



# Spatial Evaluation of Potential Tsunami Vertical Evacuation: A Case Study of the Western Coastal Belt in Sri Lanka

発行年	2019
その他のタイトル	津波に対する垂直的避難の可能性に関する空間的評価：スリランカの西部沿岸地帯の事例研究
学位授与大学	筑波大学 (University of Tsukuba)
学位授与年度	2018
報告番号	12102甲第9035号
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2241/00156912">http://hdl.handle.net/2241/00156912</a>

氏名	RANAGALAGE MANJULA MAHINDA		
学位の種類	博 士 (理学)		
学位記番号	博 甲 第 9 0 3 5 号		
学位授与年月日	平成 3 1 年 3 月 2 5 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	Spatial Evaluation of Potential Tsunami Vertical Evacuation: A Case Study of the Western Coastal Belt in Sri Lanka (津波に対する垂直的避難の可能性に関する空間的評価: スリランカの西部沿岸地帯の事例研究)		
主査	筑波大学教授	理学博士	村山 祐司
副査	筑波大学教授	博士 (理学)	松井 圭介
副査	筑波大学講師	博士 (理学)	森本 健弘
副査	筑波大学助教	博士 (理学)	山下 亜紀郎

## 論 文 の 要 旨

2004年12月にスリランカを襲った巨大津波は3.5万人の命を奪い、100万人を超える負傷者を出した。津波に対する知識が乏しく、住民が津波の到来に無防備であったことが不適切な避難行動を引き起こし、二次被害を拡大させたと指摘されている。この事実を踏まえ、審査対象論文で著者は、空間情報技術を駆使して垂直的な避難の有効性を検証するとともに、津波被害を最小限に抑える避難行動とそのあり方を地理学的観点から論じた。対象地域は、スリランカの西部沿岸地帯に位置するモラトワ地区（コロンボ大都市圏）である。標高の低い平坦地が広がる住宅卓越地区では、縁辺部に位置する高台への水平的移動では時間がかかりすぎるため、近隣の高層建築物への避難は犠牲を減じる有効な手段であると考えられる。本論文では、2004年に到来した津波の規模を参考に、津波比高が4m、8m、12mの3つのケースを想定し、住宅卓越地域に浸水域がどのように拡大していくかをシミュレーション分析により明らかにした。さらに、シナリオ分析を通じて巨大津波の到来がコミュニティ（地域社会）にどんな影響をもたらすかを探った。

本研究の目的に沿う空間分析を実行するには、ミクロレベルで正確な建物現況を示すデータが必要である。そこで著者は、航空レーザー測量から得られた建物情報をデジタル化し、精確な形状、床面積、高さを建物別に導き出した。作成した地理空間データに基づき、容積を含む建物情報を解析した結果、この地区では500m<sup>3</sup>以下の建物が半分以上（50.2%）を占め、1000 m<sup>3</sup>を超える建物は17.2%しか存在しないことが判明した。とくに、沿岸部や内陸の湖岸沿いには小規模な住宅が密集しており、これらの地域で津波被害が激甚になる恐れがあることが明らかになった。ミクロレベルでみると、津波被害は建物の規模に依存するので、著者は、想定される被害の状況を建物規模別に分析した。具体的には、GIS解析によって建物別に容積を求め、浸水により使用ができない建物が3つのケースでいかに異なるかを考察した。この分析では建物容積の総和で人口を除き、建物ごとに居住人数を按分する方法を採用した。また、小地域別人口はセンサス統計より入手した。分析の結果、500 m<sup>3</sup>以下の小規模建物に総人口の29.4%が居住していることが判明した。

つぎに著者は津波の到来によってダメージを受ける高層建築物（避難所）を特定し、シミュレーション分析により被害の程度によって収容可能数がいかに変動するかを探った。その際、建物の機能（学校、商業施設、マンション、宗教施設など）によって受け入れ体制に差が生じることを鑑み、有識者への聞き取り調査も加味

し、避難先の建物の規模と機能を考慮した避難行動のあり方を検討した。4mの津波が到来した場合には4,920人が避難を強いられるが、220の施設が受け入れ可能で17,594人を収容でき、かなりの余裕があることがみいだされた。8mの津波になると、10,952人が避難を強いられるが、25,677人を収容でき、まだ15,000人弱の余裕があることが示された。12mの津波になると、影響を受ける住民は12,421人に増加する一方、収容可能人数は10,165人に過ぎず、2,256人があふれることになる。12mの津波に襲われた場合、地域への影響は深刻であり、喫緊の対策が求められる。避難生活は長期に及ぶことが予想され、避難所では生活関連設備の充実が求められる。建物の機能によって避難環境は異なり、著者が実施したアンケート調査によれば、宗教施設、学校、マンション、行政施設、商業ビルの順で住民の人气が高かった。

計画にしたがって、安全で利用ポテンシャルの高い施設を選別し避難所に指定した場合、各施設はどの程度の距離からどのくらいの人数を受け入れ可能であろうか。著者は、避難所までの津波の到着時間、居住地から避難所までの移動時間を組み合わせた空間モデルを構築し、モラトワ地区全体を対象に実証分析を行った。その結果、津波による人的被害を最小にするには、都市空間構造の把握が欠かせないことが明らかになった。標高、地形、建物の分布や密度、避難所の立地や規模、人口分布などを含む都市の水平的、垂直的特徴を理解するとともに、津波の到達時間、避難所の選択と避難所までの移動時間、収容可能人数などを組み込んだ精緻な時空間モデルを構築し、最適解を得ることが求められる。

## 審 査 の 要 旨

発展途上地域では、精度の高い過去の地図や統計、資料を網羅的に入手することはきわめて困難である。この状況下において、著者は、衛星画像や航空測量データに空間情報技術を適用し、研究を遂行するうえで不可欠な時空間データを創り出すとともに、高度な時空間分析を試みている。実証分析の結果を通じて津波の到来に対して垂直的避難の有効性を論じた本論文は高く評価でき、方法論的にも独創性が認められる。とくに、1) 建物別に形状と高さをデジタル化し、精緻な建物現況図を作成したこと、2) 建物の用途や容積によって避難住民の受け入れに変動が生じることを指摘し、建物ごとに収容可能人数をマッピングしたこと、3) 収容可能人数を算出するために、UBVI(Usable Building Volume Index)とVDF(Volume Determination Factor)を組み合わせたユニークな手法を考案し、実証分析に適用したことは特筆される。現地で丹念なフィールドワークを実施し、GIS分析で得られた解釈を補強したことも評価できる。

GIS やリモートセンシングの技術と空間解析手法を融合させ、大量な非集計データを円滑に処理し空間可視化したことは注目に値し、本論文のオリジナリティを高めている。本論文で構築した分析枠組には汎用性が認められる。他の津波常襲地域にも応用が可能であり、本論文は学問的な貢献が大きいと考えられる。国際的にも重要な研究である。

平成31年1月31日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士(理学)の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。