

都市情報と自然災害シミュレーションの連成による統合地震・津波シミュレーション

東京大学 学生会員 ○藤田 航平
 東京大学 正会員 市村 強
 東京大学 正会員 堀 宗朗
 東京大学 正会員 M. L. L. Wijerathne
 東京大学 正会員 田中 聖三

1. はじめに

東海・東南海・南海地震では沿岸地域に強い地震動と津波が想定されており、これらの入力に対する都市の被害を把握することは防災対策を高度化する上で重要である。従来から、地理情報システム(Geographic Information System, GIS)に蓄えられた都市情報を使って構築した都市モデルと物理ベースの数値解析手法を使った自然災害シミュレーションが研究されてきた。ここでは、一つの入力(地震または津波)に対する都市の応答を詳細に調べることが主な目的であった。本研究では、地震と津波による都市の総合的な被害を解析するため、建造物の地震応答解析と津波解析を統合した統合地震・津波シミュレーションを行う。

2. 手法

本研究では、自然災害シミュレーションと都市情報を連成させることで統合自然災害シミュレーションを行う。ここでは、都市情報を共通都市モデル(Common City Model, CCM)に記録し、各自然災害シミュレーションがCCMのうち必要な部分を読み込み、自然災害シミュレーションを行ったうえで結果をCCMに書き戻す。地震応答解析の例では、建物情報をCCMから読み込み、入力地震動に対する建物の応答解析をした上で、建物の損傷情報などの解析結果をCCMに書き戻す。変更を加えたCCMに引き続く自然災害シミュレーションを作用させることで、複数の自然災害に対する都市の応答を統合して解析する。既往の自然災害シミュレーションやGISデータを活用するため、CCMとそれぞれのシミュレーション・GISデータの入出力インタフェース(vector/raster, ASCII/binary, etc.)との間にデータ変換モジュールを開発する。上記の例では、これはCCMの建物情報を地震応答解析に使うことができる建物モデルに変換するモジュールと、地震応答解析で得られた建物応答の時刻歴データを建物の損傷データとしてCCMに変換するモジュールに当たる。

本研究では、地震応答解析に建物の構造部材を非線形部材としてモデル化するOne Component Modelを使い、津波解析に3次元流体解析手法を使った高分解能な津波解析を使う。各解析共に大規模問題に対応できるように分散メモリ型の並列プログラムを使う。

3. 数値解析例

開発した手法を使った数値シミュレーションを行う。まず、GISデータをCCMに変換する。CCMは建物の外形情報と地表面の標高からなっている。次に、CCMを地震応答解析用の都市モデルに変換し、2011年東北地方太平洋沖地震の観測波(K-NET MYG013, Sendai)を各建物の基盤に入力する。**図-1**は計算結果のスナップショットである。ここから、各建物がその高さや床形状によって異なる応答を示していることがわかる。次に、最大層間変位角が1/40以上と計算された建物は倒壊すると仮定し、建物倒壊による都市形状の変化をCCMに反映させる(**図-2**参照)。最後に、地震動による被害が反映された都市モデルと元の都市モデルに同じ津波を入力し、津波解析を行う。**図-3**の左図は地震被害を考慮した場合、右図は地震被害を考慮しなかった場合の計算結果である。これらの結果を比較することで、建物倒壊によって津波の流れが変化することがわかる。

キーワード 統合地震・津波シミュレーション, 地震応答解析, 高分解能な津波解析

連絡先 〒113-0032 東京都文京区弥生1-1-1 東京大学地震研究所 Email: fujita@eri.u-tokyo.ac.jp

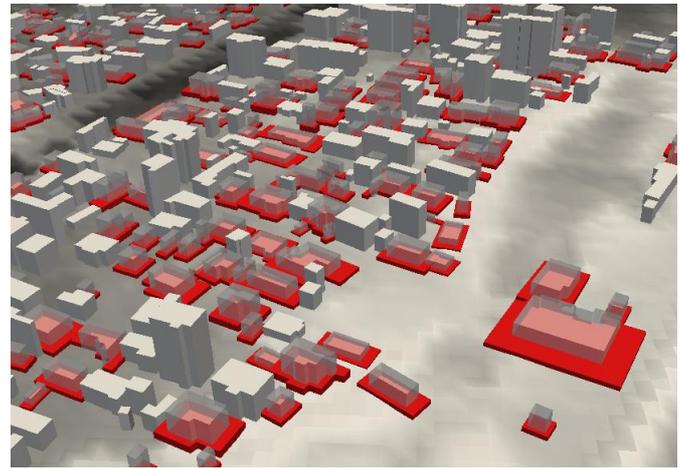
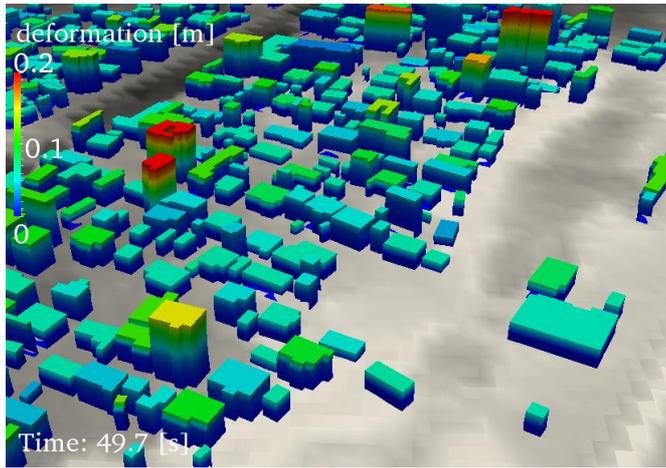


