

# 中小企業の5G・IoT・ロボット普及促進事業

## 中間報告書

# 理事長挨拶



地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター(以下、「都産技研」という)は、東京都により設置された公設試験研究機関(以下、「公設試」という)であり、都内中小企業様への技術支援を通して、東京の産業振興を図り、都民生活の向上に貢献することをミッションとしています。具体的には、技術相談、依頼試験、機器利用、研究開発、共同研究、人材育成、プロジェクト型支援(戦略的支援)などの事業を実施しています。

2020年度に、それまで実施していたプロジェクト型支援である「ロボット産業活性化事業」と「中小企業のIoT化支援事業」を統合し、「中小企業の5G・IoT・ロボット普及促進事業」を開始しました。これは、ローカル5G、IoT、ロボットなどの分野への参入を検討する中小企業様に向けて、DX推進センターを整備し、公募型共同研究開発事業をはじめ、さまざまな技術支援メニューを行うものです。DX推進センターでは、公設試として初めてのミリ波基地局もご用意し、5G通信を用いた開発支援も可能にしました。さらに、各分野には研究会や交流会を設置し、会員間の連携促進やセミナー・講習会による人材育成なども実践してまいりました。

本中間報告書では、公募型共同研究開発事業に採択された10社の開発事例を中心に、中小企業の5G・IoT・ロボット普及促進事業で実施した支援メニューや都産技研職員の研究成果をまとめて紹介しております。ご紹介した開発事例や支援メニューが、今後、当該領域での製品化・事業化や自社のDX化を目指す企業の皆さまのお役に立てれば幸いです。

最後に、本中間報告書の作成にあたりご協力いただきました企業の皆さまに心から感謝申し上げます。

2024年3月

地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター

理事長 黒部 篤



# 目次

<b>1.</b>	<b>全体概要</b> .....	1
	中小企業の5G・IoT・ロボット普及促進事業概要 .....	2
	公募型共同研究開発事業成果概要 .....	3
	公募型共同研究開発事業採択案件一覧 .....	4
	設備紹介 .....	5
<b>2.</b>	<b>公募型共同研究開発事業の成果報告</b> .....	9
●1.	AGVと連携した自動巡回点検サービスソリューション 「BEPサーベイランス」 .....	10
●2.	5Gに対応した屋内外で自律走行する警備AIロボット 「セキュア・トラス」 .....	12
●3.	遠距離通信可能な総合型モニタリングカメラ 「GeoCam・GeoConnect」 .....	14
●4.	ブロックチェーン×IoTによる物流プラットフォーム .....	16
●5.	ローカル5G基地局実験キット「L5G-iRU4700」 .....	18
●6.	拡張性、高運用性を持ったソフトウェア無線の 「ローカル5G基地局」 .....	20
●7.	各種ロボット導入・保守支援を可能とするリモート管理ツール 「WING-Bot」 .....	22
●8.	カメラ搭載型の自律走行AI見守りサービスロボット 「FRUTERA V」 .....	24
●9.	空間スキャンロボット「ReFRO 360」と 3Dスキャナー「WalkTHERE」を活用した3Dマップ生成 .....	26
●10.	自律型棧橋点検支援ロボット「YURA」 .....	28
<b>3.</b>	<b>基盤・共同研究の結果報告</b> .....	31
	基盤・共同研究事例紹介一覧 .....	32
1.	自走式案内ロボットLibraの本部活用と評価システムの構築 .....	33
2.	本部における搬送ロボットシステムの構築と活用実験 .....	34
3.	AI技術を活用した環境変化検出による環境地図の自動更新 .....	35
4.	AI技術を活用した物体認識による細長物体への追従制御の検討 .....	36
5.	衝撃吸収接触センサの感度・応答性の性能評価手法の開発 .....	37
6.	搬送ロボットの遠隔からの状態監視、制御技術の開発と本部での評価 .....	38
7.	時系列情報を活用した環境ノイズに頑健な床上小物体検出手法の開発 .....	39

8. 画像特徴量を用いた3D環境地図の自動更新	40
9. 広域空間におけるモバイルコンピュータを利用した 局所的な3次元計測	41
10. 物理ベースレンダリング画像を教師画像とした AIによる物体検出の検討	42
11. IoT機器の電気特性評価のためのテスト環境の構築	43
12. コグニティブ無線システムと運転者センシングによる 道路交通危険箇所集積プラットフォーム	44
13. 5G Sub-6用低雑音増幅器の設計手法の確立	45
14. 近傍界/遠方界推定手法の高周波化および高精度化	46
15. 上腕への接触時における身体ダイナミクスを再現した 接触安全性試験方法の開発	47
16. モバイルコンピュータによる3次元測定のための位置合わせ	48
17. 自律走行車いすの搭乗者姿勢監視システムの開発	49
18. 自己教師あり学習による訓練済み変化検出AIモデルのドメイン適応	50
19. 6輪ロボットベース技術を用いた屋外用小型ロボットの研究開発	51
20. 建設現場向け自走式コンクリート巡回ロボットの研究開発	52
21. IoT用途や車載向け低消費電力超音波センサの設計手法の開発	53
22. マグネシウム合金の腐食危険度を判定する 画像認識AIシステムの開発	54
23. 通信品質の評価方法の開発とローカル5Gへの適用	55
24. 5G通信の電波伝搬特性を用いた位置測位に関する研究	56
25. ローカル5Gのセンシングへの応用に関する研究	57
26. 5G用低雑音増幅器の設計手法の確立	58

#### 4. 「中小企業の5G・IoT・ロボット普及促進事業」成果一覧 ..... 59

外部発表	60
職員の受賞	64
知的財産権の取得	65
セミナー・講習会	67
展示会	69
プレスリリース	70





# 全体概要

---



# 中小企業の5G・IoT・ロボット普及促進事業概要

## 事業名

中小企業の5G・IoT・ロボット普及促進事業

## 事業概要

中小企業による5G、IoT、ロボットなどの活用支援を総合的に推進するため、各分野の支援を連携させて事業を実施しています。ロボットやIoT技術などに5Gの機能を付与した活用事例の創出や、5G技術を使用したデバイスなどの開発製品の性能評価にも対応します。

## 支援分野

### ●5G分野

次世代通信規格の一つであり、その革新的な技術が注目されている5Gの無線通信設備や評価装置を導入し、5G製品の開発を支援します。

新たな開発拠点となる「DX推進センター」に設けた3か所のローカル5G通信施設を利用した実証実験が可能です。

※DX：デジタルトランスフォーメーション

### ●IoT分野

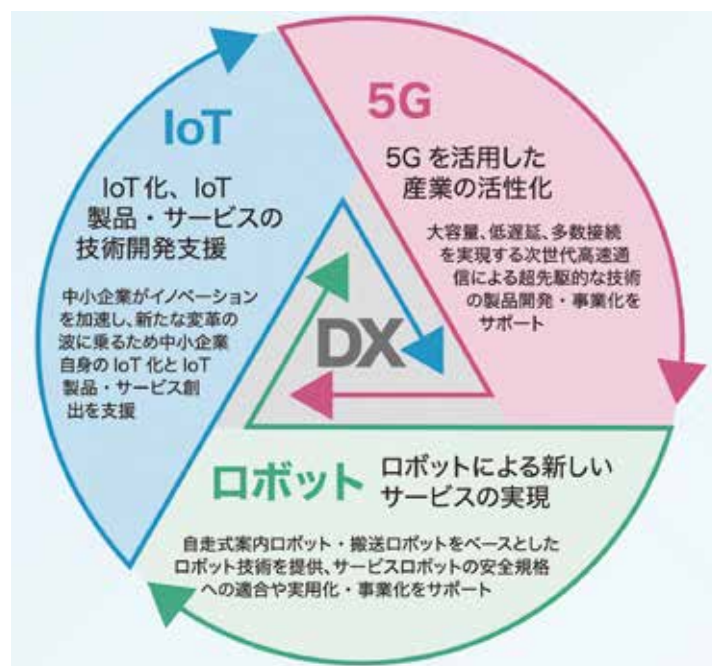
IoT(Internet of Things)は、さまざまなものがインターネットを通じてつながることで、新たなサービスやビジネスモデルを生み出すしくみです。

IOT分野では、共同研究開発、試作支援、人材育成などを軸とする数々の取り組みを実施し、IoT関連製品やシステム開発、新たなサービス提供によるビジネス創出などで事業化を支援します。

### ●ロボット分野

人手不足が叫ばれる今日、サービスロボットは生活の質の向上や安全・安心な社会の実現などさまざまな場面での活用が期待されています。

ロボット分野では、自走式案内ロボットの安全規格適合や追従・自走式搬送ロボットの開発に取り組んできました。遠隔制御技術を取り入れるなど、ロボットを活用した新しいサービスの事業化を支援します。



# 公募型共同研究開発事業成果概要

## 公募型共同研究開発事業の枠組み

研究の種類	①ローカル5Gを活かしたサービスロボット研究	②ローカル5Gを活かしたソリューション研究	③次世代通信技術を活用したソリューション研究
研究対象者	東京都内に登記簿上の事業所があり、日本国内に活動拠点を構える中小企業者。または、その中小企業者を代表申請者とし、中小企業者、大企業、大学等の複数の法人で研究開発を希望する共同体		
研究内容および目的	ローカル5Gを活用した製品化・実用化やサービス提供を目的としたロボット研究開発を行うもの	ローカル5Gを活用した新製品・新サービスの創出あるいは自社の生産性向上などを目的としたソリューション研究開発を行うもの	5Gをはじめとした次世代通信技術を活用した新製品・新サービスの創出あるいは自社の生産性向上などを目的としたソリューション研究開発を行うもの
研究開発期間	1年間	①1年間 ②2年間	1年間
委託上限金額	5,000万円/テーマ	①2,000万円/テーマ ②5,000万円/テーマ	2,000万円/テーマ

※公募型共同研究開発事業とは、都産技研から研究開発を委託された都内中小企業者が都産技研の保有する技術シーズや施設・設備等を利用し、共同で製品開発を行うものです。



# 公募型共同研究開発事業採択案件一覧

テーマ名	タイトル	代表申請者	採択年度	申請タイプ
5G通信を活用した自動巡視点検ロボットシステムの開発	アナログ計器もデジタル化で一元管理するAGVと連携した自動巡回点検サービスソリューション [BEPサーベイランス]	ブルーイノベーション株式会社	2021	ローカル5Gを活かしたサービスロボット研究
5G対応の屋内屋外向け汎用警備ロボット開発	夜間も雨天もお任せ!人とロボットの協働警備を実現 5Gに対応した屋内外で自律走行する警備AIロボット「セキュア・トラス」	株式会社カンブリアン・プロジェクト	2021	ローカル5Gを活かしたサービスロボット研究
携帯圏外にて各種センサーデータ及び撮影画像の遠距離送信を可能にする統合型モニタリングカメラの研究・開発	中山間地域など携帯圏外における通信インフラ活用で防災や人命リスクなど地域課題の解決を目指す遠距離通信可能な総合型モニタリングカメラ「GeoCam・GeoConnect」	株式会社フォレストシー	2021	次世代通信技術を活かしたソリューション研究
ブロックチェーンとIoTによる物流データのバリューチェーン化	食品や医薬品の厳正なトレーサビリティ管理を実現する ブロックチェーン×IoTによる物流プラットフォーム	モノコトデザイン株式会社	2021	次世代通信技術を活かしたソリューション研究
OSSによるローカル5G基地局実験キットの開発	オープンソースへ組込み低価格かつカスタマイズ性を実現 ローカル5G基地局実験キット [L5G-iRU4700]	株式会社アイダックス	2021	ローカル5Gを活かしたソリューション研究
ロボティクスを見据えたローカル5G基地局のパフォーマンスの向上	一体型基地局と分離型基地局で用途に応じた利活用ができる 拡張性、高運用性を持ったソフトウェア無線の「ローカル5G基地局」	株式会社FLARE SYSTEMS	2021	ローカル5Gを活かしたソリューション研究
5Gカメラを用いた遠隔ロボット制御システム	5Gなどを活用して遠隔地からロボットのメンテナンスを行う 各種ロボット導入・保守支援を可能とするリモート管理ツール [WING-Bot]	ウイングロボティクス株式会社	2021	ローカル5Gを活かしたソリューション研究
介護施設向け見守りロボットサービスの開発	福祉施設入居者と離れて暮らす家族とのコミュニケーション機会を創出 カメラ搭載型の自律走行AI見守りサービスロボット [FRUTERA V]	アンドロボティクス株式会社	2022	ローカル5Gを活かしたサービスロボット研究
5Gを使用した空間データ活用ロボットシステムの研究開発	建設現場におけるロボットの自己位置見失い問題を解決 空間スキャンロボット [ReFRO 360] と3Dスキャナー [WalkTHERE] を活用した3Dマップ生成	Haloworld株式会社	2022	ローカル5Gを活かしたサービスロボット研究
栈橋点検支援ロボットの研究開発	栈橋点検作業の安全性の向上、効率化、費用の削減を実現! 自律型栈橋点検支援ロボット [YURA]	アップウィンドテクノロジー・インコーポレイテッド	2022	ローカル5Gを活かしたサービスロボット研究

# 設備紹介

## ミリ波ローカル5G 基地局および移動局

特長

3基のミリ波ローカル5G基地局を整備し、移動局の接続試験が可能  
異なる環境に基地局を整備し、さまざまな状況を模擬した実証実験が可能  
5G通信/Ethernet変換用の移動局を整備

3基のミリ波ローカル5G基地局、5G通信とEthernetを変換する移動局を整備し、実証実験や接続確認試験などに利用可能です。



実証試験エリア



5G評価室



傾斜路走行試験装置エリア

ミリ波ローカル5G基地局を1)コンビニなどの店舗を模擬した実証試験エリア<sup>※1</sup>、2)自由にレイアウト可能な5G評価室、3)走行性能と安定性の評価が可能な傾斜路走行試験装置エリア<sup>※1</sup>の3か所に整備しました。また、2種類の移動局も整備し、Ethernetなどがついた製品を5G通信で評価可能です。

### ローカル5G基地局

項目	内容
製造会社	エリクソン・ジャパン株式会社
通信方式	Non-stand alone
周波数	28.2~28.3 GHz (n257)
	2.5 GHz帯 (B41)

### ローカル5G移動局

製造会社	型式	機能
Compal Electronics	RAKU+	5G通信/Ethernet・Wi-Fi 変換端末
ASKEY	5G NR CPE	5G通信/Ethernet 変換端末

### 活用事例

ロボットに搭載したカメラを5Gで無線化し、画像処理の実証実験  
自社の環境を模擬した5G導入前の予備検討

自社開発したローカル5G移動局の接続確認試験

## Sub6ローカル5G無線 装置および移動局

特長

4基のSub6ローカル5G無線装置を整備し、移動局の接続試験が可能  
異なる環境に無線装置を整備し、さまざまな状況を模擬した実証実験が可能  
5G通信/Ethernet変換用の移動局、USB dongleを整備

4基のSub6ローカル5G無線装置、5G通信とEthernetを変換する移動局、USB dongleを整備し、実証実験や接続確認試験などに利用可能です。



実証試験エリア



5G評価室



傾斜路走行試験装置エリア

Sub6ローカル5G無線装置を1)コンビニなどの店舗を模擬した実証試験エリア<sup>※1</sup>、2)自由にレイアウト可能な5G評価室、3)走行性能と安定性の評価が可能な傾斜路走行試験装置エリア<sup>※1</sup>の3か所に整備しました。またEthernetを変換可能な移動局と、USBに対応したdongleを整備し、5G通信の評価が可能です。

### ローカル5G基地局

項目	内容
製造会社	エリクソン・ジャパン株式会社
通信方式	Stand alone
周波数	4.8 ~ 4.9 GHz (n79)

### ローカル5G移動局

製造会社	型式	機能
京セラ株式会社	K5G-C-100A	5G通信/Ethernet・Wi-Fi 変換端末
Compal Electronics	APAL 5G Dongle	5G通信/USB dongle 端末 (Type C)

### 活用事例

ロボットに搭載したカメラを5Gで無線化し、画像処理の実証実験  
自社の環境を模擬した5G導入前の予備検討

自社開発したローカル5G移動局の接続確認試験

## 基地局エミュレータ

特長

5G (FR1 SAおよびNSA、FR2 NSA)の疑似基地局として動作  
3GPPで規定される5G NRのRF測定およびノンシグナリング・モードでのRF測定が実施可能

FR1およびFR2の5Gの疑似基地局として動作するエミュレータです。電波暗室およびコンパクトアンテナテストレンジ(CATR)と併用することで、技術取得前の移動局(端末)の測定も可能です。



基地局エミュレータ



FR2用移動局測定時の様子

3GPP TS38.521で規定されている5G端末のビームフォーミングなどのRF特性測定やプロトコルコンプライアンス試験、ファンクションの主要な性能指標に関する試験などに利用可能です。FR2の周波数帯ではCATRと併用することでOTAでの試験が実施可能です。

### 主な仕様

項目	内容
製造会社	キーサイト・テクノロジー株式会社
型式	E7515B
周波数	FR1(SA、NSA)、FR2(NSA)
測定可能な仕様	3GPP TS38.521

### 活用事例

ロボットに搭載したカメラを5Gで無線化し、画像処理の実証実験  
自社の環境を模擬した5G導入前の予備検討

自社開発したローカル5G移動局の接続確認試験

## コンパクトアンテナテストレンジ

特長

5G FR2端末開発に必須のOver The Air (OTA) 試験に利用可能  
30 cmのクワイエットゾーン(QZ)  
2軸の回転が可能なアンテナマスト

5GのFR2端末に必要なOTA試験に対応した小型のアンテナテストレンジです。基地局エミュレータと併用することで3GPP TS38.521に規定されている端末のRF測定に利用できます。2軸の回転が可能なマストが搭載されているため、球面のアンテナ放射パターンなどの測定にも利用可能です。



コンパクトアンテナテストレンジ外観



コンパクトアンテナテストレンジ内部

### 主な仕様

項目	内容
周波数	24 GHz~43.5 GHz
クワイエットゾーン(QZ)	30 cm
QZ Amplitude Taper, Ripple	1 dB 以下 ±0.5 dB以下
QZ Phase Variation	10°以下

### 活用事例

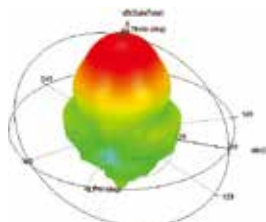
ローカル5G端末に搭載するアンテナのビームフォーミングの測定  
5G FR2のRF特性測定  
ミリ波帯アンテナの球面放射パターン測定



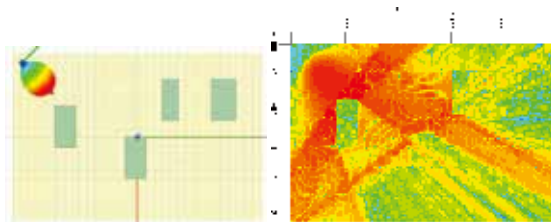
# 電磁界シミュレータ

**特長** フェーズドアレイアンテナやビームフォーミングのシミュレーションが可能  
SIやPI、さらにPCBやコネクタなどに起因して発生するEMI解析が可能  
レイトレーシング技術を用いた大規模な解析が可能

Ansys Electronics Enterpriseを導入し、ローカル5Gに関する製品開発、アプリケーション開発、ローカル5G基地局の導入を支援します。



アンテナ解析結果



28 GHzの電磁波の伝搬の解析結果

機能の一つの3次元電磁界シミュレーションソフトウェアであるHFSSは左図のようなアンテナやアンテナアレイ、プリント基板など多くの高周波電子製品の解析に対応しています。

また、SIやPIなどのPCBの解析やモーターやコイルなどの低周波電磁界解析、熱流体解析などに対応したシミュレーションソフトも準備しております。

## 主な仕様

代表的な解析ソフトウェア	解析対象例
HFSS	アンテナパターンやビームフォーミング、空間の電波伝搬など
Maxwell 2D、3D	モーター、変圧器など
SIwave	SI、PI、近接場および遠距離放射パターンなど
Icepak	筐体の熱流体など

## 活用事例

ローカル5G端末に搭載するアンテナのビームフォーミングの解析

ローカル5G基地局を配置する環境の電波伝搬の解析

# ハンドヘルド RFアナライザ

**特長** 持ち運び可能なベクトルネットワークアナライザとスペクトラムアナライザ  
基地局からの電波伝搬を実際に測定可能  
44 GHzまでのミリ波帯の測定が可能

ベクトルネットワークアナライザ(VNA)とスペクトラムアナライザ(SA)の両方の機能を搭載した測定器です。基地局からの送信される電波の伝搬など場所を問わず測定が可能です。



ハンドヘルドRFアナライザ



基地局の電波測定時の様子

## 主な仕様

項目	内容
製造会社	キーサイト・テクノロジー株式会社
型式	N9951A
測定周波数	VNAモード時 300 kHz~44 GHz SAモード時 9 kHz~44 GHz

## 活用事例

基地局を導入する前の伝搬経路の通過特性の確認  
基地局を導入した後の電波の大きさの測定  
アンテナのVSWRや同軸ケーブルの通過特性の測定

## お問い合わせ先

通信技術グループ

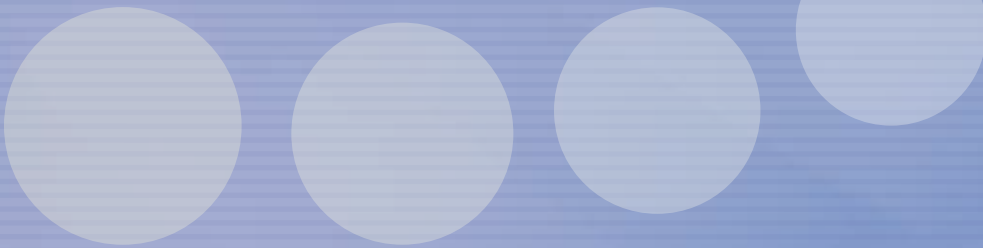
TEL 03-5530-2540 FAX 03-5530-2591

料金に関して、ローカル5G研究会に入会した企業は無料でご利用いただけます。詳しくは職員までお問い合わせください。



# 公募型共同研究開発事業の成果報告

---



# 1 AGVと連携した自動巡回点検サービスソリューション「BEPサーベイランス」

**テーマ名** 5G通信を活用した自動巡視点検ロボットシステムの開発

**採択年度・分野** 2021年度採択 ローカル5Gを活かしたサービスロボット研究

**研究開発体制** ブルーイノベーション株式会社(開発主体)



## 概要

5G通信を活用した点検サービスソリューションにより360度VRマップデータと点検データをオンライン上で取得する

## 特長

- 点検データの取得から共有・管理・レポート作成まで一気通貫で自動化
- アナログ計器の情報もデジタル数値へ自動変換。一元管理でDX化加速
- 保安全管理業務の効率化と省力化に貢献

## 利用シーン

- 日々の定期巡回点検の効率化を目指す電力会社など
- 工場などの電力設備・動力ルームの定期巡回点検の自動化
- 現場に適したさまざまなロボットを使用している施設の統合プラットフォーム

## 研究開発の実施

### きっかけ

ブルーイノベーション株式会社は、これまでドローンを切り口として電力会社などの点検業務を中心に、顧客の課題解決に取り組んできた。その中で、室内を毎日人が歩いて点検する箇所をロボットに代替する要望をいただいたものの、狭い場所や低位置を下から覗き込んで点検する場所などドローンには不向きであった。

そこで、ドローンやロボットを一元管理する自社システムBlue Earth Platform(以降、BEPと記す)を活用し、地面を走行する自律走行ロボット開発を目指したが、点検にはきめ細かい精細なデータを取得する必要がある、精細なデータ取得には膨大なデータ取得量が必要となること課題となった。大容量データをWi-Fi通信でクラウド上へアップロードすると、アップロードだけで2時間かかってしまうケースもあり、さらにデータ変換の工程が加わるとアップロード時間は半日にも上る。そこで、通信速度の速い5Gを活用した開発に着目した。

### 目標

#### ●現場作業をアナログからデジタル化へ対応

点検業務の自動化およびデジタル化に向けたロボット開発を行い、現場の労働人口低下に寄与する。

#### ●巡回点検に求められるニーズに対応した設計を目指す

複数のAGVでの点検と360度映像を取得し、360度マップでのバーチャル工場を生成し、点検画像をリンクで格納することで、遠隔で点検できるシステムを実現する。

### 取組内容

ロボットメーカーである株式会社Doogの運搬ロボットサウザーミニをベースに、京セラ株式会社の5G通信端末を活用して、必要となる四つの開発を行った。

#### ●5G通信で複数ロボットを制御する研究開発

5Gを使用し、複数のロボットを同時に動かす制御設計を行った。同時に動かすことは問題なくクリアしたものの、複数台が出会った際に衝突しないための制御設計は難航し、1エリアに対して1台配置で巡回させる運用とした。その際、一箇所の点検に支障のないよう、連続稼働時間は3~4時間とした。

#### ●5G通信で点検用センサを制御しデータ収集する研究開発

画像データだけでなく、カスタマイズ機能の要望もあり、特に要望が多かった集音マイクと、サーマルカメラで取得した温度データをアップロード可能とし、BEP管理画面をクリックするとレポートデータが閲覧できる構成とした。



## ●収集した情報からバーチャル工場を更新する研究開発

ロボットが指定のエリアをぐるりと一周走行し、取得したデータをBEP管理画面で確認すると走行したマップ画面上をくるくると回転させることができ、指マークのアイコン操作で写真を拡大・縮小できるバーチャルマップを作成した。

## ●事業化に必要なサウザーミニの走行機能拡充に関する研究開発

サウザーミニは、マップを覚えさせるのではなく、人がコントローラー装置で一度現場走行させることで、そのとおりに再生走行するメモリートレースモード設定とした。

特徴のない長い廊下や大きく長いパイプでの点検において課題となるのが、前に進んでいるのか進んでいないのかロボットが自己位置を見失うことであった。そこで、そのような特徴のない点検場所でも止まらずに目的地まで走りきるため、ロボットの設計を見直した。

また、ロボットが自動で充電モードに入る仕様を目指し、メーカー協力の下、自動充電機能の開発を行った。

## 技術的成果

5Gを使用しAGVを制御することができ、リアルタイム映像アップロードや経路選択を行うUIの設計と実装に成功した。

## ●AGV連携でリアルタイムデータ収集に成功

点検範囲が広大なためWi-Fi環境から外れてしまうと、ロボットは自律走行し続けていても、ネットワークが切れていたため点検データがアップロードできない危険を考慮し、データを取得しリアルタイムでアップロードする機能と、巡回点検を一周終えた時点での一括アップロードの2パターンの機能の実装が完了した。

## ●機構を工夫し幅広い撮影と、バーチャルマップの作成・自動更新に成功

雲台部分は上下に首を傾けることが可能で、回転して左右を向く機構としたことで撮影の幅は広がり、ロボット的位置や向きが遠隔地から確認できる。また、360度カメラの撮影データをクラウド上にアップロードし、取得データを用いてバーチャルマップの作成と自動更新に成功した。

