

2019 年 技能五輪全国大会

移動式ロボット職種ルールブック

目次

1. 競技内容変更の経緯と概要	2
2. 競技中の安全対策について	3
3. 移動式ロボット職種定義	4
4. 競技の説明	6
5. 競技に使用するロボット	9
5.1. ロボットの構成	9
5.2. ロボットの仕様	10
6. 競技実施概要	13
7. 検査・審査項目	16
7.1. 技術情報書類の審査	17
7.2. 外観検査	18
7.3. 安全機能検査	19
7.3.1. 安全機能装置の搭載	19
7.3.2. 起動時の動作	20
7.3.3. ロボットの動作起動と正常な停止	20
7.3.4. ロボットの動作起動と非常停止	21
7.3.5. ロボットの動作起動とバンパスイッチ反応時	22

1. 競技内容変更の経緯と概要

技能五輪国際大会「移動式ロボット職種」は、2013 年までは市販の FESTO 社製 Robotino2 を使用してきた。2015 年の技能五輪国際大会では、市販のロボットを使用するのではなく、新たな競技ルールに従い、各チームが設計・製作したオリジナルロボットにより競技が行われた。技能五輪全国大会「移動式ロボット職種」は、技能五輪国際大会「移動式ロボット職種」の競技内容に従い、2017 年大会より正式職種として実施することとなった。

今大会では、技能五輪及び国際大会の強化とロボット技術者の育成等を勘案し、企業からの参加チームに加え、8 月に実施された若年者ものづくり競技大会において優秀な成績を収めたチームにも参加枠を与え実施する。

選手は、本ルールブックで決められた仕様に従い、移動式ロボットを準備し、事前に示される参考資料の動作が実現できるように、ロボット本体のハードウェアの仕様を整え、基本的なプログラミング技術を習得することが要求される。大会当日、参考資料をベースとした競技課題が示され、選手は、課題で示された動作・機能を正確に分析し、それを具体的に実現するためのハードウェア設計、分解・組付け、技術書類の作成、ソフトウェア設計の技量が試される。

本競技は、2 名の選手で構成されるチームで参加する競技であり、課題達成のためのロボットの設計、製作と組み立て、プログラミング・試験および調整、性能の点検と試運転などの作業を高効率で行うための作業計画を策定する必要があり、選手同士のコミュニケーション能力も必要とされる。また、この競技に参加する選手には、モータなどの駆動系、センサなどのハードウェア知識、プログラミング能力、そして何よりも、システム全体を俯瞰できるロジカルな設計力が問われる。

2. 競技中の安全対策について

競技中の選手及び競技関係者の安全は何事にも優先される。表1に競技中の安全対策に関する決定事項を示す。選手及び競技関係者は必ず守らなければならない。

表 1 競技中の安全対策

(1)	競技中に選手が負傷した場合、そのチームは作業を中止し、負傷した選手の対応を優先させる。
(2)	競技途中であっても、競技委員が不安全であると判断した行為に対しては、協議の上、注意を行う。注意しても改善されない場合は減点する。また、必要に応じ競技を中断させる場合がある。
(3)	競技中には、ロボットを持ち上げるなどの行為が発生する。常に、落下、負傷などの危険性がある。競技中の選手は、常に安全靴を履くこと（JISのS種以上、JASSのA種以上の物を推奨する）。また、滑り止めのため手袋を着用してもよい。
(4)	ロボットには安全に保持できる搬送時の取手などを設けなければならない。ロボットを移動させる場合は、その搬送時に取手を持つこと。また、搬送による腰痛を防ぐため、必要に応じて腰痛対策を施すこと。
(5)	ロボットの重量は20kg以下とする。
(6)	選手及び競技委員等はワークスペース（アリーナを含む）内を綺麗な状態に保つように注意を払う。
(7)	選手の上履きの汚れにより、アリーナ内のロボットが誤認識・誤動作した場合は競技選手の自己責任とする。
(8)	選手及び競技委員等は、ワークスペース（アリーナを含む）内を歩いて移動すること。走る、飛び越えるなどの動作は行ってはならない。
(9)	競技中に、車体に対する工作や加工（やすり、のこ、ドリルなど）を行う場合、保護めがねを着用すること。
(10)	競技中に、電子回路に関する、はんだ、回路の修正、配線などの作業を行う場合、保護めがねを着用すること。

