

令和元年5月15日現在

機関番号：25503

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06203

研究課題名(和文) ORiNの有用性の実験的検証と3Dプリンターライクに利用できる加工ロボットの開発

研究課題名(英文) Experimental Verification of Effectiveness of ORiN middleware and its application to a machining robot with 3D Printer-like Interface

研究代表者

永田 寅臣 (Nagata, Fusaomi)

山陽小野田市立山口東京理科大学・工学部・教授

研究者番号：50435070

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではまず、積層加工機である3Dプリンタでは一般的なSTLデータに含まれるすべての三角パッチを解析し、除去加工機である工作機械用の工具経路として重要なジグザグパスやインポリュート曲線に沿ったパスをCLSデータのフォーマットで生成できるプリプロセッサを開発した。次に、産業用ロボットの標準化インタフェースとして認知されつつあるORiNミドルウェアに対応して、このCLSデータをもとに直接アーム先端の切削工具の位置・姿勢を制御できるロボットとCAMとのデータインタフェースを開発した。以上の取り組みにより、ORiNが搭載された産業用ロボットの有効なアプリケーションを提案することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来、産業用ロボットを利用する場合、ロボット本体とともにメーカーから提供される標準化されていないロボット言語の使用や教示と呼ばれる複雑な入力作業が必要であった。本研究で提案した3Dプリンタライクなデータインタフェースにより、教示を行わなくても3Dプリンタで一般的なSTLデータから算出したCLSデータと呼ばれる工具経路をもとに産業用ロボットの工具を制御できるようになった。このデータインタフェースは標準化のためのORiNミドルウェアに対応して設計されているため、ORiNが搭載される他メーカーの産業用ロボットでも実行でき、各メーカーの仕様の垣根を超えた汎用的な運用が可能になるものと期待される。

研究成果の概要(英文)：In this work, a preprocessor is first proposed to elaborately produce cutter location data called CLS data from STL data for stereolithography. The STL data are the de-facto standard of 3D printer's data interface and consist of a large amount of triangle patches. The preprocessor generates several kinds of tool paths, i.e. CLS data, such as zigzag type path and whirl type one with given parameters of pickfeed and pitch, while numerically analyzing all triangle patches in the STL data. Then, a data interface between an industrial robot VS068 incorporated with ORiN middleware and CLS data is developed. Position and orientation vectors calculated by mincing the CLS based on the given sampling period and feed rate are given to the robotic servo controller through API functions provided by ORiN middleware. Due to the proposed systems, for example, attractive outline fonts can be easily drawn and engraved on a target workpiece without a complicated teaching task.

研究分野：制御工学、知能機械システム

キーワード：ORiN 産業用ロボット 加工ロボット 3Dプリンターライク STLデータ CLSデータ bCAP

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

2015年1月のロボット革命実現会議のビジョン・戦略・アクションプランによると、中国における産業用ロボットの導入台数は2013年には3万7千台になり日本を逆転し世界一となっており、今後ますます増える傾向にある。今後、世界における日本の産業用ロボットの優位性を発展させていくためには、国際的な展開を見据えた標準化や規格化への対応が喫緊の大きな課題となっている。国内ではロボットを構成する様々な要素技術はそれぞれが飛躍的に発展しているものの、新たな機能やサービス、付加価値、経済性を持ったベストプラクティスとしての活用事例に基づく世界へのPRが不十分のようである。例えば、国内ではこの20年間、ロボットアプリケーションの再利用性や互換性を高めるためにオープン化と標準化のための取り組みがなされてきた。オープンアーキテクチャ型の産業用ロボットが登場して以来、これまでに加工や研磨などの自動化工程に積極的に応用されてきた。しかしながら、オープン指向のロボットであっても、あるロボットシステムで開発されたアプリケーションを他メーカーのロボットシステムに移植することは容易ではない。これは、制御用PCとロボットとのインタフェース仕様がメーカーごとに異なるためである。このような背景から最近、ロボットインタフェースの標準化のための有望なミドルウェアとしてORiN (Open Robot/Resource interface for the Network)が注目されている。

