

令和7年度 特別研究報告書

スマート灰皿システムによる喫煙習慣 の可視化とその効果

龍谷大学 先端理工学部 知能情報メディア課程

Y220244 大塚陽平

指導教員 三好 力 教授

研究概要

本研究は、喫煙者の行動変容を支援するため、IoT 技術とデータ分析を統合したスマート灰皿システムを提案する。従来の支援手法が抱えるデータの不確実性という課題に対し、本システムは客観的な行動データの収集とリアルタイム分析を通じて介入の精度を高める。

提案手法として、計測、収集・分析層、データ層の三層構造に基づき、機能の分離を図る。計測層では **Arduino** と赤外線センサーを用いて吸い殻の通過を検知し、デバウンス処理により高い計測精度を保証する。収集・分析層では、**Python** と **pyserial** を用いて信頼性の高い **USB** 通信でデータを取得し、**pandas** による数学的分析を実行する。

分析機能として過去7日平均値の120%超過を検知するアラート、および7日間移動平均線による喫煙トレンドの客観的な可視化を実装する。これにより、ユーザーは自身の喫煙習慣の悪化傾向を即座に認識し、行動変容を促される。本研究は、低コストで実現可能なデジタルヘルスデバイスの可能性を示し、禁煙支援の新たなアプローチを提供するものである。

目次	
研究概要.....	2
第1章 はじめに.....	4
第2章 関連研究.....	5
2,1 関連研究1	5
2,2 関連研究2	6
第3章 提案手法.....	7
第4章 実験環境構築.....	8
4,1 システム構成	9
4,2 計測層の構築	10
4,3 収集・分析層の構築.....	11
4,4 データ層の構築.....	12
第5章 実験.....	14
5,1 データ取得と介入に関する概要.....	14
5,2 実験評価.....	14
5,3 スコアの集計と平均	18
第6章 考察.....	19
6,1 指標の有効性	19
6,2 行動変容と介入の限界.....	19
6,3 結論と課題	19
6,4 将来の展望	20
第7章 まとめ	21
謝辞.....	22
参考文献.....	23
付録.....	24

第1章 はじめに

現代社会において、喫煙は依然として公衆衛生上の深刻な課題であり続けている。タバコが原因で発症する疾患は多岐にわたり、喫煙者自身の健康寿命を著しく短縮させるだけでなく、その医療費は国家レベルで大きな財政負担となっている。さらに、受動喫煙による非喫煙者への健康被害は無視できない社会問題であり、公共の場での喫煙規制強化や分煙の推進といった対策が不可欠となっている。WHO(World Health Organization)が提出したレポートにも世界規模での影響が記述されている[1]。

このような喫煙を取り巻く厳しい社会背景のもと、個々人に対する効果的な禁煙支援の重要性が飛躍的に増している。禁煙は、単なる個人の意志の問題ではなく、ニコチン依存という慢性的な疾患としての側面を持つ。そのため、多くの喫煙者が禁煙を試みるものの、強い離脱症状や習慣化された行動パターンにより、その多くが失敗に終わるという現実がある。医療機関や公的機関による支援プログラムが提供されているものの、その多くは対面での問診や、継続的な介入が難しい治療空白期間を抱えている[2]。

従来の禁煙支援の限界は、主に客観的なデータの不足に起因する。喫煙者が「いつ、どこで、どれだけ吸ったか」という、再喫煙や本数増加のトリガーとなる詳細な行動データを正確に把握することが困難であり、結果として支援が主観的な申告に頼らざるを得ない状況が続いてきた[3]。このデータの不確実性は、禁煙支援のタイミングを逸し、患者一人ひとりの習慣に合わせたパーソナライズされた介入を困難にしていると考えた。

したがって、喫煙行動を低コストかつ自動で記録・分析し、ユーザーの習慣悪化の兆候を捉えて適切なタイミングでフィードバックを提供する、新しいアプローチの開発が強く求められている。そこで、近年注目されているのが ICT を活用した禁煙支援プログラムである[4]。

このような技術は、禁煙を継続するための心理的・行動的なサポートを非介入的かつ持続的に提供することで、従来の支援の限界を打破し、社会全体の喫煙率低下、ひいては国民の健康増進に大きく寄与する。本研究は、この社会的な要求に応えるべく、日常の生活環境に溶け込んだ新しいデジタルヘルスデバイスの可能性を探るものである。

第2章 関連研究

禁煙支援には様々な手法が研究されている。行動科学に基づくものやスマートデバイスを利用したものなどが代表的である。この章ではスマートデバイスを用いた関連研究についての課題面を述べていく。

2.1 関連研究 1

英ブリストル大学によって「スマートウォッチの技術を使用したリアルタイム禁煙支援の研究が行われた[5]。本手法の核は Android スマートウォッチに内蔵されたモーションセンサーを利用し、喫煙に関連する手の動きを高い精度で認識するアプリを開発したという点にある。このアプリは喫煙行動が検知されたその瞬間にウォッチを振動させ、ユーザーがタバコを吸うのを思いとどまらせる間を創ることを目的としている。研究者たちは再喫煙しそうになる瞬間に介入することが、喫煙成功率向上のカギであると指摘している。

