

Kinect と HMD による VR ユーザ・インタフェースの試み Attempt of Virtual Reality User Interface Using Kinect and HMD

栃尾 篤志† 山下 竜太† 吉村 宏紀† 松村 寿枝‡ 清水 忠昭†
Atsushi Tochio Ryuta Yamashita Hiroki Yoshimura Toshie Matsumura Tadaaki Shimizu

1. はじめに

昨今、科学・情報などの技術発展に伴い、多くの家電製品が高機能化・多機能化し、一般家庭への普及も進んでいる。家電製品の高機能・多機能化は人々の生活を豊かにしている。その一方で、高機能家電製品を扱うユーザは、多くの操作を要求され、操作方法を理解し記憶する必要があり、ユーザの大きな負担となっている。電機メーカーはそれらの課題に対して、多くの調査・研究を行い、より使いやすいインタフェースの開発に取り組んでいる[1]。年々新たなインタフェースが登場しているが、使い易い家電製品を望むユーザは多く存在している[2]。

そこで本研究では、複雑化した現状の家電製品のインタフェースに代わる「ユーザにとっての負担が少ない新たなインタフェースの開発」を目的に研究を行う。

2. 家電製品の問題点と改善手法

まず複雑化する以前の家電製品のインタフェースについて考察を行った。今回は高機能家電製品の中でも、照明機器・テレビ・調理機器の3つのインタフェースの移り変わりを調べた結果を表1に示す。

表1. 家電製品のインタフェースの移り変わり

家電製品	旧来		高性能
照明機器	引き紐		リモコン
テレビ	ダイヤル	単純なリモコン	複雑なリモコン
調理機器	ダイヤル (ガスコンロ)	平らなボタン (電磁調理機器)	

3つの家電製品のインタフェースの移り変わりを調べた結果、旧来のインタフェースは、どの家電製品も機能に直結した作りになっており、ユーザにとって理解し易いものだった。対して、近年の家電製品は高機能化に伴い、多くがコンピュータ制御を行っており、機能に直結した作りとなっておらず、ユーザにとって理解しにくいものだった。

また、“直観的な操作”という観点から、Natural User Interface(NUI)にも着目した。NUIとは、タッチパネルやジェスチャ認識などの技術を用いるインタフェースに代表される“人間の自然な動作から機器を操作することのできるインタフェース”という考えから作成されているインタフェースである。NUIに着目した先行研究[3][4]についての考察を行った。先行研究の考察を行ったところ、以下の結果を得た。

- ・ Kinectを用いたジェスチャ認識はNUIとして有用である
- ・ ARを用いるインタフェースは人間の直観に訴えかけることができる
- ・ デバイスを意識することはユーザの“自然な動作”を引き出すことの制約になる

本章の考察に基づき、以下の4点から本研究のシステムの開発を行う。

- 直観的で理解しやすい旧来家電製品のインタフェースを応用し、高機能家電製品を操作することで、ユーザに負担の少ないインタフェースが開発できる
- 物理的なダイヤルや引き紐などの旧来のインタフェースは直感的で理解し易いが、それらを用いて現在の高機能家電製品の全ての機能を操作することは現実的でない
- ユーザの自然な動作を利用するために安価で耐環境性の優れたKinectを用い、仮想物体を現実世界に重畳表示するインタフェースを試作することで本研究の目的を達成することができる。本研究で用いたKinectの画像を図1に示す。
本研究では、“Kinectを身に着ける”ことで生まれる利点を生かしたシステムの試作を行う。Kinectを身に付けることで生まれる利点を以下に示す。
 - ・ ユーザの視界の情報を取得することができる
 - ・ ユーザの視界に合わせた情報を提供できる
 - ・ ユーザがカメラを意識する必要がない
 - ・ ユーザの“自然な動作”を引き出しやすくなる

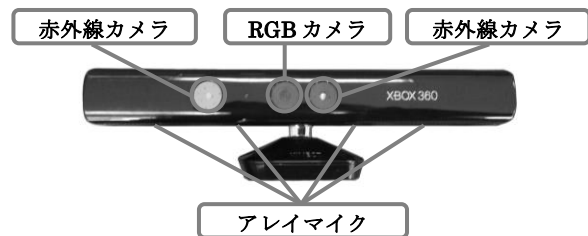


図1. Kinect

- KinectとHead Mount Display (HMD)とを身に付けて使用するシステムを試作することで、デバイスを意識する必要がなくなるためユーザの自然な動作の妨げにならずに情報を取得できる。図2に本研究で用いたHMDの画像を示す。

