

第 10 回廃炉創造ロボコンへの挑戦

山口 華穂*, 千葉 絢音*, 金子 泰基**, 村上 太一***

渡邊 大輝**, 金澤 響己****, 吉田 雅史*****

Challenge for the 10th creative robot contest for decommissioning

Kaho YAMAGUCHI, Ayane CHIBA, Motoki KANEKO, Taichi MURAKAMI

Taiki WATANABE, Hibiki KANAZAWA and Masafumi YOSHIDA

Abstract: We participated in the 10th creative robot contest for decommissioning. This paper aims to describe the overview and rules of the contest, as well as the activities actually carried out, and to organize knowledge that will enable smoother participation in future competitions. In addition, this study aims to enhance student awareness of the creative robot contest for decommissioning within Ube KOSEN and to stimulate interest among students from other departments.

Key words : creative robot contest for decommissioning

1. はじめに

廃炉創造ロボコンは、2016 年を第 1 回として本年度第 10 回目を数える¹⁾。当該ロボコンは、原子力分野とくに廃炉という困難な課題に対し、将来的にこの分野を担う人材育成の中でも、ロボット製作を通じた廃炉そのものを題材とした PBL 教育の一環として位置づけられている。単なるロボットの性能競争ではなく、学生の「創造性」と「課題解決能力」の涵養を主目的としている。既存の PBL (Project Based Learning) 教育をさらに発展させつつ、自らを客観視する「メタ認知能力」の育成を狙っており、これらの能力は、福島第一原子力発電所の原子炉格納容器 (PCV) 内部調査という実社会の未解決課題に取り組むプロセスを通じて育まれる。ここで創出された技術やアイデアは、実際の現場適用や関連企業との共同研究へ発展することも期待される。

本校電気工学科の自主活動グループ E-Project は、令和 6 年度から当該ロボコンへのエントリーをスタートした。本年度我々は、2 大会連続 2 回目の本戦出場を果たした。本稿では、本年度の取り組みについて詳述する。

(2026 年 2 月 6 日受理)

責任著者：吉田雅史

* 宇部工業高等専門学校 電気工学科 2 年

** 宇部工業高等専門学校 電気工学科 1 年

*** 宇部工業高等専門学校 電気工学科 4 年

**** 宇部工業高等専門学校 電気工学科 5 年

***** 宇部工業高等専門学校 電気工学科

2. 第 10 回廃炉創造ロボコン要項

本競技は、福島第一原子力発電所の原子炉格納容器 (PCV) 内部調査を想定して行われる。具体的な想定環境とロボットのアクセスルート概念図を図 1 に示す。ロボットは図中の「X-1 ペネ」を模した配管から内部へ進入し、狭隘部や階段を通過して底部へアプローチすることが求められる。具体的なミッション手順は以下の通りである。

1. 配管内からスタートし、内部を通過
2. 狭隘部(幅 0.5m)を通過、階段を下降してフロアへ到達
3. フロア上の堆積物を回収
4. 往路と同じ経路を辿り、スタート地点まで帰還

上記を競技時間 10 分間で達成しなければならない。

競技フィールドの全体図を図 2 に示す。これは実際のプラント環境を模した仕様となっている。内径約 600 mm の VU 配管をスタート地点とし、配管を抜けた先のステージおよび階段の踊り場には、ステンレス製のグレーチングが敷設されている。階段の手前には、幅 0.5m に制限された狭隘部が設置されており、ロボットの小型化や走行精度が問われる。また、フィールド以外の制約条件として、現場の高放射線・暗所・閉鎖環境を想定して以下が課される。