3. 移動式ロボット職種定義

表2に本競技の選手に必要とされる技能・技術を定義し競技の方向性を定める。

表 2 必要とされる技能と技術

<p>作業組織と管理</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 整理整頓を徹底し、良い作業環境を整備することができる。 (2) 健康や安全に対して、十分に配慮することができる。 (3) 効率よく作業を計画することができる。 (4) ロボット工学に対する現行規則・規制を理解し、遵守することができる。 (5) あらゆる機器や資材を製造者の取扱説明書に従って、使用することができる。
<p>コミュニケーションおよび対人技能</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 入手できる技術データや取扱説明書から必要な情報を読み取ることができる。 (2) 書籍、WEB等を活用して、問題解決に向けた調査ができる。 (3) 自らの意見を論理的に記述および説明し、他者と討論かつ意思疎通ができる。 (4) 電子メール等の通信技術を活用できる。 (5) 技術的な内容を他者と話し合うことができる。 (6) 専門外の人達に、技術的な内容をわかりやすく説明することができる。 (7) 報告書を作成できる。得られた結果について考察することができる。
<p>設計</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 移動式ロボットに求められる性能・特性を特定するため、摘要または仕様書を分析することができる。 (2) 摘要または仕様書の不確実な部分を特定し、指摘することができる。 (3) 移動式ロボットの作業環境の特徴を特定することができる。 (4) 求められる規格を確実に満たすように設計することができる。 (5) ハードウェアの必要事項を特定することができる。 (6) 所定のスケジュールの設計計画を立案することができる。 (7) 物品を製造するための設計書を作成することができる。 (8) ベースユニットから独立した遠隔操作システムの設計書を作成することができる。 (9) ナビゲーションや方向付けを含め、移動式ロボットの課題を解決する戦略を策定することができる。 (10) 適切な資材、部品、機器を選定することができる。 (11) 作業計画書を作成することができる。

製作と組み立て

- (1) 移動式ロボットの筐体を製作することができる。
- (2) 機械部を統合することができる。
- (3) 電子制御回路を統合することができる。
- (4) 機械、制御回路、センサ回路の取り付け、調整することができる。
- (5) ロボットの遠隔操作に必要な機器を取り付け、調整することができる。

プログラミング、試験および調整

- (1) 課題に対し解決アルゴリズムを検討し、プログラミング作業を行うことができる。
- (2) 過去のプログラム資産について、その中身を理解し、有効に活用できる。
- (3) 計算能力の制限を考慮したプログラムを記述できる。
- (4) 可読性と最適化のバランスを考慮したプログラムを記述できる。
- (5) ロボットの制御を戦略的に計画し、実装することができる。
- (6) センサを所定の場所に取り付け、適宜調整することができる。
- (7) カメラを所定の場所に取り付け、適宜調整することができる。
- (8) 所定のアプリケーションを実行し、十分に機能するかどうか試すことができる。
- (9) プログラム上の不具合を発見することができる。
- (10) 使用しているパソコンのメンテナンスをすることができる。

性能の点検と試運転

- (1) 以下の項目について自ら検査を実施することができる。
 - ① 外観検査
 - ② 基本動作検査
 - ③ 安全機能検査
- (2) 検査走行において、所定の動作を確実に実現することができる。
- (3) 課題内容に応じて、適切な性能検査項目を設定できる。

4. 競技の説明

表3 競技の説明

(1) チーム構成	1 チームあたり 2 名の選手で構成される。
(2) 年齢制限	全ての選手は、大会開催年度において 23 歳以下でなければならない。
(3) 場所と 競技日程	主催者が指定した場所において、2 日間の競技日程で行われる。
(4) 課題の定義	全般的に現行職種定義に準じており、技能五輪世界大会での技術要求および数値表記基準に準拠し、採点可能なものとする。 課題は、競技委員会によって作成される。参加選手によって作成された成果物は、競技委員によって評価、採点される。
(5) 課題の内容	① メンテナンス作業（機器の分解・組付け）、プログラミング、技術書類の作成を行う。 ② 事前に示される競技課題の内容に基づいた課題で行う。 ③ 大会当日まで、課題内容に関する問い合わせは受け付けない。
(6) 課題の評価	① 競技課題は、パフォーマンスで評価される。 ② 課題内容によって評価の優先度や比重が変化する。 ③ 課題によっては、時間制限や時間採点が採用される。
(7) 順位の決定	最終的な総合順位は、全ての競技課題で獲得した得点の合計に基づき決定される。
(8) 競技エリア	競技エリアは、ワークスペース（アリーナを含む）、競技委員会本部、集合エリアで構成される。 ① ワークスペースは、チーム専用作業スペースとして、課題の作成等（プログラミング、メンテナンス作業（機器の分解・組付け）、ロボットの検査）、各チームの完成課題のパフォーマンスに使用される。 ② 競技に使用する機材等は、ワークスペース内に置くことを基本とする。 ③ アリーナは、内寸約 1.8 m×約 3.6 mの範囲で、高さ 100 mm 程度の壁が 4 辺に設置される。 ④ 作業用机、椅子が設置され、電源提供用タップが準備される。 ⑤ 各チームのワークスペースの割り当ては、競技委員によって決定される。 ⑥ パソコンを 2 台まで使用してもよい。 ⑦ 競技委員会本部等の設置場所は、競技委員会が任意で設定する。 ⑧ 集合エリアには、必要に応じて椅子およびホワイトボードが設置される。集合エリアで課題の説明がおこなわれる。

