

16. 南海トラフ地震災害シミュレーション

長谷川直登・本野汐里・鳥居一平

1. はじめに

日本は世界で唯一4つのプレートに囲まれた有数の地震大国である。その為、昔から地震による大規模な自然災害が頻発し、そのたびに多くの人々が犠牲になっている。2011年3月11日には東日本大震災が発生し、三陸沖から関東に及ぶ広い範囲に多大な被害を及ぼした。この地震は、規模やその後に襲う津波などの二次災害においてこれまでの想定を遥かに上回るものであった。東日本大震災後、今後起こりうる想定される地震被害についての見直しが行われ、さまざまな対策が改訂された。こうした行政対策だけでなく、個々の地震への関心や、災害に対する備えが実際に即しているかどうかをもっと検証しなければならない。そこで今後30年という短い期間で起こりうる可能性が極めて高く、複数の巨大地震が連動して発生するとされる、南海トラフ巨大地震の災害シミュレーションの研究を行った。

2. 研究の目的

本研究の目的は、以下の3点である。

- ・1被害予測情報の視覚化
- ・2減災教育
- ・3減災に対して個人の自発的、能動的行動を促す

南海トラフ巨大地震は、静岡県の駿河湾から九州東方沖という広範囲に被害を及ぼすと想定され、発生確立は30年以内に60～70%とされ、現在も発生確率は上昇している。死者の想定は20～30万人、資産等への経済損失も170兆円という膨大なものとなった。この想定では防災・減災対策を行った場合の効果も試算されている。建物の現状の耐震化率を100%まで向上させ、出火防止対策等を講じれば、建物倒壊による死者数を3万8000人から5800人へと15%に減らし、資産等の被害額は約80兆円へとほぼ半減させることができる。津波による犠牲者は、20mを超える津波に対しては早期に避難することが最も効果的であることが示されている。早期避難率が高い場合を低い場合と比較すると、死者数は2分の1～9分の1に軽減される。全員が災害発生後すぐに避難を開始した場合には、10分の1以下にできる可能性がある。災害を軽減するためには、将来起きる災害に対しての知識を身に付けることが必要である。実写映像やCGで具体的にわかりやすく伝達することができれば、現実的で身近な現象であると認識し、より現実に即したイメージをすることができるようになる。そうすれば、迫り来る巨大地震に対して事前にどのような対策が必要となるのか、地震の影響がどこまで広がるのか、また地震による影響がどの程度広がるのかなどの、地震直後とその後起こる問題に対して減災に対する行動を能動的、自発的に促すことができる。そのために、地震被害の予測シナリオに沿ってプロジェクションマッピングの技術を駆使し、見ている人へ伝達する。また、南海トラフ巨大地震は単に強い揺れと津波だけでなく、それぞれの被害が複合的に様々な問題を引き起こす。そのため、地震発生から二次災害までの地震のシナリオに基づいて複合的にシミュレーションを行う。

3. 投影装置

プロジェクションマッピングによる災害シミュレーションを行うため専用の装置を制作した(図1)。大きさは高さ2300mm幅1100mm、その中に愛知県の立体地図模型、プロジェクター、ディスプレイを搭載した。

装置は下部、基幹部、上部と別れており、分解出来る仕組みになっている。これにより持ち運びの負担を軽減した。小中学校での利用を想定し、装置の下部は130~110cmくらいの身長でも見やすい位置の670mmを基礎とした。



図1 投影装置

3.1 立体地図模型とディスプレイ

プロジェクションマッピングの投影物となる立体地図模型の大きさは800mm*600mmとし、3Dプリンターで作成した(図2)。立体地図模型の地図の範囲は愛知県を中心として少し海と隣県が入る縮尺にした。ディスプレイの光がマッピングの妨げにならないよう、ディスプレイとジオラマの間隔は1000mmにした。ディスプレイは地面から1700mmほどの高さになるので、見やすいようにやや手前に傾けている。



図2 立体地図模型

3.2 操作板

投影装置の下部に操作盤を設置し、映像を切り替えられるようにした(図3)。PCから映像を流すのにVJソフトResolumeArena4を使用し、1台のパソコンから2台の出力媒体へ映像をながし、KorgのnanoPAD2の各ボタンに映像を割り当て、映像を切り替え



