



特定非営利活動法人
ライフベネフィット総合研究所

2023 年度の活動報告 (2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 31 日)

1 活動内容の要約

2023 年度の事業計画に従い、技術相談サービスを含めて、下記に示す 6 つの活動を進めてきた。また、本法人の活動内容を更に広く知ってもらえるよう、ホームページを全面的に改新する作業も進めている。主な活動はこれまでと同様に、医療・福祉・健康の増進を図る研究開発、これらの事業に携わる企業への技術相談・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や血圧・動脈硬化度計測システムの改良開発と応用研究、新たな深部体温計測技術の開発、専門学術誌への研究成果の公表などを行った。

なお、これまで開発してきたベッドモニターシステムについては、新型コロナウイルス感染症が 5 類に移行したとは言え、新たな変異株も世界的に広がっており、現場での試用は控え、前年度に引き続き、主にシステムの実用的簡便性向上と閲覧表示法の検討を進めてきた。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)を開発し、その研究成果をインパクトの高い学術誌にも公表してきたが、現在、さらに応用研究として、中小動脈よりさらに細い細動脈血管に注目し、その力学的弾性特性計測技術の開発を進めている。細動脈血管系は血圧調節や臓器への血流調整などの重要な循環生理学的役割を担い、何らか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、細動脈血管機能の計測は極めて重要である。また、一昨年度から進めてきた深部体温計測に関する新技術開発の研究も順調に進み、国際学術誌に受理され、2024 年 1 月 2 日に Online First として Web 公開された。

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	・ 本研究で進めているベッド、風呂、トイレなどの家庭用調度を利用した全自動ヘルスケア計測技術(カーム・ヘルスケア・テクノロジー(calm healthcare technology)と命名: <i>BIO INDUSTRY</i> , 40(9), 11-25, 2023)は、在宅療養者・身障者・高齢者(居住者)をはじめ、加齢に伴う運動器の機能不全、いわゆるロコモティブシンドローム(運動器症候群:以下、ロコモと略)対象者に対しても有効な手段である。さらに、ベッドでの生体モニタリングは終末期を迎えた看取り支援にも有用であるが、特に在宅



	<p>での 24 時間体制の看取りは家族に大きな負担であり、また当該人の体調が気になり、その都度病院に連絡するのは、家族／医療従事者にとっても負担で、現状はターミナルケアに対応した在宅医療支援システムは、本調査研究の範囲では国内外ともに皆無であった。この領域でもベッドモニターシステムの有効性が見出され、前年度に引き続き国内外の学会や専門情報誌などを通して継続調査を行なってきた。</p> <ul style="list-style-type: none">・ 下記事業(6)と関連するが、いつ起こるか判らないパンデミックな状況、また心不全、糖尿病などを罹患した在宅療養者の安心生活・健康支援を目的に、簡便なウェアラブル生体情報計測デバイス(主にリストバンド方式)を利用し、家族や医療機関と連携できる常時見守りシステムの技術開発研究を推進している。・ 前述したように、家庭用調度を利用して「知らず知らずに」、「さりげなく」全自動で生体情報を測って、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 healthcare technology)の開発研究を前年度に引き続き継続的に進めた。
(2)居住者見守り支援機器の研究開発	<ul style="list-style-type: none">・ 試作開発した簡易型ベッドモニターシステムを法人内モデルルームに設置して試用を進め、支援機器としての易操作性や簡便性に関する評価・検討を進めている。・ 国立研究開発法人 日本医療研究開発機構(AMED)『臨床研究等 ICT 基盤構築研究事業』(2016～2018 年度)で構築したベッドモニタークラウドシステムの実用化の検討、介護施設向けへの導入、一般向けヘルスケアとしての導入を視野に、ビジネス化やクラウドによるサブスクリプションサービスなどについて継続して検討を行った。・ 一方において、現在ベッドモニター用として使用している心拍・呼吸・体動情報検出のためのシートセンサに加え、体温と動脈血酸素飽和度を検出する方法について実験的検討を進めている。・ 更に、一昨年度から検討を進めている熱抵抗が非常に小さく、異なる熱抵抗を有する 2 つの熱流束センサを利用した新たな深部体温推定法の妥当性について、ファントムモデルとヒトを対象とした実験的検証を行い、その有効性を実証した。当該所見に基づき、特許を出願した(特願 2023-096563, 2023 年 7 月 7 日)。さらに、これらの研究成果を国際学術専門誌「<i>Medical & Biological Engineering & Computing</i>」に投稿し、審査の結果受理され、2024 年 1 月 2 日に Online First として Web 公開さ

れた。(https://doi.org/10.1007/s11517-02302991-z: 図 1 参照) 本法は深部体温と同時に、これまで *in vivo* 計測が極めて困難であった皮膚組織熱抵抗も非侵襲的に推測できる新技術であり、関連専門領域から高く評価され、今後の発展が期待されている。

