

# 「災害などのリスクと経済政策」勉強会 （第1回）

開催日：2005年12月1日

プログラムⅠ：「高度地震シミュレーションシステム」

講師：東京工業大学大学院理工学研究科 助教授 市村 強氏

## 1. はじめに

今回紹介するのは、地震時に都市がどのようなようになるかということ予測するシステム、「統合地震シミュレータ」というものである。当研究は東京大学地震研究所の堀教授との共同研究であるが、今回は現時点での研究結果につき紹介していく事としたい。

## 2. 研究の目的

当研究を始めた目的であるが、まず、世の中の人々は、地震に対して「怖い」というイメージを持っているが、「地震による被害がどういったものなのか」という具体的なイメージを持っていないという現状がある。そのため、地震は「怖い」ので備えを用意しようという行動は起こすのだが、結果的には防災グッズを揃えるといったような水準に留まってしまっている。また、地震が発生して5分後に自分は一体何をしているのかというイメージも、「自分は死んではいけない」であろうし、また、たぶん人助けをしているであろうというようなレベルである。つまり、実際に、震災時には「何が起きて」「どのような状況にあって」「何をしなければならぬ」のか、といった具体的なイメージを持つことが出来ていない。しかし現状は、そういった人々に対して、災害による被害を軽減するための合理的な震災対策が求められており、ここに大きなギャップが生じている。

これに対し、人々は起こりうる地震被害に対する「共通認識」を持たなくてはならない。ただ「怖い」のではなく、「何が怖い」のか、そういった「共通認識」を持つことが重要になってくるのだ。そのために、分かりやすく可視化されたデータが提供されるべきであり、それが当事者である市民、行政、技術者などに共有されてこそ、効果的な震災対策が生まれてくる。

また、「実際に何が起こるのか」ということの把握であるが、震災時に、想像も出来ないような事に対応する事は非常に困難を極める。そこで、「何が起こるのか」という事の把握のために、可能な限りの多数のシナリオを経験すること、つまりは場数を踏む事によって、想定外であるものを、想定内に入れてしまう事が必要である。

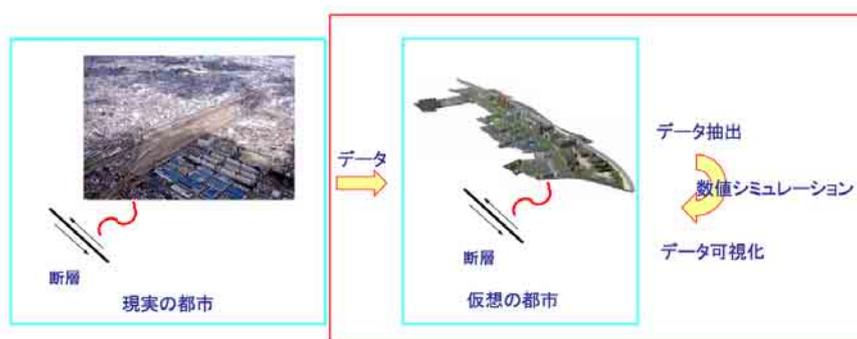
そこで、起こりうる震災の可視化された情報をどのように提供するか、実際に発生する

可能性の高いリアリスティックな情報をどう作り出すのか、ということがポイントとなってくる。

従来の地震工学でも、こういった取り組みは行われてはいた。しかし成果としては、色々な制約を受けた影響もあり、あまり出てきていない。そういった中で、これらの問題を解決し、震災の可視化された情報を提供するためにはどのような手法を用いるべきであるかということに対して、我々は現在、地震工学・情報工学などを融合した分や横断的な手法を用いてのアプローチを試みている。

それは、まず計算機上に現実と等価な仮想の都市を構築する事から始まる。そして、断層を動かし、断層がどのように動き、地殻の中を地震動がどのように伝わってくるのか、地上付近でどのような地震動分布となり、都市はどのように揺れるのか、それを全て計算機上でシミュレーションしてしまうのである。つまり数値シミュレーションを積み重ねることによって、どのような事が起きるのかを導き出すのである。そのため、「統合地震シミュレータ」ではこのようなシミュレーションによって、仮想現実都市内の様々な建造物の解析を行い、また併せて緊急対応や復旧対応の解析も行い、震災時には実際にどのような事が起こるのかといった情報を生み出すことを目的としているのである。(イメージは図1を参照)

