

平成 27 年度 卒業研究論文

題目 TCG 機械可読化のための
テンプレートマッチングに
基づいたカード認識に
関する研究

指導教員 服部 峻

提出者 室蘭工業大学 情報電子工学系学科

氏 名 岸 健太郎

学籍番号 12024045

提出年月日 平成 28 年 2 月 12 日

目次

第 1 章	序論	1
第 2 章	関連研究	3
第 3 章	提案手法	4
3.1	提案システムの概要	4
3.2	認識範囲の指定	5
3.3	認識手順 (手法 A)	6
3.4	属性特定の失敗に伴うカードデータの再絞り込み	10
3.5	認識手順の改良 (手法 B)	11
3.6	データの絞り込みを行わないテンプレートマッチング (手法 C)	14
3.7	テンプレートマッチングの問題点	14
第 4 章	評価実験	15
4.1	公式サイトのカード画像から用意したテンプレート画像を用いたカード認識	16
4.2	カメラ撮影した画像から用意したテンプレート画像を用いたカード認識	19
第 5 章	結論	23
	謝辞	24
	参考文献	25

目次

1.1	認識対象とする WIXOSS カード（4 種類）	2
3.1	提案システムのイメージ	5
3.2	WIXOSS カードの認識手順	5
3.3	WIXOSS カード（種類はシグニ）における属性情報の配置	6
3.4	左：入力画像の上部 右：テンプレート画像（種類）	6
3.5	特定された種類によるカードデータの絞り込み	7
3.6	左：入力画像の上部 右：テンプレート画像（色）	7
3.7	特定された色によるカードデータの絞り込み	8
3.8	左：入力画像の上部 右：テンプレート画像（レベル）	8
3.9	特定されたレベルによるカードデータの絞り込み	9
3.10	左：入力画像の下部 右：テンプレート画像（パワー）	9
3.11	特定されたパワーによるカードデータの絞り込み	10
3.12	左：入力画像 右：テンプレート画像（カード全体）	10
3.13	左：入力画像の上部 右：テンプレート画像（種類）	11
3.14	左：入力画像の上部 右：テンプレート画像（色）	11
3.15	左：入力画像の上部 右：テンプレート画像（レベル）	12
3.16	左：入力画像の下部 右：テンプレート画像（パワー）	12
3.17	特定されたデータによるカードデータの絞り込み	13
3.18	左：入力画像 右：テンプレート画像（カード全体）	13
4.1	-45° から 45° のテンプレート画像（レベル）	16
4.2	左：ルリグのレベル（六角形） 右：シグニのレベル（円）	16
4.3	WIXOSS 用プレイマットに置いてカメラ撮影したカード画像	16
4.4	各手法の認識精度の比較	18
4.5	各手法の処理時間の比較	19
4.6	各手法の認識精度の比較	21
4.7	各手法の処理時間の比較	22

表目次

4.1	手法 A の公式画像テンプレート 1 枚における認識率	17
4.2	手法 A の公式画像テンプレートを複数枚用意した場合における認識率	17
4.3	手法 A の公式画像テンプレート枚数に依るカード認識システムの正解率と処理時間	17
4.4	手法 B の公式画像テンプレート 1 枚における認識率	17
4.5	手法 B の公式画像テンプレートを複数枚用意した場合における認識率	18
4.6	手法 B の公式画像テンプレート枚数に依るカード認識システムの正解率と処理時間	18
4.7	手法 C の公式画像テンプレート枚数に依るカード認識システムの正解率と処理時間	18
4.8	手法 A の撮影画像テンプレート 1 枚における認識率	20
4.9	手法 A の撮影画像テンプレートを複数枚用意した場合における認識率	20
4.10	手法 A の撮影画像テンプレート枚数に依るカード認識システムの正解率と処理時間	20
4.11	手法 B の撮影画像テンプレート 1 枚における認識率	20
4.12	手法 B の撮影画像テンプレートを複数枚用意した場合における認識率	21
4.13	手法 B の撮影画像テンプレート枚数に依るカード認識システムの正解率と処理時間	21
4.14	手法 C の撮影画像テンプレート枚数に依るカード認識システムの正解率と処理時間	21

第 1 章

序論

マジック・ザ・ギャザリングや遊戯王などに代表されるように、各々のプレイヤーがコレクションしたり、他のプレイヤーとトレードしたりしたカードの中から、自由に、あるいはルールに即して組み合わせたカードの束（デッキ）を持ち寄り、2人以上で対戦するゲームのことをトレーディングカードゲーム（以下、TCG）と呼ぶ。TCG は多くの大会が開催されており、TCG の種類によっては全国規模や世界規模の大会もある。TCG プレイヤーの中にはこれらの大会に参加することはもちろん、大会の様子を観戦することを楽しむ人も多い。今日、インターネットや動画配信サービスの普及により個人や団体が気軽に動画を配信できるようになり、TCG 業界でも大会の様子を観戦したいというプレイヤーの要望に応えるため大会での対戦の様子を配信するようになって来た。しかしながら、撮影時の部屋の状況などにより照明の光がカードに反射してしまったり、撮影したカードの画像がぼやけてしまったりなどして、TCG 対戦の動画の視聴者がカードの情報（ID や名称、色やパワーといった属性、イラストなど）を精確に読み取れず、TCG 動画を十分に楽しめないことがある。この問題を TCG プレイ中のテーブルの状況をカメラで撮影し画像認識によりカードを認識しデジタル化して画面上に表示することで解決することを試みる。このようにシステムが画像認識によってカードを正しく認識できている状態にすることを本研究では機械可読化と呼ぶ。

TCG に用いられるカードは様々な種類があるが、本研究では WIXOSS（ウィクロス）[1] という TCG を対象とする。WIXOSS のカードは現在 1398 種のカードがあり、図 1.1 のように、それらはルリグ、アーツ、シグニ、スペルの 4 種類に分けられる。また、その 4 種類はそれぞれさらに赤、青、緑、白、黒、無色の 6 色に分けられる。これらの色はカードの右上にシンボルマークで記されている。ルリグ、アーツ、シグニ、スペルの 4 種類のうち、ルリグとシグニにはレベルと呼ばれる数字が左上に記されており、さらにシグニにはパワーと呼ばれる数値も左下に記されている。

そこで本研究では、WIXOSS カードに記されたこれらの属性情報は統一されたフォントが使用されていることに着目し、画像認識技術の一つであるテンプレートマッチングの手法を用いて、撮影したカードの画像情報から、その種類や色、レベル、パワーといった属性情報を順々に特定することによって、データベースからカードを段階的に絞り込んで行き、カード認識（撮影したカードの ID を特定）する手法について検討する。また、撮影された不鮮明な

カードを画像処理によって鮮明化して画面上に出力するのではなく、テンプレートマッチングに基づいたカード認識の結果に応じて、データベースに予め用意されている鮮明なカード画像を用いて画面上に出力し、TCG プレイ映像をより見やすくするシステムについても提案する。



図 1.1 認識対象とする WIXOSS カード (4 種類)

