

回転式打撃法と機械学習を 組み合わせたコンクリートの打音検査

福井大学 学術研究院
工学系部門 機械工学講座
教授 鞍谷 文保

2021年 9月 7日

打音検査

- 社会インフラの点検，診断技術の高度化が求められている
- 道路橋床版やトンネル壁面などの**コンクリートの浮き・はく離**を調べるための一次検査として，目視点検と**打音検査**が広く行われている
- **打音検査**は，検査員が点検ハンマーでコンクリート表面をたたき，そのときの**打撃音**の違いから**健全部**と**欠陥部**を判別する



点検ハンマー



回転式打音点検器

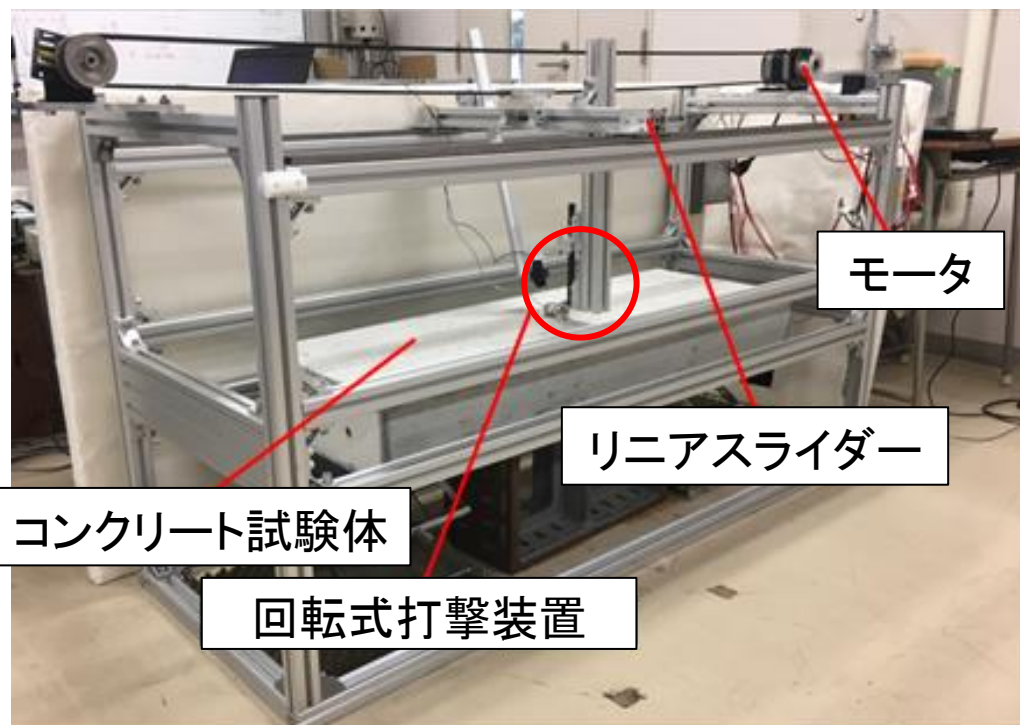
従来技術とその問題点

- 点検ハンマーを用いた打音検査
 - 打撃力がばらつく(安定しない)
 - 検査に時間と労力を要する
- 回転式打音点検器を用いた打音検査
 - 押付力により打撃力が変化する
 - 打撃音はコンクリートの欠陥の状態だけでなく、打撃力にも依存する
- 欠陥部の判定指標と判別技術
 - 音圧の最大値, 周波数特性などの単純な指標
 - AIを適用した複雑なデータ処理

