

# 雷雲の電氣的構造推定のシミュレーション

3C-6

上田立志、水巻純一、堀田裕弘、村井忠邦、池田長康  
富山大学工学部

## 1 まえがき

地表付近の電界を観測することにより雷雲の様子を推定することができれば、送電系への雷害予知にもつながるが、推定方法が十分に検討されていない。

本研究では、境界要素法を用いて地表付近の電界強度の観測データから大気中の空間電荷分布を逆問題的に推定した。本法による数値例を示す。

## 2 推定法

雷雲の位置を知ることは、電荷分布と地表での電界強度との関連を求めることになる。この場合、電位分布を求めることが必要であるが、このような場における支配方程式及び境界条件は

$$\nabla^2 \phi + \frac{Q}{\epsilon} = 0 \quad \text{in } \Omega(\text{大気中}) \quad (1)$$

$$\phi = \hat{\phi} (= 0) \quad \text{on } \Gamma(\text{地表}) \quad (2)$$

ただし、 $\phi$  は電位、 $Q$  は電荷量、 $\epsilon$  は誘電率、記号  $\hat{\phi}$  は値が既知であることを表す。また、境界  $\Gamma$  は無限遠まで広がっているものとする。したがって、もし電荷の位置や大きさが与えられたとしても、有限要素法や境界要素法で電位分布を求めるには、半無限要素の使用など特別な工夫が必要である [1][2]。このため本法の推定では半無限の境界要素 [3] を使用している。

電荷分布推定は以下のようにして行った。

- (1) まず、雷雲の電荷分布を点電荷の集合とし、電荷は電界観測地点上空にのみ存在するとした。この場合、観測地福井県三国町の地域性を考慮して、雷雲の高さはたかだか地上より 10km の範囲内にあるものとした。
- (2) 適当な個数の点電荷の位置を仮定し、次の電荷量と地表での測定電界との関連を表す式を求めた。

$$\begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ \vdots \\ E_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \vdots \\ \rho_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

ここで、 $E_1, E_2, \dots, E_m$  は測定電界、 $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$  が電荷量である。係数  $a_{ij}$  は電荷の位置と観測地点が分かれば、境界要素法（または有限要素法）により容易に記述できる。

- (3) 式 (3) を解いて各位置の電荷量  $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$  を求め、電荷分布と電位分布を求める。この場合、 $m \leq n$  であることが必要で、(3) は最小 2 乗法的に求めた。

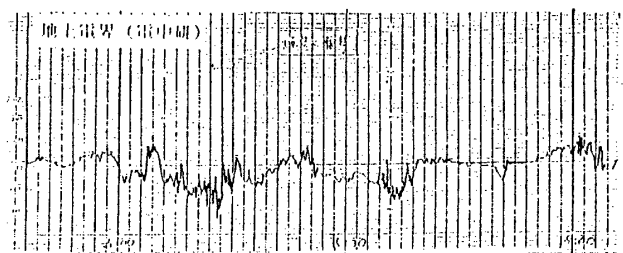


図 1：観測電界波形

## 3 数値例

シミュレーションで用いる観測データとして、福井県三国町で測定された地表付近電界の時間変化波形 (図 1) を、多点で同時に観測した波形と見なして用いた。この場合、観測時の気象状況より雷雲は一定速度 (約 15m/s) で地表と平行に移動しているものと仮定してある。この観測波形からサンプルされた  $m$  個の点を観測データとして用い、これに対応して、地表を 60 個の境界要素で分割した (図 2 参照)。

次に、 $n = 30$  個の仮想電荷の位置を仮定し、式 (3) を解いて電荷量を求めた。図 3、図 4 にこのようにして求められた電位分布と点電荷群による地表付近の電

界強度と観測データとの誤差を示す。点電荷の数 = 30 個程度でかなり、観測データと一致する電界分布が得られていることが分かる。また、観測データの個数を 50 とした場合も 40 個の場合と、ほぼ似たような電位分布となることが分かる。

