



## 基盤研究・実証研究の結果報告

---





モーター制御基板

## 概要

安全認証取得を目指す案内ロボットLibraで使われる駆動用モーター制御基板を開発した。これまで都産技研で開発したロボットで使っていた制御基板では足りない機能、性能を改善し、今後開発される案内ロボットのモーター制御基板の完成見本となるような基板を目指して開発した。例えば、各種センサやモーターの駆動に対応し汎用性を高め、リスクアセスメントに基づいた設計指針で安全性を高めている。

## 研究実施内容

既存のロボットベース用の基板には機械的安全の考慮が不足していた。また、ブラシありDCモーターしか対応していないという課題が残っており、2015年度末までに安全認証(ISO13482/JIS B8446-1)を取得するロボット向けに、安全と事業化のしやすさを考慮した基板の新規開発が必要であった。そこで、機械的安全規格を考慮した基板設計を行い、CEマーキング相当の安全策や、IEC60204、61508などの安全策などを導入し、なおかつ、数種類のモーター駆動に対応する制御基板を開発するに至った。

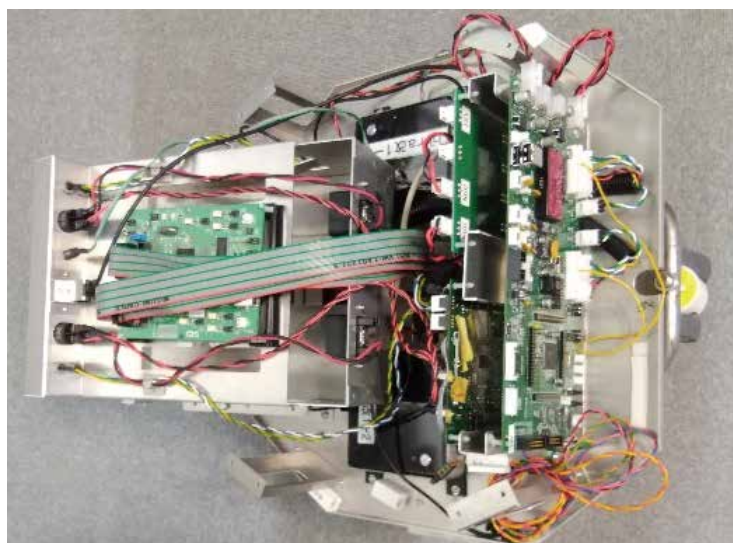
本質的安全で認証を取得するロボット=Libraに使われる制御基板を、設計段階から安全を考慮して新規開発を行った。

- 開発前にリスクアセスメントを行い、その結果から得られる設計コンセプトの内容に従い基板の開発ガイドラインを策定する。
- このガイドラインに準拠するよう、制御基板の電源周辺部を新規設計する。
- 制御基板を試作する。
- リスクアセスメントに基づいたファームウェア開発を行う。

## 研究成果

都産技研の案内ロボットLibraにロボットベース側の制御基板として搭載された。

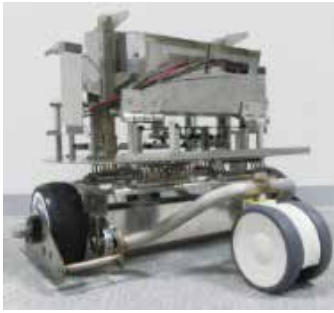
- 基板設計ガイドラインの策定を完了した。
- 設計コンセプトに従い、モーター制御ボードと速度監視ボードを新規設計、開発した。この2つの基板は相互に監視することで、速度超過の監視の二重化を達成し、安全性を高めている。
- ガイドラインに準拠したモーター制御ボード「L-MES」と速度監視ボード「P-RADA」が完成した。対応モーターはブラシレスDCモーターとステッピングモーターとした。ブラシ付きDCモーターは設計コンセプトで暴走のリスクがあるため不採用となった。
- コーディング規約に従ったファームウェアが完成した。ブラシレスDCモーターに対してはベクトル制御を実現した。



開発した基板を搭載したロボットベース

# 2 安全認証に向けたT型ロボットベースの 実用化開発とその評価

開始年度 2015年度



T型ロボットベース

## 概要

T型ロボットベースは、中小企業のリスクや投資をいかに少なくして、サービスロボットの市場に参入できるしくみをつくり、その基本技術の構築を目的として開発した。中小企業が安全認証を含め、安心してロボット開発できるよう、移動プラットフォームとして活用し、アプリケーション開発に専念できることを目的としている。  
不整地踏破性の向上のために惑星探査機などで使用されているロッカーボギー機構(特許申請中)を取り入れ、窪地、傾斜10度、段差20 mmの踏破を可能にしている。

## 研究実施内容

駆動部の機構設計、実機評価、実機改良、有用性評価、ソフトウェア開発の工程により開発を進めた。

### T型ロボットベースの機構設計

不整地踏破性向上のために、惑星探査機などで使用されているロッカーボギー機構(特許取得済)を取り入れたT型ロボットベースを新たに開発した。

### 実機評価

開発したT型ロボットベースの不整地走行試験(段差、傾斜、点字ブロック)を行い、評価し、改良点を洗い出した。

### 実機改良

上記評価試験から、走行時の振動に対する対策(防振ばね、サスペンションの取り付け)、およびリスクアセスメントからの危険源を反映したT型ロボットベースおよびカバーを開発した。

### 有用性評価

T型ロボットベースの有用性確認のために、他社製品(2製品)と5項目について試験による比較を行った。

### ソフトウェア開発

拡張性向上のため、OpenRTMに加えて、LabVIEWでアプリケーション開発できるようにした。

## 研究成果

安全性、信頼性、耐久性を向上させたT型ロボットベースを新たに設計・試作し、他社製ロボットベースとの比較試験を行い、転倒性、段差踏破に有用性のあるT型ロボットベースを開発した。

### T型ロボットベースの性能向上

T型ロボットベースに、ロッカーボギー構造(特許取得済)を取り入れることで、傾斜10度、段差20 mmを走行できるT型ロボットベースを開発した。また、リスクアセスメントからの危険源を反映し、車軸、サスペンション取り付け、モーター取り付けを改良、筐体カバーを設計することで、安全性、信頼性、耐久性を向上させたT型ロボットベースを開発した。

### 拡張性の向上

T型ロボットベースのアプリケーション開発を拡張させるために、LabVIEWにて、T型ロボットベース用の駆動用プログラムの開発、人追従プログラムの開発を行い、拡張性を向上させた。

### T型ロボットベースの有用性評価

T型ロボットベースの有用性を評価するため、他社製ロボットベース(2製品)と、静的安定性試験、傾斜走行試験、段差走行試験、振動試験、環境試験を行い比較評価した結果、T型ロボットベースは、転倒性、段差踏破に有用性があった。

