

プロジェクトE 成果発表会

BLEを用いた食堂の混雑度センシングに関する研究
～誰もが不便なく利用できる学食を目指して～

理工学研究科 ヒューマンウェア工学研究室

平本宗大 上村航平 大西真輝 佐野一樹 高屋友輔
平木晶 三好涼太 山下智也 吉原駿平

2025.6.19



利用集中による混雑



昼休み等には長蛇の列

時間が無く
「諦める」「急いで食べる」
といった学生も多い



落ち着いて食事できる環境
が理想

混雑度の可視化

混雑状況を可視化するメリット

利用者：事前に混雑時間帯を避ける意思決定

管理側：適切な人員配置やオペレーションの改善



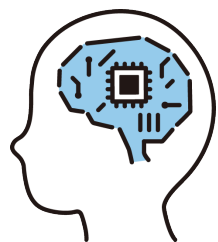
食堂の 回転率向上や利用者の分散 が期待

今後の改善に向けた基盤としても働く



Bluetooth Low Energy (BLE)

×



Artificial Intelligence (AI)



食堂利用者が持つスマホの
BLE信号をAIで解析

その場の人数を推定可能

有用性が高く 学術的研究も多数

- プライバシーへの配慮
- 低消費電力でのスキャン
- 簡便な設置

実施スケジュール

2024年

4月～6月

先行研究調査・生協食堂へのヒアリング

7月～9月

データ収集・加工（BLE・決済データ）

10月～12月