## ●自動充電機能に関する充電ポートの開発および走行モードの実装が完了

点検ルートは、スタート地点とゴール地点が同じ位置となる場合がほとんどで、一般的に一筆書きのようなイメージで走行ルートが構成される。そこで、スタート地点とゴール地点が充電ポートになるよう設計し、自動充電器側でサウザーミニが一定の位置に近づくと充電ポートに誘導する機構を開発し、コの字型をした自動充電装置をサウザーミニがセンサーで検知すると特定の走行モードに切り替わり充電位置に納まる仕様とした。

## 事業化の取組

### 事業化状況

点検箇所が多い場所では、その点検数だけ撮影の記録データをアップロードする必要があり、特に、特殊な4K 360度カメラのデータは非常に重く容量も大きくなる。そこで、ユーザー企業ごとに専用管理サーバーを立ち上げ、ユーザー企業側でデータを自由に取り出し・保存できるAPIを提供した。メンテナンスは難しくなるものの、セキュリティ性は高い。

2023年に約5台を納品し、現場で稼働開始しているが、引き続きAGVの導入へ向けたカスタマイズ開発を進める。



### 今後の見通し

現在は、それぞれ導入現場で稼働した結果のフィードバックを受けている。今年度は、追加機能のニーズ・不具合検出のレポート・現場で気づいた課題などのフィードバックを集めて、製品開発のブラッシュアップに取り組んでいきたい。

労働者が減少する中で、複数の巡視員が毎日数時間かけて地道に作業する箇所を、本事業で開発したロボットで代替することにより労働者不足解消に貢献できる。従来アナログで管理されていた点検方法もデジタルで蓄積化されることにより、人が数時間かけて見回り紙に記録していた作業がロボットの自律走行により点検が行われデータの自動蓄積を実現する。また、温度点検の際には人が触れられない部分をサーモグラフィで対応するため安全性も高い。

このように、現場におけるロボットソリューションの価値は非常に高いものであり、今後もさまざまな定期巡回点検などインフラ課題の解決に寄与したい。

## 企業情報

### ブルーイノベーション株式会社

〒113-0033 東京都文京区本郷5-33-10 いちご本郷ビル4F

事業内容 点検ソリューション、教育ソリューション、物流ソリューション、ネクストソリューション

設立 1999年6月

資本金 6億9,500万円(2023年12月末日 時点)

本製品・サービスに関する問い合わせ先

連絡先 システム開発部 鴨下 裕介

電話番号 03-6801-8781

# 2 5Gに対応した屋内外で自律走行する警備AIロボット「セキュア・トラス」

**テーマ名** 5G対応の屋内屋外向け汎用警備ロボット開発

**採択年度・分野** 2021年度採択 ローカル5Gを活かしたサービスロボット研究

**研究開発体制** 株式会社カンブリアン・プロジェクト(全体設計・研究)  
富士防災警備株式会社(ユーザー企業)  
GREEN SPRINGS(実証実験場所)



## 概要

5Gに対応した巡回警備AIロボット「セキュア・トラス」は、屋外走行も可能なタフな仕様で、人とロボットの協働警備を実現する

## 特長

- 雨や夜間の屋外走行など自律走行ロボットにとって過酷な使用環境へ対応
- 特徴点が少ない駐車場や公園の巡回へ対応
- AIによる不審者検知機能、不審者威嚇・撃退機能、常時録画機能を搭載

## 利用シーン

- 商業施設・駐車場・公園などの広大な場所の巡回警備
- 屋外施設の夜間の巡回警備
- 遠隔警備システムのロボットプラットフォームの活用

## 研究開発の実施

### きっかけ

近年、社会における安全意識の高まりから、セキュリティに関するニーズは高まっているものの、警備業界は就業時間が深夜帯も含まれるなど労働環境が厳しいこともあり、慢性的な人手不足が深刻化している。

警備サービスの品質を維持するためにはロボットの利活用が必要不可欠である。だが、これまでの人的資源すべてを自律走行ロボットが解決することは難しい。100%ロボットで人の作業を置き換えるのではなく、ロボットができることと人が行うことを整理し、場所・業務によってロボットと人の新しい協働の形をつくることできれば生産性の向上につながると考え、開発を行った。

### 目標

#### ● ローカル5Gを利用した遠隔操作システムの開発

リアルタイム解析を行うためにローカル5Gを利用して遠隔操作できるシステムを開発する。

#### ● トラスを活用し走行の安定化を実現

クローラは中国製のため、性能についてチューニングができずカスタマイズ性も低いことから、足回りは都産技研の特許である6輪のトラス機構を活用し、屋内外など複雑な環境下でも安定走行できるロボットを開発する。

### 取組内容

屋外で自律走行する警備ロボットを目指し、四つの開発を行った。

#### ● ローカル5Gを利用した警備コンソールと遠隔操作

警備ロボットが巡回中に何かトラブルが発生した際、細かい動作が必要な状況では人手による遠隔操作が必要となるが、遠隔操作時の遅延が課題となる。

そこで、素早く反応できるリアルタイム性を求めて、ローカル5Gによる低遅延の遠隔操作を実現した。

#### ● 5Gを利用したAI画像解析

LiDAR、サーモカメラ、AIカメラを用いた5G経由のハイブリッド不審者解析を行った。

警備記録は映像で記録され、GPUを用いてAI解析を行うが、これはロボットのバッテリーを消費する。また、プライバシーデータがロボットに残るといった課題があった。そこでローカル5Gを活用し、リアルタイムで記録データの解析・検知を行うようにした。

## ●トールス機構を利用した安定走行の実現

段差のある屋内・屋外環境両方を想定し、ロボットがスタックしない安定走行を目指した。トールス機構は、6輪機構で真ん中が駆動輪となっており、袋小路でも旋回が可能であるだけでなく、地面の凸凹や段差があってもすべての車輪が必ず地面と接地する優れた接地性を有している。

今回、振動テスト、温度テスト、電磁パルステストなどの環境試験や耐久試験を実施した。

## ●GNSSインターフェースとROSインターフェースの連携

ロボットにおけるGNSS利用とその安定性確保とROSとの確実なインターフェースとROSナビゲーションモジュール結合を行った。

ロボットが自分の位置を把握する方法は、風景を地図として事前に覚えて、走行時に現在いる場所の風景とマッチングして現在位置を確認・認識する。そのため、自分の位置を把握できない場合は目的地に到達できない。

屋外では自分の位置を把握するための特徴が少ないことも多い。このような環境下での自律走行に耐えうる自己位置精度確保のため、一般的なGPS機能ではなく、誤差わずか2 cmで位置が把握できるGNSSを採用し、ROSとの連携を行った。

## 技術的成果

期間内にプロトタイプを完成させ、屋外施設での実証実験を行うことができた。

## ●セキュリティー&プライバシーの品質を確保

ロボットの撮影したデータは、セキュリティーとプライバシーに配慮しクラウド上に自動アップロードする仕様とした。これにより、データがロボットに残ることなくクラウドに上がるため、データの流出・抜き出しの危険がなく安全性が高い。

## ●実証実験でさまざまな環境における安定走行を実証

立川市にある商業施設GREEN SPRINGSにおいて、屋外の昼夜・晴天雨天含めた環境での実証実験を行った。水路隣接などの難易度の高い場所も問題なく走行できるかを検証したところ、水路落下もなく、段差乗り越えや雨天走行などを問題なくこなすことができた。

また、GNSS連携による自己位置認識の自律走行の安定性を確認することができた。

## 事業化の取組

### 事業化状況

警備ロボットはさまざまな製品が出ているが、濡れた路面の走行が可能な屋外環境に対応した製品は「セキュア・トールス」が国内初となる。雨の中走行するロボットは非常に珍しいこともあり、実証実験時より多くの反響をいただいている。

今回はユーザー企業の要望を受けネットランチャーを取りつけたが、救急用のAEDや消火器といったさまざまな装備を求める声があり、顧客ニーズにより搭載する装備はカスタマイズすることを前提としている。

本事業終了後も2022年9月に羽田イノベーションシティで展示を行い、2024年2月末には名古屋で実証実験を行うなど、事業化に向けて積極的に取り組んでいる。事業化は3年以内を目標として見据えており、今後も実証実験を重ねて製品の品質を高めていきたい。



### 今後の見通し

今回開発した警備ロボットは、映像を人の目で最終判断するという点で完全な自動化の実現は難しく、ロボットと人の協働を前提としているが、今後は、基盤モデルAI技術を組み合わせることで、異常判断まで可能となり、人的負担をより軽減させることができると考えている。

近い将来、AIが自動的に判断を行い異常があった場合に人に知らせることで、人が常に監視する必要はなくなり、また異常を検知するとAIが自動で救急車を呼ぶ設定も可能となる。

## 企業情報

### 株式会社カンブリアン・プロジェクト

〒141-0022東京都品川区東五反田5-22-37オフィスサークルN五反田304

事業内容 ロボット・AIによる業務自動化ソリューション開発・提供

設立 2018年1月

資本金 1,000万円

本製品・サービスに関する問い合わせ先

連絡先 代表取締役 原 広仁

電話番号 03-6403-4883

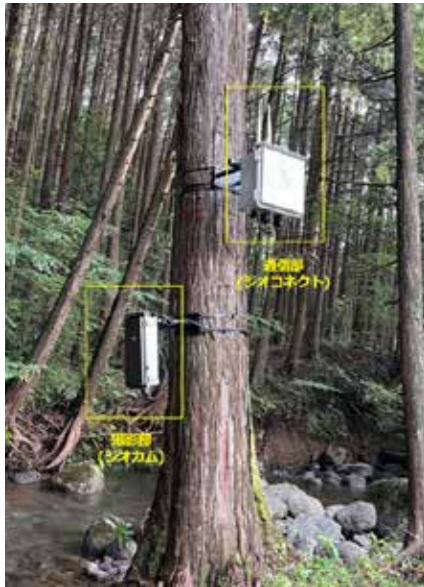


# 3 遠距離通信可能な総合型モニタリングカメラ「GeoCam・GeoConnect」

**テーマ名** 携帯圏外にて各種センサーデータ及び撮影画像の遠距離送信を可能にする統合型モニタリングカメラの研究・開発

**採択年度・分野** 2021年度採択 次世代通信技術を活かしたソリューション研究

**研究開発体制** 株式会社フォレストシー（研究開発主体・ユーザー企業・実証実験）



## 概要

携帯圏外が多い中山間地域でも遠距離無線通信を可能とする統合型モニタリングカメラ「GeoCam・GeoConnect」により、標高の低い谷間の環境でも安定した画像・センサーデータ転送と、現地情報把握を実現。

## 特長

- IoT通信インフラを地域の自然災害対策や遠方の設備監視などに有効活用
- 人的労力・人件費を削減し、人口減少・高齢化社会に貢献

## 利用シーン

- 上流河川の水位監視および氾濫状況の画像監視
- 奥山の林道・作業道の崩落監視および崩落状況の画像監視
- 水力発電ダムの上流河川に設置された取水堰の画像監視
- 人の目につきにくい山林部へのゴミの不法投棄の画像監視

## 研究開発の実施

### きっかけ

中山間地域では、携帯圏外となる場所が多く点在し、中山間地域のIoTによるスマート化は極めて困難な状況とされている。一方で、危険な場所が多く、山間部の点検など作業者の人命に関わるリスクも課題とされ、地域の安全・安心を守る通信手段の検討が必要とされている。

株式会社フォレストシーでは、電波の出力が高く、遠距離通信が可能なので、携帯圏外が多い中山間地域でも利用可能な独自のLPWA「GEO-WAVE」を開発し、本通信技術を採用した機器を活用したIoT通信事業を展開し、遠距離無線通信とIoT技術で獣害対策や林業支援、自然災害対策に取り組んでいる。

「携帯圏外でも画像監視をしたい」というユーザーからの要望を受け、2019年から2020年にかけて「GEO-WAVE」を活用した遠隔監視カメラ「GeoCam」の試作モデルを開発した。試作モデルについて、画像転送は実用性を確認できた一方、通信部と撮影部が一体構造であったことから、「撮影時にアンテナが傾く」・「被写体に高さを合わせるため設置が低位置となる」・「結果通信条件が悪くなり電波強度が弱く通信が不安定になる」といった課題がみられた。そこで、防災対策向けに課題の解決とさらなる高度化を図り、正式な製品化を進めるために本事業を開始した。

### 目標

#### ● 安定した画像やセンサーデータを送信する通信機能の向上

山間部の谷間でも安定通信が可能な通信部・撮影部分離型のモニタリングカメラのハードウェアおよびソフトウェアの研究開発を行う。

#### ● 現場情報を正確に把握する総合型モニタリング機能の構築

カメラと水位計などの各種センサを同一通信部に並列接続し、統合的な処理・データ送信を行うハードウェアおよびソフトウェアの研究開発を行う。

### 取組内容

以下2種類の開発と実証実験を行った。

#### ● 通信部・撮影部分離型のモニタリングカメラの開発

山間部の谷間でも安定通信を可能とするため、「GeoCam」の撮影部・通信部を分離型に見直したモデルを開発した。

分離することにより、撮影部を低い位置に設置しても、通信部を高い位置に設置できることから電波が安定し、画

像データを円滑に送信できる設計とした。

ソフトウェア開発後は、カメラを被写体の撮影に対して適切な位置に設置し、独立した通信部は通信条件の良い高所に設置し、撮影およびデータ送信が安定して行われることを確認した。

## ●モニタリングカメラのハードウェアおよびソフトウェアの研究開発

汎用型のセンサ接続機器「GeoConnect」に対して、カメラと水位計などの各種センサを同一の通信部に並列接続し、統合的な処理・データ送信を行うハードウェアおよびソフトウェアを開発した。

通信部の汎用性を高めるため、有線でつなぐ際には一通りの規格を網羅できるようさまざまなインターフェースを備え、各種通信規格に対応した。

## ●実証実験の実施

事業所を構える静岡県裾野市で奥山・中山間地域での利用を想定した通信試験を行った。

### 技術的成果

完成した2種類の製品について、以下のとおり機能面の改良を実現した。

## ●「GeoCam」の撮影部・通信部分離による安定した通信環境の構築

撮影部と通信部を分離することで、それぞれを条件の良い場所に独立して設置し、条件の厳しい環境下でも機器性能を最大限に発揮することが可能となった。

カメラは設置したい位置を確保しつつ、通信部は分離しているので通信条件の良い高い位置に設置し、通信部のアンテナも送受信性能が最大となる垂直を維持し、画像やセンサデータを安定して遠距離送信が可能となった。

## ●カメラと各種センサを同一通信部に並列接続できる「GeoConnect」により多様な情報の同時通信を実現

「GeoConnect」に「GeoCam」や各種センサを有線接続して、カメラで撮影した画像データや各種センサデータを無線で遠距離送信することができた。

これにより、携帯圏外の多い山間部の河川水位監視や土砂崩落監視を可能とするほか、地域のインフラ設備の見守り・見回り負担軽減にも寄与する。

## ●各種製品の品質・性能を向上

「GeoCam・GeoConnect」のハードウェアおよびソフトウェアの開発が完了し、従来の一体型と比較して分離型は、より良い通信条件で撮影とデータの伝送が行えることを確認した。

また、クロップ画像処理による疑似ズーム機能もソフトウェア開発が完了した。ズーム機能によって撮影対象と距離がとれることで、撮影部・通信部ともにより好条件の場所へ設置できるようになり、電波強度が改善され、画像伝送時の安定性が向上した。

## 事業化の取組

### 事業化状況

本事業の開発により、「GeoConnect」はさまざまな規格に対応する通信部となったが、社会実装可能な販売価格の観点から、実際の用途以外に不必要なインターフェースなどを脱着でき、顧客のニーズに合わせ最小限の構成にカスタマイズできる仕様としていきたい。「GeoConnect」は設備監視や自然災害対策の分野で既に引き合いもいただいております。現在の製品をベースとしてさらなる高度化を目指している。

「GeoCam・GeoConnect」ともにユーザーの自営通信網内で利用することが前提のため通信料は徴収しないものの、クラウドサービス利用料や保守費用などを徴収する想定である。需要増大が見込めるようになれば大量生産により製造コスト・販売価格を下げ、広く活用いただける環境を整えたい。

### 今後の見通し

要求水準の高い各省庁・自治体の防災システムとしても活用可能にするために、ハイセキュアかつ安定したデータ送受信を実現するための通信制御のしくみを開発・実装し、さらなる高度化を目指す。社会実装を進めるために、より安定・長寿命なバッテリーシステムの採用によるメンテナンスフリー化など、改善の余地も多い。

獣害対策から始まり、林業の労働安全・効率化支援に展開し、近年は自然災害対策の分野にも軸足を置いている。中山間地域の課題解決・活性化のためにも、獣害対策や林業の支援、自然災害対策のほかにも、観光客や高齢者・児童の見守り、地方の発電設備の監視など、幅広く活用されるようニーズも開拓していきたい。

「日本の隅々まで、IoT通信圏外を“0”へ」を目標として、2024年には国土交通省の中小企業イノベーション創出推進事業に採択されたことも受け、今後3年間でより高度化したバージョンの開発を行い、販路拡大を進めたい。

## 企業情報

### 株式会社フォレストシー

〒135-0022 東京都江東区三好3-7-11 清澄白河フォレストビル

事業内容 独自のLPWAを用いた遠距離無線通信機器とサービスの企画・開発・提供

設立 2017年3月

資本金 300万円

本製品・サービスに関する問い合わせ先

連絡先 IoT通信事業部 課長 藤本 晶史

電話番号 03-5245-1511

# 4 ブロックチェーン×IoTによる物流プラットフォーム

**テーマ名** ブロックチェーンとIoTによる物流データのバリューチェーン化

**採択年度・分野** 2021年度採択 次世代通信技術を活かしたソリューション研究

**研究開発体制** モノコトデザイン株式会社(実施主体)  
ビヨンドブロックチェーン株式会社(共同研究)  
全日本食品株式会社(実証実験)



## 概要

IoT化されたスマート物流ボックスと、ブロックチェーンによる高度な物流エビデンスプラットフォームを提供する

## 特長

- 商品の配送の流れを一括管理
- トレーサビリティ対応による製品への信頼性を保証
- プラットフォームを活用し物流のDX化を促進

## 利用シーン

- 事業者へセキュアでオープンな物流ネットワークの提供
- 物流全般におけるRFIDタグ管理
- 食品流通における温度管理

## 研究開発の実施

### きっかけ

ネットワーク内で、デジタルデータの真正性を保証するためにブロックチェーンは利用されている。本事業を開始するにあたり、技術をどこに適用させるか検討した際、着目したのは物流業界であった。

特に、食品流通においては、食品衛生規格であるHACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) への対応など衛生管理の重要性が高まっている。

そこで、衛生管理や温度情報の品質管理基準保持の真正性を保証することをターゲット・テーマとして、物の移動をチェックし、温度データに対して保証するシステムを開発できれば、今後ますます複雑化、効率化を求められる物流システムにおいて、DX化の促進が期待できると考え、IoTデータを集積化し、セキュアでオープンな物流データのプラットフォーム開発に取り組んだ。

### 目標

#### ● HACCP適合などのトレーサビリティ対応

商品に不具合やトラブルがあった場合に、原因を特定したり対策を講じたりするためにトレーサビリティが必要となる。今回の物流プラットフォームでは、配送ボックスの温度・湿度・開閉データなどを含むトレーサビリティデータをブロックチェーンに記録するシステムの構築を行う。

#### ● データを「見える化」し、データの真正性を保証

配送中の記録データを「見える化」することが重要であり、その「見えるデータ」に真正性があることを保証することを目指した。物流データのアップロードサーバーと、データのエビデンスを証明するサーバーの二つを構築し、配送中におけるデータの真正性の保証を行う。

### 取組内容

これまでのPOSなど既存システムと連携を図りながら新しい物流DX事業を目指し、センサボックスの設計と、開発したシステムのデータ記録・検証を行った。

#### ● 配送中の封印を記録・証明する機能

配送ボックス内部には、今回開発した開封検知機能と温度センサ機能を搭載し、配送ボックス外部にはRFIDタグを貼付して、RFIDリーダーライタで日時を記録し、スマートフォンなどの端末で輸送履歴をトレースする。



## ●二つのサーバーの役割

RFIDで出荷・配送といった物流データが記録され、サーバー上にアップロードされるが、今回は、一般的な物流データの管理サーバーと、エビデンスサーバーの二つを開発した。エビデンスサーバー裏側にはブロックチェーンが備わっていて、サーバー上のデータに改ざんがあったかを真正するしくみになっている。

## ●実証実験の実施

開発したセンサを内蔵した温度を一定にキープできる保冷ボックスに、冷凍された食品を入れて、配送中のボックス内の最低、最高温度の計測と、ボックス内部のすり替えを想定して、ボックスのふたの開閉があったか否かを検知したデータをサーバーで記録した。

### 技術的成果

実証実験を経て、開発した技術の性能を確認した。

## ●RFIDデータにより継続的な遠隔監視・記録を実現

無線部は、リーダ側の電力で駆動するため低消費電力で各工程管理の記録、異常検出を可能にした。RFIDリーダを設置した地点で、配送中のボックスの温度・湿度・開閉データなどを含むトレーサビリティデータをブロックチェーンに記録する。

## ●開封検知機能と温度センサ機能を搭載し、配送中の封印を証明

IoTデータをクリティカルポイントごとに取得して、その日時や場所などの情報とともに記録する。配送ボックス内部にセンサを取り付けることで、配送中にセンサデータを取得して、温度だけでなく、配送中に開閉、中身の入れ替えがない封印証明をする。異常があった場合には検出できる仕様とした。これにより、例えば、アイスが溶けていた場合に、どこで開閉があって、それによりボックス内の温度が何度変化したかデータが取れ、原因究明に役立つしくみを構築することができた。

## ●「見えるデータ」真正性の保証を実現

ブロックチェーン技術は、デジタルデータの真正性を保証するため使用されている。本開発では、IoTで取得した情報が、ブロックチェーンによって真正性を担保された情報としてネットワークへ上げられる。例えば、アイスが一度溶けて再び固まった疑いがある場合、配送中の開閉記録と、温度が上がった記録があれば、一度溶けたことが証明でき、対象物がA社からB社へ渡る際に適正な温度で渡されたことを証明できる。このように「見えるデータ」のしくみをつくることに成功した。

## 事業化の取組

### 事業化状況

ブロックチェーン物流管理プラットフォームの開発と実証実験を行い、真正性が担保できる物流センサプラットフォームのコンセプトを確認することができた。

ブロックチェーン技術を用いたプラットフォームにより、物流データの集積が自動化・可視化され、複数の事業者が真正性を担保したデータを共有することで生まれるセキュアでオープンな情報サービスを構築した。

また、データ改ざんの防止に利用されるブロックチェーン技術を活用することにより、IoTデータの真正性の検証に成功し、今後ますます複雑化しながらも効率化を求められる物流システムにおいて、正確性を保ちつつ、食品のHACCP適合など「安全性の担保が必要となる製品」のトレーサビリティに対応することを実現した。

本事業で開発したプラットフォームを活用することで、出荷日時や配送先、数量を、通信端末を使い一元管理し、資材の紛失などを防止し、資材コストの低減を実現する。



### 今後の見通し

技術的開発は期間内に終わったが、事業化においては搭載するアプリケーションにより必要な技術は変化するため、カスタマイズ性が求められる。現在は、インターフェースとして開閉センサを搭載しているが、湿度センサ、加速度センサ、GPS搭載等さまざまなデータをエビデンスデータベースにて真正性を保証できる強みを生かし、ユーザーニーズに応えられる仕様を目指していきたい。

現在、本製品の基礎となる、冷凍・冷蔵食品用の保冷ボックスと保冷剤を管理する新システムが、全日本食品株式会社の新設した甲信越、東北物流センターにて採用されたが、本事業で開発したしくみは、物流業界だけに適用するものではないと考えており、広い視野でさまざまな業界へ技術を発展させていきたい。

## 企業情報

### モノコトデザイン株式会社

〒103-0023 東京都中央区日本橋本町3-3-6ワカ末ビル7階

**事業内容** 製品開発・製造・販売、独自システム開発、ソフトウェアサービス

**設立** 2018年2月

**資本金** 3,000万円

本製品・サービスに関する問い合わせ先

**連絡先** 代表取締役 谷口 勝男

**電話番号** 03-6202-7507



# ローカル5G基地局実験キット 「L5G-iRU4700」

**テーマ名** OSSによるローカル5G基地局実験キットの開発

**採択年度・分野** 2021年度採択 ローカル5Gを活かしたソリューション研究

**研究開発体制** 株式会社アイダックス(代表申請者・設計開発)  
凸版印刷株式会社(ユーザー企業)



## 概要

OSSによるローカル5G基地局実験キット「L5G-iRU4700」の開発

## 特長

- オープンソースを活用した低価格なローカル5G基地局の提供
- 新しい機能をカスタマイズでき実用性の高さを実現

## 利用シーン

- ローカル5G基地局実験キットのサブスク利用
- 遠隔地からのリモート環境下における利用

## 研究開発の実施

### きっかけ

株式会社アイダックスは、無線通信の研究施設へ向けたシステムの開発・製造を行っており、2019年よりオープンソースを採用した5Gのシステムを構築し納入している。

5GはWi-Fiと比較して通信速度が速いものの、利用者数に限らず基地局を構築しなければ利用できず、さらに開発当時は、基地局を1台設置するにあたり数億円のコストを要することもあり、2019年の制度化以降あまり普及していない状況にあった。

オープンソースを利用した低価格かつ簡易的な実験キット基地局を開発できれば、ユーザーは基地局を低価格で利用しローカル5Gでプログラム開発が行える。研究者やSlurpにとって5G基地局の利用ニーズは高いと考え、開発を開始した。

### 目標

#### ●ローカル5G基地局実験キットの開発

中小企業が自由にプログラム開発し、実証実験できる環境を提供する。

### 取組内容

ローカル5G向け無線部RU(Radio Unit)とOSS(オープンソースソフトウェア)を用いたベースバンド処理部、コアネットワーク部を開発し、基地局実験キットの開発を行った。

#### ●ローカル5G向け無線部RUの開発

Sub6帯(4.7 GHz)のローカル5G向け無線部RUを開発した。工事設計認証(技適)を取得済みであり、現場で利用することも可能。

#### ●OSSを用いたベースバンド処理部・コアネットワークの開発

オープンソースを組み込むことで低価格であり、用途に応じたカスタマイズが可能な仕様とした。汎用PCで5G基地局を動作させることができる。

## 技術的成果

2021年度の開発では、オープンソースに組み込むことで低価格かつ、カスタマイズ可能な基地局を完成させることに成功した。新しい研究・開発を行うためには、新しい機能をカスタマイズして製品に組み込み、評価していかなければならない。カスタマイズできることは研究者にとって大きなメリットとなる。

### ●低価格での提供を実現

オープンソースを採用しPCベースの製品としたことで、低価格を実現した。

### ●カスタマイズ性と容易なアクセス環境を提供

PCベースの製品としたことで、カスタマイズを可能にした。新たな研究・開発を行うためには、新しい機能をカスタマイズして製品に組み込み、評価していかなければならない。カスタマイズできることはユーザーにとって大きな価値となる。

