

工場におけるオートメーション化を 目指したロボット競技大会の紹介

RoboCup Industrialと
WRS-製品組立チャレンジの
現状とこれから

龍谷大学 植村 渉

工場のオートメーション化

ロボット技術の発展に伴い
工場ではオートメーション化が加速
◦ 固定型ロボットアームや自律移動ロボット

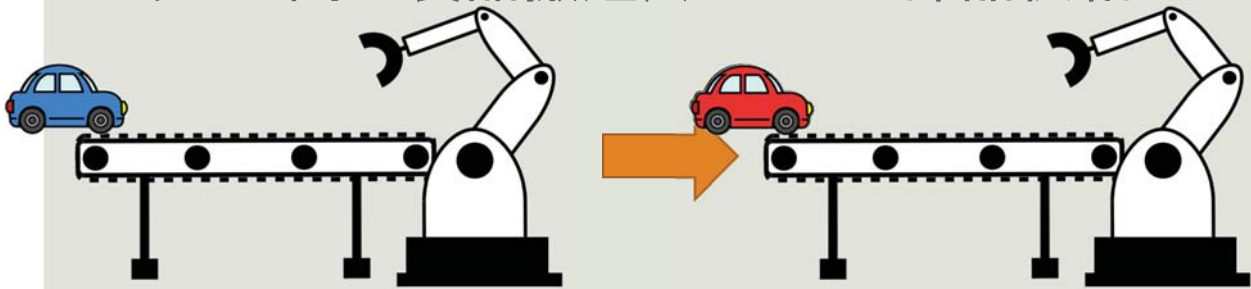
生産形態の変化

Industrie 4.0

いままで:産ロボが,製品を加工

これから:製品側が産ロボに加工指示

ライン間の製品搬送,産ロボに部品供給



EuRoC の決勝チーム:工場内の部品供給にドローンを利用

「インフラメンテナンスにおけるロボット活用シンポジウム-完全無人化に向けて-」

3

工場のオートメーション化

工場の生産ライン

大量
生産

Industrie
4.0

変種
変量
生産

自律移動ロボット



RoboCupとは(公式版),

ロボット工学と人工知能の融合, 発展のために自律移動ロボットによるサッカーを題材として日本の研究者らによって提唱

西暦2050年「**サッカーの世界チャンピオンチームに勝てる、自律型ロボットのチームを作る**」という夢に向かって人工知能やロボット工学などの研究を推進し、様々な分野の基礎技術として波及させることを目的としたランドマーク・プロジェクト

RoboCup のリーグ

ロボカップサッカー

- シミュレーションリーグ
- 小型ロボットリーグ
- 中型ロボットリーグ
- 標準プラットフォームリーグ
- ヒューマノイドリーグ



標準プラットフォームリーグ (旧: 四足リーグ / アイボリーグ)

同じハードウェアを用いた実世界のソフトウェア勝負.

- 二足歩行ロボットNAO (昔はソニーのAIBO) を用いて、サッカーの試合をする.



RoboCup の種類

- ロボカップサッカー
- ロボカップレスキュー
- ロボカップ@ホーム
- ロボカップジュニア



2013年から正式リーグ

- RoboCup Logistics League (RoboCup Industry)

(参考) 2016ドイツ大会

Soccer



Rescue



(参考) 2016ドイツ大会

@Home



Junior



(参考) 2016ドイツ大会

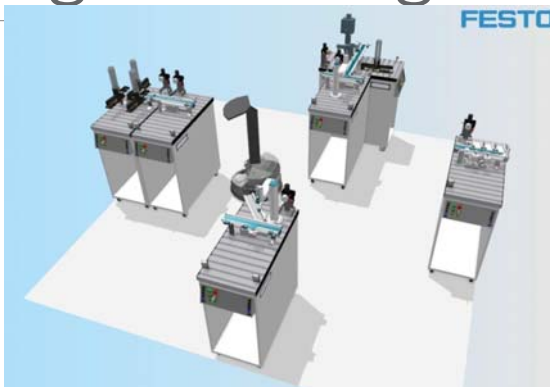
会場の様子



開会式・閉会式など



RoboCup Logistics League



3台のロボットを用いた競技

多品種少量生産の工場のオートメーション化がモデル

製品を作るのに必要な素材を集めてくる。

複雑な組み合わせの製品ほど、点数が高い

RoboCup Logistics League



「インフラメンテナンスにおけるロボット活用シンポジウム—完全無人化に向けて—」

13

WRS (World Robot Summit) とは？

人間とロボットが共生し協働する世界の実現を念頭に、世界のロボットの叡智を集めて開催する競演会(主催:経産省, NEDO)