一方、産業用ロボットの利用環境に目を向けると、これまでは工具先端の通過点となる多数の位置・姿勢情報をティーチングペンダントと呼ばれる専用入力装置を用いて入力させるオンライン教示や、CAD/CAMとの連携を目指したオフライン教示などが開発されているが、各ロボット専用の教示データやロボット言語を再構成する必要があり、時間、経験およびスキルを要する非常に煩わしい作業となっていた。提案者らが平成25~27年度に取り組んだ科研費研究(C: 25420232)では、市販の3次元CAD/CAMとの高い親和性を有し、従来のロボット言語を必要とせずマシニングセンサ同様NCデータで動作させることができる新しい加工ロボットを構築することができている。

ところで、現在急速に普及が進んでいる3Dプリンタのような積層造形式の加工機では、三角パッチを基本情報とするSTL形式のデータが既にデファクトスタンダードとなっており、CAMそのものを必要としない非常に簡便で単純なデータインタフェースが確立されているが、産業用ロボットにはそのような画期的なインタフェースはほとんど実現できていない。このため、産業用ロボットでもこのSTLデータを直接利用できるようなロボットインタフェースを開発し、CAMレス化を図り、STLデータを生成できるCADやデザインツールさえあれば簡単に加工ロボットを利用できる3Dプリンタライクな環境を提案することは非常に意義深い取り組みであると思われる。加工ロボットなどの除去加工をベースとするシステムと、3Dプリンタのような積層加工をベースとするシステムが同じデータインタフェースで利用できるようになれば、それらの融合による新しい加工システムの開発も進んでいくものと期待される。

2. 研究の目的

産業用ロボットの標準化インタフェースとしてORiN (Open Resource interface for the Network)が注目されている。ORiNは異なるメーカー、機種の違いを超え、統一的なアクセス手段と表現方法を提供するインタフェースであり、簡易迅速に使えることを目標に開発されてきたが各社ロボットへの適用性と多様な実証実験結果に基づく普及促進が大きな課題となっている。本研究では提案者らがこれまでに異なるメーカーのロボットをベースにそれぞれ開発してきた研磨、加工などの制御系で用いていたロボットCAMシステムを、ORiNに準拠した産業用ロボット上でも実現することで開発効率、移植性、安定性、経済性などの効果を実験的に検証し、新たに「3Dプリンタライクなインタフェースを持つ加工ロボット」を開発することでORiNの応用技術のベストプラクティスとして提案する。

3. 研究の方法

3.1 平成28年度の研究

【1】ORiNの仕様調査と制御系の開発に必要な機能の抽出：ORiN (Open Robot/Resource interface for the Network)とはロボットや各種機器に対して、メーカー、機種の違いを超え、統一的なアクセス手段と表現方法を提供する通信インタフェースであり、2011年には国際規格ISO20242-Part4にORiN適用事例が規定された。研究の初年度は、材料加工に適用可能なサイズのORiNが搭載された産業用ロボット(VS068)を導入し、提案者がこれまでに異なるロボットメーカー毎に開発してきた「CLS(工具経路)データに基づく軌道追従制御法」と「力制御を併用したあい制御法」を効率的に適用するための仕様を調査し、CAO(Controller Access Object)と呼ばれるプログラムインターフェイスから必要となる機能(API: Application Programming Interface)の抽出と評価を行った。

【2】ORiNが搭載された産業用ロボット(VS068)への「CLSデータに基づく軌道追従制御法」の適用実験と評価：【1】で評価したORiNの多数のAPIの中から入力用のCaoGetPoseと出力用のCaoMoveを用いるだけで「CLSデータに基づく軌道追従制御法」のソフトウェアを開発し、産業用ロボット(VS068)に実装することができた。これにより、市販のCAD/CAMで生成させたCLSデータを直接ロボットの目標軌道に利用できるようになったため、平成29年度から「3Dプリンタライクなデータインタフェースを持つ加工ロボット」のアプリケーシ

