

シンプルでコンパクト、そして高性能。

レスキューライン競技ではレスキュー機構の搭載とライントレースの走行性能を両立しなければならない。しかし、レスキュー機構を搭載すれば自然と機体の大きさは大きくなり、重心も高くなってしまうため、これは非常に難しいことであり、私たちも長い間この課題に悩まされてきた。

今回の機体「ミケ」は、前回機体の「ポチ」を改良し必要最低限のレスキュー機構を積むことで、重心の低さをそのままに保ちながらレスキューもできるようになった高性能な機体である。緻密に考えられたハードウェアとシンプルで強力なソフトウェアによって今までにない安定性を備えており、十分満点を狙えるロボットに仕上がった。

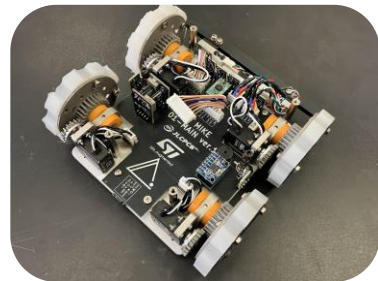
ハードウェア

考え抜かれた機体構造

機体は二層構造になっており、主に一層目にライントレースの機能、二層目にレスキューの機能が配置されている。

坂道やシーソーへの対策として、**低重心化**を最も意識した。

一層目にはおよそ220gのアルミの板があり、機体を支えると同時に重心を大きく下げている。レスキュー機構は3Dプリンタで作成しているためとても軽量である。また、サーボモータ等ができるだけ低い位置に取り付けることで重心が高くないようにした。これらの工夫により、坂道上のバンプやカーブでも走行できるようになった。



ライントレースの機能が詰め込まれた一層目

力強く堅牢な足回り

シリコンで成型した自作のタイヤと連続回転サーボで構成された足回りは、コンパクトでありながら高い性能を誇る。タイヤの素材をグリップ力の高いシリコンにしたことで、坂道上のバンプや交差点にも対応できるほどの走破性を実現した。また、4つの車輪にそれぞれ独立したモーターを搭載することで、バンプなどに車輪がはまった時でも離脱することができる機構を採用した。



自作シリコンタイヤ

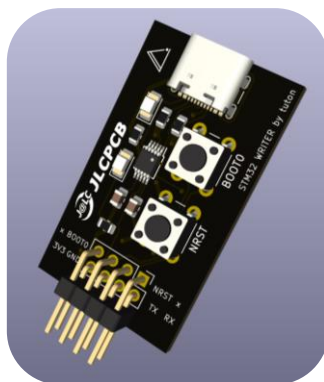


駆動ユニット

安定性を重視した回路設計

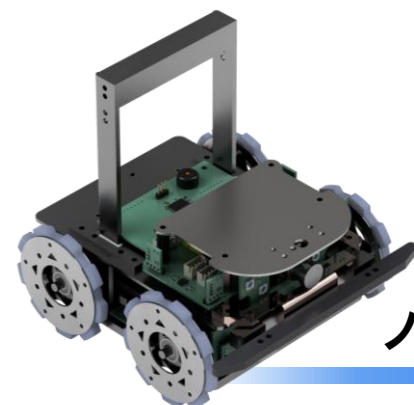
この機体の回路は3枚の基板によって構成されている。それぞれの基板に1つずつマイコンを置き、基板間をUARTで通信することでケーブルの数を減らした。また、ロードセルを除いたすべてのセンサは基板に直接はんだ付けし、通信トラブル等のリスクを抑えた。

マイコンはすべてSTM32マイコンを使用している。マイコンは表面実装で使用し、書き込み回路は別のモジュールとして分けることで省スペース化した。今回の基板ではDCDCコンバータやカラーセンサ等でも表面実装部品を活用し、基板の小型化に取り組んだ。



Tutonオリジナルの書き込みモジュール

関東機：ミケ



ノード機：ポチ

ライントレース

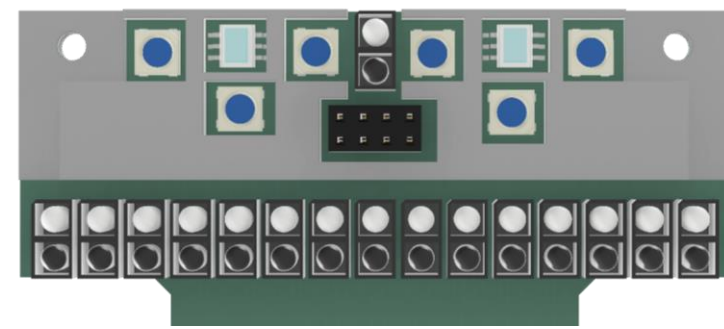
安定したライントレース

ライントレースはライン基板に搭載されている16個のフォトリフレクタと2つのカラーセンサによって行う。

黒い線をたどるという基本的な処理は、横一列に並んだフォトリフレクタで行っている。それぞれのフォトリフレクタの値を読み取り、閾値で0と1のデジタル値として処理して比例制御を行っている。そのため閾値を適切に設定すれば左右で誤差が出たり環境によって値が変化したりすることがなく、いつでもどこでも安定したライントレースを実現できる。

