

所属団体名 <small>(〇〇県〇〇市立〇〇中学校 〇〇発明クラブ)</small>	茨城県 つくば市立 谷田部東中学校 科学部	
ふりがな	どうほうあんびつつ	
チーム名	洞峰Ambits	
ロボコンルール名称 <small>(URL https://...)</small>	ルールの名称 (部門) 等： 令和6年度創造アイデアロボットコンテスト 基礎部門 (https://ajgika.ne.jp/~robo/ru/R6/R6_kiso.pdf)	
製作期間	西暦 2024年 6 月頃 ~ 西暦 2024年 2 月頃	
製作時間 <small>(構想から試作完成までの 全ての時間)</small>	240時間	
ロボットに関する写真と図 必ず、ロボットの概要や機構等の特徴がわかる写真や図等を、1~4枚程度で掲載しましょう。 写真や図に記号等を書き込み、この下の枠「ロボットのアイデア概要」で解説しましょう。 ※この行+0.5	 図 1 ロボット全体  図 2 駆動輪の回転の 収集機構への伝達  図 3 アイテム収集機構  図 4 保持スペース  図 5 アイテム積み込み機構  図 6 積み込み機構の回転の 保持スペース下部への伝達	
ロボットのアイデア概要 【報告書要約】 どのような動きを実現するために、具体的にどのような素材や機構を用いて実現したのか説明してください。	駆動輪の前進する動きを、ワンウェイクラッチ (1方向のみの回転を伝えるジョイント) を用いて取り出し、アイテム収集機構と連動させることにより、アイテムを積み込む動作の独立を実現した (図1、2)。アイテムの収集にはベルトを採用した (図3)。収集したアイテムは高所の保持スペースに集め、多くのアイテムを1度に運搬することで、競技エリアの移動によるタイムロスの削減を図った (図4)。積み込み機構は、水車の形を参考に製作しており、25個全てのアイテムを1つずつ、安定的に載せられる (図5)。また、製作の過程では保持スペースでアイテムが詰まる、ベルトの回転が遅いなどといった問題が生じたため、機構の改良や動きの連動によって解決した (図6)。	
参考資料 製作上参考にしたロボット等の情報を文章とURL等を用いて掲載しましょう。	1度に多くのアイテムを運搬するというコンセプトは、昨年度所属していた「情熱チキンズ」から引き継いだ。全体の形は「ピン玉回収ロボット (https://www.youtube.com/watch?v=iGZ6pTzJEuE)」という動画のロボットを、アイテム収集機構は「聖心キャタピラー (2023)」や「ハローラビット (2022)」のロボコンレポートを参考にした。(URLは収まらないため省略)	

※参考資料が書かれていないなど、未記入の項目がないようにしましょう。

※報告書の2枚目以降にさらに詳しく自由フォーマットで記入しましょう。この表紙を入れて6枚以内で報告をお願いします。

※この報告書は クリエイティブ・コモンズ 表示 4.0 国際 ライセンスの下に提供されます。 <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>

1. アイテム収集機構

私たちは、効率的にアイテムを運搬するためには、収集動作と積み込み動作をそれぞれ独立させ、1度に多くのアイテムを運ぶ必要があると考えた。通常このアイデアを実現するためには、左右の駆動輪のモーターを含めるとモーターが4つ必要となる。だが、今年度の基礎部門では、モーターを3つまでしか使用できない。そこで、左右の駆動輪の動きとの連動によってアイテムを収集する機構を製作した。



図1 アイテム収集機構

1.1. 機構への回転の伝達

駆動輪の回転は、タミヤのラダーチェーンを用いてロボット前方の上部にあるプーリに伝達している。駆動輪側に大きなスプロケット、プーリ側に小さなスプロケットを使い、収集速度を向上させた。また、ラダーチェーンに適度なたるみを持たせるため、張り車としてのスプロケットを取り付けた(これは後の改良で撤去している)。

プーリを固定する側面の板には、細かな調整がし易いという理由からポリカプラダンを使用している。だが、穴が広がってスプロケットやプーリにブレが生じ、ラダーチェーンの動きが不安定になってしまっていた。そのため、タミヤから発売されている金属のクランクアームを写真のように使用して補強し、ブレの軽減を図った(上部のプーリだけは横方向にも強く引っ張られるため、外側からも固定している)。