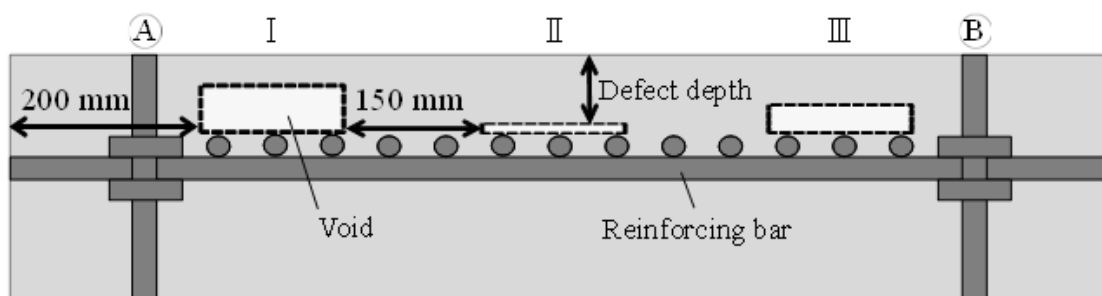
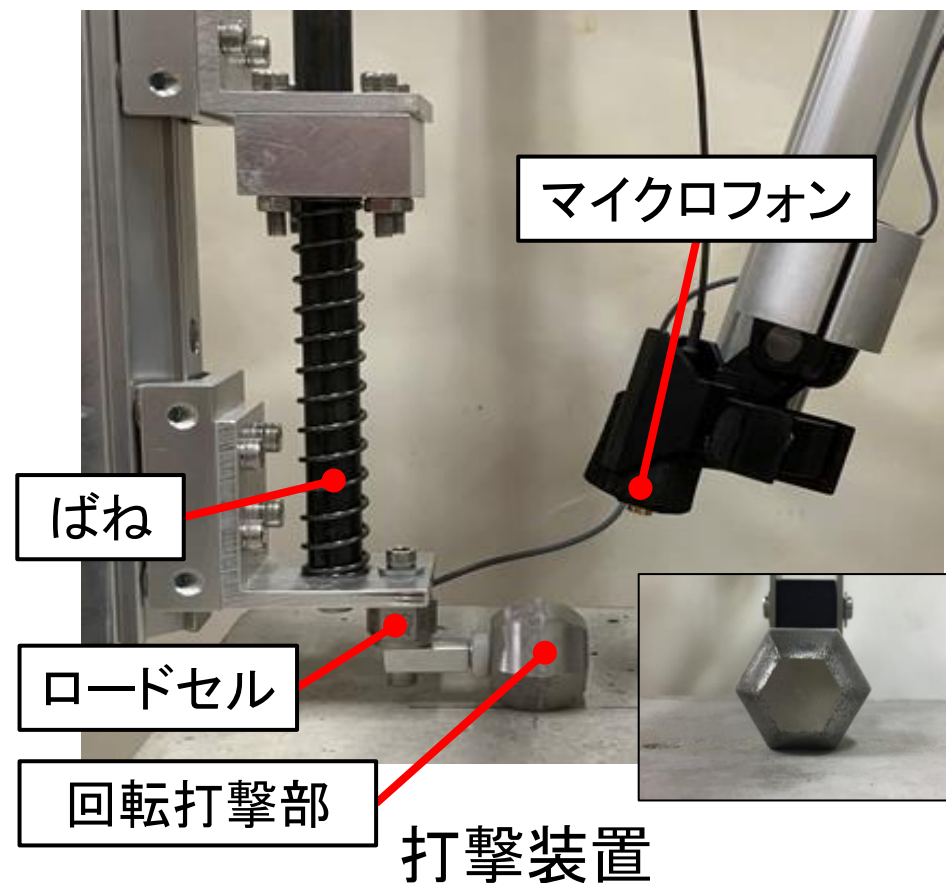
新技術の特徴・従来技術との比較

- 連続打撃が可能な**回転式打撃法**を採用
 - 打音検査の効率化
- 回転打撃部の**押付ばね定数と押付力の適正化**
 - 打撃力の安定化
 - 打撃音の顕在化
- 機械学習(**自己組織化マップ**)の導入
 - 欠陥部と健全部の自動分類
- 欠陥部の**判定指標としてオーバーオール値**を採用
 - 打撃音の**大きさ**と**減衰性**が同時に評価可能

