

プロジェクト「鈴音（すずね）」の記録



<ことのおこり>

Cチームのリーダーになった鈴木碧さん（以下、碧さん）は、電気・電子システム工学科の学生です。分子生物学愛好会の科学教室グループで、小学生向けのプログラミング教材を開発し、出前授業を担当していました。このプログラミング教材には、英国の初等コンピュータ教育で実績のある micro:bit も用いていて、開発した教材には自動制御ロボットも含まれています。ところが、新型コロナウイルス感染症のため、2020年度は、出前授業ができなくなっていました。



このような状況の中で、福島高専では、2か月以上遅れて対面授業が再開され、高専ロボコンの課題も発表されました。そこで、指導教員が、碧さんに「何かやってみたいことはあるか？」と聞いてみたところ、「パフォーマンスなら、音楽だと思います。自動制御ロボットで音楽パフォーマンスをやりたいです」という回答がありました。実は、碧さんは音楽が得意で、ピアノの演奏ができます。

ところで、科学教室をできなくさせた新型コロナウイルス感染症は、4年生が行うインターンシップにも影響を与えました。その結果、例年と異なり、実地研修なしの企業研究も認められることになったため、4年生の碧さんは、夏休みのスケジュールに余裕ができました。これも、このプロジェクトを実施できた要因の一つです。

<なかま>

さて、小規模のロボットでも参加できるといっても、1人だけでは製作の負担が大きすぎます。そこで、一緒に活動してくれる仲間を探しましたが、容易には見つかりませんでした。ここで、鈴木菜緒さん（以下、菜緒さん）が登場します。菜緒さんは化学・バイオ工学科の学生で、演劇部に所属しています。化学・バイオ工学科では、2年生でプログラミング、3年生で工作の授業があり、ちょうど工作の授業が始まったところでした。工作といっても、電子回路を理解し、電気・機械工作法を実習するもので、後期には、マイクロコントローラを用いた自動制御も学習します。化学・バイオ系は、自分で実験装置をつくったり、就職先で、コンピュータで制御された電気で動く製造機械を扱ったりしますので、モノづくり系の科目がカリキュラムに含まれているのです。そして、菜緒さんは、積極的に電子回路の実習で質問をしていました。そこで、このプロジェクトへの参加を打診してみたところ、「やってみたい」という返事が戻ってきました。これで、菜緒さんも分子生物学愛好会に入会し、プロジェクトのメンバーが確定したのです。

<プロジェクト設計>

「音楽パフォーマンス」は決まっていたので、次は、具体的に何をするかです。今大

会の主題は「ハッピーにする」で、評価されるのは「テーマ設定」のほか、ロボットの「アイデア、材料の工夫、技術力、パフォーマンス」です。そこで、「音楽でみんなをハッピーにする」ということだけでなく、これに「不思議さ」を加えることにしました。そして、「技術力」については、一見複雑に見えるものを、シンプルな機構で実現することを目標にしました。