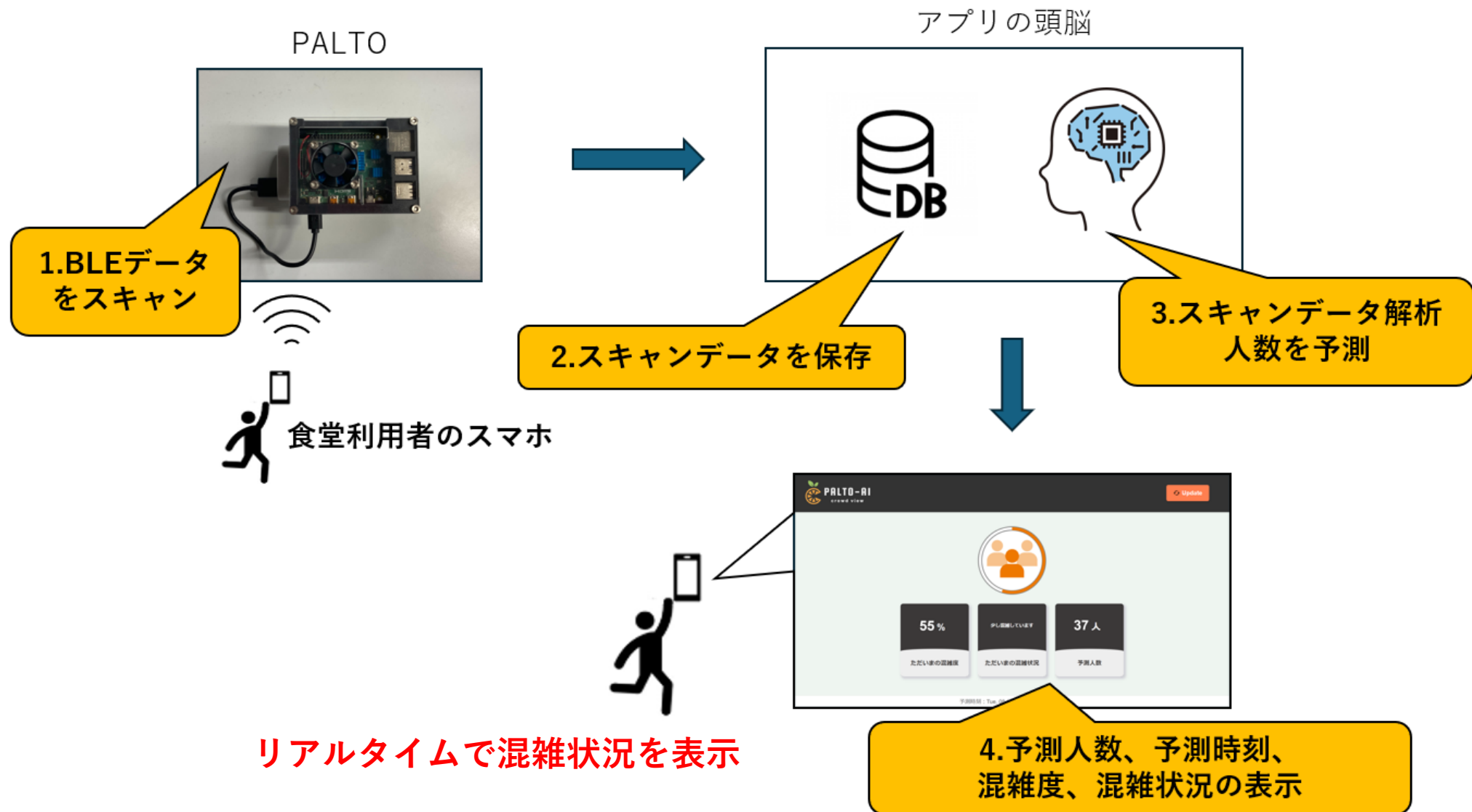
AIモデル開発（学習・評価）

2025年

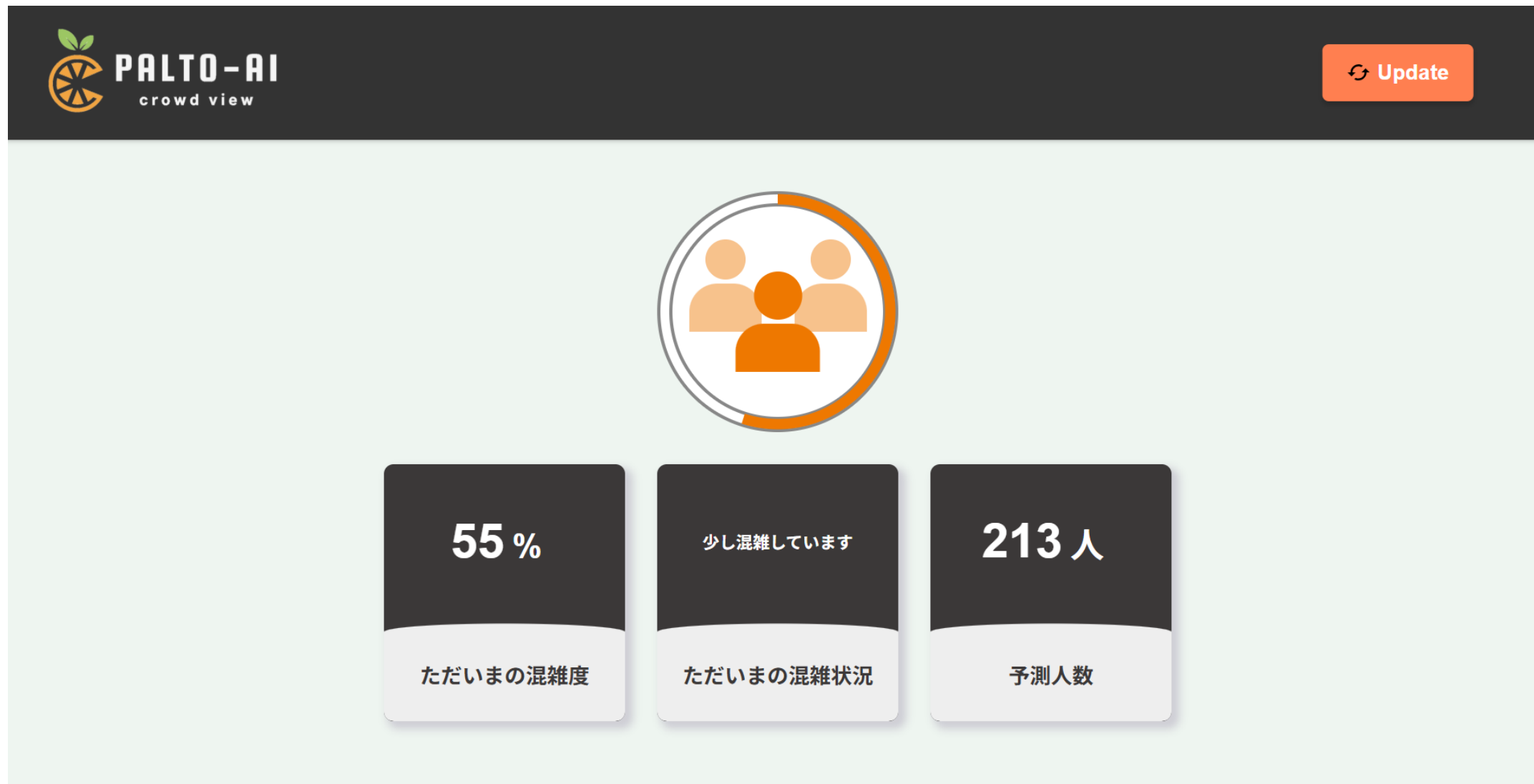
1月～3月

混雑度可視化Webアプリの開発

アプリケーションの概要



作製したアプリケーションの画面



予測時刻：Tue, 17 Jun 2025 23:23:00 GMT

データの収集と混雑度推定AIの学習



食堂内のBLEスキャンデータ

AIの学習に最適な加工を実施

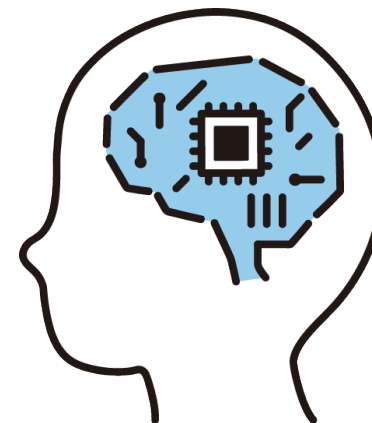
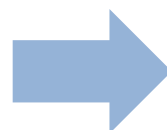