新技術の特徴：打撃装置



打音実験装置全体

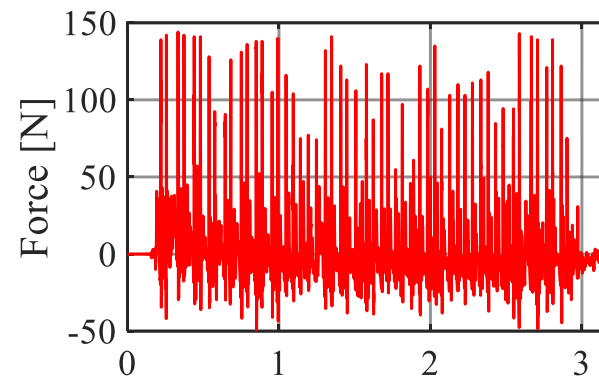
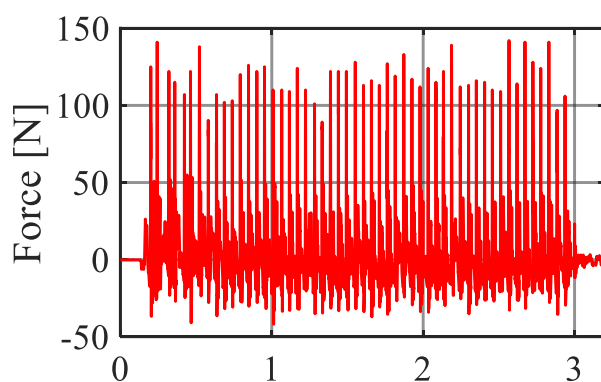


供試体

ばね：押付力の大きさと
押付力の動的特性を調整

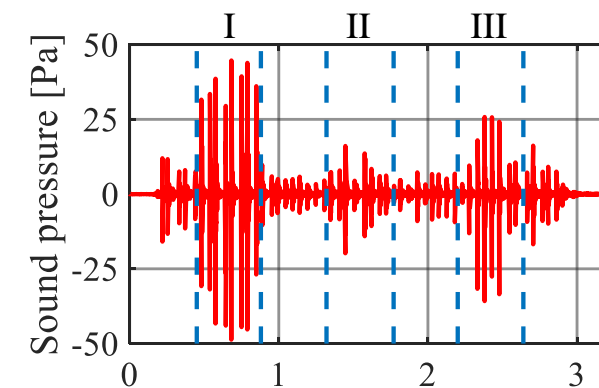
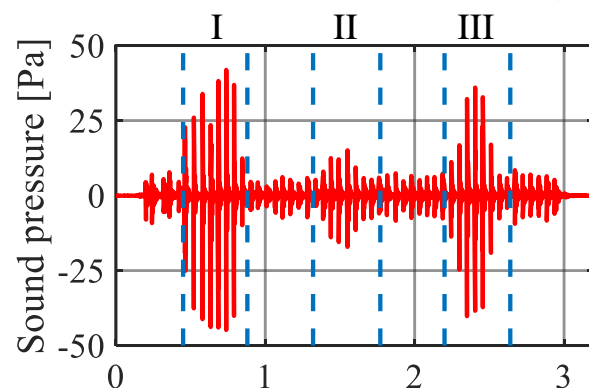
新技術の特徴：ばね定数と押付力の適正化

打撃力



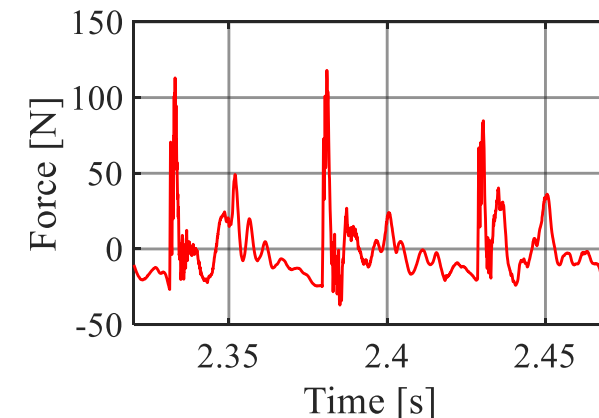
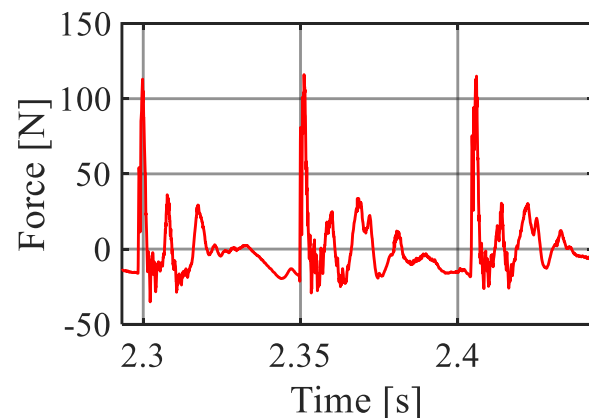
打撃力のばらつきが大きい

