

透明体対応の地図レス自動運転技術 および 工作機械 主軸テーパ穴の高精度摩耗計測技術

法政大学 理工学部 機械工学科
教授 吉田 一郎

令和7年7月10日

新技術の特徴

透明体対応の地図レス自動運転技術(技術A)

- 本技術は、**ガラス等の透明体が混在する空間**であっても、作成に多くの工数・費用を必要とする**地図情報なし**で移動体の**自動運転**を可能としました。

工作機械主軸テーパ穴の高精度摩耗計測技術(技術B)

- 本技術は、開発した光学式の原理によって、**主軸テーパ穴の内面の摩耗や形状**を高精度に計測可能としました。

『透明体対応の 地図レス自動運転技術』(技術A)について

新技術の概要

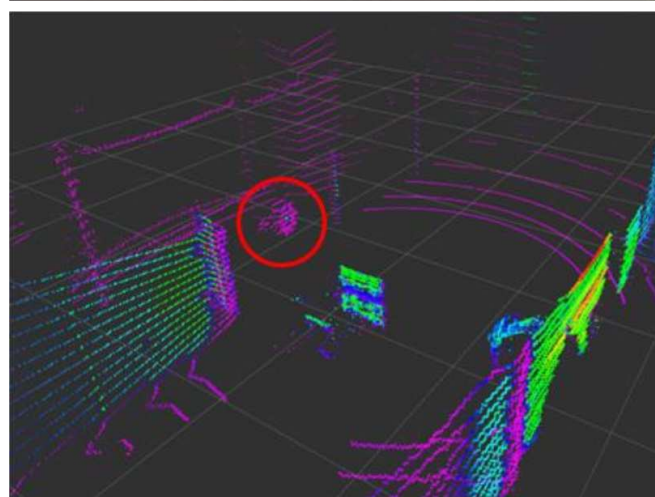
～透明体対応の地図レス自動運転技術(技術A)～

LiDAR等の光学測定機から得た点群情報のみを用いガラスなどの透明体を検出できる手法、および、左手法を応用した移動経路決定手法を考案しました。この2つの手法を融合させたアルゴリズムを開発し、地図レスで自動運転を実現しました。

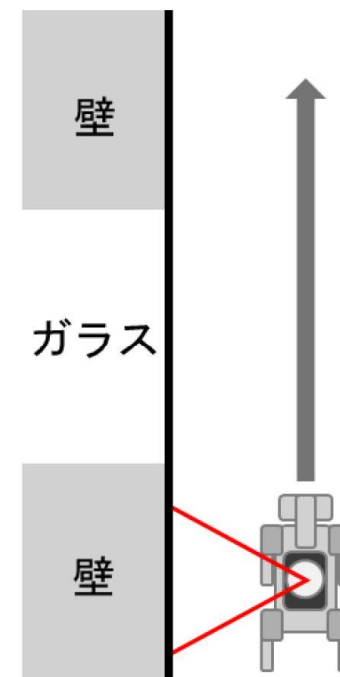
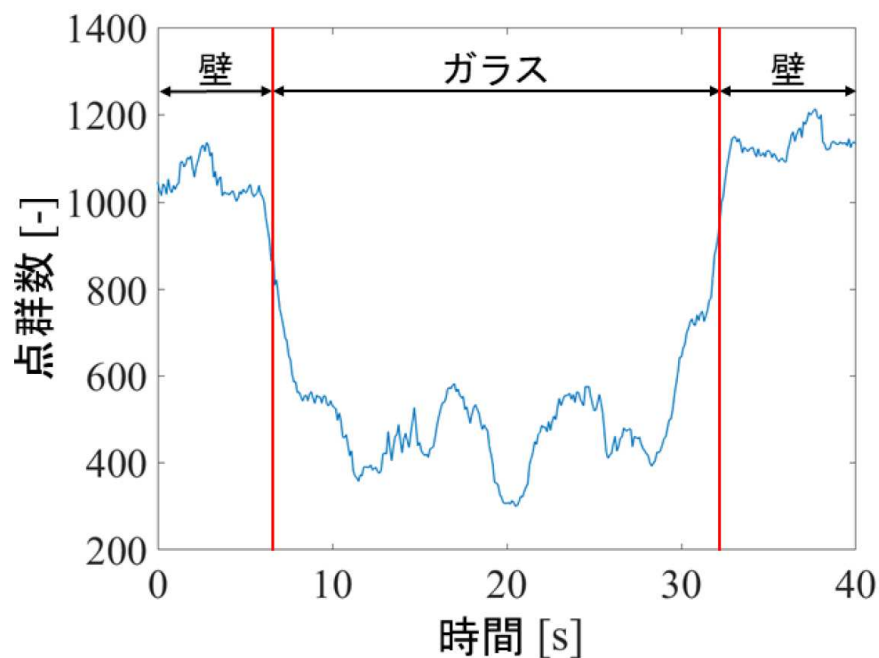
従来技術との比較・従来技術の問題点

