

AEセンサを用いた打音現場検査装置と  
クラウドサーバーによる検査データ解析、  
ならびに検査データベース管理

原子燃料工業株式会社  
エンジニアリングサービス部  
礮部 仁博

2012年12月2日 中央自動車道 笹子トンネル事故

# ■シーズの概要

## ① AEセンサを用いた打音現場検査装置



検査対象より得られる振動波形の周波数分布等により、施工不良、経年劣化等を検出。その場で簡易診断可能。

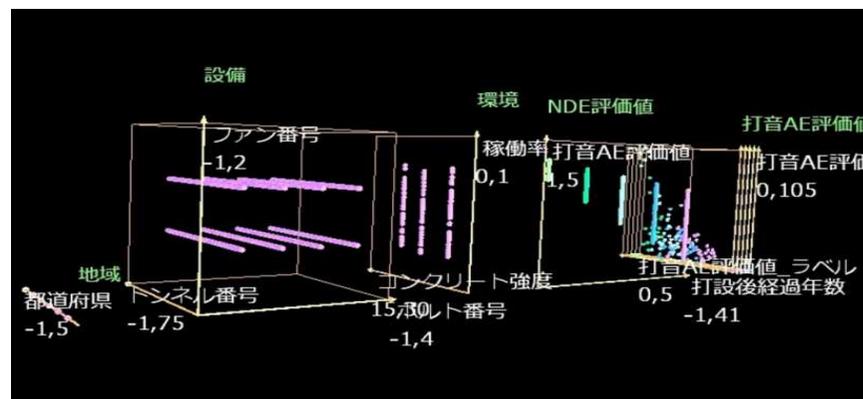
1台で多種多様な検査対象に対応

## ② クラウドサーバーによる検査データ解析



「AI」を活用した検査データの詳細解析、全自動報告書作成。

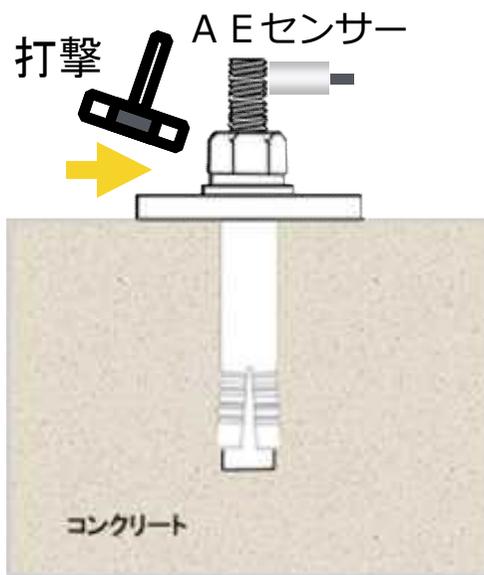
## ③ 検査データベース管理 (Dr. Design)



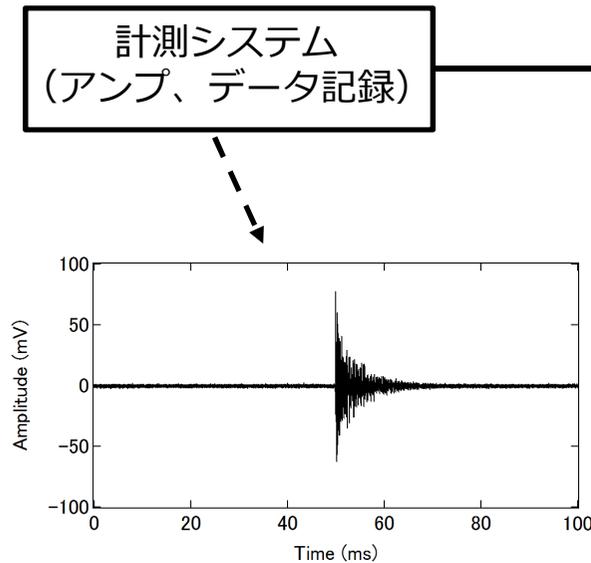
検査結果を「多次元可視化」と「AI」を用いたシミュレータでデータベース管理し、検査合理化、保全計画策定を支援

# ■ シーズの概要 AEセンサを用いた打音検査 — 手法の概要 —

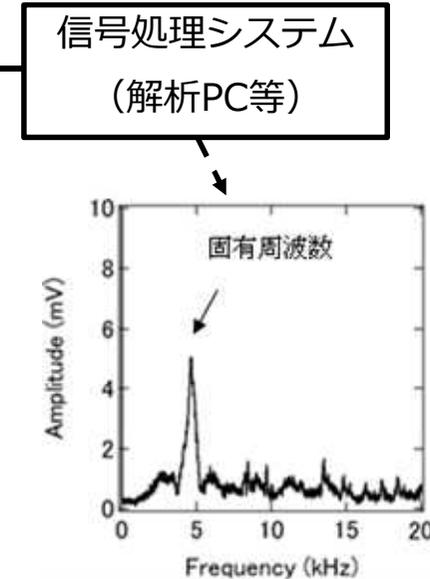
AEセンサより得られた振動波形の**周波数分布等**により種々の不良、劣化を検出する



