

解説



図面の自動認識と理解†

棟上 昭男†† 佐藤 孝紀††

1. はじめに

図面は我々の種々の作業で欠くことのできない情報伝達の手段である。我々の情報交換の第一の手段は話し言葉であり、文章であるが、物を作る場合のように情報を正確に伝えなければならない場合には、どうしても図的な手段に頼らなければならないことが多い。計算機の応用分野が広がるにしたがって、計算機にもこのような図的情報を人間並みに扱わせたいという要求が強まってくるのは当然のことであろう。

かつて対話型グラフィックスが現われた直後には、図的な情報の計算機への入力、対話的手法によるオンライン方式ですべて用が足りるのではないかと考えられた時代があった。しかしながらその後の経験から、紙と鉛筆に匹敵するような使い易さを持ち、人間の思考の障害や、質の悪い疲労の原因となったりすることのないシステムを実現することは、かなり困難であることがわかってきた。

すでに作成され、保存されている図面の計算機への入力はもちろんのこと、新たに作られる図面の計算機への入力についても、画像として与えられる図面データの自動読取が強く要求されるようになってきた理由の一つはここにあると考えられる。しかしながら図面の自動読取を可能とするためには、2次元的なパターンとして与えられる画像データの中から、意味のある情報を抽出し、認識・理解する技術が不可欠であって、これは一般的にはさほど容易な問題ではない。ここではオンライン手法によらない（タブレットなどを用いない）図面入力技術の現状について、技術的な観点から解説を行うことにする。

2. 図面の認識・理解とその問題点

図面とかスケッチは、その種類ごとに文法や意味に

関する規則の定まった、一種の言葉であると考えることが出来る。人間にとって、このような形態の情報は直観的に把握し易く、素速く内容を理解するのに適したものであるが、機械にもこのような理解能力を持たせようとするには想像以上の困難が伴う。

一般に画像理解とか音声理解とは、外界から得られる信号データを、特徴抽出や認識処理を行って適当な記号群に対応づけるだけではなく、その内容を把握し、そこに盛込まれた情報を別の形態に変換したり、それに関する質問に答えられるように、情報を分析し、構造化して蓄える処理をいう。図面の場合について考えると、たとえば設計図の場合なら、三面図から透視図を作ったり、手描きスケッチを清書したりするような図そのものの処理ばかりでなく、図面からシミュレーションや布線図作成用のデータを取り出したり、必要な材料に関する情報を準備したりすることのできるような機能まで含むものである。

このような機能を実現するためには、図面の構成要素を安定に効率良く抽出し認識する技術や、抽出された要素間の関係を調べて記述する方法などとともに、何らかの形で対象に関する知識を蓄えておいて利用するための技術が必要とされる。このような知識には、記号の形状等に関するものから、図中に存在し得る文字列や数値の大きさにいたるまで種々のレベルのものが考えられる。たとえば引出線や寸法線であるとか、汚れたり、込み入った結線図といったものは、形状に関する構造的な知識だけでなく、内容に関する知識に基づいた意味解釈が行えるかどうかにより、はじめて認識できる場合が多い。

ところで図面も画像の一種である。しかしながら、医用画像や、衛星画像のような自然画像に較べると、その構造や意味を陽に知識として整理できる度合いが大きい。本当に一般的な形で画像理解技術を確立できれば、その特殊な場合として図面を扱うことも可能なはずである。

† Automatic Recognition and Interpretation of Sketches and Drawings by Akio TOJO and Takanori SATO (Computer Science Division, Electrotechnical Laboratory).

†† 電子技術総合研究所ソフトウェア部

* 本稿は、以前開かれた研究会および連合大会の著者らの講演をまとめて、本誌の解説としたものである^{(1),(2)}。

ずであるが、実際にはそのような状況を期待することは当分の間不可能であると思われる。むしろ先に述べたような点から、図面認識理解の研究は、高度な知識を利用する画像理解機能実現の出発点の一つとして重要な意味を持つと考えられる。最近この分野の研究に対する関心が高まってきた背景には、CAD など実際面からの要請とともに、このような側面があることにも注意しなければならない³⁾。

図面を認識理解の処理対象とするときの特徴は、

1) 基本的に黑白2値の線画が主体である。しかし、場合により塗りつぶしや、ハッチングのようなテクスチャにも重要な意味を持たせることがあるので、このような領域を効率良く取り扱う手法が必要となることも多い。色彩情報に意味を持たせることもあるが、微妙な色調は特殊な場合以外問題とはしない。

