

# 解析雑誌

Vol.36 2014.9

## Topics

### 【イベント出展報告】

- 第1回「震災対策技術展」大阪 / 第8回オフィス防災 EXPO

### 【ニュース】

- 震災シミュレーションシステムでサプライチェーンの脆弱箇所を特定

### 【取り組み紹介】

- 地震時の事業被害を最小限に食い止めるために
- 設計用入力地震動作成システムバージョンアップのご案内
- 機械学習によるデータ分析を身近なものに  
～機械学習おためしツール「Deborah-デボラ-」のご紹介～

## Technical Reports

- 転てつ機モニタリングデータの活用による異常把握と要因分析に関する研究

Journal of Analytical Engineering

## 今、堀越二郎に思う

(株)構造計画研究所  
営業本部長  
荒木 秀朗

技術者の仕事というものは、芸術家の自由奔放な空想と違って、いつも厳しい現実的な条件や要請がつきまとう。しかし、その枠の中で水準の高い仕事をなしとげるためには、徹底した合理精神とともに、既成の考え方を打ち破ってゆくだけの自由な発想が必要なこともまた事実である。与えられた条件がどうにも動かせないものであるとき、その条件の中であたりまえに考えられることだけを考えていたのでは、できあがるものはみなどんぐりの背比べにすぎないであろう。私が零戦をはじめとする飛行機の設計を通じて肝に銘じたことも、与えられた条件の中で、とうぜん考えられるぎりぎりの成果を、どうやったら一步抜くことができるかということをつねに考えねばならないということだった。

アイデアというものは、その時代の専門知識や傾向を超えた、新しい着想でなくてはならない。そして、その実施は人より早くなければならない。戦果を得るには、時代に即応するのではなく、時代より先に知識を磨くことと、知識に裏付けられた勇気が必要である。

「零戦」その誕生と栄光の記録 堀越二郎より抜粋

昨年、封切られた二作の零戦を題材にした映画「永遠のゼロ」「風立ちぬ」に感化され、零戦を題材にした本を数冊読んだ。ここに上げた堀越二郎氏の本もその中の一つ。他にもエースパイロットと呼ばれた、坂井三郎氏や岩本徹三氏の本なども読んだ。その中でもやはり自分は技術者であるという自負があるためか、堀越二郎氏の本には感動を覚えた。

伝記の中の事実と真実を推し量るのは非常に難しいが、彼は「零戦」という作品を残したことで、何も語らず、その生き様を人々に伝えることが可能であるとも言える。零戦はそれまでの航空機の水準を遙かに超越し、世界トップの製品に仕上げ、欧米の航空機技術者の度肝を抜いた。

何故、それが可能であったのかが、一番知りたいところである。零戦は世界一美しい戦闘機だと呼ばれた。その出発点は、当初より美しい戦闘機が目標にあったわけではなく、誰よりも速く、誰よりも長く、誰よりも華麗に旋回し、世界随一の戦闘力を持った航空機を目指した結果、美しい流線型の機体が誕生したと言われる。究極の技術と厳に克服すべき制限の極限的な到達点に、あのような類い稀な美しい機体が生まれたと推測する。

翻って、自分は今その境地に到達すべく努力をしているだろうか。果たして、堀越二郎氏は「出来ない理由」の弁解に執着したのだろうか？「恵まれていない状況」を逃げ道にしたのだろうか？時代背景や周囲の環境が違っていった時に彼がどのような行動を取ったか、それはわからない。ただ、彼の生き様、困難な状況で彼が取った行動は、零戦という機体がそれを寡黙に表現している。自分自身も一心不乱、猪突猛進、臥薪嘗胆、我が身を忘れて、究極の技術と向き合い、周囲の軋轢を打破し、「本来、こうあるべき」と言う姿を実現する胆力を養っていかなければ・・・、初秋の青い空に横たわる飛行機雲を見ながら漠然と感じた。

## 解析雑誌 Vol.36 2014.9

---

|                 |            |    |
|-----------------|------------|----|
| 巻頭言 『今、堀越二郎に思う』 | 営業本部 荒木 秀朗 | 02 |
|-----------------|------------|----|

---

### Topic 1

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| ● 第1回「震災対策技術展」大阪 出展報告               | 04 |
| 第8回 オフィス防災 EXPO 出展報告                |    |
| KKE VISION 2014 開催のご案内 (2014/10/30) |    |

### Topic 2

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| ● 震災シミュレーションシステムでサプライチェーンの脆弱箇所を特定 | 06 |
| ～BCP 策定や震災時における迅速な初動体制を強力にサポート～   |    |

### Topic 3

|                              |    |
|------------------------------|----|
| ● 地震時の事業被害を最小限に食い止めるために      | 10 |
| ～自社施設の事前対策ポイントと取引先を含めた早期復旧策～ |    |

### Topic 4

|                              |    |
|------------------------------|----|
| ● 設計用入力地震動作成システムバージョンアップのご案内 | 16 |
|------------------------------|----|

### Topic 5

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| ● 機械学習によるデータ分析を身近なものに            | 20 |
| ～機械学習おためしツール「Deborah -デボラ-」のご紹介～ |    |

---

### Technical Report 1

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| ● 転てつ機モニタリングデータの活用による異常把握と要因分析に関する研究 | 22 |
| 矢部 明人、滝 勇太                           |    |

---

### Editor's Note

|                |    |
|----------------|----|
| ● From Editors | 27 |
|----------------|----|



## 第1回「震災対策技術展」大阪 出展報告

## 第8回 オフィス防災EXP0 出展報告

## KKE VISION 2014 開催のご案内 (2014/10/30)

構造計画研究所では、建築、建設分野において蓄積してきた構造解析技術や地震動、津波等の自然災害シミュレーション技術について、様々な業界の方に広く紹介し、交流を促進することを目的に、展示会への出展を積極的に行っています。

### ■出展内容

#### ● 災害対策ソリューション

- BCP（事業継続計画）策定のための災害リスク評価コンサルティング
- 構造物、設備機器、家具・什器の耐震対策
- 大規模地震、地盤液状化、津波、洪水、土石流など解析技術を用いた災害評価
- 津波・河川氾濫 避難シミュレーション

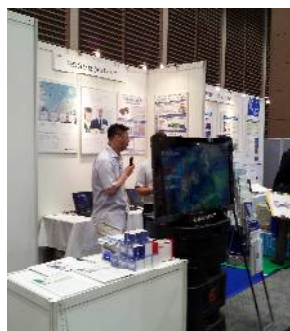
### ■出展のご報告

#### 第1回「震災対策技術展」大阪

|      |                                        |
|------|----------------------------------------|
| 会 期  | 2014年6月17日(火)～18日(水)                   |
| 会 場  | コングレコンベンションセンター                        |
| 主 催  | 「震災対策技術展」大阪 実行委員会                      |
| セミナー | 対策の合意形成を促す地震リスク評価<br>防災ソリューション部長 坪田 正紀 |

#### 第8回 オフィス防災EXP0

|      |                                               |
|------|-----------------------------------------------|
| 会 期  | 2014年7月16日(水)～18日(金)                          |
| 会 場  | 東京ビッグサイト                                      |
| 主 催  | リード エグジビジョン ジャパン株式会社                          |
| セミナー | 総務部から見たBCP作成の課題 ～被害を知れば、対策が見えてくる～<br>総務部長 杉本彰 |



震災対策技術展大阪 展示ブース風景



オフィス防災EXP0 セミナー風景

### ■開催のご案内

#### KKE VISION 2014

|           |                                                   |
|-----------|---------------------------------------------------|
| 会 期       | 2014年10月30日(木)                                    |
| 会 場       | 虎の門ヒルズフォーラム                                       |
| 主 催       | 株式会社 構造計画研究所                                      |
| 講演テーマ(予定) | インフラ維持管理・交通自動化・データ活用×防災・新素材活用×構造・3Dデータ活用・デンバー起業動向 |

※招待状をご希望の方は、本誌裏面の「お問い合わせ先」までご連絡ください。



# 自然災害 + KKE

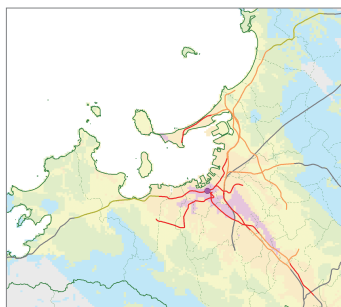


## 災害リスクマネジメントソリューション

災害リスクマネジメントソリューションは、施設の新規計画、リロケーション、BCP 策定等を効率的にサポートするものです。多様な自然災害を一覧で比較できるほか、地震 PML も同時に評価可能です。専門知識を分かり易く図表で解説し、意思決定プロセスを円滑に進めるお手伝いをします。

- 災害シナリオの特定と共有
- 地震保険契約の検討
- 施設の耐震性の第三者評価
- トータルコストの削減

周辺で発生する可能性のある震源と、発生した場合の地域・建物・収容物の揺れ・被害程度を評価します。交通等ライフラインについても、情報をご提供します。

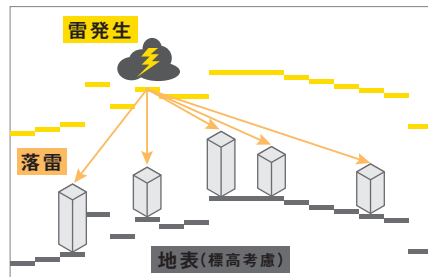


予想運休日数  
— 30日以上  
— 15~30日  
— 5~15日  
— 3~5日  
— 1~3日  
— 1日以下  
— なし

震度7  
震度6強  
震度6弱  
震度5強  
震度5弱  
震度1~4

震度分布・公共交通の被害予測例

過去の落雷状況を分析し、モンテカルロシミュレーションにより対象施設の直撃雷・誘導雷・瞬時電圧低下の可能性を検討します。



より強固な

## 防災対策・事業継続計画

(BCP)

への発展をサポートします。

地震

落雷

浸水

台風

| 想定シナリオ名          | 地震規模 | 今後30年の発生確率 | 再現期間(年) | 分析結果   |          |          |          |          |
|------------------|------|------------|---------|--------|----------|----------|----------|----------|
|                  |      |            |         | 本社     | A 支社     | B 支社     | C 支社     |          |
| 想定東海地震           | 8.0  | 87.31      | 20      | 想定震度   | 6+       | 6+       | 6+       | 6+       |
|                  |      |            |         | 建物被害   | 軽微       | 軽微       | 小破       | 軽微       |
|                  |      |            |         | 復旧日数   | 0-1      | 0-1      | 2-5      | 1-5      |
|                  |      |            |         | 電気     | 0-1      | 0-1      | 0-1      | 0-1      |
|                  |      |            |         | ガス     | 0-0      | 0-0      | 0-0      | 0-0      |
|                  |      |            |         | 水道     | 0-0      | 0-0      | 0-0      | 0-0      |
| 大正型関東地震          | 7.9  | 0.15       | 20,000  | 交通     | 0.5-5    | 0.5-7    | 0.5-7    | 0.5-7    |
|                  |      |            |         | 想定震度   | 6+       | 6+       | 6+       | 6+       |
|                  |      |            |         | 建物被害   | 中破       | 中破       | 大破       | 中破       |
|                  |      |            |         | 復旧日数   | 2-10     | 2-10     | 10-60    | 10-40    |
|                  |      |            |         | 電気     | 2-3      | 2-3      | 3-4      | 3-4      |
|                  |      |            |         | ガス     | 40-60    | 50-70    | 50-70    | 50-70    |
| 内水氾濫             | ---  | 10.0       | 約300    | 水道     | 20-35    | 25-35    | 25-35    | 25-40    |
|                  |      |            |         | 交通     | 0.5-20   | 0.5-25   | 0.5-25   | 0.5-20   |
|                  |      |            |         | 想定浸水深  | 無し       | 1.0-2.0m | 0.0-0.5m |          |
|                  |      |            |         | 復旧日数   |          | ---      | ---      |          |
|                  |      |            |         | 電気     |          |          |          |          |
|                  |      |            |         | ガス     |          | 1-5      | 0.5-1    |          |
| 台風シナリオ 99パーセントイル | ---  | 26%        | 100     | 水道     |          | 1-2      | 0-0.5    |          |
|                  |      |            |         | 交通     |          |          |          |          |
|                  |      |            |         | 想定最大風速 | 28.7cm/s | 30.6cm/s | 29.4cm/s | 38.3cm/s |
|                  |      |            |         | 復旧日数   | ほぼ無し     | 0-1      | ほぼ無し     | 0.5-1    |
|                  |      |            |         | 電気     |          |          |          |          |
|                  |      |            |         | ガス     | 0.5-1.0  | 0-0.5    | 0-0.5    | 0-0.5    |
| 落雷シナリオ 誘導雷       | ---  | ---        | 100     | 水道     |          |          |          |          |
|                  |      |            |         | 交通     |          |          |          |          |
|                  |      |            |         | 年間発生確率 | 90年      | 40年      | 160年     | 220年     |
|                  |      |            |         | 復旧日数   | 0-7      | 2-10     | 0-5      | 0-7      |
|                  |      |            |         | 電気     |          |          |          |          |
|                  |      |            |         | ガス     | 0.5-1.0  | 0-0.5    | 0-0.5    | 0-0.5    |

