



防災シミュレーション

アドバンスソフト技術セミナー

防災シミュレーションの重要性について

アドバンスソフト株式会社 研究顧問
東京大学 名誉教授
兵庫県立大学 名誉教授

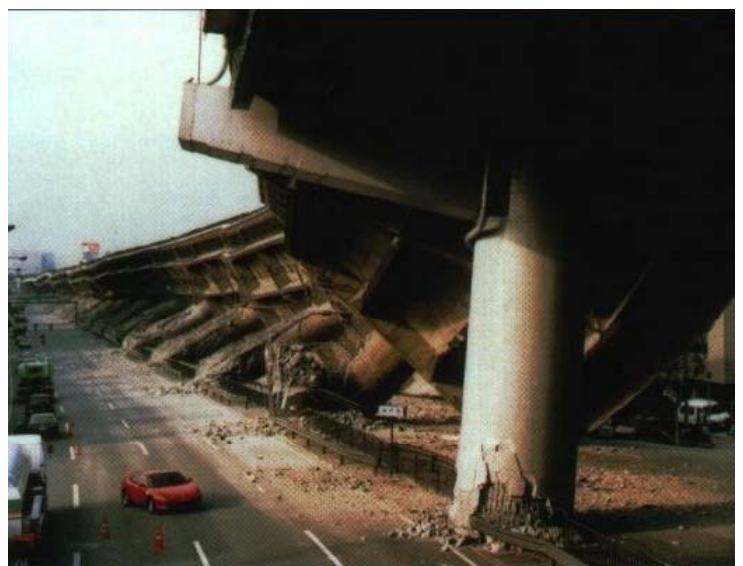
井田 喜明 0.

災害は忘れた頃にやってくる！



関東大震災(関東地震)

1923年9月1日11時58分 M7.9
相模湾で発生したプレート間地震
死者・行方不明者 14万人余



阪神淡路大震災(兵庫県南部地震)

1995年1月17日5時46分 M7.2
神戸・淡路島で発生した内陸地震
死者・行方不明者 6400人



数値シミュレーションの防災への活用

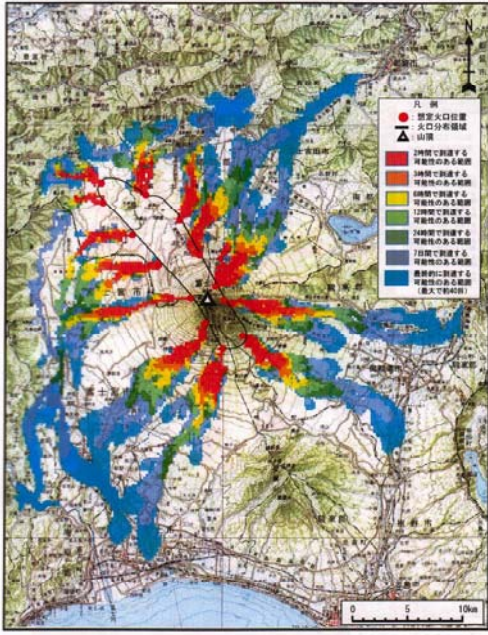


図 3.2.1-1 大規模噴火溶岩流のドリルマップ
規模：0.7 km³、噴出レート 200 m³/s の場合
注：各方向の噴火等の現象が同時に発生するものではない。

- 従来の防災対応は経験への依存度が高い。
- 合理的な防災対応によって効率的に災害の軽減を図るには、災害の原因や道筋を定量的に解析して、的確に予測する必要がある。
- 災害の定量的な解析・予測には、コンピュータによる数値シミュレーションが威力を発揮する。
- だが、現状では、数値シミュレーションの防災への活用は十分になされていない。何故か？
- 現状を打破して、数値シミュレーションの活用を進めるために、我々は何をすべきか？ 弊社の役割は？

数値シミュレーションの活用によって
定量的な予測を！
合理的で効率的な防災対応を！



(内閣府資料：
富士山防災マップ)