ョン開発と性能評価が可能になった。

3.2 平成 29 年度の研究

【3】STL データの最適化機能の開発：3D プリンタのように低価格なデザインツールで生成できる STL データから直接加工を行うことができるロボットシステムを開発するにあたり、プリプロセッサの仕様について検討し、設計を行った。STL データは積層加工に適したフォーマットであり、曲面を構成する場合サイズと密度を調整できる多数の三角パッチが何層にも積み上げられた構造をしている。このため、ロボット加工などの切削加工で STL データを用いる場合は、如何にして不要な三角パッチを除去し、加工目標となる表面上の三角パッチのみを面落ちすることなく抽出し、再構成できるかが重要となるため、最適化のためのアルゴリズムを検討した。

【4】最適化された STL データに基づく工具経路(CLS データ)のスマート生成法の開発：【3】で再構成された STL データ内の多数の三角パッチを参照することで、目標の加工形状を知ることができる。3D プリンタのように CAM を必要としない利用環境を実現するためには、この最適化された STL データから直接、曲面に倣ったジグザグや渦巻きなどの工具経路を生成させる必要がある。このため、ジグザグパス生成時のピックフィードやインポリュート曲線等の渦巻きパス生成時の放射方向のピッチといった非常に単純なパラメータを設定するだけで、曲面に沿った位置と姿勢情報から構成される望みの工具経路を生成できるようにプリプロセッサを開発した。

3.3 平成 30 年度の研究

【5】「3D プリンタライクに利用できる切削加工ロボット」の開発と加工実験による総合性能の評価：平成 29 年度のサブテーマ【3】、【4】で開発したプリプロセッサの機能で得られる STL データから算出された工具経路(CLS データ)を、平成 28 年度のサブテーマ【1】、【2】で開発した ORiN に対応した基本制御系の目標軌道として与えることができるようにソフトウェアを開発した。これにより、「3D プリンタのようなデータインタフェースで利用できる除去加工ロボット」を実現することができた。その後、CAD で設計した自由曲面を有する木型や発泡スチロール型のモデルに加え、イラストレータなどのデザインツールで作成したオーナメントやアウトラインフォントを STL 形式で生成し、提案するロボットでダイレクトに加工するといった実加工実験を通じて有用性を確認した。なお、本研究で対象とした材料は型製造メーカからの需要の多い木質材料と発泡材料である。

4. 研究成果

既に ORiN 協議会からは ORiN の適用事例が含まれた ISO20242-Part4 が正式に国際規格となっているとの報告が出ており、今後は国内外を問わずその認知度がいっそう高まっていくものと期待される。これまでの研究では、平成 29 年度のサブテーマで開発したプリプロセッサにより、3D プリンタでは一般的に使用できる STL データから直接、工作機械用の工具経路である CLS データを生成できるようにした。また、この CLS データを平成 28 年度のサブテーマで開発した ORiN に対応した基本制御系の目標軌道として与えることで「STL データをもとに 3D プリンタのようなデータインタフェースで利用できる ORiN に準拠した切削加工ロボット」を実現することができた。このほか、実時間に基づく加工ロボットの工具先端の位置精度を高めるために bCAP パッケージに対応した制御系を構築し、ロボットのユーザインタフェース（操作画面）から選択できるようにした。その後、CAD で設計した自由曲面を有する木型や発泡スチロール型のモデルに加え、イラストレータなどのデザインツールで作成したオーナメントやアウトラインフォントを STL 形式で生成し、提案するロボットでダイレクトに加工するといった加工実験を通じて提案システムの妥当性、有用性を確認した。なお、本研究で対象とする材料は型製造メーカからの需要の多い木質材料と発泡材料である。

以上のように平成 28 年度から 30 年度までの研究により、最終的に「3D プリンタライクなデータインタフェースを持つ加工ロボット」を、ORiN インタフェースを持つ産業用ロボットの有効なアプリケーションとして発表することができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 6 件)

[1] [Fusaomi Nagata](#), Akimasa Otsuka, Takeshi Ikeda, Hiroaki Ochi, Keigo Watanabe and Maki K. Habib, Iterative Curved Surface Fitting Algorithm Using a Raster Scanning Window, Artificial Life and Robotics, Vol. 23, No. 3, pp 359-366, 2018.

