

札同士のオクルージョンを考慮した花札画像認識とその応用

圓谷将大^{†1} 高井昌彰^{†2}

画像認識において、遮蔽物により認識対象の一部分が隠されてしまい全体像を把握できない状況（オクルージョン）は画像認識の実際の応用のなかで容易に起こりうることであり、利用できる情報が少ない状況での高速・高精度の認識はこの分野における課題の一つである。本研究では、認識対象同士の重なりが頻繁に発生するカードゲーム、中でもトランプのように決まったマークや数字などがカード表面上にない「花札」に焦点を当て、札同士のオクルージョンを考慮した花札画像認識の手法とその実装について述べる。本手法は、プレイヤーが持つ手札の撮影映像から、札形状を利用した札の位置特定・追跡の前処理を行った後、部分的な札表面の SIFT 特徴点などからその種類を実時間で特定するものである。また、本手法を応用した拡張現実によるインタラクティブな花札初心者支援システムについて述べる。

キーワード：画像認識，花札，SIFT 特徴点，オクルージョン

1. はじめに

カメラ画像などによる物体の認識においては、他の物体との重なり等によって対象の一部分が遮蔽されることで、対象の認識精度が著しく低下する場合がある。顔認識を例にすると、マスクやサングラスにより顔の特徴的な部分が隠されていた場合、望む認識精度が得られないことが多い。そのため、対象の部分的な情報しか得られない状態での高精度な認識あるいは推定が可能な手法の考案は、この分野における重要な課題の一つである。

そこで本研究では、カード同士の重なりにより認識対象の一部分のみが見えている状態が頻繁に発生し得る「カードゲーム」に注目し、トランプや UNO のような決まった数字やマークが表記されていない「花札」を具体的な対象として、札同士の重なりを考慮した画像認識手法を開発する。また、花札初心者支援システムへの応用とシステムのプロトタイプの詳細について述べる。

2. 関連研究

特徴点を利用した画像認識の研究としては、例えば、車載カメラから撮影された画像から SIFT 特徴点を用いて道路標識を検出・認識する研究[1]がある。

また、ゲーム支援における画像認識を用いた研究の例として、スマートフォンの内蔵カメラを使用し、麻雀牌（手牌）を認識し最適な捨牌を AR で可視化する初心者支援システムの研究[2]がある。

3. 札の認識

札の認識には、照明変化や画像の回転、拡大縮小に不変な特徴量を持つ SIFT 特徴点を利用する。まず、各札に対

し「特徴量情報」、「分類情報」、「位置情報」の三種類からなる「特徴点情報」を用意しておく。札の認識の際には、これらのデータを用いて撮影画像内に札があるかどうかを判定する。

3.1 特徴点情報の作成[4,5]

3.1.1 特徴点の厳選

まず各札に対し、その札を撮影した異なる画像を 11 枚用意し、それら中の 1 枚をその札の基準画像とする。基準画像と他 10 枚の画像から求めた特徴点同士をそれぞれマッチングさせ、間違いが少なく、かつ類似度の高いマッチング結果を残したものを基準画像の特徴点から順に 200 個厳選する。これにより、データ量を減らして認識速度を向上させつつ、認識精度を下げないデータを作成することが出来る。さらに、花札全 48 種類同士で特徴点マッチングを行い、他の札が持つ特徴点と規定値以上の類似度でマッチした特徴点があった場合、その特徴点は除外する。この結果、札同士で似通った特徴点を持つことを無くし、誤った札判定の発生をおさえることができる。厳選した特徴点を持つ特徴量、スケール、オリエンテーションの情報をまとめたものを「特徴量情報」とする。

3.1.2 特徴点の分類

基準画像を縦横 4 等分したとき各領域に属する特徴点同士を同じクラスとする。ただし、認識精度の問題から、クラスに属する特徴点が 10 個以下の場合は隣接するクラスとまとめることとする。次に、片手で保持された複数枚の札の一般的な重なり具合から、札の角部分にあたるクラスが視認できる頻度が高く、認識において最も重要であるため、札の角部分のクラスを firstClass として優先的に認識に用いる。残りのクラスは、隣接する firstClass に属する次点の認識対象 secondClass としてまとめる。このように、各特徴点がどの矩形領域に属し、どのクラスであるかをまとめたデータを「分類情報」とし、後の認識に用いる。例として、「牡丹に蝶」の札におけるクラス分け結果を図 1 に示す。

