

# 日本建築学会 教育賞

## 建築物の教育用地震応答解析ツールの開発と 地震防災分野における国際教育活動



齊藤 大樹

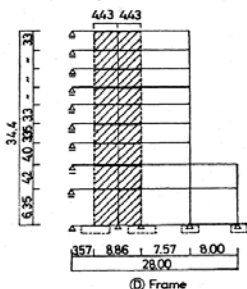
豊橋技術科学大学  
建築・都市システム学系 教授  
安全安心地域共創リサーチセンター長

# 建築物の教育用地震応答解析ツールの開発と地震防災分野における国際教育活動

## 平面構造解析プログラム **FRAME-D**



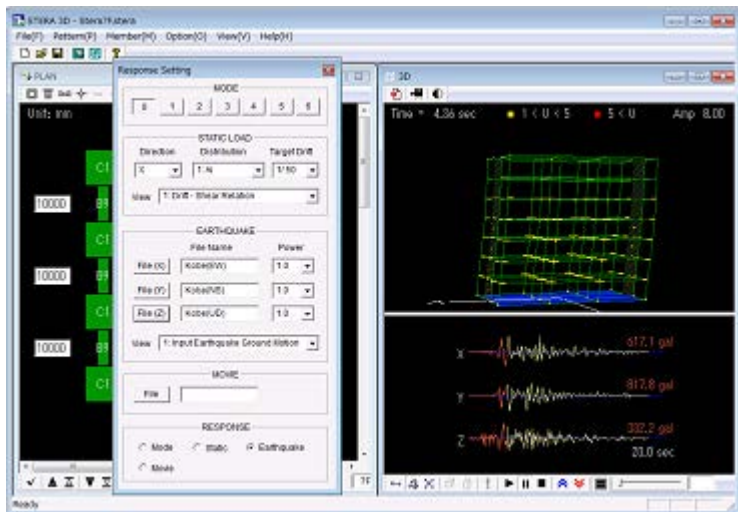
東北大学工学部建設系建物  
(世界で初めて1G応答を観測)



解析の基礎を学ぶ



## 立体構造解析プログラム **STERA\_3D**



1981年 東北大学工学部建築学科入学

1990年 博士課程修了、建築学科助手

東北大学工学部建築学科建築構造学研究室  
(志賀敏男先生・柴田明德先生)

1996年 建設省建築研究所入所

構造グループ上席研究員  
国際地震工学センター上席研究員  
発展途上国の技術支援(JICA)

2012年 豊橋技術科学大学教授

### 解析プログラムの進化

時間軸: 静的から動的

次元軸: 1次元から3次元

特性軸: 線形から非線形

表示軸: 数値データから視覚データ

# 教育用地震応答解析ツールの開発

## 地震に対する建築物の安全性評価

事前に体験できない。

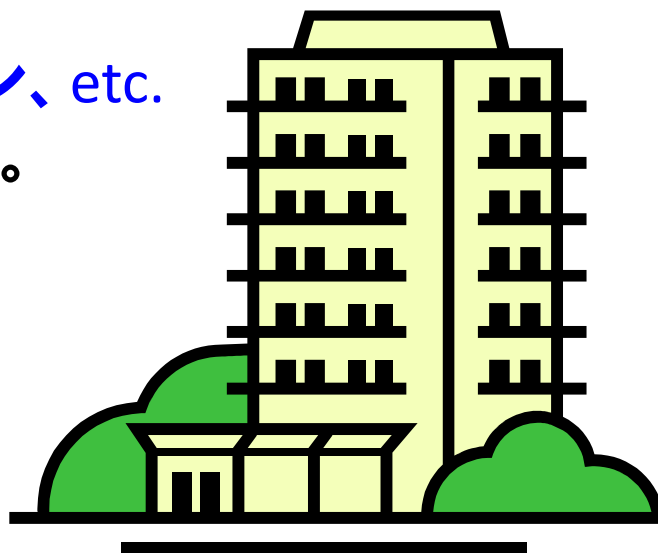
数値シミュレーション、etc.

安全性は分かりにくい。

可視化技術、etc.



研究者・  
技術者



設計者

使えるように

確かめられるように



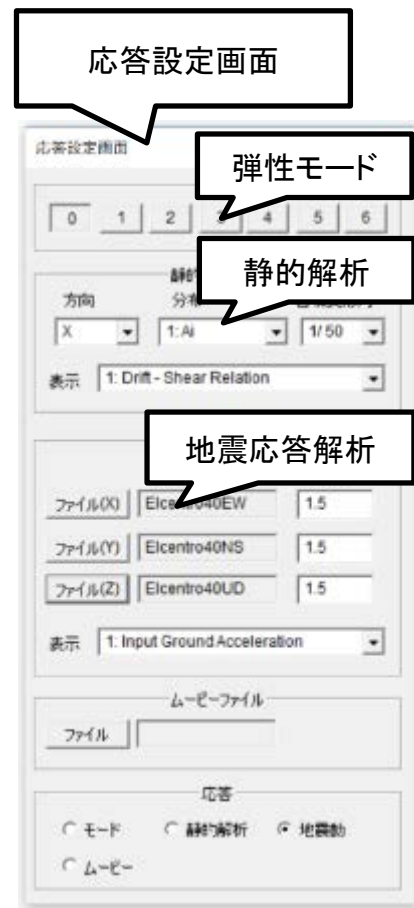
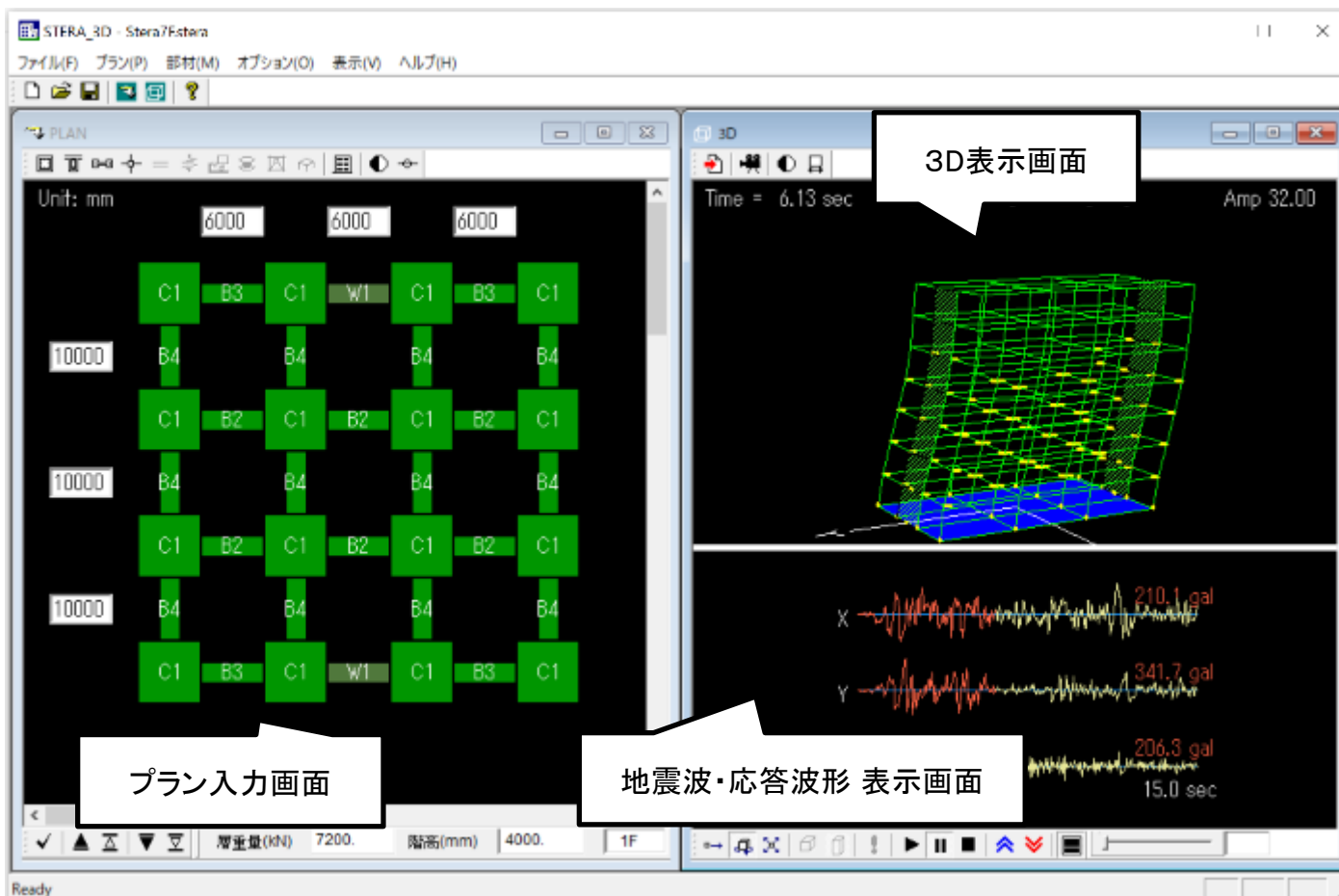
居住者・  
建築主



