

## 戦略的国際共同研究プログラム(SICORP)

日本－イスラエル共同研究

終了報告書 概要

1. 研究課題名：「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」
2. 研究期間：2017年1月～2020年3月
3. 主な参加研究者名：  
日本側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	増澤 利光	教授	大阪大学・大学院情報科学研究科	全WP. WP1, WP6の主担当
主たる共同研究者	Xavier Defago	教授	東京工業大学・情報理工学院	全WP. WP3, WP4の主担当
主たる共同研究者	泉 泰介	准教授	名古屋工業大学・大学院工学研究科	全WP. WP2, WP5の主担当
研究参加者	角川 裕次	教授	龍谷大学・先端理工学部	全WP
研究参加者	首藤 裕一	助教	大阪大学・大学院情報科学研究科	全WP
研究参加者	田村 康将	助教	東京工業大学・情報理工学院	全WP
研究期間中の全参加研究者数			22 名	

## 相手側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	Yuval Emek	Associate Professor	Faculty of Industrial Engineering and Management, Technion – Israel Institute of Technology	All WPs
主たる共同研究者	Shay Kutten	Professor	Faculty of Industrial Engineering and Management, Technion – Israel Institute of Technology	All WPs
研究期間中の全参加研究者数			6 名	

## 4. 国際共同研究の概要

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した。つまり、たとえ大規模な災害や攻撃が発生しても停止することなくサービスを継続的に提供でき、さらに人手を介さない自律的適応によって正常状況に復旧できる分散システムの実現法の確立を目指した。この目的を達成するために、高度な適応性を有する自己安定性を活用した。つまり、分散システムの自己安定性を従来の自己安定アルゴリズムで実現する場合の問題点を明確にし、自己安定性をより実用的な技術として確立することを目指した。そのために、次の6つのワークパッケージ（WP）に取り組んだ。WP1：自己安定分散システムの復旧中の可用性・安全性の

実現。WP2：自己安定性の効率的な実現。WP3：動的問題に対する自己安定性の実現。WP4：永久故障耐性のある自己安定性の実現。WP5：他のネットワーク・モデルでの自己安定性の実現。WP6：自己安定アルゴリズムの汎用的設計の提案。

## 5. 国際共同研究の成果

### 5-1 国際共同研究の学術成果および実施内容

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ために、既存の概念である自己安定性をより実用的な技術として確立するための研究に取り組んだ。従来の自己安定アルゴリズムに比べ、より優れた安定性を実現するための手法、通信量を大きく削減するための手法、さまざまなネットワークでの自己安定アルゴリズムの基盤となる分散アルゴリズムの効率や安定性の改善など、当初の計画以上に、研究分野の拡張と数多くの研究成果を得ることができた。

### 5-2 国際共同研究による相乗効果

日本側の研究者、イスラエル側の研究者はともに分散アルゴリズム分野の研究者であるが、日本側研究者は実用化志向の自己安定性、ビザンチン故障耐性、自律ロボット群制御の分野で、一方、イスラエル側研究者は自己安定性のコア技術と確率的手法の分野でと、それぞれ異なる研究分野で先導的研究を行っている。これらの研究者が相補的に協力して共同研究に取り組むことで、課題整理と解法へのアプローチの議論を多様な観点から進めることができた。その結果、当初には予定していなかったものを含む、多くの研究課題を設定でき、当初計画以上の研究成果をあげることができた。

### 5-3 国際共同研究成果の波及効果と今後の展望

本国際共同研究では、既に、査読のある原著論文 50 本を発表している。これらのほとんどは、当該分野で一流の国際論文誌や国際会議で発表しており、本研究成果の学術的意義は高く、学术界への波及効果も高いと考えられる。これらの研究成果には、分散アルゴリズムの理論の実用化を意識したものも多く、実システムの開発に応用することで実社会への波及効果も期待できる。今後も日本-イスラエル共同研究として継続することが決まっている研究課題がいくつかあり、共同研究を継続するとともに、共同研究を通じて当該分野の人材育成にも貢献していきたいと考えている。

Strategic International Collaborative Research Program (SICORP)  
Japan – Israel Joint Research Program  
Executive Summary of Final Report

