ランダム・データをメッシュ・データに変換する一方法

日　置　伸　一*

A Method for Transforming Randam Data to Mesh Data

Shinichi　HIOKI

計算機で各種の情報処理を行なう際，その内容は二次元または三次元の問題を扱う事が多くなって来ている．即ち，一次元の数値ではなくパターンを処理する事が極めて多い．

パターンを処理する場合，そのデータはメッシュ状になっていると扱い易い場合が多いが，これ等のデータ（計算結果を含めて）はメッシュ状になっていない場合が多い．

本文では，メッシュ状になっていないデータをメッシュ化する一方法について述べるもので，格子点の近傍の4データからほぼ線形的な補間をするものであり，作成したプログラムは計算時間をメッシュ数にのみに比例するような配慮をした．

1　まえがき

工学的分野に計算機を用いた場合，その計算結果を図形として出力する場合が多くなって来ている．これは，人間にとって莫大な量の数字のリストよりも図形の方がより望ましい場合が多い為と思われる．

通常，一変数の場合にはグラフが用いられ，二変数の場合には等高線図か立体図が用られるのが普通で，三変数以上の場合には或る変数をパラメータとして等高線図・立体図を用いる．

等高線図や立体図を描く場合，そのデータ（二変数の一価関数 $z=f(x,y)$）は格子点上で与えられると等高線図・立体図が描き易いが，工学的問題に限らず必ずしも格子点上のデータ（計算結果）が得られるとは限らない．この場合，参考文献(1)の様に格子状になっていないデータ（計算結果）をそのまま処理して図形出力する事も行なわれているが，一般的にはその処理が大変な場合が少なくなく，計算結果を次の計算処理の入力として用いる場合などにはやはり格子点上のデータとして与える方が好ましい場合が多い．

そこで筆者は，格子状になっていないデータ（これをランダム・データと呼ぶことにする）を格子状のデータ（メッシュ・データと呼ぶことにする）に変換する方法を試みた．

一例をあげると，或る電極系での電位分布を計算する時，等角写像法を利用すると，とてもきれいな等電位線を得る事ができるが当然そのデータ（計算結果）はメッシュ状になっていないのでこのデータから立体図を描くのは容易ではないのが普通である．また，地形などは地図をはじめ航空測量等によって等高線図は得やすいが，これをメッシュ状のデータとして得る事は困難である．計算機で二次元の情報を扱って何等かの処理をする場合には，そのデータがメッシュ状になっていると都合のよい場合が多い．

或る一つの格子点上の値（$z_m=f(x_m,y_m)$；x_m,y_m は規則的な値をとる　$x_m=n_x\cdot\Delta x, y_m=n_y\cdot\Delta y, n_x,n_y$：整数）を計算するには，入力されたランダム・データの一部又は全部を用いる事になるが，筆者は格子点を囲む4点のランダム・データを用いて計算するのが適当であろうという結果を得た，ただし，当然の結果として変換されたデータには滑めらかさという点に難点が残る．

以下，Ⅱで格子点を囲む4点を用いるに至った過程を述べ，Ⅲでそのプログラムについて述べる．また，Ⅳで適用例を示す．

Ⅱ　一格子点の値を得るために用いるデータ数

2.1　概　要

格子点上の値を計算するのに用いるデータの数をどれ程にするのが適当かということは，非常に重要な問題でこれによってランダム・データをメッシュ・データに変換する方法の性格が決定してしまうほどであるといって過言でない．

データの数について考える前に，まず，ランダム・デ

＊電子工学科

ータ及び変換法について次の様に設定する．

(1) ランダム・データ：ランダム・データとは，一様乱数のように全く一様な分布をしているデータという事ではなく，分布の様子に相当な偏りのあるものも含める．即ち，メッシュ状にはなっていないデータという意味とする．

例えば，等高線図の等高線をある間隔でサンプリングしたようなデータもランダム・データの一種と考える．

(2) 変換法：変換された結果は，その格子点のまわりの数個のデータの最大値より大きくなったり，それらの最小値よりも小さくなったりする事は望ましくないものと仮定する．

上の設定を考慮して，データ数として次の4種を考える．

(1) 全てのデータを用いる（M1）
(2) 半径r以内のデータを用いる（M2）
(3) 格子点を囲む3点のデータを用いる（M3）
(4) 格子点を囲む4点のデータを用いる（M4）

変換法（M1，M2，M3，M4）を評価する為に次の二つの例題を設定することにした．これだけで正当な評価が出来るとはいえないが，筆者は一応の目安と考えている．

<EX—1>

x_i=0.0から100.0までの一様乱数
y_i=0.0から100.0までの一様乱数
$z_i=x_i$

x_iと y_i の初期値はおのおの別の値とし，iは1～200とする．（Fig. 2—1）

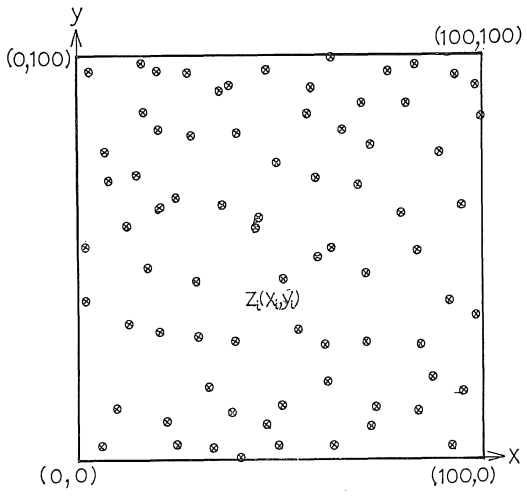

Fig. 2—1

<EX—2>

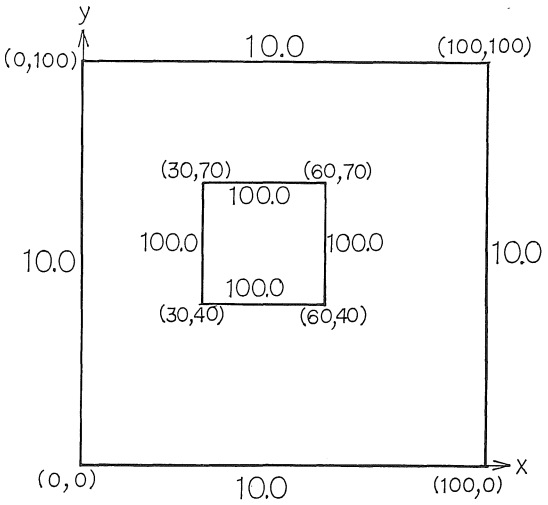

Fig. 2—2

x—y 平面の（0，0），（100，0），（100，100），（0，100）を結ぶ四辺形を値が 10.0（z=10.0）の等高線で，（30，40），（60，40），（60，70），（30，70）を結ぶ四辺形を値が100.0 の等高線と考えて，3～5間隔にサンプリングした値（x_i，y_i，z_i）を入力データとする．（Fig. 2—2）

