

偵察用ロボット操作マニュアル

Robot Operation Manual for Reconnaissance

千葉 悠介 西山 裕 椿 裕彦 岩井 正樹
古川原 峻 大野 隼人 早坂 寿郎

Yusuke CHIBA, Yutaka NISHIYAMA, Hirohiko TSUBAKI, Masaki IWAI
Ryo FURUKAWAHARA, Hayato OHNO and Toshiro HAYASAKA

福島研究開発部門

福島研究開発拠点

櫛葉遠隔技術開発センター

Naraha Center for Remote Control Technology Development

Fukushima Research Institute

Sector of Fukushima Research and Development

February 2021

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

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。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<https://www.jaea.go.jp>)
より発信されています。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究連携成果展開部 研究成果管理課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方 2 番地4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Institutional Repository Section,
Intellectual Resources Management and R&D Collaboration Department,
Japan Atomic Energy Agency.
2-4 Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

偵察用ロボット操作マニュアル

日本原子力研究開発機構

福島研究開発部門 福島研究開発拠点

檜葉遠隔技術開発センター

千葉 悠介、西山 裕、椿 裕彦、岩井 正樹⁺、古川原 峻、大野 隼人^{*}、早坂 寿郎^{*}

(2020 年 10 月 26 日受理)

平成 23 年に東京電力株式会社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平成 23 年文部科学省・経済産業省令第 4 号「原子力災害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」(以下「計画等命令」という。)が改正され、各発電事業者はその対応を行った。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(以下「機構」という。)も対応を行った。檜葉遠隔技術開発センター(Naraha Center for Remote Control Technology Development)遠隔機材整備運用課(以下「運用課」という。)は、当該「計画等命令」に対応し、令和 2 年度から本格運用となった機構内の原子力緊急事態支援組織の中核を担っている。

運用課の重要な任務に、遠隔機材である作業用ロボット及び偵察用ロボットの整備運用がある。このうち作業用ロボットは、扉開閉用と弁開閉用の 2 種類があり、偵察用ロボットは建屋内の放射線量の測定を行うことを目的としたロボットである。

本報告書は、偵察用ロボットの操作を行うためのマニュアルを定めたものである。

檜葉遠隔技術開発センター：〒979-0513 福島県双葉郡檜葉町大字山田岡字仲丸 1-22

+ 敦賀廃止措置実証部門 新型転換炉原型炉ふげん

* 株式会社アセンド

Robot Operation Manual for Reconnaissance

Yusuke CHIBA, Yutaka NISHIYAMA, Hirohiko TSUBAKI, Masaki IWAI⁺
Ryo FURUKAWAHARA, Hayato OHNO* and Toshiro HAYASAKA*

Naraha Center for Remote Control Technology Development
Fukushima Research Institute
Sector of Fukushima Research and Development
Japan Atomic Energy Agency
Naraha-machi, Futaba-gun, Fukushima-ken

(Received October 26, 2020)

Maintenance and Operation Section for Remote Control Equipment in Naraha Center for Remote Control Technology Development was the main part of the nuclear emergency response team of JAEA in full-scale operation starts on the 1st of April, 2020.

In this section, we need to develop equipment for a JAEA nuclear emergency. To support full-scale operation, we have created a work robot for opening and closing doors, a work robot for opening and closing valves, and a reconnaissance robot for measuring radiation dose.

This report describes how to operate a Reconnaissance robot.

Keywords: Remote Control Technology, Reconnaissance Robot, Emergency Response,
Naraha Remote Control Technology Development Center, JAEA

+ Fugen Decommissioning Engineering Center, Sector of Tsuruga Decommissioning
Demonstration

* Ascend Co.,Ltd.

目次

1. はじめに	1
2. 偵察用ロボットの操作マニュアル	2
1. 機器の構成	2
2. 機器の準備	3
3. 操作前確認	12
4. 操作方法	14
5. 終了操作	21
6. 録画	25
7. 詳細設定	26
8. その他の設定	32
9. バッテリー充電	33
10. 線量率計の電池交換	39
3. まとめ	42
謝辞	42
参考文献	42

Contents

1. Introduction	1
2. Robot operation manual for reconnaissance	2
1. Equipment configuration	2
2. Equipment preparation	3
3. Check before operation	12
4. How to operate	14
5. End operation	21
6. Recording	25
7. Detailed settings	26
8. Other settings	32
9. Battery charging	33
10. Battery replacement of dose rate meter	39
3. Summary	42
Acknowledgment	42
References	42

図一覧

Figure1.3.1	Robot for reconnaissance	-----	41
Figure1.3.2	PC for robot control for reconnaissance	-----	41

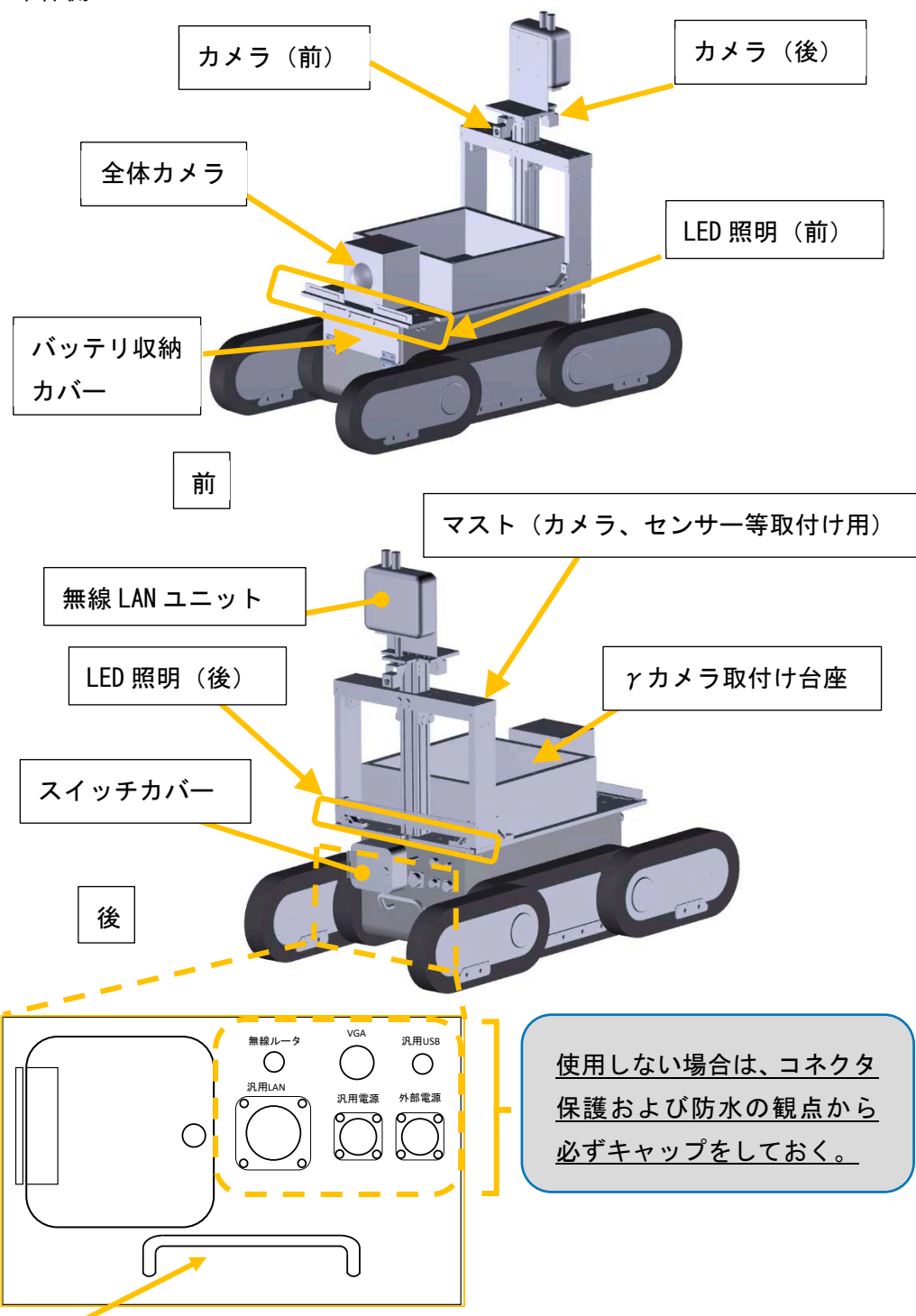
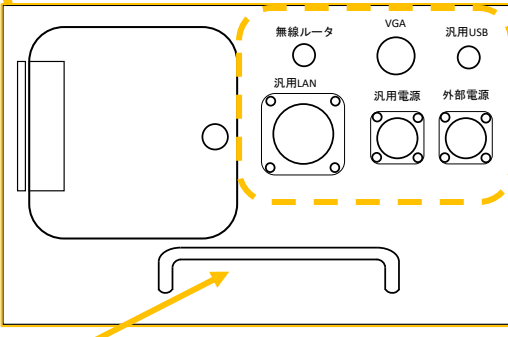
1. はじめに