1. Project title : 「Efficient Survivability and Uninterrupted Operation of Data-Depending Public Utilities in spite of Disasters and Attacks」
2. Research period : January 2017 ~ March 2020
3. Main participants :  
Japan-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Toshimitsu Masuzawa	Professor	Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University	All WPs (chief of WP1 and WP6)
Co-PI	Xavier Defago	Professor	School of Computing, Tokyo Institute of Technology	All WPs (chief of WP3 and WP4)
Co-PI	Taisuke Izumi	Associate Professor	Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology	All WPs (chief of WP2 and WP5)
Collaborator	Hirotsugu Kakugawa	Professor	Faculty of Advanced Science and Technology, Ryukoku University	All WPs
Collaborator	Yuichi Sudo	Assistant Professor	Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University	All WPs
Collaborator	Yasumasa Tamura	Assistant Professor	School of Computing, Tokyo Institute of Technology	All WPs
Total number of participants throughout the research period:				22

## Partner-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Yuval Emek	Associate Professor	Faculty of Industrial Engineering and Management, Technion – Israel Institute of Technology	All WPs
Co-PI	Shay Kutten	Professor	Faculty of Industrial Engineering and Management, Technion – Israel Institute of Technology	All WPs

Co-PI				
Collaborator				
Collaborator				
Collaborator				
Total number of participants throughout the research period:				6

#### 4. Summary of the international joint research

This research project aims to propose a method for achieving high self-adaptability to disasters and attacks by adversaries in distributed systems. In other words, we aim to establish a method for realizing distributed systems that can keep providing services without stopping even if a large-scale disaster or attack occurs, and can autonomously recover to normal status without human intervention. In order to achieve this goal, we work on the following six work packages (WP). WP1: To realize availability and safety during recovery in distributed systems. WP2: To realize efficient self-stabilization. WP3: To realize self-stabilization for dynamic (or reactive) problems. WP4: To realize self-stabilization resilient to permanent faults. WP5: To realize self-stabilization in other network models. WP6: To propose general design methods for self-stabilization.

#### 5. Outcomes of the international joint research

##### 5-1 Scientific outputs and implemented activities of the joint research

We worked on research subjects to extend the concept of self-stabilization as a more practical approach for realizing high self-adaptability to disasters and attacks by adversaries. We proposed design methods for achieving better stability than existing self-stabilizing algorithms and for greatly reducing the amount of communication, and proposed, in some network models, several distributed algorithms that improve the efficiency and stability of existing ones, which form the basis of self-stabilizing algorithms. Consequently, we succeeded to work on broader research field and obtain more research results than we originally planned.

##### 5-2 Synergistic effects of the joint research

Japanese and Israeli researchers are both researchers in the field of distributed algorithms, while Japanese researchers conduct leading research in practice-oriented self-stabilization, Byzantine fault tolerance, and autonomous mobile robots, while Israeli researchers conduct leading research in core technologies and stochastic methods of self-stabilization. By cooperative research among these researchers, we could make discussion from various viewpoints about the formulation of problems and approaches to solutions. As a result, we set up border research field and obtained more research results than we originally planned.

##### 5-3 Scientific, industrial or societal impacts/effects of the outputs

In this international cooperative research project, we have already published 50 original papers that have been reviewed, and most of them have been published in the leading international journals and international conferences in the field. Thus, the academic impact of the obtained results is significant. Many of the research subjects are set up with considering the practical aspects of the distributed algorithm theory so that the obtained results can be applied to the development of practical distributed systems. Thus, the industrial and societal impact of the obtained results is expected to be significant. We are planning to continue the cooperative research project because we have several research subjects that should be kept investigated in the future.