2.2　全てのデータを用いる（M1）

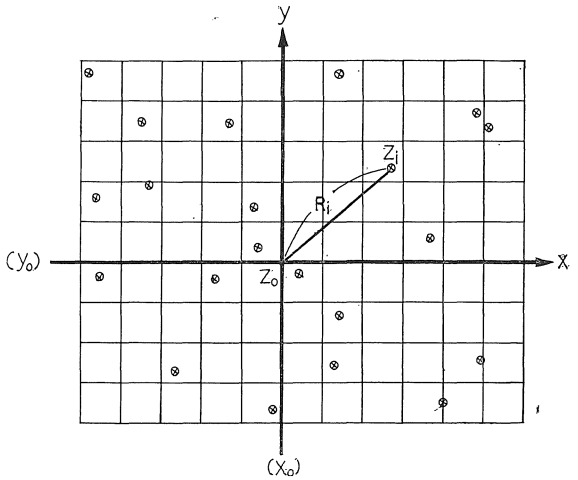

Fig. 2—3

z=f（x,y）で表わされる二変数一価関数を（x,y,z）の直角座標系に対応させると，Fig. 2—3の⊗印がランダム・データの x—y 座標を表わし，各点がz=f(x,y) なる値をもっている．

$z_0=f(x_0, y_0)$ の値を計算するとき，与えられたデー

タを全て用いて，

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{Z_i}{R_i}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{R_i}} \quad (2\text{—}1)$$

R_i：(x_0, y_0)と(x_i, y_i)との距離

n：データの全個数

式（2—1）で計算することが考えられるが，次の点で有用性は少ない．

(1) (x_0, y_0)を中心として，(x_i, y_i)，i=1～nが一様に分布する事は一般には期待できない．

(2) 計算時間が入力データ数nと格子点数の積に比例する為に，大きな問題に不向きになる．

(3) (1)と関連して，入力デーメの分布している中心部以外には計算結果の信頼性が低い．（データの分布に偏りがある場合には中心部でも信頼性は低い）

この適用例を Fig. 4—1 に示す．

式（2—1）を変形して，

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{Z_i}{R_i{}^m}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{R_i{}^m}} \quad (m>1.0) \quad (2\text{—}2)$$

式（2—2）のようにして，m＝2，3，4，……（整数値にする必要はない，m>1.0）として計算すると，式（2—1）の場合よりは結果の矛盾（ここで〝結果の矛盾〟とは2．1の(2)の変換法の仮定がくずれた場合の事をいう．しかし，これは本質的に矛盾しているかどうかということは別問題である．）が少なくなるが，m>8 ぐらいになると，ただ(x_0, y_0)に最も近いデータを選択する事に近づく．

この例としてm=8の場合をFig. 4—2，3に示す．

2.3　半径r以内のデータを用いる（M2）

式（2—1）で計算に用いるデータを，$R_i \leqq r$を満足するもののみを選択して計算する方法で，式（2—2）のmをある程度大きくしたものに似た結果になると考えられる．この場合にはrの大きさをどれ程にするかが問題となり，又計算結果にはまだ矛盾が残る．

この例をFig. 4—4 に示す．

2.4　格子点を囲む3点を用いる（M3）

一つの格子点(x_0, y_0)囲みかつ最小の三角形を構成する三つのランダム・データをz_1，z_2，z_3（各x—y座標は(x_1, y_1)，(x_2, y_2)，(x_3, y_3)）とするとき，z_1，z_2，z_3からz_0を計算すれば〝結果の矛盾〟を無くする事ができる．

一般に平面は，一直線上にない3点によって決定されるので(x_1, y_1, z_1)，(x_2, y_2, z_2)，(x_3, y_3, z_3)含む平面から(x_0, y_0, z_0)を求めれば，平面的に一次補間した事になる．

この場合x_0，y_0は既知であるのでz_0は式（2—3）によって容易に求める事ができる．

$$\begin{vmatrix} x_0 & y_0 & z_0 & 1 \\ x_1 & y_1 & z_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & z_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & z_3 & 1 \end{vmatrix} = 0 \quad (2\text{—}3)$$

ところが，この方法の最大の難点は，多くの入力データの中から格子点を囲み最小の三角形を構成する三つのデータを選択する事の困難さにある．計算時間を考慮すると，この方法は最適とはいえない．この問題に対処する為に2.5の方法をとることにした．（Fig. 2—4）

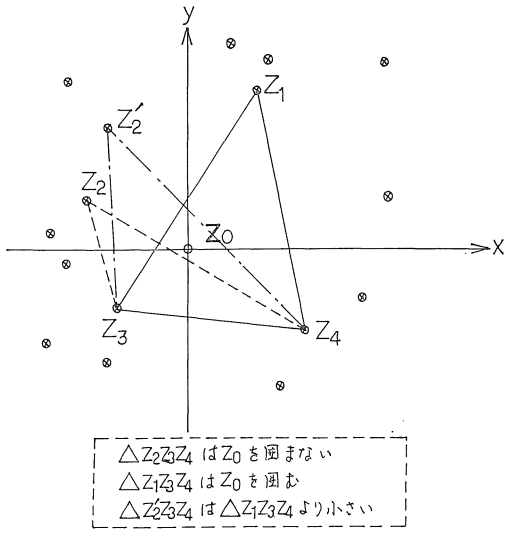

Fig. 2—4

2.5　格子点を囲む4点を用いる（M4）

Fig. 2—5 で格子点を原点として，x—y 座標系で四つ

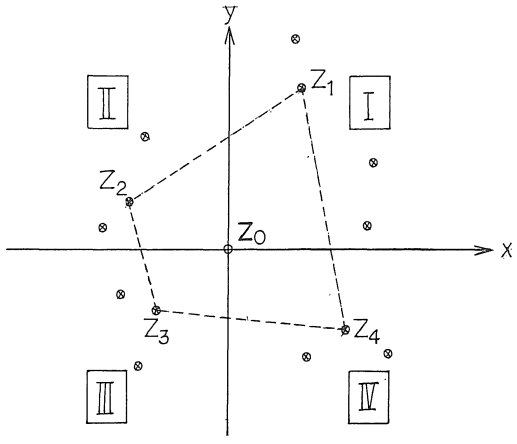

Fig. 2—5

の象限（Ⅰ Ⅱ Ⅲ Ⅳ）を考えて，各象限の中で原点（(x_0, y_0)の格子点）と最も近い z_i（x_i, y_i）を選択して，この4点（Fig. 2—5 ではz_1, z_2, z_3, z_4）を用いれば，この4点は必ず（x_0, y_0）を囲むことになる．

しかし，一般には4点を含むような平面は存在しないので一次補間する事はできなくなる．そこで何らかの工夫が必要となり，筆者は次の様な手段をとった．

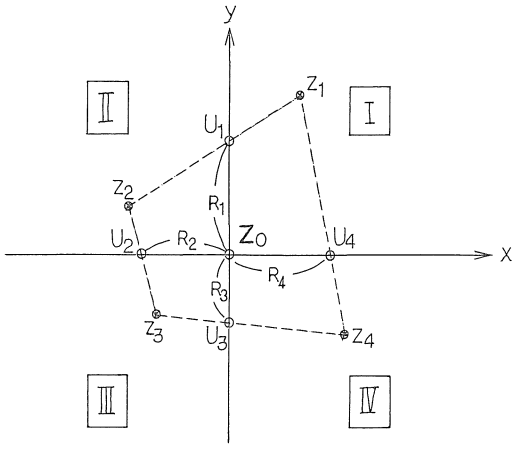

Fig. 2—6

Fig. 2—6の様に，z_1とz_2を結んだ線分とy軸（$x=x_0$）との交点をU_1（x_0, y_0+R_1）として，z_1とz_2から一次補間によってその値を求める。同様にして U_2, U_3, U_4を求めて。U_1, U_2, U_3, U_4からz_0を求めるようにする．