- 従来技術では、透明体の情報を付加した地図情報を事前に準備する必要があり、多くの人的コスト・工数がかかってしまう。また、地図レスを目指した先行研究では、透明体が混在する環境で自動運転を実現するために、LiDARに加え超音波センサや偏光カメラなど他のセンサを併用しなければならなかった。
- 一方、本技術では、LiDARなどの光学式測定機で得た点群情報・輝度情報のみで透明体を検出し、さらに地図レスで自律走行を可能としました。

本技術の概要



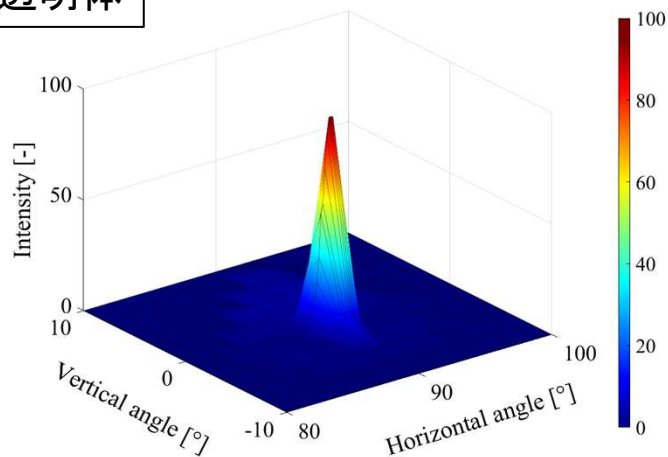
透明体が混在する環境
(例: 建物内)



