

鳥取大学大学院 学生員 片山佳夫
鳥取大学工学部 正会員 野田 茂

1. まえがき

地震が発生すると、液状化などに伴い地盤の大変形が見られる。この大変形が原因となって、地中に埋設されたライフラインが大きな被害を受けることが知られている。そこで本研究では、1995年兵庫県南部地震の前後に航空写真によって任意地点で測定された地盤変位ベクトルを基に、文献1)で提案された条件付確率場の推定理論を用いて未観測点での地盤変位量を推定する。

2. 未観測点における地盤変位の推定法

ポートアイランド北東端を分析の対象とし、地盤の絶対変位量を推定するため、まず確率的特性を調べると、観測データから求められた絶対変位量の頻度分布は図1のようになる。この頻度分布より、観測量を表現する確率場は対数正規確率場で表せることがわかる。そこで、著者の一人によって提案された無条件場における確率特性の推定法²⁾と、条件付対数正規確率場における推定理論¹⁾を用いて、任意地点における地盤の絶対変位量に関する最適推定値と推定誤差分散を求める。

条件付対数正規確率場の推定理論を適用するに当たり、観測データを用いて、無条件場における平均値と共分散をモデル化する。その上で、ここでは、ユニバーサル・クリッキングではなくシンプル・クリッキングを試みる。ここで、無条件平均値は既知の座標関数と未知パラメータの線形結合、無条件共分散は未知パラメータの無条件分散と相関距離で表せると仮定する。

無条件共分散を規定するパラメータは、観測データから結合確率密度関数を求め、負の対数尤度関数を最小にするように決定する。また、無条件平均値を規定するパラメータは、観測データ、座標関数、無条件共分散よりなる重み付き最小2乗解から求められる。これらパラメータの誘導過程については文献2)を参照されたい。

以上のようにして求められた無条件場の平均値と共分散ならびに観測データを用いることにより、条件付確率場における最適推定値を算出し、その推定精度の尺度としては推定誤差分散を用いる。

3. 数値計算結果および考察

対象地区内の170カ所の観測データを基に分析を行なう。無条件の平均値と共分散を規定するパラメータの算定には改訂準ニュートン法を用いる。無条件平均値は2次の座標関数によって表せると仮定した。負の対数尤度関数の収束状況を図2に、無条件共分散を規定するパラメータの収束状況を図3に示す。同図より、繰り返し回数とともにパラメータが収束し、対数正規確率場、条件付推定理論、地盤変位量、補間、1995年兵庫県南部地震

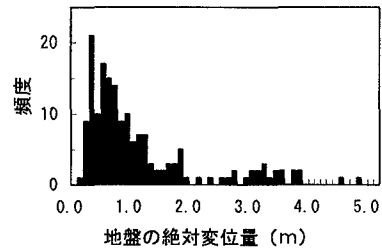


図1 ポートアイランド北東端における地盤の絶対変位量の頻度分布

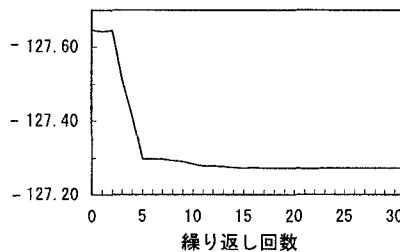


図2 改訂準ニュートン法を用いた負の対数尤度関数の収束状況

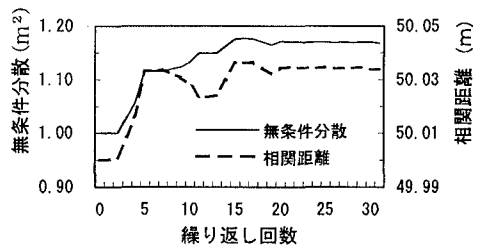


図3 無条件共分散を規定するパラメータの収束状況

〒680 鳥取市湖山町南4丁目101 Tel: 0857-31-5335 Fax: 0857-31-0882
〒680 鳥取市湖山町南4丁目101 Tel: 0857-31-5307 Fax: 0857-31-0882

束していく様子が理解できる。相関距離は 50.034m と求まり、この範囲内における観測点の影響が強くなる。

条件付推定理論を用いて求められた地盤の絶対変位量の最適推定値を図4に、推定誤差分散を図5に示す。なお、推定点は、観測点 170 カ所と未観測点 1855 カ所の合計 2025 カ所である。さらに、図4に示す任意断面(ポートアイランド中央部から海に向かう断面)において求めた最適推定値を図6に示す。図6において、破線は文献2)の方法によって求められた無条件平均値を、▲はこの断面に近い位置において観測された地盤変位量である。

