

「手の認識学習テスト」要件定義書

1. システム概要

本システムは、Webカメラで撮影した手の形状をAI（MediaPipe Hands + KNNアルゴリズム）によってリアルタイムで識別・学習し、特定の条件（例：「チョキ」の認識）に応じて画面表示（「OK」 / 「No」）を切り替えるとともに、フィジカルプログラミング教材「タコラッチ・ミニ（TFW-TM1）」のLEDやサーボモーターと連携制御するWebアプリケーションである。

2. 目的・対象ユーザー・利用環境

2.1 目的

- 機械学習（AI）による画像認識の基礎仕組み（データの登録・学習・推論）を実体験・学習する。
- AIの認識結果と外部ハードウェア（AkaDako）を連動させ、フィジカルプログラミングの学習効果を高める。

2.2 対象ユーザー

- GIGAスクール構想下の児童・生徒および教員。
- 一人で直感的に操作でき、短時間（授業1コマ程度）で実験・学習が行えること。

2.3 動作環境

- 対応端末:** PC、Chromebook、iPad（WebMIDI対応アプリ「Scrub」経由）
 - 想定画面サイズ:** 1366×768 ピクセル程度（スマートフォン等のタッチ端末にもレスポンス対応）
 - 推奨ブラウザ:** Google Chrome、Microsoft Edge（file:// スキームでのローカル実行対応）
 - 外部接続機器:** タコラッチ・ミニ（TFW-TM1）
-

3. 機能要件

3.1 AkaDako（タコラッチ・ミニ）連携機能

1. WebMIDI接続管理

- 「AkaDakoに接続」ボタンの明示的タップにより `AkaDako.connect()` を実行する（自動接続は禁止）。
- 二重接続防止のため、処理中は接続ボタンを無効化する。
- 接続成功時に切断検知ハンドラ（`board.onDisconnected`）を登録する。
- try-catchによるエラー捕捉を行い、失敗時は具体的な対処法およびエラー詳細（`err.name / err.message`）を表示する。

2. 切断処理

- 「切断」ボタン押下時、内蔵LEDの消灯等のクリーンアップを行った後、安全に切断（`board.disconnect()`）する。

3. ステータス表示

- 「未接続」「接続中」「接続済み」「切断されました」「エラー」の状態を色とラベルで一目で判定可能とする。

4. ハードウェア制御（非同期・値変化時送信）

- **内蔵LED:** 認識結果（OK/No）の変化時のみ発光設定（`runColorLedFillColor`）と反映（`runColorLedShow`）または消灯（`runColorLedClear`）を実行する。
- **外付けサーボモーター:** 画面で指定された端子（A1/A2/B1/B2）に対し、指定角度（ -90° ～ 90° ）へ駆動（`runServoTurn`）させる。

3.2 カメラおよび手骨格検出機能

1. カメラ制御

- 「カメラを使う」ボタンで `navigator.mediaDevices.getUserMedia` を呼び出し、`<video>` に描画する。
- 「止める」ボタンでストリームのトラックを停止（`track.stop()`）する。
- タッチ端末の自動ズーム防止対策（16px以上のフォント指定、44px角以上のタップ領域確保）。

2. 手骨格ランドマーク検出

- MediaPipe Hands を用い、手骨格の21点座標を取得する。

- <canvas> 上に鏡像反転させた手骨格の点（関節）と線（指骨格）をリアルタイム描画する。

3.3 AI学習（KNN）機能

1. 特徴量抽出

- 手首（点0）と中指付け根（点9）の距離で正規化した42次元の数値ベクトル（handFeature）を生成する。

2. ラベル管理

- 利用者による任意ラベル（例：チョキ、グー、パー）の追加、削除、全消去機能を備える（最大10個程度）。

3. データ登録（例の追加）

- ラベルごとの「長押し/押下」中に検出された特徴量ベクトルをサンプル配列（samples）に保存する。
- データはブラウザのメモリ内のみで保持し、外部サーバーへ一切送信しない（プライバシー保護）。

4. 学習完了判定

- ラベルが2個以上、かつ各ラベルに5件以上のサンプルが登録された段階で自動推論を開始する。不足時は案内メッセージを表示する。

5. データ保存・復元

- 登録された特徴量とラベル名をJSON形式のファイルとしてローカルへダウンロード保存・アップロード復元できる。

3.4 認識・判定・チャタリング防止機能

1. KNN推論（k=5）

- ユークリッド距離に基づいて最も近い5件のサンプルから多数決（knnPredict）を実施する。
- 確からしさ（confidence）が60%未満の場合は「わからない」と判定する。

2. 結果安定化（3回一致フィルター）

- 表示のちらつきや誤動作を防ぐため、直近3回の推論結果がすべて一致した場合のみ確定結果を更新する。

3. 判定出力（「OK」 / 「No」）

- 確定結果が「チョキ」の場合は画面に巨大文字で「OK」を表示する。
- 「チョキ」以外または手未検出時は「No」を表示する。

4. 非機能要件

4.1 外部ライブラリ仕様

- akadako.js (v699.jp): WebMIDI経由のハードウェア通信用
- MediaPipe Hands (v0.4.1675469240): 手骨格検出用
- Tailwind CSS (CDN): レスポンシブデザインUI構成用

4.2 デザイン・アクセシビリティ要件

- 1366×768 解像度でスクロールなしで主操作が収まるレイアウト。
- GIGAスクール端末の低スペック環境でも滑らかに動作する軽量な処理構造。
- 画面右下に著作権表示（©2026 Mura）を常時目立たないサイズで表示。

5. アクティビティ図

システムの一連の挙動（カメラ起動・学習・推論・ハードウェア出力）を示す図を掲載します。

5.2 PlantUML形式（PlantUMLサーバー・ダイアグラム出力用）

アクティビティ図

