

4 足歩行ロボットを対象とした性能データ取得試験に
係る作業

仕様書

令和6年7月

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

福島廃炉安全工学研究所

楢葉遠隔技術開発センター

利用・技術課

目次

1. 一般仕様	p. 2
1.1 件名	p. 2
1.2 目的	p. 2
1.3 作業実施場所	p. 2
1.4 納期	p. 2
1.5 作業内容及び項目	p. 2
1.5.1 対象ロボット	p. 2
1.5.2 作業内容	p. 2
1.6 必要な条件・資格等	p. 3
1.7 貸与設備	p. 3
1.8 提出書類	p. 3
1.9 検収条件	p. 4
1.10 適用法規及び規程等	p. 4
1.11 特記事項	p. 4
1.12 検査員及び監督員	p. 4
1.13 グリーン購入法の推進	p. 4
1.14 協議	p. 4
2. 技術仕様	p. 5
2.1 試験概要	p. 5
2.2 データ取得試験に係る作業	p. 5
2.2.1 試験準備	p. 5
2.2.2 試験実施における共通仕様	p. 5
2.2.3 試験の個別仕様	p. 7

1. 一般仕様

1.1 件名

4足歩行ロボットを対象とした性能データ取得試験に係る作業

1.2 目的

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構）福島廃炉安全工学研究所櫛葉遠隔技術開発センター（以下、櫛葉センター）利用・技術課では、原子力機構が開発した原子力災害対応用ロボットの性能試験法（以下、JAEA-TM）および National Institute of Standards and Technology（米国標準技術研究所、以下、NIST）が提案している Standard Test Method（標準性能試験法、以下、NIST-STM）に準じた試験環境の整備を行い、「遠隔操作機器の性能データ取得・提供」に関わる業務の一環としてこれらの性能試験法を使用したロボットの性能データの取得を計画している。

本件は経済産業省より交付を受けた「放射性物質研究拠点施設等運営事業費補助金」事業の一環であり、性能データ取得の実施ケースの1つとして、多くの実環境での導入事例がある Boston dynamics 社製の4足歩行ロボット Spot での試験結果を得ることを目的とし、その試験を行う際の Spot の準備や操縦等に係る作業を実施する。

1.3 作業実施場所

福島県双葉郡櫛葉町大字山田岡字仲丸1-22

日本原子力研究開発機構 櫛葉遠隔技術開発センター 試験棟

1.4 納期

令和7年2月28日（金）

1.5 作業内容及び項目

1.5.1 対象ロボット

- (1) Boston dynamics 社製 4足歩行ロボット Spot（アーム付き）
- (2) Boston dynamics 社製 4足歩行ロボット Spot（アーム無し）

1.5.2 作業内容

(1) 試験準備

1.5.1 に示す対象ロボットの用意、搬入、セットアップ等

(2) データ取得試験における作業

以下①～⑤に示すロボットの性能データ取得試験において、「2.技術仕様」に記載されている受注者が行う事項について実施する。

① JAEA-TM-0001 狭隘通路走破性能試験

建屋内での調査・情報収集を目的として、幅の狭いグレーチング材の通路での移動能力を評価

② JAEA-TM-0002 階段走破性能試験

階段の上層階、下層階の調査を目的として、一般的な建築物よりも階段傾斜の強い条件での走行能力を評価

③ JAEA-TM-0003 ケーブル牽引走破性能試験

ロボットがケーブルを牽引した条件での走行を想定した能力の評価

④ JAEA-TM-0006 ロボットアームによる障害物乗り越えを介した接近試験

建屋構造物や仮設物がロボットの障害となる状況を想定し、ロボットアームによる作業や調査に対する能力を評価

⑤ NIST-STM コンテナスランプ、ステップフィールド

一般災害と共通点の多い、障害物の散乱した不整地での走行能力を評価

1.6 必要な条件・資格等

操縦者は、Spot の能力を十分に発揮できる者とする。具体的には Spot の総操作経験時間が 100 時間を超える者とする。

1.7 貸与設備

1.5.2 に記載する試験に使用する試験フィールド

1.8 提出書類

提出書類の作成方法は以下の通りとする。また、提出書類一覧を表 1 に示す。

- (1) 用紙サイズは、原則として A4 版、図面は A4 系列とする。
- (2) 確認が「要」の書類については、原子力機構の確認を得ること。
- (3) 様式、内容、その他不明な点はその都度、原子力機構の指示に従うものとする。
- (4) 提出書類は、紙面 1 部、電子データ 1 部を提出すること。