音圧



音圧のばらつきが大きい

打撃力の拡大

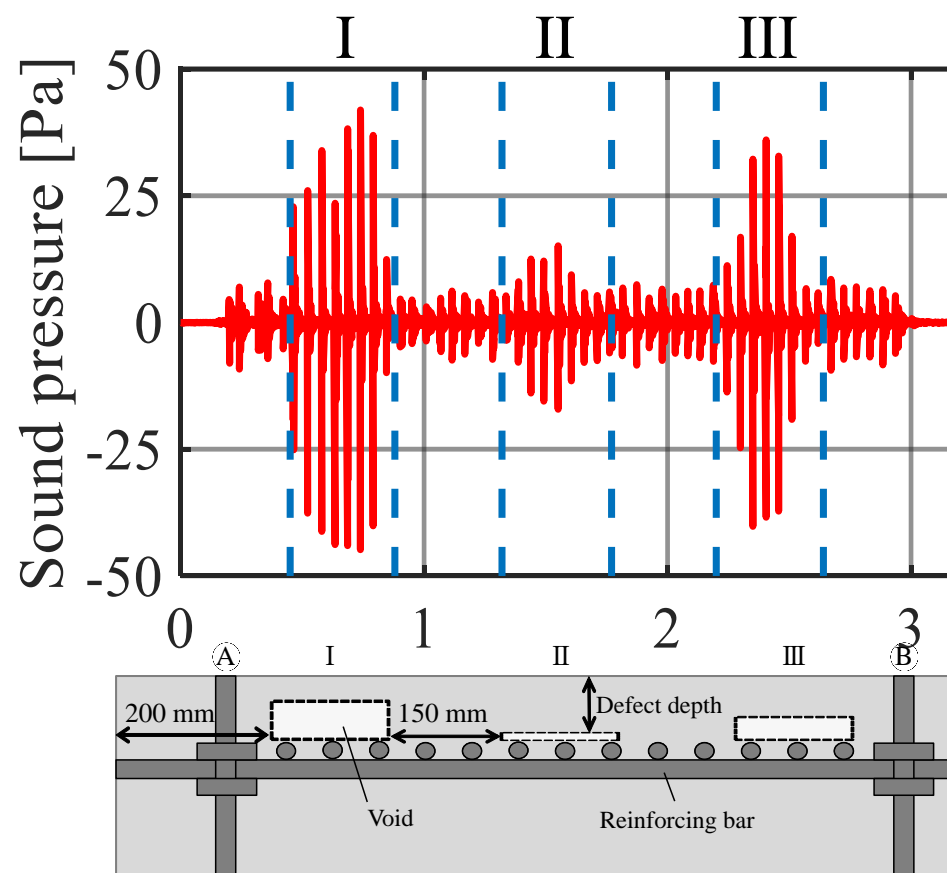


2番目の最大ピーク位置が離れている

(a) 30N and 0.98N/mm

(b) 40N and 2.9N/mm

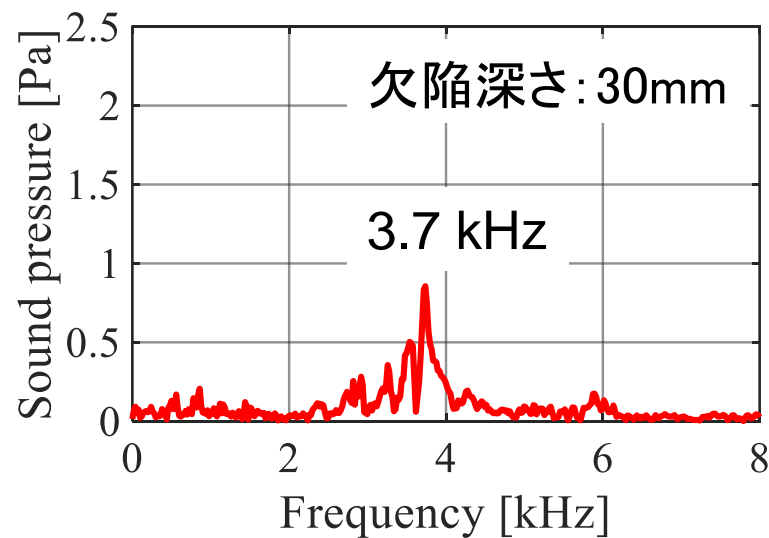
