

# 解析雑誌

Vol.50 2023.09

Journal of Analytical Engineering

## Topics

- QUIET+ API サービスをはじめます
- 鉄道標準改訂に伴う DARS のバージョンアップ
- 完全クラウド CAE プラットフォーム SimScale の風況解析機能
- 火災の延焼／  
火災の熱荷重を受ける構造物
- 古いプログラムの置換えと活用／  
レガシーシステムモダナイズ

## 解析雑誌 50 号発刊にあたって

(株)構造計画研究所  
解析グループ 執行役員  
坪田 正紀

解析雑誌50号の発刊に際してご挨拶申し上げます。

解析雑誌は当社解析グループの機関誌として、お客様への定期的な情報発信を目的に2000年9月に創刊しました。創刊時に次の3つのコンセプトを掲げました。

1つめは、できる限りホットな成果を公表可能になり次第、分野に拘ることなくご紹介すること。当社は「大学、研究機関と実業界をブリッジするデザイン&エンジニアリング企業」を企業理念に掲げ、独自の先進的な技術開発はもとより、大学、研究機関との共同研究・受託研究あるいは委員会参加などの活動を通して日進月歩の先進的技術をいち早く習得するとともに、それをお客様のニーズにつなげていくことを旨としています。読者の皆様の業務とは異なる分野の成果であっても、まさに今直面している問題解決のヒントになることもあり得ると信じ、そうした機会につながる情報をご提供していきたいと考えました。

2つめは、お客様との共同成果発表を最も尊重すること。当社のコンサルティングのほとんどは、お客様からご相談を受けた問題を解決、改善してきたものです。言い換えれば、ほとんどはお客様との共同成果であり、可能な限りお客様と当社との連名でご紹介させていただきたいと考えました。

3つめは、テクニカルレポートとトピックスの構成とすること。解析を伴う成果を、目的、解析手法、解析結果、考察と知見のまとめ等で明確に述べた報文形式によるテクニカルレポートを最も尊重した構成とするものの、解析技術やソリューションに関する最新動向、当社ソフトウェア開発状況などのトピックスもお客様の課題解決につながり得る情報と考え、その両方を発信する解析情報誌を目指しました。

創刊から23年の月日を経る間に、上記から前向きに修正した方針もありますが、ここによりやく50号を皆様にお届けすることとなりました。創刊から現在に至るまで、当社の情報発信を快く受け取ってくださった皆様に心より御礼申し上げます。

安全・安心につながる取り組みは恒常的かつ安定的であることが求められます。安全・安心につながる解析技術やソリューションも、ときにテクノロジーの進化によって飛躍的に変容することもあります。基本的には眼前の課題の解消・改善への愚直な取り組みの蓄積によって進化していきます。

解析雑誌を通して皆様に当社なりの取り組みの進化をお伝えしてきたつもりです。本号では、地震動マップ推定システムQUIET+のAPIサービス、鉄道構造物の耐震性能照査プログラムDARSバージョンアップ、完全クラウドCAEプラットフォームSimScale、火災解析、古くなったプログラムの置換えと活用5つのトピックスをご紹介します。お目通しいただければ幸いです。

今後も安心・安全につながる技術開発やコンサルティングの展開に邁進するとともに、問題解決のヒントになり得るテクニカルレポートやトピックスを皆様にお届けしていく所存です。

今後とも変わらぬご指導、ご支援のほど、何卒よろしく願いいたします。

## 解析雑誌 Vol. 50 2023. 09

---

巻頭言 解析雑誌 50 号発刊にあたって	02
解析グループ 執行役員 坪田 正紀	

---

<b>Topic 1</b>	
● QUIET+ API サービスをはじめます	04
<b>Topic 2</b>	
● 鉄道標準改訂に伴う DARS のバージョンアップ	10
<b>Topic 3</b>	
● 完全クラウド CAE プラットフォーム SimScale の風況解析機能	14
<b>Topic 4</b>	
● 火災の延焼／火災の熱荷重を受ける構造物	18
<b>Topic 5</b>	
● 古いプログラムの置換えと活用／レガシーシステムモダナイズ	24

---

<b>Kaiseki Portal / From Editors</b>	31
--------------------------------------	----

本誌内では私共「構造計画研究所」のことを「KKE」と称しています。

## QUIET+ API サービスをはじめます

QUIET+は、地震後に公開される地震記録を用いて日本全国250mメッシュの分解能で計測震度相当値、地表最大加速度、地表最大速度を推定した結果を表示するWEBマッピングシステムです。

このたび 2023年9月末より、QUIET+の情報を取得することができるAPI<sup>1</sup>サービスを開始します。QUIET+ APIサービスを利用すると、独自に作成したウェブページでQUIET+の推定結果を表示したり、推定された揺れの大きさや予想される被害状況をモバイル端末上で確認するアプリケーションを作成したりすることができます。

### ●QUIET+とは

地震動マップ推定システムQUIET+（クワイエットプラス：QUick Identification of Earthquake Threat PLUS）は、2023年3月末に提供が終了した国立研究開発法人産業技術総合研究所の地震動マップ即時推定システム（QuiQuake）<sup>2</sup>の後継として2023年4月にサービスを開始しました。

地震後に公開される地震記録を用いて日本全国250mメッシュの分解能で計測震度相当値、地表最大加速度、地表最大速度を推定し、WEBブラウザ上でその結果を確認することができます。QUIET+の推定手法の開発ならびに、扱う地盤の揺れやすさデータ（Vs30マップ）<sup>3</sup>については、QuiQuakeの開発者・管理者である現・東京工業大学 松岡昌志教授にご協力をいただいております。

サービス開始以降、地震の脅威を速やかに察知し、効果的な災害対応行動につなげるための情報として、被災者の生活を支援する組織や企業の事業継続を支援する組織にご利用いただいております。

QUIET+は利用する地震観測記録の違いにより、速報のQuickMapと確定報のQuakeMapの2種類のマップを提供しています。

#### • QUIET+ QuickMap

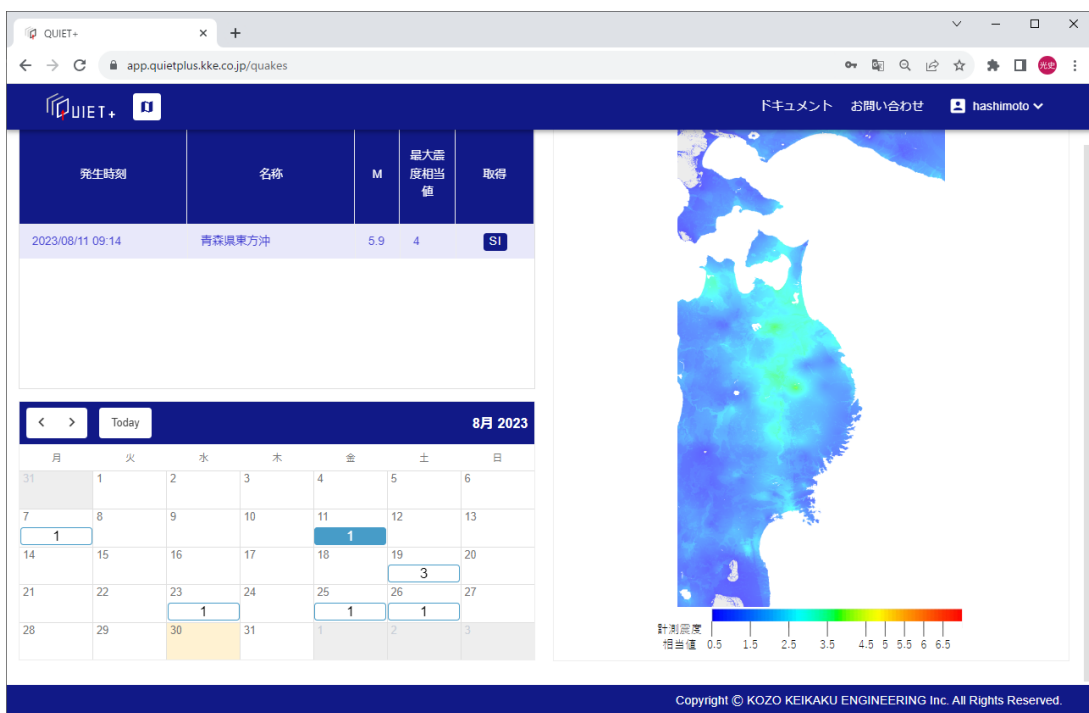
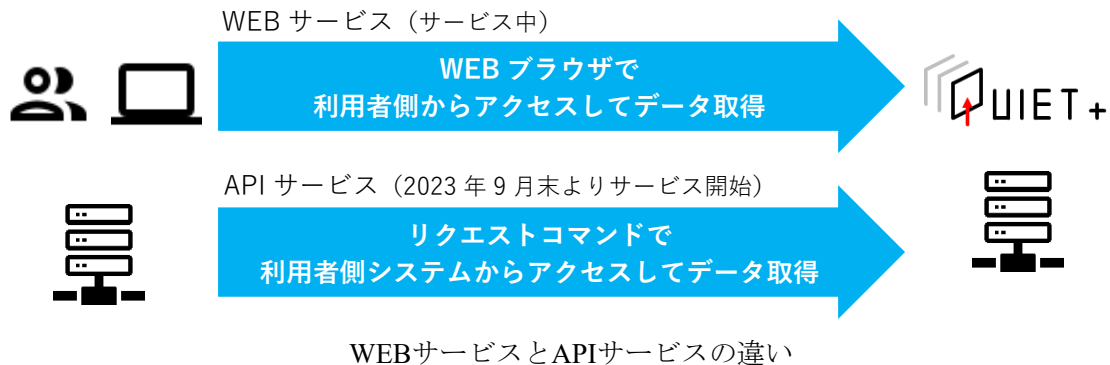
QuickMapは、気象庁が公開する気象庁防災情報XMLフォーマット形式電文の震度情報を取得し、地盤の揺れやすさデータと統合処理することで地震計が無い場所の震度も補間推定した250mメッシュの震度分布を提供するものです。QuickMapは利用するデータの性質から次にご紹介するQuakeMapに比べて即時性は高まりますが、推定結果は計測震度相当値のみとなります。

#### • QUIET+ QuakeMap

QuakeMapは、気象庁が公開する気象庁防災情報XMLフォーマット形式電文をトリガーに、国立研究開発法人防災科学技術研究所が公開する地震観測記録（波形）を取得し、地盤のゆれやすさデータと統合処理することで地震観測記録が無い場所の地震動強さも補間推定した250mメッシュの計測震度相当値、地表最大加速度、地表最大速度の分布を提供するものです。現在、一定規模以上の地震が発生した際の損害査定業務や点検業務<sup>4</sup>などの場面でご活用いただいております。具体的には、ピンポイントの建物群の震度曝露状況から「〇〇のエリアで△△程度の被害が発生している可能性があるため、査定/点検リソースが□□程度必要」といった初動判断の背景情報としてご利用いただいております。

これまでQUIET+では、アカウント登録した利用者がWEBサイトにログインすることによって推定結果を確認・取得することができるWEBサービスのみを提供しておりましたが、2023年9月末よりAPIサ

ービスを開始します。APIサービス利用者は、WEBサイトからログインすることなく、利用者独自のWEBシステムから直接、API方式でQUIET+の推定結果を取得し、その情報を活用することができます。



QUIET+ WEBサービス

```
{
  "quakeld": 4,
  "originTime" : "2022-03-11T17:59:00",
  "points": [
    {"latitude": 42.976650, "longitude": 141.601290, "sim": 4.2, "pgv": 25.1, "pga": 355.9 },
    {"latitude": 42.343070, "longitude": 140.995180, "sim": 4.2, "pgv": 25.1, "pga": 355.9 }
  ]
}
```

QUIET+ APIサービス (レスポンスイメージ)

## ●QUIET+サービス内容・価格

### ① QUIET+ WEBサービス (ブラウザアクセス)

WEBブラウザで利用者側からアクセスしてデータを取得することができます。2023年3月末に提供が終了したQuiQuakeと同等のサービスです。プロダクトサイト (<https://site.quietplus.kke.co.jp/>) でアカウ

ント登録をすることによって無料で利用することができます。

	QuickMap	QuakeMap
ブラウザ表示	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測震度相当値</li> <li>地震情報（震央地名、マグニチュード、最大震度）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測震度相当値、地表最大加速度、地表最大速度</li> <li>地震情報（震央地名、マグニチュード、最大震度）</li> </ul>
データ形式	地震動マップ：GeoTIFFファイル ※地震動ポイント情報、地震情報はブラウザ表示のみ	
取得方法	ブラウザアクセス（ダウンロード）	
取得範囲	震度相当値3以上（計測震度相当値で2.5以上）の観測点が含まれる第1次地域区画（約80km四方）の範囲	
税別価格	無料	

② QUIET+ APIサービス（APIアクセス）

リクエストコマンドで利用者側システムからアクセスしてデータを取得することができます。2023年9月末よりサービス開始予定です。

	QuickMap	QuakeMap
取得データ	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測震度相当値</li> <li>地震情報（震央地名、マグニチュード、最大震度）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測震度相当値、地表最大加速度、地表最大速度</li> <li>地震情報（震央地名、マグニチュード、最大震度）</li> </ul>
データ形式	地震動マップ：GeoTIFFファイル 地震動ポイント情報、地震情報：JSON形式	
取得方法	APIアクセス（通信プロトコル：HTTPS、HTTPリクエストメソッド：GET）	
取得範囲	震度相当値3以上（計測震度相当値で2.5以上）の観測点が含まれる第1次地域区画（約80km四方）の範囲	
税別価格	5万円/月（年額一括契約の場合 50万円/年） ※契約後、APIキー（認証情報）を発行	

