

## 作業用ロボット（扉開閉用）操作マニュアル

Work Robot (for Opening and Closing the Door) Operation Manual

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

## 作業用ロボット（扉開閉用）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

楡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<sup>+</sup>、古川原 峻、大野 隼人<sup>\*</sup>、早坂 寿郎<sup>\*</sup>

(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。楡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における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。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、作業用ロボット（扉開閉用）の操作を行うためのマニュアルを定めたものである。

---

楡葉遠隔技術開発センター：〒979-0513 福島県双葉郡楡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

## Work Robot (for Opening and Closing the Door) Operation Manual

Yusuke CHIBA, Yutaka NISHIYAMA, Hirohiko TSUBAKI, Masaki IWAI<sup>+</sup>  
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 1<sup>st</sup> 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 the work robot (for opening and closing the door).

Keywords: Remote Control Technology, Door Opening / Closing 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. 作業用ロボット（扉開閉用）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	9
4. 操作	10
5. 操作終了	14
6. 詳細設定	15
7. インターロック解除機能	20
8. 通信帯域変更	21
9. バッテリ充電方法	22
3. まとめ	29
謝辞	29
参考文献	29

## Contents

1. Introduction	1
2. Work robot (for opening and closing the door) operation manual	2
1. Equipment configuration	2
2. Equipment preparation	3
3. Check before operation	9
4. Operation	10
5. End of operation	14
6. Advanced setting	15
7. Interlock release function	20
8. Change communication band	21
9. Battery charging method	22
3. Summary	29
Acknowledgment	29
References	29

図一覧

Figure1.1.1	Work robot (for opening and closing the door)	-----	28
Figure1.1.2	The computer for controlling the multi-joint manipulator	-----	28

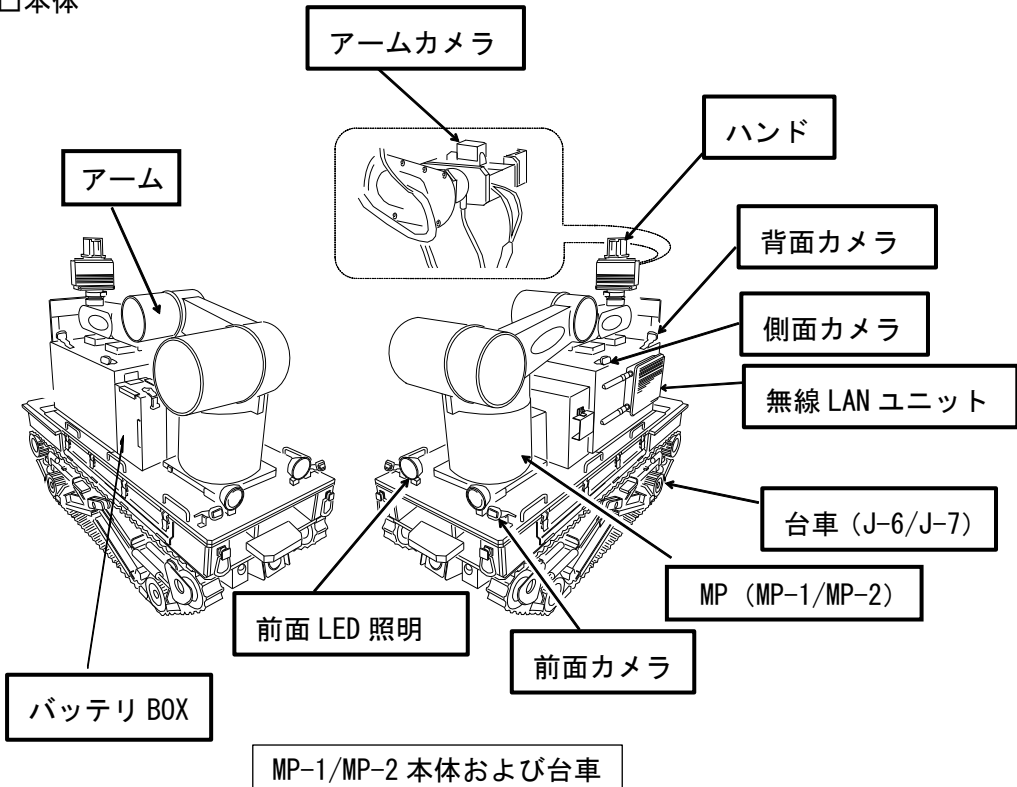
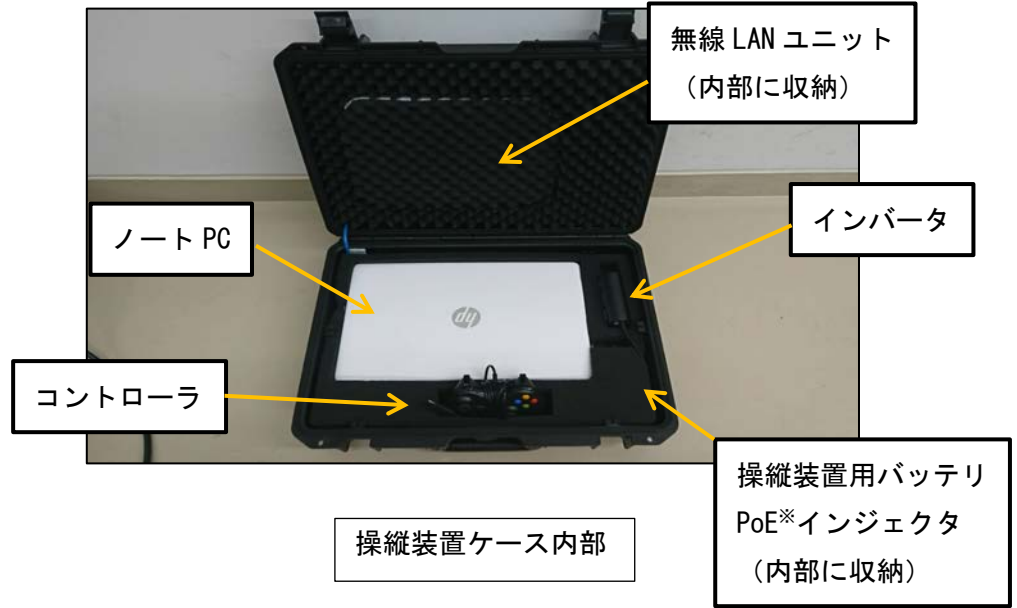
## 1. はじめに

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<sup>[1][2]</sup>。



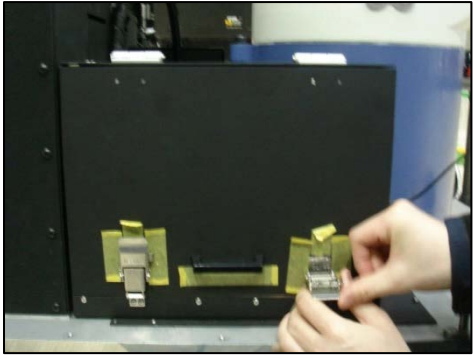
運用課の重要な業務に遠隔機材である作業用ロボット及び偵察用ロボットの整備運用がある。令和 2 年度からの原子力緊急事態支援組織の本格運用に対応するため、作業用ロボット（扉開閉用及び弁開閉用）及び放射線量を測定するための偵察用ロボットの製作を行った。

