

プログラミングコンテストにおける画像検出問題の解法

宮本 行庸* 渡邊 俊介**
橋本 卓也*** 森 洸介***

Solving Image Detection Problems for a Programming Contest

Yukinobu MIYAMOTO, Shunsuke WATANABE,
Takuya HASHIMOTO, Kosuke MORI

ABSTRACT

Image processing is one of the most complex methods around data processing using computers. Many researchers have been developing the systems for solving image processing problems, but it is difficult for them to make features for characterizing images. One example of these problems is an image detection problem, which involves detecting the physical location and direction of one piece which respect to the original full image. In this paper, we propose an example of adapting image processing methods for image detection problems provided by the 16th Programming Contest for All-Japan Colleges of Technology. We have taken part in this contest and will show the results of the contest in this paper.

KEY WORDS: image processing, image detection problem, programming contest

1. はじめに

画像処理^{1), 2)}は、コンピュータを用いたデータ処理の中でも最も複雑な部類に入る。現在でも多くの研究者が取り組んでいるが、未だに解決できていない課題は多数存在する。画像を扱う際には、その手がかりとなる特徴をどのように捉えるかが処理の複雑さを決定している。

このような問題の一つに、画像検出問題³⁾があげられる。この問題は、与えられた断片画像が元の大きな一枚絵の画像のどの部分に相当するかを推定する問題である。問題が複雑な場合には、断片画像が元の画像に対して拡大・縮小、回転、減色などの変化が加えられており、元画像全体を走査する等の単純な探索方法では解が見つからないことがある。より効率的に、かつ正確に検出を行うためには、複数の画像処理手法を用いて互いに比較し、位置推定の精度を上げることが重要であると考えられる。

本稿では、画像検出問題における推定方法として、複

数のアルゴリズムと人手による目視を併用し、推定の精度を向上させることを試みる。推定の手法としては、断片画像内の輪郭線を手がかりにする輪郭検出法、断片画像の画素値より求めたヒストグラムを手がかりに元の画像と比較するヒストグラム法の2つを用いて総合的に評価している。また、人手による評価も加味し、総合的により精度の高い推定を行うことを検討する。本手法を実問題に適用した例として、第16回全国高等専門学校プログラミングコンテスト競技部門（以下、プロコン）³⁾において出題された問題をあげる。我々は本手法を実装したシステムを用いてプロコンに参加し、その結果と反省点を以下の章で述べる。

2. 画像検出問題の概要と解法

最初に、本手法が対象としている、画像検出問題の概要を示す。対象問題は、大まかに以下のような手続きとなる。

- ・ 写真のような自然画像から既定の範囲内で切り出した画像（断片画像と呼ぶ）に各種画像変化（拡

* 電気情報工学科, ** 神戸大学工学部学生, *** 電気情報工学科学生

大・縮小・回転・反転・色変換)を加え、元の画像に含まれないダミー画像と混ぜた上で、これらの断片画像から元の画像に含まれるものを抽出する。

- 抽出された断片画像については、元の画像に対する位置を推定する。
- 解答を提出すると、正しく含まれる画像であれば正解数が加算され、さらに推定位置と実際の位置の重複部分が得点になる。
- すべての断片画像を抽出できるまでの時間の最小化を目的とし、制限時間内に抽出できない場合には正解数、得点の多い順に評価する。

本手法では、対象問題における各断片画像が正解画像に含まれるかを自動化・手動化の双方より検討した。以下に検討した手法について述べる。

輪郭抽出法：

- 得られた断片画像にフィルタを適用してぼかす。
- 1.で得られた画像を階調化し、色調の大幅な変化のある部分を輪郭線と判断する。
- 2.で得られた輪郭線を元画像に対して走査し、位置を推定する。
- 3.の操作を、残りすべての断片画像について行う。

