

戦略的国際共同研究プログラム(SICORP)

日本－スウェーデン共同研究

終了報告書 概要

1) 研究課題名：「皮膚貼り付け型センサによる高齢者健康状態の連続モニタリング」

2) 研究期間：2017 年 1 月～2019 年 3 月

3) 主な機関

研究代表/ 共同研究代表	大学等/産業/その他	組織名 部局名
研究代表	大学	東京大学 大学院工学系研究科
共同研究代表	産業	NEC IoT デバイス研究所
研究代表	大学	リンショーピン大学 有機エレクトロニクス研究所
共同研究代表	産業	アッヴィ AB (www.abbvie.se)
共同研究代表	産業	インヴィセンス AB (www.invisense.se)
共同研究代表	その他	RISE Acreo Norrköping division (Institute) RISE SICS New Tools for Health division (Institute)

4) 主な参加研究者名：

日本側チーム

	大学等/産業/その他	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	大学	染谷 隆夫	教授	東京大学	ウェアラブルセンサ
主たる共同研究者	産業	萬 伸一	所長代理	NEC	感情推定
研究参加者	大学	横田 知之		東京大学	ウェアラブルセンサ
研究参加者	産業	中原 謙太郎	部長	NEC	感情推定
研究参加者	産業	梶谷 浩司	主任研究員	NEC	感情推定
研究参加者	産業	井原 和紀	主任	NEC	感情推定
研究期間中の全参加研究者数			10名		

相手側チーム

	大学等/産業/その他	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	大学	Magnus Berggren	Prof	Linköping University, Lab. of Organic Electronics (LOE)	バイオエレクトロニクス

主たる共同研究者	産業	Olof Schreiber	Dr	AbbVie AB	バイオエレクトロニクス
主たる共同研究者	産業	Björn Garplind		Invisense AB	イノベーション開発
主たる共同研究者	その他	Peter Kjäll		RISE Acreo	バイオエレクトロニクス
研究参加者	大学	Daniel T. Simon	Dr	Linköping University, LOE	バイオエレクトロニクス
研究参加者	大学	Erik Gabrielsson	Dr	Linköping University, LOE	バイオ技術
研究参加者	産業	Alex Baralt		AbbVie AB	Eヘルスイノベーション
研究参加者	産業	Tryggve Ljung	Dr	AbbVie AB	消化器/肝臓科 生物療養法
研究参加者	その他	Göran Gustafsson	Dr	RISE Acreo	印刷エレクトロニクス
研究参加者	その他	Michael Peolsson	Dr	SICS Swedish ICT, New Tools for Health division	eヘルスソリューション
研究期間中の全参加研究者数			10名		

5) 研究概要・目的

本研究では、高齢者のバイタルサインを継続的に観測するシステムの開発を実施する。本システムは、高齢者が自立して活発に生活できるよう、薄くて軽量、且つ柔軟性を有し皮膚に取り付けられる必要がある。日本とスウェーデンのチームは、両国の高齢者のバイタルサインをモニタリングするセンサを開発し、関連技術および知識を両国間で共有。最終的には診療所や看護等で使用するウェアラブルセンサプラットフォームに統合する事を目的とする。

6) フェーズ1における進捗

(i) AbbVie からのアドバイスに基づき、酵素 OECT ベースのバイオセンサの開発を行った。

センシングターゲットは主に、一般的な健康や、特定の病気の感染をモニタするための炎症マーカーである。本センサはフォトリソグラフィ技術またはスクリーン印刷によって製造された有機電気化学トランジスタによって駆動されている。

(ii) **Invisense** は、静電容量式の湿度検出センサを開発した。本センサは共振周波数が相対湿度とともに直線的にシフトする為、高い精度を有している。

(iii) 呼吸およびジェスチャーの検知を、装着型歪みセンサを介して実施した。本センサを用いて呼吸を検知すると、息の深さを区別することができる。ジェスチャー検知グローブはカスタムワイヤレスボディエリアネットワークに接続されており、クラウドベースのディープラーニングシステムへデータを中継するだけでなく、身体上のドラッグデリバリーデバイスの制御も可能にした。