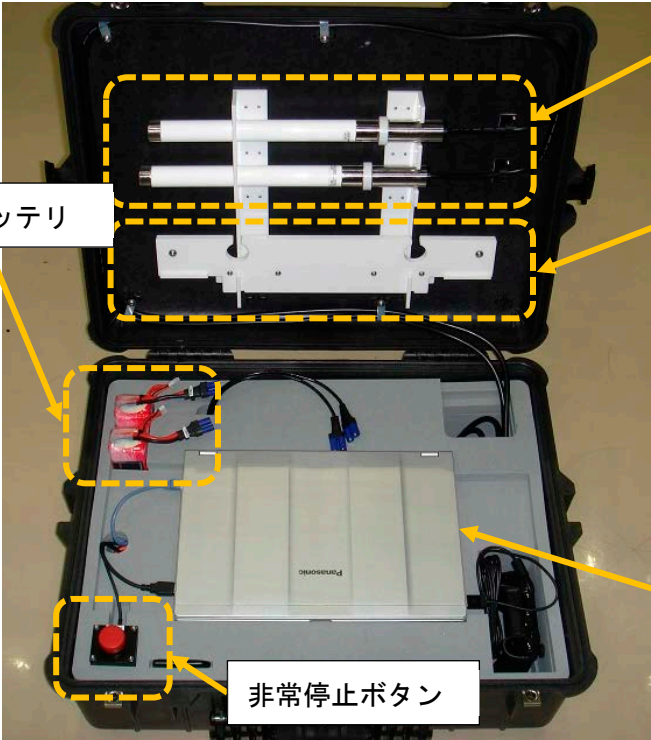
平成 23 年に東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故が発生し、翌年原子力災害特別措置法及び計画等命令が改正され、各発電事業者はその対応を行った。さらに平成 29 年に計画等命令が研究開発段階発電炉、10MW 以上の試験研究炉及び再処理施設にも適用されることとなり機構も対応を行った。櫛葉遠隔技術開発センター（Naraha Center for Remote Control Technology Development（以下「NARREC」という。）遠隔機材整備運用課（以下「運用課」という。）は、計画等命令に対応するための機構内の原子力緊急事態支援組織の中核を担う課（担当課）である^{[1][2]}。

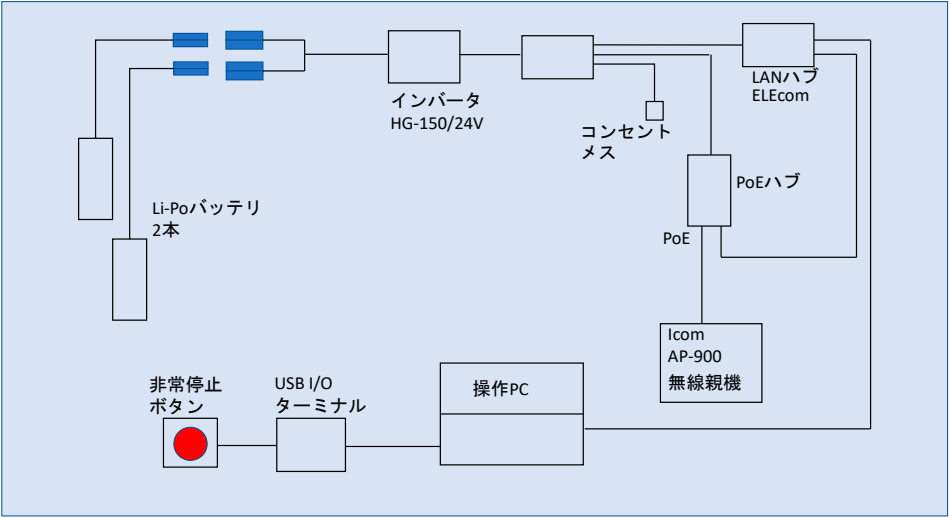
運用課の重要な業務に遠隔機材である作業用ロボット及び偵察用ロボットの整備運用がある。令和 2 年度からの原子力緊急事態支援組織の本格運用に対応するため、作業用ロボット（扉開閉用及び弁開閉用）及び放射線量を測定するための偵察用ロボットの製作を行った。

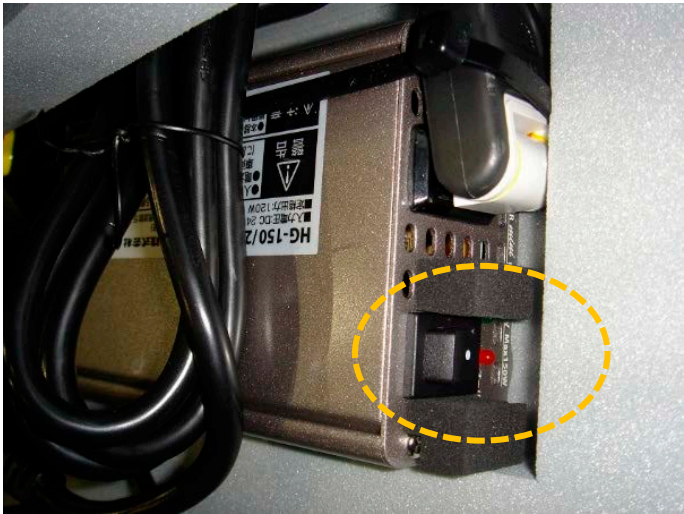
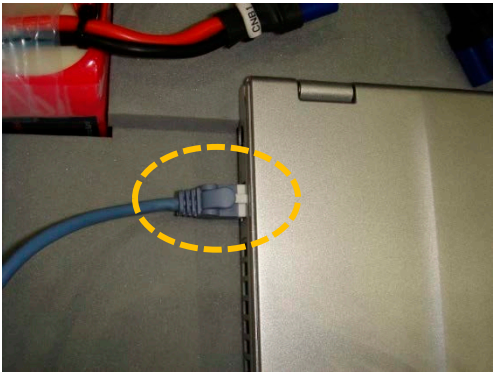
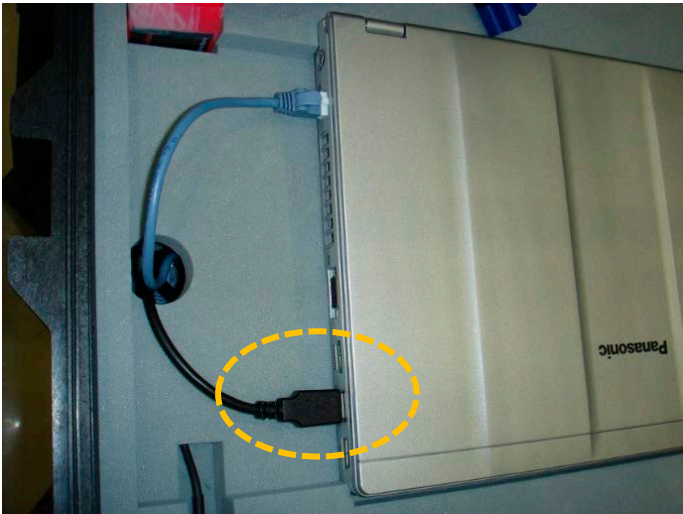
本報告書は、偵察用ロボットの操作マニュアルについて定めたものである。なお、Figure 1.3.1 に偵察用ロボットの全体写真を、Figure 1.3.2 に偵察用ロボットの操作用 PC 写真を示す。

2. 偵察用ロボットの操作マニュアル

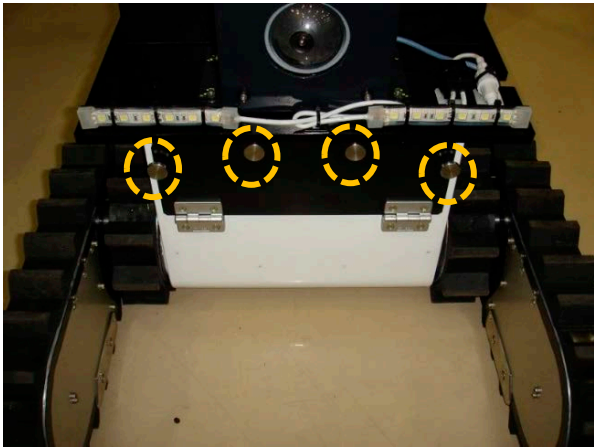
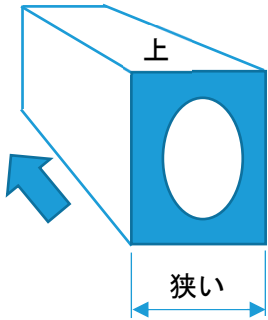
項目	内容
1. 機器の構成	□ 本体側  カメラ（前） カメラ（後） 全体カメラ LED 照明（前） バッテリー収納カバー 前 無線 LAN ユニット LED 照明（後） スイッチカバー 後 マスト（カメラ、センサー等取付け用） γカメラ取付け台座  無線ルータ VGA 汎用USB 汎用LAN 汎用電源 外部電源 使用しない場合は、コネクタ保護および防水の観点から必ずキャップをしておく。 △有線操作時のケーブルカバーのため、本体運搬時はここを持たない！！

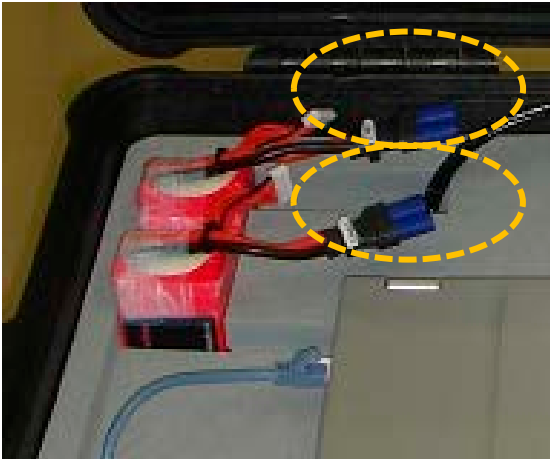
項目	内容
2. 機器の準備 2.1 無線機の準備	□ 操縦装置（マスター側）  アンテナ アンテナ治具 Li-Po バッテリ 操作 PC 非常停止ボタン (1) アンテナ治具の設置 ① アンテナ治具を取り出し、アンテナ治具を広げる。 ② アンテナ治具をマスターケースの蓋上部に設置する。 ③ 蓋の爪をアンテナ治具に掛ける。  蓋の爪

