



Title	移動最小自乗法を用いた地盤・岩盤の高精度破壊力学シミュレータに関する研究( Review_審査要旨 )
Author(s)	江戸, 孝昭
Citation	
Issue Date	2016-03
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/33585">http://hdl.handle.net/20.500.12000/33585</a>
Rights	

平成 28 年 2 月 9 日

琉球大学大学院  
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏 名 松原 仁  
副査 氏 名 藍壇 オメル  
副査 氏 名 中村 真也  
副査 氏 名 富山 潤



### 学位（博士）論文審査及び最終試験の終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	専攻名 生産エネルギー工学 氏名 江戸 孝昭 学籍番号 128652J	
指導教員名	松原 仁	
成績評価	学位論文 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格	最終試験 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格
論文題目	移動最小自乗法を用いた地盤・岩盤の高精度破壊力学シミュレータに関する研究 (Study on High-Accuracy Numerical Simulators based on Moving Least Squares Method in Fracture Geomechanics)	
審査要旨 (2000字以内)		
<p>本論文は、地盤・岩盤における大変形、流動化、崩壊、破壊現象を高精度に解析できる数値計算手法の開発を目的としており、移動最小自乗法や多次元型移動最小自乗法の近似理論を有限要素法や Enriched Free Mesh Method, Material Point Method 等の高度な数値計算技術へ導入・展開する手法が提案されている。</p> <p>本論は6章で構成され、第1章で研究の背景と目的が述べられ、第6章でまとめられている。第2章では、亀裂ネットワークモデルと有限要素法の統合解析法のひとつとして、移動最小自乗法を紹介</p>		

(次頁へ続く)

## 審査要旨

た方法論が提案され、不連続岩盤の亀裂進展解析を実現させている。第 3 章では、岩盤のマイクロ構造に着目し、その亀裂進展挙動を精度よく解析できる手法として、Enriched Free Mesh Method と多次元型移動最小自乗法を連成させる手法を提案している。第 4 章では、軟岩や土壌のマクロ破壊挙動に対して、Material Point Method と呼ばれる手法に移動最小自乗法を適用することで、Material Point Method で見られるエネルギー変動問題を解決している。そして、第 5 章では、岩盤のブロック構造に対して、10 万ブロックを超える超大規模 3 次元モデルを構築する方法論や幾何モデル形成システムを提案している。

岩盤内部に存在する不連続面は、岩を構成する物質や形成過程、風化の状態等の多くの不確定的な要素が複雑に絡み合っていることから、その正確な分布や性質を把握することは極めて困難である。この問題に対して、本論では有限要素法に亀裂ネットワークモデルと呼ばれる確率論的な手法が適用され、これを移動最小自乗法にて統合化する新奇な手法が提案されている（第 2 章）。本手法により、無数の不連続面を有する岩盤の弾性状態から破壊に至る過程がコンピュータ上で解析可能となることから、本分野において今後発展し得る手法として期待できる。

一方、岩盤の微細構造は多角形状の粒状構造を有していることがあり（碎屑性の堆積岩）、このような構造を有している場合、その亀裂進展は主に粒界上を進展していくことが知られている。本論では、このような微細構造を考慮すべく、Enriched Free Mesh Method と多次元型移動最小自乗法が統合化され、岩盤の粒状構造に依存した亀裂進展シミュレーションが実現されている（第 3 章）。本手法により、岩盤の弾性状態から剛体（岩の破片）に至る過程を高精度かつロバストに解析することが可能となる。また、実験値との整合性も良好であることから、学術的に高く評価できる。

次に、地盤の破壊現象（マクロ挙動）は、斜面崩壊等を例にとると、一般的には大変形問題となる場合が多い。しかしながら、有限要素法等のメッシュを用いる方法では、リメッシング技術等の高度なテクニックが要求され、解の精度を保つことが難しい。このような問題に対して、本論では、Material Point Method と呼ばれる手法の有用性が示され、本手法に潜在する弾性エネルギーの変動問題の解決法を提案している（第 4 章）。結果として、破壊解析で極めて重要となる応力値の異常変動を抑えるとともに数値的にロバストな解析を実現させている。Material Point Method は地盤の破壊シミュレーションに関しては先進かつ有望視されている手法であり、本手法の高精度化を実現したことの学術的価値は極めて高いと評価できる。

以上のような地盤・岩盤の数値シミュレーションは、必然的に大規模な解析となる場合が多い。そこで本論では、実地盤・岩盤を対象とした幾何モデリング手法として、任意の多面体形状を有するブロック構造の幾何モデリングシステムを新たに構築している（第 5 章）。本手法を用いることで、数 10 万ブロックを有する超大規模な地形モデルの生成が可能となり、また多種多様なブロック形状のモデリングも可能となることから、その応用範囲は極めて広い。

本論文で議論されている内容は、国内外の著名な学術論文にも掲載され、また、国内の学術講演会における研究発表においては、数多くの受賞が認められることから、本論の内容は学術的に高く評価できる。

以上のことから、本研究成果は工学的に有用であり、提出された学位論文は博士の学位論文に相当するものと判断し学位論文の審査を合格とする。また、論文発表会における発表ならびに質疑応答において、申請者は専門分野および関連分野の十分な知識ならびに十分な研究能力を有していることが確認できたので最終試験を合格とする。