周辺地盤の標高との比較例

過去の台風経路の表示例

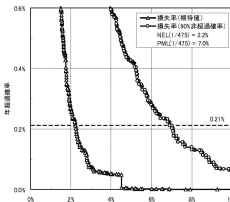
河川・内水氾濫・高潮・津波によるリスクを分析します。

過去の台風記録を分析。施設の台風被害の可能性のほか、交通等ライフラインについても、情報をご提供します。

### 地震 PML 評価 (予想最大損失率)

不動産売買・証券化や、データセンターのファシリティスタンダードとして活用されています。既存や計画中の施設の地震 PML のほか、複数建物群を対象としたポートフォリオ地震 PML も評価可能です。

| No. | シナリオ地震           | PT  | 震害規模  | 内水氾濫   | 高潮       | 津波       | 最大損失率 |
|-----|------------------|-----|-------|--------|----------|----------|-------|
| 1   | 想定東海地震           | 8.0 | 87.31 | 20     | 28.7cm/s | 30.6cm/s | 0.152 |
| 2   | 大正型関東地震          | 7.9 | 0.15  | 20,000 | 29.4cm/s | 38.3cm/s | 0.285 |
| 3   | 内水氾濫             | --- | 10.0  | 約300   | ---      | ---      | 0.285 |
| 4   | 台風シナリオ 99パーセントイル | --- | 26%   | 100    | ---      | ---      | 0.285 |
| 5   | 落雷シナリオ 誘導雷       | --- | ---   | 100    | ---      | ---      | 0.285 |
| 6   | 想定東海地震           | 8.0 | 87.31 | 20     | 28.7cm/s | 30.6cm/s | 0.152 |
| 7   | 大正型関東地震          | 7.9 | 0.15  | 20,000 | 29.4cm/s | 38.3cm/s | 0.285 |
| 8   | 内水氾濫             | --- | 10.0  | 約300   | ---      | ---      | 0.285 |
| 9   | 台風シナリオ 99パーセントイル | --- | 26%   | 100    | ---      | ---      | 0.285 |
| 10  | 落雷シナリオ 誘導雷       | --- | ---   | 100    | ---      | ---      | 0.285 |
| 11  | 想定東海地震           | 8.0 | 87.31 | 20     | 28.7cm/s | 30.6cm/s | 0.152 |
| 12  | 大正型関東地震          | 7.9 | 0.15  | 20,000 | 29.4cm/s | 38.3cm/s | 0.285 |
| 13  | 内水氾濫             | --- | 10.0  | 約300   | ---      | ---      | 0.285 |
| 14  | 台風シナリオ 99パーセントイル | --- | 26%   | 100    | ---      | ---      | 0.285 |
| 15  | 落雷シナリオ 誘導雷       | --- | ---   | 100    | ---      | ---      | 0.285 |
| 16  | 想定東海地震           | 8.0 | 87.31 | 20     | 28.7cm/s | 30.6cm/s | 0.152 |
| 17  | 大正型関東地震          | 7.9 | 0.15  | 20,000 | 29.4cm/s | 38.3cm/s | 0.285 |
| 18  | 内水氾濫             | --- | 10.0  | 約300   | ---      | ---      | 0.285 |
| 19  | 台風シナリオ 99パーセントイル | --- | 26%   | 100    | ---      | ---      | 0.285 |
| 20  | 落雷シナリオ 誘導雷       | --- | ---   | 100    | ---      | ---      | 0.285 |
| 21  | 想定東海地震           | 8.0 | 87.31 | 20     | 28.7cm/s | 30.6cm/s | 0.152 |
| 22  | 大正型関東地震          | 7.9 | 0.15  | 20,000 | 29.4cm/s | 38.3cm/s | 0.285 |
| 23  | 内水氾濫             | --- | 10.0  | 約300   | ---      | ---      | 0.285 |
| 24  | 台風シナリオ 99パーセントイル | --- | 26%   | 100    | ---      | ---      | 0.285 |
| 25  | 落雷シナリオ 誘導雷       | --- | ---   | 100    | ---      | ---      | 0.285 |



英文でのレポート作成も承ります。ご予算・目的に合わせて、評価方法・内容をご提案させていただきます。お気軽にお申し付けください。

## 震災シミュレーションシステムでサプライチェーンの脆弱箇所を特定 ～ BCP策定や震災時における迅速な初動体制を強力にサポート ～

株式会社構造計画研究所（本社：東京都中野区、代表取締役社長 CEO：服部正太）は、震災時における適切なBCP（事業継続計画）の策定および迅速な初動体制の構築を支援する震災シミュレーションシステム（以下、本システム）を開発しました。本システムでは、地震学や地震工学に基づく科学的な知見をふまえて、地震発生前から地震発生直後を通して自拠点・サプライチェーンの地震被害状況を推定することができ、適切なBCPの策定や地震リスクの軽減に効果的な事前対策の検討、および適切な初動体制の意思決定を強くサポートします。

また、2014年7月上旬より本システムを活用したコンサルティングサービス、システム開発サービスを開始いたしました。

### ■背景と目的

2011年の東日本大震災後、企業防災の取組みとして、社員の人命や安全確保だけでなく、事業停止リスクを最小限にするための対策を講じることの重要性が再認識されました。事業停止リスクを減らすためには、自拠点の地震に対する備えだけでなく、サプライチェーン（以下 SC）全体の強靱性を確保することが非常に重要になります。

本システムは、各社の SC の強靱性を高めるためには、①適切な被害想定に基づいた BCP が立てられているか、②事業停止リスクを軽減するための事前対策や地震発生直後の初動体制の準備ができているかが重要になるとの観点から、特にこの2点に着目して開発されました。

### ■本システムの特徴

#### 1. 様々な地震シナリオによる検討

適切なBCPの策定、効果的なリスク軽減策の検討では、様々な地震シナリオに対して、自拠点・SCのどこにどのような被害が起こるかを事前に検討しておくことが重要です。本システムは内閣府中央防災会議が公表している、切迫性の高い地震、社会に大きな影響を与える地震の全てのシナリオ（注1）だけでなく、国内の主要な活断層についても想定シナリオとして収録しており、ユーザは手軽にシナリオを変えた検討が行え、対策の網羅度を高められます。

#### 2. 初動体制の支援

震災発生時は突発的かつ広域に同時に発生した事態について、被害状況の把握から実施すべき対応の決定・優先順位付けをその時の状況に応じて柔軟に行っていくことが迫られます。本システムは地震発生後に準リアルタイムで公開される地震観測情報を収集し、その揺れの大きさを踏まえて自拠点・SCのどこにどのような被害が起きているかを迅速に推定し、初動体制を支援します。

### ■本システムを活用したサービス

#### 【コンサルティングサービス】

本システムのシミュレーション結果を活用して、以下の評価に基づくBCP策定支援コンサルティングサービスを提供します。

- 自拠点・サプライヤにおける被害状況評価（揺れ、液状化、建物被害、津波浸水（注2））
- サプライチェーンの強靱性評価
- BCP上、効果的な自拠点候補地の選定支援

## 【システム開発サービス】

本システムをプラットフォームとした、自社オリジナルの被害想定システムの開発を行います。開発にあたっては、構成する機能モジュール（被害推定ソルバ）を業務特性にあわせてカスタマイズしたものをご提供いたします。