2) 意味や描き方の約束事を陽に定義できる対象が多く、原理的にはこのような情報を対象に関する知識として蓄えておくことにより、種々の対象を扱うことのできるシステムを実現できる可能性がある。

3) 多くの場合高い解像度を要求されるため、処理対象全体を計算機内に画像データとして取り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、色々な大きさで現れる。図面中の文字の問題は、個々の文字の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問題が重要である。一方図面中には限られた組合せの文字列しか現れないことがわかっていることも多い。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) 新たに作られる図面に関しては、人間にとってはあまり障害とはならない描き方や記号の制限を設けて、自動処理を容易にすることも重要である。また判定不能の箇所などを、後で人間が見直すことなく修正できるように、使い易い対話型システムを実現することも重要となる。

処理対象となる図面には、上述のような制限を設けることのできない作成ずみの図面も多い。このような図面の自動読み取りは、制限を付加できる場合に較べると圧倒的に困難なことが多く、ほとんどの場合ディジタイザなどを介し人手で入力しているのが現状である。図面認識・理解技術の最終的な目標は、このような大量の作成ずみ図面を、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っ

てもよいだろう。

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) 直線、曲線、点線など図面構成要素の雑音や歪みなどに影響されない安定な抽出と記述法、

ii) 面状要素の分離、形状解析(面と線の分離、テクスチャ領域の抽出等)、

iii) 野線、背景線等の分離、抽出、自動位置合せ、

iv) 文字・記号領域の検出、文字認識(文字列検出、文字・記号と図形要素の重なり合いの分離等)、

v) 画像の分割、圧縮、貼り合せ法、

vi) 対象図面に関するモデル、知識の蓄積、検索、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、色々な方式が試みられている段階である。以下の各章では、これらの解決法として提案されている手法や実例のいくつかについて紹介することにした。

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要素図形を抽出し、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・高速化をはかる必要がある。図面入力の場合、原面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処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⁴⁾。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⁵⁾。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⁶⁾、長方形近似符号化⁶⁾、モザイク符号化⁷⁾、あるいは画像伝送の分野で用いられる情報圧縮技術⁸⁾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

図面を構成する主要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が⁹⁾、一般の線分に対しては追跡形の手法¹⁰⁾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¹¹⁾。

また、定められた規則を守って描かれた破線や点鎖線の検出に関しては、一定長以下で、一直線上に存在する線セグメントの集合を抽出し、長さについてのヒストグラムの形状で両者を区別する方法が提案されている¹²⁾。

一方、曲線の取り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パタンの処理などでは、原面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パラメタ変換手法に基づくことも可能である¹³⁾。

地図処理などでは、曲線抽出に正確さが求められるため、折線近似^{14), 15)}、曲線のあてはめ¹⁶⁾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¹⁷⁾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。

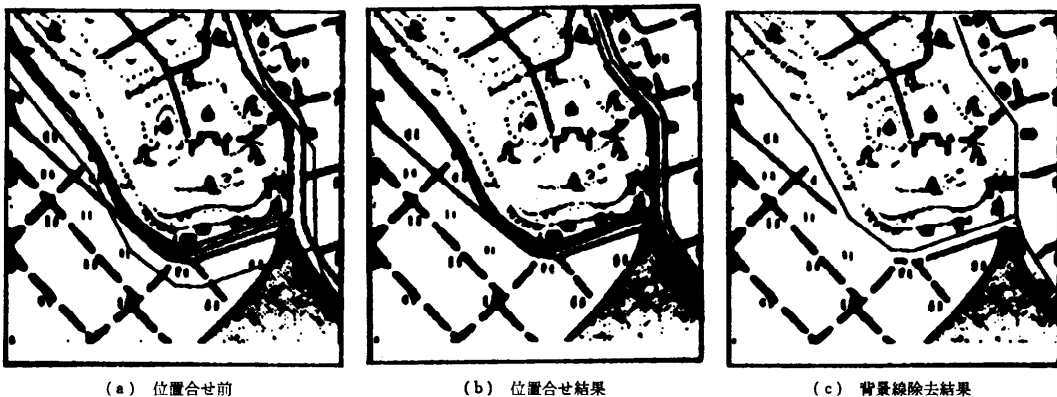
3.3 背景線の処理と位置合せ

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はかったり、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、前述の罫線、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¹⁸⁾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は道路モデルを折線分のリストで近似して、地図内の道路の検出と除去を行った例である²⁾。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¹⁹⁾⁻²¹⁾。通常背景線検出は、このような問題の簡単な場合として扱うことができる。また上述の方法は2値画像ばかりでなく濃淡画像や3次元

