

6/3被害調査報告会より「巨大津波と広域液状化からの復興に向けて」

6月3日に被害調査報告会を行いました。そこでは、「巨大津波と広域液状化からの復興に向けて」と題し、専門分野ごとに復旧・復興に向けた包括的な提案を行なうセッションを設けました。当初予定していた討議は残念ながら時間の都合上行なうことはできませんでしたが、当社の各分野の専門家から復旧・復興に向けての解決策の提案が行われました。

ここでは、当日司会を務めた礒山災害対策本部副本部長(当時)の趣旨説明とまとめ、当社特別顧問の樫山和男先生の特別講演、そして佐伯災害対策本部長(当時)の全社員への呼びかけをご紹介します。



○ 趣旨説明

災害対策本部副本部長 礒山龍二

ここまで様々な方面にわたって被害を報告していただきましたが、実は我々が調べてきたことの一部しか報告できないことや、業務対応で行っているので言えない部分もありました。その辺をカバーする意味で、少し専門分野ごとに包括的な話をさせていただきます。

特に、今回突きつけられた課題に対してどうすれば良いか、復旧・復興にむけてどうしていったら良いのか、という提案を含めて提示していただきたいと思います。時間があれば討議もしたいのですが、時間が無いので提示というところで終わってしまうと思いますが、ご了承ください。

私からの発表は省略しますが、一つだけ。お手元の資料を見ていただきたいと思います。明治三陸津波の遡上高さや被害、復興の事例などですが、これは土木学会の海岸工学委員会のHPに掲載してあるものです。津波防災の大家である首藤伸夫先生が、今回の震災の状況も踏まえて過去の事例を豊富に比較検討されて、シリーズでたくさんの論文を発表されています。これは今回の震災復興において非常に貴重な資料となりますので、特に復旧・復興に関わる方々には是非熟読していただきたいと思います。

では、次の専門分野の方から、総括的なお話から今後の対応についてお話させていただきます。

- ・河川・港湾事業部 今後の地震・津波対策の進め方
- ・都市・地域活性化事業部 津波被災市街地の状況と都市復興のあり方
- ・保全・耐震・防災事業部 広域液状化被害を防ぐ
- ・保全・耐震・防災事業部 下水道施設の復旧を早める

注) これらの発表は、論文として、収録しました。



○特別講演:防災(津波・高潮災害)と計算工学 ～高品質計算(HQC)を目指して～

中央大学理工学部 都市環境学科計算力学研究室 教授
 樫山和男 (当社特別顧問)

1. はじめに

「防災と計算工学」というタイトルでお話しさせていただきますが、私が言いたいことは一点です。「高品質計算:ハイクオリティーコンピューティング」を目指しましょうということです。

私は 30 年前に卒業研究で津波のシミュレーションをしました。それから 30 年たった今も大きくは進んでいないのです。むしろ「もう津波のシミュレーション研究は終わったのではないか」という感があり、シミュレーション研究をやっている人が少なくなっているのが現状です。しかし、30 年前と今とではコンピュータのスピードは 100 万倍も早くなっているのです。それなのに、どうしてももっと進んでいかないのか・・・と常々思っております。

私はよく機械や航空の分野の人とつきあっていますが、土木は他分野に比べてコンピュータの進歩が設計や計画にあまり活かされていないのではないかと思います。

すぐく高精度化すれば良いのかと言うと、ちょっと違います。フルで 3 次元解析をすれば、本当に現象を再現できるのかもしれませんが、広域に適用するとなるとまだコンピュータのハードとソフトの両面で実用的ではありません。ですから、そこは現状を見据えながら、できるだけ高品質に計算をしようということで、お話ししたいと思います。

