

観測に基づく 都市の地震被害評価技術の開発

- 地震動・地震応答の大規模数値解析手法の開発
 - 表層地盤と構造物の都市モデルを構築し、大規模数値解析によって地震動と構造物地震応答を計算
 - 入力はMeSO-net等で観測したデータ
 - サブプロジェクト②との連携(地震被害評価)
- 大規模数値解析結果の先端可視化技術の開発
 - 三次元視とマルチスケールが可能な可視化
 - 応急評価に使えるよう高速処理
 - サブプロジェクト③との連携(可視化技術)

H28年度の計画

- ◆ 地震動・地震応答の大規模数値解析法の開発
 - MeSO-net観測データのシステム化
 - 社会基盤構造物の拡張
 - 地震被害評価技術の信頼度の検証
- ◆ 大規模数値解析結果の先端可視化技術の開発
 - 地震被害の可視化の実用性の確認
 - サブプロジェクト③との連携(火災被害)

これまでの成果

◆ データ駆動型イメージング手法の開発

- ・Group lasso / クリギング



◆ 物理モデル(波動方程式・地下構造・震源パラメータ)の導入による

震源パラメータ)の導入による

データ同化を用いた

地震動イメージング手法の開発

- ・レプリカ交換モンテカルロ法



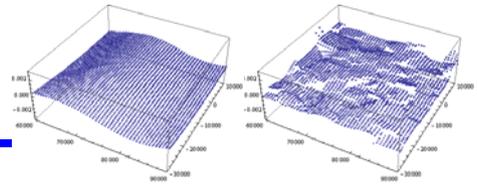
<今回の報告>

◆ MeSO-netデータの適用

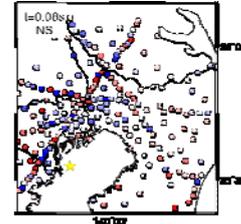
◆ モジュール開発

TRUE

GROUP LASSO



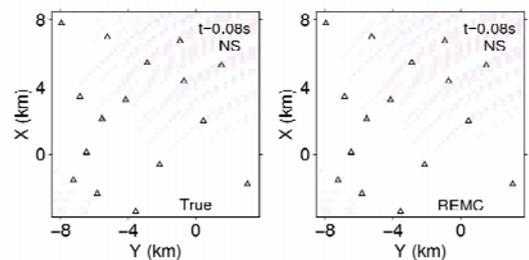
DC~0.1 Hz NS成分 Mizusako et al. 2014



クリギング (DC~0.3 Hz) 加納他 2015

真の波動場

レプリカ交換
モンテカルロ法



Kano et al. 2017

レプリカ交換モンテカルロ法 (REMC) による地震動イメージング

(Kano et al. 2017)

◆ REMCを用いて、MeSO-netの観測波形を定量的に説明する地下構造・震源に関するパラメータを推定し、波動方程式に従うイメージングを行う

◆ 理論波形の計算は波数積分法[Hisada 1995]を用いる

- ・3層+半無限の水平成層構造を仮定
- ・モデルパラメータは各層の層厚と地震波速度・震源位置・発震時刻・すべり量

◆ REMC: 確率分布からサンプリングを行う一手法

- : 多峰性のある確率分布から比較的効率よくサンプリング可能

仮定した地下構造

観測点

Layer 1 (V_{p1}, V_{s1}, h_1)

Layer 2 (V_{p2}, V_{s2}, h_2)

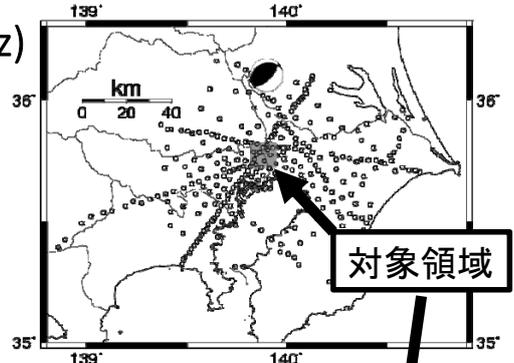
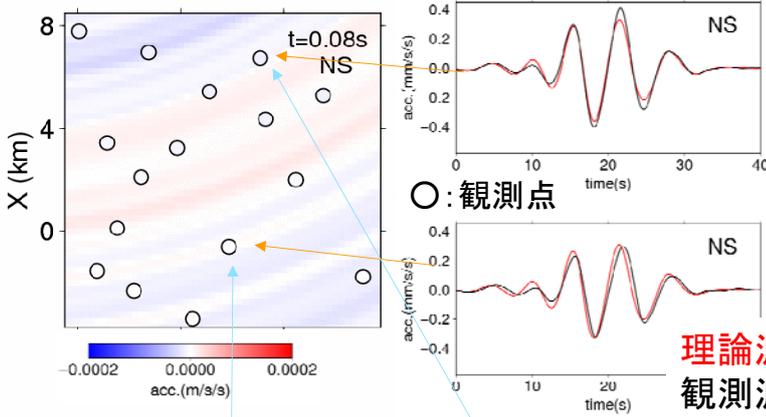
Layer 3 (V_{p3}, V_{s3}, h_3)

Half space

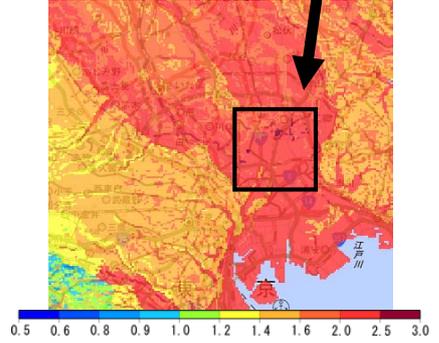
★ Source (location, origin time, magnitude)

地震動イメージング結果(0.1-0.2 Hz)

2014/09/16 茨城県南部地震(Mw 5.5)の例



- 地盤増幅率大
- 大正関東地震で被害大

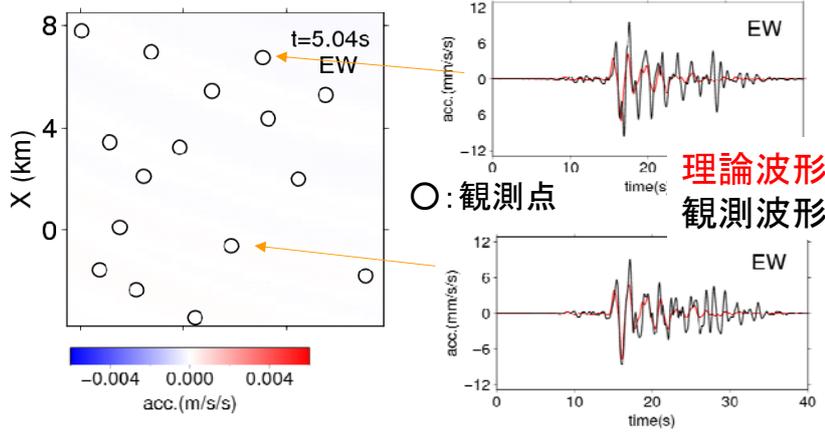


地盤増幅率(J-SHIS)

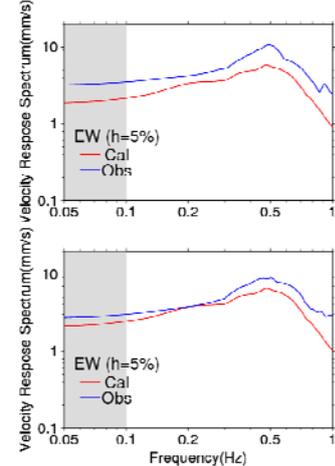
関東平野で卓越する長周期地震動のイメージングが可能

地震動イメージング結果(0.1-1.0 Hz)

