

# 課題情報シート

|        |                                                                                           |     |         |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---------|
| テーマ    | 小型マルチディスプレイシステムの開発                                                                        |     |         |
| 大学校    | 近畿職業能力開発大学校附属滋賀職業能力開発短期大学校                                                                |     |         |
| ホームページ | <a href="http://www3.jeed.go.jp/shiga/college/">http://www3.jeed.go.jp/shiga/college/</a> |     |         |
| 電話番号   | 0748-31-2254（学務援助課）                                                                       |     |         |
| 訓練課程   | 専門課程                                                                                      | 訓練科 | 電子情報技術科 |
| 担当指導員  | 瀬戸 克典                                                                                     |     |         |

## 開発（制作）年度・期間

2019（令和1）年度 ・ 10 カ月

（内訳）問題点抽出・企画：1 カ月、設計：2 カ月、製作：6 カ月、調整：1 カ月

## 開発（制作）学生数

5 名

（内訳）電子回路設計製作・きょう体製作：2 名、3D モデル作成：2 名、プログラム：1 名

## 習得した技能・技術

本システムで利用している赤外線送受信、ソケット通信、GUI 設計、電子回路設計製作、3D モデル制作などの技術を習得しました。

グループでの開発のため、お互いの作業内容など進捗状況についてミーティングで報告・相談して協力的に作業を行うなどのコミュニケーション能力を習得しました。

## 開発（制作）のポイント

「小型で持ち運びできる」、「どこでも動作できる」、「きびきび動作できる」といったコンセプトから、小型で持ち運べ、バッテリーで駆動し、当校 PR のための紹介動画などを効果的に表示できるデジタルサイネージを開発しました。

小型でも、本体同士を接合させることで、動画や静止画を拡張して表示することを可能としました。接合の種類は本体を縦横 3×3 台に接合し動画や静止画を大きく表示させる平面接合、4 方向に配置してコンテンツを立体的に表現する立体接合とし、その接合が可能な形状および自動で接合状態を認識できるシステムとしました。

## 訓練（指導）のポイント

小型マルチディスプレイシステムの開発では、電子回路設計・製作が必要なため、電子回路、電子 CAD に管理する知識や技能・技術が必要です。また、シングルボードコンピュータを使った開発のため、組込み技術、Linux 利用技術およびソケット通信、GUI 制作、3D モデル制作、マルチスレッドなどのプログラミングに関する知識や技能・技術が必要です。

本テーマでは、筐体や電子回路のハードウェアとソフトウェアを作成し、それらの開発を同時並行で行う必要がありました。そのため、早い段階でハードウェアのプロトタイプを複数用意して、ソフトウェア開発のメンバーに提供し、ソフトウェア開発を進めながら、ハードウェアを改良していくなど、作業が必要です。また、ハードウェアとソフトウェアの協調も大切なことから、学生にみんなで協調しあって一連の開発工程を体験してもらうことができました。

## 開発物の仕様

| 項 目           | 内 容                           |
|---------------|-------------------------------|
| サイズ (W×D×H)   | 193×121×77[mm]                |
| 重量            | 640[g]                        |
| ディスプレイ        | 7 インチ LCD タッチパネル              |
| シングルボードコンピュータ | Raspberry Pi® 3B+             |
| 無線通信規格        | IEEE802.11n                   |
| バッテリー         | リチウムイオンバッテリー 3.7[V] 3500[mAh] |

## 使用機器

開発において使用した機器等 「機器名（メーカー・型番）」

電子 CAD ソフト (CSi Global Alliance・CSiEDA6)、統合開発環境 (Eclipse)、開発言語 (Java8)

# 小型マルチディスプレイシステムの開発

滋賀職業能力開発短期大学校  
電子情報技術科

複数の小型ディスプレイを組み合わせて表示できる小型マルチディスプレイシステムを開発した。本システムは赤外線通信によって組み合わせたディスプレイの位置関係を自動で認識して縦横に平面上に組み合わせて動画・静止画を拡張して表示することや、4方向に配置して立体映像のように4方向から3Dモデルを表示できる。またスピーカ用機体による音声再生ができる。さらに外部電源駆動だけでなくバッテリー駆動も可能なため、様々な場所へ持ち出して映像を表示させることができる。