学生

学べるように

# 建築物の教育用地震応答解析ツール **STERA\_3D** の開発

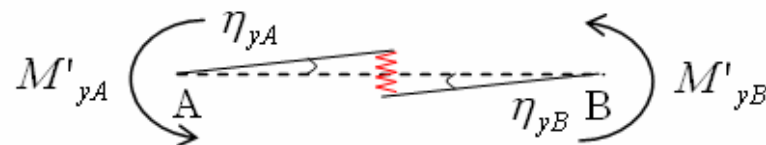
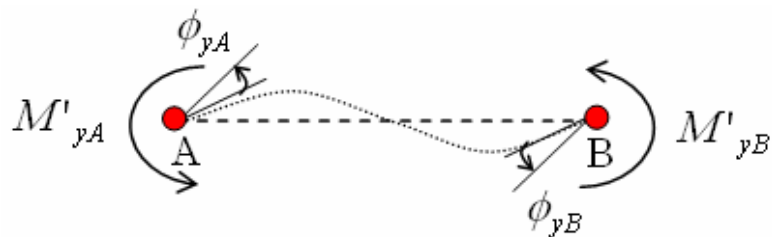


- 使いやすいビジュアルなインターフェース
- インターネットで無料公開
- 日本語・英語・スペイン語・中国語のマニュアルを用意
- 地震防災を学ぶ国内外の学生・技術者に最適なツールとして普及

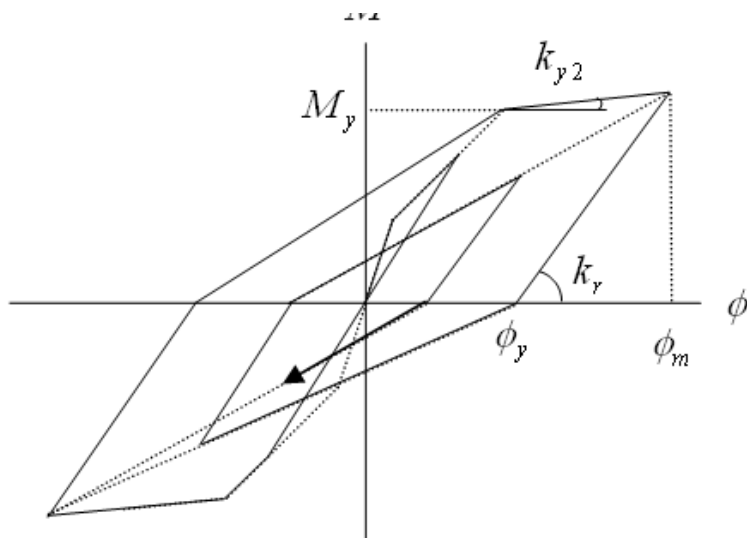
## 梁のモデル

材端非線形曲げばね

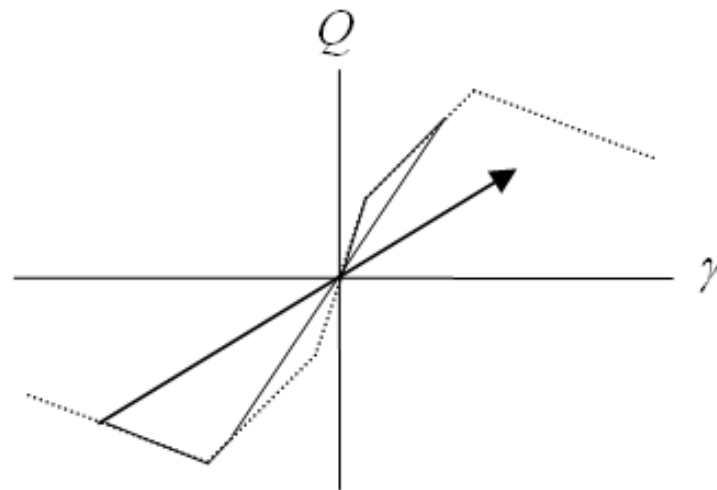
非線形せん断ばね



鉄筋コンクリート、鉄骨造、SRC造



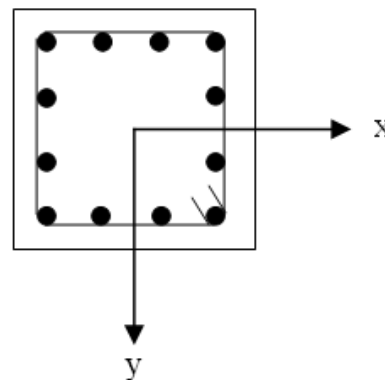
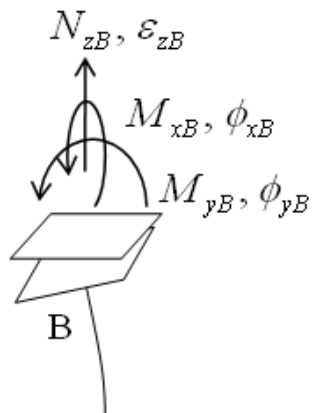
修正武田モデルなど