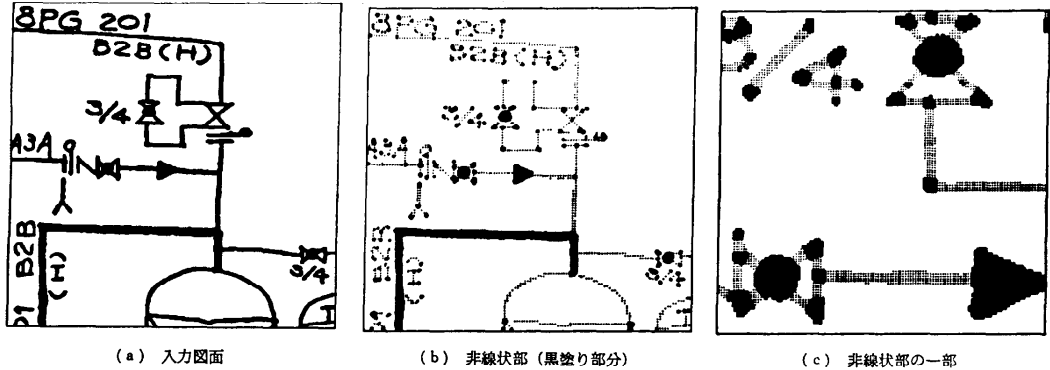


(a) 位置合せ前

(b) 位置合せ結果

(c) 背景線除去結果

図-1 背景線処理と位置合せ²⁾

図-2 線状部と非線状部分の分離²¹⁾

の問題にも適用することができる^{21), 22)}.

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²³⁾.

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。たとえば面状部分の形状解析には、フーリエ記述子によるもの、凸形多角形に分解する方法など多数の手法が提案されている²⁴⁾.

図-2 は化学プラント設計図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²⁵⁾。また図-2(b)に示すように、この処理では線分の端点、交差、分岐などの特徴点を同時に検出することも可能である。

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を2次元的に配置したものと、それらの間の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

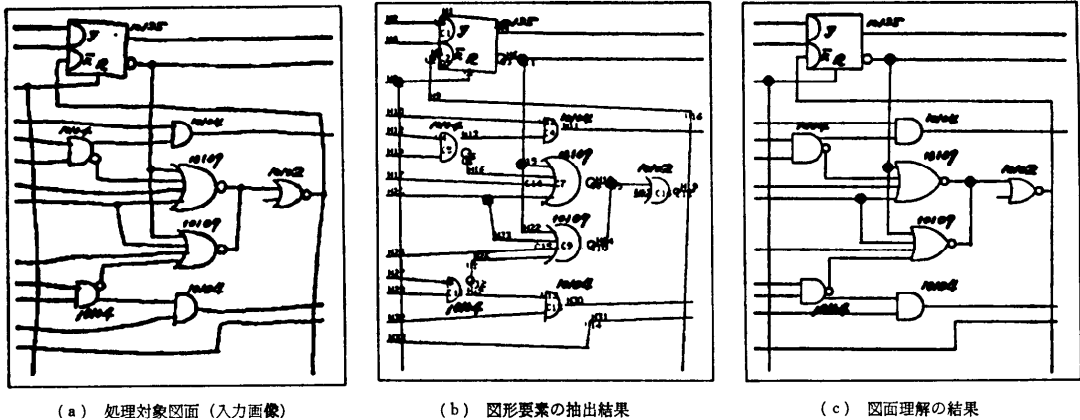
図面を自動入力・理解するためには、図面に記載されている信号名、部品名、寸法値などの文字列を抽出して、文字列の認識機構へ引渡す必要がある。我々は手描図面の認識処理で、図形や主要なシンボルとして認識できる要素を先に抽出し、それ以外の小さな図形要素の塊りから文字列を検出するという方向で研究を進めている¹¹⁾.

