

Metamorphic Light:

紙の変形と張りをを用いた映像操作インターフェースの検討

政策・メディア研究科 修士2年

牧野 由樹子

1. はじめに

AR アプリケーションを体験する際には、Head-Mounted Display (HMD) やモバイルディスプレイを紹介することを必要とするものが多く、ユーザが不自然さや拘束感を感じることも多い。

このような制約を解放する手段の一つとして、Spatial Augmented Reality が挙げられる。

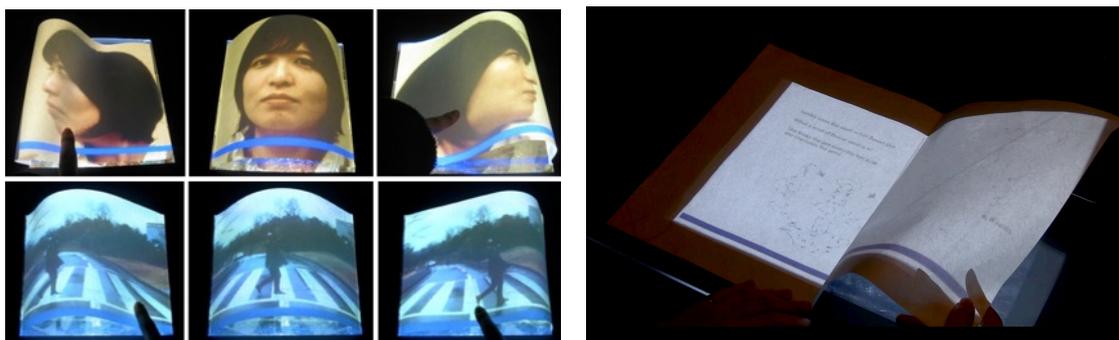
これは、実空間に直接映像を投影することで、モノそのものを拡張する技術である。

モノ自体には電氣的・機械的な加工を施すこと無く、それらに関連した情報提示を動的に行えることから直感的なアプローチと言えるが、一方でその情報をどのように操作するかが重要な課題となる。モノの位置や向き、組み合わせなどが一般的な操作のキーとして考えられるが、これらに加えてモノ自体の変形を入力として扱うことができるならば、タンジブルインタラクションとタッチインタラクションの両方の要素を兼ね揃えたより直感的な操作を提供できると考える。

今回は、紙という我々の日常によりありふれた素材を用いて新たなタンジブル映像操作インタフェースを提案する。

今回は Metamorphic Light の概要、および実装システムとその評価、紙の変形を用いたアプリケーションに関して述べる。

昨年度までは以下のようなアプリケーションを制作した。左側は方向を有する画像を重畳したアプリケーション、右側はフィジカルな紙にデジタル情報を投影した本のアプリケーションである。



今まで1枚の紙によるアプリケーションとコンテンツの制作を行ってきた。

今学期は、紙を複数使った表現の検討とシステムの精度の評価を行い、修士論文の執筆を行った。

2. Metamorphic Light の提案

2.1 システム概要

本研究では、身近に存在する紙を映像操作インタフェースとして利用する。

紙は、テクスチャが豊かで触れたい素材であること、スクリーンとして適していること、変形が容易で

ある、張りを有する、などの特徴がある。

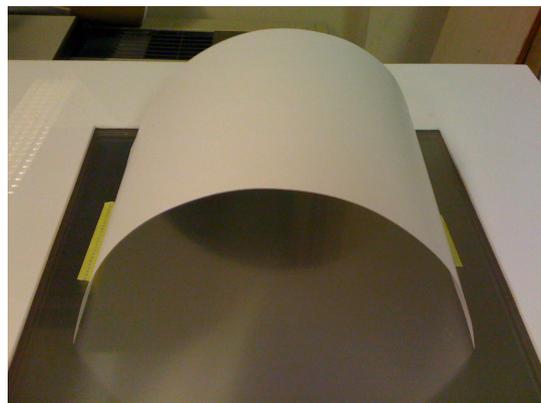


図 1：張りのある状態

今回提案する Metamorphic Light では、テーブルの上に載せられた（もしくは、かざした）紙の形状をリアルタイムかつ三次元的に計測することにより、位置情報や曲げによる変形情報を取得する。これらの情報に基づいて動的に映像を変化させ、紙上に映像を投影重畳する。この際、ユーザが手にするインタフェースとなる紙自体には、電気的仕掛けやマーカなどの加工をせず、白い紙を用いることとする。

2.2 システム設計

テーブル型の筐体に、紙インタフェースの形状を認識するためのカメラおよび映像を重畳するためのプロジェクタが各 1 台内蔵されている。

ディスプレイ面に対し約 70 度の角度をつけて上方を観察し、プロジェクタは鉛直上向きに設置し、光を投影する。プロジェクタから投影された画像の中に 1 本の直線を配置し、その直線の歪みから変形を計測する。また、テーブル面は透明の亚克力を配し、ユーザはその上にインタフェースを置く（かざす）ことで映像の操作を行う。

