて、投影されるビデオの再生速度を制御し、映像の中を泳いでいるような感覚を体験させる。さらに、エアブロワによる筐体の姿勢制御を行うことで浮遊感を演出した。

UoQA
– A VR application by means of gesture recognition and air blowers

Masafumi Takahashi　Yukihiko Kawarazuka　Hiroyuki Kuwamura　Kazunori Miyata

What will be affected if the scenery seen with a walk is replaced by the act of swimming? We propose a method of replacing various vision experiences accompanying such body movement by means of computer. Reference light is reflected with the reflector with which both arms were equipped, and the reflected light is observed with the CCD camera. Next, the motions of arms are analyzed by means of image processing, and then the speed of video is controlled in accordance with change of the motion. The posture of the body of equipment is also controlled in accordance with change of the motion by means of air blowers. Therefore, an audience may feel swimming in the video.

北陸先端科学技術大学院大学
知識科学研究科
School of Knowledge Science
Japan Advanced Institute of Science and Technology

1. はじめに

筆者らは、「映像の中を泳ぐ」感覚を視覚的に提供するVRアプリケーション「UoQ」を既に開発し、大学のオープンキャンパスなどで展示を行った。UoQは、CCDカメラで観測された両腕の動きの変化にあわせて、投影されるビデオの再生速度を制御し、映像の中を泳いでいるような感覚を体験させるものである。

本報告では、このUoQを改良し、新たにエアブロワによる身体の浮遊感を提示するしくみを付加したVRアプリケーションUoQA（UoQ+Air Blowerの意）について述べる。

2. 研究の背景

2.1 コンセプト

我々は、普段の生活においては、重力の支配下で地面を代表とする2次元の面上を主に移動している。すなわち、足による移動を主とし、移動時には腕はバランスを取るための補助的な働きをしているに過ぎない。しかし、自分を取り囲む媒体が、水や人ごみのような液体的な性質を帯びると、移動に対する媒体の抵抗力や粘性に打ち勝つために、腕を動かしての移動をするようになる。

UoQAでは、このような腕の動作による移動の疑似体験を与えることで、人々が忘れかけている感覚を呼び起こし、非日常的な発見を試みる。

2.2 先行研究

映像の中を泳ぐというコンセプトに基づくデジタルコンテンツの先例には、ビジュアルサイエンスラボ社が制作したVRアプリケーション"Virtual Sea World"[1]や、アートディンクス社のビデオゲーム“アクアノートの休日”[2]などがある。これらの先例は、ジョイスティックなどを入力インターフェイスに用いており、本研究のように泳ぐ動作を認識して体験するものではない。また、学生対抗手作りバーチャルリアリティコンテスト（IVRC）の2001年度大会にて発表された「海中遊泳」というVRアプリケーションでは、ロボットアームにより力覚フィードバックを与え、水中の抵抗感を表現した[3]。但し、手の動きに伴う揺れの表現までには至っていない。

UoQAでは、以上述べた先例のようなCG映像ではなく、実写映像を用いることで、日常の風景を非日常的な泳ぐという行為で体験させることがひとつの目的である。また、特別な装置を身体に装着することなく、画像認識による入力インターフェイスを用いている。

3. システムの構成と実装

3.1 システムの概観

本作品は、以下に示すような7つの要素から構成される（図1参照）。

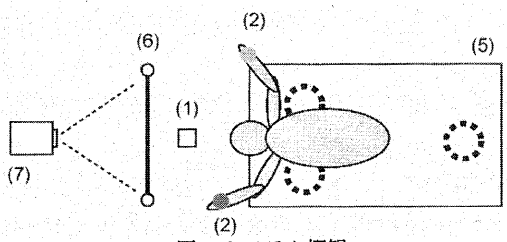


図1 システム概観
（上から見た図：(3)参照光と(4)PCは省略）

(1) 体験者の腕の動きを捉えるためのUSB接続のCCDカメラ（320x240の解像度）
(2) 動きを認識しやすくするために腕に装着する反射シール付き腕輪
(3) 反射板を照射する参照光（天井の蛍光灯を使用）
(4) 動きの認識用PC1台と、映像コンテンツの再生およびモーションベース制御用PC1台
(5) 体験者が横たわる可動式ベッド（モーショ

ンベース）
(6) 映像を投影するためのプロジェクタ
(7) スクリーン

ここで、(4)の２台の PC は、互いにネットワークで接続され、動きの認識用 PC で得られた動きの解析結果を、映像再生＋モーションベース制御用 PC に転送して、必要な処理を行うものとする。