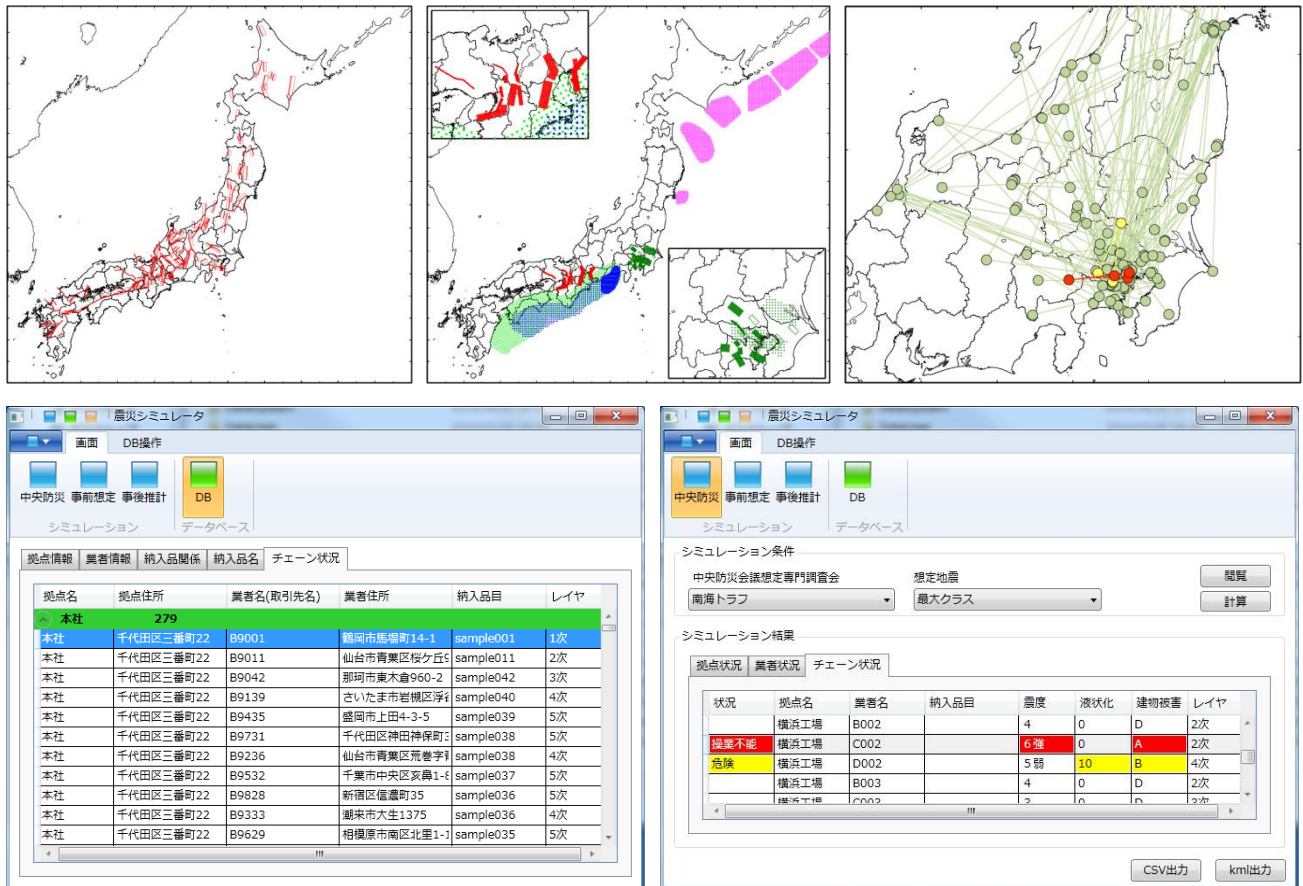


図 1. 震災シミュレーションシステム画面イメージ

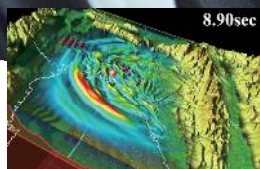
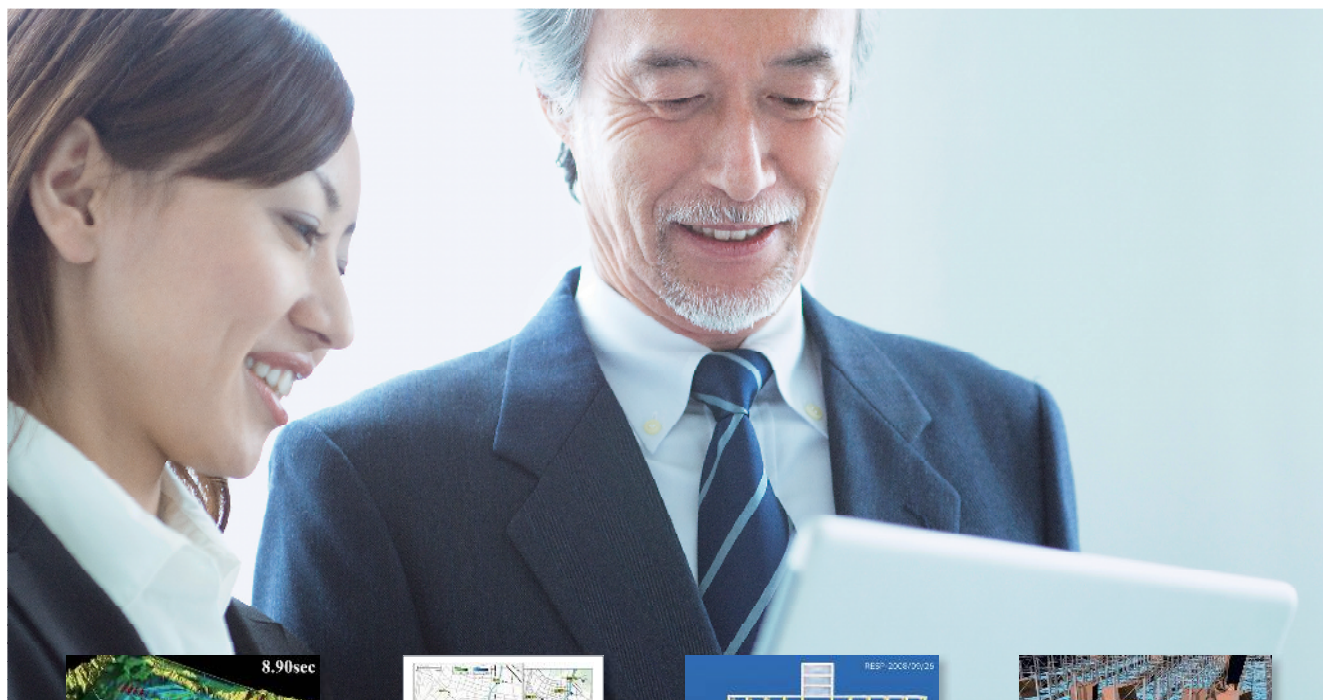
- (注1) 内閣府 中央防災会議公表の想定シナリオについて：<http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/>  
 (注2) 津波浸水に関する被害状況評価の機能については、次期バージョン（年内リリース予定）で実装する予定です。



これからは、災害対策のために

# 『シミュレーション』を 使いこなす時代です。

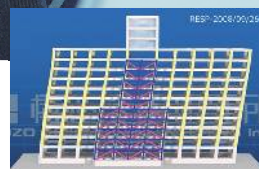
いま、BCP・防災計画における“合意形成ツール”としてご依頼いただくケースが増えています。



地震動シミュレーション



津波避難シミュレーション



地震対策の評価シミュレーション



自動倉庫 荷物の落下シミュレーション

## 把握できる、対策できる、説明できる。

発災時の被害量を知ることが災害対策の第一歩です。シミュレーションをおこなうことにより、Is値(耐震指標)では分からない具体的な被害量を把握できます。

建物の被害はどの程度？

Is値では分からない被害を把握

効果的な対策をたてるためには、シミュレーションは必須です。また、一度たてた対策の妥当性を調べるためにもご利用いただけ、無駄なコストも抑えられます。

BCP策定のため

対策の妥当性が分かる

シミュレーションをおこなうことで、被害が定量的に分かります。具体的かつ説得力あるデータを得られるので、関係者との合意形成にお役立ていただけます。

ステークホルダーへの説明

地域住民への説明

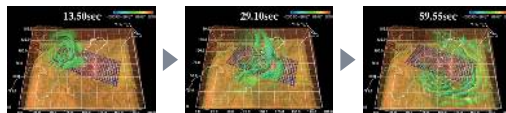
## 防災計画の 基本方針を たてたい。

しっかりした根拠にもとづいた  
計画をたてるのが大切です。

### 地震動・津波のシミュレーション

対象：国・都道府県

地震動シミュレーション



津波シミュレーション



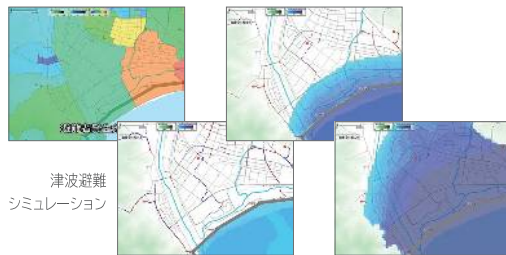
防災計画では、被害状況を把握することが重要です。大規模地震が発生した時、どのように地震が伝播し、震度がいくつになるのか？ また、津波はどのように遡上し、何メートルの浸水になるのか？ など、自然現象をシミュレーションし、被害地域の広がりを推定します。

## 避難計画の 妥当性を検証し、 説明したい。

シミュレーションがあれば、  
分かりやすく説明できます。

### 人や車の避難シミュレーション

対象：地方自治体



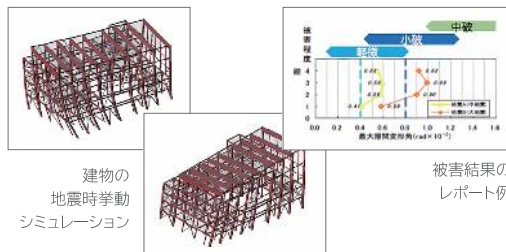
漠然とした避難計画では、住民にとって分かりづらく、その効果もあやしいのではないのでしょうか。津波や火災では、人の避難行動で被害が大きく変わります。シミュレーションなら、住民にも分かりやすいので、防災意識を高める啓蒙ツールとしても最適です。

## 建物補強の 効果を 知りたい。

本当に効果があるのか？  
巨額の投資を無駄にしないために。

### 建物の地震被害シミュレーション

対象：民間企業など



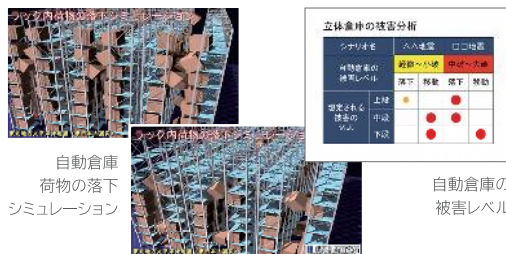
地震に備え、建物の補強工事をする場合、それがどの程度の効果があるのか投資に対する説明が必要です。立地地盤の状況や構造種別、建物の固有周期といった複数の要因を考慮することで初めて、詳しい被害状況が分かります。

## 重要設備に 有効な対策を 打ちたい。

重要設備に被害があると、  
事業は止まります。

### 設備の地震被害シミュレーション

対象：民間企業など



事業継続のためには、建物内の重要施設の被害想定が必要です。また、詳しい被害が分からなければ有効な対策が打てません。『構造計画研究所』では、長年の経験とノウハウにより、ラックや架台などの特殊な設備の被害まで、シミュレーションすることができます。

その他にも様々なシミュレーションが可能です。お気軽にお問い合わせください。

## 地震時の事業被害を最小限に食い止めるために ～自社施設の事前対策ポイントと取引先を含めた早期復旧策～

東北地方太平洋沖地震では、地震による建物倒壊で人命に関わる大きな被害を受けることがなかったものの、事前対策が不十分であったり機能しなかったりしたことで、事業の長期停止に追い込まれたケースが多く、企業で見られ、BCPの策定や事前対策の再検討が求められるようになりました。

今後も南海トラフ地震や首都直下地震など大きな地震の発生が危惧される中、発災時に「想定外」に陥らないように、起こり得る状況を想定してリスクを計り、自らの「限界」を知り、リスクの軽減・回避などの備えを検討しておく必要があります。万一の災害においても従業員の生命を守り、致命的な事業の中断を回避できる災害に強い現場にするための、事前の備えは十分でしょうか？地震被害を最小限に食い止めるために「何をどのように考えていくべきか」を、人命確保、事業継続の観点でご紹介します。

### ■従業員の命を守るにはどの施設にどの程度の対策が適切か？

図1に示す通り建物の耐震性能には歴史があり、古い自社施設を持つ企業においては、BCPの一環として耐震診断を実施することが一般的です。耐震診断とは旧建築基準法に基づき建てられた建物が、現行の「新耐震設計法」と同程度の耐震性を確保しているかを診断するもので、図面確認や実地調査を行い、柱・梁・壁等の形状、材料などから地震に対すると強さを把握し、建物の耐震性を調べます。耐震診断では構造耐震性指標：Is値を計算し、Is値が大きければ大きいほど耐震性が高いと判断されます。耐震改修促進法等では

Is値の判断基準を0.6以上としており、それ以下の建物については耐震補強の必要性があると判断されます。

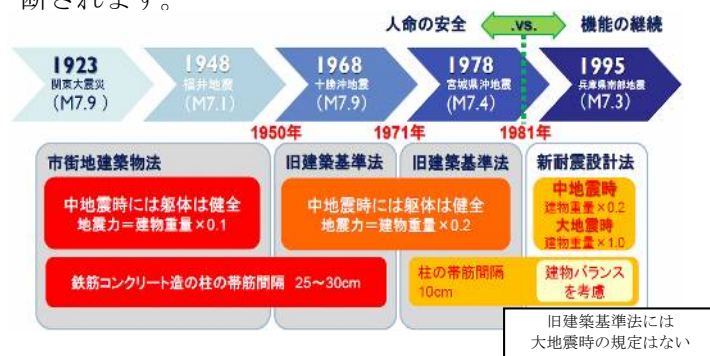


図1 建物の耐震性能の歴史

### ・Is値が0.6あれば本当に問題ないのでしょうか？

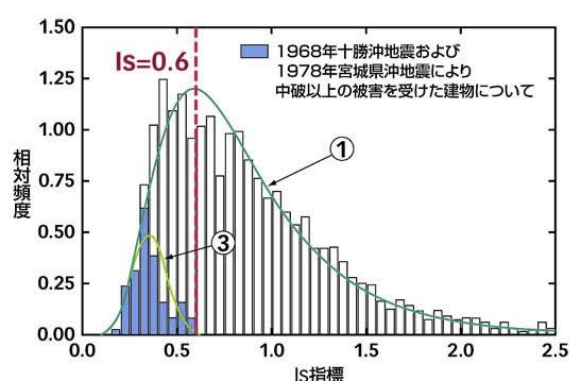


図2 地震被害を受けた鉄筋コンクリート造建物のIs値（2次診断）分布

図2に示す通り、十勝沖地震や宮城県沖地震で、Is値0.6以上の鉄筋コンクリート造建物で甚大な被害を受けたケースは見られていません。

しなしながらIs値 $\geq 0.6$ であっても「安全である」と明言されているわけではなく、過去の震災の例から「倒壊の危険性は少ないだろう」と判断されているのみです。また鉄骨造においてはIs値と被害の関係に不明確な部分が多いのが現実です。つまり本来はIs値のみの判断ではなく、「どの程度の地震に対して」「どのような地盤条件で」などの状況を総合的に評価しない限り建物が安全であるかは語りにくいのです。

### ・人命確保のために確認すべきことは？

上述の通り、Is値を満足しているかどうかだけではなく、当該敷地において危険度が高い地震が起こ



った時に対象施設が倒壊するような被害状況にならないか？ということを確認することで、人命確保の観点で本質的に安全であるかを検討し、事前対策に生かすべきです。

この検討の際には、報道で注目されている南海トラフ地震だけでなく、兵庫県南部地震のような直下型地震による危険性も見逃してはいけません。また、揺れの大きさは断層が近いだけでなく、地盤の硬さも影響します。対象施設周辺で注目すべき地震の検討重要度（発生確率）と発生時の影響度（震度・被害レベル）を押さえておく必要があります。