この制御を実現するためには十分なセンサの数が必要なため、横一列に15個のフォトリフレクタを実装した。

520	530	490	510	960	970	960	520	520	510	520	530	520	550	530
↓ 閾値800で二値化														
0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
× 外側を強くするための係数														
-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	0	2	3	4	5	6	7	8
↓ -9 この値で比例制御														



底面のラインセンサ基板

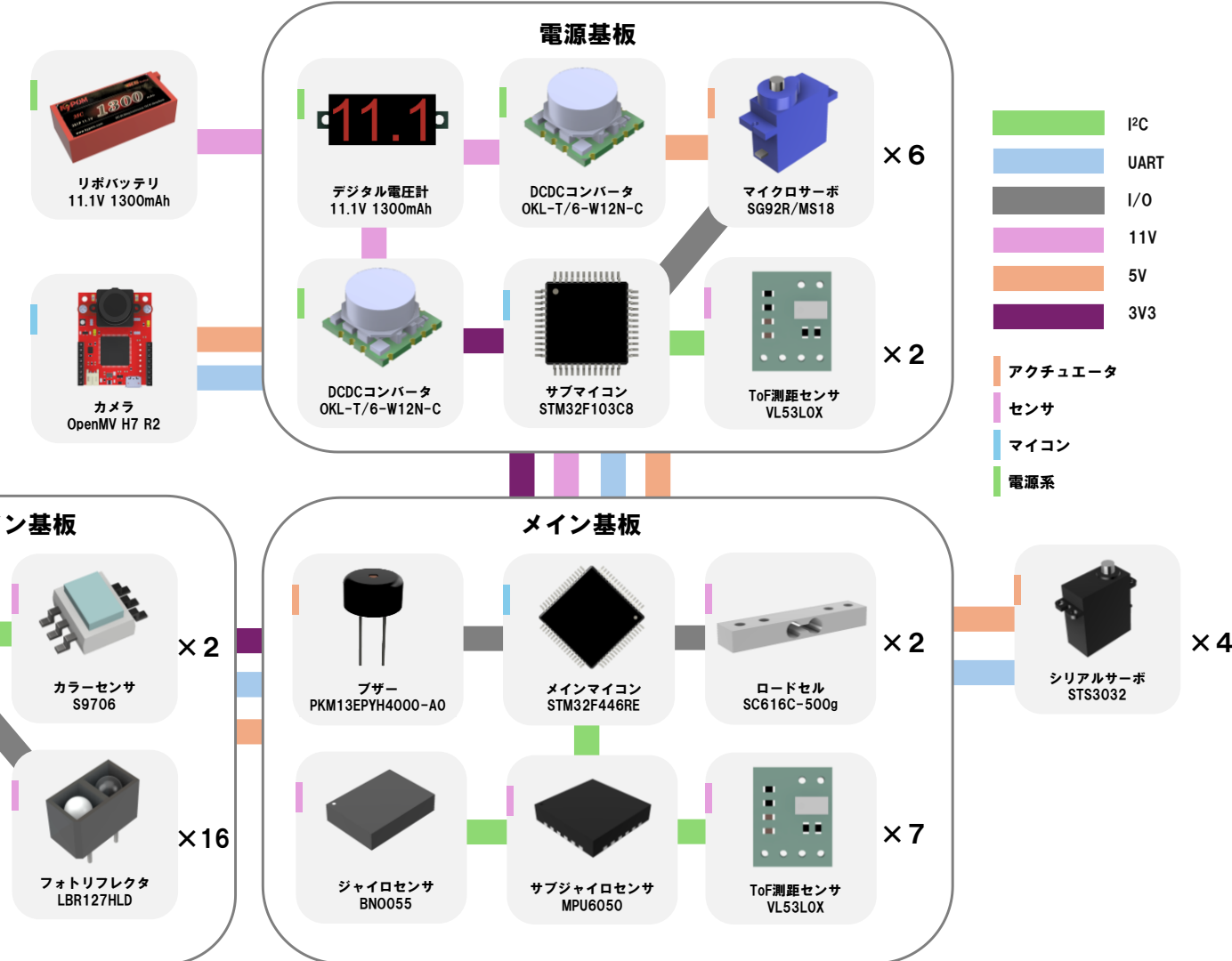
無駄のない交差点制御

交差点制御は基板前方についている2つのカラーセンサと1つのフォトリフレクタによって行う。

トの字は前方のフォトリフレクタによって検知している。P制御のゲインが大きかったとしても前方に黒いラインがあれば直進するという処理を入れることで、トの字でも直進するようになっている。