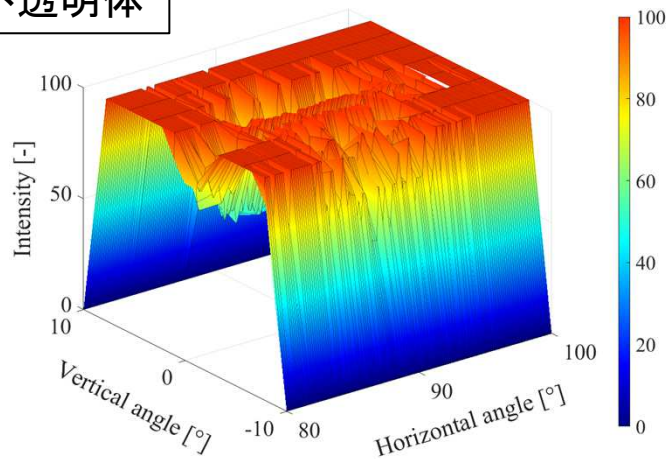
透明体と不透明体に対しての
測定点群数の違い

本技術の概要

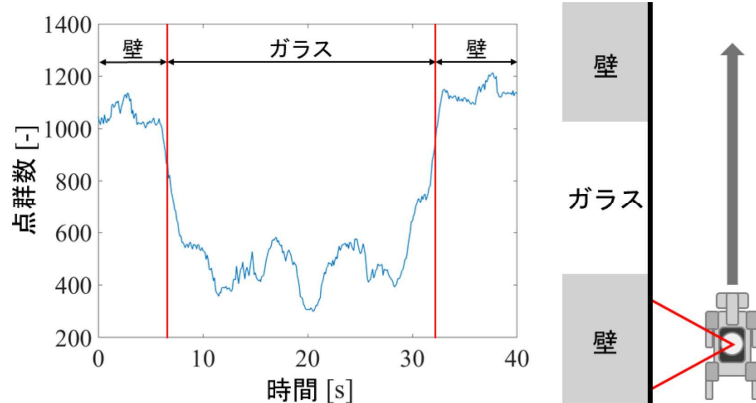
透明体



不透明体



透明体と不透明体での
反射強度の違い



測定点群数の違い



①点群数の違いと反射強度の違い
により透明体を検出する手法

②左手法を応用した移動経路決定手法

上記①②を融合させたアルゴリズム
により 地図レスで自動運転を達成



法政大学

参考文献: 特願2025-94577

本技術の概要：自動運転の実証実験



(a) 従来技術の方法



(b) 本技術の方法

従来技術と本技術の自動運転の経路の違い
(ショッピングモール等多用される吹き抜けガラスの場合)

従来技術ではガラスを空間と誤認し、ガラス面に向かってしまう

本技術の概要：自動運転の実証実験



(a) 従来技術の方法



(b) 本技術の方法

従来技術と本技術の自動運転の経路の違い(ガラス付きドアの場合)

本技術では、**ガラスなどの透明体が混在する環境**であっても、**地図情報なし**で自動運転を達成しました

想定される用途

- ガラスが混在する建物内で自動運転する
配送ロボット, 案内ロボット, 警備ロボット
- 災害現場における自律走行レスキューロボット
や無人調査ロボット
 事前に地図の準備が難しい災害現場向き
- インフラ点検用のロボットやドローン, 水中ロボ
- 建設現場における作業支援ロボット
- 病院等における医療・福祉支援ロボット

実用化に向けた課題・企業への期待

- 開発したアルゴリズムは、現状では、小金井キャンパスの建物内の複数の場所での検証実験に留まっています。
したがって、実際の現場では遭遇するであろう想定外の環境・条件での検証実験は未完了です。
そのため、企業へは、実証実験の協力を期待します。

企業への貢献、PRポイント

- 本技術の導入・検討にあたっての技術指導など。
- 本技術の導入に際し，産業界での有効性の裏付けを得るための追加実験を行うことも可能。
- 共同研究・受託研究などで，応用技術の開発や更に改良したアルゴリズムの研究開発も可能。

『工作機械 主軸テーパ穴の 高精度摩耗計測技術』(技術B)について

新技術の概要

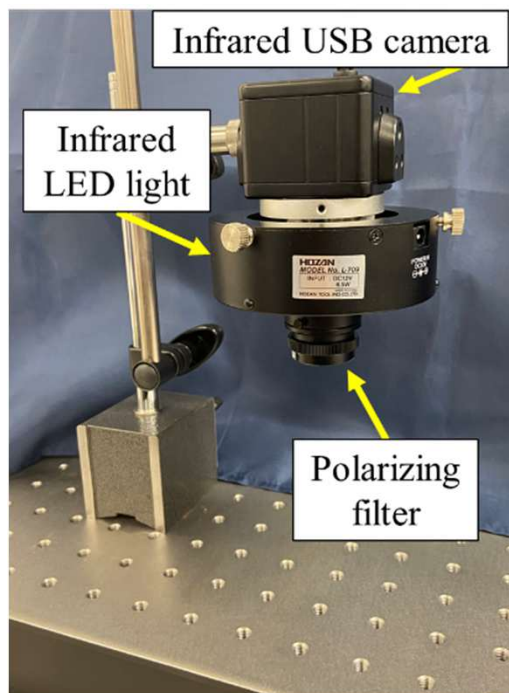
～工作機械 主軸テーパ穴の 高精度摩耗計測技術(技術B)～

主軸テーパ穴の当たり検査は、世界標準のJIS/ISO規格の方法：熟練の職人技による官能評価で行なわれているが、開発した光学原理によって高精度な測定・定量評価を実現しました。

