

ARdisk : 拡張現実感を用いたデスクシステムのための 腕時計型回転マーカインタフェースの提案

高橋 大佐[†]

伊藤 久祥[†]

ARdisk: the Proposal of the Wrist Watch Type Rotation Marker Interface for the Desk System Using an Augmented Reality

DAISUKE TAKAHASHI[†]

HISAYOSHI ITO[†]

1. はじめに

普段から、私たちが主となる作業場として利用しているデスクや机の上は、様々な物体や要因によって作業環境が構成されている。例えば、作業に活用するための書籍や書類、ペンなどの筆記用具や時間を知るための時計、ノートパソコンや電卓などである。大きさや用途・目的、性質の違う様々な道具や物が机の上に混在し、ユーザはそれらを適宜活用し作業を効率的に行おうとする。

しかし、実際の作業時にはそれぞれの持つ性質から様々な制約を受けながら作業を行うことになる。例えば、パソコンなどの情報機器はマウスやキーボードなどの入力機器を使用することから、実際にペンと紙で行う作業に比べて直感的に作業を行うことが難しい。書類など紙媒体の資料は、情報の再利用や編集が情報機器と比べて難しく、また、情報の蓄積量が増えるとそれらを保管するための場所が必要となる。パソコンと紙媒体の資料はそれぞれがお互いの欠点を補うような性質を持っていることから、二つの媒体を同じ空間でも互いに競合しあわずに活用できることが望ましい。

こうした問題に対し DigitalDesk¹⁾や EnhancedDesk²⁾といった机型実世界指向インタフェースでは、カメラとプロジェクタを用いて、机上での電子情報と実物体のインタラクションと、ハンドジェスチャ操作による自然な操作手法を実現している。

しかし、これらのシステムでは一つの机に対して1つのカメラとプロジェクタを必要とすることから、非常に大がかりなシステム規模になる。また、ユーザが扱える電子情報は机表面に投影されることから、電子

情報の立体的な利用ができず、したがって、電子情報と実物体のインタラクションを十分に実現しているとは言い難い。

そこで、我々は拡張現実感を用いて、書類等の実物体と電子情報をシームレスに作業へ活用できる仮想デスク作業環境を提案する。本論文では特に、身振りやハンドジェスチャ利用時における微細な情報入力 of 難しさに着目し、ハンドジェスチャを補助する、腕時計型回転マーカインタフェース ARdisk を提案し、操作精度やユーザビリティについて検証を行う。

2. 従来研究

机型実世界指向インタフェースにおける、実物体と電子情報のインタラクションに関する研究と、実空間と電子情報を融合させた作業環境におけるハンドジェスチャ操作に関する研究をそれぞれ挙げ、本研究の位置づけを述べる。

2.1 机型実世界指向インタフェースの研究

机上における実物体と電子情報を統合し、協調的な作業空間を構築する研究として机型の実世界指向インタフェースの研究が行われている。

DigitalDesk では、プロジェクタとカメラを用いて、机上に電卓などのツールやパソコン操作で用いられる操作法を取り扱える作業領域を投影し、ハンドジェスチャを用いて電子情報と書類間での情報の双方向性や、情報の取り扱いにおける統一性をもった、協調的な作業環境の構築を目指した。

また、Limpid Desk³⁾では、机上に積み重ねられた書類に対して、上層の書類を透過させることで、実物体と電子情報の探索・操作・情報提示空間を一致させた直感的インタラクションを目指した。

これらのシステムでは、情報を取り扱う空間の一貫

[†] 岩手県立大学ソフトウェア情報学部

Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

性と直感性の重要さを示している。しかし、プロジェクタとカメラを用いることから、システムの規模が大きくなってしまふ。また、電子情報が机上の表面に投影されることから、情報を3次的に取り扱うことが難しく、実物体と電子情報のインタラクシオンを十分に実現しているとは言い難い。