K. Habib, Development of Post Processor Approach for an Industrial Robot FANUC R2000iC, Artificial Life and Robotics, Vol. 23, No. 2, pp. 186-191, Springer, 2018.

[2] [F. Nagata](#), K. Watanabe and Maki K. Habib, Machining Robot with Vibrational Motion and 3D Printer-Like Data Interface, International Journal of Automation and Computing, Vol. 15, No. 1, pp. 1-12, Springer, February 2018.

[3] [Fusaomi Nagata](#), Yudai Okada, Takamasa Kusano, Keigo Watanabe, CLS Data Interpolation along Spline Curves and Post Processing for FANUC Industrial Robots, Journal of Institute

of Industrial Applications Engineers, Vol. 5, No. 3, pp. 129-135, 2017.

[4] Fusaomi Nagata, Keigo Watanabe, Neural Network-Based Inverse Kinematics for Motoman HS20 and Its Efficient Learning Method, Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers, Vol. 4, No. 4, pp. 166-171, 2016.

[5] Fusaomi Nagata, Kazuhiro Takeshita, Shingo Yoshimoto, Akira Yoshinaga, Shingo Kurita, Akimasa Otsuka, Keigo Watanabe, Maki K. Habib, Viewer, Converter and Preprocessor for Smart Machining Process Using an Industrial Robot, Journal of Artificial Life and Robotics, Vol. 21, No. 3, pp. 332-337, 2016.

[6] Fusaomi Nagata, Shohei Hayashi, Tomoya Nagatmi, Akimasa Otsuka and Keigo Watanabe, Application of Fuzzy Reasoning and Neural Network to Feed Rate Control of a Machining Robot, International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics, Vol. 52, pp. 897-905, 2016.

[学会発表](計 36 件)

[1] Shintaro Suzuki, Fusaomi Nagata, Keigo Watanabe, CAD/CAM Interfaces for Articulated-Type Robots, Procs. of 24th International Symposium on Artificial Life and Robotics, pp. 738-742, 2019.

[2] Kenta Tokuno, Fusaomi Nagata, Akimasa Otsuka, Keigo Watanabe, Maki K. Habib, Design Tool of Convolutional Neural Network (CNN) - Design of Cascade-Type CNNs and Its Application to Defect Detection -, Procs. of 24th International Symposium on Artificial Life and Robotics, pp. 733-737, 2019.

[3] Fusaomi Nagata, Kazuki Mitarai, Kenta Tokuno, Akimasa Otsuka, Takeshi Ikeda, Hiroaki Ochi, Keigo Watanabe, Maki K. Habib, Binary Classification Method Using Deep Convolutional Neural Networks and Support Vector Machines, Procs. of 24th International Symposium on Artificial Life and Robotics, pp. 780-784, 2019.

[4] Fusaomi Nagata, Kenta Tokuno, Keigo Watanabe, Maki K. Habib, A Design and Training Application for Deep Convolutional Neural Networks and Support Vector Machines Developed on MATLAB, Procs. of The 6th International Conference for Robotics Intelligence and Applications 2018, Springer; Lecture Notes in Mechanical Engineering (LNME) and Communications in Computer and Information Science (CCIS), 7 pages, Putrajaya, Dec. 2018.

