



# 電荷重畳法と遺伝的アルゴリズムによる 円筒電極が作る電位分布の計算

西村 亮<sup>\*,1</sup>, 西守 克己<sup>\*</sup>, 石原 永伯<sup>\*</sup>

(1999年11月8日受付, 1999年12月3日受理)

## Calculation of Potential Distribution Produced for Cylindrical Electrodes Using Charge Simulation Method and Genetic Algorithms

Ryo NISHIMURA,<sup>\*,1</sup> Katsumi NISHIMORI<sup>\*</sup> and Naganori ISHIHARA<sup>\*</sup>

(Received November 8, 1999; Accepted December 3, 1999)

We propose the method to provide an appropriate arrangement of both fictitious charges and contour points for cylindrical electrodes by the charge simulation method using genetic algorithms (GA). We calculated an asymmetric 2-D potential distribution around two different cylindrical electrodes above the grounded plate electrode. We described the arrangements of the charges and the contour points as chromosomes. Firstly, the fictitious line-charges and the contour points were placed at random. Then, the arrangements were improved automatically using GA until the potential reached the appropriate value at all the entire surface of the electrodes.

### 1. はじめに

著者らはこれまでに、遺伝的アルゴリズム (GA) を用いた仮想電荷の適切な配置の自動決定法を提案した<sup>1)</sup>。今回は仮想電荷の2次元的な配置を必要とする場合の輪郭点の位置を含めた配置決定方法の例を報告する。

### 2. 計算モデル

計算対象となる電極は図1に示される2つの無限長円筒電極を平行に配置した2次元非対称電極系である。このような場合、仮想電荷を2次元的に配置する必要がある。

1個の仮想電荷の位置を長さ  $a$  のビット列で表し、1個の輪郭点位置を長さ  $b$  のビット列で表す。仮想電荷は無限長線電荷とし、電極  $i$  ( $i=1,2$ ) の仮想電荷の個数を  $n_i$  とした場合、 $j$  番目の仮想電荷 ( $1 \leq j \leq n_i$ ) は次式で与えられる角度  $\theta_j$  [rad]における半径上に存在する。

$$\theta_j = (j-1)\Delta\theta \quad (1)$$

$$\Delta\theta = 2\pi / n_i \quad (2)$$

キーワード：電界計算, 電荷重畳法, 遺伝的アルゴリズム, 仮想電荷配置, 配置問題

<sup>\*</sup>鳥取大学工学部電気電子工学科 (680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南4-101)

Electrical and Electronic Engineering, Tottori University,  
4-101, Koyama-minami, Tottori 680-8552, Japan

<sup>1</sup>ryo@ele.tottori-u.ac.jp

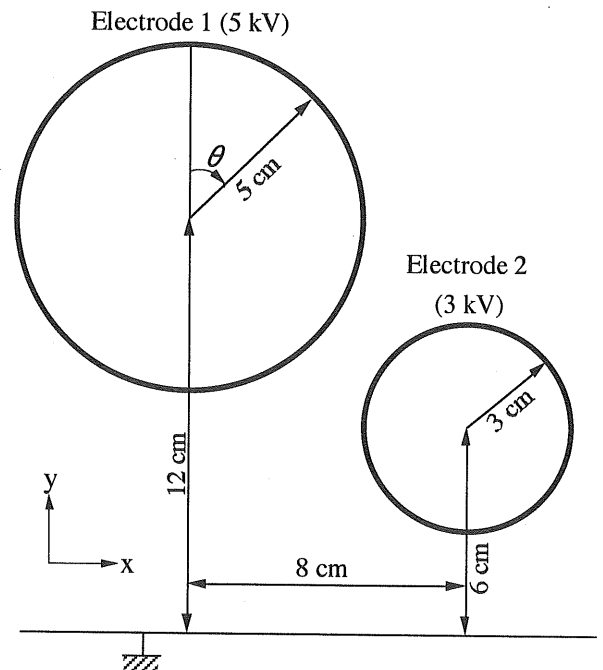


図1 無限長円柱電極系 (計算対象)

Fig. 1 Two cylindrical electrodes with infinite length.

電極  $i$  の半径を  $r_i$  とすると、各仮想電荷は区間  $(0, r_i)$  である比率に内分する点に配置される。その比率は各電荷に対応するビット列によって決定される。また、 $j$  番目の輪郭点  $(\theta_j - \Delta\theta/2, \theta_j + \Delta\theta/2)$  の区間にある比率に内分する角に対応する円周上に配置され、内分比は対応するビット列によって決定される。

### 3. 計算

個体の評価値  $\sigma$  を本研究では次式で定義する。 $\sigma$  が 0 に近いほど、目的とする電位分布（電極表面がいたるところで設定値）に近づく。

$$\sigma = \sum_{i=1}^2 \int_0^{2\pi} |\phi_i(\theta) - \phi_{i0}| d\theta \quad (3)$$

ここで、 $\phi_i(\theta)$ :  $i$  番目の電極の角度  $\theta$  (図1参照) での電極表面電位、 $\phi_{i0}$ :  $i$  番目の電極の設定電位

各個体に対して評価値を求め、最小の(最良の)評価値  $\sigma_{min}$  および最大の(最悪の)評価値  $\sigma_{max}$  が得られたとき、それぞれが 1 および 0 となるような 1 次変換を行い、その結果を用いて個体の淘汰を行う。