- ・ 視界制限: オペレーションエリアからはフィールドを直接視認不可。
- ・ 通信方式: 制御は有線のみ。
- ・ 飛行禁止: ドローンは使用不可。

なお、ロボットのサイズおよび重量に関する制限は設けられて

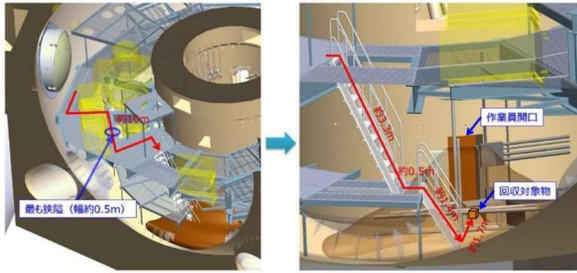


図1: 想定されるPCV内部調査とアクセスルート。

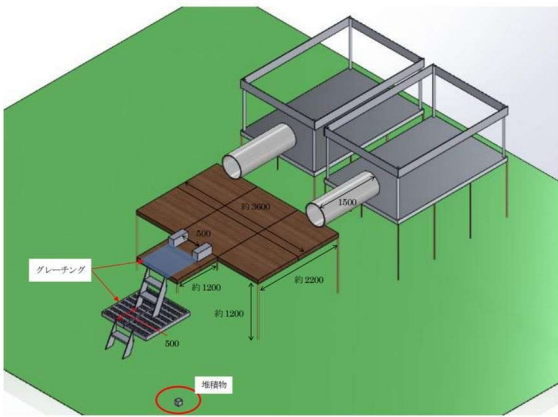


図2: 競技フィールドの全体概要。

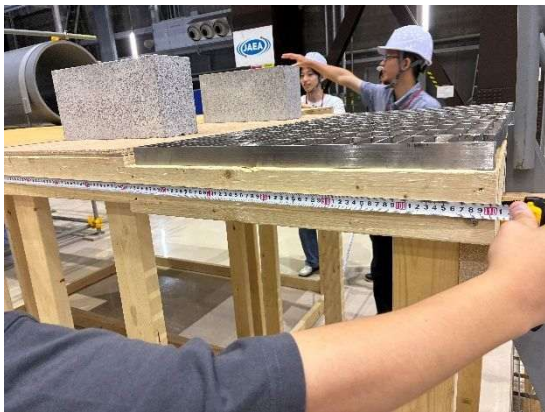


図3: 採寸の様子。

いない。競技の詳細は参考文献1を参考にされたい。

3. 檜葉サマースクール

3.1 概要

廃炉創造ロボコンに参加する高等専門学校生を対象として、2025年8月27~28日に福島県にて第10回廃炉創造ロボコン檜葉サマースクールが実施された。廃炉の現状および関連技術への理解を深めることを目的としており、講義、施設見学、ならびに競技に関連した実地活動から構成されている。

3.2 廃炉の現状および関連技術の理解

まず、複数の企業関係者による講義が実施された。廃炉作業で必要とされるロボット技術や遠隔操作技術を中心に、放射線環境下での作業に伴う制約条件や安全対策の解説がなされた。これらを通して、廃炉現場ではロボット技術が不可欠であること、また実機開発では信頼性や操作性が極めて重要であることを理解した。この知識は、当該ロボコンの競技課題が廃炉現場を模擬して設計されている理由を理解するうえで重要な示唆を与えるものであった。また、東京電力廃炉資料館を訪れた。ここでは、福島第一原子力発電所事故に至る経緯、事故当時の状況、ならびに現在進められている廃炉作業について、展示資料を通して学習した。事故後の対応や長期的な廃炉計画を知ること、廃炉が継続的かつ段階的な取り組みであることを理解した。併せて、福島第一原子力発電所での実際の建屋や設備を直接確認する機会も得た。現地でも得られたスケール感や設備配置に関する理解は、廃炉作業の困難性を実感させるものであり、競技課題を現実の問題として捉える意識の醸成につながった。

3.3 フィールドの実寸作業

檜葉遠隔技術開発センターでは、当該ロボコンの競技フィールドの採寸作業を行った(図3参照)。実際に測定することで、設計上の制約条件を具体的な数値として把握できた。この採寸作業は、後述するロボット設計や機構検討において重要な基礎資料となり、競技を現実的な課題として捉えるうえで極めて有効であった。

本サマースクールを通じて、廃炉創造ロボコンが実際の廃炉現場に基づいた課題設定を行っていることを、講義および現地見学を通して理解した。これらの経験は、単なる競技への参加にとどまらず、競技ロボットの設計方針や課題解決の考え方に影響を与えるものである。以上のように、本サマースクールでは参加学生が廃炉の現場や技術的課題を多角的に学ぶ機会となった。

