

* 生産電気システム技術科

- ①お客様は、受付のタブレット端末を使用して、名字と人数を入力して空席を待つ。
空席ができると、接客ロボットが入口に迎えに来て名前を呼んで挨拶をし、空席まで案内する。
- ②お客様が席に着くのを待って、接客ロボットは保持しているタブレット端末にメニューを表示して音声とタッチパネルの併用で注文を受け付ける。
- ③注文内容は Wi-Fi 経由で厨房のタブレット端末に送信され、調理される。
- ④接客ロボットの業務は以上で、待機位置に戻り自動充電される。

2.4 構想設計とスケジュール作成 プロジェクトを運営する上でスケジュール作成は重要なファクタになる。以降の進捗管理は作成したスケジュールを元に行うからである。このスケジュールが期待値だけの実現できない物にならないように、並行して構想設計を行う。例えば、ロボットの駆動系はどのような機構とし、どのようなモータを使用するかといった設計の基本となる要素である。

その設計にかかる作業と工数、担当者を出来るだけ細かく分解して WBS（作業分解構成図）を作成し、ガントチャート上にマップして日程表を作成する。この作業は学生のように経験の浅い設計者にとっては難しく日程通りに実施できない原因となる。

併せて、プロジェクト運営に必要となる各人の役割も決めておく。プロジェクトリーダーはもとより、各科のリーダーや書記、進捗管理、文書管理、会計、物品管理、レク委員、などである。

3. 実行フェーズ

開発課題では計画フェーズの終了確認として「デザインレビュー」という名称の報告会を 6 月 26 日に実施している。次の実行フェーズでは、「設計完了報告会」を 9 月初旬に、「組み立て完了報告会」を 12 月中旬に実施している。

構想設計を元に、各科に分かれて詳細設計に着手しプロジェクト全体の定例会議は週 1 回のペースで進捗と課題の確認を行った。別途、各科のリーダーだけ別の日に定例会を設け、課題の方向付けや科間の連携を図った。

3.1 機械科の設計内容 機械科では、構想設計段階で発想した図 2 左側のポンチ絵を元に図 2 中央のイメージを完成させ、詳細設計段階で図 2 右側を作成し、各部品に展開した。

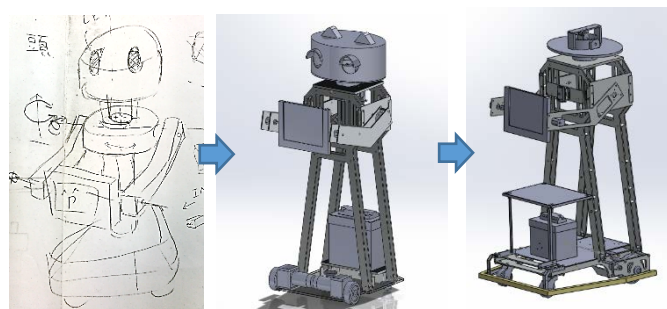


図 2 機構設計（ポンチ絵→イメージ図→3D図）

機構部の組立は、電気科の駆動モータ制御確認を優先するために、9 月中旬にはロボットの下部のみを先行して作成した。その後、胴体部や腕部、頭部を組立て、図 3 左側の筐体を完成させた。

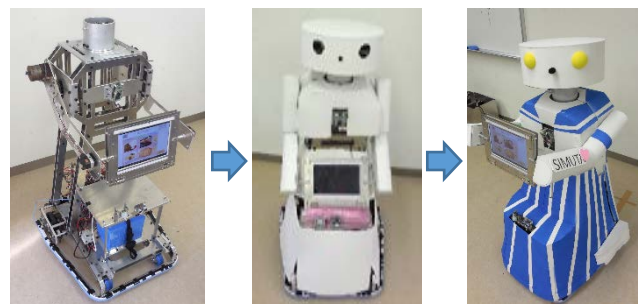


図 3 機構組立（筐体→外装→塗装）

走行テスト段階では、主に図 3 左側の筐体のみで行い、外装はテストの合間を見て現物合わせで図 3 中央のように作成した。最後の塗装はプロジェクト全員からアイデアを募集し図 3 右側の完成図となった。

