

## 色マーク手書き記入による図面の自動編集・校正†

林 行 剛<sup>††</sup> 美 濃 導 彦<sup>††</sup> 坂 井 利 之<sup>††</sup>

編集・校正マークと訂正図面要素を赤色で原図面に手書き記入することによる論理図の自動編集・校正法を提案する。原図面は計算機で生成した図面または手書きなどの図面の認識結果である清書図面を用い、原図面に関する計算機内の情報をマークの抽出・識別に利用する。赤色で手書き記入された編集・校正のための情報を白黒の濃淡値のみにより抽出する。編集・校正マークはすべて閉曲線を含むように設計し、図面要素との包含関係によりその機能を定義したので、形状・サイズ・記入位置などに無関係な柔軟なマークであることが示せた。加筆訂正部分の画像から編集・校正マークを抽出する処理はおもに閉曲線の抽出であり、信頼性が高い。試作した図面の自動編集・校正システムにより本手法の有効性を実証すると同時に、その問題点についても検討した。

## 1. ま え が き

計算機による図面の編集・校正は従来 CAD/CAM などの分野でグラフィック端末を用いたオンライン的マン・マシン対話手法としてよく利用され、その有効性が確かめられている<sup>1)~3)</sup>。しかし現実的にはオンライン作業の労力問題、ディスプレイのサイズ問題や端末の使用時間の問題などにより編集・校正マーク（以下、マークと略す）などを記入した修正図面を画像認識手法で取り扱う方法も研究・開発されている<sup>4)~8)</sup>。

本稿では、図面シンボル（以下、シンボルと略す）、接続線、文字の三つの図面要素をもつ論理図（たとえば、回路図や化学装置系統図など）を編集・校正の対象として、色マークの手書き記入による図面の自動編集・校正法を提案する。すなわち、計算機で生成した原図面の白黒のハードコピー（手書きなどの図面の認識結果である清書図面でもよい）の上に、赤色でマークと訂正図面要素を直接記入し、この加筆図面の画像認識結果を計算機内の原図面の情報と対比することにより編集・校正を自動的に行う方法である。マークを記入した画像を認識することによる自動編集・校正法は、すでに Jarvis, 名倉, 末永らの論文によって報告されており、対話手法との利点・欠点に関する比較も詳しく行われている<sup>4)~7)</sup>。

名倉らの方法<sup>5), 6)</sup>は、マークと図面要素を重ね合わせた2枚の用紙にそれぞれ別々に記入するので、マークと図面要素は分離されているが、入力が2回必要と

なる。Jarvis の方法<sup>4)</sup>では、マークの識別はマークと図面要素の形状の違いにより行うので、多様な図面要素の形状と確実に異なる制御用マークを設計することはかなりむずかしい。末永の原稿自動編集に関する研究<sup>7)</sup>では、テキスト画像を処理対象とし、原稿のます目に関する情報をマークの抽出処理に利用する。したがってこの方法は図面のように本質的にます目をもたないものに対しては適用できない。

ここで提案する手法では、計算機で生成した図面のハードコピーを原図面として用い、これに赤色でマークと訂正図面要素を直接記入する。原図面として計算機から出力された図面を用いるのは、原図面に関する情報がすでに計算機に存在しているので、マークと訂正図面要素の分離処理にこれを利用することができるためである。マークと訂正図面要素を両方とも赤色で記入するのは、人間に見やすく都合がよいだけでなく、原図面と加筆した訂正部分の分離処理にもこの色情報を利用するためである。このような加筆図面の構成とその代表的な図の例を図1に示す。

赤色の加筆訂正部分の抽出については、入力された白黒画像の濃淡値を利用した多しきい値二値化方法を提案する。これは、計算機内にある原図面の情報との全面的な照合による抽出法<sup>4)</sup>よりは処理が簡単であり、カラー入力装置による抽出法よりは扱うデータ量が少なくコストも安い。

抽出された赤部分の画像には、図1に示したように、マークと訂正図面要素が混在している。この画像からマークと訂正図面要素を分離する方法については、筆者らは計算機内の原図面の情報を利用し、マークと原図面の図面要素の間に設定した包含関係を利用して行う方法を提案する。すなわち、マークはすべて

† Automatic Diagram Editing by Free-Hand Color Marking by XINGGANG LIN, MICHIIHIKO MINOH and TOSHIYUKI SAKAI (Department of Information Science, Faculty of Engineering, Kyoto University).

