

位相的構造記述による等圧線図検索システム

Retrieval System of Contour Map Data based upon their Structural Description

村山正樹

Masaki MURAYAMA

吉田雄二

Yuuji YOSHIDA

福村晃夫

Teruo FUKUMURA

(名古屋大学 工学部)

(Faculty of Engineering, Nagoya University)

Abstract

We proposed a method for the structural description of contour map and described its application to the description and analysis of isobar maps in a set of weather maps before. We developed a retrieval system of contour map based on the structural description of contour map. In this system, user input a sketch representing two-dimensional features of contour map. Then, the sketch is transformed into the structural description and contour map data is retrieved using the description as the retrieval key. The retrieved results are shown graphically on a screen of a graphic display.

[1] まえがき

地形図に描かれた等高線図, 天気図に描かれた等圧線図などに代表される各種の等高線図, あるいは等圧線図は, それぞれの用途に応じて重要な画像情報となる。これらと大量に収集し, 組織的に蓄積することで構成される画像データベースは, それぞれの応用分野で極めて有用となると考えられる。画像データベースを構成するためには, 画像情報の効率のよい符号化, 検索キーの表現, 特に2次元的特徴に關するキーの表現と検索の効率化などが問題となる。

我々は先に, 等圧線図の位相的構造記述として, GDCM (Global Description of Contour Map) と樹状記述 (Tree Description) を提案し, 天気図中の等圧線図にこれを適用しその有効性を示すとともに, 蓄積を意図した符号化などについて論じた^{(1),(2)}。

本論文では, これらの記述法を等圧線図の蓄積, 検索などに応用して構成された等圧線図の検索システムについて述べる。

本システムはこれらの記述法とその

蓄積構造にもとづいて, ユーザーが与えるスケッチより等圧線図を検索するものである。以下本論文では, [2]でここで用いる等圧線図の構造記述について簡単に述べ, [3]でそれを用いた検索システムの構成について述べる。[4]ではその実現について述べ, [5]で本システムによる検索例を示す。最後に[6]では今後に残された課題について述べる。

[2] 等圧線図の構造記述

等圧線図の位相的構造を記述するGDCMと樹状記述は, 矩形の枠(以下ではフレームと呼ぶ)の中に書かれた等圧線図について, 等圧線の形状についての分類と, 2つの等圧線の間に定義される包含関係にもとづいて, 等圧線の位相的配置と等圧線群の包含関係を記号系列と木で表現したものである。

ここでは初めに, 記述に必要ないくつかの用語, 概念などについて説明を加え, 次に記述について述べる。

2.1 等圧線の包含関係

等圧線はその形状により次の4つのタイプに分類される。

Type 1. 同じ辺を結ぶもの。

Type 2. 隣り合う辺を結ぶもの。

Type 3. 向かい合う辺を結ぶもの。

Type 4. 閉曲線を構成するもの。

等圧線 C_i が Type 1 または 2 であるとき、等圧線 C_i とそれが接する辺とで囲まれる領域（この領域を等圧線 C_i が囲む領域と呼ぶ）の内に別の等圧線 C_j が存在する場合、 $C_i > C_j$ (C_i は C_j を包含する) と定義する。また、Type 4 については等圧線 C_i が囲む領域内に別の等圧線 C_j が存在する場合、 $C_i > C_j$ とする。Type 3 については包含関係は定義されない。関係 \succ は等圧線集合上の半順序関係で推移的である。図 2-1 に示された等圧線図では次の関係が成り立っている。 $C_1, C_1', C_1'', C_2, C_2', C_2''$ などでは Type 1, 2 あり、 $C_1 > C_1', C_1 > C_1'', C_2 > C_2', C_2 > C_2''$ および $C_2 > C_2' > C_2''$ である。

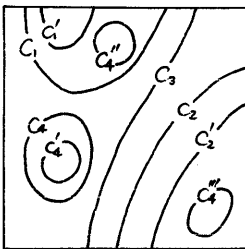


図 2-1 等圧線の型と包含関係

2.2 サブフレーム

等圧線図中に Type 3 の等圧線が存在する場合、それによりフレーム内領域がいくつかの並列した部分領域に分割される。ここでは、各部分領域のことをサブフレームと呼ぶ。サブフレームはその位置により、UF (Upper Subframe), LF (Lower Subframe), RF (Repetitive Subframe) の3種類に分類される。図 2-2 にその例を示す。