第 2 章

関連研究

テンプレートマッチングは最も基本的な画像認識手法のひとつであり，テンプレートマッチングを用いた画像認識の研究は非常に盛んに行われている．小原拓文らの「形状と色に基づくニューラルネットワークを用いた道路標識の分類 [2]」ではカラー画像の入力から道路標識を認識している．東山和弘らの「3次元テンプレートマッチングによる指文字認識 [3]」では3次元スキャナから入力された指文字を認識している．桶敏の「画像処理による家事の認識 (3) - 複数個体の検出-[4]」ではトマトを認識し，その個数などを認識している．このようにテンプレートマッチングを用いた画像認識の研究は，テンプレートマッチングのために用意したテンプレートと認識対象の画像との類似度を調べるという特性上，認識対象を限定して行うものが多い．本研究でも WIXOSS という TCG に対象を限定し画像認識を行っているが WIXOSS のカードは前述の研究とは異なり 1000 を超える種類が存在する．そのため従来のテンプレートマッチングを用いた画像認識のように対象とテンプレートを逐一比べる手法は認識に時間が掛かり過ぎてしまう．本研究ではこの問題を解決するために，まずカードに記された属性情報からカードの候補を絞り込んでからテンプレートマッチングを用いた画像認識を行うことで，テンプレートマッチングを行う回数を減らし，認識に掛かる時間を短縮することを試みる．このような手法で画像認識を行うことで認識対象が非常に多い場合でもテンプレートマッチングを用いた画像認識が可能になると考えた．

第 3 章

提案手法

画像認識分野では，一般物体を対象にしたり，特定のオブジェクト（例えば人間や自動車，文字など）を対象にしたり，様々な研究が盛んに行われているが，TCG カードに特化した画像認識の研究はほとんど見当たらない [5, 6].

本章では，認識対象とする WIXOSS カードに記された種類や色，レベル，パワーといった属性情報は統一されたフォントが使用されていることに着目し，画像認識技術の一つであるテンプレートマッチングの手法を用いて，撮影したカードから，これらの属性情報を認識することによって，カードを段階的に絞り込み特定する手法について提案する．テンプレートマッチングに基づいたカード画像認識は，OpenCV[7, 8] の `matchTemplate` メソッドを使用する．WIXOSS カードの特定に必要な色やパワーなどのテンプレートをそれぞれ用意し，認識対象のカードに対してテンプレートマッチングを行い，類似度の最も高い結果を認識結果として採択してカードの絞り込みを行っていく．例えば，赤，青，緑，白，黒，無色を表すマークの画像をそれぞれ 1 枚ずつ 6 種類用意し，これらをテンプレート画像としたテンプレートマッチングを行い，白色のテンプレートとの類似度が最も高かった場合には，WIXOSS カードのデータベースの中から色の項目が「白」のカードだけを抜き出すようにする．なお，類似度は，`matchTemplate` メソッドの `CV_TM_CCOEFF_NORMED` オプションによって正規化相互相関 R を用いて計算し，定義式は以下の通りである．カード画像 I ，及び，テンプレート T の輝度値の平均値を引いてから（正規化してから）相互相関係数を計算することで，撮影時の明るさに変動があっても安定的に類似度を求めることができる．

$$R = \frac{\sum \sum ((I(i + d_x, j + d_y) - \bar{I})(T(i, j) - \bar{T}))}{\sqrt{\sum \sum (I(i + d_x, j + d_y) - \bar{I})^2 \times \sum \sum (T(i, j) - \bar{T})^2}}$$

3.1 提案システムの概要

本研究では，TCG プレイをより見やすくするために図 3.1 のようなシステムを提案する．TCG プレイ中の状況をカメラで撮影し，システムによってカードを認識し，認識結果に応じた画像を画面上に出力する．データベースには，カードの ID，カード名，種類，色，レベル，パワー，公式サイトで用意された鮮明な画像と自身で撮影したカード画像のパスが保存されて

おり，テンプレートマッチングに基づいた画像認識によってカードの属性情報を取得し，図3.2のような手順でカード候補を絞り込んで行くことでカードのIDを特定する．なお，評価実験ではiPhone6に内蔵されたカメラを使用してカードを撮影しており，その画像の解像度は2448×3264ピクセルである．

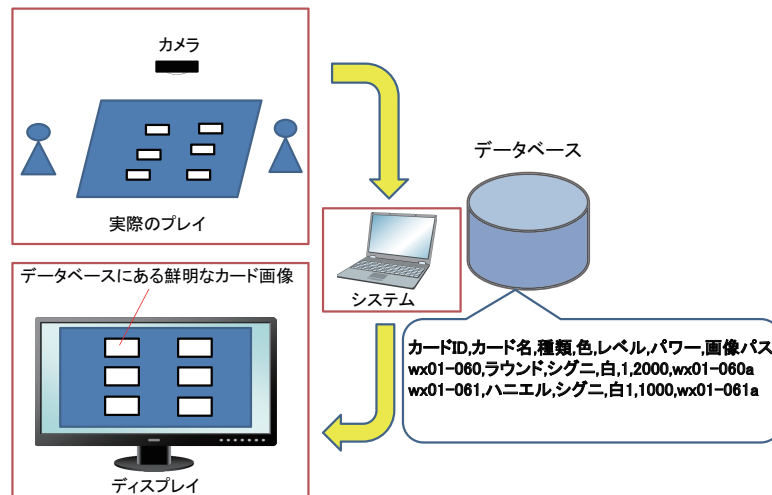


図 3.1 提案システムのイメージ

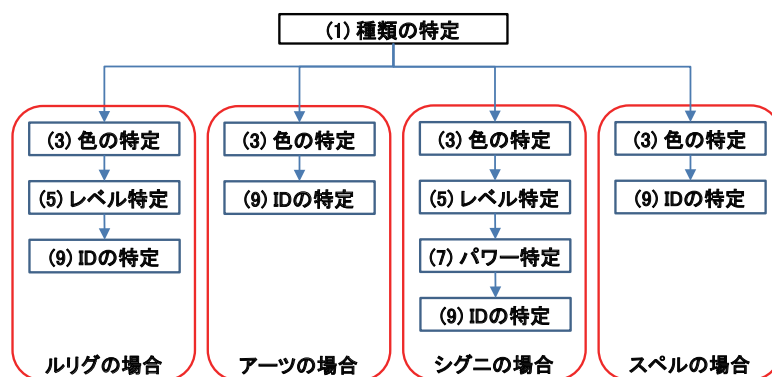


図 3.2 WIXOSS カードの認識手順

3.2 認識範囲の指定

本研究で取り扱う WIXOSS というカードはパワーは左下，色は右上というように，カードを特定するために参照したい属性情報が記されている場所が決まっている（図 3.3）．そのため，テンプレートマッチングを行いたい属性情報に依って，カード画像中でテンプレートマッチングを行う範囲を限定することで，カード画像全体に対してテンプレートマッチングを行うよりも認識率や認識速度の向上が期待できる．テンプレートマッチング範囲の指定はカードを4分割し，種類やレベルの場合は左上4分の1，色の場合は右上4分の1，パワーの場合は左下4分の1を入力画像から切り取ってテンプレートマッチングを行う．



