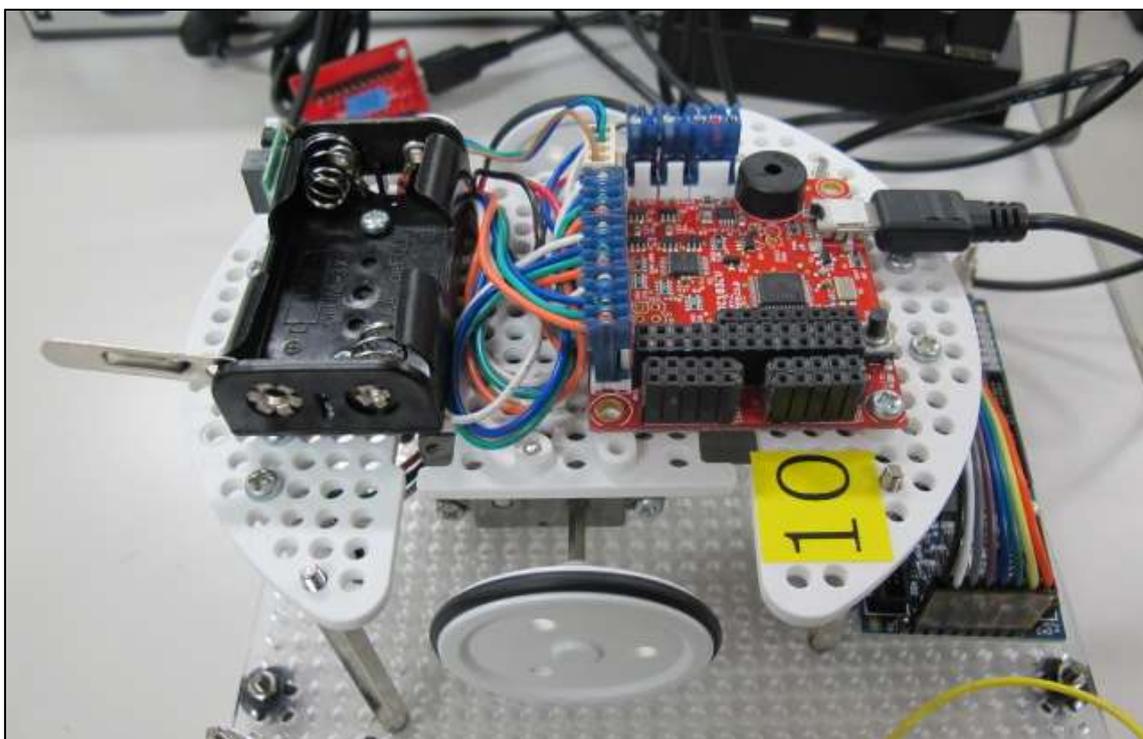


組込み初学者向けの
ライトレースカー教材
取扱説明書



ポリテクセンター熊本

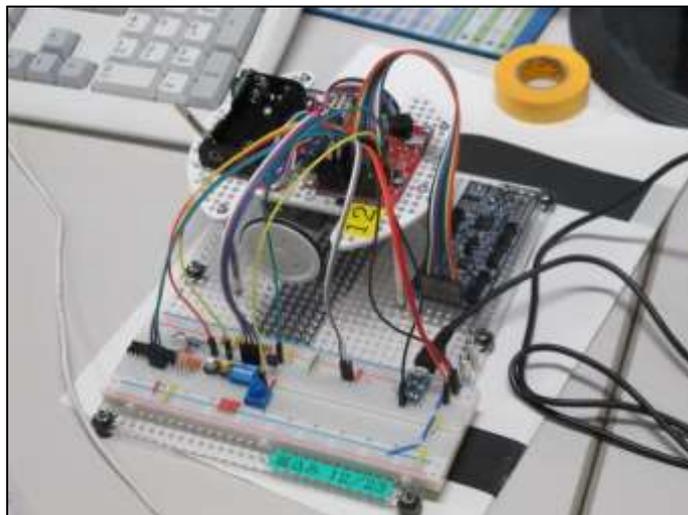
目次

| | |
|--------------------------------|----|
| 1. 教材の概要 | 3 |
| 1.1. 教材開発の背景と目的 | 3 |
| 1.2. 教材の特徴 | 4 |
| 1.3. 実績 | 5 |
| 1.4. 開発者とその分担 | 6 |
| 2. 教材について | 6 |
| 2.1. ビジュアルプログラミング編 | 7 |
| 2.2. マイコンプログラミング基礎編 | 8 |
| 2.3. マイコンプログラミング応用編 | 8 |
| 2.4. チーム開発編 | 9 |
| 3. チーム開発とコース | 11 |
| 3.1. コース概要 | 11 |
| 3.2. グレーライン及びT字路, 十字路の狙い | 12 |
| 3.3. 難所の追加による指導員育成の目的 | 13 |
| 3.4. ゲートの設計および技術的な解説 | 14 |
| 4. 部品表 | 16 |
| 4.1. ライトレースカーの部品リスト | 17 |
| 4.2. コース用の部品リスト | 19 |
| 5. 反省と今後の展望 | 20 |
| 5.1. アンケート結果 | 20 |
| 5.2. 反省・振り返りと今後の展望 | 25 |

1. 教材の概要

今回、組込み初学者がより意欲的に取り組める組込み教材を新たに開発しました。

1.1. 教材開発の背景と目的



昨今の身の回りのシステムは、サイバー・フィジカルなシステム(CPS)です。実世界(フィジカル空間)からのデータを、センサ等を用いて仮想世界(サイバー空間)に取り込み、コンピュータがデータを解析し、新たな価値の想像を行います。その際に重要な要素の1つとなるのがセンサ・アクチュエーション技術であり、この技術を担うのがマイコンを活用した組込み技術です。

今回我々は、組込み初学者向けにCPSの体感を絡めたロボット教材を開発しました。本教材はCPSの体感をベースに、ビジュアルプログラミングによる導入からマイコンプログラミング、チーム開発演習と組込みシステムの開発に必要な一連の要素を学ぶ事が可能です。実際にポリテクセンター熊本にて実際に運用されている教材でもあります。

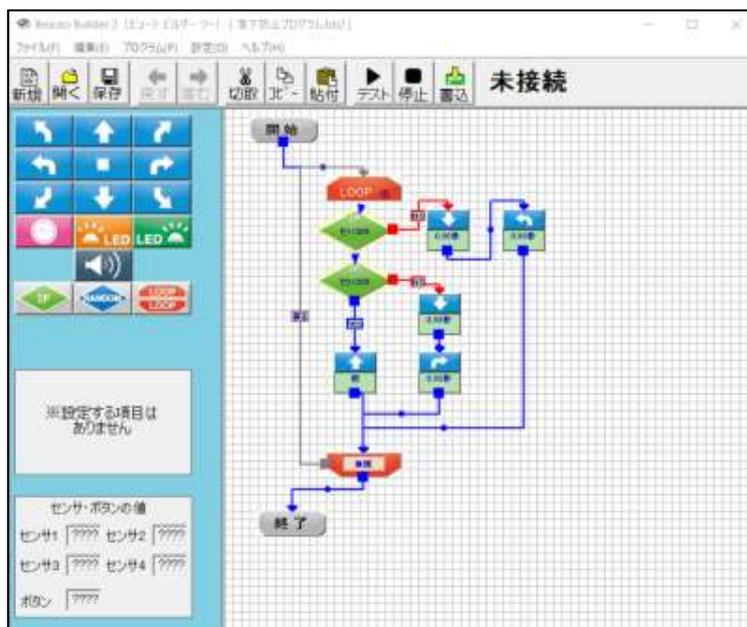
本教材の開発の発端は、これまで使用していたマイコン実習機材の老朽化および陳腐化です。これまでH8マイコンを使用した実習機材を使用してきましたが、開発元のメーカーが無くなり、ボードに故障が発生しても新たに買い替える事も難しい状況でした。またH8マイコンもルネサス社のメインストリームから外れ、新たな機種のマコンが多く登場しています。