[5] Fusaomi Nagata, Kenta Tokuno, Keigo Watanabe, Design and Training Application for Deep Convolutional Neural Networks, Procs. of Joint 10th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 19th International Symposium on Advanced Intelligent Systems in conjunction with Intelligent Systems Workshop 2018, pp. 618-620, Toyama International Conference Center, 2018

[6] Fusaomi Nagata, Shintaro Suzuki, Takamasa Kusano and Keigo Watanabe, CAD/CAM Interface for Industrial Robots, The 8th International Conference on Electronics, Communications and Networks, Bangkok, Nov. 2018. Invited speech

[7] Fusaomi Nagata, Kenta Tokuno, Keigo Watanabe, Maki K. Habib, Design Application of Deep Convolutional Neural Network for Vision-Based Defect Inspection, Procs. of 2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, pp. 1701-1706, Miyazaki, Oct. 2018.

[8] F. Nagata, K. Tokuno, A. Otsuka, T. Ikeda, H. Ochi, K. Watanabe, User Application for Deep Convolutional Neural Network Design, Proceedings of the SICE Annual Conference 2018, pp. 170-172, Nara, 2018.

[9] F. Nagata, Y. Seda, K. Hamada, S. Suzuki, A. Otsuka, T. Ikeda, H. Ochi, K. Watanabe, M.K. Habib and T. Kusano, Outline Font Handler for Industrial Robots, Procs. of The 2018 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA 2018), pp. 1823-1828, Changchun, China, August 2018.

[10] F. Nagata, K. Tokuno, A. Otsuka, T. Ikeda, H. Ochi, H. Tamano, H. Nakamura, K. Watanabe and M.K. Habib, Design Tool of Deep Convolutional Neural Network for Visual Inspection, Procs. of The Third International Conference on Data Mining and Big Data (DMBD2018), Springer-Nature LNCS conference proceedings 10943, pp. 604-613, Shanghai, China, June 2018.

[11] F. Nagata, K. Tokuno, A. Otsuka, T. Ikeda, H. Ochi, K. Watanabe, M.K. Habib, Design Tool of Deep Convolutional Neural Network for Intelligent Visual Inspection, Procs. of 2018 4th International Conference on Applied Materials and Manufacturing Technology (ICAMMT2018), IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 423, Number 1, pp. 1-5, Nanchang, China, May 2018.

[12] F. Nagata, K. Tokuno, H. Tamano (Mitsubishi Pencil Co. Ltd.), H. Nakamura (Mitsubishi Pencil Co. Ltd.), M. Tamura (Mitsubishi Pencil Co. Ltd.), K. Kato (Mitsubishi Pencil Co. Ltd.), A. Otsuka, T. Ikeda, K. Watanabe (Okayama Univ.), M.K. Habib (American University in Cairo), Basic Application of Deep Convolutional Neural Network to Visual Inspection,

Procs. of International Conference on Industrial Application Engineering (ICIAE2018), pp. 4-8, Okinawa, March 2018.

[13] Fusaomi Nagata, Akimasa Otsuka, Takeshi Ikeda, Hiroaki Ochi, Keigo Watanabe, Maki K. Habib, Iterative Curved Surface Fitting Algorithm Using a Raster Scanning Window, Procs. of 23rd International Symposium on Artificial Life and Robotics, pp. 758-762, B-Con PLAZA, Beppu, Japan, 2018.

[14] Fusaomi Nagata, Norifumi Horie, Hiroaki Ochi, Keigo Watanabe, Maki K. Habib, Curved Surface Fitting Method Using a Raster-Scanning Window and Its Application to Stereolithography-Based Reverse Engineering, Procs. of the 43th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2017), pp. 6258-6263, China National Convention Center, Beijing, China, 2017.

[15] Fusaomi Nagata, Norifumi Horie, Keigo Watanabe, Maki K. Habib, Curved Surface Fitting Using a Raster-Scanning Window for Smoothing PCD, Proceedings of the SICE Annual Conference 2017, pp. 172-175, Kanazawa, 2017.

[16] Fusaomi Nagata, Yudai Okada, Takamasa Kusano, and Keigo Watanabe, Reverse and Forward Post Processors for a Robot Machining System, Procs. of the 10th International Conference on Intelligent Robotics Applications (ICIRA2017), Volume 10463 of the Lecture Notes in Computer Science series, pp. 70-78, Wuhan, Aug. 2017.

