



2025 年度の活動報告 (2025 年 4 月 1 日～2026 年 3 月 31 日)

1 活動の成果

2025 年度の事業計画に従い、本法人定款に示した活動を進めてきた。また、本法人の活動内容を周知するためにホームページの更新作業も行った。主な活動はこれまでと同様に、医療・福祉・健康の維持・管理を図る研究開発、これらの活動に携わる病院施設・企業への技術相談・コンサルティング、更に在宅療養者や高齢者のための人間支援システム開発、これまでの技術開発を活用した生活に溶け込むウェルネス・スマートホームに関する調査研究、血圧・動脈硬化度計測システムの改良開発と応用研究、深部体温計測技術の研究開発、専門学術誌への研究成果の公表などを行った。

なお、ベッドモニターシステムについては、社会実装可能な基盤技術はほぼ完了したため、最近の関連研究開発の動向調査を行なった。一方において、ウェアラブル生体計測技術は世界的にも益々需要が見込まれ、特にカフを用いない血圧計測、すなわちカフレス血圧計測技術の開発は喫緊の社会的課題であり、その実用開発に向けて活動を推進してきた。

更に、動脈硬化症の早期発見・予防のための中小動脈硬化度スクリーニング装置(アーテリオ・チェッカー)を用いた研究成果を国際学術誌に公表してきたが、現在、血圧調節と深く関係する中小動脈よりさらに細い細動脈血管(内径 100 mm 以下)に注目し、その力学的弾性特性計測技術の簡便化に関する研究を進めてきた。細動脈血管系は自律神経による血管平滑筋の収縮・拡張運動により血圧調節や臓器血流調整などの重要な循環生理学的役割を担い、ウイルス性血管炎等の原因で細動脈硬化が発症すれば、これらの調節機能は破綻し、全身性の重篤な疾患に陥るため、血管運動機能の計測は極めて重要である。以下、各活動事項と実施内容の概要について記す。

2 活動の実施に関する事項

(1) 特定非営利活動に係る活動

活動名	活動内容の概要
(1)在宅療養者・身障者・高齢者(以下、居住者と略す)の健康情報計測技術に関する研究開発	・ 家庭用調度(ベッド, 風呂, トイレなど)を利用し, 測定のための操作もなく, 気付かないうちに“さりげなく”生体情報を全自動で取得し, 健康維持・管理を行うヘルスケア計測技術(calm healthcare monitoring technologyと命名: <i>BIO INDUSTRY</i> , 40(9), 11-25, 2023)の基盤はこれまでの研究を通してほぼ確立され, 今後は社会実装に向けた