この様にすれば，z_1, z_2, z_3, z_4の自由度4から自由度3のU_1, U_2, U_3, U_4となり，（x_0, y_0+R_1, U_1），（x_0-R_2, y_0, U_2），（x_0, y_0-R_3, U_3）を含む平面は必ず（x_0+R_4, y_0, U_4）を含むので z_0 の値を U_1, U_2, U_3, U_4から一次補間する事ができる．（式2—4）

$$Z_0 = \frac{\dfrac{U_1}{R_1}+\dfrac{U_3}{R_3}}{\dfrac{1}{R_1}+\dfrac{1}{R_3}} = \frac{\dfrac{U_2}{R_2}+\dfrac{U_4}{R_4}}{\dfrac{1}{R_2}+\dfrac{1}{R_4}} = \frac{\sum_{i=1}^{4}\dfrac{U_i}{R_i}}{\sum_{i=1}^{4}\dfrac{1}{R_i}} \quad (2—4)$$

この方法の特徴は，z_0の値がz_1, z_2, z_3, z_4の最小値より小さくなったり，z_1, z_2, z_3, z_4の最大値より大きくなったりしない事と，U_1, U_3 を結ぶ直線（y軸）と U_2, U_4 を結ぶ直線x軸）が直交していて偏微分方程式を差分法で解く場合の五点差分と同じパターンになってz_1, z_2, z_3, z_4の〝平均の平均〟という事ができることの2点と，その見返りとして，もう少し広い範囲の格子点の周囲との滑らかさが犠牲になる事である．

適用例を Fig. 4—5, 6, 7 に示す．

Ⅲ　プログラムと計算時間

3.1　計算時間について

二次元以上の問題を扱う場合，〝数の多さ〟が常に問題となる．即ち，10×10 が 100であるのに対して 100×100 が 10000にもなり計算時間に対する考慮を十分する必要がある．

ランダム・データをメッシュ・データに変換する場合には，大きな数とはメッシュ・データの数とランダム・データの数であるが，メッシュ・データは得たいデータなのでこれを減らすのは別の問題として考えなければならない．（ここでは考えないことにする）

ランダム・データの数を n_r，メッシュ・データの数をn_m とするとき，計算時間が $n_r \times n_m$に比例する（$c \cdot n_r \cdot n_m$）事は避けなければならない．n_m だけに比例する様な工夫が必要であり，計算時間が $\alpha+\beta \times n_m$ となるとして，α, β を小さくする事が重要となる．

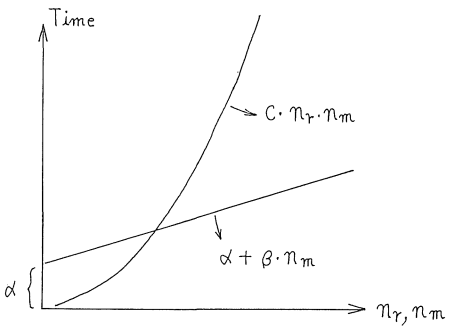

Fig. 3—1

ここで，n_r, n_mについて考えると，n_rは100から1000前後が普通であるが，n_m は1000～10000（又はこれ以上）になる事が多いので例えば n_r：500, n_m：5000 として計算時間を$n_r \cdot n_m$=2500000に比例させる事は避けるべきで，αが多少大きくなっても n_m：5000 に比例させるべきである．しかし，n_r, n_m が小さい時には不利になる事は避けられない．（Fig. 3—1）

3.2　プログラムの流れ

このプログラムでは，多量のランダム・データの中から格子点を原点として，四つの象限から原点に最も近いデータ z_1, z_2, z_3, z_4 を抽出する事に多くの計算時間を要するので次の各点を考慮した．

(1) ランダム・データをxについてSortingする．（n_r が大きい場合には分割処理をする必要がある．）

(2) メッシュ・データはx_0(格子点のx座標)を 0から x_{max}（x_0 の最大値）へ向って計算し，おのおののx_0に対して y_0（格子点のy 座標）を0～y_{max}としてz_0（メッシュ・データ）を計算する．

(3) z_1, z_2, z_3, z_4 を抽出する時，ランダム・データを参照する回数（ランダム・データの全てを1回参照する場合を1.0回とする）を最大1.0回として，できる限り <1.0とする．

a) 参照の出発点をソートされたランダム・データの x_0 として，xの小さい方に向って z_2, z_3 をさがし，xの大きい方に向って x_1, x_4 をさがす．

b) 参照毎に（x_0, y_0）との距離を計算して，その値の最小値を r_{min} として，$|x_0-x_i|$ が r_{min} より大きくなったらランダム・データの参照を停止する．

(3)のb）によって，ランダム・データが一様な分布をしていれば計算時間は n_r には比例しなくなる．また，一様な分布をしていなくても参照回数は ≪1.0となり n_r とはほとんど関係なくなる．しかし，n_r が大きい場合（1000をはるかに越えるような場合）にはそのSortingに相当な時間を要するので，メッシュ領域をいくつかに分割して，一つの領域に含まれるランダム・データだけでその領域のメッシュでの計算をするようにする（ランダム・データの境界をメッシュ・データの境界よりやや大きくとる必要はある）事によって3.1の α を小さく保つことができる．即ち，α は Sorting に要する時間に相当する．