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^{26), 27)}、(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²⁸⁾、(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²⁹⁾、(iv)文字部分と図形部分の複雑さの相異に着目した方法³⁰⁾、(v)ラスタ走査による画素のラベル付けによって線要素と塊状要素を分離する方法³¹⁾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が多いので、このような場合にも対処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、各領域は長方形である場合が多い。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³²⁾、濃度関数・ランレングスの度数分布・周辺分布などの特徴量を評価する方法³³⁾、2次元フーリエ変換を用いる方法³⁴⁾などが提案

図-3 自由手描き図面理解³⁹⁾

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る³⁵⁾。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はずである。

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が^{36), 37)}、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⁴⁾。

実際の図面処理では、大なり小なり図面の描き方を、対象に関する予備知識として処理手順に反映させる必要がある³⁸⁾。しかしそのような情報を処理手順に埋込んでしまうと、図面の種別が変わるとプログラムを変更しなければならなくなり柔軟性が無くなるので、処理対象に関する知識は処理手続きから分離することが望ましい。このためには、構造関係表を用いる方法³⁹⁾、デシジョン・トリーによる方法⁴⁰⁾、グラフに関するプロダクション・ルールを適用する方法⁴¹⁾などが提案されている。

3.7 大画面の分割処理と図面の貼合せ

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、いくつかの長方形領域に分割し、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⁴²⁾。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1回処理するだけですべての記号を検出できるよう工夫した例もある⁴³⁾。

また、走査線単位のデータを処理の基本とすることにより作業領域を節約する方法では、一時には2本の走査線データのみを使用してシンボルの大きさ、形状、幾何学的関係を抽出する方法⁴⁴⁾、あるいは画面をラスタ走査し、適当に工夫することによって画面内の対象物を能率良く符号化する方法⁴⁵⁾などが提案されている。

一方、管理上の問題から一枚の図面を何枚かに分割する場合や、図面観測時の事情などによって対象画面を何枚かに分割して入力する場合、あるいは前記のように大画面を分割処理する場合には、各画面ごとの処理後それらを統合する操作が必要となる。このような図面の貼合せ処理に関しては、道路地図のような線主体の図面の場合について検討されており、部分的にマッチングが可能な2枚の図面間で、相互の拡大率や回転量、位置ずれ量が未知である場合に、両図面内の線分の空間的配置構造を解析することによって、両者を位置合せして自動的に貼合せを行うことが可能である

ことが示されている⁴⁶⁾。

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⁹⁾、(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⁴⁷⁾、(iii)定規や特殊なテンプレートをを用いて図面を描き、シンボルの抽出・認識処理の負担を軽減する^{42), 48), 49)}、(iv)格子点を基準として描かれた図面を処理対象とする⁵⁰⁾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^{39), 51), 52)}。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処している。図-3 に自由手描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。もちろん、論理式など他の形式による表示も可能である。

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、格子点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あり⁵³⁾、処理の一部はハードウェア化されている⁵⁴⁾。

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、パターンを濃淡画像として捉えて雑音の混入に対処している点、および 3.7 節で述べたように大画面の分割処理に特徴がある⁴³⁾。

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⁵⁵⁾。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^{14), 56)}。

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こと、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、存在場所などに関する先見的な情報を利用する方法で行われており^{57), 58)}、これらの処理を支える高速テンプレートマッチング¹⁸⁾や等圧線などの曲線図形の自動記述に関する研究⁵⁹⁾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⁶⁰⁾。

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持っている。五線は音階を定めるための座標の基準としての役目をもつが、その位置を推定、除去することによって各記号を粗く分類できる。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ィールを特徴パラメータとする方法^{61), 62)}、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⁶³⁾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ている⁴⁾。

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、直観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次元の場合には、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⁶⁴⁾。また原稿上の別用紙に描かれたコマンド