3.2 モーションベースの筐体デザイン

体験者が横たわるためのモーションベースの筐体デザインを図２に示す。

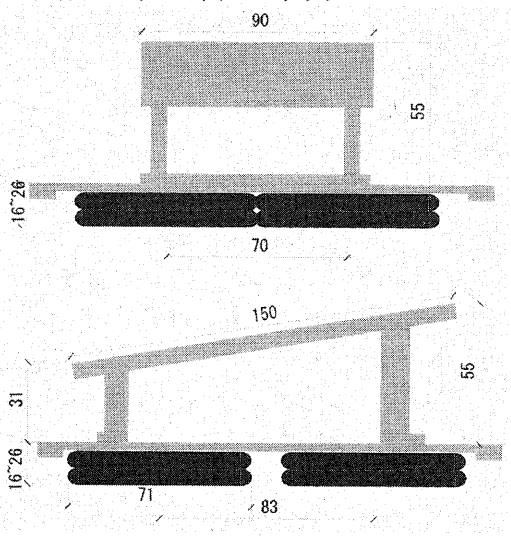


図２　筐体のデザイン図（単位 cm）

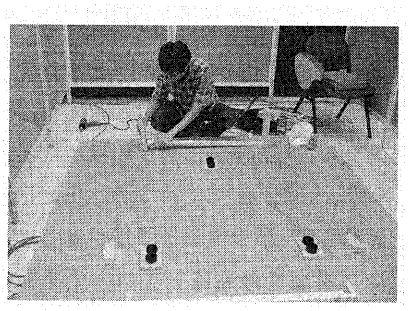


図３　筐体の製作風景
（黒く見える３点はエアブロワの吐出口）

デザインに際しては、平均的な大人の身長と肩幅から寸法を決めた。また、横たわりながら正面にあるスクリーンに投影される映像を見やすくするために、ベッドに傾斜を持たせることにした。

図２の筐体の底面に設置されている黒い物体はタイヤチューブである。このタイヤチューブに囲まれた空間にエアブロワで空気を吐出して筐体の姿勢制御を行う。図３に筐体の製作風景を、図４にベースの筐体に布団を乗せ、さらに天蓋を付けた筐体の完成形を示す。

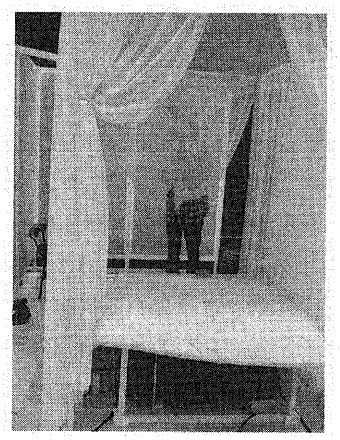


図４ 完成した筐体

3.3 腕の動作認識

UoQA では、USB 接続の CCD カメラによりキャプチャされる画像を入力データとし、体験者の腕の動作を認識する。

体験者には、右手に黄色、左手に赤色の反射板付きの腕輪をそれぞれ装着させる。

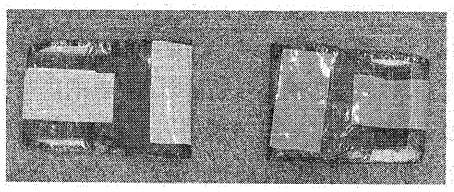


図５　装着する腕輪（小型の浮き輪を利用）

腕の運動の解析には、まず、カメラから取得した画像から黄色および、赤色と判断された画素の集合を求める。各色の判定方法を以下に示す。ここで、各画素は R,G,B 各 8bit、0～255 で表

すものとし、各成分を iR, iG, iB と表記する。

・ 赤色

$60 < iR + iG + iB < 700$ の範囲にあり、

$iR / iG > 1.5$ かつ

$iR / iB > 1.8$ の色コントラストを持つ

・ 黄色

$60 < iR + iG + iB < 700$ の範囲にあり、

$iR / iB > 1.8$ かつ

$iG / iB > 1.8$ の色コントラストを持ち、

$|iR - iG| < 70$ を満たす

つづいて、求められた画素集合の重心座標値 $\bar{p}$ を計算し、前フレームで求めた重心からの移動量 dp（差分ベクトルの大きさ、単位はピクセル）を算出する。この移動量から、後述する映像再生の速度を求めるものとする。ここで、体験者の手が静止させている状態でも、手のブレなどにより dp が 0 でない場合が起きうる。そのため実装上は dp が 5 ピクセル以内の場合は静止しているものとしている。ここで、5 ピクセルは 31mm 程度である。

3.4 映像再生

システムで用いた映像は DV で撮影された映像を加工したものであり、AVI もしくは MPEG1 のフォーマットである。再生には Microsoft 社の DirectShow を API として実装した。