図2 ラダーチェーンによる伝達



図3 ブレを抑えるパーツ



図4 ワンウェイクラッチ

1.2. ワンウェイクラッチを用いた一方向の回転の抽出

駆動輪の回転をそのまま伝達すると、左右で異なる方向に動いた場合、プーリに伝わる回転方向にねじれが生じてしまう。そこで、タミヤのワンウェイクラッチという部品を使用した。一方向の回転を伝達するジョイントで、左右の駆動輪から前進する動きのみを取り出して機構に伝えることができる。このパーツは、伝達先である上部のプーリの両端に取り付けている。

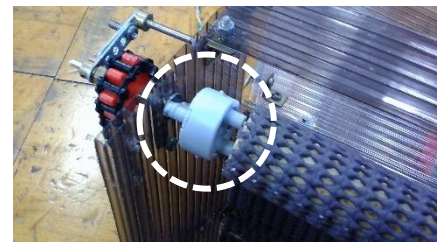


図5 プーリ両端に取り付けた様子

1.3. ベルトを用いたアイテムの収集

収集には100均の滑り止めシートを用いたベルトを採用し、巻き込みによる高速で滑らかな収集を実現した。アイテムをコートの壁に追いやることなくその場で集められる。ベルトを回転させたり、支えたりする働きを持つ木材のプーリや、ベルトとともにアイテムを挟み込む壁面にも同じ滑り止めシートを貼り、確実にアイテムを上へ運ぶよう工夫している。

この仕組みを実現するためには、ベルトと壁面との間をアイテムの直径に常に揃えなければならないため、下部に模造紙のスロープを設けた。ポリカプラダンを比べて薄く、かつ丈夫であるという特性を生かしている。

また、取り込まれたアイテムは、高所にある保持スペースに集められる(後述)。地面に対して垂直ではなく、やや保持スペース側に傾けて設置することで、アイテムをこのスペースに流しやすくしている。

しかし、アイテムが上に運ばれた後にその場で留まってしまい、正常に保持スペースまで流れないことがあった。そこで、図8のように壁面の上部に滑り止めシートをさらに重ねて貼り、上まで運ばれた後にベルトの弾性力で押し出す工夫を加えた。

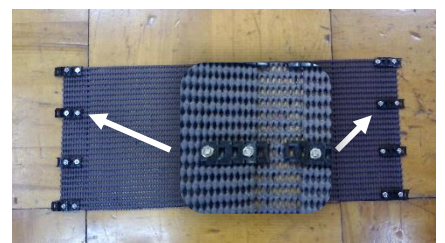


図6 滑り止めシートのベルト

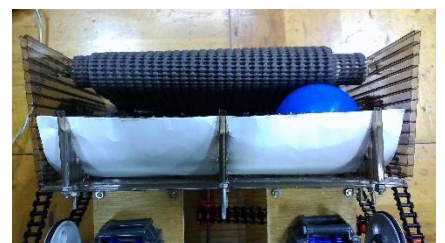


図7 裏側から見た模造紙のスロープ

1.4.ベルトを張る3つのプーリ

前述の通り、この機構を動かすためにはプーリと壁面との間をアイテムの直径に揃える必要がある。しかし、地面と下部のプーリとの間隔を正確に測定するのは困難だった。そこで、穴を広げることでプーリの固定を意図的に緩くし、アイテムの位置に合わせてプーリの位置を変動させることにした(プリンターのローラーを参考にした)。

また、最初は機構のプーリは上下の2つのみだったが、アイテムがベルトの中ほどで緩みによって滑り落ち、思うように収集ができないことがあった。ベルトの張りを強くして問題の解決を図ったものの、プーリに負荷がかかり移動が遅くなってしまった。そのため、上下のプーリよりも直径の大きい(上下が20mmなのに対し30mm)、アイドラとしてのプーリを設けた。これにより、内側ではアイテムに触れることで滑落を防ぎ、また外側からベルトを引っ張ることでたるみを抑えることができた。なお、初めはこのプーリにも滑り止めシートを貼っていたが、アイドラとしての役割を考慮し、摩擦による損失を少しでも減らすために後で剥がしている。

