画像処理による6相交流アークプラズマの解析

非会員 牧田 廣一 (福井大学)

学生員 張 小牝 (福井大学)

学生員 松浦 次雄 (福井県工業技術センター) 非会員 谷口 喜一 ((株)JTM)

正 員 谷口 慶治 (福井大学)

Image Analysis on Arc-Plasma Generated by 6-Phase Alternating Currents

H.Makida, Non-member(Fukui University), X.M.Zhang, Student Member(Fukui University), T.Matsuura, Student Member(Fukui Industrial Technology Center), Y.Taniguchi, Non-member(JTM Inc.), K.Taniguchi, Member(Fukui University)

キーワード: 画像処理、アーク、プラズマ

1. まえがき

多相交流(ここでは6相交流)を利用して放電を行わせると、放電空間には常にプラズマが存在するので、放電開始電圧(電極間電圧)が低く、しかも放電が安定している。このような方法により発生させたアークプラズマは多方面に利用できる。

ここでは、文献⁽¹⁾⁽²⁾で使用された装置を用いてアークプラズマを発生させ、高速度ビデオで放電現象を撮影した。そして、画像から電極領域と放電経路を抽出した。また、画像中の画素の色度分布と、温度分布との関係を調べた。

2. 電極の配置と原画像

図1:電極の配置

Fig.1. Arrangement
of the Electrodes.

図2:(a)R画像、(b)G画像

Fig.2.(a)R image
(b)G image.

アークプラズマ発生装置の電極の配置を図1に示す。電極は一樣な太さのカーボン電極で構成されている。この

装置によりアーク放電を行わせた時の放電現象を下から撮った画像を図2に示す。交流電源の周波数は60Hz、周期は $\frac{1}{60}\text{s} \approx 17\text{ms}$ である。原画像は4msに1枚ずつ連続的に撮影した20枚を用いている。この方法では、一周期に約4枚の画像を撮影する事ができる。6相放電は放射エネルギーが非常に大きいため、光を直接カメラに取り込むとCCD素子が破壊される。これを防ぐため、波長特性に影響を与えないND(Neutral Density)フィルタPro ND2、ND4、ND8(商品名)を各1枚ずつ重ねて用い $\frac{1}{64}$ に減光させて測定した。

3. 画像の解析

<3.1> 電極領域の抽出 ここでは、画像に写っている電極の先端を電極領域と呼ぶことにする。

電極領域の抽出には、原画像のなかで最もよく電極が写っているR画像を用いた。これを二値化して電極領域を抽出するが、画像には最も濃度の高い部分(電極)と中間の濃度の部分(放電経路)、そして最も濃度の低い部分(背景)があるため、閾値を2段階で決定して二値化を行った。

まず、R画像全体について、クラス間分散の差分に基づく閾値設定法⁽³⁾により、背景と対象物(電極と放電経路)を分ける閾値 t_1 を求めた。次に、濃度が t_1 より高い画素の部分について、判別自動閾値選定法⁽³⁾により、電極と放電経路を分ける閾値 t_2 を求めた。最後に、R画像全体を閾値 t_2 で二値化し、電極領域を抽出した。

この処理では、電極と同じ濃度をもつ放電経路も同時に抽出されるため、数枚の連続する画像を二値化してその論理積をとり、位置が変化していない電極領域のみを抽出した。こうして、抽出した電極領域を図3(a)に示す。

電極の配置は図1のようにになっているため、電極が消耗して短くなると、画像中での6つの領域のなす円の半径が大きくなる。よって、図3(a)の中の6つの領域のなす円の半径

変化から、電極の消耗の度合いが測定することができる。

<3-2> 放電経路の抽出 放電経路の抽出にはG画像を用いた。ここでは、G画像全体について前述のクラス間分散の差分に基づく閾値設定法により、背景と対象物(放電経路と電極)を分ける閾値を求め、二値化を行った。このきの画像には電極領域も含まれているので、先程抽出し電極領域を用いてこれを取り除いた。図3(b)に抽出され放電経路の例を示す。

このような処理により、アークプラズマの空間的な分布調べることができる。

図3:(a)電極領域、(b)放電経路
Fig.3. (a)Electrodes, (b)Discharging region.

<3-3> 画像の色度の分析 図2(b)の画像の白線上の濃度分布と色度の分布を、図4に示す。図4の横軸はx座標、ラフの実線はR画像の濃度、点線はそれぞれ色度のx、y、z成分である。

図4の濃度分布には、濃度の高い部分が二つと、その間中間の濃度の部分がある。濃度が高い二つの部分は電極部分にあたり、また中間の濃度の部分は放電経路の部分にた。図4で画素の濃度の低いところは背景とみなして、その部分の色度については考えないことにする。

色度の分布をみると、電極部分ではx成分の値が最も高、ついでy成分の値が高くなっており、画像上ではオレンジ色に見える。また、放電経路の部分(x=70付近)では、電極部分にくらべて色度のx、y、z成分の値がほぼ同じ位になっており、画像上では白色に見える。

よって、電極部分はR成分が多く、放電経路はRGBの全

図4:画素のR濃度と色度の分布
Fig.4.Distribution of the gray level for R component of the original image, and Chromaticity scale.

ての成分が同じくらい含まれており「白色」である。したがって、電極部分に比べて、放電経路は高温であると考えられる。

4. まとめ

6相交流アークプラズマのビデオ画像より、電極領域と放電経路を抽出し、更に、画像の画素の色度分布と温度との関係を調べた。その結果、電極の消耗の度合いや、アークプラズマの空間的な分布を知ることができた。また、アークプラズマの存在する空間の色度は白色であり、この部分は非常に高温であることが推定できた。

今後の課題としては、画素の色度からその部分の温度を定量的に求める方法の開発があげられ、現在研究中である。

(平成7年11月15日受付)

文 献

- (1) 松浦次雄、田子修、辻野弘、谷口慶治:六相交流によるアークプラズマの発生の実験、電学論、114-D、p.101-102(1994-1)
- (2) T.Matsuura, O.Tago, H.Tsujino and K.Taniguchi: "Discharge characteristic of the arc-plasma generated by the six-phase-currents", Proc. of IASTED on MSI, Wakayama, Japan, p.81-83(1994-9)
- (3) 尾崎弘、谷口慶治:画像処理(第2版)-その基礎から応用まで、共立出版(1983-11)、p.181

牧田 廣一 (非会員)1974年2月16日生。1996年3月福井大学工学部情報工学科卒業。同年福井大学大学院博士前期課程進学。画像処理の工業への応用の研究に従事。

松浦 次雄 (学生員)1949年7月12日生。1973年東京電機大学工学部電子工学科卒業。同年福井県工業技術センター勤務。福井大学大学院博士課程在学。制御、マイクロコンピュータ応用、画像処理、人工知能の研究に従事。

谷口 慶治 (正員)1934年11月20日生。昭和28大阪歯車工業(株)、昭和31航空自衛隊勤務。昭和39近畿大・理工・2部電気卒。同年阪大・工・電子助手、昭和48福井大・工・電子・助教授。昭和51同教授。昭和63より情報工学科勤務。現在、主に生体細胞の画像処理の研究に従事。工博。著書「画像処理」(共著、共立出版)ほか。IEEE Senior Member。