3.3 フロー・チャート

このプログラムのフローチャートをFig.3—2に示す．Fig. 3—3 はその中のz_2とz_3を抽出するルーチンを示している．

フローチャート中に記入していない U_1, U_2, U_3, U_4 及び r_1, r_2, r_3, r_4 の計算式は次の通りである．

$$U_1=z_1+(z_2-z_1)\cdot\frac{x_0-x_1}{x_2-x_1}$$

$$r_1=y_1+(y_2-y_1)\cdot\frac{x_0-x_1}{x_2-x_1}-y_0$$

$$U_2=z_2+(z_3-z_2)\cdot\frac{y_0-y_2}{y_3-y_2}$$

$$r_2=x_0-x_2-(x_3-x_2)\cdot\frac{y_0-y_2}{y_3-y_2}$$

$$U_3=z_3+(z_4-z_3)\cdot\frac{x_0-x_3}{x_4-x_3}$$

$$r_3=y_0-y_3-(y_4-y_3)\cdot\frac{x_0-x_3}{x_4-x_3}$$

$$U_4=z_4+(z_1-z_4)\cdot\frac{y_0-y_4}{y_1-y_4}$$

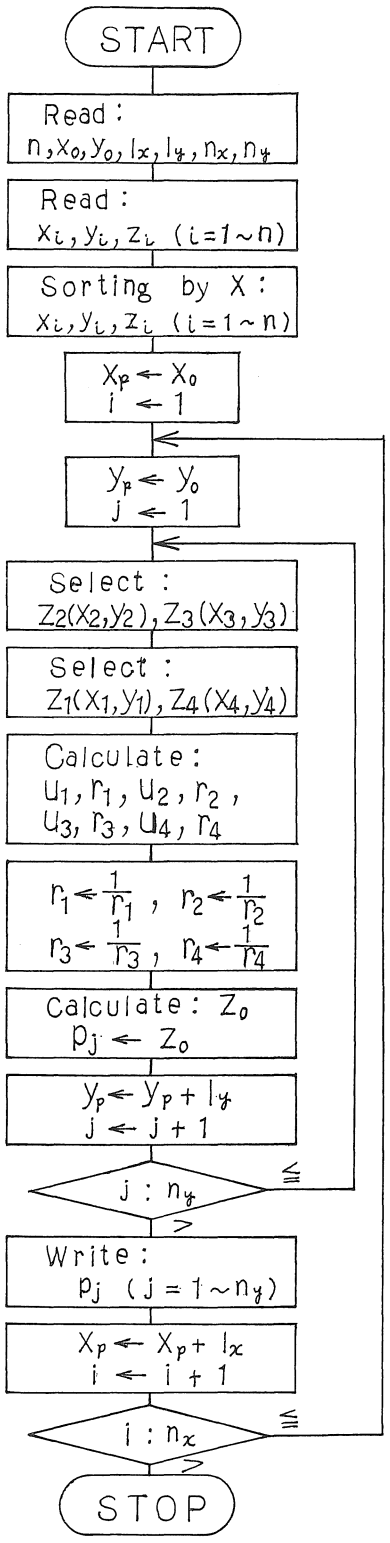

Fig. 3—2 FLOWCHART

$$r_4 = x_4 + (x_1 - x_4) \cdot \frac{y_0 - y_4}{y_1 - y_4} - x_0$$

各変数名は，次に示す通りである．

n：ランダム・データ数

(x_0, y_0)：メッシュの原点

l_x, l_y：x方向，y方向のメッシュの間隔

n_x, n_y：メッシュ数

x_i, y_i, z_i：ランダム・データのx—y座標とその値

x_p, y_p：格子点のx—y座標

z_1, z_2, z_3, z_4：格子点に近い4個のデータ（本文Ⅱ．2.5参照）

U_1, U_2, U_3, U_4：本文Ⅱ．2.5参照

rr：(x_0, yo) と (x_i, y_i) の距離の2乗

実際のソース・プログラムの一例を最後に示す．（付記）

〈Select Z_2 and Z_3 Routine〉

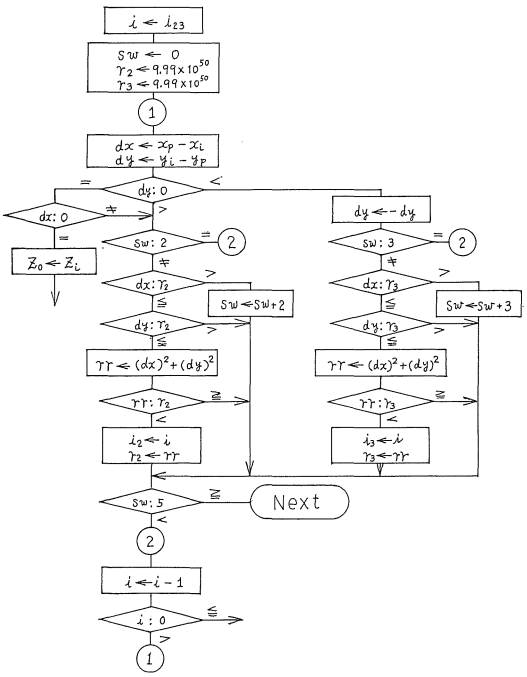

Fig. 3—3

Ⅳ　適 用 例

M1，M2，M4をEX−1及びEX−2へ適用した例と一つの実例を以下に示す．

(1) M1　EX−1 → Fig. 4—1

(2) M1′　m=8, EX−1 → Fig. 4—2

EX−2 → Fig. 4—3

(3) M2　r=16.5, EX−1 → Fig. 4—4

(4) M4　EX−1 → Fig. 4—5

EX−2 → Fig. 4—6

EX−2の結果を立体図として表現した図 → Fig. 4—7

(5) 実例　或る地形をその等高線図から約450個のデータをランダム・データとして与え，4320個のメッシュ・データを得たものを立体図として表わしたもの．（Fig. 4—8）

Fig. 4—5で出力データが− 100.0とあるのは，M4でその格子点を囲む4個のランダム・データz_1，z_2，z_3，z_4 のいずれかが存在しない場合を表わしている．

このプログラム（M4）で，EX−2をSOR法で解く場合の初期値として用いると，21×21のメッシュの場合に反復回数を12回減らす事ができ，41×41のメッシュの場合には47回減らす事ができた．この様に反復回数はメッシュ数に比例して減らす事ができるので，比較的大きな問題にはSOR法の初期値を求める為に用いても有効となる．

Ⅴ　あとがき

一変数の場合，ある値を近似するのに大きく分けて，最小二乗法と補間法の2種類が用いられるが，M1・M2は前者に近く，M3・M4は後者に近い．

しかし，M4では U_1，U_2，U_3，U_4 を含む平面はすでに z_1，z_2，z_3，z_4 を含むとは限らないので補間法の性格がうすくなっている．この点，参考文献(2)の双一次曲面の適用はより有効な手段となる可能性が強いと考えられる．

筆者の方法（M4）では入力データの性質については何も判っていないという仮定をして，伸縮自在のゴム膜に方眼の目盛をつけて入力データ（x_i，y_i，z_i）からゴム膜の点（x_i，y_i）を z_i の高さになる様にした場合に全体がどの様になるかという事を想定した．

結果としては，比較的少ない入力データからメッシュ・データを得る事が可能であった．（メッシュ・データ数の数分の1から10の1位でも大きな矛盾はない）

入力データの性格が全く判らないという事は比較的少なく，結果の滑めらかさが必要な場合も多いと考えられるので，この点を克服する事が今後の課題となるが，これは数種類の変換プログラムを作りそれぞれに変換の仕方に性格を与えて，使い分けるのがよいと考える．