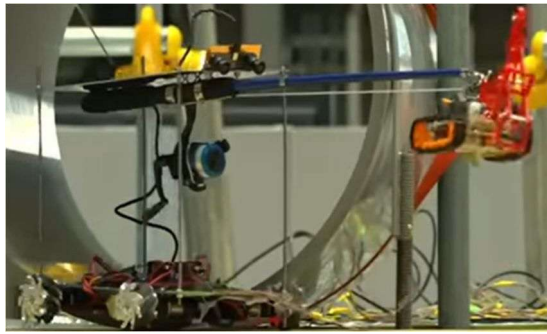
4. 製作ロボット

4.1 ロボット概要

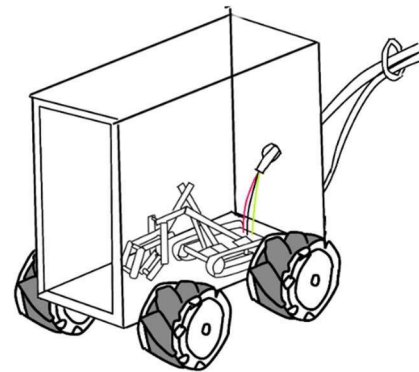
上述した競技要項を鑑み、我々は1台の大型移動用ロボット(以下、親機)の中に1台の回収装置を搭載した小型回収装置(以下、子機)を搭載したロボットを提案した(図4参照)。親機のコンセプトとして、時間制限と同時に狭隘部の通過、対象物の回収を実現させるために、

- ・コンパクトであること
- ・高俊敏性を有すること
- ・操作が容易であること
- ・子機の格納性能とその発射機構を有すること

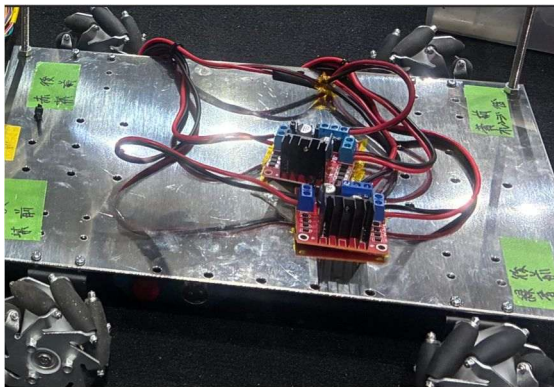
を念頭に置いた。それらを実現するための具体的なアイデアと



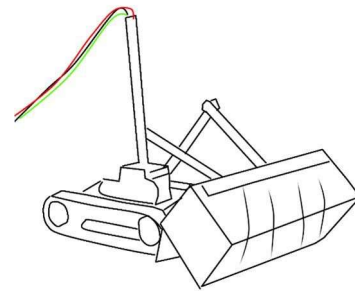
(a)



(a)



(b)



(b)

図4: エントリーしたロボットイメージ図；
(a)親機、(b)子機。



(c)

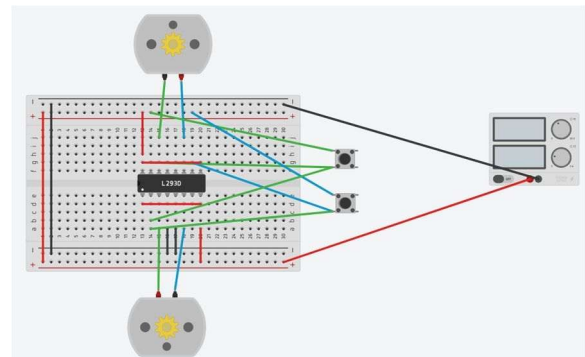


図5 シフトレジスタを中心とした拡大図。

して、全体幅を 400mm 以下にした親機をメカナムホイールおよびモータードライバーで稼働性を工夫した。子機をカタパルト敵に発射する機構で、急峻かつ空洞性の高い階段を使わず階下へ移動させるようにした。