**Keywords** : デジタルサイネージ, 赤外線通信, 3Dモデル, Raspberry Pi, Java

## 1. はじめに

近年、駅・小売店における広告や企業説明会、屋外での展示など、様々な場面でデジタルサイネージ(電子広告)が導入されている。一般的な電子広告は大型の平面ディスプレイや小型の電子POP(Point of purchase)など多種多様であるが、それぞれの場面ごとに別々の機器が必要となり、導入コストがかかる。また電源の確保が必要となるため屋外での展示などの電源の確保が難しい場面では利用が困難である。

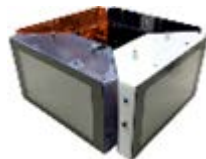
そこで昨年度から低コストで持ち運びでき、バッテリー駆動可能な小型機器を複数組み合わせて画面を拡張し、様々な場面で必要に応じた大きさで広告や展示ができるシステムの開発を行っている。今年度は昨年度のシステムの問題点を洗い出し、システムを改良して完成度を高めた。またスピーカ機の製作、立体接合機能の実装などの新たな機能の追加を行った。

## 2. 昨年度のシステム(旧システム)

**2.1 旧システム概要** 旧システムは、タッチディスプレイとセンサ類を持つ本体数台から構成され、本体同士を接合させることで、動画を拡張して再生することができる。接合の状態は図1のように、動画や画像を大きく表示させる平面接合と、4方向に配置してコンテンツを立体的に表現する立体接合がある。本体の接合判定は、検出スイッチで行う。この機能を持つ本体をセル機とし、屋外での展示で使用できるようにコードレスで駆動できる。セル機とは別に複数のセル機を制御する機能を持つ本体をホスト機とした。昨年度の評価として動画再生はセル機1台ずつの個別再生は正常にできた。また平面接合において縦横3×3台のセル機9台・ホスト機1台を使用して動画を同期して再生することが確認できた。



(a) 平面接合



(b) 立体接合

図1 接合の状態(旧システム)

**2.2 問題点・課題** 旧システムの問題点・課題として以下のものが挙げられる。

- ・縦横2×2台, 3×3台以外の接合状態を識別できない
- ・平面接合での接合検出が不安定
- ・静止画表示機能の未実装
- ・立体接合用のコンテンツの未実装
- ・動画の音声流すためのスピーカがない
- ・加速度センサを使用したコンテンツの未実装
- ・通信不良による動作停止があった

## 3. 今年度の取り組み

**3.1 旧システムの改善案** 旧システムの問題点を踏まえ以下のように仕様変更する。

- ・接合検出に赤外線通信の導入
- ・縦横2×2台, 3×3台以外の接合および静止画表示
- ・立体接合用コンテンツ(3Dモデル)の実装
- ・音声出力用のスピーカ機の製作
- ・安定した動作のためのプログラムの再設計

**3.2 システム構成** 旧システムと今年度のシステム(新システム)の違いを表1に示す。新システムは、旧システムをベースとし、検出スイッチを赤外線LEDと赤外線受信モジュールに変更し、多様な接合に対応させ、接合検出を安定させる。また、未実装だった静止画表示

表1 旧システムとの違い

| 項目         | 旧システム | 新システム | 補足                 |
|------------|-------|-------|--------------------|
| 検出スイッチ     | ○     | ×     | セル機同士の接触不良などにより廃止  |
| 赤外線LED     | ×     | ○     | セル機同士の接合検出するためのLED |
| 赤外線受信モジュール | ×     | ○     | 接合検出するため           |
| 加速度センサ     | △     | ×     | 活用してないため廃止         |
| スピーカ機      | ×     | ○     | 動画音声出力用機体          |
| 静止画表示      | ×     | ○     |                    |
| 動画表示       | ○     | ○     | 安定した動作             |
| 平面接合表示     | ○     | ○     |                    |
| 立体接合表示     | ×     | ○     | 3Dモデル表示            |

