

# OpenCV を用いた PointLine への図形画像認識・文字認識 アドインの構想と実装

明治大学大学院・先端数理科学研究科 石戸谷遼河

明治大学大学院・先端数理科学研究科 阿原一志

Ryouga Ishitoya , Kazushi Ahara

Graduate School of Advanced Mathematical Sciences, Meiji University

## 1 はじめに

近年、教育現場のデジタル化が進んでいる。それに伴い教育に使用する資料の作成や管理もデジタルで行うことが必要となってくる。そこで本研究では、図形画像に関して主に直線・円などの幾何要素の検出・抽出を可能とし、教育的利用が可能となるような PointLine へのアドインの構想と実装を試みた。

## 2 PointLine とは

PointLine は明治大学総合数理学部先端メディアサイエンス学科阿原研究室で作成された動的幾何学ソフトウェアのひとつである。動的幾何学ソフトウェアとはおもに平面幾何学の作図を行うことができるコンピュータソフトウェアの総称である。従来のソフトウェアでは手順ののっとり作図を行う必要があるが、PointLine では作図後に図形の条件を後付けすることができるため、作図手順が分からないような図形の作図が可能になっている。たとえ作図手順が分からなくても、作図したい図形の条件さえわかれば作図することができてしまうのが PointLine を利用する最大の利点である。

## 3 和算画像について

本研究では、円や直線などの幾何要素を抽出する図形画像として主に和算図形画像を用いた。

和算とは中国の伝統数学の系譜を引き、江戸時代に日本で独自の発展を示した数学であり、和算図形とはその数学で出てくる幾何図形のことである。和算画像に現れる幾何図形は人の手によって刷られたものであり、かすれやにじみ、線の途切れなど正確な円・直線ではないことがほとんどである。

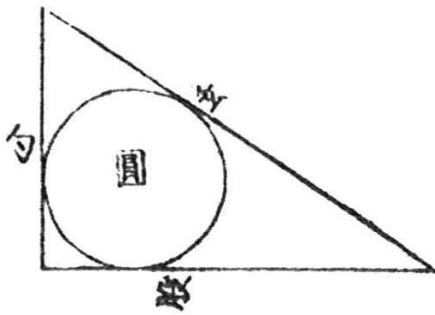


図 1: 和算図形の例

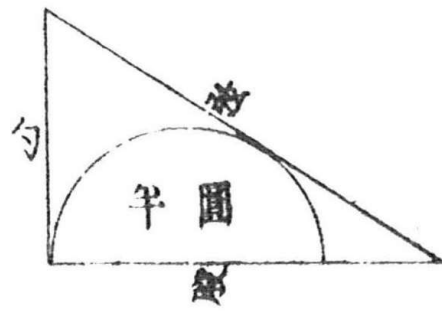


図 2: 和算図形の例

前述したように和算画像の幾何図形は鮮明でないことがほとんどであり、和算画像で幾何要素の認識・再現ができるのであれば教科書などの挿絵にも適応できると考えたことが、本研究で図形画像として和算図形画像を用いた理由である。

## 4 関連研究

和算画像についての関連研究として「画像認識を用いた和算図形問題に対する自動タグ付けと問題の類似度評価」(土橋, 脇, 阿原 2018)がある。この研究は幾何図形の形状特徴にタグをつけることにより特徴に基づいた資料検索を可能にしている。タグの種類としては  $n$  角形 ( $n > 3$ )、円、 $n$  角形と円の関係などをはじめとして様々な種類がある。

この研究は主に和算資料データベースにおける和算問題の特徴を利用した資料検索への寄与を目的としている。また、タグ付けをした特徴を基に三角形、四角形などに分類し画像同士の類似度を評価している。この類似度評価という行為には、見た目では関連性が分からないような問題同士のつながりや応用関係に気付くことができるという利点がある。

## 5 OpenCV について

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) はロボット工学など学術的なシーンだけでなく、本格的なシステム開発、プログラミング学習など幅広い用途で用いられている画像処理・画像解析および機械学習等などの処理機能をまとめたオープンソースのライブラリである。OpenCV は 1999 年に Intel によって開発されたライブラリであり、オープンソースライブラリとして提供されているため誰でも無料で使用することができる。また、Windows や Linux はもちろん、IOS や Android など様々な OS に対応している。

PointLine のプラットフォームが Unity であるため、本研究では無料のアセットとして公開されている OpenCvplusUnity を使用している。これは C# に対応した OpenCVSharp をベースにしたものであり、OpenCV のすべての機能が実装されているかは不明である。

## 6 Hough 変換

本研究では円や直線の検出手法として Hough 変換を用いている。Hough 変換はデジタル画像処理で用いられる特徴検出法のひとつで、古典的には直線の検出を行うものであったが、現在では一般化されており様々な形態に対して用いられている。ある一点を通る直線は無数に存在するが、2点を通る直線は一つしか存在しない。そこで、Hough 変換の目的は、ある点を通る無数の直線の中から画像の特徴点を最も多く通るものを決定することである。特徴点を利用した検出した方法であるため、画像にノイズが多いと誤検出が頻発してしまう。そこで、本研究では誤検出を少なくするため、Hough 変換を行う前に画像に二値化処理を行いノイズを除去している。

