

立体表示を用いない風インタフェースの評価

Evaluation of Air Jet Interface Without Stereo Display

鈴木 由里子†
Yuriko Suzuki,小林 稔†
Minoru Kobayashi

1. はじめに

仮想物体や仮想空間との自由なインタラクションを行うことができるバーチャルリアリティ (VR) 技術が各種研究され、アミューズメント施設等 VR 技術を応用したシステムがエンターテインメント分野で利用されている。豊かな体験を利用者に提供するために、多様な VR 技術の実現が期待されている。

VR 技術の一つである力覚提示について、我々は噴出空気を利用して仮想物体に触る感覚を提示する風インタフェースを開発している[1]。本技術は、従来のアームやワイヤを利用する方式に対して、利用者を据付の装置に拘束しない特徴を持つ。

本インタフェースは、仮想オブジェクトの表示に立体表示を使用しているが、子ども向けの施設等からは、立体表示を用いない構成への要望があった。そこで、立体表示を用いずに、風圧による力覚提示を効果的に使用する方法の開発に取り組み、これまでに2次元表示と風圧による力覚提示を組み合わせた風インタフェースを実装した[2]。本稿では、この実装したシステムについての評価実験について報告する。

2. 立体表示を用いた従来の風インタフェース

風インタフェースは、テーブルに埋め込んだ複数ノズルの一つから空気を噴出し、利用者が持つ柄杓形のパドルに当てることで、仮想の物体がテーブルの上にあるような接触感覚を、利用者に表現する。仮想オブジェクトとパドルの位置に応じて噴出を制御することで、利用者は仮想オブジェクトとのインタラクションを楽しむことができる。

本インタフェースは、CG オブジェクトの表現に立体表示を使用している。立体視メガネに取り付けたカラーマーカの3次元位置を計測し、立体視メガネをかけた利用者の視点に応じた3次元仮想オブジェクトが、アナグリフによるステレオ画像としてテーブルに提示される。両眼視差と視点に応じた3次元オブジェクトの表示により、利用者は視覚的にも触覚的にも立体的に表現されたオブジェクトに触ることができる。

我々は、本インタフェースのデモンストレーションを行い、多くの体験者から意見を得た。体験者からは、噴出空気が与える接触感覚や立体映像と合わせた力提示について、良好な意見が挙げられた。しかし、経験のある展示施設運用者等からは、展示のしやすさに対する問題点が指摘された。その一つが、立体表示を使用していることに対する問題点であった。立体視メガネを装着する必要があることから、利用者の体験意欲が損なわれることがあげられた。また、両眼視差の立体表示の疲労感に対する児童使用への不安を表明する運用者もいた。

†日本電信電話株式会社 NTTサイバーソリューション研究所

本インタフェースにおいて、立体表示は重要な構成要素であるが、使用用途を限定してしまう要因となっていた。そこで、立体視メガネや視点に応じた空間提示をなくした、立体表示を使用しない風インタフェースを検討した。

3. 立体表示を使用しない風インタフェース

風圧による力覚提示を2次元表示に適用するに当たって、以下の2点を検討し、システムを実装した[2]。

(1) 空間表現

空間の3次元情報が損なわれることから、3次元の空間情報を利用者が理解しやすい空間表示とする必要がある。そこで、空間映像は、空間を見下ろす視点からの透視投影の映像で表現することとした。視点を高い位置に置き、表現された空間の様子が分かりやすくなるように、空間中心の真上ではなく、空間内のオブジェクト手前となるテーブル手前から見下ろす視点の映像とした。

(2) カーソルオブジェクト

利用者が操作する風受容器についても、表現された空間内のオブジェクトに対する風受容器の位置が理解できる必要がある。そこで、上方から見下ろす空間映像に対して、風受容器でオブジェクトを押さえる操作が容易となるように、表現された空間内における風受容器の位置を表すために、次の三つの要素を備えたカーソルを導入した。(a) 利用者が操作している空間内の指示位置を示すカーソルオブジェクト、(b) カーソルオブジェクトの真下に位置し他のオブジェクトの上部表面に存在して、水平方向の位置座標を表す分身オブジェクト、(c) カーソルオブジェクトと分身オブジェクトを破線でつなぎ、両者の離れた程度を表すつなぎオブジェクト。図1は実装したカーソルオブジェクトを使用し、操作している様子である。

4. 評価実験

2次元表示を利用した風インタフェースの有効性を調査するため、評価実験を行った。

4.1 実験内容

実験方法としては、2次元表示による風インタフェースを使用し、被験者がオブジェクトの目的の場所を正しく触れるかの調査を行った。

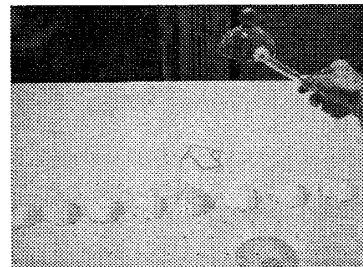


図1. カーソルオブジェクト

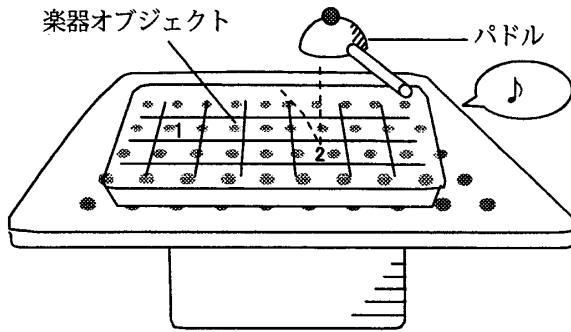


図2. 実験方法



図3. 実験に使用した表示方法

実験オブジェクトには、触ったり叩いたりすることで音が発生する直方体の楽器オブジェクトを用意した(図2)。楽器オブジェクトの上にはマス目と1から8までの数字が書かれている。数字が書いていないマス叩いても音は発生せず、数字が書いてあるマスを順番に叩くと、ドレミファソラシドの音階が順番に発生する。

