JAEA-Testing
2025-003
DOI:10.11484/jaea-testing-2025-003

四足歩行ロボット(Spot)の操作マニュアル（JAEA原子力緊急事態支援組織）

The Quadrupedal Robots (Spot) Operation Manual
(The Emergency Response Team against Nuclear Accidents in JAEA)

渡辺 夏帆　西山 裕　角田 正勝　早坂 寿郎

Kaho WATANABE, Yutaka NISHIYAMA, Masakatsu KAKUTA and Toshiro HAYASAKA

福島廃炉安全工学研究所
安全管理部

Safety Administration Department
Fukushima Research and Engineering Institute

November 2025

Japan Atomic Energy Agency　日本原子力研究開発機構

JAEA-Testing

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートはクリエイティブ・コモンズ 表示 4.0 国際 ライセンスの下に提供されています。
本レポートの成果（データを含む）に著作権が発生しない場合でも、同ライセンスと同様の
条件で利用してください。（https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja）
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ウェブサイト（https://www.jaea.go.jp）
より発信されています。本レポートに関しては下記までお問合せください。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構　研究開発推進部　科学技術情報課
〒 319-1112　茨城県那珂郡東海村大字村松 4 番地 49
E-mail: ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en).
Even if the results of this report (including data) are not copyrighted, they must be used under
the same terms and conditions as CC-BY.
For inquiries regarding this report, please contact Library, Institutional Repository and INIS Section,
Research and Development Promotion Department, Japan Atomic Energy Agency.
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1112, Japan
E-mail: ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2025

JAEA-Testing 2025-003

四足歩行ロボット（Spot）の操作マニュアル
（JAEA 原子力緊急事態支援組織）

日本原子力研究開発機構
福島廃炉安全工学研究所
安全管理部

渡辺　夏帆、西山　裕+、角田　正勝*、早坂　寿郎*

（2025 年 5 月 29 日受理）

日本原子力研究開発機構（JAEA）福島廃炉安全工学研究所　安全管理部　遠隔機材運用課（以下「運用課」という。）は、JAEA 内の原子力緊急事態に対応するための支援組織（原子力緊急事態支援組織）を運営している。

運用課の重要な業務に遠隔機材の整備運用があり、令和 4 年度及び令和 5 年度に調達した四足歩行ロボット（Spot）も当該の遠隔機材に位置付けている。

本報告書は、四足歩行ロボット（Spot）の遠隔操縦操作を、運用課において原子力緊急事態支援組織として活動を行うために必要な操作に着目し、マニュアルとして定めたものを報告するものである。

楢葉遠隔技術開発センター：〒979-0513　福島県双葉郡楢葉町大字山田岡字仲丸 1-22
+ 大洗原子力工学研究所　保安管理部
* 株式会社アセンド

JAEA-Testing 2025-003

The Quadrupedal Robots (Spot) Operation Manual
(The Emergency Response Team against Nuclear Accidents in JAEA)

Kaho WATANABE, Yutaka NISHIYAMA+, Masakatsu KAKUTA* and Toshiro HAYASAKA*

Safety Administration Department
Fukushima Research and Engineering Institute
Japan Atomic Energy Agency
Naraha-machi, Futaba-gun, Fukushima-ken

(Received May 29, 2025)

There is an emergency response team against nuclear facilities accidents of Japan Atomic Energy Agency (JAEA). The team is managed by the Maintenance and Operation Section for Remote Control Equipment.

One of the important tasks of the team is purchasing remote-control robots, the quadrupedal robots (called Spot), were purchased in 2022 and 2023 to prepare for the nuclear disaster in JAEA.

This report shows the remote-control manual for the quadrupedal robots (Spot), and it is focused on the necessary operations for the team.

Keywords: Remote Control Technology, Emergency Response, Spot, Naraha Center for Remote Control Technology Development, NARREC, JAEA

+ Safety Administration Department, Oarai Nuclear Engineering Institute
* Ascend Co., Ltd.

目　次

1. はじめに 1
1.1　遠隔機材運用課の業務 1
1.2　四足歩行ロボット（Spot）について 1
1.3　本書の目的 1
2. Spot 操作マニュアル 3
2.1　Spot について 5
2.2　バッテリーの取扱い 7
2.3　起動・終了 11
2.4　設定の確認 16
2.5　コントローラー 17
2.6　基本操作 19
2.7　アームの取扱い 21
2.8　AUTOWALK 37
2.9 ペイロード機器 43
3. まとめ 52
謝辞 52
参考文献 52

Contents

1. Introduction 1

1.1 The Mission of Maintenance and Operation Section for Remote Control Equipment 1

1.2 About the Quadrupedal Robots (Spot) 1

1.3 The Purposes of this Report 1

2. Spot Operation Manual 3

2.1 About Spot 5

2.2 Battery Handling 7

2.3 Start/Stop 11

2.4 Check Settings 16

2.5 Using Controller 17

2.6 Basic Operation 19

2.7 Operating the Arm 21

2.8 AUTOWALK 37

2.9 Payload Device 43

3. Summary 52

Acknowledgment 52

References 52

1. はじめに

1.1 遠隔機材運用課の業務

平成 23 年に東京電力ホールディングス（株）福島第一原子力発電所の事故が発生し、翌年原子力災害特別措置法及び同計画等命令*が改正され、国内各電気事業者は、原子力災害発生時の準備を義務付けられた当該特別措置法及び同計画等命令への対応を行った。さらに、平成 29 年に当該計画等命令が研究開発段階発電炉、10MW 以上の試験研究炉及び再処理施設にも適用されることとなり、日本原子力研究開発機構（JAEA）も同様に原子力災害発生に備えた対応を行った。

福島廃炉安全工学研究所　安全管理部　遠隔機材運用課（以下「運用課」という。）は、当該計画等命令に対応するための JAEA 内の原子力緊急事態支援組織を運営している [1] [2]。運用課の重要な業務に、遠隔機材の整備運用があり、令和 4 年度及び令和 5 年度に調達した四足歩行ロボット（Spot）（以下「Spot」という。）も当該の遠隔機材に位置付けている。

1.2 四足歩行ロボット（Spot）について

Spot は Boston Dynamics 社において開発されたロボットである[3]。運用課では、Spot を正規代理店から購入し、走行機能、映像取得等に特化したタイプを「偵察用 Spot」、アーム付きの物体把持操作、扉開閉動作等が可能な種類を「作業用 Spot」として管理している。

Spot の大きな特徴は、操作の簡易さである。運用課で保有しているクローラタイプのロボットの操作で必要とされる、段差の乗り越え及び階段の走行時の特別な技術・微調整等の操作が、Spot では必要ない。Spot は、機体周囲の情報をセンサーで自動感知するため、平面走行と同様の操作のみで、段差の乗り越え及び階段の走行が可能となるためである。

運用課において Spot を調達した最大の目的は、作業員の被ばく低減が見込まれるためである。これまで、発災現場の映像確認、線量確認を行うための「偵察用ロボット」を発災現場に投入するにあたり、ルート上に扉がある場合は、アーム付きの扉開閉動作等が可能なロボットである「作業用ロボット」を使用する必要があった。しかし、運用課で保有する作業用ロボットは重量があり、階段走行に不向きであるため、ルート上に階段及び扉がある場合は、作業用ロボットを使用せず、作業員が自ら扉開閉操作（被ばく作業）を行い、偵察用ロボットを現場に投入する必要があった。Spot は、階段昇降及び扉開閉の両方の性能を有するため、偵察用ロボットを現場に進行させるための作業員の扉開閉動作（被ばく作業）を行う必要がない。よって、現有のクローラタイプの走行ロボットの使用よりも操作要員の被ばく低減が見込まれる。

1.3 本書の目的

上記のとおり、Spot は大変有用であると判断し購入したが、操作方法を詳述したマニュアルはなかった。そのため運用課は、特に原子力緊急事態支援組織として活動するため必要な Spot の操作に着目し、当該操作をマニュアルとして整備し定めた。本書はその報告である。

各拠点操作要員に対する操作訓練は、本マニュアルを使用して実施する。

また本書に記載の操作端末の画面及び操作方法は、令和 6 年 12 月時点での運用中のものである。

なお本書は、Boston Dynamics 社正規代理店である株式会社東北エンタープライズの理解を得て許可された写真を多数使用していることを、謝意とともにここに特記する。

*原子力災害対策特別措置法に基づき原子力事業者が作成すべき原子力事業者防災業務計画等に関する命令

2. Spot 操作マニュアル

（＊：株式会社東北エンタープライズから使用を許可された写真及び図）

This is a blank page.

2.1 Spot について

項　目	内　　容
Spot の仕様	

【偵察用Spot】

【作業用Spot】

● スペック

※実測値

	偵察用Spot	作業用Spot
長さ	1100mm	1300mm※
幅	500mm	500mm
高さ（立位）	840mm	1070mm※
重量	32.5kg	40.5kg
最大速度	1.6m/s　（5.8km/h）	
保護等級	IP54	
動作温度	-20～45℃	
傾斜	±30°	
段差	300mm	
階段	奥行き254～278mm、高さ178mm （角度：32.6～35°）	
光量	2lx以上	
連続稼働時間	平均90分	
ペイロード最大重量	14kg	
通信	2.4GHz、5GHz【802.11 b/g/n/ac】 （通常は2.4GHzを使用する。）	
イーサネット	1000Base-T	
カメラ数	5（前左、前右、左、右、後）	
視野	360°	
カメラ機能	魚眼カメラ、深度カメラ、赤外線プロジェクタ	
深度カメラの範囲	4m	
アーム可搬重量	―	11kg
ドラッグ容量（カーペット上）	―	25kg
グリッパー把持力	―	130N

項　目	内　　容
Spot の構成	● 操作端末 偵察用 Spot 操作端末 作業用 Spot 操作端末 ● バッテリー・充電器 専用バッテリー 専用充電器 ● ペイロード機材 Spot CAM+ Spot GXPoE RDS-31（線量計）／ Spot CORE Spot Rajant Mesh Radio

2.2 バッテリーの取扱い

項　目	内　　容
取り付け	（1）Spotを仰向け（作業用Spotは横向き）状態にする。 **バッテリー装着部分（特に端子部）に異物等が混入していないことを確認する。** （2）バッテリーのハンドル部を垂直に持ちハンドルの反対側から挿入する。 （3）バッテリーが装着されたことを確認し、ハンドルを水平に倒してロックする。

<table>
<tr><th>項　目</th><th>内　　容</th></tr>
<tr><td>取り外し</td><td>

（1）Spotを仰向け（作業用Spotは横向き）状態にする。

（2）バッテリーのハンドルを垂直に引き上げてロックを解除する。

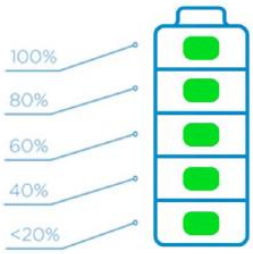
（3）そのままハンドルを持ち上げ、Spotから取り外す。

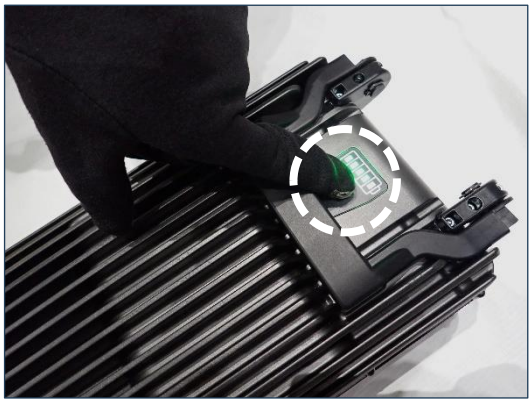
横向きで取り外しを行う作業用 Spot の場合、ロックを解除した時点でバッテリーが落下するため、片方の手でしっかりと押さえたうえでハンドルを引き上げる。

