

## CREST 研究領域「先進的統合センシング技術」

### 追跡評価報告書

#### 総合所見

本研究領域は、社会の安全・安心を阻害する危険や脅威に対して早期かつ的確な対応を可能とするために、センサデバイス、情報処理、ネットワーク技術の各分野の技術を発展させ、高感度・高精度に検知し、その情報を迅速に伝達する統合センシング技術を創出することを目指し、2005年に開始された。自然災害や人為的作用等によるリスクが一層の増大化・複雑化を見せる今日にあって、13年前に本研究領域が設定されたことの意義は極めて大きい。また、本研究領域の目的と活動内容は、1999年にブダペストで開催された世界科学会議から、わが国の第五期科学技術基本計画に至るまで、一貫して重要とされている「社会における社会のための科学」、「社会と科学技術の関係深化」の理念に即したものである。

本研究領域の特徴は、多様な応用分野に対して基礎的なセンシング技術、デバイスからシステムまで広い範囲で15テーマを選んだ点にある。このため、研究領域終了後の研究の継続、成果の発展についてもまちまちであり、優れた研究成果が得られたものからそこまで達成していないものまで広く分布している。しかし、本研究領域全体として考えると「人間情報学」「生活機能レジリエンス研究」等の研究領域が創設され、新たなCREST研究をはじめとする多くの大型プロジェクトにおける先進的統合センシング技術の先端的な研究開発に発展した。15の研究課題の研究代表者らは、合計で51件の助成金を獲得している。

後継の研究活動により、脳内神経細胞モニタリングシステム、味覚・嗅覚などの感覚を融合したセンサなどの新規なセンシング技術・センシングシステムの開発、センシングデータの統合解析を用いた情報サービスに関する研究、高齢者の生活見守りシステム、事故予防情報提供サービスなどの新しいサービスの開発、メンタルヘルスへの介入研究を後押ししたハイパーソニックエフェクトの研究などの応用研究が行われている。また、ネットワークを通じた遠隔生体見守りシステム、子供や高齢者の安心・安全のための事故・生活情報の収集・分析、IT融合による統合型次世代農業システムなどの新規なシステムやサービスの社会実装研究・実社会における科学的検証も進んでいる。さらに、センシング技術を中心とした国家プロジェクトへの参画、味覚・嗅覚センサ研究開発センターおよびインテリジェントセンシングの国際的教育研究拠点といったセンシングに関わる先端研究拠点形成がなされている。

また、モバイル型生物剤検知システム、小型・高速・高感度な微量水分計ユニットなどの研究成果は、ベンチャー企業の立ち上げや、実用化・商品化などのかたちで、社会・経済にも大きく及んでいる。これは、社会的ニーズと技術的シーズのマッチングを行い社会実装までを志向する研究領域全体の姿勢が受け継がれ、研究領域終了後の研究継続・発展にも通底していることの表れと評価できる。

一方で、研究期間中、期間後の研究成果という点ではやや物足りない研究課題も散見され、

全体として国際的な研究成果の発信に関しては必ずしも十分とは言えない。また、研究成果を研究領域としてまとめる試み、国際連携を行う試み等は積極的に行われたというレベルまでにはなく、研究期間終了後も、研究課題間で連携して新たな研究に結び付けた例は多くない。

しかし、この問題点を差し引いても、本研究領域は、センサについての多くの分野、多くの研究者に資金と研究の方向性を与え、来るべき IoT 社会に向けてそのベースを作ったという点で、時代先見性が極めて高かったと評価できる。

## 1. 研究成果の発展状況や活用状況

本研究領域の特徴は、多様な応用分野に対して基礎的なセンシング技術、デバイスからシステムまで広い範囲で 15 テーマを選んだ点にある。このため、研究領域終了後の研究の継続、成果の発展についても、優れた成果が得られたものからそうでないものまで見られる。以下、特筆すべき成果をまとめる。