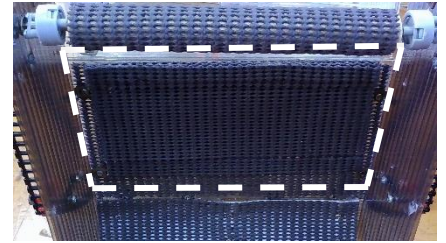


図 8 重ね貼りをした壁面の滑り止めシート

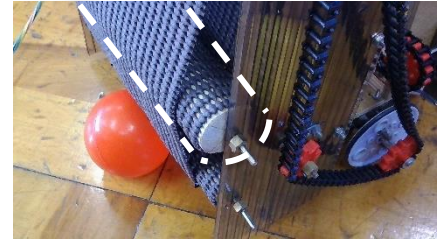


図 9 アイドラとしてのプーリ

2.足回り

駆動輪はアイテム収集機構と連動しているため、その負荷に耐え、かつ高速に移動ができるよう、ギヤ比の調整を行った(6速ギヤボックスHEを使用、最終的には76.5:1に落ち着いた)。また、切り返しやその場での回転を容易にするため、タイヤは中心に近づけて配置した。なお、駆動輪の後方には、ロボットを支えるベアリング内蔵の補助輪を2つ設置している。



図 10 裏側から見た足回り

2.1.シャフトとタイヤ、スプロケットの固定

前述したアイテム収集機構との連動を実現するためには、駆動輪のタイヤの外側にスプロケットを空転しないよう取り付ける必要があった。そこで、図11のように六角の両メスネジを用いて、タイヤとスプロケットを2つのネジで両端から締め、固定する仕組みを考案した。着脱が容易で、ラダーチェーンの細かな調整に役立った。



図 11 使用した部品と固定した様子

3.保持スペース

多くのアイテムを1度に保持するために、収集したアイテムを保持しておくスペースを設けた。傾斜のある2つのスロープを組み合わせており、アイテムを保持しつつ、後述する積み込み機構に1列にして運ぶ役割を持つ。

可能な限り広いスペースを取っており、最大で9個程度のアイテムを保持することができる。(後に機構を付け足している、後述)

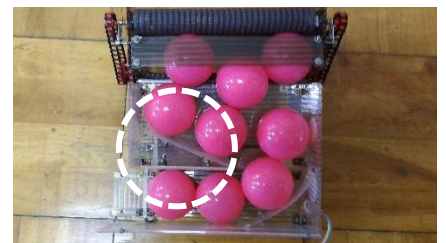


図 12 保持スペース

3.1.アイテムを1列に整列させるためのガイド

収集機構から不規則に流れてくるアイテムを1列に並べて積み込み機構に流すために、1つ目のスロープの左側にポリカプラダンでできたガイドを設置した。

傾きが緩やかすぎるとアイテムが流れにくく、急すぎると保持できるアイテムの数が減ってしまう。そのため、何度もテストを行って最適な角度を見つけ出したうえで、動いてしまわないよう2か所をネジで正確に固定した。

3.2. コーナーのガイド

このスペースでは当初、向きが転じるところでアイテムが詰まることがあった。そこで、隅にポリカプラダンのガイドを設け、流れを正常化した。

しかし、固定に使用していたネジの先端が外側に突き出しており、大会当日の車検を通過できなかった。そのため、急遽クリアファイルをテープで貼り付けて対処した。このクリアファイルの滑らかなカーブが良い働きをしたため、継続して使用しているが固定が甘かったためネジでの固定に戻した。ネジをポリカプラダンの中に埋め込むことで、サイズ制限をクリアしている。

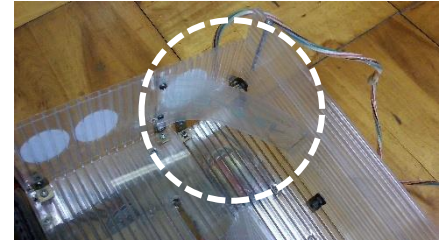


図 13 クリアファイルで作られたガイド

4. アイテム積み込み機構

初めは複数のアイテムを同時に積み込む設計を試みたが、サイズ制限の関係で大掛かりな機構は組み込めず、また操作ミスをする则ち再度アイテムを載せにくいという欠点があると考えた。アイテムを1つずつ積み込むようにすることで、機構がシンプルになるだけでなく、ミスのリカバリーが容易となる。ロボット後方の左側に配置し、左のスポットにも積み込みやすくした。



