

ウェアラブルセンサーで取得した生理データのパーソナライズによる人の健康増進の促進

代表研究者 ヴァーゴ アンドリュー 大阪公立大学大学院情報学研究科 基幹情報学専攻 特任准教授

1 研究の背景と目的

ダグラス・エンゲルバートが「知能増幅 (Intelligence Augmentation, IA)」という概念を提唱した際、それはテクノロジーによって人間の能力を置き換えるのではなく、拡張することを意味していた ([1] Engelbart, 1968)。すなわち、機械や人工知能が人間の思考や行動を代替するのではなく、これらの技術の助けを借りて人間の体験を向上させるという考え方である。人工知能が急速に普及し、個人が判断の主導権を技術プラットフォームに譲り渡してしまうのではないかという懸念が高まる現在、IA は改めて重要な理念となっている。

しかし、IA の理念は容易に実装できるものではない。利用者と提供者の双方が「情報そのもの」から利益を得ようとするため、技術が十分に活用されず、あるいは誤用される結果を招きやすい。スマートウォッチやスマートリングといったウェアラブルな健康追跡デバイスは、利用者に膨大な生理データを提供する一方で、そのデータは必ずしも個々の利用者の利益に結びついていない。実際、研究代表者らのこれまでの研究からは、利用者の多くが自らのデータを十分に理解できず、また理解したと感じても実際の行動変容にはつながりにくいことが繰り返し示されてきた。

本研究の目的は、ウェアラブルセンサーから得られる生理データを利用者一人ひとりが正しく解釈し、自らの健康増進に活用できるようにするため、「人がどのように生理データを読み取り、内面化し、共有するのか」を定性的手法によって明らかにし、そのパーソナライズ（個人化）に資する枠組みを構築することにある。個人の健康データは今日、大きな産業を形成しており、ウェアラブル機器の精度が向上するにつれて、健康や保険に関する社会的役割も拡大しうる。こうした技術を社会的に有益なものとするためには、まず、さまざまな個人や集団が生理情報をどのように受け取り、内面化し、共有するのかについての基礎的な理解が不可欠である。

当初の研究計画では、(1) オンライン公開投稿のスクレイピングとデータクリーニング、(2) グラウンデッド・セオリー（以下 GT）による分析、(3) その結果に基づく多言語アンケート調査と半構造化インタビューの設計・実施、という手順を想定していた。実際の遂行にあたっては、研究の進展と国際会議での議論を踏まえ、一部の手順を組み替えつつ、より深い理解と国際共同研究へと研究を発展させた。本報告では、関連研究を概観したうえで、四つの主要な取り組み（オンライン投稿の GT 分析、長期利用者へのインタビュー調査、データ・フィジカライゼーションの文献調査、デザインワークショップ研究への展開）の方法と成果を述べ、考察と今後の展望を示す。

2 関連研究

2-1 ウェアラブルの可能性と限界

ウェアラブル (Wearable Health Devices, WHDs) は、低コストかつアクセスしやすい形で、身体活動・座位行動・心臓の健康・睡眠などを継続的に計測する手段を提供し、医療システムの分散化や疾病予防の機会をもたらすと期待されている。今日市場で入手できる機器は、医療・研究グレードに

匹敵するセンサーを備え、利用者の健康習慣の形成・維持を支援しうる。集団レベルでは、ウェアラブルを用いて長期間にわたりストレスを計測する研究や（[2]Neigel, 2024）、症状が現れる前に感染症の発症を予測しうることを示す研究など、その有用性を示す知見が蓄積されている（[3]Mason, 2022）。また、実世界で収集したデータを用いて、睡眠や健康が日常の認知課題の遂行に与える影響を示す研究も進んでいる（[4]Arai, 2026）。

