

様々な環境に導入可能な重さ計測プラットフォームの実現 —常時センシングが支える「効率・安全・健康」の社会インフラを目指して—

1. 背景

人間や物体は常に何かと接触しており、その接触面には力が作用している。例えば、人間は睡眠時に平均 7.5 時間ベッドと接触し、作業や食事の際には約 7 時間座面と接触し、移動時には地面と接触している。つまり、24 時間 365 日、身体の一部は常に何かに触れている。これは物体も同様で、台座や容器に接触して存在している。

この力には、対象の状態や特性に関する重要な情報が含まれる。特に、「力の大きさ」と「力の空間・時間分布」は接触を通じてのみ得られる情報である。力の大きさは重さとして観測され、在庫や数量の把握に役立つ。一方、力の空間・時間分布からは、呼吸・拍動、体圧分布、重心移動などが分かり、健康状態や集中度、眠気、疾病の予兆を把握できる。これらの情報を活用するには、一時的な計測ではなく継続的な計測が重要である。状態変化を時系列で把握することで、在庫管理では製品の入出庫を即時に確認でき、ヒューマンセンシングでは状態の変化や異常の兆候を早期に検知できる。経時的な変化や傾向を捉えることで、より効果的な管理や予防的な対応が可能となる。このような継続的な計測により、作業の効率化、事故の防止、疾病の予防といった効果が期待できる。しかしながら、これを実現するためには、以下の 5 つの技術要件を同時に満たすセンサが必要である。

1. 高い形状適応性: センサを導入する場所や製品の形状に追従可能であること。
2. 高いメンテナンス性: 接触面の摩耗に対応し、容易に交換できる構造を持つこと
3. 広いダイナミックレンジ: 人体の拍動のような微細な変化から、大きな体動まで計測可能であること。
4. 高いサンプリングレート: 人体の動きに即時追従するため、1,000Hz 以上のサンプリングレートを備えること。
5. 高い経済性: 広範な導入を可能にするため、量産時のコストを抑えられること。

我々はこれまでに上記の 5 つの要素を満たす磁気式のカセンサ技術を開発してきた(図 1)。しかし、現状では、5cm × 5cm サイズの汎用的な原理モデルしか存在せず、また、長期的な計測データを整備・管理するための基板がない。そのため、このカセンサを実用化し、広く活用していくにはさらなる開発が必要であった。そこで本プロジェクトでは、独自の重さ計測技術を活用した様々な環境に導入可能な計測デバイスと、計測したデータを集約・表示・解析可能なクラウドシステムを開発することで、「効率・安全・健康」を支える力のセンシングの社会インフラを実現することを目指す。