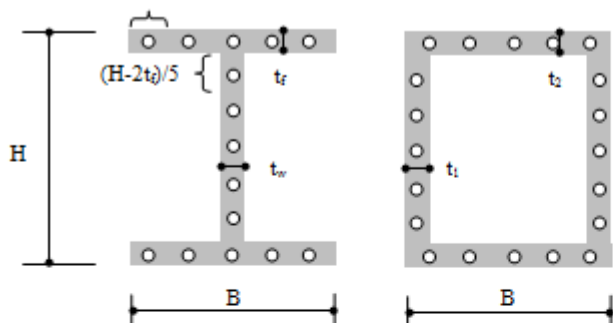
原点指向モデルなど

# 柱のモデル (MSモデル:小谷ほか)

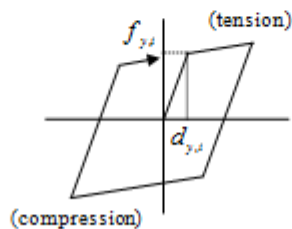
## 鉄筋コンクリート柱



Multi spring (MS) Model



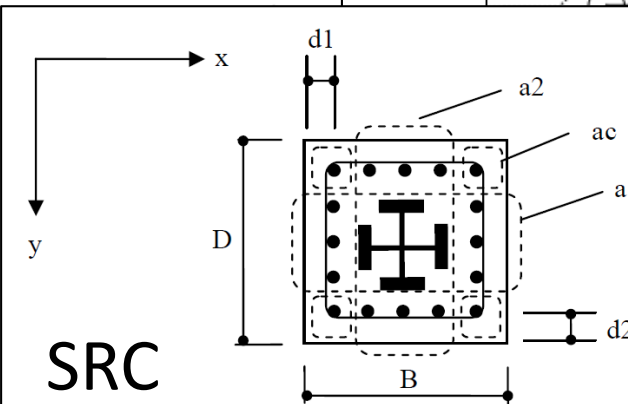
B: Width, H: Height,  $t_w, t_f, t_1, t_2, t$ : Thickness



