氏　　名	Pervukhina Marina（ペリフーヒナ　マリナ）
学位(専攻分野)	博　士（理　学）
学位記番号	論理博第1470号
学位授与の日付	平成18年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	Correlations between electrical and elastic properties of solid-liquid systems and theirs geophysical applications （固―液共存系岩石の電気伝導度と弾性波速度の関係とその地球物理学的応用）
論文調査委員	（主　査） 助教授 飯尾能久　教授 大志万直人　教授 橋本　学

論文内容の要旨

地殻や最上部マントルにおいて，流体は，プレートの沈み込み帯や海嶺，地熱地帯や火山，活断層深部など様々なところに存在し，そこで生起する地質学的現象において重要な役割を担っていると考えられている。変形に関係する水は，岩石中の微小な割れ目や鉱物粒子の間隙（以下，これらを合わせて間隙と呼ぶ）に存在し，そこを通って移動するので，岩石中の間隙の形状や密度，その連結の度合い等，その存在形態を明らかにすることが重要である。

岩石中の間隙の存在形態は，地震波速度や電気伝導度についての観測データから，間隙の形状に関する理論的なモデルを用いて推定されてきた。1章において，既存のモデルを概観し，これらの理論モデルは特定の間隙の形状しか扱えないものが多く，また，同一のモデルで，地震波速度と電気伝導度を同時に説明できるものが存在しないことを示した。

そこで，2，3章において，間隙の形状に関する既存の2とおりのモデルを採用し，間隙流体を含む岩石の電気伝導度と岩石中の間隙の量や形状との定量的関係を導いた。これらのモデルにおいて，間隙の存在形態と弾性波速度との関係は既に求められている。2章においては，下部地殻や上部マントルの深度での温度圧力条件下での流体－岩石境界面のエネルギー平衡を考慮した形状モデルを採用した。そして，模擬岩石物質について得られた電気伝導度の既存の実験結果を説明することにより，得られた関係式の妥当性を示した。3章においては，より浅部での間隙の形状も考慮できるように，岩石中の割れ目など破壊現象のモデル化によく用いられる，間隙の形状をフラクタル形状として一般化したモデルを採用した。モデルのパラメーターの値を正しく選択することにより，岩石の空隙率と電気伝導度の間の経験的な関係式であるアーチの法則を始め，このモデルにより様々な間隙の形状について電気伝導度を計算できることを示した。これら2つの間隙の形状モデルについて，地震波速度と電気伝導度を計算可能としたことにより，これらの観測データが得られた地域での間隙の存在形態の定量的解釈が可能になった。

4章において，将来の活動が懸念されている宮城県仙台市近傍の長町－利府断層帯で行われた地震波速度トモグラフィーと電気伝導度探査の結果に，上記で得られた関係を適用し，間隙の存在形態を推定した。この断層帯においては，集中観測により同一断面上で地震波速度および電気伝導度が推定されている。断層の深部延長付近の深さ10-17 kmの領域に，地震波速度はその深さにおける平均的な値を示すが，電気伝導度が非常に大きな領域が存在する。この領域のデータに対して，エネルギー平衡を考慮した形状モデルを適用した場合，どのようなパラメーターの値を仮定しても，観測データを説明出来ないことが分かった。つまり，この領域は，平衡状態にはなっていないことが明らかになった。次に，フラクタル形状モデルを適用することにより，間隙の体積比としては最大でも2.5%と常識的な値であるが，間隙の連結度がほぼ100%と異常に大きい場所であることが示された。これらの結果は，この領域が非常に大きいせん断変形をうけていることを示唆しており，GPSによる地殻変動からの推定結果と調和的であることが分かった。

論文審査の結果の要旨

地殻や上部マントルに存在する流体は，地殻の変形や地震の発生に大きな役割を果たすと考えられている。例えば，地震

発生域の断層においては，水が，間隙水圧の増加により断層をすべりやすくすると考えられている。地震が発生しない下部地殻においては，水が岩石の流動変形を促進すると推定されている。このように地震発生や地殻の変形において，水の効果は重大であると推定されているが，地殻深部における水の量や状態はよくわかっていない。これまで，地震波速度や電気伝導度構造から，地殻深部の水の量やその連結状態などが推定されてきた。例えば，S波とP波速度の比から，水が入っている岩石の間隙のアスペクト比や空隙率を推定可能であるが，実際の観測データにおいては，S波速度の誤差のために推定結果の誤差は非常に大きく，地殻深部の状態を推定することは難しかった。一方，電気伝導度の観測結果からは，水の連結の度合いに関する知見が得られているが，現実的な岩石の間隙の形状等と電気伝導度を定量的に結びつけるモデルはこれまで存在しなかった。

申請者は，下部地殻や上部マントルの深度での温度圧力条件下での流体 - 岩石境界面のエネルギー平衡を考慮した形状モデルについて，電気伝導度の算出式を初めて導いた。さらに，模擬岩石物質に関する電気伝導度の既存の実験結果を説明することにより，得られた式の妥当性を示した。これにより，岩石の電気伝導度と，物理的に妥当な間隙の形状等を定量的に結びつけることが初めて可能となり，電気伝導度構造から下部地殻や上部マントルの状態を精度良く推定できるようになった。さらに，申請者は，より低温において適用可能な，間隙の形状をフラクタル形状として一般化したモデルについても，電気伝導度の算出式を初めて導いた。このモデルは，階層的なフラクタルモデルであり，脆性領域の岩石中の様々な間隙の形状に対して電気伝導度を計算することが可能となった。

申請者は，宮城県仙台市近傍の長町 - 利府断層帯で行われた地震波速度トモグラフィーと電気伝導度探査結果に，上記で得られた関係を適用して，断層の深部延長付近での間隙の存在形態を推定した。そこでは，地震波速度はその深さにおける平均的な値を示すのに対して，電気伝導度が非常に大きく推定されており，これまでは間隙の形状について定量的な解釈が難しかった。申請者は，エネルギー平衡を考慮した形状モデルを適用することにより，この領域が力学的な平衡状態になっていないことを実測データから初めて明らかにした。さらに，フラクタル形状モデルを適用することにより，間隙の体積比と連結度を定量的に見積もることに成功した。これらの結果は，この領域が非常に大きいせん断変形をうけていることを示している。断層の深部延長の動きをとらえた可能性があり，内陸地震の発生過程や発生予測の研究において，大変重要な知見である。

よって，本論文は博士（理学）の学位論文として価値があるものと認める。論文の内容及び地球物理学の学識に関する試問を行った結果，合格と認めた。