3.2 電気科の設計内容 ロボット内の制御ブロック図を図 4 に示す。機能毎に 5 つの回路ブロックに分け I2C 通信で接続されている。各回路ブロックは単体でもデバッグが出来るように、デバッグ用の UART 端子を設けている。

例えば、駆動モータ制御回路は、デバッグ用 UART からモータの状態を監視したり、メインマイコン回路と同等な指令をデバッグ用 UART から送信したりすることで単独でのモータ確認が可能である。また、タブレット端末からの Wi-Fi 通信が無い状態でも、メインマイコン回路のデバッグ用 UART からタブレット端末と同等な指令を送って単体テストをすることができる。

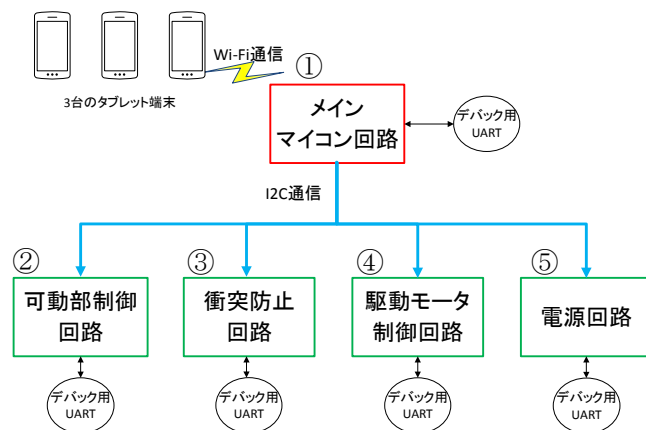


図 4 ロボット内制御ブロック図

各回路ブロックの機能について説明する。

- ①メインマイコン回路は、Wi-Fi モジュール (ROHM 製 BP3595) を搭載しており、同時に 3 台のタブレットと Wi-Fi 通信を行っている。また I2C 通信のマスタ機で、4 台のスレーブ機と通信を行い、ロボット全体の制御を行っている。
- ②可動部制御回路は、RC サーボモータ (KONDO 製 KRS-6003RHVICS) をシリアル通信で制御する回路で、ロボットの腕・手首・頭・首の 4 ヶ所を動作させる。
- ③衝突防止回路は、超音波センサ・赤外線センサ・

2D センサを用いる。超音波センサで前方向の物体の検知と左右のテーブルの検知を数センチ単位で計測し衝突防止や位置補正に使用している。赤外線センサで人と物の判別を行う。

④駆動モータ制御回路は、車輪部のモータを駆動させる回路で、前進・後退・旋回を行う。DC モータを PWM 制御してスピードコントロールしている。バンパセンサが作動し、衝突を検知した場合モータを緊急停止させる。

⑤電源回路は、バッテリーの残量を測定し通知する。また充電ステーションとの接続時にはラインセンサにより精度の高い嵌合を行う。この部分は、ハード的には実装したものの、ソフト的には実装されておらず、充電はマニュアルで行う必要がある。

3.3 電子情報科の設計内容 電子情報科は Android タブレットを使用した GUI と通信制御を担当した。Android のプログラミングは、授業で実習していないので開発環境の構築から音声合成と音声認識ソフトの開発に一から取り組み、人とのコミュニケーションに大きな成果を上げている。



図5 タブレット端末と Wi-Fi 通信

Android タブレットは、ASUS 社の TF303CL を使用し、OS のバージョンは 4.4 を使用した。開発環境は Android Studio 1.0.1 を使用した。

図5に示すように、3台のタブレットを使用して、店頭に設置する①受付用端末、ロボットが保持する②ロボット用端末、厨房に設置する③バックヤード端末から構成される。④接客ロボット本体も Wi-Fi モジュールを内蔵しており、これら4者間は双方向で同時に通信することができる。

また、計画段階では予定していなかったが、テスト段階でロボット本体をマニュアルで操作する必要性が発生したため、テスト用にリモコン用端末も急遽作成し、タブレット4台とロボットが5者間で通信している。