(iv) 下肢浮腫の研究は、下肢モックアップと靴下バージョンの、ボディエリアネットワークに接続されているストレインセンサを使用して実施した。本センサは、浮腫のある高齢患者を治療している看護師からの情報をもとに設計されている。

(v) 鎌倉リビングラボにおいてウェアラブル機器を介して高齢者の生体情報（特に脈波ピークの間隔）をモニタすることにより、感情推定を行った。感情推定アルゴリズムが開発され、そして着用感、快適さ、および使いやすさに関する高齢者からのフィードバックが得られた。

7) フェーズ 1 における国際産学連携

本プロジェクトは最終的な社会実装を目指しており、産業界からの情報は、製品をイメージする上で重要な役割を果たした。AbbVie は、LiU と RISE での化学センサ開発に情報を提供し、高齢者ケアに役立つ医療センサのターゲット特定に貢献した。その後、LiU および RISE は Cuviva とコンタクトを取り、Cuviva が更なる応用拡張（浮腫など）を提案。看護師ならびに圧縮靴下および織物製造業者（Medisox、Triksåby）との接触を促進し、研究の加速に貢献した。日本側ではNECが生体センサを使った呼吸の計測、および感情の推定を実施した。また、データをスマートフォンに中継するためのデータ取得プラットフォームを試作することで、東京大学における研究の加速に貢献した。

8) フェーズ 1 を通じて学んだことと現在および今後の課題

フェーズ 1 で実施した研究を通じて、我々は、(i) 臨床現場において化学センサを実装するには多くの課題を抱えていること、および (ii) 日本およびスウェーデンの診療所での高齢者介護について生体データ取得に関するニーズが高いことについて、より理解を深めた。我々はこれらの知見をもとに、2つの応用分野（浮腫とストレス）における社会実装を最優

先とするため、物理的センサの研究開発に注力することとなった。化学センサ（炎症用の OECT）は、よりリスクの高い技術という位置付けで研究を継続し、これらの装置の開発、製造、および特性評価を行うことで、大きな知見を得ることを目指す。

9) 国際共通課題に対する新しい解決策に向けた実験的アプローチの重要性

予防医療およびヘルスケア意識は日に日に高まっており、本プロジェクトで提案しているビジョンの実現は、高齢者ヘルスケアのコスト削減だけでなく、その他の社会課題解決にも貢献することができる。脚浮腫の検知（フェーズ2の焦点）は、高齢者だけでなく、あらゆる年齢の患者に発生する可能性がある。肥満および運動不足は浮腫の危険因子のひとつであるが、一般の人々にとっても重要な問題であり、浮腫を検知する技術は重要度を増している。感情モニタリング（フェーズ2のもう1つの焦点）も、当然ながら高齢者介護施設以外の場面でも役立つ可能性がある。例えば、介護施設での高齢者の精神的健康管理、病院での患者の精神的健康管理、および会社での従業員の精神的健康管理などは、ここで提案された技術の展開で実現に近付くと考えられる。

Strategic International Collaborative Research Program (SICORP)

Japan – Sweden Joint Research Program

Executive Summary of Final Report

1) Project title: Continuous health status monitoring of elderly people using flexible skin patch sensors

2) Research period: January 2017 – March 2019

3) Main Organization

PL or Co-PL	Academia/Industry /Other sectors	Organization Division/Department
PI	Academia	U. Tokyo, Dept. Electrical and Electronic Engineering, School of Engineering
Co-PI	Industry	NEC Corporation, IoT Devices Research Laboratories
PI	Academia	Linköping U., Lab. of Organic Electronics, Dept. of Science and Technology
Co-PI	Industry	AbbVie AB (www.abbvie.se)
Co-PI	Industry	Invisense AB (www.invisense.se)
Co-PI	Other	RISE Acreo, Norrköping division (Institute); RISE SICS, New Tools for Health division (Institute)

4) Main Participants :

