

# 第10回トマトロボット競技会

## シニア部門競技規則

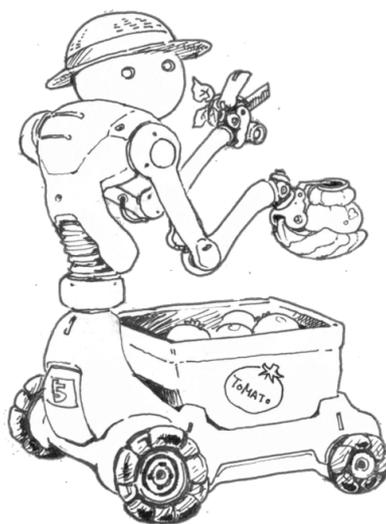
トマトロボット競技会実行委員会

2013年11月 初稿

2022年8月10日改定(6.2版)

### 競技会の理念

トマトの収穫を目的とした競技会を通じてアグリロボットの発展を目指すとともに、自然環境への興味とロボット技術への興味を喚起する。開発過程において生み出された技術を農業分野へ還元する。



開催日時：2023年12月9日（土）～10（日）

予選：オンライン開催

決勝戦：北九州学術研究都市内 enPiT 農業用IoT実習用ハウス

## 1. 実施要領

第10回トマトロボット競技会は、予選はビデオ審査とし、予選を通過した上位チームを決勝戦進出とするハイブリッド方式で開催します。決勝戦会場は北九州学術研究都市内の enPiT 農業用 IoT 実習用ハウスとします。「人との協働」が可能なロボットになるように安全対策を十分にしてください。テクニカルチャレンジとして、トマト果実の位置、生育状態を表現したモザイク画像の生成を新設します。

## 2. 前回大会からの主な変更点

- a) 予選はビデオ審査のみとします。 音楽は入れないでください。
- b) 今年度からワークショップ（技術交流会）を再開します。
- c) ワークショップではロボットの技術紹介を発表してください。各チームの持ち時間はスライド発表7分、質疑応答3分の計10分間とします。グループリーダーが評価し、優秀な発表をベストプレゼンテーション賞とします。
- d) 競技フィールドやトマト植物体を著しく破損させる行為は禁止します。審判員が該当すると判断した場合は、該当するトライアルの収穫得点を0点とします。
- e) 競技は自然環境下で実施されます。日照条件を考慮してください。
- f) ロボットの動作を補助する目的で競技フィールド内への物体（小型のランドマーク等）の設置を認めます。
- g) テクニカルチャレンジを新設します。

## 3. 日程

- |                  |                |           |
|------------------|----------------|-----------|
| ・ ビデオ審査データ提出〆切   | 2023年11月20日（月） |           |
| ・ ビデオ審査結果発表      | 2023年11月24日（金） | ホームページに掲載 |
| ・ ロボット調整・ワークショップ | 2023年12月9日（土）  |           |
| ・ 決勝戦            | 2023年12月10日（日） |           |

## 4. 競技規則

### 4.1 競技会ロボットへの要求仕様

基本及び推奨仕様を表1に示します。基本仕様を満たすロボットが出場可能です。複数台のロボット用いて参加する場合も各ロボットは基本仕様を満たしてください。

ロボット1台の基本仕様の大きさは、ロボットのアーム、トマト回収コンテナ等の付属品を含めた最小状態のロボットの水平投影面積です（図1）。収穫したトマトを格納するコンテナを搭載してください（図2）。人と協働することを前提に必要な軽量化は検討し、人に危害が及ばないように配慮してください。フリースタール部門に参加するロボットについては、大きさ・重量について制限しませんが、ハウスの入り口（1800mm x 1800mm）から安全に搬入できるように工夫してください。ハウス内にクレーンはありません。緊急停止ボタンは、わかりやすい位置に設置しチームメンバー以外でも停止できるよう