子機については、確実に対象物を回収するシンプルなアーム、着地時の衝撃に耐えうる高い堅牢性および転倒しない確実な着地性能、繊細な操作性、配線の自己巻き上げによるエレベーター方式をコンセプトとした。また、両ロボットにカメラを搭載させて、その視野でそれぞれを独立した状態で操作できるよう提案した。両機の移動用の回路図を図5に示す。直流安定化電源（12V、1A 出力）にHブリッジ型モータードライバーを繋げる。モーターに接続しなかった残りの2つのタイヤはギヤや串などを通して連動させる予定とした。

4. 2 製作過程

図6にロボットの全体図を示す。親機は4WDのメカナムホイールを使用したものである(図6(b)参照)。Arduinoの基盤をモータードライバー2つへ変更して現在の状態となった。結果的には動作に多少のズレがあったもののスムーズな動作を行うことに成功した。子機の降下方法について、当初計画した発射機構の場合、子機をシンプルな構造にしたとしても約1.5mからの落下に耐えうる構造および確実な着磁が困難であった。そのため、子機を竿で吊り上げて、降下時に、竿を伸長させることで階下まで子機を移動させる方法に変更した。なお、

子機はタミヤ社が販売するロボットをベースとしてクレーンを搭載した機構とした(図 6(c)参照)。これらの完成したロボットは、「マイコン等を使用せず、廃炉の環境下に合う。」「今までの回収方法の中でかなり正確である。」など第 10 回廃炉創造ロボコン 檜葉サマースクールで得た知見を盛り込んでいる。

5. 本選

5.1 本選

本選に向けて試走期間が前々日と前日の 2 日間に設定されており、1 日 2 回ほどフィールド利用が認められる。フィールド利用時間外は、ロボットの修正および最終チェックに充てた。競技当日も自分達の競技順まで調整できた。本チームは前日に本選会場に到着した。親機を試走させたところ、フィールド上をスムーズな動きで操作することができることを確認できた。

本選では、ロボットを競技フィールド後方に設置されたオペレーションエリアにて操作した。2.2 小節にて詳述したとおり視界は完全に遮断されていた(図 7 参照)。本チームは外部の様子を親機に搭載したカメラから確認した。競技直前までロボットの動作および配線を入念に調整したものの、競技序盤の配管を抜けた際にアクシデントが発生した。親機が指示通りに動かなくなっており、前日の試走のような動きができなくなったため、本来吊り下げた状態であった子機をフィールド上に降ろして、子機のみによる操作でミッションを遂行する方向に急遽変更した。自分たちの目標の一つとして幅 500mm の狭隘部へたどり着くことを挙げていたが、本選では子機だけであるが狭隘部にたどり着くことができた。競技終了後に現場を確認すると、親機の後方のメカナムホイールの一つが脱輪していた。車軸から外れていることが判明した。数々の試走を繰り返すことで車軸との接合部が緩んでしまっていたことが要因と考えられた。

また、本選では実現できなかったが、試走の際に、競技フィ



図 7: 操作場所

ールドの床がグレーチングであったり、段差が多かったりしたため有線が引っ掛かりことによる制御困難な場面も体験した。

5.2 ふりかえり

本選後に本チームでの活動を通じたアンケート調査を実施した。アンケート項目は以下の 3 項目である。

Q1: 活動は楽しめたか

Q2: 成長したと思えるスキル(複数回答可)

Q3: 今後伸ばしたいスキル(複数回答可)

