手書きスケッチの認識とそのCAD入力への応用

静岡大学大学院　理工学研究科　システム工学専攻
若林研究室　5093-0220　仲 信行

1　序論

図面の自動認識システムは，用紙に描かれた図面がスキャナによって取り込まれた画像データから，CAD で扱えるデータに自動的に変換するシステムである．

このようなシステムが望まれた理由は， 地図や図面など紙メディアに保存されていたものを CAD のデータベース化するために有効であったためと，設計の初期段階において描いた簡単なラフスケッチをそのまま CAD に入力して活用するためである．

図面の自動認識システムは，100 %自動的にデータの変換が完璧に行えるような万能なアルゴリズムなく，コストパフォーマンスや作業効率の観点からも図面を 「完全に」「自動的に」「認識できる」システムでなく，図面の特性を「理解していく」システムを重視して開発されてきた．

本研究では，この図面の自動認識システムを開発する際，直線や円弧といった幾何学的な要素を認識する手法として一般的に用いられている信号処理的な手法でなく，知識と推論機構から結論を得る知識工学的な手法を用い，手書きのスケッチという非常にラフな図面に対してどこまで対応できるかという点に着目した．

2　手書き図面認識システム

開発するシステムの入力は，手書きの図面をスキャナでスキャンした画像とし，システム出力は CAD のリスト形式のファイルとする．システムの処理の流れを図 1 に示す．

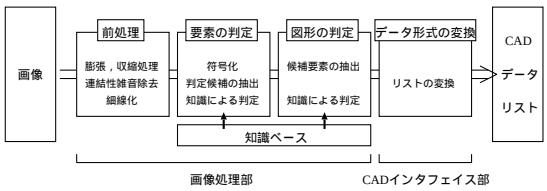


図 1: システムの処理の流れ

図 1 は画像を読み込んでから， CAD 形式のファイルを出力するまでを示している．この処理は画像処理部分と CAD とのインタフェイス部分に分けることができる．

画像処理部

画像処理部分は画像を読み込み，図形を判定するまでの処理である．画像処理部分はさらに前処理，要素の判定，図形の判定の 3 つに分けることができる．

CAD インタフェイス部

CAD とのインターフェイス部分は CAD 形式のデータを出力する処理である．画像処理によって得られた要素や図形を CAD 形式のデータに変換して出力する．

2.1　前処理

前処理とは画像の補正，加工を行う処理である．スキャナでスキャンされた画像は一般に各種の歪みやノイズなどが含まれ, これらは認識の段階の妨げになるため，あらかじめ取り除いておく必要がある．本システムでは，線分のかすれを膨張，収縮処理を，雑音を連結性雑音除去を用いて補正する．また，認識の処理をやりやすくするため，細線化を行って線画の構造情報を保ちながらデータ量を減らす．

2.2　「知識」を利用した要素と図形の判定

前処理によって補正，加工された画像から， CAD で扱うことができる要素を認識する段階がこの段階である．

ここで，知識工学とは，一般的な問題の解決機構ではなく，実社会の問題を対象にして，それを解決するために必要な「知識」の工学的な扱いについて論じる学問である．

知識を利用する意志決定支援システムあるいは問題解決支援システムを知識ベース・システムといい，知識ベースと推論機構で構成されている．

日常で最も基本的な判断のパターンである「もし ~ ならば」という形式を利用した知識ベース・システムをプロダクション・システムといい，本システムはその中で仮説の評価を行う AND-OR 木型のシステムに分類される．

ここで知識ベース・システムを構築する際，できるだけ知識ベースをモジュール化する必要がある．そのためルールの単位である関数の呼び出しに関数へのポインタを用い，これらをルールテーブルをとしてまとめ，このテーブルを参照して関数を呼び出すことでモジュール化を実現した．また，これによって推論機構も単純化できた．

このような仕組みのシステムで要素の認識を行うが，画像上の画素の並びに対して直接知識を適用して判定することができないため，これをチェインコードとして記述し，知識に適用できる情報を取り出す処理を行う．このコード列は 1 つの図形に対して 1 つ作成されるため，図形の分岐点や屈折点も含まれている．判定する要素はこれらの点の間に存在するので，これらの点を検出し，要素判定を行うコード列の範囲を決定する．

この情報から直線や円弧といった単純な要素の判定を行う．それぞれの性質と歪みを考慮したルールを作成した．

直線の判定ルール

- 始点と終点から線の方向性を計算し，それに近い 3 方向のコードが大部分を占めていおり，その中でも方向性に最も近いコードがもっとも多い
- 各コードの連続の長さの最大値は，方向性にもっとも近いコードが一番長い

円弧の判定ルール

- 始点と終点から線の方向性を計算し，それに近い3方向のコードがコード全体の中で大部分を占めている
- 画素の曲率を計算し，この曲率がどの画素においてもほぼ変わらない

その後，認識された直線や円弧を組み合わせて長方形や円の認識を行う．直線や円弧といった単純な要素を組み合わせて作る図形は閉ループになっているため，まず閉ループを抽出する．この閉ループから長方形や円の判定を行う．それぞれの性質と歪みを考慮したルールを作成した．