一方で、これらの機器が個々の利用者にとって実際に行動変容や健康改善をもたらすかは別の問題である。最近のアンブレラレビューによれば、ウェアラブル導入後に座位行動の習慣的变化が見られた系統的レビューはごくわずかであった（[5] Longhini, 2024）。ウェアラブルは行動に介入する「能力（capability）」を備えているが、関与（engagement）や継続（adherence）の問題により、その「有効性（efficacy）」は限定的である。利用者がデバイスを装着し続けること（compliance）だけでは、長期的なウェルビーイングの改善を保証できない（[6] Nolasco, 2023）。すなわち、装着時間の一貫性のみを指標として機器の効果を測ることはできない。

2-2 データ解釈と行動変容をめぐる障壁

ウェアラブルの利用継続や行動変容を妨げる要因は多面的である。継続的な自己追跡は、常に監視されているという感覚や、機器の指示に従わなければならないという自己強制的な圧力、罪悪感を生むこともある（[7] De Moya, 2020）。利用者が機器に「健康とは何か」「何が望ましいか」を判断する権限を委ねすぎると、機器への過度の依存を招く。さらに、自らの行動を変えられたと考えていても、実際にはデータ上の変化が生じていない場合があることも報告されている（[6] Nolasco, 2023）。

こうした主観的要因感情（文化、アイデンティティ、社会的・経済的・政治的な環境）は、技術との関わり方やその有効性を左右するが、定量データだけでは捉えられない。行動を変えられなかった利用者が、メリットを得た利用者と同程度の利用頻度を示すことすらある（[6] Nolasco, 2023）。したがって、定量的研究を補完し、利用者がデータの背後で何を感じ、何に躓いているのかを明らかにするためには、定性的・混合的なアプローチが不可欠である。とりわけ、設計や健康に関する規制が標準化されていない消費者向けウェアラブルにおいては、この必要性が高い。

2-3 代替的なデータ提示とデータ・フィジカライゼーション

現在、ウェアラブルのデータ提示は、ほぼ画面（スマートウォッチやスマートフォンアプリ）に限られている。通知やゲーミフィケーションといった既存の動機づけ手法は、容易に無視されうえるうえ、カスタマイズ性に乏しく、利用者によっては煩わしさや圧力、意欲低下を招く。これに対し、データ・フィジカライゼーション（データの幾何学的・物質的特性によって情報を符号化した物理的人工物（[8] Jansen, 2015））は、データをより手触りのある、振り返りやすいものにしうる代替手段として注目されている。しかし、ウェアラブルの健康追跡データを対象とした実用的・商業的な応用は、ほとんど存在しないのが現状である。本研究では、この空白を埋めるための基礎的理解を得ることも目的の一つとした。

3 研究の方法と成果

本研究は、ウェアラブルセンサーから得られる個人の生理情報を、さまざまなタイプの利用者がどのように受け取り、分析し、共有しているかを、定性的手法を中心に明らかにすることを目指した。研究代表者は、グラウンデッド・セオリー、コンテクスチュアル・インクワイアリー、調査設計、半構造化インタビューに精通している。以下に、四つの主要な取り組みを述べる。

3-1 オンライン投稿のグラウンデッド・セオリー分析

(1) 目的と方法

第1の取り組みでは、スマートリング Oura Ring の利用者が、自らの生理データをどのように理解し経験しているかを明らかにするため、オンラインの公開投稿を対象とする GT 分析を行った。データソースの選定にあたっては、Stack Exchange、X (旧 Twitter)、Yahoo! Answers など検討したが、GT の分析に必要な利用者の多様性と臨界量 (critical mass) を満たすコミュニティとして、Reddit 上の r/ouraring が唯一適切と判断した。

対象は2018年10月から2025年12月までに投稿された約46,000件であり、ここから5%の誤差率を満たすよう無作為に1,001件を抽出した。次いで、(a)リングをすでに利用している人による投稿であること、(b)テキストを含むこと、を採用基準とし、購入の是非を尋ねる投稿や画像のみの投稿などを除外するデータクリーニングを行った。投稿はすべて匿名化し、元の投稿と返信テキストのみを残して利用者情報を削除した。二名のコーダーが、反復的・再帰的なGT (初期コーディング、軸足コーディング、理論的コーディングの3段階) を実施し、得られたコードはMaxQDAに入力して体系的に分析した。理論的飽和は、326件の投稿・651コードの時点で達成された。