図1、介入のスクリーンショットの例

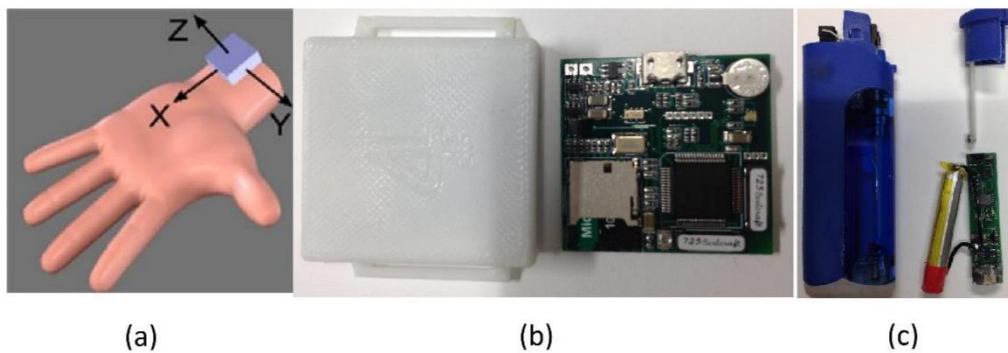


この研究の問題点は2つあり、誤検知によるものとコストが高いというものである。スマートウォッチのモーションセンサーには、喫煙動作と類似した日常動作を完全に区別することが難しいという技術的な限界が存在する。頻繁な誤検知はユーザーの信頼性の低下とストレスに直結する可能性がある。また、この研究プログラムに参加するためには、まずユーザーが互換性のあるスマートウォッチを所有しているか、新たに購入する必要がある。この初期ハードウェアによるコストは、特に経済的に余裕のない喫煙者にとって大きな参入障壁となりうる。

2.2 関連研究 2

米アラバマ大学と米ニューヨーク州立大学の共同研究にて、慣性センサーとスマートライターによる喫煙検知の研究が行われた[6]。この研究では、慣性センサーとスマートライターを組み合わせ、センサーが検出する腕の動きや、ライターの使用タイミングから、喫煙イベントの発生やパフ回数のリアルタイム検出を実現している。慣性センサーは主に喫煙時の手首や腕の動きのパターンを捉える。

図 2, (a)ハンドモジュールの加速度計軸（正方向）、
(b)ハンドモジュール、(c)スマートライター。



この研究の問題点も 2.1 章の関連研究と同様に、誤検知・受容性にある。どちらの研究も日常ジェスチャーの非喫煙行動の誤検知を減らすためのアルゴリズムの頑健性が求められ、デバイス装着の負担をユーザーにかけずにデータを収集できるインフラへの応用が必要である。

第3章 提案手法

本研究で実現するのは、喫煙データをリアルタイムで収集・分析し、個人の禁煙支援を後押しする IoT デバイスである。具体的には、灰皿に赤外線センサーを取り付け、吸い殻を追加するごとにデータを検知・累積し、そのデータから喫煙行動の分析を行うシステムである。制作の意義と利点としては、従来の主観的な記録や問診と異なり、喫煙という物理的行動を直接計測し、客観的なデータに基づいて介入する点にある。利点として、平均超過時の警告によるリアルタイム介入での喫煙ペースの即時抑制、そして移動平均線によるノイズを除去了長期的なトレンド把握を可能にする。

関連研究の最大の課題は手の動きの誤検知である。喫煙ジェスチャーが他の日常動作と類似するため、誤アラート発生の原因となりユーザーの信頼性を損なう。対照的に、灰皿は吸い殻を捨てるという喫煙行為の最終かつ決定的なステップのみを検知するプラットフォームであると言える。赤外線センサーが吸い殻という実態を直接検知するため、誤検知率が極めて低い。これにより、システムが収集する喫煙本数のデータの信頼性を向上させ、正確な分析の基盤の提供を目指す。また、初期ハードウェアコストである **Arduino** ボード、センサー、灰皿が安価であり、手軽に揃えることができる。ユーザーが高価なウェアラブルデバイスを購入する初期投資が不要である。さらに、システム全体の導入障壁が低い点や既存の生活空間に設置するだけで計測が開始できるため、心理的な抵抗が少なく、データ収集の継続性を保ちやすい。灰皿はすでに喫煙エリアに存在するオブジェクトであり、ユーザーがデバイスの充電や装着を忘れるといったヒューマンエラーも発生しない。そして、喫煙者がタバコを吸い終わるまで手を離さないという性質上、システムは喫煙の直後にフィードバックを掲示する絶好のタイミングを得られる。このリアルタイム性は、収集分析層で計算されるアラートはユーザーが次にタバコに手を伸ばす前の介入機会として最大限に活用することを可能にすると考えた。

以上の手法により、関連研究の課題である誤検知を打破し、システムは高精度なデータ収集を続けながら、ユーザーに具体的なフィードバックを提供する、実用的な禁煙支援ツールとしての機能の確立を目指す。

本研究では、提案するスマート灰皿システムの有効性を検証するため、以下の通り実験計画を策定し、評価を実施する。

被験者数は4名とし、被験者条件として一日5本以上を吸う日常的な喫煙者かつ禁煙または減煙に前向きな意識を持つものとする。実験期間は各被験者につき4週間とする。そして、禁煙意識評価として記録されたデータやアラートフィードバックが被験者の禁煙意識、喫煙行動への意識へ与える影響を評価するために、実験前後のアンケート調査より評価を行う。これらの評価手法により、本システムが先行研究の課題である「客観的なデータの欠如」を解決し、喫煙者の行動変容に貢献する新しい価値を提供できるかを検証する。

第 4 章 実験環境構築

本章では、実験手順を述べる。

4,1 システム構成

下にシステム構成図（図 1）を示す。本実験は図に示すように本手法で使う計算機、**Inf** 赤外線センサーと Arduino ボードの三点で構成される。本構成においては吸い殻の検知を目的とするため、光を遮ることで動作する赤外線センサーを使用した。确实性を重視し、計算機と Arduino の通信は USB ケーブル、Arduino と赤外線センサーの通信はジャンプワイヤーにて行う。下に Arduino ボードと接続した赤外線センサー付き灰皿（図 2）を掲載する。