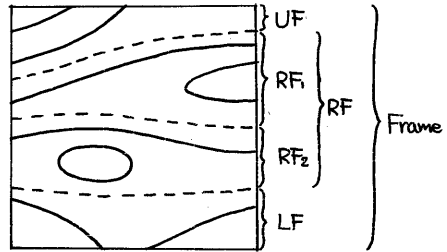
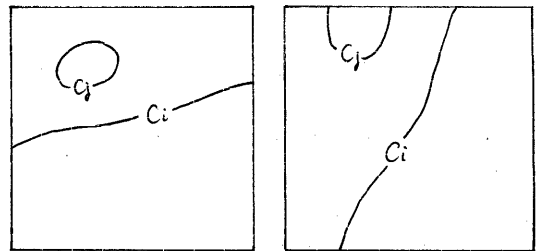


図 2-2 サブフレーム

2.3 上下(左右)関係

Type 3 の等圧線は、図 2-3 (a) のようにフレームを上下に分割するものと、図 2-3 (b) のように左右に分割するものがある。ここで、Type 3 の等圧線 C_i で分割される上(左)の領域に別の等圧線 C_j が存在する場合、 $C_j = C_i$ (C_j は C_i の上(左)にある), 下(右)に存在する場合、 $C_j = C_i$ (C_j は C_i の下(右)にある) と定義する。図 2-3 にその例を示す。



$C_j = C_i$

(a)

$C_j = C_i$

(b)

図 2-3 上下(左右)関係

2.4 GDCM と樹状記述

2.1 で定義した等圧線の包含関係によれば、他のどの等圧線にも含まれない等圧線が必ず存在する。この等圧線とその囲む領域に含まれる等圧線からなる等圧線群に対して、その位置に従って決まる記号を付与する。GDCM は、等圧線図中に含まれるすべての等圧線群に付与された記号(図 2-4 参照)を一定の順に並べて得られる記号系

列である。

一方、樹状記述は等圧線図の位相的構造を完全に定めるもので、木の形で表現される。木の根はフレームに対応し、その子はサブフレームに対応する。また、サブフレームの子は、それに含まれる等圧線のうちで、他のどの等圧線にも含まれないものに対応する。これ以下のレベルのすべての節点については、おのおのについて、1つの等圧線が対応している。2つの等圧線 C_i と C_j について、 $C_j \supset C_i$ であり、かつ $C_j \supset C_k \supset C_i$ とみても C_k が存在しないならば、 C_i に対応する節点は C_j に対応する節点の子である。木の各節点には、対応するフレームの名前、または等圧線の位置を表す記号（等圧線群の記号に準じて定める）がラベルとして付与される。図2-5に等圧線図とそのGDCM、樹状記述の例を示す。

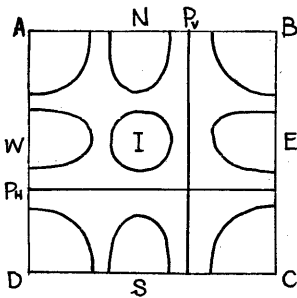


図2.4 等圧線の記号

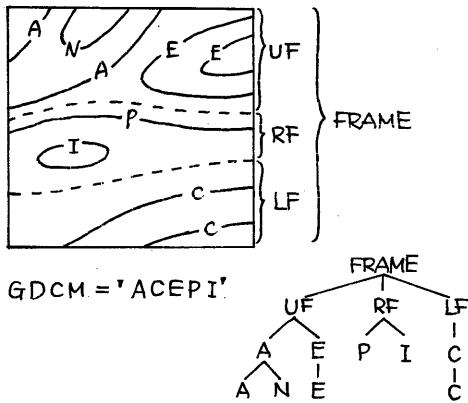


図2.5 GDCM, 樹状記述の例

[3] 等圧線図の検索システム

我々は、等圧線図のスケッチをキーとして与えられて、それと類似の構造を有する等圧線図を検索するシステムを構成した。このシステムでは、スケッチの特徴記述、蓄積されたデータのディレクトリ、データの類似性の評価などに前章で述べた記述方法を用いている。ここでは、このシステムについて詳しく述べる。

3.1 構造記述による等圧線図の検索

等圧線図データの表現は、①画像としての等圧線図、②樹状記述、③GDCMの順で情報として圧縮されている。GDCMは等圧線図の全体的特徴を記号表現したもので、等圧線図データの構造化とその検索における1次キーとして有効である。一方、樹状記述は等圧線図の位相的構造を完全に定めるもので、2次キーとして用いることで検索の品質を向上させることができると考えられる。