過放電防止のため、使用後は必ずバッテリーを取り外すこと。

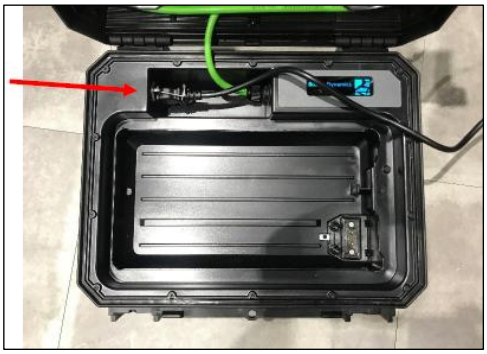
</td></tr>
<tr><td>残量確認</td><td>

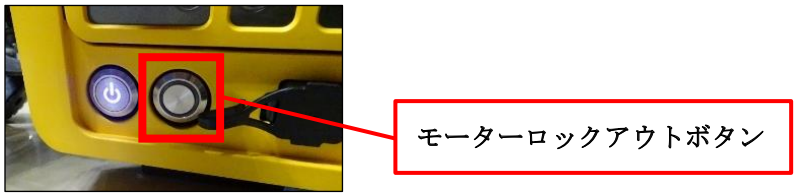
● バッテリーのSOCボタンを押すと、現在の残量を確認することができる。



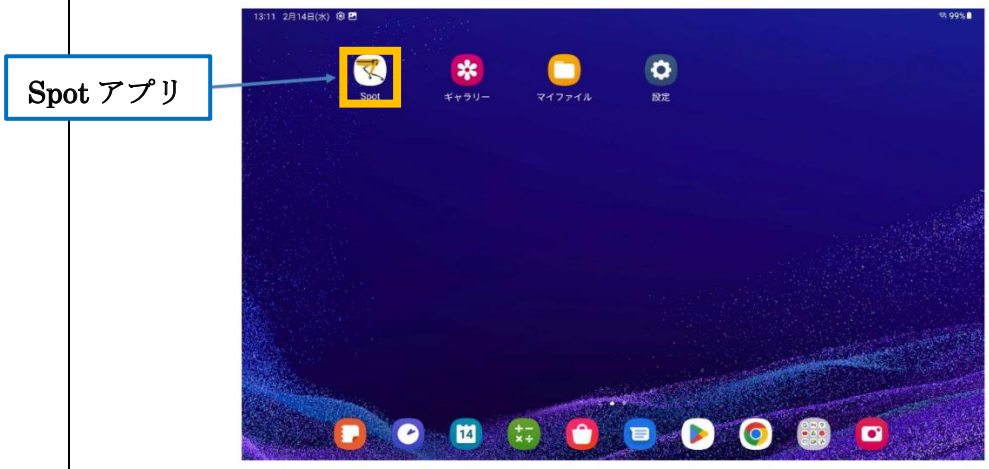


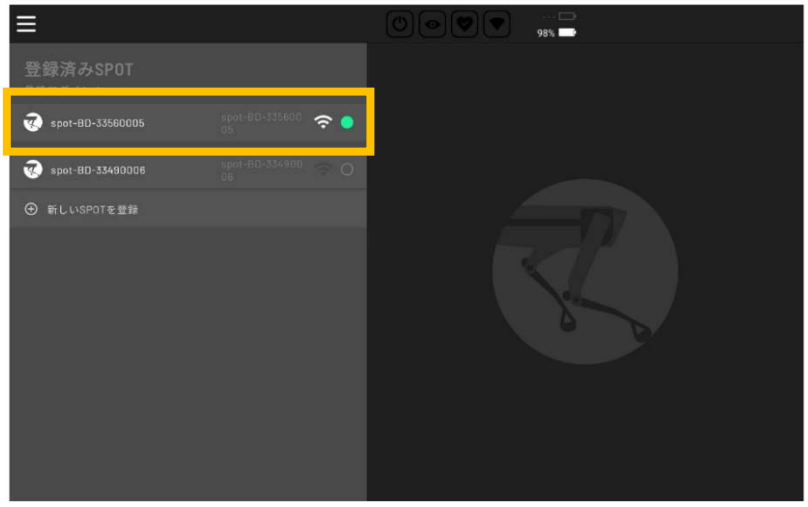
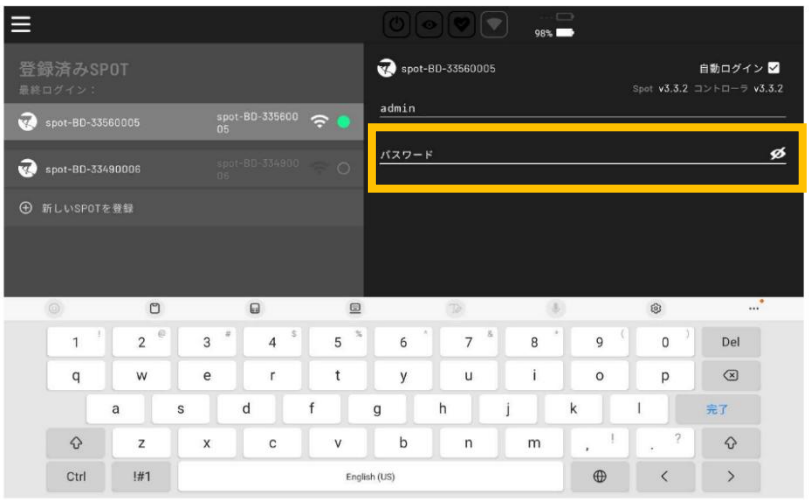
</td></tr>
</table>

項　目	内　　容
充電 ｉ)充電準備	(1) 付属の電源ケーブルを充電器に挿し、充電器の電源を投入する。  (2) パネルにBoston Dynamicsのロゴが表示される。
ii-ｉ)バッテリーを充電器にセットして充電する場合	(1) Spotから取り外したバッテリーをセットする。 充電器とバッテリーの端子部分が合うように、水平にしながらセットする。 (2) 充電器パネルに充電量が表示される。100%になったら充電が完了となる。 パネルに天秤が表示されている時はセル間の電圧バランス調整を行っているため、充電を中断しないよう注意すること。

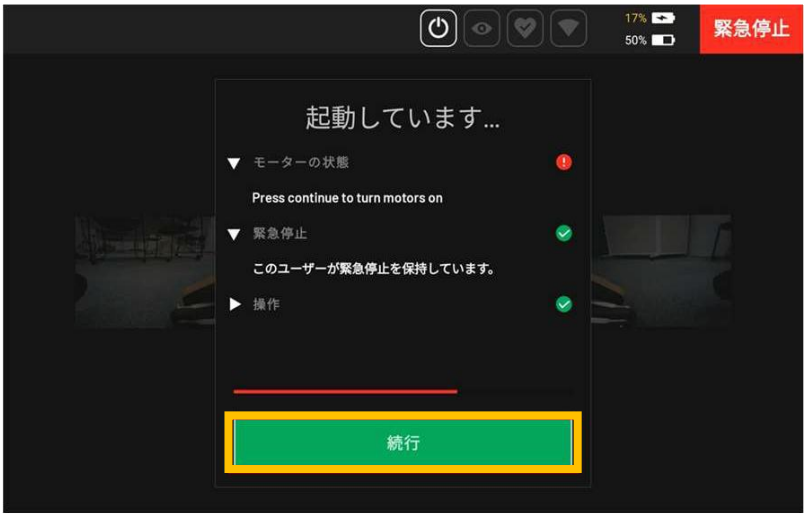
項　目	内　　容
ⅱ-ⅱ）Spot 後面の電源ポートを使用して充電する場合	（1）Spotに電源が入っている場合、ロックアウトボタンをOFFにしてモーターを停止させる。（赤ランプが消灯する。）  （2）Spot本体にバッテリーをセットしたまま、後面にある充電ソケットに、コネクタ接続部の白ドットが上の状態にして挿す。 ホットスワップ：この状態中は Spot 本体を経由して電源が供給されているため、起動したままバッテリーの交換を行うことができる。 （3）充電が完了したら、Spotからコネクタを取り外す。

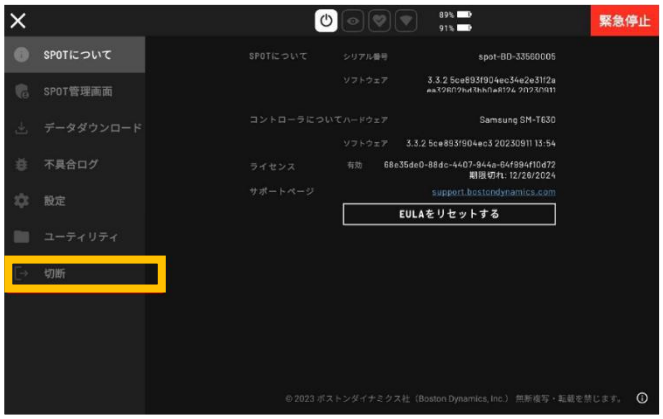
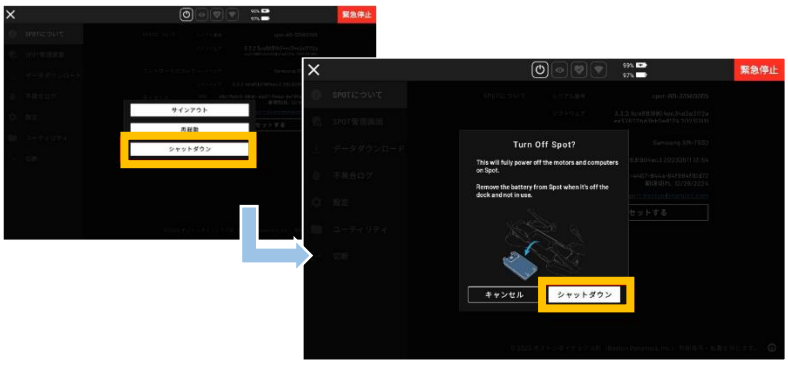
2.3 起動・終了

項　目	内　　容
起動手順	（1）Spot後面にある電源ボタンを長押し（約2秒間）する。 Spot に電源が供給され、内部ファンが動作を開始する。3 分程度でセルフチェックが終了すると、ファンの動作音が静かになり（約 2～3 分程度）、正面の LED ランプが青色に点灯する。 （2）操作端末を立ち上げ、Spotアプリをタップする。  （3）【後で確認する】を選択する。

