



2021年2月16日

ロボット性能評価人材育成講座に係るシンポジウム

ロボットを活用した トンネル及びプラント災害調査分野 ＜事業成果報告＞

主任講師

名古屋工業大学 佐藤徳孝

※シンポジウム当日の資料と若干異なります。(著作権などを考慮)

- **目的：手順書全てに目を通して理解**

- 手順書を講師が読み上げ、段落や單元ごとに解説・補足説明

- **実施計画**

- 2018年度

- 座学1：関連する周辺知識の習得、手順書の全体構成・前文

- 2019年度

- 座学2：共通基本性能1

- 座学3：共通基本性能2、プラント総合性能

- 座学4：プラント実習の準備

- プラント実習

- 座学5：個別性能1

- 2020年度

- 座学6：個別性能2、トンネル総合性能

- 座学7：手順書残りの部分、トンネル演習

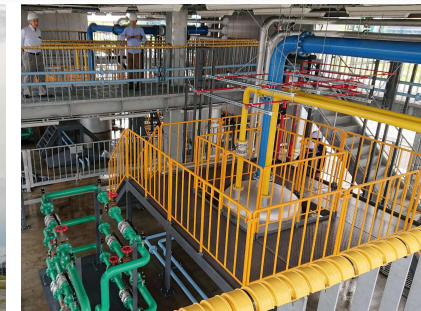
大学の授業23回相当を実施

プラント実習の概要

3

■ 実施日：2019年11月26日～27日

- 26日10:00～15:00 試走
- 26日15:00～19:00 本番走行
- 27日09:00～12:00 グループワーク



■ 参加者：受講生と運営合わせて約20名



■ 参加ロボット



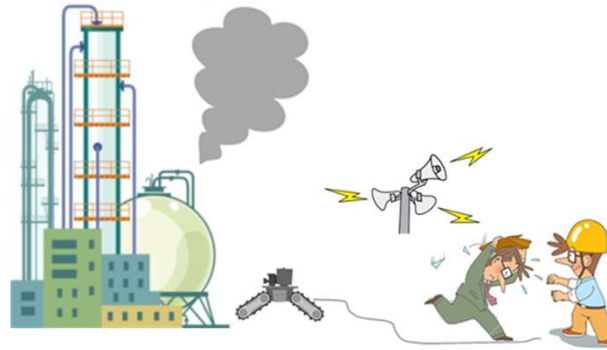
受講生を約4名ずつ4グループに分ける

プラントでの総合性能評価試験

4

プラント災害を想定したミッション型試験の考え方

実災害現場の想定



石油化学プラントでガス発生警報が発せられると、作業員はいったん避難した上でシステムを止め、火災が発生していないことを確認した後、ガス検出器を持ちながら風上側から接近して状況を確認している。この時の現場状況と人の活動状況を参考に、人が立ち入らずに情報収集を可能とする陸上移動型ロボットの性能を評価する手法と場を提案する。

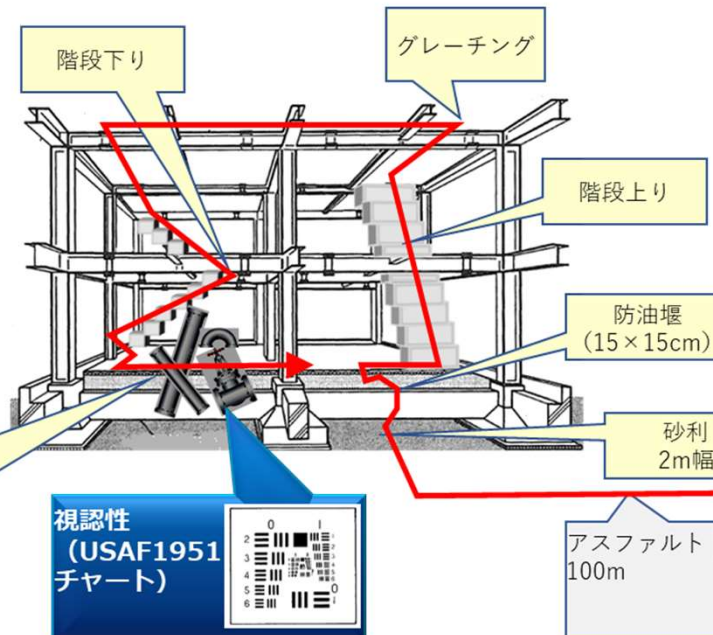
福島RTFを使ったミッション型試験



ミッション型試験以外で個別に確認する性能

- 無線通信
- 防水・防塵
- 防爆
- ガス検知器感度

倒壊・狭隘
"ジャングルジム"



