

# CapacitiveMarker: 静電パターンを内包した接触認識可能な 2 次元コード

池田 昂平 塚田 浩二\*

**概要.** 現在広く普及している 2 次元コードは, 読み取り時に入力部となるカメラとの間に一定の距離を作らなければ 認識されないという空間的制約がある. 一方, 近年タブレット端末等の静電容量式マルチタッチディスプレイの普及に伴い, 導電性パターンを接触させ, マーカーのように扱う研究事例が多く報告されている. そこで本研究では, 両者を統合し, 2 次元コードを印刷した紙と導電パターンを印刷した透明フィルムの 2 枚を重ね合わせる事で, カメラ/静電式タッチディスプレイのどちらからも認識可能な新しい 2 次元コード「CapacitiveMarker」を提案する.

## 1 はじめに

近年, スマートフォンやタブレット等のモバイル端末と実世界を連携させたインタラクションの研究が盛んに行われている. 特に端末内蔵カメラを用いて 2 次元コードを認識させるインタラクション手法 [1] は古くから盛んに取り組まれている. こうした 2 次元コードを用いたインタラクションは安価で手軽に実現できる反面, カメラの画角の制約を受ける欠点があり, 例えば, カメラを近づけすぎると認識できなかった.

一方, 近年では静電容量式マルチタッチディスプレイ (以下, タッチパネル) に着目し, 物理的なモノに銅箔等の複数の導電素材を取り付け, 静電式マーカーとして扱う研究も多数提案されている [2, 3]. これらの手法は, タッチパネル上でのモノの ID 認識や位置検出を実現するが, タッチパネルから離れると認識が困難であった.

本稿では, 導電性インクによるパターンを 2 次元コードに内包させることにより, カメラによる認識だけでなく, タッチディスプレイに接触させても認識を行うことができる 2 次元コード「CapacitiveMarker」を提案する (図 1). これにより, 端末 (カメラ) から一定距離離れている状態と, 端末 (タッチパネル) に接触した状態の双方でマーカーの ID / 位置 / 向きなどを用いたインタラクションを行うことができる (図 2).

## 2 CapacitiveMarker

CapacitiveMarker は, 2 次元コードを印刷したシール紙と, 導電インクで特定のパターンを印刷したプラスチックフィルムの 2 枚を重ね合わせた構造を持つ. パターン作成の自由度と手軽さを重視して

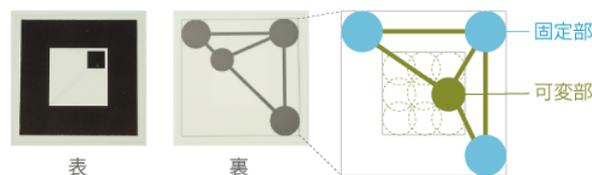


図 1. CapacitiveMarker の構成. AR マーカーと静電マーカーを 2 層に重ねている.



図 2. CapacitiveMarker の特徴. 端末から一定距離離れている状態と接触した状態の双方でマーカーを検出できる.

ARToolKit<sup>1</sup> 準拠の 2 次元コード (以下, AR マーカー) を採用する. 導電性のパターン (以下, 静電マーカー) は, 周辺部に 3 点の固定点を, 中央部に 1 点の可変点を設置する. 固定点の位置はどのマーカーでも変化しないが, 可変点の位置はマーカーによって変動し, 固定点からの相対位置の変化で ID 認識を行う (図 1 右). この静電マーカーを印刷したフィルムを AR マーカーを印刷したシール紙で隠すように上から貼り合わせることで, 見た目は通常の AR マーカーであるが, タッチパネル上での ID /

Copyright is held by the author(s).

\* Kohei Ikeda and Koji Tsukada, 公立はこだて未来大学 システム情報科学部 情報アーキテクチャ学科

<sup>1</sup> [www.hitl.washington.edu/artoolkit/](http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/)

位置 / 向き等の認識を行う事ができる。

CapacitiveMarker は、スマートフォンやタブレットのようなカメラとタッチパネルが取り付けられた端末上で利用する。端末を机等に水平に置いた状態で、マーカーを端末から一定の高さに持ち上げると、端末カメラから AR マーカーとして認識され、そこから垂直方向に下げてのタッチパネルの上に置くと、静電マーカーとして認識される。

### 3 実装

マーカーのサイズは全体を 40mm × 40mm とした。前述したように、マーカーは 2 層構造であり、AR マーカーは通常のインクジェットプリンターで、静電マーカーは Kawahara らの提案手法 [4] を用いて、銀ナノインクを用いたインクジェットプリンターで出力する。AR マーカーは、厚さ約 0.1mm のシール紙に、静電マーカーは厚さ約 0.13mm の透明プラスチックフィルムに印刷した。

