

1. 担当 PM

稲見 昌彦（東京大学 総長特任補佐 先端科学技術研究センター 副所長・教授）

2. クリエータ氏名

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）

3. 委託金支払額

2,727,500 円

4. テーマ名

家族の腸内環境を改善する排便分析デバイス

5. 関連 Web サイト

なし

6. テーマ概要

本プロジェクトは、工藤蒔大・本多拓翔両クリエイータによる「家族の腸内環境を改善する排便分析デバイス」の開発である。開発されたデバイス「うんポスト」は、トイレに設置するデバイスによって排便の状態を自動的に分析し、家族の健康管理を支援するシステムである。近年の健康管理手段としてウェアラブルデバイスや食生活・睡眠の記録が一般的になる中で、腸内環境の健康への影響はまだ十分に認識されていない分野であり、本プロジェクトはこの社会的課題に取り組むものである。

特筆すべきは、排便分析デバイスと連携するスマートフォンアプリケーションを通じて家族間で排便データを共有し、腸内環境の可視化を実現している点である。さらに、プライバシー保護の観点からエッジコンピューティングを活用し、データをローカルで処理する設計を採用している点も高く評価できる。

7. 採択理由

「腹の虫」という言葉があるように、我々の消化器官は最も身近な「他者」である。そしてトポロジカルには腸内は外部であり、従来のヒューマンインタ

フェースが対象としていた体表面へのインタラクションの延長上にもあるといえる。

本プロジェクトはまさに腸内環境への間接的なインタラクションを志向した野心的な取り組みでありつつ、社会へのインパクトも大きいと判断し採択とした。

8. 開発目標

本プロジェクトでは以下 3 点を主要な開発目標として掲げている。

1. **家庭内の意識改革による子どもたちの健康増進:** 日本トイレ研究所の調査でも示されているように、児童の便秘の割合が年々増加している社会問題に対し、家庭での排便記録と共有によって保護者の意識改革を促し、子どもの健康増進を図る。
2. **手軽な家庭用排便記録デバイスの開発:** 既存の排便記録アプリは継続的な記録維持が困難であり、介護向けに設計された排便記録システムは一般家庭での使用に適していない。そこで日常生活に容易に組み込める排便記録デバイスを開発する。
3. **フィードバックによる継続的な健康改善:** ブリストルスケールなどの専門的知識を要する便の評価を自動化し、便の状態からユーザに適切なフィードバックを提供することで、保護者や子どもの消化器系健康を促進する。

9. 進捗概要

本プロジェクトは「うんポスト」と名付けられた、トイレに設置して排便を自動分析し家族の健康管理をサポートする革新的なデバイスの開発である。クリエイターは技術的に高度な課題に挑戦し、実用性とプライバシー保護を両立させたシステムの構築に成功した。

便形状・色の自動分析機能開発

クリエイターは国際指標であるブリストルスケールを採用し、便の形状を 7 段階に分類するアプローチを取った。ここで注目すべきは、機械学習技術を活用した画像解析手法である。階層的分類手法を採用することで、便秘・通常・下痢といった大まかな分類から詳細な分類へと精度を向上させた点は高く評価できる。

特筆すべきは、プライバシー保護を強化するためにデバイス内で処理を完結させる設計思想である。この判断は、センシティブな健康データを扱う上で極めて重要な選択であり、ユーザ信頼性を確保する上で適切な判断であったと評価する。

技術的には MobileNet V2 をベースとした階層的ディープニューラルネットワーク (HDCNN) を採用し、限られたリソースで効率的な分析を可能にしてい

る。K 分割交差検証を用いたモデルトレーニングと、ハイパーパラメータの綿密な調整により、粗いカテゴリでは 85%、細かいカテゴリでは 65%という分類精度を達成した（図 1）。これは実用レベルに近い成果であり、隣接カテゴリでの誤識別が主であることを考慮すると、実用上大きな問題はないと判断できる。

