

円筒型マルチタッチインタフェースにおける公共施設向け 3D 操作手法

内藤 真樹[†] 志築 文太郎[†] 田中 二郎[†]

3D operating methods for Cylindrical Multi-Touch Interface in public facility

MASAKI NAITO,[†] BUNTAROU SHIZUKI[†] and JIRO TANAKA[†]

1. はじめに

3D コンテンツの増加に伴い、一般的な平面ディスプレイに 3D オブジェクトを表示するのではなく、実際に立体的にオブジェクトを表示する立体ディスプレイなどが各種電機メーカーから発表されている。これにより 3D コンテンツが今以上に普及し、それら进行操作するためのインタラクション手法などが必要となると考えられる。中でも、表示されている 3D コンテンツを選択したり、表示されている 3D 空間の位置を指定したりするための 3D ポインティング手法は、より利用機会も増え重要になると考えられる。

既存のマウスやタッチパネルにおいても 3D ポインティング手法は検討されており、一般的に「平面ディスプレイの表示面に対応する X-Y 座標をポインティングによって指定する」、「奥行きをマウススクロールやジェスチャを使い指定する」や「平面ディスプレイに 3 面図を表示し、複数の画面の位置を指定することで位置を指定する」といった方法が採られている。しかし、このような操作手法は平面ディスプレイにおける表示に対して操作を行うための手法であり、立体ディスプレイには向いていないと考えられる。そこで我々は、立体ディスプレイにおいてはより適切なデバイスや操作手法があると考え、3D 操作を行うためのデバイスとして円筒側面を操作面に備える円筒型マルチタッチインタフェースを作成し、それをを用いたアプリケーションについていくつかの実装を行い検討してきた⁴⁾。

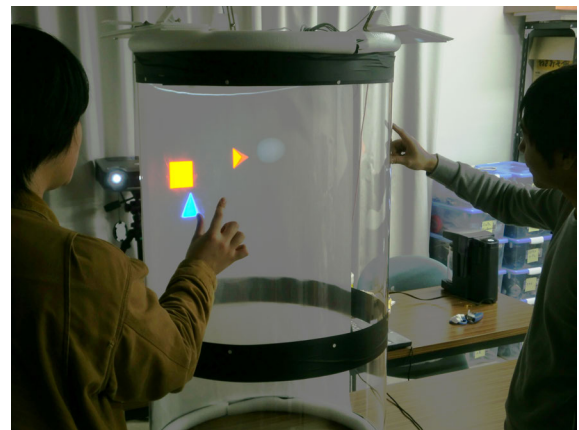


図 1 3D オブジェクトブラウザを操作している様子

ただし、これまでに作成してきたアプリケーションにおいては操作者を一人に絞った両手を利用する操作デザインを行ってきた。本稿では円筒型マルチタッチインタフェースの利用シーンとして考えている「公共施設に設置し、複数人数によって操作可能なインタフェース」というコンセプトに適した、複数人で同時に操作できる 3D ポインティング手法と 3D オブジェクトの閲覧手法を提案し、この操作手法を利用した 3D オブジェクトブラウザ(図 1)について述べる。

2. 円筒型マルチタッチインタフェース

2.1 タッチパネル

本研究で使用する円筒型マルチタッチインタフェースは、操作者に自然な操作を提供するために以下の特徴を持っている。

- 操作者が特殊な装置を身に着けずに操作が行える。
- 複数の接触点のクラスタリングを行える。

これらの特徴は、Han によって示された FTIR (frustrated total internal reflection)²⁾ に基づき設計した、

[†] 筑波大学大学院システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻
University of Tsukuba, Department of Computer Science

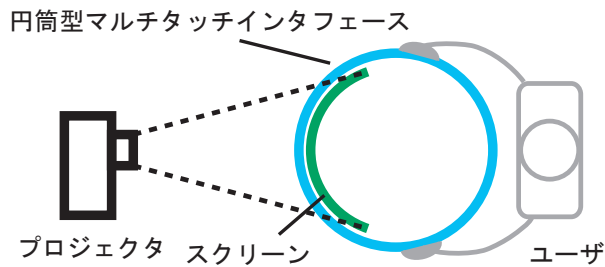


図2 リアプロジェクションのモデル

マルチタッチインタフェースで実現されている。これにより操作者は何も装着することなくタッチインタフェースを利用することができる。タッチパネルの大きさは、直径600mm、高さ1000mmの円筒型である。