2014/09/16 茨城県南部地震(Mw 5.5)の例



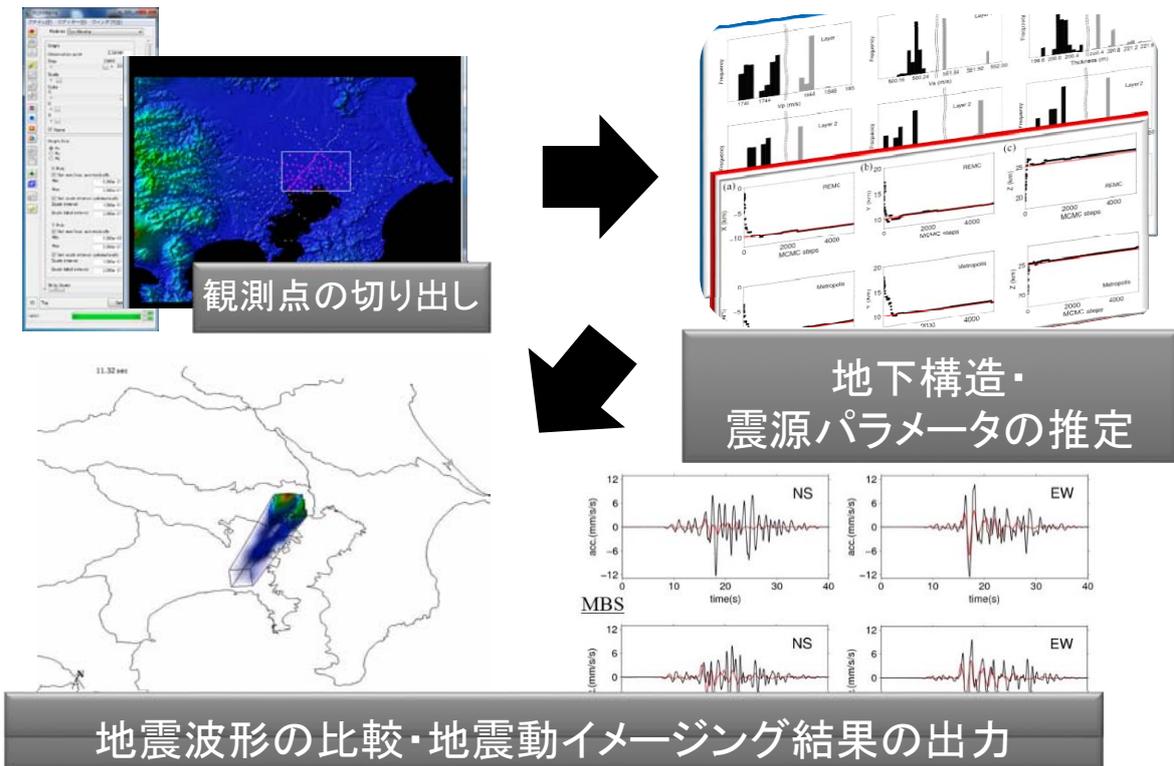
応答スペクトル



	波形	応答スペクトル
低周波域 (~0.3 Hz)	◎	◎
高周波域 (~1.0 Hz)	△ (振幅の大きい成分のみ)	○

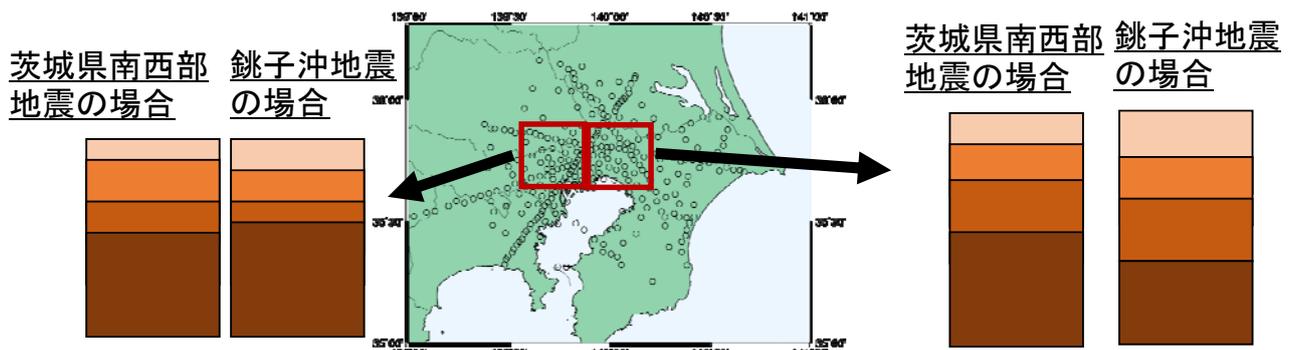
大規模被害評価に必要な入力地震動(<1Hz)の評価が可能

地震動イメージングモジュール開発



応急評価に向けた地下構造データベースの構築

- ◆ 既に発生した地震の観測波形を用いて、特定の地域の地震およびイメージングの対象領域に対する、応急評価用の地下構造データベースを構築
- ◆ 実際の地震発生時には、データベースを初期値とし、REMCで地震動イメージング・応急評価を行う

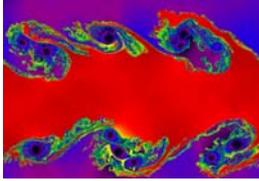


- ◆ MeSO-netで検証を行い、気象庁やNIEDの地震計ネットワークに適用・実運用へ

大規模自由度系へのデータ同化

連続場の数値計算 計算が大規模化

Navier-Stokes方程式, Phase-fieldモデル, ...



V. Springel (2009)



T. Shimokawabe et al. (2011)

逐次ベイズフィルタによるデータ同化

・カルマンフィルタ ・アンサンブルカルマンフィルタ etc..

N : 自由度 必要な記憶領域 $\sim O(N^2)$

$N \sim 10^9$ 倍実数で $\sim 10\text{EB} = 10^4 \text{PB}$

cf. 京コンピュータ フルノード 1.26PB

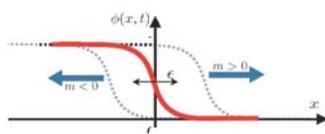
現実的に不可能

大自由度系に対するデータ同化手法の開発が必須

テストモデル

$$\tau \frac{\partial \phi}{\partial t} = \epsilon^2 \Delta \phi + \phi(1-\phi) \left(\phi - \frac{1}{2} + m \right) \quad |m| < \frac{1}{2}$$

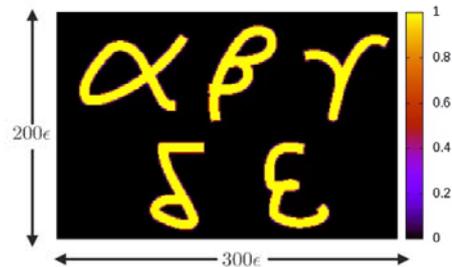
τ, ϵ, m は全時空間で一定値とする. R. Kobayashi (1993)



状態 ϕ と m を推定する.

$$\frac{\partial m}{\partial t} = 0$$

$\Delta t = 0.1\tau \quad \Delta x = \epsilon$



$300 \times 200 + 1 = 60001$ 自由度

大規模データ同化のための革新的4次元変分法の開発

$$\begin{cases} \frac{\partial \phi}{\partial t} = \frac{\epsilon^2}{\tau} \Delta \phi + \frac{1}{\tau} \phi(1-\phi) \left(\phi - \frac{1}{2} + m \right) \\ \frac{\partial m}{\partial t} = 0 \end{cases}$$

拘束条件 $|m| < \frac{1}{2}$

$0 < \phi(x, 0) < 1$
 ϕ は相の存在確率.

Forward

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = F(\theta), \quad 0 < \theta_i(0) < 1 \quad i=1, \dots, M+1$$

データに最も適合する $\theta(0) = \Theta$ を探す問題

$\theta(t) = \left(\phi^T, m + \frac{1}{2} \right)^T$
 M 個の空間格子で離散化した $\phi(x, t)$
 $\phi(t) = (\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_M)^T$
書き換えると...