(同図左の緑の点は特徴点を示す。)

^{†1} 北海道大学大学院情報科学研究科
Graduate school of Information Science and Technology, Hokkaido University.
^{†2} 北海道大学情報基盤センター
Information Initiative Center, Hokkaido University

3.1.3 特徴点の位置計算

各クラスに基準点（クラスの領域の中心）を設け、各特徴点と基準点との位置関係並びに札に対する各特徴点の位置関係を求める。各特徴点は以下の式から得られる属性値 θ , $size$, L , R , U , D を持ち、これが「位置情報」となる。ここで、 α は特徴点と基準点の距離、 Φ は特徴点を原点とし水平方向を基準としたときの基準点の角度、 S と O は特徴点を持つスケールとオリエンテーションである。（図 2 参照）

$$\begin{aligned} \theta &= O + \Phi, \quad size = \alpha / S \\ L &= d1 / S, \quad R = d2 / S \\ U &= d3 / S, \quad D = d4 / S \end{aligned}$$

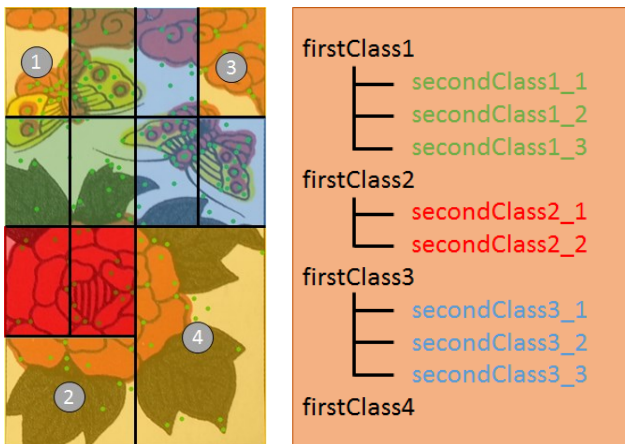


図 1 札画像のクラス分け結果（左）とクラス分類（右）

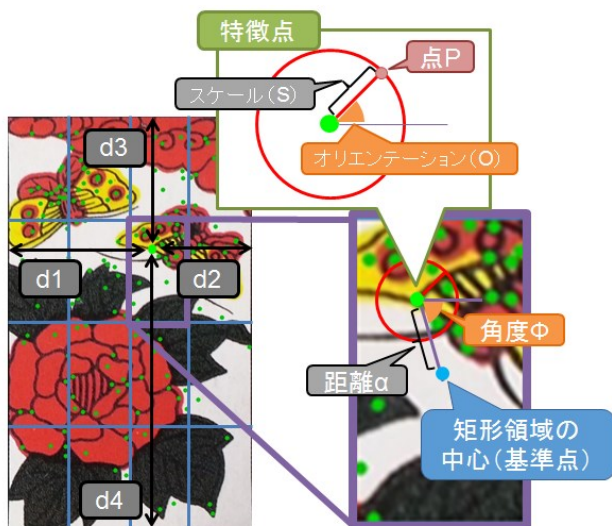


図 2 各特徴点の属性値

3.2 札の認識手法

始めに、花札が持つ特徴の一つである黒色の枠を利用して入力画像から札の位置特定を行う。撮影画像を HSV 空間に変換し、以下の式を満たす画素を黒、それ以外を白としてマスク画像を生成する。

$$V < (-50/255) * S + 10 \quad (S(\text{彩度}):0\sim255, V(\text{明度}):0\sim255)$$

作成したマスク画像から確率ハフ変換により線分を検出し、同一方向で位置に近い線分同士を一つの線分にまとめる。こうして出来た線分のうち、90度に近い角度で交わる線分同士を同じ札の枠に対応する線分の組としてまとめ、これらから矩形領域を形成することで、撮影画像内から札領域のみを抽出する（図 3 参照）。この札領域内で札認識を行うことにより、撮影画像全体から札認識を行うよりも短い時間での認識処理が可能となる上、背景などの余分な情報が排除されるため、より精度の高い認識が可能となる。



図 3 札領域の抽出（上：撮影画像，下：抽出結果）

次に、抽出された札領域の画像から特徴点を求め、図 1 右図の優先度順にクラスごとに特徴点マッチングを行う。その後、特徴量情報を利用して抽出画像内でのクラス中心点を以下の手順で特徴点ごとに求める。