2015年策定の「ロボット新戦略」に基づき、世界中のロボット関係者が一堂に集まり、リアルな日々の生活, 社会, 産業分野での**ロボットの社会実装と研究開発を加速させる**ことを目的とする。

ロボットの競技会「World Robot Challenge」と、最新のロボット技術を展示する「World Robot Expo」で構成



競技会 :
World Robot Challenge (WRC)



展示会 :
World Robot Expo (WRE)

シンポジウム / ワークショップ・プログラム

サイドイベント・プログラム

- ・ものづくりカテゴリー
- ・サービスカテゴリー
- ・インフラ・災害対応カテゴリー
- ・ジュニアカテゴリー

RoboCup ↔ WorldRobotSummit

- ロボカップサッカー ↔ なし
- ロボカップレスキュー ↔ インフラ災害
- ロボカップ@ホーム ↔ サービス
- ロボカップ
インダストリアル(RCLL) ↔ ものづくり
- ロボカップジュニア ↔ ジュニア

Robotics for Happiness

人間とロボットが共生し
協働する世界の実現へ

Industrial Robotics
ものづくり

Service Robotics
サービス

Chapter Robotics
インフラ・災害対応

Junior
ジュニア

2017 2018 2019 2020 2021

World Robot Summit 2018 TOKYO
2018.10/17-10/21
東京ビッグサイト 東7Bホール
Japan Robot Week 2018

World Robot Summit 2020 AICHI/FUKUSHIMA
愛知県国際展示場(2020年10月予定)
福島ロボットテストフィールド(2020年8月予定)
Japan Robot Week 2020

主催 経済産業省 NEDO

社会や暮らしで活躍! 最先端ロボットを体感しよう!

Robotics for Happiness

WRS
World Robot Summit
2018

2018年10月17日(水)~21日(日)

会場 東京ビッグサイト
東6・7・8ホール

入場無料

主催 経済産業省 NEDO

Global Partner

FANUC	YASKAWA 安川電機	Kawasaki	三菱電機
YAMAZAKI ヤマザキ	TOYOTA	SoftBank	住友商事

Official Partner

ABB	Nabtesco	T&H	HONDA	MatMech
-----	----------	-----	-------	---------

Supporter

ABB	igus	Algorix	Loove & Nest
-----	------	---------	--------------

2018.10.18

WRS World Robot Summit 2020

Robotics for Happiness

The goal of the World Robot Summit (WRS) is to work toward creating a society where humans and robots live and work side by side in harmony.

The WRS features two international events: the World Robot Challenge (a competition of robots & robotics) and the World Robot Expo (an exhibition of the latest robots & robotics).

By simultaneously convening these two events, the WRS will bring together the world's innovators and advanced robots/robotics technology in order to accelerate both research and development as well as social implementation of robots in our society.

2020 AICHI / FUKUSHIMA in JAPAN

AICHI SKY EXPO
 Venue: AICHI SKY EXPO
 Oct. 8 Thu - Oct. 11 Sun

FUKUSHIMA ROBOT TEST FIELD
 Venue: FUKUSHIMA ROBOT TEST FIELD
 Aug. 20 Thu - Aug. 22 Sat

Hosts: METI, NEDO

Website: <https://worldrobotsummit.org/en/>

WRS World Robot Summit

2020 AICHI, JAPAN October 8 - 11 Aichi Sky Expo

Assembly Challenge Industrial Robotics Category

"Toward agile one-off manufacturing"

This category aims at realizing future manufacturing systems that can respond to variously changing orders in high-mix low-volume production (ultimately, even an order for one-off product) by reconfiguring the system in agile and lean manners.