図1 : <統合地震シミュレータシステムの目的イメージ>



### 3. シミュレーションシステムの概要

「統合地震シミュレータ」は、断層の破壊過程、波動伝播、ローカルサイトエフェクト等の地震動計算のための「強震動シミュレータ」と、それぞれの建造物の解析のための、「各種建造物のシミュレーションツール」、さらにはデータのまとめりである仮想現実都市を、上手く組み合わせる事によって、シミュレーションの実現を図っている。

具体的には、GISデータやCADデータを用いて計算機上に仮想現実都市を作成する。この中には、土や、橋梁などの色々な建造物が含まれている。そして、これに対して地震

動を計算する解析ツールによって、断層がどのように破壊するのか、地震波がどのように伝播するのか、地上付近でどういった地震動の増幅が起きるのかなどといった事を計算することで、計算機上の都市を揺らすのである。これによって、都市内のどの部分が揺れやすいのかといった、仮想現実都市の挙動の計算結果が可視化されてくる。そして、この結果をデジタルデータとして計算機上に保存しておく事によって、それぞれの見たい尺度で切って見ることが出来る。例えば、この辺の橋梁が揺れていたらしいとか、またはひとつひとつの構造物を取り出してその揺れ方を見る、さらにはそれらにどのように力が掛かるのかを見ることも可能である。

#### 4. シミュレーションの具体例

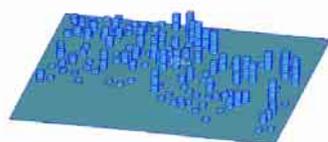
##### (1) 仮想六本木の場合

これは4, 5年前に行った研究であるが、東京の六本木近辺の3次元GISデータと、ボーリングデータを用いて、計算機上に現実仮想都市を構築したものである。都市というものは、例えば300m×300mという狭い範囲を見ても、決して単純な構造をしてはおらず、それは地盤構造が複雑であったり、その範囲内の構造物も同一の物ばかりではない。

これに対して、前述と同様にシミュレーションを積み重ねることで、地震動のシミュレーションを行っていく。例え300m×300mという狭い範囲であったとしても、高い分解能で解析することで、都市は地盤の影響を受けてかなり偏った影響を受けるということが分かってくる。それは、建物に対する入力というのが複雑な分布をする、そして建物ひとつひとつの性質も異なっている、つまりは結果として、建物の揺れはさらに複雑な結果となってくるという事によるのである。

一様で単純な想定ではなく、シミュレーションを積み重ねる事によって、都市内で応答に大きなばらつきが出てくる可能性が分かってくるのである。

図2：＜都市内の挙動計算結果に関する応答の大きなばらつき＞

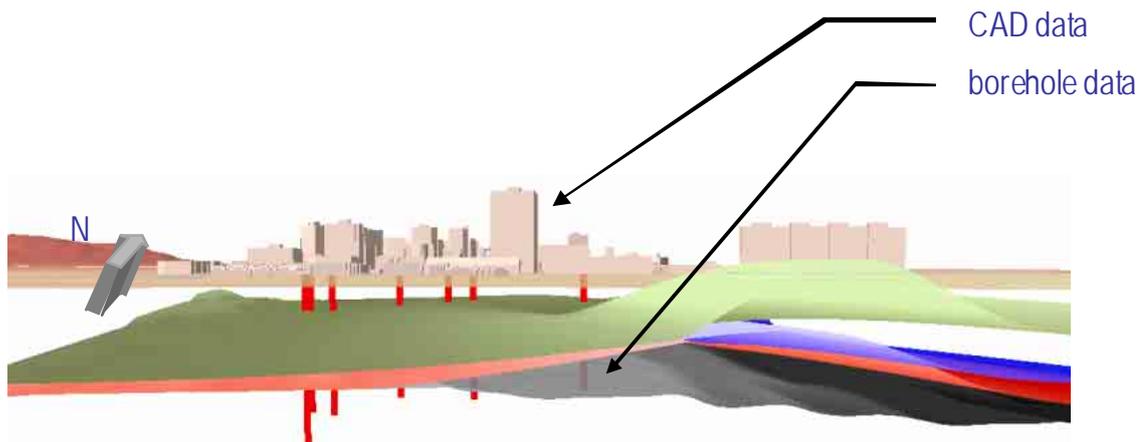


応答の大きなばらつき

(2) 仮想仙台X町<sup>1</sup>の場合

この研究においても、六本木の場合と同様に、1km×2km の範囲でデジタルデータを構築している。その上にあるのが都市の町並みであり、その下にあるのが地盤構造である。