在籍人数の正解データ

食堂の決済データ（生協提供）

退席記録（手動）から算出

過去のデータから
傾向を学習

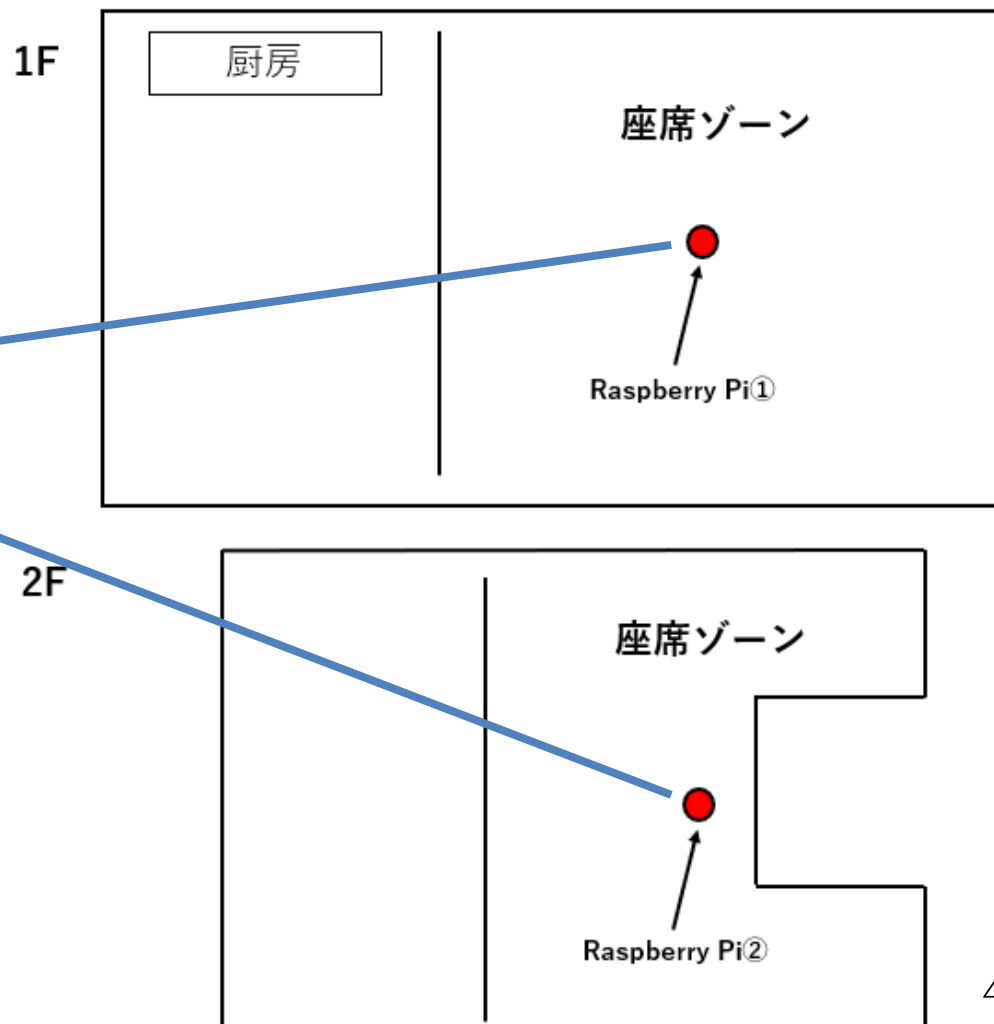


利用者の人数を
リアルタイムで推定

食堂の略図とBLEスキヤナの配置



今回スキヤナとして用いた
RaspberryPi



400席以上

400人規模の空間で高精度の予測に成功

平均して 13人程度の誤差 での予測に成功

- ・ 400人規模での予測は初
- ・ 学習の手法にも工夫



学術研究的にも有意義な内容

プロジェクトの成果

①学術的なBLE応用の成果

- ・ 400人規模の空間でBLEを用いた混雑度推定手法の有効性の確認
- ・ 学習法などの観点で新たな工夫

②食堂の課題解決へ向けた「混雑推定」の実現

- ・ 実際に活用を想定したアプリケーションを構築
- ・ 課題解決へ向けた地盤を創出

③「先端研究」→「社会実装」を一気通貫して実現

- ・ BLE応用の先端研究
- ・ 身近な課題解決

時代の先駆者であるために

目まぐるしい変化を起こす情報社会
「先端研究」が「社会実装」されるまでの時間を
どのように減らしていくのか

このプロジェクトはその問題にアプローチする

先駆け的な取り組み

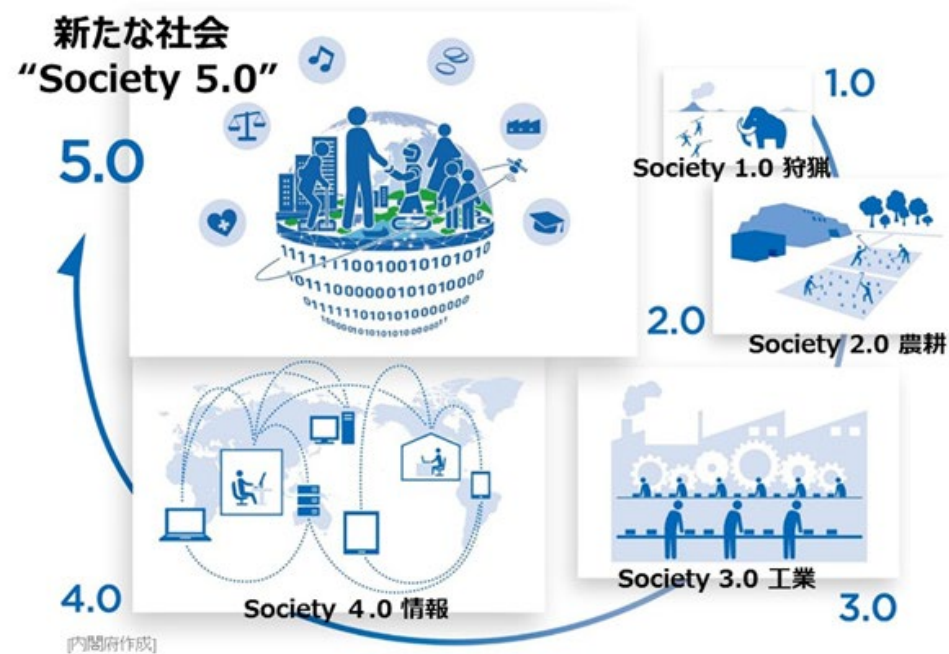
Appendix

ご清聴ありがとうございました

ご質問や技術的な詳しい点は
ポスターセッションにてご説明します

Society 5.0

サイバー空間とフィジカル空間が高度に融合した社会