つまり、実用を意識して「より正確にモデル化しましょう、より正確かつ高速に計算しましょう、より正確に現象を把握しましょう」ということです。



2. 高品質計算を用いた津波シミュレーション

1) 今求められる津波シミュレーション

シミュレーションは計画・設計において活かされなくてはならないので、まずは複雑な地形や構造物の形状を正確に考慮する必要があると思います。

今まで広域の津波シミュレーションでは、一般に構造物の形状というものは「粗度」という形で間接的に考慮していました。粗度というのは構造物が壊れないという前提での抵抗として扱っています。今回の震災で、我々は構造物が津波により破壊されていく過程を目の当たりにしたわけです。そうすると、やはり構造物の形状は少なくとも考慮して、それが壊れたら、瓦礫となって流れて行き、瓦礫が構造物に当たって、さらに構造物に被害を与える・・・ということまでシミュレーションしないと、今回の津波の被害も説明できないのではないのでしょうか。ですから、「構造物の倒壊はせめて考慮しましょうよ」ということです。

そうなるとこれまでに比べて計算時間がかかりますので、高速に計算する必要がありますが、これにはいろいろなテクニックがあります。また、計算結果をわかり易く見せることも大事だと思います。特に防災の教育という意味では非常に大事です。

2) GISデータの活用

様々な GIS のデータを使えば正確な地形や構造物の形状データを作ることができます。図 2 は、安政一南海地震で壊滅的な被害を受けた地域のシミュレーションに用いた地形と構造物のモデルですが、こういった構造物の



図 1 GIS データの活用例

形状を粗度という形で表現していたのが、先ほどの鈴木副事業部長の説明にあった従来のシミュレーション手法です。

3) 建物の形状・倒壊による影響の考慮

我々は更に構造物の倒壊を考慮するため、図3のように構造物の形状と配置を考慮しました。ただし、この地区は電子データが無いので、紙地図から電子化しました。このように一軒一軒建物を見て、木造かコンクリートかを判断してデータ化しました。

構造物が壊れるとそれが瓦礫となって流れますので、壊れた後にはちゃんとメッシュもできなければなりません。ですから、こういうメッシュを構造物の中にも組み込んで解析しました。アニメーションがお見せできないので残念ですが、結果、構造物が倒壊して移流していく様が見えるわけです。あとでご関心のある方には、上映したいと思います。

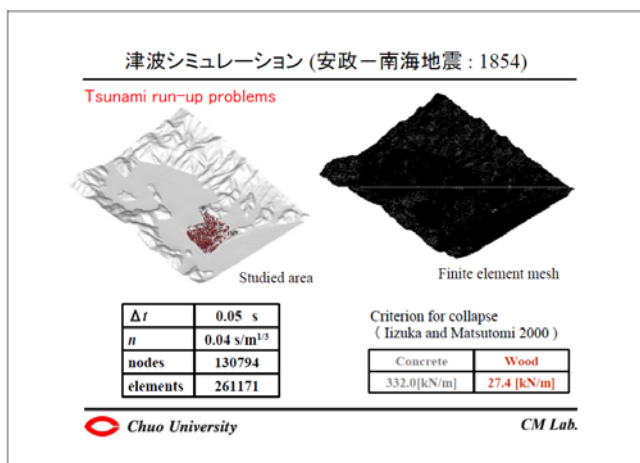


図2 建物の形状を考慮した場合のシミュレーション例 (安政-南海地震)