### ●測定器による解析を行い問題解決

開発の際、不具合が見つかるとその原因を解決しなければシステムは構築ができないが、システム構築のためにはエミュレーターをはじめとした測定器による解析が必要である。測定器も高価であったが、都産技研所有の測定器を借り、解析を行うことで不具合を無事に解決することができた。

## 事業化の取組

### 事業化状況

2022年よりローカル5G基地局実験キットの販売を開始し、主に、Wi-Fiと5Gの比較実験での利用や、6Gの研究開発、プログラム開発を行うにあたり、実証実験などで利用いただいている。

基地局としてのハードウェア開発には成功したものの、低価格という点だけでは他企業にもいづれ追いつかれてしまうため、差別化が必要となる。時間貸し予約システムの購入枠は、100時間などの時間単位のチケット制として、利用時間で消費していく仕様とする。

Wi-Fiはどこでも皆が繋げることができ利便性は高いが、セキュリティ性の低さ、電波の悪さ、アクセスポイントをたくさん置かなければならないこと、性能が保証されないこと、アクセスが集中すると遅くなるなど多くの課題がある。その点、5GはSIM認証がありセキュリティが高く、データ転送の速度をユーザーの利用ニーズにより上げたり下げたりする調整ができる。

ローカル5Gの需要は潜在的に多くあると考えているが、株式会社アイダックスの一企業でさまざまなユーザーに対してニーズに対応したアプリケーションを網羅していくことは不可能であり、個々のアプリケーションへの対応はほかの企業との連携を図るなどまだ多くの課題が残る。

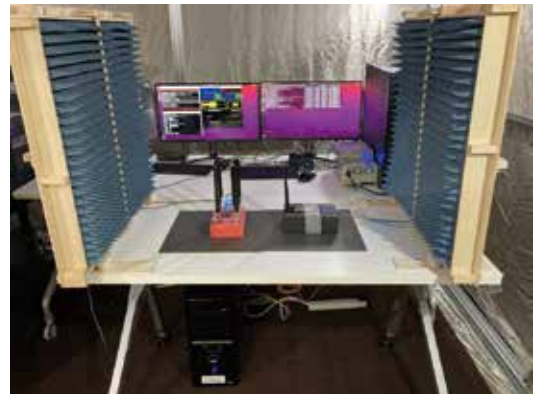
### 今後の見通し

2021年度事業終了後、2023年度事業でも都産技研の公募に採択いただき、引き続き開発を進めており、ローカル5Gの普及促進を目指してリモート環境構築を行い、さらにミリ波のOAI調査(Open Air Interface)にも取り組んでいる。

Wi-Fiにはないローカル5Gの特徴を生かしたどのようなアプリケーション開発を行うかはさまざまであるが、建設現場、農場、工場、鉄道機関で使うソフトウェアや装置を購入すると莫大な費用がかかるものが数百万円で利用できることは大きな魅力になる。

さらにリモートでの利用は装置を購入する必要もなく、研究者やSlerが在籍する大手企業に導入・ライセンスを購入いただければ、社内外に関係なく応用でき、いつでもどこでもユーザーがリモートでアクセスし、好きな時間に使える利便性は高いと感じている。

このようにして徐々に導入企業を増やし、研究者やSlerのキラーアプリ開発に、実験キットを活用いただきたい。



## 企業情報

### 株式会社アイダックス

〒167-0042 東京都杉並区西荻窪北3-13-5 M&Iビル2F

**事業内容** 無線通信の研究施設へ向けたシステム開発・製造  
無線信号処理に関連したソフトウェア受託開発

**設立** 2001年6月

**資本金** 1,000万円

本製品・サービスに関する問い合わせ先

**連絡先** 代表取締役 戸部 英彦

**電話番号** 03-6762-1210

# 拡張性、高運用性を持ったソフトウェア無線の「ローカル5G基地局」

**テーマ名** ロボティクスを見据えたローカル5G基地局のパフォーマンスの向上

**採択年度・分野** 2021年度採択 ローカル5Gを活かしたソリューション研究

**研究開発体制** 株式会社FLARE SYSTEMS (研究開発主体)  
 東京大学 (共同研究)  
 東日本電信電話株式会社 (共同研究)



## 概要

拡張性、高運用性を持ったソフトウェア無線の「ローカル5G基地局」を低コスト・短期間で設置する

## 特長

- 必要要素すべてを一つの汎用サーバーに実装し、可搬性を実現
- 消費電力約100 Wと市販のポータブル電源などによる稼働が可能
- ソフトウェア実装のため低コスト・短期間で構築しカスタマイズも可能

## 利用シーン

- 複数の基地局を同じシステムに収容し広域エリアで一体型利用
- 外部からアクセス可能な管理クラウドシステムで遠隔地からの運用

## 研究開発の実施

### きっかけ

5Gの推進をコンセプトとして、「次世代ネットワークの民主化」を目指し東京大学とNECネットエスアイ株式会社は産学連携での共同研究を行い、事業化を推進するため、2021年に設立されたのが株式会社FLARE SYSTEMSである。

株式会社FLARE SYSTEMSではユーザー企業が通信規格を使いやすいように、誰でも自由に通信できるように、シームレスに研究開発結果を製品化し速やかに世の中に送り出すよう取り組んでいる。

5Gの利用が民間企業へ広がりをみせる中で、公衆5Gサービスでは一般ユーザー向けにはダウンロード速度を優先する設定になっているが、工場や放送などで利用する企業に向けては、カメラ映像の送信などアップロード速度を優先する、低遅延を必要とするなどのニーズがある。そのためにはローカル5Gシステムが求められており、企業側の顧客ニーズに合わせて仕様を設計し、提供することを目的に開発に取り組んだ。

### 目標

#### ● 広く利用される製品を目指し、オールインワン製品の開発

ローカル5Gシステムは、基地局、コア装置などさまざまなコンポーネントで構成されている。一般的な企業で別々にコンポーネントを導入し、設定をすることは手間を含め、コスト面においても課題となる。そこで、気軽にローカル5Gが開設できるすべての機能が一つに纏まったオールインワン製品の開発を目指した。

#### ● ローカル5G普及のため、性能の高い製品開発

ローカル5Gの普及には、スピードが速く、遅延がないといった性能面だけでなく、エリアを制限せず利用したいエリアで利用できることが求められる。また、一般ユーザーが使いやすいシンプルな設計を行う。

### 取組内容

拡張性、高運用性を目指して、一体型基地局と分離型基地局の基地局開発を行った。

#### ● コンパクトでシンプルな設計の一体型基地局

ローカル5G基地局にはCU・DU・RUとさまざまな装置が必要となる。これらをPCベースのソフトウェア上に搭載して設置に困らないコンパクトなサイズ感に収めた。また、利用マニュアルが分厚い複雑なしくみではなく、シンプルでわかりやすく使える設計を目指した。ソフトウェアで構築することで新たな機能の追加実装など拡張性も考慮した設計となっている。



## ●5GC(5Gコアネットワーク)機能の分離した分離型基地局

ローカル5G基地局1台の通信エリアは限られており、オフィスビルの1階～3階で同時にローカル5Gを使いたい場合、1階に基地局を設置すると他フロアでは使えず、フロアごとに1台ずつ基地局を設置する必要がある。さらにフロアごとにSIMカードを入れ替えなければならない。

すべての機能が一つに纏まったオールインワンの一体型基地局の開発に続き、コア機能を分離して、SIMカードの認証を一つのサーバーで管理でき、各フロア共通で使える装置を開発した。

## ●クラウド管理システムの構築

従来は、設定を変えたい場合、技術者が現場に駆け付けてローカル5G基地局本体にログインしてコマンドを入力しなければならなかった。しかし、限られた専門的な技術者が現場で設定を行うことは大変困難でありメンテナンス作業への負荷が大きいものであった。本事業では、誰でも容易に対応できるシンプルな設定であり、セキュリティ性を確保することを念頭に、インターネットのWEB管理画面上で遠隔操作による設定ができる基地局のクラウド管理システムを開発した。

### 技術的成果

簡易運用できる一体型基地局と外部5GCと接続できる拡張性の高い分離型基地局を開発し、運用性の高い遠隔で設定変更できる機能を構築した。

## ●コア一体型を拡張し、一体型基地局と分離型基地局を開発

すべての機能を1個の基地局に纏めることが良かったが、一つの大きな建物でローカル5Gを使うために5GCを分離した。基地局1台の能力には限界があり、4Kの動画を撮ろうとする場合、5台程しか収容できず、15台同時に利用したい場合は基地局が三つ必要となる。

そこで、一体型ローカル5G基地局のうち5GC機能を取り出して、ローカル5G基地局を5GCに分離接続する仕様とした。この分離型は、内蔵されている5GC機能をスキップして、外付けの5GC機能を使用する。分散処理を行うことで高パフォーマンスを実現した。

## ●クラウド管理システムにより、人的コストを削減

技術者は設定変更のたびに現場へ赴き作業を行う必要があったが、デバイスを増やしたい、SIMカードを増やしたいなどの利用ニーズの高いリクエストに関して、技術者が現場に行かずともインターネットのWEB管理画面上で設定のサポート対応ができるクラウド管理システムを開発したことで、技術者の負担は軽減され人的コストの削減に寄与する。

## 事業化の取組

### 事業化状況

PCベースのソフトウェアで製品の開発が行えたことで、PCと同等の消費電力でローカル5Gを動かせるようになった。省電力化できたことで、大学、事務所、電源のない地域など大きな電力のとれない場所でも使える。さらに、ローカル5Gをソフトウェアでつくることができ、新しい規格が出た際にハードを取り替えず、ソフトのコーディングを変えることで、新しい規格を採用できる。5Gは、毎年新しい追随技術が世に出ているため、対応する製品を限定するのではなく、来年以降に出る新たな機能・製品にも適応し、ユーザーが毎回買い替えずに済む仕様としたことは汎用性が高く、製品の強みになる。

開発したローカル5G基地局の設置方法は、Wi-Fiの初期設定に近く、パラメーターを数百個自由に選択できるようにすると、複雑化してしまう。その点は、コンセプトにもあるとおりシンプルな設定とした。

クラウド管理システムは、現在プロトタイプ版とし、製品の付属品として顧客に使用されているが、単独製品としての商用利用はまだない。中小企業でローカル5Gを工場に置いても、作業者は離れた事務所にいたり、地域が離れていたり、利用現場と基地局が離れているケースがある。そのため遠隔操作可能なクラウド管理システムのニーズは高いと考えている。

### 今後の見通し

例えば、アリーナ会場でスポーツの試合を行う際に、会場内スクリーンに控室の映像を中継で流そうとした場合、Wi-Fiが混んでいて映像が止まってしまっただけでは問題である。さらに、有線カメラは線を引き回さなければならないが、開発したローカル5G基地局を活用すれば無線カメラで好きな所に撮影が回れて回線も混まない。また、屋外での中継を行う場合、通常であれば地面に配線を引くことができないなど、数日間の準備期間を要する場合でも、5Gを利用することで、無線カメラで移動することを実現し準備期間も1日で済むような事例もある。

このように能力を発揮できるメニューを整理し、利用ニーズに明確に焦点を当てて市場開拓していきたい。また、格安なソフトウェア基地局を企業や自治体へ提供することで、ローカル5Gの普及加速につなげて「通信の民主化」を目指したい。



## 企業情報

### 株式会社FLARE SYSTEMS

〒113-0033 東京都文京区本郷5丁目25番16号 石川ビル7階

**事業内容** ソフトウェア基地局の開発と提供、次世代ICT技術・製品の開発

**設立** 2021年7月

**資本金** 100万円

本製品・サービスに関する問い合わせ先

**連絡先** 代表取締役 中川 貴之

**電話番号** 03-6240-0514



# 各種ロボット導入・保守支援を可能とするリモート管理ツール「WING-Bot」

**テーマ名** 5Gカメラを用いた遠隔ロボット制御システム

**採択年度・分野** 2021年度採択 ローカル5Gを活かしたソリューション研究

**研究開発体制** ウィングロボティクス株式会社(開発主体・実証実験)  
FCNT株式会社(共同開発企業)  
ジャパン・イーエム・ソリューションズ株式会社(ユーザー企業)



## 概要

ロボット開発のオープンソースであるROSに対応したロボット設定・管理のリモートアプリケーション「WING-Bot」は、各種ロボット導入・運用のハードルを大きく下げることを実現。

## 特長

- 技術者不足により困難であったロボット導入の容易化
- 技術サポートなど現地作業をテレワーク化
- 最新機器にマルチ対応し進化する技術を柔軟に普及
- ローカル5Gに対応し、多接続を実現

## 利用シーン

- 国内外の作業工場

## 研究開発の実施

### きっかけ

少子高齢化の進展と、製品製造の多品種少量化により、エンジニアの労働力不足は深刻化している。しかしロボットは完璧ではないのでメンテナンスを行う必要がある。そこで、人と協働できるロボット「協働ロボット」によって柔軟に労働力を代替する必要がある。

日本でロボットを扱えるSlerは、約2万人と人口の約0.02%であり、日本企業の98%はエンジニア不足に陥っている中、ロボットの普及は現実的にあり得ない。

しかし、少ないエンジニアで遠隔地から複数のロボットをみることができれば、エンジニアが出向く出張の時間とコストもカットでき効率よく運用できる。遠隔でロボットを簡単操作できる技術が将来的に必要と考え、本事業をスタートした。

### 目標

#### ● 協働ロボット派遣ビジネスの実現

ロボット制御エンジニアが、製造現場に赴かず遠隔地から動作のつくり込みやロボットの異常停止(チョコ停)から復帰できる環境整備を目指す。段取り替えが頻発する多品種少量生産に対応した製造の自動化を実現する。

#### ● ローカル5Gを活用した協働ロボットの遠隔モニタリング・制御システムの開発

ローカル5Gを用いたロボットの遠隔モニタリング・遠隔制御を開発し、協働ロボットによる労働力の代替とすることを目指す。

### 取組内容

5G通信を利用し、制御できる遠隔操作システムの開発を行った。

#### ● ロボットの遠隔教示・制御方式の構築

自動計画を導入しエンジニアがロボットの動作を細かく指定する必要がなくなるように、遠隔からロボット制御装置に送る教示信号のリアルタイム処理設計と、複雑なロボット動作を操作者の大まかな指示に基づき自動計画する技術の構築を行った。

## ●安全規格に対応した、遠隔からの監視及び制御システムの確立

ロボット環境における人の安全に関する法規制および安全規格への対応、危険リスク排除のための遠隔からの監視方法の確立と、制御方法を確立し、遠隔監視を前提とした安全管理システムを構築した。

## ●5Gを活用したロボット連携と通信環境の構築

5Gカメラ内の無線機能により、協働ロボットの運用を阻害することのないコンパクトな構成とした。また、ローカル5Gによる通信ハード・ソフトウェアの構築および伝送品質を確保し、各種の個別データが、それぞれシステムとして必要なタイミングで取得・送信できるように通信性能の適正化を図った。

### 技術的成果

実証実験を繰り返し、開発した遠隔操作システムの性能を確認した。

## ●安全管理システムの搭載

人にぶつかっても止まらないロボットでは事故につながるため、触れられたり、何かあったら止まることを前提にリモートで復旧する仕様とした。エラー時にはアプリケーションの画面にFAILEDと表示され、緊急停止ボタンで作業中断も可能で初期設定動作位置に戻るようにした。

安全のためにエリアセンサを搭載したことで、人が近づいてきたらスピードを100%から50%へ落とす、もっと近づいて禁止エリアに人の侵入を検知したら停止する。これらの異常が目視でわかるよう赤いランプを点灯させるしくみとした。

## ●5Gを活用し実用性が向上

5Gの特徴は多元接続であることで、多くのデバイスに接続しても通信に影響しない。遠隔操作でロボットが停止する場合、PLCや周辺のセンサが問題である可能性も高い。それが5Gであれば、いくら接続しても干渉されないという良さがあり、スピードも速い。

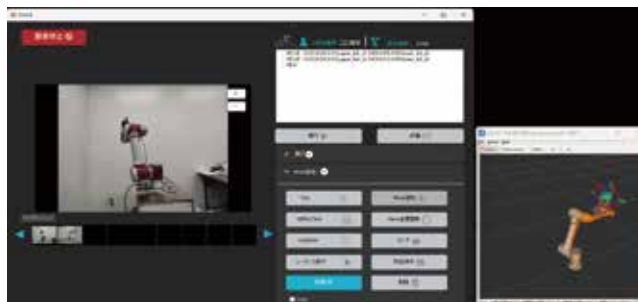
またローカル5Gなのでセキュリティーの安全性も確保され、簡単にハッキングされないという点もメリットとなる。都産技研内のローカル5G環境での実証実験により、通信速度やセキュリティー向上が確認できた。

## 事業化の取組

### 事業化状況

動作計画と遠隔操作を合わせて、物の近くまでロボットが近づくとロボットが判断して自律的に物を掴むことができる。現在は物を取ることに特化しているが、今後は動作のバリエーションを増やす開発を行い、さまざまな作業へ対応していきたい。

事業化はこれからとなるが、パソコンと同様に特別なスキルがなくても自分で購入してセットアップから操作までできると普及につながると考えており、トラブルがあった際には遠隔で技術者がサポートする。このようなビジネスモデルを目指していきたい。



### 今後の見通し

従来は、ロボットが故障するたびにエンジニアが遠方から駆けつけていたが、遠隔操作でロボットのメンテナンスを行うことで労働力の削減を実現できた。ローカル5GはWi-Fiと比べて、遅延がなくスムーズであった。可能な限りリアルタイムで認識できる点において、5G通信速度の速さは重要である。

各企業の扱うロボットに対して開発したアプリケーションを導入すると、遠隔地で製品に不良があるかどうかロボットが自動検査を行い、トラブルで停止した際にソフトウェアを使い回復をする。この様子はスマートフォンで撮影し、5Gを活用して画像データを送信する。これらの機能を有する本アプリケーションを、限られた製品のみではなく、全世界の協働ロボットをコントロールできるように改良を進めていきたい。

## 企業情報

### ウィングロボティクス株式会社

〒135-0064 東京都江東区青海2-4-10

事業内容 次世代協働ロボットのサブスクリプション提供

設立 2018年9月

資本金 2,496万1,751円

本製品・サービスに関する問い合わせ先

連絡先 代表取締役社長 馮麗萍(Liping Feng)

電話番号 03-5962-1282

# 8 カメラ搭載型の自律走行AI見守りサービスロボット「FRUTERA V」

**テーマ名** 介護施設向け見守りロボットサービスの開発

**採択年度・分野** 2022年度採択 ローカル5Gを活かしたサービスロボット研究

**研究開発体制** アンドロボティクス株式会社(代表申請者・画像収集システムの設計開発・画像配信システムの設計開発)  
医療法人桂水会岡病院(実証実験フィールドの提供・ユーザビリティ評価)  
学校法人東京理科大学(AI・アルゴリズムの提供)



## 概要

離れて生活する高齢者とその家族をつなぐサービスの提供を、自律走行ロボットが実現する。カメラ搭載型の自律走行AI見守りサービスロボット「FRUTERA V」

## 特長

- 自律走行による食事プレートの配膳
- 顔認識機能により対象者から家族・友人などに向けたメッセージを届ける
- 非対象者にモザイク処理を施した上で対象者を撮影・データ提供

## 利用シーン

- 福祉施設の食事配膳における利用、日々の暮らしの情報発信
- 施設を利用する高齢者とその家族とのメッセージ送受信システム
- 撮影した動画・写真データのクラウドシステムへの自動アップロード

## 研究開発の実施

### きっかけ

高齢者が福祉施設に入居すると、その家族は自由に会話する機会が減少し、日々の様子を見守ることは難しくなる。働き盛りの世代と面会時間制限などがある福祉施設では、時間の流れも異なり、距離の離れた家族とのコミュニケーションの機会が課題であった。さらに、近年は新型コロナウイルス感染症の影響もあり、福祉施設入居者とその家族はコミュニケーションの機会が減少している。

アンドロボティクス株式会社では、人とロボットの共生をテーマとして組込み系ソリューションやマーケティングロボットなどの事業化を行っており、福祉施設での食事の様子の配信をはじめに、入居生活の様子を伺う機会が増えると家族の安心につながると考え、福祉施設とその入居者、家族をつなぐコミュニケーションツールとしてロボット開発に取り組んだ。

### 目標

#### ●非同期型の遠隔コミュニケーションツールの開発

日中労働している働き盛りの世代が、昼の時間帯に定期的に施設と通話することは難しく、夜間帯は既に就寝していたり施設スタッフも少人数であったりとなかなか施設へ連絡できない。そこで、活動時間帯がずれていても、離れた距離の相手とコミュニケーションがとれる、笑顔を届ける、非同期でつなぐ遠隔コミュニケーションツールの開発を目指した。

#### ●プライバシー保護を重視した映像処理

自社で開発した既存の配膳ロボットをベースとして、カメラで撮影する技術の搭載と、撮影したデータをプライバシーに配慮して対象者だけが映るようにモザイク処理をする技術を開発する。

### 取組内容

自社の自律走行型配膳ロボットをベースに、以下のソフトウェア開発を行った。

#### ●動画・メッセージの収集・配信

撮影場所を事前設定し、設定した撮影ポイントを、入居者の撮影順、時間を自己調整して自律走行し総当たりで撮影する仕様とした。

画像収集ユニットをロボットのAIカメラに搭載し、撮影したデータはローカル5G通信ユニットによりクラウドシステムへ自動保存される。また、送受信機能で家族の動画やメッセージをクラウドシステムへアップロードすると、ロボットが施設内を自律走行し対象者を探して届ける。これらデータを非同期処理するアプリケーションとした。







# 9 空間スキャンロボット「ReFRO 360」と3Dスキャナー「WalkTHERE」を活用した3Dマップ生成

**テーマ名** 5Gを使用した空間データ活用ロボットシステムの研究開発

**採択年度・分野** 2022年度採択 ローカル5Gを活かしたサービスロボット研究

**研究開発体制** Haloworld株式会社(ロボットシステム開発・ビジネスモデル作成・ユーザー評価)  
鹿島建設株式会社(共同研究・実証実験)



## ● 利用シーン

- 環境変化やレイアウト変更が激しい建設現場などでの活用
- さまざまな自律走行ロボットが利用できるマップ提供による建設現場以外の環境における活用

## ● 概要

日々環境が変化する建設現場において、環境を反映した自律走行ロボット用マップを提供し、現場におけるロボティクス・トランスフォーメーション(RX)を加速させる

## ● 特長

- 遠隔操作可能な自律走行スキャンロボット「ReFRO 360」による3次元点群データの自動取得
- 「WalkTHERE」のスキャナー機能を活用した3Dマップの自律生成
- ロボットの要求に応じたマップを提供
- 立ち馬の足下やカラーコーン同士をつなぐコーンバー下も障害物として認識

## 研究開発の実施

### きっかけ

Haloworld株式会社は2016年2月に創業したロボットの開発・販売事業を行う企業である。さまざまなロボットを開発する中で、特に建設業界との関わりを深く持っていた。

建設業界では2024年度より、災害時における復旧および復興の事業を除き、時間外労働の上限規制が原則どおりに適用され、労働時間規制が開始となる。これにより、工期遅れなど人手不足の要素が大きな課題とされていた。

そこで、建設現場におけるオペレーションロボットの活用が必須となるが、建設現場は日々進む工事状況や搬入資材などの影響により現場環境が大きく変化する。

現在、建設現場で活用されているさまざまな作業ロボットは、事前に記憶したマップデータを基に現場を自律走行するが、現場環境は日々変化するため、自己位置推定が崩れロボットが迷子になりやすい問題を抱えている。

これらの状況から、今後人が働けなくなるだけでなく、ロボットもスムーズに働けない問題を解決するため、「ロボットが働けるマップサービス」の開発を目指した。

### 目標

#### ● 5Gを活用したシステムの開発・リアルタイムな空間データの取得

5Gを活用した3D空間データを構築するシステムの開発と、リアルタイムに空間データを取得するマッピングロボットシステムを開発し、ロボットの自己位置見失い問題を解決する。

#### ● 「働けるマップサービス」の確立

建設現場で導入されている移動ロボットにマッピング作業をすることをやめさせ、本事業で開発するマッピングロボットシステムが「働けるマップサービス」として広く展開され、生成されたマップが、ほかの作業ロボットとAPI連携することで、さまざまな環境で安定したロボット運用と、施工作業の最適化を目指す。

#### ● ユーザビリティを意識した開発

ユーザーが利用しやすい製品を展開するため、販売時のコストも意識した開発を実施。

### 取組内容

マッピング作成をメインの軸として、開発を行った。

#### ● マッピングロボット「ReFRO 360」の開発

ロボットが自律走行して空間をスキャンし、マップデータを自動生成することを目指し開発したマッピングロボットが「ReFRO 360」である。

ロボット自己位置見失い問題を解決するため、ロボットがマップを生成する際に、建設資材や段差障壁などの現場における障害物データを機械学習により画像認識し、回避するよう設計した。

具体的には、立ち入り禁止エリアに配置されるカラーコーンだけでなく、カラーコーン同士をつなぐコーンバーを一緒に立ち入り禁止・障害物として映像で把握させる。また、立ち馬も同様に、立ち馬に登り作業している人がいる真下を通り抜けることなく、立ち馬の足の間も障害物として通過しないように認識させた。

### ●3Dスキャナー「WalkTHERE」の追加開発

優れたロボットを開発しても、すべてをロボットが補えるわけではないことも認識しており、ロボットに十分な仕事をしてもらうためには人と互換し合いながら、人がロボットを上手に活用することが求められると考えていた。このような人とロボットの協調作業を意識した視点から、3Dスキャナー「WalkTHERE」を併せて開発した。

### ●実証実験の実施

実証実験は、鹿島建設株式会社の協力を得て、2023年4～5月と8月の2回、建設現場で実施した。

### 技術的成果

完成した2種類のロボットは、組み合わせることで活用の幅を広げ、相乗効果を得られる。

### ●「ReFRO 360」による安全かつ効率的なロボット運用の確立

360度ドーナツ型に空間データを取得することができ、スキャンされた点群データは3Dマップ化処理され、専用のクラウドサービス上でデータが蓄積・管理される。3Dマップへ障害物回避データも組み込むことで、日々変化する建設現場のマップを現場導入されているさまざまなロボットが毎回作成する手間を省き、最新のマップ情報で安全かつ効率的なロボット運用が可能となった。

### ●「WalkTHERE」を活用し、人とロボットの協調作業を実現

当初、「ReFRO 360」の開発のみを想定していた事業計画を大きく変更し追加した「WalkTHERE」は、「ReFRO 360」に搭載し自律走行させることで空間スキャンし、3Dマップを自動生成するほか、人が手に持ち歩行することでマップデータを取得・生成することもできる仕様とした。

### ●「ReFRO 360」と「WalkTHERE」の活用による相乗効果

「WalkTHERE」は、「ReFRO 360」へ搭載した自律走行と、「WalkTHERE」が独立し、人の歩行でデータ取得する二つの方法で使用できる仕様とした。これにより、活用の幅は広がりユーザビリティの向上につながった。走行環境がオンロードではない現場環境では、段差の乗り越えなどの障害も多く、安全性の確保は苦労したものの、ロボットが走行できない現場では、人の歩行により、「WalkTHERE」を手軽に活用し、データスキャンを行うことができる。