(9) 参加チームが準備するもの	<ul style="list-style-type: none"> ① 競技に使用するロボト一式 ② ロボット本体を床面から浮かせて置くことのできる台座 ③ センサ、バッテリーなどの予備交換部品 ④ プログラミング用パソコン ⑤ ロボットへプログラムを書き込む装置、ケーブルなど ⑥ USB メモリ（チーム内データ移動用記憶媒体） ⑦ USB や LAN ケーブル（ロボットとパソコンを接続し、プログラムを書き込むために使用する。長さ、規格、数量に制限はない） ⑧ OA タップ（必要に応じて用意。仕様や数量に制限はない） ⑨ HUB（必要に応じて用意。仕様や数量に制限はない） ⑩ ワークスペース内で使用する、動作確認用の機材（ジグや木材など） ⑪ ロボットの分解、組立、調整ができる工具 （一般的な工具を用いる。持ち込み工具の制限はない） ⑫ 参加チームは、マスタコントローラに myRIO を使用し、プログラムには LabVIEW を使用すること。 ⑬ サンプルプログラム、電子データを含むマニュアル、テキスト、ノート、資料等 ⑭ 筆記用具および文房具など ⑮ 競技委員が別途、指示したもの
(10)主催者が用意するもの	<ul style="list-style-type: none"> ① ワークスペース（アリーナを含む）の設備 ② 競技委員が別途、指示したもの
(11)競技エリアに持ち込めないもの	<ul style="list-style-type: none"> ① 「(9)参加チームが準備するもの」以外で、直接競技に関係がないもの（例、スマートフォン、タブレット など） ② 機器持ち込み時、競技委員がチェックを実施する。不具合が確認された場合、競技委員の指示に従ってすみやかに是正しなければならない。 ③ 主査が不適切と判断したもの
(12) 競技中のトラブル対応	<ul style="list-style-type: none"> ① 機器のトラブル <ul style="list-style-type: none"> (a) 競技中に参加チームが持ち込んだ機器、部品で故障等が発生した場合は、基本的に選手の責任で対応すること。 (b) 選手は、機器のトラブルなどで競技の実行が不可能であると判断した場合、競技員にその旨を報告し、対処についての指示を仰ぐこと。 (c) 上記(b)について競技委員が判断できない場合は<u>競技主査</u>が判断する。 (d) 如何なる場合においても時間計測は停止せずその時点（不具合等の発生した時間、復帰した時間）を競技委員等は記録する。 不具合責任の所在は<u>競技主査</u>が判断する。 ② 選手が負傷した時

	(a) 競技委員等は、選手が怪我をした場合、競技時間内であっても2名とも作業を停止させ手当を行う。但し、他チームの原因で発生した場合は競技主査の判断で対応する。
(13) ルール違反事項	<ul style="list-style-type: none"> ① 選手は同一のルール違反2回目の注意で、その課題の配点はゼロとする。 ② 課題説明受け、課題資料を受けた選手は、競技開始まで関係者との接触を一切禁止する。
(14) 課題ルール	<ul style="list-style-type: none"> ① 競技中、選手はいかなる場合においてもチームの選手以外の者からのアドバイスや助力を受けることはできない。 ② 競技中にワークスペースから離れる場合、競技委員等へ理由を告げ許可を受けなければならない。 ③ 同一チームの選手は、同時にトイレに行けない。 ④ 選手は、競技中に不適切な言動を行ってはならない。 (例、他のチームの偵察や声がけなどの競技の妨害) ⑤ 選手は、安全に配慮し作業を行わなければならない。 ⑥ 競技委員等は、選手、観客の安全を確保しなければならない。 ⑦ ワークスペースには、許可を受けた者以外は立ち入ることができない。 ⑧ 観客は、競技の妨げになるような言動を行ってはならない。

