

様 式 C - 7 - 1

## 平成 2 8 年度科学研究費助成事業（科学研究費補助金）実績報告書（研究実績報告書）

1. 機 関 番 号      1      4      6      0      3      2. 研究機関名      奈良先端科学技術大学院大学
3. 研究種目名      基盤研究(B)（一般）      4. 研究 期 間      平成 2 7 年度～平成 3 0 年度
5. 課 題 番 号      1      5      H      0      4      0      0      8
6. 研究課題名      無線端末数爆発時代の自律分散協調メカニズム

## 7. 研究代表者

研究 者 番 号	研究 代 表 者 名	所 属 部 局 名	職 名
2   0   2   6   3   1   3   9	カサハラ ショウジ 笠原 正治	情報科学研究科	教授

## 8. 研究分担者

研究 者 番 号	研究 分 担 者 名	所属研究機関名・部局名	職 名

## 9. 研究実績の概要

本年度は機械学習の一手法である多腕バンディット問題アルゴリズムを用いた最適グループ構成手法と、複数プライマリ・ユーザが存在する環境下で協調センシングを行うための合併・分離アルゴリズムについて検討を行った。

コグニティブ無線では、周波数帯の二次利用者(SU)が一時利用者(PU)の通信を正確にセンシングすることが重要な課題であり、高精度なセンシングを実現する手法の一つに、複数の SU がグループを形成してセンシング結果を共有する協調センシングと呼ばれる手法がある。適切な協調グループの形成には、個々のSUの誤検知率、誤警報率などの情報が必要となる。ここでは誤警報率はグループ形成の始めの時点で未知とする問題設定を考え、この問題を多腕バンディット問題として定式化し、探索と活用のトレードオフを考慮しながらSU自身がグループ形成の試行錯誤を繰り返すことで最適なグループ構成を学習する手法を提案し、シミュレーション実験により提案手法の有効性を評価した。

次に、自律分散型協調制御の代表的アルゴリズムとして知られている合併・分離 (Merge-Split) アルゴリズムについて研究を行った。既存研究では、1 PU 型コグニティブ無線における協調センシングのための SU 間グループ形成手法が提案されているが、実システムでは二つ以上の PU が存在する可能性がある。ここでは、複数 PU 型コグニティブ無線における合併・分離アルゴリズムに基づく SU 間グループ形成手法を提案した。2 PU 環境を想定したシミュレーション評価により、提案手法を用いることで、非協調センシングと比べて PU のチャネルを利用できる SU (Winning SU) の割合を改善できること、また Winning SU の総スループットを迅速に理論値付近まで達成できることを確認した。

## 10. キーワード

- |             |              |          |           |
|-------------|--------------|----------|-----------|
| (1) 協調メカニズム | (2) コグニティブ無線 | (3) 機械学習 | (4) ゲーム理論 |
| (5) データ構造   | (6)          | (7)      | (8)       |

## 11. 現在までの進捗状況

(区分)(2) おおむね順調に進展している。

(理由)

機械学習に基づく自律分散型グループ形成手法については当初、部分観測マルコフ決定過程(POMDP)を応用しようと計画していたが、グループ形成問題における状態遷移を特徴付けることが困難であったため、問題設定を単純化して多腕バンディット問題アルゴリズムを応用できる形にすることで、自律分散グループ形成手法の初期検討を行うことができた。本検討では誤検知確率向上のみを考慮したため、得られたグループの間で誤検知確率の精度に大きくばらつきが生じていた。今後は全体のスループット向上を目的関数に含めることで、全体の最適性能を達成するグループ形成手法を検討する予定である。

ゲーム理論に基づくグループ形成アルゴリズムについては、複数のPUが存在する状況下で機能する合併・分離アルゴリズムを新たに提案し、計算機シミュレーションにより、その有効性を確認することができた。

## 12. 今後の研究の推進方策

(今後の推進方策)

次年度は主に次の二点について検討を進める予定である。

状態探索空間のデータ構造を工夫した高速最適化アルゴリズムの検討：多腕バンディット問題で定式化した問題に対するアルゴリズムは、考慮している状態の数や行動の種類が多くなると、最適方策を導出するための計算量が爆発的に増加することが知られている(次元の呪い)。ここでは状態空間をコンパクトに表現可能なゼロサプレス型二分決定グラフ(Zero-suppressed Binary Decision Diagram: ZDD)等のデータ構造を応用し、周波数の使用状況や隣接端末の有無等の状態、協調グループへの参加・離脱や周波数帯域の獲得・解放等の行動を表現するZDDの応用法の検討と準最適解導出のための計算アルゴリズムについて研究を展開する。

しつぱ返し戦略に基づく協調グループ形成メカニズム：合併・分離アルゴリズムは無線端末が自身の判断で協調グループに加入したり離脱したりする利己的なアルゴリズムである。ここでは情報提供に積極的でない無線端末はグループから除外されるしつぱ返しのルールを取り込んだ合併・分離ベースの協調グループ形成メカニズムを考え、ゲーム理論による最適な協調グループへの収束性の解明、ならびにシミュレーションによるネットワークポロジや誤検知・誤警報確率の評価を行い、しつぱ返し戦略が無線端末のインセンティブに与える影響に対する知見の獲得を目指す。

