CCD カメラ利用型非接触インタフェースを用いた 3 次元コンテンツの操作

3D Contents Operation Using CCD Camera with Non-Contact Interface

学生会員 米村 貴裕[†], 広瀬 健一^{††}, 学生会員 古川 耕平[†], 正会員 長江 貞彦[†]

Takahiro Yonemura[†], Kenichi Hirose^{††}, Kohei Furukawa[†] and Sadahiko Nagae[†]

あらまし パーソナルコンピュータの処理能力向上の伴い、様々な 3 次元コンテンツが開発されている。しかし、操作方法が煩雑であったり、機器に不慣れなユーザや障害を持つユーザに不親切であったりと課題が多い。そこでこれらを解決し、さらに「覗き込み」を利用した 3 次元映像表現の環境を試作し、良好な結果を得たので報告する。

キーワード: CG, 映像表現, インタフェース, 非接触, ジェスチャ, 福祉

1. ま え が き

本稿では、ユーザのジェスチャや頭部の動きを用いる、新しい 3 次元コンテンツやパーソナルコンピュータの操作方法について論ずる。パーソナルコンピュータは公共施設でも頻繁に利用されるようになり、処理能力も向上し臨場感のある 3 次元コンテンツも増えつつある。しかし、これらの機器やコンテンツを操作するためのインタフェースは依然マウスやキーボードが主体である。このため、指や手での複雑な操作が必要であり、ALS 患者など障害のあるユーザや幼年のユーザには扱いにくい環境であるといえる。そこで筆者らは、多くのユーザの負担を軽減するインタフェースを 3 次元コンテンツへ応用する研究を進めた。今回試作したシステムでは、小型のカメラを用いてユーザの動きを捉え、その動きを元にコンテンツの操作を行う。このようなシステムは、多方面で研究されている^{1)~3)}。しかし、ユーザが操作の環境を整えるなど面倒な作業を行わなければならない、利便性の面から普及しているとはいえない。そこで本システムでは、以下の点に開発の重点をおいた。

- (1) 特殊な機器や環境を用いず、ユーザにインタフェースを意識させないシステム構成。

- (2) ユーザの直感的なジェスチャを 3 次元コンテンツの操作に結びつけるインタフェース。

- (3) ユーザの「覗き込み」への着目

まず、画像の入力には廉価な CCD カメラを 1 台のみ使用し、ユーザにマーカーなど特殊な機器の装着を必要としないシステムとした。次に、本システムの動作を確認するためユーザが「覗き込める」インタラクティブ性のある 3 次元教育用コンテンツ⁴⁾と、非接触型の 3 次元 CG モデリングソフトウェア⁵⁾を試作した。国家的な IT 普及が望まれる中、筆者らは本システムにより、複雑な操作や手順を必要としない、どのようなユーザにも優しく対応できる 3 次元 CG コンテンツと操作環境の普及を目指している。

2. 試 作 環 境

本システムの構成を図 1 に示す。本システムでは、USB 接続の小型 CCD カメラ (CREATIVE 社製 Web-Cam3) 1 台と、パーソナルコンピュータ (DOS/V 機・Pentium4 1.8GHz・Windows2000・256MB-RAM)、ディスプレイとで構成される。CCD カメラは、ユーザの頭部や手の動きを入力できる場所として、ディスプレイ上部に設置した。ディスプレイ上には、作業の邪魔にならないように縮小した入力画像を表示する。

図 1 システムの概観
Outlook of the system.

2001 年 8 月、映像情報メディア学会年次大会で発表

2002 年 8 月 12 日受付、2002 年 9 月 9 日再受付、2002 年 9 月 13 日採録

[†] 近畿大学 大学院 生物理工学研究科

(〒 649-6493 和歌山県那賀郡打田町西三谷 930, TEL 0736-77-3888)

^{††} 産業技術短期大学

(〒 661-0047 尼崎市西昆陽 1-27-1, TEL 06-6431-7022)

[†] Department of Electronic System and Information Engineering,
Faculty of Biology-Oriented Science and Technology, Kinki University

(Nishimitani 930, Uchida-cho, Naga-gun, Wakayama 649-6493, Japan)

^{††} College of Industrial Technology

(1-27-1 Nishikouyou, Amagasaki-shi, Hyogo 661-0047, Japan)

図 2 形状の認識
Recognition of form.