本研究では直線検出、円検出において OpenCV に実装されている HoughLinesP、HoughCircles を使用している。

### 6.1 直線検出

Hough 変換を用いた直線の検出では、図のように  $xy$  平面上の直線に対して原点から引いた法線の長さを  $r$ 、法線と  $x$  軸とがなす角を  $\theta$  と定義する。こうすることで、点  $(x, y)$  を通る直線を  $r = x \cos \theta + y \sin \theta$  と表すことが可能となる。もし、いくつかの点が同一線上にあるならば、 $(r, \theta)$  の組み合わせは同じになる。そして、同じ  $(r, \theta)$  の組み合わせが最も多いとき、そのパラメータに直線が存在する可能性が高いと判断される仕組みである。

### 6.2 円検出

Hough 変換を用いた円の検出では、図のように  $xy$  平面上の  $(a, b)$  を中心とした半径  $r$  の円を  $(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2$  で表す。円検出においては3つのパラメータを用いているため  $abr$  の3次元空間を用いて考える。 $(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2$  は  $abr$  空間において、点  $(x, y)$  を通る全ての円を表している。画像処理においては、画像にある黒画素  $(x_n, y_n)$  について、この方程式を満たすような  $(a_n, b_n, r_n)$  について投票を行い、多数決によって円が存在する可能性が高いとされるパラメータを決定し、そのパラメータを基に逆変換をすることで円を検出する仕組みである。

## 7 実装とその例

ここでは本研究で開発したアドインの現状について説明する。まず本システムの具体的な手順を説明する。初めに、PointLine を用いて和算画像を画像ファイルとして読み込む。現在使用できる画像の拡張子は png, jpg である。次に、開発したアドインで二値化処理を行いノイズを減少させ、Hough 変換により直線・円のを再現するためのパラメータを抽出する。この行程の間に一定の範囲内の黒画素の割合によって文字であるかどうか

かを予想し、文字であると考えられる場合は白く塗りつぶすという処理を行っている。最後に、抽出したデータを基に PointLine で幾何図形の再現を行うという流れである。

本研究では約 50 枚の和算画像を用いて開発したアドインの検証を行った。現在使用できる画像の拡張子は png , jpg である。ここでは成功例と失敗例の 2 つを紹介する。

図 3 は抽出に成功した例、図 4 は抽出に失敗した例である。どちらの画像においても文字と思われる部分を白く塗りつぶすという処理は精度良く行われている。2 つの画像において異なっている点は大きな途切れがあるかどうか、小さな円が存在しているかどうかである。どちらも直線は正確に抽出することができているため、主に現在の課題は円抽出の精度であると考えられる。

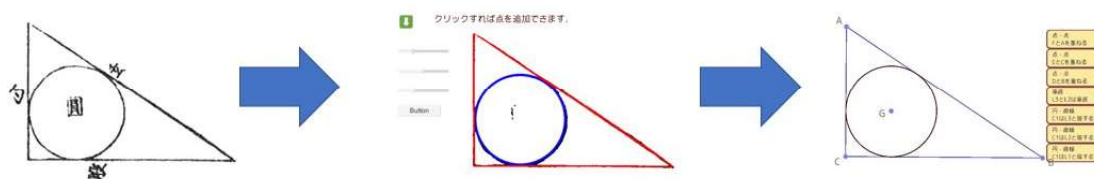


図 3: 成功例

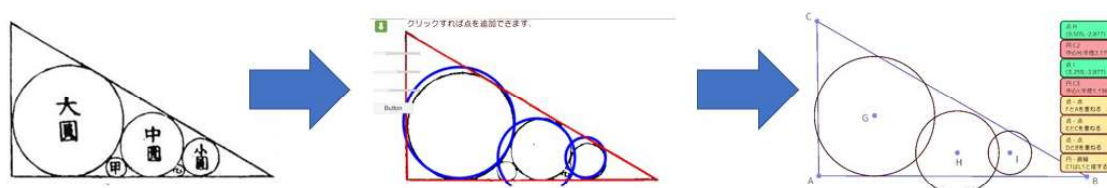


図 4: 失敗例

## 8 まとめと今後の展望

本研究では教育的利用が可能となるようなアドインの構想・実装を試みた。実際に和算画像に対してアドインを利用することで、幾何要素検出の精度と文字検出についての課題が発見された。

以下では、今後の展望として検出精度の向上と文字検出という 2 点について述べる。

### 8.1 検出精度の向上

現状、どうして抽出がうまく行われないかの理由が明確でない。そこで、抽出する処理において重要なパラメータについて考え直す必要がある。どのパラメータがどのように処理に関係しているのか、これを追求するのが現在の課題である。

また、OpenCV のライブラリにはまだ知らない効果的な手法があると考えられることのできるため、OpenCV のライブラリに関しての知識を付け、より効果的な手法を用いて直

線・円検出、ともに精度を向上していきたいと考えている。また、現段階では対応していない半円や楕円等の検出にも適した手法もあると考えられるのでそちらについても検討していきたい。

## 8.2 文字検出

現段階では文字と考えられる領域を白く塗りつぶすことで対応している。しかし、この方法では文字の大きさや黒画素の量によって大きな誤差が出てしまうことも考えられる。そこで現在は文字を判別し、自由に取り外しできるようにすることを目標としている。その手段のひとつとして機械学習の手法の導入を検討している。

## 参考文献

- [1] 土橋拓馬, 脇克志, 阿原一志: 画像認識に基づく和算図形問題への自動タグ付け, 数理解析研究所講究録別冊 2019, B73: 65-81