事後確率最大解(MAP解)

ベイズの定理 $p(\Theta|D) = \frac{1}{p(D)} p(\Theta) p(D|\Theta)$

事後分布

事前分布 $p(\Theta_i) = \begin{cases} 1 & 0 < \Theta_i < 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad i=1, \dots, M+1$

尤度関数 $p(D|\Theta) = \frac{1}{(2\pi\sigma^2)^{n/2}} \exp \left[-\sum_{t \in T_{obs}} \frac{(h(\theta) - D)^2}{2\sigma^2} \right]$

$D = h(\theta) + \omega \quad \omega \stackrel{i.i.d.}{\sim} N(0, \sigma^2)$

観測値 \swarrow 観測演算子

$\mathcal{J} = -\log p(\Theta|D)$ の最小化問題

評価関数

$$\mathcal{J} = \text{const.} + \frac{n}{2} \log(2\pi\sigma^2) + \frac{1}{2\sigma^2} \int_0^T dt \sum_{t_{obs} \in T_{obs}} \delta(t - t_{obs}) [h(\theta) - D]^2$$

観測とのズレ

$$\Theta^* = \arg \min_{\Theta} \mathcal{J} \quad \text{s.t.} \quad 0 < \Theta_i < 1 \quad i=1, \dots, M+1$$

- × モンテカルロ法 シンプレックス法
- 勾配法によって \mathcal{J} を最小化
- ※ \mathcal{J} は $\theta(0) = \Theta$ の関数として陽に書く事ができない.
- 単純な微分で $\frac{\partial \mathcal{J}}{\partial \Theta}$ は計算できない.

Adjoint 法による状態推定アルゴリズム

Backward: Adjoint 方程式

$$\frac{\partial \lambda}{\partial t} + \left(\frac{\partial F}{\partial \theta} \right)^T \cdot \lambda = \frac{\partial \mathcal{J}}{\partial \theta} \quad \begin{matrix} \lambda(0) = -\frac{\partial \mathcal{J}}{\partial \Theta} \\ \lambda(T) = 0 \end{matrix}$$

Forward \rightarrow Backward $\rightarrow \frac{\partial \mathcal{J}}{\partial \Theta}$

勾配法で修正

拘束条件を満たすように変数変換, 無制約最適化問題へ

$$\Theta_i = \frac{1}{1 + \exp(-\Psi_i)} \iff \Psi_i = \log \left(\frac{\Theta_i}{1 - \Theta_i} \right)$$

$0 < \Theta_i < 1 \iff -\infty < \Psi_i < \infty$

$\frac{\partial \mathcal{J}}{\partial \Psi_i} = \Theta_i(1 - \Theta_i) \frac{\partial \mathcal{J}}{\partial \Theta_i}$ によって Ψ_i を更新

- 利点 $O(N)$ の記憶容量で済む. 高々 $O(K)$ の計算時間で MAP 解 Θ^* が求まる. K : 時系列の計算量
- 欠点 このままでは Θ^* の誤差(推定の確からしさ)を評価出来ない.

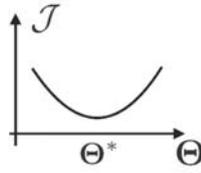
大規模データ同化のための革新的4次元変分法の開発

Gaussian 近似

Θ^* の近傍では、事後分布が
 ガウス分布で十分に近似できると考える.

$$p(\Theta|D) \sim N(\Theta^*, H^{-1})$$

H^{-1} : ヘッセ行列 $H = \left. \frac{\partial^2 \mathcal{J}}{\partial \Theta^2} \right|_{\Theta=\Theta^*}$ の逆行列



k 番目の要素の周辺分布

$$p(\Theta_k|D) = \int d\Theta_{-k} p(\Theta|D) = N(\Theta_k^*, (H^{-1})_{k,k})$$

k 番目の要素の分散

$$= H^{-1} \text{の } k \text{ 番目の対角成分}$$

H^{-1} を陽に求めずに、 k 番目の対角成分を抽出したい。→ $b_i = \delta_{i,k}$ として $Hr = b$ を解けばいい。

2nd-order adjoint 法

Forward

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} = \left(\frac{\partial F}{\partial \theta} \right) \cdot \xi, \quad \xi(0) = r$$

Backward

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \left(\frac{\partial F}{\partial \theta} \right)^\top \cdot \zeta = \left(\frac{\partial^2 F}{\partial \theta^2} \right) \cdot \xi \cdot \lambda - \frac{\partial^2 \mathcal{J}}{\partial \theta^2} \cdot \xi$$

$$\zeta(T) = 0, \quad \zeta(0) = \frac{\partial^2 \mathcal{J}}{\partial \Theta^2} \cdot r$$

ヘシアン-ベクトル積 Hr が計算できる。

→ 反復法で $Hr = b$ が解ける。

Adjoint法による誤差評価アルゴリズム

1. Adjoint 法によって \mathcal{J} を最小化し、最適推定値を求める。 勾配法: LBFGS法
2. 2nd-order adjoint 法+反復法で $Hr = b$ を解いて、推定値誤差を求める。 反復法: CR法

Remark !

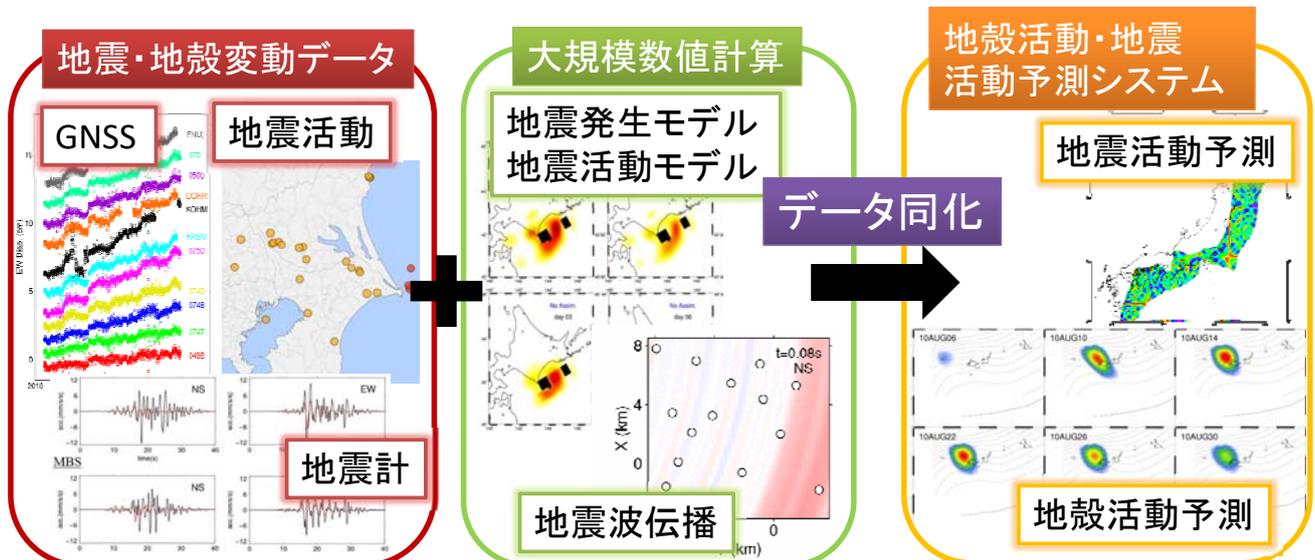
1. $O(N^2)$ の配列を一切用いていない。
2. 問題の質によって勾配法や反復法を選ぶ。

→ $O(K)$ の計算量で誤差評価まで実行可。
K: 時系列の計算量

大規模自由度系に対する、現状唯一無二の状態誤差推定法

4次元ハイブリッドデータ同化による地殻活動・地震活動予測システムの構築

- ◆ 陸域・海域観測と、列島規模の大規模数値計算を統合したデータ同化システムを構築し、地殻活動・地震活動の予測へ



個別建物シミュレーションによる被害推定

平成28年度の主な課題

➤ 木造家屋用簡易モデルの導入

- ・設計基準や実験結果を考慮したモデルパラメタ設定方法を検討。
(簡易モデル=GIS情報・建物年代情報のみから自動作成するモデル)

