

家族の腸内環境を改善する排便分析デバイス — トイレから始まる、家族の健康。 —

1. 背景

健康管理手段として食生活や睡眠を記録するウェアラブルデバイスは既に広まりつつあるが、腸内環境を映し出す重要な指標である便の状態については、その有用性が十分には認識されていない。特に子どもの便秘が近年増加傾向にあることが指摘されているが、家庭内で排便を意識的に管理し、早期に異常を発見・対処する仕組みはまだ普及していない。このような状況を背景に、排便の状態を日常的に観察しやすくし、さらに家族間で共有できる環境を整えることの必要性が高まっていると我々は考えている。

2. 目的

本プロジェクトは、家庭内での排便状態を可視化することで、便秘や腸内環境に関する問題を早期に把握できるようにし、家族の健康管理を促進することを目指している。トイレに設置するだけで便の形状や色を自動的に分析し、利用者が日々の生活の中で自然に記録を続けられるようにする。また、得られた便の画像がインターネットを介してサーバーなどに送信されることなく、ローカルで処理する仕組みを採用することで、プライバシーの懸念を軽減し、継続的な利用を促進させる。

3. 開発の内容

本プロジェクトでは、トイレに設置する排便分析デバイス「うんポスト」、機械学習を活用した便の分類モデル、家族間で排便状況を共有できる専用スマートフォンアプリケーションを開発した。以下に、それぞれの詳細を記述する。



図 1:「うんポスト」をトイレに設置している様子

はじめに、うんポスト本体のハードウェア設計についてであるが、便を撮影するためのカメラと照明、そして機械学習による推論を行うエッジコンピュータが一体化した構造を採用し

ている(図 1)。具体的には Raspberry Pi 5 を中心に構成し、照明には LED を採用して、暗所でも便の形状や色を明瞭に取得できるよう設置位置や光量を慎重に調整している。筐体は 3D プリンタで試作した試作品を用い、各種トイレの形状にも対応しやすいように凹凸のある固定機構を検討した。固定方法としては当初、ネジやナットでしっかり留める形式を検討していたが、実際の使用では頻繁な取り外しや掃除が想定されるため、より簡易に着脱が可能で、かつ安定性も確保できる方法に改良を加えている。

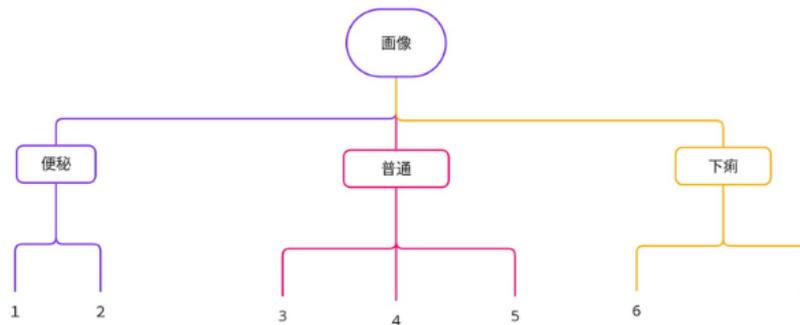


図 2: 階層的な便画像の分類のイメージ

次に、便の画像解析に用いる機械学習モデルの開発について述べる。本プロジェクトではブリストルスケールを参照して便を 7 つのタイプに分類する方針を採り、ディープラーニングを用いて形状を判定している。具体的には、インターネット上で収集した便の画像数千枚を手作業でラベリングし、CNN(畳み込みニューラルネットワーク)を中心としたモデルを構築している。「便秘」「通常」「下痢」という大まかな分類を行ったのち、さらに細かい特徴に基づいた詳細な分類を行うという階層的なアプローチを採用している(図 2)。色の解析においては、便の画像を HSV 色空間に変換して分析をしている。学習後の評価段階では約 85% の分類精度を得ることができたが、便は光の当たり方や水量によって見え方が変化するため、より現実的な環境下で撮影した追加データを収集し、モデルを継続的に再学習させることも今後は検討している。推論はエッジコンピュータ内で全て完結する設計とし、便の画像データそのものをクラウドに送信しないことでプライバシー保護を図っている。

そして、排便情報を家族で共有するためのスマートフォンアプリケーションの開発についてである。アプリケーションの開発には Flutter を用いており、iOS と Android に両対応させる形で実装を進めた。カメラで取得された便の画像は即座にうんポスト内部で解析され、その結果がネットワーク経由でアプリケーションへ送られる。アプリケーション側では日付や時刻、便の状態、ブリストルスケールでの判定結果などを一覧表示し、各ユーザーが自分や家族の排便状況を把握できる仕組みを整えている(図 3)。さらに、子どもにとっては便の状態を直接数値や評価で示されることに抵抗がある場合も考えられるため、キャラクターを使ったゲーミフィケーション要素を導入し、便の状態に応じて腸内環境を擬人化するなど、楽しみながら健康管理を続けられる設計としている。



図 3:スマートフォンアプリケーションの画面

4. 従来の技術との相違

便の状態を記録するためのスマートフォンアプリケーションは存在していたが、多くはユーザーが手作業で情報を入力する必要があり、継続が難しいという課題があった。介護現場や医療施設で導入されている排便記録デバイスは高額かつ設置が複雑であり、一般家庭での利用には適していないことが多い。また、排便記録デバイスの中にはクラウドでの解析を前提とするものもあり、便の画像データを外部に送信することでプライバシーリスクが発生する懸念がある。

本プロジェクトではエッジコンピューティングを導入してローカルで処理を完結させるため、プライバシー面での優位性を保持している。また、トイレへの簡易な後付け設置や、子ども向けに抵抗感を減らすキャラクター要素などを盛り込み、実際に家庭で使い続けやすい設計を行っている点に相違がある。

5. 期待される効果

うんポストによってユーザーの便の状態が自動的に記録されることで、家族の腸内環境の異常を早期に察知しやすくなることが期待される。家庭内で気軽に情報共有ができることによって、ユーザーは生活習慣の見直しや医療機関への受診につなげやすくなり、結果として子どもから高齢者まで幅広い世代で健康管理の意識が向上する可能性がある。医療機関との連携が進めば排便データが診断の補助として利用される未来も考えられ、広範な実証データの集積が、腸内環境の研究や予防医療の分野でも新たな発見をもたらすと考えられる。

6. 普及の見通し

今後は、家庭向け製品としての販売につなげるとともに、介護や在宅医療の現場にも応用範囲を広げたいと考えている。うんポストは日常生活における排便データが客観的に得られるため、施設や医療現場での身体管理や栄養指導にも利用価値が高いと想定される。さらに、得られたデータを医療機関や研究機関と連携して活用し、過敏性腸症候群や便秘症といった疾患の予防や早期発見に資する取り組みを拡大していく余地がある。加えて、今後はユーザーに対する心理的ハードルのさらなる軽減や設置方法の改良を進め、幅広い世帯での継続的な利用を促進していきたい。そうした普及活動を通じて、家庭のみならず社会全体で腸内環境の重要性を共有し、便の状態を入口とした包括的な健康管理を根付かせることがこのプロジェクトの展望である。

7. クリエータ名(所属)

工藤 蒔大(早稲田大学 基幹理工学部 情報通信学科)

本多 拓翔(慶應義塾大学 環境情報学部 環境情報学科)