Hysteresis of steel spring

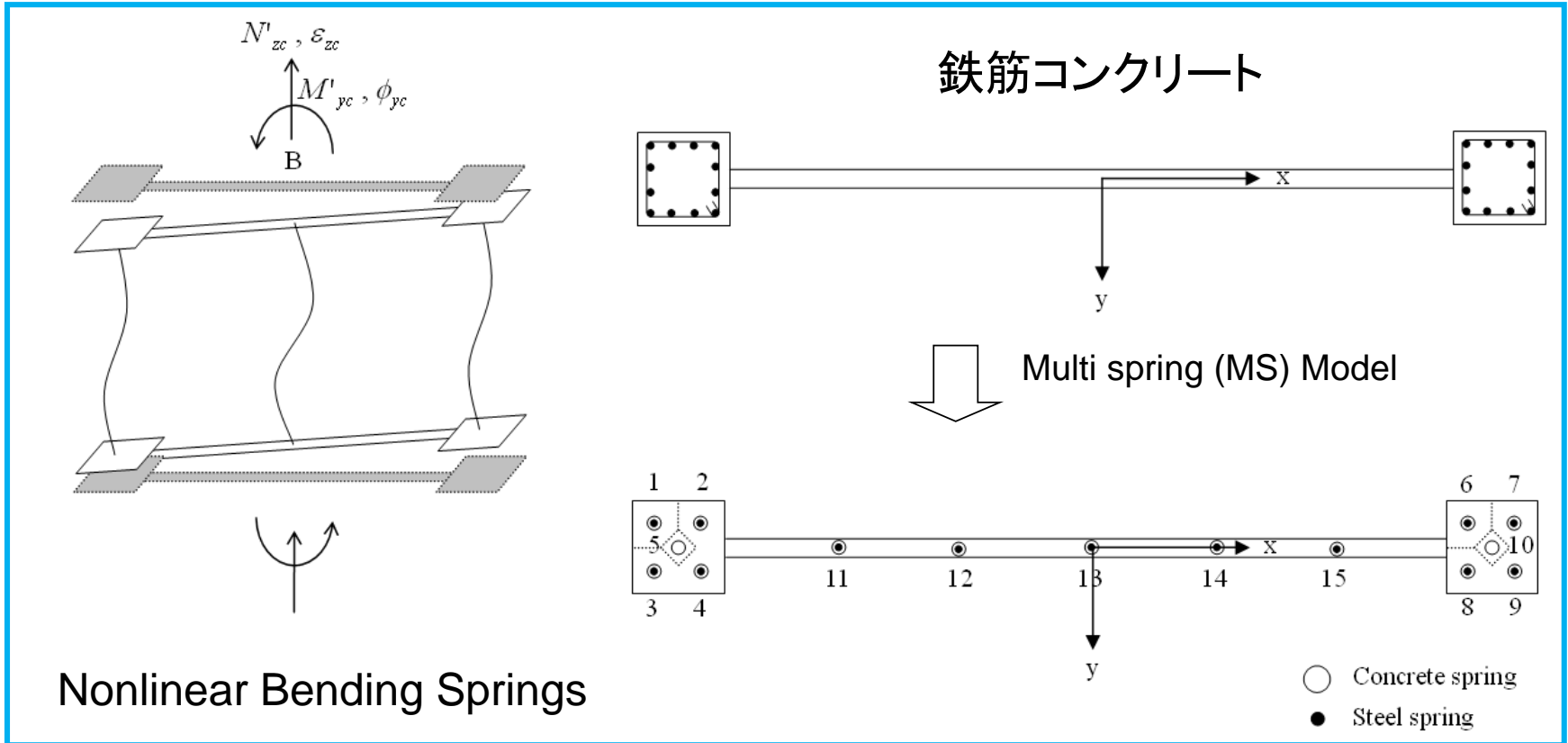
鉄骨柱

SRC

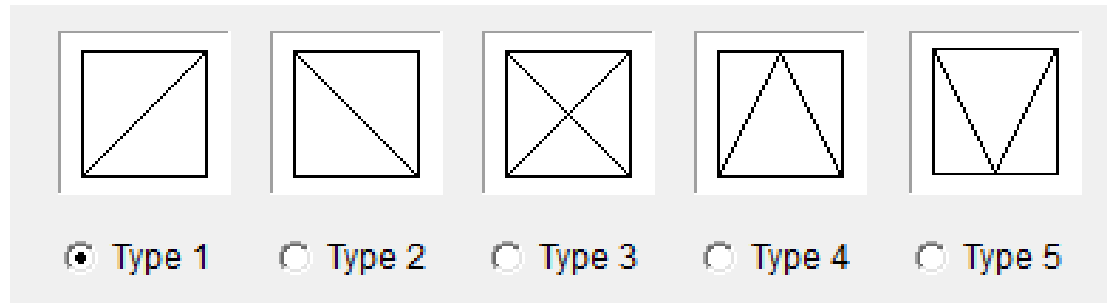


|   |                              |                              |
|---|------------------------------|------------------------------|
|   |                              |                              |
| <input checked="" type="radio"/> Type 1 | <input type="radio"/> Type 2 | <input type="radio"/> Type 3 |
|   |                              |                              |
| <input type="radio"/> Type 4            | <input type="radio"/> Type 5 |                              |

# 壁のモデル (改良MSモデル: 齊藤ほか)

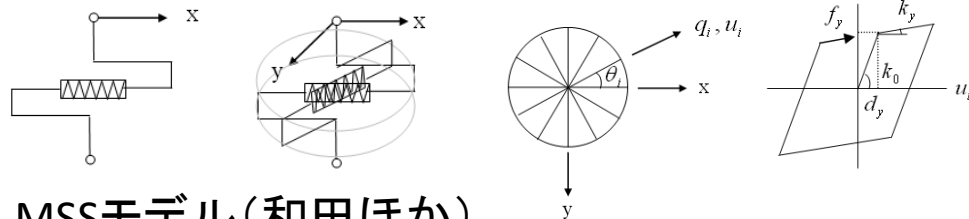
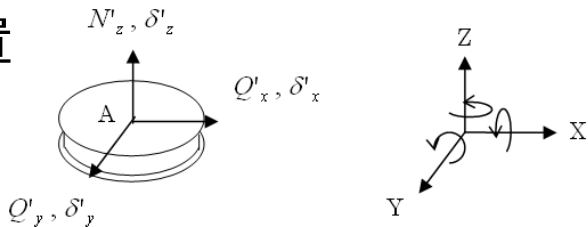


## 鉄骨ブレース



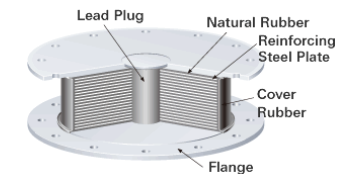
# 建築物の教育用地震応答解析ツールの開発と地震防災分野における国際教育活動

## 免震装置

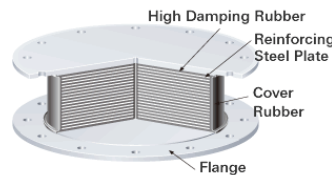


MSSモデル(和田ほか)

