

2022 年

**KOBORI**   
**RESEARCH**  
**COMPLEX**  
**INC.**

## 会社概要

企業名	株式会社 小堀鐸二研究所 通称「小堀研」 (英文名 KOBORI RESEARCH COMPLEX INC.)		
設立	1986年11月1日		
登録	一級建築士事務所東京都知事登録 第29193号 ISO9001 認証MSA-QS-3912		
資本金	2000万円		
株主	電源開発株式会社 東芝エネルギーシステムズ株式会社 株式会社日立製作所 三井不動産株式会社 三菱地所株式会社 かたばみ興業株式会社 八千代エンジニアリング株式会社 株式会社アルテス		
所在地	〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 TEL 03-5561-2421 FAX 03-5561-2431		
取締役 および 監査役	代表取締役社長 中島 正愛 常務取締役 加藤 研一 取締役 佐藤 周吾 櫻井 隆喜 伊藤 康行 藤野 篤哉	取締役 雨宮 克也 川村 浩 吉貝 滋 兼近 稔	監査役 市橋 克典 小栗 薫
執行役員	社長執行役員 中島 正愛 常務執行役員 加藤 研一	執行役員 神田 克久 執行役員 藤川 太志	

## 社長メッセージ

我が国の安寧に欠かせない地震災害の抑止と軽減について、当社は創設以来、耐震工学に関わる「先進技術」の開発に、災害の「予測」「予防」「対応」という三つの側面から取り組んでまいりました。現在は、地震発生から強震動の生成に至る過程、地盤条件に伴う強震動の増幅、構造物・基礎・地盤の相互作用、構造物の応答評価と制震機構による応答制御、地震時の構造物健全度判定、リスク評価・BCP対応など、「予測」「予防」技術の進化に努めるとともに、これらの技術のICT等を援用したシームレスな融合をもって、発災時「対応」の高度化に注力しています。詳細につきましては次頁以降をご覧ください。

せまりくる少子化と錯綜をきわめる国際対応は、我が国が直面する喫緊の課題です。災害の「予測」「予防」「対応」の最前線に立つ人材確保には、縦割りを超えた有機的な「人的資源の融合」は必須です。また今後の国際対応においては、各国や地域が持つ固有の歴史、文化、生活等を理解した上で我が国の長を訴求する「適応の心構え」が一層求められます。当研究所は、産官学をまたぐ人的ネットワークづくりや、海外の有力大学や民間事業者等との共同研究・事業の推進を通じて、産官学の融合に率先して取り組む人材や耐久力を持って国際対応に挑める人材の養成を、使命の一つとして精進を重ねてまいり所存です。