映像の再生に関しては、単純な連続再生ではなく、体験者の腕の移動量を元に動的に再生速度を制御している。映像の再生速度は、以下のようにして求める。

・映像の再生速度の最大値 Pmax は 3.5 倍速とし、速度パラメータの値は、0（停止）から 350（最大速度）の範囲を持つものとする。

・加速度を(右手の移動量+左手の移動量)×0.1 と定義し、映像の速度を加算する。

・どちらかの腕が静止していると判断された場合は、毎フレーム 30、速度を減速する。

ここで映像の再生速度の最大値 Pmax は、あまりに速い再生速度では体験者が映像そのものを認識することが困難になるため、ここでは 3.5 倍速とした。ただし、Pmax の設定値は再生する映像コンテンツに依存する。加速度や減速値においても同様のことが言え、映像コンテンツを再生しながら、浮遊感を演出できる値を経験的に設定した。

また、片腕ごとの動きで映像を左右に揺らすことも可能であるが、実験の結果、画像内の消失点のずれから体験者に不快感を与えたため実装を見送った。

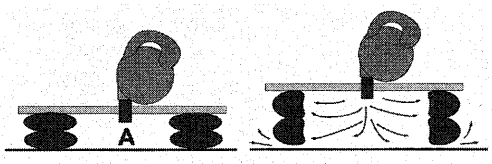
3.5 エアブロワによる姿勢制御

ユーザの動作にあわせて筐体の姿勢変化を行うため、エアブロワの吐出制御によるモーションベースの製作を行った。

体感ゲームなどに応用されているモーションベースの姿勢制御は、一般に油圧もしくは空気圧シリンダを複数個用いるのが一般的である[4]。しかしこの方式ではユーザの体の下にシリンダを配置することになるため、高さ方向に大きな筐体を作成する必要があり、かつ、高価である。このためシリンダによる方式は、我々の欲する浮遊感を得るためには大掛かりなものになり、かつ姿勢制御が複雑になると考えた。本報告では、エアブロワの吐出によりベースを揺動させ、かつ実際に浮揚させることで、体験者に浮遊感を与えるアプローチを採用した。

図 6 は製作したエア吐出部の断面図を示したものである。エアブロワから吐出した空気はゴムチューブにより覆われた A 部にたまり、A

部の空気圧が上がる。ゴムチューブは A 部の体積を広げる方向で延伸する。さらに空気を吐出すると、図 6(2)に示すようにホバークラフトと同等の原理で浮揚する。



（1）　　（2）

図 6　エアブロワの動作

本システムのエアブロワには、（株）新興製作所製 SHB-370（出力 370W/ 風圧 400mmAq）を利用した。ゴムチューブはブリジストン社製トラック用チューブ 205/245/70 R 16（直径 70cm）を、あらかじめ空気を半量程度注入し、二段重ねて利用した。製作の予備実験では、エアブロワ一基につき、100mm 程度盤面が上昇し、50kgw 程度浮揚させることを確認した。この結果を踏まえ、体験者と筐体との総重量を 200kg と想定し、エアブロワを 3 ヶ所（前方の左右に 1 箇所ずつ、後方中央部に 1 箇所）に 2 基ずつ設置した。

エアブロワの制御には、（株）インターフェイス製デジタル入出力ボード（型番：PCI-2747A、PCI 接続）を用いた。動きの認識用 PC から転送されたデータを、モーションベース制御用の PC がネットワークを通じて受け取り、デジタル入出力ボードが TTL レベル出力を行う。この出力を元にエアブロワの電源をリレースイッチングして On/OFF させた。

エアブロワの制御は、腕の移動量がある設定値より大きくなった場合に、該当する側のスイッチを ON させて（右の腕が大きく振れたら前方右側のエアブロワを ON にする）、左右の揺れを演出する。また、両方の腕の移動量がある設定値より大きくなった場合に、後方のエアブロワのスイッチを ON にして体の水平傾斜の制御を行い、浮遊感を演出した。

4. 映像コンテンツについて

UoQA で再生する映像コンテンツは、以下のようにして制作した。まず、スクリーンサイズと同じサイズの平面に、動画をムービーテクスチャとしてマッピングする。この平面の上方に、違和感無く繋がる空の背景（こちらは静止画）を貼り付けた別の平面を設置した。さらに、空の部分にポイントスプライトで雲を配置した。