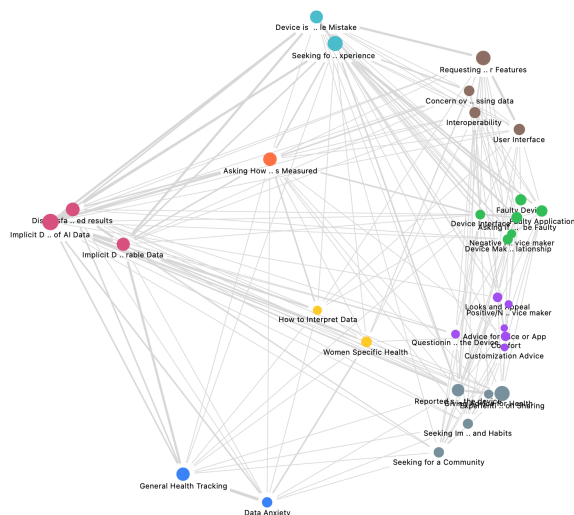


図1 オンライン投稿のコーディングにおけるコードの共起ネットワーク (節3-1)

なお、2名のコーダーはいずれも Oura Ring の長期利用者かつ当該機器に関する研究者であり、過去の体系的研究に根ざした立場性 (バイアス) を明示した。すなわち、(i)多くの利用者は、データの意味を知っていても活用可能なデータを十分に理解していないこと、(ii)多くの利用者が最終的にリングの装着をやめること、(iii)習慣を変えられたと信じていても実際にはその変化を維持できない場合が多いこと、である。一方で、両コーダーは、リングが正確なデータを提供し、認知パフォーマンスの指標として利用しうることを示してきた経験も有している。

(2) 結果

分析の結果、5つの主題カテゴリが見いだされた。第1は「機器が出力するデータへの不満・不信」である。利用者は、報告された結果や解釈されたデータ、生データに対する不満を共有し、機器が誤りを犯していると確信する投稿と、誤りを犯していると考える (疑う) 投稿との間に緊張が見られた。後者の方がより一般的であった。第2は「健康トラッキング」で、健康状態の確認や改善のた

めにデータを解釈しようとする投稿が含まれる。ここには、データ収集に伴って強い不安を経験する利用者や、データの読み方について助言を求める投稿、女性特有の健康（妊娠など）に関する投稿が含まれる。

第3は「コミュニティ形成」で、データ取得の経験を共有し、他の利用者にも同様の経験があるかを尋ねる投稿である。第4は「機器および提供企業への対応」で、提供企業との肯定的・否定的なやり取りや、機器・ソフトウェアの不具合に関する投稿が含まれる。第5は「機器の個人化（パーソナライズ）」で、相互運用性、ユーザーインターフェース、機能要望、カスタマイズの助言、外観や快適さ、機器の目的そのものへの問いかけなどが含まれる。サブカテゴリの共起関係を分析すると、最も強い結びつきは「報告された結果への不満」と「AI データへの不信」との間に見られた（共起23）。また、「データ不安」は「女性特有の健康」（共起4）よりも「一般的な健康トラッキング」（共起12）との結びつきが強く、「測定可能なデータへの暗黙の不信」も「AI データへの不信」（共起7）より「一般的な健康トラッキング」（共起11）との結びつきが強かった。

総じて本分析は、(1)多くの利用者がデータを理解できず、機器が不具合を起こしている・誤っていると考えていること、(2)別の大きな集団が自らの健康データをより良く理解したいと望み、同時にデータに対する不安や懸念を抱きうること、(3)多くの利用者が自分のニーズに合わせて機器をカスタマイズしたいと考えていること、という三つの主要な示唆を示した。本成果は、英語の投稿を対象とした広範なデータに基づくものであり、査読付き国際会議 ACM CHI 2027 への投稿論文として執筆を進めている。