一層のご指導とご鞭撻を謹んでお願い申し上げます。

2022年6月

なかしま まさよし  
中島 正愛

株式会社 小堀鐸二研究所 社長  
京都大学 名誉教授  
国際地震工学会 会長  
米国工学アカデミー 外国人会員



# 震源から生活空間まで 地震防災・減災を シームレスに評価



※図中の番号は下記掲載テーマの番号に対応しています。

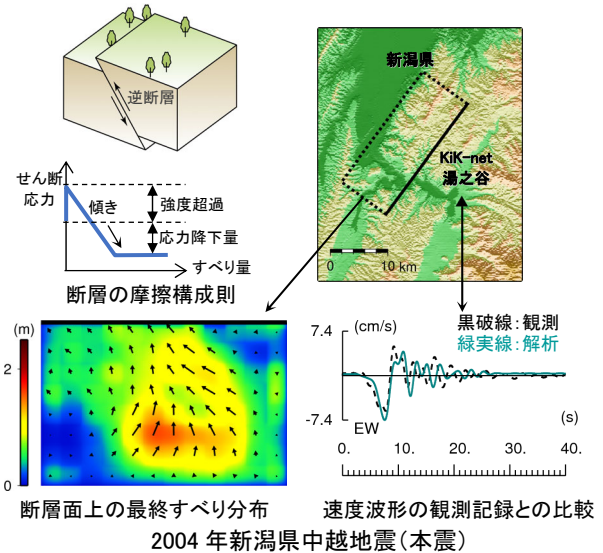
## 2022 年度掲載テーマ

1. 動力学的断層モデルによる2004年新潟県中越地震の強震動シミュレーション……………P3
2. 富岳を用いた大規模地震動計算に向けた現実的な地盤モデルでの計算コードの検証解析……………P3
3. 地表1地点の地震動記録に基づく地下構造推定法の開発……………P3
4. 日本海溝海底地震津波観測網S-netの記録を用いた地震動予測式の構築……………P4
5. 超高層・免震建築物の耐震性検討に資する入力地震動評価……………P4
6. 地盤-基礎-建物連成系の地震応答解析に用いる地盤FEM弾塑性要素の拡充……………P4
7. 既存杭の利活用を想定した設計法構築に向けた地震応答解析に基づく検討……………P5
8. 首都圏地震観測網MeSO-netと連動した地震計による観測記録を用いた相互作用効果の分析……………P5
9. 風力発電設備の耐震安全性に関する審査支援と洋上風力プロジェクトへの参画……………P5
10. 建物安全度判定支援システム『q-NAVIGATOR<sup>®</sup>』—2022年3月16日福島県沖の地震の観測—……………P6
11. 官民研究開発投資拡大プログラムPRISMによるGIS災害時対応システムの開発……………P6
12. 自然言語処理技術習得による非構造化データ活用—(国研)情報通信研究機構への研修員派遣—……………P6

## 1 動学的断層モデルによる2004年新潟県中越地震の強震動シミュレーション

動学的断層モデルによるシミュレーションは、断層面にかかる応力と摩擦の関係に基づいて、断層破壊を物理的に解くことができます。断層破壊の現象を解明するためには、観測記録を再現する断層の摩擦構成則の評価が鍵となります。当社では、2016年熊本地震(M7.3)をはじめとする過去の地震を対象に、地震観測記録の再現性に着目して動学的断層モデルを検討してきました。

これまでの検討事例が少ない逆断層型地震の知見を蓄積するために、2004年10月23日新潟県中越地震の本震(M6.8)と最大余震(M6.5)を選定しました。この地震の地震観測記録の逆解析により求められた破壊過程の情報に基づいて、摩擦構成則のパラメータの空間分布を適切に設定することで、動学的断層モデルで最終すべり分布と震源近傍の強震動の両方を再現できることを確認しました。

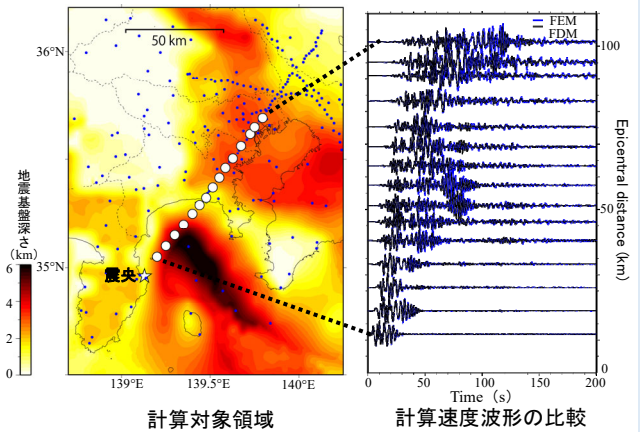


(本研究は東京電力ホールディングス株式会社と協働で実施しました。)

## 2 富岳を用いた大規模地震動計算に向けた現実的な地盤モデルでの計算コードの検証解析

現在、文部科学省「富岳」成果創出加速プログラム「大規模数値シミュレーションによる地震発生から地震動・地盤増幅評価までの統合的予測システムの構築とその社会実装」において、当該プロジェクトで開発された大規模有限要素法であるE-wave FEMを用いた長周期地震動計算手法を、重要構造物の耐震設計に用いる入力地震動の設定などの実務に社会実装する取り組みが進められています。