Results of WRS 2018

Summary

- The WRS 2018 (pre-competition) was held in Tokyo on October 17-21, 2018.
- The challenge consisted of the following three tasks:
 - Task board: competition of elemental technologies required for the belt drive unit assembly
 - Kitting: competition of kitting, which is regarded as a preparation task for the belt drive unit assembly
 - Assembly: competition of the belt drive unit assembly and system reconfiguration (the belt drive unit should be assembled from the parts listed on the tray, and also system reconfiguration should be done to assemble a unit including new parts (surprise parts) as a new production demand)
- 16 teams from all over the world participated in the competition, and the 1st place team was awarded 15M JPY money prize!

Robot systems of 16 teams

The above pictures are of the participating teams: the task board (2018 Robot), the kitting (Robotic Materials Inc.), and the assembly (FA-COM Robotics).

Call for participation in WRS 2020

Tasks of Assembly Challenge

- Task board: competition of elemental technologies required for the belt drive unit assembly
- Assembly: competition of assembling the belt drive units including new products (surprise products)

Prize money and awards

- Prize money shall be given to the winning teams.

Important dates

- August 31, 2019: Deadline of registration for entry
- Late October 2019: Screening result notification (TBC)

What's new for WRS 2020?

- The kitting task has been discontinued, and the parts supply in the task-board and assembly tasks has been changed.
- The task-board task will be more consistent to the assembly task.
- Surprise products consist of the parts which information (e.g., the range of their dimensions) is announced earlier, so that teams can design robot hands and other devices, but should be assembled differently from the normal units.

For further information, please contact us or access the WRS website and our facebook.
 Contact: industry@worldrobotsummit.org Website: <https://worldrobotsummit.org/en/> Facebook: <https://www.facebook.com/wrsindia/>

WRS ものづくりカテゴリー Industrial Robotics Category

〈背景〉

- 生産年齢人口の減少による労働力不足
- ロボット導入のコストが高い。
- 変種変量生産に柔軟に対応できない。

競技種目

製品組立チャレンジ

工業製品等の組立に必要な技術要素を含んだモデル製品を早く正確に組立



変種変量生産において様々に変化する生産要求に（究極には一品物の生産要求にさえ）迅速かつ無駄なくスリムに対応できる生産システムを競技会を通して構築することで、「未来のものづくり」の実現を目指します。

産業用ロボットは「半完結製品」 ーロボット導入にかかるコストー

想定例：部品の工作機械への脱着工程

ロボット本体	垂直多関節ロボット	300万円×1台	300万円
ロボット 関連装	ロボットハンド	40万円×1台	
ロボット 周辺設			
システム	構想設計、リスクアセスメント	100万円	
	詳細設計(メカ設計、 電気制御設計、ソフトウェア設計等)	200万円	
関連費	設置工事、調整、運搬	80万円	
	安全講習	20万円	

ロボット本体のコストは全体の約30%

↓
周辺装置 + インテグレーションに約70%

導入にコストがかかる。一旦導入したら、なかなか変更できない。

(日本ロボット工業会資料より)

これから求められるロボット

導入(インテグレーション)コストが安い

- 簡単な教示/教示レス
- 専用ハンドや専用治具/専用周辺機器をなるべく使わない

変種変量生産に対応

- 迅速に対応(agility)
- 無駄なく使い回しができる(leanness)
- 学習による効率アップ



セル生産(日刊工業新聞より)

「プログラマブルな専用機械」から「プログラマブルな汎用機械」へ

ものづくり分野の基本課題設定

“Toward agile one-off manufacturing”
 (迅速な一品ものづくりを目指して)

【従来指標(稼働時)】

- ・稼働率
- ・リード/タクトタイム



【新たな指標(段取り替え時)】

- ・迅速性 “agility”
- ・無駄のなさ “leanness”

米国, EUのロボット白書



次世代生産システムのレベル表(ドラフト版)