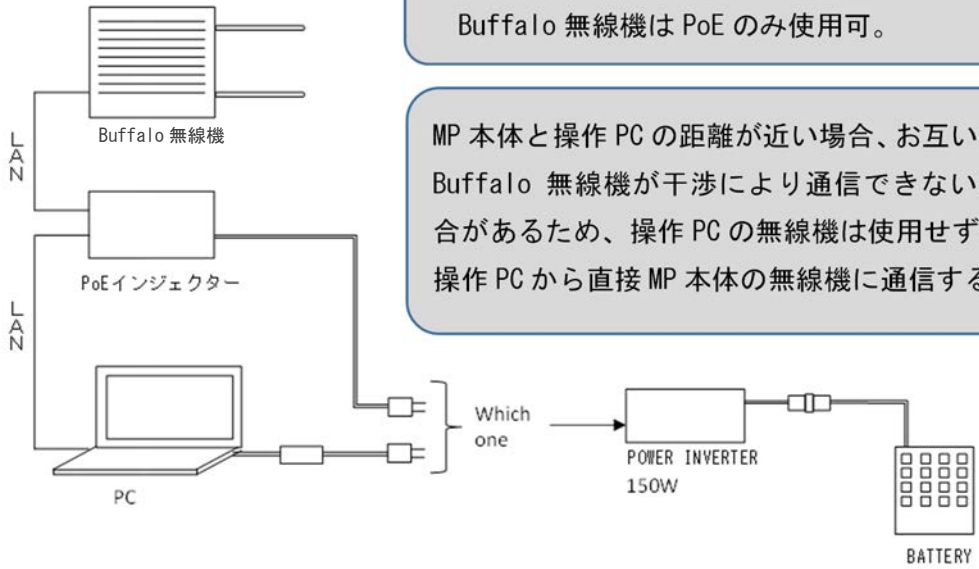
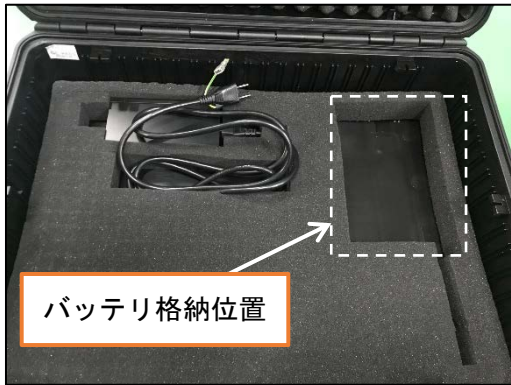
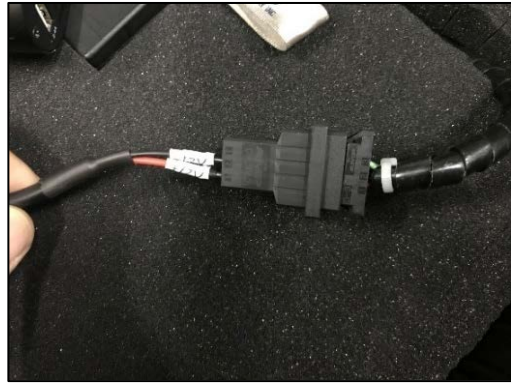
本報告書は、このロボットのうち作業用ロボット（扉開閉用）の操作マニュアルについて定めたものである。なお、本作業用ロボット（扉開閉用）は 2 台あり、台車部分を J-6、J-7 と呼び、マニピュレータ部を MP-1,MP-2 と呼ぶ。なお、Figure 1.1.1 に作業用ロボット（扉開閉用）の全体写真を、Figure 1.1.2 に作業用ロボット（扉開閉用）のマニピュレータ操作 PC 写真を示す。

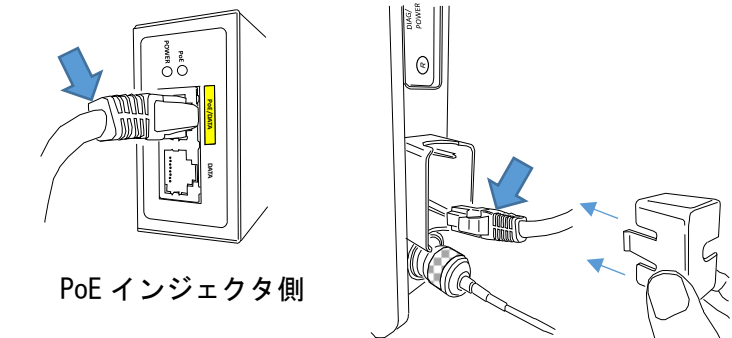
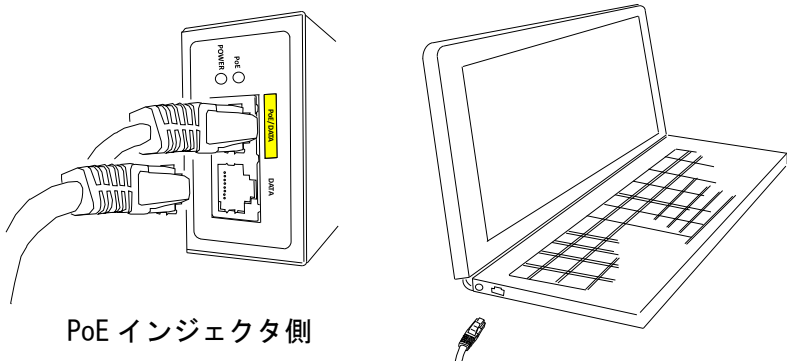
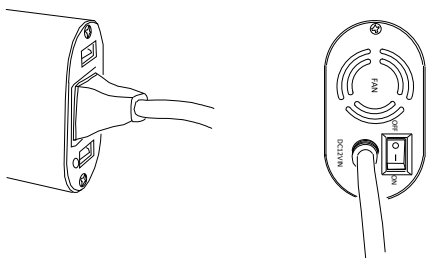
## 2. 作業用ロボット（扉開閉用）の操作マニュアル

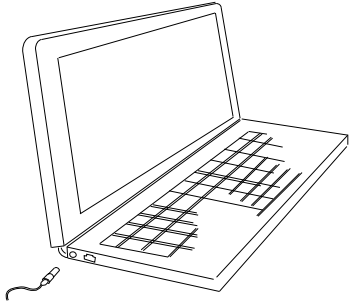
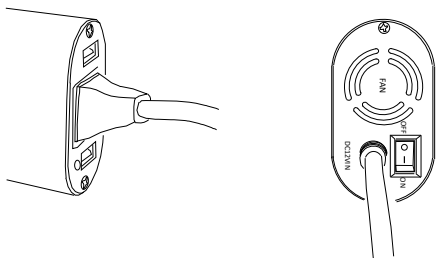




項目	内容
1. 機器の構成	<p>□ 本体</p>  <p>□ 操縦装置</p>  <p>※ : Power over Ethernet の略。</p>



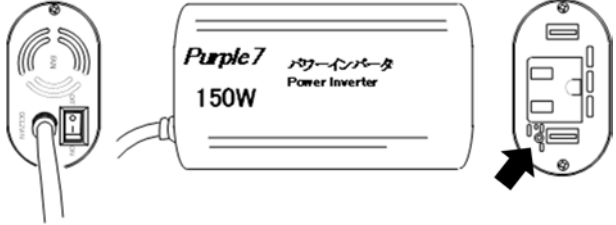
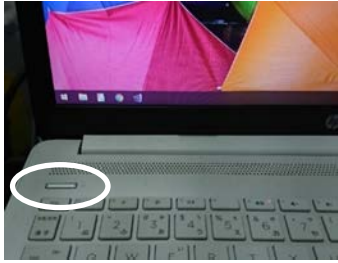

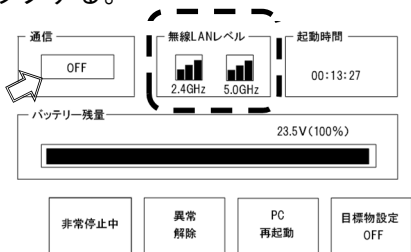
項目	内容
2. 機器の準備 2.1 バッテリーのセット 2.1.1 本体バッテリー	<p data-bbox="379 271 1086 304">(1) MP 本体の切替器の位置が OFF であることを確認する。</p> <div data-bbox="424 320 1158 667">  </div> <div data-bbox="997 629 1412 931"> <p>切替器の位置が「駆動」の位置でバッテリーを接続した場合、本体回路の損傷の恐れがあるため必ず OFF を確認する。</p> </div> <p data-bbox="379 987 1422 1066">(2) バッテリーを固定位置に置き、バッテリー BOX 内の給電ケーブルとバッテリーを接続する。</p> <div data-bbox="432 1093 879 1429">  </div> <div data-bbox="925 1097 1332 1178"> <p>端子部の短絡に注意する。</p> </div> <p data-bbox="379 1462 632 1496">(3) カバーを閉じる。</p> <div data-bbox="432 1520 906 1877">  </div> <div data-bbox="954 1538 1366 1727"> <p>パチン錠の開錠は、ロックレバーを引きながら行う。</p> </div>