(0,0)																				(0,100)
38.0	36.2	34.6	33.8	35.9	35.2	32.8	27.1	25.2	30.4	31.4	29.3	31.7	28.3	31.3	32.1	30.8	30.4	30.8	33.9	36.1
35.2	35.2	35.0	35.5	35.6	34.9	32.7	27.3	28.9	30.8	30.1	30.8	30.6	30.7	32.0	31.7	28.8	30.4	30.0	33.8	36.2
31.6	35.0	35.1	35.6	34.8	34.4	34.4	31.5	32.4	32.6	32.4	32.6	32.5	33.7	34.0	33.5	31.1	31.0	31.8	35.0	37.2
38.3	36.1	35.9	37.0	32.5	35.7	35.9	32.9	34.6	34.2	33.4	33.4	31.8	34.9	35.0	34.9	33.7	34.3	31.4	35.6	36.9
39.6	37.5	38.2	38.6	38.2	37.8	38.0	37.2	36.5	34.2	34.7	34.4	35.2	32.8	36.4	37.1	37.4	37.1	33.9	35.9	37.0
38.8	39.5	40.3	40.3	40.4	40.1	39.9	39.5	38.8	37.5	35.9	36.8	37.8	38.2	38.7	38.9	39.2	38.8	37.9	39.3	40.5
40.8	41.5	42.4	42.5	42.0	42.0	41.6	41.4	40.4	39.6	39.7	40.1	40.3	40.7	40.5	41.5	41.7	41.4	41.1	41.9	42.8
44.7	44.3	44.4	44.4	43.1	43.7	43.8	43.2	42.7	41.1	42.3	42.8	42.9	43.3	43.6	43.9	44.1	44.0	43.3	44.0	42.6
46.8	46.6	45.5	46.4	46.2	45.4	46.1	45.8	44.9	44.9	44.7	45.2	45.4	45.0	45.7	44.3	46.3	46.2	46.0	46.2	46.5
48.6	48.5	48.6	48.7	48.6	48.5	48.4	48.2	47.8	47.5	47.4	47.5	47.7	47.9	48.1	48.2	48.4	48.4	48.3	47.9	48.5
50.5	50.7	50.8	50.9	50.8	50.6	50.5	50.4	50.3	50.1	50.0	49.9	50.0	50.1	50.3	50.4	50.5	50.6	50.6	50.5	50.4
52.4	52.9	53.1	52.9	53.0	52.9	52.7	52.8	53.1	52.4	52.3	52.3	52.4	52.5	52.7	52.9	52.7	52.6	52.8	52.9	52.4
54.5	55.1	55.4	55.3	55.3	54.8	54.8	55.4	55.6	54.8	54.9	55.0	54.9	54.8	55.1	55.1	55.1	54.9	55.3	55.5	54.4
57.1	56.8	56.9	61.8	58.0	57.1	58.4	57.1	57.0	57.3	57.7	57.4	57.8	57.0	57.3	56.7	57.2	57.3	57.2	57.3	56.0
57.1	57.4	57.9	58.7	59.8	59.2	59.3	58.5	58.7	59.1	60.7	59.4	60.1	58.7	58.3	58.4	60.3	59.9	59.7	59.5	57.5
58.3	58.7	59.2	60.9	61.3	60.5	60.2	60.4	61.6	61.3	60.9	61.0	61.6	60.6	60.0	60.1	63.8	62.6	62.4	61.1	59.0
58.7	61.6	60.9	61.2	61.7	62.3	62.5	62.3	64.2	63.2	65.1	63.1	63.4	63.8	62.1	61.7	62.8	63.2	62.5	63.5	60.8
59.4	60.9	61.6	61.6	61.9	62.6	62.8	63.2	64.4	66.6	64.6	65.1	64.2	64.9	63.5	63.2	66.6	63.6	63.9	64.6	63.7
60.6	63.3	64.1	62.6	63.0	63.7	63.8	64.2	67.9	65.2	66.5	66.9	67.0	65.7	65.5	64.2	63.6	63.2	63.1	62.9	62.9
62.3	64.2	63.3	65.0	68.2	64.6	69.1	65.2	65.0	65.7	69.2	67.6	67.4	67.7	69.0	65.9	63.6	63.7	71.4	62.8	63.0
(100,0)																				(100,100)
62.1	62.6	62.2	63.8	64.8	63.5	63.8	65.2	64.1	65.6	65.8	65.7	70.2	67.9	65.5	64.9	63.1	62.9	63.1	61.5	60.4

Fig. 4－1

5.1	1.7	1.7	0.9	1.2	3.6	2.9	0.8	0.6	2.1	3.1	0.9	2.3	1.5	1.5	2.7	2.4	2.2	2.3	2.2	2.2
8.1	5.2	3.2	1.3	9.6	9.7	3.0	4.1	4.5	2.3	3.8	4.0	5.8	2.8	2.0	2.7	3.4	3.4	6.5	2.3	2.2
8.1	8.9	9.0	11.1	10.9	10.3	8.5	9.1	10.4	9.4	9.4	6.4	5.8	5.1	14.2	12.5	8.8	10.4	10.4	9.1	5.7
13.0	15.4	15.4	12.8	15.5	13.0	12.1	12.9	13.0	17.3	16.5	16.8	18.6	19.2	14.6	14.6	14.0	13.7	14.1	16.8	20.5
24.0	20.0	20.3	22.9	15.6	15.8	22.2	20.9	20.9	20.5	22.3	19.9	20.3	19.3	21.1	21.0	15.1	20.4	20.1	20.4	20.6
(0,0)																				
24.0	25.5	23.0	23.0	28.5	29.9	28.3	25.5	23.0	23.3	23.5	24.3	24.7	27.1	26.5	23.0	26.4	26.8	26.3	24.8	20.7
30.2	29.9	32.2	30.7	31.6	31.8	28.3	28.7	31.4	30.7	27.6	30.0	30.3	27.4	28.8	28.8	27.1	26.8	26.7	27.8	34.7
30.2	32.2	34.3	37.1	34.8	35.8	35.5	31.7	31.9	35.1	37.2	37.1	32.9	33.3	35.8	39.6	38.7	36.5	37.0	35.2	34.8
43.2	43.2	39.1	39.1	36.5	39.6	39.6	40.6	37.6	37.5	41.4	38.8	42.5	40.4	40.3	39.9	40.3	37.2	37.0	36.5	34.8
43.2	45.3	45.7	46.9	47.4	42.2	48.6	49.2	48.4	44.7	44.6	46.4	42.6	48.0	45.3	46.3	48.1	50.3	48.1	47.8	42.0
50.3	50.9	46.5	50.8	50.8	51.0	48.6	50.1	48.6	50.5	50.1	48.5	48.7	48.7	49.3	49.5	48.5	50.4	52.9	53.3	55.3
55.9	57.9	58.3	53.3	57.5	55.8	54.0	55.8	54.7	52.9	51.6	51.7	50.0	55.8	58.5	56.5	54.1	51.7	53.3	56.3	56.7
59.8	58.6	59.7	62.2	58.5	56.1	62.3	60.9	60.1	61.8	63.5	62.5	64.6	59.3	58.8	59.0	59.7	62.6	58.7	61.6	62.4
65.9	63.9	63.9	65.2	63.0	66.8	65.1	63.4	65.4	64.9	63.7	62.6	66.5	65.7	62.6	63.4	63.7	66.0	62.9	63.0	63.0
68.3	68.3	67.7	72.7	70.8	70.3	70.3	65.6	68.6	72.8	70.2	70.2	70.7	69.1	65.6	69.8	69.6	70.5	72.3	71.8	65.7
71.9	78.4	76.3	74.5	76.1	72.2	72.7	77.9	76.0	73.0	71.9	77.0	76.6	77.6	79.6	74.4	74.6	74.2	74.0	74.8	79.2
81.0	81.0	81.7	78.3	76.2	81.2	81.3	81.4	79.3	82.3	82.5	81.7	77.8	80.1	80.1	82.6	83.0	81.4	78.4	79.7	79.7
81.8	81.5	82.0	81.7	79.6	81.3	81.3	81.9	82.7	82.7	82.7	82.5	86.8	86.6	86.1	83.7	84.1	83.7	80.8	79.8	79.8
93.9	90.6	90.8	90.4	96.2	93.9	94.9	90.5	90.4	90.9	91.9	90.5	90.5	87.0	93.1	92.9	85.4	86.7	95.1	94.5	88.2
94.5	94.1	91.3	96.7	97.6	96.7	95.3	97.8	91.8	94.2	95.9	94.2	97.3	95.8	94.5	97.3	96.7	96.7	95.1	95.2	95.0
98.5	98.5	95.5	97.6	97.6	97.5	95.9	97.9	97.8	95.6	95.9	97.6	99.7	98.0	95.9	97.3	97.2	96.8	96.7	95.7	95.5