シミュレーションで何ができるか

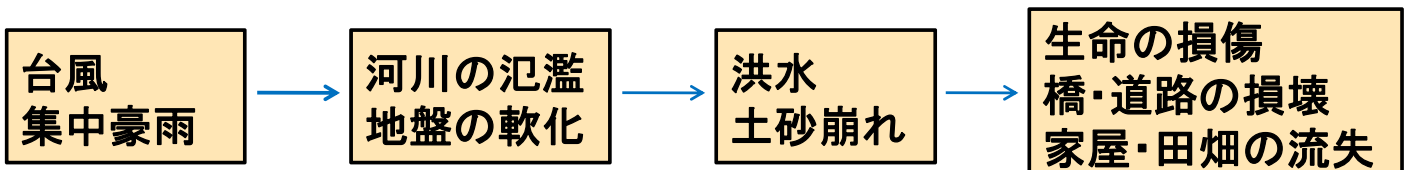
- 防災のためにシミュレーションで何をするか
 1. 災害の原因を定量的に解析する
 2. 災害の規模や性質を支配する要因を解明する
 3. 災害を抑制するための方法を探る

内閣府「ぼうさい」(No47,2008)



神戸市灘区では都賀川が増水し、子どもたちを含む5人が亡くなった
(写真提供：神戸市)

豪雨災害の例



シミュレーションによって、原因と結果を定量的に結び付ける

1. 降雨の量、継続時間、分布は、洪水の発生にどう寄与するか
2. 河川のどこで氾濫が起こるか、それはどの地域に達するか
3. ダム、水路、堤防は、どこをどう補強すればよいか



シミュレーションをどう活用するか

1. 災害の可能性の**長期的な評価**
防災の基本方針、被災を防ぐ方策

2. 災害の時期や性質の**短期予測**
避難など、被災を避ける行動

3. **現象発生後**に災害軽減の指針
被災の拡大の回避、救済方法

* ダムの必要性や設置場所を判断する
* 上流の水位測定に基づいて警報を出すシステムを設計する

* 河川の氾濫しそうな部分を補強する
* 避難の必要な地域を周知させ、避難経路と避難場所を設定する

* 台風などで予想される雨量に対して水門の開閉について指示を出す
* 避難や道路封鎖などの必要性やタイミングを判断する

* 堤防の補強などの必要性を判断する
* 土砂崩れなどによる新たな洪水の発生を予測する

内閣府「ぼうさい」
(No47,2008)



被害の大きかった愛知県岡崎市伊賀川周辺 (写真提供: 岡崎市)

AdvanceSoft
ソフトウェアエンジニアリングの総合ソリューション



災害を起こす自然現象とシミュレーションの難易度

現象	シミュレーションの内容	計算の基礎となる物理過程	難易度
地震	応力の蓄積から地震の発生 震源からの地震波の伝播 地盤による地震波の増幅と減衰 地震動の建造物への影響	弾性変形と破壊 動的な弾性応答 弾性および非弾性応答 弾性、非弾性、破壊など	× ○ △ △
噴火	マグマの蓄積から噴火の発生 マグマの上昇、噴火のタイプ 溶岩流の流下、拡大 噴煙の上昇、拡大、火砕物の降下 火砕流や爆風の流動、伝播、拡大	弾性、流動、熱の散逸 気液2相流の粘性流動 粘性流動、冷却 気液2相流の流動、乱流混合 気液2相流の流動、衝撃波	× △ ○ △ △
津波	変動や流入による津波の発生 遠洋での津波の伝播 津波の増幅と海岸への到来	擾乱による流体運動の励起 長波長近似による水面波 3次元的な水面波の解析	× ○ △
気象	台風や豪雨の襲来 集中豪雨や竜巻の発生 河川の増水と水害の発生 土砂災害の発生	気液2相流の流動、コリオリ力 気液2相流の流動、コリオリ力 土石を含む水の流れ 水を含む地盤の塑性流動	○ △ ○ △