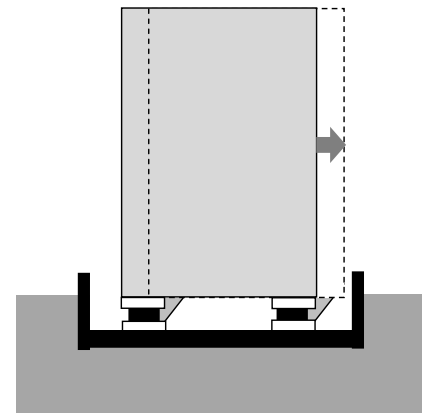
## 免震構造



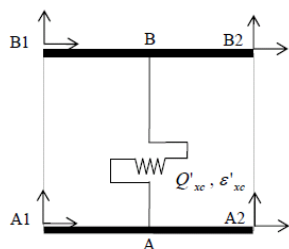
LRB 鉛入り積層ゴム



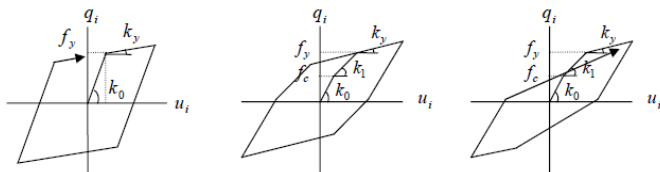
HDRB 高減衰積層ゴム



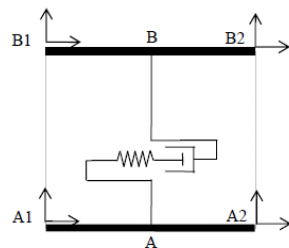
## 制振装置



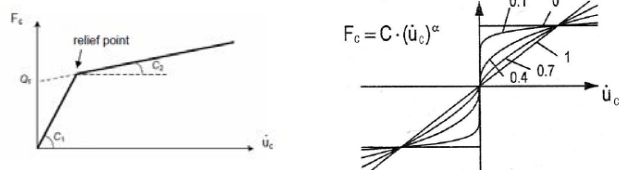
Force - Deformation relationship



Hysteretic damper

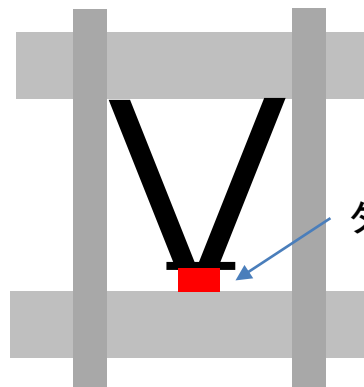


Force - Velocity relationship



Oil damper

Viscous damper



ダンパー



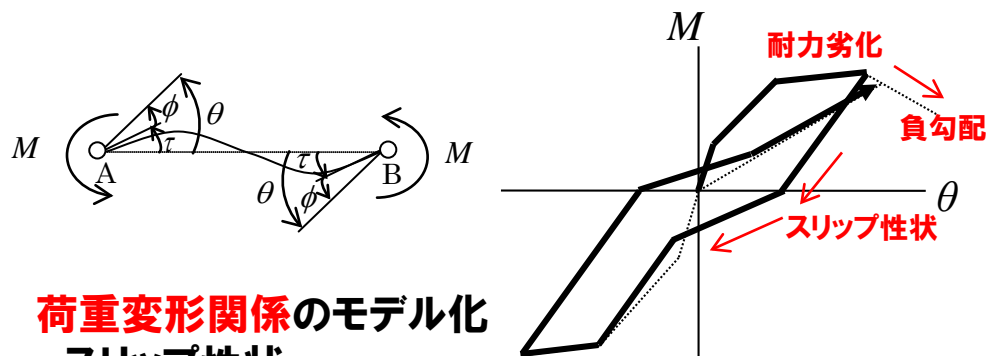
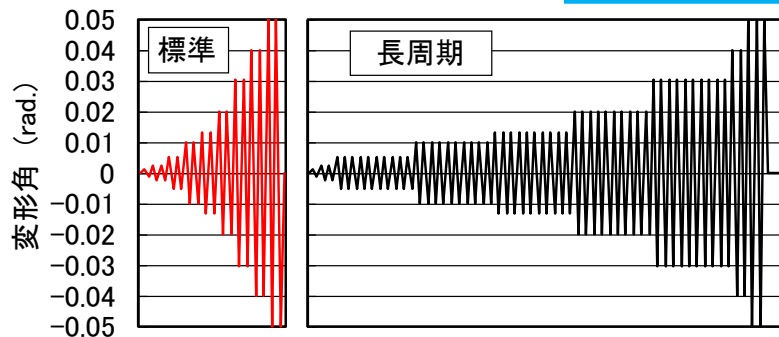
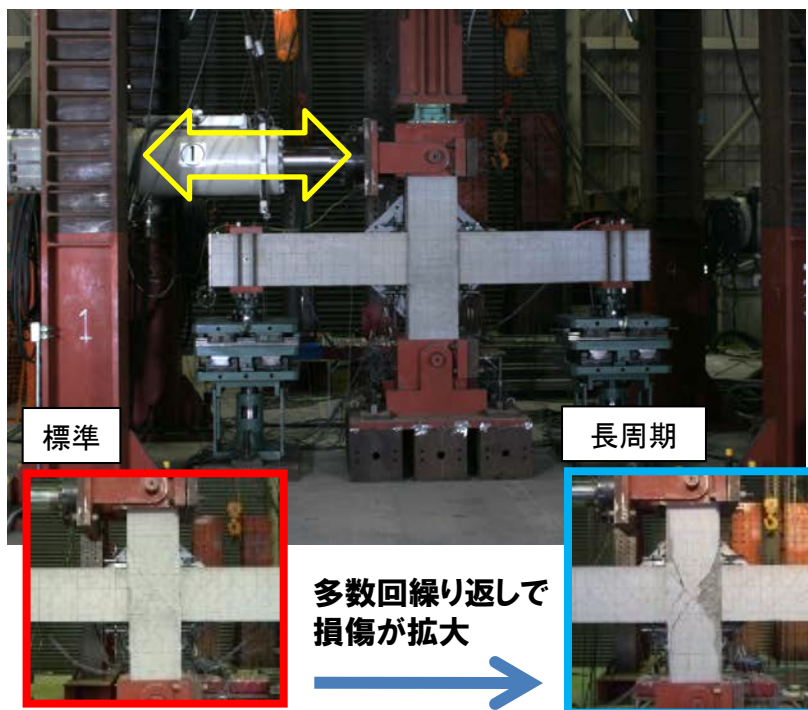
## 制振構造