## 事業化の取組

### 事業化状況

実証実験では、クラウドサービスへのアップロードに多少の時間を要したものの、当初目標として掲げていたリアルタイムで空間データを取得する点について、課題はないことを確認し、2023年に本事業を終えた。

現在は、鹿島建設株式会社とともに特許出願を予定しており、本格導入・市場拡大に向けた取り組みを進めている。具体的には、安定したロボット運用を確立するためのAPI連携の開発に取り組んでいる状況である。

「WalkTHERE」で取得したデータの販売については、データがクラウドサービス上にアップロードされるため、3Dモデリング化したデータを購入いただく想定である。

また、ハード面は、購入またはサブスクリプションを想定しているが、ロボットが広く活用されることを目指し、ユーザビリティを意識した製品開発を進めている。

変わりやすい現場環境におけるロボットニーズは建設現場に限らず存在している。さまざまな環境において広く活用される「ロボットが働けるマップサービス」の展開を目指して事業化を進める。



### 今後の見通し

今後もさまざまなロボットが現場に導入されることが想定される中、本事業の主目的である日々変化する環境でのマップ更新は必要不可欠と考えられる。

「ReFRO 360」と「WalkTHERE」の現場導入は、さまざまなロボットの普及・促進にも寄与すると考えており、建設現場だけでなくさまざまな業界へ派生し、慢性的な人手不足などの課題解決に貢献することを目指す。

また、マップ取得だけでなくロボットで現場を監視・確認するしくみへ広げていきたい。

## 企業情報

### Haloworld株式会社

〒135-0064 東京都江東区青海2-4-10 都立産業技術研究センター支援ラボ304

事業内容 ・ロボット及び電子機器 ・装置類 ・アプリケーション ・ソフトウェア ・一般医療機器 ・建築資材 ・機器 ・防火・防災および安全に関する設備機器  
上記に付随関連する企画・コンサルティング、製造、リース、レンタル、販売および輸出入などの事業

設立 2016年2月 資本金 4,100万円(資本準備金含む)

本製品・サービスに関する問い合わせ先

連絡先 代表取締役 司馬 天風

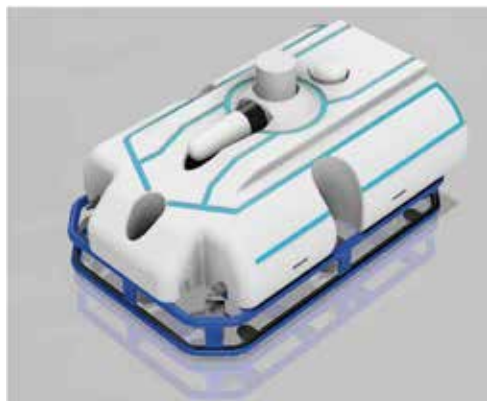
電話番号 03-6666-5506

## 自律型栈橋点検支援ロボット「YURA」

テーマ名 栈橋点検支援ロボットの研究開発

採択年度・分野 2022年度採択 ローカル5Gを活かしたサービスロボット研究

研究開発体制 アップウィンドテクノロジー・インコーポレイテッド(開発主体)  
東京都公立大学法人 東京都立大学(共同研究者)  
五洋建設株式会社(ユーザー企業)



### 概要

波高30 cmの波浪状態でも安定した自動航行を実現する自律型栈橋点検支援ロボット「YURA」は、栈橋点検を安全に、少人数で、効率よく、短期間で実施する。

### 特長

- 揺動抑制システムによって波浪状態でも安定した自動航行
- ローカル5Gによる点検箇所の映像の高速リアルタイム送信
- 小型で軽量のため少人数でも運用が可能

### 利用シーン

- 海面上昇などにより人が入ることのできない狭い空間の点検
- 広大な面積を有する栈橋の自動航行点検
- 少ない日数、少ない人数、少ない機材での点検

## 研究開発の実施

### きっかけ

栈橋は、日本全国に多数存在するがいずれも建設から数十年が過ぎており老朽化が進んでいる。その数は数千箇所にも上り、一箇所の点検に数日を要することから、この数を限られた点検技術者でカバーすることは不可能と考えられる。

さらに、点検に要する日数が費用に反映され、海面上昇などにより空間がなくなり人が入ることもできない箇所も増えている。また、人が小さなボートに乗って点検へ向かうことは、波に攫われて怪我を負う恐れなどもあり、大変危険な状況であった。

人の安全確保と労力負担軽減と時間短縮を図るためには、ロボットによる何箇所かを同時に点検できるシステムが必要とされていた。そこで、栈橋の下の海面を移動しながら、点検箇所の画像や映像を高速でリアルタイムに送信するとともに少人数でも運用可能な栈橋点検支援ロボットを開発し、栈橋の点検作業の安全性の向上、効率化、点検コストの削減を目指した。

### 目標

#### ● プロトタイプの改良による操作性の向上

東京都立大学と五洋建設株式会社の共同研究にて水上移動ロボットの開発が進められていた。このプロトタイプは、コマンドを入力するなど、専門的な知識が必要となるため、一般に点検作業をする人たちが使えるレベルではなかった。特定の研究者が使えるロボットそのままでは現場で役に立たない。そこで、誰でも操作できるロボットの開発を目指した。

#### ● 安全性の向上、効率化、点検コストの削減

自律型栈橋点検支援ロボット「YURA」の開発により、人件費だけでなく、点検日数の短縮など点検効率の向上、さらに危険な点検箇所に人ではなくロボットが向かうことで、人の安全性確保を実現する。

### 取組内容

プロトタイプをベースに、以下3種類の開発を行った。

#### ● 揺動抑制システム

3D LiDAR、慣性計測ユニット、スラスター、制御用コンピューターから構成される揺動抑制システムを搭載し、波高30 cm、周期2秒という強い波浪状態でも設定した航路から±50 cm以内の精度で安定した自動航行を行える仕様とした。



栈橋の地図から事前に航路を決定し、ロボットへインプットさせることで自動航行する。映像データはリアルタイムで転送されるため、安全な場所などにいるオペレーターはリアルタイムで確認ができる。

## ●大容量高速通信システム

4K 360度カメラ、ローカル5Gアンテナ、各種センサ、通信用コンピューター等から構成される大容量高速通信システムを搭載し、ローカル5Gによって点検箇所の高精細映像の高速リアルタイム送信を可能とした。5Gは、直進性が高いため、柱の陰に入ると電波が切れてしまう可能性もあるが、その際には自動的にバックアップ回線であるWi-Fi6へつなげる仕様とした。

## ●映像による360度記録

プロトタイプは写真での記録であったが、今回の開発で映像の記録が可能となった。実際の点検確認は人が行い、ロボットはあくまでも映像を撮影してクラウドサービスにアップロードするところまでの運用とした。映像は360度の動画であり、一般の写真撮影と変わらないが、写真で切り取った一部分では、撮り忘れる箇所や、範囲外のポイントが生まれてしまうため、360度撮影での記録とした。

## 技術的成果

プロトタイプの改良に成功し、狭い空間の点検、広大な面積を有する栈橋の自動航行による点検、従来よりも少ない日数、人数、機材での点検が可能となった。

## ●スラスタを8個搭載し機能性が向上

スラスタをプロトタイプの4個から8個へ増やしたことで、波があっても問題なく航行できるようになった。波で前後左右に揺れ、機体前方が上向きになったとしても後方のスラスタをふかせることで機体を平行に保つよう制御装置で自動操作され、機体の転覆を防ぐ。また、全方向移動が可能になったことで、狭い点検箇所にも入っていけるようになった。

## ●ローカル5Gを活用したスムーズな映像転送

5Gの活用について、一般的にWi-Fiで映像を飛ばすことができても栈橋の下となると、Wi-Fiでは出力が弱いいため、基地局1台では遠くまで電波が飛ば保障もない。その点、ローカル5Gであれば出力が大きく直進性が高いため遠くまで通信が飛ぶ。またスピードもWi-Fiと比較し速いため映像の転送を実現することができた。

## 事業化の取組

### 事業化状況

製品化に向けて、大きな栈橋での点検に対応できるよう約2時間連続航行が可能なバッテリーを搭載した。また、大人4人から2人での持ち運びが可能となり小型軽量化は実現できたものの、重量については軽量化しすぎてしまうと波に流されてしまう懸念もあり、海へ下ろす際に小型クレーン車が必要となるが35 kgとした。

2024年に、まずは五洋建設株式会社へ販売を開始し、実際の栈橋点検現場で導入する想定である。

本事業で開発した「YURA」の導入が、栈橋の点検作業の安全性の向上と、点検日数を短縮し、コスト削減と点検の効率化に貢献することを期待している。



### 今後の見通し

栈橋の情報とロボットへデータをリンクさせるアプリケーションの開発はこれからとなる。現在はロボットそのものの開発を終えた段階で、航路情報の入力の手作業で行っているが、今後は栈橋を選択すると自動的に航路が入力される仕様としたい。

2023年に出席した展示会では、栈橋点検だけでなく、ダム、水路、岸壁の点検、海上警備などさまざまなニーズの声を得ることができた。

特に夜間帯は比較的波も静かであり、360度録画できることから、夜間警備・監視は適していると感じている。海側から陸を見ることができ、今までカメラを設置することができなかった海面への設置も可能となる。2025年以降には、ほかの栈橋点検事業者への販路拡大などの展開も検討していきたい。

## 企業情報

### アップウィンドテクノロジー・インコーポレイテッド

〒108-6028 東京都港区港南2-15-1 品川インターシティA棟28階

事業内容 組み込みソフトウェアの研究・開発

本製品・サービスに関する問い合わせ先

設立 2002年8月

連絡先 代表取締役社長 中村 憲一

資本金 105,000米ドル

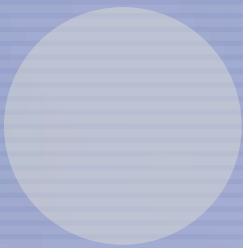
電話番号 03-6717-4330





## 基盤・共同研究の結果報告

---



# 基盤・共同研究事例紹介一覧

No.	テーマ名	研究期間	分野
1	自走式案内ロボットLibraの本部活用と評価システムの構築	2020年7月～2021年3月	実証研究
2	本部における搬送ロボットシステムの構築と活用実験	2020年7月～2021年3月	実証研究
3	AI技術を活用した環境変化検出による環境地図の自動更新	2020年7月～2021年3月	基盤研究
4	AI技術を活用した物体認識による細長物体への追従制御の検討	2020年7月～2021年3月	基盤研究
5	衝撃吸収接触センサの感度・応答性の性能評価手法の開発	2020年11月～2021年3月	共同研究
6	搬送ロボットの遠隔からの状態監視、制御技術の開発と本部での評価	2021年6月～2022年3月	実証研究
7	時系列情報を活用した環境ノイズに頑健な床上小物体検出手法の開発	2021年6月～2022年3月	基盤研究
8	画像特徴量を用いた3D環境地図の自動更新	2021年6月～2022年3月	基盤研究
9	広域空間におけるモバイルマニピュレータを利用した局所的な3次元計測	2021年6月～2022年3月	基盤研究
10	物理ベースレンダリング画像を教師画像としたAIによる物体検出の検討	2021年6月～2022年3月	基盤研究
11	IoT機器の電気特性評価のためのテスト環境の構築	2021年6月～2022年3月	基盤研究
12	コグニティブ無線システムと運転者センシングによる道路交通危険箇所集積プラットフォーム	2021年6月～2023年3月	基盤研究
13	5G Sub-6用低雑音増幅器の設計手法の確立	2021年6月～2022年3月	基盤研究
14	近傍界/遠方界推定手法の高周波化および高精度化	2021年6月～2022年3月	基盤研究
15	上腕への接触時における身体ダイナミクスを再現した接触安全性試験方法の開発	2022年6月～2023年3月	基盤研究
16	モバイルマニピュレータによる3次元測定のための位置合わせ	2022年6月～2023年3月	基盤研究
17	自律走行車いすの搭乗者姿勢監視システムの開発	2022年6月～2023年3月	基盤研究
18	自己教師あり学習による訓練済み変化検出AIモデルのドメイン適応	2022年6月～2023年3月	基盤研究
19	6輪ロボットベース技術を用いた屋外用小型ロボットの研究開発	2022年6月～2023年5月	共同研究
20	建設現場向け自走式コンクリート巡回ロボットの研究開発	2022年6月～2023年5月	共同研究
21	IoT用途や車載向け低消費電力超音波センサの設計手法の開発	2022年6月～2023年3月	基盤研究
22	マグネシウム合金の腐食危険度を判定する画像認識AIシステムの開発	2022年10月～2023年9月	共同研究
23	通信品質の評価方法の開発とローカル5Gへの適用	2022年6月～2023年3月	基盤研究
24	5G通信の電波伝搬特性を用いた位置測位に関する研究	2022年6月～2023年3月	基盤研究
25	ローカル5Gのセンシングへの応用に関する研究	2022年6月～2023年3月	基盤研究
26	5G用低雑音増幅器の設計手法の確立	2022年6月～2023年3月	基盤研究

# 自走式案内ロボットLibraの本部活用と評価システムの構築

**研究期間** 2020年7月から2021年3月

**研究開発体制** ロボット開発セクター 武田有志  
ロボット開発セクター 鈴木 薫

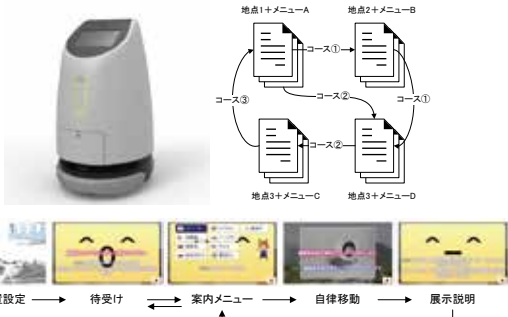


図 自走式案内ロボットLibraと共通シナリオ

## 概要

都産技研では、自走式案内ロボットLibraを開発し、そのソフトウェア基盤を公募企業に展開した。また、都庁舎南展望室や東京ビッグサイトなど、さまざまな実証実験で改良を進めてきた。しかし、現場での案内シナリオの調整に時間がかかること、マイクフォンでの過度な収音が課題として残る。そこで本研究では、案内シナリオの共通化を図るとともに、カメラの顔検出機能と脚追跡を連動させ音声の到来方位に利用する。また、解析の容易な対話ログを提供し、実現場で直ちに運用できるシステム構築を目指す。

## 研究実施内容

### ●案内シナリオの共通化と対話ログ出力の改善

共通化の対象とする案内シナリオは、常用している「DX推進センター施設案内」に加え、都産技研本部向け「製品化事例案内」、公募事業で展開する「北斎美術館展示説明」である。これら3シナリオは、「初期位置設定」「待受け」「案内メニュー」「自律移動」「展示説明」の5シーンが基本となる。また、「都庁舎実証実験」「東京ビッグサイト」「HiCityインフォメーションセンター」では、階層的に整理されたさまざまな施設を定点での大型ディスプレイを使用して説明する。これらすべてを統合した結果、自律移動の地点、地点間を結ぶコース、各地点での説明とメニューで構成されるものとなった。各シーンでの状態遷移はコンポジットとして定義し、ロボット全体の状態遷移はコンポジットを階層的に結合して表現する。

対話ログの解析には、(1)総利用時間、(2)ユーザーあたりの平均利用時間、(3)対話成功率:用意したコンテンツ提示可否、(4)問い合わせランキング、(5)音声認識結果、(6)案内順序トレースの6種類を想定した。これにより案内ロボットの利用価値がわかるとともに、案内がうまくいかなかった場合の改良につながる。以上の想定の下、対話ログには、(a)システム日時、(b)状態、(c)操作種(システム/ユーザー:タッチ/ユーザー:音声)、(d)言語、(e)ユーザー入力情報、(f)ユーザー出力情報、(g)詳細情報が得られるように拡張した。

### ●顔検出と脚追跡による音声の到来方位利用

Libraには、画面下段に水平に並べた特定の水平方向からの音声を強調する4chのマイクフォンアレイ、ロボットのスピーカー付近に自発話キャンセルのための1chのマイクが備わる。家電にみられるスマートスピーカーでは、音声の強さに応じて到来方位を自動的に推定するが、案内ロボットでは遠くから大声で喋るユーザーや館内放送の音声を拾う恐れがある。そこで、カメラにIntel社のソフトウェアライブラリであるOpenVINO™を利用して顔検出機能を付与し、仮想のマイク位置をユーザーの口元に自動的に合わせる機能を追加した。

Libraの場合、音声の到来方向別のパワー透過率が50%以上となることが望ましく、マイク位置の許容誤差は±10度以内が必要である。OpenVINO™の顔検出機能では、頭部中心、頭部幅、頭部高さが算出される。奥行の推定は、通常、年代・性別で差が小さい瞳孔間幅が適切であるが、奥行を推定せず頭部幅により左右方向で±0.1 m (±10度 @ 0.60 m) 以内に収まっており、音声認識において性能上問題がないことを確認した。

## 研究の結果・成果

案内シナリオの共通化により、各現場でのカスタマイズ部分はYAML形式によるデータ変更だけで済むようになった。また、YAML形式でのデータ記述では、(1)ラベルで一元管理し、深いネスト構造とせずできるだけ水平展開する、(2)メニュー項目、音声認識、音声合成、画像データ等、同じシーンで使用するものは同一ラベルを用い、メディア種で区別することとし、全体の可読性を向上させた。

## 活用事例

Libraは旧型機は2021年9月から、新型機は2021年12月から、都産技研本部での製品化事例紹介コーナーにて運用を開始した。説明するコンテンツ数は9件と少ないが、共通シナリオの共通化とYAML形式によるデータの一元管理により追加拡張は容易である。今後、案内が即日求められる展示会での活用や、ROSベースの自走式案内ロボットを開発されたい企業へのソフトウェア提供を行う予定である。

## 参考文献

- 意匠登録第1662803号, 第1662804号「ロボット」, 2020年6月12日.
- 武田有志:「ロボット産業活性化事業の成果と今後の可能性」, 日本ロボット工業会機関誌「ロボット」, No.254, pp.31-34, 2020年5月.
- 武田有志:「中小企業との協創によるサービスロボットの実用化と事業化への挑戦」, 第38回日本ロボット学会学術講演会(RSJ2020), 1J1-01, 2020年10月.
- 村上真之ほか:「安全認証を支援する移動案内ロボットのプラットフォーム開発とその技術移転」, 第38回日本ロボット学会学術講演会(RSJ2020), 1J1-03, 2020年10月.
- 中村佳雅ほか:「公共施設向け展示案内ロボットの開発と自己位置推定改善」, 第38回日本ロボット学会学術講演会(RSJ2020), 1J1-05, 2020年10月.



**研究期間** 2020年7月から2021年3月

**研究開発体制** ロボット開発セクター 益田俊樹、坂下和広、中村佳雅  
プロジェクト事業化推進室 小林祐介

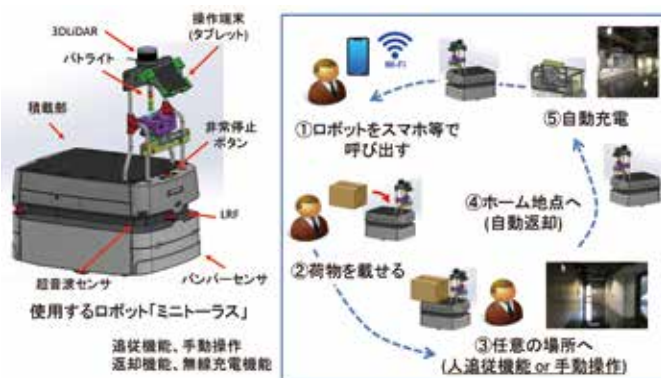


図1 MiniTaurus搬送ロボットシステム

## 概要

各所でサービスロボットのの実証実験が実施されており、昨今では、ロボット自体の安全だけでなく、運用におけるリスクについても考慮する必要がある。本研究では、都産技研にて、運搬ロボットサービスを想定し、開発や運用におけるリスクアセスメントを実施しリスクの集計を行った。また、都産技研にて、運搬ロボットシステムを構築し、運用を想定した評価を実施した。

## 研究実施内容

### ● 運搬ロボットシステムのリスクアセスメントの実施

ISO13482の危険源リストに対応するリスク集計の結果を図2①に示す。リスクシナリオの数は、162個抽出され、安全関連障害物との衝突16%、エネルギーの蓄積および供給の危険源13.6%、耐久性不足による危険源13%、ロボットの動作に関する危険源10.5%となった。

### ● 本部環境による運搬ロボットシステムの構築と評価

開発した運搬ロボットシステムを都産技研に構築し、1ヶ月にわたり評価を実施した。この評価では、開発したシステムが意図通りに作動するかどうか、不具合がないかどうか評価を行った。

## 研究の結果・成果

- 運用を想定した運搬ロボットシステムによるリスクアセスメントを実施し、リスク分析を行った。また、運搬ロボットシステムを都産技研に構築し、検証を行った。今後は得られたリスクアセスメントの活用などを含めて中小企業支援を進める予定である。

## 活用事例

- 学協会発表  
益田他：“都産技研での運搬ロボットシステムの構築と評価”，第39回日本ロボット学会学術講演会，(2023)
- 公募型共同研究への活用  
2021年度の公募型共同研究で採択された「5G対応の屋内屋外向け汎用警備ロボット開発」において、この研究で作成したリスクアセスメントシートが活用され、屋外警備ロボット「セキュア・トラス」にMiniTaurus車体の特許6755044「車体構造及び車両」が使用された。
- 製品化への発展  
都産技研本部において実験中に見学に来られた企業から車体開発の技術支援を要望され、OM支援を行い、2023年2月に低床化版ロボットベースが製品化された。



図2 リスク集計結果と都産技研での検証模様

# 3 AI技術を活用した環境変化検出による環境地図の自動更新

研究期間 2020年7月から2021年3月

研究開発体制  
ロボット開発セクター 中村佳雅  
ロボット開発セクター 萩原颯人

## 概要

自律移動ロボットは、搭載センサを用いて事前に地図構築を行い、作成した静的地図とセンサ情報を照合することにより自己位置推定を行う。しかし、人などの移動体の介入やレイアウト変更などが発生する動的な環境では、地図にない未知物体と静的地図との誤った照合により、自己位置推定結果が不安定になる。本基盤研究では占有格子地図を用いた静的動的点群の判別、local SLAMによる静的点群の蓄積、既知未知判別機能付き自己位置推定を組み合わせ、地図にある既知物体と地図にない動的に変化した未知物体を分けて認識する。未知物体を静的地図にマージし、一時的な更新地図を作成する。更新地図を次時刻での推定に用いることで、静的地図を保持した状態で、近傍範囲内の地図を更新しながら自己位置推定を行う手法を開発する。



図1 提案手法

## 研究実施内容

### ●占有格子地図を用いた静的動的点群判別

静的地図上には静的物体が記述されており、走行中に遭遇する動的物体は全て未知物体である。よって、入力されたLiDAR点群から動的物体を除去するために占有格子地図を用いて静的動的点群を判別する。

### ●オドメトリとICPスキュンマッチングのセンサ融合によるlocal SLAM

LiDAR点群から動的点群を除去し、静的点群を用いてICP (Iterative Closest Point) スキャンマッチングにより局所的な地図を作成する。直線路やオープンスペースでもlocal SLAMが機能するためオドメトリとセンサ融合を行う。生成された局所地図は、現在位置から一定範囲内のみ保持し、範囲外の地図は削除することで継続的な蓄積誤差による歪みを回避する。

### ●蓄積点群を用いた既知未知判別付きMCL

local SLAMにより生成された蓄積点群を用いて自己位置推定と既知未知点群の判別を同時推定する条件付き観測モデルを用いたMCL (Monte Carlo Localization) を実行する。取得した自己位置推定結果と準静的の未知点群を用いて静的地図に追加し一時的な更新地図を作成して次時刻での推定に用いる。これにより、自己位置推定は、静的地図を保持した状態で近傍範囲内の地図を更新しながら行われる。

## 研究の結果・成果

提案手法の有効性を検証するために、既存手法との位置精度比較を行うために図1のようにテスト環境を構築する。テスト環境は、シミュレーター上で作成し、上半分を環境変化させ、下半分は変化させない環境とする。既存手法にはMRPT (Mobile Robot Programming Toolkit) を用い、自己位置推定オドメトリ更新があった時のみ推定する改良を施したアルゴリズムを用いる。既存手法はテスト環境の上半分の未知環境を走行中に位置ずれを起こしてしまっているが、提案手法は走行全体を通して真値に近い位置を推定しており位置精度において優位である。

今後の展開として、本機能をレイアウト変更対応が必要な案内、運搬、清掃、警備等の自律移動ロボットの開発支援に活用する予定である。また、本手法を、カメラを用いた3次元地図の地図更新に拡張していく。

## 活用事例

### ●学協会発表

- [1] 中村佳雅、萩原颯人、“Local SLAMを用いた環境変化検出による環境地図の自動更新”、TIRIクロスミーティング2021、オンライン開催、2021年9月。
- [2] 中村佳雅、“Local SLAMを用いた環境変化検出による動的な環境下における自己位置推定”、第2回継続学習と知能の創発研究会、オンライン開催、2021年12月。

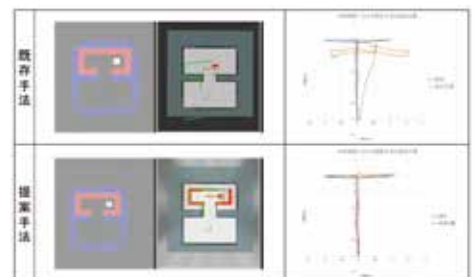


図2 テスト環境における既存手法との位置精度比較実験

研究期間 2020年7月から2021年3月

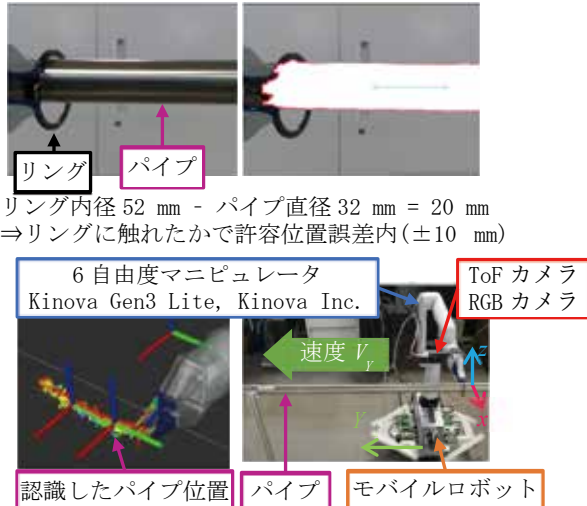
研究開発体制 ロボット技術グループ 萩原颯人、中村佳雅  
明星大学 山崎芳昭

図 パイプの認識とモバイルマニピュレータの構成

## 概要

配管検査や吹付、手すり清掃などにおいて、モバイルマニピュレータが使用されている。ただし、モバイルロボットが止まった状態で作業を行うことがほとんどである。移動しながら手先が配管や手すりなどの細長い物体に追従可能であれば、作業速度を向上できる。そこで、AIによる物体認識とToF (Time of Flight)カメラを使い、細長い物体に追従する制御について開発を行った。実験の結果、手先と細長い物体間の差を±10 mm以内に抑えることができた。

## 研究実施内容

●DeepLabv3+<sup>\*</sup>による細長物体の認識と追従制御

細長物体の認識には、ピクセルごとに認識可能で精度が高いことからDeep learningによって学習を行うDeepLabv3+を採用した。背景と細長物体(パイプ)の画像を合成することで8016枚のデータを生成し、学習を行った。画像からパイプを認識し、ToFカメラから得られる点群と重ね合わせることで位置を計算する。パイプに追従するように、手先との相対位置をゲインとして速度制御を行う。

## ●モバイルマニピュレータの実装

モバイルロボットには、6自由度マニピュレータが搭載されており、その手先にはRGBカメラとToFカメラが装着されている。モバイルロボットは対向2輪型であり、モーターのエンコーダーから移動距離を計算する。

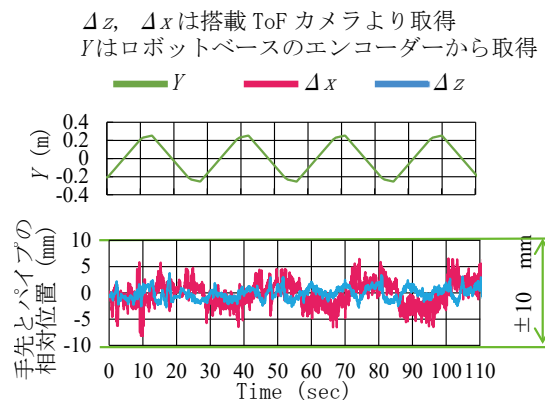
※Liang-Chieh Chen, et al., "Encoder-Decoder with Atrous Separable Convolution for Semantic Image Segmentation", ECCV, Sep. 2018.