3-2 長期利用者への半構造化インタビュー調査

（1）目的と方法

第2の取り組みでは、Oura Ring の長期利用者を対象に、半構造化インタビューと GT 分析を行った。本調査は、ACM CHI 2025 での同僚との議論を契機に、利用者の誤解や認識をより深く理解するために実施したものである。インタビューデータは本助成の申請時期に博士課程学生が収集したものであり、当初の概観は粗いものであったが、2025 年夏から秋にかけて研究代表者が GT 分析と妥当性検証の過程を指導・統括した。研究代表者は本成果に関する学術誌論文の責任著者を務めた。なお、本分析の過程は、3-1 のオンライン投稿分析における研究者の立場性を形成するうえでも重要であった。

対象は、平均して約 1.5 年（230～712 日）にわたり Oura Ring を利用してきた長期利用者 7 名である。いずれも情報科学系を専攻する男子大学生であり、高い技術リテラシーを有し、過去に Oura Ring を用いた実験への参加経験を持つ。すなわち、機器の機能とそのメリットに通じていることが期待される「情報に通じた（informed）利用者」である。分析には Charmaz ([9], Charmaz, 2014) の構成主義的 GT を採用し、データ収集に先立つ広範な文献レビューによって理論的感受性を高めたうえで、初期コーディング・焦点化コーディング・理論的コーディングを行った。コーディングには MaxQDA を用い、メモイング、理論的サンプリング、絶え間ない比較（constant comparison）を通じて理論的飽和に至った。

妥当性の検証として、初期・焦点化・理論的コーディングを行った主著者を除く 3 名の評価者により、各コードのカテゴリ帰属を独立に評定する評価者間信頼性（IRR）の手続きを 2 段階で実施した。第 2 段階では、高い一致が見られる場合にカッパ統計量が逆説的に低値を示す問題（カッパのパラドックス）を避けるため、Gwet の AC1 を用いた。その結果、評価者間の一致率は 97.6%（係数値

0.97597、95%信頼区間 0.954～0.997) と高く、導出された主題カテゴリが高い信頼性を有することが確認された。

(2) 結果

分析の結果、睡眠ウェアラブルのメリットを享受するための障壁は、相互に独立した個別の問題ではなく、逐次的・相互依存的に連なる5つのカテゴリとして表されることが示された。すなわち、(1)睡眠との関係の交渉、(2)不満と関与度の評価、(3)指示された使用方法の遵守、(4)データの包括的な把握、(5)睡眠知識の獲得、である。これらは、先行する課題が解決されて初めて次の課題に取り組めるという順序性をもつ。たとえば利用者は、まず数ある優先事項のなかで睡眠をどこに位置づけるかを定める、自らの睡眠状態への気づき（自己認識）を築かなければならない。次に、自らの睡眠の問題を「対処すべき現実の問題」として捉え、習慣を変える決意（関与）を形成する必要がある。そのうえで、機器の使用指示（装着頻度やデータの同期・確認）に従い、提供される全データを包括的に検討し、最終的に睡眠に関する知識を吸収して日常の習慣に適用する、という段階を辿る。

重要な発見は、長期かつ熟達した「情報に通じた利用者」であっても、初心者と同様の障壁に直面するという点である。これらの障壁は彼らの利用継続を妨げはしないものの、情報の獲得や機器による行動への影響を制限していた。たとえば、利用者は機器が新奇であった当初はデータを包括的に検討するが、時間の経過とともに選択的な注目が強まり、一部の指標（例：深い睡眠）のみに注意を向け、その他の同等に重要な指標を見落としがちであった。また、睡眠潜時やレム睡眠など、自らの行動で直接左右しにくい指標ほど、その意味を説明できない傾向が見られた。