項目	内容
	(2) アンテナの設置 ① アンテナケーブルを固定しているリングからアンテナケーブルを取り外す。 ② アンテナを上蓋から取り外し、アンテナ冶具の該当する位置に設置する。  (3) マスター内ケーブル接続等の確認 ① マスター内部の LAN ケーブルが全て接続されていることを確認する。  ①は、常時接続されているので、通信不良により起動できない場合に確認する！！ 

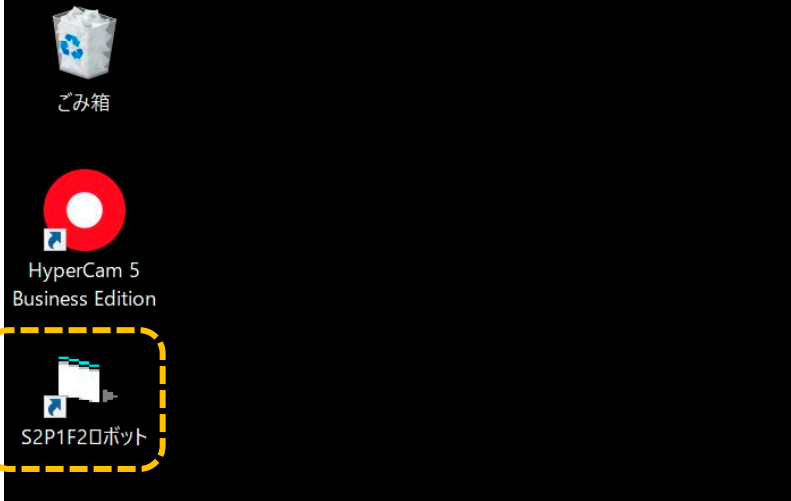
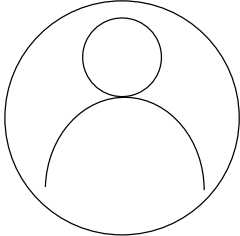
項目	内容
	② インバータの電源スイッチが ON であること、およびコンセントが差し込まれていることを確認する。  ③ 操作 PC に LAN ケーブルを接続する。  有線通信にて操作を行う場合は、「8.2 有線操作の設定」に従い LAN ケーブルの接続を行う。 (4) 非常停止ボタン用 USB ケーブルの接続 ■ 非常停止ボタン用 USB ケーブルを操作 PC の USB ポートへ接続する。 

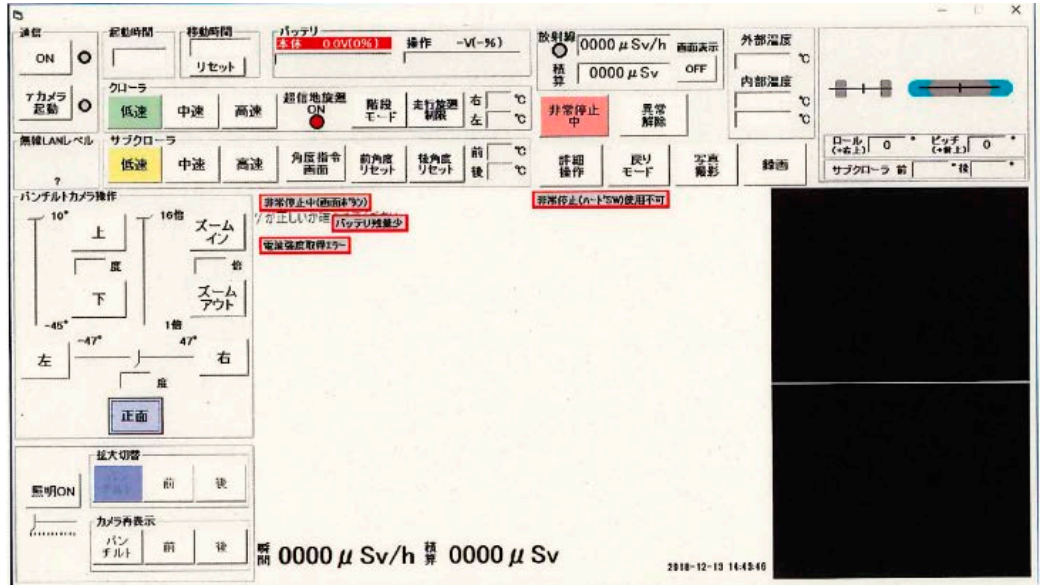
項目	内容
	(5) コントローラの接続 ■ 操作 PC の USB ポートへ Xbox 用コントローラを接続する。 
2.2 バッテリ	本体および操作用(マスター)のバッテリーをセットする。 バッテリーがセットされていない場合に実施する。
2.2.1 駆動用 バッテリー	(1) 本体後部のスイッチカバーを開け、電源スイッチが OFF であることを確認する。 ■ スナップスイッチ : OFF <u>△感電する恐れがあるため、必ず電源が OFF であることを確認する。</u>   <u>写真は J-11。</u> <u>J-12 の電源ランプはカバーの外に配置されている。</u>

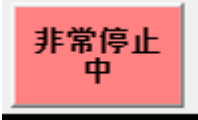
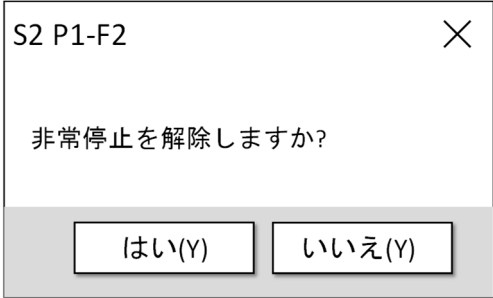
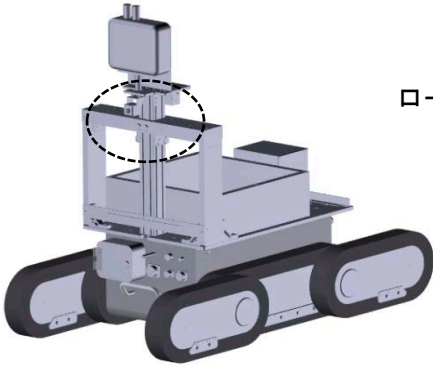
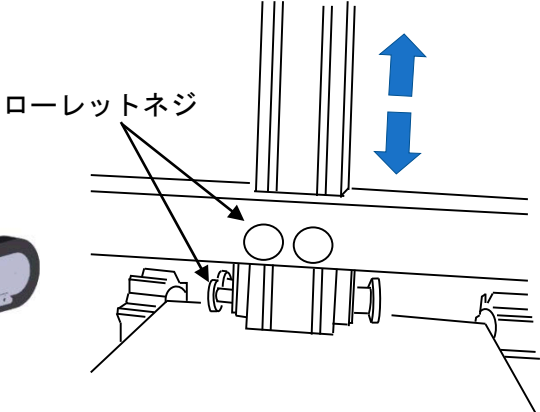
項目	内容
	(2) 本体前面のバッテリー収納カバーを固定しているネジ（4本）を緩め、カバーを開ける。  (3) 内部の電源コード4本を全て引き出す。  (4) Li-Po バッテリー 4本をセットする。  セットする際は、バッテリーの幅が狭い面を上下とする。 

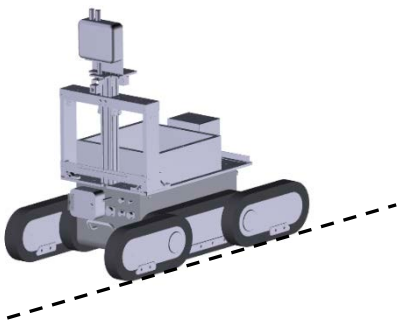
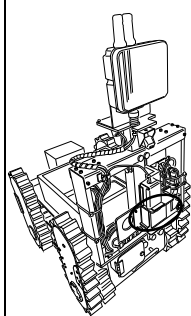
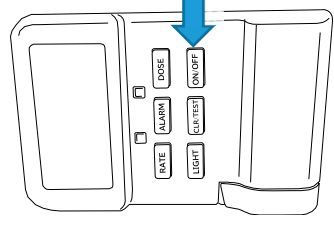
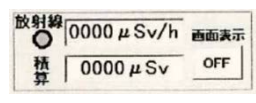
項目	内容
2.2.2 操作 バッテリー	(5) 本体側とバッテリー側コネクタを接続する。  (6) コードを本体内部に収納し、カバーを閉め固定ネジを締める。 
	(1) マスター内のバッテリーセット位置に Li-Po バッテリー 2 本をセットする。 (2) バッテリー側の端子とマスター側の端子を接続する。 

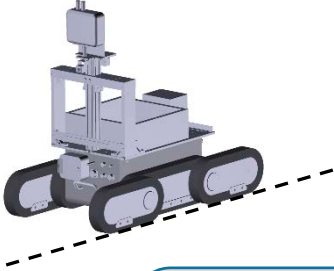
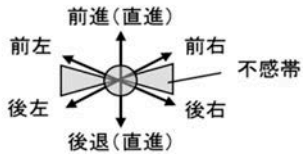
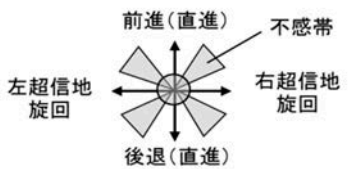
項目	内容
2.3 電源投入 2.3.1 本体電源	(1) スイッチカバーを開け、ブレーキスイッチがロックであることを確認する。 以下の条件を全て満たすと、サブクロアラのブレーキが解除される。 下の条件を全て満たすと、サブクロアラのブレーキが解除される。 ■ 本体に充電されたバッテリーを接続し、電源スイッチを ON にしている。 ■ 本体の電源を入れてから通信を行っていない状態、もしくは非常停止状態にした後に通信 OFF し、本体との通信を行っていない状態。 ■ 本体のブレーキをアンロックの状態。 (2) 電源スイッチ（スナップスイッチ）を ON（右に倒す）にする。 ※J-12 の電源ランプはスイッチカバーの外に配置 △暴走する恐れがあるため、電源を投入する際は非常停止ボタンを即座に押せるようにしておくこと。 △アンロックの状態でも電源 ON とした場合、サブクロアラがフリー状態となる可能性があるため、必ずロック状態を確認する。