#### 4 あとがき

点電荷群の位置を仮定して、地表での電界の観測データから電荷量及び電位分布を求めた。今後、仮想電荷の数を増やしてより実的なモデルを構築し、実際のデータとの比較を行いたい。

なお、本研究は、一部、(財)北陸活性化センター研究助成金 (HIAC 第 197 号) の補助を受けた。

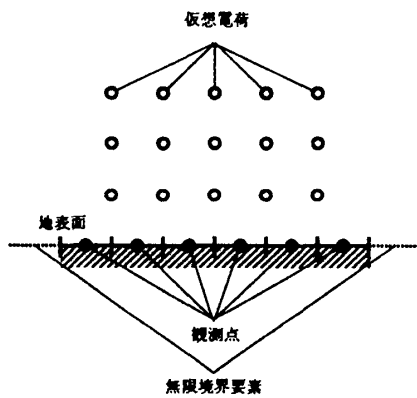


図 2：境界要素分割と電荷位置の様子

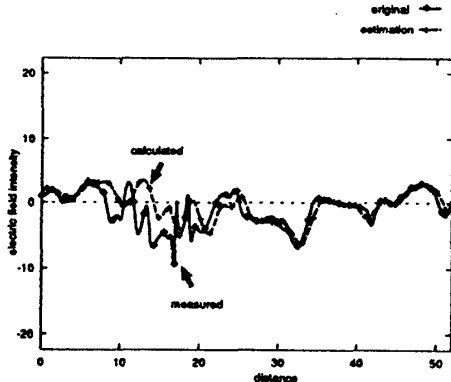
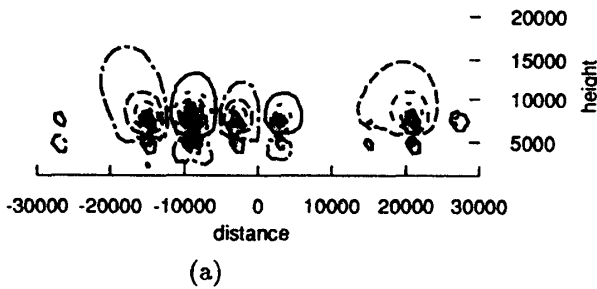


図 3：推定結果 (観測点 40, 仮想電荷 30)

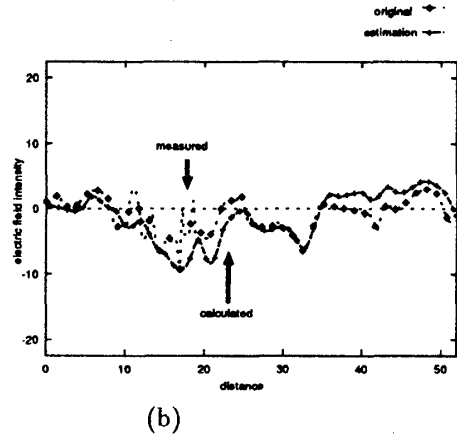
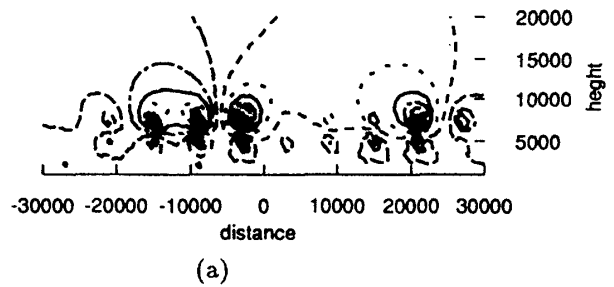


図 4：推定結果 (観測点 50, 仮想電荷 30)

#### 5 参考文献

- [1] 加川：”開領域問題のための有限/境界要素法”，サイエンス社 (1983)
- [2] 榎園：”境界要素解析”，培風館 (1984)
- [3] 水巻、堀田、村井、北村、池田：”有限要素モデルによる雷雲電荷分布推定のシミュレーション”，平成 6 年度電気関係学会北陸支部連合大会講演論文集 A-54(1994)