図 3.3 WIXOSS カード（種類はシグニ）における属性情報の配置

3.3 認識手順（手法 A）

入力画像のカードに対してカード画像 1 枚全体をそのままテンプレートとしてテンプレートマッチングを行う場合，現在の WIXOSS カードの種類である 1398 回のテンプレートマッチングを行わなければならないため非常に時間が掛かると考えた．そこで本研究では，カードに記されたレベルやパワーなどを認識し段階的に候補を絞り込んでいくカード認識手法を採用する．

- (1) テンプレートマッチングを行ってカードの「種類」を特定する．カードの種類はルリグ，アーツ，シグニ，スペルの 4 種類あり，これはカードの左上に記されている．図 3.4 の右のように 4 種類のテンプレートを用意してテンプレートマッチングを行い，その結果，類似度が最も高いものを採択する．

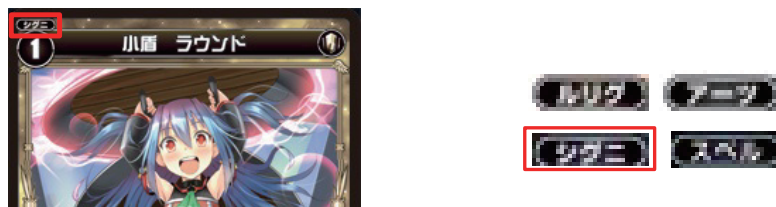


図 3.4 左：入力画像の上部 右：テンプレート画像（種類）

- (2) 手順 (1) を行った結果，最も類似度が高かったテンプレートに対応する種類のカードのデータだけをデータベースから抜き出す．手順 (1) で左下の「シグニ」と書かれたテンプレートの類似度が最も高かった場合，図 3.5 のようにデータベースから種類がシグニであるカードのデータだけが抜き出される．
- (3) テンプレートマッチングを行ってカードの「色」を特定する．カードの色は赤，青，緑，

カード名	種類	色	レベル	パワー
カードA	ルリグ	黒	3	-
カードB	シグニ	緑	3	7000
カードC	シグニ	白	2	5000
カードD	シグニ	白	1	3000
カードE	シグニ	白	1	2000
カードF	シグニ	白	1	2000



カード名	種類	色	レベル	パワー
カードB	シグニ	緑	3	7000
カードC	シグニ	白	2	5000
カードD	シグニ	白	1	3000
カードE	シグニ	白	1	2000
カードF	シグニ	白	1	2000

図 3.5 特定された種類によるカードデータの絞り込み

白，黒，無色の6種類あり，これはカードの右上にそれぞれの色を表すシンボルマークで示されている．図 3.6 の右のように6種類のテンプレートを用意してテンプレートマッチングを行い，その結果，類似度が最も高いものを採択する．



図 3.6 左：入力画像の上部 右：テンプレート画像（色）

- (4) 手順 (3) を行った結果，最も類似度が高かったテンプレートに対応する色のカードデータだけをデータベースから抜き出す．右上の「白」色を表すマークのテンプレートの類似度が最も高かった場合，図 3.7 のように手順 (2) で抜き出されたカードデータの中から色が白であるデータだけが抜き出される．

カード名	種類	色	レベル	パワー
カードB	シグニ	緑	3	7000
カードC	シグニ	白	2	5000
カードD	シグニ	白	1	3000
カードE	シグニ	白	1	2000
カードF	シグニ	白	1	2000

↓

カード名	種類	色	レベル	パワー
カードC	シグニ	白	2	5000
カードD	シグニ	白	1	3000
カードE	シグニ	白	1	2000
カードF	シグニ	白	1	2000

図 3.7 特定された色によるカードデータの絞り込み

- (5) テンプレートマッチングを行ってカードの「レベル」を特定する。カードのレベルは種類がシグニの場合、1, 2, 3, 4, 5 の5種類あり、これはカードの左上に記されている。なお、種類がルリグの場合には、レベル0もあり、全部で6種類となる。また、種類がアーツやスペルの場合には、レベル属性を持たないため、手順(5)及び手順(6)はスキップする。図3.8の右のように5種類のテンプレートを用意してテンプレートマッチングを行い、その結果、類似度が最も高いものを採択する。



図 3.8 左：入力画像の上部 右：テンプレート画像（レベル）

- (6) 手順(5)を行った結果、最も類似度が高かったテンプレートに対応するレベルのカードのデータだけをデータベースから抜き出す。左上のレベル「1」を表すテンプレートの類似度が最も高かった場合、図3.9のように手順(4)で抜き出されたカードのデータの中からレベルが1であるカードのデータだけがさらに抜き出される。

カード名	種類	色	レベル	パワー
カードC	シグニ	白	2	5000
カードD	シグニ	白	1	3000
カードE	シグニ	白	1	2000
カードF	シグニ	白	1	2000

↓

カード名	種類	色	レベル	パワー
カードD	シグニ	白	1	3000
カードE	シグニ	白	1	2000
カードF	シグニ	白	1	2000

図 3.9 特定されたレベルによるカードデータの絞り込み

- (7) テンプレートマッチングを行ってカードの「パワー」を特定する。カードのパワーは種類がシグニであるカードのみが持つ属性情報であり、1000, 2000, 3000, 5000, 7000, 8000, 10000, 12000, 15000 の 9 種類ある。このパワー属性はカードの左下に記されている。図 3.10 の右のように 9 種類のテンプレートを用意してテンプレートマッチングを行い、その結果、類似度が最も高いものを採択する。

WIXOSS カードのパワー属性は 1000 から 15000 の 9 種類であり、数値の下 3 桁の「000」は共通であることから、テンプレートを 1, 2, 3, 5, 7, 8, 10, 12, 15 の 9 種類を用意してテンプレートマッチングを試みてみたが、1000 と 10000 の誤認識が多かったため、本研究の提案のような下 3 桁の「000」も含むテンプレートを用意することにした。

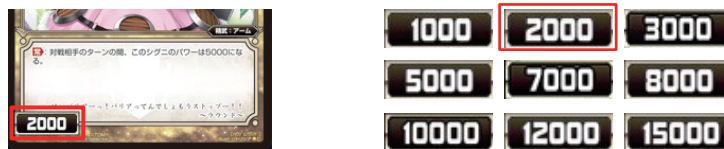


図 3.10 左：入力画像の下部 右：テンプレート画像（パワー）

- (8) 手順 (7) を行った結果、最も類似度が高かったテンプレートに対応するパワーのカードのデータだけをデータベースから抜き出す。上段真ん中のパワー「2000」を表すテンプレートの類似度が最も高かった場合、図 3.11 のように手順 (6) で抜き出されたカードのデータの中からパワーが 2000 であるカードのデータだけがさらに抜き出される。

