

日常ジェスチャーで操作する超臨場感を伴った情報通信端末の研究開発 (121803041)

研究代表者

星野 聖 筑波大学

Kiyoshi Hoshino University of Tsukuba

研究期間 平成 24 年度～平成 26 年度

概要

ユーザやオペレータが操作についての事前習熟なしに、できればセンサ類の装着なしに、日常動作と同じような「とくに指の細かい動きを含めたジェスチャー」により、情報通信機器、CAD、デジタルサイネージ、家電製品、遠隔ロボット、医療機械などあらゆる人工システムを操作できると素晴らしい。本研究開発課題は、仮想空間に映し出された 3D アイコンなどを、日常動作と同じように手や腕のジェスチャーを行うことで、超臨場感を感じながら情報通信端末操作ができるシステムの開発を目指した。また、3D 情報通信端末操作中におけるユーザの快適性評価や関心の対象評価のため、小型で軽量の装着型眼球運動計測装置の開発を行った。

1. まえがき

本研究開発課題が最終的に目指したのは、仮想空間に映し出された 3D アイコンなどを、日常動作と同じように手や腕のジェスチャーを行うことで、超臨場感を感じながら情報通信端末操作ができるシステムの開発であった。そのため、研究開発前半では、第一に、個人差のある不特定ユーザ情報を照合用データベースに付与し、また、手指画像からの正確な爪位置の算出や手指領域の尾根線ベクトル情報の利用により、手指形状や動かし方などに個人差のある不特定ユーザに対しても安定した手指形状推定システムの開発を目指した。第二に、3次元空間内でユーザがキーボード入力のような動作をすることでキー入力が可能となるバーチャルキーボードの開発を行った。第三に、物理シミュレータと、高速ドキュメント表示機能とを導入することで、たとえば日常のページめくり動作により、現実の書籍のように形状変化しつつドキュメントを表示する 3D アイコン (3D デジタル書籍) の実現を試みた。そして、第四には、手指形状推定機能を深度センサ (RGB-D カメラ) へ移植し高精度化を図った。また、研究開発後半では、第五に、ユーザが動き回った場合でも形状推定が可能な装着型ハンドキャプチャ装置の開発を目指した。第六に、深度センサを用いて、手指ジェスチャーにより 3次元自由造形が可能なシステムの開発を行った。そして第七に、3D 情報通信端末操作中におけるユーザの快適性評価装置の開発と小型軽量化の検討を行った。

2. 研究開発内容及び成果

以下に、それぞれの小課題の研究開発成果と結果について述べる。

第一に、手指形状や動かし方などの個人差に強い手指形状推定システムを実現した。そのための一つの方策として、輝度勾配を利用した。画像解像度を変えた手指画像を適当なブロックに分割し、勾配方向を求めて画像特徴量とし、あらかじめ多様な手指形状に基づいて輝度方向の画像特徴量を求めてあるデータベースと照合を行った。その結果、著者らの従来研究よりも、とくに物体操作に重要となる手指形状で推定精度の向上が見られた。

第二に、近い将来、各家庭には大型立体テレビの普及が予想され、ただ単に 3D 映画を観るだけでなく、情報機器操作もできるようになることが期待できる。そこでは、ユーザのジェスチャーにより 3次元空間内のアイコンが 3D で形状変化し、かつ 3次元空間に存在したり移動したりする。たとえばゴミ箱、フォルダ、圧縮フォルダ、静止画像、

動画像といったようなアプリケーションのアイコンが立体的に描画され、それに対してユーザがジェスチャーで働き掛けることによりパソコン操作ができるようになる。動作例としては、日常動作と同じように、書籍ファイルの 3D アイコンに腕を伸ばし、指や手でページをめくるように動作すると、それに合わせて文書内容が表示されたり、拡大縮小表示されたりする。不要なファイルは、ゴミ箱フォルダに投げ捨てるようなジェスチャーをすればファイル削除できるようにする。ユーザはファイルの重要度に応じて、3次元空間の好きな場所に置くことができるので、頻繁に使うファイルは手元に、あまり使わないファイルは遠くに置いたりしてパソコン操作ができる。