5. 競技に使用するロボット

競技で使用するロボットは、2017 年に行われた技能五輪国際大会のルールをもとに仕様を決めた「オリジナルロボット」である。

5.1. ロボットの構成

図 1 に参加可能なロボットの構成を示す。ロボットの仕様は構成図に示す要素ごとに規定される。

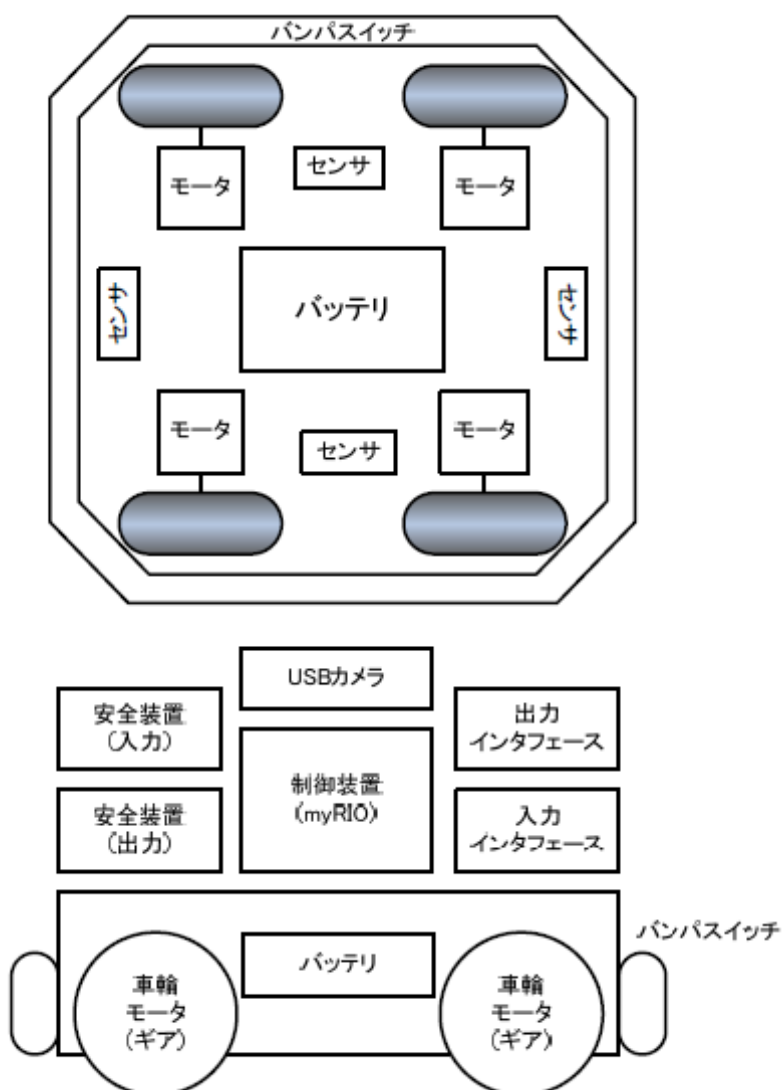


図 1 参加可能なロボットの構成

図2に安全機能装置、搬送時の取手について示す。

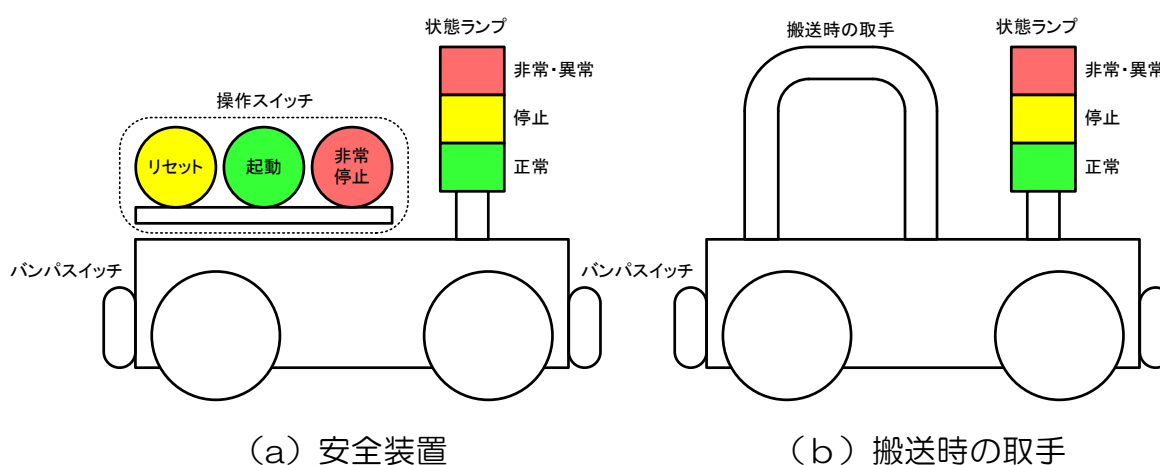


図2 競技に使用するロボットの構成図

5.2. ロボットの仕様

表4にオリジナルロボットの仕様を示す。

表4 オリジナルロボットの仕様

(1) ロボットの 大きさ	<p>① アーム収納時：高さ 550mm×幅 550mm×奥行 550mm以下</p> <p>② アーム展開時：高さ 900mm×幅 900mm×奥行 900mm以下</p> <p>③ 最少 550 mm のクランク状の通路を走行可能なこと</p>
(2) ロボットの重量	重量 20 kg 以下
(3) ロボットの速度	制限は設けない。ただし、安全に走行できることが条件となる。
(4) 装備しておく 機能	ロボットを安全に持ち上げられる場所に、搬送に耐えうる強度を持った専用の取手を取り付けておくこと。

(5) 制御装置	<p>① マスターコントローラには、National Instruments 社製、myRIO を使用すること。</p> <p>② 追加の制御装置が必要となる場合は、それらの制御装置はスレーブコントローラとして使用すること。制御装置を追加する場合には、「使用目的、マスターコントローラとの接続図」を記載した書類を提出する。</p>
(6) プログラム言語	LabVIEW
(7) モータ駆動部	<p>制限はない。</p> <p>リレー、トランジスタ、FET、ドライブ IC などが使用出来ると考えられる。</p>
(8) アクチュエータ (モータ等)	<p>① 60W 以下のものに限る。種類に制限はない。 ステッピングモータ、DC モータ、ブラシレス DC モータなどが使用できる。</p> <p>② アクチュエータの使用可能数は合計8個以下とする。</p>
(9) 車輪	<p>制限はない。</p> <p>一般的な車輪、オムニホイール、メカナムホイール、クローラなどが使用できる。</p>
(10) センサ	<p>センサは以下で挙げるもののみ搭載してもよい。</p> <p>① 測距センサ</p> <p>(a) ロボットと周辺にある障害物などとの間の距離を測定する。</p> <p>(b) 使用できる測距センサの数は最大5個とする。</p> <p>(c) 検出距離が 2m以上の測距センサは近くのロボットへ影響を及ぼす可能性があるため不可とする。