カード名	種類	色	レベル	パワー
カードD	シグニ	白	1	3000
カードE	シグニ	白	1	2000
カードF	シグニ	白	1	2000

↓

カード名	種類	色	レベル	パワー
カードE	シグニ	白	1	2000
カードF	シグニ	白	1	2000

図 3.11 特定されたパワーによるカードデータの絞り込み

- (9) 最後に、カード 1 枚ずつの画像全体をテンプレートとしたテンプレートマッチングを行ってカードの ID まで特定する。カード 1 種類につき 1 枚ずつ、全部で 1398 種類のテンプレートが用意されているが、その中から図 3.12 の右のように、手順 (8) で抜き出されたカードデータに対応するテンプレートだけを用いてテンプレートマッチングを行い、その結果、類似度が最も高いカード 1 枚を採択する。以下の例では、類似度がより大きい右上のカードの ID が最終的なカード認識結果となる。



図 3.12 左：入力画像 右：テンプレート画像（カード全体）

- (10) 手順 (9) を行った結果、最も類似度が高かったカードの ID に応じて、WIXOSS の公式サイトで用意された鮮明なカード画像をデータベースから取り出し、画面上に出力する。

3.4 属性特定の失敗に伴うカードデータの再絞り込み

前述した認識手順のうち、撮影したカード画像に対して誤った属性情報を特定してしまった場合、例えば手順 (6) でレベルを誤って「3」と特定してしまった場合、データベースからカードデータの絞り込みを行った結果が無しくなってしまう。このようにカードデータを属性情報

で絞り込んだ結果が無しになってしまった場合には、直前の手順のテンプレートマッチングを行った結果、類似度が2番目に高かった属性情報を用いてカードデータの絞り込みを再びやり直す。

3.5 認識手順の改良（手法 B）

上記の提案手法はテンプレートマッチングを行うごとにデータに絞り込みを行うため処理に時間がかかってしまう。そのためここでは図 3.2 の手順でテンプレートマッチングを行うが、データの絞り込み回数を減らすことにより処理時間を短縮することを試みる。以下にその認識手順を記す。

- (1) テンプレートマッチングを行ってカードの「種類」を特定する。カードの種類はルリグ、アーツ、シグニ、スペルの4種類あり、これはカードの左上に記されている。図 3.13 の右のように4種類のテンプレートを用意してテンプレートマッチングを行い、その結果、類似度が最も高いものを採択する。ここでは左下の「シグニ」のテンプレートを採択する。

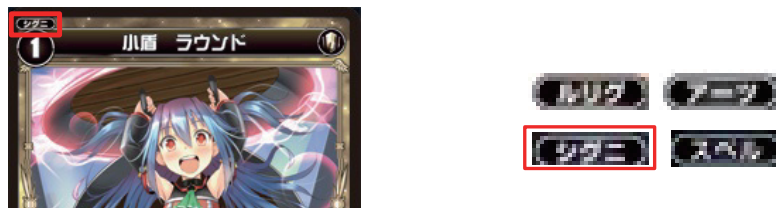


図 3.13 左：入力画像の上部 右：テンプレート画像（種類）

- (2) テンプレートマッチングを行ってカードの「色」を特定する。カードの色は赤、青、緑、白、黒、無色の6種類あり、これはカードの右上にそれぞれの色を表すシンボルマークで示されている。図 3.14 の右のように6種類のテンプレートを用意してテンプレートマッチングを行い、その結果、類似度が最も高いものを採択する。ここでは右上の「白」のテンプレートを採択する。



図 3.14 左：入力画像の上部 右：テンプレート画像（色）

- (3) テンプレートマッチングを行ってカードの「レベル」を特定する。カードのレベルは種類がシグニの場合、1, 2, 3, 4, 5の5種類あり、これはカードの左上に記されている。

なお、種類がルリグの場合には、レベル0もあり、全部で6種類となる。また、種類がアーツやスペルの場合には、レベル属性を持たないため、手順(5)及び手順(6)はスキップする。図3.15の右のように5種類のテンプレートを用意してテンプレートマッチングを行い、その結果、類似度が最も高いものを採択する。ここでは左上の「レベル1」のテンプレートを採択する。



図 3.15 左：入力画像の上部 右：テンプレート画像（レベル）

- (4) テンプレートマッチングを行ってカードの「パワー」を特定する。カードのパワーは種類がシグニであるカードのみが持つ属性情報であり、1000, 2000, 3000, 5000, 7000, 8000, 10000, 12000, 15000 の9種類ある。このパワー属性はカードの左下に記されている。図3.16の右のように9種類のテンプレートを用意してテンプレートマッチングを行い、その結果、類似度が最も高いものを採択する。ここでは上段真ん中のパワー「2000」のテンプレートを採択する。

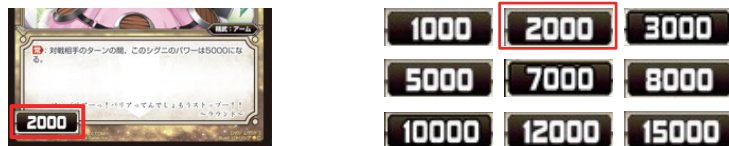


図 3.16 左：入力画像の下部 右：テンプレート画像（パワー）

- (5) ここまで採択した結果からデータの絞り込みを行う。この場合データベースから種類がシグニ、色が白、レベルが1、パワーが1000であるデータを抜き出す（図3.17）。

カード名	種類	色	レベル	パワー
カードA	ルリグ	黒	3	-
カードB	シグニ	緑	3	7000
カードC	シグニ	白	2	5000
カードD	シグニ	白	1	3000
カードE	シグニ	白	1	2000
カードF	シグニ	白	1	2000



カード名	種類	色	レベル	パワー
カードE	シグニ	白	1	2000
カードF	シグニ	白	1	2000

図 3.17 特定されたデータによるカードデータの絞り込み

- (6) 最後に、カード 1 枚ずつの画像全体をテンプレートとしたテンプレートマッチングを行ってカードの ID まで特定する。カード 1 種類につき 1 枚ずつ、全部で 1398 種類のテンプレートが用意されているが、その中から手順 (5) で抜き出されたカードデータに対応するテンプレートだけを用いてテンプレートマッチングを行い、その結果、類似度が最も高いカード 1 枚を採択する。図 3.18 の例では、類似度がより大きい右上のカードの ID が最終的なカード認識結果となる。