他社の似たような仕様のボードへの移行も検討しましたが、実際に動き、それを制御できるロボット教材は、組込み初学者にとって非常にキャッチーであり、興味を持って意欲的に学習できる点に着目し、今回教材の開発に至りました。

1.2. 教材の特徴

本教材の特徴は、「初学者にとって、より敷居の低い入口」と「興味を惹きやすく、より深く学習できる出口」になります。

より敷居の低い入口の提供を目的とし、ビジュアルプログラミングによる導入工程を訓練冒頭に設定しました。より深く学習できる出口としては、自動運転をモチーフとしたチーム開発演習を設定しています。



4部構成のうちの第1部であるビジュアルプログラミング編では、プログラミングを簡単に実現できる事に重きを置き、フローチャートを作成するだけでライトレース動作が実現できる為、初学者である訓練生に自分でも「ロボットが制御できる」という成功体験を与えモチベーションを最初に持たせることを意識しています。

加えて、プログラミングの要素が少ない分、組込み特有である物理要因によるロボットの振る舞いの変化(いわゆるサイバー・フィジカル)を感じ取りやすいようにしています。

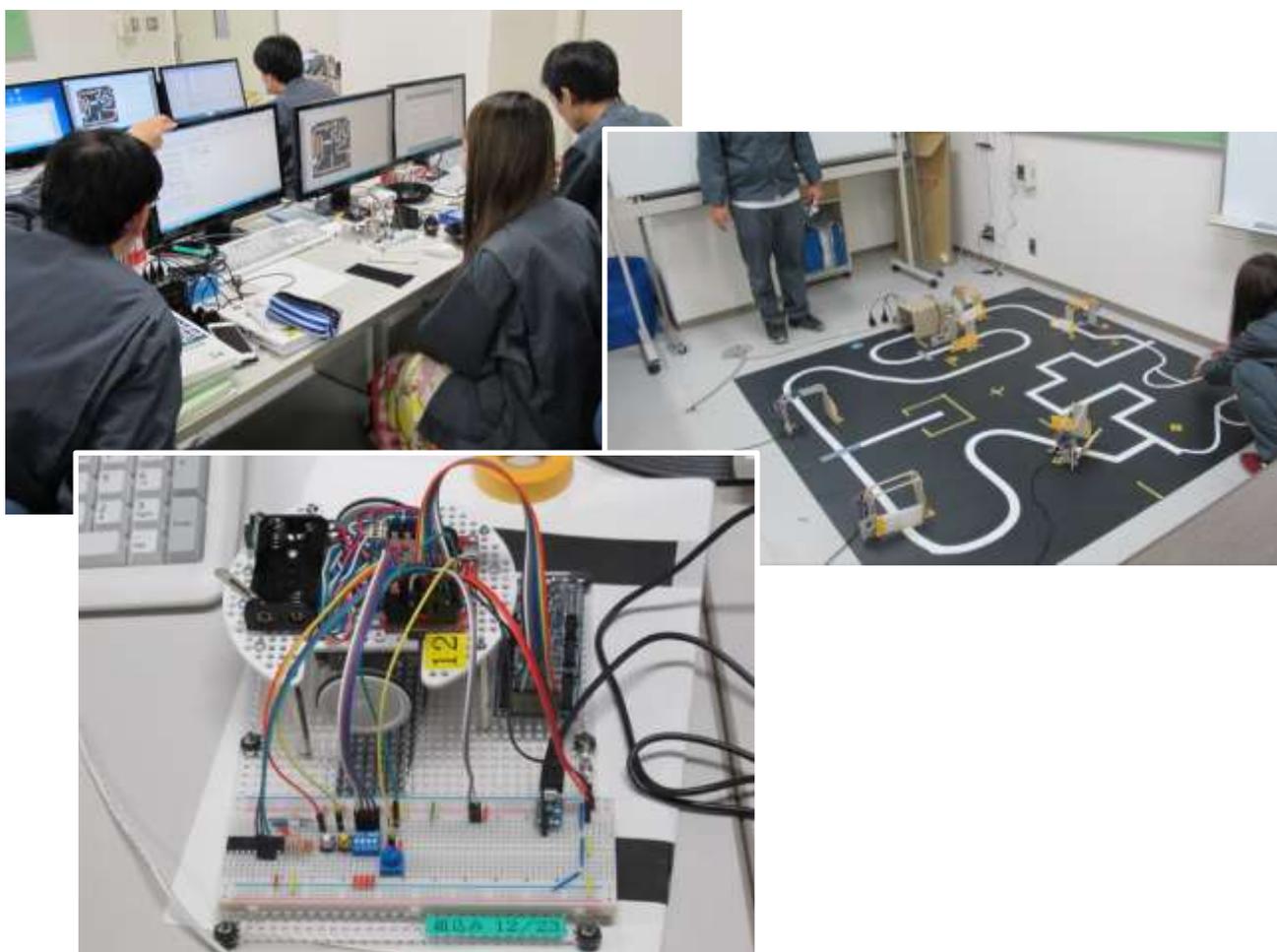


第4部であるチーム開発編では、提示されたコースの自律走行(簡易的な自動運転)を課題としています。3.5日間の開発期間の後に、タイムトライアルによる競技会が設定されている為、チームごとに競い合うゲーム性が生まれ、訓練生らが能動的に考え、行動する為の下地としています。

さらに「予算」による制約と選択肢を加える事で、コストを意識させながらもゲーム性もより高め、QCDすべてを意識した開発を体感できるような仕組みとなっています。

1.3. 実績

ポリテクセンター熊本 組込みマイコン技術科 平成30年3月生 に本教材を適用して訓練を実施しました。



対象 : 組込みマイコン技術科 平成30年3月入所生 15名
期間 : 平成30年5月10日(木)~5月30日(水)
備考 : 第3システム

1.4. 開発者とその分担

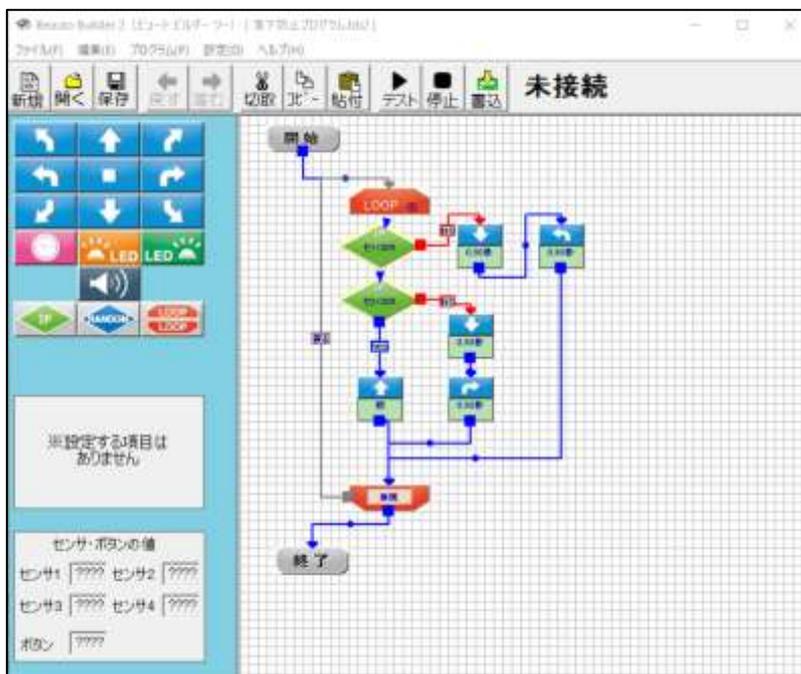
- ・ 及川 達裕(ポリテクセンター熊本)
企画, 発案, 要求定義, テキスト作成(全編), PK-LTC の設計開発, コースの設計開発
全体スケジュールリング, 本コンクール向け書類の作成等
- ・ 酒井那宜 (ポリテクセンター熊本)
テキスト推敲 (基礎編, 応用編)
基礎編向けのサンプルコード作成
コース・ゲート作成, 走行評価
- ・ 池原寿紀 (ポリテクセンター熊本)
アンケート結果の集計
基礎編, 応用編向けのサンプルコード作成
コース作成, 走行評価