➤ 実被害地域への適用・既往方法との比較

- ・実被害地域をモデル化して地震応答シミュレーションを行い, 設定した木造建物モデルの応答を実被害と照合。(簡易モデルの妥当性確認)
- ・前年度までに開発した地震被害評価法を上記に適用。併せて被害曲線に基づく方法と比較。(簡易モデル+被害評価法の実用性評価)
- ・課題の抽出

個別建物シミュレーションによる被害推定

被害推定の適用対象地域とモデル化

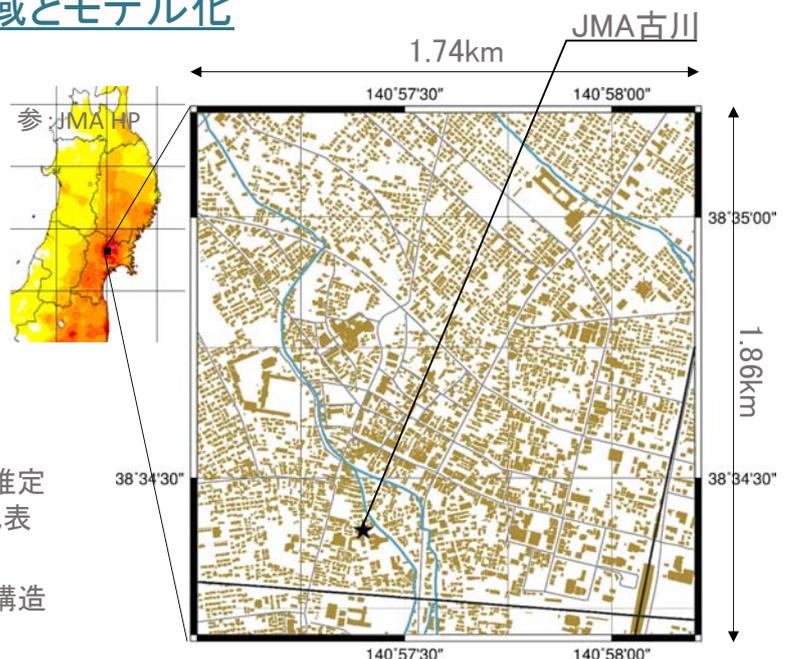
➤ 対象地域

<大崎市古川地区>

- ・東北地方太平洋沖地震で多くの木造家屋に被害有(液状化の影響はほとんど無かった)
- ・被害建物位置が既知

➤ 入力地震動の設定

- ・JMA本震記録から工学基盤波を推定
これを入力として各建物位置の地表加速度を1次元ROモデルで計算
- ・ROモデルは後藤ら(2013)の速度構造に基づきパラメタを設定



参)後藤他:大崎市古川高密度観測を利用した表層地盤構造の推定,土木学会論文集, 2013

適用範囲周辺の住宅地図データ

個別建物シミュレーションによる被害推定

被害推定の適用対象地域とモデル化

➤ 建物モデルの設定

✓ 位置・形状・階数

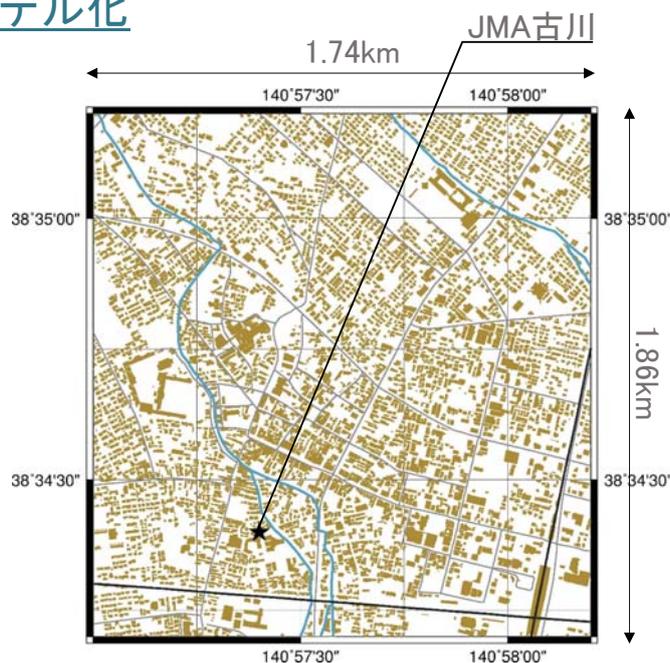
2010年住宅地図データから取得(約4200棟の木造家屋)

✓ 建築年代

空中写真(国土地理院1947, 1961, 1975, 1993, 2006年撮影)から推定

✓ モデル化条件等

質量…建築年代ごとに3区分化
骨格曲線…建築基準法の必要壁量等(必要耐力)に基づき
建築年代ごとに4区分化
耐力係数…必要耐力に対し3倍を仮定
履歴曲線…バイリニアスリップ型



適用範囲周辺の住宅地図データ

個別建物シミュレーションによる被害推定

モデル応答:最大層間変形角

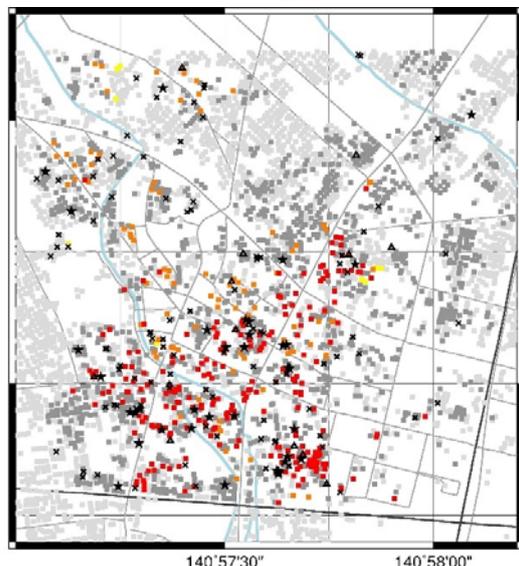
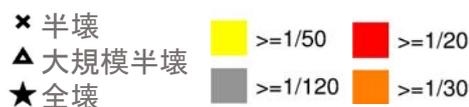
- ✓ 定性的には:実被害が顕著な箇所周辺のモデル応答は大きい傾向

木造建物簡易モデル(自動作成の方法)のIESへの適用性を示唆

- ✓ 定量的には:実被害に対してモデル応答は過大となる傾向

- ・限られた情報からモデルを自動作成するため誤差があるのは必然
- ・特に応答への影響が大きく、かつ不確定性の強い要素はせめて確率変数としたい

「耐力」「減衰定数」の2要素を確率変数として被害率を推定



実被害分布とモデル応答(最大層間変形角)との対比

個別建物シミュレーションによる被害推定

被害推定の概略手順

➤ 本方法(シミュレーションベース)

①点推定(2次元, 計9点)の適用

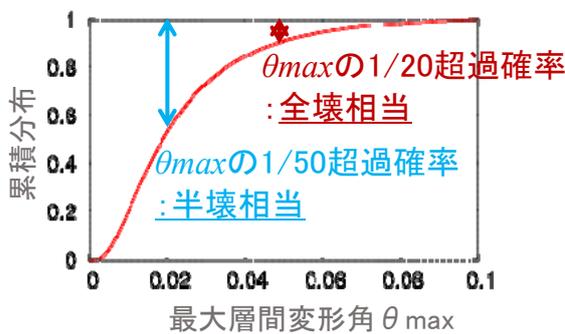
- ・耐力係数(平均3.0), 減衰定数(平均5%)のPDFは正規分布(COV=0.2)に従うと仮定