図3 操作板

られるようにした。Resolumeにはアドバンススクリーンという機能がある。入力画面で映像のどの部分を投影するか設定することができ、出力画面では入力画面で抽出した映像を、対象物の形状にあわせてマッピングすることができる。投影するscaleの比率を変更し大まかな調整を行った後に、アドバンススクリーンの変形機能を使ってパスの位置を調整してマッピングを行う。装置には地震発生、火災、津波、揺れ、総合、備え、一時停止のボタンをつけ、ユーザーがもう一度見たい項目へ切り替えることができる。

4. プロジェクションマッピングを用いる新規性

プロジェクションマッピングは、物体や建物、あるいは空間に対してプロジェクターから映像を投影する映像手法である。この映像手法は様々な形で応用することができ、世界中で多くの作品が作られ、発表されている。プロジェクションマッピングは、視覚的なインパクトと華やかさで演出効果が高く、歴史的建造物やテーマパーク内の建物に投影するといった、イベントや広告として利用されることが多かった。本研究はこの高い演出力と立体的な映像表現に着目し、減災啓蒙や学術的内容の伝達をより円滑、直感的に行うことを目的として災害シミュレーションに利用した。学術的な内容を分かりやすく可視化していることから、もともとの知識に関係なく災害に対して深く理解することができる。

また、地震は地形と深い関係がある為、正しく地震について学ぶには地形の理解も必要となってくる。しかし、通常の地図では位置関係以外の情報は伝わりにくい。平面の地図では、地形の起伏はで色の変化で表現する

しかなく、具体的な理解へはつながりづらい。そこで本研究では、投影物に高精度に再現した愛知県の立体地図模型を使用した。これにより、高台と低地の差異もより直感的、視覚的にとらえることができるようになっていく。立体地図にプロジェクションマッピングを使用すれば、被害範囲を地図化したハザードマップも立体化、アニメーション化することができる。さらには避難経路や避難場所がどのような場所にあるのかも一目で理解でき、危険地域の地理的理解も深めることができる。災害シミュレーションを行う際には、想定される被害に基づく数値やデータを明確にし、グラフや表などにまとめ、分析へ繋ぐ行程は欠かせないものである。そこで、投影装置上部にディスプレイを設置した。ディスプレイでは、最新の被害予測データに基づいてわかりやすくまとめた表やグラフを表示する。プロジェクションマッピングとディスプレイの映像を複合的に組み合わせることによって、より多くの情報を分かりやすく伝達できるようになり、コンテンツとしての表現の幅も広がった。

5. 南海トラフ巨大地震のシナリオと映像の制作

南海トラフ巨大地震が発生すると地震そのものの揺れや、それによって誘発されるさまざまな二次被害に襲われることになる。本研究では、地震発生から二次災害までの地震のシナリオに基づいて複合的なシミュレーションを行うが、津波や火災などの二次被害ひとつひとつにも段階的な被害予測があるため、二次被害をひとまとめにするのではなく、大まかな項目にわけてひとつひとつの予測シナリオを作成した。これにより、細かな時系列シナリオを複数並べることができ、より具体的で現実的な表現が可能となった。今回は災害時の時間的な状況の変化を動画やアニメーションにすることで時系列に並べて表示させる目的がある。そこで映像制作にはアニメーション作成に優れ、多彩なエフェクトが使用できる Adobe After Effects とプロジェクションマッピングにおいて立体的な映像表現の演出に優れている Autodesk Maya を使用した。

5.1 地震発生

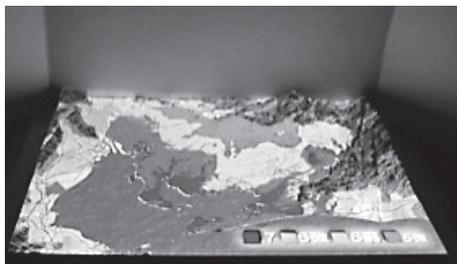


図4 地震発生シミュレーション

南海トラフとは、静岡県の駿河湾から九州東方沖まで続く深さ4000m級の巨大な海底の溝（トラフ）のことである。これはフィリピン海プレートがユーラシアプレートの下に沈み込む境界に位置し、現在でもプレートは移動し続け、活断層は地震を誘発している。断層がプレートの動きによる負荷に耐えかねて一気に動いたとき、大きな衝撃が生まれる。これが南海トラフ巨大地震の発生である。

