

研究テーマ 「ロボット競技大会用ロボットの製作」

長野県岡谷工業高等学校 電気部

3年情報技術科 宮澤絆希、武井慶次郎、3年電気科 奥大地、
3年電子機械 武内颯希 (他 10名)
顧問 情報技術科 竹内 一郎

1. 研究目的・概要

全国産業フェアの一環として行われる、高校生を対象にしたロボット競技大会用に部活動の仲間とロボットを製作し、県大会優勝、全国大会上位入賞を目的として取り組む。

また、競技の課題を解決できる機構や、それを制御する回路やプログラムを研究・製作を行うことで、将来、人の役に立つロボットを製作する上での知識や技術を身に付ける。

2. 競技概要

競技時間は3分間。競技は「ラプト」(リモコン型ロボット)が恐竜化石を発掘し、各エリアを通過して運搬を行う。「ティッチャー」(自立型ロボット)は九頭竜川・足羽川・東尋坊の各エリアを往き来する役割を果たし、「ラプト」が福井駅前恐竜広場や恐竜博物館など、指定された場所へ恐竜化石モニュメントを設置することで得点を競う。

＜リモコン型ロボット (今回の報告はリモコン型ロボットのみ) の動作と得点＞

選手はリモコン型ロボットを操作し、インクリーザの下に隠れている恐竜化石 (テニスボール) を発掘します。このとき、インクリーザをエリア内に置くと、1個2点全部で15個あります。

テニスボールは恐竜博物館に設置すると、1個20点です。

またこの化石に見立てた大きなペットボトルをこれは自立型ロボットに乗って福井駅前恐竜エリアと呼ばれる場所に設置します。逆さまにして柱の上に立てると1個60点の高得点になり、私たちはこの高得点をねらうことにしました。



福井県恐竜ブランド
キャラクター
「ラプト」



インクリーザ

テニスボール

中ペットボトル

大ペットボトル

＜主な役割＞

4つのアイテムを指定された場所へ運ぶ

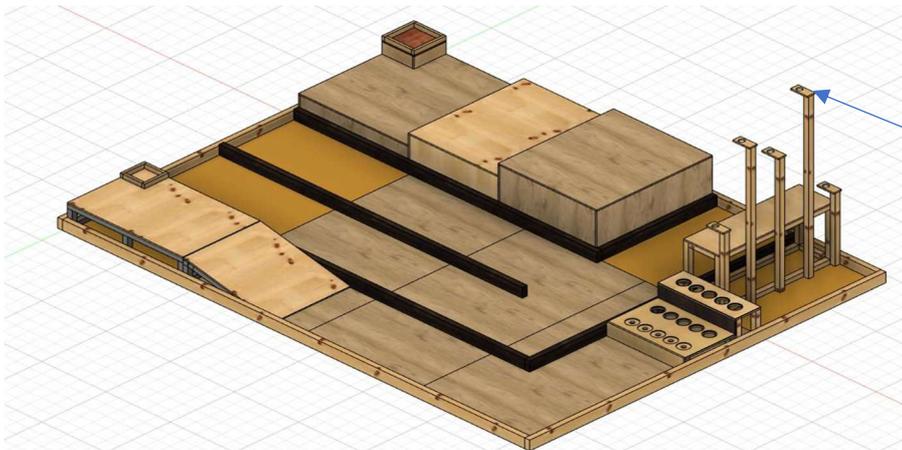
インクリーザ：2点/1個

テニスボール：20点/1個

中ペットボトル：20点/1個

大ペットボトル：60点/1個

(逆さまに設置)

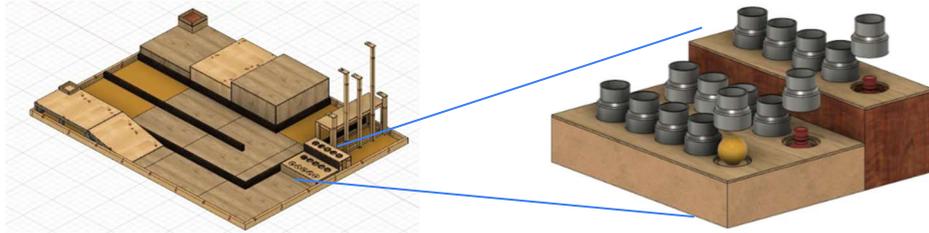


コート図

3. ロボットの設計・製作

①コンセプト

- ・競技時間を削減するために、インクリーザの取得と、テニスボールの取得は同一のハンドにする。



インクリーザとテニスボールの初期状態

- ・4つの異なるアイテムを、できれば1種類の機構を用いたハンド（もしくは、ほぼ同様な機構で2種類のハンド）で取得する。

- ・急発進や停止、段差のある坂の移動等の移動時に、保持したアイテムが落ちることが無いぐらいアイテムに力を加えることができるハンドにする。



コンセプトを最終的にまとめたイメージ図 (部内で共有のため)