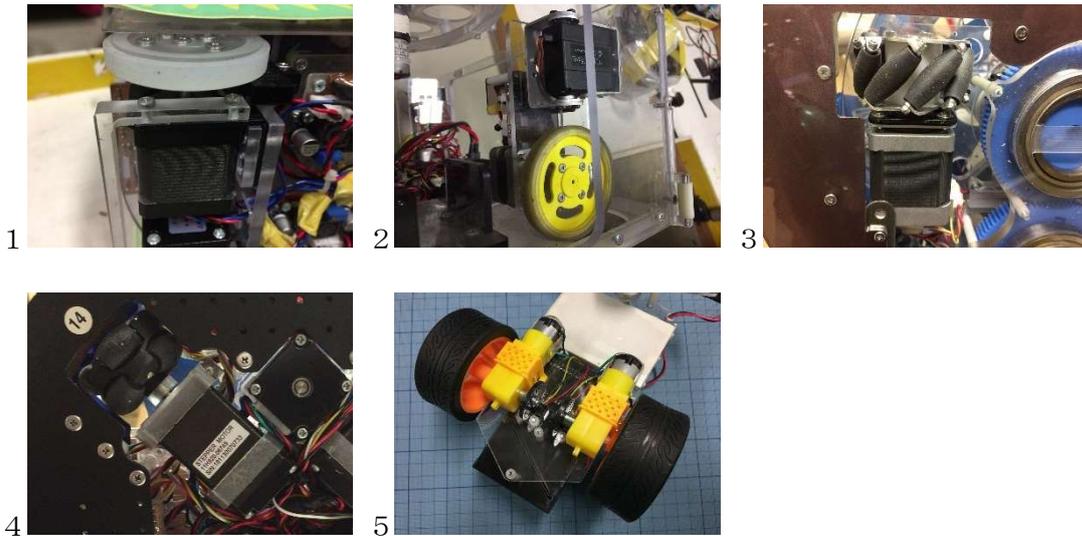
今大会は、圧縮空気の使用が禁じられています。そうすると、ロボットに演奏させるなら、打楽器でしょう。そこで、パフォーマンスはハンドベルの演奏に決めました。既に実施例があるロボットによるハンドベル演奏は、1つのベルを1台の駆動機構が打鈴しているようです。人が実際に演奏するときは、多数のベルを数人で演奏しています。そこで、このプロジェクトでは、人による演奏のように、数台のロボットが多数のベルを担当して演奏することにしました。そして、「不思議さ」としては「非接触」を考えました。つまり、ベルをロボットが触らないで鳴動させるということです。

次に、このシステムですと、ロボットはベルの間を移動しなければなりません。そして、正確に目的のベルに到達することも必要です。これを実現するために、長距離をラインレース、短距離をオドメトリ（移動量から位置を把握する手法）で制御することにしました。しかし、白いフィールド上の黒線やその逆のように、目で見てははっきりとわかる線が描いてあったのでは普通過ぎます。また、移動も高速でないと、音と音が間延びしてしまいますから、動作は少なく、移動距離は短くしなければなりません。そうすると、ロボットはできるだけ小さくする必要があります。

<駆動部選択>

最初にロボットの移動機構を考えました。当初は、「玉乗り移動」や「振動モータ・超音波モータ」も候補に挙げられました。しかし、この移動が、音楽を奏でるための重要なポイントであり、「速く、正確に」ということが求められましたので、ここは冒険せず、過去に実績のあるものを参考にしました。過去に愛好会で採用したことがあるものは、

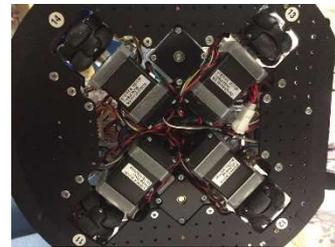
グループ	車輪	駆動	回転量検出	写真番号	位置決め	静止トルク	移動方向	回転運動	大きさ
知能ロボット	通常の車輪	ステッピング	なし	1	容易	あり	2方向	1組時可能	小形化可能
	通常の車輪	ステッピング+RCサーボ	なし	2	容易	あり	8方向	可能	小形化可能
	メカナムホイール	ステッピング	なし	3	容易	あり	8方向	多少難	小形化難
	オムニホイール	ステッピング	なし	4	容易	あり	8方向	可能	小形化可能
科学教室	通常の車輪	DC+ギアボックス	エンコーダ	5	難	あまりない	2方向	1組時可能	小形化可能



です。これらの長所・短所を参考にして、今回のロボットに必要な仕様である、位置決め
の容易さ、移動方向の自由度、小型化の可能性を考え、オムニホイールとステッピングモータ
の組み合わせを採用することにしました。