## 国際共同研究における主要な研究成果リスト

## 1. 論文発表等

\*原著論文 (相手側研究チームとの共著論文)

・査読有り：発表件数：計 3 件

1. S. Bitton, Y. Emek, T. Izumi, and S. Kutten, "Message reduction in the LOCAL model is a free lunch (Brief Announcement)" Proceedings of the 2019 ACM Symposium on Principles of Distributed Computing (PODC), pp.300-302, 2019. DOI: 10.1145/3293611.3331582
2. S. Bitton, Y. Emek, T. Izumi, and S. Kutten, "Message reduction in the LOCAL model is a free lunch," Proceedings of the 33rd International Symposium on Distributed Computing (DISC), pp.7:1-7:15, 2019. DOI: 10.4230/LIPIcs.DISC.2019.7
3. Y. Emek, N. Harlev, and T. Izumi, "Towards distributed two-stage stochastic optimization," Proceedings of the 23rd International Conference on Principles of Distributed Systems (OPODIS), pp.32:1-32:16, 2019. DOI: 10.4230/LIPIcs.OPODIS.2019.32

・査読無し：発表件数：計 0 件

該当なし

\*原著論文 (相手側研究チームを含まない日本側研究チームの論文)：発表件数：計 46 件

・査読有り：発表件数：計 46 件の内、26 件掲載

1. T. Izumi and F. Le Gall, "Triangle finding and listing in CONGEST networks," Proceedings of International Symposium on Principle of Distributed Computing (PODC), pp. 381-389, 2017. DOI: 10.1145/3087801.3087811
2. F. Bonnet, Q. Bramas, X. Défago, and T. D. Nguyen, "Killing nodes as a countermeasure to virus expansion," Proceedings of the 24th International Colloquium on Structural Information and Communication Complexity (SIROCCO), pp. 227-243, 2017. DOI: 10.1007/978-3-319-72050-0\_14
3. R. Eguchi and T. Izumi, "Brief Announcement: Fast aggregation in population protocols," Proceedings of International Symposium on Distributed Computing (DISC), pp. 49:1-49:3, 2017. DOI: 10.4230/LIPIcs.DISC.2017.49
4. S. Kamei and H. Kakugawa, "An asynchronous message-passing distributed algorithm for the generalized local critical section problem," Algorithms, Article 38, Vol. 10, No. 2, 15pages, 2017. DOI: 10.3390/a10020038
5. T. Gotoh, Y. Sudo, F. Ooshita, H. Kakugawa, and T. Masuzawa, "Group exploration of dynamic tori," Proceedings of IEEE International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS), pp.775-785, 2018. DOI: 10.1109/ICDCS.2018.00080
6. Y. Sudo, F. Ooshita, H. Kakugawa, and T. Masuzawa, "Brief Announcement: Loosely-stabilizing leader election with polylogarithmic convergence time," Proceedings of International Symposium on Distributed Computing (DISC), pp. 52:1--52:3, 2018. DOI: 10.4230/LIPIcs.DISC.2018.52
7. N. Kitamura, K. Kakizawa, Y. Kawabata, and T. Izumi, "Brief Announcement: Graph exploration using constant-size memory and storage," Proceedings of International Symposium on Principle of Distributed Computing (PODC), pp. 241-243, 2018. DOI: 10.1145/3212734.3212780
8. T. Okumura, K. Wada, and X. Défago, "Optimal rendezvous l-algorithms for asynchronous mobile robots with external-lights," Proceedings of the 22nd International Conference on Principles of Distributed Systems (OPODIS), pp. 24:1-24:16, 2018. DOI: 10.4230/LIPIcs.OPODIS.2018.24
9. H. Yasumi, N. Kitamura, F. Ooshita, T. Izumi, and M. Inoue, "A population protocol for uniform k-partition under global fairness," International Journal of Networking and