長方形の判定ルール

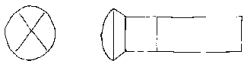
- ４直線でループになっている
- 向かい合う辺が平行である辺の組が 2 組ある
- 向かい合う辺の長さが等しい辺の組が 2 組ある
- 全ての内角が直角である

円の判定ルール

- 直線，円弧の閉ループになっている
- 要素同士の内角が $90°$ 以上 $180°$ 未満となっている
- x， y の最小値から最大値までの変化量が同じである
- 中心と思われる点からの各要素の頂点までの距離が同じである

2.3 CAD リストの出力

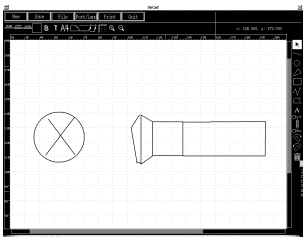
要素データを CAD データに変換する際，図面画像の解像度，出力後の用紙サイズ，用紙の向きをパラメータとして使用し，変換を行う．図 2(a) の画像を実行して出力された CAD リストを図 2(b) に，そのリストを CAD に入力した様子を図 2(c) に示す．



(a) 入力図面

```
%!xncad A4 Landscape
LINE 1 63.754 136.848 54.356 124.656
LINE 1 54.356 124.402 64.262 111.448
LINE 1 54.356 124.402 44.196 110.940
LINE 1 54.356 124.656 45.974 135.832
CIRCLE 1 53.340 123.386 17.272
LINE 1 109.474 138.626 109.220 104.844
LINE 1 109.220 104.844 117.348 110.686
LINE 1 117.348 133.800 109.474 138.626
LINE 1 137.922 110.686 194.056 110.432
LINE 1 194.056 110.432 194.310 134.308
LINE 1 194.310 134.308 138.176 133.546
LINE 1 106.680 105.606 102.616 129.736
LINE 1 102.616 129.736 108.458 138.880
RECTANGLE 1 117.348 133.800 137.922 110.686
```

(b) CAD データリスト



(c) CAD 画面

図 2: 実行の様子

CAD に入力された後，CAD を利用して誤った認識をしてしまったもの修正し，スケッチを整理して完全な図面にすることで，CAD のデータベースとして活用される．

3 実験と考察

要素の判定に用いたルールを検証するため，それぞれの要素に対して様々なパターンの画像を用意し，実験を行った．

直線の場合

様々な傾きの直線に対して実験した結果，傾きが $30°$，$60°$ 付近のときに失敗することがあった．直線の判定は直線の方向性にもっとも近いコードとその両隣のコードの数と連続の長さを判定要素にしているが，これらの傾きのとき，元々その差は小さいので，歪みのために逆転してしまったことが原因である．

円弧の場合

様々な円や円弧に対して実験した結果，円の一部になる円弧の検出に失敗することがあった．これは，円や円弧をデジタルデータとするとき，直線として近似される部分があり，判定のときこの直線部分が多く含まれていると，円弧の判定要素である曲率が大きく変化してしまい認識に失敗する．また，誤って直線として認識されてしまう場合がある．これも直線部分が長いため，その他の部分は直線の歪みとして判定されてしまうからである．

長方形の場合

様々な四角形に対して実験した結果，ほぼ正確に判定できていた．また，長方形が重複している場合でもほぼ正確に判定できていた．しかし，この場合どの部分を抽出して，どの部分を削除するかという分類を行う必要がある．しかし，分類の一般化ができないため，無理に分類しないこととした．

円の場合

様々な円や円の内接図形に対して実験した結果，円を構成する要素の中に直線が入っている場合に失敗することがあった．円の中の直線部分の場所によって，円の判定要素である X 軸方向と Y 軸方向の変化量二大きな差ができるためである．

以上より，それぞれ特定のパターンで失敗することがあるが，これらの原因は歪みへの対応のためにできた弊害であるといえる．しかし，これらのパターンは総じて少なく，全体的には歪みに対しても高いパフォーマンスを発揮していた．これより，それぞれのルールは妥当であったといえる．

これを踏まえ，70 枚の手書きの図面に対して実験を行った．その結果，例えば図 2 の場合，ねじを横から見た図の中で，ねじの頭の部分の盛り上がりの部分が直線として認識されていたり，ねじの胴体の部分が歪みが大きかったために長方形と認識できなかったが，その他の部分は認識できており，設計の下書きとして使うには十分なレベルだといえる．また，処理時間も 1 秒から数秒と早く，実用上問題ないレベルだといえる．このように，元の図面の質にも依存するが，よいパフォーマンスが得られたといえる．

4 結論

図面認識システムにおいて，手書きのラフな図面の歪みに対して要素の性質を利用したルールと簡単な推論機構を用いることによって，よいパフォーマンスを発揮できることを示した．本システムの 「知識」は歪みへの対応に重点を置いているが，知識」をさらに充実させることによって，さまざまな状況にも対応できるシステムに発展させることが今後の課題である．