メカニカルアンカーへの適用



信号波形



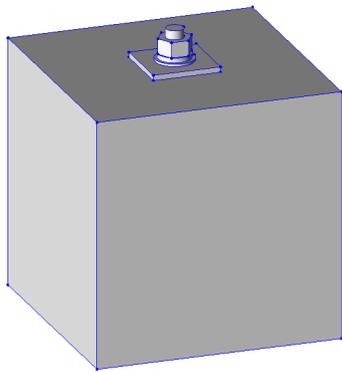
周波数分布

## 技術的優位性

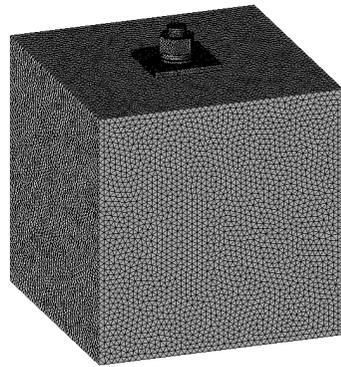
- 検査精度が検査員の熟練度に依存しない（**検査員に依らず同じ結果が得られる**）
- **短時間計測** + 現場適用が容易な**ハンディ計測装置**を使用
- 検査結果のデジタル保存、データベース管理により、**検査合理化、保全計画策定**に寄与
- **実験・理論解析**両面のアプローチにより検査の信頼性向上
- 高速に異常の有無を検出する「**スクリーニング検査**」への適用

# ■ シーズの概要 AEセンサを用いた打音検査 — 理論的アプローチ —

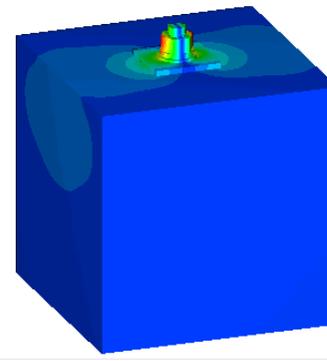
AEセンサを用いた打音検査手法により得られる計測データを、**有限要素法に基づく理論解析**を用いて検証可能



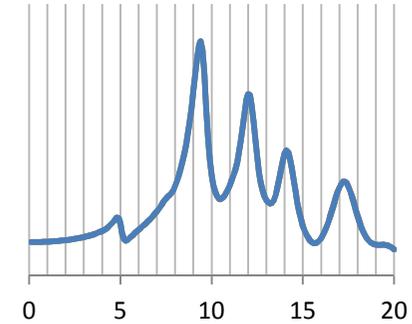
モデリング



メッシング



解析結果  
(変形図)



周波数 kHz

解析結果  
(周波数応答)

- 実験／理論の両面からのアプローチにより、**科学的根拠に基づいた検査指標の設定** (検査指標が変化した実験結果のみでは十分でない)
- 実験では再現が困難な劣化形態を理論解析を用いて評価することにより、**評価指標—劣化形態の対応について詳細なデータベースを構築**