②これまで製作してきたハンド (反省)

(一昨年前)

呼び系 25mm の塩ビパイプ 5本を取得し坂道を上り、別の場所に設置する課題に対して、動力にサーボモータ (リンク機構) を用いたハンドを製作しました。

1本の塩ビパイプを1つのサーボモータで保持することが困難だったので、上下2か所で挟むことにしました。強く塩ビパイプを保持しようとするとサーボモータが破損し、弱い場合は、塩ビパイプが移動中に落ちることが多くありました。

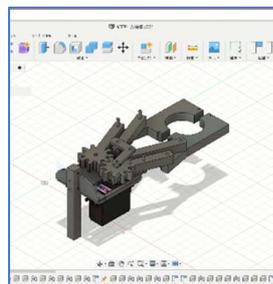
しかたなく、ゴムの力を用いて塩ビパイプが滑らないような工夫や、サーボモータの開度を何度も微調整しました。

対象物：塩ビパイプ

V P 管呼び径25mm×500mm



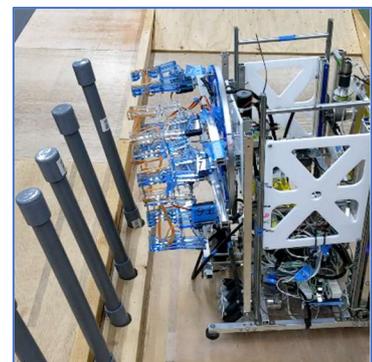
機構：



設計図



ハンドの外観



ハンドを使った取得の様子

動力：サーボモータ

35kg 高トルク

コアレスモーターサーボ



(昨年)

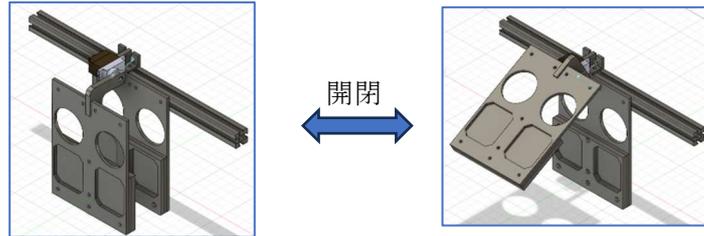
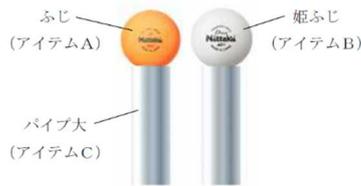
呼び系 20mm の塩ビパイプの上にピンポン玉が乗ったアイテムを取得し、段差 200mm と 300mm を上下に移動し、別の場所に設置する課題に対して、動力にサーボモータ（リンク機構）を用いたハンドを製作しました。

部員の中では、タイ焼き機構と呼ばれていた下記の機構を考案しました。一昨年前同様強くアイテムを保持しようとするするとサーボモータが破損し、弱い場合は、移動中に落ちることが多くありました。

しかたなく、アイテムと設置する面にはスポンジを張り、アイテムが滑らないような工夫や、サーボモータの開度を何度も微調整しました。

対象物：ピンポン玉+塩ビパイプ 機構：

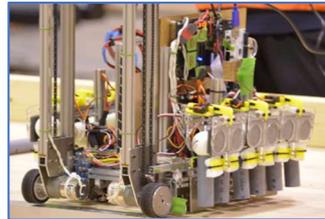
V P管呼び径20mm×80mm



設計図

動力：サーボモータ

マイクロサーボ 9g SG90S 等



ハンドの外観



ハンドを使ったアイテム設置の様子

(二年間の反省のまとめ)

- ・サーボモータを動力として用いた機構だけでは、アイテムを十分な力で保持することができず、滑らないような工夫が大変だった。
- ・強くアイテムを保持しようとするするとサーボモータが破損することが多かった（昨年は非常に多い数）。
- ・サーボモータの開度を何度（破損するたび）も微調整が非常に大変だった。
- ・サーボモータを用いたハンド機構は、今後絶対に製作しない！！