</p> <p>② 反射型光センサ</p> <p>(a) 床のラインなどを読み取るために使用する。</p> <p>(b) 使用できる反射型光センサの数は最大2個とする。</p> <p>③ バンプスイッチ</p> <p>(a) ロボットに搭載されているバンパ機能から障害物とロボットの接触を検知するために使用する。</p> <p>(b) 感圧ゴムセンサ、バンパとメカニカルなスイッチなど、障害物との接触を検出する方法を検討し搭載する。</p> <p>(c) 個数に制限はない。</p> <p>④ リミットスイッチ</p> <p>(a) アームの位置決めやストローク極限を検知するために使用する。</p> <p>(b) 使用できるリミットスイッチの数は最大2個とする。</p>

	<p>⑤ カメラ (a) 搬送物の色や位置、色による指示、コード状の画像などからの指示を認識するために使用する。使用できるカメラの数は最大1個とする。</p> <p>⑥ ロータリエンコーダ (a) モータもしくはロボットの駆動部に接続されたロータリエンコーダからの信号を用い、ロボットの速度や位置を制御するために使用する。</p> <p>⑥ ジャイロセンサ (a) 制限はない。</p> <p>⑦ 加速度センサ (a) 制限はない。</p> <p>⑧ 方位センサ (a) 制限はない。</p> <p>⑨ 電圧計 (a) 制限はない。</p>
(11) 入力 インタフェース回路	入力インタフェース回路に使用可能な部品の種類は制限を設けない。 (距離センサ、光センサ、バンパスイッチ、ロータリエンコーダなどのセンサからの信号を制御装置に伝達するために必要な回路を、入力インタフェース回路と称する)
(12) 出力 インタフェース回路	出力インタフェース回路に使用可能な部品の種類は制限を設けない。 (コントローラからの出力信号をモータなどの機器に伝達するために必要な回路を、出力インタフェース回路と称する)
(13) バッテリ	<p>① ロボットに搭載する電源は、定格で最大 24 V とする。</p> <p>② 充電時に 24 V を超えてもよい。</p> <p>③ ロボットの転倒、搬送などを考慮したバッテリーを選ぶこと。特に、ロボットの空輸時などを考慮してバッテリーを選択しておくことが望ましい。</p>
(14) 電源関係	適切な位置にヒューズが挿入されていること。
(15) プリント 配線板	<p>① ユニバーサル基板、エッチング基板、基板加工機などを用い、製作する。</p> <p>② ロボットに搭載する際には、ケースなどに収納し外部からねじや異物が混入した場合であっても、正常に動作する構造が必要である。</p>
(16) アーム (グリッパ)	<p>① ワークを搬送するために使用する。</p> <p>② 事前に公開される課題で必要とされるアームを準備すること。</p> <p>③ ロボットに取り付けたアームは、<u>ロボットの一部分として扱われる</u>。</p>

