

## 審査の結果の要旨

氏名 ルイ笠原 純ユネス

ルイ笠原 純ユネス氏の博士論文は、「Cluster Analysis of Audio Data with Varying Amounts of Metadata (メタデータを含む音響データのクラスタ分析)」と題し、全 7 章より構成される。本論文では、ハンマーで叩いたときの音の情報を用いてコンクリート構造物の点検を行う打音検査と呼ばれる検査法の自動化を目指して、メタデータを含む音響データのクラスタ分析アルゴリズムの構築を行っている。

第 1 章では、本論文の背景である人間のエキスパートによる打音検査の重要性について述べられている。非破壊検査法としての打音検査の重要性について議論がなされた上で、打音検査の自動化を実現するための問題点・チャレンジングポイントの抽出がなされている。具体的には、音響データを異常な音と健全な音に分類するための方法として、教師あり学習と教師なし学習のアプローチの比較がなされている。また、教師あり学習においては、訓練用データに付与するラベルの質や量についての議論がなされ、メタデータという観点から整理がなされている。

第 2 章では、関連する研究が調査され、学習を用いたデータ分類に関する従来研究と本論文との関係がまとめられている。最初に、訓練用データが不要な教師なし学習に関する関連研究について調査結果が示されている。次に、位置情報や人間によるヒント情報などのメタデータを用いたデータ分類に関する関連研究について調査結果が示され、それぞれの概要や特徴に関する議論がなされている。その上で、本論文の目的である打音検査の観点から、従来研究の問題点とチャレンジングポイントが述べられている。

第 3 章では、メタデータがない場合に関して取り扱っており、教師なし学習を用いて打音検査の音響データを分類する新しい手法の提案が行われている。本章では、人間のエキスパートが高精度の打音検査を実現していることから、

人間の聴覚特性からヒントを得た手法が提案されている。具体的には、フーリエ変換を施した音響データに対して、Mel-Frequency Cepstrum Coefficients (MFCC) と呼ばれる方法を用いた処理を行うことにより、音響データを異常なコンクリート構造物を叩いたときの音と健全なコンクリート構造物を叩いたときの音に分類する手法を提案している。検証実験では、実際にコンクリート構造物を叩いたときの音響データを用いた評価結果により、提案手法の有効性が確認されている。

第 4 章では、コンクリート構造物を叩いたときの打音場所の位置情報をメタデータとして用いた場合について取り扱っている。本章では、打音場所の位置情報を分類に利用することで、性能向上を図る手法が提案されている。また、音響データを分類する際のクラス数を自動決定する手法が提案されている。検証実験では、実際にコンクリート構造物を叩いたときの音響データを用いた評価結果により、提案手法の有効性が確認されている。

第 5 章では、人間のエキスパートがメタデータを与えた場合について取り扱っている。本章では、**must-link** と呼ばれる、ある 2 つの音響データが同じクラスに属しているという情報、および、**cannot-link** と呼ばれる、ある 2 つの音響データが同じクラスに属していないという情報が、それぞれメタデータとして音響データに付与された場合の分類手法が新規に提案されている。検証実験では、パターン認識で用いられる標準的なデータセットを用いた評価実験、および実際にコンクリート構造物を叩いたときの音響データを用いた評価結果により、提案手法の有効性が確認されている。

第 6 章では、第 3 章・第 4 章・第 5 章で提案したそれぞれの手法に関して、音響データに付与されているメタデータの量と質の観点から比較を行うと同時に、分類の性能に関して比較検討を行っている。最終的に、第 3 章・第 4 章・第 5 章で提案したそれぞれの手法に関して、実際に利用する場合の利活用方法についても議論を行っている。

第 7 章では、本論文の成果が総括されている。今後の課題として、用いるメタデータについての更なる議論などについて述べられている。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。