図 14 アイテム積み込み機構

4.1. 安定的に、かつ2段目への積み込みも可能な機構

この機構は水車の形を参考にして製作しており、3つの羽根によってアイテムを1つずつ、正確に載せられる(後に改良を施した、後述)。保持スペースを支える木材の板にギヤボックスを取り付け、シャフトに通したうえで、クランクアームと長めのネジを組み合わせて固定している。アイテムを思い通りの位置に載せられるだけでなく、送り出す途中で羽根を逆回転させることでアイテムを押し出し、2段目にも安定して積み込むことができる。

また、羽根の両端にポリカプラダンのガイドパーツを設け、真っ直ぐにアイテムを送り出せるようにした。なお、アイテムの勢いを抑えるために滑り止めシートを貼ってみたが、効果が感じられなかったため剥がした。

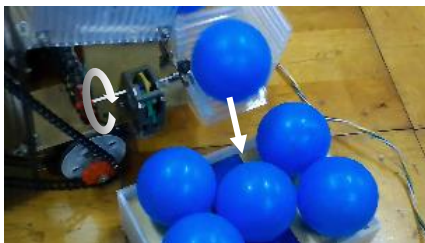


図 15 実際の積み込みの様子



図 16 2段目への積み込みの流れ



5. その他の製作上の工夫

このほか、動作の安定性やメンテナンスのし易さの向上のため、多くの工夫をした。以下に主要なものを記す。

5.1. 骨組みや車体の工夫

ロボットの骨組みは、強度の高い木材の板やコの字型のアルミフレームで作り、頑丈で壊れにくいロボットを目指した。裏側には中央に空間を設けており、配線が容易となっている。また、骨組み以外の素材にはポリカプラダンを多く使っている。中空構造となっているため、細かな調整がし易いうえに軽量化を図ることができる。

5.2. 重量バランスの調整

ロボットの重量が前側のアイテム収集機構側に偏っており、後方の補助輪であるキャスターが機能していないことに気付いた。後方の左側に積み込み機構があるため、その右側に電池を重りとして設置した。

しかし、移動時に適度な揺れが生じる方が、保持スペースでアイテムが詰まりにくかった。そこで、電池を4つから2つに減らし、バランスを調整した。この電池の重りは、次節に記述する導線の巻き付けにも利用している。



図 17 後方の右側に設置した重り

5.3. シンプルな配線

断線やショートなどを防止するため、配線の整理に力を入れた。昨年度のロボット製作では、コントローラーの付け根で導線が切れてしまうことがあった。そこで、U字型のアルミフレームをユニバーサルアームと組み合わせて図18のように取り付け、導線を基部からカバーすることで、断線しにくくなるよう工夫した。

ロボット側では重りの電池に導線を巻いて、操作しやすい長さに調整している。また、図19のようにポリカプラダンに開けた穴に導線を通したうえで、滑り止めシートを両側に巻き付けて固定し、導線が抜けにくくした。



図 18 コントローラーのカバー

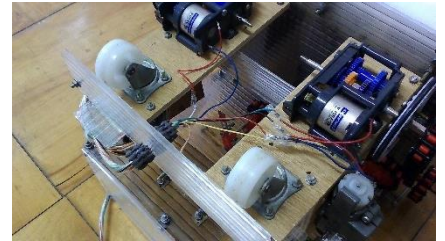


図 19 車体側の導線の整理

6. ロボット完成後の改良

ロボットが仕上がった後も、さらに高速で安定した動きを目指して多くの改良を施した。

6.1. アイテム収集機構のベルトの安定化及び高速化

初めはベルトの端同士を結合する手段として、ラダーチェーンで連結する仕組みを採用していた。しかし、これにはナットとネジを使用するため厚みが出てしまう。収集しているアイテムと結合位置が重なった際に負荷が大きくなり、移動速度の低下が頻繁に起こった。そこで、服などに使われている面ファスナーに目を付け、100均の幅2cmのものを4つに短く切り分けて強力な両面テープで貼った。厚さが1.17mmと薄いうえに、付け外しの容易さを維持できた。なお、ベルトの横方向へのずれを解決するため、横幅を以前よりも長くしている。

また、ロボット完成時は、駆動輪のスプロケットとベルト側のスプロケットとの速度伝達比は1:1.5(整数比2:3)となっており、アイテムの収集に時間を要していた。そこで、駆動輪とプーリの間に、速度を高めるためのスプロケットを配置し、速度伝達比を1:2.25(整数比4:9)まで高め、より短い移動距離で効率的な収集を実現した。だが、スプロケットを横に2つ設置したため、横幅が30cmを超えてしまった。サイズ制限は、外側に設置していたスプロケットのブレを抑えるパーツを機構の内部に移動させてクリアした。