[17] Fusaomi Nagata, Yudai Okada, Akimasa Otsuka, Takeshi Ikeda, Takamasa Kusano and Keigo Watanabe, Post Processor for Industrial Robots - Circular Arc Interpolation of CLS Data to Generate FANUC Robotic Program, Procs. of The 2017 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA 2017), pp. 519-524, Takamastu, Aug. 2017.

[18] Fusaomi Nagata, Yudai Okada, Takamasa Kusano, Keigo Watanabe, CLS Data Interpolation with Spline Curves and Its Post Processing for Generating a Robot Language, Procs. of the 5th IIAE International Conference on Industrial Application Engineering (ICIAE2017), pp. 358-363, Kitakyushu International Conference Center, Kitakyushu, Japan, 2017. Best Paper Award

[19] Fusaomi Nagata, Shingo Yoshimoto, Tatsuhiro Sakamoto, Takamasa Kusano, Keigo Watanabe, Preprocessor with Spline Interpolation for Converting Stereolithography into Cutter Location Source Data, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 69, pp. 1-9, 2017. International Workshop on Advanced Algorithms and Control Engineering (IWAACE 2017), Bangkok, Thailand from March 10th to 12th, 2017, Invited keynote speech.

[20] Fusaomi Nagata, Yusaku Yamane, Takamasa Kusano, Keigo Watanabe, Post Processor for an Industrial Robot FANUC R2000iC, Procs. of 22nd International Symposium on Artificial Life and Robotics, pp. 634-637, B-Con PLAZA, Beppu, Japan, 2017.

[21] Fusaomi Nagata, Kazuhiro Takeshita, Norifumi Horie, Keigo Watanabe, Generating Cutter Location Source Data Using a Depth Sensor and Stereolithography, Procs. of IEEE International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors (IRIS2016), 6 pages, Tokyo, 2016.

[22] Fusaomi Nagata, Shingo Yoshimoto, Keigo Watanabe, Robotic Preprocessor for Generating Cutter Location Source Data from Stereolithography Data, Extended Abstracts of Collaborative Conference on Robotics (CCR2016), Phuket, Thailand, 2016, Invited speech.

[23] F. Nagata, K. Takeshita and K. Watanabe, Smoothing of PCD using a Small Sliding Window and Generation of STL Data for Smart Robotic Machining Process, Procs of SICE2016, pp. 1169-1172, Tsukuba International Congress Center, Japan, 2016.

[24] Fusaomi Nagata, Shingo Yoshimoto, Kazuo Kiguchi, Keigo Watanabe and Maki K. Habib, Design of 3D Printer-Like Data Interface for a Robotic Removable Machining, 9th International Conference, ICIRA 2016, Proceedings, Part I, pp. 40-50, Tokyo Metropolitan University, Japan, 2016.

[25] Fusaomi Nagata, Kazuhiro Takeshita, Keigo Watanabe and Maki K. Habib, Generation of Triangulated Patches Smoothed from Original Point Cloud Data with Noise and Its Application to Robotic Machining, Procs. of The 2016 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA 2016), pp. 535-540, Shangri-La Hotel, Harbin, China, 2016.

[26] Fusaomi Nagata, Shingo Kurita, Seiya Kishimoto, Akimasa Otsuka, Keigo Watanabe, Neural Network-Based Inverse Kinematics for an Industrial Robot and Its Learning Method, Procs. of The 4th IIAE International Conference on Industrial Application Engineering 2016 (ICIAE2016), pp. 58-62, 2016.

[27] Fusaomi Nagata, Kazuhiro Takeshita, Shingo Yoshimoto, Aki ra Yoshinaga, Shingo Kurita, Akimasa Otsuka, Keigo Watanabe, Maki K. Habib, Viewer, Converter and Preprocessor for Smart Machining Process Using an Industrial Robot, Proceedings of 21st International Symposium on Artificial Life and Robotics, pp. 441-445, 2016.