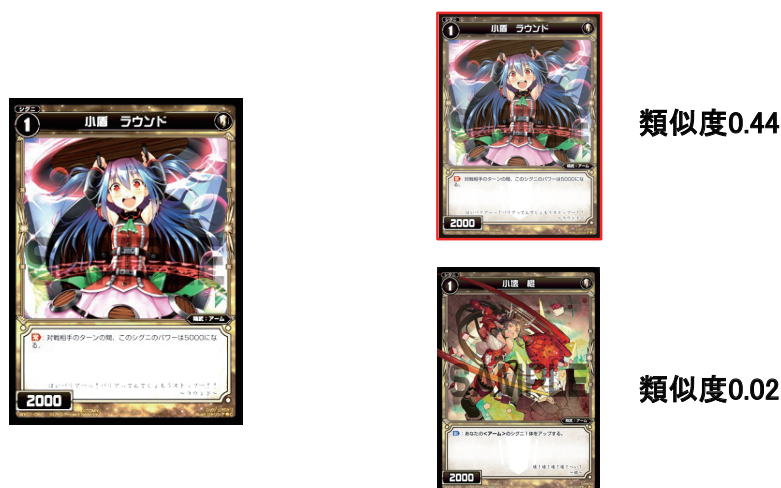


図 3.18 左：入力画像 右：テンプレート画像（カード全体）

- (7) 手順 (6) を行った結果、最も類似度が高かったカードの ID に応じて、WIXOSS の公式サイトで用意された鮮明なカード画像をデータベースから取り出し、画面上に出力する。

3.6 データの絞り込みを行わないテンプレートマッチング (手法 C)

これまで提案した手法はカードの種類や色といった属性情報に対してテンプレートマッチングを行い候補を絞り込んでいくことでカード認識を行った。ここではこれまでの手法とは違いデータの絞り込みを行わず入力画像 1 枚に対して図 3.18 のようなテンプレートマッチングをデータベースにある全てのカード画像のデータを用いて行うことでカードを認識することを試みる。テンプレートマッチングを行った結果最も類似度が高いものを認識結果として採択し、そのカードの ID 応じて、WIXOSS の公式サイトで用意された鮮明なカード画像をデータベースから取り出し、画面上に出力する。

3.7 テンプレートマッチングの問題点

テンプレートマッチングは探索したい画像をテンプレートとして用意し、検索対象の画像と逐一比較を行うため時間が掛かり、画像の向きの変化に対応しづらいという欠点もある。前者の問題点は 3.2 節で示したように、テンプレートに依って探索範囲を限定することで処理の時間を短縮することができる。本研究では後者の問題に対応するため、様々な向きのテンプレート画像を用意することにした。

第4章

評価実験

本章では、本研究で提案したテンプレートマッチングに基づいたカード認識手法の評価実験を行う。カード認識はデータベースに WIXOSS カード 328 枚のデータを登録し、入力画像は 200 枚用意して行った。提案システムがカードの属性情報を特定するのに必要なテンプレートは、種類の特用に 4 種類、色の特用に 6 種類、レベルの特用に 5+6 種類、パワーの特用に 9 種類の計 30 種類を用意してある。これらのテンプレートそれぞれの認識率を調査し、その後、カード認識の精度を検証する。

また、WIXOSS は公式サイトからカードのサンプル画像をダウンロードすることができるが、iPhone6 のカメラで撮影した画像とは解像度が異なる。この点に関して、カメラで撮影したカードの画像の解像度を WIXOSS の公式サイトに表示されているカードの解像度と一致させてテンプレートマッチングを行う手法と、カメラで撮影したカードの画像から切り出して用意したテンプレートでテンプレートマッチングを行う手法とで認識にどのような違いがあるかについて調べる。

さらに、それぞれの評価実験において、テンプレート 1 種類に対して 1 枚ずつ用意した場合と、図 4.1 のようにテンプレートを -45° から 45° の 15° 刻みで 1 種類のテンプレートに対して 7 枚ずつ用意した場合とで認識にどのような違いがあるのかについても調べる。ここで、種類がルリグとシグニであるカードには共に左上にレベルが記されているが、図 4.2 のように数字を囲む部分の形状が少し異なるため、レベルのテンプレートの認識率はルリグとシグニそれぞれ別に調査する。

カードの撮影は WIXOSS の販売元である株式会社タカラトミーが用意する WIXOSS 用のプレイマットの上にカードを置き、図 4.3 のようにカードの大きさや傾きに大きな違いが出ないようにして行った。

図 4.1 -45° から 45° のテンプレート画像 (レベル)

図 4.2 左: ルリグのレベル (六角形) 右: シグニのレベル (円)



図 4.3 WIXOSS 用プレイマットに置いてカメラ撮影したカード画像

4.1 公式サイトから用意したテンプレート画像を用いたカード認識

公式サイトからの画像の解像度 250×349 ピクセルに合わせるため、カメラで撮影したカードの画像の解像度 2448×3264 ピクセルを 10 分の 1 にする。その後、テンプレート 1 枚の場合のテンプレートマッチングの認識率を調べた結果、表 4.1, 表 4.4 のようになった。次に、テンプレートを増やして同様にテンプレートマッチングを行った結果、表 4.2, 表 4.5 のようになった。表 4.1, 表 4.2, 表 4.4, 表 4.5 は各テンプレートごとの認識の正解率と平均類似度を示しているが、システム全体を通したカード認識の正解率と処理時間を表 4.3, 表 4.6, 表 4.7 に示す。テンプレート枚数として無回転 1 枚と、 -45° から 45° の 15° 刻み 7 枚を用意した場合とを比較している。

表 4.1 手法 A の公式画像テンプレート 1 枚における認識率

テンプレート	認識率	平均類似度
種類	4.00%	0.000033
色	4.00%	0.000030
レベル (ルリグ)	5.00%	0.000024
レベル (シグニ)	3.50%	0.000031
パワー	3.50%	0.000028
カード画像全体	3.50%	0.000012

表 4.2 手法 A の公式画像テンプレートを複数枚用意した場合における認識率

テンプレート	認識率	平均類似度
種類	4.00%	0.000035
色	4.00%	0.000030
レベル (ルリグ)	5.00%	0.000027
レベル (シグニ)	3.50%	0.000037
パワー	3.50%	0.000033
カード画像全体	3.50%	0.000013

表 4.3 手法 A の公式画像テンプレート枚数に依るカード認識システムの正解率と処理時間

テンプレート枚数	認識率	処理時間
1 枚 (無回転)	3.50%	9.023sec
7 枚 (-45° から 45°)	3.50%	19.273sec

表 4.4 手法 B の公式画像テンプレート 1 枚における認識率

テンプレート	認識率	平均類似度
種類	3.50%	0.000038
色	2.00%	0.000032
レベル (ルリグ)	2.00%	0.000028
レベル (シグニ)	1.50%	0.000033
パワー	1.50%	0.000035
カード画像全体	1.50%	0.000017

表 4.5 手法 B の公式画像テンプレートを複数枚用意した場合における認識率

テンプレート	認識率	平均類似度
種類	3.50%	0.000041
色	2.00%	0.000037
レベル (ルリグ)	2.00%	0.000033
レベル (シグニ)	1.50%	0.000039
パワー	1.50%	0.000047
カード画像全体	1.50%	0.000021