## 知財関連の状況、文献・資料

- 特許番号PCT/JP2016/059352「ロッカーボギー」
- 文献資料

- [1]小林他:ロッカーボギー構造による移動プラットフォーム(T型ロボットベース)の開発, ロボティクス・メカトロニクス 講演会- 2017 in Fukushima, 2017. 5. 10-5. 13, pp. 46
- [2]小林他:移動プラットフォーム(T型ロボットベース)の開発とロボットへの適用, 第26回交通・物流部門大会, 2017-12.4~12.6, 3022
- [3]坂下他:中小企業による移動サービスロボットの製品化を容易にするT型ロボットベース日本ロボット学会誌 実用技術紹介, Vol.36, No.1 pp.46-47, 2018



すみだ北斎美術館で実証実験中の案内ロボット

## 概要

案内サービスロボットの事業参入を目指す中小企業を支援するため、中小企業がコストをかけずに安全認証を取得できるスキームを立案し、認証機関との合意形成を図りながら実現していく。このスキームでは、都産技研が移動案内ロボットLibraを先行開発し、第三者認証機関から適合性評価を受け、安全性が立証されたLibraのノウハウを中小企業に技術移転する。

## 研究実施内容

### (1) Libraのコンセプト評価

Libraのリスクアセスメント(RA)を実施し、安全計画書、RAシート、安全要求仕様書、試験計画書、安全コンセプト仕様書を作成した。認証機関(JET)が、これらのドキュメントを精査し、JIS B 8446-1(マニピュレーターを備えない静的安定移動作業型ロボットの安全要求事項)の適合性を評価した。認証機関より、Libraの設計コンセプトに対する評価成績書(成績書番号:15TR-T0821)とLibraの試験計画に対する評価レポート(評価レポート番号:016-1601RT)を取得した。

### (2) 部内の開発管理体制、開発プロセスの整備

開発文書番号体系、ソースコードバージョン管理ツールを整備した。ファームウェアのコーディング規約を作成した。Libraの開発プロセスを安全計画書で定めた。

### (3) 中小企業へのLibraの技術移管に関する検討

認証機関からは、Libraで使用するロボットベースの製造業者がロボットベースで安全認証を取得しないならば、別のロボット製造業者のLibra型ロボットに認証を与えることはできないと言われていた。認証機関との協議で解決案を提示し、解決の目途がついた。ロボット製造業者だけでなく、ロボットベース製造業者にもLibraの設計コンセプトを都産技研から継承する必要があり、Libraのロボットベースの製造業者(2015年度共同研究先の株式会社システムクラフト)に対し設計コンセプトの説明会を実施した。

### (4) 試験設備の運用に向けた作業

どの計測器、試験機がISO/IEC 17025認定校正の必要があるかを考慮し、主にLibraの評価に必須の試験設備の導入を進めた。試験を担当する職員向けにISO/IEC 17025や校正、メンテナンスに関する教育を行った。

## 研究成果

実証研究終了時、Libraの設計コンセプト評価と一次試作機製作まで完了した。

## 知財関連の状況、文献・資料

- 知財関連 特開2018-161734「移動ロボット及び制御回路」
- 文献資料
  - [1]村上真之「自律移動案内ロボットの試験システムの構築」2018年度クロスミーティング
  - [2]坂下和広, 村上真之, 佐藤 研, 小林祐介, 益田俊樹, 谷津 明, 前田政昭, 奥住 功, 「中小企業による移動サービスロボットの製品化を容易にするT型ロボットベース」, 日本ロボット学会誌, 36巻, No. 1号, pp. 46~47, 2018年1月.
  - [3]森田裕介「移動作業型ロボットの安定性に関する設計と評価」2017年度クロスミーティング
  - [4]村上真之「安全規格に基づいた自律移動型サービスロボットの開発」, 電気学会・東京都立産業技術研究センター連携セミナー, 2016年12月.
  - [5]村上真之「USBを用いた機械制御システムのための安全技術」2016年度クロスミーティング
  - [6]小林祐介「T型ロボットベースの開発と応用事例」2016年度クロスミーティング
  - [7]森田裕介「T型ロボットベースを用いた安全認証取得」2015年度重点4分野技術フォーラム2015年12月
- 受賞 日本ロボット学会 実用化技術賞(2017年9月)



先導型案内ロボット  
Pyxisの概観

## 概要

先導型案内ロボットPyxisは、展示場ブースなどの小規模な空間において、特定の人物に対して一定距離を保ちながら先導し、音声対話によって近隣のパネルや展示物などを説明する、会話知能と移動知能を有するロボットである。本研究では、Pyxisの知能である会話・移動ソフトウェアを開発・改良し、実用性を向上することを目的とする。最終目標は自己位置推定誤りへの対策、障害物検知機能の強化、案内対象者の追跡強化、マイクロフォンアレイの活用であり、これらをソフトウェア実装することで、案内ロボットの製造企業への技術支援を可能にする。

## 研究実施内容

### ①障害物を模擬する走行シミュレーターの開発

走行シミュレーターの実現には、実機上で実行するソフトウェアを実機なしで実行、地図にない障害物に対する機能テスト、経路追従制御の結果の自動評価用スクリプトに着目して開発を行った。自動評価用スクリプトは、経路計画により生成された経路に対して、実際にシミュレーター上で移動した経路が、制御遅れなどの影響でどの程度ずれが生じたかを数値的に評価できる。数値で表される性能指標としては、経路偏差の線積分、経路交差点数、経路長の3つである。経路偏差の線積分によって経路から逸脱してどのくらい膨らんで走行したか、経路交差点数によって蛇行していないかがわかる。

本走行シミュレーターを活用することで、自己位置推定で問題となる対称性のある環境での挙動を事前に確認でき、自己位置推定を誤らないための環境構築や走行禁止エリア設置など、さまざまな対策を施すための検討が可能になった。

### ②レーザーレンジファインダと超音波センサアレイによる障害物検知

障害物検知の実現には、レーザーレンジファインダと複数超音波センサの利用、FPGAを利用した超音波センサアレイに着目して開発を行った。レーザーレンジファインダは、最近の施設に多く見られるガラス、鏡、黒体(赤外線吸収体)の検知が苦手である。そのため、超音波センサの導入は、案内ロボットの安全性を向上する上で必須である。

超音波センサアレイの実現にはFPGAを利用し、最大24個のセンサを駆動できるしくみとした。超音波センサは、別の超音波センサによる超音波の送出方向が干渉すると正確な距離が求められないことから、それぞれ個別の送出遅延を持たせられるアーキテクチャとした。

### ③レーザーレンジファインダとロボットの運動情報を利用したヒト追跡

ヒト追跡の実現には、カメラ映像だけでなくレーザーレンジファインダを併用した脚追跡、ロボットの運動情報に基づいた追跡座標補正に着目して開発を行った。カメラ映像での顔画像検出では、バッテリー消費量につながる画像処理コストの関係から高速に追跡できないという問題があったため、カメラ映像の画像処理を抑制し、その間をレーザーレンジファインダ(40 Hz)で追跡するアルゴリズムに変更した。これにより、追跡性能は大幅に向上した。また、追跡座標は、センサ情報の遅延が伴うため、ロボットの運動情報にある移動方向を引き算して補正することで、性能向上を図った。

