

氏名	にしもとあきひろ 西本明弘
学位(専攻分野)	博士(理学)
学位記番号	理博第3227号
学位授与の日付	平成20年3月24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	理学研究科物理学・宇宙物理学専攻
学位論文題目	乾燥亀裂のパターン形成

論文調査委員 (主査) 篠本 滋 教授 太田隆夫 教授 小貫 明

論文内容の要旨

この研究では、粉と液体の混合物の乾燥過程において現れる亀裂パターンについて実験、モデル化、計算機シミュレーションにより調べている。先行研究より2種類の亀裂の存在 (type I と type II) が知られており、本研究では type II 亀裂に焦点を当てている。Type I 亀裂は層が薄い場合に出現し、2次元的な構造を持つのが特徴で、泥地が干上がった際にできるマッドクラックがその典型例である。Type II 亀裂はデンプンと水の混合物の乾燥過程において現れ、3次元的な構造を持つことが特徴であり、溶岩の冷却過程において現れる柱状節理にきわめてよく似ている。これは近年、国内外の数グループによって精力的に研究が開始されている対象である。

論文では、まずコーンスターチの乾燥破壊実験を行い、亀裂パターンの画像解析、MRIによる試料内部の含水量分布解析を行った。これにより従来の研究では明らかにならなかった含水量分布におけるフロントの存在、および亀裂フロントの位置を明らかにした。

次に実験で得られた含水量分布と亀裂パターンを再現させるためにモデル化を構築し、その計算機シミュレーションを行った。土壌物理学で使われている水ポテンシャルを用いた現象論的な乾燥モデルとバネのネットワークによる弾性体のモデルを構築した。単純化されたモデルであるにもかかわらず実験を非常によく再現する結果を得た。また実験では明らかにされていないパターンサイズの粉粒径依存性についての結果を提示した。さらに亀裂が境界条件として含水量場に与える影響について議論を行い、モデル中での仮定の妥当性を確かめた。これは従来提唱されていた柱状節理生成のメカニズムについて再考を要するものであり、その影響は大きい。

論文審査の結果の要旨

申請論文は、粉と液体の混合物の乾燥過程で現れる亀裂パターンについてとりくんでいる。破壊現象は主として工学分野で盛んに研究がなされているが、近年の非平衡非線形科学の発達にもなって、あらためて物理分野でも取り上げられている研究対象である。準2次元的なガラス板の冷却過程で現れる方向性亀裂パターンの研究などが代表的な例である。3次元的な亀裂パターンとしては、主として地球物理分野で研究されてきた柱状節理があるが、同様な亀裂パターンがデンプンと水の混合物の乾燥過程においても見出され、国内外の数グループによって研究が開始されている。

申請者は、コーンスターチと水の混合物の乾燥過程において現れる3次元パターンについて実験、モデル構築、計算機シミュレーションを行った。MR画像の解析より含水量分布にフロントがあることを明らかにし、モデル化および数値シミュレーションを行うことにより、実験結果を再現した。先行研究においては線形拡散に基づく解析、あるいは非線形拡散が必要であるとの示唆があった。申請者は水ポテンシャルを用いた現象論的なモデルにより非線形拡散方程式を明示的に導出した。さらにバネの3次元ネットワークと組み合わせることにより、多角形柱状亀裂パターンを再現した。従来の3次元乾燥破壊の研究では現実的な含水量場を取り込まれていなかった。

また、申請者は亀裂が害場（含水量場）に与える影響について議論し、モデル中の仮定の妥当性を確かめた。従来の乾燥亀裂の研究では十分に議論されていなかった点である。これにより、溶岩の冷却過程で生じる柱状節理の生成機構をあらためて詳しく見直す必要性を示唆した。また3次元乾燥亀裂で生じるパターンサイズの粉粒径依存性についても計算機シミュレーション結果を提示し、将来の実験での確認の必要性を言及した。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。