

図面の認識と理解の現状について

棟上 昭男

佐藤 孝紀

電子技術総合研究所

1. はじめに

我々の日常的な種々の作業で、図面あるいは図の果たしている役割は非常に大きい。我々が情報伝達に用いるオーソドックスな手段は語彙であるが、情報に精密さの要求される場合には、どうしても図的な手段を用いなければならぬことが多い。

この論文では、最近注目を集めている図面の認識・理解、あるいは自動読取りの問題について、これまでの研究動向、問題点を述べることにする。

2. 図面認識処理の特徴と問題点

一般に図的な表現は2値線画を基本にしたものが大半を占めるが、これは人間にとっての描き易さと、判読する際の明瞭さのために必要なことであり、表現すべき情報の性質に応じて、これにハッチング、塗りつぶし、あるいは彩色などが加えられることになる。

このような図面画像は、航空写真や医療写真、風景画像などに対する人工画像ともいえるもので、ほとんどの場合その意味内容が明確に定められており、また図面の種類ごとにそれを作成するための生成規則や、文法が何らかの形で決まっている。図面の認識・理解の問題は、近年のオフィスオートメーションや設計自動化の動きとともに、実用的な観点から注目を集めるようになったが、そのような実用的見地とは独立に、意味付けの明確な人工画像を理解する問題は、一般的な画像理解の研究の発展点としても重要な意味を持つと考えられる。[1]

図面の認識処理の特徴としては、
(1) 基本的に白黒2値の線画が主体である。しかしながら部分的に塗りつぶ

しや、ハッチングのようなテクスチャ情報にも重要な意味を持たせることが多いので、これらも効率良く取扱える手法が必要とされる。色彩情報も時として重要な意味を持つが、微妙な色調は特殊な場合以外意味を持たない。

(2) 前述のような、意味付け、約束事を陽に定義することの可能な対象がほとんどであり、原理的にはこのような約束事を対象に属する知識として蓄えておくことにより、種々の対象を取扱うことの可能なシステムを実現できる可能性がある。このような知識は、局所的に見るだけでは判定不能な図形要素の認識などに欠くことが多いものである。

(3) 多くの場合高い解像度が要求されるため、処理対象全体を計算機内の画像データとして取入れた後処理を行うことは困難なことが多い。適切な分割処理手法、情報圧縮法などが必要とされる。

(4) 図面中の文字は、色々な場所、方向に、色々な大きさで現われる。図面中の文字の問題は、個々の文字認識の問題もさることながら、その存在位置や方向を求めるセグメンテーションの問題が重要である。一方図面の中に現われる文字列は比較的限られたもので、あらかじめわかっていることも多いから、このような情報を利用できるようにすることも重要である。

(5) 実用的な見地からは、図面の描き方に制限を付けることが可能な場合、そのような制限、規則を認識の観点から適切に設定することがもっとも重要であり、また不明瞭な点を後で人間が見過すことなく修正できるように、使い易い対話形システムを実現すること

も平等となる。

処理対象となる図面には、上述のような制限を付加することの可能な、新たに作られる図面と、すでに作成済みの図面があり、技術的には後者の図面の自動読取りの方が数段困難な問題を含んでいる。現段階ではほとんどディジタイザなどを用いた人手による入力に頼っている。図面の認識・理解技術の究極的な目標は、このような大量の作成済み図面を、計算機の上で図面データベースとして活用できるようにすることであるといえることもよいだろう。

図面の認識・理解を可能にするための技術的な課題としては、

- i) 線の追跡（直線、曲線、真線等の追跡、形状、構造等の記述）、
 - ii) 罫線、背景線等の抽出、分離、自動位置合せ、
 - iii) 図形要素のセグメンテーション、形状解析（面と線の分離、テキスト領域の検出）、
 - iv) 文字・記号領域の検出、文字認識（文字列検出、文字・記号要素と図形要素の重り合いの分離）、
 - v) 画像の分割、圧縮、貼り合せ方式、
 - vi) 対象図面に実するモデル、知識の蓄積、利用方式、
 - vii) 専用入力装置や専用プロセッサによる処理能力の向上策、
- などが考えられる。これらの多くはまだ研究途中のものであって、色々な方式が試みられている段階である。以下の各節では、これらの問題の解決のために提案されている手法のいくつかについてのみを述べることにしたい。