図1 物理世界と同様のページめくり動作によりデジタル書籍を表示する 3D デジタル書籍。各図の下方に写っているのは、ディスプレイ手前で動くユーザの手である。

3次元空間内でユーザが情報機器操作する場合、キーボード入力のような動作をすることでキー入力が可能となるバーチャルキーボードも必要となる。そこで、左右の手の各指に合わせて描画された「手の動きに追従する矩形枠」内で指先位置情報を取得し、その指先位置情報と画像内における手の位置情報から 3次元空間内で手の位置が変化しても入力が可能となる入力キー検出システムを構築した。熟練者と非熟練者で文字列を入力するという実験を行った結果、熟練者では高い正答率を示した。また非熟練者でも、比較的少ない試行回数に伴って正答率が上昇するという傾向が見られ、バーチャルキーボードとしての使い勝手の良さが示唆された。

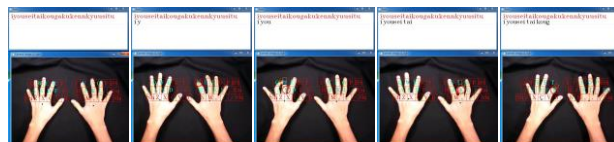


図2 バーチャルキーボードの使用風景。

第三に、センサ類の装着や特殊なコントローラの使用なしに、現実世界と同じ動作 (ジェスチャー) を行うことで、仮想世界で楽しめるゲームを開発提案した。とくに、ジェスチャーにより駆動できるバーチャルな 3D 積み木遊びシ

システムを開発した。

指ジェスチャーと仮想対象物とのあいだで物理シミュレーションを行うためには、手指形状推定、すなわち手や指の姿勢あるいは関節角度を無段階で求める技術が必要である。一方、手や腕のジェスチャーによって駆動するバーチャル積み木遊びシステムは、あらかじめ用意された3D仮想空間に、積み木、床、手といった複数のオブジェクトが用意される。各オブジェクトはそれぞれ描画情報と物理情報の2つの情報を持ち、さらに両者はそれぞれ形状、表面材質、拘束条件の情報を持つ。物理シミュレータには、オブジェクトの物理形状に関して、速度、加速度、重力、重心などの力情報をパラメータとして与え、クロックタイムごとに、衝突などが生じた場合も含めてオブジェクトにどのような運動や形状変化が生じたかを計算させる。

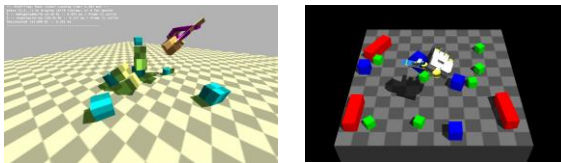


図3 バーチャル積み木遊びシステムの動作風景。

第四に、手指形状推定機能の深度センサ（RGB-Dカメラ）への移植と拡張を行った。

第五として、ユーザが動き回った場合でも形状推定が可能な装着型ハンドキャプチャ装置の開発を行った。その目的は、映画などにおける人体のコンピュータアニメーションで、演者がスタジオ内を動き回った場合でも「細かい手指動作のモーションキャプチャ」すなわちハンドキャプチャができるようにするためである。次のような仕様が必要である。たとえば、光学式モーションキャプチャ用の広いスタジオで被撮影者が自由に動き回っても、比較的サイズが小さい手指の形状が推定できること。被撮影者が手に何かを握ったり、彼の掌を、床や壁、机、あるいは他者といった他物体に接触させても手指形状推定できること。装置が被撮影者に疲労を生じさせにくい形態や重量であること、などである。そこで、超小型のワイヤレスRGBカメラを、掌側ではなく、手の甲側に装着して手指形状推定を行うコンパクトなシステムを実現した。とくに本手法では、指先や指のある部分に遮蔽があっても手指形状推定が可能なアルゴリズムを実現した。