に目立つようにしてください。 ロボットへの外部からのエネルギー供給は不可とします。ロボット内にエネルギー源（バッテリー等）を搭載してください。

ロボットの移動方式は、あらかじめ設置されたレールを使用するレールスタイルとレールを使用せず移動するフリースタイルの二種類とします。レールは約  $\phi 50\text{mm}$  のパイプ（型番：VP40）で、レールの中心間の距離は約  $600\text{mm}$  とします。フリースタイル部門の場合、土壌を動作できる防塵対策をお勧めします。ロボットの移動のために特別な処置（板を引くなど）は行いません。競技は自然環境下で実施されます。照明条件の変化を考慮したシステム開発をお勧めします。

ロボットの動作を補助する目的で競技フィールド内への物体（小型のランドマーク等）の設置を認めます。チーム交代時間内に設置できるものとしてください。

表 1 ロボットの仕様

項目	基本仕様	推奨仕様
大きさ	W800 x D800 H:制限なし*1	-
緊急停止スイッチ	目立つ場所に設置	-
トマト回収コンテナ	有り(トマト果実が 10 個以上格納可)	W300mm x D600mm x H200mm
電源	搭載	-
重量	100kg 以下*1	50kg 以下
モータ 1 個の出力	-	80W 以下

\*1 フリースタイルに制限なし

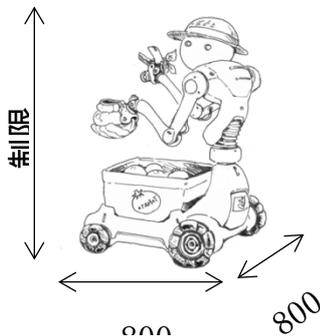


図 1 ロボットの大きさ制限

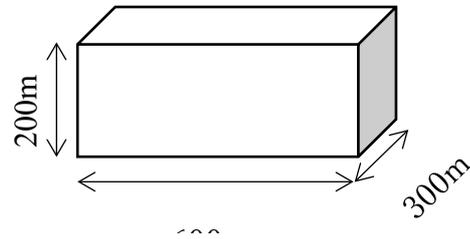


図 2 トマト格納用コンテナの推奨サイズ

## 4.2 対象とするトマト果実

収穫するトマトは 1 個 60～120g 程度の中玉トマト（例えばカゴメ株式会社の「ラウンド」）とします。希望者には予選用のトマト房を郵送します。発送は 11 月上旬を予定（生育状況により変更される場合があります）。

## 4.3 競技フィールド

### 4.3.1 ビデオ審査

予選のビデオ審査の際は各自で以下の条件を満たすフィールドを作成してください。

- ① トマト房が床から 800mm～1200mm の範囲内に設置されていること。
- ② トマト房は固定点に吊るされていること。
- ③ レールスタイル部門に参加する場合は約  $\phi 50\text{mm}$  のパイプ（例えば、塩ビパイプ（型番：VP40））で、レールの中心間の距離は約  $600\text{mm}$  とすること。

- ④ フリースタイルの動作フィールドは屋外の土壌地とすること。

### 4.3.2 決勝戦

#### (1)各部門共通事項

- ・ できるだけ競技エリア端から 100mm~400mmの範囲内にトマト房が存在するようにトマト棚を設置します。
- ・ トマト植物体は、トマト房が走行面から 800mm~1200mmの高さになるように配置しますが、その範囲外にもトマト果実は存在します。
- ・ トマト棚はハウスの向きに合わせ、おおよそ南北に沿わせるように配置します。
- ・ オペレータの進入可能エリアに入れる人数は最大2名とします。

#### (2)レールスタイル部門

オペレータの進入可能エリアは斜線部の領域とします。競技エリアとはレールが設置してある場所を指します。ロボットのスタート位置は図3のホームポジション Hです。ホームポジションはレール端から1600mmの範囲です。