表 1 提出書類一覧

No.	書類名	提出期限	備考	部数	確認
1	作業手順・安全対策書	作業開始 2 週間前までに	機構指定の様式	1	要
2	リスクアセスメントシート	〃		1	要
3	委任又は下請負届(実施体制図含む)	〃	機構指定の様式	1	要
4	作業報告書	作業終了後速やかに	報告書には、作業の目的、実施した作業内容、写真、記録等について記載する。	1	不要

(提出場所)

1.9 検収条件

「1.5 作業内容」に示す試験終了後、「1.8 提出書類」の確認並びに、原子力機構が仕様書の定める業務が実施されたと認めた時を以て、業務完了とする。

1.10 適用法規及び規程等

- (1) 労働安全衛生法
- (2) 福島廃炉安全工学研究所安全衛生管理規則
- (3) 機構内規程等

1.11 特記事項

- (1) 受注者は原子力機構が原子力の研究・開発を行う機関であるため、高い技術力及び高い信頼性を社会的にもとめられていることを認識し、原子力機構の規程等を遵守し安全性に配慮し業務を遂行しうる能力を有する者を従事させること。
- (2) 受注者は作業を実施することにより取得した当該作業に関する各データ、技術情報、成果その他のすべての資料及び情報を原子力機構の施設外に持ち出して発表もしくは公開し、または特定の第三者に対価をうけ、もしくは無償で提供することはできない。ただし、あらかじめ書面により原子力機構の承認を受けた場合はこの限りではない。
- (3) 受注者は異常事態等が発生した場合、原子力機構の指示に従い行動するものとする。また、また、契約に基づく作業等を起因として異常事態等が発生した場合、受注者がその原因分析や対策検討を行い、主体的に改善するとともに、結果について原子力機構の確認を受けること。
- (4) 原子力機構が受注者に対し本補助金事業の適正な遂行のため必要な調査に協力を求めた場合にはその求めに応じること。

1.12 検査員及び監督員

検査員

- (1) 一般検査 管財担当課長

監督員

- (1) Spot の性能データ取得作業 櫛葉遠隔技術開発センター 利用・技術課長

1.13 グリーン購入法の推進

- (1) 本契約において、グリーン購入法（国等による環境物品等の調達に関する法律）に適用する環境物品（事務用品、OA 機器等）が発生する場合は、これを採用するものとする。
- (2) 本仕様書に定める提出図書（納入印刷物）については、グリーン購入法の基本方針に定める「紙類」の基準を満たしたものであること。

1.14 協議

本仕様書に記載されている事項及び本仕様書に記載のない事項について疑義が生じた場合は、

原子力機構と協議の上、その決定に従うものとする。

2. 技術仕様

2.1 試験概要

楢葉センターの利用・技術課における「遠隔操作機器の性能データ取得・提供」に関わる業務の一環として、楢葉センターの所有する JAEA-TM および NIST-STM（以下、試験フィールド）を使用して、対象ロボット（2種の4足歩行ロボット Spot）のデータ取得試験に係る作業を行う。

2.2 データ取得試験に係る作業

試験フィールドを使用して、「2.2.1 試験準備」、「2.2.2 試験実施における共通仕様」および「2.2.3 試験の個別仕様」に記載する内容にしたがって試験データ取得に係る作業（対象ロボットの準備、操縦等）を行う。

2.2.1 試験準備

試験前の準備として、別添 1、2 に示す対象ロボットおよび操縦者に関する情報を確認し、記録する。また、対象ロボットの動作確認を行い、試験が実施できる状態であることを確認する。

2.2.2 試験実施における共通仕様

試験実施にあたり、個々の試験に共通の仕様を以下に示す。

① 用語の定義

試験監督者：試験全体を監督し、得られる試験データの良否について判断する。（原子力機構従業員）

データ計測者：試験において、経過時間・映像・モーションキャプチャデータ等の計測・記録を行う。（原子力機構従業員）

操縦者：対象ロボットを操作し、試験フィールドを走行させる。また、これに係る対象ロボットの運搬、整備等を行う。

スタートエリア：試験の開始時にロボットを設置する場所。試験開始時にはスタートエリア内にロボットの全体が収まっていることを試験監督者が確認することで試験開始が可能となる。