<サーボの破損状況>

2年前のサーボ 1個：3525円



×8個 破損

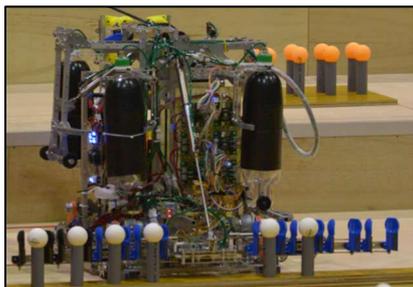
昨年のサーボ 1個：約220円



×90個以上 破損

③ ハンド機構の研究（サーボモータに代わる動力）

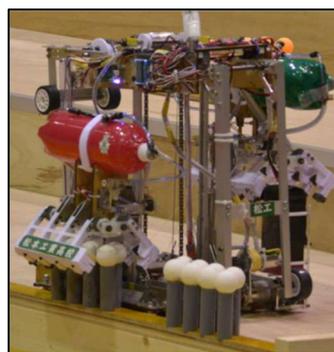
<昨年度のロボットのハンド>



箕輪進修高校



松本工業高校



昨年度、一昨年度の他校のロボットのハンドを研究したところ上位入賞校の多くは、エアシリンダーを用いたハンドを製作していることが分かった。

エアシリンダーを用いたハンドのメリットデメリットをそれぞれチーム内で出し合ったところメリットの方が勝り（エアシリンダー等は、岡谷エコーロータリークラブからの補助金をもとで購入することができた）、また、サーボモータに代わる動力に置き換えることが出来ると思い、採用することにした。

（メリット）

- ・サーボモータに置き換わる動力になる
- ・比較的簡単にロボットに搭載可能
- ・アイテムを保持する時に電力不要

（エアの力でアイテム保持）

⇒電氣的に破損しない！

（デメリット）

- ・新たにシリンダーや電磁弁を購入する必要がある
- ・新たに制御回路を設計・製作する必要がある。

④ ハンドの設計・製作

競技時間内に最も効率よく得点を取得できる方法を考えた上で、大ペットボトルを逆に設置することを目標とし、中ペットボトルの取得を行わず、残りの3アイテムを取得することにした。また、下記のハンド機構をそれぞれ前後に備え、別々に取得・保持することを考えた。

エアシリンダーの選定

小型で場所を取らず、様々な部分に取り付けることや、松本工業高校、箕輪進修高校が多くの機構で採用していたことから、ペンシリンダ型の復動タイプを採用した。

また、直径 6mm～16mm のモデルがあったが、小型でかつアイテムを保持した状態で上下動があった場合も保持できることを確認し 10mm のものを採用した。

16mm のものも仕様を満たしたが、エアの使用量を少しでも少なくしたいと考え内径が小さいものにした。

<仕様>

- ・ペンシリンダ 2本で重さ約 110g のインクリーザ 5 個を保持する（上下動を伴うため 3 倍程度の負荷を想定）= 1.5kgf
- （※アイテムとハンドの摩擦係数を 0.5 程度と考えられるので ⇒ 3.0kgf 以上）
- ・空気圧は、0.3MhPa と少ない状態（競技終了時）を想定する。

必要な力[kgf]

<ペンシリンダの内径と加えることができる力F[kgf]>

採用

ペンシリンダの内径[mm]	6mm	10mm	16mm
1本分で加えることができる力F[kgf]	0.3	1.8	5.6
2本分で加えることができる力F[kgf]	0.6	3.6	11.2

公式： $F[\text{kgf}] = \pi/4 \times (\text{内径}^2 - \text{ロッド径}^2) \times \text{圧力} 0.3[\text{MPa}] / 9.8$

<ペンシリンダのカタログ (KOGANEI) >

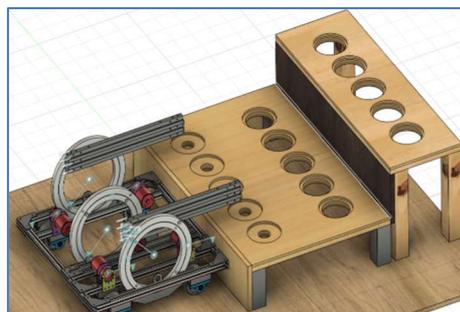
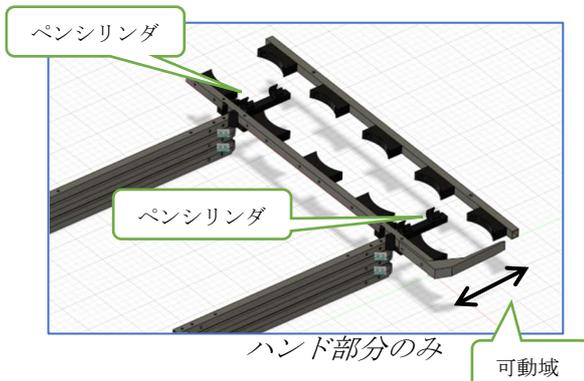
シリンダ径とストローク