3.3.1 各端末の基本機能

①受付用端末は、主に客情報の受付、客情報の管理、客の呼び出しを行う。客情報とは名前、人数、来店順序である。名前と人数は、タブレットのタッチパネルで入力する。客情報を受付けた際に、店内の空席状況を確認するために、バックヤード端末に客情報を送信する。バックヤード端末で空席ができたことを確認した時、来店順序に従い客の呼び出しを音声合成で行う。

②ロボット用端末は、主に座席案内時の案内処理、注文の受付、接客ロボットへの移動指示を行う。席案内の際、バックヤード端末から移動先の席番号を受信し、接客ロボットに席番号に対応した移

動指示を行う。注文受付は、接客ロボットに取り付けたマイクを利用した音声認識と、ロボット用端末のタッチパネル操作の2種類の方法で行うことができる。受付けた注文の情報は、バックヤード端末に送信する。

③バックヤード用端末は、主に席情報の管理、注文情報の表示、客の案内座席指示を行う。席情報は受付用端末から客情報を受信した時と、来店客が退店し、空席となった時に更新される。空席に更新する処理は、バックヤード用端末のタッチパネルを操作し、店員が手動で行う。客情報を受信した時、座席に空席が存在すれば、受付用端末に客の呼び出しを指示し、ロボット用端末に案内する座席番号を送信する。空席が存在しない場合は空席が出るまで待機する。

3.3.2 各端末の共通機能

①今回の製作した接客ロボットは、音声認識により注文を受付できることが特徴である。

音声認識の処理は Android の OS に標準搭載されている SpeechRecognizer を使用した[1]。音声認識の精度向上を図り、接客ロボットの正面にいる人の言葉を認識し、その他の雑音を軽減するために、超指向性マイクを使用した[2]。

音声認識の不完全さにより、誤認識や想定していない言葉に認識することがあった。その対策としてメニューごとに連想される言葉を複数パターン登録した。また、人間の話し方は多種多様であることを考慮して客が発した言葉の中に登録した言葉に部分的にでも一致するものがあれば認識するようにした。これらを実装した結果、概ね想定していたとおりの音声認識ができた。

②音声合成は、設定された文字列を発声する機能である。音声合成の処理も、Android の OS に標準搭載されている TextToSpeech を使用した。

発声する音声の速さや高さなどは設定によって変更することができる。コンセプトである親しみやすさを考慮した結果、女性的な高い声に設定した。

③Wi-Fi 通信は、接客ロボット本体と各端末がいつでも双方向で通信が可能になるように、送信部と受信部をそれぞれ別スレッドで作成し、各端末が画面表示やメイン処理を実行中にも通信がブロックされないような構成とした。

特に、接客ロボット本体が移動するアプリケーションであるため、デバッグ時やリモコン処理時に遠隔操作による指示や内部状態の確認が可能であり威力を発揮した。

4. 評価フェーズ

評価フェーズの報告会は、1月末に「動作確認報告会」が行われ、2月末の「ポリテックビジョン」を完了日とし、別途、3月初めに「最終評価会」を予定している。今年度は、日程調整の関係で「最終評価会」を「ポリテックビジョン」に含めた形式で行われた。

12月17日に行われた「組み立て完了報告会」で、ロボットの各部の動作や座席案内、各端末の画面遷移などの基本動作をデモすることができた。それ以降は、

システム全体の運用テストと不具合の改善，細部の詳細テストを1台の試作機で行うため，効率が悪く時間のかかる作業となった。

4.1 システムテスト システム全体のテスト・評価は，電子情報科が「テスト仕様書」を作成し漏れの無いように計画的に行った。電子情報科は，タブレット端末を使用してシステム全体の運用をソフトウェアで制御する必要があるため，開発当初から運用イメージや運用仕様を担当し，その確認としてテスト仕様書を作成した。

実際のテストでは，電子情報科と電気科がペアとなり，電子情報科がテストの項番を電気科が動作の確認や不具合の原因・データの測定などを行う事となった。電子情報科も想定していた運用ではタイミングが合わなかったり，音声認識が動作しなかったり，多くの改修や仕様変更が発生した。それらを都度，「課題管理表」に転記し，発生，対応，完了の管理を行った。