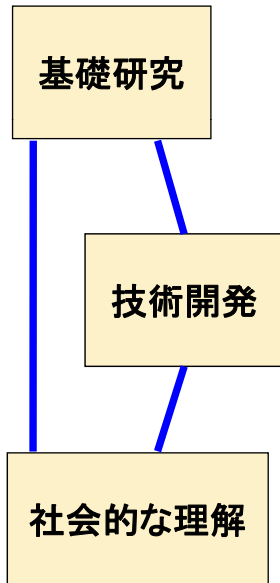
この他に、火災やテロなど、人為的な原因による災害がある。

AdvanceSoft
ソフトウェアエンジニアリングの総合ソリューション



シミュレーションの活用を阻む要因

(解決に必要なこと)



災害を起こす現象の発生は、予測が一般に難しい

- 原因が科学的にきちんと理解されていない
- 現象の素過程、支配要因がよく分かっていない
- 支配要因を判定するよい観測方法がない

現象は理解されているが、高精度の計算ができない

- 高精度の解析が難しい: 渦、混相流、破壊現象
- モデルのパラメータが十分な精度で決まらない
- コンピュータの処理能力が不足している

役に立つ計算は可能だが、活用が余りされない

- シミュレーションの効用が周知されていない
- 手ごろな予算で扱える使い易いソフトがない



シミュレーションの活用を進めるには

社会が認識すべきこと

- シミュレーションの活用でもっと的確な防災対応が図れる
- シミュレーションの開発や活用には人材や予算が必要
- **防災にかかる費用より膨大なコストが災害で失われる**

我々が努力できること

基礎研究

- 災害を原因と定量的に結びつけ、基礎原理の解明に資する
- 任意的な仮定をできるだけ排して基礎原理を用いて対処
- 応用に必要な素過程を重点的にピックアップする