本研究は、機器を効果的にする責任が利用者のみにあると主張するものではない。むしろ、こうした心理的・認知的障壁に対し、睡眠ウェアラブルが設計と機能によって対処し、利用者が適切な対処方略を育めるよう支援すべきであると論じた。本成果は、査読付き学術誌 [10] Electronics (15 巻 7 号、論文番号 1480、2026 年) に掲載された。

考察において本論文は、5つの障壁が相互に依存していることを強調した。利用者は、データを包括的に把握しなければ睡眠知識を獲得できず、それは指示された使用方法に従わなければ達成できない。さらに、使用方法の遵守は、自らの睡眠に取り組むべき問題があると認識し、変化への決意を固めて初めて可能となり、それは数ある優先事項のなかで睡眠との関係を交渉し、自己の睡眠状態への気づきを確立しない限り成り立たない。したがって設計上は、利用者の内発的動機づけと感情的レジリエンスを育み、機器がそれを促進する「協働者」として機能することが求められる。たとえば、推奨される睡眠時間を満たせない利用者を「健康基準の未達」として位置づけるのではなく、本人が実行可能な代替案へと柔軟に導くといった、解決策の共創 (collaborative) が有効である。また、機器が自らの不確実性や文脈の影響を率直に伝えることは、利用者が自分自身の判断を信頼する助けとなりうる。

3-3 データ・フィジカライゼーションに関する文献調査

(1) 目的と方法

3-1 および 3-2 の知見から、従来の画面中心のデータ提示が、多くの利用者にとって行動につながる形でデータを伝えられていないことが示唆された。そこで第3の取り組みでは、代替的なデータ提示手法、とりわけデータ・フィジカライゼーションに関する研究の現状を、PRISMA に準拠した系統的文献レビューにより調査した。Scopus データベースを対象に、“data physicalization”、“physical

visualization”、“tangible visualization”、“tangible data”等の語を表題・抄録・著者キーワードから検索し、対象期間を2015年から2026年とした（[8]Jansenらが2015年に当該用語を導入したことによる）。初期検索では391件が該当した。