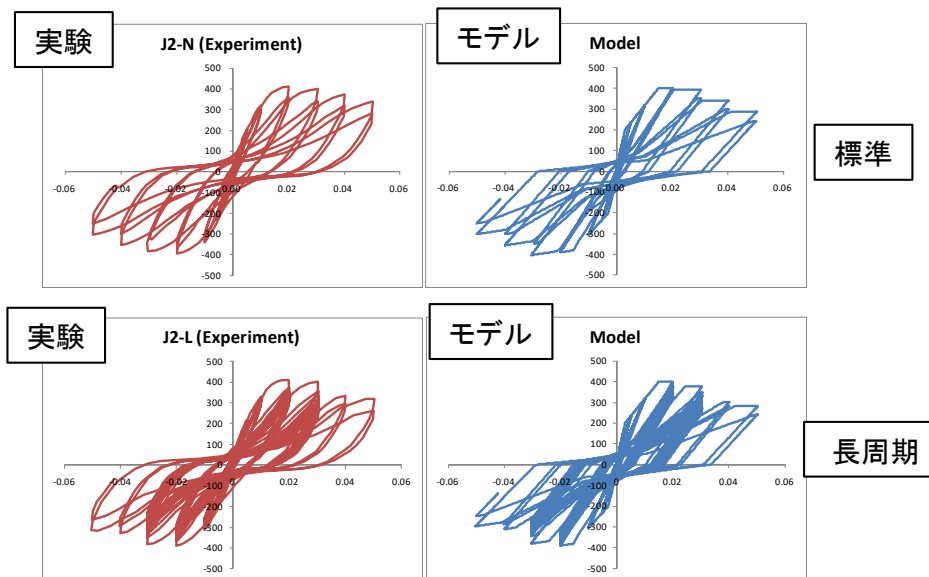
# 最新の研究成果を反映

## 鉄筋コンクリート柱・梁部材の載荷実験



- 荷重変形関係のモデル化**
- スリップ性状
  - 繰り返し耐力劣化
  - スケルトンの負勾配

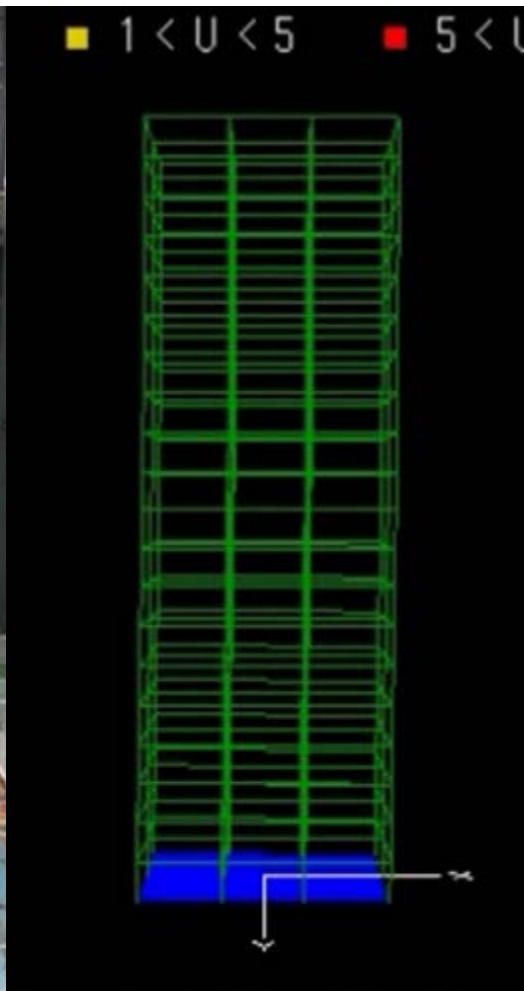
汎用解析プログラム  
**STERA3D**に導入



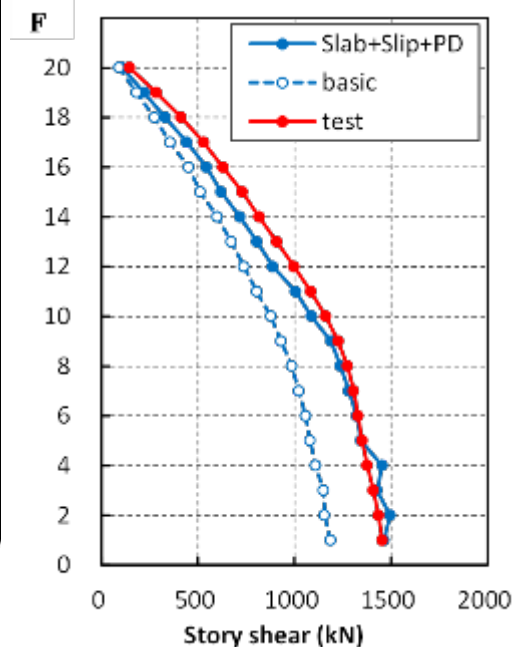
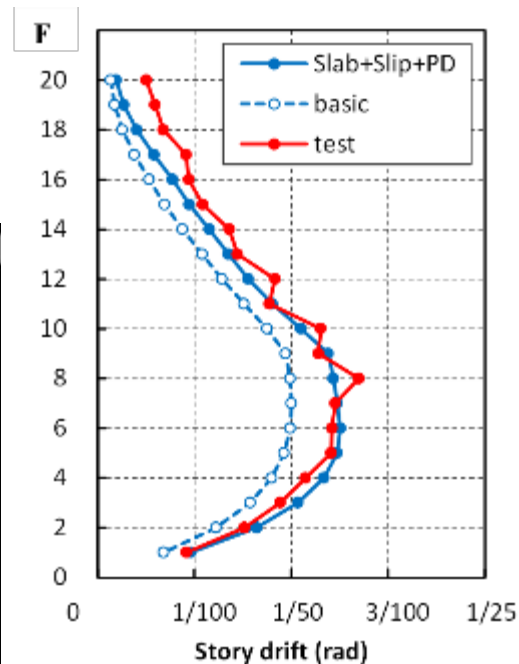
**実験と解析モデルの比較**

# 最新の研究成果を反映

## 超高層(RC造)の震動台実験(2012.8)とSTERA\_3Dとの比較



(コンクリート工学年次論文集、2016)

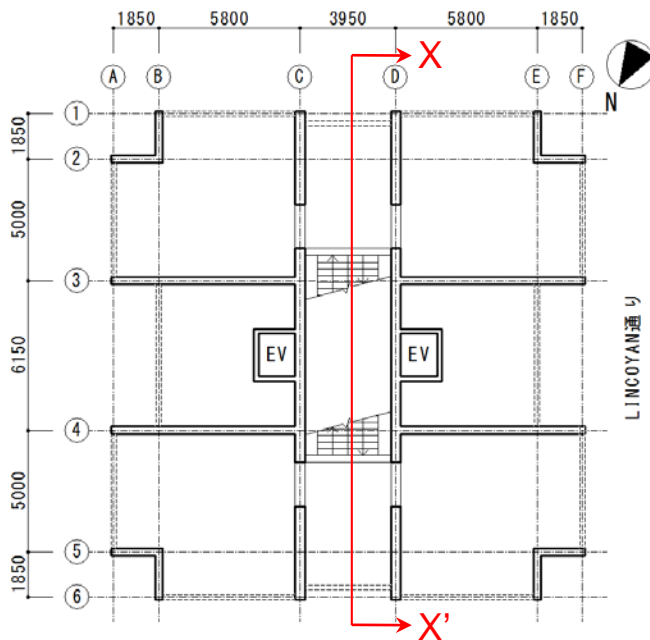


## 2010年チリ地震 合同調査団

JST-JICA 地球規模課題調査団（団長：齊藤大樹）  
日本建築学会調査団（団長：河野進）



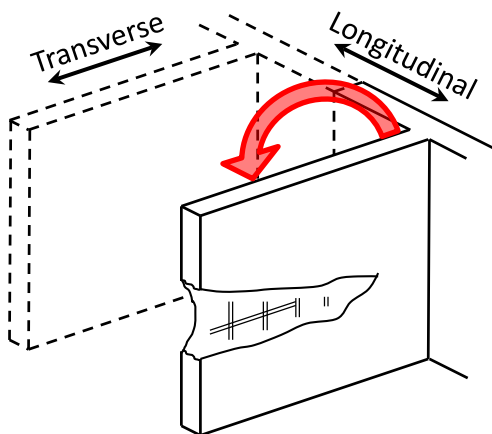
17-story building



高層RC壁式構造の壁脚部が曲げ破壊する特徴的な被害

調査団で分担してSTERA3Dを用いて解析を実施

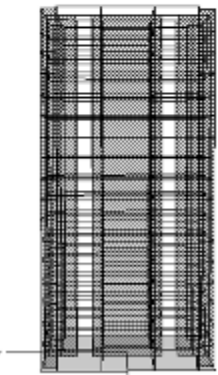
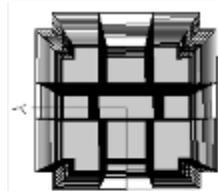
一部は、日本建築学会の調査報告書(黒表紙)に記載



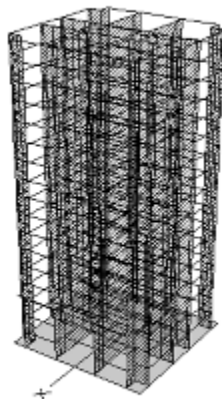
# 建築物の教育用地震応答解析ツールの開発と地震防災分野における国際教育活動

## 2010年チリ地震による被災建物の解析 1

コンセプション市  
RC造建物、地上17階

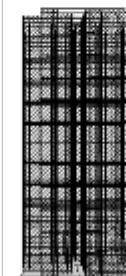


STERA3Dモデル

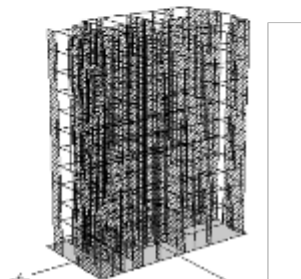
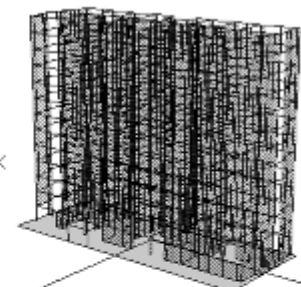


