

## 審査の結果の要旨

### 相関関数のウェーブレット変換とむだ時間測定への応用

氏名 田原 鉄也

本論文は入出力信号の相関解析と時間一周波数解析であるウェーブレット変換を融合させることで、線形システムのむだ時間を測定できることを理論的に示すとともに実際のプラントで測定できることを実証した研究である。ウェーブレット変換は産業界で活用されているフーリエ変換を精密化した信号処理手法であり、1980年ごろから音声処理や画像処理に使われてきた。そして、1990年頃からは著者らが先導してシステム同定へ応用が始まった。その過程における成果をまとめた論文である。本論文では、入出力の相関関数をウェーブレット変換するとむだ時間を中心に位相曲線が集中することを理論的に示した。さらに、この手法を用いて空調設備やボイラープラントにおけるむだ時間が実際に測定できることを示した。

論文自体は7章からなっている。第1章は「序論」である。ここでは、研究の背景や基礎知識、および研究内容の概略が論じられている。第2章は「数学的準備」であり、本論文で用いる相関解析やウェーブレット変換の基礎的な理論が紹介されている。第3章「相関関数のウェーブレット変換の性質」では、本研究の根幹となる相関関数のウェーブレット変換の各種性質が導出されている。その中には、相関関数のウェーブレット変換とスペクトル密度との関係やウェーブレット関数の選択法、ならびにデータの長さの有限性がこれらの解析におよぼす影響などの興味深い結果も含まれている。つづく第4章の「開ループ系のむだ時間測定」では、制御対象単体の入力むだ時間測定法の理論が展開されている。ここでは、入出力の相関関数をウェーブレット変換するとむだ時間を中心に位相集中が見られる原理を理論的に明かにしている。同時に、このような位相集中が見られるための十分条件も明示している。また、数値実験により、理論どおり位相集中が起こることを確認している。第5章「閉ループ系のむだ時間測定」では、フィードバック制御装置を切り離せないような対象におけるむだ時間測定というニーズはあるが、理論的な扱いが難しい課題に挑戦している。この結果として、むだ時間に対応した周期で相関関数のウェーブレット変換に位相集中が見られることを示している。そして、このような現象が見られるための十分条件を導出している。また、このことを数値実験を通して確認している。第6章「実プラントによるむだ時間測定実験」では、研究したむだ時間測定法を開ループ系である空調設備と閉ループ系であるボイラープラントに適用した事例が論じられている。いずれも、位相集中現象からむだ時間が測定できることを確認している。最後の第7章である「今後の課題」においては、本論文で研究したむだ時間測定法の有効性を確認するとともに、これから解決すべき課題を網羅している。

以上，システムの特性解析や制御に不可欠なむだ時間測定法を相関関数とウェーブレット変換の組合せという観点から確立し，しかも実在の複数のプラントで提案手法の有効性を確認した本論文は学術面においても産業面においても大きな貢献である．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．