項目	内容
2.1.2 操縦装置	<p data-bbox="375 271 866 300">操縦装置内の機器の接続を以下に示す。</p> <div data-bbox="375 331 1401 1010">  <p data-bbox="831 353 1342 488">AC100V コンセントから給電可能な場合、PC は AC100V へ接続給電させる。なお、Buffalo 無線機は PoE のみ使用可。</p> <p data-bbox="804 555 1385 741">MP 本体と操作 PC の距離が近い場合、お互いの Buffalo 無線機が干渉により通信できない場合があるため、操作 PC の無線機は使用せず、操作 PC から直接 MP 本体の無線機に通信する。</p> </div> <p data-bbox="379 1032 1390 1066">(1) 操縦装置のケースを開け、クッション下の所定の位置にバッテリーを格納する。</p> <div data-bbox="443 1081 1390 1464">  <p data-bbox="1038 1115 1358 1249">バッテリーより Buffalo 無線機および PC へ給電する場合に行う。</p> </div> <p data-bbox="379 1509 1134 1543">(2) バッテリーのコネクタにインバータのコネクタを接続する。</p> <div data-bbox="443 1554 956 1935">  </div>


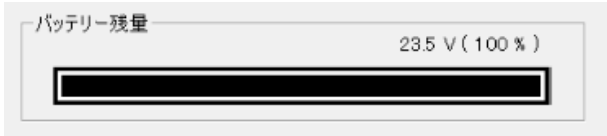

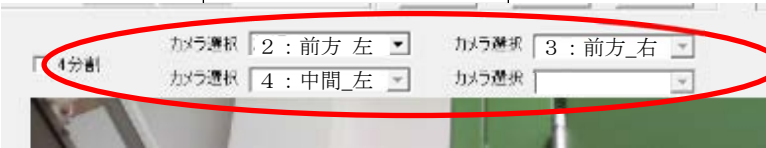
項目	内容
	<p>(3) Buffalo 無線機を使用する場合</p> <p>① LAN ケーブルの接続</p> <p>■ Buffalo 無線機と PoE インジェクタを LAN ケーブルで接続</p> <div data-bbox="438 425 1173 828">  <p>PoE インジェクタ側</p> <p>Buffalo 無線機側</p> </div> <p>■ PoE インジェクタと PC を LAN ケーブルで接続</p> <div data-bbox="438 940 1228 1355">  <p>PoE インジェクタ側</p> <p>PC 側</p> </div> <p>② PoE インジェクタのコンセントプラグを POWER INVERTER へ差し込み、スイッチを ON にする。</p> <div data-bbox="622 1545 1053 1803">  </div>

項目	内容
<p>2.2 電源投入</p> <p>2.2.1 本体 バッテリー</p>	<p>(4) バッテリより PC への給電を行う場合</p> <p>① PC の電源用プラグを本体に差し込む。</p>  <p>② 電源コードのコンセントプラグを POWER INVERTER へ差し込み、スイッチを ON にする。</p>  <p>(1) 本体にある切替器のカバーを開け、ハンドルを駆動側に引き上げる。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 10px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> <p>レバーが固い場合は、付属の補助ハンドルを使用する。</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">   </div>

項目	内容
	<p>(2) 駆動側の緑ランプ点灯と、本体後方の 200V の緑ランプ点灯を確認する。</p> <div data-bbox="427 324 831 629">  </div> <div data-bbox="544 636 754 685"> <p>駆動側ランプ</p> </div> <div data-bbox="869 320 1265 629">  </div> <div data-bbox="986 636 1176 685"> <p>200V ランプ</p> </div> <div data-bbox="427 714 683 1048">  </div> <div data-bbox="430 1061 676 1099"> <p>DIAG/POWER ランプ</p> </div> <div data-bbox="750 741 1318 828" data-label="Text"> <p>同時に無線 LAN ユニットの DIAG/POWER ランプの赤点灯を確認する。</p> </div> <div data-bbox="753 904 1276 990" data-label="Text"> <p>無線機の起動には、本体電源を投入後 1～2 分ほど要する。</p> </div> <div data-bbox="753 1055 1155 1093" data-label="Text"> <p>PC の起動には 1 分ほど要する。</p> </div> <p>(3) 本体横の無線 LAN 起動完了 (DIAG/POWER ランプが緑になった) 後に、本体後方の「PC-SW」を押し、PC を起動する。PC のランプが点灯後、起動は完了となる。</p> <p>(4) 本体後方の「PC」の緑ランプの点灯を確認する。また、通信が可能な状態になると本体前方の LED 照明が 2 回点滅するためこれを確認する。</p> <div data-bbox="391 1413 735 1827">  </div> <div data-bbox="384 1845 852 1886" data-label="Caption"> <p>無線表示ランプ (DIAG/POWER ランプ)</p> </div> <div data-bbox="732 1426 975 1464" data-label="Caption"> <p>DIAG/POWER ランプ</p> </div> <div data-bbox="869 1500 1390 1886">  </div> <div data-bbox="1023 1901 1272 1939" data-label="Caption"> <p>PC-SW と PC ランプ</p> </div>

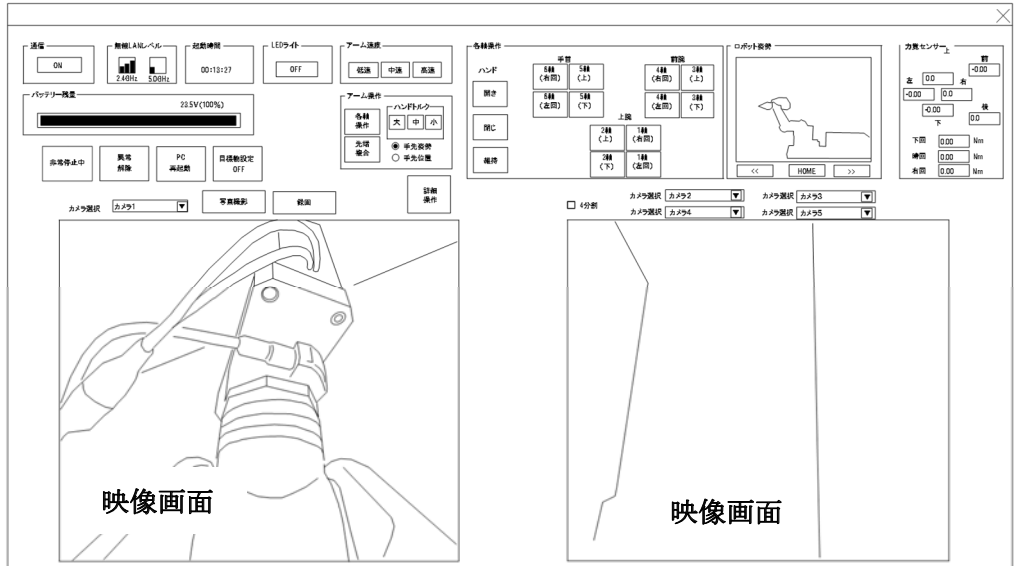
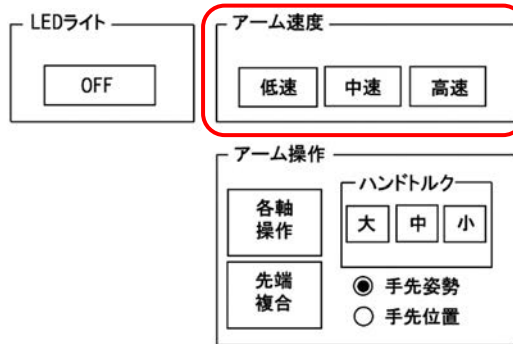
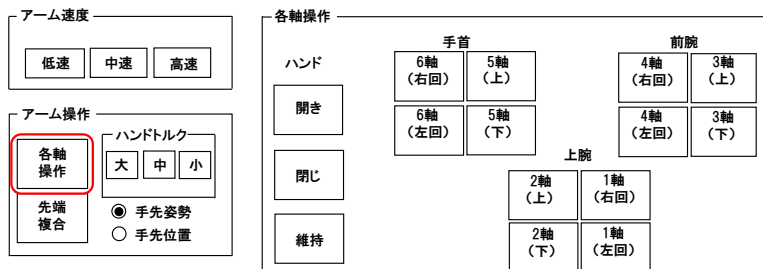
項目	内容
2.2.2 操縦装置	<p>(1) 操縦装置のケース内にある、インバータの電源スイッチを ON にする。インバータのランプが点灯することを確認する。</p>  <p>(2) ノート PC の電源を ON にする。</p> 
2.3 コントロールソフトでの通信	<p>(1) コントロールソフトの起動</p> <p>① ノート PC 起動後「Enter」キーを押す。</p> <p>② デスクトップのソフトウェアの「JT24_Control.exe」のショートカットを起動する。</p>  <p>(2) 起動したソフト画面左上の無線 LAN レベル表示がされた後、通信ボタンをクリックする。</p>  <p>通信が表示されれば黄→緑に変わり、カメラ映像が表示される。</p>