図 20 改良前後のラダーチェーン



図 21 面ファスナーによる結合

6.2. 保持スペースでのアイテムの詰まりの解決

ロボットを製作する過程で、保持スペースの1つ目のスロープで収集したアイテムが詰まってしまうという問題が発生した。そこで、アイテム積み込み機構の回転を利用し、この問題の解決を図った。

積み込み機構のシャフトを反対側に延長し、詰まりが生じる所にラダーチェーンで回転を伝達した。伝達先のシャフトにはクランクアームを床面から先端がはみ出すように設置した。アイテムが詰まった際にクランクが接触し、少しだけ浮かせることができるようになり、詰まりをほぼ解決することができた(また、それでも位置によっては詰まりが生じてしまったため、クランクアームの片側を少し延長して、加える動きのパターンを増やした)。



図 22 アイテムの詰まり



図 23 ラダーチェーンによる伝達



図 24 片側を伸ばしたクランクアーム

6.3. アイテム積み込み機構の改良

従来のアイテム積み込み機構は、1つずつ積み込むという仕組みのため、動きに時間を要していた。この問題を解決するため、設計の方向性は維持しつつ、より高速な積み込みをするための改良を施した。具体的には、機構の羽根を3つから4つに増やし、位置を少し調整することで、ギヤ比を変えることなく速度を向上させた。

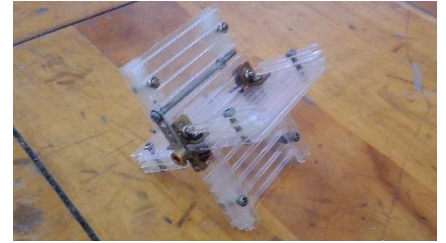


図 25 羽根を4つに増やした機構

6.4. 25個目のアイテムの積み込み

さらに、このロボットはスポットにアイテムを8つずつしか載せられず、最後の25個目が載せられないという大きな問題があった。そこで、後方の積み込み機構と隣接する側面の壁の延長線上に、クリアファイルのガイドを設け、大きな変更を加えることなくこの問題を解決した。図27のように、特有のしなりを利用して、中央スポットの後ろ側や、左のスポットの端に9個目のアイテムを載せることができる。

素材にクリアファイルを用いることで、スタート時に積み込み機構の羽根に引っ掛けておけば、動かした際に弾性によって展開されるため、サイズ制限の問題を解決できる(先端には引っ掛けるための突起がある)。それだけでなく、柔らかいため周囲のアイテムに接触してもほとんど影響がないというメリットもある。



図 26 取り付けしたガイド



図 27 ガイドを用いた25個目のアイテムの積み込み



7. 現状の課題、今後改良していきたいこと

このロボットには、まだ解決に至っていない問題がいくつか残っている。以下にそれらを記述する。

7.1. 移動の速度

アイテム収集機構や保持スペースの詰まりを解決するための機構を後から付け足したため、全体の重量が増してしまい、荷重に駆動輪のトルクが耐えられなくなっていると考えられる。そのため、まずは必要のないパーツや部品を省いてロボットの軽量化を図りたい。また、ギヤ比を改めて調整し、より高速な移動を目指したい。

7.2. アイテムの積み込みの安定性

アイテムを1つずつ載せる機構を採用しているため、大会では操縦者のコントロールが試合の結果を左右しかねない場面も多くあった。全てのアイテムを安定して載せるために、さらに改良できる点を探していきたい。

8. 製作を通しての感想

3年目の最後となるロボット製作だったが、3つのみのモーターでの製作は今年度が初めてだった。そのため、改めて限られた部品や大きさでロボットを製作する難しさを実感した。だが、これまでの経験を生かしつつ、自分たちのアイデアを、3人で話し合いやテストを重ねながら形にしていく過程は、とても楽しかった。

収集機構のベルトの調整や、保持スペースでのアイテムの詰まりには特に悩まされたが、実際にロボットが動き、目標としていた24個のアイテムを積み込めたときには大きな達成感があった。

全国大会では、3位という結果を残すことができた。また、ロボットが仕上がった後も改良を重ねたことで、全てのアイテムをスポットに載せられる、大型かつ機構の詰まった理想に近いロボットを製作できたと思う。一方で、まだ残された課題があるため、これからもさらなる改良を行っていきたい。