### ④音源定位と音源分離のためのマイクロフォンアレイの活用

マイクロフォンアレイの処理系の実装には、音源定位と音源分離に定評のあるHARKを使用し、ロボット本体とは切り離して音声認識の評価実験を行った。今回使用したマイクロフォンはLASP-LCであり、8本のクロック同期されたケーブル接続型マイクである。マイクの取り付けには音が背後に回り込むのを防ぐなどの処置が必要であるが、半球形のジグの表面に簡易的に取り付けして実験を行った。任意のマイク配置に対応するため、TSP(Time Stretched Pulse)信号を与えて伝達関数を求めた。簡易的な設置でも、2話者同時発話での認識正答率は66.7%に到達することを確認した。

## 研究成果

本研究では4つのソフトウェア機能拡張を図り、自律型案内ロボット向けの基盤ソフトウェアとして展開することが可能になった。本ソフトウェアは、ロボットのミドルウェアであるOpenRTM-aist上で構築されている。本ソフトウェアは、ほかにもさまざまなライブラリを利用しているが、最終的に商用利用可能であり、かつ、ライセンスフリーである。

## 知財関連の状況、文献・資料

- 特許第6847442号「物体追跡装置、物体追跡方法、及び物体追跡プログラム」
- 発表論文  
佐々木ほか:RTミドルウェアによる先導案内ロボットシステムの開発, 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, 2016年12月15日
- 受賞  
RTミドルウェア普及貢献賞(教育・研究分野/研究業務活用), (一社)日本ロボット工業会 ロボットビジネス推進委員会, 2016年10月19日



屋外用ロボットベース「Taurus」

### 概要

300 kgまでの荷物を運ぶことが可能な屋外用のロボットベースである。例えば、人を追従し、後ろにつきながら重い荷物を運搬することや自動である場所からある場所まで荷物を運ぶようなロボットを開発することができる。物流倉庫や工場、空港において省人化を図ることが可能である。

### 研究実施内容

6輪の駆動部、シミュレーション、防水防塵の設計、実機開発と評価の工程により開発を進めた。

#### 6輪駆動部について

これまでの小型のロボットベースは、4輪の左右独立駆動型であったが、段差に前輪が乗り上げた場合、ロール方向の安定性が悪くなる可能性があるため、6輪の左右独立駆動型にすることにした。6輪の場合、常にすべての車輪が地面に着くような構造の工夫が必要である。またロボットベースであることから前後走行の性能を同等にするために、横から見た時の構造を左右対称とする。

#### 防水防塵の設計

すべての天候に対応することは難しいので、防水防塵のIP等級を軽い雨程度のIP43とした。外に剥き出しのセンサや電子デバイスについては、防水対応のものを選定した。また、剥き出しにする必要のない電子回路や制御端末などは、制御BOXをつくり防水加工を施し、直接水がかからないような設計としている。水がたまりそうな場所では、排水されるように設計した。

#### 実機開発と評価

上記の6輪の構造や防水防塵の設計を取り入れたロボットベースを開発した。東京ロボット産業支援プラザにある傾斜路走行試験装置にて10度の傾斜、段差50 mmの走行実験、都産技研の駐車場にて、屋外での走行実験を行った。いずれもシミュレーション通りで乗り越え可能であった。

### 研究成果

東京ロボット産業支援プラザにある機器や都産技研駐車場にて実験し、目標はおおむねクリアされた。

#### 左右対称の6輪駆動部の新規開発

新規に6輪のモデルを提案し、シミュレーションを行い、その結果を活かした実機を開発した。実機実験において、傾斜10度、段差50 mmの乗り越えが可能であった。

#### 防塵防水設計

IP43相当の設計を施した。IP等級がないセンサには、別途カバーを作成することで対処した。また、制御BOXには、吸気は可能だが、水は入らない空気孔を空けることによって、熱対策を施している。

#### 上記を有した大型のロボットベースを開発

屋外用ロボットベース「Taurus」が完成し、300 kgまでの積載が可能になった。ソフトでは、追従移動や自律移動が可能である。

### 知財関連の状況、文献・資料

●特許第6755044号「車輪構造体及び車両」

●文献資料

[1] 益田他:都産技研研究報告, No.11, P.2 (2016)

[2] 益田他:人追従型運搬ロボットの安全性強化と開発, 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, SY0012, P.2420 (2016)

[3] 益田他:屋外用ロボットベース「Taurus」の開発, ロボティクス・メカトロニクス 講演会- 2017 in Fukushima, No.17-2, P.79 (2017)

[4] 益田他:屋外用ロボットベース「Taurus」の開発, 神奈川県立産業技術総合研究所ものづくり技術交流会, (2017)

# 6 JIS B 8446-1に適合した自律移動案内ロボットとその試験方法の開発

開始年度 2016年度



ホテルのフロアで動作する案内ロボット

## 概要

前年度のロボット実証研究では、自律移動案内ロボット(名称: Libra)の適合性評価に向けた部内開発体制の構築、コンセプト設計と評価、試験仕様の検討を行い、Libraの一次試作機の評価に着手した。本実証研究では、一次試作機の評価を行い、ロボットの仕様および設計に関する不適合を抽出し改良を図り、また、試験方法の妥当性を確認する。

## 研究実施内容

### Libra試作機の評価、試験方法の開発

Libraの試験仕様の立案、試験治具の製作、テストプロの作成を行い、Libraの一次試作機の評価に取り組んだ。研究期間中に生じたロボットの不具合に適宜対応した。試験結果は、開発グループ内で情報共有を図り、結果の悪い試験項目は、可能な限り、改善点を二次試作の仕様に反映した。特に、低温立ち上げ試験と放射EMI試験については、モジュールごとに問題の要因を解析し、代替品や代替回路を選定した。試験法が未確立の衝突安全性試験や接触安全性試験では、既存規格や学術論文の文献調査を行い、評価基準を検討した。

### ロボット開発の部内品質管理体制の整備

共同研究先企業にLibraのノウハウを適切に移管する際のガイドラインを検討し、共募型共同研究先企業(株式会社日本ビジネスソフト、08ワークス株式会社、株式会社プラネックス)には、Libraのリスクアセスメントに関するセミナーを実施した。

### ロボットプラザの試験システムの運用とオペレーターの教育

ISO 17025に基づく試験所のオペレーションをテーマとして、日本品質保証機構(JQA)によるセミナーを企画し、試験と校正について、プロジェクト事業推進部の職員の教育に努めた。試験装置は、JCSSあるいはA2LA校正対応のものを導入し、機器管理表を作成した。各試験について、少なくとも二人が実施可能であり、同等な試験結果が得られるように取り組んだ。2017年度の産技連・電磁環境分科会の放射EMIラウンドロビンテストでは、サブのオペレーターが実施し、良好な測定結果を得た。



チャイルドドグミーを有する衝突安全性試験機

## 研究成果

- 実証研究終了時、Libra一次試作機を試験し、44項目の試験項目のうち、31項目の試験結果(合格:13、不合格:18)を得た。現在、Libraの一次試作機、二次試作機、および、モジュール単位での評価結果を基に改良項目を定め、最終版のLibraを製作中である。
- Libraの試験仕様書を作成した。「衝突安全性試験」「接触安全性試験」「走行耐久性試験」「故障挿入試験」「動的安定性試験」「振動試験」「走行路障害試験」について、試験法および判定基準が明確になり、今後、Libraの適合性評価の実施前に試験法の詳細について合意を図る。