†† 京都大学工学部情報工学科

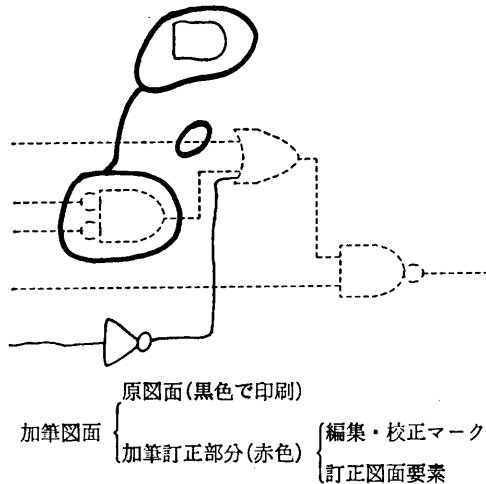


図 1 加筆図面の構成

Fig. 1 Construction of diagram with corrections.

破線：原図面，太線：編集校正マーク，  
細線：訂正図面要素。

閉曲線を含むように設計し，図面要素との包含関係によりその機能を定義する。これによって，次の利点がある。

- ① 設計したマークは形状・サイズ・記入位置などに無関係で柔軟なマークとなり，訂正図面要素の寸法・記入位置などもほとんど独立で自由になる。したがって，マークの形状が図面要素と異なる必要はなく，各種の論理図に汎用的に利用することができる。
- ② マークの抽出・識別処理はおもに閉曲線の抽出であり，信頼性が高い。
- ③ マークの種類は少ないが，論理図の編集・校正機能を表現でき，マーク自身にも象形性がある。
- ④ マークと訂正図面要素は両方とも原図面に直接記入するため，図面の入力が1回ですむ。

以上の考えに基づき，論理図の自動編集・校正システムを試作し，本手法の有効性を実証した。

全体の処理の流れを図2に示す。以下，マークの設計は2章で述べ，抽出と識別は3章で説明する。4章で赤色の加筆訂正部分の抽出方法を示し，5章で実験結果について報告する。

## 2. マークの設計

図面の編集・校正のためには，編集・校正機能を表すマークと訂正図面要素（すなわち，追加挿入と入れ替えのために加筆した図面要素）を記入する必要がある。訂正図面要素は設計図面上で意味をもつもので，マークは図面要素を対象として操作を指定するものである。この2種類の機能の異なる図形が同一の色で現

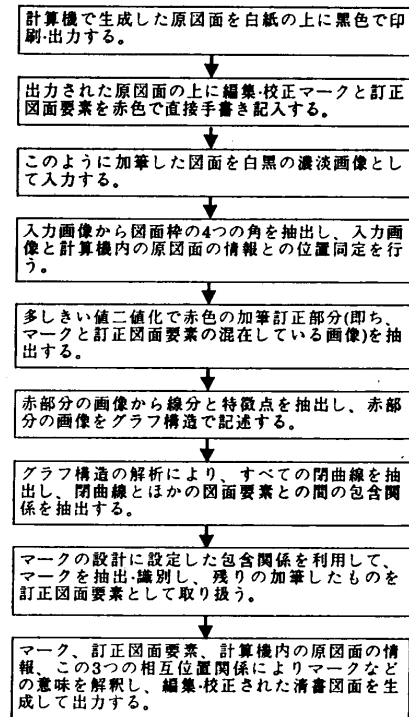


図 2 処理の流れ

Fig. 2 The processing sequence.

れている（したがって，同一の画像に存在している）ので，情報交換におけるグラフィックコードとコントロールコードが両方ともビット列で現れていることと同じように，ある種の印により区別する必要がある。マークを訂正図面要素と区別するための印は，多種類の論理図を対象とするならば，形状や記入位置で行うのは適当でない。

そこで本稿では，原図面の情報がコンピュータにすでに存在していることを利用して，マークと原図面の図面要素の間に包含関係を設定し，この包含関係をマーク抽出の印として利用する。具体的には，マークは閉曲線（形状・大きさ任意），さらにそれにつながる線から構成されるように設計し，これらの閉曲線はこの閉曲線をもつマークで指定された操作対象のみを包含するように描かれるものとする。このような閉曲線を対象指定閉曲線と呼ぶこととする。編集・校正は原図面に対して行うので，おのおののマークの閉曲線の少なくとも一つは必ず原図面の図面要素またはそれらから構成されている部分図面を包含する。反対に，訂正図面要素の中に閉曲線になるシンボルがあれば，この閉曲線は原図面上の図面要素を包含しないような位置に記入するものと制限する。このように設定した包含関係に

に基づき、サイズ・形状・記入位置などに無関係なマークを次のように設定する。

マークは編集・校正のコマンドであり、操作種類指定部分と操作対象指定部分の二つの部分によって構成される。これは機械語のオペレーションコードとオペランドコードにそれぞれ相当するものと考えられる。操作種類は本稿では削除、入れ替え、移動、コピー、追加して挿入（以下、追加と略す）の5種類を考える。操作対象は図面要素であるシンボル、接続線、文字、あるいはこの三つによって構成される部分図面、および空白領域、この五つのうちのいずれかである。空白領域は移動とコピー操作の目的場所を指定するものとして使う。

