

氏 名	わた 渡 辺 良
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 1883 号
学位授与の日付	平 成 12 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 衛 生 工 学 専 攻
学位論文題目	直交ウェーブレットを用いた音響系の計測, 及び両耳間相関処理に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 高 木 興 一 教 授 森 澤 眞 輔 教 授 高 橋 大 式

論 文 内 容 の 要 旨

現在、騒音制御、建築音響、聴覚、音声など全ての音響分野において従来のスペクトル解析のみでなく時間と周波数の両面から見た時間一周波数領域での解析の必要性が高まっている。本論文は、時間一周波数領域上で直交系を構成する直交ウェーブレットを用いて、音響系の計測、および両耳間相関に関する心理実験を行い、従来の解析法に基づいた手法では得られない計測結果や心理実験結果を得たものであり、5章からなっている。

1章では、本研究の背景と意義について述べている。

従来のノーリエ解析に基づく音響技術と応用範囲が重複する非直交ウェーブレットに対して、直交ウェーブレットが他の解析法にはない時間一周波数領域での定量性を持つことを指摘し、ウェーブレット解析の音響分野における有効的な利用法について論じている。

2章では、直交ウェーブレット変換、逆変換の計算法とその応用技術を解説している。離散ウェーブレット変換の分解、再構成アルゴリズム、および直交ウェーブレットの構成法とその種類を示し、直交系を保ったまま変換の周波数分解能を高めるウェーブレット波束についてもその方法および変換例を示している。次に、ウェーブレットの応用技術として適応波形解、データ圧縮について解説している。また、変換計算における工夫として著者が行った直交ウェーブレットの周波数特性の調整、および任意時間シフト変換について、その方法や計算結果を示している。

3章では、直交ウェーブレットを用いた音響系の計測法の測定原理を示し、この計測法を用いて行った音場計測、およびスピーカーシステムの高調波歪みの計測、低減処理の結果を報告している。

一次元信号のインパルス応答の概念を時間一周波数領域に拡張した単一ウェーブレット応答による音響系の計測法の原理を示している。また、この計測法により得られる周波数帯ごとの伝達関数が、入力関数の直交性から、その定量性や算術上互いに独立として扱える事が保証されていることを示している。次に、音場計測においては Daubechies 16 関数の単一ウェーブレット応答により、通常高い精度が要求される測定に用いられる長さ 2^{17} の TSP (time stretched pulse) による計測と同程度の精度が得られることを明らかにしている。単一ウェーブレット応答は 100 Hz 以下の低域においてもそれ以上の帯域と同等の精度を保つことから、それを用いて低域部の精度が低いインパルス応答を部分的に修正する方法を示している。スピーカーシステムの高調波歪みの計測においては、単一ウェーブレット応答により非線形歪みの特性を捉え、それを用いた歪みの低減処理により 4, 5, 7, 8 次の高調波において低減効果を得ている。また一つの分解レベルの単一ウェーブレット応答のみから、相似変換により全周波数域に対する高次の非線形歪みを簡単な線形的計算法により予測、低減処理する方法の可能性を示している。

4章では、聴覚における両耳間相関処理に関する心理実験を、ウェーブレット係数上での信号作成法による両耳入力を用いて行った結果を元に、ウェーブレット係数算出される音像の広がり間に関する物理指標を検討している。

ウェーブレット係数上での両耳入力作成法により、信号全体の周波数特性、相関係数を保ったまま、部分的な位相差や振幅差に違いのある雑音対を作成する方法を示している。また、類似性実験、および音像の広がり感に対する一対比較実験か

らそれらの音像の変化を評価している。特に中心周波数 2 kHz の帯域では、部分的な位相差や振幅差の違いによって相関係数 0 の雑音対が相関係数 2/3 の雑音対より狭く感じられる音像となるという結果を得ており、音像の拡がり感を相関係数のみから評価することの問題点を明らかにしている。次に、両耳入力のウェーブレット係数から音像の拡がり感に対する物理指標を、聴覚における包絡線および搬送波の二つの相関処理法の優先度を考慮しながら、エネルギー到来方向の標準偏差として求め、心理実験値と良い対応が得られたことを示している。

5 章では、本研究で得られた結果をまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、直交ウェーブレット解析に基づいた時間-周波数解析法により、音響系の伝達関数を周波数帯ごとに求める計測法、および聴覚の両耳間相関を検討するための信号音作成法、分析法を提案するものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 一次元信号におけるインパルス応答の概念を時間-周波数領域に拡張した、単一ウェーブレット応答による音響系の計測法の原理を示している。

2. 音場計測において Daubechies 16 関数の単一ウェーブレット応答により、通常高い精度が要求される測定に用いられる長さ 2^{17} の TSP (time stretched pulse) による計測と同程度の精度が得られることを明らかにしている。単一ウェーブレット応答は 100 Hz 以下の低域においてもそれ以上の帯域と同等の精度を保つことから、それを用いて低域部の精度が低いインパルス応答を部分的に修正する方法を示している。

3. スピーカーシステムの高調波歪みの計測において単一ウェーブレット応答により非線形歪みの特性を捉え、それを用いた歪みの低減処理により 4, 5, 7, 8 次の高調波において低減効果を得ている。

4. ウェーブレット係数上での両耳入力作成法により、信号全体の周波数特性、相関係数を保ったまま、部分的な位相差や振幅差に違いのある雑音対を作成し、類似性実験によりそれらの音像に有意な差があることを確認することで、音像の特性を相関係数から評価することの問題点を明らかにしている。また両耳入力のウェーブレット係数から音像の拡がり感に対する物理指標をエネルギー到来方向の標準偏差として求め、心理実験値と良い対応が得られたことを示している。

以上、本論文は直交ウェーブレットを用いた音響系の計測法を提案するとともに、その方法の実用性を線形系、非線形系の両方で示し、またウェーブレット係数上での音像の拡がり感に関する物理指標の算出法を提案しており、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 12 年 1 月 11 日、論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。