

7. AI を利用した打音検査の自動判定

	佐藤工業株式会社 技術研究所	○黒田 千歳
	佐藤工業株式会社 技術研究所	歌川 紀之
筑波大学 大学院 システム情報工学研究科		島田 拓夢
筑波大学 大学院 システム情報工学研究科		安永 守利

はじめに

橋梁やトンネルの維持管理のため行われる打音検査の結果を、検査者の技量によらず健全と欠陥を判定するための分析手法が求められている。AI（人工知能）的な手法により判定を行った結果について述べる。

分析手法

打音はインパルスハンマーと検査面に密着させた収録マイクにより行い、収録した音圧波形から求めた周波数分布を入力ベクトルとして以下の分析手法を適用する。

(1) 主成分分析

主成分分析の目的は、多次元ベクトルの入力データからなるべく少ない合成変数で、なるべく多くの情報を把握するという情報の縮約である。打音データについては、後述するように、第1～第3主成分を表示すると健全部、欠陥部、また異常値の分布状態がわかる。

(2) k 近傍法

k 近傍法では入力ベクトル間の距離を計算し、その距離から判別（クラス分け）する。健全部の周波数分布同士は距離が近くなり、欠陥部と区別することができる。対象ベクトルのk個までの近傍を調べて、多数決により対象ベクトルの種別を判定する。

(3) 自己組織化マッピング (Self-Organizing maps, SOM)

大脳皮質の視覚野をモデル化したニューラルネットワークの一種である。教師なし学習により、一般に2次元へのマップを作成してトポロジカルなクラスタリングが得られる。

(4) ディープラーニング (Deep Learning, DL)

多層のニューラルネットワークに教師データとして健全・欠陥の区分と対応する入力ベクトルを多量に学習させ、作成されたニューラルネットワークにより未

知の入力ベクトルが健全であるか欠陥であるかの判定を行う。

対象試験体

図1に示すかぶりと直径が異なる円形空洞試験体の打音データにAI的な分析手法を適用した。

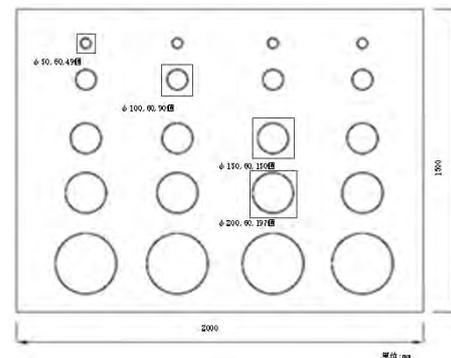


図1：円形空洞試験体

打音データは当社で開発した健コン診断ポータルにより取得した。欠陥部と健全部の打音点の周波数分布は、例えば次のようになっている。

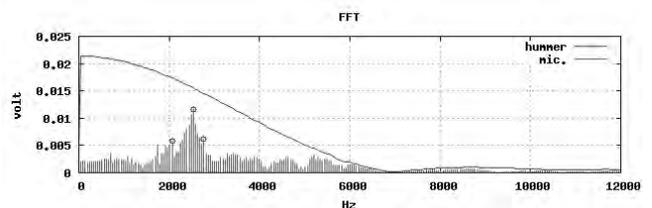


図2：欠陥部の周波数分布

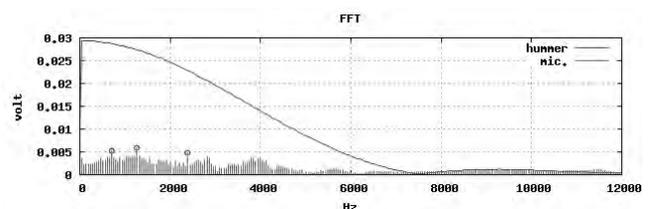


図3：健全部の周波数分布

空洞上の点では2kHz付近で固有振動が発生しており、健全部では振動は小さく、フラットになっている。

AI 的な分析手法の適用結果

図1の4種類の円形空洞欠陥のまわりの格子点の打音結果を用いて前述の分析手法を実施し、20個のテストデータ(健全部と欠陥部それぞれ10個ずつ)について判定を行なった。入力ベクトルとしては、波形からFFTで求めた4kHzまでの80次元のデータを与えた。自己組織化マッピング(SOM)、k近傍法(kNN)、ディープラーニング(DL)による正答率は次のようになる。