	<p>取り組みが重要である。この計測概念は、時代を問わず人間の普遍的な課題を解決し続ける、持続可能な技術である。その応用として：</p> <ul style="list-style-type: none"> 心不全、糖尿病などに罹患した在宅療養者、身障者、高齢者(居住者)の安心生活・健康支援システム； 加齢に伴う運動器の機能不全(運動器症候群；所謂、ロコモ)対象者の生活支援； 終末期医療(ターミナルケア)に対応した在宅支援システム(本調査研究の範囲では、類似システムは国内外ともに皆無であった)； COVID-19 のように、いつ起こるか判らないパンデミックな状況下において、活動(4)のウェアラブル・デバイスと本システムを統合し、家族や医療機関と連携した常時見守りシステム； <p>など応用範囲は幅広いポテンシャルを有している。このような視点から、世界趨勢を見ながら前年度に引き続き調査研究を進めている。</p> <ul style="list-style-type: none"> なお、前述したように、家庭用調度を利用して「生活に溶け込み」、「知らず知らずに」、「さりげなく」測って早期に異常を「気付かせる」生体計測技術と IoT (Internet of Things) を融合させた高利便性の先進的健康支援技術(advanced calm health technology)の調査・開発研究も継続して進めている。 関連分野の研究情勢の調査で、トイレ便座やベッドを利用したバイタルセンサシステムが最近の国際会議や専門誌に公表されていた(Silva A. et al: Towards non-intrusive blood pressure estimation using thigh ECG and PPG signals acquired from a smart toilet seat. <i>8th IEEE Portuguese Meeting on Bioengineering</i>. Sept., 2025: Lin G., et al: Measurement of body weight, heart rate, and respiration rate using micro bend fiber sensor integrated air-mattress system. <i>IEEE Sensors Journal</i>, 28(18): 34583-34595, 2025)が、当法人の技術開発が国際的にもかなり先行していることが伺えた。
<p>(2) 居住者見守り支援器の研究開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> 本事業の技術的基盤となるベッドモニターシステムの改良開発・操作性・利便性などの評価・検討はほぼ完了し、今後は社会実装に向けた検討を進めていく予定である。 一方、現行の心拍・呼吸・体動情報検出のためのシートセンサに加え、熱抵抗が非常に小さく、かつ抵抗値が異なる 2 つの熱流束センサを利用した体温、及び衣服(パジャマ)を解した香典容積検出技術による動脈血酸素飽和度を計測する方法について特許の出願(特願 2023-096563, 2023 年 7 月 7 日)、更に国際学術専門誌「<i>Medical & Biological Engineering & Computing</i>, 62(7), 1229-1246, 2024: https://doi.org/10.1007/s11517-023-02991-z」などを通して検討を進めてき

	<p>た。特に、深部体温計測については技術的困難さも明らかになり、今後は方法論の再検討を含めて遂行していく予定である。</p>
<p>(3) 居住者見守り支援ネットワーク技術の開発研究</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 本事業は、前記活動事業(1)と(2)のデータ通信用のネットワーク環境構築に関する技術開発である。各センサ要素のデータ通信に関しては、現状の技術応用で十分に対応可能であり、新たなセンサ要素技術が発生した場合に対応できる体制を整えた。 ・ 特に、前記(1)項で述べたように、ヘルスケア事業活動の基本となる生体モニタリングの要素技術を包括したカーム・ヘルスケア・テクノロジーは、(i) 普段の生活の邪魔にならず、(ii) 気付かないうちに“さりげなく”自動的にバイタル情報を測り、(iii) 体調変化の兆候をいち早く察知して本人に気付かせ・知らせる、と言うコンセプトであり(<i>BIO INDUSTRY, 40(9), 11-25, 2023</i>)、この技術を基盤とした家づくりは理想的なヘルスケア・スマートホームとして期待できる。本年度も調査研究を継続して進めているところである。 ・ これらの生活に溶け込むカーム・モニタリングを各家庭で構築して、介護・医療施設ともネットワーク化し、老若男女が集い、健康で安心した生活を送れる高福祉・予防型のコミュニティづくりは喫緊の社会的課題であると位置付けている(<i>BIO INDUSTRY, 40(9), 11-25, 2023</i>)。そして、本法人定款第5条(8)項に掲げているように、街全体が健康・安心生活をサポートするカーム・ウェルネス・IoT スマートタウン構想の実現に向けて調査研究を進めている。
<p>(4) スマートフォンを利用した居住者生活支援の調査研究、及び健康情報計測技術の開</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ ウェアラブルデバイスの超小型化・高性能化を背景に、mHealth(mobile health)が急速に普及している。世界的な研究趨勢は、次の解説論文に詳しく紹介されている(Obianyo C. et al: The future of wearable health technology: From monitoring to preventive healthcare. <i>World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences. 20(1): 036-055, 2024</i>) ・ このような研究と社会背景を踏まえ、健康支援に重要な生体情報(血圧・心拍出量・呼吸などを含む各種生理情報)計測のツールとしてスマホの有効利活用について、引き続き調査研究を進めている。 ・ 「健康のバロメータ」である血圧は継続的なモニタリングが日常健康管理に不可欠である。現行の汎用上腕カフ血圧計はカフ装脱着や操作等が煩雑で、継続計測の大きな障壁となっている。その解決策としてカフを用いない(カフレス)血圧推定技術の開発が世界各国で進められている(例えば、Mukkamala R. et al: Cuffless blood pressure measurement. <i>Annual Review of Biomedical Engineering, 24: 203-230, 2022</i>)。多くは光電容積(PPG)信号を用いて脈波伝播速度(PWV)や伝播時間(PTT)、