表 4.6 手法 B の公式画像テンプレート枚数に依るカード認識システムの正解率と処理時間

テンプレート枚数	認識率	処理時間
1枚 (無回転)	1.50%	6.235sec
7枚 (-45° から 45°)	1.50%	13.593sec

表 4.7 手法 C の公式画像テンプレート枚数に依るカード認識システムの正解率と処理時間

テンプレート枚数	認識率	処理時間
1枚 (無回転)	3.50%	47.393sec
7枚 (-45° から 45°)	3.50%	279.184sec

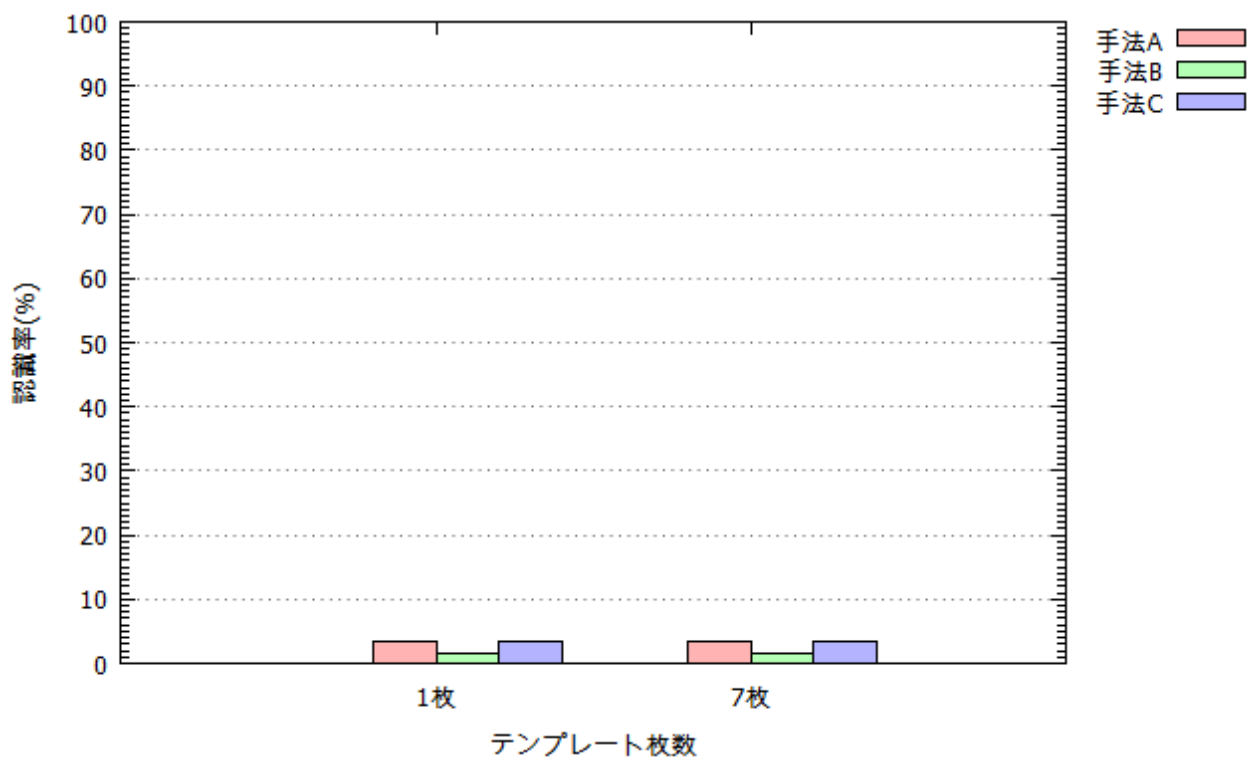


図 4.4 各手法の認識精度の比較

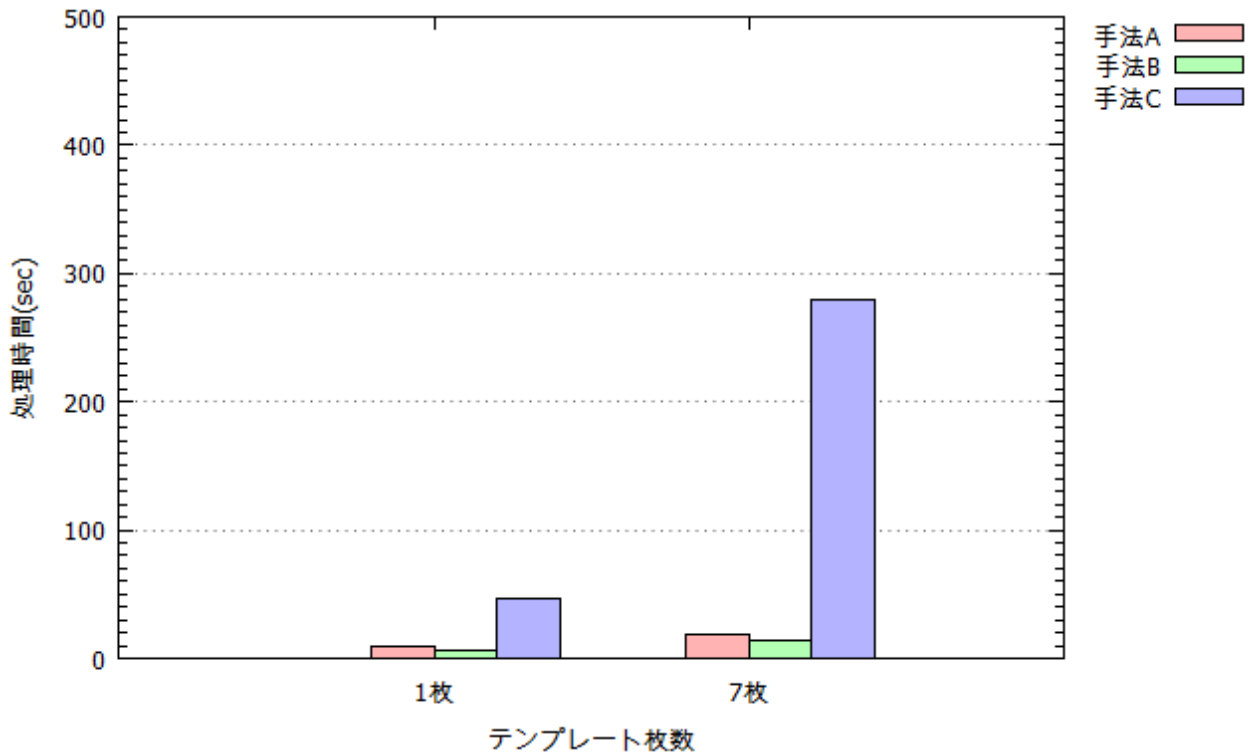


図 4.5 各手法の処理時間の比較

表 4.3, 表 4.6, 表 4.7, 図 4.4 が示すように公式サイトの画像から切り出して用意したテンプレート画像を用いたテンプレートマッチングの場合, 認識精度が極めて低くなるという結果になった. また, テンプレート数を増やしても認識結果に変化は見られなかった. 公式サイトにあるカード画像と実際に撮影したカード画像とでは画素情報が大きく異なると考えられる. またテンプレート画像と入力画像の解像度を合わせるため, 入力画像の解像度を下げる際, 画像の情報が失われるのも原因であると考えられる. 各手法の処理時間は図 4.5 が示すように手法 C のようにデータベースにあるすべてのカードに対して 1 枚ずつテンプレートマッチングを行うことは処理時間が非常に大きくなるということがわかった.