3. 図面処理のための基礎技術

3-1 図面の入力

入力図面を処理して部分図形を抽出し、その特徴パラメタから認識を行う場合、できるだけ早い段階で2値化して処理の簡単化・高速化を図る必要が

ある。図面入力の場合、原画の図形部分と背景部分の間にはかなり高いコントラストの期待できることが多いため、2値化にはあまり精度を要求されない。図面を機械走査式のスキャナなどシェーディングの少ない装置を利用して入力する場合には単純に明度の中間値を閾値として用いてよい場合も多い。しかし入力図面の品質が悪い場合にも対応できるようにするには、より安定な手法が必要とされる。

あらかじめ入力図面の性質を求めるために、図面全体を粗く走査してサンプル測定を行う場合には、このデータを閾値決定にも利用できる[2]。差分ヒストグラムの利用なども有効な方法の一つであろう[3]。TVカメラなどを利用する場合には2値化のための閾値は画面全体に対して一定ではなく、場所によって変えねばならないこともある。

通常の図面では紙面全体に情報が一様に存在するわけではない。このため、場合によってはランレングス符号化、長方形近似符号化[4]、モザイク符号化[5]、あるいは画像伝送の分野で用いられる情報圧縮技術[6]などを利用して記憶容量や処理時間を小さくすることも重要となる。

3-2 線素の検出と線の追跡

図面を構成する主な要素は直線分であることが多く、これを正確に検出することが要求される。線分の傾きが限定されている場合には局所オペレータを適用して線素を検出し、後にそれらを結合する方法をとることもできる[7]が、一般の線分に対しては追跡形の手法[8]を用いる場合が多い。

ある程度自由に描かれた図面では、区間単位に線分の延長方向を推定し、その間を検証する方法で追跡する。その時同時に、線分に付加されている小

さな記号（結線記号や矢印など）を検出することもできる[9]。一方、曲線の取扱いには図面の性質によって異なる。論理図やプリント板などでは、原画上の円や円弧を正確に読み取ることよりはむしろ少ない数のパラメータで表現できると都合がよい。曲線の存在場所が推定できる場合にはHough変換的な手法に基づくことも可能である[10]。

地図図処理などでは、曲線抽出に正確さが求められるため、折線近似[11,12]、曲線のあてはめ[13]などの方法が用いられる。物体認識の分野で用いられる方法[14]なども利用できる可能性がある。また5章で述べるように、このような追跡を目的とする装置も開発されている。

3-3 背景線の処理と位置合せ

図面を作成する場合、罫線入りの用紙を用いて描画精度の向上を図ったり、図面解釈の助けとなるように線幅や、色の異なる基準線を図中に加えたりすることがある。これらは図面の種別を直感的に把握させたり、図形要素の位置づけのための情報（背景または不変成分）を与えるものであって、前記の罫線、天気図や地形図中の経緯線、楽譜の五線などが代表的な例である。

これらの付加情報は図面を解釈する上では重要なヒントになるはずであるが、そのためには、背景線検出用のアルゴリズムが必要とされる。これらの情報の一部は入力時の適当なフィルタ処理などによって検出できることもあるが通常の単色図面では、そのような方法は採用できない。

このような背景線は比較的簡単な折線近似モデルによって記述できるものと、実例でしか与えることのできないアイコニックなもの（天気図内の地形輪郭線など）に大別できる。後者については相関法やSSDA法の改良アルゴリ

ズム[15]などの2次元テンプレートマッチングが用いられる。一方折線近似の可能な背景線については、直線同志の位置合わせの問題として、効率の良いアルゴリズムを考えることができる。