## 知財関連の状況、文献・資料

### ●文献資料

- [1]村上真之「自律移動案内ロボットの試験システムの構築」2018年度クロスミーティング
- [2]坂下和広, 村上真之, 佐藤 研, 小林祐介, 益田俊樹, 谷津 明, 前田政昭, 奥住 功, 「中小企業による移動サービスロボットの製品化を容易にするT型ロボットベース」, 日本ロボット学会誌, 36巻, No. 1号, pp. 46~47, 2018年1月
- [3]森田裕介「移動作業型ロボットの安定性に関する設計と評価」2017年度クロスミーティング

- 受賞 日本ロボット学会 実用化技術賞(2017年9月)



試作した充電システム給電側

## 概要

案内ロボットLibraはバッテリーパックを内蔵しており、充電はバッテリーを取り外して充電器に接続することで行っている。しかし、交換作業の手間など運用面で負担が増えていることが課題となってきた。プラグイン方式、あるいは無線給電方式による充電に対するニーズが高いことが見えてきたので、コスト、安全性、実現性の調査、検討を行い、最適な充電方式として両対応の充電システムを試作した。

## 研究実施内容

### 充電方式とメーカーの調査

運用可能な充電方式、メーカーの調査を行う。また、都産技研内でワイヤレス給電や接触充電の開発が可能かを調査、検討、試作を行う。

### 企業ニーズの把握

公募採択企業からロボットベースと案内ロボットの運用のニーズを発掘し、求める充電方式とコストのバランスを調査する。

### 簡易的な充電システムの試作構築

充電システムの試作を行い、PyxisまたはLibraに搭載し実用性の評価を行う。

### 安全認証取得に必要な工数の調査

認証機関の認証を受ける場合、どの程度の試験項目が追加となるか調査する。

## 研究成果

- すぐに運用可能なメーカーは東芝とマクセルであった。有線と無線の両対応可能なこと、ロボット本体の軽量化の必要性からメーカーはマクセルを選択した。
- 用途により、プラグイン方式のみでも良いというものもあった。無線給電のみでは充電時間がかかることからプラグインの併用ができることがニーズであった。
- 無線給電方式に手動のプラグイン充電機能を付加した試作が完成した。位置決め修正の機構は持たず、位置精度は移動アプリの高精度化で対応した。搭載ロボットはLibra Cargoとした。
- 商用電源に接続されるので、電気用品安全法関連の試験が追加となる。また、専用の筐体に入れることから、送電側にもリスクアセスメントに従った安全対策およびその試験項目が追加となる。

## 知財関連の状況、文献・資料

### ● 文献資料

- [1] 秋山、挟み込み構造型非接触給電アンテナの開発 日本AEM学会誌 25(4), 403-408, 2017



# 8 移動ロボットに搭載可能なマニピュレーターの 自律制御システムの開発

開始年度 2016年度

## 概要

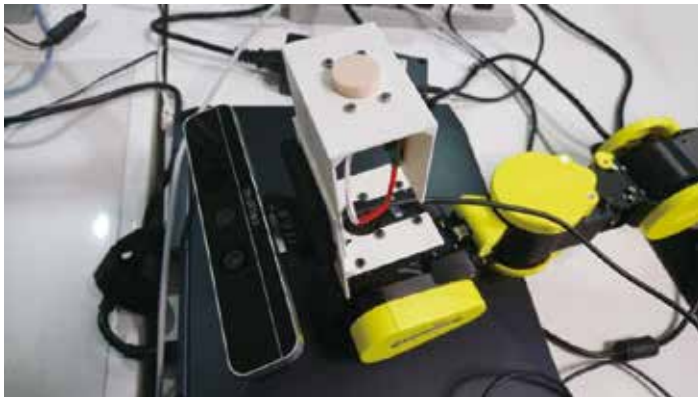
工場で稼働しているマニピュレーター(ロボットアーム)はあらかじめ決まった動作を指示されたタイミングで行うことで作業を行っている。これに対して、車輪型移動ロボットにマニピュレーターを搭載して作業をさせる場合には、ある程度、移動の不確かさや周囲の状況(操作対象の物体)の変化に対応して作業を行えるような、自律的な制御を行うシステムが必要となる。本研究ではボタンを押す作業を対象として、マニピュレーターの自律制御システムの研究開発に取り組んだ。



使用したマニピュレーター  
(Robai Corporation Cyton Epsilon 1500)



深度画像の例



マニピュレーターの手先の一部(試作品)



使用した接触センサ  
(タッチエンス株式会社 POT-D-SN18X10CN)

## 研究実施内容

### ■ カメラ映像と距離センサとの組み合わせによる操作対象の探索・観測

エレベーターの操作盤を操作対象として想定し、カメラ映像と距離センサ(深度画像カメラ)との組み合わせによるボタンの検出に取り組んだ。また、ボタンを押し込む方向を決定するため、深度画像カメラの点群データからボタン面の幾何情報(法線ベクトルなど)の推定に取り組んだ。

### ■ 観測に基づく自律的な運動計画

観測により得られた操作対象の情報(位置・法線ベクトルなど)を基にした、手先の自律的な運動計画に取り組んだ。ここでの運動計画とは、操作対象(ボタン)への接近、接触点・接触方向の調整、押し込みといった一連の手先の運動(位置・姿勢の系列)を、その場で得た計測データを基にしてシステムが計算することである。

### ■ 簡易的な接触センサを活用した低コストの接触・押し込み認識・制御

マニピュレーターと操作対象との接触の力制御を高精度に行うには、高コストのトルクセンサ・力センサが求められるが、本研究開発では操作の内容を限定し、低コストの接触センサと位置・角度制御の組み合わせによる接触・押し込み認識・制御に取り組んだ。

## 研究成果

実験環境においてボタン押し込み作業を達成できるような要素技術を組み合わせたシステムを開発した。



Libra2次試作機

## 概要

都産技研で開発している自律移動案内ロボット「Libra」は安全認証の取得を目指しておりリスクアセスメントを行いながら開発をしている。リスクアセスメントの結果から重量が重要になるため、本研究では、1次試作機の重量35 kgを耐久性や強度を保ちながら、筐体の軽量化、T型ロボットベースの軽量化、搭載部品の軽量化を行い、Libraの重量25 kgにすることを実現した。また、Libraの筐体は、コストおよび量産性を検討して真空注型で試作し、量産も可能とした。

