

論文審査の結果の要旨

氏名 飯沼卓史

本論文は日本列島に展開されている GPS 観測網(GEONET)のデータを用いた地殻応力場の推定手法および推定結果を論じたものであり、全5章からなる。第一章はイントロダクションであり、これまでの地殻応力研究の歴史や GEONET が簡潔に論じられ、本研究の目標、すなわち不均質地殻の変位速度場情報から地殻応力変化を推定する手法の構築、および GEONET データを用いた日本列島の応力場の推定が提示されている。

続いて第二章では、GPS 解析に基づく変位速度場のデータに基づく応力変化の推定の手法が論じられている。地震・地殻変動など地殻活動の予測のためには、地殻内の応力状態及び変化を知ることが重要であるが、地殻の不均質性、非弾性、非線型性などのために、GPS からえられる歪み速度から単純に線形等方弾性体として応力変化を求めることは適切でない。そこで、本研究では日本列島を弾塑性の薄板とみなし、平面応力状態を仮定して Airy の応力関数を用いた応力逆解析手法を日本列島に適用し、応力変化を推定することとした。この応力変化の推定には外部境界条件としてトラクションを推定する必要があるが、このために、構成則逆解析という手法を用いて物性定数を求め、これとひずみ速度からトラクションを推定するという手法を導入した。このような手法を用いることによって、地殻の構成則が完全にはわかっていない場合についても GPS に基づくひずみデータから応力が正確に求められることが期待される。本章ではさらに、この理論に基づく計算プログラムの構築を行うとともに、解析解が求められている場合を対象に実施した数値シミュレーション結果に基づく理論の検証と数値解析にともなう誤差等が考察されている。本章の理論的基礎は他の研究者によって開発されているものであるが、問題解決への道筋を自ら構築すると共に、数値シミュレーションに際して様々な工夫をするなどの独創性が見られる。

第三章においては、この手法を日本列島の GPS データに適用し、その適用限界や適用可能性を様々な角度から検討している。まず、仮定として用いた 2 次元平面応力状態および非弾性変形に関する仮定が適切に成り立っているかを検討する目的で、地震のモーメントテンソルを用いたいわゆる Kostrov の方法や体積変化成分とずり成分変化の比などを用いて検証し、分割した日本列島の領域のうちいくつかの地域ではその仮定が適切でないことを導きだしている。一方、例えば中国地方などでは仮定が十分に成り立つので理論の適用が可能であると結論づけている。次に、外部境界条件として推定したトラクションについての誤差評価を行っている。構成則逆解析によって求めたポアソン比の推定誤差による影響、仮定したヤング率の誤差、および線形等方弾性体仮定などについて詳細に議論を行っている。続いて、ここで用いた応力逆解析手法をより精度良く行うため、2 次元平面応力問題の仮定から一歩進んで、物体に一定の厚みを想定したモデル(2.5 次元)に拡張を試みている。本章では、既存の理論に準拠しながら実際への応用にあたって必要な様々な仮定の検証やその限界を乗り越えようとする意欲的な試みを行っており、様々な数値解析上の新しい工夫が数多く見られる。

続いて第四章において、ここまで開発してきた応力逆解析手法を、その誤差評価を念頭におきつつ中国地方の GPS 観測データに適用している。この地域では 2000 年 10 月に M7 クラスの鳥取県西部地震が発生しているため、この地震の前後で期間を分けて解析を行っている。議論の結果、鳥取県西部地震以前、その震源付近では、歪み速度は小さいものの応力蓄積速度は高く、同地震を境に応力蓄積速度が歪み速度に比して大きく変化していることから、非弾性歪み速度や構成物質の非線形・非等方性が変化した可能性がある、と指摘している。こうした変化は歪み速度の分布ではなく、応力逆解析によって求めた応力蓄積率に着目することで初めて明らかになったものであり、歪み速度や変位の分布からはわかりにくい変化が、応力蓄積率の変化を観察することで明らかになることが示されている。

最後に第五章は本論文全体のまとめと将来の地殻活動予測への展望を略述して締めくくられている。

以上、本論文は構成則逆解析理論等に基づいてその適用限界と可能性について詳細に検討を行い、実際のデータに適用して地殻応力変化について新たな知見と学問的展開の可能性を示したものであり、独創性が高く、提出者が博士の学位を持つものに十分値すると判断できる。

なお、本論文第二章、第三章の一部および第四章は堀宗朗、加藤照之との共同研究であるが、いずれも論文提出者が主体となって解析、検証等を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士(理学)号の学位を授与できると認める。