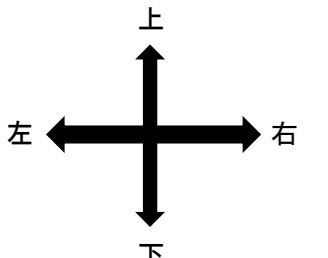
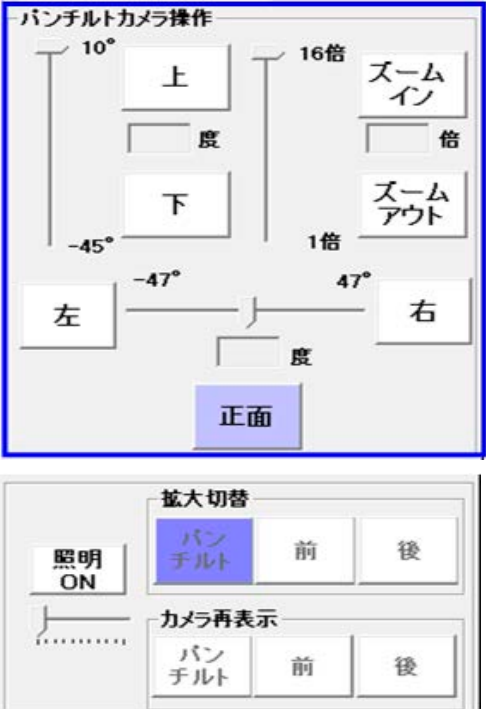
項目	内容
2.3.2 マスターの起動	(1) 操作 PC の電源を ON にする。  必要に応じ充電コードを接続した状態で使用する。 (2) コントロールソフトの起動 ① ノート PC 起動後、“Enter” キーを押す。 ② パスワード（例）“JAEA”を入力する。 ③ デスクトップ上にある「S2P1F2 ロボット」を実行する。   Robo JAEA ※例 →

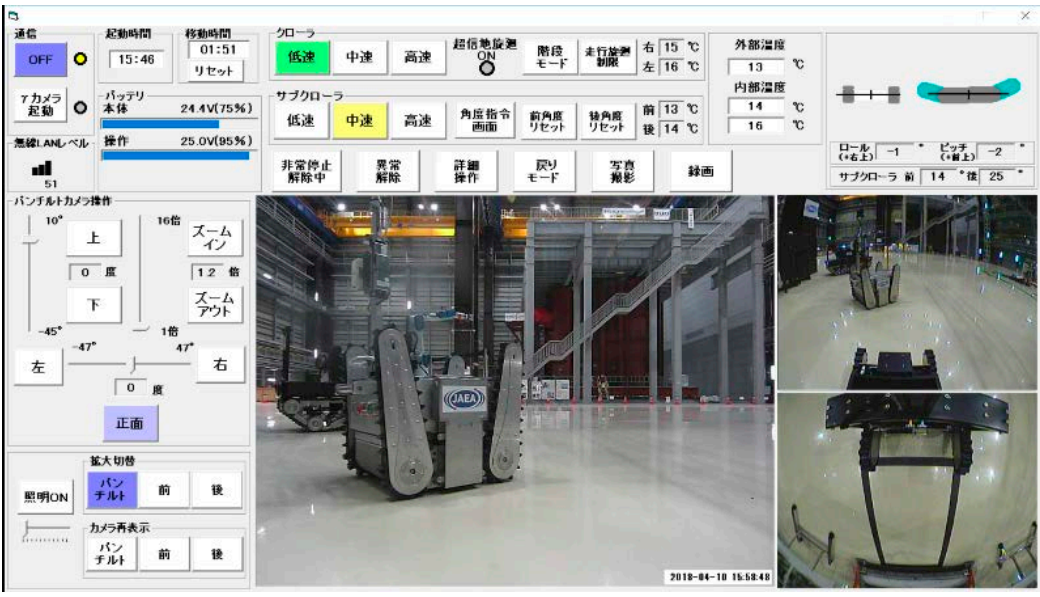
項目	内容
	↓  J-11 操作画面  J-12 操作画面 (3) 通信 ON ボタンを押す。 通信 ON → 通信 ON中 ● 起動時間 120:50

項目	内容
	(4) 非常停止中を解除する。 ① 操作 PC の操作画面上の非常停止中をクリック、またはコントローラのⓐボタンを押す。 ② ダイアログボックスにて「はい(Y)」をクリックする。  
3. 操作前確認	
3.1 バッテリ	起動後に本体、操作(操縦装置)のバッテリー残量を確認する。 ☐ 操作バッテリー：残量が 21.6V 以上を確認 残量が 21.6V 以下である場合、または必要に応じて満充電のバッテリーに交換、または下記「8. バッテリ充電」に従い、バッテリーの充電を行う。 ☐ 本体バッテリー：残量が 21.6V 以上を確認 残量が 21.6V 以下である場合、または必要に応じて満充電のバッテリーに交換、または下記「8. バッテリ充電」に従い、バッテリーの充電を行う。 ☐ PC バッテリ 残量が著しく少ない場合は、充電または電源に接続した状態で行う。 <u>△起動後に操作 PC のバッテリー残量は確認できない。可能であれば AC アダプタにて充電状態で使用する。</u>
3.2 本体側無線 LAN ユニットの高さ調整	「8.1 本体無線 LAN 高さ調整」に従い、任意の高さに調整する。  

項目	内容
3.3 非常停止解除の確認	本体および操縦装置に設置されている非常停止ボタンが解除されていることを確認する。 ■ 本体側非常停止スイッチ OFF ■ 操縦装置側非常停止スイッチ OFF
3.4 サブクローラの角度リセット	「4.2.2.3 角度リセット」に従い、サブクローラの角度リセットを行う。  <u>△角度リセットは、必ず前後サブクローラを水平の状態にして行うこと。</u>
3.5 線量率計の起動	本体に搭載している線量率計の電源を ON にする。    画面 J-12 のみ。 電池の交換は、「10. 線量率計の電池交換」を参照。
3.6 設定確認	以下の設定は、操作開始後でも変更可能であるが、本体の破損防止の観点から、想定される使用場所にあわせた設定を行っておく。
3.6.1 クローラ速度	□ メインクローラ速度 下記「4.2.1.1 速度変更」に従い、クローラの速度を選定する。 □ サブクローラ速度 下記「4.2.2.1 速度変更」に従い、サブクローラの移動速度を選定する。 <u>低速/中速/高速それぞれの速度を変更させる場合は、「7.9 速度設定」を参照。</u>

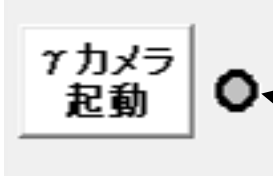
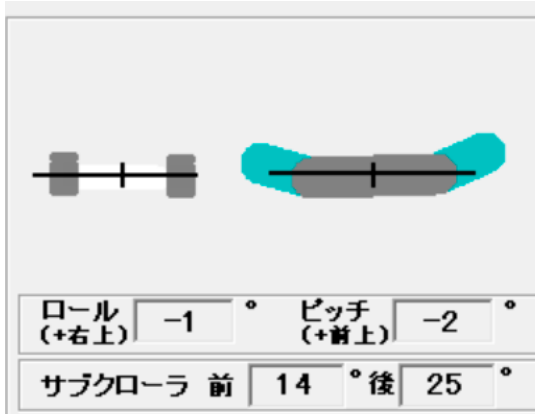
項目	内容
3.6.2 超信地旋廻	「4.2.1.2 超信地旋廻」に従い、超信地旋廻 ON/OFF を選定する。  △サブクローラが 0° の状態では超信地旋廻操作は行えない。 <u>超信地旋廻とは、</u> <u>左右にあるメインクローラが、お互い回転方向を違えることによって、ロボットの向きを変えることをいう。</u>
4. 操作方法 4.1 コントローラ操作	操作方法を記載する。 △本体を動かす際は、周囲に人や障害物等がないことを確認する。 クローラ操作 ※速度選択値（低／中／高）とレバー傾き量により速度が変わる 超信地旋廻OFF時  ※レバーを斜めに傾ける量により左右比率が変わる 超信地旋廻ON時   Bボタン：非常停止切替 Aボタン：超信地旋廻切替 上：カメラ操作（ズームイン） 下：カメラ操作（ズームアウト機能） 次ページ①へ

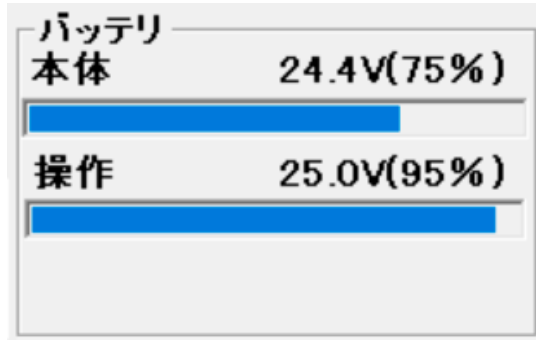
項目	内容
	① カメラ操作 (パン・チルト機能)   LTボタン： 前サブクローラ下降 RTボタン： 後サブクローラ下降 ※この2つのボタンを同時に押すと、 両方の指令がゼロになる。  LBボタン： 前サブクローラ上昇 RBボタン： 後サブクローラ上昇