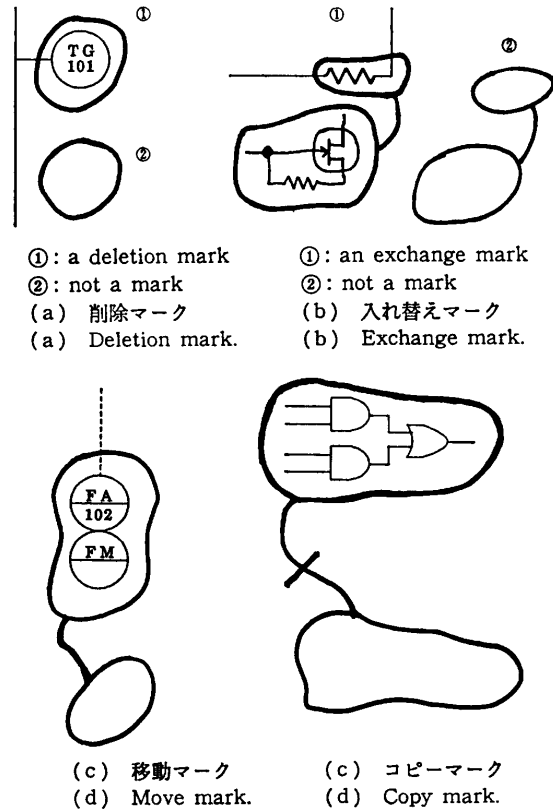
操作対象は、追加操作を別とし、対象指定閉曲線で指定する。1個のマークがもつ対象指定閉曲線の数（すなわち、オペランドの数）については、単項演算あるいは2項演算に相当するものに分けて次のように考える。

単項演算に相当する削除操作のマークは独立した1個の、原図面の図面要素を指定する対象指定閉曲線で表す。ただし、接続線のみを指定する場合には、重ねて描いてもよい。削除マークの応用例を図3の(a)と図4に示す。

2項演算に相当する入れ替え、移動とコピーのマークはともに2個の対象指定閉曲線およびこの2個の閉曲線を連結する1本の線分（形状・長さ任意）で構成する。入れ替えマークは、図3の(b)の例に示すように、片方の閉曲線は取り除かれる対象（原図面の図面要素）を包含し、他の一方の閉曲線は新たに入れようとする対象（訂正図面要素あるいは原図面上にすでにある別の図面要素）を包含する。図4には実際の図面上の入れ替えマークの応用例を示す。移動とコピーマークの片方の閉曲線は移動かコピーの対象である原図面の図面要素を包含し、他の一方の閉曲線は目的場所である空白領域を包含する。コピーマークは移動マークと区別するために、2個の閉曲線を連結する線分に交差している1本の線分を加えることとする。移動とコピーのマークの応用例を図3の(c)と(d)に示す。

以上のマークに関する説明を表1にまとめて示す。

部分図面の追加操作は、マークをいっさい用いずに、追加しようとする図面要素を原図面上の置きたい場所に直接描く。ただし、訂正図面要素のなかに含まれている閉曲線は原図面上で図面要素の描かれていない空白の場所に記入するものと制限する。部分図面追

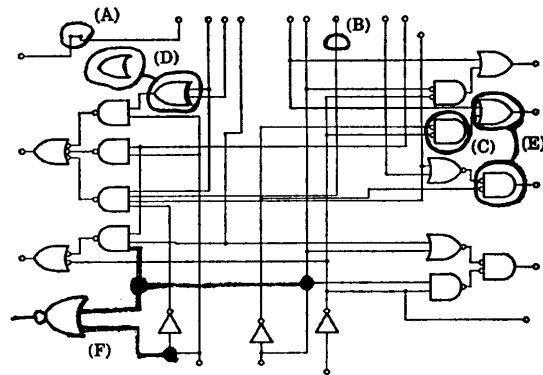


①: a deletion mark      ①: an exchange mark  
 ②: not a mark        ②: not a mark  
 (a) 削除マーク        (b) 入れ替えマーク  
 (a) Deletion mark.    (b) Exchange mark.

(c) 移動マーク        (c) コピーマーク  
 (d) Move mark.      (d) Copy mark.

図3 マークの応用例

Fig. 3 Examples of the mark applications.



(A)~(C): deletion mark, (D)~(E): exchange mark,  
 (F): added diagram.

図4 赤色の加筆訂正部分を記入した実際の図面  
 註: 太線は赤鉛筆で加筆したものである。





Fig. 4 An actual diagram with red-colored corrections.

Note: The thicker lines are drawn by a red pencil.