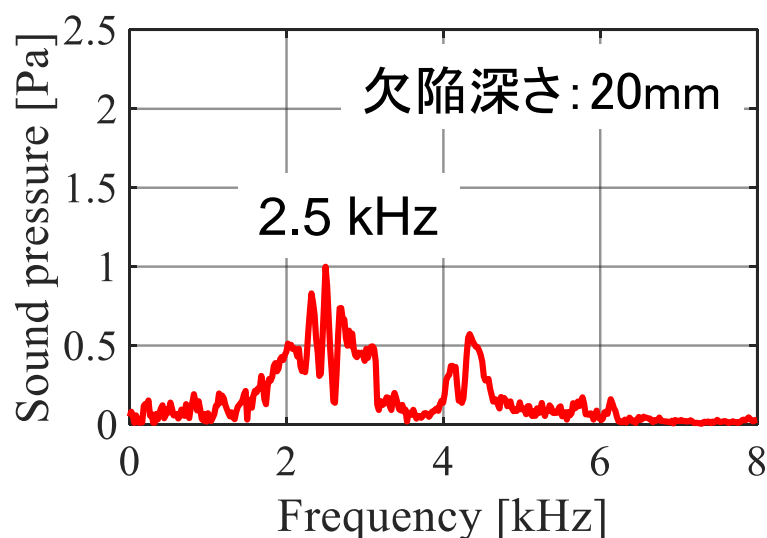
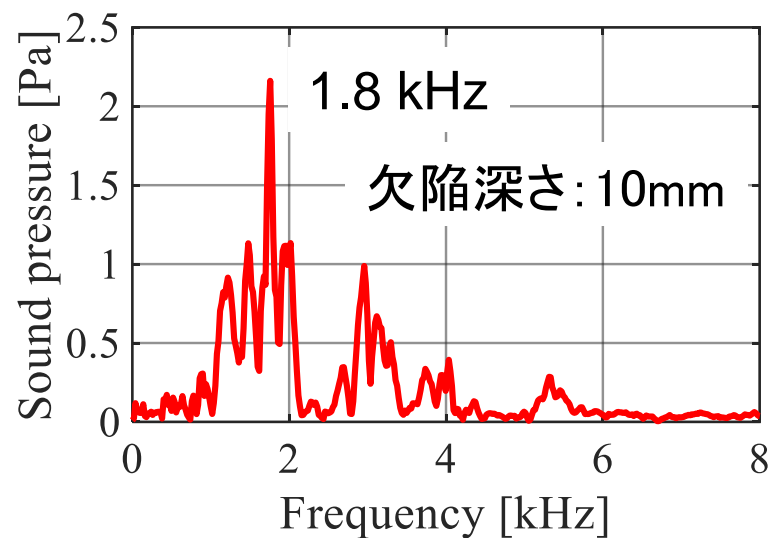
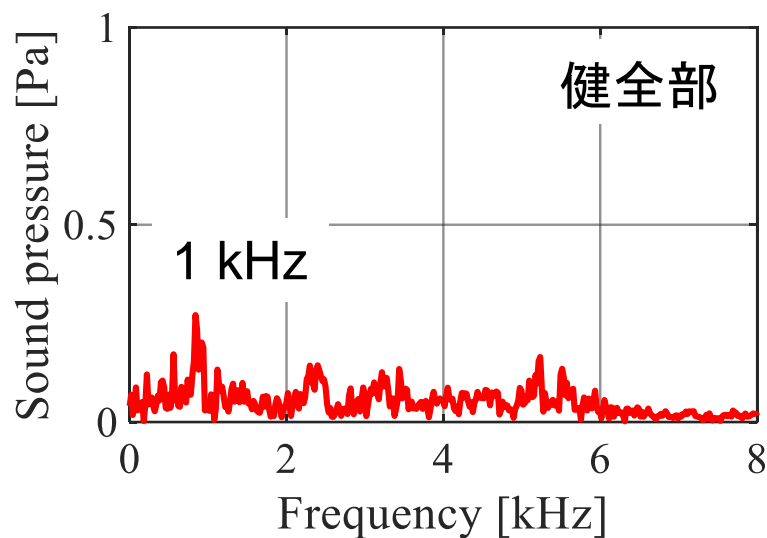
新技術の特徴：欠陥深さによる音圧の変化