## 研究の結果・成果

開発した追従制御を評価するため、次の実験を行った。直径32 mmのパイプを水平に設置した。手先に内径52 mmのリングを装着し、パイプに通した状態でモバイルロボットを往復移動させ、触れるかどうかを確認した。移動速度42 mm/secのとき、接触することなく手先がパイプに追従した。よって、パイプとリングの差である±10 mm以内で、手先を制御することができた。

## 活用事例

[1] 萩原颯人、中村佳雅、山崎芳昭、「モバイルマニピュレータにおけるDeepLabv3+を使用した細長物体への追従制御」、第22回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2021)、2021年12月(優秀講演賞受賞)。

表 モバイルロボットの速度 $|V_r| = 42$  mm/sec時の結果



# 衝撃吸収接触センサの 感度・応答性の性能評価手法の開発

**研究期間** 2020年11月から2021年3月

**研究開発体制** ロボット開発セクター 森田裕介 渡辺公一  
株式会社三重ロボット外装技術研究所 森 大介  
国立研究開発法人産業技術総合研究所 中坊嘉宏

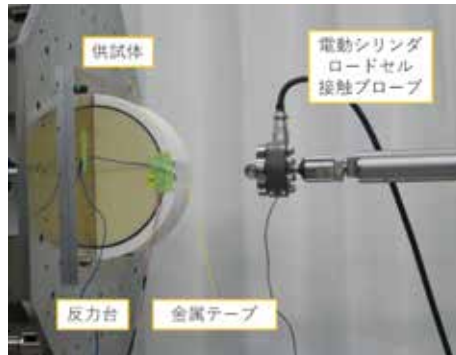


図 衝撃吸収型接触検知外装カバーの応答性能評価試験

## 概要

三重ロボット外装技術研究所が開発した接触センサは気嚢の体積変化による空気の流量を検知して作動する方式のセンサである。しかし接触位置や速度に応じて所望の出力が得られない問題がある。そこで本研究では接触センサの感度と応答性を評価するための試験方法を開発することを目的とする。接触センサ表面への接触のタイミングと接触センサからの信号出力のタイミングの測定による評価手法を開発した。また、接触位置、接触速度、接触形状を可変可能なパラメータとして、センサの応答性と接触力を同時に測定するための試験装置を試作した。これらを用いて各条件で試験を実施、応答時間の結果を得た。センサの不感帯があることを把握でき、本試験方法は有効であることが確認できた。

## 研究実施内容

### ● 接触検知手段と接触センサの応答性能評価試験方法の開発

まず、接触検知手段はセンサの表面に触れるタイミングとセンサから発信されるタイミングを測定する必要がある。測定の信頼性、取り扱いの容易性の観点で優位な通電方式を採用した。次に、接触センサの応答性と接触力を同時に測定するために接触センサに対して人体の形状を模擬した治具を押し込む圧縮方式を採用し、接触速度、ストローク、接触位置を可変可能な装置を開発した。

### ● 開発した試験装置による接触センサの性能評価

開発した試験装置を用いて、接触センサの性能評価を行った。平面、円柱面、球面の基本的な幾何形状の接触センサを3種用意し、それぞれに対して接触速度、ストローク、接触位置をパラメータとした条件下で試験を行い、応答時間と接触力の結果を得た。

## 研究の結果・成果

三つの供試体に対して16条件の試験を実施し、応答時間の結果を得た。全48条件のうち1条件だけセンサが反応しない条件があり、低速度で接触面積が小さく、センサの不感帯であることがわかった。本試験方法は応答時間の評価ならびにセンサの感度を把握でき、有効であることが確認できた。また研究成果として、2023年3月「JIS B8451-1:2023 サービスロボットの性能試験方法-第1部:衝撃吸収型接触検知外装カバー」が制定された。

## 活用事例

- 学協会発表:
- 森田, 中坊, 森, 谷澤: “衝撃吸収接触センサの感度・応答性の性能評価試験方法の開発”, 第22回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 鹿児島(オンライン), SY0009, pp.1304-1309, 2021.
- JIS B 8451-1:2023 サービスロボットの性能試験方法-第1部:衝撃吸収型接触検知外装カバー, 日本規格協会, 2023/3/20

**研究期間** 2021年6月から2022年3月

**研究開発体制** ロボット技術グループ 益田俊樹、大塚菜々、武田有志



図1 遠隔監視可能な運搬ロボットシステム

## 研究実施内容

### ●状態監視に必要な情報の抽出について

前年度に実施したリスクアセスメントシナリオの低減方策から、状態監視に必要な情報を抽出し、分類分けをした(図2①)。位置情報が全体の38%を占め、次いでモータードライバーの情報が15%であった。位置情報には、地図情報や経路情報も含まれるため、多くなり、また、モータードライバーに関しては速度、電流、回転数等の複数の情報が含まれており、そのため割合として多い結果となった。

### ●遠隔監視、状態監視機能を備えた運搬ロボットシステムの構築と評価

図2①の結果を踏まえて、ロボットに搭載されている距離センサから位置情報、地図情報、経路情報、障害物との距離情報、モータードライバーから得られる停止情報等を取得し、状態監視機能を開発した。位置情報(地図情報、ロボットの位置、目的地、経路情報)は常に把握できるようにし、残った情報については、ログ画面として表示できるように開発した(図2②)。最後に都産技研の本部にて開発した状態監視システムが有効であるか評価を行った。ロボットの周囲情報を把握できるように天球カメラを使用し、160 m程度離れたテレコムセンターから都産技研本部のロボットの遠隔操作における手動操作や自律走行、障害物をおき、バンパーセンサを衝突させて、状態監視機能の表示などについて問題ないことを確認した。

## 研究の結果・成果

- リスクアセスメントの低減方策から抽出した結果を示し、運搬ロボットシステムに遠隔操作が可能な状態監視機能を開発した。また、都産技研から160 m程度離れたテレコムセンターから遠隔操作して、手動操作、自律走行、障害物を衝突させ、状態監視機能の評価を行った。
- 構築した遠隔操作システムは十分に活用ができるレベルであった。ただ、状態監視画面のログの情報が多く、遠隔操作中に見落としてしまうことがあったため、優先順位をつけること、ロボットの経路や軌跡の表示や複数台運用時の情報の集約などが今後の課題である。

## 活用事例

- 学協会発表  
益田他:“リスクアセスメントによる運搬ロボットシステムの遠隔での状態監視の開発と評価”, ロボティクス・メカトロニクス 講演会 2023 in Nagoya, (2023)
- 共同研究への発展  
日本精工株式会社、岡山大学との共同研究「6輪ロボットベース技術を用いた屋外用小型ロボットの研究開発」や、株式会社PM&PMとの共同研究「建設現場向け自走式コンクリート散水ロボットの研究開発」に発展し、この研究で得られたリスクアセスメントや特許6755044「車体構造及び車両」が車体に活用された。

## 概要

昨今、公道での「遠隔操作型小型車」における自律走行が可能な運搬ロボットを使用した配送の実証実験も実施されている。しかし、遠隔でどのような情報が安全として必要なのか、具体的ではない。そこで、本研究では、前年度に開発してきた運搬ロボットシステムにおいて、遠隔でロボットの何の情報を監視、制御すれば良いのか、リスクアセスメントから集計し、状態監視可能なシステムを開発し、遠隔において運搬ロボットの評価を実施した。

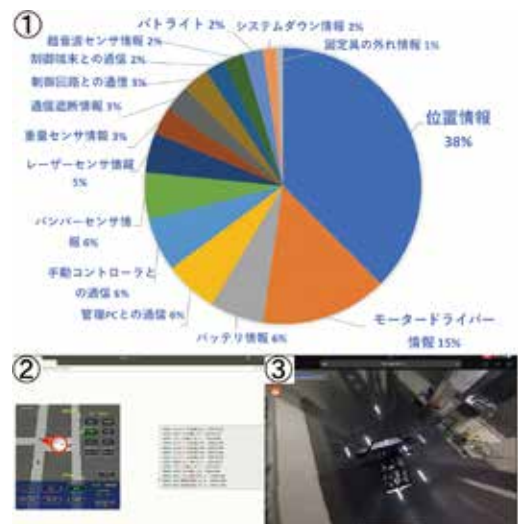


図2 状態監視に必要な情報と評価実験の様相

**研究期間** 2021年6月から2022年3月

**研究開発体制** ロボット技術グループ 武田康司、中村佳雅、福井大学 田中完爾

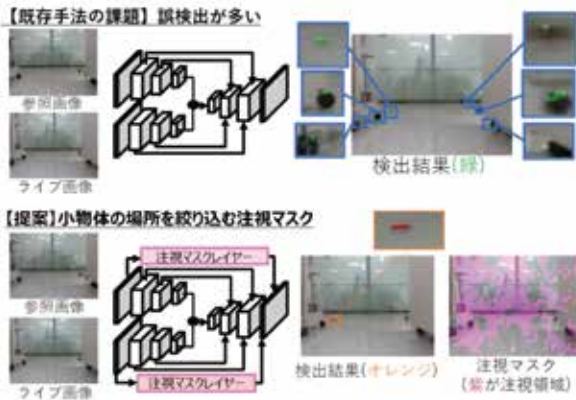


図 従来手法と提案手法

## 概要

床上の小さな物体はロボットが踏んで破壊される、または、ロボットが破損してしまうなどの危険性があるため、移動ロボットでは確実に検出する必要がある。床上小物体検出が可能な手法として、2枚の画像間の変化を基に小物体を検出する手法があるが、視点変化や照明変化により誤検出してしまうという課題があった。そこで、誤検出を抑制するために、参照画像に登場した可能性の高い領域を予測対象から外す注視マスクを使用する手法を開発した。開発した手法を都産技研の疑似実証試験スペース(ショップエリア、リビングエリア)、傾斜路走行試験装置、廊下で性能検証したところ、従来手法と比較して最大で約15%性能が向上することがわかった。

## 研究実施内容

### ●小物体変化検出用データセット作成

都産技研内の疑似実証試験スペース(ショップエリア、リビングエリア)、傾斜路走行試験装置、廊下において小物体を全10種類配置し、ロボットを走行させることで計2,035組の変化前後の画像ペアを作成した。この2,035組の各画像ペアにおいて変化領域をアノテーションすることで小物体変化検出用データセットを作成した。

### ●注視マスクを使用した変化検出手法の開発

従来手法は2入力1出力のニューラルネットワークを用いて変化検出を行っていた(図左上)。一方で、既存手法には誤検出が多いという課題があった(図右上)。そこで、誤検出の低減を目指して変化検出の際に注目すべき領域(注視領域)とそうでない領域を分け、注視領域に重きを置いて変化検出を行う手法を提案する(図下段)。注視領域は、画像によるロボットの位置推定で使用される照明条件や視点変化に頑健な特徴量を用いて自動的に計算される。注視領域を計算した後は、その情報をニューラルネットワークの中間層の特徴と統合することで注視領域に絞り込んだ変化検出を行う。

### ●障害物回避アプリケーションへの適用

開発した小物体変化検出手法を応用して、床上小物体が回避可能な障害物回避アプリケーションを作成し実機ロボットに実装した。具体的には、変化検出結果と深度センサの情報を統合することで、床上小物体までの距離を計算し障害物回避を行う。

## 研究の結果・成果

小物体変化検出用データセットでの評価において注視マスクを使用しない場合と比較して、最大で約15%小物体変化検出性能が向上することを確認した。

## 活用事例

本技術を応用することで、点検ロボットでの異常検知、清掃ロボットでの吐しゃ物検知が可能になる。今後、移動ロボットにおける障害物回避性能の向上に向けて技術支援を行っていく。

## 参考文献

### ●学協会発表

Koji Takeda, et al. : "Domain invariant Siamese attention mask for small object change detection via everyday indoor robot navigation", 2022 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), IEEE, Mar 2022.

Koji Takeda, et al. : "Small Object Change Detection for Small Obstacle Avoidance in Everyday Robot Navigation", 13th Workshop on Planning, Perception and Navigation for Intelligent Vehicles, 2023.

武田康司ほか「画像変化検出を使用した床上小物体回避アプリケーションの移動ロボットへの実装」, 第40回 日本ロボット学会 学術講演会, 2022年9月.



研究期間 2021年6月から2022年3月

研究開発体制 ロボット技術グループ 中村佳雅、萩原颯人、武田康司

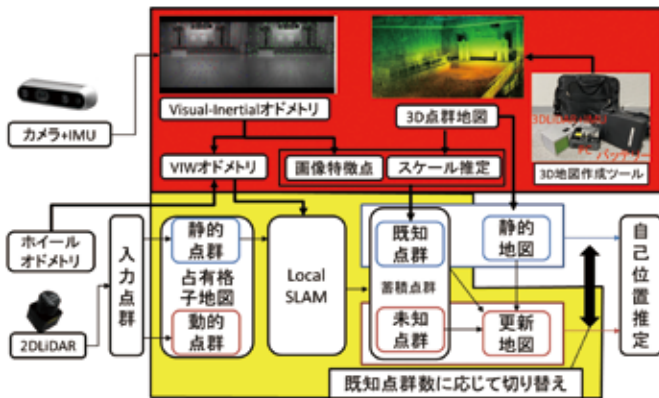


図1 提案手法の概要

## 概要

環境地図を用いて走行する自律走行ロボットは、工場や商業施設などで物の配置が大きく変化したとき、自律走行に失敗するため、環境地図の更新が必要になる。環境地図更新は手間がかかり、更新のタイミングも不明確なため自動化が求められている。昨年度は2D LiDARを用いた環境地図の自動更新を行った。しかし、2D LiDAR点群は水平方向の情報のみであるため、未知物体の割合が多くなると誤マッチングが起こる。そこで本研究では、既存手法をカメラによる画像特徴量を用いて3次元の手法に拡張し、既知情報を増やすことで未知物体が多い環境や動的環境に対応する手法を開発する。この有効性を示すためにモーションキャプチャを用いた実機による評価環境を構築し、実機実験により動的環境下における自提案手法の有効性を示す。

## 研究実施内容

### ●画像特徴量を用いた3D環境地図の自動更新

本研究では、昨年度の手法を3次元に拡張しカメラ画像の特徴点情報を用いて既知情報を増やすことで対応する手法を提案する。具体的には、事前に3D点群地図を作成しておき、3D点群地図と画像特徴点のマッチングによりスケール推定し、2D LiDAR点群とのスケールを合わせることでデータを融合する。

### ●簡易型3D点群地図作成ツールの開発

静的地図には環境の3D点群地図を使用する。3D LiDAR+6軸IMUセンサと計算用PC、モバイルバッテリーを用いてロボットが動作する環境で簡易的に3D点群地図を作成可能なシステムを構築した。

### ●モーションキャプチャを用いた位置姿勢計測

自律走行ロボットの6DoF位置姿勢の真値計測には、モーションキャプチャを用いる。マーカーの3次元位置(x,y,z)をミリメートル精度で計測し、相対位置が固定された3個以上のマーカー群に対してグラムシュミットの直交化法を用いた姿勢計算を行う。本機能をROSノードとして実装することで、ROSを用いた位置姿勢推定の実機性能評価を行うことが可能となる。

## 研究の結果・成果

連続的な環境変化が起こる環境での提案手法の有効性を確認するために、図2のように部屋と通路を模した環境を構築し、部屋内のレイアウトを連続的に変更した場合の提案手法の自己位置推定結果をモーションキャプチャにより取得された位置姿勢と比較し、精度を確認する実験を行う。平均推定誤差は0.279 m、平均姿勢推定誤差は3.646度であり、提案手法は連続的な環境変化が起こる環境においても大きな位置ずれを起こすことなく自己位置推定できていることを示した。今後の展開として、本機能をレイアウト変更対応が必要な案内、運搬、清掃、警備等の自律移動ロボットの開発支援に活用する予定である。

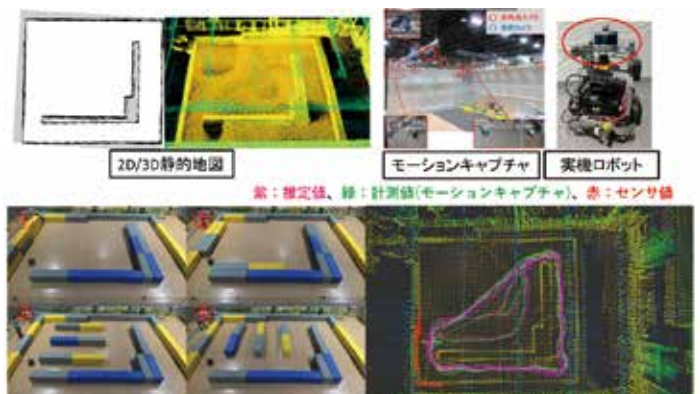


図2 継続的レイアウト変更テスト

## 活用事例

### ●学協会発表

[1]中村佳雅、萩原颯人、武田康司“レイアウト変更で性能劣化しない自己位置推定技術”、TIRIクロスミーティング2022、東京ビッグサイト、2022年10月

# 9 広域空間におけるモバイルマニピュレータを利用した局所的な3次元計測

**研究期間** 2021年6月から2022年3月

**研究開発体制** ロボット技術グループ 萩原颯人、中村佳雅  
明星大学 山崎芳昭

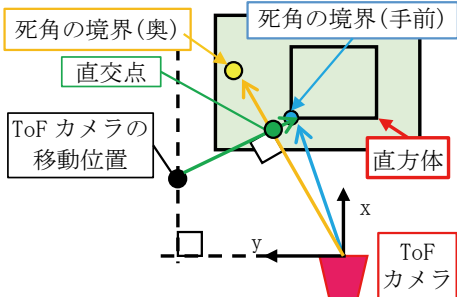


図1 死角測定のための移動位置の算出

## 概要

老朽化した設備の改築や点検を目的とした工場や建築現場の測定は、広域用3次元センサを使い、人やロボットによって行われている。ただし、近傍の測定には向かないため、入り組んだ場所では測定が困難である。そこで、手先に近傍用3次元センサを搭載したモバイルマニピュレータの開発を行っており、今年度は物体の死角検出と測定について研究を行った。本研究では、近傍用3次元センサであるToF (Time of Flight) カメラの視線方向より死角を検出し、動作範囲の制限の中で、障害物を回避しながら物体の測定を行った。実験の結果、多方向から死角を測定して、位置ずれ10.8 mm以下で対象の形状を捉えることができた。

## 研究実施内容

### ● 死角検出とToFカメラの移動位置の算出

ToFカメラの深度画像上で、上下左右に隣り合う両点の距離に大きな差があれば、そこが死角の境界であり、測定できていない箇所の可能性が高い。よって、差が大きい組み合わせを見つけ、その両点の間に死角があると判断する。次に、死角を測定するための位置は、カメラ移動後の画像中心に境界手前が写り、視線方向がカメラの以前の位置から境界奥を結ぶ線に直交する線上とする。また、境界手前からの距離は、ToFカメラの測定範囲で最も精度が高くなる距離とする。

### ● モバイルマニピュレータの実装

対向2輪型のモバイルロボットに、6自由度マニピュレータが搭載されており、手先にはToFカメラが装着されている。また、ToFカメラから得られた点群データより障害物を検出し、マニピュレータが衝突を回避しながら動作することが可能である。

## 研究の結果・成果

今回はマニピュレータ部について性能評価を行うこととし、次のような死角の測定実験をした。測定対象としてロボット正面に、幅131 mm、高さ94 mmの直方体を置いた。まず、マニピュレータで周囲を見渡し障害物を検出した。次に、ToFカメラで正面から直方体を測定し、そこで検出された死角に対して、障害物を回避しながら測定を行った。最後に、点群の位置合わせ手法であるICP (Iterative Closest Point) アルゴリズムを使って修正を行った。直方体の位置ずれは幅に対して10.8 mm、高さに対して6 mmであったが、死角を測定することができ、直方体の形状を捉えることができた。

## 活用事例

- H.Hagiwara, Y.Nakamura, and Y.Yamazaki, "Local 3D measurement with a mobile manipulator in a wide-area space", AROB2023, Jan. 2023.
- 萩原 颯人, 中村 佳雅, 山崎 芳昭, 「モバイルマニピュレータを活用した物体の3次元計測」, JETI, 71巻, 7号, pp.38-41 2023年6月

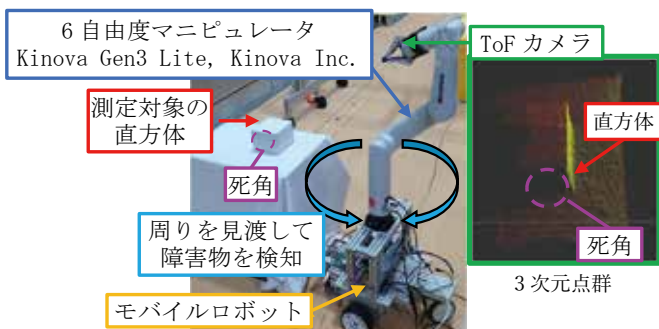


図2 モバイルマニピュレータの構成と物体の死角

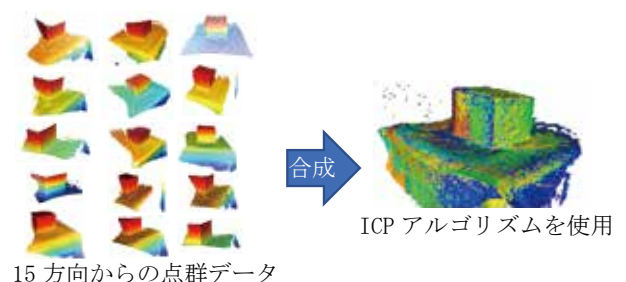


図3 点群の位置合わせ

研究期間 2021年6月から2022年3月

研究開発体制 IoT技術グループ 横田浩之  
光音技術グループ 澁谷孝幸、平 健吾



図左 物理カメラ撮影時のイメージ・図右 CG画像作成時のイメージ

## 概要

CG上で膨大な量の教師画像を生成し、その正解データをつくるための作業(アノテーション)も自動化し物体検出のための準備コストの低減を目的とする研究を行った。本研究では7セグメントLED表示器を対象とし、物理カメラとCGで撮影した画像とを比較し0~9の数字を識別する推論精度を比較評価した。本年度の成果として実測した輝度値などの光学パラメーターを基に学習用のCG画像を大量に自動生成できることと、アノテーション作業にかかる時間的なコストを自動化により大幅に削減できることまでを確認した。

## 研究実施内容

7セグメントLED表示器を物体検出の対象とし、物理カメラとCGで撮影した画像とを比較した。CGでは物理測定した光学パラメーターを入力し、フォトリアルな画像を生成することを試みた。

## 研究の結果・成果

CG上で撮影角度や露出を段階的に掃引し535枚の画像を4時間程度で生成できることが確認された。アノテーション作業も手動では1枚あたり1分程度、作業時間がかかるところを、CGソフト上で自動化することで1秒かからず実施できることを確認した。物理カメラ由来とCG由来の画像とで学習したモデルでそれぞれ推論精度を比較しF値はそれぞれ0.87、0.33であった。



研究期間 2021年6月から2022年3月

研究開発体制 IoT技術グループ 岡部 忠



図1 HDMI2.1 シンク側 測定風景



図2 HDMI2.1 ソース側のプレコンプライアンステスト環境の一部(左)と測定結果の一例(右)

Test Item	Test Result	Pass/Fail
Item 1	Pass	Pass
Item 2	Pass	Pass
Item 3	Pass	Pass
Item 4	Pass	Pass
Item 5	Pass	Pass
Item 6	Pass	Pass
Item 7	Pass	Pass
Item 8	Pass	Pass
Item 9	Pass	Pass
Item 10	Pass	Pass
Item 11	Pass	Pass
Item 12	Pass	Pass
Item 13	Pass	Pass
Item 14	Pass	Pass
Item 15	Pass	Pass
Item 16	Pass	Pass
Item 17	Pass	Pass
Item 18	Pass	Pass
Item 19	Pass	Pass
Item 20	Pass	Pass
Item 21	Pass	Pass
Item 22	Pass	Pass
Item 23	Pass	Pass
Item 24	Pass	Pass
Item 25	Pass	Pass
Item 26	Pass	Pass
Item 27	Pass	Pass
Item 28	Pass	Pass
Item 29	Pass	Pass
Item 30	Pass	Pass
Item 31	Pass	Pass
Item 32	Pass	Pass
Item 33	Pass	Pass
Item 34	Pass	Pass
Item 35	Pass	Pass
Item 36	Pass	Pass
Item 37	Pass	Pass
Item 38	Pass	Pass
Item 39	Pass	Pass
Item 40	Pass	Pass
Item 41	Pass	Pass
Item 42	Pass	Pass
Item 43	Pass	Pass
Item 44	Pass	Pass
Item 45	Pass	Pass
Item 46	Pass	Pass
Item 47	Pass	Pass
Item 48	Pass	Pass
Item 49	Pass	Pass
Item 50	Pass	Pass
Item 51	Pass	Pass
Item 52	Pass	Pass
Item 53	Pass	Pass
Item 54	Pass	Pass
Item 55	Pass	Pass
Item 56	Pass	Pass
Item 57	Pass	Pass
Item 58	Pass	Pass
Item 59	Pass	Pass
Item 60	Pass	Pass
Item 61	Pass	Pass
Item 62	Pass	Pass
Item 63	Pass	Pass
Item 64	Pass	Pass
Item 65	Pass	Pass
Item 66	Pass	Pass
Item 67	Pass	Pass
Item 68	Pass	Pass
Item 69	Pass	Pass
Item 70	Pass	Pass
Item 71	Pass	Pass
Item 72	Pass	Pass
Item 73	Pass	Pass
Item 74	Pass	Pass
Item 75	Pass	Pass
Item 76	Pass	Pass
Item 77	Pass	Pass
Item 78	Pass	Pass
Item 79	Pass	Pass
Item 80	Pass	Pass
Item 81	Pass	Pass
Item 82	Pass	Pass
Item 83	Pass	Pass
Item 84	Pass	Pass
Item 85	Pass	Pass
Item 86	Pass	Pass
Item 87	Pass	Pass
Item 88	Pass	Pass
Item 89	Pass	Pass
Item 90	Pass	Pass
Item 91	Pass	Pass
Item 92	Pass	Pass
Item 93	Pass	Pass
Item 94	Pass	Pass
Item 95	Pass	Pass
Item 96	Pass	Pass
Item 97	Pass	Pass
Item 98	Pass	Pass
Item 99	Pass	Pass
Item 100	Pass	Pass

## 概要

情報通信機器や情報通信システムではUSB4に代表される10 Gbpsを超える高速シリアル通信規格が採用されることがあり、今後も有線通信規格の高速化・広帯域化は避けられない。このような背景を受け、IoT技術グループでは、10 Gbps超の高速シリアル通信規格の規格適合性試験向けの測定機器を2020年度に整備した。本研究では、整備した測定機器を有効に活用し、中小企業のIoT化支援に資することを目的として高速シリアル通信規格であるHDMI2.1の規格適合性試験の試験環境を構築した。

## 研究実施内容

### ●HDMI2.1 ソース側・シンク側 プレコンプライアンステスト環境の構築

ディスプレイの 4 k/8 k 対応から、利用者ニーズの高いHDMI2.1ソース側・シンク側のプレコンプライアンステスト環境を構築した。プレコンプライアンステストで使用する参考デバイスを購入、構築した環境を使って測定手順を整理し、測定結果を取得した。

### ●測定効率化

測定に不慣れな職員が測定作業を行う場合、測定手順が明確でないところから手をつけて良いのかわからず測定が滞ってしまう。さらに、測定全体の見通しが立たず、手戻りが生じたり、測定を失敗することにつながる。そこで、測定の精度を保つとともに測定効率化のために、効率的な運用に向けた手順書を作成した。

## 研究の結果・成果

### ●HDMI2.1 ソース側・シンク側のプレコンプライアンステスト環境を構築

構築した測定環境と参考デバイスを使った測定を実施し、測定手順を整理した。

### ●HDMI2.1 ソース側・シンク側のプレコンプライアンステストの手順書を作成

手順書を基に、職員の測定習熟を図り、今後は早期のサービス提供を目指す。

## 参考文献

- [1]D9021HDMC HDMI Electrical Performance Validation and Compliance Software, Keysight Technologies, 2019.
- [2]N5991HP HDMI 2.1 Receiver Compliance Test Automation Platform, Keysight Technologies, 2021.

