

Title	A Study on Advanced Approaches for Distributed Consensus Problems
Author(s)	泉, 泰介
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46642
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。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	いずみ 泉 たい 泰 すけ 介
博士の専攻分野の名称	博 士 (情報科学)
学位記番号	第 20476 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 Advanced Approaches for Distributed Consensus Problems (分散合意問題に対する先進的アプローチに関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 増澤 利光 (副査) 教授 楠本 真二 教授 萩原 兼一 教授 東野 輝夫 助教授 角川 裕次

論文内容の要旨

分散合意問題は、分散システム内の各プロセスが保持する変数の値をある一つの値に合意させる問題であり、分散システム設計の基本問題として多くの応用を持つ。本研究は、タイミング故障耐性を有する時限アルゴリズム、および適応的 Condition-Based アプローチという、二つの新たな概念を提案し、それらに基づく分散合意アルゴリズムの実現法について考察したものである。以下、それぞれの概念、およびそれに関連する結果について述べる。

(1)タイミング故障耐性を有する時限アルゴリズム：分散合意問題を考える上で良く利用されるシステムモデルとして、各計算機の実行速度および通信速度の下限を仮定した同期式システムがある。同期式システム上で設計されたアルゴリズムは、実システム内における計算機の実行速度、通信速度を見積もり、的確な下限をあらかじめ設定することで、現実のシステムに対して適用することが可能となる。しかし、現実のシステムでは、処理速度、通信速度が仮定した下限を下回ること(タイミング故障)がしばしば起こる。本研究で提案するタイミング故障耐性を有する時限性とは、タイミング故障を起こした計算機がどれだけ大幅な速度低下を起こしたとしても、システム内に存在する他の正常な計算機は必ず一定時間内に実行を終了すること(時限性)を保証した分散アルゴリズムである。タイミング故障耐性を有する時限アルゴリズムは、タイミング故障を起こした計算機の速度低下がシステム内の他の計算機に伝搬しないという点で、故障に対するより高い頑健性を有するといえる。本研究では、合意問題、およびその派生問題の一つであるアトミックブロードキャスト問題に対して、タイミング故障耐性を有する時限アルゴリズムを提案する。併せて、提案アルゴリズムが、最適な故障耐性を有することも示す。

(2)適応的 Condition-Based アプローチ：分散合意問題は、計算機の実行速度および通信速度に仮定を置かない非同期式システム上では、停止故障が存在した場合解くことが出来ないことが知られている。この不可能性を回避する手法の一つとして、近年、アルゴリズムに与えられる可能な全入力のうち、一部の容易な入力に対してのみ正しく問題を解くことを保証する、Condition-Based アプローチと呼ばれる手法が提案されている。本研究で提案する適応的 Condition-Based アプローチは、この手法を一般化したものである。適応的 Condition-Based アプローチでは、可能な全入力の集合に対して、多段階の難しさを導入する。このもとで、適応的 Condition-Based アルゴリズムは、アルゴリズムに実際に与えられる入力の難しさに応じた性能を保証する。本研究では、ラウンド同期システム、および非

同期式システムにおける合意問題に対して、適応的 Condition-Based アプローチに基づくアルゴリズムを提案する。

論文審査の結果の要旨

情報ネットワークが社会に果たす役割が増大するに伴い、ユーザが安心して利用できる安全で安定な情報通信サービスを提供することが求められてきている。しかし一方で、情報ネットワーク自身の肥大化、複雑化もまた増大の一途を辿っている。そのため、高い信頼性、可用性を有する情報ネットワークを実現することは未だ容易ではなく、またその基盤技術も確立されているとは言い難い状況にある。

本論文は、高信頼分散システムのための基盤技術確立を目指し、その核となる技術の一つである分散合意問題について、新たなアプローチに基づく解法を提案している。具体的には、(i) タイミング故障に対する耐性、(ii) 適応的 Condition-Based アプローチという、二つの新たな概念を提案し、それに基づく分散合意問題の解法について考察している。以下は、それぞれの概念およびそれに関連する成果の要約である。

(i) タイミング故障耐性の実現法：分散システムを構成する計算機の動作速度や通信遅延に何らかの仮定を設けることは、分散システム設計の容易化に有効であり、実際の分散システムの観点からもリーズナブルである。しかし、分散システム固有のダイナミズムのために、一時的にその仮定が崩壊することがある。本研究では、このような仮定の崩壊をタイミング故障として定式化し、タイミング故障耐性の実現法を検討している。タイミング故障は従来の研究では考慮されていない故障モデルであり、本研究は独創的で、理論的にも実用的にも価値のある研究であるといえる。

(ii) 適応的 Condition-Based アプローチ：一般に、分散合意問題において、アルゴリズムに与えられる入力は、実際の性能に大きく影響を与える。本論文で提案される適応的 Condition-Based アプローチは、入力とアルゴリズムの性能との関係を定量的に取り扱うために提案された概念である。具体的には、まずアルゴリズムに与えられる可能な入力に対して、その入力の難しさを定義する。その上で、与えられた入力の難しさに応じた性能保証（例えば、容易な入力に対してはより高速に実行を終える）をするアルゴリズムを示している。分散合意問題において、このように入力の難しさを定量的に取り扱う研究はこれまでになされておらず、その点において本論文の結果は高い新規性を有しているといえる。また、提案したアルゴリズムのうちの一つは、既存のいかなる分散合意アルゴリズムよりも高速であり、実用面においても優れた成果といえる。

以上のように、本論文は、分散合意問題に対する新たな手法を提案するとともに、それに基づく効率的なアルゴリズムを提示している。その成果は、実用、理論の両面において、高信頼分散システム研究の発展に寄与するものであるといえる。よって、博士（情報科学）の学位論文として価値あるものと認める。