	段取り替え時の指標		稼働時の指標	備考
	Agility (迅速性)	Leanness (機器の再利用率)	Operation rate improvement 稼働率の向上	
レベル5	新規製品 0 Day (当日段取り替え)	100% 継続利用 (複数製品の治具レス組立を可能とする汎用ハンドの導入など)	学習機能 (チョコ停防止, タクトタイム向上) 完全自動復帰 (大停止も)	究極の目標 自律行動計画など
レベル4	新規製品 2 Days (週末段取り替えor一泊出張)	既存機器の組替えのみで新製品に対応 (複数部品把持可能な汎用ハンドなど)	チョコ停自動復帰 (人間介入動作の観察学習など) 大停止は人間介入	WRSで目指すレベル 少数の汎用ハンド
レベル3	新規製品 1 week (1週間かけて段取り替え. 大型連休中)	50%以上が再利用可能 (専用ハンドライブラリ, フレキシブル治具, 複腕構成などを活用)	稼働率改善 (チョコ停防止策など) 提案の自動化	オフライン動作計画. 複腕などによる専用治具低減
レベル2	新規製品 1 month	ロボットのみ再利用	センサによる, 部品ばらつきの吸収によるチョコ停率低減	今の技術で可能なレベル
レベル1	特定製品専用 段取り替えを想定していない	0% (再利用は想定しない)	部品ばらつきをコントロールして稼働率を確保. チョコ停は人が介入	現在日本国内で稼働中の多くのロボットシステム