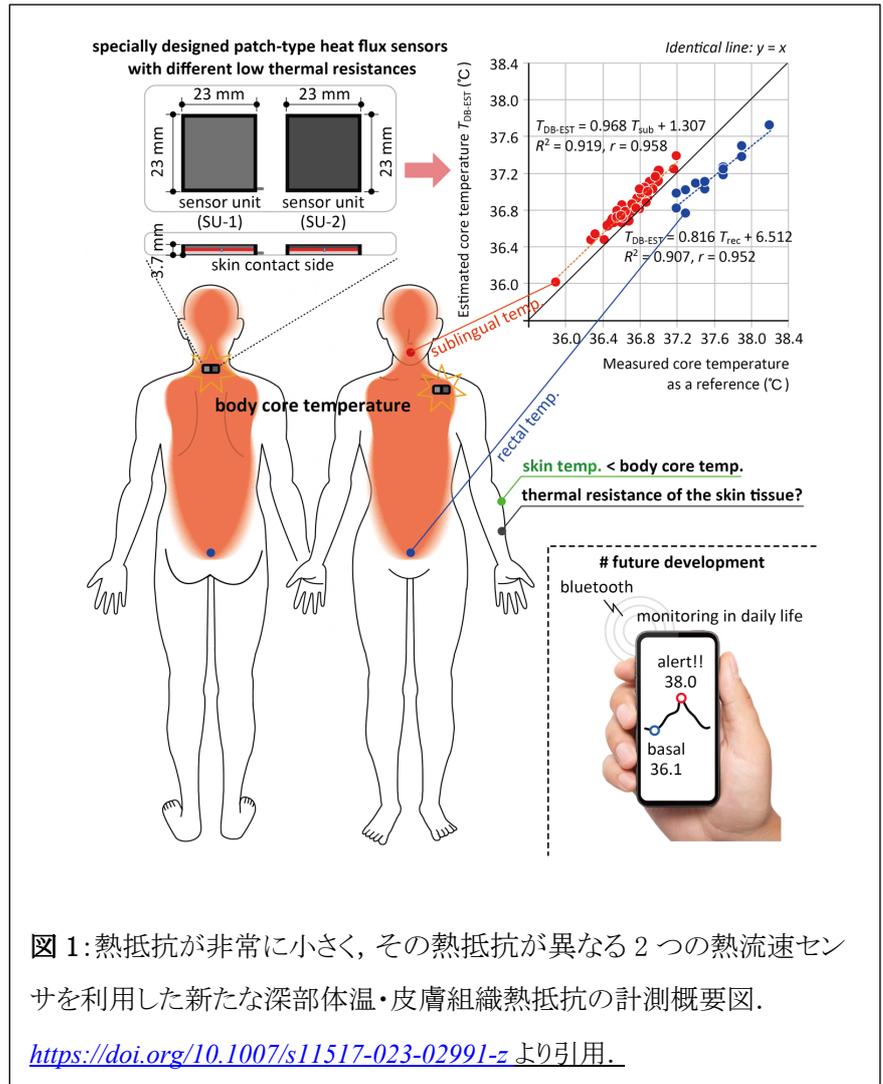


図 1: 熱抵抗が非常に小さく、その熱抵抗が異なる 2 つの熱流速センサを利用した新たな深部体温・皮膚組織熱抵抗の計測概要図。

https://doi.org/10.1007/s11517-023-02991-z より引用。

(3) 居住者見守り支援ネットワーク技術の開発研究

- ・ 上記した介護施設向けに加え、一般健康管理にも適用できるバイタルサインモニターシステムの実用化について継続して検討を行った。
- ・ シートセンサとコントロールユニットを一体化し、Bluetooth 通信でスマートフォン(スマホ)へ信号を送り、そこで信号処理してデータを閲覧できると共に、クラウドサーバーでデータを管理する方式のプロトタイプシステムの改良開発を行い、引き続いて性能評価を行っている。



<p>(4)スマートフォンを利用した健康情報計測技術の開発研究</p>	<ul style="list-style-type: none">• mHealth (mobile health) が急速に普及している状況を踏まえ、幅広い健康情報(血圧・心拍出量などを含む各種生理情報)計測支援のツールとしてスマホの有効利活用等について、引き続き調査研究を進めた。• 更に、mHealth の一環として、循環基礎式(平均血圧=心拍出量 x 末梢循環抵抗)に基づき、スマホによる光電容積信号(PPG)検出方式の圧迫用カフを用いない(カフレス)血圧推定法(RRP(rate resistance-index product)法と呼ぶ: <i>PeerJ</i>. 9:e11479, 2021 に公表済み;特許第 7075600 号 2022 年 5 月 18 日登録済み), 更にこれまで検討を進めてきた血圧推定の統計学的手法, すなわち, 説明変数を脈拍数(PR) (交感・副交感神経活動指標)と交感神経活動を反映する細動脈血管抵抗指標の反射型規準化光電脈波容積(NPV)とし, 目的変数を血圧(BP)として多変量解析により血圧推定する方法(MVA(multi-variate analysis)法と呼ぶ)について, 引き続き実験的検討を行った。前者の RRP 法は市販血圧計で決定された血圧の初期校正を行う必要があるが, MVA 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の必要がない簡便法である。両法との相関分析等も行いながら, 推定精度や信頼性, ロバスト性の向上を図った実用開発に向けて計測実験を通して進めているところである。• 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, スマートウォッチやスマートリング方式(<i>BIO INDUSTRY</i>, 40(9), 11-25, 2023)としても利用でき, 引き続き更なる実験的検討を進めているところである。
<p>(5) 目的を達成するための必要な事業(中小動脈硬化度計測スクリーニング装置の開発研究)</p>	<ul style="list-style-type: none">• 試作開発した血圧計測の原理(容積振動法)に基づく手指部(固有掌側指動脈)、及び手首部(橈骨動脈)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 Arterio-Checker (fAC/rAC と略称): 国際誌 <i>Medical & Biological Engineering & Computing</i>. 59: 1585-1596, 2021 に公表済み)を用い, 前年度に引き続いてその応用研究を行った。• すなわち, 動脈硬化症は血管内の血液と接触する血管内皮細胞の機能障害であり, この血管内皮細胞の機能を検査することが動脈硬化の早期発見に繋がる。その臨床検査法として上腕部を用いた血流依存性血管拡張反応(flow mediated vasodilatation: FMD)検査が着目されているが, 超音波診断装置による上腕動脈径の精密測定が必要であり, 家庭内検査はできない。このような現況を踏まえ, 開発した fAC/rAC を

