

氏名	VOULGARIS GERASIMOS		
学位の種類	博 士 (理学)		
学位記番号	博 甲 第 7751 号		
学位授与年月日	平成 28年 3月 25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	Spatiotemporal Analysis of Tsunami Vertical Evacuation: A Case Study of the Shizuoka Metropolitan Area (津波被害に対する垂直的避難行動の時空間分析—静岡都市圏を事例として—)		
主査	筑波大学教授	理学博士	村山 祐司
副査	筑波大学准教授	博士 (理学)	堤 純
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

近い将来、南海トラフ地震が発生し、太平洋沿岸地域を中心に大規模な災害を引き起こす可能性が指摘されている。とくに、沿岸低地に多くの人口を抱える都市化地域では甚大な被害が予想される。低地から距離のある高台への移動は時間を要することが想定され、一刻を争う状況下、高層建築物が林立する都市域では、近くの安全な高層建築物の上層階への移動が命を守る有力な手段となり得る。以上の点をふまえ、この博士論文は、安部川の河口沿いに低地が広がり 70 万を超える人口を有する静岡市を対象にして、津波がどの程度の被害をもたらすかを定量的に予測するとともに、被害を最小限にとどめるための方策として垂直的避難の可能性を提示し、その有効性を地理学的見地から論じたものである。

本研究では、高層建築物を対象に、高さ、容積、用途、機能、建築年代などの属性情報にもとづく地理空間データベースを構築し、GIS を駆使したシミュレーション分析を行う。論文は全 6 章からなる。第 1 章では、先行研究をふまえ、本研究の研究目的・手順などを説明する。第 2 章では静岡都市圏の地理的特徴を概説したのち、津波の大小による冠水域の空間的な変動を明らかにする。第 3 章では、フィールドワークの成果を加味しながら、建築物被害が津波の大小によっていかに異なるかについて空間分析を行う。第 4 章では、時間帯による人口の空間分布の差違を見だし、第 5 章では、建築物別収容可能人数の時空間的变化に基づき、垂直的避難の有効性を探求する。第 6 章は結論である。

被害の程度は津波の大小によって変動するので、最初に、津波の高さが 5m, 10m, 20m, 34m の 4 つのケースを想定し、DEM (標高データ) を用いて冠水域の空間的拡大を可視化することを試みた (第 2 章)。その結果、5m の津波の場合には、冠水は海岸線に沿って帯状に幅 2km の地域にとどまるが、34m の津波が押し寄せた場合には、沿岸から内陸に向かって 6km を超える広大な地域が冠水することが明らかになった。市街地のほとんどの建築物が被害を受けるが、その一方で、浸水が上層階までは到達しない高層のオフィスビルや居住用マンションがかなりの数にのぼることが見いだされた。これらの建築物の多くは鉄筋コンクリート造で、建築年代も比較的新しい。耐震補強が施されている建築物も多い。

そこで、避難可能な建築物がどのような地域に分布し、どの程度のスペース (容積) が利用可能かを GIS で探った。具体的には、上記の 4 つのケースでシミュレーションを施し、津波の大小に応じて避難スペースがどのように変化するかを明らかにした。なお、避難可能なスペースは、建築物全体の容積から浸水部分の容積を差し引くことによって算出した。建築物全体の容積は床面積に高さを乗じることにより求

めた（第3章）。

ついで、各建築物がどの程度の人数を受け入れ可能かを分析した。十分な人数を受け入れることができない場合には、垂直的避難を奨励することは犠牲者を増やすことにつながるので、収容規模の算定はデータ解析だけでなく現地での実態調査にもとづき、量的かつ質的に検証された。ここでは、上記の4つのケースで収容可能人数を建築物別に算出し、地図化することによってその分布パターンを比較した（第4章）。

津波が発生する時刻によって人的被害の程度は異なる。そこで、時間帯別に路上の歩行者数や建築物内の滞在人数を算出することによって、建築物内に避難する可能性のある人数を推定した。パーソントリップ調査による時間帯別の滞留人口を参考にしながら、昼夜間を問わず避難を希望する人々全員を収容することが可能か、シミュレーションを行った。その結果、34mの津波の場合、該当する3,204の建築物には午前5時に43,902人、午前10時に31,111人、午後4時に42,154人、午後9時に43,609人が滞留していると予想され、一人あたり9立方メートルのスペースを割り当てるとすれば、午前5時に610,481人、午前10時に621,650人、午後4時に611,066人、午後9時に610,581人を新たに収容できることがシミュレーションによって判明した（第5章）。

本研究の結論は以下のように要約できる。規模が小さい津波の場合には、避難可能な建築物が近隣に数多く存在するが、津波の高さが34mを超えるとその数は激減する。避難可能な建築物は郊外地域にはほとんどみられず、都心の中心業務地区およびその隣接地域に集中する。収容可能人数は時間帯によって変化する。CBDでは、昼間の方が夜間よりも人口密度が高いため、昼間に大規模な津波が到来した場合、高層の建築物が林立するCBDでは垂直的避難によって、より多くの人命を救うことができると推察される。津波が引き起こす人的被害は都市の空間構造と密接に関係する。人的被害を最小限にとどめるには、都市のディレイリズムを的確に把握することが重要である。静岡都市圏では、垂直的避難は命を守る有効な手段であるが、時間帯によって最適な避難行動は異なることが予想されるので、津波の発生時間を考慮した高層建築物の受入システムの構築とともに避難訓練が必要である。

審 査 の 要 旨

この博士論文は、津波被害に伴う垂直的な避難行動の有効性を論じた新機軸の研究である。人口稠密な低地では、林立するオフィスビルやマンションの高層階が有力な避難場所として機能することを膨大な地理空間情報を用いて実証的に明らかにしており、本論文は斬新な論考として高く評価できる。とくに、津波の規模に応じて人的被害が時間的、空間的にどのように異なるかを見いだすとともに、想定される被害状況を建築物別に地図化し、その空間パターンの形成要因を解明した点に、高い独創性が認められる。さらに、昼間には中心業務地区に人口が集中する一方、夜間には人口が郊外に広く分散するという静岡都市圏の空間構造を踏まえたシミュレーション分析も、本論文のオリジナリティを高めている。

この研究で構築した理論や方法論は、静岡都市圏にとどまらず他の都市圏や都市化地域にも応用可能である。得られた知見は、将来における都市計画や防災政策に有用である。本論文は貴重な基礎研究として今後の行政に貢献することが期待される。

平成28年2月4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。