- Computing 9(1), pp. 97-110, 2019. DOI: N/A
10. R. Eguchi and T. Izumi, "Sub-linear time aggregation in probabilistic population protocol model," *IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications, and Computer Sciences (A)*, 2019. DOI: 10.1587/transfun.E102.A.1187
  11. M. Shibata, D. Nakamura, F. Ooshita, H. Kakugawa, and T. Masuzawa, "Partial gathering of mobile agents in arbitrary networks," *IEICE Transactions on Information and Systems*, Vol.E102-D, No.3, pp.444-453, 2019. DOI: 10.1587/transinf.2018FCP0008
  12. Y. Sudo, F. Ooshita, H. Kakugawa, T. Masuzawa, A. K. Datta, and L. L. Larmore, "Loosely-stabilizing leader election for arbitrary graphs in population protocol model," *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems (TPDS)*, Vol. 36, Issue 6, pp.1359-1373. DOI: 10.1109/TPDS.2018.2881125
  13. H. Michizu, Y. Sudo, H. Kakugawa, and T. Masuzawa, "Energy balancing by wireless energy transfer in sensor networks," *International Journal of Networking and Computing*, Vol. 9, No. 2, pp. 239-256. DOI: 10.15803/ijnc.9.2\_239
  14. Y. Sudo, F. Ooshita, H. Kakugawa, T. Masuzawa, A. K. Datta, and L. L. Larmore, "Loosely-stabilizing leader election with polylogarithmic convergence time," *Theoretical Computer Science*, Vol. 806, pp. 617-631. DOI: 10.1016/j.tcs.2019.09.034
  15. M. Shibata, H. Kakugawa, and T. Masuzawa, "Space-efficient uniform deployment of mobile agents in asynchronous indirectional rings," *Theoretical Computer Science*, Vol.809, pp.357-371, 2020. DOI: 10.1016/j.tcs.2019.12.031
  16. Y. Sudo, F. Ooshita, H. Kakugawa, and T. Masuzawa, "Loosely-stabilizing leader election on arbitrary graphs in population protocols without identifiers nor random numbers," *IEICE Transactions on Information and Systems*, Vol.E103-D, No.3, pp.489-499, 2020. DOI: 10.1587/transinf.2019FCP0003
  17. Y. Sudo and T. Masuzawa, "Leader election requires logarithmic time in population protocols," *Parallel Processing Letters*, Vol.30, No.1, 13 pages, 2020. DOI: 10.1142/S012962642050005X
  18. R. Sadano, Y. Sudo, H. Kakugawa, and T. Masuzawa, "A population protocol model with interaction probability considering speeds of agents," *Proceedings of the 39th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS)*, pp.2113-2122, 2019. DOI: 10.1109/ICDCS.2019.00208
  19. Y. Sudo, F. Ooshita, T. Izumi, H. Kakugawa, and T. Masuzawa, "Logarithmic expected-time leader election in population protocol model (Brief Announcement)," *Proceedings of the 2019 ACM Symposium on Principles of Distributed Computing (PODC)*, pp.60-62, 2019. DOI: 10.1145/3293611.3331585
  20. X. Défago, M. Potop-Butucaru, and P. Raipin-Parvédy, "Self-stabilizing gathering of mobile robots under crash or Byzantine faults," *Distributed Computing*, (in press). DOI: 10.1007/s00446-019-00359-x
  21. X. Défago, A. Heriban, S. Tixeuil, and K. Wada, "Brief Announcement: Model checking rendezvous algorithms for robots with lights in Euclidean space," *Proceedings of International Symposium on Distributed Computing (DISC)*, 41:1-41:3, 2019. DOI: 10.4230/LIPIcs.DISC.2019.41
  22. T. Izumi and F. Le Gall, "Quantum distributed algorithm for the all-pairs shortest path problem in the CONGEST-CLIQUE model," *Proceedings of the 2019 ACM Symposium on Principles of Distributed Computing (PODC)*, pp.84-93, 2019. DOI: 10.1145/3293611.3331628
  23. M. Dinitz, M. M. Halldórsson, T. Izumi, and C. Newport, "Distributed minimum degree spanning trees," *Proceedings of the 2019 ACM Symposium on Principles of Distributed Computing (PODC)*, pp.511-520, 2019. DOI: 10.1145/3293611.3331604
  24. K. Okumura, M. Machida, X. Defago, and Y. Tamura, "Priority inheritance with backtracking for iterative multi-agent path finding," *Proceedings of the 28th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*, pp. 535-542, 2019. DOI: 10.24963/ijcai.2019/76
  25. N. Kitamura, H. Kitagawa, Y. Otachi, and T. Izumi, "Low-congestion shortcut and graph

- parameters," Proceedings of the 33rd International Symposium on Distributed Computing (DISC), pp.25:1-25:17, 2019. DOI: 10.4230/LIPIcs.DISC.2019.25
26. R. Eguchi, N. Kitamura, T. Izumi, "Fast neighborhood rendezvous," Proceedings of 40th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS), (to appear).