表 2 本体の主な仕様

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| 寸法[mm]            | W:193, H:121, D:77        |
| 重量[g]             | 640                       |
| バッテリー             | リチウムイオンバッテリー<br>(3500mAh) |
| ディスプレイ            | 7 インチ LCD タッチパネル          |
| シングルボード<br>コンピュータ | Raspberry Pi® 3 B+        |
| 無線通信規格            | IEEE802.11n               |
| 無停電電源ボード          | UPS Pico HV3.0B+ HAT      |
| センサ類              | 赤外線 LED                   |
|                   | 赤外線受信モジュール                |

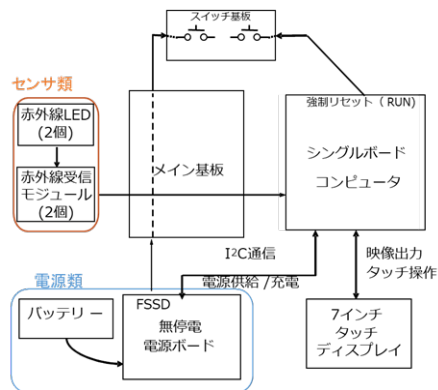


図 2 セル機・ホスト機のブロック図

に加え新たにスピーカ機の製作と、3D モデル表示・制御機能の実装を行い、音声再生と立体接合時の画面表示を可能にする。本体の主な仕様を表 2 に示し、本体のブロック図を図 2 に示す。

#### 4. ハードウェア詳細

**4.1 ディスプレイ** 本体はイベントなどの外出先での展示や持ち運びが可能なことを想定しているため、マウスやキーボードを使用せずに操作できる静電容量型タッチディスプレイを搭載した。ディスプレイは、旧システムに引き続き Raspberry Pi® LCD を使用した。

**4.2 筐体** 本体の筐体は、平面接合および立体接合ができる形状にする必要があるため、専用の筐体を設計・製作した。筐体の素材は、旧システムの筐体(旧筐体)に引き続き、塩ビ板を採用した。旧筐体と新システムの筐体(新筐体)の比較を図 3 に示す。平面接合する際、ディスプレイのベゼル以上に間隔を空けないために前面はディスプレイのみとした。立体接合する際、4つの機器を4方向から接合できるように筐体の側面を背面方向に各45°に狭め、背面はネジ止めやスイッチ用の穴を開けるため、前面と平行になるように平らな面を作った。筐体上部には突起を取り付け、筐体下部に上部の突起と同じ位置に連結用の穴を開けることで、上下に重ねたとき固定できるようにした。旧筐体は突起と連結穴は左右に制作していたが、新筐体は前後の落下の可能性が高いことから取り付け位置を前後に変更し、突起部分を長くすることで上下の接合時の強度を高めた。また旧筐体は接合検出のために検出スイッチと固定用のダルマ穴を使



図 3 旧筐体と新筐体の比較

っていたが、新筐体は赤外線通信で接合検出させるため廃止した。これによりスイッチとメイン基板を接続する配線がなくなり、筐体とディスプレイの取り外しが容易になりメンテナンス性が向上した。筐体外部から電源を接続するための延長ケーブルを筐体の背面から差し込み口のみ出すように固定した。またケーブルの抜き差しで力加わるため、ホットボンドで補強した。

**4.3 無停電電源ボードとバッテリー** 外部電源駆動とバッテリー駆動の両方を実現するため、無停電電源ボードを実装した。無停電電源ボードには、ファイル破損を防ぎ安全に起動・シャットダウンするための FSSD (File Safe Shut Down) 機能が搭載され、外部からシングルボードコンピュータに電源が接続された時に充電できる UPS Pico HV3.0B+ HAT Stack を使用した。このボードに付属するバッテリーは 450mAh と小容量のため、このボードに対応し、脱着の容易な 18650 リチウムイオンバッテリー(3500mAh)を採用した。これにより 60 分以上の連続動作を可能にした。