従来技術との比較・従来技術の問題点

- 従来技術では、光明丹やブルーペーストを用い熟練の職人技に頼った官能検査により、工作機械の主軸テーパ穴内面の形状精度・摩耗量の検査を実施しなければならなかった。これは、生産現場の完全自動化を阻むだけでなく、工数の増大を招き休日出勤を余儀なくされる工場もあった。さらには、人依存となるため技能継承の課題も発生させている。
- 一方、本技術は、新たに開発した光学的な測定原理によって、脱・職人、スキルレス化を実現する定量的な測定を実現します。

本技術の概要：試作機の概要



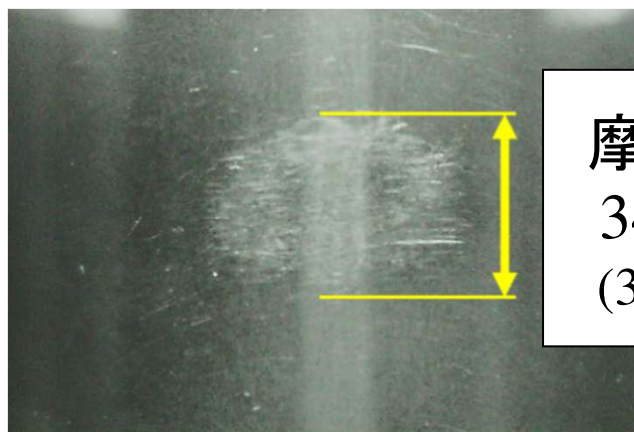
試作機の概観



光明丹
(ブルーペーストも利用可能)

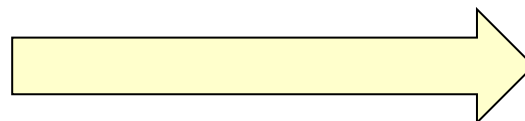


シリンダリカル
レンズ

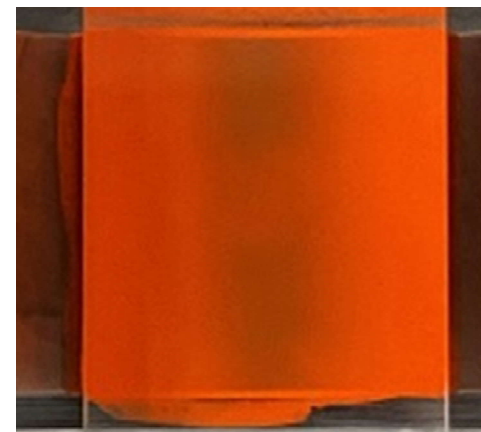


摩耗した金属表面

摩耗箇所
3490 μm
(360 pixel)