研究期間 2021年6月から2023年3月

研究開発体制 IoT技術グループ 櫻庭 彬



## 概要

将来的な広汎な自動運転技術の構築や、道路設計評価などを応用先に想定して、自動車の運転者のバイタル情報を分析して「交通事故リスク発生ポイント」を解析するモバイルセンシングシステムと車路間通信システムの設計構築を行った。また、実道路と実車両を使用して検証実験を行った。

## 研究実施内容

### ●運転者バイタル情報取得システムの構築

運転者のバイタル情報を非侵襲で記録し、車両の地理情報とともにリアルタイム記録するシステムを開発した。

### ●「交通事故リスク発生ポイント」解析エンジンの構築

運転者が危険を感じた「交通事故リスク発生ポイント」を車上でリアルタイム解析し、地理情報として解析するアルゴリズムを開発した。

### ●次世代通信規格を使用した車路間通信システムの構築

「交通事故リスク発生ポイント」地理情報と生データを、データ種別に応じた車両から地上局に送信する。

## 研究の結果・成果

実証実験を実施したところ、リアルタイム「交通事故リスク発生ポイント」判定エンジンの誤判定が多いことが課題として挙げられた。一方、アプリケーションの実装先として想定している運送業界で、平均的な路線便トラックの一運行で走行する間に取得するデータ量を荷役中に送受信できるだけのデータ送信能力が示された。

研究期間 2021年6月から2022年3月

研究開発体制 通信技術グループ 近藤 崇、藤原康平

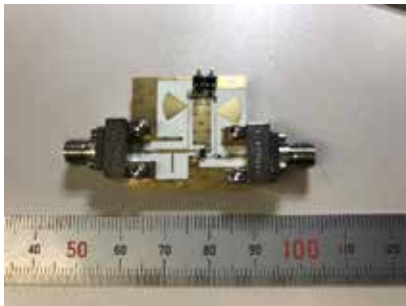


図1 試作LNA

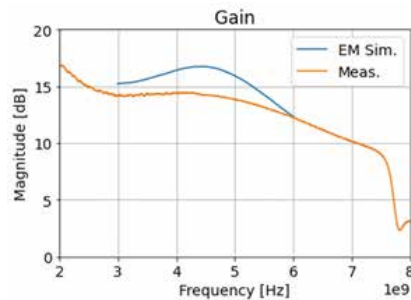


図2 試作LNAの利得

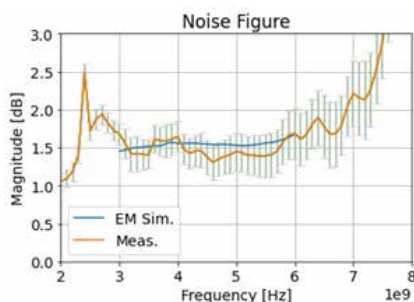


図3 試作LNAの雑音指数

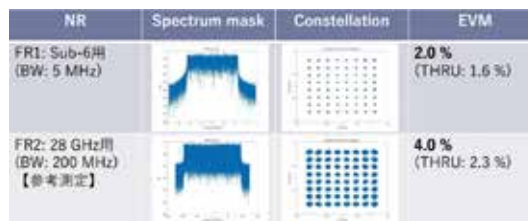


図4 5G実信号(2 GHz)のEVM

## 概要

第5世代移动通信システム(5G)のサービスインを迎え、特にSub-6 GHz、28 GHz帯の高性能回路の需要が高まっている。我々はトランジスタ(Tr)による増幅器の開発ニーズの増大を見据えて、主にミリ波帯の増幅器の設計手法確立を目指す。まずは本研究において、市販Trを用いたSub-6帯の低雑音増幅器(LNA)を開発した。

## 研究実施内容

### ●電力整合とノイズ整合を考慮した回路設計

実際の低雑音増幅器(LNA)の開発を通して基本的な設計手法を確立した。開発したLNAは市販Trによる1段構成の増幅器である。Trの公開データ(sパラメータ、ノイズパラメータ)を基に、電磁界シミュレーターを用いて設計した。設計対象は主に入出力の整合回路であり、これらを分布定数線路で設計した。利得を最大化する電力整合と雑音指数を最小化するノイズ整合はトレードオフの関係にあるため、その中間をとった。

### ●試作LNAの基本特性および5G実信号による評価

試作したLNA(図1)を評価した。利得、入出力整合、雑音指数とも設計値とおおむね一致した。利得は12 dB以上(図2)、雑音指数は1.6 dB未満(図3)であった。5G信号を増幅した際のひずみ率を評価するため、LNAの出力信号のエラーベクトル振幅(EVM)を測定した(図4)。5G信号はMatLabと任意信号発生器(AWG)により生成し、増幅信号はPCで解析してEVMとコンスタレーションを算出した。入力信号のEVMが1.6%であるのに対し、増幅後の信号のEVMは2.0%未満の低ひずみを維持した。

## 研究の結果・成果

- 低雑音・低ひずみのSub-6受信機フロントエンドの開発に成功
- アナログ回路設計技術により5G推進に貢献

## 活用事例

- 高出力・高効率・低コストを実現する増幅器の設計開発を支援
- さらなる高周波化(28 GHz)、高電力化(電力増幅器)へ展開予定



研究期間 2021年6月から2022年3月

研究開発体制 通信技術グループ 滝沢耕平、渡部雄太

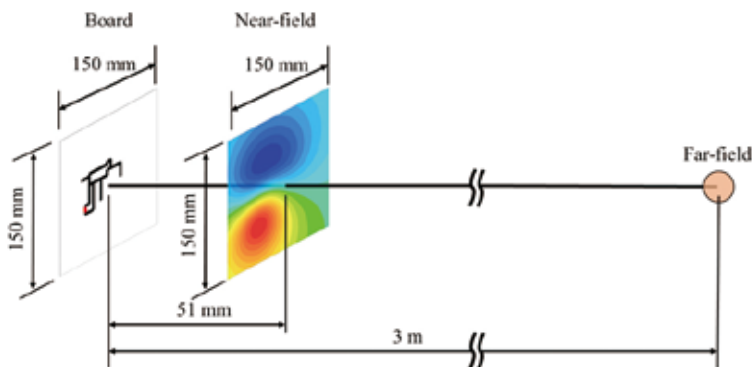


図1 ノイズ源とその近傍界および遠方界の位置

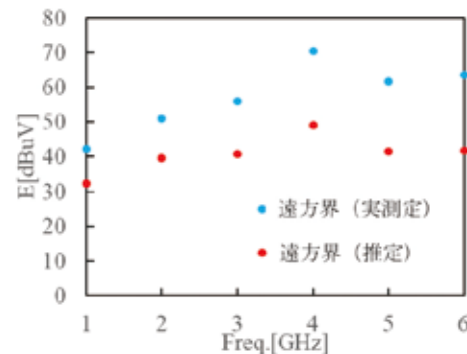


図2 遠方界の実測値と推定値の比較

## 概要

電気製品の販売には、放射エミッション試験の通過が必須である。また、近年IoTや5Gをはじめとした電気機器の高度化により、製品が使用する信号は高周波化しており、高い周波数における放射エミッション試験の需要の増加が予想される。本研究では、2019-2020年度基盤研究の成果である機械学習を用いた近傍界/遠方界推定手法の高周波化と高精度化を実施した。

## 研究実施内容

### ●近傍界/遠方界推定手法の高周波化

近傍界から遠方界の推定にニューラルネットワークを使用した。まず、学習および評価に使用するデータを電磁界解析により作製した。データは20-30 GHzの近傍界と遠方界から構成されており、学習用と評価用に分割した。次に、学習用データを使用してニューラルネットワークをトレーニングした。最後に、評価用データを使用して推定性能を確認した。その結果、推定値と教師データの平均相関0.90を達成した。

### ●近傍界/遠方界推定手法の高精度化

高周波化と同様の手法で作製した1-6 GHz対応したニューラルネットワークを使用して推定値と実測値を比較した。ノイズ源に見立てたコムジェネレーターの近傍界を作製したニューラルネットワークに入力して得た遠方界の推定値と、放射エミッション測定により得た遠方界の実測値を比較して推定性能を確認した。その結果、推定値と実測値の相関0.94を達成した。

## 研究の結果・成果

- 20-30 GHzにおいて推定データと教師データの平均相関0.90を達成した。
- 1-6 GHzにおいて近傍界から推定した遠方界と実測した遠方界の相関0.94を達成した。

## 活用事例

- [1] 滝沢耕平「機械学習を用いた近傍界からの遠方界推定手法の開発」2021年度クロスミーティング

**研究期間** 2022年6月から2023年3月

**研究開発体制** ロボット技術グループ 森田裕介  
 国立研究開発法人産業技術総合研究所 中坊嘉宏、藤原清司、  
 尾暮拓也、角 保志、金 奉根、児玉将人

## 概要

人間共存ロボットは人間を物理的に支援することから、偶発的あるいは必然的に物理的な接触が発生する。このうち危険な接触であるかを判断するためには、ロボットを実際に衝突させて評価することが理想である。しかしながら、人間の特性を再現した評価装置は存在しない。そこで本研究では、人間-ロボット協働系の力学的相互作用におけるBumping接触に対する安全性評価のために、人間の身体ダイナミクスを再現した力学ダミーを開発した。力学ダミーは人間の上腕を想定し、上腕と同等の質量と寸法および表面剛性のダミー皮膚を用いて再現した。ISO/TS15066で規定されている上腕の特定部位の接触モデルがあり、これを比較対象として変位-接触力特性を評価した。

## 研究実施内容

### ●上腕の力学ダミーの試作

高い生体忠実性と有用性を考慮して上腕ダミーの仕様検討、試作を行った。まず仕様検討では、腕部の質量、寸法、上腕の特定部位における軟組織の皮下組織と筋の厚さ、それぞれの引張特性を文献調査にて得た。次に、市販のポリウレタンゲルの人工皮膚において円板試験片による圧縮特性を得て、皮下組織と筋に相当する材料特性のポリウレタンゲルを2種選定した。アルミフレーム、おもり、人工皮膚を組み合わせて、力学ダミーを試作した。

### ●上腕の力学ダミーとISO/TS15066の接触モデルとの比較

上腕力学ダミーとISO/TS15066で規定されている接触モデルに対して、14 mm角プローブを速度300 mm/s、押込量20 mmで接触させ、動的な変位-力特性を得た。接触時の時系列波形はハーフサインとなり、運動量はおおむね一致したが、ピーク荷重は試作した上腕力学ダミーの方が小さくなった。

## 研究の結果・成果

試作した上腕の力学ダミーとISO/TS15066に規定されている接触モデルはおおむね傾向に差異はないことがわかった。本研究は、ロボットに搭載する柔軟被覆の設計や運転速度の上限の検討に用いることができる。

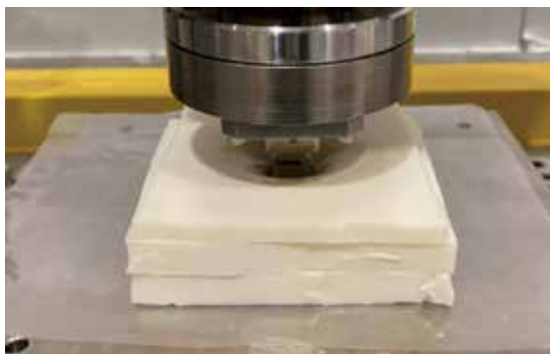


図1 人工皮膚の試作と力学特性解析

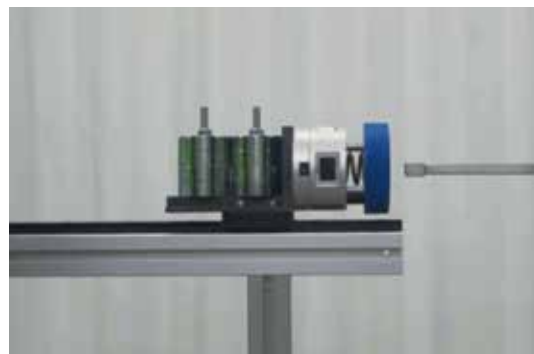


図2 ISO/TS15066の接触モデル

**研究期間** 2022年6月から2023年3月

**研究開発体制** ロボット技術グループ 萩原颯人、中村佳雅  
明星大学 山崎芳昭

## 概要

老朽化した設備の改築や点検を目的とした工場や建築現場の測定は、広域用3次元センサを使い、人やロボットによって行われている。しかし、近傍の測定に向かないため、入り組んだ箇所では測定が困難である。そこで、手先に近傍用3次元センサを搭載したモバイルマニピュレータの開発を行っている。今年度は、モバイルロボットが移動した際の点群の位置合わせについて研究を行った。本研究では、近傍用3次元センサであるToF (Time of Flight) カメラとRGBカメラから得られるRGB-Dデータを用いて、画像のマッチング手法により位置合わせを行った。実験の結果、移動距離が約2 mのとき、点群の位置ずれは0.03 m程度であり、測定対象の形状を捉えることができた。

## 研究実施内容

### ●画像マッチング手法SuperGlue<sup>※</sup>による点群の位置合わせ

モバイルロボットが移動したとき、ToFカメラを用いて移動前後に撮影を行い、マッチング手法により両画像で重なる同じピクセル位置を見つける。そして、そのピクセル位置に対応する点群をRGB-Dデータから抽出し、幾何学的に点群を合致させる。画像間のマッチング手法には、位置精度が高く処理が比較的軽いことから、Deep learningによって学習されたモデルを使うSuperGlueを採用した。

### ●モバイルマニピュレータの実装

モバイルロボットには6自由度マニピュレータが搭載されており、その手先には測定用のToFカメラが装着されている。またメカナムホイールにより全方向の移動が可能である。モバイルロボットに搭載されたPCは、モバイルロボットの自律走行とマニピュレータの制御を行い、またWi-Fiを介してサーバーPCへ3次元点群と画像を送る。点群処理用サーバーPCは、送られてきたデータからSuperGlueを使って位置合わせを行う。

※P. Sarlin, et al., "SuperGlue: Learning Feature Matching with Graph Neural Networks", CVPR, 2020.

## 研究の結果・成果

開発した位置合わせ手法を評価するため、次の実験を行った。中央に長さ2 m幅0.5 mの大型の測定対象を置き、対象を囲むように経路を設定した。モバイルロボットを0.5 mずつ移動させ測定を行った。移動距離が約2 mまでは、点群の位置ずれは約0.03 mであり、測定対象の形状を捉えることができた。また、移動距離が長くなった際の位置ずれの修正方法について開発中である。今後は、ロボットによる3次元測定をはじめ、ほか分野においても、これまでの研究で培ってきたマニピュレータ制御や画像処理、点群の位置合わせなどの技術を応用し事業化支援を行っていく。

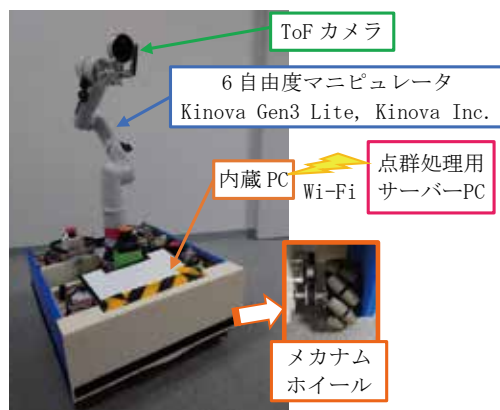


図1 モバイルマニピュレータの構成

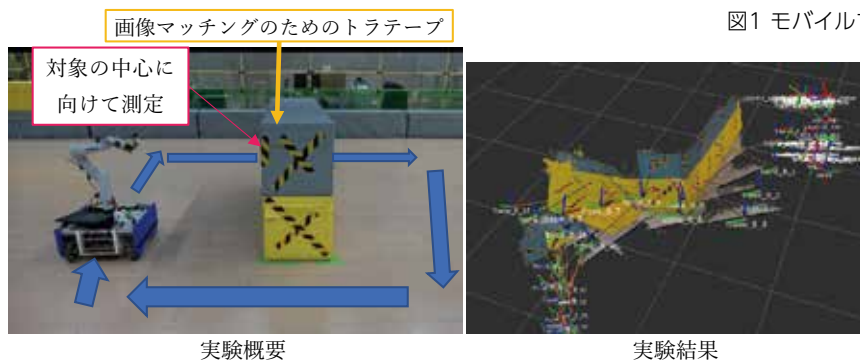


図2 実験概要と結果



研究期間 2022年6月から2023年3月

研究開発体制 ロボット技術グループ 大塚菜々

## 概要

自律走行機能を搭載した電動車いすが開発され、空港などで実証試験が実施されている。しかし、搭乗者の姿勢保持能力が弱い場合、不良姿勢に陥りやすく、身体的トラブルや転落リスクにつながる。また、走行中の慣性力の変化によって姿勢が崩れる可能性がある。したがって、福祉施設で自律走行車いすを活用するには、搭乗者の姿勢監視機能と姿勢維持を妨げない走行機能が必要である。本研究ではカメラによる骨格検出と座面圧力分布を利用した搭乗者の姿勢計測システムを開発した。不良姿勢とされる「仙骨座り」と「左右崩れ」姿勢の特徴を、開発したシステムによって検出可能か確認するためダミー人形を使用して測定を行った。測定データから簡易的な姿勢の評価や異常姿勢の検出に有効であることがわかった。

## 研究実施内容

### ●計測システムの開発

搭乗者の姿勢は時間経過で変化するため、走行中も場所に制限なく計測可能である必要がある。したがって、車体自体に設置できるカメラと座面に敷くことができるシート状の座面圧力センサで構成された計測システムを開発した。首の位置・体幹肩関節位置・胸部中心位置の3次元骨格座標をカメラで、座面に接触している臀部と大腿部を座面圧力センサで同時に測定可能である。

### ●異常姿勢の検出

股関節伸展(仙骨座り)や体幹側屈(左右崩れ)の姿勢を車いすに着座させたダミーで再現し、計測システムで座面圧力分布と骨格座標を測定した。

## 研究の結果・成果

測定データから、上半身の重心移動量、骨格座標による体幹傾斜角度、座面上での臀部の位置を比較した結果、初期姿勢と比較して体幹が前後左右どの方向に移動したかを把握できることがわかった。したがって、簡易的な姿勢の評価や異常姿勢の検出に有効であると考えられる。

本研究で開発した姿勢計測システムを、車いすだけでなくそのほかモビリティ上での危険姿勢の検出などの安全機能として活用できるよう、共同研究につなげていきたい。

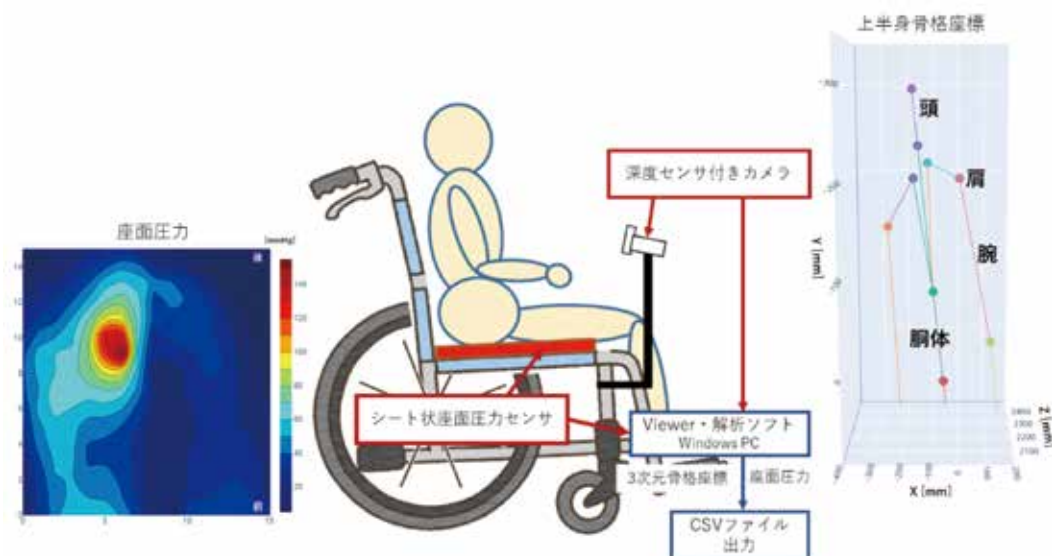


図 システム構成図

研究期間 2022年6月から2023年3月

研究開発体制 ロボット技術グループ 武田康司、中村佳雅、福井大学 田中完爾

## 概要

変化検出AIは異なる時刻に撮影された2枚の画像間の変化を検出するAIであり、点検ロボット、案内ロボットなどに欠かせない技術である。従来、変化検出AIモデルを使用する際はすでに訓練されたAIモデルの再訓練を行うか、ほかの環境で訓練されたAIモデルを転用する必要があった。しかし、再訓練を行う手法には変化検出の正解データを作成するアノテーションコストが高く、また、AIモデルを転用する手法には精度が低下してしまうという課題があった。そこで、本研究ではアノテーション不要で高精度な変化検出が可能なAIモデルを目指した。この目標に向けて合成変化検出用データセットを作成する手法と、継続的に予測データを訓練データに追加して再訓練する枠組みを開発し、結果として少数データの教師あり学習を超える性能が得られることを確認した。

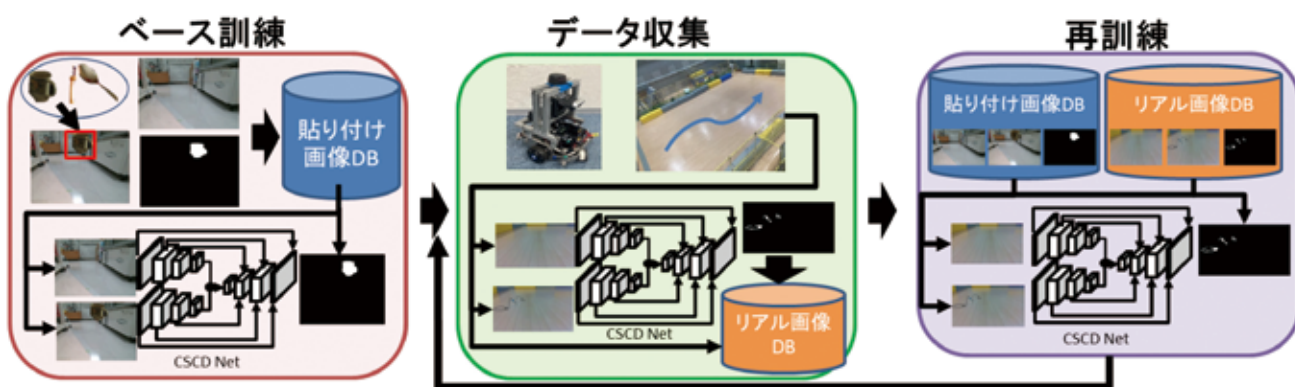


図 提案手法の概要

## 研究実施内容

### ●アノテーションが不要な変化検出手法の開発

検出用データセットのアノテーションを行わなくても変化検出AIを訓練できるようにするため、合成変化検出データセット作成手法を開発した。具体的には、物体セグメンテーション用データセットを用いて物体部分のみ切り出し、別途撮影しておいた背景画像に重ね合わせて合成変化検出データセットを作成する。

### ●継続的訓練手法の検討と実装

合成データのみで訓練を行うとアノテーションコストは下がるが、同時に変化検出AIの性能も下がってしまうという問題が発生した。そこで、リアルなデータセットを自動で収集しながら変化検出AIを継続的に微調整する手法の開発に取り組んだ。具体的には、合成変化検出データセットで訓練した変化検出AIを使用して新たな環境で走行させて取得した変化検出結果のうち、ある一定値以上の確信度を持つ変化検出結果を追加訓練データとして保存する。この収集したデータと合成変化検出データセットを用いて変化検出AIを再訓練する。

### ●実機データセットでの評価

都産技研内の疑似実証試験スペース(ショップエリア、リビングエリア)、傾斜路走行試験装置、廊下で撮影したデータセットを用いて性能評価を行った。

## 研究の結果・成果

人手でアノテーションした少数のデータで訓練した変化検出AIとアノテーション不要な提案手法で訓練した変化検出AIの性能を比較した結果、提案手法の方が優位であることを確認した。

## 活用事例

本開発はアノテーション不要で変化検出が可能な技術である。今後、物理的な制約でデータセット収集が難しい環境での変化検出AIの導入支援、低コストでの変化検出AIの導入支援へ展開していく予定である。

## 参考文献

Koji Takeda, Kanji Tanaka, and Yoshimasa Nakamura : "Lifelong Change Detection: Continuous Domain Adaptation for Small Object Change Detection in Everyday Robot Navigation", 2023 18th International Conference on Machine Vision and Applications (MVA), IEEE, Jun 2023.