或いは PPG 波形解析から推定を行っている。最近では、大規模血圧データをを用いて機械学習や AI から校正モデルを構築して推定する手法が主流となっている。しかし、カフ血圧による頻回な校正，原理的妥当性の欠如，それに起因した精度などの問題も残されている。

- ・このような複雑でブラックボックス的手法に対して，循環基礎式(血圧 $(BP) = \text{心拍出量}(CO) \times \text{末梢循環抵抗}(TPR) = (\text{一回拍出量}(SV) \times \text{脈拍数}(PR) \times TPR)$ に基づくスマホ方式のカフレス血圧推定法の開発を進めている。
- ・血圧は安静状態で測るのが一般的で，安静時の SV はほぼ安定しており，従って BP は PR と TPR で推定できる。これまでの研究で緑色 PPG (gPPG) 信号から得られる規準化光電脈波容積 ($mNPV$) は細動脈血管交感活動を反映し，末梢血管抵抗と強く相関することを実証してきた。すなわち， BP は 2 つの循環生理指標 PR (自律神経活動指標) と $mNPV$ (血管交感神経活動指標) で推定できる。
- ・この指標を利用し，2 つのカフレス血圧推定法を提案した。一つは循環基礎式を利用した RRP 法 (rate-resistance product method: *PeerJ.* **9**, e11479, 2021: DOI 10.7717/peerj.11479; 特許第 7075600 号 2022 年 5 月 18 日登録)，他の一つは PR と $mNPV$ を説明変数，目的変数を BP として重回帰校正モデルにより推定する方法 (MRM 法: multiple regression model method) である。これらの 2 法について前年度に引き続き実験的検討を行い，国際専門誌への投稿準備を進めている。
- ・前者の RRP 法は，市販血圧計で決定された血圧を基準値として初期校正を行う必要があるが，MRM 法は予め多人数での血圧校正モデルを構築して，その校正モデル式が決まれば初期校正が不要な簡便法である。図 1 は，約 1 ヶ月 (2-3 回/日，合計 $n=69$ 回の測定) に渡り，カフ血圧 (BP_c) と RRP 法による推定血圧 (BP_{e_RRP}) との対比計測トレンド結果の一部を示した。平均絶対誤差 $MAE (=1/n|\sum_{i=1}^n (BP_c - BP_{e_RRP})|)$ は最高血圧 (SBP) で $0.6 \pm 1.50(SD)$ mmHg，平均血圧 (MBP) で 0.1 ± 2.01 ，最低血圧 (DBP) で 0.1 ± 2.87 であった。同様に図 2 は MRM 推定法による血圧値 (BP_{e_MRM}) とカフ血圧値 (BP_c) との対比結果 ($n=82$) である。本法での MAE はそれぞれ， 0.2 ± 1.99 mmHg， 0.9 ± 2.25 ， 1.3 ± 3.06 であった。これらの結果は欧州高血圧学会 (ESH) や米国 IEEE 1708-2025 などの国際基準ガイドラインをクリアしている。現在，さらに両法のハイブリッド化によるロバスト性の向上など，実用開発に向けた検討を進めているところである。これらの方法は，前述した世界的潮流である機械学習や AI による複雑で「ブラックボックス」型の手法に依存しない