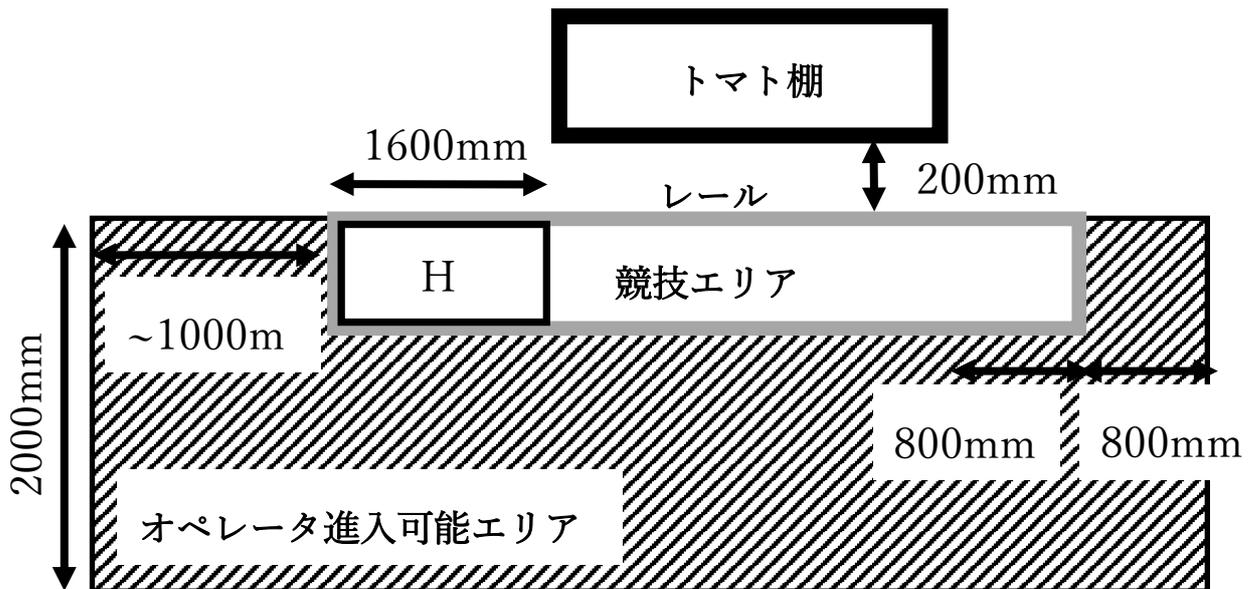


図3 レールスタイルの競技エリアの範囲

#### (3) フリースタイル部門

フリースタイル部門の競技エリア・オペレータ進入可能エリアは約トマト栽培された畝を含め幅2000[mm]の土壌領域です。フリースタイル部門ではホームポジションを設けません。ただし、競技開始時のスタート地点とロボットの進行方向を審判に宣言してください。対象とするトマト植物体は、当日のチームリーダーミーティングで決定します。

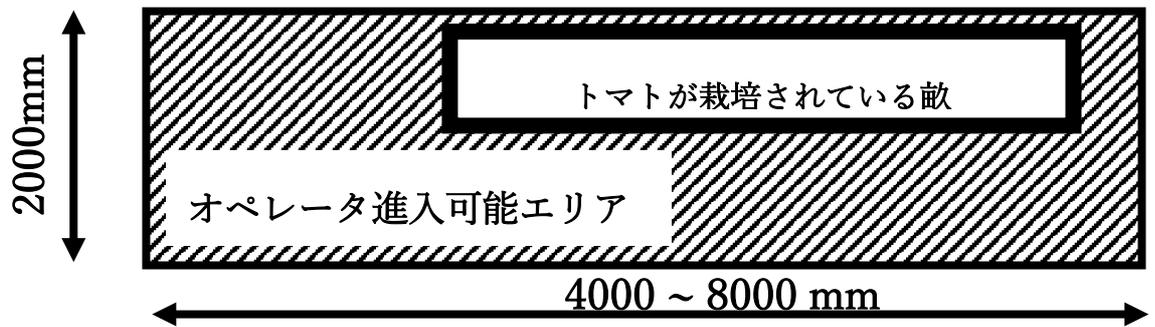


図 4 フリースタイルの競技エリア

## 5. ビデオ審査

予選はビデオ審査で行います。ビデオ審査の資料として、映像ファイル(5分以内, 500MB以内)を提出してください。ビデオフォーマットに指定はありませんがmp4など圧縮してください。予選順位により以下の決定を優先します。