### ・見落としなく事前対策を実施するために

地震被害の大きさに影響を与える注目すべき要素はここまで述べてきた内容をまとめると、下記3つです。

1. 地震（断層）の規模、位置
2. 地盤の揺れやすさ
3. 施設の耐震性能

各要素の関係性は図3、4に示す通りですが、東北地方太平洋沖地震における極端な局所的被害の影には地盤の悪さが影響していたように、2については比較の見落とされがちでした。Is値による判断だけでは考

慮できない、対象立地における地震環境、地盤の特性といった要素を含めた判断材料を弊社ではご提供しています。見落としのない事前対策実施のために、これらの活用をお勧めします。

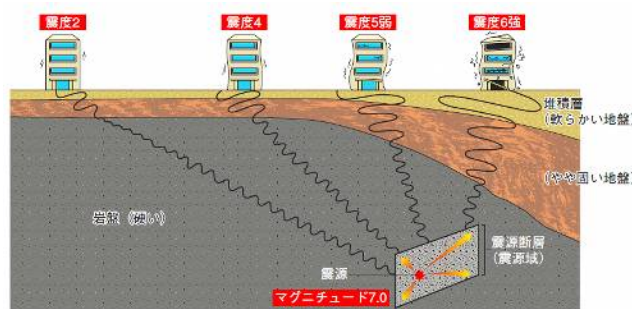


図3 地盤と揺れの強さの関係

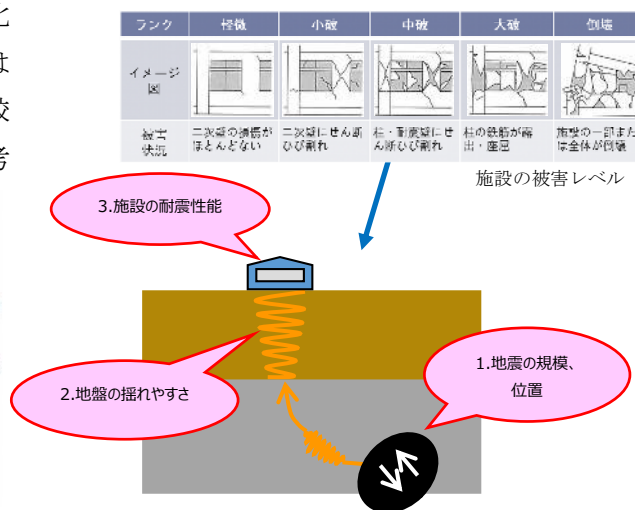


図4 地震被害の大きさに影響を与える3つの要素

### ■事業被害を最小限に食い止めるにはどのような対策が適切か？

内閣府の「企業の事業継続の取組に関する実態調査（平成24年3月）」によると、東北地方太平洋沖地震において重要な業務が停止した理由およびその対策は図5に色分けして示すように大きく分けて3つのタイプが存在します。

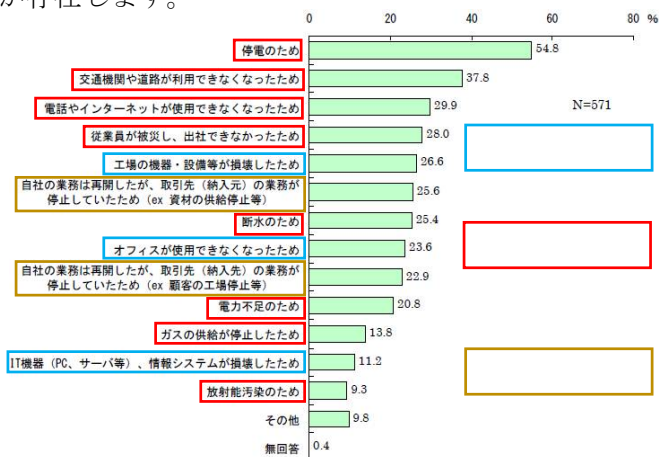


図5 東北地方太平洋沖地震における業務停止理由調査結果

- ① 建物の耐震化・免震化、設備の固定など事前の備えが必要である
- ② 大規模災害時は「早期復旧戦略」が機能しないことから「代替戦略」がより必要不可欠なものになる
- ③ 被災地だけでなくそれ以外の地域でもサプライチェーンについて大きな影響が出ている

### ・建物の耐震化・免震化、設備の固定など事前の備え

図5における3タイプのうち、①に該当する事業継続を阻む建物・設備の被害例を図7にまとめます。これらの被害を防ぐためには、対象建物の各フロアがどれくらい揺れるかをシミュレーションにより把握し(図6)、どこに対策を行う必要があるのか?どの程度の対策を行えば無駄がないのか?ということの評価し、効果的に実践する必要があります。想定される被害を具体化することで、軽減策の意思決定を促します。

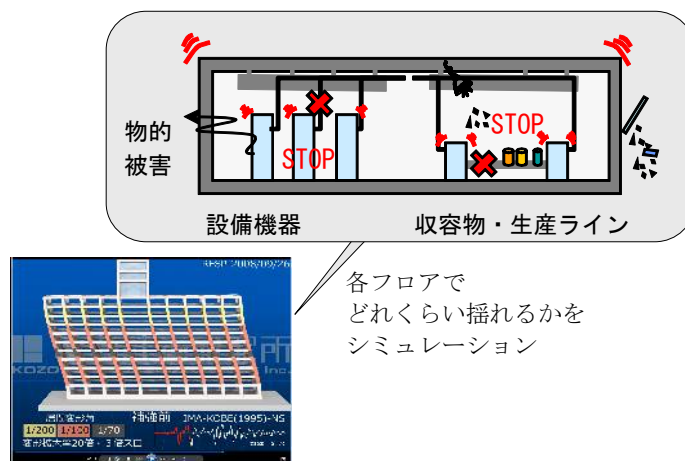


図6 フロア内の被害検討イメージ



図7 地震時に事業の継続を阻む被害例

### ・サプライチェーンにおける影響

東北地方太平洋沖地震で重要な業務が停止した理由として、図5の③のように、「自社の被災」と同じ程度の割合で「取引先の業務停止」が挙げられています。自社の対策が万全であっても、取引先の業務が停止していると業務再開できない場合があるため、取引先を含めた対策が求められます。しかし現状は、災害時のサプライチェーンとの連携体制は万全ではなく、経団連が実施したアンケートによると連携体制構築済と回答した企業は全体の2割にとどまっています。

弊社にお問い合わせいただくお客様の中にも下記のような声があります。

- ・災害時に、自社の階層化された取引先がどうになってしまうのか。どのあたりに脆弱点があるのかを検討し、取引先への対策優先度・代替案の検討・見直しを行いたい。

- ・東北地方太平洋沖地震発生時には取引先の状況を把握するのに人海戦術で非常に苦労した。南海トラフの巨大地震のような大災害に見舞われると、広域に被害が発生することによる混乱が予想される。経営判断を支援するために、発災直後の被災情報の収集を先手を打って効率的に進める準備をしておきたい。

- ・納入先から災害リスクに対して、どのような対応をしているのか確認を求められている。

こういった課題を解決するため、本誌掲載のニュースリリース記事（P. 6, 7）でご紹介した震災シミュレーションシステムを活用し、事前の対策優先度・代替案の検討と、発災後のスムーズな意思決定をサポートします。

## ■おわりに

「従業員の命を守る」「事業被害を最小限に食い止める」には“想定外”を克服するために、現状のリスクを計り、そのリスクを軽減または転嫁・回避するための具体策を検討することが必要です。そのために弊社では地震被害に影響を与える要素を盛り込んだリスクの評価を行い、被害状況をわかりやすくイメージしていただくことに努め、被害を軽減するための対策の検討や潜在リスクの発見、意思決定を促します。

また、事業被害を考える場合には、自社施設の対策だけでは不十分です。サプライヤも含めた対策を考えていく必要があり、弊社が提案する震災シミュレーションシステムを用いることで、地震発生前だけでなく、地震発生後の意思決定にもご活用いただけます。



## 津波シミュレータ

# TSUNAMI-K

## 津波波高・遡上計算プログラム

### 津波による浸水や被害を 事前に予測することができます

地震発生頻度の高い日本は、周囲を海洋に囲まれており、津波発生の確率も高い状況にあります。東北地方太平洋沖地震では津波による甚大な被害が発生しました。今後発生すると予想される、東海、東南海、南海地震でも津波の発生が予想されており、海岸付近での防災対策が必要です。

(株)構造計画研究所では、従来から蓄積してきました建築計画・構造設計や流体問題の解析技術を基に、津波シミュレータ「TSUNAMI-K」を使った津波解析コンサルティングサービスを実施しております。

### TSUNAMI-K

3の特徴



特徴

1

### 簡単操作

簡易な操作で  
津波シミュレーション  
が可能です。

特徴

2

### 編集自由

建物や地形の詳細な  
データの追加・修正などの  
編集が可能です。

特徴

3

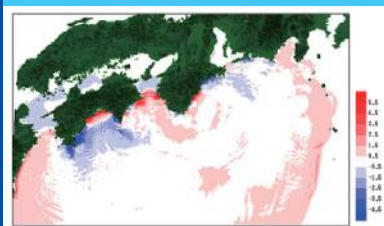
### 出力多彩

アニメーション等の  
多彩な結果出力に  
対応可能です。

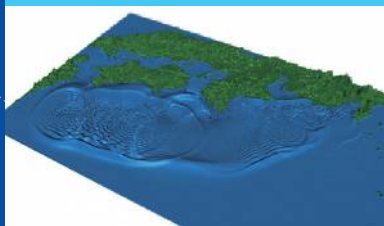
## 2D・3Dアニメーション表示だから解析結果が一目瞭然

今まで津波・遡上解析を行う場合は、専門的な知識を要求される3つのプログラムを実行する事が必要でした。TSUNAMI-Kは地形・建物の作成、波源の設定、津波・遡上計算、結果の表示を1つのプログラムで、誰でも簡単に実行できます。津波・遡上計算機能は最新の知見を導入しており、高度な解析機能を有します。また、最大波高などの分布図や、時刻ごとの水位・流速等の表示や出力、アニメーション作成機能を持っています。様々な範囲での津波・遡上評価にご利用下さい。

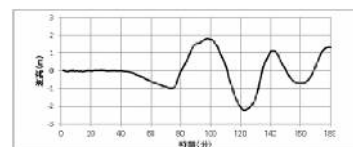
2D アニメーション



3D アニメーション



時刻歴波形グラフ



# RESP-D

時刻歴応答解析による設計を支援する統合構造計算プログラム

RESP SERIES

Program Package for Seismic Study of Building

## □ 概要

RESP-Dは許容応力度設計から質点系振動解析、立体振動解析までをシームレスで行う新世代の構造計算プログラムです。RESPシリーズが取り組んできた超高層建築、免震構造、制振構造に対して、数々の新しいアイデアを盛り込むことで、より高度で質の高い構造計算やプレゼンテーションをサポートします。

## □ プログラムの特長

1. 許容応力度計算、荷重増分解析、振動解析まで一連処理可能です。
2. 立体振動解析・質点系振動解析が選択可能です。
3. 超高層、免震、制振構造に対しスピーディに振動アニメーションを作成可能です。



## セミナー定期開催!

- RESP-D入門セミナー
- 振動解析体験セミナー
- 制振検討入門セミナー
- 免震検討体験セミナー

### 振動解析体験セミナー内容(例)

- 振動解析基礎講座
- 耐震RCモデル作成
- 免震RCモデルの作成
- 制振Sモデルの作成 等



開催決定

10/03 免震検討体験セミナー  
11/13 免震検討体験セミナー (中級編)  
12/08 RESP-D入門セミナー  
詳細はHPまで: <http://www4.kke.co.jp/resp/>

質点系解析

制震部材検討

粘性ダンパーも使用可能

### 免震設計機能

- 柱頭免震
- 中間層免震
- ロングスパン大梁の上下動検討
- 特性変動考慮
- 免震層のねじれ考慮

### 近日対応予定機能

#### RC積算機能がグレードUP!!

コンクリートに加え、鉄筋と型枠の数量拾いに対応。

# STAN

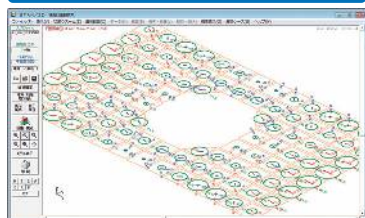
## 3次元任意形状フレーム構造解析ソフトウェア

## □ 概要

3次元任意形状フレームモデルの静的・弾性応力解析を簡単かつスピーディに実行。

5000節点、18000要素までのモデルを扱えます。形状に関する制限は一切なく、不安定でない限りどんな形状のフレームモデルでも応力解析を実行します。

### 平面応力要素の主応力図



不定形の構造物、プラント構造物、工作物の解析に威力を発揮します。

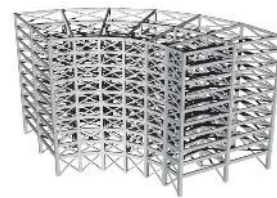
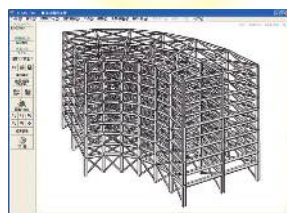
太陽光発電システムの架台、テントのフレーム、収納ラック、広告塔、立体駐車場、通信・送電 鉄塔、軸組構法、プラント構造物 全般、全ての「フレームの応力解析」に!