観測点に近い位置における地盤変位量の最適推定値は観測データに漸近し、観測点と推定点が一致すると、最適推定値は完全に観測データに一致していることが図4より理解できる。また、推定誤差分散についても、推定点が観測点に近いとき0に近い値となり、観測点に一致すると0になることが図5より成立している。これらのことから、本方法は物理的にも確率的にも有用な結果を与えていると言える。

図5よりわかるように推定地点の周りに観測点が存在すると、この推定点では0に近い推定誤差分散を示しているが、周辺に観測点のない推定点では無条件分散に近い推定誤差分散を与えている。このことは文献1)でも指摘されているように、推定誤差分散は観測データに独立であり、観測点の位置と数に大きく左右されていることがわかる。

得られた結果を地形条件と比較してみる。地震によって対象地区の全体の地盤は変形している。しかし、詳細に見ると、ポートアイランド中央部の変位量は小さいが、海側の変位が大きいことから、地盤の絶対変位量は海岸線に近づくにつれ大きくなる傾向にある。

以上の分析は地盤の絶対変位量に関するものであるが、どの方向に変位したかを知るためにも、地盤変位ベクトルを表す角度についても同様に推定する必要がある。

4. あとがき

本研究では、1995年兵庫県南部地震において観測された地盤変位量を基に、確率場の無条件平均値を空間座標の関数として表すとともに、無条件共分散を均一な無条件分散と相関距離でモデル化した上で、文献1)の方法によって任意地点の地盤変位量を推定した。その結果、ポートアイランド北東端の地盤変位量を定量的かつ高精度に明らかにすることができた。なお、本研究で用いた地震変位データは早稲田大学の濱田政則教授から提供されたものである。ここに深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) 野田 茂、星谷 勝：条件付対数正規確率場の同定、第9回日本地震工学シンポジウム(1994)論文集、第1巻、pp.247~252、1994年12月。
- 2) 橋尾隆徳、野田 茂：確率場を規定するパラメーターの推定、土木学会第50回年次学術講演会講演概要集、第1部(A)、pp.858~859、1995年9月。

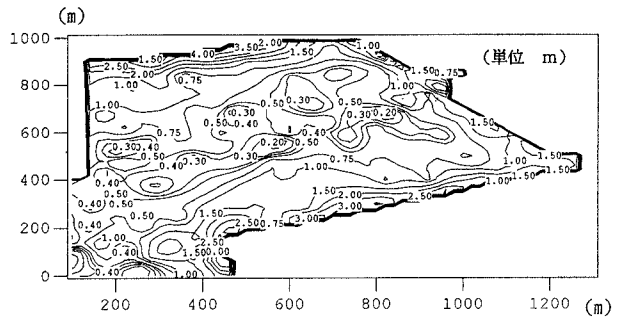


図4 地盤変位量の最適推定値

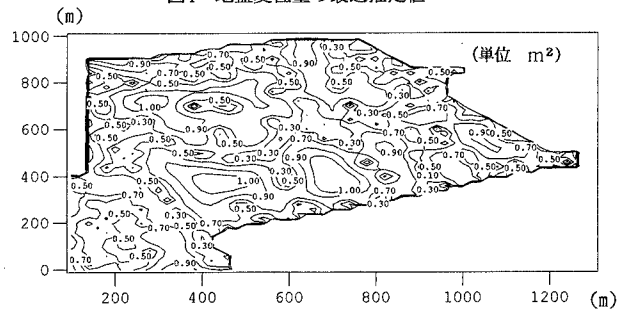


図5 地盤変位量の推定誤差分散

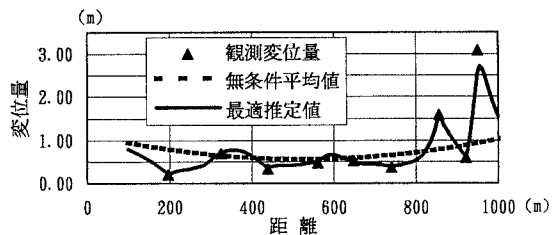


図6 任意断面における無条件平均値と最適推定値(観測点は必ずしもこの断面上には位置しない)