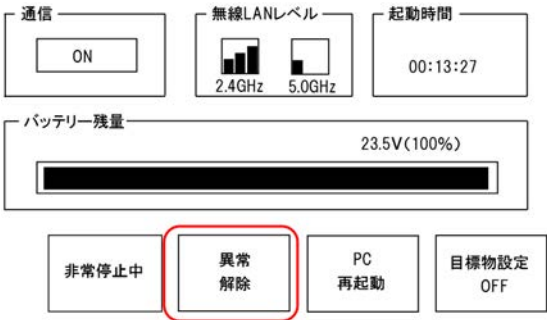
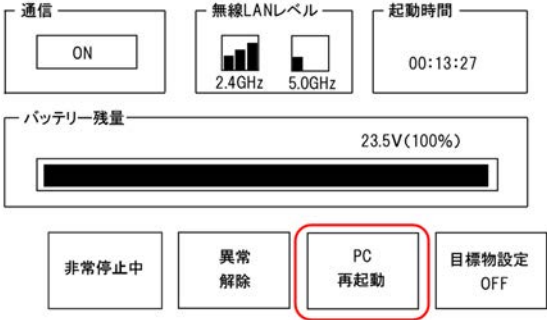
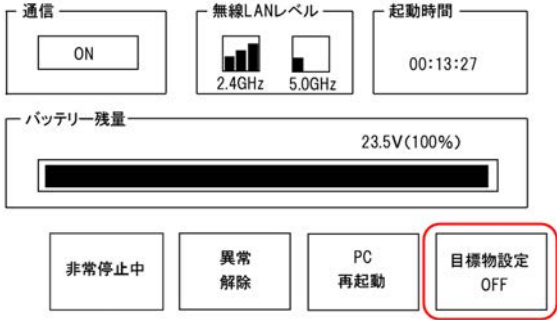
項目	内容
3. 操作前確認 3.1 バッテリ	<p>(3)「異常解除」をクリックし、非常停止を解除する。</p>  <p>ソフトウェア起動後初めての異常解除でハンドが原点復帰で閉じるため注意する。</p> <p>起動後に、駆動（アーム）操作（マスター）およびPCのバッテリー残量を確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 駆動バッテリー：残量が20V以上あることを確認する。</li> </ul> <p>警報値以下の場合は、速やかに満充電のバッテリーに交換、または「9. バッテリ充電方法」に従いバッテリーの充電を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 操作バッテリー：残量が少ない場合には、充電を行う。</li> <li>■ PCバッテリー：残量が著しく少ない場合には、充電、または電源に接続した状態で行う。</li> </ul> 
3.2 設定確認	<p>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合わせた設定を行っておく。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ アームの可動速度 下記「4.2.1 アーム速度の変更」に従いアームの速度を選定する。</li> </ul>
3.3 カメラ選択	<p>左側に表示するカメラと右側に表示するカメラを選択する。</p> <p>右側に4分割で表示する場合には、4分割のチェックを入れてからカメラを選択する。</p>  <p>カメラ選択（左側）</p>  <p>カメラ選択（右側）</p>

項目	内容
<p>4. 操作</p> <p>4.1 コントローラでの操作</p>	<p>アームの各操作方法を記載する。          なお、作業中の異常については、「4.2.6 異常解除」に従い、異常解除を行う。</p> <p><b>各軸操作</b></p> <p>ハンド開</p> <p>非常停止</p> <p>各軸操作</p> <p>ハンド閉</p> <p>LED点灯/消灯</p> <p><b>各軸操作</b></p> <p>上 (軸5)</p> <p>左回転 (軸6)      右回転 (軸6)</p> <p>下 (軸5)</p> <p>先端操作</p> <p>前 (Z軸)</p> <p>後 (Z軸)</p> <p><b>各軸操作</b></p> <p>上 (軸3)</p> <p>左回転 (軸4)      右回転 (軸4)</p> <p>下 (軸3)</p> <p>先端操作</p> <p>上向き</p> <p>左向き      右向き</p> <p>下向き</p> <p><b>各軸操作</b></p> <p>上 (軸2)</p> <p>左回転 (軸1)      右回転 (軸1)</p> <p>下 (軸2)</p> <p>先端操作</p> <p>上 (Y軸)</p> <p>左 (X軸)      右 (X軸)</p> <p>下 (Y軸)</p> <p><b>第5軸</b> (アームの上下旋回)</p> <p><b>第6軸</b> (ハンドの回転)</p> <p><b>第4軸</b> (アームの左右回転)</p> <p><b>第3軸</b> (アームの上下旋回)</p> <p><b>第2軸</b> (腕の上下旋回)</p> <p><b>第1軸</b> (アームの左右回転)</p> <p>Z</p> <p>X</p> <p>Y</p>

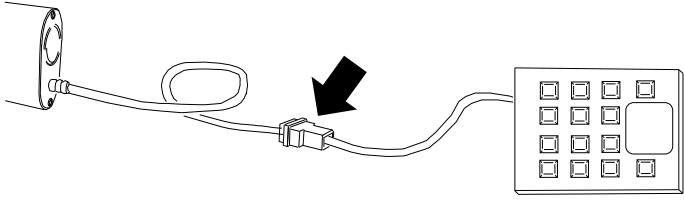
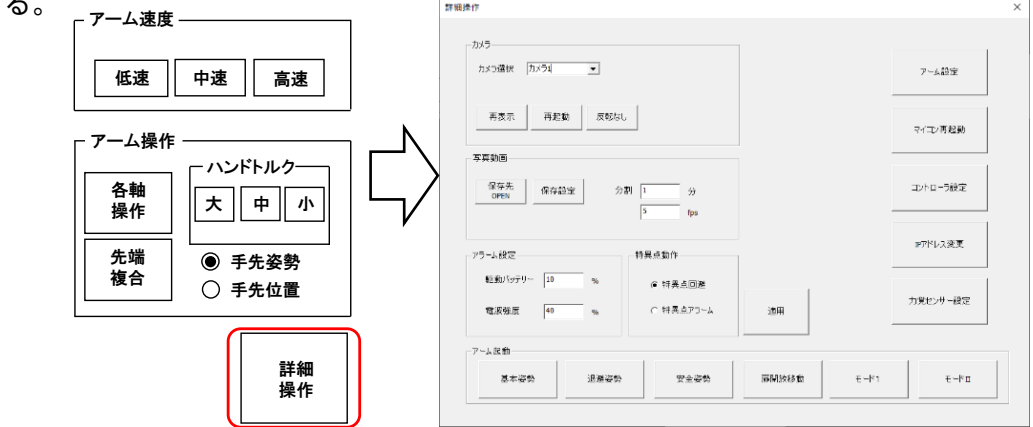
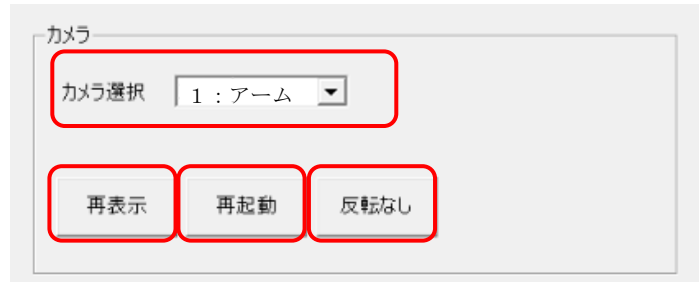