2. 教材について

本教材は, 4つの構成から成り立ちます.

- ・ ビジュアルプログラミング編
- ・ マイコンプログラミング 基礎編
- ・ マイコンプログラミング 応用編
- ・ チーム開発編

2.1. ビジュアルプログラミング編



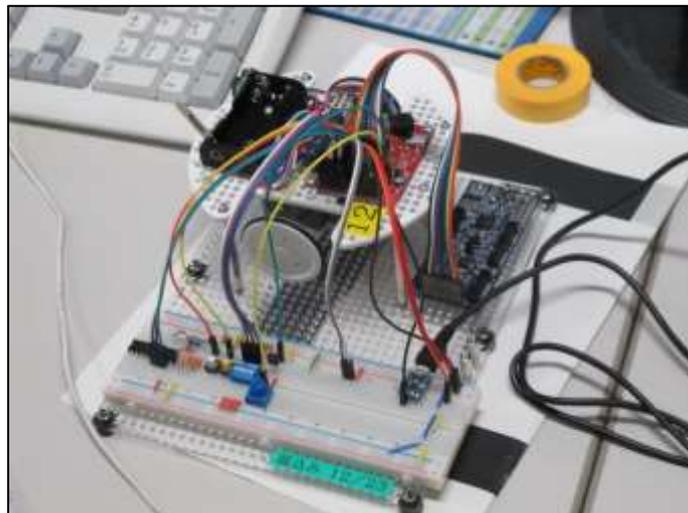
ライントレースカーをビジュアルプログラミングで制御します。

ロボット教材に慣れること、走行アルゴリズムの理解、HWの制御の体感を目的としています。HWの制御は初めての方を前提としていますので、プログラムが同一でも筐体ごとに振る舞いに差が出る点や、日光や路面状況等の外界からのノイズの影響を受ける点などを体感してもらいます。

訓練日程としては2日程度(約10時間程度)を想定しています。ビジュアルプログラミングツールを活用している為、本編だけで言えばプログラミング言語が未習得の方も学習が可能です。

今後、内容を一部改変する事で、プログラミングの体験教材としての活用法も考えられます。

2.2. マイコンプログラミング基礎編



本編から所謂マイコンプログラミングの演習に入っていきます。本編の最終目標は、「ライントレース制御でオーバルコースの走行」です。

ライントレース制御を実現する為に、下記の要素を順番に学びます。

- GPIO …LED, SW
- ADC …ラインセンサ, 距離センサ
- GPIO で PWM 制御 …モータの速度制御

本編では、専用ドックに LTC を取り付けてブレッドボードでの回路製作も合わせて行う事でマイコンのインターフェースと回路との結びつきを意識させています。デバッグ環境はシンプルに printf デバッグのみで行います。

日程としては、5 日程度(30 時間程度)での実施を想定しています。

2.3. マイコンプログラミング応用編

より高度なライントレースカーの制御を目指し、マイコンの他の周辺ペリフェラルの活用について学びます。学習要素は以下の通りです。

- PWM …モータ
- 割り込み …外部入力, タイマ
- より高機能なデバッグ環境
- JTAG デバッグの活用, XBee(無線通信)の活用で走行データのリアルタイム取得

日程は 3~4 日程度で実施を想定しています。

2.4. チーム開発編



プロジェクト型のチーム開発演習を実施します。3~4名もしくは4~5名で1つのチームを組み、指導員より提供するオリジナルコースを3.5日間で走破します。3.5日間の開発期間終了後は、0.5日で競技会&成果発表会(プレゼン)の機会を設けています。

コースの仕様やルールについては、チーム開発編の初日に初めて開示されます。コースを完走すること自体は容易な難易度に設定しており、コース中に何箇所か設置されている「難所」をクリアすると加点が見込め、これが競技性を高める要因になっています。

本演習は、特定ルートの簡易な自動走行がテーマとなっており、組込み初学者の訓練生にもイメージがしやすい内容になっています。

【HWの追加要素】

本コースの難所をクリアする為には、自身らで独自に回路を追加する必要があり、ソフトウェアだけでなく、ハードウェアに対する知識・技術の理解も必要になっています。

【QCDのCostも意識させたルール作り】

演習のルールに、予算の概念があります。基本的に各チームには人数と開発期間から基づく工数分の予算(人件費)が付与されます。そこに、自由に使用ができる開発費を追加して付与する事で、開発費をいかに上手に使うか?といった要素を加えています。

開発費では以下のような用途に使用が可能です。尚、チームメンバに欠席等が出た場合は、人件費を開発費に回す事も可能です。

[開発費の用途例]

| | |
|-----------|---|
| 残業 | …1日当たり最大で2時間まで開発時間の増やすことが出来る |
| ノート PC 貸出 | …通常はデスクトップ PC を使用。ノート PC を活用する事で コースの近くでのデバッグが実現でき、効率 UP が見込める |
| 回路図購入 | …HW の追加要素の手助けとして |
| 故障時の物品購入 | …壊れた/壊した部材の買取制度 |

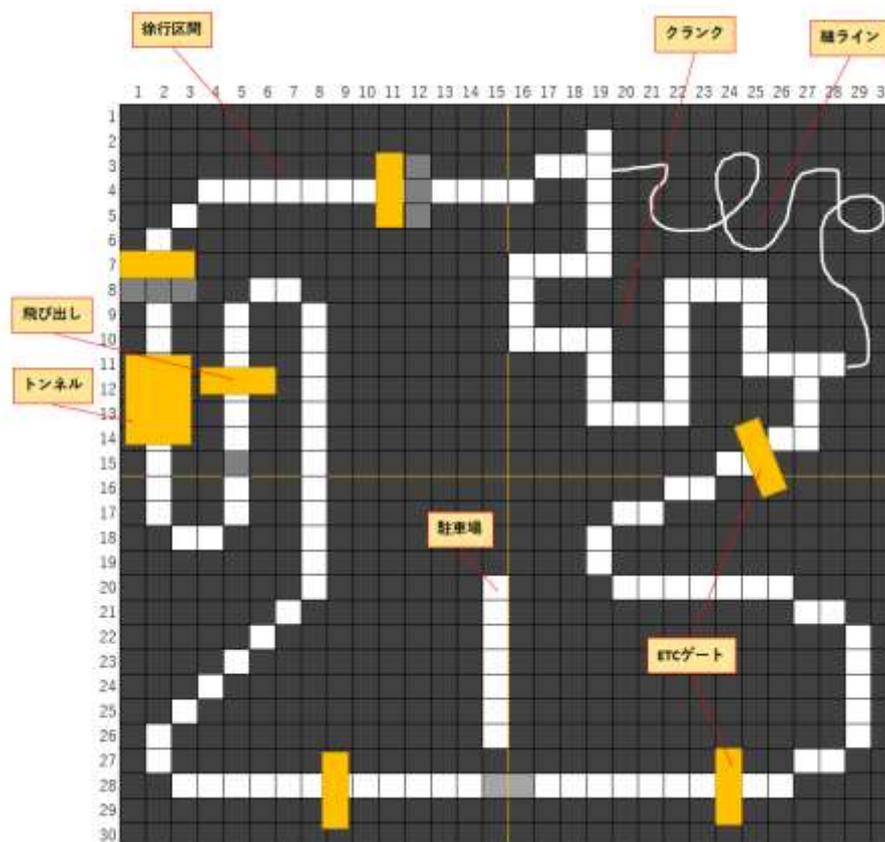
チーム開発演習の中で、Cost 意識をさせる為に開発工数を計上させる手段はよく耳にしますが、開発工数の計上だけでは作業が増えるだけで訓練生らにとって面白味に欠けます。