Fig. 4－2

10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
10.0	10.0	10.0	10.1	10.3	10.6	10.9	11.1	11.2	11.2	11.1	11.0	10.8	10.5	10.2	10.1	10.0	10.0	10.0	10.0
10.0	10.0	10.1	13.5	27.3	48.6	63.2	67.1	66.8	66.4	66.1	64.8	58.5	42.8	24.8	15.0	11.5	10.3	10.0	10.0
10.0	10.0	10.3	27.3	87.2	98.5	99.6	99.6	99.6	99.6	99.6	99.6	99.4	98.2	89.8	59.7	23.0	11.0	10.0	10.0
10.0	10.0	10.6	48.6	98.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.5	92.0	42.7	11.8	10.0	10.0
10.0	10.0	10.9	63.2	99.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	97.3	56.4	12.7	10.0	10.0
10.0	10.0	11.1	67.1	99.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.2	63.0	13.4	10.1	10.0
10.0	10.0	11.2	66.8	99.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.4	65.8	13.8	10.1	10.0
10.0	10.0	11.2	66.4	99.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.5	66.0	13.9	10.1	10.0
10.0	10.0	11.1	66.1	99.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.5	65.7	13.8	10.1	10.0
10.0	10.0	11.0	64.8	99.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.4	63.8	13.5	10.1	10.0
10.0	10.0	10.8	58.5	99.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.9	58.2	12.8	10.0	10.0
10.0	10.0	10.5	42.8	98.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	95.6	47.0	11.9	10.0	10.0
10.0	10.0	10.2	24.8	89.8	99.5	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	98.8	86.8	32.3	11.1	10.0	10.0
10.0	10.0	10.1	15.0	59.7	92.0	97.3	98.2	98.4	98.5	98.5	98.4	97.9	95.6	86.8	57.9	19.9	10.6	10.0	10.0
10.0	10.0	10.0	11.5	23.0	42.7	56.4	63.0	65.4	66.0	65.7	63.8	58.2	47.0	32.3	19.9	12.7	10.3	10.0	10.0
10.0	10.0	10.0	10.3	11.0	11.8	12.7	13.4	13.8	13.9	13.8	13.5	12.8	11.9	11.1	10.6	10.3	10.1	10.0	10.0
10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0

Fig. 4-3

5.0	5.1	4.5	4.3	5.8	5.2	4.0	3.1	2.5	3.6	3.2	2.4	3.0	2.4	3.6	4.3	4.4	4.8	4.1	4.2	3.6
8.3	7.8	7.8	7.6	7.6	6.4	5.3	4.7	5.1	5.1	5.3	4.8	5.7	4.1	6.2	5.8	5.3	6.4	6.4	7.2	6.3
11.2	12.0	10.6	11.1	10.5	8.2	7.5	7.8	8.3	9.6	10.6	11.1	9.7	8.8	8.6	8.8	9.4	8.9	9.9	9.8	10.7
17.8	16.8	15.0	12.7	14.7	12.9	10.8	11.4	13.6	15.0	16.3	16.8	15.8	16.1	13.5	14.5	13.4	13.6	14.0	15.2	15.8
22.3	20.6	20.3	21.3	20.0	20.4	20.8	19.8	21.8	21.8	22.0	22.1	21.9	20.8	21.3	19.4	18.9	18.6	19.6	20.4	21.4
25.2	25.2	24.9	26.1	26.8	27.2	27.1	25.8	25.2	25.5	25.0	25.6	25.1	25.2	25.8	24.4	23.2	23.5	24.4	23.8	24.5
29.5	29.5	30.5	29.7	32.3	31.7	31.3	30.0	29.8	29.5	28.9	29.7	29.3	29.2	28.9	29.5	27.7	27.5	26.4	27.2	27.7
33.1	33.0	33.4	35.3	35.0	35.4	33.9	35.2	32.9	33.8	33.7	34.2	34.3	35.6	37.6	36.2	36.0	33.6	31.9	29.4	33.4
37.5	39.4	38.4	38.7	38.5	39.8	38.8	40.3	39.9	39.9	39.5	39.3	39.5	41.1	41.5	40.8	42.3	41.7	39.0	39.3	38.7
44.8	45.9	46.4	45.2	43.9	44.5	46.0	48.6	46.5	45.0	44.5	44.0	44.3	45.6	46.1	47.9	48.4	50.0	49.0	49.5	46.0
53.4	52.8	54.9	52.3	51.4	51.7	52.1	53.1	51.6	51.5	49.6	48.2	48.2	49.0	49.9	50.4	51.1	52.2	54.3	54.2	54.2
58.2	58.3	58.0	57.6	57.3	56.7	55.7	56.4	55.5	54.9	55.2	54.8	54.1	54.1	53.5	54.7	56.0	56.6	56.9	57.4	58.5
61.0	60.3	60.7	61.3	61.2	60.0	59.0	59.3	59.7	59.8	60.1	60.3	60.9	59.7	59.1	58.7	60.0	61.3	61.0	61.0	60.3
64.0	64.0	63.6	64.6	64.3	64.0	64.4	62.9	63.0	63.7	64.3	66.0	66.6	64.7	64.0	64.9	65.0	64.8	64.8	64.5	64.0
66.1	66.9	67.1	68.0	69.3	68.3	68.1	68.4	68.7	69.2	69.6	70.1	69.5	68.7	68.7	70.4	70.0	70.8	69.6	69.0	67.9
70.8	71.1	72.0	72.9	73.1	72.5	73.5	74.0	74.1	73.3	73.4	74.0	74.0	73.9	74.5	74.4	74.5	74.0	73.4	72.6	72.4
79.7	79.5	79.0	77.5	76.5	77.8	79.1	79.4	79.8	79.7	79.9	79.2	79.5	80.8	80.6	79.8	79.1	78.4	77.7	79.0	77.5
88.5	85.9	85.3	82.8	81.9	82.6	84.0	83.8	84.1	84.0	83.5	84.4	87.5	87.4	87.1	83.7	83.6	81.9	80.9	81.6	80.5
90.7	89.9	89.8	88.1	87.5	88.9	89.4	87.9	88.2	87.7	88.6	90.0	90.6	90.6	91.0	89.5	86.8	85.7	85.8	86.2	90.2
93.5	92.6	91.6	93.1	93.6	94.2	94.1	92.8	90.4	89.8	93.5	92.7	93.6	94.3	93.3	93.1	91.2	91.6	94.0	92.4	91.8
95.7	95.3	94.5	94.9	96.1	96.9	95.9	96.4	94.9	94.6	95.0	95.6	97.0	95.9	95.1	95.1	93.7	94.8	96.3	95.9	95.9

Fig. 4-4

-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-100.0	-100.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	-100.0
-100.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	-100.0
-100.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	-100.0
-100.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	-100.0
-100.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	-100.0
-100.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	-100.0
-100.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	-100.0
-100.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	-100.0
-100.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	-100.0
-100.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	-100.0
-100.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	-100.0
-100.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	-100.0
-100.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	-100.0
-100.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	-100.0
-100.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	-100.0
-100.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	-100.0
-100.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	-100.0
-100.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	-100.0
-100.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	-100.0	-100.0
-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0