図1は背景線モデルを折線分のリストで近似して、天気図中の経緯線の検出と除去を行った例である[16]。この処理では、与えられた図面の位置ずれ（平行移動、回転）が小さいと仮定し、モデル線分近傍の射影ヒストグラムから各線分のずれ量に成り立つ条件を求めて、全体としてずれの評価値が最小になるように、その量を推定している[17,18]。

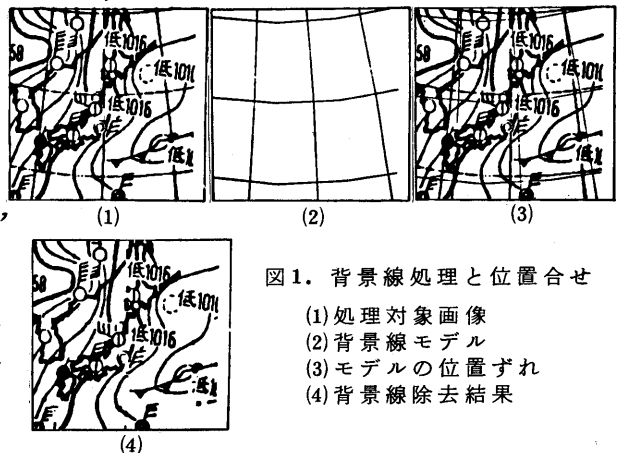


図1. 背景線処理と位置合せ

- (1) 処理対象画像
- (2) 背景線モデル
- (3) モデルの位置ずれ
- (4) 背景線除去結果

なお、通常の文書では枠や罫線が、その仕上りの美しさを左右する要因の一つであるとして、これを自動検出・修正するシステムなども考えられている[19]。

3-4 線部分と面状部分の分離

印刷された図面などでは線状部分のほかに、塗りつぶした部分を入れて図面をわかり易くしようとすることが多い。このような場合には、能率よく両者を分離して、それぞれに対応した処理を施す必要がある。

図2は、前記の背景線抽出処理によって五線を除去した楽譜データの線部

分と面状部分を分離した例である。この処理アルゴリズムは局所的な演算で、求められる線の細さを定義することにより、画面をラスタ走査するだけで実現できることを特徴としている[20]。

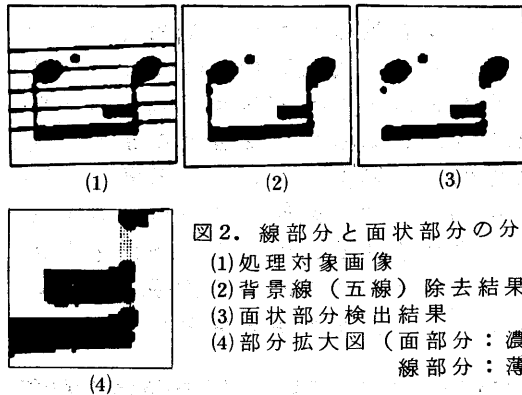


図2. 線部分と面状部分の分離
(1) 処理対象画像
(2) 背景線（五線）除去結果
(3) 面状部分検出結果
(4) 部分拡大図（面部分：濃色，線部分：薄色）

3-5 図面のセグメンテーション

通常使用される図面は、直線分や円、円弧などの図形要素で定義されたシンボルの幾何学的配置と、接続線分で構成されている場合が多い。このシンボルを図面中から分離し、その属性を求めることは識別カテゴリーの候補を絞るなど、認識処理の中心的技術として重要である。連結領域検出、背景線除去、面線分離処理などは、部分図形へのセグメンテーションのための基礎技術とも考えられる。

図面の中における文字の扱いも重要な問題であるが、その中でも文字領域と図形部分を分離する問題は特に重要である。

(1) 文字列の分離・抽出

図面を自動入力・理解するためには、図面に記載されている信号名、部品名、寸法値などの文字列を抽出して、文字列の認識機構へ引渡す必要がある。我々は手描図面の認識処理で、図形や主要なシンボルとして認識できる要素を先に抽出し、それ以外の小さな図形要素の塊りから文字列を検出するという方向で研究を進めている[9]。