加の例を図4の(F)に示す。

なお、処理の簡単化のために、マークとマークあるいは訂正図面要素は接触してはならないという制限を

表 1 編集・校正マークに関する説明  
Table 1 Explanation of editing marks.

操作種類	マークの例	操作の説明
削除		削除しようとする操作対象を包含する(ただし、接続線の場合は重ねるのみでもよい)
入れ替え		片方の対象指定閉曲線に包含された操作対象を他の一方の対象指定閉曲線に包含された操作対象と入れ替える
移動		片方の対象指定閉曲線に包含された操作対象を他の一方の対象指定閉曲線に包含された空白領域(位置)に移動する
コピー		片方の対象指定閉曲線に包含された操作対象を他の一方の対象指定閉曲線に包含された空白領域(位置)にコピーして挿入する
部分図面の追加	マークなし	マークおよびマークの対象指定閉曲線に包含されたものを操作対象外とし、他のすべての加筆したものを追加図面要素とする

注) 対象指定閉曲線の形状も大きさも任意であり、閉曲線を連結する線分の形状も長さも任意である。

つける。

### 3. マークの抽出と識別

1章で述べたように、編集・校正に関する情報はすべて赤色の加筆訂正部分に現れているので、この加筆訂正部分の画像を抽出する。マークの抽出と識別は抽出された加筆訂正部分の2値画像(すなわち、マークと訂正図面要素の混在している画像)の上で行う。このような画像の1例を図5に示す。

マークの抽出では、原図面に関する情報を利用するので、入力画像中の原図面と計算機内の原図面の情報との位置同定は図面周辺にある図面枠の四つの角の同定により行う<sup>9),14)</sup>。位置同定の精度に関しては、カラー印刷やリモートセンシング画像のレジストレーションのような精度は不要で、計算機内の原図面の図面要素と、マークなどの加筆した部分との間に位置づけができればよい。加筆訂正部分の画像からのマークの抽出はまず閉曲線の抽出に着目するが、訂正図面要素の識別に必要な情報をも同時に抽出する方法を採用した。すでに開発されている図面理解システムを利用して、図面の自動理解のボトムアップ的処理と同じような処

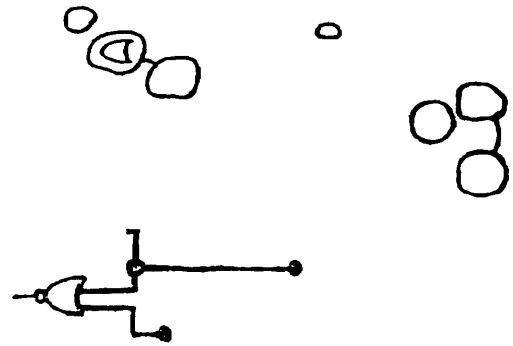


図 5 抽出された加筆訂正部分の例(図4の図面から)  
Fig. 5 An example of extracted correction parts (from the diagram shown in Fig. 4).

理を施し、加筆訂正部分の画像をグラフ構造で記述した後<sup>9)-12)</sup>、閉曲線の抽出を行う。ここでこの方法について簡単に述べる。

まず、画像走査により、2値画像中の各値1の画素(赤画素)を線分構成画素と、線分の交差点・分岐点・屈折点・端点およびベタ塗りの面状部分から成る特徴点構成画素に分離する。隣接する線分構成画素および特徴点構成画素をそれぞれ統合して、線分の特徴点間での連結関係を抽出し、線分をアーク、特徴点をノードとするグラフ(1次特徴点グラフ)を作成する。たとえば、図5に示した画像から作成されたグラフ記述を図6に示す。このグラフ上では、直線や滑らかな曲線が他の線分と交わることにより複数のアークに分割され別々に表現されるので、各特徴点に滑らかに連結している2本の線分を1本の線分に統合する。この修

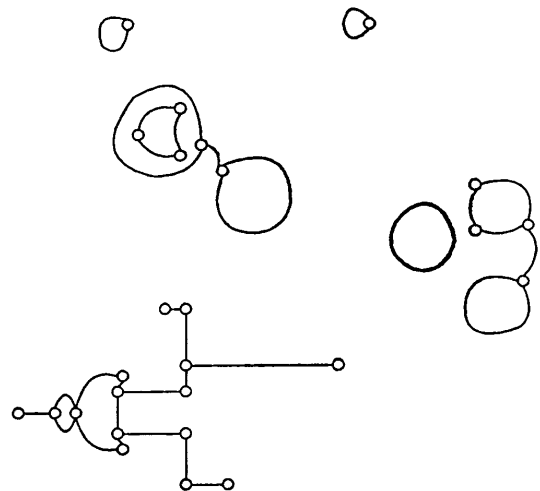


図 6 図面のグラフ記述(1次特徴点グラフ)  
Fig. 6 Graph description of diagrams (1st order feature point graph).