そこで提案システムでは、拡張現実感とハンドジェスチャによる操作を組み合わせることで、情報を取り扱う空間の一貫性と直観性を兼ね備え、かつ、机型実世界指向インタフェースよりもコンパクトなインタラクシオンシステムの実現を目指す。

2.2 実空間と電子情報を融合させた作業環境におけるハンドジェスチャ操作に関する研究

Clip インタフェース⁴⁾は、物理的環境での空間的な自由性と電子情報の利便性を同居させることを目的とし、複合現実とウェアラブルシステムを組合せ、ユーザの周囲に電子情報を重畳させる。重畳された情報は、ユーザが摘むことで自由に配置することができ、ほぼフリーハンドな状態で直感的に操作することができる。

同様に、土屋らは指先につけた複数のカラーマーカの位置関係からハンドジェスチャ操作を行う、拡張現実感システムを提案している⁵⁾。指先のマーカ間の距離を利用し、ヘッドマウントディスプレイに表示された仮想物体の表示および非表示、移動や拡大・縮小といった操作方法を提案し、ウェアラブルシステムでのより直感的な操作手法の研究を行っている。

これらの研究は、電子情報の操作を画像認識によるハンドジェスチャのみを用いて、より自然な形で実現している。しかし、指先に対する認識精度の曖昧さから、仮想物体の移動や拡大・縮小など、ある程度大まかな操作しか実現することができない。そのため、微量な情報の入力や数値・量に関する情報の入力には不向きである。

そこで本研究では、円形の持つアフォーダンスと回転の持つ情報の種類を生かし、数値情報や微量な情報操作に特化した回転マーカを提案し、ハンドジェスチャでは困難な操作を自然に行える入力インタフェースを目指す。

3. 腕時計型回転マーカ ARdisk

3.1 ARdisk の構成

ARdisk の構成を図1に示す。図2で示すように、ARdisk は腕時計バンド部分とディスクマーカ部分によって構成される。ディスクマーカ部分は市販の8cmDVDに2次元マーカを張り合わせている(図

2(b))。バンド部分は腕時計用のバンドにCDプレイヤーの回転軸を取り付けたものである(図2(a))。



図1 ARdisk インタフェースの概観



(a)ディスクマーカ部分

(b)バンド部分

図2 ARdisk の構成要素

3.2 円の持つアフォーダンス

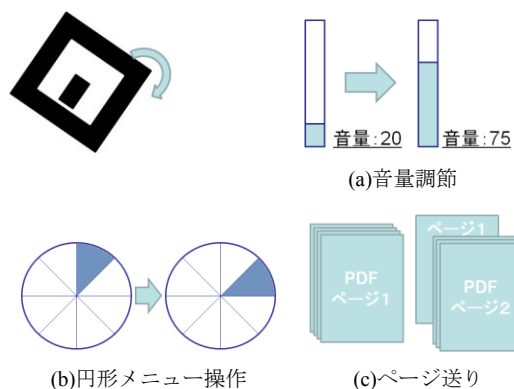
ARdisk では円形のもつアフォーダンスを利用して、実世界での操作方法により近い入力手法を実現する。

実世界での円形のインタフェースは、音量調節に使われるつまみや、リモコンの項目選択などに利用されている。そのため、円形の物体を回転させて数値や項目を選択するという動作は、現実の動作と結び付けやすく、違和感なく操作できる。また、環状に配置されたものの操作に対しても直感的に操作方法を理解できると考えられる。

このように円形にすることで、数値や量の入力・項目の選択・環状な物体に対する操作といった3つの操作に適していると考えられる。

3.3 ARdisk による操作

今回は「音量調節」と「円形メニュー操作」、及び「ページ移動」を想定した3つの操作方法を実装した。



(a)音量調節

(b)円形メニュー操作

(c)ページ送り

図3 回転によるそれぞれの操作イメージ

表1 ARdisk の回転と各操作手法の関係

操作対象	回転情報の割当	右回転	左回転
音量調節	回転方向 回転量	音量の増加	音量の減少
メニュー操作	円周上の位置	一つ右に	一つ左に
ページ送り	回転方向	次ページへ	前ページへ