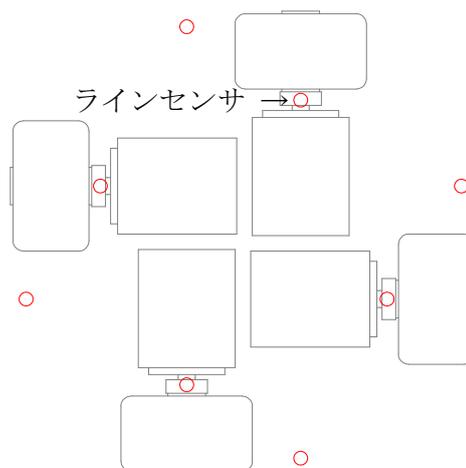
<車輪とラインセンサの配置の工夫>

ここまでは参考にするものがありました。これからは未知
の領域です。オムニホイールとステッピングモータを普通の方
法である十字に組むと、どうしてもロボットの底面積が大き
くなってしまいます。大きいロボットをつくる時も困難があ
りますが、ロボットを小さくするときも、別の困難があるの
です。特に今回は、後で採用を決めた大きく重い電磁石を頭
の中に仕込んで移動するにもかかわらず、3輪に比べて制
御や位置決めが簡単な4輪オムニホイールの仕様で、これ
までに知能ロボットでもつくったことのない小形ロボットに
しなければなりません。そこで、まずステッピングモータは、
パワーを犠牲にして、小型のものを採用し、配置も無理に
詰め込んだ円形にしました。



ライントレースを行うときは、駆動輪より前方の、ある程度離れた位置にラインを検知するセンサを置く必要があります。そうしないと、うまくトレースできないのです。そのため、斜め方向の移動では、ライントレースをあきらめ、上下左右の4方向のみに、ラインを挟むようにセンサを配置しました。ここで問題になったのは配置の車輪です。左右、上下の車輪がそれぞれ一直線上にはありません。やむを得ずセンサは変形配置になりました。

通常の配置でさえ、オムニホイールを駆動車輪としたライントレースは、知能ロボットでも採用したことがありません。これは、実験の結果次第では、再考を余儀なくされる可能性があります。



<見えないライン>

ライントレースでは、通常、白地に黒のようなコントラストの大きいラインを使います。そして、色を判別するのでなければ、赤外線を照射して、反射光を可視光不透過で赤外線透過の光学フィルタの付いたホトランジスタで電気信号に変える、ホトリフレクタを使います。これは、部屋の照明などの外乱光の影響を排除するためです。しかし、今回は「不思議さ」を演出したいので、この従来の方法に代わるものを考えました。

可視光も、色でラインを検知するときは使われています。そうすると残されたものは紫外線です。紫外線といえば、蛍光塗料がありました。これを使えば、紫外線が当たらなければ、蛍光塗料で描いたラインはそれほど見えません。しかも、最近では、放電管型のブラックライトを使わなくても、同様の波長の励起光を出す LED が入手可能です。

次は、蛍光の色の選定です。蛍光は可視光ですから、外乱光の影響を考えますとできるだけ紫外線と波長に差がある赤がいいと思われましたが、可視光のフィトランジスタの感度は人の目に合わせて、緑が最も大きいのです。そこで、紫外線 LED から発せられる不要の紫から青の光を、黄色のフィルタで除去することにして、緑の蛍光塗料を選択しました。

これで、部品選択ができましたので実験です。ラインを検知させますと、あっけないくらい簡単にラインの有無を判別できます。しかも、黄色のフィルタも不要です。ただし、閾値の電圧が、2~3Vでしたので、ここは回路を工夫しました。

<工作>

碧さんは、プログラムの経験があり、授業でもプログラミングを行っていますが、機械工作の経験はありません。菜緒さんは、基礎的な機械工作を学び始めたところでした。しかし、いまの工作は、すべて手仕上げで行うわけではありません。パソコン (PC) で図面が描け

れば、PC で制御された工作機械が、正確に部品をつくってくれます。そこで、まずは 2D CAD での部品図のつくり方を教えました。高専ロボコンでは、3D CAD で図面を描きますが、小型ロボットをつくるのであれば、2D CAD で十分です。当然操作法の習得も、2D CADの方が短時間で容易にできます。より重要なことは、試作・実験ですから、CAD に時間をかけず、とにかくやってみることが大事です。理論だけで実物ができるなら実験は要りません。実際にモノづくりを行うときは、理論は補助手段であり、最終的には実験で得られたデータが重要になります。