技術開発

- 多様な状況に対応できる安定したソフトウェアを開発する
- 素人も容易に扱える使い易いソフトウェアを開発する
- 短期予測にも使える高速計算を可能にする

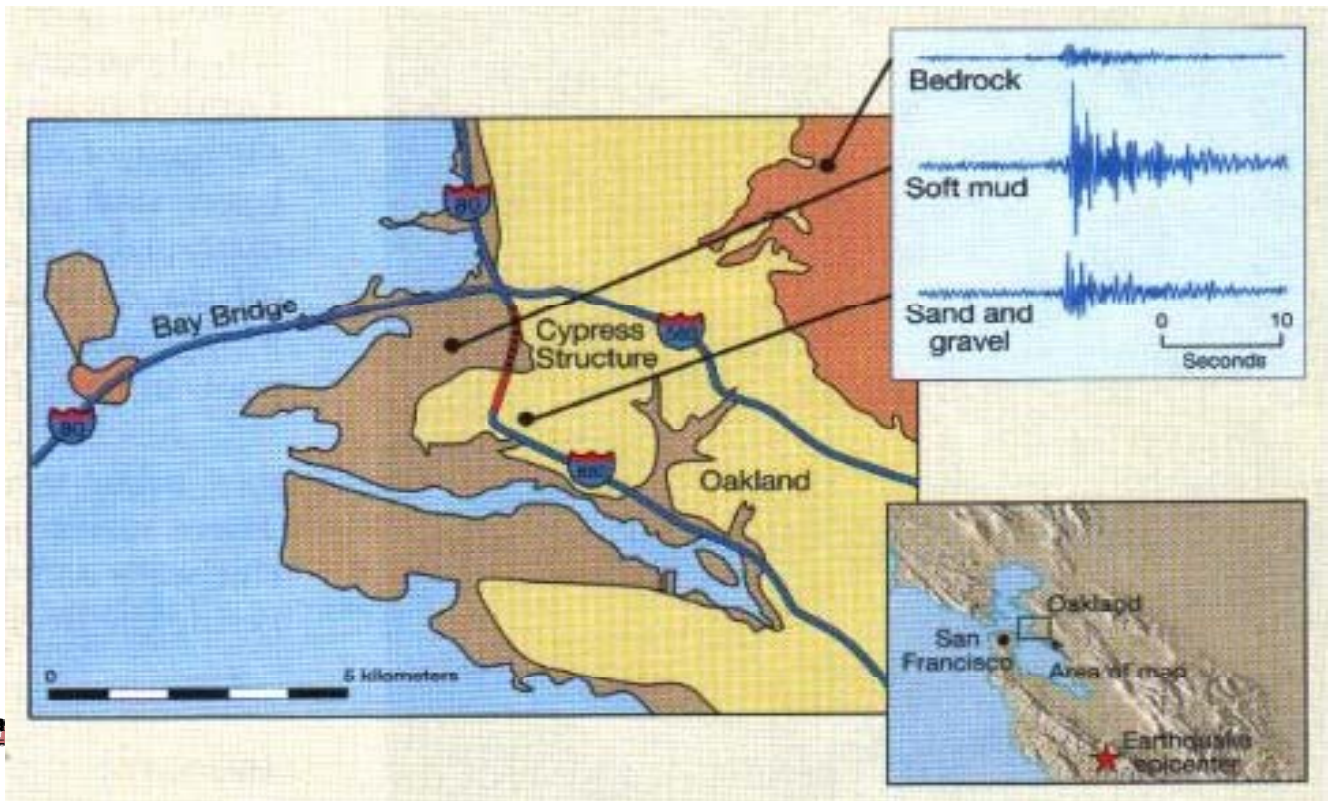
社会的な理解

- シミュレーションの有用性をアピールする多数の例題を示す
- 何が出来、何が出来ないかを、理由とともに明示する
- **できることに可能な限り取り組んで、確実に成果をあげる**



できることの例：地盤による地震動の違いを予測

1989年ロマプリータ地震、赤線部で高速道路に被害



地震災害の可能性を長期的に評価

想定される地震に対して、各地点にどんな揺れが生ずるかを評価して都市計画、建造物の設計、地震時の対応策の検討などに活用する

(震源)

(地球内部)

(地表・建造物)

断層運動

地震波の伝播

地盤の揺れ

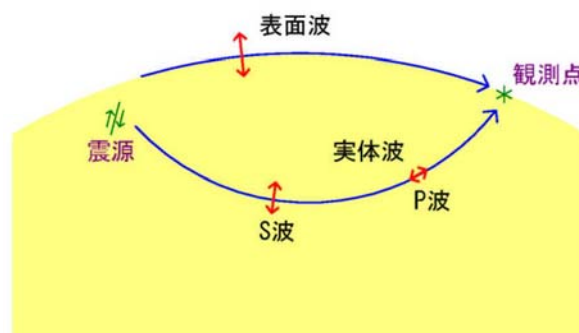
破壊

応力の蓄積

基本的には線形応答
高い精度で計算が可能

建造物の破壊
洪水や津波の誘発

詳細は予測不能
経験から断層運動
を想定



局地的な地盤の
不均一に依存
液状化など、非線形
の要素も重要
多少の仮設を入れて
計算できる



地震動による地盤の液状化



1989年ロマプリータ地震



1985年メキシコ地震

揺れによって、粒子の接触で支えられていた強度が失われ、地盤が液状化。噴砂現象や建物の倒壊が起こる。

E.J. Tarbuck and F. K. Lutgens, Earth (Prentice Hall), 2002

今後の展開に向けて

認識

- 多くの災害は、原因となる現象の理解が不十分
しかし、原因と災害の関係を定量的につなぐことは可能

研究支援

- 現象の原因を解明するために、シミュレーションが活用できる原因、過程、結果の関係を把握して、観測から機構を究明

防災支援

- 災害の長期的な評価を、経験的な想定の下に行うことが可能
都市計画、建造物の設計、きめ細かい防災対策に活用すべき

展開

- 工学、産業界などで得られた技術が防災に応用できる
- 当社は地球科学や防災に活用可能な技術と人材をもつ
流体解析(2相流解析) Advance/Front Flow
構造解析(波動伝播、破壊) Advance/Front STR
流体と構造のカップリング; 連成解析 Advance/MPLink

