

画像処理を用いた沿面放電進展時の マッハ・ツェンダー干渉縞の解析

An Analysis for Mach-Zehnder photographs using an Image Processing Technique

金子正光、竹之内 修、辻 利則

密度計測の分野では2次元空間にできる干渉縞の変化を利用するマッハ・ツェンダー干渉法という計測手法が使われている。この場合、干渉縞の位置を手動で読み取っている。そこで、この手間のかかる作業をコンピュータを利用した画像処理を用いることで自動的に縞の位置を読み取らせる手法の確立を試みた。

キーワード：画像処理、マッハ・ツェンダー、干渉法、縞

目次

- I まえがき
- II 処理方法
- III 処理結果と考察
- IV まとめ
- 謝辞
- 参考文献

I まえがき

画像処理は、現在では様々な分野で利用されている⁽¹⁾。特に、3Dの画像処理はバーチャルリアリティを実現するための不可欠な技術である。この場合、実際にあるものを数値データとしてモデリング化し、コンピュータに入力する必要があるが、この作業は困難となる場合も多い。このため、入力を容易にするために実物のデータをモデリングする様々な三次元計測が存在する。その一つに、スリット光などのパターンを対象物に投影し、対象面上の投影縞を観測するアクティブステレオ法がある⁽²⁾。一方、密度計測の分野では2次元空間にできる干渉縞の変化を利用するマッハ・ツェンダー干渉法という計測手法が使われている⁽³⁾。いずれの場合も基準となる縞からの変化量を計測するという点は共通で、形成された縞の位置を読み取る技術が不可欠となる。

これまで、我々はマッハ・ツェンダー干渉像で得られる干渉縞の位置を手動で読み取っている。そこで、この手間のかかる作業をコンピュータを利用した画像処理を用いることで自動的に縞の位

置を読み取らせる手法の確立を試みた。

II 処理方法

マッハ・ツェンダー干渉縞の像は白黒256階調のgif形式で保存された画像として記録してある。この場合、暗い縞は階調値が0に近い小さな値となり、明るい縞は大きな階調値にある。したがって縦方向に縞が観測されている画像を横方向から見た場合、1つの走査線上の階調値は小さな値から大きな値までほぼ滑らかに推移し、そしてまた小さな値に推移するといった状態を繰り返す。この様子を図1に示す。そこで、この階調値が最低値となり、谷を形成する点を探し、各走査線上のこの点をつなげていくことで一本の縞を求めることができる。

ここで問題となるのが、どのようにして縦方向の縞として認識させるかということである。本研究では、縞の認識手法として次に述べる二つの方法を適用してみた。

認識方法1

図2に示すように、次の縞の位置は、前の縞の位置から大きく変化していないと仮定し、その左右近傍の画素から順次調べる方法。検査する画素が明るい縞がある画素まで到達した場合（ノイズ等で谷を形成する点が存在しなかった場合）は、検査をやめ、前の縞の位置とする。画像の上部から順次検査する。

認識方法2

認識方法1で認識を行った後、画像の下部方向から認識方法1と同様な方法で認識させる方法。認識方法1で得られた結果と比較し、違いがあれば画像の下部方向からの認識を優先させ、同じ結果であれば、比較を止め、次の縞の検査へと移行する。

画像処理プログラムは、画像やユーザインターフェースを容易に扱えることのできる可能なtcl/tk言語と高速画像処理が可能なC言語を組み合わせ、UNIXオペレーティングシステム上で作成した。プログラムの外観を図3に示す。