エンドエリア：試験フィールドにおいて対象ロボットが折り返す場所。エンドエリアにロボットの全体が収まっていることを試験監督者が確認することで折り返しが可能となる。

② 試験

対象ロボットは各試験フィールドのスタートエリアから既定の経路にしたがって走行し、スタートエリアに戻ってくることで1周とし、これを10周繰り返して以下に示す項目の計測および記録を行う。なお、原子力機構従業員の記載のある項目は原子力機構従業員が実施する。

- ・各周回の経過時間（原子力機構従業員）
- ・10周トータルの経過時間（原子力機構従業員）
- ・各周回前後のバッテリーの変化（電流、電圧、%）
- ・試験中の対象ロボットの映像（原子力機構従業員）
- ・試験中の対象ロボットのモーションキャプチャデータ（必要に応じて、原子力機構従業員）

③ 試験条件

- ・試験中、操縦者は対象ロボットを直接視認することなく、対象ロボットのセンサー情報（カメラ映像等）のみの情報で走行させる。
- ・試験開始時にはスタートエリア内に対象ロボットの全体が収まっていることを試験監督者が確認することで試験開始が可能となる。
- ・エンドエリアでの折り返しについては、エンドエリアに対象ロボットの全体が収まったことを試験監督者が確認することで、折り返すことができる。
- ・次の周回の開始については、スタートエリア内に対象ロボットの全体が収まったことを試験監督者が確認することで、次の周回を開始することができる。
- ・試験中に動作不良などが発生し、試験実施者が試験継続は不可能と判断した場合は、ロボットの動作を停止させ、試験を中断する。また、計測者は計測を停止する。

④ 安全対策

- ・試験中（ロボットが動いているとき）の試験エリアへの立ち入りは原則禁止する。
- ・対象ロボット、試験フィールドの破壊など周囲への危険がある場合は、試験を中止する。
- ・対象ロボットの非常停止機能等に関する確認は試験前に実施する。（非常停止機能はソフトウェア、ハードウェアの両面から動作が可能であることが望ましい。）

2.2.3 試験の個別仕様

① JAEA-TM0001

試験名：狭隘通路走破性能試験

フィールド：図1参照

対象ロボット： Boston dynamics 社製 4足歩行ロボット Spot（アーム付き）
Boston dynamics 社製 4足歩行ロボット Spot（アーム無し）

試験概要：

建屋内での点検用通路（キャットウォーク）の周回調査における走破性能を評価する。

試験内容：

試験経路両端にはスタートエリアと折り返し地点のエンドエリアを設置し、スタートエリアから通路上を走行して、折り返し地点のエンドエリアまで到達した後、逆順でスタートエリアまで走行することで1周とする。

試験条件：

- ・通路幅（W）は0.8mとする。
- ・試験は10周を1セットとする。

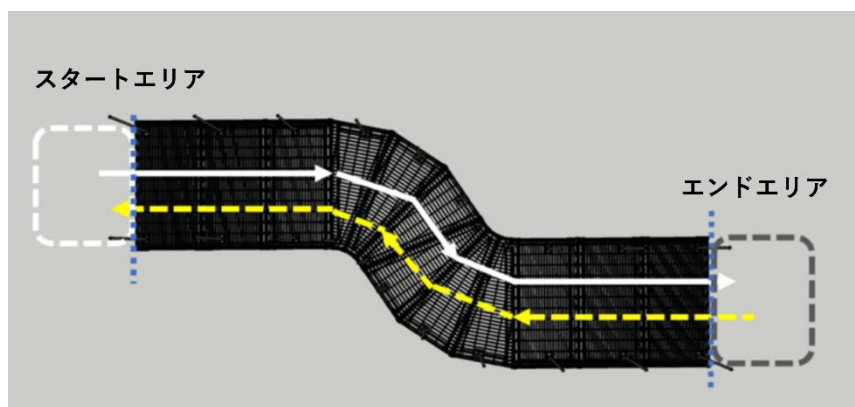


図1 JAEA-TM0001

② JAEA-TM0002

試験名：階段走破性能試験

フィールド：図2 参照

対象ロボット： Boston dynamics 社製 4足歩行ロボット Spot（アーム付き）
Boston dynamics 社製 4足歩行ロボット Spot（アーム無し）

