

# 周辺オブジェクトを活用した 現実拡張インタフェースの提案と評価

松嶋 信貴<sup>†1,a)</sup> 赤池 英夫<sup>†1</sup> 角田 博保<sup>†1</sup>

**概要:** メガネ型デバイスにおける新たなインタフェースを提案する。従来の各手法にはそれぞれ問題点が挙げられる。特に複雑な操作を可能とするポインティング手法について、空中へ表示・操作する手法があるが、触覚フィードバックが得られない問題がある。またいずれの手法もユーザの周辺の環境を活用してはいない。そこで本研究では周辺にある実世界のオブジェクトを活用し、各オブジェクトの特徴やアフォーダンスに応じた機能を拡張するインタフェースを提案する。カメラを用いてユーザ視界からオブジェクトを認識するとともに、ユーザインタフェースを重畳表示し、直接触ることによる操作を実現する。空中へのポインティング操作との比較実験により、有用性を評価する。

## 1. はじめに

ウェアラブルコンピュータであるメガネ型デバイスが登場し、普及の兆しがみられる。いつでもどこでも視界に情報を提示でき、ネットワークアクセスも可能なため、近年普及したスマートフォン等に代わる情報端末となり得る。メガネ型デバイスが旧来の情報端末に取って代わることにより、ウェアラブルでない端末を持って歩く必要はなくなるであろう。

メガネ型デバイスへの操作手法にはさまざまなものがあるが、それぞれに問題点が指摘される。まず音声による操作であるが、発声が難しい場所や状況で使用できない。またジェスチャによる操作にも共通する問題点として、コマンドの種類が限定されるため単純なインタラクションしかできない点が挙げられる。他の操作手法についても代表的な操作として、ポインティング、ドラッグ操作を例にみていく。まず従来の空中でのポインティング、ドラッグ操作であるが、これでは、触覚フィードバックが得られない。触覚フィードバックが得られる手法としては、自身の身体上をポインティングする手法がある [3], [5]。しかしポインティングに有用な領域は限られている上、身体の一部を専有されるという問題点がある。視線を使ったポインティング手法についても、問題点として Midas Touch



図 1 タイマー - カップ麺の拡張

Fig. 1 Timer - Augmented Cup Noodles

Problems 等が知られている。いずれの手法についても、使用時のユーザの周囲の環境を考慮してはいない。

本研究では、ユーザの周辺にあるオブジェクトを活用することによるメガネ型デバイスにおける新たなインタラクションを提案し、有用性を評価する。触覚フィードバックの提供はもちろん、オブジェクトの特徴やアフォーダンスに応じた機能を拡張することによる直感的でタンジブルな操作の実現を目指す。

## 2. 提案手法

ユーザの周辺にあるオブジェクトの特徴やアフォーダンスに応じたインタフェースを提供し、直接触つての操作を実現する。たとえば、円筒型のカップ麺には垂直方向を軸に回転させる操作の割り当てを考えられる。これを回すこ

<sup>†1</sup> 現在、電気通信大学大学院 情報理工学研究所 情報・通信工学専攻

Presently with Department of Communication Engineering and Informatics, Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

<sup>a)</sup> matsushima@gulf.cs.uec.ac.jp

とにより、タイマーの時間を設定できるようにカップ麺の機能を拡張(図1)する。

## 2.1 設計方針

ユーザの周辺にあるオブジェクトを活用するために、まずはオブジェクトを検出し、その特徴を認識する必要がある。このためメガネ型デバイスに併せてユーザの頭部にカメラを装着する。カメラによりユーザ視界の画像を取得できる。これを解析することにより周辺にあるオブジェクトを検出し、特徴を認識する。

認識したオブジェクトには、その特徴に応じたユーザインタフェースをメガネ型デバイスにより提示する。ユーザの視界にあるオブジェクトの周囲やオブジェクト上へ重畳して表示する。オブジェクトの形状に沿って表示することにより、現実オブジェクトに機能が拡張されたように感じられる提示を目指す。

直接接触して操作するために、手指およびオブジェクトの認識が必要である。はじめのオブジェクト認識時と同様にユーザ視界の画像を取得し、解析することにより、手指とオブジェクトの移動を認識する。

操作による結果はメガネ型デバイスによってユーザに提示される。

## 2.2 実装例

### 2.2.1 HMDと深度カメラを用いた実装

表示器としてHMD(ヘッドマウントディスプレイ)を使用する場合、ユーザ視界の深度・RGB画像を取得するために、メガネ型デバイスと併せてカメラをユーザの頭部に装着する(図2)方法で実装が可能である。