緑マーカの検知には**時刻情報**を使用している。緑を読んだときに時刻を記録しておき、カラーセンサが黒を読んだときにその最終更新時刻を参照することで、黒の手前に緑がある時のみ検知することができる。このアルゴリズムは両方が緑の時でもそのまま使用することができる。

これらの方式は前に動いたり回転したりといった無駄な動きをしないで交差点の判定ができるため、シンプルで誤作動の少ない動作を実現できた。



部品構成

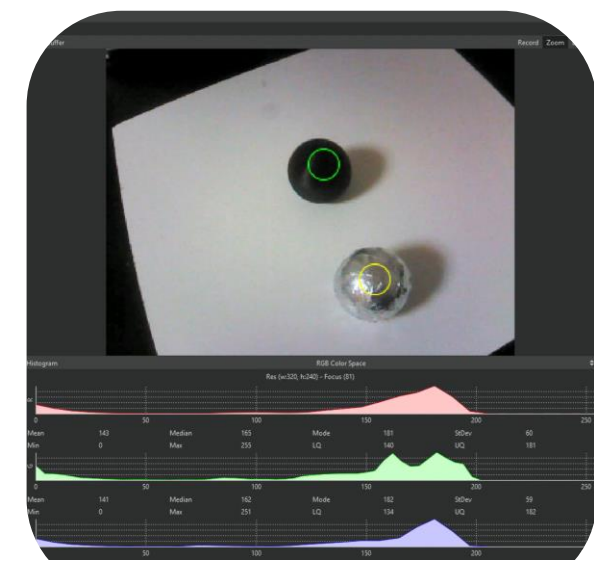
レスキュー

カメラによる高精度な物体検出

銀の被災者と白い床を判別するのは単純な画像処理では困難であるため、私たちは**機械学習による物体検出**を利用して被災者を発見することにした。

Edge Impulseにて学習した軽量のモデルをOpenMV カメラに搭載し、リアルタイムな物体検出システムを構築している。軽量のモデルのため精度はそこまで高くないが、10回測定して8回以上検知したものを被災者とするので、ノイズによる誤検知を無くすることができた。

緑と赤の避難所は色相で検出している。露光時間を長くすることで明るさを上げ、検出精度を上げることができた。



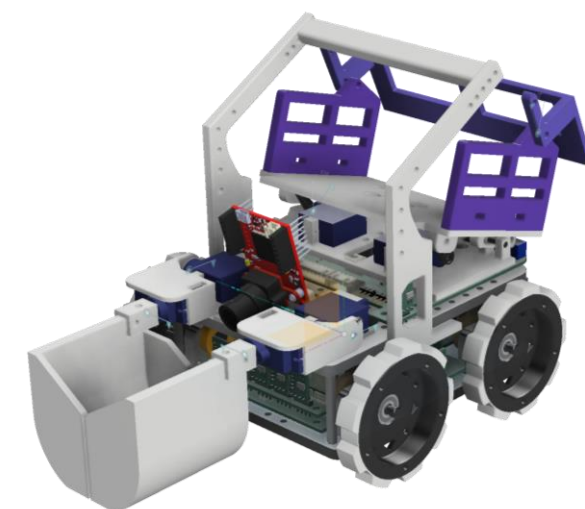
物体検出の様子

シンプルなワークフロー

カメラはどの位置にいても360度回転すればレスキューゾーン全体を見渡せるように設計されている。これにより探索のアルゴリズムが簡単になり、シンプルなプログラムで動作させることができた。

かごは小型化・軽量化のために1種類の被災者しか保持できない設計となっている。そのため、被災者は1人ずつ回収して避難所に届ける。

360°回転しても被災者が見つけれなければ全ての被災者を避難所に届けたと判断し、脱出プログラムへと切り替える。機体の横についているToFセンサを使いながら壁沿いに走り、出口があればそこから脱出する。



レスキュー機構を展開した様子

