14 電子計算機による干渉縞 パターン解析の一つの試み

航空宇宙技術研究所 原 亘利[○] 中 正夫 松本甲太郎
本間幸造 磯部俊夫

An Experiment on the Computer Assisted Interferogram Analysis

Nobutoshi Hara^{*}, Masao Naka^{*}, Koutaro Matsumoto,^{*}
Kouzo Honma^{*}, Toshio Isobe^{*}

This paper describes an experimental result on the application of computer image processing techniques to the interferogram of heat convection flow.

The analysis was conducted under man-machine interactive operation. The binarization-thinning method was utilized in this study as the principal algorithms.

As the result, some improvements in the accuracy and efficiency were obtained in comparison with the previous processing methods.

1. はじめに 干渉縞パターン解析の自動化における最大の問題点は、図形そのものが、ある程度抽象化されたものであり、測定物理量との相似性が失われている点にあると思われる。例えば、X線影像や赤外線写真等の場合、画像の濃度分布が直接被検体のX線吸収係数分布または、物体表面温度に比例した値として与えられているのに対し、干渉縞パターンではその対応がない。そのため、この画像解析を実行するにあたっては、認識、判断と言った電子計算機の最も不得意とする処理過程が不可欠になることが予想される。

しかし、私達が人力だけで干渉図形の解析を行なっていたときの事を思い返して見ると、最も労力を要し、また誤差の生じ易かった部分はこのような知的処理過程ではなく、むしろ干渉縞中心線位置の測定とかMapping作業の過程であったことに気付く。そこで、このような単純作業の部分だけでも自動化出来れば省力化と精度向上に有益であると考えた。本報では、現状に則した干渉図形処理システムについての調査を目的として行なった干渉縞パターンの電子計算機処理実験の1例について述べる。

2. 干渉法による熱対流場の観測

今回の解析実験では、fig. 1で示すレーザー・ホログラフィ干渉光学系により観測された加熱円柱周りの定

fig.1 Laser holography system.

* National Aerospace Laboratory, Jindaiji-Higashi, Chofu, Tokyo, 182 Japan

常熱対流干渉図形、fig. 2 を供試画像とした。観測方法としては、二重露光法を用いている (ref. 1)。なお、測定部に置かれた円柱は、光軸方向に長く取り、均一に加熱しているため、熱源付近の流れは、略、二次元流と見る事ができる。

fig.2 Interferogram of heat convection.

項 目	性能 ・ 規格
画像入力装置	ドラムスキャナー
濃度範囲	$D = 0.0 \sim 4.0$ $D = 10 \log 1/T$
出力データ	8 bit
サンプリング間隔	$25 \sim 1000 \mu m$
試料サイズ	$345 \times 430 mm$

表1 ドラムスキャナー 性能・規格

3. 処理過程

画像処理の方針は、基本的には、これまでのman-powerによる干渉縞パターン解析の方法を念頭に置いて計画した。全体の構成は、fig. 3に示す通り、大きく(A)、(B)二つの部分に分けられる。(A)は、データ収集部で、入力画像はドラムスキャナーによって読み取られ、A-D変換後ミニコンピューターを介して磁気テープに出力される。データ収集部の性能・仕様は、凡そtable 1の通りである (ref. 2)。(B)は、本来の画像処理の部分

table 1 Specification of drum scanner system.

fig.3 Digital image analysis flow.

で、数値化された画像データを大型電子計算機(FACOM M380/180)上に移し、干渉縞中心線の抽出、各線の縞次数定義、物理量への変換、内挿・外挿による全格子点へのデータの当て嵌め、さらに処理結果の表示作業へと続く。

ここで、抽出線に縞次数を定義して行く作業では、若干の知的判断が必要であるため、現時点に於いては、対話的に作業を進めて行くのが最も確実であると考えた。縞中心線の抽出法としては、これまで幾つか

処 理	Subroutine名	ref.
ヘッダー情報	DSHD	Format変換 NAL. TM- 548
サンプリング条件	RDDSI T	
データ読み出し	DSDATA	
細 線 化	THNG1-THNG3	
微小領域除去	ERSR3	SPIDER サブルーチン
ラベリング	CLAB	
ヒストグラム	HIST2D	
2 値 化	BINR1, BINR2	
平 均 処 理	ODLA	NEXUS使用
LINEの値付け	VALUE	
予備細線化	PRTHNG	
MAPPING	LTOFS	
疑似カラー表示	PSEUDOC	
等高線表示	CONTOUC	

表2 サブルーチン一覧表

table 2 Subroutine programmes.