深度カメラは手の届く程度の近距離でも深度画像が得られる必要があるためPrimeSense社のCARMINE 1.09<sup>\*1</sup>等の近距離用深度カメラを使用する。ユーザインタフェースの提示のためのメガネ型デバイスには、十分な視野角

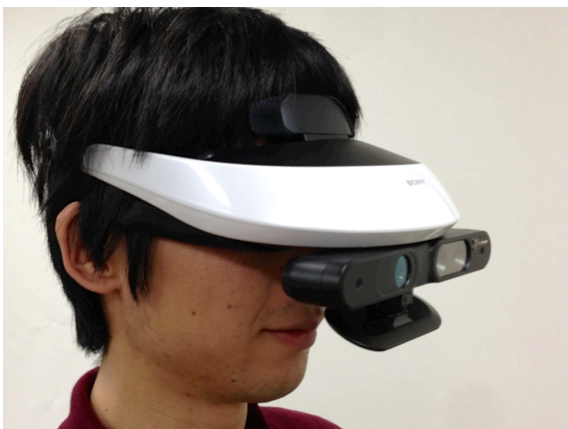


図2 HMDとカメラ

Fig. 2 Head Mounted Display and Cameras.

<sup>\*1</sup> <http://www.primesense.com/>



図3 傾いたオブジェクト(左)と傾いていないオブジェクト(右)

Fig. 3 Tilted Object(left) and Non Tilted Object(right).

を確保するためSony社のヘッドマウントディスプレイHMZ-T2<sup>\*2</sup>を使用した。このディスプレイは没入型でありユーザは周囲が見えなくなってしまうため、ユーザインタフェースと併せてRGBカメラによるユーザ視界の画像も提示する。また、画像処理や提示するユーザインタフェースの生成のためにパーソナルなコンピュータを使用する。

この実装では、ARマーカを貼付した実世界オブジェクトをARToolKit<sup>\*3</sup>により、認識している。手指についてもオブジェクトの認識と同様に、ARマーカを使用する方法がある。他にも深度カメラから深度画像が得られるため、OpenNI<sup>\*4</sup>の手・指認識ライブラリを用いて認識できる。この実装では深度画像を利用できるため、深度画像が得られない場合と比較して容易かつ高精度にマーカレスでの手指の認識が可能なのが利点である。しかし、HMDと深度カメラをコンピュータに接続して使用するため、システムを小型化、ワイヤレス化することが難しい。また画像だけを用いた認識では実世界オブジェクトの傾きとカメラの傾きの区別が困難(図4)であり、傾けによる操作の認識が不正確となる問題がある。加速度センサ等のモーションセンサを用いて補正が可能である。

### 2.2.2 スマートフォンを用いた実装

システムを小型・軽量化し、ワイヤレスに使用するため、スマートフォンによる実装も行った。スマートフォン画面は拡大鏡を通して見ることにより、ヘッドマウントディスプレイのような表示器として使用できる(図)。内蔵のカメラからARライブラリvuforia<sup>\*5</sup>を用いて登録済み画像特徴量によりオブジェクトを認識する。同時に内蔵のモーションセンサによる情報から、カメラ画像中から認識したオブジェクトの姿勢情報を補正する。しかし、深度カメラを搭載していないためマーカレスでの手指の認識が困難である。手指にマーカを付けるなどして実装が可能である。

## 3. 関連研究

周辺の環境を活用した現実拡張インタフェースには、

<sup>\*2</sup> <http://www.sony.jp/hmd/products/HMZ-T2/>

<sup>\*3</sup> <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>

<sup>\*4</sup> <http://www.openni.org/>

<sup>\*5</sup> <https://developer.vuforia.com/>



図 4 スマートフォンと拡大鏡による HMD  
Fig. 4 HMD by SmartPhone and Magnifying Lens



図 5 アプリケーション - Web ブラウザ  
Fig. 5 Application - Web Browser.

Wilson, D.A. らの LightSpace[7] がある。LightSpace は天井に設置した深度カメラにより部屋全体の状態を認識し、同様に天井に設置したプロジェクタによりインタフェースを提供する。テーブルや壁面に直接触つての操作が可能であるが、天井に装置を配置した部屋の中を対象としており、ウェアラブルな本研究とは異なる。また、Harrison, C. らの OmniTouch[4] も周辺環境を活用した現実拡張インタフェースである。OmniTouch はウェアラブルな深度カメラと小型プロジェクタにより、ユーザ前方の平面に対してインタフェースを投影、操作できる。しかし、平面へのタッチ操作のみを対象としており、物体に対するタンジブルな操作を実現する本研究とは異なる。