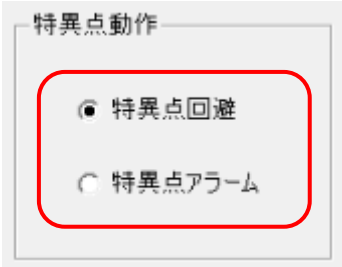
項目	内容
4.2 コントロールソフトでの操作	<p>コントロールソフトにて操作を行うことができる内容を記載する。</p>  <p>The screenshot shows a complex control interface with multiple panels. On the left, there are status indicators like '通信' (Communication) and '電源レベル' (Power Level). The center features a large '映像画面' (Video Screen) showing a close-up of a robotic arm. To the right, there are more '映像画面' and various control buttons for different axes and functions.</p>
4.2.1 アーム速度の変更	<p>3段階の切替が可能のため、低速、中速、高速のいずれかをクリックする。</p>  <p>This close-up shows the 'アーム速度' (Arm Speed) section with three buttons: '低速' (Low Speed), '中速' (Medium Speed), and '高速' (High Speed). Below it is the 'アーム操作' (Arm Operation) section with buttons for '各軸操作' (Each Axis Operation), '先端複合' (Tip Composite), and 'ハンドトルク' (Hand Torque) with sub-buttons '大' (Large), '中' (Medium), and '小' (Small). There are also radio buttons for '手先姿勢' (Hand Pose) and '手先位置' (Hand Position).</p> <p>低速, 中速, 高速の各速度設定は、「6.8.1 アーム速度設定」に従い実施する。</p>
4.2.2 アーム操作方式の変更	<p>(1) 各軸操作モード</p> <p>■ 各軸操作ボタンをクリックする。</p>  <p>This close-up shows the '各軸操作' (Each Axis Operation) section. It includes buttons for '低速' (Low Speed), '中速' (Medium Speed), and '高速' (High Speed). Below these are buttons for '各軸操作' (Each Axis Operation), '先端複合' (Tip Composite), and 'ハンドトルク' (Hand Torque) with sub-buttons '大' (Large), '中' (Medium), and '小' (Small). There are also radio buttons for '手先姿勢' (Hand Pose) and '手先位置' (Hand Position). The '各軸操作' button is highlighted with a red box.</p>



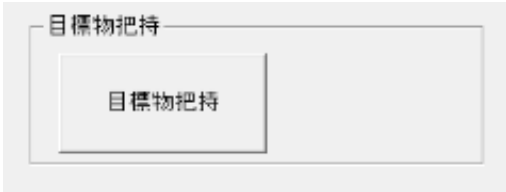
項目	内容
	<p>(2) 先端複合モード</p> <p>① 先端複合をクリックする。</p> <p>② 手先姿勢か手先位置を選択する。</p>
4.2.3 ハンドトルクの変更	<p>■ ハンドトルクから大、中、小のいずれかをクリックする。</p>
4.2.4 LED ライト	<p>■ LED ライトのボタンをクリックして ON/OFF の切替を行う。</p> <p>クリックする毎に ON/OFF が切り替わる。</p>
4.2.5 非常停止	<p>■ 非常停止ボタンをクリックし、非常停止中にする。</p>

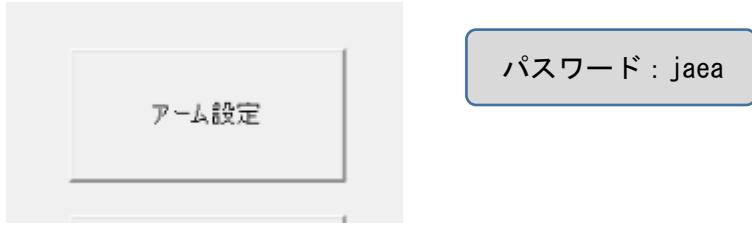
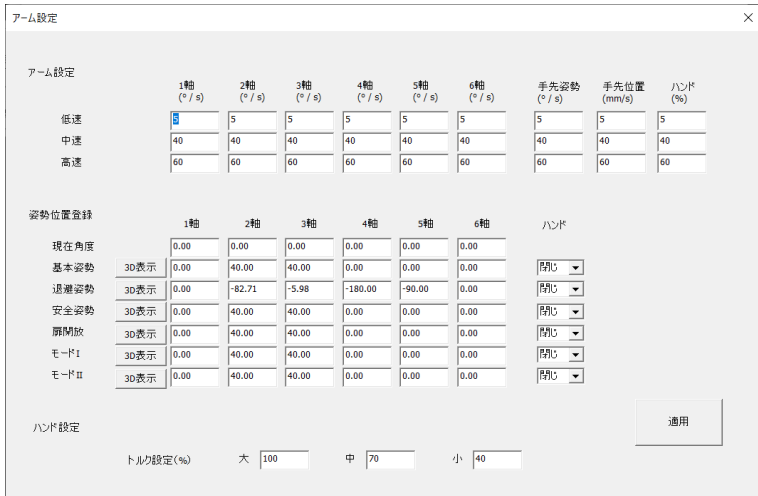
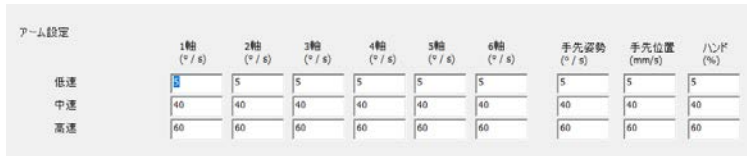
項目	内容
4.2.6 異常解除	<p>■ 異常解除ボタンをクリックし、異常を解除する。</p> 
4.2.7 PC再起動	<p>■ PC再起動をクリックし、PCの再起動を行う。</p> 
4.2.8 目標物設定	<p>■ 目標物設定をクリックし、左側カメラ画像に目標物を表示する。</p>  <p>再度クリックすると表示が消える。</p>
4.2.9 写真撮影	<p>(1) 写真撮影をクリックし、画像ファイルを所定のフォルダに保存する。 (2) 録画をクリックし、動画撮影を開始する。</p> <p>カメラ選択 <input type="text" value="カメラ1"/></p> <p><input type="button" value="写真撮影"/> <input type="button" value="録画"/></p> <p>再度録画ボタンをクリックすると、録画が停止する。</p>

項目	内容
5. 操作終了	以下の手順にて終了操作を行う。
5.1 コントロールソフトの停止	<p>(1) 通信の停止</p> <p>「非常停止中」をクリックして MP 本体を非常停止状態とし、その後通信の「ON」をクリックし通信を停止する。</p> <p>(2) ソフトウェアの停止</p> <p>① ソフトウェア右上の×ボタンをクリックし、コントロールソフトを終了する。</p> <p>② Windows を停止して PC の電源をオフにする。</p> <p>(3) インバータの停止</p> <p>① 操縦装置のケース内にある、インバータの電源スイッチを OFF にし、無線機または PC のコンセントプラグを抜く。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-left: auto;"> <p>インバータを使用した場合に行う。</p> </div>

項目	内容
5.2 MP 本体の停止	<p>② バッテリーとインバータの端子を切り離す。</p>  <p>「2.2.1 本体バッテリー」の逆手順にて MP 本体の電源をオフにする。</p>
5.3 片付け	機器の準備の逆手順にて片付ける。
6. 詳細設定	この項では、詳細な設定が可能な項目について、変更する方法を記載する。
6.1 詳細設定画面の展開	<p>コントロール画面中央の詳細操作ボタンをクリックし、詳細設定画面を表示する。</p> 
6.2 カメラ再起動・再表示・反転	<p>該当するカメラを選択し、再表示、再起動のボタンをクリックする。</p> <p>1 : アーム（アーム先端のカメラ）に関しては、反転あり/なしボタンをクリックして、設定することで、反転の有無を設定できる。</p> 


項目	内容
6.3 写真動画設定	<p>(1) 保存設定をクリックし、保存するファイルパスを設定して適用する。</p> <p>(2) 保存先 OPEN をクリックすることで、保存先フォルダが表示される。</p> <p>(3) 分割の時間（分）を設定することで、動画分割保存の際の時間を設定して適用する。</p> <p>(4) カメラのフレームレートを入力して適用する。</p> 
6.4 アラームの設定	<p>(1) 駆動バッテリーのアラーム設定 駆動バッテリーの警告を表示する割合を設定して適用する。</p>  <p>(2) 電波強度アラーム設定 電波強度の警告を表示する割合を設定して適用する。</p> 
6.5 特異点動作	<p>■ 特異点回避かアラームかを選択して適用する。</p> 




