

## SICORP 日本-スウェーデン

### 「高齢者のための地域共同体の設計やサービスに関する革新的な対応策」領域 事後評価報告書

#### 1 共同研究課題名

「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 日本ー相手国研究代表者名（研究機関名・職名は研究期間終了時点）：

日本側研究代表者

染谷 隆夫(東京大学大学院工学系研究科・教授)

スウェーデン側研究代表者

マグナス・バーグレン(リンショーピン大学理工学部・教授)

#### 3 研究概要及び達成目標

日本側研究代表者が世界に先駆けて開発したウェアラブルセンサを、高齢者の健康状態の連続モニタに活用する際に、実環境で動作することを実証するとともに、高齢者の健康情報を利活用する革新的手法を示すことを目的とした。

対象として高齢者の「体」と「心」に注目した。「体」は運動データと生体データ、「心」は脈波の測定を通じて感情指標を可視化する。フェーズ1で歪センサ等の高齢者向けセンサが実証試験に移せる水準に達した一方、高齢者の実生活でセンサを装着して連続モニタすることや、それをを用いて自立した生活を支えるシステムとしては課題を残した。よって本フェーズ2では、日瑞の実環境で評価試験を行うこととした。特に浮腫み、体動、体温等を計測する物理センサと湿度等の環境情報や発汗を計測する化学センサを用いることとした。これらを統合して高齢者の健康状態を連続モニタし、その有効性と適用性を実証することとした。

高齢者の生活には、暮らしてきた地域や文化が影響する。両国が共同することで、互いの技術の長所を活用するとともに、両国の環境の差異から生じる要請の相違を比べることで、自らがめざすべき仕様によりの確に収斂させることが期待された。健康情報を利活用する手法を通じて、高齢者の生活の質(QOL)を向上させることを目的とした。

#### 4 事後評価結果

##### 4.1 研究成果の評価について

研究成果と達成状況

##### (1)総論

先進的な音響センサ（ポーラス構造をもつナノメッシュ音響センサ）を開発した。スマートアパレル（センサ付き衣服）を両国共同で開発し、無線システムを併用することで、浮腫などの生体情報の連続モニタの実現可能性を示した。これらを通じ、日常生活に支障なく連続計測が可能である

ことを示した。

高齢者の「心」と「体」の情報をクラウド上に蓄積・分析するデータプラットフォームを開発し、孤独を抱える高齢者の「心」の状態を負荷なくモニタするシステムの実現可能性を示した。これらを通じ、高齢者が簡便かつ日常生活に支障なく、健康状態を連続モニタできるシステムの実用可能性を示した。

日本側研究代表者の独自技術をもとに、従来は不可能であったデータの取得が可能となり、その情報の広い活用の可能性が示唆された。両国の産学間で密接な共同研究を行うことで結果に寄与した。全体として高く評価できる。

### (2)各論(その1:生体情報の基盤的技術開発)

実装にはシステム全体の仕様が重要となるため、全体の中核となるセンサの高度化を行った。

開発したセンサは従前技術に比べ、低周波数域で非常に高い感度を得た。通気性が高いことで皮膚に長期貼りつけても蒸れや炎症を起こさないことを確認し、10時間に渡り40.9 dB以上の高水準で心音を計測した。

音響センサによる浮腫の計測は、リンショーピング大学と朝、昼、夜に測定したが、結果は個人差の影響が大きかった。皮膚の硬さの計測では、開発したセンサは、測定対象の物性や測定系との関係で問題ないと確認した。肺活量の計測は、テキスタイル中に歪センサを実装して長期的な呼吸数をモニタした。安静時では90%以上の精度を得た。無線を用いた遠隔でも同等の精度を得た。

日本側は、物質やその構造の組合せを通じて通気性のある様々な皮膚貼り付け型センサの開発を行い、上記の性能の実現を担った。

日本側研究チームが国際的に主導するセンサ技術をさらに高度化させることで、データの医学的な価値の向上、実装をめぐる制約の除去をめざした。技術と仕様の向上には継続的な取組みを要するものの、この範疇のセンサでできる領域を開拓するとともに、今後の拡張の可能性を示したことは高く評価できる。