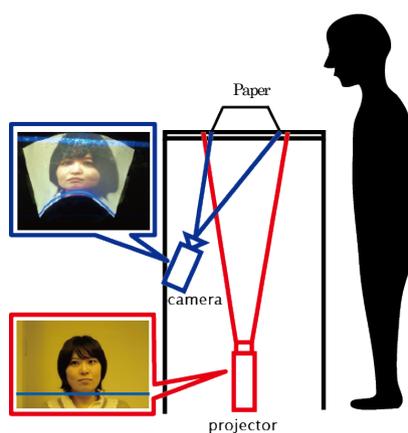


図 2：真横から見たシステム図

2.3 紙インタフェースの形状計測

マーカや電子的加工を施さずに、紙の変形を計測するための三次元計測の方法として、アクティブステレオ法を用いることとした。

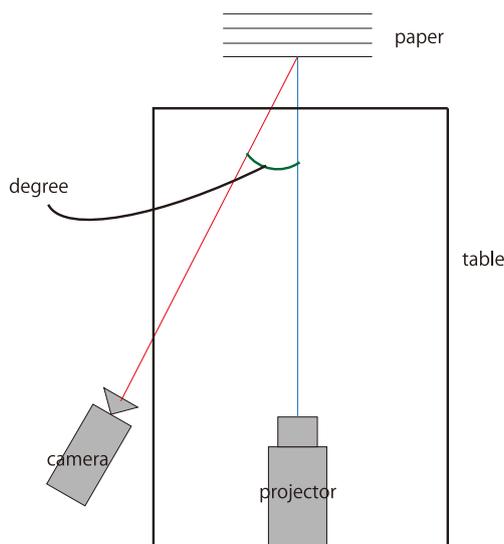
アクティブステレオ法とは、1 台のカメラと 1 台の光投射装置を対にし、

投射され拡散した光をカメラで撮影することで、カメラフレーム上の位置から実世界座標系での三次元位置を導出できるものであり、信頼性の高い手法とされている。

本手法を用いれば、模様のない表面を持つ物体や軟体物、非接触物に対しても計測が可能になる。人にも紙にも加工がいらぬため、違和感なく情報にアクセスでき、直接情報を操作している感覚をもたらすことができる。

3. プロジェクタとカメラ位置に関する精度評価

以下では、評価実験でのシステム精度について述べる。



図のように、カメラとプロジェクターの角度を変えて、精度の違いを調べた。

また、紙の高さを変え、その違いも調べた。80度から30度までの角度による精度の違いについて述べる。

y座標の最大誤差：1.9mm

x座標の最大誤差：2.97mm

z座標の最大誤差：1.67mm

x座標の値が大きくなるにつれて、各座標の誤差が大きくなった。

これは、キャリブレーションでの点のプロット位置に関係していると考えられる。

図にあるようにカメラの中央に点を2つ打っているため、端よりも精度は上がる。

カメラからの距離が遠くなるほど、カメラ画像上での差が生じにくいため、誤差が生じやすくなる。

また、1ピクセルごとの差が1mmほどになるため、解像度の高いカメラを使用することでオブジェクトと距離が生じてしまう場合も解決できる。

カメラの角度は固定して、紙の高さを変えた場合について述べる。

x座標の最大誤差：3.45mm

z座標の最大誤差：1.2mm

80度から40度までは、角度による違いは見られなかったが、30度から誤差の値が大きくなる。

現在は30度でカメラを配置しているが最大誤差は1.2mmのため、現在行っているインタラクションに大

きな問題は生じない。

4. 複数の紙を配置した表現

次に、複数枚の表現について述べる。

4枚の紙を1列に並べ、それぞれの位置に色を配置しておく。

紙の変形を入力に用いて、場所に配置された情報を、どのように操作するのかを色を使って表現した。

それぞれの紙の位置には色情報がある。何もしないと、その紙は決められた色が投影される。

ユーザが紙を押し込むと、その押し込む強さによって、その紙自体の色が隣の領域へと広がって行く。

例えば、赤が投影された紙を左側に押すと隣の緑の部分に赤い色が広がる。

さらに押し込むと、緑の隣のピンク色の部分にまで広がる。押し込み方を力としてとらえ、その値を色の広がり当てはめた。





現在は、4つの紙を配置しているが、これを敷き詰めることで変形するディスプレイを制作することができる。

風などが作り出す揺れを入力として扱い、人々の行き交うところに配置することで、本システムはインスタレーションとしても利用できると考えている。

今年度の成果

- ・これらの内容と、前期までの研究内容を修士論文として提出した。
- ・ Yukiko Makino and Yasuaki Kakehi:
“Metamorphic Light: A Tabletop Tangible Interface Using Deformation of Plain Paper ,”
ACM SIGGRAPH2011, Posters (2011.8)