†鳥取大学大学院工学研究科情報エレクトロニクス専攻

‡奈良工業高等専門学校情報工学科



図2. HMD

HMDはユーザの目の位置に直接装着するディスプレイ装置である。HMDにはユーザの見ている視界に、予め作成した3Dインタフェースを重畳表示させる。HMDを用いることで以下の3つの利点を得る。

・ 視野全体をユーザ・インタフェースとして使用できる

従来のジェスチャ認識などのインタフェースは、ディスプレイに情報を表示し、ユーザが操作を行っていた。このような場合、ユーザは常にディスプレイを見らなければならないという制限が生まれる。この制限はユーザにとって負担となるため、常に目の前に情報を表示させるHMDを用いることで、ユーザが特別意識せずにユーザの目に情報を提供することが出来る。

また、人間の五感の内、視覚から取得する情報量は全体の87%であり大部分を占めている[5]。そのためHMDにより視覚全体をディスプレイにすることでユーザに最も多くの情報を与えることが出来る。

・ 自分自身の手が入力インタフェースになる

従来の方法[3]など、ジェスチャ認識技術を用いる方法の多くは、ユーザの手や骨格をマウスカーソルなどの別の物体に置き換えて機器を操作するものであった。このような操作は人間の自然な動作を引き出すことの障害となる。

しかし、HMDを用いることにより、実際にユーザが見ている視界と同様の世界が映し出せるため、ユーザ自身の手を入力インタフェースとして用いることが出来る。

そのため、人間の見ている感覚と同様のシステムが提供できるので、人間の自然な動作を引き出すことが可能である。

・ 現実世界の物体との関連を意識し易い

通常のディスプレイを使用する場合には、実際の家電製品とディスプレイ上のインタフェースとの関連が分かり辛い。しかし、HMDを用いて現実世界の家電製品に3Dインタフェースを重畳表示することで、現実世界の物体と仮想の物体を関連づけられる。そのため、ユーザにとって操作対象である家電製品とインタフェースを直観的に操作しやすくなる。

3. 提案手法

3.1 システムの概要

本研究で提案するシステムでは、ユーザは図3に示すように頭上にKinectをのせ、HMDを身に付ける。これによりKinectはユーザが実際に見ている視界の情報を取得し、HMDはユーザの視界に3Dオブジェクトを重畳表示することができる。

第2章での議論に従い、ユーザの視界には旧来家電製品のインタフェースを模した3Dオブジェクト(以下、3Dイン

タフェース)を重畳表示する。ユーザは、3Dインタフェースを見て、触れて、動かすことにより複雑な機器の操作を行う。このインタフェースを用いることで、ユーザにとって直感的に理解し易く、負担の少ないインタフェースの実現が可能となる。

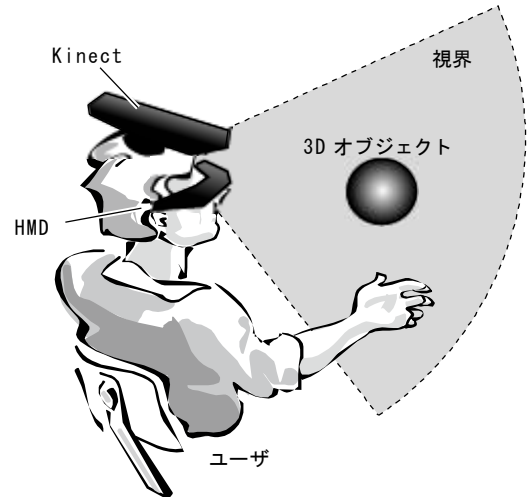


図3. 使用イメージ

なお、システムの試作では現在市販されている機器を組み合わせることでシステムを構成したが、これらの機器は将来的に小型・軽量化などを行い、本システム用に最適化された機器を使用するという前提で研究を進めた。

3.2 システム構成

1) 全体の動作

システムの動作概要のフローチャートを図4に示す。試作したシステムでは、KinectのRGBカメラでユーザの視界を取得し、3Dインタフェースを重畳したものをHMDによってユーザに提示する。また、KinectのIR深度センサから視界の物体の深度情報を取得し、視界中のユーザの手の情報を抽出し、仮想の3Dインタフェースと関連づけることにより、ユーザが3Dインタフェースに触れることを可能にする。