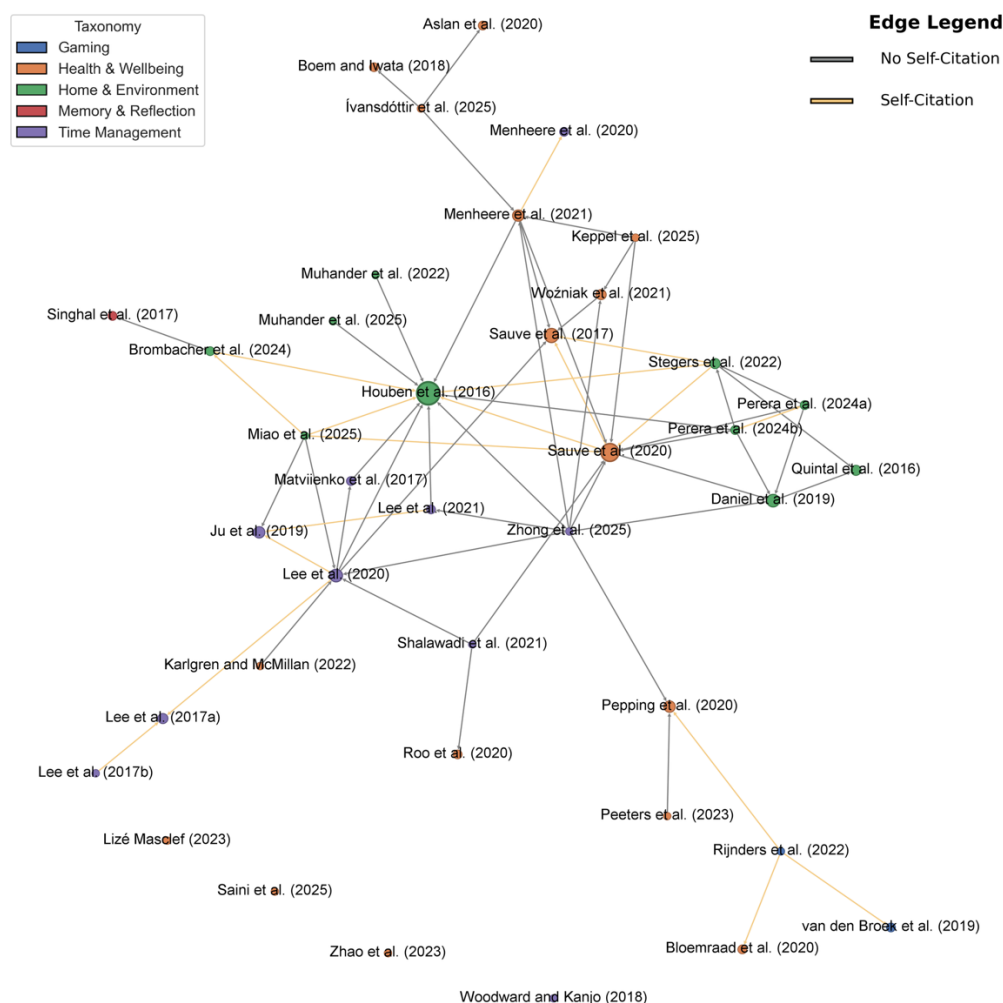


図2 Data Physicalizationに関連する論文のネットワークグラフ。ノードの色は分類体系を表し、エッジの色は自己引用を示している。（節3-3）

次いで、[8]Jansenらの定義以降のデータ・フィジカライゼーションを導入していること、(2)収集データに基づいて更新される動的なものであること、(3)家庭での利用可能性を含む個人的な振り返りに焦点を当てていること、等の基準で選別を行い、27件を抽出した。さらに、キーワード検索が他分野の用語を取りこぼす弱点を補うため、データ・フィジカライゼーションのキュレーション・リポジトリ（各3件）および研究代表者らの先行研究（6件）を追加し、2016年から2025年にわたる計39件のコーパスを構築した。これらを応用領域に基づく五つの分類体系（タクソノミー）に整理した。

（2）結果

39件は、健康・ウェルビーイング（16件）、家庭・環境（10件）、時間管理（10件）、ゲーミング（2件）、記憶・振り返り（1件）の5つに分類された。分類結果と引用関係のネットワーク分析から、健康追跡ウェアラブルを対象とするデータ・フィジカライゼーションには、明確な発展の機運

が見られないことが明らかになった。健康・ウェルビーイングの分類は最大であるものの、そのうちウェアラブルを扱うものはわずか5件にとどまり、いずれもランニングデータを可視化するものであった。用語導入から10年が経過してもなお、利用者中心のいずれの領域においても、データ・フィジカライゼーションの明確な発展経路は見いだせなかった。

関連研究は互いに積み上がっておらず、個別のプロトタイプ評価に終始する傾向が強い。これは、過去のプロトタイプの展開が、習慣形成の改善、アプリ版を上回る訴求力、データ振り返りへの関心喚起といった明確な利点を示してきたことを踏まえると、驚くべき停滞である。この断片化を克服し、睡眠や活動量といった生理データに対するデータ・フィジカライゼーションの潜在的可能性を実現するためには、当該領域に特化した組織的な取り組み（ワーキンググループの形成）が必要であると結論づけた。

3-4 デザインワークショップ研究への展開

以上の3-1～3-3の成果を統合し、利用者が生理データをどのように活用したいのか、また自律的な個人化をいかに促せるのかを利用者視点から明らかにするため、デザインワークショップを用いた研究へと発展させた。本研究計画も大学院情報学研究科の研究倫理委員会の承認を得ている。これは、文献レビューの結果として、ウェアラブルにおけるデータ・フィジカライゼーションの可能性を理解するうえでデザインワークショップが必要である、との判断に基づくものである。

