



多量の瓦礫・流木を含んだ 豪雨災害・津波シミュレーション

研究・開発機関 : 東京工業大学 学術国際情報センター 先端研究部門 青木研究室
 利用施設 : 東京工業大学 学術国際情報センター Tsubame3.0
 計算規模 : 対象格子点数 数億~数十億 (均一格子に換算すると300億)
 利用ソフトウェア : 独自開発した自由界面と浮遊物体を含む流れのシミュレーションコード

Before

- 遡上する津波や台風・豪雨による斜面災害では多量の瓦礫や流木を伴った流れが発生し、建物などへの被害は水圧によるものよりも浮遊する固体との衝突の方が深刻になります。
- このような事象が発生する際、どのような衝撃が発生するのか、あるいは浮遊物が特定の場所にどのように捕捉されるか、などは実験による傾向の把握は可能でしたが、定量的な把握にまで至っていませんでした。

After

- 激しく変動する水面と浮遊物の相互作用(物体が流れから受ける力と流れが物体に及ぼす力)を計算できるプログラムを開発しました。
- 水槽実験と計算結果の比較を行い、流木の速さや捕捉される本数、角度まで良く一致する結果が得られました。また、流木の衝撃力は水圧よりも30倍以上大きいことが明らかになり、浮遊物を含んだ流れの構造物へのダメージについて重要な知見を得ることができました。

背景と目的

多量の瓦礫や流木などの浮遊物を含んだ流れに対し、詳細かつ広範囲の大規模計算を行うことにより、このような流れが構造物等に衝突する際にどのような力が発生するのか、さらに浮遊物が特定の場所にどのように捕捉され、滞留するかなどを明らかにすることを目標としています。

これを実現するためには、激しく変動する水面を含む流れを安定かつ高精度に計算する手法の確立、その計算プログラムの開発、高解像度で計算することにより発生する数億~数十億格子点を対象とした高効率な大規模計算の実施、流れと浮遊物および浮遊物同士の相互作用の解明、さらには水槽実験との比較による検証が必要となります。



提供元：岩手県宮古市



提供元：宮城県気仙沼市

図1 東日本大震災での津波による水害 (出典：地震調査研究推進本部)

利用成果

流木捕捉シミュレーション

計算条件として、図2のように水槽実験と同じ配置に防潮林を模擬したポールを立て、2cm角で長さが15cmと20cmの2種類の模擬流木であるケミカルウッド47本を貯水槽の前方に配置し、水を放流します。

図3に、ポール本数が8本と18本の2つのケースについて流水開始から4.8秒後のシミュレーション画像と実験写真を対比したものを示します。ポールの本数の違いで捕捉される模擬流木の本数に明確な違いが出ているのが分かります。また、捕捉された模擬流木の配置や流れに対する角度、重なり方なども実験とシミュレーションで非常に酷似していて、シミュレーションの精度や計算モデルの信頼性を確認することができました。

表1において、模擬流木長さ20cm、ポール本数18本のケースで捕捉された本数を見ると、5回の水槽実験結果もシミュレーション結果と同じように半数を超える模擬流木が捕捉されていることが分かります。(表1のケース4の部分)

大規模水槽での大量の木材を含んだシミュレーション

実際の災害に近い70m水槽での実験をシミュレーションでも検証を行いました。10本の木材の流れ方をシミュレーションと実験で比較し、両者がよく合う結果を示すことを確認した後、水槽を破損する恐れがあるため実験できない大量の木材を含んだ流れでのシミュレーションを行いました。計算条件としてはスロープの先にランダムに112個の木材を配置しました。図4は、浸水後に木材と衝突し水面が激しく乱れながら木材が運ばれる様子のスナップショットを示しています。

木材が多い場合には、流れの運動量が木材に奪われ流れが大きく減速するため木材がどのような場所に捕捉されるかなどが影響をうけます。現実の豪雨災害では、より広範囲で複雑な地形を考慮する必要があり、流木も数千本以上になる場合があります。そのため、計算量も非常に大きくなりますが、スーパーコンピュータの活用により実災害レベルのシミュレーションの可能性を示すことができました。

今後もさらなる大規模計算への改善を行っていきたくと思っています。

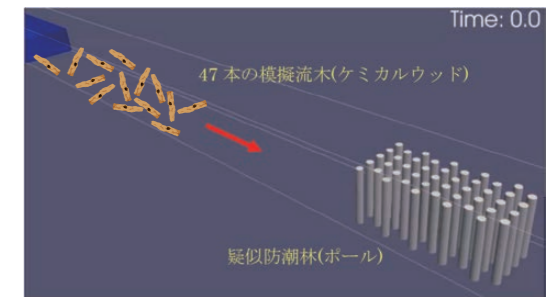


図2 流木捕捉シミュレーションのイメージ図

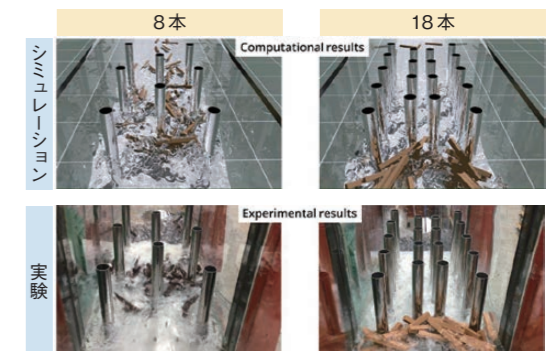


図3 シミュレーション(上)と実験(下)の比較

表1 捕捉された模擬流木の本数

ケース	1	2	3	4
模擬流木長さ	15	15	20	20
ポール本数	8	18	8	18
シミュレーション	1	1	0	25
実験1	0	6	1	36
実験2	2	1	8	18
実験3	1	1	7	38
実験4	1	0	4	38
実験5	1	0	6	22

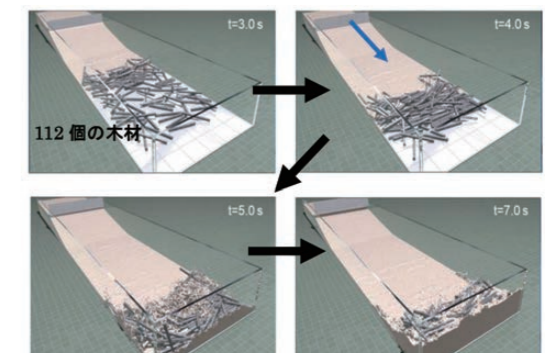


図4 多数の木材の右端壁への衝突状況の時間変化