# ■ シーズの活用(案)

## — ケミカルアンカ検査 —

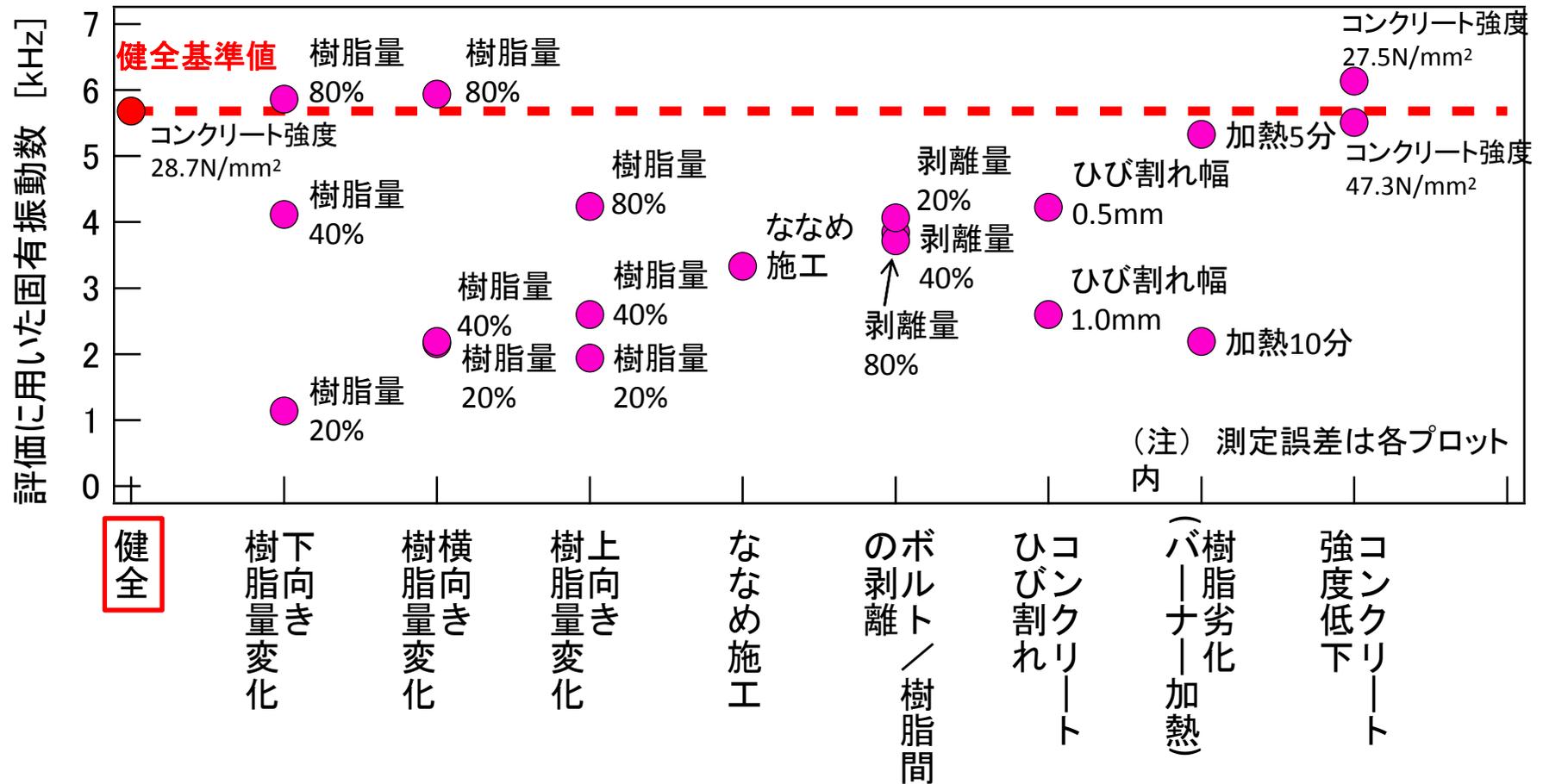
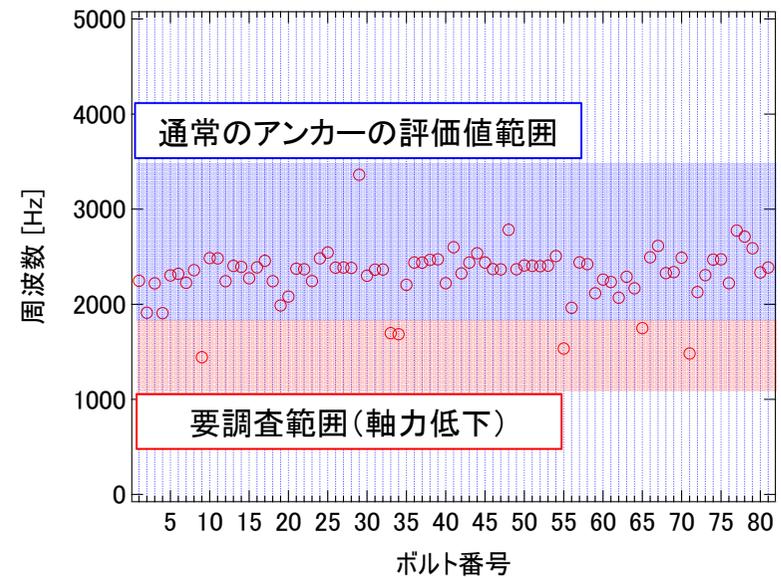


図 ケミカルアンカの各種施工不良／経年劣化と固有振動数の関係

2016/07/26-27 日本保全学会第13回学術講演会 神奈川県立かながわ労働プラザ 中部電力様と共著

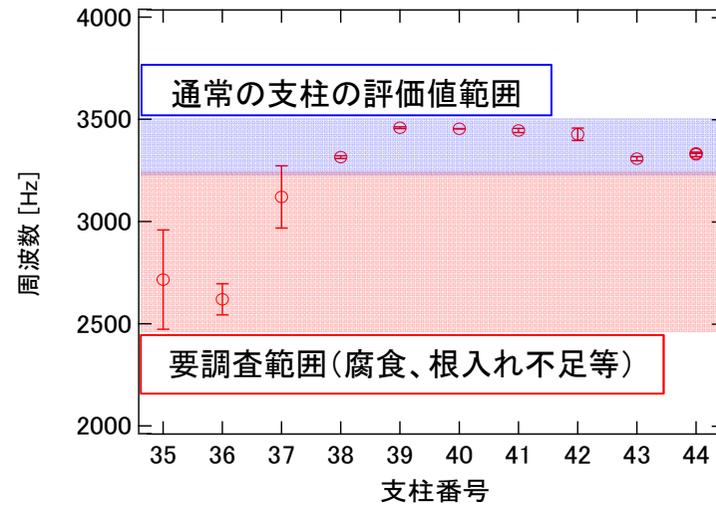
# ■ シーズの活用(案)