当社は、同プロジェクトにおいて、(国研)海洋開発研究機構と協働で、E-wave FEMと実務で多くの適用事例のある差分法(FDM)を比較して、計算コードの検証を進めています。関東付近を対象に、地表は平坦として簡略化し、地中は現実的な地盤モデルを設定して計算を行って、両手法の結果を比較しました。今後は、地形を考慮した場合の検証解析を進めるとともに、定量的な指標を用いて検討を継続する予定です。

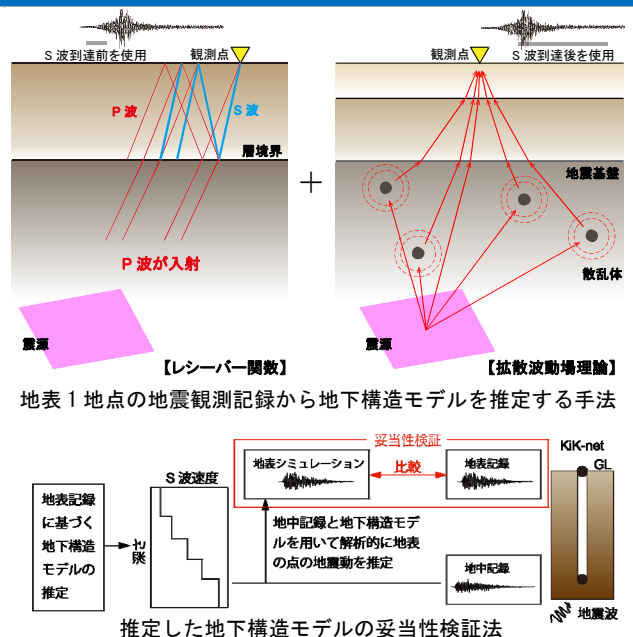


本解析結果は、東京大学地震研究所が開発中のコードを富岳プロジェクトに提供していただき、(国研)海洋研究開発機構が独自に改変・運用し得られたものです。E-wave FEMによる地震動計算は、スーパーコンピュータ「富岳」の計算資源の提供を受け、実施しました。差分法による地震動計算には、(国研)海洋研究開発機構の地球シミュレータを使用しました。

## 3 地表1地点の地震動記録に基づく地下構造推定法の開発

地震動の評価精度を高めるためには、地下構造モデルの適切な推定が必要です。一般にPS検層結果を用いた推定が多いですが、そのためにはボーリング調査が必要であり、費用負担が大きくなります。当社では、地表1地点の地震観測記録のみに基づいて地下構造モデルを推定する手法(レーザ関数+拡散波動場理論)を整備しています。

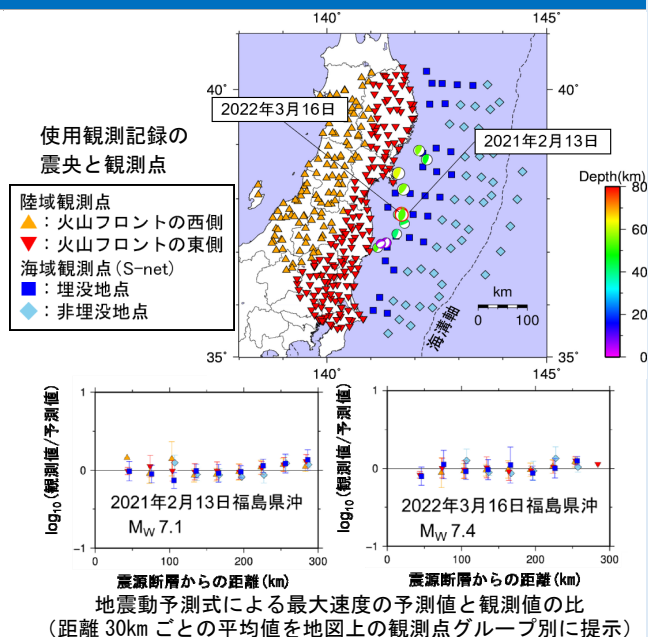
その妥当性の検証として、本手法とPS検層により各々推定した地下構造モデルで地震動の再現性を比較しました。(国研)防災科学技術研究所のKik-net観測点において、地表地震動のシミュレーションを行い、記録との一致度を求めました。多くの地点において本手法で推定した地下構造モデルを用いる方が、シミュレーション結果の推定精度が高い結果となりました。本手法を、モデルが未整備の観測点の地下構造推定に役立たせます。