また、本研究ではデータの計測、収集・分析、および永続化の役割を明確に分担する三層構造を採用している。この構成によりシステムの安定性と拡張性を確保している。

図 1 システム構成図

システム構成図

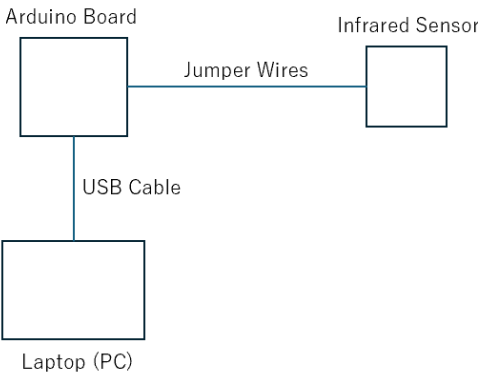
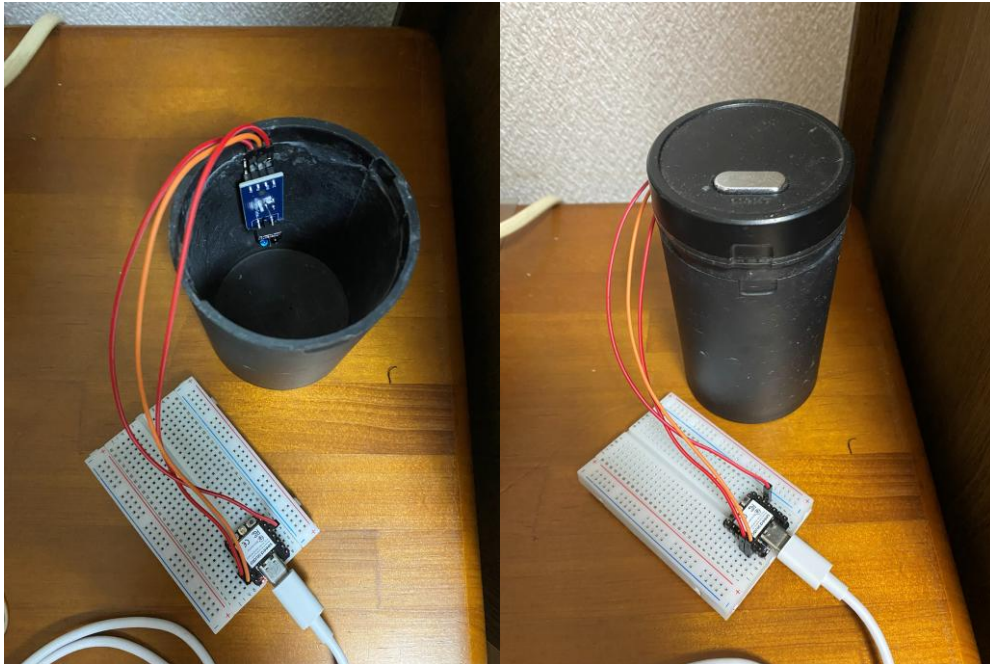


図 2 赤外線センサー付き灰皿



4.2 計測層の構築

計測層（赤外線センサーと Arduino）の役割は、物理的な吸い殻の通過を検知し、総カウントを保持し、シリアル通信で計算機に送信することである。物理的な喫煙行動をデジタルデータに変換する基礎ユニットであり、信頼性の高い部品選定と微調整が不可欠である。必要なハードウェアを以下の表 1 で示す。

表 1

部品名)	仕様・モデル 例)	役割)	備考)
Arduino ボード	ArduinoUNO ま たは互換ボード	システムの制御 とデータ通信	USB シリアル通 信の安定性を重視
赤外線センサー	反射型またはフ ォーク型	吸い殻の通過を 非接触で検知	反射型の場合は 灰皿の投入口に対向 させて設置
U S B ケーブル	C-C タイプ	P C への電源供 給およびデータ通信	
ジャンパワイヤ ー	オス-オス、オス- メス	部品間の配線接 続	
ブレッドボード	EIC-801	回路基板	

配線手順としては、PC と Arduino ボードを USB ケーブルで直接接続したのち、ブレッドボード上に Arduino ボードを設置する。その後、以下の表 2 の対応通りに Arduino ボードと赤外線センサーを接続し、灰皿内に設置する。

表 2

接続元) 赤外線センサー	接続先) Arduino ボード	信号タイプ)	接続目的
VCC	5 V	電源	センサー動作に必要な電圧供給
GND	GND	接地	
D0	D2	デジタル入力	吸い殻検知信号を受信

また、必要なソフトウェアを準備し初期設定を行う。PC に ArduinoIDE をインストールし、Arduino/Genuino ボードを選択する。開発したコードをボードに書き込む。この際、シリアル通信速度を 9600bps であることを確認する。コードは付録に掲載する。さらにセンサーモジュールのポテンショメータ（調整のつまみ）をドライバーで回し、吸い殻がない状態で出力が安定して LOW または HIGH になることを確認し、任意で感度を調整する。

4.3 収集・分析層の構築

収集・分析層（計算機）の役割は、Arduino からのデータ受信、ログの永続化、そして分析、フィードバックの判断を行う心臓部である。この層の最終アウトプットは、分析結果のターミナルへの出力と、データファイルへの書き込み指令である。データファイルそのものは次の層に属す。スケッチには Python、エディタには VScode を採用している。必要なソフトウェア環境を以下の表 3 に示す。