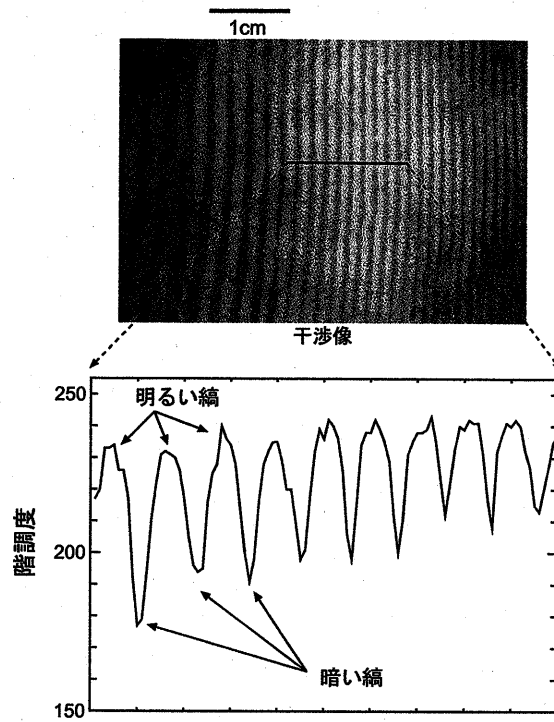


図 1 画像の階調値の変化

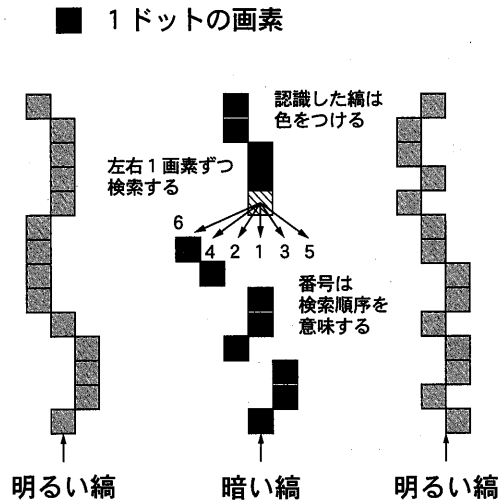


図2 縞の認識方法

III 処理結果と考察

図4 (a) に干渉像を示す。この図を先に延べた階調の変化を利用して縞を抽出した像を同図 (b) に示す。この図は同時に明るい縞を薄い灰色で示している。同図 (c) は認識方法1で縞を認識させた場合を示す。認識した縞は色を変えて示している。認識に成功した縞は黒い矢印で、失敗した縞は赤い矢印で示す。この場合、図中に示す番号4～10は正しく認識を行っている。しかし1～3の縞の認識は、途中他の縞の位置を認識する結果となり失敗している。同図 (d) は認識方法2で認識させた場合であるが、認識方法1よりも認識率がよく1と3の縞を正しく認識することが出来た。しかし、3の縞を認識することが出来なかった。

同様に、他の干渉縞写真を処理した結果を図5に示す。この場合、認識方法1と認識方法2では同じ数の縞を認識した。しかし、認識された縞には違いが見られ、認識方法1では2番目の縞が認識できず、また、認識方法2では4番目の縞が認識できなかった。このことから、認識方法によっては認識できる縞とそうでない縞があることがわかる。

ここで、5つの干渉像について同様な処理を行い、そのときの認識率を調べてみた。この認識率の測定では、人間が判断した場合、100%の判別が行える干渉像を対象とし、隣り合った10本の縞を処理対象とした。図6にその結果を示す。その結果、認識方法2は認識方法1に比べ約2倍弱であることがわかった。認識方法2では認識率は60%弱である。認識率が100%にならない理由として、処理対象画像に含まれるノイズの混入が考えられる。干渉像へ混入したノイズは図1のような連続

画像処理を用いた沿面放電進展時のマッハ・ツェンダー干渉縞の解析 (金子正光)