タッチパネルへの接触点は、距離尺度を基にしてクラスタリングされる。ある程度の範囲にまとまって存在する接触点を1つのクラスタとして扱うことにより、ある手の複数の接触点は1つの手として認識される。よってクラスタに含まれる接触点の移動方向などを解析することで、手ごとの操作を識別することができる。

タッチパネルが円筒型なので、平面型のマルチタッチインタフェースと異なり、左右へ作業領域が途切れない。これにより、操作者はデバイスの周りを360度自由に動き、任意の場所から操作を行うことができる。

2.2 情報表示

操作者にデバイスを装着させることなく全方位から視認可能な3D元表示を行うために、ホログラフィックディスプレイのような立体ディスプレイを円筒中心に設置することを考えている。しかし、現在はこのような立体ディスプレイを入手することは難しい。そこで我々は、将来的に立体ディスプレイが安価で、高性能になることを前提に、このインタフェースの操作性の実験のために、円筒の内部にスクリーンとしてトレーシングペーパーを貼り、円筒後方に設置したプロジェクタから背面投影を行っている(図2)。

3. 円筒型マルチタッチインタフェースにおける公共施設向け3D操作手法

円筒型マルチタッチインタフェースは公共の場に設置して利用することを狙っており、そのような場に設置するインタフェースは複数人が同時に操作を行えることが望ましい。しかし、複数人が同時に両手を使って操作を行うとなると、各操作者に割り当てられる操作領域は狭くなってしまい現実的ではない。さらに両手を用いたジェスチャは多彩な操作を行うことができるが、操作者に多くの操作方法を学習させなければな

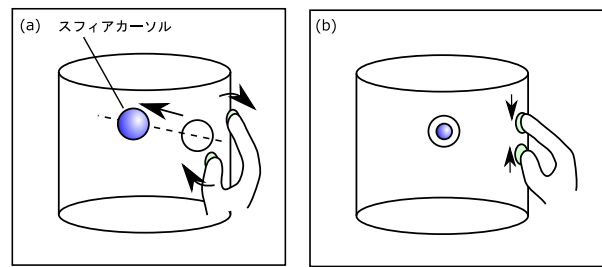


図3 ワンハンド3Dポインティング

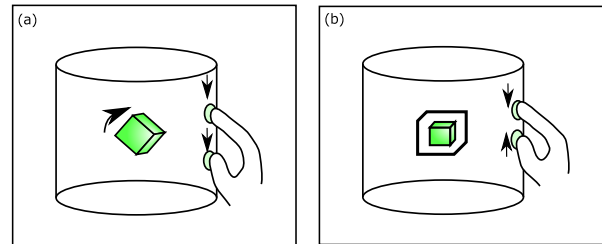


図4 ワンハンド3Dビューイング

らず誰にでも安易に操作を促すことは難しい。

そこで各操作者に割り当てる領域を小さくするために我々は、操作者が片手のみを利用して平易な操作で3Dインタラクションを行える操作手法が有効であると考えた。本稿では片手のみを利用した3Dポインティング手法と3Dオブジェクトの閲覧手法としてそれぞれ、ワンハンド3Dポインティングとワンハンド3Dビューイングと名付け提案する。両手法とも操作者は2本の指を使うだけで操作を行うことができる。

3.1 ワンハンド3Dポインティング

3D空間の位置および空間を指定する3Dポインティングカーソルとしてスフィアカーソル³⁾を用いた。スフィアカーソルとは、位置と半径をパラメータとし、3D空間を指定する半透明の球状のカーソルである。操作者はジェスチャを用いてパラメータを変更し、スフィアカーソルを任意の場所に移動し大きさを決定する。

位置の指定

スフィアカーソルの移動は、触れている2本の指をそのまま右(左)に回転させることによって行う。スフィアカーソルは2本の指の中心から、スフィアカーソルの中心を結ぶ線上を奥(手前)に等速で移動する(図3a)。具体的には、2本の指を右に回転させると、回転させている時間だけスフィアカーソルは奥に移動し続け、左に回転させると、回転させている時間だけスフィアカーソルは手前に移動し続ける。カーソルの移動方向を変更する場合は、2本の指の間隔を保ったまま同時にスライドさせて「2本の指の midpoint とスフィアカーソルの中心とを結ぶ線」の向きを変えることで対応する。