用途に応じて各種APIを提供します。

・地震動マップAPI

リクエストした日時に該当する地震の計測震度相当値、地表最大加速度、地表最大速度の分布図をGeoTIFF形式で取得します。地震の選択条件として、リクエストした日時に該当する地震のうち最大震度が最も大きい地震（複数ある場合は、日時が新しい地震）、リクエストした日時に該当する最新の地震、を選択するリクエストパラメータを用意しています。

・ポイント情報API

リクエストした日時に該当する地震の、リクエストした位置における計測震度相当値、地表最大加速度、地表最大速度の値をJSON形式で取得します。地震の選択条件は「地震動マップAPI」に同じです。位置を複数指定した場合はJSON配列で取得します。位置は緯度経度、250mメッシュコードのいずれかを指定するリクエストパラメータを用意しています。

## ・地震情報API

リクエストした年月に該当する地震の震央地名、マグニチュード、最大震度の値をJSON形式で取得します。複数存在する場合はJSON配列で取得します。

## ●今後のロードマップ

最後に、今後APIサービスとして以下の機能をリリースする予定です。

### ・加速度応答スペクトルの推定

推定指標に、地震動の絶対加速度応答スペクトル（減衰5%）を追加予定です。建物の周期特性に応じた被害推定を行うなどの場面でご活用いただけます。計算周期は40点程度を予定しています。

### ・液化化危険度マップの推定

QUIET+が推定する地震動強さを外力とし、松岡教授らによる以下の研究成果を反映した液化化危険度マップをラインアップに追加予定です。

松岡昌志, 若松加寿江, 橋本光史: 地形・地盤分類250mメッシュマップに基づく液化化危険度の推定手法, 日本地震工学会論文集, Vol.11, No.2, pp.20-39, 2011.5.

桑原光平, 松岡昌志: 機械学習を用いた日本全国の液化化危険度の推定, 日本地震工学会論文集, Vol.21, No.2, pp.70-89, 2021.5.

また当社では、QUIET+ APIサービスの提供だけでなく、QUIET+ APIを用いたソフトウェアの開発も承っております。このような形でQUIET+を使えないか、自社情報をQUIET+に取り込めないかなどのご要望がありましたら、是非お問い合わせください。

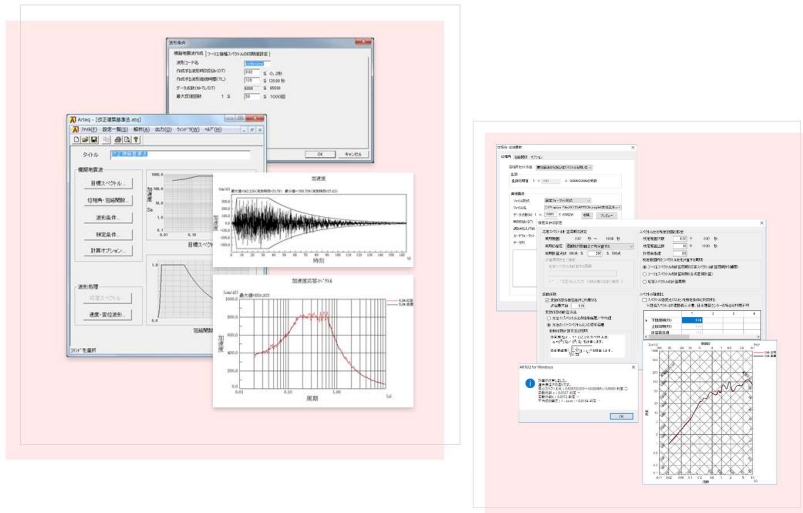
「QUIET+は株式会社構造計画研究所の登録商標（商標登録第6709401号）です」

1. ユーザからのリクエスト(マップの要求) に対するレスポンス(マップデータの送付)をWEB上でやりとりするための規約です。
2. 地震動マップ即時推定システム(QuiQuake)は、地盤のゆれやすさデータ(Vs30マップ)と、強震観測網の地震観測記録とを高速処理することにより、地震観測記録公開後速やかに広域かつ詳細な地震動マップを推定・図示するもので、自治体や企業の事業継続計画や効果的な地震災害対応のための基盤情報として、国立研究開発法人産業技術総合研究所から 2009年10月に公開・提供されました。
3. Vs30とは、表層地盤(地表からおよそ30m程度の深さまで)の平均せん断波速度を指す専門用語です。軟弱地盤ほど値が小さくなり、地震の揺れに対する予測係数であることが知られています。QUIET+では、松岡教授らによる以下の最新研究成果を反映したVs30マップを利用しています。  
桑原光平, 高宮奎志朗, 松岡昌志, 翠川三郎: 機械学習を用いた日本全国の地盤の平均S波速度分布の予測, 日本地震工学会論文集, Vol.21, No.5, pp.119-139, 2021.11.  
松岡昌志, 桑原光平, 橋本光史: 日本全国を対象にした新しいVs30マップを用いた地震動強さの推定精度について, 地域安全学会梗概集, No.51, pp.149-152, 2022.10.
4. (激甚) 災害時は、損害査定業務あるいは点検業務のリソース不足が見込まれるため、外部の専門会社を含め応援を依頼する際、どの程度のボリュームを必要とするか、その試算に利用されています。また、高い技術を有する人材に頼っている継続的な維持・管理業務は今後、人口減少・労働力の高齢化に伴う人材不足や、老朽化の加速による対象範囲の拡大により、適材適所が確保できなくなることが課題とされていることから、災害時における点検対象のスクリーニングでの利用が期待されています。

## 模擬地震波作成プログラム

# ARTEQ for Windows

- POINT1** 目標スペクトルに適合する 模擬地震波を作成
- POINT2** 模擬地震波の位相を 実地震記録等により設定
- POINT3** k-SHAKE+等他システムの 入力地震波として使用可能



## 目標スペクトル設定

- 告示第 1461 号に基づく加速度スペクトル
- 告示第 1461 号×上下動成分係数\*1、\*2
- 設計用入力地震動作成手法技術指針\*1に基づく 設計用スペクトル
- 道路橋示方書(H24)に基づく設計用スペクトル
- 大崎スペクトル (原子力用\*3、土木・建築用\*4)
- 耐専スペクトル (水平 (NFRD 効果、内陸地殻内地震補正)・上下) \*5
- 大規模地震に対するダム耐震性能照査指針 (案) に基づく 照査用下限加速度応答スペクトル (水平地震動・鉛直地震動) \*6
- 任意の目標スペクトル (加速度・速度)
  - \*1 設計用入力地震動作成手法技術指針 (案) 日本建築センター
  - \*2 建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計 (日本建築学会)
  - \*3 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 (日本電気協会)
  - \*4 新・地震動のスペクトル解析入門 (大崎順彦著、鹿島出版会)
  - \*5 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-2008 (日本電気協会)
  - \*6 大規模地震に対するダムの耐震性能照査について (国土交通省)

## 位相スペクトル指定機能

- 乱数位相
- 実地震記録の位相、実地震記録読み込み設定確認機能

## 包絡関数設定

- 設計用入力地震動作成手法技術指針による 包絡関数 (レベル1・レベル2)
- Jennings 型の包絡関数
- 耐専スペクトルの包絡関数
- 任意の包絡線を定義することも可能

## 適合の判定条件

- スペクトル比
- 変動係数 (スペクトル比の標準偏差÷平均値 または (1-スペクトル比)の標準偏差のうちいずれか)
- スペクトルインテンシティの比 (S.I.比)

## 解析機能

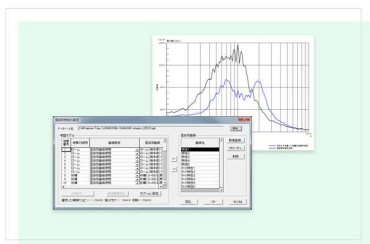
成層地盤(一次元地盤)での地震応答解析を行います。  
解析手法は、SHAKEと直接積分法(※)の2種類をサポートしています。  
※非線形解析オプションのみ。

### 1.基本機能

- 地盤の非線形性を考慮した重複反射理論による等価線形解析
- 従来型・改良型の複素剛性を選択可能
- ひずみ依存特性をデータベースとして管理
  - 土木研究所の式
  - 港湾の施設の技術上の基準・同解説の式
  - 建築学会文献の特性(建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計、2006)
  - ユーザ設定
- 道路橋示方書・同解説に準拠した簡易液化判定機能
- ベータ低減による液化化を考慮した地震応答解析

### 2.非線形解析オプション

- 直接積分法(線形加速度法または平均加速度法を利用)による時刻歴非線形解析
- 復元力特性
  - 修正 R-O モデル
  - H-D (双曲線) モデル
  - 骨格曲線と履歴曲線を別々に設定する方法 (石原・吉田の方法)
- ひずみ依存曲線から非線形特性パラメータを自動計算
- レイリー減衰により粘性減衰を指定可能

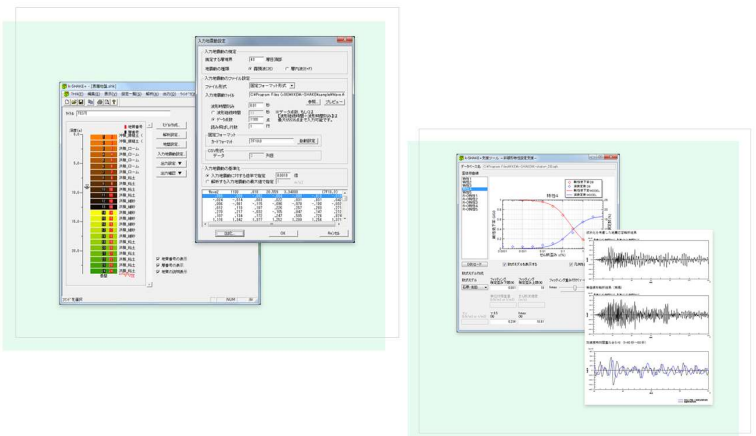


## 出力項目

出力図は文書ファイルへの貼り付け(クリップボード機能)が可能です。  
また、各解析結果をCSV 形式・固定フォーマット形式で出力(エクスポート機能)することも可能です。

- 最大応答分布図(加速度、相対変位、せん断応力、せん断ひずみ等)
- 時刻歴波形図(加速度、相対変位、せん断応力、せん断ひずみ等)
- 応答スペクトル図、加速度伝達関数図、ひずみ依存特性図、FL 値表
- 履歴曲線図 (せん断応力-せん断ひずみ関係)、フーリエスペクトル比図

※履歴曲線図とフーリエスペクトル比図は非線形解析オプションにのみ対応



## 成層地盤地震応答解析プログラム

# k-SHAKE+ for Windows

- POINT1** ボーリング調査等を基に 建物入力位置(床付)の地震波を作成
- POINT2** 各種計算手法により 各層での地震応答解析に 幅広く対応



## 地盤と構造物の2次元動的相互作用解析プログラム

# SuperFLUSH/2D for Windows Ver6.2

### 特長

- 1) 地盤と構造物の2次元動的相互作用解析プログラム SuperFLUSH/2D の Windows 版です。
- 2) 様々な有限要素法プリ・ポストプログラムでインターフェースが取られている MSC.NASTRAN の入力データをメッシュデータとして利用する事が可能です。  
解析結果を MSC.NASTRAN の解析結果ファイル形式でエクスポートする事も可能です。
- 3) 波形図、応答スペクトル図、伝達関数図などの解析結果図を簡単な操作で作成可能です。
- 4) 国際単位系でのデータ入力や解析結果の図化が可能です。

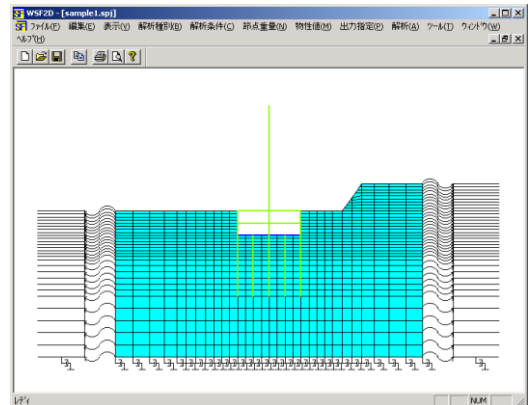
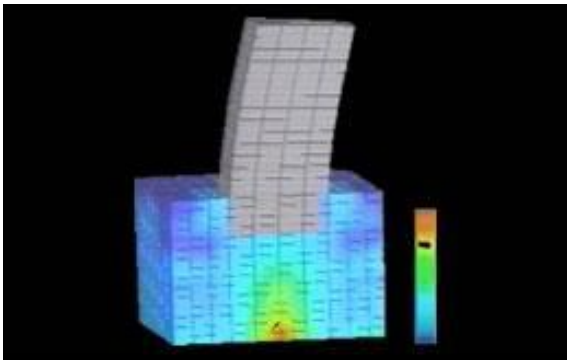
### 機能概要

