

# コマを拡張した新しい遊具の開発

Entertainment System using Augmented Top

的場 やすし 佐藤 俊樹 小池 英樹\*

**Summary.** コマ(独楽)は、回転させることで自立して倒れない、非常に単純であるが不思議な魅力のある遊具である。3000年以上前から現在に至るまで世界中で親しまれているが、これまでコマの構造、遊び方に大きな変化は無かった。本研究ではコマ回しという伝統的な遊戯と現代の拡張現実感技術を結びつけることにより、新しい娯楽性を持つ次世代遊具の開発を行う。

## 1 はじめに

回転中のコマは、回転速度が低下するまでジャイロ効果によって安定して直立しているが、その安定性ゆえに動きが少なく見た目の変化に乏しい。拡張現実感技術であるコンピュータビジョンやインタラクティブサーフェイス技術を用いることで、コマ回しという遊戯に新しい娯楽性を与えることができる。例えば、高速で回転するコマの近傍にキャラクターアニメーションと燃え上がる炎を投影することができる、また、コマ同士をぶつけあう競技の演出として、コマの回転数を攻撃力と見立ててその数値をデジタル表示させたり、コマ同士の衝突と同時に激しい火花が飛び散り、爆発音が鳴り響く等も考えられる。本研究ではこのような演出の可能性を示すための基本的な映像エフェクトの開発と実証を行った。

## 2 設計方針

本研究では、画像処理技術を用いてコマをリアルタイムに追跡し、コマの動きに合わせてエフェクトを表示する試みを行った。これらのシステムを実現するためには、コマの位置を検出する必要がある点に加え、エンタテインメント性を高めるために重要な要素であるコマの回転速度を計測する必要がある。これらを実現するためにコマ自体に計測装置を組み込む手法もあるが、本研究ではより簡単な手法として偏光を用いたコマの位置及び回転速度の計測システムを開発した。

また、コマやその近傍に対してエフェクトを表示させるためには、プロジェクタを利用して地面に直接映像を投影することもできるが、本研究では設置がより簡単かつ高精度で、偏光光源も兼ねる映像表示装置である液晶ディスプレイ(LCD)を用いることにした。

Copyright is held by the author(s).

\* Yasushi Matoba, Toshiki Sato and Hideki Koike 電気通信大学大学院 情報システム学研究科 情報メディアシステム学専攻

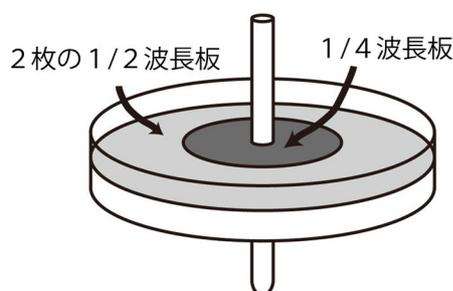


図 1. 作成したコマ

## 3 プロトタイプシステムの実装

本研究では、LCDと透明なコマを用いてコマにエフェクトを付加するプロトタイプシステムの実装を行った。

### 3.1 システム構成

コマ本体は直径60mm厚さ3mmの無色透明なアクリル円板2枚を張り合わせ、中心に直径5mmの軸を通す構造とした。張り合わせるアクリル板の間には、偏光面を変化させる2種類の位相差フィルム(外周部に、2枚の1/2波長板を45度ずらして貼り合わせた物、内周部に1枚の1/4波長板)を内蔵した(図1)。このコマを水平に設置した24インチLCD上のステージ(アクリル板製)で回転させる。ステージの上方にはレンズ前に偏光板を装着した高速度カメラ(Imperx社製IPX-VGA210:600fps)を設置し、ステージ上のコマを撮影する(図2)。