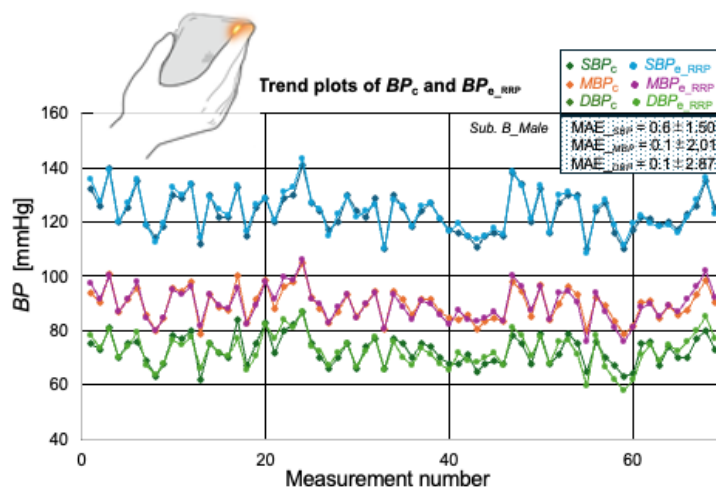


図 1: 約 1 ヶ月の 69 回に渡るカフ血圧(BP)と RRP 法による推定血圧(BP_{e_RRP})との対比計測トレンド結果例 (未公表)

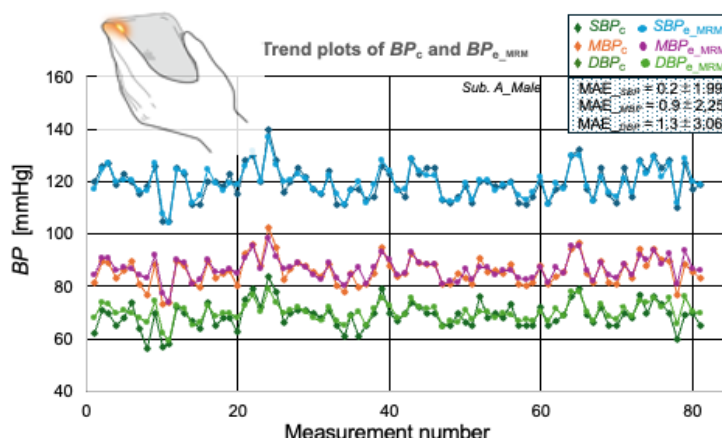


図 2: 約 1 ヶ月の 82 回に渡るカフ血圧(BP)と MRM 法による推定血圧(BP_{e_MRM})との対比計測トレンド結果例 (未公表)

循環生理学に基づいた方法であり、カフレス血圧推定技術のブレークスルーになり得ると考えている。

- 上記技術は、計測手段として(1)のトイレやベッドなどの家庭用調度にも組み込むことも可能であり、ウェアラブル方式 (*BIO INDUSTRY*, 40(9), 11-25, 2023) やイヤホン (earable) 型にも利用できる。なお、図 3 はリング方式の応用例で、MRM 法を利用した血圧推定結果を示したものである。リングで検出した PPG 信号をスマホ等のデバイスに伝送し、デバイス内で信号処理・解析して結果を表示している。本例では、約 10 秒周期の交感神経活動を捉えた例を示したが、睡眠中等への利用もでき、カフ血圧計法では計測不可能な応用研究が期待できる。