## ー ジェットファン取付アンカーボルト検査 ー



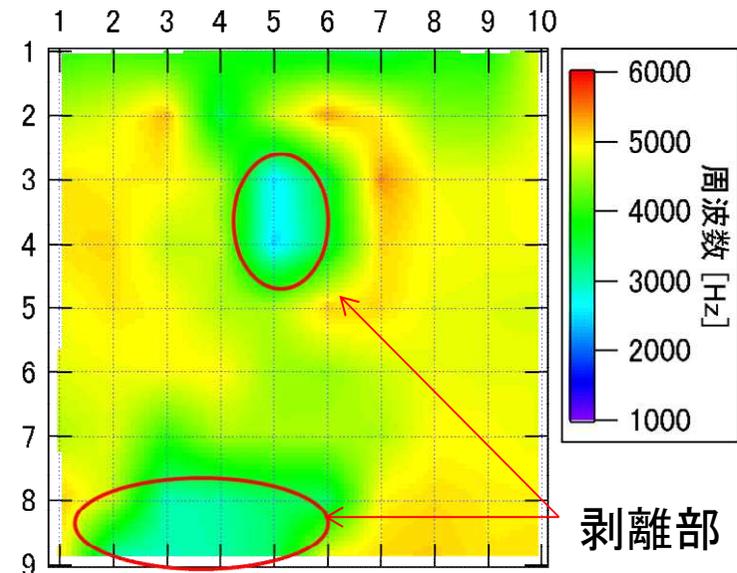
# ■ シーズの活用(案)

## — ガードレール支柱の地際腐食や根入れ長検査 —



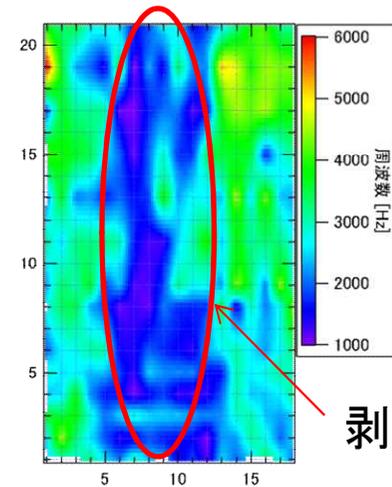
# ■ シーズの活用(案)

## — コンクリート床版検査 —



# ■シーズの活用(案)

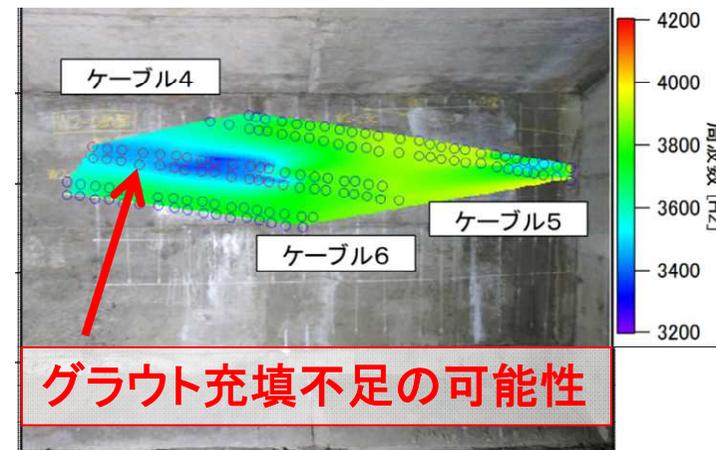
## — 橋脚検査 —



剥離部

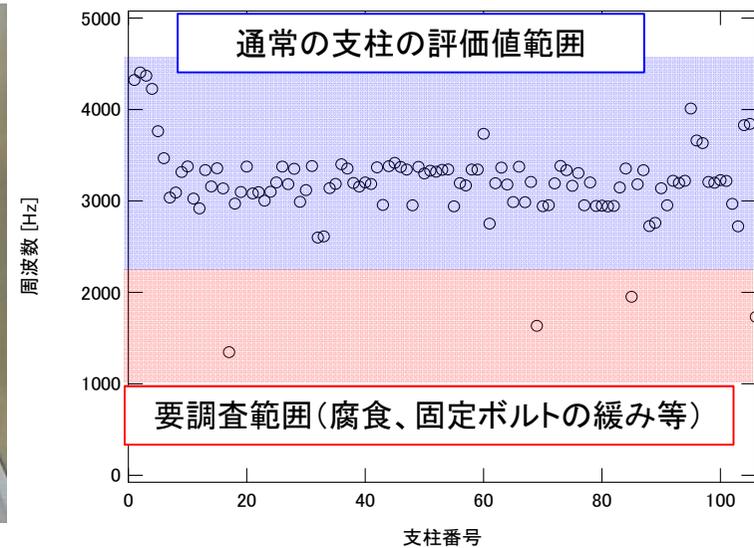
## ■ シーズの活用(案)