このほかに、文字領域検出の方法として提案されているのは (i) 図面内から連結領域を検出し、その大きさがあらかじめ定められた値以内か否かを判定して文字列の存在場所の候補とする方法[21, 22], (ii) あらかじめわかっている特定のシンボルの存在場所と、文字列の相互位置関係の情報を利用する方法[23], (iii) 適当な評価関数で集めた線素の集合を文字の候補とするもの[24], (iv) 文字部分と図形部分の複雑さの相異に着目した方法[25], などがある。

先述のように図面中の文字列は、大きさ、位置、方向などを限定できないことも多いので、このような場合にも対応できる柔軟な文字領域検出法が望まれる。

(2) 文書画像の分割、図形領域抽出

文書は一般に文字領域、図形領域、写真領域に分割でき、各領域は矩形構造をもつ場合が多い。これらの領域を分離、抽出することは文書情報の構造化蓄積と検索、帯域圧縮、各領域に適応した処理などにとって重要である。そのための実際的な技術としては黒ランと白ランの出現を評価する方法[26]、濃度関数で評価する方法[27]などが提案されている。

3-6 予備知識の利用

図面中の情報は一様に広がっているわけではなく、ミクロにみると偏在している。このような対象をできるだけ無駄なく処理するには、あらかじめ何らかの形の階層構造データを準備して、詳細に処理すべき領域を検出し、これに対して本格的な処理を行う方法が考えられている[28]。また実際の図面の場合には、描き方に制限のある場合が多いから、これを予備知識として利用し、top-down 的に処理を行うことも可能ではずである。

実際このような考え方を陽な形で適

用しようとした例は比較的少ない[29, 30]が、実用的なシステムを開発する場合には、何らかの形でこのような方式がとり入れられている。また図面のように大きなデータを、そのまま階層データに変換することは困難なことが多いから、実際上は、最初に粗い走査で図面全体の様子を調べるといった方式の方が実用的であるといえるだろう[2]。

3-7 大画面の分割処理

実際に使われている大きな図面を処理対象とする場合、全画面を計算機の主記憶内に取り込むことは不可能に近い。さらに図面上の連結領域は2次元的に大きな広がりがあることが多いから、単純な操作で線分や、その縁を追跡すると外部記憶との間のデータ転送回数が増大し処理能率が低下する。

このような問題を解決するために論理図を、シンボルや文字が分離されないように、いくつかの矩形領域に分割し、各領域内で線分や記号の抽出・認識を行った後、それらの結果を統合処理する方法が試みられている[31]。また、ある程度自由に描かれたアナログプリント板パタンの処理では、画像を帯状の領域に分割し、各領域をただ一回処理するだけで全ての記号を検出できるように工夫した例もある[32]。

さらに一時には、2本の走査線データのみ使用してシンボルの大きさ、形状、幾何学的関係などを検出する方法も提案されている[33]。

4. 図面処理の実用例

4-1 回路図面の処理

回路図面の処理はCADプログラムへのデータ入力などのために重要で、描き方に制限を付けるものと、ある程度自由に描かれたものを処理対象とする場合の2つの方向で研究が進められている。

前者は前もって定められた制限のもとで図面を作成し、システムが図面を解釈する時にこの情報を積極的に利用する方法である。報告されている例としては (i)線分の傾きを制限し、曲線は用いない[7]、(ii)論理図上のシンボルと、それらの間の結線には別色を使用し、この情報をシステムの図面解釈の補助とする[34]、(iii)特殊なテンプレートを用いて論理記号を描き、シンボルの抽出・認識処理の負担を軽減する[31, 35]、などがある。

第二の方向は、既に作成済みの図面や自由に描いた線図を処理対象とするものである。筆者らは検出された図形要素の接続関係を解析し、モデルを用いてシンボルの認識を行った。シンボル間の接続は解釈の容易なものから順次理解する方法で対応している[36]。図3に自由手書き論理図の解釈例を示す。この場合、図面理解の結果は清書図面を出力することによって示している。