材料は、ほとんどポリカーボネート板です。金属より加工がしやすく、合成樹脂の中では、防弾の盾に使われるほど丈夫です。加工はほとんど CNC という工作機械がやってくれますが、ねじ切りだけは手作業になります。実は、ほとんどナットは使いません。ナットを使うと、メンテナンスが面倒になるのです。大きな力がかかるところは別として、板材にねじを切るだけで、小型ロボットは組み上げることができます。しかし、このねじ切りは、通常の方法で行うと、相当労力が要り、しかもねじ切りか所は多数あります。そこで、治具をつくり、スパイラルタップを使うことにしました。これで、ねじ切りの苦労がほとんどなくなりました。



<ライントレース実験>

このようにして、まず台車をつくり、ライントレースの実験を行いました。紫外線ホトリフレクタは市販されていませんから、当然自作です。そのため、紫外線 LED の向きなど、微調整が必要だったものの、最初の試作品では、これもあっけなく成功してしまいました。

しかし、最終バージョン品に至るまでには、何度もセンサ基板を作り直しています。今回のプロジェクトで、ロボットの構成部品で最も手を焼いたのは、このセンサ基板でした。とにかく、狭い場所に設置しなければならないので、モータやホイールと干渉しないようにしたり、取付けの高さを変更したりと、仕様が何度か変わり、その都度作り直しです。初めのうちは、高密度のはんだ付けに手を焼いていた 2 人も、最後にはだいぶ腕を上げたようです。大会を通じて、東北地区大会テストラン後の、ロボット落下事件のとき以外は、はんだ付けの不具合は出ず、最後まで修正なく全国大会を終えることができました。

<ベルを鳴らす>

台車の次は、ベルを鳴らす機構です。ハンドベルは、外側のキャストイングと、中にあるクラッパーからできています。今回使用したハンドベルは、簡易的な構造のため、クラッパーは、ばねで本体に固定されています。最初は、キャストイングを含むベル本体を固定して、クラッパーを動かすことを考えました。非接触で動かすとなると、電磁気力を使うこととなりますが、高電圧は使えませんので、方式は、必然的に磁力の利用に限定されます。そこで、磁石を使って、クラッパーを動かすことを試みました。ところが、キャストイングが真鍮(黄

銅)ではなく、鋼鉄製だったのです。これでは、磁石がキャストに吸い付いてしまい、クラッパーをうまく動かせません。

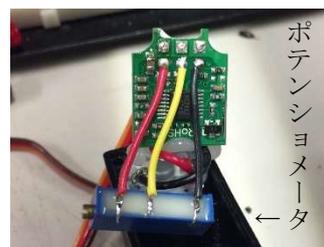
しばらく、良い案が浮かばず、膠着状態でしたが、人が演奏しているようにロボットを配置するという初心に戻って、人が行う演奏の動画を見てみました。すると、演奏者はベルを逆さに持っているのです。これを見て、磁石は柄の部分に付ければよく、ベル本体を揺らして、クラッパーをキャストに当てればいいのだと気が付きました。そして、早速簡単な台をつくり、磁石を付けた柄の近くで別の磁石を動かしてみたところ、不規則かつ小さな音ではありましたが、ベルを鳴らすことができましたので、磁力のスイッチングができる電磁石の採用が決まったのです。後に、大きな音にするためには、クラッパーに重りを付けばいいと気づきましたが、単発で鳴らすことができるようになるまでには、まだまだ長い道のりが残されています。