- ・複素剛性を用いた振動数領域における複素応答解析
- ・等価線形法により地盤の非線形性を考慮
- ・要素タイプ  
平面歪要素、ビーム要素、剛体ビーム要素、平面応力要素、並進ばね要素、ジョイント要素、ダッシュポット要素
- ・側方境界条件  
エネルギー伝達境界、粘性境界
- ・底面境界条件  
粘性境界、固定境界
- ・外乱条件  
鉛直伝播波動(水平方向、鉛直方向同時入力可能)、進行波、点加振  
※液体要素、回転ばね要素を用いた解析、擬似3次元解析も、支援ツールを利用して解析可能

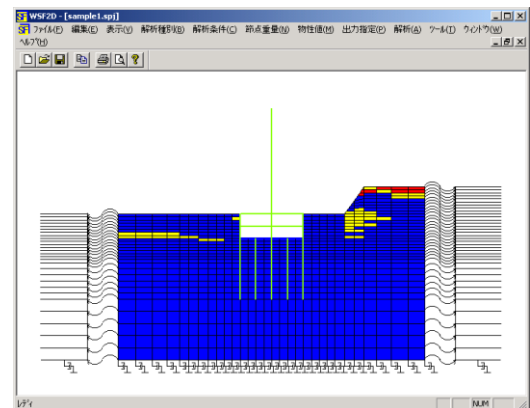
### 出力項目

以下のファイル形式で解析結果を出力する事が可能です。

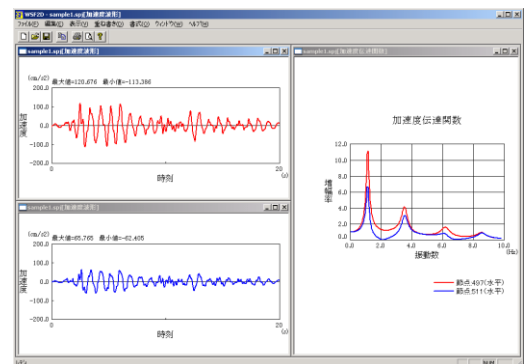
- ・CSV形式(時刻歴、伝達関数、応答スペクトル)  
加速度、速度、相対変位、応力、歪、ビーム断面力
- ・MSC.NASTRAN 解析結果ファイル形式  
加速度、速度、相対変位、応力、歪、ビーム断面力の最大値出力



基本画面



収束誤差の出力



解析結果の表示例

# SuperFLUSH/3D

サブストラクチャ法による3次元動的相互作用解析プログラムです。地盤の半無限性を「薄層要素」によって考慮することで、効率的で高精度な解析を実現しています。

SuperFLUSH/2D、SuperFLUSH/3D は株式会社構造計画研究所と株式会社地震工学研究所との共同開発商品です。

表記の社名及び製品名等は、各社の登録商標または商標です。

Windows は Microsoft Corporation の登録商標です。 MSC/NASTRAN は、エムエスシーソフトウェア株式会社の登録商標です。

## 鉄道標準改訂に伴う DARS のバージョンアップ

鉄道構造物の3次元耐震性能照査プログラム DARS は、鉄道構造物全体を3次元骨組構造としてモデル化し、非線形応答スペクトル法または時刻歴動的解析法により地震時の動的応答を算出し、線路方向、線路直角方向の損傷レベルを部材毎に求めるプログラムです。

ここでは、令和5年1月に刊行された「鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物）」（以下、コンクリート標準）の改訂に伴い DARS に追加した機能について紹介いたします。

### ● コンクリート標準の改訂

近年の計算ツール進化や新素材および新工法などによる設計の高度化に対応できるよう、コンクリート標準が改訂されました。平成16年に改訂されてから約18年ぶりの改訂となり、より性能照査型設計を推進する基準になっています。

DARS の照査機能に関係する主な変更点は下記になります。

- ・ 支持条件に応じた設計せん断耐力の適用
- ・ 杭の等価せん断スパン法の適用
- ・ T形断面のフランジ鉄筋の考慮

それぞれの項目に対応する DARS の機能について、説明します。

### ● 支持条件に応じた設計せん断耐力の適用

「第Ⅲ編 コンクリート構造」の「7章 構造計算に関する一般事項」における「両端固定支持された棒部材の設計せん断耐力は、支持条件や荷重の載荷状態を考慮したせん断耐力算定法や非線形有限要素解析を用いて算定することを原則とする」に従い、支持条件（単純支持、片持ち支持、両端固定）に応じたせん断耐力式が適用されるようになりました。せん断耐力の概要は以下の通りです。

平成16年 コンクリート標準

せん断スパン比  $a/d$  に応じて適用するせん断耐力式を使い分ける



令和5年 コンクリート標準

支持条件に応じたせん断耐力式を適用する

単純支持または片持ち支持： $V_{ud} = \text{Max}(V_{dd}, \text{Min}(V_{yd}, V_{wcd}))$

両端固定支持： $V_{ud} = \text{Max}(V_{asud}, \text{Min}(V_{yd}, V_{wcd}))$

支持条件設定画面

**端部支持条件設定**

ライン名  
line1

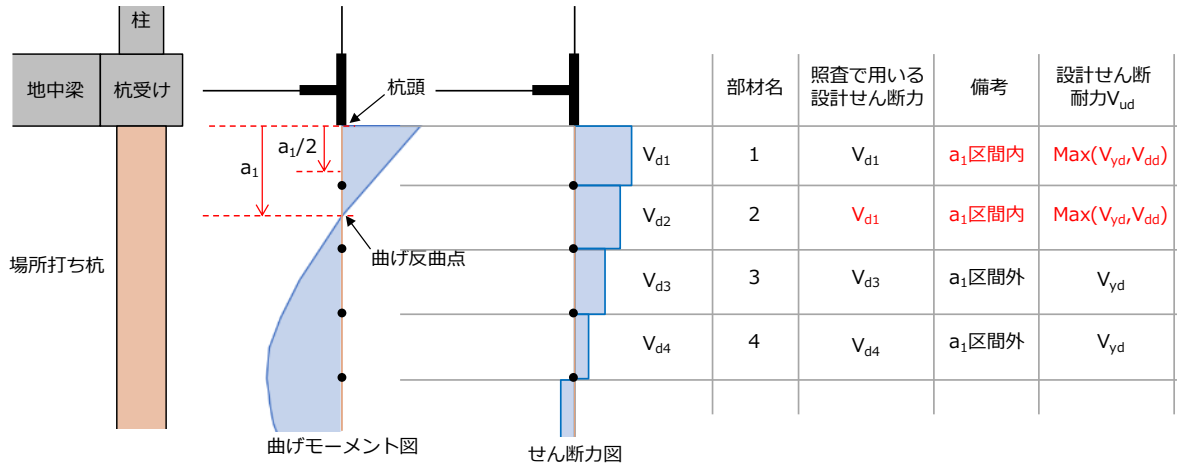
端部支持条件  
Y方向: 両端固定  
Z方向: 両端固定

部材長  
Y方向: 0.000 mm  
Z方向: 0.000 mm

単純支持  
片持ち支持  
両端固定

● 杭の等価せん断スパン法の適用

「第III編 コンクリート構造」の「6章 照査に関する基礎的事項」における「6.3.3 断面力による棒部材の照査」の記述に従い、場所打ち杭の杭頭部に対して等価せん断スパンを考慮したせん断照査表が適用できるようになりました。非線形応答スペクトル法または時刻歴応答解析法で適用可能です。DARS で等価せん断スパン法を適用すると以下のような評価となります。



- ・ 杭頭位置から最初の曲げ反曲点までの距離を  $a_1$  (等価せん断スパン) とする。
- ・ 杭頭要素から曲げ反曲点が発生する位置を含む要素までを  $a_1$  区間内とする。(図では部材名 1,2 が  $a_1$  区間内となる)
- ・  $a_1$  区間内の設計せん断力  $V_d$  は  $a_1/2$  位置の発生せん断力とする。(図では  $a_1/2$  位置が部材名 1 であるため、 $a_1$  区間内の設計せん断力は  $V_{d1}$  となる)
- ・  $a_1$  区間内は設計せん断耐力  $V_{ud} = \text{Max}(V_{yd}, V_{dd})$  として照査を行う。
- ・  $a_1$  区間外は設計せん断耐力  $V_{ud} = V_{yd}$  として照査を行う。
- ・ 設計せん断耐力の算出で用いる軸力は各要素の発生軸力を用いる。
- ・ ステップごとに上記の処理を行い、照査値が最も大きくなるものを照査表に表示する。

● フランジ鉄筋の考慮

RC 部材の T 形断面に対して、フランジの鉄筋を考慮した断面算定ができるようになりました。



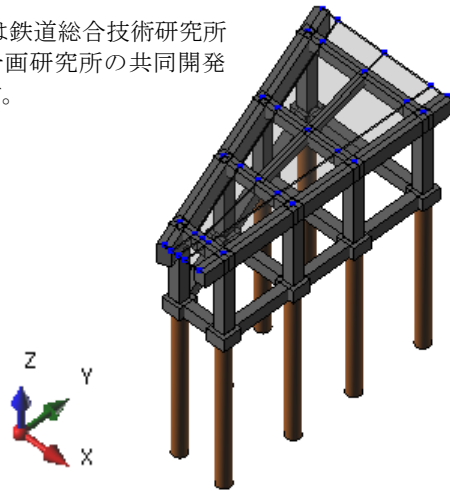
今回のコンクリート標準の改訂は、設計者にとって「鉄道構造物の性能照査型設計を確実に実施できる技術基準」となることを目指しています。弊社も DARS の機能を向上することにより、より設計者の的確な判断の一助となれるよう努力してまいります。

# DARS

Version 2.3  
鉄道構造物等の3次元耐震性能照査プログラム

本プログラムは、鉄道構造物全体を3次元骨組構造としてモデル化し、非線形スペクトル法または時刻歴動的解析法により地震時の動的応答を算出し、線路方向、線路直角方向の損傷レベルを部材毎に求めるプログラムです。

DARS は鉄道総合技術研究所と構造計画研究所の共同開発商品です。



3次元でのモデル化により、これまでの2次元耐震性能照査プログラムでは対応できなかった不整形なラーメン高架橋に対応します。また、スラブへの直接的な荷重配置により複雑な荷重計算、荷重分担計算の省略や、1モデル2方向に解析・照査することにより解析ケース数、作業量を大幅に軽減し、これまでの設計者の悩みを解決します。

## プログラム概要

### ■ 対象構造形式

- ラーメン高架橋 (2D・3D)
- 杭基礎 (場所打ち杭・直接入力)

- SRバネ

### ■ 対象部材

- RC (矩形・円形・T型)

### ■ 計算機能

- 破壊モード推定解析 (静的非線形解析)
- 所要降伏震度スペクトル法による応答解析
- 時刻歴動的非線形応答解析による応答解析
- 固有値解析

断面DB

スクリプト

アウトライン作成

断面の配置

荷重ケース追加

解析ケース追加

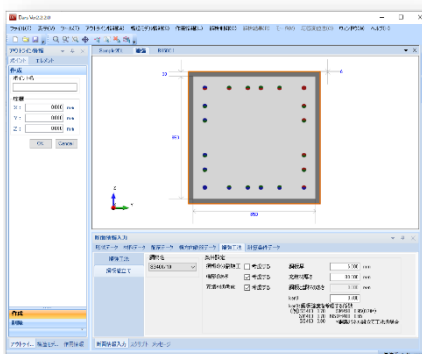
破壊モード推定解析  
(静的非線形解析)

時刻歴動的非線形解析  
による応答値の算定

所要降伏震度スペクトル  
による応答値の算定

耐震性能照査  
(応答値と照査指標の比較)

## 耐震補強設定画面



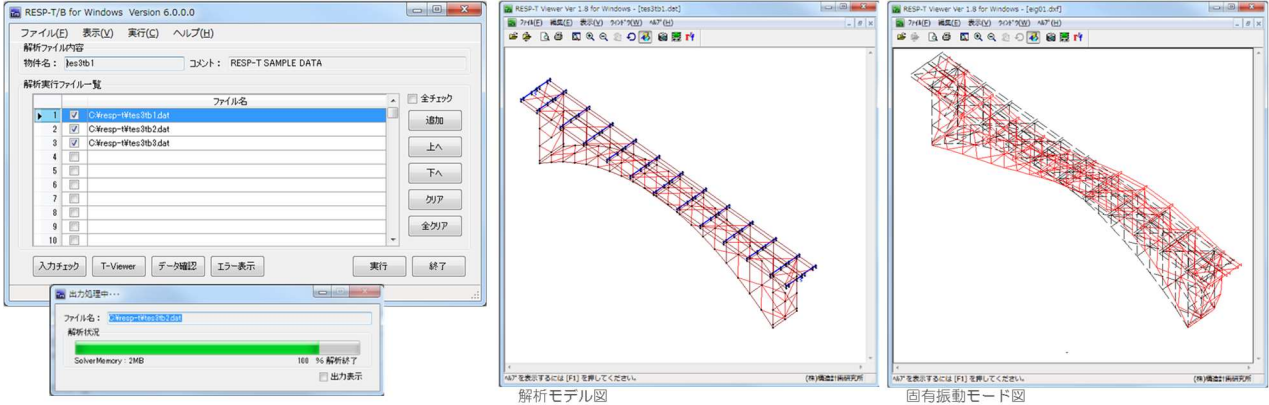
### ■ 耐震補強オプション

「既存鉄道コンクリート高架橋柱の耐震補強設計指針」に準拠した耐震補強工法に対応した応答解析と照査が可能になりました。(DARS 本体とは別の有償オプションです)