### — PC橋梁のグラウト充填率評価 —



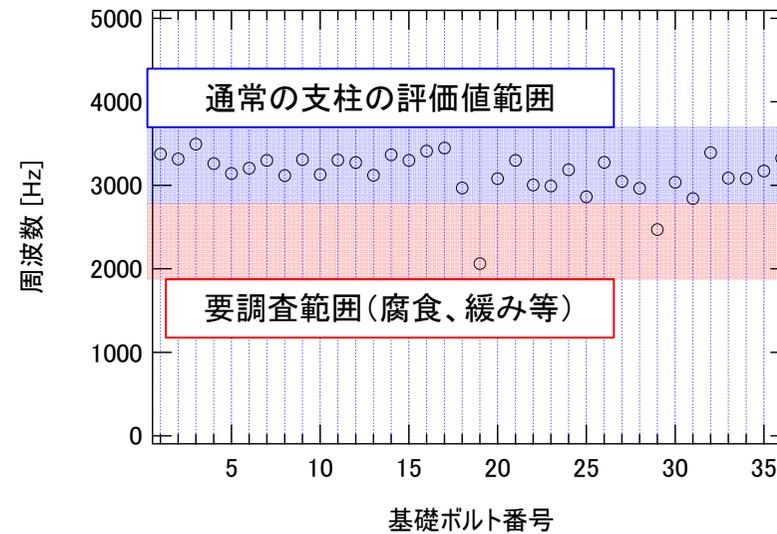
# ■ シーズの活用(案)