- ・ 初日の練習の順番・時間帯（ただし、予選の順位に関わらず、遠方から来られるチームに関しては最後の時間帯にするなど時間帯の設定を優先します。）
- ・ 2日目の決勝の時間帯
- ・ 決勝用のトマト棚の選定順番

### 5.1 評価項目

以下の項目について審査委員会で評価します。（5点 x 10 = 50点満点）

1. 今大会における開発目標と現時点の達成度の説明が明快か（5点満点）
2. ロボットの特徴をアピールできているか（5点満点）
3. 人への安全性の配慮（人に危害が及ばない安全対策が施されているか）（5点満点）
4. トマト果実の収穫能力（正確性、一定時間内の収穫個数）（5点満点）
5. トマト植物体への配慮（傷つけない機構・収穫方法か）（5点満点）
6. ロボットの外観の美しさ（配線・部品配置など）（5点満点）
7. システム構成(カメラ・PC・モータなどの接続・通信方法など)の説明が明快か（5点満点）
8. ハードウェアの機構・動作原理の説明が明快か（5点満点）
9. ソフトウェア/アルゴリズムの説明が明快か（5点満点）
10. 実用化の可能性（5点満点）

### 5.2 ビデオ映像の作り方

ビデオ映像には上記の評価項目を含めてください。ビデオ映像全体を通して、映像を倍速などにすることは可能ですが、何倍速にしているか明示してください。時間経過がわかる映像が埋め込まれていることを推奨します。起承転結のある（ストーリー性のある）映像を推奨します。

**音楽は挿入しないでください。** 提出していただいた動画についてはYouTubeで公開することをご了承ください。（公開について問題がある場合は別途ご相談ください。）

### ① ロボットの一連の動作がわかる全体映像

収穫までの一連の動作のわかるように、定点カメラからのノーカットムービーを準備してください。この場合、ロボットがトマトを収穫する手元を拡大した別視点映像を同時に流してわかりやすくするなどの工夫を歓迎します。ロボットの一連の動作がわかりやすいムービーを作成してください。

※一連の動作とは、ホームポジション（スタート地点）からトマト収穫地点まで移動して、トマトを収穫する動作のことを言います。ホームポジションの位置など4.3.1に記載されているもの以外については、競技規則を厳密に満たしている必要はありません。

### ② トマト果実の収穫方法・収穫性能がわかる映像

ロボットがトマト果実を収穫する方法がわかる映像を準備してください。また、トマト果実を連続で複数個収穫している映像によりロボットの収穫性能（一定時間あたりの収穫個数）を明示してください。

#### \*撮影で使用するトマト

11月上旬に房のトマトを各チームに10房程度(生育により変動する可能性があります)を郵送します。房のトマトから収穫する映像が望ましいですが、数に限りがあるので、各チームで準備したトマトを使用しても構いません。この場合、必ずしも房のトマトである必要はありません。

## 6. ワークショップ

今年度からワークショップ(技術交流会)を再開します。8日(土)に実施予定です。活発な意見交換をお願いします。各チームでスライドを準備してもらい、発表7分、質疑3分で実施します。この発表内容はチームリーダーで評価し、最も評価の高かった発表はベストプレゼンテーション賞を授与します。

ワークショップでの発表は、ビデオ審査の評価項目に加えて、スライドの統一性や見やすさ、質疑応答を評価します。卒業研究発表や学会発表を意識しましょう。各チームの最新版の技術を紹介してください。

## 7. テクニカルチャレンジ

テクニカルチャレンジとして、トマト果実の位置、生育状態を表現したモザイク画像の生成課題を新設します。出場チームは参加を検討してください。取得した画像データ等から以下の課題を自動処理してください。土壌に栽培したトマトを対象とし、要望に応じてルールスタイルのチームには土壌にルールを配置します。達成度が高いチームをテクニカルチャレンジ賞とします。