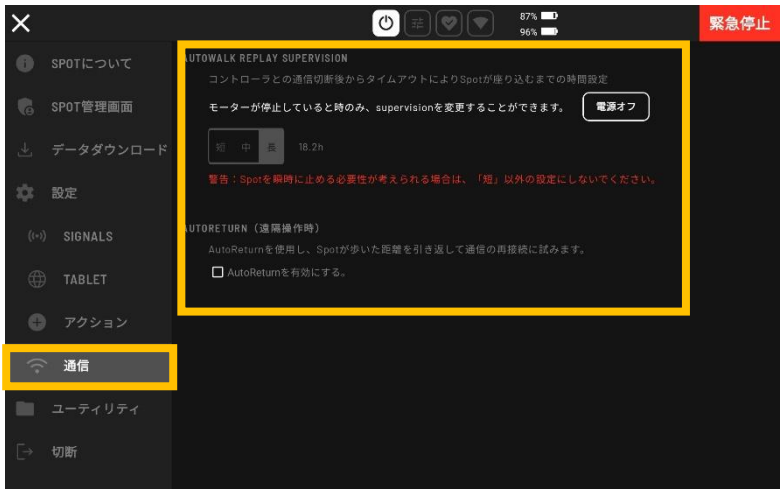
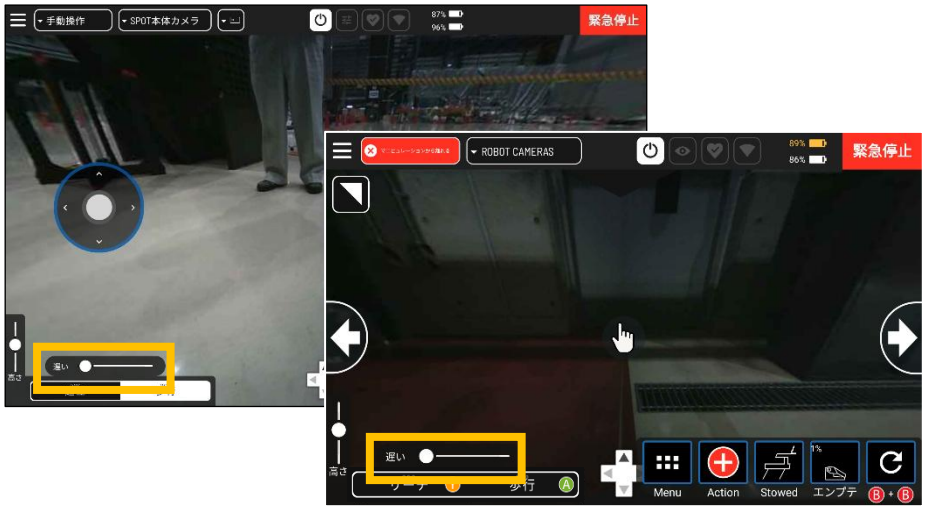
項　目	内　　容
	(4)　Wi-Fiマーク及び緑の丸が点灯しているものを選択する。  (5)　Wi-Fi接続に成功後、下記画面に切り替わるので、パスワードを入力する。 

項　目	内　　容
	（6）パスワードを入力後、下記画面で緊急停止操作を有効にする。 ● 偵察用Spot：タブレットの音量調節ボタンの＋／－を同時に押す。 ● 作業用Spot：コントローラーのLBボタン、RBボタンをホールドしたままBボタンを押す。 （7）下記画面に切り替わったら、【起動する】を選択する。

項　目	内　　容
	(8) 画面指示に従い、モーターロックアウトボタンを押し込む。 →モーターロックアウトボタンを押し込むことにより、赤く点灯し、モーターに電源が供給される。 (9) 【続行】をタップする。  →モーターが作動し、Spot の起動が完了する。

項　目	内　　容
終了手順	(1)　Spotを『座る』状態にする。 (2)　画面上の電源マークをタップしモーター電源　【オフ】を選択する。 【オフ】側が白塗りになり、モーターが停止すると白塗り部分の点滅が止まる。 (3)　☰ をタップして、【切断】を選択する。  (4) 移行した画面の指示に従い、 【シャットダウン】→【シャットダウン】を選択する。  (5) 押し込まれていたモーターロックアウトボタンを戻す。 (6) Spotのシステムが停止したことを確認後、バッテリーを取り外す。

2.4 設定の確認

項　目	内　　容
	（1）障害物回避の設定を確認する。 （2）通信の設定を確認する。  （3）モード切替後、歩行速度・アーム速度（作業用Spot）を確認する。 

2.5 コントローラー

<table>
<tr><th>項　目</th><th>内　　容</th></tr>
<tr><td>操作画面（共通タッチスクリーン画面）</td><td>

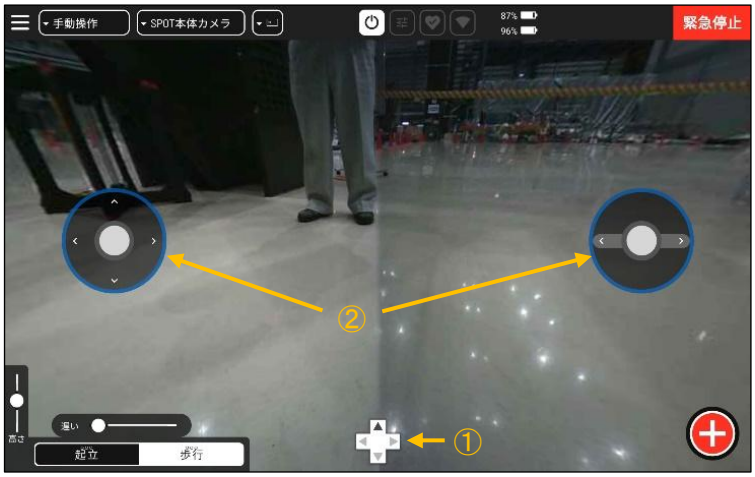
● 偵察用／作業用Spot共通タッチスクリーン画面

＊

①	メニュー	各種設定項目を確認する。
②	モード切替	手動操作／AUTOWALK／マニピュレータ（作業用）
③	カメラソース	画面に表示させるカメラを選択する。
④	ステータス	ステータス情報、エラー表示、設定の確認をする。
⑤	姿勢高さ	スライダーによりSpotの姿勢の高さを変更する。
⑥	動作選択	動作モードを選択する。
⑦	アクション	登録されているアクションを選択・実行する。

</td></tr>
<tr><td>偵察用 Spot 仮想コントローラー</td><td>

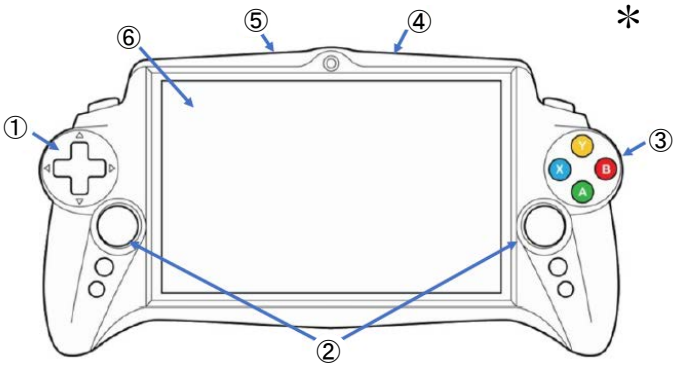
● タッチスクリーン上に表示される仮想のスティック及び十字キー



①	仮想十字キー	カメラ表示の切り替えを行う。
②	仮想左右ジョイスティック	手動でSpotを操作する。

</td></tr>
</table>

項　目	内　　容
作業用 Spot コントローラー	



①	十字キー	カメラ表示の切り替えを行う。
②	左右ジョイスティック	手動でSpotを操作する。
③	A・B・X・Yボタン	動作モード変更のショートカットとして使用する。
④	音量ボタン	タブレット音量を変更する。
⑤	電源ボタン	タブレット電源を入切する。
⑥	タッチスクリーン	操作画面が表示される。

作業用 Spot 操作端末　初期型

作業用 Spot 操作端末　現行型
ゲームパッド＋タブレット

※現行型の操作端末は、初期型において一体型であったタッチスクリーンとジョイスティック、ボタン等を分けたものであり、初期型及び現行型の操作は全て共通のものである。

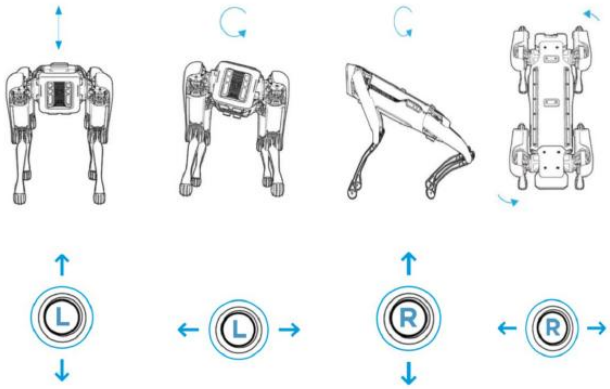
2.6 基本操作

<table>
<tr><th>項　目</th><th>内　　容</th></tr>
<tr><td>座る・起立・転倒復帰</td><td>

（1）起立：Spotが座っている状態で、【起立】を選択またはコントローラーのⒷボタンを押す。
（2）座る：Spotが起立している状態で、【座る】を選択またはコントローラーの⊗ボタンを押す。
（3）転倒復帰：バッテリー交換後の仰向け状態や転倒した場合に【転倒復帰】を選択することで、Spotを座っている状態にすることができる。

＊

● 起立状態中に左右のスティックを操作することでSpotの姿勢を変化させることができる。



＊

<table>
<tr><th></th><th>Lスティック</th><th>Rスティック</th></tr>
<tr><td>前</td><td>姿勢を高くする</td><td>前方を上げる（ピッチ方向）</td></tr>
<tr><td>後</td><td>姿勢を低くする</td><td>後方を上げる（　〃　）</td></tr>
<tr><td>左</td><td>体を左に傾ける（ロール方向）</td><td>体を左回転する（ヨー方向）</td></tr>
<tr><td>右</td><td>体を右に傾ける（　〃　）</td><td>体を右回転する（　〃　）</td></tr>
</table>

機体関節部に負担が掛かるため、必要以上に多用しないこと。

</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>項　目</th><th>内　　容</th></tr>
<tr><td>歩行
ｉ）手動操作</td><td>

（1）歩行モード：【歩行】を選択またはコントローラーのⒶボタンを押す。

歩行モードに移行すると、メニュー上のスライダーにより速度を調節することができる。

<table>
<tr><th></th><th>Lスティック</th><th>Rスティック</th></tr>
<tr><td>前</td><td>前　進</td><td>－</td></tr>
<tr><td>後</td><td>後　進</td><td>－</td></tr>
<tr><td>左</td><td>左移動</td><td>右旋回</td></tr>
<tr><td>右</td><td>右移動</td><td>左旋回</td></tr>
</table>