(17) ライト (照明器具)	カメラを使用した画像認識において、明るさ調整のためライトを使用してもよいが、主査により他チームに影響があると判断された場合は使用不可とする。
(18) 操作スイッチ	ルールブック 7.3.1 の 3-1 を参照
(19) ランプ	ルールブック 7.3.1 の 3-5 を参照

6. 競技実施概要

競技課題として、基本動作課題、メンテナンス（分解・組付け）課題、プログラミング課題がある。競技を実施する際の概要を以下に示す。

表 5 競技実施概要

(1) 課題の説明	<ol style="list-style-type: none"> ① 課題の説明を行う。 ② 説明後、選手は質問することができる。
(2) 課題の作業	<ol style="list-style-type: none"> ① 各課題は時間制限が設けられている。 ② 定められた時間内に終了し、評価を受けなければならない。 ③ プログラミングとロボット動作試験は、各チームのワークスペース（アリーナを含む）で行う。
(3) パフォーマンス	<ol style="list-style-type: none"> ① パフォーマンスとは、選手がアリーナ内で行う各課題のロボットの実動作を示し、その内容で評価が行われる。機器の操作等は競技委員等によって指示される。 ② パフォーマンスの回数は課題毎に指示される。 ③ パフォーマンスは、競技主査の合図とともに一斉に行う。 ④ 選手はパフォーマンス準備時間のみ機器調整、プログラム変更ができる。アリーナ内でロボットを走行させてはならない。 ⑤ 制限時間終了時点で、パフォーマンス途中でであっても継続することなく、その場で打ち切り、パフォーマンスを終了とする。 ⑥ 時間内にパフォーマンス終了したチームは待機する。 ⑦ アリーナでのパフォーマンスは選手によって行われ、競技委員等が採点する。
(4) 採点(課題)	<ol style="list-style-type: none"> ① 採点は、アリーナでのパフォーマンス時に競技委員等によって行われる。 ② 採点は、ロボット等の動作確認を基準に行われる。 ③ 減点について、課題内で設定される。(以下、例) <ol style="list-style-type: none"> (a) ロボットが動作しない場合、配点はゼロ点になる。 (b) ロボットがアリーナ壁等に接触した場合、課題で定められた減点を受ける。
(5) パフォーマンス中のトラブル	<p>以下の場合、やり直しを認める。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 選手に起因しないトラブル ● その他（競技主査、競技委員がやり直しと判断した場合） ● 通信トラブル（通信トラブルが無いよう、有線でプログラムを書き込むことが望ましい）

パフォーマンスに対する共通ルール

- ① ルールブック 7.3.1「安全機能装置の搭載」に規定されている機能を満たしている事。
- ② 走行のスタートは課題で指示された方法にて行う。それ以外の方法でスタートする場合は別途課題で指示される。
- ③ ロボット及び追加機器はアリーナの壁、障害物に接触してはならない。接触した場合にはルールブック 7.3.1「安全機能装置の搭載」に基づき非常停止すること。また、接触時にロボットが非常停止しない場合、直ちに走行を中断する。接触による過度なアリーナ内備品の破損は減点となる。接触により障害物などが動いた場合には、ロボット停止後、選手は障害物を元の位置に戻さなくてはならない。
- ④ 走行中ロボットの意図しない動き、または異常などに応じて選手が非常停止させることができる。この時、審査員へ宣言すること。走行を中断するときや非常停止を行うときは、非常停止スイッチを押してロボットを止めるものとする。それ以外の方法で止めたときには、減点となる。

7. 検査・審査項目

表 6 で示す検査・審査項目について採点が行われ、総合得点を元に最終的な評価、順位が決定される。

表 6 検査・審査項目

検査・審査項目	内容
(1) 技術情報書類の審査	ロボットの外観図、主要機器の配置図と部品表、制御システムブロック図、電源配置図、ソフトウェア構造図など、提出された関係書類を評価する。
(2) 外観検査	ルールブックで示された内容に従い、外観検査することにより評価する。
(3) 安全機能検査	安全機能検査を行い、その動作を評価する。
(4) 基本動作課題の審査	ルールブックで示された内容に従い、ロボットの基本動作の正確さを評価する。 ※必要に応じて検査を実施する。
(5) メンテナンス課題（分解・組付け）の審査	競技委員が指定した機器（アクチュエータ、センサ、バッテリー、myRIO など）の取外し、取り付け、プログラミング、基本課題の完成度で評価する。
(6) プログラミング課題の審査	指示された課題に取り組み、その完成度により評価する。