## 4 日本海溝海底地震津波観測網S-netの記録を用いた地震動予測式の構築

将来の地震に対する予測手法の一つに、マグニチュード、震源からの距離等を想定すると、揺れの強さが評価できる地震動予測式があります。観測記録を用いて式が作られますが、陸上の観測記録のみでは、海域で発生する地震の震源直上の特性を把握することができませんでした。南海トラフでは陸域の直下でも巨大地震の発生が想定されており、その震源直上の地震動評価が課題となっています。

当社では、(国研)防災科学技術研究所によるS-netの観測記録を用い、海域と陸域の両記録から震源直上も評価できる予測式の構築を進めています。宮城県沖と福島県沖で発生した地震記録を使って地震動予測式を試作し、マグニチュード7クラスの地震について遠方から震源直上までの観測記録を精度よく再現できることを確認しました。今後はデータセットを拡充し、予測式の拡張をめざします。



## 5 超高層・免震建築物の耐震性検討に資する入力地震動評価

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震は東北から関東にかけて大きな揺れをもたらし、超高層建築物や免震建築物など固有周期の長い構造物においては、長周期地震動への対応が以前にも増して重要な課題となりました。2016年には国土交通省から、南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動への対策の必要性が示されています。関東地域では、1923年大正関東地震などの相模トラフ沿いの巨大地震への配慮も求められており、建設地域や建築物の特性を踏まえた上で、周辺で過去に発生した地震や今後の発生が想定されている地震を考慮した地震動評価が重要となります。

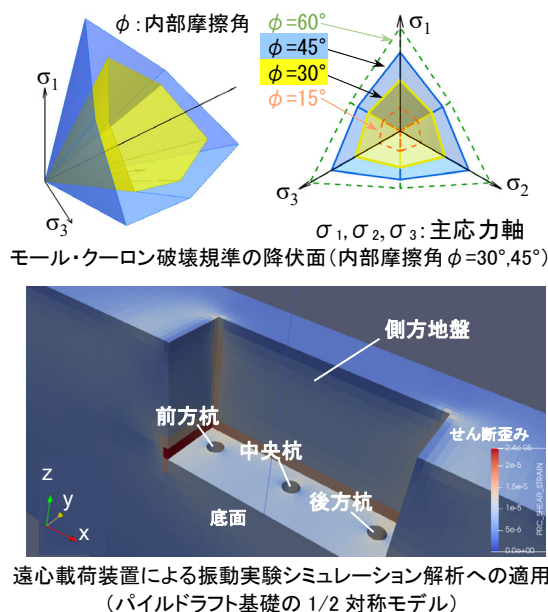
当社では、最新の知見を適宜反映しながら、地震動評価技術の開発・整備を進めています。今後も公的機関等の動向に注目し、設計支援を継続していきます。



## 6 地盤-基礎-建物連成系の地震応答解析に用いる地盤FEM弾塑性要素の拡充

建物応答や杭応答を現実的に則して評価するために、地盤-基礎-建物の連成を考慮したモデル化が必要です。特に強非線形性を呈する大地震時には、逐次非線形の地盤FEM動的解析が有効となります。