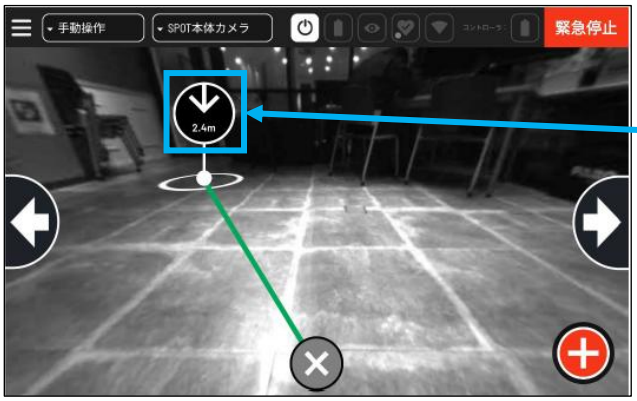
（2）クロールモード：【クロール】を選択する。

必ず 4 本脚のうち 3 本が地面に接地している状態で歩行する。

＊

</td></tr>
<tr><td>ⅱ）Touch to go</td><td>

● 操作画面上をタップすることで目的地ポイントを設定することができ、そのポイントを目標にSpotが自動で移動する。　＊



目的地までの距離が表示される。

</td></tr>
</table>

2.7 アームの取扱い

項　目	内　　容
アーム操作の概要	（1）モード切替メニューから【マニピュレーション】を選択し、リーチモードに切り替える。 （2）警告画面に移行したら【DISMISS】をタップする。 → マニピュレーション操作メニューに移行する。

項　目	内　　容

(3) マニピュレーション操作メニューから各種操作を選択する。

タップするとマニピュレーションを終了する。

Ⓨ：リーチモード ⇔ Ⓐ：歩行モードの切り替えを行う。

① Grasp Behaviors

つかむウィザード	アプローチ角度・グリッパー位置・向き等の各パラメータを手動で調整し対象物を把持する。
ピックアップオブジェクト	半自動で対象物を把持する。
Open Door	ドアに近づき半自律的にドアを開け通過する。

② Post Grasp Actions（対象物を把持した後の動作）

Carry	物体を持ち上げた状態で歩行する。選択した時点で歩行モードに移行する。
Twist, Turn, Pull	キャビネット、引き出し、レバー、スイッチ、ハンドルなど、動きに制約のある物体を操作する。
Drag	つかんだ重量物等を引きずって歩行する。選択した時点で歩行モードに移行する。
Open Grasped Door	ドアノブをつかんだ状態から半自動でドアを開け通過する。

③ Drive Behaviors

ロボットカメラ	5つのステレオカメラを使用する。
アームを操作する	手動でアームを操作する。
グリッパーカメラ	グリッパーのカメラを表示する。
Spot CAM	ペイロード搭載時に、Spot CAM＋の映像を表示する。

<table>
<tr><th>項　目</th><th>内　　容</th></tr>
<tr><td>ショートカット</td><td>

● リーチモード中に〖LB〗〖RB〗ボタンをそれぞれホールドすることにより、タッチスクリーンの左右にショートカットを表示させることができる。

左右のジョイスティックを押し込むことにより、表示を固定させることができる。

動　　作	ショートカット
アームを展開する	RB ＋ Ⓧ
アームを格納する	RB ＋ Ⓑ
アームリセット	ⒷⒷ
グリッパー開閉	RB ＋ Ⓐ
リーチモード（マニュアル操作）	Ⓨ
座る	Ⓧ
歩行	Ⓐ
アーム方向リセット	LB ＋ Ⓧ
Spotにアーム位置を固定	LB ＋ Ⓐ
空間にアーム位置を固定	LB ＋ Ⓑ
グリッパーのピッチ制御	LB ＋ 左スティック
グリッパーのロール制御	LB ＋ 右スティック