ただし、教師データのラベリングに偏りが存在する点は改善の余地がある。本システムの精度向上には、多様でバランスの取れた教師データの拡充が今後の課題であろう。

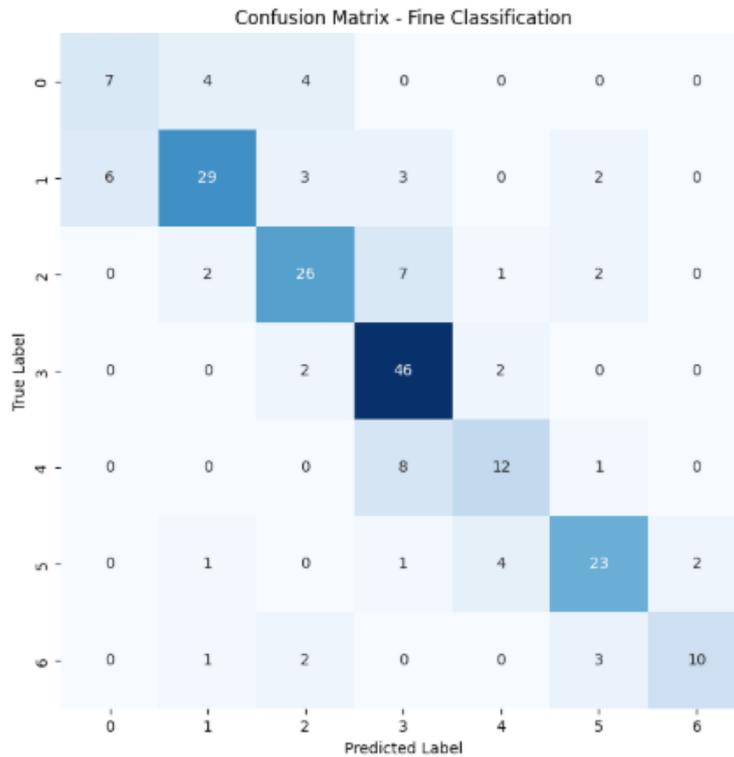


図 1：便分類モデルの精度評価結果

排便分析デバイスの開発

デバイスの開発においては、多様なトイレへの適応性、撮影環境の最適化、エッジコンピューティングによるローカル解析、防水・耐久性の確保という明確な要件定義に基づき進められた。Raspberry Pi 5 を採用した点は、処理能力とコストのバランスを考慮した適切な選択である。

特に注目すべきは、カメラ角度に関する技術的挑戦への対応である。当初計画していた横からの撮影と、既存データセットの上からの撮影という矛盾を、45度アングルと広角レンズの採用により解決した点は創意工夫が見られる。また、設置機構も当初のネジ・ナット方式から凹凸機構を用いた固定方法へと改良されており、ユーザビリティを考慮した改善が継続的に行われたことが伺える（図 2 左）。

実際のトイレ環境での試験運用による耐久性評価も実施されており、実用化を見据えた開発姿勢が評価できる。

スマートフォンアプリケーションの開発

スマートフォンアプリケーションの開発では、便の記録管理と家族共有機能を核としつつ、ゲーミフィケーション要素を取り入れた点が特徴的である。健康管理という日常的かつ継続的なタスクに対し、ユーザエンゲージメントを高める工夫が施されている（図 2 右）。

技術面では、Flutter を採用したクロスプラットフォーム設計により、開発効率とユーザリーチの両立を図っている。さらに、デバイスストレージを活用した家族間共有機能の実装は、クラウドに依存しない独自のアプローチであり、プライバシー保護とユーザビリティの両立を実現している。

また、デバイスとアプリケーションを Bluetooth Low Energy で接続する Wi-Fi 設定機能の実装は、初期設定の煩雑さを軽減し、ユーザ体験の向上に寄与する重要な機能として評価できる。

総じて、クリエイターは技術的課題と実用性のバランスを適切に取りながら、一般家庭でも活用可能な健康管理デバイスの開発に成功している。今後の実用化に向けた基盤が十分に構築されたと評価する。