三次元ヒストグラム法：

- 元の画像を格子状に区切り、各部分画像を RGB 成分に分解する。
- 1.で得られた色成分ごとの画像に対し、階調別のヒストグラムを作成する。
- 得られた断片画像に対し、同様に RGB 成分ごとのヒストグラムを作成する。
- 3.で得られたヒストグラムと元画像の部分画像ごとのヒストグラムを比較し、位置を推定する。
- 4.の操作を、残りすべての断片画像について行う。

上記の自動化手法を用いて抽出された正解候補を蓄積しておき、競技時間中の適切と判断される時点で解答を送信する。

3. システム構成

本システムは、大きく入力部、計算部、出力部の 3 つの部位より構成される。図 1 に、システム構成を示

す。各部位の機能は以下のようにになっている。

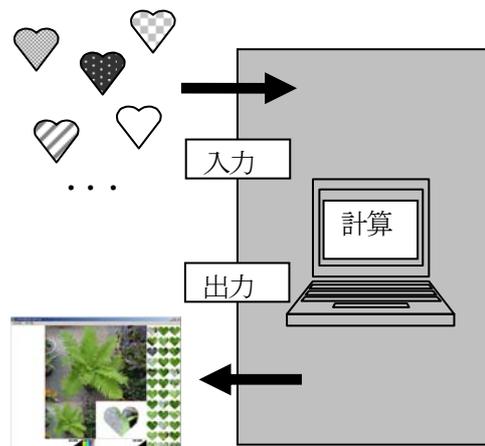


図 1 システム構成

入力部：

- 主催者側が準備した Web サーバより、ハート型に切り取られた断片画像群のデータをダウンロードする (図 2)。
- 人手による判定のため、得られた断片画像を元画像上に配置し、目視により比較できるインターフェイスを備えている。
- 入力デバイスにはペンタブレットを用い、視覚的に確認しながら、入力速度と精度の双方より向上を図る。

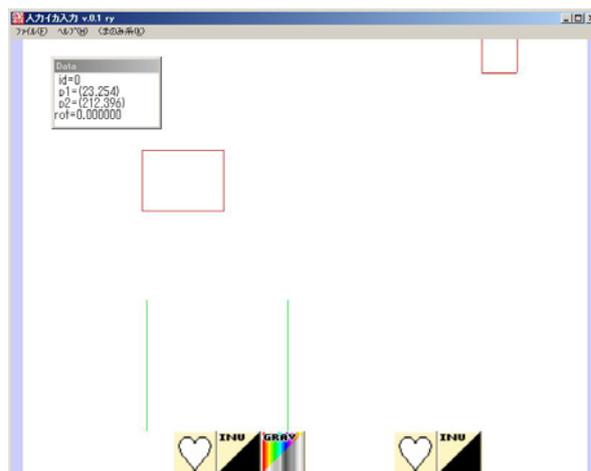


図 2 入力部

計算部：

- 第 2 章に述べた手続きに従って、正解画像の特定とそれらの元画像に対する位置を推定する。

出力部：

- ・ 計算によって求められた正解画像の候補を画面に出力して確認する (図 3)。
- ・ 人手により、解候補の選別・追加を行い、送信可能な解答群を生成する。
- ・ 競技時間内の適切な時点でサーバに解答を送信する。



図 3 出力部

4. 実戦結果

本システムを適用して、プロコンに参戦したときの問題と結果を以下に示す。問題の詳細についてはプロコンの公式サイトを参照されたい。

4・1 出題内容

プロコンで出題された競技の概要は以下のようになっている。

- ・ 既定の大きさの自然画像から切り取られ、加工された断片画像 (正解画像) と、同様に他の画像から加工された断片画像 (ダミー画像) の合計 100 枚の画像群より、元の画像に含まれる断片画像を抽出し、その位置を推定する。
- ・ 断片画像には、拡大・縮小・回転・反転・色変換等の加工を施した後、ハート型のマスクをかける。
- ・ 正解画像数になるべく多い方がよく、結果が同じ正解数であれば、推定位置のスコアが大きい方がよく、さらに競技時間の短い方がよい (制限時間 7 分)。
- ・ 競技者は自身で準備したコンピュータにより解を導き出し、その後サーバに解を送信する。
- ・ 正解画像を送信した場合は正解数に加点され、誤ってダミー画像を送信した場合は正解数から減点

