

先端国際共同研究推進事業
2023 年度採択
「Top 研究者/Top チームのための ASPIRE」
AI・情報分野

2023 年度～2024 年度
年次報告書（公開版）

研究課題名 情報技術への社会的信頼を樹立するソフトウェア研究ネットワーク

日本側研究代表者 蓮尾 一郎 国立情報学研究所 教授

相手側研究代表者

- ・Joost-Pieter Katoen, Professor, RWTH Aachen University
- ・Bart Jacobs, Professor, Radboud University
- ・Sam Staton , Professor, Univerisity of Oxford

研究期間 2024 年 2 月 1 日～2029 年 3 月 31 日

1. 研究成果の概要

① 研究構想にかかる成果

<実施したこと>

当初計画で掲げた重点目標「相互理解の深化」に向けて、プロジェクト全員集合型イベント（ASPIRE Camp）を開催した。これにより、個別・小規模の協働ユニットから立ち上がるボトムアップ型協働のみならず、プロジェクト全体のゴールを明確にしたうえでのトップダウン型協働を強力に推進することができた。

本イベントは 5 泊 6 日で合宿形式で実施し、15 セッションを実施して、参加者 30 名超で集中的議論を行った。各人のショットガントークで相互理解を深めることから始めて、各分野の基本を共有するチュートリアルから 3 トピックに別れた breakout session、さらに技術的なレベルを離れて社会・産業応用を議論する wrap-up セッションと、多様な議論を重ねる配置することで、ありがちな議論の発散と各人の engagement level の低下を防ぐ方策を実施し、これらはよく機能した。さらに、Camp 全体を通して「next papers to write」「approaches to our long-term goals」「leading examples for inter-disciplinary collaboration」の 3 つを同定しようという目標を掲げ、議論の発散を防ぐとともにチームの一体感を醸成できた。

以上の成果として、すぐに成果が見込める短期トピックを 15 個超同定し、また、議論のコアとなる leading example を 5 個、長期的目標へのアプローチを 5 個同定した。これらの議論をまとめるためその場で作成したログは約 60 ページの長大なものであるが、参加者全員で随時整理を行ったこのログは、その後の協働の礎として毎日参照されている。

上記の ASPIRE Camp の他にも、特に ASPIRE Camp のための来日の機会を利用した相互訪問を実施し、具体的な研究成果（出版済みまたは出版準備中）を多数得た。

<得られた成果>

- 相互理解の深化：

ASPIRE Camp の集中的議論及び研究以外の時間の共有により、(1) 日本と海外のみならず（学術的コミュニティを異とする）独・蘭・英チーム間の相互理解が大きく進み、協働のモチベーションを樹立できた。

- チーム間協働の短期的成果に向けた準備：

ASPIRE Camp 2024 における集中的議論により、すぐに成果が見込まれるような具体的協働トピックが 15 以上同定された。

- チーム間協働による長期的潮流の創出：

ASPIRE Camp 2024 の集中的議論においては、上記の短期的協働トピックの同定のみならず、ASPIRE 研究の目指す長期的ビジョン（IT システム安全性という課題とソフトウェア科学の役割）についても繰り返し議論を行い、（speculative ではあるものの）複数の研究方向性を得た。

- チーム間の協働による研究業績：

チーム間協働の成果により、ソフトウェア科学分野でのトップ会議 TACAS'24, CAV'24 において論文を出版した [Watanabe+, TACAS'24 & CAV'24]。これらは、ソフトウェア科学（特にモデル検査）のアルゴリズム的研究に対し、圏論・意味論的技法の有効性を示すものであり、コミュニティの壁の突破を象徴する世界的にも数少ない成果である。

- 日本チームによる研究業績：

上記協働業績に加えて、トップ国際会議 CAV'24・ESOP'24 論文を含む論文を 6 篇出版した。これらはそれぞれ、オートマトン学習や時相論理、動的システムの圏論的理論といったトピックを通じて、今後の ASPIRE 協働につながる可能性を持つ成果である。国際会議 ICTAC'24 で出版した論文 [Phalakarn+, ICTAC'24] は最優秀論文賞を受けた。

② 国際ネットワーク構築・拡大／国際頭脳循環の促進に資する若手研究者の人材育成に関する実施内容
＜実施したこと＞

- ASPIRE Camp による協働キックオフ： 実施内容及び成果については①参照
- 国際会議 ATVA 2024 開催：
研究代表者の蓮尾が General Chair となり、京都で 2024 年 10 月に開催した。ソフトウェア科学分野の主要国際会議の一つであり、上記 ASPIRE Camp と近い日程で開催することで、ASPIRE メンバーの多くも参加して、プロジェクト内外の研究者との交流を深めた。
- ASPIRE メンバーの相互往来：
(ASPIRE 以外の用務も含め) ASPIRE プロジェクトメンバーをのべ 20 名、海外から招聘した。
- その他の海外からの訪問：
延べ 10 名。すべてが ASPIRE 用務というわけではないが、ASPIRE プロジェクトの国際的ネットワーク及び visibility の指標としてここに記載する。このうち数名と共著論文を執筆中。
- その他：
シニアな research manager を中心とした研究推進体制づくり、また国際会議等への海外出張について、積極的にこれを推進・実施した。