**4.4 回路基板** 本体の接合検出用の赤外線 LED と赤外線受信モジュールをメイン基板に実装し、FSSD ボタン、強制終了用リセットスイッチをスイッチ基板に実装した。これらのシングルボードコンピュータの GPIO (General-purpose input/output) および無停電電源ボードの FSSD ピンへの接続と、回路基板の設計を行った(図 4)。メイン基板では赤外線 LED を基板の下部分と左部分に、赤外線受信モジュールを上部分と右部分にそれぞれ2つ実装した。また赤外線受信モジュールの周りを円筒とアルミテープで覆うことで平面・立体接合した際に必要な赤外線を受信しないようにした。今年度のメイン基板は、作成する手間や基板の丈夫さを考慮して、製造を

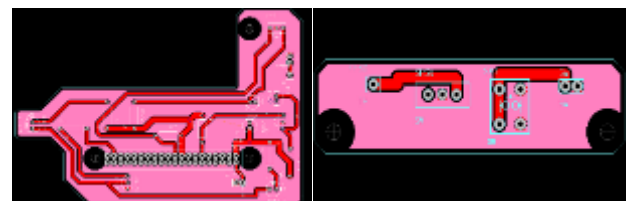


図 4 メイン基板（左）およびスイッチ基板（右）

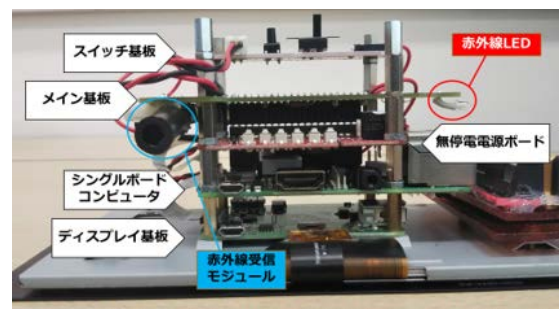


図 5 5層の基板

外注した。基板の形状は設計した2枚の基板を含め、合計5層の基板(図5)を筐体内の狭小空間に収めることを考慮した。メイン基板とシングルボードコンピュータを接続するために40Pinフラットケーブルを使用する余裕が無いため、40Pinのソケットを使用して直接基板同士を接続するよう設計した。5層の基板を組み上げたときメイン基板の部品が無停電電源ボードやシングルボードコンピュータに干渉しないよう部品の配置を工夫した。スイッチ基板のFSSDボタンおよび強制リセットスイッチはシングルボードコンピュータ、無停電電源ボードに搭載されているピンをGNDに接続することで動作する。それぞれのピンからスイッチ基板に配線を接続し、メイン基板よりGPIOピンからGNDを取り出し接続した。これらの配線は全てソケットを使用し、取り外しを容易にした。強制リセットはファイルなどを保護することを考慮せず強制的に再起動をかけるため、データ破損の危険を考慮し、旧システムでは強制リセットに背の低いタクトスイッチを採用し、筐体の外からピンなどを差し込んで押す仕組みとしていた。しかし再起動時に細いピンがないとスイッチが押せず扱いにくかったため新システムではスライドスイッチに変更した。これにより誤って再起動することなくスイッチをスライドするだけで再起動が可能となった。

**4.5 スピーカ機** スピーカ機の筐体は、セル機と組み合わせることができるように、セル・ホスト機と同形状とした。全面はスピーカから出る音の穴と、基板を固定するための穴を開けた。また、スピーカの固定および音の逆位相を抑えるため、スピーカ全体を囲むように塩ビ板で箱を製作し取り付けした。動画の音声再生の際は予めスピーカ機に動画ファイルを配置しておき、ホスト機とセル機の通信制御と同様にスピーカ機を接続する。その後、ホスト機から動画再生を開始する命令を送ることによりセル機で表示されている動画音声を再生可能である。製作したスピーカ機を図6に示す。

## 5. ソフトウェア詳細

ソフトウェアは大きく分けると6つのプログラムで構成される。開発にはJava言語を用いた。

**5.1 通信・制御部** ホスト機とセル機の接続には、無線LANを用いる。セル機は、起動時に一度ホスト機に接続する必要がある。旧システムでは通信不良があったため一から設計した。新システムでは、ホスト機とセル機で1対多のソケット通信を行う。通信制御のイメージを図7に示す。ホスト機のプログラムが起動すると、セル機のプログラムから送信される文字列を受信するためのポートを開く。ホスト機のプログラムを起動した状