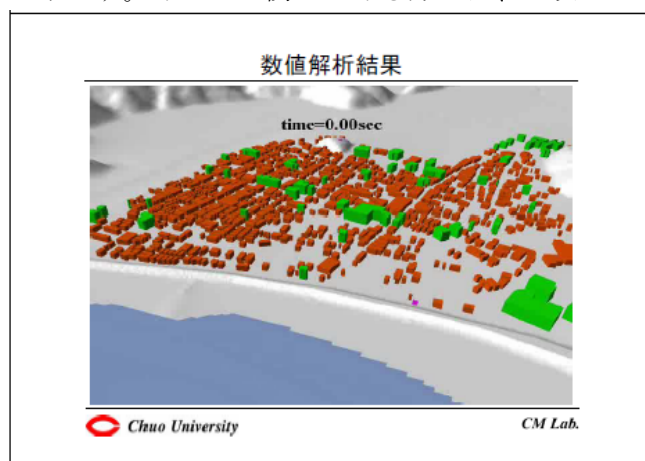


図3 建物の形状の電子データ化

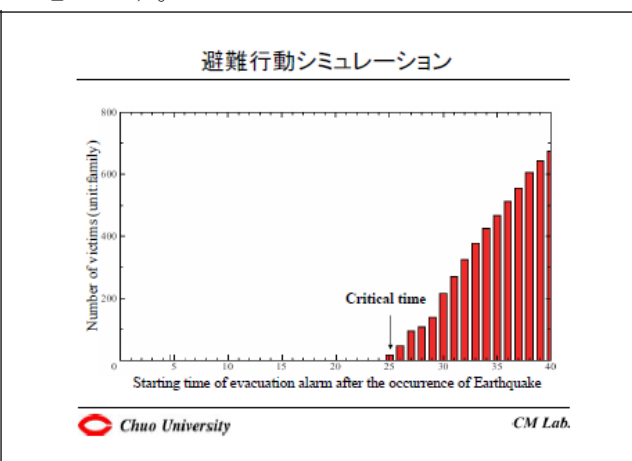


図4 有限要素分割によるメッシュ化

4) 避難行動シミュレーション

人的被害を予測するためには、避難行動シミュレーションということも併せてやります。この例では図6のように、地震が発生してから 25 分くらいまでに、避難を開始すれば全員助かります、ということがわかるわけです。

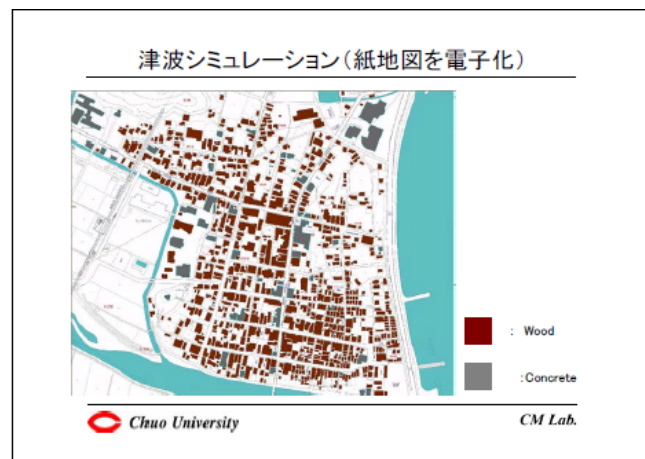


図5 シミュレーション結果

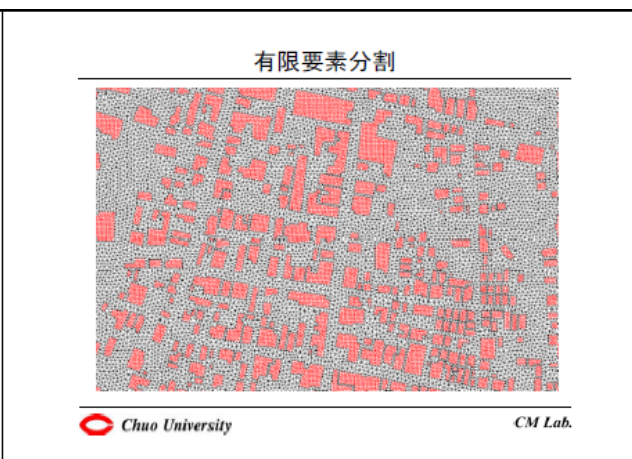


図6 避難行動シミュレーション結果

5) 建物の倒壊・流出による流体力増幅効果

震災のテレビ映像を見て驚きましたが、津波で構造物が瓦礫となって流れる・・・海水が押し寄せてくるのではないのです。この効果をやはり考慮しなければなりません。簡単な例ですが、構造物を2つ直列に並べて、構造物が壊れるか壊れないか、瓦礫となって流れるか流れないか、この違いを計算しました。