すべての項目について選択方式とした。

Q2 および Q3 に関してはいずれも同じ選択肢として、

Q2-①行動持続力

Q3-②情報収集力

Q3-③計画立案力

Q3-④協働力

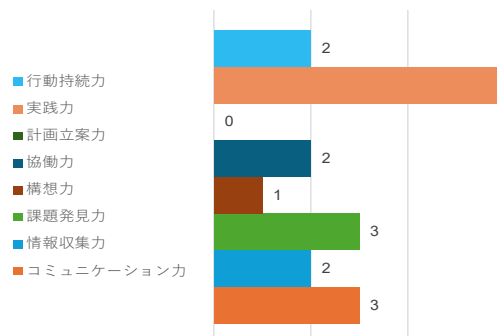
Q3-⑤構想力

Q3-⑥課題発見力

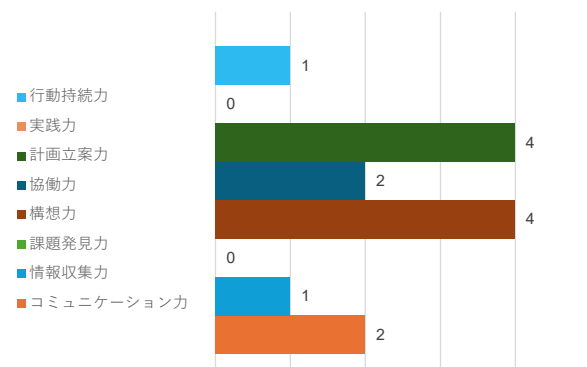
Q3-⑦情報収集力

Q3-⑧コミュニケーション力

を選択してもらった。全参加メンバー 13 人のうち 6 人から回答を得た(回答率約 46%)。回答した全員が「活動はとても楽しかった」あるいは「楽しかった」と回答しており、本活動の魅力は十分にあつ



(a)



(b)

図 10: アンケート集計結果(複数回答)、(a) Q2「成長できたと思えるスキル」、(b) Q3「今後伸ばしたいスキル」。

たことが示唆できる。図 10(a)に Q2「成長できたと思えるスキル(複数回答)」を、図 10(b)に Q3「今後伸ばしたいスキル(複数回答)」の回答結果をまとめた。これによると、全員が成長したこととして実践力をあげていることが分かる。また、将来的には、構想力と計画立案力といった予定を立てるための力を伸ばしたいと思っている人が多いことが判明した。構想力や計画立案力は、本選までに至るプロセスを見える化するための必須スキルであることから、ロボット製作を遅滞なく円滑を進めるための重要な要素の一つとしてとらえるメンバーが多いことが示唆できる。また、情報収集力と行動持続力は成長したと感じる人が少ないが、今後伸ばしたい力だとも思われてもいないことも分かった。これらのスキルは、すでに持ち合わせているスキルである可能性もある。

6. まとめと今後の展望

本年度、E-project チームとして廃炉創造ロボコンに 2 回連続 2 回目の本戦出場を果たした。ミッションを達成させるために、ロボットを親機と子機を制作した。2 機製作することで作業量は増えたものの、どちらかが走行不能となった場合に片方のみ動かすことができるという利点が今回有効に働いた。また、親機のタイヤにメカナムホイールを使用したことで、競技中にタイヤが一つ外れても動かすことができたことはミッションの一つを達成する要因となった。本選では脱輪や、有線が引っ掛かるなどのトラブル発生が

散見した。これは事前の確認が不十分に他ならない。また、確認が不十分だった点として操縦をする場所について考えが及んでおらず有線の長さが足りなかった事も挙げられる。想定外をいかに減らせるかが極めて重要であることも学べた。

今後の改善案として、フィールドの再現した走行テストが挙げられる。実際の物品を用いることや、3D プリンターなどを使用して平地以外の場所の再現することは本選でのトラブル発生要因やトラブル対策を事前に可能と出来る。また、有線がばらばらの細かいケーブルを養生テープでまとめてある状態であったため絡まりやすい問題も発生した。今後は、LAN ケーブルを用いること、ケーブルを巻き取り式にすること、そのケーブルの長さを最低でもフィールド以上の長さ(20 m 以上)用意することが挙げられる。さらに、我々電気工学科の学生の知識では本体設計などの面においては難しいところが多かったため、他学科の生徒に協力してもらえよう準備を進めるつもりである。

参考文献

- 1) 廃炉創造ロボコン実行委員会, 日本原子力研究開発機構, 廃止措置人材育成高専等連携協議会: “第 10 回 廃炉創造ロボコン 実施要項”, 2025, <https://fdecomi.fukushima-nct.ac.jp/2025/No10Hairobo.pdf>
最終閲覧日: 2026 年 1 月 16 日.