そこで、予算の中で訓練生らに選択の幅を与える事で、意欲的に予算管理に取り組んで貰う狙いがあります。

また、実際の開発では、自社やそのチームに無い技術が必要な場合は、外部より技術者を招いたり、パッケージソフトやモジュールの購入という選択肢が当たり前のようにあります。訓練生らは、数か月後には実際の開発現場の中で働くことが想定される為、演習の中でも「技術を買う」という選択肢として「回路図購入」を列挙しています。

3. チーム開発とコース

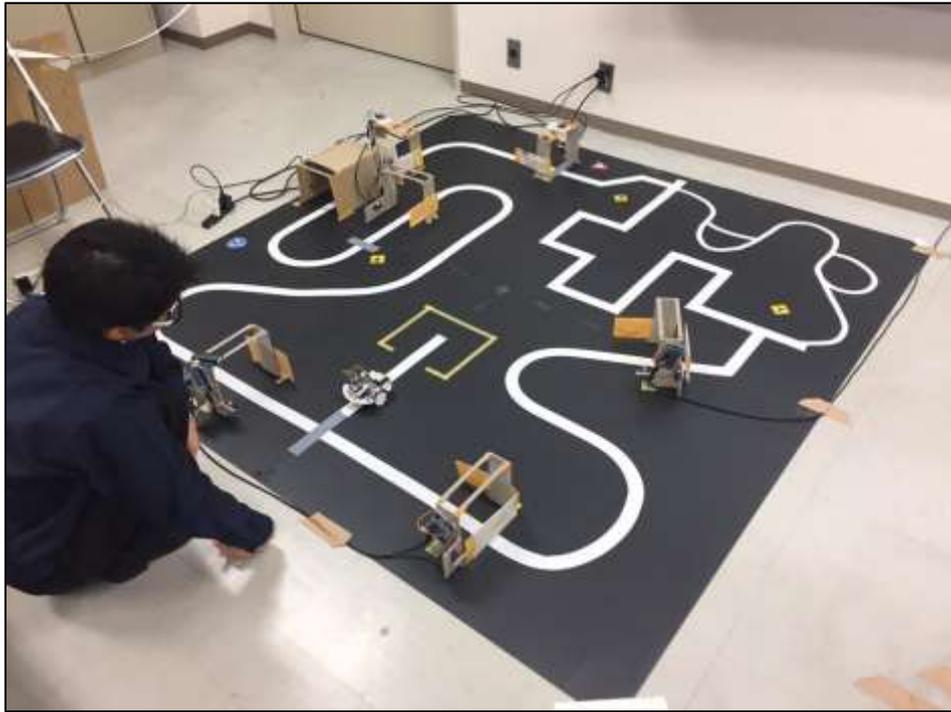
3.1. コース概要



今回作成したコースは、簡易な自動運転をメタファとしたチーム開発実習を行う為に、実際の道路に因んだ難所(ETCゲート、徐行区間、トンネルなど)を設定しています。

今回作成したコースは、入手性や価格面を考慮し、プラダン(黒) 1m×1m を4枚貼り合わせて、38mm幅のビニールテープ(白)でラインを作成しています。下地を黒としラインを白として理由は以下の通りです。

- ・白色のプラダンの場合、表面の凹凸により白色の色味にも関わらず、ラインセンサ上では黒と判断されやすい為
- ・黒のプラダンは汚れが目立ちづらくセンサへの影響が抑えられる為



(実際に実現したコース)

コースには上記のような難所をいくつか用意しているが、どの難所も基本的には「ライントレース制御ができ、取り付けられた距離センサにより前方に障害物を検出した場合には停止する」といった制御ができていれば、概ね【完走】ができるように設計しています。

これは、「完走する」という最低限の目標を各チームに達成してもらう事で成功体験や学んだ成果を実感しやすくする為です。さらにそこからチームごとの頑張りで成果に差異がつけられるよう難所を用意しています。

この難所は複数ある為、チーム内の特定の1名が奮闘しても難所全てはクリアできません。その為、チーム内で役割やタスクを分担し、目的に向かってプロジェクトを進める。といったプロジェクト型の開発そのものを体験させる事を意図しています。

3.2. グレーライン及びT字路、十字路の狙い



本コースは、グレーラインの本数の検出および T 字路・十字路の検出が難所識別の鍵になっています。これらを検出する事で難所をクリアする為の処理に移行する為のトリガーの役割を果たします。

グレーラインを検出する為には、他の場所(白ラインと黒下地の狭間など)での誤検知の対策が必要であり、平均フィルタなどの技術を実際に適用する場面として有効です。

3.3. 難所の追加による指導員育成の目的

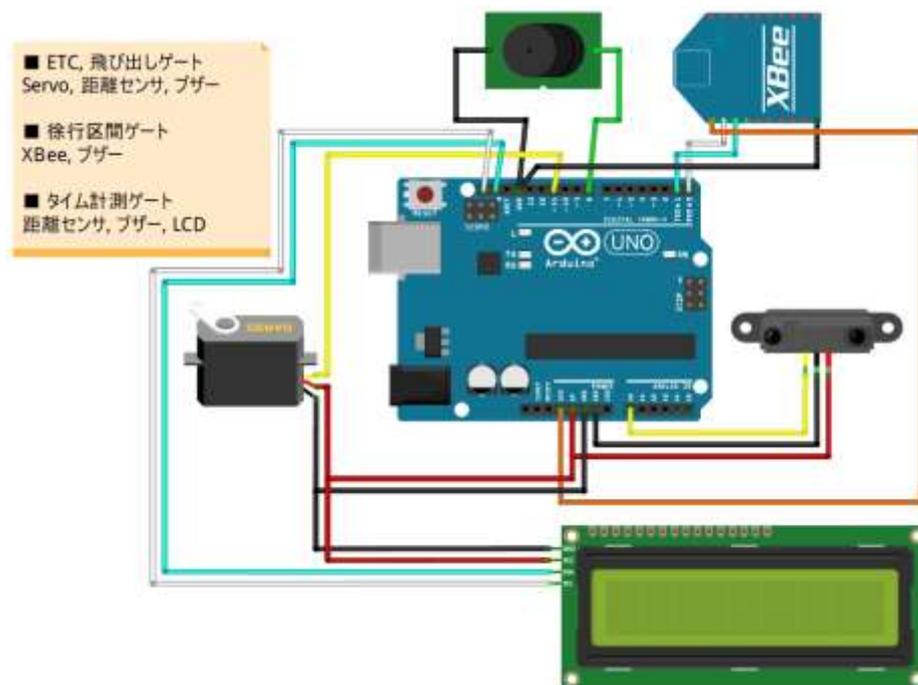
今回設置した難所の中でも各種ゲート(ETC, 徐行, 飛び出しなど)については、今後も改変や追加等を積極的に検討したい項目です。ゲートを設置する為にコースが手狭であるのであれば、コースサイズを広げるのも良いと考えます。

