

## 学位論文及び審査結果の要旨

横浜国立大学

氏名	MD AFTABUR RAHMAN
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	都市博甲第25号
学位授与年月日	2016年 9月 16日
学位授与の根拠	学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号)第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第1項
学府・専攻名	都市イノベーション学府 都市イノベーション専攻
学位論文題目	Ascertaining a hands-on approach to estimate debris flow velocities for rational debris hazard mitigation
論文審査委員	主査 横浜国立大学 教授 小長井 一男 横浜国立大学 教授 早野 公敏 横浜国立大学 教授 菊本 統 砂防・地すべり技術センター 研究顧問 池谷 浩 筑波大学 教授 松島 亘志

## 論文及び審査結果の要旨

審査対象は、Md Aftabur Rahmanの「Ascertaining a hands-on approach to estimate debris flow velocities for rational debris hazard mitigation」と題する論文である。土石流は、豪雨や地震、火山噴火で山腹が崩壊して生じた土石等又は溪流の土石等が水と一体となって流下するものである。地震が引き金となる場合、一度に大量の土砂が崩落し高速流下する。このような土石流の痕跡からその速度や到達時間を推定することは、崩壊を免れた残存土塊が将来崩壊するリスクに備える上で、また類似の災害が予測される地域での防災対策を講じる上で、極めて重要な情報を与えるものである。土石流は湾曲部に流れ込むと内側と外側の谷壁で水位差を生じて流動する、いわゆる偏流が生じることから、過去の土石流の調査では、偏流の痕跡から土石流の流速の推定が行われてきた。しかしながら(1) 谷壁に残る痕跡は非定常流の痕跡であって、最大流速時に生じた痕跡ではないこと、また(2)自然流路の湾曲部は決して理想的な円弧の一部ではなくその曲率を合理的に設定することは難しいこと、さらに(3)遠心力と重力のつり合いから偏流の速度を推定する式は土石流のような混相流体の性格を反映しているとは言い難く、流体の様相によって補正係数の導入が経験的に行われてきたこと、など難しい課題が残されたままである(第1章～2章)。

本論文はこれらの課題を検討すべく、まず三次元SPH (Smoothed-particle hydrodynamics)法で土石流および谷壁を粒子群として表現するツールを提示している(第3章)。そして第4章では実際の土石流をニュートン流体、および非ニュートン流体(ビンガム流体)としてモデル化する場合、等価な粘性係数の範囲をどう設定すればよいか、さらに設定された範囲での等価粘性が数値解析結果にどの程度の影響を与えるか感度解析を行って、その後の数値解析の条件を明確にしている。その上で、形状(縦横比)の異なる源頭部の土塊を崩落させ、様々な距離に置かれた曲率の異なる湾曲部を流下する粒子群の速度を様々な時間と断面で求め、谷壁に残る痕跡のみから推定した流速と、各曲線部の任意断面上にある粒子群の平均値速度の最大値との差異がどの程度のものか検討している。その結果、流下距離を初期の土塊長さで無次元化した距離に応じて、偏流の仮定で求められる流速を補正する実用的な方法を提案している(ビンガム流体に関わる部分はLandslides DOI 10.1007/s10346-016-0725-3, 2016に掲載)。さらに自然流路の湾曲部の曲率については湾曲部に突入した土石流が偏流としての最大水位差を出現させるまでの時間が、流路横断面内のスロッシングにも依存するとし、その時間内に流下する距離に亘る湾曲部の平均曲率とその曲率から推定される流速とが矛盾なく整合するよう、繰り返し計算を行うことを提案している。これは土木学会論文集(Ser. A1, Vol. 71, No.4, 2015)に掲載の論文提出者のアイデアをSPH法で検証し、修正と改良を加えたものである。そして第5章では、これらの提案式で過去の地震の土石流の事例(白糸川土石流(1923年関東地震)、ドゾウ沢を流下し駒の湯温泉を襲った土石流(2003年岩手・宮城内陸地震)、御岳崩(1984年長野県西部地震))の流速の推定を行い、タイムライン上で当時の証言や他の研究者による検証結果と整合的な結果を得ている。

本論文の公聴会と5名の審査員による審査は平成28年7月29日に実施された。博士論文の内

容に関する質疑応答は次のような項目について行われた。

- (1) 谷壁に残る痕跡のみから推定した流速と、数値解析でしか垣間見られない三次元土石流の断面内流速の関係という、本論文の根幹をなす知見について
- (2) 湾曲部に突入した土石流が偏流としての最大水位差を出現させるまでの時間が、流路横断面内のスロッシングにも依存するとし、円弧ではない実際の湾曲部の等価曲率を繰り返し計算で求める方法について
- (3) 流下過程で様々なものを巻き込み、さらに巨礫や木々などが先端に集約していく実際の土石流を、ニュートン流体、非ニュートン流体で表現する場合のパラメータ設定について
- (4) 本手法を将来の防災対応に反映させる戦略について

この結果、論文提出者は土石流とそれがもたらす災害、そして提出者が用いた数値解析手法について十分な知識を有しており、特に2016年5月13日の予備審査で指摘された事項については、国内外の文献を渉猟し、数値計算による追検証も加え、明確で適切な回答を示していることが確認された。

博士論文の内容に関する説明およびそれに対する上記の質疑応答に基づき、研究内容の新規性、独創性、工学上の有用性および論文全体の完成度について審査した。その結果、当該論文は、SPH法に基づいて、数値解析でしか垣間見られない三次元土石流の空間的、時間的変化と現地での土石流痕跡という限定された可観測情報から推定される挙動を比較することで、土石流の実際の速度や到達時間を推定し、防災対策に活用できる実用的で新たな提案を行っていることが認められ、博士（工学）の学位にふさわしく、合格（成績A）と判定された。また提出者もそれに相応しい知識・見識、そして研究者として独立するに十分な英語力を有していると認められ、試験は合格（A）と判定した。

なお既出の公開情報との類似性をチェックするiThenticateによれば、本論文の類似度（similarity index）は全体として28%で、内18%（5471 words）は論文提出者が主著者である既出論文（Landslides DOI 10.1007/s10346-016-0725-3, 2016）によるものであり、本文中で明確に引用を示していること、また他項目はすべてが1%以下となっていることから、本論文は明確に論文提出者自身のオリジナルなアイデアと研究成果に基づく著作であると認められる。また引用された既出論文（Landslides DOI 10.1007/s10346-016-0725-3, 2016）の共著者からは当該既出論文の内容を本学位申請論文の一部に引用する承諾書の提出があったことも確認している。

注 論文及び審査結果の要旨欄に不足が生じる場合には、同欄の様式に準じ裏面又は別紙によること。