図7は構造物が壊れないと仮定した場合です。この場合、後方の構造物に作用する流体力は、前方の構造物に作用する流体力に比べてかなり小さくなります。

これに対して前方の建物が壊れると、水位もあまり減衰しませんので、図8のように後方の構造物は前方の構造物とほぼ同じ流体力を受けることになります。

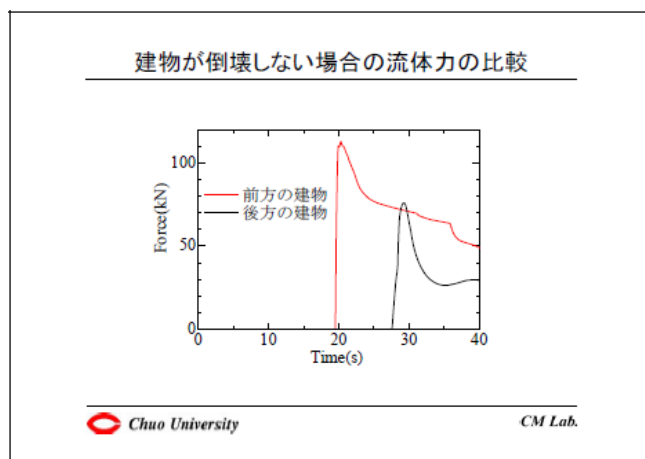


図7 建物が倒壊しない場合の流体力

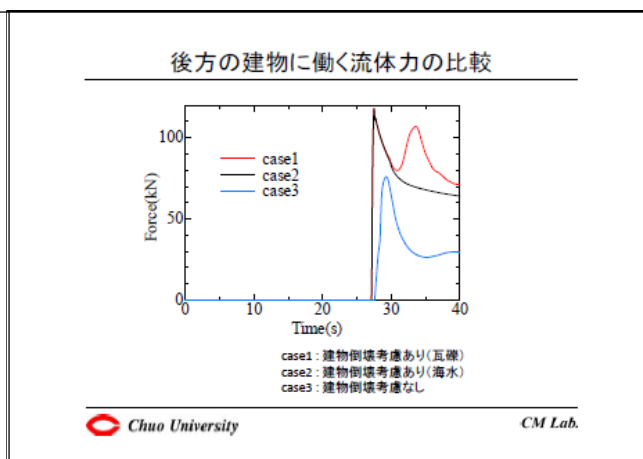


図8 建物が倒壊・流出した場合の流体力

さらに、建物が瓦礫となって、重い混相流体となって流れて、当たっていくという効果を考慮すると、2回目のピークをむかえるのです。そして、例えば構造物の倒壊の基準がこれくらいだとすると、どんどん壊れていきます。この結果から、ドミノ倒しのような現象が今回見られたのは、瓦礫や漂流物の効果が大きかったのではないかということが言えます。

6) 高度なシミュレーションを可能とする技術

計算負荷を軽減するためには、並列計算が有効です。今は並列計算も簡単にできるようになり、かつ並列コンピュータもずいぶん安くなってきたので、並列計算をどんどんやりましょう、ということです。

それから高品質な可視化という点では、POV-Rayなどのソフトがあります。こういったフリーのソフトでも写真と見分けがつかないような品質で結果を表示できます。

また、バーチャルリアリティ技術に基づく立体視も、今は安価で実現できます。この映像は、被験者がスクリーン画面の前に立つと向こうから洪水が来て、洪水現象を疑似体感できるというものです。

高品質な可視化(POV-Rayの利用)

- POV-Rayとは
 - ◆ レイトレーシング法(視点からの光線の反射、屈折を追跡計算)を用いた三次元CGソフトウェア
- ◆ POV-Rayの特徴
 - ① 高性能、高品質
 - ② 多くのコンピュータシステムに対応している
 - ③ ネットワーク上に多くの情報がある
 - ④ フリーウェアである



<http://www.povray.org/>

Chuo University CM Lab.