これは、ゲートの機能を考え設計・実装する事で若手指導員の能力育成に活用できると考える為です。訓練で教材を運用する中で、若手指導員も自身のアイデア・工夫を盛り込みたくなる場面が度々ありますが、いざ組み込もうと既存のテキストの中に追加しようにも予め定められた時間数の中で訓練を進行する必要があり難しい問題があります。

その点、チーム開発編では、難所をクリアする事はあくまでも「オプション」であり、訓練生らの作り込み要素になっています。その為、難所を新たに追加しても、訓練生からすれば作り込み要素が増えるだけであり、どの難所をどのような順番で挑戦していくか?という選択になります。よって、授業時間内に収めるといった制約から外して考える事が可能になります。

またゲート等のギミックを考え自身で実装する際には、マイコンや周辺回路をゼロベースで設計開発できる貴重な場です。新たに挑戦したいマイコンボードがあれば、それを採用しても良い為、制約が少ない中で指導員自身のアイデア・工夫を試す事が可能になります。

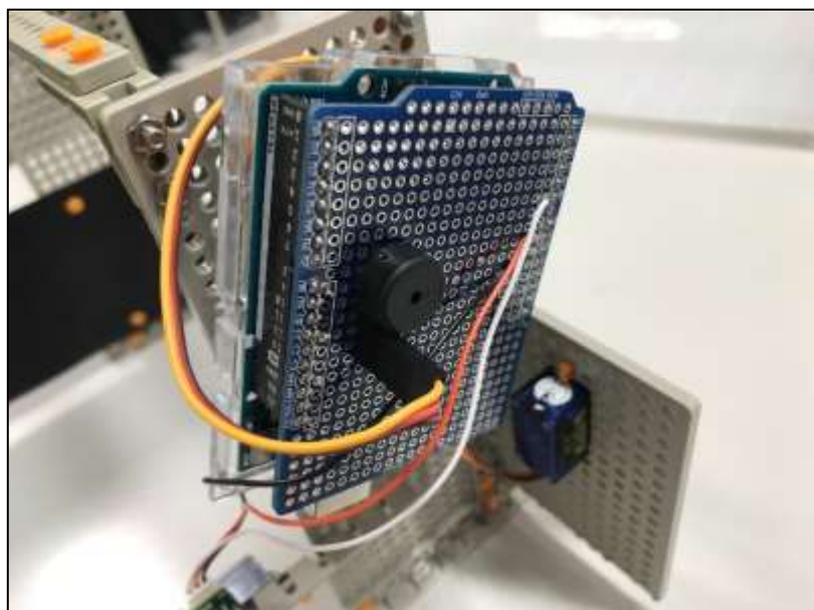
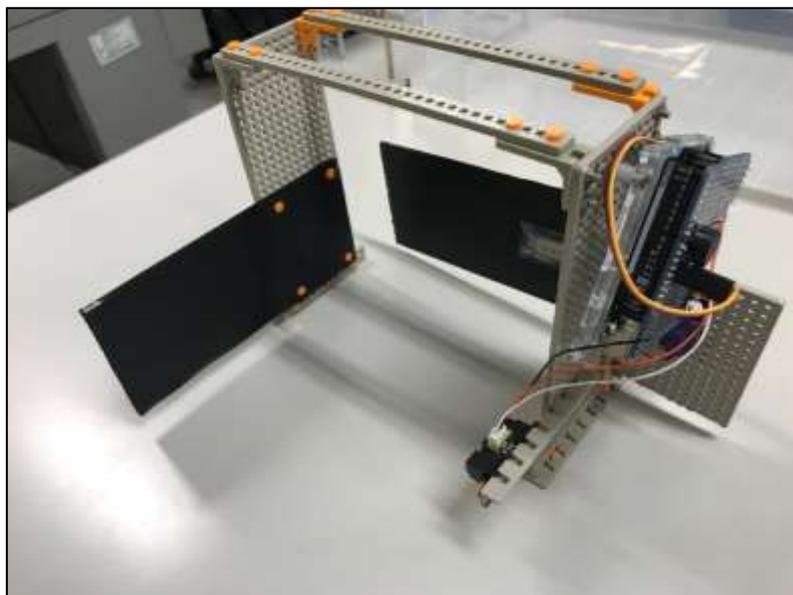
3.4. ゲートの設計および技術的な解説



ゲートはArduino Unoをベースに各種センサ・アクチュエータを接続し実現しています。ゲートによって接続するセンサ・アクチュエータに差異はありますが、基本的には上記の図が基本回路であり、ゲートにより使用するセンサ・アクチュエータを取捨選択し実現が可能です。

今回のコースに設置したゲートは以下の通りです。

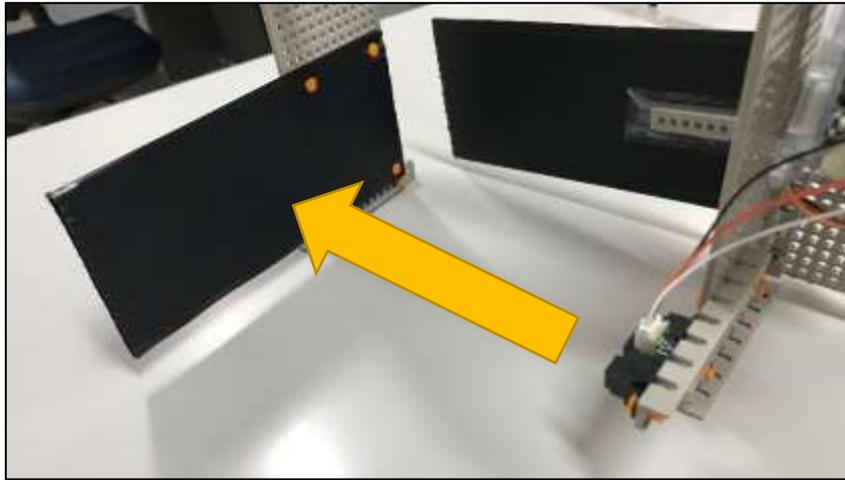
- ・ ETC ゲート (2 台) : LTC がゲート前で一定時間停車するとゲートが開く
- ・ 徐行区間ゲート (2 台 1 組) : 特定の区間を X 秒以上かけて走行できたかを判定
- ・ 飛び出しゲート : LTC がゲートに近づくとゲートを下ろし遮断する
- ・ タイム計測ゲート : LTC が 1 周するタイムを計測および表示



上記の写真は、ETC ゲートの作例です。構成する部品類の詳細については 4.2 を参照ください。尚、ゲートの筐体そのものはタミヤのユニバーサルプレートおよびユニバーサルアームにて構成し、ゲートの側面には Arduino UNO および回路を実装したバニラシールドを固定しています。

ETC や飛び出しといった難所のゲートの開閉機構には、サーボモータを用いり、プラダンを加工し開閉部に取り付けています。このプラダンは、ゲート前でライトレースカーの距離センサにより障害物(ETC ゲート)があることを検出し停車する為です。