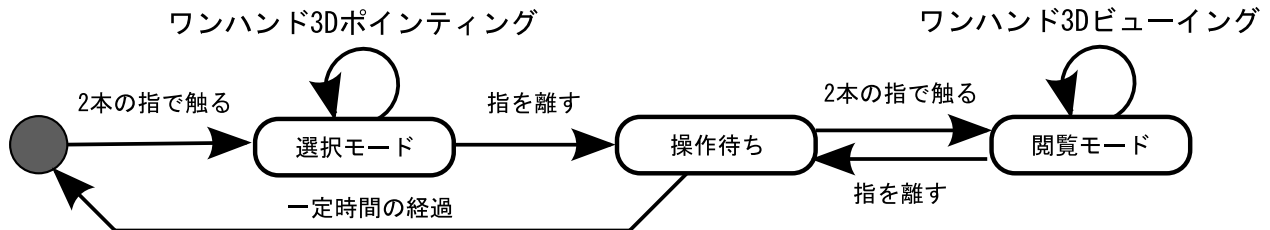


図 5 3D オブジェクトブラウザの操作の流れ

大きさの指定

スフィアカーソルの大きさの変更は 2 本の指をピンチアウト（イン）させることによって行う。2 本の指をピンチアウト（イン）させると、スフィアカーソルの大きさは大きく（小さく）なる（図 3b）。具体的には、2 本の指をピンチアウトさせると、ピンチアウトしている時間だけスフィアカーソルは大きくなり続け、ピンチインさせると、ピンチインしている時間だけスフィアカーソルは小さくなり続ける。

変化量の定義

各ジェスチャを行った際のスフィアカーソルの座標の変化量 Δp と半径の変化量 Δr は以下のように定義する。

$$\Delta p = \begin{cases} \alpha \frac{\mathbf{u}}{|\mathbf{u}|} & (\theta - \theta_0 > \theta_t) \\ 0 & (\theta_h \geq \theta - \theta_0 \geq -\theta_t) \\ -\alpha \frac{\mathbf{u}}{|\mathbf{u}|} & (-\theta_t > \theta - \theta_0) \end{cases}$$

$$\Delta r = \begin{cases} \beta & (l > l_0 \times 1.3) \\ 0 & (l_0 \times 1.3 \geq l \geq l_0 \times 0.7) \\ -\beta & (l_0 \times 0.7 > l) \end{cases}$$

各変数は、2 本の指の midpoint とスフィアカーソルの中心とを結ぶベクトルを \mathbf{u} 、2 本の指がタッチパネルに触れた時の 2 つの接触点間の傾きを θ_0 、現在の 2 つの接触点間の傾きを θ 、2 つの接触点間の傾きの閾値を θ_t 、2 本の指がタッチパネルに触れた時の 2 つの接触点間の距離を l_0 、2 つの接触点間の距離を l とする。また α と β は定数とする。

これらの操作は操作に必要とするパラメータが独立しているため、触っている 2 本の指を円筒側面から離すことなく連続して行うことができ、スムーズに各操作を切り替えることができる。

3.2 ワンハンド 3D ビューイング

ワンハンド 3D ビューイングは対象の 3D オブジェクトを回転と拡大縮小操作を用いて 3D オブジェクトの閲覧をするための操作手法である。3D オブジェク

トの回転は、2 本の指の間隔を保ったまま同時にスライドさせることによって行い、3D オブジェクトは回転する。例えば、2 本の指を下方向にスライドさせると 3D オブジェクトは 3D オブジェクトの中心点を中心に手前方向に回転する（図 4a）。拡大（縮小）についてはワンハンド 3D ポインティングと同様に 2 本の指をピンチアウト（イン）させることによって行う（図 4b）。

4. 応用例

4.1 3D オブジェクトブラウザ

公共施設において複数人で 3D オブジェクトを閲覧するためのサンプルアプリケーションを作成した。このアプリケーションは 3.1, 3.2 節で述べた手法を用いて複数表示されている 3D オブジェクトを選択し、その 3D オブジェクトの閲覧を行う。それぞれの操作の大まかな流れを図 5 に示す。実際に円筒型マルチタッチインタフェースに投影する実行画面を図 6 に示す。

選択モード

操作者が 2 本の指で円筒側面を触ることによって、指の触れた個所の円筒の内側にスフィアカーソルが出現する。操作者はスフィアカーソルをワンハンド 3D ポインティングを用いて操作し、スフィアカーソルを選択したい 3D オブジェクトと交差させる。3D オブジェクトと交差したスフィアカーソルは色が変わり、3D オブジェクトを選択中であることを示す。この状態で操作者が 2 本の指を円筒側面から離すと操作者の利用しているスフィアカーソルは消失し、指を離れた場所の円筒の内側に選択した 3D オブジェクトのコピーが表示され操作待ちとなる。これによって 3D オブジェクトの選択操作は完了する。