内閣府

人の混雑（フィジカル空間）と混雑度推定AI（サイバー空間）

混雑度推定モデル

特徴量

表 2: 特徴量一覧

特徴量名	内容
$\text{total_address_count}_{T_{\text{sec}}}$	過去 T 秒間にスキャンされた, BD アドレスの総数
$\text{unique_address_count}_{T_{\text{sec}}}$	過去 T 秒間にスキャンされた, BD アドレスのユニーク数
$\text{unique_ratio}_{T_{\text{sec}}}$	過去 T 秒間にスキャンされた, BD アドレスのうち, ユニークなデバイスの占める割合 (ユニーク数 / 総数)
$\text{total_address_count}_{T_{\text{sec}}-S_{\text{db}}}$	過去 T 秒間にスキャンされた, BD アドレスのうち, RSSI が閾値 S_{db} より大きいものの総数
$\text{unique_address_count}_{T_{\text{sec}}-S_{\text{db}}}$	過去 T 秒間にスキャンされた, BD アドレスのうち, RSSI が閾値 S_{db} より大きいもののユニーク数
$\text{unique_ratio}_{T_{\text{sec}}-S_{\text{db}}}$	過去 T 秒間にスキャンされた, BD アドレスのうち, RSSI が閾値 S_{db} より大きいもののユニークなデバイスの占める割合 (ユニーク数 / 総数)