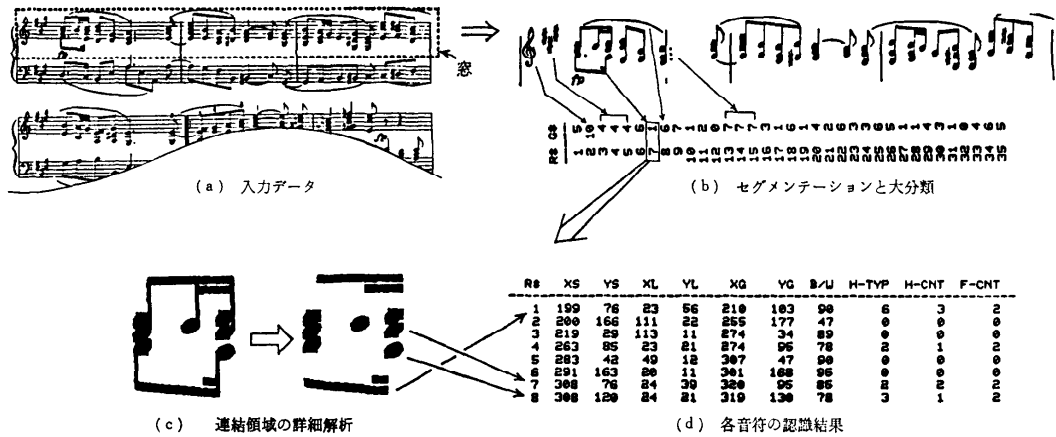


図-4 印刷楽譜の認識処理例*

をもとにして、図表部を含む紙面の配置の設定や、図面の清書などを行うことも試みられている⁶⁵⁾。

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制限し、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⁹⁾。

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⁶⁶⁾。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^{67), 68)}。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50~100 μm 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、この時処理済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⁶⁹⁾。このほか特定対象向きの演算回路や処理機能を付加してスタンドアロン型の専用システムとした例もいくつか発表されている⁷⁰⁾⁻⁷²⁾。

6. むすび

最近関心の高まっている手描図面や印刷図面の機械による認識と理解技術の研究の現状と問題点について考察した。本稿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、各所で研究が始められている。これらの場合には、その中に記載されている寸法線や引出線その他の付属情報の解釈の問題など、図形の形状や構造情報だけでは解決できない問題も多い。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を処理する場合にも、対象に関する知識を十分に利用することが必要であって、知識や、モデルの学習、蓄積、利用法などは、今後に残されたもっとも重要な課題の一つであると考えられる。

一見容易に見える図面やスケッチの自動認識や理解にも、多くの困難な問題が含まれている。実用的な観

点からは、できるだけ人間にとって違和感の少ない、しかも機械には都合の良い図面の描き方を定めてゆくことも重要であろう。しかしながら、日常我々が目にしてはいる図面や文書類を、機械にも自在に扱えるようにするためには、このような要求から一たん離れて、汎用性の高い処理手法を追求してゆくことが重要であると考えられる。