項目	内容
4.2 コントロールソフトでの操作	コントロールソフトにて操作を行える内容を記載する。必要に応じて操作を行う。 ■メイン画面 
4.2.1 メインクローラ	
4.2.1.1 速度変更	3段階の切り替えが可能のため、低速、中速、高速のいずれかをクリックする。  ON/OFF はコントローラの A ボタンにて行う。
4.2.1.2 超信地旋廻	超信地旋廻モードの ON/OFF を確認する。  超信地旋廻が ON の場合は赤ランプが点灯する。
4.2.1.3 階段モード	階段モードスイッチをクリックし、階段モードの ON/OFF を切り替える。 階段モードの場合、濡れた階段でも滑りにくいようクローラ速度が微速となり、超信地旋廻操作が不可となる。 

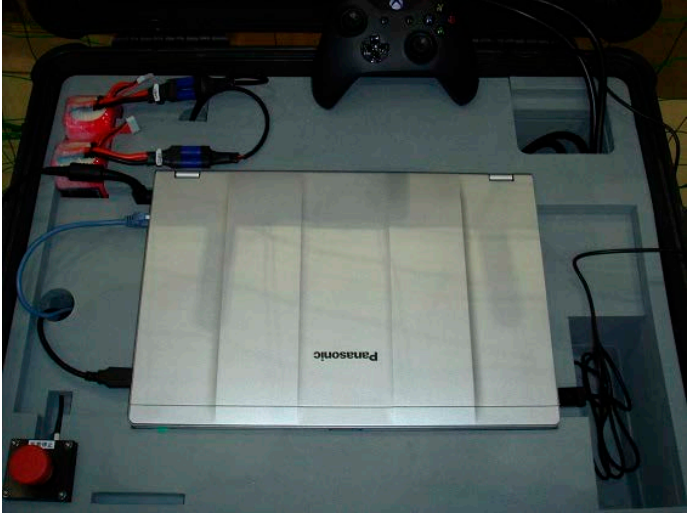
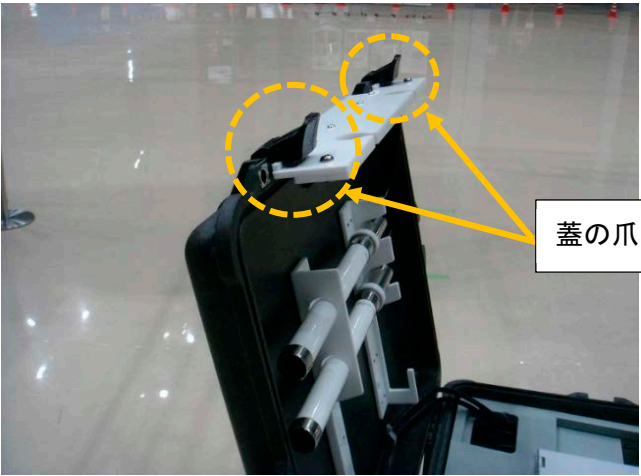
項目	内容
4.2.1.4 走行 旋回制限	走行旋回制限スイッチをクリックし、走行旋回制限の ON/OFF を切り替える。 グレーチング上での走行時には、クローラベルト破損防止のため必ず ON とする。 
4.2.1.5 モータ 温度	メインクローラの左右モータの温度を確認する。 
4.2.1.6 LED 照明	LED 照明の操作を行う。 (1) 照明 ON をクリックする。 (2) 照明 ON 下のバー、またはコントローラのボタンで照明強度を調整する。 
4.2.2 サブク ローラ	
4.2.2.1 速度 変更	3 段階の切り替えが可能のため、低速、中速、高速のいずれかをクリックする。 
4.2.2.2 角度 指令	(1) サブクローラの角度の設定 ① 角度指令画面をクリックし、角度設定画面を展開する。  ② 角度設定画面中の設定したい姿勢の角度欄に▼にて数値を入力する。 ③ 適用をクリックする。

項目	内容
	 (2) 所定角度への移動 ① 移動させたいスイッチをクリックする。 ■ 前後移動 → 前と後のサブクローラを同時に動作 ■ 前移動 → 前のサブクローラのみ動作 ■ 後移動 → 後のサブクローラのみ動作 自動動作中にキャンセルしたい場合は、サブクローラの手動操作、またはいずれかの移動ボタンを押す。 △サブクローラの位置が0° 以外にてリセットを行うと、実際の角度と表示角度にズレが生じるため、必ず0° の状態にて行うこと。
4.2.2.3 角度リセット	(1) 本体の前後サブクローラとも0° の位置に移動させる。 (2) 角度リセットをクリックし、サブクローラの角度を0° にリセットする。 
4.2.2.4 モータ温度	サブクローラの前後モータの温度を確認する。 

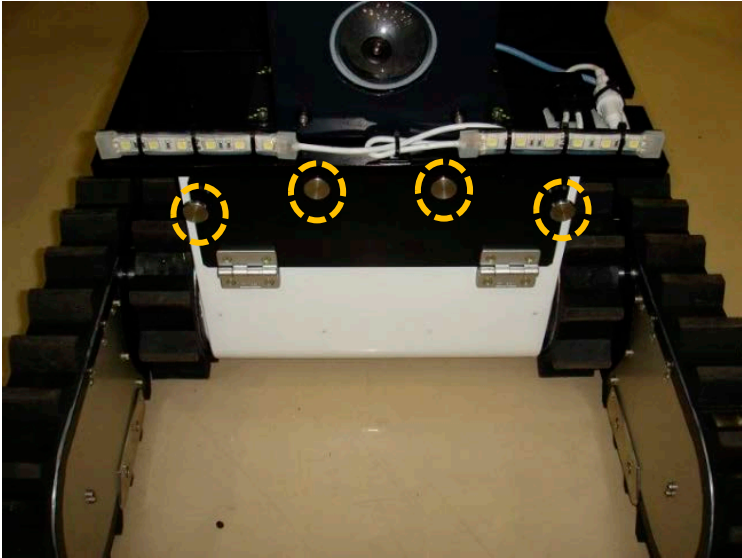
項目	内容
4.2.3 γカメラ起動	γカメラ起動スイッチを押し、搭載したγカメラを起動する。  γカメラの操作方法は、各γカメラの操作マニュアルを参照すること。 γカメラが起動するとスイッチ隣のランプが点滅する。
4.2.4 異常解除	異常が発生した場合は異常解除をクリックし、異常を解除する。 
4.2.5 戻りモード	戻りモードをクリックし、クローラ走行方向の前後を逆とする。 
4.2.6 表示確認	
4.2.6.1 本体内外温度	本体の内部および外部の温度を確認する。 
4.2.6.2 本体傾斜表示	本体の傾斜角度およびサブクローラの角度を表示する。 

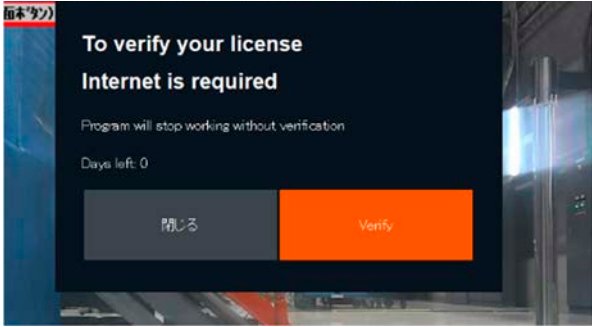
項目	内容
4.2.6.3 バッテリ残量表示	本体および操作のバッテリー残量を表示する。 
4.2.6.4 無線接続状態	無線の接続状態を表示する。 
4.2.6.5 移動時間表示	移動時間を表示する。 
4.2.6.6 旋廻状態表示	旋廻状態を表示する。(超信地/信地)  ・ 超信地旋廻がONの場合は赤ランプが点灯する。 ・ ON/OFF の切り替えは、コントローラのAボタンで行う。

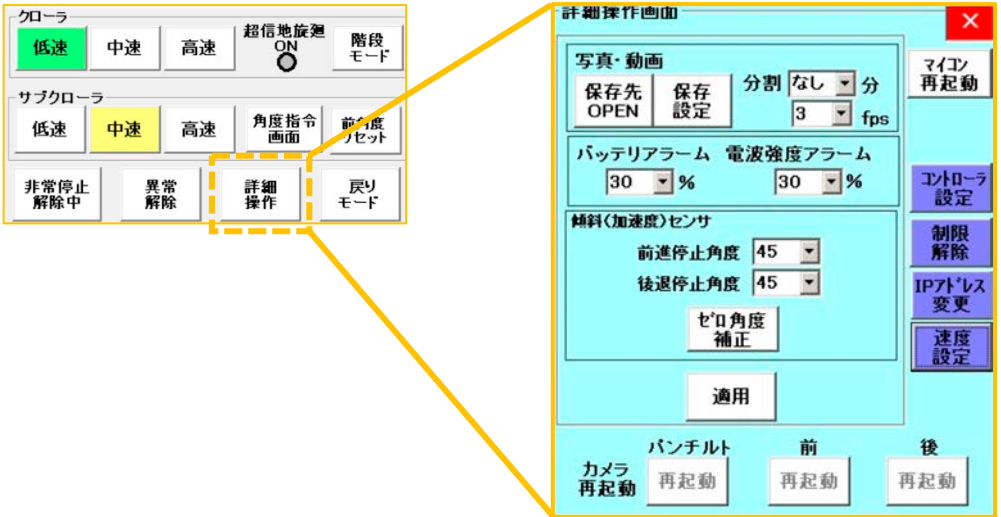
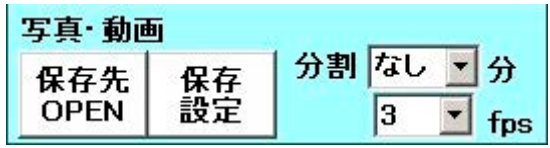
項目	内容
5. 終了操作	
5.1 マスター	以下に終了操作の手順を記載する。
5.1.1 コントロールソフトの停止	(1) コントロールソフト画面の非常停止解除中をクリックし、非常停止中とする。 (2) 通信をクリックし、通信を OFF にする。 表示は OFF から ON となる。 (3) 画面右上の×をクリックし、画面を消す。  (4) 操作 PC をシャットダウンする。 (5) マスター電源用バッテリー端子を抜く。 

