

カーボンナノチューブ生成装置の自動化に関する研究

林 一哉* , 谷澤 之彦* , 田畑 康晴* , 清崎 茂*

A Study on the Automation of Carbon Nanotube Manufacture Device

by Kazuya HAYASHI, Yukihiro TANIZAWA,
Yasuharu TABATA and Shigeru KIYOSAKI

〔要旨〕

現在、試作装置におけるカーボンナノチューブの生成は、目視にて電極間距離を調整しながら行っている。そこで、この目視作業等を自動化する事を目的とし、電極間距離を制御するのに適した制御方法の検討と、その制御方法を適用した試作装置にて実験を行った。その結果、電極間電圧による制御法にて、カーボンナノチューブが自動生成可能であることが確認できた。

1. はじめに

蛍光表示管等の電子放出源として、カーボンナノチューブ等のカーボン系材料が注目されてきている。

そこで、このカーボンナノチューブの生成効率を向上させる目的で、試作装置の自動化を行った。

本研究では、自動制御に必要な制御法の検討を行い、自動化の一手法について提案する。

2. 制御方法の選択・検討

カーボンナノチューブをアーク法にて生成する場合、現状では、放電させるカーボン電極の間隔を作業者が目視にて、電極間距離の調整を行っている。そこで、自動化を行うために次の2手法（画像処理による制御、電極間電圧による制御）にて、その可能性を検討した。

2.1 画像処理による制御

この方法は、現在作業者が行っている目視の部分、画像処理装置に置き換えて、制御が可能であるかを検討した。

ポイントとしては、1) 放電時の画像入力が可能であるかと、2) 入力した画像から微少な電極間距離の変化を判別することができるかの2点である。

画像入力に関しては、放電時と非放電時の輝度値が

大きい異なるため両方の状態を監視することは困難であるが、測定すべき放電時だけの状態に限定すれば、フィルター（遮光板）をレンズ前に挿入することで画像の入力は可能であった。

電極間距離の変動に関しては、1mm間隔で変化させた場合の画像を入力し、その変化がどの程度認識可能かについて測定を行った。

入力した画像は、処理を施し、各電極間距離が何画素に対応するかを測定した。参考のために、電極間距離1mmと5mmの場合の、処理前と処理後の画像を図1に示す。

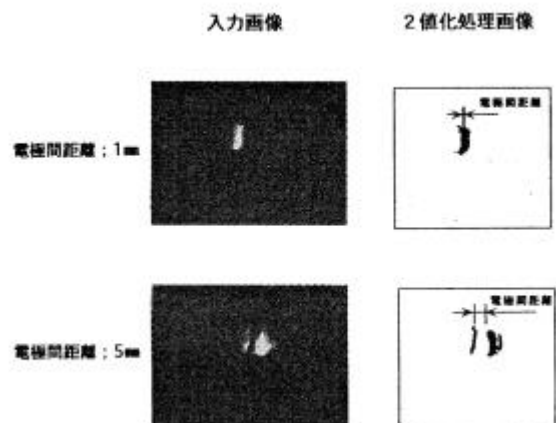


図1 入力画像と処理画像

各画像により画素数を測定できる範囲が異なるが、

* 機械電子グループ

測定可能な任意のポイントにて測定を行った結果、表1の結果が得られた。

表1 電極間距離と画素数の関係

電極間距離	画素数
1mm	4 ± 1画素
5mm	21 ± 3画素

但し、画像処理の段階で数画素程度の誤差を含むと考えられるので、画像から1mm単位の距離の移動を正確に測定し、電極間距離を1～2mmに制御することは困難である。

現状での画像を利用した場合の問題点としては、以下のことが挙げられる。

- 1) 電極間距離が1mmの場合だと、2値化後の画像からは、部分的にしか電極間距離を測定できない。
- 2) 今回撮像に使用した25mmレンズでは、誤差等を考慮に入ると3mm前後の移動がないと、電極間距離が変化したことを認識しない可能性がある。
- 3) 放電時とそうでない場合の輝度値が大きく異なるため、両方の状態をモニターすることができない。
- 4) 2台以上のカメラで監視しないと、正確な電極間距離を把握できない可能性がある。