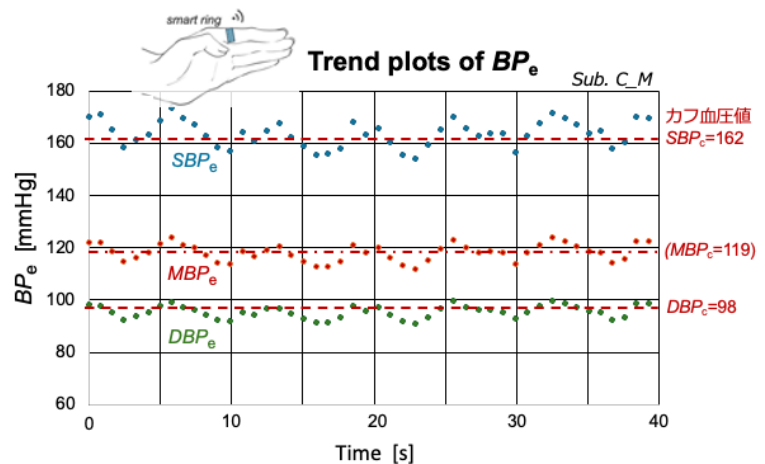


図 3 : MRM 法を用いたリング方式による心拍毎の血圧推定結果例. リングで検出した PPG 信号をスマホ等に伝送し結果を表示. 約 10 秒周期の交感神経活動を観測 (未公表)

(5) 健康・安心生活を支援するヘルスケア・スマートタウンづくりに向けた調査研究

- 前記(1)項で述べたように、ヘルスケア活動の基本となる生体モニタリングの要素技術を包括したカーム・ヘルスケア・テクノロジーは、(i) 普段の生活の邪魔にならず、(ii) 気付かないうちに“さりげなく”自動的にバイタル情報を測り、(iii) 体調変化の兆候をいち早く察知して本人に気付かせ・知らせる、と言うコンセプトである (*BIO INDUSTRY*, 40(9), 11-25, 2023)。この技術基盤による家づくりは次世代型のヘルスケア・スマートホームとして期待でき、本年度も継続して調査研究を行ってきた。
- また、これらの生活に溶け込むカーム・モニタリングを各家庭で構築して、介護・医療施設ともネットワーク化し、老若男女が集い、健康で安心した生活を送れる高福祉・予防型の小規模なコミュニティづくりは喫緊の社会的課題であると考えている (*BIO INDUSTRY*, 40(9), 11-25, 2023)。そして、本法人定款第5条(8)項に掲げているように、街全体が健康・安心生活を支援するカーム・ウェルネス・IoT スマートタウン構想の実現に向けた調査研究を進めている。

(6) 目的を達成するために必要な研究活動(中小動脈硬化度計測スクリーニング装置の開発研究)

- これまで、手指部(固有掌側指動脈)、及び手首部(橈骨動脈)を対象とした血管硬化度スクリーニング装置(手指/手首アーテリオチェッカー: finger/radial ArterioChecker (fATC/rATC)を開発し (*Medical & Biological Engineering & Computing*, 59: 1585-1596, 2021: DOI:10.1007/s11517-021-02391-1)の開発、これを用いて動脈硬化症の主要因である血管内皮機能を測る簡便法を提案し、その有効性を実証してきた (*Scientific Reports*, No. 19479, 2022(11), <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22050-1>)。今年度も更に応用研究を進めてきた。

- その一つとして、中小動脈より細い細動脈に注目し、その力学的弾性特性計測の開発を進めている。血管平滑筋が主構成要素である細動脈血管系は、自律神経活動により平滑筋の収縮・拡張運動で血圧調節や臓器への血流調整などの重要な生理学的役割を担っている。その機能破綻は全身性の重篤な疾患を誘起するため、細動脈血管機能の計測は循環器系疾患の早期発見・予防の為の本質的な重要課題であり、研究活動を継続して行った。
- 一般に、緑色(波長:490~550 nm)の低波長光を生体組織に照射した場合、光は深部まで到達せず、反射光は皮膚表層に存在する細動脈血管系の容積情報を反映することが知られている。この所見を利用し、 $fATC$ を改変し、緑色 LED を光源として、細動脈血管系が豊富に存在する指尖部を計測対象とした試作装置 (m_fATC) を用い、細動脈血管弾性特性とその血管内圧の同時計測を可能とした研究成果を専門誌 *Cardiovascular Engineering and Technology* (Published online, 17 January, 2025: <https://doi.org/10.1007/s13239-025-00772-3>) に報告した。本年度は更に改良を進め、指尖部を加減圧制御できる装着可能なユニットをスマホに取り付けた細動脈血管機能の評価システム(図 4(a))