欠陥部：
青破線間

- 欠陥部で音圧が高くなる
- 欠陥位置が深くなると音圧が低くなる

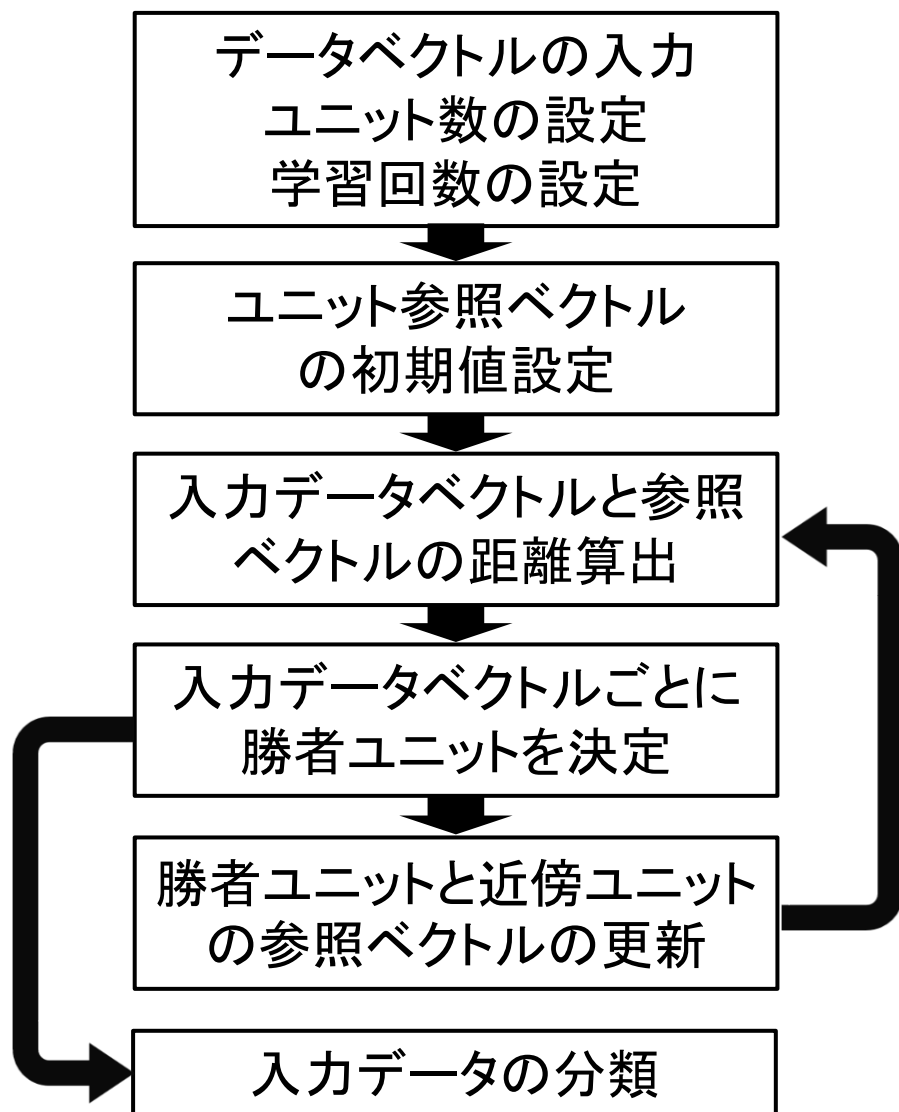
新技術の特徴：欠陥深さによる音圧の変化



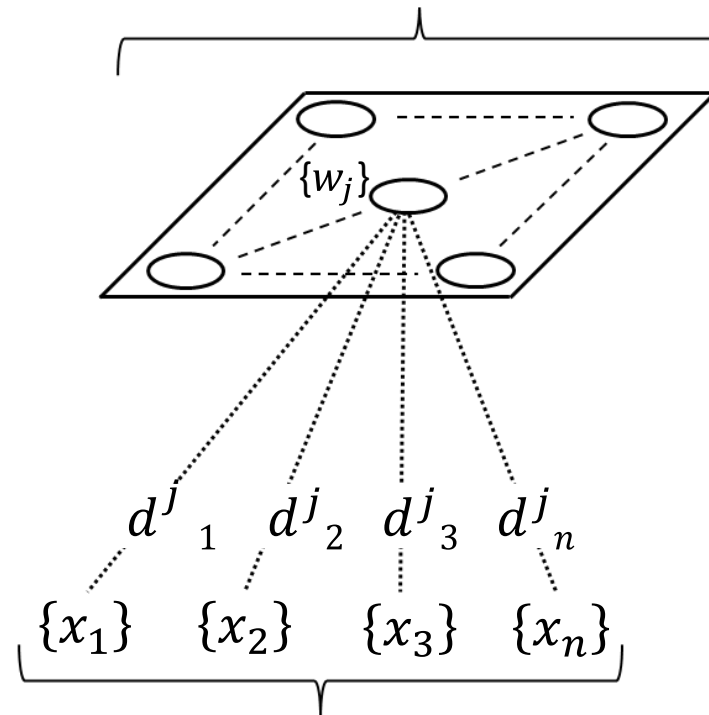
欠陥深さが異なると周波数特性が異なる

新技術の特徴：機械学習の導入

自己組織化マップ(SOM)



出力層: k 個のユニットの参照ベクトル
 $\{w_j\} \quad (j = 1, 2, \dots, k)$



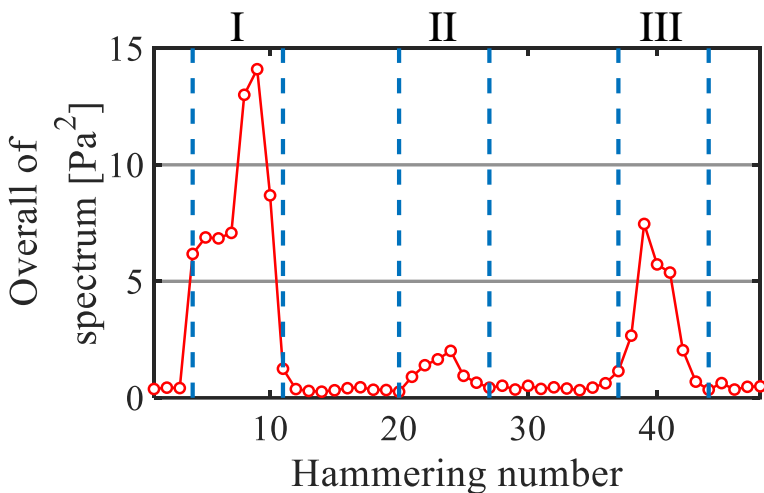