概要：建屋内の階段を走行する際の走破性能を評価する。

試験内容：

スタートエリア（踊り場1）から踊り場2を通過し、エンドエリア（踊り場3）で折り返し、逆順でスタートエリアまで走行することで1周とする。

試験条件：

- ・ 階段の角度は 40° とする。
- ・ 階段の幅は 1m とする。
- ・ 階段の蹴上高さは約 170mm とする。
- ・ 試験は 10 周を 1 セットとする。

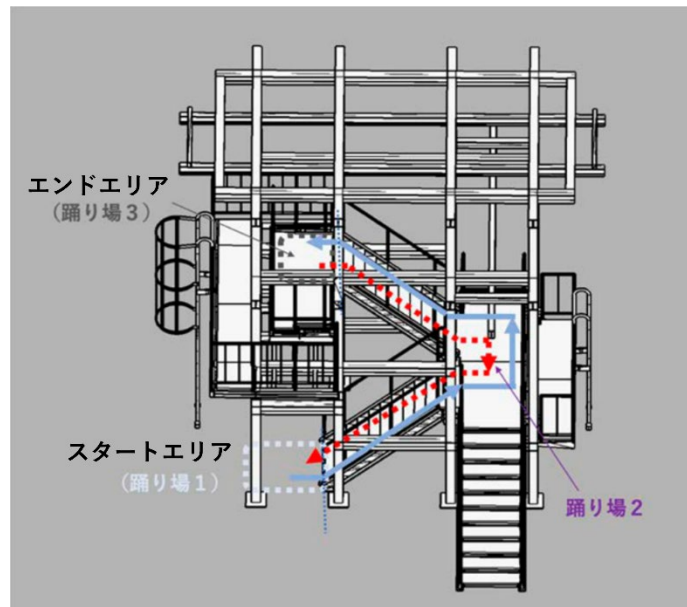


図2 JAEA-TM0002

③ JAEA-TM0003

試験名：ケーブル牽引走行

フィールド：図3参照

対象ロボット： Boston dynamics 社製 4足歩行ロボット Spot（アーム付き）
Boston dynamics 社製 4足歩行ロボット Spot（アーム無し）

概要：建屋内での構造物が存在する環境下でケーブル牽引を伴う走行に関して走破性能を評価する。

試験内容：

- ・スタートエリアからエンドエリアまで移動経路は往路①～④の順で走行し、復路は逆順で走行することで1周とする。
- ・牽引ケーブルは試験開始時に試験フィールドから牽引ケーブル敷設エリアまでの敷設は可能とする。
- ・1往復ごとに補助者1名による牽引ケーブルの回収は可能とする。
- ・牽引ケーブル回収作業中はロボットの走行はできない。
- ・牽引ケーブルは通信ケーブルとは別に、ダミーケーブルを用いての競技も可能とする。