②応答超過確率の算出

- ・応答のPDFは対数正規分布的と仮定

③超過確率と被害レベルの紐づけ

- ・下図を仮定



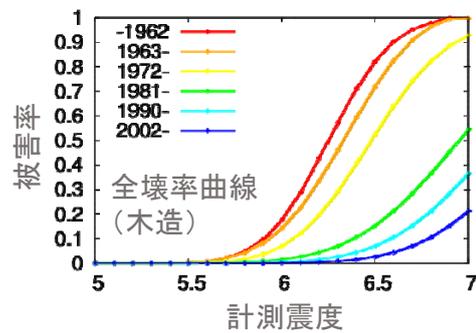
➤ 被害関数に基づく方法

①JMA,KNETの計測震度(点情報)から地表面震度(面情報)を算定

- ・藤本・翠川(2005) [Vmax⇔震度]
- ・J-SHIS増幅率 [地表Vmax⇔基盤Vmax]
- ・逆距離加重補間 [点⇒面への補間]

②被害曲線の適用

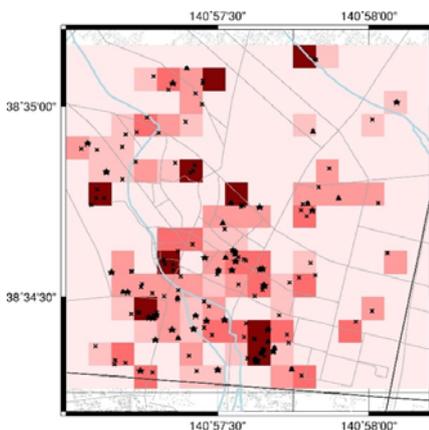
- ・内閣府2013を適用(下図:全壊率の場合)



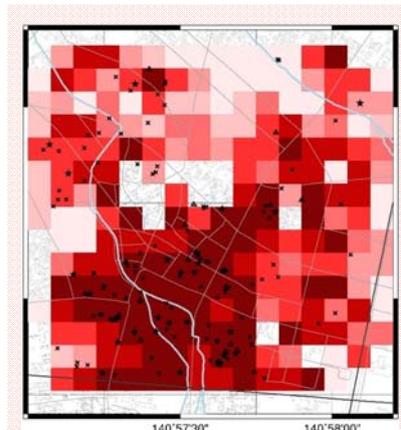
個別建物シミュレーションによる被害推定

被害率算定結果・比較

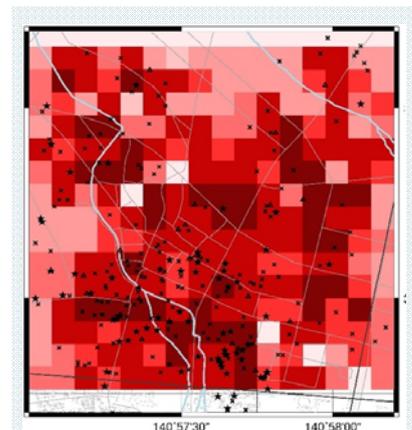
➤ 半壊相当



＜実被害＞
190棟



＜本方法＞
930棟(換算棟数)
・被害分布は実被害に類似するが全体として過大評価
⇒評価指標・モデルに課題

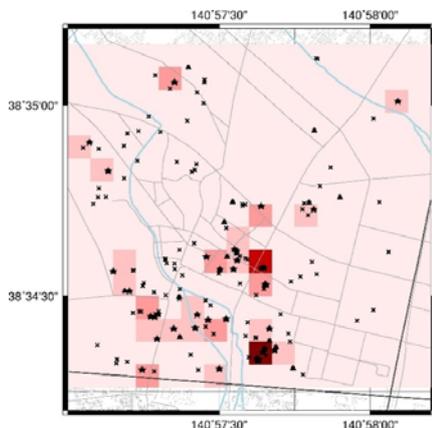


＜被害曲線に基づく方法＞
969棟(換算棟数)
・全体として過大評価
・コントラストの再現が難しい

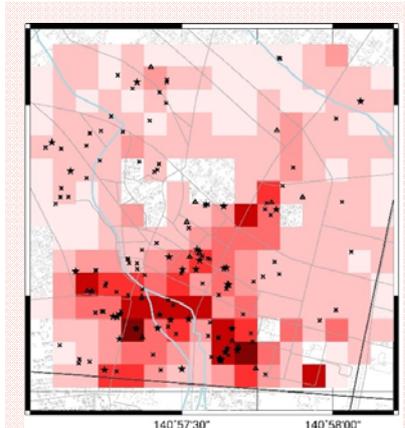
個別建物シミュレーションによる被害推定

被害率算定結果・比較

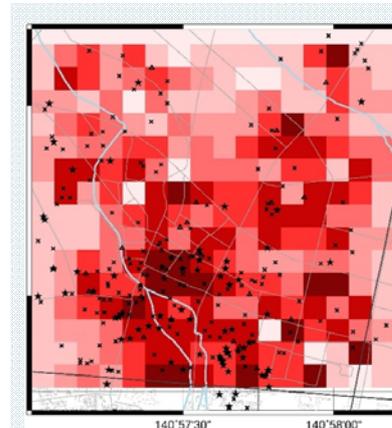
➤ 全壊相当



＜実被害＞
79棟



＜本方法＞
275棟(換算棟数)
・全体として過大評価だが分布、換算棟数は実被害に近づく
⇒本方法の実用性を示唆



＜被害曲線に基づく方法＞
670棟(換算棟数)
・全体として過大評価
・コントラストの再現が難しい

個別建物シミュレーションによる被害推定

➤ まとめ

- ・限られた情報から自動作成した簡易モデル(木造家屋用)でも現実的な精度で応答量を評価できそうである。
- ・シミュレーションに基づく被害推定法を実際の被害地域に適用した結果, 方法の実用性が示された。

➤ 今後の課題

- ・他の実被害地域への適用による精査, 実験値の反映等に基づくモデルパラメタの検証・調整, 被害評価指標の検討 など

H28年度の取り組み(まとめ)

1. 小型6軸地震センサの開発

- ⇒ H26年度からの継続. 本年度は消費電力の実測, 計算能力の確認, 特定小電力無線を用いた通信実験を実施.

2. 層間変形角の計測実験

- ⇒ H27年度からの継続. MEMS加速度計のバイアス変化から残留層間変形角を, MEMSジャイロセンサから層間変形角の時系列を推定. 1次元振動は成功し, 3次元振動への拡張に着手.

3. 非線形応答波形からの損傷検出

- ⇒ AR(Auto-Regressive)法を用いた非線形波形検出を試みた. 数値シミュレーションにより既存のDI (Damage Index)を検証したが失敗.

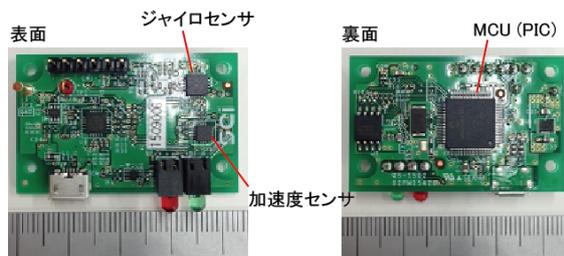
4. AIを用いた損傷検出の試み

- ⇒ 数値シミュレーションによるビッグデータの生成とAI (Artificial Intelligence)を用いた損傷検出に着手.

5. 構造部材の局所破壊の検出の試み

- ⇒ 部材破壊時の衝撃を計測. 高周波成分が非常に大きく, MEMS加速度計により大振幅のAE (Acoustic Emission)の検出の可能性を確認.