3. ユーザ頭部と指先の認識

ユーザ頭部と指先の追跡を行なうため、頭部と指先のラベリングと、独自に”円形度”を定義し、その認識処理を行った。

3.1 ラベリング

まず、ユーザが映っていない背景だけの画像と入力画像との差分処理を行う。次に、差分により残された矩形のラベリングを行う。重り合う矩形や近くにある矩形は、1つの領域とみなし、再びラベリングを行う。そして、各ラベリング領域の外周部から多数の探索点を内側へ向け移動させ輪郭を調べる。これにより、ラベリング領域に欠落部分が存在していても大まかな形状を把握できる。この過程を図2に示す。

3.2 ”円形度”による頭部、指先の認識

”円形度”の算出には、ラベリングした領域の重心の座標 (x_0, y_0) と、 n 個の探索点の位置 (x_n, y_n) との各距離を求め、それら n 個の値の分散をとることで行う。頭部は丸みを帯び、極端に歪な形状にならないと仮定する。このとき、重心と探索点との距離は、ほぼ同じ長さになり、必然的に分散の値は小さくなる。一方、指を伸ばした手の場合、形状が歪になることから、分散の値は頭部に比べて大きくなる。図3に指先と頭部の画像を、表1に距離分散の値を示す。

図 3 指先と頭部の比較
Comparison of the Fingertip and head.

表 1 検出結果
Result of Detection.

ラベリング領域	距離分散の値 (平均)	結果
1	259	指
2	49	頭部

図 4 クリックの操作
Click Operation.

表 2 ジェスチャのコマンド
Gesture command.

指先の動作	出力されるコマンド
指を丸めた後に伸ばす	クリック
指を垂直方向に対して ± 20 度以上傾けて動かす	ドラック
右回転	実行
左右へ素早く	操作の取り消し

4. 利用方法

非接触入力ソフトウェアをセットすると、自動的に背景画像の取得が行われる。その後、図4に示すように、ユーザの指先、もしくは頭部の動きが画面のポインタの動きと連動する。指を伸ばさず動かさないでい続けるとポインタとの連動は行われない。腕に障害のあるユーザも、頭部とマウスポインタとを連動させ操作可能である。一方、操作自体を容易にするため、ユーザのジェスチャにも対応した。図4にクリックを、表2にジェスチャのコマンドの例を示す。

5. 動作結果

平均の処理速度は 9fps、複数のユーザに対し頭部と指先の認識率を各 10 回ずつ調べたところ、起動後 5 秒以内の認識率は 88%、クリックの認識率は平均 92%であった。

6. 3次元コンテンツへの応用

本システムを3次元コンテンツへ応用し、その効果を調べた。まず、教育用ソフトウェアとして開発した、遺伝子組換え技術を説明する3次元コンテンツを再生する際に、図5に示すような、ユーザの頭部の動きに合わせて、オブジェクトの表示角度を変化できるようにした。これは、人が物を観察する際に行う「覗き込み」に着目したもので、インタフェースとしての研究も行われている⁹⁾。筆者らは、この動作はユーザの好奇心の喚起や興味の持続に有効ではないかと考え、学生男女計 111 名（男子 61 名、女子 50 名）に対し主観調査を実施した。その結果、94%のユーザから肯定的な回答を得た。特に、観察対象の表示角度をユーザが手を触れることなく変更できる点と、インタフェースを意識せず、ユーザの自然な形で観察が実現できるようにした点が評価されていた。多人数での閲覧が困難な点などの課題はあるが、老若男女の使用が見込まれる、特に、図6のような観察が主となる3次元教育用コンテンツへ本システムを応用することは、意義があり有益

図 5 「覗き込み」の原理図
The principle movement figure.