される (マイナス点にはならない)。

- ・ 送信した推定領域のうち、正解と重複している部分がスコアに加点され、誤っている部分がスコアから減点される。

以上のような条件より、問題の送受信、解の計算の自動化と、目視による判断を併用したシステム構成が可能で、効率のよいアルゴリズムの開発と高性能のコンピュータを準備すること、および人的資源の活用がよい競技結果への鍵となる。

4・2 競技の結果

表 1 に、決勝戦までの一部の問題と本校が挑戦した結果を、図 4 に例としてプロコン公式サイトに掲載された決勝戦の問題を示す。なお、表 1 中の得点は正しく配置された断片画像数を、時間は競技開始から最良解答を送信した時点までの時間を秒単位で表している。

表 1 競技の結果 (×は時間切れを表す)

試合		1 回戦	敗者戦	2 回戦
問題	画像サイズ	800×600		
	正解画像数	33	20	39
一位	得点	24	16	8
	時間	372.3	×	×
本校	得点	8	16	1
	時間	×	×	×



図 4： 決勝戦の問題 (正解)

競技に用いたノート型コンピュータの性能は、メインのコンピュータは CPU が Pentium 4 / 3.8 GHz, メモリが 1 GB で、サブのコンピュータは CPU が Pentium 4 / 3.2 GHz, メモリが 1 GB であった。また、本競技においては 2 台のコンピュータをそれぞれ独立に稼働させ、複数台のコンピュータによる通信や協調計算は行って

いない。

4・3 戦術

大会当日までの本システムの精度ならびに大会での予行演習の結果より、完全に近い解答を導き出すことは困難であると判断したため、なるべく減点されずに少しでも多くの正解数・スコアを得るために、以下のような戦術を適用することとした。

4・3・1 スタック戦法

競技ルールより、断片画像のうちダミー画像を正解として送信してしまうと、正解数より減点されるが、0 点のときはそれ以上減点されず、マイナス点とにならない。このことより、正解と確信できる可能性が高いと判断された断片画像は即時に送信せず、スタックの底から積み上げておく。順に、より正解の可能性が低い断片画像を積み上げ、スタックの頂上には最も正解の可能性が低い解候補が来る。送信時には、スタックの頂上より順にサーバに送信する。このようにすれば、正解数が 0 の時点で可能性が低い解候補を送り込んでいるため、もし不正解であった場合もそれ以上減点されることはない。スタックの底に行くにつれ、正解の可能性が高まるため、純粋に正解数が増加していくことが期待される。単純に正解の可能性が高い方から送信したのでは、後に送信した誤った候補の影響で、せっかく積み上げた正解数を減らしてしまうと考えたためである。

4・3・2 1 ドット送信戦法

競技に勝つためにはまず正解数を上昇させることが不可欠であるが、正解数が同数であった場合には、位置推定の精度を表すスコアが大きくなっていることが要求される。しかしながら、本システムでは位置推定の精度がそれほど期待できないことが予行演習のときに判明し、かつ、目視によっても十分な判別は困難であるとのことから、スコアの減点を最小限にとどめることに方針を転換した。

競技ルールより、減点を最小化するには、正解領域に含まれないドット数を最小化すればよく、そのためには領域の大きさを 1 ドットで送信すればよいと判断した。このようにすれば、仮に領域が一致していたときにはスコアが 1 点しか増えないが、誤っていたときでも -1 点に減点を抑えることができる。良い結果を出すためにはまず正解数を増やすことであると判断し、そちらに時間と労力の多くを費やすこととした。仮に正解数で並んだときでも、減点幅を最小にすることが

有効であると考えた。

5. 考察

表 1 および本システムを現場で競技に適用した結果から、以下のような考察が得られる。本大会においては、本校は決勝戦まで進めなかったため、以下では主な敗因について考察する。