表 3

ソフトウェア)	役割)	インストールコマンド)	補足)
Python 3.x	スクリプト実行環境		Windows/macOS/Linux にインストール

pyserial	シリアルデータ通信	Pip install pyserial	Arduino からのシリアル通信を処理する
pandas	データ処理・分析	Pip install pandas	CSV ログの読み書き、日ごとの計算、移動平均線の算出に必須。

データ収集スクリプトの設定として、最初に COM ポートを特定する。Arduino ボードを PC に接続し、デバイスマネージャーまたは ArduinoIDE でボードが割り当てられている COM ポート（COM3、COM4 など）を特定する。次に Python スクリプト smoker_counter.py 内の `arduino_port = 'COM3'` の行を特定したポート名に正確に修正する。

最後に分析ロジックの機能を以下の表 4 に、実装するアラートに関わる数式を以下の式 1、式 2 に示す。

表 4

機能)	技術的実装	検証項目
リアルタイムアラート	式 1、2。式 2 の条件が真となった瞬間に「警告」メッセージがターミナルに出力される。	本日の喫煙ペースが過去 N 日平均の 120% を超えたか否かを判断する。
週間トレンド分析	式 3、4。式 3 の計算結果が赤い線となって、ユーザーの習慣の推移を視覚的に示す。式 4 の差分が習慣の客観的な「改善度」または「悪化度」を示す。	N 日間移動平均を計算し、データに隠された喫煙習慣の増減トレンドを抽出する。
データ永続化	CSV ファイルへの追記	データの欠損を防ぎ、長期的な分析の基盤を提供。

式 1 過去の平均喫煙本数の算出

$$Past\ Average = \frac{\sum_{i=1}^N (Daily\ Cigarettes_i)}{N}$$

N：参照する直近日数

式 2 アラート発動の論理式

*Alert Condition : Today'sCigarettes > Past Average * Warning Threshold*

式3 移動平均の算出

$$MovingAverage_i = \frac{\sum_{j=i-N+1}^i DailyCigarettes_j}{N}$$

Daily Cigarettes_j: *j* 日間ごとの喫煙本数

N:移動平均を計算する期間。

式4 習慣差分の算出

$$Trend \ Difference = Avereage_{Current \ Week} - Avereage_{Previous \ Week}$$

Avereage_{Current Week}: 直近7日間ごとの平均本数

Avereage_{Previous Week} : その前の7日間の日ごとの平均本数

4.4 データ層の構築

この層の基盤は、長期的なデータ分析を可能にする永続的なデータログである。データ保存には CSV ファイル (smoking_log.csv) を使用している。4,3 層から送られてくる日付、累積総カウントのセットを追記形式で記録する。CSV ファイルは、PC の電源が切れた後もデータが失われないことを保証する。また、データの構造がシンプルであるため、pandas による読み込みや処理が非常に高速かつ効率的であり、他の統計ソフトウェアを使用しても簡単に利用可能である。以下に主要なフィードバック指標 (表5) と使用技術 (表6) を示す。

表5

指標名)	役割)	視覚的な表現)
日ごとの喫煙本数	実際の行動と日々の変動を示す	青い線や点
移動平均線	習慣の長期的なトレンドを示す	赤い太い線
週間差分	過去と現在のペース比較を数値で提示	グラフ外のターミナルに出力

表6

技術名	役割	実装詳細
Pandas	データの前処理と指標計算	CSV を読み込み、累積カウントを日ごとの本数に変

		換後、 <code>rolling(7).mean()</code> メソッドを用いて7日間移動平均を計算する
Matplotlib	グラフ描画	Pandas の <code>DataFrame</code> をインプットとして受け取り、グラフを構築、表示する。

第5章 実験

本章では、第4節で構築した環境により、データの取得・評価を行う。

5.1 データの取得と介入に関する概要

実験期間は客観的なベースラインを確立するための「ベースライン期間」とフィードバックによる行動変容を観察する「介入期間」に分ける。各期間の詳細を以下に示す。

ベースライン期間（1週間）：4名の被験者全員が各自のPCで `smoker_counter.py` を実行し、データ計測を開始する。この期間、システムはデータを自動記録するが、アラートやグラフの掲示は一切行わない。この7日間で被験者ごとの平均喫煙本数のベースラインを客観的に確率する。

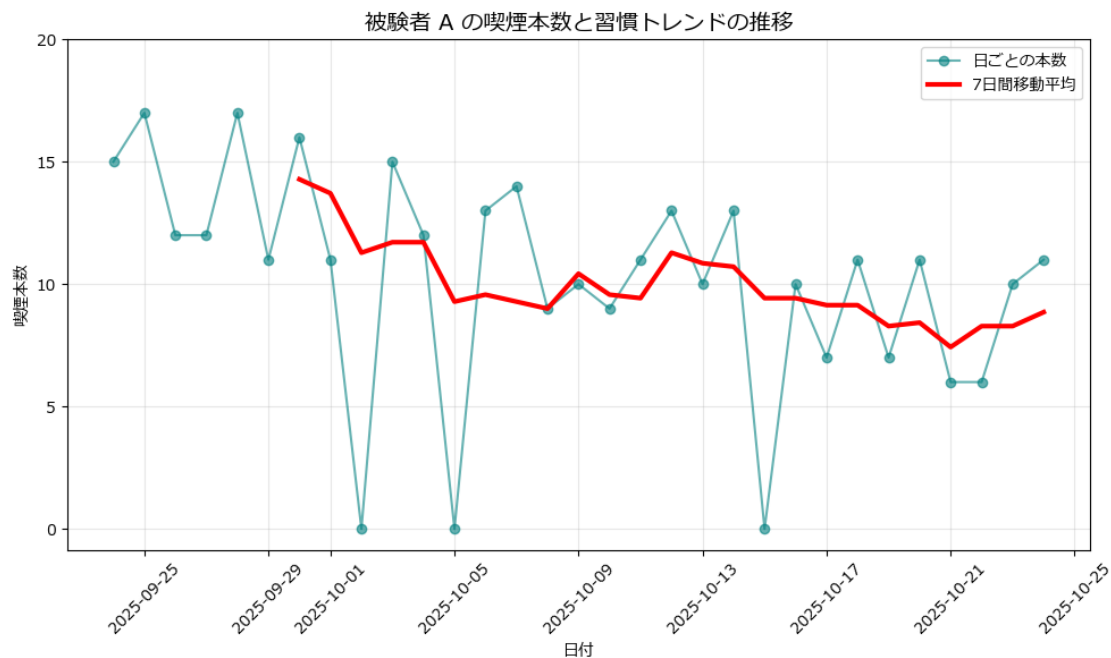
介入期間（3週間）：8日目からシステムは収集・分析層で計算されたリアルタイムアラートと週間トレンドの分析結果の提供を開始する。実験期間終了後に被験者にはアラートの受容性、メッセージの関連性、および禁煙意識の変化を自己申告してもらい、フィードバックの有効性を評価するためのデータを収集する。それぞれの評価項目は1～5の多段階で評価する。1を最低、5を最高とする。