なお基本動作課題、分解・組付け課題、プログラミング課題の審査項目については、競技終了後に公開とする。

7.1. 技術情報書類の審査

ロボットを設計・製作するには、機械や電子など様々な部品を用いる。既製部品・自作部品を問わず、使用している部品の技術情報を収集・整理することは重要である。技術情報書類の審査においては、PDF データ（A4 サイズを基本、ページ数は問わない）で競技前に提出する。提出された書類が、ロボットの設計・製作、プログラミング・課題解決に必要な資料として準備されているか、読みやすく見栄えの良い資料であるか、を審査する。**審査後に技術資料（部品表を除く）は競技参加者に配付する。**

表 7 提出する技術情報書類の内容

審査 番号	内容
1-1	外観 （ロボット全体の外形図、最少寸法、最大寸法、重量）
1-2	主要機器の配置図と部品表 （配置図については、アクチュエータ、モータ、バッテリー、myRIO などの搭載場所がわかる図）
1-3	制御システムブロック図
1-4	電源配線図
1-5	ソフトウェア構造図

7.2. 外観検査

競技に使用するすべてのロボットに対し、機械的要素、電子的要素を問わず、正しい加工や組立が行われているかを検査する。また、ロボットが、安定に動作するためには、その点検整備が欠かせない。表8、表9に示す外観検査の項目について示す。審査方法について以下の点に注意すること。

【審査時の注意点】

- (1) 審査員はロボットに触れない。
- (2) 選手は審査員の指示に従い、検査の項目について、証明する義務がある。
- (3) 検査時に生じた破損、故障などについての責任は選手にある。

表8 外観検査(機械要素)

審査 番号	内容
2-1	通常運用時、ねじれ、ひずみは機能上障害が発生しないよう最小限とすること。
2-2	障害物との衝突時、機能障害が発生しないよう堅ろうな構造であること。
2-3	ロボットを構成する材料の加工について、端面の処理などが丁寧に行われていること。
2-4	本体の外表面は作業上必要な部分を除き、鋭い角、突起などの危険部分がないこと。
2-5	部品などの締結がきちんとなされており、緩み、不安定な取り付けなどがないこと。
2-6	外観の仕上がり

表9 外観検査(電気要素)

審査 番号	内容
2-7	機械的応力（振動、衝撃、可動部の圧縮など）を考慮した適切な配線構造であること。
2-8	使用機器に合わせ適切な配線およびヒューズが使用されていること。
2-9	すべての配線は、車体にケーブル・バインダーなどで固定されていること。
2-10	配線が金属部に接触している箇所には保護処置をしていること。
2-11	使用している配線の色は、少なくとも、電源、グラウンド、信号線の3種類以上を区別できるように工夫されていること。
2-12	接続部に、配線に対する負荷を配慮していること（小さいループを接続部の前に作るなど）。
2-13	適切なはんだ付けがされていること。
2-14	外観の仕上がり丁寧であること。

7.3. 安全機能検査

競技に使用するロボットに安全機能装置を搭載する。ここではロボットを安全に運用するため、ロボットの起動、停止、非常停止、バンパスイッチでの停止、表示灯（ランプ）の状態を定める。安全装置が機能しておらず審査員が危険と判断した場合、作業を中断させる可能性がある。

7.3.1. 安全機能装置の搭載

表 10 安全機能装置の内容

審査 番号	検査手順
3-1	<p>「電源」「非常停止」「起動」「リセット」スイッチが搭載されていること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 電源：ロボットシステム起動。電源スイッチ ● 非常停止：危険な状態、非常時に操作。動力への電力供給スイッチ ● 起動：ロボット動作開始スイッチ ● リセット：異常信号解除スイッチ
3-2	非常停止スイッチは「ラッチング機構」を搭載していること。
3-3	非常停止スイッチは「ブレーク接点(NC 接点)」を用いていること。
3-4	すべてのスイッチは、操作しやすく、目に付きやすい箇所に、堅ろうに取り付けられていること。
3-5	<p>「非常時・異常時」を示す「赤色」、「停止時」を示す「黄色」、「正常時」を示す「緑（青）色」のランプが搭載されていること。 LED を用いた自作された表示灯でも良い。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 赤色：危険状態、非常時、異常時に点灯 ● 緑（青）色：ロボット動作中(正常動作時)、正常状態または待機停止に点灯 ● 黄色：ロボット起動前の停止時に点灯、異常ではないがオペレータの操作が必要
3-6	すべてのランプは目に付きやすい箇所に、堅ろうに取り付けられていること。