## 研究実施内容

CAEを用いて筐体の軽量化、駆動部の軽量化、部品の軽量化を行いながら開発を進めた。また、量産化手法について、工程やコストを比較しながら検討した。

### 筐体の軽量化

筐体内の不要部品の削除、CAEの強度解析で部材の板厚の検討、設計変更を行い、軽量化した。

### 駆動部の軽量化

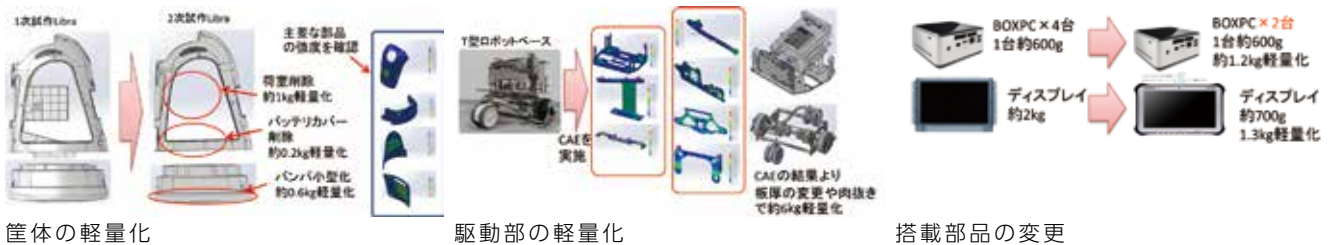
CAEで強度解析を行いながら、T型ロボットベースの部材の肉抜きおよび板厚の検討などを行い、設計を変更し、軽量化した。

### 部品の軽量化

搭載部品の中でも重量物であるディスプレイの変更、搭載PC数を4台から2台への変更、そのほか部品の変更および削減を行い、軽量化した。

### 量産化手法の検討

量産化の対応台数、加工のしやすさ、コストを考慮し、量産化手法について検討を行った。



筐体の軽量化

駆動部の軽量化

搭載部品の変更

## 研究成果

筐体、駆動部の軽量化、搭載部品の軽量化を行うことで、Libraの重量25 kgを達成した。量産化の検討を行い、加工性、量産化台数、コストを考慮し真空注型にてLibraを試作した。

### Libraの重量を25 kgまで軽量化

筐体と駆動部の軽量化、搭載部品の変更を行い、約10 kg(35→25 kg)の軽量化を目標に行った結果、筐体の軽量化では、1次試作機から仕様を見直し、荷室の削除、バッテリーカバーの削除、パンパ形状の設計を変更することで、約1.8 kgの軽量を達成した。また、CAEにて主要な部品の強度を確認し、板厚は強度を保つため、変更せず1.8 mmとした。

駆動部の軽量化では、CAEを用いてT型ロボットベースの強度を確認しながら、部材の肉抜きを行った。また、板厚を3 mmから2 mmに変更することで、約6 kgの軽量化を達成した。

搭載部品の軽量化では、ディスプレイの変更および搭載PCを4台から2台への変更、スピーカーの変更、センサ数を削減することで、約3 kgの軽量化を達成した。

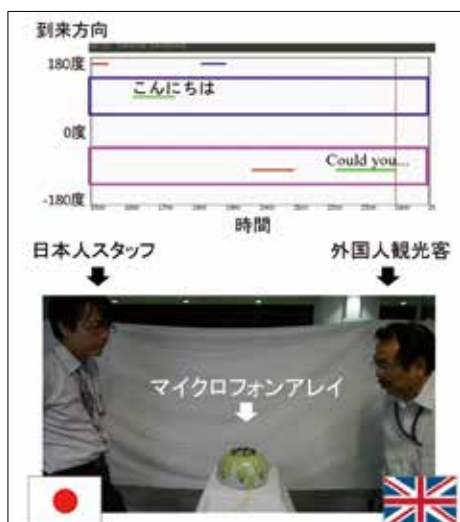
上記3つで合計10.8 kgの軽量を行い、Libraの重量25 kgを達成した。

### Libraの安価な製造方法の検討

Libraの安価な製造方法を検討するため、切削、真空成形、真空注型、射出成形、3Dプリンターの5つの手法で、加工の工数、量産化工数、量産化時の対応台数、加工費用を比較評価し、加工性、量産化時の対応台数からLibraの製造に適していると考えられる真空注型で、Libraを試作した。

## 知財関連の状況、文献・資料

- 意匠登録第1571378号「ロボット」
- 意匠登録第1603265号「ロボット」



音声の到来方向による日英通訳  
サービスの実現

## 概要

案内ロボットの事業化支援に向け、追従・自律移動と音声対話を有するチリンロボットGeminiと先導型案内ロボットPyxisを開発した。しかし、音声処理で使用しているサーバーは商用利用不可であることや、音源定位以外のマイクロフォンアレイの活用性、点字ブロックやスロープなどで自己位置を見失うなど、問題を抱えている。これらを解決するため、Gemini、Pyxisの既存ソフトウェアを見直し、魚眼カメラを活用したランドマーク認識と、マイクロフォンアレイ活用方法として通訳サービスを搭載することで、案内ロボットの活用場面を広げる。

## 研究実施内容

### ① プロトコルの異なる音声処理サーバーに対応した会話機能

これまで、情報通信研究機構(NICT)の研究開発用途で利用可能なMCML(Modality Conversion Markup Language)を使用していたが、商用利用不可のシステムである。今後、ロボットの商用化を実現するためには、これ以外のプロトコルに対応する必要がある。そこで、同機構の商用利用可能なSTML(Speech Translation Markup Language)への対応を行った。また、開発時にはMCMLに戻れるようにするため、音声処理部の抽象化を行った。これにより、開発するコードはプロトコル依存の部分だけで済むようになり、今後現れるであろう別の音声処理サーバーへの移行を容易にした。

### ② マイクロフォンアレイの音源定位を活用した通訳サービス

マイクロフォンアレイでの音源定位は、昨年度の研究によりHARKを利用して実装している。音源定位により雑音環境下での認識性能が向上するものの、マイクロフォンアレイのコストは汎用のシングルマイクと比べると非常に高価となる。よって、それに見合った新サービスとして通訳機能を構築した。本機能は、案内所やホテル内において、日本人スタッフと外国人観光客がロボットの両側に立ち、日本語を音声認識、英語に翻訳、英語に音声合成、あるいは、英語を音声認識、日本語に翻訳、日本語に音声合成を、音声の到来方向によって実現する。ロボットが介在することで、スマートフォンなどを利用せずにハンズフリーとなり、人の表情をうかがいながら会話することが可能となった。

### ③ レーザーレンジファインダーでスキャンされる走行面の特長を利用した走行

都産技研のロボットでは、センサのコストダウンを鑑みてレーザーレンジファインダーとして3D-LiDARを搭載せず、ロボットの前後に2D-LiDARを2個使用する方針で開発してきた。2D-LiDARは、ロボットが保持する2次元地図での自己位置推定だけでなく、人の脚追跡に利用されている。しかし、スロープを走行する際に、2D-LiDARでは角度の影響により、記憶している2次元地図との相違が起り、自己位置推定に誤りが生じる。一方、スロープ走行中、上り坂は水平な壁に、登坂中に後方の床面は水平な壁として捉えることができる。そこで、スロープエリアに侵入した場合には、2次元地図による自己位置推定を停止し、前後方向の線分を活用して移動制御を行う。その結果、2D-LiDARでの安定したスロープ走行を可能にした。