項目	内容
5.1.2 マスターの片付け	(1) PC に接続している電源ケーブル、LAN ケーブル、コントローラを切り離す。  (2) アンテナをアンテナ治具より外し、マスターケース上蓋へ戻す。  (3) 蓋の爪をアンテナ治具より外し、アンテナ治具をマスターケース上蓋へ戻す。 

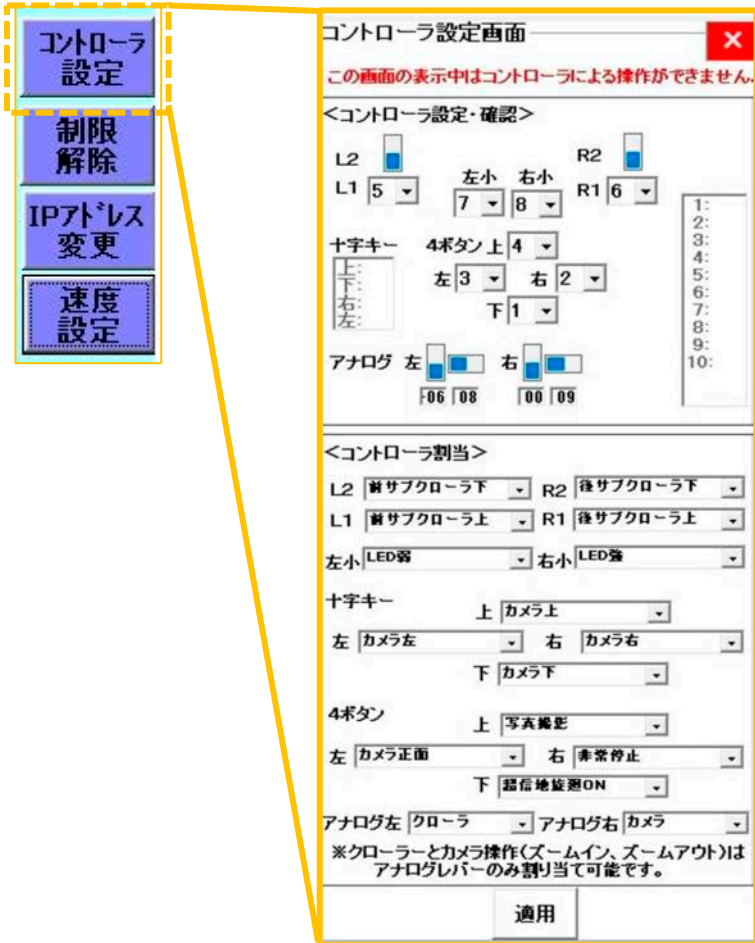
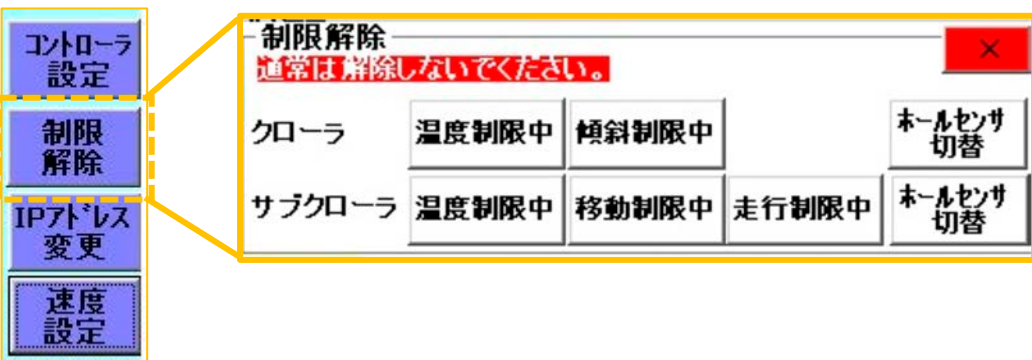
項目	内容
5.2 本体 5.2.1 本体電源	■ 本体の電源スイッチカバーを開け、電源スイッチを中央に倒し OFF（緑ランプ消灯）とする。  J-12 の電源ランプはスイッチカバーの外に配置する。 5.2.2 バッテリー (1) 本体バッテリー 4 本の切り離し ① 本体正面のバッテリー収納カバーを固定しているネジを緩め、カバーを開ける。  ② 本体側とバッテリー側コネクタを切り離す。 

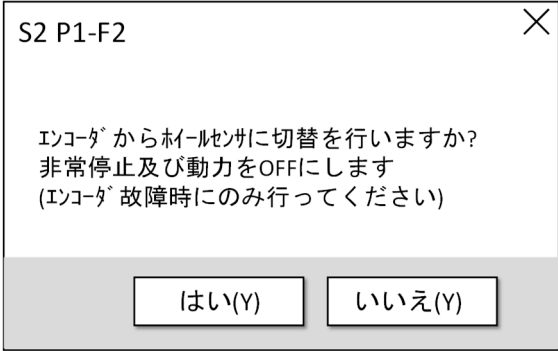
項目	内容
	③ 充電が必要な場合 Li-Po バッテリ 4 本を取り出す。  ④ 本体正面のバッテリー収納カバーを閉じ、固定ネジを締める。 

項目	内容
6. 録画	■ 録画ボタンを押すことで、動画ファイルを保存することができる。  録画用カメラにはマイク機能も搭載されているため、動画ファイルには音声も記録される。このマイクからはコントロールソフトを通じて、リアルタイムの音声を聞く事も出来る。 ※ J-11 についての注意点として、録画機能使用時に以下のポップアップ画面が表示される。ポップアップ画面に表示されているボタンをクリックすると正常に録画できない場合があるため、1度画面外をクリックしてこの表示を消すこと。  動画ファイルの保存先フォルダについては本マニュアル「7.2」項 a を参照すること。 J-11 録画時ポップアップ

項目	内容
7. 詳細設定	この項では、詳細に設定が可能な項目について、設定方法を記載する。
7.1 詳細操作画面の展開	コントロール画面中央上の詳細操作ボタンを押し、詳細操作の画面を展開する。 
7.2 写真・動画	詳細設定画面を展開する（「7.1」項参照）。  保存先の設定 写真・動画の保存先等の設定を行う。 ① 保存設定をクリックし、保存先を指定する。 ② 適用をクリックする。 b 動画ファイルの分割設定 動画を任意時間毎に分割させる設定を行う。 ① 分割▼にて、時間を選定する。 ② 適用をクリックする。 c フレームレートの設定 動画のフレームレートの設定を行う。 ① fps▼にてフレームレートを選定する。 ② 適用をクリックする。 保存先 OPEN をクリックすると、保存先に指定したフォルダ内容を参照できる。 初期値は 3fps であるが、レートを大きくした場合、処理負荷が上がることにより録画ができない恐れがある。 録画ができない場合は、画面の録画範囲が点滅しない。

項目	内容
7.3 アラーム設定	バッテリー, 電波強度, 距離のアラームの設定を行う。 バッテリーアラーム 電波強度アラーム 30 ▼ % 30 ▼ % △設定未満になると表示部が赤点減する。 a バッテリーアラーム設定 ① ▼にて、残量値を選定する。 ② 適用をクリックする。 b 電波強度アラーム設定 ① 電波強度アラーム設定値の▼にて、設定値を選定する。 ② 適用をクリックする。
7.4 角度センサ	傾斜(加速度)センサ 前進停止角度 45 ▼ 後退停止角度 45 ▼ ゼロ角度補正 △傾斜異常停止の機能(停止角度に設定された傾斜角度になると、傾斜が大きくなる方向の直進指令が停止します)の停止角度を設定できる。 a 傾斜(加速度)センサ ① ▼にて、角度を選定する。 ② 適用をクリックする。 b ゼロ角度補正 ① 水平な場所にて、ゼロ角度補正をクリックする。 ② 適用をクリックする。 水平な場所にて、ボタンを押すと、傾斜角度をゼロ°に設定し直す。
7.5 マイコン再起動	■ マイコン再起動をクリックする。 マイコン再起動 通信できない場合や「異常解除」による異常リセットにて異常が直らない場合にクリックする。

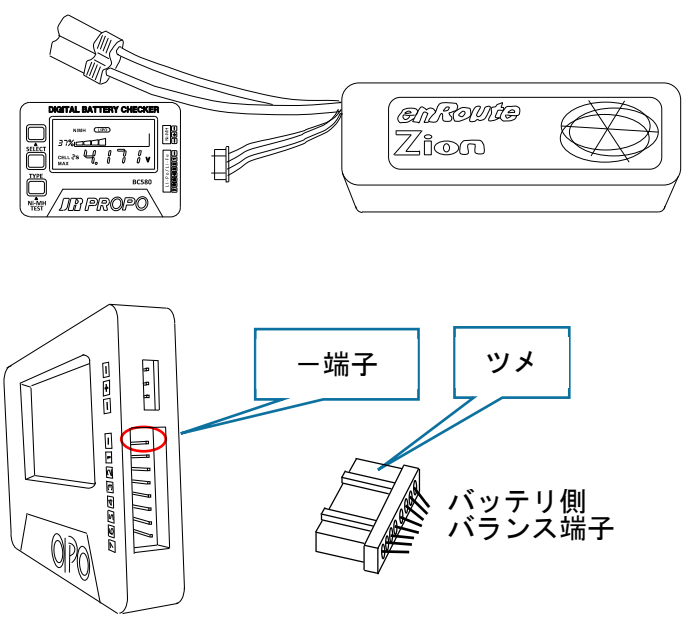
項目	内容
7.6 コントローラ設定	変更対象のコントローラ設定値を変更する。 コントローラの割り当てを行うことができる。 
7.7 制限解除	クローラ、サブクロラの制限解除を行う。 △通常は解除しない。 ■ 制限解除をクリックし、制限解除画面を展開する。 