ものづくり分野の競技概要と変遷

- 製品組立チャレンジ@WRS2018/2020 -

2017年トライアル@IROS2017 : ギヤユニット組立/タスクボード



技術的チャレンジ

- クリアランスの小さい部品のはめ合い
- 対象部品の認識
- 治具を使わない組立

2018年東京大会 : ベルトドライブユニット(+サプライズ部品)組立

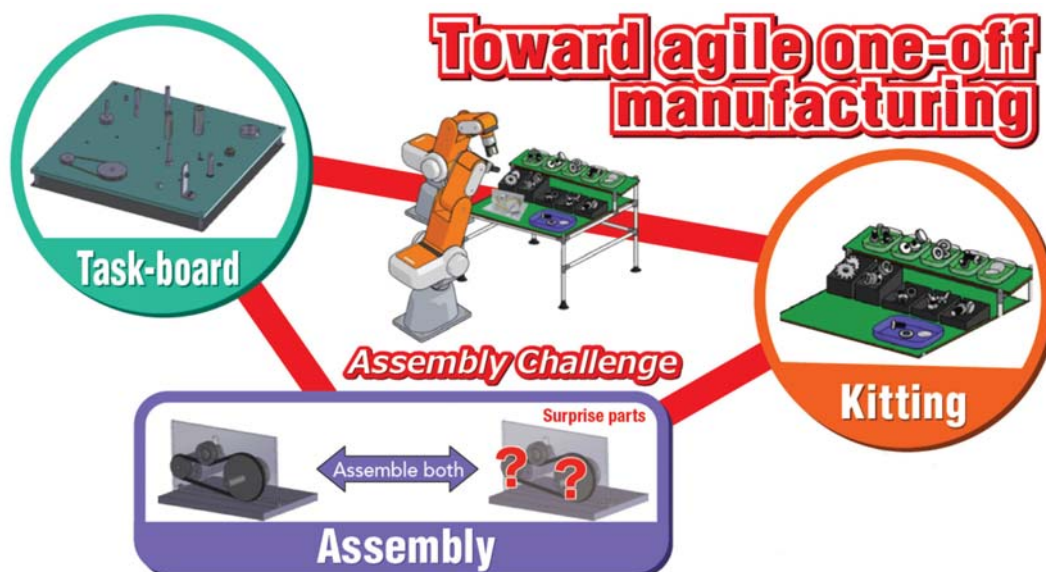


(上記に加えての) 技術的チャレンジ

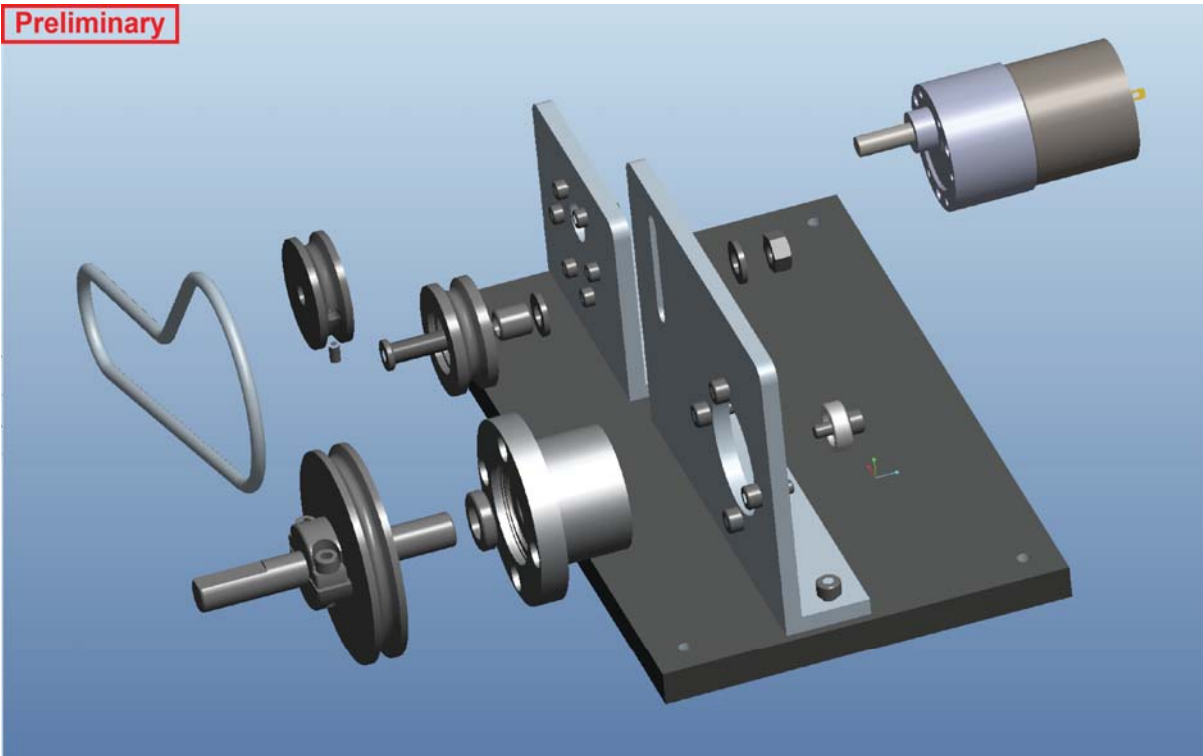
- 柔軟部品・透明部品
- 3部品同時組立
- 微細部品 (例: M3ネジ)
- サプライズ部品への迅速な対応

2020年本大会 : 後日確定(さらに難易度の高い製品+サプライズ製品?の組立)

WRS2018東京大会の競技内容



Preliminary



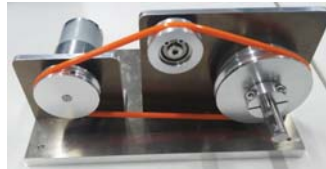
サプライズ部品

#0から#4まで5レベルの難易度

難易度に応じて、ポイントを傾斜配点



#0 (10)



#1 (15)



#2 (50)



#3 (55)