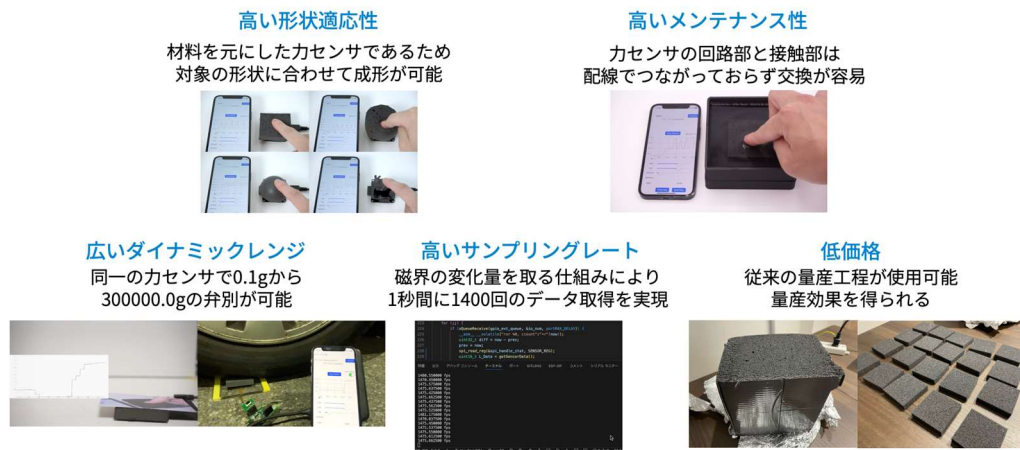


図 1. これまで開発してきた 5 つの要素を満たす磁気式のカセンサ技術

2. 目的

本プロジェクトは、独自の重さ計測技術を活用し、さまざまな環境に導入可能な計測デバイスと、計測データの集約・表示・解析が可能なクラウドシステムを組み合わせ、あらゆる場所で利用可能な重さ計測プラットフォームの実現を目的とする。これまでは、ポリウレタンを基材としたセンサ素材と 5cm × 5cm の面積で 16 点取得できるモジュールしかなく、大面積での力の分布を計測することができない状態であった。また、計測データはアプリケーション上で一時的に保存されるのみであり、蓄積・可視化・分析を行う仕組みが整っていなかった。現場での作業効率を向上させるためには、クラウドシステムの導入が不可欠であり、用途に応じてカスタマイズ可能である必要がある。また、人間の状態を計測するには、多点化された大面積のセンサと、高速なデータ取得が可能な各点のセンサが求められる。本プロジェクトでは、アウトリーチ活動を通じてニーズや要求仕様を確認しながら、実用化を目指す。

3. 製品・サービスの内容

本プロジェクトでは、さまざまな環境に導入可能な計測デバイスと、計測データを集約・表示するクラウドシステムの開発を行った。計測デバイスについては用途に応じた最適な素材を選択できるように素材のバリエーションを拡充し、大面積センシングデバイスの原理検証機を実装した。クラウドシステムについては用途に応じた柔軟な構築が可能な仕組みを整えた。

(1) 用途や環境に応じた選択の幅が広いセンサ用の素材

さまざまな用途に対応するため、最適なセンサ素材の開発・評価を行った(図 2)。用途ごとに適した素材を選定することで、センサの性能を最大限に引き出すことができる。例えば、ベッドやクッション向けには、快適性と柔軟性に優れた軟質ポリウレタンベースの素材を採用し、建材、梱包資材、スポーツ用具向けには、軽量で断熱性・遮音性に優れるポリエチレンベースの素材を製造した。封止材や保護材には、高い柔軟性と耐熱性を持つシリコンベースの素材を使用し、過酷な環境でも安定した性能

を目指した。床材や緩衝材としては、耐久性と高い弾性を兼ね備えたゴムベースの素材を採用したセンサ素材を製造した。

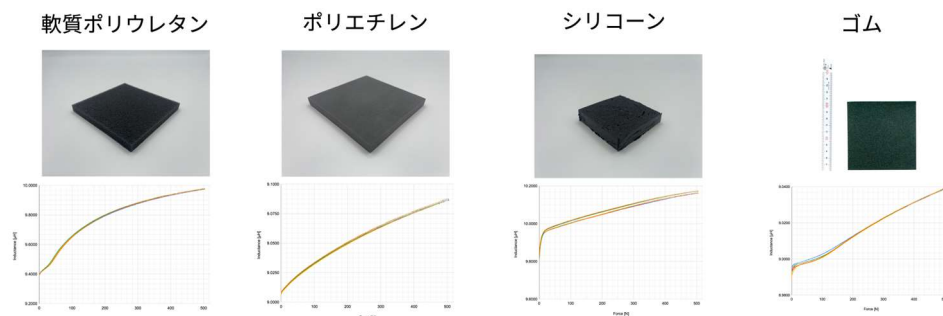


図 2 製造・評価を行ったセンサ素材

(2) 広範囲でセンシングを目的とした大型センサ(プロトタイプ)

人間の動きの変化を高精度に取得するには、広範囲のセンシングと複数の計測点が不可欠である。本プロジェクトでは座面からの体動データ取得に特化し、A4 サイズのセンシングデバイスの実装を進めた。現在は 10cm x 10cm 原理検証機が完成しており、計測点の大きさをそのまま 3 倍に拡張することで、A4 サイズでも十分な空間解像度を維持したまま、大面積への応用が可能となることを確認している(図 3)。

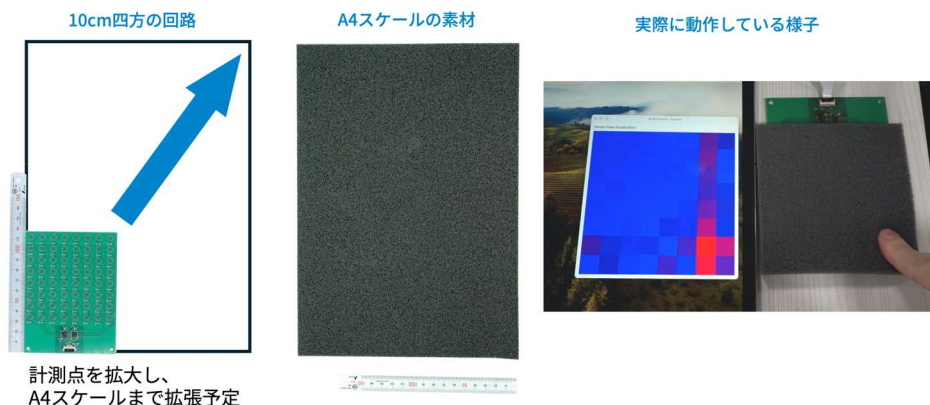
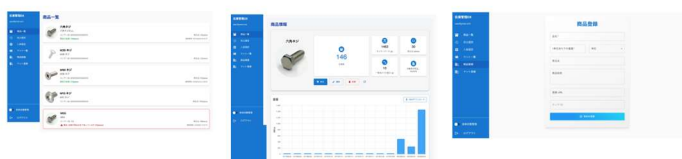