・査読無し：発表件数：計 0 件  
該当なし

\*その他の著作物 (相手側研究チームとの共著総説、書籍など)：発表件数：計 0 件  
該当なし

\*その他の著作物 (相手側研究チームを含まない日本側研究チームの総説、書籍など)：発表件数：計 1 件

1. X. Défago, M. Potop-Butucaru, and S. Tixeuil, "Fault-Tolerant Mobile Robots," Book Chapter of "Distributed Computing by Mobile Entities," pp. 234-251, 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-11072-7\_10

## 2. 学会発表

\*口頭発表 (相手側研究チームとの連名発表)  
発表件数：計 0 件 (うち招待講演：0 件)

\*口頭発表 (相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表)  
発表件数：計 76 件 (うち招待講演：13 件) の内, 10 件掲載

1. T. Izumi, "Information-Theoretic Approach for Lower Bounds in Resource-Bounded Computation," 9th International Workshop on Parallel and Distributed Algorithms and Applications, 2017. 招待講演
2. X. Defago, "Reliable Communication in Dynamic Networks Under the Presence of Malicious Intruders," 2nd Taiwan-Japan Workshop on Secure and Dependable IoT Systems, 2017. 招待講演
3. X. Defago, "Model-Checking Gathering of Robots with Lights in Euclidean Space," International Workshop on Formal Methods for Swarms of Mobile Robots, 2017. 招待講演
4. X. Defago, "Decentralized Route Planning and Exploration in Multi-Robot Systems," 3rd Taiwan-Japan Workshop on Secure and Dependable IoT Systems, 2018. 招待講演
5. Y. Tamura, "Physical Test Platforms for Multi Robot Systems," 3rd Taiwan-Japan Workshop on Secure and Dependable IoT Systems, 2018. 招待講演
6. T. Masuzawa, "Loose-stabilization in the Population Protocol Model," FURETHERMORE, International Symposium on Reliable Distributed Systems Workshop, 2019. 招待講演
7. Y. Tamura, "Collective Decision Making from Social Insects to AI", Israel-Japan Joint Workshop, 2019. 招待講演
8. X. Defago, "Self-stabilizing Gathering of Mobile Robots under Crash or Byzantine Faults," 2nd Japan-Taiwan Joint Workshop, 2019. 招待講演
9. X. Défago, "Dependability and Fault-tolerance of Cooperative Mobile Robots," IEEE Pacific Rim International Symposium on Dependable Computing, 2019. 招待講演
10. X. Defago, "Model Checking Robot Algorithms in Euclidean Space", FURETHERMORE,

International Symposium on Reliable Distributed Systems Workshop, 2019. 招待講演

\*ポスター発表 (相手側研究チームとの連名発表)

発表件数 : 計 0 件

\*ポスター発表 (相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表)

発表件数 : 計 0 件

**3. 主催したワークショップ・セミナー・シンポジウム等の開催**

1. 情報科学ワークショップ, 増澤利光 (大阪大学・教授) 他, かんぼの宿大和平群, 奈良県平群町, 日本, 2017年9月4日~2017年9月6日, 参加人数 50名程度
2. 国際シンポジウム the 20th International Symposium on Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems (SSS2018), Xavier Defago (東京工業大学・教授)他, 東京工業大学田町キャンパス, 東京, 日本, 2018年11月4日~2018年11月7日, 参加人数 62名