## — 遮音壁支柱検査 —

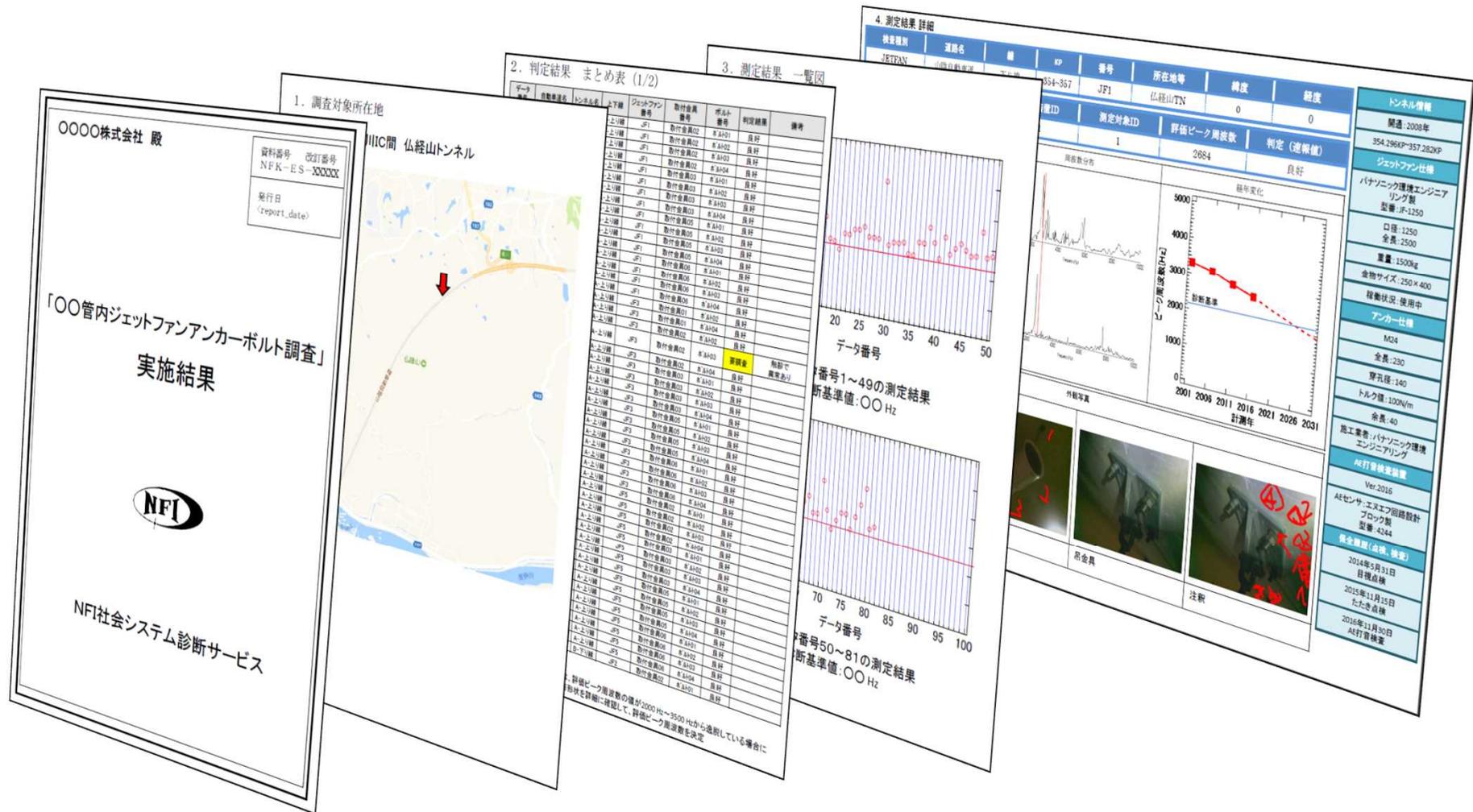


# ■シーズの活用(案)

## — 照明柱等の基礎ボルト検査 —



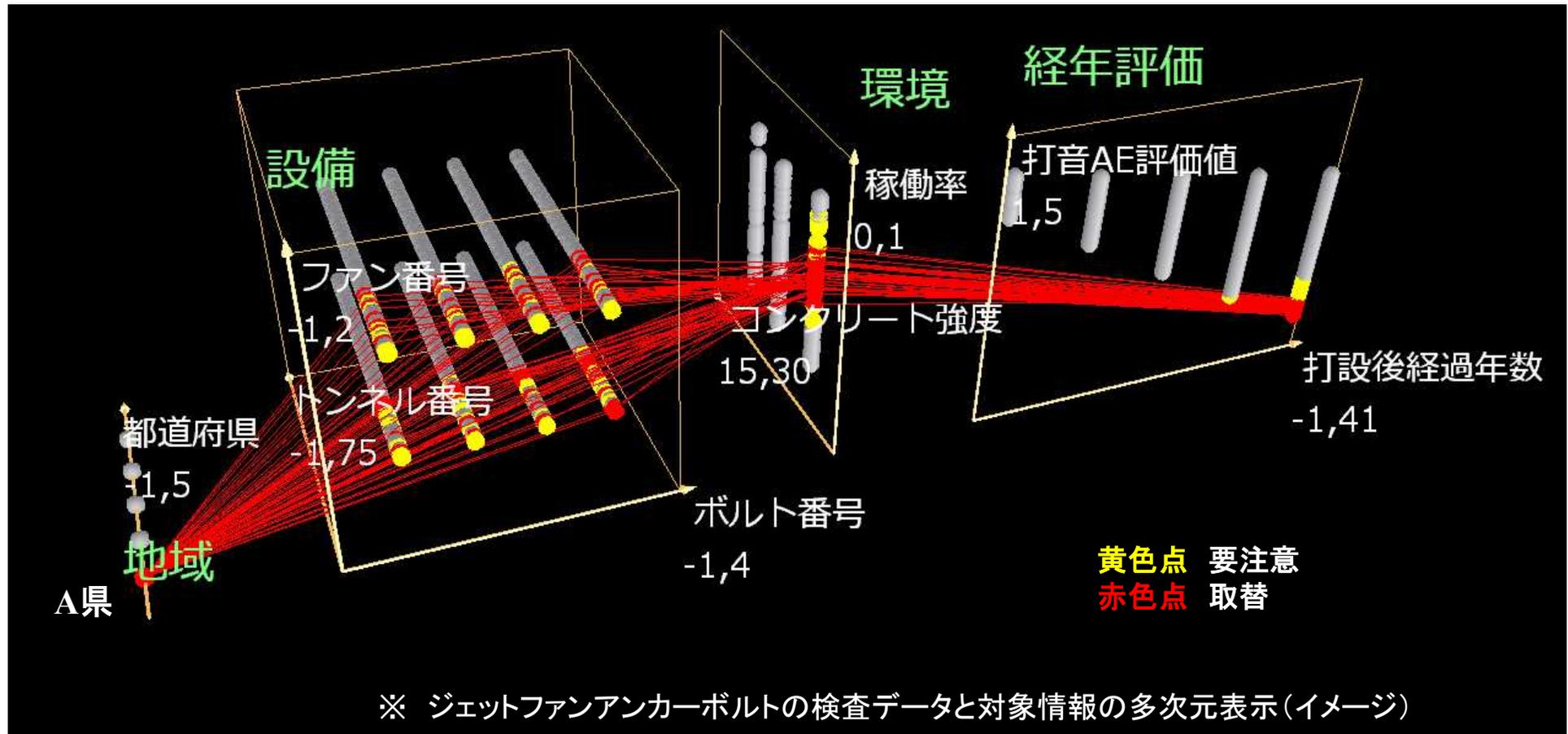
# ■シーズの概要 検査データ解析



検査データをクラウドサーバーに送信すると、

- ・ 検査対象の諸元(トンネル名、測定対象番号等)や撮影した写真と
- ・ 測定データ及び判定結果を取りまとめた報告書が自動作成される。

## ■シーズの概要 検査データベース管理 (Dr. Design)



検査データと検査対象情報(設置地域、トンネル-ID等、稼働状況)を多次元的に表示。

- 要因分析から改善提案が可能  
ex. JF稼働率が50%の状態でもっとも劣化しやすいため、稼働率の変更により劣化進行の抑制
- 保全計画策定の意思決定を支援  
ex. 劣化が特に進んでいるA県を集中的に補修。

## ■現場導入による効果

### 現場導入による効果

- ① 検査精度が検査員の熟練度に依存しない  
(数時間のトレーニングで検査員に依らず同じ結果が得られる)
- ② 高速に異常の有無を検出する「スクリーニング検査」
- ③ 同一検査装置で診断システムの追加により、  
多種多様な検査対象に対応
- ④ 現場検査結果、写真撮影、手書き情報を紐付け、  
報告書として自動作成することで煩雑な作業の削減。
- ③ 検査結果のデジタル保存、データベース管理により、  
検査合理化、保全計画策定に寄与