特徴量重要度

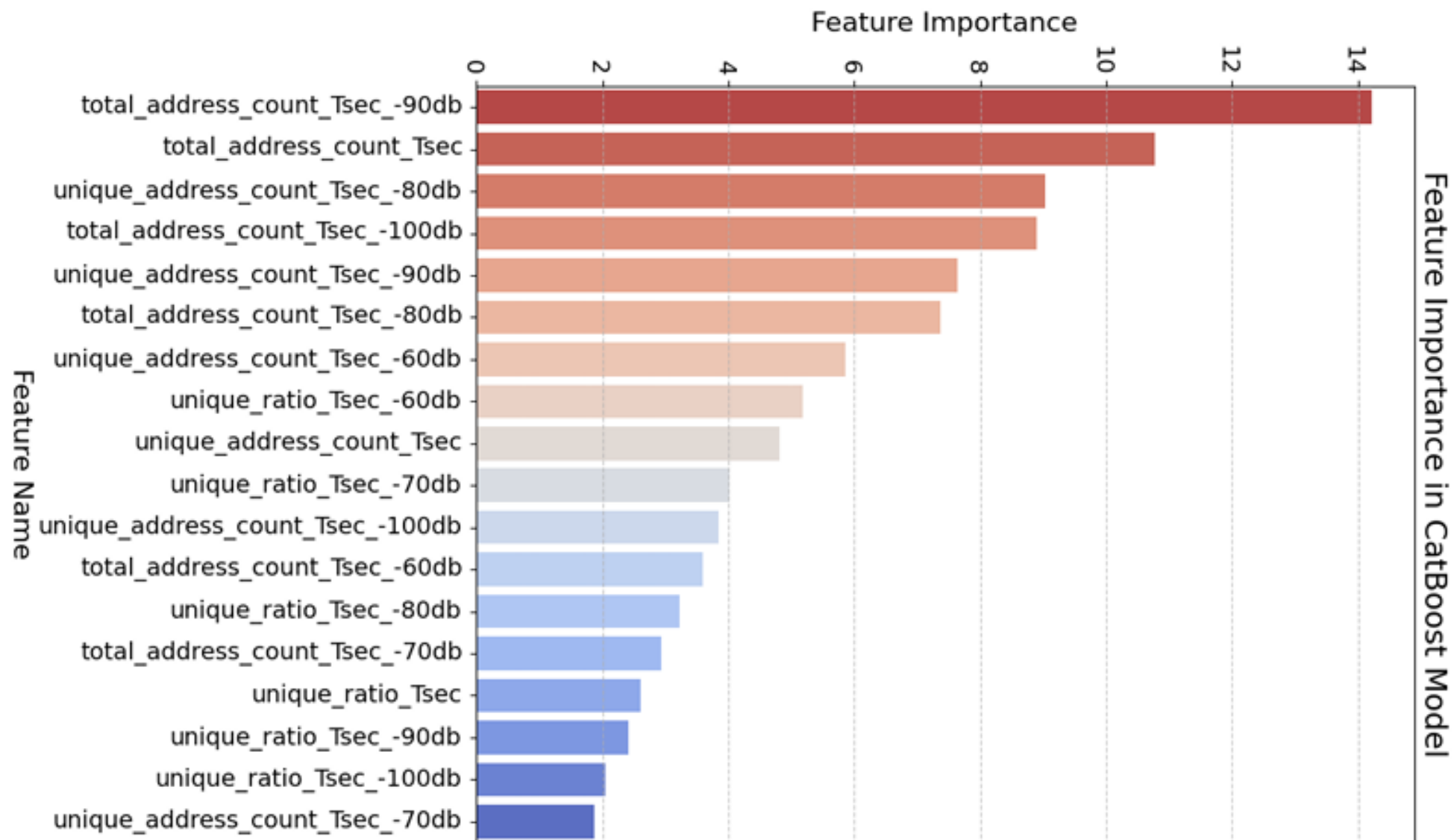


表 8: パラメータ調整後のモデル評価結果

モデル	検証データ			テストデータ		
	MSE	MAE	R^2	MSE	MAE	R^2
SVR	1096.46	23.31	0.887	1059.67	22.73	0.893
RFR	517.24	15.84	0.947	559.44	15.66	0.943
XGBR	357.44	13.35	0.963	529.44	14.51	0.946
LGBM	388.36	14.03	0.960	478.33	13.71	0.952
CatBoost	312.33	12.07	0.968	466.06	13.43	0.953