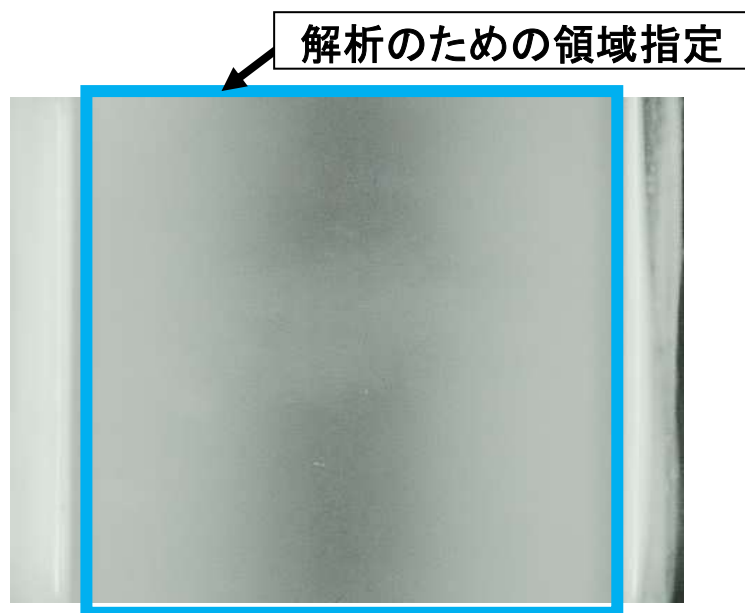


- ・光明丹の塗布
- ・レンズの密着

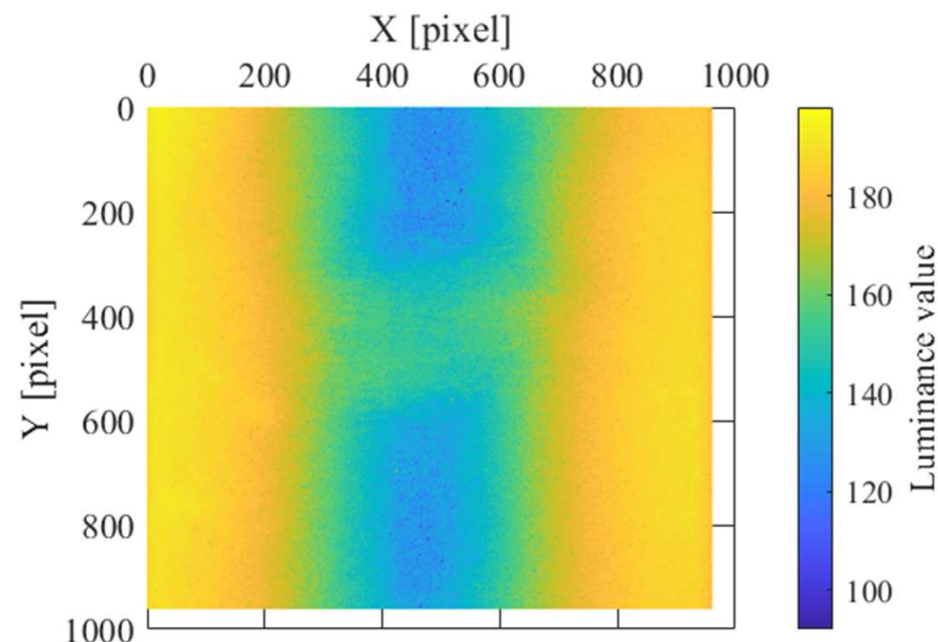


計測部分のカラー画像

本技術の概要：測定結果と解析方法



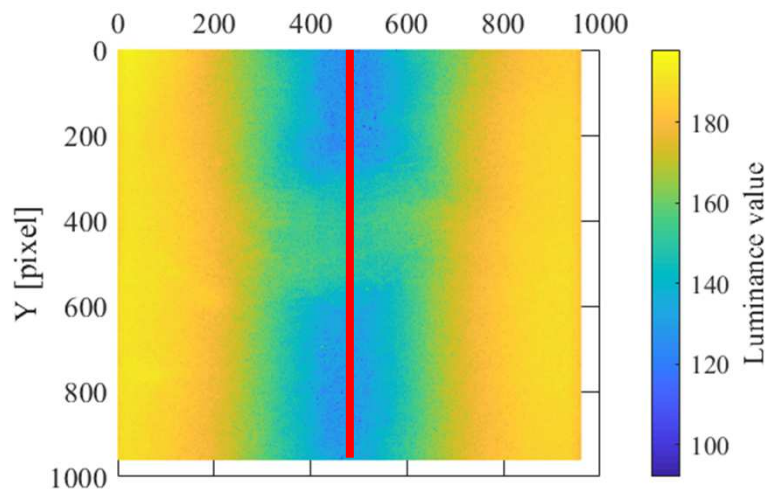
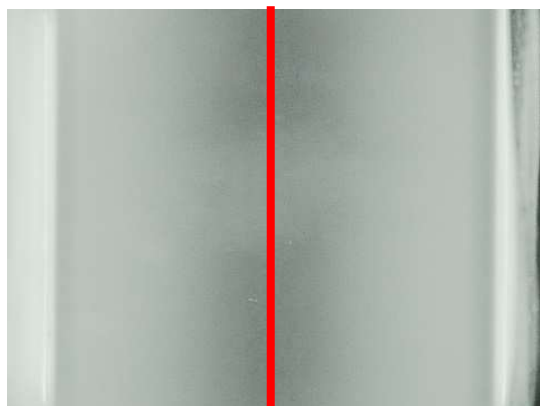
リングゲージの
撮影画像（赤外カメラ）