### 現場導入した事例

原子力発電所、高速道路

## ■現場導入にあたっての課題

### 当該技術を現場導入する上での課題等

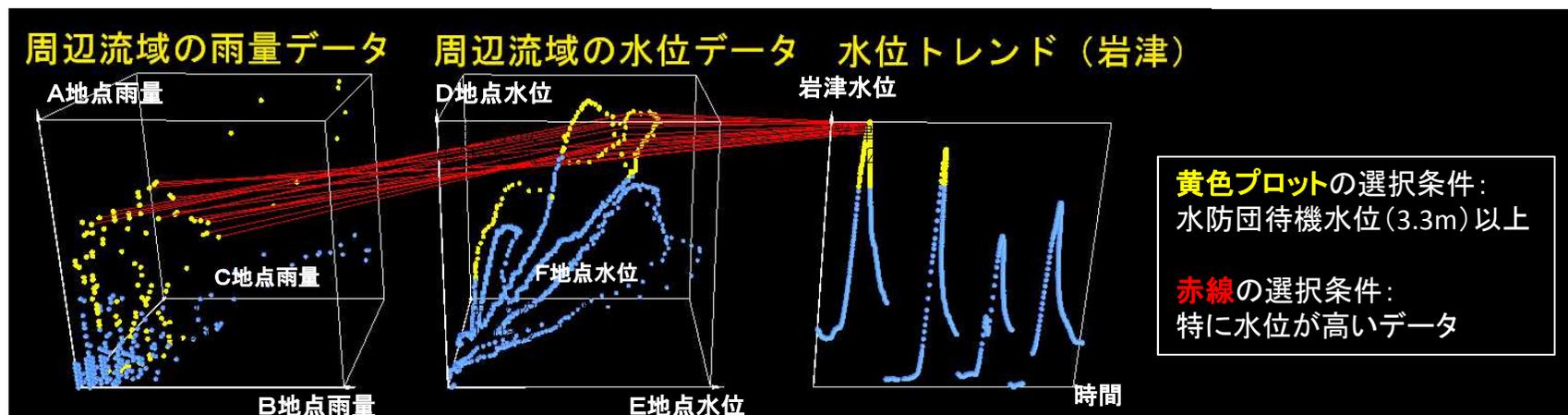
- ① 検査対象別診断データベースの拡充
- ② AEセンサを用いた打音検査の標準化

### 今後の技術の発展性等

- ①「多次元可視化」と「AI」を用いた、  
検査データベース管理ツール（**Dr. Design**）による  
**BIG DATA** 解析

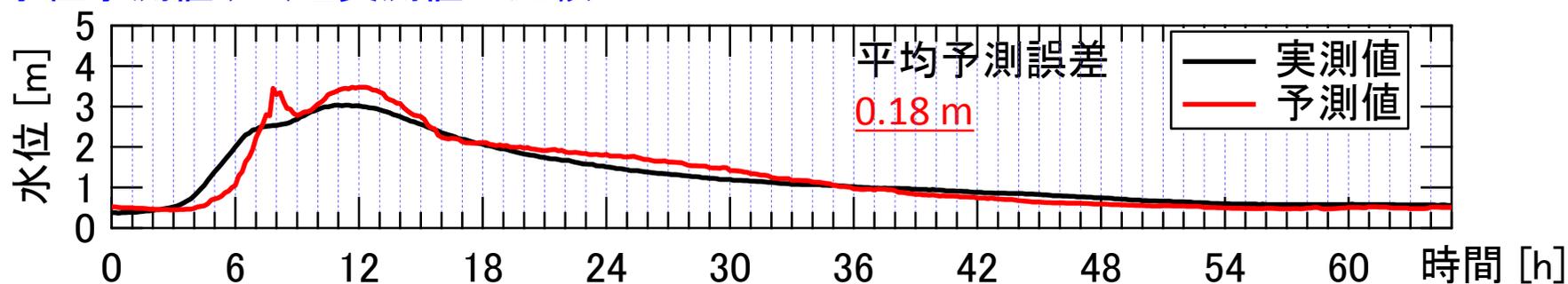
# ■ 今後の技術の発展性 Dr. Designによる BIG DATA 解析 — 吉野川流域での水位 3時間前予測 予備検討 —

## ■ Dr.Design による水位予測 AI 構築(対象:吉野川 岩津)



- ・ 大雨、通常の雨、晴れの際の観測値(水位、雨量、ダム放出量、etc.)を多次元的に可視化。
- ・ 予測対象水位(出力)と周辺流域の観測値(入力)を上図のように色や、線で関連付けることで、
  - 各観測値間の定性的な傾向を把握
  - AI構築に必要なパラメータの抽出 が可能。