**研究期間** 2022年6月から2023年5月

**研究開発体制** ロボット技術グループ 益田俊樹、中村佳雅  
日本精工株式会社 小西博英  
国立大学法人岡山大学 戸田雄一郎



図1 試作した屋外用走行ロボット

### 概要

これまで、都産技研では6輪の屋外用のロボットベースTaurusや搬送ロボットのMiniTaurusを開発してきた。これらの研究成果を活用し、警備や運搬ロボットなどの共通となる車体開発や屋外走行のための全地球航法衛星システム(Global Navigation Satellite System:GNSS)の活用の検討、広域エリアにおける屋外での自律走行のためのアルゴリズムの改良を行い、評価を行った。

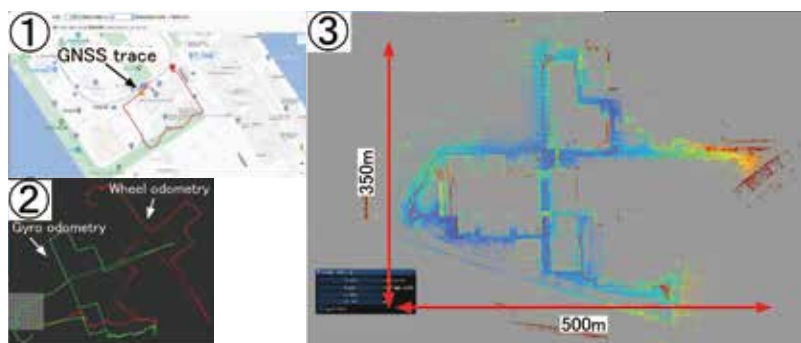


図2 各検証による計測結果

### 研究実施内容

#### ●屋外用の共通車体開発と評価

MiniTaurusを屋外用にサスペンションを改良した試作機を開発し、神奈川県プレ実証フィールド(全周約300m)における起伏や斜面において実験を行い、走行が可能であることを確認した。また、警備と運搬の共通となる車体の開発と評価を実施した。

#### ●屋外自律走行のアルゴリズムの検討と検証、GNSSの検証

周辺の屋外においてGNSSの情報取得が可能か実施し、図2①のように緯度経度の軌跡の結果が得られ、屋外の走行において、活用の見込みが高いことがわかった。また、広域エリア(全周約1.8 km)での試作機を使用した自律走行の検証では、ホイールの移動量による走行軌跡では、旋回時に角度の誤差が生じてしまい、正確な経路とはならなかったが、ジャイロ情報によって経路が補正され、広域エリアにおいても走行が十分可能であることがわかった(図2②)。また、ジャイロ情報の補正によって、歪みの少ない点群の地図データを取ることができ(図2③)、広域エリアにおいても自律走行の可能性が高いことがわかった。

### 研究の結果・成果

●MiniTaurusを屋外用に改良し、屋外エリアにおいて、走行が可能であることを確認した。また、GNSSのデータ取得や広域エリアでの経路補正、自律走行アルゴリズムの改良によって、ロボットが自律走行できる可能性が高いことを確認した。最後に共通となる車体を開発し、簡単な走行評価を実施した。

### 活用事例

2023年の国際ロボット展の企業ブースにて、車体構造の共同出願を行い、その実機を屋外用走行型のロボットプラットフォームとして展示した。

#### ●学協会発表

中村他:“ROSを用いた屋外自律走行機能の研究開発”,第4回継続学習と知能の創発研究会,(2022)

久保平他:“Growing Neural Gasに基づく3次元空間知覚と2次元環境地図との統合”,ロボティクス・メカトロニクス 講演会 2023 in Nagoya,(2023)



研究期間 2022年6月から2023年5月

研究開発体制 ロボット技術グループ 中村佳雅、益田俊樹  
株式会社PM&PM 野崎基範



図1 搬送ロボットMiniTaurus

### 概要

都産技研では6輪の屋外用のロボットベースTaurusや搬送ロボットMiniTaurus、自律走行において課題になるレイアウト変更に対応した自己位置推定技術を開発してきた。これらの研究成果を活用し、自走式巡回ロボットの走行技術を開発する。具体的にはオープン空間に対応するための簡易マーカー作成、高速な巡回経路計画、落下防止機能を実装する。また重荷重への対応としてオムニキャストへの変更、タイヤ痕対応としてタイヤの材質変更を行い、重荷重対応可能なドライバユニットの開発に反映する。有効性を検証するために検証用打設現場を作成し、実際の現場に近い環境で走行実験を実施する。検証の結果、自律走行機能は問題なく動作することを確認した。また、現場の方の判断でタイヤ痕が許容範囲内であることを確認した。

### 研究実施内容

#### ●建設現場向け自律走行技術の開発

建設中の工事現場では周囲環境のレイアウトの変化やLiDARセンサでの観測可能範囲に何も無いなど、自己位置推定に必要な環境特徴が得られないことがあるため、10 m以上先からも観測可能な簡易設置マーカーを作成する。また、自走式巡回ロボットは、全ての巡回エリアを一筆書きで通るような作業を仮定し、経路を計画する。このような経路を計画する手法として、牛耕方式とスパイラル方式があり(図2)、作業進捗が判断しやすい牛耕方式を採用する。また、現場における微修正が発生した場合においても、即座に経路修正が可能ないようにSpanning Tree Coverage (STC)を採用する。また、走行領域に段差や穴が存在するため、落下防止機能が必要である。本研究では境界部分が明確に判断可能な3D LiDARを採用し、経路上にある段差や穴を回避し、巡回走行を継続する。

#### ●重荷重対応のための車体改良

回転式キャストでは向きを進行方向に対して90度に向けた状態では、大きな負荷がモーターにかかってしまうため、向きによらずに一定であったオムニキャストを採用する。また、固まっていないコンクリート上を走行するため、タイヤ痕を残さないために動輪にスポンジを巻き対処する。このタイヤ構成で電流値計測を行い、重荷重に対応可能なドライバーユニットの開発に反映する。

### 研究の結果・成果

仮設のコンクリート打設現場を用意し、実際の現場に近い環境で検証を行った。SLAMを用いて地図を作成し、自律走行機能は問題なく動作することを確認した。また、現場の方の判断でタイヤ痕が許容範囲内であることを確認した。

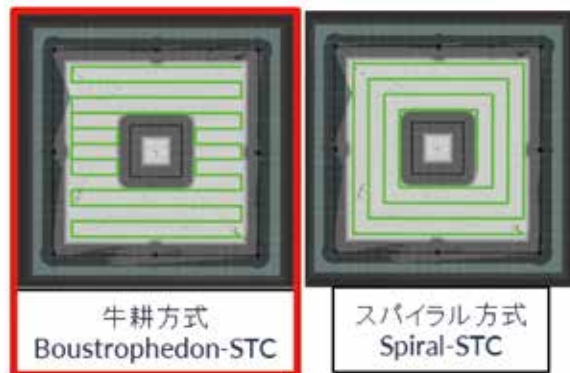


図2 経路計画手法の選定

研究期間 2022年6月から2023年3月

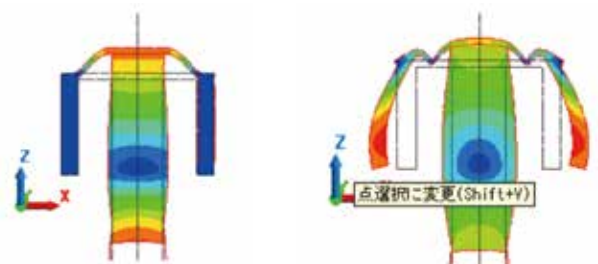
研究開発体制 IoT技術グループ 市川英伸  
光音技術グループ 宮入 徹

## 概要

これまでの音響整合層を試作した実験で想定する倍率とならなかった。FEMで要因を解析した結果、整合層厚みのほかに径方向の振動に起因するセンサハウジング側面の振動が影響し、整合層効果を阻害している可能性が高いことがわかった。



図1 対象とした超音波センサ



厚み方向

径方向

図2 センサの振動モード

## 研究実施内容

### ●音響整合層効率に影響を与える要因の解明(FEM)

対象とするセンサ構造を模擬したモデルでFEMシミュレーション(以後FEM)を実施し、インピーダンス特性のFEMと実験値を比較した。また振動モード解析を実施した。

### ●超音波センサの振動モード解明(実験)

ハウジング側面の振動が放射面振動に与える影響について、レーザードップラ振動計を用いた実験を実施し、FEMによる振動モード解析と比較した。

### ●音響整合層付き超音波センサの設計方法検討

FEMにて音響整合層効果を改善できるセンサ構造を検討した。また検討した構造を模擬した実験を実施し、FEMの検討結果が実際に効果があるかどうかを確認した。

## 研究の結果・成果

- 本研究で対象としたセンサハウジング構造では、60 kHz以上の周波数帯の径方向の振動が大きいほど長さ方向の振動に影響し、放射面中心付近が凹んだ(振幅のピークとならない)振動になることを解明した。
- 上記では、径方向の振動を抑制したハウジング構造とすることで、35 kHz素子使用時と65 kHz素子使用時では音響整合層効果が改善することが明らかとなった。
- 整合層厚みを4分の1波長とすることで、35 kHz素子使用時と65 kHz素子使用時では音響整合層効果が改善することを確認した。

**研究期間** 2022年10月から2023年9月

**研究開発体制** IoT技術グループ 山田健太郎、鈴木 聡  
 通信技術グループ 大平倫宏  
 学校法人片柳学園東京工科大学 古井光明、大久保友雅  
 東京都立産業技術高等専門学校 松澤和夫

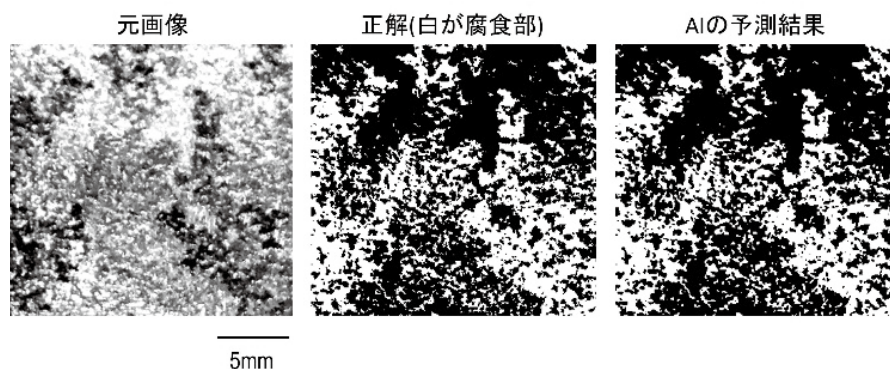


図 マグネシウム合金の腐食画像の教師データと推定結果の比較例

## 概要

マグネシウム合金の腐食形態外観画像から、迅速に腐食状況の危険度を判定する画像認識AIシステムを開発し、これまで現場の作業者の経験とカンに委ねられてきた腐食(さびの進行状況)の判定を、AIの学習機能により迅速に判定するシステムを開発する。また、このシステムを中小企業のものづくりの現場へ実装するための製品化を目指す。

## 研究実施内容・成果

### ●AZマグネシウム合金の塩水試験による腐食画像教師データの収集

統一した条件の下でAZ31マグネシウム合金の塩水浸漬試験を実施し、デジタルカメラによる撮影画像から解析ソフトを用いた腐食領域の抽出を行った500枚超の腐食データ画像を収集し、マグネシウム合金の腐食教師データ画像を作成した。

### ●腐食を推定するAIの開発

既存のセグメンテーション手法である U-Netを用いて、作成した教師データを学習し、画像から腐食部分を推定するAIを開発した。画像の前処理として、画像の4分割、左右反転、90度回転、コントラスト調整を実施し、Dice係数0.91を得ることができた。

### ●機械的性質の評価と腐食の判定・診断

統一した条件の下で塩水浸漬試験を行った試験片の引張試験を実施し、JIS規格の引張強さ・伸びと照合し、JISデータを下回る腐食進行度を明らかにし、判定・診断の指標に用いることができた。

## 活用事例

現在継続実施中のため外部発表および知財化はしていない。



研究期間 2022年6月から2023年3月

研究開発体制 通信技術グループ 大平倫宏

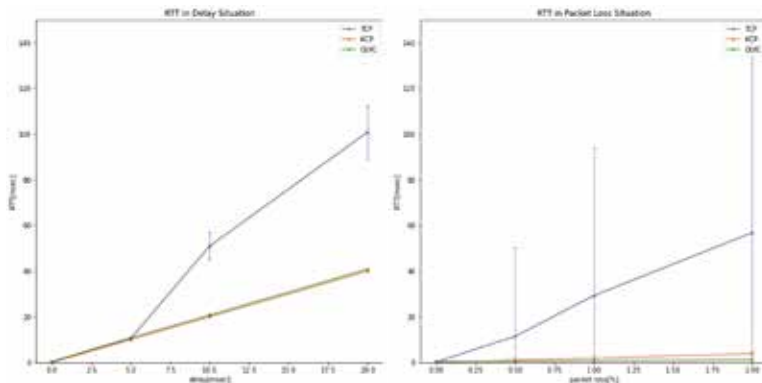


図1 開発したソフトウェアでの計測例。左図は仮想的に遅延を、右図は仮想的にパケットロスを発生させた状況での計測。グラフ中の縦軸は、平均往復時間 (RTT)、エラーバーは不偏標準偏差を表す。

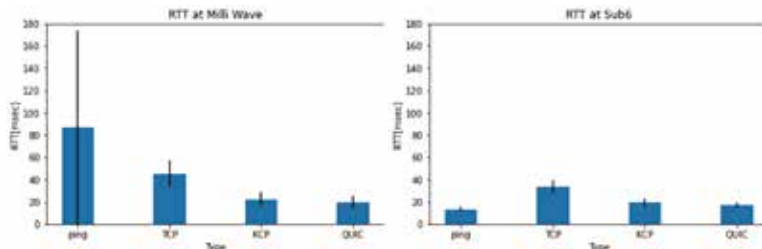


図2 開発したソフトウェアでの計測例。左図はローカル5Gのミリ波、右図はSub6での計測。一番左の値は参考のためにping値を載せている。グラフ中の縦軸は、平均往復時間 (RTT)、エラーバーは不偏標準偏差を表す。

## 概要

トランスポート層における通信方法としては、信頼性の高い TCP (Transmission Control Protocol) と、高速な UDP (User Datagram Protocol) が主に利用されている。近年、それらの性質を併せ持つ Reliable UDP が、動画配信やネットワークゲーム、ウェブブラウザなどのリアルタイム性を要求される場合において、利用されてきている。しかし、Reliable UDP 自体が比較的新しいため、その通信品質を評価する方法が定まっていない。

本研究では、Reliable UDP の通信品質を評価するソフトウェアを新たに開発した。そのソフトウェアを、ローカル5Gネットワークなどの通信網に適用することで、利用例に応じた最適な通信方法を簡易に決定可能になる。

## 研究実施内容

### ● 評価ソフトウェアの開発

Reliable UDP として、KCP、QUIC を対象とした。TCP、KCP、QUIC で、往復時間 (Round Trip Time) を計算する評価プログラムを開発した。通信するデータ容量や送信間隔を変更することができる。

### ● 評価実験

開発した評価ソフトウェアを用いて、同一の PC 上で、遅延・パケットロスの通信障害を仮想的に発生させた状態で、測定を行った (図1)。また、実際のローカル5Gネットワーク上でも測定を行った (図2)。

## 研究の結果・成果

● KCP、QUIC とともに、TCP よりも非常に遅延が小さく、分散も小さいため安定しているのがよくわかる。今回開発した評価プログラムを利用することで、実際のアプリケーション作成時の目安になる。

## 活用事例

● TIRI クロスミーティング2023 で発表。「RUDP (Reliable User Datagram Protocol) 通信の評価プログラムの開発」、<https://cm2023.iri-tokyo.jp>

研究期間 2022年6月から2023年3月

研究開発体制 通信技術グループ 渡部雄太、上田啓市

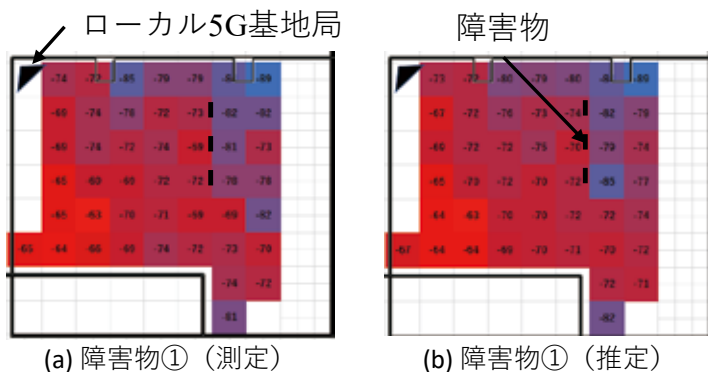


図1 28 GHz帯ローカル5G基地局の電波強度

	測位精度 [m]	
	障害物 無	障害物 有
28 GHz	8.12	8.56
28 GHz+2.5 GHz	2.69	3.01
推定あり	2.69	2.85

表1 位置測位精度の比較

## 概要

28 GHz帯と2.5 GHz帯という異なる周波数帯の電磁波を利用するローカル5G基地局を用いて位置指紋測位の高精度化を行った。また、障害物による電波伝搬の変化を機械学習により推定することで測位精度のさらなる高精度化を達成した。

## 研究実施内容

本研究では5G通信を用いた位置指紋測位手法を提案した。位置指紋測位は事前に測位を行いたい場所の電波強度などの電波情報を測定し、位置と電波情報のデータベースを作成する。そして、測位時には再度電波情報を測定し、データベースと照合することで位置情報を推定する手法である。本研究では5Gで用いられている28 GHzと2.5 GHzの電波強度と位置のデータベースを作成し、位置指紋測位に用いた。

28 GHz帯の電波は障害物により影響を大きく受けるため、ロボットや人などの移動体の障害物により電波環境が変化し、位置指紋測位の推定精度が低下する。そこで、本研究では機械学習を用いて障害物による電波環境の変化を推定し、位置指紋測位のデータベースに用いることで、推定精度の向上を行った。機械学習の教師データとしてはレイトレース法の解析モデルと解析結果を用いた。

## 研究の結果・成果

図1にローカル5G基地局から送信された電波強度の測定値と機械学習による推定値を示す。障害物は金属の板であり、機械学習による推定結果は障害物による電波環境の変化を表現できることがわかった。また、表1に提案手法の測位精度を示す。5Gの複数の周波数、機械学習による推定を行うことにより、3 m以下の測位精度が得られることがわかった。

## 活用事例

- Yuta Watanabe and Keichi Ueda・Estimation of 28 GHz Band Wave Propagation using Machine Learning・21st International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics・November, 2023

研究期間 2022年6月から2023年3月

研究開発体制 通信技術グループ 上田啓市



図 ローカル5Gアンテナ、電波計測用PCを用いて障害物の有無を検知した。

## 概要

2021年度、都産技研内にローカル5G基地局(Sub6)を導入した。ローカル5Gを導入する目的として高精細カメラ映像配信、遠隔操作、IoT活用が期待されている。ローカル5Gでは通信時に多数の電波を発射しているため、電波を用いた物体認識ができれば、カメラを利用しにくいプライバシーに関わるような環境での認識、カメラで撮影しにくい夜間や死角に関連した認識といった応用が期待できる。そこで、ローカル5Gの電波を利用することによって、障害物の認識を行った。

## 研究実施内容

### ●ローカル5Gの電波状況取得方法検討、プログラム作成

さまざまなローカル5G対応端末を用い、端末による取得可能なデータを検証し、多数のアンテナデータが取得可能な端末・コマンドを調査した。また、どの程度の周期で電波状況が更新されるかを検証し、一定時間ごとに電波状況を表示・保存するプログラムを作成した。

### ●電波状況を用いた障害物認識

ローカル5G基地局(Sub6)のアンテナと端末間の方に障害物となる金属板を配置し、電波状況を解析した。これにより障害物の有無を認識し、良好な結果が得られた。

## 研究の結果・成果

- 障害物の有無について99.61%の正解率を得た。
- 通信を行う際の経路情報を用いることでさらに高精度な認識が期待できるため、今後検証を行う。
- Sub6基地局・電波(4.8 GHz帯)を用いて行ったが、ミリ波基地局・電波(28 GHz帯)を用いることでさらに高精度な認識が可能と考えられるため、今後検証を行う。



研究期間 2022年6月から2023年3月

研究開発体制 通信技術グループ 近藤 崇、藤原康平

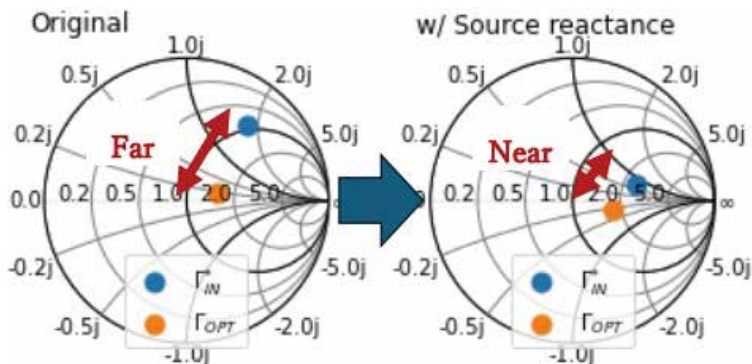


図1 ソースリアクタンスの装荷

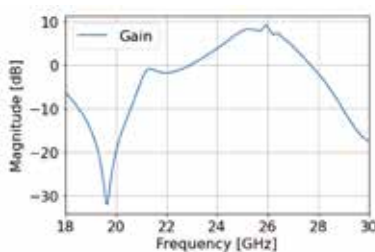


図3 試作LNAの利得

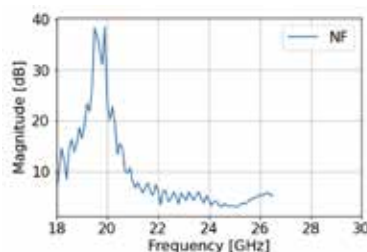


図4 試作LNAの雑音指数

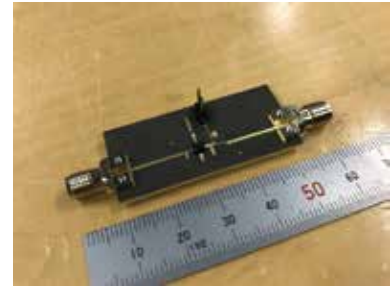


図2 試作LNA

## 概要

第5世代移动通信システム(5G)のサービスインを迎え、特にSub-6 GHz、28 GHz帯の高性能回路の需要が高まっている。我々はトランジスタ(Tr)による増幅器の開発ニーズの増大を見据えて、主にミリ波帯の増幅器の設計手法確立を目指す。本研究では、市販Trを用いた25 GHz帯の低雑音増幅器(LNA)を開発した。

## 研究実施内容

### ●高周波対応

本研究では、2021年度に開発したSub-6 GHz帯のLNAをより高周波化した28 GHz帯のLNAの開発を目指した。特性評価についてより高周波まで正確な測定が実施できるよう、sパラメータ測定におけるネットワークアナライザのジグ補正手法について、60 GHzまで検証した。TRL校正およびディエンベッド補正の二つの手法を検証し、両手法において、自身が用意した測定ジグ(プリント基板)であっても正確な補正ができることを確認した。LNAに使用する市販Trの特性をこれらの補正手法を用いて測定した結果、測定値は公開データと良好に一致した。

### ●設計手法の高度化

より高周波まで目標の特性を実現できるよう、設計手法の高度化を図った。整合回路の設計において、利得を最大化する電力整合点( $\Gamma_{in}$ )と雑音指数を最小化するノイズ整合点( $\Gamma_{opt}$ )はトレードオフの関係にあるが、これを両立するため、Trのソース端子にリアクタンス(伝送線路)を装荷する手法を採用した(図1)。この状態でTrの入出力の電力整合を図るが、入出力は絶縁していないため、双方向(バイラテラル)の特性を考慮した連立方程式を用いて整合した。試作したLNA(図2)を評価した結果、25.2 GHzにおいて、利得8.0 dB(図3)、雑音指数3.2 dB(図4)を達成した。

## 研究の結果・成果

- アナログ回路設計技術により5G推進に貢献
- 学協会発表(発表者・タイトル・学会名・開催年月)  
近藤・藤原, 「基板実装部品のsパラメータ測定におけるジグ補正手法の検証」, 信学技報, vol. 122, no. 250, MW2022-129, pp. 108-112, 2022年11月

## 活用事例

- 高出力・高効率・低コストを実現する増幅器の設計開発を支援
- 外部資金導入研究  
2022年度 成長型中小企業等研究開発支援事業(Go-Tech事業)「水を用いた人工衛星用電子源の大電力化に向けた研究開発」(Pale Blue社、名古屋大学、都産技研)

4.