JAPAN	Type	Name	Title	Affiliation	Role
PI	Academia	Takao Someya	Prof	University of Tokyo	Wearable sensors
Co-PI	Industry	Shinichi Yorozu	Dr	NEC Corporation	Emotion analysis
Collaborator	Academia	Tomoyuki Yokota	Dr	University of Tokyo	Wearable sensors
Collaborator	Industry	Kentaro Nakahara	Dr	NEC Corporation	Emotion analysis
Collaborator	Industry	Hiroyuki Endoh		NEC Corporation	Emotion analysis
Collaborator	Industry	Hiroshi Kajitani		NEC Corporation	Emotion analysis
Collaborator	Industry	Kazuki Ihara	Dr	NEC Corporation	Emotion analysis
Collaborator	Industry	Fumiyuki Nihey	Dr	NEC Corporation	Emotion analysis
Total number of participants throughout the research period: 10					

SWEDEN	Type	Name	Title	Affiliation	Role
PI	Academia	Magnus Berggren	Prof	Linköping University, Lab. of Organic Electronics (LOE)	
Co-PI	Industry	Olof Schreiber	Dr	AbbVie AB	
Co-PI	Industry	Björn Garplind		Invisense AB	Innovation

					development
Co-PI	Other	Peter Kjäll		RISE Acreo	Med applications and bioelectronics
Collaborator	Academia	Daniel T. Simon	Dr	Linköping University, LOE	Bioelectronics
Collaborator	Academia	Erik Gabrielsson	Dr	Linköping University, LOE	Biotech engineer
Collaborator	Industry	Alex Baralt		AbbVie AB	Innovation, e-health
Collaborator	Industry	Tryggve Ljung	Dr	AbbVie AB	Gastroenterology, hepatology, biotherapeutics
Collaborator	Other	Göran Gustafsson	Dr	RISE Acreo	Printed electronics and value creation
Collaborator	Other	Michael Peolsson	Dr	SICS Swedish ICT, New Tools for Health division	Digital and e-health solutions, biomed engineering
Total number of participants throughout the research period: 10					

5) Research abstract and aim. We aim to develop a system to continuously monitor vital statistics of elderly people. The system should be attached to the skin, and discrete, thin, light-weight, flexible, and autonomous, so that the wearer can continue to live independently, normally, and actively. The Japanese and Swedish teams will develop sensors adopted for the elderly health situation in both countries, share these sensors and related technologies and knowledge between the countries, and integrate the sensors and accompanying technologies into wearable sensor platforms for use in, *e.g.*, clinics and nursing homes.

6) Progress of Phase 1. (i) Enzymatic OECT-based biosensors were developed, based on guidance from AbbVie. Sensing targets were primarily inflammation markers to monitor infection, for general health and for specific diseases. The sensors themselves were based on organic electrochemical transistors (OECTs), manufactured via photolithographic techniques or via screen-printing. (ii) Humidity sensing was further developed by Invisense, based on capacitive sensor labels, whereby the resonance frequency shift in a linear fashion with the relative humidity. (iii) Breath/gesture sensing (and system integration) were demonstrated via wearable strain sensors. Breath sensing could distinguish the depth of

breath. The gesture-sensing gloves were coupled to a custom wireless body-area network, enabling the control of a drug delivery device on the body as well as the relay of gesture data to a cloud-based deep learning system. (iv) Leg edema studies were initiated using leg mock-ups and a sock version of the strain-sensor gesture-glove (also connected to a body-area network). The system was designed with input from nurses currently treating elderly patients with edema. (v) Emotion estimation was undertaken on the Japanese side by NEC and U. Tokyo by monitoring vital statistics via a wearable device at the Kamakura Living Lab. The emotion estimation algorithm was developed, and feedback was obtained from the elderly participants relating to wearability, comfort, and ease of use.

7) International industry-academia team formation. The project started by discussing potential avenues for application of available/upcoming technologies. Input from industry was significant for innovation, as it outlined ideal end product(s). AbbVie identified medical sensor targets important for elderly care, informing the chemical sensor development at LiU and RISE. The Swedish side then contacted Cuviva, who identified additional applications (e.g. edema) and facilitated contact with nurses, as well as compression sock and textile producers (Medisox, Triåkby). On the Japanese side, NEC monitored human respiration using physical sensors and confirmed the estimation of mental state. NEC also built a prototype data acquisition platform to monitor vital data in one module and relay it to smartphones, contributing to the acceleration of research at U. Tokyo.