石田は、本研究課題において開発したマイクロセンサを、基礎神経科学領域で活用される脳内埋め込みチップ作成へと展開した。車谷は、音響センサを用いた環境音の計測による環境変化検知および予測へと研究を進めている。佐藤は、本研究課題である移動体センシング技術を、高齢者の生活見守りシステムへと展開し、JST の A-STEP および NEDO の資金により研究を進展させている。都甲は、味覚センシング領域を切り開き、ポータブルタイプ残留農薬センサの開発、味覚・嗅覚・視覚融合バイオセンサシステムの構築、乳癌検知に役立つ超高感度匂いセンサシステムの研究、極微量有害・危険物質のセンシングシステム実用化などの多大な成果を挙げ続けている。西田は、本研究課題で行った、事故予防のための日常行動センシングの技術開発を進展させ、「生活機能レジリエンス研究」という研究領域を創設して、子供の障害予防に向けた発生原因の分析および高齢者の生活行動のセンシング技術の開発・実用化を進めた。伊藤は、研究課題終了後はアニマルウォッチセンサネットの対象を畜産動物に広げ、牛の消化器疾病を早期発見するためのシステムを研究開発するなど、順調に展開をしている。徐は、本研究課題終了後も応力発光に関する研究を継続し、新たな高感度応力発光材料の開発およびそれを活用したインフラ設備モニタリング技術開発などの優れた成果を挙げている。藤野は、本研究課題期間中に発生した東日本大震災における、前震・本震・余震群の複雑免震建屋の高密度大振幅地震計測を世界で初めて成功させたが、研究領域終了後もこのデータの分析・解析を進めるとともに、橋梁等のモニタリングデータの採取と分析およびモデル試験を行い、インフラモニタリングの有効性を明らかにした。また、その対象も、研究課題期間中の橋梁や構造物から、道路、鉄道、港湾、空港、農業水利施設、上水道等の地下構造物・河川堤防・ダム等に拡大させた。さらに、研究から得られた知見を加えた構造ヘルスマニタリング百科事典を世界で初めて刊行するなど研究成果を広く展開している。山中は、研究期間終了後もボール SAW センサの微量水分計、水素センサ、真空計への応用などへの研究を進めるとともに、工業化を推し進めている。本田は、本研究課題に

においてウェアラブルセンシングシステムの開発を行った。その研究の延長として、ハイパーソニックエフェクトについての研究を、この現象の提唱者である大橋力らとともに発展させ、その生理的基盤および感性的質感認知への影響を明らかにした。前田は、本研究課題期間中の自らの研究課題であったパラサイトヒューマン（人間と共生関係を形成する新しいマンマシンシステム）研究を五感情報通信に関連させながらさらに発展させ、新規なインターフェース（前庭電気刺激、錯覚利用等）の開発につなげた。山田は、本研究課題において血圧・食習慣・ストレスのウェアラブルセンサを開発した。その研究の延長として、血圧センサについての実用化と実証実験を実施した。

全体として見ると、本研究領域期間終了後も、研究期間中に得られた研究成果を基に、科研費の基盤研究(S)、(A)、(B)等や CREST、研究拠点形成等補助金、国際交流事業拠点大学交流事業、JST 産学連携・技術移転事業等を獲得、継承している。また、研究領域全体としても、その流れをくむ大型事業、CREST 研究領域「共生社会に向けた人間調和型情報技術の構築」（2009－2016 年度）、科学技術振興調整費「安全・安心な社会のための犯罪・テロ対策技術等を実用化するプログラム」（2010－2015 年度、主査は本研究領域の研究総括であった板生清）として展開している。さらに、内閣府が推進する SIP「インフラ維持管理・更新マネジメント技術」（2014-2018 年度）における点検・モニタリング・診断技術の研究開発も本研究領域の発展形である。以上のように、本研究領域で培われたセンシング技術の研究は途切れることなく継続していると考えられる。

## 2. 研究成果から生み出された科学技術や社会・経済への波及効果

### (1) 研究成果の科学技術の進歩への貢献

本研究領域からは、今日活発化しているセンシング技術に関する科学技術研究の進展につながった研究成果（概念、要素技術、統合システムを含めて）が多く生まれている。以下にいくつかを記載する。

石田は、本研究課題の成果である「無線型マイクロ集積センサノードの実現に関わる技術」のシーズの応用および実用化研究を進め、マイクロセンサノードを脳・神経領域に展開させ、脳内神経細胞モニタリングシステムを開発し、その有効性を実証した。また、グローバル COE プログラムによって応用分野の先端的知を融合させることにより、インテリジェントセンシングの国際的教育研究拠点を形成した。

車谷は、本研究領域終了後も、リアルタイムで取得したセンシングデータの統合解析を用いた情報サービスに関する研究を展開し、サービス工学という新しい研究分野の進展に貢献した。

都甲は、本研究領域での研究課題であった「抗原抗体反応型 SPR 計測を用いる超高感度爆薬センサシステム」を継続・展開している。匂い、さらには味覚等の感覚を融合した基礎研究、応用研究に取り組み、化学・バイオセンサ研究領域の発展に寄与している。九州大学に味覚・嗅覚センサ研究開発センターを立ち上げたが、これは味覚と嗅覚に関する基礎研究か