図 3 プログラムの外観

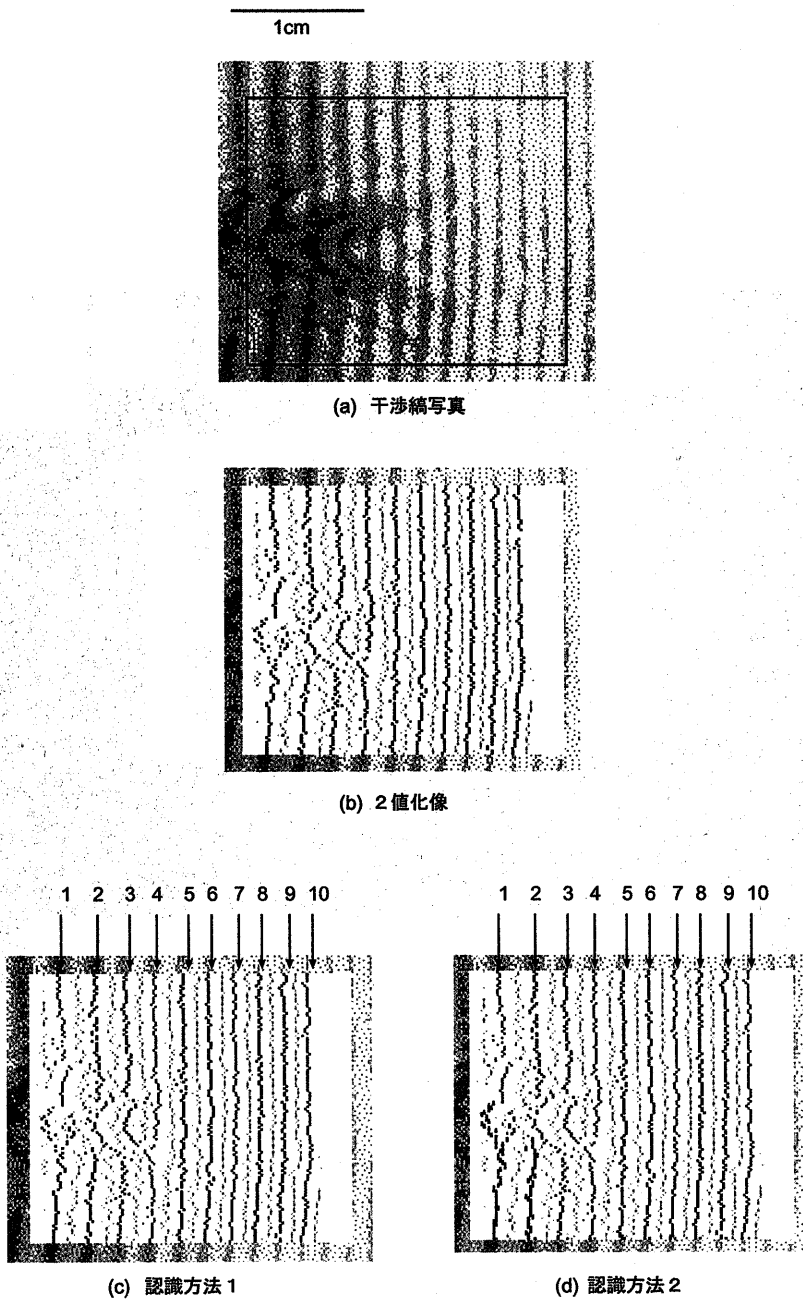
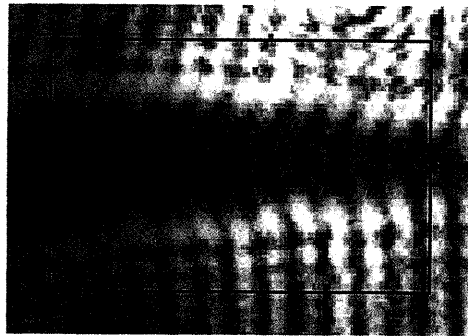
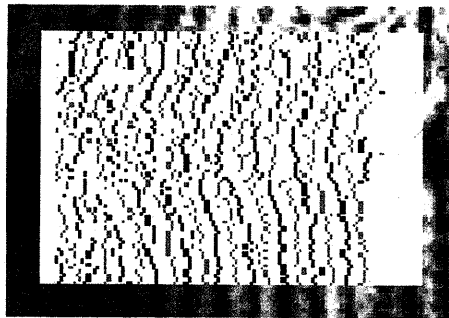


図4 干渉縞の認識の様子(その1)