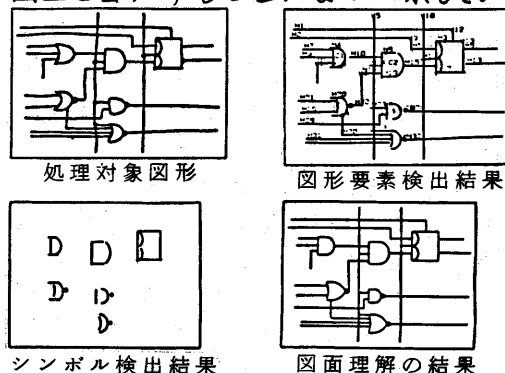


図3. 自由手書図面理解

4-2 プリント板パタンの処理

この処理対象も前節の回路図面の場合と同様に、制限付きのものと、ある程度自由に描かれたものに分けられる。前者の例としては、格子表をもつ用紙にパターンを描き、シンボルの位置、線分の幅や方向を規格化するものが有り[37]、処理の一部はハードウェア化されている[38]。

一方、後者の例はアナログ回路のプリント板パタンの処理を行うもので[32], 3-7 節で述べたように大画面の分割処理に特徴がある。

4-3 地図および天気図の処理

図形構造としては複雑でありながら、前述のような便法を利用することの困難な処理対象として地図や天気図がある。地図処理研究の初期のものとしては、イラスト的な地図から、記号の抽出・認識を行う実験がある[39]。最近では、地図情報のデータベース化の要求もあって研究が活発化する傾向にあり、閉領域の抽出・記述、等高線間の任意の地点の高度の推定、あるいは市街地図から建築物領域を抽出する実験などが行われている[11, 40]。

一方、天気図の図面的特徴としては、不変成分(背景線)と可変成分の存在、文字の混在、曲線部分の構造が比較的複雑である、図の大きさが小さくて高い解像度を必要としない、などが挙げられる。このため図面処理研究の対象として具合が良く、種々の手法が試みられている。天気図の中で用いられるシンボルの抽出・認識は、各記号の大きさ、形状、存在場所などの先見的情報を反映させる方法で行われており[41, 42], これらの処理を支える高速テンプレートマッチング法[15]や等圧線などの曲線図形の自動記述に関する研究[43]も行われている。また図形世界(天気図)と言語世界(気象通報)を融合した知識の表現・認識システムの試みもある[44]。

4-4 印刷楽譜の自動読取り

楽譜は、中で用いられる各記号が比較的簡単な形状をもつ反面、その存在位置の情報が重要な意味をもっている。五線は音階を定めるための座標系としての役目を持つが、これの位置を推定、

除去することによって各記号を粗く分離できる。各記号を認識するための手法としては各領域の周辺分布のプロファイルを特徴パラメータとする方法[45, 46], 各記号を五線間隔で正規化した大きさで大分類する方法[47]などが試みられている。筆者らは複旋律、和音をもつ楽譜を処理対象として自動読取りを試みている。図4のように、粗走査により五線位置を推定・除去することによって大まかなセグメンテーションを行い、分離された記号群をさらに詳細に解析することにより、自動読取りの可能なことが確かめられた[2]。

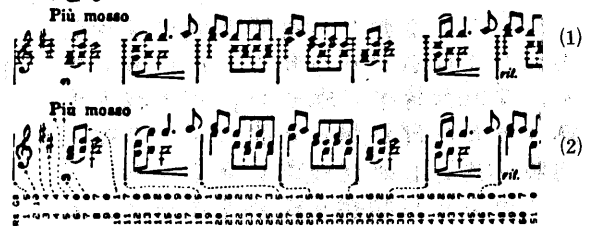


図4. 印刷楽譜の自動読取り

- (1) 粗いセグメンテーション
- (2) 記号の大分類

4-5 図形コマンドシステム

計算機に対するコマンドや検索キーは図形の形で与える方が、直感的で都合のよいことが多い。とくに処理対象が画像のように2次元的な場合には、図形以外の形態で指示を与えることは困難である。このような場合、タブレットなどを用いて対話的に処理するのが一般的な方法であるが、場合によっては、すでに描かれた図形そのものをコマンドやキーとして用いたいこともある。たとえば原稿の校正を、校正記号を用いて行う例では、編集情報を与えるコマンド図形を認識して、文字列の挿入、除去、移動、段落の設定などを試みている[48]。また原稿上の別用紙に描かれたコマンドをもとにして、図表部を含む紙面の配置の設定や、図面の清書なども試みている[49]。