Fig. 4-5

10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
10.0	18.1	21.2	22.8	23.8	24.4	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	24.0	23.5	22.9	22.1	21.0	19.3	16.3	10.0
10.0	21.2	27.9	32.4	35.6	38.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	37.3	35.8	33.9	31.5	28.4	24.2	18.2	10.0
10.0	22.8	32.4	39.9	45.9	50.7	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	50.5	47.3	43.6	39.1	33.8	26.9	19.4	10.0
10.0	23.8	35.6	45.9	54.8	62.8	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	63.5	58.1	52.1	45.4	37.3	29.2	20.1	10.0
10.0	24.4	38.0	50.7	62.8	74.2	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	76.4	68.2	59.6	50.1	40.7	30.9	20.7	10.0
10.0	25.0	40.0	55.0	70.0	85.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	88.7	77.3	66.2	55.0	43.7	32.5	21.1	10.0
10.0	25.0	40.0	55.0	70.0	85.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	87.0	77.5	66.2	55.0	43.7	32.5	21.2	10.0
10.0	25.0	40.0	55.0	70.0	85.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	88.8	77.5	66.2	55.0	43.7	32.5	21.2	10.0
10.0	25.0	40.0	55.0	70.0	85.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	88.7	77.5	66.2	55.0	43.7	32.5	21.2	10.0
10.0	25.0	40.0	55.0	70.0	85.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	88.7	77.5	66.2	55.0	43.7	32.5	21.2	10.0
10.0	25.0	40.0	55.0	70.0	85.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	88.7	77.5	66.3	55.0	43.7	32.5	21.2	10.0
10.0	25.0	40.0	55.0	70.0	85.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	88.7	77.5	66.2	55.0	43.7	32.5	21.2	10.0
10.0	24.0	37.3	50.5	63.5	76.4	88.7	87.0	88.8	88.7	88.8	88.8	88.7	78.5	69.0	59.3	49.5	39.7	29.9	20.0	10.0
10.0	23.5	35.8	47.3	58.1	68.2	77.3	77.5	77.5	77.5	77.5	77.5	77.5	69.0	61.7	54.0	45.9	37.5	28.7	19.5	10.0
10.0	22.9	33.9	43.6	52.1	59.6	66.2	66.2	66.2	66.2	66.2	66.2	66.2	59.3	54.0	48.1	41.7	34.8	27.2	19.0	10.0
10.0	22.1	31.5	39.1	45.4	50.1	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	49.5	45.9	41.7	37.0	31.6	25.4	18.2	10.0
10.0	21.0	28.4	33.8	37.3	40.7	43.7	43.7	43.7	43.7	43.7	43.7	43.7	39.7	37.5	34.8	31.6	27.7	23.0	17.2	10.0
10.0	19.3	24.2	26.9	29.2	30.9	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5	29.9	28.7	27.2	25.4	23.0	20.0	15.8	10.0
10.0	16.3	18.2	19.4	20.1	20.7	21.1	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	20.0	19.5	19.0	18.2	17.2	15.8	13.7	10.0
10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0

Fig. 4-6

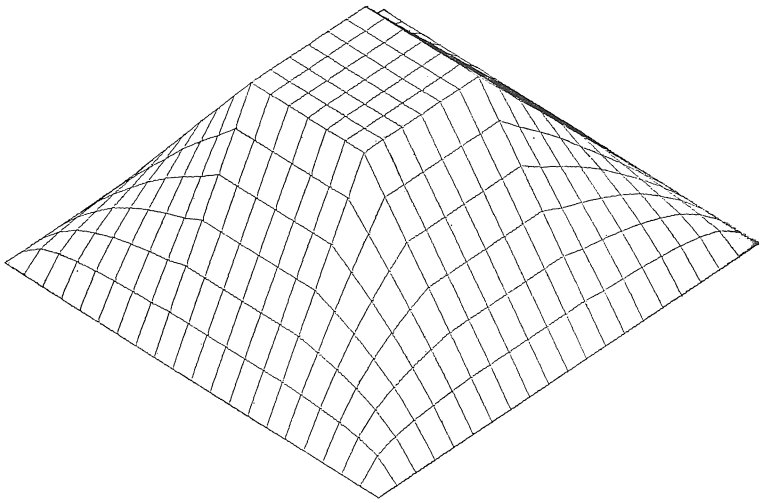

Fig. 4 — 7

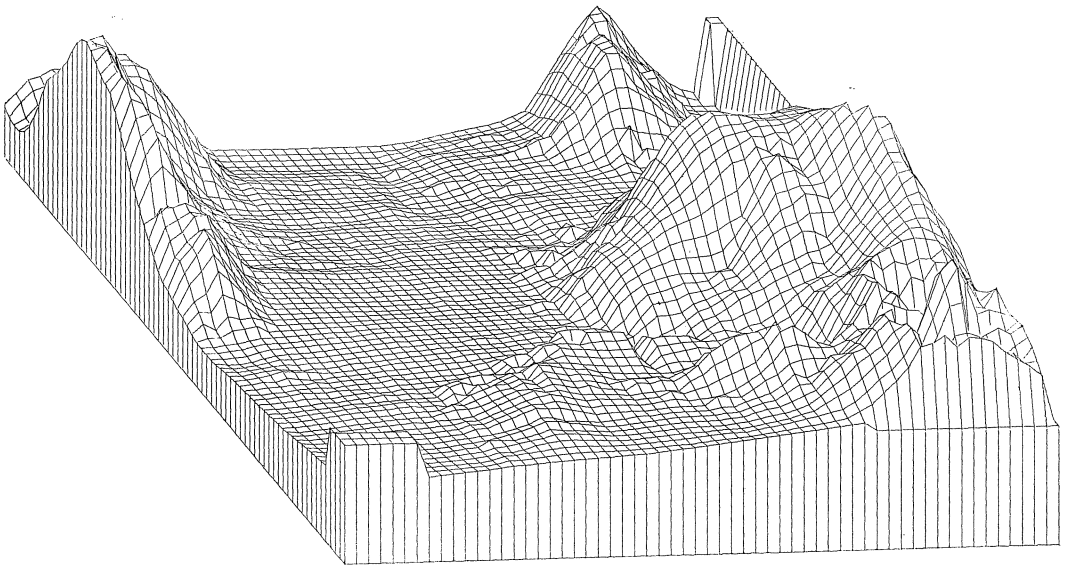

Fig. 4 — 8

参 考 文 献

(1) 川西・永井他：等高線作図の一方法，情報処理，vo. 14 (1973)，No. 12，P916～924

(2) 戸川隼人著：微分方程式の数値計算，オーム社 (1973)，P166

(3) 秦野和郎：二変数関数の表示（その1）—基本的な表示法—，名古屋大学大型計算機センター・ニュース，vol. 4 No. 4 (1973. 8)，P288～310