メリットとしては、放電といった過渡現象にもかかわらず、比較的安定した情報を得やすいという点が挙げられる。

2.2 電極間電圧による制御

この方法では、電極間距離の変化と電圧の変動がどのように関係しているかを把握し、それを制御に応用することができるかを検討した。

まず、カーボンナノチューブの生成に適正な場合とそうでない場合の、電極間距離と電圧値の関係を測定した。

<適正な距離(1mm)>

デジタルオシロスコープを用い電圧波形を観測したところ、図2のような結果を得、電圧値が、ほぼ15V程度で安定していることがわかった。

<不適正な距離(3mm)>

適正な場合と同様に、測定した結果、電圧値は、ほぼ20V程度で安定していることがわかった。

<その他の距離>

中間の2mm程度の場合が、ほぼ17V程度、電極が接触した場合が、0Vであった。

本結果より、電極間距離の調整を必要とする範囲では、電圧がほぼリニアに変化していることと、適正な

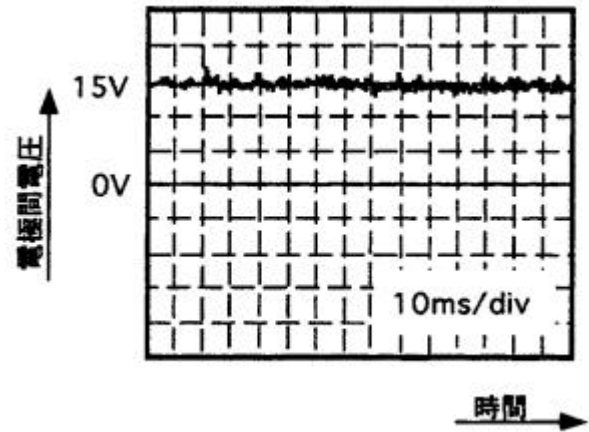


図2 電極間電圧の時間変化

距離と不適正な距離とで約5Vの電圧差があることがわかり、適正距離での電圧値から数ボルト程度変動した場合に、電極間距離を調整するという制御が可能と思われる。

問題点としては、放電という過渡的な現象を電圧でモニタリングするため、測定電圧にノイズが生じやすく、測定誤差の要因となる可能性があるため、自動化装置を試作する場合には、測定電圧に対しフィルタ回路等を用いてノイズ除去も検討する必要がある。

それぞれの手法の検討結果から、「カーボン電極間電圧による制御法」が、画像処理法に比べて、比較的簡易な装置で、電極間距離を精度よく制御可能であることがわかった。

3. カーボン電極間電圧による制御

試作装置は、図3に示すように、電極間距離調整用の駆動機構(含むシーケンサ)と制御用パソコン(OS:Windows98)及びI/Oボードにより構成されている。I/Oボードは、アナログ系とデジタル系から構成されており、アナログ系では、アーク放電等からのノ

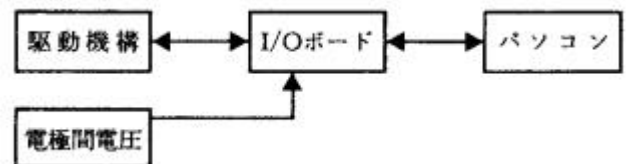


図3 自動化装置ブロック図

イズや突発的なサージ電圧から回路等を保護するために、入力される電極間電圧のアイソレーションを行いデジタル系では、シーケンサ側の入出力電圧(24V)とパソコン側の入出力電圧(5V)との電圧値の変換、及びシーケンサからの動作確認信号をパソコン側が見落

とさないために、その信号のラッチを行っている。

電極間電圧をモニタリングすることにより、電極間距離を制御するために、パソコンでは、電極間電圧を100kHzでサンプリングし、サンプリングしたデータは逐次1000個単位でブロック化される。さらに、その平均値が適正範囲内にあるかを判断し、超えた場合に、電極間距離を制御しているシーケンサに移動量と移動方向の出力を行う。このプログラムの制御フローを図4に示す。

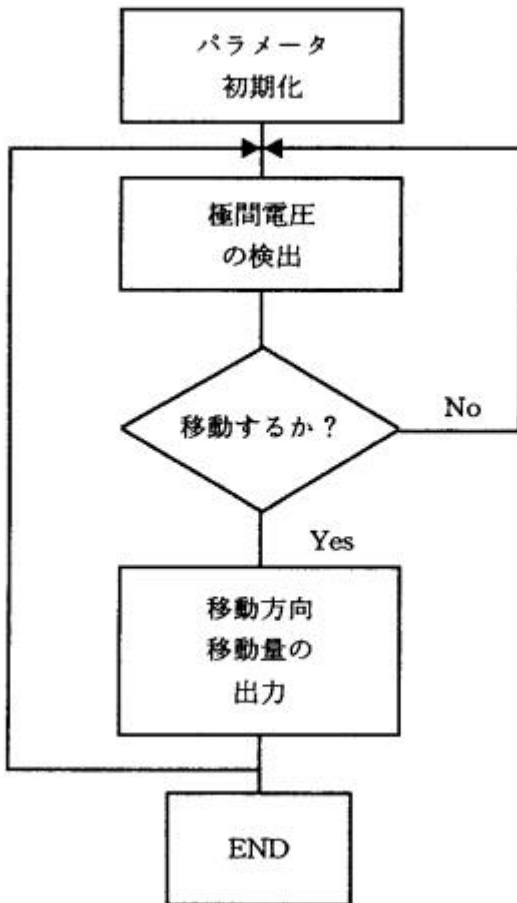


図4 制御フロー

4. まとめ

アーク法によるカーボンナノチューブの生成装置の自動化を検討した結果、制御方法としては、電極間電圧による電極間距離制御の方が適していることがわかった。

また、本制御法を用いた試作装置を作製し、カーボンナノチューブの自動生成が可能であることを確認した。

謝辞

本研究は、科学技術振興事業団による平成10年度地域研究開発促進拠点支援（RSP）事業の可能性試験に関連して、伊勢電子工業㈱と共同で実施したものです。

また、試作装置の作製等にて御協力いただいた、伊勢電子工業㈱の方々にお礼申し上げます。

参考文献

- ・日向駿馳．入門 Visual C ++．東京，翔泳社，1995，529p