# RESP-T

3次元静的・動的複合非線形解析プログラム

あらゆる土木・建築構造物に対応する3次元静的・動的複合非線形解析プログラムです。  
公的研究機関、大学、建設会社、設計コンサルタント等多数の導入実績と豊富な使用実績に裏付けられた信頼性を有し、充実したサポート体制による高い信頼度を持った製品です。



- 相関モデル (M-N、M-M、M-M-N) 時々刻々と変化する軸力に対して、対応する曲げ耐力を計算し、剛性変更の制御をすることが可能
- 幾何学的非線形対応 修正ラグランジュ定式化による幾何学的非線形を考慮可能
- 様々な復元力モデルに対応 硬化則型を始め、さまざまな復元力を使用することが可能
- 粘性減衰力モデル 質量比例型、剛性比例型(部材別指定可)、Rayleigh型(部材別指定可)、モード別、ひずみエネルギー比例型が考慮可能

## 適用事例

道路橋、鉄道橋、地中構造物、上下水道施設、河川構造物、港湾施設、電力施設  
プラント構造物、高層建築物、免震・制振構造物、鉄塔

## 解析機能

初期応力状態作成、静的解析<sup>(1)</sup>(荷重増分法、変位増分法、弧長増分法、強制変位法)、固有値解析、動的解析(モード合成法、直接積分)、座屈固有値解析  
\* (1)荷重増分と強制変位の同時作用が可

## 要素

トラス要素<sup>(1)</sup>(2)、ビーム要素<sup>(1)</sup>(2)、材軸直交分割要素<sup>(1)</sup>(2)、パネ要素<sup>(2)</sup>、剛域付き4点支持パネ要素<sup>(2)</sup>、剛域付き2点支持パネ要素<sup>(2)</sup>、MSS要素<sup>(2)</sup>、平面ひずみ要素<sup>(1)</sup>(2)、平面応力要素<sup>(1)</sup>(2)、板要素、減衰要素<sup>(2)</sup>、剛域付き4点支持減衰要素<sup>(2)</sup>、剛域付き2点支持減衰要素<sup>(2)</sup>、Maxwell要素<sup>(2)</sup>  
\* (1)幾何学的非線形考慮可 (2)材料非線形考慮可

## 復元力特性

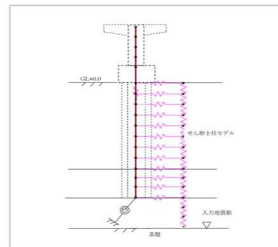
逆行型、武田型、スリップ型、JR総研RC型<sup>(1)</sup>、JR総研SRC型<sup>(1)</sup>、辻モデル、岡本型、D-Tri(電共研案)型、武藤型、標準型、深田型、原点指向型、最大点指向型、標準型テトラリニア<sup>(1)</sup>、原点指向型テトラリニア<sup>(1)</sup>、最大点指向型テトラリニア<sup>(1)</sup>  
\* (1)最終勾配負考慮可

## 特殊復元力特性

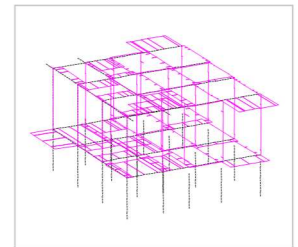
D-Tri型、ひび割れ域剛性低減型、バイリニアスリップ型、D-Tri(電共研案)型、3次関数逆行型、歪み依存型バイリニア型、高減衰積層ゴム修正バイリニア型、Ramberg-Osgood(hardning考慮)型、(株)ブリジストン鉛入り積層ゴム型、東洋ゴム(株)HDR型修正バイリニア型、新日鐵(株)鋼棒ダンパー関数近似型、新日鐵(株)鋼棒ダンパーバイリニア型、5社共通仕様新LRB型、新日鐵U型ダンパー(関数定義式)型、ゴム支承トリリニア、オイレ工業(株)BMRダンパー型

## 復元力特性(減衰)

変位依存マルチリニア逆行型、変位依存3次関数逆行型、制震壁(オイレ)型、速度依存バイリニア逆行型、速度依存トリリニア逆行型



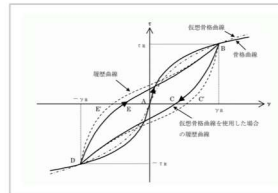
上部構造-基礎一体モデル  
(動的相互作用考慮)



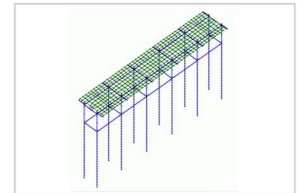
不整形ラーメン高架橋解析モデル  
(ねじりモーメント図)

## 機能追加予定

- GHE-S履歴モデル
- 板曲げ要素



GHE-Sモデル



板曲げ要素

## 製品

- RESP-T/B for Windows (大変形対応版)
- RESP-T/A for Windows (弾塑性対応版)
- RESP-T/E for Windows (機能限定版)
- RESP-T/S for Windows (静的解析限定版)

## 動作環境

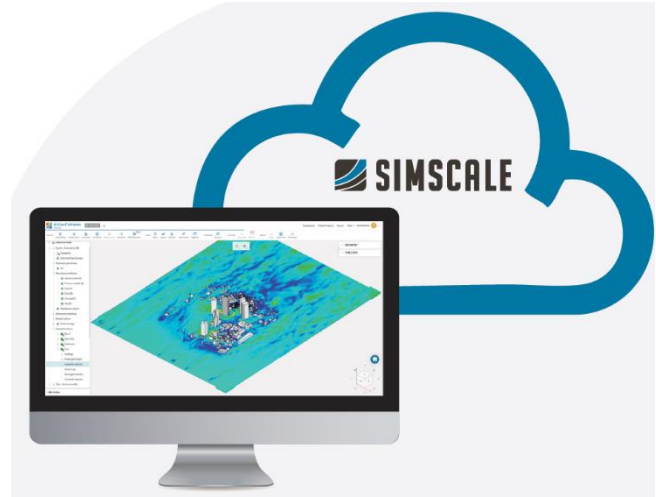
- 対応OS  
Windows XP / Vista / 7 / 8 (64bitOS対応)
- 必要メモリ、ディスク  
メモリ256MB以上、空きディスク容量1GB以上

## 完全クラウド CAE プラットフォーム SimScale の風況解析機能

SimScale（シムスケール、開発元：ドイツ SimScale GmbH）は完全クラウドの CAE プラットフォームです。アクセスはどこからでも、解析は同時にいくつでも、解析が必要な時に必要な分だけ利用できます。解析用の高額なハードウェアの購入・メンテナンスは不要です。

KKE は日本唯一の SimScale 正規販売代理店として、日本語によるサポートや関連の技術情報もご提供しています。

ここでは SimScale の概要と、建設業向け機能の中から風況解析機能をご紹介します。



### ● SimScale とは？

#### ハードウェア不要

完全クラウドの CAE プラットフォームで、Web ブラウザ上でメッシュ作成や、条件設定、解析実行、結果の可視化まで行うことができます。解析用のマシンなどハードウェアは不要で、導入費用を抑えることができます。

#### 最大 96 コアの並列計算

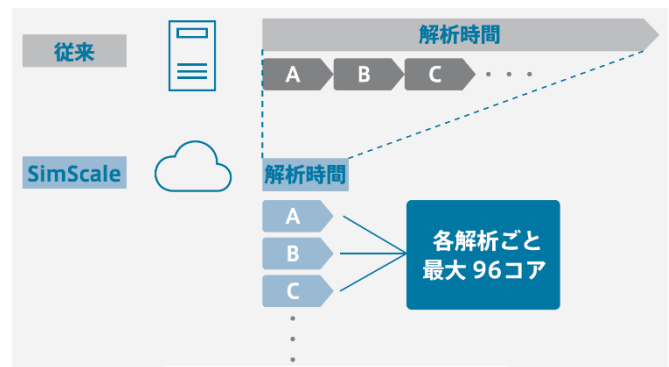
複数の解析を上限なく同時に実行でき、それぞれの解析では最大 96 コアの並列計算が可能です。解析にかかる時間を大幅に短縮できます。

#### ライブコラボレーション

ブラウザ上のリンクをシェアするだけでチームメンバーと解析結果を共有できるので、チーム間のコラボレーションが促進されます。

#### オールインワンの解析機能

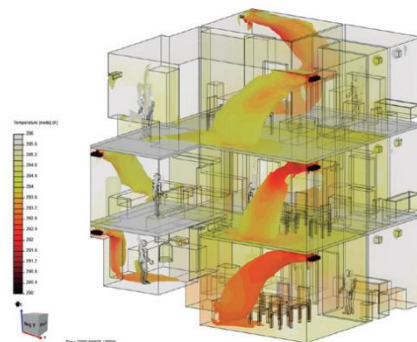
製造業向けの構造解析や熱流体解析から、建設業向けの風環境解析や屋内空調解析まで対応したオールインワンのプラットフォームです。



並列化による高速計算



風環境解析



屋内空調解析

## シームレスなチャットサポート

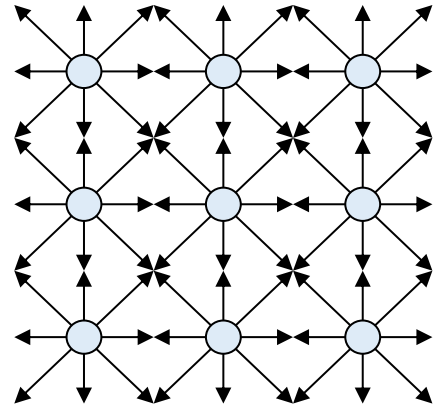
KKE のサポートチームへも、ブラウザ上のチャットからシームレスに問合せできます。

ここからは SimScale の風環境解析に着目して、その機能をご紹介します。

## ● 風環境解析における SimScale の強み

### 高速な LBM ソルバー

SimScale は LBM (格子ボルツマン法) ソルバーを実装しています。この手法は流体を有限個の粒子とみなし、粒子の運動で流れ場を評価する粒子法的一种であると同時に、構造格子で流速の向きや大きさを離散化する、いわば「粒子法と格子法の良いとこどり」の手法です。シンプルなアルゴリズムで記述できることから、従来手法と比較して計算が高速です。加えて SimScale の LBM ソルバーは GPU 並列に対応していますので、従来手法で 2 ~ 3 日を要した大規模モデルの計算時間が数時間から十時間程度まで短縮できた事例もあります。



LBM イメージ図

### CAD インポート機能

STL ファイル形式 (Rhino や Revit などの標準機能で書き出し可能) を用いることで、細かなフィーチャーの削除や抑制といった手間のかかる作業をスキップできるので、解析実行までの時間を大幅に削減可能です。

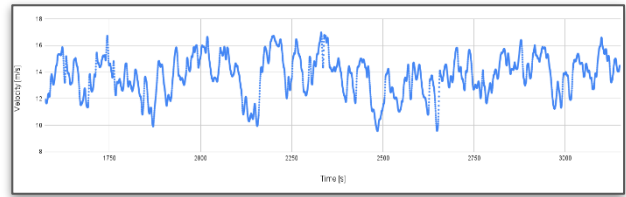
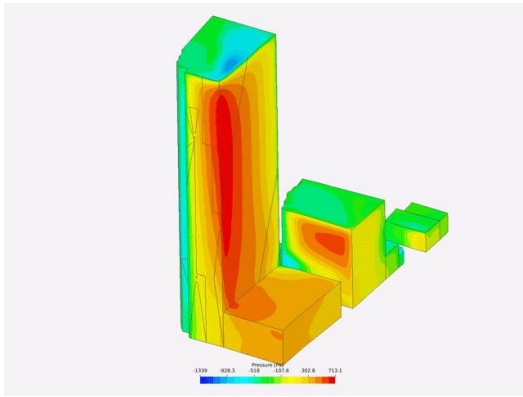


Plateau の obj や fbx のデータを STL に変換してアップロードした図  
(そのまま解析に利用可能です)

### 受風面の圧力の時系列データを取得可能

建物表面の風力では、平均値のみではなく、最大値や分散のような時間によって変化するデータを用いた評価が重要です。

SimScale ではクラウドリソースの GPU を利用して時系列データとして結果を取得できます。



建物表面の風圧の時刻歴変化  
(圧力分布変化のアニメーションと時刻歴線図)