### Ver.11 リリース予定!!

Windows8.1(32bit,64bit)対応

木造を想定した数量集計機能の強化!!  
分割を自動マージしての集計。

CGソフト用形状ファイルの出力 !!  
Obj形式ファイルの出力機能を付加。



※ 市販ソフトでのレンダリング例



キャンペーンのご案内!!

今ならアップグレードが  
お得

眠っているライセンスをお調べします!  
まとめてWeb認証版にして有効活用しませんか。

## 設計用入力地震動作成システムバージョンアップのご案内

(株)構造計画研究所  
防災ソリューション部 村田 諒平

### ■はじめに

弊社の設計用入力地震動作成システムは、1997年に販売を開始して以来、建築・土木分野のお客様を中心に多くのお客様にご利用いただいております。

販売開始後、世の中の動向・各種基準の改定やお客様のご要望等を反映し、構成プログラムの追加やバージョンアップを行って参りました。これまでの販売版であるバージョン6.1は、SeleS for Windowsのみ先行して2011年12月にリリース、続いてARTEQ for Windows、k-SHAKE+ for Windows、k-WAVE for Windowsは2013年8月にリリースしております。

この度、近年の動向等を反映した小規模な改良を行い、2014年8月末にバージョンアップ版をリリースする運びとなりました。本稿では、各プログラムの改良項目等を紹介いたします。

### ■各プログラムの主なバージョンアップ内容

#### ➤ 各プログラム共通事項

SeleS for Windows Ver.7.0、k-SHAKE for Windows Ver.6.2、k-WAVE for Windows Ver.6.2から、各構成プログラムがWindows 8の64bit版に対応しました。(※)

#### ➤ SeleS for Windows Ver.7.0

下記の機能追加およびデータベースの更新を行いました。

- ・ 深部地盤の伝達関数図を見ながら、地盤物性の検討や登録ができるようになりました。
- ・ 地図上でクリックした2点間の距離を測ることができる簡易距離計算ツールが利用できるようになりました。
- ・ 地図上にスケールバーが表示できるようになりました。
- ・ 独立行政法人防災科学技術研究所の地震ハザードステーション (J-SHIS) の2013年版の断層モデルデータ (2013年末に公開) を断層モデルデータベースに反映しました。
- ・ 被害地震データベースに2014年6月末時点までの被害地震を追加しました。

#### ➤ k-SHAKE+ for Windows Ver.6.2

- ・ 非線形特性のパラメータ設定の支援機能を追加しました。

#### ➤ k-WAVE for Windows Ver.6.2

- ・ 計測震度および震度階級を計算する機能を追加しました。

#### (※)Windows 8 の 64bit 版対応について

- ・ 32bit 互換モードでの動作となります。
- ・ 今回バージョンアップを行っていない ARTEQ for Windows Ver.6.1、ARTEQ-LP for Windows Ver.1.0 につきましても、Windows 8 の 64bit 版での動作確認を行っております。



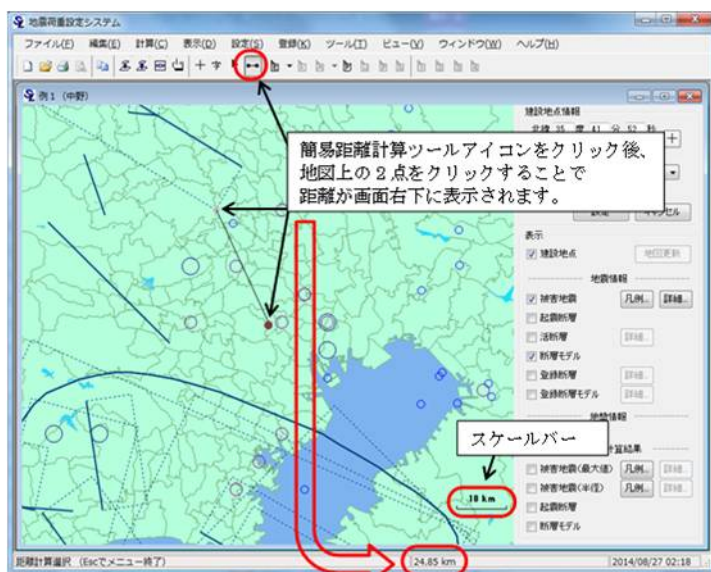


図1 SeleS 改良画面(距離計算、スケールバー)

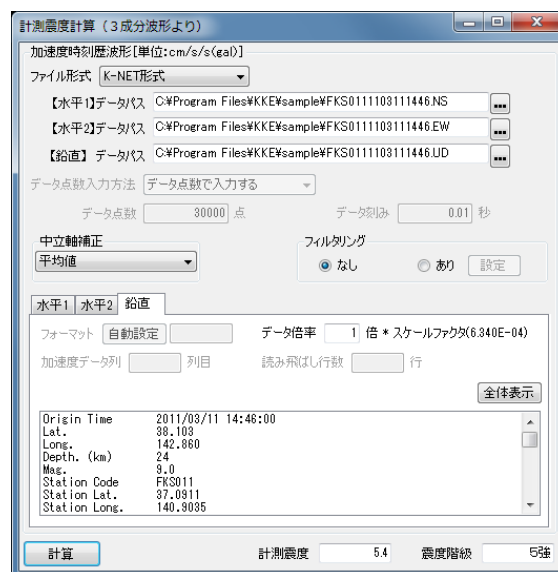


図2 k-WAVE 追加画面(計測震度計算)

## ■バージョンアップ版のご提供について

この度のバージョンアップ版は、技術サポート契約ご締結のユーザー様・ご購入後半年以内のユーザー様には、無償でご提供いたします。最新版のプログラム・マニュアルのご提供は、バージョン 6.0 より、下記的设计入力地震動作成システム専用のダウンロードサイトから行っております。

【URL】<https://www4.kke.co.jp/kaiseki/zishin/download/Actions/LoginServlet.php>

ダウンロードサイトのご利用には、ユーザーID・パスワードが必要です。ユーザーID・パスワードは技術サポート契約ご締結のユーザー様、新規/バージョンアップ版ご購入のユーザー様へは既に郵送等でご連絡済みですが、ご不明な場合は弊社サポート窓口(tech@kke.co.jp)までお問い合わせください。

また、過去のバージョンを保有するユーザー様へは優待価格で最新版をご提供いたします。この機会にプログラムの更新並びに技術サポート契約の締結を是非ご検討ください。

## ■終わりに

今後も多くのお客様にご利用いただけるプログラムを目指し、改良や機能追加を行って参ります。改良や機能追加にあたりましては、ユーザーの皆様のご意見やご要望も取り入れていきたいと考えておりますので、お気づきの点やご意見・ご要望等ございましたら、サポート・営業担当までお寄せください。

今後とも弊社の設計入力地震動作成システムをご愛顧くださいますよう、よろしくお願い申し上げます。

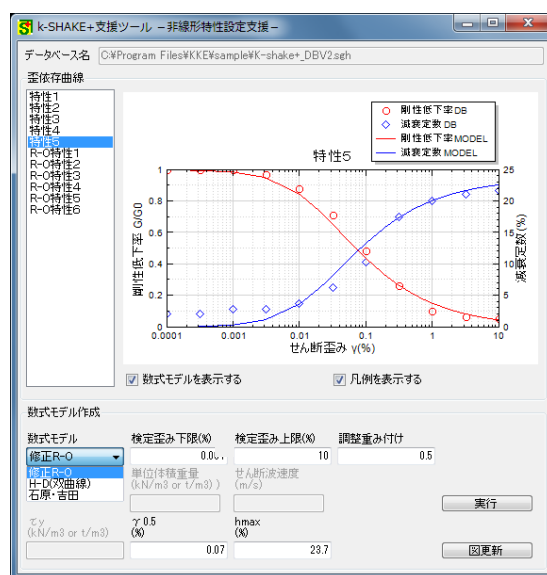


図3 k-SHAKE+追加画面  
(非線形特性設定支援)

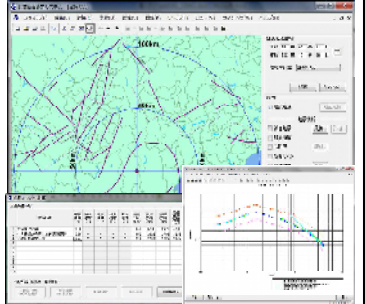
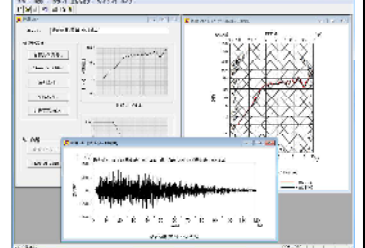
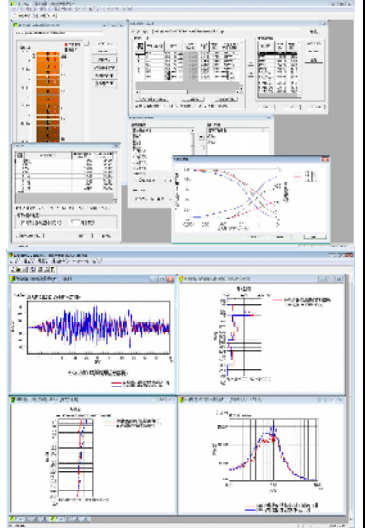
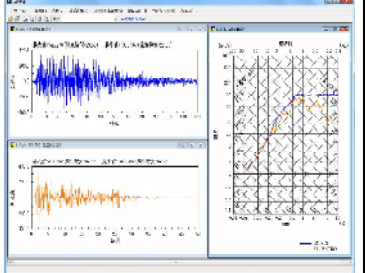
# 設計用入力地震動作成システム

## 【設計用入力地震動作成システムとは】

耐震設計に用いる入力地震動を建設地点に応じて作成することができるソフトウェアです。基準・法令等で定められている応答スペクトルに適合する模擬地震波を作成するだけでなく、建設地点周辺の地震環境や地盤特性を考慮した入力地震動を作成することができます。

2014年8月に、SeleSを7.0に、k-SHAKE+・k-WAVEを6.2にバージョンアップし、新機能の追加等を行いました。さらに、全てのパッケージにてWindows 8.x対応を行いました。また、SeleSの被害地震DBを更新し、2014年6月までに発生した地震を追加収録しました。