周辺にあるオブジェクトにタンジブルな操作を割り当てることの有用性を示した研究として、Cheng, K.-Y. らの iCon[1] がある。テーブル上のマーカー付きオブジェクトに対するタンジブルな操作を実現し、マルチタスク環境においてその有用性を示している。他にも同様な研究 [8] がなされ、周辺にあるオブジェクトを活用することの有用性が示されている。しかし、テーブルトップでの使用に限定されている点、オブジェクトがコンピュータのインタフェースに留まっている点から本研究とは異なる。

周辺にあるオブジェクトを拡張し、タンジブルな操作を実現した研究として、Christian, C. らの Instant user interfaces[2] がある。周辺にあるオブジェクトへの操作に機能を割り当てて使用できる点が本研究と類似するが、ユーザインタフェースの表示は行えない。また Huber, J. らの LightBeam[6] では、テーブル上に設置された深度カメラとプロジェクタにより、紙やマグカップにインタフェースを提示し、直接触れることによるタンジブルな操作を提案している。しかし、手に把持またはテーブル上に配置した状態での使用方法の調査が主であり、ウェアラブルなメガネ型デバイスを使用する本研究とは異なる。

‘‘実世界オブジェクトへの機能拡張によるインタフェースの提案’’ [9], [10] は著者らの試作を発表したものである。

## 4. アプリケーション

周辺のオブジェクトにその特徴・アフォーダンスに応じた機能を拡張し、直接触つて操作できるようにすることにより、有用性が見込めるアプリケーション例の一部を紹介する。

### 4.1 固定された広い平面オブジェクト

テーブルや壁面といった広い平面を持つオブジェクトに対しては、従来の GUI 画面を重畳することで、直接触つての操作が可能になるため空中に表示して操作する場合に比べて有用であると考えられる。例えば Web ブラウジングには、リンクのクリックのようなポインティング操作が必要である。ポインティング操作を空中で行う場合は触覚フィードバックが得られないが、平面オブジェクトに対して Web ブラウザ機能を拡張 (図 5) することにより、触覚フィードバックを持ったインタラクションが可能となり、より使いやすいインタフェースを提供できる。

### 4.2 移動が可能な平面オブジェクト

テーブルや壁面といった移動が難しい平面の他にも、手に持つことのできるノートパッドのような平面オブジェクトが考えられる。このような平面には電子書類ビューア機能を拡張 (図 6) できる。これにより、線を引く等のドラッグ操作に触覚フィードバックを持たせることができる他、オブジェクトを前後させることによるズームイン・ズームアウト機能。また、実オブジェクトでのページめくり時に重畳した書類データでもページ送りするような、直感的なページめくりインタフェースも考えられる。

### 4.3 円柱型オブジェクト

平面以外のオブジェクトについてもその特徴に応じたユーザインタフェースを割り当てることにより、機能の拡張が可能である。円柱型オブジェクトには垂直方向を軸と

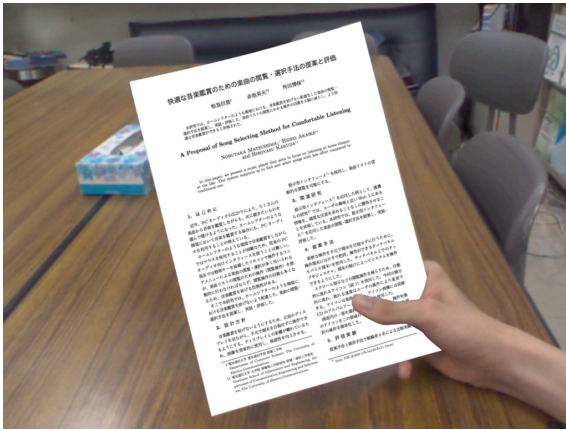


図 6 アプリケーション - 電子書類ビューア  
Fig. 6 Application - Digital Document Viewer.

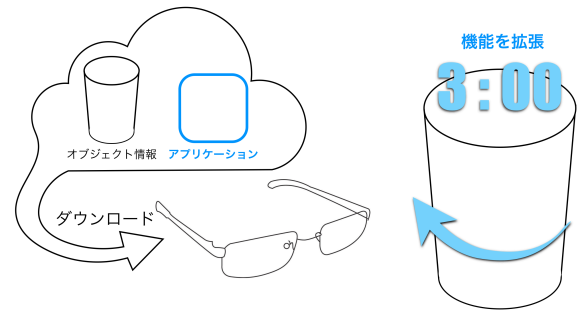


図 9 現実的な使用  
Fig. 9 Use case in Real World.



図 7 アプリケーション - タイマー  
Fig. 7 Application - Timer.



図 8 アプリケーション - 音楽プレイヤー  
Fig. 8 Application - Music Player.