### (3)各論(その2:高齢者の「体」の計測システムの構築)

高齢者の循環器系や腎臓系の疾患に関わるとされつつ見過ごされがち、かつ、正確な計測が困難な浮腫につき、連続で測定してデータを無線送信することで常時モニタできるシステムを開発した。具体的には、下肢の浮腫を対象にスマートソックスに、最先端の静電容量式の伸縮性ひずみセンサを設置した。その際、身体や浮腫に沿うよう装着することで変形することと、測定精度を損なわないという背反する要求に応える条件を見つけた。結果的に、下肢浮腫の経時的な増大を観察する等臨床的な活用に一定の有効性があることを確認した。この成果は、従来デジタル計測や連続計測が困難であった浮腫の連続モニタの可能性を示唆し、循環器系疾患等のリスクが高い高齢者の健康管理や予防のための早期介入に貢献ができる可能性を示した。

日本側は、上記のうちのセンサ等の開発を担うとともに、日本側の一員として参加したスタートアップの世界で先進的な技術により、下半身モーションキャプチャーシステ

ムを用いた在宅トレーニングを遠隔支援するリアルタイム・フィードバックシステムを開発した。それにより、膝の関節可動域の増加等を確認した。

終了時点において、制度が本来的に求めた成果を直ちに実装、という段階には達していないものの、先進的なデバイス技術の活用というシーズが起点であったことと、今後の波及を考えると、優れた取組みであったと評価できる。加齢とともに比較的頻繁に生じがちな諸疾患について、その診断と介入の入口になりうる症状であり、そのモニタと評価を医療行為を要さずに行えるものとして浮腫に注目した。日本側が保有する世界を主導する技術を活用して従来にないモニタ手法を開発した。技術と発想の革新性が高く評価できる。

#### (4)各論(その3:高齢者の「心」の計測システムの構築)

脈波強度の二次元マップを得られるウェアラブル型センサを活用し、高齢者の「心」「体」情報をクラウド上に蓄積・分析できるデータプラットフォームを開発した。同マップを活用して脈波信号強度の強い個所を選択的に測ることで、体動ノイズが激しい場合でも安定して計測し、「心」の状態(=Russell 感情指標)が可視化した。多様なデータを一括で収集、管理、可視化できるユーザーインターフェースを備えるアプリも開発した。実地計測の結果、ストレス(=Angry 感情の比率)と歩幅の間に関連があるという初期的結果を得た。この結果を元に高齢者の歩幅からストレスを推定するAIモデルが構築できれば、孤独を抱える高齢者の「心」の状態を負荷なくモニタできるツールが実現できる可能性がある。当研究は主に日本側で行った。

課題自体が深い構造を持ち、かつ、相当な実験と試行錯誤を要した。現実には、部分的な測定であるにも関わらず「心」と表記したことで、より包括的な研究内容と誤解させる問題もあった。広汎な研究対象に対して、限られた期間・資源での取組みであったことに加えて、新型コロナの影響もあり、実証例は必ずしも多いといえない状況で終了した。今後の社会的要請を考えると対応が必須の領域であり、挑戦的な取組みをしたことと、部分的ながら今後の活用の可能性を示す結果を得たことは評価できる。

##### 4.1.1 国際共同研究による相乗効果

異なる文化や思考を持つ研究グループが共同することで、新しい応用研究分野を開拓した。①技術は、日本側がデバイスの開発や先進的なテキストイル、瑞側がシステムや通信技術を分担し、②利用と評価は、日本側が在宅トレーニング、瑞側が医療応用と圧力ソックスを分担することで、両国の得意分野を活用して進めた。

情報の交流と共有を積極的に行った。月1回のWeb会議で開発の進捗をモニタして互いの問題を共有・議論して課題を解決した。各研究グループから博士課程の学生や若手の研究者を短期や長期に相手先の研究室に滞在させることで、研究開発を加速させた。研究者が相互に滞在するという深いコミットを行ったことは、実のある国際共同研究の推進に大きく寄与したと評価できる。