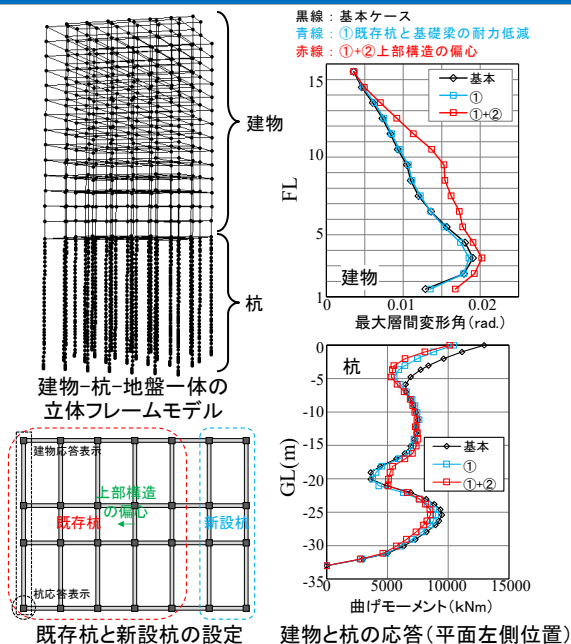
当社は、その基礎となる地盤要素について、マルチスプリングモデルを用いた弾塑性特性を基本にしつつ、拘束圧の増減に応じて剛性や耐力が顕著に増減する砂地盤の拡充も進めています。また、砂の基本的な三次元構成則であるモール・クーロン破壊規準の要素も実装しました。これは、拘束圧に応じて、地盤のせん断耐力を時々刻々変化させるモデルです。今後、遠心載荷実験のシミュレーション解析等において、建物の極近傍の地盤の拘束圧依存性を精緻に評価し、動的相互作用評価の高精度化を進めるとともに、得られた知見を基礎構造の合理的な設計法開発に活用していきます。



## 7 既存杭の利活用を想定した設計法構築に向けた地震応答解析に基づく検討

国土交通省の総合技術開発プロジェクト「建築物と地盤に係る構造規定の合理化による都市の再生と強靱化に資する技術開発」では、既存杭を含む敷地での新築建築物の設計法の検討を行っています。当社は、その一環として、既存杭の利活用を想定した建築物の地震応答解析を実施しました。

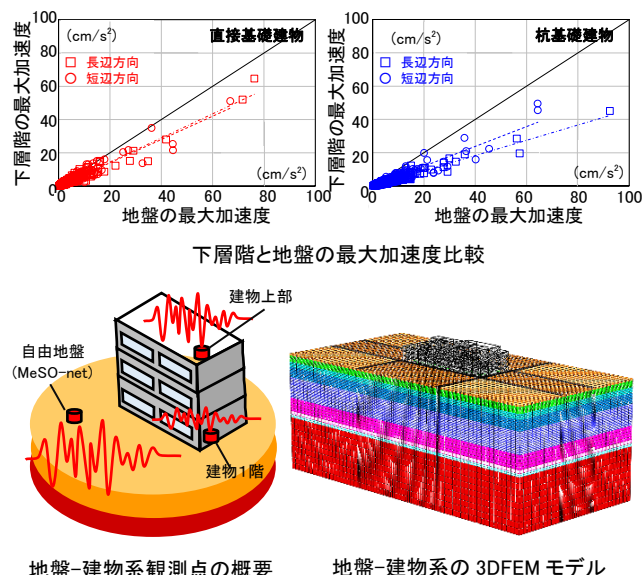
SRC造14階建ての事務所建築物を対象として、建物-杭-地盤を一体とした立体フレームモデルを作成しました。杭は既存杭と新設杭の併用とし、基本としたケースに対して既存杭とその範囲の基礎梁の耐力低減、さらに上部構造の偏心の影響も考慮した地震応答解析を行い、各パラメータが建物と杭双方の応答に影響を与えることを確認しました。当社は、今後も引き続き本プロジェクトに参画し、既存杭の利活用のための設計法の構築に向けて貢献していきます。



## 8 首都圏地震観測網MeSO-netと連動した地震計による観測記録を用いた相互作用効果の分析

地震時には地盤の震動が建物に伝わるだけでなく、建物の震動が地盤にも影響を与える相互作用効果が生じます。建物の耐震性を正確に把握するためには、建物と地盤の震動を同時に観測し、その挙動を検討することが重要です。

