

入学年度 平成 10 年度

学籍番号 10117929

氏名 齋藤進

論文題目 異常電磁波の伝播特性に関する研究

中野研究室

1 はじめに

研究の最終目標は、異常電磁波発生源を正確に推定することである。電磁波強度の多点観測によって異常電磁波発生源を推定するためには、電磁波伝播に伴うその強度による減衰特性が明確である必要がある。

2 局所異常電磁波データの抽出方法

観測データには、地球規模の電磁波放射による電磁波信号と地域的な電磁波信号が混在している。地殻活動等で必要な信号は後者である。各観測点で感度に差異があるためその感度を正規化する(正規化データ)。正規化データから地球規模の電磁波放射として標準データを作成する。そして、正規化データから標準データを差し引くことにより、地域的な信号である局所データを作成する。

3 異常電磁波発生源推定方法とその例

2節の方法で得られた局所データの2乗値を電磁波エネルギーとし、電磁波発生源推定を行う。

発生源 O から単位距離の地点 (x_0, y_0) でのエネルギー密度 A_0 に対し、発生源から離れた観測点 $P_i(x_i, y_i)$ のエネルギー密度の理論値 A_i は発生源からの距離 R_i の2乗に反比例して減衰すると仮定する(式(1))。実際に P_i で観測された電磁波エネルギー密度を \tilde{A}_i とする。 A_i と \tilde{A}_i には雑音等による誤差が生じるため、式(2)を最小とする点 (x_0, y_0) を電磁波発生源と推定する(最小2乗法)。

しかし、式(3)より A_0 は算出可能であるが、 (x_0, y_0) を解析的に求めるのは困難であるため、地図上を格子に分割し、式(2)を最小とする格子点を探索し、更にその格子点付近を格子に分割し探索を繰り返す、絞り込み法により推定値の算出を行う。

$$A_i = \frac{A_0}{\sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2}} = \frac{A_0}{R_i^2} \quad (1)$$

$$f(x_0, y_0, A_0) = \sum_i (\tilde{A}_i - A_i)^2 \quad (2)$$

$$\frac{\partial f}{\partial x_0} = \frac{\partial f}{\partial y_0} = \frac{\partial f}{\partial A_0} = 0 \quad (3)$$

雷雲は強い電磁波を放射するため、異常電磁波推定例のサンプルとする。雷雲による異常電磁波発生源の推定結果と雷雲のレーダ観測による雷雲分布を比較する。異常電磁波発生源の推定例を以下に示す。

推定例1(2000年11月2日12-13時)

図1と図2を比較すると、両図の雷雲分布はよく一致しており、電磁波発生源推定が成功していると思われる。

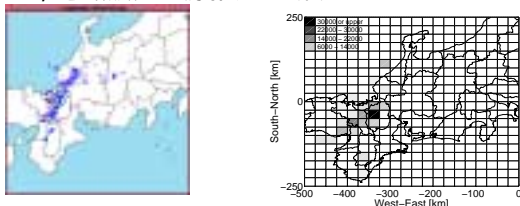


図 1: レーダ観測による雷雲分布 (12:32) 図 2: 推定結果による雷雲分布

推定例2(2001年10月22日11-12時)

図3と図4を比較すると、両図の雷雲分布は全く一致していない。つまり、別の異常電磁波による信号が混入していることが考えられる。

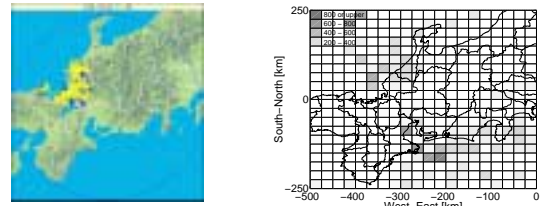


図 3: レーダ観測による雷雲分布 (11:39) 図 4: 推定結果による雷雲分布

4 電磁波減衰データの抽出

3節で示した電磁波発生源の推定例で、ある一定レベル以上の位置を雷雲発生点とする。この点から、各観測点までの距離と観測されたエネルギーを算出する。ただし、その距離の範囲は200[km]以内とする。また、発生源のエネルギー密度 A_0 は推定毎に異なるため、 $A_0 = 1$ に正規化する。また、電磁波減衰率を観るため、発生源からの距離と電磁波エネルギーは共に常用対数で示す。更に、抽出したデータに対し、最小2乗法により近似し、その電磁波の減衰率を観る。

各推定例に対する電磁波減衰データ

推定例1について、電磁波エネルギー $9000[(pT/\sqrt{Hz})^2]$ 以上を雷雲発生位置と仮定し、電磁波減衰データの抽出を図5に示す。また、推定例2については、電磁波エネルギー $600[(pT/\sqrt{Hz})^2]$ 以上を雷雲発生位置と仮定し、電磁波減衰データの抽出を図6に示す。

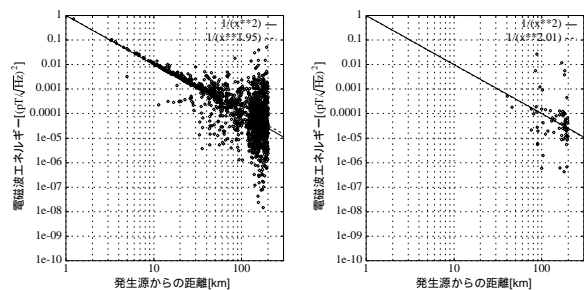


図 5: 推定例1に対する電磁波減衰データ 図 6: 推定例2に対する電磁波減衰データ

図5では発生源から近い観測点の電磁波エネルギーを推定に使用しているが、逆に図6では遠方による電磁波エネルギーを推定に使用していることが分かる。また、図5のデータで発生源からの距離200[km]で減衰率1.95を算出したが、100[km]の範囲では減衰率1.98となった。この値と3節で述べた仮定による理論式 $\frac{1}{x^2}$ の減衰率2との比較において、減衰率1.98という値は非常に近い値である。また、100[km]の範囲での減衰率1.98と200[km]の範囲での減衰率1.95により、その減衰率が遠ざかるほど緩やかに変化することを示唆している。

5 まとめ

本研究では、異常電磁波発生源推定によりその位置を仮定し、電磁波減衰データを抽出することで、その減衰の近似式を導出した。しかし、その根底には電磁波が距離の2乗に反比例して減衰する仮定を用いているため、近似式がその2乗反比例減衰式 $\frac{1}{x^2}$ に近い式となる。この仮定から独立した電磁波減衰データの抽出方法を求める必要がある。