試行は、上記オブジェクトの1から8の数字が書かれたマスを、メトロノームに合わせて順番に叩く操作を2回繰り返すこととした。ドレミの音階が、メトロノームに合わせて鳴らされることで、正しく触れているかを判断することとした。

比較のために、提案システムの二次元表示方式と、図3に示す、従来の立体表示方式、カーソルオブジェクトを簡単化した比較二次元表示方式も、試行対象に加えた。

実験手順は、次のとおりである。まず被験者には、風インタフェースや、試行手順、3つの表示方式について説明した。そして、各表示方式の試行毎に自由に触る練習をさせ、その後被験者の意思によって確認ステップに移る。確認ステップにおいて、指定場所を順番に触ることができるまでの試行回数を調査した。メトロノームと合っていない場合や、順番に音が鳴らなかった場合は、もう一度、1から触るように指示した。確認ステップで失敗した場合には、再び練習ステップに戻ることも可能であるとした。ただし、その場合は最初の確認ステップの試行回数も合わせて成功までの試行回数として数えることとした。最後に、3つの表示方式に対して、面白かったか、触りやすかったか等を、3から-3までの7段階で回答するアンケート調査を実施した。なお、実験時には、被験者毎に試行の順序を変更した。また表示方法毎に、楽器オブジェクト表面の数字の位置を変更した。

被験者は、20代から50代の男女20名で実験を行った。

4.2 結果と考察

実験結果を表1に示す。各表示方法について、練習後に目的の場所を順番に正しく触れるまでの平均試行回数は、

表1. 実験結果

	平均試行回数 (回)	平均練習時間 (分:秒)	面白かったか	触りやすかったか	集中したか
立体表示	1.4	1:19	2.2	1.75	2.05
比較二次元	3.4	2:20	1.1	0.2	1.1
提案二次元	2.1	1:52	1.55	0.75	1.45

立体表示が最も少なく、提案した二次元表示は2番目で、比較二次元表示が最も多かった。各表示方式における平均練習時間をビデオから計測すると、これも立体表示が最も短く、提案した二次元表示は2番目で、比較二次元表示が最も長かった。実験のアンケート調査についても、面白かったか、触りやすかったか、集中できたかの問いについての平均値は、立体表示が最も高く、比較二次元表示が最も低かった。

結果として、提案した二次元表示方法は、練習を行うことで操作可能となることがわかった。また、提案表示方法は、従来の立体表示には至らなかったが、比較二次元表示よりも操作しやすいことがわかった。

しかし、被験者の中には、比較二次元表示の方が提案表示よりも操作しやすいとの意見も挙がっていた。特に二つの二次元表示方式について、アンケートの自由記述や実験後に聞き取った意見を挙げる。提案方式に肯定的な意見としては、比較二次元表示ではオブジェクトに当たるタイミングがつかめないのに対して、提案方式では、つなぎオブジェクトによって奥行きがわかり、カーソルオブジェクトと分身オブジェクトが重なることで触ったタイミングがわかるので、触りやすかったと述べている。また、提案方式の分身オブジェクトについて、リズムに合わせて触る操作をする場合、先に押す場所を分身オブジェクトで合わせ、音を出したい時にカーソルオブジェクトを重ねることでリズムに合わせやすいとの意見も挙がった。しかし、否定的な意見として、カーソルオブジェクトと分身オブジェクトのどちらを見ていいのかわからず、数字に合わせるのが難しかったとの意見も挙がった。まずは、この分身オブジェクトの表示方法について、操作者を混乱させない表示方法に改善する必要があると考えている。

5. おわりに

本報告では、立体表示を使用した従来型の風インタフェースに対して、立体表示を用いずに、2次元表示と風圧による力覚提示を組み合わせた風インタフェースについて、これまでに実装したシステムを説明し、その評価実験について報告した。

実験によって、従来の立体表示方式には劣るが、練習を行うことで提案した二次元表示方法でも操作することが可能であることがわかった。しかし、導入したカーソルオブジェクトが、効果がある場合と負の効果がある場合があった。今後、カーソルオブジェクトの表現方法の改良が必要であると考えられる。

- [1] Suzuki, Y., and Kobayashi, M.: Air Jet Driven Force Feedback in Virtual Reality. *Computer Graphics and Applications*, IEEE, 25(1), 44-47. (2005).
- [2] 鈴木由里子, 小林稔: 立体表示を用いない風インタフェースの開発. *CSVC2007-15*. pp.31-36, 2007