環境因子:



運動性能・長距離持続性
有線通信

探査性能
視認
熱(人)・熱(異常高温)検知

搬入→準備
→スタート



実施不可能なタスクは実施しなくてよい

試験の様子（動画）

5



受講者間で互いの試験監督を担当

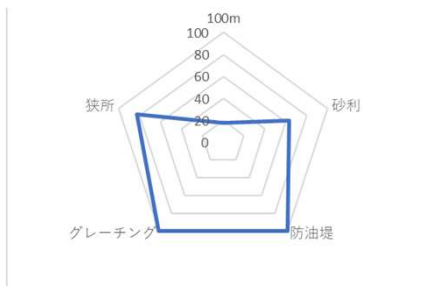
走行結果の定量化・可視化

6

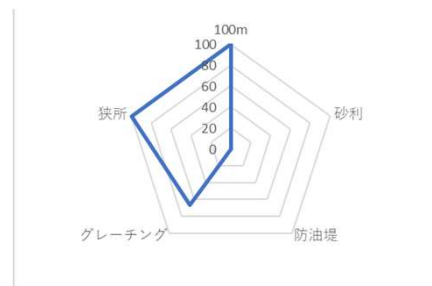
タスク所要時間から、30分間での回数に換算し、最大を100として正規化（WRS）

	100m	砂利	防油堤	グレーチング	狭所	合計
ロボットA	18	63	100	100	83	364
ロボットB	100	0	0	67	100	267
ロボットC	0	100	27	100	16	242
ロボットD	0	0	80	49	25	154

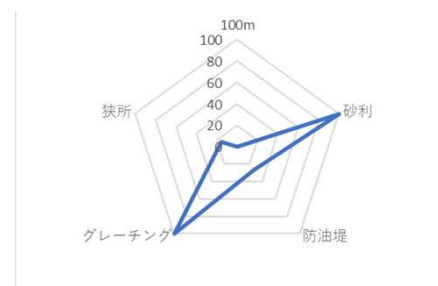
ロボットA



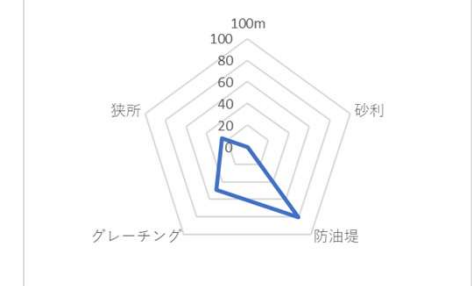
ロボットB



ロボットC



ロボットD



情報交換 & ディスカッション

7



■ 成果

- 受講者の性能評価手順書への理解が深まったこと
 - 受講者が互いに試験監督を実施
 - グループディスカッションの実施
- 福島RTFを利用した手順書準拠試験のモデルケース
 - フィールド構成品の3D図面化
 - 映像記録システムの構築
- 走行結果の定量化・可視化
 - 手順書未記載
 - ロボット競技会の考え方を導入

■ 課題

- ロボットの多様性がもう少しあれば良かった
 - 階段・熱・ガスに対応できるロボットがいなかった
- 手順書の曖昧さの補足方法する必要あり
 - 受講生：「手順書を読んだだけでは再現できない」

トンネル演習の概要

9

- 受講生を一堂に会した実習はできない
 - － 演習：性能評価試験の様子を運営側で撮影し、動画を見て学習
 - 手順書に記載されている方法で、ロボットごとに一通りの試験を実施
- 遠隔学習用映像の撮影会の実施
 - － 実施日：2020年11月4日
 - － 使用ロボット：5台（運営側で準備）

※10/19に名工大2ロボットを用いて予行



- 遠隔学習用の教材を作成し、解説する座学を実施
 - － 座学の内容：撮影時の様子の説明（若干残っている手順書の解説も）
 - － 受講生への課題：動画を見て、自作したチェックシートを埋める