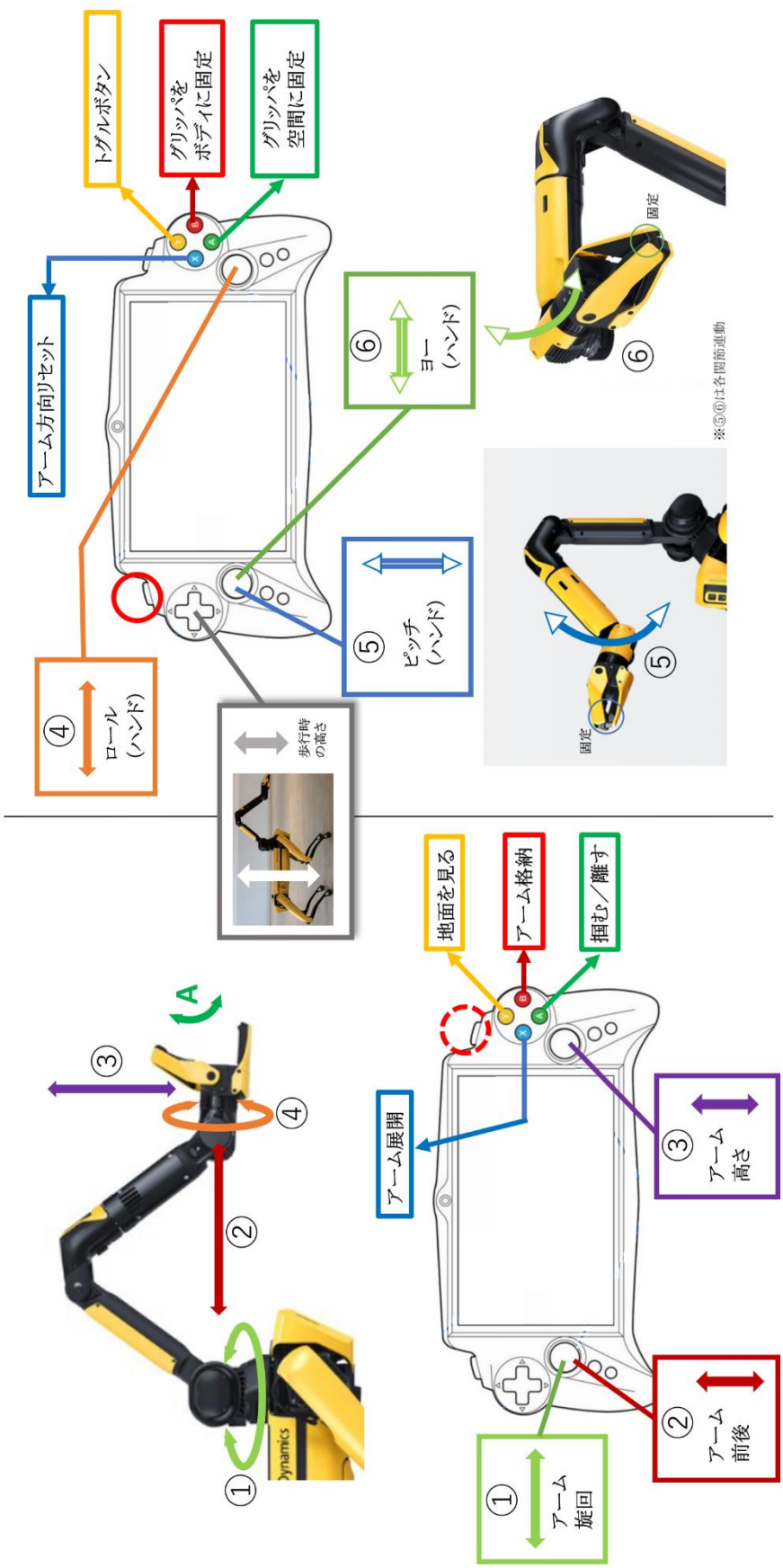
※ショートカット例

○アーム格納　（RB ＋ Ⓑ）＊

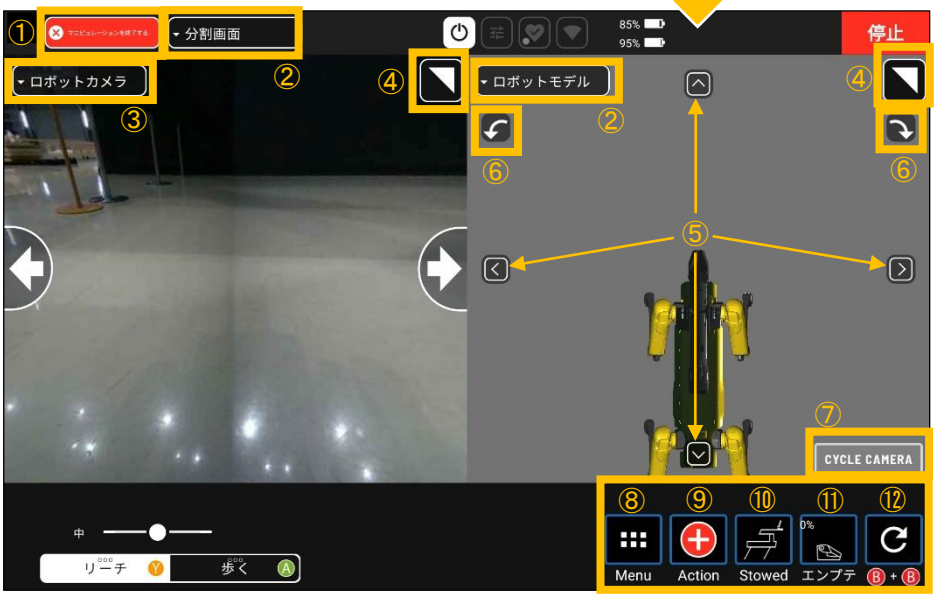
○アーム展開　（RB ＋ Ⓧ）＊

</td></tr>
</table>

項　目	内　　容
ショートカットを用いた手動操作	＊

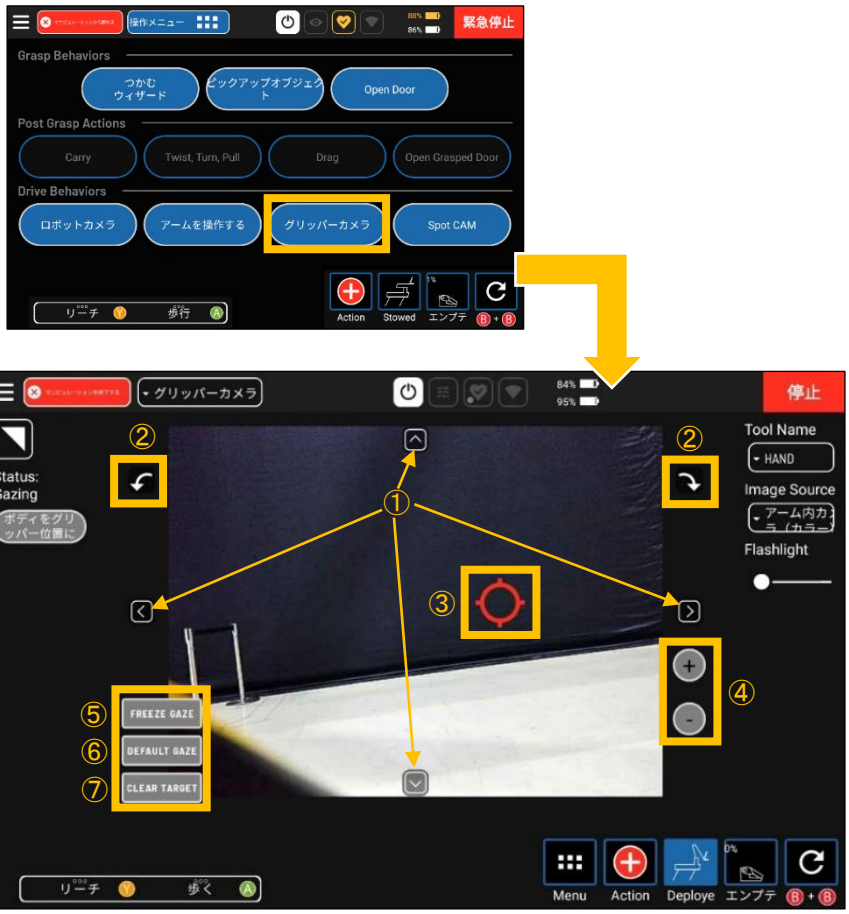


項　目	内　　容
アームを操作する	● アームを手動で操作する場合は、≪Drive Behaviors≫メニューの中から 【アームを操作する】 を選択する。



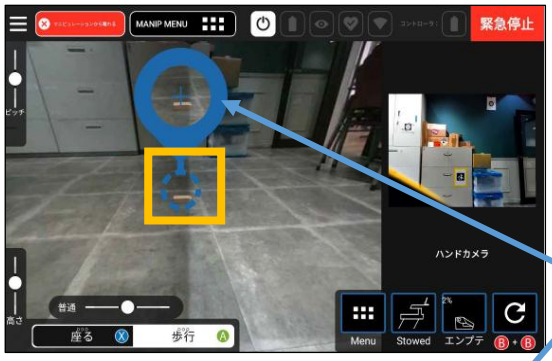
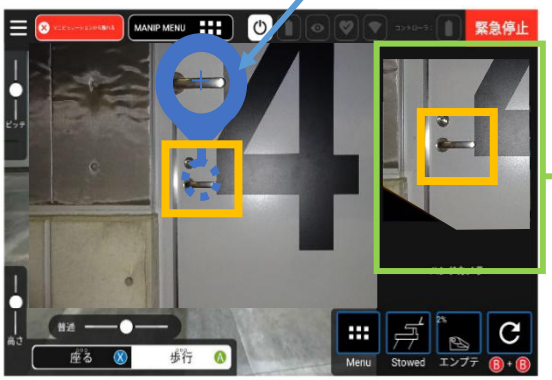
①	マニピュレーションを終了する	ドライブアプリケーションに戻る。
②	画面モード	画面表示のドロップダウンリスト
③	カメラビュー	使用可能なカメラビューのドロップダウンリスト
④	全画面表示	分割画面⇔全画面を切り替える。
⑤	微調整ボタン	アーム上下左右の微調整を行う。
⑥	微調整ボタン（回転）	アーム左右回転の微調整を行う。
⑦	サイクルカメラ	ロボットモデルの視点を切り替える。
⑧	操作メニュー	操作メニューに戻る。
⑨	アクション	登録済のアクションを実行する。
⑩	アームステータス	アームの状態（格納／展開）を表示
⑪	グリッパーステータス	グリッパーの状態（開／閉）を表示
⑫	アームリセット	アームを格納状態に戻す。

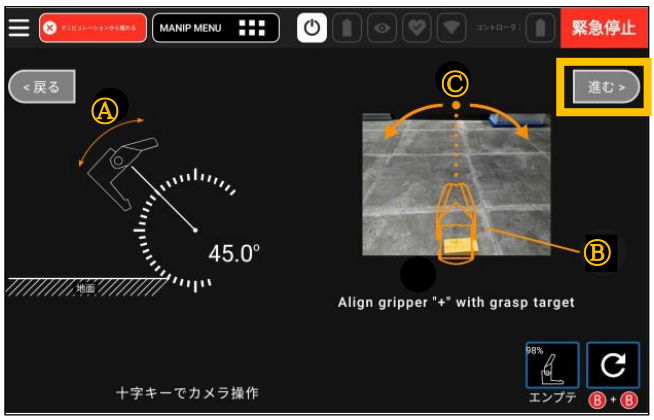
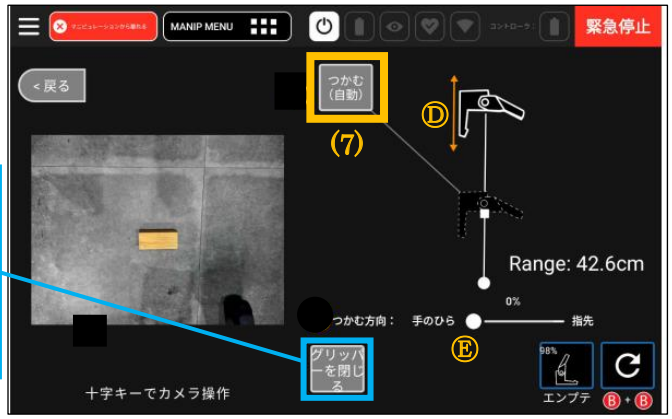
項　目	内　　容
グリッパーカメラ	● ≪Drive Behaviors≫メニューまたはカメラビューのドロップダウンリストから【グリッパーカメラ】を選択する。



①	微調整ボタン	グリッパー上下左右の微調整を行う。
②	微調整ボタン（回転）	グリッパー左右回転の微調整を行う。
③	注視マーク	注視モードで対象を固定する。 赤：固定中 ／ 青：固定解除中
④	距離制御	アームと対象物の距離を調整する。 ＋：近づける ／ －：離す
⑤	FREEZE GAZE	視線制御から関節レベルのフリーズに切り替え、視線を安定させる。
⑥	DEFAULT GAZE	GAZEモードに切り替える。
⑦	CLEAR TARGET	注視対象を解除し、画面上のマーカーを消去する。

項　目	内　　容
つかむウィザード	● つかむウィザードはグリッパーで物体を把持する際のパラメータを指定することができるモードである。アプローチの角度、グリッパーの位置、グリッパーの向き等を任意の値に設定することができる。 ● 把持に成功した後は、≪Post Grasp Actions≫メニュー内の他の行動に移行することができる。 例）持ち上げられる物体→【Carry（運搬）】 ドアノブ→【Open Grasped Door（扉を開放し通過する）】 （1）目標物から1.5m以内のところまで機体を移動させる。 **この時、フロントカメラ表示範囲内に目標物を捉えている必要がある。** （2）アプリケーションメニューから【マニピュレーション】を選択する。 （3）警告が表示される。【DISMISS】をタップする。

項　目	内　　容
	(4) ≪Grasp Behaviors≫メニュー内の【つかむウィザード】を選択する。 (5) 画面上に表示されるフロントカメラまたはグリッパーカメラ映像上の目標物をタップする。  ＊ 持ち上げられる物体 長押しするとルーペが表示され、位置を微調整することができる。  グリッパーカメラ映像 ドアノブ 目標物のタップは、フロントカメラ映像、グリッパーカメラ映像、どちらでも可能。

項　目	内　　容
	(6) 目標物にアプローチする際の角度(Ⓐ)、グリッパーの位置(Ⓑ)、グリッパーの向き(Ⓒ)の順に設定した後、【進む>】を選択する。  ＊ **Ⓐ の設定直後、アプローチ角度に応じて Spot が移動するので注意。** (7) アプローチを開始する際の、目標物までの距離(Ⓓ)、つかむ方向(Ⓔ)を設定した後、【つかむ（自動）】をタップする。  ＊ タップすることにより、グリッパーを手動で開閉することができる。 →Spot は半自律的に目標物の把持を行う。

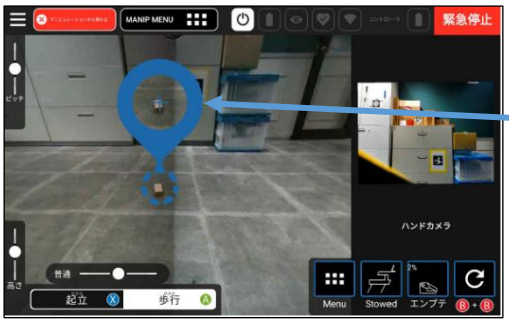
項　目	内　　容
	(8) 表示されたダイアログボックス内の動作結果を選択する。 【つかむに成功しました。続行します。】 →メニュー画面に戻り、把持した後の動作に移行する。 【つかむに失敗しました。リセットします。】 →つかむウィザード初期画面に戻る。 **つかむに成功した後は、≪Post Grasp Actions≫の各項目を選択することができる。(p.22 参照)**

<table>
<tr><th>項　目</th><th>内　　容</th></tr>
<tr><td>ピックアップオブジェクト</td><td>

● 表示されているオブジェクトをタップすることにより自動で把持動作を行う。

（1）≪Grasp Behaviors≫メニュー内の【ピックアップオブジェクト】を選択する。

（2）ロボットカメラまたはグリッパーカメラのカメラビューに表示されている目標物をタップする。



＊

タップ長押しで、位置を微調整することができる。

（3）≪つかみにいく方向≫を選択し、≪つかむ方向≫を調整する。

＊

①	Any Orientation	自動任意で対象物をつかむ。
②	Upright	水平方向から対象物をつかむ。
③	Top-down	垂直方向から対象物をつかむ。
④	つかむ方向	スライダーにより≪手のひら⇔指先≫の深さを調整する。

（4）Spotが目標物の把持動作を行った後、表示されたダイアログボックス内の動作結果を選択する。

</td></tr>
</table>

項　目	内　　容
ドアを開ける ｉ）Open Door	● Spotがドアに近づいた後、パラメータを設定することにより、半自律的にドアを開き通過する。 （1）目標物から1.5m以内のところまで機体を移動させる。 （2）アプリケーションメニューから【マニピュレーション】を選択する。 （3）警告が表示されるので、【DISMISS】をタップする。 （4）≪Grasp Behaviors≫メニュー内の【Open Door】を選択する。 →Spot はドアノブを見やすくするため見上げる動作をする。 （5）表示されているドアノブをタップする。 ＊ タップ長押しで、位置を微調整することができる。 この時、フロントカメラ表示範囲内に目標物を捉えている必要がある。 →ドアパラメータ設定画面に移行する。

項　目	内　　容
	(6) ドアのパラメータを設定する。 ① Spotから見て、ヒンジが【左】【右】どちらにあるかを選択する。 ② ハンドルタイプ【ノブ】【レバー】【固定式】を選択する。 ③ スイングタイプ【引く】【押す】を選択する。 (7) ドアパラメータの設定が完了したら【ドアを開ける】をタップする。 **→Spot は自律的に〖ドアを開ける→ドアを通過する→停止する→アームを格納する〗の一連の動作を行う。** (8) ドア通過成功のポップアップが表示されたら【続行します。】をタップする。 (9) 【マニピュレーションから離れる】をタップして終了する。