## 2010年チリ地震による被災建物の解析 2

コンセプション市  
RC造建物、地上13階

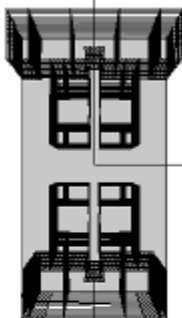


STERA3Dモデル

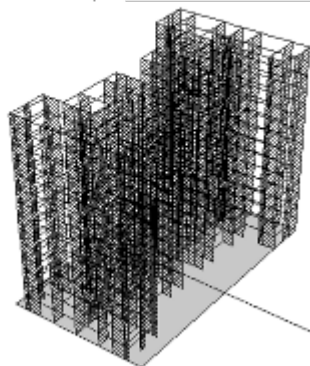


## 2010年チリ地震による被災建物の解析 3

ピナデルマル市  
RC造建物、地上14階

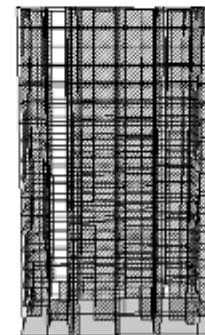


STERA3Dモデル

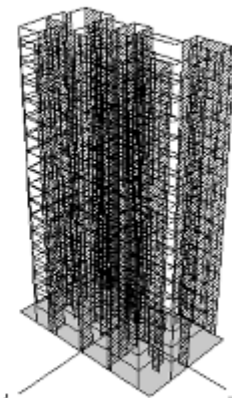


## 2010年チリ地震による被災建物の解析 4

ピナデルマル市  
RC造建物、地上17階



STERA3Dモデル



## 2011年東日本大震災 で被災した建物の解析

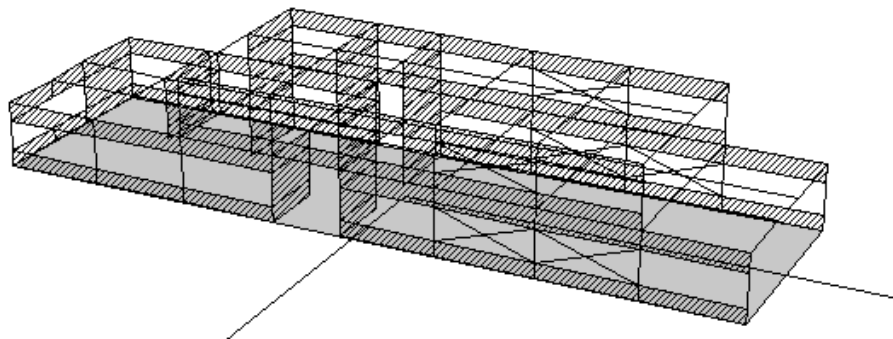
(建築研究所・被害調査報告書より)



耐震補強したにも関わらず大きな被害を受けた(中破)。



補強ブレース脇の柱がせん断破壊



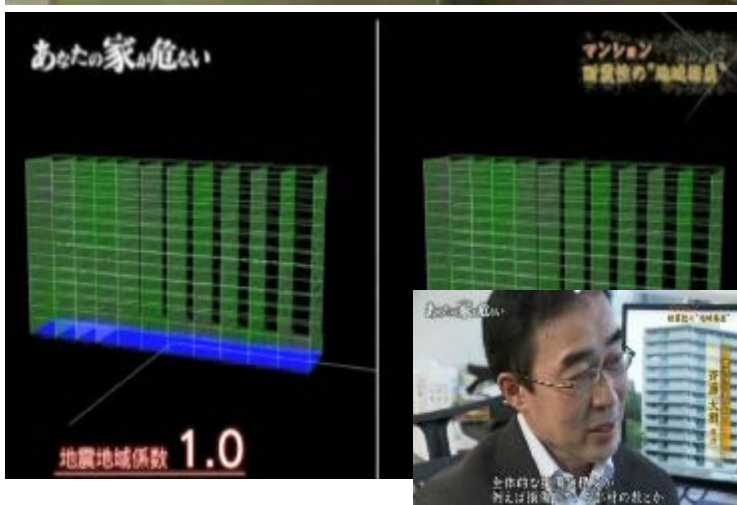
STERA3Dを用いた解析から  
建物のねじれ挙動が被害の原因で  
あることが明らかになった。

## 2016年熊本地震で被災した建物の解析他

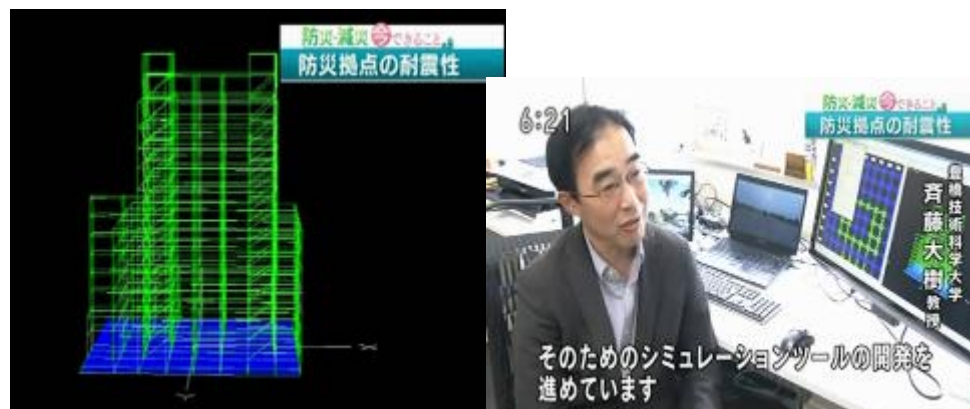
長周期地震動に対する超高層建築物の安全性や2016年熊本地震による新耐震マンションの被害分析など、STERA\_3Dを使用した解析が報道機関に取り上げられた。



(NHKスペシャル「超巨大地震が日本を襲う  
～連動する東海・東南海・南海～」2005年9月1日)



(NHKスペシャル「あなたの家が危ない～  
熊本地震からの警告～」2016年10月9日)



(NHKほっとイブニング「防災拠点の被害を予測」  
2016年6月6日)

## 国際地震工学研修 ((国研)建築研究所 国際地震工学センター)

日本が世界に誇る国際貢献(60年の歴史)

- 1960年 国際研修を東大生研で開始
- 1962年 国際地震工学センター発足
- 1974年 JICA 研修の一環として実施
- 2006年 津波防災コースを新設  
(2005年度から、**修士号学位を授与**)



1998年から講師を務める

この6年間で**14か国29名**の海外の研修生が修士・博士論文に**STERA\_3D**を使用



STERA\_3Dを使用した研修生の出身国

## 発展途上国の技術支援(JICA)

### ルーマニア地震災害軽減プロジェクト発足に関わる業績

(2002年12月 独立行政法人建築研究所理事長業績表彰)