7.3.2. 起動時の動作

安全機能装置を使用し、ロボットの電源の投入時の動作を表 11 の手順に従って検査する。電源投入時にモータが回転してしまうなど、不用意な動作が起きないように、工夫しておく必要がある。

表 11 起動時の動作手順

審査 番号	検査手順
3-7	① 非常停止スイッチを押す。 ② 審査員の指示で電源スイッチを ON にする。 ③ 赤色ランプが点灯する。 ④ 審査員の指示で非常停止スイッチを解除する。 ⑤ 審査員の指示でリセットスイッチを押す。 ⑥ 赤色ランプが消灯する。 ⑦ 黄色ランプが点灯する。

7.3.3. ロボットの動作起動と正常な停止

電源を投入し安全機能が確認できるプログラムが動作し、正常に終了するまでのシーケンスが指定されたものであるかを表 12 の手順に従って検査する。

表 12 ロボットの動作起動と正常な停止の動作

審査 番号	検査手順
3-8	① 起動時の検査の①～⑦（審査番号 3-7）を実行する。 ② 審査員の指示で「安全機能検査ができるプログラム」を実行する。 ③ 審査員の指示で起動スイッチを押す。 ④ 黄色ランプが消灯する。 ⑤ 緑色ランプが点灯する。 ⑥ ロボットの動作が開始する。車輪が 20 秒間回転する。 ⑦ ロボットの動作が終了する。 ⑧ 緑色ランプが消灯する。 ⑨ 黄色ランプが点灯する。 ⑩ プログラムを終了する。

7.3.4. ロボットの動作起動と非常停止

電源を投入しロボットが動作している時に、非常停止スイッチを押した場合の対処が、指定されたシーケンス通りに行われているかを確認する。

表 13 動作の起動と非常停止の動作

審査 番号	検査手順
3-9	<ul style="list-style-type: none"> ① 起動時の検査の①～⑦（審査番号 3-7）を実行する。 ② 審査員の指示で「安全機能検査ができるプログラム」を実行する。 ③ 審査員の指示で起動スイッチを押す。 ④ 黄色ランプが消灯する。 ⑤ 緑色ランプが点灯する。 ⑥ ロボット動作が開始する。（約5秒間） ⑦ 審査員の指示で非常停止スイッチを押す。 ⑧ ロボットの動作が停止する。 ⑨ 緑色ランプが消灯する。 ⑩ 赤色ランプが点灯する。 ⑪ 審査員の指示で非常停止スイッチを解除する。 ⑫ 審査員の指示でリセットスイッチを押す。 ⑬ 赤色ランプが消灯する。 ⑭ 黄色ランプが点灯する。 ⑮ 審査員の指示で起動スイッチを押す ⑯ 黄色ランプが消灯する。 ⑰ 緑色ランプが点灯する。 ⑱ ロボットの動作が開始する。 ⑲ ロボットの動作が終了する。 ⑳ 緑色ランプが消灯する。 ㉑ 黄色ランプが点灯する。 ㉒ プログラムを終了する。

7.3.5. ロボットの動作起動とバンパスイッチ反応時

電源を投入しロボットが動作している時に、バンパスイッチに反応があった場合の対処が、指定されたシーケンス通りに行われているかを検査する。

表 14 動作の起動とバンパスイッチ反応時の動作

審査 番号	検査手順
3-10	① 起動時の検査の①～⑦（審査番号 3-7）を実行する。 ② 審査員の指示で「安全機能検査ができるプログラム」を実行する。 ③ 審査員の指示で起動スイッチを押す。 ④ 黄色ランプが消灯する。 ⑤ 緑色ランプが点灯する。 ⑥ ロボットの動作が開始する。 ⑦ 審査員の指示でバンパにより物体を検出する。 ⑧ ロボットの動作が停止する。 ⑨ 緑色ランプが消灯する。 ⑩ 赤色ランプが点灯する。 ⑪ 審査員の指示でリセットスイッチを押す。 ⑫ 赤色ランプが消灯する。 ⑬ 黄色ランプが点灯する。 ⑭ 審査員の指示で起動スイッチを押す。 ⑮ 黄色ランプが消灯する。 ⑯ 緑色ランプが点灯する。 ⑰ ロボットの動作が開始する。 ⑱ ロボットの動作が終了する。 ⑲ 緑色ランプが消灯する。 ⑳ 黄色ランプが点灯する。 ㉑ プログラムを終了する。