項目	内容
6.6 アーム起動	<p>(1) 基本姿勢、退避姿勢、安全姿勢、扉開放姿勢、モードⅠ、モードⅡの各ボタンをクリックする。</p> <p>(2) 予め登録された姿勢に移動する。</p> 
6.7 目標物把持	<p>(1) 本マニュアルの項目 4.2.8「目標物設定」にて、表示した枠内にドアノブが映るように台車を移動する。台車はドアノブに対して平行になるように配置する。</p>  <p>(2) 目標物把持ボタンをクリックする。</p>  <div data-bbox="906 1126 1359 1256"> <p>アームが自動的に動作し、ドアノブ把持位置へ移動する。</p> </div> <div data-bbox="906 1288 1359 1592"> <p>カメラの撮影状況によりドアノブを誤検出する場合があるため、アームがドアノブに向かっていない場合は、非常停止する。</p> </div>



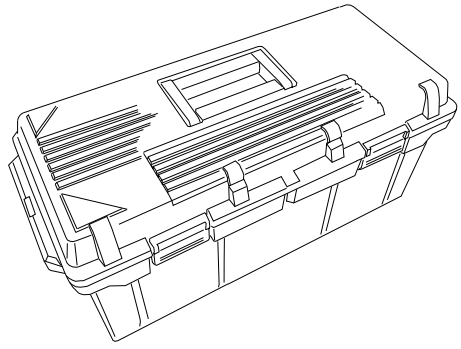
項目	内容
6.8 アーム設定	<p>アーム設定ボタンをクリックし、パスワードを入力することでアーム設定画面が開かれる。</p>  
6.8.1 アーム速度設定	<p>(1) 低速、中速、高速の場合の各軸の速度を入力する。</p>  <p>(2) 適用をクリックする。</p> 



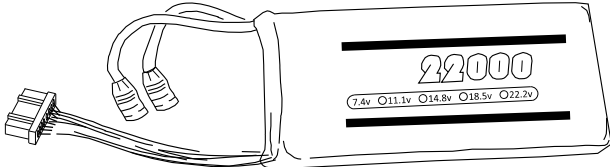
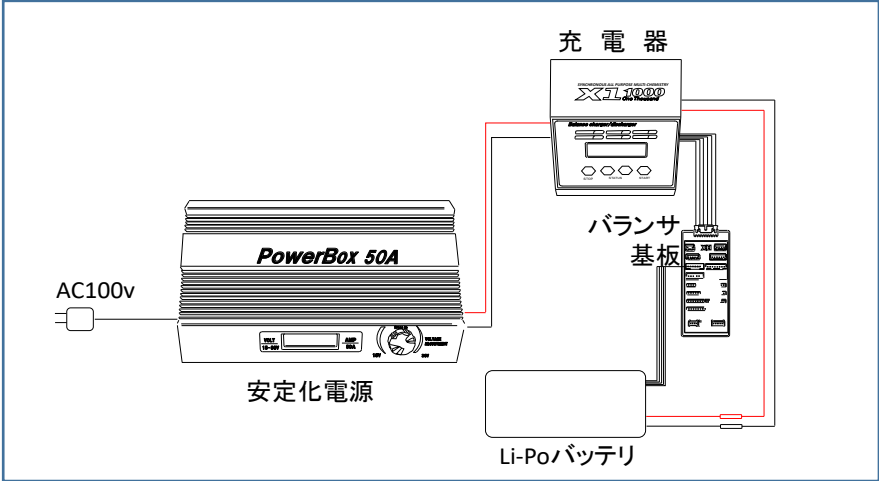


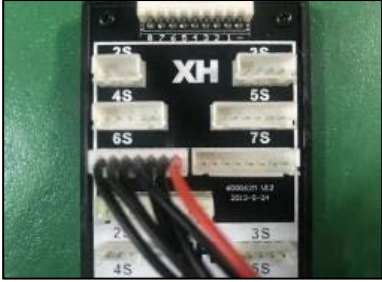
項目	内容
6.8.2 姿勢位置登録	<p>(1) 基本姿勢、退避姿勢、安全姿勢、扉開放姿勢、モードⅠ、モードⅡの各軸の角度およびハンドの開閉を入力する。</p> <p>(2) 3D 表示ボタンをクリックすることで、入力した角度での 3D 姿勢を表示する。</p> <p>(3) 適用をクリックする。</p>
6.8.3 ハンドトルクの設定	<p>■ 大、中、小の場合のハンドトルクを入力する。</p>
6.9 マイコン再起動	<p>■ マイコン再起動をクリックすることで、MP-1 制御 PC の再起動を行う。</p>
6.10 コントローラ設定	<p>(1) コントローラ設定のボタンをクリックしてコントローラ設定を行う。</p> <p>(2) 各ボタンについて動作させる機能を選択して、適用をクリックする。</p> <div style="border: 1px solid blue; border-radius: 10px; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <p>初期設定をクリックすると、初期設定が表示される。設定内容を確認し適用をクリックすることで、初期設定が設定される。</p> </div>

項目	内容
6.11 IPアドレス変更	<p>(1) IP アドレス変更ボタンをクリックして、IP アドレス変更を行う。</p> <p>(2) 5G と 2.4G のそれぞれの IP を設定し適用をクリックする。</p> 
7. インターロック解除機能	<p>この項では、インターロック解除機能手順について記載する。</p> <p>アームに過負荷がかかると「力覚センサー」により MP-1/MP-2 が非常停止し、この解除ができず、遠隔操作のみではアーム動作及びハンド開閉ができない状態になってしまう。</p> <p>インターロック解除機能とは、この状態であってもアーム動作及びハンド開閉を一時的に可能とするための機能である。</p>
7.1 インターロック解除時の動作詳細	<p>■ インターロック解除を行った場合</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ アームは 3 秒間過負荷になっても、力覚センサーは働かず、非常停止状態にならずに動作することができる。</li> <li>・ ハンドは 5 秒間過負荷になっても、力覚センサーは働かず、非常停止状態にならずに開閉することができる。</li> </ul> <p>■ 力覚センサーの警報の違いによるインターロック解除時の動作について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ Force Sensor Limit Over トルク値が約 13Nm を超えた場合の警報であり、本インターロック解除により、アーム動作はできず、ハンド開閉のみ可能となる。</li> </ul> <div style="border: 1px solid #ccc; border-radius: 10px; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p>13Nm は力覚センサーの最大許容値を超えているため、機械的にインターロックがかかる。インターロック解除によりハンド開閉の際は、負荷がより大きくなるよう十分注意すること。</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ Force Sensor Over Load トルク値が約 10Nm を超えた場合の警報であり、本インターロック解除により、アーム動作及びハンド開閉が可能となる。</li> </ul>

項目	内容
7.2 インターロック解除手順	<p>(1)「異常解除」ボタンの下にある「インターロック解除」のチェックボックスにチェックを入れる。</p>  <p>(2)「異常解除」ボタンを押すと非常停止及びインターロックが解除される。</p> <div data-bbox="738 656 1327 779" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>ロボット保全のため、通常時はインターロックを解除した状態で操作しないこと。</p> </div>
8. 通信帯域変更	<p>この項では、ロボットアームにおける通信において、2.4GHz（動作コマンド等）と5GHz（カメラ画像等）の双方を用いた通信（以下、「通常通信」）、2.4GHz のみの通信（以下、「2.4GHz 通信」）及び5GHz のみでの通信（以下、「5GHz 通信」）の各通信帯域への変更を行う手順を記載する。</p> <p>(1) 通常通信</p> <p>通常通信を行う場合には、デスクトップ上にある「MP1_Control」のアイコンをダブルクリックして起動する。</p>  <div data-bbox="1050 1234 1415 1357" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>MP-2 の場合は、「MP-1」を読み替える。以下同様。</p> </div> <p>(2) 2.4GHz 通信</p> <p>デスクトップ上にある 3 つのアイコンのうち、2.4GHz 通信を行う場合には、「2GHz_MP1_Control」のアイコンをダブルクリックして起動する。</p> 