<疑似玉乗り機構>

初期に、ロボットの移動方法として、「玉乗り」がありました。これは、結局採用されなかったものの、どこかで実現できないかと、検討課題として残っていたのです。そして、安定姿勢の維持と、移動の両方を行おうとするから面倒なのであって、片方だけなら短期間で実現できるのではないかと考えました。ロボットの移動は別の方法になりましたので、残されたのは安定姿勢の維持です。そこで、「疑似玉乗り」、つまり玉乗りをしているように見えるパフォーマンスをさせるには何が必要かと考え、それは、傾きの計測とその傾きの値をもとに、姿勢を元に戻す動力だという結論になりました。

通常、傾きは、そのままの値ではセンサから出力されません。ジャイロセンサからの角速度の値と、加速度センサからの動きと重力を合わせた値から計算しなければならないのです。ところが、傾きを直接角度で出力するセンサモジュールがありました。そして、Arduinoというマイクロコントローラで制御するときのライブラリ(制御プログラム)も用意されていましたので、実装も全く苦労なしです。さらに、動力は、PID制御というもので駆動しなければ、ロボットの姿勢を安定化させることができないのですが、連続回転型のRCサーボモータであれば、既にPID制御が組み込まれています。そして、与えるパルス幅を変えるだけで、回転の方向や速度を指定できます。つまり、傾きの値をパルス幅に変えるだけで安定姿勢の維持が可能ではないかと予想されました。

これも、やったことはありませんので、とにかく実験です。まず、連続回転型のRCサーボモータを単独で動かしてみたところ、右回転も左回転もしない中点を調整することが容易ではありませんでした。これは、微妙な調整ができない通常の半固定可変抵抗が使われていたからです。そこで、微妙な調整が可能な多回転型のポテンシオメータに置き換えました。



次に、簡単な台座と、モータ取付け用の部品を2D CADで設計し、CNCで切り出して、

仮組みし、電源、センサ、制御ユニットを取付けて、アクリル樹脂半球の上で動かしてみたところ、本来であれば、面倒なパラメータ（動作を指定する数値）の調整が必要なはずなのに、今回は奇跡的に無調整で姿勢制御ができてしまいました。もちろん、半球ではなくフリーの全球にすると、揺れが次第に大きくなって落ちてしまいますが、可動域を狭めると安定姿勢に向かって揺れが収束します。今回は、メインのロボットではありませんので、これによしとしました。

<光の演出>

音を鳴らすだけですと、映像としては寂しいです。背景は映像が空間に浮かぶポリッドスクリーンにプロジェクタでアニメーションを投影する予定でしたが、あまり明るくないので華やかさに欠けます。そこで、ベルの音に反応して光る LED の立体的なディスプレイを、疑似玉乗りロボットに搭載することを考えました。しかし、ただ光らせたのでは面白くありません。ここでも「不思議さ」を加えたいところです。そこで、電力の供給をワイヤレスで行うことにしました。



初めは、コイルの電磁誘導を持ちる方法を試しました。しかし、これでは 1 cm 程度しかワイヤレス給電ができません。そこで、赤外線投光器と太陽電池の組み合わせを試してみました。今度は、給電効率は悪いものの、10 cm 程度のワイヤレス給電が可能です。幸い、LED は超高輝度で、小電流でも十分に光りましたので、これを採用しました。



ところで、赤外線投光器は、一見してそれとわかりますので、隠したいところです。しかし、カバーに通常の黒色塗装をしてしまいますと、赤外線が透過できなくなってしまいます。そこで、このカバーだけは、アクリル樹脂を使い、染色で黒くすることにしました。

音は、指向性のあるエレクとレットコンデンサマイクロホン（ECM）ユニットを4方に配置し、拾った信号を音センサモジュールで増幅してから、その増幅信号のレベルが、閾値を超えたことをトリガーとして、一定時間だけ、ECM と同じ方向にある赤外線投光器を点灯させています。

なお、使用した超高輝度可視光 LED は、狭角仕様でしたので、ディスプレイとして使用するには、光を拡散させる必要がありました。そこで、いろいろ探したところ、乳白色で、加工がしやすく、相当数をそろえられるものが、星形ビーズでした。選曲した「きらきら星」に合っていますが、これは偶然です。