データ収集時間：各チームに割り当てられた初日の練習時間帯。

データ収集方法：ロボットの自動走行による画像等の取得、人でも可。

推定結果の発表：ワークショップの際に合わせて発表。ワークショップの発表時間を1分間追加します。

課題：

① 生育マップの作成：

生育しているトマト植物体全体のモザイク画像(パノラマ画像)を作成する。

② 果実の位置にマークする：

トマト果実がある位置をマークし、モザイク画像に反映する。

③ 果実の成熟状態の判別：

収穫可能（成熟トマト）は赤，収穫不可（未成熟トマト）は緑でマークし、モザイク画像に反映する。

④ 果実の絶対座標を表示する：

トマト果実の3次元位置座標を推定する。

## 8. 決勝戦

### 8.1 実施方法

第10回では決勝戦のフィールドを図.5(a)のようなビニールハウス内に設置します。太陽光の影響を踏まえたロボットシステムの構築が必要です。フィールドはフリースタイルエリアとレールスタイルエリアを設置します。フリースタイルエリアは図.5(b)に示すような土壌です。フリースタイル部門・レールスタイル部門ともに1回の競技の制限時間を10分とし、各チーム最大2回の競技が可能です。

### 8.2 リスタート

競技中、ロボットに不具合が発生し、ロボットの整備が必要な場合はリスタートを審判に宣言してください。また、競技中、ロボットに人が触れた場合は審判が強制的にリスタート指示します。競技中、リスタートの必要がない場合、人がロボットに触れてはいけません。レールスタイル部門ではリスタートの際、ロボットをホームポジション内に戻してください。フリースタイル部門では、試合開始時に宣言したスタート地点に戻す必要はありません。



(a)



(b)

図 5 決勝戦のビニールハウス (a)外観 (b)内部の土壌の様子

### 8.3 採点方法

収穫したトマト果実の「個数」「状態」「色」から次式に基づいて得点 P を採点します。トマトの色に関しては、競技会当日に収穫基準となるトマト果実（基準トマト果実）を提示しますので、基準トマト果実よりも赤が濃い（R成分が大きい）トマト果実を収穫してください。 各変数は表 s 1, 2 を参照してくだ

さい。

$$P = C \cdot \frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2 + \beta + \gamma + \delta} \cdot (2\alpha_1 + \alpha_2 + \beta) - 2(\gamma + \delta) - \varepsilon$$

また、トマト茎に傷をつけた場合、箇所の数によらず5点減点とします。リスタートを宣言した場合、 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\beta$ については0にリセットされますが、減点対象である $\gamma$ 、 $\delta$ 、 $\varepsilon$ については0にリセットされません。最終得点と同じ場合はクラス番号が大きい方を優先します(T6 >> T1)。さらに、クラス番号が同じ場合は、ロボットの重量を比較し、軽いロボットのチームを優先します。複数台同時にロボットを動作させた場合はロボットの重量の合計と比較します。

表 2 部門・ロボットの操作によるクラス番号

部門	ルールスタイル (x1)			フリースタイル (x2)		
ロボットの操作	人間		ロボットの自律行動 (x8)	人間		ロボットの自律行動 (係数：8)
	トマトを直接見ながら操縦 (x1)	カメラ映像を見ながら遠隔操縦 (x2)		トマトを直接見ながら操縦 (x1)	カメラ映像を見ながら遠隔操縦 (x2)	
クラス番号	T1	T3	T5	T2	T4	T6
C	1	2	8	2	4	16

表 3 収穫トマト果実の分類

収穫の成否	傷の有無	色	変数名
成功	無し	色基準を満足	$\alpha_1$
		不十分	$\alpha_2$
	有り		$\beta$
失敗：茎についたまま	無し		設定無し <sup>※1</sup>
	有り		$\delta$
失敗：落下			$\gamma$

※1 複数の果実がついた状態で茎ごと切り離しコンテナに収穫した場合についても「茎についたまま」の状態であると判断します。ただし、コンテナ内で何らかの影響により果実が茎から分離できた場合には収穫したものと判断します。

## 補足

### A) トマト棚の構造について

トマト棚は図.A-1～A4 に示すような構造をしています.