### ④ 魚眼カメラによるランドマーク認識からの位置推定

一方、点字ブロックに差し掛かると、ロボットの車輪滑りが顕著に起き、自己位置推定を誤る状況が確認された。そこで、新しく魚眼カメラを活用し、周囲のランドマークを読み取ることで位置推定する方式を追加した。ランドマークは施設に設置する必要があるため、デザイン性を考慮して10 cm×10 cmサイズの非常口マークや英語の記号を採用した。その結果、ランドマークに対して正面4.5 m離れた地点の読み取りを行えることが確認でき、自己位置を復旧させる方式として利用可能となった。

## 研究成果

本研究では4つのソフトウェア機能拡張を図ることで、より難易度の高い環境における案内ロボットの導入を可能にした。音声処理では、通訳サービスだけでなく、自発話キャンセルを搭載することで、ロボットから話しかけられている最中でも音声認識させることが可能になった。さらに、各移動知能部品の汎用化を進め、これまでの先導型案内ロボットPyxis利用だけでなく、自律移動と追従移動を組み合わせた搬送ロボットへの展開が可能になった。



ツインリンク機構

## 概要

30 kg程度までの総重量である屋内サービスロボット用ロボットベースの、安定走行性能の改善研究である。特許取得済みの四輪ロッカーボギー機構を活用し、路面への投影面積に比較し背の高い傾向があるサービスロボットを安定して走行させるための評価方法、設計条件を得る一方で、新たなロボットベースの展開を模索する。結果として、重心設計の最適化、静的安定性定量評価方法を確立するとともに、新たなツインリンク機構によるメカナム四輪駆動ロボットベースを考案した。確立した技術は学会で発表し、かつ共同研究へと展開中。また新機構は特許出願し実施許諾を前提としたさらなる共同研究に展開中。

## 研究実施内容

重心位置とリンク軸位置を変更できるロッカーボギーの評価機と評価治具を試作し、静的安定性の測定プログラムも含め測定手法を確立した。また、評価実験で、安定性向上の理論を裏付けた。改善策として、前方への転倒性能を改善する転倒防止機構を試作し評価するとともに新たなツインリンク機構による全方向移動の軽量ロボットベースを提案試作した。以下に研究の実施項目と対策の実施項目を示す。

静的安定性評価方法の確立	・重心位置、リンク軸位置を変更可能な評価用ロボットベースを試作 ・傾斜試験装置に回転台を設置し全方向に対する傾斜試験を単純化するとともに、各車輪に6軸で力、トルクを測定できる器具とプログラムを試作開発
シミュレーションと理論解析	・ロッカーボディ、ボギーボディ別々に重心設計する方法を考案し検討
設計ガイドライン	・各車輪への均等荷重を基本とする軸車輪配置を活かす重心配分を提案 ・リンク軸上にボギーボディの重心を配置 ・合成重心が駆動輪上に位置するようにロッカーボディの重心を配置 ・ロッカーボディ、ボギーボディの重量はほぼ1:1を目標に分配
改善策検討	・上記ガイドラインに基づき、静的安定角度全方向に24度を達成することで水平加速度0.3 Gに耐えられるロボット設計が達成されることを提案 ・前方への転倒安定性を向上させる、転倒防止機構を提案 ・一層の段差踏破性能、機能の向上に向けた、ツインリンクによる四輪駆動メカナムロボットベースを提案
試験機試作	・転倒防止機構を試作試験機に装着 ・ツインリンク機構を採用した四輪駆動メカナムロボットベースを試作
実機評価	・試験路にて、発進、急停止、急旋回の実験を実施し、静的安定性能を確認 ・転倒防止機構を急停止で実験しその効果を確認 ・四輪駆動メカナムロボットベースの安定性、段差踏破性能を評価しいずれも予想通りの高い改善結果を得た(静的安定性能:全方向で30度程度、25 mmの段差踏破、全方向への走行)

## 研究成果

静的安定性の定量評価方法、重心設計指針、メカナム四輪駆動ロボットベースとも所望の性能成果を確認し現在もその技術に基づき事業ならびに関連共同研究を展開中。

## 静的安定性能の評価手法確立

各車輪の荷重を個別に測定することで、これまで、目視により転倒限界の判定をしていたものを定量化できた。これをプログラム化し定量データ収集の単純化を達成。

## 設計ガイドライン

ロッカーボディ、ボギーボディ別々に重心を設計しトータルの重心位置を目標に合わせるというアプローチを提案し、実設計に活用中。具体的にはチリンロボットの改良に適用し、不安定なマスコットロボットの安定走行を達成した。

## ツインリンクを用いた四輪駆動のロボットベースを開発

全方向移動ロボットベース「circinus:キルクヌス」を試作し、所望の目標性能の達成を確認した。

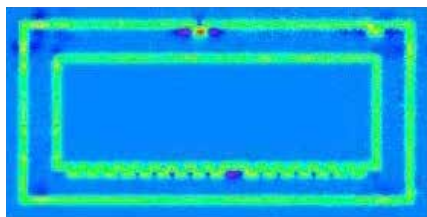
## 知財関連の状況、文献・資料

- 特許第6262401号「ロッカーボギー」
- 特許出願中「移動走行装置」
- 2017年度ロボット学会実用化技術賞受賞
- 文献資料

- [1]坂下他:「中小企業による移動サービスロボットの製品化を容易にするT型ロボットベース」, ロボット学会誌 実用技術紹介, vol.36, no.1, pp46-47, 2018.
- [2]坂下他:「四輪ロッカーボギー構造を用いたT型ロボットベースの段差踏破性の検討と開発」, RSJ2017 予稿集, 3H2-02, 2017.
- [3]坂下他:「カセンサを用いたサービスロボットの静的安定性評価」, ロボティクス・メカトロニクス 講演会2018 KITAKYUSHU, No.18-2, 2P2-C01, 2018
- [4]坂下他:「ツインリンク機構を用いたメカナム四輪駆動ロボットベース」, ロボティクス・メカトロニクス 講演会2019 HIROSHIMA, No.19-2, 2P2-B16, 2019(公演予定)



静的安定性能の評価



シミュレーター上のハイライト地図

### 概要

ロボット産業活性化事業でさまざまな自律移動ロボットを開発している。ロボットが動作する環境は、ホテル、商業施設、美術館、駅などであるが、たとえば、廊下のような同じ光景が連続する環境、または、店舗のような混雑した環境などで、自律移動が頻繁に失敗している。この原因は、ロボットが自律移動用地図とセンサデータのマッチングをうまく行えず、自身の位置を見失うためである。この課題を解決するため、地図上で、目印とすべき特徴的な箇所を強調することを考える。そのような、ロボットにとって“わかりやすい”地図が得られれば、ロボット自体をコストアップすることなく自律移動性能を向上できる。一方、地図の形は千差万別であり、どこを強調すれば“わかりやすい”地図になるかを人手で洗い出すのは手間がかかる。そこで本研究では、AIを活用して“わかりやすい”地図を自動生成する技術を開発する。