<ベル配置>

中心に疑似玉乗りロボットを置くと決めましたので、ベルはその周りに配置することにしました。ロボットは8方向に動けますから、8個のベルを円周に配置したベルサークルが1つのユニットになり、その中心が、ロボットの定位置です。大きさの制約から、このベルサークルは4つになりました。これで、ベル鳴動ロボットも4台と決まり、演技フィールドと、ベルサークルの支持台が設計されましたが、ベルを外向きに揺らして鳴らすことにしたので、ベルサークルの支持台には、ベルが傾いても当たらないように切り込みを入れる必要が生じたのです。

ところが、3D CADは使っていないので、どのような形に切り込めばいいかわかりません。そこで、粘土にベルを斜めに押し付けて型を取り、その形から切り込みの形状を決めました。残念ながら、この切り込みは1回ではうまくいかず2回の変更を経て最終形状となりました。

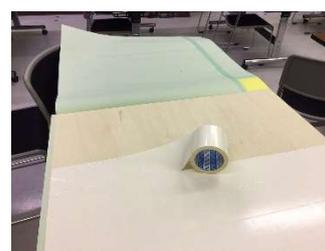


これで、演技フィールドの製作が可能になりました。しかし、この段階では、蛍光ラインが最適の位置かどうかわかりません。蛍光ラインは、一度描いてしまうと消すことができないのですが、これをはっきりさせるためには、完成した演技フィールドで実際にロボットを動かしてみなければなりませんから、不安は残るものの、作ってみるしか方法はありません。

<演技フィールドの製作>

演技フィールドの製作には、型紙を使いました。ベルサークルの固定ねじの位置を最初に決め、次に蛍光ラインのためのマスキングを行い、筆で蛍光塗料を塗ります。蛍光塗料は3回の重ね塗りを行いました。

これで、演技フィールドができましたが、東北地区大会が近づいてから大問題が生じます。演技フィールドの表面はラシヤ紙です。これを、両面テープでランバーコア合板に貼り付けていました。秋になり、爽やかな気候になるはずが、台風の影響で梅雨時のような高温多湿の日が続いたことで、両面テープがない部分のラシヤ紙が伸びて波打ってしまったのです。こうなりますと、センサとの距離が一定ではなくなり、誤動作を頻発します。

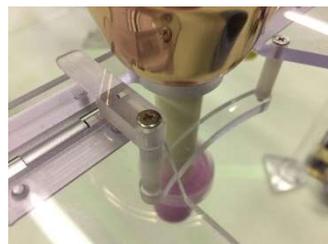


もう、時間がありませんので作り直しはできません。そこで、一部を切って表面のラシヤ紙をめくり、全面両面テープ貼りに改修しました。これで波打ちは解消されましたが、ラインとベルサークルの位置が一部ずれてしまいました。

<ベルの改良>

演技フィールドが完成し、ロボットを使ってクラッパーに重りを付けたベルを鳴らしてみますと、ロボットの位置がある範囲に入っていれば、大きな音が鳴ります。しかし、クラッパーの揺れが止まらず、余計な鳴動が続きます。そこで、クラッパーを後ろ側で支えるストッパーを付けたところ、クラッパーの余計な揺れは収まりました。しかし、まだ連打ができません。今度は、ベル全体の揺れがなかなか収束しないのです。

ある日、碧さんが、偶然ベルサークルの上に手を置いた状態でロボットにベルを鳴動させたところ、ベルの揺れが速やかに収まりました。このことから、ベルを動きにくくして、可動範囲を狭めればいいと気づきましたが、ベルを動きにくくすると、音が小さくなってしまいます。そこで、可動範囲だけを小さくするための部品を上部に取り付けて解決しました。ところが今度は、その部品でベルが跳ね返り、戻りの動作で止まりません。そこで、ロボットの電磁石で吸引するタイミングに合うように、下部にも揺動抑制用の部品を取り付けたところ、ほぼ単音連打が可能になりました。