## 13. 研究発表（平成 28 年度の研究成果）

〔雑誌論文〕 計（6）件／うち査読付論文 計（6）件／うち国際共著論文 計（0）件／うちオープンアクセス 計（1）件

著 者 名	論 文 標 題 【掲載確定】				
Itoi, J, Sasabe, M., Kawahara, J., and Kasahara, S.	An Offline Mobile Application for Automatic Evacuation Guiding				
雑 誌 名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著
Scientific Phone Apps and Mobile Devices	有	3:1	2017	-	-
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）					
10.1186/s41070-017-0013-1					
オープンアクセス					
オープンアクセスとしている（また、その予定である）					

著 者 名	論 文 標 題				
Komatsu, N., Sasabe, M., Kawahara, J., and Kasahara, S.	Automatic Evacuation Guiding Scheme Based on Implicit Interactions between Evacuees and Their Mobile Nodes				
雑 誌 名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著
Geoinformatica	有	-	2016	1-15	-
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）					
10.1007/s10707-016-0270-1					
オープンアクセス					
オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難					

著 者 名	論 文 標 題				
Maeda, A., Kasahara, S., and Takahashi, Y.	Dynamic Task Scheduling for Energy Harvesting Nodes in Wireless Sensor Networks				
雑 誌 名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著
The 11th International Conference on Queueing Theory and Network Applications (QTNA2016)	有	-	2016	-	-
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）					
10.1145/3016032.3016054					
オープンアクセス					
オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難					

著 者 名	論 文 標 題 【掲載確定】				
Apichanukul, W., Kawahara, J., and Kasahara, S.	Accuracy Improvement for Backup Tasks in Hadoop Speculative Algorithm				
雑 誌 名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著
2016 IEEE International Conference on Computer and Information Technology (CIT)	有	-	2016	500-507	-
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)					
10.1109/CIT.2016.17					
オープンアクセス					
オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難					

著 者 名	論 文 標 題 【掲載確定】				
Komatsu, N., Sasabe, M., and Kasahara, S.	On Information Sharing Scheme for Automatic Evacuation Guiding System Using Evacuees' Mobile Nodes				
雑 誌 名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著
Mobile Web and Intelligent Information Systems (The 13th International Conference on Mobile Web and Intelligent Information Systems (MobiWis 2016))	有	9847	2016	213-221	-
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)					
10.1007/978-3-319-44215-0_17					
オープンアクセス					
オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難					

著 者 名	論 文 標 題 【掲載確定】				
Tuchin, A. E., Sasabe, M., and Kasahara, S.	A Simple Algorithm of Centralized Flow Management for Data Centers				
雑 誌 名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著
The 22nd Asia-Pacific Conference on Communications (APCC 2016)	有	-	2016	268-273	-
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)					
10.1109/APCC.2016.7581436					
オープンアクセス					
オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難					

〔学会発表〕 計（３）件／うち招待講演 計（０）件／うち国際学会 計（０）件

発 表 者 名	発 表 標 題	
原 崇徳, 笹部 昌弘, 笠原 正治	避難者・モバイル端末間連携型自動避難誘導における経路の長さ信頼性を考慮した避難経路選択方式に関する一検討	
学 会 等 名	発表年月日	発 表 場 所
電子情報通信学会 NS/IN 併催研究会	2017年03月02日～ 2017年03月03日	沖縄県中頭郡読谷村・沖縄残波岬ロイヤルホテル

発 表 者 名	発 表 標 題	
西田 知弘, 笹部 昌弘, 笠原 正治	複数プライマリ・ユーザ型コグニティブ無線における協調センシングのための通信機会を考慮したセカンダリ・ユーザ間グループ形成手法	
学 会 等 名	発表年月日	発 表 場 所
電子情報通信学会 NS/IN 併催研究会	2017年03月02日～ 2017年03月03日	沖縄県中頭郡読谷村・沖縄残波岬ロイヤルホテル

発 表 者 名	発 表 標 題	
飯塚 翔, 川原 純, 笠原 正治	コグニティブ無線における協調センシングのための多腕バンディット問題を応用したグループ形成法	
学 会 等 名	発表年月日	発 表 場 所
電子情報通信学会 NS/IN 併催研究会	2017年03月02日～ 2017年03月03日	沖縄県中頭郡読谷村・沖縄残波岬ロイヤルホテル

〔図書〕 計（０）件

著 者 名	出 版 社		
書 名	発行年		総ページ数
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border-top: 1px dashed black; width: 20px; height: 40px;"></div> <div style="border-top: 1px dashed black; width: 20px; height: 40px;"></div> <div style="border-top: 1px dashed black; width: 20px; height: 40px;"></div> </div>		

## 14. 研究成果による産業財産権の出願・取得状況

〔出願〕 計（ 0 ）件

産業財産権の名称	発明者	権利者	産業財産権の種類、番号	出願年月日	国内・外国の別

〔取得〕 計（ 0 ）件

産業財産権の名称	発明者	権利者	産業財産権の種類、番号	取得年月日	国内・外国の別
				出願年月日	

## 15. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計（ 0 ）件

国際研究集会名	開催年月日	開催場所

## 16. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

（ 1 ）国際共同研究： -

## 17. 備考

--