2025 年度年次報告書

先端国際共同研究推進事業
【2025 年度採択　Top のための ASPIRE　半導体分野】

【研究課題名】
日欧米集積 MEMS ネットワークによる高機能・新原理エッジ半導体の開拓

研究代表者：
三田 吉郎（東京大学　教授）

主たる共同研究者：
久保木 猛（広島大学　准教授）

相手側研究代表者：
Michael Kraft（Professor, KU Leuven）
Philippe Hélin（Director, IMEC）
Hadi Heidari（Professor, The University of Glasgow）
Tianhong Cui（Professor, Minnesota University）

1. 研究進捗状況と成果

「エッジにおけるインターフェース素子（センサ・マイクロアクチュエータ）」は、半導体集積回路の主要構成要素である。トリリオン時代とも呼ばれる「センサが世界中に張り巡らされる時代」において省エネルギーかつ高度な演算を提供するためには、インターフェース素子を高度化して後段に控える集積演算回路の負担を軽減することや、演算回路とインターフェースを融合した新しい計算原理システムを開拓することが必須である。上記目的を達成するため、本研究では微小電気機械システム（MEMS）を電子回路（VLSI）と集積する「CMOS-MEMS」研究分野において新機能素子・新原理演算素子の国際共同研究を行う。また、世界を代表する日本人 PI を中心とする研究チームが若手を巻き込み欧州の先導的半導体研究機関とネットワークを構築する。さらに、高い技術的成熟度で半導体素子を提案試作し、米国の提携先を含む世界規模でユースケース開拓を行うとともに、若手研究者に一から研究環境を立ち上げる苦労なくデバイス・システムの実験研究に取り掛かれる仕組み「センサ・マイクロマシンにおける VDEC システム」の構築を目指す。

本分野の応用は極めて多岐にわたる。そのため「ボトムアップ方式」で具体的なデバイス研究を通じて経験的一般化命題として研究論、研究システムを構築することになる。国際経験豊富な研究代表者が意欲高き日本人若手研究者及び博士課程学生群を一人一人丁寧にメンタリングし、システマチックかつストラテジックに相手国機関に派遣する。世界の一流研究所・一流研究者のもとで武者修行を行い相手方の若手と次世代集積 MEMS コミュニティを形成し、先頭に立ち同分野を牽引する。具体的には 4 つの要素研究パッケージ及びコーディネーション・シンポジウム・アウトリーチ活動を加えた 5 つのワークパッケージで研究を構成する。本年度の成果は、コーディネーション・シンポジウム・アウトリーチ活動ならびに新原理コンピューティング分野の研究について大きな進展があった。

① 研究構想

2026 年 2 月 25 日～3 月 5 日にかけて、欧米より 9 名の研究者を招聘しワークショップを開催し、今後 5 年間かけて研究する CMOS-MEMS 研究目標について参加者全員が理解した。さらに、本プロジェクト名を「MONDIAL（Multinational/Multidisciplinary Open Nanotechnology Device Development for Intelligent Integrated Advanced LSIs）」と命名し今後の旗印とすることとした。

② 国際ネットワーク構築・拡大

フランス共和国国立科学研究センターの科学技術部門（CNRS Engineering）部門長である Lionel Buchaillot 博士は 2 年前より参加に興味を示し Letter of Intent （LoI）を頂いていた。研究採択を受けて改めて LoI を取得し、提案時に構想提案していた「新規パートナー」の位置に配置した。このことで CNRS Engineering 部門下の 119 研究所との間で自由に研究交流ができることになり、国際ネットワークを非常に強力に構築・拡大できることとなった。

③ 国際頭脳循環に資する若手研究者の人材育成

パートナー機関（KU Leuven）に博士 1 年生を長期派遣し共著発表を 2 件（うち ASPIRE 開始後に投稿した論文成果 1 件）得るとともに、2025 年 2 月に研究室の修士 1 年生を 2 週間仏 CNRS 研究所（リール市・コンピエーニュ市）に派遣し、現地博士学生とバイオ MEMS に関するプロジェクトベース研究交流を行い若手育成を行った。

2. 代表的な成果事例

1. R. Shimamura et al., "VQ-VAE–Based Test Structure Generation for Constructing Design-Fabrication Surrogate Models” in Proc. of ICMTS 2026, Matsue, Japan. doi: 10.1109/ICMTS69943.2026.11471659
   概要：パートナー機関との成果の国際共著発表

2. 小林亮太：2025 年度東京大学工学部長賞（研究）
   概要：新原理コンピューティングに関連する研究により、電気電子工学科（約 65 名）から選出。