5.2 実験評価

今回、実験期間として一ヶ月と定めているため、Aさん、Bさんは9/24から10/24まで、Cさん、Dさんは10/25から11/25までを対象とする。

Aさんの結果

```
===== 被験者 A：分析結果 =====
計測期間：2025-09-24 ~ 2025-10-24
最終日の本数（2025-10-24）：11本（直近7日平均：8.9本）
●（警告）：本日の喫煙本数が平均の20%を超えました！ペースを落としましょう。
--- 週間比較 ---
●（トレンド改善）：前週よりペースが 0.3本 減少しました。
=====
```

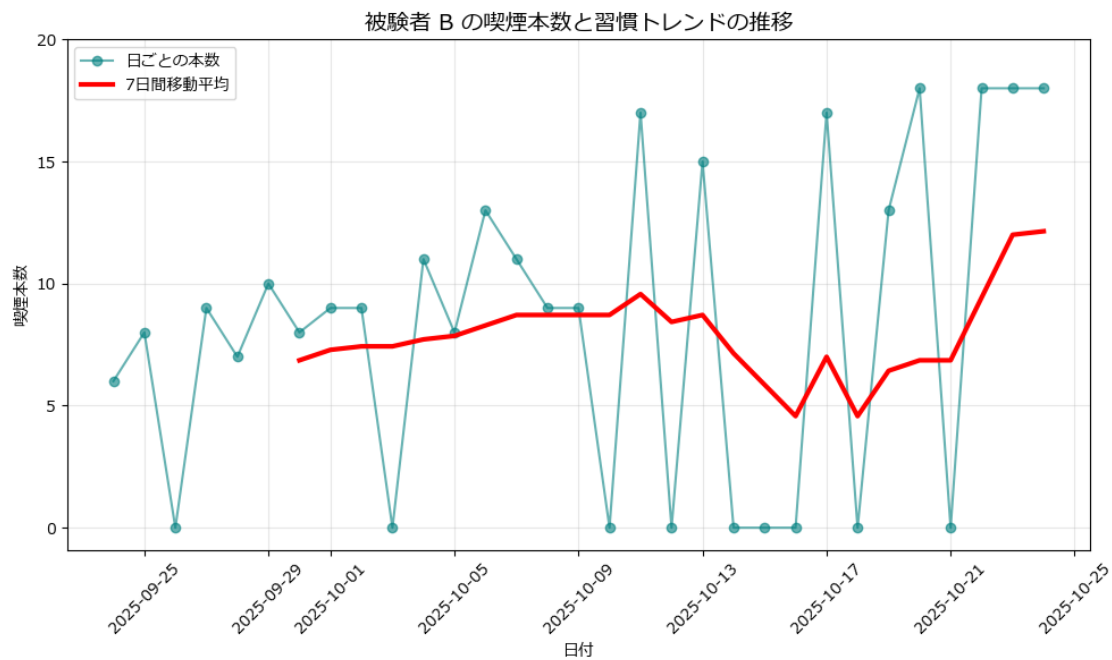


評価項目	質問内容	スコア	評価理由
受容性	アラートの頻度、システムに対する利用抵抗	5	抵抗感は薄かった。
グラフへの関連性	移動平均線の正確度	4	赤線の継続的下降を見て、意識を高く保てた。
禁煙意識の変化	システム使用による禁煙への自信はついたか	3	減煙へ進めていると感じた。

Bさんの結果

```

===== 被験者 B : 分析結果 =====
計測期間: 2025-09-24 ~ 2025-10-24
最終日の本数 (2025-10-24): 18本 (直近7日平均: 12.1本)
● (警告): 本日の喫煙本数が平均の20%を超えました! ペースを落としましょう。
--- 週間比較 ---
● (トレンド悪化): 前週よりペースが 5.1本 増加しました。
=====
  
```



評価項目	質問内容	スコア	評価理由
受容性	アラートの頻度、システムに対する利用抵抗	2	後半にアラートが頻発、抵抗を感じた
グラフへの関連性	移動平均線の正確度	3	悪化警告は的確だった
禁煙意識の変化	システム使用による禁煙への自信はついたか	2	警告が役に立たなかった。