入力層: 入力データベクトル
 $\{x_i\} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$

ユークリッド距離: $d^j_i = \|\{x_i\} - \{w_j\}\|$

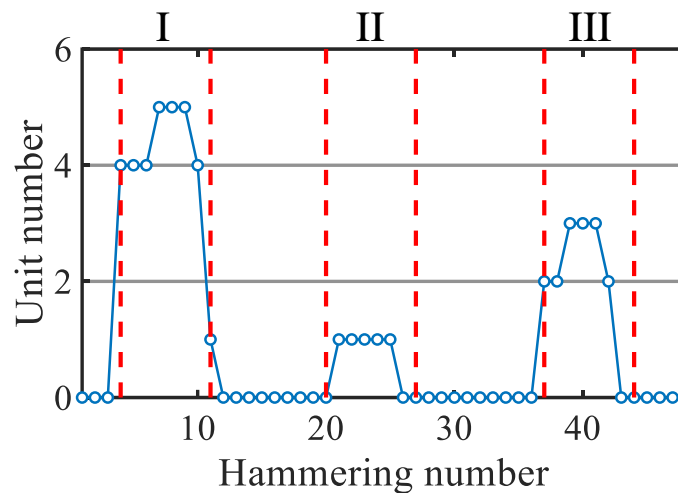
指定学習回数

新技術の特徴: 欠陥検出結果

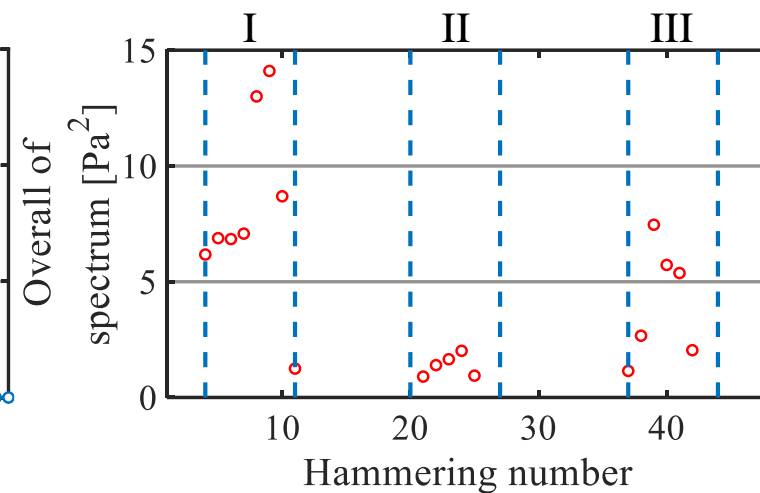
- 自己組織化マップへの入力データは, **周波数スペクトル**
- マップとして, 1次元6ユニットを採用