図3：<仙台X町の仮想現実都市のイメージ>

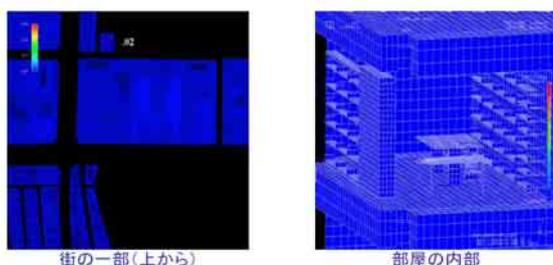


これを用いることで、この仮想現実都市に対し新潟中越地震のような直下型の地震が発生した場合にどのような事が発生するのかといった物理的なメカニズムに基づいた可視化された情報を提供することが可能になる。

また、仙台において懸念されている宮城沖地震のような海溝型の地震が発生した場合にどのようなことが起こるかということを見てみると、選択的に高い建物、つまりゆっくりと揺れる建物ほど共振を起こして大きく揺れるということが分かってくる。

このように想定する地震によって、想定される損害も異なることを、こうしたシミュレーションを通じて可視化する仕組みが出来つつある。また、高分解能解析によって、街の一部のみの揺れを見ることがや、さらには部屋の内部がどのようになるのかをいうことをシミュレーションすることも可能である。

図4：<高分解能によるシミュレーション>



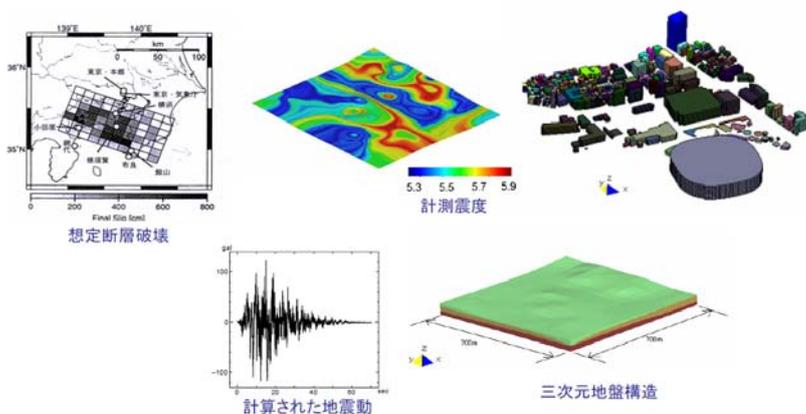
<sup>1</sup> データの出所の関係上、具体的な町名での表示を行っていない。

### (3) 仮想文京区の場合

これもGISデータを用いて、東京ドーム近辺の街並みを計算機上に構築し、併せて地盤構造も構築することで、仮想現実都市を作り上げた。

このシミュレーションでは仮想関東地震の際の仮想文京区の揺れを検証した。関東地震の際の想定地震動を作り、断層がどのように壊れるかということを想定して地震動を計算し、それを3次元の地盤構造に反映させることで、地震動の分布を見ることが可能となっている。

図5：＜仮想文京区のシミュレーションの仕組み＞



また、この研究では、東京大学の古村教授に東海東南海地震が同時に発生した際の地震動を計算して頂き、これを仮想文京区に適用することで、長周期地震動の例を見ることも行った。併せて、この検証では、何も耐震補強を施していない長周期の高層ビルを仮に文京区に建設した場合に、東海東南海地震時にどのような影響を受けるかどうかということも検証してみた。

図6：＜仮想文京区に対する長周期地震動シミュレーション＞