試験条件：

- ・障害物間距離（W）は1mとする。
- ・試験は10往復を1セットとする。

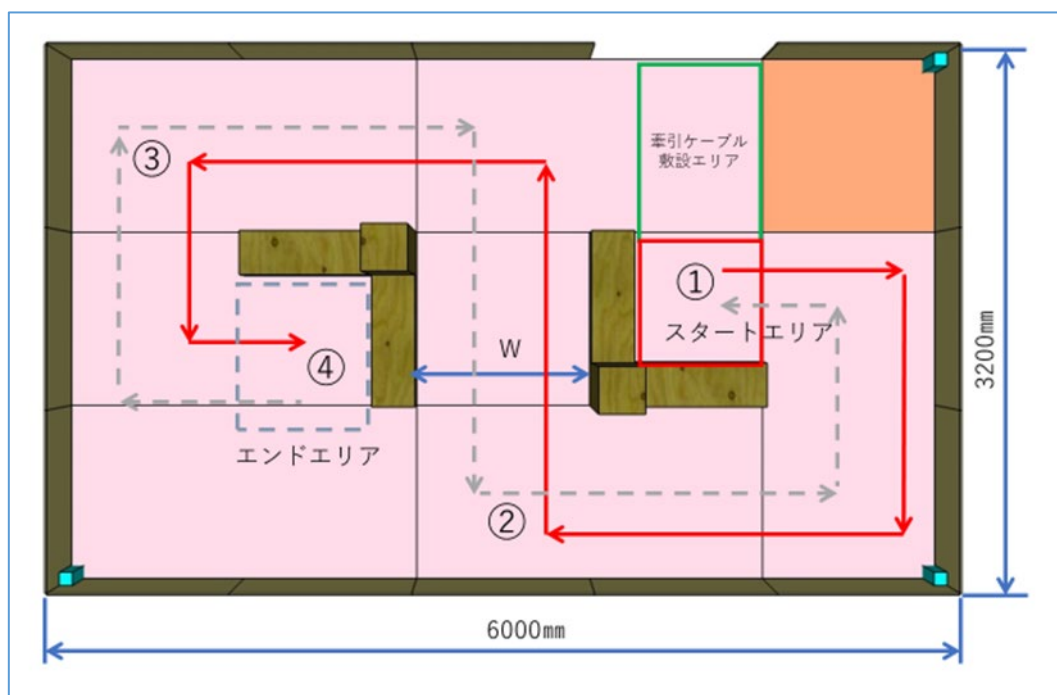


図3 JAEA-TM0003

④ JAEA-TM0006

試験名：ロボットアームによる障害物の乗り越えを介した接近試験

フィールド：図4参照

対象ロボット： Boston dynamics 社製 4足歩行ロボット Spot（アーム付き）

概要：作業エリアでの障害物（壁面）の乗り越えを介して対象物（ターゲット）に接近したうえで、それらの調査もしくは作業を行うための能力を評価する。

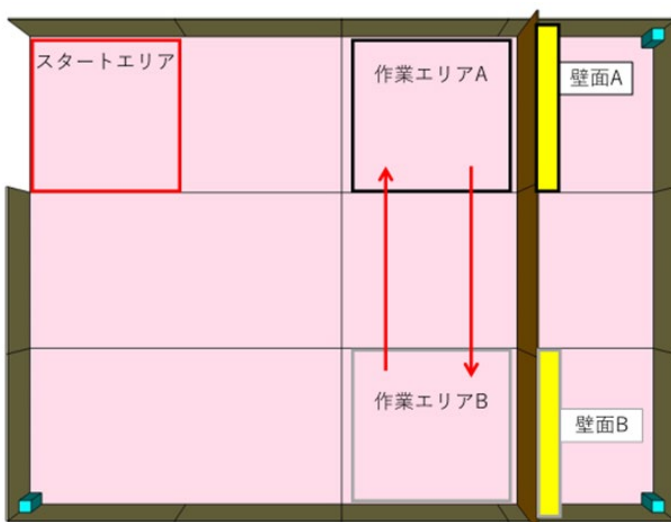
試験内容：

- ・ターゲットは、作業エリア A、B の壁面の反対側にそれぞれパイプ 2 本とターゲット 1 個が配置されている。
- ・スタートエリアから走行し、作業エリア内で壁面のターゲットの引き抜き、別作業エリアの壁面のパイプ内への挿入作業を行う。
 - ① 壁面 A 側のターゲットを引き抜き、ターゲットを把持したまま壁面 B まで移動してターゲットを同色のパイプ内に挿入する。
 - ② 壁面 B 側のターゲットを引き抜き、ターゲットを把持したまま壁面 A まで移動してターゲットを同色のパイプ内に挿入する。
 - ③ スタートエリアに戻る。
 - ④ ①-③を繰り返す。
- ・ターゲットは赤と青に色分けされており、同色のパイプへ挿入する。
- ・壁面の作業は A、B のそれぞれの作業エリアでのみ可能とする。
- ・ターゲットを作業エリア A から B（もしくは作業エリア B から A）への走行中などに落とした場合はロボットによる回収ができれば、試験は続行可能である。

試験条件：

- ・障害物の高さは 90cm もしくは 120cm とする。
- ・試験は 10 往復を 1 セットとする。

(a)



(b)

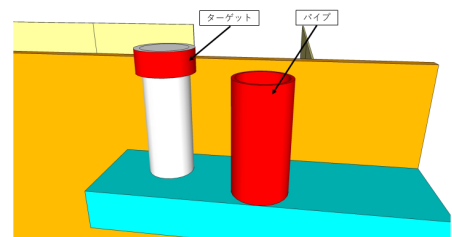


図4 JAEA-TM0006 (a：試験フィールド、b：ターゲット)

⑤ NIST -ASTM-E2826

試験名：コンティニアンスランプ

フィールド：図 5 参照

対象ロボット： Boston dynamics 社製 4足歩行ロボット Spot（アーム付き）

Boston dynamics 社製 4足歩行ロボット Spot（アーム無し）

概要：連続的な斜面を模擬した不整地を走行する。

試験内容：

- ・スタートエリア（①の位置）から、障害物（ミニコーン）を避けて8の字を描くように走行しスタートエリアに戻ることで一周とする。

試験条件：

- ・試験は10周を1セットとする。

(a)