<部品の利用方針>

今回は、製作時間も少なかったことから、部品にはできるだけ既製品を用い(改造も含む)、電子回路基板の製作も最小限として、コントローラやモジュールにコネクタを付ける程度としました。配線材料も、コネクタ付きのものを使用し、コネクタコンタクトピンの圧着作業数を減らしました。主な既製品の使用部品は以下の通りです。

38 mm オムニホイール	知能ロボットでの使用実績あり
NEMA11 ステッピングモータ	使用した型式ものは新規採用
ステッピングモータドライバモジュール	知能ロボットでの使用実績あり
ステッピングモータドライバ4個搭載基台	新規採用 (3Dプリンタ用のコネクタ基板)
XRN-XP65x30 電磁石	新規採用
電磁石駆動用モータドライバモジュール	新規採用
小型 5V / 3.3V DC-DC コンバータ	新規採用
リング形 LED モジュール	新規採用
micro:bit	科学教室での使用実績あり
PIC	知能ロボットでの使用実績あり
Arduino	新規採用
GY-MAX4466 ブレイクアウトセンサー	新規採用
ジャイロ・加速度センサモジュール	新規採用

赤外線投光器	新規採用
太陽電池	新規採用
連続回転 RC サーボモータ	新規採用
単三型ニッケル水素電池	新規採用

<選曲方針>

考慮したのは以下の3点です。

著作権が切れていること。

こどもからお年寄りまで知っていること。

テンポが遅くなっても違和感が少ないこと。

<制御系統>

メインのコントローラと無線通信には、これまでに科学教室だけで使用実績のあった **micro:bit** を使用しました。PIC と Arduino は、モジュールなどの周辺機器の制御に用いました。ロボット内の通信は、I/O および I²C で、使用言語は、JavaScript (ブロックプログラミングを含む)、C 言語、C++ (ライブラリ用) です。

<動作変更>

オムニホイールを使っているのですが、斜め方向にも移動できる仕様ですが、スタート時の車輪の滑りによるわずかなずれが、ベル下までの移動で大きくなってしまうため、斜め方向の移動は、スタート時と帰還時に 45° の回転をさせ、ベル下で横方向の位置較正をする方式に変更しました。

<メッセージ>

「ロボットの不思議な動きを楽しんでほしい」ということや「音のつながりが人のつながりへ」ということを、プレゼンテーションや、背景のプロジェクションで伝えることにしました。

<装飾の問題点>

打鈴ロボットには、顔と音符の装飾をしました。これは、頭部のように内側から塗装する方法では製作が難しく、シール用紙に、頭部と同じ塗装をして、これを必要な形に切り抜き、外装の外側から貼り付ける方法を採用しました。ところが、シール用紙と塗膜の収縮性が異なり、時間がたつと、シールが反り返ってはがれる現象が起きました。五線は細長い断片を用いたために、特にはがれやすく、両端をメンディングテープで固定せざるを得なくなりました。その他の断片は、ときどき押さえて密着させる対策を取りました。

<東北地区大会>

東北地区大会では、全体の構成がテストランにかろうじて間に合ったという状況で、練習不足から、テストランでは打鈴ロボット同士の衝突、打鈴ロボットと疑似玉乗りロボットの衝突による疑似玉乗りロボットの球からの落下があり、カメラワークも予行なしの実施で、多数の問題点が認められました。この段階では、打鈴ロボットに損傷はありませんでしたが、疑似玉乗りロボットは、LED ディスプレイ部が本体から外れ（これは、不測の事態のために、最初から外れやすくしていたもので、設計どおりの事象です）、1 個の LED のはんだ付けが外れて点灯しなくなりました。しかし、これらは、すぐに修復できました。

テストラン・リハーサル後の練習では、2 人の学生が共にロボットの動きを撮影中という手が離せない状況で、パフォーマンスの最後に、ロボットがベルサークル外のスタート地点に戻る動作で、4 台中 2 台の打鈴ロボットが、机の上の演技フィールドから床に落下し、外装を大破しました。ロボット内部も重量のある電磁石の取り付け部分を交換せざるを得ない損傷を被り、センサの一部も再調整やはんだ付けの修正が必要でした。