8) Lessons learned and current challenges. In addition to major advances in integration and implementation, we have developed a deeper understanding of (i) the challenges of implementing chemical sensors in clinical settings and (ii) current needs for elderly care in the clinics of Japan and Sweden. This has led us to focus on our two areas of application (edema and mental stress) and integrating physical sensors as a top priority for workable demonstrators. The chemical sensors (OECTs for inflammation) are now seen as a higher-risk tech, but work continues, and we have gained major competence in developing, fabricating, and characterizing these devices.

9) Importance of experimental approaches for a novel solution. Through preventive health care, increased patient awareness, and increased health care effectivity, the proposed vision for this project can reduce the cost for elderly health care, thus freeing up resources to address other societal issues. Manifestation of leg edema (a focus of Phase 2), or edema in general, is not only present in elderly people, but can occur in patients of all ages. As obesity and inactivity are risk factors for edema and also increasingly common problems for

the general population, technologies targeting edema are of general interest. Emotion monitoring (another focus of Phase 2) can also have impact outside the elderly care setting. For example, mental health management of the elderly in care facilities, patients' mental healthcare at hospitals, and employee mental healthcare management at companies, etc., are all candidates for the technology proposed herein.

共同研究における主要な研究成果リスト

List of Major Joint Research Outputs

1. 論文発表等 Publications

* 原著論文（相手側研究チームとの共著論文）：発表件数 total number：計 0 件

Original Publications (Articles co-authored with the Partner Research Teams)

* 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 total number：計 0 件

Original Publications (Articles by the Japanese Research Teams only, excluding the Partner Research Teams)

* 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 total number：計 0 件

Other Media, e.g. reviews, books (Co-authored with the Partner Research Teams)

* 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 total number：計 0 件

Other Media, e.g. reviews, books (by the Japanese Research Teams only, excluding the Partner Research Teams)

2. 学会発表 Presentations at conferences

* 口頭発表（相手側研究チームとの連名発表） Oral Presentation (Joint Presentations with Partner Research Teams)

発表件数 total number：計 0 件（うち招待講演 Guest/Invited Speaker：計 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） Oral Presentation (by the Japanese Research Teams only, excluding the Partner Research Teams)

発表件数 total number：計 0 件（うち招待講演 Guest/Invited Speaker：計 0 件）

* ポスター発表（相手側研究チームとの連名発表） Poster Session (Joint Presentations with

Partner Research Teams)

発表件数 total number : 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） Poster Session
(by the Japanese Research Teams only, excluding the Partner Research Teams)

発表件数 total number : 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 Organization of workshops, seminars, symposia, etc.

- ・日瑞 150 周年の記念行事の一環として 4 プロジェクト合同のワークショップ、主催者：染谷隆夫（東大・教授）、後援：スウェーデン大使館、東京大学、東京、日本、2018 年 6 月 13 日、参加人数 39 名
- ・ミニワークショップ “Organic Electronics for Wearable Sensors”、主催者：染谷隆夫（東大・教授）、東京大学、東京、日本、2018 年 5 月 17 日

4. 研究交流の実績 International exchange activities

【合同ミーティング】

- ・2018 年 5 月：相手国の研究者が来日し、ミーティングを開催した。
- ・2017 年 12 月～2019 年 3 月：日本から研究者が 3 回相手研究機関を訪問しミーティングを行った。

【学生の派遣、受入】

- ・2017 年 12 月：日本から学生（博士課程）が 1 名、2 週間相手研究機関で実験・意見交換を行った。
- ・2018 年 5 月：相手国側学生（博士課程）が 1 名、2 週間日本の大学で実験・意見交換を行った。
- ・2018 年 5 月：相手国側学生（博士課程）1 名と日本側学生（博士課程）1 名が、日本側研究機関を訪問し、見学・意見交換を行った。

5. 特許出願 Number of patent applications

研究期間累積出願件数 the number of applications : 0 件

6. 受賞・新聞報道等 Awards, press reporting etc

7. その他 Others