項目	内容
7.7.1 メイン クローラ	a 温度制限解除 温度制限（モータ温度 90℃以上の停止）を解除可能。 (1) 温度制限中のボタンをクリックする。 (2) 適用をクリックする。 b 傾斜制限解除 傾斜異常停止の機能（停止角度に設定された傾斜角度になると、傾斜が大きくなる方向の直進指令を停止させる）を解除する。 (1) 傾斜制限中のボタンをクリックする。 (2) 適用をクリックする。 c ホイールセンサ切替 モータのエンコーダが故障（ドライバセンサ異常が表示）した場合に、ホイールセンサによる制御へ切り替えることができる。 (1) 傾斜制限中のボタンをクリックする。 (2) ダイアログボックスの「はい(Y)」をクリックする。 
7.7.2 サブク ローラ	a 温度制限解除 温度制限（モータ温度 90℃以上の停止）を解除可能。 (3) 温度制限中のボタンをクリックする。 (4) 適用をクリックする。

項目	内容
	b 移動制限解除 サブクローラの移動制限を解除する。 上昇:約 90 度まで、下降: 約-90 度まで。 (1) 移動制限中のボタンをクリックする。 (2) 適用をクリックする。 <u>△解除した場合、前後のサブクローラが干渉するため、通常は解除しない。</u> c 走行制限解除 サブクローラ角度が 5° 以下の場合、超信地旋廻ができない制限の解除を行う。 (1) 走行制限中のボタンをクリックする。 (2) 適用をクリックする。 d ホイールセンサ切替 モータのエンコーダが故障（ドライバセンサ異常が表示）した場合に、ホイールセンサによる制御へ切り替えることができる。 (1) 傾斜制限中のボタンをクリックする。 (2) ダイアログボックスの「はい(Y)」をクリックする。 S2 P1-F2 × エンコーダからホイールセンサに切替を行いますか? 非常停止及び動力をOFFにします (エンコーダ故障時にのみ行ってください) はい(Y) いいえ(Y)

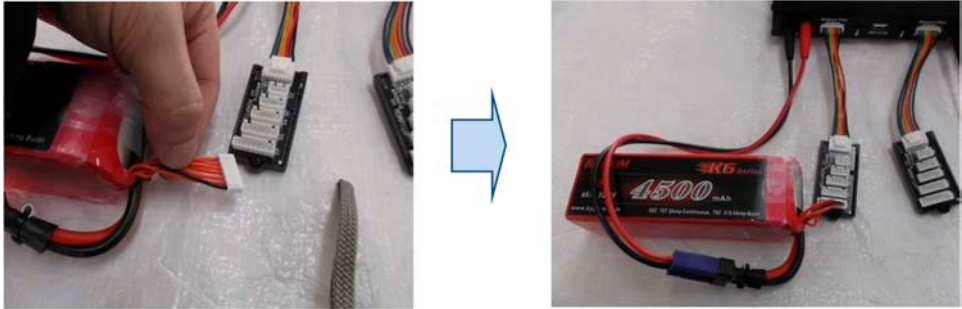
項目	内容																																																		
7.8 IP アドレス変更	各機材の IP アドレスの変更を行う。 (1) 対象機材の IP アドレスを入力する。 (2) 適用をクリックする。 コントローラ設定 制限解除 IPアドレス変更 速度設定 IPアドレス設定 <table><tr><td>PC-BOX</td><td>192</td><td>168</td><td>0</td><td>113</td></tr><tr><td>Xport (マイコン用)</td><td>192</td><td>168</td><td>0</td><td>118</td></tr><tr><td>PTZカメラ</td><td>192</td><td>168</td><td>0</td><td>115</td></tr><tr><td>前カメラ</td><td>192</td><td>168</td><td>0</td><td>116</td></tr><tr><td>後カメラ</td><td>192</td><td>168</td><td>0</td><td>117</td></tr><tr><td>予備</td><td>192</td><td>168</td><td>0</td><td>12</td></tr><tr><td>予備</td><td>192</td><td>168</td><td>0</td><td>100</td></tr><tr><td>無線親機</td><td>192</td><td>168</td><td>0</td><td>112</td></tr><tr><td>無線子機</td><td>192</td><td>168</td><td>0</td><td>114</td></tr><tr><td>予備</td><td>192</td><td>168</td><td>0</td><td>14</td></tr></table> 適用	PC-BOX	192	168	0	113	Xport (マイコン用)	192	168	0	118	PTZカメラ	192	168	0	115	前カメラ	192	168	0	116	後カメラ	192	168	0	117	予備	192	168	0	12	予備	192	168	0	100	無線親機	192	168	0	112	無線子機	192	168	0	114	予備	192	168	0	14
PC-BOX	192	168	0	113																																															
Xport (マイコン用)	192	168	0	118																																															
PTZカメラ	192	168	0	115																																															
前カメラ	192	168	0	116																																															
後カメラ	192	168	0	117																																															
予備	192	168	0	12																																															
予備	192	168	0	100																																															
無線親機	192	168	0	112																																															
無線子機	192	168	0	114																																															
予備	192	168	0	14																																															
7.9 速度設定	走行速度および超信地旋廻比率を設定する。 超信地旋廻比率は、直進速度に対する割合となる。 (3) 該当する速度または比率の▼にて数値を選定する。 (4) 適用をクリックする。 コントローラ設定 制限解除 IPアドレス変更 速度設定 速度設定 <table><tr><td></td><td>直進 (km/h)</td><td>超信地旋廻 比率(%)</td></tr><tr><td>階段</td><td>0.2 ▼</td><td>50 ▼</td></tr><tr><td>低速</td><td>0.5 ▼</td><td>50 ▼</td></tr><tr><td>中速</td><td>1 ▼</td><td>50 ▼</td></tr><tr><td>高速</td><td>1.5 ▼</td><td>50 ▼</td></tr></table> 適用		直進 (km/h)	超信地旋廻 比率(%)	階段	0.2 ▼	50 ▼	低速	0.5 ▼	50 ▼	中速	1 ▼	50 ▼	高速	1.5 ▼	50 ▼																																			
	直進 (km/h)	超信地旋廻 比率(%)																																																	
階段	0.2 ▼	50 ▼																																																	
低速	0.5 ▼	50 ▼																																																	
中速	1 ▼	50 ▼																																																	
高速	1.5 ▼	50 ▼																																																	
7.10 カメラ再起動	■ 対象（パンチルト/前/後）のスイッチをクリックする。 カメラの角度表示が実際と異なる時、または正常に表示や操作ができない場合にクリックする。 カメラ再起動 パンチルト再起動 前再起動 後再起動																																																		

項目	内容
8. その他の設定 8.1 本体無線 LAN 高さ調整	本体マストに設置されているポール位置の調整をすることにより、本体無線 LAN の高さ調整を行う。 (1) ポールを固定しているローレットネジ 4 個を緩める。 ポールが急に落下する恐れがあるため、ポールを押さえながら行う。 (2) ポールを任意の位置に上下させる。 (3) 緩めたローレットネジ 4 個を固定する。 ⚠ ローレットネジを緩めすぎるとポール内部のバーナットが落下するため注意する。 8.2 有線操作の設定 LAN ケーブルを操作 PC および本体に接続する。 ■ 本体：汎用 LAN コネクタ ■ 操作 PC：LAN コネクタ

項目	内容
9. バッテリー充電	
9.1 充電前準備	以下の手順でバッテリーの充電を行う。 予備のバッテリー（搭載していない）を充電する場合は、 (3) から実施する。 (1) 本体の電源が OFF になっていることを確認する。 (2) バッテリーを切り離し、セット位置から取り外す。 ■ 操作用 「5.1.1 コントロールソフトの停止」項に従い、操作用バッテリーを抜き出す。 ■ 本体用 「5.2.2 バッテリー」手順に従い、本体バッテリーを抜き出す。 (3) バッテリー充電前確認 Li-Po バッテリーの健全性の確認のため、Li-Po バッテリー管理表（添付資料-1）に従い、電圧チェック、外観チェックを行い記録する。 ① バッテリーバランス端子とバッテリーチェッカを接続する。 

項目	内容
	② 以下の確認を行い、Li-Po バッテリ管理表（添付資料-1）に記録する。 ■ 充電率（%），全電圧（V） ■ MAX 電圧（V），当該セル番号 ■ MIN 電圧（V），当該セル番号 ■ MAX-MIN 電圧（V） ③ 外観チェック ■ 本体の外装に亀裂等が無いこと。 ■ 本体に著しい膨張が無いこと。 ■ 電源とバランスコードに亀裂等の異常が無いこと。 ■ 電源とバランスコード端子に破損や焦げ跡等の異常が無いこと。 (4) 充電器の準備

項目	内容
	① 充電器本体に付属のコネクターケーブル、バランスボードを下図のように接続する。 充電器の電源ケーブルがコンセントに差し込まれていないことを確認する。 ② 充電器の電源スイッチが OFF であることを確認し、AC 電源ケーブルを AC100V のコンセントに差し込む。 ③ 充電器のコネクターケーブルにバッテリーのコネクタを接続する。 ※コネクタ部を持って奥までしっかり接続する。

項目	内容
9.2 充電器の設定	④ 充電器のバランスボードにバッテリーのバランス充電コネクタを接続する。 
	⑤ 充電器の電源スイッチを ON にする。 
	(1) 充電器の電源が入り、以下の画面「BATT/PROGRAM LiPo BATT」であることを確認する。  画面表示が異なる場合は、-/+ボタンを押して画面を切り替える。