10 個の親個体が総当たりのつがいをつくり、1 組が 10 個の個体を産む。親と子の合計 460 個体のうち、評価値が  $\sigma_{min}$  の個体を選択する。さらに集団 (460 個体すべて) に対し、文献 2 に示される手順によって 9 個体を選択し、合計 10 個体を次世代の親個体とする。

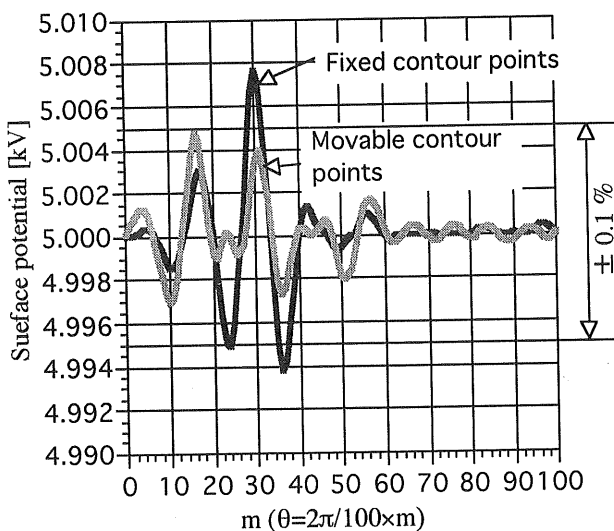
初期状態は一様乱数によって発生させたビット列を持つ 10 個の第 0 世代とする。計算は 500 世代目までおこなう。計算のための数値条件を表 1 に示す。表中の交叉確率  $C_v$  と突然変異発生率  $M_t$  は各遺伝子座 (ビットの位置) 当たりの値である。

種々の仮想電荷ビット長  $a$ 、輪郭点ビット長  $b$ 、交叉確

表 1 数値条件

Table 1 Numerical conditions.

Number of fictitious charges $n$	15/electrode
Bit length of the pair of a fictitious charge and a contour point $a+b$	10 bit/pair
Crossover rate $C_v$ [%]	5, 10
Mutation rate $M_t$ [%]	0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5



(a) Electrode 1 ( $\phi_1 = 5$  kV)

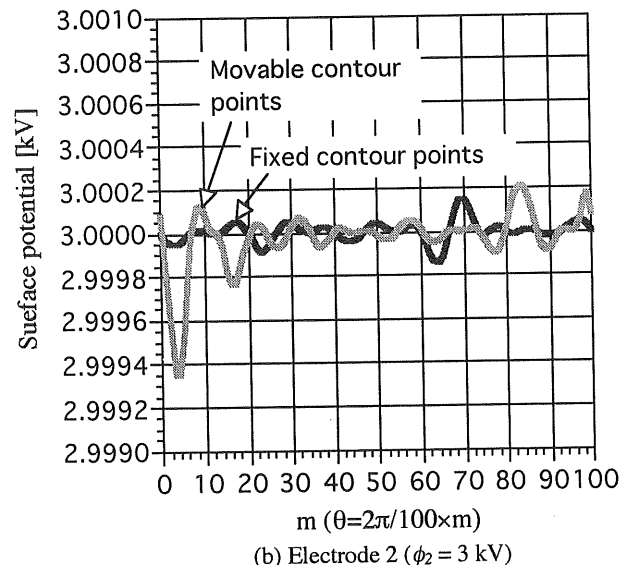
率  $C_v$  と突然変異発生率  $M_t$  の組み合わせに対して計算を行ない、評価値  $\sigma$  を比較した。図 2 に輪郭点移動可能 ( $a=7, b=3, C_v=10\%, M_t=0.5\%, \sigma=0.1957$ ) の場合と輪郭点固定 ( $a=10, b=0, C_v=5\%, M_t=0.5\%, \sigma=0.2337$ ) の場合 (どちらも  $a$  と  $b$  の各組み合わせに対して平均値に近い  $\sigma$  が得られた  $C_v$  と  $M_t$ ) の電極表面電位を示す ( $\theta$  の取り方は図 1 参照)。電極表面での電位の誤差は Electrode 1 (5 kV) で比較的大きいが、仮想電荷および輪郭点を適切な位置に配置することで 0.1% 以下に抑えられている。Electrode 2 (3 kV) では誤差はさらに 1 桁小さい。また、適切な  $a$  と  $b$  を採用して輪郭点を移動可能にすることにより、誤差に対応する  $\sigma$  を小さくすることができたため、今回の問題 (円筒座標) については電荷および輪郭点の存在範囲を式(1) および(2)で定義すること、および今回用いたコーディング (遺伝子化) 手法は妥当なものであると考えられる。

### 4. おわりに

今回用いたモデルに対しては、式(1)および(2)で定義することで、電荷および輪郭点の存在範囲に制限を設けたが妥当な電位分布が得られた。しかし、電荷重畳法では電位を正確に知りたい部分の輪郭点を密にとることがよいとされている。そのため、任意の(複雑な)形状の電極に対してはこれらの制限を撤廃した(式(1)における  $\theta_j$  を自動決定させるような)コーディングの方法を開発する必要がある。

### 参考文献

- 1) 西村 亮, 西守克己, 石原永伯: 静電気学会誌 22 (1998) 310
- 2) 石田良平, 村瀬治比古, 小山修平: パソコンで学ぶ遺伝的アルゴリズムの基礎と応用, p. 4, 森北出版(1997)



(b) Electrode 2 ( $\phi_2 = 3$  kV)

図 2 電極表面電位

Fig. 2. Surface potentials of electrodes.