まず、解の導出時間である。競技に要した時間のうち、解の計算時間は多くはなかったが、抽出の精度が悪く、結果として人手による検証時間がそのほとんどを占める結果となった。本大会の問題の難易度は非常に高く、他チームにおいても制限時間内に既定の正解数に到達したところは非常に少数であった。第 4 章での戦術面でも述べたが、より精度の高い位置推定を求めて計算を続けるより、まずは正解に含まれる断片画像を検出することに多くに時間を費やすという判断は誤りではなかったと考えられる。しかしながら、それ以上に問題の難易度が高く、十分な正解数を導き出すためには、競技時間としてはあまりにも短かったといえる。

次に、戦術面である。1 回戦および敗者復活戦では、正解画像を見つけた上で領域推定にも挑戦してみたが、結果は芳しくなく、現実的には領域推定によるスコアの上昇は期待できないと判断した。2 回戦においては、1 ドット送信戦法を適用し、正解数を増やすことに競技時間の多くを費やした。しかしながら、問題の難易度がさらに上回り、決勝進出はならなかった。このことは、1 回戦より位置推定を捨てて 1 ドット送信戦法を適用していれば、敗者戦に回らずとも 2 回戦に進出できた可能性があったと考えられる。

また、スタック戦法であるが、こちらは 1 回戦においては送信回数 10 回のうち最後から 8 回が連続正解、敗者戦においては送信回数 100 回のうち最後から 16 回が連続正解であり、いずれもそのまま正解数に反映されている。正解画像を送った後に誤ってダミー画像を送ってしまい減点された回数は 1 回戦で 0 回、敗者戦で 4 回であり、スタックへの積み込み順は概ね成功していたと考えられる。2 回戦においては、送信回数 94 回のうち正解数に加算された回数は最終的には 1 回であり、信頼性の高い解候補であると判断したにもかかわらず、それ以上に問題の難易度が高く適切な判断ではなかったと考えられる。

結果として、考案した 2 種類の戦術は、部分的には有効に機能したものの、ある一定以上の難易度の問題に対してはより高度な画像処理技術が求められた。人手による目視判定や上記の戦術にはおのずと限界があ

り、上位進出を達成するには十分なプログラムでなかったことが明らかになった。本大会の問題は前回大会からは飛躍的に難易度が上昇しており、完全解答を出したチームは全問を通して皆無であった。これらのことより、完全なプログラムはなかったが、その性能差がそのまま競技結果につながるという点においては、問題設定としては妥当であったと考えられる。本システムは及ばなかったことは事実であるが、その性能を十分に発揮した結果であると評価できる。

6. おわりに

本稿では、画像処理のための技術を画像検出問題に適用する際の一解法について述べた。また、画像検出問題の例としてプロコンの問題を取り上げ、本システムを実装して実際にプロコンに参加した状況を述べた。競技の結果は十分に満足のいくものではなかったが、大会での反省を生かし、プロコンを通して学生により高度な技術を実装することの必要性を強く提示することができたと考えられる。

次大会以降の対策として、問題の性質を十分に理解し、自動化部分と手動による部分の適切な配分を

十分に検討することがあげられる。ここ数年のプロコンは競技開始よりそのほとんどが自動計算によって行われ、人手の入り込む余地はほとんどない傾向となっていたが、本大会より難易度が上がったこともあり、最終的に人為的な判断による決定がなされる余地が生まれてきたように判断できる。プロコンはより高度なプログラムを開発する一方で、そのプログラムを使用するユーザからの支援をどのように有効活用するかという側面も持ち合わせている。今後は、物的資源のみならず人的資源においても相乗効果を生み出すようなチーム編成を検討していきたいと考える。

参考文献

- 1) 田村秀行: コンピュータ画像処理, オーム社 (2002).
- 2) 鎌田清一郎: 画像処理 ー画像表現・圧縮・フラクタルー, サイエンス社 (2003).
- 3) 全国高等専門学校プログラミングコンテスト実行委員会編: プログラミングコンテスト公式ウェブサイト, <http://www.procon.gr.jp/> (2005).