3.4 回転認識アルゴリズム

回転方向や円周上の位置を取得するためには、はじめにマーカの回転による角度を取得する必要がある。マーカの回転は、2つのベクトルによる外積と内積によって求められる。基準となる固定のベクトルを A 、マーカの回転によって変動するベクトルを B とすると、2つのベクトルのなす角 θ は以下の数式により求められる。

$$\theta = \tan^{-1} \frac{A \times B}{A \cdot B} \quad (1)$$

基準となるベクトル A は、ユーザが操作対象を選択するたびに新しく決定される。ベクトル B は、マーカが回転するたびに逐次取得される。算出した角度 θ は、その値によって回転量を、増減によって回転方向を認識する。

4. ARdisk による評価実験

実験1にはそれぞれの操作に対する適切な円周の分割数を調査し、実験2では ARdisk のユーザビリティや操作性についての評価を行う。

4.1 実験時のシステム構成



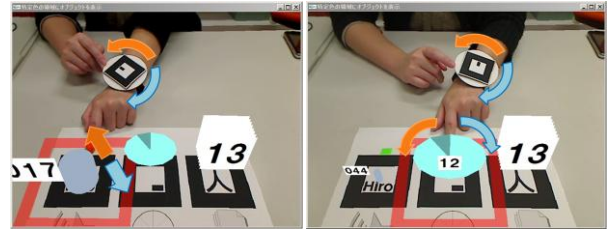
図4 システム構成図

本システムでは、ハンドジェスチャとの組合せを考慮し、ハンドジェスチャを想定した指さし動作と ARdisk を組み合わせて操作する。指さし動作は、画像処理によって画像内から特定の色の領域が抽出されるように色相・彩度・明度を調整し、指サックを識別する。指サックがオブジェクト表示用シートの目安部

分に触れると、指さし動作として認識する。ユーザは、左手で操作対象を指さしながら、右手で ARdisk を回転させて操作を行う。指さし動作と ARdisk の回転動作の様子を図5に、各操作手法を実際に行っている様子を図6に示す。

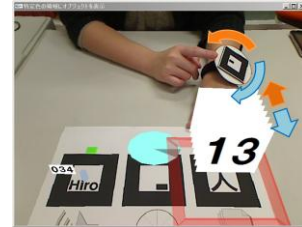


図5 指さし動作および回転操作



(a)音量調節

(b)円形メニュー操作



(c)ページ移動

図6 ARdisk による操作

4.2 実験1

実験1では、それぞれの操作方法に適した円周の分割数を検討する。被験者10人を対象として、指さし動作を行いながら4つの分割数に対して、それぞれ左右に10周ずつ計20周マーカを回して貰い、それによってどれだけ値を取得できたかを調べる。分割数については、事前実験により90%以上のデータ取得率があり、かつ、操作が冗長にならない分割数を調査した。調査は、学生一人を対象として円周の分割数を360から4まで細かく設定し、それぞれの分割数に対して実験1と同様にしてデータの取得率を調べた。実験1の結果を表2に示す。

表2 分割数ごとの数値取得率の平均

円周の分割数	右回転	左回転
12 分割	100.0%	97.9%
20 分割	99.5%	97.4%
30 分割	97.8%	96.6%
36 分割	96.9%	95.6%

表2の結果から、音量調節は操作にかかる回転数の少なさを重視して36分割に、メニュー操作には項目数と精度を重視し12分割を、ページ移動にはそのどちらも重視し20分割をそれぞれ割り当てる。