### 研究目標

- 地図の特徴抽出を行うソフトの完成
- シミュレーター上の環境に対して、特徴的な箇所が強調された地図を自動生成できる。その地図を使うと、シミュレーター上のロボットの自律移動失敗率を現行の1/2に低減できる。
- 実験用ロボットにより、地図生成のための環境データを取得できる。
- 東京ロボット産業支援プラザ内の廊下においても、特徴的な箇所が強調された地図を自動生成できる。その地図を使うと、実験用ロボットの自律移動失敗率を現行の1/2に低減できる。

### 研究実施内容

#### ■ 地図の特徴抽出AIの開発

強化学習を活用して地図の特徴抽出を行うアルゴリズムを考案し、ソフトとして実装する。

#### ■ シミュレーター(PC上の仮想的な環境とロボット)での実験

シミュレーター上の環境に対して、①のソフトで“わかりやすい”地図を生成する。その地図を使ってシミュレーター上のロボットを走行させ、自律移動性能を評価する。

#### ■ 実験用ロボットの構築

センサ取付部品の設計・製作、センサインタフェースソフトの開発を行い、センサとロボットを結合する。

#### ■ 実機実験

東京ロボット産業支援プラザ内の廊下(特徴が少なく自律移動が失敗しやすい)で実験用ロボットを動かし、シミュレーターでの実験を行う。現実世界でも本手法が有効であることを確認する。

### 研究成果

- ハイライト地図を作成するアルゴリズムが完成し、ソフトとして実装した。
- シミュレーター上の環境に対してハイライト地図を自動生成できた。その地図を使うと、シミュレーター上のロボットの自己位置推定の最大誤差を現行の約 1/2 に低減できた。
- 実験用ロボットを構築できた。
- 東京ロボット産業支援プラザ内の廊下において、ハイライト地図を自動生成できた。その地図を使うと、実験用ロボットの自己位置推定の最大誤差を現行の約 1/2 に低減できた。

### 知財関連の状況、文献・資料

- 特許出願中
- 発表論文  
吉村ほか:強化学習による粒子フィルタの設計と自己位置推定への応用, 2020年3月5日
- 受賞  
部門大会技術賞、(公財)計測自動制御学会 制御部門、2020年3月4日



圧力センサの取付例

### 概要

本研究では、痛覚耐性基準に基づき圧力によって移動ロボットの衝突安全性の評価するために圧力測定システムを開発した。人体ダミーの任意の部位もしくはロボット側の表面に超小型圧力センサを取り付け、圧力測定を可能にした。また、人体ダミーを自立させ、一次衝突のリスクを評価するための衝突安全性試験を行った。

### 研究目標

#### 痛覚耐性基準で評価する圧力測定システムの開発

- 圧力センサ: ひずみゲージ式、最大5.0~7.0 MPaまで
- センサアレイ: 直線状に一定間隔で配列したセンサアレイ
- データロガー: 20 kHz以上での動作確認
- 上記システムの性能評価結果の例を示すこと

#### 圧力測定システムを用いた衝突安全性試験によるデータ取得

- 人体ダミー自立式治具
- Libraにおける衝突条件ごとの試験データ  
(頭部・胸部・腹部3軸加速度、胸部変位、圧力)

### 研究実施内容

#### 痛覚耐性基準で評価する圧力測定システムの開発

ダミーへの衝突時の圧力を測定するためには、応答性のよい圧力センサが必要である。本研究ではひずみゲージ式の圧力センサを用いて圧力分布を測定でき、ダミーの任意の複数の部位に取り付けられるセンサアレイを開発する。

#### 圧力測定システムを用いた衝突安全性試験によるデータ取得

開発した圧力測定システムを用いて衝突安全性試験を実施する。供試体はLibra(重量25 kg、速度2.0、4.0、6.0 km/h)とし、3つの衝突条件(フルラップ前面衝突、オフセット前面衝突、側面衝突)および加速度センサ、胸部変位センサにより同時測定する。なお、ダミーは自立させた状態で通常立位、壁際立位で行う。

### 研究成果

#### 痛覚耐性基準で評価する圧力測定システムの開発

- 圧力センサ: ひずみゲージ式、最大5.0~7.0 MPa ⇒ 達成
- センサアレイ: 直線状に一定間隔で配列したセンサアレイ ⇒ ほぼ達成
- データロガー: 20 kHz以上での動作確認 ⇒ 達成
- 上記システムの性能評価結果の例を示すこと ⇒ 達成

#### 圧力測定システムを用いた衝突安全性試験によるデータ取得

- 人体ダミー自立式治具 ⇒ 達成
- Libraにおける衝突条件ごとの試験データ(3軸加速度、胸部変位、圧力) ⇒ 達成



案内ロボットLibra

### 概要

サービスロボット製品安全規格ISO 13482/JIS B 8446-1に適合した移動案内ロボットLibraの開発に取り組んでいる。過去のLibraの試作機は、規格の適合評価における多数の試験項目をクリアできないため、部品レベルから設計を見直した。さらに、製造コストの低減を図り、3回目の試作を行った。認証機関に適合性評価を委託し、新しいLibraがサービスロボット安全規格に適合していることを実証した。

### 研究実施内容

#### Libraの熱、EMC、振動対策の実装と評価

過去の実証研究で製作したLibraの一次・二次試作機を評価した結果、熱・EMC・振動に関する重大な問題が見ついている。これらの対策を三次試作機の設計に反映し、評価を行う。

#### 2016年度の職務発明である「物体検出装置」(超音波の安全性)のLibraへの実装

特許出願を行い、明細書の記載内容を三次試作機に実装する。

#### 二次試作機の機能改善と低コスト化

超音波衝突防止機能の不具合修正、バンパー部の耐衝撃強化、モーター回生処理の追加、過電流検知の改良を行う。同時に、ロボット筐体およびロボットベースの低コスト化を行う。

#### Libraのノウハウのドキュメント化

部品表、回路図、組立要領など、Libraの製造に必要な文書作成。

### 研究成果

サービスロボットの安全規格ISO 13482/JIS B 8446-1に適合した自走式案内ロボットを開発し、第三者機関から適合判定の評価証明書を取得。安全性だけでなく、製品に必要な品質を確保していることを特長とする。本技術の利用をご希望の企業に対し、ライセンス契約を結んだ上で技術移転を実施予定。ライセンス契約を結んだ企業に対しては、Libraの開発・製造文書など全ての技術情報を提供し、講習会を通じて、Libraをベースにしたサービスロボットの製品化や安全認証取得を支援していきたい。

### 知財関連の状況、文献・資料

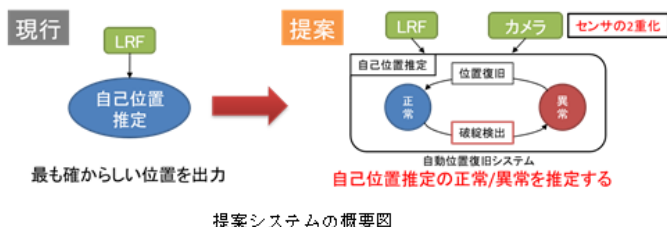
#### ● 知的財産

意匠登録第1662803号

#### ● 文献資料

[1] JIS B 8446-1:生活支援ロボットの安全要求事項—第1部:マニピュレータを備えない静的安定移動作業型ロボット(2016)