した回す操作が考えられる。この回転は数値等設定のためのボリュームとして使用できるため、タイマー機能を拡張(図7)できる。物体への操作は他にも、動かす、転がす、上部をたたくといった操作が考えられ、音楽プレイヤー機能(図8)を拡張できる。手前に傾けることで一時停止・再生、左右に傾けることで曲送りが可能である。

## 5. 予備実験

実世界オブジェクトを活用した、回転、傾け、移動などの各操作の可動範囲および速度と精度を測定し、適切なインタラクション手法を考察する。空中における操作でも同様の実験を行い結果を比較する。

## 6. 実験・評価

予備実験から得られた考察をもとに、実世界オブジェクトの活用に適したインタラクション手法でアプリケーションを実装し、実際の使用シーンを模したタスクによって有用性を評価する。

## 7. 展望

本研究の応用は大きく2種類に分けられ、それぞれに課題が考えられる。

### 7.1 ユーザが操作を割り当てる使用法

ユーザが自分の周辺のオブジェクトに自由に機能を割り当てて使用方法である。この方法では、メガネ型デバイスの各アプリケーションを各形状のオブジェクトで使用するため、各形状のオブジェクトでの操作をアプリケーションの操作に対応づける枠組みが必要となる。

### 7.2 オブジェクト側が機能を提供する使用法

各オブジェクトにはそれに合った機能の拡張が考えられる。カップ麺等の活用は一例に過ぎず、日常的に使っているさまざまなオブジェクトに機能を追加することが考えられる。実世界オブジェクト向け拡張機能をメガネ型デバイスのアプリケーションとして、ダウンロードして使える仕組みをつくれば、製品を製造している企業が、そのオブジェクトに対する機能拡張アプリケーションを提供することもできるし、第三者が開発し公開することも考えられる。オブジェクトを認識し、アプリケーションをダウンロードできる仕組みについて、例えば製品バーコードの情報を使用することが考えられる。バーコード情報によりそのオブ

ジェクトが何であるかを特定することができる。特定したオブジェクトに対応するメガネ型デバイスのアプリケーションと、オブジェクト認識に必要な画像特徴量や形状等のオブジェクト情報をダウンロードすることで、オブジェクト側が提供する機能の使用が可能になる(図9)。実世界オブジェクトを認識し、アプリケーションのダウンロードが自動で行えるようになると、ユーザが意識することなく機能が拡張された実世界オブジェクトを利用できるようになる。

## 8. おわりに

本稿では、メガネ型デバイスにおけるインタラクション手法として、周辺にあるオブジェクトにその特徴・アフォーダンスに応じた機能を拡張する手法について述べた。現在は実験のためのシステムの実装を行っている。バーコードによる拡張機能提供を実装し、ユーザが意識せずに機能拡張された実世界オブジェクトを利用できる環境づくりを目指す。

## 参考文献

- [1] Cheng,K.-Y., Liang,R.-H., Chen,B.-Y., Laing,R.-H. Kuo,S.-Y: iCon: Utilizing Everyday Objects as Additional, Auxiliary and Instant Tabletop Controllers; CHI 2010, pp.1155-1164 (2010).
- [2] Christian,C., Ignacio,A., Max,M., Jan,B.: Instant user interfaces: repurposing everyday objects as input devices; ITS 2013, pp.71-80 (2013).
- [3] Gustafson,S., Holz,C., Baudisch,P.: Imaginary phone: learning imaginary interfaces by transferring spatial memory from a familiar device; UIST 2011, pp.283-292 (2011).
- [4] Harrison,C., Benko,H., Wilson,A.D.: OmniTouch: Wearable Multitouch Interaction Everywhere; UIST 2011, pp.441-450 (2011).
- [5] Harrison,C., Tan,D., Morris,D.: Skinput: appropriating the body as an input surface; CHI 2010, pp.453-462 (2010).
- [6] Huber,J., Steimle,J., Liao,C., Liu,Q., Muhlhauser,M.: LightBeam: Interacting with Augmented Real-World Objects in Pico Projections; MUM 2012, Article No. 16, (2012).
- [7] Wilson,D.A., Benko,H.: Combining Multiple Depth Cameras and Projectors for Interactions On, Above, and Between Surfaces; UIST 2010, pp.273-282 (2010).
- [8] 明神, 加藤, 西田: テーブルトップ型拡張現実感における MagicCup の提案と評価; 電子情報通信学会技術研究報告.MVE, マルチメディア・仮想環境基礎 108(226), pp.15-20, (2008).
- [9] 松嶋, 赤池, 角田. 周辺オブジェクトを活用した現実拡張インタフェースの提案; HIS 2013, pp.545-548, (2013).
- [10] 松嶋, 赤池, 角田. 実世界オブジェクトへの機能拡張によるインタフェースの提案; WISS 2013, pp.197-198, (2013).