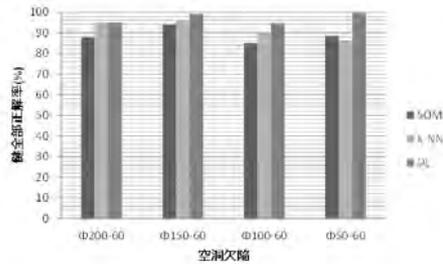


図4：健全部の正答率

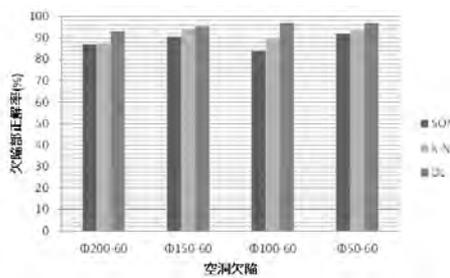


図5：欠陥部の正答率

正答率は、20個のテストデータをランダムに20回与えた場合の結果となっている。本結果から、各手法の正解率は健全部、欠陥部ともに80%を超えていること、特にDLでは、90%を超えていることがわかる。

次に、DL以外の各手法の結果について述べる。

主成分分析の結果より、各入力データの第1～第3主成分を3次元でプロットすると図6のようになる。

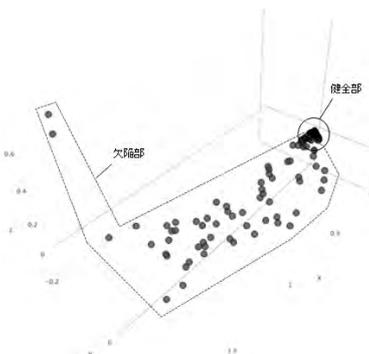


図6：主成分分析の結果

健全部は一箇所にとまっております、欠陥部は広く分

散している。

k近傍法についてはkとして1～10について正答率が高かったものを示している。

自己組織化マッピングの結果を直径20mm、深さ60mmの欠陥の場合について示す。

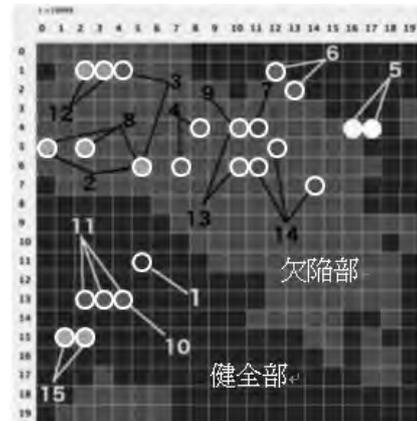


図7：自己組織化マッピングの結果

番号1, 5, 6, 10, 11, 15が健全部でその他は欠陥部である。マップの灰色部分は欠陥箇所、黒色部分は健全箇所を示す。健全と欠陥のクラスタリングができていることがわかる。テストデータは○で示している。6以外は欠陥が欠陥の領域に、健全が健全の領域に入っており、正解となっている。6の測点は健全部であるが欠陥部との境界近くにあり、SOMでも健全部と欠陥部の境界近くにマッピングされていることがわかる。

まとめ

人工知能的な手法を打音法に適用し、円形欠陥モデルを対象としたテストでは、80%以上の正解率が得られた。今後、各手法の正解率を向上させるためには、学習データの充実、改良や従来手法を含めた組み合わせの検討が必要である。さらに、実構造物における判定に用いるための課題を整理する予定である。