＜得られた成果＞

- 上記の実施内容により、(1) ASPIRE プロジェクト内のネットワークの強化(2) ASPIRE プロジェクト外へのネットワークの展開(3) 多くの若手の国際的ネットワークへの参加とキャリアアップが達成できた。
- 若手研究者育成：
日本側チームから 2025 年 3 月に 2 名が博士課程を修了。次年度も新しい所属機関の教員として、ASPIRE 研究に参画する。

2. 研究実施体制

研究テーマ・目標	中心となる研究者 氏名	所属機関・部署・役職名
目標(G1-1) 論理学のトップダウン適用	蓮尾 一郎 B. Jacobs J.-P. Katoen S. Staton	国立情報学研究所・アーキテクチャ科学研究系・教授 ラドバウド大・計算機科学科・教授 アーヘン工科大・計算機科学科・教授 オックスフォード大・計算機科学科・教授
目標(G1-2) 要素還元性を用いた契約ベース安全性保証	蓮尾 一郎 S. Junges J.-P. Katoen S. Staton	国立情報学研究所・アーキテクチャ科学研究系・教授 ラドバウド大・計算機科学科・助教授 アーヘン工科大・計算機科学科・教授 オックスフォード大・計算機科学科・教授
目標(G2-0) 圏論的述語変換子による情報システム安全性保証の一般理論	蓮尾 一郎 J. Rot B. Klin	国立情報学研究所・アーキテクチャ科学研究系・教授 ラドバウド大・計算機科学科・准教授 オックスフォード大・計算機科学科・准教授
目標(G2-1) 物理情報シス	蓮尾 一郎 S. Junges	国立情報学研究所・アーキテクチャ科学研究系・教授 ラドバウド大・計算機科学科・助教授

テム・IoTシステムの実効的安全性保証手法	J.-P. Katoen	アーヘン工科大・計算機科学科・教授
目標(G2-2) 自動運転・次世代モビリティの実効的安全性保証手法	蓮尾 一郎 B. Jacobs J.-P. Katoen	国立情報学研究所・アーキテクチャ科学研究系・教授 ラドバウド大・計算機科学科・教授 アーヘン工科大・計算機科学科・教授
目標(G2-3) 統計的AIシステムの実効的安全性保証手法	蓮尾 一郎 S. Junges J.-P. Katoen S. Staton	国立情報学研究所・アーキテクチャ科学研究系・教授 ラドバウド大・計算機科学科・助教授 アーヘン工科大・計算機科学科・教授 オックスフォード大・計算機科学科・教授
目標(G2-4) 量子情報システムの実効的安全性保証手法	蓮尾 一郎 B. Jacobs S. Staton	国立情報学研究所・アーキテクチャ科学研究系・教授 ラドバウド大・計算機科学科・教授 オックスフォード大・計算機科学科・教授

3. 代表的な業績（原著論文、プレスリリース、表彰など）

- 蓮尾 一郎. 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞 研究部門, 業績名「来るべき情報技術の社会的信頼を担う数理的ソフトウェア研究」（石川 冬樹氏、勝股 審也氏と共同受賞）、2024 年 4 月
- Kazuki Watanabe, Marck van der Vegt, Sebastian Junges, Ichiro Hasuo. Compositional Value Iteration with Pareto Caching. 36th International Conference on Computer Aided Verification (CAV 2024), Lecture Notes in Computer Science 14683, pp.467-491, 2024
- Sota Sato, Jie An, Zheyua Zhang, Ichiro Hasuo. Optimization-Based Model Checking and Trace Synthesis for Complex STL Specifications. 36th International Conference on Computer Aided Verification (CAV 2024), Lecture Notes in Computer Science 14683, pp.282-306, 2024
- Kazuki Watanabe, Marck van der Vegt, Ichiro Hasuo, Jurriaan Rot, Sebastian Junges. Pareto Curves for Compositionally Model Checking String Diagrams of MDPs. The 30th International Conference on Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems (TACAS 2024), 2024
- Hiroya Fujinami, Ichiro Hasuo. Efficient Matching with Memoization for Regexes with Look-around and Atomic Grouping. The 33rd European Symposium on Programming (ESOP 2024), 2024