

タッチパネルを利用したARにおける干渉入力インタフェースの一 検討: 表示距離に応じたオブジェクト操作領域の分割法の提案

A finger motion expression over touch-pad for AR object movements

阿久澤 慧†
Satoshi Akuzawa

西村 広光†
Hiromitsu Nishimura

1. まえがき

本研究は、視覚のAR表現に、触覚入力デバイスを組み合わせる技術について検討した。触覚入力方法に関して、既存研究[1]のような振動デバイスを利用した触覚フィードバックを実現するのではなく、触覚によって表示物体への干渉エネルギーを入力するインタフェースの実現を試みた。具体的には、タッチパネルモニタ上に表示されたオブジェクトに対し、画面に触れる操作を実装し、指の動きによってオブジェクトに干渉エネルギーを与えるシステムを構築した。

なお、本研究ではマーカ認識によるARを取り扱っており、開発環境としてARToolKit[2]を使用している。

2. 触覚入力デバイスを利用したAR表現

本研究では、ARと融合させる触覚入力デバイスとしてタッチパネルモニタを採用した。画面上に表示されたARオブジェクトに対し、画面を通して触れる操作を実装することで触覚による干渉エネルギー入力を行っている。表示されたARオブジェクトに関しては、オブジェクト領域の限定を行っており、操作時にはタッチパネルモニタ上からこの領域内に触れることで、ARオブジェクトに干渉することが可能である。また、接触方法によってARオブジェクトに与える運動に力の大きさなどの差異を与え、視覚的な触覚再現を行っている。

3. システム概要

本研究では触覚入力デバイスとしてタッチパネルモニタを採用し、撮像面上で操作することでARオブジェクトに運動を与えている。本システムの操作方法及びARオブジェクトへの干渉とその剛体運動について、以下に示す。

3.1 タッチパネルを介した干渉方法

本システムではARオブジェクトに対する触覚入力操作としてシングルタッチによるジェスチャ入力を採用している。実装したジェスチャはフリック、サークル、ダブルタップの3種類であり、撮像面におけるドラッグパターンで認識を行う。現在オブジェクトに対するエネルギー入力はフリックで行っており、撮像面における始点 (x_0, y_0) と終点 (x, y) の2点間距離を求め、その長さに比例した力をARオブジェクトに与えている。また座標変換行列によってマーカ座標における始点座標と終点座標を計算し、その角度 θ を求めることでオブジェクトの移動方向を決定している。この操作について図1に示す。

サークルではオブジェクトの位置・姿勢の調整を行う。

人間が操作することを考慮し、正円ではなく楕円を描くことで認識率の向上を図っている。

またダブルタップではオブジェクトの形状や質量の設定を行う管理メニューの呼び出しを行っている。

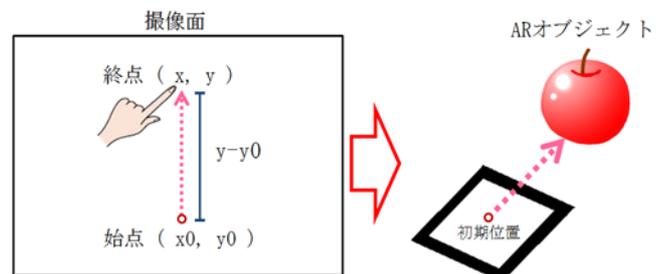


図1 フリック操作によるARオブジェクトへの干渉

3.2 ARオブジェクトに与える剛体運動表現

本研究では表示したARオブジェクトによる剛体運動表現を検討している。そこで本システムでは、基本的な剛体運動として等加速度直線運動を実装した。また、本システムでは操作の差異による運動速度、移動距離の強弱再現を行った。具体的には、フリック操作時に取得した数値を運動オブジェクトの初速度とし、摩擦のある水平面上を滑らせたオブジェクトが停止する距離と経過時間を求めている。また、位置固定の障害物オブジェクトを配置し、運動中のオブジェクトがこの障害物のオブジェクト領域と接触することで、跳ね返りといった運動を再現した。

3.3 9分割型のオブジェクト操作領域

本システムでは、タッチパネルモニタに投影されたARオブジェクトを囲む矩形型のオブジェクト操作領域を実装している。この矩形内領域を9つの矩形型に分割を行うことで、オブジェクトへ干渉する際に触れた領域ごとに異なる干渉方法を行うことが可能である。

しかしこの手法において、タッチパネルモニタ上に投影されたARオブジェクトのサイズによっては9領域を利用した操作が困難になる場合が存在する。よって、このオブジェクト操作領域が有効な範囲と不可能な範囲を見つけることが必要となる。

4. ARオブジェクト表示距離に応じた操作実験

本システムでは、タッチパネルモニタ上に表示されたARオブジェクトに対して、2次元的なオブジェクト操作領域を実装している。またそのオブジェクト領域内部を9分割することで接触箇所によるオブジェクトへの干渉結果に差異を生み出している。オブジェクトの表示位置に比例してオブジェクト操作領域も拡大縮小を行うが、このとき縮