最後に、資料の提供など数々のご協力、ご討議をいただいた藤村是明氏、青山宏氏をはじめとする電総研情報システム研究室の諸氏に厚く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 棟上, 佐藤: 図面の認識と理解の現状について, 情報処理学会コンピュータビジョン研資, 17-6 (1982).
- 2) 棟上, 佐藤, 藤村, 青山: 図面の認識と理解, 昭和57年電気四学会連合大会, 34-3 (1982).
- 3) 棟上: 図形認識研究に関する二, 三の考察, パターン情報処理システム講演会論文集, PIPS-R-16, 電子技術総合研究所, pp. 59-68 (1977).
- 4) 青山, 棟上: 印刷楽譜の自動読取り, 画像電子学会誌, Vol. 11, No. 5, pp. 427-435 (1982).
- 5) 渡辺, 沼上, 米山, 玄地: 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 (1972).
- 6) Aoki, M.: Rectangular Region Coding for Image Data Compression, Pattern Recogn., Vol. 11, No. 5/6, pp. 297-312 (1979).
- 7) 坂井, 稲垣, 奥村: モザイク符号化とその文書画像処理への応用, 信学技報, PRL 80-99 (1981).
- 8) Special Issue on Digital Encoding of Graphics, Proc. IEEE, Vol. 68, No. 7 (1980).
- 9) Jarvis, J.F.: The Line Drawing Editor; Schematic Diagram Editing Using Pattern Recognition Techniques, Comput. Gr. Image Process., Vol. 6, No. 5, pp. 452-484 (1977).
- 10) Black, W., Clement, T.P., Harris, J.F. and Llewellyn, B.: A General-Purpose Follower for Line-Structured Data, Pattern Recogn., Vol. 14, Nos. 1-6, pp. 33-42 (1981).
- 11) 佐藤, 棟上: 線面解析の基礎実験, 情報処理学会第19回全国大会, 3G-5 (1978).
- 12) 嶋田, 角本, 浅川: ヒストグラム分類手法による破線・鎖線の認識, 昭和57年度電子通信学会総合全国大会, 1295 (1982).
- 13) 佐藤, 棟上: 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 (1980).
- 14) 安居院, 松原, 中嶋: 閉曲線群の計算機処理とその応用, 信学技報, PRL 80-49 (1980).
- 15) 長田, 吉田, 岩田, 榎井: 線図形の記述方式, 信学技報, PRL 79-50 (1979).
- 16) 名倉: 手書き線図形の直線と円弧による近似, 電子通信学会論文誌, Vol. J64-D, No. 9, pp. 839-845 (1981).
- 17) 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, pp. 611-617 (1976).
- 18) 林, 吉田, 福村: 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, PRL 78-90 (1979).
- 19) 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資, 2-1 (1979).
- 20) 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, PRL 80-87 (1981).
- 21) 藤村: パタン認識における最良 L_p 近似について, 信学技報, PRL 81-6 (1981).
- 22) 喜多, 藤村: 線分モデルを用いた3次元位置ずれ推定, 信学技報, PRL 82-82 (1983).
- 23) Hartke, D.H., Sterling, W.M. and Shemer, J.E.: Design of a Raster Display Processor for Office Applications, IEEE Trans., Vol. C-27, No. 4, pp. 337-348 (1978).
- 24) Pavlidis, T.: Algorithms for Shape Analysis of Contours and Waveforms, IEEE Trans., Vol. PAMI-2, No. 4, pp. 301-312 (1980).
- 25) 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 (1981).
- 26) 角本, 矢島, 藤本: 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 (1977).
- 27) 寺嶋, 首藤, 川井, 渡辺: 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).
- 28) 石井, 岩崎: 回路図に書かれた文字の認識の検討, 信学技報, PRL 79-83 (1980).
- 29) 吉田, 井上: 手書き図面の自動認識, テレビジョン学会誌, Vol. 35, No. 11, pp. 919-924 (1981).
- 30) 岩城, 久保田, 石井: 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, PRL 81-81 (1982).
- 31) 金子, 若菜: 図面からの線要素と塊状要素の分離, 情報処理学会コンピュータビジョン研資, 20-4 (1982).
- 32) 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).
- 33) Ito, S. and Sakatani, S.: Field Segmentation and Classification in Document Image, Proc. 6th ICPR, pp. 492-495 (1982).
- 34) 長谷, 星野: 2次元フーリエ変換を用いた文書画像の領域判別法, 情報処理学会コンピュータビジョン研資, 20-2 (1982).
- 35) 棟上: 画像処理とソフトウェア技術, 情報処理, Vol. 22, No. 5, pp. 390-403 (1981).
- 36) Clement, T.P.: The Extraction of Line-Structured Data from Engineering Drawings, Pattern Recogn., Vol. 14, Nos. 1-6, pp. 43-52 (1981).