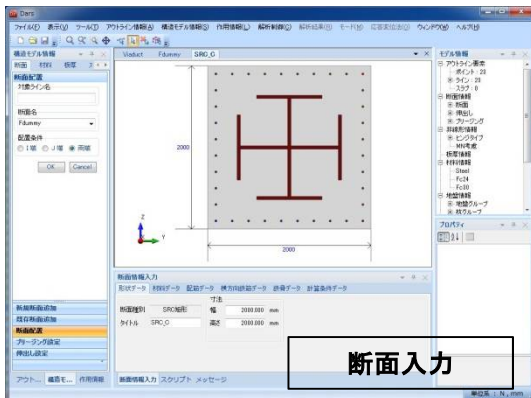
## 【各パッケージの機能概要と販売価格】

| パッケージ名                                                                                                                                               | 概要                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>地震荷重設定システム<br/><b>SeleS for Windows</b><br/>セレス</p> <p>販売価格<br/>フル機能版 : 2,100,000円(税抜)<br/>翠川・小林版 : 1,800,000円(税抜)<br/>ダム機能版 : 1,800,000円(税抜)</p> | <p>耐震設計の際の地震荷重を設定するために、建設地点周辺の地震環境を検索し、被害地震および活断層によってもたらされる建設地点での地震動強さを評価するシステムです。各種距離減衰式による建設地点での最大振幅計算や再現期待値計算、安中ほか(1997)やH20ダム式による応答スペクトルの計算、断層の拡がりや考慮した翠川・小林手法によるスペクトル評価が可能です。</p>                                                                                                                                                                                                           |
| <p>模擬地震波作成プログラム<br/><b>ARTEQ for Windows</b><br/>アーテック</p> <p>販売価格<br/>フル機能版 : 1,000,000円(税抜)<br/>建築限定版 : 700,000円(税抜)<br/>土木限定版 : 500,000円(税抜)</p>  | <p>構造物設計用の地震応答スペクトルを設定して、その応答スペクトルに適合する地震波を作成するプログラムです。改正建築基準法の告示1461号や設計用入力地震動作成手法技術指針(案)、道路橋示方書に準拠した目標スペクトル、耐震スペクトル、ダムの照査用下限スペクトル、SeleSで算定した地震応答スペクトル等を設定することが可能です。</p>                                                                                                                                                                                                                       |
| <p>成層地盤の地震応答解析プログラム<br/><b>k-SHAKE+ for Windows</b><br/>ケイシェイク プラス</p> <p>販売価格<br/>フル機能版 : 800,000円(税抜)<br/>基本機能版 : 500,000円(税抜)</p>                 | <p>水平方向に半無限に広がる成層地盤を対象とした地震応答解析プログラムです。強震記録波形やARTEQで作成した模擬地震波を入力地震波として与えることが可能です。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■基本機能<br/>重複反射理論による等価線形解析機能を有します。土の非線形性は歪依存特性により考慮することが可能です。</li> <li>■非線形解析機能(フル機能版のみ)<br/>直接積分法による時刻歴非線形解析機能を有します。直接積分法は線形加速度法を用いて、レーリー減衰により粘性減衰を指定することができます。復元力特性として、線形／非線形(Ramberg-Osgoodモデル、Hardin-Drnevichモデル、骨格曲線・履歴曲線を別々に設定する方法)を選択することが可能です。</li> </ul>  |
| <p>波形処理プログラム<br/><b>k-WAVE for Windows</b><br/>ケイウェイブ</p> <p>販売価格 : 200,000円(税抜)</p>                                                                 | <p>強震記録波形データやARTEQ、k-SHAKE+で得られた波形データを読み込み、積分・微分・フィルタ処理・中立軸補正処理・各種スペクトル表示を行う波形処理プログラムです。複数の波形に対して行った処理結果を簡単に重ね書き表示することが可能です。また、波形データに対する処理過程を保存することができ、前回終了時の状態から作業を再開することができます。</p>                                                                                                                                                                                                           |

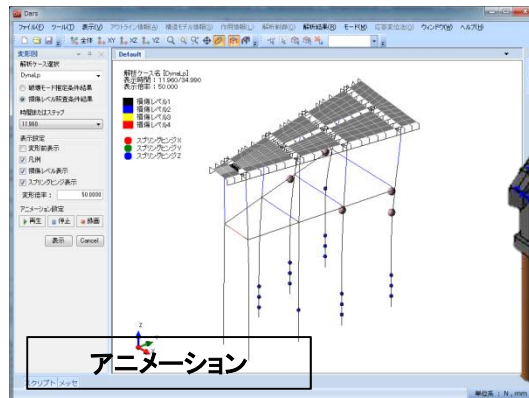
# DARS

Version 1.2  
鉄道構造物等の3次元耐震性能照査プログラム

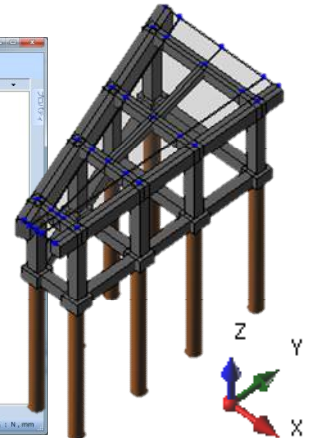
DARSは、鉄道構造物全体を3次元骨組構造としてモデル化し、非線形スペクトル法または時刻歴動的解析法により地震時の動的応答を算出し、線路方向、線路直角方向の損傷レベルを部材毎に求めるプログラムです。



断面入力



アニメーション



## 特徴

3次元での動的解析により、不整形なラーメン高架橋などに対応します。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。

## 対象構造形式

- ◆ ラーメン高架橋
- ◆ ラーメン橋脚
- ◆ 連続桁橋
- ◆ 杭基礎(場所打ち杭・直接入力)
- ◆ SRIばね(直接入力)
- ◆ 支承ばね(直接入力)



## 対象部材

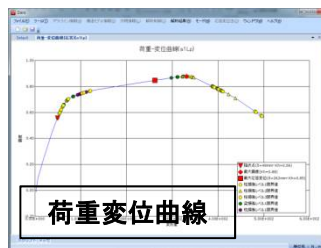
- ◆ RC(矩形・円形・T型)
- ◆ 鋼部材(矩形・円形)
- ◆ SRC(矩形・T型)
- ◆ CFT(円形)

## 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(静的非線形解析)
- ◆ 時刻歴動的非線形応答解析
- ◆ 固有値解析

## 動作環境

- ◆ Windows Vista / 7 / 8



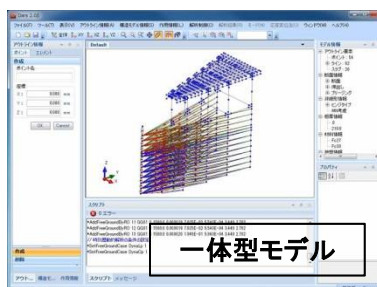
荷重変位曲線



照査結果総括表

## H24年鉄道構造物等設計標準・同解説 対応予定

- ◆ H24鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物
  - ・ 杭基礎対応
  - ・ 直接基礎の分布ばねモデル対応
- ◆ H24鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計
  - ・ 一体型モデルによる動的解析
  - ・ 応答変位法
  - ・ 土の非線形モデル GHE-S



一体型モデル



GHE-Sモデル

\* 追加内容は変更になる可能性もあります。

- 解析コンサルティングも行っております。

<http://www.kke.co.jp/dars/>

DARSは、(公財)鉄道総合技術研究所と(株)構造計画研究所との共同開発によるプログラムです。



## 機械学習によるデータ分析を身近なものに ～機械学習おためしツール「Deborah - デボラ -」のご紹介～

(株)構造計画研究所 サステナブル・ソリューション部 滝 勇太

道路・鉄道インフラ、それらの付帯施設、工場・プラント内の設備機器などは、容易に利用停止などできないにも関わらず、常に過酷な環境下にあり、日ごろの点検・監視が非常に重要です。そういった背景から、異常発生から大事故に発展しないために、常時健全度の把握をめざしたデータ監視の実施が普及しつつあります。しかし、データは取得したものの、目視で確認できるデータ量ではないケースや、各種データが相互に関連しあって明確なパターンが見いだせないケースなども少なくありません。そのようなケースでは、データ分析の専門家でなければどう分析し保全に役立てていけばよいのかという部分がなかなか明確になりません。

そこでこの度、構造計画研究所では、これまでのデータ分析関連業務で培われてきた知見・実績を元に作成された自社製機械学習ライブラリにGUIを付加することで、開発・データ分析の専門家以外の方にも手軽に分析を体験していただけるツールを開発いたしました。このツールでは難しい設定項目は思い切って除外し、基本的にデータファイルを選択するだけで機械学習(データマイニング)を使用したデータ分析を体験することができるよう工夫されています。

Excelなどに付属した分析ツールよりも一歩進んだデータ分析を行いたい、あるいは、機械学習による分析に興味はあるがデータ整備や設定が難しそうで最初の一步を踏み出せないという方にお勧めです。まずは、本ツールを通して、機器・構造物の異常検知などのデータ分析を体験してみてください。

### ■使用事例

- ・振動(加速度)データや、電流・電圧などのモニタリングデータを活用した機器・構造物の異常検知
- ・構造物等の健全度試験データ分析(試験結果の正常/異常分類)

### ■機能概要

#### ➤ 解析手法

現在搭載されている機能は、これまで異常検知コンサルティング、異常検知ソフトウェア開発で実績のあるMahalanobis Taguchi System(MTS)、1-class Support Vector Machine(1-class SVM)、密度比推定、主成分分析の4つの異常検知・データ解析手法となります。※機能は随時追加予定です。

#### ➤ 解析機能

| 手法名称        | 概要                                                   |
|-------------|------------------------------------------------------|
| MTS         | 品質工学の分野での実績が多いシンプルな異常検知手法                            |
| 1-class SVM | パターン認識技術の 1 つであるサポートベクトルマシン(SVM)に基づく異常検知手法           |
| 密度比推定       | 2つのデータの「確率密度分布」の違いをモデル化し、データが発生しうる可能性の大小により異常検知を行う手法 |
| 主成分分析       | 入力データの固有値・固有ベクトルを算出し、第2主成分までのスコアを使用した2次元グラフを描画       |

#### ➤ 入/出力機能

入力データ書式：テキストデータ書式(CSV形式)

分析時および分析結果の要約情報(GUI上)

異常度や正常・異常判定結果、主成分スコアなどのグラフ(GUI上)

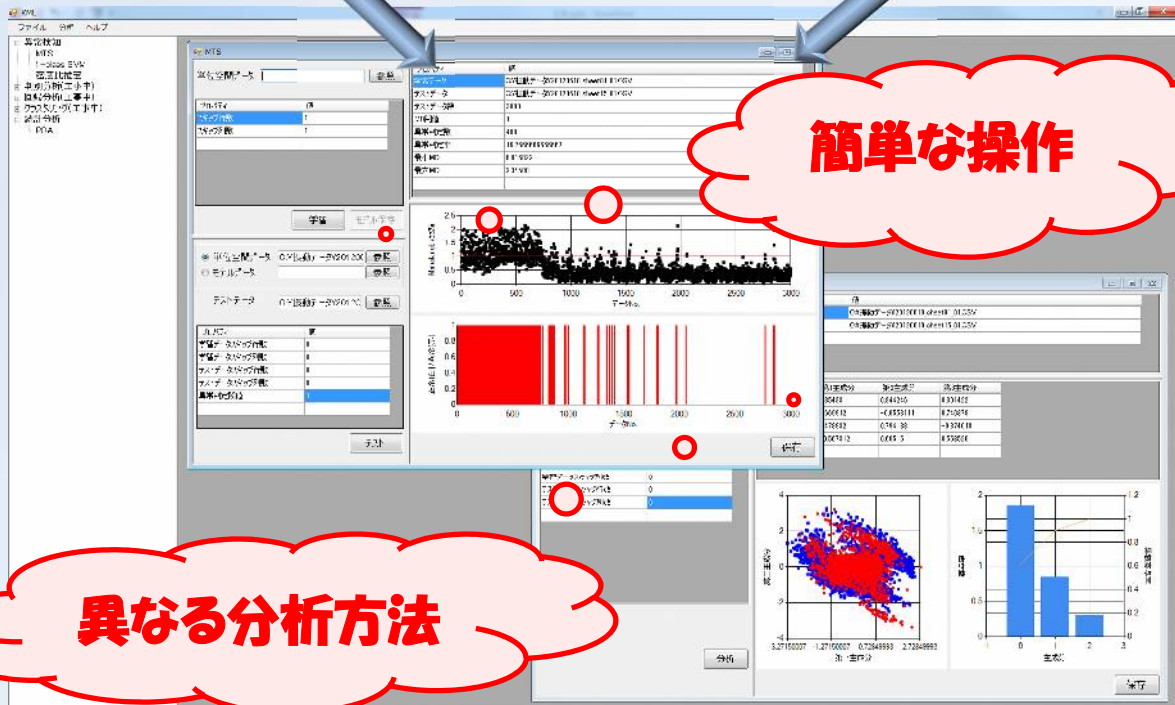
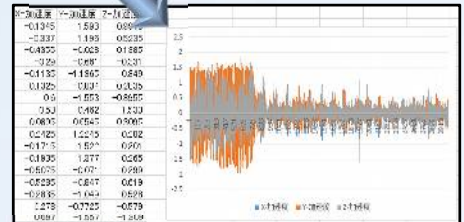
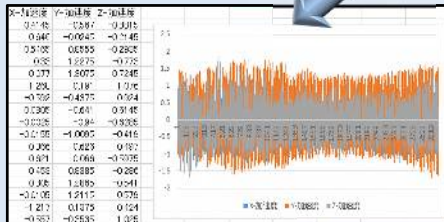
要約情報データ、各種グラフの元データ、各種グラフの画像データ