その地震発生直後、つまり地震の揺れが日本列島に到達する前に、さまざまなメディアで緊急地震速報が発表される。そのわずか数秒後には、地震の揺れが日本列島に到達し、地震による被害を受けることとなる。観測する震度は、断層に近い場所であるほど大きくなる。南海トラフは愛知県の南側の海域に存在するため、県の南側ほど震度が大きくなる。愛知県が観測する震度は7から6弱で、県の中核である名古屋市では、最大震度7を観測する。

映像では、名古屋市をはじめ、震度6弱を観測する瀬戸市、長久手市、震度6強の春日井市や小牧市などのゆれの強さを色分けで分かりやすく示す。(図4)

地震発生時の揺れのシミュレーションにはAfterEffectsのwiggleを使用した。wiggleとは「動き・変動」という意味で、動きにランダム性を与えるメソッドである。

5.2 揺れの継続時間

地震の揺れの長さ、継続時間は、地震規模、震源からの距離、地盤の特性によって変化する。地震規模が大きく、地盤が柔らかいところでは長く揺れが続く（図5）。揺れの継続時間が長ければ、それだけ机の下にもぐっている時間が長く、次の行動をする時間も遅くなることから、揺れの継続時間は避難行動において重要な要素である。またテレビやタンス、コピー機などの固定されていないものに翻弄される時間も長くなり、地震に対する不安感や恐怖感もより一層強くなる。南海トラフ巨大地震は、図5のように、広い震源域から次々と波が生成されるため、広域で非常に長く揺れが続く。多くの地域で震度1以上の揺れが200～260秒程度見舞われることになる。名古屋市では、ところどころで260秒以上揺れる場所がある。この地域は、濃尾平野などの地盤が柔らかい場所であることから、ほかの地点と比べて長く揺れが続く。一方で、愛知県東部や奥三河などの地盤が固い山地では、継続時間は200秒以下で短い。また日本海側は太平洋側よりも震源より遠い場所だが、遠いからと言って継続時間が短いわけではない。非常に大きな地震では、遠くでも揺れが続く。揺れの継続時間は内閣府より発表されたシミュレーション波形を利用し、約5kmメッシュの中央点の地表の震度を色別に描画した。また、地盤の特性が大きく関係してくることから、地盤の硬さを示す分布図も映像に追加した。



図5 揺れの継続時間

5.3 火災

地震発生後は、人口密集地である名古屋市をはじめとする都市部では、大規模な火災の発生が予想される。愛知県の火災による建物の全壊数は11万9千棟、死者は2300人にのぼると想定されている。広域延焼火災の被災データは関東大震災のものしか残っておらず、予測が難しいが、火災旋風が発生すれば被害は現在の想定の数倍にもなると考えられる。さらに、密集市街地では火災旋風が発生しやすい。I字型のビルやL字型のビルはビル風によって渦が発生しやすく、建物から離れている部分まで波及するため、ビルで囲まれている地域も火災旋風が発生しやすい。一般家屋では、電化製品の漏電による出火、暖房器具からの出火が考えられる。住宅街では風により延焼し、火の勢いは長時間続く。また、津波に誘発される火災もあり、これによって沿岸部でも大きな被害がおけるとされる。火災のシミュレーションにはMayaのFluidEffectsを使用した（図6）。



図6 火災シミュレーション

5.4 津波

南海トラフ巨大地震が発生した際には、必ず津波が発生する。その原因は、プレートである。南海トラフ巨大地震は、プレートの歪みから発生する。南海トラフの海洋プレートは、大陸プレートの下に潜り込んでいるため、海洋プレートが動くに連れて大陸プレートも引き込まれる。それにより歪みがたまり、その歪みが限界に達した時、大陸プレートが跳ね上がり、巨大地震が発生する。この跳ね上がったプレートが、真上にある海水を一気に持ち上げるためである。愛知県の津波による全倒壊数は2600棟、津波による全死者数は6000人になると予測されている。また、沿岸の中でも、遠浅の海底地形や岬の先端では津波の進路が曲げられ、一か所にエネルギーの集中が起こることから、巨大な津波になる可能性が高い。震源から離れた都市部でも、地盤の低い濃尾平野では津波の影響で浸水する。また、河川を通じて住宅街にも被害をもたらす。津波は湾が狭くなるにつれて再び高さを増し、さらにビルなどに遮蔽してより速さを増す。愛知県では田原市が地震発生後、最短時間である12分