- 37) 伊藤, 堀内, 蒔田: 階層的プランニングを用いた画像認識の一手法, 信学技報, PRL 80-104 (1981).
- 38) 原田, 山本, 岩崎, 石井: 回路図自動入力システム ECDIS, 信学技報, IE 82-66 (1982).
- 39) Sato, T. and Tojo, A.: Recognition and Understanding of Hand-Drawn Diagrams, Proc. 6th ICFR, pp. 674-677 (1982).
- 40) Bunke, H.: Automatic Interpretation of Lines and Text in Circuit Diagrams, Pattern Recognition Theory and Applications (Kittler, J. et al. eds.), D. Reidel Pub., pp. 297-310 (1982).
- 41) Bunke, H.: Attributed Programmed Graph Grammars and Their Application to Schematic Diagram Interpretation, IEEE Trans., Vol. PAMI-4, No. 6, pp. 574-582 (1982).
- 42) Kakumoto, S., Fujimoto, Y. and Kawasaki, J.: Logic Diagram Recognition by Divide and Synthesize Method, Artificial Intelligence and Pattern Recognition in Computer Aided Design (Latombe ed.), North-Holland Pub., pp. 457-476 (1978).
- 43) 高木, 小西, 山田: プリント板パターン図の自動入力, 信学技報, PRL 81-70 (1982).
- 44) Kulkarni, A. V.: Sequential Shape Feature Extraction from Line Drawings, Proc. IEEE Computer Society Conf. on Pattern Recognition and Image Processing, pp. 230-237 (1978).
- 45) Cederberg, R. L. T.: Chain-Link Coding and Segmentation for Raster Scan Devices, Comput. Gr. Image Process., Vol. 10, No. 3, pp. 224-234 (1979).
- 46) 長尾, 松山, 有田: 線図形の部分マッチングを用いた図面の自動接合およびその表示について, 情報処理学会第 24 回全国大会, 4E-8 (1982).
- 47) 岩崎, 石井, 山下: 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, EC 79-74 (1980).
- 48) Ishii, M., Yamamoto, M., Iwasaki, M. and Shiraishi, H.: An Experimental Input System of Hand-Drawn Logic Circuit Diagram for LSI CAD, Proc. 16th DA Conf., pp. 114-120 (1979).
- 49) 深田: 論理回路図面認識 (I), 情報処理学会第 24 回全国大会, 4E-12 (1982).
- 50) Shimizu, S., Nagata, S., Inoue, A. and Yoshida, M.: Logic Circuit Diagram Processing System, Proc. 6th ICFR, pp. 717-719 (1982).
- 51) 林, 下辻, 美濃, 坂井: 特徴パターン情報検出による図面の効率的自動入力法について, 信学技報, PRL 83-8 (1983).
- 52) 安居院, 飯塚, 金子: 自由手書き論理回路図の認識, 昭和 58 年度電子通信学会総合全国大会, 1430 (1983).
- 53) Masui, T., Shimizu, S., Yoshida, M. and Abe, T.: Recognition System for Design Chart Drawn on Section Paper, Proc. 5th ICFR, pp. 127-130 (1980).
- 54) 吉田, 榊井, 長田, 織田: 手書図面の自動入力/処理装置, 情報処理, Vol. 22, No. 4, pp. 300-306 (1981).
- 55) Cofer, R. H. and Tou, J. T.: Automated Map Reading and Analysis by Computer, Proc. FJCC, Vol. 41, pp. 135-145 (1972).
- 56) 安居院, 飯塚, 中嶋: 市街化地区情報処理に関する研究, 信学技報, PRL 81-36 (1981).
- 57) 堀田, 伊藤, 吉田, 福村: 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, PRL 81-67 (1982).
- 58) 谷口, 遠藤, 田町: ミニコンによる天気図認識システム, 電気学会研資, IP-79-37 (1979).
- 59) Montuno, D. Y., Yoshida, Y. and Fukumura, T.: Structural Description of Contour Maps and Its Application to Weather Maps, IECE Trans., Vol. E63, No. 6, pp. 421-428 (1980).
- 60) Kawaguchi, E., Yokota, M., Endo, T., Taniguchi, R. and Tamati, T.: An Information Understanding System of Basic Weather Report, IECE Trans., Vol. E 64, No. 2, pp. 71-78 (1981).
- 61) 中村, 進藤, 井口: 音楽情報の入力とデータベースの作成, 信学技報, PRL 78-73 (1979).
- 62) 尾上, 石塚, 坪井: 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).
- 63) Prerau, D. S.: Computer Pattern Recognition of Printed Music, Proc. FJCC, Vol. 39, pp. 153-162 (1971).
- 64) 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).
- 65) 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写法, 信学技報, IE 81-12 (1981).
- 66) 大田, 森, 坂井: 漢字パターン列の特徴パラメータによる検索, 電子通信学会論文誌, Vol. J 64-D, No. 11, pp. 997-1004 (1981).
- 67) White, H. S.: Finding Events in a Sea of Bubbles, IEEE Trans., Vol. C-20, No. 9, pp. 988-995 (1971).
- 68) 出沢: 設計図面の処理, 精密機械, Vol. 42, No. 8, pp. 733-739 (1976).
- 69) Fulford, M. C.: The FASTRAK Automatic Digitising System, Pattern Recogn., Vol. 14, Nos. 1-6, pp. 65-74 (1981).
- 70) 吉田, 岩田, 榊井: 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資, 23-2 (1979).
- 71) 角本, 浅川, 但馬, 綿住, 古戸: LSI セル図の自動入力方式の研究, 昭和 58 年度電子通信学会総合全国大会, 1431 (1983).
- 72) 恒川, 吉野, 森, 岡崎: 手書図面読取装置, 情報処理学会コンピュータビジョン研資, 25-1 (1983).
(昭和 58 年 4 月 25 日受付)