計画では、ウェアラブル利用経験の有無に応じて少なくとも2種類のワークショップを設け、参加者が生成AI（Claude）を設計の協働者として用いながら、生理データを表現する「データ・オブジェクト」を個人およびグループで設計する。共同編集ホワイトボード（Miro）とスマートボードを用いた協働的な記録・発想、Qualtricsによる事前・事後アンケート、希望者を対象としたスマートウォッチのサブスタディ（データは収集せず、3～5週間の装着体験のみ）を組み合わせる。収集した音声は匿名化のうえ文字起こしし、コンテクスチュアル・インクワイアリーと主題分析（Thematic Analysis）により分析する。参加者の権利保護とデータの匿名化・暗号化保管を徹底する。また、これらのワークショップおよび付随するアンケート調査では、日本語を含む多言語での参加・回答に対応し、日本国内の参加者からの日本語による回答を取り込む。

オーグメンテッド・ヒューマンズ 2026（Augmented Humans 2026）での議論を契機に、日本・フランス・ドイツの研究者が本テーマへの参加・支援を表明しており、国際共同研究として推進している。最終的には、3-1（オンライン投稿のGT分析）、3-3、および本ワークショップ研究の成果を統合した論文を、ACM CHI 2027へ投稿することを目指している。本研究の目標は、利用者がウェアラブル健康追跡データをどのように使いたいのかを十分に理解し、自律的な個人化を促すことにある。

4 考察

本研究を通じて、ウェアラブルの生理データが利用者のメリットに結びつかない背景には、データそのものの精度ではなく、利用者がデータをどのように理解し、内面化し、自らの生活に位置づけるかという「解釈と意味づけ」の問題が深く関与していることが、複数の角度から確認された。オンライン投稿の分析（3-1）は、利用者がデータに対して不信・不安・カスタマイズ欲求といった多様な反応を示すことを、利用者自身の言葉に根ざして体系化した。長期利用者へのインタビュー（3-2）は、たとえ技術に通じ長期に利用する者であっても、メリット享受の障壁が逐次的・相互依存的に存在することを示した。これらは、機器の利用継続や装着時間だけでは捉えられない、利用者の内的な経験の重要性を一貫して指し示している。

これらの知見は、設計への含意をもつ。すなわち、ウェアラブルは、利用者の内発的動機づけ（自己の楽しみや、健康がもたらす具体的メリットなど、利用者の制御下に〔ある内的文脈〕に焦点を当て、外発的に「有用であること」を一方的に押し付けるのではなく、利用者の期待と達成したい目標とを擦り合わせる必要がある。また、文献調査（3-3）が示すように、画面以外のデータ提示（とりわけデータ・フィジカライゼーション）は、データをより手触りのある振り返り可能なものとする有望な選択肢でありながら、健康ウェアラブル領域では十分に追究されていない。3-4 のデザインワークショップは、この空白に対し、利用者と共に望ましいデータ表現と個人化のあり方を探る実践的な試みとして位置づけられる。

本研究と商業的研究との主たる相違は、「いかに利用者に機器を多く使わせるか」ではなく、「利用者が自らの個人情報をどのように理解し、内面化するか」に焦点を当てている点にある。利用者が自らのデータをより有効に活用できるシステムを構築すれば利用が増える可能性はあるが、必ずしもそうなるとは限らない。実際、ウェアラブルが利用者にまったくメリットをもたらさない場合もあり、そのような場合には利用を推奨すべきではない。利用者の自律性と判断を尊重し、機器が自己評価と生活上の選択を補助しつつ、すべての判断を肩代わりしないという設計思想が重要である。