図-1(左)地震応答解析の結果. 色は変位の絶対値を表す. 高さ・大きさに応じて建物が異なる応答をしている.

図-2(右)地震による都市形状の変化. 半透明は倒壊前の建物形状, 赤色は倒壊後の建物形状を表す.

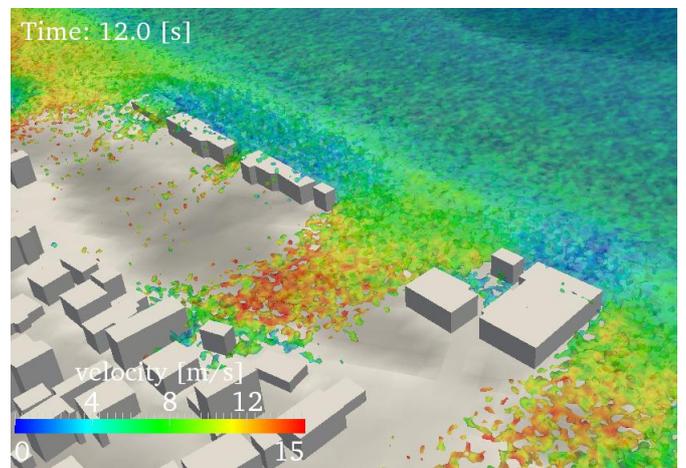
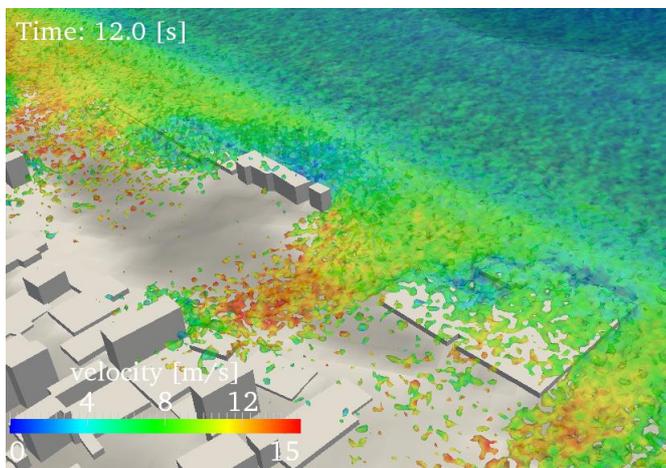


図-3 津波解析の結果. 左:地震応答解析による建物の損傷を考慮した場合, 右:考慮しない場合. 色は流速を表す. 建物の変形により津波の流れが変化していることがわかる.

4. おわりに

本研究では, 地震応答解析と津波解析を統合し, 地震動による都市被害を考慮した津波解析を行った. 高精度な解析結果が得られるよう, 解析の精度検証と妥当な入力地震・津波の設定が課題である. また, 2011年東日本大震災での津波のような大きな津波では建物の倒壊や生じたがれきの漂流による被害が顕著となる. これらの現象の解析のため, 流体・固体連成破壊解析手法の開発が課題である.

謝辞: 本研究では, 建築研究所構造研究グループの壁谷澤寿一研究員の構造解析コードを使用しました. ここに感謝の意を表します. また, NIEDのK-NET観測波形データ, 国土地理院の数値標高地図, 及びNTT空間情報(株)のGEOSPACE電子地図を使用しました.

参考文献

- ・上戸恭介, 堀宗朗, 市村強, M. L. L. Wijerathne: 統合自然災害シミュレーションのための堅牢性の高い都市モデル構築手法の開発, 土木学会論文集 A2 分冊(応用力学), Vol. 67, No. 2, I_451-I_465, 2011.
- ・藤田航平, 市村強, 堀宗朗, M. L. L. Wijerathne, 田中聖三: 粒子法による高分解能な津波解析のためのGISデータから都市モデルへの変換手法, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), (Accepted).