● SimScale による風環境解析事例

日本建築学会ベンチマーク Case E

風洞実験結果と比較して解析の精度を検証した事例です。東西南北の4方位について、相関係数は0.7から0.86と良い一致を見せています。

・計算条件

LBM ソルバー

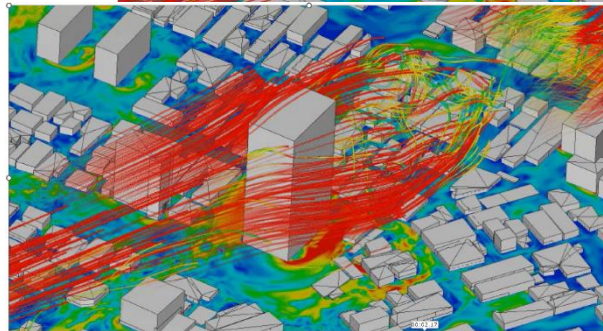
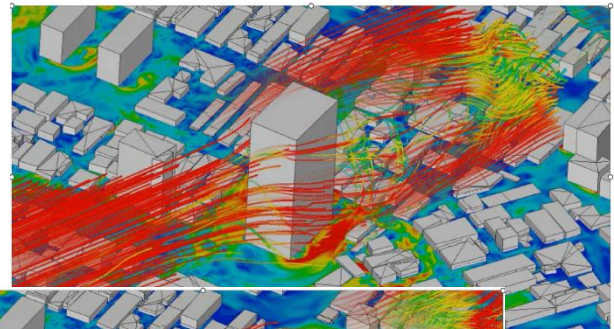
乱流は k-omega SST DDES モデル

計算メッシュ数は約1億

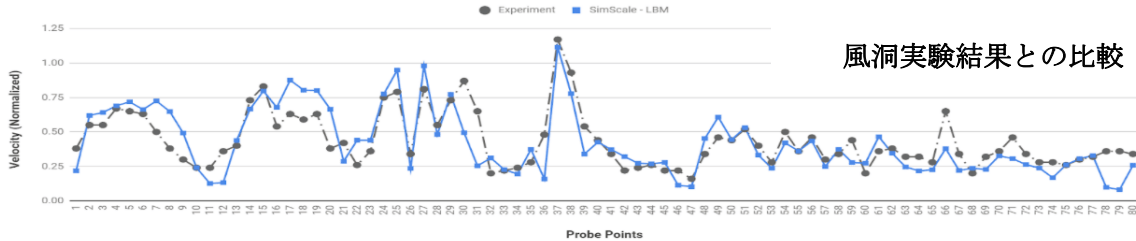
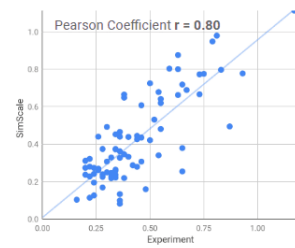
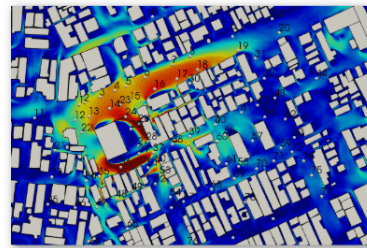
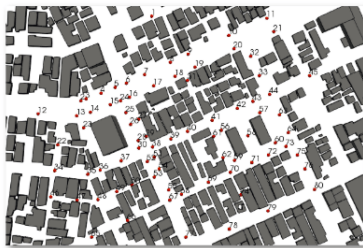
・計算時間の比較

OpenFOAM : 約 72 時間

SimScale : 約 10 時間



計算結果のアニメーション



風洞実験結果との比較

● 無料サインアップ

SimScale には無料で評価いただける Community プランがございます。

まずは一度、SimScale の使い勝手の良さをお確かめください。

※無料プランでは風環境解析含め、一部機能が制限されております。

フル機能で試用いただくための評価ライセンスについては 2 週間の期限付きで提供できますので、お気軽にお問い合わせください。



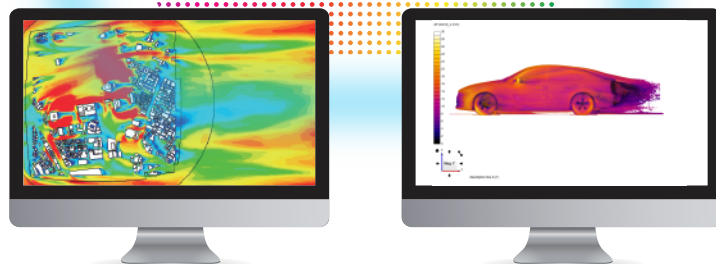


# 業界初！ 完全クラウド

## CAEプラットフォーム

# SIMSCALE

### SimScale のプラン



#### 無料プラン

##### COMMUNITY

QR コードよりサインアップし、無料でご利用できます。



- 一部の解析機能
- 3,000 コア時間
- 最大 10 回まで解析可
- 公開プロジェクトのみ

#### 有料プラン

##### PROFESSIONAL

1 人で使う場合に  
適したプランです。



- 全ての基本的な解析タイプ
- 10,000 コア時間+追加可能
- 解析回数に制限無し
- プロジェクトの非公開設定機能
- チャットサポート

##### TEAMS

3 人以上で使う場合に  
適したプランです。



- 全ての基本的な解析タイプ
- 1 人 5,000 コア時間+追加可能
- 解析回数に制限無し
- プロジェクトの非公開設定機能
- チャットサポート
- チームダッシュボード機能

#### 動作環境

ウェブブラウザ | Google Chrome (バージョン 60 以上)、Mozilla Firefox (バージョン 55 以上)

画面解像度 | 1366×768 以上 (拡大率 100%、デフォルトのフォントサイズを推奨)

\*ブロードバンドインターネット接続を推奨

#### 対応 CAD フォーマット

Parasolid (.x\_t, .x\_b)、SOLIDWORKS (.sldprt, .sldasm)、Autodesk Inventor (.iam, .ipt)、Rhino 4, 5, 6, and 7 (.3dm)、CATIA (.CATPart, .CATProduct)、PTC Creo (.prt, .asm)、Siemens NX (.prt)、Solid Edge (.par, .asm, .psm)、ACIS (.sat, .sab)、STEP (.stp, .step)、IGES (.igs, .iges)、REVIT (.rvt)、STL (.stl)

#### ソルバー

構造解析 | 線形解析・非線形解析、静解析・動解析、固有振動解析・周波数応答解析、熱伝導解析・熱応力解析

流体解析 | 非圧縮性流れ・圧縮性流れ解析、亜音速流れ解析、熱流体解析 (対流・伝導・輻射)、混相流解析  
風環境解析、格子ボルツマン法による非圧縮性流れ解析

まずは WEB ページへ

<https://simscale.kke.co.jp/>



## 火災の延焼／火災の熱荷重を受ける構造物

KKE は地震や風水害など様々な災害の事前想定や対策検討、事後評価を数値解析で支援していますが、これにはおおまかに、災害現象そのものの（地震動、津波、液状化、強風、氾濫など）の評価と、それらの現象が荷重として構造物に作用した際の挙動や耐荷性能評価の二段階があります。

最近、海外の複数箇所で大規模なものが発生した「火災」も、KKE が同様の形で評価・検討を支援している災害テーマの一つです。

火災はいつどこで発生するのかを予測することは出来ません。しかし、検討したい空間における火災発生プロセスや発生時の周辺環境を想定して、長時間に渡る延焼過程や、それに伴う避難行動の変化などをシミュレートする手法は整備され活用されています。

また火災は構造物に「熱荷重」として作用します。火災が発生した場所だけでなく、輻射熱・対流熱・伝導熱といった形で周辺まで熱が伝わっていきます。特に鋼構造物では、熱伝導により構造物内部の温度分布が変化し、線膨張による変形が発生し始め、高温に達して剛性や耐力が低下し始めるとさらに変形が進み、やがて倒壊に至る恐れもあります。高速道路上の車両火災や鉄道の沿線火災が警戒されているのは、人的被害や鎮火までの交通遮断による経済的損失のみならず、その後のインフラ構造物の使用性に影響が出ることもあり得るためです。

関東大震災から100年の節目に、火災に関する現象シミュレーション技術と、火災の構造物への影響評価技術に着目してみました。

### ● 火災の延焼

1995年の阪神淡路大震災（兵庫県南部地震）による火災被害調査を反映し、東京都消防庁が作成した地震時の火災延焼速度式「東消式2001」は下記のようなものです。

$$t \text{ 時間経過後の延焼速度式} \quad V(t) = \frac{V_f}{1 + \{1.3 - 0.3 \exp(-0.3t)\} \left\{ \frac{V_f}{V_0} - 1 \right\} \exp\left(-\left\{ \frac{0.5V_f}{V_f - V_0} \right\} t\right)}$$

$V(t)$  : 出火から  $t$  時間後の延焼速度 (m/h),  $V_0$  : 初期延焼速度 (m/h),  
 $V_f$  : 最終延焼速度 (m/h),  $t$  : 経過時間 (h)

$$\text{初期延焼速度} \quad V_0 = \delta \cdot g(h)(1 - C') \quad \text{最終延焼速度} \quad V_f = \frac{V_u + \exp\{-50(k-0.14)\}V_l}{1 + \exp\{-50(k-0.14)\}}$$

$g(h)$  : 湿度の影響関数,  $\delta$  : 延焼速度,

$C'$  : 耐火造建物の面積比,  $V_u$  : 気流温度の影響による延焼速度,

$V_l$  : 輻射熱の影響による延焼速度,  $k$  : 地震震度を考慮したパラメータ

$$\delta = \frac{\frac{\{r(U)[a(a'V_w + b'V_m) + bj'V_j] + (a + 2.6)d'V_c\}}{(a' + b' + d' + j')}}{\frac{(a + d)(a' + b' + d') + (b + d)j'}{(a' + b' + c' + j')}} + \frac{r(U)[d(a' + b')\{(a' + b')V_{nn} + j'V_{nj}\} + 2(d - 1.3)(a' + b')d'V_{nc} + (d - 2.6)d'^2V_{cc}]}{(a' + b' + d' + j')^2}$$

$r(U)$  : 風速の影響関数

$a, b$  : 建物辺長,  $d$ :隣棟間隔,  $a', b', c', d', j'$  : 建物の面積比

$V_w, V_c, V_m, V_j$  : 建物延焼速度,  $V_{nn}, V_{nc}, V_{nc}, V_{cc}, V_{nj}$  : 建物間延焼速度

KKE は東消式 2001 を基に街区の火災延焼シミュレーションプログラムを開発し保有しています。

図 1 のような検討対象エリア内の建物条件を図 2、図 3 の様に変えたシミュレーション結果の比較を図 4 に示します。耐火建物増により一定時間内の延焼面積が減少する傾向が確認できます。

項目	値
風速	9 m/s
風向	北西
湿度	50%
継続時間	5 時間
時間増分	0.01時間

分類	特徴
耐火構造	壁や床などが、通常の火災が終了するまで倒壊・延焼を防止する機能を有する。 最長3時間の火災に耐える。 鉄筋コンクリート造、鉄骨造など
準耐火構造	通常の火災で延焼を抑止する最長1時間の火災に耐える。 階数が低く延焼面積が小さめ
防火構造	外壁と軒裏に防火性のある材料を使用する。 30分の加熱でも破壊しない
木造構造	防火性のない通常の家屋