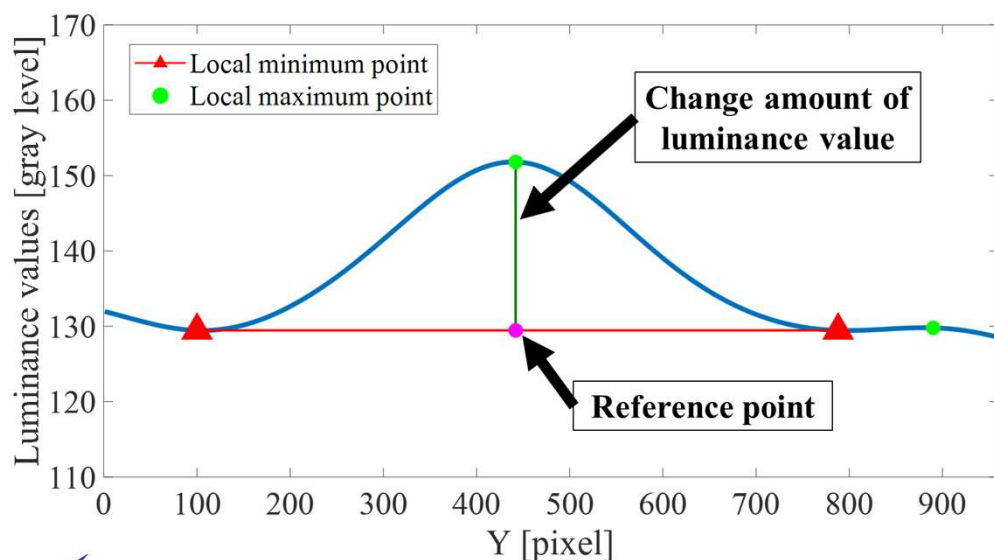
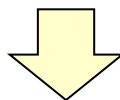
画像の輝度値の
カラーマップ像

輝度値を利用し，摩耗深さ・形状偏差を高精度に測定する原理

本技術の概要: 測定結果と解析方法



計測像からラインを抜き出し、プロファイルで深さ解析



輝度値を深さ・形状偏差に換算

左の計測例では、
輝度値の変化量は22.36で、
一階調当たり0.08255 μm のため、
最大深さ値は1.846 μm 。

試作機での繰返し性の実験結果

回数	輝度値の差	深さ値 [μm]
1	21.63	1.786
2	22.10	1.824
3	21.32	1.760
4	22.25	1.837
5	22.31	1.842
6	21.56	1.780
7	22.02	1.818
8	21.55	1.779
9	21.50	1.775
10	22.04	1.819
平均	21.83	1.802
触針式との差	1.83	0.151
標準偏差	0.3528	0.0291
レンジ	0.99	0.082

測定の繰返し性(1σ)は、**0.03 μm 以下の精度。**

触針式との誤差は、**0.15 μm のサブミクロンの精度**という結果が得られた。

(繰返し性とは、測定対象物の置き直しはせずに、測定の安定度を確認する実験のこと。
この実験では、10回の繰返し測定を実施)

試作機での再現性の実験結果

回数	輝度値の差	深さ値 [μm]
1	22.36	1.846
2	22.99	1.898
3	21.16	1.747
4	21.94	1.811
5	20.69	1.708
6	21.65	1.787
7	20.38	1.682
8	21.83	1.802
9	22.53	1.860
10	22.24	1.836
平均	21.78	1.798
触針式との差	1.78	0.147
標準偏差	0.8268	0.0683
レンジ	2.61	0.215