尚、ETC ゲート側の Arduino UNO には別途距離センサを取り付ける事で、ゲート前にライトレースカーが停車した事を検出しています。



ETC ゲートに設置された距離センサの向かいにもプラダンを設置します。これは、距離センサが赤外光を用いており、この赤外光を遮断する為です。この遮光用のプラダンを設置しないと、他のゲートの距離センサの動作に不具合をきたす可能性があります。

4. 部品表

4.1. ライトレースカーの部品リスト

部材リスト(ライトレースカー)

| No | 分類 | 部材名 | 型番・スペック | 単価 | 数量 | 小計 | 消耗品 | 備考 |
|----|--------|----------------------------|---------------------------|------|-----|--------|-----|------------|
| 1 | | ビュートローバーARM | 4562179393391 | 6480 | 21 | 136080 | | |
| 2 | | eneloop 急速充電器セット(単3形4個セット) | N-TGR01AS | 4093 | 12 | 49116 | | |
| 3 | | アナログ入力コネクタ | 4562179392257 | 200 | 21 | 4200 | | |
| 4 | | ビュートローバーH8/ARM用 赤外線センサ | 4562179393193 | 600 | 21 | 12600 | | |
| 5 | PK-LTC | 分割ロングピンソケット | FHU-1x42SG | 80 | 21 | 1680 | | |
| 6 | | 測距センサ | GP2Y0E03 | 760 | 21 | 15960 | | |
| 7 | | VHコネクタ ピンヘッダ 4pin | 5051-04 | 32 | 21 | 672 | | |
| 8 | | VHコネクタハウジング 4pin | 5051-04 | 32 | 21 | 672 | | |
| 9 | | VHコネクタ コネクタクト(100個入) | 5159T | 1040 | 1 | 1040 | | 1/パック100個入 |
| 10 | | 3M両面テープ | CMR1-120 | 951 | 1 | 951 | | |
| 11 | | ユニバーサルプレートL | タミヤ No.172 | 712 | 1 | 712 | | |
| 12 | | LPC Link2 | OM13054 | 2800 | 21 | 58800 | | |
| 13 | | ゴム足 | K型、K-10 | 9 | 126 | 1134 | | |
| 14 | | 六角雄ねじ・雄ねじスペーサー | M3、50mm | 48 | 100 | 4800 | | |
| 15 | ドック | 六角雄ねじ・雄ねじスペーサー | M2.6、10mm | 72 | 50 | 3600 | | |
| 16 | | 網ネジ | M2.6、6mm | 299 | 1 | 299 | | 1/パック50個入 |
| 17 | | ナット | M2.6 | 429 | 1 | 429 | | 1/パック50個入 |
| 18 | | ブレッドボード | BB-102 165×54.5×8.5mm | 300 | 21 | 6300 | | |
| 19 | | 汎用基板 | 両面、Dタイプ(47.5*36mm)、スルーホール | 45 | 21 | 945 | | |
| 20 | 拡張基板 | ロングピンヘッダ | PH-1x40SG | 35 | 21 | 735 | | |
| 21 | | ミニブレッドボード | 穴数：170、サイズ45*34.5*8.5mm、黒 | 120 | 21 | 2520 | | |
| 22 | | フルカラーLED | O S T A 5 1 3 1 A アノードコモン | 50 | 21 | 1050 | △ | |
| 23 | | トランジスタアレイ | TD62083APG | 60 | 21 | 1260 | △ | |
| 24 | | 330Ω抵抗 | 1/4W カーボン | 100 | 1 | 100 | ○ | 1/パック100個入 |
| 25 | | 超小型USBシリアル変換基板 | AE-FT234X | 600 | 21 | 12600 | | |
| 26 | | USBケーブアル(microB) | USB2.0 microB 1.5m | 120 | 21 | 2520 | | |
| 27 | | タクトスイッチ・白 | [P-03648] | 10 | 21 | 210 | △ | |

| | | | | | | | | |
|----|------------|------------------|--------------------|------|----|--------|---|-----------|
| 28 | 基礎編 | タクトスイッチ・黄 | [P-03650] | 10 | 21 | 210 | △ | |
| 29 | | スライドスイッチ | EDS104SZ | 50 | 21 | 1050 | △ | |
| 30 | | 10kΩ抵抗 | 1/4W カーボン | 100 | 1 | 100 | ○ | 1パック100個入 |
| 31 | | ポリウム抵抗 10kΩ | 3386K-EY5-103TR | 50 | 21 | 1050 | △ | |
| 32 | | 温度センサ | LM61BIZ | 90 | 21 | 1890 | △ | |
| 33 | | ジャンパケーブル(オス-オス) | オス-オス 40本 長さ20cm | 770 | 21 | 16170 | | |
| 34 | | ジャンパワイヤパック | SKS-100 | 470 | 21 | 9870 | △ | |
| 35 | | ジャンパケーブル(オス-メス) | オス-メス 40本 長さ20cm | 770 | 21 | 16170 | | |
| 36 | 応用編 | Xbee S1モジュール | [XB24-AW(-001)] | 2500 | 42 | 105000 | | |
| 37 | | Xbee USBシリアル変換基板 | [AE-XBEE-USB] | 1280 | 21 | 26880 | | |
| 38 | | Xbee ピッチ変換基板 | SSCI-KIT-XBSOCKET | 411 | 21 | 8631 | | |
| 39 | | USBケーブル(miniB) | USB2.0 microB 1.5m | 120 | 21 | 2520 | | |
| 40 | | CdSセル-5mm | MI527/MI5527 | 30 | 11 | 330 | ○ | |
| 41 | チーム 開発編 | 1kΩ 抵抗 | 1/4W カーボン | 100 | 1 | 100 | ○ | 1パック100個入 |
| 42 | | LED 赤 5mm砲丸 | OSDR5113A | 20 | 11 | 220 | ○ | |
| 43 | | 150Ω 抵抗 | 1/4W カーボン | 100 | 1 | 100 | ○ | 1パック100個入 |
| 44 | | ジャンパケーブル(オス-メス) | オス-メス 50本 長さ12.5cm | 691 | 2 | 1382 | | |

512658

4.2. コース用の部品リスト

部材リスト(コース)

| No | 分類 | 部材名 | 型番・スベック | 単価 | 数量 | 小計 | タイム 計測 | ETC ゲート | 低速区間 ゲート | トンネル | 飛び出し ゲート |
|----|-------|-------------------|------------------------|------|----|-------|-----------|------------|-------------|------|-------------|
| 1 | | ブラダン | 黒, 1m四方 | 1000 | 4 | 4000 | | | | | |
| 2 | コース | ビニールテープ | 白, 幅38mm, 10m程度 | 300 | 3 | 900 | | | | | |
| 3 | | ビニールテープ | 灰, 幅38mm, 10m程度 | 300 | 1 | 300 | | | | | |
| 4 | | ユニバーサルブレート | 楽しい工作シリーズ (パーツ) No.157 | 648 | 6 | 3888 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| 5 | ゲート構造 | ユニバーサルアームセット | 楽しい工作シリーズ (パーツ) No.143 | 453 | 6 | 2718 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| 6 | | Arduino Uno | Arduino Uno R3 | 3240 | 4 | 12960 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 7 | | パンチシート | SSCI-PCB-NVLBL | 400 | 4 | 1600 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 8 | | ピンヘッダ(40pin) | PH-1x40SG | 35 | 4 | 140 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 9 | | 圧電プザ | PKM13EPYH4000-A0 | 30 | 4 | 120 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 | | 距離センサ | GP2Y0A21YK | 450 | 4 | 1800 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 11 | ゲート回路 | サーボモータ | SG90 | 400 | 2 | 800 | | 1 | | | 1 |
| 12 | | Xbee S1 | DIGI-XB24-API-001 | 2500 | 1 | 2500 | | | 1 | | |
| 13 | | Xbee ピッチャー基板 | SSCI-KIT-XBSOCKET | 411 | 1 | 411 | | | 1 | | |
| 14 | | RGBバックライト高品質モジュール | SEFED-I04030001 | 1944 | 1 | 1944 | 1 | | | | |
| 15 | | USBケーブル | Type B, 1-2m程度 | 500 | 4 | 2000 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 16 | | USB-ACアダプタ | USBポート2口 | 1000 | 4 | 4000 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | | | | | 0 | | | | | |
| | | | | | | 40081 | | | | | |

円

5. 反省と今後の展望

5.1. アンケート結果

組込みマイコン技術科 平成30年3月入所生(15名)に取ったアンケート結果は以下の通り.