正により得られたグラフ(2次特徴点グラフ)では、接続線などの交差によって生じる擬似ループが除かれるので、閉曲線の抽出に対して有効な構造である。

次に、2次特徴点グラフを2重連結グラフ(閉結ノード\*をもたないグラフ)に分割すること<sup>13)</sup>により、ループをなす部分グラフをそれ以外のグラフと分離する。これによって、1個以上の特徴点をもつ閉曲線を抽出する。そのほか、特徴点をもたない線をも閉曲線として抽出する(たとえば、図4の削除マークの(C))。閉曲線抽出の一例を図7に示す。

抽出された閉曲線に対して、マークの設計において設定した包含関係を調べながら、マークを次のように抽出・識別する。ただし、原図面に関する情報は計算機内の原図面の情報を用いる。

(1) マークの候補集合: 1個で孤立している閉曲線および二つの閉曲線の間が1本の線で連結しているものの全体をマークの候補集合とする。

(2) 孤立閉曲線の処理: 孤立している閉曲線の中で、原図面の図面要素のみを包含している(ただし、接続線の場合は重ねていてもよい)ものを削除マークとして抽出・識別し、ほかの孤立閉曲線を候補集合から削除する(図3(a)の例を参照)。

(3) 1本の線で連結している2個の閉曲線の処理: ①両方の閉曲線のなかにともに原図面の図面要素を包含しないものを候補集合から削除する(図3(b)の例を参照)。②片方の閉曲線の中に原図面の図面要素を包含し、他の一方の閉曲線の中に背景しか包含しないものを移動あるいはコピーマークとして抽出・識別する。この両者の区別は二つの閉曲線を連結する線と交差している線分の有無により行う(図3(c)と(d)参照)。③残りのものを入れ替えマークとして抽出・識別する。

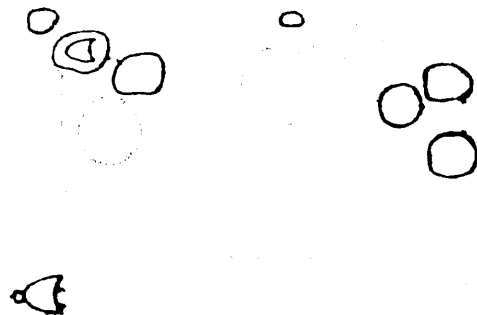


図7 抽出された閉曲線の例(図6のグラフの解析から)  
Fig. 7 An example of extracted closed curves (by analyzing the graph shown in Fig. 6).

\* 閉結ノードとは、グラフからそのノードを取り除くと、グラフが二つ以上に分解してしまうノードを指す。

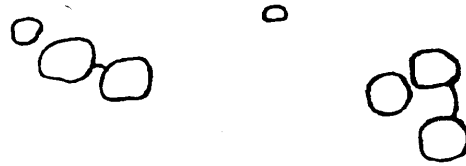


図8 抽出されたマークの例(図5に示した画像から)  
Fig. 8 An example of extracted editing marks (from the image shown in Fig. 5).

出・識別する。

以上のアルゴリズムで抽出されたマークの例を図8に示す。

マークを抽出した後、加筆訂正部分のグラフ記述の上で、マークと対応している部分を全部削除し、残ったグラフをすべて訂正図面要素のグラフ記述とする。これらのグラフに対して、普通の図面理解のトップダウン的処理と同じ処理を施す<sup>9)-12)</sup>。すなわち、訂正図面要素に含まれているシンボル、接続線および文字をそれぞれ分離し、識別を行う。訂正図面要素の中に、入れ替えマークの対象指定閉曲線に包含されているものを入れ替えマークの操作対象として取り扱い、ほかのものを全部追加図面とする。

抽出・識別したマーク、訂正図面要素および計算機内にもつ原図面の図面要素の情報、その三つの間の相互位置関係(すなわち、包含、重なり、接触など)により、加筆したものと原図面との関係を解釈する。これによって、計算機内部の原図面の情報を更新し、清書図面を出力する。

このようにして自動編集・校正された図面の例を図9に示す。

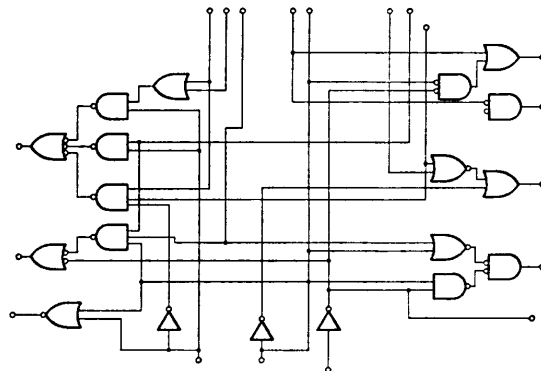


図9 編集・校正された清書図面の例(図4に示した図面から)

Fig. 9 An example of a fair copy of the diagram after editing (from the diagram shown in Fig. 4).