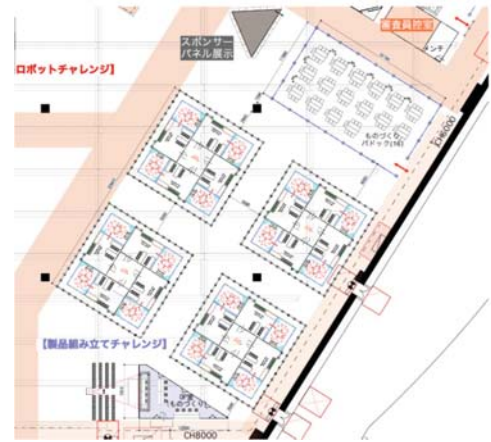
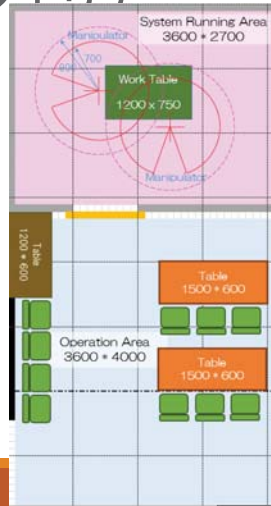
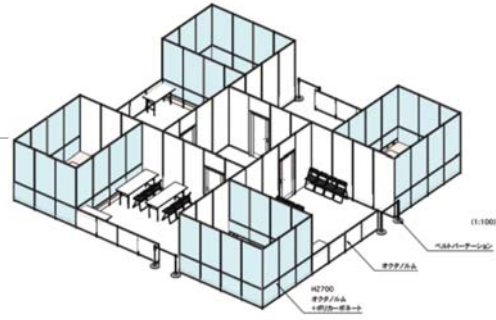


#4 (65)

競技フィールド

チームエリア

- システム稼働エリア
- オペレーションエリア



安全衛生

完全分離の原則

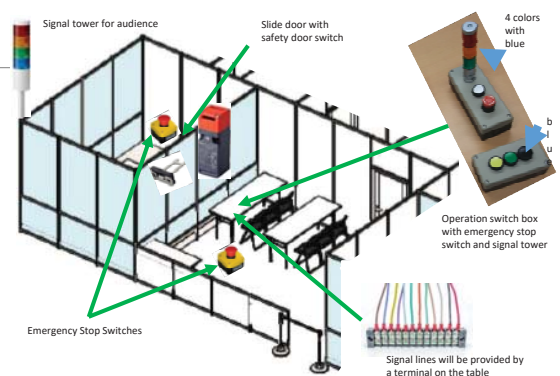
- 安全回路部品の提供

各チームに リスクアセスメントを要求

- ロボット固定法

競技前の安全検査

競技中の安全パトロール



Disaster Robotics Category

この競技は、

インフラ、災害予防・対応の分野での問題解決を図り、ロボットを使用したプラント災害予防やトンネル災害対応といった、特別困難な課題を達成することを目的としています。

人々の間でロボットに関連したコンセンサスを構築します。
トンネル災害に対応する世界初の競技です。



<https://worldrobotsummit.org/wrs2020/challenge/#disaster>

インフラ・災害対応

「インフラメンテナンスにおけるロボット活用シンポジウム—完全無人化に向けて—」

29

Disaster Robotics Category

プラント災害予防チャレンジ

- 数種のインフラ点検項目に基づく点検、メンテナンス(バルブ開閉)

トンネル事故災害対応・復旧チャレンジ

- トンネル災害を想定した情報収集、緊急対応(人命救助、障害物排除等)

災害対応標準性能評価チャレンジ

- 災害予防・対応で必要となる標準性能評価(移動能力、センシング能力、情報収集能力、無線通信能力、遠隔操作性能、現場展開能力、耐久性)