各打撃位置のOA値



SOM分類結果



欠陥部検出結果

- オーバーオール値を基に**ユニットを並べ替え**
- 0ユニットの打撃位置を取り除くと**欠陥部が検出可能**

新技術の特徴：まとめ

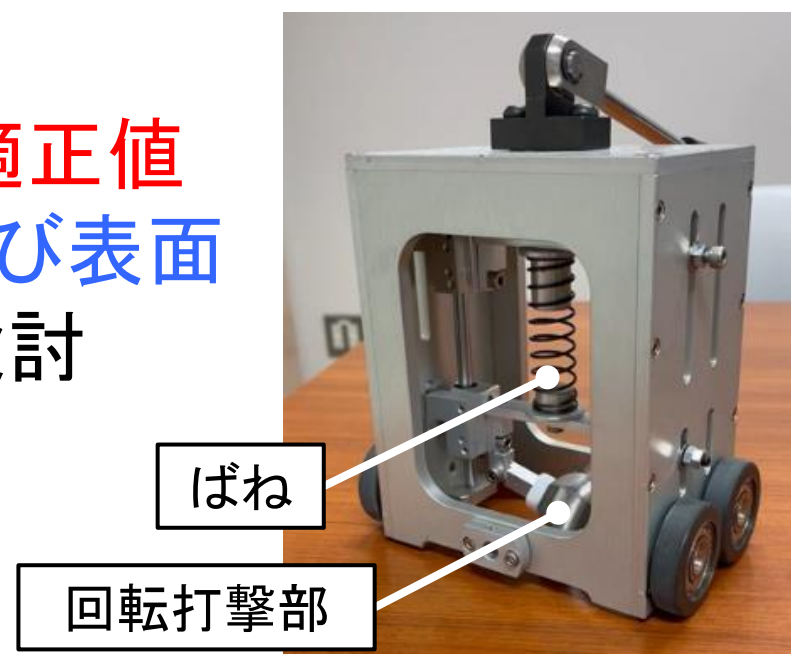
- 回転打撃部の質量とそれを押付ける圧縮ばねで構成される振動系を調整(押付ばね定数)することで、適切な押付力の大きさと打撃力の動的特性を生み出す
- 機械学習(SOM)の導入により、健全部と欠陥部の分類を自動化
- 評価指標としてオーバーオール値を用いることで、健全部を自動的に判別

想定される用途

- 打音検査の自動化
- 機械・構造物の振動実験
 - 自動打撃, 振動特性分析
- 機械の欠陥検査

実用化に向けた課題

- 現在，打撃音を測定し，打撃音から欠陥部を自動検出するシステムは開発済み
- 橋梁の床版やトンネルの側壁を**自動で打撃可能なシステムに発展**させる
- **押付ばね定数と押付力の適正值**が，**コンクリートの特性および表面性状の影響を受けるか**を検討



小型打撃装置(試作機)

企業への期待

- 発表者の専門は振動・音響解析で、機械構造物の実験解析や数値解析のノウハウを保有
- 本技術（押付ばね定数と押付力の適正化，欠陥部の自動検出技術）を実装し，橋梁の床版やトンネルの側壁を自動打撃可能なシステムに発展させる企業との共同研究を希望
- 本技術は，音響データを用いた検査技術で，コンクリートの点検以外の製品検査への適用も可能

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 構造物の打音検査装置
及び打音検査方法
- 出願番号 : 特願2020-177014
- 出願人 : 福井大学
- 発明者 : 鞍谷文保

お問い合わせ先

福井大学 産学官連携本部
コーディネータ 三浦 一男

TEL 0776 - 27 - 8956

FAX 0776 - 27 - 8955

e-mail office@hisac.u-fukui.ac.jp