4.2 カメラ撮影した画像から用意したテンプレート画像を用いたカード認識

次に, カメラで撮影したカードの画像から切り出したテンプレートを用いてカード認識を行う. 先ほどの実験と同じように, まずはテンプレート 1 枚の場合の認識率を調べる. 認識を行った結果, 表 4.8 や表 4.11 のようになった. 次に, テンプレート数を増やして同じようにテンプレートマッチングを行った結果, 表 4.9 や表 4.12 のようになった. 表 4.8, 表 4.9, 表 4.11, 表 4.12 は各テンプレートごとの認識の正解率と平均類似度を示すものであるが, システム全体を通したカード認識の正解率と処理時間を表 4.10, 表 4.13, 表 4.14 に示す.

表 4.8 手法 A の撮影画像テンプレート 1 枚における認識率

テンプレート	認識率	平均類似度
種類	82.00%	0.323822
色	76.50%	0.452122
レベル (ルリグ)	84.50%	0.579905
レベル (シグニ)	82.00%	0.546457
パワー	80.00%	0.542831
カード画像全体	72.50%	0.330020

表 4.9 手法 A の撮影画像テンプレートを複数枚用意した場合における認識率

テンプレート	認識率	平均類似度
種類	82.00%	0.334012
色	76.50%	0.490011
レベル (ルリグ)	84.50%	0.609905
レベル (シグニ)	82.00%	0.550001
パワー	80.00%	0.553829
カード画像全体	72.50%	0.348392

表 4.10 手法 A の撮影画像テンプレート枚数に依るカード認識システムの正解率と処理時間

テンプレート枚数	認識率	処理時間
1 枚 (無回転)	72.50%	11.204sec
7 枚 (-45° から 45°)	72.50%	23.827sec

表 4.11 手法 B の撮影画像テンプレート 1 枚における認識率

テンプレート	認識率	平均類似度
種類	71.00%	0.352930
色	64.00%	0.527388
レベル (ルリグ)	84.50%	0.662391
レベル (シグニ)	82.00%	0.593817
パワー	79.00%	0.583927
カード画像全体	61.50%	0.323482

表 4.12 手法 B の撮影画像テンプレートを複数枚用意した場合における認識率

テンプレート	認識率	平均類似度
種類	71.00%	0.363298
色	64.00%	0.589273
レベル (ルリグ)	84.50%	0.693827
レベル (シグニ)	82.00%	0.647392
パワー	79.00%	0.617293
カード画像全体	61.50%	0.352234