Cさんの結果

===== 被験者 C：分析結果 =====

計測期間：2025-10-25 ～ 2025-11-25

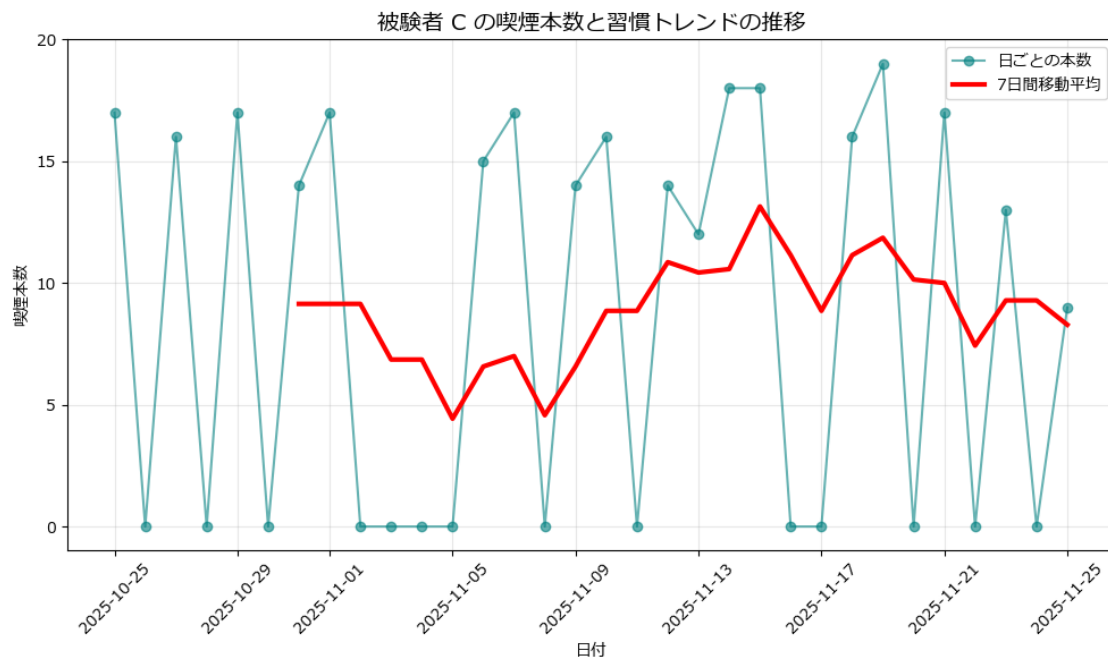
最終日の本数（2025-11-25）：9本（直近7日平均：8.3本）

●（順調）：本日の喫煙本数は平均ペース内です。

--- 週間比較 ---

●（トレンド改善）：前週よりペースが 2.9本 減少しました。

=====



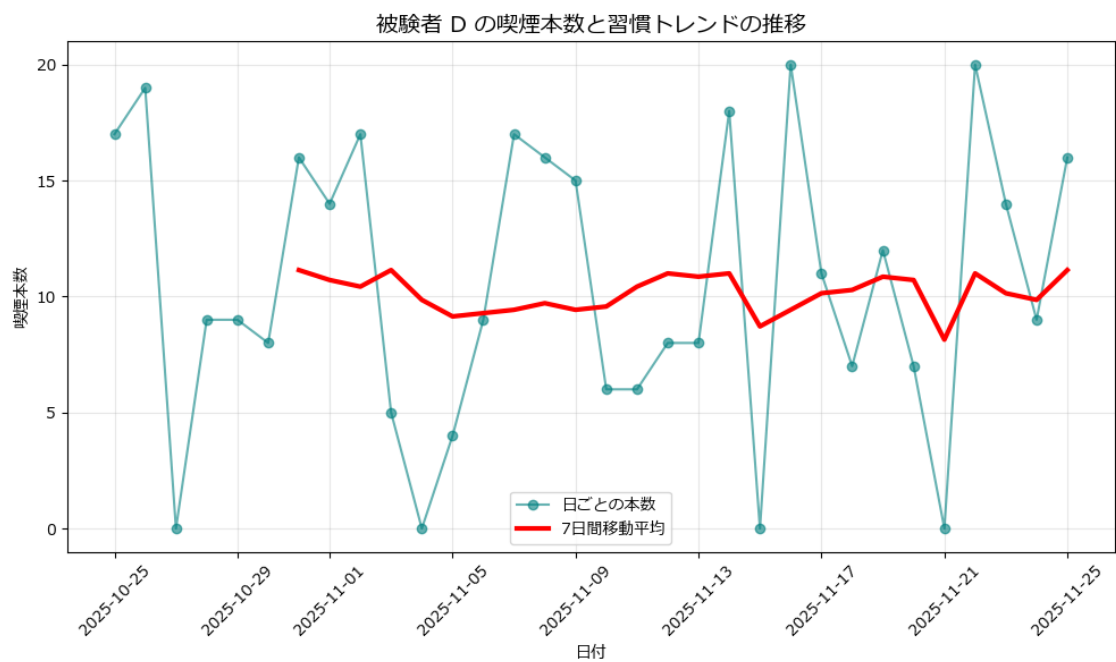
評価項目	質問内容	スコア	評価理由
受容性	アラートの頻度、システムに対する利用抵抗	3	データの変動が激しかった。
グラフへの関連性	移動平均線の正確度	2	外出することも多く正確性に欠ける。
禁煙意識の変化	システム使用による禁煙への自信はついたか	3	最終週にペース改善が見えた。

Dさんの結果

```

===== 被験者 D：分析結果 =====
計測期間：2025-10-25 ～ 2025-11-25
最終日の本数（2025-11-25）：16本（直近7日平均：11.1本）
●（警告）：本日の喫煙本数が平均の20%を超えました！ペースを落としましょう。
--- 週間比較 ---
●（トレンド悪化）：前週よりペースが 0.9本 増加しました。
=====

