

氏名（本籍）	Taeyoo Na（テユ ナ）（大韓民国）
専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	国博甲第8号
学位授与の日付	令和3年9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	国際資源学研究科・資源学専攻
学位論文題目（英文）	FRモデルとGISを活用した地震による地盤沈下ハザードマッピングシステムの開発 (Application of frequency ratio model and GIS on susceptibility mapping of ground subsidence influenced by earthquake)
論文審査委員	(主査) 教授 安達 毅 (副査) 教授 石山 大三 (副査) 教授 今井 忠男 (副査) 教授 川村 洋平

論文内容の要旨

地盤沈下は鉱山開発現場のみならず都市部でも大きな問題となっている。特に突発的な地震をトリガーとした地盤沈下は発生予測が難しい。本博士論文では北海道胆振東部地震による札幌市の地盤沈下をモデルとして頻度比モデル (Frequency Ratio model) と各種 GIS データを用いて、地盤沈下危険地帯をゾーニングしている。一般的な土地利用情報や標高モデルに加えて、様々な土木業務で得られた地盤ボーリングデータから地下水位を算出することで地盤沈下要因との因果関係を明らかにし、その拡張としてハザードマップを作成できるシステムを構築した。地盤沈下成因の違う東区エリアと清田区エリアを別に解析することで、どちらのタイプにも適用できるシステム開発を行っている。また、これら2つの要因を統合することにより、札幌市全体の地盤沈下ハザードマップを作成している。

十分な Literature Review により本研究の意義と新規性および有用性を論じている。解析に用いたデータとして、これまでに誰も統合的に扱ったことのない札幌全域のボーリングデータを解析に活用したことは非常に新規性に富むものである。これにより、単なる GIS 研究の枠を超えた新たなハザードマップ作成システムを構築している。また、Frequency Ratio モデル解析によって、数ある地盤パラメータからどのパラメータが地盤沈下に影響を及ぼしていたかを明らかにしている。札幌市において地盤沈下の影響が大きかったのは東区エリアと清田区エリアであり、東区エリアは新設した地下鉄（東豊線）が、清田区エリアは埋立による空洞と地下水が最も地盤沈下に影響を及ぼしていたことを明らかにした。これら結果を東区および清田区のみならず札幌市全域に拡張し地震による地盤沈下危険個所を予測するハザードマップを作成するシステムを構築

している。さらにそのハザードマップを逆解析することで地下水レベルと降水量が同率で最も高い影響力を、2番目に地震の強度、そして3番目に地質状況が地盤沈下の要因となることを示している。これらの要因が地盤沈下に影響を及ぼすことは経験的に知られてはいたが、すべてを統括的に扱って定量化した研究は非常に珍しいものである。この点に本論文の新規性が認められた。

さらに本論文は札幌市の地盤沈下ハザードマップを作成することだけが目的ではなく、そのハザードマップの作成方法を構築するものである。手法を確立したことにより、他地域の地盤沈下ハザードマップ作成が容易に行えるようになった。この点に本論文の有用性が認められた。

論文審査結果の要旨

本学位審査委員会は、令和3年7月9日（金）16時00分から17時15分にかけて、Zoomで論文公聴会開催した。安達毅 審査委員会主査、今井忠男 審査委員、石山大三 審査委員、川村洋平 審査委員の出席のもと、論文の関連事項に関する詳細な質疑応答ならびに口頭による学力確認が行われた。

特に、博士論文で述べられていた地震動に起因する地盤沈下ハザードマップの作成と分析方法および結果について、

- (1) 例えば N 値や断面図といったより多くの地質情報を考慮したシステム開発を行う必要はないのか
- (2) 情報として扱っている地下水レベルよりも地下水圧が液状化に影響を及ぼしていると考えられるが、その点に関してどのように考えているか
- (3) この博士論文の研究結果は今後の都市開発や土地利用の基盤情報として活用してることが可能か
- (4) 地下水圧を入力情報としていないにも関わらず、液状化起因の地盤沈下をなぜ精度よく予測できるシステムになったのか
- (5) 地下鉄の影響は理解できるが、鉄道沿線が地震時に地盤沈下の影響を受けるという結果をどのように解釈したらよいか
- (6) 本研究では東区と清田区に注目して FR モデルを作成しているが人口密集地である中央区を対象とするべきではないか。また、この研究ではエリアの選択が重要なものとなるのではないか
- (7) 区単位で考えるのではなく地質区分のような単位で解析を進めるべきではないのか
- (8) 低い降水量がなぜ地盤沈下に影響を及ぼしているのか
- (9) 発表では単純な結果よりもその解釈をより説明することを勧める

などの質問・コメントが出されたが、申請者からは学術的考察にもとづいた明確な回答が示された。

よって公聴会の後に開催した学位審査委員会は、Taeyoo Na（テユ ナ）氏が最終試験に合格し、博士（工学）として十分な資格があるものと判断した。