4.3 実験2

実験2では、実験1で割り当てた分割数によるそれぞれの操作手法及び、インタフェースそのものに対するユーザビリティの評価を行う。

ユーザには、音量の調節等の一定のタスクを行ってもらい、発話思考法及びアンケートを用いて、操作法とインタフェースの使い易さに関する評価を行ってもらった。表3、表4にアンケートによる結果を示す。

表3 ARdiskの装着に対する違和感の感じ方

評価基準	バンド	ディスク	インタフェース
感じた	0.0%	6.7%	0.0%
やや感じた	6.7%	26.7%	13.3%
どちらでもない	6.7%	33.3%	20.0%
あまり感じない	33.3%	13.3%	33.3%
感じない	53.3%	20.0%	33.3%

表4 各操作法と回転による操作そのものに対する使い易さ

評価基準	音量 (36 分割)	メニュー (12 分割)	ページ (20 分割)	回転操作
使いづらい	26.7%	6.7%	26.7%	0.0%
どちらでもない	0.0%	0.0%	0.0%	20.0%
使い易い	73.3%	93.3%	73.3%	80.0%

表3から、6割以上の被験者がARdiskの着け心地について、どちらかといえば違和感はないと回答していることが分かる。違和感を覚えた被験者の理由としては、ディスクが大きいということ、普段から腕時計等を着け慣れていないこと、が挙げられた。しかし、アンケート後のインタビューでは、入力インタフェースとしてならば十分に受け入れられると回答している。

また、表4から、8割の被験者が回転を用いた操作方法に対して、使い易いと答えており、円形メニュー

の操作に関しては、9割以上の被験者が使い易かったと回答している。

5. 考察

実験1によって、それぞれの操作に適した分割数を検討し、実験2によって、今回実装した各操作方法とARdiskのユーザビリティ評価を行った。その結果、装着感の面でARdiskがユーザに重大な違和感を与えるものではなく、入力インタフェースとして十分に実用可能であることが分かった。

また、今回提案した3つの入力手法に関しては、それぞれ7割以上の被験者が使い易いと答えており、特にメニュー操作に関しては9割以上の被験者が、操作方法が分かりやすく視覚的にも回転操作とよく結び付いている、と回答していた。これにより、回転による直感的な情報の操作が可能であると言える。

さらに、ユーザに指さし動作とマーカー操作の相互関係について聞いたところ、互いの動作が阻害しあうということはなく、同一の作業環境の中で両者を協調的に利用することが可能であるという知見も得られた。

一方で、ARdiskの小型化や操作自体の精度向上という課題もある。表4にある通り、分割数を減らすことで操作性が大きく変わることから、円周の分割数が操作精度に大きく関わっていると考えられる。また、ディスクマーカー自体への情報の重畳や物理的なレスポンスによるマーカーの回転認識など、ユーザに対するレスポンスを増やしてほしいという意見もあった。

今後は、分割数の変化による精度と操作性の変化や、ユーザへの視覚的・物理的なレスポンスを増やすことによるユーザビリティの変化についての評価を行う。

参考文献

- 1) Pierre Wellner: The DigitalDesk Calculator: Tangible Manipulation on Desk Top Display, UIST'91, pp. 27-33 (1991).
- 2) 小池英樹, 小林貴訓, 佐藤洋一: 机型実世界指向インタフェースにおける紙と電子情報の統合および手指による実時間インタラクションの実現, 情報処理学会論文誌 Vol.42 No.3, pp. 577-585 (2001).
- 3) 岩井大輔, 佐藤宏介: Limpid Desk: 投影型複合現実感による机上書類の透過化, 情報処理学会論文誌 Vol.48 No.3, pp. 1294-1306 (2007).
- 4) 小島佳幸: WearableMRにおける手を用いた直感的操作, NAIST-IS-MT0051037 (2002).
- 5) 土屋太二, 高橋和彦: ハンドジェスチャによる拡張現実感システムの構築, THE SCIENCE AND ENGINEERING REVIEW OF DOSHISHA UNIVERSITY, Vol.50 No.3 (2009).