図 1 共通計算条件

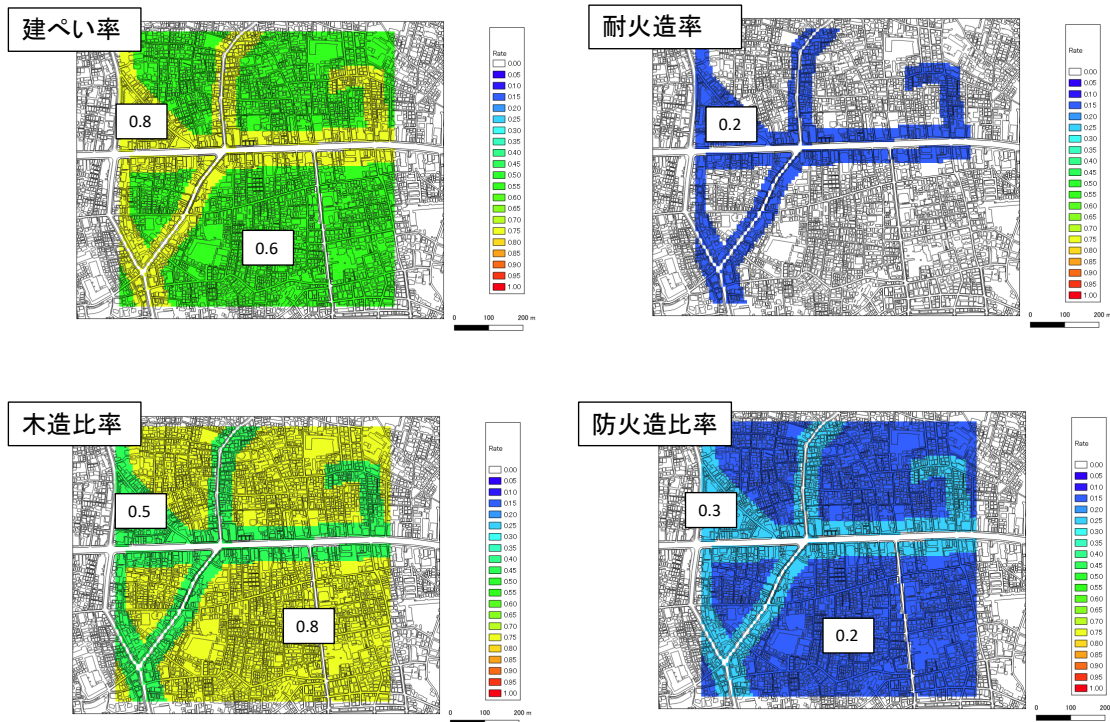


図 2 計算条件 1

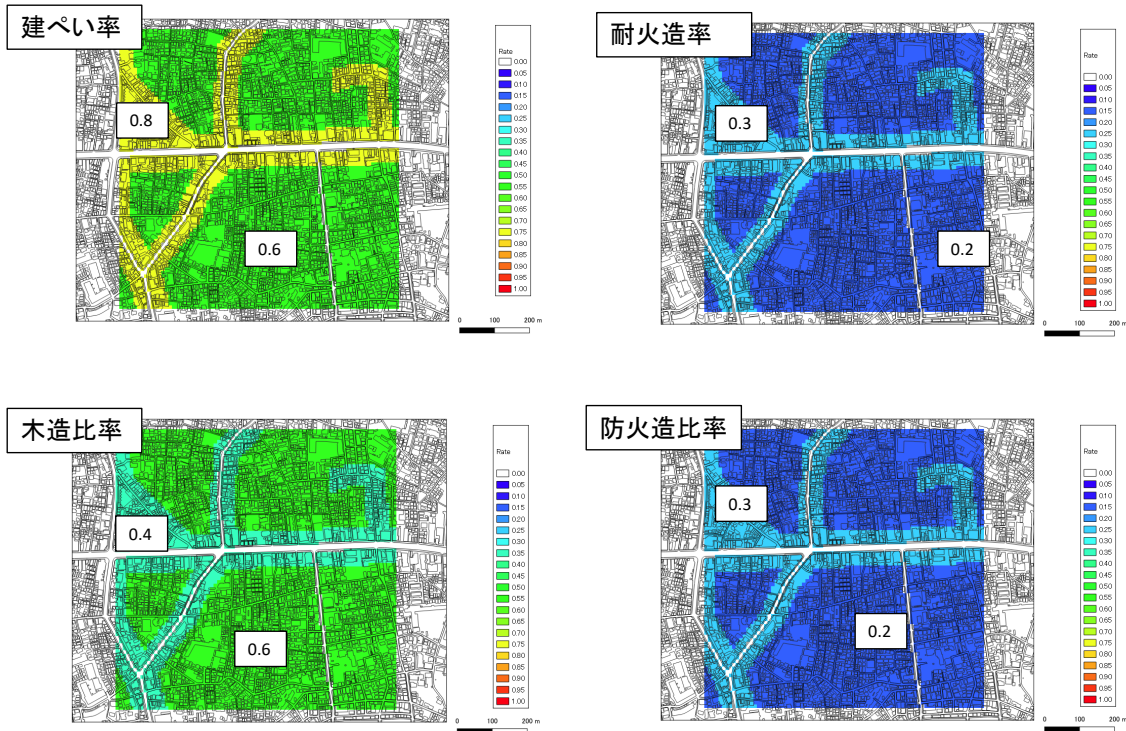


図3 計算条件2

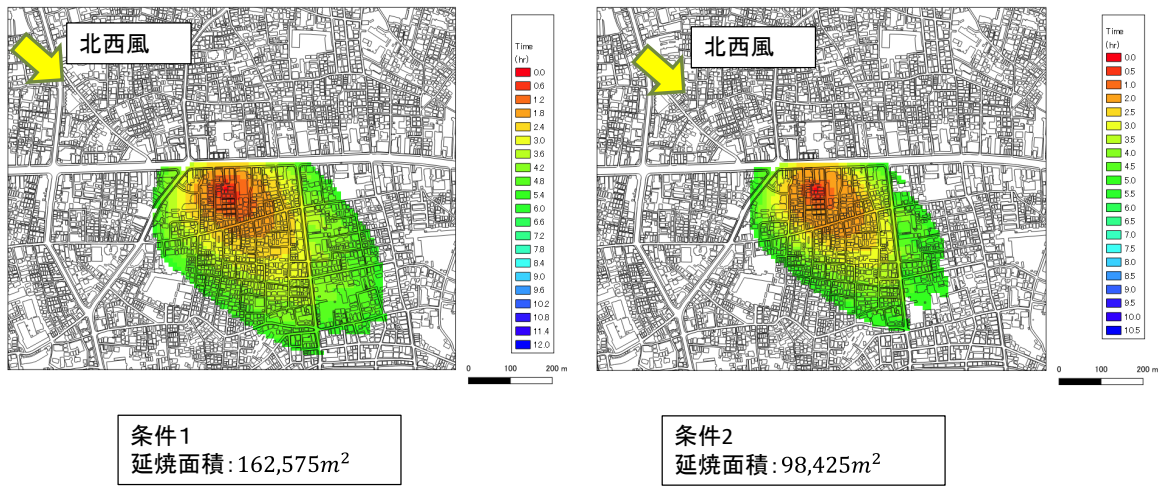


図4 条件1, 2の計算結果の比較

● 火災延焼に伴う避難行動の変化

地震後等に多点で同時に出火し、鎮火まで長時間を要する広域火災では、計画的ではない住民の避難行動が発生し、さらに時間の経過とともに延焼によって使用出来なくなる避難経路が発生して、経路変更を強いられる事態もあり得ます。このような状況想定の場合には、図5、図6のように、火災延焼シミュレーションに、マルチエージェントシミュレーション (MAS) による避難行動を重ねて検討することがあります。

「エージェント」とは自分の周囲の状況を認識し、それに基づいて一定のルールのもとで自律的に行動する主体のことです。ここでは「火災から避難する人」(図5、図6中の小ドット) が相当し、時々刻々

の延焼状況（別プログラムのシミュレーション結果）を認識して、火災に遭遇したときの避難判断や経路変更をルール化することも可能です。

MAS は複数のエージェントが相互に影響しあう環境での行動（混雑していて動けない経路は避けるなど）をシミュレートする手法で、避難計画の評価やリスクの分析などでよく活用されています。



図5 街区の延焼と避難行動の状況（出火初期）



図6 街区の延焼と避難行動の状況（上の約30分後）

#### 【参考文献】

- ・加藤孝明・吉永潤二・江田敏男・志村泰知：延焼・避難広域シミュレーション大規模計算による災害時に発生しえる極端現象の解明とその対処の検討（その1）－都市の安全化方策検討の枠組み，火災学会，2015.5
- ・志村泰知・加藤孝明・江田敏男・吉永潤二：延焼・避難広域シミュレーション大規模計算による災害時に発生しえる極端現象の解明とその対処の検討（その2）－危険遭遇者発生の特性分析，火災学会，2015.5
- ・志村泰知・加藤孝明・小林大吉・江田敏男：延焼・避難広域シミュレーション大規模計算による災害時に発生し得る極端現象の解明とその対処の検討（その3）－避難行動モデルの高度化－，火災学会，2016.5

● 火災による熱荷重を受ける鋼構造物

火災による熱荷重を受ける構造物の解析的検討手順には、「温度解析（熱伝導解析）」、「変形解析」の二段階があります。ここでは高さ4m、スパン7mのシンプルな門型架構（柱：箱形鋼口-500x500x22、梁：形鋼H600x300x28x16）の直下で火災が発生した状況（図7）を題材として、それらを解説します。

温度解析モデルと変形解析モデルは図7のようなメッシュ分割のFEMモデルを基本としました。解析にはADINAプログラム（米Bentley社）を使用しました。

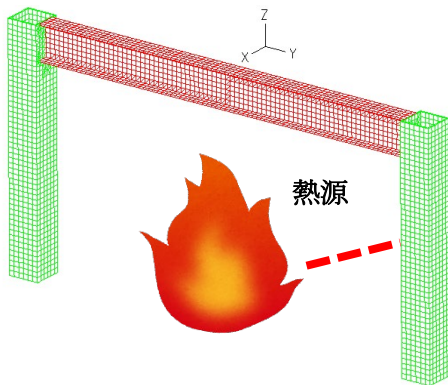


図7 基本解析モデル

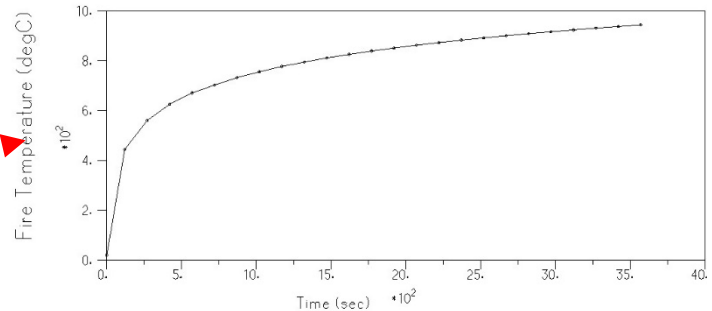


図8 火災の温度変化（熱源モデル）

(1) 温度解析

温度解析（熱伝導解析）は以下のように実施しました。

- ・火災の温度変化（熱源モデル）を図8のように規定。
- ・柱と梁を3次元熱伝導要素でモデル化。  
柱梁の内側表面が熱輻射を受けるものとし、  
図9の火災温度を環境温度とする熱輻射要素を部材表面に配置。
- ・受熱がない柱梁の外側表面には20℃（一定）を環境温度とする熱伝達要素を配置。
- ・鋼材に温度依存の物性値（比熱、熱伝導率）を適用。熱伝達係数と熱輻射率は定数。
- ・以上の熱源モデルと解析モデルで、dt=20秒、継続時間60分の非定常増分解析を実施。

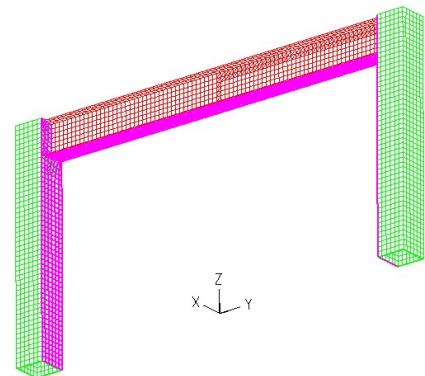


図9 受熱面の熱輻射要素（ピンク色）

図10に示す通り、梁中央下面の温度は、出火30分後で600℃を越え、60分後で約800℃に達しています。

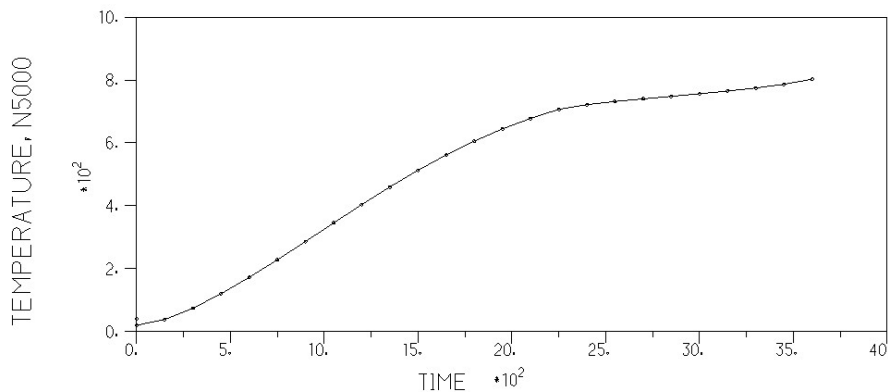


図10 梁中央下面の温度

## (2) 変形解析

架構の変形解析を下記のように実施しました。

- ・柱梁を3次元ソリッド要素でモデル化  
(柱脚基部は固定)。
- ・鋼材には温度依存の弾塑性材料モデル  
(図1-1)を適用。
- ・梁に常時荷重として50kN/mを載荷後、  
時々刻々の温度分布(温度解析結果)を  
温度荷重として与える非線形静的増分解析を実施。  
変形解析結果を図1-2～図1-4に示します。

火災発生60分後には柱梁接合部をはじめ、梁の

大部分に塑性歪みが発生していることが確認出来ます。また梁中央の鉛直変位は、スパン7mに対して出火30分後で2cm、60分後で4.5cmに達しており、火災により大きな変形が発生する可能性が確認できます。

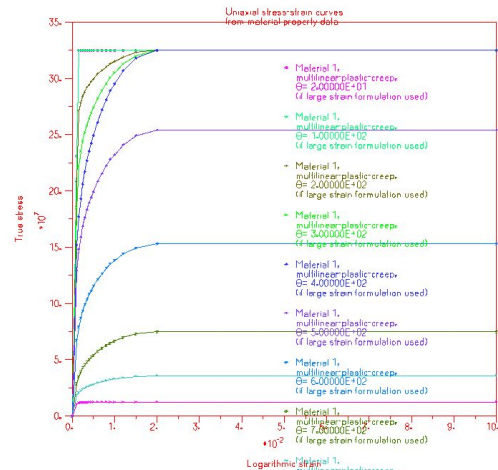


図1-1 鋼材の温度依存弾塑性モデル

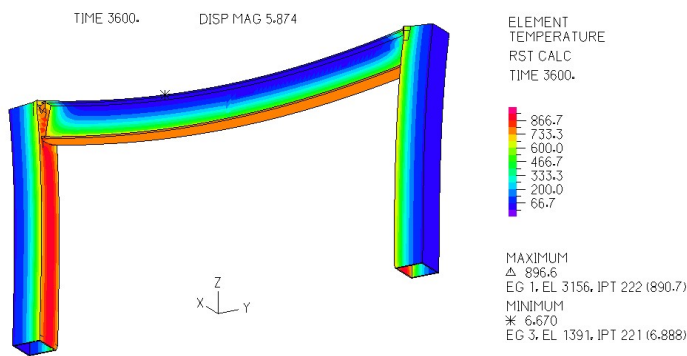


図1-2 変形と温度分布(出火60分後)