図6 スピーカ機

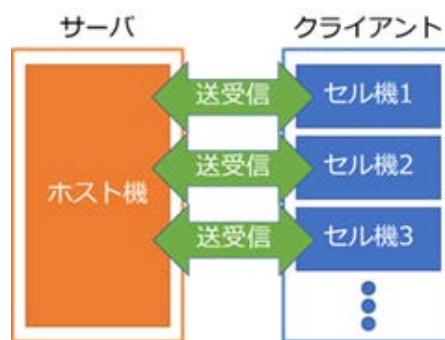


図7 通信制御のイメージ

態で、セル機のプログラムが起動すると、自動的にホスト機と接続する。もし、ホスト機のプログラムが起動していない場合や、ホスト機との接続ができなかった場合でも、セル機のGUI上の再接続ボタンを押すと接続を再試行可能である。ホスト機のプログラムには、現在接続されているセル機のIPアドレスのリストが保存されており、このリストを使用して、接続中のすべてのセル機に文字列を送信することや、1台のセル機のみに対して文字列を送信可能である。セル機は、ホスト機に対してのみ送信可能である。

**5.2 GUI部** ホスト機用・セル機用に、それぞれ専用のGUIを作成した。ホスト機用のGUIには、動画再生や静止画表示、3Dモデル表示などのコンテンツを制御する機能、各セル機に赤外線通信の開始・終了の命令を送信する機能を実装した。タッチパネルで操作しやすいように大きく分かりやすいボタンをレイアウトした。実際のホスト機のGUI画面を図8に示す。セル機用のGUIには、ホスト機と接続・切断する機能を実装した。また、各コンテンツを表示する際、規定のディレクトリにファイルを配置することによって、ホスト機のGUI上でファイル名を選択可能である。各セル機にも同じディレクトリにファイルを配置することにより各コンテンツを表示できた。

**5.3 接合情報管理部** セル機の接合情報は、ホスト機のプログラムで管理されている。ホスト機のプログラムで管理されているのは、各セル機に振られているセル機番号、そのセル機の上下左右に接合されているセル機のセル機番号である。その情報を用いて位置を計算し、現在の接合形状を可視化認識している。旧システムでは、縦横2×2台、3×3台の平面接合以外の接合形状が認識できなかったが、新システムでは立体接合や任意の大きさの平面接合の接合形状を認識できる。また、ホスト機のGUI上の接合形状変更ボタンを押すと、赤外線通信を用いずユーザが任意の接合形状を設定可能である。



図8 ホスト機のGUI画面

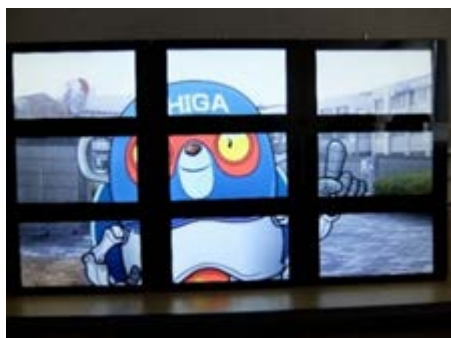


図9 動画再生の様子(縦横3×3台)