[2] TIRI NEWS 2020年8月号, PP.8-9



## 概要

案内ロボットの事業化支援に向け、自律移動案内ロボットLibraを開発した。このロボットはホテルや美術館、商業施設などでの実証実験を行い、事業展開が見込まれている。しかし、事業化のためには2点の課題がある。人に囲まれたときや、レイアウトが変更されたときなど、自律走行に必要なロボットの自己位置が確率的な推定のため破綻する可能性がある点である。さらに、実証実験ではロボットの安全管理を開発者が行っており、実運用時にも管理者が必要となり、運用コストがかかる点である。これらの課題を解決するために、自己位置推定の破綻検出、破綻後の自律復帰機能をAI技術を活用して開発する。

## 研究実施内容

- 非走行領域への侵入検知機能、走行経路に対するタイムアウトの設置、推定尤度の低下検知機能を実装し、現状の自己位置推定における破綻検出機能を開発する。
  - 魚眼カメラを用いたSeqSLAMの同一経路認識を利用し、AI技術を用いた画像処理(CNNなど)による検出精度の高い破綻検出を開発する。
  - 破綻検出以前のデータによる復帰方策、破綻後その場で動かず蓄積したデータによる復帰方策、その場回転による全周囲データからの復帰方策を実装し、移動を伴わない破綻検出後の自律復帰機能を開発する。
  - 案内中など移動を伴う復帰処理を想定し、近傍の走行可能エリア検出、ROSを用いたVisual Odometry、9軸センサの利用を検討する。
  - 自己位置推定の破綻検出、破綻後の自律復帰をLibraのロボットシステムに適用可能な復帰シナリオを開発し、走行試験を実施する。
- 以上の機能を開発することを目標とする。

## 研究成果

本研究では、自律移動ロボットにおける重要機能の一つである自己位置推定が、破綻してしまうような人込みやレイアウト変更の多い環境で、安全に運用することを可能にするために、LRFと魚眼カメラを用いた自己位置推定の破綻検出を開発し、東京ロボット産業支援プラザ内の疑似実証試験スペースにおいて評価実験を行った。結果として走行したことのある経路上であれば破綻検出からの自動位置復旧が可能であった。

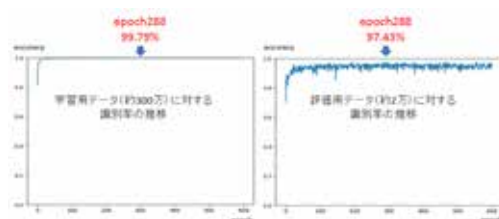
## 知財関連の状況、文献・資料

- 文献資料
- [1] A. Sasaki, et al. "Localization Failure Detection for Autonomous Mobile Robots in Crowded Environment Based on Observation Likelihood Maps Precomputed in Simulations," IECON 2019 - 45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Lisbon, Portugal, 2019, pp. 6896-6901, doi: 10.1109/IECON.2019.8926879.
  - [2] 中村佳雅ほか「魚眼カメラを用いた時系列画像比較による自己位置推定の破綻検出器の開発」、2020年電子情報通信学会総合大会 2020年3月18日
  - [3] 中村佳雅ほか「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」第38回日本ロボット学会学術講演会、2020年10月9日、オンライン開催





音声言語識別により、利用者は言語を意識せずに話しかけるだけで良く、複数の利用者に即応



対数振幅スペクトルを使う識別器の学習曲線

## 概要

多言語案内ロボットLibraを開発し、その構成要素である音声対話機能をホテル・店舗・美術館の案内ロボットに展開した。しかし、Libraの対話は一問一答形式が基本であり、音声による問い合わせ文の部分一致から、応答文を読み返す仕にくみにとどまる。そのため、特に初めて相対した利用者は、利用方法がわからず、言語の違いによる言葉の障壁も存在するためロボットの利用方法に戸惑うという課題がある。本研究では近年脚光を浴びているAI技術を活用し、言語識別、応答文生成により案内ロボットの性能向上を図り、中小企業への展開を目指している。

## 研究実施内容

### 言語識別の構成

音響特徴量には対数振幅スペクトル、MFCC (Mel-Frequency Cepstrum Coefficients) を採用し、音声は16 kHzサンプリングされた16ビット深度の波形データとし、FFT処理の解析窓長を512サンプルとした。

学習用及び評価用の音声データは語学習得用音声や朗読音声から日英中韓の音声データを収集した。収集した音声データの大部分を学習用データとし、話者や内容の異なる残りのデータを評価用データとした。

収集した音声データはある話者がある内容のある速さで話した音声である。このような音声は声の高さや話速で非常に限定的なバリエーションしか含んでいない。そこで、各音声データに対して声の高さ(ピッチ)と話速を変え、データの増しを行った。

言語識別器を構成するディープニューラルネットワークにはさまざまな構造が存在するが、本研究では畳み込み層(Conv層)による特徴抽出器と全結合層(FC層)による識別器で構成されるCNN(Convolutional Neural Network)を基本としつつ、多層ではあるが畳み込み層(Conv層)の少ない小規模ネットワークで探索した。

学習には、GPGPU計算可能なハードウェアを搭載したコンピュータを用意し、学習と評価のためのソフトウェア環境としてChainerを使用した。

### 対数振幅スペクトルでの言語識別の評価

学習データとして日:1,364,970個、英:623,640個、中:488,590個、韓:569,600個の合計3,046,800個、評価データとして日:5,400個、英:5,050個、中:5,400個、韓:5,200個の合計21,050個を用意した。評価データに対する識別率が最大となったのはepoch 288の際で、学習データに対する識別率は99.79%、評価データに対する識別率は97.43%であった。音声の長さでの精度としては、最低でも1.5秒の音声データが必要であることがわかった。また、識別に要した時間は、CPU(Xeon E5-2630 2.20 GHz)による実行とした場合、0.014秒であった。

### MFCCでの言語識別の評価

学習データとして日:1,363,900個、英:623,580個、中:488,530個、韓:569,590個の合計3,045,600個、評価データとして日:5,850個、英:5,050個、中:5,400個、韓:5,200個の合計21,500個を用意した。評価データに対する識別率が最大となったのはepoch 76のときで、このときの学習データに対する識別率は99.26%、評価データに対する識別率は95.19%であった。

### 応答文生成に関する調査

チャットボットで採用されているSeq2Seq (Sequence to Sequence)モデルを多層LSTM (Long short-term memory)アーキテクチャにより構築した。しかし、データセットの量が不十分であるため、実用に耐えうる性能が得られていない。

## 研究成果

- 開発した音声言語識別方式について、実験により約300万の学習データに対して99%以上の識別率、約2万の評価データに対して95%以上の識別率を達成でき、4層の畳み込み層と2層の全結合層から成るニューラルネットワークが言語識別能力を持つことを確認した。
- 一方、応答文生成については、案内ロボットでは、正しい表現と説明が重要である一方、データセットの収集に非常に多くの時間を消費する。そのため、テンプレート式で短時間に文章を入力できるツールなどのしくみが重要である。対話入力ツールは案内ロボットLibraのコスト削減に不可欠であり、今後の研究課題としたい。