●複動形				mm
径	標準ストローク	製作可能最大ストローク	ストローク公差	
6	5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60	100	+1.5 0	
10	5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 75, 100, 125, 150	150		
16	5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 75, 100, 125, 150, 175, 200	200		

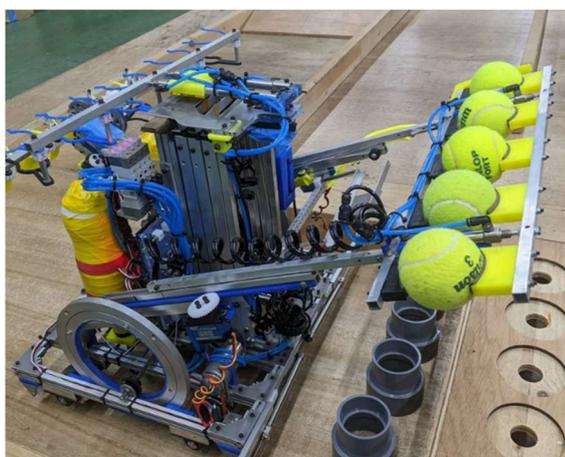


インクリーザとテニスボールの取得機構の設計・製作

インクリーザとテニスボールを同じハンドで取得するために、下記のような機構を考え、エアシリンダの直動を用いて、アイテムを離したり、保持したりすることにした。アイテムに加わる力のバランスや力を考え左右にエアシリンダを配置した。



ロボットの外観 (ハンド無)



テニスボールを取得

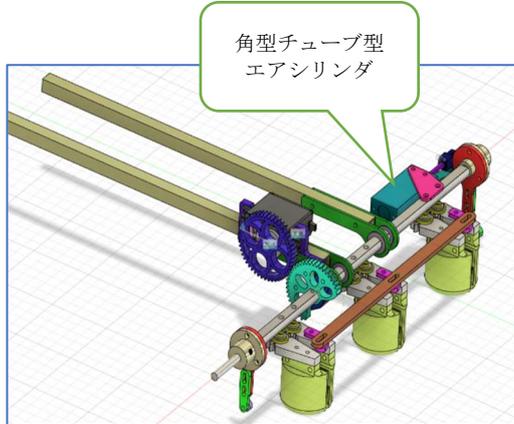


インクリーザを取得

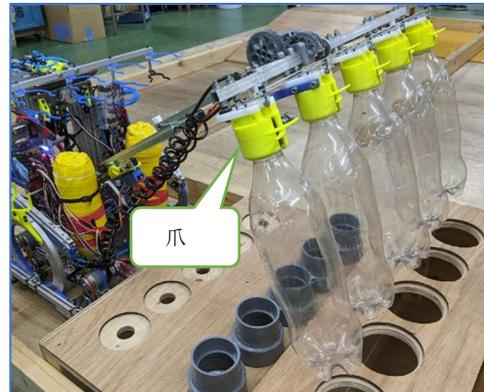
大ペットボトルの取得機構の設計・製作

ペットボトルのキャップ部分を3Dプリンタで製作したパーツを用いてアイテムをつかむことにした。

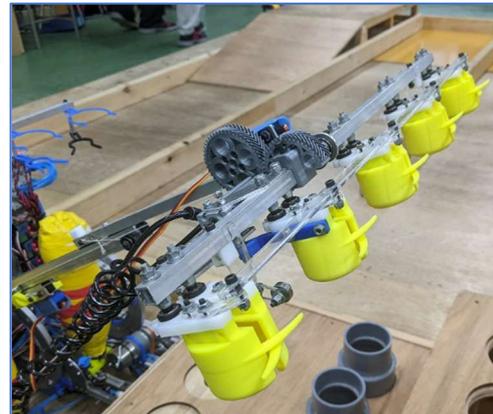
ペットボトルが左右にずれて設置されていても、安定して中央部で取得できるように、爪の部分を追加した。何度も試作し、安定してキャップ部分つかむことが出来るようになった。動力は、インクリーザ、テニスボール機構と同様にエアシリンダを用いた（固定の関係でペンシリンダではなく、角型チューブ型を用いた）。