ら社会実装までを行う世界初の研究拠点であり、注目に値する。

西田は本研究課題をふまえて「生活機能レジリエンス研究」という新しい研究領域を創設した。これは、日常生活の場でセンシング、モデリング、そしてサービス提供の一連のプロセスをフィードバックまでを含めて行う実装型の研究コンセプトであり、研究課題期間中の主な研究対象であった子どもだけでなく、高齢者や障害者、さらにはスポーツの分野にも応用可能な概念および手法であると評価できる。さらに、センシング技術等の個々の要素技術の開発にとどまることのない「傷害予防工学」という新たな方法論の体系化も試みている。

佐藤は、研究期間中の研究成果を基にして、高齢者の常時見守りシステムへの応用研究および実証実験を進めた。実験室ではなく実生活の場における生活行動センシングは、医療・福祉の現場で最も必要とされており、その発展には大きな期待が持たれる。

本田は、視聴覚情報によってメンタルヘルスに関係するといわれる基幹脳活性を変動させることができるという期間中の研究成果を発展させ、ハイパーソニックエフェクト（可聴域を超える周波数成分の音が人の生理・心理に与える効果）の研究を進めた。ハイパーソニックエフェクトはそのメカニズムについて未解明の部分も多く、賛否両論のある現象であるが、広く注目されるこの現象の生理学的基盤の証左を脳波およびfMRI計測等を用いて示すことで、本現象を利用したメンタルヘルスへの介入研究を後押しした。

前田は、自らの研究課題であった「パラサイトヒューマンネットによる五感情報通信と環境センシング・行動誘導」の研究成果をふまえ、研究期間終了後も、電気刺激による味覚の制御機構の解明と新たな電気刺激方法の創出に関する研究を深化させている。開発、実用化が進められた「内視鏡トレーニングシステム」は、医学のみならず、「熟練者からの伝達」が重要となる産業分野での応用が期待される。

## (2) 研究成果の応用に向けての発展状況

本研究領域の特徴は、研究論文だけでなく、社会実装を十分に意識した点にある。このため、研究領域終了後も、活発に実証研究、実社会での応用が試みられている。

具体的な社会・経済的な波及効果としては、主として以下のものがあげられる。

車谷は屋内自律型測位システムを一般の携帯端末で動作可能なアルゴリズムを開発し、横浜市のランドマークプラザにて実証検証を行い、加えて人の運動状態をモバイル生体センサによる計測と推定を行い、ネットワークを通じた遠隔生体見守りシステムを実現した。この取り組みを具体的なサービスとして活用できる解析システムを実現し、音響センサによる音環境計測を利用した環境変化検知・予測技術に関する研究開発で特許を出願、2社のベンチャーにて本研究課題の成果の実用化を目指している。

西田は、本研究課題の成果を存分に社会に実装している。例えば、子どもの安全・安心に資するものとして、遊具の分析結果は2008年の国土交通省の遊具の指針改定に盛り込まれた。ほかにも、先端がグニャリと曲がる喉に刺さらない歯ブラシやスポークに巻き込まれにくい自転車などが実用化されている。こうした研究活動は、とくにマスメディアの注目も高

い。さらに、高齢者を対象とした事故・生活情報の収集・分析および実用化を進めている。

安田は全自動モバイル型生物剤センシングシステムの開発にて、研究成果の製品化とその活用を共同研究機関の株式会社東芝と共に進め、モバイル型生物剤検知システム BioBulwark として東芝より事業化され、警察庁に複数配備されている。

山中は、ボール SAW センサを用いた小型・高速・高感度な微量水分計ユニットの実用化にむけて特許を出願するとともに、JST「大学発新産業創出プログラム」(START)の助成を得て、事業化開発に取り組んだ。さらにはベンチャー企業を設立、官民ファンド等の出資を受けて事業を本格化させ、2017年度には最初の製品出荷を行った。

山田は IT 融合による統合型次世代農業システムを開発し、日本農業の課題解決を図るとともに、日本の経済成長・国際戦略への貢献を目的として「IT 融合による統合型次世代農業システム」の共同研究プロジェクトを 6 つの参画機関と共に立ち上げ、約 2 年間にわたって IT を活用したトマト栽培の大規模実証実験を実施した。

### (3) その他の特記すべき波及効果

研究課題間の人材交流、人材のキャリアアップ、分野間融合に研究領域として取り組んだ形跡は十分とはいえないが、研究活動を通じて、この分野の将来を担う人材育成は行われている。例えば、石田が研究代表を務めた研究課題においては、3 段階 GCOE 教育プログラムの開発を推進し、若手研究者を積極的に海外研究機関に派遣した。そのうちの修了生 3 名は海外大学で研究者として採用され活躍中である。また、研究代表者が設立した新領域を切り開く研究拠点や研究会により、今後の人材育成やネットワーク形成への期待が高い。