# Deborah - デボラ -

様々な管理対象物



センシングデータ・モニタリングデータ



異常検知・傾向分析を体験いただけます

# 転てつ機モニタリングデータの活用による 異常把握と要因分析に関する研究※

矢部 明人

滝 勇太 (株式会社構造計画研究所)

## 1. はじめに

### 1.1. 背景と目的

本研究では、転てつ機のモニタリングデータを対象とした異常把握および要因分析手法の検討を行う。

転てつ機とは、列車の進路を構成するために分岐器を転換させ、転換後に分岐部分のレールが左右どちらかのレールに密着・鎖錠を行う装置である。よって、転てつ機の安定した動作は列車の安定した運行にとって重要である。

本研究では、ES II 型電気転てつ機のモニタリングデータを解析することで異常の早期発見と異常要因の推定を行う方法を検討する。解析対象となるモニタリングデータには、経過時間、トルク(%)、ストローク(mm)、回転速度(rpm)、回転角度(°)、定位側ロック偏移量(mm)、反位側ロック偏移量(mm)、故障などの警報が含まれる。以後、これらを「計測項目」と表記する。

## 2. 異常把握

本章では、2 つの異常把握技術についてその概略を説明したのち、実験機および実機の転てつ機モニタリングデータを用いた異常把握検証実験を実施する。

### 2.1. 要素技術について

本研究ではデータマイニング(機械学習)技術を用いたデータ分析を行う。本研究で検討する手法は共に非線形多変量解析手法であり、入力された値に対して何らかの定まった非線形変換を施して高次元空間へ写像し、その空間でデータを分離判別するものである。

#### 2.1.1. 1-class SVM

例えば健常者と癌患者といった、2 つのクラスの判別問題に広く用いられているサポートベクトルマシン

(Support Vector Machine: SVM)を外れ値検出・異常検知などの1クラス問題に再定式化したものが1-class SVM(One Class Support Vector Machine: OCSVM)である。

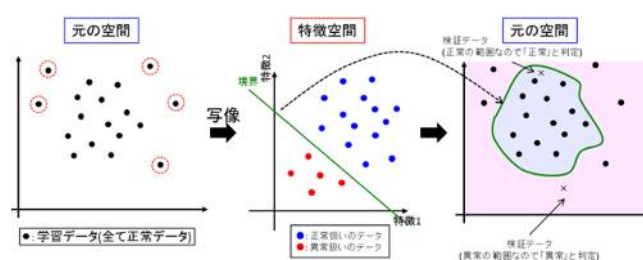


図 2-1 OCSVM の概念

概念を図 2-1 に示す。特徴空間に写像した際に「離れている」データ(赤●)を別クラス(異常データ)として扱う。

OCSVM による異常把握では、まず「正常」データを用いて正常領域(判定モデル)を学習し、検証対象となるデータが正常範囲にあるかどうかで正常・異常を判別する。

#### 2.1.2. 密度比推定

データの確率密度に着目し、正常データの確率密度と異常データを含むかもしれない検証データの確率密度の比を取ることで異常把握を行う手法である。

密度比推定では、図 2-2 のように、正常データの確率密度関数  $p(x)$  と検証データの確率密度関数  $p'(x)$  の比を取ると、正常データでは見られないデータ範囲(= 異常データ)での密度比が 1 から大きく外れる。なお、本研究では、それぞれの確率密度関数を推



定することなく、直接密度比をモデル化する手法<sup>1</sup>を採用している。

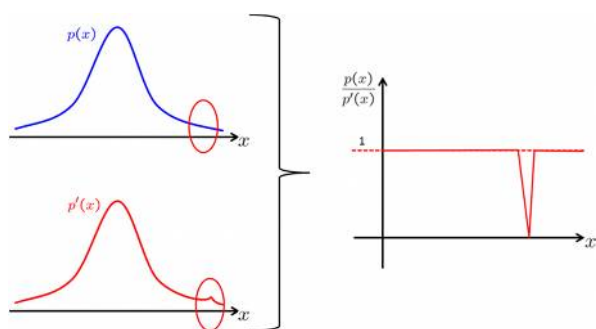


図 2-2 密度比推定概念

### 2.1.3. データ前処理

本研究では、1 転換分のデータを「前期」、「中期」、「後期」に分割し、各期間に含まれるデータをベクトルデータとして取り扱う(図 2-3)。

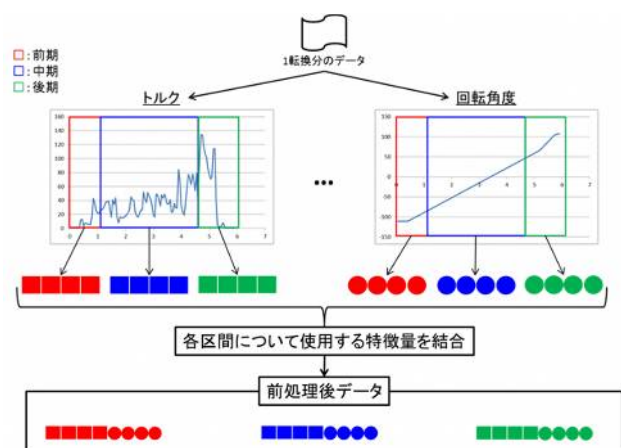


図 2-3 前処理概要

また、本研究では、トルク・ストロークなど、前述した 6 つの計測項目のうちトルク・ストローク・回転速度・回転角度の 4 つの項目に着目し、これら 4 つの全ての組合せ(15 パターン)のそれぞれでデータを作成した。複数項目を使用するパターンにおいては、図 2-3にあるように同じ期間のベクトルデータを結合し、

1 つのベクトルデータを構成する。

## 2.2. 実験機データによる検証実験

本項では、実験機データを用いて検証実験を行い、その結果を示す。

### 2.2.1. 検証実験概要

実験の概要を図 2-4 に示す。

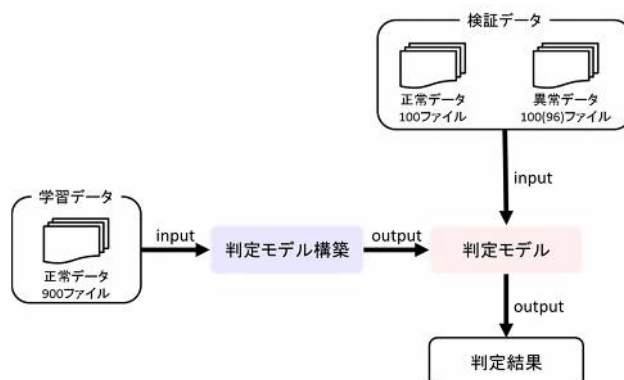


図 2-4 実験機実験概要

学習に用いるデータは、正常データ 900 転換分であり、これらのデータを用いて OCSVM および密度比推定の異常判定モデルを学習する。その後、正常データ 100 転換分および異常データ 100 転換分の判定を行い、精度を評価する。

### 2.2.2. 実験結果と考察

結果の一部を図 2-6 に示す。なお、図の見方は図 2-5 の通りである。

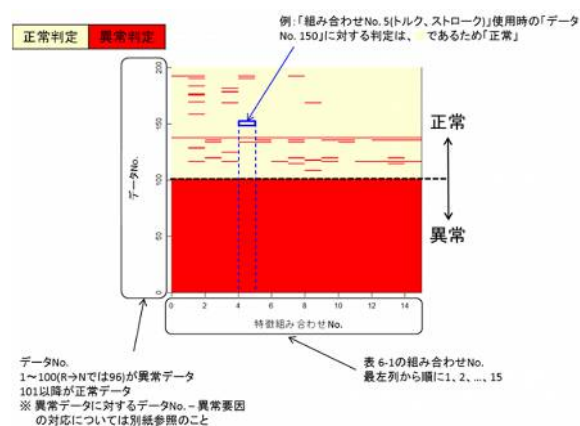


図 2-5 判定結果グラフの見方

<sup>1</sup> Kanamori, T. et al. A least-squares approach to direct importance estimation. Journal of Machine Learning Research. vol. 10 (Jul.). pp. 1391-1445. 2009.

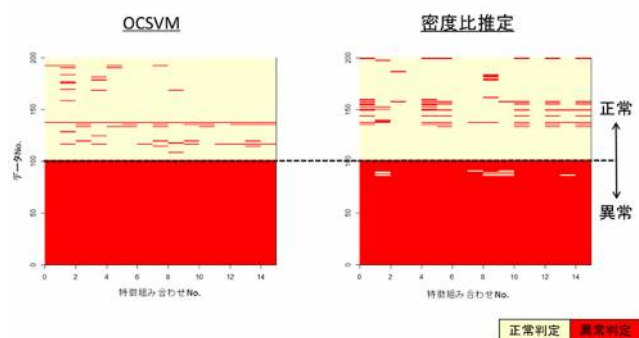


図 2-6 判定結果の例

OCSVM、密度比推定ともに高い精度で判定することができている。使用する計測項目の組合せでは、トルクおよび回転角度が含まれる組み合わせ(図中 6, 11)が、精度が高く、いずれの手法でも異常検知は 100%、正常検知は 97%~98%と極めて高い精度が得られた。

### 2.3. 実機データによる検証実験

本項では、実機データを用いた検証実験を行い、その精度を検証する。

#### 2.3.1. 検証実験概要

実験フローは前節のものとはほぼ同様である。ただし、ここでは学習に用いるデータは正常データ 400 転換分、検証データは(異常データが存在しないため)正常データ 100 転換分とした。

#### 2.3.2. 実験結果と考察

結果の一部を図 2-7 に示す。

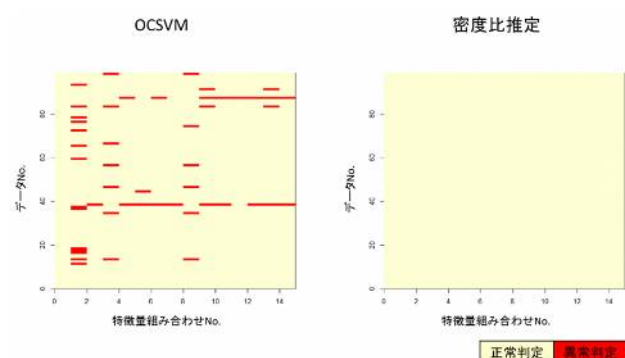


図 2-7 某駅データ判定結果

上図から、OCSVM に関しては一部異常判定が見られるものの、いずれのパターンにおいても検証データ(正常)を正しく正常と判定できていることがわかる。したがって、本研究で検討した 2 つの手法は実際に運用されている転てつ機の異常把握においても有効であることが確認できる。

## 3. 要因分析

前章までは「正常か異常か」を判定する方法を検討し、実験機および実機を用いた精度の検証を行った。本章では「各データがどの異常ケース(要因)なのか」を同定する分析方法を検討する。紙面の関係上、検討した 3 つの分析手法のうちの 1 つを掲載する。

### 3.1. 要素技術(k-最近傍法 : k-NN 法)

あるデータが 2 つ以上のクラスのどのクラスに属するかを分類する手法の中でも基本的な(単純な)ものである。

分類の手順は、

- 1 要因を特定したい検証データと要因が既知のすべてのデータとの距離を計算
  - 2 検証データに最も近い  $k$  個のデータの要因のうち多数派のものを検証データの要因と判別
- という 2 つのステップからなる。