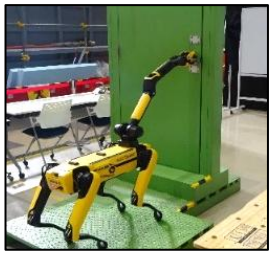
項　目	内　　容
ii）Open Grasped Door	● 手動または≪つかむウィザード≫でドアノブを把持した状態から、ドアパラメータを設定後に【Open Door】同様、半自律的にドアを開き通過する。 ※ドアノブの把持に成功した状態から開始 （1）≪Post Grasp Actions≫メニュー内の【Open Grasped Door】を選択する。 （ ※ 以下【Open Door】と同様 ） （2）ドアパラメータ設定画面に移行したら、各種パラメータを設定する。 （3）ドアパラメータの設定が完了したら【ドアを開ける】をタップする。 （4）Spotがドアを通過し、成功のポップアップが表示されたら【続行します。】をタップする。 （5）【マニピュレーションから離れる】 をタップして終了する。

<table>
<tr><th>項　目</th><th>内　　容</th></tr>
<tr><td>Twist, Turn, Pull</td><td>

● 手動または≪つかむウィザード≫で対象物を把持した状態から、動きに制約のある動作を行う。

<table>
<tr><td>クランクを回す</td><td>ハンドルを回す</td><td>バルブを回す</td><td>ノブを回す</td></tr>
<tr><td>引き出しを開ける</td><td>キャビネットを開ける</td><td>レバーを引く</td><td></td></tr>
</table>

例）ノブを回す



※ドアノブの把持に成功した状態から開始

（1）≪Post Grasp Actions≫メニュー内の【Twist, Turn, Pull】を選択する。

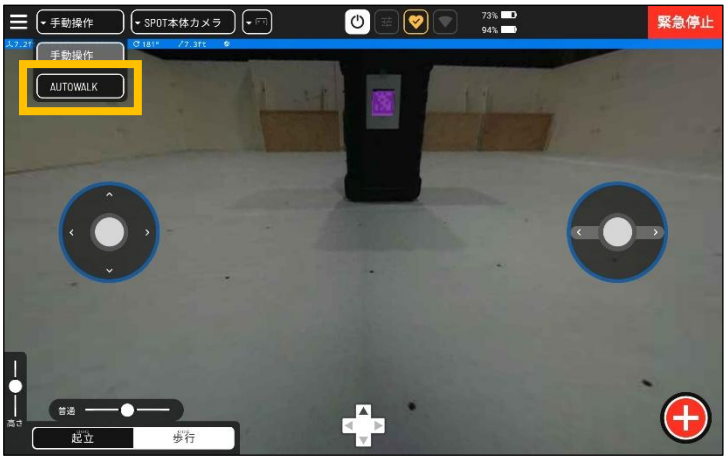
（2）設定画面に移行後、対象物への行動（例：ノブを回す）を選択する。

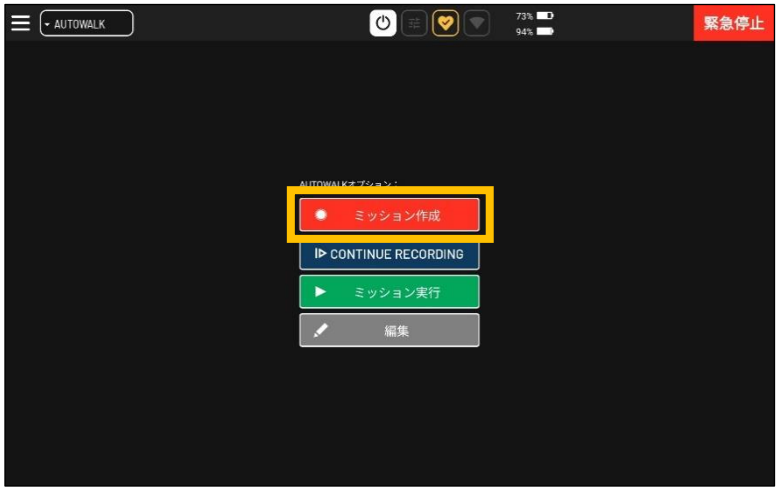
（3）【進む>】をタップする。

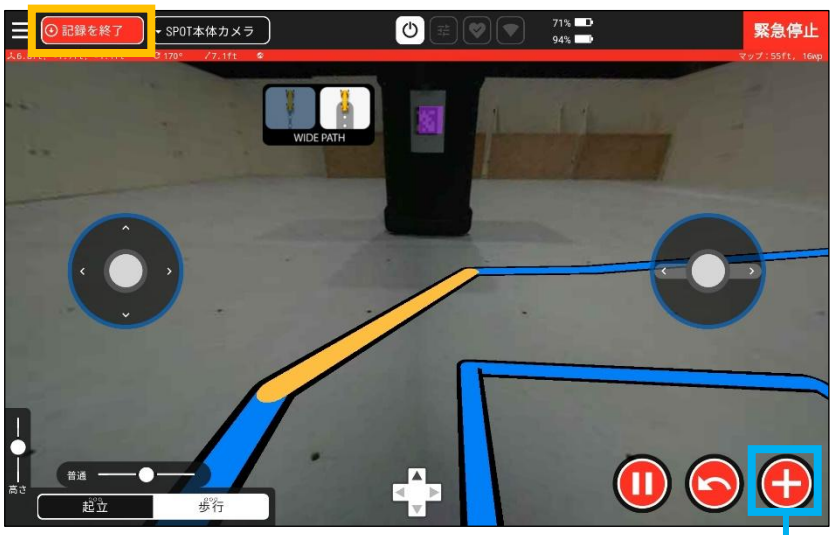
</td></tr>
</table>

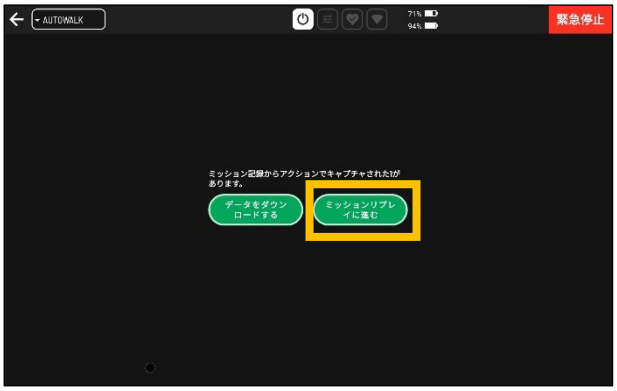
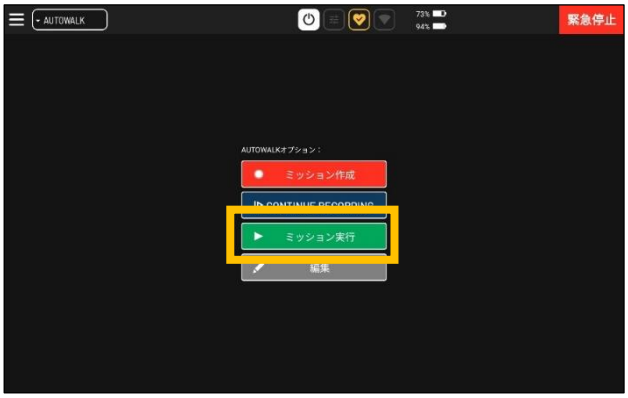
項　目	内　　容
	（4）操作画面に移行したら、画面指示に従いレバー操作（例：レバー上下でノブの回転）を行う。 例：ドアノブの回転を確認する。 （5）さらに動作を行う場合は【MANIP MENU】を選択しメニュー画面へ、終了する場合は【マニピュレーションから離れる】を選択し終了する。

2.8 AUTOWALK

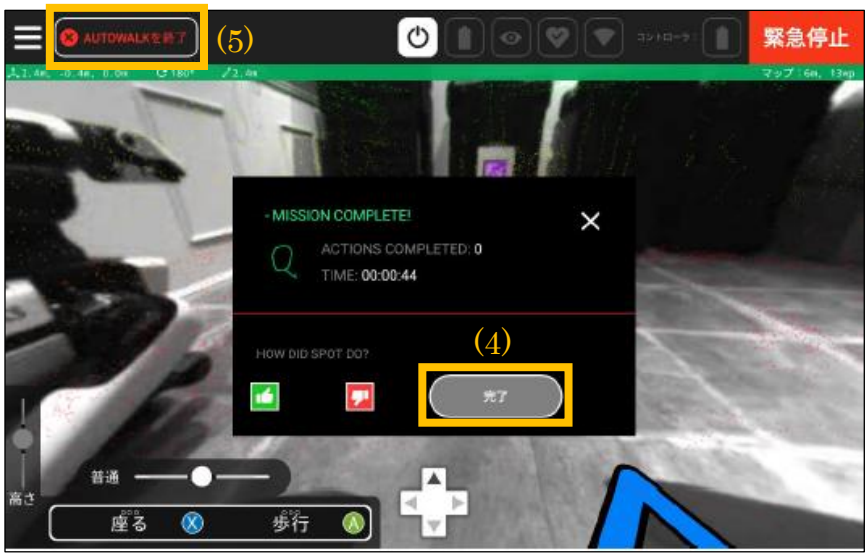
項　目	内　　容
	● AUTOWALK 機能は事前に走行したルートを記録（ミッション作成）及び再生（ミッション実行）を行う機能である。また、ルートの途中でアクション（搭載機器の実行等）を追加することができる。
ミッション作成	（1）ミッション開始位置に基準マーカーを設置する。 ＊ 基準マーカー（April Tag） （2）Spotを基準マーカーが認識できる位置に移動させる。 ＊ →Spot が基準マーカーを認識すると、操作画面上の表示が紫色にマーキングされる。 （3）メニューアイコンから【AUTOWALK】を選択する。  ＊

項　目	内　　容
	(4) 画面が切り替わったら、【ミッション作成】を選択する。  (5) ミッション名を入力後、【続ける】をタップする。

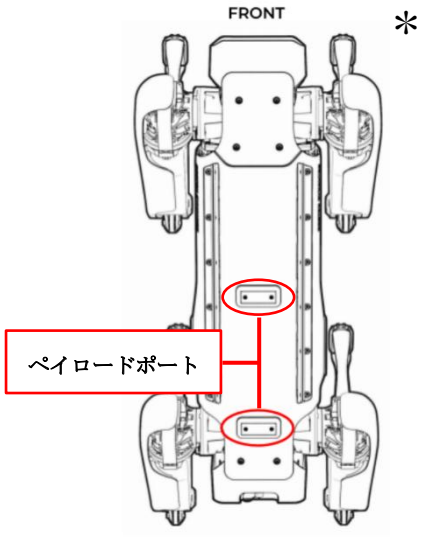
項　目	内　　容
	(6) 操作画面に戻ったら、画面上に表示されている 【ミッション作成開始】 をタップする。 ＊ →ルートの記録が開始される。 Spot 標準カメラの認識範囲（約 4 メートル）内に、壁、柱、障害物、その他目印になる情報が少ないと、ルート構成時に情報不足となり、記録ができない場合がある。 (7) 目的のルートに沿って歩行させ、最終地点に到達したら 【記録を終了】 をタップする。  ＊ 記録中はアクション機能を使用して、任意のタイミングで各種アクションの実行を追加することができる。

項　目	内　　容
	（8）画面が切り替わったら【記録を終了】を選択する。
ミッション実行	(1)－①【記録を終了】直後に実行→画面が切り替わったら【ミッションリプレイに進む】を選択する。  (1)－② AUTOWALKメニューから実行→【ミッション実行】選択後に保存済ミッションの中から目的のファイルを選択する。 