付　記

ソース・プログラムの一例

```
      REAL  LX,LY
      DIMENSION X( 500),Y( 500),Z( 500),U(101)
C  INPUT
      READ(5,501) XO,YO,LX,LY,NX,NY,ZZ
  501 FORMAT(4F10.0,2I10,F10.0)
      READ(5,502) N,(X(I),Y(I),Z(I),I=1,N)
  502 FORMAT(I10/(3F10.0))
      WRITE(6,601)
  601 FORMAT(1H1)
C  SORTING BY X
      N1=N-1
      DO 1  I=1,N1
      XMIN=X(I)
      IMIN=I
      I1=I+1
      DO 2  J=I1,N
      IF(XMIN.LE.X(J)) GO TO 2
      XMIN=X(J)
      IMIN=J
    2 CONTINUE
      W=X(I)
      X(I)=X(IMIN)
      X(IMIN)=W
      W=Y(I)
      Y(I)=Y(IMIN)
      Y(IMIN)=W
      W=Z(I)
      Z(I)=Z(IMIN)
      Z(IMIN)=W
    1 CONTINUE
C
C  INITIALYZE
      IS23=1
      IS14=1
      XP=XO
      DO 10  K=1,NX
C  DEFINE  IS
      I=IS23
      ISW=0
   11 IF(XP-X(I)) 15,12,13
   12 ISW=1
   13 I=I+1
      IF(I.LE.N) GO TO 11
      IF(ISW.EQ.1) GO TO 15
      GO TO 9400
   15 IF(I.LE.1) GO TO 9400
      IS23=I-1
      DO 16  I=IS14,N
      IF(XP.LE.X(I)) GO TO 17
   16 CONTINUE
      GO TO 9400
   17 IS14=I
      YP=YO
      DO 20  L=1,NY
C-23
      I=IS23
      ISW=0
      R2=9.999E50
      R3=9.999E50
 1106 DX=XP-X(I)
      DY=Y(I)-YP
      IF(DY) 300, 23,200
   23 IF(DX) 200,390,200
  200 IF(ISW.EQ.2) GO TO 230
      IF(DX.LE.R2) GO TO 201
      ISW=ISW+2
      GO TO 1107
  201 IF(DY.GT.R2) GO TO 1107
      RR=DX*DX+DY*DY
      IF(RR.GE.R2) GO TO 1107
      R2=RR
      I2=I
      IF(DY.EQ.0.0) GO TO 300
      GO TO 1107
  300 DY=-DY
      IF(ISW.EQ.3) GO TO 230
      IF(DX.LE.R3) GO TO 301
      ISW=ISW+3
      GO TO 1107
  301 IF(DY.GT.R3) GO TO 1107
      RR=DX*DX+DY*DY
      IF(RR.GE.R3) GO TO 1107
      R3=RR
      I3=I
 1107 IF(ISW.GE.5) GO TO 2000
  230 I=I-1
      IF(I) 9300,9600,1106
  390 ZO=Z(I)
      GO TO 1100
 9600 IF(R2-9.0E50) 9601,9300,9300
 9601 IF(R3-9.0E50) 2000,9300,9300
C-14
 2000 I=IS14
      ISW=0
      R1=9.999E50
      R4=9.999E50
 1108 DX=X(I)-XP
      DY=Y(I)-YP
      IF(DY) 400, 14,100
   14 IF(DX) 100,190,100
  100 IF(ISW.EQ.1) GO TO 360
      IF(DX.LE.R1) GO TO 101
      ISW=ISW+1
      GO TO 1110
  101 IF(DY.GT.R1) GO TO 1110
      RR=DX*DX+DY*DY
      IF(RR.GE.R1) GO TO 1110
      R1=RR
      I1=I
      IF(DY.EQ.0.0) GO TO 400
      GO TO 1110
  400 DY=-DY
      IF(ISW.EQ.4) GO TO 360
      IF(DX.LE.R4) GO TO 401
      ISW=ISW+4
      GO TO 1110
  401 IF(DY.GT.R4) GO TO 1110
      RR=DX*DX+DY*DY
      IF(RR.GE.R4) GO TO 1110
      R4=RR
      I4=I
 1110 IF(ISW.GE.5) GO TO 3000
  360 I=I+1
      IF(I-N-1) 1108,9700,9300
 9700 IF(R1-9.0E50) 9701,9300,9300
 9701 IF(R4-9.0E50) 3000,9300,9300
  190 ZO=Z(I)
      GO TO 1100
 9300 ZO=ZZ
      GO TO 1100
C
 3000 X1=X(I1)
      Y1=Y(I1)
      Z1=Z(I1)
      X2=X(I2)
      Y2=Y(I2)
      Z2=Z(I2)
      X3=X(I3)
      Y3=Y(I3)
      Z3=Z(I3)
      X4=X(I4)
      Y4=Y(I4)
      Z4=Z(I4)
 3100 IF(X1.NE.X2) GO TO 3102
      IF(Y1.GT.Y2) GO TO 3101
      U1=Z1
      R1=1.0/(Y1-YP)
      GO TO 3200
 3101 U1=Z2
      R1=1.0/(Y2-YP)
      GO TO 3200
 3102 U1=Z1+(Z2-Z1)*(XP-X1)/(X2-X1)
      R1=Y1+(Y2-Y1)/(X2-X1)*(XP-X1)-YP
      IF(R1,EQ.0.0) GO TO 3200
      R1=1.0/R1
 3200 IF(Y2.NE.Y3) GO TO 3202
      IF(X2.GT.X3) GO TO 3201
      U2=Z2
      R2=1.0/(XP-X2)
      GO TO 3300
 3201 U2=Z3
      R2=1.0/(XP-X3)
      GO TO 3300
 3202 U2=Z2+(Z3-Z2)*(YP-Y2)/(Y3-Y2)
      R2=XP-X2-(X3-X2)/(Y3-Y2)*(YP-Y2)
      IF(R2,EQ.0.0) GO TO 3300
      R2=1.0/R2
 3300 IF(X3.NE.X4) GO TO 3302
      IF(Y3.GT.Y4) GO TO 3301
      U3=Z3
      R3=1.0/(YP-Y3)
      GO TO 3400
 3301 U3=Z4
      R3=1.0/(YP-Y4)
      GO TO 3400
 3302 U3=Z3+(Z4-Z3)*(XP-X3)/(X4-X3)
      R3=YP-Y3-(Y4-Y3)/(X4-X3)*(XP-X3)
      IF(R3,EQ.0.0) GO TO 3400
      R3=1.0/R3
 3400 IF(Y4.NE.Y1) GO TO 3402
      IF(X4.GT.X1) GO TO 3401
      U4=Z4
      R4=1.0/(X4-XP)
      GO TO 3500
 3401 U4=Z1
      R4=1.0/(X1-XP)
      GO TO 3500
 3402 U4=Z4+(Z1-Z4)*(YP-Y4)/(Y1-Y4)
      R4=X4+(X1-X4)/(Y1-Y4)*(YP-Y4)-XP
      IF(R4,EQ.0.0) GO TO 3500
      R4=1.0/R4
 3500 CONTINUE
      ZO=(R1*U1+R2*U2+R3*U3+R4*U4)/(R1+R2+R3+R4)
 1100 U(L)=ZO
      YP=YP+LY
   20 CONTINUE
      GO TO 90
 9400 DO 30  L=1,NY
      U(L)=ZZ
   30 CONTINUE
   90 CONTINUE
      WRITE(1)  (U(L),L=1,NY)
      XP=XP+LX
   10 CONTINUE
      ENDFILE 1
      REWIND 1
      DO 40  I=1,NX
      READ(1) (U(L),L=1,NY)
      WRITE(6,600) (U(L),L=1,NY)
   40 CONTINUE
  600 FORMAT(/1H0,22F6.1)
      REWIND 1
 7777 CONTINUE
      STOP
      END
```