1. 特徴点を中心 C とした半径 = スケールの円と、点 C からオリエンテーションの向きに伸ばした直線とが交わる点を P とする。（図 2 の点 P と同様）
2. 点 C を中心とし、マッチングした特徴点を持つ位置データ θ だけ点 P を回転させる。
3. 点 C から点 P に向けて、自身のサイズと位置データの $size$ を乗じた値だけ延長した線分の端点が、求めるクラスの中心点となる。

最後に、求めたクラス中心点の総数に対する同位置（半径 10pixel 以内）にあるクラス中心点の割合に基づいて札

の有無を判断する。具体的には、全体の中心点数の40%以上が同位置にあれば「札有り」、25%以上では「あいまい」、それ以外は「クラス無し」と判定する。全クラスを通して2つ以上が「あいまい」と判断された場合も「札有り」とし、最終的に「札有り」とならず調べ終わった場合「札無し」と判定する。

4. 評価実験

4.1 実験の概要と結果

札位置の特定をせずに撮影画像全体から特徴点を抽出し、札の有無を判定する実験1を行った。全48種の内12種の札を対象とし、撮影画像33枚(画像サイズ:640×480 pixel)それぞれに対して各札の有無を判定させる。撮影画像は札全体が視認可能なものと、札面の一部(全体の50~75%)が隠れているものを用意した。また、「札有り」を「札有り」、「札無し」を「札無し」と正しく判定した場合を「成功」とし、それ以外を「失敗」とする。また、正確に札の位置を捉えられていない場合も「失敗」とする。図4で示す認識結果は「成功」の例である。



図4 実験1の認識結果の一例(「桜に幕」の認識結果)

実験の結果、全396回の判別中352回成功し、認識率は88.8%となった。撮影画像から札一枚を認識するのにかかる時間は平均2.84秒である(実装環境 Windows7 PC, Intel Xeon 2.53GHz, RAM 6GB)。なお、認識に要する時間のほとんどは特徴点抽出に費やされており、約2.76秒を要する。つまり、特徴点抽出後に撮影画像から札一枚を認識するのに要する時間は約0.07秒となる。

次に、札の位置特定により領域検出した札画像から特徴点を抽出し、札の有無を判定する実験2を行った。実験1と同じ12種の札を対象とし、撮影画像は実験1の33枚のうち24枚を使用した。その画像の中には合計で132枚の札が撮影されている。実験の結果、札132枚のうち79枚の札位置が正確に特定され、59.8%の精度となった。次に、正しく抽出された札領域において札の判別を行ったところ、79回の判別中64回成功し、81.0%の認識精度となった。特

徴点抽出にかかる時間は約1.64秒、特徴点抽出後に撮影画像から札一枚を認識するのに要する時間は約0.05秒となり、撮影画像から札一枚を認識するのにかかる平均時間は1.71秒である。

	札位置特定精度	認識精度	特徴点抽出	札認識(一枚)
実験1		88.8%	2.76秒	0.07秒
実験2	59.8%	81.0%	1.64秒	0.05秒

表1 実験結果



図5 実験2の札位置特定結果の一例

4.2 実験結果の考察

実験1では、背景も含めた画像全体を探索範囲としているため、札の認識に不要な特徴点も抽出されてしまい、処理時間の点に問題を生じる。一方、実験2では、正確に札領域を検出した場合の認識精度は高く、処理時間も実験1に比べて少ないが、札の位置特定の精度に問題がある。

インタラクティブな花札初心者支援システムへの応用を想定した場合、認識精度はもちろんだが、実時間で初心者支援はより重要な要件であるため、実験2での認識手法の方がシステムにより適していると考えられる。認識精度については1回の札位置特定や認識結果からだけでなく、過去一定回数の累積結果を利用して札の判別を行うことで精度を向上させることが考えられる。

5. 花札初心者支援システムへの応用

我々の先の研究[3]では、札画像の撮影条件や環境などに制約があり、実際的な花札初心者支援システムへの応用において問題点があった。しかし、本稿で示した新たな認識手法は札同士の部分的な重なりに強く、撮影環境を限定されずに手札を複数枚持った状態で札を認識することが可能である。例えば図6に示すように、以前は認識不可能だった札同士が重なり合ったパターン(左図)でも、本研究で

の認識手法では個々の札認識が可能となっている。(右図)