■ 項目別アンケート

| No | 質問内容 | 受講前 | | | | 受講後 | | | |
|----|---------------------------------|-----|---|---|---|-----|---|---|----|
| | | ① | ② | ③ | ④ | ① | ② | ③ | ④ |
| 1 | 教材に興味を持つことができましたか？ | 0 | 6 | 5 | 4 | 0 | 1 | 3 | 10 |
| 2 | GUIプログラミングにてライトレース走行はできましたか？ | 6 | 3 | 5 | 1 | 1 | 0 | 7 | 7 |
| 3 | Cプログラミングにてライトレース走行はできましたか？ | 6 | 5 | 4 | 0 | 0 | 2 | 6 | 6 |
| 4 | C言語の授業で習った内容を活用できましたか？ | 3 | 8 | 4 | 0 | 1 | 0 | 8 | 6 |
| 5 | マイコンプログラミングの授業で習った内容を活用できましたか？ | 6 | 5 | 4 | 0 | 2 | 1 | 7 | 5 |
| 6 | 既存の関数を活用する事はできますか？ | 4 | 4 | 7 | 0 | 1 | 0 | 8 | 6 |
| 7 | 自作で関数を作成する事はできますか？ | 5 | 7 | 3 | 0 | 1 | 5 | 5 | 4 |
| 8 | 新たに回路を自分で追加する事はできますか？ | 9 | 5 | 0 | 1 | 2 | 3 | 7 | 3 |
| 9 | LED/ブザーを活用したデバッグを行う事はできましたか？ | 7 | 7 | 1 | 0 | 1 | 4 | 6 | 4 |
| 10 | uart系の関数を活用したデバッグを行う事はできましたか？ | 9 | 6 | 0 | 0 | 1 | 5 | 6 | 3 |
| 11 | 走行データのロギングを行いデバッグに活用する事はできましたか？ | 8 | 6 | 1 | 0 | 1 | 3 | 8 | 3 |
| 12 | 予算の範囲内で適切にプロジェクトを進める事は出来ましたか？ | 8 | 4 | 1 | 2 | 1 | 1 | 6 | 7 |
| 13 | チーム内で協調して作業を進める事ができましたか？ | 6 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | 6 | 8 |
| 14 | 自身の役割を認識し、作業を進める事ができましたか？ | 7 | 4 | 2 | 2 | 1 | 1 | 6 | 7 |

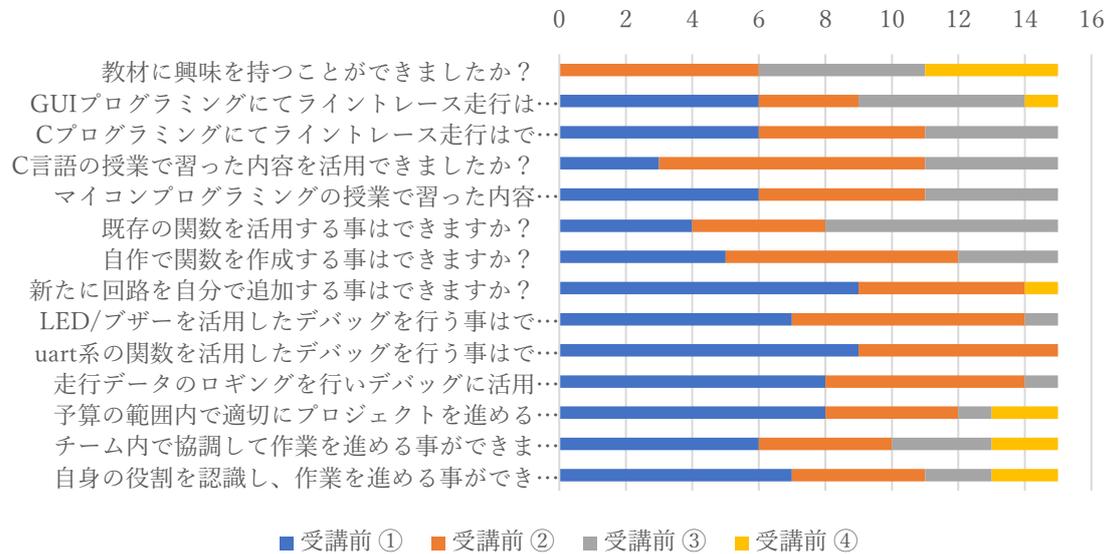
1 まったくできない

2 比較的出来なかった

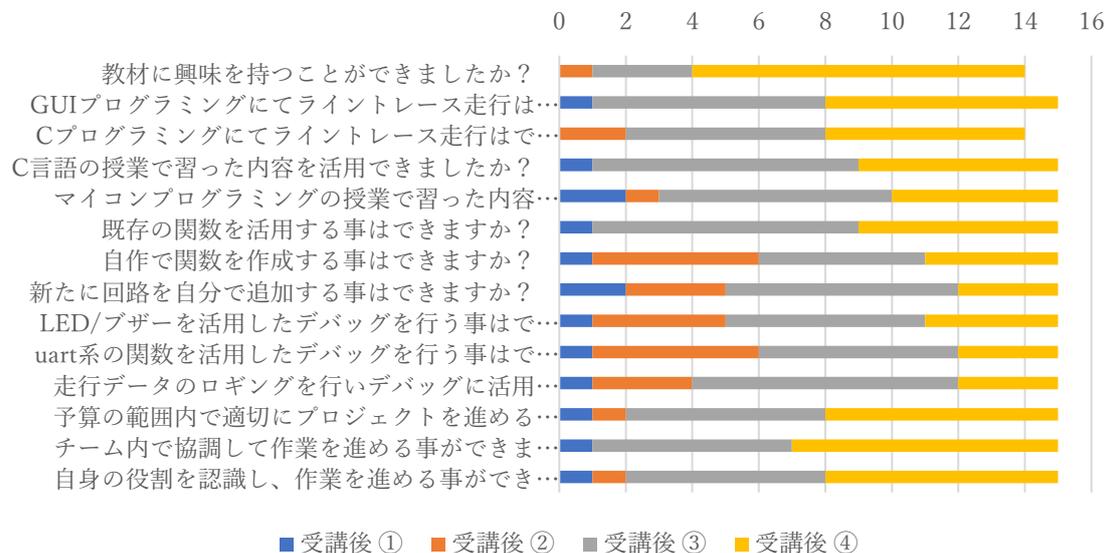
3 比較的出来る

4 よくできる

受講前の回答



受講後の回答



[アンケート考察]

結果より、受講前から半数以上の訓練生より教材に対する興味をもって貰っていた事が分伺えます。これはキャッチーで意欲的に取り組みやすい教材という当初の狙い通りと言えます。