4.2 定格仕様の確認 重量や寸法，可動範囲など定格で示される数値的な仕様については機械科が担当した。

寸法や可動範囲は，機械科の設計値通りになったが，重量は計画をオーバーしたため，アルミ材の中抜きや板厚の変更などで軽量化を行ったが，計画よりも更に5kgf多い40kgfとなってしまった。最高速度は人の歩く速度から目標値を4km/hと設定したが，モータの選定やギア比から計算値として最大3.3km/hと出ていた。実測でも計算値通りの値となり，目標をクリアできなかった。

4.3 詳細データの測定と不具合の改善 ロボット内の各部の動作確認は，電気科が主で担当した。特に自律走行のための地図データや走行可能な通路データなどをロボット内部に持たせ，上位のタブレット端末からは移動先の席番号のみを与える方式としたため，センサ情報による障害物検出やロータリエンコーダによる走行データから現在地データを更新しながら目的地まで走行している。

走行時のスピードや回転角，直進時の走行誤差，回転時の角度誤差，繰り返し精度，センサの検出精度などを測定するために広くて安全な体育館を何度となく使用した。

現在地データを取得する目的で，地磁気センサと加速度センサ，ジャイロセンサ，ロータリエンコーダをハード的に準備したが，地磁気センサは誤差が大きくて使用できず，加速度センサとジャイロセンサはソフトの開発が間に合わず使用できていない。唯一，左右の駆動輪に付けているロータリエンコーダからのパルスを計測して移動距離や回転角度を計算で求めている。このため，回転角度が数度ずれただけでも直進移動時には左右への大きな誤差となり，座席との接触や席から離れすぎた位置への移動として表れてくる。

この誤差を補正するために，超音波センサを使用して座席までの距離を求め衝突しそうになると進行方向を修正するソフトを実装している。

5. 成果と課題

5.1 今年度の成果

①ポリテックビジョンで「最優秀展示作品賞」と「最優秀発表作品賞」を受賞することができ，担当した学生たちが「設計者の苦労」と共に「設計者の達成感」を実感できたと考える。

②目標とした「親しみの持てる外観」について，見た目にも「キャッチー」で展示性のあるキャラクターとして仕上がり，今後の学校イベントや対外への技術アピールとしても使用できる可能性がある。

③人と音声による言葉の認識と発声ができるため，今回の目的以外の用途への展開が期待できる。

5.2 今後の課題

①自律走行の精度が低く，設定した店内イメージ内をテーブルや人と衝突せずに自由に動き回ることができないため，今回使用した1次元距離センサから3次元で障害物を検知できるセンサに変更し，自律走行の精度を改善する必要がある。

②飲食店で接客するために必要なほんの一部の業務しか出来ていないので，今後の開発課題でも継続して取組むことで，ホール係りが行っている接客業務を少しずつ追加していく必要がある。

③充電を行うために，充電ステーションを製作し，ロボット内にも充電用の回路を設けているが，自律走行の精度が低いことと充電ステーションの製作遅れにより，当初計画した自動充電ができていない。接客ロボットの業務が無い時や動作中に充電残量が不足した場合には，自動的に充電ステーションに待機して充電を行う必要がある。

6. おわりに

今年度の開発課題テーマ「接客ロボット」を通して指導員として学生に味わって欲しい「計画通りに製作する設計の難しさ」とマイルストーン毎に達成した時の設計の醍醐味について各人で感じ取って貰えたと思う。また製作物の完成度も高く，来年度以降の開発課題としても継続して取組める土台が出来上がったと評価する。

特に今年度は，NHK総合テレビの生番組に本校のポリテックビジョンが紹介され，番組の冒頭でこの「接客ロボット」が番組のリポーターに対して実演を行い，絶賛されたことも大きな成果となった。

最後に，本開発課題を起案し夏休みや放課後にも製作に取組んでくれた16名の学生たち，ならびに，学生の指導を一緒にご担当いただいた生産技術システム技術科の舩田光一郎指導員，電子情報システム技術科の印南信男指導員に心から感謝いたします。

文献

- [1] SpeechRecognizer を使った音声認識を行う
<http://techbooster.org/android/application/14927/>
- [2] マイクロホン基本編(指向性編)
<https://www.audio-technica.co.jp/atj/html/mic/02/>

(2016年06月03日執筆)