**4. 研究交流の実績 (主要な実績)**

1. 共同研究の打合せ, および, Israel - Japan Scientific Cooperation Program "ICT for a Resilient Society" 1st Joint Project Review Meeting 出席  
増澤 利光 (大阪大学・教授) 2017年6月27日~7月1日 (5日間)  
Xavier Defago (東京工業大学・教授) 2017年6月24日~7月1日 (8日間)  
両名がイスラエルを訪問し, 6月28日にテルアビブ大学で Yuval Emek, Shay Kutten と本プロジェクトで取り組んでいる研究についての情報交換をし, 共同研究で取り組む具体的なテーマを策定した. 6月29日はエルサレム Menachem Begin Heritage Center で開催された Israel - Japan Scientific Cooperation Program "ICT for a Resilient Society" 1st Joint Project Review Meeting 出席し, 本プロジェクトの概要についての発表を行った. また, Xavier Defago はテルアビブで開催された Cyber Week 2017 (6月25日~29日) にも出席した.
2. 共同研究の遂行  
Yuval Emek (イスラエル工科大・准教授) 2017年11月28日~12月7日 (10日間)  
名古屋工業大学, 大阪大学, 東京工業大学を順次訪問し, 各大学で共同研究を遂行した.
3. 共同研究の遂行  
泉 泰介 (名古屋工業大学・准教授) 2017年12月25日~2018年1月10日 (17日間)  
イスラエル工科大 (テクニオン, ハイファ) を訪問し, Yuval Emek, Shay Kutten と共同研究で取り組むテーマを策定し, 共同研究を推進した.
4. 共同研究の遂行, および, 国際会議出席  
増澤 利光 (大阪大学・教授) 2018年6月17日~6月30日 (14日間)  
Xavier Defago (東京工業大学・教授) 2018年6月17日~6月28日 (12日間)  
両名がイスラエルを訪問し, 国際会議 SIROCCO (6月18日~6月21日, Maale Haamamiya) で本プロジェクトの研究成果を発表した. 国際会議の後, イスラエル工科大 (テクニオン, ハイファ) を訪問し, Yuval Emek, Shay Kutten と共同研究を推進した.
5. 共同研究の遂行, および, 国際会議出席  
Shay Kutten (イスラエル工科大・教授) 2018年10月29日~11月7日 (10日間)  
名古屋工業大学, 大阪大学, 東京工業大学を順次訪問し, 各大学で共同研究を遂行した. また, 国際会議 SSS (11月4日~11月7日, 東京工業大学・田町キャンパス) に参加した.



6. 共同研究の遂行，および，国際会議出席  
増澤 利光（大阪大学・教授）2018年12月16日～12月20日（5日間）  
Xavier Defago（東京工業大学・教授）2018年12月16日～12月19日（4日間）  
首藤 裕一（大阪大学・助教）2018年12月16日～12月20日（5日間）  
Yuval Emek（イスラエル工科大・准教授）2018年12月16日～12月19日（4日間）  
日本から3名が香港を訪問し，国際会議 OPODIS（香港工科大）で本プロジェクトの研究成果を発表した．また，国際会議 OPODIS に参加している Yuval Emek と共同研究に関するディスカッションを行った．
7. 共同研究の遂行，および，Israel - Japan Joint Workshop “ICT’s Innovative Impact on Society: Toward New Ecosystem for Creating Innovation”出席  
増澤 利光（大阪大学・教授）2019年6月23日～7月3日（11日間）  
Xavier Defago（東京工業大学・教授）2019年6月23日～7月3日（11日間）  
田村 康将（東京工業大学・助教）2019年6月23日～7月3日（11日間）  
3名がイスラエルを訪問し，テルアビブ，イスラエル工科大（テクニオン，ハイファ）を訪問し，Yuval Emek, Shay Kutten と共同研究を推進した．また，6月25日には，Israel - Japan Joint Workshop “ICT’s Innovative Impact on Society: Toward New Ecosystem for Creating Innovation”（エルサレム，Lady Stern Hotel）に参加した．
8. 共同研究の遂行  
Yuval Emek（イスラエル工科大・准教授）2019年9月8日～9月13日（6日間）  
大阪大学を順次訪問し，共同研究を遂行した．この間に，Xavier Defago，田村康将，泉泰介も大阪大学を訪問し，共同研究を遂行した．
9. 共同研究の遂行  
泉 泰介（名古屋工業大学・准教授）2019年11月16日～11月26日（11日間）  
イスラエル工科大（テクニオン，ハイファ）を訪問し，Yuval Emek, Shay Kutten と共同研究を推進した．
10. メール等によるディスカッション  
共同研究推進，共著論文執筆等のために，メール等によるディスカッションを適宜行った．

## 5. 特許出願

研究期間累積出願件数：0 件

## 6. 受賞・新聞報道等

該当なし

## 7. その他

該当なし