#### 4. 多しきい値二値化による加筆訂正部分の抽出

マークの設計および加筆訂正部分からのマークの抽出・識別はすでに述べたが、本章では入力した白黒の濃淡画像から赤色で記入した加筆訂正部分の簡単な抽出方法について述べる。

赤部分の抽出はカラーフィルタで行うのが一般的であるが、ここではより簡便な方法として、白黒図面の入力装置（たとえば、ファクシミリなど）との適合性を考慮して、黒、赤と白の3色の区別を白黒画像上の濃淡値の差により行う方法を採用する。図面にはほぼ均一の照度を与えると、光線の分光エネルギー分布特性と光電変換素子の分光感度特性によってある程度の影響を受けるが、入力装置から出力された電気信号は黒、赤と白の3色に対して三つの異なる濃淡値をもつものと予想される。この点に着目して次の実験を行った。

フォトマルチプライヤ管を光電変換素子とし、10本/mmのサンプリング密度、濃淡8ビット（256レベル）で、黒、赤と白の3色の加筆図面を濃淡画像として入力した。このような画像の濃淡値の分布を調べると、紙の質・図面の印刷方式・赤ペンの種類によって多少の違いが存在したが、この3色の濃淡値の分布範囲が比較的はっきりと分離されていることが確認できた。たとえば、図4に示した図面（赤鉛筆加筆）の濃淡値の分布を図10に示す。このヒストグラムに顕著に現れている三つの山は、濃淡値が低いほうからそれぞれ図面の黒、赤、白の部分に対応している。赤ペンの種類の違いを考慮して、しきい値  $TH_L (=55)$  からしきい値  $TH_H (=165)$  までの濃淡値をもつ画素を赤部分として抽出させた場合、その結果の1例を図11に示す。すなわち、ある値（たとえば3～4画素）以上の線幅をもつ黒線の内部と赤線の分離はうまくできた。白と黒の境界部の濃淡値の不安定部分の一部も誤って赤部分として抽出した。線幅が3～4画素以上であるとの条件を満足すれば（適当なサンプリング密度により保証できる）、このような幅ほぼ1画素の境界部の誤抽出問題は後述のフィルタリング処理で解決できる。さらに図11に示したように、赤と黒の色の重なりによって生じた赤線の途切れは膨張収縮処理で解決できる。

以上の実験に基づき、入力画像に対して、次のような多しきい値二値化により赤部分を抽出する。

まず、 $TH_L (=55)$  と  $TH_H (=165)$  を二つの濃淡値

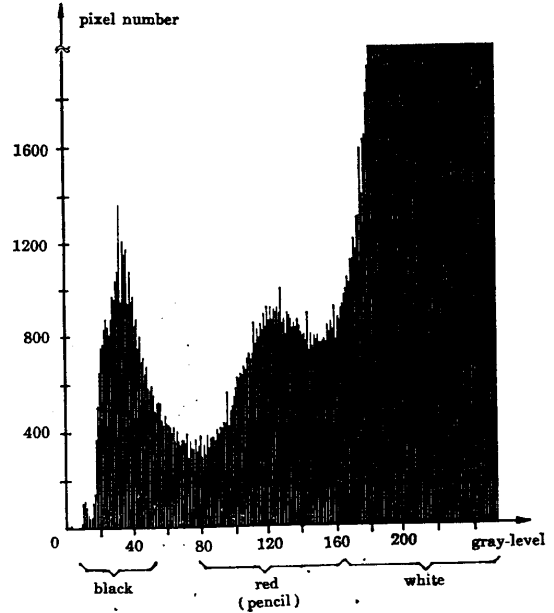


図10 赤色の加筆訂正部分を記入した図面の濃淡値ヒストグラム

Fig. 10 Gray-level histogram of the diagram with red-colored corrections.

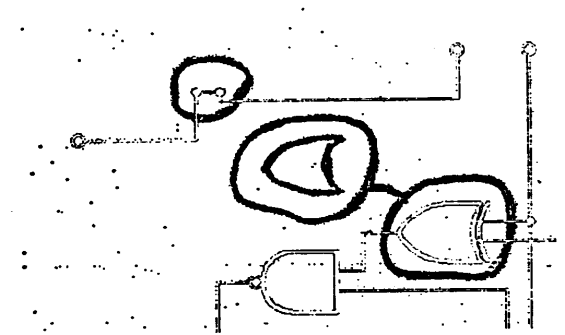


図11 濃淡値55から165までの画素により構成された図面（図4に示した図面の左上部分の処理結果）

Fig. 11 Binary image composed of the pixels with gray-level value between 55 and 165 (the processing result of the left-upper part of the diagram shown in Fig. 4).