次に、静電マーカーの詳細について説明する。静電マーカーは、タッチパネル上で検出可能な 4 点の円形導電部（以下、タッチポイント）を中心に構成される。タッチポイントは、マーカーの周辺部に直径 10.0mm の固定点を 3 点、中央部に直径 8.0mm の可変点を 1 点配置し、それぞれを導電性の接続線（太さ 1.0mm）でつなぐ。これにより、ユーザがマーカーの周辺部を持ってタッチパネル上に置くと、全てのタッチポイントにおいてタッチイベントが検出される。ここで、周辺部 3 点の固定点を認識することで、マーカーの位置と向きを検出する。次に、固定点と可変点の相対位置を元に、マーカーの ID を検出する。

なお、固定点の位置は AR マーカーの黒枠部分の 3 つの頂点に合わせている。また、可変点の位置は AR マーカーの内枠に収まる範囲で変動させ、図 3 のように 9 つのパターンを作成している。

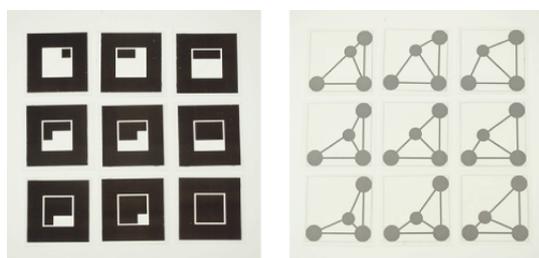


図 3. 製作した 9 種類のマーカー

### 4 議論

応用例の一つとして、マーカーを浮かせた状態と接地した状態で操作キャラクターを切り替えるゲームを検討している。例えば、見下ろし型のシューティ

ングゲームにおいて、ユーザがマーカーをタッチパネルに接触させている時は、地上視点で歩兵を操作し、マーカーを持ち上げている時は、空中視点で航空機を操作するような内容である。歩兵が航空支援を受けながら戦うような状況を想定し、両者を素早く切り替えながら操作できるよう工夫したい。

現状の課題としては、「静電マーカーの認識精度」と「AR マーカーの認識範囲」が挙げられる。前者については、静電マーカーの各タッチポイントが誤認識されるケースがあるため、時系列での平滑化等の工夫を進めていきたい。後者については、カメラとタッチパネルの両方から認識されない空間が 10cm 以上存在する問題がある。この問題に影響されにくい応用例を考える一方で、カメラに小型広角レンズを付けて AR マーカーの読み取り可能範囲を広げる等の工夫を進めていきたい。

### 5 関連研究

物理的なモノに導電部を取り付け、タッチパネル上で操作するインタフェースの研究が行われている。紙窓 [2] は、カードに複数の導電部を配置し、タッチディスプレイ上に置くことで、導電性パターンに対応したアプリケーションが起動される。くるみる [3] は、複数導電部を持つ枠型物理オブジェクトをディスプレイ上で回し、操作に対応した表示を枠の中から見るインタフェースを提案している。

2 次元コードを用いたインタラクションは古くから取り組まれている。例えば、Active CyberCode [1] は、コード内の可変部分を手や指で隠すことにより 2 次元コードを拡張した操作を行うことができる。本研究では、AR マーカーと静電マーカーを組み合わせ、タッチパネルに接触した状態 / 離れた状態の双方で活用できる点が特徴である。

### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 25700019 の支援を受けた。

### 参考文献

- [1] 綾塚 祐二, 暦本 純一. Active CyberCode : 直接操作できる二次元コード. WISS2005, pp. 3-8, 2005.
- [2] 加藤 邦拓, 宮下 芳明. 紙窓 : そこに置くだけで操作可能なカードインタフェース. WISS 2013, pp. 163-164, 2013.
- [3] 青木 良輔, 宮下 広夢, 井原 雅行, 大野 健彦, 千明 裕, 小林 稔, 鏡 慎吾. くるみる : 複数導電部をもつ枠型物理オブジェクトを用いたタブレット操作. 情報処理学会研究報告 HCI-144, pp. 1-8, 2011.
- [4] Y. Kawahara, S. Hodges, and B. S. Cook, and C. Zhang, and G. D. Abowd. Realtime Instant Inkjet Circuits: Lab-based Inkjet Printing to Support Rapid Prototyping of UbiComp Devices. In *UbiComp '13*, pp. 364-372, 2013.