大会当日の早朝、これらの不具合を部品交換等で修復し、演技に間に合わせました。演技順は 5 番目で、スタートコールを聞き逃したと誤認してフライングをしたり、一部の不具合を学生たちが演技中に修正したりと、課題が残りましたが、「ふるさと」の曲目で 45 点を獲得し、決勝に予選 1 位で進出しました。

決勝では、「きらきら星」のパフォーマンスを行いました。出だしで電波障害があったらしく、ロボットの動作が乱れましたが、そこから立て直し、最終的に最優秀賞で、全国大会の出場権を獲得しました。

<問題点の克服と改良>

1. ロボットの動作に時間がかかり、曲のテンポが遅い。

ベルサークル内のロボットの位置制御方法を、オドメトリのみからライントレース併用に変更しました。これに伴い、演技フィールドのつくり直しを行いました。つくり直しでは、演技フィールドの蛍光ラインの最適化が行われ、中央に戻らずに、隣のベルの下に直接短時間で移動できるようになりました。



停止位置の再現性が増したため、ベル直下での位置較正を省略しました。

スタート時に、曲線ライントレースをおこなわず、オドメトリと、ライン検出の併用で直線的にベルサークルの中央にロボットを移動させる仕様に変更しました。

2. 画像が明るく、LED ディスプレイの発光がほとんど見えない。

照明を暗くし、打鈴ロボットに照明用のリング形 LED を搭載しました。

3. ロボットの落下対策

演技フィールドの一部に、落下防止の PET 板を取り付けました。

4. メッセージの表示

予選バージョンでは、演技フィールドの空き領域に、メッセージボードを置き、紫外線スポットライトで、その部分だけ表示させる仕組みを採用しました。

決勝バージョンでは、最後にメッセージボードが打鈴ロボットの動きで立ち上がる仕組みを採用しました。



<全国大会の撮影システム>

東北地区大会では、iPhone をカメラおよびマイクとして使用し、直接学内無線 LAN に接続しました。全国大会では、撮影にビデオカメラ、マイクに外部コンデンサマイクを用い、HDMI パススルーの信号を、録画用 PC と配信用 PC でそれぞれキャプチャしました。なお、配信用 PC は、学内無線 LAN に接続しました。

この配信用 PC には、大会本部からの映像と音声が届きますので、この映像を学生たちが見ることのできる位置にあるモニターにも送り、音声は遅延の少ない aptX LL 規格のワイヤレスイヤホンで学生たちにモニタリングさせました。

<全国大会>

全国大会は 28 チームが参加し、決勝進出は 6 チームでしたので、より完成度が高かった、「きらきら星」を予選で演奏することにしました。ロボットは、テストランの日の朝は、全く問題なく動きましたがその後、通信障害や、車輪の滑りなど不具合が出始めました。テストランでは途中大きな不具合を修正できず、最後にカメラが演技台に衝突するなど、課題を残しました。

それでも、車輪の清掃や、指示を出す micro:bit の位置修正などで、翌日の大会当日の開会式の時には、ほぼ「きらきら星」を演奏できる状態に戻りました。演技順は 9 番目です。演技では、最後に近い部分で、1 台の打鈴ロボットに不具合があり、それを修正しようとした学生とカメラが衝突して映像が乱れる場面もありましたが、39.1 点を得て、予選 3 位で決勝に進みました。

決勝の「ふるさと」も、高速化を図りましたが、どうしてもロボットの移動が間に合わない音があり、勉学を優先して大会前 2 週の間、調整時間をほとんど取れなかったことも

あって、心残りのある中での決勝の演技になりました。演奏が遅いといっても、練習ではほぼミスなく動いていたロボットですが、決勝の演技では、何か所かミスが出てしまい、総合5位になりました。それでも、いままでにない高専ロボコンの演技を評価していただき、デザイン賞を受賞しました。