項　目	内　　容
	（2）設定画面に移行したら、必要に応じて≪AUTOWALKモード≫及びオプションを設定後、【今すぐ再生】をタップする。 Spot にミッションのデータがダウンロードされる。大規模なミッションの場合はダウンロードに時間を要する。 （3）操作画面に戻ったら、画面右下の再生ボタンをタップする。 ＊ 作成したミッションに従って、Spot が動作を再生する。

項　目	内　　容
	（4）最終地点に到達し、Spotが動作を停止したら【完了】をタップする。 （5）終了する場合は、【AUTOWALKを終了】をタップする。 

2.9 ペイロード機器

項　目	内　　容
設定	● Spot上面に設置されている2か所のペイロードポートを介して、専用のペイロード機器を取り付けることにより機能を拡張することができる。  ペイロードキャップまたはペイロード機器が取り付けられていないとSpotは動作しない。取り外したペイロードキャップの紛失に注意すること。 ● ペイロード機器を取り付けた後、ペイロード設置の設定を行う。 (1)　☰　→ 〖ユーティリティ〗 → 〖ペイロード設置〗 (2)　ペイロード電源：【オン】を選択する。 (3)　対象機器の【未設置／設置】を選択する。

<table>
<tr><th>項　目</th><th>内　　容</th></tr>
<tr><td>Spot CAM＋
ｉ）Spot CAM＋の仕様</td><td>

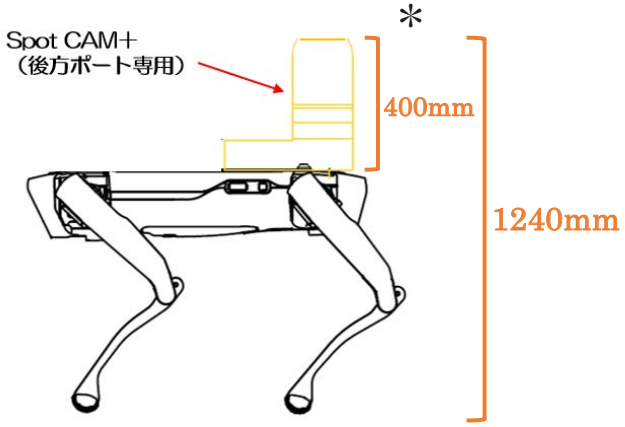
● Spot CAM＋は、PTZカメラと360°パノラマカメラから構成される。

＊

<table>
<tr><td>①</td><td>PTZカメラ</td><td>パン／チルト／ズームが可能な光学式カメラ</td></tr>
<tr><td>②</td><td>360°パノラマカメラ</td><td>360°パノラマを作成する全天球カメラ</td></tr>
<tr><td>③</td><td>LEDライト</td><td>LEDライト×４（前後左右）</td></tr>
<tr><td>④</td><td>マイク／スピーカー</td><td>集音用マイク／音声再生用スピーカー</td></tr>
</table>

接続：（後方）ペイロードポート ⇔ Spot CAM＋

＊



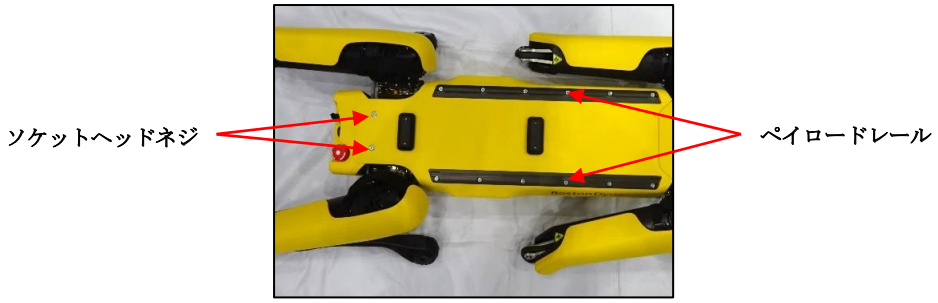
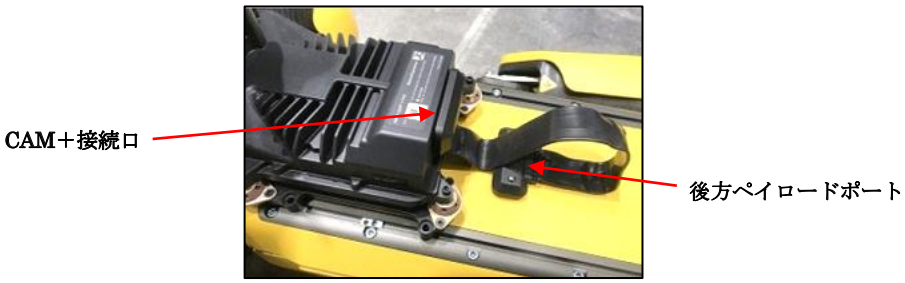
※ リアマウント ： 後方ペイロード専用

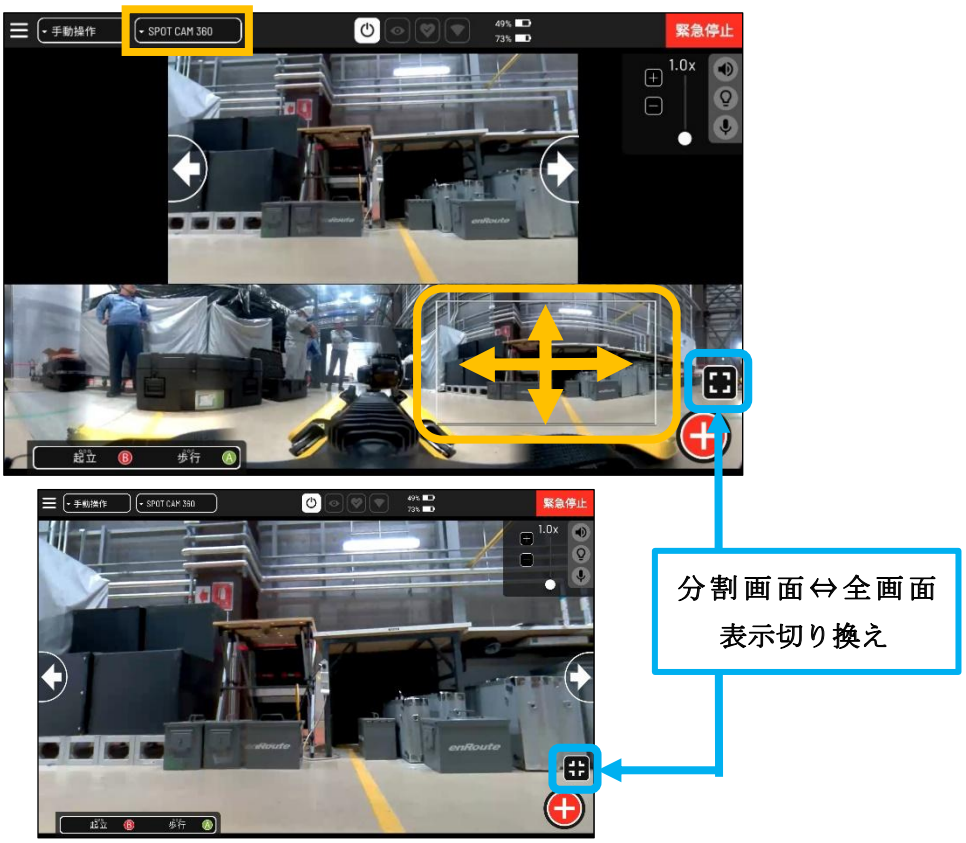
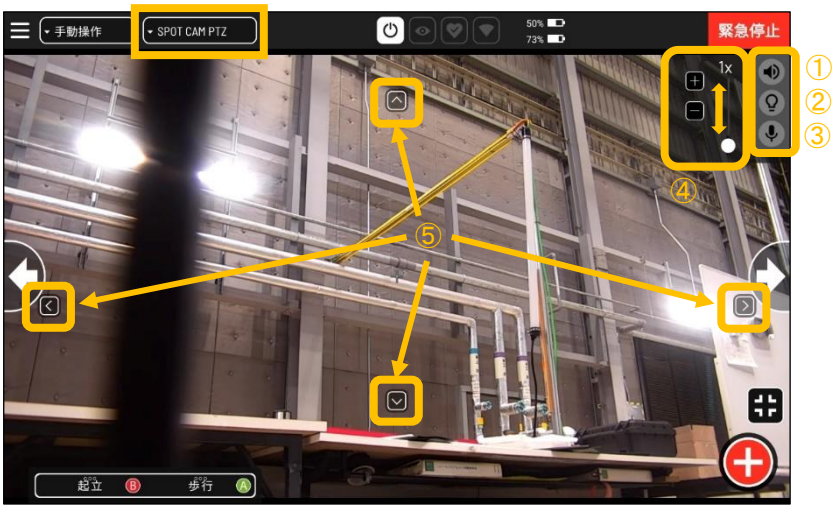
</td></tr>
<tr><td>ⅱ）Spot CAM＋の取り付け</td><td>

（1）Spotを『座る』状態にして、電源を切る。

（2）Spot後方、ソケットヘッドネジ2本を取り外す。

</td></tr>
</table>

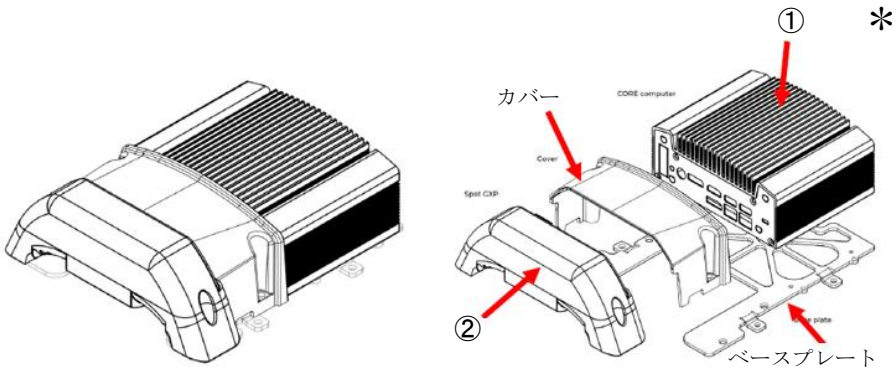
項　目	内　　容
	(3) 後方ペイロードポートのペイロードキャップを取り外す。 (4) 両側のペイロードレールにTスロットナットを2個ずつ挿入する。  (5) リボンケーブルの一方を後方ペイロードポートに、もう一方をSpot CAM＋の接続口に取り付ける。  (6) Spot CAM＋下部のソケットヘッドを（2）のネジ穴に挿入しながら、Spotの上に配置する。 (7) ネジをSpot CAM＋のネジ穴からTスロットナットにねじ込み均等に締める（4か所）。 (8) Spot起動後にペイロード設置の設定を行う。 偵察用 設置状態 作業用 設置状態

<table>
<tr><th>項　目</th><th>内　　容</th></tr>
<tr><td>iii）360°パノラマカメラ</td><td>● プルダウンメニューから【Spot CAM 360】を選択する。
 