項目	内容
<p>(3) 5GHz 通信</p> <p>デスクトップ上にある 3 つのアイコンのうち、5GHz 通信を行う場合には、「5GHz_MP1_Control」のアイコンをダブルクリックして起動する。</p>  <p>■ 操作ソフトウェア上の無線 LAN レベルについては、2.4GHz 通信および 5GHz 通信の場合でも、通常通り 2.4GHz と 5.0GHz の両方の無線 LAN レベルが表示される。</p>  <div data-bbox="782 851 1356 1120" style="border: 1px solid blue; border-radius: 10px; padding: 10px;"> <p>操作 PC からアクセスポイントに 2.4GHz 及び 5GHz で無線接続している場合に表示される。不要な無線接続は、切断することにより、無線 LAN レベルは表示されなくなる。</p> </div> <p>9. バッテリ充電方法</p> <p>この項では、バッテリーの充電方法について記載する。なお、基本的にはバッテリー本体を取り外した充電とするが、緊急時等は搭載した状態にて充電も可とする。</p> <p>9.1 充電前準備</p> <p>(1) 以下の機器を、充電器保管箱から取り出す。</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 充電器（本体）バランス回路</li> <li>■ 安定化電源</li> <li>■ メインケーブル</li> <li>■ バランスケーブル</li> <li>■ 電圧チェッカー</li> </ul>	

項目	内容
<p>9.2 バッテリー 充電前確認</p>	<div data-bbox="389 277 1423 864"> <p>充電器</p> <p>AC100v</p> <p>PowerBox 50A</p> <p>安定化電源</p> <p>充電機器</p> <p>コネクタ板</p> <p>電圧チェッカー</p> </div> <p>(1) バッテリーの取外し</p> <p>① 「2.1.1 本体バッテリー」の逆手順にて、バッテリーを本体から取外す。</p> <p>(2) バッテリー充電前確認</p> <p>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。</p> <p>① バッテリーチェッカーへバッテリーバランス端子を接続する。</p> <div data-bbox="466 1227 1023 1496"> <p>一端子</p> <p>ツメ</p> <p>バッテリー側 バランス端子</p> </div> <p>② 以下の確認を行い、Li-Po バッテリー管理表（添付資料-1）に記録する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 充電率（%），全電圧（V）</li> <li>■ MAX 電圧（V），当該セル番号</li> <li>■ MIN 電圧（V），当該セル番号</li> <li>■ MAX-MIN 電圧（V）</li> </ul> <div data-bbox="922 1581 1359 1832"> <p>DIGITAL BATTERY CHECKER</p> <p>NiMH LFP LIFe</p> <p>37%</p> <p>MAX-MIN 0.021 V</p> <p>BC580</p> <p>JR PROPO</p> <p>SELECT</p> <p>TYPE</p> <p>Ni-MH TEST</p> <p>Li-Po/LiFe</p> <p>70000000</p> </div>

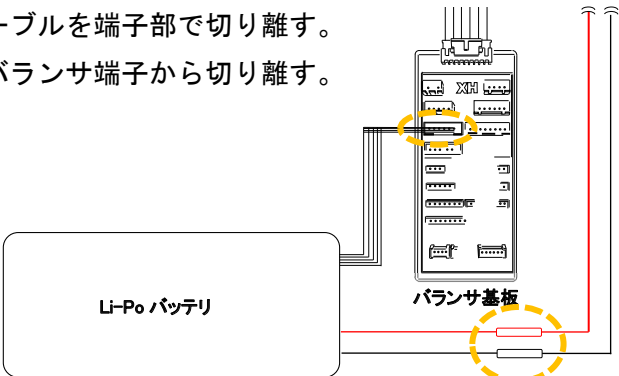

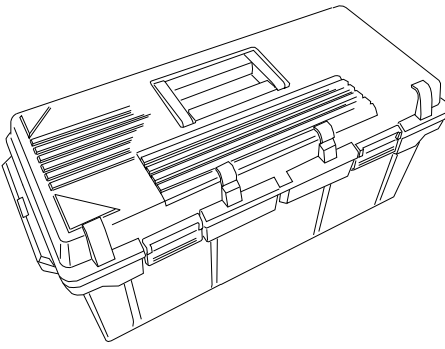
項目	内容
9.3 充電器との接続	<p>③ 外観チェック</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 本体の外装に亀裂等が無いこと。</li> <li>■ 本体に著しい膨張が無いこと。</li> <li>■ 電源とバランスコードに亀裂等の異常が無いこと。</li> <li>■ 電源とバランスコード端子に破損や焦げ跡等の異常が無いこと。</li> </ul>   <p>(1) 安定化電源と充電器（本体）を接続する。（同じ色の端子同士を接続）</p>  <p>(2) 充電器（本体）と Li-Po バッテリーのメインケーブル（同じ色の端子同士を接続）を、バランス基板の 6S へ Li-Po バッテリーのバランス端子を接続する。</p>  

項目	内容
9.4 充電方法	<p>(3) 安定化電源の電源プラグをコンセントに接続する。</p> <p>(1) 安定化電源のメインスイッチを ON にする。</p>  <p>(2) 安定化電源の電圧を 30V に設定する。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>調整ボタンを長押しし、電圧表示を点滅させ調整を行う。</li> <li>調整ボタンを回し、電圧値を設定する。</li> <li>再度、調整ボタンを押し、電圧の設定を完了させる。</li> </ol>  <p>既に 30V になっている場合は操作不要。</p> <p>(3) 充電器の設定</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>充電モードの選択 <ol style="list-style-type: none"> <li>「DEC」または「INC」で [LiPo BALANCE] を選択する。</li> </ol> </li> </ol>  <p>既に「LiPo BALANCE」の表示がされている場合は操作不要。</p>



項目	内容
	<p>② 充電設定</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 「ENTER」を押し、電流値を点滅させる。</li> <li>2) 「DEC」または「INC」で 22.0A に変更する。</li> <li>3) 「ENTER」を押し、セル数を点滅させる。</li> <li>4) 「DEC」または「INC」で 22.2V (6S) に変更する。</li> <li>5) 「ENTER」を押して確定する。</li> </ol> <div data-bbox="440 551 908 889"> </div> <div data-bbox="1011 517 1334 757"> <p>「LiPo BALANCE 22.0A 22.2V (6S)」 の表示がされている 場合は操作不要。</p> </div> <p>③ 充電開始</p> <p>「ENTER」を長押し、メロディが流れた後、再び「ENTER」を押し充電を開始する。</p> <div data-bbox="376 1070 818 1400"> </div> <div data-bbox="820 1037 1406 1120"> <p>キャンセルする場合、BAT/PROG を押す。</p> </div> <div data-bbox="866 1135 1375 1274"> <p>充電中にキャンセルする際も BAT/PROG を押し中止する。</p> </div> <div data-bbox="834 1285 1422 1494"> <p>メロディが流れた後、一定時間（5 秒程度）ENTER を押さない場合、充電は開始されない。充電する場合は再度 ENTER を長押しする。</p> </div> <p>④ 充電終了</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 充電完了のメロディを確認する。</li> <li>2) 安定化電源の電流値が 0A になったことを確認し、安定化電源メインスイッチを OFF にする。</li> </ol> <div data-bbox="403 1641 845 1960"> </div> <div data-bbox="892 1621 1310 1760"> <p>メロディが流れ、充電が完了する。</p> </div> <div data-bbox="888 1776 1319 1908"> <p>90%充電時にも一度メロディが流れる。</p> </div>



項目	内容
9.5 バッテリーの復旧	<p>(1) 充電器へ接続しているバッテリーを切り離す。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① バッテリーのメインケーブルを端子部で切り離す。</li> <li>② バランサケーブルをバランサ端子から切り離す。</li> </ol>  <p>(2) 「2.1.1 本体バッテリー」の手順にて、バッテリー BOX を本体へ復旧する。</p>
9.6 充電器の片付け	<p>(1) 充電器を片付ける。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 安定化電源のメインスイッチを OFF にする。</li> </ol>  <ol style="list-style-type: none"> <li>② コンセントから安定化電源の電源ケーブルを抜く。</li> <li>③ 充電機材を保管ボックスへ収納する。</li> </ol> <p>(2) 充電機材を充電器保管箱へ収納する。</p> 