1. 小型6軸センサの開発(ハードウェア開発)



(43mm × 27mm, 板厚 1.6mm)

試作2号機の回路基板 (H27年度試作)

- ⇒ マイコン (PIC), MEMS加速度計, MEMSジャイロセンサ, フラッシュメモリ等を搭載



センサ外観(屋外設置用)

- ⇒ さらに, 920MHz特定小電力無線, 太陽電池パネルを搭載

920MHz 無線通信



データシグ(屋内)

試作3号機 (H28年度開発の無線加速度センサ)

1. 小型6軸センサの開発(消費電力)

100Hzの加速度データを無線送信した場合の算定結果

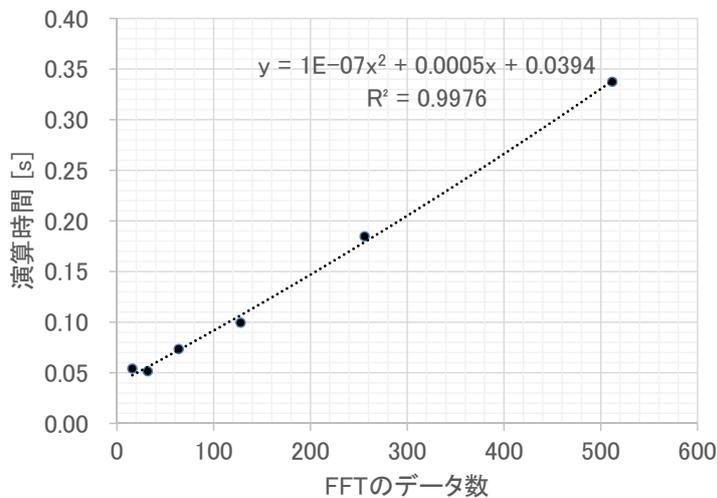
動作状態	動作時間 [s]	消費電流 [mA]	電源効率 [%]	リチウム3.6電流	1日換算の消費電流 mA
CPU+加速度	330	41	80	46.98	0.1794
CPU+無線	1230	84	80	96.25	1.3702
スタンバイ	84840	0.2	60	0.3055	0.3000
合計	86400	-	-	-	1.8496

1日6分程度、100Hzで加速度計測した場合、全データを特定小電力無線で送信すると、1日平均で2mA程度の消費電力。1日に必要なバッテリー容量は約48mAh。(太陽電池パネルによる電力供給は含まず)

- ⇒ 平均2mAでは、バッテリー動作による生データ取得は困難
- ⇒ スタンバイ時には 0.2mA (実測では0.3mA)、大きな加速度検出でデータを保存し、損傷判定指標を計算、結果のみを無線で送信すべき

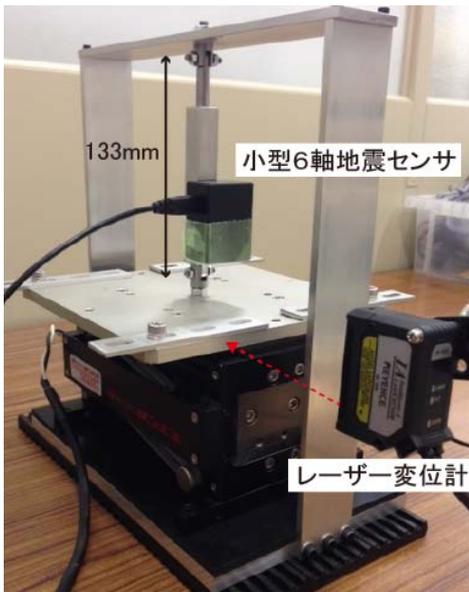
1. 小型6軸センサの開発(演算能力)

Float (24bit) データを PIC マイコン上で FFT 演算
(固有振動数を損傷判定指標とした場合を想定)



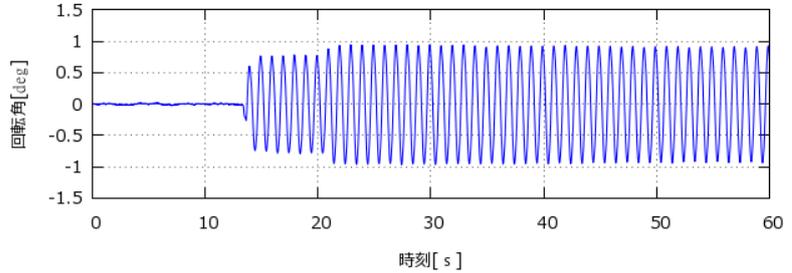
- ⇒ 512サンプル(100Hzで5.12秒に相当)のデータ長で0.35秒程度の演算時間。5分程度のデータ長では110秒程度が必要。

2. 層間変形角の計測実験(1軸振動実験) ⇨ 1軸では成功



1軸振動実験の様子

- 1) 1軸で振動させMEMSジャイロセンサで角速度を計測
- 2) バイアスのふらつきをローカットフィルタで除去
- 3) 積分して層間変形角の時系列を算出(精度良！)



MEMSジャイロセンサのバイアスは非常に不安定



ローカットフィルタが必要



経験最大層間変形角は取得できない！



短時間での Peak to Peak は信頼できそう

2. 層間変形角の計測実験(3次元慣性航法の導入) ⇨ 継続中

姿勢角(ロール, ピッチ, ヨー角)を次式で推定

$$\boldsymbol{\psi}(t) = \boldsymbol{\psi}(t - \Delta t) + R_{Body}^{NED}(t)\boldsymbol{\omega}_B(t)\Delta t$$

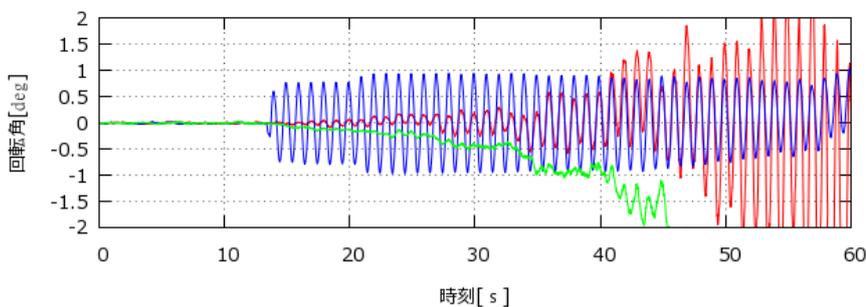
ただし, 回転行列は

$$R_{Body}^{NED} = \begin{bmatrix} \cos \psi & -\sin \psi & 0 \\ \sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi & -\sin \phi \\ 0 & \sin \phi & \cos \phi \end{bmatrix}$$

角速度の計測データは

$$\boldsymbol{\omega}_B(t) = (\omega_{x,B}(t), \omega_{y,B}(t), \omega_{z,B}(t))^T$$

- ⇨ 現状, 3次元慣性航法を導入すると, 上手く計算できない.
(赤, 緑は本来は回転していないはず. 誤差の累積による)



2. 層間変形角の計測実験(残留層間変形角の推定) ⇒ 成功

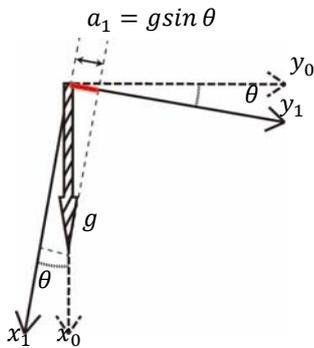
1次元であれば層間変形角の時系列は計算可(ただし、ローカットフィルタ有)



経験最大層間変形角は計測できないが、短時間での Peak to Peak は信頼できそう



次善の策として、MEMS加速度計で残留層間変形角を推定



$$\Delta a = a_1 - a_0 = g \sin \theta$$

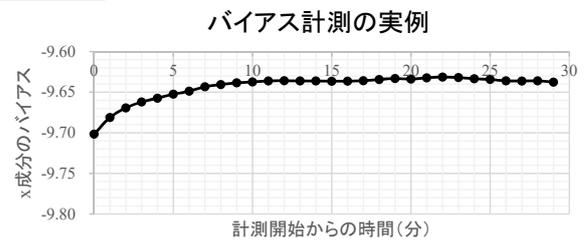
$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{\Delta a}{g} \right)$$



精度上の問題点は電気的なバイアスの変動



バイアスの変動を計測したところ、地震前後で 0.1 [deg] の精度は達成できそう!