システムアーキテクチャ

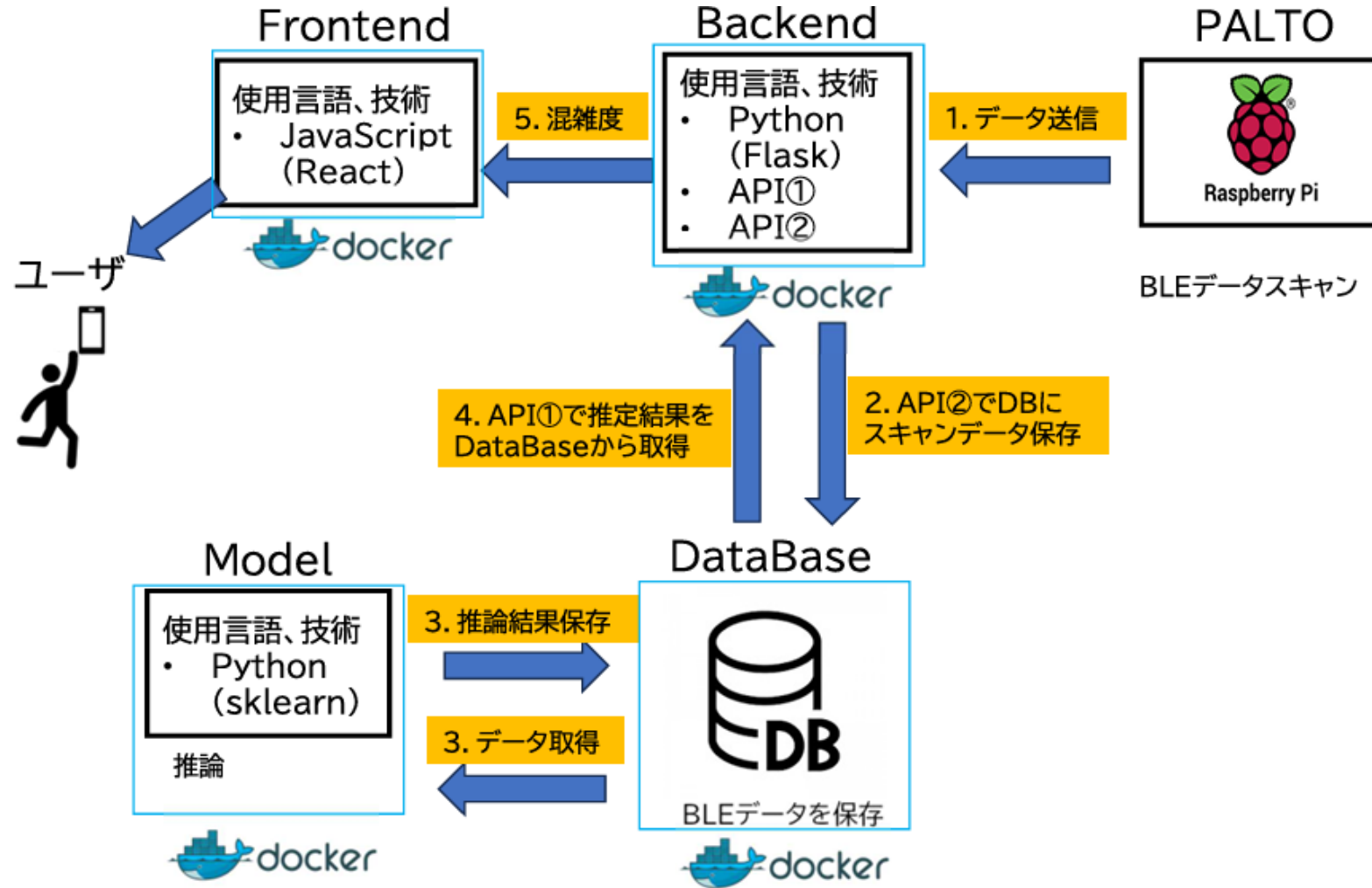
未来を見据えたモダンなシステム設計

「仮想化技術」によって**拡張性の高い設計**を実現

なぜ仮想化技術なのか？

仮想化技術有り	仮想化技術無し
○容易に新機能を追加可能	×機能追加にシステム全体の再構築が必要
○迅速にアクセス増加に対応可能	×新たな計算機設定に手間が必要
○機能ごとの独立してチーム開発が可能	×1つの変更が他に影響

アーキテクチャ図



コンテナ概要

表 9: コンテナ

コンテナ	言語	技術	内容
モデル	Python	sklearn	データ処理・予測を行う。
バックエンド	Python	Flask	API の提供, データの受信・提供を行う。
フロントエンド	JavaScript	React	混雑度の可視化を行う。
データベース	SQL	MySQL	データの管理を行う。