また、3D オブジェクトと交差していない状態で操作者が指を離れた場合はスフィアカーソルが消失するのみである。

閲覧モード

3D オブジェクトの閲覧は、選択モードにおける選択の後に表示された 3D オブジェクトのコピーを用いて行う。操作者はコピーオブジェクトの近傍の円筒側



図 6 実際に表示される 3D オブジェクトブラウザの実行画面

面を 2 本の指で触ることによって開始し、コピーオブジェクトをワンハンド 3D ピューイングによって操作することでオブジェクトの閲覧を行う。ただしコピーオブジェクトへの操作はコピー元オブジェクトには反映されない。コピーオブジェクトを利用して閲覧を行うのは、ある操作者の操作が他の操作者の操作に影響を与えないようにするためである。

選択モードは操作者が 2 本の指を円筒側面から離すことで終了し、アプリケーションは選択待ちに戻る。選択待ち状態で操作者がコピーオブジェクトの近傍を触らなければコピーオブジェクトは徐々に薄くなり消える。操作者が誤って別のオブジェクトを選択してしまった場合には取り消し操作などは行わず新しく別の場所の円筒側面を 2 本の指で触り直して選択モードを開始すればよい。

4.2 利用シーン

このアプリケーションの利用例として博物館のディスプレイシステムなどが考えられる。

展示物（例えば歴史的に貴重で触ったりできないもの、展示されている美術品の関連情報）を 3D ディスプレイで仮想的に展示し、自由に閲覧できるようにすることは有用であると考えられる。また、現在は平面型ディスプレイなどを利用した展示物の解説内容や関連物などを表示するシステムが導入されている博物館もあるが、このようなシステムでは一人の利用者が利用しているとき他の利用者が同時に利用できないようなものが多い。そこで、提案したアプリケーションを利用すれば複数人で同時に 3D ディスプレイに表示された仮想展示物を自由に閲覧することができる。

5. 関連研究

平面型ではないマルチタッチインタフェースシステムを利用した 3D ポインティングを行っている先行研究として Grossman らのシステム¹⁾がある。この研

究では半球状のマルチタッチインタフェースの内部にボリュームディスプレイを設置して表示を行っており、内部に表示された 3D オブジェクトの選択を行っている。3D オブジェクトの選択にはレーザーポインタ状のデバイスを利用して 3D 空間にレイカーソルと呼ばれる直線状のカーソルを用いる。レイカーソル上の位置を立体ディスプレイとデバイスの距離を用いて奥行きを指定している。

本研究で提案した操作手法ではタッチパネルにおけるジェスチャを操作に用いており、特殊なデバイスが必要としない。そのため、複数の利用者が同時に利用する際に利用者の数を制限することなくシステムを利用することができる。

6. まとめと今後の課題

本稿では複数の操作者が同時に使用することを想定した 3D 操作手法としてワンハンド 3D ポインティングとワンハンド 3D ピューイングの提案した。また、その手法を利用した複数人によって同時に操作可能にしたアプリケーションを作成し、その利用シーンを示した。

今後は、被験者実験を行い一般的な 3D ポインティング手法との比較検討などを行い、本稿で提案した操作手法の性能評価を行う。

参考文献

- 1) Grossman, T. and Balakrishnan, R.: Collaborative interaction with volumetric displays, *CHI '08: Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, New York, NY, USA, ACM, pp.383-392 (2008).
- 2) Han, J. Y.: Low-cost multi-touch sensing through frustrated total internal reflection, *UIST '05: Proceedings of the 18th annual ACM symposium on User interface software and technology*, New York, NY, USA, ACM Press, pp.115-118 (2005).
- 3) Naito, M., Shizuki, B., Tanaka, J. and Hosobe, H.: Interaction Techniques Using a Spherical Cursor for 3D Targets Acquisition and Indicating in Volumetric Displays, *Information Visualisation, International Conference on*, Vol.0, pp.607-612 (2009).
- 4) 内藤真樹, 小林敦友, 志築文太郎, 田中二郎: 円筒型マルチタッチインタフェース, 研究報告「ヒューマンコンピュータインタラクション」No.2008-HCI-127, 社団法人情報処理学会, pp. 37-43 (2008).