図9 可視化手法例:POV-Ray

おわりに

防災(津波・高潮)と計算力学について、

- ・より正確にモデル化する(プリ・プロセス)
 - ◆ GIS/CADを用いたモデリング
- ・より正確かつ高速に計算する(メイン・プロセス)
 - ◆ 構造物の考慮、並列計算
- ・より正確に現象を把握する(ポスト・プロセス)
 - ◆ VRに基づく可視化

の観点から述べた。

これらの計算技術の有効活用は、高品質計算(High Quality Computing)の実現において重要である。

Chuo University CM Lab.

図10 おわりに

3. おわりに

駆け足でお話ししてきましたが、この津波を契機に、ハイクオリティコンピューティングをもうすこし真剣にやっていったらいかがでしょうか？ やって行きませんか？ と最後に申し上げたいと思います。

○ まとめ

災害対策本部副本部長 磯山龍二

本来はここからディスカッションで議論を深めたかったのですが、時間が無いので、ここで終了したいと思います。

現地調査は一応終わりました。災害査定およびそれに関する調査等、関係者の方々には相当頑張っただきまして、現在でも動いております。最新の話では山田町・宮古市の調査と復興計画が本格的に動き出します。これから本日聞いておられる社員もかなりの確率で関係することになると思いますので、本日のようなアカデミックな議論もしながら、実際の現場で復興に当たって行きたいと思いますので、よろしくお願いします。

○ 今後の復旧・復興への取り組み方

災害対策本部長 佐伯光昭

災害対策本部長としてみなさんにいろいろとご協力いただいたことについて、厚く御礼申し上げます。

本日の報告を聞いていて感じたことが、2 つありますので、時間が無い中で、最後に指摘させていただくわがままをお許してください。

1 つは、都市全体、インフラ全体のシステムの相互連関ということを考えたときに、田口さんの発表された話のように、巨大地震の際に施設の機能維持をはかるために、それぞれ担当の専門分野の方々が何を考え、何をなすべきかということです。システム全体の機能保持のために構成する各システム側でどのような配慮が必要なのかについて、よく考え、機能発揮に係わるリスクを評価して、適切な対策をとっていくことが重要だということです。

2 つ目は、今日の発表の中には、大変有益なシーズが含まれていたと思います。これから我々が優れた技術で安全で快適な社会の創出に貢献するための有効なアイデアがいくつもありました。6 月 1 日の会社新年度から、新たに震災対策・復興企画部という組織を立ち上げますが、その中で、各事業部においてどう具体的に R&D を進めて行くか、それらの優先順位をきちんとつけて行うことが大切です。

これらの推進は、わが国の地理的環境や自然環境を考えれば国防と並ぶ重要な国家目標である自然災害の軽減にとって極めて有意義なことであり、我々の社会的な役割を果たすことになるのだという認識を、社員一人一人が持っていただきたいのです。そして、コンサルタント技術者として、今回の地震による未曾有の大震災の復旧・復興とこれからの関東、東海沖から紀伊半島、四国沖そして日向灘、南西諸島沿いの日本海溝沿いの M8 超級の巨大地震への防災・減災対策の推進に向けて、参画しうる環境下に身を置くことの意義を重く受け止め、どのように係わって社会に貢献して行くのか、一人ひとりが真剣に考えていただきたいと思います

わが国も 21 世紀の人口減少社会を迎えて、財源が厳しい状況の中で、どのように安全・安心できる社会の構築を進めて行くか、難しい課題が山積しています。このため、われわれの知恵と知的価値を如何に発揮していくかが問われています。まさにインフラソリューションコンサルタントとしての使命を自覚し、みなさん一人ひとりがその実践に努めていただきますようお願いいたします。

以上