図面を図形コマンドで編集する初期

の例としては、編集の対象となる図面およびコマンド図形は4方向の傾きをもつ線分のみに限られ、編集対象となる図面の情報が計算機内にも存在するものとして、手描き図形により指示を与える方式が試みられている[7]。

画像をキーにして検索を行う例では名刺検索の試みがある[50]。この例では、名刺画像を構造化蓄積するとともに、名刺に含まれる各文字をランレングスを基礎とする8個の特徴パラメータで表現し、一方、検索キーからも同様の特徴を抽出して、類似度の判定を行い検索する。このような考え方は、ある程度定まった書式をもつ他の画像パターンにも適用できると考えられる。

5. 図面の専用入力装置

線状図形を入力する装置に、できるだけインテリジェンスを加え、後の処理の負担を軽くしようとする試みは、泡箱飛跡の解析装置をはじめ、古くより種々のものが試みられている[51, 52]。最近では地図、設計図面などのデータベース化の要求とともに、その必要性がますます高まってきた。

比較的大きな図面の入力部として現在利用されているものは、(i)ドラムまたはフラット・ベッド形の機械式スキャナ、(ii)リニア・アレイ方式、(iii)レーザ・ビームの任意偏向方式、などである。これらは分解能、再現性、入力速度などが適否の鍵であるが、青焼きや、多色地図等も対象とするときには、明度情報の分解能や信頼性、色彩情報の同時入力の可能性などにも注意しなければならない。実寸図面をそのまま入力するときの空間分解能としては、少なくとも $50 \sim 100 \mu\text{m}$ が要求される。

インテリジェンスの内容は、走査データの折線データへの自動変換(Broomall社, Scitex社)、曲線の自動追跡(Laser-Scan社)などである。後者の場合には

追跡する線の選択や、複雑な領域での処置は人間が行うが、この時処理ずみのものと未処理のものを混同しないように、可逆性感光フィルムにより表示の制御を行っている[53]。このほか特定の対象向きの演算回路を付加した例もある[54]。

6. あとがき

本報告では最近関心が高まりつつある手描き図面や印刷図面の機械による認識と理解技術の研究に関する現状、考え方、問題点などについて考察した。本論では取り上げることができなかったが、機械やプラントの設計図面、配電・配管図などの処理についても強い要求があり、一部で研究が始められている。これらはその中に記載されている寸法や引出し線の扱い、これらと図形要素の間の対応関係などの問題もあり、今後解決しなければならない点も多い。

現在の図面処理は、各種のCADに代表されるように人間のパターン処理能力を生かした対話形処理によるものがほとんどである。実用的な観点からは、今後もこの方向で開発が進められ、その中に各種の画像認識技術を埋めこんでゆくことによって、人間の介入の必要性のできるだけ少い、使い易い対話形処理システムを実現してゆくことになるものと考えられる。

この場合に機械が自動的に処理できた部分と、疑問の有る部分、あるいは未処理の部分などを区別して分り易く表示する手法であるとか、大画面を表示したり、その一部のクローズアップを的確に表示する技術なども重要になる。また、手描図面やスケッチ類、あるいは青焼きのような品質の悪い図面などを処理するためには、対象に関する十分な知識を利用することが必要であって、知識あるいはモデルの自動作成、蓄積、利用なども今後に残された最も重要な

