電気トリーのフラクタル次元評価に関する一考察

正 員 丸 山 悟 (明治大)

正 員 工 藤 勝利 (明治大)

A Consideration on the Evaluation of Fractal Dimension of Electrical Tree

Satoru Maruyama, Member, Katsutoshi Kudo, Member (Meiji University)

キーワード：電気トリー，フラクタル次元，PMMA 樹脂

1. ま え が き

著者らは以前よりフラクタル次元を用い、電気トリーの形状パターンの分類、定量化を行ってきた⁽¹⁾。ところで実際の電気トリーは三次元空間での現象であるが、このトリーパターンを三次元の画像データとして取扱うことは容易ではない。そこで、二次元に投影したパターンからフラクタル次元を求めることが行われている。しかし、二次元で求められたフラクタル次元は、その観察方向によって変化する可能性がある。このような観点から、雷放電のパターンのフラクタル次元に関しては一部検討がなされているが⁽²⁾、電気トリーに関しては検討されていない。電気トリーのフラクタル性に関して、二次元投影パターンのもつ意味を明らかにするためにも、フラクタル次元の方向依存性を明らかにする必要がある。そこで、今回は、トリー進展に関して電界的にみて方向性をもたない円筒状 PMMA 樹脂を用いて、交流トリーパターンのフラクタル次元の観察方向依存性について考察したので報告する。

2. 試料および実験方法

試料としては、前報⁽³⁾と同じ円筒状 PMMA 樹脂を用いた。針電極としては、曲率半径 $3\mu\text{m}$ のオグラ針を使用し、針先端部に 1mm の針状ボイドを作成した。また電極構成は、針-平板電極とし、ギャップの長さは 5mm とした。電圧は、交流 50Hz を使用し、 15kV を 10 分間印加した。観察角度を変えてトリーを調べるために、ステッピングモータにより針電極を中心軸として 15° ずつ回転させ、その各々の角度におけるトリーを、顕微鏡を通して写真撮影した。更に、スキャナ (NEC, PC-IN 503 H) を用いて、その写真をパソコンに読み込み画像処理を行った後、各々のパターンについてフラクタル次元を求めた。この場合、

前報⁽³⁾で報告したカバー法を用いてフラクタル次元を求めている。

3. 三次元シミュレーショントリーの作成

実際の電気トリーとの比較のため三次元シミュレーショントリーの作成を行った。作成に関しては前報⁽⁴⁾と同様である。シミュレーションは、三次元的にランダムウォークを発生させたもので、今回の PMMA 樹脂で得られた交流トリーとは必ずしも似たパターンとはいえないが、形状としてはブッシュ状に近く、かつ得られたパターンはフラクタルであることが確かめられている。このシミュレーショントリーの場合もカバー法を用いてフラクタル次元を求めた。

4. 結果および検討

図 1 は、実際のトリーを発生させた試料を回転させて得られたときのブッシュ状トリーの一例である。図 2 は、そのパターンについて角度ごとのフラクタル次元の変化を示したものである。フラクタル次元は、平均値で 1.55 の値を示しており、その標準偏差は約 0.04 である。この結果から、トリー形状は観察方向によって変化して見えるが、フラクタル次元に関しては、ほぼ一定範囲の値を示す傾向にあることがわかる。図 3 は、三次元のランダムウォークシミュレーションによって得られた二次元投影パターンの一例であり、また図 4 は、そのパターンの観察方向によるフラクタル次元の変化を示したものである。この場合、フラクタル次元は平均値で 1.60 の値を示しており、その標準偏差は約 0.03 であり、実際の電気トリーの結果と同じ傾向を示している。一方、シミュレーショントリーの三次元でのフラクタル次元は約 1.9 であり、二次元よりも大きい値となっている。

以上の結果から、ブッシュ状トリーのパターンに関しては、実際のトリーおよびシミュレーショントリー

図 1 観察角度を変えたときの画像処理された実際の電気トリーパターン

Fig. 1. Image-processed real tree patterns in the case of varying observation angle.

図 2 画像処理された実際の電気トリーに対するフラクタル次元と観察角度

Fig. 2. Fractal dimensions versus observation angle for image-processed real tree patterns.

ともフラクタル次元の方向依存性は比較的小さいことがわかった。また、シミュレーショントリーのフラクタル次元は、二次元に投影したときよりも三次元のほうが大きな値を示すことから、実際のトリーに関しても同様の傾向になることが予想される。現段階では、二次元投影のフラクタル次元と三次元のフラクタル次元の間に明確な相関関係が得られていないが、今後検討することにより、二次元に投影したパターンのフラクタル次元から、三次元のフラクタル次元を推察することも可能と考えられる。

(平成 4 年 1 月 24 日受付)

文 献

- (1) 例えば、丸山・工藤：平 3 電気学会大会，No. 271
- (2) 河崎：平 3 電気学会大会，S. 2-4
- (3) 工藤・丸山：電学論 A，111 (平 3-7)
- (4) 丸山・工藤：第 23 回電気絶縁材料シンポジウム，II-8 (平-2)

図 3 観察角度を変えたときのシミュレーショントリーパターン

Fig. 3. Simulated tree patterns in the case of varying observation angle.

図 4 シミュレーショントリーに対するフラクタル次元と観察角度

Fig. 4. Fractal dimensions versus observation angle for simulated tree patterns.

丸 山 悟 (正員)

昭和 42 年 3 月 16 日生。平成 3 年 3 月明治大学大学院工学研究科電気工学専攻博士前期課程修了。同年 4 月同博士後期課程進学，現在に至る。絶縁体の電気特性に関する研究に従事。

工 藤 勝 利 (正員)

昭和 18 年 9 月 21 日生。49 年明治大学大学院工学研究科電気工学専攻博士課程修了。現在，同大学理工学部教授。工学博士。誘電体・絶縁体に関する研究に従事。