

氏名	川口 洋平		
学位の種類	博士 (工学)		
学位記番号	博 甲 第 8080 号		
学位授与年月日	平成 29 年 3 月 24 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	Study on Sparsity-Aware Signal Processing for Chemicals Detection and Localization (化学物質の検知と位置特定のためのスパース信号処理の研究)		
主査	筑波大学 教授	博士 (工学)	牧野 昭二
副査	筑波大学 教授	博士 (工学)	福井 和広
副査	筑波大学 教授	博士 (工学)	佐久間 淳
副査	筑波大学 准教授	博士 (工学)	山田 武志
副査	国立情報学研究所/総合研究大学院大学 准教授	博士 (工学)	小野 順貴

論文の要旨

2001 年のアメリカ同時多発テロを皮切りに、2015 年のパリ同時多発テロなどの手製爆薬を用いたテロが世界中で頻発しており、そのようなテロの脅威が深刻な問題となっている。また、地下鉄サリン事件以降、毒ガスを用いたテロの脅威も依然として大きい。鉄道駅、空港、スポーツスタジアムなどの公共空間において、これらの有害化学物質によるテロ攻撃を防ぐため、手製爆薬などの物質を検知するためのシステムが求められている。本研究では、システムにおける検知精度と位置特定速度を向上させるためのスパース信号処理の手法を提案している。まず、ゲート型システムにおいて、検知精度を向上させるため、スパース性の仮定を用いた信号分離手法を提案している。次に、広範囲監視型システムにおいて、位置特定速度を向上させるための、圧縮センシング型アプローチを提案している。圧縮センシング型アプローチでは、従来の時分割サンプリングと異なり、各時間フレームに複数の吸気口の組から空気を混合して収集し、収集する吸気口の組を時間的に切り替えながら観測系列を得る。そして、スパース信号処理の一種である圧縮センシングを用いて観測系列から化学物質の位置を特定する。実験により、スパース性の仮定を用いることで、少数の観測を元に化学物質の物質を特定できることを確認している。

審査の要旨

【批評】

本論文では、爆発物を初めとする化学物質を用いたテロを防ぐためのゲート型物質検知システムと広範囲監視型システムの実用化に向けた信号処理技術を提案している。特に、近年発展が著しいスパース信号処理に着眼し、それぞれのシステムの実用化のための高精度化および高速化の技術を提案している。具体的には、1) ゲート型物質検知システムの検知精度向上のためにスパース性に基づく信号分離方式を提案している。2) 信号分離方式のリアルタイム化のために独立成分分析に基づく高速化方式を提案している。3) 信号分離方式のさらなる高精度化のために減衰モデルに基づく信号分離方式の拡張を提案している。4) また、広範囲監視型システムにおいて、物質が存在する位置の特定の高速度のために、スパース性に基づく圧縮センシング型位置特定方式を提案している。特に、物質が存在する位置の個数の大小に対する頑健性を獲得するため、情報量最大化による適応的ブール圧縮センシング方式を提案している。5) 物質が存在する位置の個数の推定誤りへの頑健性を向上させるために多腕バンディットアルゴリズムによる適応的ブール圧縮センシングの拡張を提案している。6) さらに、物質の位置の変化に対する頑健性の向上のためにブール圧縮センシングに変化点検知を組み合わせる方式を提案している。

本論文の提案技術は、化学物質の検知や位置特定において従来は存在しなかったアプローチであり、新規性を有する。

それぞれの提案技術は、従来技術と比較して高い有効性を有することが実験によって示されている。特に、本論文で提案した信号分離方式は物質検知精度を向上させる効果を有することが、実環境で測定したデータに基づく実験により確認されている。さらに、リアルタイム処理可能であることも実験的に確認されている。

世界的に化学物質を用いたテロの脅威は増大している。本論文の提案技術は高い実用性を有し、本論文の提案技術によって実用化されるシステムにより、化学物質を用いたテロを防ぐことが期待される。

研究の着眼点、新規性、有効性、実用性において極めて優れた研究であり、博士（工学）の学位を受けるにふさわしい優れた論文と評価する。

【最終試験の結果】

平成29年2月6日、システム情報工学研究科において、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。その結果、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。