文部科学省「首都圏を中心としたレジリエンス総合力向上プロジェクト」において、地盤系の地震観測 (MeSO-net) とその近傍にある建物の地震観測が進められ、これまでに約300地震の記録が収集されました。当社では、観測された記録を分析することで、直接基礎と杭基礎の相互作用効果の違いを整理するとともに、3次元有限要素法 (3DFEM) などを用いてシミュレーション解析を行いました。今後も地震観測とその分析を通じ、地盤-建物系の震動特性の解析技術の高度化を進めていきます。



## 9 風力発電設備の耐震安全性に関する審査支援と洋上風力プロジェクトへの参画

近年、再生可能エネルギーの需要が高まるなかで、風力発電への期待が高まっています。現在は、陸上と洋上で多数の事業が計画され、当社は、高度解析技術を用いて経済産業省による耐震安全性審査に取り組んでいます。

陸上風力においては、海岸沿いでの側方流動や山地での基盤傾斜の影響など、難易度の高い立地条件に対応するため、有限要素法 (FEM) 解析を行っています。洋上風力においては、経済産業省の指定する海洋再生可能エネルギー発電設備整備促進区域の公募に際して、支持構造物の地震時挙動評価、耐震安全性評価を実施しました。また、(国研)新エネルギー・産業技術総合開発機構の洋上風力発電低コスト施工技術開発において、「スリップジョイントの技術開発」に参画しています。今後も、増加が見込まれる風力発電事業に貢献していきます。



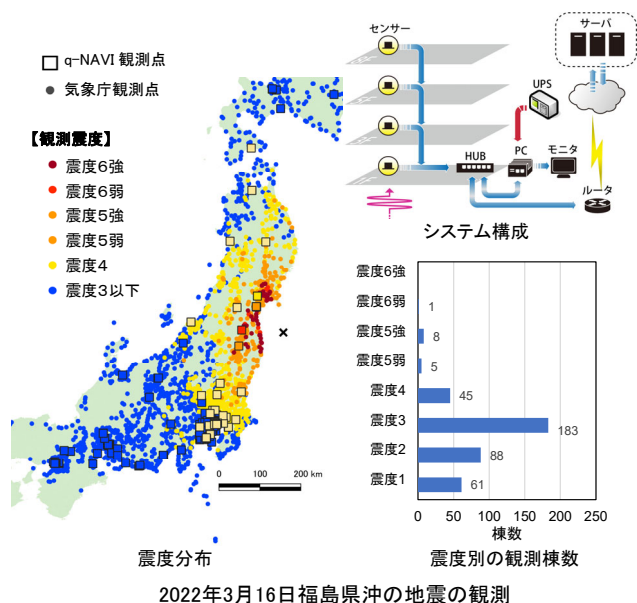
いちご米沢板谷ECO発電所  
ブレード建設中の様子

秋田・能代洋上風力発電  
下部構造建設中の様子

## 10 建物安全度判定支援システム『q-NAVIGATOR®』 —2022年3月16日福島県沖の地震の観測—

建物安全度判定支援システムq-NAVIGATOR®は、2015年の事業展開から年々適用を拡大し、8年目となる2022年3月末時点では計512棟に設置しました。本システムはこれまでに1,000を超える地震を観測し、延べ記録は棟数ベースで19,000以上にのぼります。

2022年3月16日に発生した福島県沖の地震(M7.4)では、過去最多の384棟で揺れを観測し、建物の観測記録や判定結果は、発災直後の状況判断に役立てられました。また、揺れの大きかった福島県、宮城県の建物の被害状況を調査し、判定結果との対応を確認しています。今後は、蓄積されたデータを整理して判定精度の更なる向上、建物耐震性能の学術的研究への活用を進めます。また、顧客の要望に応じて、1年間の地震観測記録と過去との比較分析をまとめたレポートの作成など、サービスの充実にも取り組んでいます。