#### 4.1.2 研究成果が与える社会へのインパクト、我が国の科学技術協力強化への貢献

生体情報センサや衣服型センサ（モーションキャプチャパンツや浮腫計測用スマートソックス）という、高齢者の日常生活に親和的かつ持続的なモニタを両立させるデバイスを開発した。このうち音響センサはスタートアップ企業と協力しての製品化を予定している。衣服型モーションキャプチャーパンツを用いたリハビリ支援・定量化システムはリハビリ施設や医療機関への提供の可能性があり、事業モデルの最適化を続ける。基礎的な段階とはいえ、高齢者の心理的な状態を持続的・定量的かつ遠隔で評価する方法について、その端緒を築くことができ、今後の社会的な活用が期待できる。

学術的な成果としては、2019年5月に両国の研究者が参加して、瑞でワークショップを開く等の交流を行い、成果は共同論文として国際学術誌に掲載された。今後も共同で投稿が予定されている。本共同研究を通じて、博士課程を卒業した学生がMITやEPFLといった世界を主導する大学の研究員に就いた。参加した1名は東京大学の准教授に就いた。

2020年11月には、在日瑞大（瑞側の一部はオンライン）において、駐日瑞大使等、文部科学省審議官等の参加のもとで、他の1件の共同開発事業とともにシンポジウムを行う等社会的な発信に努めた。

研究開発の直接の成果とともに、研究の方法論としても、今日的に重要性を増している社会的課題の直接的な解決に際して新しい分野を拓いたと評価できる。社会的課題への対応には、自然科学に一般的な分析的手法と反対の応用・統合を要するものが多いにも関わらず、それに適合する定型的な手法は確立していない。本研究は、先進的なシーズ技術を追求することと、社会課題の解決という、背反しがちな要請を同時に達成することをめざす取組みであった。研究開発が、社会的課題の解決に直接的に寄与する先例となることが期待される。今後を担う研究・教育者の育成にも寄与した。これらの点は学術的成果として高く評価できる。

#### 4.2 相手国研究機関との協力状況について

制度が求めた各国で産学1機関以上という要求を超えて、日本側はスタートアップを含む2社、瑞側は4社という多くの機関による体制をとった。機関の数が多いことによって生じる調整コストは、定期的・高頻度で行ったWEB会議と、互いの研究者を駐在させるという密接な連携で補った。

こうした取組みを行った背景には、技術が高度・専門的であること、両国の文化や生活習慣の違いを対照することによって、仕様の設定を実践的に行うなどの目的があった。

SICORP事業の終了後においても各種の協力を続ける予定であることは、両チームの意欲の高さを示すものと考えられる。意欲の高さの背景には、従来からの両チームの主導者が関係を築いていて意思疎通を円滑に行いやすかったこと、日本側が有するデバイス技術に象徴されるとおり、国際的に最先進の技術を活用したこと、課題自体に明確な社会的要請があったことなどが

考えられる。こうした点も含めて、両研究チームは優れた共同研究の運営を行ったと評価できる。

#### 4.3 その他

デバイスについては、日本側研究代表者が世界で最先進の研究者であることから、ともすれば技術シーズ指向にとどまりがちなところ、利用現場との十分な連携を取りつつ、将来的な実用につながる研究が行われたと評価できる。

その背景として、①研究代表者本人が技術を実装することによって社会的な活用をめざす意識が高かったこと、②こうした意識のもとで研究課題を設定したこと、③それらを可能とするよう瑞側との協力体制を組んだこと、④意思疎通を工夫することで、両国の知見を的確に活用できたこと、⑤JST 側として募集時から出口の要件を示すとともに、途中の運用に際して円滑な方向の共有を行ったこと等が考えられる。

ただ、元々は先進的な技術の活用法を起点に取り組んだ研究であり、実用化に向けては、解決すべき課題も多い。こうした課題の解決のためには、今回取り組んだ両国の機関を中心に開発を深めるとともに、医療・福祉サービスの現場において標準的な手法として位置づけられること、それに向けた条件を揃えることが課題と考えられる。

以上