5 研究計画の発展と今後の展望

本研究は、当初の研究計画を確かな出発点としながら、研究の進展に応じて計画をより効果的な形へと発展させた。当初はアンケート調査を中心的手法の一つと位置づけていたが、申請時にすでに収集していたインタビューデータを分析対象として積極的に組み込み（3-2）、二つのグラウンデッド・セオリー研究（3-1、3-2）から得られた利用者理解を、デザインワークショップ（3-4）の設計へ直接反映させる構成へと最適化した。これにより、利用者の経験に深く根ざした定性的知見がワークショップを駆動するという、一貫した研究の流れを構築できた。アンケート調査は、これらの定性的成果を補完し裏づける役割へと位置づけが洗練され、日本語を含む多言語で設問を改良した版を公開して、引き続き回答を収集している。研究倫理審査の承認を得たうえで、オンライン投稿の GT 分析を完了し（3-1）、国際会議での議論を契機に長期利用者へのインタビュー調査と GT 分析を加え（3-2、査読付き学術誌に掲載）、これらを土台として代替的データ提示の文献調査（3-3）と国際共同のデザインワークショップ研究（3-4）へと、研究を大きく前進させることができた。

今後は、3-1 の成果を ACM CHI 2027 へ投稿するとともに、3-1・3-3・3-4 を統合した論文の準備を進める。さらに、ウェアラブル技術に特化した学術誌（例：ACM IMWUT）や国内学会（情報処理学会インタラクション等）での発表も計画している。本研究で得られた、利用者の経験に根ざした定性的理解は、ウェアラブル健康センサーの利用者に個人化を提供し、人々がこれらの機器を健康増進に有益に活用できるプラットフォームを設計・構築するうえで不可欠な基盤となる。日本・フランス・ドイツの研究者との国際共同研究として、利用者が望むデータ活用と自律的な個人化を促す枠組みの構築を引き続き推進していく。

最後に、本研究の遂行にあたり、貴重なご支援を賜った公益財団法人電気通信普及財団に深く感謝申し上げます。

【参考文献】

- [1] Engelbart, D. C. (1968). A research center for augmenting human intellect. AFIPS Conference Proceedings.
- [2] Neigel, P., Vargo, A., Tag, B., & Kise, K. (2025) Unobtrusive stress detection using

wearables: Application and challenges in a university setting. *Frontiers in Computer Science*, 7, 1575404.

[3] Mason, A.E., Hecht, F.M., Davis, S.K. et al. (2022) Detection of COVID-19 using multimodal data from a wearable device: results from the first TemPredict Study. *Sci Rep* 12, 3463

[4] Arai, S., Neigel, P., Selby, D., Tag, B., van Berkel, N., Vollmer, S., Vargo, A., Kise, K. Multi-Night Sleep Tracking In-the-Wild and Working Memory Performance. (2026). *International Journal of Activity and Behavior Computing*. 2026(1).

[5] Longhini J., Marzaro C., Barger S., Palese A., et al. (2024). Wearable Devices to Improve Physical Activity and Reduce Sedentary Behaviour: An Umbrella Review. *Sports Med Open*. 14:10(1)

[6] Nolasco, H. R., Vargo, A., Komatsu, Y., Iwata, M., & Kise, K. (2023). Perception Versus Reality: How User Self-reflections Compare to Actual Data. *INTERACT 2023*, 665-674.

[7] De Moya, J. Pallud, J. From Panopticon to Heautopticon: A New Form of Surveillance Introduced by Quantified-self Practices. (2020). *Inf. Syst. J.* 30, 940-976.

[8] Jansen, Y., Dragicevic, P., Isenberg, P., Alexander, J., Karnik, A., Kildal, J., Subramanian, S., & Hornbæk, K. (2015). Opportunities and Challenges for Data Physicalization. *Proc. CHI 2015*, 3227-3236.

[9] Charmaz, K. (2014). *Constructing Grounded Theory* (2nd ed.). Sage.

[10] Nolasco, H. R., Vargo, A., Blakely, C., Watanabe, K., Armstrong, M., Stricker, M., & Kise, K. (2026). Identifying Hurdles to Making Sleep Wearables Data Actionable for Users: A Grounded Theory Study. *Electronics*, 15(7), 1480.

〈発表資料〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
Identifying Hurdles to Making Sleep Wearables Data Actionable for Users: A Grounded Theory Study	Electronics (査読付き学術誌, MDPI) , Vol.15, No.7, 1480	2026 年 4 月