ハンド部分のみ



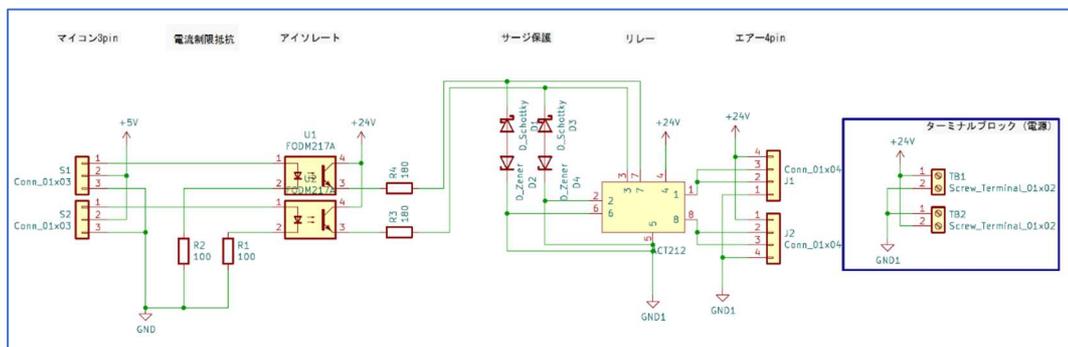
ハンドの外観



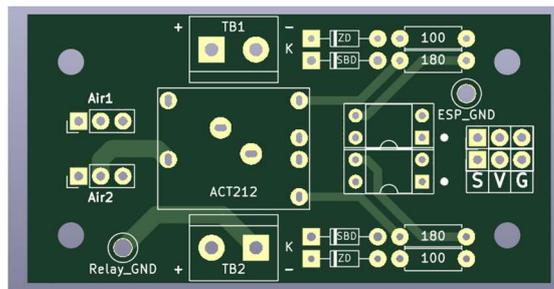
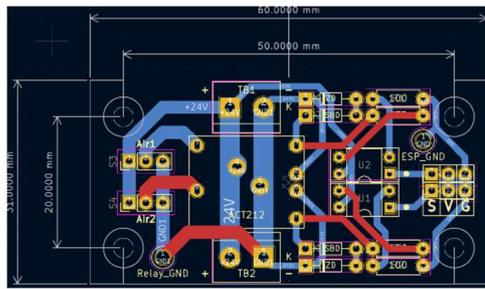
ハンドの開閉機構

⑤ 制御回路の設計・製作

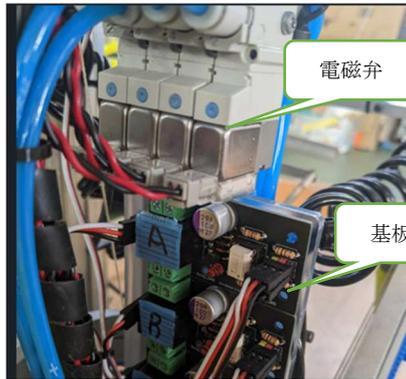
制御用のメインのマイコンに ESP32 を使い、これまで駆動系のモータ等の制御を行ってきたこともあり、ESP32 マイコンから同じように制御を行うことにした。ノイズ対策として、アイソレートのためフォトカプラを使用し、リレーを用いて電磁弁の制御を行った。下記に回路図を示す。また、KiCAD で回路図と同時に PCB 図を作成し、JLPCB を通じて基板を作成した。



回路図



PCB 図



ロボットに実装した回路 (エアタンク、電磁弁)

4. まとめ (大会結果を含む)

ロボットは ROBOCON in 信州の約 2 週間前にほぼ完成し、練習を行うことができた。練習を開始した当初は、15 分程度かかっていた作業内容が、大会 3 日前には、3 分以内終わることが出来るようになった。

ハンドの機構や制御回路ともに、練習中に破損や大きなトラブルは無く安定して作動してくれた。昨年は、ようやくロボットができたと思ったら、ハンドのサーボの破損、回路の不調など様々なトラブルが続いたが、今年は 1 度もそのようなことが無く大会まで、調整を行うことができた。