のしきい値として設定し、この間の濃淡値をもつ画素を赤画素候補とする。赤画素候補に対して、フィルタリング処理を行い、濃淡値の不安定な白黒境界画素を除去する。すなわち、図12に示すように、注目画素を0番とし、その8近傍の画素を1～8番とする。0～8番の九つの画素のなかに赤画素候補とした画素の数がしきい値  $TH_D (=6)$  より多ければ、0番の画素を値1（赤画素）として二値化する。さもなければ値0（赤画素以外）として二値化する。このような  $TH_L$ ,

4	3	2
5	0	1
6	7	8

図 12 注目画素とその8近傍  
Fig. 12 The pixel under inspection and its 8 neighbors.

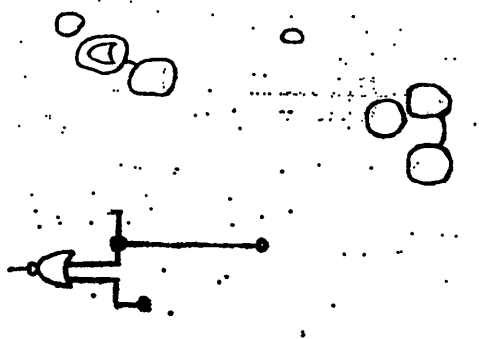


図 13 多しきい値二値化で抽出された加筆訂正部分の例  
(図 4 に示した図面から)

Fig. 13 An example of the binary image extracted by the multi-threshold way (from the diagram shown in Fig. 4).

$TH_H$  と  $TH_b$  の三つのしきい値で抽出された赤色の加筆訂正部分の例を図 13 に示す。

次に、この二値画像の上で、連結領域の面積の大きさに関してしきい値を設けて処理することにより孤立雑音を除去する。赤線の途切れは、水平と垂直方向の膨張・収縮処理により修正する。図 5 に示した図面はこのようにして修正した加筆訂正部分の一例である。

## 5. 実験と考察

汎用計算機 HITAC M-240 H の上ですでに作成された図面の自動理解システム<sup>9)-12)</sup>の上に、図面の自動編集・校正システムを開発・追加した。用いた入力装置は OPTRONICS C-4100 ドラムスキャナであって、10 本/mm のサンプリング密度を採用した。

用いた原図面の印刷方式はレーザビームプリンタの出力(ラインプリンタ用紙)、静電プロッタの出力(静電記録紙)およびこれらの出力のゼロックスコピー(上質紙)であった。用いた赤ペンの種類は市販の赤鉛筆(三菱 2667, 2 本)、赤ボールペン(PILOT BP-S M 11, Zebra N-5100)、赤インクペン(Pentel # S 360-102, 日光 0.6 mm)であった。原図面は論理回路図、電子回路図および化学装置系統図の3種類で合

計 9 枚であって、すべて図面理解システムで認識した手書き図面の清書図面であった(ただし、文字認識ルーチンが組み込まれていないので、文字部分の処理は除いている)。

これらの原図面に本論文で設計したマークおよび各種の図面の追加と入れ替えの図面要素などを赤ペンで記入し、自動編集・校正の実験を行った。赤色の加筆訂正部分の抽出、マークの抽出・識別および編集・校正された清書図面の生成はすべて正確にできた。ただし、赤色のマジックペン(油性、たとえば、三菱 Paint Marker PX-21 200)で加筆訂正部分を描く場合には、赤色のベタ塗りとか赤線を複数回なぞった部分などで、そこに属している画素の濃淡値が黒色の濃淡値範囲内に入ったものが多く、加筆訂正部分として正確に抽出されなかった。さらに、4 章で述べた単純な途切れ修正法においては、色の重なり部分の面積が大きい場合に対処できない。

この二つの欠点は計算機内にもつ原図面の情報をよりうまく利用すれば克服できよう。すなわち、原図面上に存在するはずがない黒画素を加筆訂正部分(赤部分)の画像に移し、赤線の途切れがあると考えられる場合に対しては、そこに原図面の黒画素の固まりがあればこの途切れを補間して修正する。つまり、加筆訂正部分の大局的抽出は画像の濃淡値により行い、局所的修正は計算機内にもつ原図面の情報を利用しながら行う。このようにすれば、処理の正確さを向上させることが可能である。また、多しきい値二値化処理は前処理としてハードウェア化して実時間処理することも可能である。

