

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	設置式視覚センサネットワークを用いた分散最適化に基づく協調環境モニタリング
Title(English)	
著者(和文)	舩田陸
Author(English)	Riku Funada
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11129号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:藤田 政之,三平 満司,井村 順一,山北 昌毅,早川 朋久,畑中 健志
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11129号, Conferred date:2019/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名		船田 陸	
論文審査 審査員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	藤田 政之		教授	審査員	早川 朋久	准教授
	審査員	三平 満司		教授		畑中 健志	特定准教授
		井村 順一		教授			
		山北 昌毅		准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「設置式視覚センサネットワークを用いた分散最適化に基づく協調環境モニタリング」と題し、全5章から構成されている。

第1章「序論」では、本研究の背景についてまとめ、動機と目的について述べている。まず、視覚センサネットワークを用いた環境モニタリングでは、データ量が膨大になることから個々の視覚センサでの分散処理が重要となることを指摘している。つぎに、複数台のセンサを用いた環境モニタリングに関する研究として、被覆制御を用いたものと合意制御による分散最適化を用いたものを紹介している。最後に、複数の視覚センサを用いた興味対象の捕捉と、その興味対象の3次元情報推定という本研究の目的について述べている。

第2章「視覚センサの表現と数学的準備」では、本論文で扱う視覚センサネットワークと多様体上での勾配計算、受動性に基づく分散最適化手法を導入している。まず、3次元空間内に設置された視覚センサの位置姿勢と撮像系に関する設定をしている。つぎに、多様体上で定義された関数の勾配を計算する手法が示されている。さらに、合意制御を用いた分散最適化アルゴリズムを導入している。加えて、この分散最適化アルゴリズムが有する受動性に基づき、本アルゴリズムにより各エージェントが持つ推定値が合意しつつ制約付き凸最適化問題のKKT条件を満たす唯一の最適解へと収束することを示している。

第3章「多様体上での勾配法に基づいた協調視覚環境モニタリング」では、姿勢が制御可能な複数台の視覚センサにより、事前情報を用いずに動的な環境をモニタリングする問題を考察している。まず、2次元平面で表現される監視環境と、視覚センサの画像平面との間の写像を示している。つぎに、本環境モニタリング問題を最適化問題として定式化している。具体的には、取得画像の解像度を評価する計測性能関数と視覚センサが捕捉した領域の重要度を評価する重要度関数が導入され、その積を各視覚センサの目的関数としている。このとき、設計された目的関数の決定変数は3次元回転行列群、すなわちSO(3)上で表される姿勢であることを示している。そこで、第2章で導入された多様体上での勾配計算を用いた、SO(3)上での勾配法に基づく分散的な解法を提案している。また、環境中の各点の重要度を表す関数の事前情報を要求せずに、各時刻において取得された画像データのみから重要度関数を推定する手法を提案している。この際、提案された推定手法は画像処理によって矩形で囲むことができる興味対象であれば適用可能であるとした上で、人間を興味対象とした場合での議論が進められている。最後に、シミュレーションと実験により、提案手法の有効性が検証されている。シミュレーションでは、3D CGで模擬された複数の歩行者を捕捉するという設定で提案手法と協調動作をしない手法が比較され、提案手法の方がより高い解像度で長時間対象を捕捉し続けられることを示している。実験では、商用の視覚センサで構成された実験システムに提案手法が実装され、その有効性が示されている。

第4章「受動性に基づいた分散協調型3次元視覚対象物位置推定」では、視覚センサネットワークを用いて興味対象の3次元位置と体積を分散協調的に推定する問題が考察されている。まず、本問題を分散最適化問題として定式化している。また、この問題設定では第3章と同様に興味対象が画像平面において矩形で囲まれているとした上で、特に人間を興味対象として議論が進められている。その後、第2章で導入した受動性に基づく分散最適化アルゴリズムを適用している。この際、各視覚センサの推定値が合意しつつ最適解に収束するものの、収束の速度が遅いことから歩行者といった動的な対象に適用するには課題が残ることが指摘されている。この問題を解決する目的で新たに位相進み補償器が導入された分散最適化アルゴリズムを提案している。さらに、位相進み補償器を導入後も受動性が保たれることに基づき、提案手法を本推定問題に適用した場合においても最適解へ収束することが証明されている。最後に、3D CGを用いたシミュレーションによる検証がなされている。この検証では提案手法と第2章で示した手法を、静的な人間と視界を妨げる障害物の周辺を移動する歩行者の位置・体積推定問題を通じて比較されている。その結果、提案手法により過渡特性が改善されることと、推定値が最適解へと収束することが示されている。

第5章「結論」では、本論文の主要結果をまとめ、本研究の今後の発展方向が議論されている。

以上を要するに、本論文は、設置式視覚センサにより構成される視覚センサネットワークを用いた協調環境モニタリング問題に関して、興味対象の捕捉と3次元情報の推定手法を提案し、シミュレーションと実験によりその有効性を示したもので、工學上貢献するところが大きい。よって本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があると認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。