- [28] 永田, CNN&SVM の設計・訓練・評価・実装ツールの開発, MATLAB EXPO 2019 JAPAN, グランドニッコー東京 台場, 2019年5月28日(火)
- [27] 中島, 永田, 畳み込みニューラルネットワーク(CNN)とサポートベクターマシン(SVM)を用いた微小な欠陥を持つ不良品検出の基礎研究, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2019 講演論文集, 広島国際会議場, 6/5-6/8, 2019.
- [28] 徳野, 永田, 大塚, 渡辺, 畳み込みニューラルネットワーク(CNN)設計ツールの提案 - カスケード接続された CNNs の設計と不良品検出への応用 -, 第 19 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論文集, 5 pages, 大阪工業大学, Dec. 2018.
- [29] 鈴木, 永田, 渡辺, 多関節ロボットのための CAD/CAM インタフェイス, 日本機械学会九州支部 北九州講演会講演論文集, pp. 60-64, 北九州市立大学ひびきのキャンパス, 9月28日(金), 29日(土), 2018.
- [30] 徳野, 永田, 大塚, 渡辺, 畳み込みニューラルネットワークを応用した不良品検出の基礎研究, 日本機械学会九州支部 北九州講演会講演論文集, pp. 35-39, 北九州市立大学ひびきのキャンパス, 9月28日(金), 29日(土), 2018.
- [31] 永田, 鈴木, 渡辺, ORiN ミドルウェアが搭載された産業用ロボットを用いたスマート加工システム, 第 36 回日本ロボット学会学術講演会 (RSJ2018) 講演論文集, RSJ2018AC1J3-01, 3 pages, 9月4日(火)-7日(金), 中部大学春日井キャンパス, 2018.

ほか 5 件

〔図書〕(計 5 件)

- [1] F. Nagata, K. Tokuno, K. Watanabe and Maki K. Habib, Development of Design and Training Application for Deep Convolutional Neural Networks and Support Vector Machines, Machine Vision and Navigation, edited by Oleg Sergiyenko, Wendy Flores-Fuentes, Paolo Mercorelli, Springer, 17 pages, 2019. accepted.
- [2] Fusaomi Nagata, Koga Toshihiro, Akimasa Otsuka, Yudai Okada, Tatsuhiko Sakamoto, Takamasa Kusano, Keigo Watanabe and Maki K. Habib, Smart Machining System Using Preprocessor, Postprocessor and Interpolation Techniques, INTRODUCTION TO MECHANICAL ENGINEERING edited by J. P. Davim, pp. 333-348, Springer, 2017.
- [3] Fusaomi Nagata, Maki K. Habib, Keigo Watanabe, Neural Networks to Solve Nonlinear Inverse Kinematic Problems, Handbook of Research on Biomimetics and Biomedical Robotics, pp. 205-227, IGI Global, 2017.
- [4] Fusaomi Nagata, Shingo Yoshimoto, Kazuo Kiguchi, Keigo Watanabe, Maki K. Habib, Design of 3D Printer-Like Data Interface for a Robotic Removable Machining, Intelligent Robotics and Applications, Volume 9834 of the series Lecture Notes in Computer Science, pp. 40-50, Springer, 2016.
- [5] Fusaomi Nagata, Shohei Hayashi, Shingo Yoshimoto, Akimasa Otsuka, Keigo Watanabe, Maki K. Habib, Porting Experiment of Robotic Machining Application Using ORiN SDK and Design of 3D Printer-Like Data Interface, Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol. 447, pp. 563-579, Springer, 2016.

〔産業財産権〕

- 出願状況(計 0 件)
取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 永田 寅臣(研究代表者)

ローマ字氏名: Fusaomi Nagata

所属研究機関名: 山陽小野田市立山口東京理科大学

部局名: 工学部機械工学科

職名: 教授

研究者番号(8桁): 50435070

(2) 研究協力者

研究協力者氏名: 有限会社 SOLIC 草野 孝正

(〒836-0067 福岡県大牟田市四山町 80 番地 104 TEL 0944(56)7394)

ローマ字氏名: Takamasa Kusano