の方法が試みられて来たが、ここでは、2値-細線化法(ref. 3)を用いた。なお、ここに示した処理過程(fig.3)は、予備的に行なった処理実験の中から特に重要と思われる過程について結合して表示した。また、処理プログラムもこれに合わせて各ステップ毎にモジュール化して適宜呼び出して使用出来るようにした。この処理で用いたサブルーチンの一覧表はtable 2

の通りである。

4. 処理結果

処理画像としては、使用出来る計算機メモリーとの関係から、1フレーム、 512×512 画素の領域(fig.4)を入力画像とした。

fig.4 Original image.

fig.5 Extracted line and binarized image.
(without filter)

まず、予備実験として、原画像から直接、2値-細線化法を用いて縞中心線の抽出を行なって見ることにする。その結果はfig.5に示す通りであるが、この場合幾つかの問題点が発生していることがわかった。その第1は、本来の測定領域でない加熱円柱の影部分が、干渉縞と識別できず、不用な線図形を残していることと、第2は、太い干渉縞部分で抽出線に多数の分岐が生じること、第3は、同じく太い干渉縞部分で抽出線の短縮が起こることであつた。これらは、何れも後続処理において好ましくない影響を与えるため、予め措置して置くことが重要であると考え、何回か、試行錯誤的処理を繰り返した結果、次の対処方法が有効であることがわかった。第1、第2の問題に対しては、2値化処理を行なう前、即ち、原画像の段階で、処理領域の境界を明確に与えて置くことと、分岐線の原因となる高い空間周波数の雑音成分(ここでの場合は、主にジャマン干渉縞であつた。)を取り除いて置くことで解決出来た。また、第3の問題に対しては、細線化処理に先立って画面周辺部に接する干渉縞端末の予備細線処理を行なって置くことにより、完全に防止出来た。その結果は、fig.6の通りである。

fig.6 Extracted line.
(with filter)

ここで、縞次数定義の方法について述べておく。

抽出されたばかりの線画像は、2値画像の一種で、細線の部分が1、その他の部分が0として表示されているため、このままでは、個々のlineを識別することが出

fig.7 Fringe order definition.

来ない。そこで、先ず、それぞれの細線の連結成分毎に異なった番号を割りふり、各lineが識別出来るようにして置く。(Labeling処理) その後、fig.7に従い、縮次数定義の出発点A(X1,Y1)から終点B(X2,Y2)の方向に向かって、各ラベルの全連結成分に対して次式で表わされる縮次数値 ΦN を与えて行く。

$$\Phi N = k(2N - 1) / 2 \quad (1)$$

ここで、Nは、順番を表わし、またkは、A(X1,Y1)からB(X2,Y2)に向かっての縮次数の増減を指示する定数で、 $k = -1$ or $+1$ である。

縮次数値から物理量への変換は、2次元流れ場に対しては次式で与えられる(ref.4)。

$$\rho \cdot K = \rho_0 \cdot K_0 + \lambda \cdot \Phi N / L \quad (2)$$

$$\rho_0 = P_0 / (G \cdot T_0), \quad \rho = P / (G \cdot T) \quad (3)$$

また、(2),(3)式からは、温度Tを求める式が得られる。

$$1/T = \{(P_0 \cdot G \cdot K_0) / (P \cdot G_0 \cdot K)\} \{1/T_0 + (\lambda \cdot \Phi N) / L \cdot \rho_0 \cdot K_0 T_0\} \quad (4)$$

ここで、 ρ は密度、Kは Gladstone-Dale 定数、 λ は光の波長、Lは測定部光路長、Gはガス定数、Tは温度、Pは圧力を表わし、添え字₀は基準状態を示す。

上記の変換によって、縮中心線上の物理量が与えられることになるが、このままでは画面全体の関係を示す事は出来ない。そこで、ここでは、流れ場の外部境界で連続的に基準値に等しくなると言う条件を入れ、内挿、外挿法により全格子点へのデータの当て嵌めを行なう。この実験の場合、内挿法として準エルミート区分解法(REF.5)，外挿法として1次補外を用いた。

以上の一連の作業によって、一つの干渉図形の処理は一応終了することになるが、更に抽出されたデータの有効な利用を図るため、各種のコンピュータ・グラフィックスの手法が用いられている。今回得られた画像処理結果の中から、温度分布の状態を疑似カラー法を用いて表示して見るとfig.8のようになる。

fig.8 Pseudo-color expression
of temperature distribution

参考文献

- (1) 原 亘利；レーザ・ホログラフィによる流れの可視化予備実験，航技研報告TR-516 (1977/11)
- (2) 本間幸造，磯部俊夫；ドラムスキャナー用プログラム，航技研資料TM-548 (1985/9)
- (3) 電子技術総合研究所；SPIDER USER'S MANUAL (1980/9)
- (4) 佐藤誠四郎；ホログラフィによる計測，日本機械学会第492回講習会教材 ('79-10-22,23)
- (5) 富士通；FACAM FORTRAN SSL II, (99SP-0050-5)