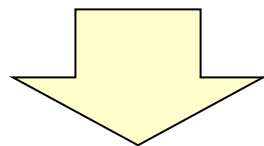
測定の再現性(1σ)は、**0.1 μm 以下の精度**。

さらに、触針式との誤差は、**0.15 μm のサブミクロン以下の精度**。

(再現性とは、測定対象物の置き直しを実施して測定の安定度を確認する実験のこと。
この実験では、10回の置き直しを実施して測定)

検証実験の結果のまとめ

以上の検証実験の結果から、本技術の手法は、
0.1 μm 以下の高い再現性 と
0.03 μm 以下の高い繰り返し性 を有する結果となった。
また、触針式粗さ測定機の測定結果との比較では、
約 0.15 μm で以下の誤差の精度 を有する結果となった。



本技術は、0.1 μm ・サブミクロンの分解能で計測が可能

想定される用途

- 工作機械の主軸テーパ穴内面の形状測定機
 - ⇒ テーパ面の形状精度の測定
 - ⇒ 摩耗量の定量測定
- ハイアスペクトで小径の穴の内面の測定
- 光明丹, ブルーペーストを用いた熟練技能による官能検査を代替する技術, および, 作業標準
 - ⇒ 人手が必須となる検査方法からの脱却
 - ⇒ 生産現場の完全無人化を阻む要因の排除
 - ⇒ コストダウンと品質向上の強化

実用化に向けた課題・企業への期待

- 開発した測定装置はラボレベルでの検証用試作機です。そのため、実用化・製品化レベルの開発支援を期待します。
- 開発したアルゴリズムと試作装置では、半割りにした測定対象物で検証実験を実施しました。そのため、実際の現場で使用された工作機械の主軸のテーパソケット内面での実証実験への協力を企業へ期待いたします。
- 生産現場で工作機械の主軸テーパソケットの内面の摩耗量・形状精度の評価・管理をされている方々からの現場目線でのニーズの提供を期待します。

企業への貢献、PRポイント

- 本技術の導入・検討にあたっての技術指導など。
- 本技術の導入に際し，産業界での有効性の裏付けを得るための追加実験を行うことも可能。
- 共同研究・受託研究などで，応用技術の開発や更に改良したアルゴリズムと光学系の研究開発も可能。

産学連携の経歴

- 2006年-2008年 長岡技術科学大学でJST研究員として、JSTプロジェクト(No. 07050865)に参画。
- 2008年-2016年 (株)小坂研究所で開発課長として、東京理科大学、秋田大学、産総研と共同研究を締結し、複数の特許登録の成果を得た。また、北九州市立大とのサポイン事業の申請準備に関わり、翌年度に採択。
- 2016年-2019年 サポイン事業 アドバイザー(外部推進委員)に就任。
- 2017年-2018年 JKA研究補助に採択(2017M-102, 成果を特許登録)。
- 2018年-**継続中** いすゞ中央研究所と受託研究。
- 2018年-2021年 シチズン時計 および シチズンマシナリーと共同研究。
- 2020年-2021年 SUBARUと共同研究。
- 2016年-**継続中** その他、費用契約のない共同研究・情報交換やコンサルティング。

本技術に関する知的財産権(技術A)

- 発明の名称：自律移動体
- 出願番号：特願2025-94577
- 出願人：学校法人 法政大学
- 発明者：吉田一郎，上赤竜也

本技術に関する知的財産権(技術B)

- 発明の名称: 表面形状測定方法及び
表面形状測定装置
- 特許番号: 特許第7688387号
- 出願人: 学校法人 法政大学
- 発明者: 吉田一郎, 中谷 暖

お問い合わせ先

**法政大学 研究開発センター
リエゾンオフィス**

T E L 042-387-6501

F A X 042-387-6335

e-mail:liaison@ml.hosei.ac.jp