ROBOCON in 信州では、1 台は決勝までミスも無く決勝まで勝ち進み優勝することができた。もう一台は、自立ロボットの誤動作があり、4 位になってしまった。

当初の 3 位入賞全国大会出場という目標を、上回る結果で達成することができ全国大会に出場することができた。

賞	学校名	チーム名	選手名	選手名	選手名	選手名	選手名
優勝	岡谷工業	ガンゴンバンシィ	奥 大地	武内 颯希	高林 蓮	武居 祐樹	那須野 丈
準優勝	松本工業	松工の明	小林 紗英	石井 駿吾	嶋田 司	伊藤 零恩	梨子田 快飛
3 位	駒ヶ根工業	駒工 A	戸枝 響	城倉 伸紀	岩本 曹伯	小木曾 快	北原 祐介
4 位	岡谷工業	アッパー・チギユ山	宮澤 絆希	武井 慶次郎	福永 蓮	近藤 美憂	深澤 隼斗



ガンゴンバンシィ



アッパー・チギユ山



表彰式

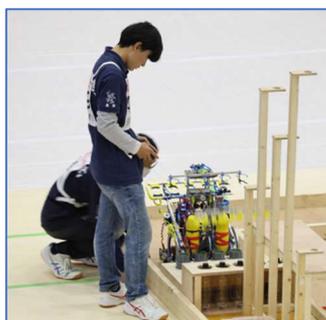
全国大会では、練習試走から決勝の全ての試合で1回のミスもなく 460 点を取り続けることができ、4位の結果をおさめることができた。

これまで岡谷工業を含め長野県勢の全国大会の最高の結果がベスト32だったので、快挙といえる結果であった。

【決勝】 (順位順)

令和5年10月29日(日)

順位	ゼッケン	都道府県	学校名	チーム名	得点
1	86	大分県	大分県立佐伯豊南高等学校	豊南INDUSTRY-II	586
2	84	熊本県	熊本県立熊本工業高等学校	MTD Brachio	570
3	85	熊本県	熊本県立熊本工業高等学校	SF-Scarlet	560
4	49	長野県	長野県岡谷工業高等学校	ガンゴンバンシィ	460
5	18	福島県	福島県立清陵情報高等学校	瑠璃	340
6	87	大分県	大分県立佐伯豊南高等学校	豊南INDUSTRY-III	130
7	88	大分県	大分県立中津東高等学校	JYOSUI2	98
8	35	新潟県	新潟県立長岡工業高等学校	フェニックス	80



競技の様子

表彰式



チーム全員で集合

要望に応え付け足し
位置調整機構
3年・牛山隆(さん)18



アームを取る際の車体の
位置を調整する機構の改良
です。この機構は当初の予定
はあつたんですが、部員

反省生かし故障防く
電子基板
3年・直沢純希(さん)18



電子基板を固定して
いたのですがロボットの
「寝」た時に電子基板の
位置がずれやすくなり、

トラブル想定し準備
目録
3年・高林達也(さん)18



載せてある白油圧ロボットの
プログラムを手がけました。
た。白油圧プログラムを

最適な「爪」試行錯誤
回収機構
2年・那須野文也(さん)17



「爪」をアームの先端に
つけて回収機構を動かす
ためのプログラムをア
ームの先端にアームの先端

から位置の調整を繰り返して
いるんですが、部員から
意見が立てられました。



牛山さんが手がけた位置調整
のための半自動機構

部員が考えたようにアームを
動かすのではなく、ア
ームの先端にアームの先端

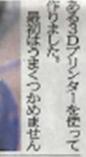


高林さんが手がけたプログラム
の動作の様子

高林さんが手がけたプログラ
ムの動作の様子



高林さんが手がけたプログラ
ムの動作の様子



高林さんが手がけたプログラ
ムの動作の様子

高林さんが手がけたプログラ
ムの動作の様子

機体の左右にアームを付
け、伸縮して生体の捕ら
えを行う(生体を移動させる)中
に伸縮機構が壊れることがあ
るため、伸縮機構の改良がア
ームの改良の第一歩です。
アームの改良は伸縮機構の改
良から行います。伸縮機構は
伸縮機構の改良がアームの改
良の第一歩です。伸縮機構の改
良は伸縮機構の改良から行
います。伸縮機構の改良は伸
縮機構の改良から行います。

アームの改良は伸縮機構の改
良から行います。伸縮機構の改
良は伸縮機構の改良から行
います。伸縮機構の改良は伸
縮機構の改良から行います。

伸縮機構の改良は伸縮機構の改
良から行います。伸縮機構の改
良は伸縮機構の改良から行
います。伸縮機構の改良は伸
縮機構の改良から行います。