### 3.2 コマの位置及び回転速度の検出

本研究では、偏光及び位相差フィルムの性質を用いたリアルタイムの画像処理により、コマの位置及び回転速度の検出をリアルタイムに行っている。

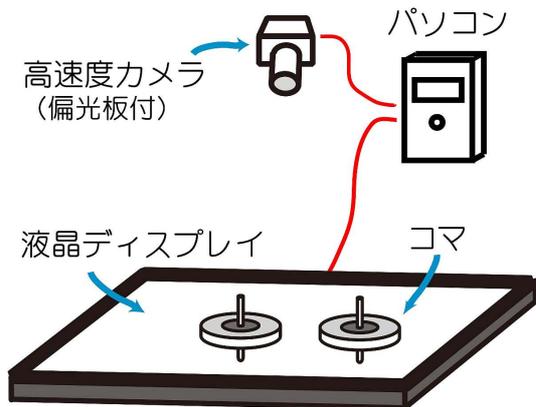


図 2. システム構成

まずコマの位置の検出であるが、LCD は内部に偏光板が存在する構造のため、表示される光は直線偏光となっている。そのため、カメラのレンズ前に装着した偏光板を、LCD の偏光の振動面と直交する角度に設置すると、偏光は全て遮断されカメラからは LCD が黒く映る。しかし、コマ外周部に内蔵した、光軸を 45 度ずらして張り合わせた 2 枚の 1/2 波長板を透過した偏光は、コマの角度にかかわらず透過する LCD の偏光の振動方向が 90 度ずれるため、この部分を透過した LCD の偏光はカメラ前の偏光板で遮断されず、常に透過することができる [1]。これにより、コマの外周部は常に明るく見え、背景差分による簡単な画像処理によりリアルタイムに位置を検出することが可能である。

次に、回転速度の検出は、コマ内周部に内蔵した 1/4 波長板を通る偏光の明暗の変化を検出することで行う。1/4 波長板の光軸に対して直線偏光が 45, 135, 225, 315 度の角度で入射すると、透過光は円偏光となりカメラ側の偏光板を透過する。一方で、0, 90, 180, 270 度の角度で入射すると、透過光は直線偏光のままであるため、カメラ側の偏光板で遮断される。これらの明と暗の間は滑らかに輝度変化するため、コマが一回転するとカメラからは内周部が 4 回明滅して観測される。この明滅回数を 500fps 以上の高速カメラで観測することで、コマの回転数を検出することが可能である。これらのコマの位置及び回転数の検出処理は、一度に複数のコマに対して同時に行うことが可能である。

#### 4 アプリケーション

コマの動きに合わせて映像を表示するアプリケーションを試作した。このアプリケーションは、コマの位置、回転数に応じて、コマのすぐ下の LCD 上にリアルタイムにコマの位置や回転数を表す視覚エフェクトを表示することができる (図 3)。これにより、プレイヤーは自分が回転させたコマの回転数(す

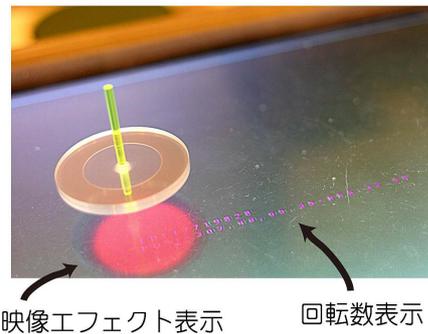


図 3. コマの下の LCD に表示されたエフェクト

なわちコマの強さ、攻撃力)を把握することができ、他のプレイヤーと競い合うことができる。また、コマ同士が衝突した際に、赤い火花のエフェクトが発生するようになっている。

#### 5 考察と展望

本研究では、複数のコマに対して、それぞれの回転数や位置をリアルタイムで計測し、状態に応じた映像エフェクトをコマの近傍に表示するシステムを開発し、伝統的なコマ遊びを拡張する試みを行った。今回行ったのはコマの追跡と映像の表示のみであるが、今後は次のようなことを考えている。まず、従来のコマは、一度地面の上で回転させてしまうと、その位置を自由に動かすことは困難であった。そこで、これを自由に制御できる機構の開発を目指して研究を進めている。次に、コマの回転速度は手を離れた瞬間から低下し、やがて停止するが、この回転数をユーザが自由に制御できるような機構の開発も行う予定である。今後はこれらのシステムを統合し、コマを使った全く新しいエンタテインメントの創造を行うことを目指している。

なお今回の実装において、ディスプレイ及び偏光光源として LCD を使用しているが、今後は LCD 以外のディスプレイの可能性の検討や、赤外線を用いることで計測のロバスト性の向上を図ってきたい。コマ内部に赤外線 LED と偏光板を組み込む手法や、コマ表面に再帰性反射材と偏光板を貼り付け、カメラ近傍から投射する赤外線を反射させる手法なども検討する予定である。

#### 参考文献

- [1] H. Koike, W. Nishikawa, and K. Fukuchi. Transparent 2-D markers on an LCD tabletop system. In *Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, pp. 163–172, 2009.