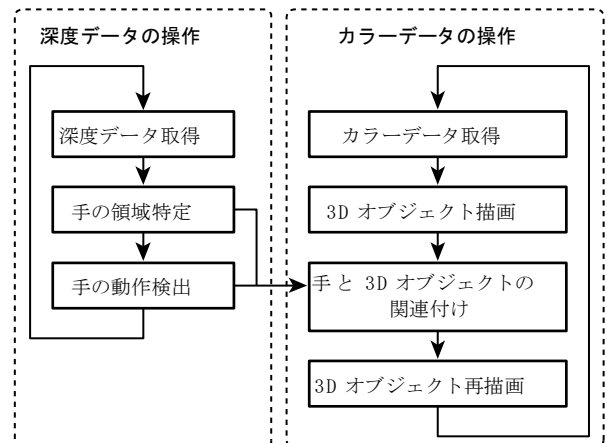


図4. システムのフローチャート

2) 手の領域特定

システムがインタフェースとして成立するためには、実時間で動作することが必須である。深度データや画像データの処理を高速で単純なものとするため、以下の2つの仮定のもと、下記の①から⑤の手順でユーザの手の領域の特定を行った。

仮定1) 手の長さの制限から、ユーザの手は頭上のKinectから見て深度80cm以内にある

仮定2) 仮定1)を満たすオブジェクトのうち、ユーザの手の面積は最大である

① RGBデータ・深度データの取得

システムは、ユーザの頭上に配置したKinectから、ユーザの視界のRGB画像データと深度データを取得する。図5aに取得したRGB画像データの例を示す。

② 80cmより遠い深度データを破棄

先の仮定1)に基づき、Kinectから取得した深度データのうち、80cm以上の点のデータを無効として破棄する。その結果、図5bに示すように、ユーザの手や体の一部、ユーザの近くに置かれた物体の深度データだけが有効なデータとして残る。

③ モザイク処理

深度データの取得のエラーや小さなノイズの影響を回避するために、②で得られた深度データに対しモザイク処理を行う。試作システムでは、深度画像を左上から10×10画素のブロックに分割し、ブロック内に1つでも有効な深度データがあれば、ブロック内の全ての画素を有効画素とすることでモザイク処理を行った。図5cにモザイク処理の結果の例を示す。

④ 輪郭追跡

③の処理を行った画像から、連結成分の境界を求める

ため輪郭追跡を行った。試作システムでは、以下の手順に示す8近傍の輪郭追跡を用いた。

- 1) ラスタスキャンによって無効画素から有効画素に代わる画素を探索する。
- 2) 進入方向を起点に右回りに有効画素を探索する。
- 3) 見つかった有効画素に移動する。有効画素が開始点で且つ、次の移動点が追跡済みの場合は処理を終了し、追跡結果を登録する。そうでない場合は2)の処理を繰り返す。

追跡終了の条件は、単に追跡済みの画素へ移動した場合ではない。これは、分岐点や端点では、何度も同じ画素を追跡する可能性があるためである。どの方向から追跡がなされたかも覚えておく必要がある。画素ごとに8つの方向からの進入方向をチェックしておく必要がある。以上の処理で追跡した輪郭抽出の結果を図5dに示す。

⑤ 面積の算出

輪郭抽出によって切り分けられた各領域の面積を算出する。算出した面積の内、先の仮定2)に基づき、最も大きい領域を手領域と判断する。図5eに抽出された手領域の例を、図5fに抽出された手領域を原画像に重畳した例を示す。

3) 手の動作検出

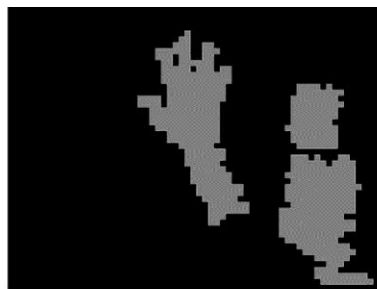
3Dインタフェースを操作する為に、検出した手の領域から動作の検出を行う。本研究では3Dオブジェクトに対して①触れる②握る③下に引くという三種の動作を定義した。