3. 非線形応答波形からの損傷検出の試み ⇒ 失敗

地震動を取得(気象庁HPより)



地震応答解析ソフトへ入力(MSSモデル)



弾性応答/弾塑性応答の加速度波形

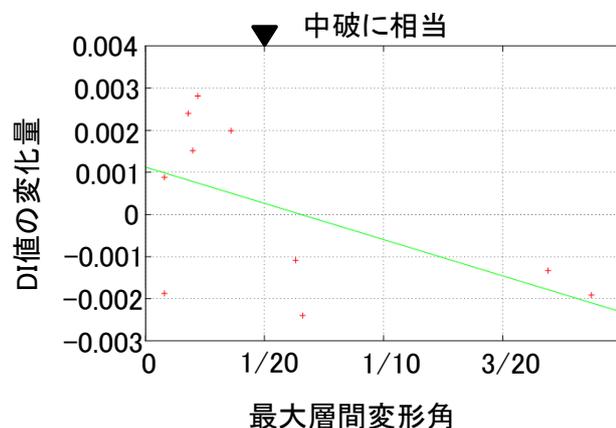


DI (Damage Index) の計算

損傷判定指標(既往の指標)

$$DI = \frac{a_0}{\sqrt{a_0^2 + a_1^2 + a_2^2}}$$

AR係数の最初の3つを使用



DIを使用して損傷を判定できる可能性がある、という報告があったため、数値シミュレーションで試してみましたが、中破程度の損傷の場合、本解析では検出できませんでした。

4. AIを用いた損傷検出の試み ⇒ 継続中

計測できるもの: 加速度, 角速度

⇒ 損傷と強い層間をもつ指標を開発したい!

現在進めている方法

地震動(気象庁HPより) または 種地震を基に地震動を大量生産



構造モデルへ入力(例えばMSSモデル)



弾性応答/弾塑性応答の角速度, 加速度波形



Deep Learning などの機械学習

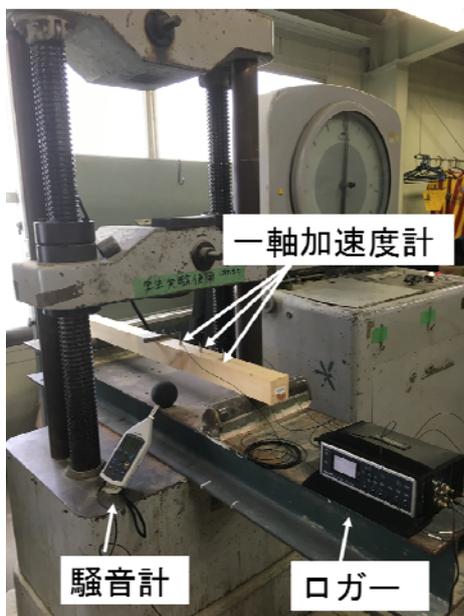
指標化/定量化

Deep Learning までは着手しているが, 指標化は難航中(今後も継続)

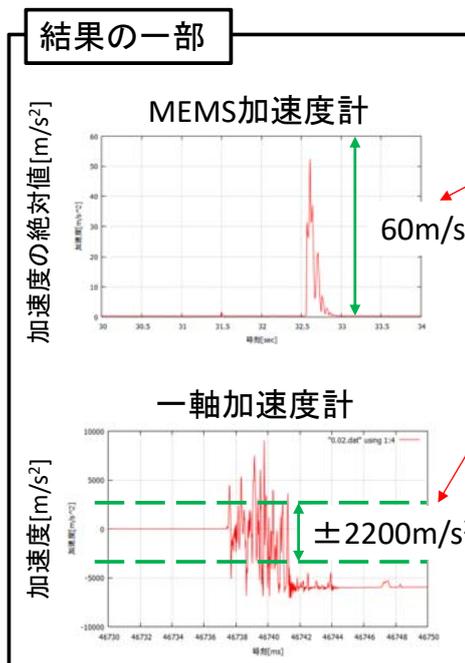
5. 構造部材の局所破壊の検出の試み

そもそもMEMSセンサで計測するのは100Hzまでの加速度/角速度で良いのか?

⇒ 部材が破壊される時の衝撃は, もっと高周波のはず!



曲げ破壊試験の様子



振幅は大きく異なるが, MEMS加速度計でも検出できた。

計測可能範囲の±2200 m/s²を大きく超える加速度応答。相当高周波成分の振幅が大きい!

⇒ 局所的損傷検出の可能性あり!?

再掲, H28年度の取り組み(まとめ)

1. 小型6軸地震センサの開発

⇒ H26年度からの継続. 本年度は消費電力の実測, 計算能力の確認, 特定小電力無線を用いた通信実験を実施.

2. 層間変形角の計測実験

⇒ H27年度からの継続. MEMS加速度計のバイアス変化から残留層間変形角を, MEMSジャイロセンサから層間変形角の時系列を推定. 1次元振動は成功し, 3次元振動への拡張に着手.

3. 非線形応答波形からの損傷検出

⇒ AR(Auto-Regressive)法を用いた非線形波形検出を試みた. 数値シミュレーションにより既存のDI(Damage Index)を検証したが失敗.

4. AIを用いた損傷検出の試み

⇒ 数値シミュレーションによるビッグデータの生成とAI(Artificial Intelligence)を用いた損傷検出に着手.

5. 構造部材の局所破壊の検出の試み

⇒ 部材破壊時の衝撃を計測. 高周波成分が非常に大きく, MEMS加速度計により大振幅のAE(Acoustic Emission)の検出の可能性を確認.

大規模数値解析結果の 先端可視化技術の開発

業務目的(全期間)

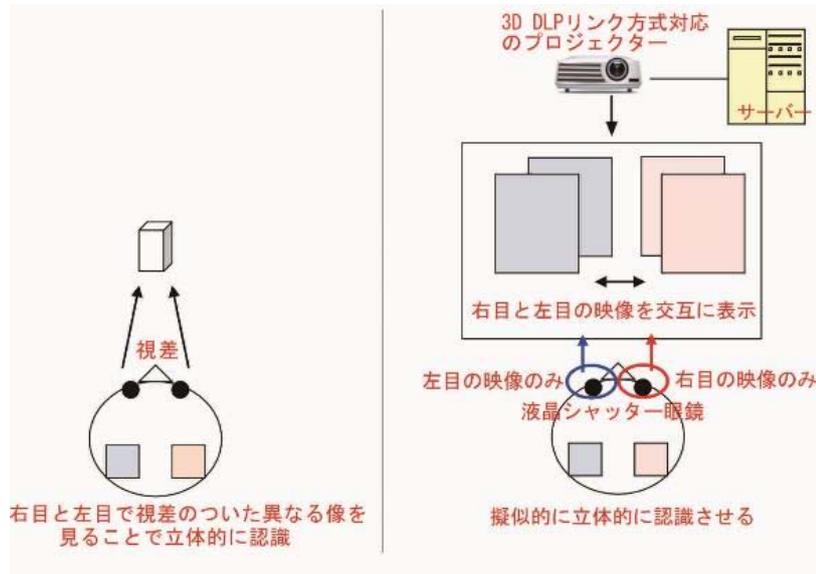
地震被害評価は大規模数値解析の計算結果に基づくが, これには膨大な量の計算結果を効果的に可視化することが必須となる. 3次元視とマルチスケールが可能な可視化を開発するとともに, 応急評価に使えるよう高速処理も併せて実現する.

