



広域3次元津波シミュレーション —地震津波防災に有効なツール—

研究・開発機関 : 株式会社地震工学研究開発センター
 国立大学法人名古屋工業大学
 利用施設 : スーパーコンピュータ「京」
 計算規模 : 1.5億メッシュ
 利用ソフトウェア : OpenFOAM2.2.1 (interFoam)

Before

- 一般的な津波浸水シミュレーションは、平面2次元解析によるものです。この解析では、津波高さや浸水エリアが概略的にわかる程度であり、正確な津波浸水状態や津波波力等の予測はできません。それを可能にするには3次元解析を行う必要があります。
- 3次元解析は、限られた空間(自動車や機械部品など)で既に実績はありますが、津波解析のような広範囲の3次元解析は従来のコンピュータの演算能力から不可能でした。

After

- 対象の地方都市中心部に対して、詳細な3次元モデルを構築して、3次元解析による広域3次元津波シミュレーションをスーパーコンピュータ「京」を活用して実施しました。その結果、想定される南海トラフ巨大地震が発生した場合に、地方都市中心部の詳細な津波浸水状態が予測できるようになりました。
- 浸水状況だけでなく、津波波力が正確に算出できるようになり、津波避難ビル等の津波対策にも役立ちます。

背景と目的

近い将来、南海トラフの連動型巨大地震の発生が危惧され、その巨大地震に伴う津波から、自治体等の防災拠点、避難ビル、病院、学校等の重要な建物、および避難や緊急物資の輸送で重要な橋、津波浸水を防ぐ津波防波堤等のインフラを守るための検討ツールとして、津波シミュレーションが重要になってきています。

一般的な津波シミュレーションは、非線形長波理論による平面2次元津波解析(以下、「2D解析」と呼ぶ)であり、概略的に津波高さや浸水エリアを予測するときに役立ちます。確かにこの津波シミュレーションは津波防災等において重要ですが、詳細な浸水状態(建物の影響や建物間の路上の流れ等)が表現できません。さらに、重要施設等に作用する津波波力を定量的に評価することも困難です。

これを解決できる有効な解析方法として、Navier-Stokes式を直接解く3次元津波解析(以下、「3D解析」と呼ぶ)が挙げられます。しかし、広域の3D解析には膨大な計算時間を必要とするという欠点があり、従来のコンピュータでは不可能でした。

そこで、スーパーコンピュータ「京」を活用して、3D解析による地方都市中心部の広域3次元津波シミュレーションの研究開発を行ってきました。

■ 利用成果

3D解析向けに建物や橋等をモデル化するには最小メッシュサイズを2mにする必要があります。現在のスーパーコンピュータ「京」をもってしても、このサイズで津波波源域から対象地点までの広範囲の3D解析は困難であるため、遠洋海域(津波波源を含む)を計算する2Dモデルと沿岸海域から陸域までを計算する3Dモデルを組み合わせたモデル(以下、「ハイブリッドモデル」と呼ぶ)を開発しました。

ハイブリッドモデルによる津波シミュレーションは、まず図1に示すように、地方都市中心部における建物、堤防、橋等に対してメッシュサイズ2mで正確に3Dモデル(1.5億メッシュ)を構築します。次に、2D解析(図2)を実施した後、その解析結果を津波出入の境界条件として3D解析による図1の広域3次元津波シミュレーションを実施します。地震発生から13分後まで2D解析を実施して、そこから3D解析を開始した計算結果の一例を図3、4に示します。この結果は、中央防災会議が想定している規模の南海トラフ巨大地震の津波シミュレーションになります。

図3は3D解析開始から340秒経過した津波第1波が襲来するスナップショットです。この時点では、海岸近くの地盤高さが低い地域の一部が浸水しているだけです。また、図内の赤点線内の右岸側で、河川堤防に津波の一部が跳ね返って左岸側に向かっているのが確認できます。

図4は第2波により津波浸水が拡大したスナップショットです。この図から、津波が護岸を乗り越えて浸水して、さらに道路に沿って津波の浸水範囲が拡大しているのがわかります。ただし、護岸を乗り越えた後、構造物等の影響によって思ったより津波浸水の速度は速くはありませんでした。一方、河川からは、右岸側の津波の跳ね返りや河川の幅が狭くなることおよび河川堤防が不連続(図内の赤点線内)になっている場所があることから、津波が河川堤防を勢いよく乗り越えて、速い速度で広範囲に浸水する結果となりました。

以上のように、本ハイブリッドモデルを用いれば、詳細な津波浸水状態が予測でき、さらに中央防災会議で公表している2D解析の結果をそのまま3D解析の境界に反映させることができるため、本シミュレーションは、国や地方自治体の地震津波防災に大いに役立つツールであると考えられます。



図1 建物や橋等の3次元メッシュモデル

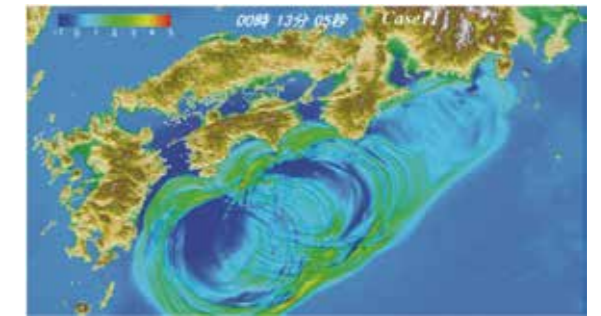


図2 2D解析による津波の伝播様子(地震発生13分後)



図3 3D解析の第1波津波襲来(340秒)

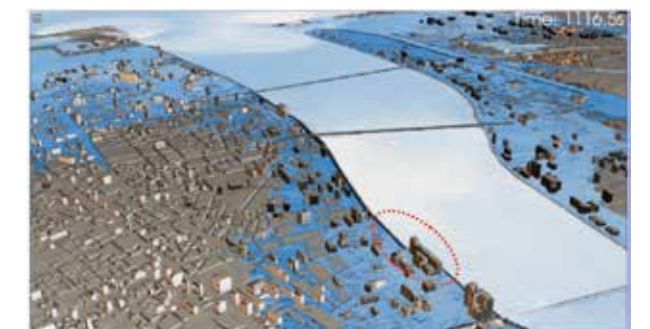


図4 3D解析の第2波津波襲来(1116秒)