第六に、手指ジェスチャーによる3次元自由造形システムの開発を行った。



図4 手指ジェスチャーCADによる造形例。

第七に、Google Glass程度の大きさと重さで、小型カメラ・処理系・無線通信装置を搭載した眼球計測メガネを実現し、ユーザの体調（めまい、気持ち悪さ、突然の意識不明、眠気、疲労）や心理状態（関心、注意、飽き、不安）を、常時、無意識にモニタリングできる装置を開発した。

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

前述第七の研究開発成果は、日本発の「眼を使った」ユビキタス・ウェアラブル・コンピューティング産業の創発

となる。すなわち、超小型軽量で、気楽に購入できる価格帯の眼球運動計測メガネを世界に提供する。すると、さまざまな環境や分野で、ユーザの体調（めまい、気持ち悪さ、突然の意識不明、眠気、疲労）や心理状態（関心、注意、飽き、不安）を、長時間の無意識モニタリングや、視線方向や、それに伴うユーザの関心事検出が可能となる。

【誌上发表リスト】

- [1] M.Tomida and K.Hoshino: "Wearable device for high-speed hand pose estimation with a miniature camera," Journal of Robotics and Mechatronics, 27, 2, p.167-173, 2015
- [2] K.Hoshino and K.Hamamatsu: "Gesture CAD," Proc. 38th International MATADOR Conference on Advanced Manufacturing, 2-1, pp.17-22, 2015
- [3] 中込広幸, 星野 聖: "結膜血管端検出による高速高精度眼球回旋計測," 信学論(D), J96-D, 4, pp.876-884, 2013

【申請特許リスト】

- [1] 星野 聖, 豊原遥平: 手指形状の検出方法、そのプログラム、そのプログラムの記憶媒体、及び、手指の形状を検出するシステム, 特願 2014-135721, 出願日 2014年7月1日
- [2] 星野 聖, 浜松慶多: 手指動作検出装置、手指動作検出方法、手指動作検出プログラム、及び仮想物体処理システム, 特願 2013-255105, 出願日 2013年12月10日
- [3] 星野 聖, 中込広幸: 眼球回旋測定装置、眼球回旋測定方法、及び眼球回旋測定プログラム, PCT/JP2013/54609 (国際公開番号 WO2013/125707), 出願日 2013年2月22日

【登録特許リスト】

- [1] 星野 聖, 富田元将: 手指形状推定装置、手指形状の推定方法及びプログラム, PCT/JP2009/57851 (国際公開番号 WO2009/147904), 米国特許 US 9,002,119, 登録日 2015年4月7日
- [2] 星野 聖, 富田元将: 手指形状推定装置、手指形状の推定方法及びプログラム, PCT/JP2009/57851 (国際公開番号 WO2009/147904), 日本特許 第 5403699, 登録日 2013年11月8日
- [3] 星野 聖, 川渕一郎: 流体シリンダを用いたアクチュエータ及びその制御方法, 特許第 5244383, 登録日 2013年4月12日

【受賞リスト】

- [1] Laval Virtual Award (フランス) 受賞, K.Hamamatsu and K.Hoshino (10 April, 2014).
- [2] 映像情報メディア学会ヒューマンインフォメーション研究会 ベストプレゼンテーション賞 受賞, 藤嶋教彰, 星野 聖 (4 March, 2014)
- [3] Laval Virtual Award (フランス) 受賞, K.Hoshino and H.Nakagomi (28 March, 2013)

【報道掲載リスト】

- [1] 日刊工業新聞にて「人の手を撮影 同じ動き再現」が紹介される (12 Sept., 2014)
- [2] 日刊工業新聞にて「ジェスチャーによる立体造形システム」が紹介される (24 July, 2014)
- [3] 日刊工業新聞にて「コンパクト・高精度の眼球計測装置」が紹介される (18 July, 2014)

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

- [1] URL : <http://youtu.be/lJOdxnPOw9Y>
- [2] URL : <http://youtu.be/ldhq6YxuLQo>
- [3] URL : <http://youtu.be/4BucnzfucP4>