

氏名	ほんだまこと 本 多 真
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	工 博 第 1923 号
学位授与の日付	平 成 12 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 資 源 工 学 専 攻
学位論文題目	地質工学における時間及び空間系挙動の確率・統計学的予測に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 菊地宏吉 教授 大西有三 教授 青木謙治

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、地質工学の分野において重要な技術課題である、地質構造の正確な把握や地盤・岩盤の力学的・水理学的な挙動の把握などを目的として、これらの課題で与えられるデータ変動の確率論的なモデル化と統計的な予測手法の開発に関する研究結果を取りまとめたもので、6章からなっている。

1章は序論であり、地質工学の分野における重要な技術課題について例を挙げて示し、これらの課題で扱われるデータが、その変動領域から時間系、空間系、時空間系に分けられ、確率・統計的な手法が問題解決に有効であることを述べている。そして本研究の目的を明確にするとともに、関連する研究を総括し、本研究の位置づけを示している。

2章は時間領域において変動するデータとして、水封式原油地下タンク周辺の地下水挙動データおよびダム運用時の堤体変位データを取り上げ、これらの運用時の管理および制御を目的とした基礎的な検討を実施している。正常運用時のデータは基本的に定常性を満たし、非定常な状態となるとき何からの異変が生じているという考えを示し、定常時系列モデルである多変量自己回帰モデルによる予測管理および制御モデルを開発している。まず数値実験による検討を実施し、降雨に伴って変動するトンネル内湧水量の予測や異常値の検出等の機能を確認している。そして実際のデータへ適用して、空洞周辺の地下水挙動の把握や因果関係を明確にできること、またダム堤体および基礎変位の予測管理モデルとしての有効性を示している。

3章は空間領域において変動するデータの予測問題を取り上げている。一般にデータの観測は空間的に限られることが多いため、空間分布予測の精度向上のためには対象事象とは別の相関性を有する補助的なデータを用いることが有効な手段となる。そこで補助的なデータを用いた予測手法のうち、Cokrigingを取り上げて各種の検討を実施している。特にCokrigingの基礎となる多変量確率場のモデル化条件やモデル同定のための新たな手法を示すとともに、適用性の検討として限られた調査ボーリングデータから構造物基礎の支持基盤面の深さを予測することを取り上げている。そして地表面レベルや弾性波探査結果などを補助データとする方法を提案し、実サイト3地点に適用して極めて高い有効性を示している。

4章は時間領域と空間領域の両方において同時に変動するデータとして、ダムサイト周辺の地下水位変動データを取り上げ、影響因子として貯水位と降雨量の変動を考慮した確率モデルおよび予測手法を開発して、いくつかの適用検討を実施している。時空間を対象とした確率モデルや予測手法は未だ確立された理論はなく、ここではダムサイト周辺の地下水位変動予測への適用を目的として、空間的な不均質性を扱うことのできる確率モデルを提案するとともに、従来のCokrigingを時間領域に拡張して、多変量を扱うことのできる時空間Cokrigingを開発している。そして、この成果を実際のダムサイト周辺の地下水位変動データに適用して、任意の時間断面あるいは任意の空間断面での地下水位変化を求め、貯水位や降雨量の変動に伴う影響を総合的に把握・評価できることを示している。

5章は空間データの予測において重要となるデータの観測位置に焦点を当てて、その最適な配置を決定する手法について検討している。まず従来より提案されているデータの確率分布に基づいたサンプリング最適計画についてまとめ、何れも確率分布のみがその理論的根底となり、データの値そのものには依存しないことを指摘している。これに対して、目的を地表

面の起伏と相関性のある地層構造を把握するための調査ボーリング配置に絞り、地表面の起伏を補助的な情報とした新たな評価指標を提案している。具体的には、一次調査と追加調査に分けて2つの評価指標を提案して、数値実験によりその有効性を示している。そして実際のサイトで適用を試み、通常行われる等間隔な配置に比べてかなり予測精度が良いことを示している。

6章は結論であり、本論文で得られた成果について要約するとともに、今後の課題についてまとめている。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、地質工学の分野において重要な技術課題である、地質構造の正確な把握や地盤・岩盤の力学的・水理学的な挙動の把握などを目的として、これらの課題で与えられるデータ変動の確率論的なモデル化と統計的な予測手法の開発に関する研究結果を取りまとめたもので、対象とするデータを変動する領域から時間系、空間系、時空間系の3つに分けて論じ、以下のような成果が示されている。

1. 時間系データとして地下水挙動およびダム堤体及び基礎の変位挙動を取り上げ、多変量自己回帰モデルによる予測管理および制御の手法を開発するとともに、実際のデータへ適用して、空洞周辺の地下水挙動の把握や因果関係を明確にできること、またダム堤体及び基礎変位の予測管理モデルとしての有効性を示している。

2. 空間系データとして構造物基礎の支持基盤面の深さを取り上げ、観測データが空間的に限られる場合に有効となる補助データを利用したCokrigingによる予測法を提案している。特にCokrigingの基礎となる多変量確率場のモデル化条件やモデル同定のための新たな手法を示すとともに、地表面レベルや弾性波探査結果などを用いることで限られたボーリングデータから極めて精度良く予測できることを示している。

3. 時間空間系データとしてダムサイト周辺の地下水位変動を取り上げ、水位変動を表現する確率モデルおよび予測手法を開発している。提案手法では空間的な非定常性を扱うことができ、貯水位や降雨量変動などの他の影響因子を考慮できる。実際のダム地下水位変動データに適用した結果から、任意の時間断面あるいは任意の空間断面での地下水位変化や、貯水位や降雨量の変動に伴う影響を総合的に把握・評価できることを示している。

4. 観測点の限られる空間系データの予測では観測位置が極めて重要であることを指摘し、地層構造推定を目的とした調査ボーリング配置の定量的な評価指標を提案している。具体的には、補助的な情報となる地表面の起伏を利用した調査ボーリング配置の新たな評価指標を、一次調査と追加調査に分けて提案し、数値実験によりその有効性を示している。また実際のサイトでも適用を試み、通常行われる等間隔な配置に比べてかなり予測精度が良いことを示している。

以上、本論文は、地質工学で扱われるデータの確率的なモデル化や統計的な予測手法を提案し、実際の様々なデータに適用して妥当性・有効性を示したものであり、その成果は学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成12年2月21日、論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。