平成28年度業務目的

大規模数値解析法によって得られた様々な都市地震被害データを、**a) 3次元視**と**b) マルチスケールで、かつ、マルチスクリーン**で可視化し、先端可視化技術の有効性を検証する。

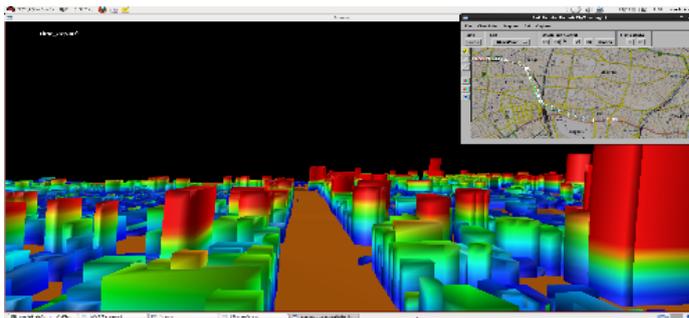
地震被害の可視化のみならず、サブプロジェクト③において得られた**c) 火災被害の解析結果の可視化**が自動化できるよう、可視化技術の共有化を図る。

a) 都市地震応答把握のための3次元立体可視化システム



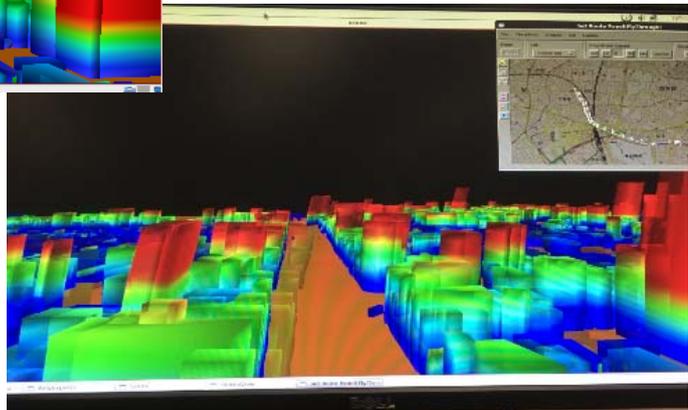
3D DLPリンク方式による3次元立体可視化の原理

a) 都市地震応答把握のための3次元立体可視化システム



通常が表示状態

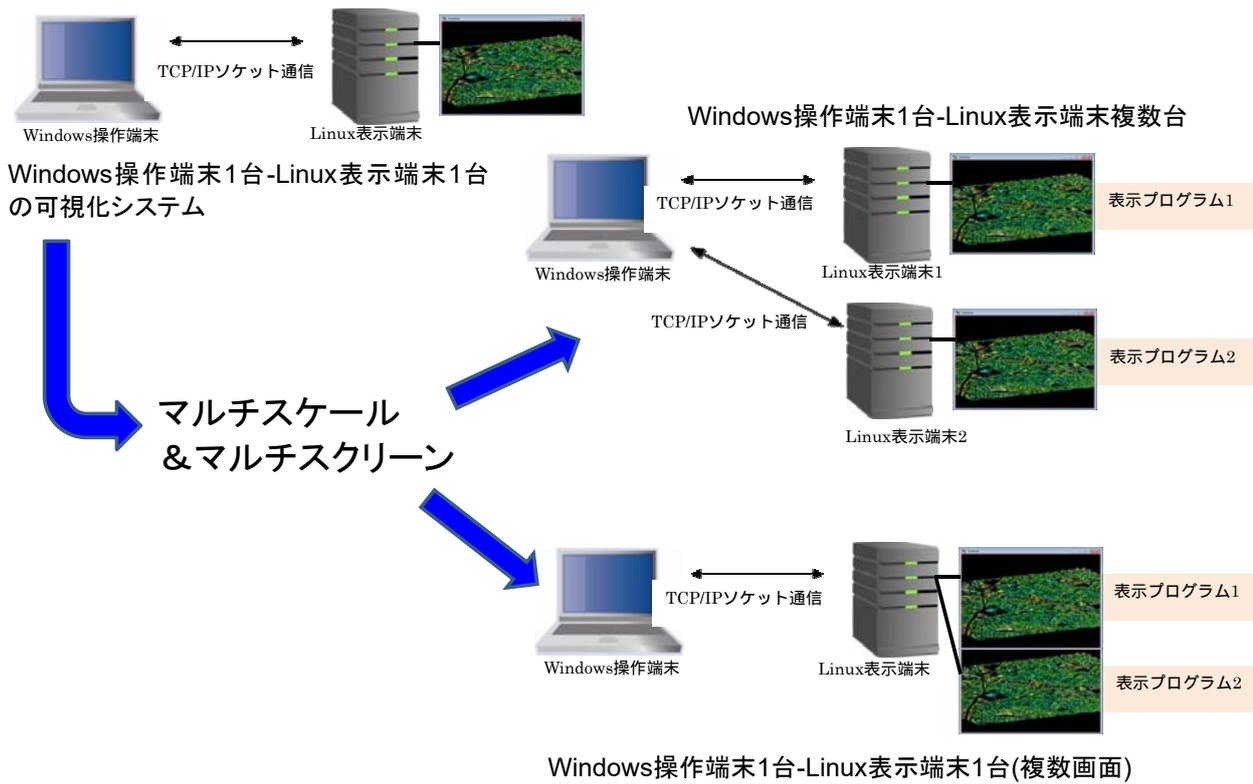
右目と左目に対して視差がなく、都市の地震応答の奥行きは把握は困難



3次元立体可視化表示時

(二重に見えているが、)右目用の映像と左目用の映像が可視化されることで、奥行きが与えられる。

b)都市地震被害データのマルチスケール、かつ、マルチスクリーンによる可視化



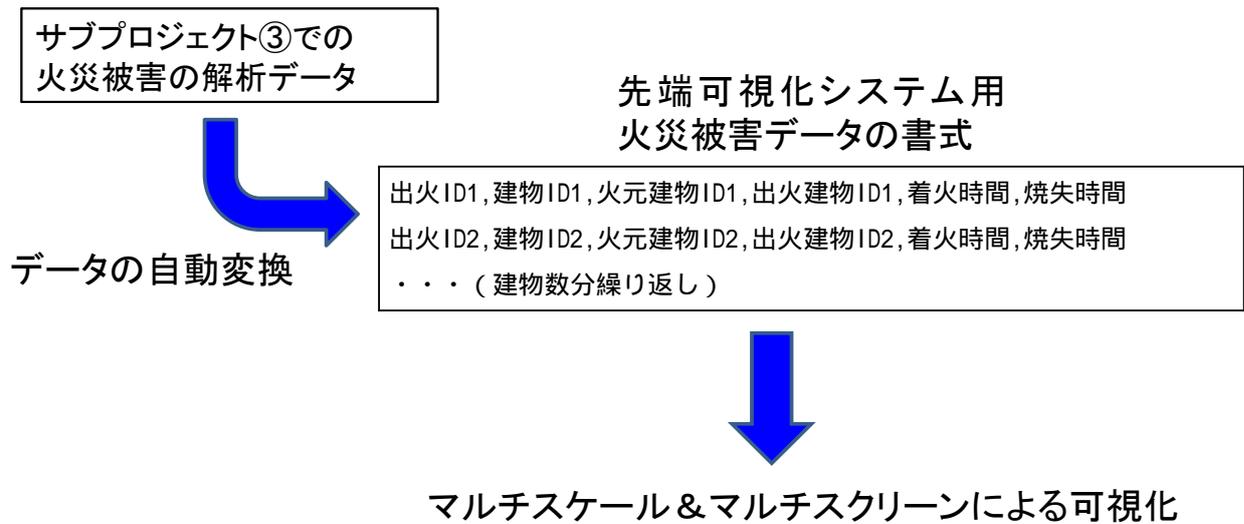
b)都市地震被害データのマルチスケール、かつ、マルチスクリーンによる可視化



マルチスクリーンにおけるマルチスケールによる可視化の例

左側画面は街区全体を簡易モデル表示.
 右上・右下画面は異なる街区を詳細モデル表示.

c)火災被害の解析結果の可視化技術の共有化



c)火災被害の解析結果の可視化技術の共有化



火災延焼シミュレーションの可視化の例

左側画面は街区全体の火災被害を簡易モデル表示.
右上・右下画面は異なる街区での火災被害の詳細モデル表示.