図 6 非接触型の3次元教育用コンテンツ
Non-contact type educational software.

であると確信している。

7. 3次元モデリングソフトウェアへの応用

次に、本システムを3次元モデリングソフトウェアに応用した。その結果、図7のように指先で作成するオブジェクトの輪郭形状を描き示し、奥行きを付加することで、3次元オブジェクトを作成できた。さらに、オブジェクトの表示アングルはユーザ頭部の動きと連動する。これは、現実世界において形のあるモデルを作成していく人間の動作に着目したものである。一般に、モデルを作成していくとき、ユーザは頭部を動かしてモデルを眺める角度をたえず変えながら作業を行っていく。これに類する機能を実現し作業の効率化を図った。ユーザが、図8のように画面に対し頭部を上下左右に動かすと、その動きに対応して、画面上のオブジェクトの表示アングルが変化する。今後、本モデリング手法についての主観調査を行う予定である。

8. む す び

試作した非接触型のインタフェースを、3次元コンテンツへの応用することで、様々なユーザが容易に扱えるインタフェースを開発できた。また、「覗き込み」という動作を取入れることで、ユーザ主体の新しい3次元コンテンツやモデリング環境を実現できると考えている。今後は、認識率の向上とともに、本システムに対応する3次元コンテンツの開発、ユーザの動作をより自然な操作に結び付ける知性的なインタフェースとなるよう研究を進めていく。

図 7 3次元オブジェクトの作成
Drawing of the object.

図 8 ユーザ頭部の動きと連動
Interlock with user's head.

【文 献】

- 1) 齋藤, 佐藤, 小池: "Perceptual Glove: 多視点画像に基づく手形状・姿勢の実時間入力とその応用", 情処学論, **43**, 1, pp.185-194(2002)
- 2) 亀山研一, 吉田充伸: "Finger-mount デバイスを用いた装着型システム", ヒューマンインタフェース, **82**, 3, pp.13-15(1999)
- 3) 内海, 大谷他: "多数カメラを用いた手形状認識法とその仮想空間インタフェースへの応用", 情処学論, **40**, 2, pp.585-593(1999).
- 4) K.Furukawa and K.Watanabe, S.Nagae: "Educational Audiovisual Media for Comprehension of Genetic Engineering", Proceedings of the 5th Japan-China Joint Conference on Graphics Education, **3**, p190(2001)
- 5) T.Yonemura and S.Nagae: "Design Procedure on a Newly Developed Paper Craft", Journal for Geometry and Graphics, **4**, 1, pp.99-107(2000)
- 6) Charles S.Wiles, M Atsuto and N.Matsuda: "Hyperpatches for 3D Model Acquisition and Tracking", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, **23**, 12, pp1391-1403(2001)

よねむら たかひろ
米村 貴裕 1998年, 近畿大学生物理工学部電子システム情報工学科卒業。2000年, 同大学院電子システム情報工学専攻修士課程修了。現在, 同大学院電子システム情報工学専攻博士後期課程在学中。ヒューマンインタフェース, 画像処理, CGの研究に従事。学生会員。

ひろせ けんいち
広瀬 健一 1986年, 大阪市立大学工学部電気工学科卒業。1988年, 同大学院工学研究科前期博士課程電気工学専攻修了。同年, 産業技術短期大学電気工学科助手。1998年, 同学情報処理工学科講師となり, 現在に至る。ヒューマンインタフェース, 画像処理, CGの研究に従事。

ふるかわ こうへい
古川 耕平 2000年, 近畿大学九州工学部産業デザイン学科卒業。2002年, 近畿大学大学院生物理工学研究科電子システム情報工学専攻工学修士。現在, 同大学院博士後期課程在学中。デジタルアーカイブ, CG, 画像処理の研究に従事。学生会員。

ながえ しまひこ
長江 真彦 1976年3月, 大阪府立大学大学院博士課程修了。現在, 近畿大学生物理工学部電子システム情報工学科教授。工学博士。主として, 図学, 画像処理, マルチメディアの研究に従事。正会員。