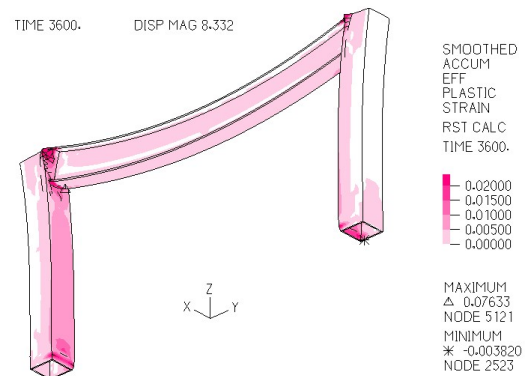


図1-3 変形と塑性歪み分布(出火60分後)

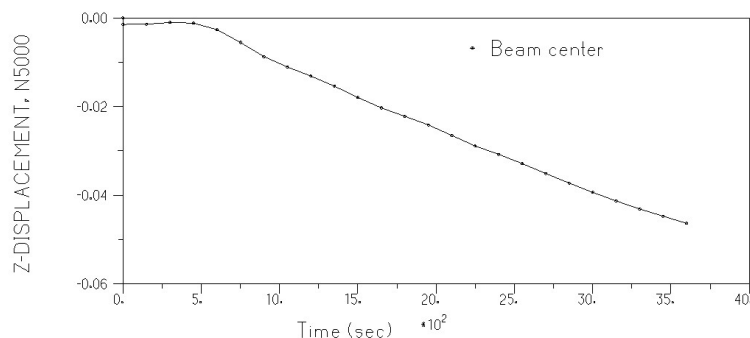


図1-4 梁中央の鉛直変位

これらを実構造物、大規模構造物の検討への適用する場合も、基本的な実施内容は変わりませんが、検討目的や使用する計算機の能力に応じて、全体系フレームモデルや部分詳細FEMモデルを使い分けることも考えられます。また図8のような火災の熱源モデルは過去事例や文献を基に設定することもあります。想定される火災現象(例えば隣の建物の中間階から出火、橋梁上の車両火災など)によって多様な設定があり得ますので、事前に火災シナリオに沿った熱流体シミュレーションを実施して設定することもあります。このように、検討手順に定説がない部分が多いテーマですので、今後実績を積んで、さらに対応力を強化していきたいと考えています。

## 古いプログラムの置換えと活用／レガシーシステムモダナイズ

みなさんの職場には、業務で日常的に使っていながら、開発担当者がいないため、修正要望が反映されないままのプログラムや表計算シートがないでしょうか。これらの古いプログラムは計算対象の規模や形状などに制限があったり、他のプログラムとのデータ連携がしにくかったり、マニュアルが整備されていなかったりと、業務効率化の足かせとなっているだけでなく、運用マシンの更新などがきっかけで利用すること自体ができなくなるなど、事業継続においてもリスクが内在されています。

KKE では各社で機能拡張できなくなった古いプログラムを現状の業務内容、開発技術状況をふまえて再構築した実績はもとより、利用目的の見直し、利用者層の拡大など、さらなる活用機会をふやす提案などで、旧来プログラムの価値向上を支援しています。

### ● レガシーシステムの問題点

レガシー (Legacy) システムとは旧来技術で構築され、修正が困難なシステムを指し、社会的には主に事務処理計算システムにおいて、障害の発生、業務効率の低下、維持コスト増大、セキュリティ不安が問題とされています。ここでは技術計算システムに着目して、よくご相談をいただいている問題点を表1のように整理してみました。

分類	内容
機能	準拠する設計規基準、ガイドラインが古い。 新しい工法、建材、材料に対応していない。 規模、形状に制限がある。 選定機能など自動計算機能がほしい。
プログラム連携	他のプログラム、ツール類とのデータ連携ができない。できるとしても手作業が多く、人為的ミスが発生しやすい。 BIM への対応ができない。
性能	処理速度が遅く作業効率が悪い。
運用環境	OS、ライブラリなど動作環境の制限により、起動するマシンが限定される。 セキュリティの厳格化、OS のバージョンアップ等、今後の運用に不安がある。
保守・サポート	運用マニュアル、利用マニュアルが整備・更新されていない。 バージョン違い、修正履歴が異なるプログラム、計算シートが散在し、計算結果や出力仕様が異なる。
開発環境	現在使われていない、または使われることが少ない開発用ツール、プログラム言語、ライブラリを使っていてプログラムの修正ができない。 プログラミング作法が古く、小規模なプログラム修正が他の機能に影響を与えることがあり、改修が滞っている。

表1 古いプログラムの問題点

問題を抱えたままでは生産性の低下を招いていることは明らかであり、プログラム開発者が継続して対応にあたれば解決できそうですが、担当者の退職や職務の変更などで手を入れることができず、かといってプログラム開発のための要員を新たにあてることもできず、たとえ担当者が割り当てられても技



術・ノウハウ・情報の継続、伝承がうまく行かず、現状のまま使われ続けることも多いようです。

新しいプログラム、システムを再構築することが理想的な解決策とわかっているにもかかわらず、その費用は高額になりがちで、現状のリスクや費用対効果を明示して社内を説得するにも相当な労力が必要と想像できます。

### ● 一般的な解決策、KKE の解決提案

レガシーシステムの再構築（モダナイゼーション）の手法としては一般的に、現行の要件仕様をもとにシステムを作り変えるリビルド、プログラム仕様をもとに異なるプログラム言語で実装するリライト、運用マシンを自前のものからクラウドに移行するなどのリホストが知られています。

表 2 に KKE が実際にプログラム再構築のご相談をいただいた際の検討項目、実施事項を示します。

分類	内容
目的	顧客業務全体、関連業務まで含め、どの範囲をシステム化の対象とするか提案、検討する。
ユーザ	要件定義段階でユーザの分類、役割、権限の設定を行う。 利用者の範囲（社内、社外、関係者など）を検討する。
業務改善目標	時間あたりの業務量、品質目標などを設定する。 事業展開、人材育成への影響などについても想定する。
要件仕様	ヒアリング、過去事例にもとづき要件仕様を作成し、各仕様の優先度を明確化する。 開発規模を推定し、予算、工期等の条件で調整を行う。
機能仕様	最新の設計規基準、ガイドライン、設計慣習を調査・確認する。 自動計算、リコメンド機能、選定機能の要否を検討する。 関連プログラムとの連携方法、BIM、DX 対応を検討する。 適用する工法、建材、材料などの明確化する。
運用環境	デスクトップアプリとするか Web アプリとするかについて、使用プラットフォーム、可用性、機能性、安全性などから検討する。 ハードウェア、OS、ネットワーク等の仕様を決定する。
性能	マシン性能等の運用環境、マルチコアの利用などから計算速度等の目標を設定する。
開発環境	目的にあった開発ツール、プログラム言語、ライブラリを調査し、選定する。 拡張性、保守性を考えたプログラム設計、コーディング規定を決定する。 プログラム仕様書、テスト報告書などドキュメントの作成、更新ルールを明確化する。
保守、サポート	初期段階において、保守、サポート業務について事前提案を行い、合意しておく。 バージョン管理、修正履歴記録のルールを明確化する。
費用	予算にあわせた構築案を提案する。 優先度を踏まえた段階的な移行を検討する。 プログラムを商品化、外販による費用軽減を検討する。
合意形成	顧客担当者と合議の上、現状の課題やリスクを抽出、再構築した場合の費用対効果等を明確化し、顧客社内の合意形成を支援する。

表 2 プログラム再構築時の検討、実施事項

KKE ではシステムの再構築手法を検討する前に、そもそものプログラムの目的や業務内容の変革、ユーザの想定、技術の伝承などを含めた、理想像を想定した上でヒアリングを行い、単なる現機能の再構築にとどまらない、新たな価値を付加することを念頭においた提案を心がけています。

一般的に設計支援プログラムであればユーザとして設計者が想定されますが、そのプログラムの機能を施工担当者や営業担当者が利用することで新たな利用場が創造できないか、社内利用に制限していたものを一部でも社外利用を許容することで自社技術の普及が図れないか、データ蓄積・分析の機能を持たせることで自動設計に発展できないかなどは可能性を検討してみる価値があります。

各社で開発されたプログラム、ツール類の全容は必ずしも各ユーザが把握しているとは限りません。有用なツールがすでにあるにも関わらず、存在が知られておらず使われていなかったり、同種のツールを再作成したなども見られます。細かな対応ではありますが、社内の関連プログラム・ツール類をリストアップし、クラウド化することで一覧性が高まり利便性が向上できます。

費用についても、再構築の目的に応じた提案を行っています。全面的にシステムを作り変えるリビルドに数千万円かかるものでも、DXの一部としての役割を持たせるのであれば、クラウドに移行するリホストにより 1/10 程度の費用で実現可能な場合があります。また、KKE は構造設計支援業務、構造解析コンサルティング業務を経験している開発担当者が多く、ユーザ業務に対する理解が深いことで、高度な技術的内容、暗黙知的な慣習を踏まえたコミュニケーションがスムーズなことも特長であり、最終的には業務知識に疎いソフト会社に依頼するよりも納得性のある費用、工期で目的が達成できたとの評価をいただいています。

## ● KKE におけるレガシーシステムモダナイズ事例

当社における技術計算プログラムの再構築の事例より特徴的なものをいくつか紹介します。

### 【事例 1】自社開発プログラムの保守性向上と利用者増を図りたい

**概要：**市販の汎用構造解析プログラムに装備されていない、特殊な解析機能を持つプログラム。

使用頻度は少ないが特定の形式の構造物では必要。

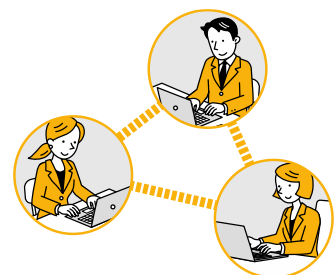
自社開発で、開発者自らが操作。開発・運用とも UNIX ワークステーション上。

**課題：**運用環境が限られていて、市販汎用解析プログラムとのデータ連携に手間がかかる。

解析条件の設定にノウハウが必要で、開発者以外の利用者を増やすのが困難。

KKE は 4 ヶ月かけて仕様書、マニュアル、サンプルデータ等からプログラム操作、解析の流れを理解し、利用時の想定シナリオを作成、出力項目を整理した上で、今後の改善方針について協議のうえ、実行環境の構築案、ユーザビリティ改善案を作成しました。その後約半年でクラウドサーバの整備、解析・出力 API の実装、入力画面作成、市販汎用解析プログラムとのデータ連携機能、各種情報の可視化、解析条件の自動設定機能を実装することで当初目的を実現しています。

運用・操作のノウハウがなくても利用できるようになって社内に浸透した



## 【事例2】自社の独自工法用の設計プログラムを工法普及のために使えるようにしたい

**概要：**自社で考案した建築工法の設計支援用に自社開発した構造計算プログラム。

入力データはテキストファイルで作成する必要あり。

開発開始から長年経過し、プログラムの内容を把握している担当者のごく僅か。

**課題：**工法普及のため、このプログラム機能を GUI を有する市販プログラムに組み込みたい。

施主・事業者に対し自社工法の提案を行うためのツールとして整備したい。

上記課題に対し、KKE が開発販売している RESP-D に当該工法の計算機能を組み込み、追加した機能は一部を一般ユーザに公開し、一部は依頼元の会社内でのみで利用可能としました。

一方の施主向け提案ツールは、プログラムをクラウド化し、PC、タブレットからの利用、サンプル構造データの自動生成、工法データの自動設定、一般工法との結果比較などの機能を新規に開発しました。

設計だけでなく、提案ツールとしても活用できるようになったので普及の幅が広がった



## 【事例3】汎用計算プログラム用の小ツール群を統合したい

**概要：**一貫構造計算プログラムの適用外となる特殊な構造形式の建築物の構造計算を、汎用構造計算プログラムを用いて実施する際の前処理・後処理を効率化するためのツールを自社内で整備。

必要に応じて順次作られた単機能の小ツールをも組み合わせて使うため、データ連携に手間がかかり、ミスが発生しやすい。

適用する案件ごとに機能の追加・修正が行われ、仕様の違うツールが社内に散在。

**課題：**これらの小ツール群を統合して管理・運用したい。

KKE は再構築にあたり、要件定義段階で現状の工程ごとの作業量を分析し、改善効果の大きな機能から段階的に実装・運用することで統合プログラムへ移行しました。過去物件を再計算する場合もあるため、データの互換性にも配慮しています。

バラバラにたくさんあったのがまとまって設計案比較の効率が上がった



## 【事例4】研究開発目的プログラムを普及目的プログラムに再構築したい

**概要：**建材の開発段階で検証解析、試設計目的で開発されたプログラムを、製品化され実施設計を行う段階に入ってもほぼそのまま使っている。

操作面、機能面で実施設計には使いづらく、工法普及の足かせの一つとなっている。

**課題：**実施設計用にユーザインターフェースを一新し、ユーザを増やしたい。

建材1部材の計算機能だったものを建物全体の建材全部材を一括計算できるようにすることで、構造力学的に合理的かつ実施設計で使いやすいものとなりました。さらに利用者を限定していたものを、外部の設計者にも期間を限定して使用可能とする仕組みを構築することで工法の採用拡大を支援しました。