項目	内容
9.3 充電開始	(2) ▷ (ENTER) ボタンを押し、以下の画面であることを確認する。 ■ 電流 : 2.0A ■ 電圧/セル数 : 22.2V (6S)  2.0A、2.2V (6S) 以外の場合は、▷ (ENTER) ボタンでカーソルを移動し、-/+ボタンを押して数値を変更する。 (3) ▷ (ENTER) ボタンを約 3 秒間長押しし、以下の画面「BATTERY CHECK」に切替える。  (3) 「R:6SER S:6SER CANSEL(STOP)」と「R:6SER S:6SER CONFIRM(ENTER)」の表示が交互に約 3 秒間表示されるため、設定値を確認したうえで ▷ (ENTER) ボタンを押す。 ※約 3 秒間操作が無い場合は、初期の画面に戻る。  ⇔ 

項目	内容
9.4 充電中の確認	充電中、以下の操作によりバッテリーの状態を監視することが可能。 「LP6S *. *A(充電電流) **. **V (バッテリー電圧) BAL ***:** (充電時間) 0**** (充電容量 mAh)」 の表示に切り替わり充電が開始される。 ■ 各セルの電圧値：＋ボタンを1回押す 4.07 4.06 4.11 V 4.08 4.07 4.10 ■ バッテリー全体の電圧容量値(%)、各セルの平均電圧値を表示：＋ボタンを2回押す。 Fuel = 90% Cell = 4.10V ■ 充電終了バッテリー電圧値表示：－ボタンを1回押す。 End Voltage 25.20V(6S) ■ 充電器への入力電圧値表示：－ボタンを2回押す。 IN Power Voltage 12.56V ■ 充電器の内部 FET 温度値 (Int. Temp) 表示：－ボタンを3回押す。 Ext.Temp - - - - - Int. Temp 33°C

項目	内容
10. 線量率計の電池交換	■ カットオフの温度設定値表示：－ボタンを4回押す。 Temp Cut-Off 50°C/122F ■ Safety Timer ON 360min 表示（セーフティタイマーON/OFF）：－ボタンを5回押す。 Safety Timer ON 360min ■ Capacity Cut-Off ON 5000mAh 表示（容量カット ON/OFF）：－ボタンを6回押す。 Capacity Cut-Off ON 5000mAh ■ 「LP6S ** A（充電電流）**.** V（バッテリー電圧）BAL ***:**（充電時間）0****（充電容量 mAh）」表示に戻る：▷（ENTER）ボタンを押す。 LP 6s 2.0A 22.14V BAL 000:50 00022 線量率計は、単三電池2本で稼働している。 (1) 線量率計を固定しているベースプレートに固定ねじを緩めて取り外す。 電池交換が必要な場合に実施する。

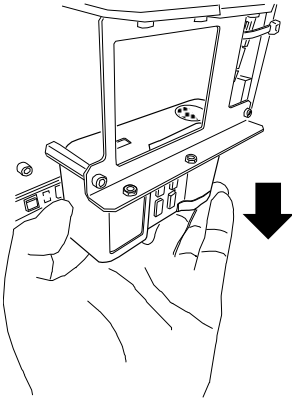
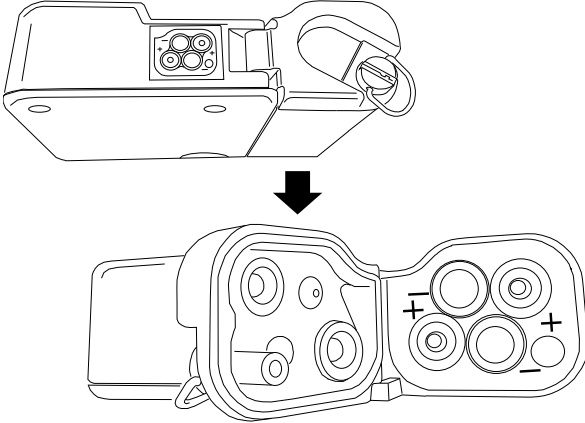
項目	内容
	(2) 線量率計を下へ引き出す。  (3) 本体バッテリーカバー部のツマミを回し、カバーを開放する。  乾電池を交換し、線量率計を本体に復旧する。



Figure1.3.1 Robot for reconnaissance



Figure1.3.2 PC for robot control for reconnaissance

3. まとめ

平成 29 年度に偵察用ロボット J-11 を、平成 30 年度に偵察用ロボット J-12 の製作を行った。

偵察用ロボットは、線量率計を台車に搭載することで偵察用ロボットとなる。

今後、機構内の原子力緊急事態発生時に対応できるよう、ここで報告した操作マニュアルを用いて、課内の日常訓練及び各拠点操作要員に対する訓練を実施する予定である。

謝辞

運用課で作成した偵察用ロボットの操作マニュアルは、ロボットの点検を手掛けている請負業者の株式会社アセンドの羽生敏紀氏、通野和人氏、志賀辰也氏、猪狩聡治氏がこれまで経験された知識によるところが多岐であり、多くの助言を頂けたことに感謝を申し上げます。

参考文献

- [1] 櫛葉遠隔技術開発センター, 2017 年度 櫛葉遠隔技術開発センター年報, JAEA-Review 2018-029, pp.31-38.
- [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, p.1.

国際単位系（SI）

表 1. SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質량	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表 2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	毎メートル	m ⁻¹
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m ²
比体積	立方メートル毎キログラム	m ³ /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 ^(a) , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率 ^(b)	(数字の) 1	1
比透磁率 ^(b)	(数字の) 1	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。

(b) これらは無次元量あるいは次元 1 をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の 1 は通常は表記しない。

表 3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(c)	1 ^(b)	m ² /m ²
周波数	ヘルツ ^(d)	Hz		s ⁻¹
力	ニュートン	N		m kg s ⁻²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m ² kg s ⁻²
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³
電荷, 電気量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹
静電容量	ファラド	F	C/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ⁴ A ²
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束	ウェーバ	Wb	Vs	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C		K
光束度	ルーメン	lm	cd sr ^(c)	cd
照射度	ルクス	lx	lm/m ²	m ⁻² cd
放射性核種の放射能 ^(f)	ベクレル ^(d)	Bq		s ⁻¹
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m ² s ⁻²
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト ^(g)	Sv	J/kg	m ² s ⁻²
酸素活性化	カタール	kat		s ⁻¹ mol

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。

(b) ラジアンとステラジアンは数字の 1 に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の 1 は明示されない。

(c) 測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。

(d) ヘルツは周期現象についてののみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてののみ使用される。

(e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。

(f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。

(g) 単位シーベルト (PV, 2002, 70, 205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表 4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘着力のモーメント	パスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
表面張力	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
角速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ =s ⁻¹
熱流密度, 放射照度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	m m ⁻¹ s ⁻² =s ⁻²
熱容量, エントロピー	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m ² kg s ⁻² K ⁻¹
比エネルギー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m ² s ⁻² K ⁻¹
熱伝導率	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² s ⁻²
体積エネルギー	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
電界の強さ	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ⁻¹ kg s ⁻²
電荷密度	ジュール毎平方メートル	V/m	m kg s ⁻³ A ⁻¹
表面電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
誘電率	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ² s A
透磁率	ファラド毎メートル	F/m	m ³ kg ⁻¹ s ⁴ A ²
モルエネルギー	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹
吸収線量率	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ s A
放射線強度	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ⁻³
放射輝度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ⁴ m ⁻² kg s ⁻³ =m ² kg s ⁻³
酵素活性濃度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² sr)	m ² m ⁻² kg s ⁻³ =kg s ⁻³
	カタール毎立方メートル	kat/m ³	m ⁻³ s ⁻¹ mol

表 5. SI 接頭語

乗数	名称	記号	乗数	名称	記号
10 ²⁴	ヨタ	Y	10 ⁻¹	デシ	d
10 ²¹	ゼタ	Z	10 ⁻²	センチ	c
10 ¹⁸	エクサ	E	10 ⁻³	ミリ	m
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ¹²	テラ	T	10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁹	ギガ	G	10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁶	メガ	M	10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ³	キロ	k	10 ⁻¹⁸	アト	a
10 ²	ヘクト	h	10 ⁻²¹	ゼプト	z
10 ¹	デカ	da	10 ⁻²⁴	ヨクト	y

表 6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60 s
時	h	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	′	1′=(1/60)°=(π/10 800) rad
秒	″	1″=(1/60)′=(π/648 000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1 L=1 l=1 dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1 t=10 ³ kg

表 7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位で表される数値
電子ボルト	eV	1 eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10 ¹¹ m

表 8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1 MPa=100 kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=133.322 Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1 nm=100 pm=10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852 m
バイン	b	1 b=100 fm ² =(10 ¹² cm) ² =10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn=(1852/3600) m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的な関係は、 対数量の定義に依存。
ベレル	B	
デシベル	dB	

表 9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
エル	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1 Pa s
ストークス	St	1 St=1 cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb=1 cd cm ⁻² =10 ⁴ cd m ⁻²
フオト	ph	1 ph=1 cd sr cm ⁻² =10 ⁴ lx
ガリ	Gal	1 Gal=1 cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm ² =10 ⁻⁸ Wb
ガウス	G	1 G=1 Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(a)	Oe	1 Oe ≡ (10 ³ /4 π) A m ⁻¹

(a) 3 元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「 ≡ 」は対応関係を示すものである。

表 10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R = 2.58×10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad=1 cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
フェルミ	f	1 フェルミ=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1 メートル系カラット=0.2 g = 2×10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
カロリ	cal	1 cal=4.1858 J (「15℃」カロリ), 4.1868 J (「IT」カロリ), 4.184 J (「熱化学」カロリ)
ミクロン	μ	1 μ =1 μm=10 ⁻⁶ m