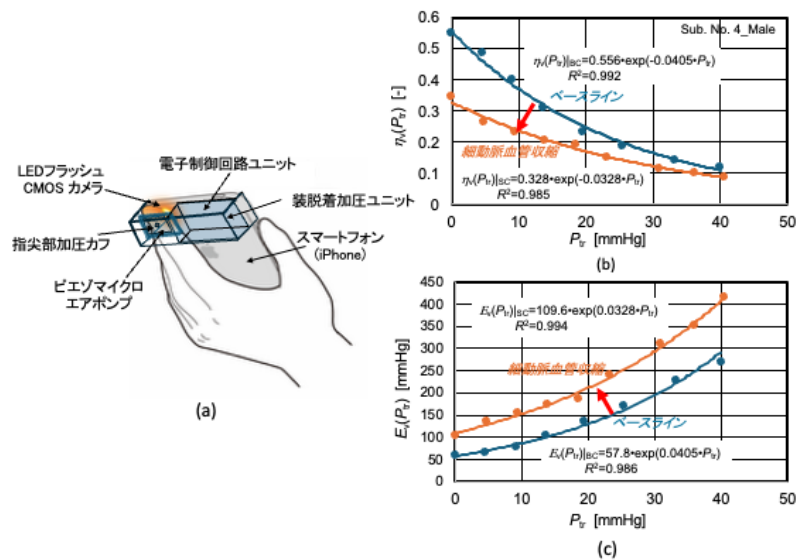


図 4 : スマホに装着可能な指尖部加圧ユニット (a), 及び寒冷昇圧試験を行った時の血管内外圧差 (P_{tr}) に対する細動脈血管床容積比 $\eta_v(P_{tr})$ (b) と容積弾性率 $E_v(P_{tr})$ (c) の関係. 寒冷刺激前(ベースライン)に比べて刺激中は血管が収縮し、硬さが増大していることが判る. 論文 *Ann. Biomed. Eng.* の Fig. 2 と Fig. 3 を改変.

	<p>を開発し、その成果を専門誌 <i>Annals of Biomedical Engineering</i> (Published online, 14 January, 2026; https://doi.org/10.1007/s10439-025-03953-2)誌に報告した。図 4(b)と(c)は、それぞれ血管内外圧差 (P_{tr}) に対する細動脈血管床容積比 $\eta_v(P_{tr})$ と容積弾性率 $E_v(P_{tr})$ の関係を示している。いずれの P_{tr} に対しても寒冷刺激前(ベースライン)に比べて刺激中は血管が収縮(容積減少)し、硬さが増大していることが判る。特に、無負荷時容積比 $\eta_v(0)$ の減少率は顕著である。</p>
<p>(7) 医療・福祉分野の研究開発に関する技術相談・コンサルティング業務</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 前年度に引き続き医療・福祉・健康分野における技術相談等の業務を行った。2026年3月末日までに、企業・大学・病院施設を含めて4機関の担当者より連絡を受け、主に以下のようなテーマ(各機関での機密事項もあるために詳細は省略する)に関して技術相談サービスを行った。 <ul style="list-style-type: none"> (i) 近赤外光を用いた非侵襲血糖計測法の技術開発 (ii) 非侵襲生体情報(特に、血圧、血糖、血中アルコール)センシング技術の開発 (iii) カフレス血圧計測技術 (iv) 中小動脈硬化度計測技術の臨床応用について ・ なお、これまでも同様な問い合わせが多数あったが、企業が医療・福祉・健康分野に参入して製品化を行う場合、薬機法(旧・薬事法)のハードルが非常に高く、研究開発・実用化を断念する、という話をよく聞き、他国に比べ日本の当該分野の進展が遅れている一因と思われた。

(2) その他の事業

実施しておりません。

以上