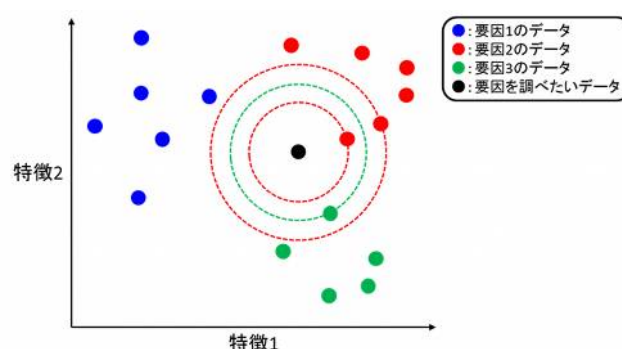


図 3-1 k-NN の概念(k=3 の例)

図 3-1 では、検証データ(●)から近い 3 個のデータの要因は(●, ●, ●)であるため、検証データは要因 2(●)と分類される。

### 3.2. 検証実験概要

図 3-2 に検証実験概要を示す。

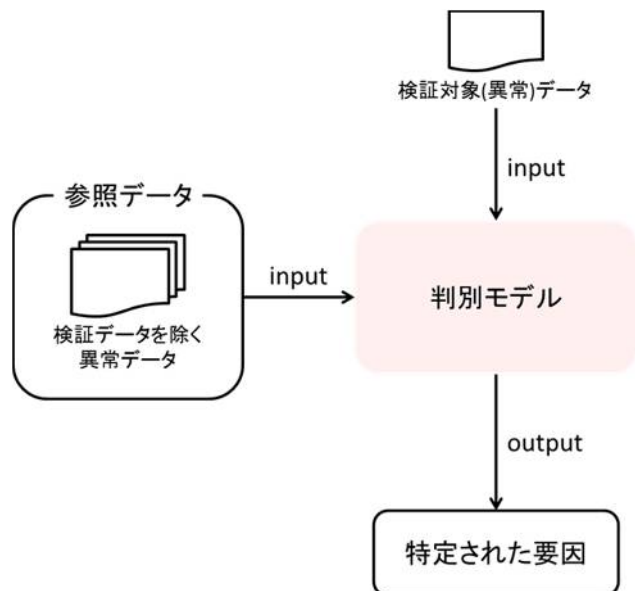


図 3-2 実験概要

ここでは、検証対象となるデータと「それ以外の」データとの距離を算出し、最近傍( $k=1$ )のデータの要因を検証データの要因として分類する、という処理を、検証データを入れ替えながら行い精度を検証する。

異常要因は表 3-1 の 5 種類とする。

表 3-1 異常要因と図中での色付け

| No. | 要因                    | 色    |
|-----|-----------------------|------|
| ①   | 異物介在                  | オレンジ |
| ②   | ロック狂い                 | ピンク  |
| ③   | ボルト緩み(肘金取付ボルト両側)      | 青    |
| ④   | ボルト緩み(スイッチアジャスタナット両側) | 緑    |
| ⑤   | ジョーピン(スイッチアジャスタ)      | 黄    |

### 3.3. 実験結果と考察

図 3-3 に結果を示す。上側は各データがどの要因に分類されたかを示し、下側はその結果が正しかったかどうかを示している。

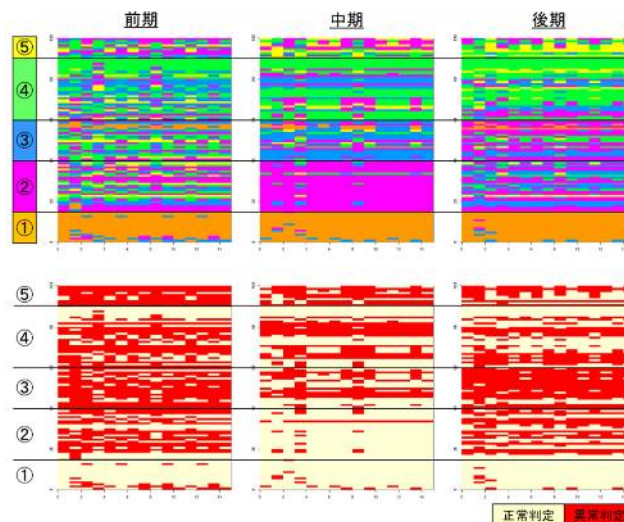


図 3-3 判別結果の例

中期に関しては、①異物介在、②ロック狂いに対する判別精度は比較的高いが、他の要因については実用的な精度には達していないように見受けられる。主な原因としては、各要因に対する異常データ数が十分でないことが挙げられる。

## 4. 結論

本研究では、転てつ機モニタリングデータを活用した異常把握・要因分析手法を検討した。異常把握に関しては実機においても高い精度を得ることができたが、要因分析に関しては十分でないといえる。異常データが十分数確保できれば精度は向上すると考えられるが、実機においては異常データの取得が困難であることが予想されるため、転てつ機の特性を考慮した工学的な対処が必要となる可能性がある。

※本原稿は、電気学会 ITS 交通・電気鉄道合同研究会(2013年)にて、東日本旅客鉄道株式会社 鈴木雅彦殿、加藤尚志殿、本間健一殿と連名にて発表したものを一部削除・修正したものです。



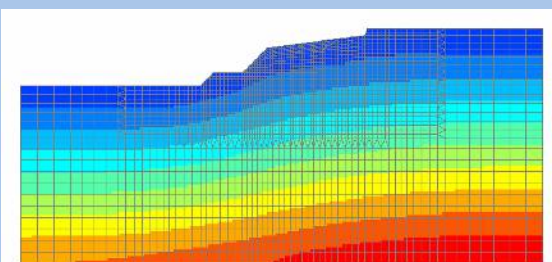
# 降雨時の地盤安定性問題に対するソリューション

近年、台風や大雨による土砂災害の増加に伴い、斜面や盛土の安定性に対する関心が高まっております。降雨時の地盤安定性を確認することは、災害発生の危険度予測や有効な対策の第一歩となります。

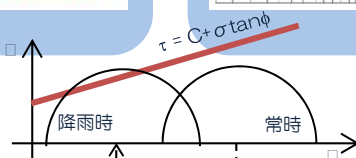
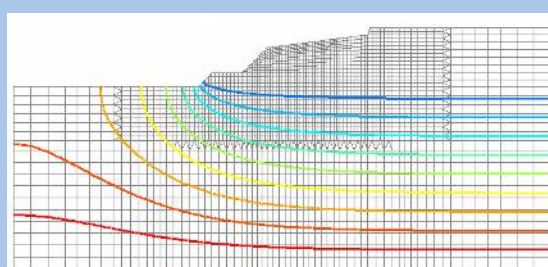
弊社では非定常浸透流解析プログラムをはじめ、すべり安全率・すべり変形量の算出プログラムなど様々な自社開発を積極的に行っております。これにより、浸透流解析結果から降雨時に時々刻々と変化する水圧や水位を把握し、有効応力を用いて想定すべり面の危険度を判定するなど、総合的な検討が実施可能です。

また、永年培ってきた解析コンサルティングの経験と実績に基づき、お客様の目的・予算に応じたモデル化や解析手法のご提案などニーズに合わせた柔軟な対応を行っています。

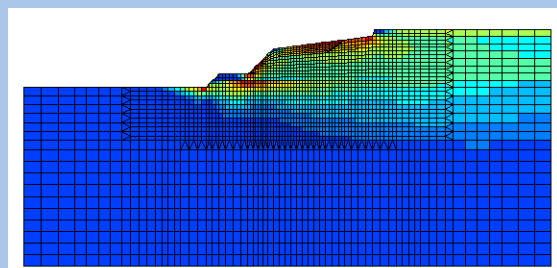
## ●平時の応力状態（常時応力解析結果）



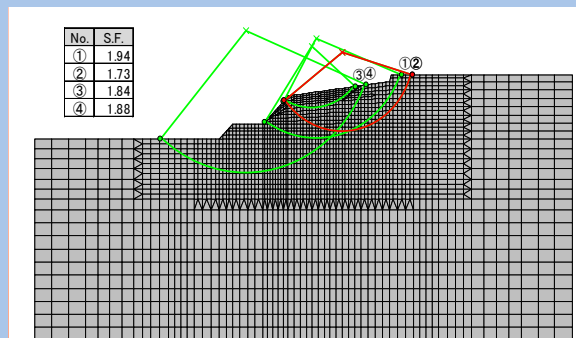
## ●降雨時の水圧分布（非定常浸透流解析結果）



## ●有効応力を用いた斜面安定の検討



局所安全係数と破壊状況のチェック



想定したすべり面毎にすべり安全率を時刻歴で算出

## 実績

降雨時の斜面安定性評価（某コンサルタント）

降雨による地下水位面の変動予測（某コンサルタント）

ロックフィルダムコア部の定常浸透流解析および非定常浸透流解析（二次元と三次元の比較。自社検討）

## 使用ソフト

|        |                                |
|--------|--------------------------------|
| UNSAT  | 二次元飽和-不飽和浸透流解析プログラム（自社開発）      |
| NASKA  | 二次元応力と浸透流の連成解析プログラム（自社開発）      |
| POST-S | 二次元すべり安全率・すべり変形量の算出プログラム（自社開発） |
| GEOACE | 三次元土水連成FEM解析プログラム（他社と共同開発）     |

## 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。

<http://www.kke.co.jp/kaiseki/>

## From Editors

今年の9月8日は十五夜(中秋の名月)です。中国では、十五夜が「中秋節」と呼ばれています。「中秋節」になると、真ん丸のお月様のような円卓の前で家族が団らんする習慣が古くからあり、中国の数少ない全国休日の一つにもなっています(PS: 休み期間は月の公転周期と地球の公転周期のずれにより、不定期です)。

毎年の「中秋節」前後では、世界三大河川逆流現象の一つである銭塘江の大逆流が杭州市付近で起きています。大逆流の勢いに仰天した無数の詩人達が「観潮」した後の感想を文章に残しました。彼らのおかげで、時期になると猟奇的な人々が銭塘江堤防に集まり、猛獣のような自然現象の前で、奇妙な「観潮現象」を起こします。政府側が大逆流を見に来た人に警告を出しているにもかかわらず、死傷者が出ることは珍しくありません。

大逆流現象は月の引力による潮汐とその河川の地形が原因といわれています。しかし、村上春樹先生が「1Q84」で描かれた二つの月が存在する世界では、銭塘江の大逆流が一体どのように起きるかということが気になって仕方がありません。

次号から「解析雑誌」編集を担当させていただきます。皆様にご愛用していただける情報発信の「場」をしっかりと維持して参りたいと存じております。どうぞ宜しくお願い申し上げます。

エンジニアリング営業部 スtockマネジメント室 焦 凝

解析雑誌 Vol. 36 を手に取っていただき、ありがとうございます。表面上はいつもの解析雑誌と大きな変化はありませんが、私としては一部やり方を変えて記事を組み立てたので、興味を持って読んでいただけたとうれしいです。さて、約2年半にわたって編集のメイン担当を務めてまいりましたが、次号より新担当者にバトンタッチすることになりました。力不足で出来なかったこと、反省することもあります。自分で編集を担当して、さらにそれをお客様に直接お渡しする中で色々な気づきがあり、大変勉強になりました。この場をお借りしてご意見・ご感想をいただいたお客様、記事の執筆や収集にご協力いただいた皆様に御礼申し上げます。今後もこの経験を新担当者に引き継ぎ、長くご愛読いただける雑誌になるよう編集委員の一人としてバックアップしてまいりますので、引き続き解析雑誌をよろしくお願いいたします。

建築構造工学部 木村 まどか

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部

〒164-0011 東京都中野区中央 4-5-3

TEL (03) 5342-1136

(株)構造計画研究所 エンジニアリング営業部 大阪支社

〒541-0047 大阪市中央区淡路町 3-6-3 NMプラザ御堂筋 5F

TEL (06) 6226-1231

(株)構造計画研究所 中部営業所

〒460-0008 愛知県名古屋市中区栄 1-3-3 アムナットビル朝日会館 11F

TEL (052) 222-8461

## 解析雑誌

Journal of Analytical Engineering Vol.36 2014.9

発行日 平成 26 年 9 月 24 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部

〒164-0011 東京都中野区中央 4-5-3

お問い合わせ 電話 (03)5342-1136 FAX (03)5342-1236

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