

日本—米国 国際共同研究「ビッグデータと災害」 平成 27 年度 年次報告書	
研究課題名（和文）	乱流中におけるスカラー源探索アルゴリズム最適化のためのビッグデータ数値実験室
研究課題名（英文）	A big-data computational laboratory for the optimization of olfactory search algorithms in turbulent environment
日本側研究代表者氏名	長谷川洋介
所属・役職	東京大学生産技術研究所・准教授
研究期間	平成 27 年 4 月 1 日～平成 30 年 3 月 31 日

1. 日本側の研究実施体制

氏名	所属機関・部局・役職	役割
長谷川 洋介	東京大学 生産技術研究所 准教授	随伴解析に基づくスカラー源探索手法の構築
巻 俊宏	東京大学 生産技術研究所 准教授	自律型無人潜水ロボットを用いたスカラー源探索手法の評価

2. 日本側研究チームの研究目標及び計画概要

本研究は、乱流場の時空間ビッグデータに最適制御理論を応用することによって、有限かつノイズを含む観測データに基づく革新的スカラー源探索アルゴリズムの開発を目的とする。米国側は、標準的乱流場の直接数値シミュレーションを行い、流れ場の全時空間発展をデータベース化する。数值的に再現された乱流中に、スカラー源とセンサを配置し、センサ情報に基づくスカラー源探索の試行実験を行うためのプラットフォーム（数値実験室）を構築する。日本側は、米国側により構築された乱流の時空間データベースに随伴解析を適用することによって、革新的スカラー源推定法を開発し、その性能を評価する。また、自律型海中ロボットを用いた実証実験を行うために、スカラーとセンサを選定し、水槽内部の速度場、及びスカラー場の計測を行う。

3. 日本側研究チームの実施概要

本年度は、米国側により構築された乱流場のデータベースを利用して、スカラー源探索を行うためのアルゴリズムの定式化、その数値シミュレーションへの実装、推定性能の評価を行った。具体的には、まず、乱流場中に単一のスカラー源を配置し、その周囲のスカラー場の時空間発展を数値シミュレーションにより再現した。次に、最も単純、かつ基礎的な問題として、スカラー源の下流に単一センサを配置し、この情報に基づきスカラー源の強度や位置の推定を試みた。センサーにより得られるランダム、且つ間欠的なシグナルを入力として、本研究で開発したスカラー源推定アルゴリズムを用いることによって、スカラー源強度の時間変化やスカラー源位置を高い精度で推定できることを示した。更に、上記のアルゴリズムを複数のセンサに拡張し、センサの数を増やすことによって、推定性能の大きく向上することを示した。この事実は、乱流中に放出されたスカラーは、乱流の渦運動によって空間的に広く拡散するため、これらを複数のセンサにより検知することが重要であることを示唆している。今回開発したアルゴリズムでは、推定のための計算コストはセンサの数に依存しない。従って、今後、IoT が普及し、多量のセンサ情報をシミュレーションに融合する際には、極めて有効な手段となると期待できる。

上記のアルゴリズム開発と並行して、その実証に向けた実験環境の整備、ハードウェアの開発を進めた。実験で用いるスカラーとしては、微量でも精度良く検知できるローダミン WT を用い、センサとしては、時間応答が早く、幅広いレンジの濃度計測が可能である光学式センサを選定した。また、電磁流速計を用いて、東京大学生産技術研究所が管理する大型回流水槽内部の流れを計測し、基礎的な乱流統計量を取得した。これらは、次年度以降、スカラー源探索実験を行う際に必要不可欠なデータとなる。また、鹿児島湾内の熱水鉱床近傍において、海底ステーションと自立型水中ロボットを用いて、速度、pH、及び温度の同時計測を実施した。次年度は、これらの観測データを本研究で開発したスカラー源推定手法の入力として用いて、推定アルゴリズム実証、改良を進める予定である。