本稿で提案した自動編集・校正法はパターン情報処理に基づいたもので、マーク設計に設定した包含関係を守ることと、加筆訂正した赤部分を多しきい値二値化でうまく抽出することができる場合には、マークの抽出と識別にはあまり問題がないが、訂正図面要素の認識は図面理解システムの認識能力に依存したものである。編集・校正された結果の清書図面に誤りがある場合を考慮し、マークなどの記入操作を繰り返すほかに、キーボードにより編集・校正コマンドを入力することもできるように開発した。したがって、本手法を必要に応じて会話的手法と使い分けることにより、効率のよい図面処理システムが構成できると思われる。

さらに、現在のシステムは基本的に図形操作のレベルで動いているもので、図形のもつ意味情報(すなわち、論理回路図・電子回路図・化学装置系統図などの

タスク情報) をシステムに組み込むことにより, より専門的・知的なシステムを構築できよう. たとえば, 図9に示した論理回路図の右上二つ目の NAND ゲートの不要の入力端子を NAND シンボルの論理的意味から除くことなどが考えられる.

## 6. む す び

本稿では色マークなどを原図面に直接手書き記入することによる論理図の自動編集・校正法を提案した. 編集・校正の対象である原図面としては計算機で生成した図面を用い, 原図面に関する計算機内の情報をマークと訂正図面要素の分離処理に利用した. マークはすべて閉曲線を含むように設計し, 閉曲線と原図面の図面要素の間に設定した包含関係をマークと訂正図面要素を区別するための印として利用した. したがって, 設計したマークはサイズ・形状・記入位置などに無関係になる柔軟性を持ち, 少数のマークだけで論理図の編集・校正機能を表現できた.

マークの抽出・識別については, 具体的なアルゴリズムを述べ, これはおもに閉曲線の抽出となることを示した. これによって, 特別な処理が少なく, 普通の図面理解システムとの融合がしやすく, 抽出・識別の信頼性も高い. 編集・校正のためのマークと訂正図面要素を両方とも赤色で原図面に直接加筆する方法を採用したため, 加筆図面の入力回数が1回ですむ.

加筆訂正部分の画像の抽出については, 入力された白黒画像の濃淡情報による多しきい値二値化手法を採用した.

以上に基づき, 論理図の自動編集・校正システムを試作し, 本手法の有効性を実証した. 赤色部分の誤抽出に対応した改良法と, 対話手法との結合の必要性についても考察を行った. 今後は, 文字認識機能の追加と, 論理図以外の図面への適用などを考えている.

## 参 考 文 献

- 1) Bayegan, H.M.: An Integrated System for Interactive Editing of Schematics, Logic Simulation and PCB Layout Design, Proc. 15th DA Conference, pp. 1-8 (1978).
- 2) McWilliams, T. M. and Widdoes, L. C., Jr.: SCALD: Structured Computer-aided Logic Design, Proc. 15th DA Conference, pp. 271-277 (1978).
- 3) Ishii, M. et al.: Automatic Input and Interactive Editing System of Logic Circuit Diagrams, Proc. 18th DA Conference, pp. 639-645 (1981).
- 4) 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).
- 5) 名倉, 末永: 文字認識機能をもつファクシミリベースの図面編集システム, 信学論(D), Vol. J 65-D, No. 3, pp. 402-409 (1982).
- 6) 名倉, 末永: ファクシミリを用いた図面編集のための手書きマークの設計と識別, 信学論(D), Vol. J 64-D, No. 3, pp. 198-205 (1981).
- 7) 末永: ファクシミリを用いた原稿自動編集システム, 信学論(D), Vol. J 63-D, No. 12, pp. 1072-1079 (1980).
- 8) 林, 美濃, 坂井: 編集・校正記号の記入による図面の編集・校正, 情学全大(昭59前期), 4 N-11, pp. 1001-1002 (1984).
- 9) 下辻, 林, 美濃, 坂井: 特徴パターン情報検出による手書き図面の整形, 情学全大(昭58前期), 2 B-6, pp. 889-890 (1983).
- 10) 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).
- 11) Lin, X., Shimotsuji, S., Minoh, M. and Sakai, T.: Efficient Diagram Understanding with Characteristic Pattern Detection, *Comput. Vision, Gr. Image Process.*, Vol. 30, No. 1, pp. 84-106 (1985).
- 12) 高木, 林, 美濃, 坂井: 手書き化学プラント図面のシンボル抽出と認識, 第15回画像工学コンファレンス, 10-3, pp. 199-202 (1984).
- 13) Aho, A. V., Hopcroft, J. E. and Ullman, J. D.: *The Design and Analysis of Computer Algorithms*, pp. 179-187, Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts (1975).
- 14) 林, 稲垣, 坂井: 編集・校正記号を記入した文書画像の同定と処理アルゴリズム, 情学全大(昭57後期), 5 B-1, pp. 917-918 (1982).

(昭和59年6月11日受付)

(昭和60年2月21日採録)