表 4.13 手法 B の撮影画像テンプレート枚数に依るカード認識システムの正解率と処理時間

テンプレート枚数	認識率	処理時間
1枚 (無回転)	61.50%	8.303sec
7枚 (-45° から 45°)	61.50%	17.387sec

表 4.14 手法 C の撮影画像テンプレート枚数に依るカード認識システムの正解率と処理時間

テンプレート枚数	認識率	処理時間
1枚 (無回転)	94.50%	57.417sec
7枚 (-45° から 45°)	94.50%	329.174sec

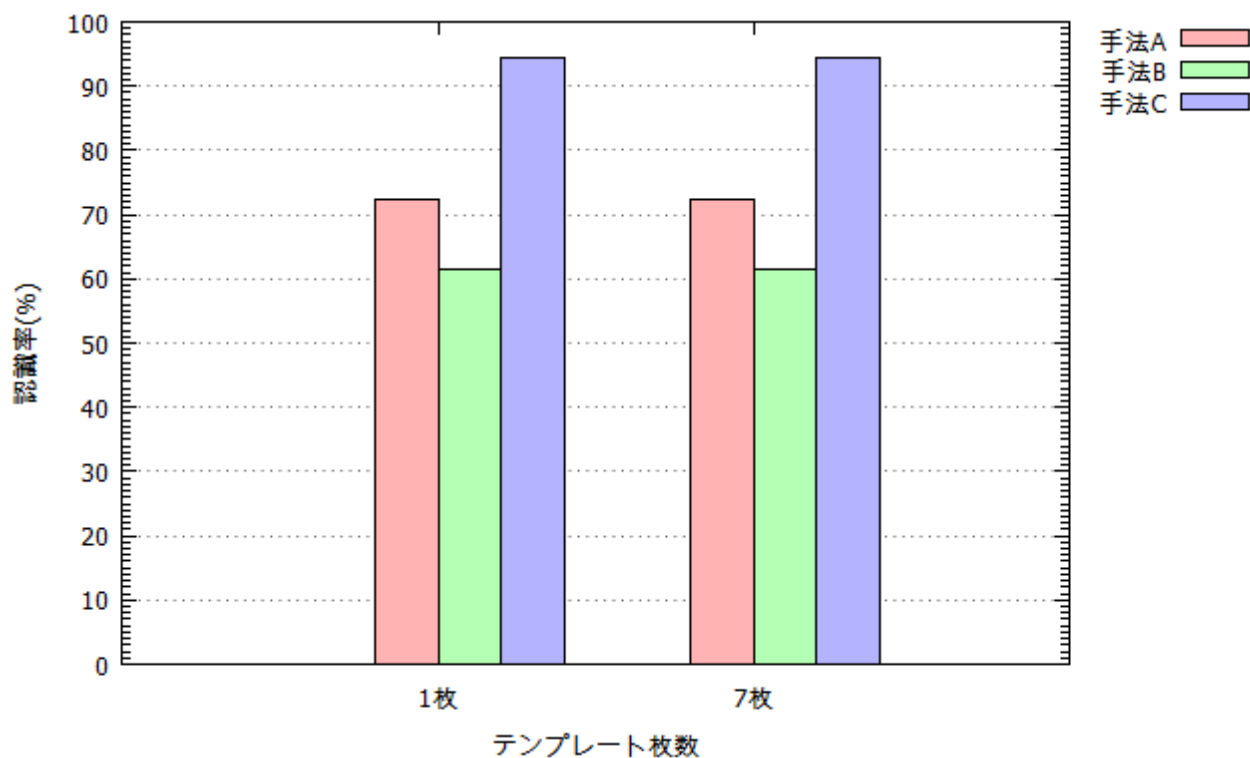


図 4.6 各手法の認識精度の比較

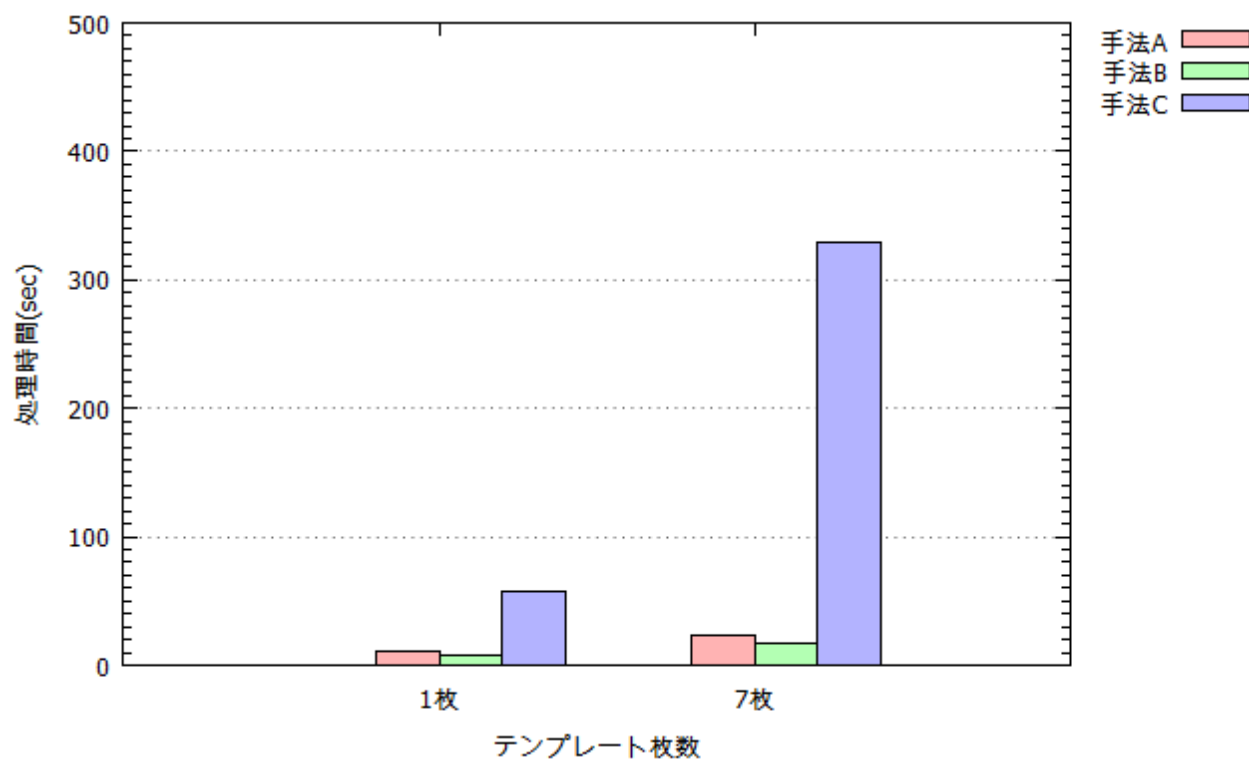


図 4.7 各手法の処理時間の比較

表 4.10, 表 4.13, 表 4.14, 図 4.6 が示す結果から, カメラで撮影したカードの画像から切り出して用意したテンプレート画像を用いてテンプレートマッチングを行った場合は全体的に高い認識結果となった. また, テンプレートを複数枚用意した場合とそうでない場合とでは結果に大きな違いは見られなかった. これは撮影したカードの画像の傾きがほぼ一定であったためであると考えられる. 図 4.6, 図 4.7 が示すように手法 C は認識精度が非常に高いが処理時間が非常に多い. 手法 A と手法 B は処理時間に大きな違いはないが手法 A の方が認識精度が良い. 以上の評価実験からカードの認識手法は手法 A が最も適切であると考え.

第5章

結論

本研究では最も基本的な画像認識の手法であるテンプレートマッチングに基づいた WIXOSS というカードに対する画像認識手法について提案した。カードを特定するための属性情報をテンプレートマッチングによって取得し、認識対象の候補を絞り込み、最後にカード画像全体でマッチングを行うという手法を採用することによって誤認識を少しでも避けるように試みた。また、その手法と比較するためにテンプレートマッチング後の絞り込み回数を減らす手法と絞り込みを一切行わない手法での認識も行った。

評価実験では、公式サイトの画像から切り出して用意したテンプレート画像と、実際に撮影したカードの画像から切り出して用意したテンプレート画像とでテンプレートマッチングを行い、どのような違いがあるか調べた。公式サイトの画像から切り出して用意したテンプレートを用いたテンプレートマッチングの認識精度は非常に低いものであったが、撮影したカード画像から切り出して用意したテンプレートを用いたテンプレートマッチングの認識精度は比較的良好な結果となった。しかしながら、本研究の評価実験では現在 1398 種類ある WIXOSS のカードに対して、認識対象のカードの数が 328 種類と少なかったため、今後はデータベース内のカードデータの数を増やして認識精度をより厳密に検証する必要がある。

また、手法 C の絞り込みを一切行わないカード認識は、処理時間は掛かるが、認識精度は良好であった。そのため手法 A の属性情報ごとにテンプレートマッチングを行い、絞り込みを行う認識手法において、最終ステップのカード 1 枚をテンプレートとするテンプレートマッチングを行った結果、類似度が非常に低く認識の失敗の可能性がある場合は、手法 C で認識をやり直すことで認識精度を高めることができる。また、カード画像全体をテンプレートとしたテンプレートマッチングでは誤認識こそ少ないものの類似度は低いため、今後 WIXOSS が発展して行き、様々なイラストのカードが増えると誤認識率が増えるのではないかと考える。そのため今後は、テンプレートマッチングによってカードの絞り込みを行い、最終ステップのカード 1 枚をテンプレートとするテンプレートマッチングを行うステップまで進んだ後は、SURF 法による特徴検出による画像認識によってカードを特定することを試みる。また、本研究では比較的好条件で WIXOSS カードを撮影しており、部屋の照明の反射やカードの向きの変化などは起こらなかった。今後は悪条件下でのカードの認識率も調べるため、意図的に照明を反射させた状態などでカードを撮影し、画像認識を行って精度を高めていく。

謝辞

本研究に際して、様々なご指導を頂きました服部峻助教を初めとして、服部研究室の皆様
感謝を致します。また、実験に使用した WIXOSS の販売元のタカトミー様にも感謝いた
します。

参考文献

- [1] タカラトミー, WIXOSS – ウィクロス –, <http://www.takaratomy.co.jp/products/wixoss/> (2015).
- [2] 小原 拓文, 金川 明弘, 高橋 浩光: 形状と色に基づくニューラルネットワークを用いた道路標識の分類, 日本知能情報ファジィ学会, Vol.19, No.4, pp.370–377 (2007).
- [3] 東山 和弘, 小野 智司, 王 宇, 中山 茂: 3次元テンプレートマッチングによる指文字認識, 電気学会論文誌C (電子・情報・システム部門誌), Vol.123, No.9, pp.1444–1454 (2005).
- [4] 桶 敏: 画像処理による家事の認識 (3) –複数個体の検出–, 農業機械学会, Vol.60, No.Supplement, pp.359–360 (1998).
- [5] 安居院 猛, 長尾 智晴, 画像の処理と認識, 昭晃堂 (1992).
- [6] 田村 秀行, コンピュータ画像処理: 応用実践編 (第3巻), 総研出版 (1992).
- [7] OpenCV プログラミングブック, 毎日コミュニケーションズ (2007).
- [8] OpenCV, http://opencv.jp/reference_manual (2015).