3.2 システムの構成

図3-1にシステムの構成を示す。以下、各部について述べる。

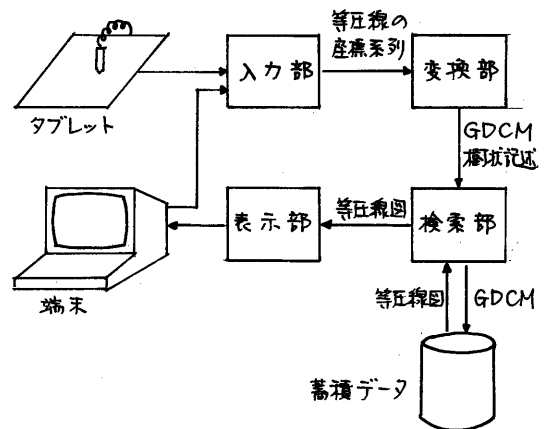


図3.1 システムの構成

3.2.1 入力部

ユーザーはデータ・タブレット上でスタイラスペンを用いて等圧線図のスケッチを描く。各等圧線は一定間隔でサンプリングされ、位置座標の系列として入力される。これらのデータを次のように表す。 $\{(x_{i1}, y_{i1}), (x_{i2}, y_{i2}), \dots, (x_{iL_i}, y_{iL_i}) \mid i = 1, 2, \dots, N\}$ ここに、 N は等圧線の個数、 L_i は第 i 番目の等圧線の座標点数である。

3.2.2 変換部

座標系列で表現された等圧線の集合から次の手順によりGDCM, 樹状記述を求める。

- Step 1. 各等圧線の位置を示す記号を求める。
 Step 2. 等圧線どうしの相互関係を表す行列 $R = \{r_{ij}\}$ を求める。行列の要素 r_{ij} は次のように定められる。

$$r_{ij} = \begin{cases} '>' & (C_i \supset C_j \text{ のとき}) \\ '<' & (C_j \supset C_i \text{ のとき}) \\ '=' & (C_i = C_j \text{ のとき}) \\ '-' & (C_i \cap C_j \text{ のとき}) \\ '-' & (\text{上記のいずれでもないとき}) \end{cases}$$

$r_{ij} = '='$ または $r_{ij} = '-'$ は等圧線がどのサブフレームに含まれるかを判定するために用いられる。したがって、実際には一方がType 4の等圧線、他方がType 2, 3, 4のいずれかのときのみ考えればよい。

- Step 3. 各等圧線の記号および行列 R よりGDCM, 樹状記述を求める。

次に、Step 2の R の求め方についてもう少し詳しく述べる。ここでは、2つの等圧線を C_i, C_j とし、その型により2つの場合に分けて考える、

- (1) C_i, C_j がともにType 4以外の場合
 同じ辺上にある C_i, C_j の端点を考え、

その座標値と比較することにより、相互関係は簡単に求めることができる(図3-2参照)。もし C_i, C_j の端点が同じ辺上に存在しない場合は、 $C_i \supset C_j, C_j \supset C_i, C_i = C_j, C_i \cap C_j$ のいずれでもない。

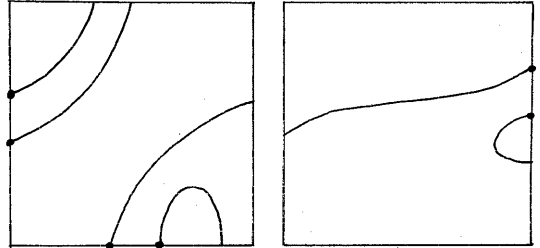
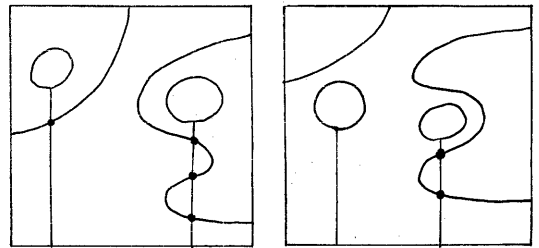


図3-2 相互関係の求め方(1)

- (2) C_i がType 4の場合

C_i 上の一点から C_j の端点が存在しない辺へ垂線をひき、その垂線が C_j と奇数回交わるか、偶数回交わるかによって求めることができる。図3-3にその例を示す。(a)では奇数回交わっているので $C_j \supset C_i$, (b)では偶数回であるから $C_j \supset C_i$ ではない。