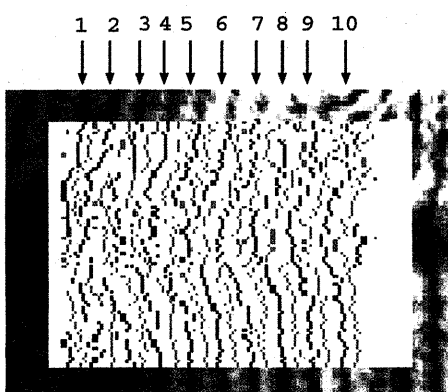
1cm



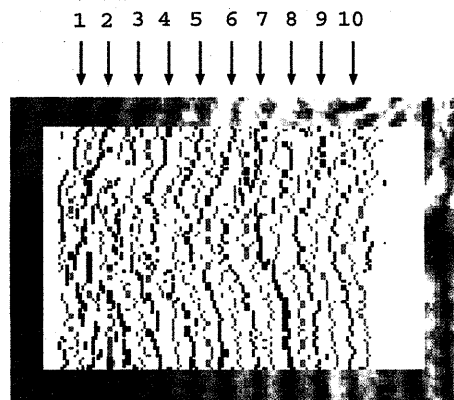
(a) 干渉縞写真



(b) 2値化像



(c) 認識方法 1



(d) 認識方法 2

図 5 干渉縞の認識の様子 (その 2)

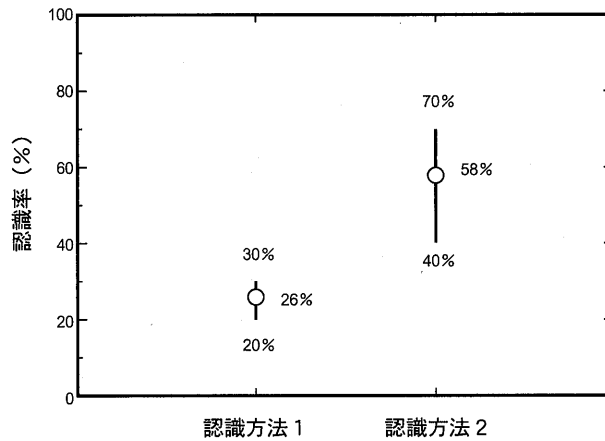


図6 干渉縞の認識率

的な階調の変化の途中に極大極小点を与えることとなり、これにより、画像の2値化処理が困難となり、縞の認識に影響を及ぼすと考えられる。したがってノイズの混入を如何に小さくするかが必要となる。

人間の目を利用した判別方法は、干渉縞の位置を手動で読み取るため多くの時間を必要とする。今回作成したプログラムを利用した場合、瞬時にその位置をよみとることができた。特に、放電のマッハ・ツェンダー干渉縞像は多数枚の写真进行处理する必要があるため、その効果も大きい。今後は認識率の向上を行っていくことで、より効率的な処理が可能になるものと考えられる。

IV まとめ

マッハ・ツェンダー干渉縞の位置をコンピュータを利用した画像処理を用いることで自動的に縞の位置をよみとらせる手法の確立を試みた。その結果、以下のことがわかった。

- (1) 干渉縞は明るい点と暗い点の集まりであるためその極大値と極小値を探すことで二値化できる。
- (2) 二値化された画像に対して画像の上部および下部方向から縞の位置を認識する方法は、上部からのみ認識させる方法よりも認識率が高い。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、ご助言をいただいた下関市立大学非常勤講師の河野俊弘氏に感謝します。
最後に、本研究の一部は本学の大学共同研究情報機器を利用したことを記す。

参考文献

- (1) 安居院猛、長尾智晴：「画像の処理と認識」、小晃堂、1994年
- (2) 小谷口博光、二門圭、本田捷夫：「人顔部の三次元形状計測システムの開発」、3次元画像コンファレンス'99 講演論文集
- (3) Masakazu Okamura, Osamu Takenouchi, Masahisa Otsubo, Chikahisa Honda: "Observation of the Electron Density of a Local Discharge with Impulse Voltage by 2 Wavelength Laser Interferometry", Japan-Korea Joint Symposium on Electrical Discharge and High Voltage Engineering, 2000

所属・職：

金子 正 光 (宮崎公立大学・教授)
竹 之 内 修 (航空大学校・助教授)
辻 利 則 (宮崎公立大学・講師)