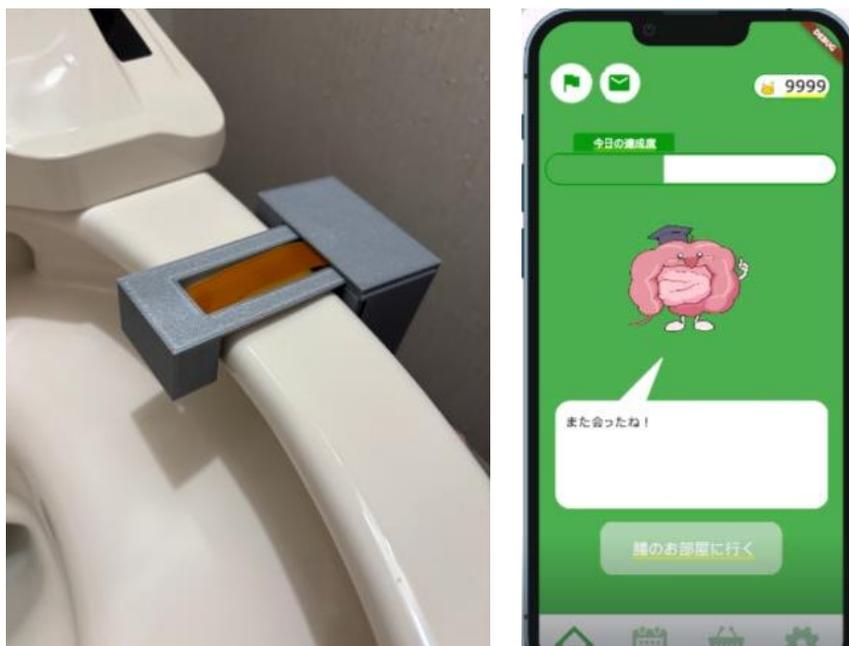


図 2：開発したデバイスとスマートフォンアプリケーション

10. プロジェクト評価

本プロジェクトの成果は、以下の点において評価できる。

- 一般家庭向けに設計された排便分析デバイス：既存の排便記録アプリケーションや介護・施設向けの排便関連ハードウェアの欠点を克服し、一般家庭で簡単に導入・利用できるデバイスを開発した点は革新的である。特に設置の

容易さと操作性を重視した設計は実用的価値が高い。

- **プライバシー保護を重視したローカル処理**: 排便データという非常にプライベートな情報を扱うシステムとして、エッジコンピューティングを活用し、データを外部に送信せずローカルで処理を完結させる設計を採用した点は、ユーザ保護の観点から極めて重要である。
- **子どもでも楽しく使えるデザイン**: 排便という一般的に「恥ずかしい」と感じられがちな健康指標を、ゲーミフィケーションを通じて子どもでも抵抗なく記録できるよう工夫した点は秀逸である。腸内環境をキャラクター化し、健康な排便が続くとキャラクターが成長するなどの演出は、子どもの継続利用を促進する効果的なアプローチである。

なお、機械学習モデルの精度（85%）は実用レベルに達しており、おおむね良好な結果と言える。現状では隣り合うカテゴリでの誤識別がほとんどであり、実用上大きな問題は生じないと考えられる。

一方でクリエイター同士での連携や学業との両立に関しては課題があったように見受けられる。

11. 今後の課題

本プロジェクトのさらなる発展のために、以下の課題が挙げられる。

まず、現状の分類精度（85%）をさらに高めるため、より多様でバランスの取れた教師データの拡充が必要である。また、Federated Learning（連合学習）を活用し、各個人の腸内環境に適応した分析を実現できる仕組みの開発も検討すべきである。

また、排便分析というセンシティブな機能について、プライバシー保護の強化と並行して、デバイスの外観デザインやアプリケーションのUIをより親しみやすいものにし、ユーザの心理的抵抗を和らげる工夫が必要である。なお、現状では家庭向け健康管理デバイスとして位置づけられているが、将来的には医療機関との連携を進め、排便データを診断の補助として活用できる仕組みの構築を検討すべきである。そのためには、医療機器認証に向けた適用基準の確認や専門家との連携体制の構築が必要となる。

腸内環境管理プラットフォームへの発展: 排便データと食事・運動のデータを統合し、AIによる健康アドバイスを提供するシステムの構築など、より総合的な健康管理プラットフォームへの発展を期待したい。

総じて、本プロジェクトは社会的意義の高い課題に取り組み、特に家族の健康管理を支援するツールとして、また子どもの健康教育の観点からも、本デバイスの実用化は社会に貢献する可能性を秘めている。クリエイターらの継続的な改良と、ユーザフィードバックを活かしたプロダクトへの取り組みに期待したい。