



Title	A Study on Time Complexity Analyses for Self-stabilizing Protocols
Author(s)	中南, 良浩
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46661
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	なか 中	みなみ 南	よし 良	ひろ 浩
博士の専攻分野の名称	博 士 (情報科学)			
学位記番号	第 20480 号			
学位授与年月日	平成 18 年 3 月 24 日			
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当			
	情報科学研究科コンピュータサイエンス専攻			
学位論文名	A Study on Time Complexity Analyses for Self-stabilizing Protocols (自己安定プロトコルの時間計算量解析に関する研究)			
論文審査委員	(主査)			
	教授 増澤 利光			
	(副査)			
	教授 井上 克郎	教授 萩原 兼一	教授 菊野 亨	
	助教授 角川 裕次			

論文内容の要旨

近年、無線通信技術や集積技術の発達により、分散システムは大規模化が進み、動的变化が頻繁に発生するシステムも増えつつある。大規模化は参加するプロセス数が増大することから、故障の確率が増し、プロセスの移動によって生じるトポロジの変化は分散システムにおいて安定なサービスを提供するのを困難としている。一方、分散システムは多くの企業、教育機関、政府団体に用いられており、その重要性はますます増大している。このため、故障や動的变化に依存せず、安定したサービスを提供できる高信頼な分散システムの構築は重要な課題と言える。

分散システムを長期運用する上で重要な技術に自己安定と呼ばれる概念がある。自己安定プロトコルとは、任意の初期状況から実行を開始することが可能であり、いずれシステムを正しい状況へと導くプロトコルである。このため、一時故障やトポロジの変化が起こった直後の状況を、新たな初期状況と捉えなおすことが可能であるため、自己安定プロトコルは任意の数の一時故障、トポロジ変化に耐性を持つ。

しかし、自己安定プロトコルを広く分散システムに適用していくためには解決すべき多くの課題が存在する。本研究では次のような課題に注目した。

P1. 設計の困難さ：任意の初期状況から正しい状況へと導くプロトコルを設計するのは困難。

P2. 解析の困難さ：分散システムの持つ非同期性から、自己安定プロトコルを解析するのは困難。

P3. 間欠的な故障への対応：分散システムにおいて故障が間欠的に発生するとき、自己安定プロトコルは正しく動作することを保証できない。

これらの問題点を克服するために新たな手法、プロトコルを提案している。第 3 章では線形状態遷移プロトコルという、時間計算量を解析することが容易な自己安定プロトコルのクラスを定義し、そのプロトコルの解析法を提案している。これは解析の困難さへの挑戦である。第 4 章ではエージェントと呼ばれる移動可能なプログラムに注目してい

る。エージェントによって自己安定プロトコルの設計が容易になることが期待されている。ここでは基盤問題である巡回問題を定義し、それを解く自己安定プロトコルを提案している。第5章では安定中の故障を考慮した安定時間を提案している。従来の安定時間では故障が間欠的に発生するとき、プロトコルが安定することを保証できなかったが、提案手法を用いることによって、このような場合でも安定することを保証できる。

論文審査の結果の要旨

近年、分散システムの大規模化やダイナミクスに対応するため、自己組織化・自己適応性に関する研究が活発に行なわれている。自己安定パラダイムは、高度な自己組織化・自己適応性を実現する手法として期待されており、さまざまな研究がなされている。本論文では、自己安定プロトコルにおける問題点をとらえ、その解法を提案している。

自己安定プロトコルは任意の初期状況から解状況に到達し、解状況で安定するプロトコルである。任意の初期状況を考慮しなければならず、また、システムの非同期性によるさまざまな実行を考慮しなければならないことから、自己安定プロトコルの設計は困難であることが多い。そこで本論文では、分散システム設計に有用とされる、エージェントを用いたプロトコル設計に注目し、エージェント移動の基本フレームワークとして、木ネットワーク巡回を行なう自己安定プロトコルを提案している。本論文では各プロセスに存在するエージェントの数を高々1と制限し、各エージェントは交換操作によって移動を行なうとしている。提案している二つの自己安定プロトコルは、木ネットワークにおいて交換操作に基づくエージェント巡回プロトコルとして、巡回時間が漸近的に最適であることを示している。

自己安定プロトコルの時間計算量に関して、特殊なトポロジや実行についてのみ評価を行ない、最悪時実行の評価を行っていない研究が少なくない。これはシステムの非同期性からさまざまな実行が起こりうるため、最悪時実行を特定することが困難であることに起因する。本論文では、同期実行が最悪時実行となるプロトコルの十分条件をもとめ、その条件を満たすプロトコル(線形状態遷移プロトコルとよぶ)の時間計算量評価を行なう手法を提案している。本手法を用いることにより、自己安定 Alternator の時間計算量を初めて評価している。

自己安定プロトコルの一般的な性能指標の一つに安定時間がある。安定時間とは、新たな故障が発生しないという仮定の下で、任意の状況から解状況に到達するまでにかかる最悪時の実行時間である。しかし、安定時間では、間欠的に故障が発生する状況における性能を保証できない。本論文では、間欠的に故障が発生する状況における安定時間の評価法を提案しており、間欠的な故障を含む状況でも安定状況に到達することが保証可能となる。

これらの結果は自己安定プロトコルの発展に大いに寄与するものである。よって、博士(情報科学)の学位論文として価値のあるものと認める。