(a)

(b)

図3-3 相互関係の求め方(2)

次に、Step 3についても、より詳しい手順を述べる。

- Step 3.1 R よりそれぞれの等圧線がいくつかの等圧線に包含されているかを調べ、その値とその等圧線のレベルとする。

- Step 3.2 同様にいくつかのType 4の等圧線の下(右)にあるかを調べ、そ

4.1 等圧線図の画像ファイル

本システムで使用される等圧線図は「天気図集成」(日本気象協会)中の天気図の等圧線をトレースしたもので、1本の等圧線は始点、終点、8方向指数によって表わされている。ここの分解能は512×512である。

4.2 画面の構成

本システムは3つの画面より構成されている。スケッチ入力をする画面、検索式を入力し検索を行なう画面、得られた結果を表示する画面である。それぞれ、入力フレーム、検索フレーム、結果フレームと呼ぶ。以下に3つのフレームについて説明する。

4.2.1 入力フレーム

入力フレームではデータ・タブレット上で描かれたスケッチのサンプリングされた点を結ぶ折れ線の形で等圧線図が表示される。複数のスケッチを入力する場合は最も新しく入力した等圧線図のスケッチが表示される。

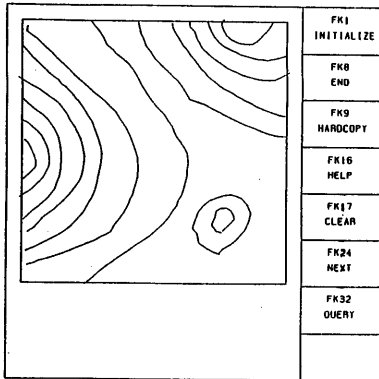


図4-1 入力フレーム

4.2.2 検索フレーム

検索フレームではそれぞれに入力されたスケッチがすべて表示される。また、検索式の入力もここで行なう。検索式はANDを'*', ORを'+」で表現する。

例: $RN = R1 : E + R2 : P$

ここでR1, R2はそれぞれ1, 2番目に入力したスケッチ, E, Pはそれぞれ exact request, partial request を示す。省略時は partial request とする。

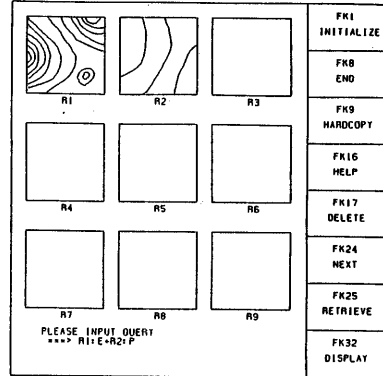


図4-2 検索フレーム

4.2.3 結果フレーム

結果フレームでは検索された結果、得られた等圧線図が表示される。枚数が多い場合、結果フレームは複数のページになる。

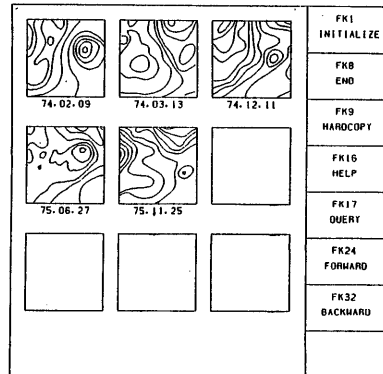


図4-3 結果フレーム

4.3 コマンド

コマンドの入力手段としてはファンクションキーまたはスタイラスペンを用いる。この方式によりコマンド入力

と容易にし、検索を迅速にすることが
できる。以下にシステムに用意され
ているコマンドについて簡単に説明する。
〔入力フレームにおけるコマンド〕

INITIALIZE

システムの初期化をする。

END

システムの使用を終了する。

HARDCOPY

表示画面のハードコピーをする。

HELP

コマンドの使用法一覧を表示する。

CLEAR

最も新しく入力したスケッチを取
り消す。

NEXT

次のスケッチが入力できる状態に
する。

QUERY

検索フレームに移る。

〔検索フレームにおけるコマンド〕

INITIALIZE

END

HARDCOPY

HELP

(以上のコマンドは入力フレーム
の場合と同じ)