図 3 実装した A4 サイズに向けた原理検証機と動作の様子

(3) センサデータを蓄積・可視するためのクラウドシステム

センサから取得したデータを効果的に蓄積し、用途に応じて加工・集約したデータを可視化するシステムを構築した。データ可視化のスキームは、どのような用途でも基本的な構造が共通しているため、クラウドシステムの仕組みをテンプレート化しており、異なる用途のデータを扱うシステムでも、容易に構築・展開することができる。現在、デモとして在庫管理システムと健康管理システムがクラウド上に実装されており、それぞれの用途に応じたデータの処理と可視化がされている(図 4)。

用途例1: 在庫管理システム



用途例2: 健康管理システム



図4 実装したクラウドシステムのデモンストレーション

4. 新規性・優位性

このプラットフォームに用いる重さ計測技術は、**高い形状適応性、高いメンテナンス性、広いダイナミックレンジ、高いサンプリングレート、高い経済性**の5つの要素を兼ね備えた唯一の技術である。導入先の形状に応じた柔軟な設計が可能であり、センサの回路部と接触部を分離した構造により高いメンテナンス性を実現している。また、回路部を完全に保護することで防塵・防水性能を確保した。計測範囲は、名刺1枚相当の約0.1グラムから、自動車1/4台に相当する約30万グラムまでを同一センサでカバーする。さらに、磁界変化を利用する計測原理により、約1,400Hzの高速サンプリングを達成。従来の量産工程とも親和性が高く、大量生産によるコスト削減も期待できる。

5. 事業普及（または活用）の見通し

未踏アドバンス事業期間中、重さ計測プラットフォームの普及を目的として、評価・導入の促進や、重さセンサを活用した製品の共同開発に向けたアウトリーチ活動を実施した。具体的には、JASIS 2024、Maker Faire Tokyo 2024、Japan Mobility Show Bizweek 2024/CEATEC 2024、China High-Tech Fair 2024、Innovation Leaders Summit 2024など、計5件のイベントに参加し、技術の紹介や意見交換を行い、現在までに多くの顧客候補を獲得している(図5)。業界セグメントは材料メーカー、ヘルスケアメーカー、自動車部品メーカー、ロボットメーカーなど多岐にわたる。各業界において、重さセンサの活用が検討されている。



図 5. 重さ計測プラットフォームのアウトリーチ活動の様子

6. 期待される波及効果

本プロジェクトにより、力の情報を継続的に取得・活用することで、作業の効率化、事故の防止、健康維持・病気予防の三つの効果が期待される。まず、作業の効率化では、センサを通じて人や物の状態を把握し、遠隔または自動での確認作業が可能となる。これにより、手作業による確認工程を削減し、業務効率が向上する。少子高齢化に伴う労働力不足に対応し、ロボットによる自動化や省人化を促進できる点でも有効である。また、物の過剰消費や不要な移動を減らし、資源やエネルギーの効率的な利用にも貢献する。次に、事故の防止では、リアルタイムのモニタリングにより、人の状態を常時把握し、異常時に適切なタイミングで注意喚起が可能となる。これにより、作業中や運転中のヒューマンエラーを未然に防ぎ、安全性を向上させる。特に、労働災害の防止や作業現場での異常検知など、安全管理の高度化に貢献する。最後に、健康維持と病気の予防では、力の分布や変化を継続的に監視することで、健康状態の把握や疾病の早期発見が可能となる。これにより、生活習慣の改善を促し、個人の健康維持だけでなく、社会全体の医療負担軽減にも寄与する。特に、高齢化が進む中で、重篤化を防ぐ予防医療や健康管理の重要性が高まっており、本技術は介護や医療分野の負担軽減に大きく貢献すると考えられる。

7. イノベータ名（所属）

皆川 達也（FabSense 株式会社代表取締役）

永瀬 拓也（非公開）

田上 大智（筑波大学人間総合科学学術院 人間総合科学研究群情報学学位プログラム）