図 7 が実際に再生される映像シーンのイメージであり、動画の素材には大学近辺にある獅子吼高原のロープウェーから撮影したものを用いた。

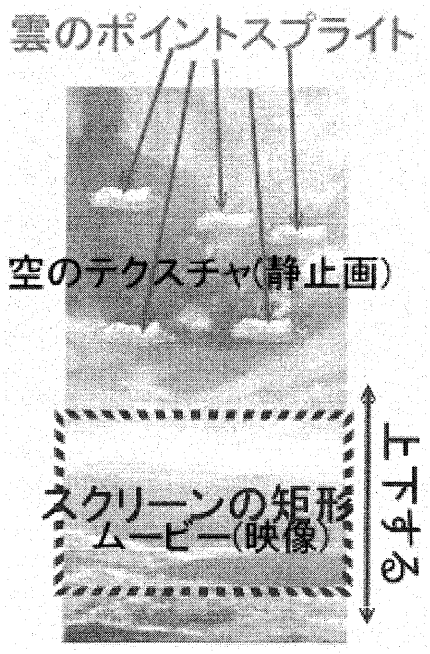


図 7　映像コンテンツのイメージ

泳ぐ動きは映像の再生に加えて 3D 空間を前進する要素を加えた。これは体験者が泳ぐ動きを激しくするにつれて徐々に空に上がっていくような演出になっている。さらに空に配置

された雲が移動し、静止画背景の中でも前進している感覚を提示できる。

5. 結果と考察

UoQA はリアルタイム性を重視しているアプリケーションであるため、腕の動き解析のための画像キャプチャレートを下げると、システム全体の応答がスムーズにならなくなり、結果として体験者にストレスを与えることになる。UoQA では、画像キャプチャレートレートは平均で 15 フレーム/秒(動作環境:Pentium4 2.8GHz RAM 1GB RADEON 9700 Pro 128MB Windows XP Home)を実現できており、ストレスのない体験が可能になった。

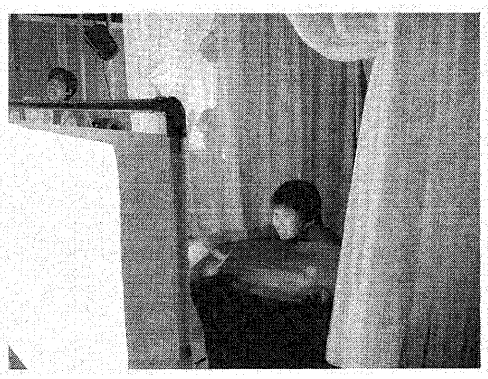


図 8　IVRC における展示の様子

UoQA は、2003 年 8 月 20 日に東京科学未来館のイノベーションホールにて開催された、IVRC に出展した。このコンテストでの体験風景を図 8 に示す。その際に、体験者の一部に簡単なアンケートをとり、客観的評価を行った。

回収したアンケートの件数は 35 件で、男性 23 名、女性 12 名の内訳であった。年齢層は 20 歳代が最多の 19 名で、次が 10 歳代の 7 名であった。評価項目は、以下に示す 3 項目で、それぞれ、よくない、どちらでもない、よかったの 3 段階で評価してもらい、それぞれ-1 点、0 点、1 点として数値化した。

Q1.体の動きに合わせて映像が動くところ
Q2.体の動きに合わせてベッドが動くところ
Q3.表示された映像の質

上記の 3 項目に対する評価結果を表 1 に示す。

項目	よくない（件）	どちらでもない （件）	よい （件）	平均点
Q1	1	2	32	0.89
Q2	3	2	30	0.77
Q3	6	14	15	0.26

表 1　アンケートの評価結果

この結果から、体の動きに合わせて映像の速度や揺れを演出したことに対して、ある程度満足できるとの評価を受けていることがわかる。一方で、映像コンテンツに対する評価は、改善の余地がある。また、寄せられたコメントには、映像の中を自由に泳ぎたい、映像にストーリー性を盛り込んで欲しいなどの意見が多かった。

今回の映像コンテンツは、実写映像をベースにしたため、ある程度の現実感は再現できたが、映像空間内を自由に方向を変えながらの移動は表現し切れなかった。この問題点は、パノラマムービーにしてある程度の移動の自由度を持たせるなどの解決法が考えられる。また、より没入感を演出するためには、揺れに応じて映像の投影方法も変更させる（映像を揺らす、傾かせるなど）などの改善案が考えられる。

参考文献

[1] http://www.vsl.co.jp/results/01_works_04.html

[2] http://www.artdink.co.jp/

[3] http://ivrc.net/2001/documents/authorsinterview/authors04.html

[4] 宮田, “ディジタルアミューズメントを支える技術：ハードウェア技術”, 映像情報メディア学会誌, Vol.56, No.6, pp.902-904