

氏名(本籍)	石山 文彦
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第 10008 号
学位授与年月日	令和 3 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査学術院	理工情報生命学術院
学位論文題目	電磁ノイズ源の特徴抽出及び同定技術構築に向けた信号処理理論の構築とその適用性評価の研究
主査	筑波大学 教授 博士(工学) 櫻井 鉄也
副査	筑波大学 教授 博士(工学) 牧野 昭二
副査	筑波大学 教授 工学博士 徳永 隆治
副査	筑波大学 准教授 博士(工学) 庄野 和宏
副査	筑波大学 准教授 博士(情報理工学) 安東 弘泰

## 論文の要旨

本論文は、電磁ノイズ源の特徴抽出及び同定技術構築に向けた非線形信号処理理論を提案・構築するとともに、実際の電磁ノイズ波形に対しての適用性を評価したものである。

1章では、本論文の背景である、EMC (ElectroMagnetic Compatibility; 電磁環境両立性) 技術の概要と、そこでの課題を示している。着目するのは電磁ノイズによる通信障害が発生した場合の障害対応であり、現状では専門技術者の属人的スキルでまかなわれている。これを技術化し、一般技術者による障害対応を可能とすることが本研究の最終目標となる。2章では、標準的な線形予測法の課題を示すとともに、過渡周波数解析を可能とする、特別な形の線形予測法を導入している。線形予測法の数値計算には標準的には Yule-Walker 方程式が用いられるが、これには Walker による周期波形への置き換え近似が含まれることと、実際の数値計算には Walker の式をさらに改変した Itakura の式が用いられていることを示したうえで、それら近似・改変を含まない形の数値計算式を示している。3章では、2章で導入した特別な形の線形予測法を用いての、独自の非線形信号処理手法を提案・構築している。また、提案手法と関連する様々な従来手法を列挙して比較検討することにより、各手法が抱える課題を明らかにしている。具体的には、FM-AM 変調振動波形の重ね合わせという形でモデル式を導入している。そして、従来手法の数々は、このモデル式のサブセットとして理解可能であることを示している。4章では、提案手法の様々な場面への適用事例を示すことで、利用イメージの具体化をはかっている。また、それぞれの場面への適用にあたっての注意点やノウハウについても述べている。そこでは、大きな信号の影に隠れた発散振動の瞬時的検知、非線形信号の瞬時周波数解析、バイアス成分と周期成分との分離抽出、周期波形からのガウシアンノイズ成分の分離と除去、などを例示している。5章では、提案手法の実用性を示す目的で、実測電磁ノイズ波形への適用事例を示している。

主として、劣化した AC アダプタが電源線に発する電磁ノイズの解析に本論文の提案手法を適用す

ることで、外れ値を除去した上での電磁ノイズの主要振動モードの最大振幅と、通電時の自己発熱によって内部抵抗値が温度変化したコンデンサの内部抵抗値との間に正確な比例関係があることを示している。6章では、全体をまとめ、今後に向けた検討課題を整理している。そこでは、本論文が最終目標とする課題達成に向けての電磁ノイズ測定・解析の推進、提案手法の数理科学的なブラッシュアップ、本論文からの発展となる、社会展開の3つの面について述べている。

## 審 査 の 要 旨

### 【批評】

本論文の特徴は、基礎理論の提唱から現場業務への適用までの幅広い領域をカバーしていることにある。

そこで提案されている非線形信号処理理論は、フーリエ解析のように、事前に与えられた直交基底関数との相関積分を取ろうとするアプローチとは異なり、局所座標系の直交基底を局所ごとに算出し、算出された局所直交基底によるモード分解をおこなうというものになっている。これにより、フーリエ解析による時間周波数分解能の理論限界を超えての詳細をとらえることができる非線形信号処理理論の構築が可能となった。また、実測電磁ノイズ波形の解析に適用し、具体的な EMC 課題の解決に寄与する結果を出した。

本論文に残された課題として、数理的基盤の弱さが挙げられる。例えば、提案手法を用いて非線形信号処理をおこなうにあたり、「十分に短い時間幅を考えれば線形とみなすことができる」と、述べられているが、その、「十分に短い」とみなすことができるための数学的要件が、明確化できていない。また、解析対象が非線形である場合、上記仮定下での近似式の残差がどのように効いてくるのかの詳細も、検討課題として残されている。例えば、非線形な信号の解析時に理論値からの系統的なズレが発生することが論文中で示されており、その理由を解明する必要がある。

### 【最終試験の結果】

令和3年2月5日、理工情報生命学術院において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。この結果とシステム情報工学研究群情報理工学位プログラムにおける達成度評価による結果に基づき、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

### 【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。