フロントエンド

表 10: 主要な UI 要素

UI 要素	役割
ProgressRing	混雑度を SVG 円形プログレスバーでアニメーション表示
GroupIcon	人物アイコンを使った混雑状況の視覚的表現
StatusBox	混雑度, 混雑状況, 予測人数を表示するボックス
UpdateButton	最新の予測データを取得するためのアニメーション付きボタン
ResponsiveElements	windowWidth 状態を使用した画面サイズに応じたレイアウト調整



予測時刻: Tue, 08 Apr 2025 17:06:00 GMT

開発管理

分散型バージョン管理 (Git)

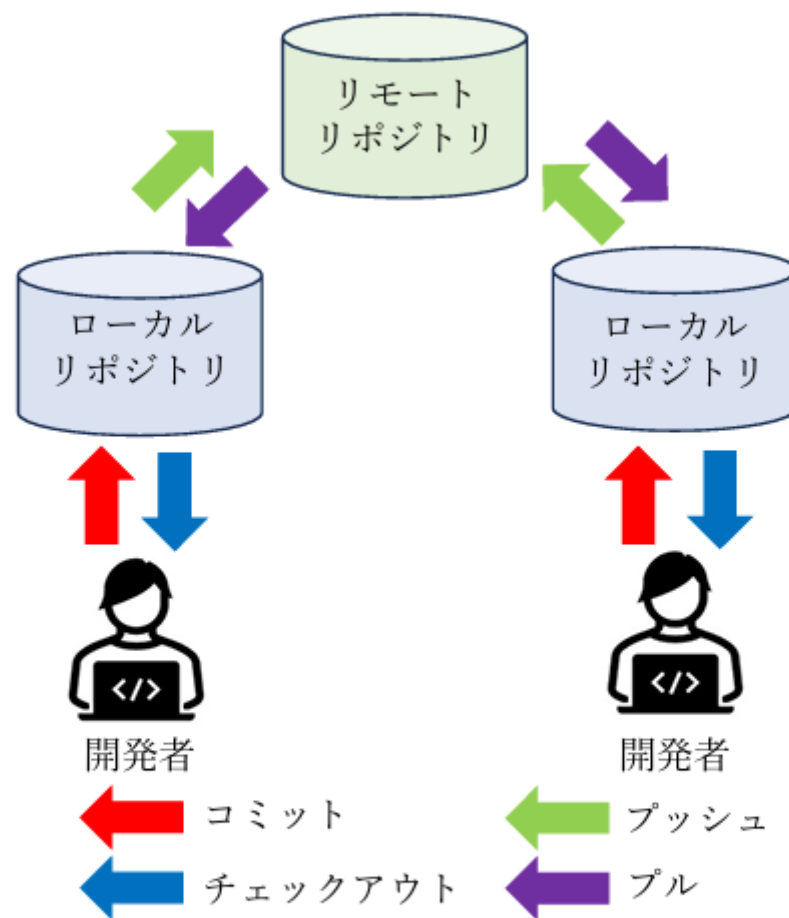


図 7: 分散型のバージョン管理

タスク管理 (NOTION)

+ :: セクション: アプリ開発 ≡ ↑ ⚡ 🔍 ↗ ⚙️ 新規 ▾

● Not started 0

+ 新規ページ

● In progress 3

📄 RasPiを用いての検証
平 平本宗大 航平 上村航平
🕒 キルアゾルティック

📄 アーキテクチャ図作成
Y YP 🕒 キルアゾルティック
航平 上村航平

📄 250112_仕様書
🕒 キルアゾルティック

+ 新規ページ

● Done 7

📄 フロントエンド
🕒 キルアゾルティック

📄 241211モデルコンテナ

📄 バックエンド

📄 241211_DBコンテナ

📄 241216_RASPitoDB
太郎 山田太郎

📄 要件定義・アーキテクチャの設計

20250121_152にclone

+ 新規ページ