インフラ・災害対応

「インフラメンテナンスにおけるロボット活用シンポジウム—完全無人化に向けて—」

30

Disaster Robotics Category プラント災害予防チャレンジ

日常点検と設備調整
異常検知と緊急対応
設備診断

パイプ群とダクト

設備診断

タンク

総合性能



Disaster Robotics Category トンネル事故災害対応・復旧チャレンジ

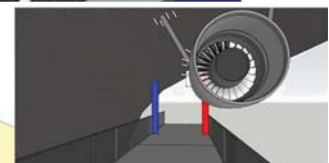
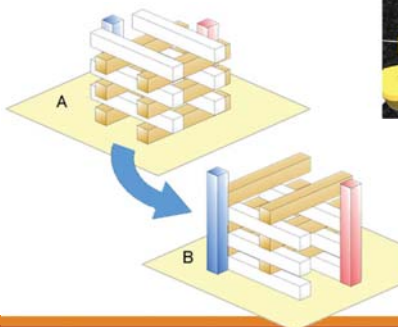
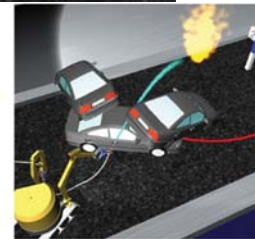
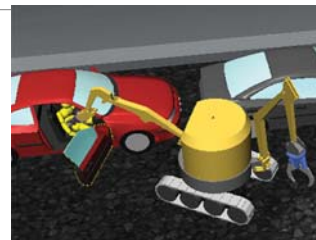
車両および周辺の
調査、救助

経路の確保

消火作業

トンネル壁面、
付帯設備の点検

解体・組み立て



人工知能学会 AIチャレンジ研究会

内容

- 人工知能におけるグランドチャレンジを中心として, RoboCup, ロボット聴覚などを扱う.

主査

- 光永 法明(大阪教育大学)

幹事

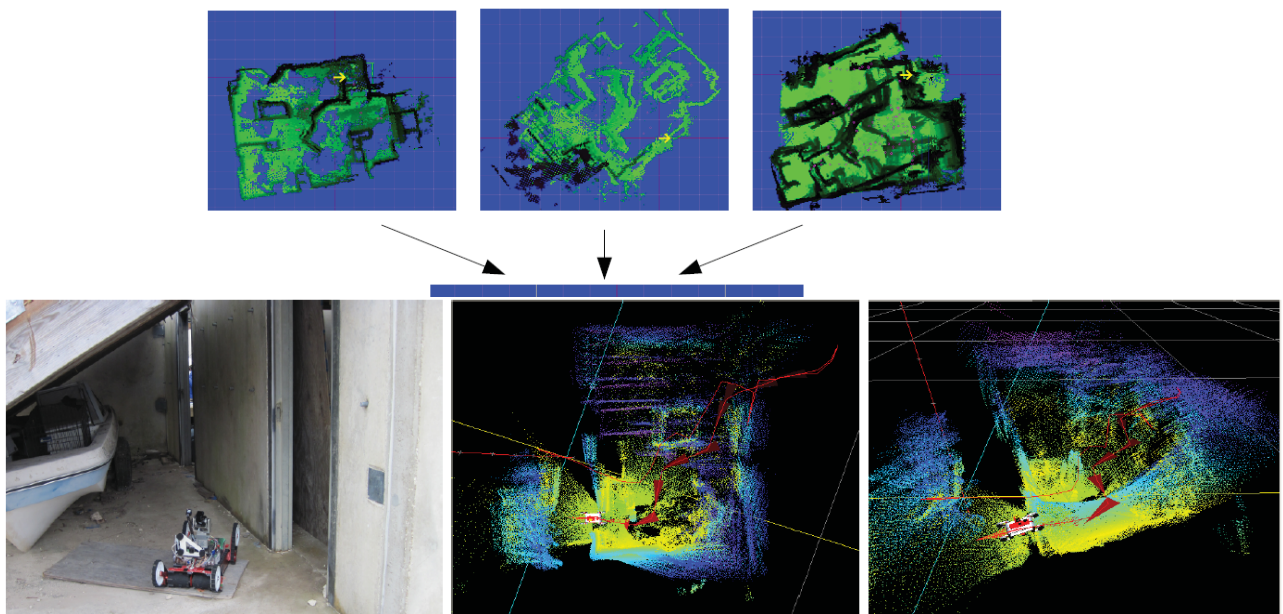
- 植村 渉(龍谷大学)
- 干場 功太郎(神奈川大学)
- 中臺 一博((株)ホンダ・リサーチ・インスティテュート・ジャパンなど)

顧問

- 奥乃 博(早稲田大学)
- 浅田 稔(大阪大学大学院)

<http://www.osaka-kyoiku.ac.jp/~challeng/>

複数台ロボットによる地図生成



隠れ領域を考慮した リアルタイム速度制御