(b)



図 5 NIST -ASTM-E2826 (a：試験フィールド、b：走行ルート略図)

⑥ NIST-ASTM-E2828

試験名：ステップフィールド

フィールド：図 6 参照

対象ロボット： Boston dynamics 社製 4 足歩行ロボット Spot (アーム付き)

Boston dynamics 社製 4 足歩行ロボット Spot (アーム無し)

概要：連続的ながれきを模擬した不整地を移動する。

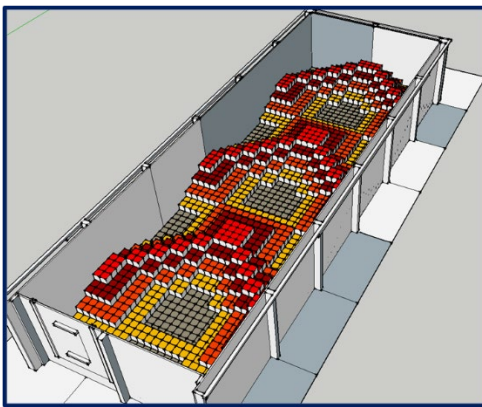
試験内容：

- ・スタートエリア (①の位置) から、障害物 (ミニコーン) を避けて 8 の字を描くように走行しスタートエリアに戻ることで一周とする。

試験条件：

- ・試験は 10 周を 1 セットとする。

(a)



(b)



図 6 NIST-ASTM-E2827 (a：試験フィールド図、b：走行ルート略図)

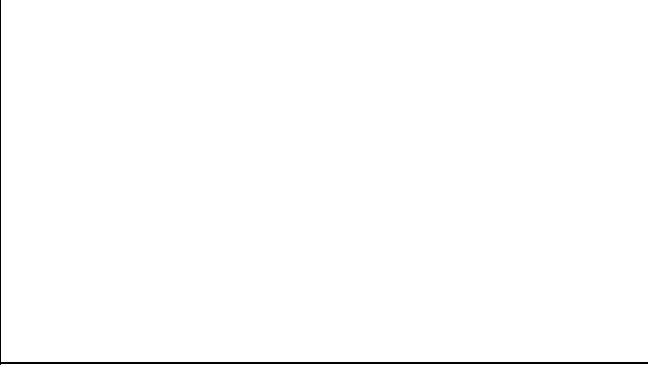
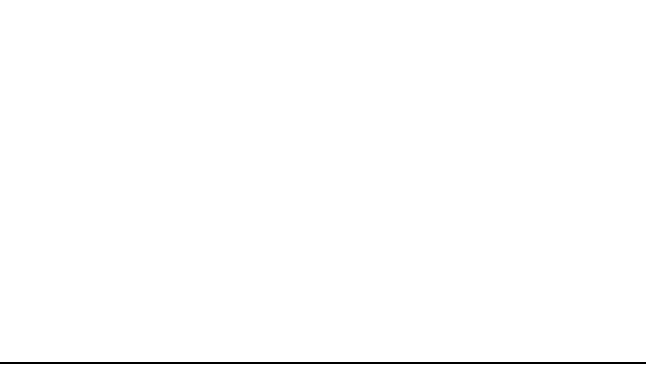


基本情報

No.(通し番号) :		日付 :
試験名 :	試験条件 : .	

ロボット

項目	内容		
ロボット/型番/メーカー			
駆動方法/通信形態			
サイズ (最大)	長辺 : cm	短辺 : cm	高さ : cm
	アーム長さ (最大) : cm		
サイズ (最小)	長辺 : cm	短辺 : cm	高さ : cm
重量 (付属機器を含む)	kg		
電圧/電流 (満充電時)	電圧 : V	電流 : A	
バッテリー容量	Wh		
その他特記事項			

外観写真

最大サイズ	最小サイズ
	
	

基本情報

操縦者

項目		備考
氏名(所属)	()	氏名は任意
年代	10代、20代、30代、40代、50代、60代、それ以外	該当を○で囲む
操作経験時間	5h未満、5～10h、10～50h、50～100h、100h超	該当を○で囲む
操作実績	<ul style="list-style-type: none">・・・	本ロボットを使用した実作業や競技会の実績等を記載