後に22mの津波が到達する。この津波により160ヘクタールもの地域が10m以上浸水する。(図7)津波シミュレーションにはAfterEffectsのCCwavewouldを使用した。図8のように愛知県の内側の断層の滑り量が多いことから、津波は西側から襲ってくると想定される。これは南海トラフ地震の震源域が駿河湾方面であると考えられるからである。



図7 標高が低い地域と名古屋市周辺の浸水域

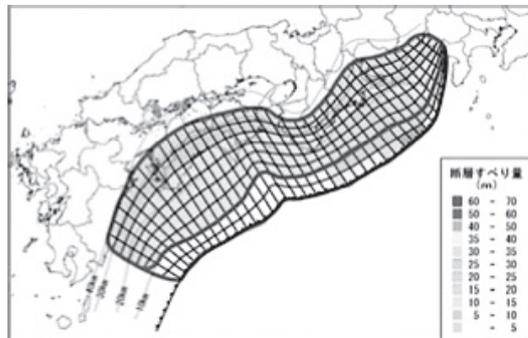
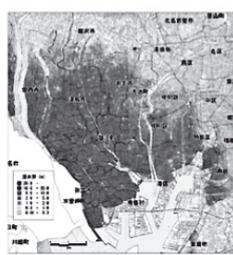


図8 津波断層モデルのすべり量分布

5.5 備え

南海トラフ巨大地震は過去の地震周期からみても避けることのできない現象である。しかし、本シミュレーションは、発生する時間帯や人々の地震への対応において、最大の被害が発生するシナリオに沿って被害予測数値を出している。そのため、迫る巨大地震に対しての正しい知識を身につけ、それを実践し対応することができれば、被害拡大は確実に減らすことができる。映像では、室内での家具の固定やガスの元栓を閉めるなどの、地震発生後の行動ポイントの把握などのよく耳にする基礎的な知識はもちろんのこと、実際に被害を受けた場合には、そのような行動が思い通りに出来なくなる場合が多いということまでを、あらかじめ知識として身につけておくと、予想外の事態に的確な対応ができるようになることまで含めて啓蒙を行っている。地震発生後の正しい行動パターンだけでなく、自分の住む地域がどのような被害を受け、それにはどのような対応をすべきかなどの具体的なイメージを描き、一人ひとりが減災への意識を高めることが重要である。

6. まとめ

被害予測情報の可視化、減災教育、減災に対しての個人の自発的、能動的行動を促すことを目的とし、研究を行った。地震から国民を守るために繰り返し行われる対策改正だが、ひとりひとりが震災に対する意識を変え、向上していなければ減災に繋がることは難しい。今回制作したシミュレーションは、県単位での遠くからの映像に留まっている。今後はこの映像の解像度をさらに上げていき、拡大をしていけば民家ひとつひとつ、あるいはユーザー自身が見えるなど、より詳細でユーザーの生活、日常に即した情報を提供できるよう改良していく。これにより、災害に対して実感を持つことができ、減災への行動に結びつくと考える。また、今回は厳選した情報を決められた順序や表示時間で提供しているが、必要な詳細情報は住んでいる場所や生活事情によってそれぞれ異なる。その為、ユーザー自身が操作し、必要な情報を選んで見ることができるようインタラクティブ性を高めていくべきだと考える。また、阪神淡路大震災や東日本大震災など、過去に起きた大震災のデータと照らし合わせた情報提示も行うようにしていく。これができれば、予測される被害の根拠や過去にあった事例を加えることができ、最新の被害予測データを提示した際に信憑性、説得力がさらに向上すると考える。今回製作した装置

をできるだけたくさんの人に使用してもらい、そこで得た意見を定期的にフィードバックしていきながら、より良いコンテンツを目指していきたい。