受講後の回答で伸び悩んだのは「自作で関数を…」 「uart系の関数を活用した…」であり、自身でデバイスドライバを作成する点が訓練生にはやや敷居が高く感じられたようで

改善の余地があります。また、printf デバッグについても活用ができていなかった訓練生が一定数いた事は訓練中の様子から把握しています。一部の訓練生は、printf での変数値の出力はできて、どのような場面で活用すべきか？がイメージが湧いていないのでは？と推察されますので、printf デバッグ専用の課題などを検討しても良いかもしれません。

■ 自由記述アンケート

- ライントレースする際に物理的な要因で意図した動作にならない場合があります。どのような要因が考えられますか？思いつく限り列挙してください。（箇条書きで記述）

- ・部屋の明るさによる誤認検知
- ・電池の消耗によるモーターの動力の差
- ・道路の凹凸
- ・器差、パラメータ、環境、プログラミングミス
- ・バッテリー残量 部屋の温度や明るさ
- ・タイヤが溝にはまる
- ・天気や時間帯によりラインセンサから所得する値に差が生じる。
- ・電池残量によりスピードが減速するなど、挙動が変わる。
- ・測距センサーの向きにより、飛び出した子供に対してセンサが反応しない。
- ・配線ミス
- ・バッテリー残量
- ・器物の破損
- ・部屋の明るさや電池の残量
- ・ラインのかすれなど
- ・段差、電池の残量
- ・センサーの値でトレースしない。距離センサーの反応した場合。
- ・光センサーの黒と白の境目の部分を検知した場合、灰色だと誤検知してしまう。センサの値が黒から白、白から黒に移り変わる際に、灰色の値で設定した値を通過してしまうため。
- ・コース上の ETC 等の設置ずれによる測距センサの誤作動
- ・電池残量の違いによる速度差でセンサ誤検知、検出漏れ
- ・自分の影や他人の影
- ・コースの段差
- ・LTC がまっすぐ進んでいない
- ・器差があるため
- ・時間や天気によって光量が変わるため
- ・電池の残量が変化するため
- ・故障
- ・器体の差
- ・タイミング
- ・ルートの凹凸
- ・テープの粘着

[アンケート考察]

プログラム起因の問題だけではなく、組込み特有の物理的な要因も絡んだ問題が数多くあり、デバッグ時には論理と物理、両方を意識して作業を行う必要がある点について、どれだけ認識しているか？を問う意図の質問でしたが、どの訓練生も積極的にライントレースカー教材に触れていたことから、網羅性は低いものの皆何かしらの物理的要因を挙げる事が確認できました。

● 教材に関する改善点やご意見・要望

- ・日本語のサンプルとユーザーズマニュアルがほしかった
- ・ヘッダーファイルや関数の作り方などを楽しみながらやれるので良い
- ・プリント時の回路図の配線の見やすさ

[アンケート考察]

今回使用したマイコンは NXP 社製の LPC1343 である為、日本語のドキュメントがありません。英語を苦手する訓練生も多いが、昨今は海外メーカーの ARM マイコンのシェアも高い為、英語のドキュメントでも翻訳機能を片手に読み解く必要性について強く説く必要があると感じます。

● 実習の進め方に関する改善点やご意見要望

- ・ライントレース実習にもう少し時間があればいいな、と思いました。
- ・予算内からアドバイスを購入できるようになってほしいです。
- ・チームメンバーから自分に足りない知識や技術を学びたいと考えていたが、作業時間が足りず担当の作業にかかりきりになってしまった。
- ・回路についての説明や解説をもっと詳しく行って欲しかったです

[アンケート考察]

予算内からアドバイスを…は、チーム開発編での「予算」の新たな使用方法の1つです。これは「コンサル、専門家、先輩社員に尋ねる」と同義である為、実際の開発に即していると考えられる為、ぜひ導入に向けて検討したいが、極力訓練生ら問題解決へ行きついて欲しい考えもある事から、アドバイスはあえて行わない選択肢も考えられます。

またアドバイスを行うにしても、担当する指導員が訓練途中で変わる場合、そのアドバイスの粒度を統一する事も難しいという問題もあります。本訓練を今後も実施していく中で適用を見極めたいと考えます。

● 感想ほか自由記述

- ・個人的にはとても楽しめた内容でした。プログラム上では問題ない内容でも実際に動かすとノイズによるバグがあり、意図した動きをさせるのがとても大変でその分うまく動作させたときの達成感は普通にプログラムを完成させるよりも大きくとてもやりがいのある授業内容でした。
- ・ポートのことをよく理解できていなかったので予め勉強しておけばよかった
- ・1から考えるのは大変だった
- ・ユーザーズマニュアルをあらかじめある程度理解できるまで読み込んでおけばよかった
- ・意外と電気回路が苦手という人が多いと思いました。
- ・ビュートローバーARMは使ってみて、良かったと感じています。プログラムが何でエラーになるのか、必死になって考えるのは大変でしたけど、終わってからは、苦労して良かったと思います。あとは自分の技術と知識の不足が浮き彫りになって分かるので、とても勉強になりました。
- ・グループで一つのプログラムを作成する難しさが分かり今後、気を付ける点がいくつかあった。プログラムの方向性を合わせる（wait）をなるべく使わないなど。個別に組んだプログラムは合わせる前にお互いに確認して、エラーが起きるのを防ぐなど。
- ・プログラムを書くのが苦手な私ですが、チームの方が私にできる業務を与えてくれて、自分にできる範囲でよく頑張れたと思う
- ・最後のグループ実習は全員で分業することを考えて、ある程度変数名なんかは提示するか、作業の最初に話し合っ決めてるように指示したほうがよかったかなと思います
- ・LTC実習の重要な部分の授業を1週間私用で休んでしまい、クラスの方々に追いつけていないばかりかご迷惑をおかけしてしまい、自分自身悔しい思いがありますし、皆さんに大変申し訳なく思っています。今後自習し、出来る限り追いつき、自身で納得できるようになればと思います。チーム開発実習でも、チームメイトに恵まれてとても感謝している反面、ご迷惑をおかけしたことに對し申し訳なく、また悔しく思います。
- ・授業を聞いただけでは理解することが難しかったのですが、グループのみなさんに助けていただき理解することができました
- ・LTCのような組んだプログラムが物の動作として目に見える形でわかる実習はプログラムの流れを実感できてとても良かったと思います

[アンケート考察]

感想ほか自由記述からは、概ね教材に対する好感や自身の反省についての記載が多く見られました。本教材に対して訓練生らが意欲的に取り組めた結果だと考えます。今後もブラッシュアップを重ね、訓練生らにとって自ら積極的に取り組みたくなるような教材へ更に高めていきたいと思ひます。

5.2. 反省・振り返りと今後の展望

本教材は開発して間もない為、本教材コンクールに向けてテキストの整備、取扱説明書を作成する中でも、いくつも修正・改良したい部分が見つかりました。本教材は我々による作り込みの要素が多い為、他の指導員への展開という意味では大いに改良の余地があると考えます。

今回の教材コンクールのタイミングでテキストからデータまである程度の整理ができた為、今後興味を持つ他の職業訓練指導員・教育関係者等がいれば積極的に公開・提供していきたいと思います。また、ものづくり系のイベントや組込み系のカンファレンスのパネルディスカッション等へも積極的に出展し、外部からの意見を積極的に集め、新たな改良の着眼点を得たいと思っています。

最後に本教材を開発する際に協力頂いた方々に感謝の意を表すると共に、本教材の実際の適用の際に意欲的・前向きに取り組んでくれた組込みマイコン技術科 平成 30 年 3 月入所生にも感謝の意を表したいと思います。