

氏 名 石垣 司

学位（専攻分野） 博士（学術）

学位記番号 総研大甲第 1095 号

学位授与の日付 平成 19 年 9 月 28 日

学位授与の要件 複合科学研究科 統計科学専攻  
学位規則第 6 条第 1 項該当

学位論文題目 Diagnostic System for Time Series Data Measured by  
New Sensing Approach with Statistical Signal  
Processing

論文審査委員 主 査 准教授 松井 知子  
教授 樋口 知之  
准教授 池田 思朗  
准教授 瀧澤 由美  
客員教授 田邊 國士（早稲田大学）

## 博士論文の要旨

本論文は、単一のセンシングデバイスにより複数の物理量を同時に計測するセンシングアプローチに基づいたセンシングシステムの研究を行ったものである。従来とは異なるセンシングアプローチによる診断的システムの開発を行っている点に特色があり、システムの実現に際して統計的信号処理、統計的パタン認識の手法が適用されている。本論文は全6章130ページからなる。

第1章では、本論文の概要を与えている。本論中で使用する単一のデバイスをもつセンシングシステムにより複数の物理量を同時に計測する新たなセンシングアプローチとその利点について述べている。第2章では、本論文中で使用する統計科学の手法であるカーネル法・状態空間モデル・AR法によるスペクトル推定などについてのレビューを行っている。

第3章では、提案するセンシングアプローチに基づき、新しく開発した家庭用セキュリティシステムについて述べている。そのセンサは多変量の物理量（加速度・圧力変化・温度・白熱光）を感知し、その多変物理量が重み付きで重ね合わされた1次元時系列データを出力とする。その出力から家庭内での災害である火災・侵入・地震の検知・災害の判別を、(1) 逐次ARモデル予測尤度の移動平均による外れ値の検出、(2) 状態空間モデルとKalmanフィルタによる1次元時系列データの分解、(3) マルチクラスサポートベクターマシンによる発生災害の判別という三つの統計科学的手法を用いて行い、その有効性を示している。

第4章では、提案するセンシングアプローチに基づいた、高圧ガス圧力調整器内部ゴム膜の非破壊式劣化診断について述べている。既存のコンデンサマイクロフォンを圧力調整器の通気口に設置することにより、ゴム膜振動により発生する空気流と調整器内部の振動音を同時に計測することで、単一のセンシングデバイスによる非破壊式劣化診断システムを構成している。また、取得した時系列信号から時系列解析の手法を用いて特徴量を抽出し、サポートベクターマシンにおいて取得信号の特性に合わせてカーネル関数を選択することで、診断結果の正答率を向上させることに成功している。

第5章では、従来のセンシングアプローチである、単一のセンシングデバイスによる単一物理量の計測データに対し、統計的信号処理による情報抽出と統計的パタン認識における最終判断決定を応用することで、従来以上の性能を持った診断的システムが構成され得ることを示している。ヘーゼルナッツ衝突音の時変スペクトル判別による破損殻をもつナッツの分離、紙幣はじき音の時変スペクトル判別による疲労紙幣の判別の具体的事例を取り扱いながら、時系列音響信号の診断システムについて提案する手法の成果を述べている。

第6章はまとめである。

## 論文の審査結果の要旨

申請論文では、単一のセンシングデバイスを持ち統計的信号処理と統計的パターン認識を行なうシステムによって、複数の物理量を同時に計測し、診断を行なう診断システムを提案している。計測対象とする物理量や周波数帯を予め明確に限定し測定するのではなく、また対象信号とノイズ信号を分離しようとすることもなく、できるだけ多種多様な情報を含む信号を単一のセンサから取り込み、そこから統計的な情報処理によって有益な情報を抽出している点がユニークである。このような手法は、センサ、すなわち、ハードの改良のみでは困難であった諸問題の解決に対して非常に有効な手段となり得ることが期待でき、経済効率性を勘案したシステム開発が求められる今日、その重要性が今後増すものと予想される。また、新たなセンシングシステムの開発・設計手段を、複数の実例をもって示している点も評価できる。

以上のように、統計的信号処理・統計的パターン認識の手法が重要な役割を果たす、新しいセンシングシステムの設計思想を提案し、また開発したシステムを工学的応用分野において実際の具体的な問題に適用しその有効性を確認していることから、統計科学に関わる学際的分野を主な内容とする論文として、十分意義があるものであると判断できる。

これらの成果に関連する学術論文は、第一著者として採録されたものが3本（2本和文学術雑誌、1本英文学術雑誌）、査読中のものが1本（英文、第一著者）ある。また査読付き国際会議録（英文、第一著者）が3本ある。

以上述べてきたことにより、博士論文審査委員会は、申請者の学位請求論文が博士（学術）を授与するに十分な内容であると判断する。

### （試験結果）[2007年8月21日実施]

総合研究大学院大学複合科学研究科における課程博士および修士の学位の学位授与に係る論文審査等の手続き等に関する規程第10条に基づいて口頭試問による試験を実施した。この結果、出願者は統計科学に関して学位を授与するに十分な学識を有し、また英語の能力も充分にあるものと判断し、合格と判定した。