利用した簡便検査法を提案し、その有効性を学術誌 *Scientific Reports* (No. 19479, 2022(11), <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22050-1>) で報告したが、より簡便法として用手的に用いた方法について検討を行った (図2 参照)。

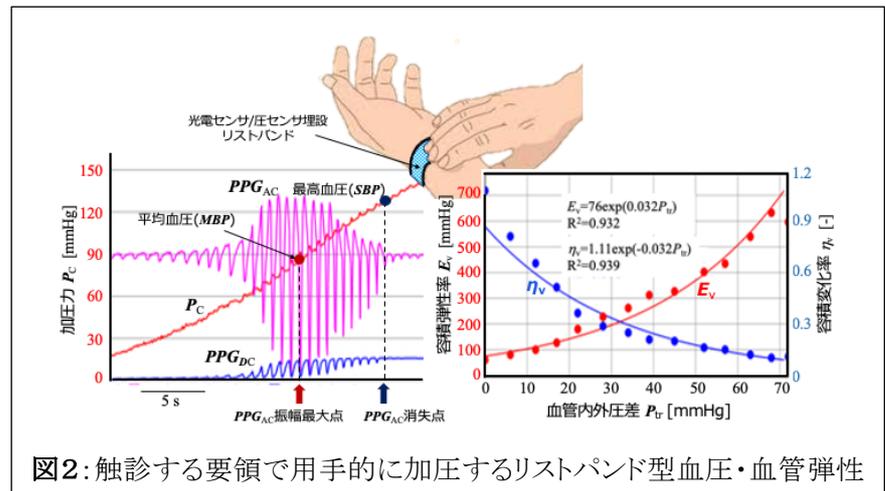


図2: 触診する要領で用手的に加圧するリストバンド型血圧・血管弾性特性計測の概要 (上段)・加圧力 (P_c) と光電容積信号 PPG (PPG_{AC} , PPG_{DC}) の記録例 (下段左側: 容積振動法), および血管内外圧差 (P_v) に対する容積弾性率 (E_v) と容積変化率 (η_v) の計測結果 (右側). 文献 *BIO INDUSTRY*, 40(9), 11-25, 2023 の図4 より引用.

- さらに、応用研究として、中小動脈より細い細動脈血管に注目し、その力学的弾性特性計測技術の開発を進めている。細動脈血管系は血圧調節や臓器への血流調整などの重要な循環生理学的役割を担い、何らか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、細動脈血管機能の計測は極めて重要である。このような細動脈血管系の弾性特性を論じた研究報告は皆無であり、本研究は重要な位置付けとして検討を進めている。スマホによる PPG 検出において、緑色光による PPG 信号は表層付近に介在する細動脈血管床の血液容積変化情報を選択的に検出できることが実証されている。そこで、細動脈血管系が豊富な指尖部を計測対象として容積振動法を行うことにより、細動脈血管系の弾性特性を求めることができる。これまでの予備実験では、スマホ (iPhone) に装脱着できる加圧ユニットを試作開発し、これを用いて寒冷昇圧による細動脈血管収縮機能



	<p>を計測したところ、血管床容積変化の減少と容積弾性率の増加(すなわち、血管の硬さ増加)を明確に捉えることができた。これまでの文献調査では、このような血管平滑筋による細動脈収縮特性を定量化した研究所見は見当たらず、現在さらに実験を積み重ねているところである。</p>
<p>(6)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>	<p>・ 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。2024 年 3 月末日までに、企業・大学・病院施設を含めて 5 機関の担当者より連絡を受けて、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。</p> <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) ウェアラブル深部体温計測技術(iv) カフレス血圧計測技術(v) 終末期患者の在宅看取りモニタリング技術開発

(2) その他の活動

本年度は実施しておりません。

以上