プログラムを使いやすくしたら、ユーザが増えて、製品の普及が加速した。



### 【事例5】他社に委託開発した建材計算プログラムの機能を拡張したい

**概要：** 自社建材製品の普及のため、外部委託で開発した専用の計算プログラムを自社 Web サイトから各設計者がダウンロード可能にしていた。

このプログラムの拡張を開発元に依頼したところ、開発体制が作れないと断られた。

**課題：** この建材計算プログラムの機能拡張をしたい。今後もバージョンアップ可能なようにプログラムを再構築して、ドキュメントを整備しておきたい。

現プログラムのソースリスト、仕様書が入手できない状態で、実行プログラムと利用マニュアルから要件仕様案を作成し、段階的な製品開発・許認可取得・販売のスケジュールを見据え、機能改善要望項目の取捨選択を合議の上実装、公開に至りました。

開発した会社からバージョンアップを断られたときにはどうなるかと思ったが…



### ● KKE によるレガシーシステムモダナイゼーションの今後の展開

今後のレガシーシステムの再構築にあたっては、現状の機能を維持しただけにとどまらず、最適設計、自動設計支援への拡張、BIM, DX 対応の検討は当然と考えられます。それらのためにもクラウド利用が進められ、データの一元化、蓄積がなされ、蓄積データの分析から、より合理的な設計支援へとつながることが期待できます。

工法、建材製品の普及のためには、社内、団体内の利用から一般設計者への利用拡大の仕組みを考え、さらには利用目的、ユーザ層の拡大を狙い、設計目的から施工検討目的、マーケティング、営業目的に展開することは検討の価値があると思われます。

再構築の対象は自社開発のプログラム・表計算シートや委託開発プログラムとは限りません。市販プログラム製品においても、販売やサポートを停止するものがでてきており、今後もこの動きが進む可能性があります。これらプログラムを日常業務で使っているユーザにとっては一大事です。提供してきたソフト会社が考える収益性と、ユーザが得ている価値とのギャップの解消は難しい課題ではありますが、多様な視点から解決を支援したいと考えています。

### ● 参考文献

・経済産業省, DX レポート, 2018,

[https://www.meti.go.jp/shingikai/mono\\_info\\_service/digital\\_transformation/20180907\\_report.html](https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/digital_transformation/20180907_report.html)

・情報処理推進機構, システム再構築を成功に導くユーザガイド第2版, 2018,

<https://www.ipa.go.jp/archive/publish/qv6pgp000000117x-att/000057294.pdf>

・松村、小原, 大規模レガシーシステムのモダナイゼーション手法, 情報処理学会デジタルプラクティス Vol.11 No.2, 2020, <https://www.ipsj.or.jp/dp/contents/publication/42/S1102-S04.html>

## RESP-D 使いこなせていますか？

RESP-Dをさらに有効活用するため、開発・サポートメンバーが強力に支援します。プログラム機能追加や作業支援など、予算に応じてご提案させていただきます。

- カスタマイズによる業務効率化
- モデル作成、結果整理支援、未経験者の育成支援

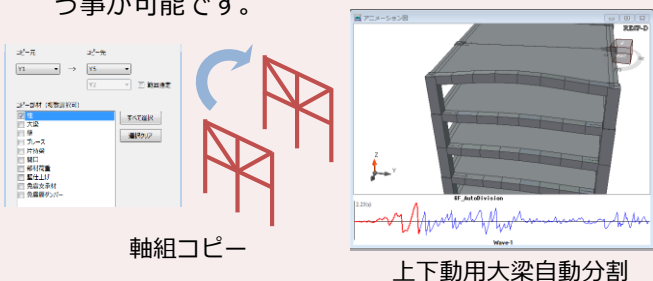


上記QRコードもしくはHPからお問い合わせください。

### カスタマイズ事例

#### 入力機能

現状の機能では入力できないモデル形状への対応やモデル化に非常に手間を要する作業の省力化を行う事が可能です。



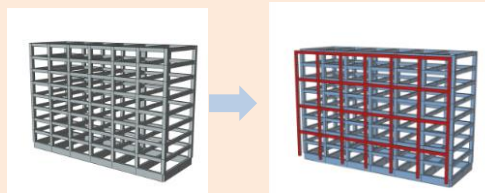
軸組コピー

上下動用大梁自動分割

### 解析支援事例

#### 基本モデルの作成

RESPを熟知したメンバーが基本のモデル入力まで行い、設計作業に集中できるよう支援します。

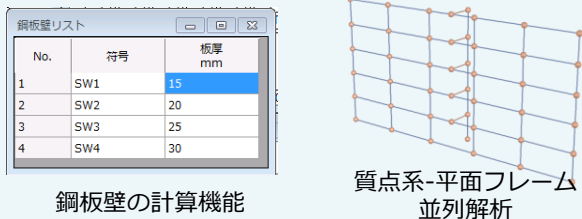


既存建物モデル作成 (KKE)

補強検討・設計 (発注者様)

#### 計算機能

新しいデバイスや従来の一貫構造計算プログラムでは扱われない部材、もしくは解析手法を組み込みます。



鋼板壁の計算機能

質点系-平面フレーム並列解析

#### 出力結果の整理

RESP-Dからの結果を各社様用の計算書フォーマットで整理します。ご要望に応じて、直接出力する機能をRESP-Dに組み込みます。

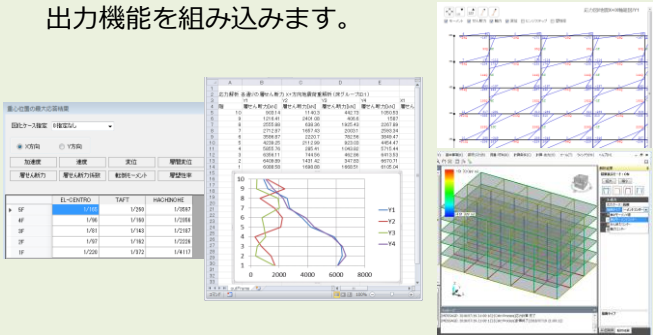
No.	符号	板厚 mm
1	SW1	15
2	SW2	20
3	SW3	25
4	SW4	30

Step	δ x(mm)	Qx(kN)	δ y(mm)	Qy(kN)
53	18.188	30769	0.071512	-1.18E+12
54	20.44993	31139.7	0.075208	-1.16E+12
50	19.1374	27659.9	0.11984	-2.21E+12
52	21.4196	28351.4	0.115977	-2.18E+12
52	22.4568	25384.7	0.066145	-3.59E+12
46	21.2532	21732.1	-0.000012	-2.46E+12

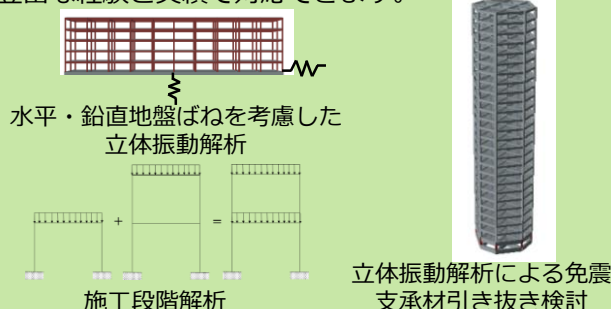
#### 出力機能

各社の出力フォーマットや可視化表現に対応した出力機能を組み込みます。



#### 追加検討の対応

評定で指摘された高度な追加検討もRESPであれば豊富な経験と実績で対応できます。



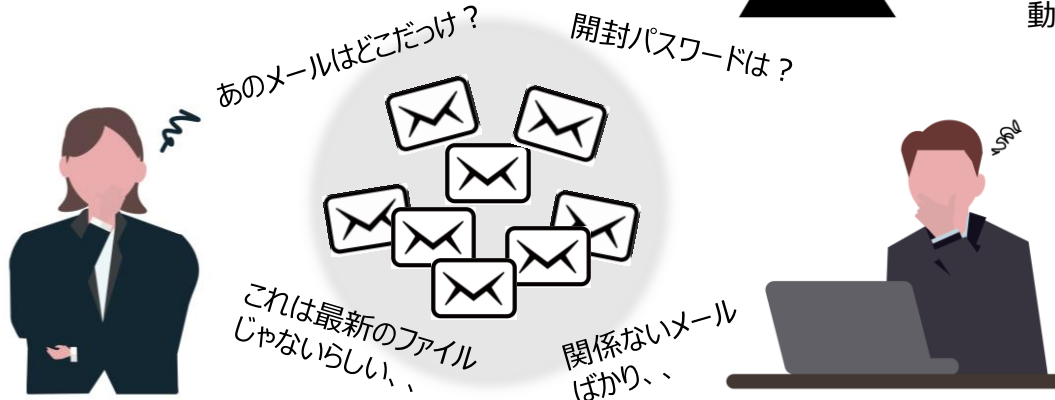
立体振動解析による免震支承材引き抜き検討



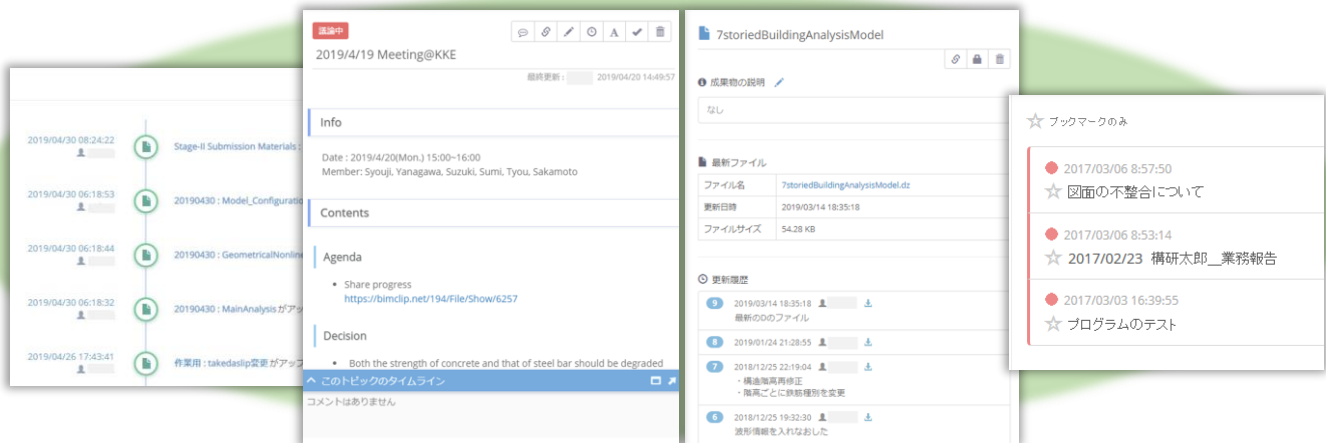


建設業のコミュニケーションをもっとシンプルに。

Webサイトで  
詳細情報、  
動画を公開中。



## メールによるコミュニケーションに限界を感じていませんか？



最新情報が一元化

関係者の招待がスムーズ



ファイルが履歴管理され  
最新版が一目瞭然



必要な情報だけ通知



プロジェクトごとに情報が整理され、  
いつでもどこでもすぐに必要な情報にたどり着けます。



## Kaiseki Portal

「解析ポータル」サイトでは、災害、環境、維持管理、建築、土木の各分野での解析に関する様々な情報やコンサルティングサービス、構造解析、設計用入力地震動作成システム、地震リスク評価、災害時対策、地盤と構造物の動的相互作用、熱・流体解析に関するソフトウェアについてご紹介しています。

本誌のバックナンバー(PDF形式)をダウンロードいただけます。ぜひお立ち寄りください。

<https://kaiseki-kke.jp/activity/>



## From Editors

一冊作る度に「もうネタは尽きた」と思うのに、しばらくすると、むくむくと新しくお伝えしたいことが出てきて、また作り始める。おかげ様で、それを50回繰り返してきました。

例によって51号のイメージは今のところゼロですが、むくむくが途絶えることはないと思います。今後ともよろしく願います。

# 構造計画研究所

KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.

本誌掲載記事ならびに弊社の商品・サービスに関するお問い合わせは下記までお願いいたします。

[kaiseki@kke.co.jp](mailto:kaiseki@kke.co.jp)

(株)構造計画研究所 エンジニアリング営業 1, 2 部

〒164-0011 東京都中野区中央 1-38-1 住友中野坂上ビル 10F

TEL (03) 5342-1136

(株)構造計画研究所 西日本営業部

〒541-0047 大阪市中央区淡路町 3-6-3 御堂筋 MTRビル 5F

TEL (06) 6226-1231

## 解析雑誌 *Journal of Analytical Engineering Vol.50 2023.09*

発行日 2023年9月30日

編集・発行 株式会社構造計画研究所 エンジニアリング営業 2 部  
164-0011 東京都中野区中央 1-38-1 住友中野坂上ビル 10F

お問い合わせ 電話 (03)5342-1136 FAX (03) 3367-1011  
[kaiseki@kke.co.jp](mailto:kaiseki@kke.co.jp)