課題の一つであると考えられる。

最後に、資料の提供など種々協力を
いただいた電機研・情報システム研究
室の方々に厚く感謝します。

参考文献

- 1) 横上：図形認識研究に関する二、三の考察
—より柔軟な認識システムを旨として—、
大型プロジェクト・パターン情報処理システム講演会
論文集、PIPS-R-16, 59-68, 1977.
- 2) 青山, 横上：印刷楽譜の自動読取り, 情報処理学会
第24回全国大会, 4E-11, 1982.
- 3) 渡辺, 沼上, 他：濃淡図形の領域検出に関する一方法,
昭和47年度電子通信学会全国大会, 102.
- 4) M.Aoki: Rectangular Region Coding for Image
Data Compression, Pattern Recognition, Vol.11,
No.5/6, 297-312, 1979.
- 5) 坂井, 稲垣, 他：モザイク符号化とその文書画像処理
への応用, 信学技報, PRL80-99, 1981.
- 6) Special Issue on Digital Encoding of
Graphics, Proc. IEEE, Vol.68, No.7, 1980.
- 7) J.F.Jarvis: The Line Drawing Editor;
Schematic Diagram Editing Using Pattern
Recognition Techniques, Computer Graphics and
Image Processing, Vol.6, No.5, 452-484, 1977.
- 8) W.Black, T.P.Clement, et al.: A General
Purpose Follower for Line-Structured Data,
Pattern Recognition, Vol.14, Nos.1-6, 33-42,
1981.
- 9) 佐藤, 横上：線画解析の基礎実験, 情報処理学会
第19回全国大会, 3G-5, 1978.
- 10) 佐藤, 横上：手書き図面理解の基礎実験—曲線の
記述について—, 昭和55年度電子通信学会総合全国
大会, 1263.
- 11) 安居院, 松原, 他：閉曲線群の計算機処理とその応用,
信学技報, PRL80-49, 1980.
- 12) 長田, 吉田, 他：線図形の記述方式, 信学技報,
PRL79-50, 1979.
- 13) 名倉：手書き線図形の直線と円弧による近似, 信学論,
Vol. J64-D, No. 9, 839-845, 1981.
- 14) 白井：濃淡画像から複雑物体を認識する一手法, 情報
処理, Vol. 17, No. 7, 611-617, 1976.
- 15) 林, 吉田, 他：高速テンプレート・マッチング法と気
象図への応用, 信学技報, PRL78-90, 1979.
- 16) 藤村：図面中の背景線分離の一手法, 情報処理学会
コンピュータビジョン研究会, 2-1, 1979.
- 17) 藤村：線分モデルを用いた画像位置合せの一手法,
信学技報, PRL80-87, 1981.
- 18) 藤村：パターン認識における最良Lp近似について,
信学技報, PRL81-6, 1981.
- 19) D.H.Hartke, W.M.Sterling, et al.: Design
of a Raster Display Processor for Office
Applications, IEEE Trans., Vol.C-27, No.4,
337-348, 1978.
- 20) 藤村：2値画像中の線状部抽出の一方法, 昭和56年度
電子通信学会総合全国大会, 1333.
- 21) 角本, 矢島, 他：図面に書かれた文字の一処理方式,
昭和52年度電子通信学会情報部門全国大会, 173.
- 22) 寺島, 首藤, 他：図面に書かれた文字の切り出し
方式, 情報処理学会第23回全国大会, 6C-4, 1981.
- 23) 石井, 岩崎：回路図に書かれた文字の認識の検討,
信学技報, PRL79-83, 1980.
- 24) 吉田, 井上：手書き図面の自動認識, テレビ誌,
Vol. 35, No. 11, 919-924, 1981.
- 25) 岩城, 久保田, 他：近接線密度法による文字・図形
切り分け処理の検討, 信学技報, PRL81-81, 1982.
- 26) 村尾, 坂井：文書画像における構造情報の抽出,
情報処理学会第21回全国大会, 7H-1, 1980.
- 27) 伊藤, 坂谷, 他：ファクシミリ文書の矩形フィールド
と手書き識別番号の認識, 第12回画像工学
コンファレンス, 7-2, 1981.
- 28) 横上：画像処理とソフトウェア技術, 情報処理,
Vol. 22, No. 5, 390-403, 1981.
- 29) T.P.Clement: The Extraction of Line Struc-
tured Data from Engineering Drawings, Pattern
Recognition, Vol.14, Nos.1-6, 43-52, 1981.