```



評価項目	質問内容	スコア	評価理由
受容性	アラートの頻度、システムに対する利用抵抗	4	週末に警告が多いが、平日は快適だった
グラフへの関連性	移動平均線の正確度	4	自分の傾向を理解できた。
禁煙意識の変化	システム使用による禁煙への自信はついたか	3	習慣を客観的に見ることができた。

5.3 スコアの集計と平均

評価項目	A (自身)	Bさん	Cさん	Dさん	全体平均
受容性	5	2	3	4	3.50
グラフへの関連性	4	3	2	4	3.25
禁煙意識の変化	3	2	3	3	2.75

第6章 考察

本研究で提案したスマート灰皿システムは、客観的なデータ分析に基づく禁煙支援ツールとしての有効性を示した。定性評価にて行動変容への影響に関する知見が得られた。

6.1 指標の有効性

分析結果、グラフの関連性は平均 3.25 と評価された。受容性は平均 3.50 と許容範囲内との判断をしている。これは収集・分析層で計算された移動平均線や平均超過アラートといった指標が、被験者の実際の喫煙ペースを正確に診断できたことを意味する。特に、被験者Dの週末型パターンの可視化はシステムがユーザー自身も気づいていない隠れた習慣を診断できるという、価値を実証した。

しかし、本研究では固定灰皿を使用しているため、計測できるデータは「いつ、この場所で吸ったか」という情報に限定される。ユーザーが外出している日のデータは完全に欠損するか極端に少ない場合があり、喫煙行動全体の真の総量を把握できない。

6.2 行動変容と介入の限界

禁煙意識の変化は平均 2.75 となり、強い行動変容には至っていないことがわかった。スマートウォッチのようなウェアラブルデバイスは、ユーザーがタバコを口元に運ぶ動作を検知し、喫煙の直前に警告を発することができる。しかし、固定灰皿では吸い終わった瞬間に限定される。介入のタイミングが喫煙後になる場合、減煙行動を促す効果が前者より弱くなることがうかがえた。また、フィードバックの有効性は、被験者の行動パターンによって二極化した。被験者AやDのように改善傾向にあるユーザーにとって、データによる肯定的なフィードバックが自己効力感を高め、習慣維持の動機となった。しかし被験者Bのようにリバウンドを経験したユーザーは、警告の多さにより受容性が低下し、システムに抵抗を感じる結果となった。これは、システムが成功者を加速させる一方で、失敗者をさらに孤立させるリスクがあることを示している。

6.3 結論と課題

本システムは客観的なデータに基づく習慣診断において有効性を示したが、ネガティブなフィードバックの質がユーザー体験を損ねる可能性を明確にし、デバイスとしての限界も同時に示した。今後は警告を「監視」的ではなく「共感的な支援」と感じさせるパーソナライズされた介入方法の開発が必要である。

6,4 将来の展望

システムの課題であるP C依存と受容性の問題を解決するため、ワイヤレスでの完全なポータビリティを目指す。具体的には、**Arduino** を **ESP32** に置き換え、喫煙イベント発生後、**Wi-Fi** 経由で直接クラウドへのデータを送信する。計測ユニットを小型化し、既存の携帯灰皿に組み込むことで、計測環境の制約を完全に排除する。データはクラウドで処理され、スマートフォンアプリを通じてユーザーにプッシュ通知でパーソナライズされたアラートとグラフを提供する。これによりシステムは真の意味で日常に溶け込んだデジタルヘルスツールへと進化する。

第7章 まとめ

本研究は、赤外線センサーを用いたスマート灰皿システムを構築し、客観的なデータ分析が喫煙習慣の改善に与える影響を検証した。提案手法である「機能分離と数学的フィードバックの統合」の有効性は示されたが、同時に行動変容支援における心理的課題も浮き彫りになった。

システムは、USBシリアル通信による安定したデータ収集を達成し、計測層の処理により高い記録精度を確保した。収集・分析層で計算された移動平均線と週間トレンドという指標は、被験者の自己認識と高い関連性を示し、システムの習慣診断能力の高さを証明した。

中でも最も重要な発見は、フィードバックに対するユーザー体験の二極化である。

被験者AやDのように、システム使用中に改善傾向を示したユーザーは、データによる成果の証明を受け、自己効力感と受容性が高いスコアを維持した。システムはポジティブな習慣を維持するための動機付けとして機能した。

一方、被験者Bのようにリバウンドによる悪化トレンドとリアルタイムアラートを頻繁に受けたユーザーは、受容性が低下した。これはシステムが「監視」や「批判」として感じられ、ユーザー体験の質を著しく損ねることを示唆する。データ分析の精度が高いほど、ネガティブなフィードバックが心理的な抵抗を生むという課題が明らかになった。

本研究は、低コスト IoT デバイスが客観的な喫煙習慣の診断においての有効性を実証した。しかし、システムの真の価値はこのネガティブなフィードバックをいかに受容させるかにかかっている。

今後、システムはPC常時起動という運用コストの課題を解決するため、ESP32 への移行とクラウド連携を実現する必要がある。将来の展望として、ワイヤレス化された計測ユニットを携帯灰皿に組み込み、スマートフォンアプリを通じて「警告」を「共感的支援や次の行動提案」へとパーソナライズすることで、心理的な抵抗を最小化し、禁煙支援ツールとしての実効性を高めることを目指す。

謝辞

本研究を行うにあたり、ご指導とご鞭撻をいただいた三好力教授に心から感謝いたします。また、本研究に被験者としてご協力いただいた皆様に心から感謝いたします。最後に、参考となる貴重な意見や、ご協力いただいた三好研究室の皆様に感謝いたします。

