

日本－イスラエル 国際共同研究「レジリエントな社会のためのICT」 平成 29 年度 年次報告書	
研究課題名（和文）	災害や攻撃に対してデータ依存公共ユーティリティの生存性と継続的操作を効率よく実現する手法
研究課題名（英文）	Efficient survivability and uninterrupted operation of data-depending public utilities in spite of disasters and attacks
日本側研究代表者氏名	増澤 利光
所属・役職	大阪大学 大学院情報科学研究科・教授
研究期間	平成 29 年 1 月 20 日～平成 32 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
増澤 利光	大阪大学・大学院情報科学研究科・教授	研究代表者。すべての WP に取り組む。WP1, WP6 の主担当。
泉 泰介	名古屋工業大学・大学院工学研究科・准教授	主たる共同研究者。すべての WP に取り組む。WP2, WP5 の主担当。
Xavier Defago	東京工業大学・情報理工学院・教授	主たる共同研究者。すべての WP に取り組む。WP3, WP4 の主担当。

2. 日本側研究チームの研究目標及び計画概要

本共同研究では、情報ネットワーク上に構築される分散システムにおいて、災害や敵対者による攻撃に対する高度な自己適応性を実現することを目的とする。この目的を達成するために、既存の自己安定性を拡張し、より実用的な技術として確立することを目指す。日本側は、自己安定分散アルゴリズムの設計・解析・評価実験、データ・ネットワーク以外のネットワーク・モデルへの自己安定性の適用に取り組む。

今年度は、以下の WP に取り組む。

WP1：分散システムの自己安定性は異常事態からの自律的復旧を実現するが、復旧中のサービス提供は行えない。本研究では、復旧中でもサービス提供を継続できる可用性の実現を目指す。

WP2：自己安定性の実用化のために、自己安定性の効率的な実現法の確立を目指す。

WP3：従来の自己安定性は、解を求めて安定することが可能な静的問題を対象としている。しかし、実システムには、サービスを提供するために（状態を変化させながら）動作し続けるものも多い。本研究では、自己安定システムをこのような動的問題に適用するための手法の確立を目指す。

WP4：自己安定性は一時故障（transient fault）に対する高度な耐性を有するが、永久故障（permanent fault）に対する耐性は持たない。本研究では、（静的あるいはノード間を移動する動的な）永久故障に対する耐性を有する自己安定性を実現するための手法の確立を目指す。

WP1、WP2、WP3 については、調査研究を前年度（2 か月ほど）に引き続き行い、その調査結果を踏まえて、今年度以降の研究計画の詳細化を行う。また、具体的な問題をいくつか取り上げ、これら個別問題を対象として研究遂行に取り組む。異なる特性を持ついくつかの具体的問題に対する解法の開発やその困難性の解明を通じて、平成 30 年度以降に開発を目指す汎用的手法の基盤となる知見や技術の蓄積を目指す。また、これらの WP においては、従来のデータ・ネットワークに加えて、動的ネットワーク、ポピュレーション・プロトコル・モデル（PP モデル）、自律ロボット群ネットワークなどのネットワーク・モデルへの適用可能性についても検討し、平成 30 年度から取り組む WP5 への接続の準備を進める。

WP4 については、今年度から取り組みを開始する。一定の調査研究期間を設けた後、上記の 3 つの WP 同様、具体的な問題を対象として研究遂行に取り組む。

3. 日本側研究チームの実施概要

今年度の各 WP での成果を以下にまとめる。

WP1：本 WP では、任意の状況からの復旧中においても高度な可用性を有する自己安定分散システムの実現を目指している。今年度はいくつかの課題に取り組み、任意の状況あるいはトポロジ変化が生じた状況からの復旧過程において、優れた特性を有する自己安定アルゴリズムをいくつか提案した。具体的な成果は以下の通りである。

- 1) リンク削除時の出力安定性を有する通信効率のよい全域木構成自己安定プロトコル
- 2) 動的ネットワークにおける Grundy ノード彩色アルゴリズム
- 3) 一般化支配集合自己安定プロトコル
- 4) トークン分配自己安定プロトコル
- 5) 動的変化への効率的な追従性を持つ自己安定乱択極大マッチングアルゴリズム

WP2：本 WP では、自己安定性の効率的な実現法の確立を目指している。今年度は、計算時間、通信量などの効率化について、いくつかの問題を対象に取り組むとともに、汎用的な手法の提案を試みた。具体的な成果は以下の通りである。

- 1) 通信効率に優れた自己安定プロトコル設計の汎用的手法
- 2) k-連結パーコレーション問題
- 3) 基本的なネットワーク問題に対する効率的な分散アルゴリズム
- 4) 分散アルゴリズムにおけるメッセージ数削減のための汎用的手法

WP3 : 本 WP では、動的問題に対する自己安定プロトコルの提案と汎用的な設計法の確立を目指している。今年度は、相互排除問題を一般化した(L,K)-クリティカルセクション問題の研究を進めた。具体的な成果は以下の通りである。

- 1) 非同期メッセージ通信モデルにおける、(L,K)-クリティカルセクション問題に対する分散アルゴリズム
- 2) 分散共有メモリモデルにおける、局所(1,|N|)-クリティカルセクション自己安定プロトコル

WP4 : 本 WP では、永久故障に対する耐性を有する自己安定性を実現するための手法の確立を目指している。今年度は、モバイルアドホックネットワークのための耐タンパ性を持った通信プラットフォームの基盤技術として、ブロックチェーン技術に基づく分散型合意形成の仕組みや、マイクロコントラクトを支援する仕組みについて研究を進めた。具体的な成果は以下の通りである。

- 1) 低レイヤにおけるビザンチンコミュニケーション
- 2) モバイルロボット群に対するブロックチェーン技術の応用

その他 : 平成 30 年度から取り組む計画であった WP5（他のネットワーク・モデルでの自己安定性の実現）への取組みを、前倒しで平成 29 年度から開始した。モバイルエージェント、個体群、自律移動ロボットなどのモデルに対して、以下の成果を得た。

- 1) ネットワーク上のモバイルエージェントのモデル
 - ① 自己安定ランデブープロトコル
 - ② 部分集合問題を解決する匿名モバイルエージェントアルゴリズム
 - ③ 動的トーラスの探索
 - ④ 定数スペースの作業領域を用いたグラフ探索分散アルゴリズム
- 2) 個体群プロトコルモデル
 - ① ノードの速度差を考慮した個体群プロトコル
 - ② 効率的な集合通信
- 3) 自律移動ロボットモデル
 - ① 視野が制限されたロボット群の一点集合問題に対する高速なアルゴリズム
 - ② ロボット一点集合問題に対する非同期アルゴリズム