† 神奈川工科大学 Kanagawa Institute of Technology

小さくなるにつれて9領域での操作が困難になると考え、9領域での操作方法における有効範囲の確認を目的とする。

4.1 手順

本実験では、被験者の正面に設置したタッチパネルモニタ上に表示した1つの矩形領域において、被験者にはこちらが指示した9領域を順に接触させる。これを一辺の長さが異なる10種類の矩形領域で行い、各領域内で取得した座標を集計した。実施する矩形領域は一辺が40, 80, 120, 160, 200, 240, 280, 320, 360, 400の10種とし、被験者は10名で行った。

4.2 結果・考察

本実験では、それぞれのエリア毎に取得した座標から重心を求め、各点と重心との距離を算出しその分散値に注目した。一辺が80以上の矩形にかけては分散値に大きな変化はなく、一辺が80未満の矩形において分散値の急激な変化を確認した。分散値が大きく変化した結果として、一辺が40の矩形領域内における取得座標の各重心座標を図2に示す。また、1つの矩形毎に9つの距離の分散値から平均値を求めた結果を図3に示す。図3から、一辺が40の矩形においてその分散値の平均値が増大しているのが読み取れる。また、分散値が0.09999...を超えることは、他のエリアへの侵入を意味している。

これらの結果から一辺が80未満の矩形領域では9分割したオブジェクト領域での操作は困難であると結論する。また図3において、一辺が80以上の平均値から240~280の範囲が9分割型の操作領域を利用するうえで最適範囲であると考えられる。

図3から320から400の矩形において分散の平均が高くなっていることを確認できるが、本実験は一辺が400から40の矩形にかけて順に小さくなるように操作を行ったため、320~400は被験者の慣れによって分散値に影響が現れている可能性が考えられる。また原因が被験者の慣れでなかった場合においては、対象領域の縮小を行うことでそれを解決可能であると推測できる。

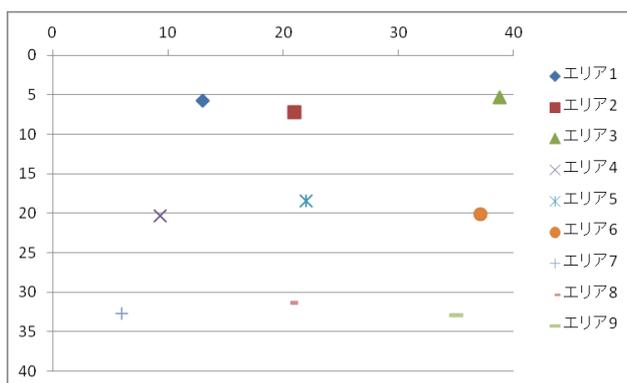


図2 一辺が40の矩形領域内におけるエリア毎の重心座標

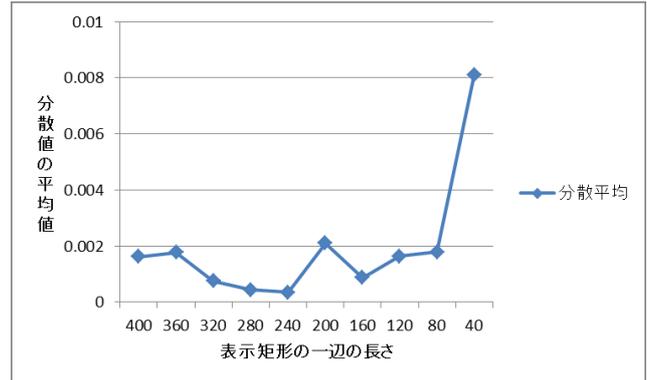


図3 各エリアにおける距離分散の平均値

5. まとめ

本研究では、視覚によるAR表現に対し、触覚入力デバイスを組み合わせる技術について検討し、それによる触覚現実感の実現を目的としている。既存の触覚再現として報告されている、Pen de Touch や GravityGrabber のような振動デバイスによる仮想的な触覚フィードバックではなく視覚的な触覚再現を目指すため、触覚入力デバイスとしてタッチパネルモニタを採用し、これによる表示物体への干渉エネルギーを入力するインタフェースを開発した。現在、カメラとマーカを固定した状態におけるARオブジェクトへの干渉エネルギー入力を実装している。入力装置としてタッチパネルモニタを採用し、画面上でのフリック距離などジェスチャとその動き方に比例して入力エネルギーの大きさを決定することで、触覚入力感を提案している。また、矩形領域内を9分割したオブジェクト操作領域における有効範囲について実験を行い、操作の最適範囲と不可能範囲を特定した。

今後の課題として、現在実装している操作方法では困難な範囲に対応させるため、9領域内の各領域についてその大きさの調整をする必要がある。また、カメラとマーカの自由姿勢による操作や、実世界に存在する物体との接触運動の実装が挙げられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、実験ならびに実験サンプル作製に御協力頂いた皆様、御指導、助言を頂いた神奈川工科大学情報メディア学科西村研究室の学生諸氏に深く感謝致します。

参考文献

- [1] Pen de Touch - Tachi Lab, [2012年11月30日参照] <http://tachilab.org/modules/projects/pendetouch.html>
- [2] 加藤博一、"拡張現実感システム構築ツール ARToolKit の開発" 電子情報通信学会技術研究報告. PRMU 101(652) (2002-02-14)