①“触れる”動作

手領域の存在する座標を用いる。手領域の座標とオブジェクトの座標が重なったときに“触れる”動作が検出する。



a. 原画像



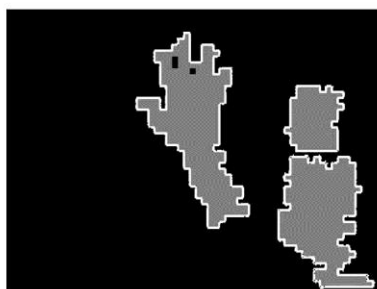
c. モザイク処理の結果



e. 抽出された手領域



b. 80cm以内の深度データ



d. 輪郭抽出の結果



f. 手領域マスクの重畳

図5. 手領域特定の実行例

②“握る”動作

手領域の面積情報を用いる。①の“触れる”動作を判定した後に、取得したフレームの前後を比較する。前フレームの手領域より後フレームの手領域の面積が小さくなった場合に“握る”動作が検出される。

③“下に引く”動作

手領域の座標情報を用いる。②の“握る”動作を判定した後に、取得したフレームの前後を比較する。前のフレームの手領域座標よりも後フレームの手領域座標が下に移動した場合に“下に引く”検出される。

なお、これらの動作は暫定的なものであり、今後、検出する動作を増やしていく必要がある。

3.4 家電製品のインタフェースへの応用

本手法の応用の一例として家電製品のひとつである照明機器のインタフェースを試作した。照明機器の旧来インタフェースは、照明機器にぶら下がっている紐を引っ張る構造をしていた。そのため、照明機器にぶら下がっている紐を模した3Dインタフェースを試作し、この仮想の紐に“触れる”、“握る”、“下に引く”動作を行うことで、メニューが表示される。メニューの内、選択したいボタンに“触れる”ことで照明機器を操作する事が出来る。



図6. 照明機器のインタフェースに応用した例

図6の左上の状態から①のように紐を引く動作を行うことで、②のようにメニューが表示され、このメニューから消灯を選択することで③のように、照明が消え、暗くなる例を示す。

メニューの表示に関しては、極力、同じようなボタンを表示させないように、また、直感的に解りやすいデザインにした。しかし、さらに人間にとって、直感的に解りやすいようなデザインやダイヤルなどのインタフェースを使用する可能性がある。デザイン等については今後検討していく。

また、本試作システムでは紐とボタンの操作を行ったが、操作する機能によっては、機能ごとに仮想のインタフェースを切り替えることが可能となった。

4. 結果

本研究では、家電製品のインタフェースやNUIに関する先行研究の考察を行った。考察から旧来家電製品のイン

タフェースを応用し、高機能家電製品を操作することでユーザに負担の少ないインタフェースが試作できるという結論を得た。得られた結論から3Dインタフェースを用いて家電製品の新たなインタフェースを試作した。

試作したインタフェースにより、下記の可能性を見出すことができた。

① 旧来のインタフェースを用いて、高機能家電製品を操作することが可能になった

- ・ユーザが直感的に理解しやすい操作を実現可能
- ・高機能化する家電製品のインタフェースの課題に対して、一つの解決策を提案した

② 家電製品に新たな付加価値を期待できる

HMDの表示などを工夫することで、

- ・個人ごとに適したインタフェースの実現が可能
- ・家電製品の設計やデザインに自由度が増す
- ・限られたユーザのみに操作を許す
- ・一つのデバイスで全ての家電製品の一括管理が可能などといった新たな機能が期待できる。

5. 課題と今後の展開

検出精度の客観的な評価や改善、より多くの動作の検出、3Dインタフェースの種類の工夫など、多くの課題が残っている。また、ユーザビリティテストを行い、より良いインタフェースの実現を目指す必要がある。本論では扱い切れなかった、ハードウェアの問題点や、家電製品の制御にも取り組むことが望ましい。これらの課題を解決し今後もより人間にとって使いやすいインタフェースを研究していく。

参考文献

- [1]“家電製品のユニバーサルデザイン”山崎友賀，加藤弘之，荒井秀文 三菱電機技報，Vol.83，No.12，pp.52
- [2]“平成19年度製品安全情報等提供・収集事業（電子タグの利活用による製品安全制度構築のための実証実験）報告書”みずほ情報総研株式会社
- [3]“IRセンサ出力解析による手の形状と動きの検出およびポインティング操作への応用”岸根和博 鳥取大学大学院平成23年度修士論文
- [4]“NUIへの拡張現実感の応用”丸山翼，戸村豊明 ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集2010
- [5]“産業教育機器システム便覧”(1972) 教育機器編集委員会，日科技連出版社