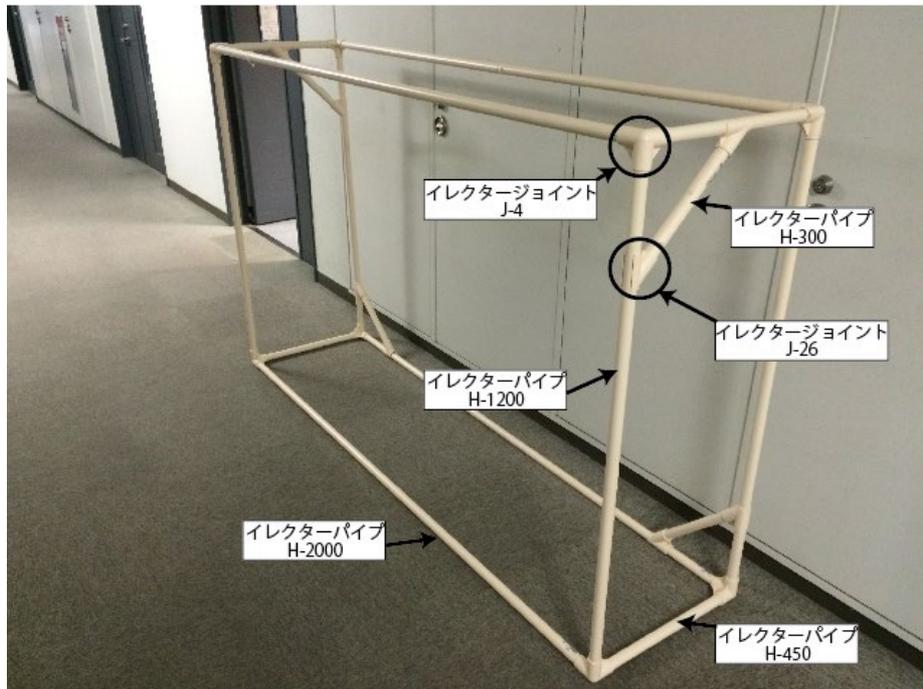


図 A-1 第一次, 第二次予選のトマト棚の外観 1

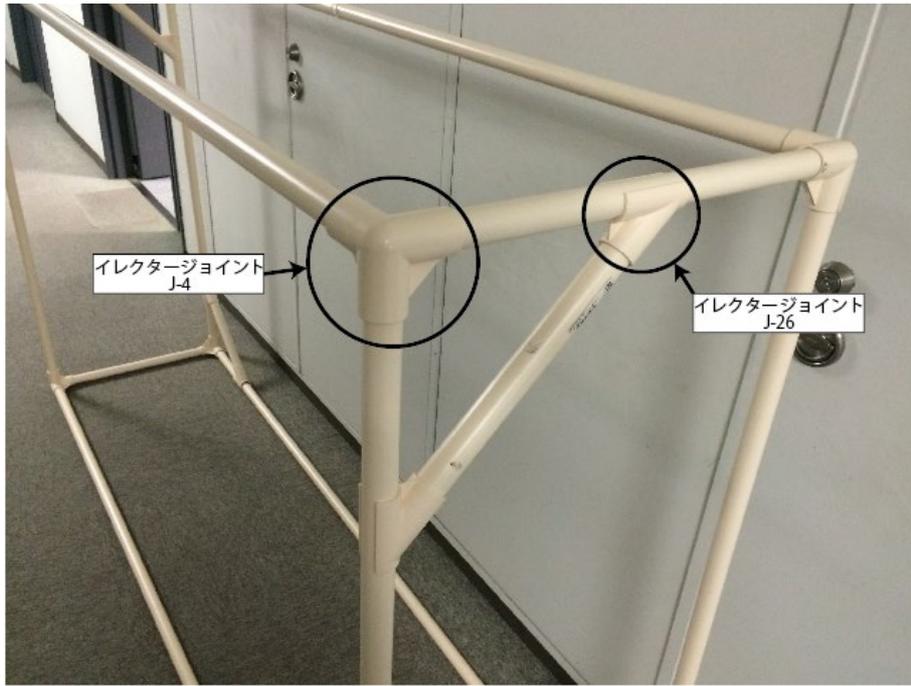


図 A-2 第一次, 第二次予選のトマト棚の外観 2

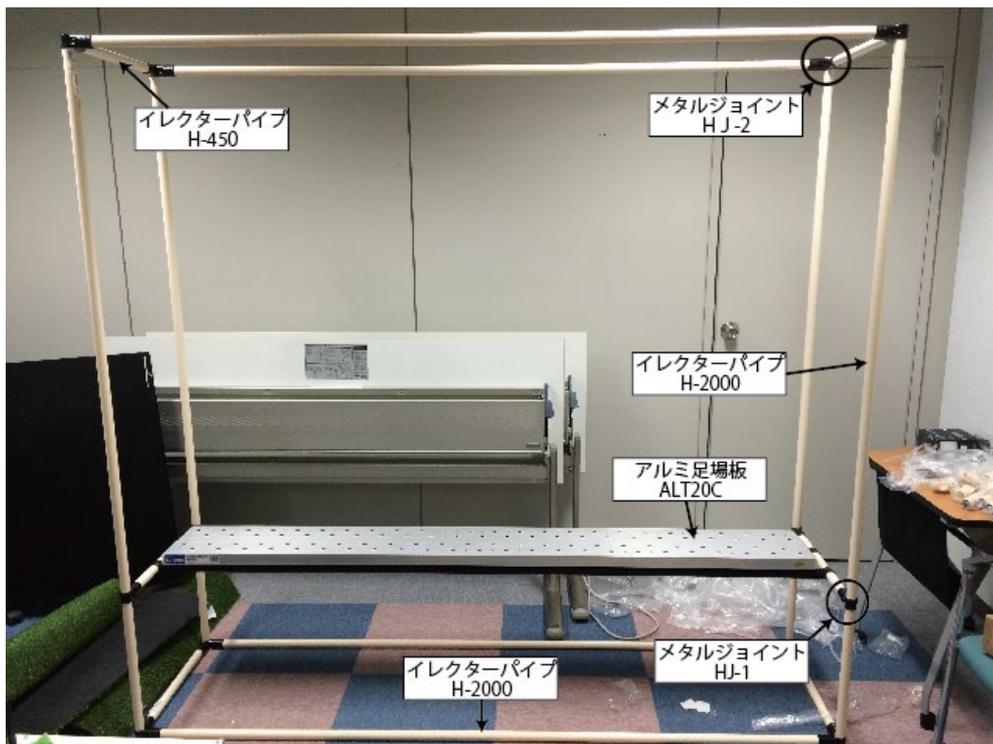


図 A-3 決勝戦のトマト棚の外観 1

表 A-1 予選用トマト棚の部品リスト

品名	型番	価格 (円)	必要個数
イレクターパイプ (2m)	H-2000	約 800	4

イレクターパイプ (1.2m)	H-1200	約 600	4
イレクターパイプ(0.45m)	H-450	約 200	4
イレクターパイプ(0.3m)	H-300	約 150	4
イレクタージョイント	J-4	約 200	8
イレクタージョイント	J-26	約 150	8

表 A-2 決勝戦用トマト棚のパーツリスト

品名	型番	価格 (円)	必要個数
イレクターパイプ (2m)	H-2000	約 800	4
イレクターパイプ (0.45m)	H-450	約 200	4
メタルジョイント HJ-2	HJ-2S	約 150	8
メタルジョイント HJ-1	HJ-1S	約 1500	8
アルミ足場板	ALT20C	約 5000	1