## 11 官民研究開発投資拡大プログラム PRISM による GIS 災害時対応システムの開発

当社は、PRISMでの重点施策の一つである「官民データ連携による応急対応促進」において、「災害時における建物の保守・点検員の派遣の効率化のニーズに基づく研究開発」に取り組んでいます。この研究開発では、大規模地震発生時に建物の安全点検を実施する組織・団体を対象に、被害状況に応じた点検員の効率的派遣手法の構築をめざしています。

2020-21年度では、点検作業の進捗に従って蓄積される実際の被害情報を利用して、未点検建物の被害推定の精度を向上する手法を検証し、その実装先として、地理情報システム(GIS)を利用した災害時対応システムのプロトタイプを構築しました。当社は、引き続きこのような研究開発事業を通して、災害に強いまちづくりに貢献していきます。

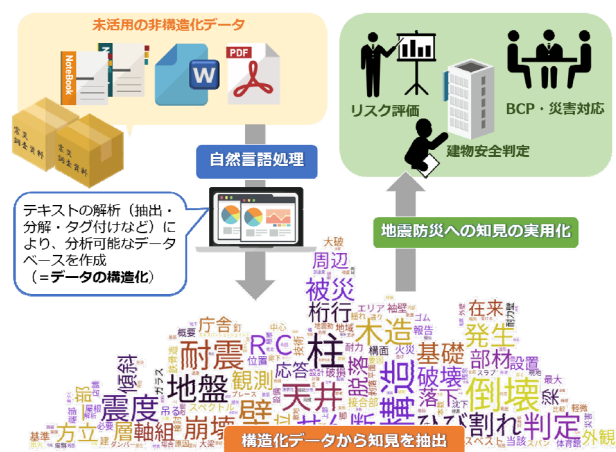


システム上のアプリ例：対策本部向け建物被害状況分析ツール

## 12 自然言語処理技術習得による非構造化データ活用 —(国研)情報通信研究機構への研修員派遣—

近年、建築分野でもモニタリング技術の発展などを背景に、膨大な数値・画像等のデータが蓄積され、AI関連開発で活用されています。一方、DXに代表される当該分野の変革と発展には、図面、報告書のテキスト情報など、未活用の非構造化データの活用が不可欠であり、自然言語処理技術がそのための重要な技術的基盤となります。

当社は、自然言語処理やAI分野の先進的な研究を行っている(国研)情報通信研究機構に研修員を派遣し、テキストの解析手法や機械学習による重要情報の抽出モデル構築方法など、最先端の自然言語処理技術の習得に取り組みました。今後、建物情報や災害時の被害情報など、今まで活用しきれなかった非構造化データに自然言語処理技術を適用し、新たな知見を抽出・活用することで、我が国の防災力向上に貢献していきます。



## 小堀鐸二研究所の技術

地震の発生から建物応答、応答制御、BCP 対応まで  
トータルに評価・コンサルティング

- ◇ 超高層や免震構造物の設計用入力地震動評価
- ◇ 重要施設の基準地震動評価
- ◇ 液状化を含む相互作用解析と対策
- ◇ 超高層建物（工作物）の構造設計・振動解析・大臣認定対応
- ◇ 制震装置（HiDAX、HiDAM、Nu-DAM、HDS）の適用
- ◇ 免震構造の構造設計
- ◇ 地震時の実挙動評価のための動的耐震診断
- ◇ BCP 対応（α-NAVIGATOR<sup>®</sup>、緊急地震速報など）
- ◇ 地震時におけるリスクマネジメント
- ◇ 爆発・衝突現象などの特殊解析
- ◇ 制震・免震改修の設計
- ◇ 風力発電設備支持物の耐震評価・ウィンドファーム認証



〒107-8502 東京都港区赤坂6丁目5番30号  
TEL : (03) 5561-2421 FAX : (03) 5561-2431  
URL : <http://www.kobori-takken.co.jp>  
E-mail : [info@kobori-takken.co.jp](mailto:info@kobori-takken.co.jp)

©KOBORI RESEARCH COMPLEX INC. 2022