図 6 「柳に小野道風」の認識結果
 (左：先の研究[3], 右：本研究)

そこで、本稿で示した認識手法を取り入れた花札初心者支援システムのプロトタイプを作成し、その概要について述べる。システムの構成と流れを以下の図7, 図8に示す。

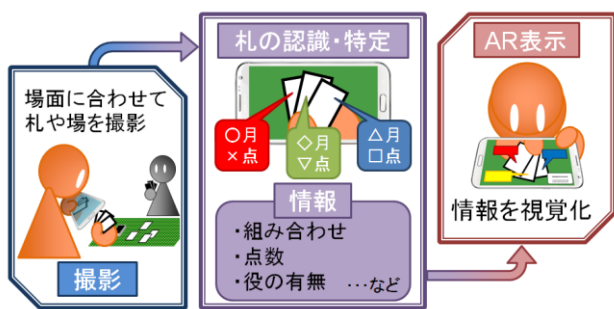


図 7 花札初心者支援システムの構成

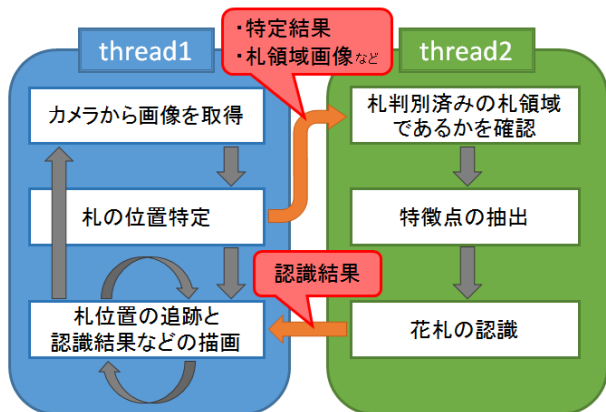


図 8 花札初心者支援システムにおける手札認識の流れ

システムは二つのスレッドから構成される。本研究で述べた認識手法は特徴点抽出と札認識にある程度の処理時間を要することから、それらの処理を別スレッドで実行して描画を高速化させ、インタラクティブなユーザ支援における待機時間を減少させるためである。また、thread1 から送られてきた札領域のうち、すでに札の判別が完了している領域に関しては、それ以降の処理を行わないようにすることによって、thread2 の無駄な処理を省き高速化を図っている。

本システムは、「どの組み合わせで何点獲得できるか」や

「どんな役が得られるか」などの情報を、該当する手札画像の上に重畳表示することで、花札初心者の判断を支援する。札の点数を表示する動作例(Webカメラで札を撮影し、PC上で認識を行い、結果をディスプレイに表示する)を図9に示す。情報を表示する位置は札の判別が完了した際に抽出された各札領域の重心であり、この点をオプティカルフローで追跡することによって、ユーザが持ち手や手札を動かしたり、手札の重なり具合が変化した際に、それに追従して付加情報が描画される。



図 9 手札に対する支援情報の表示結果

6. まとめ

本稿では、カメラの撮影画像から SIFT 特徴点を利用して部分的な重なりのある花札を検出する手法について述べ、簡単な評価実験を行った。さらに応用として、花札初心者支援システムのプロトタイプを作成し、その動作概要を述べた。

今後の課題としては、札認識の処理速度と認識精度の向上、初心者支援方法の有効性に関する評価実験などである。

参考文献

- 1) 高木雅成, 藤吉弘亘: SIFT 特徴量を用いた交通道路標識認識, 第13回画像センシングシンポジウム予稿集, LD2-06-1~LD2-06-8, (2007).
- 2) 矢田和也, 高井昌彰: スマートフォンを用いた初心者支援 AR 麻雀システムの開発, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.112, No.386, MVE2012-51, pp.35-40, (2013).
- 3) 圓谷将大, 高井昌彰: スマートフォンを用いた花札初心者支援のための AR システム, FIT2014 (第13回情報科学技術フォーラム), Vol.3, pp.281-282, J-011, (2014).
- 4) 圓谷将大, 高井昌彰: 札画像の重なりを考慮した花札認識と AR 花札支援システムへの応用, 情報処理学会第77回全国大会, Vol.2, pp.535-536 (2015)
- 5) 圓谷将大, 高井昌彰: 札同士の重なりを考慮した花札画像認識とその応用, FIT2015 (第14回情報科学技術フォーラム), Vol.3, pp.367-368 (2015)