## 「中小企業の5G・IoT・ロボット 普及促進事業」成果一覧

---

# 外部発表

## 口頭発表

年度	タイトル	発表者	年月日	場所	大会名などの名称
2020年度	公共施設向け展示案内ロボット開発と自己位置推定改善	中村佳雅 佐々木智典 小林祐介 ほか3名	2020年10月9日	オンライン 開催	第38回日本ロボット学会学術講演会
2020年度	大型ロボットベース「Taurus」の開発と警備ロボット「Perseusbot」への応用	益田俊樹	2020年10月9日	オンライン 開催	第38回日本ロボット学会学術講演会
2020年度	サウザーを用いた物流センター効率運用システムの開発	益田俊樹 中村佳雅 ほか3名	2020年10月9日	オンライン 開催	第38回日本ロボット学会学術講演会
2020年度	中小企業との協創によるサービスロボットの創出と事業化への挑戦	武田有志	2020年10月9日	オンライン 開催	第38回日本ロボット学会学術講演会
2020年度	東京ビッグサイトにおけるサービスロボットの社会実装システムの構築とサービスロボットSler	倉持昌尚	2020年10月9日	オンライン 開催	第38回日本ロボット学会学術講演会
2020年度	事業用としての電動アシスト人力車の開発	佐藤 研 ほか5名	2020年10月9日	オンライン 開催	第38回日本ロボット学会学術講演会
2020年度	安全認証取得を支援する移動案内ロボットのプラットフォーム開発とその技術移転	村上真之 益田俊樹 渡辺公一 森田裕介 小林祐介 吉村僚太	2020年10月9日	オンライン 開催	第38回日本ロボット学会学術講演会
2020年度	係留型飛行船ロボットの実用化に関する研究開発	小林祐介 森田裕介 佐藤 宏 ほか4名	2020年10月10日	オンライン 開催	第38回日本ロボット学会学術講演会
2020年度	Employee well-being and organizational performance: A serious game for investigating perceived social impacts of digital technologies	根本裕太郎 ほか3名	2021年3月4日	オンライン 開催	67th Spring Congress Gesellschaft fr Arbeitswissenschaft
2021年度	Design for Service Exchange: A Service Design Framework for Human Well-being	根本裕太郎 ほか1名	2021年7月9日	オンライン 開催	2021 Frontiers in Service Conference
2021年度	中小製造業のデジタル化のためのソシオテクニカルデザイン	根本裕太郎 綾部豊樹 中川善継 ほか2名	2021年7月14日	オンライン 開催	精密工学会Designシンポジウム 2021
2021年度	都産技研における運搬ロボットシステムの構築と評価	益田俊樹	2021年9月9日	オンライン 開催	第39回日本ロボット学会学術講演会
2021年度	An Educational Serious Game for Investigating Perceived Impacts of Digital Technologies on Employee Well-Being and Organisational Performance	根本裕太郎 ほか4名	2021年10月8日	オンライン 開催	GeNeMe2021
2021年度	デザインガイアにおける研究開発テーマの変遷 ～テキストマイニングによる分析～	岡部 忠	2021年12月2日	オンライン 開催	デザインガイア2021 -VLSI設計 の新しい大地-



年度	タイトル	発表者	年月日	場所	大会名などの名称
2021年度	Local SLAMを用いた環境変化検出による動的な環境下における自己位置推定	中村佳雅	2021年12月3日	オンライン開催	第2回継続学習と知能の創発研究会
2021年度	衝撃吸収接触センサの感度・応答性の性能評価手法の開発	森田裕介	2021年12月15日	オンライン開催	第22回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
2021年度	モバイルマニピュレータにおけるDeepLabv3+を使用した細長物体への追従制御	萩原颯人	2021年12月16日	オンライン開催	第22回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
2021年度	パーソナルコンピュータ利用技術学会における研究動向	岡部 忠	2021年12月18日	オンライン開催	第16回パーソナルコンピュータ利用技術学会全国大会
2021年度	軽量ストリーム暗号のハードウェア実装～FPGAを対象デバイスとした実装性能の比較～	岡部 忠	2022年3月3日	オンライン開催	情報処理学会第84回全国大会
2022年度	画像変化検出を使用した床上小物体回避アプリケーションの移動ロボットへの実装	武田康司 中村佳雅 ほか1名	2022年9月6日	東京大学本郷キャンパス	第40回日本ロボット学会学術講演会
2022年度	Small Object Change Detection for Small Obstacle Avoidance in Everyday Robot Navigation	武田康司 中村佳雅 ほか1名	2022年10月23日	国立京都国際会館	13th IROS Workshop on Planning, Perception, Navigation for Intelligent Vehicle
2022年度	Domain Invariant Siamese Attention Mask for Small Object Change Detection via Everyday Indoor Robot Navigation	武田康司 中村佳雅 ほか1名	2022年10月24日	国立京都国際会館	2022 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems
2022年度	基板実装部品のsパラメータ測定におけるジグ補正手法の検証	近藤 崇 藤原康平	2022年11月16日	福江文化会館(ハイブリッド)	マイクロ波研究会11月
2022年度	ROSを用いた屋外自律走行機能の研究開発	中村佳雅	2022年12月9日	岡山大学津島キャンパス	第4回継続学習と知能の創発研究会
2022年度	Local 3D measurement with a mobile manipulator in a wide-area space	萩原颯人 中村佳雅 ほか1名	2023年1月26日	大分県別府市 B-Con PLAZA	The Twenty-Eighth International Symposium on Artificial Life and Robotics
2022年度	製造現場のボトムアップ改善ループに向けたデジタル化生産プロセス情報の適用	中川善継 綾部豊樹 ほか3名	2023年3月4日	電気通信大学	情報処理学会第85回全国大会
2022年度	計量テキスト分析によるHISTELCON における研究動向	岡部 忠	2023年3月15日	名古屋大学東山キャンパス	令和5年電気学会全国大会
2023年度	広域・屋外用自律走行ロボットの導入・運用効率化に向けた研究開発	中村佳雅	2023年6月9日	大阪公立大学 I-siteなんば	第5回継続学習と知能の創発研究会
2023年度	24 GHz帯誘電体発振器の開発とその環境試験の実施結果	藤原康平 近藤 崇	2023年7月20日	室蘭工業大学	マイクロ波研究会7月
2023年度	作業ゆらぎに起因するデジタル化生産プロセス情報と現場改善思考の支援	中川善継 ほか4名	2023年8月30日	北海道科学大学	2023年電気学会電子・情報・システム部門大会
2023年度	ストリーム暗号 Spritz の疑似乱数応用に向けた統計的検定について	岡部 忠	2023年9月7日	大分県別府市B-Con PLAZA	産業応用工学会全国大会2023

## ポスター発表

年度	タイトル	発表者	年月日	場所	大会名などの名称
2020年度	自律移動案内ロボットの動的安定性に関する設計と評価	森田裕介	2020年5月28日	オンライン開催	ROBOMECH 2020 in Kanazawa
2020年度	移動ロボットの無線充電のための2D/3D距離センサを用いた誘導手法の提案	中村佳雅	2020年5月28日	オンライン開催	ロボティクス・メカトロニクス講演会 2020 in Kanazawa
2023年度	リスクアセスメントによる運搬ロボットシステムの遠隔での状態監視の開発と評価	益田俊樹 大塚菜々	2023年6月29日	名古屋国際会議場	ロボティクス・メカトロニクス講演会 2023 in Nagoya
2023年度	Growing Neural Gasに基づく3次元空間知覚と2次元環境地図との統合	中村佳雅 益田俊樹 ほか5名	2023年6月30日	名古屋国際会議場	ロボティクス・メカトロニクス講演会 2023 in Nagoya
2023年度	Lifelong Change Detection : Continuous Domain Adaptation for Small Object Change Detection in Everyday Robot Navigation	武田康司 中村佳雅 ほか1名	2023年7月23日	アクトシティ浜松	18th International Conference on Machine Vision Applications

## 論文

年度	タイトル	著者	年月日	掲載誌などの名称
2020年度	Highlighted Map for Mobile Robot Localization and Its Generation Based on Reinforcement Learning	吉村僚太 佐藤 研 小林祐介 ほか2名	2020年11月3日	IEEE Access
2021年度	Design for Continuous Use of Product-Service Systems: a Conceptual Framework	根本裕太郎 ほか2名	2021年7月27日	Proceedings of the International Conference on Engineering Design (ICED21)
2021年度	Domain Invariant Siamese Attention Mask for Small Object Change Detection via Everyday Indoor Robot Navigation	武田康司 中村佳雅 ほか1名	2022年3月29日	arXiv
2023年度	Lifelong Change Detection: Continuous Domain Adaptation for Small Object Change Detection in Every Robot Navigation	武田康司 中村佳雅 ほか1名	2023年6月28日	arXiv

## 依頼講演

年度	タイトル	発表者	年月日	場所	大会名などの名称
2020年度	ローカル5Gの実験施設の活用について	金田泰昌	2020年11月12日	オンライン 開催	はむらイブニングサロン
2020年度	小さく作って大きく育てる、地域IoT	阿部真也	2021年2月10日	オンライン 開催	令和2年度多摩観光セミナー
2020年度	【ものづくり現場中継】～巧の溶接技術のテレワーク～ CIOFを用いた企業間連携デモ	岡坂和孝	2021年3月12日	オンライン 開催	IVI公開シンポジウム 2021-Spring-
2021年度	都産技研によるローカル5Gの取組み	金田泰昌	2021年10月18日	オンライン 開催	Keysight World 2021 東京
2022年度	都産技研のIoT化支援と共同研究事例の紹介	岡部 忠	2022年7月29日	オンライン 開催	令和4年度第1回先端技術セミナー
2022年度	新産業創出に向けた中小企業の5G普及促進支援	金田泰昌	2022年12月9日	東京都立産業技術研究センター	電気学会・東京都立産業技術研究センター連携セミナー
2022年度	ローカル5Gを活用した中小企業支援の取組み	金田泰昌	2023年1月30日	オンライン 開催	バイエリアロボティクスフォーラム2023
2023年度	Gazeboを用いたロボットシステム開発	中村佳雅	2023年9月22日	東京都立大学日野キャンパス	CcS-L5G-serBOTinQセミナー 「ロボット組み込みシステム開発の昨今」

## 依頼原稿等

年度	タイトル	著者	主催団体/出版社等の名称	雑誌名など
2020年度	ロボット産業活性化事業の成果と今後の可能性	武田有志	(一社)日本ロボット工業会	機関誌「ロボット」、No.254、pp.31-34
2020年度	中小企業へのIoT化支援	岡部 忠	(一社)日本包装機械工業会	2019年度IoT研究会報告
2020年度	月刊工場長 依頼原稿の件	横田浩之	日本食糧新聞社	月刊食品工場長(10月号)
2020年度	環境モニタリングを用いた水質改善装置運用の最適化	根本裕太郎 ほか4名	日本出版制作センター	月刊JETI
2021年度	サービス空間におけるIoT技術の活用	根本裕太郎 大原 衛	(一社)日本機械学会	日本機械学会誌
2022年度	専門研究員が中小企業の課題に寄り添い製品研究・開発・DXを支援	入月康晴 武田有志	株式会社流通研究社	月刊マテリアルフロー、No. 753、pp. 40-47
2022年度	ブルーイノベーション×都産技研～技術連携で実現したインフラ施設の自動点検システム	中村佳雅 ほか1名	株式会社ウェブクルー デジタラボ	<a href="https://digita-lab.jp/interview/i_10.html">https://digita-lab.jp/interview/i_10.html</a>
2023年度	都産技研における安全規格を活用したサービスロボットの開発支援	森田裕介	(公社)計測自動制御学会	計測と制御
2023年度	モバイルマニピュレータを活用した物体の3次元計測	萩原颯人 中村佳雅 ほか1名	日本出版制作センター	月刊JETI7月号



# 職員の受賞

## 職員受賞実績

年度	受賞名	件名	受賞者
2021年度	第22回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2021) 優秀講演賞	モバイルマニピュレータにおけるDeepLabv3+を使用した細長物体への追従制御	萩原颯人、中村佳雅 (ロボット技術G)

# 知的財産権の取得

## 登録済み知的財産権

### 国内登録特許

登録番号 (出願番号)	名称	登録日 (出願日)	発明者	内容
6755044 (特願2016-239628)	車輪構造体及び車両	2020/8/27 (2016/12/9)	益田俊樹	前進時および後進時の両方において、荷台を安定させながら段差や斜面、凸凹道などの不整地の踏破性を向上させる車輪構造体および車両
6847442 (特願2016-113048)	物体追跡装置、物体追跡方法、及び物体追跡プログラム	2021/3/5 (2016/6/6)	中村佳雅 吉村僚太 佐々木智典 武田有志 (退職済) 坂下和広	物体追跡装置が運動する場合であっても、正確に物体を追跡する物体追跡装置、物体追跡方法、および物体追跡プログラム
6970422 (特願2017-108148)	音響信号処理装置、音響信号処理方法、及び音響信号処理プログラム	2021/11/2 (2017/5/31)	武田有志 (退職済) 鈴木 薫	マイク入力にエコー以外の音声(利用者の音声等)が含まれているか否かを速やかに正しく判定することができる音響信号処理装置
6974821 (特願2017-061293)	移動ロボット及び制御回路	2021/11/9 (2017/3/27)	佐藤 研 森田裕介 (退職済) 村上真之 (退職済) 坂下和広	移動ロボットの転倒を防止でき、かつ、車輪駆動部への動力を遮断せずに、制御部に故障等が発生し移動ロボットが暴走したとしても、低コストな方法で移動ロボットの移動速度が適切に制限される安全性の高い移動ロボットおよび制御回路
7083142 (特願2017-119609)	移動装置、駆動制御方法、及び駆動制御プログラム	2022/6/2 (2017/6/19)	武田有志 益田俊樹 (退職済) 坂下和広	移動経路に沿って移動する移動装置であり、構造物が配置された領域の状況に応じて適切に移動することができる移動装置、駆動制御方法および駆動制御プログラム
7161754 (特願2018-214911)	移動走行装置	2022/10/19 (2018/11/15)	小林祐介 (退職済) 坂下和広	車輪の適正なグリップをバネ、ダンパーを使うことなく簡単なリンク機構で達成することができる移動走行装置
7411208 (特願2019-213554)	地図作成方法、地図作成装置、位置推定方法、及び位置推定装置	2023/12/27 (2019/11/26)	吉村僚太 佐藤 研 小林祐介	ロボットなどの移動体において、周囲の形状以外に情報が少ない場合でも、精度よく移動体の位置を推定することを可能とする地図作成方法

### 意匠

登録番号 (出願番号)	意匠に係る物品	登録年月日 (出願日)	制作者	内容
1662804 (意願2019-025537)	ロボット	2020/6/12 (2019/11/18)	益田俊樹 森田裕介 小林祐介 (退職済) 村上真之	自律移動型案内ロボット
1662803 (意願2019-025535)	ロボット	2020/6/12 (2019/11/18)	益田俊樹 森田裕介 小林祐介 (退職済) 村上真之	案内ロボット

## 外国登録特許

登録番号 (出願番号)	名称(和名)	登録日 (出願日)	発明者	内容
3281848 (16768869.6) 【イギリス移行出願】	ロッカーボギー	2020/7/15 (2016/3/24)	森田裕介 益田俊樹 (退職済) 坂下和広	機敏な動作と低コストを実現しつつ、なめるように障害物の踏破する機能も有する四輪構造のロッカーボギー
3281848 (16768869.6) 【フランス移行出願】	ロッカーボギー	2020/7/15 (2016/3/24)	森田裕介 益田俊樹 (退職済) 坂下和広	機敏な動作と低コストを実現しつつ、なめるように障害物の踏破する機能も有する四輪構造のロッカーボギー
2821974 (16768869.6) 【スペイン移行出願】	ロッカーボギー	2020/7/15 (2016/3/24)	森田裕介 益田俊樹 (退職済) 坂下和広	機敏な動作と低コストを実現しつつ、なめるように障害物の踏破する機能も有する四輪構造のロッカーボギー
602016040006.5 (16768869.6) 【ドイツ移行出願】	ロッカーボギー	2020/7/15 (2016/3/24)	森田裕介 益田俊樹 (退職済) 坂下和広	機敏な動作と低コストを実現しつつ、なめるように障害物の踏破する機能も有する四輪構造のロッカーボギー

## 国内出願

出願番号	名称	出願年月日 (優先日等)	発明者	内容
特願2020-092504	土木建造物の非破壊検査システム	2020/5/27	阿部真也 大平倫宏 (退職済) 仲村将司	検査対象となる土木建造物を、通信ネットワークを利用して効率よく検査する土木建造物の非破壊検査システム
特願2020-214545	ダクト清掃器具及びダクト清掃装置	2020/12/24	佐藤 研	排気ダクトの内壁に付着した油や煤(すす)などの汚れを除去するダクト清掃器具およびダクト清掃装置
特願2023-137094	車輪構造体および車両	2023/8/25	益田俊樹	構造の簡素化を図ることができる車輪構造体および車両



# セミナー・講習会

## 技術セミナー

年度	セミナー名称	セミナー名称 サブタイトル	担当G	参加人数 (人)	日数 (日)	時間 (h)	開催日 もしくは期間
2020年度	第38回日本ロボット学会 学術講演会	OS14「技術と製品・事業づくりを介した サービスロボット産業の活性化活動」	ロボット技術G	45	1	5	2020年 10月9日
2020年度	東京都 IoT 研究会セミ ナー	Leafony (リーフォニー)、みんなで創る IoT の未来	IoT技術G	116	1	1	2020年 12月4日
2020年度	5G技術活用型開発等促 進事業機運醸成イベント	「Tokyo 5G Boosters Project DEMODOY 2021」	通信技術G	120	1	3	2021年 3月2日
2021年度	Network-Talk	Exchange experiences on collaborative development of technology between Japan and Germany	IoT技術G	19	1	1.5	2022年 2月25日
2021年度	サービスロボットの社会 実装と安全性について	現状と今後	ロボット技術G	80	1	3	2022年 3月2日
2021年度	5G技術活用型開発等促 進事業機運醸成イベント	「Tokyo 5G Boosters Project DEMODOY 2022」	通信技術G	133	1	3	2022年 3月7日
2021年度	東京都 IoT 研究会セミ ナー	品質工学の考え方と適用事例	IoT技術G	39	1	1.5	2022年 3月15日
2022年度	中小企業のDX支援セミ ナー		IoT技術G	80	1	2.5	2022年 7月20日
2022年度	Network-Talk #2	Artificial intelligence in industry - opportunities and challenges	IoT技術G	25	1	1.5	2022年 8月23日
2022年度	都産技研 ローカル5Gセ ミナー		通信技術G	29	1	1.5	2022年 11月10日
2022年度	サービスロボットの5G活 用事例の紹介		ロボット技術G	194	1	3	2023年 1月10日

## 講習会

年度	講習会名称	担当G	参加人数 (人)	日数 (日)	時間 (h)	開催日 もしくは期間
2020年度	IoT人材育成プログラム(座学 前期)	IoT技術G	27	2	12	2020年 9月18日・ 10月2日
2020年度	ロボット用ミドルウェアを活用した自律走行ソフトウェア入門【ROS編】	ロボット技術G	10	2	12	2020年 12月3日 から4日
2020年度	IoT人材育成プログラム(座学 後期)	IoT技術G	27	2	12	2021年 2月24日・ 3月2日
2021年度	IoT人材育成プログラム(座学)	IoT技術G	40	125		2021年 10月27日から 2022年 2月28日
2021年度	IoT人材育成プログラム(AI・統計)	IoT技術G	28	113		2021年 11月29日から 2022年 3月21日

年度	講習会名称	担当G	参加人数 (人)	日数 (日)	時間 (h)	開催日 もしくは期間
2022年度	データ分析入門	IoT技術G	49	111		2022年 11月29日から 2023年 3月19日
2022年度	ロボット用ミドルウェアROS2を用いた自律走行ソフトウェア入門	ロボット技術G	10	2	12	2023年 2月15日から 16日
2023年度	ロボット用ミドルウェアROS2を活用した自律走行ソフトウェア入門	ロボット技術G	10	2	12	2023年 7月27日から 28日
2023年度	データ分析入門	IoT技術G	29	115		2023年 9月27日から 2024年 1月19日

# 展示会

## 東京都・区市関連

年度	展示会名	主催	開催年月日	場所
2020年度	ヴァーチャル産業交流展2020	東京都	1月20日～2月19日	オンライン開催
2021年度	Tokyo Tokyo ALL JAPAN COLLECTION	東京都	7月19日～9月5日	東京スポーツスクエア
2021年度	産業交流展2021 次世代ロボットゾーン	東京都	11月25日～26日	東京ビッグサイト
2021年度	ものづくり・匠の技の祭典2021	東京都	12月18日～19日	東京ビッグサイト
2021年度	ライフ・ワーク・バランスEXPO東京2022	東京都	2月8日～28日	オンライン開催
2022年度	大田区ロボット等先端技術活用事例検討会	大田区	6月28日	羽田イノベーションシティ
2022年度	産業交流展2022 次世代ロボットゾーン	東京都	10月19日～21日	東京ビッグサイト

## 民間団体・その他

年度	展示会名	主催	開催年月日	場所
2020年度	羽田イノベーションシティ オープニングイベント	羽田みらい開発(株)	9月18日～10月18日	羽田イノベーションシティ
2020年度	CEATEC 2020 ONLINE	(一社)電子情報技術産業協会(JEITA)	10月20日～12月31日	オンライン開催
2020年度	ET & IoT Digital 2020	(一社)組込みシステム技術協会(JASA)	11月16日～12月18日	オンライン開催
2021年度	CEATEC 2021 ONLINE	(一社)電子情報技術産業協会(JEITA)	10月19日～22日	オンライン開催
2021年度	羽田スマートシティ EXPO2021	羽田みらい開発(株)	11月5日～7日	羽田イノベーションシティ
2021年度	ET&IoT2021	(一社)組込みシステム技術協会(JASA)	11月17日～19日	パシフィコ横浜
2021年度	2021 Microwave Workshops & Exhibition	(一社)電子情報通信学会 APMC 国内委員会	11月24日～26日	パシフィコ横浜
2021年度	第13回 [国際]カーエレクト ロニクス技術展	RX Japan(株)	1月19日～21日	東京ビッグサイト
2021年度	2022 国際ロボット展	日本ロボット工業会 日刊工業新聞社	3月9日～12日	東京ビッグサイト
2022年度	羽田スマートシティEXPO 2022春	羽田みらい開発(株)	4月22日～24日	羽田イノベーションシティ
2022年度	羽田スマートシティ EXPO 2022秋	羽田みらい開発(株)	9月16日～19日	羽田イノベーションシティ
2022年度	Japan Robot Week 2022	(一社)日本ロボット工業会 (株)日刊工業新聞社	10月19日～22日	東京ビッグサイト
2022年度	CEATEC2022	(一社)電子情報技術産業協会(JEITA)	10月19日～22日	幕張メッセ
2022年度	EdgeTech+2022	(一社)組込みシステム技術協会(JASA)	11月16日～18日	パシフィコ横浜
2022年度	マイクロウェーブ展2022	(一社)電子情報通信学会 APMC 国内委員会	11月30日～12月2日	パシフィコ横浜
2022年度	第6回ロボデックス- ロボット開発・活用展	RX Japan(株)	1月25日～27日	東京ビッグサイト
2022年度	第15回オートモーティブ ワールド	RX Japan(株)	1月25日～27日	東京ビッグサイト



# プレスリリース

年度	発表日	発表内容
2020年度	2020年8月25日	中小企業へのIoT化支援事業 公募型共同研究募集のご案内
2020年度	2020年9月15日	警備ロボットや運搬・清掃ロボットを「羽田イノベーションシティ」で展示・実演
2020年度	2020年10月22日	ローカル5G・ロボット・IoT技術を総合的に支援する「DX推進センター」オープン
2020年度	2020年10月27日	中小企業へのIoT化支援事業 公募型共同研究 AIによる製造業の生産性向上のための解析支援ツールの開発
2020年度	2020年11月6日	中小企業へのIoT化支援事業 公募型共同研究 IoTを活用した「健康まちなかウォークラリーシステム」MCPCaward2020普及促進委員会特別賞を受賞
2020年度	2020年12月24日	中小企業へのIoT化支援事業 公募型共同研究テーマ決定
2020年度	2020年12月24日	中小企業のDX推進に向けてIoT事例集の検索システムを公開
2020年度	2021年2月25日	中小企業の5G・IoT・ロボット普及促進事業「ローカル5G研究会」参加者募集
2020年度	2021年2月25日	中小企業の5G・IoT・ロボット普及促進事業「2021年度公募型共同研究」募集のご案内
2020年度	2021年3月15日	中小企業へのIoT化支援事業 公募型共同研究成果「スマート鳥獣自動判別システム」を用いたサービス開始 AIによる獣種判別で業務効率化
2021年度	2021年7月1日	中小企業の5G・IoT・ロボット普及促進事業「公募型共同研究」採択テーマ決定
2021年度	2021年8月12日	中小企業の5G・IoT・ロボット普及促進事業「公募型共同研究」募集のご案内
2021年度	2021年10月27日	中小企業の5G・IoT・ロボット普及促進事業 中小企業と共創したサービスロボット8種類を「羽田イノベーションシティ」で展示・実演
2021年度	2021年10月27日	中小企業のIoT化支援事業 公募型共同研究成果 IoT活用による漁場選択支援システム「パヤオナビTM」のサービス開始
2021年度	2021年11月30日	中小企業の5G・IoT・ロボット普及促進事業 IoT公募型共同研究企業及び東京都IoT研究会会員がMCPCaward2021を受賞
2021年度	2022年1月25日	DXによる手溶接訓練支援システムの開発に成功 -熟練技能の承継・溶接高技能者の育成に活用-
2021年度	2022年2月1日	中小企業のIoT化支援事業公募型共同研究成果 「IoTによる屋外広告物安全管理サービス」の開始
2021年度	2022年2月28日	「公募型共同研究成果」トンネル・橋梁などの点検業務のDX化に成功
2021年度	2022年3月1日	中小企業の5G・IoT・ロボット普及促進事業「公募型共同研究」採択テーマ決定(追加募集分)
2022年度	2022年4月7日	中小企業の5G・IoT・ロボット普及促進事業 中小企業と共創したサービスロボット8種類を「羽田イノベーションシティ」で展示・実演
2022年度	2022年6月16日	ローカル5G・次世代通信技術を活用した共同研究テーマを募集します
2022年度	2022年10月4日	雨の日も夜も働きます！日本初・屋外警備ロボットの実証実験を開始-GREEN SPRINGS(東京・立川市)にて-
2022年度	2022年10月13日	中小企業の5G・IoT・ロボット普及促進事業「公募型共同研究」採択テーマ決定
2022年度	2022年10月17日	道路の空洞探査をDX化 熟練の解析作業をAIにより大幅に効率化
2022年度	2022年10月17日	2023年度ローカル5G・次世代通信技術を活用した共同研究テーマ募集します
2022年度	2022年12月5日	「IoTを用いた屋外広告物の劣化状態を常時遠隔監視するサービス」MCPCaward2022 サービス&ソリューション部門「最優秀賞」を受賞！！
2022年度	2023年3月31日	中小企業の5G・IoT・ロボット普及促進事業「公募型共同研究」採択テーマ決定
2023年度	2023年7月4日	ブロックチェーン×IoTによる物流プラットフォームをリリース-食品や医薬品などの厳正なトレーサビリティ管理を実現!!-

登録番号 都産技2023-18

地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター  
中小企業の5G・IoT・ロボット普及促進事業 中間報告書  
2024年3月29日発行

発行：地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター  
企画部 プロジェクト企画室  
〒135-0064 東京都江東区青海二丁目4番10号  
TEL 03-5530-2558  
URL <https://www.iri-tokyo.jp>

制作協力：株式会社リベルタス・コンサルティング  
〒102-0085 東京都千代田区六番町2-14 東越六番町ビル  
TEL 03-3511-2161  
URL <https://www.libertas.co.jp>

印刷：株式会社サンワ  
〒102-0072 東京都千代田区飯田橋2-11-8  
TEL 03-3265-1816

\*本中間報告書から転載する場合、前もって都産技研に連絡の上、了承を得てください。



リサイクル適性<sup>Ⓐ</sup>

この印刷物は、印刷用の紙へ  
リサイクルできます。

石油系溶剤を含まないインキを  
使用しています。

2024年3月発行 都産技 2023-18