

## 別紙様式第15号（論文内容の要旨及び論文審査の結果の要旨）

氏名（本籍）	高橋 幸宏（愛知県）
学位の種類	博士（工学）
学位授与番号	甲第647号
学位授与日付	令和5年3月25日
専攻	工学専攻
学位論文題目	Diversification and simulation of ground motion distributions based on data mining and machine learning (データマイニングと機械学習に基づく地震動分布の多様化とシミュレーション)
学位論文審査委員	(主査) 教授 大谷 具幸 (副査) 教授 能島 暢呂 准教授 久世 益充

### 論文内容の要旨

本学位論文は、将来発生する地震動を予測するため、多様な地震動分布をシナリオ地震動予測地図で網羅することを狙いとした「地震動分布の多様化」と、シナリオ地震動予測地図の高度利用を狙いとした「地震動分布のシミュレーション」について検討を行ったものである。現在公表されているシナリオ地震動予測地図のケース数は限定的であり、多様な地震動分布の可能性をカバーしきれていない。そこで「地震動分布の多様化」では、まず地震動分布にモード分解を適用し、地震動の空間特性を表すモード形状を抽出し、そのモード形状と断層モデルとの関係性を機械学習によってモデル化した。その結果、周期・成分に依存した地震動分布の空間特性と、それに影響を与える震源パラメータが明らかにされた。さらに、シナリオ地震における標準的な断層モデルの設定基準である「強震動予測のレシピ」の設定条件を適切に拡張することで、比較的少数のケースで多様な地震動分布を表現可能であることが明らかにされた。これらの成果は、多様なシナリオ地震を想定する際に有用な知見をもたらす。「地震動分布のシミュレーション」については、地震動分布の空間変動構造を拘束条件としてランダムに多数の地震動分布を生成する手法や、特定の断層破壊シナリオに対する地震動分布を予測できる機械学習モデルが提案されている。これらの手法は、強震動計算された地震動分布を基に、新たに地震動分布を生成するものであり、多様な地震動分布の不確定性を考慮して総合的評価が必要となる地震リスク評価などにおいて活用が期待される。これらの検討に加えて、津波浸水深分布の空間特性の分析が行われており、マルチハザードに対する提案手法の適用性が明らかにされている。

### 論文審査結果の要旨

大谷具幸・能島暢呂・久世益充の3名で構成する学位論文審査委員会は、本学位論文の内容を慎重に審査した。その結果、本学位論文は独創的な内容を含んでおり、新規性・有用性が高く、学位論文として十分に完成されたものであることを確認した。本学位論文の基礎となる学術論文として、査読付き論文4編（いずれも申請者が筆頭著者）が提出されている。それらを精査した結果、提出された論文は申請者によって書かれていること、および、工学専攻の課程博士（甲）に必要な「学術誌に2編以上」の基準を満たしていることを確認した。以上を踏まえて審議した結果、審査委員会は、論文審査の結果を合格と判定した。

### 最終試験結果の要旨

令和5年2月6日に最終試験（公聴会）を開催した。申請者は、本論文の背景・目的・方法・成果・今後の課題などに関する内容を簡潔にわかりやすく説明し、質疑応答に適切に対応し、博士の学位に相応しい能力を有していることを確認した。以上を踏まえて審議した結果、審査委員会は、最終試験の結果を合格と判定した。

---

発表論文（論文名、著者、掲載誌名、巻号、ページ）

(1) 学位論文の基礎となる学術論文 Research Papers that Form the Basis of Thesis

1. 特異値分解解析に基づく水平2成分の地震動分布シミュレーション  
高橋幸宏, 能島暢呂, 香川敬生  
土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol. 78, No. 4, pp. I\_445-I\_458, 2022.  
(第2章に掲載)
2. 地震動分布のモード分解と機械学習による周期・成分別の空間特性の分析  
高橋幸宏, 能島暢呂, 香川敬生  
土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol. 78, No. 4, pp. I\_478-I\_493, 2022.  
(第4章に掲載)
3. 南海トラフ巨大地震による津波の浸水深分布の空間相関特性の評価とシミュレーション  
高橋幸宏, 能島暢呂  
地域安全学会論文集, Vol. 36, pp. 75-82, 2020.  
(第6章に掲載)
4. 非負値行列因子分解を用いた南海トラフ巨大地震による津波浸水分布の空間分布特性の評価  
高橋幸宏, 能島暢呂  
地域安全学会論文集, Vol. 38, pp. 163-172, 2021.  
(第6章に掲載)

(2) 参考論文 Other Publications

1. Simulation of strong ground motion distribution by synthesis of orthogonal modes decomposed from scenario shaking maps  
Proceedings of 17WCEE, Paper No. 1d-0095, 2021.  
TAKAHASHI Yukihiro, NOJIMA Nobuoto, KUSE Masumitsu  
(第1章と第2章に要約して掲載)
2. Approximation representation of observed strong ground motion distribution using mode synthesis of predicted distributions  
TAKAHASHI Yukihiro, NOJIMA Nobuoto  
Proceedings of 8ISRERM, Paper No. GS-03-101, pp. 771-778, 2022.  
(第1章に要約して掲載)
3. Evaluation of spatial characteristics of seismic intensity distributions using non-negative matrix factorization  
TAKAHASHI Yukihiro, NOJIMA Nobuoto  
Proceedings of 13ICOSSAR, Paper No. P0865, 2022.  
(第1章に要約して掲載)