トンネルでの総合性能評価試験

10

3. ミッション型試験要領の使い方ガイド

トンネル災害を想定したミッション型試験の考え方

実災害現場の想定

笹子トンネル天井版落下事故（2012年12月2日発災）の現場状況と人（消防隊など）の活動記録を参考に、人が入坑せず情報収集を可能とする陸上移動型ロボットの性能を評価する手法と場を提案する。

搬入→準備
→スタート



福島RTFを使ったミッション型試験

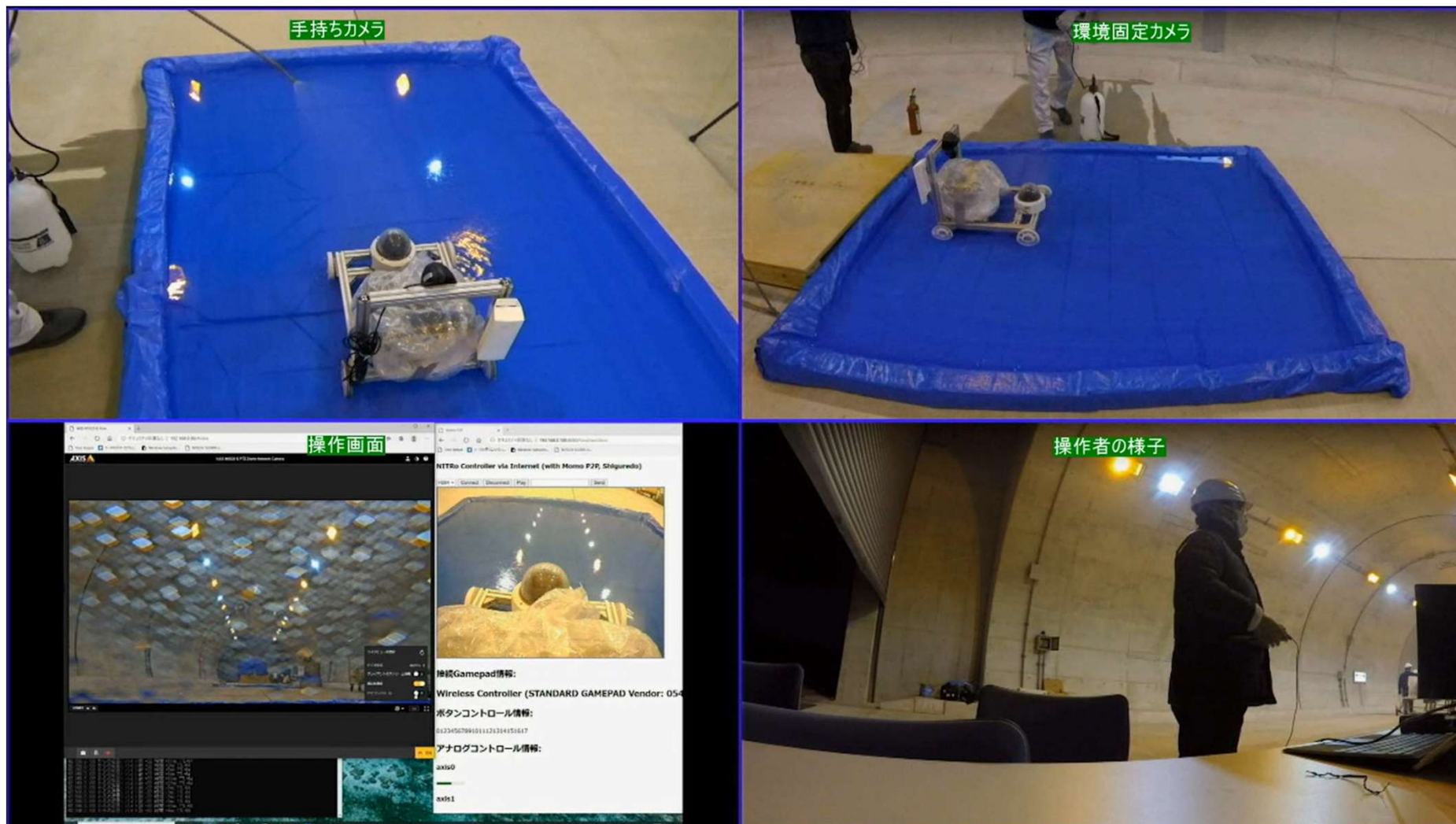
搬入→準備
→スタート



実施不可能なタスクは実施しなくてよい

試験の様子（動画）

11



課題と提出されたレポート

12

課題内容：自作したチェックシートに動画を見て記入せよ。

ロボット 基本性能	ロボット名称	HITRo		型式:	製造 No.	
	質量	15 kg	最大外形	× × mm		
	通信	有線 無線	最小外形	× × mm		
	適用温度	~ °C	防爆	○ / ×	ゾーン:	
	耐環境性	IP		防爆種別:	番号:	
	登坂性	度	最大速度	km / h	照明	◎ / ×
	カメラ	静止画: 2 / × 台 設置場所:		動画: 2 台 設置場所: 機体前部, 上部		

