



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	音響機器の特性を利用した情報ハイディングの研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	松永, 悠斗
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第15549号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/89493
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Yuto_Matsunaga_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (情報科学) 氏名 松永 悠斗

審査担当者 主 査 教 授 土橋 宜典
 副 査 教 授 坂本 雄児
 副 査 教 授 長谷山 美紀
 副 査 特任教授 荒木 健治

学位論文題名

音響機器の特性を利用した情報ハイディングの研究
(A Study on Information Hiding Using Characteristics of Acoustic Equipment)

本論文は、楽曲信号に対する情報ハイディング手法について論じたものである。

第1章では、情報ハイディング技術とその動向について概説した後、本論文が対象とする音響情報ハイディングにおける課題を明らかにし、本研究の目的と貢献について述べている。デジタルコンテンツの中でも楽曲に関する、著作権保護のための情報ハイディングは、埋め込みによるコンテンツの品質を損なわない点とファイルのフォーマット変換やコンテンツの編集が行われた場合でも秘匿情報が消えない点が求められる。楽曲に対する情報ハイディングでは、アーティストやレコード会社にとって自身の作品に加工が加えられるという心理的抵抗感が高いことが知られており、この品質劣化を最小限に抑えるという点が重要な問題となる。本研究はこの問題の解決について取り組んだものである。

第2章では、本研究に関する最近の既存研究について議論し、本研究の位置づけを明らかにしている。近年の情報ハイディングの研究は、秘匿情報を用いて生成した信号がデジタルコンテンツの一部として成立するようなアプローチの研究が行われており、これによりコンテンツの品質劣化の問題を避けることが可能となる。本研究は、このアプローチに基づいて、音響信号合成技術や音響効果処理技術を利用した情報ハイディング手法を提案するものである。

第3章では、音響信号合成技術を利用した情報ハイディング手法として、打楽器音信号の合成による情報ハイディング手法を提案している。この手法では、打楽器音信号の合成にノイズ信号が用いられていることを利用し、秘匿情報によってノイズ信号の符号を操作することで埋め込みを行う。埋め込み後の楽曲信号とこのノイズ信号との相関関数を計算することでピークが検出され、秘匿情報の検出が可能となる。提案手法の攻撃耐性を定量評価実験により評価し、その利点・欠点を明らかにしている。提案手法は、広く普及している MP3 符号化への高い攻撃耐性を有しており、その有用性が確認されている。一方で、ピッチ変更のような特殊な攻撃ではノイズ信号の符号情報が大きく変わってしまうため、攻撃耐性が低いことを確認している。

第4章では、音響効果処理技術を利用した情報ハイディング手法として、音響歪み効果による情報ハイディング手法を提案している。この手法では、音響歪み効果の発生に用いられるクリッピング処理に対して、秘匿情報によって歪み効果をかけた信号の振幅値に偏りが出るようにクリッピング処理を操作することで埋め込みを実現している。埋め込み後の楽曲データに対して、平均値を計算することで、その符号から秘匿情報の検出を可能としている。この手法の有効性を確認するため

の主観評価実験および定量評価実験を行っている。主観評価実験では、音響歪み効果としての自然さを評価し、その結果、埋め込みを行った信号においても自然な音響歪み効果が表現されていることが確認されている。定量評価実験では、この手法の攻撃耐性を評価している。MP3 符号化や再生速度の変更、ピッチ変更などの様々な攻撃に対して高い攻撃耐性を有することが確認されている。しかし、High Pass Filter による周波数フィルタの攻撃に対しては攻撃耐性が低いことが確認されている。そこで、波形のエンベロープを用いた補正処理により検出精度の改善を図り、攻撃耐性を高めることに成功している。

第5章では、機械学習を用いた更なる検出精度の改善を試みている。機械学習を用いた2値分類による秘匿情報の検出を行うことで、検出精度の改善を可能とする手法を提案している。畳み込みニューラルネットワークから構成される学習モデルを用いて秘匿情報の検出を行うことで、弱い埋め込みの場合でもビット誤り率を0.1以下に抑えることができ、実用にも耐えうる検出精度を実現している。

以上を要するに、本研究では、楽曲信号に対する情報ハイディングを目的とし、打楽器音信号および歪み効果に対する秘匿情報の埋め込み手法を提案している。既存手法では達成できなかったピッチ変更や周波数フィルタ攻撃などに対しても強い耐性を有していることを確認している。また、既存研究では、楽曲として完成された信号に対し、後処理として埋め込みを行うが、提案手法は楽曲作成時の音響機器の一つとして用いることが想定されており、主観評価実験からも秘匿情報の有無やその内容に関わらず自然な音響効果を実現できることを確認している。そのため、提案手法では、攻撃耐性の向上に加えて、秘匿情報の有無による音質の変化に対する利用者の心理的抵抗を緩和することができ、音楽産業を中心とする多方面での活用が期待される。よって、著者は北海道大学博士(情報科学)の学位を授与される資格あるものと認める。