

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Resilient Consensus in Multi-Agent Systems with Limited Resources
著者(和文)	WangYuan
Author(English)	Yuan Wang
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11334号, 授与年月日:2019年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:石井 秀明,山村 雅幸,三宅 美博,DEFAGO XAVIER,小野 功
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11334号, Conferred date:2019/9/20, 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	WANG Yuan		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	石井 秀明	准教授	審査員	小野 功	准教授
	審査員	山村 雅幸	教授			
		三宅 美博	教授			
		Defago Xavier	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Resilient Consensus in Multi-Agent Systems with Limited Resources」と題し、英文による全7章から構成されている。本論文では、多数のエージェントが相互に情報交換を行いながら、各々が持つ状態変数の値を一致させる合意問題を考えている。とくに故障やサイバー攻撃により一定数のエージェントが発信する情報が異常値を含む場合にも影響を受けない、レジリエント合意を達成するための分散アルゴリズムや最低限必要となるネットワーク構造について述べている。

第1章「Introduction」では、近年、サイバーフィジカルシステムに対するサイバー攻撃の危険性が高まっており、システムの物理的な情報を活用したセキュリティ対策が重要となっていると説明している。つぎに、計算機科学や制御工学、物理学などの分野において、マルチエージェント系の合意問題が重要な基礎課題として研究されていると述べている。さらに、エージェント間で通信を行う際にサイバー攻撃を受ける危険性があるため、誤った情報に影響を受けないレジリエントなアルゴリズムを構築することの重要性に言及している。また本研究の目的は、各エージェントで必要となる計算や通信に関するリソース制約を考慮することとした上で、本論文の貢献の概要を述べている。

第2章「Preliminaries」では、本論文で扱うレジリエントな合意問題の基本的な問題設定を行い、その中で必要となる概念や記号を導入している。まず、エージェント系のネットワーク表現に用いるグラフ理論、とくに本研究で重要な位置を占めるロバストグラフを定義している。つぎに、所定のアルゴリズムに従う正常なエージェントと、本来とは異なる振舞いをする異常なエージェントを定義している。また、攻撃下におけるレジリエント合意の要件について述べている。

第3章「Resilient Consensus Through Event-based Communication」では、正常なエージェントが用いる更新則として、一定数の異常値を無視する分散計算手法である MSR (Mean Subsequence Reduced) アルゴリズムを紹介し、そこでのエージェント間の通信頻度を低減化するために事象駆動型の通信方式を導入している。これは各エージェントの通信を、前回送

信した状態値から十分に大きく更新された場合にのみ行う手法であるとしている。主結果として、レジリエントな合意を達成するための必要十分条件が、ネットワーク構造のグラフが持つロバスト性の性質で与えられるとし、さらに通信時刻を制御するパラメータの設計法を示している。本章では二つの MSR 型合意アルゴリズムを与え、各々の特徴を述べている。

第4章「An Event-Triggered Approach to Quantized Resilient Consensus」では、各エージェントが持つ状態値について、前章では実数値であったものを整数値へと変更し、外れ値を無視する MSR アルゴリズムで必要となるメモリ量の低減化を目指すと述べている。ネットワーク構造に関する条件をマルコフ連鎖の理論に基づいて導出している。整数値を扱う場合の特徴として、更新則における量子化の導入があるが、そこでランダム化手法を活用する必要性について説明している。

第5章「A Distributed Model Predictive Scheme for Resilient Consensus with Input Constraints」では、各エージェントが利用可能な更新則の入力値の大きさが制約される場合を考え、モデル予測制御の手法を用いた MSR アルゴリズムによる解法を説明している。三つの異なる分散アルゴリズムを提案し、それぞれの有効性を理論および数値例を通じて検証している。

第6章「Resilient Consensus in Mobile Malicious Model」では、悪意のある攻撃者がネットワーク内の異なるエージェントに移動できるモデルを扱っている。本研究における MSR アルゴリズムのアプローチを活用することで、従来研究と異なり、ネットワーク構造が完全グラフで表されない場合に関する結果が得られたと述べている。

第7章「Conclusion」では、各章の内容をまとめた後、今後進める研究の方向性として、(1) 通信や観測に含まれる雑音の考慮、(2) 異常エージェントの検知、(3) 攻撃者が移動するネットワークの一般化を挙げ、期待される成果などを述べている。

以上を要するに、本論文は故障やサイバー攻撃によって異常な振舞いをするエージェントが含まれる分散的なシステムにおいて、正常なエージェント間で合意を達成する問題に取り組んでいる。とくに計算や通信リソースに制約がある場合に対して、理論的に保証されたアルゴリズムを導出している。これは、分散アルゴリズムに対する制御理論的なアプローチとして、学際性および新規性が高く、学術上貢献するところが極めて大きい。従って、本論文は博士（学術）の学位論文として十分な価値が有るものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(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。