操作者氏名		所属: 名古屋工業大学			
		操作経験: 100		時間	
試験項目	路面・状況	試行	環境	開始時刻	完了時刻
	視認(高所)	○ / ×	暗所/+煙/+降水		
	視認(狭所)	○ / ×	暗所/+煙/+降水		
	熱(人)検知	○ / ×	暗所/+煙/+降水		
	アスファルト	◎ / ×	暗所/+煙/+降水		
	砂利	○ / ×	暗所/+煙/+降水		
	障害物	○ / ×	暗所/+煙/+降水		
	水溜まり	○ / ×	暗所/+煙/+降水		
	狭隘部	○ / ×	暗所/+煙/+降水		
備考	スタート走行試行中12モジュール不具合が生じたため、試行中止。 約400m ほどは走行した。				
気付き	折り返しをしようとしたときに通信が不安定に存在。				

提出されたチェックシートの例

教育効果的に問題がないことを確認

■ プラント実習の経験

- 多様なロボットの参加が重要
- 防水ロボットの参加がないことが懸念
→主任講師が約1か月で開発



■ 開発のコンセプト(メリハリのある開発)

- 機構：3Dプリンタ、ボール盤、バンドソーのみ使用
 - モータ、カメラ、無線機器など露出する機器は防水仕様のものを選定
 - 電源や制御用マイコンを防水ケース（+ポリ袋）に収納
- 回路：はんだごてを握らない
 - AC出力可能なモバイルバッテリーを使用
- ソフト：最小限のコーディング（オープンなものを活用）
 - webRTCのオープンソフトウェア“Momo”(by時雨堂)の活用

性能評価試験内容を理解すると、効率的な開発が可能

■ 成果

- 新型コロナウイルス対策への対応
 - 演習（ビデオ学習）として実施
 - 課題結果から教育効果が失われていないことを確認
- 福島RTFを利用した手順書準拠試験のモデルケース
- 手順書を活用したロボット開発事例
 - 性能評価試験を理解すると見通しの良い開発が可能

■ 課題

- （実際に体験してほしかった）
- 試験の準備が煩雑
 - 1日以上かかる（プラント実習では2日間）
 - RTFの設備を利用した試験への変更
 - RTFで資機材を保守保管

■ 手順書改定案

- 総合性能評価（プラント、トンネルでの試験）の準備が煩雑
 - 1日以上かけて準備 → 準備・試験・撤収を1日でできるように
 - RTFの活用を前提とした試験法の追加
 - プラント実習やトンネル演習をモデルケース
- 読者が自分たちで再現するのが困難
 - 共通基本性能・個別性能：関連規格を参照せずに理解できるように
 - 総合性能：フィールド設備の図面や配置の追記
- 作業性能に関する評価手順の追記
 - “ロボットを活用したトンネル及びプラント災害調査分野”

■ 陸上ロボット（およびその性能評価）の応用分野の提案

- 頻度の高い災害（消防業務従事者にとって日常的災害）
 - 火災、水害、土砂災害、山岳救助、etc.
- ニューノーマルなロボット応用分野
 - コンビニ業務、運搬、受付、巡回、消毒、etc.

■ 実績

－ 講座回数(大学授業23回相当)

- 座学：4会場(東名阪福)それぞれで1.5 h を14回実施
- プラント実習：2019年11月に福島RTFで1泊2日で実施
- トンネル演習：2020年11月に動画を撮影し、座学として実施

－ 受講者数

- 受講者数：39名
- 修了者数：6名（少数精鋭）

■ 実施内容を踏まえた今後に向けた提案

- － 手順書の改定案
- － 応用分野

この3か年で終わらせず、今後の継続を強く希望する

(実施形態の変更が必要?)