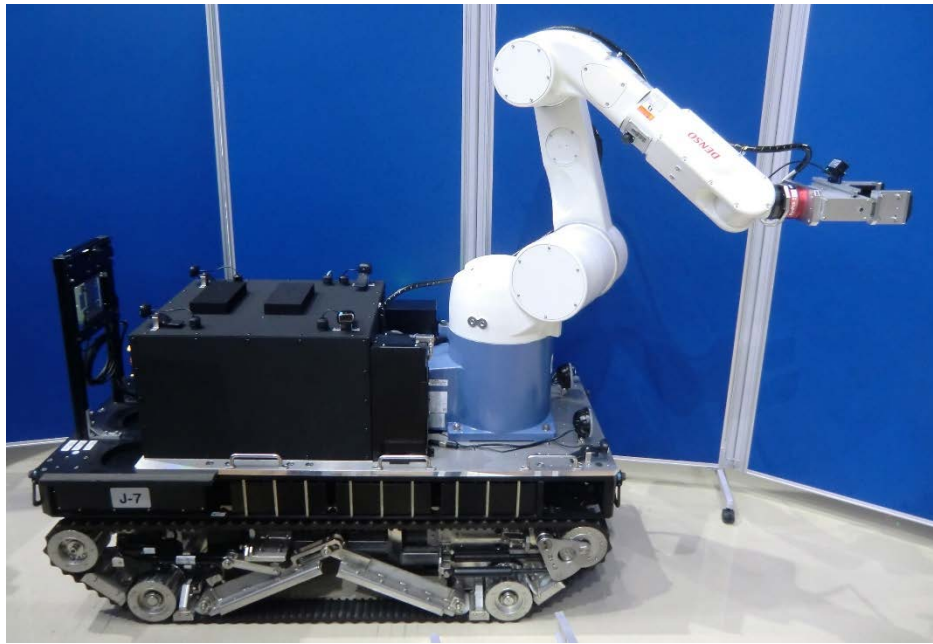


Figure 1.1.1 Work robot (for opening and closing the door)



Figure 1.1.2 The computer for controlling the multi-joint manipulator

### 3. まとめ

平成 30 年度に原子力災害対応用マニピュレータ（扉開閉用）の設計及び製作を行った。

この原子力災害対応用マニピュレータ（扉開閉用）を台車に搭載することで、作業用ロボット（扉開閉用）となり、扉の取手（丸ノブ又はレバーノブ）を回転又は把持でき、扉を開放できる。

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に従って、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。

### 謝辞

運用課で作成した作業用ロボット（扉開閉用）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拠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.

This is a blank page.

# 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 <sup>2</sup>
体積	立方メートル	m <sup>3</sup>
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s <sup>2</sup>
波数	毎メートル	m <sup>-1</sup>
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m <sup>2</sup>
比体積	立方メートル毎キログラム	m <sup>3</sup> /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m <sup>2</sup>
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 <sup>(a)</sup> , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m <sup>3</sup>
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m <sup>2</sup>
屈折率 <sup>(b)</sup>	(数字の) 1	1
比透磁率 <sup>(b)</sup>	(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 <sup>(b)</sup>	rad	1 <sup>(b)</sup>	m/m
立体角	ステラジアン <sup>(b)</sup>	sr <sup>(c)</sup>	1 <sup>(b)</sup>	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
周波数	ヘルツ <sup>(d)</sup>	Hz		s <sup>-1</sup>
力	ニュートン	N		m kg s <sup>-2</sup>
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m <sup>2</sup>	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup>
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 <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>
静電容量	ファラド	F	C/V	m <sup>-2</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>4</sup> A <sup>2</sup>
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup> A <sup>-2</sup>
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V	m <sup>-2</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>3</sup> A <sup>2</sup>
磁束	ウェーバ	Wb	Vs	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>
磁束密度	テスラ	T	Wb/m <sup>2</sup>	kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup>
セルシウス温度	セルシウス度 <sup>(e)</sup>	°C		K
光束度	ルーメン	lm	cd sr <sup>(c)</sup>	cd
照射度	ルクス	lx	lm/m <sup>2</sup>	m <sup>-2</sup> cd
放射性核種の放射能 <sup>(f)</sup>	ベクレル <sup>(d)</sup>	Bq		s <sup>-1</sup>
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
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 <sup>(g)</sup>	Sv	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
酸素活性化	カタール	kat		s <sup>-1</sup> 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 <sup>-1</sup> kg s <sup>-1</sup>
表面張力	ニュートンメートル	N m	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>
角速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg s <sup>-2</sup>
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> =s <sup>-1</sup>
熱流密度, 放射照度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s <sup>2</sup>	m m <sup>-1</sup> s <sup>-2</sup> =s <sup>-2</sup>
熱容量, エントロピー	ワット毎平方メートル	W/m <sup>2</sup>	kg s <sup>-3</sup>
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>
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 <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>
熱伝導率	ジュール毎キログラム	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
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 <sup>-3</sup> K <sup>-1</sup>
電界の強さ	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>
電荷密度	ジュール毎平方メートル	V/m	m kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>
表面電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m <sup>3</sup>	m <sup>-3</sup> s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>	m <sup>-2</sup> s A
誘電率	クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> s A
透磁率	ファラド毎メートル	F/m	m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>4</sup> A <sup>2</sup>
モルエネルギー	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup>
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル	J/mol	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> mol <sup>-1</sup>
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 <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> mol <sup>-1</sup>
吸収線量率	クーロン毎キログラム	C/kg	kg <sup>-1</sup> s A
放射線強度	グレイ毎秒	Gy/s	m <sup>2</sup> s <sup>-3</sup>
放射輝度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m <sup>4</sup> m <sup>-2</sup> kg s <sup>-3</sup> =m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup>
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 <sup>2</sup> sr)	m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> kg s <sup>-3</sup> =kg s <sup>-3</sup>
	カタール毎立方メートル	kat/m <sup>3</sup>	m <sup>-3</sup> s <sup>-1</sup> mol

表 5. SI 接頭語

乗数	名称	記号	乗数	名称	記号
10 <sup>24</sup>	ヨタ	Y	10 <sup>-1</sup>	デシ	d
10 <sup>21</sup>	ゼタ	Z	10 <sup>-2</sup>	センチ	c
10 <sup>18</sup>	エクサ	E	10 <sup>-3</sup>	ミリ	m
10 <sup>15</sup>	ペタ	P	10 <sup>-6</sup>	マイクロ	μ
10 <sup>12</sup>	テラ	T	10 <sup>-9</sup>	ナノ	n
10 <sup>9</sup>	ギガ	G	10 <sup>-12</sup>	ピコ	p
10 <sup>6</sup>	メガ	M	10 <sup>-15</sup>	フェムト	f
10 <sup>3</sup>	キロ	k	10 <sup>-18</sup>	アト	a
10 <sup>2</sup>	ヘクト	h	10 <sup>-21</sup>	ゼプト	z
10 <sup>1</sup>	デカ	da	10 <sup>-24</sup>	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 <sup>2</sup> =10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>
リットル	L, l	1 L=1 l=1 dm <sup>3</sup> =10 <sup>3</sup> cm <sup>3</sup> =10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
トン	t	1 t=10 <sup>3</sup> 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 <sup>-19</sup> J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 <sup>-27</sup> 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 <sup>11</sup> 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 <sup>5</sup> 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 <sup>-10</sup> m
海里	M	1 M=1852 m
バイン	b	1 b=100 fm <sup>2</sup> =(10 <sup>12</sup> cm) <sup>2</sup> =10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup>
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 <sup>-7</sup> J
ダイン	dyn	1 dyn=10 <sup>-5</sup> N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm <sup>-2</sup> =0.1 Pa s
ストークス	St	1 St=1 cm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> =10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>
スチルブ	sb	1 sb=1 cd cm <sup>-2</sup> =10 <sup>4</sup> cd m <sup>-2</sup>
フオット	ph	1 ph=1 cd sr cm <sup>-2</sup> =10 <sup>4</sup> lx
ガリ	Gal	1 Gal=1 cm s <sup>-2</sup> =10 <sup>-2</sup> ms <sup>-2</sup>
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm <sup>2</sup> =10 <sup>-8</sup> Wb
ガウス	G	1 G=1 Mx cm <sup>-2</sup> =10 <sup>-4</sup> T
エルステッド <sup>(a)</sup>	Oe	1 Oe Δ (10 <sup>3</sup> /4 π) A m <sup>-1</sup>

(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「 Δ 」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 <sup>10</sup> Bq
レントゲン	R	1 R = 2.58×10 <sup>-4</sup> C/kg
ラド	rad	1 rad=1 cGy=10 <sup>-2</sup> Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 <sup>-2</sup> Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 <sup>-9</sup> T
フェルミ	f	1 フェルミ=1 fm=10 <sup>-15</sup> 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 <sup>-4</sup> 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°C」カロリ), 4.1868 J (「IT」カロリ), 4.184 J (「熱化学」カロリ)
マイクロン	μ	1 μ=1 μm=10 <sup>-6</sup> m