プロジェクト調印式

2000年3月から2002年10月までの2年8ヶ月に渡り、JICA長期専門家(地震工学)としてルーマニアに滞在(一人だけの専門家)

#### JICAプロジェクト「ルーマニア地震災害軽減計画」

相手国実施機関： 地震災害軽減センター

日本側実施機関： 独立行政法人建築研究所

活動期間： 2002年10月1日～2007年9月30日

日本側投入

#### ① 専門家派遣

長期専門家常時3名、短期専門家5年間で27名

#### ② 機材供与(約1.5億円)

構造実験分野、強震観測分野、土質試験分野

#### ③ カウンターパートの日本研修

5年間で25名



日本から  
供与した  
加力装置



## 発展途上国の技術支援(JICA)

2003年 アルジェリア国地震災害国際緊急援助隊専門家チーム

2007年 コロンビア国ボゴタ市の応急危険度判定システムの構築(短期専門家)

## 2008年中国四川大地震の復興支援

JICA「中国耐震建築人材育成プロジェクト」(2009.5-2013.5)  
建築研究所に新しい研修コース「中国耐震建築研修」を開設



研修期間： 2か月  
研修員： 定員20名

耐震設計・診断・補強  
超高層・免震・制震に関する  
- 講義(講師は全国から)  
- 現場見学(約14の現場)  
- 研修旅行(東北・関西)  
を**コースリーダー**として企画

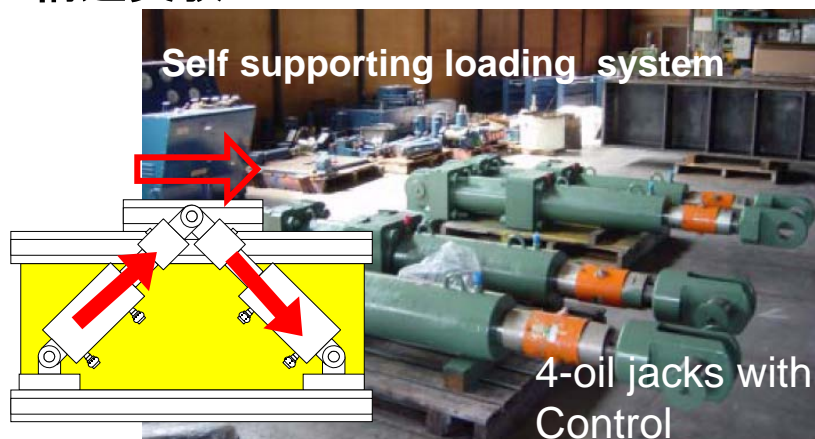
## 発展途上国の技術支援(JICA)

### JST-JICA SATREPS「ペルーにおける地震・津波減災技術の向上」

(研究代表者:山崎文雄先生) (グループ3 建物の耐震性向上:日本側リーダー:齊藤大樹)

(2009-2014)

#### 構造実験

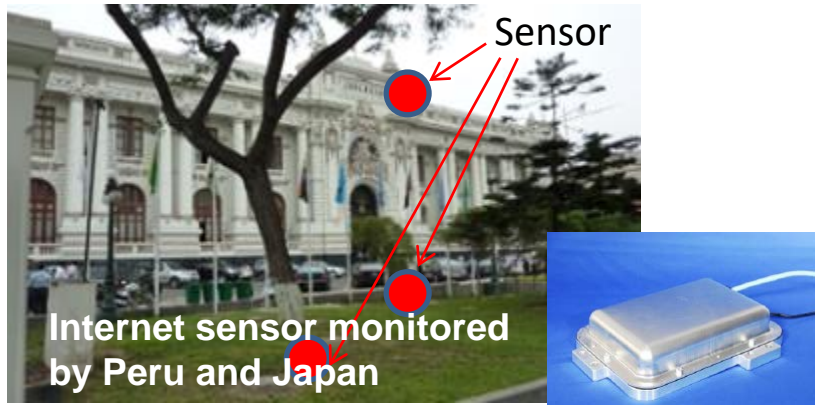


#### 材料実験

Renewal of old CISMID machine



#### 建物地震モニタリング



#### 歴史建物の微動計測

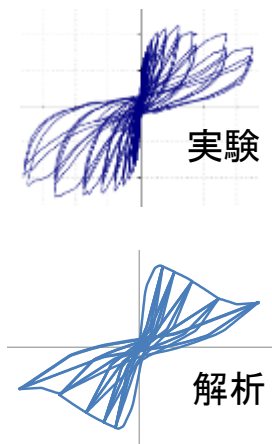


## 発展途上国の技術支援(JICA)

2012年 インドネシア短期専門家派遣



途上国の枠組組積造建物の解析



STERA3Dを用いた解析技術の講義  
(インドネシア人間居住研究所PUSKIM)

2013年 JICA技術協カプロジェクト「自然災害に対応した公共建築物の建設・改修能力向上プロジェクト」バングラデシュ



2016年 JICA(国際協力機構)「地震防災・耐震技術」セミナー カザフスタン

## STERA\_3Dを使用した講義やセミナー等

- ・ 豊橋技術科学大学大学院工学研究科 博士課程前期 構造解析論
- ・ 千葉大学大学院工学研究科 博士課程前期 信号解析学（非常勤講師）
- ・ 建築研究所 国際地震工学研修 長期研修「地震工学研修」
- ・ 建築研究所 国際地震工学研修 短期研修「中南米地震工学研修」
- ・ JCIA(日本建築検査協会)「地震応答解析セミナー」
- ・ JICA(国際協力機構)課題別研修 建築防災コース
- ・ JICA(国際協力機構)中央アジア5か国合同国別研修「地震防災・耐震技術」
- ・ JSSI(日本免震構造協会)耐震建築セミナー
  - 2016年 ルーマニア
  - 2017年 マレーシア、インドネシア、インド
  - 2018年 カザフスタン
  - 2019年 中国・広州

## 学会・国際活動ほか

- **日本免震構造協会**・国際委員長(2007年～)
- **CIB(建築研究国際協議会)**WC114(地震工学と建築)委員長(2006～2013年)
- **日本地震工学会**理事(2011～2012年)
- **ASSiSi(世界免震制振協会)**理事(2012～2014年)
- **日本学術会議**連携会員(防災減災学術連携委員会、IRDR分科会および次世代構造システム分科会)(2018年～)
- **ISO(国際標準機構)**TC98/SC2/WG13(免震構造の一般原則)議長(2018年～)



第13回世界免震制振会議WCSI  
(2013年9月,仙台)実行委員長



ISO/TC98/SC2/WG13プラハ会議(2018)議長