</td></tr>
<tr><td>iv）PTZ カメラ</td><td>● プルダウンメニューから【SPOT CAM PTZ】を選択する。
 

<table>
<tr><td>①</td><td>スピーカー　ON／OFF</td></tr>
<tr><td>②</td><td>LEDライト　ON／OFF</td></tr>
<tr><td>③</td><td>マイク　ON／OFF</td></tr>
<tr><td>④</td><td>倍率変更</td></tr>
<tr><td>⑤</td><td>カメラ方向微調整</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>項　目</th><th>内　　容</th></tr>
<tr><td>Spot CORE／RDS-31
ｉ）CORE／RDS-31 の構成</td><td>

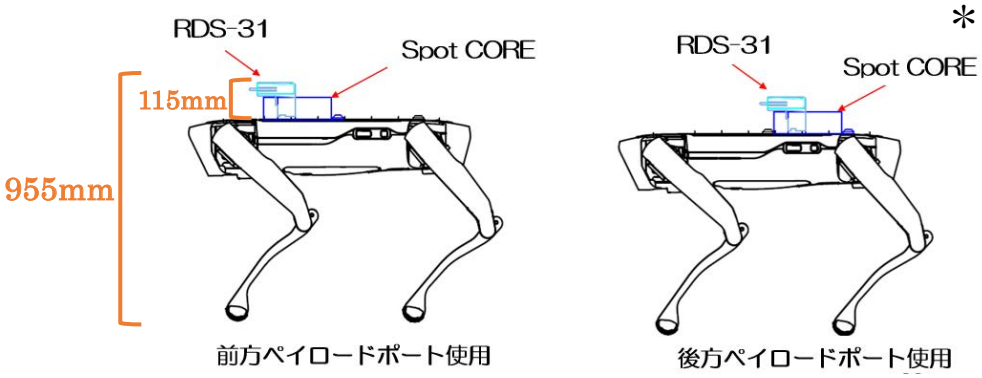
● Spot CORE



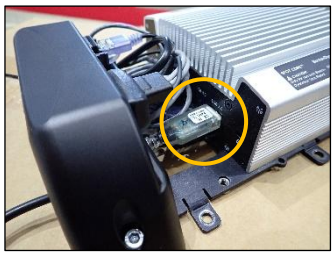
<table>
<tr><td>①</td><td>COREコンピュータ</td><td>Ubuntuデスクトップを実行するコンピュータ
16GB RAM ／512GBストレージ</td></tr>
<tr><td>②</td><td>Spot GXPoE</td><td>電力及びデータインターフェイスを供給する。</td></tr>
</table>

● RDS-31（線量計）

接続：ペイロードポート ⇔ Spot CORE ⇔ RDS-31



</td></tr>
</table>

項　目	内　　容
ⅱ）CORE／RDS-31 の取り付け	（1）Spotを 『座る』 状態にして、電源を切る。 （2）ペイロードポートのペイロードキャップを取り外す。 （3）両側のペイロードレールにTスロットナットを3個ずつ挿入する。 （4）リボンケーブルの一方を後方ペイロードポートに、もう一方をSpot COREの接続口に取り付ける。 （5）ネジをSpot COREのネジ穴からTスロットナットにねじ込み均等に締める（6か所）。 （6）COREコンピュータとGXPoE間のカバーを取り外す。 （7）専用ケーブルの8ピン側をRDS-31に、USB側をCOREのUSBポートに接続する。 8 ピン側  USB 側 （8）（6）でカバーを取外した部分にRDS-31専用マウントを取り付ける。 （9）RDS-31を専用マウントに装着させる。 （10）Spot起動後にペイロード設置の設定を行う。

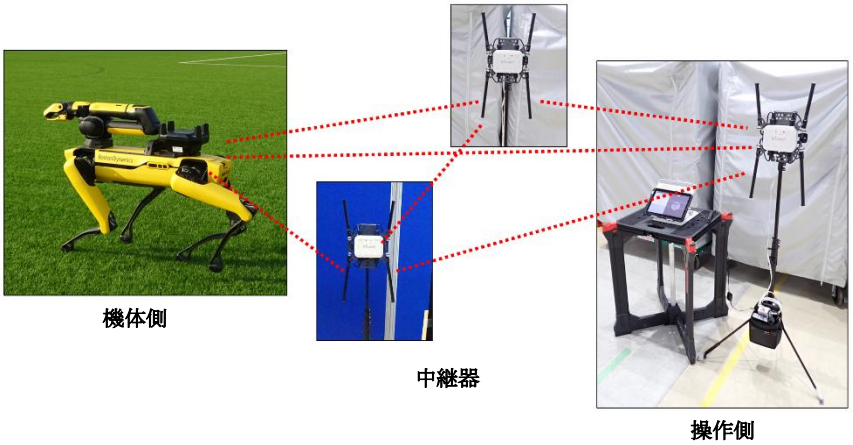
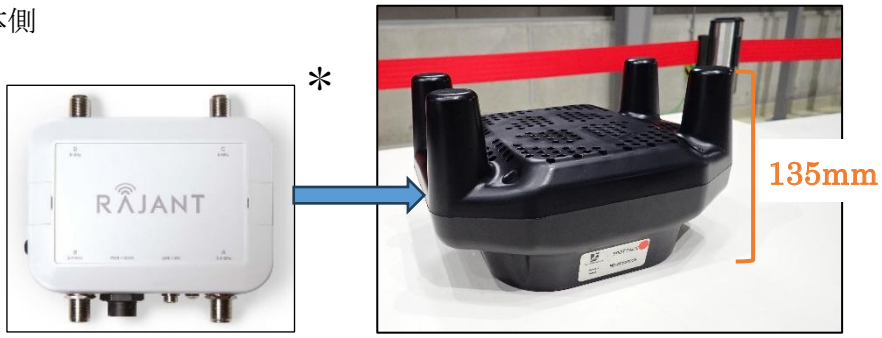
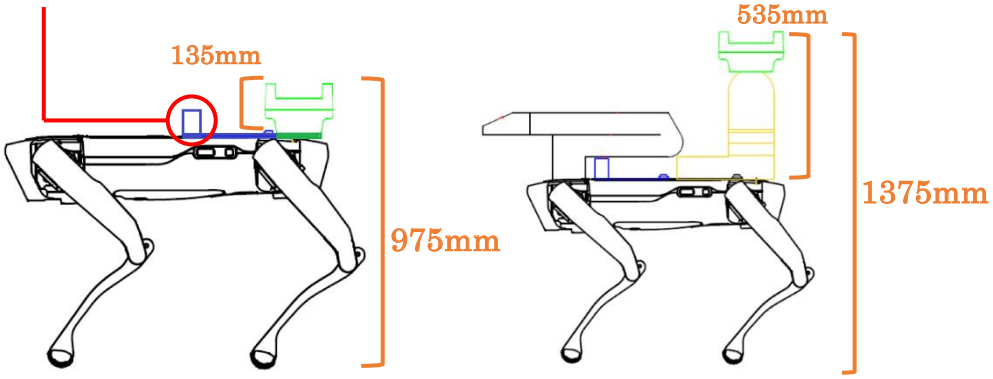
項　目	内　　容
iii）表示・その他	● CORE及びRDS-31が正常に接続されると、ロボットカメラの映像上にHUDが表示される

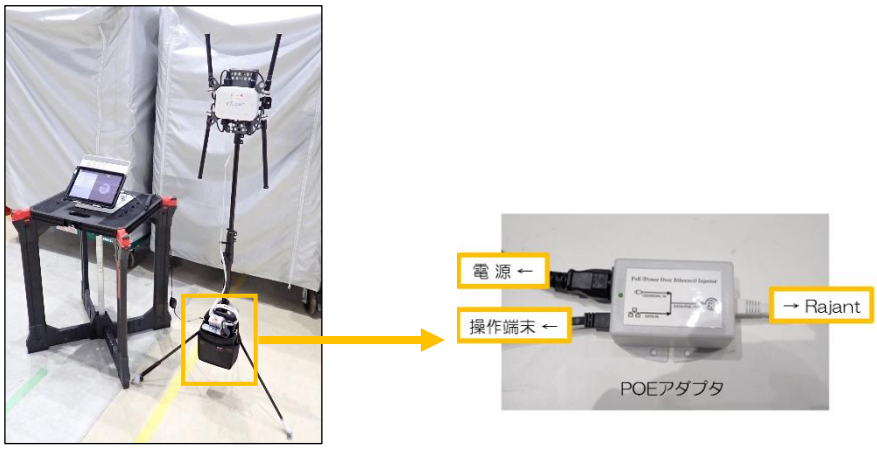
①	メーターID
②	メーター接続状態
③	現在の放射線量
④	最大放射線量

● 記録の開始：画面右下のアクションメニュー をタップ→【RDS31 Start Recording】を選択する。

＊

カメラプルダウンメニューの中から【RDS31 MAP IMAGE】を選択すると、イメージマップが表示される。

項　目	内　　容
Rajant Mesh Radio	● 高出力無線機：制御距離の拡張が可能。 機体側、操作側の間に中継器として複数台設置することができる。 自動的に無線メッシュネットワークを形成する。  機体側　中継器　操作側
ｉ）Rajant Mesh Radio の構成	● 機体側  ＊ Spot搭載用ケースに収納した状態 **接続：ペイロードポート ⇔ Spot GXPoE ⇔ Rajant** Spot GXPoE　●Spot CAM+上部に設置した場合 

項　目	内　　容
	● 操作側  接続：電源 ⇔ POE アダプタ ⇔ Rajant ⇕ 操作端末（タブレット） ● 中継器 接続：電源 ⇔ POE アダプタ ⇔ Rajant

3. まとめ

本報告書は、令和 4 年度及び令和 5 年度に調達した四足歩行ロボット（Spot）の原子力緊急事態支援組織として活動を行うために必要な操作に着目したマニュアルを示したものである。

Spot は操作の簡易性、階段昇降及び扉開閉の両方の性能を有する等の利点があるが、本マニュアルに記載のとおり、バッテリーの取り扱い、起動・終了操作、設定の確認、コントローラーの基本操作、アームの操作、AUTOWALK の設定方法、ペイロード機器の取り付け等、多くの操作方法を覚えなければならず、操作訓練が必要とされる。

原子力緊急事態支援組織要員及び各拠点操作要員は、JAEA 内の原子力緊急事態発生時に対応できるよう、本操作マニュアルを参照し、訓練の実施及び訓練ができない間の復習として活用する。

謝辞

本書は、株式会社東北エンタープライズから多くの助言並びに運用課業務に協力いただいている株式会社アセンドの羽生敏紀氏及び猪狩聡治氏より多大なご協力をいただきました。ここに感謝申し上げます。

参考文献

[1] 楢葉遠隔技術開発センター，2021 年度 楢葉遠隔技術開発センター年報，JAEA-Review 2023-015, 2023, 60p.

[2] 千葉悠介，西山裕，椿裕彦，岩井正樹，緊急時対応遠隔機材の機構内各拠点操作員育成プログラム 初級編・中級編, JAEA-Technology 2019-002, 2019, p.1.

[3] Boston Dynamics 社製（米国）, Spot, https://bostondynamics.com/products/spot/,（参照：2025 年 4 月 1 日）.