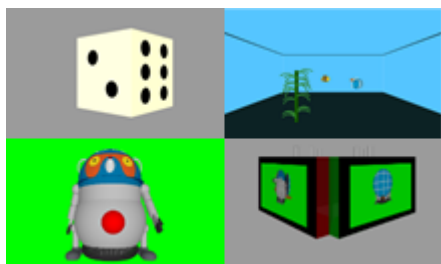


図10 作成した3Dモデル4種

**5.4 動画再生** 動画再生モードには、複数のセル機に対して1つの動画を大きく拡張して表示する拡張表示モードと、それぞれのセル機に別々の動画を表示する個別表示モードの2種類がある。動画の再生には旧システムに引き続き、動画再生ツールのomxplayerを使用した。動画の再生は、Javaプログラムからomxplayerを実行する。その際、動画を表示する座標を指定するオプションがあるため、動画の一部を画面外に出し、表示すべき部分のみを画面内に置くことで動画を分割して表示する。拡張表示モードは分割表示を組み合わせることによって実現している。実際の動画再生の様子を図9に示す。また、動画のループ再生や音量調整オプションを設定することによって、ループ再生機能、音量調整機能を実装した。新システムでは、一からプログラムを作成しなおした。また、新しく実装した機能として、動画の自動停止機能がある。この機能は、あらかじめ指定した時間が経過すると動画を自動的に停止可能である機能である。動画を再生する際は、動画を同期させるために再生開始の時間を各セル機に知らせ、再生開始時間になると動画再生を開始する。

**5.5 静止画表示** 静止画表示モードには、JavaのGraphicsクラスを使用した。静止画表示モードも動画再生モードと同様に、拡張表示モード、個別表示モードの2種類があり、動画再生モードと同じ要領で複数台への拡張表示を行う。

**5.6 3Dモデル** 立体接合用コンテンツとして4方向から表示できる3Dモデルを作成した。作成した3Dモデルは回転動作がわかりやすいサイコロ、立体表示がわかりやすい水槽、本校宣伝用のマスコットキャラクターの「シガポン」、本システム宣伝用のディスプレイ(立体接合)の4種である。作成した3Dモデル4種を図10に示す。3Dモデルの作成にはRaspberry Pi®上で動作し、グラフィックスを描くためのメソッドが豊富で容易に3Dモデルを作成できるProcessingを用いた。また一部のパーツの作成にWebアプリケーションのTinkercad®を用

い

表3 システム評価

| 項目      | 評価 | 詳細                        |
|---------|----|---------------------------|
| 台数      | ○  | セル機9台・ホスト機1台<br>合計10台作成済み |
| 接合検出    | △  | 赤外線信号の検出が不安定              |
| スピーカ機   | △  | 音声再生しないときがある              |
| 動画再生    | △  | 個別表示モードが未実装               |
| 静止画表示   | △  | 個別表示モードが未実装               |
| 3Dモデル表示 | △  | 同期がとれず映像がずれる              |



(a)ホスト機 (b)平面接合 (c)立体接合

図11 製作した新システムの動作の様子

た。3Dモデルの起動および視点制御はJavaプログラムからソケット通信で行った。機体ごとに動作速度の差があるため、現実時間を用いて同期し、動作速度を合わせた。3Dモデルの視点をディスプレイの向きに合わせて制御することで立体表示を表現した。

## 6. システム評価

開発の進行や動作確認の結果から、本システムを表3のように評価する。また、製作した新システムの動作の様子を図11に示す。

接合検出方式をスイッチから赤外線通信に変更したことにより、筐体内の配線数が少なくなりバッテリーの交換やメンテナンスが容易になった。接合検出については、複雑な接合形状の判定ができた。しかし、赤外線信号の検出が不安定で正しく検出できない場合がある。

スピーカ機は、音声再生しないことがあり、またノイズが目立つといった問題がある。そのため、回路基板やシステムの見直し、修正が必要である。

動画再生・静止画表示は、縦横2×2台、3×3台以外の大きさに対しても動作可能になった。しかし、個別表示モードが未実装であり、接合形状がL字などの形状の場合に関して考慮されていないため、実装する必要がある。

3Dモデル表示はホスト機からの表示および制御はできた。しかし、セル機同士が正しく同期できない問題があるため、修正が必要である。

## 7. おわりに

本テーマでは、昨年度に引き続き小型ディスプレイを複数個組み合わせることで画面を拡張できるシステムの開発を行った。特に旧システムの改善および追加機能の実装を行い、本体を赤外線通信によって位置検出し、映像を拡張して表示できた。また静止画、3Dモデルの表示、スピーカ機による音声再生ができた。しかし、新システムで追加実装した赤外線検出、スピーカ機の動作、3Dモデルの映像のずれなど問題がある。今後、その問題を解消し、システムの完成を目指したい。