- 30) 伊藤, 堀内, 他：階層的プログラミングを用いた画像認識
の一手法, 信学技報, PRL80-104, 1981.
- 31) S.Kakumoto, Y.Fujimoto, et al.: Logic Diagram
Recognition by Divide and Synthesize Method,
Artificial Intelligence and Pattern Recognition
in Computer Aided Design (Latombe ed.),
457-476, North-Holland Pub., 1978.
- 32) 高木, 小西, 他：プリント板パターン図の自動入力,
信学技報, PRL81-70, 1982.
- 33) A.V.Kulkarni: Sequential Shape Feature
Extraction from Line Drawings, IEEE Computer
Society Conf. on Pattern Recognition and
Image Processing, 230-237, 1978.
- 34) 岩崎, 石井, 他：色分けされた手書き回路図の自動
入力システムの検討, 信学技報, EC79-74, 1980.
- 35) M.Ishii, M.Yamamoto, et al.: An Experimental
Input System of Hand-Drawn Logic Circuit
Diagram for LSI CAD, Proc. 16th DA Conf.,
114-120, 1979.
- 36) 佐藤, 横上：自由手書図面理解の基礎実験, 第12回
画像工学コンファレンス, 7-3, 1981.
- 37) T.Masui, S.Shimizu, et al.: Recognition
System for Design Chart Drawn on Section
Paper, Proc. 5th IJCFR, 127-130, 1980.
- 38) 吉田, 井上, 他：手書図面の自動入力/処理装置,
情報処理, Vol. 22, No. 4, 300-306, 1981.
- 39) R.H.Cofer, J.T.Tou: Automated Map Reading
and Analysis by Computer, Proc. FJCC, Vol.41,
135-145, 1972.
- 40) 安居院, 飯塚, 他：市街化地図情報処理に関する
研究, 信学技報, PRL81-36, 1981.
- 41) 堀田, 伊藤, 他：構造解析的手法による天気図中の
記号図形の抽出, 信学技報, PRL81-67, 1982.
- 42) 谷口, 遠藤, 他：ミニコンによる天気図認識システム,
電学研費IP-79-37, 1979.
- 43) D.Y.Montuno, Y.Yoshida, et al.: Structural
Description of Contour Maps and Its Appli-
cation to Weather Maps, IECE Trans., Vol.E63,
No.6, 421-428, 1980.
- 44) E.Kawaguchi, M.Yokota, et al.: An Information
Understanding System of Basic Weather Report,
IECE Trans., Vol.E64, No.2, 71-78, 1981.
- 45) 中村, 進藤, 他：音楽情報の入力とデータベースの
作成, 信学技報, PRL78-73, 1979.
- 46) 尾上, 石塚, 他：楽譜の自動読取の試み, 情報処理
学会第20回全国大会, 6F-5, 1979.
- 47) D.S.Prerau: Computer Pattern Recognition of
Printed Music, Proc. FJCC, Vol.39, 153-162,
1971.
- 48) 末永：手書きマーク識別を利用した原稿自動編集,
第9回画像工学コンファレンス, 3-1, 1978.
- 49) 名倉, 末永：文字認識機能を導入したファクシミリ
ベースの手書き図面消去法, 信学技報, IE81-12, 1981.
- 50) 太田, 森, 他：漢字パターン列の特徴パラメータによる
検索—名刺画像における姓名の場合—, 信学論,
Vol. J64-D, No. 11, 997-1004, 1981.
- 51) H.S.White: Finding Events in a Sea of Bubbles,
IEEE Trans., Vol.C-20, No.9, 988-995, 1971.
- 52) 出沢：設形図面の処理, 精密機械, Vol. 42, No. 8,
733-739, 1976.
- 53) M.C.Fulford: The FASTRAK Automatic Digitising
System, Pattern Recognition, Vol.14, Nos.1-6,
65-74, 1981.
- 54) 吉田, 岩田, 他：図形処理システム, 情報処理学会
イメージプロセッシング研究会, 23-2, 1979.