参考文献

[1]

World Health Organization, "Tobacco.", <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/tobacco>, (2025)

[2]

日本循環器学会・日本肺癌学会、日本癌学会、日本呼吸器学会、“禁煙治療のための標準手順書（第7版）”、<https://www.haigan.gr.jp/wp-content/uploads/2024/06/%E7%A6%81%E7%85%99%E6%B2%BB%E7%99%82%E6%89%8B%E9%A0%86%E6%9B%B8%E7%AC%AC%E7%89%88.pdf>、(2020)

[3]

厚生労働省、“禁煙支援マニュアル（第二版）増強改訂版”、<https://www.mhlw.go.jp/topics/tobacco/kin-en-sien/manual2/dl/addition01.pdf>、(2018)

[4]

厚生労働省、“ICTを活用した禁煙支援プログラムの実施及び汎用モデル構築事業”、<https://www.mhlw.go.jp/content/12400000/000526141.pdf>、(2019)

[5]

ブリストル大学、“Presenting and Evaluating a Smartwatch-Based Intervention for Smoking Relapse (Stopwatch): Feasibility and Acceptability Study”, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39570656/>, (2024)

[6]

アラバマ大学・ニューヨーク州立大学、“Cigarette Smoking Detection with An Inertial Sensor and A Smart Lighter”、<https://www.mdpi.com/1424-8220/19/3/570>、(2019)

付録

各層のコードを掲載する。計測層は C＋、他 2 層は Python を使用している。

計測層のコード	Serial.println(cigaretteCo	'smoking_log.csv'
const int irSensorPin = 2;	unt);	
		try:
volatile int	delay(500);	ser =
cigaretteCount = 0;	}	serial.Serial(arduino_port
int sensorState = 0;		, baud_rate, timeout=1)
int lastSensorState = 0;	lastSensorState =	time.sleep(2)
	sensorState;	
long lastTransmitTime =		if not
0;	if (millis() -	os.path.exists(data_file):
const long	lastTransmitTime >	with
transmitInterval = 1000;	transmitInterval) {	open(data_file, 'w') as f:
		f.write("date,count¥n")
void setup() {	Serial.print("current_cou	
Serial.begin(9600);	nt:");	last_count = 0
pinMode(irSensorPin,		
INPUT);	Serial.println(cigaretteCo	while True:
}	unt);	if ser.in_waiting
	lastTransmitTime =	> 0:
void loop() {	millis();	line =
sensorState =	}	ser.readline().decode('utf-
digitalRead(irSensorPin);	}	8').strip()
if (sensorState == LOW	収集・分析層のコード	if
&& lastSensorState ==	import serial	line.startswith("current_c
HIGH) {	import time	ount:");
cigaretteCount++;	import datetime	try:
	import os	
		current_total =
Serial.print("current_cou	arduino_port = 'COM3'	int(line.split(":")[1])
nt:");	baud_rate = 9600	if
	data_file =	current_total >

```

last_count:
    pd.read_csv(filename)
    df['date'] =
today =
    pd.to_datetime(df['date'])
datetime.date.today()
    daily_df =
    df.groupby(df['date'].dt.da
te)['count'].last().reset_ind
ex()

with open(data_file, 'a') as
f:
    status = "警告" if
latest['daily_count'] >
latest_avg * 1.2 else "順調
"

f.write(f'{today},{current_
total}¥n')
    daily_df['daily_count'] =
    daily_df['count'].diff().filln
a(daily_df['count'].iloc[0])
    print(f"判定 本日
の喫煙本数は{status}です
")

last_count = current_total
    except
    daily_df['moving_avg'] =
(ValueError, IndexError):
    daily_df['daily_count'].roll
ing(window=7).mean()
    trend = "悪化" if
diff > 0 else "改善"

except
    latest =
KeyboardInterrupt:
    daily_df.iloc[-1]
    pass
    latest_avg =
finally:
    latest['moving_avg']
    if 'ser' in locals() and
ser.is_open: ser.close()
    print("=" * 45)

    diff = 0
データ層のコード
    if len(daily_df) >
1:
    diff =
    plt.figure(figsize=(10, 5))
    latest_avg -
    plt.plot(daily_df['date'],
daily_df['daily_count'],
import pandas as pd
    daily_df['moving_avg'].ilo
marker='o',
import matplotlib.pyplot
    c[-2]
color='#5ba4a4', label='日
as plt
    print(f'===== 被験者
ごとの本数')
import matplotlib.dates
    {subject_id} 分析結果
as mdates
    =====")
import glob
    print(f"計測期間
{daily_df['date'].min()} ~
import os
    {daily_df['date'].max()}")

def
analyze_subject(subject_i
d, filename):
    print(f"被験者
{subject_id} の分析結果")
    try:
        plt.plot(daily_df['date'],
daily_df['moving_avg'],
color='red', linewidth=3,
label='7 日間移動平均')
        df =
        plt.title(f"被験者
{subject_id} の分析結果")
    except:
        pass

```

```
{subject_id} 喫煙本数と習慣  
トレンドの推移")
```

```
plt.ylabel("喫煙本数")
```

```
plt.grid(True,  
alpha=0.3)
```

```
plt.legend()
```

```
plt.show()
```

```
except Exception as  
e:
```

```
print(f"エラー  
{filename} : {e}")
```

```
csv_files =  
glob.glob("*.csv")
```

```
for f in csv_files:
```

```
    s_id =
```

```
os.path.basename(f).replace  
(".csv",
```

```
 "").replace("_log", "")
```

```
    analyze_subject(s_id,  
f)
```