## ■ 水位予測値(AI)と実測値の比較



- ・ 周辺流域の3時間前観測値から水位予測AI構築を予備検討した結果、0.18 mの平均予測誤差。

## ■ 参考資料

**Dr. Design**

「多次元可視化」と「AI」による **BIG DATA** 解析ツール

## ■ 社会システム診断ツール Dr. Design\*<sup>1</sup>

ビッグデータを・・・

①「**多次元可視化**」により**多次元的データ解析**

設計変数**(原因)** / 目的関数**(結果)** の相互関係を**俯瞰**

②「**AI(ニューラルネットワーク)**」により**非線形データ解析**

設計変数**(原因)**が変化した場合の目的関数**(結果)**の**未来予測**



ユーザーフレンドリー、効率的に意思決定を支援

### Dr. Design\*<sup>1</sup>

①経産省 革新的実用原子力技術開発費補助事業(FS) (2003)

②経産省 革新的実用原子力技術開発費補助事業 (2004-2006)

により、当初は原子力発電所保全最適化シミュレータとして開発。

その後、「社会インフラ診断(高速道路検査等)」、「人間系ビッグデータ解析」にも適用。

東京大学他と連携

# ■ AI と BIGDATA を用いた感性のデザインによる顧客価値創造

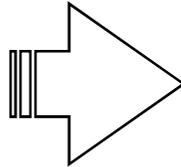
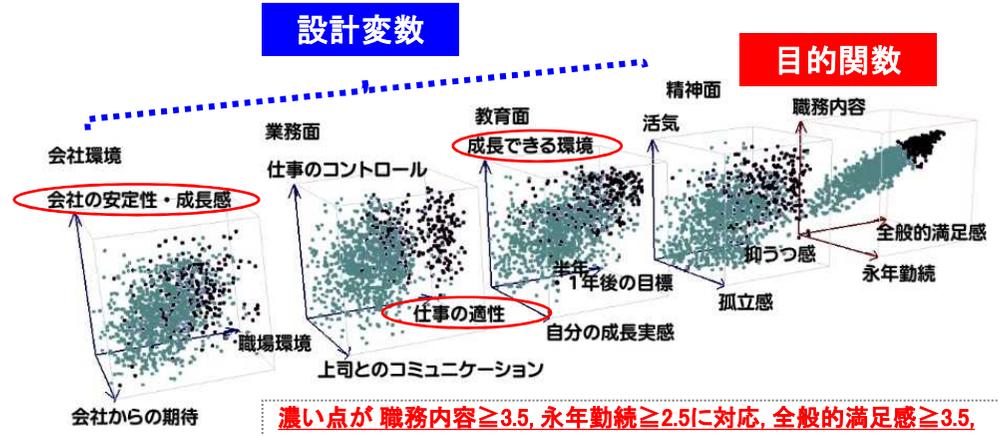
アンケートデータから「職場を働きやすくするアプローチ」の例

首都圏の上場 IT企業  
アンケート結果(660人分)

## Dr. Design

### 1. 多次元可視化による BIG DATA 多次元分析

目的関数に影響の大きい  
設計変数の探索



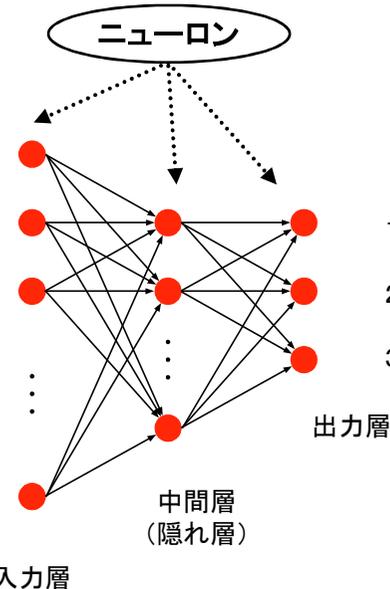
アンケート  
(BIG DATAの一例)

### 2. AI (NN: ニューラルネットワーク) による 『設計変数』と『目的関数』の 因果関係を非線形データ解析

設計変数の変化に伴う  
目的関数の変化を未来予測

### 設計変数

1. 上司とのコミュニケーション
2. 孤独感
3. 会社からの期待感
4. 自分の成長実感
5. 成長できる環境
6. 半年・1年後の目標
7. 会社の安定性や成長感
8. 仕事のコントロール
9. 仕事の適性
10. 活気
11. 抑うつ感
12. 職場環境(給与・人事評価)



### 目的関数

1. 永年勤続する気持ち
2. 職務内容(モチベーション)
3. 仕事の全般的満足感

## ■ 多次元可視化 と AI の適用例

### BIGDATAの現状把握と未来予測の例

- 健康になるオフィス環境設計のための  
大丸有(大手町、丸の内、有楽町)モデル構築の試み
- 首都圏一部上場ICT企業の「従業員モチベーション向上」
- ホテル宿泊客アンケート分析、レストラン売上データ分析
- DMM.com 英語教材 iKnow! の学習効果分析
- プロジェクト分析(高利益率/低利益率の分岐点)
- ヒューマンエラーの低減
- 企業経営者メンタルヘルス分析
- 逆止弁劣化予測
- 社会インフラ検査データ管理