DELETE

特定のスケッチを取り消す。

NEXT

入力フレームに移り、次のスケ
ッチが入力できる状態にする。

RETRIEVE

検索を開始する。この時、キー
ボードより検索式を入力する。

DISPLAY

結果フレームに移り、検索の結果
得られた等圧線図を表示する。

〔結果フレームにおけるコマンド〕

INITIALIZE

END

HARDCOPY

HELP

QUERY

(以上のコマンドは入力フレーム
の場合と同じ)

FORWARD

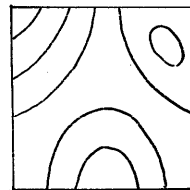
次のページに進む。

BACKWARD

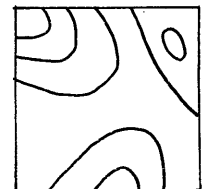
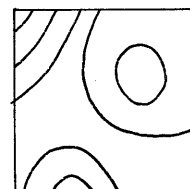
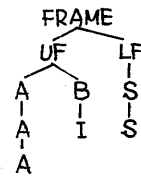
前のページにもどる。

〔5〕検索例

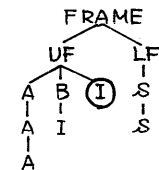
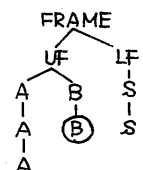
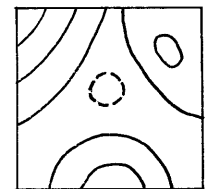
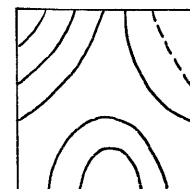
ユーザーが与えるスケッチによりど
んな等圧線図が検索されるか、図5-1、
5-2にそれぞれ exact request, partial
request の場合の検索例と樹状記述と
ともを示す。また、出力されない例も
示す。



(a) スケッチ



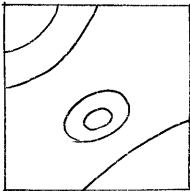
(b) 出力される等圧線図



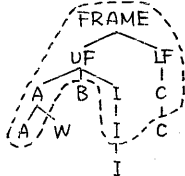
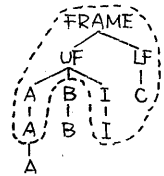
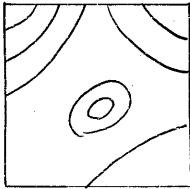
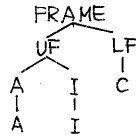
(c) 出力されない等圧線図

図5-1 exact request での検索例

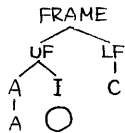
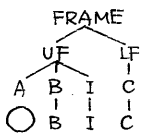
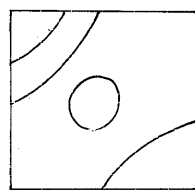
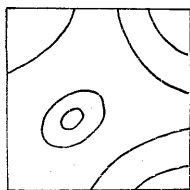
図5-1では(b)に示される等圧線図が得られる。位相的構造は一致するのでその樹状記述は等しい。また、(C)では出力されない等圧線図の例が示されているが、破線で示された等圧線のために位相的構造は一致せず出力されない。樹状記述では○をつけた等圧線である。



(a) スケッチ



(b) 出力される等圧線図



(C) 出力されない等圧線図

図5-2 partial requestでの検索例

図5-2では(b)に示される等圧線図が得られる。樹状記述において破線で囲まれた部分にスケッチの樹状記述が

含まれている。また、(C)はスケッチの等圧線を含まない等圧線図であり、樹状記述では○をつけた部分にそれぞれA, Cの型の等圧線が欠けている。

[6] 今後の課題

今後の課題として、ユーザーが望む等圧線図をどれだけもれなく検索するか、検索された等圧線図のうちユーザーが望む等圧線図の割合はどれくらいかなどの実験的検討が挙げられる。また、スケッチが複数の場合、それぞれに対して検索しAND, ORをとっているが、検索式の投階ごしほり、効率よく検索する方法も考えられる。

謝辞 日頃熱心に御指導いただく本学稲垣康善教授、鳥脇純一郎教授並びに研究室の皆様へ感謝致します。なお、本研究の一部は科学研究費補助金(一般(B)58460134)によった。

参考文献

- (1) D.Y. Montuno 他.
Structured Description of Contour Maps and Its Application to Weather Maps, Trans, IECEJ, E63, 6, PP421-428 (1980.6)
- (2) D.Y. Montuno 他.
Encoding and Storage of Contour Maps and Their Application to Weather Maps, Trans, IECEJ, E64, 5, PP287-294 (1981.5)